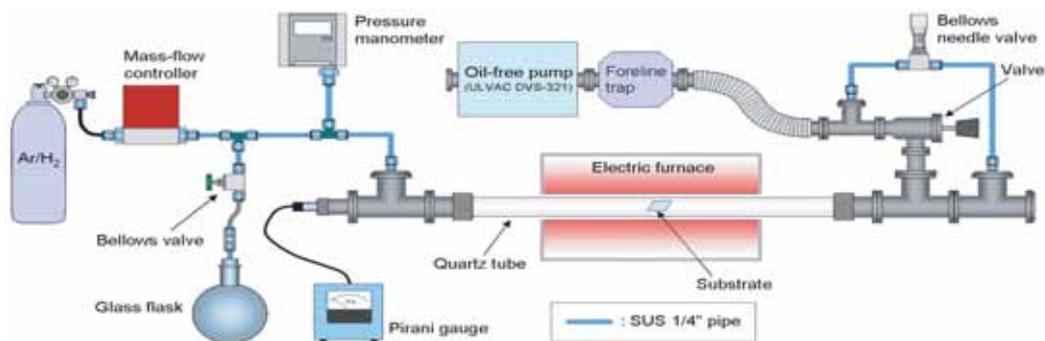
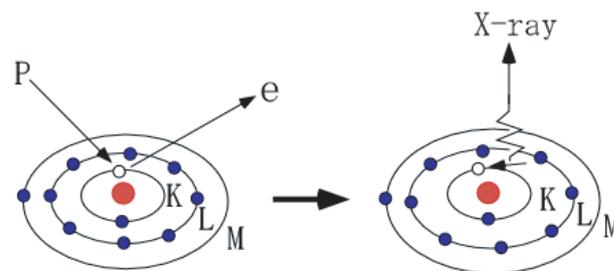
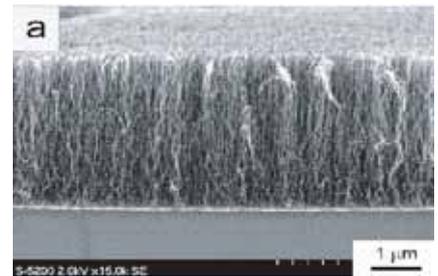
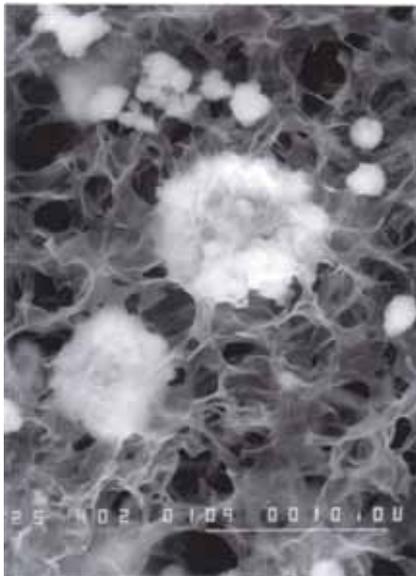


# 技術報告



2006.9.26

第21回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会

Proceedings of 21th Technical Symposium,  
School of Engineering, The University of Tokyo, 2006

## 技術発表会の開催趣旨

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

### ●表紙デザイン

○写真・図提供者（技術報告本文より抜粋）

SEM写真(25kV, 1600倍) システム量子工学専攻 佐藤 留美

断面SEM像 マテリアル工学専攻 中村 光弘

膜断面の画像(FE-SEM) 機械工学専攻 渡辺 誠

特性X線の発生 システム量子工学専攻 細野 米市

CVD装置概略図 機械工学専攻 渡辺 誠

○表紙構成 電子工学専攻 鈴木 真一

### ●ポスターデザイン

○写真・構成 電子工学専攻 鈴木 真一

## 技術発表会への期待

工学系研究科長・工学部長 松本洋一郎

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

この技術発表会は、教職員の相互研鑽、啓発の場として、また工学部・工学系研究科の技術を維持、発展させるための場として重要な役割を果たしてきました。今年は第21回を迎えます。技術発表会がこのように長く続いていることは、その趣旨が多くの方々に理解され、支持されてきたからにほかありません。何よりも、参加者自身が啓発し触発するに値する高い技術を持ち合わせているからでしょう。ここに到るまで多くの人々の苦労や創意工夫があったことと思います。そうした努力に敬意を表したいと思います。

第21回技術発表会が成功裏に終わることを、そして今後ますます発展されんことを祈念しております。技術部が新たな発展を遂げようとしている現在、技術の紹介を通じて相互啓発を行うとともに、東京大学をめぐる新しい状況のなか、技術発表会のもつ意味、技術系職員のミッションについても十分な議論がなされることを期待しています。準備にあたられた多くの方々に心よりお礼申し上げます。

## 第2 1回工学部・工学系研究科技術発表会開催にあたって

技術部長 影山 和郎

今回の技術発表会は、工学部・工学系研究科の一つの節目で開催されます。

前技術部長 田中 知 先生のご尽力と、工学系研究科教職員による真摯な議論を経て、工学系研究科技術部が本年4月に立ち上がりました。技術部設立の目的は、技術職員が主体的に仕事をできる環境を整えることにあります。技術部会が開催され、そこで技術部の予算や今後の運営方針等について議論できるようになりました。技術部会で技術職員多数の賛同を得たことが実際に実現されるように、工学系研究科において努力するようになる。それは本当に大きな進歩だと思います。今回の技術発表会では学内外の方をお招きして技術部の現状と将来を考えるパネルディスカッションを企画しました。ぜひ多くの方々のご参加をお願いします。

技術職員の皆様には、今回の技術発表会を一つの契機として、大学という職場で働くことの意味を考えていただきたいと思います。大学は学問を継承しつつ新しい知識を生み出し、また知識を融合して新しい領域を創出したり、大学で育てた知識を社会に還元する大切な役割があります。大学の一員であるかぎり、技術職員にも、新しい知識を修得することと自らの技術の向上を日々心がける責務があります。同時に、これもとても大切なことですが、私たちの周りの教育研究環境を手作りでより良いものとしていく努力を続けていかなければなりません。今まで培った技術を継承しつつ、未来の可能性を開拓していくことに、大学における技術職員の生き甲斐を見いだしていただきたいのです。またそのようなことを可能とするように工学系研究科技術部が機能すべきであると考えます。

未来に向けた技術部と技術職員の姿を描くためには、研修の意味づけがとても重要になります。また研修で得た知識や日々の職務で得た成果を技術部の皆さんと共有することもとても大切なことです。工学系研究科技術部において技術発表会に参加することは、その活動の要ともなるべき重要な職務の一部です。技術職員のみならず工学部・工学系研究科教職員の意見交換と活発な討議の場として今回の技術発表会が開催されることを期待します。

第21回 東京大学工学部・工学系研究科

# 技術発表会

2006年9月26日(火) 9:30~17:50

工学部2号館 213号室(大講堂)

内容: 口頭発表、ポスター発表、パネルディスカッション

パネルディスカッション: 「未来を目指して・技術部と技術職員」

パネラー:

田中 知 (システム量子工学専攻)

大角 義浩 (鹿児島大学)

橋本 義徳 (高エネルギー加速器研究機構)

柴田 吉郎 (東北大学)

細野 米市 (システム量子工学専攻)

吉田 二郎 (環境海洋工学専攻)

参加費無料 どなたでも参加できます

懇親会: 18:00~19:40 (参加費1000円)

主催: 東京大学工学部・工学系研究科 (技術発表会実行委員会)

問合せ先: 東京大学工学部・工学系研究科 技術発表会実行委員会

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 2006tse@tse.t.u-tokyo.ac.jp

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

## 第21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：2006年9月26日（火）9：30～17：50

会場：工学部新2号館 213講義室（大講堂）

### プログラム

<b>【開会挨拶】</b>		司会：実行委員会事務局長	斎藤 彰
9:30～9:45	実行委員長挨拶	技術部長	影山 和郎
	工学系研究科長挨拶	研究科長	松本洋一郎
<b>【発表 1】</b>		司会：社会基盤学専攻	周郷 啓一
9:45～10:00	1. 低温領域における弾性波動伝播測定システムの構築	地球システム工学専攻	鈴木 誠
10:00～10:15	2. 技術部ホームページ - 技術職員情報の公開を目指して2 -	航空宇宙工学専攻 地球システム工学専攻 システム量子工学専攻 機械工学専攻 情報システム室	小林やよい 畠山 正樹 川手 秀樹 山内 政司 山崎 一彦
10:15～10:30	3. 自作パソコン入門（総集編）	機械工学専攻	浅川 武
10:30～10:45	4. 動的義手の設計と製作	環境海洋工学専攻	吉田 二郎
	休息（5分）10:45～10:50		
<b>【発表 2】</b>		司会：地球システム工学専攻	野村 明良
10:50～11:05	5. 倒立ねじり振子を用いた金属およびセラミックスの内部減衰の測定	航空宇宙工学専攻	関根 政直
11:05～11:20	6. 垂直配向単層カーボンナノチューブ膜の超撥水性 （微小液滴を配置し接触角測定）	機械工学専攻	渡辺 誠
11:20～11:35	7. ハートの非弾性構成式における技術的改良の試み	機械工学専攻	石川 明克
11:35～11:50	8. 接地線にノイズ電流を集める回路の設計方法	原子力国際専攻	安本 勝
	休憩（昼食）11:50～12:30		
<b>【ポスターセッション・展示】</b>			
12:30～13:00	17. フローインジェクション分析による濃厚銅中コバルトの分析	応用化学専攻	藤村 一良
	18. 後方散乱分析装置の現状	原子力国際専攻 原子力国際専攻	森田 明 伊藤 誠二
	19. 技術部・情報センター - 技術職員情報の公開を目指して1 -	機械工学専攻 システム量子工学専攻 地球システム工学専攻 航空宇宙工学専攻 情報システム室	山内 政司 川手 秀樹 畠山 正樹 小林やよい 山崎 一彦
	3. 自作パソコン入門（総集編）	機械工学専攻	浅川 武
	4. 動的義手の設計と製作	環境海洋工学専攻	吉田 二郎
	8. 接地線にノイズ電流を集める回路の設計方法	原子力国際専攻	安本 勝

【発表 - 3】		司会：化学生命工学専攻	萱野 英子
13:05 ~ 13:20	9 . MALTのセシウムスパッター型負イオン源(MC-SNICS)	原子力国際専攻	中野忠一郎
13:20 ~ 13:35	10 . PIXE分析法によるアスベストの検出	システム量子工学専攻 原子力国際専攻	細野 米市 中野忠一郎
13:35 ~ 13:50	11 . C-14 年代測定における低バックグラウンド化 - 試料作製時の現代炭素の混入最小化	原子力国際専攻	土屋 陽子
13:50 ~ 14:05	12 . 炭化水素の酸化反応に活性を示す光触媒の研究	化学システム工学専攻 化学システム工学専攻 化学システム工学専攻	富田 修 堂免 一成 寺村謙太郎

休息 (5分) 14:05 ~ 14:10

【発表 4】		司会：化学システム工学専攻	菅原 孝
14:10 ~ 14:25	13 . 光ファイバーを利用したひずみセンサーの開発	環境海洋工学専攻 環境海洋工学専攻	金井 誠 大澤 勇
14:25 ~ 14:40	14 . ShareFastによる造船設計支援システムの開発	環境海洋工学専攻	榎本 昌一
14:40 ~ 14:55	15 . 破壊力学パラメータ簡易評価システム(CRAPAS)の開発	システム量子工学専攻	川手 秀樹
14:55 ~ 15:10	16 . 来所管理システムの開発	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

休憩 (5分) 15:10 ~ 15:15

【パネルディスカッション】		進行：技術部長	影山 和郎
15:15 ~ 17:15	「未来を目指して・技術部と技術職員」 基調講演・技術部および技術職員への期待 パネラー	システム量子工学専攻 鹿児島大学工学部技術部 東北大学多元物質科学研究所 高エネルギー加速器研究機構 技術部調整室 技術部調整室	田中 知 大角 義浩 柴田 吉郎 橋本 義徳 細野 米市 吉田 二郎

【表彰式】		司会：実行委員会事務局長	斎藤 彰
17:20 ~ 17:35	「技術部長賞」「優秀賞」	授与：技術部長	影山 和郎

【閉会挨拶】			
17:35 ~ 17:50	実行委員長挨拶	技術部長	影山 和郎

【懇親会】		司会：実行委員会副事務局長	江口 星雄
-------	--	---------------	-------

18:00 ~ 19:40 工学部 2号館 213号室 (展示室) 【参加費1,000円】

# 目次

題目	所属	著者名	頁
1 低温領域における弾性波動伝播測定システムの構築	地球システム工学専攻	鈴木 誠	1
2 技術部ホームページ - 技術職員情報の公開を目指して 2 -	航空宇宙工学専攻	小林 やよい	7
	地球システム工学専攻	畠山 正樹	
	システム量子工学専攻	川手 秀樹	
	機械工学専攻	山内 政司	
	情報システム室	山崎 一彦	
3 自作パソコン入門(総集編)	機械工学専攻	浅川 武	15
4 動的義手の設計と製作	環境海洋工学専攻	吉田 二郎	19
5 倒立ねじり振子を用いた金属およびセラミックスの内部減衰の測定	航空宇宙工学専攻	関根 政直	25
6 垂直配向単層カーボンナノチューブ膜の超撥水性(微小液滴を配置し接触角測定)	機械工学専攻	渡辺 誠	29
7 ハートの非弾性構成式における技術的改良の試み	機械工学専攻	石川 明克	32
8 接地線にノイズ電流を集める回路の設計方法	原子力国際専攻	安本 勝	39
9 MALT のセシウムスパッター型負イオン源(MC-SNICS)	原子力国際専攻	中野 忠一郎	43
10 PIXE 分析法によるアスベストの検出	システム量子工学専攻 原子力国際専攻	細野 米市 中野 忠一郎	47
11 C-14 年代測定における低バックグラウンド化 - 試料作製時の現代炭素の混入最小化	原子力国際専攻	土屋 陽子	51
12 炭化水素の酸化反応に活性を示す光触媒の研究	化学システム工学専攻 化学システム工学専攻 化学システム工学専攻	富田 修 堂免 一成 寺村 謙太郎	55
13 光ファイバーを利用したひずみセンサーの開発	環境海洋工学専攻 環境海洋工学専攻	金井 誠 大澤 勇	59
14 ShareFast による造船設計支援システムの開発	環境海洋工学専攻	榎本 昌一	65
15 破壊力学パラメータ簡易評価システム(CRAPAS)の開発(機能拡充)	システム量子工学専攻	川手 秀樹	69
16 来所管理システムの開発	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	73
17 フローインジェクション分析による濃厚銅中コバルトの分析	応用化学専攻	藤村 一良	77
18 後方散乱分析装置の現状	原子力国際専攻 原子力国際専攻	森田 明 伊藤 誠二	79

19	技術部・情報センター - 技術職員情報の公開を目指して1 -	機械工学専攻	山内 政司	83
		システム量子工学専攻	川手 秀樹	
		地球システム工学専攻	畠山 正樹	
		航空宇宙工学専攻	小林 やよい	
		情報システム室	山崎 一彦	
20	飽和ベントナイト試料作成方法の開発	社会基盤学専攻	周郷 啓一	87
21	3次元CAD研修報告	機械工学専攻	山内 政司	89
22	ポリ乳酸樹脂(PLA)を和紙で強化した複合材の引張り基礎特性	環境海洋工学専攻	大澤 勇	93
23	描画系ソフトの活用について	航空宇宙工学専攻	松永 大一郎	97
24	CVSを利用した共同管理	計数工学科	瀬原 貴史	103
25	APDを用いた高速中性子検出器	システム量子工学専攻	細野 米市	105
26	セメント系コロイドのSEM観察	システム量子工学専攻	佐藤 留美	107
27	LDAPを利用したWeb上のユーザ認証システム構築	地球システム工学専攻	玉田 康二	109
28	岩石粉末試料の溶液化に伴う問題点とその解決法	地球システム工学専攻	森口 恵美	113
29	PostgreSQLサーバの導入について	マテリアル工学専攻	永山 直樹	117
30	タングステンウイスカーの断面SEM試料の作製	マテリアル工学専攻	中村 光弘	119
31	実験不明廃棄物の処理 2005	応用化学専攻	栄 慎也	121
32	Netboot環境によるネットワーク管理技術の習得	化学生命工学専攻	鳥越 裕介	125
33	生命工学実験の内容改訂について	化学生命工学専攻	萱野 英子	131
		応用化学専攻	坂下 春	
		化学生命工学専攻	福田 政一	
		化学生命工学専攻	鳥越 裕介	
34	PIXE研究の最近の動向	原子力国際専攻	伊藤 誠二	135
35	FPGAによる記憶回路の製作法	情報理工学専攻	市川 保正	137
36	アーク溶接特別教育の受講	地球システム工学専攻	茂木 勝郎	141
パネルディスカッション				
	技術部および技術職員への期待	システム量子工学専攻	田中 知	
	国立大学における技術支援の変容とあり方	鹿児島大学工学部技術部	大角 義浩	
	多元研技術室の役割と経過、未来展望	東北大学多元物質研究技術室	柴田 吉郎	
	高エネルギー加速器研究機構における技術職について	高エネルギー加速器研究機構	橋本 義徳	
	技術職員と技術部のあり方	技術部調整室	細野 米市	
	技術部創設と技術職員の自覚	技術部調整室	吉田 二郎	

# 1 低温領域における弾性波動伝播測定システムの構築

## Construction of the elastic wave propagation measurement system at a low-temperature area

地球システム工学専攻・鈴木 誠

**Abstract:** As an amount evaluation technique of resources of methane hydrate, the elastic wave propagation especially the attenuation characteristic attracts in the public eye in recent years. Although the attenuation phenomenon was checked in the preliminary experiment last time, there were some problems in the fixed method or something. When the stable fixed instrument was manufactured this time and the data of the attenuation phenomenon was measured, the measurement result has improved from last time.

### 1 . はじめに

現在、私は工学系研究科地球システム工学専攻に在籍し、反射法を利用した地震探査の研究、主として未来型エネルギーであるメタンハイドレートの資源量評価を目的とした弾性波動伝播実験を行っている。具体的な実験方法は、塩水より生成される氷をメタンハイドレートとみなし、塩水が氷状態に遷移する過程（常温から -15 程度）における音響パルスの伝播特性（振幅、周波数、速度情報）を観察し、この媒体の氷生成過程における弾性波動伝播特性を研究するための実験装置の構築を行っている。その未来型エネルギーとして期待されているメタンハイドレートの資源量評価手法として、弾性波動伝播特性とりわけ減衰特性が注目されている。（Guerin and Goldberg, 2002; Matsushima, 2005）しかし、現在のところ低温領域（液体/固体相）に関する室内実験、その中でも波形情報を扱う例は少ない。既往の研究として、Prasad and Dvorkin（2003）は塩水から生成される氷を使用して冷凍庫内で高速度帯かつ高減衰帯が発生する現象を確認した。Suzuki and Matsushima（2005）では塩水から生成される氷の挙動について恒温槽で測定して速度及び周波数の減衰現象を詳細に示したが、固定方法などの問題により振幅情報の取得には至らなかった。しかし、さらに正確な減衰現象を把握するためには振幅情報も有効な情報として必要である。

そこで、メタンハイドレート層における波動伝播現象（速度、周波数、振幅）を実験的手法により確認することを目的として、室内実験において低温領域（液体/固体相）で再現性のある高精度のデータ取得可能な波動観測システムの構築のために注意、工夫を施した点について紹介する。

### 2 . 実験条件

本来、実験では実際のメタンハイドレートを使用するのが理想だがメタンハイドレートの製作に伴う機器の構築、制御方法が複雑であること、また入手に対して多大なコストが生じ容易でないため、今回は簡易的に塩水より生成される氷を使用して実験を行った。塩水濃度は2%、伝播距離は2、3、4、5、6cmの5通りで行った。温度の測定範囲としては水から氷状態（常温から-15）に遷移する過程を恒温槽で測定箇所：常温、10、0、-2、-3、-5、-7、-9、-12、-14.5の計10点取った。この条件のもと音響パルスの波形を観察した。

対象周波数は150kHz~1000kHz、周波数の計算方法は初動波形（1周期）の重心周波数で計算を行った。波形の例として図1：全体波形、図2：1周期波形である。

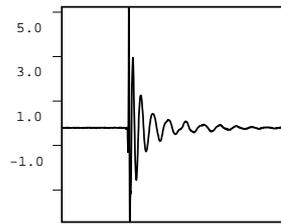


図1 全体波形

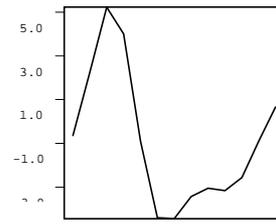


図2 1周期波形

温度の放置時間については表1のように1日2点(朝、夜)ずつ測定し-2 から-3 の変化時は2日半ゆっくり冷やし目視により凍結状況を確認した。  
 ただ、凍結方法については冷却状況のデータ取得など今後調査が必要と考えている。

表1 温度放置時間

	木	金	土 日	月	火	水
常温		0		-3	-7	-12
10		-2		-5	-9	-14.5

機器については図3に示すように各々の装置を接続して実験を行った。パルス発生器からの信号を送信用素子に入れ、恒温槽内に入れた実験試料(塩水)を通し、受信用素子で波形を受信後、増幅器、フィルタ(150kHz以下カット)を入れデジタルオシロスコープにより波形を計測した。その後、取得したデータをパソコンに取り込み解析を行った。

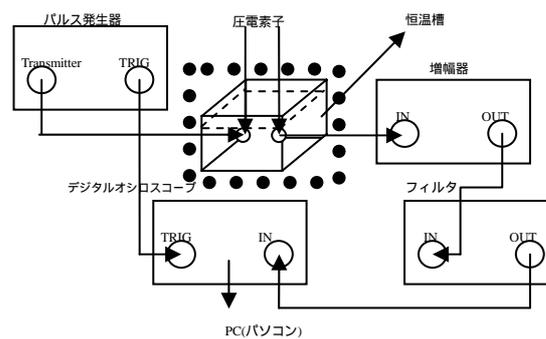


図3 使用測定器具

### 3. 実験手法について

減衰測定実験の留意点として2点ほど挙げられる。

1点目は使用圧電素子の問題である。一般の裸振動子(図4)と今回実験で使用した素子(図5)で取得した波形データ(常温時)を比較すると今回使用した素子のほうが波形の重なりがない孤立

