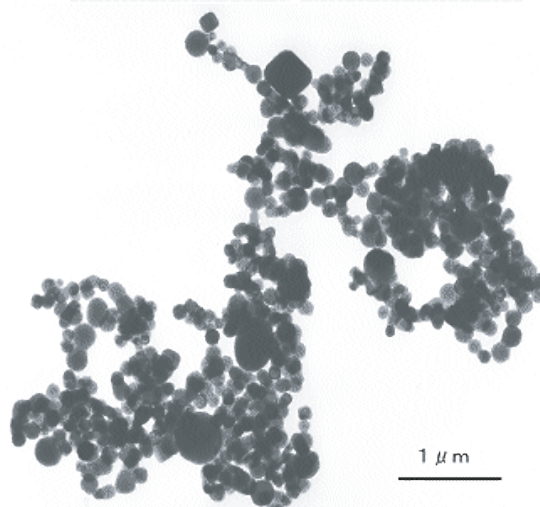
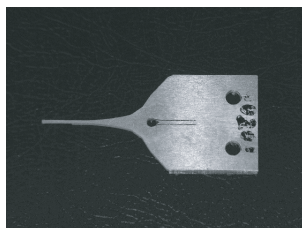
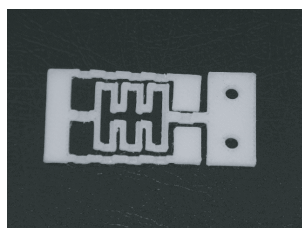
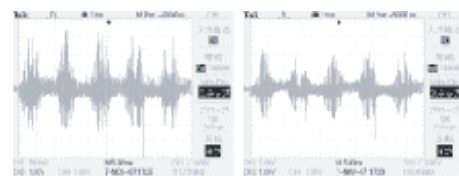
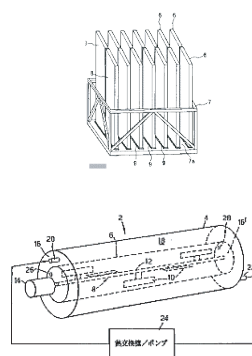
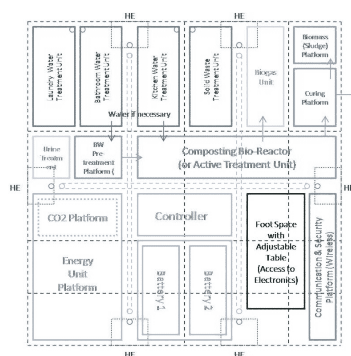




技術報告



2008.9.30

第23回 東京大学 工学部・工学系研究科 技術発表会
 Proceedings of 23rd Technical Symposium,
 School of Engineering, The University of Tokyo

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推進する目的で技術発表会を開催する。

表紙デザイン 技術報告本文より抜粋

- ☆ Infra-Free Mainboard (IF^M): A Decentralized Prefab-Household Technology Integration Platform for a Post-Earthquake Environment 建築学専攻 アニリール・セルカン
- ☆ 振動設計演習 機械工学専攻 諸山 稔員
- ☆ 水素還元下での気相反応法により作製された Ni 微粒子の凝集状態について マテリアル工学専攻 中村 光弘
- ☆ 電気機器のノイズ電流を抑制する簡易な対策方法 原子力国際専攻 安本 勝
- ☆ フォトバイオリアクターの開発 システム創成学専攻 土屋 好寛

◇ 構成 航空宇宙工学専攻 松永 大一郎（広報）

ポスターデザイン

◇ 構成 航空宇宙工学専攻 松永 大一郎（広報）

技術発表会開催にあたって

工学系研究科長・工学部長 保 立 和 夫

科学技術創造立国を標榜する我が国において、言うまでもなく「工学」に寄せられる社会からの期待は極めて大きく、したがって本分野を担う人材養成と新たな工学の創成を本務とする私たちの責任は重大です。現在、東京大学大学院工学系研究科には19の専攻が、また工学部には17の学科が設置されていて、幅と厚みのある工学領域を広くカバーし、世界最先端の研究成果を発信しつつ、学部生、大学院生の教育にあたっております。470名の教員、100名の技術部職員、120名の事務部職員の全員が、教育・研究をミッションとする大学にいては、その教育・研究の担い手であります。

本技術発表会は、教職員の相互研鑽と啓発の場として、また工学系研究科・工学部に蓄積されている技術を維持し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。今回は、その第23回目の開催となります。このように本発表会が継続的に開催されてきましたことは、その趣旨が多くの方々に理解され、また支持されてきたからです。本年も、教育、研究、そして組織運営にとって重要な、幾つもの素晴らしい技術ならびに創意工夫が発表されます。この成果に到るまでに払われた皆様のご苦勞やご努力に、この場をお借りして、敬意を表したいと思います。

本技術発表会で発表される具体例をはじめとして、技術部の皆様が蓄積してこられた成果は、工学系研究科・工学部での教育と研究のミッションを遂行するために、今後もますます重要となります。成果の発表を通じて教職員が相互研鑽と啓発を図る場として、本発表会が更に発展することを祈念致しております。最後に、第23回技術発表会の開催のために準備を進めてこられた多くのご関係の皆様方に、心よりお礼を申し上げます。

第23回工学部・工学系研究科技術発表会の開催にあたって

技術部長 北 森 武 彦

工学部と大学院工学系研究科がカバーする教育と研究の領域は非常に広く、また、学生と教職員の規模も6000人に届こうとしています。この広範囲で大規模な研究教育を支えているのが技術職員の皆さんであり、研究室における研究基盤、学生実験などにおける教育基盤、また工作室や安全管理室などさまざまな室や機構における共通基盤など、その職務と技術分野也多岐にわたります。激しく変わる最先端の研究もあれば揺るぎない伝統に基づく教育や科学技術資産の維持もあり、それらを支える技術職員の職務内容も形態も千差万別であります。また、日進月歩の科学技術や社会の要請に応じる教育などにも柔軟に対応するためにOJTやFJTなどさまざまな研修制度を活用して日々研鑽に勤めています。

技術発表会はこの技術職員の多様な活動を発表すると共に、学内外からの参加者と議論する場です。また、発表する技術職員にとっては、他の専門分野に携わる方や異なる職務に携わる方などにもわかりやすく成果を発表して伝える自己研鑽の機会でもあります。いずれにしても、情報公開により他大学や社会に貢献すると共に、己らの業務にさまざまな観点からご意見を頂いてそれを反映させる絶好の機会としても、技術発表会は大変重要な行事と位置づけております。

研究成果、教育上の改善、安全管理や情報基盤などの共通基盤技術の整備、あるいは何年もの間変わらないことが重要な維持技術など、この機会に技術職員が積み重ねてきたさまざまな成果を公表してご来場の明さんから忌憚のないさまざまなご意見を頂き、より一層充実した職務を推進する糧とすることが目的です。この機会にさまざまな観点からご意見を頂ければとお願い申し上げます。

最後に開催に向けて長期間準備をしてこられた森田委員長以下実行委員会の皆様のご努力に感謝申し上げます。

特別講演

『イノベーションのための人材育成』

講師：平尾 公彦先生

東京大学副学長、元東京大学工学系研究科長

東京大学工学系研究科応用化学専攻 教授



経歴

- | | |
|------------|----------------------|
| 1974 年 3 月 | 京都大学工学研究科博士課程修了 |
| 1993 年 | 東京大学（工学部）大学院工学系研究科教授 |
| 2004 年 | 東京大学大学院工学系研究科長・工学部長 |
| 2007 年 | 東京大学副学長 |

研究分野

理論化学、量子化学

現在の研究課題

大規模分子系の量子化学、精密な分子理論の開発

研究内容キーワード

分子理論、波動関数理論、密度汎関数理論、相対論的分子理論

トピック

「理論化学・量子化学」は、バイオ・ナノテクノロジー、半導体、エレクトロニクス、医薬学、環境問題、農学などの発展に対して、幅広く寄与する基盤技術です。

東京大学大学院工学系研究科 教員紹介 WEB サイトより引用させていただきました。

http://www.t.u-tokyo.ac.jp/epage/faculty/t_meibo/81646644.html

平尾研究室 WEB サイトより引用させていただきました。

<http://www.qcl.t.u-tokyo.ac.jp/>

第23回 東京大学 工学部・工学系研究科

技術発表会

23rd

Technical

Symposium

School of Engineering, The University of Tokyo

日時: 2008年9月30日(火) 9:30~17:00

会場: 工学部2号館213号室(大講堂)

内容: 特別講演・口頭発表・ポスター発表

特別講演: 「イノベーションのための人材育成」 13:00~14:00

平尾 公彦 副学長(元工学系研究科長)

懇親会: 工学部展示室 18:00~20:00

※発表会・懇親会はどなたでもご参加できます。
(発表会は無料ですが、懇親会は参加費2,000円です)

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:

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

東京大学 工学系研究科 技術部気付 技術発表会事務局

E-mail: 2008tse@tse.t.u-tokyo.ac.jp

<http://www.ttc.t.u-tokyo.ac.jp/>

第23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：2008年9月30日（火）9：30～17：00

会場：工学部2号館213講義室（大講堂）

プログラム

【開会の挨拶】		司会： 実行委員長	森田 明保
9:30～9:45	工学系研究科長挨拶	研究科長	保立 和夫
	技術部長挨拶	技術部長	北森 武彦
【発表－1】		司会： 化学システム工学専攻	菅原 孝
9:45～10:00	粘塑性モデルのラチェット変形及びクリープ変形への応用	機械工学専攻	石川 明克
10:00～10:15	振動設計演習の測定に関して	機械工学専攻	諸山 稔員
10:15～10:30	大学開放研究室における自動試料交換検出器の完成	原子力専攻	川手 稔
10:30～10:45	「インフラフリー」居住システムの活用による仮設住宅モデルの提案	建築学専攻	アニリール・セルカン
休憩(10分)			
【発表－2】		司会： システム創成学専攻	川手 秀樹
10:55～11:10	コリメートされたPIXE用イオンビームのプロファイル測定	原子力国際専攻	中野 忠一郎
11:10～11:25	大気圧PIXE分析法実験装置の製作	システム創成学専攻	細野 米市
11:25～11:40	原子線を用いた分析化学実験法の開発	応用化学専攻	栄 慎也
11:40～11:55	電気機器のノイズ電流を抑制する簡易な対策方法	原子力国際専攻	安本 勝
11:55～13:00	休憩(昼食)		
【特別講演】		司会： 技術部長	北森 武彦
13:00～13:55	イノベーションのための人材育成	副学長	平尾 公彦
休憩(5分)			
【発表－3】		司会： 応用化学専攻	坂下 春
14:00～14:15	非常時の避難困難者対応に関する考察	機械工学専攻	山内 政司
14:15～14:30	CAD/CAM/CAEの学生演習について－20年間の取り組み－	精密機械工学専攻	碓山 みち子

14:30～14:45	ハードディスクの廃棄方法について	電気系工学専攻	高橋 登
14:45～15:00	演習用 PC ネットワークのセキュアな運用について	システム創成学専攻	榎本 昌一

【ポスターセッション・展示】

15:00～16:30	ケナフ/PLA 複合材料の成形とその特性向上への検討	システム創成学専攻	大澤 勇
	フォトバイオリアクターの開発	システム創成学専攻	土屋 好寛
	移動機構の無い「レール鋳取りポリッシャー」の試作	システム創成学専攻	吉田 二郎
	実験実習用 PIXE 分析における池底質・基礎データの蓄積	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 土屋 陽子 森田 明
	タンデム型加速器(RAPID)における新たな検出手段導入の取組み	原子力国際専攻 システム創成学専攻 原子力国際専攻	○ 森田 明 川手 秀樹 伊藤 誠二
	変電室における電源回路異常有無の活線調査	電気系工学専攻 電気系工学専攻 総合研究機構 原子力国際専攻	島田 規人 高田 康宏 中村 美雄 ○ 安本 勝
	一般廃棄物整備への取組	安全衛生管理室 安全衛生管理室 柏地区事務部 給与・施設グループ 施設管理チーム	○ 大久保 徹 飯尾 智 山田 勉
	非常時の避難困難者対応に関する考察	機械工学専攻	山内 政司

【表彰式】

司会： 実行委員長

森田 明保

16:35～16:50	「研究科長賞」	授与：研究科長	保立 和夫
	「技術部長賞」「ポスター賞」	授与：技術部長	北森 武彦

【閉会の挨拶】

16:50～17:00		技術部長	北森 武彦
-------------	--	------	-------

【懇親会】

司会： 副実行委員長

榎本 一夫

18:00～20:00	工学系展示室（参加費 2,000 円）		
-------------	---------------------	--	--

目 次

題 目	所属(専攻)	著 者 名	頁
1 粘塑性モデルのラチェット変形及びクリープ変形への応用	機械工学専攻	石川 明克	1
2 振動設計演習の測定に関して	機械工学専攻	諸山 稔員	5
3 大学開放研究室における自動試料交換検出器の完成	原子力専攻	川手 稔	9
4 「インフラフリー」居住システムの活用による仮設住宅モデルの提案	建築学専攻	アニリール・セルカン	15
5 コリメートされたPIXE用イオンビームのプロファイル測定	原子力国際専攻	中野 忠一郎	19
6 大気圧PIXE分析法実験装置の製作	システム創成学専攻	細野 米市	23
7 原子線を用いた分析化学実験法の開発	応用化学専攻	栄 慎也	25
8 電気機器のノイズ電流を抑制する簡易な対策方法	原子力国際専攻	安本 勝	29
9 非常時の避難困難者対応に関する考察	機械工学専攻	山内 政司	35
10 CAD/CAM/CAEの学生演習について ー20年間の取り組みー	精密機械工学専攻	碓山 みち子	41
11 ハードディスクの廃棄方法について	電気系工学専攻	高橋 登	47
12 演習用PCネットワークのセキュアな運用について	システム創成学専攻	榎本 昌一	49
13 ケナフ/PLA複合材料の成形とその特性向上への検討	システム創成学専攻	大澤 勇	55
14 フォトバイオリアクターの開発	システム創成学専攻	土屋 好寛	59
15 移動機構の無い「レール鋳取りポリッシャー」の試作	システム創成学専攻	吉田 二郎	63
16 実験実習用PIXE分析における池底質・基礎データの蓄積	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 土屋 陽子 森田 明	67
17 タンデム型加速器(RAPID)における新たな検出手段導入の取組み	原子力国際専攻 システム創成学専攻 原子力国際専攻	森田 明 川手 秀樹 伊藤 誠二	73
18 変電室における電源回路異常有無の活線調査	電気系工学専攻 電気系工学専攻 総合研究機構 原子力国際専攻	島田 規人 高田 康宏 中村 美雄 安本 勝	81
19 一般廃棄物整備への取組	安全衛生管理室 安全衛生管理室 柏地区事務部給与・施設グループ 施設管理チーム	大久保 徹 飯尾 智 山田 勉	91

題 目	所属(専攻)	著 者 名	頁
20 電気炉の作製について	建築学専攻	田村 政道	95
21 建築実測調査の意義と方法	建築学専攻	角田 真弓	97
22 学術講演会発表および研究集会出席による建築知識の習得	建築学専攻	山田 文男	101
23 Web 研修報告	機械工学専攻	山内 政司	103
24 労働安全衛生技術と技術職員のキャリアパス	機械工学専攻	浜名 芳晴	107
25 インストラクショナル・デザイン技術 ーハードからソフトへー	機械工学専攻	浜名 芳晴	111
26 GPSを用いた自律航法制御に関する研修報告	システム創成学専攻	榎本 昌一	113
27 研究室における安全衛生教育講習会の実施	航空宇宙工学専攻	内海 正文	115
28 LabVIEW による画像集録及び画像処理について	航空宇宙工学専攻	奥抜 竹雄	119
29 データベースの利用、管理に関する考察	航空宇宙工学専攻	松永 大一郎	123
30 専攻共通室における計算機環境の更新	電気系工学専攻	高橋 登	127
31 シリコン PIN フォトダイオードを用いたγ線スペクトロメトリー	システム創成学専攻	細野 米市	129
32 平成 19 年度 実験・実習技術研究会参加報告	システム創成学専攻	鈴木 誠	133
33 蛍光 X 線分析実習の受講	システム創成学専攻	森口 恵美	135
34 第二種作業環境測定士資格取得のための講習会参加	化学システム工学専攻	大沢 利男	136
35 水素還元下での気相反応法により作製された Ni 微粒子の凝集状態について	マテリアル工学専攻	中村 光弘	137
36 プロセス基本設計の習得	化学システム工学専攻	加古 陽子	141
37 有機溶剤作業主任者技能講習会の受講および免状取得	原子力国際専攻	土屋 陽子	143
38 放射線業務従事者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 原子力専攻	石本 光憲 澤幡 浩之 川手 稔 長須 和良 川又 睦子	145
39 建築物環境衛生管理技術者の資格取得 (FJT 報告)	原子力専攻	助川 敏男	149
40 原子力施設品質保証活動についての専門知識の修得	原子力専攻	仲川 勉	151
41 衛生工学衛生管理者資格の取得	原子力専攻	吉廻 智江	153
平成 19 年 個別研修一覧			155
第 23 回工学部・工学系研究科技術発表会実行委員名簿			156

1 粘塑性モデルのラチェット変形及びクリープ変形への応用

機械工学専攻 石川明克

1. はじめに

ラチェット変形は、ある方向に弾性範囲内の定常応力が生じている構造部材に繰返し塑性ひずみが重畳されると定常応力の方向に永久ひずみが累積していく現象である。この現象の非弾性モデルによる解析は最も予測精度の悪い問題と考えられている。また、クリープ変形は高温において弾性範囲内の定常応力が負荷されると時間と共にその方向に変形が進行していく現象である。本報告では上述二つの変形について、粘塑性モデルを適用した場合の考察及び結果を報告する。なお、モデルの詳細は、技術報告⁽¹⁾に掲載されている。

2. ラチェット変形の数値実験

2.1 数値実験と比較する対象データについて

解析条件としては、一定ねじり応力 49MPa を負荷した後、ひずみ振幅 0.5%の引張圧縮繰返しひずみを与えて、ねじり方向のラチェットひずみを計算する。

本モデル⁽¹⁾は 2.25Cr-1Mo 鋼 (以下、2 クォータと呼ぶ) 550℃において、材料定数と材料関数を設定したものである。しかしながら、この材料でのラチェット変形実験データが手元にないため、同じクロムモリブデン鋼である改良 9Cr-1Mo 鋼 (以下、9クロと呼ぶ) 600℃のデータ⁽²⁾を対象として数値実験との比較することを試みる。したがって、厳密な数値実験ではないが、本モデルの前提である Hart 理論⁽³⁾の範疇での演繹を試みることは、理論の普遍性を考察する上でも重要である。なお、上述の二材料は同じように繰返し変形に対して軟化する材料であるが、9クロの方はクロムが多いため 2 クォータより強度が高くて硬い材料である。このように材料が相違すると比較する意味がないのであろうか？

2.2 まず、温度の相違を解消するには

ここでは、温度の異なるラチェット実験における 9クロ 600℃のデータと 9クロ 550℃⁽⁴⁾のデータを比較してみる。図 1 は 9クロ 600℃における、一定ねじり応力 49MPa、引張圧縮ひずみ振幅 0.5%、ひずみ速度 0.1%/秒の累積ラチェットひずみ、図 2 中のシンボル△は 9クロ 550℃における、一定引張応力 50MPa、ねじりひずみ振幅 0.5%、ひずみ速度 0.05%/秒の累積ラチェットひずみの実験結果である。ここで、応力とひずみは単軸応力状態相当に変換してあり、材料の結晶方位による異方性はない⁽²⁾。両実験結果の相違は実験誤差範囲内でひずみ速度と温度だけである。図 1 と図 2

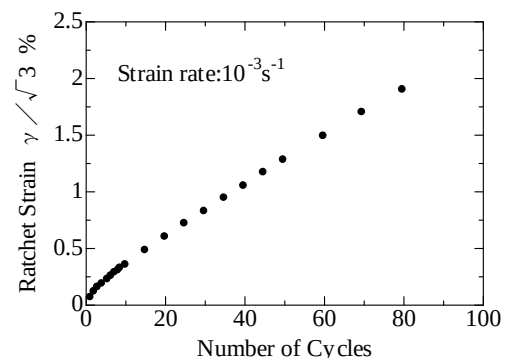


図 1 Mod.9Cr-1Mo、600℃の実験結果⁽²⁾

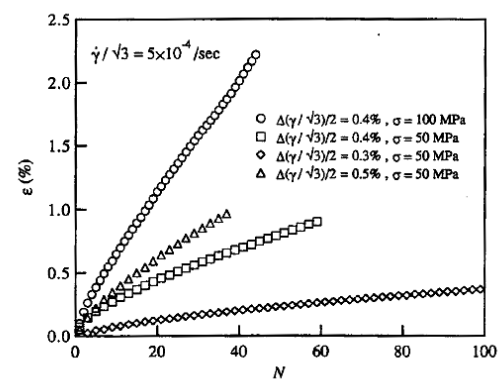


図 2 Mod.9Cr-1Mo、550℃の実験結果⁽⁴⁾

から、ラチェットひずみの累積は繰返し数 20 回で 0.6%程度とほぼ一致しているのが観察される。

ここで、Hart 理論に基づき、両者の温度差を Arrhenius の式によるひずみ速度変換で解消してみる。すなわち、600℃のひずみ速度を 550℃におけるひずみ速度に変換して、温度条件 550℃の同じ土俵に上げてみる。ひずみ速度の変化は Arrhenius の式に従い、

$$\Delta \ln \dot{\epsilon} = -Q \Delta \left(\frac{1}{RT} \right) \quad (1)$$

で表される。ここで、自己拡散エネルギー $Q = 15000 \text{ cal/mol}$ 、ガス定数 $R = 1.98 \text{ cal/mol} \cdot \text{K}$ は 2 クォータの値と同じであると仮定し、 $T \text{ K}$ は絶対温度である。したがって、550℃に相当するひずみ速度 $\dot{\epsilon}^{550}$ は、600℃におけるひずみ速度を $\dot{\epsilon}^{600} = 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ とすると、

$$\dot{\epsilon}^{550} = \exp(\ln \dot{\epsilon}^{600} + \Delta \ln \dot{\epsilon}) = 5.9 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} \quad (2)$$

になり、これより 550℃の温度条件でデータが比較可能となった。

2.3 それでは、材料の相違は無視できるか

先述のように、実験結果の比較では同じ材料で 600℃と 550℃での累積ラチェットひずみ量はほぼ一致していた。また、式(2)の 600℃から 550℃へと変換したひずみ速度と 550℃での実験条件であるひずみ速度はその差 18%とオーダー的に一致している。これより、以下のことが分かる。

1. 温度とひずみ速度がほぼ同等であれば、実験結果も同じになる筈である。実際に実験結果を比較した場合、ラチェットひずみの繰返しによる累積が同程度であった。
2. 2 クォータにおける Q 、 R を無理やり 9 クロに代用したが、変換されたひずみ速度はオーダー的に 550℃の実験条件と一致しているので、仮定はあながち誤りと言えない。
3. したがって、これらは 2 クォータと 9 クロのラチェット変形挙動が、反応速度論的な立場で同様な挙動を示すことを示唆する。
4. 以上より、2 クォータと 9 クロの場合、ラチェット変形挙動に関して材料の相違は無視しても結果に大差はないと推測できる。

2.4 そこで、数値実験を実施すると

2 クォータの 550℃における、一定ねじり応力 49MPa、引張圧縮ひずみ振幅 0.5%、繰返しひずみ速度 0.059%/秒の数値計算結果を図 3、図 4 に示す。図 3 は繰返し数と累積ラチェットひずみの関係であり、図 4 は LOG スケールで表したものである。材料の相違を無視すれば、妥当な結果となっている。

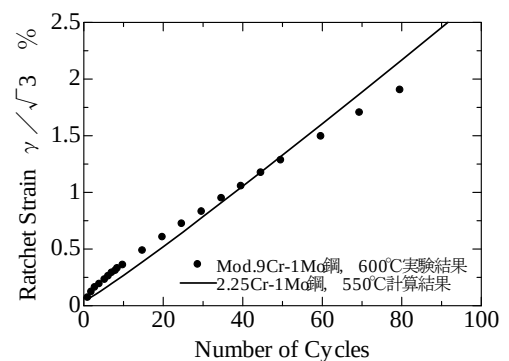


図 3 累積ラチェットひずみの計算結果

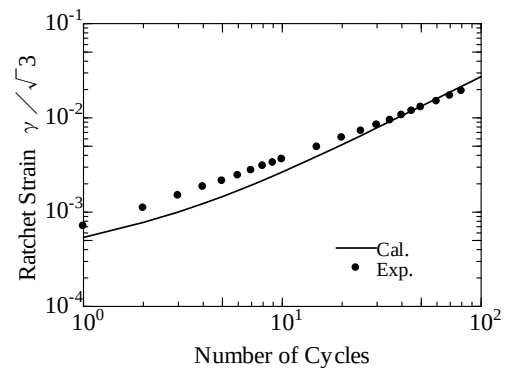


図 4 累積ラチェットひずみの計算結果 (LOG スケール)

また、図 5 は繰返し初期のラチェット変形挙動の実験結果と計算結果の比較である。一般的に予測精度が悪いとされているラチェット変形挙動においても、本モデルでは妥当に予測されていることが分かる。

3. クリープ変形の数値実験

3.1 予想外の計算結果だった

解析条件として表 1 のデータ⁽⁵⁾を参考とした。表中の σ は負荷した公称応力、 $c1$ 、 $c2$ 、 $c3$ は以下の近似式の定数である。

$$\varepsilon_c = c1 \cdot t^{c2} + c3 \cdot t \quad (3)$$

ここで、 ε_c はクリープひずみ、 t は時間である。

計算結果例を図 6 に示す。これより、本モデルのクリープ変形予測は著しく精度が悪いことが分かる。

3.2 技術的にモデルを改良する

クリープ変形の場合は低応力・低ひずみ速度での時間依存の変形挙動である。本モデルでは引張変形のような比較的ひずみ速度の大きい範囲をカバーするものの、低応力での時間依存性に関しては予測精度に問題があるものと判断できる。したがって、モデルを低応力かつ低ひずみ速度の変形に対応するように改良しなければならない。

そこで、モデルの塑性ひずみ速度式にリカバリー関数 $Re(\sigma)$ を仮定する。

$$\dot{\alpha} = Re(\sigma) \cdot \dot{\varepsilon}^* \left[\ln \left(\frac{\sigma^*}{\sigma_a} \right) \right]^{-\frac{1}{\lambda}} \quad (4)$$

ここで、 $\dot{\alpha}$ は塑性ひずみ速度、 σ_a は内部応力、 σ^* は硬さパラメータ、 $\dot{\varepsilon}^*$ は速度パラメータ、 λ は材料定数である。この $Re(\sigma)$ の挙動を知る方法はないであろうか？

3.3 こんな場合は $Re(\sigma)$ を逆算する

関数 $Re(\sigma)$ の挙動を知るには実験結果とモデルでの計算結果との差を逆に計算してみればよい。式(4)と $\dot{\varepsilon}_c = \dot{\alpha}$ から、 $Re(\sigma)$ について解くと

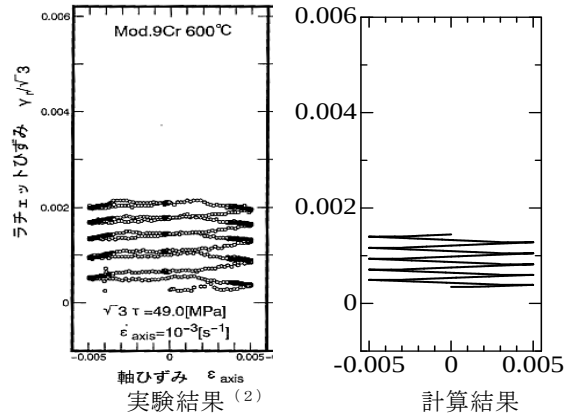


図 5 繰返し初期のラチェットひずみ進行波形

表 1 クリープ曲線の表示⁽⁵⁾

σ MPa	$c1$ hr ^{-c2}	$c2$	$c3$ hr ⁻¹
58.5	6.06×10^{-5}	0.607	-7.55×10^{-7}
78.4	1.67×10^{-4}	0.495	2.81×10^{-7}
107.8	5.08×10^{-4}	0.415	5.33×10^{-6}
137.2	8.53×10^{-4}	0.352	3.66×10^{-5}
196.0	1.23×10^{-3}	0.352	3.89×10^{-4}

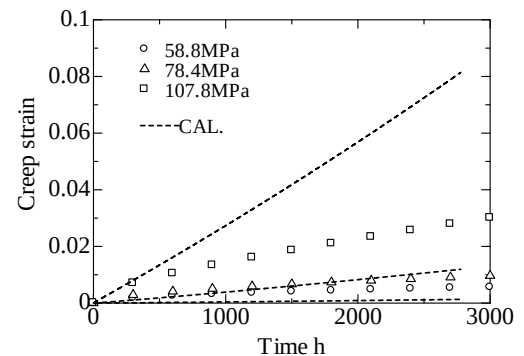


図 6 クリープ変形挙動の予測

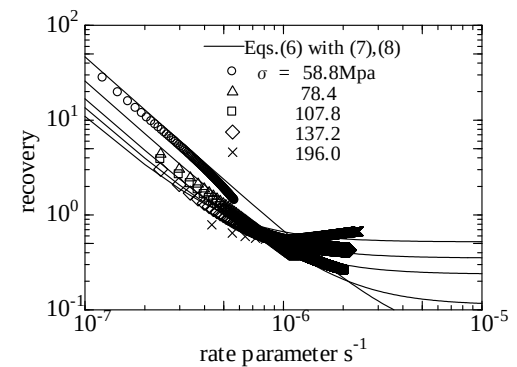


図 7 関数 $Re(\sigma)$ 逆算結果

$$\text{Re}(\sigma) = \frac{\dot{\varepsilon}_c}{\dot{\varepsilon}^*} \left[\ln \left(\frac{\sigma^*}{\sigma_a} \right) \right]^{-\frac{1}{\lambda}} \quad (5)$$

と求められる。ここで、クリープひずみ速度 $\dot{\varepsilon}_c$ は式(3)を時間微分して与えられる。図 7 にこの逆算結果を示す。この図から $\text{Re}(\sigma)$ の挙動を推測してモデル化すればよい。

3.4 関数 $\text{Re}(\sigma)$ の形式を仮定

図 7 より、関数 $\text{Re}(\sigma)$ のイメージは硬さパラメータ σ^* の進展によりスケーリングされた状態式が $\text{Re}(\sigma)$ によって、ひずみ速度軸と平行に移動し、さらに $\text{Re}(\sigma)$ は応力に依存する。そこで、以下のような応力 σ に依存する $\text{Re}(\sigma)$ を仮定する。

$$\text{Re}(\sigma) = F1(\sigma) \cdot \dot{\varepsilon}^{*B1} + F2(\sigma) \quad (6)$$

$$F2(\sigma) = \exp \left[- \left(\left| \frac{B2}{\sigma} \right|^{B3} \right) \right] \quad (7)$$

$$F1(\sigma) = B4 \cdot F2(\sigma)^{B5} \quad (8)$$

ここで、 $B1 \sim B5$ は材料定数、 $F2(\sigma)$ は $\text{Re}(\sigma)$ に関して応力依存性を表現する関数であり、対数軸上で上下に移動し、かつ応力が増大すると 1 に漸近する。 $F1(\sigma)$ は $F2(\sigma)$ と連携して $\text{Re}(\sigma)$ に関する両対数スケール上の位置をスケーリングする。これにより、高応力下、かつ高ひずみ速度では原型モデルの状態式本来のスケーリング則が保持される筈である。図 7、図 8、図 9 に近似結果を示す。

3.5 修正モデルの計算結果例

図 10 は式(4)による計算結果の例である。図 6 の原型モデルの計算結果と比較すると、大幅に予測精度不足がリカバリーされていることが分かる。

4. おわりに

本報告では粘塑性モデルによりラチェット変形とクリープ変形を予測する数値実験を実施して、結果が妥当であることを考察した。なお、本報告は 2007 年度工学系研究科技術部個別研修第 07-07O 号の経費を受けて実施したものの一部である。

参考文献

- 1) 石川明克、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、p33
- 2) 山下洋一、東京大学修士論文、1994
- 3) E.W.Hart、Acta Metallurgica、vol. 18、1970、p 559
- 4) 田中英一・山田宏、日本機械学会論文集 (A 編)、59-568、1993、p 29
- 5) 中村俊哉、東京大学博士論文、1990

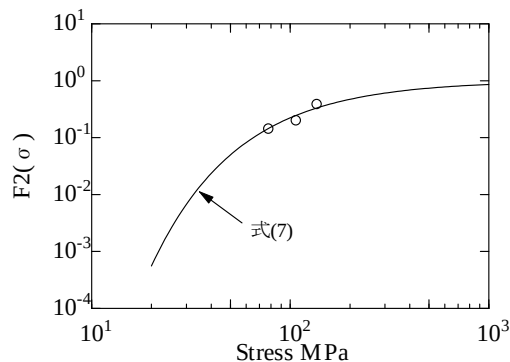


図 8 関数 $F2(\sigma)$ の近似結果

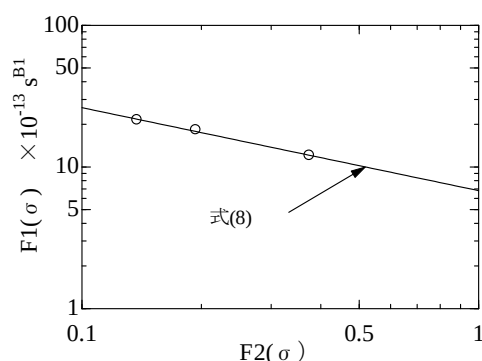


図 9 関数 $F1(\sigma)$ の近似結果

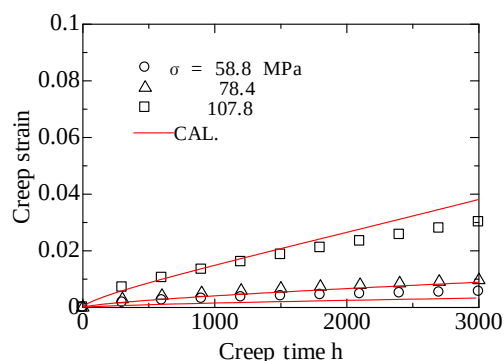


図 10 修正モデルでの計算結果

2 振動設計演習

機械工学専攻 諸山 稔員

1. はじめに

機械系 2 学科では 3 年生冬学期に振動設計演習を行っている。演習の課題は「0～1.5kHz の範囲で取付け部を加振したときに、先端の振幅倍率が 1 から乖離しない片持ち梁を設計製作せよ」というものである。設計方針の検討、CAD、数値解析、NC 加工、レーザードップラー計測、計測結果と数値解析結果との比較検討の順に行い、設計の一連の流れを体験するとともに、構造物の共振や振動モードに関して理解を深めることを演習の目的としている。

本報告では振動設計演習の内容を説明しながら自身の担当するレーザードップラー計測に関して報告する。

2. 振動設計演習

本演習の流れは下記の通りである。演習時間の関係上、片持ち梁の加工とレーザードップラー計測は技術職員により行われている。

- 半分の学生は ABS 樹脂を材料としたラピッドプロトタイピングで片持ち梁を製作し、残り半分の学生はジュラルミン (A2017) を材料として NC ワイヤカットで片持ち梁を製作するので、自分がどちらの材料で製作するのかを最初に決定する。
- 設計方針を検討し、どの様にして設計周波数帯域内の振動を抑えるかを検討する。
- 設計方針に従い形状を考える。形状は 3D-CAD 「Solid Edge」で作成し、そのデータを ANSYS に取り込み数値解析を行う。計算の結果から形状の再検討を行い、再度数値解析を行う。このとき加工誤差を予想した数値解析も行い、加工の誤差に強い設計をする。これを繰り返して片持ち梁の形状を決定する。
- 決定した形状を加工するための、NC 加工データを作成する。
- 加振器とレーザードップラー振動計を用いて計測する。
- ANSYS から得た数値解析結果と計測結果とを比較し、計算値と実測値が合致しない理由と、片持ち梁の形状をどの様に変更したらより好成績が出るかを検討しレポートとして提出する。レポートでは計算値と実測値が合致しない理由を加工精度の問題とせず原因を追求し、改善点を検討することを義務付けている。

3. 主な設計条件

- 設計周波数帯域：0～1.5kHz 計測周波数分解能：約 3Hz で FFT 変換
- 片持ち梁の長さ：50mm (取付け部は含まない)
- 片持ち梁の最大幅：30mm
- 片持ち梁の厚さ：ジュラルミンは 1mm 以上 2mm 以下として、ABS は積層の関係から 0.7mm 以上 2mm 以下 (最大積層数 8 層のため) とする。
- 最大外形体積 (50mm×30mm×2mm) の 50% 以上を削除する。
- 測定は取付け部から 50mm の先端部で行う。

- 加振振幅 X_{in} 、先端振幅 X_{out} として、ゲイン (X_{out}/X_{in}) が 1 から外れた分の平均値が小さいほど高性能となる。

4. 設計方針について

振幅倍率を小さく抑える方法は大きく 3 つに分けられる。

- 一次の共振周波数を設計周波数帯域より高周波側に追い出し、設計帯域内に共振周波数を存在させない。(通称 先細りタイプ 図 1)
- 片持ち梁の先端部分に錘のように質量を集め、根元部分から錘までの部分は可能な限りバネの様に柔らかく作り、一次共振の周波数を限りなくゼロに近づけ、且つ二次共振周波数までの間を広く取ることにより振幅倍率の平均を低く抑える。(通称 地震計タイプ 図 2)
- 「しなり」で上下に振れている先端部分に「ひねり」を加えることで計測点の振幅をキャンセルしたり、計測点以外の場所で共振を起させて計測点の振幅倍率を抑えたり、また相対運動する部分間に粘性流体を入れて減衰効果を引き出すなど。(通称 トリッキータイプ)

以上 3 つの方法があるが、それぞれに利点と欠点を含んでおり、いかにして利点を引き立たせ、欠点を解消して振幅倍率を小さく抑えるかが設計の鍵となる。

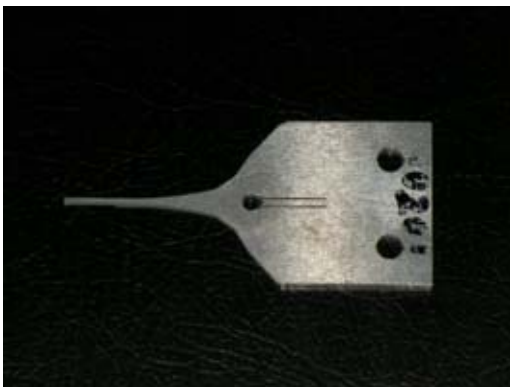


図 1. ジュラルミンで製作した片持ち梁



図 2. ABS 樹脂で製作した片持ち梁

5. ANSYS について

演習では 3D-CAD で設計を行い、そのデータを変換して ANSYS で周波数応答を計算させている。機械系の学生はこの演習で初めて ANSYS を使用するため ANSYS の説明に多くの時間を当て、静的解析から始まり、動的解析までを指導している。

予算の関係上、全機能が使用できる ANSYS は学生数に対して 1/4 しか用意出来ない。そこでソフトの説明や簡易的な計算を行う際には、機能・メッシュ数に制限はあるが人数分の確保が出来た ANSYS ED を使用している。

6. 片持ち梁の加工に関して

ジュラルミン (A2017) は NC ワイヤカットで放電加工を行い、ABS 樹脂はラピッドプロトタイピング (RP) で積層加工を行っている。

ラピッドプロトタイピング（RP）に関しては強度の問題から最低でも 2 層は積層していないと脆いので最小厚さを 0.7mm までとしている。

またジュラルミンの片持ち梁を薄くしたいとの希望があればワイヤカットの加工の前にフライス盤で厚さ 1mm まで薄くすることができる。

7. レーザードップラー振動計による計測

性能を計測するだけなら、先端の周波数応答のみ計測すれば良いが、本演習では片持ち梁が変形する様子を動画で学生に見せるために、スキャンングレーザードップラ振動計を用いて、片持ち梁の多点で計測を行う。まず、計測点の指定から行う。計測する片持ち梁の形状に合わせて、スキャンングポイントを指定するが、この際性能に関わる先端部分は慎重に計測点を指定する。次にチャープ波を用いて片持ち梁を取り付けた加振器を振動させ、2つのレーザードップラー振動計で計測を行う。1つは加振器の振動を計測し、もう1つのレーザは片持ち梁全体の指定点を1点ずつスキャンニングしながら測定する。測定結果はソフトウェアによって、共振モードの動画にされ、共振周波数ごとにモードを観察することが出来る。

計測後は学生が図 5 のグラフを作成するために必要な共振モードの動画と指定測定点の共振の数値データを渡している。

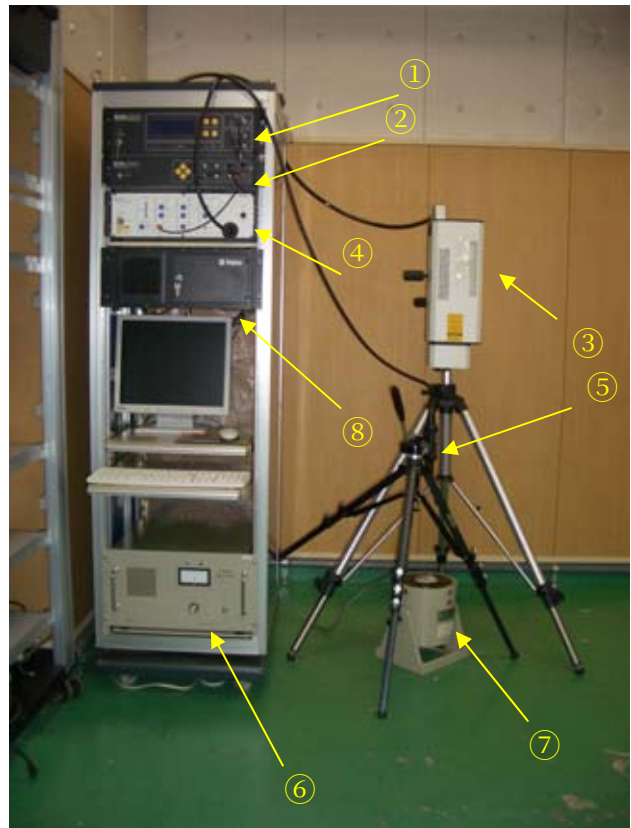


図 3. レーザードップラー振動計の全体像

1. Vibrometer Controller	OFV3001S
2. Junction Box	PSV-Z-040-F
3. Vibrometer Scanning Head	OFV056(c)
4. LASER Vibrometer	NLV1232
5. Vibrometer Scanning Head	CLV 700
6. Power Amplifier	374-A
7. Vibration Generator	Model 513-D14
8. Personal Computer	Windows2000
9. スキャンングレーザー（振動子側）	
10. スキャンングレーザー（振動子側）	
11. 振動子固定用地具	
12. 振動子（加工前）	

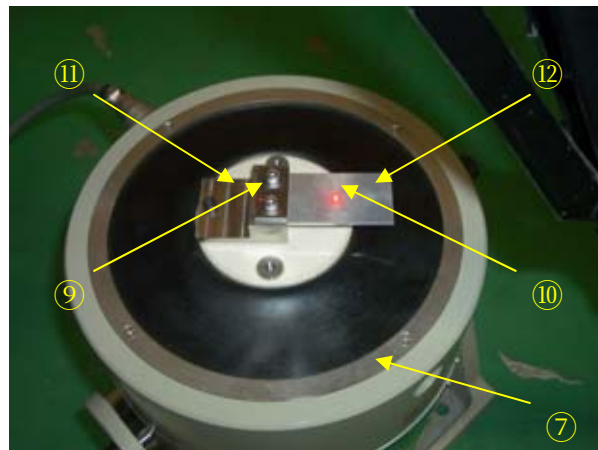


図 4. 加工前の振動子と2つのスキャンレーザー

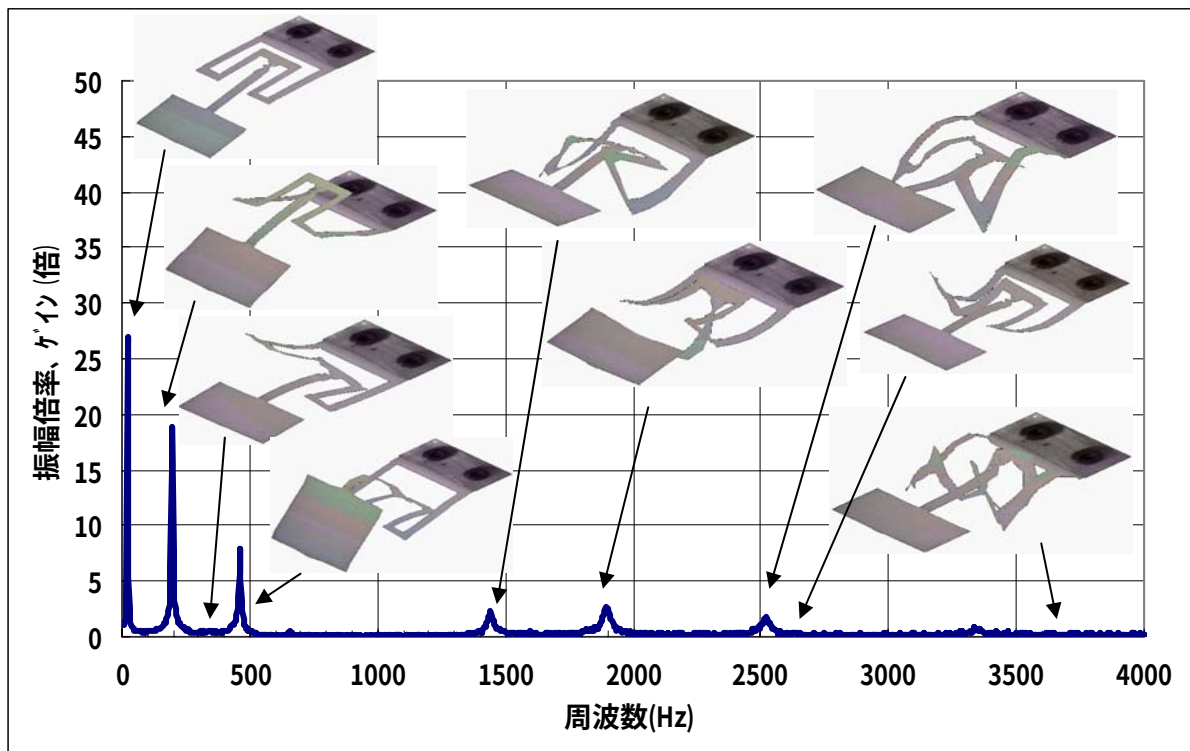


図 5. 共振周波数と共振モードの一例

8. これからの課題

毎年同じ条件では過去のデータが今年度の学生に入手され流用される恐れがあるため設計条件の変更を検討している。

- 振動子の全長を変更して今までの長さの 50mm から 60mm に変更し形状データの流用を防ぐ。
- 昨年度は前年に好成績を収めた地震計タイプの流用を防ぐため、最大外形体積の 50%以下に加工する規制を設けた。しかし昨年は先細りタイプが前年の成績よりも好成績を出したため、この規制は意味のあるものではなかった。このため今年度は規制を設けないこととする。
- 設計周波数帯域を変更して周波数を 0Hz～1.5kHz から 2kHz 程度まで引き上げる。これにより、一時の共振モードを設計周波数帯域より高周波に追い出すことで好成績をあげていた先細りタイプの設計がより困難になる。
- 今年度から素材をジュラルミンのみとする。

9. 謝辞

本報告を行うにあたりご協力を頂きました濱口先生並びに振動設計演習担当の皆様ありがとうございました。

3 大学開放研究室における自動試料交換検出器の完成

原子力専攻共同利用管理本部 川手 稔
 澤幡 浩之
 石本 光憲
 長須 和良
 川又 睦子

1. はじめに

原子力専攻共同利用管理本部（別名：大学開放研究室）にて、開発中の自動試料交換検出器（Auto Sample Changer 75:以下 ASC75）は思うように開発が進んでいなかったが、漸く完成し利用を開始する運びとなった。

大学開放研究室では既に2台の自動試料交換検出器（Auto Sample Changer:以下 ASC）が稼働しており、1度に測定できる試料数から、試料数20のASC20および試料数42のASC42と呼んでおり、ASC75は1度に75試料の測定ができる。今回は、その完成したASC75についてシステムについての報告を行う。

2. ロボット

ロボットは写真1のように、芝浦メカトロニクス製直行ロボット3本を組み合わせて3次元で動作し、各軸は同期・非同期での動作が可能である。繰り返し精度はX軸で0.05mm、Y軸・Z軸で0.02mmとなっている。

Z軸には爪が取り付けられており、これに試料を貼り付けたプレートに乗せて移動させる。X・Y軸はタスク1、Z軸はタスク2としてコントロールする仕様である。

それぞれの軸を動かすのには3つの方法があるが、シーケンシ

ャル方式のみを採用した。これはコントローラにプログラム、移動する位置を指定した座標テーブルや移動速度を指定した速度テーブル等を予め設定しておき、パソコン上のプログラムからコントローラに設定した希望プログラムを実行し、そこに書かれた命令、例えば速度テーブル02で座標テーブル001に移動とあれば、速度テーブル02に設定された速度で座標テーブルの001に設定されたX軸・Y軸・Z軸それぞれの座標値に移動させる（座標値は爪の付け根の値）という方式である。

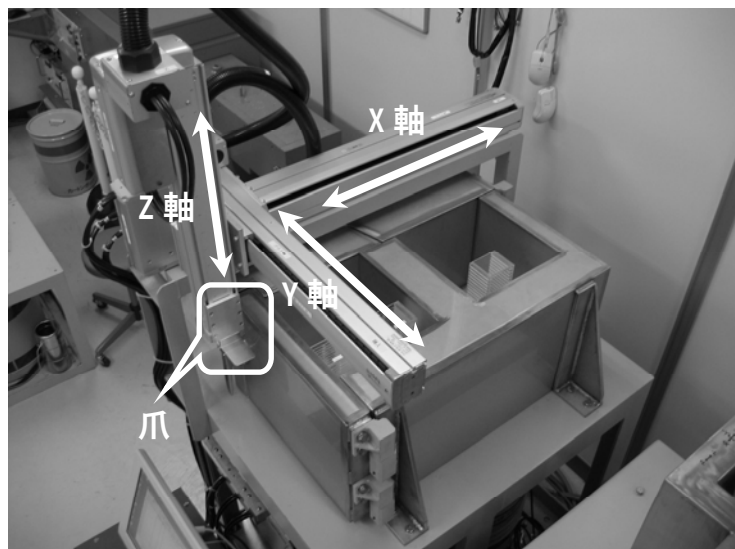


写真1 軸の名称と移動方向および爪

3. 架台

架台は写真 2 および 1 のように鉄フレームに測定部（写真 3）・待機部（写真 4）を設け、外部に影響が出るまたは外部から影響を受ける部分に、ステンレスを覆った鉛で 5cm および 10cm の遮蔽体を設け γ 線を遮蔽している。

ロボットを含めての全体のサイズは、およそ幅 900mm、奥行き 1200mm、高さ 2100mm（パソコンラックを除く）で畳 1 畳程度の大きさにまとめている。



写真 3 測定部と測定ホルダー

考慮して手動のみとした。

試料はプレートにテープで貼り付け待機ホルダーにセットする。プレートは写真 5 のように爪が保持しやすいような形状をしており、爪も試料の厚みを配慮してできるだけ薄くある程度の重量に耐えられるものとしてステンレス製とした。待機ホルダーは当初架台に固定してプレートをセットする予定だったが、実際に行うと作業性が悪

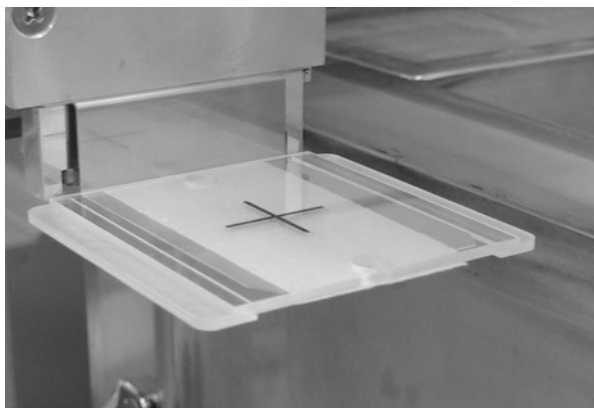


写真 5 爪に乗せたプレート

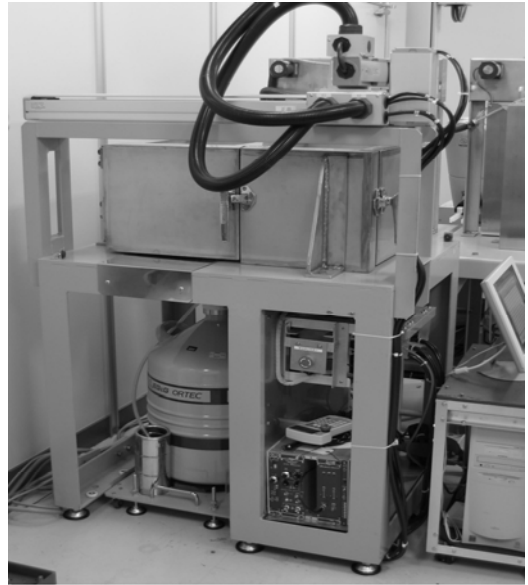


写真 2 ASC75 側面

扉の開閉は、自前でプログラム開発した ASC42 ではプログラムから行っていたが、故障時のロス時間や対応、手動測定利用を

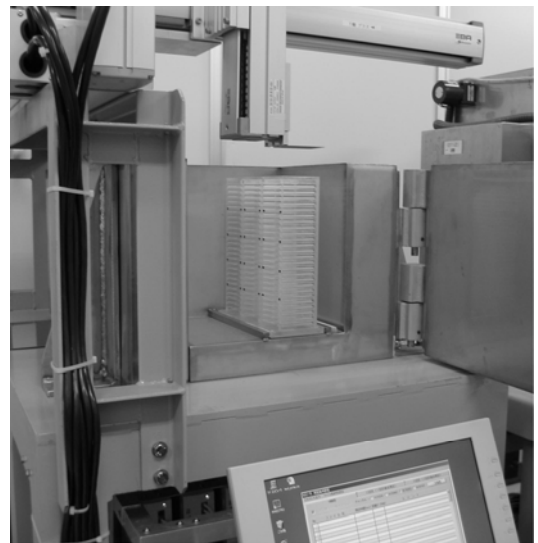


写真 4 待機部と待機ホルダー

く取外してプレートがセット出来るようにした。また待機ホルダー・測定ホルダーにはスペーサーを入れて、ロボットに取付けた爪に対して一定の角度が保てるように調整してある。検出器の出し入れも架台に切れ込みを設け、検出器の置台をストッパー付きの台車のようにしてメンテナンスに配慮した構造とした。

4. プログラム開発

プログラム開発は、OS を Windows98、VISUAL BASIC を使用し、測定条件入力部、データ測定部、ロボット稼動部の三つに分けて開発を行ったが、既成のソフトや ASC42 から一部転用し開発時間の短縮を図った。

4. 1 測定条件入力部

条件設定にはパソコン上から直接データを入力する方法（図 1）と、Excel の専用シート（図 2）読込んで表示する方法の両方とした。75 試料の測定データを直接入力するのは大変な時間がかかる。Excel の専用シートを用いることでその機能を利用しながら入力することにより、作業軽減・時間短縮をはかり、入力データの確認も容易に行える。

入力作業軽減機能としては測定条件の一括入力の機能（図 3）もある。これは全試料の測定が同一条件であった場合などに有効で、測定時間、測定位置の指定のほかファイル名の編集かつ確認、表示されている 1 行目の条件を取り込める機能もある。

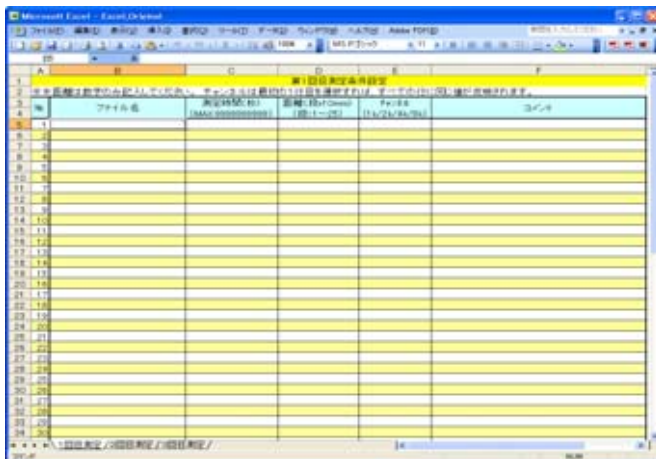


図 2 Excel の専用シート

測定時間や測定位置は試料ごとに設定できる。

繰返し測定は 3 回とした。この繰返しは測定順 1 から 75 を測定して再度 1 から行うもので、ファイル名の入力を上手く利用すれば違うタイミングで照射した試料を 1 回の測定で行うことができるなど多様な測定方法が可能になる。

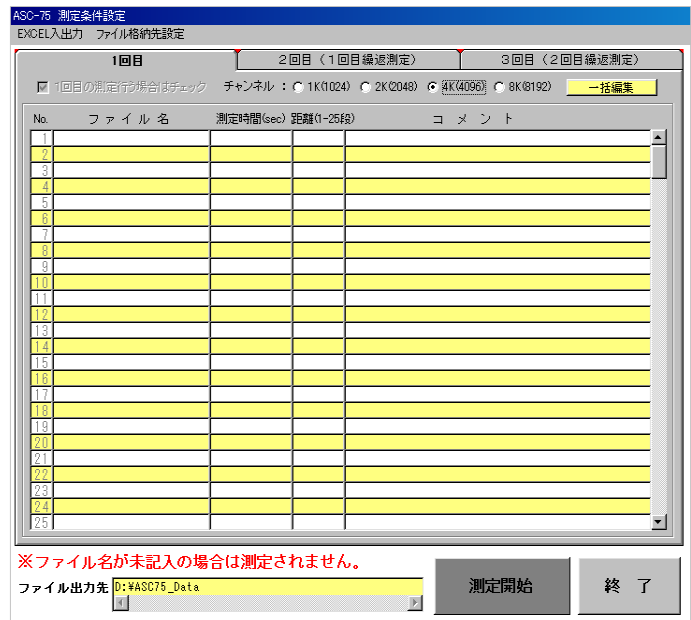


図 1 測定条件入力画面

また表示条件を Excel の専用シート形式で出力することもできる。保存すれば、トラブル等で再測定を行うときに条件の再入力が行える。

ファイル名が未記入の場合、試料がセットされていても測定は行わない。

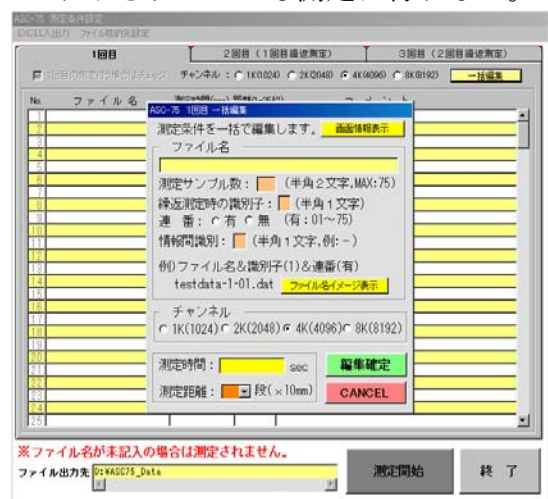


図 3 一括編集画面

4. 2 データ測定部

測定機器を ASC42 と同じ SEIKO 社製でかつ同機能の機器としたことで、ASC42 で開発したロジックを少ない改良で転用できた。測定時の表示画面について、ASC42 は自作で経過時間やデータのカウンタ状態を表示するものだったが、ASC75 は ORTEC 社製 MCA エミュレーションソフト MAESTRO (図 4) を使用し、経過時間やデータのカウンタ状態をスムーズに表示するだけでなく、MAESTRO のもつ機能を生かした表示を測定中にできる。また MAESTRO を起動しない状態でも測定は可能で、現在測定中の試料のファイル名等が MAESTRO 使用上の注意とともに表示される。

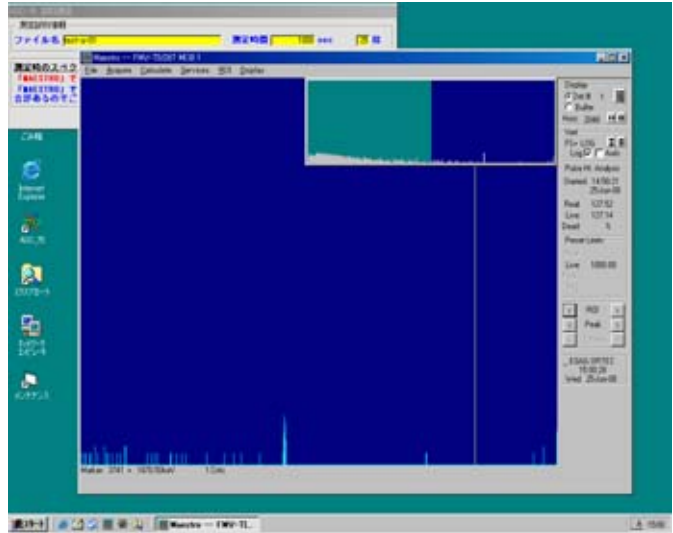


図 4 測定中画面と MAESTRO

測定終了後のデータはテキスト形式で格納する。データフォーマットは ASC42 と同一とした。ASC42 は稼動して 7 年以上たちフォーマットは利用者に認知されており、測定データを加工をする際も違和感がない。また利用者が独自の ASC42 データ変換ソフトを持っている場合でもそのまま使用できる。

