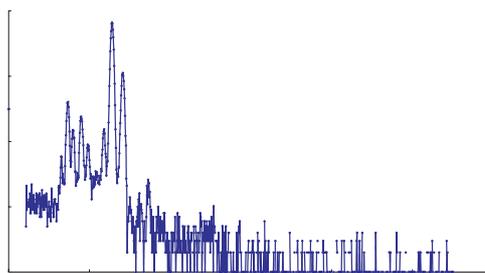
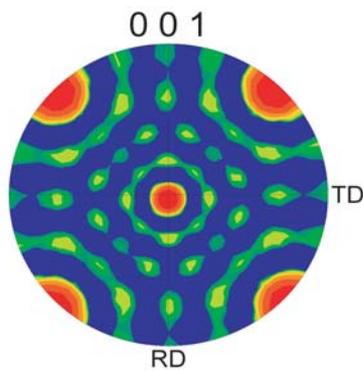
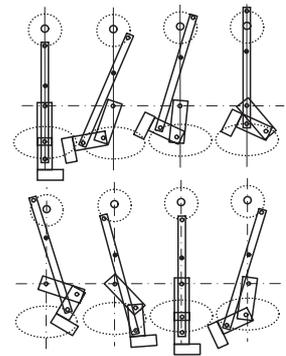
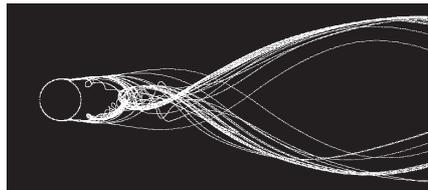
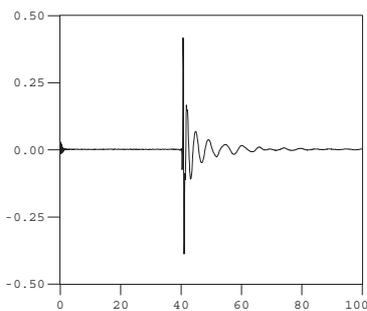


# 技術報告



2007.9.28

第22回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会

Proceedings of 22th Technical Symposium,

School of Engineering, The University of Tokyo, 2007

## 技術発表会の開催趣旨

工学部・工学系研究科に働く技術系職員は、専門技術を持って技術業務や技術開発および学生・院生の技術指導等に従事し教育・研究に多大な貢献をしている。それらの専門技術を科学技術の発展に即した大学づくりや社会に開かれた大学づくりの一助とすると共に、得られた技術成果を公表し活発な技術交流を通じて、技術水準の向上と技術の継承及び保存を推進する目的で技術発表会を開催する。

### 表紙デザイン

図版提供者(技術報告本文より抜粋)  
全体波形 地球システム工学専攻 鈴木 誠  
円柱後流の流跡線の描画 機械工学専攻 鈴木 正巳  
足の動きの原理 環境海洋工学専攻 吉田 二郎  
単結晶Siウエハーの極点図 マテリアル工学専攻 中村 光弘  
三四郎池(A地点)の測定結果 原子力国際専攻 伊藤 誠二  
参謀本部測量地図(明治17年) 建築学専攻 角田 真弓  
構成 建築学専攻 山崎 由美子(広報担当)

### ポスターデザイン

図版提供者(技術報告本文より抜粋)  
足の動きの原理 環境海洋工学専攻 吉田 二郎  
MALTのビームライン 原子力国際専攻 中野 忠一郎  
全体波形 地球システム工学専攻 鈴木 誠  
三四郎池(A地点)の測定結果 原子力国際専攻 伊藤 誠二  
楕円形プローブ概略図 航空宇宙工学専攻 内海 正文・奥抜 竹雄  
構成 建築学専攻 山崎 由美子(広報担当)

## 技術発表会への期待

工学系研究科長・工学部長 松本洋一郎

東京大学を取り巻く環境は大きく変化しています。それに呼応すべく、東京大学も工学部・工学系研究科も大きく変わりつつあります。産官学連携は言うまでもなく、大学は教育・研究のあらゆる面で社会とより深くかかわるようになり、また社会に対する説明責任を果たす必要が出てきています。科学技術の進展は目覚しく、社会生活や文理を問わず学術全般への影響もますます大きくなっています。工学部・工学系研究科は科学技術のみならず社会の持続的発展に大きな責任を負っています。責任を果たすためにも大学の教育・研究の成果を広く社会に還元し、大学の知を皆で共有しなければなりません。一方、そのために活用すべき知識はますます膨大になり、それらの関係は複雑になっており、それらの活用のためには工学知の構造化が必要となっています。

この技術発表会は、教職員の相互研鑽、啓発の場として、また工学部・工学系研究科の技術を維持、発展させるための場として重要な役割を果たしてきました。今年第22回を迎えます。技術発表会がこのように長く続いていることは、その趣旨が多くの方々に理解され、支持されてきたからにほかありません。何よりも、参加者自身が啓発し触発するに値する高い技術を持ち合わせているからでしょう。ここに到るまで多くの人々の苦労や創意工夫があったことと思います。そうした努力に敬意を表したいと思います。

第22回技術発表会が成功裏に終わることを、そしてこの会が今後ますます発展されんことを祈念しております。技術部が新たな発展を遂げようとしている現在、技術の紹介を通じて相互啓発を行うとともに、東京大学をめぐる新しい状況のなか、技術発表会のもつ意味、技術系職員のミッションについても十分な議論がなされることを期待しています。最後に、準備にあたられた多くの方々に心よりお礼申し上げます。

## 第22回工学部・工学系研究科技術発表会開催にあたって

技術部長 影山 和郎

今回から工学部・工学系研究科技術発表会は、技術職員の皆様が主体となった技術発表会運営委員会によって企画・運営されることになりました。江口星雄委員長以下、幹事と委員の皆様のおかげでも増したご尽力により今回の技術発表会が開催されることをご報告するとともにその盛会をお祝い申し上げます。

工学部・工学系研究科のルーツは、西暦1873年に工部省に創設された工部大学校にまで遡りますが、工部大学校は実学を重視し、現在の工学部・工学系研究科の教育の原型ともいえる理論と実験を組み合わせた教育課程が行われていました。このことは赤羽工作所という機械工場が工部大学校附属施設として準備されていたことからわかります。工学部の初代教授として有名なヘンリー・ダイアー先生が直接指導したこの赤羽工作所では、教授、技師、学生、職人や見習い工と一緒にあって実地の作業訓練を受けていました。そしてそこから後の日本における機械技術者の新たな世代の殻となる人たちが巣立っていったのでした\*。

工部大学校に始まり、134年の時間を超えて今日の工学部・工学系研究科に引き継がれている実践重視の教育研究方針を、工学部・工学系研究科の全ての教職員と再確認したいと思います。そして、工学部・工学系研究科における実践的な教育研究活動を支えておられる皆様に強くお願いしたいことは、赤羽工作所から脈々と続いている手作りの教育研究環境整備を進めつつ、自らの技術の向上に努めていただくことです。そのために大切なことは、自らの職場で創意工夫するとともに、学び続ける姿勢を常にとり続けることだと思います。工学系研究科技術部では、全学技術職員研修、工学系研究科個別研修(OJT/FJT)に加え、技術部独自の企画による多様な研修会も計画しています。技術職員の皆様が互いに学び合う体制作りにはぜひご協力ください。そして、研修とともに皆様の技術力の向上とその継承になくってはならないものが、この技術発表会です。工学系研究科技術部において技術発表会に参加することは、その活動の要ともなるべき重要な職務の一部です。技術職員のみならず工学部・工学系研究科教職員の意見交換と活発な討議の場として今回の技術発表会が開催されることを期待します。

\* O. チェックランド著、杉山忠平・玉置紀夫訳、「明治日本とイギリス」、法政大学出版会、1996。

# 新世紀の工学と人材育成：そのビジョンと倫理

笠木 伸英

## 1. はじめに

1998年の文部科学省の「競争的環境で個性が輝く大学」に向けた政策以降、あるいは2004年春の国立大学の法人化以降、大学キャンパスは何やらにぎやかである。大学は企業経営の手法などを取り入れ、自立と自律の達成に向けて組織を挙げて取り組むことが不文律となった。このような中で、大学において、かつてない日々のダイナミズムに身を置きつつ、何か先行きの不透明さを感じているのは筆者一人だけであろうか。大学が法人として自立し、自らの意志で歩いていこうとするとき、そこには資源的、財源的な束縛からいかに自由を担保するかという現実問題が存在する。主たる供給源は国であり、国の設定する土俵の上で、組織的にも、個人的にも資源獲得競争に参画せざるを得ない。つまり、まずは競争に勝たねば、組織としても、研究者としても生き残りを果たせない。そのような国の資源を獲得、消費することには当然責任と倫理が求められるにしても、国と大学がある距離を置いて対峙するバランスのとれた関係は、必ずしも制度設計に十分に組み込まれているとは言えない。

このような現状の打破に向けて、大学人の様々な提案や試みがあるが、それらと併行して我々の進める研究や教育の活動を支える理念的な基盤の脆弱さがあるように感じる。つまり、新時代の工学のビジョンと具体的な目標に対するコンセンサスが十分ではないのではなかろうか。特に、発展や変化の激しい工学分野では、個々の研究分野や目標技術が個別の価値観から語られたり、位置づけられる傾向が強く、相互の関係や整合性を有する保障はない。新しい時代を迎え、俯瞰的視点から工学のビジョンと目標を改めて定めることは、これからの技術と社会の健全な関係を描くことでもあり、また次世代を担う若者にどのような糧を教授すべきかという、大学人に課された重要な基本的課題といえる。筆者は機械工学を専門とし、学内の様々な機会に加え、21COE 機械システム・イノベーション、日本機械学会、経団連、海外アカデミーなどでこれらの課題について意見交換をする機会を得てきた。これらの経験を通じて考えるところをご紹介したい。

## 2. 21世紀の時代軸

過ぎ去った20世紀とはどんな時代だったのだろうか。まず、“右肩上がりの時代”であったとすることができる。技術の発達、産業の発達が生活の向上をもたらすと信じられていた。そして、我が国においても社会が目標を共有できた時代であった。表1は、米国工学アカデミーが選んだ、20世紀の20大技術革新のリストである<sup>1)</sup>。これらの技術は、この100年間に開発され、大半は先進国社会の人々が容易に手にすることが出来るほど広く普及している。挙げられた個別技術の選

表1 20世紀の20大技術革新（米国工学アカデミーによる）

1. 電力・電化	11. 高速道路
2. 自動車	12. 宇宙船
3. 航空機	13. インターネット
4. 上下水道	14. 画像技術
5. 電子技術	15. 家庭用電化製品
6. ラジオ・テレビ	16. 医療健康技術
7. 農業機械化	17. 石油・石油化学
8. コンピュータ	18. レーザー・光ファイバー技術
9. 電話・通信	19. 原子力技術
10. 空調・冷凍	20. 高性能・高機能材料

扱には任意性があるろうが、地球上の生命誕生から 38 億年、そして 400 万年といわれる人類史上、20 世紀が科学技術の開発・普及、その結果生じた社会変化の速度の面では極めて異例な世紀であったことがわかる。テレビ、携帯電話、東京-大阪 3 時間、月旅行など、我々が夢見たことの多くは、すでに現実になっている。この 100 年間に、人の寿命は飛躍的に長くなり、例えばアメリカの平均寿命は 47 歳から 77 歳へ、日本でも 45 歳から 81 歳へと倍近くに延びている。

このように、20 世紀における技術の目覚ましい進展と普及は、災害や事故を防ぎ、産業を支え、人々の生活に豊かな物資を供給し、日々のストレスを軽減し、健康を促進し、病気を克服して長寿を可能にしてきた。技術は、間違いなく社会の要請に応じてきたといえる。この間、技術と工学は細分化と深化を通じて発展する一方、均質大量生産を目指す企業組織や集団においては、個の相対的な埋没が進んだ。また前世紀の特徴の一つは、自然を克服し利用することこそ、人間の主体性の発露と自由の拡大に他ならないとする、人間中心の自然観であった。

このような 20 世紀の単なる延長として新世紀を展望できないことは、多くの識者がすでに指摘するところである。20 世紀には、地球上の人口は約 16.5 億人から 61 億人（3.7 倍）へ、年間消費エネルギーの総量は石油換算で 5 億トンから 90 億トン（19 倍）へ膨張し、大気中二酸化炭素濃度は 300 ppm から 370 ppm へと増加した。人口については、1987 年の 50 億人から 1992 年の 60 億人に増加するのに要した時間はわずか 15 年で、今後 2050 年には 94 億人、21 世紀に 100 億人を越えると予測されている。現在、この内約 11 億人が先進諸国に住み、石油換算で 53.5 億トンのエネルギーを消費している。一方、途上国の 50 億人が 49 億トンを消費し、1 人当たりで言えば先進国の約 1/5 である。現在、もし世界の人々が先進国並みのエネルギーを使えば、必要な全エネルギーは 300 億トンで、持続可能な技術的な解は存在しない。今後、先進諸国の人口はほぼ横ばいで、増加はもっぱら途上国であるから、2030 年で同様に見積もれば 390 億トンが必要で、気候変動の可能性からも極めて深刻と言える。その他にも、人口増加に伴う、一人当たりの水供給、穀物生産の減少など、マクロな数字には切実な現実が浮かび上がる。

従って、新世紀を迎え、人類社会の目標は、肥大化した人間圏を地球と共生し得る持続的なシステムとして再構築すること、一方で多様な価値観を有する人々に、健康で快適な生活と安全で安心な社会を保障することといえる。即ち、我々は、地球規模で解決すべき環境や資源エネルギーなどの深刻化問題を共有しつつ、文化的生活、福祉、倫理、個人の尊厳などをいかに担保するかについても解決を迫られている。そして、技術と工学は、新たな知の創造と活用を通じて、この困難な課題を克服し、人々の生活の真の豊かさに貢献することであるに違いない。

### 3. 新世紀の我が国の国家像

我が国は、戦後の困窮の時代から回復して既に先進国の仲間入りを果たし、その国土の狭さとは裏腹に、世界の政治経済の中で主要なプレゼンスを示す位置にある。日本の GDP は約 500 兆円で、世界の 1 割強といわれる。少なくともその規模と影響力ではトップランナーの仲間入りを果たしたのである。しかし、日本が世界の文化文明、そして平和に貢献するためには、長期的な国家ビジョンをもって新世紀の国造りを進める必要がある。2000 年の第 2 期科学技術基本計画では、「知の創造と活用により世界に貢献できる国」、「国際競争力があり持続的発展ができる国」、「安心・安全で質の高い生活のできる国」の 3 つの基本理念を掲げている。ビジョンに基づく国造りがようやく始まった。

技術における我が国の活躍は、すでに優れた工業製品を世界に供給してきたものづくり実績に裏付けられており、日本製品の品質、安全性、省物資、省エネルギー、製造コストなどでの優位性は世界に比類無い。ここにおいて機械技術分野の先達らの貢献は目覚ましいものであった。今後は、さらに節約技術、回復技術、文化融合技術など、日本独特の文化と感性に根ざした技術<sup>2)</sup>による貢献に期待がかかる。日本独特の細やかな省エネルギー技術がよい例で、技術移転によって、どれだけ世界の環境にも経済にも貢献できるか計り知れない。今後先進各国でも予想される人口減少、高齢化、環境・エネルギーの課題を我が国が率先して克服し、豊かな国家社会を造る模範を示す良い機会と捉えるべきであろう。最近、日本の伝統文化や環境との調和を重視する

思潮が、世界の多くの人々の共感を得ていると聞くことも多い。

日本は、乏しい資源しか持たず、狭い国土に高い人口密度を抱え、世界の中では特殊な言語を話す国とあって良い。我が国の人口は昨年末で1億2,800万人弱、人口統計史上初めて減少に向かい始めたが、この傾向は今後も続き2050年には1億人程度（世界の1%）となると予想されている。産業を支える生産年齢人口（15～64歳）は戦後一貫して増加を続けたが、1995年の8,700万人のピーク後、2030年には7,000万人弱、2050年には5,400万人弱（現在より15ポイント低い、対人口比53%程度）と予想される。少子高齢化は、産業労働力の減少、経済の低調、そして世代間負担のバランスの急速な崩れにつながるため、憂慮すべき事態といえる。国や経済界がその対策を検討中である。労働人口が毎年0.5%で減少する中、生産性の1%の向上が達成できれば人口減を補うことが十分可能で、2%を達成できれば経済成長も可能といわれる。そのためには、何と言っても、技術革新、そして女性や外国人を含めた優れた人材の育成が鍵となる。知育、徳育、体育によって人材国家を目指し、個人を基軸とする活力ある社会を創ることが目標となる。

#### 4. 工学の役割

以上の認識から、今求められているものは、21世紀に相応しい工学像であり、技術者像であり、それらを後進へ示すことである。改めて、工学が新世紀にどのような役割を果たすのか、果たすべきなのか、歴史を振り返りつつ、ビジョンと目標を構築する必要がある。素粒子論、高エネルギー物理、宇宙科学、生命科学、材料科学など、先端科学の進展が今後とも予想されると同時に、工学で対象とする技術や人工物システムは一層複雑巨大化しつつある。この広範な学術・技術のスペクトルの狭間で、俯瞰的な視野と共に、材料、化学、電気、機械、建設などの工学各基幹分野はどのようなポジショニングを取るのだろうか。

筆者が専門とする機械技術は、構造物、エネルギー・資源、交通物流、情報通信など、人間生活のライフラインを支え安心安全を担保すると共に、新技術を開拓し新しい価値を社会へ送り出す重要な役割を担っている。そのような技術を創造する知の体系としての機械工学自体にも深化と拡がりが見られる。いわゆる4力学を基盤としながらも、取り扱う時空間スケールが拡大し、フェムト、ピコからギガ、テラといった言葉が頻りに語られるようになった。また情報、物理、化学、生物学などを取り込み、マルチスケール、マルチフィジックスへの挑戦や、コンピュータ、ネットワーク、ロボティクス、NEMS/MEMS、新エネルギー、バイオ医療など、機械技術分野の延伸が進んでいる。その中で、力学を基礎とする機械工学の手法やアプローチが新分野・融合分野でも有効であることも改めて分かってきた。従って、学融合、学際領域の開拓を進める一方、新たな機械工学ディシプリンの構築、体系化、構造化を進める必要がある。このことは、他の工学専門分野も同様ではなかろうか。

このような専門分野のディシプリンの確立、マッピング、あるいは学術大系化は、研究や教育に参加する若者にとって道案内役として重大な役割を負う。特に、教育プログラムの設計において欠かせないはずである。研究資金が豊富に投入される先端科学分野により多くの若者が導かれることは当然の結果かも知れないが、それが彼らのプロフェッショナルライフを貫く基軸となり得るかどうかは別の問題であろう。現在の研究者や教育者が、未来からの訪問者である若者に何を携えて応えるかは、世代の責任として、高度の倫理にも触れることである。

#### 5. 国を支える技術者の育成<sup>3)</sup>

知を基盤とする成熟した市民社会、すなわち知識基盤社会では、政治、経済、産業、国土、交通、医療、教育など、高度複雑化した社会システムを創造し、健全に運営、経営する人材としての専門職業人が必要である。なかでも技術者は、建築構造物、エネルギーシステム、交通輸送機器、情報通信システムなどを支える、高度な科学技術専門知識と豊富な経験を有する専門職業人\*として位置付けられるといえる。そのような技術系人材育成は欧米でも主要目標となっているが、

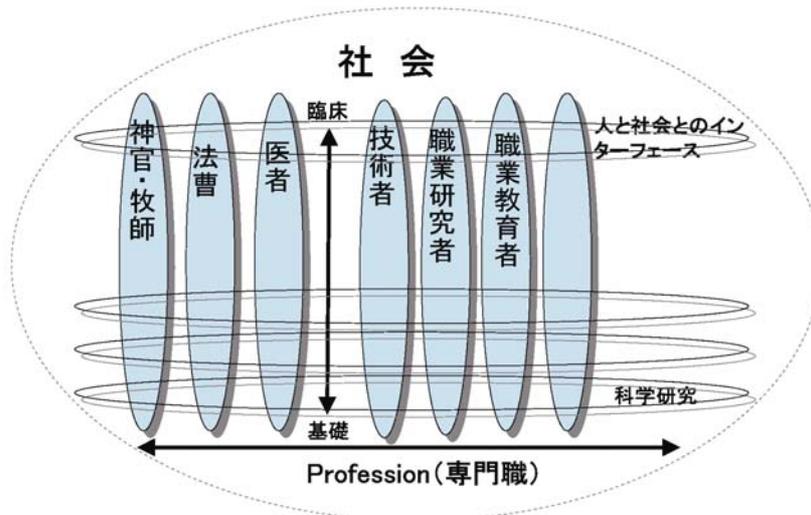


図1 専門職に支えられる知識基盤社会

我が国の第3期科学技術基本計画でも、インフラ整備などの「モノ」から、競争力の根源である「人」に着目して投資する方向性が強調されている。関係省庁、技術系学会において、熱心な議論が継続している。少子高齢化と理工系離れによる技術者の“数の問題”と、新時代のイノベーションを可能とする人材の育成の“質の問題”が存在する。

日本の高等工学教育を経た技術者人口は、約240万人といわれる。その中には、約60万人の研究者、5万人の技術士が含まれる。毎年11万人の工学系の卒業生が輩出されるが、そのうち7割は大学学部、3割は大学院という。そして今後は大学院進学率が上昇する傾向にある。技術者人材の数の問題は、少子化と共に若者の理工系離れにより加速する。ものと情報に溢れた環境で不自由なく育つ現代の若者には、一見難しそうな数学や理科を要し、厳しい競争に曝されながら相応に報われない姿に映る技術者像が、自分の人生の有力な選択肢となりにくいことは容易に理解できる。欧米諸国でも、医者、弁護士、事業家などに比べて技術者の社会的地位は高いとは言えないが、技術によってのみ国を支えることが可能な我が国では、この事態を看過できない。特に幼少期の学校や家庭での教育の改善と共に、技術業が魅力ある職業となるような産業界や行政の努力が必要である。

工学教育の質の問題は、新世紀のグローバル社会における技術者に求められる資質の変化に起因している。すなわち、専門知識やスキルの教育に留まらず、社会・経済・環境に関わる文脈の中で形成される、21世紀型の工学教育体系の構築が望まれており、特にディシプリン境界型、横断型教育による俯瞰的な視野の付与が意図されねばならない。さらに、専門知識を使いこなしてプロジェクトを遂行するためのマネジメント力、チームワーキング力、リーダーシップなど、技術者としてのコンピテンシー（行動様式）の付与が望まれている。

国際的に競争力を有すると思われる学部教育に対して、大学院教育の強化は喫緊の課題といえる。大学院教育の本質は、講義演習の体系の中で養われる専門知識と応用力、そして未踏分野にチャレンジする様々な研究活動の中で養われる計画力、実践力、マネジメント力などコンピテンシーを付与することである。知の創造の観点からは、ものづくりを追いかけた経験知・解明知

\*) 元来、専門職(Profession)とは、「社会が必要とする特定の業務に関して、高度な知的訓練と技能に基づいて独占的なサービスを提供するとともに、独自の倫理規程に基づいた自律機能を備えている職業」とされ、単なる職業(Occupation)とは区別される<sup>6,7)</sup>。専門職が満たすべき条件について厳密な共通理解はないが、知的訓練、社会サービス、サービスの独占権、独自の倫理規程、集団としての自律機能などの要件を備えているものが多く、医師、弁護士、公認会計士、建築家、技術士などは世界的に見ても専門職として認知されている。さらに、法律や国家試験などで職業資格が規定されていなくても、一般に技術者を当該分野の専門家さらには権威者として理解され、その判断や見解を社会は批判なく受け入れる傾向にあることなど、技術者の社会に与え得る影響の大きさを考えれば、その自律性を専門職と同等に考えるべきとも言える。

から、ものづくりを創造する先導知を目指す時代に入っている。これに応えるためには具体的な出口を意識したパスツール型研究<sup>4)</sup>の推進が有効であり、そのような場での若者の鍛錬が重要である。また、技術者としての基礎固め (Pre-engineering) を目標とする学部につき、大学院は Professional School あるいは Research School としての機能など、明確な教育目標を設定すべきであろう。さらに、コンピテンシーの涵養は、近年の欧米社会では初等中等教育から重視され、大学・大学院においてはキャンパスを離れた様々な個人活動を通じた体験的研鑽を奨励する例も多く、我が国は組織的取り組みで明らかに遅れている。残念ながら、ペーパーテストだけに過度に傾いた若年層の育成環境が、ひ弱な大学生を生み出している。従って、我が国の大学・大学院には、コンピテンシーの付与を狙いとする教育プログラムを積極的に設計し、組み込んでおく必要がある。

大学教育改革はこれまでも営々と行われてきたが、その効果が十分でなかった主たる原因は、改革の議論が教員だけで行われてきたことかも知れない。全てのステークホルダーがビジョンと目標に対する理解を共有し、同じ目線の高さでオープンに議論を進める必要がある。すなわち、教員に加えて、産業界、そして学生・大学院生の参加による継続的な議論の存否が鍵と言える。例えば、21COE プログラムで試行されたような、研究室や専攻を横断した大学院教育プログラムを、開かれた協働によって育て上げるスキームが有効である。

## 6. 技術者・研究者として

科学技術の発達と共に、科学的知識に基づいて仕事をする専門家が犯す不正行為が、続出してきた。技術に関わる人間やシステムの欠陥が露呈して起きた昨今のトラブルは重大である。市場の自由化に伴う産業界の競争の激化、研究開発サイクルの短期化、技術と経済・社会の関係の変化も影響していると考えられるが、これらを繰り返さない技術者・研究者の職業人としての決意と弛まない研鑽が望まれる。研究活動の不正は、高等教育研究機関の独立法人化などと共に、研究者を取り巻く研究環境が大きく変化してきたことにも帰因しているといわれる。すなわち、研究活動のリソースが傾斜配分される競争的研究環境が形成されてきた。また、研究者のポストには任期制が増え、ポスト獲得にも業績評価に基づく競争が導入され、研究者には短期間で成果を挙げることが求められる傾向が強まってきた。

図2は、責任ある研究行動を保証する二つの要素<sup>5)</sup>を示したものである。研究の公正誠実性は、技術者・研究者の規範・規則、そしてその精神に照らして相応しい行動かどうかに関わり、研究倫理は、道徳的な原理から考えて何をすべきかが問われる。前者は、現代の科学技術研究の多くにおいて、その活動は専門職のそれとして位置づけられるので、専門職コミュニティ (学協会)、所属する機関、あるいは国が定めるように、研究上の専門職倫理に基づく責任を果たすことが要請される。このことは、社会が技術者や研究者を信頼し、その研究開発活動を安心して受け入れるための最小限の約束事と言える。

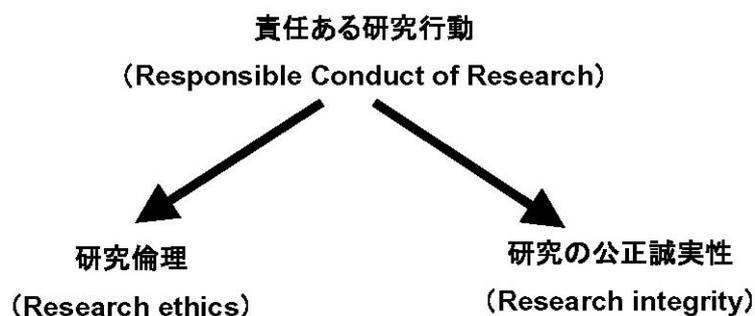


図2 責任ある行動

後者の研究倫理とは、より高い倫理的な、かつ俯瞰的な観点から、どのような研究課題に取り組むか、研究目標とする技術は何を優先して考えるべきかなどに関係する。臓器移植、クローン技術、軍事防衛技術、環境開発、そしてエネルギー・資源の消費など、研究課題の設定自体にも異なる倫理的な判断があり得る。先端技術に基づく高度な医療は、それが裕福な者だけが手にできる便益だとすれば、それを経済的な弱者にもアクセス可能なものとするのが、技術者・研究者としての高い倫理と言える。現代社会では、地球上の地域や国によって、生活レベルに大きな格差があり、その格差の存在によって環境汚染や気候変動が現在程度に留まっているという現実がある。エネルギー・環境問題はそうした地域間格差、そして現代と後世の人間社会の時間的な格差の解消という困難な倫理的課題を包含していることも見逃せない。そういった視点に基づいた技術者・研究者の倫理的洞察力、高い意識が新世紀に求められる。それに応えてこそ、社会の多くの人々は技術の恩恵に安心して浴し、さらには社会が技術者・研究者を尊敬し、若者が憧れることになるのではないだろうか。

大学・大学院の構成員である若者にも、教職員と同様に高い倫理観が求められる時代になった。有数の大学へ入学する若者達は、同世代の中選ばれた少数の者として、多くの社会的資源が供与されるのである。それは、社会が、彼らが（少なくとも、国立大学卒業者が）大学・大学院卒業後には社会を思い、他者を思い、様々な価値を還元してくれると期待するからである。つまり、恵まれた高等教育を受ける若者には、他者に喜んでもらえる仕事をするを自らの最高の価値観とすることが期待されているのである。裏返して言えば、本来大学はそのような人材を選抜せねばならないはずであり、そのような倫理観を涵養する教育プログラム、教育環境を提供する責務がある。東大では小宮山宏総長が「他者を感じる力」を教育目標に含めたが、極めて適切なことであり、それを具体化する教育プログラムの設計が工学部でも議論されねばならない。

学生・大学院生には、大学という組織の構成員としての倫理的役割も生じる。それは、若者ならではの感性を生かして、組織の健全な運営の保持に寄与し、時には教員や経営管理部門とも対峙する気概を持つことである。大学院生、特に博士課程在籍者は、すでに、学生というよりも大学における研究員という位置づけのほうが相応しい状況にある。大学における協働に積極的に参加することは、若者の最高の倫理を達成するひとつの道筋なのである。

## 7. おわりに

新世紀の人類社会の希求するもの、そして国造りの方向性を踏まえた工学ビジョンと目標の必要性、人材育成、技術者・研究者の倫理について私見を述べた。戦後、筆者を含めて団塊の世代が見てきた半世紀は、今日よりは明日、明日よりは明後日への継続的な成長と拡大の道程であり、幸い我が国は国際紛争に巻き込まれることなく、恵まれた時代を生きてきたといえる。技術者は産業の隆盛に確かな役割を果たし、同時に工学の知の体系も著しい発展を遂げてきた。そして、新世紀に入り技術の底流には大きな変化が生じている。大量の生産と消費を可能にした技術から、人類社会の持続性に寄与し、人を支える技術へのパラダイムシフトといえる。よりよく生きるための技術といえる。そのような21世紀の社会の期待に応えるためには、今、工学は何をせねばならないのか、ビジョンと目標を描き、分かりやすく示す必要がある。そして、工学分野のディシプリン再構築と共に、総合・統合・融合といった工学のもうひとつの機能の強化を再設計することが求められる。それらは、ボーダレス化した世界の中で進展する科学、技術とも協調、整合したものでなければならず、そのためには大学人と広く社会との協働が必要であろう。

工学のビジョンと目標を達成する教育プログラムの整備も焦眉の急である。大学院教育プログラムの再構築と実践が望まれる。教職員と学生が共有する目標を目指して協働する場としての大学院を設計し、知の創造、活用を担う活力ある人材の育成を実現せねばならない。特に、専門的な知識やスキルと同時に、それらを活かして人類社会に寄与する具体的な成果に結実させる力としてのコンピテンシーを付与するためのプログラムを組み込む必要がある。それらは、世界の地域間格差、あるいは未来との世代間不平等の克服にも思いを馳せる、真の技術者、研究者としての高い倫理観をも涵養するものでなければならぬ。その際、伝統と歴史を有する美しい国土に

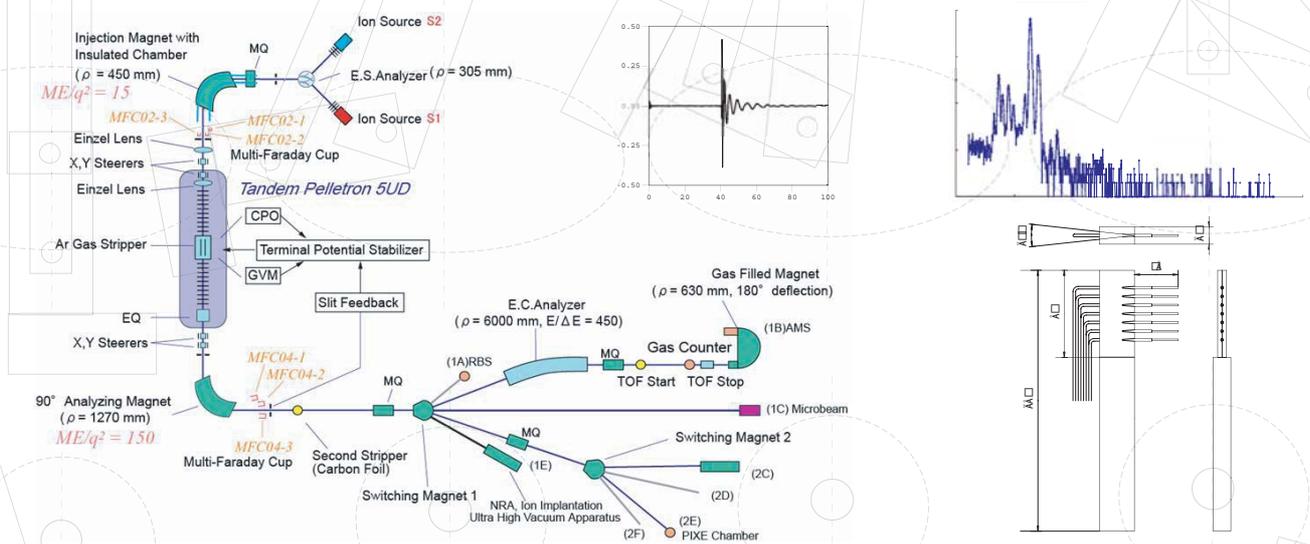
育った日本人に脈々と受け継がれてきた高い道德観，倫理観に由来する日本の方法論，特に人間と環境の調和を最高の善とする共生の思想を忘れないようにしたいものである。

<参考文献>

1. National Academy of Engineering, “Greatest Engineering Achievements of the 20th Century,” <http://www.nae.edu/>.
2. 月尾嘉男, 「縮小文明の展望 千年の彼方を目指して」, 東京大学出版会, 2003.
3. 笠木伸英, 「イノベーションを創出する工学系人材育成に向けて」, 学術の動向, 2006年12月, PP. 29-35.
4. D. E. Stokes, “Pasteur’s Quadrant – Basic Science and Technological Innovation,” Brookings Institution Press, Washington DC, 1997.
5. N. H. Steneck, “Fostering Integrity in Research: Definitions, Current Knowledge, and Future Directions,” *Sci. Eng. Ethics*, 12 (2006), 53-74.
6. C. E. Harris, M. S. Pritchard and M. J. Rabins, 日本技術士会 (訳編), 「科学技術者の倫理 その考え方と事例」, 丸善, 1998年9月.
7. 大橋秀雄, 「これからの技術者」, オーム社, 2005年10月.

第22回 東京大学工学部・工学系研究科

# 技術発表会



日時：2006年9月28日（火） 10:00 - 17:35

会場：工学部2号館 213号室（大講堂）

内容：特別講演

「新世紀の工学と人材育成：そのビジョンと倫理」

笠木伸英先生（工学系研究科機械工学専攻 教授） 16:00-17:00

口頭発表・ポスター発表

参加費：無料 どなたでも参加できます

懇親会：18:00-20:00（参加費2,000円）

主催：東京大学工学部・工学系研究科（技術発表会実行委員会）

問合せ先：東京大学工学部・工学系研究科 技術発表会実行委員会

113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 2007tse@tse.t.u-tokyo.ac.jp

[http://www.ttc.t.u-tokyo.ac.jp/report/present\\_rep.html](http://www.ttc.t.u-tokyo.ac.jp/report/present_rep.html)

## 第22回東京大学工学部・工学系研究科 技術発表会

主催：東京大学工学部・工学系研究科（技術発表会実行委員会）  
 日時：2007年9月28日（金）10:00～17:35  
 会場：工学部2号館 213講義室（大講堂）

### プログラム

【開会挨拶】	司会:実行委員長	江口 星雄
10:00～10:15 工学系研究科長挨拶	研究科長	松本洋一郎
技術部長挨拶	技術部長	影山 和郎
【発表—1】	司会:社会基盤学専攻	周郷 啓一
10:15～10:30 実験不明廃棄物の分析と処理 2006	応用化学専攻	栄 慎也
10:30～10:45 不明試薬、不明廃液中の水銀濃度の測定	化学システム工学専攻	伊藤 葵
10:45～11:00 東大本郷構内における環境及び景観について	建築学専攻	山田 文男
11:00～11:05 休息(5分)		
【発表—2】	司会:環境海洋工学専攻	土屋 好寛
11:05～11:20 建物を流れる電源漏洩(循環)電流の測定とその対策方法	原子力国際専攻	安本 勝
11:20～11:35 超音速熱風洞における計測技術および超音速流の可視化技術について	航空宇宙工学専攻 航空宇宙工学専攻	内海 正文 ○奥抜 竹雄
11:35～11:50 垂直配向単層カーボンナノチューブ膜面上への金属蒸着と金属面への接合	機械工学専攻	渡辺 誠
11:50～12:05 MALTにおける高エネルギー側マルチファラデーカップの改造 — <sup>14</sup> C-AMSの高精度化をめざして—	原子力国際専攻	中野忠一郎
12:05～12:50 休憩(昼食)		
【発表—3】	司会:機械工学専攻	浅川 武
12:50～13:05 ラジコン操作型・「トロッコ押しロボット」の作製と問題点	環境海洋工学専攻	吉田 二郎
13:05～13:20 VPNを用いたネットワークについて	環境海洋工学専攻	榎本 昌一
13:20～13:35 来所管理システムの完成に向けて	原子力専攻 原子力専攻 原子力専攻 原子力専攻	○石本 光憲 澤幡 浩之 川手 稔 津村 貴史
13:35～13:50 放射線取扱施設立入用貸与品管理システムの開発	原子力専攻 原子力専攻 原子力専攻 原子力専攻	○津村 貴史 澤幡 浩之 川手 稔 石本 光憲
13:50～13:55 休憩(5分)		

【発表—4】		司会：応用化学専攻	藤村 一良
13:55～14:10	学生実験における安全対策 (C-14年代測定試料の作製時において)	原子力国際専攻	土屋 陽子
14:10～14:25	航空宇宙工学専攻における工作室利用案内及び利用ガイダンスについて	航空宇宙工学専攻 航空宇宙工学専攻 航空宇宙工学専攻 航空宇宙工学専攻 航空宇宙工学専攻	○奥拔 竹雄 内海 正文 横田 明 山口 和夫 岩田 悌次
14:25～14:40	国際規制物資に関する安全教育の考え方	原子力国際専攻	木村 圭志
14:40～14:45	休憩(5分)		
【ポスターセッション・展示】			
14:45～15:55	陰陽同時イオンクロマトグラフィーによる河川水の分析	応用化学専攻 応用化学専攻	○藤村 一良 栄 慎也
	三四郎池底質の元素分析(PIXE法)から環境問題を考える — 加速器管理部 技術職員のとりくみ —	原子力国際専攻 原子力国際専攻 原子力国際専攻 原子力国際専攻	○伊藤 誠二 森田 明 中野 忠一郎 土屋 陽子
	液体試料におけるPIXE法の感度向上の試み	原子力国際専攻	森田 明
	ShareFastを用いたCAD教育支援システムの開発	環境海洋工学専攻 環境海洋工学専攻	○榎本 昌一 稗方 和夫
	情報・システム初心者によるeラーニングの検討	機械工学専攻	石川 明克
	EBSP解析装置及び試料測定(研磨)条件の基礎を学ぶ	マテリアル工学専攻	中村 光弘
	学内共同利用施設の技術職員としての39年間	原子力国際専攻	江口 星雄
	メダカの微小重力実験	原子力国際専攻	江口 星雄
	ラジコン操作型・「トロッコ押しロボット」の作製と問題点	環境海洋工学専攻	吉田 二郎
15:55～16:00	休憩(5分)		
【特別講演】		司会:技術部長	影山 和郎
16:00～17:00	新世紀の工学と人材育成：そのビジョンと倫理	機械工学専攻	笠木 伸英
17:00～17:10	休憩(10分)		
【表彰式】		司会：実行委員長	江口 星雄
17:10～17:25	「研究科長賞」	授与：研究科長	松本洋一郎
	「技術部長賞」・「ポスター賞」	授与：技術部長	影山 和郎
【閉会挨拶】			
17:25～17:35		技術部長	影山 和郎
【懇親会】			
18:00～20:00	工学系展示室 (参加費2,000円)	司会:副実行委員長	森田 明保

# 目 次

題 目	所属(専攻)	著 者 名	頁
1 実験不明廃棄物の分析と処理 2006	応用化学	栄 慎也	1
2 不明試薬、不明廃液中の水銀濃度の測定	化学システム工学	伊藤 葵	5
3 東大本郷構内における環境及び景観について	建築学	山田 文男	9
4 建物を流れる電源漏洩(循環)電流の測定とその対策方法	原子力国際	安本 勝	17
5 超音速熱風洞における計測技術および超音速流の可視化技術について	航空宇宙工学 航空宇宙工学	内海 正文 奥抜 竹雄	21
6 垂直配向単層カーボンナノチューブ膜面上への金属蒸着と金属面への接合	機械工学	渡辺 誠	27
7 MALT における高エネルギー側マルチファラデーカップの改造 - <sup>14</sup> C-AMS の高精度化をめざして-	原子力国際	中野 忠一郎	31
8 ラジコン操作型・「トロッコ押しロボット」の作製と問題点	環境海洋工学	吉田 二郎	35
9 VPN を用いたネットワークについて	環境海洋工学	榎本 昌一	39
10 来所管理システムの完成に向けて	原子力 原子力 原子力 原子力	石本 光憲 澤幡 浩之 川手 稔 津村 貴史	43
11 放射線取扱施設立入用貸与品管理システムの開発	原子力 原子力 原子力 原子力	津村 貴史 澤幡 浩之 川手 稔 石本 光憲	51
12 学生実験における安全対策 (C-14年代測定試料の作製時において)	原子力国際	土屋 陽子	55
13 航空宇宙工学専攻における工作室利用案内及び利用ガイドダンスについて	航空宇宙工学 航空宇宙工学 航空宇宙工学 航空宇宙工学 航空宇宙工学	奥抜 竹雄 内海 正文 横田 明 山口 和夫 岩田 悌次	59
14 国際規制物資に関する安全教育の考え方	原子力国際	木村 圭志	69
15 陰陽同時イオンクロマトグラフィーによる河川水の分析	応用化学 応用化学	藤村 一良 栄 慎也	73
16 三四郎池底質の元素分析(PIXE 法)から環境問題を考える - 加速器管理部 技術職員のとりくみ -	原子力国際 原子力国際 原子力国際 原子力国際	伊藤 誠二 森田 明 中野 忠一郎 土屋 陽子	75
17 液体試料における PIXE 法の感度向上の試み	原子力国際	森田 明	79

18	ShareFast を用いた CAD 教育支援システムの開発	環境海洋工学 環境海洋工学	榎本 昌一 稗方 和夫	83
19	情報・システム初心者による e ラーニングの検討	機械工学	石川 明克	89
20	EBSP解析装置及び試料測定(研磨)条件の基礎を学ぶ	マテリアル工学	中村 光弘	93
21	学内共同利用施設の技術職員としての39年間	原子力国際	江口 星雄	101
22	メダカの微小重力実験	原子力国際	江口 星雄	109
23	超微小押し込み硬さ試験機利用による弾性率測定	機械工学	浅川 武	117
24	低温域における弾性波動伝播測定システムの構築(その2)	地球システム工学	鈴木 誠	119
25	CF/PP(炭素繊維/ポリプロピレン)複合材の成形および強度向上変遷の5年間	環境海洋工学 環境海洋工学 環境海洋工学	大澤 勇 鶴沢 潔 金井 誠	125
26	大気圧 PIXE 実験用チェンバーの製作	システム量子工学 電気工学 原子力	細野 米市 渋谷 武夫 尾亦 孝男	129
27	演習課題(形状創成入門)への取り組み	精密機械工学	碓山 みち子	131
28	プログラミングによる流れの可視化	機械工学	鈴木 正己	135
29	LabVIEW を利用した計測技術やデータ解析(学生実験)について	航空宇宙工学	奥抜 竹雄	139
30	Active Directory を使った Windows パソコンの集中管理	航空宇宙工学	横田 明	143
31	構造解析ソフト「MSC.Marc」入門トレーニング	航空宇宙工学	小林 やよい	147
32	工部大学校建築の建設経緯	建築学	角田 真弓	151
33	潜水作業報告	地球システム工学	茂木 勝郎	157
34	LabVIEW を用いたマイクロガスタービンの計測システムの開発	機械工学	浜名 芳晴	161
35	型枠の作製	建築学	田村 政道	165
36	建物間 VLAN の運用	計数工学	瀬原 貴史	167
37	平成 18 年度名古屋大学総合技術研究会に参加して	精密機械工学	碓山 みち子	169
38	名古屋大学総合技術研究会聴講報告	機械工学	石川 明克	171
39	平成 18 年度名古屋大学総合技術研究会参加報告	環境海洋工学	榎本 昌一	175
40	名古屋大学総合技術研究会に参加して	建築学専攻	田村 政道	177
41	名古屋大学総合技術研究会参加報告	応用化学	坂下 春	179
42	環境計量士資格の取得について	化学システム工学	大沢 利男	181
43	環境に関わる計量管理技術の習熟	化学システム工学	伊藤 葵	183

# 1 実験不明廃棄物の分析と処理 2006

応用化学専攻 栄 慎也

## 1.はじめに

試薬ビンのラベル等がはがれた等で中身が何かわからない1つの成分で出来ている試薬を不明試薬と称しています。これと実験等で出た内容物を明示していない試薬ビン中の合成物やその中間物質、さらには実験不明廃液等を含めて実験不明廃棄物と称しています。発表者はこれまで1995年頃と1999年から2005年度まで不明試薬及び実験不明廃棄物の分析と処理を実施し、約2700件の実験不明廃棄物を処理してきた。しかし、2006年度の工学系研究科安全衛生管理室の調査の結果、約8000個にもおよぶ実験不明廃棄物が確認されている。工学系研究科安全衛生管理室は2005年から副室長（教授）が中心となった実験不明廃棄物処理ワーキンググループ（W.G）を2005年度から発足させた。現在のW.Gは教員2名、事務部技術職員2名、技術職員5名、民間企業からの派遣職員1名で運営している。W.Gは実験不明廃棄物を出した研究室等の教職員と協力しつつもW.Gの担当者が主体となりラベリング、分析及び処理依頼まで行っている。また、処理依頼が困難なものは中間処理し、安全な物質として処理依頼を行っている。また、運営全体に関する会計処理も行っている。2006年度の処理実績は約1300件であった。WGの分析作業はマニュアル化されたものは無く、分析対象に多方面からアプローチをかけて情報を集め総合的に判定する。さらに直面する多くの課題に独自の分析技術を開発し作業の進展を図っている。現在取り組んでいる課題の1つにフッ素を含む有機物の分析法の開発がある。処理対象になる物質のうちフッ素を含む有機化合物はフッ素の特性からフッ素の同定が難しい。フッ素は燃焼過程でフッ化水素等の危険物になる可能性があり、見落とす事で施設の破損、人体や環境に大きな負荷を与える可能性がある。今回、有機物の官能基としてフッ素を含むハロゲン系や硫黄からなる硫化物を持っているかを判定するために、試料の一部、少量の場合全部を酸水素炎ハロゲン分析装置で有機物を水とイオンに分解処理し、得られた溶液をイオンクロマトグラフで分析する方法を実験不明廃棄物の分析と処理に応用した。この方法によりフッ素を含む有機物の分析が簡便化された。また、生成した分解物を容易に処理する事が可能になった。併せて昨年度に処理が完了した約1300検体の実験不明廃棄物の分析と処理についても報告する。



図1 実験不明廃棄物

## 2. フッ素化合物分析法とその問題点

### 2.1 フッ素イオンの分析方法

実験不明廃棄物のうち、フッ化水素などの溶液中でフッ素イオンとして存在しているフッ素の分析法は比較的確立している。我々は主として次の3つの方法で分析している。

- ・バックテスト

この方法はあらかじめ調整された発色試薬に溶液を加えるとフッ素イオンが含まれていると発色し、その呈色の状態から濃度が推定される試験方法。非常に簡便な方法で、安価である。

- ・イオンクロマトグラフ

イオン交換樹脂を充填したカラム中でフッ素イオンを他のイオンと分離して電気伝導度の変化から検出する装置。フッ素イオンの定性・定量には非常に有効な方法。

- ・フッ素電極

イオン選択膜を通して電位を測り、フッ素イオンがあると電位が上がるため測定できるシステム。簡便かつ選択性があり、定量範囲が広い。

### 2.2 有機フッ化化合物の分析方法

有機フッ化化合物の分析法は以下の方法を用いて行っている。しかし、1つの装置で確定的な情報が得られず、これらを組み合わせて行っている。

- ・蛍光X線分析装置

固体及び液体の実験不明廃棄物を分析する際に最も有効な装置は蛍光X線分析装置である。発表者が所属する分析化学実験室が所有するエネルギー分散型蛍光装置はナトリウム(Na)以上の元素の定性・定量が可能であり、固体及び液体を分析することが出来る。そのため、ほとんどの実験不明廃棄物は初めにこの装置で分析し、分析情報から次のステップに移る。しかし、この蛍光X線装置ではフッ素は検出できない。ここに見落としの危険が生じている。このため、WGではベリリウムから検出が可能な波長分散型蛍光X線分析装置を導入し検討しているが、フッ素化合物が主成として入っているものについては同定が可能であったが、微量成分として存在していると未検出であった。また、液体試料を直接装置にセットする事は出来ないため、試料ホルダーに試料液体を入れた後、マイラーフィルム等で封じ込めて測定するが、このフィルムを用いるとフッ素のピークが吸収され分析が困難となる。そのため、フッ素を分析するためには乾燥させて残留物を測定する等の方法を用いるが感度が十分に得られない問題がある。また、フッ化有機化合物は揮発性が高く空气中に蒸発するなどの問題を持っている。

- ・ガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC-MS)

試料を気化した後、キャピラリーカラム中で分離する。これを質量分析装置に導入して質量スペクトルを得る。質量スペクトルを検索にかけ同定を行う方法。高感度に有機化合物の定性定量を行う事が出来る。有機フッ化化合物の分析には重要な情報をもたらす。しかし、分子構造が似ているものが多く、候補の絞込みが難しい。

- ・フーリエ変換赤外分光法

この装置は分子振動に基づく赤外光の吸収、反射、発光などをスペクトルとして測定するもので、この吸収を利用し、官能基のハロゲン定性や分子構造の推定を行うことが出来る。

得られたスペクトルからデータベースを用いて構造の決定を行うことも出来るが、単一の化合物に限られる。不明試薬分析には有効であるが、実験不明廃棄物のような混合物の分析にはあまり適しない。

### 2.3 実験不明廃棄物中の有機フッ化合物の分析

蛍光X線分析でピークが無いものは多くの場合有機物であることが多く、混合物でなければフーリエ変換赤外分光装置で分析できる。しかし混合物の場合は、爆発性を走査熱量分析装置(DSC)で分析した後、溶媒(メタノール、ヘキサン等)に溶かしてGC-MSで分析する。この時、検索で引っかかるものも有るが、いくつかの候補があり決められないものも多い。この場合、官能基に関する情報があれば比較的簡単に同定できる。官能基にフッ素を含むハロゲン系や硫黄からなる硫化物を持っているかを判定するために、試料の一部、少量の場合全部を酸水素炎ハロゲン分析装置で有機物を水とイオンに分解処理する。写真は酸水素炎ハロゲン分析装置で有機物を酸化処理しているところである。試料溶液は毛细管現象を利用して酸素、水素ガスと共に燃烧部に送られ酸水素炎で二酸化炭素、酸素、水蒸気とハロゲンイオンに分解される。これらが冷却部でハロゲンイオンを含む水と成る。回収した溶液をイオンクロマトグラフで分析すると化合物中にハロゲンや硫化物があれば、そのピークが出現する。これらを定量し官能基の比率を求める。その結果から官能基の比率と一致する化合物をGC-MSで分析したいくつかの候補と照合し判定する。また、少量のものは全て燃焼し、酸の溶液として処理する事も可能である。

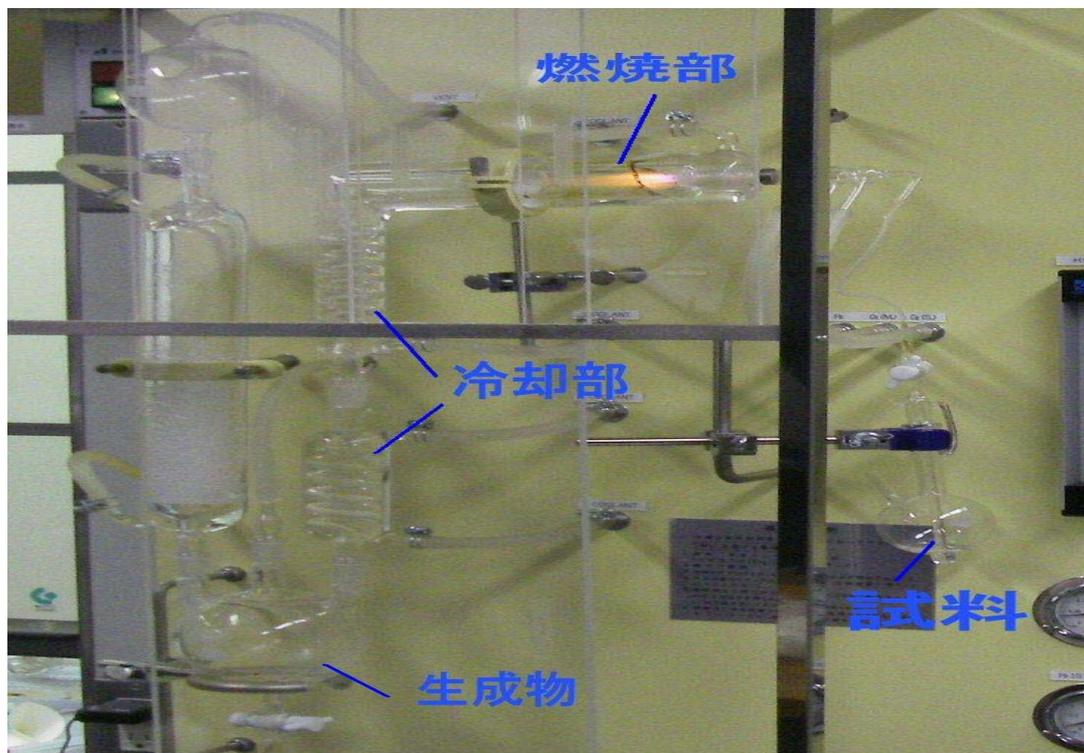


図2 酸水素炎ハロゲン分析装置

実例を挙げると、図3の様な不明廃棄物があった。手書きでCF<sub>2</sub>CFC1とフッ素化合物を連想させる記載があった。これをエネルギー分散型蛍光X線装置で分析したところ、塩素の

みが検出された。次にこれを GC-MS で分析した結果 2 つの大きなピークが観察された。これを調べた結果 1 つはシクロプロパン、もう 1 つはフッ素と塩素からなるいくつかの化合物が候補として挙げられた。このため、爆発性が無いことを DSC で確認した後、ヘキサンで希釈し酸水素炎ハロゲン分析装置を用いて試料を分解処理してイオンクロマトグラフで分析した。その結果、モル比で F : Cl = 3 : 1 の比率と成りそれに該当する物質は、候補の中では

1,3-dichloro-1,2,2,3,4,4-hexafluoro-cyclobutane と推定された。この不明廃棄物は環境安全センター(以後センター)に処理依頼をした。



図3 フッ素入り不明試薬

### 3. 実験不明廃棄物の全体的な処理結果と今後の予定

#### 3.1 処理結果

昨年度に分析した判明した実験不明廃棄物は約 1300 検体であった。中間処理を行った試料は約 300 検体であった。これらの物について現在センター処理依頼を行っている。これは主に主成分の判定は容易にできるが、混合されている微量物質の同定が非常に困難であったことが多いためである。

#### 3.2 今後の予定

ラベリング時の開封前に非接触で爆発性がある物質を定性できればより安全性を確保できる。現在、分光法を用いた非接触分析法の開発とデータベース化に取り組んでいる。昨年度の春休みに化生系の学部3年生をアルバイトとして分析の補助をお願いしたところ、作業が飛躍的に進んだ。安全教育を充実させ今後も協力をお願いし早急な分析処理を行う予定である。

### 4. 謝辞

本報告は工学系研究科安全衛生管理室の実験不明廃棄物処理ワーキンググループ各位の協力の基に行いました。ここに感謝の意を示します。また、本報告の実験不明廃棄物中の有機フッ化化合物の分析に関しては平成 18 年度の工学系研究科 OJT の助成を受けました。

## 2 不明試薬、不明廃液中の水銀濃度の測定

化学システム工学専攻・安全衛生管理室 伊藤 葵

### 1. はじめに

工学系研究科等安全衛生管理室では実験廃棄物処理ワーキンググループを組織し、不明試薬、不明廃液の分析処理を行っている。工学系研究科技術部からのジョブマッチングによる技術職員もこの業務に参加している。不明試薬は研究室内で長年保管してきた試薬でラベルなどが剥がれて内容物が分からなくなったものを指した<sup>1)</sup>。ワーキンググループは不明試薬を初め、実験により合成されたもの、実験により生成した副生物、試験測定用に作られたサンプル、実験による排液などで、混合または溶け込んでいる化学物質が何か分からなくなってしまったものなどを分析し、処理している<sup>2)</sup>。これら物質の分析で、毒物及び劇物取締法で毒物に指定されている水銀について、水銀濃度を還元気化原子吸光法(以下還元気化法と略記)及び、加熱気化原子吸光法(以下加熱気化法と略記)により測定した。これらの測定方法の特徴、その他の測定装置による測定値との比較検討について報告する。

### 2. 水銀および水銀化合物

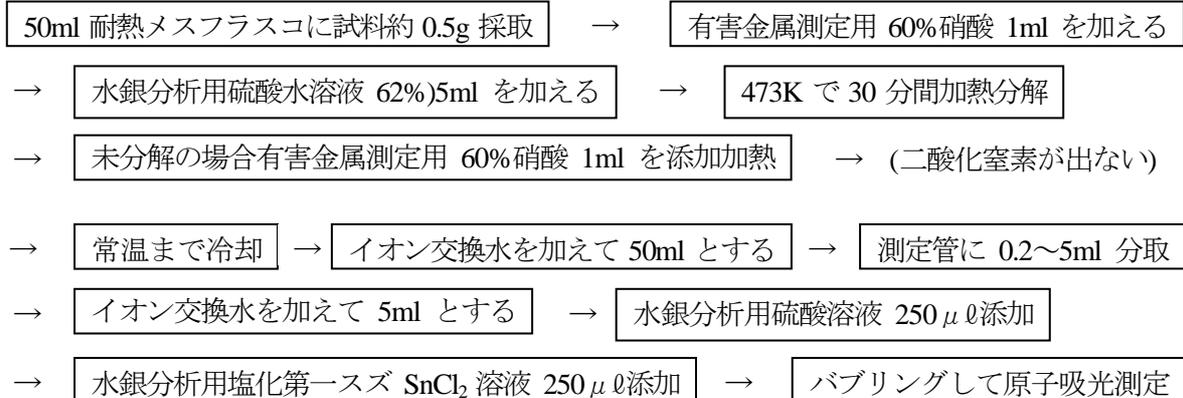
水銀は金属元素で原子量 200.61、比重 13.6(273.15 K)、融点 234.32 K、常温で銀白色の液体である。実験室では水銀を用いた温度計、マンオメーター、マクラウド真空計、電極、気圧計、多孔質材料の比表面積測定の水銀ポロシメータなどに使用されてきた。また、各種水銀化合物の原料などに使用されてきた。水銀化合物として無機水銀化合物、有機水銀化合物がある。これらの毒性は各々異なる。人が高濃度の金属水銀蒸気に曝露された場合、気管支炎、肺胞壁や支持組織に起こる肺炎を引き起こす。腎臓機能障害を起こすこともある。低濃度の水銀蒸気に繰り返し長期間曝露された場合は易疲労感、手指の無意識の震え、腱反射の減少弱まり、構音障害、記憶力減退など中枢神経の症状が出る<sup>3)</sup>。無機イオン水銀はチオール基(-SH)と高い親和性を持ち酵素などの生体内生理活性物質中に含まれるシステインの-SH 基と強く結合しその活性を阻害し腎臓機能障害を起こす。有機水銀には様々な化合物があるが、水俣病の原因物質であったメチル水銀では感覚の鈍りや麻痺、痺れ、言語障害、運動失調、視野狭窄、難聴などの症状が出る<sup>4)</sup>。また、発がん性に関してはメチル水銀が発がん暫定物質に分類されている。また、人に対する催奇性があると報告されている。東京大学環境安全研究センターの実験廃棄物分別処理では水銀または水銀化合物を含む固体は水銀系廃棄物として処理している。また、水銀化合物を含む液体は水銀廃液として環境安全研究センターで処理されている。水銀廃棄物、水銀廃液に分類する場合、水質汚濁防止法の排水基準である総水銀量は 0.005mg/l となっている。そこで、不明試薬、不明廃液中の水銀濃度について 5ppb を基準に分別することにしている。そこで、これらのことを考慮して、不明試薬、不明廃液中の水銀濃度分析について検討した。

### 3. 測定法

#### 3. 1 還元気化法

還元気化法は対象物(以下試料とする)中の総水銀を水銀イオンにするために、試料を50mlの耐熱メスフラスコに採り、下記示す手順により、測定した。分解では二酸化窒素が出なくなり、溶液が黄色または透明になったら冷却し、イオン交換水を加えて50mlにメスアップした。試料中に存在する可能性のある、金属水銀、無機水銀化合物、有機水銀化合物を分解し水銀イオン $\text{Hg}^{2+}$ にし、その溶液から1ml~5ml分取し、水銀分析用62%硫酸水溶液250 $\mu\text{l}$ を加え、水銀分析用塩化第一スズ $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

10w/v%水溶液250 $\mu$ lを加え還元し金属水銀として、日本インスツルメンツ(株)製RA-3水銀分析装置(検出下限0.005ng、測定範囲0.001~100ppb)を用いて、発生する水銀蒸気を吸光セルに導入し、253.7nmの吸光度を測定した。水銀濃度はLambert-Beerの法則 $\ln(I_0/I) = \alpha CL$  ( $I_0$ :比較光,  $I$ :吸収光,  $\alpha$ : 吸光係数,  $C$ :水銀濃度,  $L$ :吸光長) から求められる。



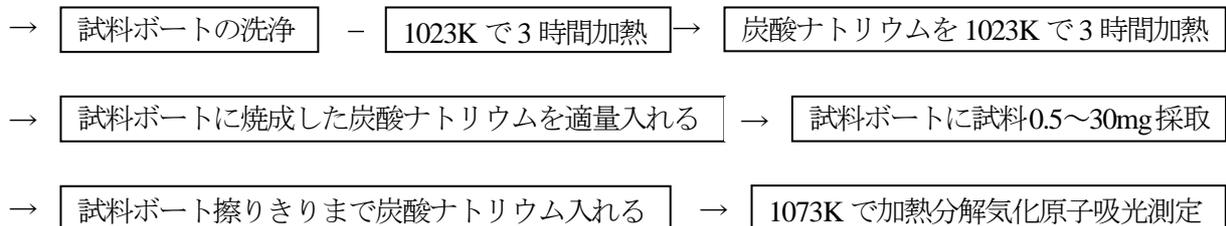
### 3. 2 加熱気化法

加熱気化法は試料を直接分解して水銀蒸気として測定する方法である。セラミック製試料ポートの再使用に対しては試薬特級60%硝酸に浸し超音波洗浄し、よく水洗いをして、1023.Kで3時間焼き常温にして用いた。酸化促進剤に炭酸ナトリウムを1023Kで3時間焼き常温にして用いた。日本インスツルメンツ(株)製MA-2000水銀分析



図1 水銀分析装置 MA-2000

装置(検出下限0.002ng、測定範囲<1000ng)を用いて試料を1073Kで加熱分解気化し、洗浄液0.1規定の水酸化ナトリウム溶液を通し、除湿ユニットを通し、金アマルガムとして捕集し、加熱分解気化して吸光セルにより253.7nmの吸光度を測定した。加熱分解ガスの洗浄液を日毎に入れ替え使用した。図1に水銀分析装置MA-2000を示す。下記に手順を示す。水銀濃度は還元気化法と同様にして求めた。



### 3. 3 各種測定法

その他の多元素同時分析を行える測定法として日本電子(株)製蛍光 X 線分析装置(XRS)JSX - 3220、分解能 ppm オーダー、フレーム型日本ジャーレルアッシュ(株)製原子吸光分光分析装置 AAS-825 ppm オーダー、日立製作所(株)製高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP - AES)P - 4010 分解能 ppm オーダーの装置を用いた。これらの測定法は、不明試薬、不明廃液に含まれる元素の定性、定量分析

に有用であった。

#### 4. 測定結果と考察

##### 4. 1 還元気化法による検量線の作成

検量線作成のための標準溶液 (ppb 以下)はすぐに劣化してしまうので、0.1%システインを添加して劣化を防止した。標準溶液の濃度は試料濃度(ppb オーダー)に近い異なる3種類以上の溶液を作り、濃度と吸光度の表示値(Abs.)との関係図を作成した。検量線を図2に示す。この検量線を用いて試料溶液中の水銀濃度を求めた。検量線は適時作成し、また装置のバックグラウンドを試料ブランク溶液で補正した。

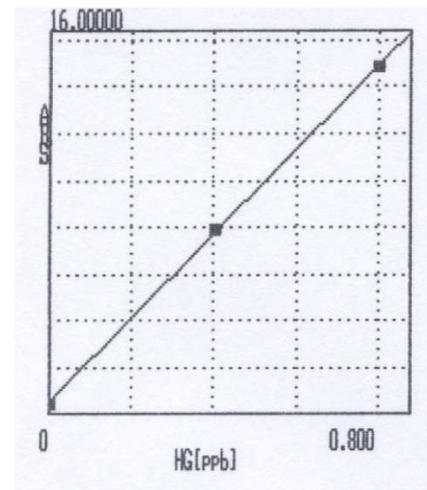


図2 検量線

##### 4. 2 還元気化法による測定結果

還元気化法による測定結果例を表1に示した。表1と必ずしも対応していないが、測定プロフィール例を図3に示した。

表1 還元気化法による水銀濃度測定例

No.	Name	Abs.(Inte.)	Conc.(ppb)
1	4348 - 1	15.13399	0.811
2	4348 - 2	16.47878	0.886
3	4345 - 1	25.97416	1.413
4	4345 - 2	25.40397	1.381
5	4347	4.31481	0.211
6	4349	18.03607	0.972
7	4339	20.47295	1.107
8	4340	25.57324	1.390
9	4341 - 1	128.68937	7.113
10	4341 - 2	7.95489	0.413
11	4341 - 3	11.06714	0.585
12	4343	Over	—
13	4344	27.07802	1.474
14	4354	1.82326	0.072
15	4353	30.34868	1.655

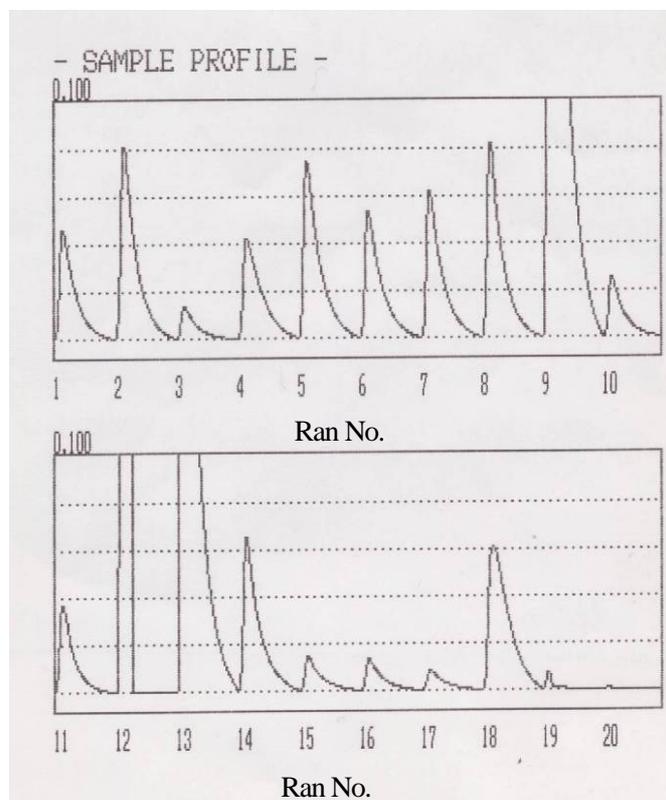


図3 試料のプロフィール例

測定操作の進行により試料が汚染されないよう、容器また添加試薬類の純度に注意して行った。また、試料の秤量、希釈に注意した。測定範囲が<100ng であるので測定範囲をオーバーすると測定が不可能になり、測定経路が水銀で汚染されてしまうことも起こり得る。そこで、測定管に採取する量は最初の測定では0.2ml から始めて、その結果から5ml までの適量を決め同一試料を測定した。蛍光 X 線分析などその他の測定法で検知できなかった水銀量を測定できた。その他の測定法でも最近の技術の進歩と検出機の違いにより測定可能になっているものもある。測定においてブランクチェックなど精度管理が重要であると分かった。時には、高濃度の水銀を含む試料が有り、装置の測定系が汚染されてしまいラインを分解して内部を洗浄する必要が生じることがあった。

#### 4. 3 加熱気化法による検量線の作成

加熱気化法では還元気化法による検量線の作成と同様に 3 種類以上の標準溶液を作り、濃度と吸光度の表示値 (Abs.)との関係図を作成した。分解温度 1073K での検量線を図 4 に示した。

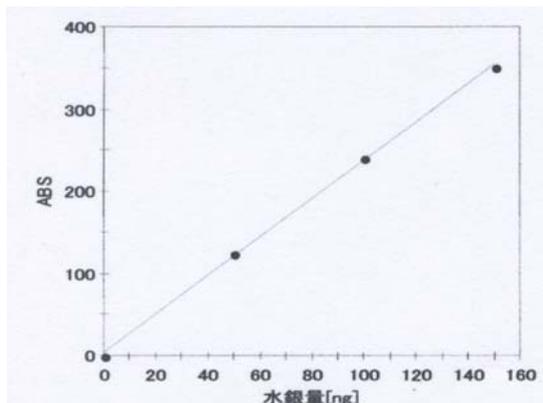


図 4 検量線

#### 4. 4 加熱気化法による測定結果

加熱気化法による 1073K 分解での試料の測定プロフィール例を図 5 に示す。加熱気化法は試料を直接加熱分解気化して測定するので、前処理などなく効率がよいが試料ボートの洗浄加熱処理、添加剤の炭酸ナトリウムの加熱処理、操作中の試料の気化などにより測定誤差が生じやすい。試料の希釈を行わずそのまま使うので、測定範囲を超えることがある。測定範囲を超える高濃度の水銀を含む試料を測定すると測定ラインの中に水銀が残ってしまう。10 回以上空気によりパーージしても、水銀ピークが出る場合、ラインを分解して、水銀を取り除かねばならない。

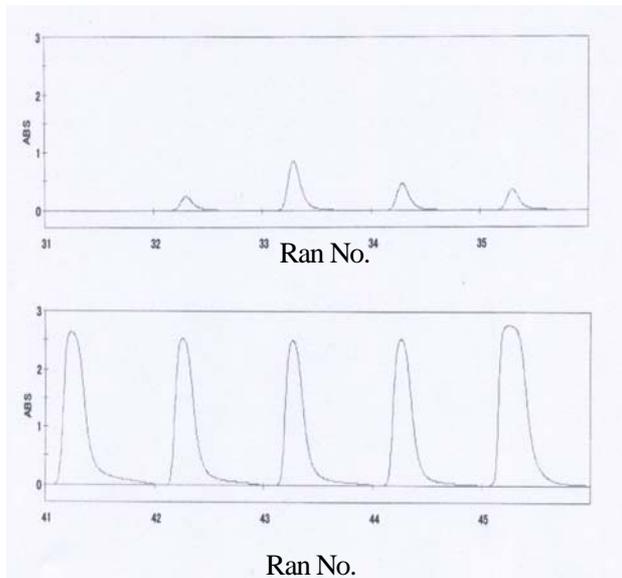


図 5 試料のプロフィール例

#### 5. 各種測定方法との比較

多元素同時分析を行える測定法として、試料に X 線を照射して発生する蛍光 X 線のエネルギーを分析する蛍光 X 線分析また ppm オーダーの水溶液にして測定する高周波誘導結合プラズマ発光分光分析は ppm オーダーで可能であった。0.005mg/l をクリアする為には還元気化法または加熱気化法での測定が有用であった。フレーム中に直接試料を噴霧して測定するフレーム型原子吸光分析による水銀分析は困難であった。

#### 6. 分析により生ずる廃棄物、廃液の処理

還元気化法による水銀分析測定後の溶液はスズを含むので重金属の廃液として分別した。また、50ml メスフラスコの溶液は水銀廃液として分別し、排出前に組成分析をして処理に回した。

#### 7. まとめ

不明試薬、不明廃液の定性定量分析において水銀の排水基準の 0.005mg/l を基準に分析するのに還元気化法は有用であることが分かった。加熱気化法は効率がよいが測定誤差を生じやすい。多元素同時分析を行える各種測定法は不明試薬、不明廃液の元素の定性定量分析に有用である。

謝辞 この報告は工学系研究科等安全衛生管理室が行っている実験廃棄物処理の一部として行っている水銀分析について報告した。安全衛生管理室関係者に謝意を表します。水銀分析において (株)化研の横田利志夫氏に助言を頂き、感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1)伊藤 葵, 第 9 回東京大学工学部技術発表会技術報告,103(1994)
- 2)栄 慎也, 第 21 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会技術報告,121(2006)
- 3)李 卿, 労働の科学, 53(4)(1998)
- 4)西村 肇, 岡本達明, 水俣病の科学 [増補版], (2006)

### 3 東大本郷構内における環境及び景観について

建築学専攻 山田 文男

#### 1. はじめに

本年は、東京大学が明治 10 年(1877 年)に創立以来 130 周年を迎えるにあたり、東京大学 130 周年記念シンボルマーク及び、キャラクター募集(学内広報 2006.9.13 号)、本郷構内交通社会実験～正門周辺を快適な歩行空間に～を実施(2007.2.28 号)、本郷地区統一の自転車・バイク登録制度(3.14 号)など、大学当局は学内環境や整備等に対して観察していると対処(対症療法)的である。以前本郷キャンパスの再開発問題として本郷キャンパスが東大の中心であり、この豊かな緑と格調ある建物を大切にしつつ、新しい施設を建設する具体案「マスター・プラン」により、その一部として正門前銀杏並木の整備がなされた。しかし、銀杏並木の植樹が行われた当時と比較して、構内の構成員や現代人の道徳の嘆かわしい欠落を考慮すれば、この整備は逆効果になると思っていた。

そこで、本郷構内の環境や景観について、主に、樹木及び、駐輪・駐車に対して独自に調査を行ったので、現状を報告すると共に今後の整備について、長きに渡り工 11 号館から観察してきた技術職員の視点から見解を述べる。

#### 2. 正門前の銀杏並木の環境

- 1) S5 年頃も銀杏並木には人が立ち入れないように鎖で囲っていた。①
- 2) 整備前は刈り込みに強い生垣用のアベリアを銀杏周辺に植えて木を養生していた。②・③  
そのために、生垣の地中は特にアブラゼミの住処となっていて、毎年夏場は蟬の大合唱が聞こえていた。④(現在の状況であるが当時はこのアベリアの枝に登ってアブラゼミが羽化をしていた)
- 3) 通行人が法文 1・2 号館の教室や生協の店舗に入るのに近道をするために、土の部分が踏み荒らされる⑤ので、わざわざ通行用の石タイルを敷いたため、銀杏の根元の環境は悪化の一途を辿った。⑥さらに、毎年五月祭前後の 1 週間は並木の周辺的美観を全く無視したロープによる柵の設置は、お粗末としかいいようがない。



① S5年の冬(医学部戦前の卒業アルバムⅡのパネル展)から接写



② 写真4正門から安田講堂を見る昭和55年頃



③、②と反対の安田講堂から正門側を見る



④ 列品館北東の銀杏周辺のアベリアの生垣



⑤ 現在の銀杏の足元の状況  
踏みつけられた土の状況



⑥ 新たに設けられた石タイルと  
5月祭用のロープによる柵



⑦⑥と同、至る所に設置された  
石タイルと5月祭用のロープによる柵  
及び、撤去された自転車現在の状況



⑧ 2007.5月現在の状況  
強い剪定

⑧を見るとさっぱりと剪定された銀杏並木の景観は良さそうだが、⑤～⑦が現実であり環境を損ねているだけでなく、現在の大学に所属する人々生まれる前からこの地に生きて、特に晩秋の紅葉は美しく盛夏には心地よい日陰を提供してくれた、銀杏並木に対し



⑨正門前の晩秋の紅葉と落葉

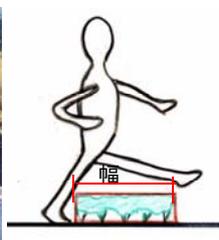


図1 跨ぎにくい幅の障害物を確保する。

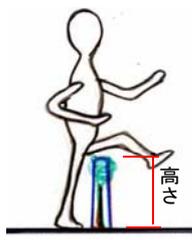


図2 越えにくい高さの障害物を確保する。

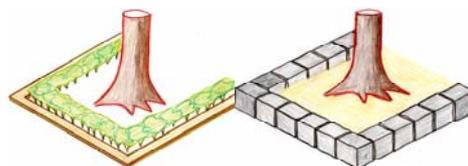


図3 図1の応用 縁はツツジやザンカ

図4 図2の応用 高さ35cm程度の石垣



⑩毎年恒例の市民によるスケッチ風景、ここでは植え込み内が荒されていない



⑪1号館と6号館とにある樺並木内の足元の環境



⑫理学部1号館前の記念碑と植栽に置かれた通行禁止を意味するコーン



⑬記念碑と植栽の中を通行する人

ていたわりの心がない。おそらく、マスタープランでは⑨や・⑩をイメージしていたと考えるが、並木前の建物の使用環境が違っていた。現場現況の把握のないデスクワークの案の結果は一目瞭然である。

垣根を失った段差のほとんどない現場では、また、重要と思われる花壇でもな限り東大構内では構成員が全員紳士・淑女ばかりではないので、「植え込み内に立ち入らないください」という小さな看板を立てたところで全く意味をなさない。歩行者に対して罪悪感を持たせるような配慮が最低限必要である。

ここは力づくで図3や4又は、3+4の案で行くしかない。そうすれば景観は問題ないし、生け垣には落ち葉が堆肥となって銀杏にとっても好ましいことである。

ところで、もう一つ滑稽な事例⑫・⑬を取り上げたい。

⑫・⑬の現場は元々植栽がされていた領域に、新たに大変意義のある記念碑を設けるためにおそらく位置的には間違っていないと考えられるが、その後、記念碑の延長線上に大学法人に伴い民間の店舗が設置されたために、出入り自由な記念碑の空間が、近道に利用されるという皮肉な結果を招いてしまった。そこでコーンを置いて通行不可という表示をしたり、痛めつけられたツツジを数回植え替えたりしたが、人の欲望の方が勝り効果はなかった。人の通行を止める手法はいくらでも有るのに、現在は何の対策も取られていないことに疑問を感じている。