波であることがわかる(図6、図7)。今回使用した圧電素子にはダンパー機能が入っていて、波形を瞬時に抑えている。この孤立波である条件が振幅や周波数の解析を行うときに必須である。さらに、今回は素子個々の違いによる特性も考慮に入れ素子の組み合わせについても考えた。このことを踏まえ今回は同じ素子(送信、受信)の組み合わせで実験を行った。

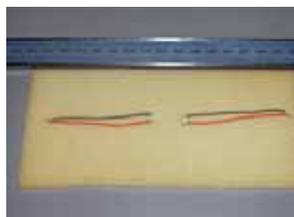


図4 一般(裸)素子

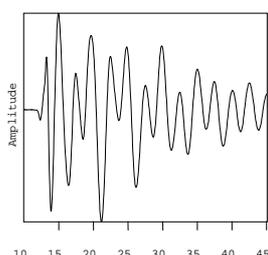


図6 一般(裸)素子



図5 圧電素子

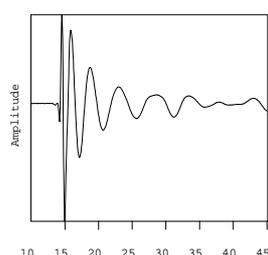


図7 圧電素子

続いて、使用する圧電素子の低温時の伝播特性について円柱形ステンレス(φ60mm×L60mm)を使用して確認した。温度による変化は図8、図9のように速度(常温時と低温時の変化0.1%)、周波数(常温時と低温時の変化1.5%)であり圧電素子が低温時でも使用出来ることが確認できた。

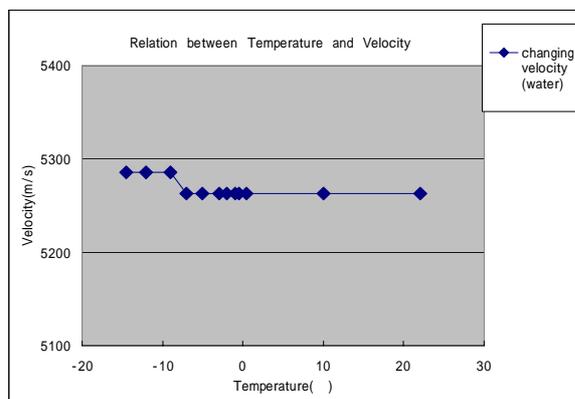


図8 温度による伝播特性(速度)

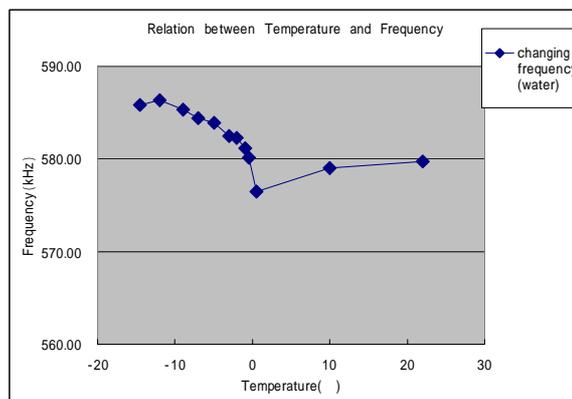


図9 温度による伝播特性(周波数)

2点目として振動子の位置ずれによる指向性を検討した。当初、行っていた測定方法(図10)では常温から氷になる過程で圧電素子の位置が動き指向性が取れない可能性があった。この指向性を考慮するには上下の位置決め及び左右のねじれに注意が必要である。

そこで圧電素子の位置が固定でき、ねじれが生じないような治具(図11)を作製して圧電素子の固定を行った。この治具のようにスルス材で圧電素子の部分を固定することにより素子の左右ねじれの問題が解決でき、またスルス材をねじで固定することにより上下の位置の固定に成功した。



図 10 使用器具 (木)



図 11 使用器具(ステン)

以下に使用容器を示す。図 12 はステン材使用前の容器 (木) 図 13 はステン材を使用した容器(ステン)。この容器を使用して測定を行った。容器のサイズは 135(W)×110(H)×110(D)(mm)



図 12 使用容器 (木)

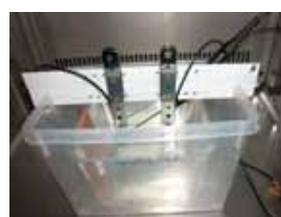


図 13 使用容器(ステン)

今回のように素子を完全固定することにより反射などによる波形の問題がないか素子固定前 (図 14) と素子固定後 (図 15) の波形を比較して解析したが使用している周波数の範囲では波形の違いは生じなかった。

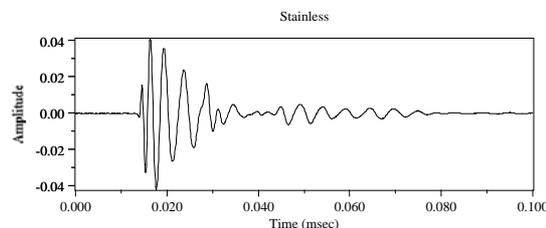
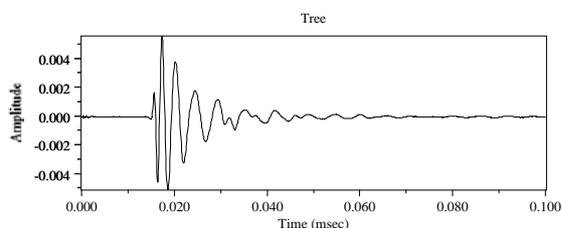


図 14 木使用波形 (伝播距離 5cm、温度-14.5 ) 図 15 ステン固定波形 (伝播距離 5cm、温度-14.5 )

## 4.結果

対象周波数は水の速度による波長を考え、150kHz～1000kHz、解析方法は初動波形 (1周期) の重心周波数で計算を行い、振幅は P-P (Peak to Peak) による解析、その他として速度解析を行い、伝播距離による違いについて各々データ (素子固定前と素子固定後) を比較した。(図 16～図 18)

結果として速度においては固定前も固定後も不凍水の減少により速度が増加していることが確認できた。

周波数解析において固定前は一部の温度点で距離による逆転現象が見られたが固定後は伝播距離の差による減衰現象が確認できた。また、振幅についても同様に固定前は一部の温度点において距離による逆転現象が見られていたが固定後は伝播距離の差による減衰現象が見られた。

### 伝播距離による速度比較

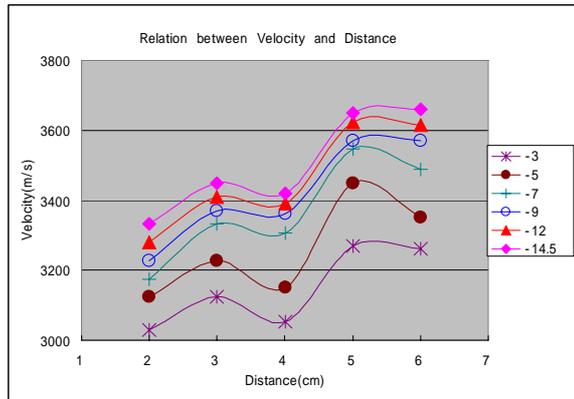
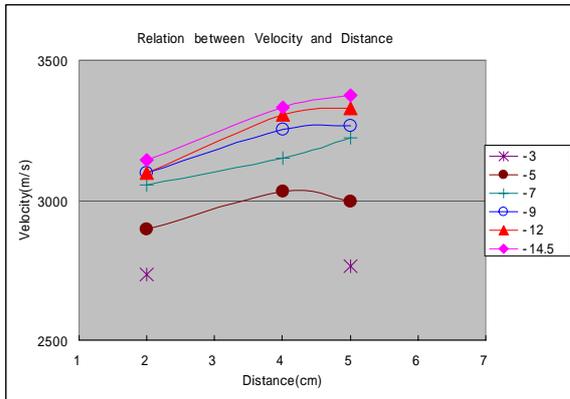


図 16 (左：固定前速度、右：固定後速度)

### 伝播距離による周波数比較

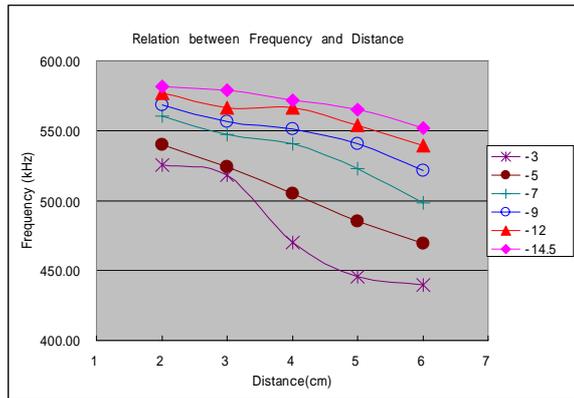
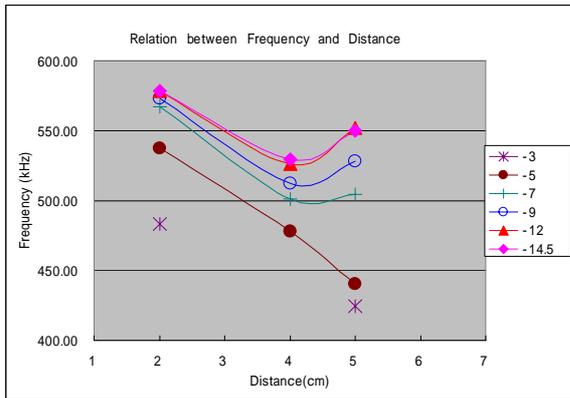


図 17 (左：固定前周波数、右：固定後周波数)

### 伝播距離による振幅比較

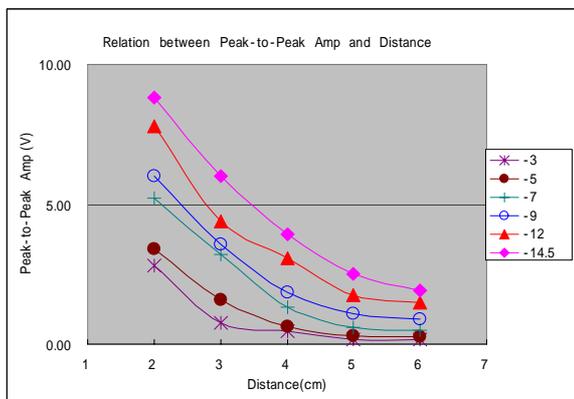
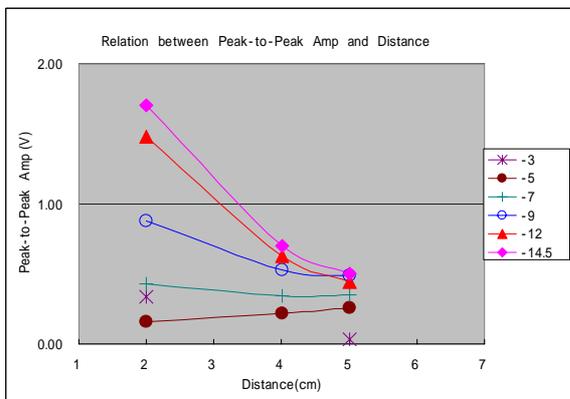


図 18 (左：固定前振幅、右：固定後振幅)

## 5.おわりに

今回、使用素子の評価（素子選択、低温評価）、素子の固定方法を考案したことによりメタンハイドレート層における減衰現象に必要な振幅情報を実験的手法によりデータ取得することが出来た。また、従来に比べ周波数及び速度のデータ取得にも改善が見られた。ただ、今回の実験では温度の放置時間については目視による凍結状況の確認のみで冷却状況のデータ取得を詳細検討せず、多少疑問が残った。

今後は、測定箇所による温度の放置時間の詳細評価を行うことにより、より正確なデータ取得が見込まれると思う。

## 謝辞

地球システム工学専攻の松島潤助教授には波動に対する基礎知識、取得した実験データの解析方法をご教授頂いた。また、加藤淑史さんには実験の準備に対する注意点、測定器具の使用方法及びデータの取得方法を細かく伝授頂いた。ここに深甚なる感謝の意を表します。

## 参考文献

- Guerin, G. and Goldberg, D., 2002, Sonic waveform attenuation in gas hydrate-bearing sediments from the Mallik 2L-38 research well, Mackenzie Delta, Canada, *J. Geophys. Res.*, 107, No. B5, EPM1.
- Matsushima, J., 2005, Attenuation measurements from sonic waveform logs in methane hydrate-bearing sediments at the Nankai Trough exploratory well off Tokai, central Japan, *Geophysical Research Letters*, vol.32, L03306, doi:10.1029/2004GL021786.
- Prasad, M. and Dvorkin, J., 2004, Velocity and attenuation of compressional waves in brines, 74th Ann. Internat. Mtg.: Soc. of Expl. Geophys., 1666-1669.
- Makoto Suzuki, Jun Matsushima, Yoshibumi Kato, Shuichi Rokugawa, 2005, Experimental study of P-wave attenuation in partially frozen brine, 2005 AGU Fall Meeting Poster.
- 鈴木誠, 松島潤, 加藤淑史, 六川修一, 2006, 模擬メタンハイドレート資料を用いた弾性波減衰に関する室内実験（測定システムの構築）, 物理探査学会第 114 回学術講演会論文集.

## 2 技術部ホームページ

- 技術職員情報の公開を目指して 2 -

航空宇宙工学専攻	小林やよい
地球システム工学専攻	畠山 正樹
システム量子工学専攻	川手 秀樹
機械工学専攻	山内 政司
情報システム室	山崎 一彦

### 1 はじめに

工学系研究科・技術部ホームページ(以下技術部 HP)は、技術職員に関する情報公開を目的として、2005年1月13日に公開された。本報告では技術部 HP の内容紹介として、これまでにおこなってきたコンテンツ制作とリニューアルについて、技術部 HP の運営実績とアクセス分析結果について報告する。

### 2 コンテンツ

技術部 HP は情報公開と交流を目的としているため、各方面に情報公開をお願いしながら作業を進めている。各コンテンツは1.正確であること2.安全であること3.見やすく親しみやすいことを念頭に制作している。1.2に関しては、掲載原則、更新方法などを決めており、判断の必要が生じた場合は、その都度編集会議で議論して作業を進めている。3.に関しては、見やすいレイアウト、大きめのフォントの使用、記事には出来るだけ写真を用意する、文章を極力短くする等の配慮をしている。

#### 2.1 学外向けメニュー

コンテンツは学外向けと学内用に分かれている。学内用には個人情報や議事録等、学外に公開する必要がないものやできないものを掲載している。学外向けメニューを図1に示す。

##### 情報センター

「技術部長からのご挨拶」と「情報センターから」の二つのサブメニューで構成している。「技術部長からのご挨拶」は、技術部長が技術部に寄せる期待や将来像を発信する場としている。

「情報センターから」は、HP制作側からのご挨拶として、メンバーの紹介とご挨拶を掲載している。歴代メンバーの履歴を残すため、旧挨拶も継続して掲載している。

##### ニュース・お知らせ

技術部や研究科に関する様々なニュースやお知らせを掲載している。ここでは、学外向けに公開が制限されるもの(個人情報、内規、議事録等)以外は積極的に公開している。記事の掲載にあたっては、視覚的にも興味を持てるようにできるだけ写真を挿入している。

##### 特集・企画

「特集」は様々な技術に支えられている職場と人物を紹介している。学内には興味深い業務や職場が数多くあるが、それらがスポットライトを浴びる機会はありません。「特集」

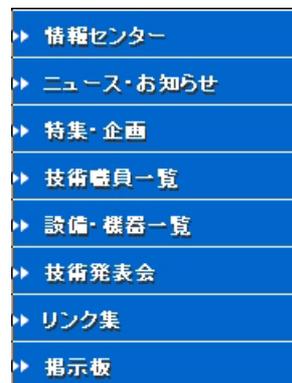


図1 学外メニュー

ではそのような情報を積極的に紹介していきたいと考えている。「企画」は技術部に関係する教員やキーパーソンにインタビューをお願いし、技術部を多面的な視点からとらえていただくコーナーである。また人物紹介も兼ねており、仕事とは異なる意外な一面を紹介できるのもこの記事の魅力である。「特集」「企画」とも2時間あまりの取材を行っており、インタビューの要項を事前にお渡しして、適切なコメントをいただけるよう配慮している。取材対象の選定から取材・編集を経て記事が掲載されるまでには多くの時間が必要なため、情報センター作業の大きな割合を占めている。今後どのように作業を軽減していくのが課題である。技術部 HP を意義あるものとするため、今後とも発展継続させていきたい。

#### 技術職員一覧

開設当初は専攻ごとに氏名・連絡先などを掲載していたが、個人情報保護の観点から、現在は各専攻に所属している技術職員の数を「専攻別職員数」として掲載している。今後は技術部や部門等の組織図を掲載して充実させていきたい。

#### 設備・機器一覧

工学系研究科内には様々な設備や機器があり、それらを開放している施設もある。このコーナーはそれらを紹介するのが目的である。現在はまだ工学系全体の共通利用施設を網羅していないので、部署ごとに情報提供をしていただき充実させていきたい。

#### 技術発表会

過去に開催された技術発表会の記録と最新の情報を掲載している。2006 年度から「今年の技術発表会」「過去の技術発表会」の二つのサブメニューを設けた。「今年の技術発表会」は発表会事務局からのお知らせや議事録を掲載し、最新の情報に誰でもアクセスできるようにしている。また必要書類をダウンロードできるようにして、発表申込み者の便宜をはかっている。「過去の技術発表会」では第1回から第20回までの技術報告のタイトル、著者等が各回に分けて掲載されている。第19回以降はプログラムや発表会の様子などを写真で紹介し、当日の雰囲気伝えていく。

#### リンク集

HP 開設当初に全国大学で工学部に技術部を持つ大学を調査した。その結果を基に各技術部 HP の管理者に東大工学系研究科技術部 HP の開設を連絡しリンクをお願いした。現在、学内リンク4、学外リンク23箇所である。HPを広報するためにもリンクは有効である。引き続き調査の上、まだ相互リンクがない大学へはリンクを依頼する予定である。

#### 掲示板

HP は公開している側からの情報発信がメインであるが、利用者からのフィードバックを得ることも重要である。技術部 HP の設立目的でもある全国大学の教職員とのコミュニケーションを図るために「掲示板」を開設した。掲示板の開設に際しては、不適切な書き込みの公開を防ぐため、掲載規定や更新方法について半年以上の議論を重ねて公開にこぎ着けた。残念ながら公開後の書き込みが少なく、管理負担が大きい割に利用されていない。情報や意見の交換に有効利用していただきたい。

#### 2.2 学内向けメニュー

技術職員情報はできるだけ学外にも公開する方針で運営しているが、学内者向けに限定された情報や学外に公開できない情報等を掲載するため、学内向けページを設置している。学内向けメニューを図2に示す。



図2 学内メニュー

## ニュース・お知らせ

ニュース・お知らせのうち、学内用記事を掲載している。学内用記事は、個人情報の掲載されている記事、議事録、内規、選挙関連情報等である。

## 技術部

本年4月に技術部が発足したため、技術部関連の掲載依頼が増えた。以前は「お知らせ・ニュース」に掲載していたが、技術部関連情報をまとめて利用しやすくする目的で、2006年5月に新設した。サブメニューとして「調整室」と「技術部会」を用意したが、今後部門等の技術部組織活動が本格化し掲載依頼が増加すれば、サブメニューの増設を検討する予定である。

## 特集・企画

基本的には学外版と同一であるが、学内のみに公開している座談会や、インタビューの詳細版など、学外版には公開していない記事も掲載している。

## 公募

研究科内および全学レベルの技術職員に対する研修等の公募情報を掲載している。また事務ルートからの公募依頼にも対応している。

## 掲示板(学内専用)

学内の教職員相互のコミュニケーションを図るために、学外版に先立って開設された。技術部への質問があれば、技術部長や調整室から正式な回答を得られるシステムを企画実施しているが、利用件数が少ないのが残念である。今後有効活用されることを期待する。

## 画像投稿(学内専用)

トップページの空きスペースを利用して画像を掲載している。ここに掲載する画像を学内から投稿していただけるよう画像投稿フォームを設けた。投稿された画像はフォトアルバムに掲載され、いつでも見ることが可能である。あなたの投稿をお待ちしています。

## フォトアルバム

投稿された画像を公開するために設けている。ここでは投稿された画像と説明を見ることができる。トップページへ掲載される画像は表示枠の関係でオリジナルサイズよりかなり小さいため、フォトアルバムでは大きなサイズで掲載している。フォトアルバムはトップページの画像をクリックすると表示されるので、是非ご覧いただきたい。

## 掲載依頼

技術職員に関する情報公開を促進するため、掲載依頼を受け付けている。掲載依頼フォームでは依頼から掲載までの流れを図で示し、どのような手順で依頼原稿が掲載されるのか分かりやすくした。これまでに調整室や技術部会からのお知らせや議事録、選挙公示等で活用されている。個人からの依頼も受け付けているので、是非利用していただきたい。

## **3 リニューアル**

技術部ホームページ公開以降のページ更新・リニューアルは全て情報センターで行ってきた。このうち、主なリニューアルはメニューの追加、掲示板公開、アクセスカウンタ設置、ホームページのフレーム化である。これらの詳細をほぼ時系列に沿って述べる。

### メニューの変更

HPの内容変更に伴い、メニューの変更を適宜おこなった。初期のデザインを継承し、調整室や技術発表会事務局等からの要望や、センターの新企画に応じてメニューを変更してきた。メニュー部分の変更は、全ページ分を製作しなければならない為、多くの作業工

数が必要である。そのため極力作業し易い方法でメニューを作成している。

#### 学内専用掲示板 2005年6月

HPの目的である情報公開と意見交換の場として、掲示板は不可欠である。しかしお問い合わせに押し寄せる迷惑メールの実績があるため、セキュリティと運用面の問題が解決できず公開が遅れていた。検討した結果、投稿規定を設けた上で、投稿の自動更新を行わない運用方法を採用することで、公開を実現した。

- ・フリーソフト使用

掲示板はCGI言語を使用して作成されるのが通常であるが、CGIを熟知している担当者がおらず、また公開決定後速やかに公開する為にフリーソフトを使用することとした。

- ・投稿文章の自動更新は行わない

情報センターの担当者は兼務でホームページ作成・管理を行っているため、HP管理を24時間行うわけにはいかない。もし不適切な投稿が公開されてしまっても、担当者が作業するまでは対処できない。そのため投稿された文章は投稿と同時に自動更新せず、担当者が利用規程に照らし合わせた後、更新作業により公開している。これにより、更新の手間はかかるが、不適切な投稿の公開を防ぐことができる。ただし投稿文章は原文のまま公開しており、検閲・修正のような事は一切おこなっていないことを付言する。