データの格納先は測定条件入力時に設定する。固定格納先である D ドライブの ASC75_Data フォルダの中で、利用者はその責任で自由に格納先を作成かつ指定ができる。この固定格納先以外でデータの格納を行うことはできない。指定されたパスは測定条件入力画面下に表示され確認できる。格納の際、ファイル名が重複した場合はファイル名は測定開始日時をファイル名とし作成され、オリジナルのファイル名はデータのコメント欄に残すこととした。(図 5)

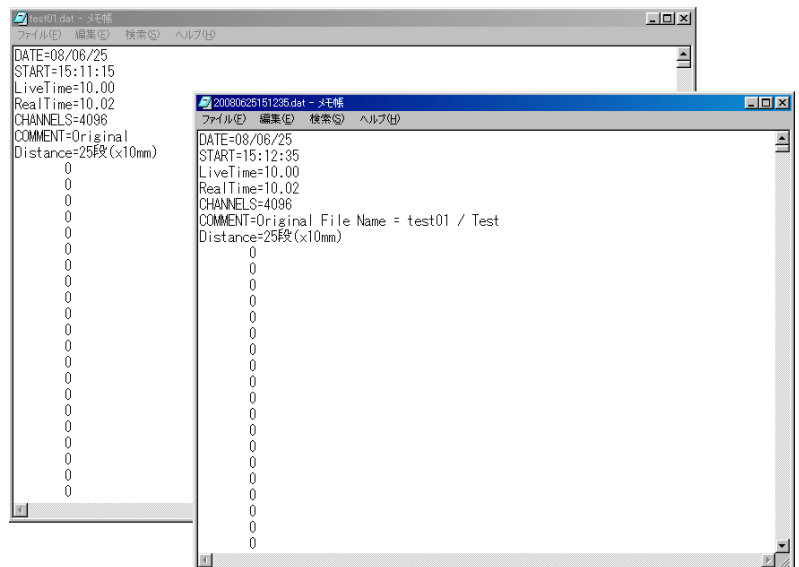


図 5 出力データ（後）とファイル名重複データ（前）

4. 3 ロボット稼動部

メーカーに導入の際、座標値を入力して爪を移動させる簡単なプログラムを作成してもらった。これを使用してロボット稼動に関する命令について理解した後、座標テーブルや速度テーブルの設定・確認、待機ホルダー・測定ホルダー間の任意の位置から位置への移動など必要な機能を追加した。そしてこの移動の部分を改良して先に作成したプログラムに組込んだ。なお改造したプログラムはメンテナンスプログラム (図 6) として今後も活

用していくこととした。

ロボットコントローラのプログラム（図7）や座標テーブルの設定（図8）は、プログラム開発に大きな影響を与えるだけでなくコントローラへのメンテナンスにも影響を与える。それを考慮し、最小限でわかりやすい設定を行うのが良いと考え、速度テーブルは初期設定のままで、座標テーブルは可変用にひとつ、固定用に4つの計5つを使用し、プログラムは座標テーブルそれぞれに移動するだけのものとした。

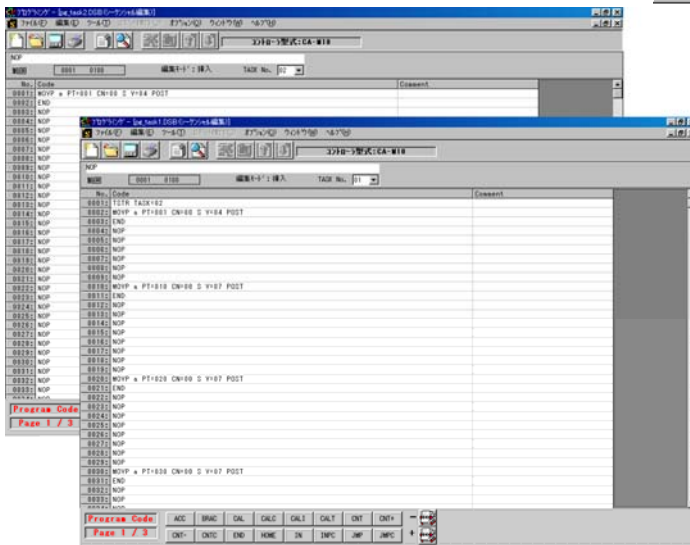


図7 ロボットコントローラのプログラム設定画面
タスク1（前）・タスク2（後）

に3軸全てが繰返し制度の範囲で到着しなければ次の処理が行われない。これは座標がずれて予定外の位置へ移動することを防ぐ為で、移動中は0.1秒単位に位置をコントローラから呼出し確認している。たとえ移動が完了しても異なる座標値であれば、確認処理を永久に行うことになる為、これを防ぐ為に100回ループを繰り返すとエラーメッセージを出して強制終了する。

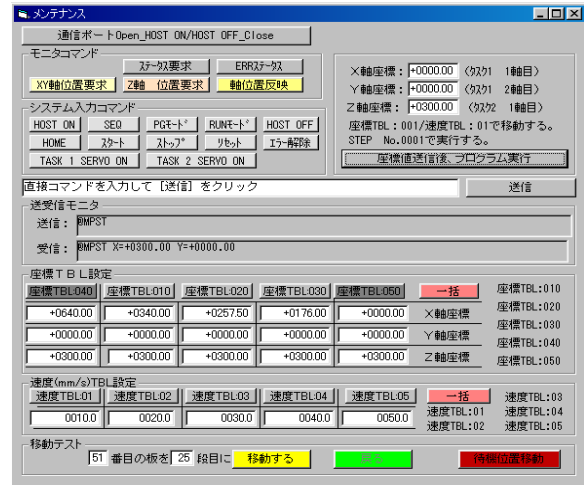


図6 メンテナンスプログラム

固定座標と扱うのは爪が最上位置にあって待機ホルダー・測定ホルダーの移動および未稼働時の待機場所の4つで、Y軸やZ軸は固定のままX軸のみの移動とし速度は速め。一方可変座標と扱うのは架台からプレートを取り出したり戻したりする作業で、X軸を固定Y軸Z軸の座標値を移動前にパソコンのプログラムで計算して、ひとつのテーブルを書き換えながら行い速度は遅めとした。

プログラムではX軸のみの移動でもX軸・Y軸・Z軸の移動先の座標位置

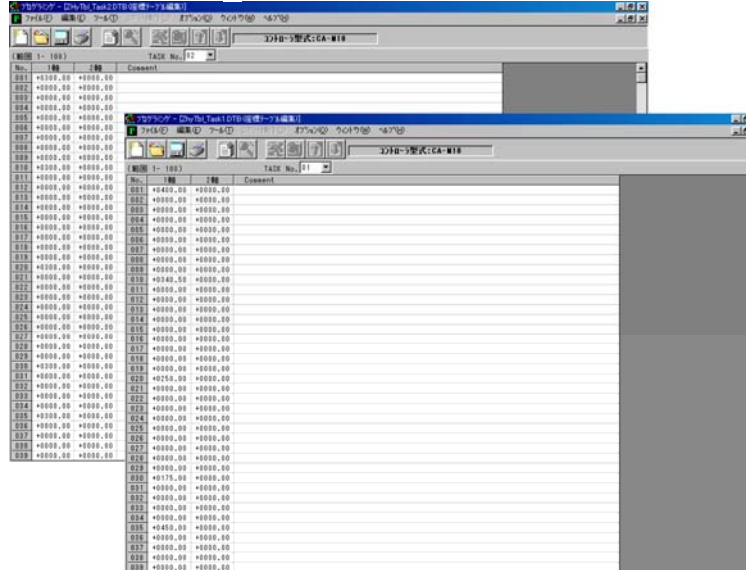


図8 ロボットコントローラの座標テーブル設定画面
タスク1（前）・タスク2（後）

5. 終わりに

ASC75の開発に当たり、自前で開発したASCだけでなく、今まで使用したことのあるASCを含めた長所や短所を関係者で検討して作成したが、稼動させてみると不都合があり、部品の作り直しや当初の設計を無視する部分もあったので、次回作成する際は反省点としたい。

大学開放研究室が所有するASCはこれで3台となり、これまでマシンタイムの関係で利用を制限してきた利用者への提供も行えるようになった。また、1台の利用期間という制限も7日間から10日間に延長し、測定試料の増加に対応するとともに、それぞれのASCの特徴に合わせた利用をお願いしている。

データ測定部を転用したASC42に対して、命令が異なるロボット稼動部を除いてASC75と共通化できる部分はできる限り転用し、測定条件入力など利用者に同じ感覚で操作してもらうようにシステムの変更をおこなった。

今後も多くの利用者に利用してもらい、改良できる部分は改良して使い勝手のよい安定したシステムを維持していくとともに、他のASCのハード・ソフト両面でのメンテナンスやバージョンアップを行ない、放射化分析実験全体の活性化や利用者の利便性の向上に努めていきたい。



写真6 ASC75

5 コリメートされた PIXE 用イオンビームのプロファイル測定

原子力国際専攻 中野 忠一郎

1 はじめに

東京大学工学系研究科原子力国際専攻に設置されたタンデム加速器研究設備（Micro Analysis Laboratory Tandem Accelerator、The University of Tokyo、略して“MALT”と呼ばれる）は、タンデム加速器から発生する多様なイオンビームの高いエネルギー安定性という特徴を生かして、種々の極微量分析等の加速器分析研究を行っている。粒子励起X線分析法（Particle Induced X-ray Emission、略してPIXE（ピクシー）という）も加速器を用いた精密微量分析法の一つである^{1)~2)}。

MALT PIXEシステムでは、古代遺跡から出土した古代ガラス玉の成分分析をはじめとして、近世遺跡からの金属遺物分析（キセル、真鍮四文銭、銅合金出土物の分析）や陶磁器破片の絵の顔料成分分析³⁾、また臓器や飲料水中のAl分析など広範囲な領域の分析を行っている。

PIXE分析をする上で使用するビームはPIXE chamber内に設置されたコリメータによりコリメートされ、所望のビーム径とされる。しかしコリメータエッジでの散乱やコリメータと試料間での距離によるビーム自身の発散があり、実際のビーム径は異なることが考えられる。このことは、試料のピンポイント測定でその箇所が近接する場合（例えば、PIXE測定システムを用いての試料の元素マッピングなど）においてビーム照射面が重なるなどの問題となる。測定精度を向上させる上で、正確なビーム径を求めることが必要である。

本稿では、ビーム径の測定をナイフエッジ法やビームプロファイルモニター(アルミナ蛍光板使用)、ビームの焼け跡を用いて測定したので報告する。

2 MALT のビームラインと PIXE コース

MALT のビームラインを図1に示す。MALT は二つの固体試料イオン源とタンデム型静電加速器および各種ビームライン（1A～2F）で構成されている。固体試料イオン源は負イオンを発生するCsスパッタ型イオン源（Source of Negative Ion by Cesium Sputtering、SNICS）で、一度に40試料の装填が可能なことからMC-SNICS（Multi Cathode-SNICS）と呼ばれている。タンデム型静電加速器は米国NEC社製（National Electrostatics Corporation）で、最大発生電圧5MVを有する。

PIXE時はTiHカソード（チタン粉末に水素を吸蔵させたもの）をイオン源にセットし、H⁻のイオンを引き出す。入射エネルギーを与えられたH⁻イオンはInjection magnetにより鉛直方向に曲げられ、加速器へと導かれ、正の中央電極に向かって加速される。中央電極内には電荷変換装置があり、ここでH⁻イオンはH⁺イオンに変換され、更に接地電位に向かって再加速させる。2段階に加速されることからタンデム型加速器と呼ばれている。加速されたH⁺イオンの得るエネルギー E は、入射エネルギーを V_{pre} 、加速器のターミナル電圧を V_t 、電荷を q 、電気素量を e とすると

$$E = (V_{pre} + (1 + q)V_t)e$$

で表される。

$V_{pre}=76\text{kV}$ 、 $V_t=1.5\text{MV}$ に設定されており、H⁺イオンは約3MeVのエネルギーを得て、PIXEコースへと搬送される。

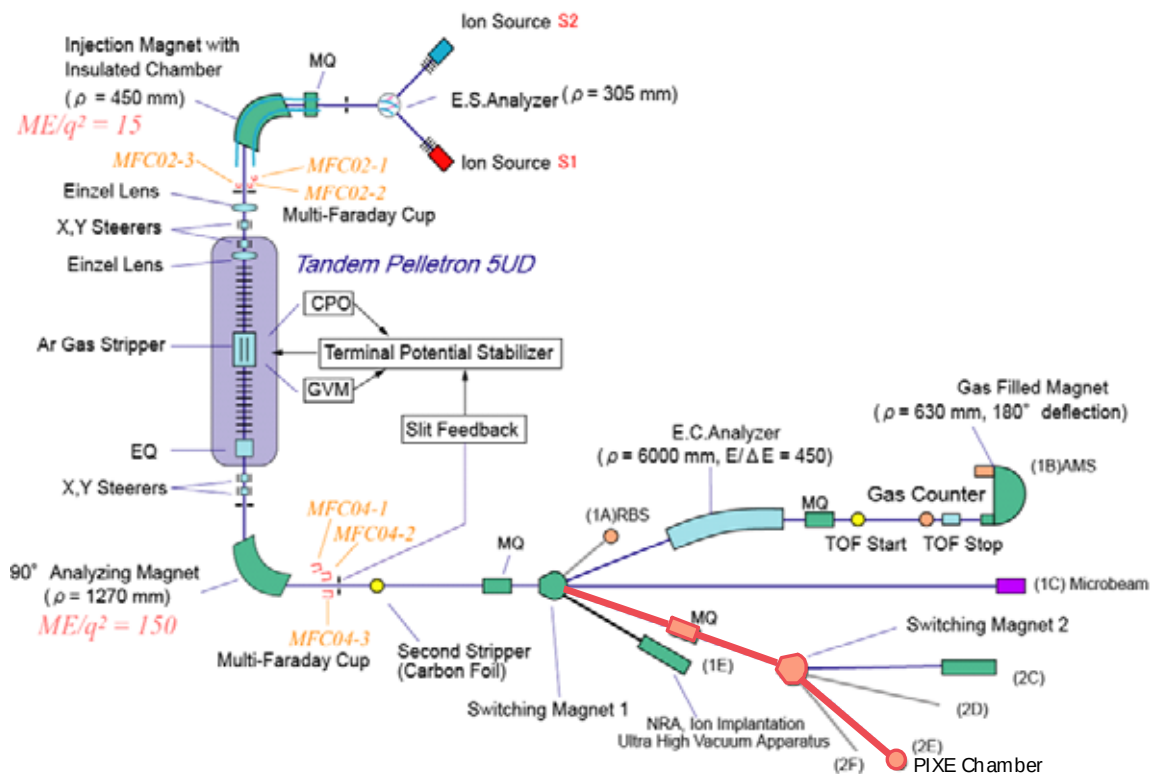


図1 MALT の Beam Line

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。
2E コースが PIXE コースで、コース終端には PIXE chamber が設置されている。

図2 に右後方(下流側)より眺めた PIXE コースの全景を示す。ビームラインの高さは床から 1,300mm、ビームダクトの直径は 4 inch である。またビームパスを長くとりほぼ平行ビームとしている。PIXE チェンバー後方に半導体検出器用のデュワーが見える。



図2 PIXE コース

右後方よりの写真。PIXE システムとして様々な工夫が凝らされている。

3 コリメートされたビーム径の測定⁴⁾

3. 1 ナイフエッジ法による測定

図3 にナイフエッジ法(シャープエッジ法ともいう)によるビームプロファイル測定系を示す。鋭いエッジを持った金属のナイフエッジ板を移動させてビームを横切ることによってビーム電流を測定する。ビーム電流は、ナイフエッジ板に照射されたビーム電流および切られずFC (Faraday Cup) に入射したビーム電流をそれぞれ電流計 (Digital Current Integrator, ORTEC439) で測定する。ナイフエッジ板およびFCには二次電子による電流値の過大評価を防止する目的でサプレッサーを設けている。コリメートされたイオンビームを I_{total} 、ナイフエッジ板での電流を I_{knife} 、FCでの電流を I_{fc} とすると

$$I_{total} = I_{knife} + I_{fc}$$

で表される。

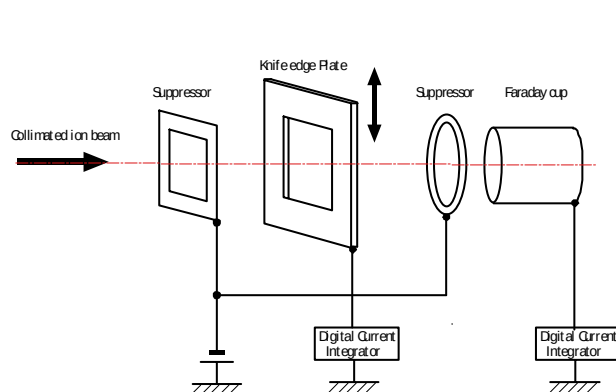


図 3 ナイフエッジ方によるビームプロファイル測定系

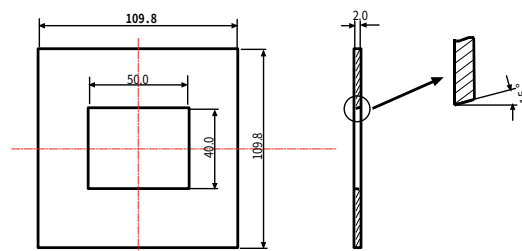


図 4 設計したナイフエッジ板

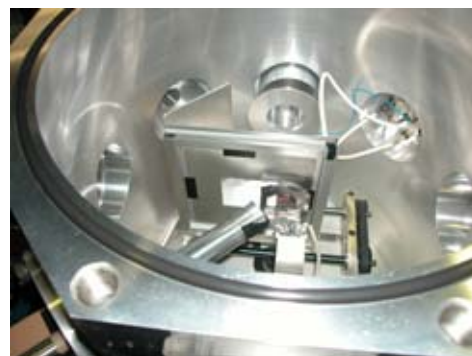


図 5 PIXE chamber 内の様子
コリメートされた陽子ビームは手前から奥の方向に進行する。ナイフエッジ板が試料ホルダーにセットされている。奥の円盤が FC 用サプレッサー。

図 4 に設計したナイフエッジ板を示す。ナイフエッジ板は PIXE chamber 内の X-Y ステージ上の試料ホルダーにセットされる。ナイフエッジ板の大きさは縦×横×厚さそれぞれ 109.8mm×109.8mm×2.0mm で、ナイフエッジ部は 15° のシャープな角度をもった形状になっている。図 5 に PIXE chamber 内の様子を示す。コリメートされた陽子ビームは写真手前から奥の方向に進行する。ナイフエッジ板が試料ホルダーにセットされているのが観察される。ナイフエッジ板からの電流およびサプレッサー電圧の供給はフィードスルーを介して PIXE chamber 内に配線されている。奥の円盤は FC 用のサプレッサーである。

コリメータ径は 2.0mm、またコリメートされた陽子ビーム電流は約 2.5×10^{-9} A、試料ホルダーにセットされたナイフエッジ板は位置 72.0mm から 73.0mm は 0.1mm ステップで、また 73.0mm から 0.2mm ステップで移動させた。図 6 に測定結果を示す。グラフの横軸はナイフエッジ板の位置（設定精度 0.1mm）を、また縦軸は I_{knife} を示している。図 6 より、1 次近似からビーム径は約 2.4mm と判断される。

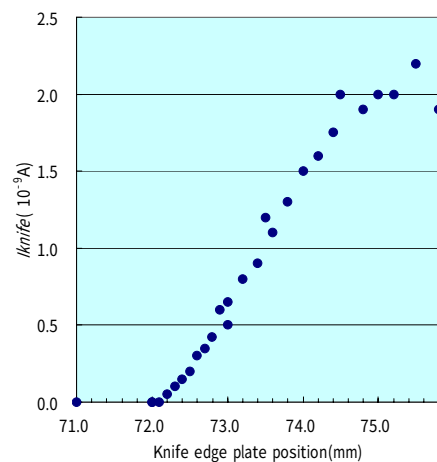


図 6 ナイフエッジ法の測定結果

3. 2 アルミナ蛍光板を用いたビームプロファイルの測定

ビームプロファイルモニターとしてはイオン電流に対して蛍光を発する物質が使用される。効率よく蛍光を発する物質としてフッ化カルシウム(CaF_2)やアルミナ蛍光板を MALT では使用している。フッ化カルシウムは結晶そのものを、または粉末状にしたものを塗布するなどして用いる。青白い蛍光を発する。アルミナ蛍光板は、ルビーと同じ $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3$ の組成で、ルビー色の蛍光を発する。組成が均一であり、購入時に所望の形状や大きさを得ることが可能で使い勝手がよい。今回は大きさ 10mm×10mm×1mm のアルミナ蛍光板 (AF995R、商品名「デマルキスト」) を使用した。

図 6 にアルミナ蛍光板を用いたビームプロファイルを示す。PIXE chamber 内をモニターしている TV カメラの映像で、アクリル窓を通して 45° 上方より観察している。MALT PIXE システムではイオンビームの照射位置マーカーとして用いている。図 6 では見にくいがアルミナ蛍光板の上方に金尺が取り付けられている。強い発光部とともにその周辺にハローのようなものが観測される。これはコリメータによるビームの散乱効果よりもアルミナ蛍光板の高発光効率によるものと考えられる。強い発光部の直径は約 2.6mm と判断される。

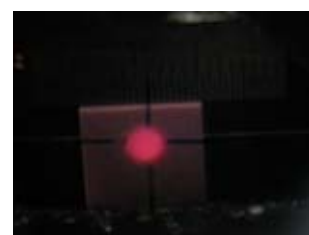


図 6 アルミナ蛍光板を用いたビームプロファイル

3. 3 ビームによる焼け跡を用いたビームプロファイルの測定

有機系の物質表面にイオンビームを照射すると有機物が炭化して焼け跡ができ、それを計測することによりビーム径を知ることができる(コンタミネーション法とも呼ばれる)。試料の急激な炭化による真空悪化を避ける目的でポリフッ化ビニデン(PolyVinylidene DiFluoride; PVDF) 膜を使用した。図 7 にビームの焼け跡によるビームプロファイルを示す。図 7 より焼け跡の直径は 2.6mm~2.7mm 程度と判断される。この結果はアルミナ蛍光板の結果とほぼ一致している。なお、PVDF は高強度と耐熱性の利点がある反面、図 7 に見られるように焼け跡が付きにくい。判別は可能だが、本目的の試料としては最適とはいえないことも分かった。この方法は簡便なので、この手法に適した試料のサーベイをしておくことが必要である。

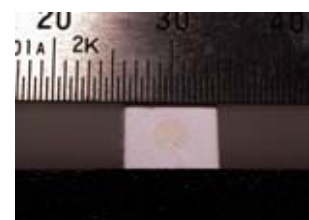


図 7 ビームの焼け跡を用いたビームプロファイル

4 おわりに

コリメートされたイオンビーム径を、ナイフエッジによる方法およびアルミナ蛍光板を用いてビームプロファイルを測定する方法、ビームによる焼け跡を用いてビームプロファイルを測定する方法の三つの手法を用いて測定した。前者は直接イオンビーム電流を測定しそこからビームプロファイルを求めるのに比して、後者の二つは間接的に求める手法である。三つの手法で求めたコリメートされたイオンビーム径は 2.4mm~2.6mm となった。コリメータの径は 2.0mm、またコリメータから試料までは 86.5 mm あり、この距離でイオンビーム径は 2.0mm から 2.4mm~2.6mm と発散していることが分かった。PIXE を行う上でビーム径の選択は重要であるが、測定ポイントが近接する場合は試料面上での実ビーム径に注意することが必要である。

MALT PIXE システムではコリメータは 2 ϕ の他に 0.5 ϕ 、1.0 ϕ 、5.0 ϕ 、10.0 ϕ があり、これらについても試料面上でのビーム径の測定を実施する予定である。

なお、本報告は平成 19 年度工学部・工学系研究科個別研修(OJT)として実施した。

参考文献

1. 橋本芳一、他：放射化分析法・PIXE 分析法（共立出版社、1986）pp.131-147
2. 石井慶造：応用物理放射線 Vol.23, No.4(1997)pp.3-7
3. 原祐一、小泉好延、中野忠一郎、川田秀治：第 24 回 PIXE シンポジウム(2007)p22
4. 日本学術振興会第 132 委員会編：電子・イオンビームハンドブック（日刊工業新聞社、1973）pp.199-206

6 大気圧 PIXE 分析用チェンバーの試作

システム創成学専攻 細野米市

原子力専攻 尾亦孝男

電気工学専攻 渋谷武夫

1. はじめに

PIXE (Particle Induced X-ray Emission) 分析法は、未知の物質に陽子等の荷電粒子を入射させ、その時発生する特性 X 線より未知の物質の構成元素を知る方法である。この分析方法は、荷電粒子入射によって発生する特性 X 線エネルギーが、元素によって異なるという性質を利用したもので、Na から U までの広範囲な元素を簡単に同定することが可能で、医学、生物学、考古学、物理、環境汚染（大気、水等）問題等の幅広い分野で利用されてきた。

PIXE 分析法の特徴は、①高感度であり ppm オーダーでも測定可能、②試料は数 μg でも分析できる、③Na（特性 X 線エネルギー：約 1 keV）から U（約 98.4 keV）まで同時に測定できる、④ビームサイズを $1\mu\text{m}$ 以下にすることによって細胞中の微量元素の分布を調べることが可能、等である。これらの PIXE 分析は、基本的に真空中で行われるため、水分含有の試料を分析することは出来ない。

一方、かつては夢の建材と言われたアスベストは、今や悪魔の物質となっている。このアスベストは、電子顕微鏡で観測するのが一般的であるが、含有率が低くなると観測が極めて困難となる。そうしたことに鑑み、アスベストの観測を念頭に入れつつ水分含有試料の分析や大面積を瞬時に分析する方法として、大気圧中での PIXE 分析法の開発を進めてきた。

本報では、特性 X 線検出器としてシリコンアバランシェフォトダイオード (APD) を用いた新方式を述べている。現在の PIXE 分析法は、数百万円の半導体検出器（液体窒素で冷却して使用）が使われているが、本方式は極めて簡単かつ安価（5 万円台）である特徴を有す。

2 試作したチェンバーとその特性

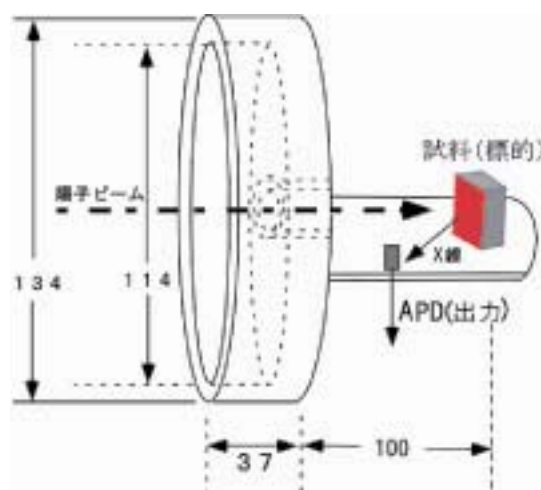
試作したチェンバーの概要を第 1 図に示す。それはテフロン製で出来ており、ビーム出口窓の加速ダクトのフランジに取り付けるようになっている。ビーム出口窓 ($3\text{mm}\phi$) は、 $2.5\mu\text{m}$ 厚のハバーフォイルを用いている。使用した特性 X 線検出部の APD は、有感部分が 5 mm 角で、X 線を測る空乏層が約 $10\mu\text{m}$ であった。測定系の概要を第 2 図に示す。基本特性を知るため、標準線源 (Fe-55) から発生する 5.9 keV の γ 線を入射させた時の測定結果を第 3 図に示す。同図は横軸がエネルギーに対応し縦軸が計数値である。この結果からノイズレベルのエネルギーは、約 0.8 keV であることがわかった。このとき分解能は 15.8% であった。

実験は、第 1 図で示したチェンバーをビニールの袋で覆い、その中に He ガスを充填させて行った。こうした理由は、発生した特性 X 線が空気中で吸収され難くするためである。バンデグラーフ加速器で加速された陽子ビーム（エネルギー：2.8 MeV）を塩に照射した場合の測定結果を第 4 図に示す。この時、ビーム電流は約 3 nA、ビーム径が $10\text{mm}\phi$ 、測定時間が 200 秒であった。同図では、Na と Cl（X 線エネルギー：2.62 keV）の分離が出来ているものの、塩に含まれる微量の K、Ca 元素が観測されていない。これは、測定系の分解能が悪いためである。今後は、これを測定できる様に改善することが必要である。

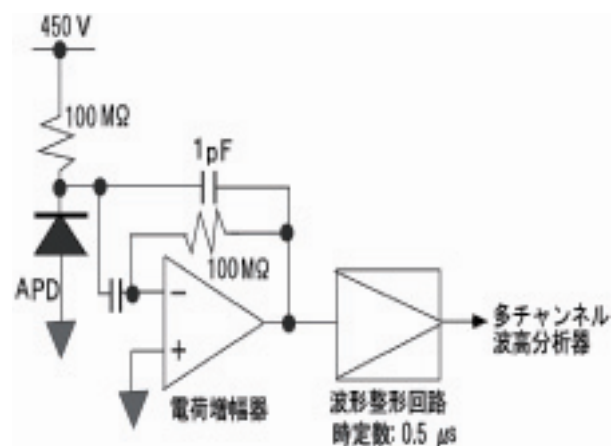
3. 結び

APDを用いて特性X線を検出するという新しいタイプの大気圧PIXE分析装置を試作し実験を行った。Fe-55 からの 5.9keV の γ (X)線やタンデム加速器で加速される陽子ビームを用いて実験を行ったところ、大気圧中で Na 以上の物質の分析が可能であることが確認された。

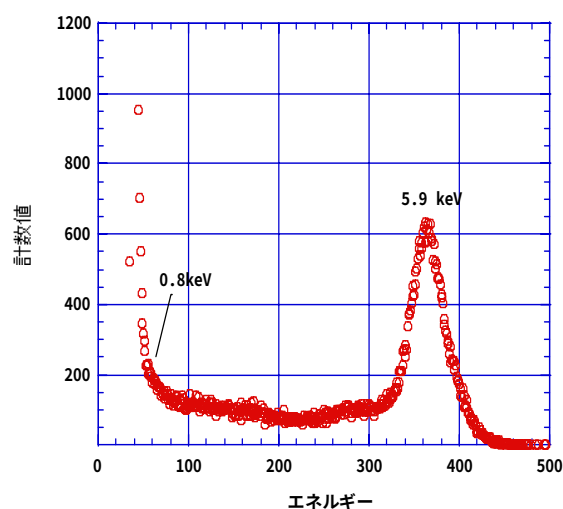
今後は、電子回路の改良や最良な APD の選択を行いエネルギー分解能の向上に努めたい。本実験の一部は、工学系研究科 OJT の費用を用いている。



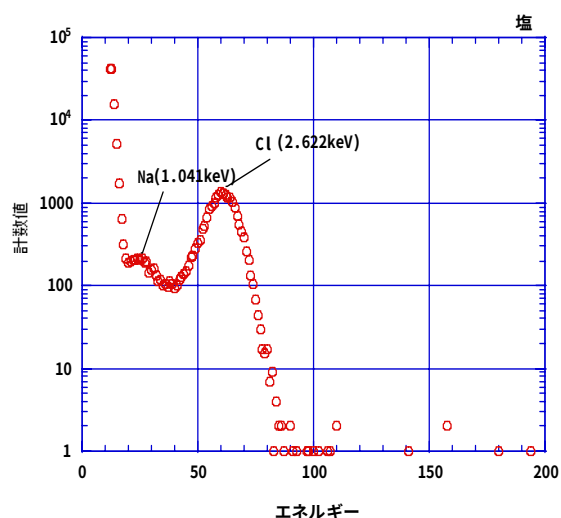
第1図 チェンバーの概要



第2図 測定系の概要



第3図 5.9 keV X 線の測定結果



第4図 塩からの特性 X 線測定結果

7 原子線を用いた分析化学実験法の開発

応用化学専攻 栄 慎也

1. はじめに

水溶液中の微量無機イオンを定性・定量するために用いられる方法としては、原子吸光法や発光分析（炎光分析、ICP 発光）が主流である。しかし、これらの分析法にはそれぞれ、原理的な短所もあり、オールマイティーな「はかり」ではない。すなわち、それぞれの装置に適した前処理を行うことによって正確な値を求める事が出来る。そのためユーザーはこれらの装置を用いて分析を行う時は、知識と経験が豊富な技術者の指導の下に行うべきである。しかし、ユーザーに的確な情報を与える事が出来る技術者が少ないのが現状である。発表者は、応用化学専攻分析化学実験室に所属し、分析化学実験で原子線を用いた分析化学実験の指導を行うかたわら化学生命系共通機器として、原子吸光分析装置や ICP 発光分析装置の管理運営を行い、様々な研究でこれらの装置を用いて分析するユーザーの分析相談や指導を行ってきた。これらの経験を基に長所と短所を織り交ぜた分析化学学生実験カリキュラムを開発し3年時の分析化学実験に導入した。カリキュラムとしては、原理、問題点、装置性能を学ぶことが出来る内容とし、特に原子線分析で問題となる干渉（分光干渉、化学干渉、物理干渉）を深く学べる内容とした。

この内容と効果について発表する。

2. 実験法

2.1 概要

原子線を用いた分析（フレイム原子吸光分析、ICP 発光分析）の原理、問題点及び装置性能を学ぶカリキュラムの開発を行なった。主な制約事項は、

1. カリキュラムは1日（13時から17時）で終える必要がある。
2. 予算上安価な試薬を使う必要がある。
3. 安全にかつ多くの学生が実験によりレポート作成に必要なデータを得ることが出来る。
4. 原理、問題点、装置性能を学ぶことが出来る。

上記の 1.-4. を満たす実験カリキュラムの開発を行なった。試料として安価な酸化カルシウム (CaO) を選択し、その酸化カルシウムに酸化亜鉛、酸化銅、酸化ニッケル、硫酸カドミウム、重クロム酸カリ



図1 分析装置の写真

左.: 日立製 I C P 発光分光装置
(P-4010)

右.: 日立製ゼーマン原子吸光分析装置
(Z-2000)

ウムを微量加えよく混合して未知試料とした。試料中には金属重量で亜鉛 40-120 $\mu\text{g/g}$ 、銅 12.5-50 $\mu\text{g/g}$ 、ニッケル 20-60 $\mu\text{g/g}$ 、クロム 3.2-12.5 $\mu\text{g/g}$ 、カドミウム 1.3-2.5 $\mu\text{g/g}$ となっている。溶解には混酸（塩酸 1：硝酸 1：水 2）を用いて分解後、含まれている微量の不純物を ICP 発光により元素定性分析し、ICP 発光とフレイム原子吸光により微量定量分析を行う。またその際に問題となるさまざまな干渉の影響やその除去法について学ぶことができる内容とした。

2.2 実験法

実験は 4 名もしくは 6 名 1 組で行なっている。未知試料は 1 人 1 つで、組を 2 つに分け原子吸光用もしくは ICP 発光用の検量線溶液を作製し、測定は全員で行なう。実験装置は ICP-発光装置は日立製 P-4010、フレイム原子吸光装置は日立製 Z-2000 を用いている。実験操作は以下に示す内容です。

操作 1 試料溶液の調製

- 1) 未知試料 1g 程度を正確にはかりとり、これに混酸（塩酸 1：硝酸 1：水 2）20ml を加えホットプレート上で 10 分程度加熱分解する。
- 2) これを放冷後、濾紙で不溶解の成分と分離後、水で 100ml にメスアップし試料溶液とする。（試料は完全に溶けるが念のため装置内での目詰まりを防ぐためにろ過を行う。）

操作 2 検量線溶液の調製

試薬 バックグラウンド調整用酸化カルシウム溶液：特級酸化カルシウム粉末約 100g を混酸（塩酸 1：硝酸 1：水 2）2000ml で溶解したもの（すでに調整済み）。亜鉛、カドミウム、銅、ニッケル、クロム標準溶液：原子吸光用 1mg/ml 溶液（すでに調整済み）。

- 1) 亜鉛、カドミウム、クロム標準溶液を以下の表の濃度になるように分取し、これにバックグラウンド調整用酸化カルシウム溶液 20ml を加え 100ml にメスアップする。

表 1 検量線溶液の濃度 (ppm)

	検量線 1-0	検量線 1-1	検量線 1-2	検量線 1-3	検量線 1-4
亜鉛	0	0.3	0.9	1.5	3.0
クロム	0	0.005	0.01	0.025	0.050
カドミウム	0	0.005	0.01	0.025	0.050

- 2) 同様に表 1 の検量線 4 にバックグラウンド調整用酸化カルシウム溶液を加え無い溶液、溶解用混酸溶液 20ml のみを加えて 100ml にした溶液も調製する。混酸 20ml を 100ml にメスアップした溶液も作製。
- 3) 銅、ニッケル標準溶液を以下の表の濃度になるように分取し、これにバックグラウンド調整用酸化カルシウム溶液を加え 100ml にメスアップする。

表 2 検量線溶液の濃度 (ppm)

	検量線 2-0	検量線 2-1	検量線 2-2	検量線 2-3	検量線 2-4
銅	0	0.1	0.3	0.5	1.0
ニッケル	0	0.3	0.9	1.5	3.0
亜鉛	0	0.3	0.9	1.5	3.0

- 4) 同様に表 2 の検量線 4 にバックグラウンド調整用酸化カルシウム溶液を加え無い溶液、溶解用混酸溶液 20ml のみを加えて 100ml にした溶液も調製する。混酸 20ml を 100ml にメスアップした溶液も作製。

（操作 3）測定

- 1) ICP 発光法による未知試料溶液中の不純物の定性分析
- 2) ICP 発光法による亜鉛、クロム、カドミニウムの定量分析

3) フレーム原子吸光法による亜鉛、銅、ニッケルの定量分析

2.3 実験結果と考察事項

ICP 発光法による定性分析

定量目的元素及び不純物元素数元素を3波長ずつはかり発光線プロファイルを印刷し、各波長の発光の有無とその強度比を比較し元素定性を行なわせる。そのなかで、各元素の発光線プロファイルの見方や簡易定量法、発光線の重なりや、ピーク位置の確認などを行い原子発光に関する考察を行なわせている。

原子吸光分析法

超純水のみ、混酸 20ml を 100ml にメスアップした溶液、検量線 2-0 の吸光度を比較すると検量線 2-0 には弱い吸収があることがわかる。これはバックグラウンドのカルシウムに吸収でありこの分光干渉を考察させる。同様に検量線 2-4、検量線 2-4 にバックグラウンド調整用酸化カルシウム溶液を加え無い溶液、検量線 2-4 に溶解用混酸溶液 20ml のみを加えて 100ml にメスアップした溶液の結果を比較すると比重の小さなものから吸光度が大きくなっている。溶液の液性と物理的干渉について考察させている。亜鉛の検量線が直線から外れることを確認し、亜鉛の自己吸収による分光干渉を考察させる。

ICP 発光法

検量線 1-4、検量線 1-4 にバックグラウンド調整用酸化カルシウム溶液を加え無い溶液、検量線 1-4 に溶解用混酸溶液 20ml のみを加えて 100ml にメスアップした溶液の亜鉛のプロファイルと比較すると比重の小さなものから発光強度が強くなっている。溶液の液性と物理的干渉について考察させている。また、原子吸光の亜鉛の検量線と比較

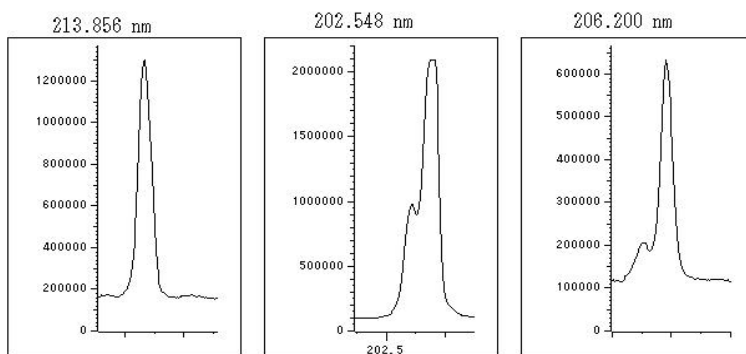


図2 亜鉛の3強線のプロファイル

左から 213.856nm、205.548nm、208.200nm の発光線 200.548nm の発行線及び 208.200nm の発光線は他の元素の発光線と重なりが観察される。

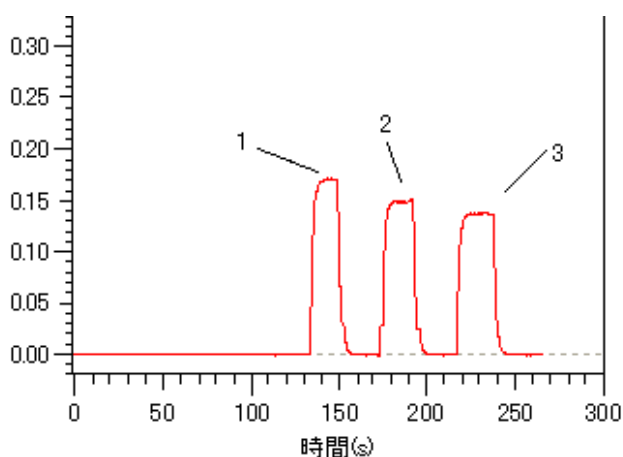


図3 同濃度の原子吸光スペクトル

1. 検量線 2-4 にバックグラウンド調整用酸化カルシウム溶液を加え無いで 100ml にメスアップした溶液
2. 検量線 2-4 に溶解用混酸溶液 20ml を加えて 100ml にメスアップした溶液
3. 検量線 2-4 の溶液

して直線性を確認させ ICP 発光のダイナミックレンジ広さについて考察させている。同様にカドミウムのプロファイルから、バックグラウンドにカルシウムが存在する時としない時のベースラインの比較からカルシウムの発光、すなわち分光干渉を考察させている。クロムのプロファイルから共存元素の発光線が重なることによって定量値に大きな影響を及ぼす事を理解させ分光干渉について考察させている。同時に考察事項や設問からどの様にすればこの様な干渉から逃れる事が出来るのか、あるいは干渉を理解した上で正確に測定するにはどの様に試料調整すればいいのかを考えさせている。

これらの実験は結果の考察を含めて早い組で4時間、遅い組で5時間程度である。

4. まとめ

原子線を用いた微量分析を行うに際して大きな影響を与える干渉について考察できる学生実験テーマを考案し、これを大学3年の学生実験に導入し大きな教育効果を上げている。

5. 謝辞

本法の開発にあたっては東京大学工学系研究科技術部個別研修（OJT）の助成を受けました。

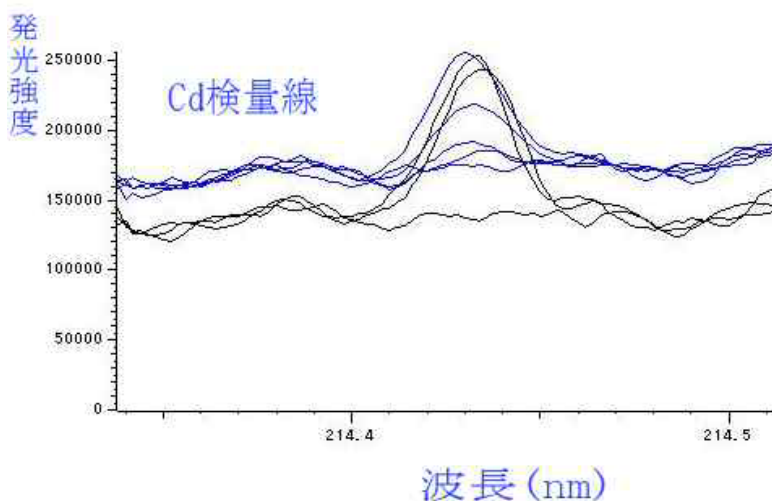


図4 カドミウムのプロファイル

ベースラインが上のプロファイルは検量線溶液にカルシウムを含むもの。下のプロファイルはカルシウムを含まないもの

8 電気機器のノイズ電流を抑制する簡易な対策方法

原子力国際専攻 安本勝

1 はじめに

導入電気炉に大きなコモンモードノイズが観測された。温度制御は一般的なサイリスタによる位相制御が行われている。電気炉使用室内では色々な実験装置があり、主に熱電対による温度測定が行われている。外部電磁界対策が不十分に成らざるを得ない場合が多く、従って電磁界を発生するコモンモードノイズ電流はできるだけ抑制することが必要である。一方、本来ノイズ発生電気炉への対策は電位の安定性を確保する接地線で行なうべきではなく、電源ラインにフィルターを入れるなど電源ラインで対策するべきだが、電源用となると外形は大きくなりスペースの問題で容易ではない。接地線を外すことでコモンモードノイズは抑制できるが、万一漏電した場合の感電防止という安全上からは問題である。安全とノイズ抑制の両対策を可能にする方法として、接地線にチョークコイルを入れることで両対策が可能になる。ただし、この対策方法は接地線でのチョークコイルの電圧降下があるので、この部分が共通インピーダンスにならない被対策電気機器単独で使用する場合には限られる。またチョークコイルの電流容量を大きくできない場合、過大電流による加熱損傷を防止するため、漏電遮断器付きブレーカのある場所しか導入できない。漏電遮断器付きブレーカは、感電を防止するためだけではなく、電熱機器の過熱損傷時に生じる漏電を検知するなど、実験機器の安全対策に一般的になると考えている。単独使用機器にコモンモードチョークを入れる方法は、一般的使用方法として適用可能な条件は広がっていくものと考えている。この接地線にコモンモードチョークコイルを入れる対策方法について報告する。

2 コモンモードノイズ源

ノイズ対策対象電気炉の温度制御はサイリスタによる位相制御である。実体回路はフィルタまでは図1で現される。しかし、一般的に電気機器内部回路は不明であり、もし分かる場合でも回路からノイズ源等価回路を解析的に求めることは難しく、実質的にブラックボックスとして扱わざるを得ない場合が多い。このようなときに単純化したコモンモードノイズ等価回路を以下の簡易な仮定により簡易測定で求めることができる。

電気機器のノイズ源の等価回路定数は、フィルター定数により決まると考えられ、周波数によって図2のようになる。50Hz 商用周波数については、図2 (a)の等価回路になり、容量性リアクタンスになる。

高周波数成分が主になるノイズについて図2 (b)の等価回路になり、誘導性リアクタンスが主成分になる。

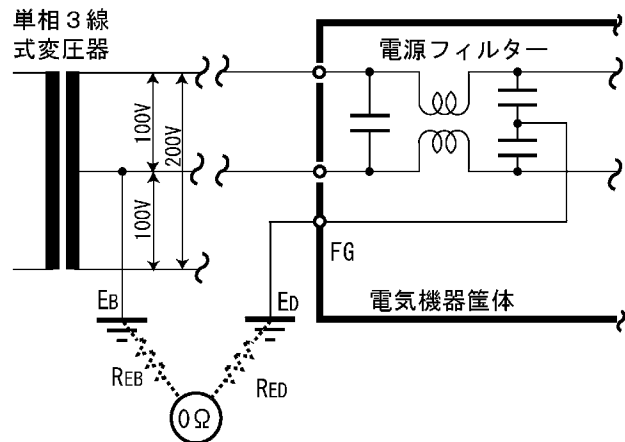
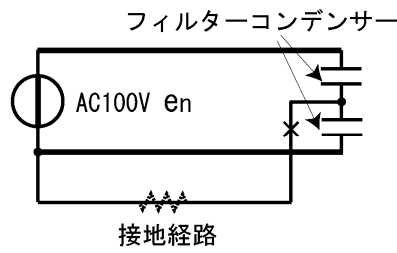


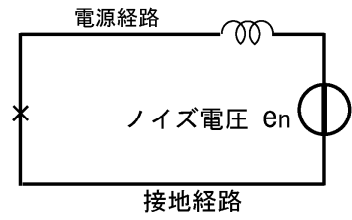
図1 実体回路

2.1 電源周波数成分の等価回路

電源経路と接地経路が作る循環路等価回路インピーダンスは、商用周波数の場合、容量性リアクタンスが支配的インピーダンスになる。従って、開放状態での電圧と既知抵抗に加わる電圧を知ること容量性リアクタンスを求めることができ、その値からフィルタコンデンサの容量を求めることができる。



(a) 電源周波数 (50Hz) 成分



(b) コモンモードノイズ高周波成分

図2 等価回路

×印で既知抵抗を挿入しそこに加わる電圧を測定した。電源周波数成分については開放状態で現れる電圧も測定した。

鳳－テブナンの定理から開放電圧 V_o 、挿入する既知抵抗 R_k 、それに加わる電圧 V_{Rk} 、求める容量性リアクタンス X_u として、

$$V_{Rk} = R_k \frac{V_o}{\sqrt{R_k^2 + X_u^2}} \quad (1)$$

$$X_u = R_k \frac{\sqrt{V_o^2 - V_{Rk}^2}}{V_{Rk}} \quad (2)$$

容量性リアクタンスになるので C は次式になる。

$$C = \frac{1}{2\pi f X_u} \quad (3)$$

2.2 高周波成分の等価回路

高周波成分についても、ノイズの等価電圧源電圧 e_n 、抵抗 r_n は小さくリアクタンス x_n が主成分とすれば、図2の×印で既知抵抗 r_1 を加えた時の r_1 に加わる電圧 e_1 、既知抵抗 r_2 を加えた時の r_2 に加わる電圧 e_2 とすると以下のように求めることができる。

$$e_1 = \frac{e_n r_1}{\sqrt{r_1^2 + x_n^2}} \quad (4), \quad e_2 = \frac{e_n r_2}{\sqrt{r_2^2 + x_n^2}} \quad (5)$$

$$(5), \quad e_1^2 r_1^2 = r_1^2 e_n^2 - e_1^2 x_n^2 \quad (6), \quad e_2^2 r_2^2 = r_2^2 e_n^2 - e_2^2 x_n^2$$

(7)

$$e_n = \sqrt{\frac{\begin{vmatrix} e_1^2 r_1^2 & -e_1^2 \\ e_2^2 r_2^2 & -e_2^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} r_1^2 & -e_1^2 \\ r_2^2 & -e_2^2 \end{vmatrix}}} = e_1 e_2 \sqrt{\frac{r_2^2 - r_1^2}{e_1^2 r_2^2 - e_2^2 r_1^2}} \quad (8), \quad x_n = \sqrt{\frac{\begin{vmatrix} r_1^2 & e_1^2 r_1^2 \\ r_2^2 & e_2^2 r_2^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} r_1^2 & -e_1^2 \\ r_2^2 & -e_2^2 \end{vmatrix}}} = r_1 r_2 \sqrt{\frac{e_2^2 - e_1^2}{e_1^2 r_2^2 - e_2^2 r_1^2}}$$

(9)

r_n は一般的に接地極抵抗で決まると考えてよく、小さく無視できる。

3 回路定数の測定

一般的にノイズ源はインバータや温度制御等、電源周波数に同期して制御しているものが大半である。従って、オシロスコープによる観測ではトリガーをラインにして観測することで安定な観測が可能である。

3.1 電源周波数成分

測定は図3の測定系で行った。まず

(a)の開放状態の電圧をデジタルオシロスコープで観測し、次に100k Ω を入れたときの電圧をデジタルオシロスコープで観測した。それぞれの観測結果は図4(a)(b)である。等価ノイズ電圧 $e_{n(rms)}$ は図4(a)の観測結果の2倍から100(V)になる。図4(a)から $V_o = 71$ (V)、図4(b)から $R_k = 10^5$ (Ω)に加

わる電圧 $V_{Rk} = 10$ (V)より、 $X_u = 7 \times 10^5$ (Ω)になる。これを式(3)に代入して、 $C = 4 \times 10^{-9}$ (F)になる。図1のフィルターの並列コンデンサ容量になる。従ってフィルターコンデンサ1個の容量は、 $C/2 = 2$ (nF)になる。

従って接地線を直接接続した場合、0.1mAの電源周波数成分のノイズ電流が流れることになる。

3.2 電源とフィルターコンデンサが対称になる場合 (単相3線式200V使用の場合)

図5(a)のように単相3線式を単相200Vで使用する

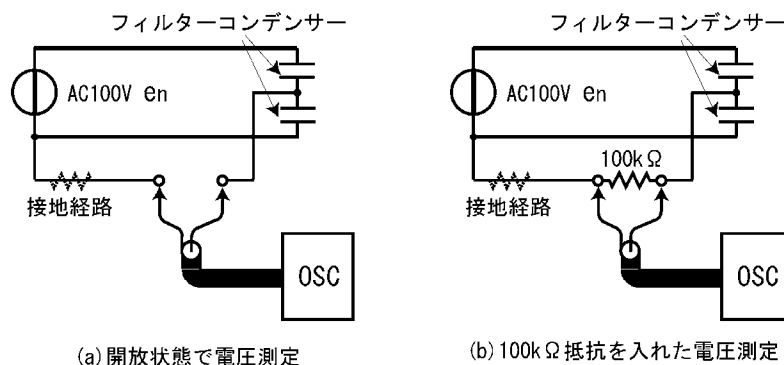


図3 電源周波数(50Hz)成分等価回路定数を求める電圧測定回路

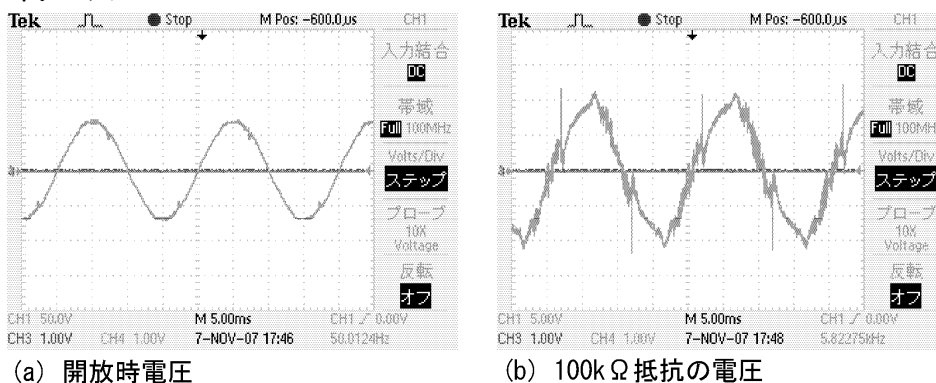
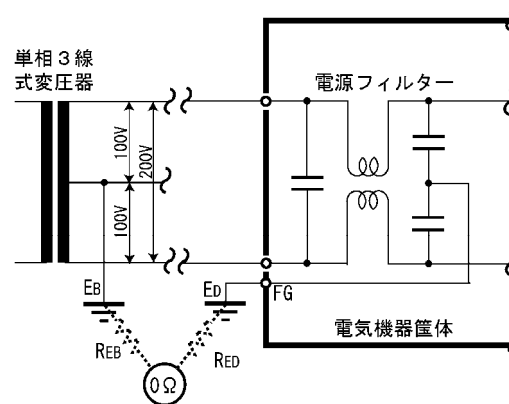


図4 電源周波数(50Hz)成分の観測波形



(a) 対称使用の実体回路

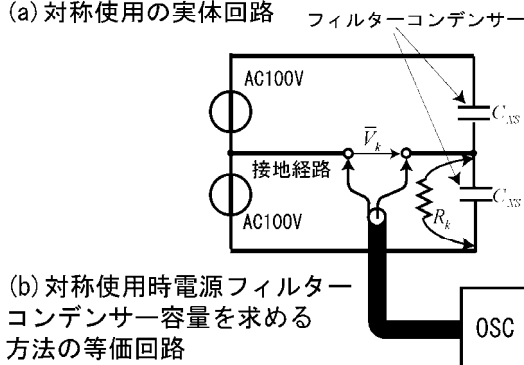


図5 対称使用電源フィルターのコンデンサ容量を求める方法

る場合、対称になり接地が中点になる。この場合、解放時の両端子間電圧は現れず、コンデンサー容量を求めることができない。これを可能にするため、対のコンデンサーの一方と並列に適度な値の抵抗、 R_k を入れて端子間電圧測定を可能にすることで求めることが可能になる。図5から(10)式が得ることができ、対称な場合のコンデンサー容量、 C_{XS} を求めることができる。

$$\bar{V}_k = 100 - 200 \frac{j\omega R_k C_{XS}}{1 + j2\omega R_k C_{XS}} = \frac{100}{1 + j2\omega R_k C_{XS}} \quad (10), \quad |\bar{V}_k| = \frac{100}{|1 + j2\omega R_k C_{XS}|} \quad (11),$$

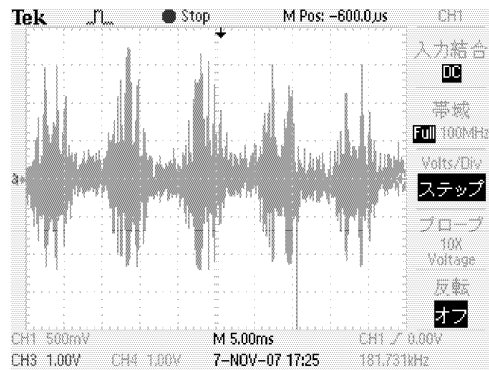
$$V_k^2 = \frac{100^2}{1 + 4(\omega R_k C_{XS})^2} \quad (12), \quad C_{XS} = \frac{1}{2\omega R_k} \sqrt{\left(\frac{100}{V_k}\right)^2 - 1} \quad (13)$$

3. 3 高周波成分

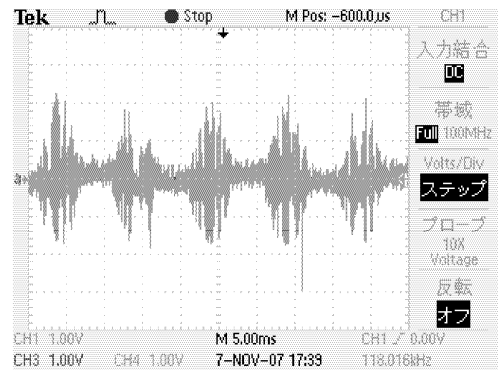
図6(a)に示すように、 $r_1 = 500 \text{ } (\Omega)$ のとき、p-p で $e_1 = 2.8 \text{ (V)}$ であった。また、 $r_2 = 1000 \text{ } (\Omega)$

のとき、図6(b)に示すように、p-p で $e_2 = 3.8 \text{ (V)}$

であった。また主な周波数成分は、デジタルオシロスコープFFT機能で測定した



(a) 500 Ω 抵抗の電圧



(b) 1k Ω 抵抗の電圧

図6 高周波数成分の観測波形結果、図7に示されるように、55kHz、85kHz、170kHzがある。周波数によってリアクタンスが変わるが、p-p から求めたリアクタンスに大きな違いが無いと考えている。全体の包絡線から p-p を求め、等価回路定数を求めても十分評価に耐えるものであると考えている。

ノイズ源の等価ノイズ電圧 $e_{n(p-p)}$ は、

$$e_{n(p-p)} = 4.48 \text{ (V)}, \text{ 近似的に正弦波に近似できる}$$

として実効値は最大値2.24 (V) の $1/\sqrt{2}$ になる。

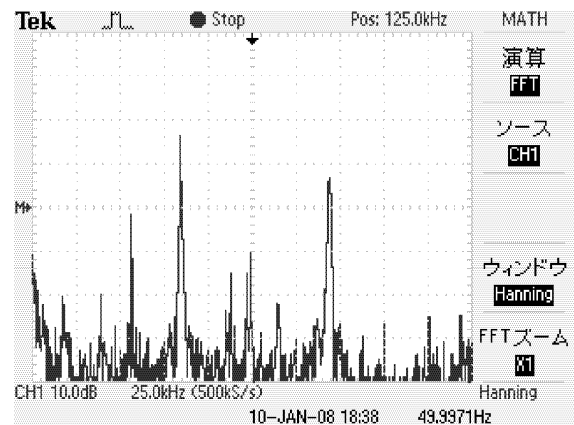


図7 500 Ω に加わる電圧のデジタルオシロスコープFFT機能による周波数スペクトラム

従って実効値 $e_{n(rms)}$ は、

1.6 (V) になる。等価

リアクタンス x_n は、

$x_n \approx 630$ (Ω) にな

った。従って、直接接
地線に接続した場合に
流れる電流は

$i_{n(p-p)} \approx 7$ (mA) になる。

対象装置がある建物の2007年電気設備定期点検結果によるとD種接地極とB種接地極の抵抗値はそれぞれ0.8 (Ω) と3.4 (Ω) 両者の和は4.2 (Ω) で、求められたリアクタンス $x_n \approx 630$ (Ω) よりも十分小さく、実際無視できる値である。

4 ノイズ対策

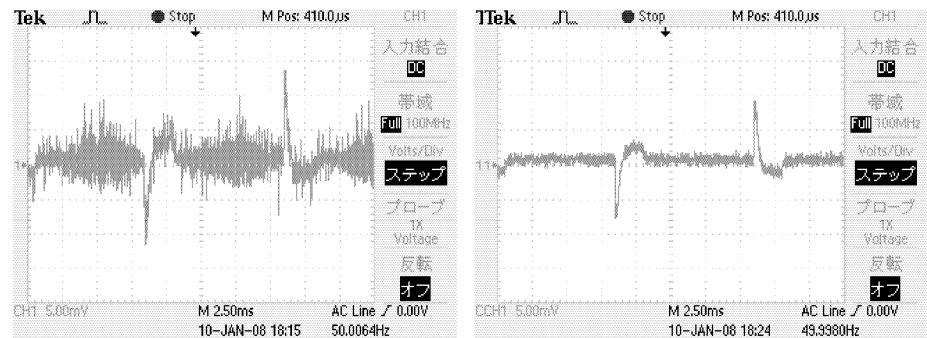
波形観測の結果被対象電気炉から発生するコモンモードノイズの高周波成分の主な周波数は、85kHzであり、その周波数でコモンモードノイズ源等価リアクタンスよりも十分大きなリアクタンスになる300mHのインダクタンスになるチョークコイルを挿入した。このときの挿入前後の電流を測定したものが図8である。(a)が挿入前、(b)が挿入後である。図からコイル挿入後高周波成分電流が見事に抑制されていることが分かる。

コモンモードノイズを発生する単独使用電気機器の場合、コモンモード対策としては接地線を接続しないようにすることで他への影響を抑制できる。しかし、感電の安全対策上は接地線を接続することが必要である。安全を確保し、また同時にノイズ対策を兼ねる方法として、コモンモードチョークコイルを接地線と電気機器の接地端子との間に入れることで共通インピーダンスにはならずコモンモードノイズを抑制できる。また安全も確保可能である。但し、十分な容量のチョークコイルでない場合、容量以下の電流で動作する漏電遮断付きブレーカを使用していることが必要である。