なお、本郷構内における大径木(幹周り2m以上)の樹木や樹種の構成がどのようになっているかH15年調査された資料\*を基に図5と表1に示した。

また、正門から安田講堂や総合図書館周辺と工学系研究科敷地内の樹木や樹種の分布状況と樹木の幹周り(地面から1mの高さの位置)の実測を本年の6月1日と18日に行った。その分布状況を図6に周長を表2に示す。

本郷構内の主要な樹種で本数が多いのは銀杏で、樺、楠、ヒマラヤ杉の順であった。

表1 本郷構内の大径木の幹周りの一覧

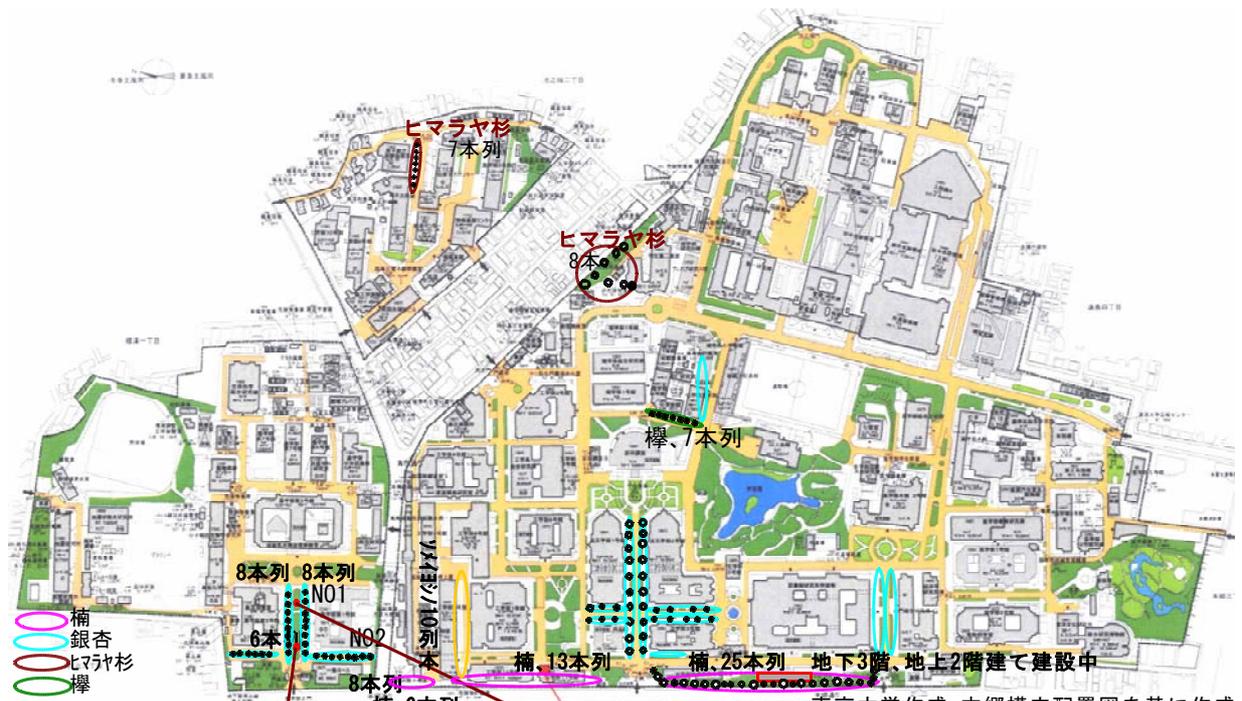
	0~0.5m未満	0.5~1m未満	1~1.5m未満	1.5~2m未満	2~2.5m未満	2.5~3m未満	3~3.5m未満	3.5~4m未満	4m以上	合計	総計
銀杏(イチョウ科)	6	16	36	69	64	71	29	5	2(4.56-8.6m)	298本	311本
樺(ニレ科)	5	27	47	73	69	51	10	5	0	287本	306本
楠(クスノキ科)	16	24	23	27	36	19	12	5	0	162本	168本
ヒマラヤ杉(マツ科)	2	0	10	17	32	25	3	0	0	89本	91本
	29	67	116	186	201	166	54	15	2	836本	876本
その他の樹木(2m以上)					107	21	21	4	2	155本	
スタシイ(ワナ科)					27	5	8		1(4.08m)		
エノキ(ニレ科)					13	4	1				
ムクノキ(ニレ科)					10	7	3	2			
ミスギ(ミズキ科)					5						
メタセコイヤ					5						
トウカエデ(カエデ科)					6						
トチノキ(トチノキ科)					5	2					
ソメイヨシノ(バラ科)					5	1	1				
ヤマザクラ(バラ科)					5						
カラスザンショウ(カン科)					4						
カヤ(イチイ科)					3						
モミジハスズカケ(スズカケニキ科)					3	1	3				
エンジュ(マメ科)					2						
ニワウルシ					2						
クヌギ(ワナ科)					2						
不明					2						
キリ(ウセンカスラ科)					1						
アカガシ(ワナ科)					1		3				
マデバシイ(ワナ科)					1						
サトザクラ(バラ科)					1						
ユリノキ(モクレン科)					1						
スズカケノキ(スズカケニキ科)					1	1					
ウルシ					1						
クロガネモチ					1						
ハリエンジュ							1				
アカメガシワ(トウダイグサ科)							1				
イヌシデ(カバノキ科)								2	1(19.3m)		
合計					107	21	21	4	2	155本	

合計は工事のために計測されていない本数 総計は本郷キャンパス内に存在する本数

表2 正門・安田講堂・工学部内樹木の幹周り、2007.6.1+18測定

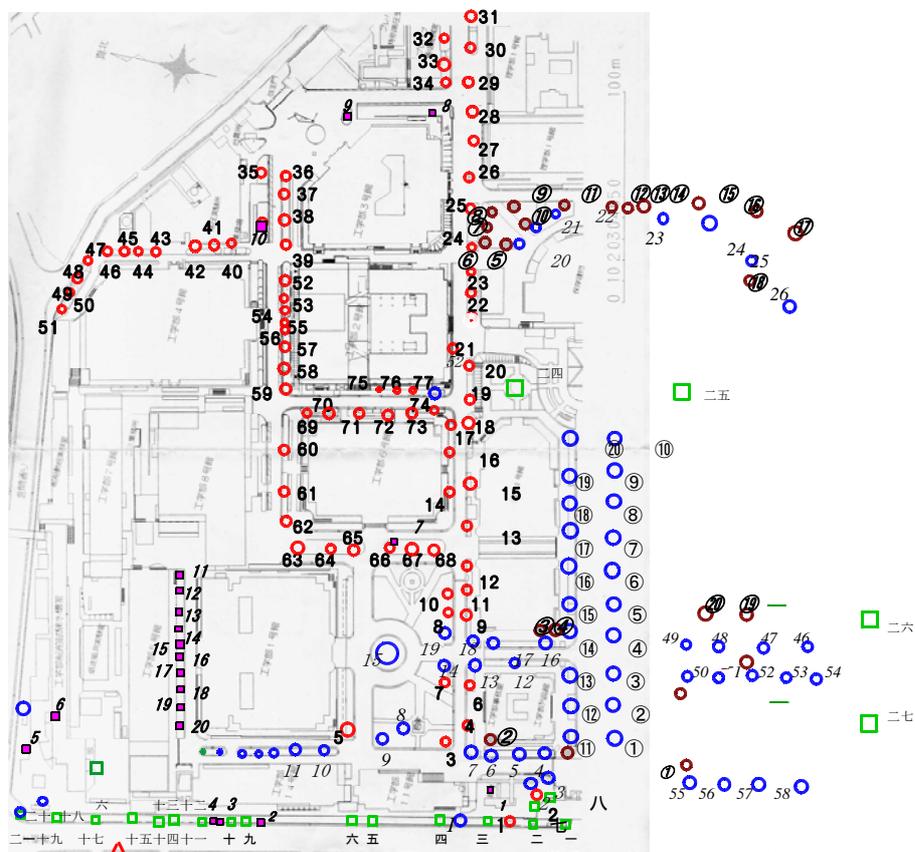
	銀杏	樺	楠	ヒマラヤ杉	銀杏	樺	その他の樹木	樹種				
1	2475	1	1670	3205	2600	19	2906	39	2226	1	1805	ソメイヨシノ
2	2553	2	1553	2400	2308	20	2353	40	2558	2	1491	
3	2634	3	2440	3185	2236	27	2817	41	1306	3	1231	
4	2490	4	2765	2335	1553	22	2607	42	2300	4	1543	
5	2375	5	3060	2823	3016	23	2928	43	2330	5	1520	プラタナス
6	2552	6	2952	2988	2233	24	3007	44	2592	6	1755	スタシイ
7	2992	7	2828	3205	2010	25	2566	45	1477	7	1737	
8	2585	8	2037	2562	1767	26	2190	46	2045	8	2083	
9	2460	9	2753	3367	2770	27	1984	47	2340	9	3250	
10	3913	10	1997	2078	2900	28	2764	48	径約50cm	10	1487	ムクノキ
11	2770	11	2427	3936	1977	29	2416	49	径約45cm	11	直径50cm以下	ソメイヨシノ
12	3113	12	2470	径約80cm	3010	30	2432	50	径約70cm	12	直径50cm以下	ソメイヨシノ
13	2577	13	2340	2120	2075	31	3877	51	1630	13	直径50cm以下	ソメイヨシノ
14	2592	14	2810	1600	2557	32	3334	52	2115	14	直径50cm以下	ソメイヨシノ
15	2506	15	2080	2433	2387	33	3093	53	2021	15	直径50cm以下	ソメイヨシノ
16	1882(移植)	16	1750	2844	2743	34	2329	54	2872	16	直径50cm以下	ソメイヨシノ
17	3208	17	2690	2153	3258	35	2667	55	1329	17	直径50cm以下	ソメイヨシノ
18	3240	18	1350	1307	2188	36	2547	56	1937	18	直径50cm以下	ソメイヨシノ
19	2610	19	2300	2165	2243	37	2420	57	2091	19	直径50cm以下	ソメイヨシノ
20	2778	20	2680	1974		38	2900	58	2384	20	直径50cm以下	ソメイヨシノ
1	2774	21	径約70cm	3482		39	2070	59	1372			
2	3257	22	3070	2653		40	植樹	60	2118			
3	3127	23	2390	2035		41	植樹	61	* 2246			
4	3380	24	2372	2838	安田講堂前左	42	植樹	62	* 3087			
5	2317	25	2342	3840	安田講堂前右	43	植樹	63	2364			
6	2460	26	2367	4280	総合図書館前左	44	植樹	64	1982			
7	2685	27	2493	3229	総合図書館前右	45	2432	65	3150			
8	3357	28	1870			46	3070	66	2770			
9	2680	29	1585			47	3541	67	2668			
10	2035	30	2353			48	2928	68	2612			
11	3130	31	3068			49	3007	69	未測定			
12	2650	32	1482			50	径約80cm	70	未測定			
13	2972	33	1840			51	2566	71	未測定			
14	2500	34	1408			52	未測定	72	未測定			
15	4487	35	2845					73	未測定			
16	2372	36	2200					74	未測定			
17	2772	37	1410					75	植樹			
18	2418	38	1580					76	植樹			

注、\*印は養生のシート厚さを含む。径表示の樹木は幹周りを計測できなかった。単位はmm



東京大学作成、本郷構内配置図を基に作成  
 H15年2月2日に伐採された2本のヒマラヤ杉、調査日2007.6.8 (NO1) 地面から86cmの高さで伐採、幹周り=3055mm、樹皮厚さ14mm  
 短径80cm、長径99cm、年輪82本 (NO2) 地面から110cmの高さで伐採、幹周り=3455mm、樹皮厚さ18mm、短径86cm、長径111cm、年輪83本  
 この2本のヒマラヤ杉は年輪から判断して、大正10と11年生まれである。よって、この敷地に植えられたのはT12年の関東大震災後と考えられる。

図5 本郷構内の大径木の分布



工学系研究科敷地及び、正門から安田講堂周辺の樹木の分布  
 工学系研究科建物配置図を基に作成



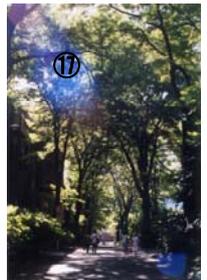
⑭ヒマラヤ杉切り株NO1  
 幹周り3055mm



⑮ヒマラヤ杉切り株NO2  
 幹周り3455mm



⑯工1号館増築前の大銀杏



⑰夏の榲並木の木陰風景

### 3. 本郷構内の駐輪・駐車問題

本郷構内に現存する自転車・バイク及び、車を6月4日と5日の二日間で詳細に集計した結果を図8に示す。自転車は7361台、バイクは692台であった。本年4月から施設部環境課により、自転車整理員4名の方が整理、整頓を行っていることに対して感謝しつつ、キャンパス構内の環境や空間の確保や、法文1・2号館内及び建物前の銀杏並木から閉め出したことは大変評価するが、利用者はカゴや斜めのスタンドが邪魔して出し入れがしづらいのもう少し間隔がほしいが、放置自転車が混在する中ではなかなか難しい。なお、駐輪台の設置が徐々に進行しているが、設置場所に対して？な所があり、放置自転車の保管場所と化したり、全く利用されていない駐輪台が見受けられる。

よって、本郷構内での抜本的解決策は自転車といえども、大学内の敷地を僅かではあるが一部を長時間占有していることを考えれば、受益者負担の精神の導入が不可欠である。

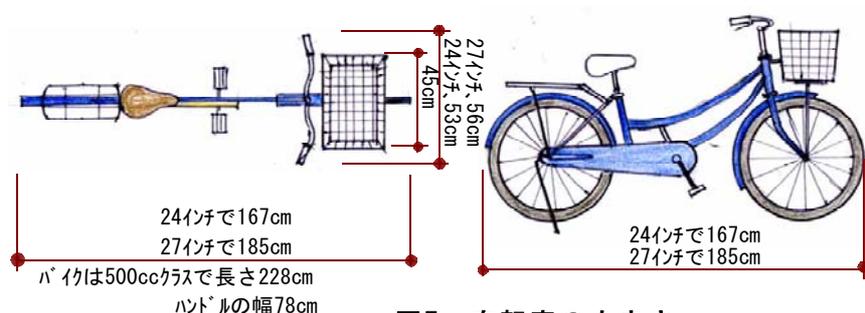


図7 自転車の大きさ



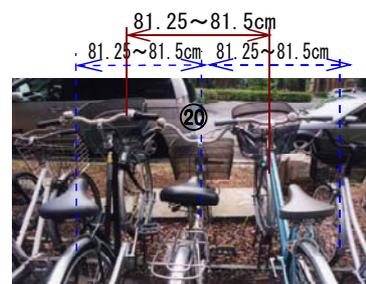
⑱、エ1号館前の駐輪状況、2列は出し入れに不便だし、完全に駐輪場化している状況は問題である。

表3 車体の大きさ

	車体長さ	ハンドル(車)幅	占有面積
自転車(24インチ)	167	53	0.89m <sup>2</sup>
自転車(27インチ)	185	56	1.04m <sup>2</sup>
バイク	228	78	1.78m <sup>2</sup>
車(5ナンバー)	4700	1700	7.99m <sup>2</sup>



⑲この駐輪台は2段式で枠内に挿入のため間隔が特に狭い。



⑳駐輪台の間隔が狭くて出し入れしにくい。



21、エ1号館北側の駐輪場、放置バイクの保管場所となっている。



22、池ノ端門近くの病院勤務関係者の専用駐車場



23、放置自転車か使用されているかの確認ラベル



24、処分されずに放置されている多数のバイク

自転車及び、バイクの大きさを図7に専有面積を表3に示す。占有面積比は自転車(24インチ):(27インチ):バイク(500ccクラス):車(5ナンバー)=1:1.17:2:8.98である。駐輪スペースはバイクが自転車の2倍、車は9倍程度必要である。

- 1) 中学校や高等学校における通学用自転車の管理を大学にも適用する。
- 2) 学部3、4年、修士、博士、研究生及び、教職員の識別をステッカーの色と番号で行なう。
- 3) 登録費として、厳密に査定すれば専有面積での算出となるが、社会常識的な額として、例えば自転車は3000円・バイクは5000円・自動車は1万円として年度初めに徴収する。
- 4) 更新は毎年行う。

- 5) 卒業や大学を去る時及び、年度末に申告者のみ登録費を還元する。
- 6) 10日程度の猶予期間を設定し、登録費返還の届けなき者の自転車及び、登録費は大学が没収する。
- 7) 没収したお金は自転車整理員の賃金や、没収した自転車の整備費や廃棄費に当てる。
- 8) 新しく整備された自転車は価値に見合った低価格を設定して、外国留学生を優先して本郷へ進学される学生等必要な人に先着順に売る。

今直ぐに取り組むべき課題は、受益者負担という考えと東京大学構内における徹底した取り締まりによる長期間放置されている自転車及び、バイクの完全な撤去である。登録費制度を導入すれば自転車(7000台×3000円)だけで2100万円の維持管理費が生じる。

ところで、構内を詳細に観察すると、公衆道徳の問題・業者の技術力の低さ・無駄な設備・理不尽な行為等随所にあるが、特に情けないのが至る所でポイ捨てされているタバコの吸い殻である。ベンチなどが置かれている憩いの場は必ず吸い殻が散乱している。



25、第二食堂建物の北側に設けられた駐輪台であるが、入り口に遠いので誰も使用されていない。

26、法文2号館(生協第一購買部、銀杏・ムロ入り口)前はお昼時になると、必ず止められる。ここは景観重視箇所のため難駐輪禁止という看板があるのだが。

27、反対側の入り口でもお昼時になると、必ず止められる。こちらは入り口前には点字ブロックが通っていること及び、右側に駐輪台が設置されているのに誰も利用していない。



28、数回直した跡が見られる。点字ブロックの見苦しい光景、列品館北側

29、同上、法文1号館北側

30、樹木の植木内に設けたライトアップの照明保護具

34、樹木の周りにベンチを設けたが、タバコの吸い殻の廃棄が後を絶たない!



31、本郷通りの塀を守るために土を盛り返し楠の根を切断したままの状況。

32、工4号館と高圧実験室との間の樽杉(杉)製の一部分を飲み込んでいる。両側に物置が置かれ苦しそう。

33、本郷通り沿いの建物の工事のために楠の根元に避けられた構内の大きな玉石の山

35、同上 安田講堂裏 生協第二購買部近く



36、同上総合図書館前の楠の周り

調査日  
2007. 6. 4、午前及び午後  
6. 5、午後

本郷構内における総駐輪・駐車台数

自転車: 7361台  
バイク: 692台  
車: 509台

弥生(農学部)地区  
自転車: 1343台  
バイク: 108台  
車: 93台

浅野地区  
自転車: 317台  
バイク: 27台  
車: 91台

工学部地区  
自転車: 1490台  
バイク: 212台  
車: 53台

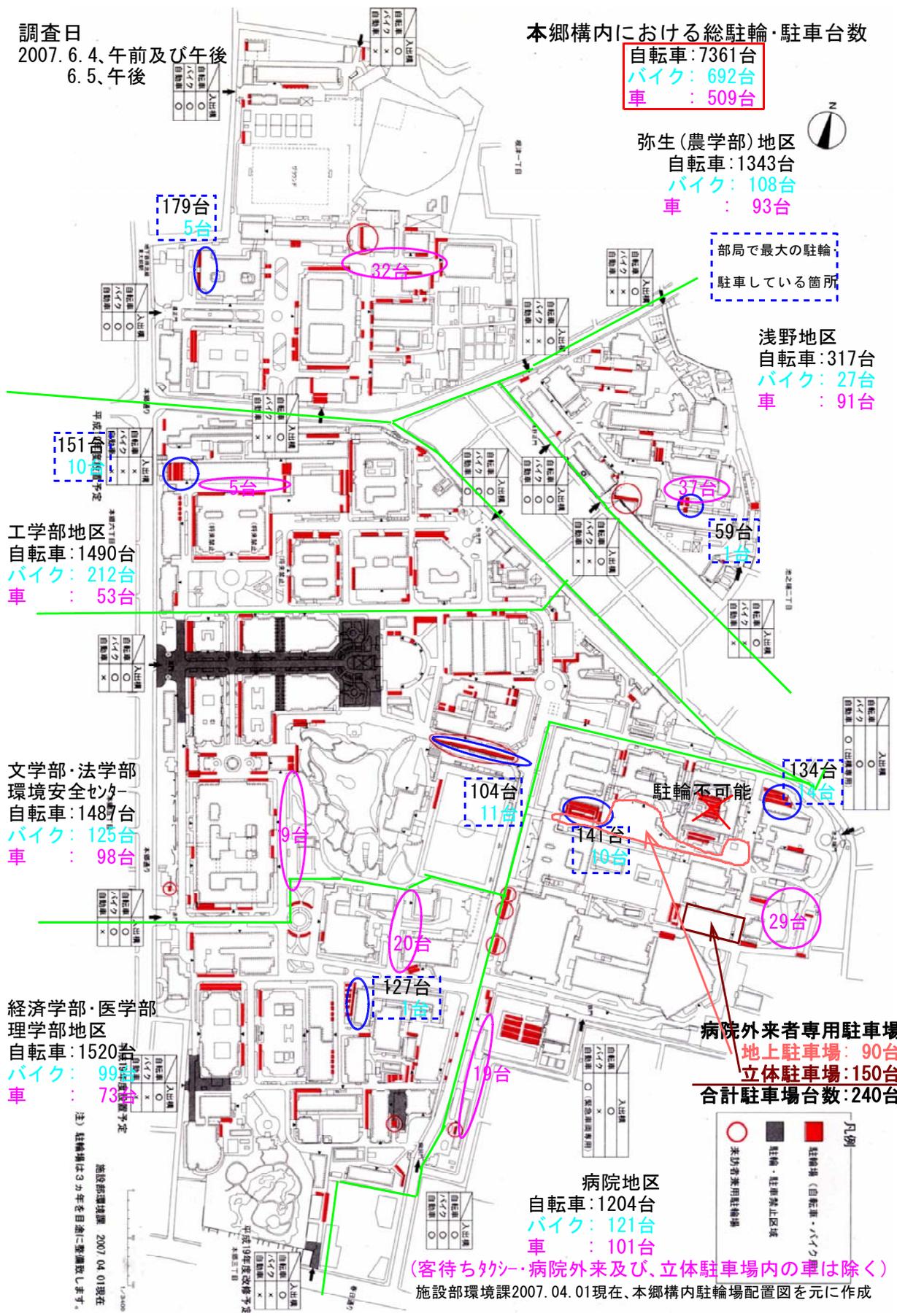
文学部・法学部  
環境安全センター  
自転車: 1487台  
バイク: 125台  
車: 98台

経済学部・医学部  
理学部地区  
自転車: 1520台  
バイク: 99台  
車: 73台

病院外来者専用駐車場  
地上駐車場: 90台  
立体駐車場: 150台  
合計駐車場台数: 240台

病院地区  
自転車: 1204台  
バイク: 121台  
車: 101台

(客待ちタクシー・病院外来及び、立体駐車場内の車は除く)  
施設部環境課2007. 04. 01現在、本郷構内駐輪場配置図を元に作成



(注) 駐輪場は3ヶ年を目前に整備致します。  
施設部環境課 2007. 04. 01現在

#### 4. まとめ

本郷構内の環境や景観は、基本的には対策が行われているが場当たりので整合性がなく支離滅裂であったり、節操が感じられない。

- ・「建築意匠学」の再建と本郷キャンパス」の再生として「マスタープラン」が示されたのに現在の建物はスカイラインといい外壁や外構のデザインはとても「マスタープラン」の精神に沿ったものとは思えない。
- ・ずさんな工事や現場管理及びメンテナンスがしっかり行われていない。
- ・樹木の剪定では全く手を入れられていない所も有れば、5月祭のために見栄えをよくするために1年も経過しない(今年の8月に続き今年の5月に行く)のに行われたり、本来夏の強い日差しを遮ってくれるはずの銀杏並木において落葉問題と思われるが強い剪定を行っていること。
- ・2006年度内に処分されるべき放置自転車・バイクが至る所で見受けられる。
- ・大学では各種の技術を持ち得ているとが考えられるが、生かされていない。

最後に東大生の道徳の無さを一つ紹介する。

銀杏・メトロの北側の出口近くの窓付近でポケットティッシュが入った大きなダンボール箱が置かれていて、食堂を利用された人に対して、どうぞご自由にお取りください！というサービスを2月頃実施されていた。中旬の金曜日だったかな、筆者はこの銀杏の座敷で閉店時間(20時まで)頃夕食を取っていた。

一方、出口に近いテーブルで東大弓道部という名称が入っている弓道着を着用した4名(記憶では)の男子学生が、夕食後の雑談していたが食器を片づけて、出口に向かう時にこのポケットティッシュを数個貰っていたが、4名の中の一人がまだ封を開けていない最後のダンボール箱をドアの外へ持ち出してしまった。筆者は悪ふざけで直ぐに返却するものと思っていたら戻ってこないの、直ぐに後を追いかけたが姿は消えていた。これは明らかな「窃盗」行為である。

#### 5. 謝辞

本報告の作成に当たり工学系研究科施設担当の神田貴子氏には、東京大学構内の樹木図等\*の資料を頂きました。

#### 6. 参考文献

木の本 福音館書店 萩原信介、文 高森登志夫、絵

\*東京大学本郷キャンパス敷地測量及び、樹木調査表 関東地質調査株式会社 H15年3月調査



それがD種接地線と建物導体構造物に分流して流れ、負荷側漏洩個所に合流する。

(2) 共通インピーダンス電圧降下 ノイズ電流の高周波数成分による電圧降下はインダクタンス依存域周波数成分になる。このインダクタンスは、抵抗依存域である電源周波数成分電流との相関は高いと考えており、この電流が多いことはインダクタンスも大きく、従って高周波ノイズ電流が流れることによって生じる共通インピーダンス電圧降下は大きなものになり、必然的に電気機器間の相互干渉は大きくなると考えてよい。こうしたことは、逆に、電源周波数の漏洩電流の実態を知ることによって接地系統のノイズ干渉性を評価する指標にできることにもなる。

(3) 接地線に大電流が流れる原因 電気機器に複数の接地極を求めるものが多くあるが、それらの間が独立ではなく、ノイズ電圧が存在するものが多い。一方、それらを組み込む複雑な大きなシステムになるとそれらの接地系統を独立にすることは難しく、途中で接続状態になる場合が一般的である。そのため、電気機器複数接地端子間で接地線を通して電流が流れることになる。この電流は、端子等(例えばA・D種接地極端子)で接地線同士が直接接続するような場合、インピーダンスが小さいため、接地線を循環路にした大きな電流が流れることになる。独立にできても接地極を通して接続状態になるが、この場合は接地極抵抗が入るために接地線を通れる電流は抑制され小さくなる。しかし、大きな共通インピーダンス電圧降下部分になるので好ましくない。

## 2. 2 接地線電流測定方法

接地極に接続している電流を測定することで建物導体構造物に流れる電流、すなわち循環電流を求める方法である。B種接地線に流れる電流 $I_B$ は、D種接地線、および建物導体構造物に分流して流れ、それぞれの電流、 $I_D$ 、および $I_S$ の総和と一致する。従って各接地極に流れる電流を測定し構造体に流れる電流を求めることができる。また構造体接地極とD種接地極間に接続線がある場合、この接続線を通れる電流を測定することで、さらにD種接地極、および構造体接地に分流する電流を求めることが可能になる。接地線を通れる電流を測定することで建物を流れ循環する電源漏洩電流を間接的に知ることができる。

## 2. 3 電磁誘導結合法

コイルとの電磁誘導結合により建物に流れる循環電流を測定する方法である。例えば、床と天井、あるいは両側壁に流れる電流差は、その値の循環電流が流れていることと等価になる。この電流が作る電磁場変化をコイルで検出し、循環電流を求める方法である。

着目している周波数成分を $f$ (Hz)、コイル巻数 $N$ 、面積 $A$ ( $m^2$ )、循環電流による測定空間最大磁束密度を $B_{max}$ (T)として、コイル出力電圧 $e(t)$ は、

$$e(t) = NAB_{max} \frac{d}{dt} \sin \omega t = \omega NAB_{max} \cos \omega t \quad (1)$$

になる。 $\omega = 2\pi f$ である。

電源系統の撚り線や平行線の往還電流、及び電気機器からの電磁場の影響もあるが、漏洩電流がなければ電流和はゼロであり、小面積循環路の電磁場発生源になる。この発生源の電磁場は、被測定周波数波長は長いため、距離 $l$ (m)として $1/l^3$ に比例して減少するので距離を取ることでこの電磁場は急激に小さくなり、無視できるようになる。

## 3. 測定

### 3. 1 接地線電流測定方法

電流測定は、変電室に接地端子ボックスがあり、クランプメータにより測定可能な接地線のみを測定した。測定結果は表1に示した。B種接地線に流れる電流はA・D種接地線に集められず大半が建物導体構造物に流れていた。また構造体とA・D種接地極に流れる電流を測定可能な1個所について測定

した結果電流は流れておらず、従って、建物構造体はD種接地線よりも抵抗が小さく、また構造体接地はA・D種接地極よりも抵抗が小さいことを示していたことになる。

### 3.2 電磁誘導結合法

(1) 検出コイル 十分な検出感度を得るため、1.5m×1.5mの矩形状、巻数300の検出コイルを用いた。この

検出コイル感度は、検出コイルを1mAの50Hz正弦波電流が流れ、巻数1、径3mの円形コイル面中央に置いたとき、約0.1mVの出力が得られる。使用増幅器利得は、検出コイル出力は20dB、50Hz電源周波数成分は狭帯域通過フィルタを通し46dBで測定した。

(2) 測定結果 測定場所は建物Hの1階廊下で検出コイル面を壁面に並行に廊下中央になるようにして位置を変えて測定した。図2は、検出コイル出力に大きな変化があった位置の前後を測定したものである。図2の0位置を過ぎたところで大きな信号変化を生じた原因は30年前に導入した装置分電盤の出力電源経路にあった。この接地線出力ケーブルの電流をクランプメータで測定した結果、三相系統で0.27A、単相系統で0.31Aもの建物に流れる大きな漏洩電流が観測された。各位置でこの電流の有無による変化を測定した。

表1 建物への漏洩電流の調査

場所	各建物変電室	接地極	電流(mA)	漏洩電流(mA)	接地抵抗(Ω)	構造体接地E <sub>s</sub> 抵抗(Ω)	E <sub>A</sub> E <sub>S</sub> 間の電流(mA)	備考
本郷	A	E <sub>A</sub> E <sub>D</sub>	1.8	43	2.4	0.1		E <sub>A</sub> E <sub>D</sub> 端子2接続線電流 100mA/100mA
		E <sub>B</sub>	44.5		3.1			
	B-1	E <sub>A</sub> E <sub>D</sub>	3.4	44	3.59	0.28		E <sub>A</sub> E <sub>D</sub> 端子3接続線電流
		E <sub>B</sub>	47		5.58			
	B-2	E <sub>A</sub> E <sub>D</sub>	31.7	644	2.2	0.11		
		E <sub>B</sub>	676		3.5			
	C	E <sub>A</sub> E <sub>D</sub>	2.9		5.5	2.75	11.3	E <sub>A</sub> E <sub>D</sub> 端子3接続線電流 1A/1.4A/0.38A
		E <sub>B</sub>	8.7(?)		14.5			
	D	E <sub>A</sub> E <sub>D</sub>	4.7	249	11	0.21		
		E <sub>B</sub>	254		8.4			
	E	E <sub>A</sub> E <sub>D</sub>	5	91	8.2	0.45		
		E <sub>B</sub>	96		3.4			
E <sub>C</sub>		1	7.6					
F	E <sub>A</sub>	0	49.7	0.4	0	0	E <sub>A</sub> 端子5接続線電流 0mA/73mA/89mA/43mA/測定困難	
	E <sub>B</sub>	50		30				
	E <sub>D</sub>	0.3		0.4				
浅野	G	E <sub>A</sub> E <sub>D</sub>	1	280	4.8	0.02		
		E <sub>B</sub>	281		4.8			

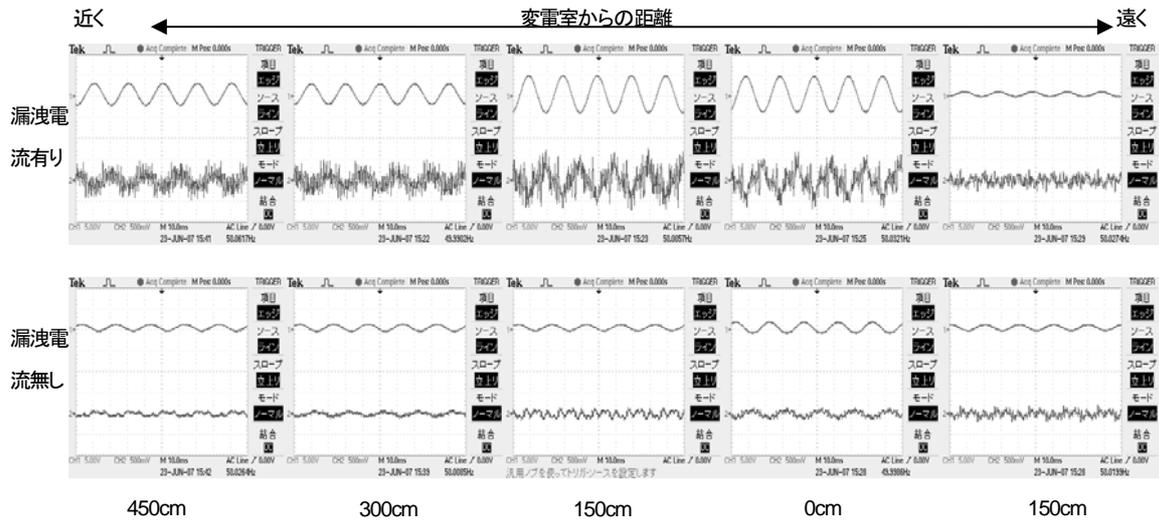


図2 検出コイルによる循環電流による空間磁場の測定

漏洩箇所分電盤位置

検出コイル位置・壁面に並行、廊下中央、振幅軸(全8div) ch1(上)5V/div. Ch2(下)500mV/div. 時間軸(全10div.) 10ms/div.

ch1観測波形 検出コイル出力を50Hz狭帯域増幅器(46dB)増幅出力、ch2観測波形 検出コイル出力を増幅器(20dB)増幅出力

分電盤からの漏洩電流は単相で0.31A、三相で0.27Aである。

#### 4. 考察

##### 4. 1 建物の漏洩電流の原因

(1) 接地系統が不良であるC変電室を除く全てが漏洩電流を接地線に集めることができず、建物に流れていた。建物とその接地抵抗がD種接地線と接地極抵抗よりも小さいことになる。

(2) 複数の接地端子間に現れる電圧が原因と思われる電流がB種ではなくA・D種接地線に流れている実態が見られた。大きなものでは1Aを超えていた。

(3) 古い実験装置・機器はフィルターに大容量コンデンサーを用いており、そのことと実験機器が建物と接続状態になっていることで、大きな漏洩電流が発生する原因になっている例があった。

(4) 建物Hの電磁誘導結合法による測定例は、廊下に大きな空間電磁場が観測された。建物が鉄筋コンクリートであり、廊下天井に冷却水管が通り、その抵抗値は鉄筋コンクリートよりも小さいと考えられ、そこに漏洩電流が集中していたと考えられる。

(5) 接地線電流測定方法は、建物漏洩電流の評価には簡易にでき有効である。また、この電流測定から定期検査での各接地極抵抗値を用いて建物の接地抵抗を求めることもできる。

(6) 電磁誘導結合法は、測定から漏洩電流が発生している分電盤が分かり、接地系統の問題箇所を探したり対策をする上で有効であることが分かった。空間電磁場を大きくしてしまう問題のある接地系統を見いだすこともでき建物内部の有力な測定手段である。

(7) 対策後の観測波形は対策前と位相に違いがあり、別系統の漏洩電流が重畳している。

##### 4. 2 建物漏洩電流(循環電流)・空間電磁場を抑制する方法

(1) 図3に示すように導体構造物代表接地極と別にB・D種接地を接続する電源共通接地極を設け、両者の間に3Ω程度の抵抗を入れることで大半の電流をD種接地線に集めることができ、建物への漏洩電流を著しく小さくできる。この抵抗を入れることで1次側と混触したときに電流が流れ抵抗両端に電位差を作ることになるが、十分な容量のダイオードを互いに逆になるように並列接続することで電位差0V(厳密にはシリコンで0.7Vになる)を保証できる。

(2) 1電源系統に1接地系統を設け被覆構造を取ることで循環路面積が小さくでき、空間電磁場も小さくできる。

#### 5. 終わりに

●漏洩(循環)電流を測定する二つの方法により実態を調査した。

●その結果、建物に漏洩電流が流れている実態が分かり、測定方法の有効性も確認できた。

●循環電流を抑制できる接地システムを示した。

測定に際し、安全管理室室長中尾政之教授、室員の方々、施設担当の方々には施設調査の許可、資料提供や調査協力を得た。記して感謝する。

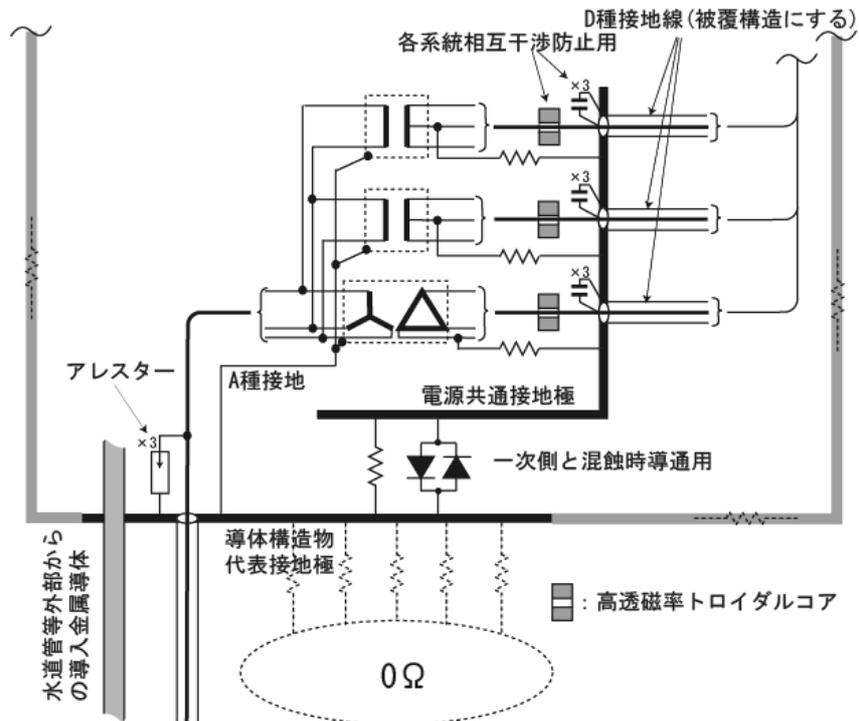


図3 建物への漏洩電流(循環電流)対策を考慮した接地システム

## 5 超音速熱風洞における計測技術

### および超音速流の可視化技術について

航空宇宙工学専攻 内海 正文

航空宇宙工学専攻 奥抜 竹雄

#### 1. はじめに

2006年4月に、駒場Ⅱキャンパス（旧宇宙航空研究所）内に設置されていた極超音速風洞と超音速熱風洞の設備が、柏キャンパスの新領域創成科学研究科基盤実験棟に移設された。この設備の超音速熱風洞に関して、移設後最初の風洞実験は卒業論文及び修士論文の実験研究を行った。この実験は風洞の検定も含まれており、超音速熱風洞の性能評価を行うための貴重なデータを得る手段となった。超音速風洞（常温）の実験を行うのに際し、超音速流におけるピトー圧の計測技術や圧力分布の計測技術、そして流れの可視化を行うシュリーレン法の技術などが必要となる。

本報告では、上記の実験において行った計測技術を中心にその課題等を述べる。

#### 2. 実験設備および実験装置

図1に柏キャンパスの極超音速高エンタルピー風洞の概略を示す。中央部に位置する加熱器を中心に、右側が極超音速風洞、左側が超音速熱風洞である。この風洞は、一つの加熱器において極超音速風洞（高速流体）と超音速熱風洞（高温流体）の機能を併せ持ち、大学の教育研究設備としては世界に誇れるものである。表1に極超音速高エンタルピー風洞の性能諸元を示す。なお風洞の詳細等については、[http://daedalus.k.u-tokyo.ac.jp/wt/wt\\_index.htm](http://daedalus.k.u-tokyo.ac.jp/wt/wt_index.htm)



図1 極超音速高エンタルピー風洞を参照していただきたい。

表1 極超音速高エンタルピー風洞の性能諸元

項目	極超音速風洞	燃焼風洞
マッハ数 M	7, 8, 9	2 (ユーザーによる)
ノズル出口	200mm φ	ユーザーによる
P0	1MPa	0.7MPa
T0	600~800°C	最大1500°C
最大レイノルズ数 $Re_0$	1.8~4.7 × 10 <sup>6</sup> (ノズル出口直径を基準)	
単位レイノルズ数	0.9~2.4 × 10 <sup>4</sup> (1/cm)	
粘性干渉パラメータ	0.01~0.02 (M/√ $Re_0$ )	
流量	最大0.39kg/s	最大1kg/s
通風時間	30秒	100秒
模型	射出投入/常時投入	ユーザーによる
貯気圧	設計圧 5MPa(G)	
容量	4m <sup>3</sup> × 1	
蓄熱体	アルミナペブル	
加熱方式	都市ガスバーナー	
排気	真空槽 約180m <sup>3</sup> (φ7m球形タンク)	大気開放 (消音排気塔を経由)

ここで、超音速熱風洞を使用した今回の通風条件を述べる。この風洞はマッハ数、よどみ点圧力、加熱器温度（よどみ点温度）および通風時間を設定する事ができる。そこ

で、マッハ数は 1.8、よどみ点圧力は、ノズル出口において静圧が標準大気圧となるよう設定した。また、よどみ点温度は常温とした。通風時間についてはそれぞれの計測内容に合わせて設定した。よどみ点圧力の設定方法は、等エントロピーの関係式から求めた。等エントロピー流れの静圧  $p$  とよどみ点圧力  $p_0$  の関係は、次式で表される。

$$\frac{p_0}{p} = \left( 1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$

この式から、 $M = 1.8$ 、 $\gamma = 1.4$ 、 $p = 101.3$  [Kpa] の時のよどみ点圧力を  $p_0 = 582.0$  [Kpa] と設定した。

ここで、今回行った実験の背景を簡単に述べる。卒業論文や修士論文の研究内容は、超音速ノズル内の燃料と空気の混合に関する研究である。将来の宇宙往還機のエンジンとしてスクラムジェットエンジン（超音速燃焼を行うエンジン）や **Oblique Detonation Wave Engine**（斜めデトネーション波エンジン）が考えられているが、それらのエンジンでは燃料と空気の混合が困難（極短い間に混合を行うこと：0.1ms 以下）であり、今後の重要な課題となっている。燃料と空気の混合促進に関する研究は、将来のエンジン開発の鍵になると考えられている。

図 2 に超音速ノズル ( $M = 1.8$ ) の概略図を示す。このノズルの左端が上流側、右端がノズル出口である。ノズルの寸法は全長 350mm、ノズルスロート部からノズル出口までは 180mm、スロート部の断面積は  $26\text{mm} \times 26.5\text{mm}$ 、ノズル出口面積は  $26\text{mm} \times 40\text{mm}$  とし、ノズル全域が矩形断面となっている。ノズル出口から 20mm 上流の位置に  $\Phi 1\text{mm}$  の静圧孔を 5 点設けている。ノズルの側板には、スロートより 30mm 上流の位置に試料ガス噴射用のインジェクタ取り付け窓が設けられており、ここから模擬燃料を噴射する。

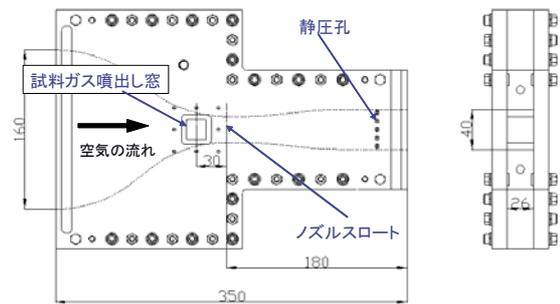


図 2 超音速ノズル ( $M = 1.8$ )

図 3 に自作の楕形ピトープローブの概略を示す。ピトー管は長さ 50mm、頂角  $14^\circ$  の楔型支柱に 5mm 間隔で 7 本取り付け付けた。ピトー管の先端は、外径 1.0mm、内径 0.6mm であり、楔形支柱の頂点から 25mm 突き出ている。

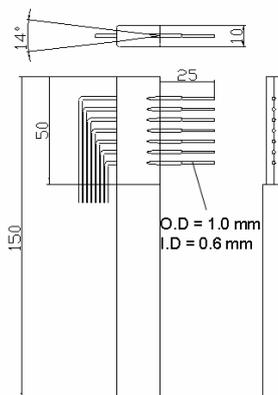


図 3 楕形プローブ概略図

図 4 に楕形ピトープローブの取り付けの様子を示す。楕形ピトープローブはエアースリンダーに取り付けてあり、実験前はノズル出口の下方（流れの外）に設置しておく。風洞始動後気流が安定



図 4 楕形プローブ設置状況

(約 2 秒後) してからエアースリンダーによって流れの中に楕形ピトープローブを挿

入する。

### 3. 圧力計測技術

#### (1) 静圧の計測技術

静圧の計測は、図5の計測システムによって行った。超音速ノズル出口付近の静圧孔の圧力を導管でセンサーまで導き、センサーの出力をアンプで増幅して、A/D変換ボードを経由してパソコンに取り込んだ。事前にセンサーの較正を行い、出力電圧と圧力の対応を確認した。

静圧の計測で注意を要することは、ノズル内壁の静圧孔部分の仕上げをできるだけなめらかにしあげることである。ノズル出口付近は超音速流れであるので、不連続面が存在すると、衝撃波が発生して正しい静圧は計測できない。

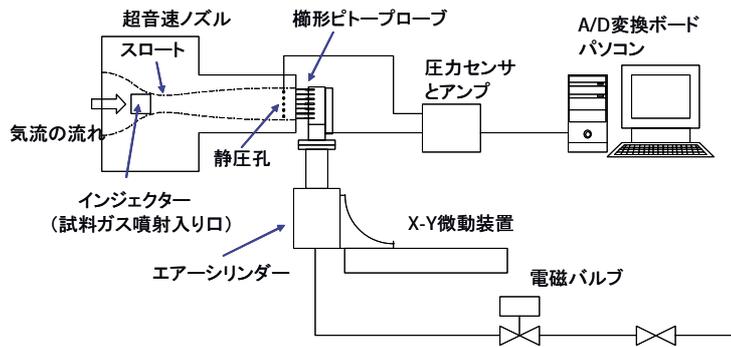


図5 圧力関係計測システム

#### (2) ピトー圧計測技術と圧力分布の計測技術

図5にピトー管によるピトー圧計測システムを示す。静圧、ピトー圧共に同様のシステムを用いている。

ピトー圧計測では、以下の事柄に留意した。

- ・ ピトー管を流体中に挿入するため、流体に影響の少ない形状にする。
- ・ 超音速流中では、ピトー管に強い力が作用するので、変位が極力少ない構造や材料を選択する。
- ・ 風洞の始動時には、衝撃波が通過したり、水分やゴミ等が噴出するので、流れが安定してからピトー管を流体中に挿入する装置を開発・製作する。

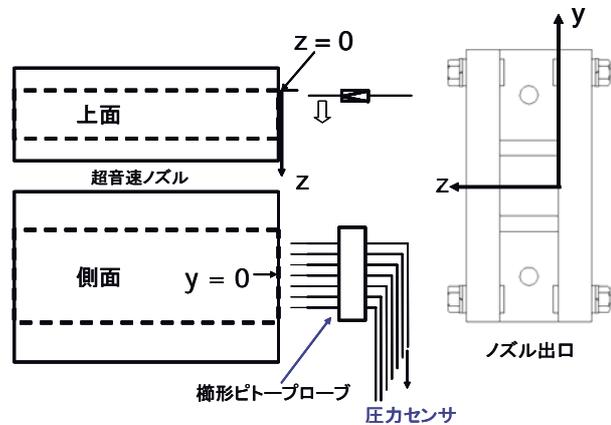


図6 ピトー圧計測の座標系

- ・ 圧力分布を計測することを踏まえて、楕形ピトープローブの開発・製作を行う。

以上のことを検討して図3の楕形ピトープローブを製作した。また、エアーシリンダーを利用した射出装置を試作し、図5に示すようなシステムを開発した。

ピトー圧計測のy-z面における座標を図6に示す。ノズル出口の上下の中心をy=0として、下流からノズルに向かって右側の側壁の内側をz=0とした。計測は、気流成立後2秒後にエアーシリンダーで気流中に挿入してから開始する。このときの楕形ピトープローブの7本のピトー管のうち上から4番目がy=0の位置になるように設置した。一回の実験の通風時間は10秒間で、2秒後に楕形ピトープローブを気流中に挿入してから3

秒後に試料ガス ( $N_2$ ) を噴射して、5 秒後に通風を終える。その後、 $z$  方向の位置を変えて上記の実験を繰り返すことで  $y-z$  面の圧力分布を計測した。この実験で境界層の厚さの見積と試料ガスの噴射が流れに与える影響を調べた。

#### 4. シュリーレン法による可視化技術

超音速流などの圧縮性流体の可視化の方法は、主にシュリーレン法が用いられている。図 7 に、この実験に用いたシュリーレン装置の概略図を示す。

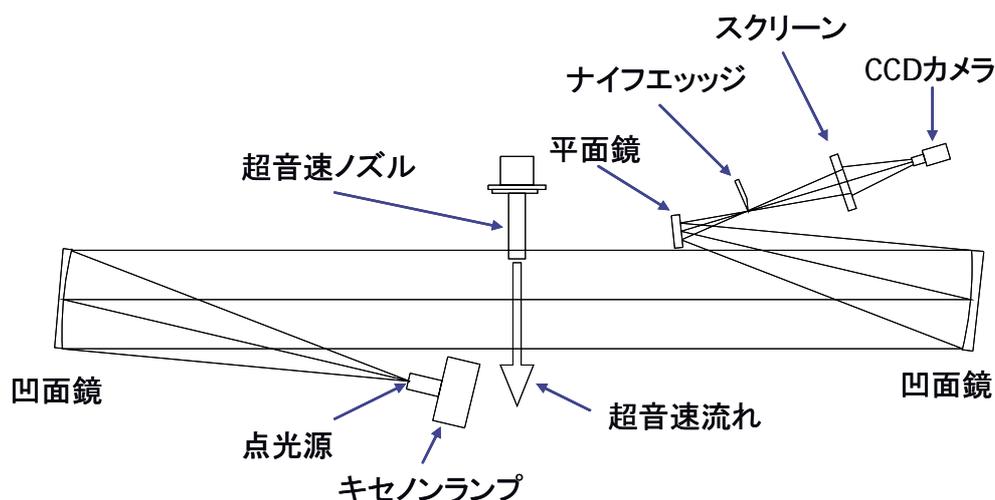


図 7 シュリーレン装置の概略図

ここで、シュリーレン装置の配置や設定について述べる。白昼光に近いスペクトルを有するキセノンランプを光源として使用した。光源の光の出口を点光源に絞り、凹面鏡によって平行光になるように光源の位置を調節する（凹面鏡の焦点距離は 2 m なので光源と凹面鏡の距離も 2 m）。風洞の反対側に配置された凹面鏡の焦点距離も 2 m なので、ナイフエッジの位置も光線距離で 2 m となるが、スペースの関係で途中で平面鏡を入れている。ナイフエッジでの焦点のカットの仕方は、上下にカットすると斜め衝撃波の観測に適している。また、垂直にカットした場合は、垂直衝撃波の観測に適している。基本的には、上記のように使い分けを行うが、実験担当者の好みでいろいろ試してみてもよい。ナイフエッジの位置を探すには、経験を要する。いろいろ試しながら適当な位置を求める。ナイフエッジを通過した光はスクリーンに映し出される。スクリーンを使用するのは、CCD カメラに直接強い光を当てるのを防ぐためである。スクリーンの像を CCD カメラで撮影してパソコンに記録する。シュリーレンの感度を上げる方法は、光源の大きさを小さくすることと、凹面鏡の焦点距離を大きくすることである。このシュリーレン装置は、超音速ノズル出口の様子を観測するには十分な感度を有している。

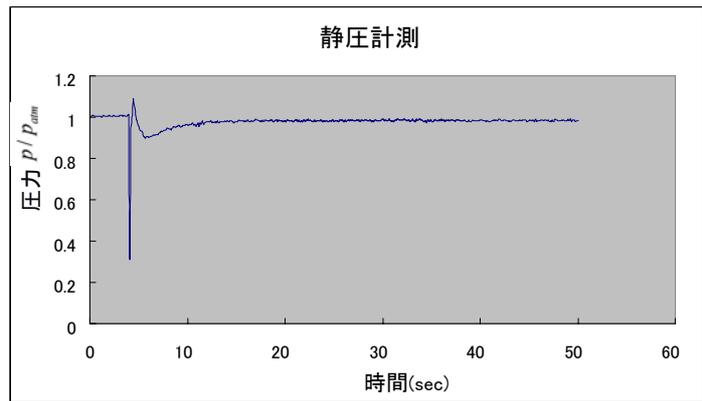
#### 5. 結果

##### (1) 圧力計測

##### 1) 静圧計測

超音速ノズル出口から 20 mm 上流の静圧計測結果を図 8 に示す。横軸に時間 (秒) 縦軸に圧力 ( $p/p_{atm}$ ) の無次元数を示す。ここで、 $p$  は静圧、 $p_{atm}$  は標準大気圧である。計測開始後約 3 秒で通風が行われ、その約 5 秒後には標準大気圧の圧力を示し、

その後圧力は安定しているのがわかる。ノズル出口での静圧が標準大気圧になるよう設定しているため、ノズルの性能は期待通りであった。



2) ピトー圧計測・圧力分布  
 図9にピトー圧計測の圧力分布の結果を示す。

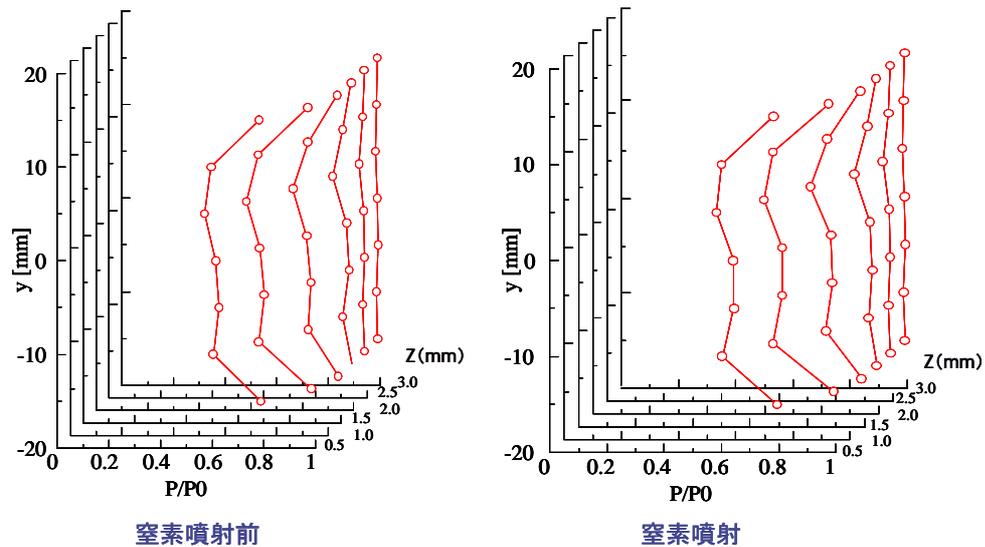


図9 窒素ガス噴射の前と噴射状態のピトー圧分布

左側のグラフが窒素ガス噴射前のピトー圧分布、右側のグラフが窒素ガス噴射状態のピトー圧分布である。両グラフとも横軸は圧力 ( $p/p_0$ ) であり、縦軸は  $y$  方向の位置を表している。また、 $z$  方向 (ノズル内壁からの距離) は  $0.5\text{mm}$  間隔で計測している。このグラフから、超音速ノズルの出口付近の境界層は、 $3\text{mm}$  程度と考えられる。窒素ガス噴射によって  $z = 0.5\text{mm}$ 、 $1.0\text{mm}$ 、 $1.5\text{mm}$  の  $y = -5\text{mm}$ 、 $0\text{mm}$ 、 $5\text{mm}$  の位置でピトー圧が高くなっている。それ以外の位置では、変化は見られない。このことから、窒素ガス噴射の影響は境界層中の壁近傍で、噴射位置 ( $y=0$ ) 付近であることがわかる。

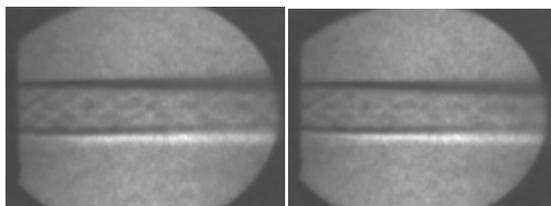
超音速風洞におけるピトー圧分布の計測技術は、この結果から貴重なデータを得る手段となった。

(2) シュリーレン (可視化) の結果

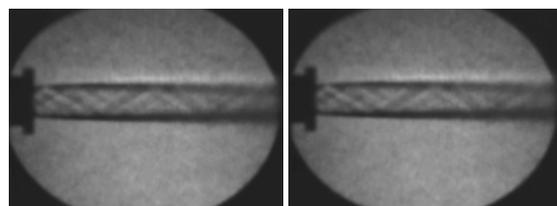
図10と図11に、今回の実験によって得られたシュリーレン (可視化) の画像を示す。図10には超音速ノズルの設置に対して水平方向のシュリーレン画像を示す。窒素ガスの噴射前と噴射している状態を、比較のため示している。この画像の中心軸上に窒素ガスを噴射している。この2枚の画像から、窒素ガス噴射における主流への大きな変化は見られない。

そして図 11 は、超音速ノズルを 90° 回転したシュリーレン画像を示す。窒素噴射前と噴射状態を並べて示す。超音速流れの下側から、窒素ガスを噴射している。下側の剪断層（境界層）に変化が生じると推測したが、変化は見られなかった。

図 10、11 から、超音速ノズルから大気への噴流中の衝撃波や膨張波の位置は安定しており、適正膨張の状態も確認できた。このことから、シュリーレンによる可視化は、超音速風洞の流れの様子を観察する手段として、重要な技術であることがわかる。



窒素噴射前                      窒素噴射  
図 10 水平方向のシュリーレン



窒素噴射前                      窒素噴射  
図 11 垂直方向のシュリーレン

## 6. まとめ

超音速熱風洞（柏キャンパス）設備を使用して、移設後の最初の実験を行うに際し、超音速ノズルの検定を含めた実験を実施した。この風洞実験の計測方法として、静圧計測、ピトー圧分布計測、そしてシュリーレン法による可視化を行った。それぞれ良好な結果が得られた。

今後の課題は、ノズルの中の様子が計測できていないので、計測方法等の技術開発を行っていくことが必要となる。

## 7. 謝辞

最後に、本報告をまとめるにあたり、航空宇宙工学専攻の河野通方名誉教授には、常日頃よりご指導をいただき感謝申し上げます。また、同専攻の津江光洋教授には、常日頃のご指導やご助言などをいただき感謝申し上げます。それから、薄健二君、西田俊介君にはそれぞれ実験においてお世話になり、感謝いたします。

なお、この報告内容の一部は平成 18 年度工学部・工学系研究科技術職員 OJT 研修（第 06-09 号）によって得られたことを申し添えます。

## 参考文献

- 1) 薄 健二, 今村 宰, 内海正文, 奥抜竹雄, 津江光洋, 河野通方 : 燃料壁面噴射型超音速予混合ノズルの試作, 宇宙航空研究開発機構, 宇宙輸送シンポジウム講演集, 平成 18 年度, pp. 98-101.
- 2) 流れの可視化学会 : 新版 流れの可視化ハンドブック, 朝倉書店.
- 3) 薄 健二 : 超音速ノズル内における燃料-空気混合に関する研究, 東京大学大学院新領域創成科学研究科, 平成 18 年修士論文.
- 4) 西田俊介 : 壁面噴射型ノズルの試作と通風試験, 東京大学工学部航空宇宙工学科, 平成 18 年卒業論文.

## 6 垂直配向単層カーボンナノチューブ膜面上への 金属蒸着と金属面への接合

機械工学専攻 渡辺 誠

### 1. はじめに

近年、単層カーボンナノチューブ (SWNT) がナノテクノロジーの基盤材料として、或いは物性探索の理想的な材料として、基礎・応用の両面から注目を集めている。

炭素源としてアルコールを用いることで、高純度 SWNT のバルク合成が可能となることを見出された<sup>(1,2)</sup>。これと Co/Mo 混合酢酸塩溶液を用いたディップコート触媒担持法とを組み合わせることで、シリコンや合成石英などの平滑基板上への SWNT 直接生成法が開発された<sup>(3,4)</sup>。さらに、CVD 中の触媒活性を高めることにより、基板表面に垂直配向した SWNT 膜 (VA-SWNT 膜) が成長可能であることを見出された<sup>(5,6,7)</sup>。

昨年度の技術発表会で発表したが<sup>(10)</sup>、接触角が 145 度以上という非常に高い撥水性を有することを見出して、この膜を簡単に剥離して、再付着させる技術が確立した<sup>(8,9)</sup>。また、カーボンナノチューブが有する高い熱伝導性を利用して、電子部品、機器等の冷却性能向上が期待できると着想した。

そこで予備実験として垂直配向単層カーボンナノチューブ膜を伝熱ブロック面に貼り付けて、各種伝熱特性を調べる実験を計画したが、VA-SWNT 膜を直接伝熱ブロック面に強固に貼り付けることが、当初は非常に困難であった<sup>(11,12)</sup>。

今回は、超撥水性や高い熱伝導性および表面微細構造を有する垂直配向単層カーボンナノチューブ膜を伝熱面とした相変化現象や対流伝熱についての検討に向けて、VA-SWNT 膜と金属面との強固な接合を試みた。VA-SWNT 膜に真空蒸着によって金薄膜を形成し、金薄膜面を他の金属ブロック面と接触させて、或いはろう材を間に挟み込んで、高温でのアニールを行うことでの接合を試みたので報告する。

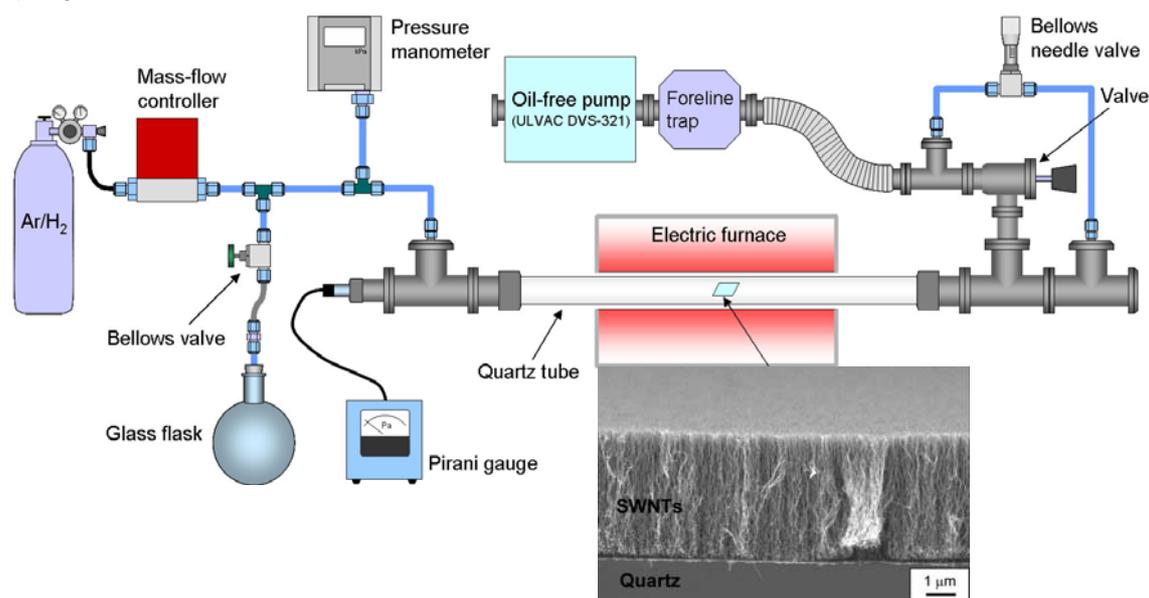


図1. CVD 装置概略図と VA-SWNT 膜

## 2. 実験試料生成と高温蒸着

図1に示すようなアルコール CVD 装置で石英基板上に垂直配向単層カーボンナノチューブ膜を生成する。その後、真空蒸着装置内の基板加熱器の温度を 300 °C に設定し、VA-SWNT 膜の温度を約 300 °C の高温に保ちながら金を 100 nm 蒸着した。その断面における走査型電子顕微鏡 (SEM) 画像が図2である。ここで、図中の各繊維は、SWNT がファンデルワールス力により束状に集合したバンドルに対応している。

我々のグループでは、膜断面の典型的な電界放出型走査型電子顕微鏡 (FE-SEM) による画像から、バンドル同士の間隔が 50 nm 程度であることを確認しているが、図2では金微粒子が VA-SWNT 膜の内部に 1 μm ほどの深さまで浸入し、バンドル同士の隙間に入り込んでいるのが見られる。また、表面には金が堆積し、しっかり付着している。

## 3. 実験装置と実験方法

図3(a)に示すような実験装置を自作し、試料をチャンバー内部に図4のように母材 I の伝熱ブロックと母材 II の (金蒸着 VA-SWNT 膜 + 石英基板) の間にろう材を挟みこみ、石英円筒管 (内径 φ16 mm) の中央にセットし、アルゴンガスを流しながら、還元雰囲気中において、600 °C ~ 850 °C の範囲でアニール温度を設定した。

試料の加熱には、昇温速度が速く、温度コントロールが簡単にできる石英カーボンヒーター (QCH ヒーター: スパイラル型: コバレントマテリアル(株)製) を図3(b)に示すような石英円筒管の外側に設置し、設定温度 ±3 °C で 10 分間温度を維持した。なお温度は、チャンバー上方よりシース径 φ1.6 mm の K 型シース熱電対を挿入して試料直上で測定した。

設定温度を 10 分間高温のまま維持した後は、石英カーボンヒーターを OFF にし、室温まで放置した。

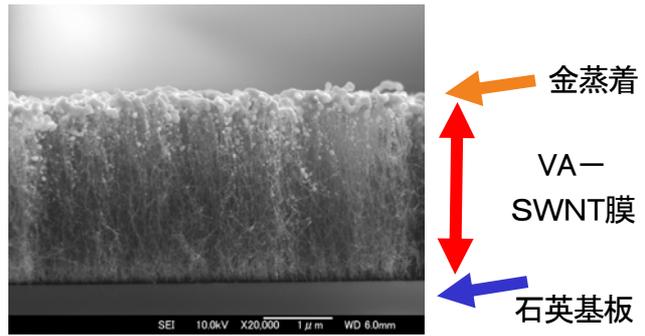


図2. 金蒸着した VA-SWNT 膜



(a) 自作した実験装置



(b) QCH ヒーター

図3. 実験装置

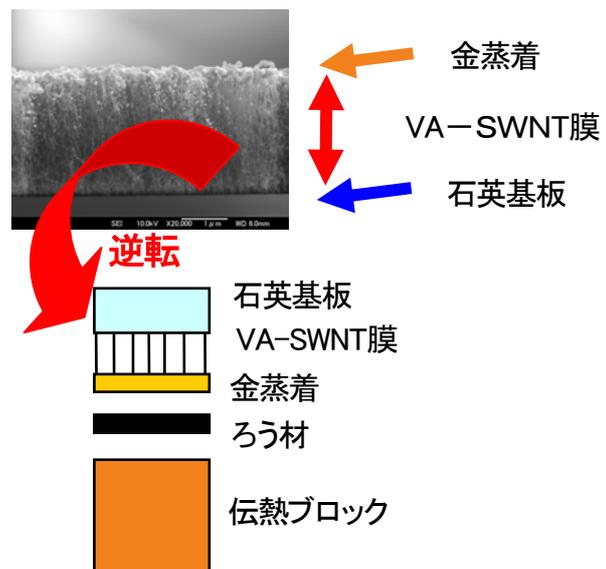


図4. 金蒸着した VA-SWNT 膜の配置

表 1 各種材質における接合可能温度の検証

種別	母材 I	+	ろう材	+	母材 II	600℃	650℃	700℃	750℃	800℃	850℃
A	黄銅	+	純金箔	+	黄銅			×	○	○	
B	銅	+	純金箔	+	銅	×	×	○	○	×	×
C	黄銅	+	純金箔	+	(金蒸着 VA-SWNT+石英基板)				×		
D	銅	+	純金箔	+	(金蒸着 VA-SWNT+石英基板)				×		
E	金蒸着 黄銅	+	純金箔	+	(金蒸着 VA-SWNT+石英基板)				○		
F	金蒸着 銅	+	純金箔	+	(金蒸着 VA-SWNT+石英基板)				○		
G	黄銅	+	銀ろう	+	黄銅			△		○	
H	銅	+	銀ろう	+	銅					○	
I	黄銅	+	銀ろう	+	(金蒸着 VA-SWNT+石英基板)				○		
J	銅	+	銀ろう	+	(金蒸着 VA-SWNT+石英基板)				○		

○印が接合良好, ×印が接合不良, △印が弱い接合

#### 4. 結果及び考察

実験結果として表 1 に各種材質における接合可能温度を示す。種別とし A～J の 10 種類の条件で行なった結果を示している。

表 1 の種別 A, B, G, H は伝熱ブロック同士の接合であり、予備実験的ではあるが、いずれも非常に強固な接合ができた。試作した実験装置におけるアニール温度とろう材の選択において、適正なアニール温度は、750℃であることを与えてくれた。また、表 1 の種別 C, D はろう材として純金箔よりは特別用意した銀ろうの方が有効であることを与えてくれた。

表 1 の種別 E, F, I, J のアニール後においては、我々のグループにおいて見出した温水を用いて VA-SWNT 膜を簡便に基板から剥離する方法<sup>(8,9)</sup>を利用して、60℃以上の温水中に入れるだけで、力をかけずに簡単に不要な石英基板をきれいに剥がすことができた。このようにして、目的の伝熱ブロックに金蒸着した VA-SWNT 膜だけを接合する事に成功した。

図 6 (a) に表 1 の種別 J の条件における写真を示すが、伝熱ブロック上に VA-SWNT 膜 (左側黒色部分) を接合できた。

図 6 (b) は、その顕微鏡写真 (100 倍) である。VA-SWNT 膜 (左側黒色部分)、銀ろう (斜めに白く光った部分)、銅伝熱ブロック (右側部分) が観察でき、お互いしっかり接合していると思われる。

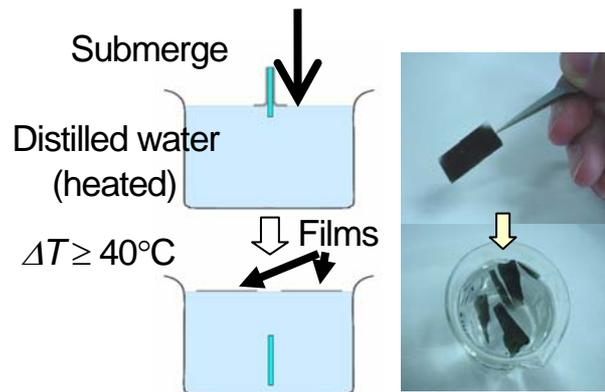


図 5. 石英基板と膜との剥離方法



(a) 接合写真 (b) 顕微鏡写真(×100)

図 6. 伝熱ブロック面に接合した VA-SWNT 膜

もう少し広い面積への接合結果を図7に示す。

試作したチャンバー内径が、 $\phi 16\text{ mm}$  と小さいため、石英基板を収納できる大きさに切断する際に、傷が生じ高温加熱時に、石英基板が割れて無理やり剥がれたものと思われる。実験的には失敗したものだが、少し広い面に VA-SWNT 膜を接合できた。



図7. 広い伝熱面への接合（失敗例）

## 5. まとめ

超撥水性や高い熱伝導性および表面微細構造を有する垂直配向単層カーボンナノチューブ膜を伝熱面とした相変化現象や対流伝熱についての検討に向けて、VA-SWNT 膜と伝熱ブロック面との強固な接合を試みた。

今回は表1の種別 I, Jにおける(伝熱ブロック) + (銀ろう) + (金蒸着 VA-SWNT 膜+石英基板)、アニール温度  $750\text{ }^{\circ}\text{C}$  の条件が、接合強度、コスト、工程など考慮すると最良であると判断できる。

しかしながら今後、ろう材選定をさらに検討し、どのような条件が強固な接合に一番適しているのかを見出すために、蒸着材料、蒸着温度、蒸着厚さ、ろう材、アニール温度、アニール時間等の実験パラメータを変化させ、実験データを整理する必要がある。

さらに、平成19年度科学研究費補助金(奨励研究)の予算が交付されたので、内径 $\phi 47\text{ mm}$ のQCHヒーターを特注して、チャンバー内径を $\phi 40\text{ mm}$ 程度まで大きくし、作業性を改良している。こうして直径 $\phi 10\text{ mm}$ の伝熱面全面にVA-SWNT膜を接合するために、今年度も実験を継続している。

## 6. 謝辞

本報告の実験に際し、助言を頂いた機械工学科・丸山茂夫教授、及びVA-SWNT膜サンプルの提供を頂いた丸山研究室・D3石川桂君、M2小倉一晃君に深く感謝致します。

なお本報告の一部は、平成18年度工学部・工学系研究科個別研修(第06-08号)の援助を受けたことを記し、ここに謝意を表します。

## 7. 参考文献

- (1) S. Maruyama et. al., Chem. Phys. Lett., **360** (2002), 229.
- (2) Y. Murakami et. al., Chem. Phys. Lett., **374** (2003), 53.
- (3) Y. Murakami et. al., Chem. Phys. Lett., **377** (2003), 49.
- (4) Y. Murakami et. al., Jpn. J. Appl. Phys., **43** (2004), 1221.
- (5) Y. Murakami et. al., Chem. Phys. Lett., **385** (2004), 298.
- (6) S. Maruyama et. al., Chem. Phys. Lett., **403** (2005), 320.
- (7) Y. Murakami et. al., Carbon., **43** (2005), 2664.
- (8) Y. Murakami et. al., Chem. Phys. Lett., **422** (2006), 575.
- (9) 渡辺・他4名, 第43回日本伝熱シンポジウム, **1** (2006), 193.
- (10) 渡辺, 第21回東京大学工学系研究科技術発表会技術報告, (2006), 29.
- (11) 渡辺・他5名, 第44回日本伝熱シンポジウム, **3** (2007), 615.
- (12) M. Watanabe et. al., 第33回フーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, (2007), 印刷中.