- ・学内専用掲示板を先行公開

技術部HPではセキュリティを重要視しているため、掲示板のようなシステムは一般公開前にチェックが必要である。また担当者の更新作業が必要な為、投稿量によっては対応しきれない可能性があった。システムの不備と運用方法を見極めるためセンターでの運用確認作業をした後、比較的安全なネット環境で使用する、学内専用掲示板を先行公開した。担当者の管理負担は大きい為、公開後は大きなトラブルもなく、利用者が少ないことを除けば順調に運用されている。学内専用掲示板を図3に示す。

#### お問い合わせ 2005年6月

学内専用掲示板公開と同時期に「お問い合わせ」を設置した。それ以前はメールで受け付けていたが、広告や迷惑メール等、本来の趣旨以外の投稿があまりにも多かった為、このような形式を採用した。元プログラムは、上記学内専用掲示板と同じであるが、プログラムを改編し投稿のみのページとした。この形式に移行しても広告等の投稿が極端に多い為、プログラムの変更により不良サイトからの投稿拒否等の制限を行っている。お問合せ画面を図4に示す。



図3 学内専用掲示板



図4 お問い合わせ書き込み画面

## アニメーション 2005年7月

トップページ画面がやや寂しく変化に乏しい印象を受けると言うことと、より親しみやすくする目的を兼ね、メニュー下にアニメーション（画像のフェードイン・フェードアウト）を追加した。その時々々の学内トピックスや季節の画像を挿入している。この部分は JavaScript 言語を使用しているフリープログラムを利用している。アニメーション画像追加に伴い、元画像をまとめたフォトアルバムも公開した。アニメーションとアクセスカウンタを図5に示す。

## アクセスカウンタ 2005年7月

技術部ホームページへのアクセス状況把握の為に、2005年7月1日にアクセスカウンタを設置した。このアクセスカウンタも CGI 言語を使用して作られているフリーソフトを利用している。得られた結果はホームページの運営等に反映させたいと考えている。

## 画像投稿フォーム 2005年9月

トップページにアニメーション画像とフォトアルバムを設置したことに伴い、利用者にも画像を投稿していただけるようにした。この画像投稿フォームも CGI



図5 アニメーションとアクセスカウンタ



図6 画像投稿フォーム画面



図7 フレーム化前後のトップページ

言語を使用したフリーソフトを利用している。投稿は学内からのみ受け付けている。画像投稿フォームを図 6 に示す。

#### フレーム化 2005 年 11 月

ページ構成の変更やメニューの追加・変更作業の省力化を実現するため。ホームページ全体を 3 分割しフレーム形式に移行した。フレーム化による画面構成や使い勝手を極力意識させないよう配慮した。全ページのフレーム化により、従来のメニュー変更作業では、全ページのメニューを書き換える必要があったが、メニュー部分のフレームを変更するのみで関連するページ全ての更新が行えるようになった。フレーム化前後のトップ画面を図 7 に示す。



図 8 学外用掲示板

#### 学外用掲示板公開 2005 年 11 月

全国の大学技術職員との情報・意見交換を目的として学外用掲示板を公開した。先だって公開された学内専用掲示板と同様のフリーソフトを使用し、公開方法も学内専用掲示板に準じている。公開前から懸念されていた広告等の投稿が多い為、問い合わせページと同様に不良サイトからのアクセス制限を行っている。学外専用掲示板を図 8 に示す。

#### 掲載依頼フォーム公開 2005 年 12 月

技術部正式発足に向けて技術部WG等からの情報公開要請が増加すると考えられた為、掲載依頼ページを作成した。このページは画像投稿受付ページと同様の CGI 言語で作成されているフリーソフトを利用して作成し、ファイルの添付を可能としている。なお、掲載依頼フォームを利用した掲載依頼は学内からのみ受け付けている。掲載依頼フォームを図 9 に示す。



図 9 掲載依頼フォーム

## 4. 更新実績と利用状況

HP を常に利用していただくためには定期的に記事の更新をおこなって内容を充実させること

と、更新・記事掲載のアナウンスをすることが必要である。また HP 各ページのアクセス数を分析し、HP の紙面作りに反映させることも重要である。ここでは技術部 HP の更新実績、アクセス管理、アナウンスとリンクについて説明する。

### 4.1 更新実績

2005 年 1 月の公開から現在までの月別更新数を図 10 に示す。公開当初は毎月複数の更新を目標としたが、情報ソースも少なかったため更新数も少なかった。現在は技術部 HP の編集体制も整い、技術部が正式に活動を開始したため、更新数も増えてきている。HP 公開以来の平均更新回数は、当初の目標を上回り平均して週 1 件以上になった。この更新

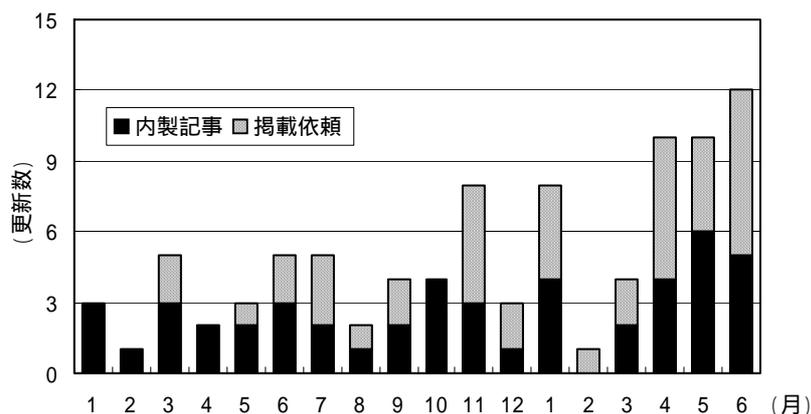


図10 月別記事更新数

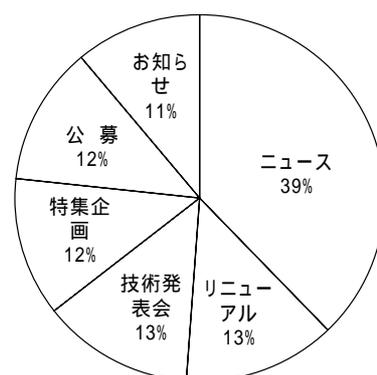


図11 記事内容

数は国内大学技術部としては一番多い数である(センター調べ)。

図11に更新記事内容の割合を示す。この分類ではニュースとお知らせで全体の半分を占め、残りを他の記事がほぼ均等に掲載されていることが分かる。今後より豊富な情報をユーザーに届けることにより、技術部の公正な運営に寄与したいと考えている。

#### 4.2 アクセス管理と実績

アクセス管理は、1日当たりのアクセス数や、ページごと、学内・学外別のアクセス数などを調査している。アクセスカウンタを2005年7月に設置し、アクセス解析を2006年1月分から実施している。調査で得られたデータはHPの紙面作りの指標として役立てたい。アクセス数は、国内大学の技術部HPとしては一番多い数である(情報センター調べ)。

HP内のどの記事が利用されているかを調査したのが表1である。アクセスの多い順に15項目を示した。トップページが多いのは当然として、ニュース・お知らせ、特集・企画、技術発表会など、更新回数が多いページへのアクセスが多いことが分かる。また更新が少ない割にアクセスが多いのは、技術職員一覧、機器・設備一覧、学外・掲示板などである。これらのページは潜在的需要が見込まれるため、コンテンツの充実によりアクセスを増やせる可能性がある。

表1 ページアクセスランキング

順位	ページ名	割合
1	技術部 トップページ	29.10%
2	学外・ニュース・お知らせ	7.80%
3	技術職員一覧	5.90%
4	技術発表会	4.50%
5	専攻別職員数	4.20%
6	学外・特集・企画	3.90%
7	設備・機器一覧	3.20%
8	情報センター	2.80%
9	学内専用 トップページ	2.80%
10	リンク集	2.50%
11	学外・掲示板	2.20%
12	情報センターから	2.10%
13	技術部長からの挨拶	2.00%
14	フォトアルバム	1.80%
15	今年度の技術発表会	1.60%

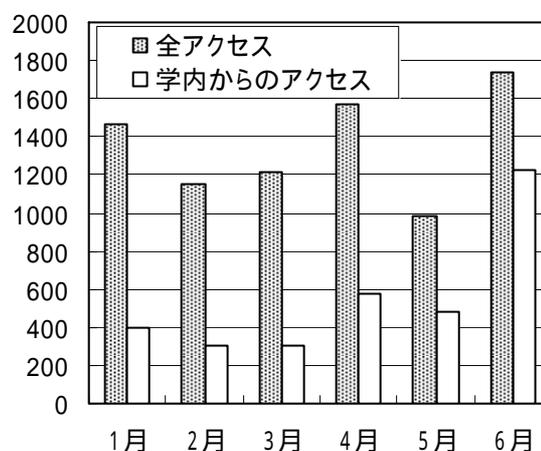


図12 月別アクセス数

図 12 は月別の全アクセス数と学内からのアクセス数，図 13 は月別の学内と学外からのアクセス割合を整理したグラフである。学外からのアクセス割合が多いのは，本 HP の特徴である。しかし技術部の発足に伴い，学内からのアクセスも増えてきている。現在は学内の技術職員に対しての情報公開を最優先に活動してきたが，学外からのアクセスを有効に生かすため，学外に対する技術部のアピールと，他大学との交流も課題としたい。

#### 4.3 アナウンスとリンク

記事の更新や掲載のアナウンスは，HP を利用していただくために大変重要である。また当 HP では，他大学との技術職員情報の交換や交流を当初からの目的にしており，相互リンクは大事な項目である。利用者増加のためにおこなった方策を以下に示す。

- ・ 他大学技術部 HP との相互リンク(開設時)
- ・ 工学部・工学系研究科 HP のトップページへリンク掲載(2006 年 1 月)
- ・ 技術部メーリングリスト・メール文書内へ技術部関連情報掲載アドレスを明記
- ・ 第 21 回工学系研究科技術発表会メニューの掲載，詳細のアナウンス(2006 年 4 月)
- ・ 特集記事「松本工学系研究科長へのインタビュー」のお知らせを，工学系研究科情報ポータルサイト及び工学部・工学系研究科 HP に掲載(2006 年 6 月)

「利用者へのアナウンス」によるアクセス数増加は効果的であるが，一時的なものになりやすいため，常に利用されるよう HP 内容の充実に努め，定期的なアナウンスを実行しなければならない。またリンクに関しては，発足時に相互リンクをお願いした後，特に交流はなかったが，技術部間の相互交流が始まれば，掲示板等を利用して HP 上での情報交換の活発化が期待できる。そのため今後とも相互リンクを充実させたいと考えている。

#### 5. おわりに

技術部 HP の内容について，コンテンツ内容，リニューアルの経緯，更新実績，アクセス解析結果について報告した。HP 開設から 1 年半が経過し，この間，コンテンツの追加・修正に努め，内容を充実させてきた。利用者にとっては，タイムリーな情報を簡単に得たいという要望があるため，情報をできるだけ早く，分かりやすく表示するよう配慮した。お陰様で国内大学の技術部 HP としては，一番多くのアクセスをいただいている。ただし東京大学の公式ページとして不特定多数の方が利用・閲覧するということから，セキュリティを重視した運営とせざるを得ない。そのため利用者にご不便をおかけしている部分もあるが，それらの点についてはご理解を頂きたい。

今後，アクセスデータやお問い合わせに寄せられるご意見・ご要望等をもとに，更に利用しやすい HP にしたいと考えているので，利用者の皆様のリクエストを是非お聞かせ願いたい。今後とも，技術部 HP を技術職員相互のコミュニケーションを図る場として，大いにご利用いただければ幸いである。

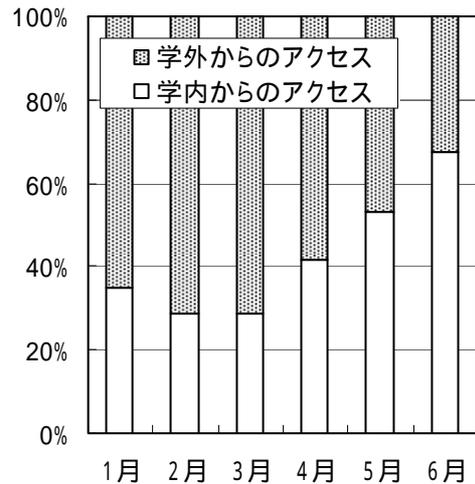


図 13 アクセス割合

### 3 自作パソコン入門（総集編）

機械工学専攻 浅川 武

#### 1. はじめに

総務省は情報家電を含める電波関連分野の市場規模が 2008 年に 43 兆円, 2013 年には 92 兆円と予測する。巨大市場をにらんだ今後の動きから, 目を離せそうにない。これに追い討ちをかけるように, 少し先走りますが, 2011 年 7 月にアナログ放送終了に伴い, デジタル放送が開始されます。デスクトップ今春モデルでは, これを先取りするかのように AV 視聴・録画機能付きのパソコンが目立つようになってきている。そこで, パソコンを楽しく作りやすく静かで, しかも信頼性があり安定して数年間それを利用する人のために, 自作パソコン入門の総集編として, 主に CPU 熱問題を考慮した BTX(Balanced Technology eXtended)パソコン組立て, テレビ録画パソコンおよび中古パソコンなどを取り上げて報告します。なお, 今までの自作パソコンのうち数件<sup>1)2)</sup>をより詳細に内容を理解していただくために, 展示いたします。

#### 2. テレビ録画パソコンについて

テレビ機能を標準搭載した「Windows XP Media Center Edition 2005」が登場(<http://www.microsoft.com/japan/windowsxp/mediacenter/default.mspx>)して以来, 数年後のアナログ放送からデジタル放送への切替えに向け人気が高まりつつある。ここでは, 実績のある MCE 2004 のハードウェア要件<sup>3)</sup>の最低条件を示しました。

##### 2.1 CPU, メモリおよび HDD

1.3GHz 以上の CPU, 1.6GHz 以上の CPU を奨励する。ただしソフトウェアエンコーダによる TV チューナを利用する場合には 3GHz 以上の CPU を搭載する。メモリは, 256MB 以上(PC133 より高速な DRAM)が必要である。HDD は, MCE 用の 2GB の空き容量が必要, テレビ録画機能を利用する場合に 30GB 以上が必要である。

##### 2.2 TV チューナカード

基本的にハードウェア MPEG-2 エンコーダを搭載した TV チューナカードで, かつドライバが MCE に対応している必要がある。エルザ EX-VISION 1000TV, バッファロー PC-MV5DX/PCI およびバッファロー PC-MV5/PCI の選定が無難である。

総合的に見ると MCE2005 自作 PC を作るうというのであれば, かなりの困難が待ちかまえているといっても過言ではない。高スペックのハードウェアを要求されることもそうだし, TV チューナカードが限定されるといっても注意が必要だ。



図1 TV チューナカード (エルザ製)<sup>3)</sup>

## 2.3 その他

光学ドライブは、とりあえず、DVD 互換ドライブを用意する。ネットワークは、56kbps 以上のモデム、100BASE-TX ないしは IEEE 802.11b 以上の無線 LAN が必要である。ビデオカードは、AGP 4X ないしはそれと同等の機能を持ち、48MB 以上の VRAM を搭載していること。1,024×768 ドット表示以上が可能で、1,280×768 ドットなどのワイド表示が可能なビデオカードを奨励する。

## 3. BTX パソコン組立ておよび適用例

### 3.1 中央演算処理装置 (CPU)

Pentium 4 は、相変わらず人気がある CPU ですが、インテル Pentium D プロセッサも、必要に応じて高い処理能力を発揮できる余裕がある。Intel 945G チップセット採用最新の PCI-Express の対応はもちろん、迫力の 3D サウンドに対応した拡張サウンド・カードの機能性と高いパフォーマンスを備えた統合型オーディオなどの最新テクノロジーを搭載した新プラットフォームなので、メインマシンとして長く使いたい方に最適である。BTX 規格の主な狙いは、ますます増大する CPU などに起因する発熱から、冷却が必要な主要部品を効率よく冷やすための部品配置 (レイアウト) 変更とエアフローの確保にあります。



図2 BTX パソコン本体

### 3.2 マザーボード

マザーボードは、一般的に信頼性の高いインテル製マイクロ BTX のインテル D945GCZLKR を採用したほうがよい。64 ビット環境にも標準で対応しており、将来 Windows を 64 ビットバージョンにアップグレードしても、マザーボードはそのまま使用することが可能である。また、コンデンサなどの各種パーツも信頼性の高いものを使っていますので、安定性の高いパフォーマンスを発揮します。

BTX マザーボードではレイアウトが変更されているため、従来の ATX 用ケースとは互換がありませんから別の BTX 用ケースを用意する必要があります。CPU も、Pentium 4 5xx BTX 版 CPU クーラー付のものを用意する必要があります。

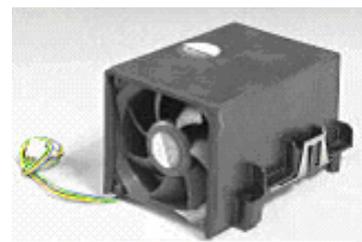


図3 BTX 用 CPU クーラー

BTX 仕様では PCI スロットの取り付け位置が ATX と逆になるの  
で、ボードの取り付け位置も逆になります。フロントとリアの中央に大きな冷却ファンがあるのも特徴である。前面のダクトから背面の 12cm ファンへかけて一直線上に空気が流れるよう設計されていることが分かります。しかし、今後どの程度普及していくか、現段階ではわかりませんが、需要と供給の関係に左右されていることは確かである。表 1 では、BTX と ATX の比較をまとめてみました。

インテルが提案するフォームファクタの新規格「BTX」は、ケース正面から取り入れた空気を一気に背面に流し、その流れの中に発熱するパーツを配置することにより効率的にシス

テムを冷却します。そのため、レイアウトは一変しています。とくに、I/O リアパネルとスロットの位置関係が、ATX とはまったく逆になっているのが判ると思います。(写真 1)

表 1 BTX と ATX の比較

フォームファクタ	BTX	microBTX	picoBTX
最大サイズ(mm)	325.12×266.7	264.16×266.7	203.20×266.7
フォームファクタ	ATX	microATX	FlexATX
最大サイズ(mm)	305×244	244×244	229×191

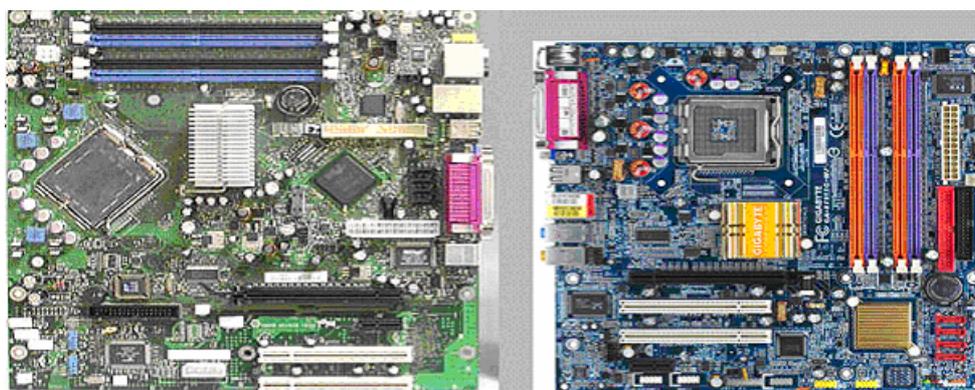


写真 1 microBTX

写真 2 microATX

### 3.3 メモリー

高いメモリ帯域幅と安定性に優れた DDR2 メモリ採用している。従来の DDR メモリより高いメモリ帯域幅を持つ DDR2 メモリを搭載している。消費電力が少ないため、システム全体のパフォーマンスも向上させる事ができます。メモリモジュールは 6 層基盤 JEDEC 準拠品のみを厳選して使用している。

### 3.4 適用例

メカトロ演習<sup>4)</sup>に適用できるかどうかを検討しました。基本的には、初期立上げ自作パソコン<sup>5)</sup>時の拡張ボックス利用においては BTX 本体マザーボードに ISA バスが付加していること、現在使用拡張ボックス利用であれば、そのまま本体へつなぎ直すことによって容易に適用可能である。自作パソコン 1 台当たりのコストは、初期立上げ自作パソコン時の 1/2 で交換可能であり CPU 速度は約 3 倍くらい速く、メモリ容量も約 8 倍、HD 容量に関しては約 10 倍も推移していることがわかった。CD-R および FDD 装置に関しては、取り外してそのまま適用したパソコンへ搭載する。

## 4. 中古パソコンおよびリサイクルパソコンについて

### 4.1 中古パソコン

新車の平均使用年数の 7 年に比べ、パソコンは約 3 年と非常に短くなりつつある。しかし、使用目的を E メールおよびインターネットのみに限定して使用している人にとっては、

中古パソコンである実用パソコン相当にて十分満足可能である。これからは、「ビジネス」「ゲーム」のほか「DVD鑑賞」「CD編集」へと拡大する傾向にあるため、特定層を当てとするのではなく、各機能の拡大がせまられている。

#### 4.2 リサイクルパソコン

パソコンリサイクル法が、2003年10月1日から資源有効利用促進法に基づき、事業用パソコン同様、家庭用パソコンもメーカー（回収方式参加各社）による自主回収・リサイクルが始まりました。正式名称は「資源有効利用促進法」といいます。これからリサイクルがどのくらいの割合で進んでいくか注目の的である。

### 5. 今後の動向

クリスマスおよび年末ソフト商戦を繰広げる予定のWindows Vistaの遅れにより、PC出荷への影響は限定的と予想されている。本年の世界市場の出荷台数<sup>6)</sup>は2億2,940万台で、対前年比10.5%増、2007年は2億5,400万台で10.7%増を見込んでおり、従来の予想をわずかに上方修正している。成長の要因としては、ノートPCの処理能力とバッテリー駆動時間の向上、ワイド型液晶の採用などにより、ユーザーの乗り換えが進むとしている。Windows Vistaの来春まで発売延期による出荷台数の減少は限定的で、2006年では約10万台の減少としている。最終的には、購入時期が遅れることはあっても、出荷台数は減少しないとみている。いずれにせよ冷静に判断して、パソコン動向を見守る必要がある。

### 6. おわりに

自作パソコン入門の総集編として、主にBTXパソコン組立てに注目しましたが、十分にメカトロ演習へ交換適用可能であることがわかりました。テレビ録画パソコン、中古パソコンおよびリサイクルパソコンなどもパソコン秋葉原市場では賑わいをみせ、ますます活気を増し市販品パソコン販売を押し上げるバネの役目をしている。自作パソコンは、これからの高齢化、情報化、国際化の社会の中で、より個性派パソコンへと発展し、人間の生活行動の場の一部であり、パソコン依存症を回避すべき“癒しの趣”を発揮する創作電脳として新たに推進することを期待している。