ノイズ対策に入れたチョークコイル300mHでありフィルターコンデンサー容量との共振周波数がノイズ周波数成分と共振しないようにすることも必要である。またコモンモードノイズ電流循環路内にコモンモードノイズエネルギーを消費させるため、等価的抵抗値を高めることも必要である。この実現には、例えば、損失の大きなチョークコイルを使用するか、許容できる範囲の抵抗も直列に接続するか、また変電室の各変圧器B種接地に法規を満足する範囲の抵抗を入れる方法がある。チョークコイルは使用透磁率材の特性にヒステリシス損失が大きなものを選択することになるが入手できるものに制限されるため、選択幅が小さい。

5 安全対策

電気機器筐体は、安全確保のため、接地線を接続することが必要である。これは漏電時でも電気機器の電位を電気機器を操作する人がいる周囲床等の電位と同じにすることが基本になっている。接地



(a) チョークコイル挿入前

(b) 300mH チョークコイル挿入後

図8 接地線に流れる電流

線はこのことを保証するものでなければならない。

チョークコイルを接地線に入れることは電位差を作ることの意味するが、電源周波数成分に対してはこの電圧降下は小さく問題にならない。一方ノイズ周波数成分に対しては電圧降下は大きい、高周波成分のコモンモードノイズ電圧は一般的に小さく安全上特に問題にならない。

チョークコイルは十分な電流容量にすると大きくなり、ブレーカボックスなどの限られたスペース内には納められない。もし、漏電電流遮断器付きであれば漏電検出電流まで電流容量を小さくでき、従ってコモンモードチョークコイルも小さくできるため、スペースの問題は解決する。

6 終わりに

接地線は理想的にはインピーダンスが存在しないことである。しかし、一般的な電気設備では、安全を目的にしており、ノイズ対策については考慮されていない。例えば、接地系統は各電源系統毎ではなく幹線として一つであり、それから分岐する方法になっている。コモンモードノイズ電流が流れるとこの幹線部分が共通インピーダンスになり分岐回路共通の電圧降下になる。この電圧降下は相互干渉レベルを高めるため、これを抑えとなると、共通インピーダンスを低くすることが難しい状態では、できるだけコモンモードノイズ電流を抑制することが必要になる。本方法は、共通インピーダンスにならない個所のインピーダンスを高めることでコモンモードノイズ電流を抑制する方法である。大学のような実験場所には単独使用電気機器は多く存在し、またコモンモードノイズ電流源になっているものも多いと考えている。本対策方法は、費用も少なくて済み簡易なコモンモードノイズ対策方法になると考えている。

9 非常時の避難困難者対応に関する考察

機械工学専攻 山内 政司

1. はじめに

地震や火災発生時など非常時にはエレベータの使用は禁止されている。そのため高層建築物から安全に負傷者や肢体不自由者などの避難困難者を避難させるには相当の困難が予想される。国連の委託機関世界火災統計センターによれば、緊急時には10%の人が階段を使つての避難が困難になるという報告もある。大学ではこの比率は低いと思われるが、非常時の負傷者や障害を持つ学生や教職員への対応は考えておかねばならない。本報告では非常時の避難困難者対応の現状と非常用階段避難車について考察するとともに、国内で入手できる新しい移動補助器具や非常用階段避難車などを紹介する。これらについて是非認識を深めていただきたい。



図1 電動車両例



図2 屋外不整地用車椅子例

2. バリアフリーと避難困難者

肢体不自由者や負傷者の移動補助器具としては車椅子が良く知られている。車椅子も病院や公共施設などで用意されている一般的なものからスポーツ用、電動車両（図1）、屋外不整地用（図2、3）、段差乗り越え用（図4）、階段昇降用（図5）、など、用途に応じたものが用意されるようになってきている。段差や階段は車椅子にとって最大のバリアである。段差に関しては施設側のバリアフリー化と



図3 屋外不整地用車椅子使用例



図4 段差乗り越え用車椅子例



図5 階段昇降用車椅子例

ともに、図4のような段差乗り越え機能を持たせた車椅子や、乗り心地と段差乗り越え性能の向上をはかったサスペンション付キャスター（図6）などが開発されている。階段の昇降に関しては車椅子側で対応するものも実用化されているが（図5）、高価なため普及しているとは言えない。そのためフロア間移動に関しては建物側がスロープ、エレベータ、階段昇降機などで対応するのが一般的である。多くの建物では利便性や設置面積の点でエレベータが設置され、平地の移動手段を持っていれば障害者も健常者と変わらない移動を可能としている。このような設備の設置によってバリアフリー化を実現しているが、非常時にはエレベータにフロア間移動を頼っている者は避難困難者になってしまう。これは解決しなければならない重要な問題である。



図6 サスペンション付キャスター例



図7 備え付け担架

3. 非常用避難器具の現状

筆者の職場である工学部2号館は地上12階地下1階に増築された。この増築に伴いエレベータが4基新設され、フロア間のバリアフリーが実現した。避難器具に関しては、増築前の旧2号館時代には脱出用のシュータが設置され、階段が使用不能な場合でも避難が可能であったが、現在は撤去されている。工学系研究科の各建物には、原則として担架が1基ずつ設置されている。工学部2号館では旧館正面階段の踊り場（図7）が

設置場所である。担架による階段搬送は訓練されていない者では危険を伴うため、担架のフロア間移動はエレベータを使用すべきである。工学系の他の建物でも避難具の状況は同様のようである。ニューヨークのワールドトレードセンターでは、2001 年の 9.11 テロの時点で避難困難者への対応策として階段避難車が約 100 台の設置されていた。その結果 10 数名が奇跡的な生還を果たすことができた。非常用階段避難車の必要性和有効性を示す好例である。

4. 階段避難車の要件

非常時に使用する階段避難車は、いつでも誰でも安全確実に作動させることが出来なければならない。例えば充電が不十分で動かなかったということでは困る。非常用階段避難車に要求される基本要件を以下のように整理した。不足する点があればご助言をお願いしたい。

- ① 避難困難者を乗せて平地と階段を安全で迅速に搬送できること。
- ② 動力を必要とせず、介助者一人の力で運用できること。
- ③ 介助者に特殊な能力を要求せず、力の弱い介助者でも体重の重い成人を搬送できること。
- ④ 階段構造と避難通路を考慮し、コンパクトで取り回しが良いこと。
- ⑤ 階段途中でも安全に停止できる機構を備えること。

これらの要件を満たす機材の設計は挑戦的で有意義である。筆者は「介助者なしで階段を昇降できる補助具」という命題に取り組んできた。避難車が市販されている状況ではあるが、まだ工夫や改善の余地はあり、これまでの経験を活かしてそれらの改善に寄与したいと考えている。



図 7 非常用階段避難車例



図 8 非常用階段避難車例

5. 非常用階段避難車の実例

非常用階段用避難車は世界で 3 機種が市販されており、日本ではそのうち 2 機種が入手可能である。ひとつは K 社がイギリスから輸入している EVAC+CHAIR（図 7）で 9.11 テロの際にも活躍した。もうひとつは国内の福祉機器メーカー S 社が開発・販売している CARRYDUN（図 8）で、海外にも 1 万台以上輸出されている。この 2 機種は当然のことながら前述の階段避難

車の要件をほぼクリアしており、国内外において国の機関、自治体、公共施設、病院、ホテル、企業などに多くの採用実績がある。国内大学でもいくつかの導入例があり、東京大学附属病院でも導入を検討中である。価格は両機種とも 20 万弱である。

6. 非常用階段避難車の普及

9.11 テロ以来、海外では建物管理者に対する非常用階段避難車の認識が高まり設置台数も増えている。図 9 のグラフは S 社の CARRYDUN の海外と国内の出荷台数の推移である。メーカーのご好意で掲載ができたが、縦軸は 2007 年を 100 とした相対値であることを了解されたい。海外では 2001 年の 9.11 テロにより非常時の階段避難が注目され、出荷台数が増えている。また 2006 年にはイギリスで公共施設と建物管理者に避難器具設置義務が法制化されたため、2007 年から出荷台数が急速に伸びていることが分かる。国内においては、2005 年に第 1 回危機管理展が開催されたのをきっかけとして、それ以降出荷台数が急速に伸びている。東京大学でも非常時の避難体制確保は重要であり、大学の対応は学生への安全教育という面でも効果が期待できる。日本の設置義務法制化を待つことなく、社会に先駆けて対応することを期待したい。

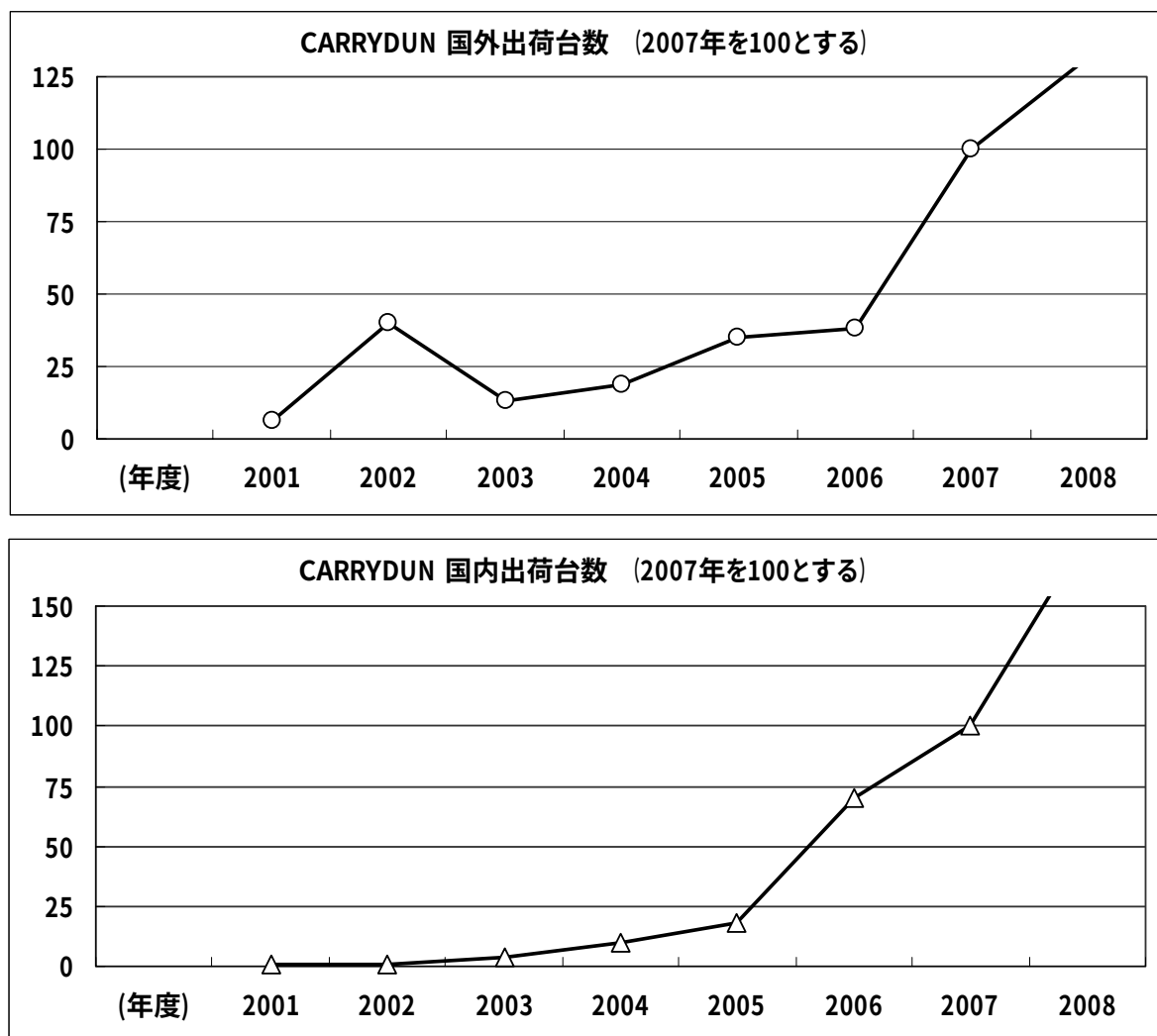


図 9 CARRYDUN の海外と国内への出荷台数

7. 階段避難車の実地テスト

市販されている2機種を工学部2号館において実地テストした。図10と図11はその際の写真である。両機種とも使用者は短時間の取り扱い説明を受ける必要はあるが、平地、階段、踊り場での取り扱いも容易であった。工学部2号館の各階段で動作確認テストをおこなったが、通路や踊り場などのスペース上の障害もなく、問題なく運用できることが確認できた。



図10 実地テスト (EVAC+CHAIR)



図11 実地テスト (CARRYDUN)

8. 地下フロアからの避難

ここまで紹介してきた階段避難車は、非常時に人を乗せて階段を下りる機能に特化している。しかし地下フロアから地上まで脱出する場合は避難者を乗せて階段を上る必要が出てくる。そのような用途には動力源を装備した避難車がどうしても必要になってくる。動力源が必要ということは4. 要件の2に該当しなくなるが、人を乗せた避難車を人力のみで階段を引き上げることは困難なため致し方ない。そのような機材は非常用避難車というカテゴリーではなく、自走式階段昇降機として市販されている。

図12は人を乗せて階段昇降可能な電動昇降機の例である。図13は車椅子ごと人を乗せて階段を昇降する自走式の電動昇降機の例である。このタイプの昇降機は車椅子ごと人を乗せる機構上、大きく重くならざるを得ず価格的にも高価である。このような用途には他にも階段にレールを設置



図12 電動階段昇降機例

する昇降機もあるが、避難用として設置するのであれば停電用のバッテリー電源を別途用意す

る必要がある。いずれにせよ非常用避難車に比べて高額な設置費用を要するが、それらの機材が必要なケースでは設置を検討しなければならない。



図 13 電動階段昇降機（車椅子積載用）

9. あとがき

筆者は 20 年以上前に足を骨折した経験がある。病院では車椅子で全く不自由のない生活ができたが、松葉杖で復帰した職場で障害者に対する建物・設備の配慮のなさに気付かされた。このことが福祉機器に興味を持つきっかけになった。その後バリアフリーが社会で一般的になり、福祉機器や安全機器も新しい製品が次々に開発されるようになった。このような機器は大学の建物管理や非常時の備えとして導入可能なものも多い。それらは必要に応じて積極的に導入すべきである。本報告で紹介した非常用階段避難車については、昨年から導入を働きかけているが、工学系ではまだアクションがないようである。学生および教職員の安全に関わる機材なので、積極的に導入を検討していただければ幸いである。

本報告に関わる活動を理解し積極的にご支援いただいた加藤孝久教授、野坂正隆教授に深く感謝いたします。また本報告掲載写真や資料を快く提供していただいた各企業および関係者、本報告の意義を理解しご尽力いただいた技術発表会実行委員会に対し、この場をお借りして御礼を申し上げます。

10 CAD/CAM/CAE の学生演習について

— 20年間の取り組み—

精密機械工学専攻・碓山みち子

1. はじめに

平成元年に図書館情報大学から精密機械工学専攻に移動してから20年間、CAD/CAM/CAEの演習に取り組んできたことについてまとめて発表する。筆者は工業化学を専攻してきたので、工学部の学問は始めてふれる用語ばかりで、全ての演習が、最初から勉強の積み重ねであった。幸い20年前はまだCAD技術がこれから発達するという時代でもあったので、何も知らない私の知識でも、学生演習の担当を命じられて学生と一緒に学ぶことができた。下記に演習の題名とそれを担当してきた年数、共同担当者名を列記する。

[メカトロニクス関係]

「メカトロニクス」の加減速制御法の設計	2年間	単独
---------------------	-----	----

[応力解析関係]

「ロードセルの設計」有限要素法による応力解析	1年間	共同
------------------------	-----	----

「FINS&CADASにおける有限要素法モデルの作成と応力解析」	4年間	TA
----------------------------------	-----	----

[設計と加工関係]

「設計と加工—パラメトリック設計」	3年間	単独
-------------------	-----	----

「CAMによるNCコード作成&加工」	2年間	齋技術専門職員共同
--------------------	-----	-----------

「3次元CAD/CAM演習」のPro/Engineerによる形状設計	5年間	TA
------------------------------------	-----	----

「形状創成入門」(CAD/W使用による放電加工用モデル作成)	3年間	TA
--------------------------------	-----	----

「3年生の応用プロジェクト」 3次元CADのCaelumXXen を使用した協調設計支援(木村教授担当の授業)	2年間	TA
--	-----	----

この中で「メカトロニクス」の加減速制御法の設計は、加減速制御を行う際の制御法、及び速度曲線を定め、その曲線をコンピュータのメモリ上に表の形で実現するプログラムの作成を行うことを目的としている。さらに、系を1自由度系に単純化して考える場合について、その前提条件、残留振動の解析解を求める。パーソナルコンピュータPC-8001という、当方で、12年前のコンピュータを使用し、データの保存にはカセットテープを用いていた。その旧式な方法に、学生も驚いていた。この課題を除いてはCAD/CAM/CAEのテーマにまとめられる。そこで、筆者は、より効果的な教育効果ができるように、それぞれの演習内容の取り組みと操作手順のテキストを作成し、指導方法に工夫した事を報告する。

2. 「応力解析」に関する演習

2. 1 有限要素法による応力解析

有限要素法とは連続体を有限要素（finite element）の集合体として近似することにより、連続体内部における物理量を近似的に計算する方法である。有限要素とは節点（node）を持つ要素（element）で、（１）各々の要素に対し、荷重は節点を介して要素に伝えられる。

（２）同一の要素内では、応力・ひずみは一定である性質をもつ。実際には荷重は離散的な節点のみによって伝えられるものではなく、応力・ひずみは連続的に変化するが、応力・ひずみ分布の変化率にたいして各要素が十分小さければ、この近似は成立すると考えられる。このような仮定から有限要素法では節点データ、要素データ、境界条件のデータを入力することにより、要素の応力・ひずみと節点の変位を計算することができる。[1]

2. 2 演習の概要

〈1〉 ロードセルの設計

本演習は、各種材料の引っ張り試験、破断試験に使用するロードセルの仕様を決定し、寸法、形状について検討することを目的としている。コンピュータは PC-9801 を使用、有限要素法ソフトは（MEDIT、MTRANS、MPLANE、MPOST）を使う。節点変位のデーターを取り出し、ひずみゲージを貼る部分に相当する節点をいくつか選び、それに対応する荷重と Z 変位、Z 方向応力と Z 方向ひずみ関係のグラフを作成し、検討する。

〈2〉 CADAS と FINAS による応力解析

モデル作成、結果の出力を CADAS で行い、有限要素法解析ソフトとして FINAS を使用した。その手順を図 1 に示す。

- ① 有限要素法モデル作成
- ② データの FINAS 形式への変換
- ③ FINAS による計算
- ④ データの CADAS 形式への変換
- ⑤ 結果の表示

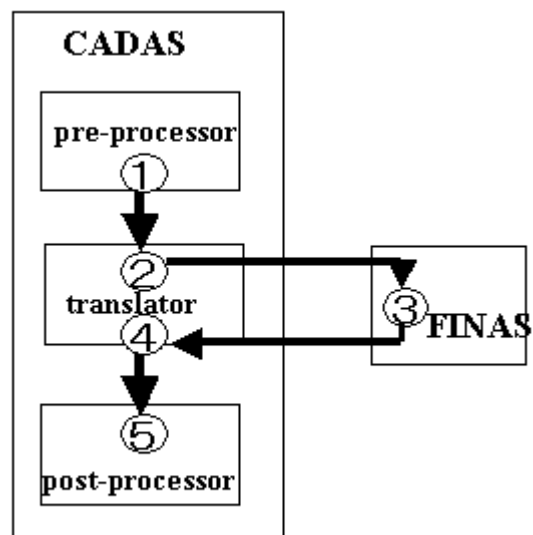


図 1: CADAS 及び FINAS を用いた環境

この演習は図 2 に示すようにエルボ部に内圧がかかる時の応力解析を、切断面に垂直に拘束をかけ、拘束条件、荷重条件、材料条件を与えて行い検討することを目的としている。

- （１）拘束条件 底面は Z 方向拘束、上面は X 方向拘束、対称面は Y 方向とする。
- （２）荷重条件 エルボ内面に面分布荷重 1.2Kg/mm^2 を作用させる。
- （３）材料定数 ヤング率 21000Kg/mm^2 、ポアソン比 0.3 とする。

有限要素法モデルは要素と節点からなるが、CADAS では、基本点、LINE パート、SURFACE パート、VOLUME パートによりモデル全体の形状を入力し、それをメッシュ

分割して要素を生成する。この時節点も自動的に生成される。[2]

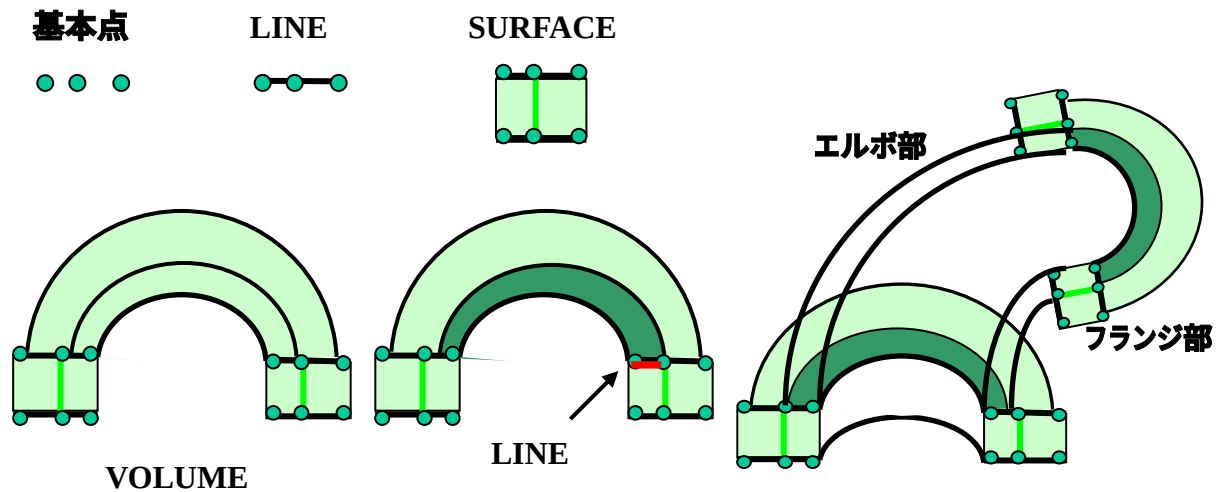


図2： エルボ部の有限要素法モデルの作成

3. 「設計と加工」に関する演習

3. 1 CADによる設計

CADはComputer Aided Designの略語で「計算機援用設計」と訳される。正式にはコンピュータに支援された設計作業そのものを指すが、現在ではソフトウェアのことをCADと呼ぶ事が一般的である。三次元CADの普及に伴い、製品の三次元データを利用した様々なシミュレーションが行われるようになり、試作をすることなく設計した製品の評価や最適化をすることが可能となった。

3. 2 CAMソフトウェアの構成

CAMソフトウェアは、CAD等におけるモデル座標系上で工具経路CLデータを計算する「メインプロセッサ」と、使用する工作機械の構造やNC装置などを考慮してCLデータを適切な

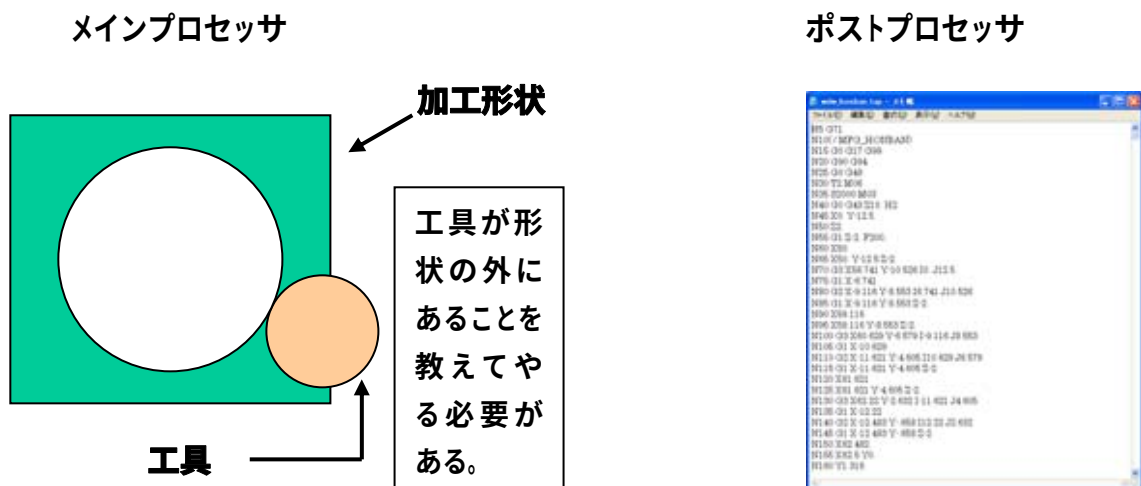


図3： メインプロセッサとポストプロセッサの役割

NC データに変換する「ポストプロセッサ」の二つで構成されている。(図3) 一般的な3軸制御加工の工作機械の動きは、テーブルや主軸を直線的に移動させる併進運動のみであるため、計算の対象は工具先端中心の軌跡を表す連続した三次元の座標値となる。このときのCLデータとNCデータの値には大きな違いを意識する機会は少ない。一方、5軸制御加工の場合は回転運動が含まれるため、回転軸中心と工作物原点やテーブル上面の位置関係などの初期情報を適切に設定しなければ、正しいNCデータを得る事ができない。[6]

3. 3 演習の概要

〈1〉 パラトリック設計

近似直線運動機構(図4)を設計し、加工、組み立てを行うものである。これは回転運動を近似的な直線運動に変換するために用いるもので、スライダリンクと固定長リンクの組み合わせからなっている。スライダリンクは台に取り付けられたステッピングモータによって回転する。リンクの先端には直線運動をさせる、例えばペンが取り付けられている。回転によりスライダリンクの角度が決まると固定長リンクの拘束からスライダの長さが決められ、先端の位置が決まる。そこで、この拘束条件を満たしながら、リンク先端がどのように動くかを Pro/ENGINEER のスケッチャー内で幾何拘束処理を利用して観測し、スライダリンクのヘッドの部分と固定長リンクの適切な長さを決定する事が目的である。

本実験では、3次元CADシステム Pro/ENGINEER を用いる。このCADは幾何拘束処理、フィーチャーベースドモデリングなど機械系CADの中でも先進的な技術を組み込んだモデリングシステムである。

Pro/ENGINEER の動作には UNIX ワークステー

ションである SparcStation2 と X-window 環境を用いる。

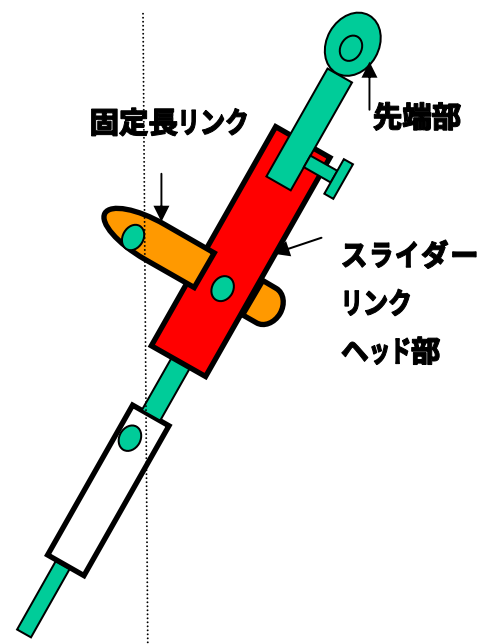


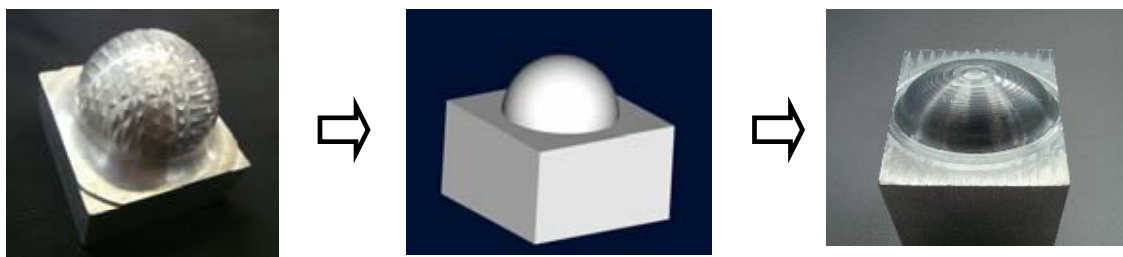
図4: 近似直線運動機構

〈2〉 CAM による NC コード作成&加工

〈3〉 3次元CAD/CAM 演習の Pro/Engineer による形状設計

〈4〉 「形状創成入門」(CAD/W 使用による放電加工用モデル作成)

これらの演習(図5)については、今までの技術発表会[3]、[4]、[5]で発表してきた。演習で最初に作ってきたデータはCLデータと呼ばれるものでありこのままでは加工に使う事が出来ない。切削機によって適当なGコードの形が異なるので、ふさわしいデータ形式を選んでやる必要がある。今回使用した「Tosnuc777」というマシンに対応した形のCLデータがないため、最も形式が似ている UNCL01.p12 という形式を選び、後でプログラムをかけて処理をした。[6]



手動で作成した作品

Pro/Eで作った加工する形状

CADによる加工作品

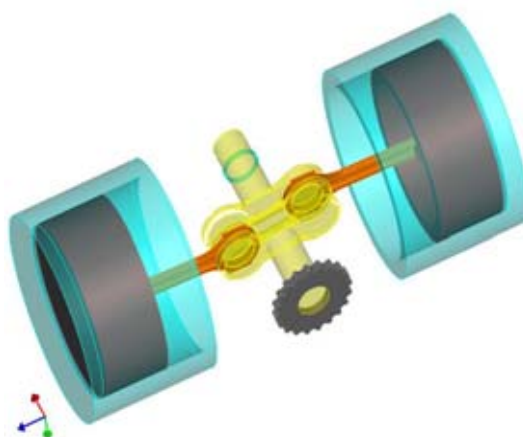
図5:Pro/Eで作った加工形状と手動で作成した作品

4. 取り組みと考察

有限要素法による応力解析は解析する部分が小さければ小さいほど計算時間はかからないため、モデルを作成するときは、モデルの対称性を考慮して全体の1/2を解析領域とし、ソリッド要素によりモデル化をした。3次元CADを使用する時は、操作方法を理解する事も大事ですが、拘束条件、荷重条件、材料定数などを理解させて、モデルを作成しないといけなため、8時間の限られた時間内に理解させることが困難である。そこで、基礎編と応用編からなる60枚の資料を用意した。「CAMによるNCコードの作成と加工」の演習では、NCコードを自分で作成し、加工はマシニングがするので、学生には面白みがない演習として受けとめられていた。しかし、3次元CAD/CAM-Pro/Eを使用する事で、創作作品の製作(図6)やCADコンピュータ上で仮想モデルを作成し、目の前での加工が可能となった。この演習でも45ページの資料を作成し、複雑で煩雑な操作手順に振り回されずに、今学生が何をしようとしているかを理解しながら操作できるように工夫した。[4]



ワインオープナー



水平対向2気筒エンジン

図6: 3次元CAD-CaelumXXenを使用した学生作品

5. まとめ

全体に 20 年前は CAD が使用できるコンピュータもグループで 1 台と少なく、一人でも CAD に詳しい学生がいて、他の学生は何も手を動かしていない光景があった。近年では学生に 1 台ずつ与えられると、全員が自分の力で操作しないといけないので、全員が自力で操作できるテキストが必要である。今回は、学生が自力で操作できるテキストの作成、知っておくと嬉しい情報などを毎回バージョンアップしながら、付け加えて指導した。

その結果、学生が自主的に行っているアンケートによる評価において、「演習における満足度が 5 点満点の 4.43」、「授業内容について 4.43」、「教官の印象 4.14」、「今学期の全授業の中でもトップクラスの非常に高いものになりました。他の授業では味わうことのできない貴重な体験と体験をするために組まれた良質なスケジュール。その総合効果が評価を最高ランクに押し上げたと考えられます」等の意見が聞けた。[7]

しかし、3 次元モデルを作ることで、自動的にメッシュが作成され、NC データを自動的に作成してくれる利点があるが、実際の現場では、機械、工具、工作物、治具などの干渉を避けるため、それらの位置関係を逐一把握しながら設計をすることが多い。そこで、学生の演習では、手動でメッシュを作成すること、加工経路を手動で計算することも重要であると考えられる。

6. 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、斎技術専門職員や T A の方々のご助力によりできました。深く感謝申し上げます。

【参考文献(資料)】

- [1] 三好俊郎著、有限要素法入門 培風館
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 碓山みち子：「5 年間の 3 次元 CAD/CAM 演習による改良点と取り組み方法－Pro/Engineer による形状設計・NC データ作成」技術報告 2005
- [5] 碓山みち子：「演習課題（形状創成入門）への取り組み」技術報告 2007
- [6] 森重功一：日本機械学会誌「イメージからカタチに－多軸制御加工のための CAD/CAM ー」(2008)p18
- [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

11 ハードディスクの廃棄方法について

電気系工学専攻 高橋 登

1. はじめに

近年ハードディスクドライブ（以下 HDD）が大容量化しているが、低価格化と相まってパソコンあるいはサーバーへの搭載台数も増えてきている。しかしながらその役割を終えいざ廃棄する段階となると、他の廃棄物品と異なり蓄積された情報の漏洩が問題となる。正規の処理業者を経た廃棄物品がこういった訳かそのまま中古品として販売され、情報漏洩が明らかとなった事件も記憶に新しい。については HDD を廃棄するにあたり情報漏洩に関し安全かつ容易な方法を検証したので報告する。

2. HDDのデータの消去

まず、HDDを再利用するためにデータを消去する方法について記す。今までに筆者が行った方法は以下の通りである。

1. 市販専用ソフト

- 市販の「ターミネータ4.0 データ選択抹消」などを使用して、データを上書きすることで消去を行う。しかしながら低レベルのセキュリティオプションを用いても大容量のHDDの場合はかなりの作業時間を要する。ちなみに1.2TB(300GB×4台)のHDDをセキュリティレベル1で行ったところ26時間を要した(USB2.0接続の場合、IEEE1394では24.5時間)。

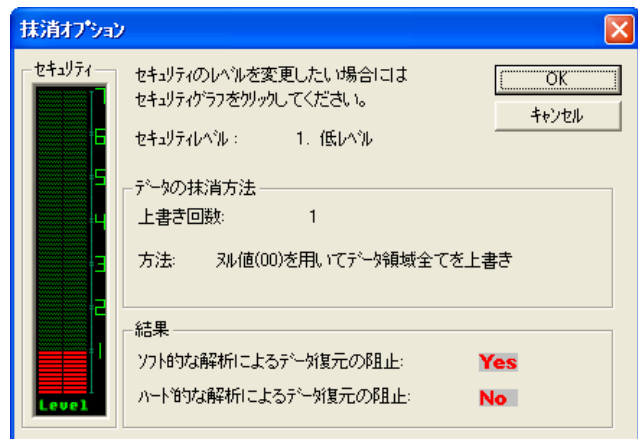


図1. ターミネータ 4.0 データ選択抹消の抹消オプション

2. コピー専用装置

- 従来からHDDを丸ごとコピーするための装置が販売されているが、この中には消去機能を搭載したものもある。これはPCを使用せずまた複数台同時に行えるため作業効率が高いが、上記ソフトと同様に処理速度は0.7～1.0GB/分となっている。



図2. HDDコピー装置

3. HDDメーカー提供の消去ソフト

- HDDメーカーからは無料で消去ソフト（PowerMax等）が提供されている。ダウンロード

ドしたイメージから起動CDを作成し使用する。インストールされているOSは何であっても関係がないが、OS自体も消去されるので注意する必要がある。

2. HDDの物理的な破壊方法



図3. ハンマーとタガネ(上)、穴あけの様子(下)

まだ実験段階で詳細な報告はできないが、追って経過報告をしていきたい。

また、このところ情報漏洩が社会問題となっているため、各社からセキュリティ対策を施した製品が多く販売されている。パスワードが不明となった場合にはデータを読み出す事はできず、初期化を余儀なくされるため、そのまま廃棄されても情報の流出は防げることになる。現在までに4社ほど動作を検証しているが、操作性・安定性にはかなりのばらつきがあり、規格化と認証制度も必要ではないかと考える。

次に、HDD を物理的に破壊し再利用できないようにする方法を記す。まず、筆者が日常行っている方法は、タガネとハンマーによってディスク及びヘッドなどの稼動部分を叩き壊し、ダメージを与えることである(写真左)。さらに安全のためには開いた穴から油・塗料など除去が困難な液体を注入する。しかしながら、HDD の筐体はかなり頑健にできており、比較的軟らかい上部から叩いても、内部のディスクに到達するにはかなりの力を必要とし、数台ならば問題ないがストレージなどに搭載されている十数台規模になってくると問題がある。

現在、「HDD消去器」なる装置が販売されており、1台のHDDを消去する時間が数秒と理想的ではあるが、1台数十万円と高額でまた問い合わせたところ垂直磁化方式のHDDには推奨しないとの回答であった。

筆者は現在、IHコンロを用いて強い磁力を与え短時間でデータを破壊することや破壊用装置の作製を検討している。



図4. IHコンロでHDDを壊してみる

3. おわりに

今回様々なHDDの消去・破壊方法を紹介したが、年々1台あたりの容量が増大しソフトウェア的に消去するには膨大な時間がかかり効率的に問題がある。また、正常に稼動している段階での消去は問題ないが、回路部分の損傷・回転機構の不具合によって稼動できない場合の消去は不可能である。

このような点から、外部からの強磁力の照射は作業性・容易性の面で有効であると考えるが、確実に消去されているかの判断は第三者機関に調査を依頼する必要がある、また作業時の安全面も考慮しなくてはならず今後の検討課題としたい。

12 演習用 PC ネットワークのセキュアな運用について

システム創成学専攻 榎本昌一

1 はじめに

システム創成学専攻（旧環境海洋工学専攻）では、教職員による IT 管理チーム「NAOE-Admin」があり、専攻の演習用サーバ・クライアント、事務室・図書室等の専攻事務用の PC、3 号館内に設置された監視用 Web カメラ等のセキュリティ機器、専攻教職員のメールやメーリングリスト、専攻ホームページ、およびネットワークの管理を行っている。このうち、演習用サーバ・クライアント PC およびそのネットワークの管理は不特定多数とも言える学生が使用するため、不正なパケットによる通信、専攻部外者によるネットワークの不正使用などのトラブルが起きている。NAOE-Admin メンバー各自は研究室業務の合間に上述の管理作業を行っているため、常に監視をすることはできない。いかにトラブルが起きないようにするか、また、人の手を用いないような自動的な管理設定をするかが問題となる。そこで、これらの問題の一つの解決策になると思われる利用者の認証による不正使用の除外、また不正使用者の特定のための仕組みを持つ RADIUS 認証システムの構築を考えた。本報告では、これまでの当専攻の演習用コンピュータの管理と運用、さらに RADIUS 認証システム導入について述べる。

2 演習用コンピュータ

当専攻でのコンピュータを使っている学生への教育は 1994 年から行われた。当時必修科目であった船舶設計製図を CAD 演習に変更することとなり、サン・マイクロシステムズ社の Sun Workstation を導入した（図 1）。計算機管理グループの誕生である。Unix を使うことのできる教職員が少なかったこともあり、Sun Workstation を導入していた研空室の教職員・学生がそのメンバーとなった。当時の Unix (Solaris) はメンテナンスも難しく、故障時の修理や部品交換が非常に高価であった。



図 1 Sun WorkStation による演習風景

2000 年には PC と入れ替え、Linux と Windows NT Workstation のデュアルブートマシンとした。Linux でのユーザ管理は Linux サーバで行っていたが、Windows では PC 単体での管理のため、ユーザファイル、ユーザプロファイルの容量が増えると、HDD があふれてしまう事がしばしばあり（4GB の HDD を各 OS で 2GB ずつ使用）、不要なファイルを消すという作業が日常化していた。

2004 年、ECC の端末のリニューアルを機会に、iMac、Windows 2003 サーバ、Windows ディスクトップ（15 台）、Windows ノート（当初 XP を 5 台、現在は Vista Home 20 台を増設）を導入した。iMac の管理運営は ECC に任せ、NAOE-Admin グループ（構成は教職員のみ）は Windows 回りのサーバとネットワークを構築し、管理を行った（PSI ネットワーク：図 2）。Windows ディスクトップは Windows 2003 サーバ管理下のドメインとしての運用を行う。そのサーバ設定ではユーザプロファイルをサーバに置き、プロファイルの変更を禁止し、ユーザファイルもサーバに置いた。これによりユーザ容量の増加によ

るマシンのエラーはなくなった。また、グローバル IP の削減、不正アクセス排除を考え、3階と1階の演習室をそれぞれプライベートネットワーク化し、VPN ルータで接続した。学科所有および個人所有のノートパソコンは各演習室の無線 LAN アクセスポイントを通してネットワークに接続する。無線 LAN は教職員および学生の接続希望者の PC の MAC アドレスを各アクセスポイントに登録する方式なので、かなり手間のかかる作業であった。

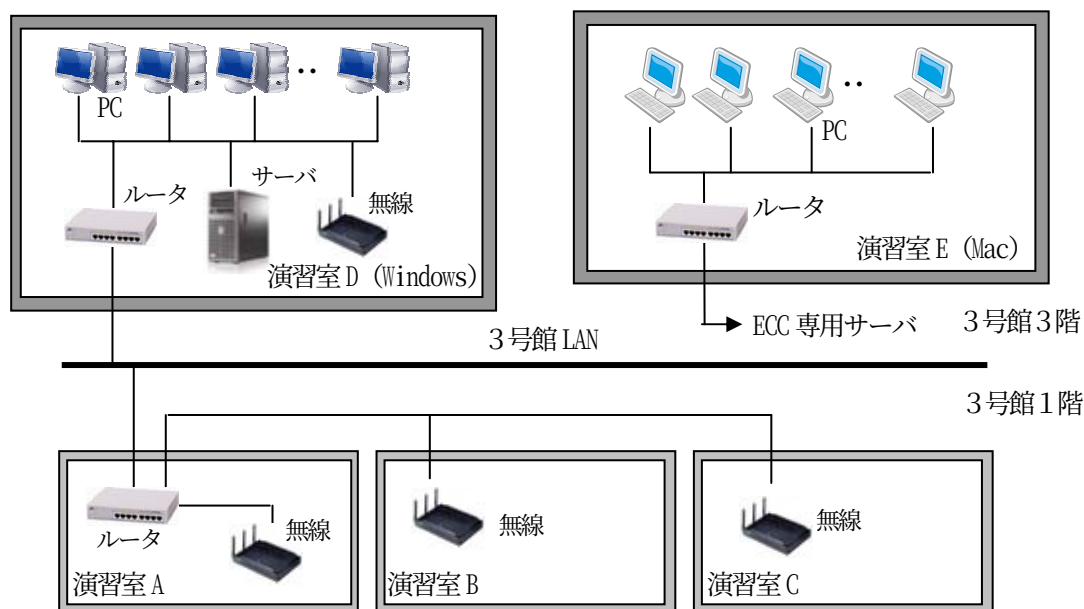


図2 昨年度までの PSI ネットワーク

2007 年度末、演習室の移動等があり、ネットワークを見直すこととなった。PSI で使用する講義室に無線 LAN アクセスポイントを設置、各講義室演習室を VLAN で接続した。これにより、別セグメントである研究室 NAT からリモートデスクトップで、PSI サーバにログインし、サーバ設定、ユーザ設定、無線 LAN アクセスポイントのユーザ登録を行えるようにした (図3)。

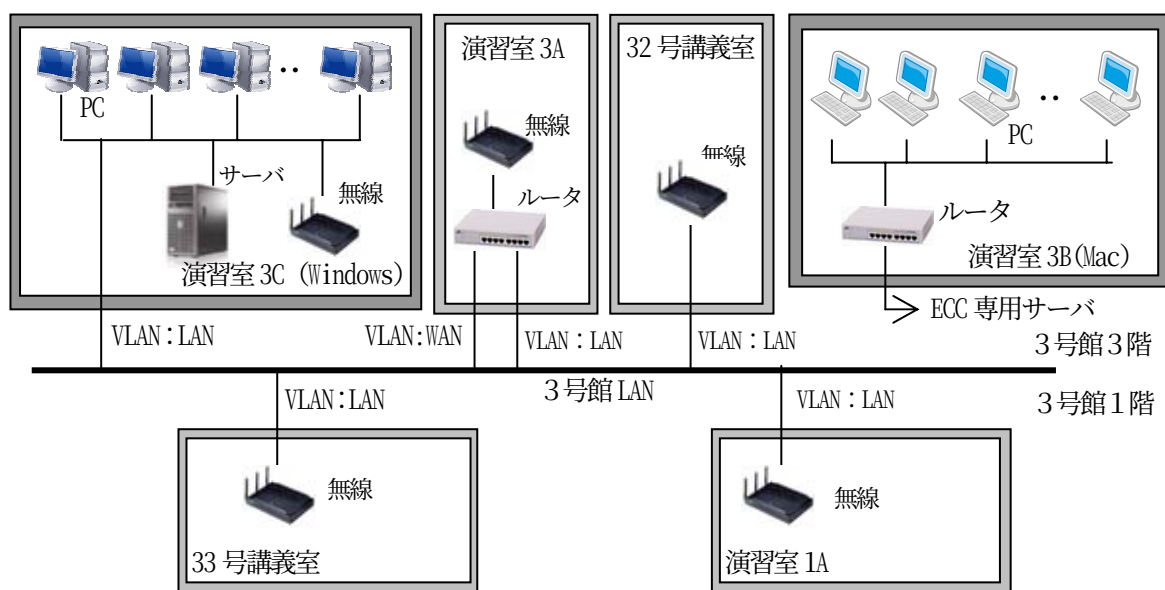


図3 今年度設定した PSI ネットワーク

3 ネットワークインシデント

新年度が始まり、2週間ほどして工学系研究科情報システム室より、PSI ネットワークから P2P (Peer to Peer) 通信が行われているとの連絡があった (図 4)。検知されたパケットは eDonkey と呼ばれるもので、ウィキペディアには、「eDonkey は P2P ファイル共有ソフト・プログラムである。かつては推定で 4500 万人-7000 万人の利用者がいたとされ、海外でもっともトラフィック量の多いファイル共有ソフトであった。ファイル流通量は重複をのぞくと 30GB-70GB あったといわれている。」とある。東京大学では基本的に P2P 通信を禁じており、工学系でも同様である。

検出状況 [期間 : 2008/4/24 ~ 2008/4/30] IP アドレス, 日時, P2P: 事象 133.11.■■.■■, Apr 25 16:16:59 JST 2008, P2P: eDonkey Traffic Detected

図4 インシデントの内容

このインシデントの原因としては、次の2つが考えられる。

- ① PSI 関係者外によるネットワークの不正接続
 - ② PSI 関係者のノート PC にこの通信ソフトウェアがインストールされている
- ①については、デスクトップ PC、HUB、VLAN 設定した情報コンセントに接続されている LAN ケーブルを抜き、自分のノート PC に接続したものと考えられる。NAT ルータのログから無線 LAN に登録されていないユーザがいることを確認しているが特定はできない。②については無線 LAN 利用希望者に申請書を出させてはいるが、現在のネットワークログではやはり確定できない。

そこで RADIUS 認証を思いついた。RADIUS 認証により、セキュアなネットワーク管理、ユーザ管理、特に無線 LAN のユーザ登録作業が飛躍的に簡素化されることも期待できる。

4 RADIUS 認証

RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service) とは、Livingston Enterprise 社が開発したダイヤルアップユーザのため認証システムである。IETF (Internet Engineering Task Force) により RFC 2138 として標準化されている。電話回線などを通じてアクセスサーバにダイヤルアップしたユーザを認証し、割り当てべき IP アドレスを伝えたり、課金情報を収集したりするもので、ユーザ ID やパスワードをやり取りする際には秘密キーを使って暗号化を行いセキュリティを高めている。

RADIUS プロトコルの大きな特徴としては、

- UDP (User Datagram Protocol) を使用
 - ホップトゥホップのセキュリティモデルを採用
 - 状態を持たない
 - PPP での PAP 認証と CHAP 認証をサポート
 - MD5 を利用してパスワードを隠蔽
 - 50 種類以上の属性値ペアが用意されており固有機能も追加可能
 - AAA (認証: Authentication、承認: Authorization、アカウントिंग: Accounting) をサポート
- があげられる。また、RADIUS プロトコル実現のために表 1 に挙げた種別コードを持った RADIUS パケットを使用している。

RADIUS による認証手順を、あるユーザが無線 LAN を使ってネットワークにアクセスする手順を例として説明する (図 5)。この場合、無線アクセスポイントが RADIUS クライアントとなる。

表1 RADIUS パケットの種別

種別コード	パケットの種別	内容
1	Access-Request	利用者がネットワークサービスの仕様を要求すると、RADIUS クライアントがサーバへ出すアクセス要求パケット
2	Access-Accept	RADIUS クライアントの要求に対して「許可」の応答パケット
3	Access-Reject	RADIUS クライアントの要求に対して「拒否」の応答パケット
4	Accounting-Request	RADIUS クライアントからサーバへ出すパケット 受け取ったサーバはユーザの統計情報を処理する
5	Accounting-Response	上述の処理の終了をクライアントに伝えるパケット
11	Access-Challenge	パスワードの要求等がある場合、サーバから出されるパケット RADIUS クライアントはこのパケットを受けた場合、もう一度アクセス要求パケットを出さなければならない。

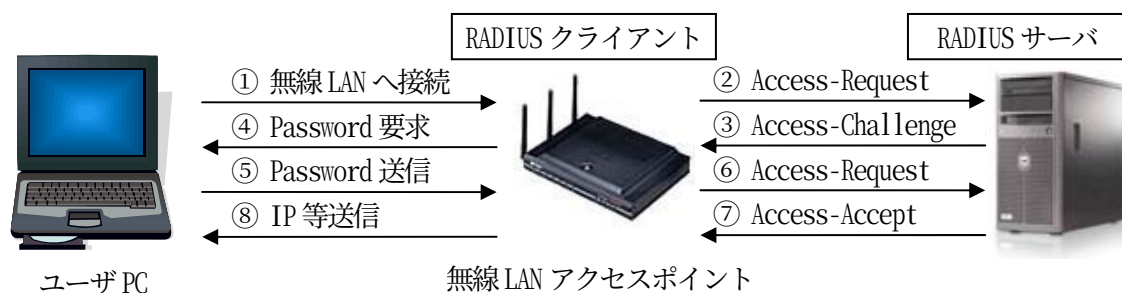


図5 RADIUS 認証手順

手順① ユーザが無線 LAN アクセスポイントに接続

手順② RADIUS クライアントは RADIUS サーバに対して接続要求 (Access-Request) を出す

手順③ サーバはユーザのアカウント ID、パスワードを (Access-Challenge) 要求する

手順④ クライアントはユーザへ ID、パスワードを要求

手順⑤ PC から ID、パスワードを送信

手順⑥ クライアントは ID、パスワードをサーバへ接続要求 (Access-Request) として送信

手順⑦ アクセス許可をクライアントに送信

手順⑧ クライアントは PC の接続を許可、PC は IP アドレス等のネットワーク接続のための情報を取得 (DHCP の場合)

このような手順を踏んで、ネットワーク接続を行う。

5 RADIUS 構築

RADIUS サーバの構築、動作チェックを行うため研究室 NAT 内にサーバを立てた。サーバとなる PC は、HDD のクラッシュしていた PC の HDD を交換し使用した。処理速度・安定性を考慮し、OS は Linux をインストール、そこに FreeRADIUS モジュールを組み込んだ。また、RADIUS 認証対応の RADIUS クライアントとなる無線 LAN アクセスポイントを新規に購入した。今回使用した RADIUS サーバとクライアントを表2に示す。

表2 RADIUS サーバと Radius クライアント

サーバ製品名	Dell Dimension 4600C	OS	Open SUSE 11.0 (Linux)
CPU	Intel Pentium4 2.8GHz	RADIUS モジュール	FreeRADIUS Version 1.1.7
メモリ容量	2GB	RADIUS クライアント	Buffalo WAPS-HP-G54
HDD 容量	80GB		

OS、FreeRADIUS をインストールした後、RADIUS の設定を行った。設定するファイルは、/etc/raddb ディレクトリ内の「radiusd.conf」、「clients.conf」、「users」の3つである。radiusd.conf は、暗号化の設定、ユーザ ID・パスワード記述場所等 FreeRADIUS の中心的な設定ファイルであり、clients.conf は RADIUS クライアント情報と暗号化用のキーの記述を、また、users は認証するユーザ ID・パスワードを記述する。ユーザ ID・パスワードは RADIUS サーバである Linux のユーザ ID とパスワードや、データベース (PostgreSQL や MySQL) を立てて、そのデータベースに記述し使用することも可能であるが、今回は users ファイルを使用した。

以上の3ファイルの設定の後、同じネットワーク内の PC から「ntrading」というツールを使い RADIUS 動作チェックを行った。サーバ名、ポート番号、秘密キー、ユーザ名、パスワードを記入し、Authentication Request を選択し Send ボタンを押す。無事 Access-Accept が帰ってきた (図6)。

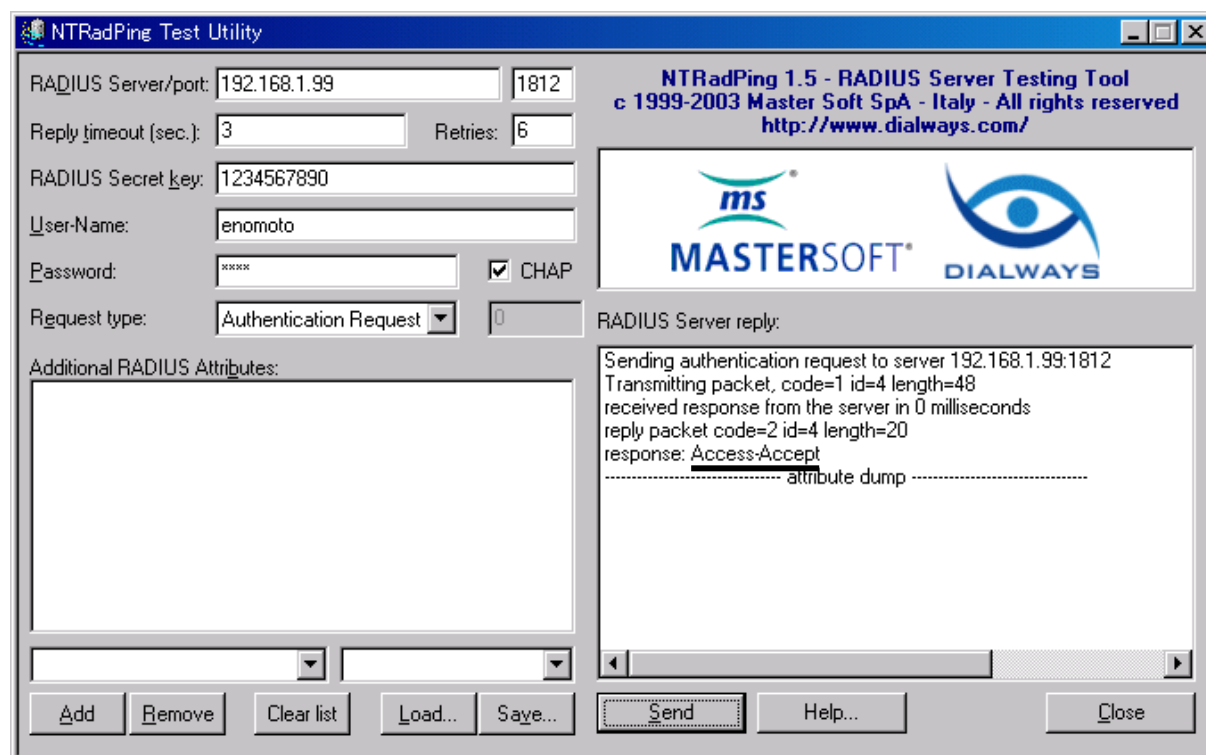


図6 ntrading ツールによる RADIUS サーバのチェック

次に、実際の運用と同様に、無線 LAN アクセスポイントを接続し、ユーザ認証を行った。無線 LAN アクセスポイントの設定をし、ノート PC からアクセスを試みたが、うまく動かなかった。上記3つの設定ファイルを確認しながら、また、「ntrading」ツール使用時のサーバの RADIUS ポートのパケットモニタリング (tcpdump:linux コマンド) の出力との比較を行なながらの検証となった。その結果、認証が行え、ネットワークに接続できた。パケットモニタリングの出力を見ると上述の認証手順通り

にパケットが流れていることがわかる（図7：アンダーライン部）。

Windows PC の無線ネットワーク設定と RADIUS 認証のログオンウインドウを図8に示す。また、Macintosh でも同様に認証が行え、ネットワークへの接続を確認できた。

```
20:13:44.121012 IP (tos 0x0, ttl 64, id 13465, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 241)
192.168.1.85.solid-mux > 192.168.1.99.radius: RADIUS, length: 213
    Access Request (1), id: 0x00, Authenticator: 5ace0332c88dc1c88d823532c9971ffe
        Username Attribute (1), length: 9, Value: enomoto
        NAS IP Address Attribute (4), length: 6, Value: 192.168.1.85
        Called Station Attribute (30), length: 14, Value: 00160104e06e
        Calling Station Attribute (31), length: 14, Value: [|radius][|radius]
20:13:44.121356 IP (tos 0x0, ttl 64, id 0, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 129)
192.168.1.99.radius > 192.168.1.85.solid-mux: RADIUS, length: 101
    Access Challenge (11), id: 0x00, Authenticator: a594d103475371c84ac9baaf5c165ea1
        EAP Message Attribute (79), length: 45, Value: [|radius][|radius]
20:13:44.126671 IP (tos 0x0, ttl 64, id 13466, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 241)
192.168.1.85.solid-mux > 192.168.1.99.radius: RADIUS, length: 213
    Access Request (1), id: 0x00, Authenticator: 1d413e511ad943d428b36edd9a0c326d
        Username Attribute (1), length: 9, Value: enomoto
        NAS IP Address Attribute (4), length: 6, Value: 192.168.1.85
        Called Station Attribute (30), length: 14, Value: 00160104e06e
        Calling Station Attribute (31), length: 14, Value: [|radius][|radius]
20:13:44.127046 IP (tos 0x0, ttl 64, id 0, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 197)
192.168.1.99.radius > 192.168.1.85.solid-mux: RADIUS, length: 169
    Access Accept (2), id: 0x00, Authenticator: 1b27701dff230dafcb84515127347ced
        Vendor Specific Attribute (26), length: 58, Value: Vendor: Microsoft (311) [|radius][|radius]
```

図7 認証成功時のパケットモニタリングの出力

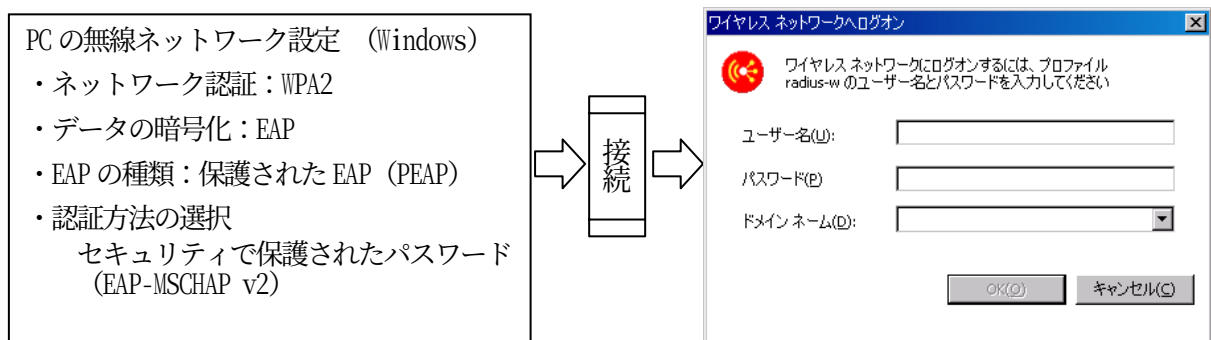


図8 PC側での設定と RADIUS によるログイン画面

6 まとめ、今後の課題

RADIUS 認証サーバを構築し、ユーザ認証を行うことができた。この報告書を書き上げた時点では、PSI ネットワークへの導入は行っておらず、さらにチェックを行い、稼働させる予定である。これによりセキュアなネットワーク運営、ネットワーク管理作業の軽減を実現できるものと思われる。今後はユーザ ID-パスワードでの認証ではなく、MAC アドレスを用い、特定のマシンのみの接続を許すといったことを RADIUS 認証でできないか、検討していきたい。

参考文献

RADIUS ユーザ認証セキュリティプロトコル、Jonathan Hassell 著、オライリージャパン発行、オーム社

13 ケナフ／PLA 複合材の成形とその特性向上への検討

システム創成学専攻 : 大澤 勇

1、はじめに

環境問題が地球規模で問われるようになって久しい。温室効果ガスの削減目標を定めた京都議定書は1997年に発効し、CO₂の大幅な削減を達成するためには、最終的な焼却時に大量のCO₂を放出する化石燃料を原料とする素材、あるいは製造時に多くの石油エネルギーを必要とする素材を用いないことが必要になってくる。繊維強化プラスチックの分野においては石油由来の炭素繊維強化エポキシ複合材料（CFRP）の極めて高性能な比強度、比剛性が知られており、大型旅客機ボーイング787の外部構造体ではほとんどがこのCFRPで製造されているという。一方で植物繊維と植物由来の樹脂で複合化された繊維強化プラスチック複合材が注目される世の中になって来ている。

本報では先ず、植物由来の素材を用いたケナフ繊維／PLA（ポリ乳酸樹脂）のラボ成形について示す。次にその基本的機械特性の実験データに関して示す。最後に植物由来の複合材料の弱点を補うべくハイブリッド複合製法により特性向上を試みたので、その成果を報告する。