# 7 MALTにおける高エネルギー側マルチファラデーカップの改造 ——<sup>14</sup>C-AMS の高精度化をめざして——

原子力国際専攻 中野 忠一郎

## 1. はじめに

東京大学MALT(タンデム加速器理工学研究設備、Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator, The University of Tokyo, 以下MALTという)は、1991年度(平成3年度)より3ヶ年の更新計画で建設された。MALTでは、タンデム型静電加速器を用いて発生する良質なイオンビームを用いた微量分析システムが開発され、共同利用に供されている。加速器の年間稼働時間はここ数年6,200時間台であったが、2006年度(平成18年度)は7075.5時間となり、7,000時間の壁を越えることとなった。ほぼフル稼働の状態が続いている。加速器稼働時間の内訳を見ると、AMS(Accelerator Mass Spectrometry, 加速器質量分析)がほぼ67%と最も多く、そしてAMSでも炭素14の測定(<sup>14</sup>C-AMS)が加速器稼働時間の26%を占めるに至っている。

近年、測定における高精度化が求められている。特に<sup>14</sup>C-AMSでは、測定誤差が年代測定誤差につながる。MALTは炭素14だけでなく多く核種のAMS測定が可能なマシンだが、炭素14測定に特化した専用マシンと同等のパフォーマンスを求められている。

測定精度を向上させる上でイオン源及び加速器、イオンビーム分析系の各構成要素のパラメータチューニングは非常に重要である。今回イオン分析系の構成要素のひとつである高エネルギー側マルチファラデーカップ(以下、MFCという)の改造を試みて顕著な効果が確認できたので報告する。

## 2. MALTの概要

MALTは加速器を中心とし、二つの固体試料イオン源(MC-SNICS、40試料装填可能)を持ち、ビームコースとしては極微量分析専門コース(AMS、PIXE、他)、表面物性コース(NRA、他)、学生実験コースなどを備えている。加速器は米国NEC社製(National Electrostatic Corporation)の5MVを発生するタンデム型静電加速器である。高電圧発生機構がペレットチェーンにより電荷を搬送することから、通称5UD pelletronと呼ばれている。図1にMALTの建屋内配置を示す。加速器は27.6mの5階建の建物にすっぽりと納まっている。

MALTは多くの核種のAMS測定を可能とする測定システムの開発を行ってきた。現在<sup>14</sup>Cをはじめとして<sup>10</sup>Be、<sup>26</sup>Al、<sup>36</sup>Cl、<sup>129</sup>IのAMS測定が可能となっている。<sup>14</sup>C-AMSのパフォーマンスにおいては名古屋大学年代測定総合研究センター等の<sup>14</sup>C-AMS専用マシンに若干劣るが、<sup>10</sup>Be-AMS、<sup>26</sup>Al-AMSにおいては世界トップクラスのパフォーマンスを有している。



図1 MALTの建屋内配置

### 3. $^{14}\text{C}$ -AMS 測定の概要

MALT のビームラインを図 2 に示す。AMS は同位体比を測定するものである。 $^{14}\text{C}$ -AMS では  $^{12}\text{C}$  及び  $^{13}\text{C}$  の安定同位体と  $^{14}\text{C}$  の放射性同位体の同位体比を求める。前処理によってグラファイト化されたサンプルはイオン源によりイオン化され、イオン化された炭素ビームは入射マグネットより加速器へと導かれる。 $^{12}\text{C}$  および  $^{13}\text{C}$ 、 $^{14}\text{C}$  ではそれぞれ質量が異なることから、入射マグネットの磁場が一定であればそれぞれに曲率半径が異なり運動量分析 (momentum analysis) される。異なる 3 つの核種を加速器に導くためには磁場を変える必要がある。しかし、磁場変化の速度は遅く、またヒステリシスの問題もある。MALT では核種により入射エネルギーを変化させ交互に加速器へと導くシーケンシャル・インジェクション・システム (Sequential Injection System) を用いている。このシステムは、入射電磁石のチャンバ前後をビームダクトとは電気的に絶縁した構造とし、そのチャンバに電位を与えることで入射エネルギーを変化させて、それぞれの核種の磁場中の曲率半径を一致させようとするものである。磁場変化でなく電位変化なので、高速な入射エネルギーの変化が可能となる。電位変化をあたえる電圧値はジャンピング電圧と呼ばれている。加速器への入射時間は、イオン源よりの  $^{12}\text{C}$  の電流値とタンデム加速器のチャージング電流の関係で決まる。MALT では、自然界の炭素同位体存在比  $^{12}\text{C}:^{13}\text{C}:^{14}\text{C}=1:1 \times 10^{-2}:1 \times 10^{-12}$  を考慮し、 $^{12}\text{C}$  および  $^{13}\text{C}$ 、 $^{14}\text{C}$  に対してそれぞれ 250  $\mu\text{sec}$ 、1,000  $\mu\text{sec}$ 、100,000  $\mu\text{sec}$  としている。おおよそ 1 サイクルが 0.1sec となる。

加速器で加速された炭素同位体のうち  $^{12}\text{C}$  および  $^{13}\text{C}$  は高エネルギー側マルチファラデーカップの MFC04-1 および MFC04-2 で電流値として計測される。 $^{14}\text{C}$  は更にビームコースを搬送され、AMS 専用ビームコース(1B コース)上の静電ディフレクター (Electrostatic Cylindrical Analyzer) にてエネルギーフィルターをかけられた後、終端の半導体検出器で粒子として検出される。

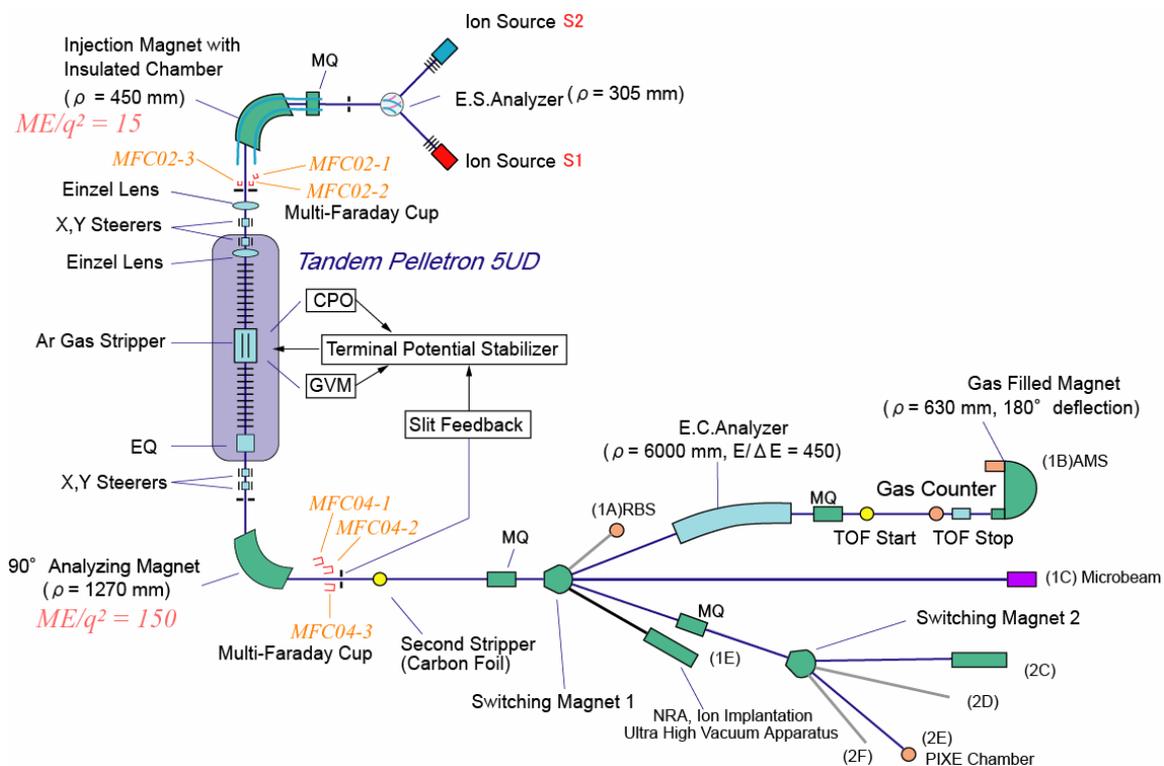


図 2 MALT のビームライン

#### 4. 高エネルギー側マルチファラデーカップの改造

$^{14}\text{C}$ -AMS における加速器及び分析系のチューニングは、チューニング用炭素試料を使用し、先ず  $^{13}\text{C}$  イオンビームを直流モードにて行う。AMS 用ビームコースの終端までの各構成要素のチューニングをそれぞれ行い、パラメータをセットする。 $^{13}\text{C}$  チューニングにて得られたパラメータを元に、磁場系及び静電系のパラメータを  $^{14}\text{C}$  用に計算より求めセットする。次に、シーケンシャルモードに切り替え、更にチューニングを行う。

図3に  $^{12}\text{C}$ ・ $^{13}\text{C}$  測定系を示す。分析電磁石 BM03-1 の磁場は、 $^{14}\text{C}$  がメインビームラインに導かれる値にセットされている。よって  $^{12}\text{C}$  及び  $^{13}\text{C}$  イオンビーム軌道は、曲率半径が  $^{14}\text{C}$  より短いので、メインビームラインよりもそれぞれ上方を通過する。 $^{12}\text{C}$  及び  $^{13}\text{C}$  の軌道上にはそれぞれ MFC04-1、MFC04-2 を設置し、電流値を計測する。なおビーム進行方向に対して上・下・左・右を、それぞれ-Y・+Y・+X・-X と規定している。

図4に MFC04-1 プロファイルを示す。MALT では  $^{12}\text{C}^{4+}$  及び  $^{13}\text{C}^{4+}$  の価数 4 の炭素イオンを用いているが、以後も  $^{12}\text{C}$  及び  $^{13}\text{C}$  と表す。X 軸はメインビームラインからの MFC04-1 の距離を示す。Y 軸は、 $^{12}\text{C}$  イオンビーム電流を  $^{13}\text{C}$  イオンビーム電流で規格化した値である。なお、MFC04-2 の位置は固定している。測定はシーケンシャルモード、各電流値は 50 サイクルの平均値である。プロファイルのフラットトップの中心を最適値とするが、同図からはフラットトップの判別が難しい。このことは MFC04-1 のセットする位置の判断が難しいことを示している。AMS は同位体比を測定するものであるから、このことは測定精度に影響を及ぼす。

フラットトップが得られない原因を検討した結果、大きな要因として MFC04-1 の取付構造が考えられた。 $^{12}\text{C}$  イオンビーム軌道と MFC04-1 の関係を図5に示す。BM03-1 によってある曲率半径で曲げられた  $^{12}\text{C}$  イオンビーム軌道は、メインビームラインに対してある角度をもっている。ところが MFC04-1 は水平に取り付けられており、かつその口径は小さい。よって、MFC04-1 を上下させるとハウジングの口径エッジによりビームの一部が遮られることが、原因と考えられる。そこで、 $^{12}\text{C}$  イオンビームの軌道に合わせて MFC04-1 を傾斜させれば、ビームがエッジにより遮られることなくカップに入る領域が広がり、フラットトップが得られると思われる。

電圧  $V$  で加速されたイオン(質量  $m$ 、電荷  $q$ )が磁界  $B$  に速度  $v$  で入射された場合、イオンの描く曲

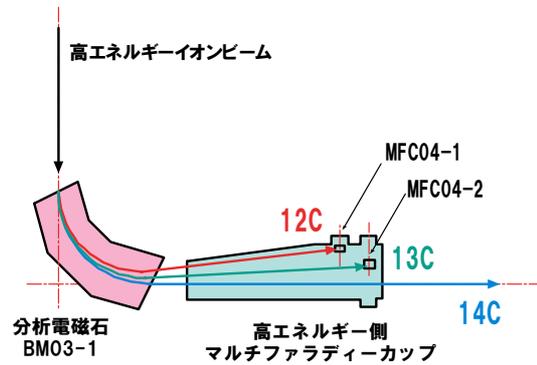


図3  $^{12}\text{C}$ ・ $^{13}\text{C}$  測定系

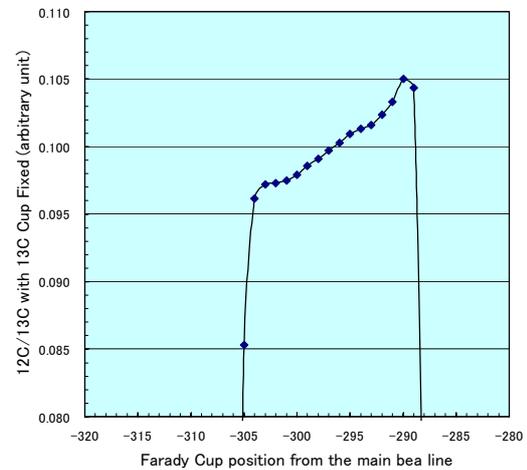


図4 MFC04-1 プロファイル

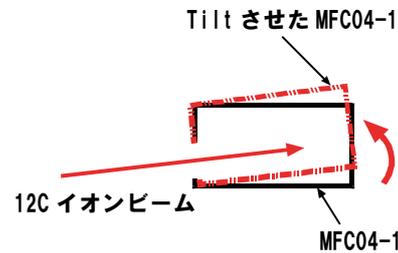


図5  $^{12}\text{C}$  ビーム軌道と MFC04-1

率半径を  $\rho$  とすれば  $B\rho = mv/q$  で表される<sup>1)</sup>。BM03-1 の B は  $^{14}\text{C}$  の値に設定されており、また  $\rho$  は 1,270mm となっている。この関係から、BM03-1 における  $^{12}\text{C}$  イオンビーム軌道の  $\rho$  は求めた。また、 $^{12}\text{C}$  イオンビームのメインビームラインからの傾き、すなわち MFC04-1 の傾斜角度は幾何学的に求め、 $7^\circ$  を得ている。

MFC が設置されているハウジング内は  $10^{-9}\text{Torr}$  オーダーの超高真空中に保たれている。それ故、MFC04-1 の改造にあたっては、改造部の構造及び使用材質など超高真空への配慮が重要となる。そこで、改造部分はシンプルな構造であること、また材質には加工性と真空中でのガス放出を考慮しアルミニウムを用いることで超高真空への対応をしている。図 6 に改造後の MFC04-1 を示す。MFC04-1 本体とそれを上下に移動させるシャフトとの間に  $7^\circ$  の角度を持った楔型スペーサーを取り付け、傾斜を得ている。改造後の MFC04-1 のプロファイルを図 7 に示す。図より、きれいなフラットトップがあらわれているのが理解される。図 4 と比較し、格段に MFC04-1 の位置を決めるチューニング精度の向上が可能となっている。なお、MFC04-2 の傾斜は  $3^\circ$  と求まっているが、フラットトップのプロファイルが得られており、今回は影響の大きい MFC04-1 のみとした。



図 6 改造後の MFC04-1

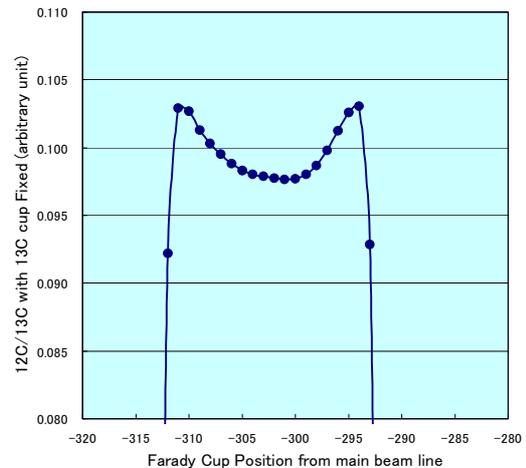


図 7 改造後の MFC04-1 プロファイル

## 6. まとめ

$^{14}\text{C}$ -AMS において、 $^{12}\text{C} \cdot ^{13}\text{C}$  測定系で  $^{12}\text{C}$  イオンビーム電流を計測する MFC04-1 でのプロファイルにフラットトップが得にくい現象あった。BM03-1 よりの  $^{12}\text{C}$  イオンビーム軌道に合わせて MFC04-1 を傾斜させる改造を施し、プロファイルのフラットトップを得ることができた。これにより MFC04-1 の位置を決めるチューニング精度が向上し、MALT の AMS マシンとしてのパフォーマンスをアップすることができた。MALT は、NEC 社が AMS を目的として製造した初めての加速器・分析システムで、いわばプロトタイプといえる。AMS に要求される精密なチューニングや安定性等々にまだ旧態の加速器の思想が残っている。現在までにこれらをひとつひとつ丹念にモディファイし、AMS マシンとしてのパフォーマンスをアップしてきた。今回の MFC04-1 の改造もそのひとつである。これらのことが今日の加速器稼働時間につながってきている。

MFC04-1 改造にあたっての  $^{12}\text{C}$  及び  $^{13}\text{C}$  イオンビームの計測において松崎浩之氏（東京大学工学系研究科原子力国際専攻）にご協力いただきました、ここに感謝いたします。

MALT の AMS システムが多くの人に利用され、AMS を用いた応用研究が発展していく上で本報が参考になれば幸いである。

## 参考文献

1. 中野忠一郎：第 7 回東京大学原子力研究総合センター技術報告、UTRCN-T7(1998)pp9-12

## 8 「トロッコ押しロボット」の作製と問題点

環境海洋工学専攻 吉田二郎

## 1. まえがき

最近の工学は大きく2つに分かれていると思う。1つは現実世界の物作りであり、もう1つはバーチャルな世界の物作りである。バーチャルな世界での物作りは現実世界での物作りとは違い、かなり単純化した物作りとなるが、巨大構造物や超微細な工作物をバーチャル世界で作出し、そこでシミュレーションして、現実世界でどのような振る舞いをするかを予想できる利点がある。しかし、あくまでシミュレーション場での話で、それを余り信じると大きな落とし穴があることはご存じの通りである。しかし最近ではバーチャル世界を多く学び過ぎるきらいがあり、企業で現実世界を体験するとき面食らう学校関係者が多いと聞く。このようにならないように、大学では現実世界に足を付いた物作りの大切さを私は体験させたいと思っている。例えば、バーチャル世界では「4辺単純支持される矩形板」というのが簡単に作ることが可能であるが、現実世界ではこれがやっかいな問題となる。4辺が単純支持されると言うことは面外変形を4辺が許されていないばかりか、支持の直角方向には自由に動くことが許されるということであり、現実離れた支持条件だからである。私たちが構造力学を学ぶとき、このような世界を学んでいるのである。よって、いざ社会に出てこの様な実験や計算をまかされても現実と合わない。

私は既に過去に作製されたことがある物をただ作るのではなく、独創性ある物作りの世界を見てもらうことで、狭隘な物まね知識ではない世界を体験して頂くことを目指している。しかし未知なる物を想定通り動かせるとは限らない。様々な条件下で動かせば、想定外の動きをされることもあり、これ等を防ぎ、制御し、乗り越えて想定内の動きの中に納めて初めて自分の物となるのである。その難しさをお話する。

## 2. ロボット作製の目的

現代はロボットの世紀とも言われる。最近では人の役に立つロボットも多く見られるようになった。自動車工場の組立ロボットや農薬散布用のヘリコプター型ロボット、また留



写真1. ヘリコプターロボット



写真2. 組立ロボット

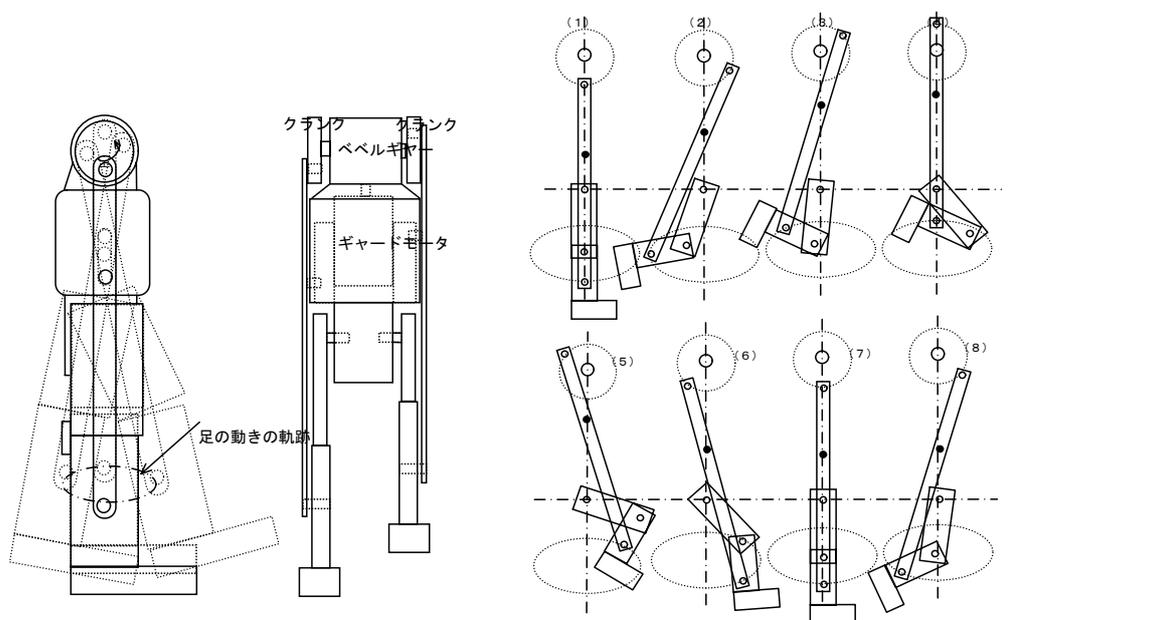


写真3. 留守番ロボット

守番をするロボットなど多機種に渡っている（写真1～3）。それらの価値は人間社会にとって必要な機能を有していることであるが、二次的には見えて飽きないメカニズムと、動作を行う為の機構が精巧にかみ合って、正に人間が操作したり、中にいるように振る舞う動作の面白さである。今後このようなロボットはもっと人間らしく振る舞うようになると考えられる。私が作製したロボットの目的は災害時（大地震・台風・津波等）に崩壊した建物内に取り残された人がいた場合、その人命を救出するために下調べをしたり、物資を運んだりするためのロボットとなることを目的としている。

### 3. ロボットの歩く機構

今回私が作製したロボットは2足歩行できるロボットをトロッコの後ろ側に待機させ、スイッチにより、ロボットが2足歩行でトロッコを押して、目的地に行けるように設計した。ロボットの構成は図1に見られるように、ギヤードモータから回転力がベベルギヤ



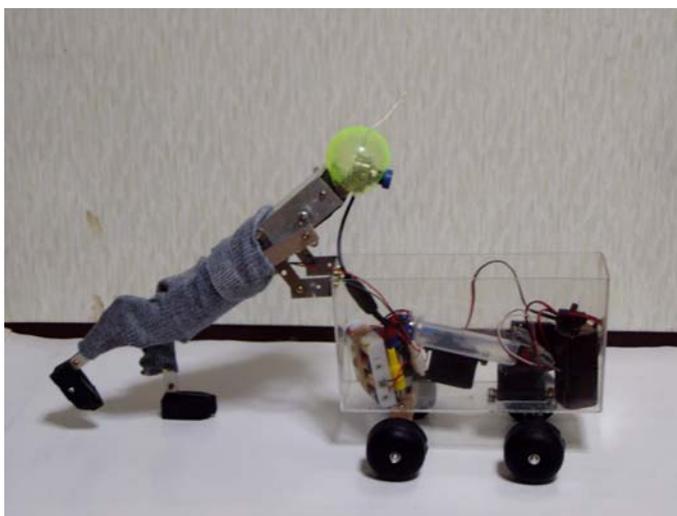
(a)機構の側面図 (b)機構の正面図

図1. ロボットの機構及び動作原理

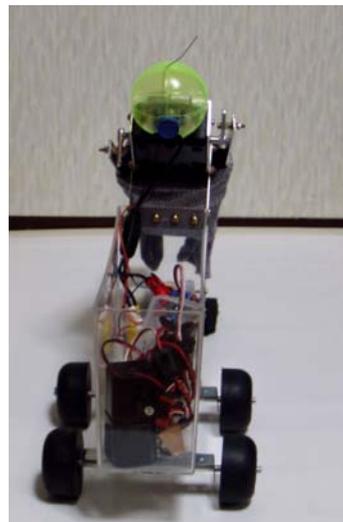
図2. 足の動きの原理

に伝わり、ベベルギヤから直角に出た回転棒の両端のクランクに伝わり回転する。その回転力は、クランクに取り付けられた、長めの板状の棒に伝達される。この棒には端部のクランクの円運動を途中のビスによる横方向の拘束により、上下運動しか許されない機構によって、他端部の運動が回転部と拘束部との距離の比による楕円運動に変換される機構となっている。これは特別なリンク機構と言える（図2. 参照）。この独特なリンク機構を用いて、クランクの円運動を変換し、足の軌跡が楕円形を描くように回転する。よって2つの足の動きが歩くような（走るような）動作を繰り返す事となる。

#### 4. ラジコンを用いた「トロッコ押しロボット」の作製



(a)トロッコ押しロボットの側面写真



(b)トロッコ押しロボットの正面写真

写真4. トロッコ押しロボットの写真



写真5. 本システムの構成

本機構の全体の構成としては、ロボット側とトロッコ側となる。先ずロボットの頭部側から説明する。頭部には無線型監視カメラを取り付け、受信機でその画面を見ながらラジコンを操作する。駆動部はロボットの下半身に足の機構を設け、モータにより足を動かす。トロッコは車輪を4個取り付け、前輪にはサーボモータを取り付け、無線操作できるように工夫されている。よって人間型歩行機構を有するロボットによりトロッコを押させて、

目的地に物を運ぶことができる（写真4）。目的地への操作法は2chのラジコンを用いる。サーボモータのもう1個は人間型ロボットの歩行のスイッチである。このスイッチは3極型を用い、前進・停止・後退ができるように設計した。本システムで使用される機器類全ての構成を写真5に示す。

## 5. カメラ側の機構

ロボットの頭部に取り付けられた監視カメラと、その信号を無線で受信する受信機とその画像を映し出す映像機からなる。カメラはロボットが動く前に映像が見やすい角度に固定しておく。ラジコンのコントローラのスイッチング棒を操作してロボットの電源をONに入れる。ロボットの足が動き出し、映像も動く。映像信号はロボット操縦席の無線受信機に送信されて映像が映し出される。それを見ながら、操縦者がトロッコの行く先を決めてラジコンのコントロール棒を動かすと、トロッコの前輪に装着されたサーボモータが回転してトロッコの行く先を決定し、ロボットの歩行により進むものである。また映像から行き過ぎたと判断されたときは、ラジコンのモータスイッチング棒を操作し、前進・停止・後退動作させる機能を持たせた。よって操作が自由度を持って行えるようにした。

## 6. 問題点

製作時の予想は問題点無く、トロッコを押すロボットとしてスムーズに動く物と思っていた。しかし滑らかな平地ではロボットの動きは予想通りであったが、通路が荒れている所を動かすと、トロッコを押してもスムーズに前に行かず、従ってロボットは前傾姿勢から徐々に立ち上がり、トロッコの後輪を持ち上げていき、最後にはトロッコの下に入り込むか、トロッコを持ち上げる様にして横転してしまう現象を起こした。これの応急処置として、腕の所にコイルバネを取り付け、ロボットが前傾姿勢を保持できる機構に近づけた。しかし根本的解決にはなっていない、自動制御装置が必要と思われる。

## 7. 結論

ラジコンで制御するトロッコ押しロボットを作製した。無線でコントロールできるロボットを作製したのは初めてであるので、無線で現実に動く姿を見て、感激した。しかし、今回の作製は機構や動力だけで、制御系を無視したロボットで、単純な物である。今後はこれに倒立振り子機構やジャイロ機構を設けて、倒れても起きあがれるようにしたり、映像だけでなく聴力も備えたり、操縦者の言葉がロボットを介して伝えられるようにもしたいと考えている。改良の余地がかなりあるが、さしあたり当初の目的をほぼ達成できたことを報告する。

## 8. 謝辞

重要な部品を無償で提供頂いた環境海洋工学専攻の榎本昌一さんに感謝致します。

## 9 VPN を用いたネットワークについて

環境海洋工学専攻 榎本昌一

### 1 はじめに

ネットワークにおいて、外部からの不正なアクセスを防ぐため、研究室毎または部門単位で NAT (Network Address Translation) によるプライベートネットワーク化が行われている。これにより、基本的には外部からそのネットワーク内のサーバ等へのアクセスは出来なくなる。そのため、外部からのアクセスを可能とするために VPN (Virtual Private Network) が利用されている。VPN はプライベートネットワーク外のコンピュータを仮想的に同じネットワーク内に接続されたコンピュータと見なす技術である。これにより、離れた場所でありながら、ネットワークを意識せず、アクセスが可能となる。更に情報を暗号化することにより、セキュアなネットワーク構築ができる。

昨年度、この VPN について工学系研究科個別研修に応募し、研修の許可を頂いた。本発表はその報告である。

### 2 OJT 応募の背景

筆者の所属する研究室は歴史的な背景により、三つの研究室が共同で運営を行っており、それぞれの所在地は本郷キャンパス (工学部 3 号館 3 階、M 研究室)、柏キャンパス (環境棟 2 階、Y 研究室)、柏キャンパス (研究棟 6 階、S 研究室) と離れている。そのため、研究室運営、研究進捗確認を滞りなく行うためのタスク管理やスケジュール管理を Louts Domino というグループウェアで行っており、そのサーバはセキュリティの観点から研究室内のイントラネットに接続している。現状では Y 研究室に設置し、他の研究室は VPN ルータの LAN 間接続を通しサーバへアクセスしている (Fig 1 参照)。また、自宅や出張先からもアクセス可能とするため PC-LAN 間接続も行っている。

このネットワークは研究室所属の助教によって構築されたものである。今回、普段何気なく使用している VPN について見識を深めるため、工学系研究科個別研修に応募をした。

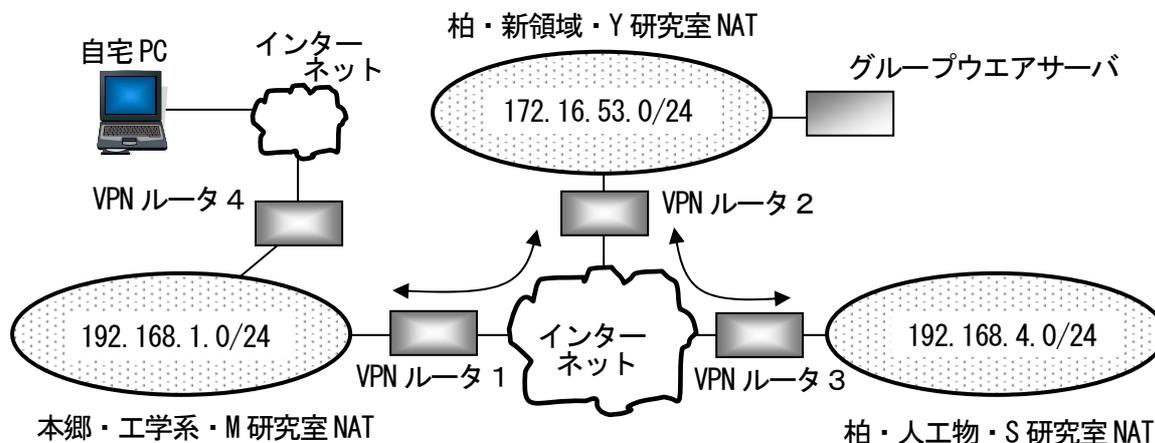


Fig. 1 研究室間のネットワーク構成

### 3 VPN についての情報

まず、VPN とはどのようなものかを知るため、書籍及びインターネット等から情報を収集した。

#### 3-1 VPN とは

公共的なネットワークを経由しているにもかかわらず、あたかも自宅や出張先の PC が研究室等のプライベートネットワークに接続されているかのようにする技術を VPN という。

イメージとしては PC-FW 間の経路内にトンネルを作り（トンネリング）、電話回線でのデータ通信（PPP: Point to Point Protocol）のようにそのトンネルを占有し通信を行う。実際には、通信パケットに新しいヘッダを付け加え、カプセル化（Encapsulation）して通信を行うもので、更にデータの暗号化をすることにより、外部からデータの盗聴、改ざんを防ぐことが出来る（Fig 2）。

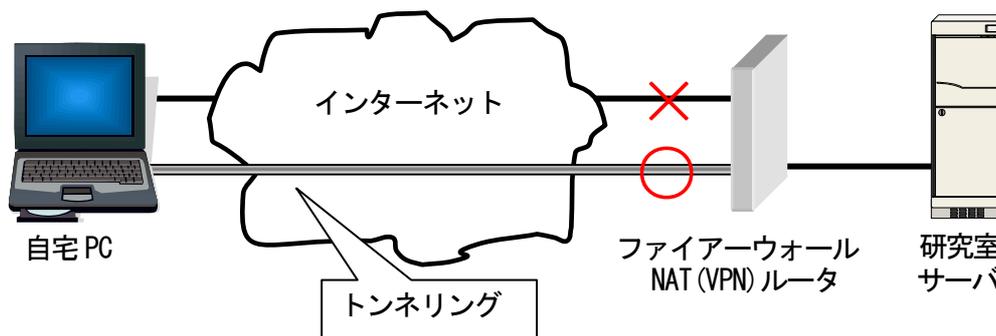


Fig.2 VPN のイメージ

#### 3-2 VPN のプロトコル

VPN の通信方法（トンネリング）は PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol) と L2TP (Layer-2 Tunneling Protocol) の 2 つが主に使われている。

PPTP は Microsoft 社によって提案された暗号通信のためのプロトコルである。これは通信パケットに GRE (Generic Routing Encapsulation) というカプセル化に必要な情報ヘッダを付加し、パケットを組み立てるもので、運用に於いては、ルータの GRE (ip-protocol 47 番) と TCP1723 番ポートを開けておく必要がある。

L2TP (Layer-2 Tunneling Protocol) は PPTP と Cisco System 社で開発された L2F (Layer 2 Forwarding) を統合したもので、インターネットワーキングの標準団体である IETF (Internet Engineering Task) において標準化されている。使用するポートは UDP 1701 番である。暗号化には IPSec (Security Architecture for Internet Protocol) を使用する。

IPSec はパケット全体を暗号化することができるので、PPTP 以上の強固なセキュリティを確保することができる。L2TP+IPSec が今後の VPN の主流となると思われる。

### 4 VPN ネットワークの構築

今回 VPN ルータとして、YAMAHA RT57i (Fig.3) を購入し、VPN 構築実験を行った。購入条件としては、VPN の LAN 間接続、PC-LAN 間接続が出来ること、また、接続状態のログを取れることである。（機能や仕様は YAMAHA のホームページを参照）。なお本発表では PC-LAN 間接続についての設定と接続実験について報告する。



Fig.3 ルータの外見

#### 4-1 VPN ルータの設定

まず工学系研究科情報システム室に IP 取得申請を行った。更にこのルータは PPTP を使用するため、パケットフィルタリングの申請をし、GRE (ip-protocol 47 番) と TCP1723 番ポートを解放して頂いた。次にオフラインで WAN 側の、LAN 側の設定を行った後、WAN 側を情報コンセントに、LAN 側を NAT 内のハブに接続した。ルータの設定は Web ページから行う (Fig.4)。その後、外部から接続するユーザのアカウントとパスワードを設定した。

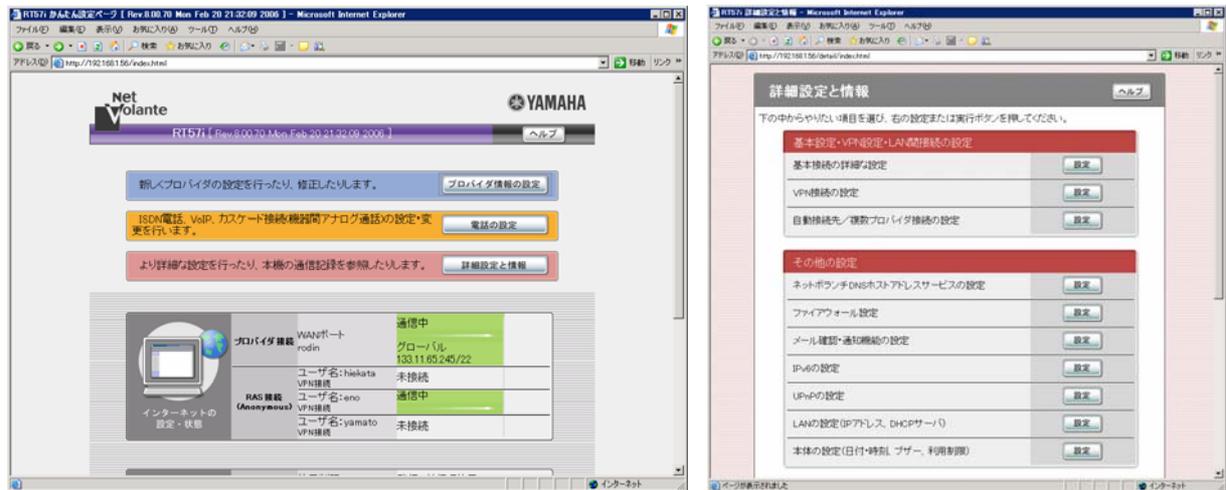


Fig. 4 ルータの設定画面

#### 4-2 ルーティングの設定

ルータの接続が確認できた後、パケットの流れを制御するためのルーティングパスを設定する。Fig.1 の様に筆者の研究室は複数のプライベートネットワークで構成されている。例えば、本郷のクライアントから柏のサーバへアクセスする場合はルータを経由させなければならない。つまり、Fig.1 のルータ 1 は、192.168.1.XX という IP を持つ PC から 172.16.53.YY という IP を持つサーバへのパケットが来ると、その宛先である 172.16.53.0/24 ネットワークに接続されているルータ 2 にパケットを転送する。また、192.168.1.XX からグローバル (プライベートネットワーク外) へのパケットが来た場合はインターネット上にそのパケットを放出する。これがルーティングである。

今回使用したルータではこのルーティング設定を上述のように Web ページからは出来ない。一般に、ルータの各種設定はルータ設定コマンドをコマンドラインから入力して行うのが基本である。今回、ルーティング設定には Table. 1 に示したコマンドを入力した。

Table. 1 ルーティング設定コマンド

コマンド	意味
ip route 172.16.53.0/24 gateway 192.168.1.1	宛先が 172.16.53.0/24 (柏、新領域) であればルータ 2 に送信
ip route 192.168.4.0/24 gateway 192.168.1.1	宛先が 192.168.4.0/24 (柏、人工物) であればルータ 3 に送信
ip route default gateway 133.11.67.254	上記以外は工学部 3 号館のゲートウェイに送信

#### 4-3 ログ取得機能

プライベートネットワークを構築した場合、プライベートネットワークから外に出るパケットの IP アドレスは NAT サーバ (ルータ) のアドレスになるため、外の管理者 (情報システム室等) からト

ラブルの元となる PC を特定できない。そこで、プライベートネットワーク内のどの PC がルータの外へアクセスしているかの情報を保存しておかなくてはならない（工学部 LAN 利用規程参照）。

ルータによってはそのログ情報をメールで管理者に送信する機能を持っているものもあるが、今回使用したルータは syslog という機能のみ持っている。これはルータのアクセス記録等を syslog サーバへ順次送信するものであり、サーバ側ではその情報をファイルに書き溜めていく。今回研究室内の Windows Server にフリーソフトである「Kiwi Syslog」をインストールした（Fig.5）。なお、Linux ではこのサーバ機能を標準で持っている。

Date	Time	Priority	Hostname	Message
06-20-2007	13:11:05	User.Notice	192.168.1.57	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:631 > 133.11.67.255:631
06-20-2007	13:11:05	User.Notice	192.168.1.56	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:631 > 133.11.67.255:631
06-20-2007	13:11:04	User.Notice	192.168.1.57	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:631 > 133.11.67.255:631
06-20-2007	13:11:04	User.Notice	192.168.1.56	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:631 > 133.11.67.255:631
06-20-2007	13:11:03	User.Notice	192.168.1.57	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:631 > 133.11.67.255:631
06-20-2007	13:11:03	User.Notice	192.168.1.56	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:631 > 133.11.67.255:631
06-20-2007	13:11:02	User.Notice	192.168.1.57	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:631 > 133.11.67.255:631
06-20-2007	13:11:02	User.Notice	192.168.1.56	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:631 > 133.11.67.255:631
06-20-2007	13:11:02	User.Notice	192.168.1.57	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:50103 > 255.255.255.255:2222
06-20-2007	13:11:02	User.Notice	192.168.1.56	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:50103 > 255.255.255.255:2222
06-20-2007	13:11:00	User.Notice	192.168.1.57	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:50102 > 255.255.255.255:2222
06-20-2007	13:11:00	User.Notice	192.168.1.56	LAN2 Rejected at IN(default) filter: UDP 133.11.64.240:50102 > 255.255.255.255:2222

Fig.5 ログの取得画面

#### 4-4 PC の設定

自宅 PC に VPN 接続設定を行った。新しい接続ウィザードを開き、職場のネットワークへ接続 → 仮想プライベートネットワークに接続 と、ウィザードに従って設定を行う。接続名と接続先以外はデフォルトのままでよい。Fig.6 が接続開始の画面で、接続ボタンを押すことにより VPN 接続が開始される。



Fig.6 PCの接続画面

#### 4-5 接続実験

自宅 PC から本郷 M 研究室にあるサーバ、NAS (Network Attached Storage) への接続、また柏 Y 研究室の NAS、グループウェアサーバへの接続を確認できた。また、研究室内の WindowsPC へのリモートデスクトップ接続も行えた。

#### 5 おわりに

今回の OJT では、VPN の概要、それに付随したネットワーク構築技術を習得することが出来た。今後は暗号化技術、VLAN (Virtual LAN) についての知識を習得し、併せて、これら技術を研究室ネットワーク管理に生かして行きたいと思っている。

#### 参考文献

- すっきりわかった！ネットワーク管理 ネットワークマガジン編集部編 ASCII 社
- すっきりわかった！セキュリティ ネットワークマガジン編集部編 ASCII 社
- [http://netvolante.jp/products/old\\_model/rt57i/index.html](http://netvolante.jp/products/old_model/rt57i/index.html) (YAMAHA RT57i ホームページ)

## 10 来所管理システムの完成に向けて

原子力専攻 石本 光憲  
原子力専攻 澤幡 浩之  
原子力専攻 川手 稔  
原子力専攻 津村 貴史

### 1. はじめに

原子力専攻共同利用管理本部（以下、共同利用管理本部）は、日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）が供する共用施設の利用を望む大学や研究機関の関係者の窓口を行っており、その利用者数は年間延べ5千人に上る。主な業務として、利用者の代わりに施設利用の申込や原子力機構での放射線従事者の登録・解除等の諸手続きを行ったり、利用者の実験の協力等を行ったりして、円滑で最適な利用ができるように手助けを行っている。そのため、共同利用管理本部の業務を遂行するためには利用者の出張日程や来所状況を把握することが必要不可欠である。

そこで、昨年度、宿舍手配や旅費申請の有無などの利用者の出張に関する情報（以下、来所予定情報）と、実際に共同利用管理本部で来所手続きを行う際に記録する来所情報（以下、来所確定情報）を把握するための来所管理システムを開発した（参考文献1）。今回、その来所管理システムの機能の拡充や操作性の向上を目的として、システムの更新を行ったので報告する。

### 2. 来所管理システムの概要

来所管理システムを開発するために、操作性が簡易で複雑な処理も扱うことができる Visual Basic 6.0 と、来所管理に関する様々なデータを記録するためのデータベースとして Microsoft Access を使用した。

来所管理システムの機能は、利用者が共同利用管理本部に来所した履歴（来所確定情報）を記録するための機能と、システム管理者が利用者から来所前に確認した来所予定情報の登録や閲覧を行ったり、システムで使用するデータベースの編集などを行ったりする機能に大きく分けることができる。

前者の機能は、操作画面の指示通りに必要項目を利用者に入力させることができるため、記入漏れを防止することができる。また、プログラムにより記入内容のチェックを行っているので誤りのないデータを登録することができる。

後者の機能は、来所予定情報や利用者の情報などのシステムにとって必要なデータベースの内容を確認したり、編集したりするために利用される。データベースを構成する個々のデータの正確さを維持するための重要な機能である。

### 3. 来所管理システムの更新

今回、来所管理システムの更新箇所は、①システムで使用するデータベース、②利用者が操作する画面、③システム管理者が操作する画面、④データベースのバックアップ機能及びシステムの設定ファイルの編集機能、となる。

### 3. 1 システムで使用するデータベース

来所管理システムをより使いやすく、機能性を良くするために、システムで使用するデータベースの各データテーブルの内容やカテゴリについて再検討した。具体的には、データテーブルの結合や分割の他に、各データテーブルで管理する項目について見直しを行った(表1)。その結果、各々のテーブルの関連性が単純になり、より管理しやすいデータベースにすることができた。

	更新前のデータベースの各データテーブル	更新後のデータベースの各データテーブル
来所関係	課題番号 課題番号別利用者 来所予定 来所記録 印刷履歴 物性研旅費支給課題 部署コード 身分一覧	課題番号一覧 利用者一覧 来所予定情報 来所確定情報 印刷履歴
旅費関係	交通費東海 交通費高崎 航空賃一覧 旅費宿泊費 旅費日当 旅費身分一覧 祝祭日一覧	鉄道料金一覧 航空料金一覧 教授准教授宿泊費 教授准教授日当 学生宿泊費 学生日当 その他教職員宿泊費 その他教職員日当 部署コード一覧 国民の祝日一覧

表1 更新前と更新後のデータベースのデータテーブルの比較表

### 3. 2 利用者が操作する画面

利用者が来所確定情報を確認・登録する流れを図1に示す。来所した利用者は操作画面の指示に従い操作を進めていくと、出張期間選択画面が表示される。該当する出張期間を選択して表示される来所確定情報確認(入力)画面で必要事項を確認・入力して来所確定情報の登録を行う。利用者が上記操作を円滑に行うためには、よりわかりやすい画面構成や必要記入事項の入力支援機能の充実を図ることが必要であり、その改良成果が操作性の向上や入力作業の負担の軽減につながる。そこで、今回以下の更新を行い、操作性をさらに向上させた。



図1

### 3. 2. 1 出張期間選択画面

出張期間選択画面（図 2）において、利用者がわかりやすく操作しやすくするために、操作画面  
上の指示内容や表示項目名の見直しを行ったり、操作ボタンや出張期間の選択リストなどの配置を  
変えたりした（図 3）。また、該当する出張期間を選択した際に、出張者の所属機関や課題番号とい  
った付加情報を表示できるようにした。

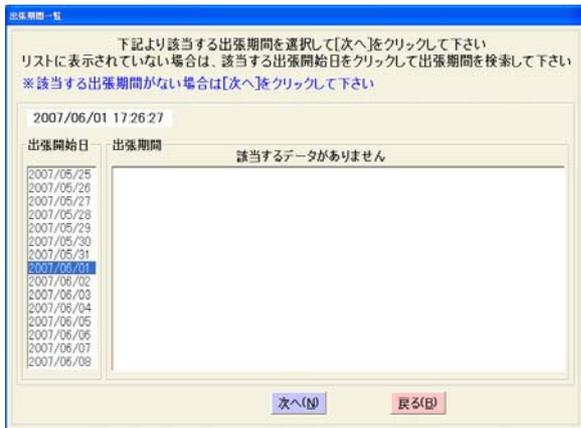


図 2 更新前の出張期間選択画面



図 3 更新後の出張期間選択画面

### 3. 2. 2 氏名検索画面

氏名検索画面は、出張期間選択画面で該当する出張期間がない場合にデータベースに登録されて  
いる利用者情報（氏名、所属機関など）を来所確定情報確認（入力）画面に自動入力するための機  
能である。更新前（図 4）は一つの入力欄に検索したい氏名を入力させて検索を行っていたので、  
氏名入力時の苗字と名前の間のスペースの有無によって該当するデータを見つけにくい場合があっ  
た。そこで、検索氏名入力欄を苗字と名前の 2 つに分けて、苗字のみ又は名前のみでの検索や苗字  
と名前両方での検索を視覚的かつ意図的に行わせることができる画面構成にした（図 5）。

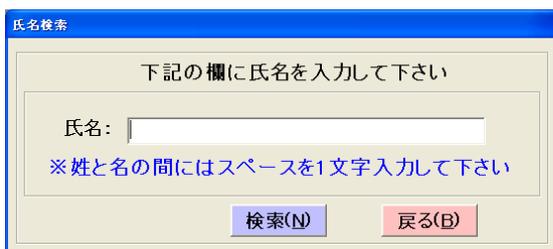


図 4 更新前の氏名検索画面

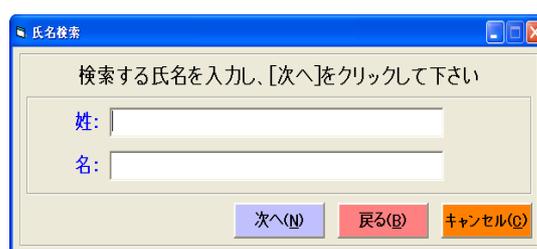


図 5 更新後の氏名検索画面

### 3. 2. 3 来所確定情報確認（入力）画面

来所確定情報確認（入力）画面（図6、7）において、利用者が操作しやすく、わかりやすくするために、フレーム・線の追加、色分けなどの工夫による見やすさの向上や入力項目の見直しを行った（図8、9）。さらに操作機能面も改良し、更新前は旅費申請を行う利用者が来所確定情報の登録に失敗した場合、旅行依頼申請書・報告書を印刷することができなかったが、更新後は印刷できるようにしただけでなく、来所確定情報の内容を再度システムに登録しやすくするためのログを自動で作成するようにした。また、日付の入力については、カレンダーの日付を選択することで簡易的に入力できる機能を追加した。

図6 更新前の来所確定情報確認（入力）画面

図7 更新前の来所確定情報確認（入力）画面

図8 更新後來所確定情報確認（入力）画面

図9 更新後の来所確定情報確認（入力）画面

### 3. 3 システム管理者が操作する画面

システム管理者が円滑で容易に操作を行うために、よりわかりやすい画面構成にするだけでなく、データベースの編集や閲覧などの機能についても充実させることが必要である。そこで、今回以下の更新を行い、操作性及び機能性を向上させた。

#### 3. 3. 1 データベースの編集・閲覧機能

更新前はデータベースの必要最低限のデータテーブルしか編集や閲覧をすることができなかったが、更新後は、データベースの全てのデータテーブルを操作対象にし、システムの機能を拡張した。また、データテーブルの用途に合わせて、データの検索機能や一括編集・一括削除機能を追加したり、操作画面構成を変更したりして操作性及び機能性を向上させた。検索機能については膨大なデータから条件に合うデータを絞り込めるように検索項目を複数用意し、その組み合わせによって該当するデータを検索できるようにした。また、操作画面もフレーム・線の追加、色分けなどの工夫により、見やすさを改善し、操作しやすい画面にした。

#### 3. 3. 2 来所予定情報登録画面

来所予定情報登録画面においても、来所確定情報確認（入力）画面と同様にフレーム・線の追加、色分けなどの工夫により、見やすさを改善し操作しやすい画面にした。

図10 更新前の来所予定情報登録画面

図11 更新後の来所予定情報登録画面

#### 3. 3. 3 旅費予定額計算画面

システム開発時には旅費予定額の計算結果を簡易的にしか表示しなかったが（図12）、今回の更新では計算結果を簡易的に表示する機能の他に、その結果に対する内訳を詳細に表示する機能を新たに追加した（図13）。この機能により、システムがどのような計算過程で結果を導き出したのかを知ることができるようになった。

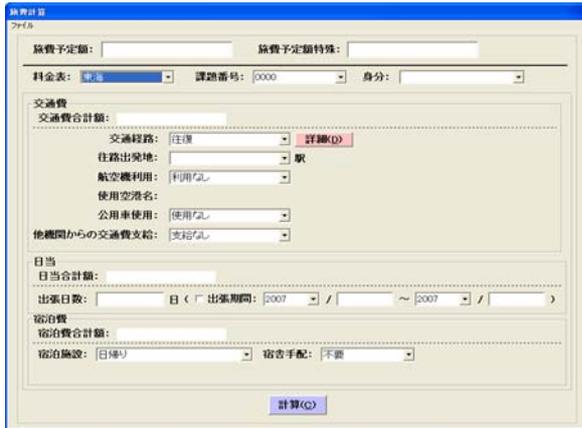


図 12 更新前の旅費予定額計算画面

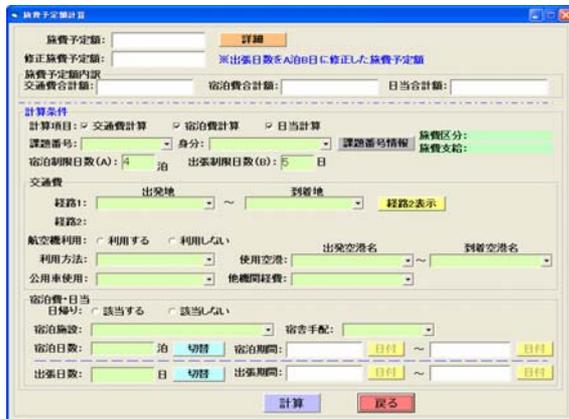


図 13 更新後の旅費予定額計算画面 (簡易表示)

図 14 更新後の旅費予定額計算画面 (詳細表示)

### 3. 3. 4 延べ人数計算画面

システム開発時には出張終了日が出張開始日の翌月に該当する出張期間の延べ人数を計算する場合、出張開始日の月の延べ人数として計算していたが、今回の更新では月をまたがる出張期間についても1日単位で延べ人数を計算できるようにした。さらに、機関別に延べ人数を計算できるだけでなく、身分別にも計算できるようにしたので、利用者の来所状況を詳しく把握できるようになった。また、操作画面のレイアウトを変更し、計算結果をわかりやすいようにした。

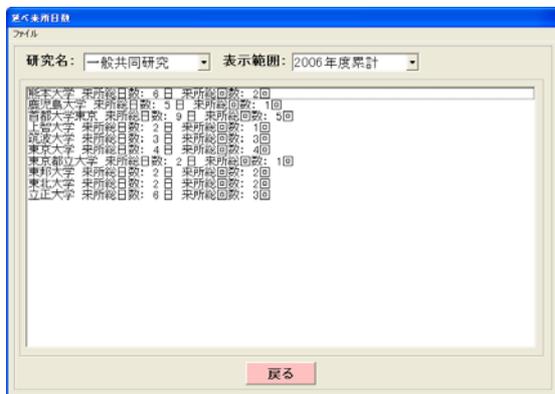


図 15 更新前の延べ人数計算画面

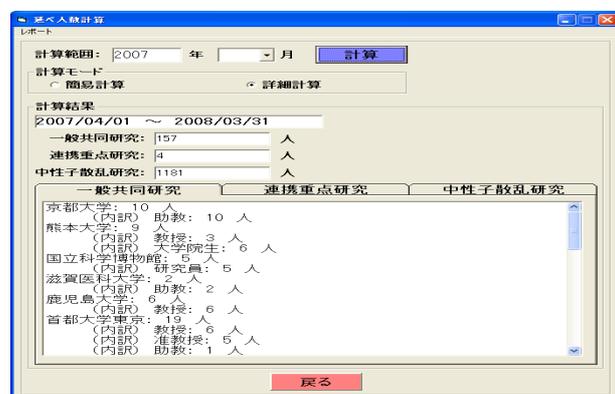


図 16 更新後の延べ人数計算画面

### 3. 4 データベースのバックアップ機能、システムの設定ファイルの編集機能

更新前はデータベースのバックアップ機能やシステムの設定ファイルの編集機能が無かったので、今回新たにその機能を拡充させた。システム上でその操作を行えるので、誤操作の防止や操作手順の簡素化を図ることができた。

### 4. おわりに

来所管理システムの機能の拡充と操作性の向上を目的としてシステムの更新を行った。システムで使用するデータベースの内容や各種操作画面の構成・機能などを見直し、利用者や管理者にとって操作しやすくわかりやすいシステムにした。今後は機能面や操作面において更に使いやすいシステムに改良していただくだけではなく、本システムの開発で得られたノウハウを生かしてさまざまなシステムを開発していきたい。

### 参考文献

- (1)第 21 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会技術報告、2006 年
- (2)河西朝雄：Visual Basic ver6.0 初級プログラミング入門 [上]、2003 年
- (3)河西朝雄：Visual Basic ver6.0 初級プログラミング入門 [下]、2000 年
- (4)谷尻かおり：Visual Basic 6 による [実践] データベースプログラミング、1999 年
- (5) [http://msdn2.microsoft.com/ja-jp/library/2x7h1hfk\(VS.80\).aspx](http://msdn2.microsoft.com/ja-jp/library/2x7h1hfk(VS.80).aspx)

## 11 放射線取扱施設立入用貸与品管理システムの開発

原子力専攻 津村 貴史  
原子力専攻 澤幡 浩之  
原子力専攻 川手 稔  
原子力専攻 石本 光憲

### 1. はじめに

共同利用管理本部では、放射線取扱施設の管理区域に立入る実験者に対して外部被ばく線量をモニタリングする個人線量計や施設立入時に必要な立入カード等を貸与する業務を行っている。その際に盗難や紛失防止のために貸与品の管理を行っており、その管理情報は人員掌握にも役立てることができる。従来はそれらを実験者の手書きの帳簿により管理を行っていた。然しながら業務に必要な情報をその帳簿から検索し確認する事は効率的ではない。そこで、利便性を考慮すると、管理情報を電子化してデータ管理を容易にするシステムの開発が必要である。

本報では、実験者および管理者にとって操作し易く、簡便に管理できるシステムを開発したので報告する。

### 2. 放射線取扱施設立入用貸与品管理システムの開発方針

本システムの開発方針は、以下の二つである。

- ① 貸与品の一括貸出／返却
- ② 視覚的に分かり易いインターフェース

共同利用管理本部の業務として入退所状況の管理、宿舍手配、旅費申請手続きなどがあり、実験者が来所した際にそれらの登録を行う必要があるが（本発表会において、石本氏が口頭発表するので参照されたし）、本事象は、その後に貸与品に対する貸出／返却登録を行っているものである。

本システムでは、実験者が感じる登録作業の煩わしさを少しでも軽減するために同様な作業は一括で処理できるように開発方針①を採用した。そこで、多人数同時登録でも対応できる、貸出および返却作業を一括で処理できるようなシステム開発を考えた。

また、インターフェースを文章で飾るより視覚的に理解できる方が、実験者にとっても受け入れ易く、管理者にとっても管理し易いと考え開発方針②を採用した。

### 3. 放射線取扱施設立入用貸与品管理システムの開発

#### 3. 1 本システムの開発環境

本システムの開発環境を表1に示す。本システムは、Microsoft Access を使用したデータベース（以下、DB）を設計し、Visual Basic 6.0 を用いてシステムを制御するプログラムを開発した。

表1 放射線取扱施設立入用貸与品管理システムの開発環境

対応 OS	Windows 2000 Professional, Windows XP Professional
ソフトウェア	Excel2000, Access2000 以上で動作確認
ディスプレイ	解像度 1024×768 以上
プログラミング言語	Visual Basic 6.0

### 3.2 本システムの概要

本システムの構成図を図1に示す。保管状況DBとは、貸与品の種類や数などの保管状況が登録されているDBのことを言う。貸出状況DBとは、貸与品が貸出・返却される際に[誰が・どの期間・使用中/後]等の情報が登録されるDBのことを言う。

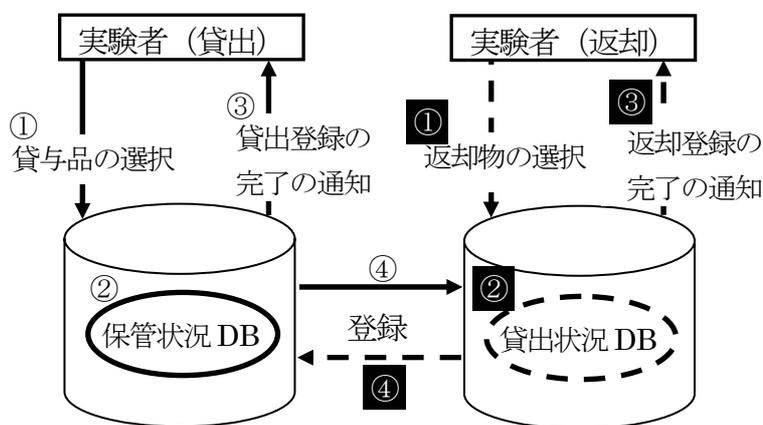


図1 システム構成図

システムの主な流れは以下に示すような貸出と返却である。

貸出の流れ：

- ① 貸与品管理システムの貸出画面で、図2の氏名入力画面において実験者本人が所属・氏名・連絡先を入力する。
- ② 図3の貸与品選択画面により貸与品の選択を行う。
- ③ 図4の貸出予定期間を入力することで貸出状況DBへ貸出情報が登録され、処理が完了する。

返却の流れ：

- ① 貸与品管理システムの返却画面で、図5の返却物一覧画面から実験者は返却物と合致する項目（貸与品の種類、貸出期間、貸出者氏名等）を確認し選択する。
- ② 図6の返却時画面において返却ボタンをクリックすることにより保管状況DBへ返却情報が登録され、処理が完了する。

氏名入力画面

下記の項目を記入して下さい

借用者の所属

借用者の氏名

連絡先

前画面 次画面

図2 氏名入力画面

借用物選択画面

借用物の写真をクリックして下さい(複数選択可)

ガラスバッジ  
 

JRR-3常時立入者証  
 

ビームホール立入カード  
 

実験準備室Ⅱ (PGA控室)の鍵  
 

前画面 次画面

図3 貸与品選択画面

貸出予定期間

貸出予定期間を入力して下さい

借用日: 2007 年 12 月 30 日

返却日: 2007 年 12 月 31 日

前画面 登録

図4 貸出予定期間

返却ページ/返却物

下記の一覧から返却物を選択して下さい

ガラスバッジ	J00000	2007/7/2
ガラスバッジ	J00001	2007/7/19
JRR-3常時立入者証	P-000	2007/7/2

条件で絞る

前画面 次画面

図5 返却物一覧画面

返却物ページ/返却物選択画面

選択物一覧

ガラスバッジ	J98211B	2007/7/2
JRR-3立入カード	001	2007/7/2
実験準備室Ⅱ 鍵	01	2007/7/2

図6 返却時画面

#### 4. おわりに

放射線取扱施設立入用貸与品管理システムを開発した。その結果、貸与品の管理情報がDB化され、必要な情報を容易に検索・確認することが可能になり、それに伴う作業時間を大幅に削減することができ、それまで使用していた記録用紙のペーパーレス化にも繋がった。また、貸与品の一括貸出／返却登録により実験者の負担を軽減することもできた。

我々は、業務を行うにあたり実験者により良い環境で実験を遂行してもらえるように務めなくてはならない。そのため、実験者の意見等をフィードバックし、さらなる業務改善を目指したい。

## 12 学生実験における安全対策 (C-14 年代測定試料の作製時において)

原子力国際専攻 土屋 (春原) 陽子

### はじめに

H18 年度後期授業として、工学部システム創成学科 3 年生を対象に原子力国際専攻のタンデム加速器による C-14 (炭素 14) 年代測定の実習を行うことになった。その中で、年代測定試料作製実験の指導を受け持った。試料作製には多岐にわたる工程があるため<sup>[1]</sup>、限られた実習時間の中で安全を最優先に、かつ最大限の教育効果を得られるように工夫した<sup>[2]</sup>。本報告では、その具体的な実習の内容、その実験における安全対策を中心に報告する。

### 1. $^{14}\text{C}$ 測定試料 (年代測定試料) の作製

炭素 14 年代の測定は試料そのものの形ではなく、試料を洗浄して炭素を取り出して ( $\text{CO}_2$  ガスにして) 精製し、水素還元により測定試料となる C (グラファイト) にする。

今回の測定試料は埋没木材の年輪試料を用いたので、試料作製工程は ①年輪試料の切り出し、②前処理、③酸化、④ $\text{CO}_2$  ガス精製、⑤グラファイト化・カソード詰めである。この工程の中には、試料の真空引きや加熱の時間に 5-6 時間かかるので、授業時間内に終了できるように事前に準備や効率を考えて進めた。また、ハンドバーナーや液体窒素を用いたり、ガラス管を扱う作業がほとんどなので、安全メガネや保護手袋等の着用を徹底した。また、実習前に避難路・消火器・緊急シャワーの確認を徹底した。

### 2. 実習内容

実習時には耐薬品性保護衣(タイベックソフトウェア)を着用させた。

#### 2.1 年輪試料の切り出し

事前に埋没木材を切り出しやすい大きさに切断しておき、年輪試料の 5 年輪ごとに目印となるピンを打って、資料整理等のため写真を撮った。

図 1 に実際の測定試料を示す。

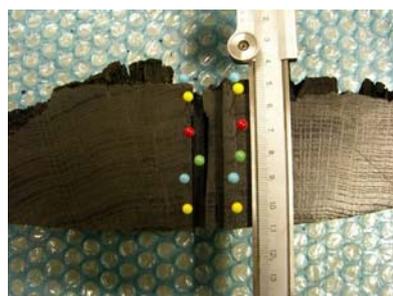


図 1 埋没木材の年輪試料

その後、実習として 1 年輪ごとに切り出しを行い、合計 32 点の試料が切り出された。図 2 に学生による年輪試料の切り出し作業を示す。

この切り出し作業は、1 年輪ごとに 1-2mm 幅を切るなのでメスを使用する。安全対策としては、本来なら切創防止用手袋を装着しなければならないが、年輪試料への汚染が気になったので(手袋の繊維が付着すると、正確な年代測定データが得られなくなる)、学生への注意を促して、スタッフも側に付き添い対応した。今後の安全対策を検討中である。

#### 2.2 前処理

切り出した 1 年輪ごとの試料を秤量し、AAA 処理 (酸-アルカリ-酸処理) によって埋没していたときの不

純物を取り除いた。この工程には、最後の乾燥時間も含めて約1週間を要する（今回は7試料）。また、試料状態によって使用する薬品の濃度や加温温度、時間を調節する必要がある。その事により実験時間と作業が多岐にわたるので、事前にスタッフが前処理を行った。図3にAAA処理（アルカリ処理の状態）を示す。



図2 年輪試料の切り出し作業



図3 前処理（AAA処理）



図4 試料秤量

### 2.3 酸化

実習として、前処理を終えた試料を秤量して外径6mm・長さ50mmの石英ガラス小管に入れ、約1gの線状酸化銅(II)を加えた後、外径9mmの石英ガラス管に入れて銀箔を小管の上に置く。その後、真空ラインに接続し、高真空にて排気した。図4に学生による酸化における試料秤量作業を示す。

真空ライン上での試料の排気には4-5時間を要するので、実習では事前に上記の作製工程により酸化試料を用意して高真空に排気しておいた物をスタッフが準備した。図5に酸化での真空ライン接続の全体図を示す。

次の実習作業として、事前に用意した真空引きされた酸化試料をハンドバーナー（プロパン-酸素）で封じ切った。

安全対策としては、石英ガラスを封じ切る際に、紫外線が発生するということなので、紫外線用保護メガネを着用した。

またバーナー使用前に避難路・消火器・緊急シャワーを再確認した。図6に学生によるハンドバーナーでの封じ切り作業を示す。

この酸化試料を電気炉で850℃2時間加熱して、試料中の炭素を完全に酸化させてCO<sub>2</sub>(二酸化炭素)にする。

### 2.4 CO<sub>2</sub>ガス精製

次ページの図7は、CO<sub>2</sub>ガス精製用真空ラインの外観である。

まず、触媒となる鉄の再還元をおこなう。高純度鉄粉（325mesh, 99.9%, Aldrich 試薬）約1mgを外径6mm・長さ15mm

の石英ガラス小管に入れて、これを外径9mmの石英管に入れる。コックを付けて真空ラインに接続して排気し高真空にした後、水素ガス約0.5気圧封入し450℃1時間加熱する。その後、再び真空ラインに接続して



図5 酸化における真空ライン



図6 ハンドバーナーでの封じ切り

高真空にする。

この工程は前日から鉄粉の秤量、真空引き約 4-5 時間、また高真空後に水素ガスを封入し加熱後、再度真空ラインに接続して約 2-3 時間排気する必要があるため、事前にスタッフが準備しておいた。

実習として、酸化した試料の入った石英ガラス管を CO<sub>2</sub> ガス精製用真空ラインに接続し、液体窒素-エタノールと液体窒素の温度差を用いて水分などを除去し、二酸化炭素を精製した。

安全対策として、ここでは寒剤を扱うので、低温用保護手袋と保護メガネを着用した。

次に、炭素の質量として約 1mg に相当する二酸化炭素を液体窒素トラップにより、先に再還元した鉄粉の入ったバイコール管に導入する。さらに二酸化炭素の 2.1 倍の物質質量 (mol) に相当する高純度水素ガス (99.9999%) を導入してバーナーで封じきる。

この際も、安全対策として紫外線用保護メガネを着用した。



図 7 CO<sub>2</sub> ガス精製用真空ライン

## 2.5 グラファイト化・カソード詰め

精製された CO<sub>2</sub> ガスと水素の入った石英ガラス管の下部だけが加熱されるようにマッフル炉に入れて、650℃ 6 時間加熱して二酸化炭素をグラファイトにする (鉄触媒による水素還元法)。この工程はスタッフが前日に炉に入れて加熱しておいた。

その後、実習として、鉄-グラファイト粉末を石英ガラス小管から取り出し、アルミニウム製カソードの内径 1mm の穴に入れて 100psi の力でプレスした。

石英ガラス小管からの取り出しには、φ9 の石英ガラス管を割らなければならないので、安全対策として、安全ガラス管切り器や切創防止用手袋、保護メガネの着用を徹底した。また、緊急シャワーを再確認して、必ずスタッフが助言しながら作業を進めた。

## まとめ

学生実験時の安全対策として、

1. 実習前・実験前に避難路・消火器・緊急シャワーの場所を確認
2. 実習時には耐薬品性保護衣 (タイベックソフトウェア) を着用
3. ハンドバーナーでの作業時には、紫外線用保護メガネを着用
4. 寒剤を使用する時には、低温用保護手袋と保護メガネを着用



図 8 実験時の安全対策用品

5. ガラス管を割る作業時には、安全ガラス管切り器・切創防止用手袋・保護メガネの着用  
上記項目を徹底した。その結果、安全に実験実習を行うことが出来た。

図 8 に実験時の安全対策用品を載せる。中央下から、安全ガラス管切り器、左下から保護メガネ、紫外線  
用保護メガネ、中央の肌色の手袋は切創防止用手袋、グレーの手袋は低温用保護手袋。

## おわりに

日々の実験時にも安全対策を施しているが、学部学生が授業として実験するために必要な対策がなされて  
いるか確認しながら進める事が出来て、今までの安全対策の再確認をすることが出来て有意義であった。

共同利用者の院生などへの実験指導は今まで多数行ってきたが、今回初めて授業として学部生への実験指  
導を行った。週に1度(隔週)、午後からの4時間程度の制約された時間の中で、真空引きや加熱等で時間が  
必要な工程は事前に用意するなどの工夫が必要であった。また、試料状態を確認しながら薬品の濃度、加温  
温度、加温時間を調節する工程も、やはり事前にスタッフで準備する必要があった。

時間短縮の工夫は随所にあるが、実際の年代測定試料の作製方法のほとんどを実習出来て、保護具等の着  
用を徹底して行うことにより、安全に且つ最大限の教育効果を得られたと思う。実習時の学生からは「実際  
に体を動かしての実験実習は有意義だった」との感想を受けた。

最後に、今回の実習を行うにあたり、この実習の指導教員である松崎浩之准教授を始め、加速器管理部の  
スタッフに感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 土屋(春原)陽子他, 東大 MALT における 14C-AMS 年代測定試料のグラファイト精製システム, 平成  
16 年度大阪大学総合技術研究会報告集,
- [2] 土屋(春原)陽子, 学生実験における C-14 年代測定試料の作製, 平成 18 年度名古屋大学総合技術研究会  
報告集,

## 13 航空宇宙工学専攻における

### 工作室利用案内及び利用ガイダンスについて

航空宇宙工学専攻	奥抜 竹雄
航空宇宙工学専攻	内海 正文
航空宇宙工学専攻	横田 明
航空宇宙工学専攻	山口 和夫
航空宇宙工学専攻	岩田 悌次

#### 1 はじめに

航空宇宙工学専攻では、昨年（2006年9月）の工作室移転（スペースの縮小による工作機械等の減少）に伴う諸問題について検討を重ねた結果、航空宇宙工学専攻・工作室委員の渡辺紀徳教授を中心に工作室運営委員会を組織し、今後の工作室のあり方や運営方法等の方針を決めた。工作室運営委員会の委員は、渡辺運営委員長以下、教職員の奥抜、内海、横田、山口の各委員で構成されている。運営委員会にはこの他に工作室職員の岩田技術専門職員も参加している。今後の工作室は運営委員会を核として、教職員や学部学生・大学院生が十分安全に利用可能なこと、また利用しやすい環境を提供することなど、重要課題の克服を目指していくことになる。

工作室運営委員会は、専攻内のユーザーが新しい工作室を利用するにあたり、まず「工作室利用案内」の冊子を作成し各研究室に配布するとともに、工作室の利用方法や工作機械設備等の概要を含むガイダンスを行った。ガイダンスに参加した教職員や学部学生・大学院生は、工作室への強い関心を示し、参加人数は、運営委員会の当初の予想を大きく上回り約60数名にもなった。

本報告では、「工作室利用案内」の内容を中心に、工作室運営委員会の運営方法や課題などを述べる。

#### 2 「工作室利用案内」の内容

##### 2.1 工作室運営委員長のコメント

航空宇宙工学専攻の工作室は、専攻に所属する研究室の実験研究に対し、装置の設計製作の面で、多大の貢献を果たしている。また、学生の実験支援を通じて、専攻の教育にも不可欠な役割を担っている。特に専攻では、ハードウェアを志向する工学を重視して教育研究を行っており、これを支える基本的な機関として、工作室は極めて重要な意義を有している。

他方、近年の工学系研究科や、一般的な工学研究をめぐる諸事情から、旧来のような工作室の人的資源のみに依存する運営は、改変を余儀なくされている。

専攻ではこのたび、工学部7号館内部の部屋の割り振りを見直し、工作室を移転した。この機会に工作室の運営方法を最近の状況に鑑みて改善し、専攻教職員による工作室運営委員会を組織して、工作室職員とともに運営を行うこととした。運営委員会の管理のもと、教職員や学生が工作室とその設備をより安全に、積極的に活用できる体制を整えているところである。

利用体制の整備の一環として、「工作室案内」を作成し、工作室の概要や利用方法について、専攻の構成員によく知って頂くこととした。案内に従い、工作室をこれまでよりもっと積極的に、安全

に留意して活用して頂くことを願っている。

## 2. 2 工作室について

### (1) 概要

航空宇宙工学専攻工作室は、専攻に所属する各研究室の実験研究および教育を、工作面で支援することを目的として設置されている。

当専攻内工作室は、図1に示すように、教室会議より任命を受けた工作室委員1名、工作室利用研究室から選出された数名の運営委員と工作室職員1名より構成されている運営委員会を中心に管理、運営される。

### (2) 主要及び関連設備室名、場所

航空宇宙工学専攻工作室は、これまでの大きな部屋(159m<sup>2</sup>)から小さな4つの部屋(合計116m<sup>2</sup>)に分割された。必要最小限の工作機械や材料および小物部品等を各部屋に設置した。各部屋名と主な工作機械や材料、小物部品等の対応を表1に示す。また、図2および図3は工学部7号館における各部屋の場所を示している。

### (3) 各設備室工作機器等配置概略図

各工作機械や材料、小物部品等の配置状況を図4、図5、図6に示す。

## 2. 3 工作室の運営

### (1) 運営方法

- 1) 工作室を使用する研究室職員数名により、工作室運営委員会を組織する。工作室運営委員会は、工作室委員(運営委員長兼担)のもとで、工作室の使用状況、予算、資材調達、機械保守、安全管理などの実際の管理を行う。
- 2) 工作室委員は工作室の設備と活動全体を管理し、必要事項を教室会議に諮る。
- 3) 各研究室はその責任のもとに、工作室の各種機械を安全に使用し、実験に必要な機器の製作を行うことができる。

### (2) 工作室職員の業務

- 1) 工作室職員は各研究室職員の工作の便宜をはかり、工作室運営委員会の管理のもと、機械の維持管理、スケジュールの管理を十分に行い、航空宇宙工学専攻の実験が円滑に進むよう最大限の支援を行う。
- 2) 研究室から工作依頼があった場合には、工作室職員は上記(2)・1)のスケジュール管理にしたがって受注製作を行う。
- 3) 求められた場合、工作室職員は研究室職員および研究室所属学生に対し、業務依頼書に基づいて工作指導を行う。
- 4) 研究室所属学生が所属研究室の合意を得て要望する場合、工作室職員は業務依頼書に基づいて、自らの指導監督のもと、安全に学生に工作機械を使用させる。

### (3) 鍵の管理

工作室の鍵は工作室職員と専攻事務室が所持し、工作室職員の勤務時間外等は、必要とする研究室職員が借り出す。

### (4) 運営方法の見直し

工作室の実際の運営に照らし、上記の運営方法に変更が必要な場合は、工作室委員と工作室

運営委員会が適宜検討する。

(5) 平成19年度工作室運営スタッフ

工作室委員及び工作室運営委員長 : 渡辺 紀徳  
工作室運営委員会 : 奥抜 竹雄、内海 正文、横田 明、山口 和夫  
工作室職員 : 岩田 悌次

2. 4 利用方法

工作室の利用方法に基づいた、利用上の取り決め及び注意事項等について、以下のようにまとめた。

(1) 利用上の取り決め、注意事項等

- 1) 工作室を利用出来る者は、当専攻教職員及び研究室所属院生・学部生である。
- 2) 工作室の利用者は、**事故防止と安全**に十分留意し作業すること。また、作業する際には工作室職員の指示に従い規律を守ること。
- 3) 工作機械を使用する場合は、**服装、履物等**に注意し、必要に応じて作業内容により決められた**安全具(安全靴、保護メガネ、防塵マスク、耳栓等)**を使用すること。また、使用後は必ず点検、整備(注油等)、十分な清掃を行うこと。
- 4) 大型工作機械を使用する場合は、「**大型工作機械使用依頼書**」に記入の上、工作室職員へ提出すること。各機械の使用希望が集中する場合には、工作室運営委員会がスケジュールを管理して調整するものとする。**一度の占有限度を1週間**とする。
- 5) 切削工具、治具、測定器、道具類は、利用者の責任において工作室職員から借用し、使用後は必ず点検、清掃して返却すること。また、工具等を一定期間借用する場合、**貸出期間は最長2週間以内**とする。長期の借用を希望する場合は、別途協議すること。
- 6) 材料倉庫の材料使用については、「**材料等出庫届**」に記入し提出することにより可能である。これは、工作室における使用分だけでなく、研究室の必要材料調達分も含む。また、各自が材料を持ち込んで工作を行った場合、出庫届は不要である。
- 7) 工作室を使用する場合は、工作機械、工具等の管理保全のため「**工作機械等使用届**」に研究室及び利用者名、身分、連絡先、担当教職員名、使用工作機械名等を記入の上、作業終了時までに工作室職員へ提出すること。
- 8) 装置、部品等の委託製作を希望する研究室は、工作室にその製造を発注することができる。その時の工作室職員の大型工作機械使用についても、上記(4)のスケジュール管理に従うものとする。
- 9) 研究室教職員及び研究室所属院生・学部生が、工作機械の使用方法等の指導を希望する場合は、工作室職員に指導・助言を求めることができる。この場合、当該研究室は工作室宛に「**業務依頼書**」を提出し、工作室職員と協議の上業務の内容を決定する。
- 10) 研究室に所属する院生・学部生のうち、工作機械の使用経験がある者は、当該研究室教職員と工作室職員の監督のもとで工作機械を使用できる。この場合も当該研究室は工作室職員宛に「**業務依頼書**」を提出し、協議の上業務内容を決める。
- 11) 午後5時45分以降も工作室利用を希望する研究室は、別に定める時間外使用規定により、「**工作室時間外使用届**」に記入し工作室職員に提出の上、当該研究室の責任管理下で利用できるものとする。

- 12) 工作室職員、研究室教職員が不在の場合、研究室所属院生・学部生のみで工作機械を使用することは、安全管理上禁止する。
- 13) 工作機械・工具等の使用方法はそれぞれ異なるので、疑問が生じた場合は自分で判断をせず、その都度工作室職員に問い合わせ、**安全最優先で作業すること**。
- 14) 研究室に所属しない学部生（学部3年生等）の工作室使用については、今後検討する。

## 2. 5 工作室利用方法のフローチャート

前記の利用上の取り決め、注意事項等を分かりやすくまとめたフローチャートを図7に示す。

## 2. 6 工作室時間外使用規定（以下に原文のまま掲載する。）

### 工作室時間外使用規定

航空宇宙工学専攻

本規定は「工作室運営方法」に基づき、平常業務時間外（平日午後5時45分以降および休日）に工作室を使用する場合の方法を定めるものである。

#### 1. 工作室の時間外の使用

平常業務時間外もやむを得ず工作室使用を希望する研究室は、本規定に従い、当該研究室の管理の下で使用できるものとする。研究室教職員および所属学生は、工作室職員および工作室運営委員会と協議・合意の上、安全に十分留意して工作室を使用する。

#### 2. 時間外使用の手続き

- (1) 時間外使用を希望する研究室は、予め「工作室時間外使用届」を提出し、使用を申し出る。提出場所は工作室とし、工作室職員が不在の場合は航空宇宙工学専攻事務室とする。
- (2) 提出された工作室時間外使用願いに問題ない場合、工作室職員および工作室運営委員会は当該研究室の時間外使用を認め、工作室の鍵を貸し出す。
- (3) 時間外使用の作業内容と安全確保について、使用研究室と工作室職員（または工作室運営委員会）は事前に協議し、問題が生じないように配慮する。

#### 3. 鍵の管理

工作室の鍵は工作室職員および事務室が所有する。時間外の使用を希望する研究室は、上記2. の手続きを経て、予め航空宇宙工学専攻事務室から鍵を借り出す。

#### 4. 工作室職員の時間外勤務

- (1) 時間外に工作室を使用する場合、原則として当該研究室が責任をもって管理を行い、研究室所属学生の工作機械の使用についても、研究室教職員が監督するものとする。ただし、やむを得ない必要が生じた場合、研究室は職員に対する工作指導や、所属学生の工作室使用に関する監督指導を、工作室職員に依頼することができる。

- (2) 上の場合、当該研究室は工作室職員に「時間外業務依頼書」を提出し、業務を依頼する。
- (3) 工作室職員および工作室運営委員会は、提出された時間外業務依頼書の内容を審査し、問題ない場合は工作室職員が依頼された業務を行う。
- (4) 業務内容と要した時間について、工作室職員は必ず記録を残す。

## 2. 7 各種依頼書、届出用紙

上記の各種依頼書および届出用紙の様式や記入例を図8から図12に示す。

「工作室利用案内」には以上のほかに、工作室設備機械・工具等一覧、常備材料表および工作機械加工例（旋盤・フライス盤）を載せているが、ここでは割愛する。

## 3 工作室利用ガイダンスについて

「工作室利用案内」の冊子を各研究室に配布後、工作室利用ガイダンスを開催した。ガイダンス当日に会場で、「工作室利用案内」の概要資料を別途作成し参加者全員に配布した。

工作室利用ガイダンスは、あらかじめ各研究室からの参加人数を調べ、その結果2回に分けて行った。各回の内容は、最初に配布した資料に基づいて説明し、その後3班に分かれて工作室の各部屋を案内するとともに説明を行った。

## 4 今後の課題等について

今回の航空宇宙工学専攻における工作室の改変に伴う運営方法等の改善は、初めて行われた。工作室運営委員会は、「工作室利用案内」作成に際し、運営方法をはじめ利用方法に関する取り決め等、また時間外使用規定の作成、というように慌ただしくこの半年間作業を進めてきた。当初は完全なものではなく、まずガイドラインを決めて早くユーザーに案内を行うことを目的とした。特に、利用しやすい環境と安全に留意することや、書類関係（依頼書・届出等）の充実に力を注いだ。書類関係を重要視した意味は、ユーザーと運営委員会が互いに責任の所在を明確にすることを中心に、利用しやすい環境の構築を目的としたためである。