#### 参考文献

- 1) 浅川 武：技術報告“第20回工学部・工学系研究科技術発表会”(2005.9), p69
- 2) 浅川 武：技術報告“第19回工学部・工学系研究科技術発表会”(2004.9), p113
- 3) <http://pc.watch.impress.co.jp/docs/2004/0929/ubiq79.htm>,  
笠原一輝のユビキタス情報局のユビキタス情報局(2004.9)
- 4) メカトロニクス：機械A創造設計演習(2003)p3
- 5) <http://www.sl.t.u-tokyo.ac.jp/seminar2004/img/img5.jpg>
- 6) <http://pc.watch.impress.co.jp/docs/2006/0329/idc.htm> (2006.3)



## 4 動的義手の設計と製作

環境海洋工学専攻  
吉田二郎

### 1. はじめに

工学は人間の役に立つ物を作るための学問である。よって直接、物を変形・切断・溶解・変質させて、それらを組み上げ、人間にとって安全な物作りをするものである。また医学は人の病気や怪我などを治療し、命を保護する為の学問である。よって人間の生活に直接的に関与する医学に対し、間接的に関与する工学の違いはあるが、人の役に立つという観点から見れば同等である。医学と工学・理学は昔から協力関係があり、人間の病気や怪我に対する治療器具を共同で開発してきた。レントゲン、断層写真、NMR、顕微鏡等である。更に最近では学際を超えて色々役に立つ物を共同で作ることが増えてきた。人工心臓や障害者・老人用介護ロボット等が代表的な物である。

そこで私は人間が腕を事故で無くしたり、生まれつき腕が未発達で不自由な障害者の為の動的義手を考案し、試作したので紹介することにした。この義手は今までにない全く新しい構造を有している物で、動的義手としては比較的安価に作成可能である。またこの動的義手は私の個人的な興味から作られた物であり、全くの私的創造物である。よってイメージから具現化していくまでの課程では紆余曲折を重ねて、ようやく動的義手としてお見せできる運びになった。その困難さと同時に物作りの楽しさも理解されたいと考える。

### 2. 義手の現状

手を事故等で失ったり、生まれつき手が不自由だったりした障害者は、この不自由さを解消したり、正常者から見て違和感を誘発しないように、周囲の環境に順応するために義手を装着する人が多い。

義手は大きく分けて2種類ある。装飾義手と能動義手である。装飾義手はその名の通り、装飾的に用いられる物で、手や指が実物と変わらず、手の不自由な人が装着していれば、他人から見て不自由とは判断できないほど違和感が無い物であるが機能はしない物である。一方、能動義手は外見にこだわらず、例えば事故などで腕を失った人が作業しやすくするように、障害

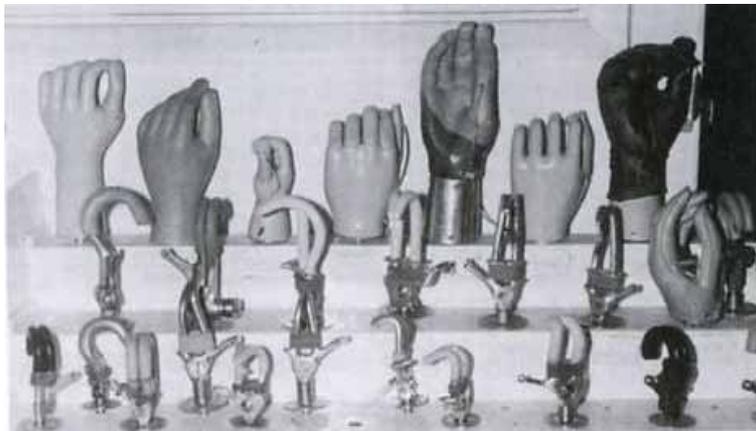


図1. 英国で使用されている装飾義手と能動義手の写真

を受けた腕の残った部分にカギ型やはさみ型等の治具を取り付けて、腕があったときと同じように作業を行えるようにした物である。

図1に現在、英国で使われている装飾義手と能動義手の例を示す。図において上段の義手が装飾義手で、中段と下段が能動義手である。装飾義手である上段を見ると、手の欠損部が外見上分からないが、心の負担を身体不自由者に強いていると思われる。また、能動義手に至っては義手で健常者と何ら変わらずに作業ができると考えるが、健常者から違和感を覚えられることが多いことが伺える。

よって最近ではこのような装飾義手と能動義手を合わせた形状の義手ロボットの研究が盛んに行われてきている。図2及び図3に5本指の能動義手の例を示す。



図2．原田電子工業開発



図3．広島工業センター開発

しかし、これらの義手はかなり高価であり、まだ研究段階のものもある。また、装着から実施に至るまでの訓練期間が比較的長く掛かることもあり、まだ一般的に障害者が装着するまでに至っていないのが現状である。

### 3．考案された技手の構造

私が考案した義手は障害の程度が前腕部分で切断されたか、あるいは前腕部が生まれつき未発達のための義手である。また、装飾義手のように5本の指を持ち、5本の指全てが動いて、手の動作を行うもので、障害者の障害を持った腕

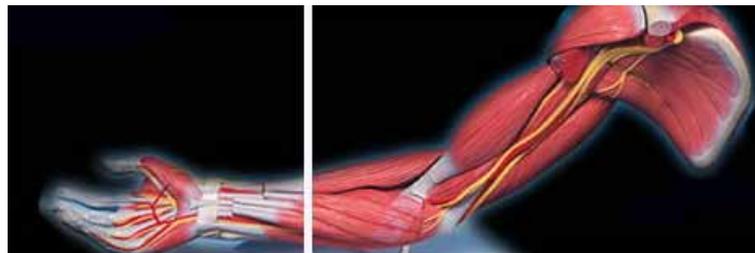


図4．腕の障害部位（縦白線で示す）

（前腕部の残された部分）によって操作でき、作業を行えるようにした物である。義手の能力は手の機能で一番大事な掴むことに限定されたものである。以下に原理を説明する。

#### 3．1 指の曲がる原理

図5を参照する。指1本を構成するものはパイプ状の物を斜めに切った物と、それを複数

個繋ぐ板バネである。パイプ状の物は板バネに固着される。そのパイプの先端部の板バネと反対側に糸を固着し、その糸を他のパイプの内部を通して手の平の役目を担う箱の中を通し、プーリーに固着する。プーリーはギヤードモーターによって回転させられる。よってギヤードモーターによる回転でプーリーが回転し、糸を引っ張ることで、指の先端部の糸の固着端では板バネによりモーメントが発生し、このモーメントにより指が曲がってゆく。プーリーを逆に回転させれば板バネにより指が開いた状態に戻る事となる。

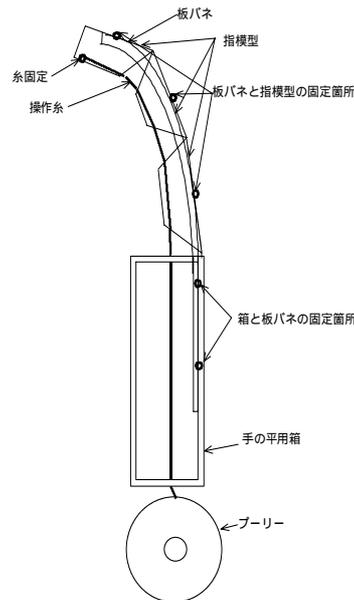


図5 . 指の曲がる原理

### 3.2 義手の機能

作製するために描いた義手の正面図と側面図を図6に示す。当義手は先にも述べたように前腕部での切断もしくは未発達障害者用のもので、障害を持った腕をこの義手に装着することで、極力他の助けを借りずに物を掴んだり、物を

放したり、振り回したりできるようにしたものである。主な特徴は5本の指で物を掴むためのギヤードモーターと、手首を回転させるためのギヤードモーターの2つのモーターで操作されるものを目指した。よって操作は4個のボタンスイッチを義手内部に装着し、その1個を押すことで手の動作の1つを行わせることが可能となっている。また、安全のために各所にリミットスイッチを設け、動作を限定し、押しボタンスイッチ押し続けてしまってもリミットスイッチが効いてそれ以上の動作を行わないような配慮がしてある。詳細は図7の電気回路図に示してある。

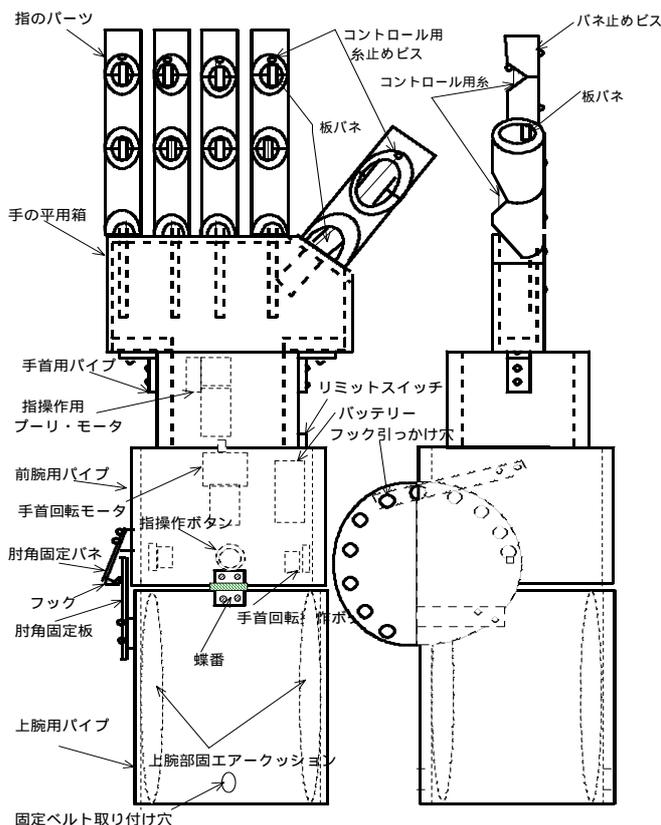


図6 . 義手の正面図と側面図

### 3.3 操作方法

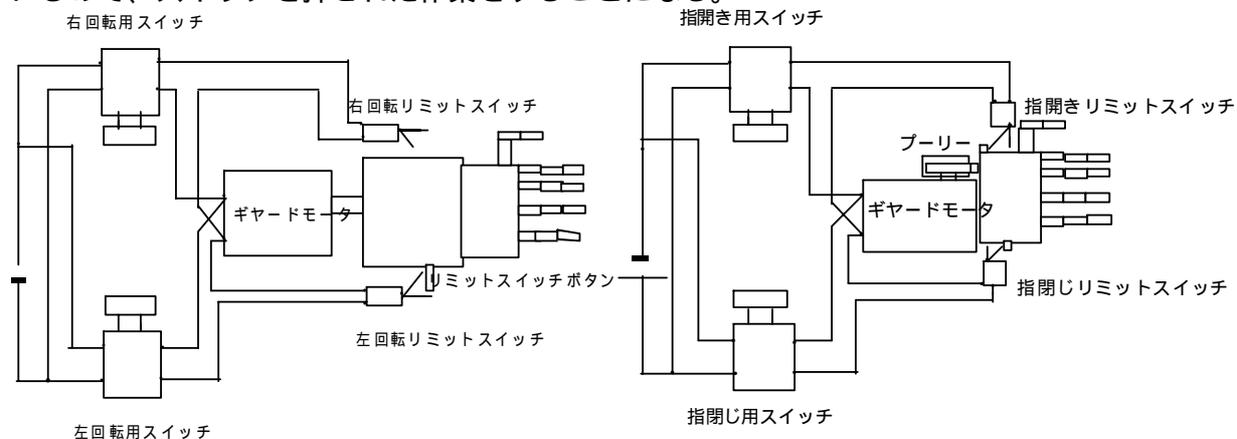
障害者は障害を持った腕を上腕用パイプと前腕用パイプに通してエアークッションと固定ベルトで固定する(未装着)。

まず肘固定用にある肘角固定板と肘角固定バネを用いて肘の角度を固定し作業をやりやすくする。この方法は前腕部と上腕部を用いて肘を作業角度に保ち、肘角固定バネを体側に押しつけることによりバネの先端に取り付けたフック

が肘角固定板の穴に引っかかり固定される(フックをはずすときは障害を持った腕と上腕部の肘角度を鋭角にする)。その後、前腕部で4個の押しボタンの内の1個を押すことで作業がなされることとなる。

図7の電気回路図を見て頂きたい。図7 a)は手首回転用回路図で図7 b)は指開閉用回路図であ

る。a)図では左右回転用スイッチがギヤードモータに接続されていて、スイッチが押された方向に回転するようになっている。b)図でも指開閉用スイッチがギヤードモータに接続されているので、スイッチを押された作業をすることになる。



a)手首回転用回路図

b)指開閉用回路図

図7．手の開閉と回転の電気回路図

#### 4．作製した義手の外形と動作

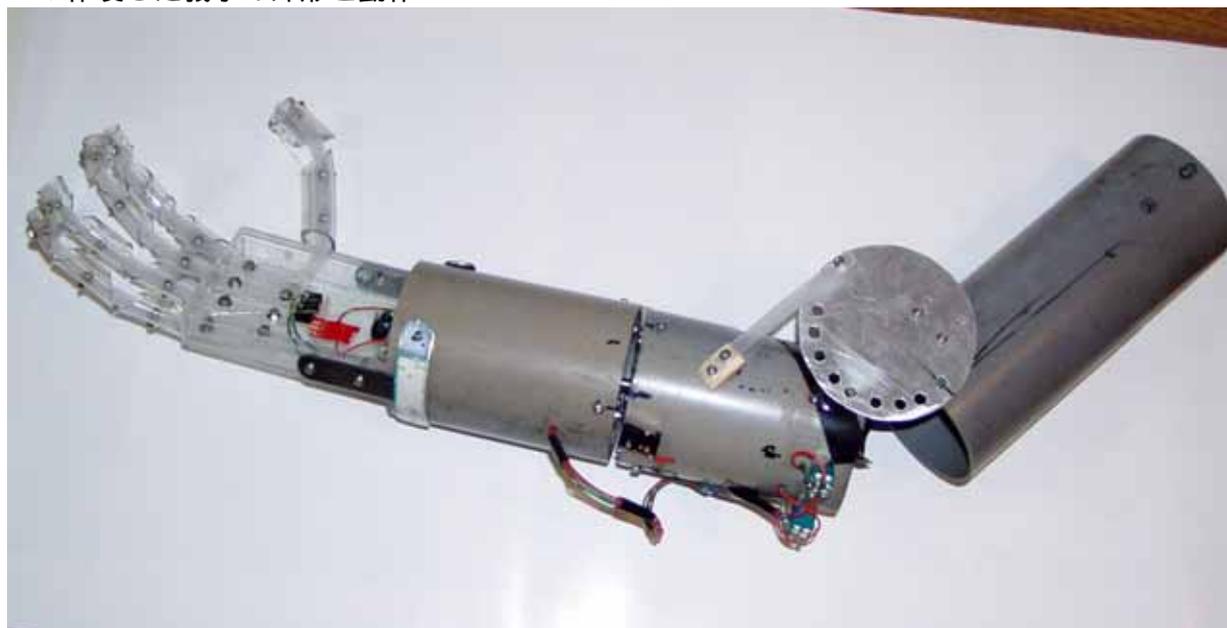


図8．作製した義手の外形

以上のことを踏まえて義手作製に取りかかり、製作した物が図8に示すものである。指は透明塩化ビニル管を用い、板バネにはアクリル板を用いた。手の平の箱はテレフタレート製である。腕の部分は腕を入れやすいように直径80mmの下水用塩ビ管を用いている。また肘角固定板はアルミ製である。腕の回転部が手首から遠のいてしまった(手首が長くなった)が、使用した指開閉用ギヤードモータの大きさが大きかったためである。また重量も当初予想よりかなり重くなってしまった。指開閉用と手首回転用の2個の使用したギヤードモータの重量

が予想を超えていたため全重量も重くなってしまった。軽い物を探せば使いやすくなると思う。2個とも12V用ギヤードモーターであるが、軽い蓄電池が無かったので単3乾電池4個を直列に用いた6Vで動作させている。動作は当初の予想通りとなり、比較的、満足行く物となった。手首部分にはリミットスイッチを用いて、間違ってもボタンスイッチを押し続けても回転を抑止できる仕組みとなっている。また指の開閉においても手の平としての箱の中にリミットスイッチを設けて指操作系を引っ張りすぎないような機構となっているための安全策がとられていて、初心者でも安心して操作できるようにしてある。

肘角度固定板と固定バネは写真の中央部に見られるが、これは製作初期には設計通りの動作が行われた。しかし、固定バネに用いたアクリル板が数回使用後には変形してしまった。これは2個のギヤードモーターの重量が大きかったためである。これを改善するため、板バネの先端部をアルミに変えて変形を押さえたことで回避に努めた。

今回作製した義手は肘から手首の間の切断で、前腕部が僅かでも残った障害者用の物であり、残った部分で、押しボタンスイッチの操作を考えたため、スイッチの位置が前腕用パイプの入り口近くに寄りすぎてしまった。障害の部位によってはこの押しボタンスイッチの位置を移動させ、使用者に合った場所に取り付けることが必要である。

能動義手の握む力は一般(JISでは)には5キログラムを超えなければならないと決められているが、この義手もその基準を当然クリアした物となった。

また、手首の回転速度は約1回転で2秒かかって回転する。この速度なら装着した初歩の障害者が作業位置に止める場合、いらつくこともなければ早過ぎもしないし、止めようとした位置に的確に止められる速度であると思う。

## 5. 今後の問題点

以上製作された能動義手はほぼ満足のいく物となったが、これを実際に障害者が装着した反応はまだ確認していない。また、今回使用したギヤードモーターが大きすぎ、重量もかなり重くなってしまったので、これを改良することが必要と考える。更に、肘角度を固定する穴の空いた板とバネは改良の余地がかなりあると考える。例えば肘の所にもギヤードモーターを取り付け、回転ネジなどで角度を加減する方法とか、プーリーとギヤードモーターを取り付け、肘部にバネを取り付けて、プーリーに肘角度調整用の糸を取り付ける。モーターによる引っ張りが糸に働かなければ肘は真っ直ぐ伸ばされているが、糸に引っ張り力が生じるとバネを曲げて肘が曲がって行く機構も考えられる。

また手の機構としては手首が動くことが上げられる。更に、親指の根本も動く様にする。これらも今回は省いてしまった。よって手首は固定状態である。また親指は非常に複雑に動くものであるが、今回は握む為の動作に限定したためかなり単純化されてしまい、動作がぎこちなくなっている。改良の余地があると思う。

また、実用化を考え、能力を十分に発揮できるようにするには、軽くて強力な電源が必要となる。製作された義手の電源は6V(単3電池4個使用)であるが、発電力そのまま義手の能力となる物であるから、物を持つ力が強いことが要求されるので、モーターの能力が12Vのものを使用している。よって能力を十分に発揮させるには電池の発電力が12Vの容量があるので、他の電池を探すことも必要となるであろう。更に色々な物を握むことも考えて、握む力を加減できるように、各所にセンサーを取り付け、把持力の把握も必要と考える。将来的に

は実現させるべく、再度製作を試みようと思っている。

## 6 . 結論

能動義手の最近の傾向は、大学や研究所の技術を総動員して、大プロジェクトを組み、多機能を行わせるための開発にしのぎを削っている。その内容の一部を紹介すると、障害を持った手の先端部から神経に導線を取り付け、筋肉の微弱電流を計測装置にて検知して、その筋肉に対応する指を電流の強度で指や手首を動かすといったものとか、直接手術をして腱に電圧センサーを取り付け、その腱の発生する電圧に応じた強度で指を動かす物が出てきている。これらはまだまだ実用段階には程遠い物である。なぜならかなり高価であり、使用にも熟練を要する。また故障などの対応が遅れていることもあるという欠点を包含しているからである。

製作された機構はかなり簡単明瞭であり、他に類を見ない機構となっている。また複雑な動きはできないものの、手の動作の基本である握むことを追求したもので、障害者にとって装着から操作まで、熟練を要せずに短時間でできることが特徴としてあげられる。このような能動義手は今までは外見がカギ型をしていたりはさみ型をしている物や、ユニットとして先端部を交換して作業に合った器具を取り付ける物が多く、周囲に違和感を与えることが多いため、障害者に心の負担を強いてきたと考える。

しかし今回製作された義手においては5本の指がそれぞれ動き、目的の動作を障害を持った手だけで行えるようになっていくことが特徴であるので、事故により腕を切断されたり、生まれつき手の不自由な障害者はこの義手を使用することにより、健常者のような感覚を持つことと思われる。外見も装飾すれば健常者の様な手になるので、違和感を感じないであろう。操作は腕としてのパイプ内の4個の押しボタンスイッチの内の1個を押すだけで、1つの動作が行えるため、障害者が熟練を要せず、簡単に使用可能であろう。また駆動部であるギヤードモーターが腕の中に入っているため、ダーティーワークで義手を汚しても、手の部分は洗浄でき、故障の原因とはなりにくいことも特徴である。さらに使用されている材料やギヤードモーターやプーリーなどは一般に市販されている物を使用しているため、能動義手としてはそれほど高価にはならない物である。よって障害者にとって簡単に装備することができる物となった。

## 6 . 参考文献及び参考URL

「装具学」：加倉井周一編、医歯薬出版、1987.

「切断と義肢」(リハビリテーション医学全書：18)：澤村誠志、医歯薬出版、1992.