2、ケナフ繊維とPLA樹脂（ポリ乳酸樹脂）

ケナフ（洋麻）は製紙用木材の代替資源として1990年代に日本に紹介された西アフリカ原産の植物である。成長が早く半年程で高さ3～5m、幹の直径は3～5cmにもなり、成長過程で二酸化炭素（CO₂）を普通の樹木の3～9倍も吸収するといわれ、地球温暖化防止効果が期待出来る。ただし天然繊維素材であるが故に、工業材料として使用するためには品質と生産量の安定が必要とされる¹⁾。ケナフには赤道に近い南方諸国を中心に100種程の品種があり、季節による育成状態の差や刈取り時期、品種による特性差がある。

他方、ポリ乳酸（PLA）はトウモロコシやジャガイモなどの植物の澱粉から乳酸を得て高分子化技術により硬いしっかりしたプラスチックとして量産化されるバイオプラスチックである。また、廃棄の際には地中の微生物によって水と炭酸ガスに分解される生分解プラスチックであり、燃やしても有害物質は出ず、焼却炉を傷めることもないという環境には優しいプラスチックである。しかし、昨年あたりから燃料用エタノール用の主力穀物としてトウモロコシが使用され始め、その結果PLA樹脂の値段が高騰し始めているのが気にかかることである。



Fig.1 成形前のケナフ繊維



Fig.2 ケナフ／PLA 複合材の切断面
(硬いソバリの除去に苦労します)

3、ケナフ／PLAのラボ成形（ランダムな繊維配向複合材）

成形に用いたPLAペレットは三井化学（株）レイシアH-100（融点164℃、比重1.25）²⁾でポリ乳酸樹脂類の中では硬質系に分類されているものである。当初のPLA価格は400円程度/kgと言われていたが、その後米国の大手化学会社が増産体制をとったために低下傾向が期待されたが、最近のトウモロコシ穀物の高騰に伴ってPLA価

格も上昇の傾向にある。一方のケナフ繊維に関しては3年前の新聞情報に依ると東南アジアのタイ国からのケナフパルプの輸入価格が 12～13 万円／トンと言われており、極めて安価と受け止められる。図1はここで使用したケナフ繊維（比重：1.24、インド産）で80本の単繊維がZ撚りとなって1本の紐となっている。成形前にはこのケナフ紐に付いた油脂分を取り除くためにアセトンに5分間浸漬している。またPLAペレットは水分を排除するために電気炉中で 40℃×16 時間乾燥している。このケナフ繊維とPLAペレットを（株）東洋精機製作所の混練機「ラボプラスミル 10C100」に必要量を投入し混練するが、そのポイントは（1）ケナフ繊維を3cm長に切断しておく（2）混練機は 200℃に保持し、スクリュウは低せん断型とし10回転／分と低回転（3）先ずペレットを投入して完全に溶融したのを確認後に繊維を少量ずつ混入（4）混練時間は15分程度で終わるようにし、必要以上に長引かせない。



Fig.3 混練直後の柔らかいケナフ／PLA

このような作業を終えた混練物を混練機から取り出し、固まらない間に綺麗な作業軍手を使用して練るようにして小さな塊に押し固めて混練物内に大きな気泡部を残さない事も重要である。この混練物を 200℃に保持した（株）東洋精機製作所の「ミニテストプレス-10」の成形型（巾 10cm×長さ 13cm×厚 4mm）内で加圧／延伸を

数度繰り返す間に混練不十分箇所を排し、混練物量を成形適量へと調整していく。この作業の間に混練物はホットプレスの熱板に直接触れて加圧するようだと混練物が焦げたような劣化色へと変わるので、熱板との間には薄い板を挟んで加圧すべきである。その後、上型を乗せて 200℃を保持しながら上下型の平行度に注意しながらゆっくりと加圧していく。型の周囲4辺の隙間から樹脂が一樣に溶け出る程度が好ましい。上下型が接触する手前で加圧は止めて、水冷却を始める。PLA樹脂の溶融点は 164℃であり、固化／収縮が始まるので平滑な試験板上下面を得るためには 180℃を表示し始めたら最終加圧を始め、一気に室温までの冷却を進める。冷却後の離型は1カ所ではなく、周囲均等に離型していく。上述した成型作業は経験的要素を多く含み、また繊維含有量に依っても加圧の加減などが変わってくる。この一連の作業内容が後々の評価試験結果データに大きく影響を及ぼす要因になるので各基材の特

性を充分に知って“愛情”を持って試験板を成形する事が大切である。図3は混練直後のチャンパーを外した様子、そして図2は成形板を低速のダイヤモンドカッターで切断した後のバリの様子である。PP樹脂の場合と異なって非常に硬いバリとなり、その切除には手こずる。

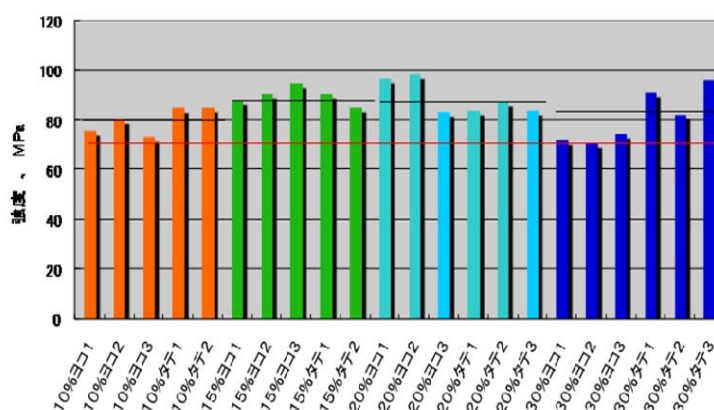


Fig. 4 Vfの違いによるケナフ／PLAの3点曲げ強度

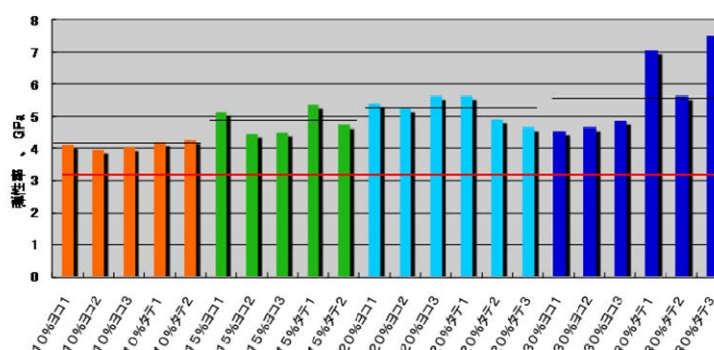


Fig. 5 Vfの違いによるケナフ／PLAの3点曲げヤング率

3、ケナフ／P L A 複合材料の基本的機械特性³⁾

図4、5はJIS K 7017 に準拠した3点曲げ試験の強度と弾性率を試験片毎に生データを示した。横軸は繊維体積含有率 (Vf%) で示し10,15,20,30%,そして試験板の縦方向、横方向の試験片からの切り出しの違いも示した。曲げ試験のスパンは64mm、負荷速度は2mm/minとした。図中には各グループの平均値を細い実線で示し、又PLA樹脂単体の特性平均値を長く太い実線で示した。

強度値の Vf30%グループを除けば Vf の増加に伴って値の上昇傾向が見られる。P L A樹脂は溶融時の粘度が高く、且つ Vf%の高い成形の場合には現状の油圧プレス装置の能力が充分でなく、(ボイドの残存等で) 強度が測頭周に上昇しない原因になっていると考えられる。しかし、過去の文献データを整理まとめた結果⁴⁾と比較すると、平均値データを上回る性能のランダム強化材実験データを得られた。また、板からの試験片取りの縦横の方向性の差が出ている場合もあり、面内均質性には多少の難があるのが本成形法であり、特に Vf=30%前後で顕著に生じてしまっている。P L A単体の特性と比較してみると強度では複合化のメリットが目立っていないことが示された。

図6、7はPLA樹脂に加えて汎用樹脂の代表とされるポリプロピレン (PP) 樹脂を用いたケナフ／PP 複合材との3点曲げ特性の Vf ベースの比較データも列挙した。PP と PLA 樹脂の特性差がそのまま複合材にも表れ、PLA 樹脂の優位性が示された。一方、図8はアイゾッド衝撃値をCF(炭素繊維)、AF (アラミッド繊維) も加えて PP、PLA 複合材の結果を示したが、ケナフ複合材では複合化メリットは無く、耐衝撃特性に劣ることが明らかになった。

4、ハイブリッド化による特性向上への検討⁵⁾

前節までは繊維単体の樹脂複合材の特性を示したが、ここでは複数の複合材料を組み合わせる事により夫々の長所を活かしつつ短所を補い相互補完をはかろうという“ハイブリッド繊維複合材料”の考えで性能向上を検討した。ここではケナフ複合材をベースに、アラミッド繊維 (帝人テクノロジー ZCF3-12T322EH) のカット長3mmとのハイブリッド化により、いわゆる“力学的ハイブリッド効果”を期待した。アラミッド繊維は密度が小さく (1.39)、強度は炭素繊維と同等で、弾性率は72.5GPaである。このため破断伸度は4.6%と比較的大きく、産業分野ではロープ、ケーブル類や防護衣などに使用されている。繊維自身は切断しにくく複合材になっても切断しにくい材料である。混練前の基材の準備や成形手順は2節と同様に行った。図9～11にはケナフ繊維 Vf15%の値、アラミッド繊維 Vf10%の値、そしてその2種類を混合したハイブリッド衝撃値の順で示す。各データは短繊維に依るランダム強化であ

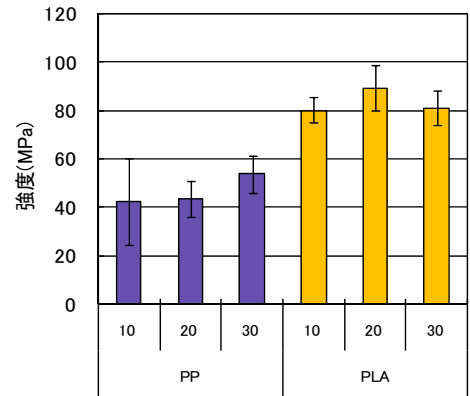


Fig. 6 Vfおよび樹脂の違いに依る3点曲げ強度

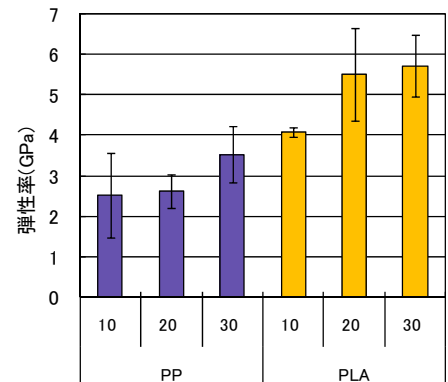


Fig. 7 Vfおよび樹脂の違いに依る3点曲げ弾性率

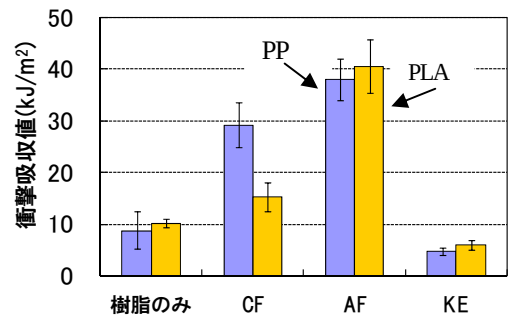


Fig. 8 PP と PLA によるアイゾッド衝撃値

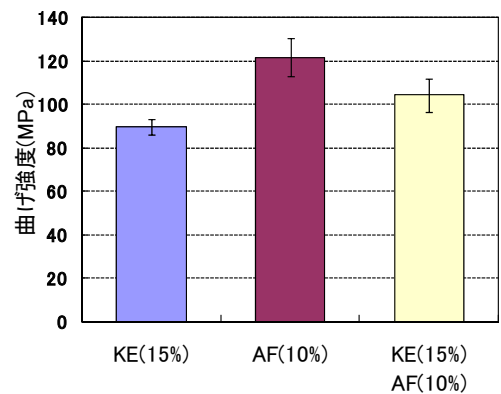


Fig. 9 ハイブリッド化による3点曲げ強度

り大きな補強効果は期待出来ないものの、PLA 単体の特性と比較すると強度と弾性率に関しては繊維による強化効率は明らかで、ハイブリッド材においてはハイブリッド効果というまでには至っていないが同等レベルなデータを示した。一方、アイゾッド衝撃値に関してはケナフ強化材が PLA 単体の特性以下であるという大きな欠点があったものが、アラミッド繊維を 10%添加することによりアラミッド以上の衝撃値を示した。このことは衝撃に弱いケナフ複合材製品の適用分野を拡大可能にしたこととして特筆できるハイブリッド効果となった。

更に図 11 はヒートサグ試験 (JIS K 7017) という耐熱特性を求める試験で、140℃の雰囲気中に 1 時間保持後の試験片の様子を示したものである。写真左から PLA 単体、ケナフ強化、アラミッド強化、ケナフ+アラミッドのハイブリッド試験片である。紙面の関係上、結果のグラフは掲載できないが PLA 樹脂、そして単一繊維では熱に依る変形を発生しているものの、ハイブリッド材ではほとんど熱変形を生じない結果となり、この事も特筆されるハイブリッド効果であると考ええる。

4、おわりに

植物由来のケナフ繊維/PLA のラボ成形、および基本的機械特性に関して実験データを基に示してみた。この材料の静的特性に比較すると、PLA 樹脂以下になってしまうケナフ/PLA 複合材のアイゾッド衝撃値であるが、これに 10%のアラミッド繊維をハイブリッド化したところ、衝撃値と耐熱性に関して特性の欠点を大幅に補う性能向上が確認出来た。すなわち植物化率 100%にこだわる事なく、植物化率をわずか 10%低下しただけで、代替可能性と適用分野の拡大が期待される結果を示した。環境エネルギー問題はもう無視する事のできない問題となっており、この種の植物由来のグリーンコンポジットの研究と材料代替に本腰を入れるべき時代が迫りつつあると考える。

参考文献

- 1) 深津啓高 “ケナフを用いた自動車内装部品の開発” 成形加工'04, pp.51-54
- 2) <http://www.mitsui-chem.co.jp/info/lacea/>
- 3) 高橋研究室、平成 19 年度修論、鈴木大介 “脱石油社会に向けた熱可塑性複合材料の基礎的研究” 2008.3 月
- 4) 大澤勇 “ケナフ/ポリ乳酸コンポジットの成形と力学特性評価” 技術情報協会/植物由来プラスチックの高機能化技術セミナー 2008.3 月
- 5) 植村益次/福田博監修 “ハイブリッド複合材料” シーエムシー出版、2002

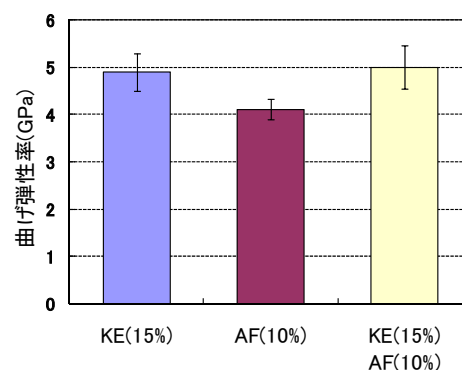


Fig.10 ハイブリッド化による3点曲げ弾性率

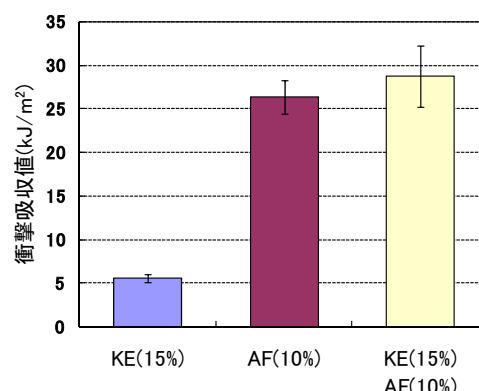


Fig.11 ハイブリッド化によるアイゾッド衝撃値



Fig.12 ヒートサグ法による耐熱性の試験結果

14 フォトバイオリアクターの開発

システム創成学専攻 土屋好寛

1. はじめに

地球温暖化の要因である二酸化炭素 CO_2 の増大を防ぐため、世界的に地球温暖化対策が進められている。しかしながら残念なことにその排出量は減少どころか増えつつあるのが現状である。

二酸化炭素 CO_2 削減の一手法としての光合成微生物による CO_2 固定化技術が期待されている。これは、酵母という小さな生物の持っている力を借りてパンや酒や味噌をつくるのと同様の手法である。このように生物の持つ働きを利用する技術のことをバイオテクノロジーと呼んでいる。近年、バイオテクノロジーはDNAの分子構造解明、遺伝子組換え技術などによって急速に進歩した。現在、バイオテクノロジーの基本技術には、組織培養技術、細胞融合技術、遺伝子組換え技術、バイオリアクター等がある。このバイオリアクターとは微生物や酵素を利用して、有用な物質を大量に生産する技術のことである。

一方、この手法に対して「革新的かつ短期的には社会的利益に結びつきにくい研究であり、将来に向けての潜在的可能性が期待される技術である」とした評価もある。どちらとしても将来への基礎的な技術開発・システム設計、生成した藻類の利用法の開発は必要とされている。

今回は、光合成淡水微細藻類を用いた高効率培養技術の有効性、つまり CO_2 の大量固定と付加価値の高い微生物の成長を高効率で行うことのできるフォトバイオリアクター開発について報告する。

2. 微細藻類

近年、世界で初めて水と二酸化炭素から軽油を作り体内に蓄積する微生物が日本国内の温泉から見つかった。この微生物は単細胞の藻類で「シュードコリスティス」と名付けられ、これまでの研究から重油を生み出すボツリオコッカスの2倍の速度で増殖することがわかった。また、 CO_2 を吸収する能力は植物の50倍であり、 CO_2 処理設備としての実用化が期待されている。

Fig.1に「シュードコリスティス」の単体写真をFig.2に新フォトバイオリアクターを用い、培養中のシュードコリスティスの写真を示す。



Fig.1 シュードコリスティス [4]

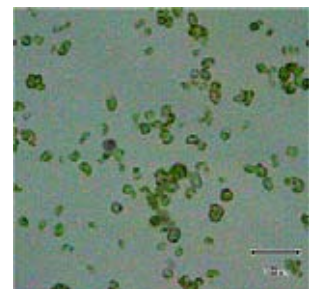


Fig2 2008.1.15 撮影 (30 μm)

【写真撮影】システム創成学専攻安全評価工学研究室所有 OLYMPUS BX51M — 高級システム金属顕微鏡
 「Fig.2」・20×MPlanFLN — 倍率 20×、開口数 0.45、作動距離 3.1mm、分解能 0.75 μm
 ・接眼レンズ — WHN10×22、焦点深度 52 μm 、実視野 1.1mm
 ・OLYMPUS DP20-5 — 顕微鏡デジタルカメラ

微細藻類の成長速度については、時間及び日数における培地組成濃度の維持と CO_2 注入量、また、受光量が影響する。受光量については一定量以上になると成長速度が飽和状態になる光飽和、さらに受光量が増すと成長速度が減少する光阻害をおこすことがわかっている。

3. バイオリアクター

「はじめに」で述べた微生物の力を利用して味噌や酒を造る樽や桶も一種のバイオリアクターである。バイオリアクターの特徴は、特別な条件がなく、短時間に目的とした物質を大量につくり、繰り返して使用できること。また、通常の触媒反応器にくらべ穏和な条件で反応が行えるほか、副生成物が少ない、収率がよいことである。欠点としては、コンタミネーションや失活などの問題がある。

これまでの微細藻類培養の研究は、農学的視点からのアプローチであったのに対して、今回提案するフォトバイオリアクターは、工学的、流体力学的な視点からのアプローチを試みたものである。

3. 1 過去のバイオリアクター

これまでに考案された培養装置を知ることは新たなバイオリアクター開発に於いて重要なヒントを与えてくれる。そこで、検索した結果の一例を Fig. 3～Fig. 7 に示す。

Fig. 3 平板状の培養装置を平行に設置する物で、ガラスやプラスチックなどの透明素材で出来ているため、直達光と散乱光を共に利用できる。また、林立させることで単位面積あたりの培養液量も増やせる。

Fig. 4 太陽からの直達光や散乱光だけでなく、装置自身からの反射光を生かすことが出来、少ない設置面積で受光面積を大きくすることができる。

Fig. 5 内面に向かって光反射性を有する水槽中に、多数の発光ダイオードなどの発光体を配置し、空気を継続的に送り込むことによって培養液を攪拌する。

Fig. 6 藻類基体を回転軸周りに羽根状に複数枚設置し、これを回転駆動させ太陽光照射のもとで大気にさらす。

Fig. 7 注入する気体をコントロールすることによって、装置の上部を培養部、下部（漏斗部分）を藻体分離部と機能分離を行う。その結果、装置全体として高濃度の培養を実現することが出来ると同時に、培養液と分離して藻体を回収することが出来る。

Fig. 8 空気圧を制御して平衡状態を保つことにより、培地の量を制御する。

また、密閉空間で培養を行うため、無菌状態を維持することが出来るほか、一定気圧に保つことはもちろん、水の蒸発による培養液の減少を防ぐことが出来るなど、バイオリアクターの適切な環境を提供できる。

Fig. 9 内側の管の内部に藻類培養液を満たし、中心の回転軸に取り付けられた羽根で攪拌する。2つの管の間の部分には温度調整用の液体を満たす。この液体は、安定した集光にも有効である。

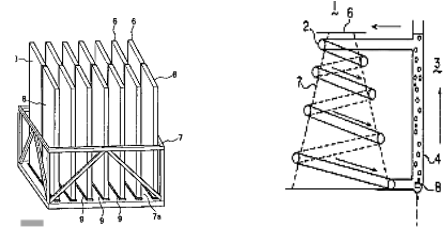


Fig. 3 平板林立型培養装置 (左)

Fig. 4 チューブラ型フォトバイオリアクター (右)

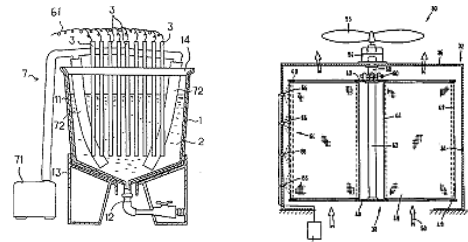


Fig. 5 内面光反射型培養装置 (左)

Fig. 6 基体回転型培養装置 (右)

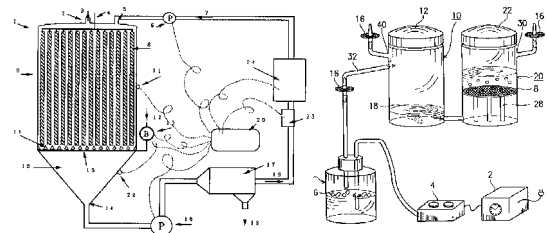


Fig. 7 漏斗型培養装置 (左)

Fig. 8 空気圧利用培養装置 (右)

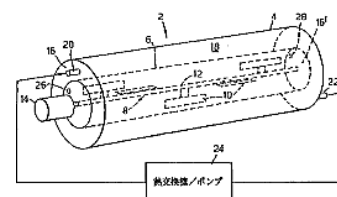


Fig. 9 二重円管型培養装置

3. 2 新フォトバイオリアクターの概要

フォトバイオリアクター開発を産業的な視点で見れば、高濃度を短期間で達成できるような培養スピードを持ち、しかも低コストで運転できる装置となる。

Fig10に提案したフォトバイオリアクターの完成写真を示す。形状は受光効率からチューブ型としエア・リフトを用いた循環式としている。なお、断面図を Fig11 にエア・リフトのガス吹き込み部を Fig12 に受光面パイプを省略した流路系統図を Fig13 に示す。



Fig10 チューブ型エア・リフト式
循環フォトバイオリアクター

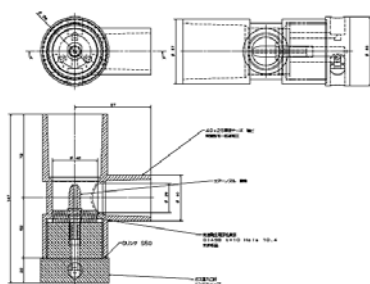


Fig12 ガス吹き込み部

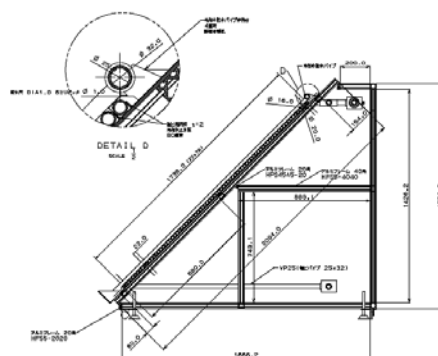


Fig11 断面図

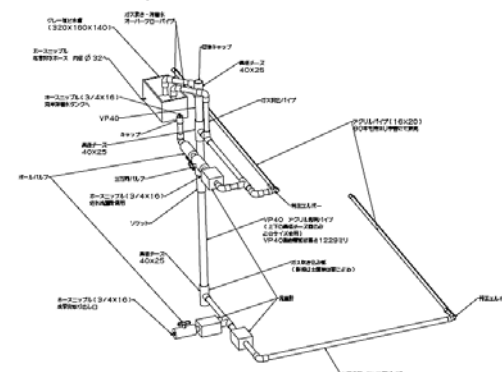


Fig13 流路系統図

Fig10において、リアクター正面の受光面は透明アクリルパイプ長さ 1800mmを 80 本上下に並べ、角を穴空きジョイントで繋いだもので全長 145mになる。また、微細藻類の成長温度を維持するために Fig11 断面図の円内図のように冷暖散水システムを備え付けている。

次に、培地循環を行うために最も重要なライザー管の心臓部であるガス吹き込みユニットについて Fig12 に示す。ガス吹き込みユニットは硬質塩化ビニル継ぎ手を用い、異径チーズ管最下部にエア・噴出しノズルをその周り 120 度分割位置の 3 箇所にて二酸化炭素 CO_2 噴出し口を設けている。また、この部分はノズル交換が可能になるよう設計している。なお、ライザー管は上部が開放されており、浮上したエアは開放部から外に排出され、正面の受光パイプに運ばれない仕組みとなっている。一方 CO_2 はライザー管の長さ間で溶けこみ、藻類と一体になって受光前面に運ばれ光合成を行い成長する。

4. シュードコリスティス培養実験

新フォトバイオリアクターを用いた培養実験結果を Fig14 に 1 月 8 日～15 日の 7 日間の藻類濃度結果で示す。実験は寒い 1 月に行ったため、シュードコリスティスの最適培養温度を維持するため散水

システム TAITEC 恒温水循環装置クールユニット CL80R を用いて温水散水した。5日目の13日を堺に急激に成長し殖え初めていることがわかる。目視からも透明な水が緑色へ変化したことがわかった。なお、培地は、純水に培地組成試薬を基準割合で加えている。

培養解析は、定期的に回収した培地から、重力沈殿、遠心分離によって藻類を回収し、その重量を量り濃度とした。また、これまでに行われた試験管培養実験結果と今回の培養実験の比増殖速さの比較を Table 1 に示す。

新フォトバイオリアクターはまだ多くの問題があるにもかかわらず試験管培養と同程度の比増殖速度 ($1/C \cdot dC/dt$) 性能であることがわかった。

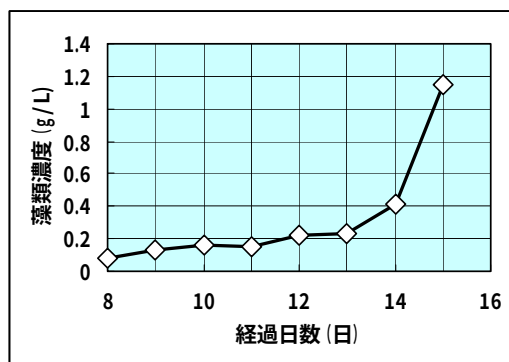


Fig.14 培養実験結果

Table 1 比増殖速度 ($1/h$)

試験管培養	0.044
リアクター培養実験	0.039

5. 新フォトバイオリアクターの問題点と改良点

【問題点】

- 1) 純水を注水する際、正面受光パイプ内に気泡が残り取り除けない。そのためバイオリアクター内の培養液の必要流量を満たしていない。
- 2) 循環流が脈流となる。原因はノズル噴出しにある。噴出し量を増やすとエアが合泡し、固まりとなって浮上し流速変動を発生させることに起因する。
- 3) エアーノズルと CO_2 噴出しが同じユニットのため、 CO_2 溶け込み効率が悪い。

【改良点】

- 1) リアクター内への注水時に Fig.15 に示す閉鎖治具を作りライザー管上部から挿入し、一部の循環経路を閉鎖し注水することで気泡のない状態が作りだせた。
- 2) 気泡の合泡を抑制し脈流を抑える為に Fig.16 のように剣山ノズルを考案した。サイズを内径 0.3mm、200 本のノズルにすると噴出断面積は通常ノズルの倍になる。合泡と管内流制御により良い結果を与えるものと考えている。
- 3) エアー噴出しと CO_2 噴出しを別々のユニットに分離し、より細かな CO_2 気泡の生成とその CO_2 溶解効率を大きくする改造を予定している。



Fig.15 閉鎖治具

6. おわりに

高効率フォトバイオリアクターの開発について紹介しその有効性を示した。まだ多くの技術的課題があり改善の検証は今後の実験によることになる。



Fig.16 剣山型ノズル

参考文献

- [1] ニューサンシャイン計画「細菌・藻類等利用二酸化炭素固定化・有効利用技術研究開発」最終評価報告書：平成 12 年 5 月 産業技術審議会評価部会 二酸化炭素固定化等技術評価委員会
- [2] 千葉県立現代産業科学館・先端技術への招待
- [3] 水と CO_2 を使い軽油作る微生物、海洋バイオ研 温泉から発見 日経 2005 年 6 月 17 日朝刊
- [4] テレビュー福島、2006 年 Ei 気分「軽油を作る微生物」
- [5] 白井真介：卒業論文、(2001 年)
- [6] 三堀啓介：卒業論文、(2007 年)

15 移動機構の無い自走式

「レール錆取りポリッシャー」の試作

システム創成学専攻 吉田二郎

1. まえがき

旧環境海洋工学専攻には多数の所属施設がある。例えば、抵抗実験水槽、動揺実験水槽、キャビテーションタンネル、強度実験室などである。それぞれに色々な機械が配置され、設置・取り付けられ、実験が行われてきている。その中でも、2つの水槽はかなり古いが、手入れが行き届いているせいか、現役で実験を行っている。その中の主な装置は水槽とその脇に取り付けられたレールと、電車と呼ばれるレールの上を鉄製の4つの車輪で走る装置である。この電車には走行時にレール上の軽いほこりやゴミを取り除くための刷毛がついているが、こびりついた汚れや錆は取ることができない。これらが付いた場合、現在は、ワイヤーブラシやヤスリを使って手作業で除去することになっている。抵抗水槽は長さが100メートル、動揺水槽は40メートルあり、レールなので2本在るため、それぞれ2倍の長さの錆・ほこり取りを行うこととなる。よってこの激務な作業を効率的に行えるような機械を試作して、作業の機械化・自動化に挑戦してみたのが本報告である。手作業のように仕上がれば、画期的であると考えた。



写真1. 動揺実験水槽（環境海洋工学専攻）

2. 「レール錆取りポリッシャー」の命名と概要

床掃除において刷毛が回転して、床にこびり着いたゴミやほこりを剥がして、元のようなきれいな床面を再現する装置にポリッシャーがある。この原理は、洗剤と水の混合液を床にまいて、モーターの重量を加味して、回転するたわし状のものを床にこすりつけ、床面を洗い流す物である。この機構を応用して、回転たわしの代わりにカップ状のスチールブラシを回転させて、レール上のゴミや錆びを取り除く装置を考案し、試作した。当然、移動機構が必要と思われたが、これをあえて無くし、2個のスチールブラシを逆回転させて、それらの接触面の大きさの違いにより、移動方向・速度を加減するという画期的機構を思いついた。装置を小型化・軽量化させるために、ギヤードモータを1個しか使用しないで2つのブラシを逆回転させる機構も考案した。また、レールの切れている所では安全装置が働き、ブラシの回転が切れるようにしたため、前進運動も停止するので、事故や故障の原因となることも少なくなった。

3. 「レール錆取りポリッシャー」の原理

3. 1 自走の原理

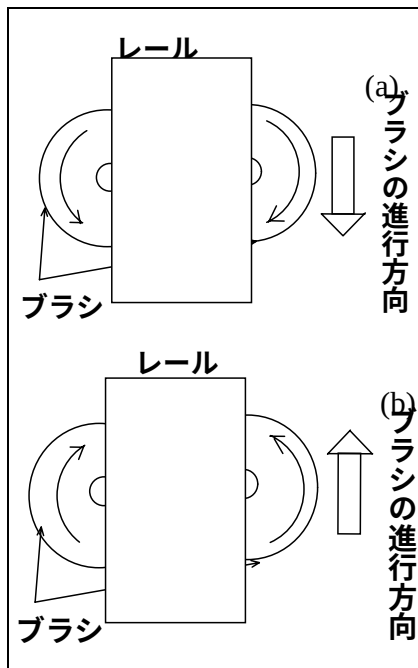


図1. ワイヤブラシの回転方向とその進行方向

何故、2個のワイヤブラシが逆回転しているだけで移動するのかを簡単に解説する。

図1に原理図を示す。レールを移動しない物とする。

2個のワイヤブラシの回転は図に示すように、それぞれの場合、2個の回転ブラシは逆回転することとする。

また、(a)の場合と(b)の場合とでは図示したように、逆回転となる。また図では回転ブラシが手前にあり、レールが奥にあるものとする。(a)について説明する。2個の回転ブラシレール上に載り、回転すると、回転ブラシは半分しかレールと接触していないので、レールとの摩擦により、ブラシはレールを押し上げようとする力が働くので、レールが動かない場合は、相対的に回転ブラシが下方向に押し下げられる動きをすることとなる。(b)では此とは逆に、回転ブラシの回転によりレールを押し下げようとするが、レールが動かないので、逆に回転ブラシが押し上げられることとなる。

3. 2 試作された「レール錆取りポリッシャー」の説明

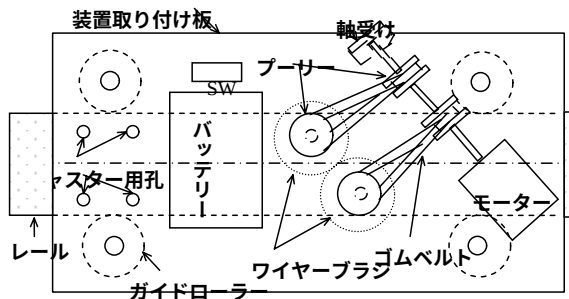


図2. 装置の上部からの俯瞰図

図2にポリッシャーの動作方向と内部機構を示す。移動機構が何故必要が無いかにについて述べる。図1において、動作時のポリッシャーのレールを磨いている状態を表している。ここでレールから回転ブラシがはみ出ていることが重要な点である。ブラシの回転は逆方向に同じ回転数で回転している。そこでこのブラシ1個しかない場合はどのような動きになるかを推定すると、ブラシの先端では回転が摩擦を生み出して、床面を摩擦によって回転させようとする力が生じる。

しかし、当然床面は回転しないために、摩擦より回転力が勝つので床面は清浄に清掃されるのである。しかし、2個のブラシが対で、逆回転していた場合はどうなるかと言うと、2個のブラシが繋いである場合、ブラシの床面の面積が同じならば動かないこととなる。なぜならば、作用・反作用の関係のためである。ここで図2をよく見ると、ブラシはレールからはみ出ていることが分かる。両方のブラシがはみ出ているため、回転力を床面に伝える時、はみ出ている部分では力が0なので、回転による摩擦力に不平衡が生じる。ここで上下2個のブラシに不平衡力が生じるため、レールを後方に押しやる力が発生して、移動することになる。しかし、移動方向をレール上に規制するため、ガイ

ドのローラを取り付けることで、移動機構を持たなくてもブラシは移動することとなる。移動速度は不平衡を生じさせる為の面積が全体の面積の $1/2$ で最大となる。またブラシの回転数もこれと比例し、ブラシの負荷重量も関係するので一概に算定できない。

3. 3 「レール錆取りポリッシャー」のレールへの取り付け方法

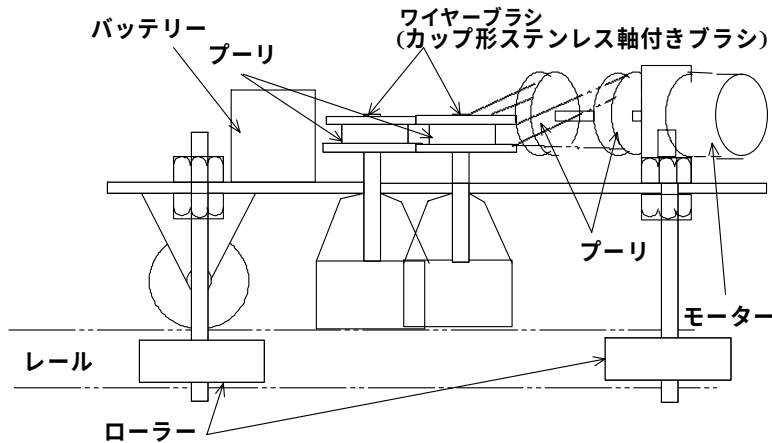


図3. 横から見たレール錆取りポリッシャーの側面図

図3にレールポリッシャーの横からの機構図を示す。2個のワイヤーブラシにベルト車のプーリーがそれぞれ装備されて、そのプーリーがゴムベルトによってギヤードモーターに取り付けられている他方の駆動側のプーリーに繋がっている。ギヤードモーターが回転すると、それぞれのワイヤーブラシは逆回転するようにゴムベルトがねじれて取り付けられている。よって

モーターの回転により、レール面とブラシの摩擦力によりどちらかに移動する事となる。また、レールの側面を挟んでいるローラー4個はレール上をはずれないように、安定したコースを取るためのガイドである。またキャスターが見られるが、これはワイヤーブラシ平面が均等にレール表面を研磨できるように取り付けられたものである。また、直流モーターを使用しているので極性を変えれば、回転方向が変わるので移動方向が変えられる。

3. 4 使用機器の大きさや規格

駆動部のギヤードモーターは12V用のモーターを使い、出力回転数は約280rpmである。このギヤードモーターが最適であると考えたわけではなく、偶然私が持っていた物の中から選んだ物である。よって早すぎたり遅すぎたりする可能性があり今後の検証になる。また、4個のプーリーはアルミ材で径が20mmの物を使用している。これも中々決まらず、最初はギヤーチェーンとギヤーを考えたが、回転軸の交差が容易ではないので止めた。次に大型のギヤーを噛ませる事も考えたが、重量と入手の2点から諦めた。

また2個の同型のカップ型ワイヤーブラシはスチール製を使用している。電池は小型の12V電池を使用している。設計段階では電池をポリッシャーの台に設置するのは無理と考えたが、小型の電池が手に入ったので、ブラシの回転力を伝達するのに都合の良い位置に置くこととなった。またレールのガイドとして使用したローラー材料は最初、径が50mmの机の下に敷く吸振ゴムを4個使用してみたが、レールに吸着するような力が発生して、心棒との間で回転しにくく、進行を妨害するような力が働いたので、円柱の木材を輪切りにした物に変えた。進行方向前側のキャスター高さはワイヤーブラシの高さに合わせ、50mmのものを2個並列に並べて使用した。

3. 5 試作された「レール錆取りポリッシャー」の動作試験結果

本装置をレールの代替である木材の柱上を動かしてみた結果を述べる。

モーターから出された腕に2個のプーリー（径が20mm）を取り付け、同時に回転させる。それぞれのプーリーにはゴムベルトが2本、カップ型ワイヤーブラシ2個に取り付けられたプーリー（径が20mm）と動力伝達するために繋がれている。ギヤードモーターのスイッチをONにすると、モーターに取り付けられている2個のプーリーが回転し、ゴムベルトで動力伝達され、カップ型ワイヤーブラシが回転することとなる。この時、カップ型ワイヤーブラシは他方とは逆回転するようにゴムベルトで結合されている。このとき両方のワイヤーブラシの一部がレールからはみ出るように配置されている。このことにより、自走速度はレール面に着けられたブラシ面とレール面を掃かないブラシ面の面積比で決まる。速度が一番大きい場合はそれぞれのブラシが半分しかレール面を掃かない場合であり、

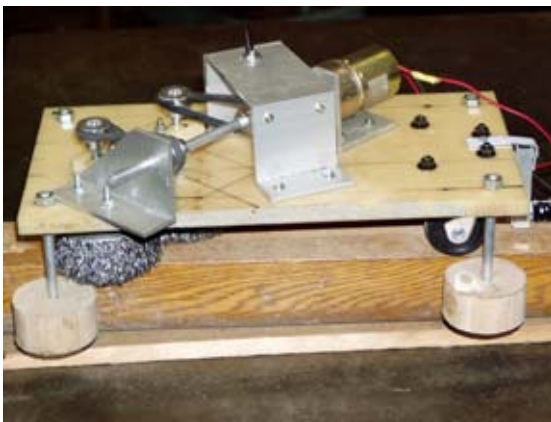


写真2. レール錆取りポリッシャーの上面

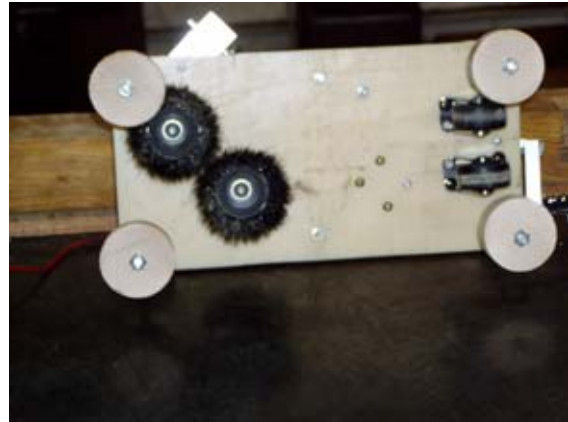


写真3. レール錆取りポリッシャーの裏面

小さい場合はレールの中心軸とブラシの回転軸が合った場合である。よってこの原理を応用して、レールに対するブラシの取り付け角度を可変にすることが考えられる。しかし今回は移動確認と錆び研磨に集中したため、ブラシの接触面を加減する事は行わなかった。写真2、写真3を見て頂きたい。先ず木材の柱に載せて動かしてみたが、かなり負荷が掛かり、動力の力不足の感があるが、ワイヤーブラシが木材の表面を軽く削りながら進んでいく事が確認された。しかし、これを錆びた鉄製のレール表面に置いてスイッチを入れてみた。かなり負荷が掛かる（木材のときのように軽快には進まないで、ぎこちなかった）が錆取り機構は作動上、問題無い動きを見せていた。

4. 結論

今回試作した「レール錆取りポリッシャー」はカップ型ワイヤーブラシを2個使用して、それらを逆回転させてレールを磨くと共に、ブラシの回転摩擦で得られる推進力を利用して移動するが、動作やメカニク的にはほぼ、当初の目的は達成されたと言って良いと考える。ただ、ギヤードモーターからの動力をワイヤーブラシの回転に伝達させる方法において、今回はプーリーとゴムベルトを採用したが、過負荷の場所はゴムベルトがプーリーからはずれるという難点も見られた。また、使用したギヤードモーターの力不足もあるようである。今後他の動力伝達方法に変えたり、各所に軸受けを設けたり、他の強力なモーターの採用を考慮すれば実用化も期待されると思われた。

16 実験実習用 PIXE 分析における池底質・基礎データの蓄積

—上野不忍池底泥土試料を中心に—

原子力国際専攻 伊藤誠二

原子力国際専攻 土屋陽子

原子力国際専攻 森田 明

1. はじめに

原子力国際専攻 加速器管理部にあるタンデム型加速器（通称 RAPID）の PIXE 分析は、大きく分けて水・環境分析と文化財分析の利用に供している。平成 19 年度より工学部システム創成学科の環境・エネルギーシステムコース（E&E）3 年生を対象とした教育のための実験実習（必修科目：基礎プロジェクト 1：基礎加速器分析実験）を開始した。この演習における最適なエネルギースペクトルを得るために加速エネルギー、吸収板、バックリング材などの実験条件を変えて測定を行ったので報告する。

近年のグローバルな環境問題に対する世論の関心、危機意識の高まりは著しい。RAPIDでは、これまでの化学分析に比べてより迅速にできる環境分析として PIXE 法による水道水分析¹⁾、温泉水²⁾などの水分析を行ってきた³⁾。しかし、教育用環境分析としての PIXE 法による水分析は、学生自らが採取した水試料の前処理（濃縮）を行うには第 3、4 時限（第 1 週目）という限られた授業時間に行うには不向きである。そこで今回、時限内に行える池底質成分の分析を RAPID では初めて行った。土の分析は水分析とともに環境分析には不可欠のものであり、しかも基礎プロジェクトの教育方針に沿う教育効果を期待できる。

2. PIXE 分析

PIXE (Particle Induced X-Ray Emission) 分析とは、荷電粒子（主にプロトン）を試料に照射することによって放出される特性 X 線のエネルギーが元素によって異なるという事実に基づき、試料に含まれる元素の定性と定量を行うものである。

その特長は、蛍光 X 線分析と比較すると、励起する蛍光 X 線の散乱そのものが蛍光 X 線分析ではバックグラウンドとして大きく影響する。それに対し PIXE 分析では荷電粒子が特性 X 線を放出する確率（X 線発生断面積）が大きく、物質構成原子を励起させるのでバックグラウンドが遙かに小さい。

2-1. 演習の概要

「基礎加速器分析実験」演習は 2 日で 1 ユニットであり、5 班 5 ユニット行う。毎週 1 回、夏学期（4 月～6 月）に行った。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い、第 2 週目に試料のサンプルホルダーへの装着、サンプルチャンバー真空引き、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エネルギーテーブルなどを参照して元素を同定する。

2-2. 試料採取と測定

大学内から近いところで野外調査活動を行いながら試料採取を行うことが学習上効果的と考え採取場所は不忍池とした。不忍池は三四郎池と同様、憩いの散策コースとなっており学生にとっても身近な環境である。不忍池の自然環境や源泉を知り、不忍池の底質 (Pond sediment) の測定技術を習得すると同時に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した。

測定用試料の作成は、採取した土壌を陶器皿に入れてホットプレートで乾燥させたのちメッシュでふるい、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。サンプルのバックング材にはアラルダイト、その支持材には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。

測定用に作成した試料は学生一人一人が作成したものを測ることにする。しかし、授業時間内に行うという制約がある為、各サンプルの測定時間を 180 秒とした。



図 1. 不忍池 (北緯 35 度 42 分 44 秒, 東経 139 度 46 分 15 秒)

3. 測定装置

タンデム型加速器: RAPID (Rutherford Backscattering Spectroscopic Induced X-ray Emission and Ion Implantation Devices, 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、サンプルチャンバーには 4 軸 (X, Y, Z, T) 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。検出器の角度はプロトンビームに垂直に当たる試料に対して 45° である。測定装置を図 2 に示す。



図 2. タンデム加速器と測定装置

4. 実験条件

PIXE 分析に使用するイオン種は、ほかのイオンと比較して試料に対して一様に深いところまで励起できるプロトンが主に用いられる。以下にプロトンビームを使用して、加速エネルギー、吸収板、バックング材などを組み合わせて測定を試みた。

4-1. 加速エネルギーによるエネルギースペクトルの比較

感度特性は通常 3MeV 付近で良好な特性が得られるため 3MeV で行われることが多いが実験条件によって最適加速エネルギーは異なる。そのため、加速エネルギーを 3.0MeV, 2.7MeV, 2.5MeV と変えてスペクトルの

違いをみた。いずれも吸収板は、250 μm 厚 Mylar 膜を使用した。その結果同一試料（採取地点：図 1 の A）で、2.5MeV では低エネルギー域の元素が見られるが、3MeV では Br(K α 11.9keV, K β 13.3keV)の元素が観測できる。

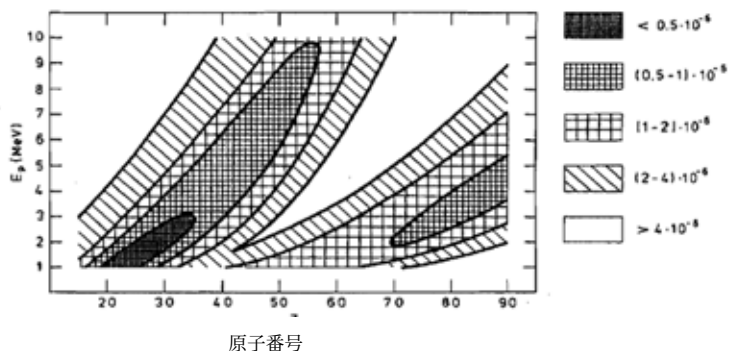


図 3 元素の検出下限とプロトンエネルギー依存性⁴⁾

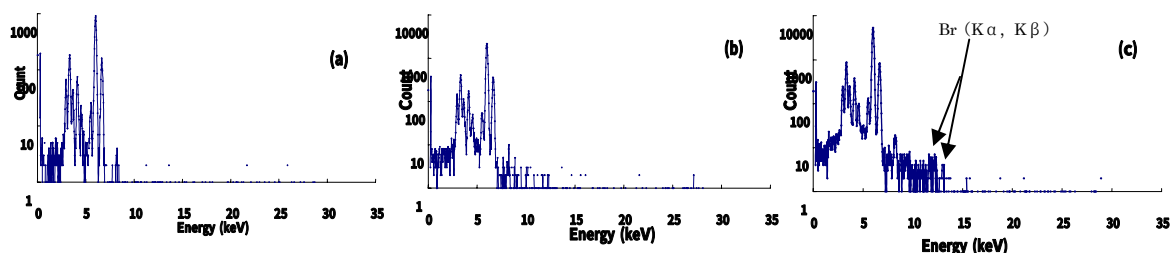


図 4. エネルギースペクトルの加速エネルギー依存性 (a) 2.5 MeV, (b) 2.7 MeV, (c) 3 MeV

4-2 吸収板

吸収板はノイズレベルの高い低エネルギー側のバックグラウンドを抑制するために用いる。今回、①吸収板なし、②250 μm , ③350 μm , ④100 μm +250 μm に ϕ 1mm 穴あき、⑤470 μm に ϕ 1mm 穴あきの 5 種類を試みた。

図 5 に吸収板を取り付けないもの、図 6 に吸収板をつけたものを示す。図 6 (c) の 470 μm 厚 Mylar 膜に ϕ 1mm 穴を開けたものには、低エネルギー側に元素が観測できるが、図 6 (a) に示す 250 μm の穴無しでは、低エネルギー側が同定できない。よって通常底質に含まれている元素のうち、軽元素から重金属元素までを同時に測定したい場合は、吸収板に小さな穴を開け低エネルギーの特性 X 線も透過させる事が有効で

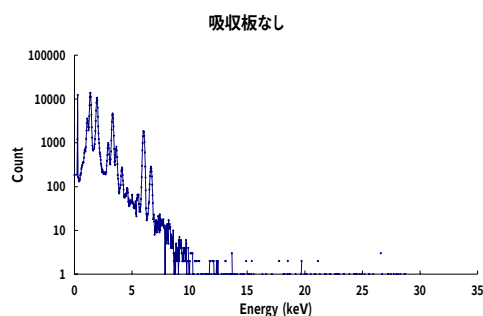


図 5. 吸収板なしのエネルギースペクトル

あることが確認できた⁵⁾.

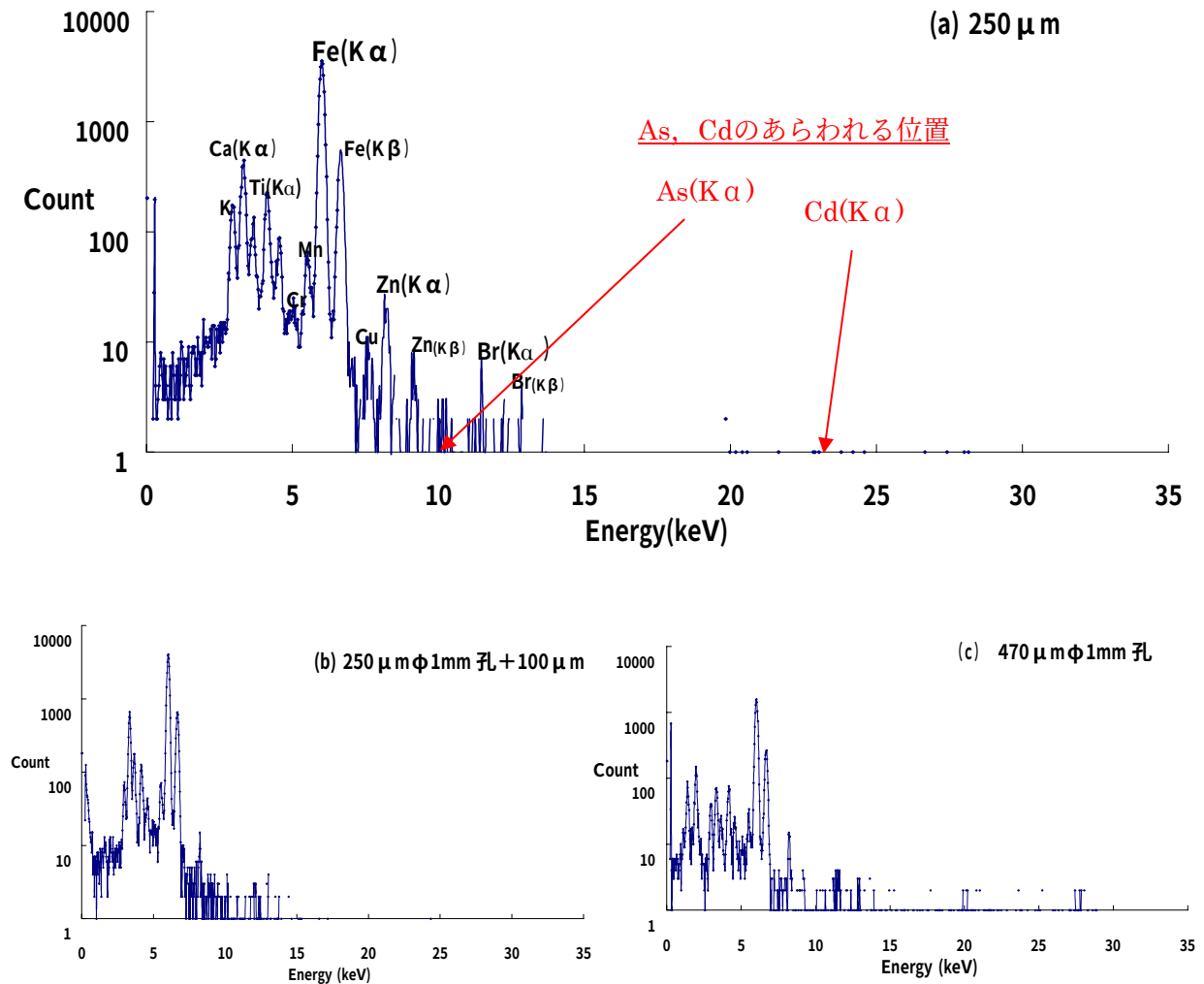


図6 吸収板によるエネルギー Spektral の変化 (試料採取地点: 図1のB)
Mylar 膜厚: (a) 250 μm, (b) 250 μm に φ1mm 孔+ 100 μm, (c) 470 μm に φ1mm 孔

4-3 バッキング材

バック材は元素分析を行う場合、試料を固定するために必要となるがバック材に含まれる元素の影響により底質の元素同定が正しくできない場合がある。このためバック材の選定には工夫を要する。今回は、バック材として、アラライトでおさえたものを使用した (図7にエネルギー Spektral を示す)。

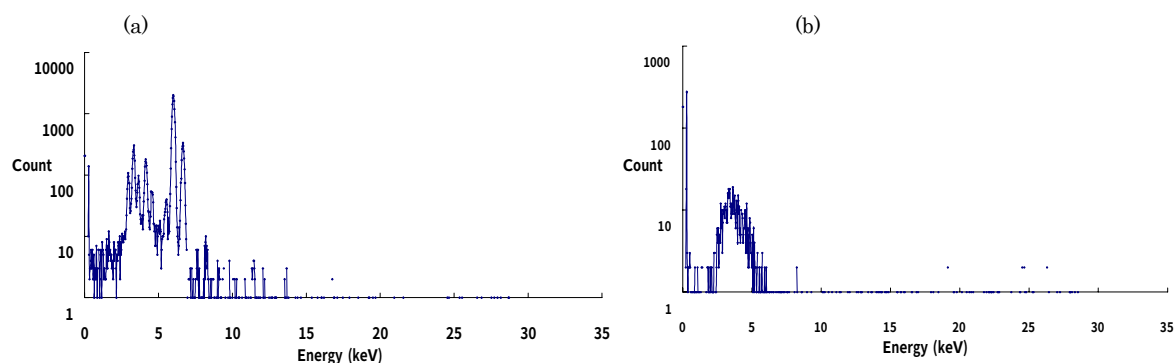


図7．試料とバック材のエネルギースペクトルの比較
(a) 試料をアルラナイトで固定 (b) アルラナイトのバックグラウンド

5. 参考標準試料（琵琶湖）及び三四郎池底質との比較

本演習を行うにあたり事前に標準試料（NMIJ CRM 7303-a No.99）である琵琶湖底質を測定した．測定結果を図8に示す（吸収板は 250 μ m Mylar を使用）．琵琶湖と三四郎池のスペクトルを比較すると，底質の成分元素の組成比に違いがあることがわかる．しかし，上野不忍池：図7(a)と三四郎池（図9）の底質は同じ組成比であるといえる．

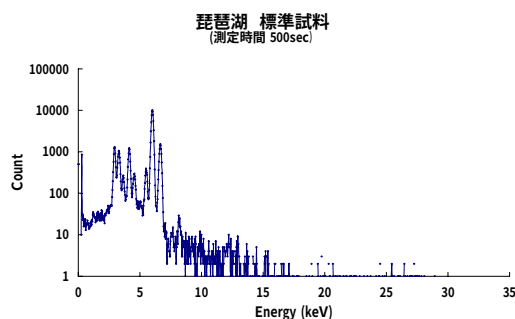


図8．琵琶湖標準試料のエネルギースペクトル

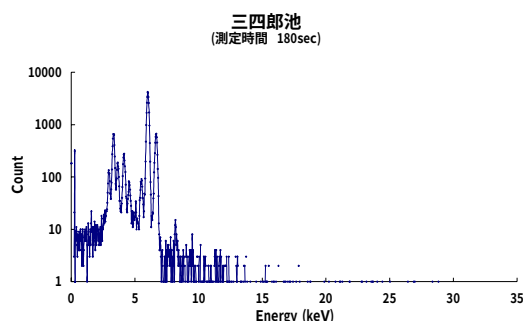


図9．三四郎池試料のエネルギースペクトル

6. まとめ

タンデム加速器を用いた環境分析として環境・エネルギーコースの学生を対象とした PIXE 分析を開始し，装置の特性及び三四郎池，不忍池底質基礎データの蓄積を行った．

- 1) 加速エネルギーは同じ電流値，同じ測定時間でも励起エネルギーの高い 3MeV の方が 2.5MeV より励起作用が大きくなるため計数値が高く，はっきりしたスペクトルとなっている．
- 2) 吸収板はノイズレベルの高い低エネルギー側のバックグラウンドを抑制するために用い

るが、吸収板 Mylar470 μ m 厚膜の中央に適度な穴径 (ϕ 1mm) を開け、イオンビームを通すことによってバックグラウンドを抑え且つ低いエネルギー域の特性X線も同時に観測できることが確認できた。

- 3) 試料を固定するバックリング材の影響はスペクトルにあらわれている。このことから、バックリング材には測定試料に影響の小さいバックリング材を選定する必要がある。
- 4) 上野不忍池と三四郎池の底質成分は同じといえる。

今回、一般に汚染物質といわれている重金属元素 (Cd, As, Hg など) は観測されなかったが、これは授業時間による制約があり計測に十分な時間を掛けられなかったことにも因っている。また演習を行った学生の反応は、サンプル採取フィールドワーク及び大きな加速装置を用いての試料測定と元素分析に新鮮な興味を持ち PIXE 法による環境分析を実感することができたという感想が多く寄せられた。

今後の方針として、引き続き吸収板の材質や孔の径のサイズなど実験条件を変えて装置の基礎データと環境分析データを蓄積していくことと、実験するにあたって測定成分元素の実習用定量簡易解析プログラムの制作を検討している。

謝辞

広島大学の西山文隆助教には本実験を行うにあたって有益な助言をいただいた。また、上野不忍池でのサンプル採取にあたっては上野恩賜公園管理所所長の快諾をいただいた。お礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 飯本武志, 小山友作, 杉浦紳之, 木村圭志, 小佐古敏荘, 川西俊男, 鶴岡瑞夫, 森田明, 伊藤誠二: 水中セレン濃度分析への PIXE 法の適用, 第 11 回東京大学原子力研究総合センターシンポジウム, (2002)pp182-185.
- 2) 飯本武志, 小山友作, 森田明, 伊藤誠二: 水中微量重金属類濃度分析への PIXE 法の適用, 第 12 回東京大学原子力研究総合センターシンポジウム, (2003)pp170-172.
- 3) 森田明, 伊藤誠二, 鶴岡瑞夫, 飯本武志, 小佐古敏荘: PIXE 法による水中微量元素の濃度分析, 第 17 回 タンデム加速器及びその周辺技術の研究会, (2004)pp96-99.
- 4) S A E. Johansson, J. L .Campbell, PIXE: A Novel Technique for Elemental Analysis, John Wiley & Sons, Ghichester (1988) p8.
- 5) 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―, 地質調査月報, 51 巻, 第 10 号, p489.