「工作室案内」は、内容的にはまだ不十分であると認識しているが、試行錯誤を繰り返しながら、少しでも良いものが出来ればと考えている。

工作室利用ガイダンスの参加人数は、教職員や院生及び学部4年生を含め60数名になった。この数字は、関係者も予想外でありユーザーの関心の高さを感じるとともに、工作室への期待の大きさを実感した。このガイダンスは、今後毎年行う予定で、さらに充実させるつもりである。

将来、工作機械等の利用ガイダンスも行う必要があり、内容も含め現在検討しているところである。

## 5 謝辞

この報告をまとめるにあたり、航空宇宙工学専攻の渡辺紀徳教授には、工作室運営委員会や「工作室利用案内」の作成、また工作室利用ガイダンス等いろいろな場面においてご指導、ご助言をいただいた。ここに深く感謝いたします。

## 参考資料

工作運営委員会：工作工場案内，東京大学宇宙航空研究所，1971年8月。

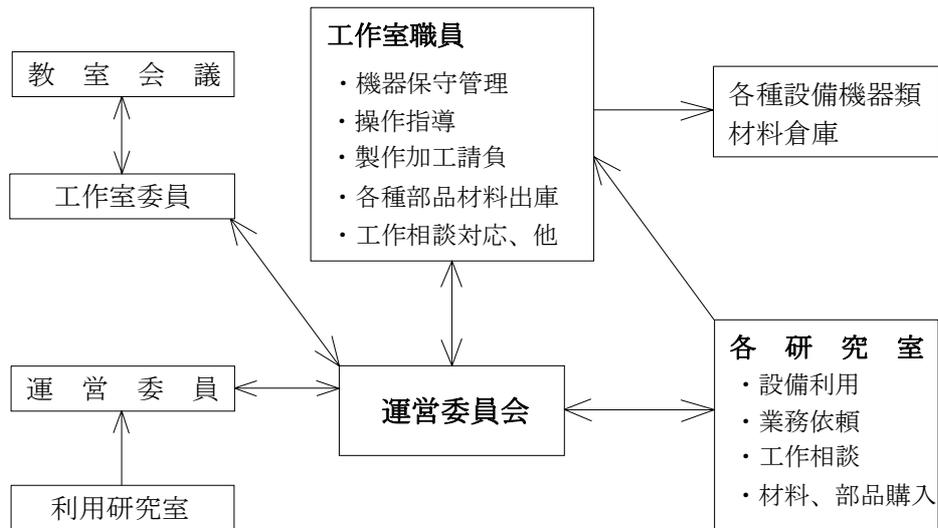


図1 工作室の運営組織

表1 主な工作機械及び関連設備と各室の対応表

	設備室名	階、部屋番号	主な用途、設備機械工具名等
1.	工作準備室	東館2階 251室	工作室職員控室、工作相談室、各種小物部品（ネジ類他）出庫、治工具等貸出。
2.	第1工作室	東館地階 051室	主工作加工室、旋盤1台、フライス盤2台、グラインダー、コンプレッサ等設置。
3.	第2工作室	東館2階 252室	ボール盤加工、ケガキ作業等の軽作業室。定盤、ボール盤、ベルトサンダー、切断機（ダイヤモンドカッター）、シャリング等設置。
4.	材料倉庫 (第3工作室)	東館地階 052室	各種金属材料（丸棒、板、パイプ材等）、コンターマシン、油圧式高速鋸盤有。

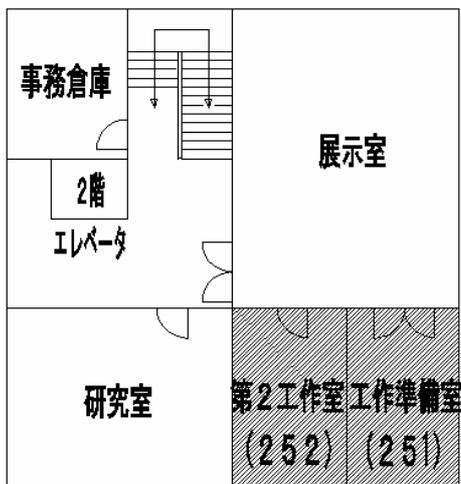


図2 東館2階の工作準備室と第2工作室の場所

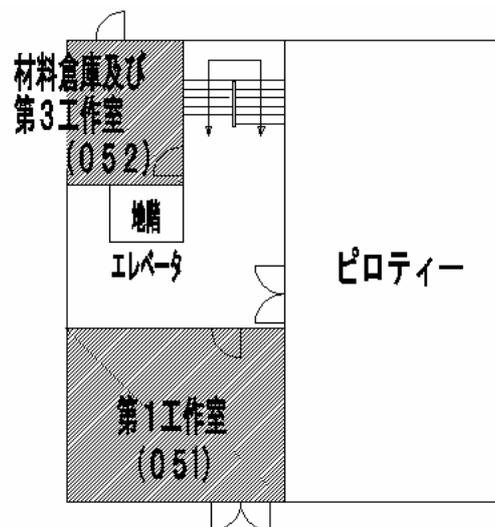


図3 東館地階の第1工作室と材料倉庫及び第3工作室の場所

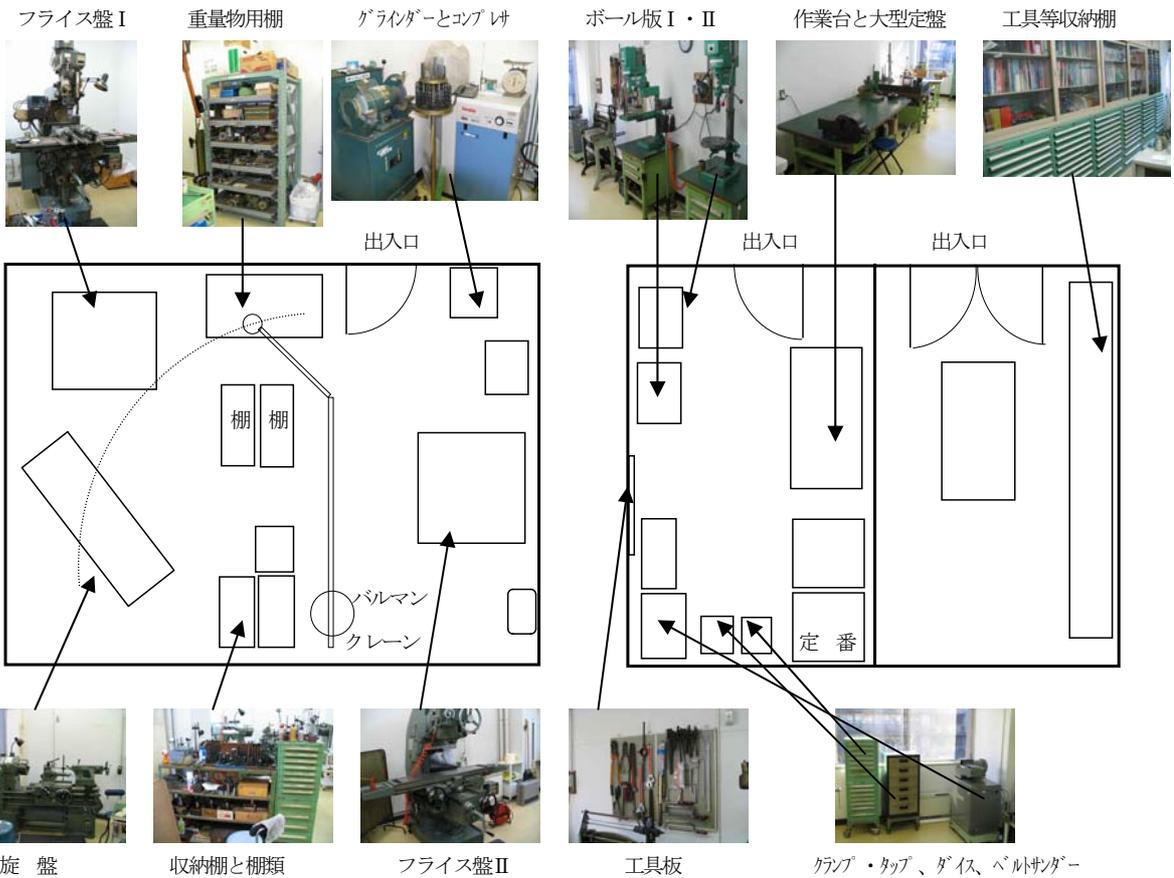


図4 第1工作室（東館地下051号室）の  
工作機器等配置概略図

図5 第2工作室（東館2階252号室）、  
工作準備室、相談室（東館2階251号室）

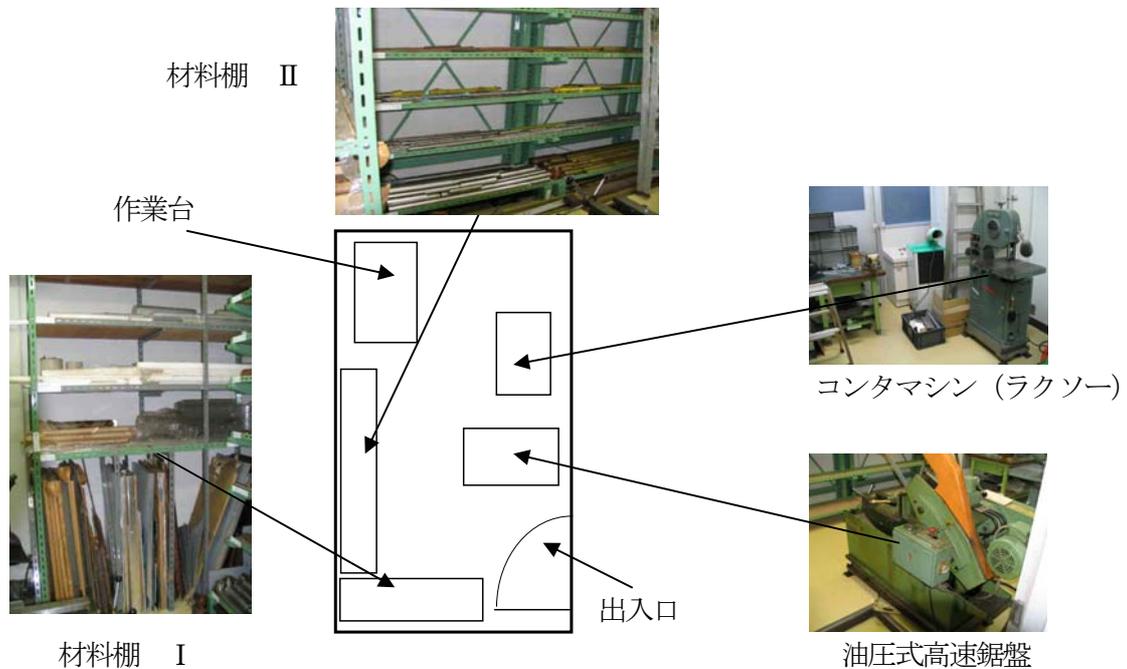
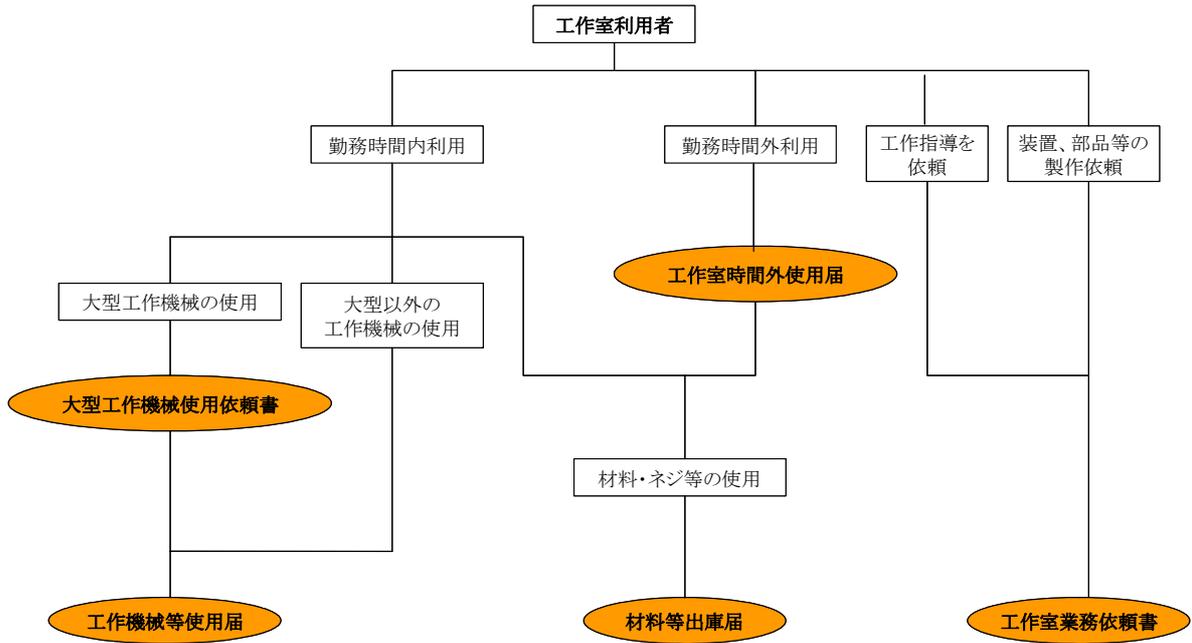


図6 材料倉庫兼第3工作室（東館地下1階052号室）



注) 各種依頼書及び届出は工作室職員に提出すること。  
 ただし、工作室職員が不在の場合は、専攻事務室の「工作室届出ポスト」に提出すること。

図7 工作室利用方法のフローチャート



## 大型工作機械使用依頼書

勤務時間内 <input checked="" type="radio"/>	どちらかにか 勤務時間外 <input type="radio"/>
受付番号: 101	

氏名・身分(該当に○) <b>航空 太郎</b>	所属研究室・連絡先 <b>本郷 研</b>	担当教職員名 <b>本郷 次郎</b>	印 <input checked="" type="radio"/>
教職員・院生(修・博)・ <input checked="" type="radio"/> 使用日(念使用予定日) 平成19年 5月 5日	内線:【27777】 使用期間が複数日るとき(最長1週間) 平成19年 5月 5日 ~ 5月10日まで		

受付者	受付日	工作室職員サイン	工作室運営委員サイン
	平成19年 5月 5日	<b>若田</b>	<b>(工作室職員不在時)</b>

No.	使用工作機械名	使用する番号に○印
1	旋盤 (BLUE LINE)	【 <input checked="" type="radio"/> 】
2	フライス盤 I (立・横フライス盤、静岡)	【    】
3	フライス盤 II (立フライス盤、静岡)	【    】

—備考—

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

注意: 本届は、工作室職員不在時は専攻事務室内の「工作室届出ポスト」へ提出すること。

図8 大型工作機械使用依頼書 (記入例)



# 工作機械等使用届

勤務時間内	<input checked="" type="radio"/>	どちらかに	No. 101
勤務時間外	<input type="radio"/>	〇印を記入	

届出者	使用日	所属研究室名	担当教職員名
	19年 5月 5日 ～ 5月 11日 (大型機械のみ)	本郷研	本郷 二郎 (番)
受け手	氏名	身分	連絡先 (内線)
	航空太郎	技術職員	27777
— 岩田 佛次 (又は運営委員) —			

使用機械名 (口内にレ印を記入のこと)	
<input type="checkbox"/>	旋盤 (BLUE LINE) 大型機械
<input type="checkbox"/>	フライス盤 I (立・横フライス盤、静岡製) 大型機械
<input checked="" type="checkbox"/>	フライス盤 II (立フライス盤、静岡製) 大型機械
<input checked="" type="checkbox"/>	ボール盤 I (丸テーパー、中根製)
<input checked="" type="checkbox"/>	ボール盤 II (角テーパー、中根製)
<input checked="" type="checkbox"/>	コンターマシン (ラクソー製)
<input checked="" type="checkbox"/>	ノコ刃式切断機 (KASTO 製)
<input type="checkbox"/>	ベルトサンダー (淀川電気製)
<input type="checkbox"/>	シャーリング (盛光製)
<input type="checkbox"/>	両頭グラインダー (淀川電気製)
<input type="checkbox"/>	切断機 (ファイカンクター、平和工業商事)
<input type="checkbox"/>	その他 (下欄に記入のこと)
—備考—	

注意：本届は、工作機械等使用届は専攻事務室内の「工作機械等使用届」へ提出すること

図10 工作機械等使用届 (記入例)



# 工作室業務依頼書

勤務時間内	<input checked="" type="radio"/>	どちらかに	受付番号：101
勤務時間外	<input type="radio"/>	〇印	

依頼者	氏名・身分 (該当に〇)	所属研究室名・連絡先	担当教職員名
	航空太郎 (学)	本郷研 内線：【27777】	本郷 次郎 (印)
受け手	依頼日	製作完了希望日	
	平成19年 5月 5日	平成19年 5月 15日	
平成19年 5月 5日		平成19年 5月 15日	平成19年 5月 18日
受け手	受け日	作業場所	作業時間
平成19年 5月 5日	5月 5日	本郷 田	(作業時間不在時)

V 工作：工作依頼品の概要 (詳細図面等は別紙にて添付のこと)	
アルミ丸棒の外径変更加工 (φ32×L200をφ31.5に仕上げる、公差は±0.05)	
A 監督・指導	
フライス盤 I の使用方法の指導を希望。	
—備考—	

注意：本届は、工作室職員不在時は専攻事務室内の「工作室届出ポスト」へ提出すること

図9 工作室業務依頼書 (記入例)



# 材料等出庫届

No. 101

氏名・身分(該当に○) 航空太郎(修・博) <input checked="" type="checkbox"/> 学	所属研究室名・連絡先 本郷研 内線:【27777】	担当教職員名 本郷次郎
依頼者 航空太郎 教職員・院生(修・博) <input checked="" type="checkbox"/> 学 依頼日 平成19年 5月 5日		印

受付日 平成19年 5月 5日	作業員サイン 若田	作業運営委員サイン (作業員不在時)
--------------------	--------------	-----------------------

材料名(材質、寸法、個数等を記入してください)

①平板(鉄 SS 400, 300×250), 2枚

②丸棒(アルミ合金, T5052, φ30×L1100), 1本

小物品名(ボルト・ナット・ネジ等の名前、種類、材質、個数等を記入して下さい)

ボルト(ステンレス, M5×30), 5本

—備考—

注意: 本届は、作業員不在時は専攻事務室内の「作業届出ポスト」へ提出すること。

図12 材料出庫届 (記入例)

# 工作室時間外使用届

受付番号: 101

氏名・身分(該当に○) 航空太郎(修・博) <input checked="" type="checkbox"/> 学	所属研究室名・連絡先 本郷研 内線:【27777】	担当教職員名 本郷次郎 <input checked="" type="checkbox"/> 中
依頼者 航空太郎 教職員・院生(修・博) <input checked="" type="checkbox"/> 学 依頼日 平成19年 5月 5日		

受付日 平成19年 5月 5日	作業員サイン 若田	作業運営委員サイン (作業員不在時)
--------------------	--------------	-----------------------

日 平成19年【5】月【10】日 【18】時【30】分から

時 【19】時【30】分まで

業務内容  
旋盤による丸棒(アルミ合金、φ50×200)へのネジ切り加工。

—備考—

注意: 本届は、作業員不在時は専攻事務室内の「作業届出ポスト」へ提出すること。

図11 工作室時間外使用届 (記入例)

## 14 国際規制物資に関する安全教育の考え方

原子力国際専攻 木村圭志

### 1. 背景

少量の核燃料物質(天然ウラン、劣化ウラン:300g、トリウム:900g)を使用する場合、大きく2つの特徴が上げられる。1つめは安全管理に関する法的要件の多くが免除されることである。たとえば資格、教育(雇入時の一般的な労働安全衛生教育のみ)、特別な施設、特別な設備などが不要となっている。2つめは計量管理を中心とした国際規制物資としての規制を受けるという特徴がある。具体的には半年に一度の「核燃料物質管理報告書」の報告が上げられる。

近年当該物質の利用を取り巻く環境が変化している。たとえば法定免除レベルの改定が検討中、昭和52年以前に購入され計量管理がされていない物質が見つかる、いわゆる湧きだしの事例が現在も続く等がある。

これらについて対応するため、法的な要求事項ではないが、安全管理に関する対応が必要となってきた。このことから、国際規制物資使用者やその使用に関する関係者のみならず、事故等の場合の協力体制が重要となる地元警察や地元消防署も含め、最新の情報を共有することは重要であると考えられる。

### 2. 大学における核燃料物質に関する安全管理

環境安全本部と共同で昨年の5月に「核燃料物質(国際規制物資)に関する安全教育講習会」を実施した。従前から全学の労働安全衛生教育の一環として実施してきたが、今回はこの講習会の対象者を学内者のみならず学外者にも範囲を広げ、関連機関との連携の強化を図るための機会とすることを目的とした。

### 3. 聴講の対象

講習会の特徴として対象者が幅広い、ということが上げられる。

(1)学内の対象者として、

- ①新たに国際規制物資を使用する教職員(報告書を作成する事務職員も含む)
- ②従前より国際規制物資を使用している教職員で再教育を希望する者とした。

使用者以外をも聴講の対象としているところがポイントである。

(2)学外参加者として、国際規制物資の情報を必要としており、平常時からの相互の協力体制を強化する目的として、

- ①本富士警察署を中心とした警察関係者
- ②本郷消防署を中心とした消防関係者

とした。

実際には地元の本富士警察署や本郷消防署を中心とし、都内全域から約40名の出席があった。

#### 4. 講習内容の特徴

大きく3つの特徴があり、①基礎的な内容、②核燃料物質の特殊性の説明、③正確な知識の提示が上げられる。

①は上記で紹介したとおり、聴講者全員が必ずしも取扱者ではないことがあげられる。②は核燃料物質が放射性物質であり、国際規制物資でもあるという特殊性を知ってもらう必要がある。③はなじみが薄いためよく知られていなかったり、誤解されやすいことが理由である。

#### 5. 講習会の概要

今回実施した講習会の目次を紹介する。

##### (1) 講習会の目的と概要 (10分)

- ①核燃料物質の使用を取り巻く背景
- ②教育の必要性
- ③教育の対象者

##### (2) 国際規制物資に関する国際情勢 (40分)

- ①保障措置体制について
- ②近年の情勢

##### (3) 国際規制物資に関する法令と使用の際の法的手続き (40分)

- ①(核燃料物質を含む)放射性物質に関する国内法令の概略
- ②少量国際規制物資の定義と特徴
- ③IAEA 保障措置と我が国の受け入れ体制
- ④少量国際規制物資の使用等に関する法的手続き
- ⑤湧き出し物質の扱いについて

##### (4) 放射線の基礎知識 (30分)

- ①放射線と放射能
- ②放射線の種類、特徴
- ③放射能と放射線の単位
- ④身のまわりの放射線
- ⑤放射線による人体への影響

##### (5) 国際規制物資の安全取扱と管理の実際 (30分)

- ①国際規制物資の特徴
- ②外部被ばくの防護
- ③内部被ばくの防護
- ④実際の現場
- ⑤サーベイメータの種類
- ⑥汚染の防止
- ⑦使用・保管・廃棄上の注意
- ⑧非常時の対応

##### (6) 核燃料物質管理報告書の記入演習 (30分)

##### (7) 質疑 (15分)

6. 安全教育内容の紹介  
 以下に講習会の内容を紹介する。

### 少量国際規制物資の例



### (4)少量国際規制物資の使用等に関する法的手続き

- ①使用の承認申請 = 新規事業所の申請
- ②使用中の報告義務 = 半期に1度(1月31日、7月31日)の管理報告書
- ③変更の届、変更承認の申請  
代表者氏名、使用の内容、計量管理規定等の変更
- ④使用廃止の届

#### 【学内決裁、MEXT提出の基本手順】

部局長(事業所長) ⇒ 工学系研究科長(原子力国際専攻専長決裁) ⇒ 環境安全本部長(全学安全部会長及び総長決裁) を経て、文部科学大臣へ(一連の決裁に約10日間)

### 放射線の人体への影響



### 実際の現場



### サーベイメータの種類①



### MBA符号について

- MBAとはMaterial Balance Area
- 事業所毎に割り当てられている  
東大の場合、部局毎に割り当てられている。
- 符号について、少量事業所はKから始まる4桁の記号(K事業所)
- 大事業者はJ(J事業所)から始まる
- 国際規制物資の受払いはK事業所同士ではできず、J事業所を通さないとできない

### 7. 講習会の効果

核燃料物質管理報告書を作成している事務職員への効果について報告する。

この報告書は半期に一度の報告義務があり、通常は使用者又は管理者が作成することになるが、東京大学では事務職員が担当している場合がある。実際の物質を扱わない事務職員も、講習会の受講によって、国際的背景を含めて計量管理の重要性を認識することができ、また本人の意識改革の改善に

もつながり、結果的に手続のミスの防止にも役立つものと考えられる。

また、警察・消防関係者への講習会の効果について報告する。

今回、警察や消防関係者を聴講の対象に加えたことで質疑が非常に活発となった。東京大学からは国際規制物資に関する情報として、一般的な知識の提供、管理の必要性、要求されている管理の内容、大学内の施設の現状について提供し、質問の内容としては、輸送時の事故、施設の火災、物質の盗難等、緊急時における対応から一般的な核燃料の取扱いや安全の考え方まで、多岐渡る内容であった。

このように講習会を通じて情報交換を行うことが出来たことにより、結果的には高い相互の信頼関係を構築できた。また、これが相互の連携の強化にもつながっていると考えられる。

## 8. 安全教育の考え方

講習会を通じて得られた安全教育の考え方であるが、国際規制物資の使用において安全教育は法的には要求されていない。しかし一般的安全衛生教育だけではカバーできないため、あるレベルでの実施は必要であると考えられる。また教育の対象者として、講習会の効果で報告した通り、使用者だけでなく関係者も含めた方がよいと考えられる。そのほか毎回可能というわけではないが、警察関係や消防関係など学外者を参加させることにより、教育の場としてだけでなく情報提供の場としても利用可能である。

上記のことを考慮し実施することで、将来の不要な混乱を防ぐことが可能であると考えられる。

# 15 陰陽同時イオンクロマトグラフィーによる

## 河川水の分析

応用化学専攻 藤村一良

応用化学専攻 栄 慎也

### 1 はじめに

当分析実験室では十数年間、年1回8月に多摩川の上流から河口近くまで河川の調査を学生と共に行ってきた。調査項目は、陰イオンクロマトグラフィー、ICP及びAAによる陽イオン、塗抹平板培養法による菌数、pH等である。このような河川の評価をする場合種々のファクターが用いられている。国土交通省等は、生物化学的酸素要求量(BOD, Biochemical Oxygen Demand)とフレッシュ度を用いており、フレッシュ度とは「この値が高いほど、算出地点を流れる水量に対して上流において都市用水として利用された水量の割合が少ないことを表わす(1-算出地点での既使用水量/河川流量)×100%」。その他、化学的酸素要求量(COD, Chemical Oxygen Demand)、水の硬度、蒸発残留分、遊離の炭酸、水の透明度、アンモニウム濃度、水の臭い等を用いている場合もある。

田中等<sup>1)</sup>は、陰陽同時イオンクロマトグラフィーによる河川の評価を提唱している。この方法は、イオンクロマトグラフィーであるが、陰イオンと同時に陽イオンのアルカリ金属、アルカリ土類とアンモニウムイオンの検出が可能な新しい方法である。この方法と、従来我々が行ってきている測定法の結果と比較し、河川の評価の有効性を検討した<sup>2)</sup>。また、この陰陽同時イオンクロマトグラフィーについて、森<sup>3)</sup>がコハク酸を用いた溶離液を提案している、今回この方式についても検討した。

### 2 実験

従来、河川の評価のための河川水分析を主に①陰イオンクロマトグラフィー、②誘導結合プラズマ発光分光法(ICP-AES)、③原子吸光分析法(AA)及び炎光光度法、④pH、⑤塗抹平板培養法による菌数の測定、について行ってきた。この他田中等<sup>1)</sup>の提唱する⑥、陰陽同時イオンクロマトグラフィー、について実験した。

#### ①、陰イオンクロマトグラフィー<sup>4)</sup>

装置: ポンプ; 東ソーDP8020、電気伝導度検出器; 東ソーCM8010、UV検出器; 日立L4000、レコーダー; Pantos UNICORDER U228

カラム; TSKgelIC-Anion-PW(4.5×50mm)、

溶離液; 0.7mM フタル酸水素カリウム-0.1mM ホウ砂-0.5mM ホウ酸-0.1mM HEPES (N-2-ヒド

トシエチル<sup>®</sup>ペラジソン-N'-3-プロパンスルホン酸) - 0.05mM 炭酸水素ナトリウム- 5%ブタノール。

②、誘導結合プラズマ発光分光法

装置：ICP-AES 装置（日立製 P-4010）

③、原子吸光分析法及び炎光光度法

装置：ジャレルアッシュ製 AAS-825

④、pH

Whatman 5.2～6.8、6～8.1pH 試験紙にて現地での河川水を測定

⑤、塗抹平板培養法

装置：37℃恒温槽、紫外線ランプ

河川水を寒天平板培地上に塗抹し、培養後発生した集落数から、河川水に含まれる菌数を算出する。

⑥、陰陽同時イオンクロマトグラフィー

装置：ポンプ；東ソーDP8020、電気伝導度検出器；東ソーCM8010、UV 検出器；日立 L4000、レコーダー；PantosUNICORDER U228、東ソーIC2001

カラム；TSKgelSuperIC-A/C(6×150mm)

溶離液；5mM 酒石酸-0.45mM5-スルホサルチル酸-6mM18 クラウン-6 エーテル-5%アセトニトリル。流速 0.6ml/min, カラム恒温槽温度 35℃、サンプルループ 30μl

### 3 結果および考察

多摩川の upstream (奥多摩湖周辺) から河口近くまで河川水を 7～8 ポイント採取し、各分析手法にて分析した。pH は各採取点において変化は見られなかったが、他の全ての手法で、上流の汚染は極めて少なく、奥多摩湖を過ぎる地点で急激に汚染が進んでいる現状を現していた。陰陽同時イオンクロマトグラフィーについて、森<sup>3)</sup> のコハク酸溶離液を用いる河川水の分析は、陰イオンでは塩化物、硝酸、硫酸イオンのみの検出となる現状では、あえて有効ではなかった。また、陰イオンの選択性向上のため、コハク酸系等の溶離液に対し種々の検討を行った。

### 4 まとめ

陰陽同時イオンクロマトグラフィーについて種々指導をいただいた広島大学の田中一彦、群馬大学の森勝伸両先生と河川水の採取分析に携わっていただいた学生諸君にたいし、この場を借りお礼を申し上げます。

### 文献

- 1) 田中一彦: BUNSEKI KAGAKU, Vol.55, No.5, 275-289 (2006)
- 2) 藤村一良 et al.: 平成 19 年度 機器・分析技術研究会
- 3) Masanobu Mori et al.: J. Chromatogr. A1118(2006)51-55
- 4) 藤村一良 et al.: BUNSEKI KAGAKU, Vol.43, 237-240(1994)

## 16 三四郎池底質の元素分析 (PIXE 法) から環境問題を考える

— 加速器管理部 技術職員のとりくみ —

原子力国際専攻 伊藤誠二  
原子力国際専攻 森田 明  
原子力国際専攻 中野忠一郎  
原子力国際専攻 土屋 (春原) 陽子

### 1. はじめに

平成 19 年度 4 月から原子力国際専攻・加速器管理部の技術職員は、工学部システム創成学科の環境・エネルギー (E&E) システムコース 3 年生の実験演習、基礎プロジェクト 1 を担当している。E&E コースが提唱する教育理念は、「社会にて分野横断・文理融合のリーダーシップを発揮できる技術者の育成」である。この理念を背景として、本演習 (基礎プロジェクト 1) では、数学及び物理演習により、工学に必要な基礎知識を確認すると共に、一般的な応用物理実験と環境とエネルギーに関する演習を行うことで実際に基礎実験装置から最先端実験装置に触れ、直感力を養うとともに、思考分析能力を身につけることを目的とする。またレポート作成技術を習得することも重要なテーマの一つである。本演習では 5 テーマの課題が与えられている (課題 A~E)。本稿では、担当した課題 D について報告する。

基礎加速器分析 (課題 D) の目的は、環境試料の PIXE (Particle Induced X-Ray Emission) 分析を行い、試料中に含まれる元素の同定を行う。ここでは加速器を利用した微量多元素分析手法の一端を学ぶことを目的としている。

元素分析を環境問題として捉えるには、身近なところから野外調査を行い、試料採取を行うことが効果的と考え、通称三四郎池 (育徳園心字池) の底質<sup>1)</sup> (Pond sediment) の分析を行った。三四郎池は、憩いの散策コースとなっており学生にとっては身近な環境である。三四郎池の自然環境や源泉を知り、池の底質元素分析を通して環境問題を考えていく契機の一つになることを期待するものである。

### 2. 演習の概要

課題は 2 日で 1 ユニットであり、5 班 5 ユニット行う (スタッフは教員

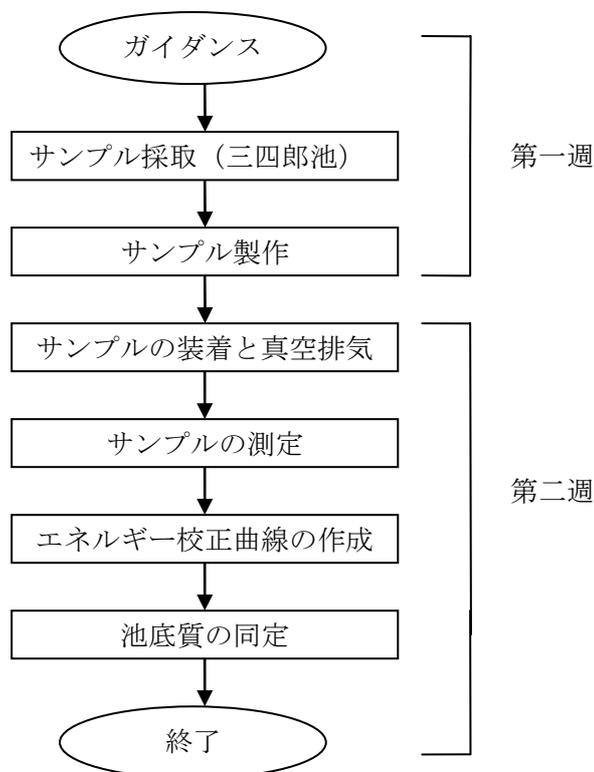


図 1. 演習全体の進め方

1名、技術職員4名、研究機関研究員1名)。毎週1回、夏学期(4月~6月)に行う。第1週目にガイダンス(PIXE分析法)とサンプル採取および測定試料作成を行う。第2週目に試料のサンプルホルダーへの装着、サンプルチャンパー真空引き、Ni, Agデータによるキャリブレーション及びサンプルデータの測定を行い、得られたデータから元素を同定する。元素同定を行うにあたっての基本的な事項、特に間違いやすい点(Pitfalls)については文献を配布して説明を行った<sup>2)</sup>。演習全体の進め方を図1に示す。

1)サンプル製作:採取した土壌はホットプレートで乾燥させメッシュでふるい、その砂を均一にするため乳鉢に入れ乳棒ですりつぶす。それをスライドガラス上のモールド内側に数mg落とす。サンプルの展着剤と支持材には、アラルダイトとカーボンディスクを用い、両者間の固定とビーム照射時のチャージアップを防ぐ為、導電テープを貼った。写真1は三四郎池底土壌採取の様子を、写真2に測定試料作成法指導の様子を示す。

2)サンプルの測定:試料は学生一人一人が作成したものを測るため、測定時間に制限があり、一サンプルの測定時間を180秒とした。カウントが少ないため、ピークの同定を有意差のある元素もある。今回は定量行なわず定性のみと取場所を示す。採取場所は学生毎に選択した。

### 3. 測定装置

1)加速器:後方散乱分析装置(Rutherford Backscattering Spectroscopic Induced X-ray Emission and Ion Implantation Devices, RAPID:4117-HC型 HVEE社)のPIXE分析装置を用いた。加速方式はコッククロフト・ウォルトン型、イオン源はセシウムスパッタ型、加速電圧は0.1~1.7MV、サンプルチャンパーには4方向(X,Y,Z,T)可動のゴニオメーターが内蔵されており、1回に10サンプルを取り付けることができる。X線検出器はSi(Li)半導体検出器である。

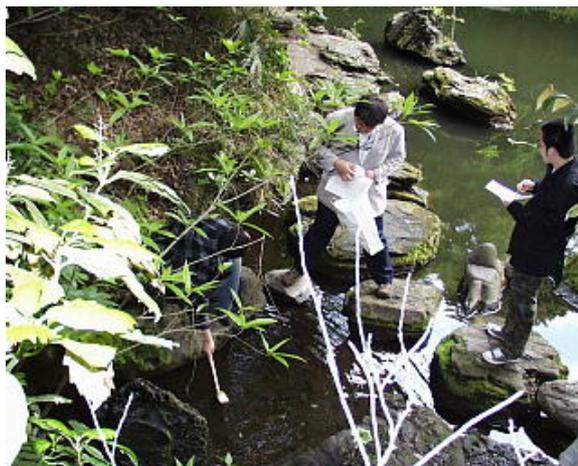


写真1. 三四郎池底土壌採取(A地点)



写真2. 試料作成指導の様子



図2. 三四郎池試料採取場所(位置:北緯35度42分43秒,東経139度45分43秒)

2)測定：プロトンビームのエネルギーを 3MeV とした<sup>3)</sup>。Cd などの重い元素が検出される可能性も視野に入れてビームエネルギーを決めた。ビーム径 2.8 mm. 検出器の前面には軽元素から重元素をサーベイするために、アブソーバーとして 350  $\mu$ m 厚の Mylar (ポリエステル) を取り付けた。軽元素のみの測定の場合は、アブソーバーは用いずにビーム強度を落として測るが、今回は環境分析をテーマとした重金属元素の検出にも注目しているため、この厚みを選定した。試料のバインダー (展着剤) には、目的検出物に対して比較的純物の少ないアラルダイトを用いた。アラルダイトのバックグラウンド測定結果を図 3 に示す。バックグラウンド (連続スペクトル X 線) の主なものは、制動 X 線である。

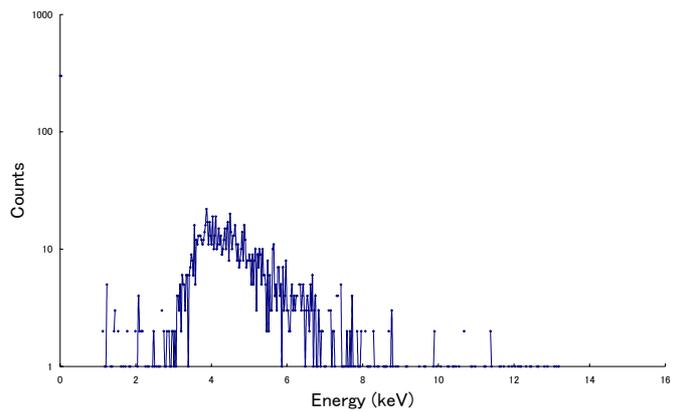


図 3. アラルダイトのバックグラウンド

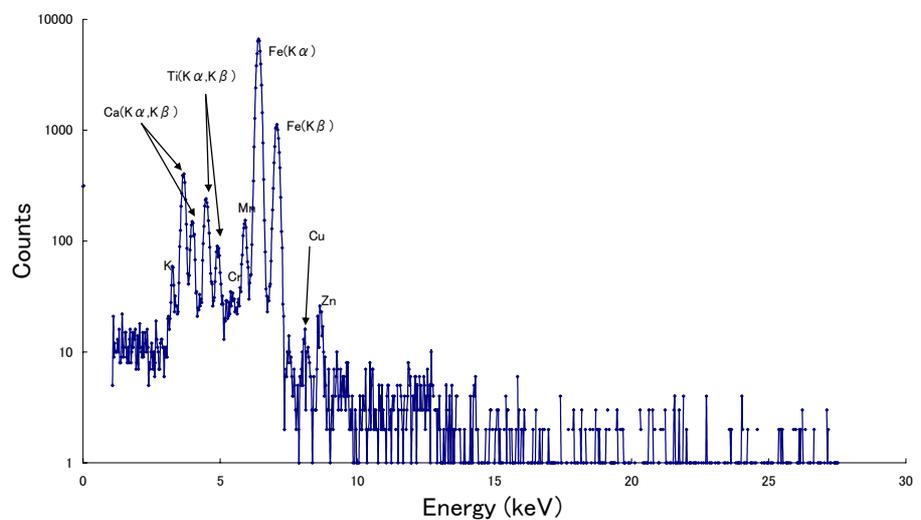


図 4. 三四郎池 (A 地点) の測定結果

#### 4. 測定結果

試料の測定はビーム電流約 2 nA で 180 秒間測定した。測定結果の一例を図 4 (A 地点), 図 5 (B 地点) に示す。三四郎池 A 地点の底質から検出された元素は, K, Ca, Fe, Ti, Cr, Mn, Cu, Zn などである。汚染物質である As (10.5keV, K $\alpha$ ), Se (11.2keV, K $\alpha$ ), Cd (23.1keV, K $\alpha$ ), Hg (9.9keV, L $\alpha$ ) などは本計測条件下では検出されていない。また B 地点においてもほぼ同様のスペクトルが観測された。

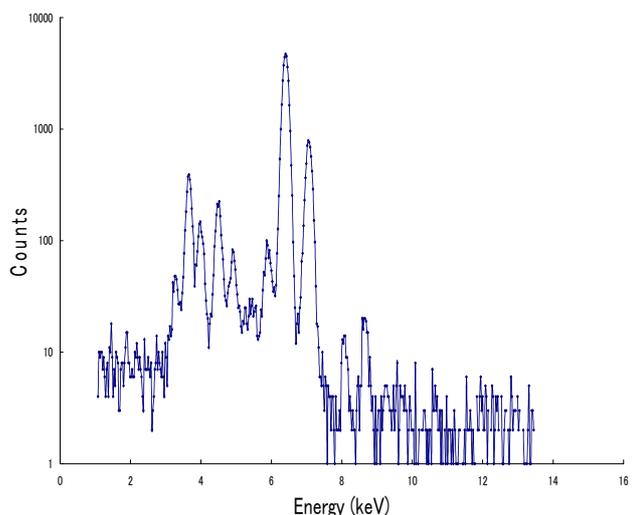


図 5. 三四郎池 (B 地点) の測定結果

#### 5. おわりに

三四郎池底土壌サンプル採取のフィールドワークは、身近な場所でありながらも学生にと

って新鮮な体験であったようだ。彼らが採取して測定したデータは次学年や将来において蓄積・継承されていくデータであるということにも意義を感じていた。

三四郎池は湧き水ではなく地下水を汲み上げて池に流し、池の水を循環させている。このような三四郎池の自然環境の他に今から 99 年前に朝日新聞に掲載された文豪・夏目漱石の青春小説『三四郎』にある三四郎池の環境、描写を紹介しながら三四郎池の名称がこの小説に由来すること、さらに、この時代(1900 年代)が現代物理学(相対論と量子論)幕あけの時代であり、地球物理学者・寺田寅彦を友人にもち自然科学に強い関心をもっていた漱石が『三四郎』の中でも当時の最先端科学について記述している事などについても併せて紹介した。

本演習での学生の感想には、東京大学浅野キャンパスにこのような大きな実験装置があることや  $\mu\text{g}$  オーダーの微量な試料を測る為に大きな装置を使っていることに対する驚きが記述されてあった。この種の演習を通じて、大学における最先端装置・技術に触れさせることの意義は高い。これらが E&E コース理念にある「分野横断・文理融合のリーダーシップを發揮できる技術者の育成」に貢献することを望むものである。

#### 謝辞

本演習をすすめるにあたり、松崎浩之准教授及び西山文隆助教(広島大学)にご指導いただいた。宮入陽介研究機関研究員には、試料採取に協力をしていただいた。また三四郎池周辺の自然環境に関しての情報及び資料は施設部環境課環境チームの戸田宏之氏から提供をうけた。ここにお礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 立本英機：環境をはかる，第2版，日刊工業新聞社(2003) pp99-111.
- 2) 西山文隆：PIXE 分析にありがちな Pitfalls (落とし穴)，PIXE NEWS Vol.11, Aug. 26 (2002) pp12-20 編集発行 PIXE 研究協会会報編集委員会.
- 3) S A E. Johansson, J. L. Campbell, PIXE: A Novel Technique for Elemental Analysis, John Wiley & Sons, Ghichester (1988) p8.

# 17 液体試料における PIXE 法の感度向上の試み

原子力国際専攻 森田 明

## 1. はじめに

昨今、生活用水、特に飲料水として利用されている地下水や井戸水から有害元素が検知され、社会問題となったことは記憶に新しい。これは公衆の環境問題に対する関心が高まっていることの現れである。PIXE 法は揮発性成分の測定はできないが高感度が得られるため、環境問題に関わる河川水、湧水等に含まれる微量元素測定に使用されている。担当装置においても PIXE 法による分析は行なわれている。この分析方法の一層の感度向上は担当装置利用者の拡大につながることを期待できる。今回、このような点を留意し、PIXE 法を液体試料に適用するときの感度向上をどのように実現していくか検討を行った。その内容について報告する。

## 2. 使用加速器の概要

適用対象の加速器は、原子力国際専攻の加速器管理部にあるハイボルテージ社製で中央電極電圧最大 1.7MV の小型のタンデム型加速器である。イオンビームを用いた新材料の開発、多元素微量分析、物質表面分析などの研究目的に導入された。装置名称は後方散乱分析装置 (RAPID: Rutherford Backscattering Spectroscopic Analyzer with Particle Induced X-ray Emission and Ion Implantation Devices) である(以下 RAPID)。負イオン源は、セシウムスパッター型イオン源、およびデュオプラズマトロン型イオン源の二つがある。生成実績イオンは、前者については D<sup>-</sup>、F<sup>-</sup>、Si<sup>-</sup>、Pt<sup>-</sup>、Au<sup>-</sup> 等があり、後者については H<sup>-</sup>、He<sup>-</sup> がある。RAPID の PIXE 分析は、通常、使用エネルギーが低く核反応の恐れもないので、扱いやすい H<sup>-</sup> の負イオンを用いている。イオンビーム照射コースは 3 つあり、後方散乱分析、すなわち RBS(Rutherford Backscattering Spectroscopy)分析、イオン注入(Ion Implantation)、本発表に関連する PIXE(Particle Induce X-ray Emission)分析の各コースで構成されている。

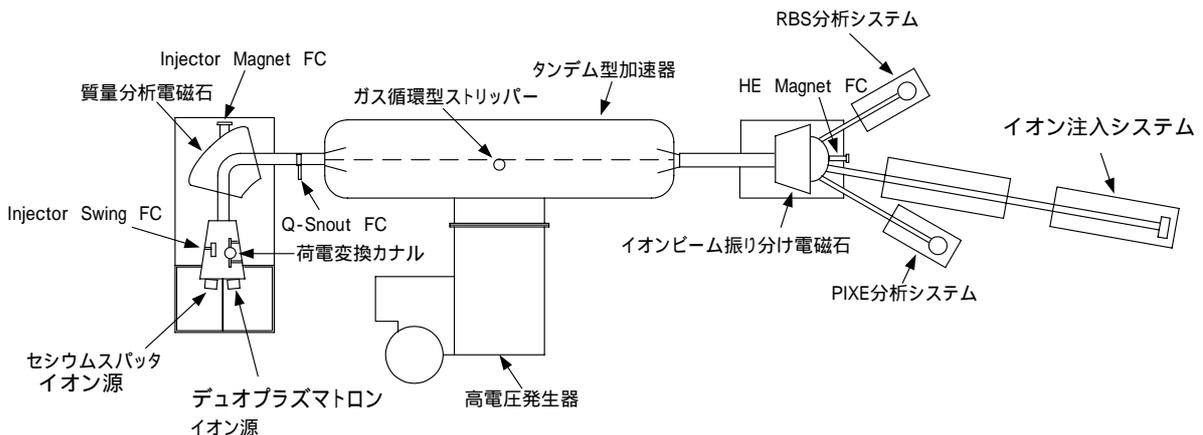


図 1 後方散乱分析装置(RAPID)概念図

### 3. PIXE 法とその検出測定系

PIXE 法は、測定試料に  $H^+$  や  $He^+$  などの荷電粒子を照射励起し、測定試料から放出される元素特有の特性 X 線から元素分析を行う。特性 X 線は Si(Li) 半導体検出器(いわゆる固体電離箱)を用いて検出測定している。荷電粒子は電子や X 線に比べて反応断面積は大きく、従って電離作用も大きく高感度を得られたため微量の元素分析に有効である。

検出系は図 2 の構成で行なっている。ビーム出射口は不用粒子や散乱 X 線等による BG を抑制するためコリメータを通して行っている。周上に試料を固定する 10 個の穴の開いたアルミディスク板により、真空を破らずに連続して 10 試料の測定が可能である。液体試料の場合、バックリング膜に液体試料を滴下し乾燥させたものをさらにカーボンディスクアダプターに取り付けてアルミディスク板に固定している。ファラディカップはバックリング膜<sup>(1)</sup>を通過したビーム電流を測定し照射電荷量のモニターとして用いている。本 PIXE 分析では  $H^+$  を用いているためバックリング膜を通過してもこれ以上剥ぎ取られる電子はなく、正確な入射電流を測定できる。照射試料からの特性 X 線は不用な X 線が入射しないようにアブソーバを通して Si(Li) 半導体検出器に導入している。このアブソーバには低エネルギー X 線を遮断するために適切な厚さのマイラー<sup>(2)</sup>を用いている。測定系は特性 X 線エネルギーに比例した波高値信号の計数を PHA モード MCA により一定照射電荷量を測定している。

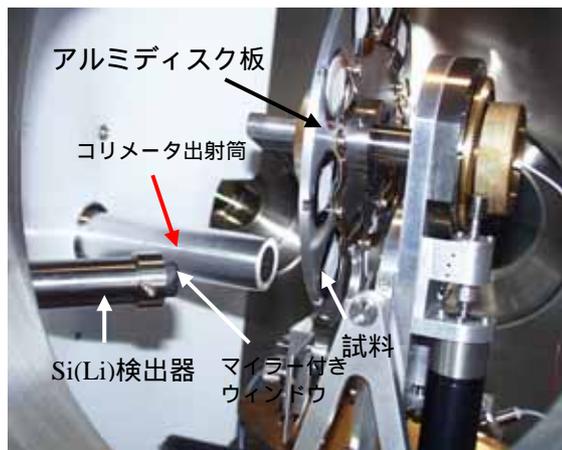


図 2 PIXE 分析システムの検出系

### 4. 高再現性・高検出感度を得るためのビームの照射条件

ビームは位置の変動があり、またイオンの密度分布も同じではない。できるだけ一様な条件による試料照射条件を探し出し測定することが再現性を確保できることになる。一方感度を高めるため、ビーム電流は大きくすることが必要であるが、加速器側の照射条件やバックリング膜強度から制限されてしまう。従って、安定に高検出感度を追求するには被測定試料量を煩雑にしないでできるだけ多くすることを可能にすることも必要になる。ここでは採用しやすい方法として下記の(2)を採用する方向で検討を行なった。

#### (1) ビームサイズより液体試料付着面サイズが大きい場合

もし試料面密度が一様であれば、液体試料付着面サイズをビームサイズよりも十分大きくすることにより、励起試料量は変わらず再現性は確保できることになるが、実際には以下の問題がある。液体試料を滴下する

バックリング膜は厚さが  $6\mu m$  と薄いため、さらに支持材としてアクリル板を用いるが、そこに平らな状態を保持して貼ることは実際上困難である。そのための凹凸表面に加えて水平の確保も難しく、滴下した液体試料が一様にならず、乾燥後の試料濃度に斑が生じてしまう。

この影響を防ぐには、ビームを振ることにより試料照射面を一様に照射することで改善は可能であるが、改善の程度も試料付着面と照射面との試料量の比の再現性に左右されることになる。また大幅な改造を伴う難点がある。

#### (2) ビームサイズより液体試料付着面サイズが小さい場合

もしビームの密度分布が一様であれば、液体試料付着面の密度の違いには影響されない。しかし、実際にはビーム密度分布は一様ではない。また若干のビーム位置の変動を考えると必要である。ビームサイズをできるだけ大きくすることでよく、大きな改造も必要とせ

ず、簡易で採用し易い方法である。一方、試料付着面は大きく取れないため、付着量は小さくなる。検出感度もその分小さくなる。

### (3) ビームサイズ

アルミナ蛍光板にビームを照射し、ビーム形状をモニターで目視しながら最適なビームになるようにPIXE分析ビームラインのビームオプティックの各パラメータを調整したがサイズは大きくできず、出射口に設けてあるコリメータにより制限されていることが分かった。液体試料測定用として適切な大きさのコリメータに変更することが必要である。

## 5. 液体試料付着面の試料付着量増加の工夫

単純にマイクロピペットから滴下して液体試料付着面を作る場合、例えば5 $\mu$ lの液体試料をバックリング膜に滴下すると乾燥後の試料のサイズは直径が約3mmになる。そこで撥水性の高い材料、例えばテフロンを使用してバック

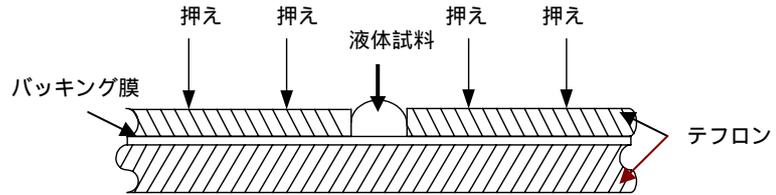
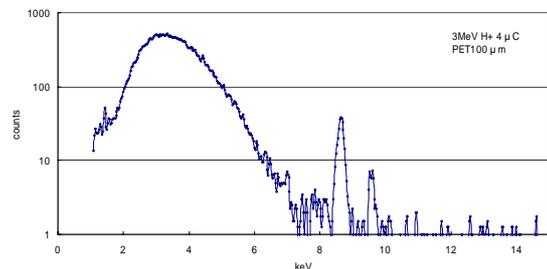
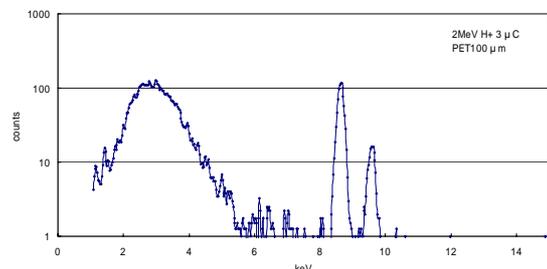


図3 テフロンと液体試料

リング膜上を凹状にして液体試料を多くしても広がらず必要なサイズに多量に付着できるようにすることを考えた。滴下量を多くすると水圧が表面張力を上回り下面だけでなくテフロン板穴側面にも付着するようになってしまう。平らな面にテフロン板、バックリング膜、液体試料滴下穴付テフロン板を重ねて上から適度の押圧を加えて液体試料を滴下した。試料密度を高めるため、乾燥、滴下を繰り返し行なうようにした。この方法での試料付着サイズの再現性は、滴下を放置乾燥させる方法に比較し再現性はよいと考えられる。また、この方法で行なえば試料量を均一に滴下することができ、試料径も最小限に抑えられる。今後は制限された面積内にどれだけ付着させることが可能か材料も含め追求していくことが必要であると考えている。因みに液体試料の乾燥は乾燥剤入りデシケータ内に収めて速やかに乾燥させる方法をとっている。



(a) 照射エネルギー  
3MeVでのスペクトル



(b) 照射エネルギー  
2MeVでのスペクトル

図4 標準試料 Zn のエネルギー  
スペクトル

## 6. 予備測定において生じた Ca 汚染混入の問題

ビームサイズの確認、および密度分布の一様性が高くなる条件を見いだすため、試料ホルダーにアルミナ蛍光板を取り付け、形状と輝度を観測しほぼ一様になる条件を求めた。その後、PIXE分析を行なったが全てのエネルギースペクトラムにCaのピークが観測された。原因調査の結果、アルミナ蛍光板に僅かなCa成分があり、低温でも蒸気圧が高いことから、これがビーム照射により蛍光板から蒸発して汚染させた可能性が高い。内部は分子流領域の真空中であり隣接するホルダーを汚染するとは考えにくい。構成からSi(Li)半導体検出器の窓に使

用しているマイラーに蒸着され、これが X 線や散乱粒子により励起され現れたのではないかと疑っている。現在、原因の調査中である。

#### 7. 入射ビームエネルギーの影響

照射ビームのエネルギーを変えて同一の液体試料付着バックリング膜を照射して測定した結果、図 4 のように異なるエネルギースペクトラムが観測された。(a)は 3MeV 照射電荷量は 4  $\mu\text{C}$ 、(b)は 2MeV 照射電荷量 3  $\mu\text{C}$  であった。エネルギーが低いほうが明らかに Zn 元素のピークの計数値は大きく、一方 BG の上限は 1/3 乃至 1/4 位低く、相対的に小さくなっていると考えることができる。

これは次のように考えることができる。ビームは液体試料付着膜を通過するエネルギーで使用している。ビームエネルギーを  $E_p$ 、粒子の質量を  $m_p$ 、粒子速度  $v_p$  として  $v_p$  は、次式になる。

$$v_p = \sqrt{\frac{2E_p}{m_p}} \quad (1)$$

試料とビーム構成粒子との反応の割合はビーム構成粒子速度に反比例していると考えられることができ、従って Zn 元素の計数ピークが大きくなったと考えることができる。一方 BG は、ビームエネルギーが低くなったことでシステム内散乱 X 線のエネルギーが低く抑えられたものと推測される。両スペクトラムの結果から、低いところにピークが現れる元素についてはエネルギーを低くすることで BG の影響を小さくできることが予測される。

詳細なエネルギー依存性を測定することで、液体試料付着膜に使用する最適なエネルギーを見いだせるものと考えている。

#### 8. 液体試料のバックリング膜からの剥離の可能性

試料付着基板膜は垂直に置き、横からビームを当てている。この場合、ビームが当たったことでバックリング膜は加熱され歪むことが予想され、そのとき試料付着の剥離が生じる可能性も検討している。このときは僅かにバインダーを入れることで解決できるものと考えている。

#### 9. おわりに

新たな測定手段、改良・改造を通じて利用者に利便性を提供できるようにし、装置利用の拡大を図っていきたいと考えている。本報告もその一環として行なっているが、実現の過程で色々な問題に遭遇しており一つ一つの問題点を潰しながら実現を図っている。本報告はまだ当初の目的を実現しているわけではないが途中までの経過をまとめたものである。

#### 謝辞

試料の製作等を検討するにあたって、安本勝氏に助言をいただきました。また、バックリング膜、アブソーバについて広島大学の西山文隆氏に助言をいただきました。お礼申し上げます。なお、本報告は平成 18 年度工学部・工学系研究科個別研修として実施致しました。

#### 参考文献

- (1) 伊藤誠二、森田明：PIXE 法におけるバックグラウンド低減対策、第 20 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会。
- (2) 西山文隆、菊池哲也、村尾智：PIXE 法による水分析の高度化-軽元素分析へのアプローチ-、地質調査所月報、第 51 巻、第 10 号。

## 18 ShareFast を用いた CAD 教育支援システムの開発

環境海洋工学専攻・榎本昌一  
環境海洋工学専攻・稗方和夫

### 1. はじめに

造船設計を学ぶためには造船や工学そのものに関する知識に加えて、CAD 等の設計に利用するソフトウェアのオペレーションに関する知識も要求される。特に学生を対象とした造船設計教育の場では、時間や前提知識の制約からこれら二つの要素の教育は困難が伴う。そこで私共の研究室で開発した知識獲得システム ShareFast を用い、昨年度、造船設計支援システムを開発し、環境海洋工学専攻で行われている「環境海洋工学実験」のひとつである CAD 演習に取り入れた。今回はそのシステムに更に手を加え、リアルタイムでの進捗状況を把握できるなどの e-learning 的要素を加えて「環境海洋工学実験」で使用し、学生の理解度から、その有効性を評価した。

### 2. 知識獲得システム ShareFast とは

数年前より、団塊世代の熟練技術者の大量退職により技術伝承が途絶えてしまうという、いわゆる 2007 問題というものが叫ばれている。そこで、いかに技術伝承を行うかという要求から、知識獲得システム ShareFast の開発が始まった。2005 年には IPA(情報処理振興事業協会)の「未踏ソフトウェア創造事業」において「業務プロセスに基づく文書管理システム ShareFast の開発」として採択された。現在、フリーソフトとして公開されている。

システムとしては、基本的には Server-Client の形態をもつセマンティックウェブ技術によるウェブアプリケーションであり、XML (Extensible Markup Language) を用いて記述されている。Fig. 1 に ShareFast のシステム概念図を示す。

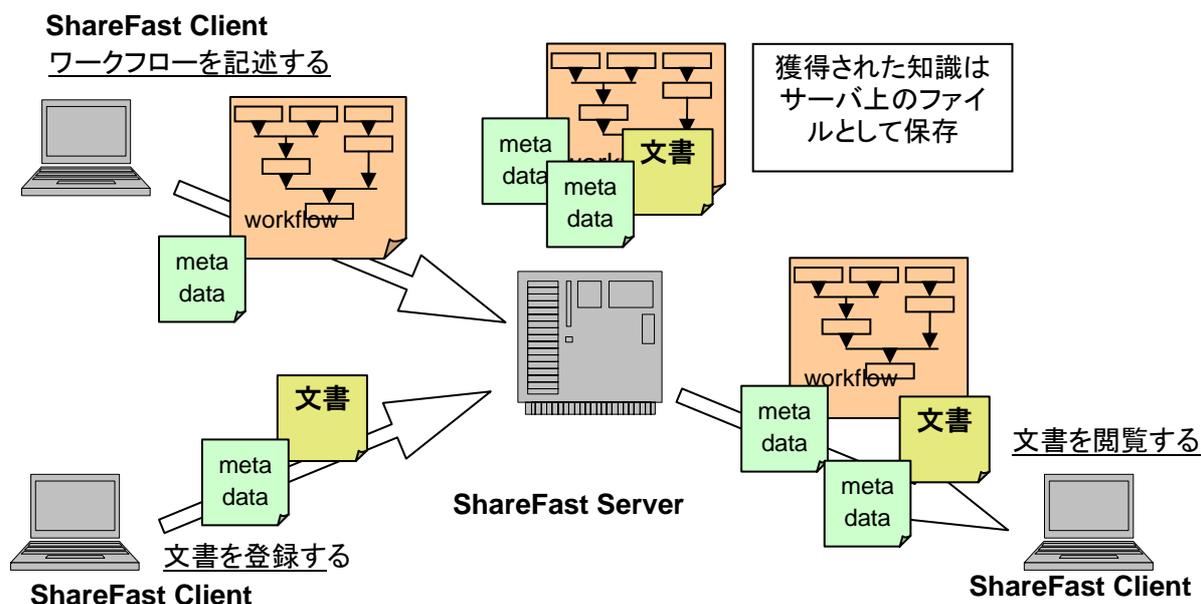


Fig. 1 ShareFast システム概念図

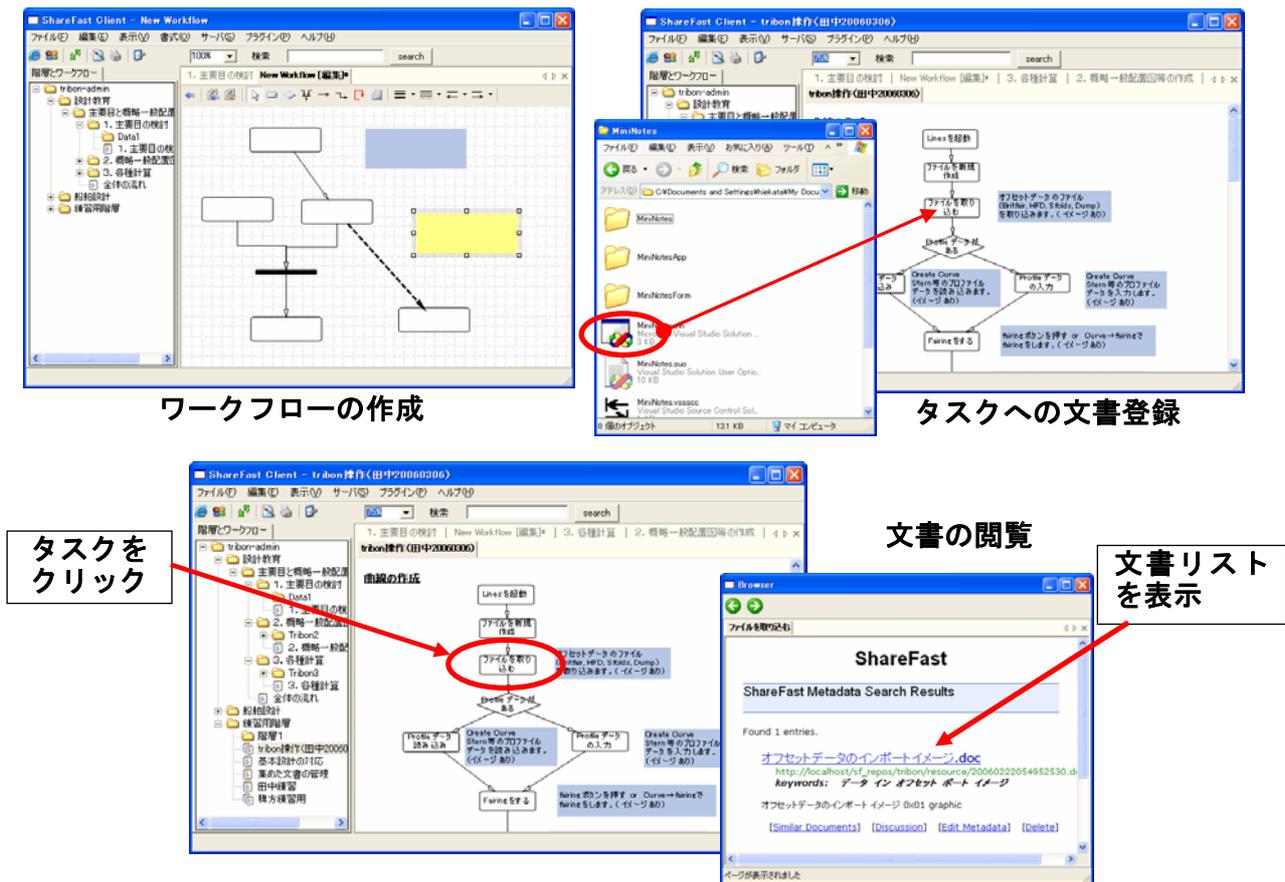


Fig. 2 ワークフローの作成とタスクへの文書登録と閲覧

このシステムを使っての知識（ノウハウ）獲得は次の手順による（Fig. 2 参照）

- ① 対象となる作業の分析を行い、作業の流れ、作業単位（タスク）を洗い出し、ShareFast Client でワークフローを記述し、ShareFast Server に保存する。
- ② インタビューを元にタスク毎に詳細な作業内容をワープロ等で作成する。
- ③ そのファイルと他に必要な書類、画像、試用するソフトウェアの情報等をそれぞれのタスクに登録する。

タスクに登録した文書（知識）を参照するには、ShareFast Client でワークフローを表示させ、タスク内の書類を開けばよい。また、タスク毎にディスカッションの機能を持っており、閲覧時、疑問点等があった場合には、担当者とのやりとりを電子掲示板の形で行うことができる。

### 3 CAD 教育支援システムの開発

昨年度開発したシステムを、更に e-learning をベースとしたシステムにするために、受講者の進捗状況をリアルタイムで監視ができるモニタリングシステムを ShareFast Server に組み込んだ（Fig. 3）。これにより TA は演習の進捗を監視し、遅れの出ている受講者に対し、速やかにかつ適切に指導することが出来る。グラフの一番上の帯はこちらで想定した時間配分を示しており、その下に受講者分の各作業にかかった帯状のグラフが表示される。

このリアルタイムモニタリングは ShareFast Server の強力なログ機能を使うことで実装した。ShareFast Server のログ機能はどのユーザーが、どのワークフローの、どのタスクの、

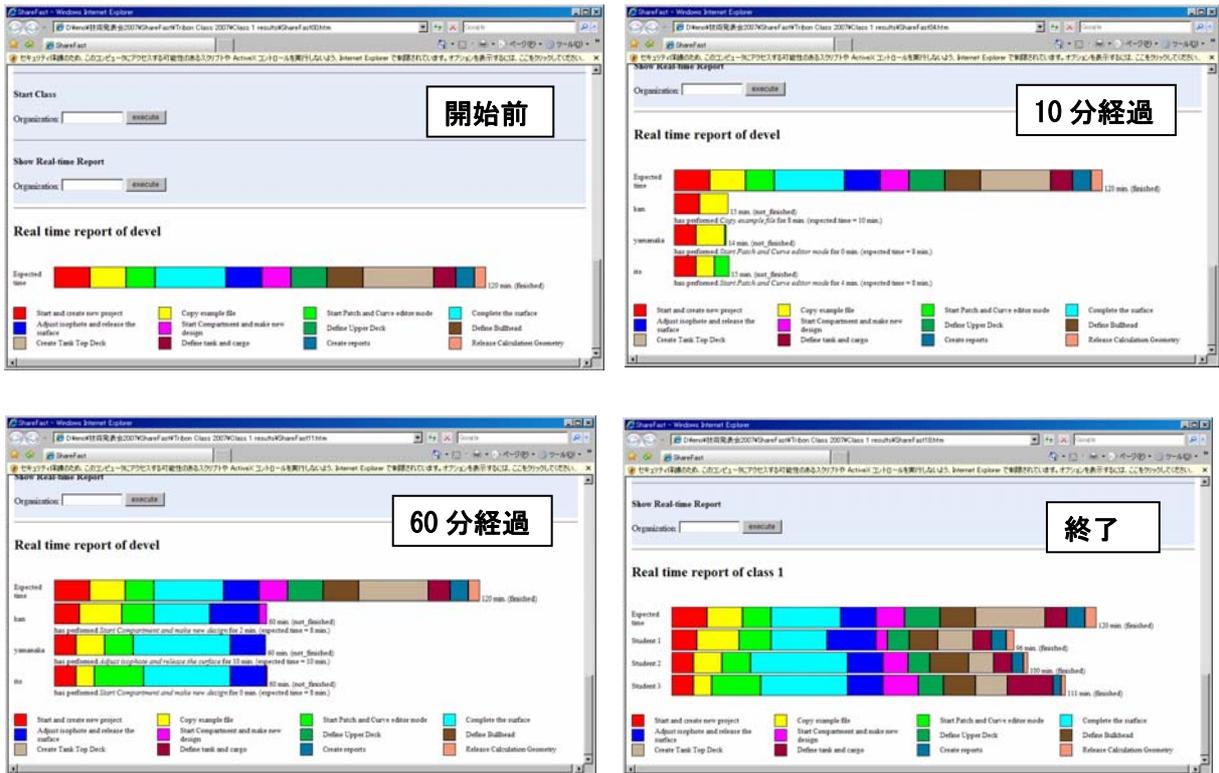


Fig. 3 進捗状況モニタリング画面

どの文書を読んでいるかという情報を記録する。このログ機能から、受講者が現在閲覧している文書を知ることができ、どのCAD操作を行っているのかがわかる。Fig. 3が実装したリアルタイムモニタリング画面である。CAD操作毎に色分けされている。

この仕組みを実現するため、ワークフローコンテンツの見直しを行った。コンテンツとログ情報管理の対応付けである。Fig. 4～Fig. 6は今回新たに作成したワークフローとそのタスクに登録された作業指示書（マニュアル）の一部である。

また、ハードウェア的にも工夫をした。PCの画面をデュアルディスプレイにし、CAD画面とShareFast画面をそれぞれ表示するようにした（Fig. 7）。これにより、昨年度のように1画面

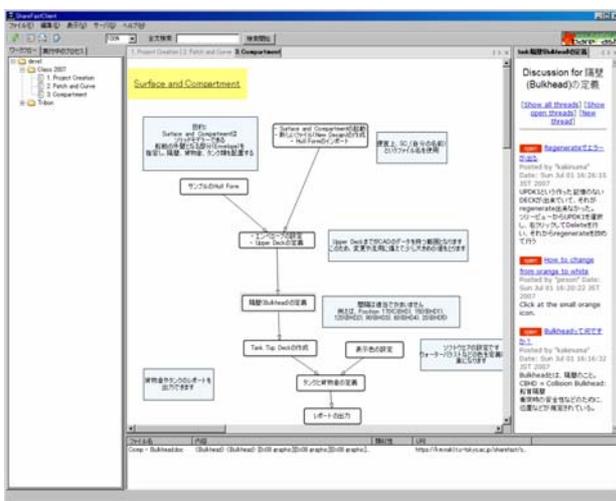


Fig. 4 CAD操作のワークフロー

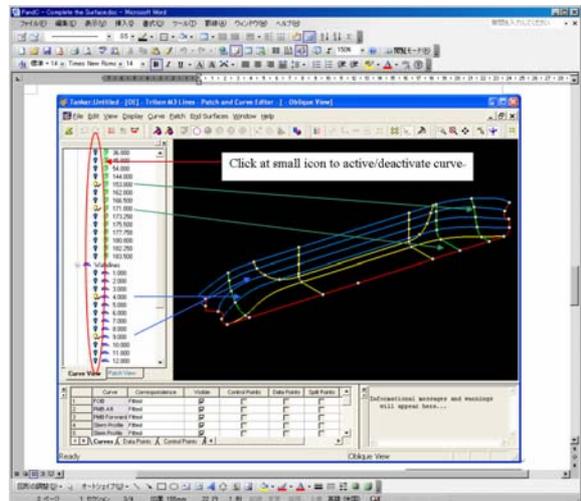


Fig. 5 タスクに登録されているマニュアル

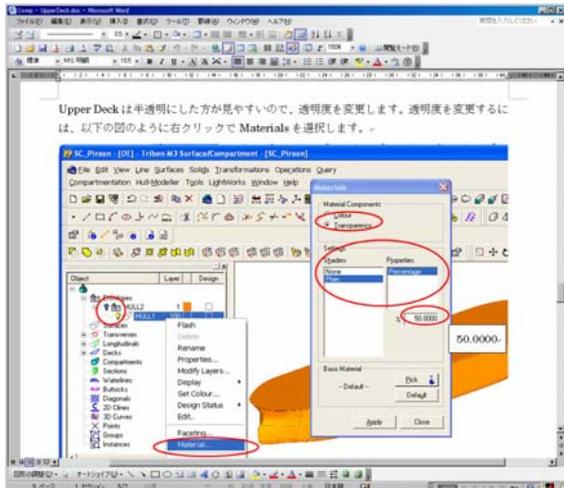


Fig. 6 タスクに登録されているマニュアル



Fig. 7 デュアルモニタ

で CAD 画面と ShareFast 画面を切り替えながらの演習に比べ、全体の作業の流れをワークフローで見ながら CAD 操作が行え、操作内容の習得性、作業時間の短縮が図られる。

#### 4 演習

環境海洋工学実験 CAD 演習の受講者は 12 人で、3 回（3 人、3 人、6 人）に分けて行った。同じスペックの PC を揃えることができなかったため、レンタル業者から同じ機種種のノート PC を調達した。演習の様子を Fig. 8 の写真に示す。

演習の進め方は、最初に 3 次元 CAD について、今回使用する造船設計専用 CAD である AVEVA 社 Tribon について、また、ShareFast の概要とその使用方法についての説明を行った後、CAD の操作に入る。

演習の課題はタンカーの設計である。受講者は ShareFast のワークフローを見ながら CAD 操作を行い、タンカーを設計する。

また、受講生には、演習を進めていく上で疑問点等が出た場合、極力ディスカッション機能（電子掲示板）を使い、TA に質問をするように伝えた。TA はその質問に対し、回答や指示をディスカッション機能で書き込む。これは ShareFast のディスカッション機能はそのまま Server に記録されるので、次の演習のためのコンテンツの改良等の参考となるだけでなく、ShareFast がどの程度 e-learning の媒体として機能できるかを見るためである。ただし TA は進捗モニタから常時受講者の進捗を常時確認しており、遅れの顕著な受講者には直接指導を行うこととした。

Fig. 9 は受講者 6 人での演習時のリアルタイムモニタリング画面である。CAD 操作項目毎の各受講者の進捗状況が容易に確認できる。また、Fig. 10 は今回の演習で学生達の描いた CAD 画面の一部である。



Fig. 8 演習風景

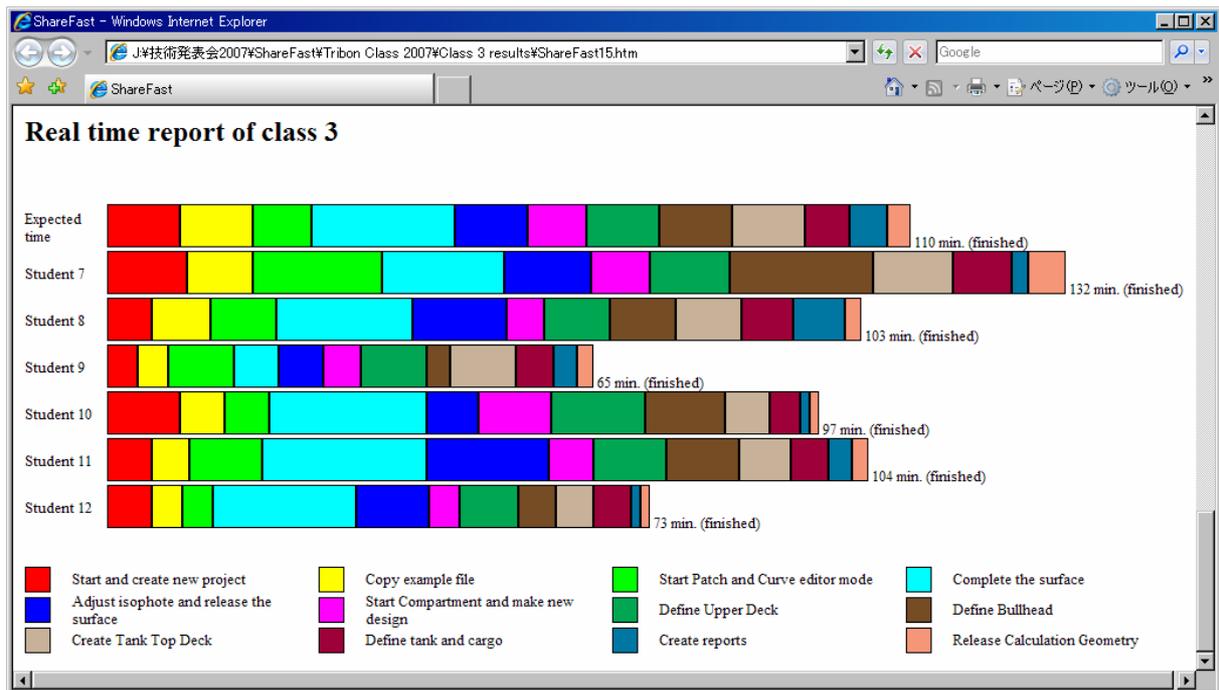


Fig. 9 進捗状況リアルタイムモニタの画面

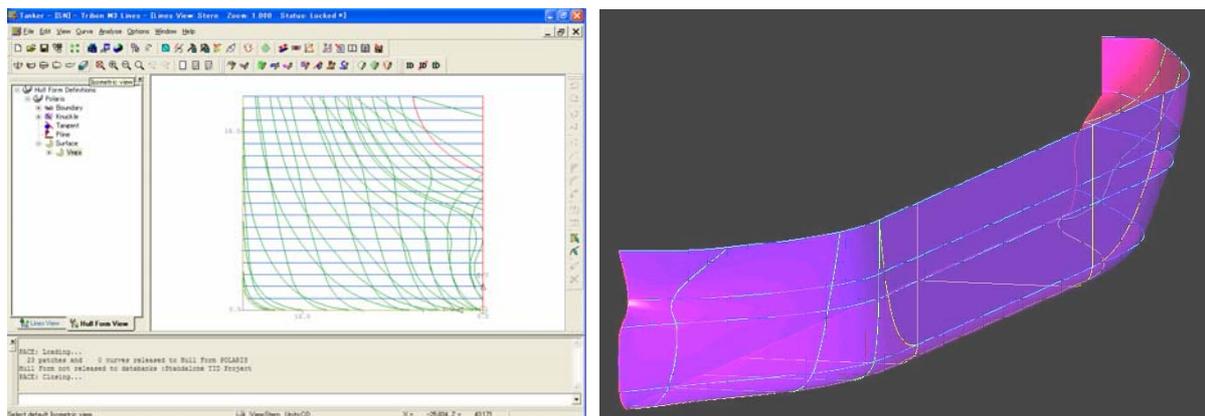


Fig. 10 学生達の書いたLine図とSurfaceを貼った画面

## 5 システムの評価と今後の課題

元々e-learning 寄りのシステムではあるが、リアルタイムモニタリング機能とディスカッション機能により、更に強力なものとする事ができた。また、デュアルディスプレイに変更したことで、常にワークフローを参照することができ、全体の流れを把握しながらの演習を行え、受講者にとっても効果的であったと思われる。