「図解メカニカルハンド」：加藤一郎編、工業調査会、昭和52年

<http://www.h-e-i.co.jp/>

<http://www.toubu-kg.pref.hiroshima.jp>

# 5 倒立ねじり振子を用いた金属およびセラミックスの 内部減衰の測定

航空宇宙工学専攻 関根 政直

## 1. はじめに

自由振動をする物体はその運動に伴い生ずる粘性減衰力によりやがて静止する。これには 2 つの要因が考えられ、振動のエネルギーが空気抵抗や支持物との摩擦によって外部へ逃げるため、または物体内部で摩擦熱として消費されるため(内部摩擦)である。本研究では後者の内部摩擦に注目する。

本研究では、倒立ねじり振子(inverted torsion pendulum)を用いて、いろいろな金属およびセラミックス材料の温度、歪み速度を変化させた場合の自由振動減衰を測定し内部減衰の要因を考察する。特に金属の結晶構造および金属とセラミックスの違いを比較する。

## 2. 実験方法

### 2.1. 試験片

金属では代表的な 3 種類の結晶構造(体心立方格子 BCC, 面心立方格子 FCC, 六方稠密構造 HCP)を持つ材料である、純鉄 Fe, 炭素鋼 S45C(BCC), ステンレス鋼 SUS304, アルミ合金 A6063(FCC), マグネシウム合金 AZ31, AZ61, AM60(HCP)を使用した。

セラミックス材料では、窒化珪素  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , アルミナ  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ジルコニア  $\text{ZrO}_2$  を使用した。

いずれも寸法は  $4\text{mm} \times 4\text{mm} \times 130\text{mm}$  の角棒で、 $130\text{mm}$  の長手方向を軸とした自由ねじり振動を与える。

### 2.2. 倒立ねじり振子

本実験で用いた倒立ねじり振子を Fig. 1(a)に示す。この装置は床に垂直に固定された支柱からピアノ線で振り子が吊るされていて、振り子は中心軸方向の回転運動が可能になっている。試験片の下端を台に固定し、上端を振り子に固定する。振り子に初期振幅を与えることで試験片にねじり自由振動を与えることができる。振り子には 2 つの腕が取り付けられており、この腕先の重りの質量、またはその中心軸からの距離を変えることで振り子の慣性モーメントの変更(振動周波数の変更)が可能である。ピアノ線のもう一端には振り子の重さを相殺するカウンターウェイトが取り付けられている。これにより試験片に加わる応力はねじりによるせん断応力のみを考慮すればよいことになる。

### 2.3. 赤外線反射炉

試験片を加熱する反射式赤外線電気炉(Fig. 1b)は、内壁が鏡面加工された 4 つの楕円筒、および 4 つの赤外線ヒーターから構成されている。これらのヒーターがそれぞれの楕円筒内

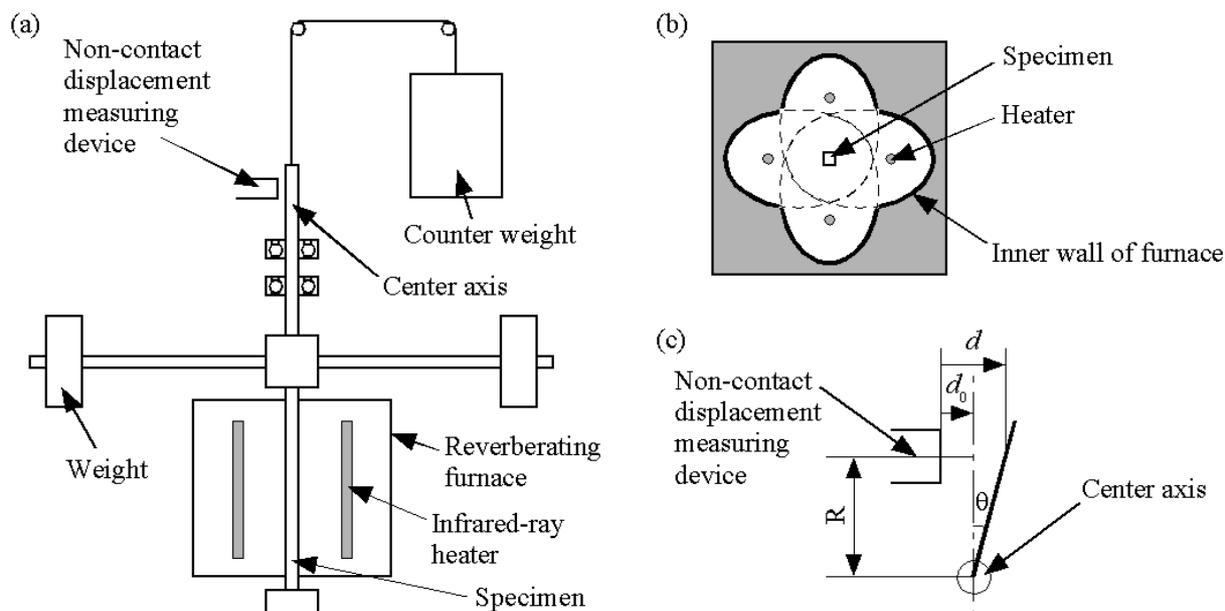


Fig. 1 倒立ねじり振子 (a) 概略図 (b) 赤外線反射炉 (c) 渦電流式非接触変位計

で、お互いに試験片部と焦点をなすように配置されており、ヒーターからの熱線が効率よく試験片に集中するように設計されている。

#### 2.4. 渦電流式非接触変位計

渦電流式非接触変位計が中心軸に取り付けられている金属板に渦電流を発生させ、金属板から変位計までの距離が電圧値で出力される。ねじり角 $\theta$ は金属板から変位計までの距離  $d$  が中心軸から変位計までに距離  $R$  に比べて十分小さいので、静止状態での位置を  $d_0$  とすると

$$\theta \approx (d-d_0)/R \quad \dots (1)$$

である(Fig. 1c)。

#### 2.5. 対数減衰率の算出

粘性減衰力のある場合のばね - 質量系において、減衰力はすべてダッシュポットにより与えるものとし、質量を  $M$ 、ばね定数を  $K$ 、粘性減衰係数を  $C$ 、変位を  $x$ 、経過時間を  $t$  とすると運動方程式は

$$M d^2x/dt^2 + C dx/dt + Kx = 0 \quad \dots (2)$$

で表され、その一般解  $x(t)$  は、対数減衰率を  $\lambda$ 、初期振幅を  $A_0$ 、初期位相を  $\phi_0$ 、振動周波数を  $f$  とすると

$$x(t) = A_0 \exp(-\lambda t) \sin(2\pi f t + \phi_0) \quad \dots (3)$$

となる。また対数減衰率  $\lambda$  は  $t$  秒後における振幅  $A(t)$  が

$$A(t) = A_0 \exp(-\lambda t) \quad \dots (4)$$

であり、さらにねじり振動におけるねじり角振幅もこの式と等価であるから、ねじり角振幅の自然対数値の時間変化の勾配から算出できる。ただし、測定開始初期では  $A_0$  を与えた影響などで  $\lambda$  の値が安定しないため、この範囲は考慮しない。また振幅が小さくなり、ノイズや装置の摩擦抵抗、空気抵抗を無視できなくなる以降も考慮しない。

### 3. 実験結果

例として、Fig. 2 に Fe(BCC) , A6063(FCC) , AZ31(HCP)および Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (セラミックス)の対数減衰率の温度変化を示す。一般に粘弾性を弾性と比較した場合、最も異なる点はその時間依存性、すなわち歪み速度である。そのため、2通りの慣性モーメント(約 0.20[kg m<sup>2</sup>]および約 0.05[kg m<sup>2</sup>])を用いることで、自由振動の周波数を変更し、2通りの歪み速度の測定も行った。振動周波数は室温、慣性モーメント約 0.20[kg m<sup>2</sup>]において、Fe , S45C , SUS304 の場合、1.2~1.4Hz 程度、A6063 , AZ31 , AZ61 , AM60 の場合、0.6~0.7Hz 程度、セラミックスの場合、1.2~1.7Hz 程度で、いずれの場合も温度上昇とともに減少した。これは高温になれば粘性の影響が大きくなり、ねじり剛性も小さくなるためである。ただし Fe , Al , Mg 合金では 150~400 付近で再び周波数のわずかな上昇が見られた。なお慣性モーメント約 0.05[kg m<sup>2</sup>]においては、いずれの場合も約 2 倍の振動周波数であった。

温度上昇に伴う減衰率の変化は以下の 3 種類の特徴に分けられた。

- (A) 融点の 4~5 割付近から急激に増加し、極大値をとり、さらなる温度上昇で増減を繰り返す。 ... Fe, S45C, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>
- (B) 融点の 5~6 割付近から徐々に増加 ... SUS304, A6063, AZ31, AZ61, AM60
- (C) 融点の 5~7 割付近から急激に増加 ... Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>

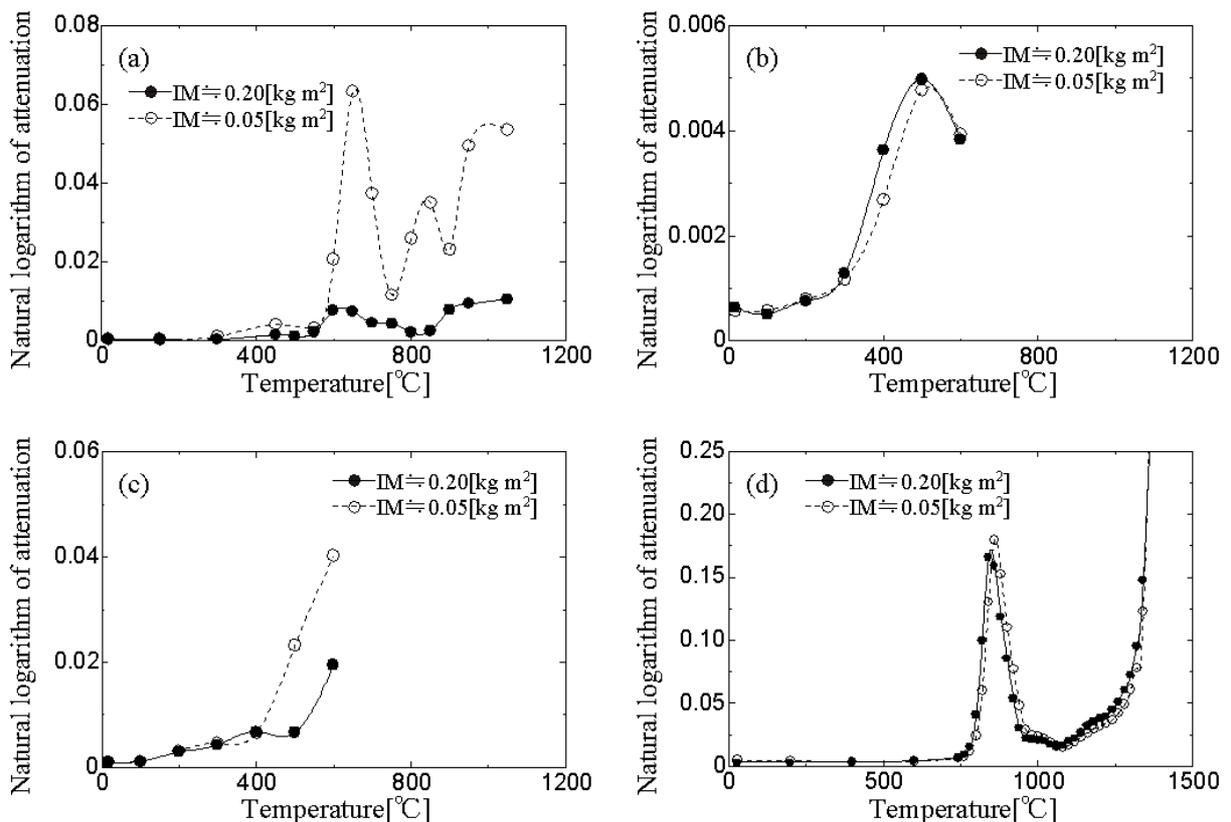


Fig. 2 各試験片の温度による対数減衰率の変化 (a) 純鉄(BCC) (b) アルミ合金 A6063(FCC) (c) マグネシウム合金 AZ31(HCP) (d) 窒化珪素(セラミックス) なおねじり振動の慣性モーメントを 2 通りに変化させることにより、2通りの歪み速度における測定を行った。

#### 4. 考察

金属の場合、内部摩擦は転位の動きが大きく関係していると考えられる。転位がすべり面に沿って動くためには、パイエルス力を超える力が必要である。一般に、構造の違いから、面心立方格子は体心立方格子、六方稠密構造に比べてパイエルス力が小さい。そのため体心立方格子の減衰率は面心立方格子のそれよりも大きくなると考えられる。室温における鉄系の材料では、体心立方格子である純鉄、S45C の本研究で得られた減衰率(0.000311 ~ 0.00117)は、面心立方格子である SUS304 のそれ(0.000268 ~ 0.000331)よりも大きい値を示した。

純鉄、S45C に注目すると、温度上昇とともに“BCC FCC BCC”と変態することが知られている。本研究の測定温度範囲では“BCC FCC”の変態が関連する。純鉄、S45C の変態温度はそれぞれ 900 , 760 である。なお純鉄にも微量の不純物が含まれており、変態温度を下げる働きをする。Fig. 2 より、変態が始まる前から急激に減衰率の増加が始まり、その後ピークをとりさらに急激に増加している。変態したと思われる温度を超えると減衰率が急激に上昇するというのは、面心構造になりパイエルス力が小さくなって転位が動きやすくなったためと考えられる。またパイエルス力は障害となるエネルギーの波長が短い抵抗なので、この機構は温度の影響が大である。すなわち、今回実験した純鉄、S45C では転位の移動に対してパイエルス力が支配的であることが予測される。

これに対して、面心立方格子である A6063 や六方稠密構造である Mg 合金の減衰率の特性は、パイエルス力だけでは説明しきれない。Al, Mg 合金では添加された合金元素や析出相の影響で転位の移動が妨げられていると考えられる。

3 種類のセラミックス試験片を比較すると、アルミナおよびジルコニアはほぼ同じ結果が得られ、窒化珪素のみが異なった。アルミナ、ジルコニアはイオン結合性結晶、窒化珪素は共有結合性結晶からなり、結合性の違いが一つの要因に挙げられる。また窒化珪素は非常に安定な物質であるため、純粋なまま焼結することは困難であり、 $Al_2O_3$  や MgO などの焼結助剤を微量加えることによって焼結を可能にしている。そのためこれらの焼結助剤が不純物として結晶粒界に残ることにより、粒界すべりが起こりやすくなると考えられる。

- ・ 転位(dislocation): 実際の結晶材料においては多少の欠陥が存在する。転位とは 3 次元の結晶中に線上に伸びた格子欠陥である。
- ・ パイエルス力(Peierls-Nabarro force): 転位がある平衡位置から次の平衡位置へ 1 格子間を移動するために必要な力。

#### 5. おわりに

金属およびセラミックスの内部減衰特性に及ぼす結晶構造、温度、歪み速度の影響を調べ、変態点よりも低い温度の純鉄、S45C において、パイエルス力が支配的であることが確かめられた。

## 6 垂直配向単層カーボンナノチューブ膜の超撥水性

### (微小液滴を配置し接触角測定)

機械工学専攻 渡辺 誠

#### 1. はじめに

近年、単層カーボンナノチューブ (SWNT) がナノテクノロジーの基盤材料として、或いは物性探索の理想的な材料として、基礎・応用の両面から注目を集めている。SWNT は炭素原子を、円筒状に丸めた構造を有しており、その構造に起因して様々な特異な物性を有することが知られている<sup>(1)</sup>。具体的には、SWNT の螺旋度によって半導体・金属の区別が生じ、半導体の場合にはおおよそ直径によりバンドギャップ幅が決定されることから、これらのバンドギャップ (近赤外～可視に対応) を利用した様々な光学応用が現在活発に提案・研究されている。

このような背景の下、我々の研究室では、図 1 に示す CVD 装置を用いて、炭素源としてアルコールを用いることで、高純度 SWNT のバルク合成が可能となることを見出した<sup>(2,3)</sup>。これと Co/Mo 混合酢酸塩溶液を用いたディップコート触媒担持法とを組み合わせることで、シリコンや合成石英などの平滑基板上への SWNT 直接生成法が開発された<sup>(4,5)</sup>。

さらに、CVD 中の触媒活性を高めることにより、基板表面に垂直配向した SWNT 膜 (VA-SWNT 膜) が成長可能であることを見出された<sup>(6,7)</sup>。この垂直配向試料では SWNT がほぼ一方向に並んでいるため、様々な応用を考える上での利点に加え、SWNT の偏光依存光学特性の検証に有利であることが示されている<sup>(8,9)</sup>。

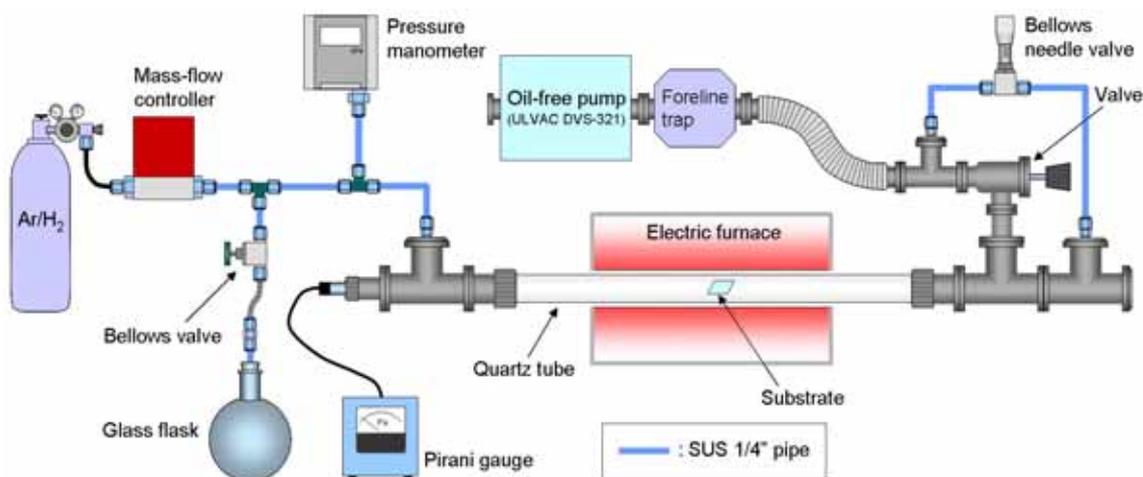


図 1 . CVD 装置概略図

「高温環境下における微小液滴吐出技術の修得」の研修課題で個別研修費を受けたが、実験を進める過程で、垂直配向単層カーボンナノチューブ膜へ微小な水滴を吐出配置し、液滴の接触角を測定する実験をしたところ接触角が 145° 程度と非常に高い撥水性を示すことを見出したので報告します。

本試料での接触角  $\theta$  は、試料によって非常に広い範囲に分布（典型的には  $115^\circ \leq \theta \leq 150^\circ$ 、或いはそれ以上の超撥水性）することを見出した。本報ではまず観測された高い撥水性に関して述べ、さらに撥水性の原因を探索する予備的実験を行い、VA-SWNT 膜が有する高撥水性の原因解明に向けて議論を行う。

## 2. 実験試料及び撥水性計測

我々の研究室で作成する VA-SWNT 膜は、現状で 500 nm ~ 30  $\mu\text{m}$  の膜厚範囲で成長可能である。膜断面の典型的な電界放出型走査型電子顕微鏡 (FE-SEM) による画像を図 2 に示す。図中の各繊維は、SWNT がファンデルワールス力により束状に集合したバンドルに対応している。膜上面近傍の拡大図を図 2 (b) に示す。これよりバンドル同士の間隔が 50 nm 程度であること、及び膜上面にはランダムかつ細かいバンドルが薄い層 (100 ~ 200 nm) として存在していることが判る。図 2 (b) から、膜が比較的低密度であることが視認できるが、膜の重量と厚さから見積もった膜重量密度が約  $3.5 \times 10^{-2} [\text{g}/\text{cm}^3]$  であることから、実際にも低い膜密度を有していることが判っている。

なお、高解像度透過型電子顕微鏡 (HR-TEM) による画像を図 3 に示したが、その観測から、本 VA-SWNT は直径 0.8 ~ 3.0 nm の分布 (平均直径 ~ 2.0 nm) を有することが判っている<sup>(10)</sup>。

図 4 に、典型的な試料 (sample A) で計測した水滴 (体積: 0.5 ~ 1.0  $\mu\text{l}$ ) の拡大望遠鏡写真を数例示す。当試料では、30 回の接触角  $\theta$  の計測から平均  $\theta = 143^\circ$  (標準偏差  $\approx 4^\circ$ ) と求められた。

しかしながら、試料によって  $\theta$  は大きな差異を示し、低い試料では  $\theta = 115 \sim 130^\circ$  である一方、超撥水性を示す試料 ( $150^\circ$  以上) においては水滴配置そのものが大変困難となる。

このような超撥水性を示す試料の接触角計測は、現状では十分な回数行えておらず、今後我々の水滴配置方法の改良が必要である。

## 3. 膜上面燃焼の影響

VA-SWNT 膜が図 4 に示すような高い撥水性を示すことについて幾つか原因が推測されるが、

- 1) およそ 50 nm 間隔で疎に存在する SWNT バンドル、に加えて、
- 2) 膜上面に存在する細くラン

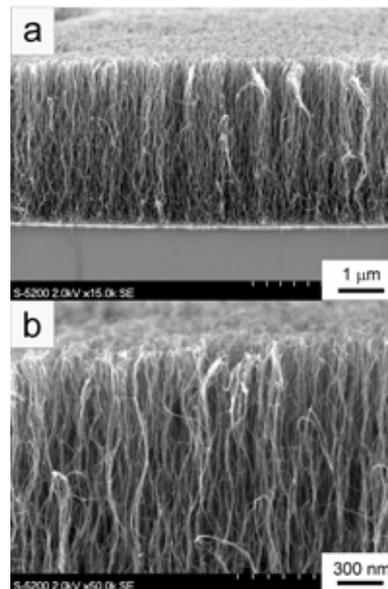


図 2 . VA-SWNT 膜の電界放出型走査型電子顕微鏡 (FE-SEM) 画像  
(a) 膜断面の画像  
(b) 膜上面近傍の拡大画像

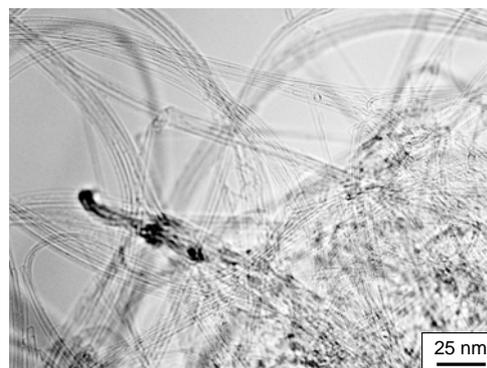


図 3 . 高解像度透過型電子顕微鏡 (HR-TEM) 画像

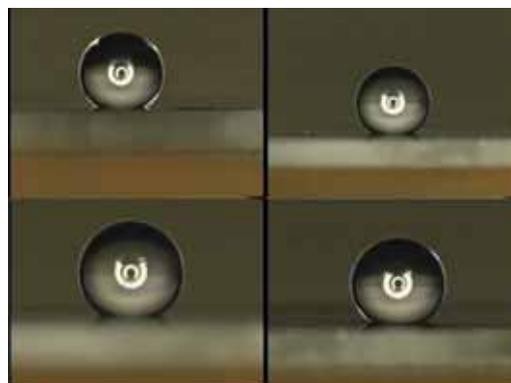


図 4 . VA-SWNT 膜上 (サンプル A) へ水滴を配置した拡大望遠鏡写真

ダムな SWNT バンドルの層，が超撥水性に寄与している可能性が考えられる。この点を検証するため，以下のような実験を行った。

まず用いる試料 (sample B) を図 5 に示すような CVD チャンバー内部，具体的には 26 mm の石英円筒管の中央にセットし真空引き後，乾燥空気を 100 sccm・200 Pa で流しながら，管状電気炉を 10 °C/min の速度で昇温した。電気炉には貫通穴が開けてあり，レーザー光 (488 nm) をこの穴から，試料基板を法線方向に貫通するように入射し，透過光強度の増加をリアルタイムで計測することで膜燃焼量を見積もった。我々の VA-SWNT 試料についての膜厚と吸光度の関係<sup>(7)</sup>より，測定された吸光度は膜厚に換算可能である。