17 タンデム型加速器(RAPID)における新たな検出手段導入の取組み

原子力国際専攻 森田明

システム創成学専攻 川手秀樹

原子力国際専攻 伊藤誠二

1. はじめに

原子力国際専攻加速器管理部にあるタンデム型加速器（RAPID：Rutherford Backscattering Spectroscopic Analyzer with Particle Induced X-ray Emission and Ion Implantation Devices）は設置から 14 年を経過している。その間、学内共同利用設備として粒子線励起X線(PIXE：Particle Induced X-ray Emission)による微量元素分析，ラザフォード散乱分光法(RBS：Rutherford Backscattering Spectroscopy)¹⁾による表面層(数十ミクロン以下)方向の元素分析，実験材料へのイオン注入などに利用されている。さらに利用拡大を目指しそれぞれの分析手法の高度化を図っており，同時に新たな測定手法の導入も行っている。今回はその一つであるごく浅い場所に存在する水素(H)のように軽い原子の深さ方向の定量分析が可能な反跳原子検出法（ERDA：Elastic Recoil Detection Analysis）について報告する。また，ERDA法で得られたエネルギースペクトルのエネルギーをより正確に求められる手段についても報告する。

2. RAPID の概要

図 1 に RAPID のシステム構成を示す。イオン源は，セシウムスパッター型，デュオプラズマトロン型の 2 系統である。イオン加速部中央ターミナルは最大 1.7MV である。ビームコースは三つあり，それぞれ RBS 分析システム，イオン注入システム，PIXE 分析システムが設置されている。タンデム加速器は，中央ターミナルがあり正の高電圧に充電され加速エネルギーを得ている。先ず負イオンで加速し，次に正イオンに変換し加速している。中央ターミナルの昇圧方式は，コッククロフト・ウォルトン型で最大電圧は 1.7MV である。従って最大イオン加速エネルギーは，負イオン加速部で得られるエネルギー1.7MeV に，正イオン加速部で得られるエネルギー，1.7MeV に

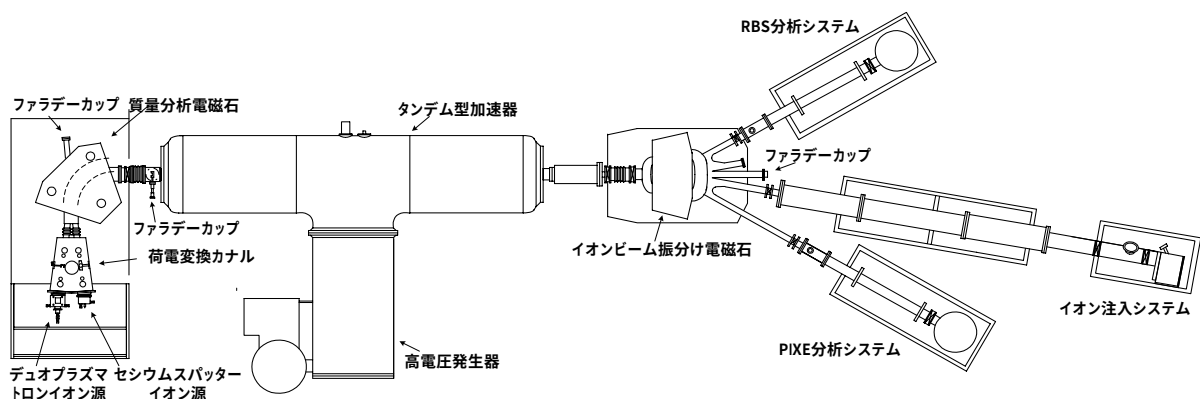


図 1 RAPID システム構成図

イオン価数 N を乗じた値を加えた $1.7(1+N)\text{MeV}$ に、さらに負イオンの加速部入射エネルギーを加えたものになる。

3. ERDA法

後方散乱分析は入射粒子の反射粒子エネルギースペクトルを測定して深さ方向の元素組成密度分布情報を知ることができる。しかし、入射粒子の反射粒子を用いるため、入射粒子よりも質量数が小さい粒子では後方への散乱が現れず測定できない。

一方、ERDA法とは入射粒子との弾性衝突により反跳された標的原子を直接検出する分析法である。ERDA法は被測定軽粒子例えば H を、入射粒子例えば He により反跳させる方法で軽粒子の測定を可能にしている。なお、ERDA法には反射型と透過型があるが、今回は反射型を用いた。図2に測定系の構成図を示す。また、写真1は真空チャンバー内への試料及びストップフォイルの設置の様子である。

3-1. 散乱エネルギー

試料から反跳された標的原子の散乱エネルギー²⁾は(1)式により求めることができる。

$$E_2 = (4 \times M_1 \times M_2 \times \cos^2 \phi) E_0 / (M_1 + M_2)^2 \equiv K_r \times E_0 \quad (1)$$

ここで、

E_2 : 散乱されるイオンのエネルギー	E_0 : 入射エネルギー
M_1 : 入射粒子の質量	M_2 : 標的粒子の質量
ϕ : 検出角度	K_r : K ファクター

K_r は K ファクターとよばれ、入射エネルギーに対する散乱エネルギーの比を表し、入射エネルギーのイオンがどのくらいのエネルギーで散乱されるかを示す指標となる。(1)式から K ファクターは(2)式になる。

$$K_r = (4 \times M_1 \times M_2 \times \cos^2 \phi) / (M_1 + M_2)^2 \quad (2)$$

ERDA法における反射型の配置では表面からある深さ(x)において反跳される標的原子のエネルギーは(3)式で表される。

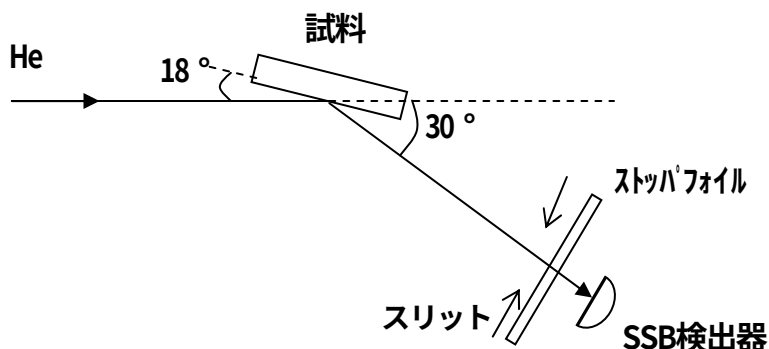


図2 ERDA法測定図

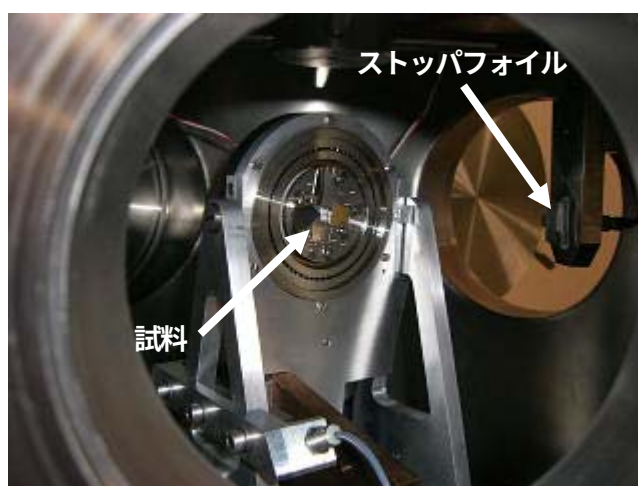


写真1 真空チャンバー内の様子

$$E(x) = K_r E_0 - x \left(\frac{K_r \langle S_1 \rangle}{\cos \theta_1} + \frac{\langle S_2 \rangle}{\cos \theta_2} \right) \quad (3)$$

$E(x)$: 反跳された標的原子の運動エネルギー K_r : Kファクター
 E_0 : 入射エネルギー S_1 : 入射イオンの試料内での平均阻止能
 S_2 : 反跳原子の試料内での平均阻止能
 θ_1 : イオンの入射方向が試料の表面の法線となす角
 θ_2 : イオンの検出方向が試料の表面の法線となす角
 x : 標的原子が反跳された試料内の深さ

3-2. 阻止能

阻止能³⁾とは、入射イオンが固体原子との衝突により単位距離進む間に失うエネルギーのことであり、エネルギーの関数となる。検出器には後方散乱と同様に入射粒子の散乱粒子も混入し、この影響が無視できないため、この散乱粒子の影響を取り除く必要がある。これには入射粒子の原子番号は反跳粒子よりも大きくなるが、ある物質中の荷電粒子元素の阻止能が荷電粒子元素原子番号、 z の2乗に比例して大きくなることを利用する。即ち散乱粒子と反跳粒子との間に大きな損失差が現れることから、検出器に入射する前に適度な材質の厚みを持つ板(ストップフォイル)を置くことでその板が持つ阻止能により試料入射粒子の散乱粒子を取り除くことができる。もちろん反跳粒子もエネルギー損失があるのでその損失エネルギーの評価が必要である。

阻止能は(4)式で表され、阻止断面積(ε)⁴⁾と原子密度(N)との積になる。また入射粒子原子番号(z)の2乗、阻止物質原子番号(Z)、原子密度に比例し、粒子質量と速度の2乗に反比例する。

$$\frac{dE}{dx} = \varepsilon \times N \propto \frac{z^2}{mv^2} ZN \quad (4)$$

4. パルサーを用いたエネルギー校正

図3は一般的な粒子エネルギー測定系のブロックダイアグラムである。エネルギー校正はプリアンプのT入力にパルサー出力を加え既知の電荷量パルスを作ることで校正できる。

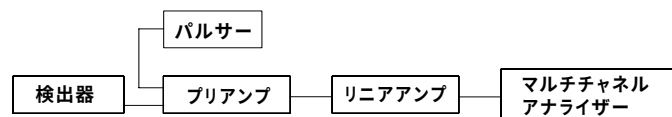


図3 一般的な粒子エネルギー測定系

粒子エネルギー検出器で得る入射粒子エネルギーはプリアンプにより電荷パルスを電圧パルスに、また低インピーダンス出力に変換する。プリアンプにはエネルギー校正用のテスト入力があり、ここにパルサーを接続することで数%以内の校正が可能になる。エネルギーは試料や検出器の配置、フィルターの厚さ等により誤差の混入がある。これらの値が正確なものとして測定エ

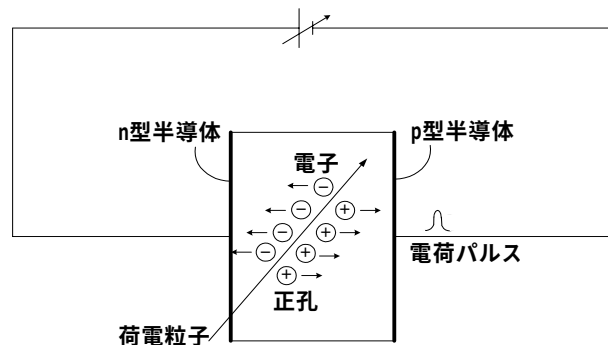


図4 検出器の原理

エネルギーがどの程度か求めざるを得ない場合が多い。パルサーによるエネルギー校正も同時に行うことでより先の幾何学的な条件や厚み誤差による誤差の補正も可能になり、精度の高い測定が可能になる。

4-1. 検出器の原理（固体電離箱の原理）

粒子エネルギー検出に用いられている SSB (silicon surface barrier) は半導体検出器で、いわゆる固体電離箱である。図 4 は検出器の原理を示す。固体電離箱は P 型半導体と N 型半導体が接合された状態で構成している。正の電荷を帯びた正孔が主であるものを P 型半導体といい、負の電荷を帯びた電子が主であるものを N 型半導体という。P 型と N 型を接合すると、接合面の近傍にキャリア（自由電荷）が、接合面の反対側に集められて空乏層領域ができる。この PN 接合に電圧をかけると空乏層に入射した荷電粒子は電離により正孔電子対が生じ、正孔と電子がそれぞれの電極に集められ、電荷パルスが発生する。そのパルス電荷量を測定することでエネルギースペクトルを得ることができる。

シリコン半導体の正孔電子対を生成する必要エネルギー（300K, 室温）は 3.62eV である。

例えばエネルギーが 60keV の場合、正孔電子対は約 16574 対ができることになる。従ってこのパルス電荷量は $16574 \times 1.6 \times 10^{-19}$ (C) になる。エネルギーがパルスの電荷量に対応する。

4-2. パルサーの原理

基本回路は図 5 に示す。まず、定電圧源 (8V) は高安定、高精度に設定できる可変抵抗器により、任意に一定電圧 (E_p) を得ることができる。この電圧により、ディケイタイムのコンデンサーを充電する。次に水銀スイッチを 100Ω 側にすることにより、100Ω とライズタイム用コンデンサーの値による立上がり時間 t_r のパルスが得られる。このパルスのディケイタイムで設定したコンデンサー容量と 100Ω + 出力インピーダンス（抵抗値）で決まる時定数で減衰する。以上のようにして、図に示すような精度の高い出力パルスを作り出している。ここで水銀スイッチは ON 時に理想的なスイッチに近い特性が得られるため用いられている。

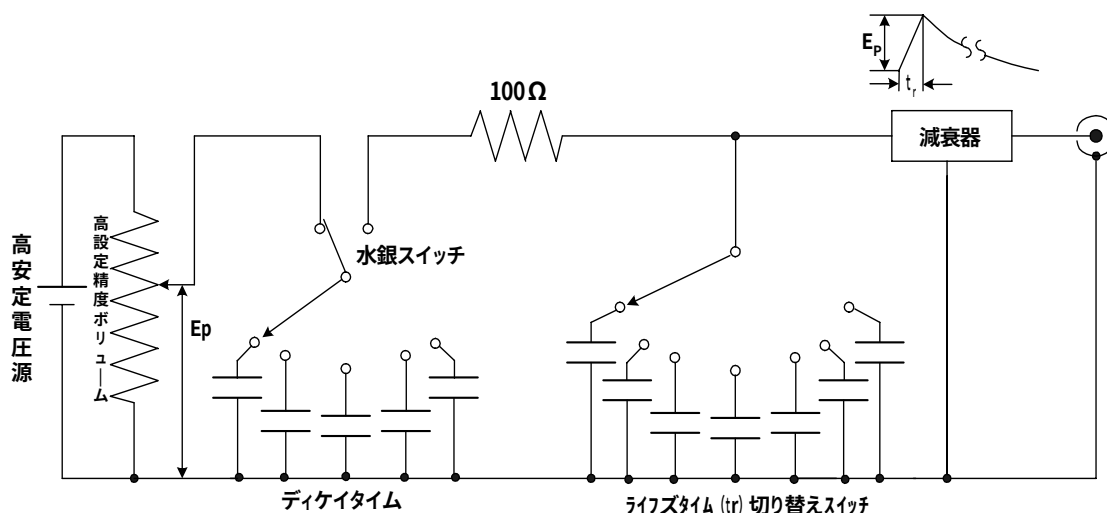


図5 パルサーの基本回路

4-3. プリアンプの等価回路

一般的な X 線検出系のエネルギー校正は、パルサー出力をプリアンプテスト入力に入れて行うことになる。プリアンプの等価回路は図 6 で表され、コンデンサー C (F) (EG & G ORTEC Model 142A Preamplifiers では 1pF)はパルス電荷量を模擬するテスト入力微分回路のコンデンサー容量である。エネルギー校正をするた

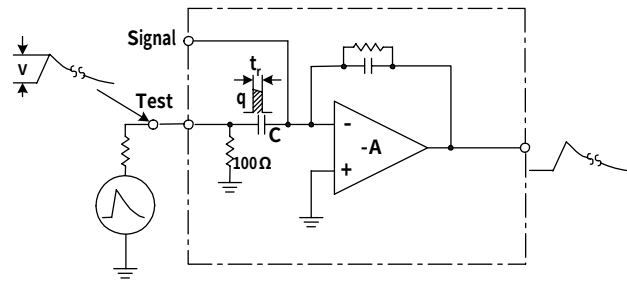


図 6 プリアンプの等価回路

めの模擬電荷パルスは、パルサー出力の電圧パルス（立ち上がりが速く、立下りが遅い。）をテスト入力の微分回路を通すことで得られる。このパルス電荷量は、パルス波平均値とコンデンサー容量との積で決まる。なお、プリアンプの特徴はゲインが安定な帰還回路定数、すなわち温度係数が小さいコンデンサーで決まるため、非常に安定である。

5. 新たな検出手段導入の取組み (ERDA 法の導入)

今回は ERDA 法導入に向けた試みとして試料の LiTaO_3 に He イオンを照射し、反跳されたエネルギースペクトルを測定し調整を行なった。

5-1. 表面上反跳粒子エネルギー

入射イオンビーム、試料、スリット、ストッパフォイル、及び SSB 検出器の幾何学的配置は図 2 に示すとおりである。He イオンの入射エネルギーは 2.8 MeV、試料の傾きは 18° 、検出器の角度は 30° にして測定を行った。標的原子である H は試料表面に吸着し、これが支配的である場合、深さ方向は考慮しなくとも良いことになる。この場合、水素原子の反跳エネルギーは (1) 式により求めることができ、本測定条件、即ち $E_0 = 2.8$, $M_1 = 4$, $M_2 = 1$, $\phi = 30^\circ$ から K_r は 0.48、水素の反跳エネルギーは 1.34 MeV になる。

5-2. 入射イオンの散乱粒子エネルギー

散乱粒子エネルギーは後方散乱と同じ考え方で良い。最大エネルギーを抑える場合は表面での試料最大質量元素に着目すれば良いことになる。被測定試料が LiTaO_3 なので質量数最大の Ta (181) との散乱エネルギーが最大のものになる。入射散乱粒子は He なので Ta の質量数を無限大として考え、2.8 MeV がそのまま散乱するとしても大きな誤差はない。

5-3. ストッパフォイル

ストッパフォイルは散乱粒子が検出器に入るのを防ぐために設ける。(3) 式に示すようにストッパフォイルによる入射粒子の阻止能は、入射粒子元素の原子番号 z の 2 乗に比例するため He は H に対して 4 倍の阻止能になる。このようにストッパフォイルの材質と厚みを適度を選択することで He 散乱粒子の影響を取り除くことができる。このストッパフォイルとして $12.5 \mu\text{m}$ 厚のアルミ箔と $12 \mu\text{m}$ 厚のマイラー膜の 2 種類を用いて測定をした。

5-4. スリット

スリットはストッパフォイル前に設置される。スリットの形状は円形状と細長くした格子（以下格子）状がある。円形状は反跳ビーム軸に垂直に、一方、格子状は格子中心線が試料面に平行で且つ反跳ビーム軸に垂直に置く必要がある。円形状の場合は円形を小さくすることで試料面入射ビーム位置から望む立体角を小さくでき、分解能を上げる効果を期待できるが、面積が小さくなるため計数効率が低下する。一方、格子状の場合、分解能を低下させる要因である試料面垂直

方向へのビームエネルギーの変化が大きくなるが、適正な格子配置を取ることで格子を狭めることができ分解能を高められる。且つ計数効率の低下を小さくすることができる。

5-5. 測定

はじめにストップフォイルに 12.5 μm 厚のアルミ箔を用いてスリットの違いによるエネルギースペクトルの違いについて観測した。図 7 は $\phi 2\text{mm}$ 円形状スリットの場合、図 8 は 1mm 幅格子状スリットの場合である。いずれの場合もピークが観測されたが、このピークは試料 LiTaO_3 を大気に曝すと LiOH が生じることが言われており、その表面に生じたその構成元素である H によるものと考えている。

両者を比較するとピークエネルギーの位置が異なる。エネルギーが高い方が分解能が高くなって

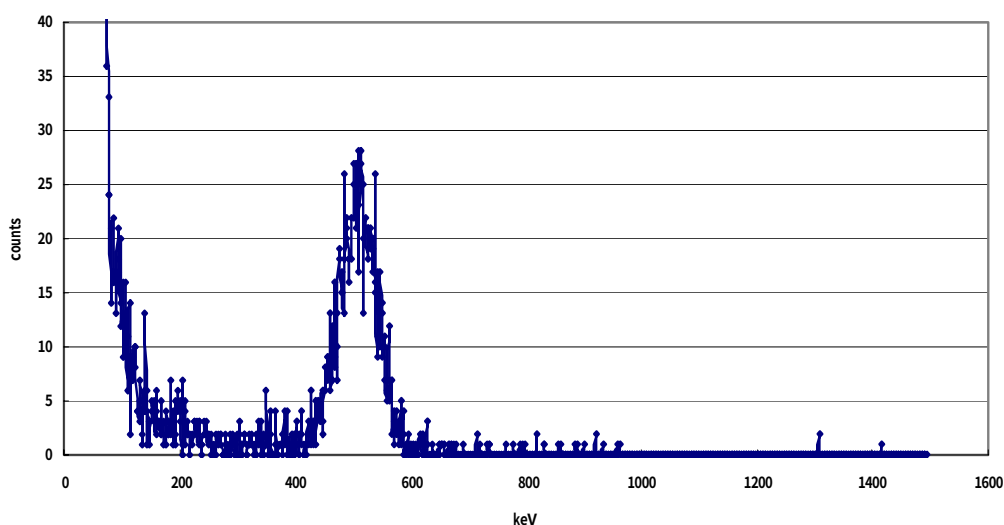


図7 $\phi 2\text{mm}$ 円形状スリットを用いたエネルギースペクトル
(ストップフォイルは 12.5 μm 厚アルミ箔使用)

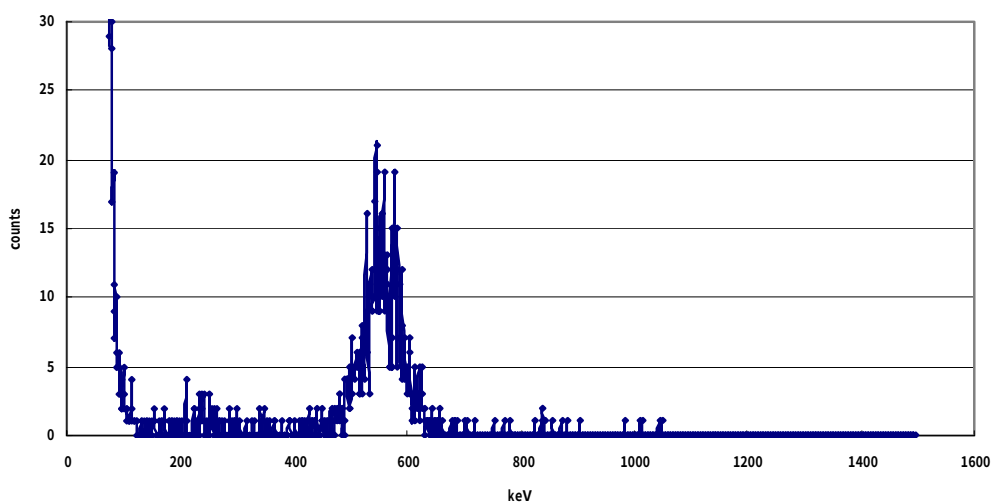


図8 1mm 幅格子状スリットを用いたエネルギースペクトル
(ストップフォイルは 12.5 μm 厚アルミ箔使用)

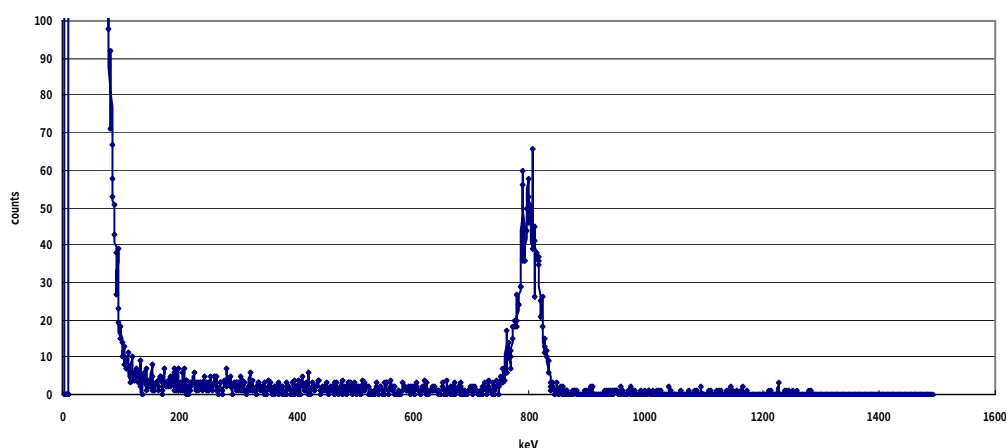


図9 1mm幅格子状スリットを用いたエネルギースペクトル
(ストッパフォイルは12 μ m厚マイラー膜使用)

いるように見える。スリット以外に違いはなく、本来ピークエネルギーに差は無いはずである。この原因はスリットとストッパフォイルの固定が片持ちであり、そのため設置ごとに傾きが変わりストッパフォイルの実効的な厚みが変わることによるものであると考えられる。この対策は固定の再現性が保証される方法にすることである。

次に1mm幅格子状スリットは同じにして12 μ m厚のマイラー膜で測定した。その結果を図9に示す。マイラーを使用したものの方がピークエネルギー位置は高く分解能も良い。この理由は厚みと材質によるエネルギー損失を考えた場合、アルミ箔よりもマイラー膜の方が散乱粒子を除去できたこと、一方反跳粒子の損失を低く抑えることができ、適切なエネルギー損失が得られたことを示している。この結果から、入手できるものから適切な厚みと材質のものを選択し散乱エネルギーに対し最適な損失が得られるようにすることが大事であることが分かる。

5-6. ストッパフォイルの厚さ検証

ストッパフォイル(アルミ：12.5 μ m)の厚さが最大散乱エネルギーを阻止するのに十分か、試料からの散乱粒子であるHeに対するアルミの阻止能(dE/dx)から求め、入力エネルギーとの比較からその厚さを検証した。

アルミ中のHeの阻止断面積(ε)は文献(4)より $37.38 \times 10^{15} \text{eV} \cdot \text{cm}^2$ 、原子密度(N)は $6.026 \times 10^{22} \text{atoms/cm}^3$ である。今回の実験では入射エネルギーが2.8MeVのHeイオンを用いている。この散乱エネルギーの最大値は標的試料中の最大質量元素による散乱を仮定すれば良いが、散乱粒子エネルギーは影響を受けず2.8MeVとした。したがって(3)式よりこのエネルギーの阻止能は $225.25 \times 10^7 \text{eV} \cdot \text{cm}$ となる。阻止能はエネルギーに反比例するのでこれを一定として必要な厚みを求めても過大評価にはなるが、過小評価にはならない。一定として求めた厚さは12.4 μ mとなった。以上のことからHe散乱粒子エネルギーに対するアルミのストッパフォイルの厚さについて十分な厚みであることが検証できた。

5-7. パルサーによるエネルギー校正と測定値

今回はLiTaO₃の表面のみに水素が存在していると仮定して、実験で得られた水素イオンエネルギーと入射エネルギー1.34MeVでアルミのストッパフォイルを通過した水素イオンエネルギーの計算値とを比較した。計算には固体に対するイオンの飛程をシミュレーションするソフトウェアSRIM/TRIM⁹)を利用した。計算では水素イオンのエネルギースペクトルのピークは平均で770keV

となった。一方、パルサーで校正したピークエネルギーは 550 keV(図 8) であり、計算値よりおよそ 25%ほど低い値となった。パルサーで得られたエネルギー校正值は数パーセントの誤差範囲に収まると考えている。従って、これは試料とビームの立体角や検出器との微妙なズレ、ストップフォイルの膜厚の影響などが原因となったことが考えられる。今後これらの原因を詳細に調べ、改善することで計算値と実験値との差がより小さい値を得られるものと考えている。

6. まとめ

今回の実験は原子力国際専攻加速器管理部にある RAPID 装置の利用拡大を目指し、新たな分析法(ERDA法)を導入するための第一段階として、LiTaO₃に含まれる水素のエネルギースペクトルを観察した。実験の手順、計算を通して、

- (1) ストップフォイルはアルミ箔とマイラー膜を使用し、それぞれのエネルギースペクトルを比較した。その結果、今回の実験条件においてはアルミ箔よりもマイラー膜の方が散乱粒子をより抑制できること、且つ反跳粒子の損失を低く抑えることが確認できた。ストップフォイルは入射イオン種、反跳イオン、ストップフォイルの厚み等の実験条件を考慮して選択することが重要である。
- (2) エネルギースペクトルの計算結果と実験結果を比較し、その違いの原因について検討した。SSB 検出器前に設置するスリットとストップフォイルの固定が片持ちのため再現性が得られず、設置ごとに傾きが変わりストップフォイルの実効的な厚みが変わることが実験値に影響を与えた。今後、再現性のある固定方法を検討する。
- (3) アルミ箔のストップフォイルによるエネルギーの損失分からその厚みを検証した。散乱エネルギーが一定と仮定した場合、計算では 12.4 μm の厚さとなった。実際に用いたアルミ箔の厚さは 12.5 μm であり、計算結果とほぼ一致した。これにより、今回用いたアルミ箔が適度な厚みを有していることが分かった。
- (4) ERDA 法では測定条件によりピークエネルギーの変化が大きく現れる。そのためその較正は煩雑となる。しかし、今回はパルサーをエネルギー較正に用いることでより正確なピークエネルギーを簡単に求めることができた。パルサーは比較的容易に用いることが可能であり、不確定性のあるピークエネルギーの較正に有効である。

以上のように従来からある RAPID 装置で新たに ERDA 法を使うための技術について、ハード・ソフト両面から多くの知見を得るとともに、本格的な導入に向けて重要なポイントを確認した。

今後は試料に含まれる水素の深さ情報など、ERDA 法の特徴を十分生かした測定を行えるように準備を進める予定である。

【参考文献】

- 1) HVEE: Instruction Manual (358 Duoplasmatron Ion source) .
- 2) 藤本文範, 小牧研一郎: イオンビームによる物質分析・物質改質, 内田老鶴圃, pp.27-35(2000).
- 3) 木村逸郎, 阪井英次訳: 放射線計測ハンドブック第 2 版, 日刊工業新聞社, p.35.
- 4) Joseph R. Tesmer, Michael Nastasi: Handbook of Modern Ion Beam Materials Analysis, Materials research society(1995), APPENDIX 3.
- 5) TRIM and SRIM, <http://www.srim.org/>

18 変電室における電源回路異常有無の活線調査

電気設備問題調査グループメンバー（アイウエオ順）

電気系工学専攻 島田規人

電気系工学専攻 高田康宏

総合研究機構 中村美雄

原子力国際専攻 安本 勝

1 はじめに

昨年度、安全管理室より電気設備の調査依頼があり、技術部メンバーにより電気設備調査グループを発足し調査を行っている。調査は、負荷の問題が電気を止めて行う定期的検査で現れないため、使用状態、すなわち活線状態で現れる問題点を調査対象とした。使用状態のほうが実態に即した問題点を見いだすことが可能であるというメリットもある。使用状態での点検方法は既存の方法だけでは不十分であり新たな方法も開発し調査に適用している。本報告は、調査対象建物変電室の活線調査のために開発した方法、調査対象建物にそれらを適用した調査結果を報告する。また個別接地は色々と問題が現れる場合が多くあり、それに代わる安定な接地システムも提案する。

2 調査方法

2. 1 相回転と変圧器の B 種接地端子位置

相回転は、三相変圧器二次側出力端子 u、v、w に相回転検出器接続することで正、逆を検出できる。一次高压側は一般的に赤、白、黒（青）それぞれの色線が変圧器一次側の R(U)、S(V)、T(W) に、変圧器二次低压側は u、v、w は赤、白、黒（青）に接続されている。

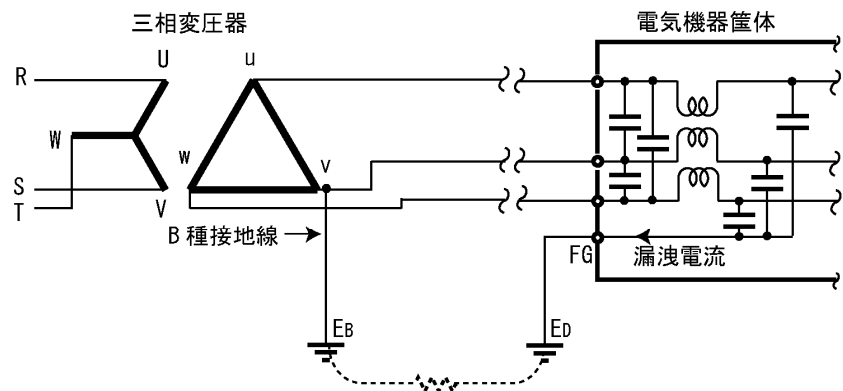


図1 電源周波数成分漏洩電流の漏洩原因（三相電源の場合）

変圧器二次側には電気設備技術基準により、一次高压側と混触したときに二次側が 150V を越えないように B 種接地を施さなければならない。三相の場合、降圧比が小さくできることと高調波対策から Y-Δ 結線が一般的である。B 種接地はこの Δ 結線の v 端子に施される。単相 3 線式の場合二次側 0 端子に行われている。

2. 2 同一建物内複数変電室変圧器の位相測定

変電室間変圧器位相がどのようなになっているかの調査である。一つの方法は、三相変圧器の二次側 v 端子が B 種接地により接続していることから端子間の電圧を測定することで各端子間の値から位相がどのようなになっているか知ることができる。測定

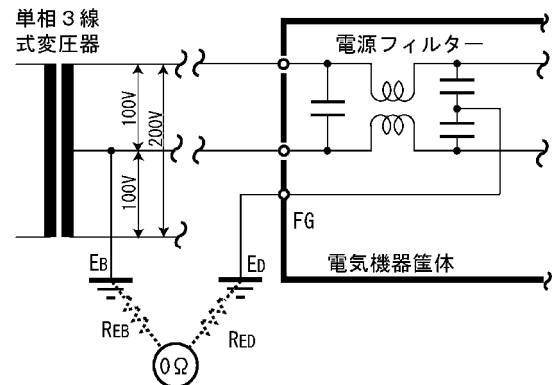
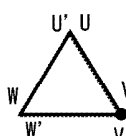
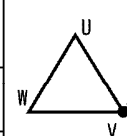
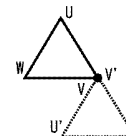
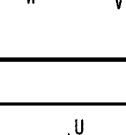
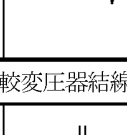
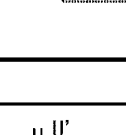
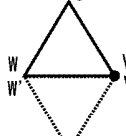
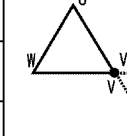
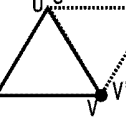
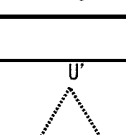
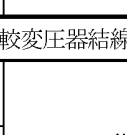
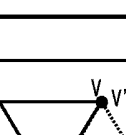
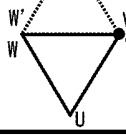
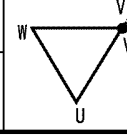
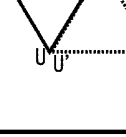
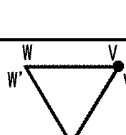
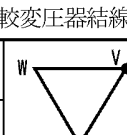
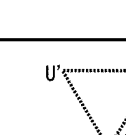


図2 電源周波数成分漏洩電流の漏洩原因（単相電源の場合）

表1 同一建物内複数変電室三相変圧器出力間電圧ベクトル

高圧側 被接続線		基準変圧器	電圧ベクトル					
			a		b		c	
1		結線と相回転(正)	比較変圧器結線と相回転(正)					
	R	U	U'		W'		V'	
	S	V	V'		U'		W'	
	T	W	W'		V'		U'	
2		結線と相回転(正)	比較変圧器結線と相回転(逆)					
	R	U	W'		U'		V'	
	S	V	V'		W'		U'	
	T	W	U'		V'		W'	
3		結線と相回転(逆)	比較変圧器結線と相回転(正)					
	R	W	U'		W'		V'	
	S	V	V'		U'		W'	
	T	U	W'		V'		U'	
4		結線と相回転(逆)	比較変圧器結線と相回転(逆)					
	R	W	W'		U'		V'	
	S	V	V'		W'		U'	
	T	U	U'		V'		W'	

端子接続の切換が必要であるが、引き出し線は単線で良く、テスターによる交流電圧測定で位相状態を知ることができる。別の方法として、それぞれの三相変圧器間の位相をオシロスコープにより比較観測することで知ることができる。同時測定の場合、引き出し線は3芯のものが必要になり太くなる。

予測される変電室間の三相変圧器二次側出力電圧ベクトル位相は表1に示した12通りになる。

2. 3 各変圧器B種接地線電流測定

B種接地線に流れる正常時電源周波数成分漏洩電流は電気機器負荷のノイズ対策用電源フィルターコンデンサーからの漏洩電流である。受電設備で使用する変圧器は、三相3線式の場合、図1に示すように一般的にY-Δ結線になっている。この変圧器の2次低圧側のv端子が、高圧側との混触時に電圧上昇を抑制するため一定抵抗値以下になるようにB種接地されている。一方、負荷側電気機器の電源フィルターには、電源ラインと接地線の間にコンデンサーが対称に入っている。そのため、u、wと接地中点間のコンデンサーにu-v、w-v間の電圧200Vが加わることにより、正常時でもコンデンサーから電源漏洩電流が流れる状態になっている。

また単相3線式の場合、図2に示すようになっている。200V使用では接地端子は電圧中点になり負荷側フィルター接地点と両接地点間に電圧は現れず電流は流れないが、家電機器で一般的な100V

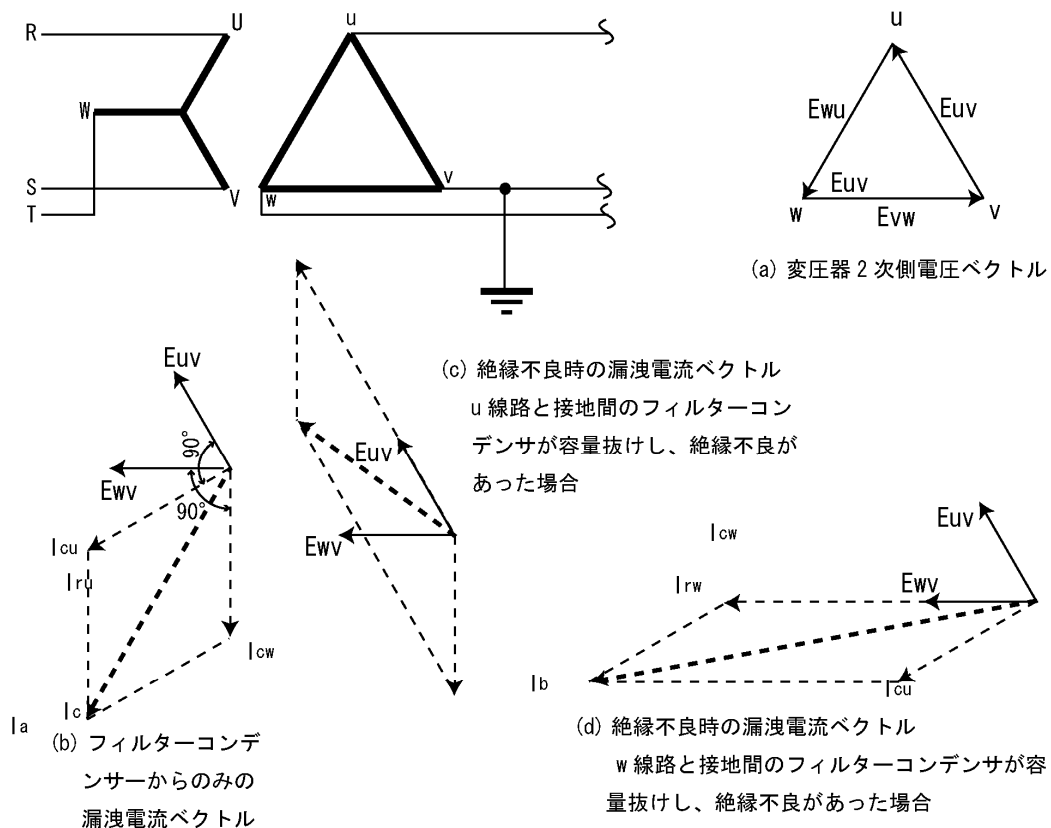


図 3 三相 B 種接地線電流ベクトル

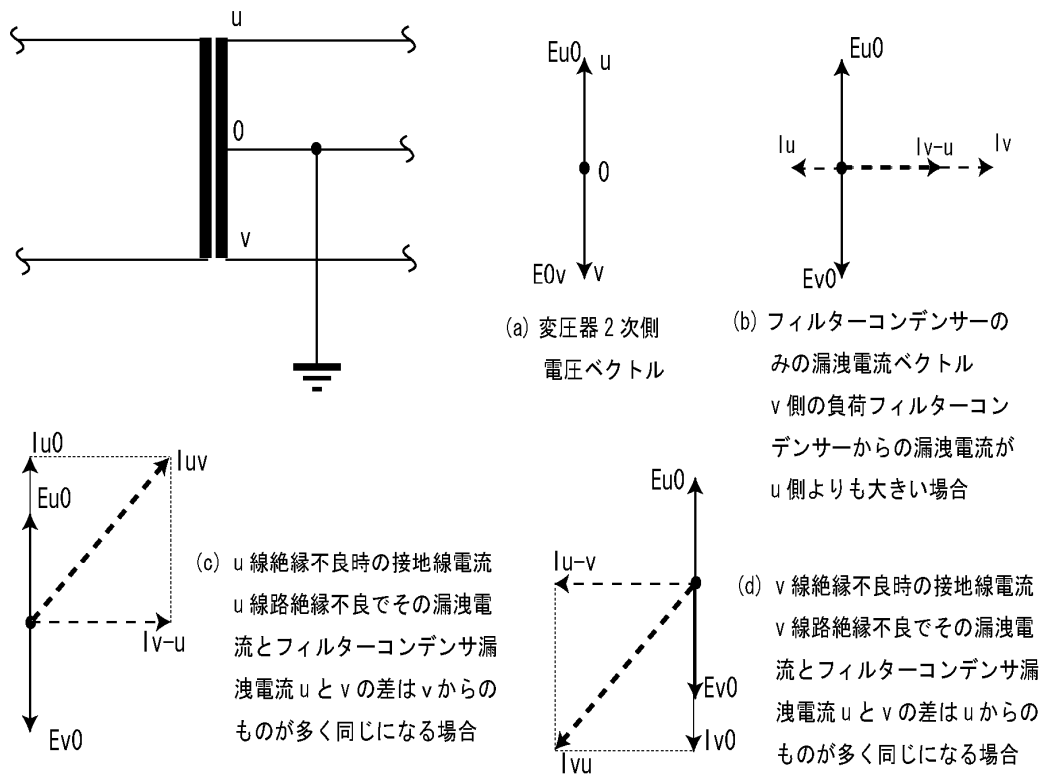


図 4 単相 3 線式 B 種接地線電流ベクトル

使用では接地点は両電線の一方になるため電源フィルター接地点との間に 100V の電圧が加わる。そのため、三相の場合と同様に電源周波数成分がコンデンサーから漏洩し、流れることになる。

これらの漏洩電流にその他の漏洩電流が加わり B 種接地線電流になる。この B 種接地線電流測定により、以下の状態が予測可能である。

(1) 接地電源ラインの地絡ないし絶縁不良

負荷電流が流れているのに接地線電流は 0 ないし著しく小さい。

接地電源線が地絡している場合に生じる現象である。地絡箇所は意図したものでないため電流容量は小さいと考えて良い。そのため、接地電源線以外が地絡したときに接地電源線地絡個所に大電流が流れ地絡電気機器の加熱損傷を引き起こす可能性がある。

(2) 非接地電源ラインの地絡ないし絶縁不良

安定した正常時を越える電流が流れている。接地電源線以外の電源線が地絡した場合に生じる。地絡抵抗と接地極抵抗で制限された電流が流れる。

(3) 電源ラインの接地線への誤結線

変動する電流が流れている。接地線が負荷回路の一部を構成している。使用状態のときに測定に現れる

(4) 正常時

負荷にもよるが、数十 mA が流れている。電源フィルタのコンデンサーからの漏洩電流によるもので正常である。

2. 4 B 種接地線電流異常変圧器系統異常原因の詳細調査方法

(1) 負荷の漏洩電流原因

電流ベクトル測定により負荷の絶縁不良による漏洩か古い電気機器に見られる電源フィルターコンデンサーの過大容量によるものかの判定を可能にする。

① 三相の場合 変圧器は図 1 に示すように v 端子が B 種接地されており、一方負荷側電源フィルタのコンデンサーは Y 結線になっている。そのため、図 1 のように u-v、v-w 電圧によって接地線にはフィルタコンデンサーからの漏洩電流が流れる。それぞれの漏洩電流は端子間に加わる電圧よりも $\pi/2$ 進み位相電流になる。従って、負荷に絶縁不良が無い状態のベクトルは図 3(b)の I_c になる。漏洩電流がコンデンサーからのみで不平衡使用等により電源フィルターコンデンサー容量が非対称になる場合、位相角の範囲は $90^\circ \sim 150^\circ$ の範囲に収まる。しかし、 I_{cw}/I_{cu} の許容範囲を $1/2 \sim 2$ とすれば、 $109^\circ \sim 131^\circ$ になる。仮に u-v、w-v のコンデンサーからの漏洩電流が同じで、u 電源線の絶縁不良による漏洩電流も同じである場合、この B 種接地線電流ベクトルは図 3(c) I_{uw} である。w 電源線についても同様の場合、図 3(d) I_{uw} になる。

② 単相 3 線式の場合 B 種接地は 0 端子で行うことになる。B 種接地線電流ベクトルは図 4 になる。変圧器の u-0 端子を基準位相とした場合、u-0 と w-0 に加わる負荷の電源フィルターコンデンサー容量が同じ場合、電流は 0 になる。負荷はできるだけ平衡になるようにしなければならないが、ある程度の不平衡は許容せざるを得ず、その分電源フィルタの容量も不平衡は生じると考えてよい。その差が図 4(b)の I_{v-u} である。u、v に絶縁不良による漏洩電流がある場合のベクトルは図 4(c)(d)に示すように漏洩電流による位相角の

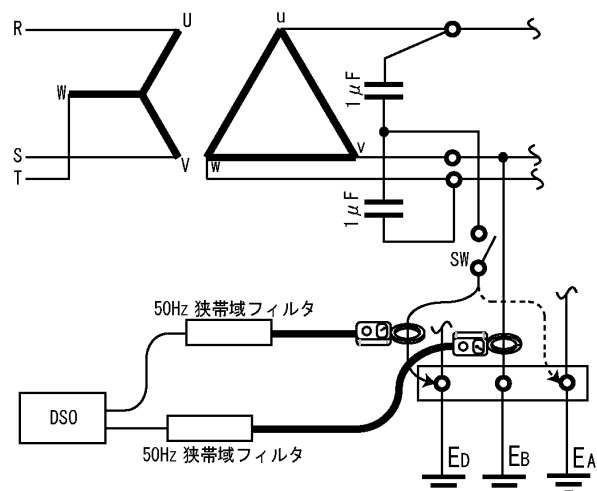


図 5 三相接地電源線絶縁劣化の確認方法

変化は大きくなるので三相の場合よりも絶縁状態の異常は検出しやすい。

(2) 接地電源ライン地絡ないし絶縁劣化の測定

三相の場合の測定方法を図5に示した。被調査電源系統変圧器のu,wからコンデンサーを通してD種接地極に接続することで進相電流 $I_{D,i}$ を注入し、そのときに変圧器B種接地線に流れる電流変化 $I_{B,x}$ を観測する方法である。単相3線式の場合、uからコンデンサーを通してD種接地極端子に接続することで進相電流 $I_{D,i}$ を注入する方法である。もし接地電源線が完全地絡している場合、B種接地線に流れる電流 I_B は0である。抵抗がある不完全地絡の場合、その抵抗は次の簡略式から求めることができる。

$$R_x \approx R_B \frac{I_{B,x}}{I_{D,i} - I_{B,x}} \quad (1)$$

B種接地抵抗が大きければ、より大きな絶縁抵抗の検出が可能になる。

この調査のときB種接地線電流により主ブレーカを作動させている場合、注入電流は作動電流を十分下回る値にすることが必要になる。

2. 5 接地極端子各接続線電流測定による診断方法

電源周波数成分に注目して測定することで電源回路状態の安定な測定を可能にする。接地線電流ベクトルは、デジタルオシロスコープを用いて、大きさは振幅値から求め、位相は基準、例えばu-v電圧からの位相角を求めることで決めることができる。電流の方向が決まるため、以下の診断が容易になる。

(1) A・D種接地端子接続接地線の大電流

接地極端子箱端子に接続している線に1Aを越える電流が観測されることがある。この原因は、図6に示すように負荷側電気機器に複数の接地端子があり、それぞれが独立になっておらず、端子間に電圧が現れているためである。接地線間の小さな抵抗で接続されるため、その電圧によって大きな電流が流れる。

(2) 建物に流れる電流

A、B、D種が個別に接地されている場合、鉄筋・鉄骨構造体接地抵抗が接地極抵抗よりも小さい場合が一般的のため、負荷の漏洩電流はD種接地線には集めることができず、建物に流れている。

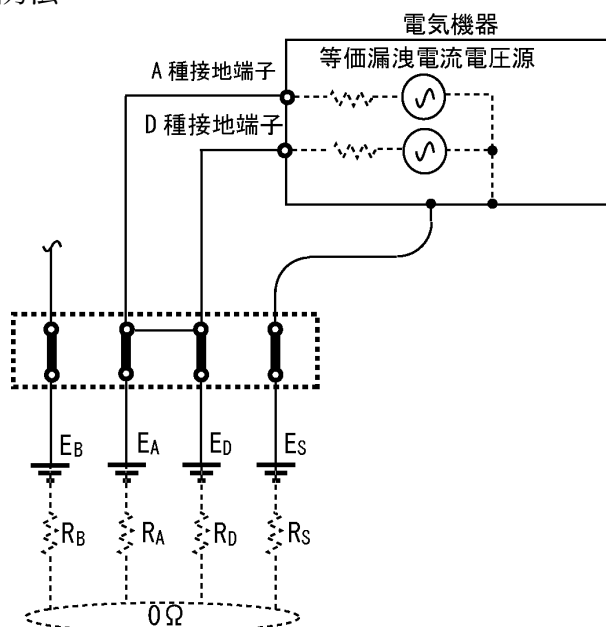


図6 接地線に大きな電流が流れる原因

3 測定

3. 1 変電室変圧器の相順と結線

相順は検相器で測定した。測定結果は位相の測定結果とまとめて表2に示した。一次高圧線の変圧器への結線は、一般的に一次高圧線の赤(R)、白(S)、青(T)はそれぞれ変圧器一次側U、V、Wに接続されているが一致しない例(B建物)もあった。

3. 2 変電室変圧器の位相

(1) 安全対策 使用状態で測定するため、端子の接続線の先で地絡や感電が生じたときの万一の対策が必要である。そのため、以下の対策をした。

表2 同一建物内複数変電室三相変圧器出力間電圧ベクトル

建物名	基準変電室		比較変電室			
	名称	三相変圧器 相回転	名称	三相変圧器 相回転	対応する表1の三相変 圧器出力間電圧ベクト	結線状態
A	第1変電室	正	第2変電室	正	1-a	正
	第1変電室	正	第3変電室	逆	2-a	誤
B	第1変電室	逆	第2変電室	逆	4-a	誤
C	第1変電室	正	第2変電室	正	1-a	正
D	第1変電室	逆	第2変電室	逆	3-b	誤

変圧器からの引出線は、途中で切断されたり、絶縁が破れたとしても安全が確保できるようにするため、変圧器端子を挟むクランプから直ぐにヒューズと100kΩ抵抗を直列に接続して取り出すようにした。ヒューズと抵抗

には力が加わらないようにして切れることがないようにした。こうした安全対策により安心して使えるようになっている。

(2) 位相の測定 比較変電室三相変圧器2次側端子から引出絶縁電線を基準になる第1変電室まで持ってきて、基準になる第1変電室三相出力変圧器2次端子から引出絶縁電線との間に1kΩの抵抗を入れてその電圧降下を電圧計で測定した。従って、測定結果の電圧に対し200倍した値が実際の変圧器端子間に現れる電圧になる。この測定を基準と比較側の端子組み合わせ9通りそれぞれについて測定した。

変圧器への結線は一次側の線の色と変圧器の接続は必ずしも対応していない。本調査では一般性を持たせるため、変圧器2次側端子を基準にし、測定した。相順は検相器で測定し確認した。各建物変電室の調査から表2の結果を得た。

変圧器間の位相を知るための電圧測定例として、B建物の第1変電室の三相変圧器と第2変電室の三相変圧器2次側出力端子間の測定例を表3に示した。この測定では第1と第2の変圧器出力端子間に有意な位相差が現れた。図7にこの状態を示した。第2変電室の一次側高圧ケーブルは第1変電室から供給されている。

3. 3 変圧器B種接地線電流の観測結果

測定は各B種接地線をクランプメータで測定した。その結果の一覧が表4である。B建物については最大の電気使用量の建物であり、問題もよく現れるとのことであったため、問題を生じる負荷が使用状態のときが現れるように測定頻度を増やした。

異常と思われるB種接地線電流は太字で示した。

(1) 接地電源ラインの地絡ないし絶縁不良 この症状のとき、B種接地線電流は0Aあるいは少なくなる。負荷が使用されていない、ないしは小さい場合も同様になるので負荷電流が十分流れているかも調査する必要がある。この点も考慮しても問題があると思われる個所はB建物第1変電室1φ200kVAは負荷電流が大きな割に小さく可能性のある個所である。A建物第1変電室3φ75kVAは0mAであるが負荷電流が流れていないため問題無い。

(2) 非接地電源ラインの地絡ないし絶縁不良 絶縁不良の可能性が推測される変圧器系統は、B

表3 B建物変電室間三相変圧器端子間電圧

変電室間の三相変圧器の各出力端子間の電圧(1/200に減衰させて測定した)
u,v,wの相回転は逆回転

第1変電室	u	v	w
第2変電室	u'	u'	u'
両端子間電圧	0.156V	1.037V	0.920V
第1変電室	u	v	w
第2変電室	v'	v'	v'
両端子間電圧	1.058V	0.005V	1.056V
第1変電室	u	v	w
第2変電室	w'	w'	w'
両端子間電圧	1.173V	1.035V	0.151V

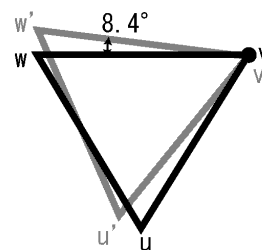


図7 B建物の第1変電室(▽)と第2変電室(▽)との三相変圧器位相関係

●はB種接地端子

表4 変圧器B種接地線に流れる電流

建物名	変電室名	測定年月日	変圧器名称・仕様とB種接地線電流			
A	第1		3φ 150kVA	3φ 200kVA	3φ 100kVA	3φ 75kVA
		2007年11月14日	30.3mA	46.5mA	25.5mA	0mA
	第2		1φ 200kVA	3φ 300kVA		
		2007年11月14日	2～10A (変動)	18mA		
		2008年7月7日	10.6mA	20mA		
	第3		No.1(4階)3φ 150kVA	No.1(4階)3φ 150kVA	No.2(5階)3φ 100kVA	
		2007年11月14日	20mA	10.8mA	2.6mA	
B	第1		風洞動力用	3φ 500kVA	3φ 300kVA	3φ 300kVA
		2008年4月1日	5.5mA	48mA	25.6mA	722mA
		2008年6月27日		49mA	28mA	682mA
		2008年7月1日		53mA	29mA	690mA
			1φ 200kVA	1φ 200kVA		210/105V
		2008年4月1日	790mA	11mA	4.5mA	1.6mA
		2008年6月27日	760mA	10mA		
		2008年7月1日	760mA	10mA	6mA	0.68mA
			200V			
		2008年4月1日	1.56mA			
		2008年6月27日		1.74mA		
		2008年7月1日	6mA			
	第2		3φ 400kVA	1φ 200kVA		
		2008年4月1日	7～9A (変動)	94mA		
		2008年7月1日	540mA	105mA		
C	第1		低圧実験動力盤 (No.1)3φ 300kVA	低圧実験動力盤 (No.2)3φ 300kVA	低圧電灯盤1φ 500kVA	低圧空調盤3φ 200kVA
		2008年1月31日	82mA	85.5mA	35mA	39.4mA
			低圧レーザ盤3φ 200kVA	低圧実験動力盤3φ 150kVA	低圧実験電力盤1φ 100kVA	
		2008年1月31日	20.5mA	25.4mA	13.2mA	
	第2		3φ 200kVA			
		2008年1月31日	9.2mA			

建物第1変電室2箇所(3φ300kVAと1φ200kVA)、第2変電室3φ400kVA、1φ200kVA、合計4箇所あった。

(3) 電源ラインの接地線への誤結線 該当する変動したB種接地電流が観測された変圧器は2箇所あった。この問題は施設に報告し既に対策済みである。

3. 4 B種接地線電流異常変圧器系統異常原因の詳細調査

三相変圧器のuとw端子からそれぞれコンデンサーを通して接続した線をv端子に接続することで漏洩電流を模擬した三相変圧器予備測定例を図8に示した。基準電流はu、v端子間に20kΩの抵抗を入れその電流位相を基準にした。予測する観測結果が得られた。予備測定を試みているが負荷状態を反映した測定結果が得られている。

3. 5 接地極端子各接続線電流測定による診断方法

今回の調査対象建物の変電室はいずれも接地端子箱が無く、この診断は実施していない。接地系統

の状態を見ることで電源異常を診断することが可能であり、観測しやすく且つ安全な位置に設ける必要がある。

3. 6 接地極抵抗

接地極抵抗は端子箱が無いことと使用状態であり切り離すことができないため定期点検結果を採用した。表5は各建物変電室接地極抵抗の定期点検結果である。

4 考察

4. 1 相順と位相

各変電室の相回転は正、逆それぞれが半数であった。また位相の誤りは5例のうち3例に見られた。

このような事例は他の同一建物内複数変電室間でも多くあるものと推測される。この逆相回転を直す場合、三相モータなどで逆回転するものがあるため、建物の電気配線と使用状態を把握して実施する必要がある。把握できない場合、事故を起こしかねないので実施すべきではない。

表2より位相の不一致は5例の内3例あり、測定結果から一致する電圧ベクトル表1より決定できる。混線があった場合、D建物では最大で400Vの電圧が加わる。混線が生じない配線の管理が必要である。最低限同一室内での混線を生じないようにする必要がある。

調査結果から同一建物内複数変電室において統一された結線がされていない例が多い。このことからこのような不統一の例は建物が異なる変電室でも多くあるものと推測される。

図6に現れた位相差は第2変電室が第1変電室よりも 8.2° 遅れていることを示している。一般的にケーブルのインダクタンスと電流による電圧降下により受電端に遅れが生じるが、それほど距離があるとは考えられず原因は不明である。

4. 2 各変圧器B種接地線電流

(1) 電源フィルターへの影響 電気機器負荷に大きな漏洩電流がある場合、その機器に使用している電源フィルターに漏洩電流が流れる。その電流によってフィルターチョークに使用している高透磁率材コアの透磁率を低下させ電源フィルターの特性劣化をもたらす。

(2) B種接地線電流の特徴 B種接地線電流を観測するだけでも2に示すように特徴を4つに分類しどれに当てはまるか見ることで負荷側の状態を知ることができる。問題があると思われるものは太字で示した。●負荷側の誤結線例2箇所は直ぐに施設が対処した。●B建物の第1変電室 三相変圧器300kVAと単相3線式変圧器200kVAのB種接地線電流はいずれも0.7Aと他と比較し大きく、大きな変動が無い。問題がありさらに位相観測を含めた詳細な測定が必要である。●A建物の第1変電室の三相200V75kVAのB種接地線が0Aであるが負荷がないので問題ない。B建物の第1変電室単相3線式変圧器のB種接地線電流は負荷電流が大きな割に小さい。負荷のバランスが取れていることであれば問題ないが、接地電源線がある値の抵抗値を持って地絡している可能性もある。これらはD種接地線に電流を注入しB種接地線に応じた電流が観測できるかどうかで問題があるかどうか確認できる。

(3) 絶縁不良による漏洩問題 漏洩箇所にはエネルギー損失があることになる。例えば絶縁不良で三相200Vの1相で抵抗により0.5Aの漏洩があるとすると0.1kWの消費があり、876kWh/年の電力損失があることになる。また無視できない発熱量であり漏電状態によっては絶縁を劣化させさらに悪化させる可能性は高い。安定に維持しているとすれば、電気機器漏洩箇所の発熱密度が低いか、その個所で発熱を上回る冷却効果があるためか、小さな一定負荷回路の一部になっている可能性などが

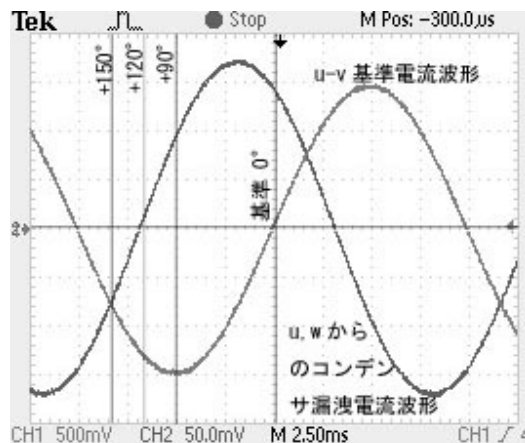


図8 電流位相の模擬測定結果

u—1 μ F コンデンサ—v

w—1 μ F コンデンサ—v

表5 各接地極抵抗値(電気設備定期点検より抜粋)

建物名	変電室名	測定年月日	接地極抵抗(Ω)				備考
			A種	B種	C種	D種	
A	第1	2007年9月9日	0.4	50	—	0.4	
	第2	2007年9月9日	0.2	0.1	—	0.2	
	第3	2005年9月18日	0.1	0.1	—	0.1	
B	第1	2006年9月10日	2.42	2.42	—	2.42	A・D種接続
	第2	2006年9月10日	2.42	2.42	—	2.42	第1と共通
C	第1	2006年9月10日	1.5	8	—	1.5	A・D種接続
	第2	2006年9月10日	1.5	8	—	1.5	第1と共通

考えられる。

4. 3 接地の問題

(1) 接地端子箱が無い 点検やトラブル対策上必要であり、接地系統の配線を整理し接地端子箱を設けることが必要である。

(2) 個別接地の問題 鉄筋・鉄骨構造物の場合構造物の接地抵抗が個別接地抵抗よりも小さく、接地線に漏洩電流を集めることができず大半を建物に流すことになる。また建物内部にあるものによって建物電位が基準になる。個別接地は、建物に外部電位を導入することになり不安定性を導入していることになる

(3) A 種建物の接地抵抗 表5に示すように A 建物の接地抵抗は第1変電室の B 種接地抵抗のみを除き 1Ω以下と小さく各変電室の B 種、A・D 種共同値である。このことから第1変電室の B 種接地抵抗を除き一般的に接地抵抗が小さくなる構造体に接続している可能性が高い。一方、各変電室の接地は個別接地になっているが、各変電室共に接地端子箱が無い。そのため低抵抗値の原因が負荷側か接地極側か調査できなかったが、負荷側で接続状態になっているものと推測している。第1変電室の B 種接地抵抗が 50Ωは大きく適切ではない。地質が粘土質であることを考えると接地極で得られる値よりも大きいと考えられ、接地極接続部等が腐食し接触不良を起こしているものと推測される。

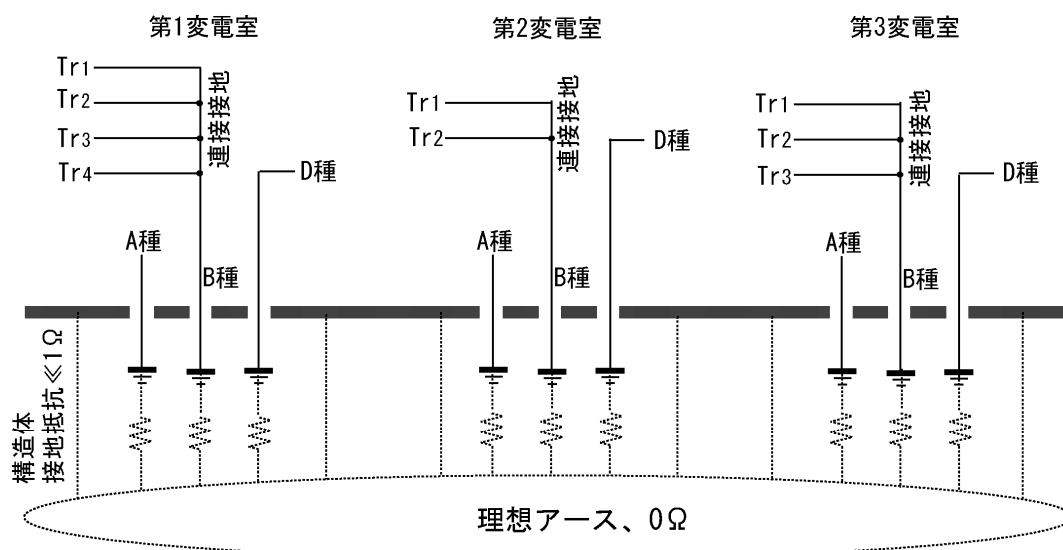
(4) B 建物の接地抵抗 B 種、A・D 種共に同じ 2.42Ωである。建物構造体接地抵抗が土質と建物規模から一般的に小さく 1Ω以下と考えられるがそれよりも大きく、測定点から見た接地極側では接続状態に無いと考えられる。B 種、A・D 種共同値であることから測定点から見た B 種と A・D 種が接続状態になっている可能性は高い。地絡時、B 種接地抵抗が地絡電流を抑制するが、この状態は接地抵抗を介さず戻ることになるため、大電流が流れることになる。

(5) C 建物の接地抵抗 個別接地は生きているが、鉄筋・鉄骨構造体接地抵抗は 1Ω以下のため漏洩電流を D 種接地線に集めることができず、多くが建物に流れることになる。この B 種接地抵抗の電圧降下は D 種接地線に現れることになる。

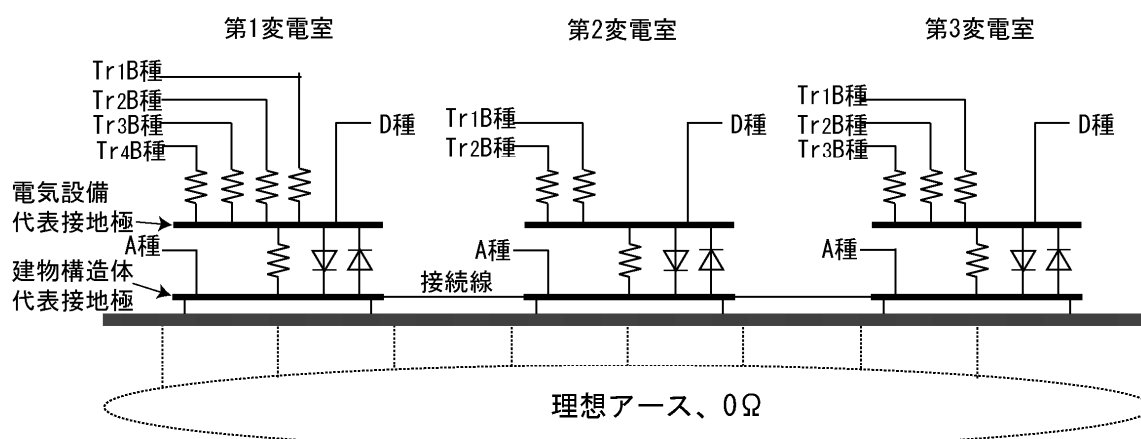
5 トラブルを小さくする接地対策の提案

図9(a)の現在の個別接地方式に対して格段に安全性を高めることができる方法として共通接地を基本にした図9(b)の共通接地の導入を提案する。この接地方法は以下の利点がある。

- 地絡事故を起こしても異常電圧は生じにくい。
- 地絡時の大電流を抑制する。(B 種接地線の抵抗による)
- 各変圧器 B 種連接接地でなくなるため、電源電圧異常(対地電圧現れる線が地絡線以外に変化する)は地絡変圧器系統のみに留める。(B 種接地線の抵抗による)
- 漏洩電流を D 種接地線に集めることができ、建物への漏洩を抑制する。従って循環電流は小さくでき空間電磁界も小さくなる。(建物代表接地極と電源設備代表接地極間に数Ωの抵抗が入るため、D 種接地線に漏洩電流を集める)
- 建物に流れる電流が抑制できより安定な電位が確保できる。



(a) 現状（個別接地になっている。接地端子箱がない。）



(b) 提案する対策方法（接地端子箱は安全に点検できる場所に設ける。）

図9 電圧異常発生を抑制する接地システム（A建物の場合）

6 終わりに

接地線電流ベクトル測定による使用時の異常状態の診断は現在進めている段階である。成果は現れているがまだ報告できるまでのものではないが、技術発表会開催時には報告する予定である。

本調査に際し、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。

【文 献】

- (1) 安本, 島田, 高田, 中村, “接地線電流による活線電源回路診断”, 第26回電設学会報告集, - ('08-9).
- (2) 号館電気設備調査報告 (2008年2月27日).
- (3) 島田, 安本, 中村, 高田, “複数変電室を持つ建物の変電室間位相チェックと接地線漏洩電流測定”, H19年度核融合研技術研究会, 装置技術 (2008.3).