受講者からは次のような感想が出された。

- ・ マニュアルがしっかりしていたので、ほとんど迷うことはなかった。
- ・ CADの操作方法は難しかったが、ガイドがあったので非常にわかりやすかった。
- ・ カリキュラムの完成度は非常に高く驚いた。
- ・ 独りで黙々と作業をしていくので作業の意味を考えることが難しかった。
- ・ ShareFastのマニュアルは英語と日本語が混同しており、統一して欲しかった。

- ・船の基本的な用語等がわからなく、苦労した。

今後は、これら貴重な意見を反映させ、更にシステムの完成度を高めていきたい。

また、今回使用した CAD の開発販売元である AVEVA 社から、Tribon の教育担当をされている Per Gunnare 氏に、この演習を見学して頂き、試用してみたいとのご意見を頂いた。

## 6 おわりに

最後に、ShareFast の応用例を紹介する。

- ・プロペラ設計支援システム

造船所と共同で開発を行っている。船舶のプロペラの設計は熟練設計者のノウハウの固まりである。いくつもの条件での計算結果から、最適なプロペラを設計しなくてはならない。このシステムでは、いろいろな計算プログラムをワークフロー上で起動することができるランチャーを実装している。

- ・フロントローディング設計への応用

フロントローディングとは、設計・開発時にその後半で起きる問題を予想し、早期に対応することで、設計変更作業を最低限に抑えるようにすることである。現在、重工メーカーと利用可能かを検証中である。

- ・事務手続き支援システム (Fig. 11 参照)

研究室の経理事務手続きを円滑に行えるように箇条書きのマニュアルではなく、ワークフローに必要な手続き文書を登録した。事務手続きのような定型的な業務はワークフローの得意とするところである。現在、Web 版旅費システム、受託研究受入、寄付金受入、立替払い請求、学生謝金支出のワークフローがあり、研究室で活用している。



Fig. 11 事務手続き支援システム (左：ワークフロー 右：登録文書)

このように、ShareFast は応用範囲の広いフリーソフトウェアである。ダウンロードは次の URL から行える。<< <http://sharefast.sourceforge.net/> >>

## 参考文献

- 1) 造船テキスト研究会：商船設計の基礎知識、成山堂出版、2001
- 2) 関西造船協会編集委員会：船：引き合いから解船まで、関西造船協会、2004

## 19 情報・システム初心者による e ラーニングの検討

機械工学専攻 石川明克

### 1 はじめに

情報技術 (IT) が使用される e ラーニングは近年企業の研修や大学の講義での利用が拡大されつつあり、その有効性が確認されている。そこで、専門技術分野におけるコンピテンシー習得を目的とする e ラーニングシステムについて、初心者なりに検討したので報告する。

### 2 e ラーニングについて

e ラーニングとは、情報技術によるコミュニケーション・ネットワーク等を活用した学習者の主体的な学習である。コンテンツは学習目的に従って編集され、学習者とコンテンツ提供者との間にインタラクティブ性が確保されなければならない。このインタラクティブ性とは、学習者が自らの意思で参加する機会が与えられ、人またはコンピュータから学習を進めていく上での適切なインストラクションが適時与えられることを指す<sup>(1)</sup>。したがって、そのシステム的设计には教育の効果・効率・魅力を高めるインストラクショナルデザイン (ID) のプロセスが必要である。

現在ではインターネットなどの ICT (Information Communications Technology) を使ったことの無い人はほとんどいない状況になっている。にもかかわらず、教育の世界において ICT は未だ十分に利用されず、e ラーニングは ID デザイナー不足もあり一般的になったとはいえない状況にある<sup>(2)</sup>。そこで、教育に係わる技術職員としても教育技術開発の一環として、e ラーニングのインストラクショナルデザイン、Web アプリケーションによるコンテンツ製作等を開発・普及させることも必要であると思う。また、将来の技術職員に必要なコンピテンシーを学習する際には、技術職員らしく自前の技術で構築した e ラーニングシステムを専門技術分野においてグループウェア的に運用すべきであると考え。

### 3 学習管理システム (LMS) の検討

2002年4月から開講されている東京大学大学院学環・学際情報学府の e ラーニングサイト iii online の LMS はメディア教育開発センターと共同で開発した exCampus をカスタマイズしたものである<sup>(3)</sup>。exCampus は、オープンソースであり、昨年まではインターネットから無償で入手できたが現在は関連サイトが消滅している。本報告では昨年この exCampus を選択、インストールを試行してみて、そのために必要となった情報・ネットワークスキルについて記述する。

なお、他の無償 LMS としては日本電信電話株式会社 (NTT) が提供する OpensourceLMS、本学情報基盤センターが日本ユニシスと共同開発した CFIVE 等もある。

### 4 Linux システムの検討

オペレーションシステム (OS) として Linux が必要である。筆者は初心者ゆえに、ハードディスク分割による Windows システムとの OS 切り換え方式しか知らなかった。そこで、情報システムに詳しい同僚に相談したところ、仮想コンピュータを薦められ、その場であつという間に無償の VMware

player<sup>(4)</sup>による仮想コンピュータを構築、さらに RedHat 系 Linux である無償の CentOS<sup>(5)</sup> をインストールしてくれたものである。したがって、OS について初心者は検討するまでもなく、「専門家に相談すべし」の教訓を得た。後から自らが VMware と CentOS のインストールを実施・再確認したのは言うまでもない。図 1 に VMware 上の CentOS の運用状況を示す。

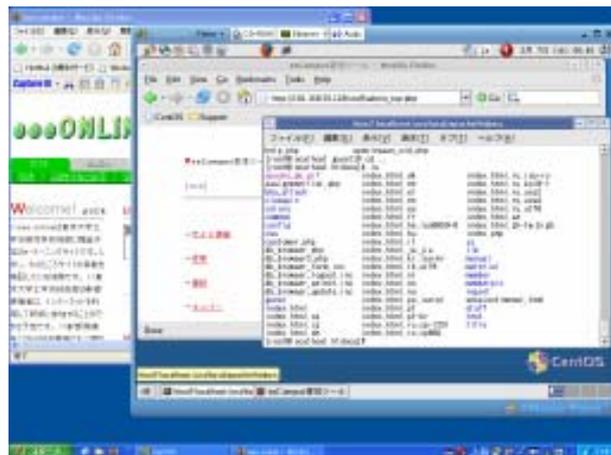


図 1 仮想コンピュータ VMware と CentOS

### (1) LAPP システムについて

LMS のプラットフォーム exCampus では LAPP (Linux/Apache/PostgreSQL/PHP) システムが必要となる。この技術を習得すれば Web 開発の際に役立つので技術職員なら身に付けておいて損はないと言われる。ここでは後述する PostgreSQL に格納されたデータベースからスクリプト言語 PHP によりデータを取り出したり、加工したりして、そのデータを元に動的なページを生成して Web サーバ Apache でインターネットに公開する技術を LAPP と呼ぶ。以下に LAPP の各要素について記述する。



<http://d.hatena.ne.jp/>より

### (2) Web サーバ Apache

Apache HTTP サーバは世界で最も使われている Web サーバで、インターネット上の 6 割前後を占めているという統計結果がある。1995 年に開発が始まった Apache は、UNIX 系 OS や Windows という複数の OS で動作するということと、ソースが公開されているオープンソースソフトウェアで、かつフリーソフトウェアとして提供されていることが最大の特徴である。現在は最初のバージョンの流れをくむバージョン 1.3 系と新しい機能を盛り込んだバージョン 2 系に大別される<sup>(6)</sup>。



<http://japache.infoscience.co.jp/japache/>より

今回は exCampus で利用するために、CentOS 上で以下の手順を実施した。

1. まず起動されている Apache を停止する。
2. CentOS インストール時に含まれていた Apache パッケージを削除する。
3. Apache1.3 をダウンロード、解凍、コンパイル、インストールする。
4. Apache の設定ファイル httpd.conf を編集して基本設定をする。
5. 設定ファイルの構文チェック後、Apache を再起動する。

### (3) データベースシステム PostgreSQL

PostgreSQL はカリフォルニア大学バークレー校で開



<http://osb.sra.co.jp/PostgreSQL/Manual/>より

発された POSTGRES をベースにしたオブジェクトリレーショナルデータベース管理システム (ORDBMS) である。Web との連携では Apache モジュールとして組み込まれる PHP から PostgreSQL を利用できる<sup>(7)</sup>。

#### (4) サーバサイドスクリプト (SSS) 言語 PHP

PHP (Hypertext Preprocessor) はオープンソースのスクリプト言語で CGI (Common Gateway Interface) としてではなく、Apache のモジュールとして組み込むことで HTML ファイル中に直接スクリプトを記述できるため簡単に動的な Web ページを作成することができる。また言語構文も C 言語から転用されたものなので簡単に習得できる<sup>(7)</sup>。



<http://www.php.gr.jp/>より

#### (5) ストリーミングサーバの検討

動画というデータ量の膨大なファイルを全てダウンロードするには時間がかかり、その動画を見るためにはダウンロードが完了するまで、待たなければならない。そこでそれらの問題を解決してくれるのがストリーミングという方式である。

ストリーミング技術を使った動画ファイルの場合には、見たい動画ファイルをダウンロードしている途中から、今ダウンロードした分の動画ファイルを順次再生し



図2 ストリーミング配信の例

ていき、全ての動画ファイルをダウンロードするまで待つ必要がなくなる。ストリーミングを配信するためにはストリーミングサーバがもっとも適しているが、これはサーバを立てることでかなり難しくなる。そこで簡単なため、Web サーバでのストリーミング配信をすることを試行した。

ストリーミング動画配信に必要な作業は、画像ソフトで編集した動画を以下の手順で配信することである。

##### 1. ストリーミングファイルへ変換する (エンコードする)

WindowsMedia ビデオの場合は動画編集ソフトから書き出した AVI ファイルをストリーミングファイル (拡張子 WMV のファイル) へ Windows Media エンコーダを利用して変換する。

## 2. エディタでメタファイルを作成する

メタファイル（拡張子 ASX のファイル）の記述内容は以下の通りである。

```
<asx version="3.0">
<entry>
<ref href="http://サーバーの場所/ファイル名.wmv"/>
</entry>
</asx>
```

## 3. ホームページに組み込み、メタファイルにリンクを貼る

ストリーミングファイルへのリンクページを作成する。ポップアップ形式の場合は簡単で、単純にリンクのタグを HTML ファイルに書くだけである。勿論リンク先のファイルは動画ファイルではなく先ほど作成したメタファイルである。

例 `<a href="movie.asx">動画をみる</a>`

## 4. サーバへアップする

動画ファイル「.wmv」・メタファイル「.asx」・エンベット設定済みの HTML ファイル「.html」の3つが用意できたら、FTP ソフトを使って Web サーバへアップロードする。

## 5. ストリーミングコンテンツを公開する

図2は本報告において exCampus をカスタマイズした eeeONLINE 上で試行したストリーミング配信の例である。ホストコンピュータ（WindowsXP）から Web ブラウザを使用して、ゲストコンピュータ（CentOS）上の LMS である eeeONLINE にアクセスしている。

## 5 おわりに

本報告では、10～20年後の将来に専門技術分野組織が構築された時、そのグループウェアとして活用する e ラーニングシステムについて初心者なりに検討した。利用したソフトウェアは全て無償で手に入るものばかりである。したがって、自前でシステムを構築すれば安上がりになり e ラーニングを運用できる。専門技術分野組織構築とそのグループウェアとしての e ラーニング活用が将来のプロジェクトとして実現されることを期待する。

なお、本報告は平成 18 年度工学系研究科個別研修 06-01 号の成果の一部である。また、当研修に際しては機械工学専攻の濱名芳晴技術職員に多大なるご助力を仰いだ。ここに感謝する。

## 参考文献

- 1) 経済産業省商務情報政策局情報処理振興課（監修）、“e ラーニング白書 2006/2007 年版”、オーム社、2006
- 2) 玉木鉄也（監修）、“e ラーニング専門家のためのインストラクショナルデザイン”、東京電機大学出版局、2006
- 3) 坂元昂（監修）、“e ラーニング・マネジメント—大学の挑戦—”、オーム社、2003
- 4) VMware player サイト、<http://www.vmware.com/ja/products/player/>
- 5) CentOS サイト、<http://www.centos.org/>
- 6) 辻秀典他、”できる PRO Apache Web サーバー Apache 2/1.3 対応”、インプレスジャパン、2006
- 7) 石井達夫、”今すぐ導入！PHP×PostgreSQL で作る最強 Web システム”、技術評論社、2003

## 20 E B S P 解析装置及び試料測定（研磨）条件の基礎を学ぶ（個別研修報告）

マテリアル工学専攻 中村光弘

1. はじめに 走査型電子顕微鏡（SEM）と組み合わせて結晶方位を測定する手法が EBSP 法（後方散乱電子線回折パターン法：Electron Backscatter Diffraction Pattern）である。結晶粒の方位解析が可能であり、バルク試料をそのまま観察可能である。ゆえに本法は最近、材料評価に急速に普及している。しかし、試料準備が難しく、鮮明な回折パターンが得られるのは、壁開面を持つ試料や化学薬品による腐食（エッチング）条件が良好な試料と言われている。近年、当専攻では S 4 2 0 0（FE-SEM、日立製作所製）に EBSP 解析装置（T S L ソリューションズ）が設置され使用を始めた。そこで今回、EBSP 法の特に大切な基本原理等を学ぶと共に、最適な回折パターンを得るため、純 Ni 試料をもちいて試料表面状態における変化を、研磨剤及び研磨条件等との関係を探ることを試みた。これは平成 1 8 年度・工学系研究科・個別研修（O J T）で行われたものである。

2. E B S P の概略 EBSP 法の概略図（図—1 a）を示した。SEM 測定室内で 7 0 度傾斜した試料に電子線を照射した際、電子線後方散乱回折により発生する菊池パターン（EBSP パターン）を蛍光板に投影して TV カメラ等で取り込み、さらにそのパターンの指数付けを行い、その照射点の結晶方位の解析を行う方法である。EBSP パターンの発生領域は試料の表面から 3 0 ~ 5 0 n m 程度の深さといわれている。ただし、既知の結晶構造を基にして、取り込んだパターンの結晶方位を測定することにより、試料のマイクロ又はマクロな構造を調べる手法で、結晶構造がわからない試料には適用できない。

原理 2. 1. 1 EBSD パターンはブラッグの法則として示される（1 式）である。

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin\theta \quad (1)$$

$\lambda$  は電子線の波長、 $n$  は反射次数、 $d_{hkl}$  は添え字のミラー指数で示された特定結晶面の格子間隔（d-spacing）を示している。 $2\theta$  は入射電子線と回折された電子線の角度を示している。表—1 に加速電圧、波長、試料 Ni の各結晶面のブラッグ角を見積もった。ブラッグの法則から電子線の加速電圧を増やすと回折角は小さくなる。回折角  $\theta$  は格子間隔（d-spacing）が狭くなると回折角  $\theta$  が大きくなることがわかる。

表—1 加速電圧、波長値、ブラッグ角について

加速電圧 (KV)	波長値 (A)	Ni {111}面 d=2.034A Bragg angle $\theta_B$ (度)	Ni {002}面 d=1.762A Bragg angle $\theta_B$ (度)	Ni {220}面 d=1.246A Bragg angle $\theta_B$ (度)	Ni {222}面 d=1.0172A Bragg angle $\theta_B$ (度)
20	8.74E-02	1.231	1.421	2.01	2.462
15	1.01E-01	1.417	1.637	2.315	2.836
10	1.23E-01	1.732	2	2.829	3.465

2. 1. 2 回折パターンの強度に関する式は（2 式）である。バンドの強度は、それぞれのバンドに対する構造因子によって与えられ、面心格子であるニッケルでは単位格子内にある原子、原点 0 0 0,  $1/2$   $1/2$  0,  $1/2$  0  $1/2$ , 0  $1/2$   $1/2$  これら 4 個の原子によって散乱された波をすべて加え合わせたもの  $F_{hkl}$  であらわす。

$$F_{hkl} = \sum_j f_j \exp[(-2\pi i)(x_j h + y_j k + z_j l)] \quad (2)$$

$$= f_j \{ \exp(-2\pi i)(0h+0k+0l) + \exp(-2\pi i)(h/2+k/2+0l) \\ + \exp(-2\pi i)(h/2+0k+1/2) + \exp(-2\pi i)(0h+k/2+1/2) \}$$

結果として  $h, k, l$  が奇数・偶数混合のときは  $F_{hkl}=0$  となつて、回折パターン強度はゼロ。 $h, k, l$  がすべて偶数であるかすべて奇数の場合には  $F_{hkl}=4f$  となる。したがつて(111),(200),・・・回折パターンは出現するが、(100),(110),・・・などは出現しない。

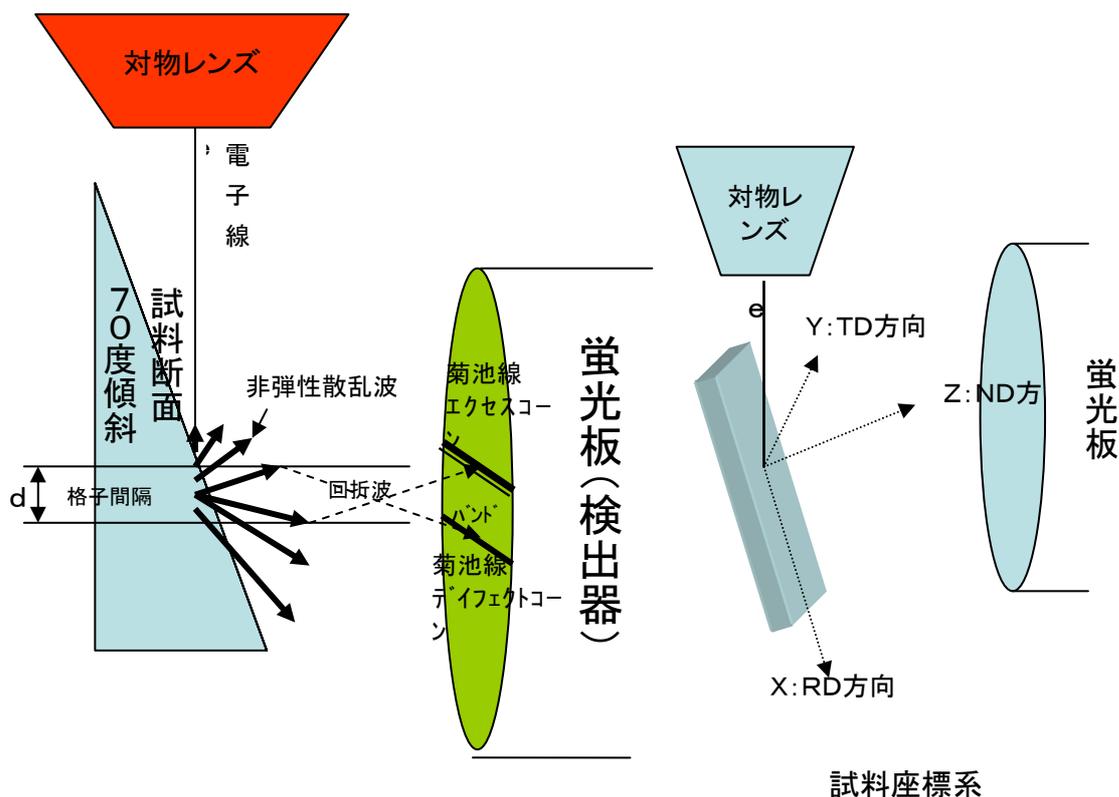


図-1 a EBSP概念図

図-1 b 試料座標系の位置関係

3 EBSP (菊池) パターンの発生 70度傾斜した試料の表面に入射した電子線は試料の原子により、弾性散乱、非弾性散乱を起こし試料内を進む。EBSPパターンは非弾性散乱電子により形成され、傾斜した試料の表面での非弾性散乱電子が試料表面から脱出し得る電子の強度分布は、図-1 aの太字の矢印で示したように進行方向に強い強度分布を持つ。図に示したように結晶面で回折を起こした非弾性散乱電子がEBSP(菊池)パターンである。図で示されているように、これが蛍光スクリーンに映し出されると上側に進行した回折波の方が下側に進行した回折波より強度が強いことになり明線(Excess Cone)となる。一方、下側に進行した回折波は強度が弱いため暗線(Defect Cone)となる。水平方向のバンドでは必ず上側のエッジ付近が下側のエッジより明るくなる。垂直方向のバンドは、非弾性散乱電子の強度が左右対称となるため明線、暗線は生じない。

4 EBSPにおけるバンドの検出 EBSP パターンの元の像は、ノイズの上に信号が重畳され鮮明なパターン像ではないので、画像処理によりパターン像の像質の改善を行い Hough 変換法により EBSP のバンド検出がおこなわれる。Hough 変換法 (3 式) は

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3)$$

で表され、バンド (直線) を点に変換するものである。図-2 に直線  $y = -2x + 7$  の Hough 変換を示した。Hough 空間上で、曲線が交わったところ、原点 (0,0) から長さ:  $\rho = 31.7$  で、角度:  $\theta$  が X-軸から反時計方向に  $26.5$  度のところに点として示された。EBSP パターンは中央部がやや明るく両脇が暗いバンドであり、Hough 変換を行うとそれぞれの明暗に対応して上下方向に黒白黒といった輝度分布を持つ。Hough ピークの上下の間隔はバンドの幅で格子間隔に対応している。

5 EBSP の指数付け 検出されたバンド間の角度関係からバンドの指数付けを行う。このためパターンが得られた試料の基本的な結晶構造及びバンドを生成した結晶面に関する情報を予め与えられておく必要がある。EBSP では、この与えられた結晶系の格子面の情報から面間角度を算出し、検出したバンド間の角度関係と比較し最も合理的と思われる組み合わせからその指数付けを行っている。これは Voting 法と呼ばれる手法で、3 本以上の検出されたバンドから 3 つバンドを選び出す全ての組み合わせを作る。例えば 8 本のバンドを検出した場合には、8 本のバンドから 3 本のバンドを取り出す組み合わせは全部で 56 通りある。この 56 通りの組み合わせについて方位を算出する。そして全ての組み合わせに対する共通の解、または最も高い点を得た解を、このパターンの結晶方位と決定している (表-2)

6 イメージオリチイ (IQ 値) SEM 像に似ているが情報はまったく異なり、Hough 変換をした際の Hough 空間上のバンドピークの強度をプロットしたもの。Hough 空間上のピークはバンドが鮮明なほど強くなる。結晶性の良し悪しを示しコンタミや酸化皮膜等も影響を与える。図 5-(b) に Ni の IQ マップを示した。

7 信頼性指数 (CI 値) EBSP パターンの指数付けの結果が正しいのか、あるいは間違っている可能性があるのかを評価する指数である。指数付け及び方位の算出にあたっては、Voting の過程において最も多くの Vote を得たものを解とし、この時 2 番目の Vote を得た解との Vote 数の差が大きいほど、最も多くの Vote を得た解の信頼性が高い。Vote 数をもとに次のように信頼性指数 (4 式) が定義されている。

$$CI = (V1 - V2) / V_{ideal} \quad (4)$$

ここで V1 と V2 は最初と 2 番目の解の Vote 数を表わし、 $V_{ideal}$  は検出されたバンドから 3 本のバンドを選択する組み合わせの総数を表わしている (表-2)。

表-2 EBSP パターンの Voting、CI 値について  
(図 4-4 (f) の EBSP パターンに対応)

	得票	フィット指数	信頼性指数	ランキング指数
Phase	Votes	Fit	CI	Rank Factor
Nickel	56	0.63	0.982	1

Sol.	Votes	Fit	Rank Votes
1	56	0.63	8
2	1	1.97	3
3	1	1.97	3

$$CI \text{ 値} = (56 - 1) / 56 \\ = 0.982$$

4 以下の Sol は省略

8-1 極点図 特定の結晶面の法線方向が試料座標系(図-1 b)に対してどのように配向しているかをステレオ投影上にプロットしたもの。ただし、極点図は結晶面の法線方位を示し、結晶方位を示していない。極点図上では幾つかの等価な結晶面に対応する点がプロットされる。立方晶で{001}極点図がプロットされれば、極点図の中心、円周上に4点90度等間隔でプロットされる。図-3に単結晶シリコン(Si)ウエハーの強度分布による{001}極点図を示した。

8-2 逆極点図 試料座標系の特定結晶面の法線方位がその方向に向いているかを示す。一つの逆極点図では結晶の方位を表現できない。2つあれば方位が確定できる。図5-(c)にNiの逆極点図(IPF)マップを示した。右側の三角形の色は方位を表わし<001>,<101>,<111>と関連図けられており左側のマップは色に対応する場所の方位を表わす。マップ中に結晶格子による方位が示されている。(d)は観察方向をX,Y,Zそれぞれ90度変えて3方位からの強度分布による逆極点図を表示したものである。赤色のところが方位を示している。

## 9 研磨剤とEBSPパターンとの関係

9-1 純ニッケル試料を5mm X 5mm X 10mmの大きさに切り出した。

9-2 予備研磨

- (1) 最初、SiC研磨紙で800番、1200番、1500番、2000番の順に約30分程度粗研磨した。
- (2) アルミナ懸濁液3マイクロで1時間、アルミナ懸濁液1マイクロで3時間バフ研磨を行った。

9-3 EMSPパターンの収集、試料表面のSEM観察

以下の研磨剤ごとに、EBSPパターンの測定及びSEM観察を行った(図4(a)~(f))。観察条件は以下のとおりであった。

電界放出型走査電子顕微鏡(FE-SEM), S4200(日立製作所製)、加速電圧:20KV、EMISSION:10μA、コンデンサレンズ値:CL=2、対物絞り、穴径Φ100μm(1番)

- (3) アルミナ懸濁液 0.3マイクロ、1時間、バフ研磨、
- (4) アルミナ懸濁液 0.05マイクロ、1時間、バフ研磨、
- (5) コロイダルシリカ懸濁液 0.05マイクロ、1時間、バフ研磨、
- (6) コロイダルシリカ懸濁液 0.05マイクロ、5時間、バフ研磨、
- (7) 処理(6)後、2%硝酸アルコール、2秒化学エッチング

800°C、15分、大気中、熱処理実施

- (8) アルミナ懸濁液1マイクロ、2時間、バフ研磨
- (9) アルミナ懸濁液0.3マイクロ、2時間、バフ研磨、
- (10) アルミナ懸濁液0.05マイクロ、2時間、バフ研磨、
- (11) 処理(10)後、2%硝酸アルコール1秒の化学エッチング

## 10 観察結果

(3)アルミナ懸濁液0.3マイクロ、(4)0.05マイクロ、(5)コロイダルシリカ懸濁液0.05マイクロ1時間研磨では表面にキズがまだ残っていた。EBSPパターンの収集は部分的(Point)にはできるがScan(Mapping)は無理であった。(6)0.05マイク

ロ、コロイダルシリカ懸濁液、5時間研磨ではほとんどキズは見えなくなり、EBSPパターンは鮮明になった。広域のScanも可能になった。コロイダルシリカ懸濁液は研磨に長時間を要するが、効果がある事が確認できた。(7) 化学エッチング(2%硝酸アルコール2秒)は表面の歪層を取り除く事に効果がありEBSPパターンも鮮明でありScanも問題ないが、適切な条件を見つけるには、何度かの試みが必要である。図4のSEM写真ではオーバーバエッチングによる小さなくぼみが出来ている。800℃、15分の熱処理を表面の歪を取り除くために行ったが、大気中で行ったため、表面に酸化膜ができた。酸化膜を取り除くため再度、(8) アルミナ懸濁液1マイクロ、2時間、バフ研磨、(9) アルミナ懸濁液0.3マイクロ、2時間、バフ研磨、(10) アルミナ懸濁液0.05マイクロ、2時間、バフ研磨、(11) 2%硝酸アルコール1秒の化学エッチングを行ったところ、SEM写真からもわかるように結晶粒界が確認でき、EBSPパターンも鮮明に得られた。

以上の結果から、**試料70度傾斜で、SEM像、倍率1万倍でキズが観察されず、表面がスムーズであれば、十分に信頼できるEBSPパターンが測定できる**と思われる。

Ni試料のScanを行った結果を図-5(a)~(h)に示した。Scan領域は $14\mu \times 26\mu$ であり、Stepは0.4マイクロで取り込んだ。同じ場所でのSEM像(a)、I Qマップ(b)、IPFマップ(c)、強度分布によるIPF(d)、Highlighting IPFマップ(e)、Highlighting デスクリプトプロットIPF(f),(g),(h)を順に示した。(e)と(f),(g),(h)は色が対応しており(e) A粒(橙色)は(f),(g),(h)の矢印A(橙色の点)と対応している。これらから、A粒ではND方向が $\langle 001 \rangle$ から $\langle 101 \rangle$ 方向に18度程度傾いた方向 $\langle 310 \rangle$ がND方向(法線方向)を向いており、TD方向に90度、観察方向をかえても $\langle 310 \rangle$ と等価な方位である。RD方向に90度、観る方向を変えると $\langle 100 \rangle$ と等価な方位であることがわかる。これによりA粒の法線方向(ND方向)は $[013]$ と思われる。B粒も法線方向は $\langle 310 \rangle$ と思われるが法線方向(ND方向)を軸として粒全体が回転していることが推測できる。

まとめ EBSP解析装置の測定原理、及び使用されている基本的な解析ソフトの原理を理解することができた。今後の方位の測定あたり、微細部の方位測定に有効で強力な手段になると思われ、有効に活用できると思った。

EBSPパターンを収集するにあたって、試料表面仕上げの程度がどの程度であれば、データとして信頼できるパターンが得られる最適を、研磨剤等との関係と合わせて実際のSEMイメージから判断できるようになった。

謝辞 今回の個別研修の指導をして下さいました小関敏彦教授に感謝申し上げます。熱処理、化学エッチング、電解研磨等の相談、指導をして下さいました朝倉健太郎助教に感謝申し上げます。今回の個別研修にあたりEBSP解析について議論した関史江助教に感謝申し上げます。

#### 参考文献

O I M Schoolテキスト[2006年5月、東京] 鈴木清一著 (株)TSLソリューションズ

EBSP読本 鈴木清一著 (株)TSLソリューションズ

金属組織学序論 阿部秀夫著 コロナ社

カリテIX線回折要論 松村源太郎訳 (株)アグネ

金属エッチング技術 松村源太郎訳 (株)アグネ

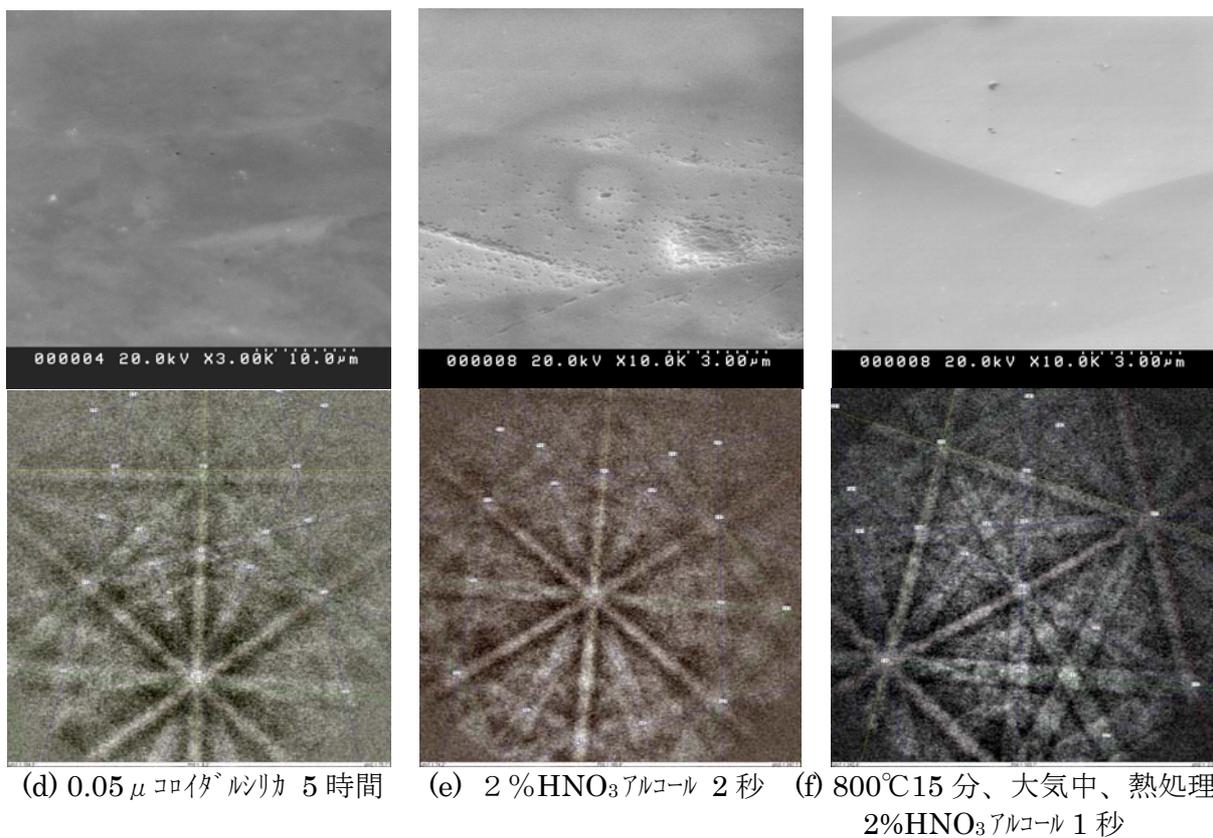
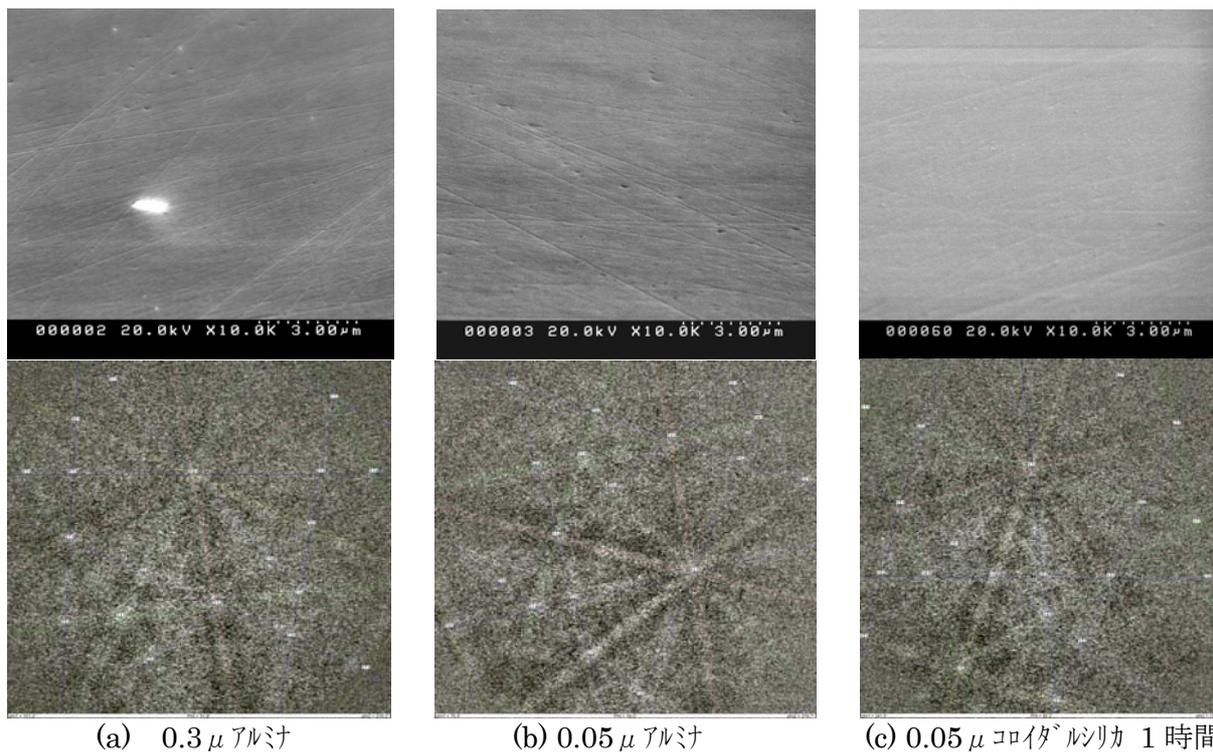


図-4 (a)~(f) 研磨剤によるSEM像とEBSPパターンの比較  
(上側のSEM像と下側のEBSPパターンは一对である)

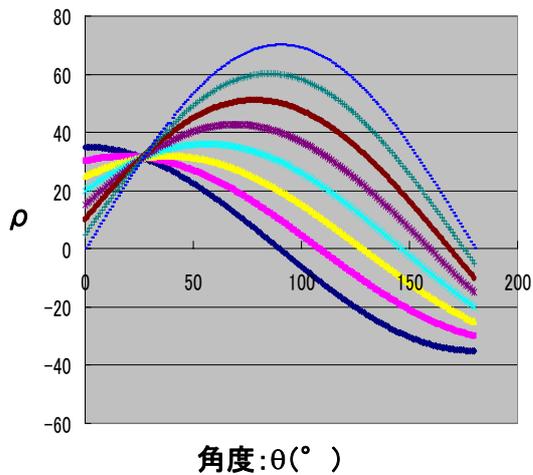


図-2 Hough 変換  
直線  $y = -2x + 7$  の Hough 変換を示した。8本の曲線が交わった場所で、原点から長さ： $\rho = 31.7$ 、角度： $\theta$  がX軸から反時計回り  $26.5$  度のところの点に対応している。

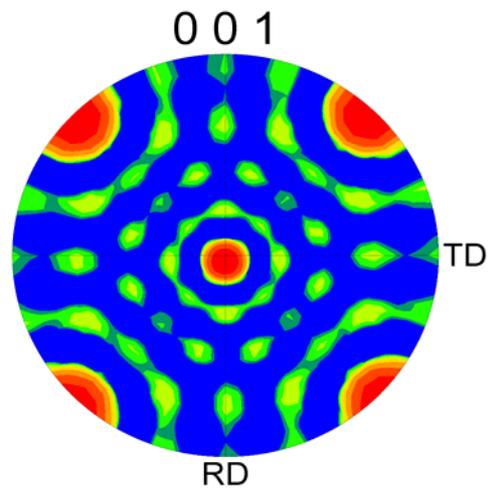


図-3 単結晶Siウエハーの極点図  
特定の結晶面に注目し、その面と試料座標系との関係を示すもの。特定の結晶面が試料のどの方向に配向しているかが分かる。Siの強度分布による001極点図で5個の赤い領域が{100}面に対応している。

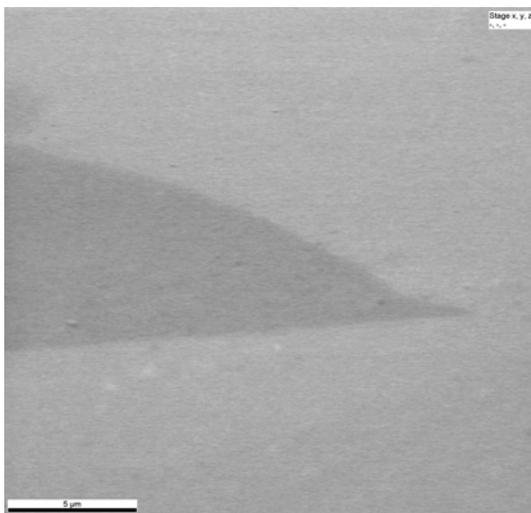


図5-(a) Scan領域SEM像  
 $14\mu \times 26\mu$ の領域を $0.4\mu/\text{Step}$ でマッピングを行った。領域中には4つの結晶粒界があった。試料の研磨条件は図4-(f)と同じ条件で、 $800^\circ\text{C}$  15分大気中で熱処理後、9-3の(8)、(9)、(10)、(11)の順に研磨、化学エッチングの後、マッピングを行った。

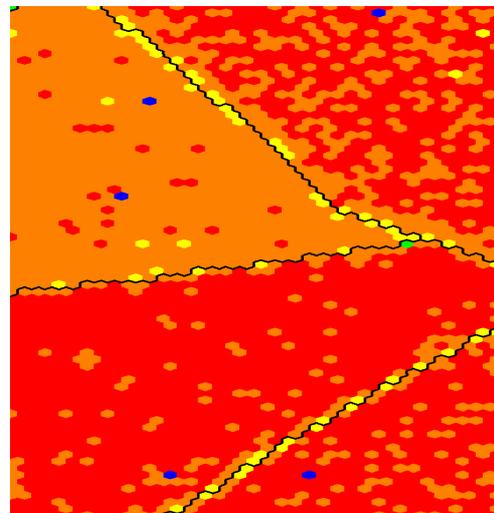


図5-(b) IQマップ  
イメージオリテイ (IQ) マップである。Hough変換をした際のバンドを示すピークの強度をプロットしたもの。結晶性の良し悪しを示している。粒界のIQ値は低い。ここでは、粒界に黒線を入れた。Average Image Qualityは287.81であった。



Nickel

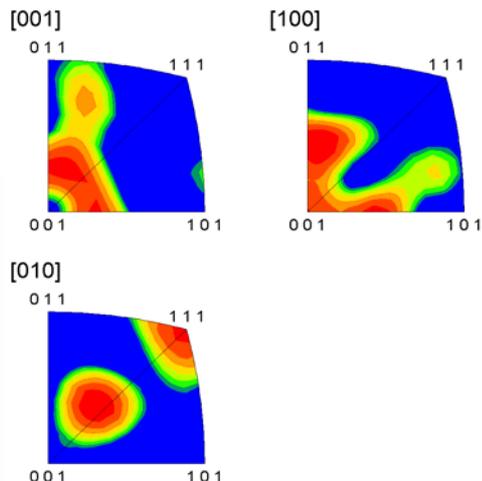
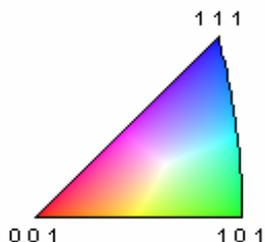


図5-(c) 逆極点図 (IPF) マップ  
右側の三角形の色は数字で示されている方位に対応しており、左側のマップの色も同じ方位に対応している。マップの中に結晶格子の向きを示した。

図5-(d) 強度分布によるIPF  
赤い領域が結晶方位を示す。 $[001]$  がND方向、 $[010]$  がTD方向、 $[100]$  がRD方向からの方位を示している。

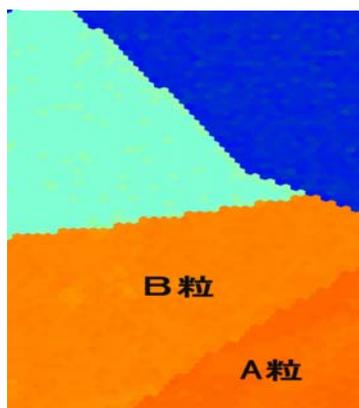


図5-(e) ハイライトIPF  
マップ 図5-(f)、  
(g)、(h) と対応して  
いる。

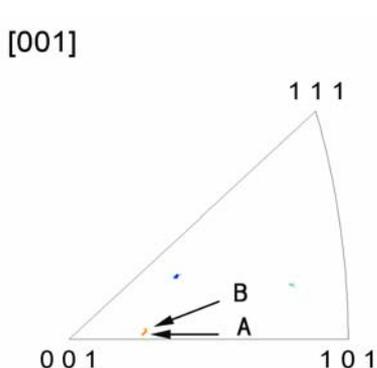


図5-(f) ハイライト-デイス  
クリートプロット IPF  
(ND方向)

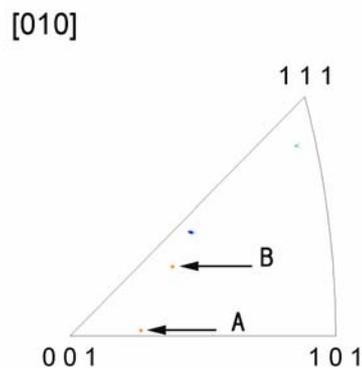


図5-(g) ハイライト-デイス  
クリートプロット IPF  
(TD方向)

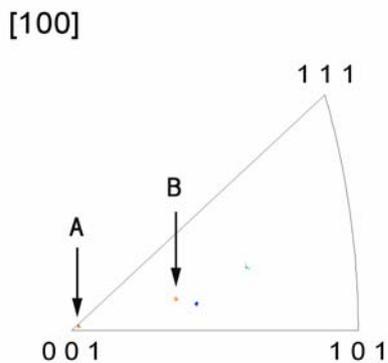


図5-(h) ハイライト-デイス  
クリートプロット IPF  
(RD方向)

図5-(e)と(f),(g),(h)は色が対応しており(e)A粒(橙色)は(f),(g),(h)の矢印A(橙色の点)と一致している。これらから、A粒はND方向が $\langle 001 \rangle$ から $\langle 101 \rangle$ 方向に18度程度傾いた方向 $\langle 310 \rangle$ がND方向を向いており、TD方向に90度、観察方向をかえても $\langle 310 \rangle$ と等価な方位である。RD方向に90度、観察方向を変えたと $\langle 100 \rangle$ と等価な方位であることが推測できる。これによりA粒の法線方向は $[013]$ とした。B粒も法線方向は $\langle 310 \rangle$ であるが法線方向 (ND方向) を軸として粒全体が回転していることが推測できる。

## 21 学内共同利用施設の技術職員としての39年間

原子力国際専攻 江口星雄

### 1 はじめに

技術報告とは異なりますが、来春定年を迎えるに当たり、技術職員として勤務した内容を簡単に報告させていただきます。

工学部原子力教育施設管理部の生物用照射装置の保守・管理要員として昭和42年7月から週1回の非常勤として勤務、昭和43年から常勤として勤務してから現在に至ります。

原子力教育施設管理部は原子力関係の教育および研究のために部局の枠を越えて設置された学内措置部局で有った。工学部原子力工学科と協力講座の医学部放射線健康管理学教室（吉沢研）、理学部核物理教室（野上研）および関連講座の農学部放射線遺伝学教室（山口研）、理学部放射化学教室（浜口研）、理学部放射線生物学教室（秋田・代谷研）、医学部放射線基礎教室（岡田研）で構成されていた。

生物用照射装置は医学部、理学部、農学部の各研究室での放射線生物学の研究を目的に設置された装置で、農学部の放射線遺伝学の山口彦之助教授が管理責任者をされていた関係で身分的には工学部

表1 原子力研究総合センター発足時の共用設備管理部門装置一覧

共用装置名	管理責任者	担当者
① 生物用照射装置	農・助手: 田野 茂光	技官: 江口星雄
② コバルト60ガンマ線照射装置	工・助教授: 長谷川 賢一	技官: 桂 信吾
③ ヒューマンカウンタ装置	医・教授: 吉沢 康雄	技官: 泉 溪麓
④ ダイナミロン	工・助教授: 長谷川 賢一	技官: 川丙俊男、 技官: 尾上美義(工)
⑤ タンデム型バンデ・グラフ式イオン加速装置	理・教授: 野上 耀三	助手: 山根 功、 技官: 山下 博(理)
⑥ 放射線損傷実験装置	理・教授: 鈴木 秀次	助教授: 二宮敏行(理)
⑦ マススペクトロメーター	理・教授: 馬淵 久夫	助手: 菅野等(理)
⑧ 中性了発生装置	理・教授: 浜口 博	技官: 中村安良
⑨ 核分裂実験装置	理・教授: 野上 耀三	技官: 安本 勝
⑩ 原子動力実験装置・構造系	工・教授: 安藤 良夫	技官: 染谷和良
⑪ 原子動力実験装置・熱系	工・教授: 秋山 守	助手: 内藤生志(工)
⑫ 高温核燃料実験装置・熱測定系	工・教授: 菅野 昌義	助手: 山脇道夫(工)
⑬ 高温核燃料実験装置・構造測定系	工・教授: 三島 良績	技官: 越前屋伊和夫
⑭ 高温核燃料実験装置・プロセス機器試験系	工・教授: 山本 寛	技官: 池田秀松
⑮ 高磁場プラズマ実験装置	理・助教授: 平川 浩正	
⑯ 中性子校正用標準パイプ	工・教授: 関口 晃	技官: 川口敏夫
⑰ 機械工作室	工・教授: 野上 耀三	技官: 沢崎意久雄
⑱ 電子工作室	工・教授: 野上 耀三	技官: 中野忠一郎

の職員でしたが、農学部放射線遺伝学教室に在席し共同利用業務と研究支援を行っておりました。昭和48年に原子力研究総合センターが発足し共用設備管理部門に配置替えとなった。

昭和50年からヒューマンカウンタ、平成10年度からX線発生装置、平成13年度から機械工作室、平成16年度からコバルト60ガンマ線照射装置を担当者の退職により担当する事となった。

この間共同利用者の実験支援を行ってきましたが、中でも、農学部田野茂光教授、理学部代谷次夫教授の核融合特別研究の“トリチウムシミュレータ（低線量照射装置）”の概念設計、線量測定および基礎データの取得。1994年に実施されたスペースシャトルコロンビアを使用しての第二次国際微小重力実験室（IML-2）では、アイソトープ総合センター井尻憲一助教授の“メダカの宇宙における交尾・産卵行動”の実験には装置担当者として参加させて頂きました。

また、大学の独立行政法人化後は安全管理関係の作業が増え、特に原子力国際専攻移行後は号館担当者やゴミアドバイザー等の業務が加わりました。

## 2. 担当装置

### 2.1. 生物用照射装置

セシウム-137のγ線照射装置で原子力管理部には放射線化学関係の研究に利用されていたコバルト60ガンマ線照射装置が既に稼働していたのと、この装置が生物実験を対象としていたので生物用照射装置と言う名称が付けられた。照射室の遮蔽能力としては線源の $^{137}\text{Cs}$ は222TBq(6,000Ci)まで可能であったが、予算の関係で148TBq(4,000Ci)の装填となっていた。

設置当初は生物に対する放射線影響があまり解明されていない事もあり、比較的高線量での実験が行われていた。昭和48年原子力研究総合センターセンターに移行し学内共同利用装置となり利用者も急増しメンテナンスの調整が大変で有った。昭和50年頃から放射線の生物影響の研究だけでなく、免疫関係の研究にも多く使用される様になった。最近では衛星搭載用の半導体、光学機器の放射線影響の研究にも使用されている。

照射装置の付属装置として、液体シンチレーションカウンタ、人工気象装置（植物育成用のチャンバーで設定温度（18~30）±1℃で温度コントロール可能、タイマーによる照明設備付）中型が4台（汚染管理区域に設置されRIトレーサー実験が可能）と小型が2台付属設備としてあった。超遠心分離器（日立：70P-72）が付属実験装置として有った。

人工気象装置の温度制御に不都合が多く、メンテナンス関係に多くの時間を費やした。

図1は照射装置室内を示す。

表2に生物用照射装置を利用するの主な研究テーマと研究責任者を示す。

図2に生物用照射装置設置時の昭和42年から平成18年迄の利用状況を示す。

表2 生物用照射装置を利用するの主な研究テーマ一覧



図1 生物用照射装置

研究テーマ	研究代表者
植物の突然変異誘発に関する研究	農学部教授 山口彦之
γ線によるDNA切断とその再結合	医学部教授 岡田重文
各種染色体異常における染色体レベルでの放射線感受性	医学部講師 日暮 真
放射線影響の生物学的指標としてのマウス胎児組織の細胞分裂	医学部教授 吉沢康雄
骨髄リンパ球の免疫反応における動態(脾コロニー法)	医学部教授 島峰徹郎
生物に対する放射線作用の線量率効果	理学部教授 江上信雄
メダカ胚発生を指標とした線量率効果の解析	理学部教授 江上信雄
ウニ卵の発生と分割照射	理学部教授 代谷次夫
Bマウス調整とB細胞の活性化	薬学部教授 大沢利昭
低線量域における遺伝的影響	教養学部教授 伊藤 隆
放射線及び薬剤の動植物・微生物に対する遺伝的効果	農学部教授 山口彦之
放射線誘発染色体切断の修復阻害因子	医学部教授 小泉 明
大腸菌DNAポリマーゼIに対するγ線照射大麦種子の反応性	農学部教授 山口彦之
ペニシリンアレルギーの動物モデルの作製に関する研究	医学部助教授 村中正治
マウス培養細胞における突然変異と線量率効果の研究	医学部教授 岡田重文
胎児期および小児期の放射線被曝によるマウスの腫瘍誘発に関する研究	医学部教授 吉沢康雄
実験的カンジダ感染における血中毒素抗原の検出	医学部教授 岩田和夫
新しい変異作出法に関する研究	農学部助教授 山本皓二
水棲動物に対する放射線影響	理学部教授 江上信雄
哺乳類消化管上皮細胞の分化決定機構の解析	理学部教授 水野丈夫
多能性造血幹細胞(CFU-S)に対する抑制機構の研究	医学部講師 丹下 剛
アレルギー性鼻炎発病機構におけるIgE抗体産生と栄養素の関連性	医学部講師 寺尾 彬
ヒトの臓器および筋の蛋白質代謝に関する研究	医学部講師 福島秀夫
酵母細胞に対するγ線の細胞膜損傷作用	教養学部教授 伊藤 隆
培養ヒト2倍体細胞老化機構の研究	薬学部助教授 花岡文雄
ヒトリンパ球染色体の放射線及び化学物質感受性の検討	医学部助教授 森本兼襄
持続的抗体産生のGVH反応による抑制	医学部教授 宮本昭正
イネミトコンドリアDNAのクローニング	農学部教授 山口彦之
メダカでの生殖細胞突然変異の線量率効果	理学部教授 嶋 昭紘
マウスIgE抗体生産系の解析	医学部講師 奥平博一
ガンマー線照射による染色体異常の誘発に対するNalidixic acid処理の影響	農学部教授 田野茂光
Alkaline elution法によるイネのDNA鎖切断の検出	農学部教授 田野茂光
食品照射における脂質過酸化反応に及ぼす影響とメラノイノジンによる制御	農学部教授 加藤博通
メダカ特定座位法による放射線誘発生殖細胞突然変異の解析	理学部教授 嶋 昭紘
動物の自然発生腫瘍を対象とした放射線治療に対する研究	農学部教授 竹内 啓
ショウジョウバエ遺伝子のクローン解析	分生学助教授 多羽田哲也
動物細胞に対する放射線影響	RIセンター助教授 井尻憲一

研究テーマ	研究代表者
人工骨髄を用いた放射線障害回復に関する研究 マウスの放射線防御機構活性化の研究	医学部教授 高戸 毅 医学部助教授 松原純子
大線量照射装置迷路部の漏洩線量の測定	原総助教授 小佐古敏荘
ICR マウスの胎児に対する放射線と超音波の共同効果に関する実験的検討	医学部助教授 草間朋子
高等植物に対する放射線の遺伝的効果	農学系教授 平井篤志
植物における放射線誘導性細胞死の解析	分生究教授 宮内博文
マウス胎児の放射線影響	医学系教授 鈴木紀夫
食品抗原、及び自己抗原に対する T 細胞応答の研究	農学系教授 上野川修一
放射線高度感受性細胞(M10)における dimethyl sulfoxide の放射線防護効果	医学系教授 篠原邦夫
胎仔胸腺上皮細胞による T 前駆細胞由来胸腺樹状細胞誘発機構の解析	分生研教授 宮島 篤
線虫の神経機能に関わる遺伝子の研究	遺伝子助教授 飯野雄一
雄生殖細胞における DNA 修復と細胞死を介した遺伝情報維持機構の解析	新領域教授 三谷啓志
ショウジョウバエカスパーゼ変異体における放射線応答	薬学系教授 三浦正幸
宇宙放射線被曝がゼブラフィッシュ体内の突然変異発生に及ぼす影響	環境研研究員 松本 理
超小型リモートセンシング衛星 PRISM 搭載電子部品の耐放射線試験	工学系教授 中須賀真一
コロナノイド生産微生物の放射線耐性に関する研究	日大助教授 上田賢志

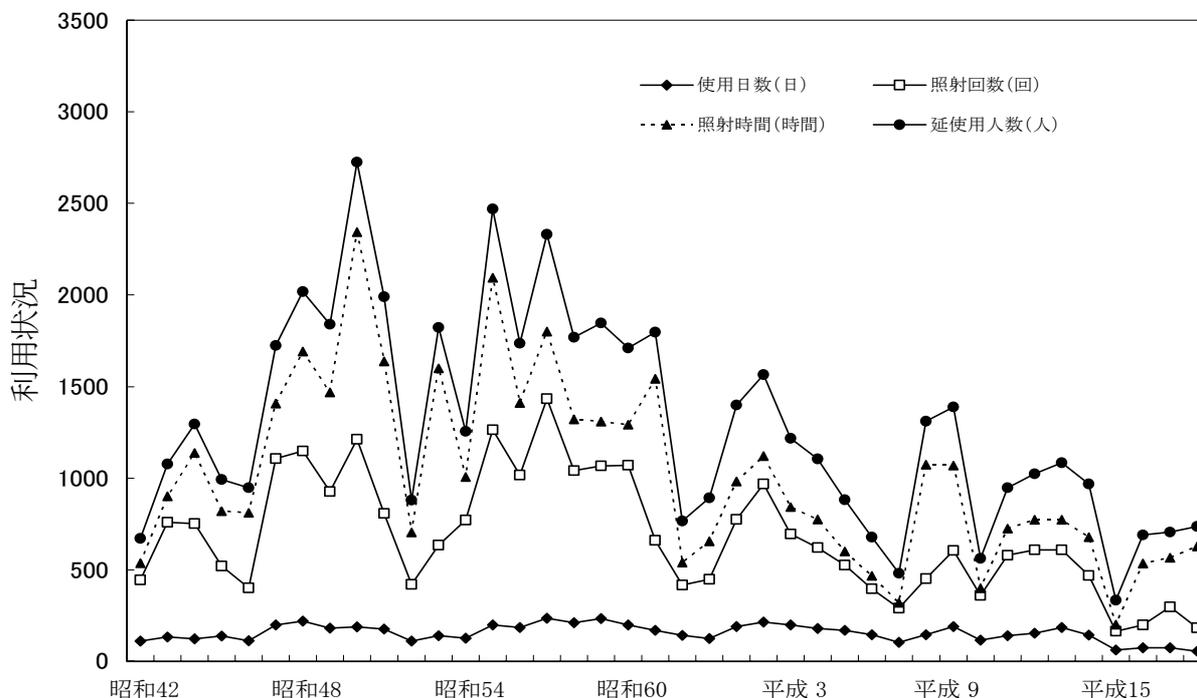


図2 生物用照射装利用状況

## 2.2. 液体シンチレーションカウンタ

昭和 44 年に設置された Packard Tri-carb 3375 で、外部標準線源でクエンチング補正を行えるようになった初期の液体シンチレーションカウンタの保守・管理も行う事になった。農学部放射線遺伝学の水野重樹先生の指導の元に基礎特性の取得および私のトレーニングを兼ねてチェレンコフ光による  $^{32}\text{P}$  の測定等を行った。図 3 に  $^{32}\text{P}$  の測定結果を示す。<sup>1)</sup>

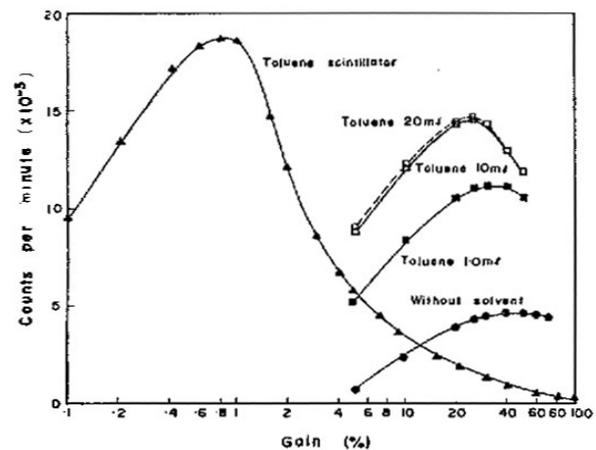


図 3 液体シンチレーションカウンタースペクト

## 2.3. リチウムシミュレータ

トリチウムの生物影響を研究するために、アイソトープ総合センターにトリチウムキャビネットが設置され研究が進められていた。トリチウムの生物影響に対する生物学効果比 (RBE) を出すための、標準  $\gamma$  線照射装置として、昭和 57 年にトリチウムシミュレータ (低線量照射装置 線源: セシウム-137, 37GBq, 740GBq の 2 種類) 科学研究費 (核融合特別研究) で購入された。トリチウムが生体内に入った場合代謝等により 8 日 ~ 12 日程度で半減する、基準になる  $\gamma$  線照射は、移動照射台により試料の線源からの距離を経時的に変える事によってその代謝を模擬させる事からトリチウムシミュレータと言う名称が付けられた。

照射装置の選定にも加わった、移動照射台に関しては設計製作を行った。図-1 には 1 台の移動照射台しか写っていないが、4 台の移動照射台を製作し、NEC PC-9801 によって、それぞれ独自の半減期が模擬出来る様にした。<sup>2)</sup> また、トリチウムシミュレータとしてではなく、低線量照射装置として低線量率の実験にも使用された。<sup>3, 4)</sup>

## 2.4. ヒューマンカウンタ

人体内の放射性物質 ( $\gamma$  線放出各種) を測定するための装置で、厚い遮蔽を施した部屋 (鉄室) で、自然放射線の影響を低減して放射線検出器によって測定を行う。特徴は戦前の鉄 (現在の鉄は溶鉱炉の損傷を把握するために使用されている、コバルト-60 が、極微量で有るが含まれている。) を使用しての鉄室に有る。鉄室は内寸 900(w)×2,400(l)×1,800(h)mm で、厚さが 200mm ある。検出器は 500×500×150(t)mm のプラスチックシンチレータに 5 インチの光電子増倍管 4 本セットした物が 4 組あり幅 500mm で長さ 2,000mm の検出面積を有し、短時間での測定が可能である。8 インチ  $\phi$  × 4 インチ (t) の NaI(Tl) シンチレーション検出器とマルチチャンネル波高分析器の組み合わせにより  $\gamma$  線エネルギーの測定も可能である。原爆実験によるセシウム-137 等のフォールアウトによる人体内への蓄積の研究用に昭和 41 年に設置された装置である。また、原子力発電所用の簡易型ホールボディカウンター製作のための基礎研究、人体内天然のカリウム-40 を測定することによって、体育学、発育学分野でも使用された。ロシアのチェルノブイリ原発事故の際に、帰国日本人旅行者の放射能汚染を最初に見つけたのは本装置である。<sup>5)</sup>

また、放射線管理室と共に学内で  $\gamma$  線源を利用する実験者の内部被曝測定を行い、実験方法の改善などのアドバイスも行い体内被曝の低減に寄与した。<sup>6)</sup>

## 2.5. X線発生装置

X線ラジオグラフィ、X線TVシステムなどのX線画像光学等の研究開発用に設置された装置で、利用者が1グループで有ったので、保守・運用に関しても利用者にかなりの部分を依存している。

## 2.6. 機械工作室

原総センター時代、装置の修理、改修を大なるために工作機械を充実させ、選任の方が、製作・指導等を行って下さり、有効利用されていた。定年退職された際に、定員削減により併任して管理を行って来たが、原総センター時代は工作室の利用者は職員に限られていたが、原子力国際専攻に移行後は院生の方々も使用する様になり、安全対策に対する配慮が必要となった。

## 2.7. コバルト60ガンマ線照射装置

昭和34年に設置され放射線化学の研究分野での広範な利用がされてきた装置で、装置担当者の定年による定員削減、等で原総センター移行後4代目の装置担当者となった。装置の性質は生物用照射装置と同じであるが、年数的が経過しているため、メンテナンスに手間がかかる。

線源が増強できず、線量率が低くなったため、長間照射が増えている。生物用照射装置と併せて運用している。

## 3. 研究支援

### 3.1. 植物種子の放射線熱ルミネセンス

植物種子を液体チツ中 (77°K) でγ線照射を行い、照射後温度を上昇させるとルミネセンスを発生すると言うイタリアの論文を面白そうだからやってみればと、山口教授が訳して下さった。測定装置が製品としては無く、TLDのリーダーを参考に試行錯誤で測定装置を製作した。検出部は光電子増倍管を使用し暗箱は機械工作室の方に工作機械の使用方法を指導頂き作成し、シャッター部には破損した顕微鏡用パラロイカメラのシャッターを使用した。高压電源、光電子増倍管プローブ等の電子回路に関しては、原子力工学科の放射線計測学研究室の方々に指導頂き自作した。図4に大豆(上)とイネ(下)の放射線熱ルミネセンスのグローカーブを示す。主に大豆の胚を使用して、放射線ルミネセンスの測定を行い、品種によって単位重量当たりのルミネセンスが異なり放射線感受性品種ほど発光量が多かった。<sup>7)</sup>

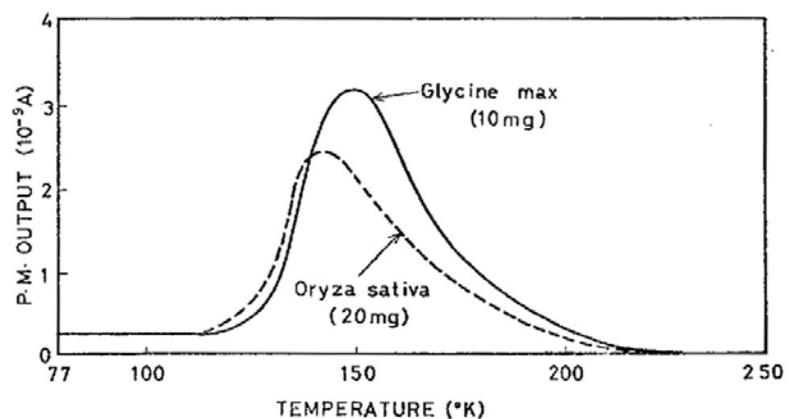


図4 種子の放射線熱ルミネセンスのグローカーブ

### 3.2. 放射化分析

原子力研究総合センターが窓口をしていた、原研共同利用、立教炉共同利用の申請を行い放射線熱ルミネセンスの測定に使用した、放射線感受性の異なる数種の大豆種子を用いて放射線感受性の違

いによる、微量元素の差異を検討したが、顕著な差異は認められなかった。<sup>8)</sup> 実際に自身が共同利用者の立場に立ち、共同利用施設が如何に有るべきかを考える事が出来、運営に反映することができた。

### 3.3. 加速器を使用しての照射実験

加速器を使用しての実験では原総のタンデムで、生物試料に対すプロトンの照射実験を旧タンデムの31° コースに専用のチャンバーを製作し、金箔でラザフォード散乱させたプロトンをアルミ蒸着マイラーを通して大気中に取り出せる様にした。生物試料に対するプロトンの影響を調べた。<sup>9,10)</sup> また、メダカ胚に対するプロトンの影響を調べた。<sup>11)</sup> プロトンのエネルギーが低いため、透過力が弱いので照射の際には、種子、メダカ胚共に実体顕微鏡を使用してビーム位置に感受性の高い部分が来る様に調整した。

田無に有った物性研のSOR リングを使用しての、山口研の真空紫外の照射の影響に付いての実験に関しても、サポートを行った。<sup>12)</sup>

### 3.4 微小重力実験

1994年に実施されたスペースシャトルコロンビアを使用してのIML-2での“メダカの宇宙における交尾・産卵行動”では、装置担当者として実験に参加した。また、IML-2実験の前後に行った航空機を使用しての実験では、メダカの微小重力での挙動観察用の実験装置の製作を行った。<sup>13)</sup>

微小重力実験に関しては、本発表会で“メダカの微小重力実験”で別途報告させていただきます。

### 3.5. その他

電気泳動装置で、電場をパルス化し2方向の電気泳動を可能にした電源を作成した。<sup>14)</sup>

イメージングプレートの線質依存性と線量依存性についてのγ線のデータ取得。<sup>15,16)</sup>

## 4. 終わりに

学内共同利用装置の保守・管理を行う事によって多くの実験者の方々に接する機会を得て、多くの事を学ばせて頂きました。

原子力総合センターの最後の頃に、生物用照射装置とコバルト60ガンマ線照射装置の改修と線源増強のための概算要求を数年出していたが認められず、装置の安全性の確保および維持が気掛かりであった。原子力国際専攻に移行して3年、別館の放射線管理区域撤廃が決まり、廃止に向かっていた作業が開始された。この両装置共に廃止に向けての調査が始められ、肩の荷が降りた様な気分と同時に、奉職依頼メンテナンスを行ってきた生物用照射装置の廃止の方向が示された時には、一抹の寂しさを感じた。

### 参考資料

1) RADIOISOTOPES. Vol.18, No.1 (1969)

Counting of <sup>32</sup>P-Labeled Ribonucleic Acid Utilizing Cerenkov Radiation.  
Shigeki Mizuno, Hoshio Eguchi, Keiji Yano and Hikoyuki Yamaguchi

2) RADIOISOTOPES. Vol.37, No.10 (1988)

実行半減期可変型γ線照射装置とその線量分布特性  
江口星雄, 小佐古敏荘, 井尻憲一, 田野茂光, 嶋 昭紘, 代谷次夫

3) LOW DOSE IRRADIATION NAD BIOLOGICAL DEFENSE MECHANISMS 1013,427-430(1992)

HORMETIC EFFECT PRODUCED BY THE PRETREATMENT IRRADIATING LOW-DOSE

- RADIATION OR GIVING STRESSFUL STIMULI IN MICE.  
J.MATSUBARA, K.YOSHIHARA, J.YAMAZAKI, H.EGUCHI.
- 4) Environ. Mut. Res. Commun., 16:205-209(1994)  
Effects of Low-dose  $\gamma$ -Irradiation on the Root Apical Meristem of Barley  
Y.Taguchi, N.Tsutsumi, A.Tatara, H.Eguchi and S.Tano
  - 5) Radiation Protection Dosimetry. Vol.18,No3 (1987)  
ESTIMATION OF INTERNAL EXPOSURE OF FOUR JAPANESE TRAVELLERS TO FISSION  
PRODUCTS RELEASED FROM THE REACTOR ACCIDENT AT CHERNOBYL.  
M.Kai,T.Kusama,H.Eguchi,N.Sugiura,K.Niimi,N.Barn,T.Fukui and Y.Yosizawa
  - 6) 保健物理 Vor. 22, No. 173~177 (1987)  
<sup>125</sup>I 取扱者の体内汚染について ——大学における経験から——  
小西恵美子, 江口星雄, 吉澤康雄
  - 7) Journal of Radiation Research. Vol.16,No.3 (1975)  
Thermoluminescence Studies on Plant Seeds of Different Radiosensitivity.  
YAMAGUCHI,H., EGUCHI,H. and KOIZUMI,Y.
  - 8) RADIOISOTOPES. Vol.28,No.5 (1979)  
Comparisons of Inorganic Elements in Barley Seeds by Neutron Activation  
Analysis with Respect to Varieties and Cultivated Locations.  
Shigemitsu Tano, Hoshio Eguchi, Yosinobu Koizumi and Hikoyuki Yamaguchi
  - 9) RADIOISOTOPES. Vol.29,No.12 (1980)  
Effectos of 6MeV Proton Dry Seeds of Chloris distichophylla.  
Shigemitu Tano, Hoshio Eguchi, Isao Yamane, Hiroshi Yamasita and Hikoyuki Yamaguchi
  - 10) RADIOISOTOPES. Vol.41,148-152(1992)  
An Enzymic Detection of Single-Strand DNA Breaks Produced with Synchrotron Radiation (SR),  
Gamma-Ray, Proton-or Deuteron-Beam in Dry Nuclear DNA from Barley Seed.  
Atushi Tatara, Hoshio Eguchi, Isao Yamane, Hiroshi Yamashita, Katumi Kobayashi,  
Kotaro Hieda, Yumiko Satou, Shigemitsu Tano, Takahi Ito and Hikoyuki Yamaguchi
  - 11) 宇宙生物科学 Vol. 4, No. 1 (1990)  
メダカ胚の宇宙放射線生物学：プロトン照射実験  
井尻憲一, 安井隆, 江口星雄
  - 12) Environmental and Experimental Botany. Vol.22,No.2 (1982)  
INDUCTION OF SINGLE-STRAND DNA BREAKS WITH SYNCHROTRON RADIATION  
IN DRAY BARLEY NUCLEUS.  
HYAMAGUCHI, ATATARA, Y.SATO, H.EGUCHI, T.ITO and K.KOBAYASI
  - 13) 日本マイクロ重力応用学会誌 Vol. 18 No.3 185-189 (2001)  
メダカ微小重力実験のための実験装置  
江口星雄、水野利恵、井尻憲一
  - 14) 育種学会誌  
パルスフィールドゲル電気泳動法の改良  
蘇都莫 日根、堤 伸浩、江口 星雄、田野 茂光、山口 彦之
  - 15) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B:135, 229-233(1998)  
Radiation effects of helium ions,neutrons and gamma-rays on photo-stimulated luminescence  
Hisao Kobayashi, Hiromi Shibata, Hoshio Eguchi, Masanori Sato, Masahiro Etoh, Masahiro Takebe,  
Ken Abe
  - 16) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B:165,938-943 (2000)  
Deterioration of photo-stimulated luminescence signals from materials by radiation  
Hisao Kobayashi, Hiromi Shibata, Hoshio Eguchi, Masanori Sato, Masahiro Etoh, Masahiro Takebe,  
Ken Abe
  - 17) 原子力研究総合センター 共用設備管理部門年報 No.1~No.32

## 22 メダカの微小重力実験

原子力国際専攻 江口星雄

### 1. はじめに

1994年7月にスペースシャトル・コロンビアを使用して実施された、第2次国際微小重力実験室 (Second International Microgravity Laboratory : IML-2) での日本の実験テーマの中の一つ“メダカの宇宙における交尾・産卵行動”の実験に装置担当として参加した。IML-2でのメダカの実験メンバーを表1に示す。また、IML-2の前に行った航空機実験と落下棟での実験、およびIMAL-2の以後継続して行っている航空機実験の装置を中心に報告する。

“メダカの宇宙における交尾・産卵行動”の実験目的は将来、宇宙での魚類養殖の方式を検討するための基礎的なデータを出すためであり、具体的には宇宙でメダカが産卵行動を行えるか、産卵された卵が宇宙で正常に発生できるか、また孵化した稚魚が正常に発育するかを調べるものである。宇宙実験にメダカを用いた理由は、①メダカは実験動物として多くの研究者に使用されており系統が確立されている、②一定の水温、日照時間等が整えば産卵行動を持続する(産卵を始めれば毎日産卵する)、③胚の状態での観察が可能であり発生段階での傷害を把握することが出来る、④体が小さく飼育容積が少なくすむ、等の理由で使用した。IML-2の終了後は宇宙ステーションでのメダカの継代飼育を目標に研究を行っている。

これらの研究で実験装置を担当してきたので、微小重力での装置関連に関して報告する。

表1 IML-2でのメダカ実験メンバー

	氏名	所属	研究分担
代表研究者 PI (Principal Investigator)	井尻 憲一	東大アイソトープ総合センター	代表とりまとめ
共同研究者 CI (Co-Investigator)	江口 星雄	東大原子力研究総合センター	実験装置、輸送、実験手段・方法
	水野 利恵	東大アイソトープ総合センター	飼育、行動学、発生学
	田口 泰子	放射線医学総合研究所	飼育、行動学、発生学
	山下 雅道	宇宙科学研究所	実験手段・方法 (併し実験・PI)
	黒谷 明美	宇宙科学研究所	実験手段・方法 (併し実験・CI)

### 2. 微小重力状態でのメダカの挙動

#### 2.1 航空機による無重力

IML-2での実験では、スペースシャトル内で2週間飼育を行うため、メダカの微小重力状態での挙動が非常に大きな問題となる。そこで、比較的簡単に微小重力が得られる、航空機を使用しての放物線飛行(パラボリックフライト:ダイヤモンドエアサービス社(DAS)が小型ジェット機MU-300を使用して運行)により得られる約20秒間の微小重力での挙動観察を行った。図1に放物線飛行パターンを示す。B点で航空機の最大速度に加速しC点まで急上昇する、このためB点~C点では2Gがかかる。C点から放物線を描くように飛行を続け上昇の頂点を経て落下運動になり機首下げ角が35°

～40° になる D 点で放物線飛行を終了する。この C 点～D 点の間で 0 G が約 20 秒間得られる。D 点～E 点で航空機の姿勢を修正するため約 1.5G がかかる。1 回のフライト（実験空域での飛行許可時間が 60 分間で、図 1 の飛行パターンを繰り返す）で約 20 秒間の微小重力実験が 10 回程度行える。1 実験は 2 週間でこのうち 6 日間フライトが行われる（現在は 1 実験で 4 日のフライトとなっている）。

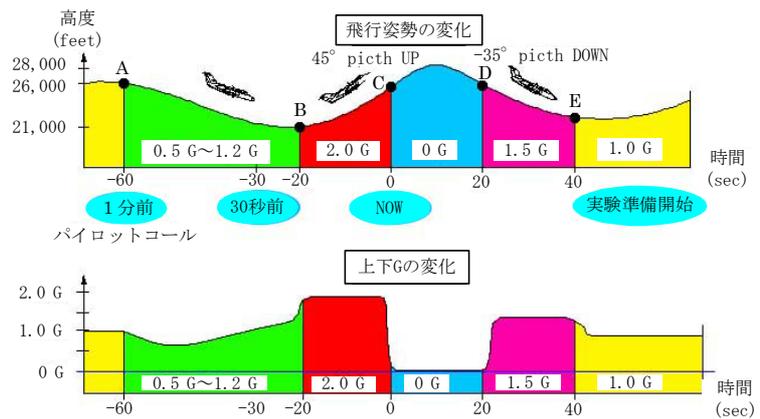


図 1 放物線飛行模式図

図 2 は航空機実験用のラック（700W×450L×900H(mm)）に、組み込んだメダカ用の実験ユニット。ラックの天板にはビデオカメラの映像を確認するためのモニター、モニターに映す画像の切り替え器、ビデオカメラ用電源、照明切り替え器を設置。ラック内の上段には水槽、ビデオカメラ正面撮影用、赤外用 CCD カメラ、上方照明、側方照明、側方赤外照明を設置。中段には、生命維持装置を取り付けた IML-2 用水棲動物実験装置(AAEU)のカセット、ビデオカメラ、赤外用 CCD カメラ、ビデオライト、赤外照明を設置。下段には赤外用 CCD カメラの録画用ビデオカメラ（2 台）およびビデオカメラ用電源を設置。