図 6 に，電気炉温度に対する透過率 (左軸) 及び推定膜厚 (右軸) の変化を示す。なお，この条件下での酸素分子の平均自由行程はおよそ 200 μm と見積もられ，これはバンドル同士の間隔に比べ十分大きいので，昇温中の燃焼は主に膜上面で起こると推測される。燃焼はほぼ 600 °C を境に急速に進むが，このような高い燃焼温度は試料 SWNT の高い純度と欠陥の少なさを示すものと考えられる。本実験では，燃焼により膜厚が 8.4 → 7.6 μm に減少したと考えられる。

図 7 に，sample B の燃焼前後の接触角分布の変化を示す。菱形点は平均値，エラーバーは標準偏差 σ を示している。燃焼後では有意に撥水性が低下することが判った。この結果からは，1) 膜上面に薄く存在するランダムな SWNT 層が撥水に寄与している，と解釈可能な一方，2) 燃焼過程により SWNT 表面 (或いはキャップが破壊されてできた開口端) に CO や COOH 等の化学基が吸着し撥水性の低下を引き起こした (図 8 参照)，という解釈も存在し，以上の実験だけからでは，このどちらが支配的なのか，或いはその他のメカニズムが存在し

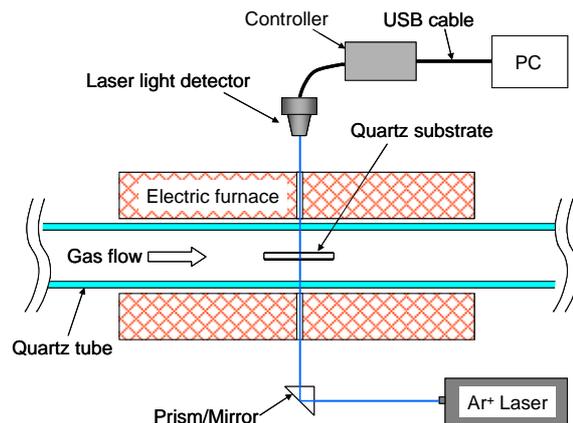


図 5 . 透過光による膜厚推定装置概略図

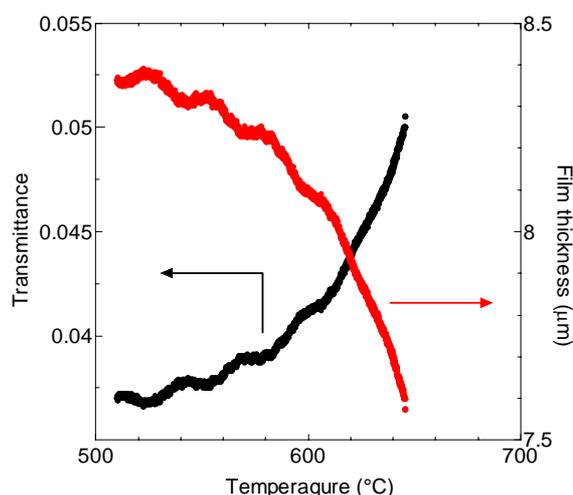


図 6 . 電気炉温度に対する透過率 (左軸) 及び推定膜厚 (右軸) の変化

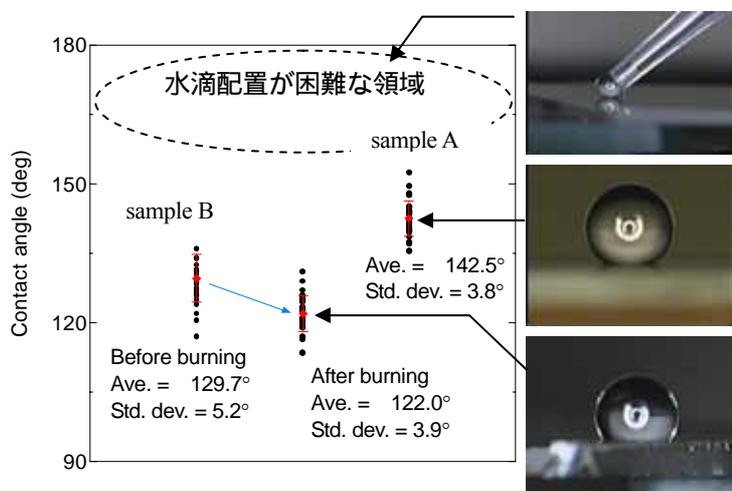


図 7 . VA-SWNT 膜の接触角についての一例

ないのか, に関して結論することは出来ない。今後, この点を解明する為, 例えばフーリエ変換赤外分光 (FT-IR) による膜上面の化学吸着種分析等が必要と思われる。

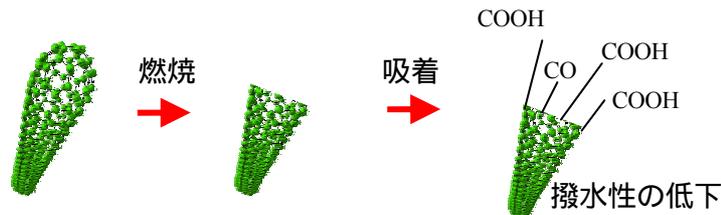


図 8 . 燃焼過程による吸着の想像図

#### 4. まとめ

本研究では, VA-SWNT 膜が非常に高い撥水性を示すことを見出した。しかしながら, 試料によって接触角に大きな差異が観測され ( $115^\circ \leq \theta \leq 150^\circ$ , 或いはそれ以上), その差異を与える原因の解明は今後取り組むべき課題である。予備的実験では, 高温・減圧下で乾燥空気を流し, 試料の上面を燃焼させた前後の接触角の変化を検証し, 接触角は若干低下するという結果が得られた。この結果は, 本試料の高い撥水性の原因として, 膜上面に存在するランダムな SWNT バンドルの存在を一つの可能性として示唆しているが, しかし燃焼過程において SWNT 表面に何らかの化学基が吸着した可能性もあり, 現時点では膜上面のランダム SWNT 層が高撥水性の原因とは断定できない。

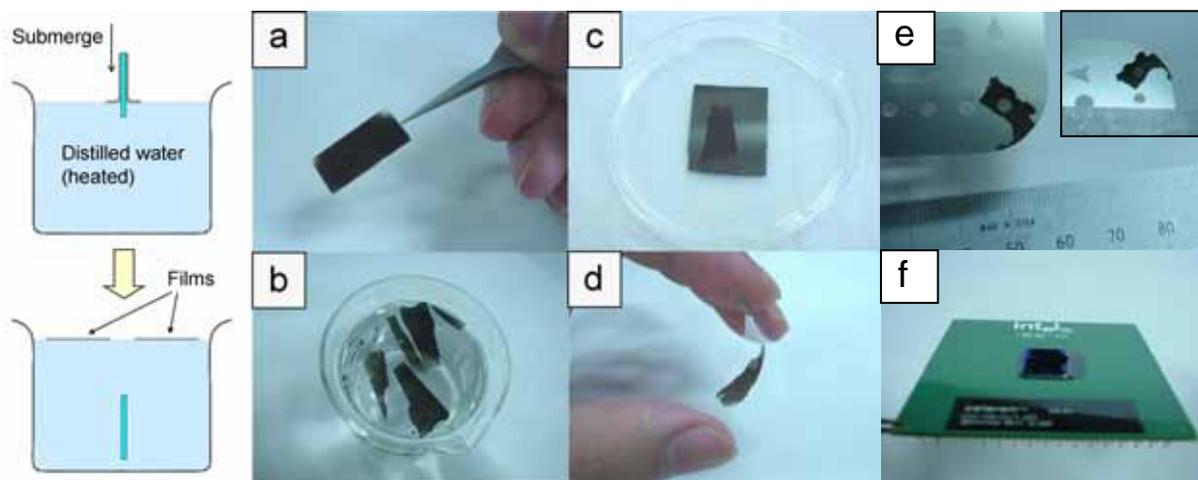


図 9 . 温水による VA-SWNT 膜の剥離

SWNT 膜の撥水性は, 様々な応用を考える上で重要であり, 従って撥水性を決める要因の解明は重要である。例えば, 最近我々の研究室において, 図 9 に示すような温水を用いて VA-SWNT 膜を簡便に基板から剥離する方法が見出されたが<sup>(11)</sup>, この手法では, 用いる VA-SWNT 膜が高い撥水性を有することが必要条件となっている。さらに, 今後ナノスケールの形状が撥水性に及ぼす影響の解明を進めることは, 基礎的視点からも重要な課題であると考えられる。

#### 5. 謝辞

本報告の実験に際し, 助言を頂いた丸山茂夫教授, 及び VA-SWNT 膜サンプルの提供を頂いた PD 村上陽一氏に深く感謝致します。なお本報告の一部は, 平成 17 年度工学部・工学系研究科個別研修 (第 05 - 04 号) の援助を受けたことを記し, ここに謝意を表します。

#### 6. 参考文献

- (1) R. Saito et al., Physical Properties of Carbon Nanotubes, Imperial College Press, London, (1998).
- (2) S. Maruyama et. al., Chem. Phys. Lett. 360 (2002) 229.
- (3) Y. Murakami et. al., Chem. Phys. Lett. 374 (2003) 53.
- (4) Y. Murakami et. al., Chem. Phys. Lett. 377 (2003) 49.
- (5) Y. Murakami et. al., Jpn. J. Appl. Phys. 43 (2004) 1221.
- (6) Y. Murakami et. al., Chem. Phys. Lett. 385 (2004) 298.
- (7) S. Maruyama et. al., Chem. Phys. Lett. 403 (2005) 320.
- (8) Y. Murakami et. al., Phys. Rev. B 71 (2005) 085403.
- (9) Y. Murakami et. al., Phys. Rev. Lett. 94 (2005) 087402.
- (10) Y. Murakami et. al., Carbon 43 (2005) 2664.
- (11) Y. Murakami and S. Maruyama, Chem. Phys. Lett., in press.

# 7 ハートの非弾性構成式における技術的改良の試み

機械工学専攻 石川明克

## 1. はじめに

構造物の設計では変形を予測したり破壊を防止したりするため、応力とひずみの関係式(以下、構成式と呼ぶ)を利用する。大部分の設計では線形弾性構成式すなわちフックの法則等を利用した弾性計算で事足りる。その反面、圧力容器等の高温構造物では時々刻々と複雑な熱変形を受けるため、非弾性構成式として応力とひずみ増分の関係式を利用して詳細な解析による設計を行う必要がある。一般に非弾性変形は材料力学の教科書に載っている古典的な塑性論やクリープ理論を利用して重ね合わせることで予測する。しかし、その変形を予測する精度が低いため大きな安全率を採用しなければならない。保守的な安全率は構造物の板厚を厚くする方向になり、それにより熱応力は反対に大きくなることになる。そこで、非弾性変形の予測精度を上げるために、数々の非弾性構成式が開発されてきた。しかし、信頼性がないためか、実際の設計に使用されている例はほとんどない。本報告では状態式の存在を前提とした、その意味で信頼できるハートの非弾性構成式に注目して、その弱点に対する技術的な改良を試みたので報告する。

## 2. ハート理論の概要

### 2.1 一般的な変形の種類と構成式

構造物の非弾性変形は、弾性限界を表す降伏応力を越えて負荷され、その負荷を除いても変形が元に戻らない塑性変形、および降伏応力以下の負荷でも進行性の不可逆変形を生じるクリープ変形やラチェット変形との組み合わせになっていることが多い。それらの非弾性変形を塑性変形とクリープ変形に分けて、それぞれ別々の構成式を使用するのが分離型非弾性構成式と呼ばれる。また、塑性変形とクリープ変形を区別しないで、一つの非弾性変形として扱うものを統一型非弾性構成式と呼び、ハートの非弾性構成式<sup>(1)</sup>はこの範疇に入る。そして、いずれの構成式でも全変形は、弾性変形と非弾性変形の重ね合わせで表現できる。

### 2.2 状態式の存在と変形予測可能性

ハート理論の特長を述べると、まず硬さ状態が硬さパラメータと呼ばれる状態変数 $\sigma^*$ で表される。その $\sigma^*$ で代表される応力と非弾性ひずみ速度との関係を硬さ曲線と呼び、状態数だけ無限に存在する。それらの硬さ曲線

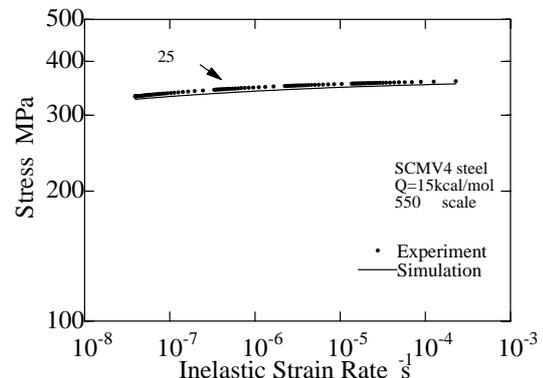


Fig.1 Hardness curve at 25

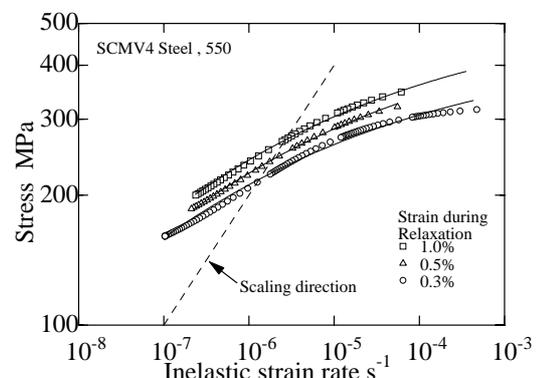


Fig.2 Hardness curves at 550

群から状態式とみなされる代表的な応力と非弾性ひずみ速度の関係(硬さマスター曲線と呼ばれる)を構築している。その状態式は変形の進行や材料の温度変化に対しても普遍性を保つことが示され、スケリング則と呼ばれる。このスケリング則は各々の状態間の関係を表し、全ての状態式は対数スケール上の平行移動によって一つの曲線に重ね合わせることができる。具体的に JIS SCMV4 鋼実験データに基づいた例を示す。図 1 は室温の硬さ曲線、図 2 は高温での硬さ曲線の例を示す。図 2 からスケリング則が成り立つのが分かる。このスケリング則に加えて温度変化に対応した剛性変化による応力の修正とアレニウスの式によるひずみ速度の変換を利用して、硬さ曲線群を統一した硬さマスター曲線を構築する。図 3 は図 1 と図 2 から  $\sigma^* = 500\text{MPa}$ 、温度  $550^\circ\text{C}$  の硬さ状態における硬さマスター曲線を求めたものである。これより、温度変化を含めた広範な非弾性ひずみ速度での応力が連続した一曲線で表現され、スケリング則により任意の硬さ状態が表現可能となっている。この状態式を利用すれば任意の変形や温度に対して応力と非弾性ひずみ速度の関係を求めることができる。すなわち、 $\sigma^*$  の進展が解れば任意の硬さ状態からの非弾性ひずみや応力の進展が予測可能となる。

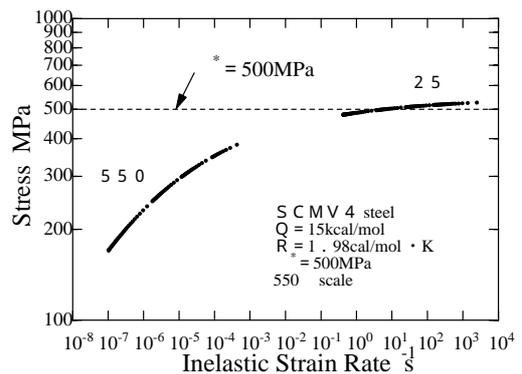


Fig.3 Hardness master curve

### 2.3 ハートモデルの概略説明

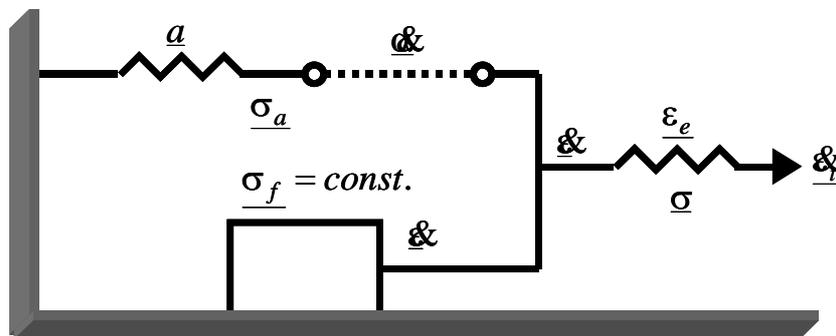


Fig.4 A schematic illustration of the original constitutive model

本報告において改良の対象となるハートの構成式を利用したモデル<sup>(2)</sup>(以下原型ハートモデルと呼ぶ)の概念図を図 4 に示す。直列に繋がった擬弾性ひずみ  $a$  要素 と塑性ひずみ速度  $\dot{\epsilon}$  要素 は内部応力  $\sigma_a$  に支配され、摩擦応力  $\sigma_f$  を駆動力とする非弾性ひずみ速度  $\dot{\epsilon}$  要素 と並列に繋がる。さらにフック則により作用応力  $\sigma$  と関係する弾性ひずみ  $\epsilon_e$  要素 が付加され、各要素の構成式と拘束条件から全ひずみ速度  $\dot{\epsilon}$  が求まる。ハートのオリジナルモデルでは要素 はダッシュポットであり  $\sigma_f$  は粘性的に変化するが、本モデルは著者等が JIS SCMV4 鋼用に開発したもので  $\sigma_f$  は一定である。ちなみに微視的構造をモデル化しているので、並列要素の上側 は転位の上昇、下側 は転位すべりを表している。ここで転位とは金属学的な微視的欠陥と思ってよい。

### 2.4 ハートの構成式の欠点

先述のように、状態式の存在を前提にすると状態変数の初期値と発展則があれば任意状態

の材料の挙動が予測可能となる。しかし、ハートの非弾性構成式は非弾性変形が十分に大きく成長して、応力 - ひずみ曲線上での勾配（硬化係数と呼ばれる）がほぼ一定となる領域で定式化されている。そのため、非弾性ひずみが小さい領域では実際の変形挙動と全く一致しないことが判明している。それでも状態式の使用を確認でき、その構成式に普遍性が認められることは大いに信頼性があると言える。したがって、少なくとも大変形領域に限定すれば、原型ハートモデルは本来の大変形挙動を妥当に表現するため、その予測結果を基礎データとして以下の解析に利用することにした。

### 3. 原型ハートモデルの修正

前章で述べたように、原型ハートモデルは非弾性変形が小さい領域では材料の変形挙動をうまく表現できない。そこで、図4における塑性ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ 要素について改良することにして、その修正方針は以下のようにした。

小変形領域を表現するような追加の新規構成式を実験データに基づいて定式化する。

追加の構成式とハートの構成式を適合させるため、原型ハートモデルによる大変形領域の変形挙動予測結果を信頼して構成関係そのものに利用する。

小変形領域では追加の構成式を使用して欠点を修正する。大変形領域でハートの構成式に漸近させるような定式化を実施して原型ハートモデルと一致させる。

以下にその修正方法の概要を記述する。

#### 3.1 二曲面理論<sup>(3)</sup>を応用した新規の構成式

古典的な塑性論では応力ベクトルが初期降伏曲面を越えると塑性変形が発生するが、等方硬化則を例とすれば降伏曲面の半径が塑性変形に従って大きくなり材料は硬化する。ここで利用する二曲面理論では降伏曲面の硬化を有限として、その定常状態での曲面を限界曲面と呼んで定義するものである。さらに、限界曲面の伸縮と移動を考慮すれば、繰り返し負荷においても限界曲面と現在の降伏曲面との差によって硬化係数が決定できる。これにより、複雑な変形経路でも実際の材料挙動のように滑らかな硬化挙動が表現可能となる。

図4のようにハートの構成式では状態変数である応力を摩擦応力と内部応力の二つに成分化する。ここで、上述の二曲面理論を応用して、以下のように内部応力に適用してみる。

与えられた負荷条件と既知である状態変数の初期値から、原型ハートモデルを使用して大変形領域の内部応力挙動を予測する。

内部応力挙動の予測結果を硬化係数一定の限界応力一次式として利用し、限界応力初期値とその勾配を求める。

小変形領域における時々刻々の塑性ひずみでの、計算した限界応力と実験結果から求めた内部応力との差を求める。

の結果と塑性ひずみ速度との関係を定式化する。

最終的に小変形領域の内部応力と塑性ひずみ速度との関係を求める。

#### 3.2 実験データを利用した解析

図5は前節の方法で計算した限界応力と内部応力実験データとの差を塑性ひずみの増加に伴って表したものである。塑性ひずみは変形が進むにつれて大きくなり、塑性ひずみの増加に伴い限界応力と内部応力との差が単調に減少していくのが分かった。

次に図6は時々刻々の塑性ひずみにおける限界応力現在値と内部応力現在値との差と、限界応力速度と内部応力速度との差を調査したものである。現在値での差と速度での差とが、ほぼ1対1に対応していることが分かった。

また、塑性ひずみ速度の増加に伴う限界応力速度と内部応力速度との差を求めたものが図 7 であり、良好な線形関係であることが分かる。

以上の結果から、小変形領域での塑性ひずみ速度と内部応力現在値との関係が求められる。

### 3.3 繰り返し変形等への取り扱い

#### 3.3.1 ひずみ速度依存性の表現

非弾性変形ではその変形の数によって応力の大きさが変化する。一般に変形速度が大きいと応力は大きくなり、速度が小さいと応力は小さくなる。したがって、この項ではひずみ速度の影響を考察してその依存性について記述する。