19 一般廃棄物整備への取組

安全衛生管理室 大久保 徹

安全衛生管理室 飯尾 智
柏地区事務部給与・施設グループ施設管理チーム 山田 勉

1. はじめに

毒物劇物の不適切な管理と廃棄により、シアン化カリウム紛失の事故となり、大きな問題となりました。工学系では、マノメータ等の水銀含有機器の不適切な廃棄が原因と思われる水銀漏洩事故が発生しました。廃棄物の排出時のマナーの悪さが大きな事故を引き起こしました。工学系では12箇所の廃棄物集積所があり一般廃棄物は回収業者により回収されていますが、分別の不備あるいは薬品等の排出などにより回収拒否された廃棄物が放置されたままの状況が発生していました。安全衛生管理室は、上記問題に対応するために、適切な一般廃棄物の排出ルールの徹底、廃棄物集積所の管理向上を目標に、一般廃棄物の整備に取り組みましたので報告します。

2. 一般廃棄物ワーキンググループ

各専攻より廃棄物集積所ごとに委員を選出してもらい、一般廃棄物WGを結成し、不適切な一般廃棄物の排出にはどのようなものがあるか検討しました。東京大学には環境安全部会が指定する分別のルールがあり、それに従い廃棄物の排出を行っている。そして、一般廃棄物排出時の問題の多くは、①一般廃棄物として捨ててはいけないものを排出してしまう、②分別せずに排出してしまう、あるいは③誤った分別をして排出してしまう、の三通りに大きく分類できる。これらの例として、粗大ゴミを一般廃棄物として捨ててしまう、飲料缶とペットボトルを同じゴミ袋に入れて捨ててしまう、弁当の空箱などのプラスチック容器を不燃物カートに捨ててしまう、などが挙げられます。特に最後の例は多く見られました。正しくは、プラスチック類として排出し、リサイクルされるようにしなければいけません。他の問題としては、使用済みの試薬瓶をそのまま捨てる、試薬や油で汚染された実験系廃棄物を一般廃棄物として排出する、使いきっていないスプレー缶を捨てる、などの例も見られました。

いずれの場合も廃棄物処理システムに支障をきたしてしまうため、回収業者は不適切に排出された廃棄物を回収できません。このとき回収業者は、正しい分別方法をゴミ袋に書いた上で、回収せずに集積所に置いていきます。ところが、このような非分別ゴミを分別しなおす仕組みがなかったため、非分別ゴミが放置されたままになっていました。写真1の例では、不燃ゴミとして排出されたプラスチックが1週間以上放置されていました。写真2では使用済みの試薬瓶が洗浄してラベルを剥がしていなかったため放置されていました。

一般廃棄物WGでは、これらの問題を整理し、新しい排出ルールを策定しました。新たに定められたルールでは、非分別ゴミの発生を無くすとともに、万一非分別ゴミがあった場合にも対応できる仕組みを作るようにしました。



写真1. 不燃ごみとして排出された
プラスチック



写真2. 未処理の使用済み試薬瓶

3. 一般廃棄物排出ルール

まずは、一般廃棄物を排出するときに守るべきルールを以下のように定めました。

1. 環境安全部会の指定する分別のルールに従って、一般廃棄物を分類する
2. 一般廃棄物はゴミ袋に入れて捨てる。
3. 一般廃棄物排出シールをゴミ袋に貼って捨てる。シールには、専攻・研究室名、担当者名、内線番号、内容物を明記する。

一般廃棄物排出シールは、図3のようなもので、シールの原稿は安全衛生管理室のホームページからダウンロードできるようにしました。

一般廃棄物排出シール

専攻・研究室 安全衛生管理室

内線 28824 担当者 桑名 一徳

メモ _____

☒ 可燃物 ☐ 不燃物 ()

☐ 飲料缶 ☐ ガラスびん ☐ プラスチック ☐ ペットボトル

写真3 一般廃棄物排出シール

4. 廃棄物アドバイザー

排出時のルールを定めるだけでなく、実効のあるものにするため、各集積所を担当する廃棄物アドバイザーを選任しました。廃棄物アドバイザーは、定期的に集積所を見回ります。そして、不適切な廃棄物（非分別等）があった場合、一般廃棄物排出シールを確認し、排出

元の担当者に連絡し改善を依頼します。また、排出元不明の非分別ゴミや粗大ゴミの不法投棄があった場合は、廃棄物アドバイザーが安全衛生管理室に連絡し、安全衛生管理室で対応する体制を整備しました。

5. ルールの浸透

正しい分別方法が浸透し、正しい方法でゴミが排出されるようになれば、非分別などの問題は少なくなるはずです（そうなれば廃棄物アドバイザーの負担も小さくなります）。

そこで、ルールを浸透させるため、集積所での掲示、あんぜんニュース特集号の発行、さらには、安全講習会での説明を行いました。特に、間違いの多い排出方法（中身の入ったスプレー缶を捨てる、プラスチックの弁当容器を不燃ゴミとして排出する、粗大ゴミを一般廃棄物として捨てる、など）と正しい排出方法を詳しく説明しました。今後も、機会があるたびに、正しいゴミ排出方法の説明を行う予定です。

6. 普段廃棄できない廃棄物の回収

廃棄物排出ルールを守ってもらうだけでなく、廃棄できる環境を作る必要もあります、このため、普段廃棄できない廃棄物の回収として、身入りで不要なスプレー缶・塗料・洗剤缶（ワックス・接着剤等）小型バッテリー・センター指定以外で空のポリタンク等の回収を12月に行いました（写真4、5）、ドライエリアに放置されていた塗料缶等の回収も行い、4トントラック1台分の廃棄量となり好評でしたので、年に一回は行えるよう取組んでいます。また大型物品の廃棄については年2回ほど行っていますので、研究室でほりをかぶっている物品等はこのような機会を利用し処分して、研究室内の整理、美化に心がけましょう、このときは排出ルールを守ってください、何でもかんでも廃棄できるとは限りませんが、安全管理室に一度ご相談ください。



写真4. 浅野地区回収



写真5. 本郷地区回収

7. 集積所の環境整備

新しいルールが浸透するにつれ、非分別によるトラブルは少なくなりました。しかし、いくつかの問題が残りました。例えば、写真6のようなカラスや強風による集積所の散乱です。そこで、屋外の集積所を柵で囲み、上側をネットで覆うことにより、カラスによる被害と強

風による散乱を防ぐようにしました（写真7）。図6と7を比べれば、集積所環境の向上は一目瞭然だと思います。



写真6. カラスに荒らされたゴミ集積所



写真7. 柵とネットで囲った廃棄物集積所

8. おわりに

山田（現柏地区事務部）が中心となり安全衛生管理室、一般廃棄物 WG 委員、廃棄物アドバイザーにより一般廃棄物整備の取組みを行ってきました、廃棄物排出ルールを浸透することで、工学系での環境は改善されましたが、ゴミ排出時のトラブル防止への努力はこれで終わりではありません。特に、大学のように毎年多くの新入生が入学するところでは、ルールや正しい排出方法の教育を続けることが非常に重要です。これからも、様々な活動を通して、地道にゴミ排出マナーの向上を目指していきます。今後は、ゴミの軽量化、分別排出によるリサイクルへの推進が課題となっていきますが、一人一人がゴミ問題に対して関心を持つことが解決の一步であると考えます。

参考

ゴミの分別等は下記を参考して下さい。

環境安全センター 生活系廃棄物について

<http://www.esc.u-tokyo.ac.jp/seihai/seihai.html>

20 電気炉の作製について

建築学専攻 田村 政道

1. はじめに

ガラスは建築物を構成する重要な材料のひとつであり、用いられる部位によって要求される性能が違ってくる。それらガラスの用途のひとつとして特定防火設備として用いられる防火ガラスがある。

特定防火設備とは、国土交通省が定める性能評価試験方法（以下、認定試験）に従い、耐火試験炉を用いて標準加熱曲線にそって1時間加熱し、非加熱側に火炎を通過させない（遮炎性）という条件に合格したものであり、現在複数のメーカーから単層や複層の防火ガラスが市場に出回っている。

しかし、認定試験に合格した防火ガラスが火災時に安全であるといは必ずしも言えない。というのは、実火災時には耐火試験炉の様に一様に加熱されることが希であり、また、スプリンクラーの作動や消防隊の突入・注水などによって局所冷却を受けることが予想されるからであり、その結果ガラスに温度応力が生じ一気に崩壊に至ることが予想されるからである。

そこで、高温時における防火ガラスの挙動を明らかにし、ガラスに生じる温度応力と破壊の関係を明らかにするために電気炉を製作したのでここに報告する。

2. 電気炉に要求される性能

今回、実験に供した防火ガラスは耐熱結晶化ガラス、低膨張ガラス及び耐熱強化ガラスの3種類である。この他にも網入りガラスや複層ガラスなどが防火ガラスとして存在するが、まずは単純な構成の単層ガラスであるということと、入手し易さなどを優先して選定した。

耐熱結晶化ガラスは、通常結晶構造を持たないガラスを再焼成して結晶化させたものであり、熱膨張係数が小さくて温度応力の影響を受けにくい。一方、低膨張ガラス及び耐熱強化ガラスは、焼成したガラスに風を吹き付けて急冷することでガラス表面に圧縮応力を生じさせ強度を増したものである。そのため、風冷強化の効果はガラスの温度が500～600℃になると失われてしまうという欠点がある。

そこで、電気炉は安定して500～600℃の加熱が行えるものを想定した。また、実験の性格から鉄製の加力治具を炉の内部に内包する形とし、炉全体が均一に温度上昇するよう心がけた。また、加力治具からの伝熱で試験機が影響を受けないかについても検討した。

3. 電気炉の作製

電気炉の構成を図1に示す。

電気炉の枠は鉄製で構成し、その大きさは載荷試験機に収まることを優先した。

ガラスの載荷試験用治具は熱の影響を受けるのでステンレス製とした。その形状は下部の支持リングと上部の加力リングからなり、それぞれ直径の比が1：2となるものである。

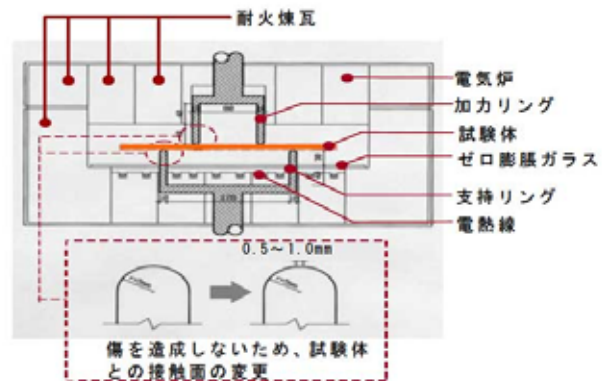


図1 電気炉の構成

断熱材はいくつかの素材が考えられたが、熱源であるニクロム線を煉瓦に加工を施して配置すること。リング状の加力治具の中にも組み入れること。また、鉄製の枠全体を煉瓦で埋め尽くす必要などのために複雑な加工が必要のため、耐熱温度が高く加工が容易なイソライト工業の A-6 耐火断熱煉瓦を使用することとした。

4. 昇温結果

図2に昇温実験の温度測定点を示す。また、図3に計測結果を示す。

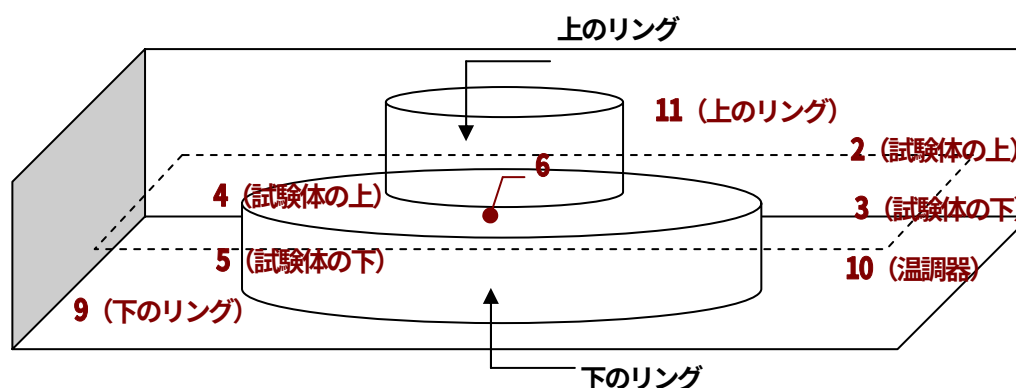


図2 昇温実験の温度測定点

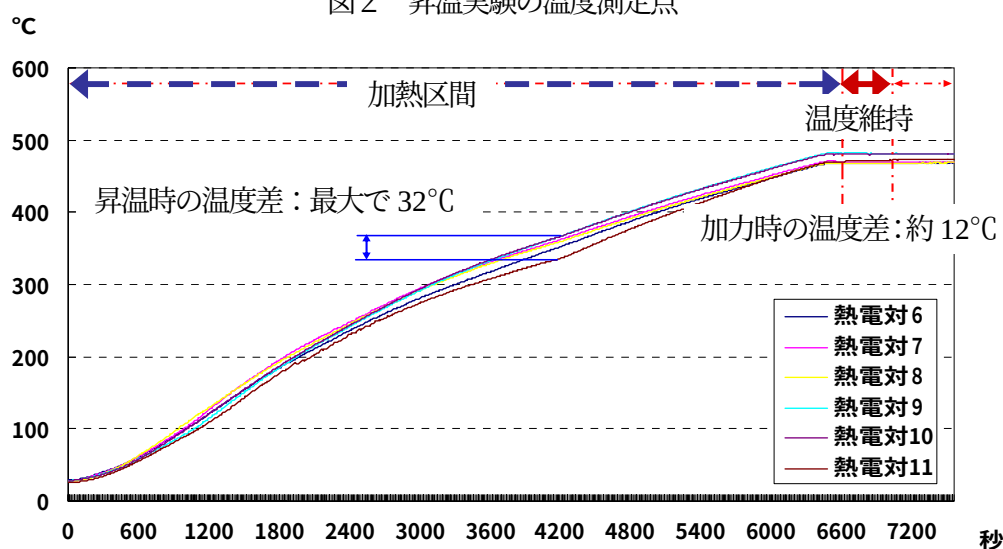


図3 温度計測結果

当初、下部の支持リング側だけにニクロム線を配置したのであるが、その場合は昇温時の温度差が最大で数十℃を越えた。そこで、上部の加力リング側にも設置することで測定結果のように最大でも32℃の温度差で昇温させることが可能となった。その結果、高温時における各種ガラスの力学的特性の把握する研究が前進した。

5. おわりに

この報告内容の一部は平成 19 年度工学部・工学系研究科技術系職員個別研修によって得られたことを申し添え感謝の意を表します。

21 建築実測調査の意義と方法

建築学専攻 角田 真弓

1 はじめに

既に建てられている建築が、いつ頃にどのような意図で、どのような大工によって建てられたのかを知るためには、実測調査を行う必要がある。設計図などの記録が何も残されていない場合は特にそうであろう。既存の建築に対する理解の方法として、実測調査は欠かせない。しかし、大半の大学の学部課程では実測調査に関する講義や実習は行われていないため、必要に迫られ個別に教えているのが現状である。そこで、学術調査で必要とされる実測調査に関して、近年行った調査成果を踏まえ、整理を行いたい。

2 建築実測調査とは

ここでいう建築実測調査とは、図面を描くだけではなく、建築の図面を作成、棟札・墨書などの調査、関連史料調査、写真撮影、所有者への聞き取りなどを総合的に行う建築調査である。なお、現地で描く図面や調書などは、通常調査野帳と呼ばれる。

2. 1 実測図面

建築図面には設計図、施工図、現状図と目的の異なる図面がいくつかある。そこで、簡単に図面の種類を説明するとともに、実測図の目的を整理したい。

図面の種類

- (1) 設計図 設計段階で作成される図。
- (2) 施工図 施工段階で設計図を元に作成されるより詳細な図。
- (3) 現状図 実測図は、この現状図に含まれる。

設計図、施工図はいわば理想状態の図であり、必ずしも現状を表している訳ではない。そこで現状を知るためには実測図が必要となるのだが、学術調査で作成される実測図は見える部分のみを図面化し実測するので、厳密な意味で言えば正確ではない。極端に言えば、解体修理をしない限り、細部まで計ることが出来ないのである。では、何を目的として実測図を描くのであろうか。学術調査で作成される実測図の目的を挙げると以下の通りとなる。

実測図の目的

- (1) 現状の記録
- (2) 設計意図の把握
- (3) 復原的考察

修理など建設行為を目的としている訳ではない学術調査での実測図の場合、建物に行われた建設行為の履歴を知ることにある。

複数の類例と比較することで、時代や地域、宗派による間取りや構造の特徴を見出すことが可能となり、建設時期や大工が推測可能となる。また、痕跡があれば、現状が当初からのものか、後の時代に付加したものか、復原的考察が可能となる。同様に組物の用い方などからも設計意図が推測できる。

例えば、江戸時代以降の建築（特に社寺建築）には木割と呼ばれる寸法比例システムが応用されている場合が多い。これらを知るためには柱間寸法を初めとして、各部材の寸法、支数（垂木の間隔）が必要となる。つまり、現状から設計図を推測することが可能になるのである。

なお、具体的な実測図面の書き方は文末参考文献などで紹介をされているので、ここでは割愛するが、実測野帳と清書をした図面を示す。

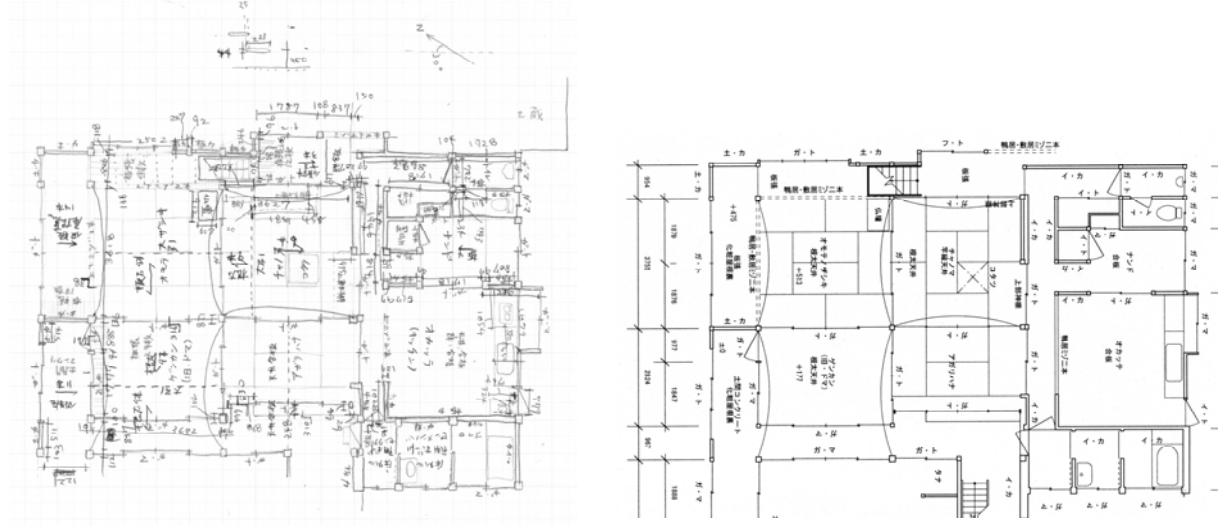


図1 実測野帳（左）と清書図面（右）

2. 2 調査票

図面にすべての情報が書き込めればいいのであるが、図面の種類（平面図、断面図、配置図など）により限界があり、また時間が限られている場合など記入漏れも生じることから、調査票に記入事項を書き上げておくこと効率よく、初心者でも失敗が少ない。以下に住宅、社寺建築それぞれの調査項目を挙げる。なお、この調査項目は対象により異なるため、状況により適時内容を変更する必要がある。

(1) 住宅

項目	記入内容例	項目	記入内容例
屋根形式	切妻、入母屋、寄棟など	屋根葺材	瓦、トタン、金属板、茅など
建具	木製サッシ、アルミサッシ、板戸など	小屋組	和小屋、登梁など
床	板敷、畳敷など	天井	棹縁、根太など
室内	長押、差鴨居、床、棚、書院など		

(2) 社寺

項目	記入内容例	項目	記入内容例
建築年代		根拠	棟札、聞き取りなど
宗派		構造・形式	
屋根形式	切妻、入母屋、寄棟など	葺材	瓦、トタン、金属板、茅など
向拝の有無		破風の有無	千鳥、唐など

基礎	礎石、土台など	塗装	朱塗、金箔など
軸部	丸柱、角柱など	組物	出組、一手先、二手先など
妻飾	豕叉首、懸魚の有無など	中備	墓股、間斗束など
縁	切目縁、樽縁など	高欄、擬宝珠の有無	
軒	二軒、繁垂木、疎垂木など	床	土間、板敷、畳敷など
天井	棹縁、格天井、化粧屋根裏など	柱間装置	栈唐戸、格子戸、蔀戸など

番号	154	建築年代	寛政7年(1795)
建物名称	大國三郎神社 本殿	住所	宮田3-1 (出三斗)
宗派		組物	大斗輪縁肘本、(出三斗)
構造・形式	丸内社流造	中備	1斗1斗エ縁ウエエの束、墓股
葺材	銅板葺	縁	三方の目縁、波板葺縁
向拝の有無	三つ	高欄	擬宝珠高欄、屋高欄
基礎	コンクリート(本殿=墓股)	軒	正面二軒 第二軒
塗装	朱塗、金箔	床	
妻飾	角叉首組、角目懸魚	天井	
軸部	角柱 2斗1斗エ		
柱間装置	正面三つ板戸、他板縁		

図2 調査票記入例

上記項目のほか、棟札・墨書の有無（あれば筆記と写真撮影）、周辺石造物や備品などの刻銘、墨書、修理の痕跡など気がついたことを記録する。



図3 棟札（左）と墨書（右）

2. 3 写真

記録写真であることから、美しく・格好よく撮ることよりも、必要な情報を漏れなく写す必要がある。外観の場合、屋根形式が解るよう正面からではなく、左右に振った位置からの撮影が好ましい。また室内の場合は、すべての部屋に於いて、床・天井・2面もしくは3面の壁が写るよう心がける。この他に、特徴的な部分（彫刻、装飾など）、改造の痕跡などを撮影する。小屋裏や床下など直接入ることが困難な場合も写真撮影をすることで把握することが可能となる。



図4 外観写真と内観写真

2. 4 所有者への聞き取り

部屋の使い方、改造の履歴などは所有者に伺わないと解らないことが多い。しかし、所有者の記憶には思い違いもありすべて正しいとは限らないので、そのまま鵜呑みにするのではなく、建築の状況と合わせて判断する必要がある。

3 おわりに

実測調査の方法を技術として身につけることで、より多くの建築を理解することが可能となる。しかし、ある程度の件数を経験しないと、判断が難しい場合も多い。実際の調査においては、上記の調査方法がすべての状況で行われるわけではなく、所有者の意向、時間的制約により変わってくる。何を知りたいのか、何の為の調査なのかという目的とあらゆる制約により方法を選ばなくてはならない。

謝辞

本報告は近年参加した建築実測調査の経験と成果から作成した。ともに調査を行った建築学専攻藤井准教授と研究室在籍の大学院生に深謝いたします。

参考文献

以下の参考文献には、より細かく丁寧に、実測調査の方法が記されている。

文化財保護委員会監修『民家のみかた調べかた』（昭和42年、第一法規出版）

日本建築史研究会『近世社寺建築の手びき みかたと調べかた』（1983年）

文化庁 歴史的建造物調査研究会『建物の見方・しらべ方 江戸時代の寺院と神社』（1994年、ぎょうせい）

22 学術講演会発表および研究集会出席による建築知識の習得

建築学専攻 山田 文男

1. はじめに

平成19年度工学部・工学系研究科個別研修(FJT)、研修課題「学術講演会発表および研究集会出席による建築知識の習得」の採択を受けて学術講演会の発表及び、研究集会に出席してきたのでそれについて報告する。

筆者は社団法人日本建築学会の正会員であるが、建築学会と大会について簡単に補足説明をする。日本建築学会は港区芝5丁目に本部があり、各会員は九州、中国、近畿、東海、関東、北陸、東北、北海道の8つの支部に所属しており会員は約34000人である。大会(学術講演会及び研究集会)は毎年各支部の持ち回りの主催で8月下旬から9月下旬までの期間内に開催されている。

学術講演会への投稿発表者は正会員(連名者は必ずしも正会員である必要はない)でなければならない。年会費は社会人で12000円、学術講演会への投稿には9000円、さらに大会参加費(数年前から事前申し込みをすれば4000円)に5000円、合計で25000円必要である。なお、中身はA4版、2項である。

2007年の大会は九州支部の開催で、参加登録数(会場に来て大会に参加するために大会参加費を支払った方)は9156名、学術講演会発表題数は6229題、全発表会場での参加者合計数は12900名であった。

研究集会は開催総主題45課題で参加者数の合計は5409名であった。(日本建築学会建築雑誌2008.2月号2007年度日本建築学会大会(九州)の概要参照)

2. 研修概要

下記に大会及び、研修日程、発表課題及び、出席研究集会の課題を示す。

会場：福岡大学七隈キャンパス(福岡市城南区)、日程：2007年8月29日(水)～31日(金)の3日間

研修日程：2007年8月28日(火) 東京発→福岡着

大会初日8月29日(水) 9時55分-10時03分の時間にて学術講演会の口頭発表を行った。

発表番号5351、発表課題名：「木造銭湯について戦前に建てられた2棟の建物における現況調査」

発表時間8分：口頭発表時間6分、質疑時間2分

発表セッション終了後直ちに、研究集会①「木質構造研究会の現状と今後の方向」に出席

13時30分-17時 研究集会②「コンクリートポンプによるコンクリート工事の諸事情」に出席。

2日目8月30日(木)

9時00分-12時30分 研究集会③「最近の風被害とその対策」に出席。

13時30分-17時 研究集会④「超高強度コンクリート技術の現状」に出席。

3日目8月31日(金)

9時00分-12時30分 研究集会⑤「CFT構造の現状と将来」に出席。

13時30分-17時 研究集会⑥「コンクリートブロック塀の震害実態と防災対策」に出席した。

その後会場から福岡発→東京着

3. 成果 1)口頭発表

建築学会大会は講演課題数が多いために構造・構法系の発表時間は6分と短いので課題内容の起承転結を要領よく手短かに発表しなければならなかったが、筆者の研究の意義と成果は発信出来た。

ただし、学術講演課題発表の分類(部屋)が細分化しているや、大会初日の午前中という時間帯のために聴講者が少なかったことは残念であった。質疑では司会者から「木造銭湯建物を文化財として保存してい

くようなことを考えているのか」という質問があり、「多くの建物の詳細な構造・構法の基礎データの収集が主目的で、1技術職員としての研究であるのでそこまでは考えていない。」と回答した。

2)研究集会

①パネルディスカッション、構造部門(木質構造)

木材は建築材料の中で唯一人間が生産可能な資源である。地球環境を考えた場合、建築物の構造材にもっと木材を使用することが重要であると講演者からの発言があり、筆者もその通りだと考えるが、木材は燃えるという事実を否定できないので、住宅以外の建物の構造材としては慎重に対応する必要があることと、積載荷重をかけた状況での火災実験をもっと行う必要があるのではと思った。

②パネルディスカッション、材料施工部門

現在の建築現場ではコンクリートの打設にはコンクリートポンプ圧送(車)が不可欠である。また、高強度コンクリートや高流動コンクリートや骨材の多様性により、ブーム搭載式コンクリートポンプの普及しているが、安全面などの問題点があることが分かった。

③パネルディスカッション、構造部門(荷重)

地球温暖化の影響で台風の大規模化や、突風や竜巻が全国的に頻発してきている。そのために、従来の設計荷重では考えられないような建物の風被害が発生してきていることが分かった。

④パネルディスカッション、構造部門(RC構造)

近年の目覚ましい研究開発により 150N/mm² 級の超高強度コンクリートが生産可能により現在は地震国のわが国でも 60 階建て、高さ 200mを超える建物が純鉄筋コンクリート造で造れるようになったが、高層階に住む人の環境や健康面、火災に合った場合の超高強度コンクリートの耐久性の研究が今後の課題であることが分かった。

⑤パネルディスカッション、構造部門(SCCS)

CFT構造はコンクリート充填鋼管構造で、柱材となる鋼管の中にコンクリートを充填するので高軸圧下でも曲げやせん断に対して高い性を保持するので耐震性に優れた構造形式である。

パネラーから最新の工事事例の解説があったが、まだ解決すべき技術的課題もあることが分かった。

⑥パネルディスカッション、構造部門(壁式構造)

我が国ではコンクリートブロック塀は工法が単純であり、安価であるために全国至る所に施工されているが、学会基準を遵守していないものがあり、現在も地震発生たびに被害が絶えない。

近い将来、東海・東南海・南海地震の発生が考えられることから、その防災対策が必要でさらに新築される塀について、設計者・施工者の高い認識が必要であることも分かった。

上記の他に、「地震を受けた建物の火災安全の問題を考える」研究協議会(防災部門)と、「建築構造デザインの未来—そこに見えるもの、そのあるべき姿」、パネルディスカッション、構造部門(シェル・空間構造)にも出席したかったが、集会時間が重なっていたために資料だけは購入した。

4. 終わりに

研究集会のパネラーの方々は、建設現場や民間の技術研究所で働く技術者が多かったため、建築市場として現在の状況や現場の諸問題やこれからの課題等を把握することが出来た。

FJTの採択により研究集会に出席できたことは、大学で技術職員として職務を遂行している筆者にとって最新の建築知識の習得があり、今後の業務にとっても参考になると共に勉強になった3日間であった。また、教員には予算計上されている旅費が職員にはないが、年度内に数回申請可能となったFJTでいわゆる学会発表への旅費が申請できることになったことは、工学系研究科技術部の成果である。

23 Web 研修報告

機械工学専攻 山内 政司

1. はじめに

ネットワークが普及し、企業や団体がホームページ（以下 HP）を用意することが日常的となっている。工学系研究科技術部でも正式発足前の 2005 年 1 月に技術部 HP（図 1）を公開している。筆者はこの立ち上げに参加し運営や記事作成を担当した。担当部署は業務を通じてのスキルアップを目的のひとつとしており、HP が軌道に乗った 2006 年に Web 技術研修を実施することになった。対象者として、担当者中唯一 Web 関連技術を身に付けていない筆者に白羽の矢が立った。研修の結果、単独で HP の制作と運用が可能になったので、研修の内容と成果を報告する。

2. Web 関連技術

本報告で述べる Web 関連技術とは HP を制作し運用するために必要な技術のことである。それらは多様で裾野が広いため、優先度の高い技術について概説する。

2.1 HP コードの作成

HP コードは基本的に HTML（Hyper Text Markup Language）という言語で記述されている。HTML はコンピュータ言語の一種で、文章の構造（段落など）、見え方（色、フォントサイズなど）、画像などの情報をテキストファイルに記述し、ブラウザ上に表示するための言語である。HTML を作成するためのオーサリングソフトもあるが、できるだけソフトに頼らず直接 HTML を記述することが上達への近道である。HTML だけで HP を作ることも可能であるが、使い易く見た目の良い HP を作るためにはその他の技術も必要になってくる。

例えば、レイアウトや表現などの見栄えを指定する CSS（Cascading Style Sheets）、Web ページにアプリケーション的な機能を付与する JavaScript、フォーム・掲示板・チャットなどをサーバ側で処理する CGI、Web ページ上で動的な画像を表現する Flash などである。これらのソフトの習熟には時間がかかるため、HTML を基本に必要な性が高いものから段階的に導入するのが良いと思う。

2.2 素材の編集と加工

HP を制作するには上記の他にも文章や画像などの素材を編集・加工する必要がある。これらの編集・加工は HP の見栄えや内容に影響を与えるため大変重要である。文章編集に関しては割愛するが、画像編集はデザインとレイアウトに直結するため HP 制作では必須事項である。画像にはビットマップ、ベクター、動画などがあるので、それぞれに合わせたアプリケーションソフトが必要である。画像ソフトはフリーソフトを含め選択肢が多く用途と予算に合わせた選択が可能である。



図1 技術部 HP

2.3 ファイル転送

制作した HP のデータファイルをサーバに転送するため、FTP (File Transfer Protocol) ソフトが必要である。FTP ソフトはセキュリティ的に、SSH (暗号化) 対応ソフトを使うことが推奨される。使用ソフトが SSH 未対応の場合、別途 SSH ソフトを併用することが望ましい。

3. 研修講座

3.1 受講スクールの選択

今回の研修では部内の相互研修も検討したが、講師側の負担が大きくなるため、学外の Web 講座を受講することになった。講座はスクールによって 2 つの受講形式に分けられる。時間割が決められている授業形式と、受講生の都合と理解度に合わせて受講時間を設定できる個別指導形式の講座である。HP で選別したスクールを説明会・体験講座などで実地調査し、業務と研修を両立させるため個別指導形式を選択した。講座内容とコースに関してはどのスクールも似ているため、実績のある大手に通うことにした。



図2 研究室 HP

3.2 受講時間

受講する講座は予約制で、サービス講座を含めて 77 時間のコースである。スクール側の説明によれば受講時間は年齢、緊急度、仕事との兼ね合いなどで異なり、求職のため習熟を急ぐ人は丸 1 日受講する人もいるし、年配の方では 1 日 1 時間の人もいる。一番多いのは 1 日 2~3 時間だそうである。筆者は週 1~2 日、1 日 3 時間のペースで通い始めたが、専門外の新知識吸収に 3 時間集中するのは意外に大変である。疑問点を残したまま長時間受講するよりも、予習・復習で理解度を深め、講座で確認しながら進める方が、費用に見合った高い学習効果を得られると感じた。

3.3 研修スケジュール

本研修は 2006 年 9 月に受講を開始し年度末に終了の予定であった。しかし研修開始後、教員の異動による所属研究室の廃止が決まり、設備の他大学移転や事務処理、新体制への移行と残った院生の対応等が重なり、受講できない期間が続いた。そのため受講期間は 2007 年の 8 月までの 1 年間におよんだ。このような状況下で卒業までこぎ着けられたのは周囲の方々の理解のお陰である。

3.4 受講の感想

実際に受講してみると事前説明のイメージと異なる点もあり、個別指導形式と授業形式のどちらにも長所と短所があると感じた。今回受講したスクールの特徴を以下に示す。授業形式のスクールの特徴はこの逆になるものと推察される (*を除く)。

[長 所]

- ・時間的制約が少なく、業務に合わせて受講スケジュールが決定できる。
- ・都合により予約をキャンセルしても、進度の遅れは最小限である (キャンセル時間分だけ)。
- ・個別指導可能な体制が一応用意されている。

[短 所]

- ・受講費用が高い。
- ・ビデオ教材によるオンデマンド授業が多く課題時間も長い、個別指導というより自習に近い。
- ・受講時間・コース・進度が異なるため、受講生同士の情報交換が難しい。
- ・講師数が相対的に足りず、質問しても十分な指導を受けられない場合がある。(＊)
- ・講師レベルにばらつきがあり、質問に対し適切な答が得られない場合がある。(＊)

新しい知識を学ぶ際には生徒同士の情報交換が有意義なことが多い。それが困難なのは個別指導式スクールの意外な盲点であった。このようにまとめると受講時間の自由度以外は短所が目立つが、スクールを選択する際には、他の情報と合わせて総合的に判断していただきたい。

4. 研修内容

受講した講座は“Web 実践コース”という初心者向け総合コースで、総受講時間は 77 時間である。以下に受講内容を紹介する。

4.1 セミナー (WEB、デザイン、SEO)

インターネット、Web 業界、HP の制作体制、SEO(検索対応)に関する基礎知識等の講義。我々の職場とは異なる Web 制作現場の話は興味深く、業務を進める上でも参考になる点が多かった。

4.2 HTML 講座 (10 時間)

HTML は HP 制作の基礎である。概要説明の後、タグ、属性、テーブル、画像表示、フレーム、リンク、フォームなどの基本技術を習得する講座である。この段階では知識は少ないが、ブラウザ上でどんどん形が出来上がるので面白く進めることが出来る。

4.3 FTP 講座 (1 時間)

インターネットおよびサーバの仕組みと、作成ファイルを安全にサーバにアップする FTP の講義。課題は FTP を使用してファイルをサーバにアップする作業である。

4.4 オーサリングソフト講座 (15 時間)

オーサリングソフトを使用し、HTML 講座より高度な課題を処理できるようにする講座。ここからは基本的に動画による講義を受け、与えられた課題をこなすという形式で進む。講師の説明は要所のみなので、疑問点は遠慮なく質問しないと貴重な時間をロスする。このあたりから目的が理解しにくい課題が増えてきて、課題時間が長く感じられてくる。

4.5 ビットマップ画像編集講座 (15 時間)

ビットマップ画像編集ソフトの使用法と画像処理・編集の講座。画像編集ソフトは非常に多機能で自分は使用しないと思われる機能も多いが、ソフトを理解するという意味で有意義であった。課題は単純作業的なものが多く、講座の時間単価が高いことを考慮すると、課題を減らしてでもソフトの機能と使用例についてもっと詳しい説明が欲しいところである。

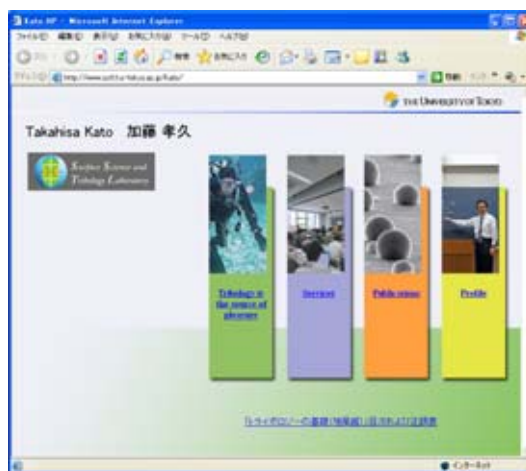


図3 教員 HP

4.6 ベクター画像編集講座（9 時間）

ベクター画像編集ソフトの使用方法和画像処理・編集の講座。コメントは 4.5 と同じ。

4.7 Flash 講座（13 時間）

Flash はインターフェイスからアニメーションやオンラインゲームまで応用範囲が広い。最近の商用 HP では Flash を使用していないものは皆無といえるほど普及している。13 時間の講座では基本機能を学ぶに止まるが、初体験の者としては大変参考になった。課題に関しては 4.5 と同じ。

4.8 サイト制作実習（7 時間）

講座の最終段階である。内容は「実際に商用サイトを作成し、スキルの確認と制作技術を高める」という説明で、新宿のスクール本校で丸一日の講座である。内容は HP 制作工程の一部を完成させる課題と制作方法・現場・営業等の解説である。解説は業界の雰囲気が垣間見えて興味深かったが、課題は制作工程のごく一部なので、内容説明からすると期待外れであった。

4.9 総 評

学生時代以来の本格的な講義ということで期待が大きかったためか上記のような不満も感じた。しかし Web 未経験者が、HP を制作し公開出来るようになったという点では及第点であろう。スクールに対する要望としては、受講時間の半分以上を占める講座内の課題作業を減らし、ソフトの機能説明や使用例などの講義を充実させること、講師の質を高めることなどである。

5. 研修の成果

研修は初心者向けのため習得技術は基本レベルであるが、2008 年 6 月現在、技術部 HP 試作、研究室 HP（図 2）制作・運用、教員 HP（図 3）制作・運用、専攻 HP（図 4）リニューアル企画・運用・画像提供、専攻関連 HP の制作・運用、E・T ページと専攻 HP の連携・画像提供など 8 件の公式 HP に関わった。何れも技術部 HP 業務経験と研修無しには遂行不可能であり、本研修の成果として報告する。

6. まとめと謝辞

本報告ではスクール名やソフト名など具体的に記述しなかったため、理解しにくい点があることをご容赦願いたい。

筆者は技術部 HP 立ち上げに参加し Web 技術研修を受講することになった。頭の固くなりつつある世代としては少々厳しい面もあったが、何とか業務に役立てることが出来た。技術レベルはまだ初歩段階にあり継続的なスキルアップが必要であるが、今後も業務を通じて精進する所存である。

研修開始直後に所属研究室の廃止が発表され、それに伴うイレギュラーな業務をこなしながら研修を終了できたのは、異動先の加藤 孝久教授の理解と旧情報センターメンバーの励ましのお陰である。ここに改めて御礼を申し上げたい。本研修は旧情報センターの研修予算で実施された。旧情報センターをバックアップしていただいた田中 知教授と関係各位に深く感謝します。



図 4 専攻 HP

24 労働安全衛生技術と技術職員のキャリアパス

機械工学専攻 濱名芳晴

1 はじめに

大学が、国立大学法人となり5年が経過しようとしている。職員の身分は、国家公務員法、人事院規則等の適用の国家公務員であったが、法人化後は、非公務員型（みなし公務員）となり労働基準法、労働安全衛生法等が適用となり、職場における労働安全衛生に関して見直され、労働安全衛生技術が重要となってきた。しかし、法人化前における大学では、安全に関して十分に対策が施されておらず、また組織的に何も管理されていない状態であった。このような状況下で労働安全衛生に関しては、現場に非常に近い教室系技術職員が自助の努力で労働安全衛生に対して各自が対策等を行っていたのが現状である。

一方、法人化後、大学当局が主に施設系職員を担当とし統括者に教員を置いた組織、安全衛生管理室や環境安全本部を設立したが、実質的管理とは程遠いだけの情報管理機関となっていると思われる。そこで、現場に身をおく教室系技術職員が労働安全衛生の専門技術を身につけ、安全、法令順守、環境にやさしい教育研究活動を支援することが急務であると考ええる。

そこで、本報告では、労働安全衛生技術について述べる。さらにこれらと関連する技術と公的資格をまとめ、専門職としての技術職員のキャリアパスを考察する。

2 労働安全衛生技術

労働安全衛生法第1条では、「労働基準法と相まって、労働災害の防止のため危害防止基準の確立、責任体制の明確化及び自主的活動の促進の措置を講ずるその防止に冠する総合的計画な対策を推進することにより職場における労働者の安全と健康を確保するとともに快適な職場環境の形成を促進することを目的する。」と記述されている。

また、国際労働機関（ILO）と世界保健機構（WHO）が組織した労働衛生に関する合同委員会（1995年）において「労働衛生の定義」が下記のとおり承認された。

「あらゆる職業に従事する人々の肉体的、精神的および社会的福祉を最高度に増進し、かつ、これを維持させること。作業条件に基づく疾病を防止すること。健康に不利な諸条件から雇用労働者を保護すること。作業者の生理的、心理的特性に適応する作業環境にその作業者を配置すること。」これらの2つをまとめると「労働安全衛生」とは下記の5つの柱がある。

①責任体制の明確化（労働安全衛生管理体制）、②職場環境の形成（作業環境管理）、③作業個人への作業方法や保護具の使用（作業管理）④健康の確保（健康管理）、⑤作業員への教育（労働衛生教育）。

①労働安全衛生管理体制

労働安全衛生管理に関するすべての責任は事業者（東京大学では総長）にあるが、具体的に労働安全衛生管理を進めるためには、統括安全衛生管理者（事業者）、安全管理者、衛生管理者、産業医などが設けられそれぞれの責務を規定している。また、前述したメンバーで構成させた衛生委員会、安全委員会を月に1回以上開催する必要があり、その会議の記録を作成し3年間保管しなければならない。

このような管理体制の中で、技術職員の果たすべき業務は、職務規定、権限、待遇の面から考えると、それぞれの委員会に現場を代表するものとして出席し、労働安全衛生の専門技術に基づき助言や意見を述べ、さらに現場において研究者や学生、職場環境（作業環境）などに対して点検、改善指導を行うことであると考え。

②作業環境管理

主として工学的な対策によって作業環境から健康障害因子を除去し、よい作業環境を維持することが作業環境管理である。したがって、作業環境に存在する健康障害因子を定量的に評価しなければならない。その方法は作業環境測定と呼ばれており、有害物質にかかわる作業場（指定作業場）においては、後述する作業環境測定士に行わせなければならない。

③作業管理

作業環境中の健康障害因子によって生じる労働者の健康障害を防止するためには、②の作業環境管理によって作業環境を適正に保つことが基本であるが、この考え方では、個々の作業者が曝露する健康障害因子を直接個別に管理するものではない。したがって、平均的によく管理されていても、個々の作業者の作業行動や作業姿勢が不適切であれば、高い曝露を受ける可能性がある。そこで、作業環境管理とは別の方法で過度な曝露を防止しなければならない。

したがって、個々の作業者に対する作用方法の指導などにより、適正な作業動作、機器の取り扱い、保護具の使用方法を習得させ、健康障害因子に対する過度の曝露を防止する。これが作業管理である。

④健康管理

健康障害因子の曝露量と健康への影響は、長期間にわたって少量の曝露や短期間の多量の曝露など、さまざまな条件下で調べられているが、生体への影響の現れ方に個体差があることが一般的に知られている。したがって、②③によって適正に管理されても、敏感な作業者が健康被害を受ける可能性は残されている。したがって、このような敏感な作業者の健康障害を防止するために、医学的検査などの手段による健康管理をする必要がある。

⑤労働衛生教育

事業者は、その事業場における安全衛生の水準の向上を図るため、危険又は有害な業務に現に就いている者に対し、その従事する業務に関する安全又は衛生のための教育を行うように努めなければならない。（労働安全衛生法第60条の2）

2.1 衛生管理者（衛生工学、第一種、第二種）

衛生管理者の職務は、労働者の健康障害を防止するための作業環境管理、作業管理及び健康管理、労働衛生教育の実施、健康の保持増進措置などである。労働安全衛生法において、常時50人以上の労働者を使用する事業場では、衛生管理者の免許を持つものを専任させなければならない。また有害業務を行う事業場では、第一種または衛生工学衛生管理者を専任しなければならない。衛生管理者は下記の専門知識を有する。

- (1) 労働衛生法に関する知識
- (2) 労働基準法等の関係法令に関する知識
- (3) 職業性疾病の管理に関する知識
- (4) 労働生理に関する知識
- (5) 労働衛生工学に関する知識（衛生工学のみ）

2.2 作業環境測定士（第一種、第二種）

有害物質にかかわる作業場（指定作業場）においての作業環境測定は、作業環境測定士に行わせなければならない。（作業環境測定士法第3条）さらに作業環境測定士は、第一種、第二種とあり、第一種においては、指定作業場においてすべての作業環境測定の業務が行えるが、第二種においては、作業環境測定の業務のうち、デザイン、サンプリング及び簡易測定器を用いた分析（解析を含む。）が行える。

2.3 労働衛生コンサルタント、労働安全コンサルタント

国家試験、労働衛生（安全）コンサルタント試験に合格したもので厚生労働省の名簿に登録した者である。業務は、「労働衛生（安全）コンサルタントは、労働衛生（安全）コンサルタントの名称を用いて、他人の求めに応じ報酬を得て、労働者の衛生（安全）の水準の向上を図るため、事業場の衛生（安全）についての診断及びこれに基づく指導を行なうことを業とする。」（労働安全衛生法第81条）となっている。また、試験内容は、労働衛生一般、労働衛生関係法令、健康管理、労働衛生工学となっており、労働安全衛生に関して高度の知識を持つ専門家である。

2.4 関連資格

(1) 環境計量士（濃度関係）

経済産業省管轄の計量法に基づき、計量に関する専門的な知識と技術を有する者に、国家試験等により「計量士」の国家資格を与え、計量器の検査その他の計量管理に係る分野の職務を担当させ、計量法の円滑な施行と適正な計量の実施の確保に寄与させることとしている。本資格を有すると、作業環境測定士試験において免除科目が多数あり、試験合格のために非常に有効な資格である。

(2) 技術士（衛生工学部門）

「技術士」は、「技術士法」に基づいて行われる国家試験（「技術士第二次試験」）に合格し、登録した人だけに与えられる称号である。国はこの称号を与えることにより、その人が科学技術に関する高度な応用能力を備えていることを認定する。したがって、該当する専門分野において最高レベルの資格であると考えられる。したがって、技術職員のキャリアパスを考慮すると、最終到達すべき資格であり、また、この資格を有するものは相応の待遇があつて然るべきである。

3 技術職員のキャリアパス

前節まで、労働安全衛生技術について、その技術と関連する国家資格について述べてきた。本節では、技術職員と国家資格の関係について考察し、技術職員のキャリアパスを提案する。

本学では、技術職員の規定として「東京大学における技術専門員及び技術専門職員に関する規定」があり、そこでは、「技術専門員は極めて高度の専門的な技術を有し、その技術に基づき、教育研究の支援のための技術開発および技術の業務及び学生の技術指導を行うとともに技術の継承及び保存並びに技術研修に関する企画及び連絡調整を行う。」とあり、また「技術専門職員は、高度の専門的な技術を有し、その技術に基づき、教育研究の支援のための技術開発および技術の業務及び学生の技術指導を行うとともに技術の継承及び保存並びに技術研修に関する

る調査研究を行う。」となっている。

技術専門員と技術専門職員の違いは、「極めて高度の専門技術と高度の専門技術」、及び「技術の継承及び保存並びに技術研修に関する企画及び連絡調整と調査研究」の2点であり、概ね技術力の違いによるものとする。しかし、工学部第2次アドホック員会では、技術専門員の上位として前任技術員を定める提案がなされており、その職務は「専門技術分野のグループリーダーとして位置づけ、各技術分野における技術専門員、技術専門職員当への概括的な技術指導・技術部業務等に携わる。」とある。したがって、これらも考慮し、安全衛生管理技術分野のキャリアパスと考えると、下記のとおり提案する。

○安全衛生管理技術系（専門行政職、右に行くほど上位級）{技術部や全学での役職}

技術職員（1～3級）：衛生管理者<衛生工学衛生管理者<環境計量士（濃度関係）

技術専門職員（4～5級）：第二種作業環境測定士<第一種作業環境測定士

技術専門員（6級）：労働安全コンサルタント・労働衛生コンサルタント
{グループ長、安全管理室長}

前任技術員（7級）：技術士（衛生工学部門、環境部門）{技術部長、
環境安全研究センター長、環境安全本部長}

また、業務の評価は、学生実験実習に関する業務評価法⁽³⁾と同様な考えで行う。基本給は、上記で提案したとおり、専門行政職と同等にし、所持している公的資格と経験年数によって決定する。また、業務の評価方法（成績率）は、自己評価（60%）、相互評価（20%）、組織評価（20%）で決定する。また、組織評価（手当）として組織への貢献度を評価する。

4 おわりに

本報告では、労働安全衛生に関する専門技術について簡単に説明した。また、これらの技術に関連する国家資格をまとめ、技術職員と労働安全衛生技術について、国家資格を関連付けをしてキャリアパスを提案した。また、その待遇と業務の評価方法についても提案した。

本報告が今後の技術職員の職務を考える上で、有効な提案となることを願っている。

また、本報告は、工学部・工学系研究科技術部個別研修FJT「作業環境測定技術の習得」（2007）、「安全管理教育技術の習得」（2004）および、教室系技術職員学外技術研修「全国産業安全衛生大会への参加」（2005）での成果の一部である。

<参考文献>

（1）（社）日本作業環境測定協会、新訂作業環境測定のための労働衛生の知識、2007

（2）浜名芳晴、碓山みち子、衛生工学衛生管理者免許の取得と必要性について、第19回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会技術報告、2004.9.16、43-46

（3）浜名芳晴、技術職員の学生・実験・実習に関する業務評価方法に関する研究、実験実習研究会、A-22、2006

25 インストラクショナル・デザイン技術 ーハードからソフトへー

機械工学専攻 瀧名芳晴

1 はじめに

技術職員の職務が装置、機器の開発、実験、管理、運営から研究教育支援のための技術指導、学生実験などの教育を行うことが増加してきた。したがって、学生や研究者と直接接する機会が増加し、指導技術、教育能力の向上が急務である。

そこで、今報告では、教育を効果的に行うための方法論であるインストラクショナル・デザイン技術についての報告を行う。また、本学で行われている「東京大学職員自己啓発（放送大学大学院科目履修）」においても教育指導技術の向上が図れるので合わせて報告する。

2 インストラクショナル・デザイン（ID）技術

（1）ID^[1]

IDの定義^[2]は、「教育のニーズ充足のための学習の効果・効率・魅力を向上させる方法論」である。その歴史は古く、第二次世界大戦の米国では数十万人の兵士の早急な教育が必要という大問題が発生、さらに、1960年代の米国では教育の品質の低さが問題になり、IDが教育工学の中心的研究領域として発展してきた。さらに1980年代は、多くの米国企業が自社にあわせたIDモデルを発表し、特に1985年に米コンピュータ関連企業が教育への投資と効果を証明した。また、わが国においても1992年に「企業内教育システムハンドブック（君島浩、ソフト・リサーチ・センター）」が出版され、IDに基づきeラーニングや遠隔教育、企業内教育が急速に発展した。

（2）ARCSモデル^[3]

ARCSモデルは、教育活動の「魅力」を高めることに焦点化したID理論である。このモデルでは、学習意欲の問題と対策を、

- 注意（Attention）「学習者に興味を持たせる」
- 関連性（Relevance）「学習者に『やりがい』を感じさせ、積極的に取り組めるようにする」
- 自信（Confidence）「学習者に成功の機会を与え、自力で成功できるように思わせる」
- 満足感（Satisfaction）「目標を達成した学習者を正当に評価し、満足感を与える」

これら4因子に整理して各要因に対応した動機付け設計の手順を提案した。4因子の頭文字をとってARCS（アークス）モデルと命名された。

筆者が開発した「ロボット制御実験」^[4]では、本モデルについて全く知識がなかったが、同様の手法を用いて行っていたことがわかった。したがって、教育効果に対して、学術的な裏づけがされたと再確認できた。また、学生実験・実習を担当してきた筆者の経験から、特に関連性（Relevance）が非常に重要であると考ええる。

（3）IDプロセス-ADDIEモデル^[5]

伝統的かつ従来の教育手法は、教育目標や目的、教授方法などは、教師の知識や経験、技術、思弁に基づいて行われており、学習者は何が学習効果として求められているのかを想像しなければならず、学習成果が得られない場合は学習者または教師が努力する必要があるとされていた。しかし、ID理論に基づく教育手法では、体系的なアプローチを取り教育プログ

ラムを作成する。したがって、教育効果が得られない場合は、教育プログラムを見直す必要がある。ID理論により教育プログラムを構築することをIDプロセスと呼ぶが、その代表的なものとして、●Analyze（分析）、●Design（設計）、●Develop（開発）、●Implement（実施）、Evaluate（評価）の頭文字をとったADDIEモデルがある。いわゆるマネジメントシステムである。

機械系技術職員で行った学生実験プロジェクト^[6]においても、この手法と同様な方法を用いて行った。その結果、プロジェクトは成功裡に終了したことから、教育手法としてID技術は非常に有効である。

3 放送大学大学院教育開発プログラム

放送大学大学院では、教育や学習に関する科目があり、それらをまとめた教育開発プログラム（21年度から人間発達科学プログラムに変更）がある。具体的には、「人間情報科学とeラーニング」では、前述したIDや情報通信技術（ICT）を活用した遠隔教育について知見を得ることができる。また、「教授・学習過程論」においては、学習者がどのような過程で知識を得、理解しているかを科学的に述べられており非常に有益な知見を得ることができる。また、教授法としての「学習環境のデザイン」は、ID技術と通ずるものがあることがわかる。