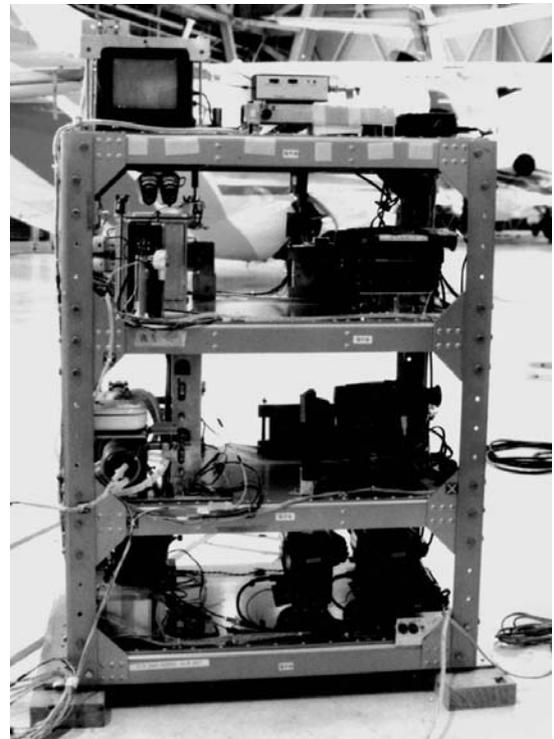


図 2 メダカ航空機実験用ユニット

ラックの中段に取り付けた IML-2 用水棲動物飼育装置 (AAEU) カセットを図 3 に示す。図中の①,②：AAEU カセット（機能試験用モデル水槽）、③：流路のエア抜き用バルブ、④：人工肺（水中酸素濃度維持用）、⑤：エアポンプ（人工肺に空気を供給）、⑥：注水バルブ（AAEU カセット、人工肺、流路に水を注入）を示す、AAEU カセットの裏側に水循環用のギヤポンプが 2 台設置されている。

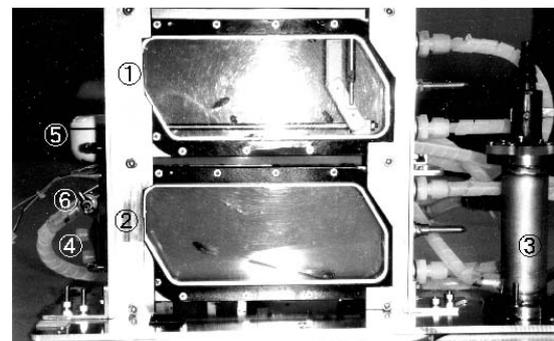


図 3 航空機用 (AAEU) 観察ユニット

IML-2 実験に使用予定の数系統のメダカを使用して微小重力での挙動観察を行った結果、

- (1) 微小重力になると、姿勢制御が全く出来ず暴れ回る系統
- (2) 微小重力で若干姿勢制御に問題がある系統（暗視状態では完全に姿勢制御が出来ない）
- (3) 微小重力でもあまり影響を受けない系統（暗視状態で姿勢制御は出来ないが回転が小さい）

が、確認された。

航空機実験で録画したメダカの映像で 図4は上から蛍光灯照明を行った微小重力時の映像で正常に泳いでいる（背光反応（光の方向を上と判断する）により、姿勢制御可能）、図5は同じメダカを暗視状態の赤外 CCD カメラでの映像で、微小重力になると回転を始めた（姿勢制御が出来ない）。

魚類は耳石や背光反応（光の方向が上と判断する）によって姿勢制御を行っており、背光反応が大きい程微小重力下でも光により姿勢制御可能である。航空機実験により背光反応が強く、微小重力でも光があれば姿勢制御可能なメダカの系統を調べ、IML-2 での搭載用メダカの系統を決定した。

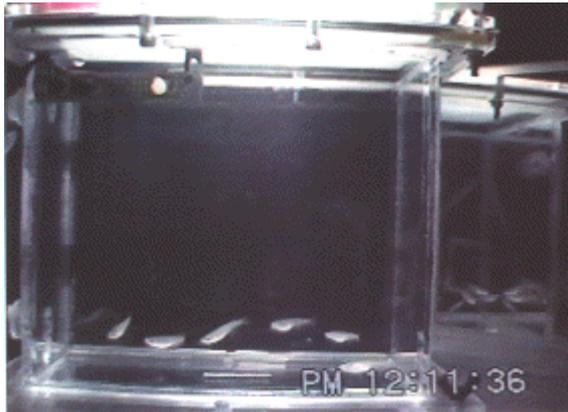


図4 明視（上からの照明）

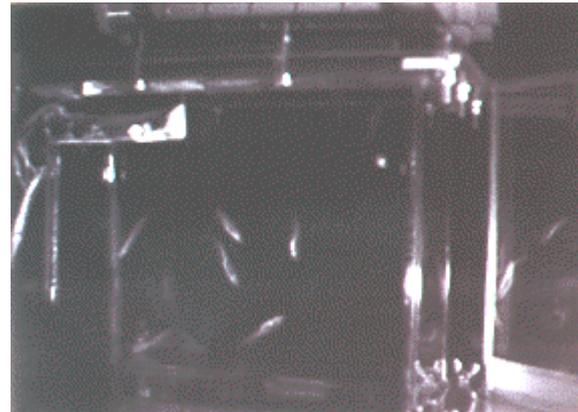


図5 暗視

## 2.2 落下塔による微小重力

航空機による微小重力は $\mu G$  になる前の20秒間2Gの加重力の影響が懸念されるため、落下塔（地下無重力実験センター・JAMIC（廃止された））による10秒間の微小重力による挙動観察も行ってみたい。

地下無重力実験センター（運用停止）（図6）は、炭坑の廃坑を利用した施設で全長が710m うち自由落下部が490m、制動部が200m（空気抵抗を利用したオリフィスにより制動する）、非常制動部が20mのドロップシャフトの中を外形1.8m $\phi$ 、全長7.85m重量5.5tのロケット型の落下カプセルを自由落下させる。落下中に受ける空気抵抗は圧縮空気を使用したガスジェットスラスターにより相殺する。さらに、カプセルの中にもう一つのカプセルを装着し、内外カプセル間を真空にする「大気中落下・空気抵抗力補償・二重カプセル方式」を採用し、実験装置を搭載した内側のカプセルが10秒間真空中を自由

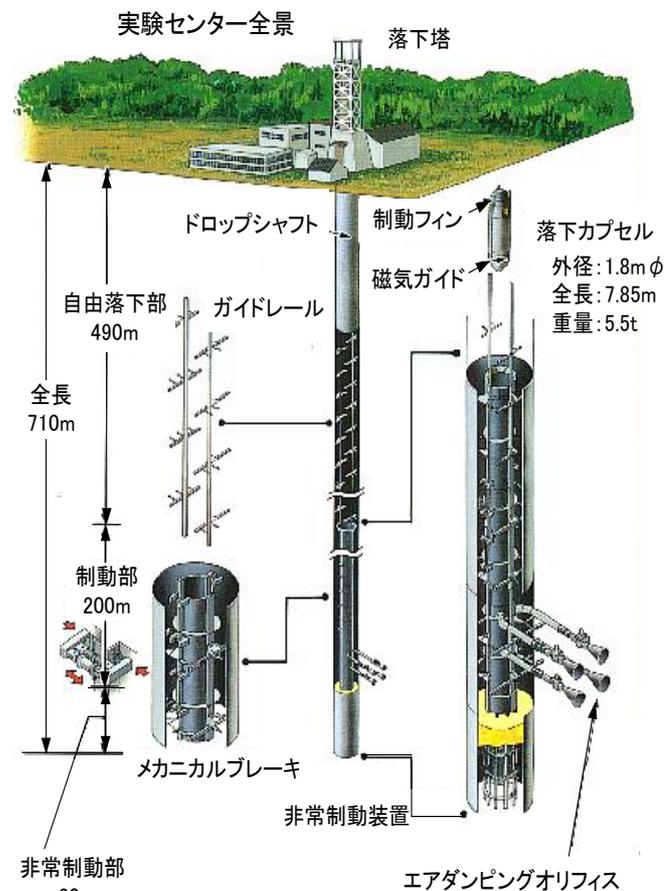


図6 地下無重力実験センター概略

落下する。落下塔の場合は 10 秒の微小重力実験を行うために、内側カプセルの装填、外側カプセルの真空引き、落下後の引き上げ等で約 2.5 時間が必要となる。

1/4 ラックスペースに組み込んだメダカの挙動観察ユニットを図7に示す。実験ユニットは2段に組み立て7台のカメラを使用した。図中の①：ビデオカメラで、2段で計6台、②：赤外 CCD カメラ1台（暗箱の中）である。それぞれのカメラで水槽（60L×60D×75H (mm)）2個を撮影した。③：照明用ビデオライト（背光反应用（計6灯））、④：12V 直流電源（リレー作動用電源）、⑤：6V 直流電源（ビデオライト用）、⑥：24V 直流電源（赤外 CCD カメラ用電源）、⑦：制御回路（リレー：3、タイマー：2）、⑧：ビデオカメラ用バッテリーパック、⑨：録画ボタン操作ソレノイドである。②の赤外 CCD カメラの映像は無線により制御室のビデオレコーダーにて録画を行った。航空機による微小重力と落下塔による微小重力では同じ挙動を示し、 $\mu$  Gになる前の加重力による影響は認められなかった。



図7 落下塔用観察ユニット

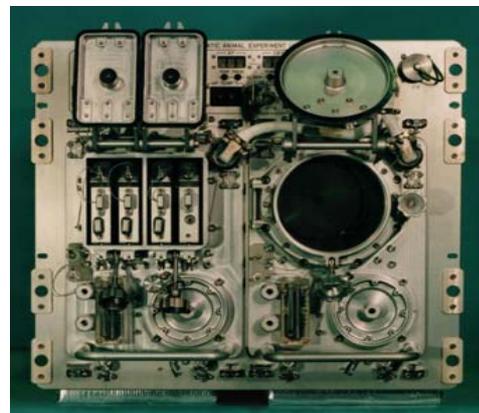


図8 水棲動物飼育装置 (AAEU)  
483W×444H×606D(mm)

### 3. スペースシャトル内での実験装置 (NASDA 装置)

水棲動物飼育装置(Aquatic Animal Experiment Unit (AAEU))が、微小重力下における魚の前庭順応機構の研究(金魚)、イモリの宇宙における産卵および受精卵の発生、メダカの宇宙における交尾・産卵行動、微小重力下での重力感受器官の初期発生の研究(イモリ)の実験を行うためのユニットである。図8は水棲動物飼育装置(外寸：483W×444H×606D(mm)/重量：約 69Kg)の正面で、右側半分がフィッシュパッケージで水槽は内容量 3,300mlが1個で金魚の実験が行われた。左半分がアクアリウムパッケージで内容量 240mlカセット式水槽が4個でイモリ、メダカの実験が行われた。メダカの宇宙における交尾・産卵行動の実験には、カセット1個を使用して行われた。フィッシュパッケージとアクアリウムパッケージは独立しており、それぞれ独自の生命維持装置を持っている。図9にアクアリウムパッケージの概念を示す。人工肺(マイクロポラス・ホローファイバーを使用した膜

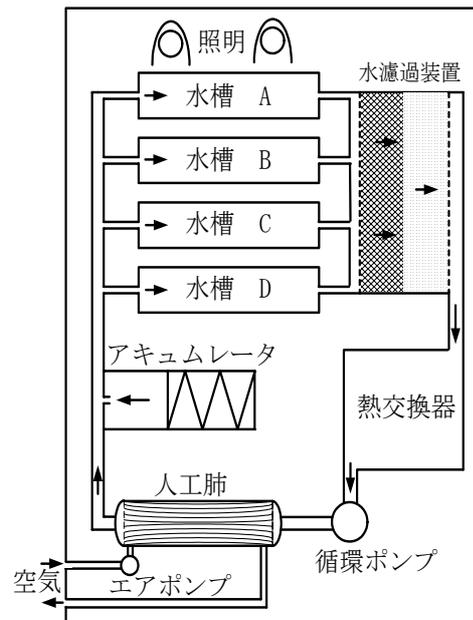


図9 アクアリウムパッケージ概念図

型)は水中への酸素供給と炭酸ガス除去、熱交換器は水温調整、水濾過装置は物理・生物学的濾過により水中の硝酸、亜硝酸、アンモニア、残餌、糞等を除去、アキュムレータは人工肺から蒸発した水の補充、循環ポンプは水を循環させる、エアポンプは人工肺にキャビンの空気を送る。

図10にメダカ用のカセットを示す、デューザーは水流を拡散させて弱める、排水部はカセットから水を排出させる部分でスポンジによって胚の流失を防ぐ、胚回収部は産卵された胚が水流によって運ばれて引っ掛かる様にした、胚収納部は中央(厚さ方向)で仕切られ、手前側と反対側の2区画あり、地上で産卵された、無重力に弱い系統と搭載したccTの胚を入れ稚魚が孵化した際の無重力での稚魚の挙動観察をクルーが行い、ビデオ撮影する。

図11に給餌機構を示す。餌は4区画に分離されており、Aでは全ての餌が水から隔離されている、給餌機構を外側から回転させるとBの様に①の餌が給餌口に現れ吸水し膨潤して食べやすくなる。数日後②の餌が給餌口に出る様に回転させると①の食べ残った餌は水から隔離される。給餌機構は食べる餌だけが給餌口に現れ他の餌は水から隔離されるため餌による水質の悪化を最小限に押さえることが出来る。(給餌機構はIML-2実験のために筆者が考案。)

#### 4. IML-2の実験結果

シャトル内でメダカの産卵を継続させるために14時間の明期と10時間の暗期の明暗サイクルを繰り返し、水温は24℃に設定した。クルーはほぼ3日ごとに給餌機構を動かし、新しい餌を補給した。カセット引き出しエクステンションユニットにより水の循環が可能な状態にして、観察のためHi-8ビデオカメラにより明期開始から2時間録画を行った。この撮影はミッションの3日目、5日目、8日目に行われた。

撮影時に後ろ側に紙を置いたのは、光が当たる方を上と判断する背光反射の性質を利用して同じ向きを向くようにするためである。図21はミッション3日目に撮影(撮影開始後1h19m)した交尾シーンを示す。

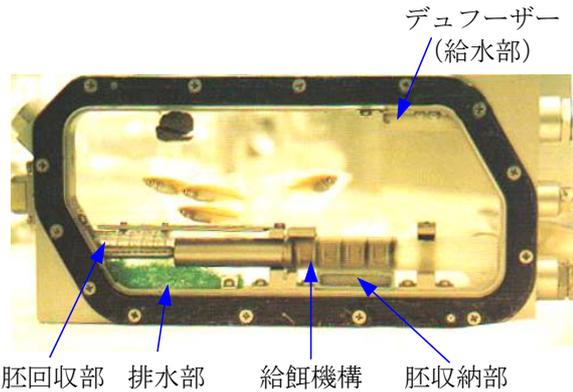


図10 IML-2メダカ用カセット

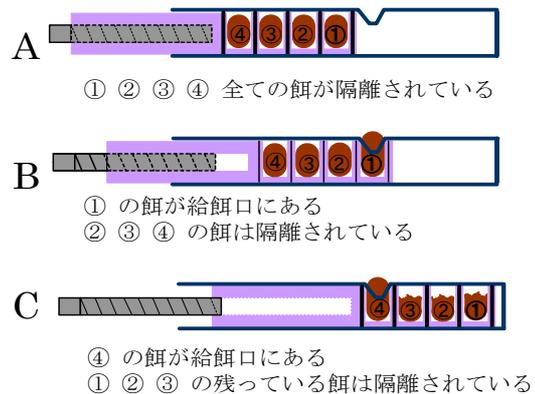


図11 給餌機構



図12 宇宙での交尾行動

図1 3はミッション1 2日目に撮影された孵化した稚魚（矢印）と発生が進行している胚が認められる。宇宙で4 3個の胚が確認され、8匹が宇宙で孵化し、孵化までの時間が足りず、3 0個は帰還後に孵化した。残り5個は未受精胚または発生段階で死亡した。



図1 3 宇宙で孵化した稚魚

帰還直後は図1 4に示すように重力の影響で底に沈んで泳ぐことが出来なかったが、4日目にほぼ正常に泳げるようになり、1週間後（東大に持って帰った直後）に、産卵を開始した。産卵数、受精率、孵化率を調べたが2週間宇宙に滞在したことによる子孫への影響は特に認められなかった。稚魚は帰還直後から正常に泳いでいた。

IML-2での“メダカの宇宙における交尾・産卵行動”実験では魚が無重力でも交尾・産卵が行え、発生も正常に（少なくとも孵化までは）無重力で進行することが確認された。脊椎動物が宇宙で、交尾→産卵→発生まで行ったのは、IML-2でのメダカが初めてであった。

IML-2での実験の詳細を知りたい方は  
<http://cosmo.ric.u-tokyo.ac.jp/SPACEMEDAKA/J.html>  
 を参照下さい。

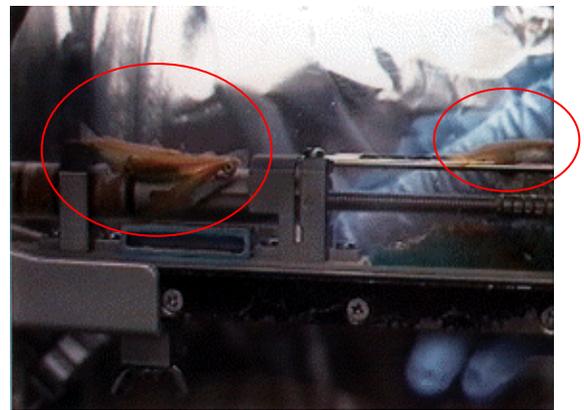


図1 4 帰還直後の映像

#### 5. 宇宙誕生メダカの航空機実験

IML-2での宇宙実験終了後に、宇宙で発生したメダカおよびその子孫の微小重力での挙動を航空機で観察した。それ以後も突然変異体メダカなどを使用し、多くの微小重力実験を実施した。2007年3月に使用した装置を図1 5に示す。ラックの上段で稚魚、中段で成魚、下段で暗視観察を行う。各段のレイアウトは、1) 天板：モニター、画像切換スイッチ、照明切換スイッチ、照明用電源2台（DC12V、DC6V）、中段用ビデオカメラ用電源2台。2) 上段：稚魚観察用水槽（45W×30H×18D(mm)）8個）1個の水槽を1台のビデオカメラで撮影（スライドさせる事により横の水槽がカメラの視野の中心に移動し、簡単に撮影試料を変える事が出来る）、デジタルビデオカメラ4台、横照明（4W 蛍光灯×8 灯）。3) 中段：成魚観察用水槽（60W×60D×75H(mm)）、デジタルビデオカメラ、横照明（7.2V・3W ビデオライト×4 灯、上部照明（6W 蛍光灯×4 灯）で、光の方向を上と横に切り換えられる（背光反応観察可能）。4) 下段：暗視観察用赤外カメラおよび電源、上段ビデオカメラ用電源（4台）。ラ



図1 5 メダカ航空機実験ユニット

ック全体は暗幕で覆った。DAS 側から供給される実験開始信号で水槽側面の LED を点灯させた。すべてのビデオ映像の時間を一致させるために、LED の点滅によって同時にタイミングシグナルを写し込んだ。赤外カメラの映像は DAS 支援装置のレコーダーに、機体G値 をスーパーインポーズした形で録画した。メダカの挙動はすべてビデオテープに記録されており、撮影したビデオ映像を用いて種々の解析を行っている。たとえば通常のメダカは微小重力では、ぐるぐると回転（ルーピング）する、つまり宇宙酔いを起こす。そこで、種類（系統という）ごとに20秒の $\mu\text{G}$  中でのルーピングの回数を調べ、系統ごとの違いを明らかにした。現在は主にルーピングをしない系統（その1つが IML-2 で使用した宇宙メダカ）を扱っているので、重力状態とメダカの移動速度などから、重力変化への応答を解析している。

図16のグラフはそのようなメダカ1匹につき、航空機実験中に1G、2G、 $\mu\text{G}$ 、2Gと変化する際の移動速度(mm/sec)を縦軸に、横軸に時間(sec)を表したものである。実はこのメダカは重力を感じる1対の耳石が欠如している突然変異体メダカである。このため、その動きは一見、物理的な物の動きに類似している。写真（各重力状態で2/3秒ごとのメダカの体を重ね合わせて表示）に見られるように、1Gから2Gで水槽の底へ少し沈み、 $\mu\text{G}$ でそのまま体が上昇し、2Gでもその位置に留まっている（この点はたんなる物理ではない）。ここでは示していないが、その後1Gに戻ると下へ降りて行く。移動速度の測定値も当然、このような動きに対応している。耳石器官や視覚の異なったメダカを航空機に搭載し、このような方法で重力変化と挙動の詳細な解析を行っている。

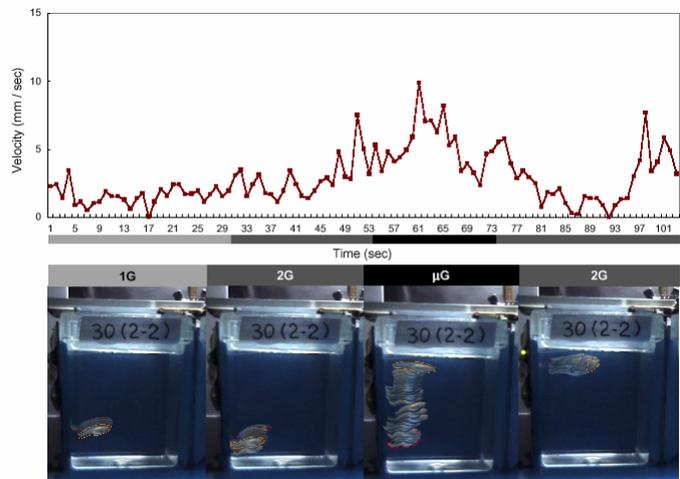


図16 重力変化による移動速度の変化

## 6. 実体顕微鏡の微小重力での使用

お茶の水女子大・宇宙航空科学研究所との共同研究で“ウニ胚石灰化細胞の培養系での形態形成における重力の役割”の航空機実験装置も担当した。実体顕微鏡での微小重力時の観察を行うため、ポータブル実体顕微鏡を航空機実験用に改造した。高倍率では無いので鏡筒の歪みなどは問題に成らないが、CCDのブレが問題と成るため図17に示す用に本体をアルミ板（5mm厚）に固定し、固定用のアングルから斜めの支柱を立てて、鏡筒とCCDとを一体として固定した。プレパラートはゴムバンドを使用して本体固定用の台に固定した。アルミ板は防振ゴムを介しラックに固定した。メダカの実験の際にテストした際の装置で、この状態では光源が振動するため、鏡筒固定用の支柱から腕を出し光源の固定も行い、本実験では支障なく使用出来た。



図17 微小重力用顕微鏡

## 7. 終わりに

IML-2では国際的プロジェクトに参加する事が出来、多くの体験と多種の分野の方々と知り合いになる事が出来たこと、中でも、ケネディースペースセンターではシャトル打ち上げ前の緊張した状況を直に感じられた事。IML-2の前の2回を含んで今年の3月迄に通算10回の航空機実験で装置担当して、三菱重工・小牧南工場内の格納庫内での作業で、真夏・真冬の実験が殆どで厳しい条件の中で作業も今振り返ると楽しい思い出となっている。

三菱重工の安全管理は大学とは格段の差があり可なり厳しいものであり、実験開始時は当惑したもののだが、専攻に移項後安全管理を担当させられた際に参考となる部分が多々あった。

また、井尻憲一先生が宇宙実験終了後宇宙メダカの子孫を、主に学校等を中心に、全国の希望者に抽選で配布し、配布された方々が熱心に飼育を継続している。また、宇宙メダカ研究会を発足させて、情報交換や宇宙メダカの子孫の再配布など熱心に活動を継続しています。数年前から宇宙メダカ研究会の事務局の仕事を手伝っておりますが、今年の5月に東大RIセンターで開催した研究会には、日本全国から約100名の参加者があり嬉しい限りである。

## 8. 主な参考資料

- 1) NASDA : IML-2 実験計画書 BX037 “メダカの宇宙における交尾・産卵行動”
- 2) NASDA : 共通技術の開発 PSPC-91-048A “輸送と保管技術の調査検討”
- 3) NASDA : “第2次国際微小重力実験室” プレス用参考資料
- 4) 井尻憲一、江口星雄、田口泰子、鈴木靖、武井誠、中谷祐一、水野利恵、小池元、黒谷明美、山下雅道、長岡俊治 : メダカの微小重力下での挙動と系統差, 第9回宇宙利用シンポジウムプロシーディング、p.115-118,1992.
- 5) 井尻憲一、江口星雄、黒谷明美、山下雅道、長岡俊治 : イモリ・メダカの微小重力下での行動 (その1) , パラボリックフライト, Vol.2(3) p.46-60.1992,
- 6) 井尻憲一、江口星雄、Wiederhold,M.L.、黒谷明美、山下雅道、Wassersug,R.J.、内藤富夫、長岡俊治 : イモリ・メダカの微小重力下での行動 (その2) , パラボリックフライト, Vol.3(1)p.1-14.1993,
- 7) 井尻憲一、江口星雄、田口泰子、長岡俊治、山下雅道、黒谷明美 : 微小重力下におけるメダカの挙動と視覚による制御, MEDICAL RESEARCH FOR SPACE STATION REPORT, No.8, p.19-25, 1993.
- 8) 井尻憲一、江口星雄、田口泰子、黒谷明美、山下雅道、豊部睦、長岡俊治 : メダカの宇宙における飼育と発生学実験の基礎実験, パラボリックフライト, Vol.4(1) p.21-28.1994
- 9) 井尻憲一、水野利恵、田口泰子、江口星雄 : IML-2メダカ宇宙実験報告, 第11回宇宙利用シンポジウム(1994.11.9-10).
- 10) 井尻憲一、水野利恵、藤井鉄男、長岡俊治、江口星雄第 : メダカ宇宙実験における画像解析結果について, 12回宇宙利用シンポジウム(1995.7.18-19).
- 11) 江口星雄 : IML-2 “メダカの宇宙における交尾・産卵行動” 実験の概要, 第4回東京大学原子力研究総合センター技術報告, p.26-33, 1995.
- 12) 江口星雄、水野利恵、井尻憲一 : メダカ微小重力のための実験装置, 日本マイクロ重力応用学会誌, Vol.18(3), p.59-63, 2001,

## 23 超微小押し込み硬さ試験機利用による弾性率測定

機械工学専攻 浅川 武

### 1. はじめに

薄膜材料や微細部品の材料特性評価方法の一つとして、押し込み荷重を  $\mu\text{N}$  オーダーにて制御が可能となり、この時の圧子の試料への進入深さを  $\text{nm}$  の分解能で測定するナノインデンテーション法が用いられるようになった。しかし、制御方法としては荷重制御が多く、圧子の先端の影響、基準片の影響、不確かさ要因などがあり、各方面から研究実験が行われている。ここでは、その方法を用い材料の弾性率(ヤング率)の測定を行ったので報告をする。

### 2. 超微小押し込み硬さ試験機

この装置は、ダイヤモンド製三角すい圧子(Berkovich 圧子,先端稜間角  $115^\circ$ )を試料表面に超低荷重で押し込み、その押し込み深さを連続的に測定することにより、表面の機械的特性を評価するものである。押し込み深さが概ね  $1\mu\text{m}$  以下の非常に小さな試験は、慣用的にナノインデンテーション等と言われている。

#### 2.1 ナノインデンテーション試験法

ナノインデンテーション試験法は、圧子を試料表面に対し垂直に侵入させた際の押し込み荷重および押し込み変位を逐一測定し、その時に得られる荷重と変位の関係 ( $P-h$  曲線) から硬さを算出する手法です。また、本手法は押し込み過程の情報も得られるため、硬さのみでなく弾性率も算出することが可能です。

#### 2.2 具体的手法

図1はナノインデンテーション試験で得られた  $P-h$  曲線の概略図を示す。図1において除荷曲線の勾配(接触剛性)  $S$  は試料の複合ヤング率  $E^*$  と圧子との接触投影面積  $A$  を用いて以下のように表します。

$$S = (2/\Pi^{1/2}) E^* A^{1/2} \quad (1)$$

$E^*$  は試料のヤング率  $E_s$ , ポアソン比  $\nu_s$ , ならびに圧子のそれぞれの値  $E_I$ ,  $\nu_I$  を用いて次式で算出されます。

$$1/E^* = (1 - \nu_s^2) / E_s + (1 - \nu_I^2) / E_I \quad (2)$$

三角錘圧子の幾何学形状(対頂角  $65.03^\circ$ )を考慮すると  $A$  は接触深さ  $h_A$  と次式で関連づけられます。

$$A(h_A) = 3\sqrt{3} \tan^2 65.03^\circ h_A^2 \quad (3)$$

$h_A$  はさらに最大押し込み深さ  $h_{max}$  および除荷曲線勾配と変位の交点  $h_s$  と次式で関連づけられます。

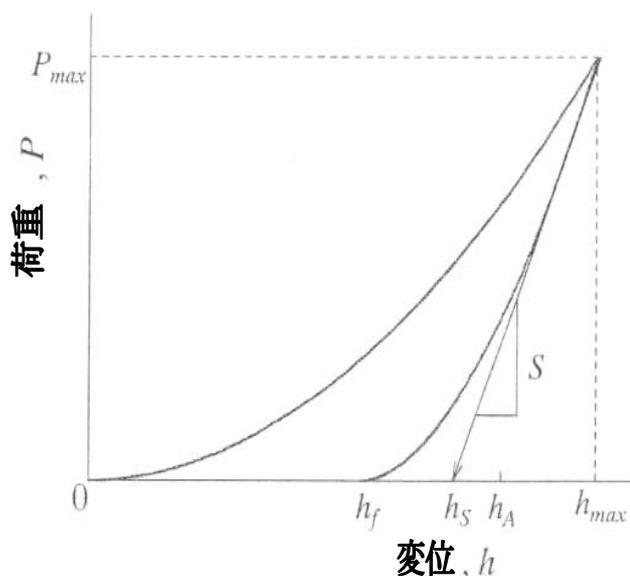
$$h_A = h_{max} - 0.75 (h_{max} - h_s) \quad (4)$$

このようにして求めた  $h_A$  を式(3)に代入し  $A(h_A)$  を求め、次に除荷曲線  $S$  を用いて式(1)よ

り、 $E^*$  が求まります。

### 2.3 試験モード

試験モードとしては、①負荷-除荷験、②負荷-除荷繰り返し試験、③押し込み深さ設定試験、④ステップ負荷-除荷試験がある。これらの試験モードのうち、よく試験に使用される①の試験について説明する。この試験は、設定した荷重まで荷重を与えた後、保持時間だけ試験荷重を保持した後に除荷を行い、弾性変形と塑性変形を評価するための試験です。よって、今回は、試験モー



ド①にて実験を行った。試験片試料には、

標準(M3)鉄ワッシャを用い、表面及び裏面をエミリーペーパーで#1,200 まで表面を十図1 荷重-変位曲線の概念図<sup>1)</sup>

分磨き鉄ワッシャ下面部を試料台表面へ、瞬間接着剤にて固定し一日放置後、約 26°Cの恒温室内、最大押し込み荷重 100, 10, 8mN の各条件で約 0.4 μm 押し込んだ。

### 3. 実験結果および考察

各実験結果のうち P=10mN の抜粋を図2 に示す。2本の曲線のうち上側の曲線は弾性・塑性の両成分を含んだ曲線であるのに対し、下側の曲線は弾性成分のみの曲線となっている。なお、Pmax 時 10 秒保持後、荷重を減少させている。この実験の複合ヤング率は、 $E=201\text{GPa}$  であった。試料表面の圧痕については、P=100mN 時に試験機の光学顕微鏡内にて、観察可能であった。

オフセットの取り方により、P-h 曲線概念図の最初の形が違う場合が生じるため、十分オフセットを合わせるようにする。

### 4. おわりに

本報告の一部は、平成 18 年度工学部・工学系研究科個別研修(OJT)の補助を受けたことを記し、謝意を表すとともに報告いたします。なお、試験機に関しまして、機械工学専攻加藤孝久教授にお世話になりましたから、ここに感謝の意を併せて表します。

文献

1) 超微小押し込み硬さ試験機 ENT-2100 取扱説明書 (株)エリオニクス, p7

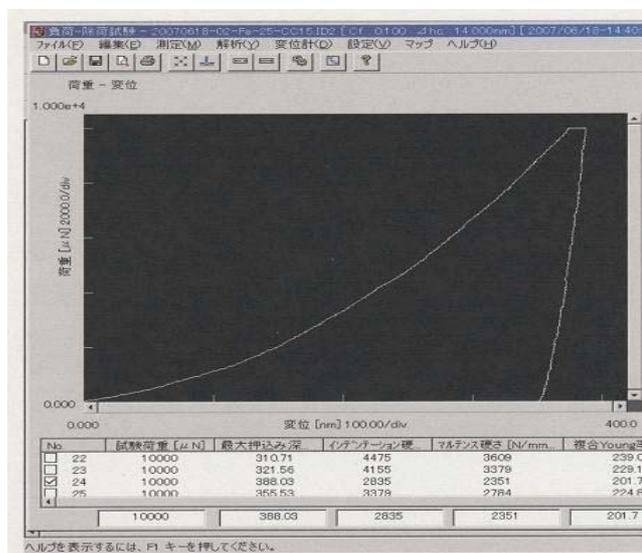


図2 実験結果(P=10mN)

## 24 低温域における弾性波動伝播測定システムの構築（その2）

地球システム工学専攻・鈴木 誠

### 1. はじめに

現在、私は工学系研究科地球システム工学専攻に在籍し、弾性波を利用した地震探査法技術の研究、主として未来型エネルギーであるメタンハイドレートの資源量評価を目的とした弾性波動伝播実験を行っている。具体的な実験方法は、塩水より生成される氷をメタンハイドレートとみなし、塩水が液体-固体共存状態に遷移する過程（常温から $-15^{\circ}\text{C}$ 程度）における音響パルスの伝播特性（振幅、周波数、速度情報）を観察し、媒体内の氷生成過程における弾性波動伝播特性を研究するための実験装置の構築を行っている。ここでは、室内実験を行うにあたり低温域で再現性及び高精度データの取得を目的とした波動観測システムの構築のために留意、工夫を施した点について紹介する。

### 2. 恒温槽内における温度の位置依存性

使用した恒温槽は ESPEC 社製（LU-113）。

KN-Labs 社製温度センサーを図 2 のように 5 点セット（データ取得時間間隔 3 分）して恒温槽内の温度分布の確認を行った。グラフ（図 1）を参照すると恒温槽内 $-15^{\circ}\text{C}$ 設置時、下段（S2、S3）と上段（S4）に  $0, 8^{\circ}\text{C}$  の差が生じた。この恒温槽は冷却部（図 3）が上段に配置しているため直接冷風が当たる上段のほうが下段に比べ、設定温度に近くなる。下段では測定温度まで到達しないため、この結果より測定物は中段より上に配置することにした。

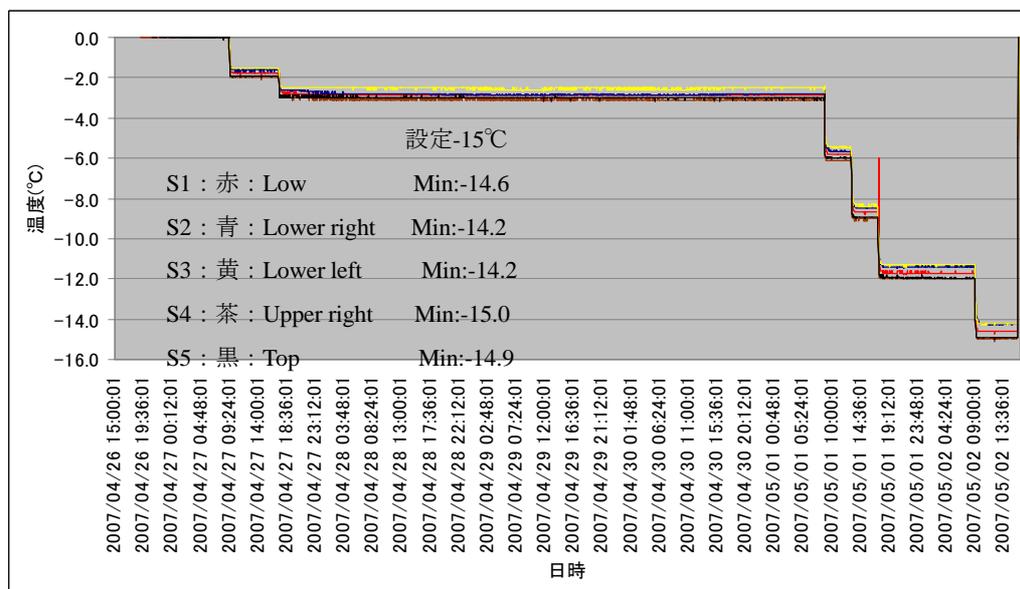


図 1 恒温槽内の配置による温度結果

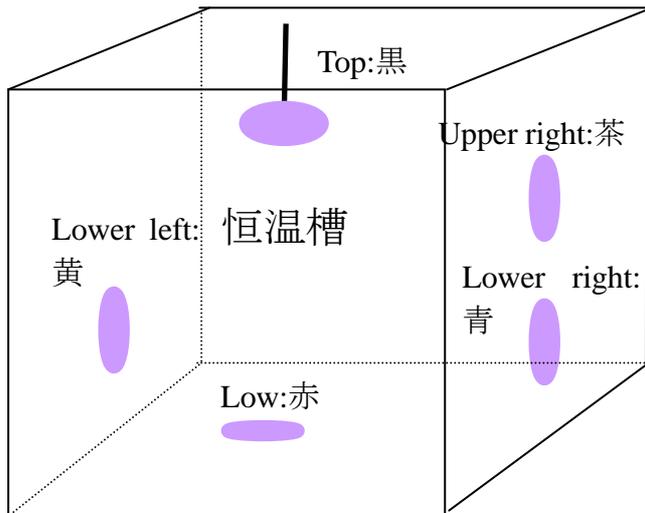


図2 恒温槽内の温度センサー配置図



図3 恒温槽内部

寸法：内寸 500×600×390 (W×H×D(mm)) 詳細配置 (図2) ①Low 赤：底面中心  
 ② Lower left 黄：左側面 (底面から 100mm) ③ Upper right 茶：右側面 (底面から 100mm)  
 ④ Lower right 青：右側面 (上面から 150mm) ⑤ Top 黒：上面 (上面から 50mm)

### 3. 使用容器内の温度の位置依存性

KN-Labs 社製温度センサーを図5のように5点セットして (データ取得時間間隔 3分) 使用容器内の温度確認を行った。グラフ (図4) を参照すると -15℃時に比べ -3℃時及び -5℃時は容器内の場所により温度が安定せず温度差が大きい。これは -3℃は液体-固体共存状態のなり始めであり容器内上下の凍結状態の違いにより温度差が発生していると思われる。この対処として -3℃近辺での放置時間の増加または冷却能力の強い循環式の恒温槽の導入を検討している。

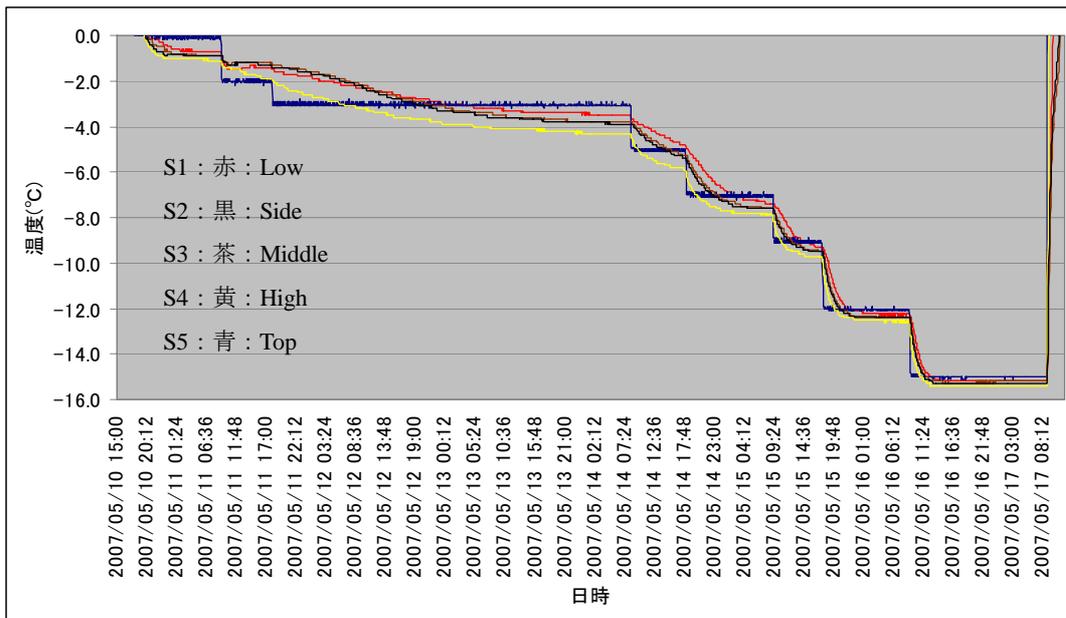


図4 使用容器内の配置による温度結果

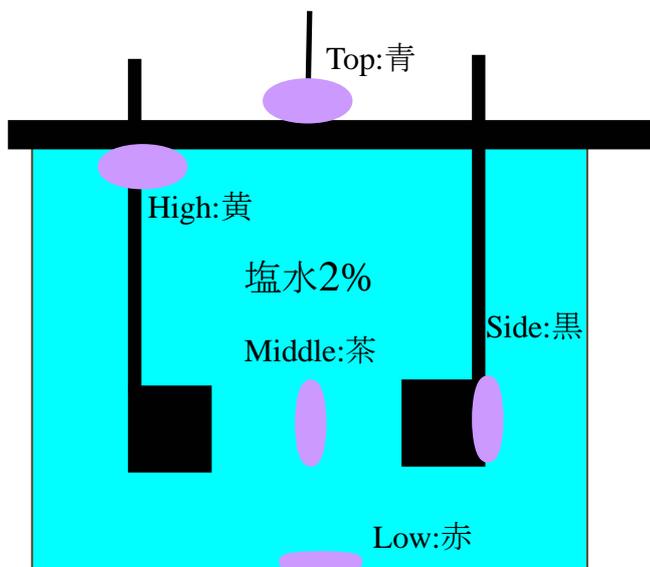


図5 使用容器内の温度センサー配置図



図6 使用容器

使用媒体は塩水 2%、使用した容器のサイズは 140(W)×140(H)×100(D) (mm)。(図 6) 詳細配置(図 5) ①Low 赤：底面中心 ②Side 黒：底面から 45mm、右側面から 20mm ③ Middle 茶：底面から 45mm、中心 ④High 黄：底面から 80mm、左側面から 30mm ⑤ Top 青：恒温槽内

#### 4. 波動計測用圧電素子低温評価

##### ①測定条件

使用する圧電素子 (P 波、2MHz) の低温評価を以下のように行った。温度の測定範囲は常温から-15℃に遷移する過程を恒温槽で測定箇所：常温、10℃、0℃、-2℃、-3℃、-5℃、-7℃、-9℃、-12℃、-15℃の計 10 点取った。この条件のもと音響パルスの波形を観察した。

対象周波数は 150kHz~1000kHz、周波数の計算方法は初動波形 (1 周期) の重心周波数で計算を行った。波形の例として図 7：全体波形、図 8：初動部 1 周期波形である。(図 7、図 8 とともに縦軸が振幅 (V)、横軸が時間 ( $\mu s$ ))

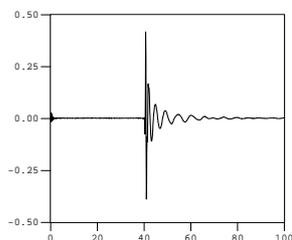


図7 全体波形

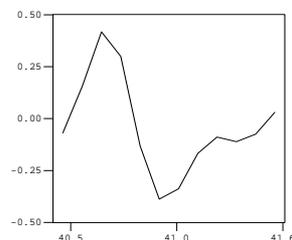


図8 初動部 1 周期波形

機器については図9に示すように各々の装置を接続して実験を行った。パルス発生器からの信号を発振用素子に入れ、恒温槽内に入れた実験試料（塩水）を通し、受振用素子で波形を受振後、増幅器、フィルタ（150kHz以下カット）を入れデジタルオシロスコープにより波形を計測した。なお、データサンプル数は1002個、サンプリング間隔は50ns、スタック数は64でデータ取得している。その後、取得したデータをパソコンに取り込み解析を行った。

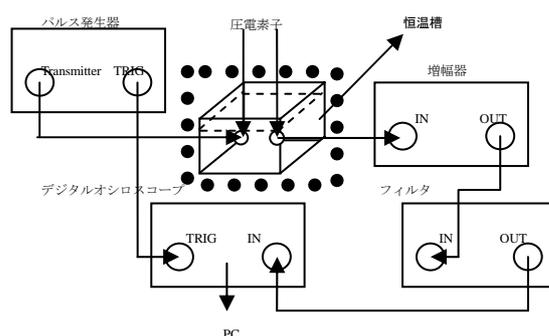


図9 使用測定器具

入力信号波が孤立波であることが望ましく振幅や周波数の解析を行うときに有効である。今回、使用した圧電素子（図10）にはダンパー機能が入っており比較的孤立した単発の波を用いて実験が可能である。



図10 使用圧電素子

## ②温度評価結果

前回（鈴木, 2006）、使用する圧電素子の低温時の伝播特性について円柱形ステンレス（ $\phi:60\text{mm} \times 1:60\text{mm}$ ）を使用して確認した。ただ、速度及び周波数については評価出来たが振幅情報においてはカップリングの問題により正確に評価できなかった。

カップリングの問題は試料と素子間の密着度により多大な影響を受けるため、試料と素子間に使用する粘着物の選定、固定方法など固体試料の場合は特に注意が必要とされている。今回はその影響をなくすため使用する圧電素子の低温域での波動伝播特性について不凍水（伝播距離：5cm）を使用して確認した。温度による変化（速度、周波数、振幅）を図11～図13に示す。速度（変動係数：0.36%）、周波数（変動係数：0.30%）、振幅（変動係数：1.94%）の変化特性により圧電素子が低温時でも使用出来ることが確認できた。

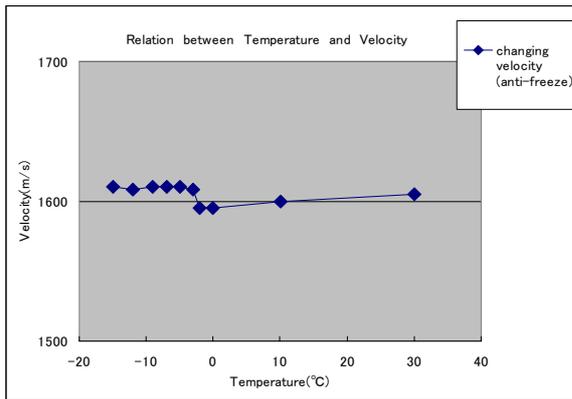


図 11 温度による伝播特性（速度）

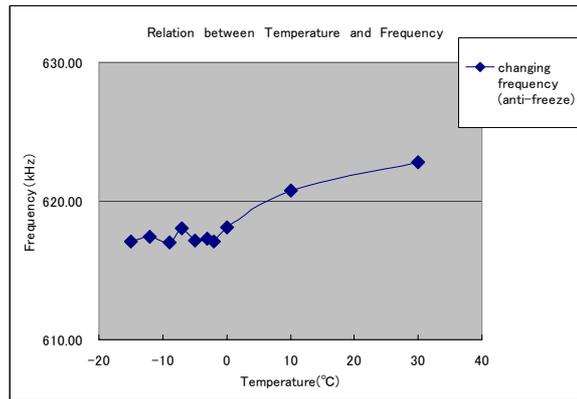


図 12 温度による伝播特性（周波数）

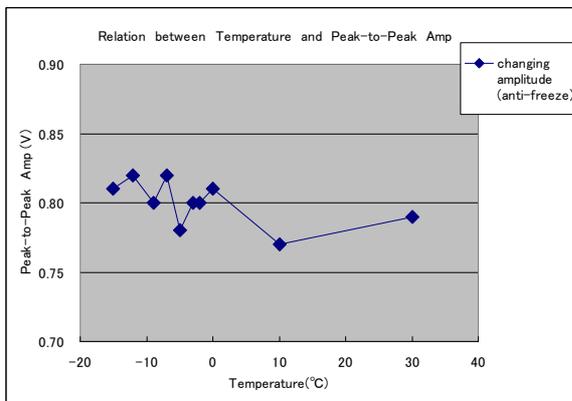
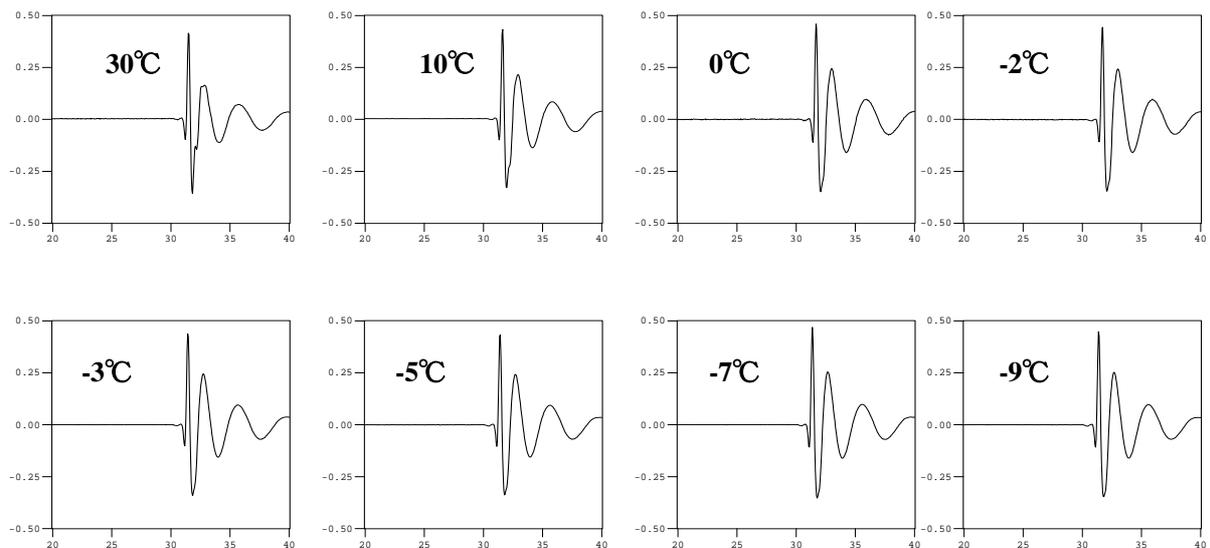


図 13 温度による伝播特性（振幅）

不凍水（伝播距離 5cm）の各温度の波形（図 14）を掲載する。波形は縦軸が振幅（V）、横軸が時間（ $\mu s$ ）となっている。



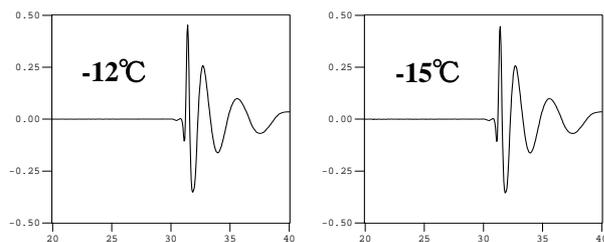


図 14 不凍水（伝播距離 5cm）の各温度による波形

## 5.おわりに

今回、恒温槽内及び使用容器内の温度変化について温度センサーを使用してデータを詳細に取得し温度傾向の確認を行った。

また、不凍水を使用して低温域での波動伝播特性について観察し、使用する圧電素子の速度（変動係数：0.36%）、周波数（変動係数：0.30%）、振幅（変動係数：1.94%）についての温度変動を定量的に示した。

## 謝辞

本報告書作成にあたり助言をいただいた技術経営戦略学専攻の六川修一教授、地球システム工学専攻の松島潤准教授、加藤淑史学術研究支援員に深甚なる感謝の意を表します。

## 参考文献

- Prasad, M. and Dvorkin, J., 2004, Velocity and attenuation of compressional waves in brines, 74th Ann. Internat. Mtg.: Soc. of Expl. Geophys., 1666-1669.
- Makoto Suzuki, Jun Matsushima, Yoshibumi Kato, and Shuichi Rokugawa, 2005, Experimental study of P-wave attenuation in partially frozen brine, 2005 AGU Fall Meeting Poster.
- 鈴木誠, 松島潤, 加藤淑史, 六川修一, 2006, 模擬メタンハイドレート資料を用いた弾性波減衰に関する室内実験（測定システムの構築）, 物理探査学会第 114 回学術講演会論文集.
- 鈴木誠, 松島潤, 加藤淑史, 六川修一, 2006, 低温域における弾性波動伝播測定システム, 物理探査学会第 115 回学術講演会論文集.
- 鈴木誠, 2006 低温領域における弾性波動伝播測定システムの構築 東京大学工学部第 20 回技術発表会報告 1~6

## 25 CF/PP (炭素繊維/ポリプロピレン) 複合材の 成形および強度向上変遷の5年間

環境海洋工学専攻・大澤 勇  
環境海洋工学専攻・鶴沢 潔  
環境海洋工学専攻・金井 誠

はじめに

熱可塑性樹脂の代表格である軽量/安価なポリプロピレン (PP) と、高強度・高弾性かつ軽量で少々高価な炭素繊維 (CF) を混合させた複合材料 (CF/PP) を研究対象として扱い始めて5年目となった。それまで扱っていたエポキシや不飽和ポリエステルのような熱硬化性樹脂による繊維強化複合材料に比べ成形過程が全く異質であるものの、魅力を秘めた味わい深い材料である。この材料と苦闘してきた5年間の成形技術と性能の向上の変遷に主眼を置いて振り返ってみた。

### 1、その背景

この材料研究は、近年の地球温暖化の CO<sub>2</sub> 排出環境問題<sup>1)</sup> と絡んでいる。すなわち、我々には極めて身近な自動車。その中でも大多数を占める自家用乗用車の“軽量化”が、特に製造エネルギー低減の面から極めて効果的であり<sup>2)</sup>、そのための代替え材料としてリサイクル技術も含めてCF/PP 複合材に大いに期待を掛けているのである。

“熱可塑性”すなわち加熱によって軟化し融ける性質を持つ樹脂の成形では、図1に示すような「射出法」と呼ばれる大型の加熱混練装置<sup>3)</sup> と高価な金属製型が用いられ、高圧下での押し出し成形により、一例としてはガラス繊維/ポリプロピレン製の車のバンパー等が成形されている。しかしながら研究室レベルで成形するには小型の樹脂混練機と油圧ホットプレスを巧く組み合わせた“成形技術”で行わねばならず、成形板の出来具合が研究成果へも影響する大きな要因となっている。

本報ではゼロからスタートしたCF/PP 成形の5年間の性能向上 (3点曲げ強度) と成形技術の変遷と、今後の更なる向上の可能性について検討しまとめた。

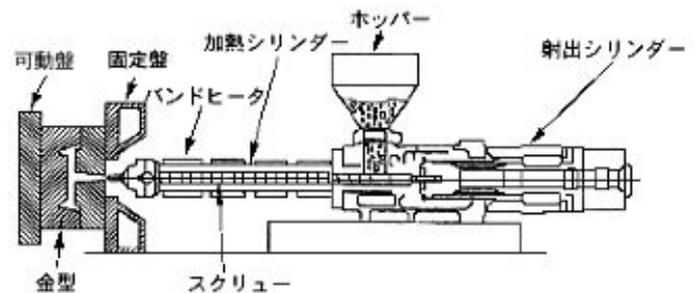


図1 射出成形装置の原理 (インラインスクリュー式)

### 2、曲げ強度データの5年間のまとめ

ここでは平成15年度からのCF/PPの実験データを先ず見直し、まとめた結果を図2に示す。年度によって様々な観点からCF/PP材の成形と評価に取り組んでおり、炭素繊維の形態、繊維処理法、繊維体積含有量 (VF) の違い、あるいは成形条件やPPの特性も多少の違いもあり、単純には比較しにくい要素を含んでいる。しかしながら各年度とも基準となるCF/PP材を準備しており、比較可能なデータをここではピックアップしている。なお、成形機は同一装置によるもの限定し、混練には回転数と加熱温度制御のできるラボプラストミル 10C-100 ((株) 東洋精機製作所)、加圧機は加熱温度と圧力制御のできるミニテストプレス 10 ((株) 東洋精機製作所) を使用し、金型も鉄板3枚方式のもの

に限定している。

図2では実験から得られたデータをそのまま示した。曲げ強度の向上傾向がうかがえ、平成16年度からは100MPaを超えて120MPaに届く強度を得ていることがわかる。自動車用2次部材の代替複合材として求められる曲げ強度は130MPaとされ、平成17年度には辛うじて達成されるレベルにまで至っている。

一方、複合材料では複合則で示されるように繊維体積含有率(Vf%)の大小に依存してその特性も上下するもので、Vfを一定にして各値を比較することも重要な検討法となる。図2の各値のVfが20%、30%、15%とまちまちであるので、平成19年度の生データに合わせて15%に統一換算した結果を図3に示す。CF/ABS樹脂混練による研究<sup>4)</sup>によると繊維と樹脂の混練易さ、および2次部材としての要求性能はVf=15%においても達していることから、ここでも比較の意味も含めて15%換算値を求めた。

図3の15%換算値ではデータ向上傾向もスムーズで、平成17年度までは60MPa前後のデータであったのが平成18年度ではそれまでの値を超え、19年度では初期の頃の2倍を超える強度を得ている。この特性向上は成形ノウハウ蓄積、すなわち“失敗学”からの学びに因ること、又、19年度ではそれまでの板厚2mmだったものを4mm厚へ替えて、より加圧された成形に変わっていったことも要因の1つとなっているものと考えられる。なお、Vf15%の強度換算は式1の複合則から以下のように行った。

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m (1 - V_f) \quad \dots \quad (1)$$

ここで  $\sigma_c$  は複合材の強度、 $\sigma_f$  は強化繊維の強度、 $\sigma_m$  は樹脂強度、Vfは繊維体積含有率を示す。具体的なVf換算法は実験データ  $\sigma_c$  をまず式(1)に代入し、繊維強度  $\sigma_f$  を求める。ここで  $\sigma_m$  は30MPaとした。次にその繊維強度とVf=15%を用いてVf換算された  $\sigma_c$  を求めた。その結果、炭素繊維一方向本来の強度  $\sigma_f$  は4,900MPaであるが、本試験板のように短繊維ランダム配向強化材となるとH15-2の複合材(Vf=20%)では  $\sigma_f=468$ MPa、H17-1の複合材(Vf=30%)では  $\sigma_f=433$ MPaと約1/10相当の強度低下と扱える。一方、H19-1の複合材(Vf=15%)では982MPaとなり約1/5相当として扱えることを確認できた。なお、ここでの換算では複合材中のボイドの含有はまったく考慮してないことに注

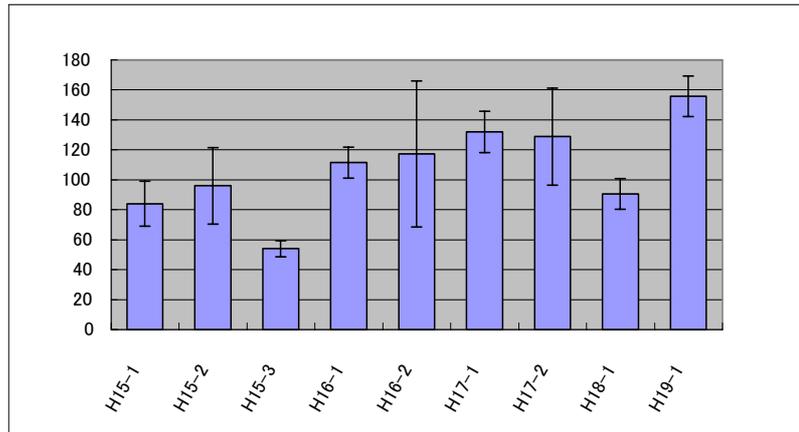


図2 実験年度による3点曲げ強度値  
(繊維体積含有率 Vf は H15 : 20%、H16-17 : 30%、H18-19 : 15%)

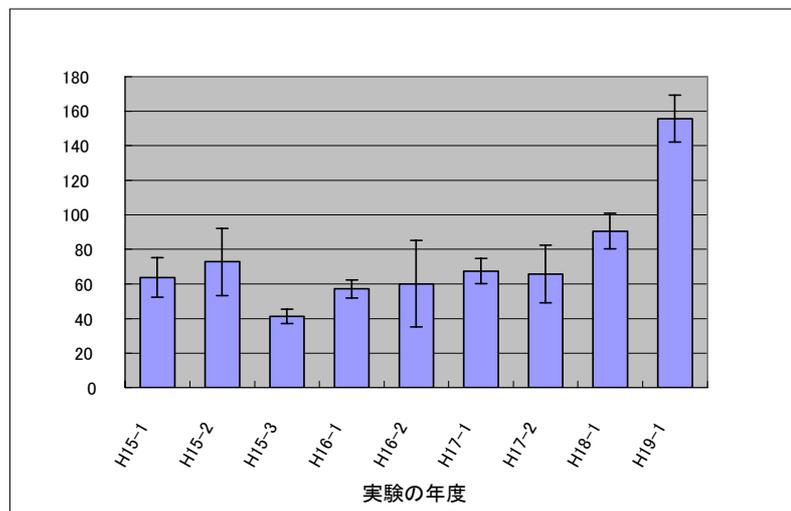


図3 繊維体積含有率 Vf=15%に換算した各年度の3点曲げ強度

意されたい。

### 3、混練および成形作業時の注意点

上述のように成形板は年々少しずつ特性向上の傾向を示すようになってきている。ここでは、これまで得られた混練・成形ノウハウを以下に文書化してみた。

#### 3-1 先ずはCF/PP 複合材の混練作業で注意をすべきポイントを以下に列挙する。(図4参照)

- 1) 単に混練機で樹脂のみの混練ではなく、長さ 5～10mm 程度の炭素繊維を混入するために、スクリュは“低せん断”用に替えて、回転数も低く抑えること。このことは繊維長をいたずらに短くせず繊維の強化効率を下げないための方策である。(図5参照)
- 2) 樹脂と繊維とが均一に混ざった混練物をつくること。その為には融けた樹脂中に繊維を団塊で混入しないこと。時間は掛かるが少量ずつ混入する事が重要。不均一な混練物を成形板に成形しても強度のバラツキの原因になるだけ。
- 3) 混練機から混練物を取り出す時(200℃)にはヤケドに注意すること。また、取り出した混練物は綿菓子状のままにしておかないで、厚みのあるハンバーグ状にまとめ固めること。これは次のホットプレス成形の時に重要なポイントとなる。

#### 3-2 次にホットプレス成形時の注意点を列挙する(図6参照)

- 4) ハンバーグ状の混練物を鉄板製の金型上に置き、ホットプレスに挟み込み設定温度になるまで充分に待つ事。これは混練物の中心部まで融けた状態にすることで加圧時の成形板のボイド(空洞)生成を抑える目的。
- 5) 混練物に直接に圧力が掛かる事が重要。現状では2枚の鉄板の間に窓空き金型を挟んで試験板に成形している。この方式では直接圧力という面で限度を感じるが、1回の混練の全量 72cc を使って厚みのあるハンバーグ状混練物に加圧する事がボイド無し板成形のポイント。混練物表面の局所的凹みもボイドの一因となる。
- 6) 「成形はボイドとの格闘」と企業の人からアドバイスを受けている。加圧、除圧を繰り返しながら



図4 樹脂ペレットと炭素繊維の混練作業



図5 回転数 10rpm の混練では繊維も長い  
(レーザー顕微鏡によるCF/PPの内部撮影)



図6 ホットプレス成形作業

ら、段階的に圧力を増やしていくこと。この作業もボイド抜きが目的であり、ゆっくり加圧することをすすめる。

- 7) 金型内で混練物の塊を左右にくっつけると、ウエルドラインと呼ばれる樹脂だけの層が生じやすく強度低下の一因となる。上下に重ね合わせるのであれば、その影響は少なくなる。混練物を1つの塊とすることがベストである。(図7参照)

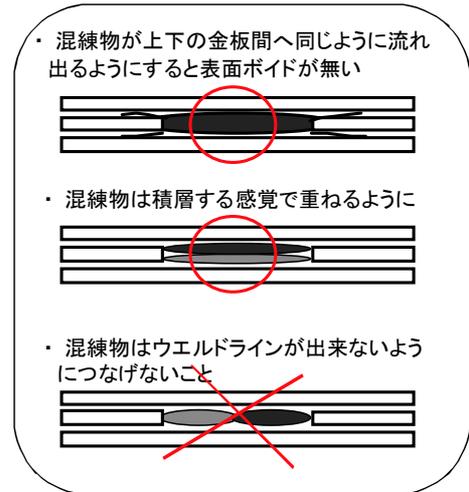


図7 ホットプレスの金型内の混練物

### 3-3 硬化した成形板に対して次のような確認も必要

- 8) 成形板の体積、重量を計測し、密度を算出してみる。ボイドレス板の密度と比較する事でボイド率も算出できる。
- 9) 成形板を金属棒で叩いてみよう。出来上がりの良いCF/PP板では高い周波数の音が発生する。
- 10) 曲げ実験等で壊れる時に破壊音“アコースティック・エミッション”が発生することが破壊時の当然の挙動である。破壊音が出ないような材料では疑問である。

### 3-4 その他、下記の事も注意を払いたい

- 1 1) 樹脂ペレットを混練前には乾燥しておく
- 1 2) 金型表面の離型処理
- 1 3) 混練機のチャンバー内に以前の別基材の混練のカスが残っていないか

### 4、あとがき

自家用乗用車の“軽量化”のための1つの解決策の代替え材料であるCF/PP複合材の成形技術と曲げ強度特性向上に関して、過去5年間の変遷をたどって実験データも含めまとめてみた。自動車用の2次部材の代替え複合材として求められる曲げ強度レベルには達成しており、そのデータをVf15%の様な複合材に換算した曲げ強度でも比較してみた。研究室レベルの成形においてもまだ強度特性向上の余地は残されていると考える。そのためには混練物に直接に加圧して、高Vfの板を成形することは可能と考えられる。今年度中にはこれまでのアイデアを加味した成形金型を製作して、これまで以上の曲げ強度を実現したい。

### [ 参考文献 ]

- 1) 湊清之“自動車のエネルギー・環境問題”，自動車技術 Vol. 59, No. 2, 2005, pp4-9
- 2) 高橋淳、鶴沢潔、大澤勇、ほか3名“自動車の安全設計と信頼性向上に貢献する複合材料技術-VIII-「NEDO プロジェクト5」：自動車用 CFRP リサイクル”、日本複合材料学会誌, Vol. 33, No. 3, 2007, pp4-8.
- 3) <http://www.m-ep.co.jp/mep-j/tech/iupilon/pdf/process.pdf>
- 4) 松塚展国“量産用CFRPのリサイクル研究”2007.3月、環境海洋工学専攻修士論文

## 26 大気圧 PIXE 実験用チェンバーの製作

システム量子工学専攻 細野 米市  
電気工学専攻 渋谷 武夫  
原子力専攻 尾亦 孝男

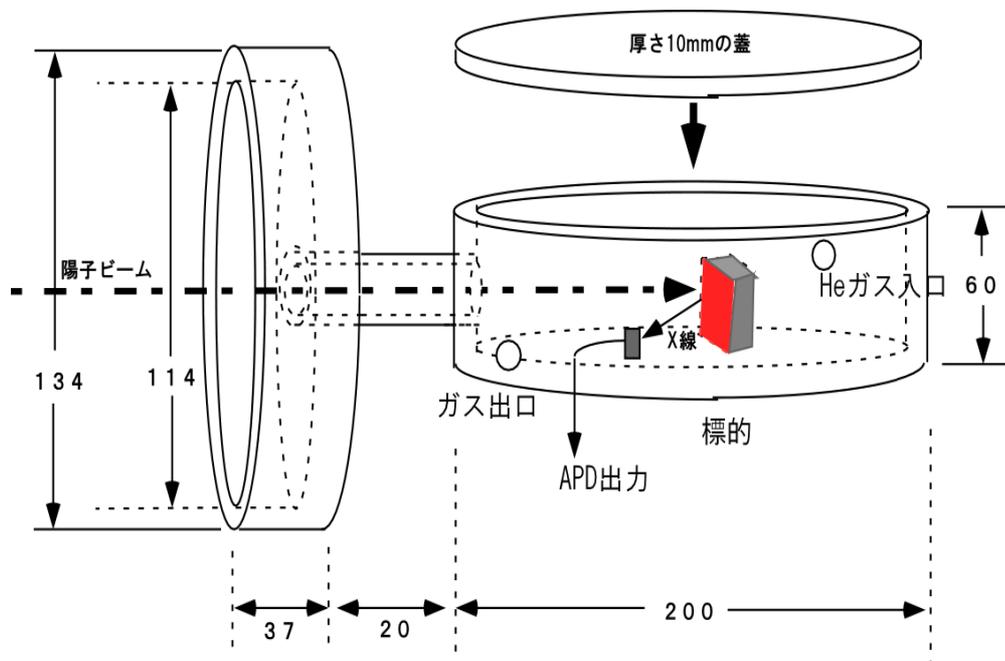
### 1. はじめに

PIXE (Particle Induced X-ray Emission) 分析法は、加速した荷電粒子を未知の試料(物質)に入射させ、試料を構成する元素との衝突によって発生した特性 X 線を測ることによって、試料構成元素を同定する方法である。その方法は、a. 高感度であり ppm オーダーでの測定が可能 b. 試料は数  $\mu\text{g}$  でも分析可能 c. Na から U まで同時測定可能 d. 試料に荷電粒子をあて X 線を測るだけであり簡単 E. ビームサイズが  $1\ \mu\text{m}$  以下も可能で、細胞の元素分布計測ができる等の特徴を有する。

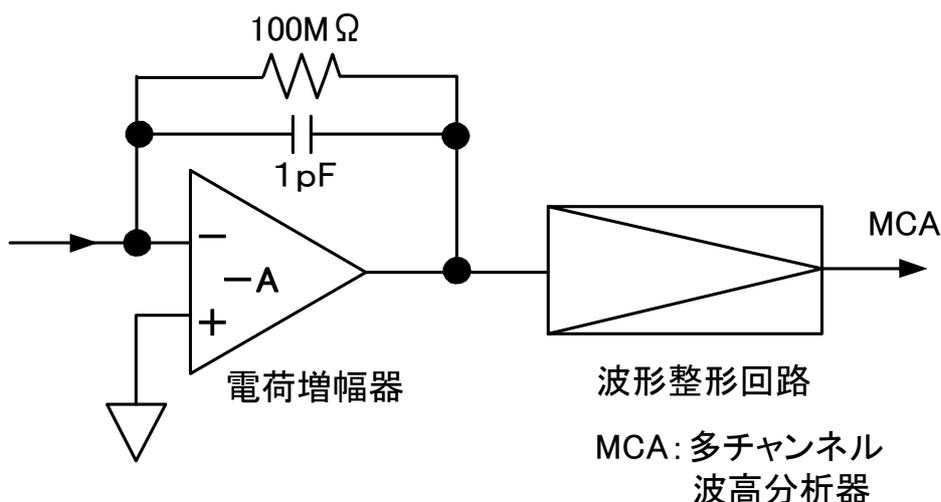
この方法は、簡単に未知の試料の構成元素を同定できる反面、真空中での実験が一般的であり、水分を含むものの分析が出来ないことや真空引きに時間を要する等の難点がある。そのため筆者らは、それらを改善する目的で、大気圧 PIXE 分析装置の開発を行ってきた。この方法は、加速されたビームを大気中に取り出し、試料に照射する方法で、水物を含めて簡単に元素分析ができるという特徴を有する。

### 2. 試作したチェンバー

試作した大気圧 PIXE チェンバーの概要を第 1 図に示す。チェンバーの材質は、作り易さからアクリルを用いた。ビーム入射側は、外形 134cm、内径 114cm の円筒となっており、加速器のビームダクトフランジにフィットするようになっている。



第 1 図 大気圧 PIXE 実験用チェンバーの概要



第2図 APD 出力処理回路

加速されたビーム (3MeV 陽子) は、ビーム出口窓 (ハーバーフォイル 2.5 μm 厚) から大気中に取り出される。空気中でも実験可能であるが、特性 X 線エネルギーが 1KeV 程度であると、エネルギーが低すぎて空気による吸収が大きくなり、検出器まで特性 X 線が到達できなくなる。そのためチェンバー内には、空気よりも軽い He ガスを満たすことによって、低エネルギーの特性 X 線でも測定可能としている。

X 線測定用 APD (有感部部 5 x 5 mm<sup>2</sup>) は、ビームラインから見て 45 度後方に設置してある。なお、PIXE 分析用 X 線検出器として、APD (空乏層: 約 8 μm) を使う方法は前例がない。

一般に APD は、検出部前面を保護するために透明の窓がついている。ここで使用している APD は窓無しタイプで、窓材による X 線吸収をさけている。

今、1 keV の X 線が APD に入射した時の電荷増幅器の出力  $V_o$  は、APD の増幅率を  $G$ 、1 イオン対を作るエネルギーを  $3.6\text{eV} (= \varepsilon)$  とすると、

$$V_o = (1000 / \varepsilon) \times (1.6 \times 10^{-19}) \times G \times (1/10^{-12})$$

と現され、 $G=50$  とすると、 $V_o \approx 2.22 \times 10^{-3} = 2.22 \text{ mV}$  となる。この電荷増幅器出力信号は、エネルギースペクトルの測定にとって十分に大きな信号である。

### 3. 予備実験とその教訓

工学系研究科原子力専攻に設置してあるバンデグラフ加速器を用いて予備実験を行った。大気圧に取り出すビームダクトフランジは、中心に 3 mm φ の孔が開けられ、そこにハーバーフォイルが取り付けられている。実験は、陽子ビームエネルギーが 2.5 MeV、ビーム電流が 100nA 以下で行った。試料は NaCl を用いた。実験の結果、特性 X 線を測ることが出来るものの、本チェンバーには問題があることがわかった。

それは、①試作したチェンバーとビームダクトの接合部分の空気を He で置換し難い、② APD のシールドが悪く測定系の S/N 比が悪い、ことである。今後、これらを改善して本実験を行う予定である。

本報は、2007 年度個別研修費で行ったチェンバー試作と実験の中間報告である。

## 27 演習課題（形状創成入門）への取り組み

精密機械工学専攻・碓山みち子

### 1. はじめに

従平成 17 年から学部 2 年生に対して、切削及び放電による形状創成加工を体験し、形状創成プログラミングを通して、コンピューターによる自動加工の効果を確認し、創成加工評価法を学ぶ演習を行っている。この演習は PID/PIM 動機付けプロジェクト「モノづくりと計測」の一環で行われている。(図 1)



図 1 演習風景

### 2. 演習内容と構成

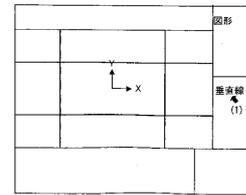
2 年生 38 名が 6 班に分かれて、6 名ずつ指導した。学生 6 名が 2 班に分かれ 3 名が一台ずつコンピュータを使用した。授業は一人の TA に手伝ってもらい、2 時間で学生の好きなモデリングをしてもらい、後半は工場に移動して、自分が作成したモデリングでワイヤカット放電加工機による加工を行った。

ワイヤ放電加工機は一筆書きにより自由な形状を加工することができる。この時、設計図を作成する支援ソフトは CAD/W を使用している。CAD/W でできる機能は円と直線と角度指定の 2 つの直線である。これらの機能を利用して自分の想定するモデリングを作成していく。(図 2) 2 次元 CAD/W も 3 次元 CAD である Pro/Engineer[2] もモデルを加工するためのものである。これらに共通していることは、失敗をしても前の動作に戻れないので、その度、小まめに保存しておく必要がある。[6]ここでは、この CAD/W の使用方法を示す。

例 円や直線を用い、図面を作製する。

(1) 水平線・垂直線を2本定義します。

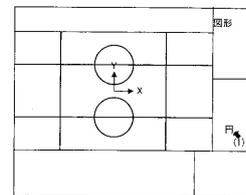
- ① メインメニュー『図形』をクリック
- ② サブメニュー『水平線』が選択されている
- ③ X軸からの距離をキーボード入力
- ④ 20 ↵
- ⑤ -20 ↵
- ⑥ サブメニュー『垂直線』をクリック
- ⑦ Y軸からの距離をキーボード入力
- ⑧ 40 ↵
- ⑨ -40 ↵



(1)

(2) 円を二つ描きます。

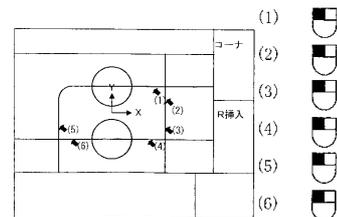
- ① サブメニュー『円』をクリック
- ② 円の中心のX,Y座標と半径を“,”で区切り入力
- ③ 0, 20, 15 ↵
- ④ 0, -20, 15 ↵



(2)

(3) 直線をカット・Rを挿入する。

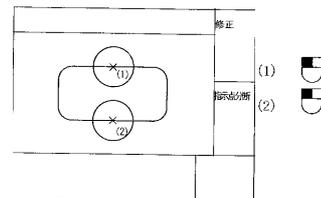
- ① メインメニュー『コーナ』をクリック
- ② サブメニューの『カット』または『R挿入』を選択する。(R挿入時は、コーナRサイズをキーボード入力)
- ③ コーナ部の二直線(残す部分)を順にクリック



(3)

(4) 円と線からなるコーナ部を仕上げる。二本の水平線を、各々2つに分断

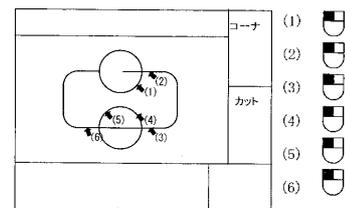
- ① メインメニュー『修正』をクリック
- ② サブメニュー『支持点分断』を選択
- ③ 水平線の中央付近を、各々クリック→一本の水平線が、二本に分断される。



(4)

(5) 線と円からなるコーナ部を処理する。

- ① メインメニュー『コーナ』をクリック
- ② サブメニュー『カット』が選択されていることを確認
- ③ 水平線の、残す部分をクリック。円の残す部分をクリック
- ④ 他の箇所も修正



(5)

(6) 以上で、図面が完成する。



図2 2006年度作品例

### 3. 他大学の取り組み

「コンピュータを使ったものづくり体験」というテーマを掲げ、鹿児島大学工学部でも次世代をになう高校生や高専生にモノづくりを体験することにより、ものづくりの大切さ、難しさ、面白さをしってもらうセミナーが開催されている[1]。そこでは、「ワイヤカット放電加工機によるネームプレートの切り出し」を行っている。又名古屋大学総合技術研究会に参加し、その会場でも川村純司（津山工業高等専門学校教育研究支援センター）さんがワイヤーカット（放電加工機）を使った加工技術で取り組みをポスターセッションで紹介している[5]。

高専では技術職員が組織化され、職務の高度化、専門化、資質の向上が求められていて、技術職員を講師として、業務に関わる講習や、演習を担当するようになった。2日間で放電加工機を使用した講義をおこない、加工させていた。この2年生の演習では半日4時間で終了できるように工夫をしているが、津山高専では2日間も時間を使用していたため、良い作品ができていた(図3)。この作品は曲線部分を色々の円を重ねることで滑らかなカーブを描いている。本学の4時間の演習時間ではできない作品である。



図3 高専生の作品

#### 4. まとめ

高専や鹿児島大学工学部の取り組みからもものづくり教育は必要不可欠と思われる。学生実験、演習、実習、卒業研究、高校生対象のセミナー等の幅広い分野で「ワイヤカット放電加工機」「マシニングセンタによる加工」[4]が使用されている。又未来のものづくりとして、CAD/CAM/CAE システムについても取り上げている。[1]筆者も第12回高専学会では「CAD/CAM/CAE を利用しての機構挙動の継承(その1)」[7]で発表しました。これらの演習に共通している点は、「ものづくりの創造性、楽しさ、難しさ、便利さを実感できた」とする学生からの感想が多い点である。[3] 本学でも学生から『ものづくりの楽しさを後輩にも伝えたい』『仮想の3次元空間で作業できるので視覚的に把握しやすい』『便利である』『意思伝達性向上に役立つ』『時間が短く感じられ楽しかった』などの感想がある。[4]放電加工により、银杏の葉、鍵、などをデザインして加工まで体験することで、達成感と特色を理解し深めさせることに役立った。