ひずみ速度の影響は図 7 から明確に推定できる。すなわち、図 7 の塑性ひずみ速度軸での切片は変形が大きくなりほぼ非弾性ひずみ速度に漸近した時の値である。変形が大きくなると応力速度も小さくなり、したがって弾性ひずみ速度が非弾性ひずみ速度と比較してかなり小さくなるので近似的に全ひずみ速度と同程度になると推定できる。

図 7 において、全ひずみ速度一定の実験で全ひずみを変化させると大変形領域では塑性ひずみ速度軸での切片はほぼ全ひずみ速度になる筈である。したがって、ひずみ速度依存性は図 7 の勾配と全ひずみ速度との関係を考慮して関係式を得た。

#### 3.3.2 記憶と更新の方法

繰り返し変形では一般に次のような特性がある。

1. 負荷した後、除荷してさらに逆に再負荷すると降伏応力が低下する、いわゆるバウシinger効果を表す。
2. 塑性ひずみの累積に伴って、材料が最初は硬化あるいは軟化する。そして、ある程度まで動的に硬化または軟化した後、定常になる傾向を示す。
3. 材料が高温になっている場合、応力挙動に静的な回復が重畳され、除荷直後など一部の非硬化領域では回復現象が観察される。

したがって、非弾性構成式はこれらの挙動が記述できなければならない。また、引張と圧縮の両過程に対応した符号変化も考慮する必要がある。

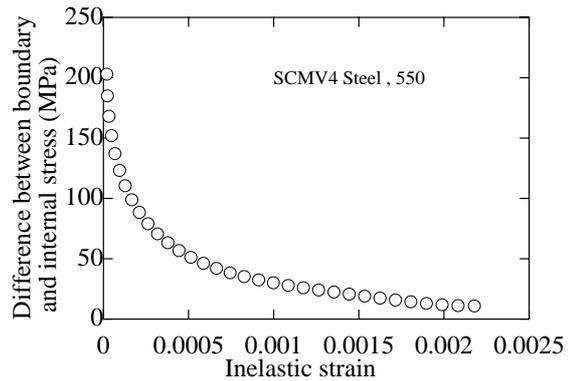


Fig.5 Difference between boundary and internal stress with inelastic strain

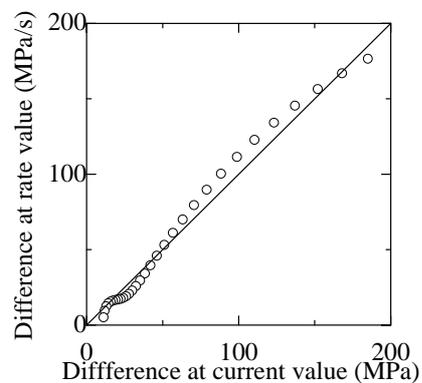


Fig.6 Relation between current value and rate value for boundary stress

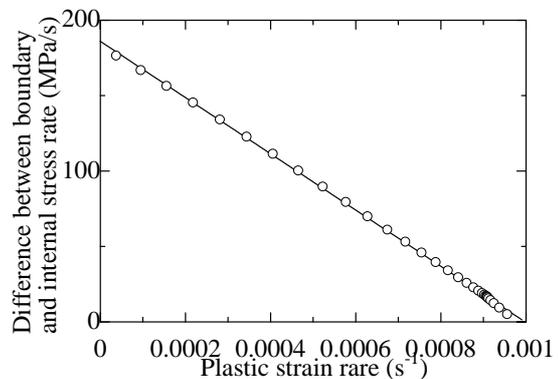


Fig.7 Constitutive relation for microplasticity

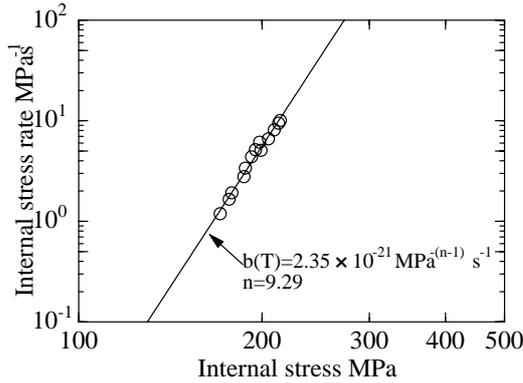


Fig.8 Thermal recovery term

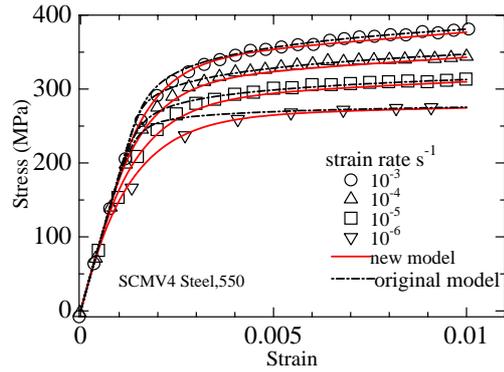


Fig.10 Calculation results of monotonic tension at various strain rate

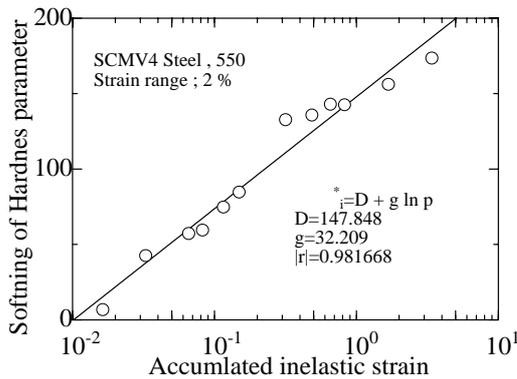


Fig.9 Softening term

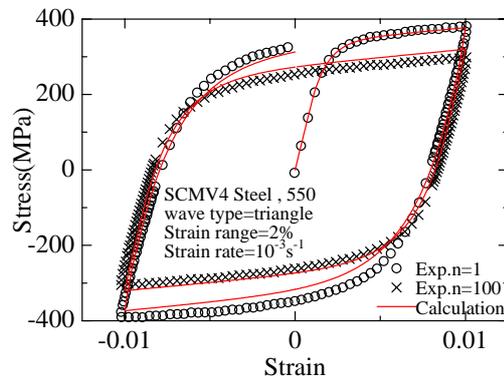


Fig.11 Calculation results of cyclic loading

そこで最初に粘塑性理論の文献<sup>(4)</sup>を参考にして、以下のように構成関係に記憶と更新の方法を採用することにした。

負荷反転前の限界応力、内部応力の各値を記憶する。

限界応力、内部応力に記憶値を基準とした量を定義する。

構成式中の関連パラメータを に合わせて更新する。

この手法により、バウシinger効果の表現や符号変化への対応が期待できる。

### 3.3.3 回復項の付加

次に前項の特性2および3の回復現象については以下の実験式を付加する。

除荷時に静的な熱回復現象が露見するので、実験データに基づいて応力に関する量に熱回復項を付加する<sup>(5)</sup>。これにより、除荷直後の挙動が表現可能となる。図8に内部応力と内部応力速度の関係を示す。このべき乗関係を熱回復項として徐荷時に使用する。

本材料の場合は繰り返しひずみに伴って動的な回復すなわち繰り返し軟化挙動を示すので、実験データに基づき累積非弾性ひずみ  $p$  と硬さパラメータ軟化量  $\Delta\sigma_i^*$  との関係を求め、硬さパラメータの発展式に動的回復項を付加する定式化を行う。図9は累積非弾性ひずみと軟化量との関係を求めた結果を示している。

## 4. 修正ハートモデルの検証

修正したハートモデルにおける単軸応力状態の構成式群を以下にまとめて示す。

$$\text{応力とひずみの拘束条件} \quad \sigma = \sigma_a + \sigma_f, \quad \epsilon = \epsilon_a + \epsilon_f = \epsilon_e + \epsilon_p$$

a 要素構成式  $\sigma_a = Ma$

&要素構成式 [ 巨視的塑性 ]  $\ln(\sigma^*/\sigma_a) = (\hat{\sigma}^*/\hat{\sigma})^\lambda, \hat{\sigma}^*/\hat{\sigma} = (\sigma^*/\sigma_s^*)^m, \hat{\sigma}^* = \hat{\sigma}_d^* + \hat{\sigma}_i^* + \hat{\sigma}_r^*$   
 $\hat{\sigma}_d^* = \hat{\sigma}_d^* \Gamma, \hat{\sigma}_i^* = -g|\hat{\sigma}/p, \hat{\sigma}_r^* = -b(T)|\sigma_a|^n$

[ 微視的塑性 ]  $\hat{\sigma} = \frac{k}{\hat{H}_a} [(\hat{\sigma}_a^B - \hat{\sigma}_a) - \hat{\sigma}_a^\Delta] \cdot \text{sgn}(\sigma_a^B), \hat{H}_a = \frac{H_a \hat{\sigma}_a^\Delta}{\sigma_a^\Delta}, H_a = \frac{-k\sigma_a^\Delta}{\hat{\sigma}}$   
 $\hat{\sigma}_a^B = H_b \cdot \hat{\sigma}_a^\Delta = |\sigma_{a0}^B| - \sigma_a^Y$

全ひずみ速度制御での非弾性ひずみ速度  $\hat{\sigma} = \frac{E\hat{\sigma} + M\hat{\sigma}}{E + M}$

ここで、 $\lambda$ 、 $m$ 、 $g$ 、 $b(T)$ 、 $n$ 、 $k$ 、 $E$ 、 $M$  は材料定数、上付き添字\*の付随したパラメータは状態式に関するもので、下付き添字 s は状態式を定義した時の特定の値を示し、下付き添字 d、i、r は各々方向成分、等方成分、回復成分を表す。また、今回新規に定式化した微視的塑性に関するパラメータは原型ハートモデルで予測計算されるもので、^付きのパラメータは記憶と更新の方法で更新する量である。なお、時間微分を上付き・で表している。

モデルの検証のため、これらの構成式を利用した計算結果と実験結果との比較を以下に示す。

図 10 は一定な全ひずみ速度制御における単調引張挙動の計算と実験結果の比較である。高温でのひずみ速度依存性や本修正の目的であった小変形領域でも原型ハートモデルと比べて予測精度が格段に良くなっている。

図 11 は一定な全ひずみ速度での繰り返し変形に対する計算と実験結果との比較である。概ね妥当な予測結果となっているのが分かる。

## 5 . おわりに

本報告では状態式の存在が確認可能で、普遍性があると認められるハート理論を原型とした非弾性モデルに対して、不具合のある小変形領域の構成関係を技術的に改良する方法を示した。また、単軸応力状態における修正ハートモデルによる計算結果と実験データを比較して、モデルが繰り返しを含む変形挙動を精度よく予測することを検証した。

修正ハートモデルはその構成関係の中に、原型ハートモデルによる予測計算から限界応力を決定する手法を採用している。その意味では多分に技術的であり学術的な非弾性構成式の研究とは言えないかもしれない。しかし、信頼性のある非弾性構成式理論体系の欠陥を技術的に改良することによって、実用上十分に利用可能な構成関係が構築できることを立証できたと思う。

なお、本報告の一部は 2006 年度科学研究費補助金「奨励研究」( 課題番号 : 17917004 ) の経費を受けて実施したものである。

## 参考文献

- 1 ) E.W.Hart、Acta Metallurgica、vol. 18、1970、p 559
- 2 ) 石川明克・中村俊哉・朝田泰英、圧力技術、第 38 巻第 3 号、2000、p25
- 3 ) R.D.Krieg、Trans.ASME、Journal of Applied Mechanics、43-3、1975、p 641
- 4 ) E.P.Cernocky and E.Kreml、Journal de Mecanique Appliquee、5、1981、p 293
- 5 ) 石川明克・中村俊哉、日本機械学会論文集 ( A 編 )、70-689、2004、p 141

## 8 接地線にノイズ電流を集める回路の設計方法

工学系原子力国際専攻 安本 勝

### 1. はじめに

建物導体構造物や電気機器筐体（以下、導体構造物）には、電流が流れている実態が多く見られる<sup>(1)(2)</sup>。導体構造物に電流が流れていることはこの導体構造物に電位分布が存在することを意味し、導体構造物と電氣的に接地系統が一体になるシステムには一定電位を確保が難しくなることになる。このことが、電気機器・システムのトラブルや不安定性を引き起こしている例は潜在的に多いと考えている。従って、この電流を抑制することは導体構造物に一定電位を確保でき、その結果、電気機器・システムのトラブルや不安定性を抑制する。このことは高度化してきている情報化社会では益々重要になっている。

本報告は、この導体構造物に流れるノイズ電流の抑制を可能にする一つの方法として接地線にノイズ電流を集める回路の設計方法を明らかにする。

### 2. 原理<sup>(3)</sup>

キルヒホッフの法則により、ノイズ源から流出する電流と流入する電流の総和はゼロになる。従って、電気機器等のノイズ源から流出するコモンモードノイズ電流は、電源線や信号線（以下、電源線）を通り、他の電気機器等から流出して、接地線および導体構造物を通して必ず同じ値が戻る。この電源線のコモンモードノイズ電流は全て接地線から戻ればよいが導体構造物にも流れる。図1はこの実態の等価回路である。

接地線の電流  $i_2$  と電源線の電流  $i_1$  との比  $i_2/i_1$  は次式になる。

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{R_3 + j\omega M}{R_2 + R_3 + j\omega L_2} \quad (1)$$

この電流比を1に近づけることが導体構造物に流れる電流を接地線に集めることになる。周波数が高い場合、分母と分子の虚数成分が大きくなり1に近づけることができるため、受動的方法で実現可能になる。しかし、50Hzのような低周波数を受動的方法で実現することは困難である。これを可能にする方法として、電源線と接地線の相互インダクタンス  $M (=L_2)$  を大きくすることで、各線路の抵抗や線路の寄生インダクタンスが無視できるようにすることが必要である。本報告では、この条件を電子回路による能動的方法により実現している。

### 3. 漏洩電流

漏洩電流は電気機器のノイズ源からのものと電源設備に起因するものがある。前者はノイズ源から直接、あるいはフィルターのコンデンサーを介して電気機器筐体から漏洩する。

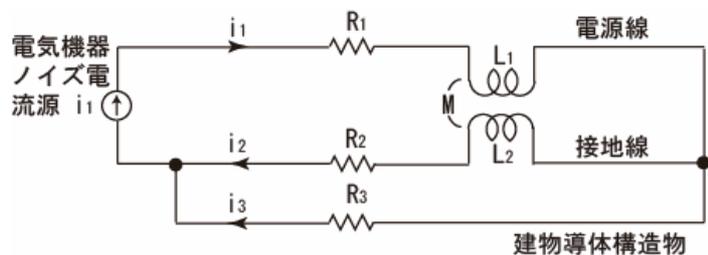


図1 接地線へノイズ電流を集める方法の等価回路

このノイズ電流は、本来接地線に流れるべきだが、電気機器筐体に電氣的に接続している建物導体構造物に無視できない値が流れていると考えている。

後者は電源設備によるものである。変電室にある各変圧器の二次側は一次側と混触したときに電位上昇を抑える目的でB種接地が施されている。電源周波数成分の導体構造物に流れる電流は、一般的にこれが不平衡接地になっていることが原因で流れている。この不平衡接地によりフィルターのコンデンサーに不平衡の電源電圧が加わり電源周波数成分の漏洩電流が流れているのが常態になっている。この漏洩電流の支配的インピーダンスはフィルターのコンデンサーであり、そのため、電圧位相よりも位相が90度進んだ電流が各相から漏洩し流れ、各相の漏洩電流のベクトル和が接地線、及び導体構造物に流れ、B種接地極に戻る。

#### 4. 回路の設計方法

図2が基本回路図で、低周波数成分を対象にしている。

高周波成分に対しては能動的方法よりも受動的方法によりノイズ電流を集める効果を確認したほうがよいと考えている。適用する場合、被覆構造の接地線（一般的な電磁シールド線）にすることで高められ、 $\mu_s \mu_0$ の高透磁率トロイダルコア（以下、コア）の受動的効果をさらに高めることができる。

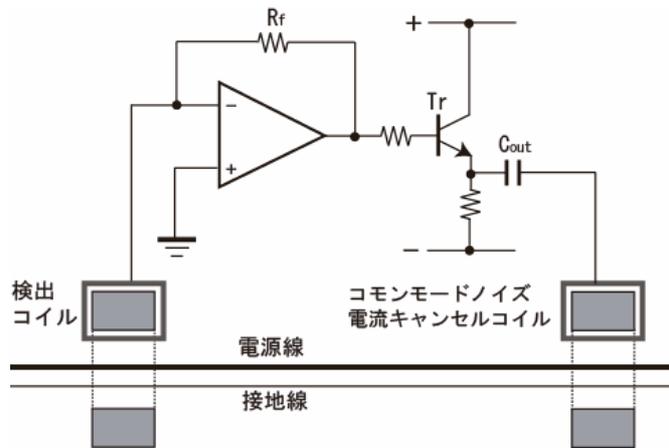


図2 接地線にノイズ電流を集める回路

【検出部】 電源線と接地線の両線をコアに通すことで、コアに両線を通る電流ベクトル和による磁束が生じ、その変化によりコアの検出コイルに起電力が生じる。コアの断面積  $S_{Dcore}$ 、平均直径  $D_{Dcore}$ 、コイル巻き数  $N_{coil}$  として、コイル起電力は次式になる。

$$e_{coil} = -N_{coil} \frac{d\phi}{dt} = -N_{coil} \mu_s \mu_0 \frac{S_{Dcore}}{\pi D_{Dcore}} \frac{di_{CMN}}{dt} \quad (2)$$

$\mu_s$  は周波数に依存するが低周波数域では一定としてよい。 $d/dt$  を複素表現  $j\omega$  に置き換え、

$$e_{coil} = -N_{coil} \mu_s \mu_0 \frac{S_{Dcore}}{\pi D_{Dcore}} j\omega i_{CMN} \quad (2)'$$

【入力部・増幅部】 増幅部は反転増幅器を使用する。入力部は仮想接地になり 0V になるのでコイルに流れる電流は次式になる。 $R_{coil}$ は無視できるようにしてさらに簡略化できる。

$$i_{coil} = \frac{e_{coil}}{R_{coil} + j\omega L_{coil}} \approx \frac{e_{coil}}{j\omega L_{coil}} \quad (3)$$

この電流は、増幅器の入力インピーダンスが大きいため（理想的には）、帰還抵抗に流れる結果、次式の入力電圧が現れることになる。

$$e_{out} = -R_f \cdot i_{coil} = -\frac{R_f \cdot e_{coil}}{j\omega L_{coil}} \quad (4)$$

【出力部】 コモンモードノイズ電流相殺用コイルにより相殺に必要な起電力を生じる励起

磁束を加えることが必要になる。この励起磁束を発生させるためにコイルに流す電流は、励磁用コアの飽和により機能しなくなることを避けるため、コンデンサーを介して励磁電流を流すようにする。

$$i_{out} = \frac{e_{out}}{R_{out} + j(\omega L_{out} - \frac{1}{\omega C_{out}})} \approx \frac{e_{out}}{j(\omega L_{out} - \frac{1}{\omega C_{out}})} \quad (5)$$

一方、電源周波数でも安定に動作させるため、位相関係は $+j L_{out}$ が支配的成分にすることが必要になる。このため、増幅器出力インピーダンス  $R_{out}$  は途中エミッタフォロワにすることで小さくして無視できるようにし、また $1/\omega C_{out}$  は  $50 \quad 1/2 \pi \sqrt{L_{out} C_{out}}$  とすることで無視でき、

$i_{out} \approx \frac{e_{out}}{j\omega L_{out}}$  に簡略化できる。コアの断面積  $S_{Ocore}$ 、平均直径  $D_{Ocore}$ 、コイル巻数  $N_{out}$  のコア

磁束は  $\phi_{cancel} = \mu_s \mu_0 \frac{S_{Ocore}}{\pi D_{Ocore}} N_{out} i_{out}$  になる。接地線の起電力は  $e_{cancel} = -\frac{d}{dt} \phi_{cancel}$  になる。複

素表現で  $e_{cancel} = -j\omega \phi_{cancel}$  になる。接地線と導体構造物のインピーダンスを  $Z_{E-loop}$  として、

相殺電流  $i_{cancel}$  は、 $i_{cancel} \approx \frac{e_{cancel}}{Z_{E-loop}}$ 、低周波成分では抵抗  $R_{E-loop}$  が支配的成分になり、

$i_{cancel} \approx \frac{e_{cancel}}{R_{E-loop}}$  になる。まとめ、 $i_{cancel} \approx -Ki_{CMN}$ 、 $K = \frac{R_f N_{out} N_{coil} \mu_s^2 \mu_0^2 S_{Ocore} S_{Dcore}}{R_{E-loop} L_{out} L_{coil} \pi^2 D_{Ocore} D_{Dcore}}$  である。

ちょうどこの  $i_{cancel}$  は  $i_{CMN}$  の逆位相になるので、回路は  $i_{CMN}$  が 0 になるように動作する。

### 5. 製作回路による模擬測定と考察

上記設計条件を満足する回路を製作し、図3の模擬回路で測定を行った。ノイズ源はファンクションゼネレーターで模擬し 500 を入れることでノイズ電流

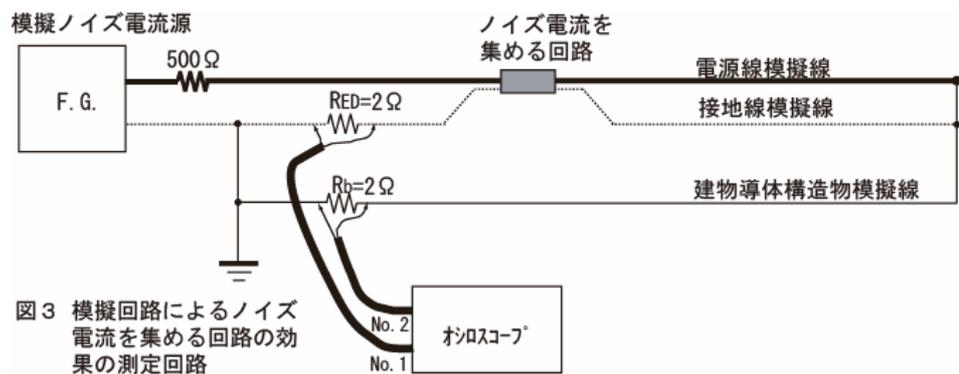


図3 模擬回路によるノイズ電流を集める回路の効果の測定回路

源を模擬した。接地線模擬線と導体構造物模擬線それぞれに 2 の抵抗を入れそれぞれの電圧を測定することで流れる電流を測定した。ノイズには矩形波を加え 50Hz、500Hz、5kHz それぞれの回路動作前と後の測定をした。50Hz の場合、回路作動前には導体構造物模擬線に流れるノイズ電流は約 8mA<sub>p-p</sub> であったものが作動後ほぼ 0mA になり、一方接地線模擬線に