したがって、教育指導技術の向上を目指すならば、ID技術とともに、放送大学大学院教育開発プログラムを活用することが、近道であると考ええる。

4 おわりに

本報告では、ID技術について述べた。IDは歴史的には浅いが精力的に発展し、多くのモデルが存在する。そのうち、筆者らが開発した学生実験課題で用いた手法と同様のARCSモデルとADDIEモデルについて紹介した。また、教育指導技術の向上に放送大学大学院の関連科目が非常に有益であることを紹介した。

最後に、本報告が技術系職員の教育指導技術の向上へ貢献できれば幸いである。また、本報告は、工学部・工学系研究科技術部個別研修OJT「インストラクショナル・デザイン技術の習得」（2007年度）、東京大学職員自己啓発（放送大学大学院科目履修）2006年2学期、2007年1学期・2学期）での成果の一部である。

<参考文献>

- [1] R. M. Gagne, "Principles Of Instructional Design", (1974), Wadsworth Pub Co
- [2] 野嶋栄一郎他編、放送大学大学院教材「人間情報科学とeラーニング」、(2006)、放送大学教育振興会
- [3] J. M. Keller, "Motivational design of instruction", (1983)、In C. M. Reigeluth (Ed.), Instructional-design theories and models: An overview of their current status. Lawrence Erlbaum Associates
- [4] 浜名芳晴、"自律型移動ロボットを用いた創成型学生実験課題の開発"、8-15、(2005)、大阪大学総合技術研究会
- [5] W. W. Lee, D. L. Owens, "Multimedia-Based Instructional Design: Computer-Based Training, Web-Based Training, Distance Broadcast Training", (2000)、Pfeiffer & Co; Har/Cdr
- [6] 山内政司, 石川明克, 斎藤正光, 浜名芳晴, 藤田裕二, 渡辺誠, "技術職員プロジェクト報告 I・X", 第19回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会報告集, 平成16年9月, P29・P42・P57・P98

26 GPSを用いた自律航法制御に関する研修報告

システム創成学専攻 榎本昌一

1 はじめに

米国の軍事用に開発された GPS (グローバル・ポジショニング・システム) は近年、カーナビや小型のモバイル型 GPS、さらには携帯電話への搭載など、民生用に、また、大学や研究機関での教育研究等にも広く利用されている。筆者所属専攻 (学科) においても、4 年生対象に「携帯電話の GPS 機能を使った動線計測 (実現型プロジェクト)」、大学院生対象に「クルーレスソーラーボートの製作 (ものづくりプロジェクト)」を行っている。今回、自動車模型にこの GPS とマイクロコンピュータを搭載し、GPS からの位置情報を取得、マイコンで自動車模型の自律走行を行うことを考え、「GPS を用いた自律航法制御に関する研修」として、平成 19 年度工学部・工学系研究科個別研修に応募した。本編はその報告である。

2 製作

本研修では自動車模型に搭載するマイコンおよび GPS、制御回路の作成、マイコンプログラミング、走行試験を行った。

2-1 ハードウェア

自動車模型は製作する手間を省くため、マイコン、GPS、電子回路、バッテリーを搭載できる大きさが、市販のなるべく安価なラジコン模型を購入した。マイコンは有限会社サンテック社製の H8/Mini2 (キット) を使用した。このマイコンの特徴は SD カードの仕様が可能でありことである。これにより GPS 等のデータを記録することができる。GPS は株式会社 SPA で販売をしているイオ 111 を使用した。マイコン、GPS の仕様を表 1 に記す。ハードウェア全体を図 1 に示す。

表 1 マイコン・GPS の仕様

マイコン： HD64F3028 (ルネ サステクノロジ 社製)	16 ビット H8/300H CPU 最高動作周波数 25MHz H8/300、300L CPU 上位互換 汎用レジスタ: 16 ビット×16 本 (8 ビット×16 + 16 ビット×8、32 ビット×8 としても使用可) 基本命令 62 種類 アドレッシングモード: 7 種類 内蔵メモリ: ROM 384kbyte、RAM 16kbyte シリアルインターフェース 3ch (調歩同期式/クロック同期式) A/D コンバータ: 8ch 10bit 分解能, サンプルホールド機能付き、逐次比較方式
GPS: イオ 111	SONY 社製 GPS エンジン搭載 アンテナ+本体一体型の GPS レシーバ Dsub9 ピンコネクタにより、RS-232C で、直接パソコンに測位データ出力が可能 NMEA フォーマット (Ver3.01)

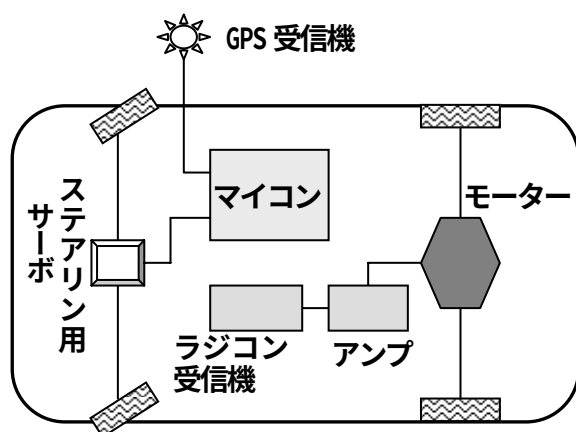


図1 ハードウェア概念図

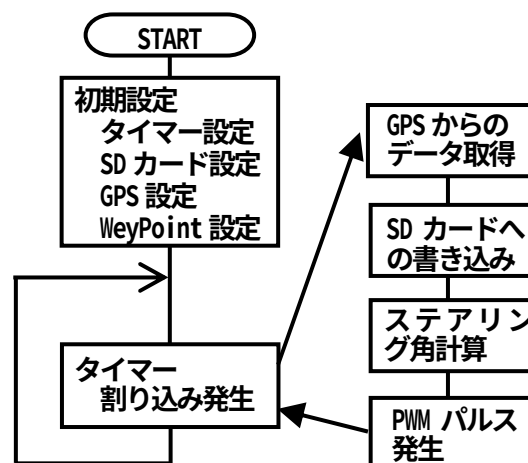


図2 フローチャート

2-2 ソフトウェア

マイコンの開発環境はすべてフリーで入手できる。今回以下のソフトを使用した。

- ・K P I TクミンズのGNUH8 (ELF)

GNUH8 v0702 Windows Tool Chain (ELF) GNUH8v0702-ELF.exe

HEW 4.02-ntc for KPIT GNU Tools with Simulators hew402ntc.zip

- ・ルネサステクノロジのフラッシュ開発キット

【無償評価版】フラッシュ開発ツールキット V.3.07 Release 02 fdtv307r02.exe

- ・SUNTECH 社ライブラリ h8_mini2_filesystem_lib.lzh

H8/Mini2 ファイルシステムライブラリ

これらを使い図2のフローチャートに従いプログラミングを行った。

3 自走実験

自宅近くの公園で休日の早朝、走行実験を行った。3点のウェイポイントを設定し、ウェイポイントを中心とした円（計算上、半径5mと10m）のウェイエリアを設定し走行させた。結果としては思い通りの制御ができず、更に模型のステアリング用サーボを壊してしまった。

4 考察

制御ができなかったのは、サーボを壊してしまったためで、その理由は模型を購入した店に問い合わせた分かった。通常ラジコンは7.2V 電源を使用するが、今回の模型では受信機の使用電源は4.8～7.2Vで、サーボは4.8～6Vであり、7.2V のバッテリーを電源として載せたため壊れてしまったようだ。テストの時はラジコン系、マイコン系は別電源で行っていたが、走行実験時は 7.2V 電源を使用していた。説明書を熟読しなかったためのミスである。

5 まとめ

今回の実験では思った通りの制御ができなかったが、マイコン作成、プログラム開発、マイコンとサーボや GPS との電子回路の設計製作についての知識・技術を得ることができた。今後この知識・技術を業務に生かしていきたいと思う。

27 研究室における安全衛生教育の実施

航空宇宙工学専攻 内海 正文

はじめに

平成 16 年の法人化以後、我々技術職員も安全衛生に関する業務が拡大している。又、学生に対しても各種の安全講習会の企画がなされ実行されて来ている。

しかしながら、参加はあくまで自主参加であり、どの程度の学生が参加しているか判らない。そこで、安全関係の業務を通じ必用と思われる知識を得るため資格試験等を取得した知見を基に、今回研究室（燃焼関係全般の実験・研究を行っている）内のゼミの時間を利用して頂き、安全意識を高める事を目的とし研究室に關係の深い高圧ガス・化学物質・危険物の 3 点を中心に安全衛生教育講習会を開催した、当日の参加者は教授を含め 10 名であった。本稿においては講習会の主な内容を記す。

1) 大学における安全基礎の確立

「平成 16 年の法人化後、事業者は法令等の基準を遵守し、快適な職場環境の実現と労働条件の改善により安全と健康を守る立場になった。同時に働く者の責務として労働災害の防止措置に協力する必用があるが、安全と健康を守るには大学の全構成人が規定やルールを守ることによって初めて安全の基礎が出来る」ことを強調し学生だからとは通用しない、法の遵守、規定・ルールを守る必要性を訴えた。



写真（講習会を開始し安全基礎の確立を訴えている様子）

2) 化学物質について

M S D S（化学物質安全データシート）の活用と業者には配布義務があること P R T R（Pollutant Release and Transfer Register）法は化学物質の環境への排出量、廃棄物に含まれて事業所外に移動する量を事業所に報告義務を持たせた法律で、使用量・排出量・移動量の把握や管理改善を目指す法律であること。他にも地方自治体（東京都）が定め報告義務を課している都条例適性管理化学物質等があり、毎年報告書を提出すること、これらは有害性が高いので報告義務が生じているので、使用時には他の薬品で代替が効かないか等十分に検討の必要性がある事を強調した。又、PRTR 法以外にも特定化学物質第一類、第二類、第三類物質と指定され使用量、残量等報告している事、有機溶剤についても同様に第 1 種、第 2 種の使用量、残量、気積、使用部屋等報告義務があり 3 ヶ月単位で研究室化学物質管理担当者が報告している事を説明した。

東大に於いてはこれらの管理をより向上させるため UTCRIS という登録方法を採用している事これらの運営上も学生が勝手に試薬を購入せず必ず職員に相談する必要があると伝えた。

3) 化学物質の実験廃棄物処理依頼方法

環境安全研究センターの環境安全講習修了証取得ならびに排出者責任を説明し、研究室の現状では教職員 2 名がその資格を持ち任にあたっている所以要相談としたが、化学物質を取り扱う者は環境安全講習終了証の取得を勧めた。

東京大学環境安全研究センターに廃棄依頼する際の排出分類について環境安全研究センター実験廃棄物分別収集区分表に基き説明し、上位に書かれているもの程優先順位が高いことを説明した。又、不明試薬と不明廃液の違いを説明し不明試薬では 500ml 当たり、約 2 万円、不明廃液では各種検査があり、場合によっては 100 万円～200 万円以上かかる場合も有る事を知らせ、不明廃液・不明試薬は絶対に出してはいけない事を強調した。

化学物質の中には毒物・劇物が在り、法令に基いた管理が大事で、施錠・倒壊防止・飛散防止・浸みだし防止、各種表示・明示、火気禁止・飲食禁止等説明した。

4) 危険性物質の取扱いと安全管理

危険物取締法は消防法で規定され、第 1 類～第 6 類に分類されている。第 1 類は参加性固体、第 2 類は可燃性固体、第 3 類は自然発火性物質および禁水性物質、第 4 類引火性液体、第 5 類自己反応性物質、第 6 類酸化性液体に分類されている事を主な薬品を例示して説明し、危険物指定数量表を参考にしながら倍数算出を各薬品ごとに計算し、保有する全薬品を足した値で 1.0 になれば危険物取扱所に該当する事、その値が 0.2 でも市町村火災予防条例で規制され少量危険物取扱所として届出が必要になる事を明らかにし、著者が担当を始めた頃は 0.15 程度の倍数で古くから薬品棚に大量に放置された状態が有ったため、環境安全研究センターに相談し瓶での大量特別回収や、何回にも渡る実験廃棄物処理依頼で（大部分 H 分類であった）現在の数量まで減らした経緯を説明し、買い置きを出来るだけしない、使い切る量の購入や、使用量だけ足りなめに小分けし（必ず薬品名と使用者名、日付の記入）、試薬便に不純物が混入しない様工夫する等の必要性を訴えた。これらの薬品は熱や衝撃・摩擦、空気に触れて発火するもの、禁水性の物質等あるので十分に性質を調べて取り扱う必要がある事。又、第 1 類～第 6 類

の危険物では、混載禁止の危険物があるため表を用いて混載可能なものと不可のものを明らかにした。

燃焼を研究する研究室であるため、試薬の多くは危険物第4類の引火性液体であるため、法令上の品名区分と主な物品名を表を用いて解説し、指定数量の値と併せ、表の上位の物（指定数量の少ないもの）ほど危険性が高いことを説明した。又、指定数量の大きな値ではあるがニシン油やアマニ油等、ヨウ素価の数値の高い乾性油は酸化熱により火災が起る事も在る事を解説した。

5) 高圧ガスについて

高圧ガスは高圧ガス保安法により規定されている。

1 Mpa を超える圧縮ガスは高圧ガス保安法が適用される、又、液化ガスでは種類によって異なり、温度と圧力で定められている。

特殊材料ガスはシラン、ジシラン、アルシン、ホスフィン、ジボラン、セレン化水素、ゲルマンの7種類で「特定高圧ガス」と定義され特定高圧ガス取扱い国家資格が必要である事を説明した。

研究室においては高圧ガスポンベの使用が多いため、使用上の注意事項を示した。

先ず、薬品と同じように高圧ガスポンベの扱いも東京大学では UTCRIS において使用量や在庫、ガス種類、購入元、ポンベ容器所有者、納入年月日等を管理している、登録を行い管理番号を受け、ガスポンベ管理表をポンベに付ける事、又、高圧ガスポンベは災害対策としてポンベ立てを固定してあるので、上下2本の鎖でポンベを固定するの2点を守ることを強調した。

次に圧力調整器・配管等を用いる場合の注意事項としてガスに適したものを使用する必要がある事を「アルゴン用レギュレータを酸素に利用して爆発事故が起った」例等を出しながら特に酸素ポンベの調圧口や連結部等ガスに接触する部分に有機溶剤や油を付着させてはいけないこと。使用する器機をよく調べる事やアセチレンポンベは絶対に横に倒さない事、配管等に銅合金や銅を用いてはいけない事等説明し、ガスポンベを扱う際には、安全弁の方向や出口方向に人が居ないことを確認し、ポンベの開閉は静かに行うことや、可燃性ガスを扱う際には静電気に気をつける必要があること等を明らかにした。

最後に配管系のガス漏れのチェックを忘れずに行うことの重要性を説いた。

万が一のガス中毒の際の対応は難しく都市ガスや窒素による酸欠ならばドア・窓の開放で新鮮な空気を入れて風通しの良い所に運び寝かせるが、爆発や中毒死等2次災害も考慮する事、日頃から入り口に使用ガス種類と使用位置を明示し、回りのものに知らせておくことや必用保護具（使用するガス専用の防護マスク等）を準備する必要性がある事を訴えた。

6) 最後に講習会終了後にアンケートを試みた結果終了間際に来客で席を立たれた教授とバイトの時間で終了と同時に帰った学生を除き、8名の回答が得られたので、次ページに結果を報告する。

アンケートの結果

学年	講習会 受講経験	感想又は意見等
M2	○	一般の工学部の安全講習に比べて、当研究室に特に関わりの多い分野（可燃物の取扱いや高圧ガスの取扱いなど）を重点的に説明して頂けた点が良かった。
M2	○	本講習会において議論された危険物取扱いの知識は実験でのみならず日常生活に役立つものが多く大変参考になりました。
M1	○	日常使用していない試薬、ガスについても知識が得られて良かった。
M1	○	具体的にどうすれば良いのかが説明されていて良かったと思う。薬品は混ぜない、レギュレーターはどうする等。
M1	○	いい勉強になりました、ありがとうございます。
B4	×	高圧ガスの取り扱い方などは何も理解していなかったので非常に参考になりました。今日の講演会の内容に気を付けてこれからの実験に取り組んでいこうと思います。
B4	×	事故の例などをもう少し入れていただくと実感が湧いて良いと思います。また津江研でよく使う薬品をもっと強調して説明して欲しいです。
B4	×	初めての安全講習会でしたが、発表者の話し方や資料等もわかりやすく素晴らしいものでした。

7) まとめ

今回自作した A4 版 11 ページ分の資料とパワーポイントにより、安全講習会をプレゼンテーションしたが、学生からの反応は良かった、1 時間予定をしていたが講習会は 50 分、アンケート依頼や後片付けでほぼ予定通り 1 時間で終了したが後から考えると、研究室で使用している微小重力用落下塔での高所作業のヘルメットや安全帯着用に関する使用方法や動力器機の使用法の注意、レーザー使用時の保護メガネの着用、作業に必要な資格や必要な特別講習等の説明等加えるべき点が多数考えられ、改善の余地を感じた。

初期の目的である、安全に対する学生の意識は高められたと思う。

又、アンケートでは、どのような講習会を受けているかの把握が出来ていない点と今後への要望欄も設けたほうが良かった等の反省点も見つかった。

8) 参考文献

安全マニュアル（東京大学工学部・工学系研究科）
 環境安全指針（東京大学環境安全管理委員会環境安全部会）
 乙種第四類危険物取扱試験（土屋書店）

28 LabVIEW による 画像集録及び画像処理について

航空宇宙工学専攻 奥抜 竹雄

1. はじめに

2008年4月から、LabVIEW（日本ナショナルインスツルメンツ社）がサイトライセンス契約の運用により、東大本郷キャンパス（本郷・弥生・浅野）で安く手軽に利用できるようになった。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。また、他にも極めて優れたアドオンツールが備わっている。

今回の報告は、数あるアドオンツールの技術の中から、画像処理技術等を利用して学部4年生の卒論（粒子の運動や挙動の解析）の実験研究を行ったのでその内容や課題等を述べる。基本的には卒論の実験研究にLabVIEWを利用することで比較的容易に高度な画像処理・解析等ができることや、メーカー製の画像処理ソフトに対して、特化した機能については操作の簡便さは無いものの、費用対効果や教育的な意義を考え検討を行う。また、LabVIEWの画像関連ソフト（技術）の課題等についても検討を行う。

2. 卒論（粉粒体モデルによる交通流解析とシミュレーション）の概要

卒論は粉粒体を用いた実験によって交通流を模擬することで離散的な流体を理解することを目的とし、さらにシミュレーションを用いて交通流との対応を考察した。

実験の手法としては、傾きのある一本のレール上に鉄球を断続的に転がし、その衝突の伝播の様子について高速度カメラを用いて撮影し、画像処理を行うことで各鉄球の速度、密度を時間に沿って計測した。（ここではシミュレーションについては省いている）

（1）実験装置

交通流においてゆるい上り坂付近でしばしば渋滞が発生することが知られている。このようなゆるい上り坂はサグと呼ばれており、実験装置ではサグにおいて発生する渋滞現象を再現することを目指した。

図1に自作の実験装置を示す。実験装置は大きく分けて次の三つの部分に分けることができる。

発射部分 : 鉄球が発射され転がり落ちてゆく部分。鉄球に速度を与えるためにある。

直進部分 : 鉄球が転がるだけの平坦な部分。サグ手前部にあたる。

斜面部分 : 上り坂になっている部分。サグにあたり衝突は主としてここで発生する。

（2）実験方法

図1の発射部分（傾斜角 43° ）の適当なところから鉄球を発射する。発射位置は鉄球が斜面部分（サグ）から飛び出さない位置に設定する。高速ビデオカメラ（k II : DITECT製）を図1の紙面手前方向から、斜面部分を中心に撮影できるように設置する。

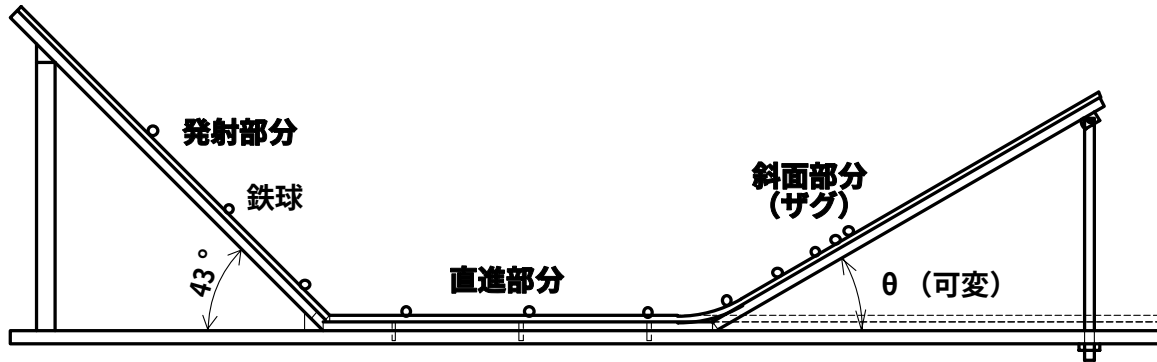


図1 実験装置概略図

実験は、

- 発射装置に鉄球をセットし、発射する。発射装置は発射部分に取り付けてあり、1秒につき1個鉄球を発射する。
- カメラで録画する。コンピュータのディスプレイ上で操作を行い、録画を開始する。
- 録画をとめる。録画範囲内から鉄球が消え去ったら開始したときと同様、ディスプレイ上で操作をして録画を終える。

ここで、LabVIEWのビジョンシステムを使って画像収録を目指したが、高速ビデオカメラ(k II)が認識されなかったため、DITECT製の画像収録ソフトを使用した。

(3) LabVIEWを利用した画像処理方法

(2)で収録した画像をLabVIEWビジョンアシスタントで集録する(図2・3)

図2に画像集録した16分割のサムネイル画像を示す。撮影条件は、毎秒100コマ。

そのうち必要な575コマを集録した。画像の大きさは640×480ピクセルである。

以下にLabVIEWビジョンアシスタントを利用して画像処理を行う手順を述べる。

- キャリブレーションをする。画面のひずみを正す。(図4)
- 二値化を行なう。モノクロ画像だったものをさらに簡略化し、白と黒のみにする。(図5)
- 鉄球の認識をする。あらかじめ学習させておいた鉄球の形状に合うものを画面内から検出させる。
- 座標の出力。認識した鉄球の座標を出力させる。

上記の方法で得た座標から速度、密度を得る方法を以下に記す。

- データの整理を行なう。行ごとに時間、列ごとに鉄球の番号をとり座標データを整理する。
- 速度の算出を行なう。連続する座標の差を時間で割ることで速度を得る。
- 密度の算出を行なう。適当な範囲を取り、その範囲ごとに中に含まれる鉄球の個数をカウントする。
- 流量の算出を行なう。密度を求めた範囲ごとに、その範囲に含まれる鉄球の速度の和をとることで流量が得られる。

図5の下側にスクリプトウィンドウがあり、それぞれの処理を行うと自動的に画像解析スクリプト(解析アルゴリズム)が生成される。これを元にLabVIEW VIを作成することができる。VIとは仮想計測器のことである。

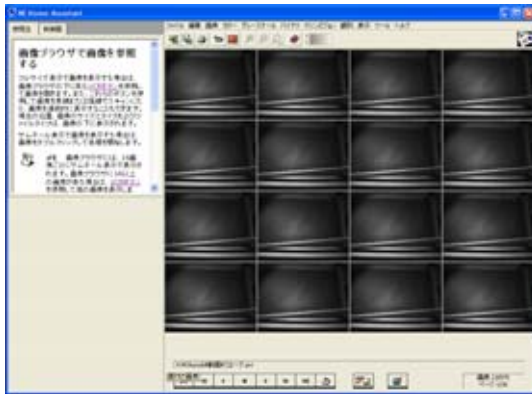


図2 画像集録ウインドウ（サムネイル）



図3 フルサイズウインドウ

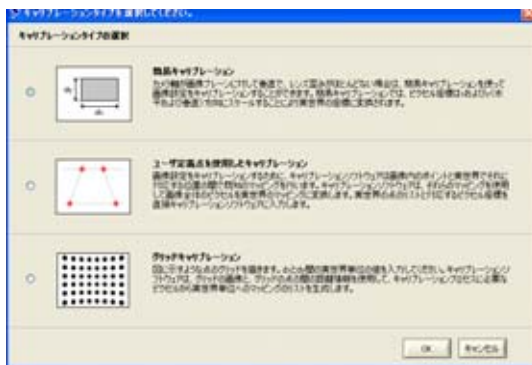


図4 キャリブレーションツール

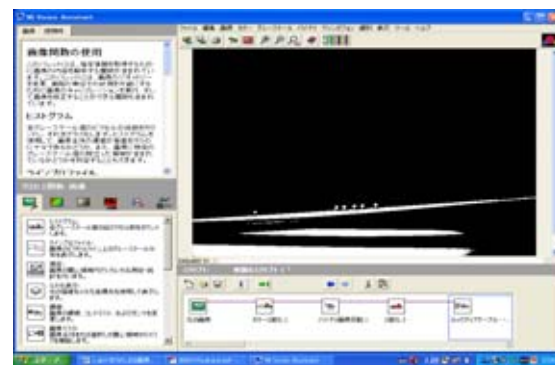


図5 二値化した状態



図6 粒子フィルタ処理後

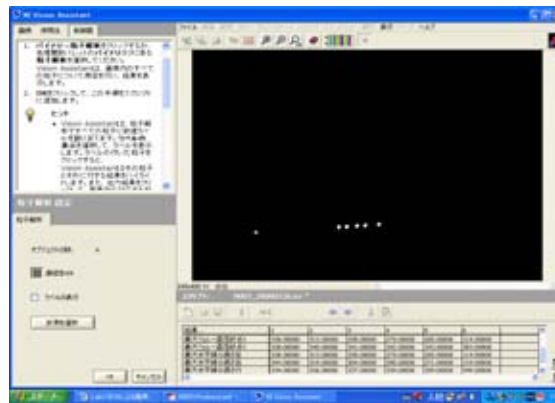


図7 粒子解析した状態

図6は粒子フィルタ処理を行い、鉄球以外の余計なものを画面上から消し去った状態を示している。図7は各鉄球の位置などの数値情報を表に示した。このデータは Excel に送ることが可能であり、各種のデータをまとめることができる。

(4) 実験結果

鉄球の挙動をまとめたグラフを図8に示す。ひとつの線がひとつの鉄球の動きを表す。グラフでは曲線が交差する点があるのはプロットした点を滑らかにしているためであり、実験の鉄球の位置が前後に入れ替わっているわけではない。ここで、反発係数 $\gamma = 0.8$, 斜面の角度 $\theta = 4.2^\circ$, 鉄球の直径 $d = 12.7\text{mm}$ である。横軸は時間、縦軸は水平方向の距離である。

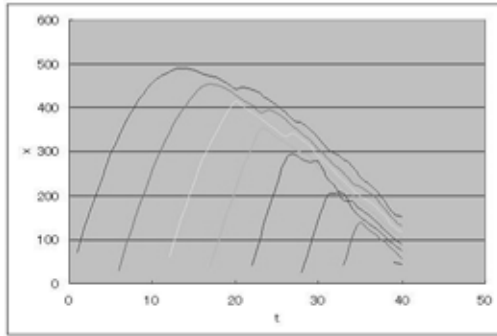


図8 鉄球の挙動

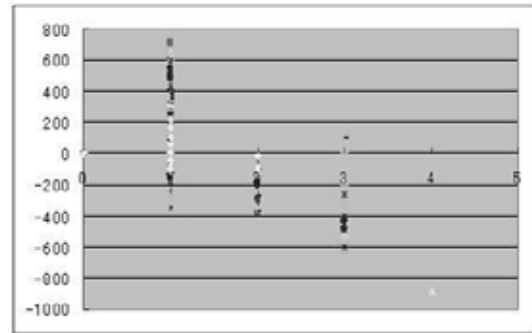


図9 交通流の基本図（密度－流量）

図9に交通流の基本図にあたる密度－流量をプロットしたグラフを示す。横軸に鉄球の密度、縦軸に流量をとったものとして定義され、ここでの密度は50 単位長(約 61mm) あたりの鉄球の数である。

(5) 考察

斜面を流れる鉄球をそのまま追って見ると確かに密度の増加とともに流量の減少が見られる領域がある。しかし速度に位置エネルギーの補正を加えると、実験等で見られた鉄球の集合は衝突のみに起因するものではなく、坂による速度減少の効果も含まれるとわかった。流量や温度といった視点からは、交通流における渋滞に類似したところが見られるが、粉粒体の実験により交通流を再現するにはよりいっそうの研究が必要と考えられる。

3. まとめ

LabVIEWによる画像処理・解析技術は、学部4年生の卒論の研究に利用し、良好な結果を得た。画像による粒子の挙動の解明を行うにあたり、LabVIEWに高い関心や興味を持つことに関して教育的な意義は大きいと感じた。また、LabVIEWの画像関連ソフトは、画像関係の専用ソフトと比較するとコストが約1／5程度（昨年度）であり、手始めに使用するには有用である。今回初めてLabVIEWビジョンシステムを利用したが、多機能な処理をすべて有効的に活用したわけではない。今後の課題としたい。

4. 謝辞

本報告をまとめるに際して航空宇宙工学専攻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、同専攻の西成活浩准教授には高速度ビデオカメラのご提供やご助言をいただき感謝申し上げます。同専攻の小山久夫助教には、いろいろご助言をいただき感謝いたします。そして、航空宇宙工学専攻の修士1年の佐原亨君には実験を行うにあたりお世話になりました。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19年度工学部・工学系研究科技術系職員個別研修(第07－050号)によって得られたことを申し添えます。

参考文献

- 1) 日本ナショナルインスツルメンツ(株)；LabVIEW マシンビジョン／画像処理コーステキスト，コースソフトウェアバージョン8.0，2007年3月版。
- 2) 佐原 亨；粉粒体モデルによる交通流解析とシミュレーション，東京大学工学部航空宇宙工学科，平成19年卒業論文。

29 データベースの利用、管理に関する考察

航空宇宙工学専攻 松永 大一郎

1 はじめに

データベースの種類は様々で住所録のようなものから技術的なプロフィールデータまで、さまざまなものが存在する。そこで、私のようなデータベースをよく知らない者でも個人的に簡易利用するためのにはどうすれば良いのか、特に基本的(初歩的)なデータベースの管理方法を中心に考察を行った。

1.1 Microsoft Excel によるデータベースの作成 容易なデータ管理方法として、表計算ソフト(Microsoft Excel)を使用してデータを作成していく方法がある。「Excel」は様々な用途に利用可能でコンパクトな汎用ツールだ。これを用いると容易にデータベースを作成できる。作成方法の一例として「フォーム」による方法がある。Excel には、頻繁に行う作業を自動化するテンプレートが組み込まれている。このテンプレートウィザードにより、たとえば「Access」のように、いちいち入力フォームを作らなくても、機能は限定されているが、自動的に簡易フォームを作成してくれる便利な機能があるのでこれによりデータの作成を主に行った。

1.2 Excel で データベースを管理する問題 表計算ソフトでデータ入力を行うとは便利だが、もしそのまま管理利用(直接元データを更新)するれば、様々な問題をおこす可能性がある。

2 管理(データ更新)

データはデータの持ち主が入力、又はバーコード読み込みで行えばミスは少なくなるのだが、実際は文書ファイルをキー入力により管理者自身で作成しなければならない場合が多い、そこで、データ更新に際して起こる問題を考え、これを極力減らす為の更新手段を考察した。

2.1 データ入力時に起こりうる問題 「問題」と「解決する為のヒント」(解決できない場合もある)を示す。

問題：データの入力ミスをしたが、何時、どのようにして起こったのか最追跡できない

解決する為のヒント：修正情報を直接入力するデータベースを「更新データベース」とし、基となる全ての情報が集まったデータベースを基本データベース(メインデータベース)と呼ぶことにする。これらを作成して、「更新データベース」と「基本データベース」を結合プログラムにかけて更新してゆく

問題：同一人物がデータベースに複数存在、又は同姓同名の複数人を同一人物としてしまう

解決する為のヒント：

☆ ID 番号やその他複数の関連情報により識別

☆ データ入力時に「データベース検索ツール」等を使用して確認しながらデータを作成して入力

☆ プログラム等により「共通項」から「同一人物複数扱い」「同姓同名の複数人同一人物扱い」を抽出し修正する。

➡ プログラムによるデータ更新はバグが存在する可能性があるため、慎重に行う必要がある

問題：元データの更新の際に発生する入力ミスやプログラムのバグ等によるデータ破壊

解決する為のヒント：一定期間(年(度)、月)等によるバージョン管理

例：1 昨年(ヶ月)前の最新バージョンを今年度1年(ヶ月)間の元データ(基本データ)とする。年(ヶ月)と表記したのは、データの更新量により基本データの保持期間を適切に変更しなければ、管理が繁雑になってしまうと考えた。このように、区切りを付けることで、何時、何処の更新箇所の問題が起こったか追跡が可能になる。問題箇所、

時間を特定できるため、どのバージョンまで戻ればいいのか、何処だけを修正すればいいのかわかるので解決が容易になる。

2.2 プログラムによるデータベース更新 「データ入力時に起こりうる問題」、をクリアするためプログラムによるデータベースの更新が有効であることが解った。そのための、データ更新するためのプログラム言語は色々あるが、データベースの考察なので SQL¹⁾[*Structured Query Language* (構造化照会言語)] を使用してデータを更新することにした。図1のように更新プロセスはシンプルで基本データベースを元に更新され、新しくバージョンアップした基本データベースが生成される。更に生成された新しいバージョンのデータベースを更新といったように周期単位で繰り返されてゆく。図2は更新プログラムの基本的な部分をピックアップしたもので、更新は、主に item (列) ごとに行うことで、「空白 item は更新しない」と言った細かい条件を設定できる。また、あえて空白にしたいときは更新データベース内に「空白挿入」等と言うデータをいれて、後でまとめて検索消去することで解消できる。図2の変更条件にはIDのみで対応しているが、もしIDを間違えてしまうと、そのまま間違えた情報を反映してしまう場合があるので、IDのほかにも複数条件を設定したほうが問題が発生しにくくなる。(その場合は更新できなかった行を抽出するようなプログラムが在ると追跡が容易になる)

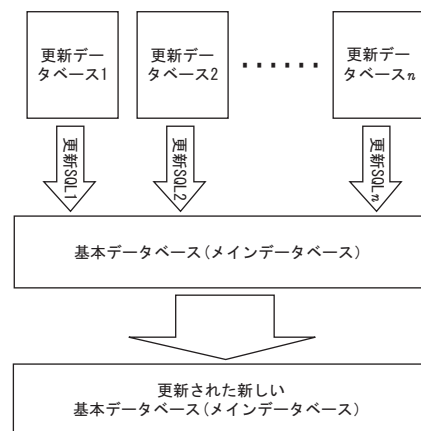


図1 データベース更新の流れ

```
UPDATE 基本データベース
SET item1 = 更新データベース1.item1 ,
    item2 = 更新データベース1.item2
FROM 更新データベース1
WHERE 基本データベース.id = 更新データベース1.id
and 更新データベース1.item1 is not null;

UPDATE 基本データベース
SET item2 = 更新データベース2.item2 ,
FROM 更新データベース2
WHERE 基本データベース.id = 更新データベース2.id
and 更新データベース2.item2 is not null;

:
:
:

UPDATE 基本データベース
SET itemN = 更新データベースn.itemN ,
FROM 更新データベースn
WHERE 基本データベース.id = 更新データベースn.id
and 更新データベースn.itemN is not null;
```

図2 「更新SQL1」 サンプル

2.2.1 更新データベースの更新の順列 更新データベースは、様々な種類があり1回しか実行してはいけないもの(新規にデータを加えるような)や更新の順番によっては「更新された基本データベース」の内容が要求どおりに更新されていない場合があるので、更新の順列には注意が必要だ。

2.2.2 その他の言語による操作 SQL言語を用いることでデータを効率よく操作運用できた。そこでさらに、データ変更に細かい規則を当てはめようとするような「例外的な処理」に対して、SQLプログラムを適応しようとする、複雑になるばかりで、なかなか思い通り処理できない場合がある。そのような場合は、問題は多少あるが、C(＃)やBASIC(VBS)、Java(JDBC [*Java DataBase Connectivity*])等の言語を使用するという考え方も必要だ。

3 利用

データベースの利用方法として以下の方法が考えられる。

要求に応じたクエリー抽出方法:

- ☆ バッチ処理による一括抽出 (表4)
- ☆ Microsoft Access やその他の管理ツールソフト使用したクエリー抽出 (表3)
- ☆ Webを使用したインタラクティブな検索抽出³⁾

3.1 それぞれツール等の使用について WebサーバやAccess (MDB)等のクライアントソフトを活用することでより効率的にデータベースの構築、データ確認、運用(データの相互利用)が行える。

3.2 Webを利用した管理ツール等の使用について

利点：管理データを共有できる。(共有することで効率的にデータを利用できる)

問題点：セキュリティ問題を考慮する必要がある

セキュリティ対策例：情報の不正流失や想定しない不正入力等を回避

- ✓ 情報の公開範囲を限定する (Web サイトにアクセス制限を設ける)
- ✓ アクセスするデータベースユーザの権限を限定する
- ✓ 暗号化して、パスワードを付ける
- ✓ “htmlentities(\$strings, ENT_QUOTES, 'SJIS');”等の適応
- ✓ Windows ベースの SQL サーバ³⁾をローカルイントラネット (非無線 LAN 環境) 内で利用 (使用ポートをローカルホストに限定) する
 - ➡ この場合は基本的に外部からアクセスできない「パーソナルな利用」である
と考える

3.2.1 ODBC [Open DataBase Connectivity] ドライバ ODBC ドライバをインストールすることで、Windows 上で「Microsoft Excel」²⁾ または「Microsoft Access」⁴⁾ からサーバにアクセスして管理・運用することが出来るようになる。

3.2.2 Microsoft Access (MDB) の使用について

特徴：様々なデータ入力フォームがある

データベース利用方法：

- ☆ Microsoft SQL Server、MySQL、PostgreSQL¹⁾などをODBC経由で利用
- ☆ データベースファイルを Access へインポート入力により利用 (更新が面倒だが操作が簡単)

注意：csv ファイルを取り込む際に「インポート エラー」になることがあり、この場合、インポート時に「テキスト区切り記号」を {なし} から {"}へ変更することで解決できることがある

3.3 サーバ構築、利用について サーバソフト導入にあたり、その種類、利用可能範囲を (PC ベースで) 考えた³⁾。

3.3.1 ターゲット OS 及びデータベースの種類 サーバソフトのインストールにおいてターゲット OS が複数存在する。代表的なものは、PC-Unix 系 (Linux、BSD)、Windows 系、MacOS 系が考えられる。Windows 系で動くものは様々な存在するが、複数の OS で利用出来るものをあげるとすれば PostgreSQL、MySQL 等が考えられる。特に MySQL はこれら多くの OS に対応しているので、より多く活用できる可能性がある。(Oracle SQL Server は大変優秀なソフトであるが今回は除外した)

3.3.2 MySQL ⇔ PostgreSQL (表 4) データ変換時の注意点 MySQL は空白データは、そのまま「 ” (空白) 」で問題ないが、PostgreSQL¹⁾ の場合は空白部分に「NULL」(表 4) と入れておかなくてはならない。また、言語設定として、MySQL は「SET NAMES SJIS」などの宣言が (PHP で使用する場合も同様に) 必要。

4 終わりに

このデータベースの管理方法は、個人で「データベース」を構築利用するための 1 例で、商用等の業務で使用するためのものではないことをお断りさせていただく。また、「基本データベース (メインデータベース)」を置いたこの方法はあまり見たことが無いが、これにより容易にデータベースを構築でき、他のサーバやアプリケーションへ移植利用も容易だった (表 4)。今回はデータベースサーバソフトに「MySQL」、「PostgreSQL」を使用した。「MySQL」は他の OS や Web サーバに移植し易かったことや PHP を利用した管理ツールもあったので、主にクエリー利用として Web サーバ + PHP 環境で活用した。「PostgreSQL」は SQL プログラムの資料が多く存在したので、SQL によるバッチ処理で基本データベースを更新管理するために活用した。どちらも、同様の機能があるので単一のサーバで処理を行っても、またそれぞれの扱いやすいもので行って良いだろう。同様なソフトはほかにもあるので以下に代表的なものを挙げておく。(表 1、表 2) また、データベースサーバを使用する方法とは別に、フロント・エンド・プロセッサ (FEP) や「PDIC」(表 3) 等を利用したデータベース情報の利用方法もある。これらも、情報検索の機能は限定されるが、データベース情報を簡易に利用するための手段の 1 つとして考えられる。

Oracle Database	オラクル	ORACLE	Oracle R8.0 ~ Oracle R9.2 (米国 OTN 版)ORACLE 日本オラクル Oracle Database 11g	http://www.oracle.co.jp/
Microsoft SQL Server	マイクロソフト	MSSQL	Microsoft SQL Server (MSSQL) 2005 ~ 2008	http://www.microsoft.com/ japan/sql/
		Jet	Microsoft Access (MDB)	http://office.microsoft.com/ ja-jp/access/
DB2	IBM	(Trial Free)		http://www-06.ibm.com/ jp/software/data/db2/
Informix	IBM			http://www-06.ibm.com/ jp/software/data/informix/
Sybase Adaptive Server		Sybase		http://www.sybase.jp/
Sybase SQL Anywhere 5.5		SSA		http://www.sybase.jp/
Symfoware Server	富士通			http://software.fujitsu.com/ jp/symfoware/
HiRDB	日立			http://www.hitachi.co.jp/hirdb/
HiRDB on XDM (XDM/RD)	日立			http://www.hitachi.co.jp/hirdb/
RIQS V2	NEC			http://www.ace.comp.nec.co.jp/ dbrx/product.htm
InterBase	Borland	(Trial Free)		http://www.codegear.com/jp/

表 1 商用 SQL

MySQL	MySQL	MySQL 3.x 4.x 5.x	http://www.mysql.gr.jp/
PostgreSQL	PostgreSQL	Postgres	PostgreSQL 7.2 ~ 8.3
Microsoft SQL Server 2000 Desktop Engine Release A		MSDE 2000	http://www.microsoft.com/japan/sql/msde/
Microsoft SQL Server 2005 Express Edition		MSSQL 2005 Express Edition	http://www.microsoft.com/sql/editions/express/
SQLite	SQLite		http://www.sqlite.org/
Firebird			http://firebird.gr.jp/
Apache Derby			http://db.apache.org/derby/

表 2 オープンソース/非商用 SQL

ツール名	対象データベース
phpMyAdmin ⁶⁾	MySQL
pgAdmin III ⁵⁾	PostgreSQL
MySQL Workbench	MySQL
MySQL GUI Tools	MySQL
Microsoft Access	Microsoft SQL Server、その他
Management Studio (SSMSE)	Microsoft SQL Server 2005 Express Edition
Execute Query	MySQL
Personal Dictionary 「PDIC」	その他

表 3 Windows で動く SQL 管理・操作、運用ツール

用途	PostgreSQL	MySQL
バックアップ	pg_dump -U UserName DataBaseName > DataBaseName.out	mysqldump -u UserName -pPassword DataBaseName > DataBaseName.out
リストア	psql -U UserName DataBaseName < DataBaseName.out	mysql -u UserName -pPassword DataBaseName < DataBaseName.out
インポート	\copy TableName from 'TableName.csv' with CSV HEADER	load data infile "TableName.csv" into table DataBaseName fields terminated by ',' enclosed by '"';
エクスポート	\copy TableName to 'TableName.csv' with CSV HEADER	select * from TableName into outfile "TableName.csv" fields terminated by ',';
NULL 値	NULL,\N	"" (空白)

表 4 PostgreSQL MySQL 用途別管理コマンド例

《 文 献 》

- 1) Richard Stones. エキスパートから学ぶ PostgreSQL 活用テクニック. インプレス, 2002.04.11.
- 2) 高橋良明. Excel で学ぶ MySQL5.0-もう迷わない!データベースの勘所スラスラ書ける. メディア・テック出版, 2006.06.02.
- 3) 三木秀治. PHP & PostgreSQL で作る実用 Web システム. 毎日コミュニケーションズ, 2006.07.25.
- 4) 松信嘉範. 現場で使える MySQL(DB Magazine SELECTION). 翔泳社, 2006.03.16.
- 5) 斉藤浩. PostgreSQL 徹底活用ガイド for Windows. インプレス, 2005.04.11.
- 6) 堀江美彦. MySQL5 構築ガイド-Open Source High Speed Database. 秀和システム, 2006.04.10.

30 専攻共通室における計算機環境の更新

電気系工学専攻 高橋 登

1. はじめに

筆者は従来から、専攻共通室（事務室、専攻長室）の計算機環境についての助言を求められ、また実際に故障及び障害発生時には実務的な対応を行ってきた。この度、一台のPCの更新作業を機に、全体的な機器の老朽化、低性能による非効率、緊急時の脆弱性が明らかとなった。このため、個々のPCの実態を調査し適切な対策を検討して、全体的な計算機環境の更新を行ったので報告する。

2. 個々のPCの実態調査

事務室で使用している多くのPCは、障害発生時に順次新製品と交換しているため、購入から2、3年のものが多いが、仕様に関しては購入時の予算の関係で決して高性能とはいえない。このため事前のアンケートにおいても、「起動・処理が遅い」「作業中に固まる」「頻繁にエラーになる」などの結果が多く占めた。更に詳しく調べるためには1台1台実際に調査する必要があるが、事務職員の業務を中断させることとなるため、簡単に仕様を調査する事ができるフリーのソフトをインストールしてもらい結果をメールで返送していただいた。これらの詳細なデータを検討した結果以下のような問題が明らかとなった。

1. PCの搭載メモリが512MBであり、アイドル時の空きメモリ容量が150MB以下となっているため、アプリケーション起動時にはスワップが頻繁に起き動作が遅く、エラーが頻発するなど作業効率が悪くなっている。
2. 事務職員が恒常的に使用している一番性能の低いPCが共用計算機（ファイルサーバー）になっており、アクセスが集中することでネットワーク、ハードウェアの仕様が低いため作業効率が悪くなっている。
3. 各自のバックアップ媒体がないためデータは使用PC内だけに存在し、非常時に重要なデータの復元ができないため不安がある。
4. インストールされているソフトのバージョンが古くなっており、対外的な業務に支障が起きる可能性がある。
5. ディスプレイが老朽化により初期の性能を満たしておらず、また現在の標準と比較して小さいため作業効率が悪くなっている。

3. 対策の検討

上記の実態調査から以下のような更新を検討し実施することとした。

1. 搭載メモリを全て2GBに増設する。1GBでも十分と考えられるが、事務室の場合複数のソフトを併用する場合が多いため、余裕を見て搭載可能最大容量とした。
2. 新規に専用のネットワークファイルサーバーを設置し、日常の業務あるいは非常時用のバックアップに使用する。共用計算機となっているPCは共有を解除する。事務室内のSWHUB

もGB対応に変更し、ファイルサーバーとは高速で通信を行う。なお、現時点ではファイルサーバーと事務室の間で、一箇所100Mbpsの部分が存在するが、近々機器が交換されGBで接続される予定である。

3. 使用しているアプリケーションのバージョンアップを段階的に行う。
4. 老朽化しているディスプレイを19インチの高解像度のものに交換する。

メモリに関しては、古いPCの場合、現在の主流である仕様と異なるため、販売されているものが少ない上に高額なものが多かった。このため増設に際しては本体の更新も視野に入れ検討することも重要である。

事務室ではエアコンの設定温度を28度としているが、ファイルサーバーにとっては常時稼動するには多少負荷のかかる状態と言える。このため設定温度が低く安定化電源を使用できるサーバー室に置く事にした。ファイルサーバーの設定は容量が半減してしまうが、データの保全を第一に考慮しミラーリング(RAID1)にしている。共通室とはVLANで接続されているが、事務室と専攻長室でネットワークアドレスが異なるため、Windowsのファイル共有で接続することができない。このため、NATを設置しアドレス変換して、台数の少ない専攻長室からはFTP接続することで解決している。

日常的に使用されているMS-Office2002(XP)と、現在販売されている最新のMS-Office2007とはインターフェイスの仕様がかなり異なるので、導入時の混乱を避けるため今回は保留としたが、HP作成アプリケーションについては新規のものを採用した。

ディスプレイは大型化・高解像度化することで、画面切替・スクロールなどが減り作業効率がかなり改善される。現在は低価格化がすすみ、19インチでも2万円程度になったため既存の小型のものは全て交換した。

4. 対策の効果

現時点では対策を行った直後であるため具体的な効果は明らかにできないが、すでにメモリの増設、ディスプレイの大型化によって、作業効率がアップしたとの報告を受けている。また、ファイルサーバーを設置したことによってデータの保存が容易になり、管理者以外立ち入ることのできないサーバー室に置かれていることから、セキュリティの面でも不安が解消されることと思われる。

5. まとめ

今回の更新作業の経費は専攻の事務機器更新費から支出されている。新規の本体の更新は含まないため以下のような内容になっているが、今後2年以内には再び本体の更新を含め作業が必要と考えられるので長期的な計画と対策が必要である。

表1. 更新にかかった経費

機器	台数	価格
増設メモリ	5	85,000
ファイルサーバー	1	115,100
ソフトウェア	2	34,000
ディスプレイ	7	142,590
合計		376,690

最後に、更新作業に関連して協力していただいた事務室の方々に感謝致します。

31 シリコン PIN フォトダイオードを用いた γ 線スペクトロメトリー

システム創成学専攻 細野 米市

1. はじめに

放射線とは、荷電粒子性放射線（高速電子、荷電重粒子）と非荷電粒子性放射線（電磁放射線、中性子）に分類される。高速電子は β^+ 、 β^- 、原子核崩壊以外で生成される β^- であり、荷電重粒子は α 線、陽子、核分裂生成物等である。電磁放射線は、 γ 線（X 線）を指しており、中性子は高速・低速中性子等を言っている。これらの種々の放射線を測る方法は、放射線入射によるガスの電離を利用したもの、発光現象を利用したもの、半導体内でのイオン対生成を利用したものがある。

本報では、① γ 線スペクトロメトリーに用いることが可能な CsI(Tl)シンチレーション検出器の測定系の使用法と② γ 線と物質の相互作用に関する基礎知識を深める。事を目的とした放射線計測のテキストを紹介している。

2. CsI(Tl)シンチレーション検出器の原理

CsI(Tl)シンチレーション検出器の概要を第1図に示す。シリコン PIN 型フォトダイオード(PD)を用いたシンチレータとして CsI(Tl)を用いる理由は、発光波長が 540nm で発光の減衰時間が約 1 μ s となっており PD と相性が良いからである。この検出器の特徴は、①電磁場の影響を受けない。②安価である。③小型軽量である。④バイアス電圧が低い。等である。

シンチレータに γ 線が入射すると、その内部で γ 線とシンチレータの相互作用によって高速電子が生じ、そのエネルギーは光子（数）に変換される。CsI(Tl)結晶中を通過する高速電子は、電離・励起過程を介して、伝導体に自由電子（および荷電子帯に正孔）または、励起子と呼ばれる電子・正孔対を生成するが、これらが結晶中を自由に動き回るうちに、最終的に伝導帯と荷電子帯間（禁止帯）にエネルギー準位を持つ不純物中心（ここでは 1% 以下の Tl）に捕獲され、励起状態を生じる。この励起状態から基底状態へ遷移する時、1 μ s 以下で光子を放出する。これがシンチレータの発光である。

CsI(Tl)シンチレータと PD の接合部は、屈折率の同じシリコングリースが用いられる。放射材は、遮光を兼ねてテフロンテープが多用されている。これに黒のテープを用いた学生の例も有るが、黒は発生したシンチレーション光を吸収し、PD の受光面に到達する光を減少させるので使ってはいけない。

PD の電流出力パルスは、電荷増幅器によって電圧信号に変換される。その信号は、立ち上がり時間が τ で減衰時間が RC の時定数となる。通常フィードバック抵抗 R は、100M Ω 以上が用いられる。CsI(Tl)シンチレータの場合は τ 1 μ s であるから、 $f_c = 1/\tau$, $R = 100\text{M}\Omega$ とすると、電荷増幅器出力は、1 μ s で立ち上がり、0.1ms で減衰する電圧波形が観測される。この時のパルス波高値は、入射した γ 線のエネルギーとほぼ比例する。ただし、入力電流パルスよりも十分に長い時間で積分することが必要である。

電荷増幅器の出力は、主増幅器（波形整形回路）で電氣的に微分と積分され増幅される。この回路の最大の意味は、バンドパスフィルターを構成しており、S/N 比の向上を図っている点にある。放射線特有のノイズを考慮し回路の時定数は、 $0.25\mu\text{s}$ 、 $0.5\mu\text{s}$ 、 $1\mu\text{s}$ 、 $2\mu\text{s}$ 、 $3\mu\text{s}$ 、 $6\mu\text{s}$ 、 $10\mu\text{s}$ の様になっている。

主増幅器の出力は、多チャンネル波高分析器（MCA）に入力し、 γ 線のエネルギースペクトルが測定される。

3. 実験

まず、①電荷増幅器出力と主増幅器出力波形をオシロスコープで観測する。この時のオシロスコープの入力インピーダンスは、最初は 50Ω にしないことが望ましい。②最適な主増幅器の増幅率や時定数を確認する。そして、1) ^{137}Cs 662keVの γ 線、2) ^{22}Na 陽電子および 1276keVの γ 線、3) ^{241}Am 60keVの γ 線、を用いて、 γ 線スペクトルをMCAで測定する。この結果を基に以下を検討する。

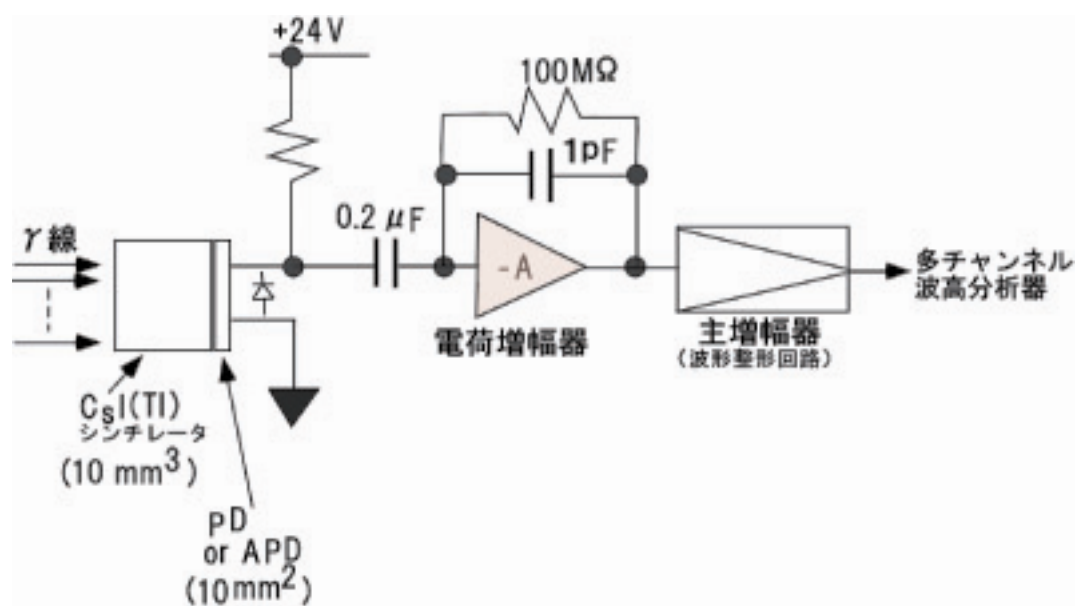
[1]photo peak のエネルギー分解能（full width at half maximum）を求めてみる。

[2]エネルギーの増加と共に分解能の値は、どの様に変化するか考える。その理由は？

[3] ^{137}Cs と ^{22}Na について E_c （コンプトンエッジ）と E_b （後方散乱ピーク）を求める。ただし、 γ 線の散乱角 $=180$ 度の時の反跳電子エネルギーを計算し、 E_c の実験値と比較する。
 E_b を散乱 γ 線に対するphoto peak とし、散乱角 180 度にした時の E_b と実験値と理論値を比較する。

[4]Back scattered peak を除いた全面積と photo peak の面積比(peak-total ratio)を求める。

[5]単一エネルギー γ 線によるコンプトン散乱電子のエネルギー分布計算値(多重散乱は無視)と本実験で得られた結果を比較する。



第1図 CsI(Tl)シンチレーション検出器の概要

注 1) photo peak のエネルギー分可成と E_γ の関係：ガンマ線がシンチレータ内で起す電離・励起は統計現象であって、 E_γ と関係がある。

注 2) 散乱角 ϕ の時のコンプトン電子のエネルギーを T とすれば、

$$T = E_\gamma \times \frac{\alpha (1 - \cos \phi)}{1 + \alpha (1 - \cos \phi)}, \quad \alpha = m_0 c^2$$

電子のエネルギーが T になる確率密度の相対値 P は、

$$P = 1 + \cos^2 \phi + \frac{\alpha^2 (1 - \cos \phi)^2}{1 + \alpha (1 - \cos \phi)}$$

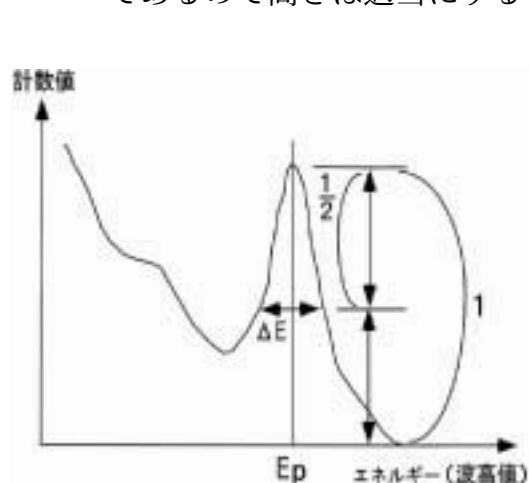
となる (Klein-仁科の式より)。下記は全て ^{137}Cs を想定している。

注 3) エネルギー分解能は第 2 図より、 $\Delta E/E_p \times 100\%$ 。

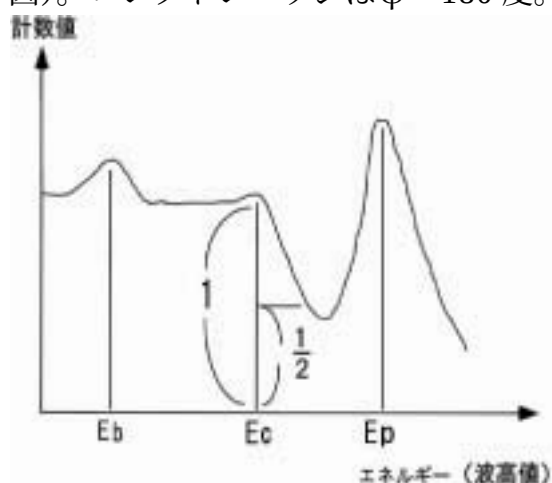
注 4) コンプトンエッジ E_c は、第 3 図による。

注 5) peak-total ratio は、後方散乱を除いた総面積で考える (第 4 図)。この場合、誤差が入ることになるが、その理由を考える。

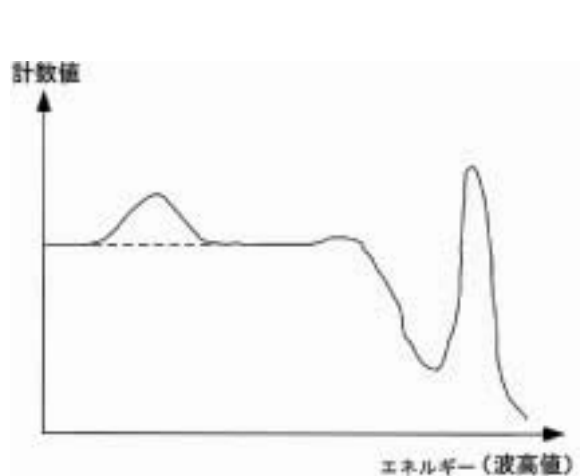
注 6) 実測スペクトルに上式を用いてコンプトン散乱部を書く。ただし、 P は相対値であるので高さは適当にする (第 5 図)。コンプトンエッジは $\phi = 180$ 度。



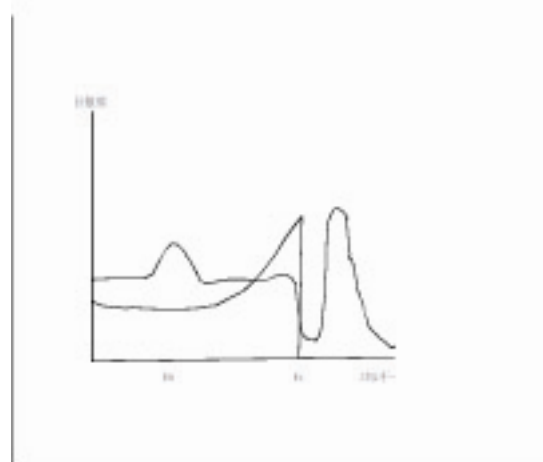
第 2 図 エネルギー分解能を求める手法



第 3 図 コンプトン散乱



第 4 図 peak-total ratio 計測用図



第 5 図 コンプトン散乱の実測と理論値

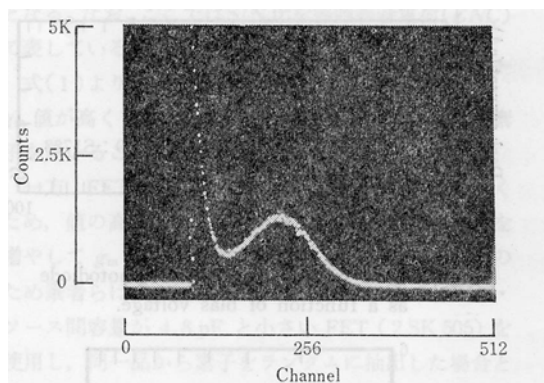
4. まとめ

以前行われていた学部3年生用放射線計測の学生実験をPDを用いた γ 線計測用書き直してみた。必要なノウハウは、実験を進める中で身につけたいものである。

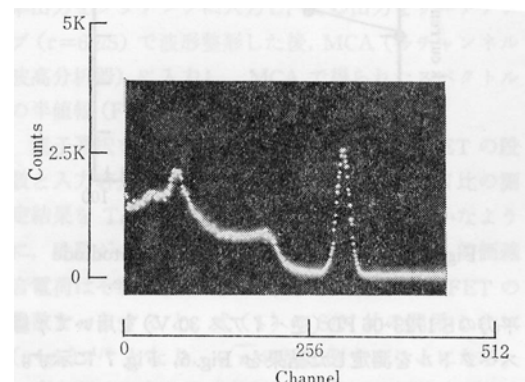
参考文献

- 1) 木村逸郎、坂井英次：放射線計測ハンドブック、日刊工業新聞社
- 2) 細野米市、中沢正治：photodiodeを用いたシンチレーション検出器用低ノイズプリアンプの開発と応用、Radioisotopes, Vol.38, No.3 (March. 1989).
- 3) γ 線スペクトロメトリー：システム量子工学学生実験指導書、(平成11年)