#### 5. 謝辞

本報告は、大学院工学系研究科の木村文彦教授、毛利尚武教授にご指導をたまわり、技術専門職の齋さん、TA の山口(M1)、さんのご助力によりできました。深く感謝申し上げます。本報告は、平成18年度個別研修[第06-02号]の成果を含んでいます。

#### 【参考文献(資料)】

- [1] 入門 Pro/ENGINEER 日経 BP 社
- [2] 穂坂 衛, 佐田登志夫共著, 統合化 CAD/CAM システム オーム社
- [3] 日本機械学会誌 (2007) Vol.110 No.1061,p69
- [4] 名古屋大学総合技術研究会, 実験・実習技術研究会報告集 (2007) p250
- [5] 碓山みち子:「3次元 CAD/CAM システム-Pro/Engineer による形状設計・NC データ作成」技術報告 2003
- [6] 碓山みち子:「有限要素法解析ソフトを用いての応力解析」技術報告 1998
- [7] 碓山みち子:技術教育・工学教育 5,日本機械学会公開研究会「技術と社会の関連を巡って」講演論文集 (2004)p17

## 28 プログラミングによる流れの可視化

機械工学専攻 鈴木 正己

### 1. 緒 言

最近は色々と便利なツールが容易に入手でき、数値計算にしる、実験の解析にしる、直接プログラミングする機会が減っているように思われる。数値計算の世界でも、解析結果の可視化プログラムを自作し、可視化する人は少ないようである。ある意味、このようなプログラミングは非常に非効率的であるかも知れない。しかし、そのような地道な作業により、プログラミングによる可視化の知識ばかりでなく、数値計算方法や流れへの理解も深まってくるのは事実である。現在、数値流体計算<sup>(1)~(2)</sup>やその結果を C, C++言語でプログラミングし、OpenGL<sup>(3)~(5)</sup>による描画<sup>(6)</sup>を実施している。いくつかの流れの可視化表現の紹介と描画方法と流れの見え方の違いについて述べることにする。

### 2. LIC法による可視化

LIC (Line Integral Convolution)法<sup>(7)</sup>はCG分野でベクトル場の描画に利用される画像処理方法で、数値計算された流れの可視化に応用されている。LIC法は流れの可視化実験における気泡懸濁法<sup>(8)</sup>による可視化方法と類似している。気泡懸濁法は流水中に微細な気泡を充満させ、スロット光を照射し、露光時間を調整して撮影する残像効果を利用した方法である。図1は1 m/s の水流中に設置された翼弦長 400mm の翼まわりの可視化<sup>(9)</sup>であり、1/15秒のシャッタースピードで撮影された結果であり、ほぼ翼まわりの流線を表している。

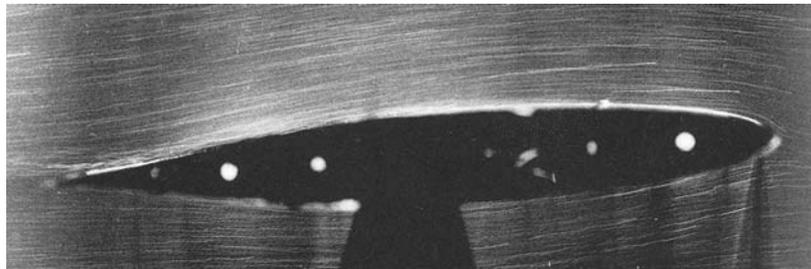


図1. 気泡懸濁法による翼まわりの流れの実験写真<sup>(9)</sup>



図2. LIC法による円柱まわりの流れの描画

図2は数値計算により円柱まわりの流れをシミュレーションした結果をLIC法で描いており、図1に示した気泡懸濁法の可視化写真であるかのような流線が描画されている。

### 3. 流線と流脈線, 流跡線

流れは流線, 流脈線, 流跡線の3つで表現される。流れが時間的に変化しない, すなわち, 定常な流れではこれら3種類の線は一致するが, 時間的に変化する非定常な流れではこれら3種類の線は一致しない。このため, 同じ流れであっても, 全く異なる流れであるかのように観察される。流線は同一時間の速度ベクトルの包絡線であり, 流脈線は煙突から出る煙の流れのように, 決められた点から流出する染料の流れを示す。流跡線は流れに乗って移動する粒子の軌跡を連ねた線を現している。これらの違いを明確に把握することは重要であるが, 適切な例による説明はあまりなされていないようである。ここでは, 非定常な流れとなる円柱後流のカルマン渦列を例に説明することにする。実験では流線と流脈線の可視化が良く行われ, 流跡線は水波の水粒子の軌跡などの可視化で利用されている。数値流体計算結果の描画には流線が多く利用され, 流脈線や流跡線を描画することは少ない。これは描画の容易さからであり, 流線は1つの時間データで描画できるのに対し, 流脈線や流跡線は多くの時間ステップでのデータが必要となるためである。流脈線や流跡線は計算中に描画するか, 各時間ステップのデータを大量に保存し, その後描画することが要求される。図3は流脈線の1例を表しており, 種子田により撮影された円柱後流のカルマン渦列<sup>(10)</sup>で, 電解沈殿法<sup>(9)</sup>により可視化されている。電解沈殿法は錫などの金属で覆った円柱表面を陽極とすることで, 円柱表面から微細な粒子を放出させ, この粒子により形成される流脈線を可視化する方法である。

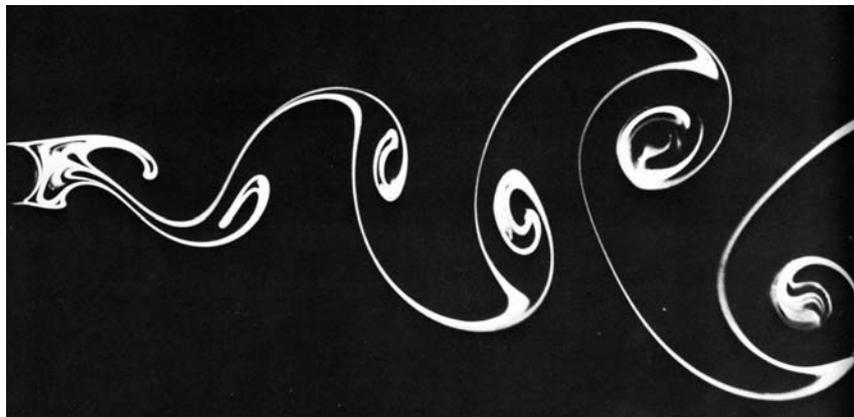


図3. 円柱後流のカルマン渦列, 電解沈殿法による実験写真<sup>(10)</sup> (Sadatoshi Taneda 撮影)

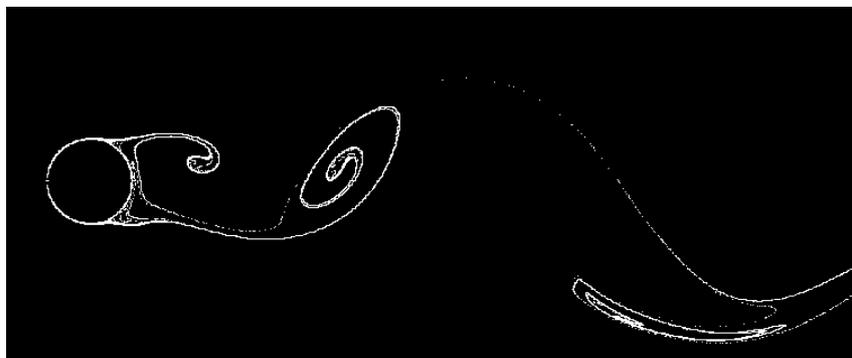


図4. 数値計算による円柱後流の流脈線の描画

図4は図3の実験に対応した数値計算結果であり、数値計算と同時に流脈線を描画している。円柱表面から0.01直径分離れた点から10タイムステップ毎に粒子を放出し、その粒子を流れに乗せて移動されたものである。主流は200タイムステップで円柱の直径分れるように計算を行っている。計算格子は円周上に60点と粗いにもかかわらず、実験写真のカルマン渦列に酷似して描画されている。

図5は図4の流れを流跡線により描画している。円柱表面から0.01直径離れた点に粒子を置き、それらの粒子の軌跡を描画している。カルマン渦列として良く見かける図3の流脈線とは全く異なった様相を呈している。このように同じ流れ場であっても表現方法により、異なる流れ場としての感覚を与えることに驚かされるであろう。

図6は図2のLIC法と同様に円柱まわりの流線を表している。流脈線と流跡線の違いに比較すると、流脈線と流線は似かよった流れに見えるが、流脈線では明確な渦が観察されるが、流線からは円柱直後以外の場所で渦が確認できない。図6は流線として等流れ関数線を描画しており、流線間を流れる流量は同じになるという明確な物理的な意味が存在する。反面、円柱付近の流線は粗くなり、LIC法のように詳細な流れ場の観察には不向きである。

流れ場を観察する方法として、流線、流脈線、流跡線以外に、圧力分布や渦度分布も利用できる。ただし、実験により直接これらを見ることはできない。PIV(Particle Image Velocimetry)などにより、撮影された粒子の軌跡を画像処理し、数値解析するなどの方法が必要となる。このため、結局は数値計算に頼らざるを得ない。図7は数値計算結果の圧力分布をカラーコンタで描画している。図8は同様に渦度のカラーコンタを示している。圧力や渦度の分布からもカルマン渦列の様子が把握でき、図8の渦度と図4の流脈線とは良く対応しているように見える。ただし、これも完全に一致しているわけではない。このように可視化には幾つかの方法が存在するが、流れを解明する上で、流れをどのように捉え、解釈するかが重要になってくる。

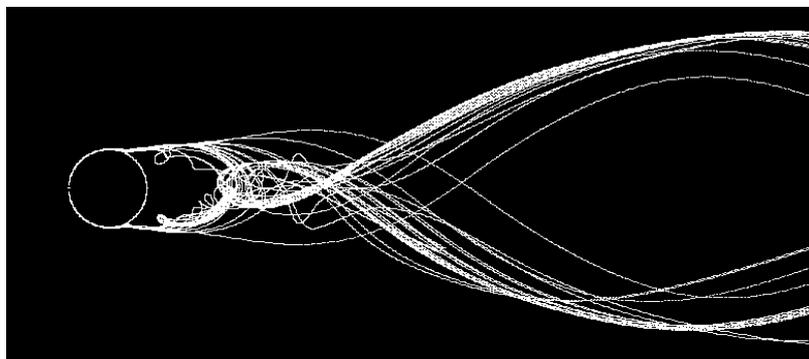


図4. 円柱後流の流跡線の描画

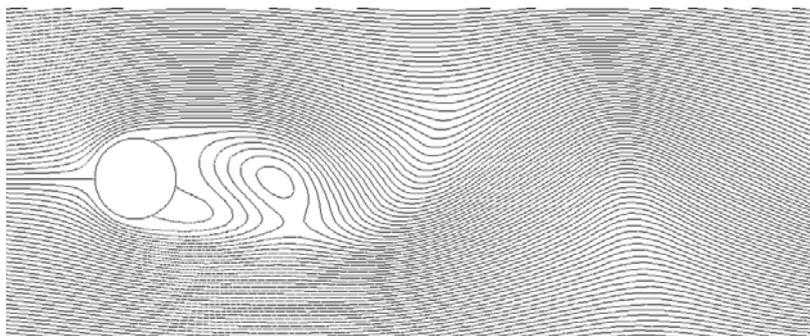


図5. 円柱まわりの流線（等流れ関数線）の描画

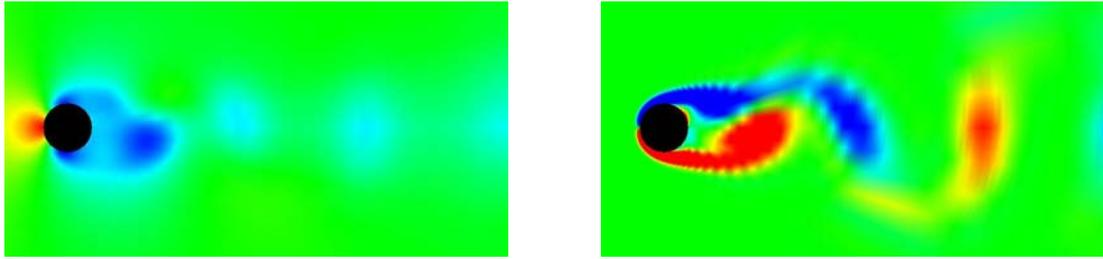


図6. カラーコンタによる円柱まわりの圧力分布 図7. カラーコンタによる円柱まわりの渦度分布

#### 4. 結 言

数値流体計算結果を描画するプログラミングを通して、実験では十分に撮影できない表現や実験写真をよりリアルに再現する方法に就いて示した。流れには、流線、流脈線、流跡線が存在し、非定常流では異なる見え方をするが、具体的、感覚的にそれらの違いは納得しづらい。しかし、適切な現象の選定により、容易に把握できるものであり、その一例を示すことができた。今後も、種々の流れ現象を分かりやすく表現することに勤め、多くの計算例を紹介する予定である。

#### 文 献

- (1) 鈴木正己, “波力発電用空気タービンの数値解析”, 技術報告, 第 16 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会(2001), pp.9-12.
- (2) 鈴木正己, “数値流体力学のための格子生成”, 技術報告, 第 17 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会(2002), pp.39-42.
- (3) 床井浩平, “GLUT による「手抜き」OpenGL 入門”, <http://www.wakayama-u.ac.jp/~tokoi/opengl/libglut.html>.
- (4) OpenGL Architecture Review Board, “OpenGL™ Programming Guide (日本語版) :The Official Reference Document for OpenGL, Release 1”, 星雲社(1995).
- (5) OpenGL Architecture Review Board, “OpenGL™ Reference Manual:The Official Reference Document 日本語版 for OpenGL, Release 1”, 星雲社(1993).
- (6) 鈴木正己, “数値流体力学のための簡易的可視化法構築への試み”, 技術報告, 第 19 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会, (2004-9) pp.103-106.
- (7) Lisa K. Forssell and Scott D. Cohen, " Using Line Integral Convolution for Flow Visualization: Curvilinear Grids, Variable-Speed Animation, and Unsteady Flows," IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS, VOL. 1, NO. 2, (1995) pp.133-141.
- (8) 浅沼強編, “流れの可視化ハンドブック”, 朝倉書店(1977).
- (9) 田古里哲夫, 増永公明, 岡本恒, 鈴木正己, “2次元翼まわりの高分子化合物希薄水溶液流の観察, 流れの可視化シンポジウム (第2回) 講演論文集, 東京大学宇宙航空研究所, (1974-7) pp.83-88.
- (10) Milton Van Dyke, "An Album of Fluid Motion," The Parabolic Press (1982) p.56.

## 29 LabVIEW を利用した

### 計測技術やデータ解析（学生実験）について

航空宇宙工学専攻 奥抜 竹雄

#### 1. はじめに

近年、LabVIEW（ナショナルインスツルメンツ社）を利用して、PCによる実験のデータ集録・解析、機器等の制御、データ表示などを行う研究・教育機関が増加している。筆者の研究室でも3年程前からLabVIEWを導入し、学生実験に利用している<sup>1)</sup>。

LabVIEWは、直感的にグラフィカル環境によるプログラムの開発を効率的に行うことができるとともに、データ解析においても、数多くの関数を利用することで複雑な解析も能率よく行えるツールである。

学生実験のデータ集録に際し、まず計測システムの仮想計測器（バーチャルインスツルメンツ：VI）の開発を行い、プログラムの確認をしてから実際の計測プログラムを開発した。また、データ集録の一部に関して、減衰器が必要となったため自作した。

本報告では、LabVIEWによる学生実験の計測技術やデータ解析について述べる。

#### 2. 学生実験（模型プロペラの特性測定）の概要

この実験の目的は、直径180mmで回転するプロペラの空力特性について調べ、プロペラに関する知見を得ることや実験によってプロペラの概要を学ぶことである。

図1に学生実験（模型プロペラの特性測定）の計測システムを示す。左側が実験の概念

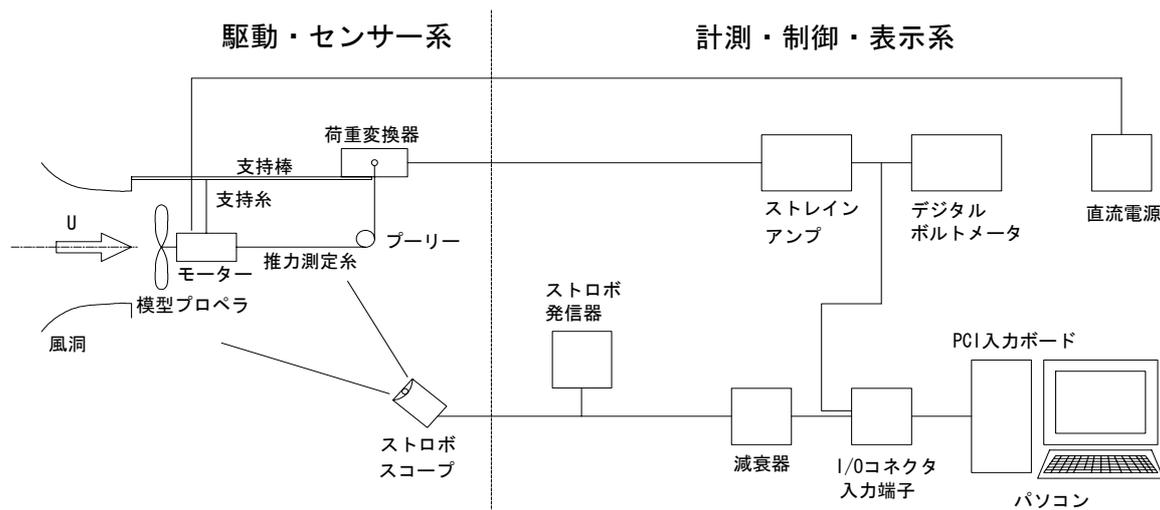


図1 学生実験（模型プロペラの空力特性）の実験及び計測システム

図であり、風洞の左より速度Uで空気が流れてくる。模型プロペラはモーターに取り付けられて、支持系で釣られている。モーターは推力測定系を介して荷重変換器に繋がっている。図1の右側は計測・制御・表示系で、モーターの回転の制御は直流電源の電圧と電流

で行う。モーターの回転数は、ストロボ信号発信器のダイヤルを調整して、プロペラが停止しているように見える回転数を探して求める。

計測は、荷重変換器の信号とストロボスコープの発光信号を、I/O 入力端子を經由して A/D 変換ボードに取り込む。直流電源の電圧と電流はそれぞれメーターの指示値を読み取る。実験は、風洞の中においてプロペラを回転させて、その推力を計測する。風洞の流速を数種類、プロペラの回転数を数種類変化させて、それらを組み合わせて行う。計測する物理量は、上記の直流電源の出力（モーターに加える電圧・電流）、プロペラの回転数と荷重変換器の出力と風洞の流速である。この実験によって求めるものは、進行率、推力係数、パワー係数、トルク係数そして効率である。それぞれ関係式によって求めることが出来る。

### 3. 仮想計測器

学生実験の計測プログラム開発に際して、図 2、図 3 に示すような仮想計測器 (VI) を作成してプログラムの確認等を行った。図 2 の左のグラフは、矩形波でありストロボスコープの発光信号を模擬している。図 2 の右側の二つのグラフは、上のグラフは、荷重変換

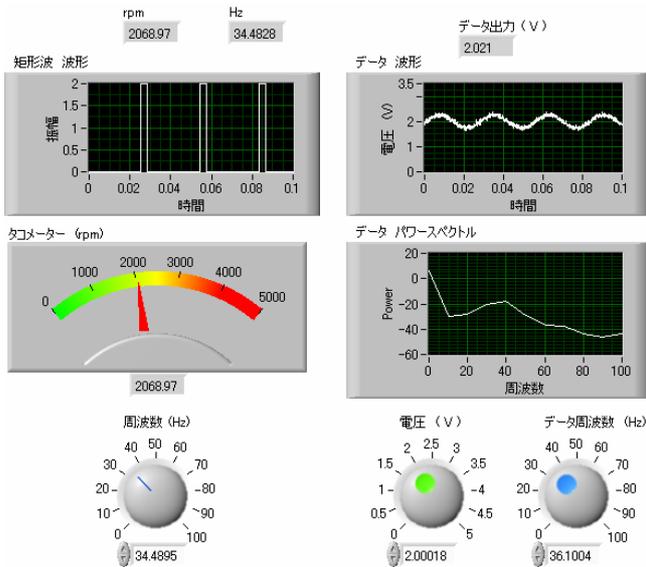


図 2 仮想計測器のフロントパネル

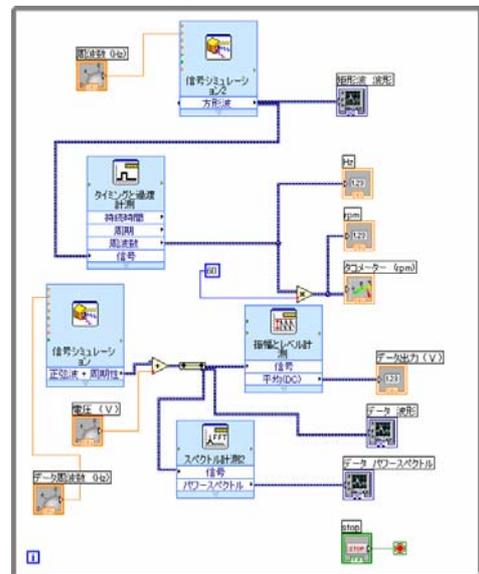


図 3 仮想計測器のブロックダイアグラム

器の出力信号を模擬したものであり、下のグラフは FFT 解析したものである。また、図 2 の下のダイヤルは左から矩形波の周波数、データ信号の電圧、データ信号の周波数を変化させるダイヤルである。図 2 の左側中央のメーターはタコメーターで rpm を示している。

図 3 は仮想計測器のプログラムに相当するブロックダイアグラムで、図 3 の上の信号シミュレーションのアイコンで模擬信号の矩形波を発生させ、片方はそのままグラフに表示して、もう一方は周波数に変換して表示するとともに、60 をかけて回転数として表示する。そして、下の信号シミュレーションのアイコンから正弦波の模擬信号を発生させ、その信号に直流電圧を足してグラフ表示する。正弦波の模擬信号+直流電圧の平均値を表示し、FFT 解析の処理を行い、グラフ表示する。荷重変換器の模擬信号には、ノイズに相当する信号を加えている。矩形波の周波数、正弦波の周波数と正弦波に加える直流電圧は、任意に設定できる。

図2から正弦波のFFT解析したパワースペクトルのグラフは、40Hzにピークを示し、その他の数値も良好であったので、このプログラムは学生実験の計測システムに使用可能と判断した。

#### 4. $\pi$ 型抵抗減衰器

前記の仮想計測器(VI)を実際の実験に適用することに、一つ問題があった。ストロボスコープの発光信号をLabVIEWで計測し、プロペラの回転数を求めることを検討した際、発光信号のパルス電圧がA/D変換ボードの入力電圧( $\pm 5V$ )を超えて $+9.2V$ 、 $-8.0V$ であった。図4は、ストロボスコープの発光信号をオシロスコープで計測したものである。このときの発光周波数は40Hz、2400rpmに設定した。

そこで、ストロボスコープの発光信号をA/D変換ボードの入力電圧以下に抑える必要が生じたので、図5に示すように、 $\pi$ 型の抵抗減衰器を製作し、ストロボ信号発生器と入力端子I/Oコネクタの間に接続した。各抵抗値は図5に示すとおりであった。

$\pi$ 型抵抗減衰器を経由した、ストロボスコープの発光信号をオシロスコープで計測した波形を図6に示す。 $\pi$ 型抵抗減衰器の働きで、約1/3に減衰しているのがわかる。

#### 5. LabVIEWによる学生実験計測システム

図7と図8にLabVIEWを利用した学生実験の計測システムを示す。

図7のフロントパネルの左側のグラフは、ストロボスコープの発光信号の波形を示す。その上の指示値は、左から発光周波数、プロペラの回転数(rpm)とそのタコメーターの値を示している。

図7の右側の二つのグラフは、上から荷重変換器の出力波形を表し、下のグラフは、上の信号のFFT解析を行ったパワースペクトルのグラフを表わしている。そして、右上の指示値は荷重変換器の出力信号の平均値を示し、もう一つは、荷重変換器の出力を力換算した値をグラム(g)で表示している。

図8は学生実験計測システムの計測プログラムのブロックダイアグラムを示す。DAQアシスタントのアイコンに、荷重変換器の信号とストロボスコープのパルス信号が取り込まれる。その後、二つの信号に振り分けられ、それぞれ解析処理が行われる。ストロボのパルス信号は、グラフ表示の他にプロペラの回転数を計測するため、回転周波数やタコメーターの指示値へと変換される。荷重変換器の出力信号はグラフ表示と出力電圧のモニター、

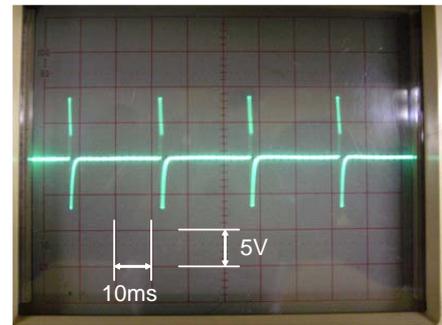


図4 ストロボ発光信号

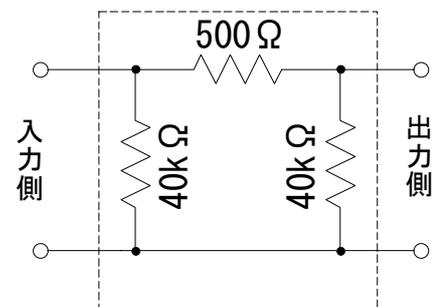


図5  $\pi$ 型抵抗減衰器の回路図

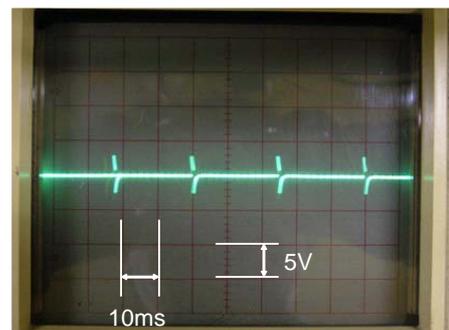


図6 減衰器通過後の波形

そして、信号の特性を解析するのに FFT 解析を行い、パワースペクトルの結果を表示するようにした。プロペラの回転数については良好な値を示し、荷重変換器の信号もフーリエ解析の結果、40Hz に特徴を持った信号であることがわかった。また、プロペラの回転数を変化させると、パワースペクトルのピークが移動することから、回転数と推力の間には相関関係があると考えられる。

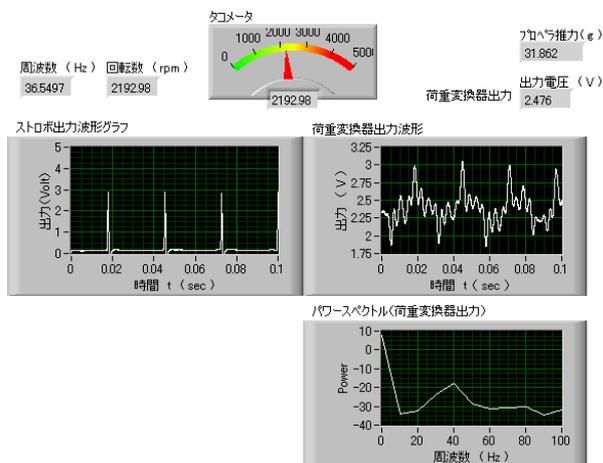


図 7 学生実験計測システムのフロントパネル

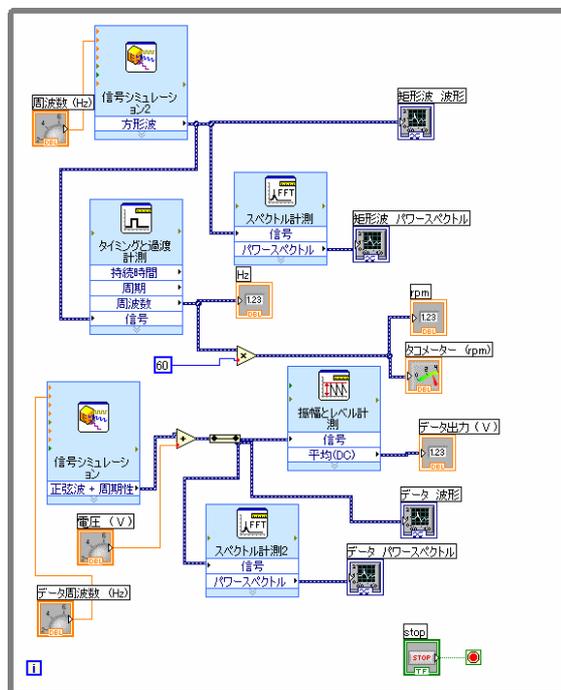


図 8 学生実験計測システムのブロックダイアグラム

## 6. まとめ

LabVIEW を学生実験（模型プロペラの特  
性測定）の計測システムに導入した。結果  
は回転数の計測及び推力の計測とも良好なデータを得た。

学生の多くは、LabVIEW のグラフィカルな環境とプログラム作成の簡単さに強い興味を示した。

今後、LabVIEW については、筆者の所属研究室の実験計測・データ解析等の中核に位置するツールとして、発展的に機能していくものと考えられる。

## 7. 謝辞

本報告をまとめるに際して航空宇宙工学専攻森下研究室の森下悦生教授には、たくさんのご指導やご助言をいただき、感謝申し上げます。また、同研究室の小山久夫助教には、いろいろご助言をいただきました。ここに感謝申し上げます。

なお、この報告内容の一部は平成 18 年度工学部・工学系研究科技術系職員個別研修（第 06-07 号）によって得られたことを申し添えます。

## 参考文献

- 1) 奥抜 竹雄 ; Windows 版 LabVIEW を利用した計測技術の試み, 第 20 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会技術報告, 2005 年 9 月.
- 2) ロバート・H・ビショップ ; JNI 監訳, 尾花賢一郎 訳, LabVIEW プログラミングガイド, アスキー出版, 2005 年 3 月.

## 30 Active Directory を使った Windows パソコンの集中管理

航空宇宙工学専攻 横田 明

### 1. はじめに

コンピュータの利用市場において、大学などの研究を行う部門では、UNIX 系 OS や Mac 系 OS を搭載したワークステーションやパソコンの割合が多いが、それでも Microsoft 社 OS を搭載したパソコンが数多くを占めている。私が所属する研究室に於いても、以前は UNIX 系 OS を搭載したワークステーションを複数台所有していたが、今では全て Microsoft 社 OS を搭載したパソコンに変わってしまった。パソコン台数の増加や、工学部 LAN (ネットワーク) への接続等により、ユーザー管理やセキュリティー維持などの管理に多大な労力が必要とされるようになった。

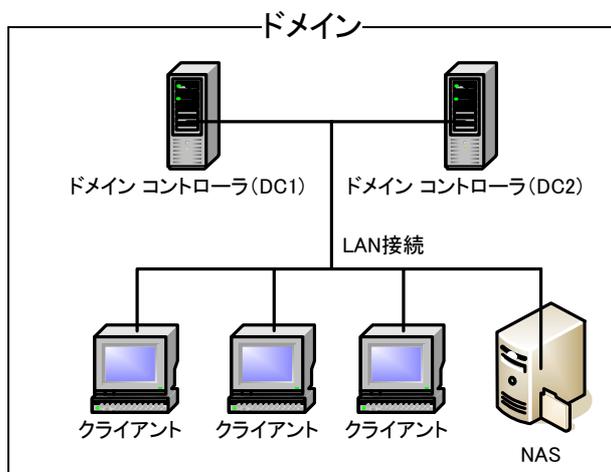
そこで、Microsoft 社の Windows Server 2003 による Active Directory サービスを運用することで、ユーザー情報やコンピュータ情報などの資源を一元管理し、セキュリティーの強化やディスク資源などの有効利用を目的とした運用の現状について報告する。

### 2. Active Directory サービスの概要

Active Directory サービスでは、「ドメイン」という単位で管理する範囲を定義している。組織で1つのドメインを作成すれば、組織内のユーザー、コンピュータ、グループ、サービスなどを集中して管理することができるようになる。さらに、「OU (Organizational Unit、組織単位)」という入れものの役割を果たすオブジェクトを作成して、管理しやすい単位でユーザーやグループ、コンピュータなどをまとめることもできる。

#### 2. 1 システム構成

対象となるコンピュータシステム構成の概略を図1に示す。



ドメインコントローラ (以下 DC と略す) とは、ドメインを制御するための中心的なシステムであり、非常に重要な役割を持っている。

クライアントは Windows XP や Windows Vista が OS のパソコンである。

NAS (Network Attached Storage) とは、ネットワークに接続して利用するファイルサーバである。

図1 コンピュータシステム構成概略図

## 2. 2 DC の役割

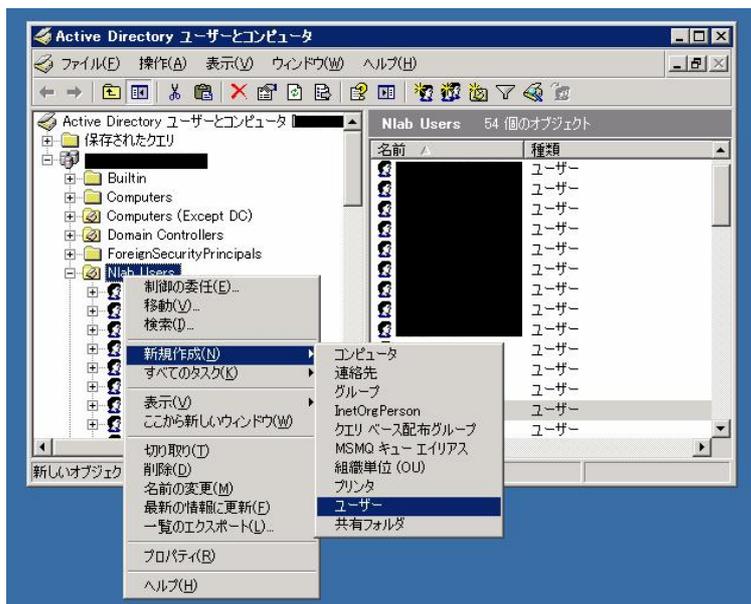
DC の主な役割としては、情報が登録されたデータベースの保持とユーザー認証がある。ドメインを制御するのに重要なため、冗長性を持たせる必要があり複数台用意することが望ましい。また、「マルチ・マスタ複製」という複製方法を採用しているが、マルチ・マスタ複製とは、編集可能なマスタ・データベースが複数あるということだ。データベースは各 DC が保持するが、すべての DC のデータベースが変更可能なため、1 台の DC が停止している状態でも、ユーザー情報の更新やグループ・メンバーの変更のほか、パスワードの変更も任意のタイミングで行えることになる。

## 3. 運用に関しての設定と導入以前と現状との相違

### 3. 1 ユーザー登録

ドメインコントローラにユーザーを登録することで一元管理ができ、各々のパソコンごとにユーザーを作成する必要がなくなり、登録にかかる作業時間の短縮や入力時の間違いを減らすことが可能となった。

登録情報の例として、図 2 は DC のドメイン内に登録されたユーザーを表しており、さらに新規作成時のプルダウンメニューの表示を加えています。図 3 は筆者のユーザー情報を表しています。



※黒く塗りつぶした部分はユーザーの個人情報なので目隠しをさせていただきました。

図 2 ユーザー情報と登録画面

また、パスワードの管理についても、ドメインのセキュリティーポリシーを構成し運用させることで、セキュリティーの高いパスワードをつけるようにユーザーに促すことが可能となった。図 4 にはドメインのセキュリティーポリシーの構成で、パスワードは 8 文字以上とし、最低でも 1 年毎に更新が必要とするように設定した例である。他にもログオン時にパスワードを何回失敗したらアカウントを無効するなどの設定も行っています。

ユーザー側でも、一元管理をしていない場合には、ユーザーもパスワード変更をすべてのパ

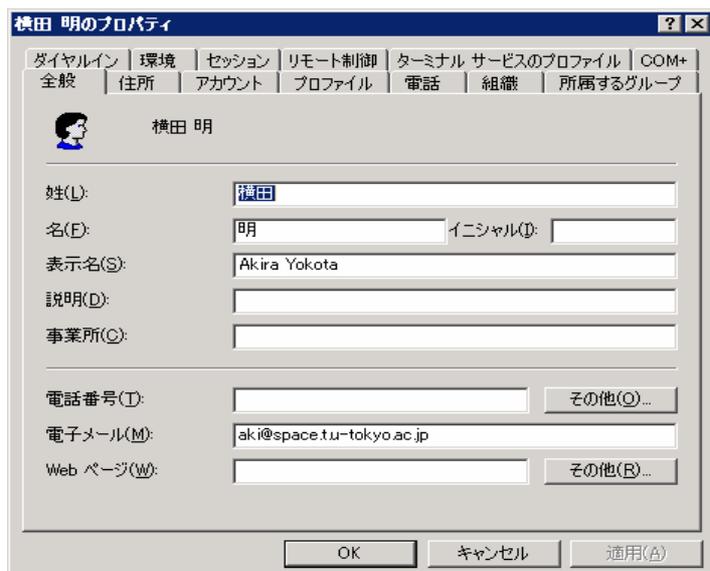


図 3 筆者のユーザー情報

ソコンで行わなければならなかったが、ドメインに参加しているパソコンでの作業の1回で済むので、変更をしやすくなり、セキュリティーをあげることが出来るようになった。

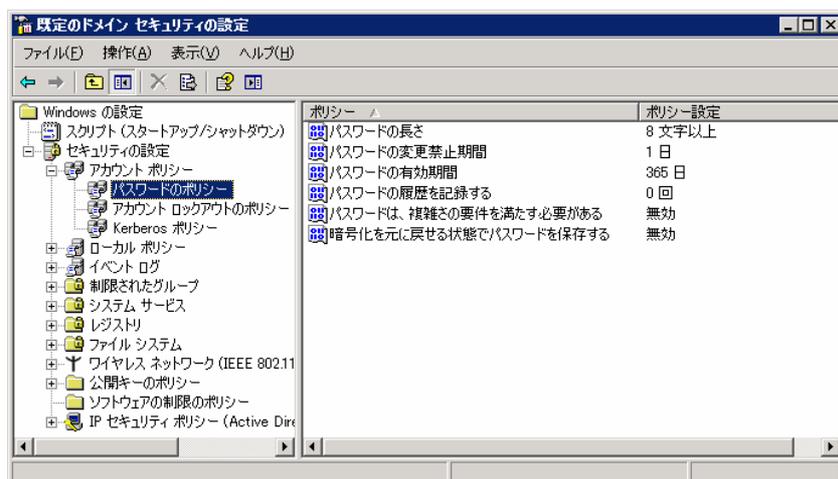


図 4 セキュリティーポリシーの設定

### 3. 2 アクセス制限

パソコンにはユーザーごとにアクセス権を設定することで、パソコンの設定変更やソフトウェアのインストールなどに制限を設け、怪しげなソフトウェアをインストールしたことによるトラブルなどの回避に役立っている。

NAS (Network Attached Storage : ネットワークに接続して利用するファイルサーバ) の認証も Active Directory で行うことで、以前はユーザーごとに登録をしていたが、Active Directory との連携で登録や変更の管理が容易になった。また、フォルダごとにアクセス権を設定することで、不用意なアクセスによるファイル削除などの防止にも役立っている。

### 3. 3 アップデートの自動化

Active Directory サービスの機能ではないのですが、OS の重要な修正プログラムや累積的セキュリティー更新プログラムを一元的かつ自動的に Windows システムに配布、インストールす

る手段で Microsoft Windows Server ベースの無料ツール WSUS(Windows Server Update Services)の導入についても以下に述べる。

Windows の更新プログラムを適用する場合には、Windows Update や Microsoft Update を実行したり、自動更新を設定したりしますが、実行はユーザーまかせになるため、重要な更新プログラムを適用し忘れたり、確実に適用できていないこともある。しかし、WSUS での一元管理することで、確実に適用することが出来るし、適用状況を把握することも容易となった。

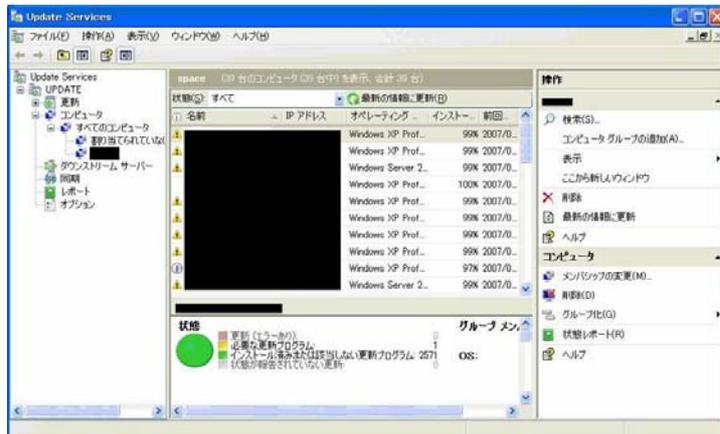


図 5 に WSUS の操作画面を表しており、画面中央にはパソコンごとの更新プログラムの適用状況が表示されている。

図 5 WSUS の操作画面

#### 4. おわりに

Active Directory サービスの一部を活用しているだけですが、導入前より、管理にかける労力の低減、セキュリティの高いパスワードの設定や更新プログラムの実行など、セキュリティアップにつながっている。ユーザーにも利用しやすい環境を提供することが可能となった。

今後は、Active Directory サービスの更なる活用と、コンピュータやネットワークのトラブルなどにより Active Directory サービスが提供できなくなる障害が発生した場合に、速やかに復旧できる体制を整えることが必要である。

#### 5. 参考文献

- Windows Server 2003 オフィシャルマニュアル(上) 日経 BP ソフトプレス (2003)
- Windows Server 2003 オフィシャルマニュアル(下) 日経 BP ソフトプレス (2003)
- Microsoft TechNet Home Page <http://technet.microsoft.com/en-us/default.aspx>

## 31 構造解析ソフト「MSC.Marc」入門トレーニング

航空宇宙工学専攻 小林やよい

### 1. はじめに

筆者の在籍している研究室では主に複合材料を使った構造の力学、航空宇宙の構造物の力学などの基礎的諸問題を取り扱っている。数値解析には有限要素法を使うことが多く、最近では汎用ソフトもいくつか使用されている。昨年、研究室において汎用非線形有限要素法プログラムである MSC ソフトウェア (株) 社製「Marc (マーク)」を導入したのに伴い、MSC ソフトウェア (株) 社で行っている「MSC.Marc」入門トレーニングに参加した。ここで、「MSC.Marc」入門トレーニングの簡単な概要と、解析例として現在担当している後期学生実験「はりの4点曲げ試験」における解析を行ったものを報告する。

### 2. 「MSC.Marc」入門トレーニングの概要

「MSC.Marc」とはMSC ソフトウェア (株) 製の非線形汎用有限要素法プログラムである。線形解析だけでなく伝熱・熱応力解析、幾何学的非線形解析、非線形材料挙動、接触解析、動的力学などが扱える。入門トレーニングは全3日間、講義と解析実習を中心に行われた。Marc を初めて使用するユーザーを対象としているが、講義を理解するには初歩の材料力学・構造力学の知識が必要となる。トレーニングの内容としては Marc の概要、線形解析をはじめとして、Marc の得意とする非線形解析についても例を用いて実習が行われた。

### 3. 「MSC.Marc」による解析

受講後、実際に実験データのある例を用い解析を試みることにした。図1に示すようなI型アルミ部材に両端単純支持で2点集中荷重をかける。この例は筆者が現在後期学生実験で行っている「はりの4点曲げ試験」である。図1(a)の破線を中心として左右対称とし、片側の部分のみ解析する。

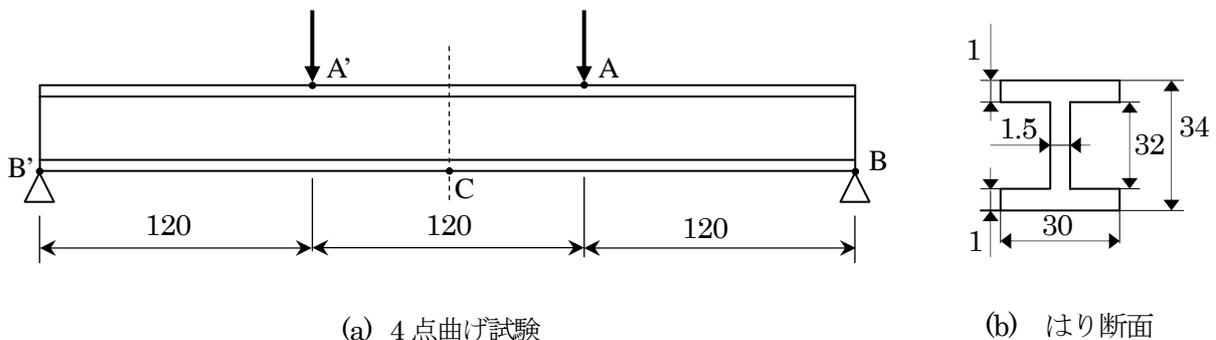


図1 はりの4点曲げ(単位: mm)

点A、A'は荷重負荷点で点B、B'は単純支持点である。ヤング率  $E = 65000\text{MPa}$ 、ポアソン比  $\nu = 0.33$  とする。A 点には  $-0.605\text{mm}$  の強制変位を与えることにした。強制変位の値は  $P = 500\text{N}$  の実験値との比較のため A 点の反力 ( $500\text{N}$ ) をみて決定した。

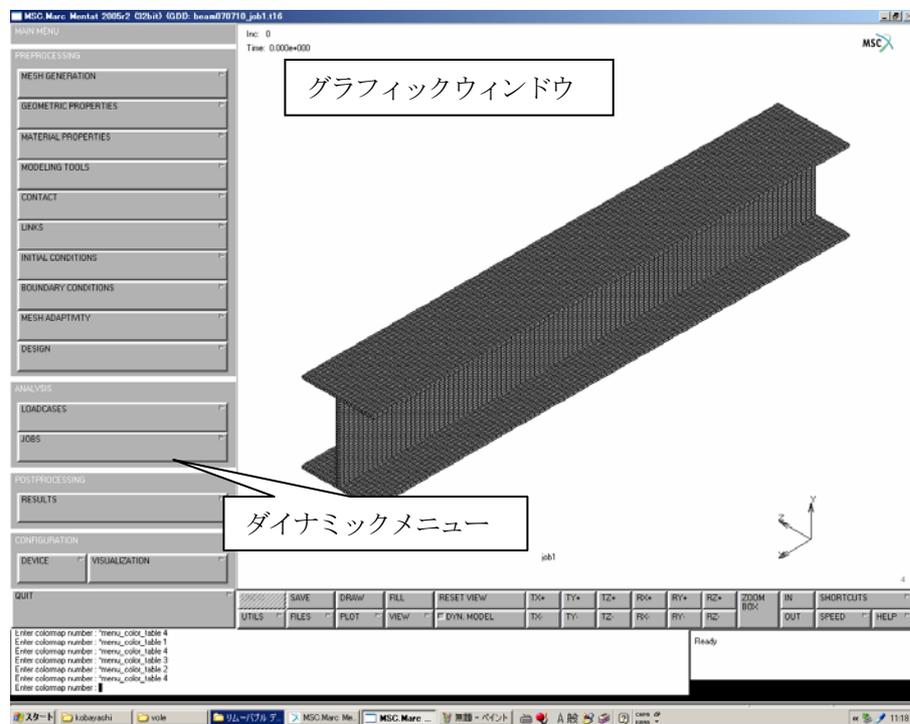


図2 Marc mentat 画面

解析の手順としては①モデルの作成、②メッシュを切る、③境界条件の設定、④材料定数の入力となる。「MSC.Marc」にはmentat (メンタット) という対話型のプリポストプログラムが付いており、対話によるデータの設定や視覚的なモデルの表示ができるようになっている。mentat 画面を図2に示す。データの入力はダイナミックメニューに

て行う。モデルの作成、メッシュを切る作業は「MESH GENERATION」、境界条件 (拘束条件、荷重条件等) は「BOUNDARY CONDITION」、材料定数は「MATERIAL PROPERTIES」というそれぞれのメニュー内で設定していく。今回は3次元はりにおける線形弾性の静解析を行うので、以上3つのメニューを設定後、最後に解析実行のためのメニュー「JOB」において、解析クラス・要素情報を入力する。すべてのデータがそろったところでプログラムを実行した。

#### 4. 解析結果

解析実行後のデータもmentatにて視覚的に表示できる。変形状態、各データのコンター図、そして、任意の節点を選択してグラフを表示し、データをテキスト出力できる。今回の解析結果としては

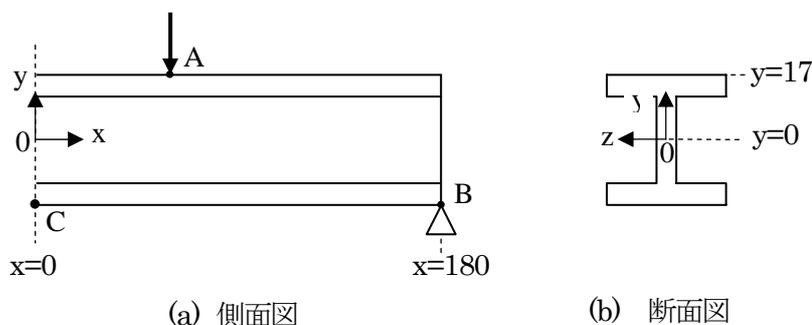


図3 はりモデル(座標)

の下面中央線( $y=-17\text{mm}$ ,  $z=0\text{mm}$ )上の節点のデータを使用して作成した曲げ応力の  $x$  方向分布図を図 4 に、スパン中央の断面中心線( $x=0$ ,  $z=0$ )上の節点を使用して作成した曲げ応力の  $y$  方向分布図を図 5 にそれぞれ示す。比較のため実際の実験値を入れてある。実験値について図 4 は  $x=0$ , 30, 50, 120mm,  $y=-17\text{mm}$  (はり下面)、図 5 は  $x=0\text{mm}$ ,  $y=17, 0, -8.5, -17\text{mm}$  の場所に貼ったひずみゲージの値から応力を求めた。図 4、図 5 ともに若干の誤差はあるが、線形は一致している。ただし、図 4  $x$  方向一応力のグラフの  $x=180\text{mm}$  (点 B) 付近は材料力学 (はり理論) では  $\sigma=0\text{MPa}$  となるところであるが、3次元解析による値が出ている。最後に変形図を図 6 に示す。微小な変形のため変位に倍率 10 を掛けてある。

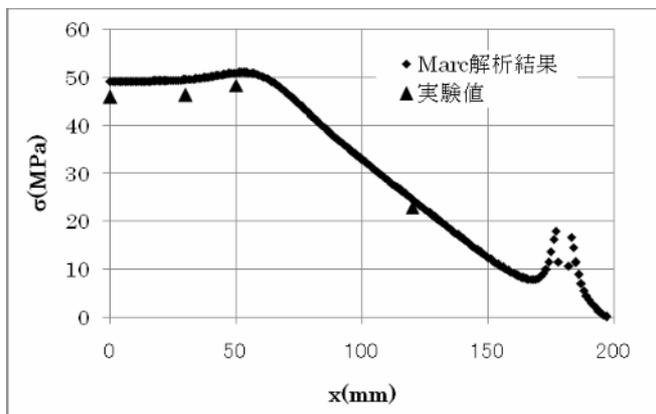


図 4 曲げ応力の  $x$  方向分布図

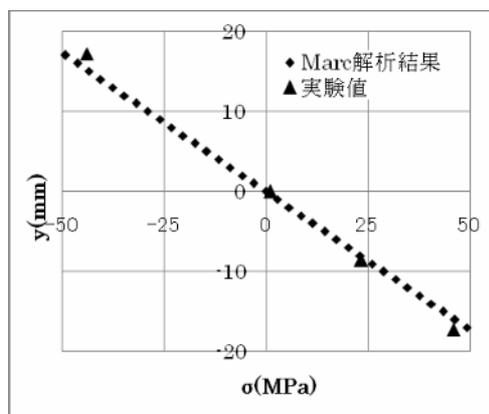


図 5 曲げ応力の  $y$  方向分布図

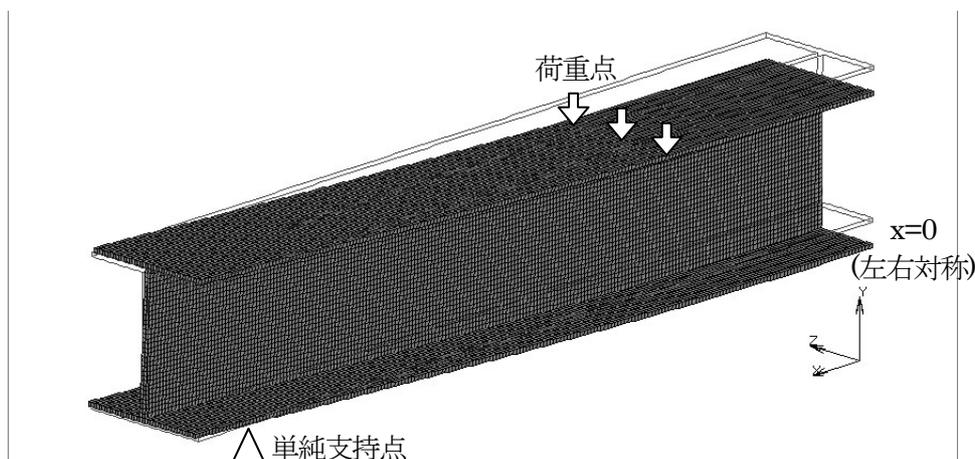


図 6 変形図

当然のことではあるがモデル作成や境界条件等の各メニューで正しく設定されていない、あるいはデータの入力ミスがあると正しい結果が出ない。曲げ応力の  $x$  方向分布図については単純化した材料力学の値にくらべ実験解析による値がより複雑になっていることが理解できた。モデルのメッシュの切り方、境界条件の与え方などに改良の余地があるが、今後の検討課題としていきたい。

## 5. あとがき

今回 3 日間の入門トレーニングを受けて Marc の概要と操作方法は理解できた。しかし、操作方法の理解のみでは解析はできない。データの入力だけの単純な作業のように見えるが、それぞれのメニューにどのようにデータを入れるのか、モデルの作成・メッシュの切り方、境界条件の設定の仕方など、有限要素法・構造力学の理解がないと不明な点が多く出てくる。今後も様々な解析例を試みて Marc だけでなく、有限要素法・構造力学の理解を深めていきたい。

## 謝辞

今回の「MSC.Marc」入門トレーニングについては平成 18 年度工学部・工学系研究科技術職員個別研修にて実施することができた。また、今回の解析について多数のご助言をいただきました青木教授・横関講師をはじめ、ご協力いただきました方々にこの場を借りてお礼申し上げます。

## 参考文献

- (1) 「MSC.Marc 入門トレーニング コースノート」 MSC ソフトウェア：監修
- (2) 「構造解析のための有限要素法実践ハンドブック」非線形 CAE 協会：監修、岸正彦：著

## 32 工部大学校建築の建設経緯

建築学専攻 角田 真弓

### 1 はじめに

近代日本における工学教育機関である工部大学校（工学寮）に関する研究は、三好信浩<sup>1</sup>氏による先駆的研究のほか、近年では鈴木淳<sup>2</sup>氏らにより、教育機関としてのみならず、近代日本の産業改革における役割が解明されつつある。こと建築の分野に於いては、日本における初めての建築教育機関として、関野克<sup>3</sup>氏、清水慶一<sup>4</sup>氏により教育内容に関する分析がおこなわれている。一方、明治初期を代表する近代建築でもある工部大学校の建築そのものに関する具体的な研究は、戦前期に塚本靖<sup>5</sup>氏が、戦後期には関野克<sup>6</sup>氏により考察が行われたのみにとどまり、ほかには主に講堂を中心とした考察<sup>7</sup>や、数点の写真と図面が紹介されているのみである<sup>8</sup>。

前回の技術報告<sup>9</sup>において、工部大学校の教育内容と共に生徒館、講堂（本館）の簡単な建物説明を試みたが、本稿ではこの基礎的研究に引き続き、用地購入の過程、建設の経緯を公文録などの史料の他、写真、回顧録などを用いて、復元的考察を行いたい。



図1 (左上) 御府内沿革図書 (文久元年)  
図2 (左下) フランス式彩色地図 (明治14年)  
図3 (右) 参謀本部測量地図 (明治17年)

### 2 建設時期

明治4年4月の工部学校建設の建言より、18年12月文部省へ移管されるまでの時期を、建築内容、設計者、敷地整備をふまえて以下の3期に分けて考えてゆく<sup>10</sup>。

第1期 小学校・生徒館建設期（明治4年8月～7年9月）

この時期の設計の中心的役割を担っていたのは、アンダーソン<sup>11</sup>とマクヴィン<sup>12</sup>である。ポアンヴィル<sup>13</sup>は明治5年11月に工部省に雇い入れられているが、既に着工していた小学校、大教師館はもちろんのこと、生徒館もアンダーソンとマクヴィン設計によるものであり、この時期にはポアンヴィルは実質的な建設活動に関わっていない。

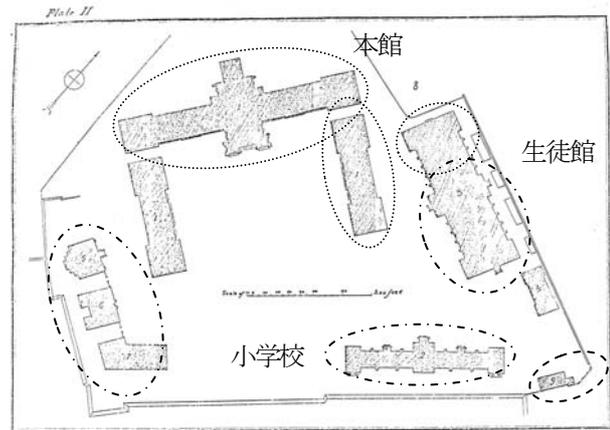


図4 工部大学校配置図  
(calendar より、筆者加筆)

-----	第1期
.....	第2期
-----	第3期

第2期 本館建設期（明治7年10月～10年12月）

ポアンヴィルの設計。第1期には見られない敷地内での配置構成が見られるようになる。この時期の建設として、具体的には本館、生徒館増築、敷地外の教師館の建設が挙げられる。

第3期 維持修理期（明治11年～18年）

明治10年1月にコンドル着任後、工部大学校が廃校になるまで。既に主要建築は建設済みであり、新築を行うよりも、むしろ全体整備と維持修理が中心となる時期である。この時期、唯一とも言うべき新築された建築はコンドルの設計による正面の表門と番所<sup>14</sup>であろう。

## 2. 1 第1期

### 小学校（博物館）

明治4年4月、伊藤博文、山尾庸三による工部学校設立の建言により、8月具体的に旧延岡藩内藤家に設置が定められる<sup>15</sup>。当初の敷地は延岡藩邸のみであったが、用地不足のため11月に隣接地の購入手続を申し出<sup>16</sup>、12月に許可が下りる。

5年1月22日にイギリス人マークス<sup>17</sup>を造家棟梁として、同23日にアンダーソンを造家師として雇入れることで、即座に小学校の建設が始まる。学校の開校式は未だ行われてはいなかったが、6年6月には第1期生が入学することとなる。しかし当然のことながら、未だ建築が完成しておらず、旧延岡藩大和屋敷を改修して使用していたという。

明治6年8月7日には、時計台の起工が出願<sup>18</sup>され、7年2月もしくは6年12月に竣工した<sup>19</sup>ものと思われる。また、6年7月には菊章を掲げており<sup>20</sup>、正面の妻三ヶ所に掲げられた。この菊章は時計台の起工出願と前後するため、時計台の建設は当初の計画には存在していなかった可能性も考えられる。小学校課程の廃止により、後に博物館となるが、ある時期にこの時計台は堀に埋め立てられたという。

初め工学寮博物館と称したり、同館は堀脇に屹立せる二階建煉瓦造にして外国人マクビンの設計なりしと云ふ。最初中央に高さ時計台ありたり。後日堀に埋立てたれども、尚ほ石垣の上方に依然として雄姿を現はせり。唯屋上に時計台無くして寂寞を感ずるのみ（本建築用煉瓦は英国製なりといふ。又本建築は明治五年頃のものなりと云ふ。）

『明治工業史』

虎ノ門内の工部大学校に属する建物の中で最初に出来上ったのは濠側の高き石垣の天端に近接して建てられたゴシック式煉瓦造二階建の一棟であって、明治七年の初頃かと思ふ、教場は此に移されて生徒は毎日大和屋敷の生徒館から此に通学し、午前の授業を終れば大和屋敷に帰つて午餐を摂り、食後再び来つて課業に就いたのであり教師も亦大和屋敷内の仮教師館から午前午後二回づゝ此に通つて居た。(大和屋敷及官費生の生活状態)「工部大学の思ひ出話」曾根達蔵

(前略) 其中で最初に竣功したのは所謂虎の門の一方の濠を隔て道路に面して立てる金比羅神社の表門続きの町屋に対向せるゴシック式煉瓦造二階建の一棟であつた。元来工部大学校附属の小学校に充つるために作ったものと聞いた。建物は格別大ではなかつたが濠際の高き石崖に接して立ち、スッキリとした姿態にて大いに人の注目を惹いたものであつた。(虎の門の諸建築)「工部大学の思ひ出話」曾根達蔵

此の建物の特徴は中央の広堂で中に二列数本の長き木造簇柱の立てると二階の床に当る所は三方廻り廊下にて中部は高さ一階となり、上は実に手の込められた見事なる木造の穹窿天井となつて居た等である。其の廻廊床は壁に接して一列に書棚が設けられ、其の反対の欄干に接しては閲覧用の卓子が造り付けられてあつた。即ち此の廻廊は書房と称へられて図書室兼閲覧室である。此の建物が明治六年末竣功すると、七年初には直ちに之を予科教場として此に通学せしめたのである、後に之れは工部大学校附属の博物館となつた。『旧工部大学校史料附録』

## 生徒館

次に工事に着手したのは、寄宿舎である生徒館であつた。6年3月に建設伺いがなされた当時、既にポアンヴィルは工部省に雇入れられていたが<sup>21</sup>、生徒館の設計はアンダーソンにより進められた。また、この工事に合わせて、4月<sup>22</sup>と5月<sup>23</sup>の2回にわたり、敷地増補が為されている。この時に補充された敷地面積は少なく、不足を補うためというよりも、むしろ敷地の形を整えたと考えるべきであらう。建設伺いから約5ヶ月後の8月10日に起工し、約1年後の7年9月30日に東側半分が竣工を迎え、翌8年9月30日に西半分が増築された。この増築時にはアンダーソン、マクヴィンともに工部省を離れていたため、ポアンヴィルが設計を行った。

煉瓦造二階建の大建築にて六年間の生徒全数を収容する容積のあつたものである、間取東入口を入れば左に舎監室あり、右に浴室あり、生徒の室は館内の通路である中廊下の左右にあり、館の中央は広間にて昼間は食堂に夜間は生徒の勉強室になつて居た。後には此の室へ教師の助手なるクラークと云ふ英人が毎夜出席し、取締旁生徒の質問に応じて英語の解釈などしてくれた。(虎の門の諸建物)「工部大学の思ひ出話」曾根達蔵

生徒館の内部は大和屋敷の生徒室と大小の差こそあれ仕組は全く同一であつた。但今度の生徒室の方は大きくて一室は六人詰となり寝台は左右三人宛にて向ひ合せにて、中に通路を明けて据付けられた。

(中略)

尚ほ此の生徒館に就て特記すべきは前に記せる浴室である。室の一方が折り曲つて二方に流し場あり、浴槽は其の前の下にありて、深約四尺にて四辺と底部を木材にて作り、湛へたる水を槽底の一方に敷設しある鐵管より蒸気を噴出せしめて温たむるのであつた、而して一度に二十五六人は優に浴し得る大浴槽であつた。『旧工部大学校史料附録』

## 作工場

このほかにも、作工場と呼ばれる建築の記録が残されている。明治6年8月25日に起工し翌7年9月10日に竣工を迎える。この時期には、化学試験局（6年8月～7年9月）、大教師館（5年4月～6年6月）同門（6年11月～7年6月）、妻帯教師館（7年1月～5月）、小教師館（6年8月～12月）同門（6年11月～7年5月）、助手及模型師館（6年8月～10月）なども建設された。

つまり、明治7年9月の時点で、教場である本館を除く基本的な施設が、ようやく揃ったといえるであろう。

## 2. 2 第2期

### 本館

この第2期に入り、工部大学校の中心建築である本館の建設が始まる。建設のため、まず明治7年12月赤坂溜池（西南隅）、の埋め立てを伺い出<sup>24</sup>、許可される。8年には建築家と土質家の外国教師2名が新規に雇い入れられ<sup>25</sup>、9年5月には赤羽製作所用地のうち、小学校地との交換の儀が上申される<sup>26</sup>。

8年4月に講堂をもつ本館中央部分が着工、9年9月には左翼部分が着工し、翌10年10月に竣工を迎えた。当初は左翼に対照して右翼も建設予定であったが、結局、右翼の建設は叶わなかった。

第1期に建設された建築は、どれも敷地の境界に沿い、塀のように建てられており、これらの配置からは、格別全体的な計画を読みとることが出来ない。しかし本館に関しては、明らかに配置計画がみられ、結果、他のどの建物とも異なる軸線上に建設されている。このことから、明治5年の建設開始時点より全体の配置計画が存在していたとは考えにくく、ポアンヴィルの本館計画により、独立建築の集合でしかない校舎が、初めて大学校としてまとまりのある建築群となったと考えられる。

工部大学校の本館全部の落成は明治十年になるが、北部は早く九年に竣工して濠上建物と併せて教場とされた。館は仏国建築技師ボンビルの設計で様式は仏風復興式の内外共に堂々たる学校建物で其の用途に於ては申分はなかった。今其の主なる特徴を挙げれば教室は生徒の聴講席を雛壇式に作り、又場所を節約する為めに大階段を半ば幾何学的曲線に造りたる如きは則ちそれで当時に於ては珍らしきものであつた。建物の中央は前部に於てこそ三階建なるが其の主体なる後部は広堂にて之を中房と称した。長さ約百尺、幅約五十五尺あり高さは図面なきため不明である。二階床と同水平に三方廻廊を廻らし、図書室兼閲覧室となせるは濠上の建物の中堂と同上であつた。其の一階は則ち真の広堂にて主として学校の儀礼用に供せられた。明治大帝が臨御された開校式場には言ふまでもなく、年々の卒業式にも此の堂を用ひられた。（虎の門の諸建築）「工部大学の思ひ出話」曾根達蔵

本館の前方にて少しく本館を離れ、南北二方に分れて一棟宛、長さは本館の約三分の一の二階建教場が建設せらるゝ設計であつたが、其の北翼だけが電気学其の他の教場に用ひられ、南翼は竟に実施に至らなかつた。

南翼予定地の後部に当る構内の南端には化学講義室と化学実験室、分析室の建物があり、其の側に小規模の工作場もあつた。『旧工部大学校史料附録』

この他には、敷地内が手狭になったためか、この時期に行われたのは敷地外である榎町と今井町の教師館建設であった。明治9年8月24日赤坂田町口の8,9購入を伺い出、9月25日許可が下りる<sup>27</sup>。また、9年12月16日教師館建設用地として麻布今井町22番地購入を伺い出、23日許可が下りる<sup>28</sup>。また、翌10年6月には三田小山町にも同じく教師館建設用地を購入する<sup>29</sup>。

## 2. 3 第3期

ほぼすべての主要建築の建設を終え、明治10年1月に着任したコンドルにより11年3月より12

月にかけて表門と塙、11年6月より12月にかけて、番所の建設が行われた。他にも、本館の厨房増築（11年4月～6月、12月～12年4月）や生徒館の増築（11年9月～12年2月）が行われているが、一方、この時期における建設行為の一つに修理が挙げられる。

回顧スレハ、嘉永年間始メテ外交ノ端ヲ開キシヨリ、漸ク文明ニ赴キ百般ノ工芸日月ニ進歩シテテ家屋モ稍々改良ヲ加ヘ、洋風ノ結構ニ模擬シテ石材或ハ煉化石ヲ以テ之ヲ築造スルモノ算擧スルコト能ハサルニ至レリ、然リト雖トモ其構造ノ仕法タルヤ実ニ危険拙劣ニシテ堅牢精巧ノ域ニ達セス、之カ為メ屢々其礎沈低雨水漏洩等ノ災害ヲ免カレサルモノ最モ多シトス、方今虎門濠上ニ楼閣ヲ層ネ口嶠トシテ傑立スル所ノ工部大学校建築ノ如キハ石材及ビ煉化石ヲ以テ之ヲ築造シ其壯麗ナルコト実ニ日本全国中ノ一大建築と言ザルヲ得ンヤ、然リト雖トモ其全体ノ結構ニ至テハ未タ堅牢精巧ノ言ヲ下ス能ハス、如何トナレハ該校建築ハ実ニ明治六年ヲ以テ業ヲ創メ全九年ヲ以テ工ヲ竣フ、其落成以降僅ニ五六年間ヲ出スト雖トモ室内ノ天井ヲ水氣ノ滲通ヲ経テ既ニ龜班ヲ表ハシ、屋上ノ蛇腹ハ寒威ノ透徹ヲ受テ稍々崩壊ヲ来シ、自ラ結構ノ成果及ヒ其規模ヲ損害スルニ至ル、是レ他ナシ全ク構造ノ拙劣ト不堅牢トニ在ルコト諸君ノ疑ヲ容レサル所ナリ、今ヤ吾輩幸ニシテ工芸進歩ノ世ニ際会ス豈ニ之カ改良永存ノ計企画セザルヲ得ンヤ

于時明治十四年十一月該校ノ雨漏ヲ修理スルノ議起ル、乃チ吾輩局命ヲ奉シ造家師コンダー氏ト全月初七ヲ約シ共ニ俱ニ其屋背ニ登リ災害ノ原由ヲ実験セシニ、全ク屋瓦及ヒ承霽ノ粗悪ニ在ルコト一目瞭然タリ、因テコンダー氏ハ其修理ノ意見ヲ書シテ之ヲ當繕局長ニ報告ス、吾輩今其大略ヲ訳シ以テ左ニ録ス

「工部大学校修理の意見及仕法の概況」 渡邊讓

明治6年着工9年竣工ということから、ここで説明されている建物は生徒館を指していると思われる。竣工後わずか数年で雨漏りを起こしており、設計者であるアンダーソンの力量、慣れない洋館建設に対する技術的問題等、原因はいくつか考えられる。現存遺構に限られている明治初期の洋風建築は意匠面で語られることが多いが、このような状況が当時の洋風建築の実体であったのかも知れない。

### 3 おわりに

当代を代表する建築であった工部大学校は、学校としては勿論のこと、さながら宴会場としても活用されていた。明治8年にはイタリア男女歌劇団来日の際には生徒館食堂にてエアトンにより、電池による電燈試験が行われた。また、11年3月23日中央電信局祝宴が講堂にて行われた際には、アーケ燈の点灯が初めて行われた。この他にも、12年7月3日グラント將軍歓迎会も講堂で行われたほか、12月<sup>30</sup>と15年6月<sup>31</sup>にも夜会が行われた記録があり、開国間もない日本に於いて、対外的社交場としての役割も担っていたとえる。

最後に工部大学校が文部省の管轄となった後を辿りたい。神田錦町にあった学習院は明治19年2月に出火により校舎の大半を焼失した。時は同じく、学校令により予科門は中学校として形を変えてゆく。改変期も原因のひとつであったであろう。学習院の再建、移転は思うように進まず、結局、明治21年、本郷における工科大学本館の完成に伴い移転した旧工部大学校跡に、簡単な改修程度で移転することとなる。しかし、必ずしも使い勝手が良い建築とは言い難いものであったらしく、2年後の23年には新校舎を四谷に建設し、学習院は移転してゆく。その後、一時期衆議院に貸し出されることもあったが、明治32年には本館は閉鎖され、生徒館は帝国図書館や女子教育奨励会へと貸し出され、関東大震災を期に姿を消してゆく。

<sup>1</sup>三好信浩『日本工業教育成立史の研究 近代日本の工業化と教育』昭和54年、風間書房

<sup>2</sup>鈴木淳編『工部省とその時代』平成14年、山川出版社、ほか

<sup>3</sup>日本建築学会編『近代日本建築学発達史』昭和47年、丸善

4 清水慶一「工学寮・工部大学校に於ける建築教育について」『Bulletin of the National Science Museum Physical Sciences & Engineering Ser. E』1985年

5 塚本清「明治初期に於ける我国の工業教育」『建築雑誌』506, 昭和3年2月

6 日本建築学会編『近代日本建築学発達史』昭和47年、丸善

7 堀越三郎『明治初期の洋風建築』昭和4年、丸善（昭和48年に南洋堂書店により復刻）、鳥海基樹『我国戦前における近代建築保存概念の変遷に関する基礎的研究』1994年東京大学大学院工学系研究科修士論文

8 工部大学校の建築に関しては、『明治工業史 建築編』の他、青土社『旧工部大学校史料・同付録』などで簡単に紹介されている。このほかに、清水重敏「建築写真と明治の教育」『学問のアルケオロジー』平成9年、東京大学、で紹介されている東京大学大学院工学系研究科所蔵「旧東京建物」写真、小林清親による錦絵「ためいけ」「虎ノ門夕景」など数点にとどまる。

9 「工部大学校に関する史的研究」『技術報告』第18回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会、2003.9、pp.59-62

10 滝沢正順は書房と蔵書の関係から、第一期工学寮時代明治4—10年、第二期工部大学校（工務局所属）時代明治10—15年、第三期工部大学校（工部省直轄）時代明治15—18（19）年の3期に分けている。滝沢正順「工部大学校の書房と蔵書について」『学問のアルケオロジー』平成9年、東京大学

11 William ANDERSON 1843年イギリス生まれ、明治5年1月工部省御雇い外国人として来日。明治8年解雇後は横浜にて建設業を開業する。（堀勇良『日本の美術447 外国人建築家の系譜』平成15年、至文堂より）

12 Colin Alexander McVEAN 慶応4年6月灯明台役所雇建築造方舗員としてイギリスより来日。明治4年7月より工部省雇いとなり、明治7年1月より内務省地理寮雇いとなる。9年4月解雇後帰国。（上掲堀勇良書より）

13 Charles Alfred Chastel de BOINVILLE 1850年フランス生まれ。明治5年11月工部省雇い、14年3月解雇。帰国後は英国公務省の建築技師となる。（上掲堀勇良書より）

14 図面は京都帝国大学建築学科に昭和14年、他のジョサイア・コンドル建築図面と共に寄贈された。（現在、京都大学所蔵）

15 『公文録』明治4年4月「工部学校取建并虎御門内延岡藩邸御渡申立 自古国家の文明盛大を成さんと欲する者皆其上下をして知識を備へ厚生利用の途に出しむるを要せざるなし。御邦内に於ても已に御開宮被 仰出候、当工部省所轄の事業は即ち其基礎にして瑞に功験相顯万国と併立富強を保ち候様致度且暮不堪渴仰候然る処其事業に於ける大小となく技術上に相渉 皇朝未曾有の要務候へは実学知識の徒に非ず候ては誰か能施行可致得無之候惜哉御邦内の人物其一科を了得候者未だ見当り不申依て方今数多の外国人を使役御創業の手順取継罷在候次第実は無余儀事にて終始彼等の余力を振り功業漸く相遂候様にては一時開化の形況有之候とも万世富強の基本は亦も相立申間敷戦競の至に候此機に臨み人材教育の御方途不可決場合と被存候。就ては当省中に於て工部学校至急御取建相成少年有志の者は尽日校中に出入改々勉学経其歳月候へは教師の指揮に依り順次洋行をも為致成器の上夫々奉職事に為從可申左候は、自然外国人使役其他多少の煩勞を省き鉄道諸業功業海内に蔓布万世不朽の御基本相立 皇城異域に輝き上下浴文明盛大の鴻澤候様必然に相覚候此儀御採用被為在候は、学校御取建の場所亦虎ノ御門内延岡藩邸至極適當の地に有之候間可相成は此場所御渡相成尋て宮繕の御下命も有之度左候上は精々特効を遂げ瑞に落成可仕候尤生徒取立方の手筈都て校中の規律お追て取調の上可申上候様可仕候差向書学校御取建の儀御英断相成至速御沙汰御座候様支度候依之此段奉伺候也 辛未四月 工部省 弁官御中 伺の通 (中略)

16 『太政類典』4年11月7日工部省上申「虎門内工学寮属地ヲ増す 虎ノ門内工学寮中大小学校及教師住所等追々造営イタシ候儀ニ有之候 処何分ニモ地所狭隘ニテ差支候間隣吉井宮内大丞邸地并同人持西北路傍ノ畑地且副島正四位邸内ノ分共別紙繪図面朱引ノ地所学寮へ囲込申度候之早々其筋へ御達有之度此段申進候也」

17 James MARKS イギリス人。明治2年灯明台役所雇い後、明治5年1月より6年5月まで工部省測量司雇いとなる。（上掲堀勇良書より）

18 『旧工部大学校史料』より

19 『旧工部大学校史料』より

20 『公文録』「工学校壁上へ菊章ヲ掲ク」明治6年7月 妻部分3箇所に菊の紋章を掲上している。

『太政類典』六年七月十九日「工学校壁上へ菊ヲ掲ク 工部省伺 工学寮学校今般建築相成候ニ付テハ壁上三ヶ所へ別紙図面ノ通御紋章を相掲申度、此段至急相伺候也」

21 註13参照

22 『公文録』明治6年4月「工学寮内建広ケノ伺」「工部門内狭隘ニ付往々差支ノ義有之候間別紙図面朱引ノ通同寮構内へ囲込申度存候此段相伺候也」

23 『公文録』明治6年5月「工学寮西北隅埋地致度伺」「当省工学寮西北隅別紙図面之場所同寮建築上ニ於テ差支障有之儀ニ付御察埋地度此段相伺候也」

24 『公文録』工部省伺明治7年12月「第六十二号 赤坂溜池填埋 度儀ニ付伺 当省工学寮大学校外建築ニ付邸内西南之境狭迫通路之余地モ無之且大学校地面掘取之土砂運搬ニ差支無之旨回答有之其間至急御許可相成候様致度此段相伺候也 七年十二月十五日工部卿伊藤博文 太政大臣 三條実美殿」

25 『公文録』工部省伺明治八年三月「第二十八号 工学寮へ外国人式名新規御雇入伺 工学寮生徒追々学業進歩致ニ付当九月ヨリ各科專業申付度候処建築家士質家教師不足ニ付各一名何れも給料壹ヶ月金三百円より五百円マテにて五ヶ年間雇入候も外国へ申遣度尤給料呼寄等費用ハ定額金より相弁可申御間至急御許可相成候様致度此段相伺候也 工部卿 伊藤博文代理 工部大輔 山尾庸三 明治八年二月二十日 太政大臣 三條実美 殿 伺之趣雇入年限之儀ハ先ツ三ヶ年ト相定適任ノ者結約ノ上更可届出事 但大藏省へハ其省ヨリ可致通達事 明治八年三月四日」