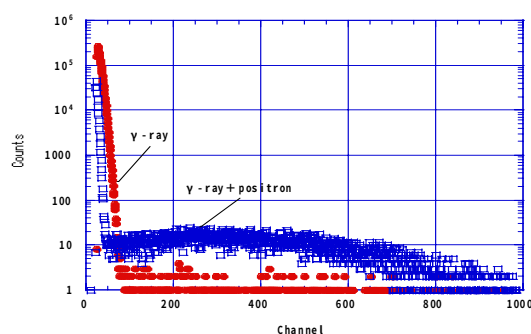
参考のため、第1図(a)に ^{241}Am (60keV γ 線)の測定例を示し、 ^{137}Cs (662keV γ 線)の測定例を第2図に示す。分解能は、それぞれ42%と6.1%であった。また、PDは、それ自身がシリコン半導体検出器として使うことも可能である。空乏層が0.2mm程度しかないため、数十keVの γ 線を吸収する確率は極めて低い。しかし、荷電粒子に関しては、MeVオーダーまで計測可能である。陽電子を測定した例を第3図に示す。上部のスペクトルが陽電子と γ 線の合成を示し、下部が γ 線のみを示している。検出効率は51%であった(詳細は略す)。



第1図(a) 60keV γ 線の測定結果



第2図 662keV γ 線の測定結果



第3図陽電子の測定例 (^{22}Na 使用)

32 平成 19 年度 実験・実習技術研究会参加報告

システム創成学専攻・鈴木 誠

1. はじめに

3月6日～3月7日に徳島大学で平成19年度 実験・実習技術研究会が開催された。参加者数は367名、口頭発表60名、ポスター発表102名であった。初日は特別講演（英 崇夫教授 徳島大学工学部創成学習開発センター長）、口頭発表、ポスター発表、2日目は口頭発表のみが行われた。今回、口頭発表でこの研究会に参加した。また、いくつかの講演やポスター発表を聴講したので報告する。

2. 研究会内容

2. 1 特別講演

進取の気風を育む創造性教育 ―創成学習開発センターの活動―

英 崇夫教授 徳島大学工学部創成学習開発センター長

この講演では学生が自ら進んで学ぶために大学がどのような教育をするべきかの教育方法についてお話があった。大学で学ぶべきものとして「学力」と「人間力」があり、問題点及び課題に対して先生や友人に質問もせずに答えのみを暗記してもそこには学ぶ課程がなく学力は身につかないことが多い。課題などで自分が得た成果に対して状況を絵に描き、他人に説明できなければ本当の学力は身につかない。これが考えることの大切さである。私自身もプレゼンテーションなどで自分の成果を発表するときは、他人にわかりやすく説明することで自分自身の学力や知識力は身につくと感じているのでこの教育方法について共感できた。

2. 2 口頭発表

「低温域における弾性波動伝播測定システム構築」の題目で口頭発表した。この発表内容の一部は所属している物理探査学会でも発表しているがその学会の発表時は固液共存状態（氷の生成状態）の様子、波長などの題目に関係する低温域や弾性波の専門的な質問が多かった。今回も低温域や弾性波の質問を想定し、このような分野に関わりの少ない人にわかりやすく説明できればと考えていたが低温域や弾性波の質問はなく、あまり想定しなかった圧力、熱伝導などの質問をいただいた。今回の技術研究会はいろいろな技術機関から参加している人が多く、いろいろな分野の専門の方がいて今までと違った局面から見てくれる人が多く非常に有意義な発表であった。

また、口頭発表の順番が特別講演と技術交流会の間に設定された関係で参加人数がたくさんおり、多数の人に発表を聞いていただけたことは幸運であった。

2. 3 聴講（口頭発表）

「積雪センサーの試作」旭川工業高等専門学校

この発表は超音波センサーを用いて積雪量測定を行う実験である。

旭川市では冬、降雪が 50cm 以上になり、除雪作業が数時間に及ぶ。その除雪作業の有無の判断のために積雪量の情報が必要であり、その積雪量を超音波センサーで測定する。

超音波センサーを使用し反射法で測定しているが、この実験ではさらさら雪と踏み固めた雪を使用して雪に対する距離測定を行っている。両者を比較すると踏み固めた雪のほうが誤差が多い結果が出ている。この実験での超音波センサーと使用周波数域は違うが私の実験でも超音波センサーを使用しているので積雪量実験に使用する発想は面白いと感じた。

2. 4 聴講（ポスター発表）

「雪の含水率推定を目的とした誘電緩和の測定」電気通信大学技術部

この発表は雪の性質の一つである含水率に着目した実験である。

含水率の標準測定は雪を融解することにより測定する「熱量式含水率計」である。ただ、精度よく測定するためには技量が要求されるため誰もが手軽に測定するのは非常に難しい。そこで電界を用いた「誘電方式」を検討している。雪は氷と水と空気の混合物と考えられ、私が行っている固液共存状態の実験と共通点があり、室内実験において低温域（液体/固体相）で再現性のある高精度のデータ取得可能なシステムの構築という共通点があったので話を聞いてみた。雪がなかなか均等にならず含水率が実験によりたびたび変化する問題点を現在改良しているところであった。私も低音域で容器内の温度の安定に苦しんでいて改良を重ねているところであったため、お互いの経験を話し有意義な意見交換が出来た。

3.おわりに

全体として、今回の技術研究会は子供たち（小学生、中学生）を楽しませるものづくりの発表が多く、どの発表もものづくり（理科嫌い）への意識離れを解消するため楽しく実験を行うため最初に結果を予想させたりいろいろ工夫して実験を行っていた。これは実験を理解するために非常に有効で子供たちがものづくりに興味を持つ一つのきっかけになると期待していた。大学内にいると交流が限られどうしても視野が狭くなるため、今後もこのような研究会には積極的に参加して情報収集しなければと感じた。

謝辞

この研究会には 2007 年度 OJT を活用させていただきました。ここに深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- ・平成 19 年度実験・実習研究会ホームページ <http://gijutsu2008.tech.tokushima-u.ac.jp/>
- ・平成 19 年度実験・実習研究会 報告集

33 蛍光 X 線分析実習の受講

システム創成学専攻・森口恵美

開催団体 : 株式会社リガク 東京分析センター
東京都昭島市松原町 3-9-12

受講期間 : 平成 19 年 11 月 14 日 (水) ~ 平成 19 年 11 月 16 日 (金)

講習会内容

<1 日目>

1. 蛍光 X 線分析装置の原理
2. 定性分析
3. 定量分析
4. F P 法
4. 試料調整

<2 日目>

1. 定性分析実習 定性分析の考え方と解決法
2. 定量分析実習 測定条件決定 マトリックス補正
3. 日常点検

<3 日目>

1. 自由実習 まとめ

参加した講習会は、「RIGAKU 蛍光 X 線分析装置 PRIMS II」を使用する人を対象に行う講習会であり、X 線の基礎知識、蛍光 X 線分析法の原理、装置操作の習得を目的としたものである。講習会は定員 10 名で、実習は 2 グループに分かれて行った。1 日目に蛍光エックス線分析の原理などの基礎を学び、2 日目は実際に装置を操作しながら定性分析と定量分析のパソコン操作と問題点の解決法を学習した。3 日目は、受講者が持参した試料を用いて、実践分析の手法についてグループで検討し、分析精度の向上を試みた。

現在、不明廃棄物処理 WG (安全衛生管理室) で扱っている不明廃棄物には液体試料が多く、その定性・定量分析操作は大変煩雑であり、蛍光エックス線分析で定性・半定量測定にてスクリーニングすることが作業時間短縮のために不可欠である。そこで、3 日目の実習では、液体試料の分析について指導頂いた。

蛍光 X 線分析法は非破壊で、固体だけでなく液体も分析可能な点が長所である。その分析精度を左右するポイントは適切な試料の前処理法の選択であり、液体試料の場合は専用ろ紙 (マイクロホルダー) に吸収乾燥させる「ろ紙法」、又は、液体のまま専用の容器に入れ、装置資料室内を He 置換させて分析する「液体法」がある。後者を用いる場合、分析面に気泡が入らないようにするなどの技術が必要である。それに対して「ろ紙法」の前処理は容易であるが、気化しやすい物質は測定できない短所がある。不明廃棄物分析では内容成分のスクリーニングが目的の為、「ろ紙法」で十分と考えられるが、特定の元素を高精度で測定したい場合は、「液体法」が望ましい。

34 第二種作業環境測定士資格取得のための講習会参加

化学システム工学専攻 大沢 利男

1. はじめに

作業環境測定士は『労働安全衛生法』、『作業環境測定法』に基づいて労働者の職場環境に存在する有害物質を調査するため、デザイン（測定計画）、サンプリング（試料採取）、分析（簡易測定および測定機器を用いる）を行い、労働者の健康を守る資格である。産業医、衛生管理者とともに事業所内に作業環境測定士を確保し、継続的な作業環境管理が求められている。

環境計量士資格を持っていると免除講習を受講することにより作業環境測定士の試験が免除され、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出来る。作業環境測定士資格には第2種と第1種があり、第2種を先に取得した後、第1種が取得できる。すでに免除講習を受講しており、今回第2種の登録講習を受け、第2種作業環境測定士の資格を得ることを目的に研修を行ったので報告する。

2. 研修

登録講習に向け、作業環境測定ガイドブックで学習した。また評価計算の習得のため、電卓を用いた統計計算の練習をした。

平成19年4月25日～27日 作業環境測定士第二種登録講習に参加し、受講した。

講習は1日目「有害因子と健康障害」、「有害物の体内進入の形態」、「有害物の量に関する指標」、「作業環境管理の進め方」、2日目「作業環境の測定の目的」、「デザインの仕方」、3日目「サンプリングの仕方」、「簡易測定機器とその取扱い」と行われ、最後に修了試験として実技試験、筆記試験が行われた。

5月中旬に講習修了証が送られてきた。その後、第2種作業環境測定士の登録申請を行い、5月21日付けの登録証が届き、資格を取得した。第2種作業環境測定士は、作業環境測定の業務のうち、デザイン、サンプリング及び簡易測定器を用いた分析（解析を含む）を行うことができる。第1種作業環境測定士については、登録区分として、「鉱物性粉じん」、「放射性物質」、「特定化学物質」、「金属類」、「有機溶剤」の5種類の区分があり、それぞれの登録を受けた区分毎に作業環境測定の業務が行える。当面「特定化学物質」、「金属類」、「有機溶剤」の区分の取得をめざす。作業環境測定士は作業環境測定を実施するだけでなく、必要な改善措置を図るなど作業場の継続的な作業環境管理が求められ、大学においても同様に作業環境測定士を置くことの重要性を認識した。

なおこの研修は平成19年度工学部・工学系研究科技術部技術職員個別研修(FJT)の補助を受けたことを記し、謝意を表します。

[関連ホームページ]

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

35 水素還元下での気相反応法により作製された

Ni 微粒子の凝集状態について

(平成19年度技術職員個別研修報告)

マテリアル工学専攻・中村光弘

1. はじめに 塩化ニッケル (NiCl_2) を原料として水素還元雰囲気下で気相反応法により Ni 微粒子を作製した。得られた Ni 微粒子を透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察を行った。観察の結果、Ni 微粒子は粒径が約 100 nm 程度の球状粒子でそれらは複雑な凝集体を形成していた。観察された凝集の状態は、

- ① Ni 微粒子自体が集まりより大きな塊を形成している。
- ② Ni 微粒子 1 個 1 個が結晶粒界を作りながらジグザグに成長している。
- ③ Ni 微粒子 1 個 1 個が点接触しながら直線状に成長している。
- ④ これら①、②、③が複雑に組み合わさりより大きな凝集体を形成している。

この Ni 微粒子は小型で大きい静電容量が得られる積層セラミックスコンデンサの内部電極材料に用いられる。小型で大きい静電容量を得るには Ni 微粒子の粒径と粒度分布の制御及び凝集粒子の分散が要求される。いままで粒子径、粒子形状を厳密に定義する手段は多く提案されているが、凝集状態に関する発表は見当たらない。そこで、凝集粒子の分散技術の向上に寄与するため、複雑な凝集状態の解明を試みた。

Ni 微粒子凝集体をランダムなパターンに見立て、適当な座標を原点 O とする座標系を考える。すると、凝集体上の微粒子がどこにあるかは、位置ベクトル $\mathbf{r}'$ で表わせる。すべての微粒子は微粒子の有無: $\rho(\mathbf{r}')$ を割り当てる事が出来る。 $\rho(\mathbf{r}') = 1$ 微粒子在り

$\rho(\mathbf{r}') = 0$ 微粒子無し。凝集体上の 1 つの微粒子を選び、その位置ベクトルを $\mathbf{r}'$ とするとそこでの密度は $\rho(\mathbf{r}') = 1$ である。そこから $\mathbf{r}$ だけ離れた凝集体上の微粒子は位置ベクトル $(\mathbf{r}' + \mathbf{r})$ で表わせる。凝集体の微粒子がお互いにどのような関係で分布しているかは、積 (1) 式に情報が含まれ、2 点間の相関関係を表わす量である。

$$\rho(\mathbf{r}' + \mathbf{r})\rho(\mathbf{r}') \quad (1)$$

(1) 式に平均操作を加えるために、微粒子の総数を N とすると微粒子間の相関関係は (2) 式のように表わされ、ベクトル $\mathbf{r}$ の関数となる。微粒子凝集体には上下、左右などの特別な方向はないと仮定し (2) 式で $\mathbf{r}$ の大きさ r は固定したままで方向について平均すると

$$C(r) = \frac{1}{N} \sum_{\mathbf{r}'} \rho(\mathbf{r}' + \mathbf{r})\rho(\mathbf{r}') \quad (2)$$

(3) 式で表わされる (Ω は立体角、 Ω_t は全立体角であり、2 次元では、 $d\Omega = d\theta$ ($0 < \theta < 2\pi$)、 $\Omega_t = 2\pi$)。 (3) 式の $C(r)$ は $\mathbf{r}$ の大きさ r だけの関数であり

$$C(r) = \frac{1}{\Omega_t} \int C(r) d\Omega \quad (3)$$

$C(r)$ あるいは $C(r)$ は相関関数とよばれる。Ni 微粒子凝集体を r の関数として整理することにより相関関数： $C(r)$ が $C(r) \propto r^{-d}$ のようなべき形をとるならば Ni 微粒子凝集体の分布はフラクタルであり、凝集体の分布がフラクタルであれば特徴的な長さは存在せず相関の落ち方はいつも同じである^{1)、2)、3)}。

今回、Ni 微粒子凝集体の全体に亘って、1 個 1 個の間の距離を、先ず与えられた距離： r よりもいくつかの組み合わせ（微粒子中心点間）が短い距離にあるかを数え、 r が変化するとき、個数 $C(r)$ を凝集体の総個数の二乗で割って（4）式により整理することを試みた。

$$d = \frac{\log(C(r)/\text{総個数の二乗})}{\log r} \quad (4)$$

8 つの Ni 微粒子凝集体について行ったところ、微粒子間の距離が 0 からある距離までは分布が距離 r のべき形で表された。距離 r のべき形で表されるフラクタル領域とフラクタル領域で無くなるそれ以外の領域を、フラクタル領域の限界の距離を相関距離： ξ （特徴的な長さが現れる）と仮定するとフラクタル領域以外の微粒子間の相関は指数関数（5）式で表わすことができる⁴⁾。

$$g(r) \cong \exp(-r/\xi) \quad (5)$$

ゆえに、Ni 微粒子凝集体の微粒子間の相関を距離： r をもちいてフラクタル領域と指数関数（相関関数）領域であらわすことができると考えた。

2. 実験方法 TEM 試料作製時、Ni 微粒子の分散には溶媒にメタノール、アセトンを使用し、試料支持膜にマイクログリッド（市販品）、コロジオン膜（自作）を用いた。メノウ乳鉢中で溶媒を使用して粉碎した後、超音波洗浄器で溶媒中に試料をよく分散させて白金ループを用い、溶媒の表面張力を利用して、マイクログリッド等に乗せて TEM 観察を行った。撮影されたネガフィルムを 5 倍に拡大した後、スキャナーにかけ、画像処理ソフトで Ni 微粒子の座標位置を読んだ。得られた座標位置を Excel の表に打ち込んだ。その後、Excel の Visual Basic Editor を用いて Ni 微粒子間の距離を求め、距離の小さいものからの並べ替え、微粒子間のある距離ごとの個数を数え、（4）式により整理を行った。

3. 実験結果 図-1 は総個数が 672 個の Ni 微粒子凝集体の TEM 写真である。アセトンで分散させ、試料支持膜はコロジオン膜にカーボン蒸着を行ったものを用いた。色々な大きさの微粒子からなり、数個程度繋がったものが小さな凝集体を形成し、さらにそれらが集まりあって大きな全体の凝集体を形作っている様に観察された。

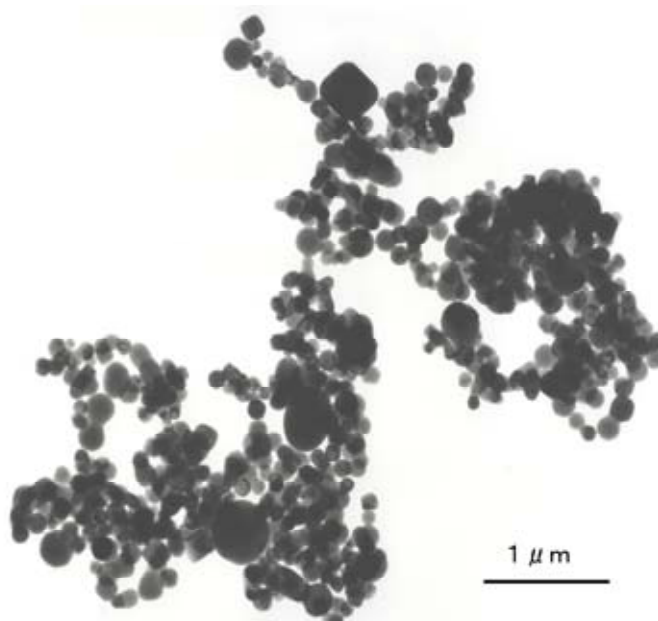


図-1 総個数 672 個 Ni 微粒子凝集体

図-2は図-1の凝集体を(4)式によって整理したものである。1.46 μm までは直線領域(フラクタル)であり、 d -値(直線の傾き)は1.766であった。相関距離： ξ を1.46 μm と仮定した(特徴的な長さが表れる)。凝集体全体の中で N_i 微粒子間の最大距離は5.437 μm であった。表-1は8個(T-1からT-8)の凝集体についてそれぞれ整理したものである。分散剤や試料支持膜が異なると d -値やフラクタル領域等が異なってくる。それらの違いは分散剤及び試料支持膜によるものと思われ N_i 微粒子を分散させ試料支持膜上で乾燥する時の凝集の異なりである。しかし、いずれの場合も凝集体全体をフラクタル及び相関関数で表すことができると考える。 d -値の大小は凝集の程度を表す目安として用いることができる。大きな凝集体は、ある程度凝集した小さな凝集体同士が集まり形成されていると思われる(T-5とT-6)。

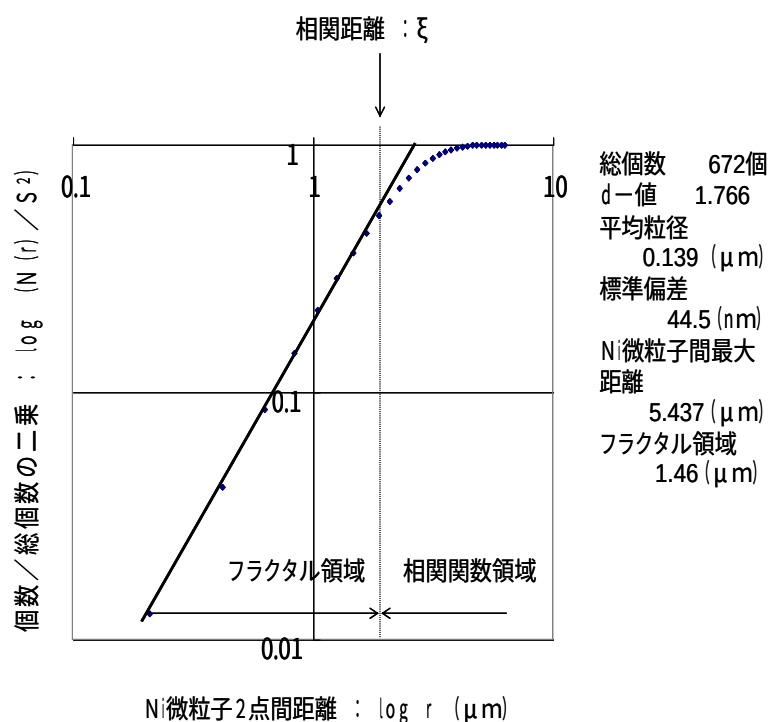


図-2 N_i 微粒子2点間距離と距離ごとの個数との関係

大きな凝集体は、ある程度凝集した小さな凝集体同士が集まり形成されていると思われる(T-5とT-6)。

表-1 N_i 微粒子凝集体の凝集状態について

項目	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8
総個数	252	359	404	524	235	1215	244	672
d -値	1.504	1.539	1.695	1.704	1.653	1.432	1.598	1.766
平均粒径 (nm)	146.6	105.3	112.7	116.9	135.4	133.6	136.6	139.4
標準偏差 (nm)	61.0	41.5	46.83	45.4	35.7	47.9	41.2	44.5
最大距離 (μm)	5.264	5.035	5.357	5.791	2.693	8.933	3.279	5.437
フラクタル領域 (μm)	1.15	1.4	1.325	1.75	0.88	3.4	0.55	1.46
分散剤	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	アセトン	アセトン
試料支持膜	マイクログリッド	マイクログリッド	マイクログリッド	マイクログリッド	コロジオン	コロジオン	コロジオン	コロジオン

小さな凝集体では 総個数が増えればd-値も大きくなり粒径が揃っているものは、フラクタル領域も大きくなると予想された (T-1からT-4)。

図-3は 表-1、T-8の総個数 672 個の凝集体のd-値 (1.766) 及び相関距離 (1.46 μm) を用いて凝集体の微粒子間の最大距離 (5.437 μm) の真ん中の位置の微粒子からの相関の大きさを距離ごとに直線上に表したもので真ん中の位置の微粒子自身を1 (最大) として凝集体の端までを見積もったものである。

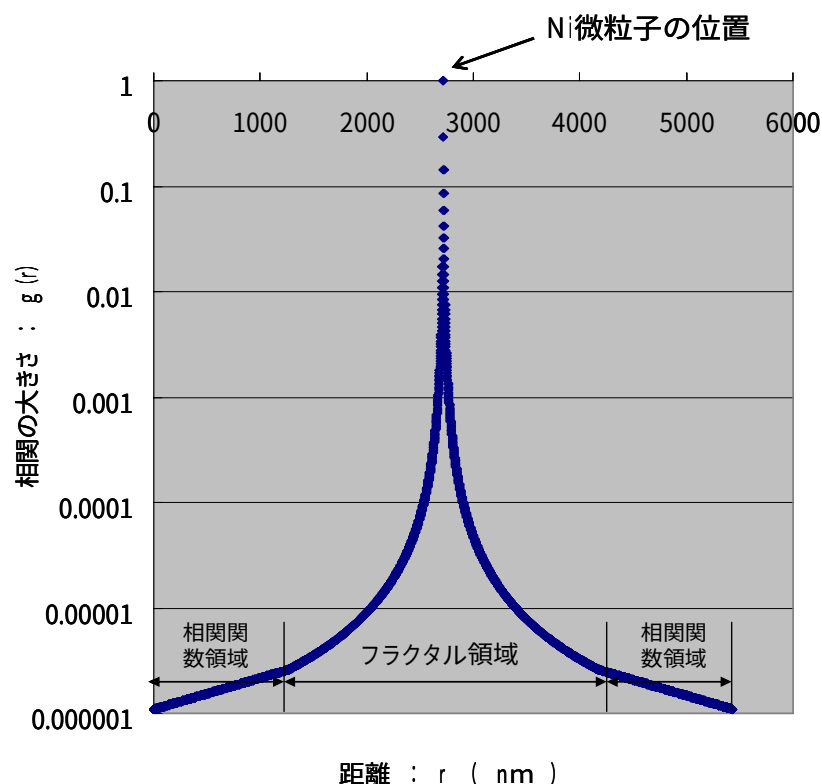


図-3 微粒子間最大距離の真ん中の位置からの相関の大きさ (表-1, T-8)

4. まとめ Excel の Visual Basic Editor の基本的な利用法の基礎を習得することができた。これを用いてNi 微粒子凝集体の分布状態を(4)式で整理を行った。その結果Ni 微粒子凝集体の分布状態を分散剤や試料支持膜によらずに、フラクタル領域と相関関数領域との二つの領域で表すことができる。d-値の大小は凝集の程度を表す目安として用いることができ、大きな凝集体はある程度凝集した小さな凝集体同士が集まり形成されていると思われる。また、得られた結果のd-値、フラクタル領域(相関距離： ξ)から、凝集体の中心位置の微粒子が及ぼす相関の大きさを直線上(凝集体の2点間の最大距離の長さ)で見積もった。

5. 謝辞 今回、試料をご提供下さった新領域研究科・月橋研究室・米花康典研究員に感謝致します。ご指導下さいましたJFE テクノリサーチ株式会社・大塚研一先生に感謝致します。

6. 参考文献 (1) フラクタル 高安秀樹著 朝倉書店 (2) フラクタル(非線形科学入門) 本田勝也著 朝倉書店 (3) フラクタルの物理(I)基礎編 松下 貢著 裳華房 (4) パーコレーションの基本原理解 D. スタウファー, A. アハロニー著 小田垣 孝訳 吉岡書店

36 プロセス基本設計の習得

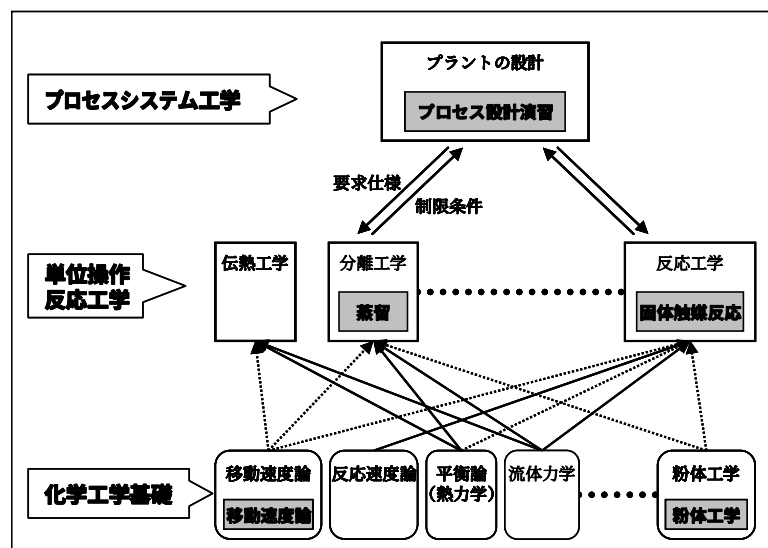
化学システム工学専攻・堂免・久保田研究室 加古陽子

1. はじめに

実験を担当する『化学工学実験及び演習』の準備として、2007年9月3～4日にわたって、化学工学会が主催した『プロセス基本設計講座』を受講した。その内容及び、成果について報告する。

2. 化学工学実験及び演習概要

化学工学実験は化学工学の体系と基本概念を、教科書による学習にとどめず、実験によって正しく理解することを目的としている。実験は「化学工学基礎」・「単位操作」・「プロセスシステム工学」を結びつけることを目的としており、「移動速度論」「粉体工学」「分離工学」「反応工学」「プロセス設計演習」の5つのテーマからなる。1つの実習は、「講義」「実験」「面接」「レポート」の4段階から構成され、学生がよりいっそう深い理解を得られるようになっている。担当者はテーマごとにいずれかの段階を担当することになっている。当該年度において、分離工学（蒸留）の実験と面接を担当した。



3. プロセス基本設計講座概要

2日間にわたり、以下の7項目について詳細に学んだ。

1) プロジェクト遂行とプロセス設計

プロセス設計を行うために必要な情報の種類、手順についての概要を学んだ。

2) プロセス設計の基礎

SI単位系の確認から始まり、次元の取り扱い方、単位換算の練習を行った。物質の状態と平衡について、状態方程式とGibbsの相律に関して学習した。

3) 物性

基礎物性、純物性、混合物性、熱力学物性の取り扱いについて学んだ

4) 収支計算

物質収支、エネルギー収支の求め方について学んだ

5) 移動計算

伝熱計算、ハイドロリックス計算、流体の性質、摩擦による圧力損失について学んだ。

6) 蒸留塔の設計

蒸留の基礎、物質・熱収支の計算の仕方、理論段数と還流比の関係、圧力の取り扱いと多岐にわたって学んだ

7) 蒸留塔インターナルの設計

蒸留塔は棚段塔と充填塔に分けられ、実際の充填物を見ながらそれぞれの特性と充填塔の設計の仕方について学んだ。

プロセス設計の流れ



4. 受講の成果

担当する分離工学の基本的な知識である単位操作や蒸留塔の構造について習得することができた。その結果、担当する分離工学の指導に有効な知識を得ることができただけでなく、化学工学実験に対する理解も深めることができた。また、内容が多岐にわたったことから、化学工学実験及び演習全体の基本的なことを学ぶ機会がもてたことは非常に有意義であった。

謝辞

「プロセス基本設計の習得」について平成 19 年度工学系研究科技術部個別研修(FJT)の研修として行うことを承認していただきました。関係各位に感謝いたします。

参考資料

「プロセス基本設計」講座テキスト (社)化学工学会人材育成センター
「化学工学実験及演習」テキスト 2007 年度版

37 有機溶剤作業主任者技能講習会の受講および免状取得

原子力国際専攻 土屋（春原）陽子

講習会名：有機溶剤作業主任者技能講習会—東京労働局長登録 衛第 18 号—

開催団体：社団法人 東京労働基準協会連合会

講習日時：2007 年 12 月 3 日（月）・4 日（火）

午前 9 時～午後 5 時（7 時間）；各日とも遅刻早退は認めない

講習会場：東医健保会館（JR 信濃町駅下車 徒歩 5 分）

講習科目：有機溶剤作業主任者テキスト新版（中央労働災害防止協会 編）

1. 有機溶剤による健康障害およびその予防措置に関する知識
2. 作業環境の改善方法
3. 労働衛生保護具について
4. 関係法令

講習内容：【 第一日目 】

一時間目（労働基準監督官 湊田氏）

労働安全衛生保護具について；呼吸用保護具の種類

防毒マスクの使用と管理の方法

送気マスクの種類と構造など

二時間目

有機溶剤による健康障害およびその予防措置に関する知識

；有機溶剤による健康障害

有機溶剤の毒性と障害の発症機序

予防措置・衛生管理など

【 第二日目 】

一時間目（労働衛生コンサルタント 沼野氏）

作業環境の改善方法；環境管理の工学的対策について

局所排気装置・フードの形式・排風量の計算

局所排気装置の点検・急性中毒の事例と対策

作業環境の測定、評価、改善など

二時間目

関係法令；労働安全衛生法

労働安全衛生法施行令 第6条 別表第6の2(54種類)

労働安全衛生法 第66条医師による健康診断

労働安全衛生法施行令

第22条 健康診断を行うべき有害な業務

有機溶剤中毒予防規則など

講習修了試験科目：講習科目と同じ、4科目より出題（全20問）

問題形式は択一式

合格基準は60点以上かつ各科目5問中4問以上正解で合格

本講習会全科目を修了し、かつ修了試験に合格した者に修了証を交付する

技能講習修了証の交付：交付場所 社団法人東京労働基準協会連合会

（有楽町線 麴町駅徒歩4分）

不合格の場合のみ、不合格通知が送付される

今回の講習会での交付日；2007年12月25日

（その日以降ならいつでも交付可能）

必要経費：講習会受講料、12,000円（平成19年度）。テキスト代1,680円。

講習会会場への交通費・修了証交付場所への交通費等

本講習に関する問い合わせ先：社団法人東京労働基準協会連合会

〒102-0084 東京都千代田区二番町9-8

電話 03-3556-1921 FAX 03-3556-1923

ホームページアドレス <http://www.toukiren.or.jp>

謝辞：本報告は2007年度工学部・工学系研究科個別技術研修（FJT第07-08F号）によるものである。

38 放射線業務従事者管理システムの開発

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 長須 和良

原子力専攻 川又 睦子

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業務従事者の指定登録・指定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。

業務の一つである放射線業務従事者の指定登録・指定解除の諸手続きは年間200件近く取り扱っている。具体的には指定登録時及び指定解除時に必要な書類の内容確認・作成、手続きに用いた書類の保管・管理等の作業がある。また、既に指定登録を行った放射線業務従事者に対して継続して登録するかどうかの確認も行っており、必要に応じて書類の提出依頼や指定解除手続きも行っている。上記に述べた業務は書類を作成するだけでも非常に煩雑で労力の費やすものでありながら、その業務を専門に取り扱う人員がいない状態で運営しているのが現状である。

この状況を打開するために、書類作成を補助する機能や放射線業務従事者情報をデータベース化して容易に管理できる機能を備えた「放射線業務従事者管理システム」（以下「システム」という）を開発し、業務が円滑かつ効率的に行えるように工夫したので報告する。

2. システム紹介

システムを開発するにあたって、第1に放射線業務従事者情報を読み込むための様式を考える必要があった。指定登録時には利用者が提出する書類「放射線業務従事者登録依頼書」の記載内容を、「指定登録依頼書」という書類に転記する必要があり、多くの時間が費やされた。また、手入力で行うことから記入ミスが生じやすかった。そこで人による記入ミスを減らすために、あらかじめ入力されたデータを取り込んで入力する箇所を少なくする必要があると考え、新しい様式「放射線業務従事者指定依頼書」をExcelファイルとして準備した。

第2に、指定登録時及び指定解除時に記載した内容を確認する際に、何百枚という書類の中から目的の情報を探し出すのに多大な労力を費やさないためにも、情報をデータベース化し検索が容易なものにすることを念頭に開発を行った。指定解除時には「指定解除登録依頼書」という様式(Excelファイル)を使用するが、指定登録時と同じ内容を記入する箇所が複数あり、指定登録時と同様に入力ミスが生じやすかった。この問題は既に登録されているデータから必要な情報を取り出すことができるようにシステムを構築すれば、記入ミスを少なくすることができる。

2.1 開発環境

システムの開発環境を表1に示す。システムの実行プログラムは Visual Basic6.0 を用いて、開発を行った。前述した通り、Excel ファイル(放射線業務従事者指定依頼書)をシステムに読込ませることによって入力作業の軽減を図るために、参照ライブラリとして Excel オブジェクトライブラリを使用し、Excel ファイルを読み取れるようにした。

また、放射線業務従事者として指定登録及び指定解除した際のデータや、システムが共通して使用する選択項目等のデータを管理するためのデータベースは Access を使用して構築した。そのデータベースへ接続するために ADO(ActiveX Data Object)ライブラリを使用した。

表 1 開発環境

対応 OS	Windows2000 Professional、Windows XP Professional
ソフトウェア	Excel2003、Access2003(Microsoft 社製)以上で動作確認
解像度	1024×768 以上
プログラミング言語	Visual Basic 6.0 SP6(Microsoft 社製)

2.2 機能

システムの機能として主に以下の機能が備わっている。

(1)Excel ファイルのデータを読み込む機能

あらかじめ指定登録に必要な記入事項が入力してある「放射線業務従事者指定依頼書」(Excel ファイル)の読み込みを可能にすることによって、書類作成に必要な作業時間の短縮化と手入力による記入ミスを防止できるようにした。

(2)Excel ブック内に存在する複数シートを自動で印刷する機能

指定登録する際に必要な「指定登録依頼書」及び指定解除する際に必要な「指定登録解除依頼書」はそれぞれ 3 枚 1 組で構成されている様式(シート)なので、シートを 1 枚ずつ手動で印刷せずにシステム上で各シートを自動的に印刷できるようにした。

(3)放射線業務従事者のデータを電子化する機能

指定登録及び指定解除を行った放射線業務従事者情報をデータベース化し管理できるようにした。データベース化することによって、システム上から検索したいデータを迅速に見つけることができるようになったり、書類作成時に必要なデータの抽出を容易に行ったりすることができる。

(4)データ誤入力防止機能

プログラムによる入力内容のチェックをしているので、手入力による入力ミスを最小限に抑えることができる。

2.3 指定登録時の作業の流れ

従来の作業の流れとしては、提出された「放射線従事者登録依頼書」(Excel ファイル)に記入されている放射線業務従事者情報を確認し、手続きに必要な「指定登録依頼書」

(Excel ファイル)の記入事項をすべて手入力で転記する。そして3枚1組になっている各シートを印刷し、関係各所で捺印等の諸手続きを経て指定登録作業が完了する。上記の放射線業務従事者情報の確認から「指定登録依頼書」の印刷を行うまでの作業をシステムで操作・管理できるようにした。

システムを使用した作業の流れは、まず指定登録を行う利用者の放射線業務従事者指定依頼書をシステムに読み込み、記入内容の確認を行う(図1)。次に残りの記入項目を入力し、入力内容確認画面で最終確認を行う(図2)。確認後、システム上で登録操作を行うと、入力内容のデータベース化及び「指定登録依頼書」の印刷を開始し、完了する。

指定登録依頼書 作成

下記の項目に必要な情報を入力して、[次へ]ボタンをクリックして下さい

1 / 5

中央登録番号	
監督手帳	無
フリガナ_姓	トウダイ
フリガナ_名	タロウ
氏名	東大 太郎
性別	男性
国籍	日本人
生年月日	1980/6/25 日付
所属	東京大学大学院工学系研究科原子力専攻
郵便番号	319 - 119
住所	茨城県那珂郡東海村白方白根2-4
TEL	029-282-5780
昭和63年度以前_開始年度	昭和 年度

次へ(N) 戻る(B) キャンセル(C)

図 1

指定登録依頼書 作成確認

入力内容に間違いが無い場合は、[次へ]ボタンをクリックして下さい

中央登録番号:	
監督手帳:	無
フリガナ_姓:	トウダイ
フリガナ_名:	タロウ
氏名:	東大 太郎
性別:	男性
国籍:	日本人
生年月日:	1980/6/25
所属:	東京大学大学院工学系研究科原子力専攻
郵便番号:	319-1195
住所:	茨城県那珂郡東海村白方白根2-4
TEL:	029-282-5780
昭和63年度以前_開始年度:	
昭和63年度以前_終了年度:	
昭和63年度以前_肄業当量:	
昭和63年度以前_検出限界:	

次へ(N) 戻る(B) キャンセル(C)

図 2

2.4 指定解除時の作業の流れ

従来の作業の流れとしては、指定解除する放射線業務従事者に対して「指定解除登録依頼書」(Excel ファイル)に必要な事項をすべて手入力し、3 枚 1 組になっている各シートを印刷し、関係各所で捺印等の諸手続きを経て指定解除作業が完了する。上記の手入力及び印刷を行うまでの流れをシステムで操作・管理できるようにした。

まず、指定解除を行う放射線業務従事者を選択すると、システムがデータベース上の指定登録時のデータを抽出し、指定解除に必要なデータが自動で入力される。次に残りの必要事項を入力し、入力内容確認画面で確認を行う。確認後、システム上で登録操作を行うと、入力内容のデータベース化及び「指定解除登録依頼書」の印刷を開始し、完了する。

3. おわりに

放射線業務従事者の指定登録・指定解除の諸手続き等の業務に対して、円滑かつ効率的に業務を行えるようにシステムを開発した。今後は原子力専攻共同利用管理本部で開発した来所管理システムや放射線取扱施設立入用貸与管理システムと組み合わせて、各々のソフトの機能面の強化を行うとともに、操作性・機能性の向上を図っていきたい。

39 建築物環境衛生管理技術者試験の資格取得

原子力専攻 助川 敏男

1、はじめに

原子力専攻の技術職員は、大型装置である原子炉や加速器の管理部門等に配属され、その運転と保守管理業務を本務に原子力事業所としての運営に寄与している。また本専攻は東海村設置のため、労基上、独立した事業所となっており、事業所独自に放射線管理室、安全衛生管理室及び技術室といった組織があり、技術系教職員が兼務にて施設運営を行っている。ご承知の通り、原子力は文科省、国土交通省、警察庁、IAEA、県、市町村等に代表される多くの役所等から多くの規制を受けるが、最近の核防護の規制強化により、従前の業務に加えて監視・防護業務がさらに強化され、監視体制が変化した。1日中 CAS 室勤務のときもあるため、その空き時間を利用することを考えていた。偶々技術室購読のオーム社出版「設備と管理」の中に建築物環境衛生管理技術者試験のことが書いてあり、環境衛生管理をさらに深く理解できると考えたため、資格取得を行うことを決めた。幸いにも平成 19 年度 FJT に承認され(第 07-01 F 号)、平成 19 年度 (第 37 回) 試験に受験することができた。

2、建築物環境衛生管理技術者の概要

建築物環境衛生管理技術者（以下、管理技術者）は、特定建築物の維持管理が環境衛生上適正に行われるように監督を行う職務を担当する。「特定建築物」とは、興行場、百貨店、店舗、事務所、学校、共同住宅等に供される相当程度の規模を有する建築物で、多数の者が使用し、又は利用し、かつ、その維持管理について環境衛生上特に配慮が必要なものとして政令で定めるものをいい、その政令において建築物の用途、延べ面積より特定建築物が定められる。管理技術者の職務としては、①当該建築物の維持管理が環境衛生上適正に行われるよう管理基準に従って監督すること。②監督する範囲には、照明、騒音、臭気、その他の環境衛生上の維持管理に係る事項も含まれる。具体的には、1) 維持管理業務計画の立案 2) 維持管理業務の全般的な監督 3) 環境衛生上の維持管理に係る測定、検査の実施とその結果の評価 4) 環境衛生上の維持管理に必要な各種調査の実施とその結果の評価等である。

管理技術者免状は、下記の各号のいずれかに該当する者に対し、厚生大臣が交付する事になっている。本人を含めほとんどの人は講習時間と費用との関係で②の試験による取得を選択していると思われる。

- ① 厚生労働大臣が指定した講習会の課程を修了したもの（受講資格に経験と学歴有り、講習時間 103 時間、講習費用 129,000 円）
- ② 管理技術者試験に合格したもの 学歴なし、実務経験 2 年以上、受験手数料 13,900 円）

受験資格(実務経験)については、当該建築物において環境衛生上の維持管理に関する実務に業として 2 年以上従事となっている。環境衛生上の維持管理に関する実務とは、表-1 のような業務をいい、ア～オの「設備管理」とは設備の運転、保守、環境測定、及び評価等を行う業務をいう。業としてとは、本来職務として又は主要職務として、表-1 の実務を直

表-1 維持管理に関する実務

ア	空気調和設備管理
イ	給水、給湯設備管理
ウ	排水設備管理
エ	ボイラ設備管理
オ	電気設備管理
カ	清掃及び廃棄物処理
キ	ねずみ、昆虫等の防除

接、反復継続して行うことをいう。本人は本事業所において平成7年から平成18年まで電気主任技術者として電気設備管を行ったことを実務経験した。

3、建築物環境衛生管理技術者試験の受験

管理技術者試験の教材「建築物の環境衛生管理 上下巻」は、厚生労働大臣指定試験機関である財団法人ビル管理教育センター¹⁾が出版し、送料を含め21,700円と教材だけでも高額であるため、平成19年度のFJTの採択を望んでいた。FJTの承認と同時に、JETC(株)日本教育訓練センター²⁾が実施しているビル管理士(管理技術者)ゼミコースを受講することにした。ビル管理士ゼミコースは、「平成19年度版 ビル管理士試験模範解答集 5年分」、「ビル管 マスタブック 上下」、「ビル管 ポイント法令集」、個人教授問題集、予想問題、3回の講習会(8/11、8/25、9/8)、さらに最終日に模擬試験があって39,000円である。「平成19年度版ビル管理士試験模範解答集5年分」の金額は2,000円なのでFJTの承認の日に購入し、

まず問題を解いてみた。40～50%は出来ていたもので、当初甘く見てしまい、合格範囲の65%以上になかなか入ることが出来ず焦りを感じたが、ゼミコースの内容を繰り返し学習することで理解を深めることができた。これが試験合格に大変役立った。FJT承認のお蔭であり、感謝

しております。環境衛生管理技術者試験の概要を表-2、表-3には試験科目を示す。総費用は、講習会参加費、受験旅費及び免許申請等を含め112,840円であった。なお、過去37回の平均試験合格率は18.1%である。

表-2 平成19年度(第37回)試験の概要

願書受付期間	5月7日(月)～6月15日(金)
試験日	10月7日(日)
合格発表	11月7日(水)
受験手数料	13,900円
受験地	東京、慶応義塾大学三田校舎

4、得た知識・成果等

平成19年11月7日に管理技術者試験の合格発表があった。合格であることが確認でき、本研修の目的が達成できた。これまで法人化以降に取得した第1種衛生管理者、衛生工学衛生管理者(平成17年FJTの承認)及び第1種作業環境測定士等の学習が役に立った。管理技術者は、環境衛生管理の広範囲な学習が必要であり、その管理技術の習得が非常に有意義であった。今後の環境衛生管理に応用出来る。引き続き自己研鑽のため、高圧電気設備における保安管理技術の修得を行い、スキルアップを図りたいと考えている。なお、平成19年12月13日に厚生労働大臣 舩添要一氏よりの免状を頂いた。

表-3 試験科目と配点

科目	配点	合格基準点
建築物衛生概論	20	8点以上(40%以上)
建築物の環境衛生	25	10点以上(40%以上)
空気環境の調整	45	18点以上(40%以上)
建築物の構造概論	15	6点以上(40%以上)
給水及び排水の管理	35	14点以上(40%以上)
清掃	25	10点以上(40%以上)
ねずみ、昆虫の防除	15	6点以上(40%以上)
合計	180	117点以上(65%以上)

[関連ホームページ]

1) 財団法人ビル管理教育センター <http://www.bmec.or.jp/>

2) JETC(株)日本教育訓練センター <http://www.jetc.co.jp/top/top.html>

40 原子炉施設品質保証活動についての専門知識の習得

原子力専攻 仲川 勉

1 はじめに

東京大学の原子力施設は茨城県東海村に設置され、私が所属する原子力専攻が運営管理をしている。原子力施設の運営管理には「保安規定」が定められ、これに基づく原子炉施設に係る必要な措置を体系的に実施して、原子力安全を担保する活動を「品質保証活動」という。品質保証活動は品質マネジメントシステム（ISO9000）という「国際標準化機構」が規格したシステムで管理されている。

そこで、私が以下に平成19年度工学系研究科技術部個別研修（FJT）を活用して、品質マネジメントシステムの概要および品質保証活動の実施のための要求事項（ISO9001 規格の要求事項）の専門知識を習得するため、セミナー（講習会）に2日間参加したことを報告する。

2 専門知識の習得の理由

きっかけの最大理由は、人材難である。品質保証活動を実施する上で、原子力施設に「品質保証責任者」を専攻長が任命することになっている。この品質保証責任者の要件として、「ISO9001 規格の要求事項の講習会を2日間受講し、専門知識を習得している者」と監督官庁から要求されている。私がこの講習会を受講する前までは、原子力専攻内の要件者は2名であった。

もう1つの理由は、すでに品質マネジメントシステムにおける「内部監査員」の資格を取得していたが、まだ実際に内部監査員として活動経験がなかったため、今一度、概要を思い返し、更にISO9001 規格要求事項の専門知識を理解して業務に反映させることが目的であった。

3 セミナーの内容

セミナーの受講前は、参考書籍を購入して事前学習を進めた。

セミナー1日目

1) ISO9001 の概要

国際標準化の必要性やISO規格の種類、これまでのISO規格の歴史と今後の動向が説明された。

<演習1>品質マネジメントの8原則

- ① 顧客重視（組織は必ず顧客（原子力安全）に依存しており、要求を満たし努力する）
- ② リーダーシップ（リーダーは組織の目的、方向を一致させて、目標を達成する）
- ③ 人々の参画（全員参加）
- ④ プロセスアプローチ（個々の業務単位で考える）
- ⑤ マネジメントへのシステムアプローチ（個々の業務のつながりで考える）
- ⑥ 継続的改善（継続的改善を組織の永遠の目標とする）
- ⑦ 意志決定への事実に基づくアプローチ（データ及び情報分析により意志決定する）
- ⑧ 供給者との互恵関係（共存共栄）

以上の8原則をもとにそれぞれの活動（私の場合は原子力施設品質保証活動）にあてはめて、活動事例を挙げる演習を行った。

2) プロセスアプローチ

プロセスアプローチについて、以下のような説明がされた。

- ・ 一連の活動を顧客（原子力安全）の視点から「プロセス」としてとらえる。
- ・ このプロセスを運営管理することで品質マネジメントシステムの有効性を継続的に改善する。
- ・ 全体の最適化を重視する。（各レベルに合わせたPDCA※サイクルを実行する。）

※PDCAとは、Plan Do Act Check のことである。

＜演習2＞プロセスマップの作成

各自の組織のプロセスマップを作成し、そのプロセスの中で主要なプロセスを選定した。

＜演習3＞プロセスの目標設定

品質目標を定め、効果的に運用管理される必要な判断基準（必ず数値を入れる）を設定した。

3) 要求事項の解説（適用範囲～用語解説）

ISO9001 の適用範囲、用語の解説が説明された。

＜演習4＞手順の文書化の方法

手順の文書化には具体的にどのような方法があるか、また簡略化できそうな手順書をどのようなものかを考えた。

セミナー2日目

4) 要求事項の解説（経営者の責任～測定、分析及び改善）

経営者の責任、資産の運用管理、製品実現、測定、分析及び改善について説明がなされた。

＜演習5＞復習、不適合報告書／是正要求書の作成

これまでの復習と実効性のある不適合報告書／是正報告書を作成した。

4 おわりに

セミナーではISO9001 規格の要求事項を原子炉施設の品質保証活動にあてはめ、各プロセスごとに判断していく専門的な活動方法が理解できるようになり、また演習課題を多く取り入れていたため、大変わかりやすく、実践方法まで詳しく判断できるようになった。

今後は、原子炉施設の品質保証活動において、得た知識を活用して、業務に反映させていくことができる。

参加セミナー：平成20年1月15日～16日「ISO9000 基礎コース（規格徹底解説編2日）」

（株）品質保証総合研究所主催（セミナー受講料 60,000 円）

参 考 書 籍：最新版 図解ISO9001早わかり（中経出版 2,100 円）

参 考 文 献：品質保証総研のISO9000 セミナーメインテキストⅠ、Ⅱ（株）品質保証総合研究所

41 衛生工学衛生管理者資格の取得

原子力専攻 吉廻 智江

1. 始めに

平成 19 年度 5 月期より原子力専攻内での衛生委員会におけるメンバーとなったことを機に、第 1 種衛生管理者の資格を取得した。更に上位の資格である衛生工学衛生管理者の資格取得（例外はあるが資格取得には第 1 種衛生管理者免状を有することが前提）を目指し、FJT 研修に応募した。今回の衛生工学衛生管理者の資格取得は東京安全衛生教育センターにて 4 日間の日程で講義、実習更に試験が 2 回に分けられて行われた。

2. 衛生工学衛生管理者の職務内容と電離放射線障害防止法

衛生管理者は、労働安全衛生法により健康障害の防止措置、衛生教育、健康診断の実施その他の健康保持増進措置、労働災害の原因の調査及び再発防止対策その他の業務の技術的事項を管理する者として位置付けられ、一貫して事業場の衛生管理体制の中核としての役割を担う。衛生管理者の職務は①総括管理、②作業環境管理、③作業管理、④健康管理、⑤労働衛生教育の 5 分野に区分される。中でも、衛生管理の柱となる②③④の 3 管理を中心としてそれらの対策が事業場において有機的、効果的に推進されるために①の総括管理と⑤の実施とが不可欠であるという認識のもとで職務が遂行される。そして、第 1 種衛生管理者とは有害業務に係わる作業場での衛生管理業務に携わる者を指すが、これと衛生工学衛生管理者との相違点は工学的手法を用いて衛生管理を行うことにある（後述）。

職業性疾病は、急性のものと長年にわたる有害要因への暴露の集積によって引き起こされるものとに分類される。ここ原子力専攻における原子炉運転・管理業務においては放射線という職業性疾病の原因となり得る職場環境の中にあり作業に直結している訳で、かつての衛生管理の基本とされてきた疾病の早期発見という観点からの健康診断のみでは問題を解決出来ないのは明らかである。疾病の原因となる有害要因を職場から排除し労働者にその影響が及ばないよう作業環境の管理や適正な作業管理を最重要としなければならない。ちなみに、作業環境管理は有害因子の排除に努めることで（場の管理とも言える）、作業管理は作業そのものに係わる改善で（人の管理とも言える）ある。

労働者の危険又は健康障害を防止するために幾つかの労働安全衛生規則が厚生労働省令として定められており、その一つに「労働者が電離放射線を受けることを出来るだけ少なくしなければならない」という基本原則より「放射線障害防止規則」がある。そして、原子力専攻でもこの規則の縛りを受けることになり、衛生管理者は細かに定められた法令に対応して遵守しなければならない。

3. 作業環境管理

衛生管理業務では主に作業環境管理、作業管理、健康管理にあると前述したが、この中でも「作業環境管理」は有害要因を基本的に作業環境から除去しようとするものであるから最も重要視される管理であり、先ず取り掛かるべき対策である。作業環境の有害因子に対する労働者の暴露量を低減させるために本講義では、①有害因子をあるレベル以下にコントロールする目的で行う定期的な測定と②有害因子濃度を下げるあるいは除去するための換気設備の活用の有効性が述べられた。

①の作業環境測定では、先ず単位作業場所を設定し、単位作業場所全体の有害物質濃度の平均的な分布を知るための A 測定と単位作業場所の有害物質発散源に近接した作業位置における最高濃度を知るための B 測定を行う。次にこれらの結果を用いて評価値を算出し、管理濃度と比較することで

管理区分を決定する。そして、この第1管理区分（良好な作業環境場）～第3管理区分（有害な作業環境場）に応じた改善措置を講じて管理をしていくこととなる。

②では有害物質を取り扱う設備を完全に密封できない場合に発散した有害物質が作業者の呼吸圏にまで拡散しない対策のために局所排気が有効である。この局所排気装置の設計が工学的手法を用いた主な衛生管理であり、衛生工学衛生管理者が中心となって進める職務で、設置計画から性能維持管理、点検や使い方の指導等も含まれる。講義では、排気口位置、ダクト長、材質といった局所排気装置のデザイン、フード、ファン、ダクト、ダンパーといった機械構造、排风量、制御風速、速度圧、圧力損失を算出し排気設備の性能評価すること等を学んだ。

4. 実習内容

換気設備では、大きく分けると全体換気と局所換気がある。全体換気は「排気又は給気によって屋外の新鮮な空気を取り入れ室内の汚れた空気と混合して有害物質の濃度を低下させながら少しずつ外に出す」事であり、局所換気は「有害物の発散源のそばに空気の吸い込み口を設けて局所的な吸引気流に乗せて有害物が拡散する前に高濃度状態のまま吸い込んで外に出す」事である。

本実習では3テーマが課せられ、衛生工学衛生管理者に求められる工学的手法を用いた管理である局所排気装置についての内容となっている。実習①；スモークテスターを用い煙の吸引状況の観察をし風速、吸引限界点、フランジ効果等でフードの形式の違いによる特性を理解する事とダンパーの開閉量による静圧と圧力損失を算出し排気ダクトにおける速度圧と排风量を求める事、実習②；キャノピー型フードとブース式フードで煙の吸い込みと漏れを観察しフランジの有無で四隅における制御風速を比較する事、実習③；全体換気とプッシュプル型換気での流線観察とダンパー開度による各安定吸引風量を計測する事と性能要件の確認、を行った。

5. まとめ

衛生工学衛生管理者免状の申請書を試験合格証と共に水戸労働局に提出し、平成20年3月28日付で交付された。

6. 終わりに

原子力専攻では、原子炉に係わる検査、核燃料に係わる検査、RIに係わる検査等が文部科学省管轄により行われ、数多くの検査が法令で定められている。施設の性質上、各検査の放射線管理はどこでもついて回り原子力基本法、炉規法、放射線障害防止法ばかりでなく、労働安全衛生法や電離放射線障害防止規則においても縛りを受ける。今年度は1回/5年のRI定期検査の年にあたり、この検査に向けた書類整理においても今回のEJT研修で得た知識がかなり役に立ち実務に反映された。

また、原子炉の運転業務では空調関係を管理することが業務内容の一つになっている炉室・技術要員が運転班に構成されている。負圧管理された原子炉棟各部屋の空気と、別系統で炉心内を通過する空気を排風機で集め、放射性物質濃度が規定の値より低いことを検出器で確認してから放出される。また、風量調節のためにエリアに分けて数多くのダンパーが配置されている。このように原子炉棟では汚染防止上、空調管理は重要度が極めて高い。本研修を受講したことで業務内容の理解が深まった。

7. 参考文献

・新衛生管理（上）（下）、 ・電離放射線障害防止規則の解説、 ・労働衛生のしおり、 ・改正労働安全衛生法のあらまし、 ・局所排気・空気清浄装置の標準設計と保守管理（下）、 ・やさしい局所排気設計教室、 いずれも中央労働災害防止協会

謝辞

「衛生工学衛生管理者資格取得」について、平成19年度工学系研究科個別研修（EJT）で承認していただけました事に関係者の方々に謝意を表します。

平成19年度個別研修一覧

所属	氏名	研修課題
建築学専攻	田村 政道	自作電気炉の製作技術および制御技術の習得
機械工学専攻	浜名 芳晴	インストラクショナルデザイン技術の習得
マテリアル工学専攻	中村 光弘	ExcelをプラットフォームとしたVisual Basic Editorの使用法の習得
航空宇宙工学専攻	奥抜 竹雄	LabVIEW による画像収録技術の習得および画像処理・解析技術の習得
環境海洋工学専攻	榎本 昌一	GPSを用いた自律航法制御に関する研修
機械工学専攻	石川 明克	論文博士（工学）への請求技術論文作成と学位審査申請
機械工学専攻	諸山 稔員	3D-CADに関する技術と構造力学に関する知識の習得
原子力国際専攻	中野 忠一郎	PIXE分析手法の高精度化技術の習得
応用化学専攻	栄 慎也	フレームレス原子吸光法を用いた化学物質の分析技術の取得
システム量子工学専攻	細野 米市	大気圧PIXE分析装置の試作とそれに関わる技術修得
原子力専攻	助川 敏男	建築物環境衛生管理技術者試験の資格取得
化学システム工学専攻	大沢 利男	第二週作業環境測定士資格取得のための講習会参加
化学システム工学専攻	加古 陽子	プロセス基本設計の習得
地球システム工学専攻	森口 恵美	蛍光X線分析技術の向上
機械工学専攻	浜名 芳晴	作業環境測定技術の取得
建築工学専攻	山田 文男	学術講演会発表（日本建築学会大会）および、研究集会出席による建築知識の修得
原子力専攻	仲川 勉	原子力施設品質保証活動（ISO9001規格要求事項）についての専門知識の修得
原子力国際専攻	土屋 陽子	有機溶剤作業主任者技能講習会の受講及び免許取得
原子力専攻	吉廻 智江	衛生工学衛生管理者資格取得
応用化学専攻	坂下 春	徳島大学実験・実習技術研究会
建築学専攻	田村 政道	徳島大学実験・実習技術研究会
原子力国際専攻	伊藤 誠二	徳島大学実験・実習技術研究会
システム創成学専攻	鈴木 誠	徳島大学実験・実習技術研究会
機械工学専攻	石川 明克	徳島大学実験・実習技術研究会
原子力国際専攻	安本 勝	核融合科学研究所技術研究会
原子力国際専攻	森田 明	核融合科学研究所技術研究会
応用化学専攻	藤村一良	平成19年度機器・分析技術研究会（富山大学）
応用化学専攻	栄 慎也	平成19年度機器・分析技術研究会（富山大学）

第23回工学部・工学系研究科技術発表会実行委員

技術部長 北森 武彦

事務部

総務 G グループ長 梶 正治
財務 G グループ長 羽賀 敬
総務 G 人事・給与 T 係長 遠藤 三津雄

技術部

実行委員長 森田 明保 (システム創成学専攻)
副実行委員長 榎本 一夫 (システム創成学専攻)
事務局補佐 江口 星雄 (原子力国際専攻)
事務局補佐 高橋 登 (電気系工学専攻)

編集責任者 田中 和彦 (マテリアル工学専攻)
編集副責任者 田村 政道 (建築学専攻)
編集委員 高橋 信男 (応用化学専攻)
編集委員 中根 茂 (機械工学専攻)

広報責任者 松永 大一郎 (航空宇宙工学専攻)
広報副責任者 中川 博之 (都市工学専攻)
広報委員 伊藤 誠二 (原子力国際専攻)
広報委員 中村 美雄 (総合研究機構)

会場責任者 山川 博司 (精密機械工学専攻)
会場副責任者 小名 清一 (化学システム工学専攻)
会場委員 玉田 康二 (システム創成学専攻)
会場委員 石本 光憲 (原子力専攻)