26 『太政類典』九年五月十五日「内務省へ達 東京府下第二大区九小区赤羽製作所用地渡方ノ儀、本年四月五日相達候処、右用地中央ニ小学区用地相間り不便利ニ付、別紙図面之通東西交換ノ儀、猶又工部省上申ノ趣聞届候條右交換可取計此旨相達候事」

27 『太政類典』九年九月二五日「内務省へ達 別紙工部省伺 工学寮用地赤坂田町七丁目拾番地并溜池生徒遊歩場トノ間木村禎造町有地三百六十九坪八合余買上ノ儀聞届候條官有地第二種同省官有地ニ組入渡方可取計此旨相達候事」

28 『太政類典』九年十二月二十二日「内務省へ達 別紙工部省伺御備教師館建築用地ノ儀朱書ノ通及指令候條成規ノ通渡方可取計此旨相達候事」

29 『太政類典』十年六月二十九日「内務省へ達 別紙工部省伺東京府下三田小山町ニ於テ該省雇外国人へ可貸渡官舎地所買上ノ儀朱引ノ通及指令候條成規ノ通渡方可取計此旨相達候事」

30 『元老院日誌』明治12年12月4日第721号「工部大学校ニ於テ夜会ノ儀三條公ヨリ案内状ニ十二通伝達依頼ノ旨伊太里国皇族接伴掛ヨリ移牒」

31 『元老院日誌』明治15年6月6日第541号「左府有栖川宮工部大学校ニ於テ夜会ノ招状外務省ヨリ依頼」

## 33 潜水作業報告

地球システム工学専攻 茂木 勝郎

### 1. はじめに

潜水作業を始めるきっかけは、なんとも単純であった。湧出地点を実際に見たいこと、製作した計測用機器の作動確認をしたいことであった。そのために、ダイビングのライセンスと潜水士を取得しました。現在は業務(野外調査)のひとつとして、潜水作業に従事しています。

### 2. 主要装備

私の潜水作業は、スキューバダイビングで行います。基本装備は、レジャーのスキューバダイビングとほぼ同じですが、作業のためそれに適した工具を持ち込みます。

- ・海底部での作業のため、通常より錘を多く装着している。(レジャー時：8~9kg、作業時 12kg)
- ・調査道具のほか、モンキースパナ、ハンマー、ニッパーなどの工具やロープ
- ・計測機器の設置には、大型フロートに吊り下げて運搬
- ・安全確保のため、ダイバーの体にロープ取り付けて作業（鵜飼いのような状態）

### 3. 過去の作業地点と内容

#### 富山県黒部市黒部川河口域（水深5～20m）

2003年7月28日（水深20m、水温記載なし）

湧出地点の確認と採水（写真1）

2003年7月29日（水深20m、水温記載なし）

測定区画をメジャー(50m、100m)で矩形に設定。

2003年7月30日（水深12m、透視度10m、水温記載なし）

間隙水圧計1設置のために位置決め

2003年7月31日（水深9m、水温記載なし）

間隙水圧計1の配管を海底部に挿入

間隙水圧計1設置（写真2）

2時間後、バルブ切り替え、50mメジャーの回収、採水（写真1）

2003年9月2日（水深9m、水温記載なし）

間隙水圧計1回収

間隙水圧計1再設置

電気探査用ケーブルを岸から沖へ向かって50m設置

2003年9月3日（水深5m、水温記載なし）

電気探査ケーブル設置

計測中は、海面待機。計測後潜行、位置を1m移動（写真3）

上記を繰り返し計測(5点、8点、8点)、ケーブル回収

2003年9月4日（水深5m、水温記載なし）

電気探査ケーブル設置

計測中は、海面待機。計測後潜行、位置を1m移動。

上記を繰り返し計測(7点、6点、5点)、ケーブル回収

2003年10月7日（水深9m、水温22℃）

電気探査ケーブル設置

間隙水圧計1回収

ケーブル回収

2003年10月8日（水深6m、水温21℃）

間隙水圧計1再設置

間隙水圧計1バルブ切り替え

電気探査ケーブル設置、測線用メジャー設置

2003年10月9日（水深6m、水温23℃）

電気探査ケーブル設置、位置移動、ケーブル回収

2003年11月12日（水深15m、水温20℃）

間隙水圧計1回収

周辺を目視で湧水地点探索

2004年9月27日（水深13m、水温24℃）

海底での地質サンプリング(コアロッドをハンマーで叩き込む)

コアロッドの引き抜きは、船上からロープで引き抜く

2004年9月28日（水深18m、水温23℃）

海底に流向流速計、塩濃度計を設置

50m西の位置にバックグランド用計測器を設置(アンカー用砂袋ペグ打ち)

100m西の位置に「観測中」と記載の浮玉を設置

2004年9月29日（水深20m、水温24℃）

設置状況の確認及び撮影（デジカメ水没）

2004年10月13日（水深20m、水温22℃、透視度5m前後）

流向流速計等観測機器の回収(撮影)



写真 1 : 採水作業の様子



写真 2 : 計測器設置作業の様子

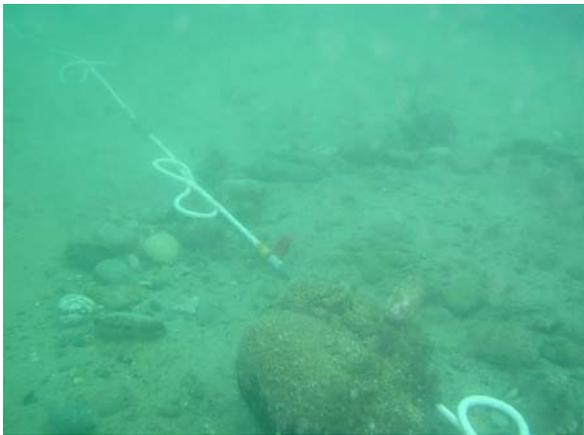


写真 3 : 探査ケーブルの設置

**熊本県宇城市不知火町永尾神社沖（水深 1 ～ 3 m）**

2004 年 12 月 21 日（水深 3m、水温 12℃、透視度 0m）

間隙水圧計(PIEZO)と採水チューブのバルブの開け閉め  
温度深度ロガー 1 の設置

2005 年 6 月 20 日（水深 3m、水温記載なし、透視度 0m）

間隙水圧計(PIEZO)の回収  
間隙水圧計 1 の設置

前回設置した温度深度ロガー 1 は、遺失

2005 年 6 月 21 日（水深 3m、水温記載なし、透視度なし）

間隙水圧計(PIEZO)の回収

間隙水圧計 1 のバルブ切り替え

採水チューブのバルブ開け（バルブの握手が腐食のため以降、開け放し）

2005年9月12日（水深3m、水温記載なし、透視度0m）

間隙水圧計(PIEZO)の回収

間隙水圧計1のバルブ切り替え

採水チューブのバルブ開け（バルブの握手が腐食のため以降、開け放し）

間隙水圧計1の回収

簡易温度深度ロガー2の設置

2005年9月16日（水深3m、水温記載なし、透視度0m）

簡易温度深度ロガー2の付け替え

2006年5月11日（水深2m、水温記載なし、透視度0m）

簡易温度深度ロガー2の付け替え

間隙水圧計(PIEZO)の回収

目印用青竹(5m)を挿入

2006年11月11日（水深2m、水温20℃、透視度0m）

目印青竹が流されているので、GPS位置決定

間隙水圧計(PIEZO)の搜索(無視界)、回収

簡易温度深度ロガー2の回収

この熊本県不知火湾は、透視度の悪さから作業中の写真はない。

#### 4. おわりに

作業を安全かつ円滑に進めるためには、計画段階から地元住民への説明を行い、その海(湖)を知る人(船頭や漁師)の意見を聴き、危険予知及び作業計画を立てています。また、同様に作業ダイバーと研究者で潜水作業ごとに内容を確認します。

私自身は、研究者の依頼で様々な調査現場での潜水作業があります。その様々な現場で臨機応変に対応できるように経験と技能を積む努力をしています。

## 34 LabVIEW を用いたマイクロガスタービン計測システムの開発

機械工学専攻 浜名芳晴

### 1 はじめに

近年、技術職員が学生実験実習演習を担当することが重要になりつつある。しかし、依然として、教員がテーマや内容について、力を持っていると言わざるを得ない。

そこで、技術職員の立場から、自ら学生実験実習演習の質を向上させるためには、取り扱っている装置等の使用方法や計測結果の表示方法などの技術的側面からの改善が有効であると考えられる。

したがって、技術的に教育効果を高めるためには、操作が容易で計測結果の可視性に優れた計測システムの開発を行う必要がある。そこで、優れたユーザインターフェース (UI) を持つナショナルインストルメンツ社製 LabVIEW<sup>[1]</sup>に着目した。

本報告では、筆者が管理、運転しているマイクロガスタービンコージェネレーション設備の計測システムについて LabVIEW を用いて開発したので報告する。

### 2 LabVIEW

LabVIEW を一言で説明すると、計測や制御を行うシステムのプログラミングをするためのグラフィック開発環境である。従来、計測や制御には C 言語や BASIC などのキャラクタベースのプログラミング言語が用いられていた。そのため、開発には高度なハードウェアとソフトウェア技術が必要であり、技術の習得や開発に時間を要した。しかし、LabVIEW では、優れた UI を用いて、グラフィカルに開発が行えるため複雑な知識を必要とせず、さらに開発時間が非常に短縮できるといったメリットがある。また、研究のツールとして、非常に柔軟性と拡張性が高い。このような理由から、本学において LabVIEW を用いた学生実験が 13 種類行われることが報告された。<sup>[2]</sup>

したがって、LabVIEW を用いたシステム開発技術は今後の技術職員のスキルのひとつとして非常に有用であると考えられる。

#### 2. 1 仮想計測器 (VI)

LabVIEW では、実際の計測器の外観をコンピュータディスプレイ上に模擬してプログラミングを行うため、仮想計測器という概念を導入していることが特徴である。計測器や制御器をグラフィカルに表示するフロントパネルで UI を作成し、それを元にブロックダイアグラムウィンドウ内で VI、関数、ストラクチャーなどを用いて計測制御コードの作成を行う。

#### 2. 2 フロントパネル

フロントパネルでは、図 1 の制御器パネルから数値、グラフ、文字列、ボタン、画像などを選びフロントパネルウィンドウに貼り付け、図 2 のようなグラフィカルな UI を作成する。



図 1 制御器パネル

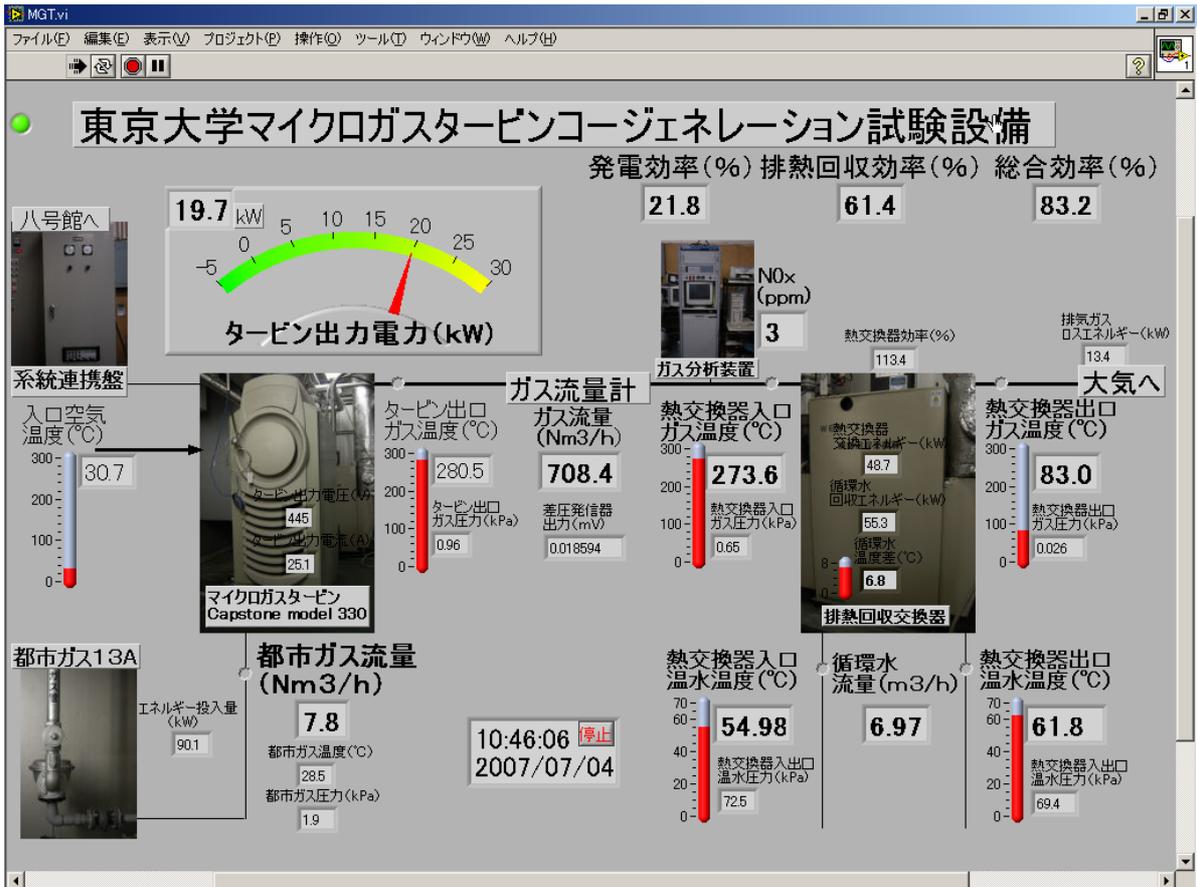


図2 開発した計測中の計測システムのフロントパネル

### 2.3 ブロックダイアグラム

ブロックダイアグラムウインドでは、フロントパネルと同様に関数パネルからV I、関数、ストラクチャーなど選択し貼り付け、さらに、オブジェクト同士をグラフィカルにワイヤーでつないでコードを作成する。とくに、グラフィカルにコードの作成を行うために、非常に容易でさらに短時間で作成が行える。また、フロントパネルのオブジェクトと関連付けを行い、オブジェクトの制御も行う。

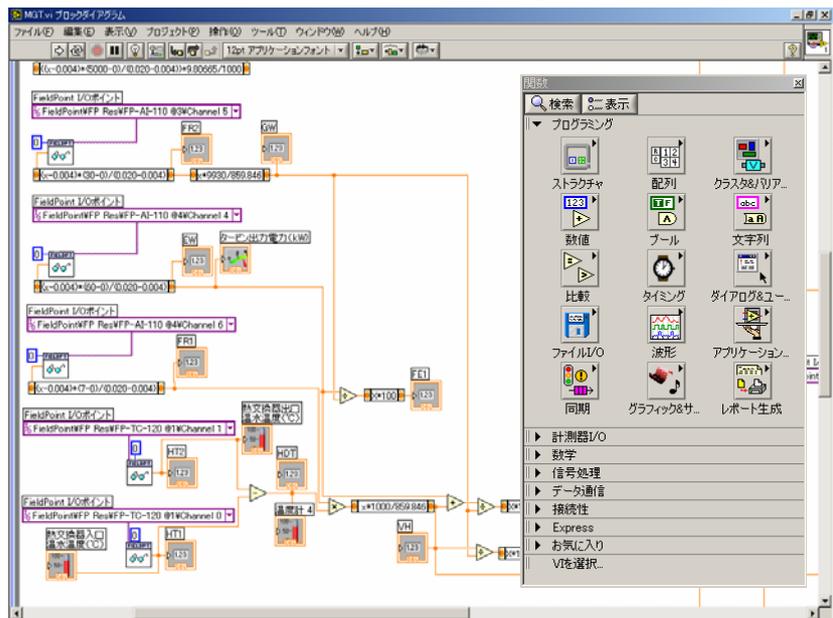


図3 ブロックダイアグラムウインド

### 3 マイクロガスタービンコージェネレーション設備

#### 3.1 マイクロガスタービン

筆者が管理しているマイクロガスタービン<sup>13)</sup>は、アメリカ Capstone 社製 model330 で発電出力 28kW (一般家庭約 5 軒分) であり、工学部 8 号館の地下 2 階に設置されている。燃料は都市ガス 13A を使い、発電された電力は工学部 8 号館内ですべて消費されている。発電効率は (投入したエネルギーに対して取り出せた電気エネルギーの比率) は、大気温度が 15°C の時 23% であるが、大型火力発電所の 50%<sup>14)</sup> と比較すると非常に低い。したがって、後述するコージェネレーションを行う必要がある。

#### 3.2 コージェネレーション

本ガスタービンで発電をした際に排出される排気ガスは外気温度 15°C で 280°C と高温であり、そのまま大気に放出するとエネルギーを無駄にすることになる。そこで、この高温の排気ガスを利用して温水や蒸気、冷気など有効に利用できる熱に変換する。

このように、一次エネルギーから電気と有効に利用できる熱を取り出し利用することをコージェネレーションと呼ぶ。本マイクロガスタービンコージェネレーション設備では、外気温度 15°C の時は前述の通り発電効率は 23% で、有効に利用できる熱への変換効率は 60% となり、83% が有効に利用可能である。大気に放出する排気ガスの温度は、80°C に低下し、十分に有効利用されていることがわかる。また、大型火力発電所の効率よりもエネルギーの利用効率が高くなるのがコージェネレーションの優位な点である。

#### 3.3 計測機器

本システムでは、温度と圧力、流量および電気出力を計測している。温度計測は、熱電対と白金抵抗測温体、圧力計測は、半導体歪ゲージを用いた圧力発信器、燃料の流量計測は半導体式のマイクロフローセンサ、温水の流量測定はタービン式流量計、ガスタービンの排気ガスの流量計測には V コーン差圧流量計を用いており、それぞれ、出力信号は電流出力 (0.4~20mA) と電圧出力になっており、それらの信号をナショナルインスツルメンツ社 FieldPoint で取り込んでいる。

ソフトウェアは、LabVIEW 開発システム 8.0、FieldPoint ソフトウェアバージョン 5.0、Measurement & Automation Explorer (MAX) バージョン 4.0 を用いた。図 4 のとおり、PC に上記のソフトウェアの導入を行い、前述の計測器が FieldPoint のモジュールに直接接続されており、FieldPoint と排ガス分析装置 (MEXA-4000FT、堀場製作所) は RS-232C によってシリアルケーブルで PC と接続されている。

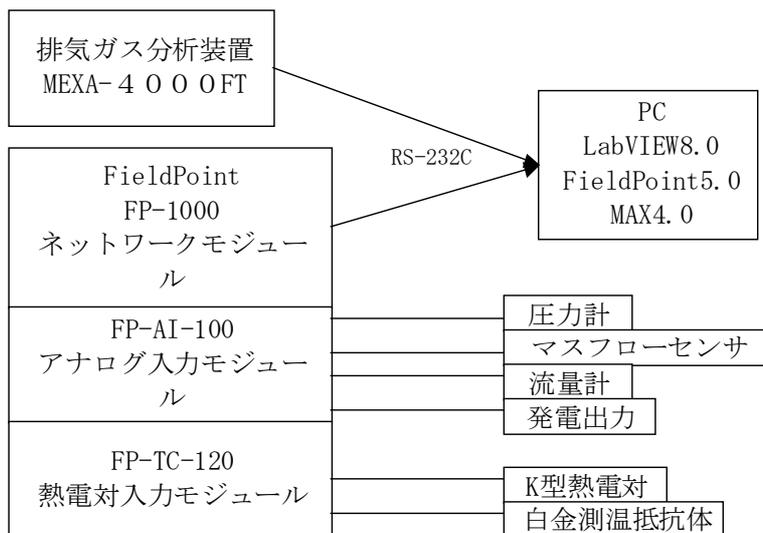


図 4 測定機器接続図

LabVIEW で FieldPoint からの取り込みを行う際には、図5のような専用の関数をブロックダイアグラムウインドに貼り付ける必要があり、外部機器を用いて信号の取り込みを行う際には、その機器が LabVIEW に対応していることに注意しなければならない。本システムで用いている排気ガス分析装置は、専用の関数がないため、LabVIEW 内で RS-232C を直接制御して計測データを取得した。



図5 FieldPoint 用関数

#### 4 マイクロガスタービンコージェネレーション設備計測システム

本装置を用いた学生実験や全学ゼミでは、エネルギー問題を背景とし、マイクロガスタービンを題材に一次エネルギー（天然ガス）から利用可能な電気エネルギーと熱エネルギーの変換において、エネルギー収支について運転実験から導きだし、コージェネレーションについて理解を深めることが目的である。したがって、計測では、1次エネルギーの投入量や発電量、有効な熱への変換量を瞬時に計測を行うことが重要である。

上記のような観点から、図2の通り学生実験・ゼミ用に計測システムを開発し、運転中の計測データが非常に見やすく、分りやすくなった。

#### 5 おわりに

本報告では、優れたユーザーインターフェース（UI）を持つナショナルインスツルメンツ社製の LabVIEW について述べた。また、LabVIEW の応用例として、マイクロガスタービンコージェネレーション設備の計測システムを開発した。

本報告で開発したシステムを機械系三学科学部二年生向けの機械工学実験「マイクロガスタービン」および、全学自由研究ゼミナール「マイクロエネルギー入門」で利用する予定である。

本報告は、2006年度工学部・工学系研究科技術職員個別研修の補助を受けたことを記し、謝意を表すとともに報告する

#### <参考文献>

- [1] ナショナルインスツルメンツ社、LabVIEW 入門、2005年10月
- [2] ナショナルインスツルメンツ社オンラインニュース、[http://digital.ni.com/worldwide/bwcontent.nsf/web/all/363D7006CA17E0CC4925714D002A45DC?OpenDocument&node=164800\\_ja](http://digital.ni.com/worldwide/bwcontent.nsf/web/all/363D7006CA17E0CC4925714D002A45DC?OpenDocument&node=164800_ja)
- [3] 笠木伸英, 浜名芳晴, 奥田英信, 三輪潤一, 君島真仁, 「28kW マイクロガスタービンの性能評価試験」, 第29回ガスタービン定期講演会, 講演論文集, 東京, 2001, pp. 83-88.
- [4] 東京電力プレスリリース 2003、<http://www.tepco.co.jp/cc/press/03082003-j.html>

## 35 型枠の作製

建築学専攻 田村政道

### 1. はじめに

コンクリートの供試体を作製するための型枠には種々の形状が存在する。そしてそれらは JIS で寸法及び誤差が詳細に規定されている。なぜなら、コンクリート供試体は強度試験に供されることがほとんどであり、破壊荷重を断面積で除して応力を求めるからである。

しかし、硬化したコンクリートの試験は強度試験だけではなく、耐久性に関するものなどもある。これらの試験には、前述の JIS 規格の型枠を利用（流用）することが多いが、試験によっては無理な場合がある。無理な場合は、試験目的に併せてオリジナルな型枠を作製することになる。

今回、中性子ラジオグラフィ法によるコンクリート中の水分移動の可視化に関する研究に供する試験体を作製する必要が生じ、検討の結果型枠を作製することになったのでここに報告する。

### 2. 使用材料

オリジナルな型枠を作製する際は、作製の費用、手間や精度、また耐久性などを総合的に判断して材料や形状を決定する必要がある。

一般に鋼製型枠は精度及び耐久性を確保しやすいなど長所がある。しかし、費用が高み、加工に時間がかかるなどの欠点がある。ただ特筆すべきは、コンクリートの打ち込み面の綺麗さである。これは、他の材料では実現できない鋼製型枠の長所である。それに比して木製型枠は、耐久性や精度はある程度犠牲になるが、作製が簡便であることや重量が軽いなどの長所がある。しかし、コンクリートの締め固め作業で型枠を叩く・パイプレータを使用するなどの作業の際に型枠が変形するおそれがあるなどの欠点がある。その他、鋼製型枠を流用して木製の仕切りで試験体寸法を変化させることや、円柱形の試験体の場合には塩ビパイプを切断して型枠として用いることなどもある。

今回は、実験計画からコンクリートの打ち込みまでの期間が短いこと、また、繰り返し使用の回数が少ないこと一度に必要な型枠の数が多いため。さらには、規格品の鋼製型枠を流用することができないことなどから、木製型枠を作製することとした。使用材料は、耐水性を確保するために合板の片面にウレタン塗装してある 12mm の耐水合板を用いることとした。

### 3. 型枠の設計

型枠寸法は、内寸 50×100×800mm であり、そこに打ち込まれるコンクリートの量は 4 リットル程度である。その際の重量は約 10kg 程度なので、コンクリートの自重による型枠の変形は無視できると考え、補強などは特に設けなかった。

図 1 に型枠の構成を示す。型枠の構成は、基準となる底板を巻く型式も考えられたが、今回はホゾ加工によることとし



図1 型枠の構成

た。それは、底板を巻くように構成した場合、加工は容易だが板同士の接合部から水分が漏れるおそれがあるからである。水分が漏れれば、固まったコンクリートの水セメント比が型枠ごとに異なってしまう。しかし、ホゾ加工した場合、加工精度は要求されるが、構造上接合部から水漏れしにくく、固まったコンクリートの水セメント比の変化を最小限に押さえることができるからである。

また、ホゾの深さは、経験上板厚の $1/2 \sim 1/3$ 程度が良いとされているので5mmとした。

#### 4. 加工

##### 4. 1 切断

今回は合板から必要な板材を切り出すのに写真1に示すパネルソーを用いた。パネルソーは、 $3 \times 6$ 版の合板をそのまま台に載せてカットでき、なおかつ直角を出しやすい。また、回転歯が移動するタイプなため比較的安全である。また、小さな断面の切断にはテーブルソーを用いた。テーブルソーは、パネルソーとは逆に回転歯が固定されていて、作業テーブル上の木材を移動させて切断するものであり、キックバックや巻き込まれなどの危険がある。

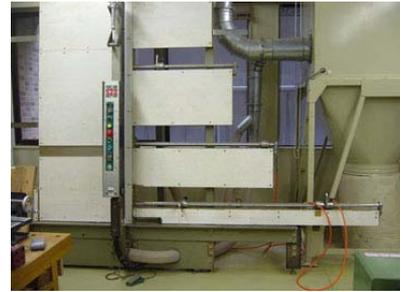


写真1 パネルソー

##### 4. 2 ボゾ加工

図2に示すように底板・側板部分にホゾ加工を施した。ホゾ加工は、ルーターを手にとっての加工も試みたが、歯の回転でルーターを真っ直ぐに支持することや直線的に移動させることが困難だった。

そこで、写真2に示すようなルーターテーブルに治具を装着し、ホゾ加工の溝が直線的かつ同じ深さになるよう工夫した。

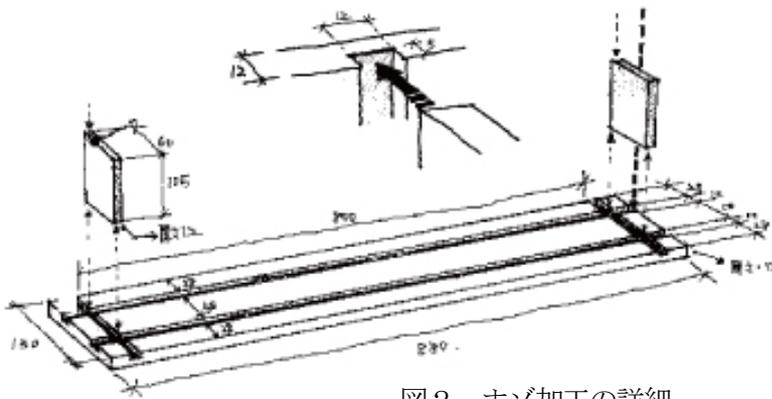


図2 ホゾ加工の詳細



写真2 ルーターテーブル

#### 5. おわりに

木材は比較的加工しやすいので便利であるが、「真っ直ぐ」「直角」「同じ深さ」「同じ寸法」などを追求するとそこには熟練を要するコツなどが存在する。それを補うものとして工作機械があるが、それでも精度を出すには、作業内容に併せた治具などを用いないとダメである。また、工作機械は電気を動力としているので、思わぬキックバックや巻き込まれなどの危険があることに注意しないと大けがをすることがある。

#### 6. 謝辞

型枠の作製において、2006年度OJTを活用させていただいた。ここに謝意を表します。

## 36 建物間 VLAN の運用

工学部・計数工学科（情報理工学系研究科・数理情報学専攻）瀬原貴史

### 1. はじめに

専攻や研究室の部屋が複数の建物やキャンパスに点在する場合がある。そのようなとき VLAN を利用すれば、建物にまたがって同じ LAN を利用できる。そうした建物間 VLAN を実現する技術と構成について報告する。

### 2. 各種タグ VLAN の概要

#### ・IEEE802.1Q (タグ VLAN)

Ethernet フレームに VLAN 番号を記したタグ情報を挿入して、フレーム単位で VLAN を区別する。複数の LAN スイッチをまたがった VLAN を作ったり、1 つのポートを複数の VLAN で利用したりすることが出来る。

#### ・IEEE802.1ad (VLAN トンネル, 拡張タグ VLAN, QinQ, スタック VLAN, ダブルタグ VLAN)

IEEE802.1Q VLAN タグにユーザーごとに割り当てられた通信事業者網内だけで使うタグを重ねて付与する。階層化されるので、利用できる VLANID 数が増え、ユーザー間の重複も避けられる。

#### ・IEEE802.1ah (MAC-in-MAC, PBB :Provider Backbone Bridge)

IEEE802.1ad と似ているが、通信事業者網の網端スイッチの MAC アドレスを重ねて付け、ユーザー MAC アドレスが学習されることは無いので、スイッチの負荷を軽減できる。また、利用可能 VLANID 数も飛躍的に増える。現在標準化作業中である。

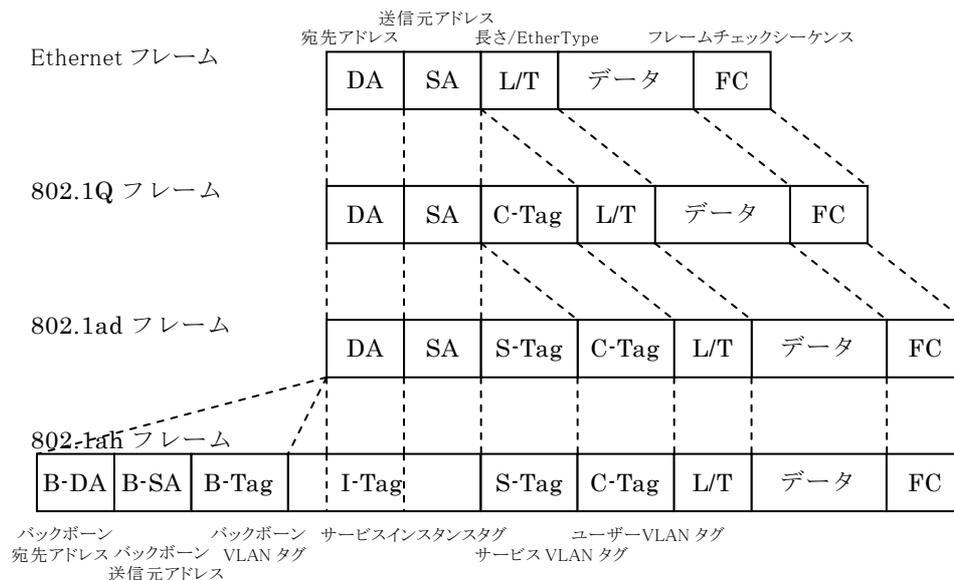


図 1：各種タグ VLAN フレーム形式

### 3. 建物間 VLAN トンネル構成例

専攻や研究室などのユーザー側では、タグ VLAN(802.1Q)の設定をし、UTnet 側の VLAN トンネルポート(802.1ad)と接続する。この接続は、両端の設定が異なる非対称リンクとなる。図 2 のように、ユーザー間で使用 VLANID(C-Tag)が重複していたとしても、VLAN トンネル入口でユーザー特定の VLANID(S-Tag)を重ねて挿入し、出口で削除されるので、問題なく通信できる。

なお、タグなしのネイティブ VLAN の通信にはタグを付ける設定が必要である。

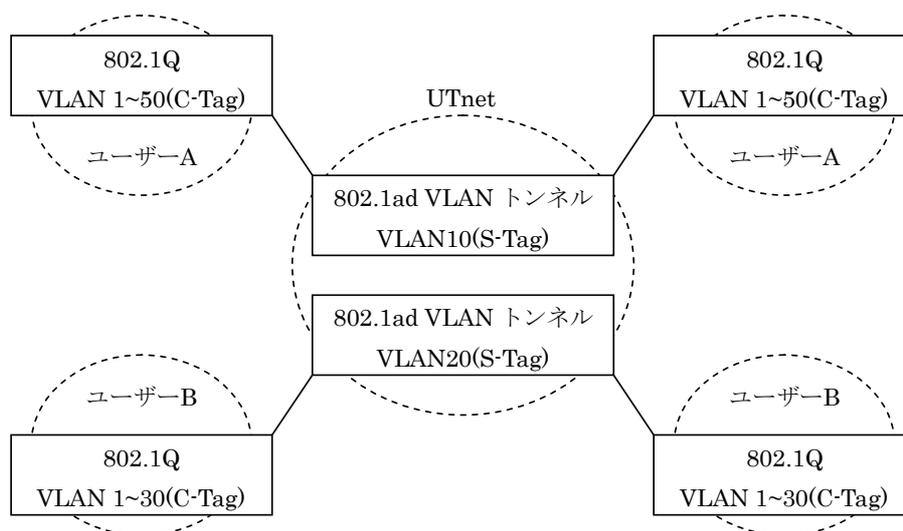


図 2 : 建物間 VLAN トンネル構成例

### 4. おわりに

IEEE802.1Q を利用すると、1 つの物理ポートを複数の VLAN で利用することが出来るので、建物やキャンパスをまたぐようなネットワークを、物理的構成に縛られず柔軟に構成することが出来る。

さらに、IEEE802.1ad や IEEE802.1ah では VLAN が階層化されるため、情報機器を複数の管理単位で共有する場合でも、VLANID の重複を避ける必要も無くなり、使用できる VLANID の数も飛躍的に増える。また、ユーザー側の VLAN の追加や変更も、上位の管理組織へ申請することなく自由に行えるなど柔軟に運用できる。

なお、この報告の一部は OJT で行ったものである。

### 参考文献,Web

- 802.1/802.3 の標準化動向  
All-in-One INTERNET magazine 2.0 (<http://i.impressrd.jp/>)
- ネットワーク技術 ITpro  
(<http://itpro.nikkeibp.co.jp/nettech/index.html>)
- Cisco IOS ソフトウェア コンフィギュレーション ガイド  
([http://www.cisco.com/japanese/warp/public/3/jp/service/manual\\_j/sw/cat60/iosscg/index.shtml](http://www.cisco.com/japanese/warp/public/3/jp/service/manual_j/sw/cat60/iosscg/index.shtml))
- @IT (<http://www.atmarkit.co.jp/>)

## 37 平成18年度名古屋大学総合技術研究会に参加して

精密機械工学専攻 碓山みち子

今回の総合技術研究会は参加者756名、口頭発表175件、ポスターセッション133件と過去最高の発表件数（参加人数）だった。最初に平野眞一総長の特別講演が行われた。名古屋大学はトヨタをはじめとする企業や中小企業などに支えられ、ものづくりができる環境に置かれている。ものづくりを支えるという点で技術部に期待しているというお話であった。その後8(11)のセッション、11会場に分かれて、発表が行われた。IB電子情報館は各机にコンセントが設置され、電源の心配をすることなくPCが使用できるため非常に便利であった。特別講演と参加したセッションだけであるが、発表内容・質疑と感想を報告する。

### 〈特別講演〉

#### ものづくりと材料イノベーションに想う

名古屋大学総長 平野眞一

「ものづくりは人づくりであり、又人づくりはものづくりの基礎である」といく信条に基づいて、ものづくりは理科系出身者が中心的役割を果たしていく必要がある。小学生の理科離れに対しては、理科が好きな方に小学校の教員になって欲しい。

昔は、理科の時間が沢山のあったが、今は実験をせずに教科書で結論だけを教えている。資源のないわが国は知を尊重し、科学技術創造立国になることが求められている。「知的向上、好奇心の醸成」が失われていることが心配、その問題解決の糸口として「正しい教育の実践」があげられる。理系で本当に良かったといえる環境をつくりたい。科学技術が悪者になっていることも否めない。影の部分はなくす努力をしていかななくてはならない。

ものづくりをする人の環境を整える必要がある。オンリーワンにならないと世界からたたかれていく。最近では短期決戦で製品化する方向になっている。例えばある自動車会社では、突然、外国から資本がきたり、組み立て部門が海外に移転したりと、崩壊が起こっている。研究は0から1へ立ち上げる所で非常に時間がかかる。このバックボーンを支えて来られたのが技術部の方々である。学生に知識を知恵として蓄えてあげることが必要である。名古屋地域は多くの工場を抱えていて、ものづくりの基盤がある。それを企業の方々が大切だと思っておられるので、名古屋大学は恵まれている。

総合知識と専門知識をもった人々をつくらないといけない。I型とT型をつくらないといけない。自分のやってきた技術を人に説明できる人も作らないといけない。環境を犯さず、自然界に学びながら材料を作ってきた。ものづくりは人づくりであるから技術部の方々の発展を期待したい。

### 〈口頭発表〉

#### 1. ものづくり教育における3次元データの利用について

西村世志人（山口大学 工学部）

3次元データの編集、作成のために溶解造形機、3次元スキャンソフトウェアなどを購入し「造形ものづくり教育維新プロジェクト」で自ら解を導き出す演習を行っている。創造的に解決するための発想法や、第三者に的確に伝えるための技法を用いて、発想法で解決した成果を表現させている。「できた3次元CADモデルに拘束条件をつけて、モデルが動くようになっているか」と質問したところ、「まだそこまでは指導していない。部品と部品を結びつける所までしか指導していない」という回答であった。

#### 2. 溶接シミュレーションと実習体験が融合する溶接実習教育の確立

石塚和則（釧路高専 機械工学科）

CADとCAEとCAMを取り入れ、力学系、設計製図系、溶接実験、切削加工まで含めたカリキュラムで教育している。発表者は3年次に溶接を担当し、内部評価においてCAE解析を取り入れ発表していた。「CAE解析において、メッシュをきるところが難しいのですが、そこはどのように指導していますか？」という質問に「有限要素法に詳しい教授がおられるので、その方が指導されています」という回答だった。高専などでは実験、演習は教授、助教授の先生方と一緒に取り組んでおられることが解った。東大の場合は技術職員一人で演習を担当する事が多く、学生の質問などに技術職員が対応しなければならないので、高専とは実験、演習に対する取り組みが違うと思った。

### 3. 医療画像を用いたシミュレーション支援システムの開発

高橋一郎（名古屋大学情報連携基盤センター）

生体データに対するシミュレーションが盛んに行われて、実際の医療現場で役立てていく研究が行われている。そこで、CTやMRIなどの医用画像をもとにボリュームデータを生成・加工し、解析に必要な入力データの生成、解析結果の可視化、コンテンツ生成を行う研究支援システムを開発している。3次元CADが医療現場で使用されていて活用されている。

### 4. 学生実験（情報工学）の紹介

寸田裕樹（広島大学 技術センター）

情報工学実験シラバスの一環で行われている演習（UNIXの基礎知識と利用法、Perlによるテキスト処理、C言語の基礎とプログラミング手法、グラフアルゴリズム、計算機による行列演算、Javaプログラミング演習などに技術職員として参加している。しかし、一人で学生の指導をすることもあるため、それらの勉強をしていると話されていた。質問は「計算機の演習は次々に新しい言語など出てくるが、それらを学ぶ際にセミナーや企業などの勉強会を利用するか」という質問に、「仲間の技術職員と一緒に学習しています」ということでした。ここでは助手がいないため、ほとんどが技術職員にまかされている形になっている。

#### <ポスター発表>

##### 1. 安全衛生巡視における技術職員の役割（技術支援の取り組み）

高濱邦高（神戸大学工学部）

神戸大学は神戸地震を経験したこともあり、技術専門員のほとんどが衛生管理者の資格を取得し積極的に安全衛生に取り組んでいる様子を発表していた。又保管庫・書庫・整理棚等の転倒防止策として、大学内の工作室で作ったアルミニウムA5000番を適当な大きさに切削して、穴をあけ、ビスでとめられるようにしていた。

業者に依頼すると1件2万円かかるのを、数百円のコストで仕上がる。又長さの変更にも対応できるので、場所に応じた対応ができています（図1）

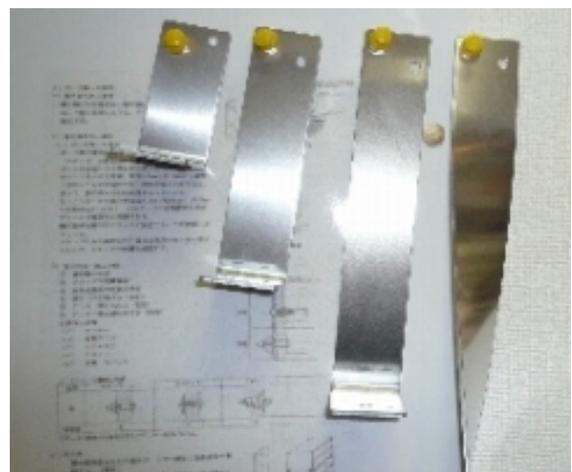


図1 転倒防止金具の提案

# 38 名古屋大学総合技術研究会聴講報告

機械工学専攻 石川明克

## 1 はじめに

本報告は技術部からの公募により、名古屋大学総合技術研究会<sup>(1)</sup>への参加の機会を得たので、その目的、内容、成果等について報告する。

## 2 聴講の目的

筆者は平成 18 年度個別研修において、研修内容との関連から e ラーニングの学習をしていた。これについては別途報告するが、この分野は初心者であるため、学習機会の一つとして本技術研究会を聴講することにより情報・システム技術に関する知識を得ることを目的とした。したがって、参加研究会の選択は主に情報・システム技術研究会の口頭発表と関連ポスター発表であり、一部実験・実習技術研究会を聴講した。

e ラーニングシステムの構築は情報・システム技術の基本から応用までの全般の技術を利用するもので、本技術研究会のように多くの大学・高専等の情報・システムについての実用や開発の例を聴講することは非常に有意義な結果になるとの見込みがあった。

なお、通常使用される情報・システム関係キーワード以外のものは参考文献に関連 Web サイトの URL を掲載したので、参考にさせていただきたい。

## 3 聴講内容と成果

以下に具体的に聴講した報告の一部について、口頭発表毎に内容や得られた知識等を報告する。

### 3. 1 学科サーバ更新とセキュリティ対策

本報告は群馬大学工学部技術部近藤良夫氏の口頭発表である。システムの専門家でないと言う氏のサーバシステムの更新作業が報告された。ここでは以下のように、機器やシステムの選定に関する内容について記述する。

#### (1) サーバ機の選定

予算の都合もあるということで安価で RAID1 に対応できる機種から Dell PowerEdge800 に決定している。ここで RAID 1 とはデータを 2 台のディスクに同時に書き込むことで、「ミラーリング」とも呼ばれる。アクセス速度の向上はないが、ディスク故障に起因するデータの損失やシステムの停止が起きない機能である。

#### (2) OS (オペレーションシステム) の選定

FedoraCore、Vine Linux、Dbian GNU/Linux の中から選定したが、群馬大学総合情報処理センター職員の助言から FedoraCore に決定している。これより、自分でサーバを構築する場合でも、情報システム部門との協力が必要なことがわかる。事実、サーバのセキュリティ対策等の難しい部分は上述センター職員と相談して決定している。

#### (3) その他の選定

Web サーバについては多くのインターネットサーバで使用されている Apache を、また、ネ

ネットワーク上を流れるデータが暗号化されるためインターネット経由でも一連の操作を安全に行なうことができる SSH (セキュアシェル) サーバは、BSD ライセンスの下で誰でも自由に利用及び再利用することができる OpenSSH を選定している。

### 3. 2 名古屋大学における OpensourceLMS<sup>(2)</sup> の活用事例

本報告は名古屋大学全学技術センター情報通信技術系谷口泰広氏の口頭発表である。学習管理システムである LMS (ラーニングマネジメントシステム) の構築の内容を以下のように発表している。なお、図1はeラーニングシステムの構成である。

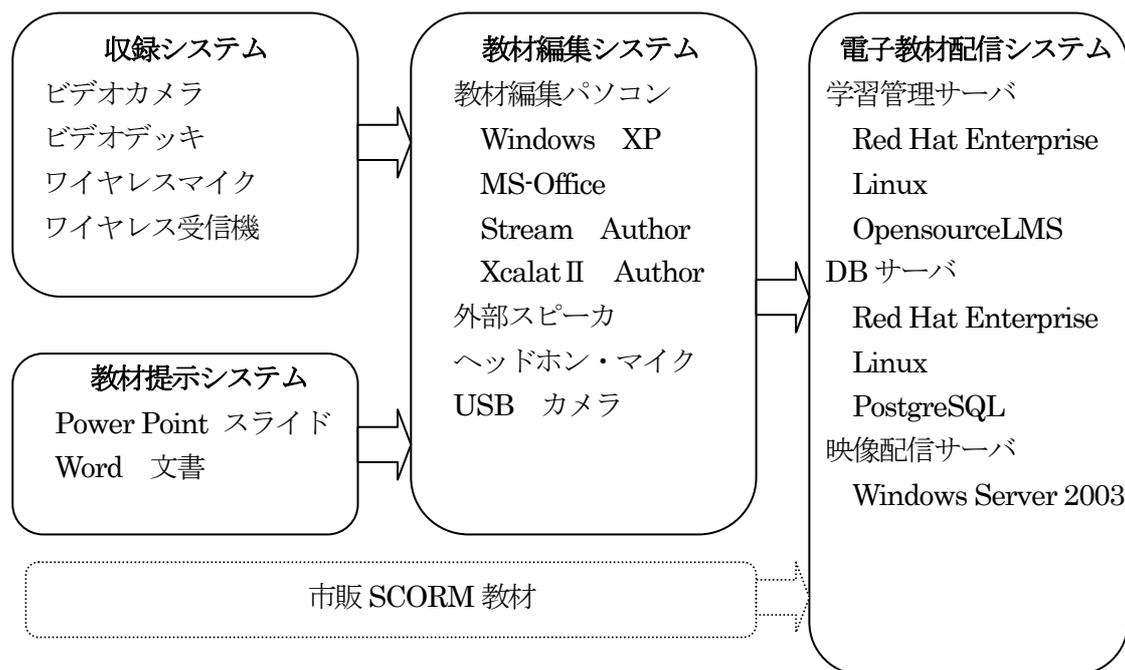


図1. e-Learning システム構成<sup>(3)</sup>

- (1) 収録機器の選定：ビデオカメラ、ビデオデッキ、ワイヤレスマイク、ワイヤレス受信機で、具体的な機種名は不明だが、映像品質を可能な限り確保できる仕様で構成しているとのことだった。
- (2) ビデオ編集：編集作業が容易な WindowsXP パソコンを選び、電子教材作成に使用するアプリケーションは、映像コンテンツと同期して PowerPoint スライドを表示可能な有料の Stream Author<sup>(4)</sup> を採用している。
- (3) 電子教材配信システム：利用者数の増加を考慮し、リレーショナルデータベース PostgreSQL 利用のデータベース (DB) を使用したサーバ及び映像配信サーバ (WindowsServer2003) を追加することにより、負荷を分散させ、より安定した運用が可能となるようにしている。
- (4) 学習管理サーバに導入する LMS：選定にあたり十分検討した結果、OpensourceLMS が採用された。ここで、OpensourceLMS は日本電信電話株式会社(NTT)が 2004 年 9 月から NTT オープンソースライセンスの元に公開している LMS で以下の特徴を持っている。
  - 利用に際してライセンス費がかからず、Linux OS、Apache Tomcat、PostgreSQL といったライセンスフリーな環境で動作するので、低コストで導入できる。
  - 様々なタイプのコンテンツを教材として登録できる。また、教材の準備ができたところから学

習者に公開し、次第に教材を拡充していく、ボトムアップ的なアプローチで e ラーニングを提供することが可能である。

- 最新の e ラーニング標準規格 SCORM2004<sup>(5)</sup> に対応している。SCORM1.2 の教材に対しても高い互換性を持っている。  
したがって、サーバで動作する Java アプリケーション機能を持ち、SCORM2004 対応から市販の教材も学習者に公開可能となっている。

### 3. 3 プロジェクトチームによる他組織 Web ページ作製業務への取組みについて

本報告は愛媛大学工学部技術部宮田晃氏の口頭発表である。他の組織からの依頼に対して、技術部として取り組んだ新たな業務形態の様子が、作製された CSS (カスケーディングスタイルシート)、CGI (コモンゲートウェイインターフェース) 等の技術内容を交えて紹介されている。以下に概要を説明する。図 2 に現在のページのデザインを示す。

Access counts: 60226 (Since 2005.12.21)

国立大学法人 愛媛大学  
産業科学技術支援センター

トップ | 科学技術相談 | 共同・受託研究 | 研究Seeds | 公募情報 | 研究協力会 | 刊行物 | サイトマップ | リンク

センター長挨拶  
センター組織図

総合窓口  
〒790-8577  
松山市文京町三番  
TEL: 089-927-8819  
FAX: 089-927-8820  
mailto:center@ocr.ehime-u.ac.jp  
地図・交通アクセス

新着情報

- 2007.3.1 成果報告書第10号およびセンター報第11号を発行しました
- 2007.3.1 「Nano&Neo新機能性材料展2007」に出展しました
- 2007.2.5 JSTシーズ発掘試験申請書BUMのご案内(学内限定)
- 2007.1.31 「平成19年度JST分野別における産学官連携・ビジネス支援説明会」開催のご案内
- 2007.1.22 平成19年度「シーズ発掘試験」の公募について
- 2007.1.22 平成19年度「シーズ発掘試験」の申請方法について(学内限定)
- 2007.1.5 1/24(水)平成18年度第4回えひめ630倶楽部の開催について(ご案内)

図 2. ページデザインの現状<sup>(6)</sup>

- (1) 受託した業務については「社会連携推進機構」(以下機構)から Web ページ作製の依頼があり、業務の遂行にあたって作業メンバーが公募された。その結果技術部の 4 技術班から 7 名による「HP プロジェクト」が結成され、メンバーが各々得意分野を持ち寄り、協力して作業にあたっている。
- (2) リニューアルを期に、機構側の利便性を考慮して専用のサーバを構築することを提案し、ハードウェアは機構側で用意され、ソフトウェアのインストール及びサーバ管理全般は技術部に委ねられた。
- (3) 技術的内容については CSS と CGI の使用に関して報告された。CSS は Web ページの「見た目」を指定するためのスタイル記述言語の一つである。スタイルに関する設定を一箇所でまとめて行えるため、Web サイト全体のデザイン統一が図れ、訂正も一箇所のみでページ全体に適

用されるメリットがある。

CGIはクライアントからの要求に応じて、サーバが何らかの処理を行い、その結果をクライアントに返答する仕組みで動的な Web ページの作製に使用される。ここでは、アクセスカウンタ、最終更新日表示、新着情報入力・表示、ページ検索の処理に利用されている。

#### 4 おわりに

技術部による学外技術研修費については平成 19 年 3 月が最初であるが、隔年開催の総合技術研究会に限らず、個別の技術研究会は毎年開催されているので今後も本研修費の継続されている。

アカデミックな研究報告が主体の学会と相違して、技術研究会は各自テーマを持って参加すれば、相当の成果が期待できるもので、職務上、タイムリーな技術的知識が必ず得られることと信ずる。より多くの技術職員の参加を期待したい。

#### 参考文献

- 1) 名古屋大学総合技術研究会ホームページ、<http://tech2007.tech.nagoya-u.ac.jp/>
- 2) OpensourceLMS サポートサイト、<http://osl.xcalat.com/>
- 3) 平成 18 年度名古屋大学総合技術研究会情報・ネットワーク技術研究会報告集、p 69
- 4) StreamAuthor 製品サイト、[http://jp.cyberlink.com/multi/products/main\\_7\\_JPN.html](http://jp.cyberlink.com/multi/products/main_7_JPN.html)
- 5) SATT (株) サイト、「SCORM とは」ページ、<http://satt.jp/tech/scorm.htm>
- 6) 愛媛大学産業科学技術支援センターホームページ、<http://www.ccr.ehime-u.ac.jp/ccr/>

# 39 平成18年度名古屋大学総合技術研究会参加報告

環境海洋工学専攻 榎本昌一

## 1 総合技術研究会とは

総合技術研究会とは大学共同利用機関および各大学・高等専門学校が、日常業務で携わっている実験装置の開発、維持管理から改善、改良などの話題に及ぶ広範囲な技術的研究支援活動について発表する研究会として企画されたものであり、発表内容も通常の学会等とは異なり、日常業務から生まれた創意工夫、失敗談等を重視し、技術者の交流および技術向上を図ることを目的にしているものである。

18年度の総合技術研究会は名古屋大学に於いて、平成19年3月1日（木）から3月2日（金）までの2日間開催された。参加者数は756名、口頭発表175件、ポスター発表133件であった。

今回、技術部からの派遣という形で、この研究会に聴講として参加した。



写真1 平野眞一 名古屋大学総長 特別講演



写真2 発表風景

## 2 内容と成果

この研究会は機械・ガラス工作技術研究会、装置技術研究会、回路・計測・制御技術研究会、極低温技術研究会、情報・ネットワーク技術研究会、生物科学技術研究会、分析・環境技術研究会 実験・実習技術研究会と多岐に分かれており、我々技術職員の業務をカバーしていると言っても良いであろう。

今回は私の業務に関わりの深い分野である情報・ネットワーク技術研究会と実験・実習技術研究会に出席した。その中でも、「無線 LAN ネットワークの認証システム」、「WEB システムによる電力量監視システム」、「並列計算パソコンの作成」、「学生実験テキストの DVD 補助教材の開発と成果」という発表が現在の私の職務との関連が強く、参考となった。

- |   |
|---|
| <p>(1) ネットワーク認証を用いた学内無線 LAN システム (電気通信大学技術部)<br/>ネットワーク認証システムを用いた無線 LAN システム (松江工業高等専門学校)</p> |
|---|

無線 LAN ネットワークの認証システムは、管理者に負荷のかからない、セキュアな管理を行える手法を得られるものと思っていたが、内容は全学レベルの無線 LAN ユーザー認証の手法とのことで、期待していた研究室レベル、専攻レベルでのものではなかった。しかしながら、RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Services) や LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) を使った認証システムの構築など、とても興味を引いた。

**(2) UNI ボードを使った多チャンネル電力量測定機の開発 (九州工業大学情報工学部)  
WEB システムによる電力量監視システムの構築 (熊本大学工学部技術部)**

このシステムは、昨年夏に九州工業大学で行われた情報技術研究会において、同様の発表を聞いている。センサーとなる自作マイコンと WEB との接続手法が、学生演習に使えるのではと、考えている。

**(3) 並列計算パソコンの作成 (鳥取大学工学部)**

並列計算パソコンの作成では、MPI (Message-Passing Interface) というソフトを使っただけのクラスタ計算機の製作であったが、私もこのモジュールを使い工学部 OJT を受けたことがある。CPU の主流となりつつある Core2Duo (Intel 社の CPU) での応用 (Dual CPU 搭載の 1 台のノート PC でのクラスタリング) は、今後研究室で高速計算機が必要とされた場合、参考になるものと思われる。

**(4) 学生実験テキストの DVD 補助教材の開発と成果 (東京大学大学院総合文化研究科・教養学部)**

DVD 補助教材の開発と成果では、私の所属する研究室で開発した知識獲得システムを e-learning 的に集約した CAD 教育支援システムとの比較が出来た。

### 3 懇親会

私の所属する研究室では、学会等の懇親会は必ず出席することとなっている。発表では理解できなかったことを更に深く聞いたり、自分の考えについてのアドバイスをもらうことが出来る。それよりもいろいろな方との交流がおもしろい。

今回懇親会も盛大に行われた。懇親会では今回発表された方とのディスカッション、また、前回鳥取大学で行われた同研究会や、昨年の夏に九州工業大学で行われた情報技術研究会に参加された方々と久しぶりに会うことができた。また、ご当地名産物が嬉しい。きしめんがおいしかった。

### 4 感想

主に情報系の発表を聴講したが、技術部としての発表が多く、内容も管理業務についてのものが多かったが、研究室の研究に役立つ技術も含まれており、今後の自分の技術向上について非常に有効な機会であった。

最後にこのような研修の機会を与えて頂いた関係者の方々に感謝するとともに、今後もこのような研究会に多くの技術職員が参加、そして発表することが出来るような環境整備をお願いいたします。

## 40 名古屋大学総合技術研究会に参加して

建築学専攻 田村政道

### 1 はじめに

3月1日～2日に名古屋大学総合技術研究会へ聴講参加として派遣され、いくつかの講演やポスター発表を聴講したのでそれについて報告する。

### 2 口頭発表

#### 【コンクリート供試体用クラッシャーの開発研究】

○内村和弘（松江工業高等専門学校実践教育支援センター 技術室）

近隣業者から排出される強度試験用コンクリート供試体を粉砕する装置を製作したという報告であり、油圧を用いて適度な速度で安全に粉砕できるのは良いアイデアだと思った。

しかし、最近のリサイクルの流れとしての骨材の再利用や、環境問題として粉砕の際に出る大量の粉塵についての検討がなされてなかったのは若干残念である。また、粉砕可能な形状も円柱試験体のみであり、様々な形状のコンクリートや鉄筋コンクリートなどに対応可能となればさらに有用であろうと思われた。

#### 【廃棄冷蔵庫を利用した完全制御型植物育成装置の製作と植物栽培の研究】

○岡井善四郎（福井大学工学部）

廃冷蔵庫とLED光源、CO<sub>2</sub>濃度コントローラを組みあわせて植物の育成装置を安価に作成したという発表でありなかなか興味深かった。

これを応用して断熱性能と耐水性能を満足させ、さらに温度コントロールが可能であれば、試験槽などを作製できるであろう。例えばコンクリート用に作製するとしたら、CO<sub>2</sub>濃度を増加させるなどの工夫を施せば中性化促進槽なども安価に製作できるであろう。

#### 【燃焼火炎中の白金熱電対の放射伝熱・熱伝導温度補正法と学生実験導入の試み】

○高野 剛（新潟大学工学部）

実験や温度制御・モニタなどに多く用いられている熱電対の測定誤差について理論的に考察し、それを実験的にわかりやすく説明している発表であり大変参考になった。

熱電対は雰囲気温度を計るには簡便であるが、局所的でしかも放射の影響を受ける場合、誤差をそのまま取り込んでいる可能性が高く、熱電対の太さや計測器までの配線に至までその影響を考慮しなければ真の温度計測はできないと認識した。

#### 【廃ガラスの再資源化とその利用方法について】

○川口 隆（愛媛大学工学部）

ワンウェイびんなどの廃ガラスをカレット加工し、高分子系樹脂による景観歩道舗装の表層用骨材として有効利用しようとする試みであり興味深かった。耐久性・耐候性についての実験はその後も継続中のことであり、また、民間との共同研究でもあるとのことであった。

近年、舗道の表情に変化をもたらす効果もあり、舗装材として様々な材料が用いられる傾向にある。それらも総合的に検討するとともに、すり減り量を定量化する方法などの検討を行えば、より有意な内容になると思われた。

### 3 ポスター発表

#### 【水銀圧入ポロシメータの細孔径分布測定と安全対策】

○和藤 浩（三重大学工学部・工学研究科 技術部）

当研究室も水銀圧入ポロシメータを保有しており、コンクリート中の細孔径分布の測定などに用いているが、昨年、院生が作業中に水銀をこぼす事故が発生しており、その対応と現場の水銀除去に苦労したところである。

今回の報告では、数々の安全対策が施されていており、当研究室の安全管理方法が十分なものであるのか疑問に思うところもあり、また、取り得る安全対策に対しての指標が得られて有意義だった。

#### 【電子レンジを用いたミニたたら】

○山本誠司（松江工業高等専門学校実践教育支援センター 技術室）

たたら製鉄とは、鉄の原料として砂鉄を用い、木炭を燃焼させることにより砂鉄を還元して鉄をつくる方法とのことである。報告では、小型炉法や瞬間製法の欠点を補う簡便な方法として、砂鉄と木炭を電子レンジで加熱して鋼を得る方法を紹介されていた。

職務とは直結しないがなかなか面白い試みで興味深かった。以前、セメントを研究室レベルで作製しようとしたことなどを思いだした。機会があれば挑戦したいものである。

#### 【コンクリートカヌー製作】

○今村康博（熊本大学工学部）

平成18年度土木学会全国大会のコンクリートカヌー競技会に参加した報告だった。

再生骨材を使用し、フェロセメントを用いるなど興味深い点がいくつかあったが、一番気になったのは、船体の解体に用いた「水中パルス放電法」である。

これはCOEプログラムのひとつとして熊本大学で研究されているとのことであるが、今回の発表者はそのプログラムに直接関係しておらず、詳細をうかがえなかったのが残念だった。

### 4 おわりに

今回、技術部からの公募に応募する形で総合技術研究会に参加した。直接業務と関係ない発表でもなかなか興味深いものが多かった。また、発表のここを聞きたいと意気込んでいたのに、違う部分が気になってしまったものもあったし、本報告からは割愛したが社会貢献して成功している例などもあり、全国の技術系職員が頑張っていることを目の当たりにできた。そういう意味では、いろんな刺激を受けたし、参加して良かった。

ひとつ気になったのは、名古屋大学で「全学技術センター」として動いている実態であり、また、高専機構ではそれぞれの高専に「支援センター」として組織化されていることだった。果たして自立性が担保されているかなどの様々な不安が頭をよぎった二日間でもあった。

# 41 名古屋大学総合技術研究会参加報告

応用化学専攻 坂下 春

## 1 はじめに

3月1日～2日に開催された平成18年度名古屋大学総合技術研究会へ聴講参加してきたので、聴講した講演やポスター発表のいくつかについて紹介、報告する。

## 2 口頭発表・ポスター発表を聴講して

### 2-1 実験実習技術研究会

#### ●【有機化学実験その現状と役割】京都大学工学研究科 廣瀬守

京都大学工学部工業化学科では今年度組織の再編が行なわれ、3年生の学生実験も従来の工業化学実験から工業基礎化学実験、創成化学実験に別れ、再編後、有機化学実験も物質・エネルギー化学、分子工学、合成・生物化学の各専攻のニーズに合わせたテーマ作りを行っている。学生が各専攻の講座に配属され、大学院生と共に卒業研究を行うために必要な実践的な実験テーマ選びがされていることの紹介があった。東京大学の化学生命系の学生実験においても、それぞれの分野別の学生実験の中身については吟味され実験テーマの改善等が行われているが、それぞれの分野間の連携したテーマの構築はされていない。この発表を聞いて化学生命系においても、例えば合成反応の実験から生成物の分析、物性試験、コンピュータシミュレーションまでを連携・統合したカリキュラム作成の必要性を感じた。また、その後情報交換会において当方の生命工学実験における学生実験の現状と、実験場の化学物質の安全性やその取扱いに対する学生への指導方法等意見交換を行い、有意義な各種情報交換ができた。

### 2-2 分析・環境技術研究会

#### ●【QMS ガス分析装置による呼気アルコールの測定】日本原子力研究機構 新井 貴

化学・生命系共通機器として扱っている QMS によるガス分析として、当方が行なっている GCMS による分析との利点欠点について論議した。試料の直接導入による分析は感度が高く、また呼気等のアルコール類が主となる分析においては GCMS よりも迅速かつ高感度で測定できることがわかった。ただし、呼気収集や皮膚からの排泄ガスの採集、また、ガス導入機構においては技術的なノウハウがあり、お互いの経験をもとに情報交換を行った。呼気収集には死腔体積部分を分別除去できる逆止弁付サンプルバックを使用している。また排泄ガスの採集には、額に排泄ガス採集ヘッドをあて、負圧状態にしたサンプルバックを用いている。この方法によると、呼気分析においてアルコールの検出感度は数 ppm 台まで測定可能であることがわかった。

#### ●【元素分析を始めて】大阪大学理学研究科 飯島憲一

化学・生命系共通機器として管理、実験指導を行なっている CHN 元素分析について、使用しているお互いの装置の紹介と、測定誤差をいかに最小限とするか、また、信頼できるデータ測定のために何が必要かを事例を挙げて共に検討した。大阪大学の元素分析室ではヤナコ社 CHN コーダーを使用しており、当方でも以前使用していた装置であり、分析結果に大きな影響を与える燃焼方法や触媒の工夫、炉の温度など試料ごとに細かく条件を変えるのにもその工夫の自由度が高いと感じた。また、測

定におけるランニングコストも現在使用しているパーキンエルマー社製の装置と比べ安価に運用できそうである。この発表も参考にして今後、CHN 元素分析装置の測定精度向上や運用コスト削減に努めたいと考えている。

## 2-3 情報・ネットワーク技術研究会

### 【SPAM Firewall の導入】 分子科学研究所 内藤茂樹

自然科学研究機構岡崎情報ネットワーク管理室では平成 18 年 11 月より年々増大するスパムメールへの対策の一環としてアンチ・スパムシステム Barracuda SPAM Firewall 導入に関する報告である。この機器の性能は以下のとおりである。

- 1 日あたりのメール処理能力：1000 万
- アクティブメールユーザ数：3000～10000
- ドメイン：5000
- 隔離保存容量：100GB
- Network I/F：1GbEther×2

本システムのテスト運用ではメールサーバへのリクエストはそれぞれ 20 秒以上レスポンスが返って来ないことによるタイムアウトの発生等いくつかの障害が確認され、それら対策を行った上、本運用を開始した。しかしメールが隔離された時に自動的にアカウントが生成されるが、存在しないアドレスもアカウントが生成され、そのようなアドレスが 1000 以上にもなった。これはスパムメール送信者が適当なアドレス宛に送信し、そのうち何通かが届けばよいという方法をとっていることの証拠でもある。また、運用 2 ヶ月で全メール中の隔離メールの割合が半分以上を占めていることも明らかとなった。

### 【メールヘッダを利用したスパムフィルタとその結果について】 北海道大学 相馬崇宏

北海道大学情報基盤センターではメールヘッダの内容に基づいたスパムフィルタリングを 2006 年 3 月から行っている。スパムの特徴として RFC の規定に従っていないのが多く見られるほか、ホスト名詐称、不正形式ヘッダ、マルウェア感染クライアントからの送信などがある。フィルタの設定項目分類は以下のとおりである。

- ホスト名詐称：北大のホスト名・IP アドレスを名乗るもの。
- 不正形式 Message-ID：RFC で定められた形式から逸脱する Message-ID を持つもの。
- 不正タイムゾーン：+10000 等のあり得ないタイムゾーンを持つもの。
- 特定ヘッダ：X-Info,X-IP,X-Message-Info のヘッダを持つもの。
- 特定ドメイン・IP アドレスブロック：スパムの大量送信元となっていると思われる、特定のドメインや IP アドレスブロック。
- 直接送信：DNS 逆引きホスト名から判断し、ISP 等のエンドユーザ端末と推測されるホストから送信されたもの。

スパムメールは当専攻でも対策に悩まされているが、完璧にスパムメールとしての判別ができない例とその対策についてなど情報交換を行なった。

## 3 おわりに

総合技術研究会に参加し、全国で多くの技術職員がさまざまな分野で活躍していることがわかり、また、専門分野での交流の大切さを再認識できた研究会であった。

## 42 環境計量士資格の取得について

化学システム工学専攻 大沢 利男

### 1. はじめに

計量士は計量法に定められた資格であり、「計量器の検査その他の計量管理を適確に行うために必要な知識経験を有する者」と規定されている。計量士はその職務内容に応じ、区分が分かれており、環境計量士(濃度関係)、環境計量士(騒音・振動関係)および一般計量士の3区分がある。計量士の職務は、具体的には事業所等での計量器の整備、計量の正確保持など適正な計量の実施を確保するための措置を講ずること、あるいは濃度、騒音、振動について計量証明を行うこととされている。今回、環境計量士(濃度関係)の資格の取得をめざし、1年がかりで取り組んだのでその経験を報告する。

### 2. 環境計量士の概要

環境計量士(濃度関係)は濃度の計量および計量管理に係わる職務を担当し、大気関係では工場から排出されるばい煙や環境大気中の有害物質、悪臭物質等の測定、水質・土壌関係では工場・生活排水などによる汚濁物質排出状況、河川・湖沼・海域の汚濁状況や有害物質の不適切な処理による工場跡地等土壌汚染状況の測定、分析を行うとされている。主に都道府県知事の登録を受けた計量証明事業所で働いており、計量証明書(分析・測定結果を証明する文書)を発行する際には、環境計量士の押印が義務付けられている。

環境計量士になるには受験資格は必要なく、誰でも受験することができる。「計量士国家試験に合格した者で、産総研計量研修センターが行う環境計量講習(期間 1 週間)を修了すること、または環境計量の実務を 1 年以上経験すること」となっており、実務経験がない場合は、計量講習を受講することにより、資格を取得することができる。表1に本年3月に行われた計量士国家試験の概要を示すが、資格取得には申込から計量士登録まで概ね 1 年近くが必要である。

### 3. 環境計量士試験の受験

平成 18 年度(第 56 回)に受験したが、前年 10 月の願書提出と同時に参考書を買って求め、受験勉強を開始した。試験科目は表2のように4科目からなっている。試験対策は環化、環濃に関しては過去問の解答を中心にし、その周辺を「環境計量士への近道」を使って勉強した。法規、管理については「環境計量士への近道」を通読し、理解を深める努力をした。勉強時間を十分確保できなかったが、3月の試験を受験した。自己採点では合格は望み薄だったが、6月初旬に合格証書が送られて来た。受験した 18 年度

**表1 平成 19 年度(第 57 回)計量士国家試験の概要**

願書受付期間:平成 18 年 10 月 16 日(月)～10 月 31 日(火)

試験日:平成 19 年 3 月 4 日(日)

受験手数料:8,500 円

合格発表:平成 19 年 5 月末

環境計量講習:7 月～12 月の間の4日間(講習費:91,100 円)

産総研計量研修センター

計量士登録:都道府県計量検定所を通じて登録

(登録免許税:30,000 円)

は問題が例年に比べ難しかったため、合格基準となる最低点を下げたようだ(表4)。7月につくばの産総研計量研修センターにて4日間の環境計量講習を受講した後、合格証、講習修了証とともに登録申請を行い、9月に東京都計量検定所を通じて計量士登録証を受け取った。かかった費用は概要に示した受験料、講習費、登録費の他、参考書代、旅費等を含めて総計 16 万円余りであった。

**表2 環境計量士(濃度関係)の試験科目**

環境関係法規及び化学に関する基礎知識(環化)  
 化学分析概論及び濃度の計量(環濃)  
 計量関係法規(法規)  
 計量管理概論(管理)

#### 4. 今後の予定

環境計量士は大気中へ排出されるガスや下水道へ排出される排水に含まれる有害物

質の測定、分析が主で、計量証明事業所で働くことによりその資格を生かすことができる。すぐには大学等でその資格を生かすことは難しい。

労働者の健康を守るために事業場の作業環境測定を行う作業環境測定士の資格を取得するには学歴により1から3年の実務経験を必要としている。しかし環境計量士の資格を持っていると実務経験は必要なく、試験に合格するか、免除講習を受講することにより作業環境測定士の資格要件を満たすので、その後登録講習を受けることにより、作業環境測定士資格を得ることができる。作業環境測定士資格には第二種と第一種があり、第二種を先に取得した後、第一種を取得することができる。第二種作業環境測定士の資格を得ることを目的に平成19年度工学系研究科技術部個別研修(FJT)に応募、採択されたのでその結果は来年度報告する。

なお本資格の取得には研究室から旅費、講習費等支出していただきました。感謝いたします。

**表3 使用した参考書**

環境計量士への近道(上、下)第7版 定価各 4,830 円  
 環境計量士国家試験問題の正解と解説<第32回> 定価 3,885 円  
 環境計量士試験 精選問題集 定価 3,990 円

表4 環境計量士(濃度関係)年度別合格率(経済産業省ホームページより)

	平成13年度 第51回	平成14年度 第52回	平成15年度 第53回	平成16年度 第54回	平成17年度 第55回	平成18年度 第56回	平成19年度 第57回	
出願者数	5,845	7,465	8,445	8,914	8,011	7,652	7,345	
受験者数	3,880	4,813	5,335	5,630	5,123	4,921	4,752	
合格者数	474	761	611	669	1,340	590	563	
合格率	12.2%	15.8%	11.5%	11.9%	26.2%	12.0%	11.8%	
合格 基準	専門	28/50 問	28/50 問	26/50 問	28/50 問	30/50 問	23/50 問	27/50 問
	共通	28/50 問	30/50 問					

#### 【関連ホームページ】

経済産業省資格・試験 <http://www.meti.go.jp/information/license/index.html>: 計量士国家試験の実施  
 日本環境測定分析協会 <http://www.jemca.or.jp/info/>: 環境計量士受験用書籍、講習会の実施等  
 産総研計量研修センター <http://www.nmij.jp/metroltrain/index.html>: 環境計量講習の実施  
 安全衛生技術試験協会 <http://www.exam.or.jp/index.html>: 作業環境測定士国家試験の実施  
 日本作業環境測定協会 <http://www.jawe.or.jp/index.html>: 作業環境測定士登録講習の実施

## 43 環境に関わる計量管理技術の習熟

化学システム工学専攻・安全衛生管理室 伊藤 葵

### 1. はじめに

環境に関わる計量について、平成 18 年度工学部・工学系研究科個別研修(FJT)を受けた。化学分析の基礎、化学分析方法及び濃度の計量方法、計量技術、計量関係法規、検定制度、計量機器の校正などについて学んだ。これらの計量管理技術に関して以下に概要を報告する。

### 2. 化学分析の基礎

化学分析の基礎知識は物理化学、無機化学および有機化学の化学分野全体に関わる。原子と元素、原子の電子配置、原子量、質量普遍の法則、定比例の法則、倍数比例の法則、アボガドロの法則など最も基本的な事からを明確にしておくことを求められる。混合物の質量%濃度、モル濃度、気体の状態方程式、混合気体、水素イオン濃度指数、溶質の溶媒に対する溶解度など濃度に関する基礎知識を要求される。有機化合物では構造異性体、立体構造など、無機化合物の構造と性質など物質の理解を求められる。また、エンタルピー、エントロピー、双極子モーメント、内部エネルギー、波長とエネルギーの関係、化学反応、反応速度定数など基礎化学の幅広い知識を求められる。

### 3. 化学分析の方法及び濃度の計量方法

実際の環境分析に於いて大気中の揮発性有機化合物、無機ガス、排ガス中のダイオキシン類の分析など対象物質により計量機器を選定する。計量機器に関しての測定原理、機器の構成や特性、使用上の注意から、ガスクロマトグラフ法(GC)、ガスクロマトグラフ質量分析法(GC-MS)、高速液体クロマトグラフ法(HPLC)、高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法(ICP - AES)、ICP 質量分析法(ICP - MS)、フレイム原子吸光分析法(AAS)、蛍光 X 線分析法(XRS)、粉末 X 線回折測定法(XRD)、分光学的各種方法(種々の波長領域の電磁波を用いた分光学的的方法)、イオン電極分析法(排ガス中の塩化水素の分析)などに関する計量管理技術の習熟が求められる。

### 4. 計量関係法規

主な環境計量法規には計量法、大気汚染防止法、水質汚濁防止法、ダイオキシン類対策特別措置法などが主なものである。

計量法(計量管理)：物質の状態の量を測る、計量の基準、計量単位、適正な計量の実施、検定、正しい計量器の供給、計測誤差、校正方法、品質管理、検査等について示している。

環境基本法：環境の保全のための基本理念、各主体の責務、国の責務、事業者の責務、国民の責務を明らかにし、環境基準、排出などの規制を規定している。

大気汚染防止法：揮発性有機化合物の排出規制、ばい煙の SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、塩素、フッ素、鉛、カドミウムなど排出規制、粉じん規制、有害大気汚染物質対策など規定している。

水質汚濁防止法：排水の排出規制のための基準(環境省令)を定めている。(規制対象となる特定施設の一つとして化学技術に関する研究、試験、検査又は専門教育を行う事業所の洗浄施設も含んでいる。) ダイオキシン類対策特別措置法はダイオキシン類による環境汚染の防止や、規制などである。

### 5. まとめ

化学の基礎知識について再認識ができた。また化学分析及び濃度の計量方法について再認識した。環境に関わる計量管理技術、計量関係法規について全般的に習熟できた。

これらのことは業務の一つとして行っている不明試薬、不明廃液の分析に大変有効である。

謝辞

「環境に関わる計量管理技術の習熟」について平成 18 年度工学部・工学系研究科個別研修(FJT)の研修として行うことを承認してくださいました事について関係者に謝意を表します。

平成18年度 個別研修一覧

所属 (専攻)	氏 名	研 修 課 題
機械工学	石川 明克	修習技術士資格取得と専門分野組織構築の検討
精密機械工学	碓山 みち子	新しい演習課題 (形状創成入門) を教えるための指導の技術向上
マテリアル工学	中村 光弘	EBSP 解析装置及び資料測定条件
機械工学	浅川 武	超微小押し込み硬さ測定技術の習得
応用化学	栄 慎也	有機物中のフッ素の定性定量技術の習得
航空宇宙工学	小林 やよい	構造解析ソフト「MSC. Marc」入門トレーニング
航空宇宙工学	奥抜 竹雄	LabVIEW プログラミング技術の習得及び実験計測・データ解析等への導入技術の習得
機械工学	渡辺 誠	超撥水性試料への微小液滴吐出技術の修得
航空宇宙工学	内海 正文	超音速熱風洞における計測技術および超音速流の可視化技術の修得
機械工学	鈴木 正己	プログラミング技術と可視化技術支援方法の習得
環境海洋工学	榎本 昌一	VPN を用いたネットワーク構築技術に関する研修
原子力国際	安本 勝	工学系研究科内各建物電気設備の設置方法の調査
建築学	田村 政道	木工工作技術の習得
原子力国際	森田 明	PIXE 分析法の修得
機械工学	浜名 芳晴	LabVIEW を用いたシステム開発技術の習得
計数	瀬原 貴史	建物間ネットワークの運用
化学システム工学	伊藤 葵	環境に関わる計量管理技術の習熟
応用化学	藤村 一良	イオンクロマトグラフィーによる陰陽イオンの同時分析法の研修
精密機械工学	碓山 みち子	名古屋大学総合技術研究会参加
機械工学	石川 明克	名古屋大学総合技術研究会参加
環境海洋工学	榎本 昌一	名古屋大学総合技術研究会参加
建築学	田村 政道	名古屋大学総合技術研究会参加
応用化学	坂下 春	名古屋大学総合技術研究会参加

## 第 22 回工学部・工学系研究科技術発表会実行委員

技術部長 影山 和郎

### 事務部

総務課 課長	梶 正治
経理課 課長	根本 豊作
経理課 係長	中嶋 弘光
総務課	新倉 誠

### 技術部

実行委員長	江口 星雄	(原子力国際工学専攻)
副実行委員長	森田 明保	(環境海洋工学専攻)
事務局補佐	斎藤 彰	(都市工学専攻)
事務局補佐	吉田 二郎	(環境海洋工学専攻)

編集責任者	千葉 新吾	(電子工学専攻)
編集副責任者	田中 和彦	(マテリアル工学専攻)
編集	周郷 啓一	(社会基盤学専攻)
編集	高橋 信男	(応用化学専攻)
編集	中根 茂	(機械工学専攻)

広報責任者	山崎 由美子	(建築学専攻)
広報副責任者	松永 大一郎	(航空宇宙工学専攻)
広報	瀬原 貴史	(計数工学科)
広報	伊藤 誠二	(原子力国際専攻)
広報	中村 美雄	(総合研究機構)

会場責任者	菅原 孝	(化学システム工学専攻)
会場副責任者	山川 博司	(精密機械工学専攻)
会場	石井 祐司	(環境海洋工学専攻)
会場	玉田 康二	(地球システム工学専攻)
会場	石本 光憲	(原子力専攻)