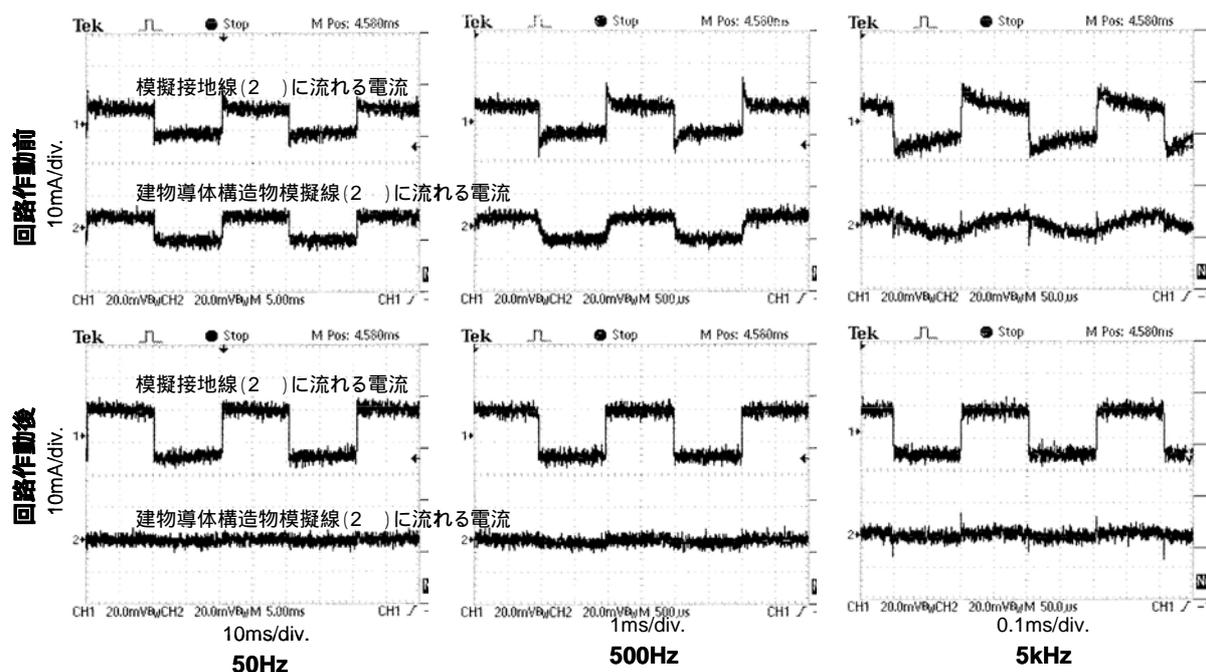


図4 能動回路の作動前後の接地線と導体構造物模擬線に流れる電流(50Hz、500Hz、5kHz矩形波)

は約 8mA であったものが約 16mA になった。接地線にノイズ電流を集める効果が顕著に示されている。この実現には低周波数では大きな相互インダクタンスを必要とし、受動的方法では実現が難しいが、能動的方法によりコンパクトに実現可能になった。回路動作前、周波数が高くなると構造体模擬線に流れる矩形波ノイズ電流が歪むが、この原因は回路に使用しているコアの受動的なノイズ電流を集める効果が周波数と共に高まる結果を示しており矩形波の高周波数成分が接地線模擬線により効果的に集まるためである。

## 6. 終わりに

ノイズ電流を集める回路の原理と基本的な設計方法を明らかにした。

その回路を模擬系統に適用しノイズ電流が接地線に集まる効果を示した。受動的には実現が困難な低周波数で実現可能であることが示された。

本技術は、日常業務のノイズトラブル対策の中で建物導体構造物にノイズ電流が流れている実態が明らかになり、その一つの対策手段として開発されたものである。今後はどのようなところへ適用可能になるか探っていきたいと考えている。

本報告は、平成 17 年度工学部・工学系研究科技術職員個別研修「ノイズ電流収集技術の修得」(承認番号 第 05-11 号)の成果を含んでいる。

### 【参考文献】

- (1) 安本, et al., “高所受電設備の接地線に流れるノイズ電流”, 第 12 回電設学会報告集, 147-150('94-9).
- (2) 安本, et al., “建物に流れるノイズ電流の実態とその抑制方法”, 第 14 回電設学会報告集, 177-180('96-9).
- (3) 安本, “接地線にノイズ電流を集める方法”, 第 22 回電設学会報告集, 169-172('04-9).

## 9 MALT のセシウムスパッタ型負イオン源 (MC-SNICS)

原子力国際専攻 中野 忠一郎

### 1. はじめに

タンデム加速器理工学研究設備(MALT: Micro Analysis Laboratory Tandem accelerator, The University of Tokyo, 以下 MALT という)は、1991 年度(平成 3 年度)より 3 ヶ年の更新計画をスタートさせた。更新内容は、タンデム棟の改修と増築、5MV 加速器をはじめイオン源、イオン分析系、各種ビームラインの設置などである。更新計画終了後、実質約 1 年半の調整期間を経て 1995 年後期より順調な共同利用を開始した。大小の改造・改良などの繰り返しを経て、2004 年度(平成 16 年度)の加速器年間運転時間は 6,247 時間を越え、2005 年度(平成 17 年度)の加速器年間運転時間は 6,234 時間となり、年間稼働時間が 6,000 時間を越える状況が続いている。また、加速器の総運転時間(2006 年 6 月 5 日現在)は 49,667.1 時間となっており、6 月末あるいは 7 月はじめに加速器総運転時間は 50,000 時間を越えるものと予想される。

この間数多くの改良・改造が実施され、加速器質量分析(Accelerator Mass Spectrometry, 以下 AMS という)をはじめとする微量分析装置として安定した性能を発揮できるようになった。しかし、実験により高精度、高安定度が求められている現在、イオン源に要求される高いイオン化効率や高安定性などが問題となってきている。高いイオン化効率は高イオン電流と関連し短時間測定を可能とするが、イオン源の不安定要因はイオンビーム電流の変動として現れる。そこで、MALT で使用しているセシウムスパッタ型イオン源(米国 NEC 社製)の特性やイオン源がかかえる問題点について報告する。

### 2. MC-SNICS イオン源の概要

MALT のイオン源であるセシウムスパッタ型負イオン源(Source of Negative Ion by Cesium Sputtering, 以下 SNICS という)の負イオン生成過程の概略を図 1 に示す。なお、米国 NEC 社製のイオン源は一度に 40 個の試料を装填できることから、Multi Cathode -SNICS(以下、MC-SNICS という)と呼ばれている。

負イオン生成は、 $\text{Cs}^+$  イオンを生成する過程とその  $\text{Cs}^+$  イオンをもちいて試料から負イオンを生成する過程の二つの過程からなる。前者は、セシウムリザーバの温度を上げると Cs は蒸気となり、導管を通りアイオナイザに到達する。仕事関数が大きく高温となっているアイオナイザの Ta 表面に電離電圧の低い Cs 原子が吸着し、その一部が電離してイオン化される。後者は、カソードには負の高電圧が印加されており、イオン化した  $\text{Cs}^+$  イオンは加速されてカソードに詰め込まれた試料面に到達する。なお、 $\text{Cs}^+$  イオンビームは Cs フォーカスレンズにより試料面にフォーカスされる。アルカリ金属である Cs で試料表面が覆われると仕事関数が低下し、最大値数 10eV の放出エネルギー分布をもつ負イオンが生成される<sup>1)</sup>。

アイオナイザへの Cs 蒸気量はセシウムリザーバ温度を変えることで調整できる。同様に、アイオナイザの Ta 表面温度はアイオナイザ電流を変化させることで、また  $\text{Cs}^+$  イオンの入

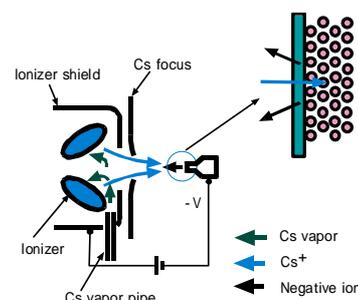


図 1 セシウムスパッタ型イオン源の負イオン生成過程

射エネルギーはカソードポテンシャルを変えることで調整可能である。

### 3. NEC 社製 MC-SNICS と HVEE 社製 860A イオン源

原子力国際専攻加速器管理部には NEC 社製ペレトロン 5UD 加速器 (max.5MV、通称 MALT) と HVEE 社製タンデロン加速器 (max.1.7MV、通称 RAPID) が設置されている。NEC 社製 MC-SNIC イオン源および HVEE 社製 860A イオン源の写真を図 2、図 3 に示す。また、それぞれのイオン源の図面 (略図) を図 4、図 5 に示す。



図 2 NEC 社製 MC-SNICS イオン源



図 3 HVEE 社製 860A イオン源

MC-SNICS は、試料を詰めた cathode を cathode wheel に 40 個装顔が可能である。ひとつの試料の測定が終了すると、cathode wheel がリボルバーのように回転し次の cathode がセットされる。これらは真空を破らないで行われるので、効率よく資料の測定が可能となっている。

他方 860A は、1 試料のみがセットできる。このイオン源は一度に多量の試料を測定する AMS を前提としたものでなく、イオン照射等の単核種のイオンビームを発生させる目的となっている。

表 1 にそれぞれのイオン源の構成部品(電極)の電位と試料面径を示す。

表 1 構成部品(電極)の電位と試料面径

	Cathode	Cs focus	Ionizer	Extractor	Focus lens	試料面径
	kV	kV	kV	kV	kV	mm
MC-SNICS	-5.0	-1.5	GND	15.0	-0.2	1.0
HVEE 810A	-3.0	-	GND	14.0	6.0	9.4

Cs<sup>+</sup>イオンが照射される cathode の試料面は、MC-SNICS では直径 1mm と小さい。Cs<sup>+</sup>イオンビームを試料面に効率よく照射する目的で、Cs focus lens が ionizer と cathode 間に設置されている。Cs focus lens には 0.0kV ~ -5.0kV まで印加でき、試料表面への Cs<sup>+</sup>イオンビームスポットの調整が可能となっている。通常、-1.5kV を印加している。一方 860A では、試料面直径は 9.4mm となっている。試料面が大きいので MC-SNICS に見られるような Cs focus lens は無く、シンプルな構造となっている。

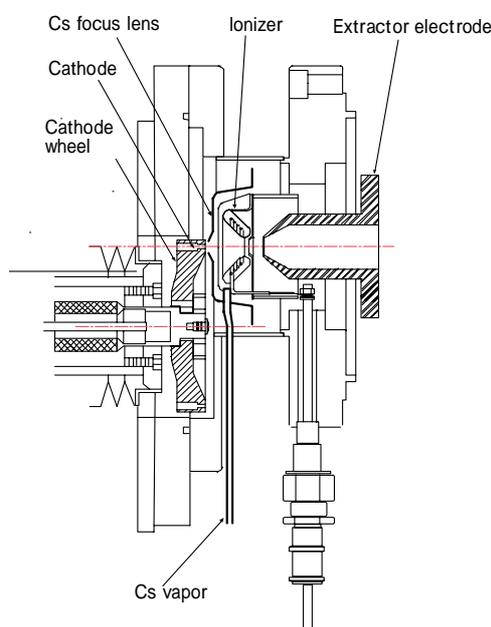


図 4 MC-SNICS 図面

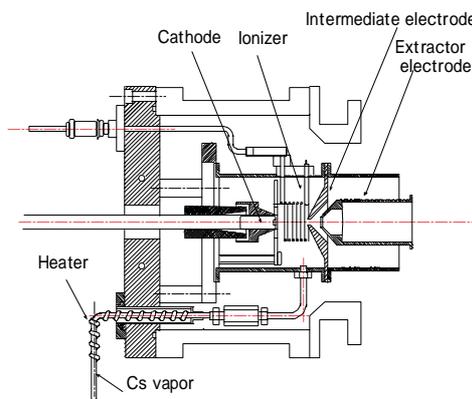


図 5 860A 図面

#### 4. MC-SNICS の特性

試料はグラファイトを使用した。またアイオナイザの最大定格は 290W である。

図 6 にセシウムリザーバ温度を一定とし、それぞれアイオナイザ電流をパラメータとしたカソード電圧と  $^{12}\text{C}$ -イオン電流 / 総イオン電流との関係を示す。 $^{12}\text{C}$ -イオン電流の測定は、カソード電圧に対応して入射電磁石と ESA(Electrostatic Spherical Analyzer) を調整した。総イオン電流に対する  $^{12}\text{C}$ -イオン電流の割合は、カソード電圧が -6kV ~ -7kV の時に最大となることが理解される。NEC 社推奨の -5kV よりも高めの -6kV ~ -7kV に設定した方が、イオン化効率が高く望ましいと思われる。

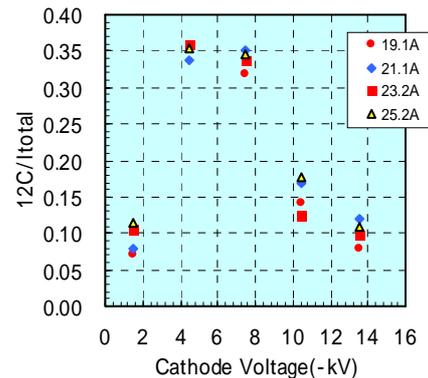


図 6  $^{12}\text{C}/I_{\text{total}}$  vs Cathode voltage

#### 5. アイオナイザの表面状態

イオン源を使用し続けるとその内部はスパッタされた試料やカソードのセシウム化合物により汚れていく。これらは高電圧電極支持碍子などの絶縁抵抗を低下させ電流リークの原因となるほか、最も重要なアイオナイザのイオン化効率の低下を引き起こす。そこで定期的なクリーニングが必要となる。

アイオナイザーハウジングはスコッチブライトを用い水洗い洗浄でききれいになる。しかし、アイオナイザの Ta 表面は、セシウム化合物が厚く堆積している。この付着物は堅く容易に取り除くことができないので、サンドブラスト装置を使用して削り取っている。また時には厚く堆積したセシウム化合物が剥がれかかり、近傍のセシウムフォーカスレンズと接触し、電源が短絡するという事故も一度発生している。図 7 に使用したアイオナイザを示す。Ta 表面の堆積物の剥離が観察できる。



図 7 使用したアイオナイザ

アイオナイザの Ta 表面にセシウム化合物などが厚く堆積している。過度に堆積が進むと剥離が起こることもある。これらの堆積物はサンドブラストを用いて削り取る。

クリーニングを実施することで、アイオナイザの Ta 表面のセシウム化合物が取り除かれ、アイオナイザとして再生される。しかし、数回クリーニングを繰り返すと新品時と比較し負イオンビーム発生量の減少する傾向がみられる。セシウムリザーバ温度を高めセシウム蒸気量を増加させることで負イオンビーム発生量を調整するが、このことはアイオナイザでのセシウムのイオン化効率が低下していることを示している。

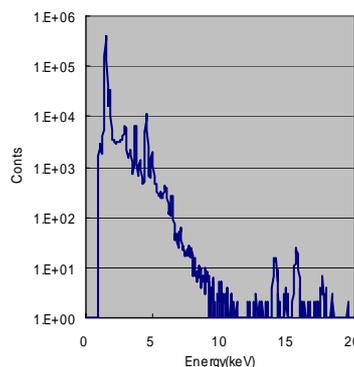


図 8 MALT 使用の研磨剤

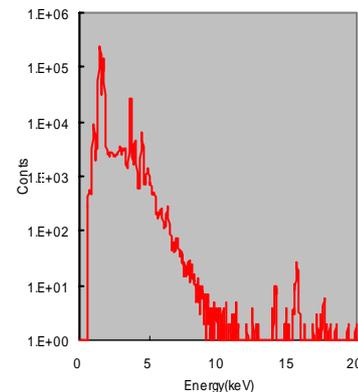


図 9 NEC 社使用の研磨剤

$\text{Cs}^+$  イオンの生成は、アイオナイザ表面より熱エネルギーを受け取ったセシウム原子が自

らの電子を電離し Ta に与えることでエネルギー的により安定な（トータルエネルギーが低い）状態に移行することから、アイオナイザの Ta 表面の状態に何らかの原因があると考えられる。そこで、最初に、クリーニング時に使用するサンドブラスト用研磨剤の成分を、MALT で PIXE 分析した。PIXE は多元素同時分析が可能で、かつ高分解能という特徴を有している。分析した研磨剤は MALT で使用している株式会社不二精機製造所製と、NEC 社で使用している Midwest Finishing Systems, Inc. の 2 種類で、それぞれの測定結果を図 8 および図 9 に示す。MALT ではアルミナ（酸化アルミニウム）を 94%以上、また酸化チタンを 1.5～4.0%含有している FBR シリーズ<sup>2)</sup>とソーダ石灰ガラス（通称 A ガラス）の含有量 99%以上の FB シリーズ<sup>3)</sup>を 50%ずつ混合して使用している。NEC 社では MFS-M4 を使用しているが、成分表の入手はできなかった。研磨剤を目視すると FB シリーズにちかい印象を受ける。分析結果からは大きな違いは観測されなかった。

次に、上記 2 種類の研磨剤を用いてサンドブラストをかけた Ta 板表面を、X 線マイクロアナライザ（以下、XMA という）を用いて観察を行った。

図 10 に無使用の Ta 板表面、また図 11 に MALT 使用の研磨剤使用後の Ta 表面、図 12 に NEC 使用の研磨剤使用後の Ta 表面の観測写真を示す。倍率はそれぞれ 400 倍である。なお、使用した XMA は JEOL 製 JXA-733 で、電子線加速電圧 10～50kV、電子線プローブ電流  $10^{-12} \sim 10^{-5}$ A、二次電子分解能 7nm という性能を有している。無使用の Ta

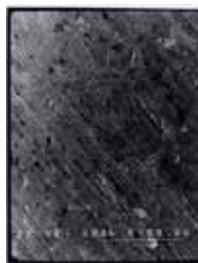


図 10 無使用の Ta 板(新品)表面



図 11 MALT 使用研磨剤使用後の Ta 板表面



図 12 NEC 研磨剤使用後の Ta 板表面

板はほぼ平面にちかい。一方、強目の圧力でサンドブラストされた Ta 板の方は小さな凹凸が観察される。Ta 板の表面に微細になった研磨剤が食い込み Ta 表面の露出部分が少ない、あるいは膜を形成していればイオン化効率の低下が考えられたが、この観察結果からは判明できなかった。

## 5. おわりに

米国 NEC 社製 5UD ペレトロン加速器の MC-SNICS 負イオン源の基本的特性のひとつとして、炭素試料を用いて cathode 電位と生成される負イオン電流との関係を求めた。また、原子力国際専攻には他に HVEE 社製タンデトロン加速器が一台設置されており、この加速器のイオン源構造は MC-SNICS とは異なるが SNICS タイプであることから、これらイオン源の構造の違いの比較をおこなった。MC-SNICS のイオン化効率の低下についてはアイオナイザの Ta 表面の状態が大きく影響すると考え、サンドブラスト用研磨剤の PIXE による成分分析や XMA を使用した観測を行ったが、結論には達しなかった。イオン源は加速器のなかではまだ unknown な部分が多く、またイオン源にかんする文献・書籍も少ない。引き続きこれらの究明を行っていく予定である。

なお、本報告は平成 17 年度工学部・工学系研究科個別研究 (OJT) として実施した。

## 参考文献

1. 石川順三：イオン源工学（アイオニクス叢書、1986）p.160.
2. 株式会社不二精機製造所 製品安全データシート「フジブラウン FBR シリーズ」
3. 株式会社不二精機製造所 製品安全データシート「フジブライト FB シリーズ」

## 10 PIXE 分析法によるアスベストの検出

= 学生実験の経験より =

システム量子工学専攻 細野 米市  
原子力国際専攻 中野忠一郎

### 1 . はじめに

工学部システム創成工学科の生体・情報コースでは、3年生の授業の一環として、PIXE (particle induced X-ray emission) 分析法を用いた物質の構成元素の同定を行う実験を行ってきた。このPIXE分析法は、a. 高感度であり ppm オーダーでの測定も可能 b. 試料は数  $\mu\text{g}$  でも分析可能 c. Na から U まで同時測定可能 d. 試料に陽子線をあてて X 線を測るだけであり簡易 E. ビームサイズを  $1\mu\text{m}$  以下にすることによって細胞の元素分布を知ることができる等の特徴を有する。

学生実験の目的は、(1)タンデム加速器を用いる実験を通じ、タンデム型加速器の仕組み等について理解する(2)PIXE 分析法の原理を理解するとともに実験試料を構成する元素を同定する(3)多チャンネル波高分析器を用いての X 線エネルギー測定手法について理解する、事であった。

これまでの学生実験では、上述した実験目的の達成をめざし、実験に興味を持たせるために、東京湾で採取した穴子の血液や肝臓、人間の血液や髪の毛、煙草やお茶の葉、アスベスト等の元素分析を行ってきた。これまでに本実験を受講した学生は、学部3年生を中心に延べ 265 名である。ここでは、建材に含まれるアスベスト分析を中心に紹介する。

アスベストは、かつて「夢の建材」として多用されてきた。しかし、アスベストを吸い込むと肺ガンとなることが明らかになり、今や「悪魔の建材」として大きな社会問題となっている。これまでアスベストは、断熱や漏水対策等を目的として、吹きつけアスベストやマンションや一般家庭で使われている天井、屋根、内装等(1980 年使用禁止)に使用してきた。

工学系研究科の建物をはじめ全国の大学小中学校等の公共施設における吹きつけアスベストは、マスコミでも大きく取り上げられ、十年以上前から撤去ないしは壁で覆う工事が行われてきた。しかし、マンションや一般家庭に用いられてきた建材に含まれるアスベストは、純度が低く(数%?)練り込まれた形となっているため、簡単に空気中に出ないことから、問題とされない場合が多い。今でも建材の一部には使用されている。しかし、マンション等の内装工事や立て替えの場合は、埃とともに飛散することになる。従って、工事に際しては、建材にアスベストが含有されているか否かを調べる必要が生じる。

アスベストは、鉱物繊維であり主成分が珪酸マグネシウム塩である。その他にも  $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$  を含んでいる。これらを調べる最も確実な方法は、電子顕微鏡で観察することであるが、アスベスト含有率が低くなると、それ以外の物質に隠れて、観測が難しくなってしまう。これを確実に観測するために筆者らは、学生への教育も兼ねて PIXE 分析を試みた。

### 2 . 原理

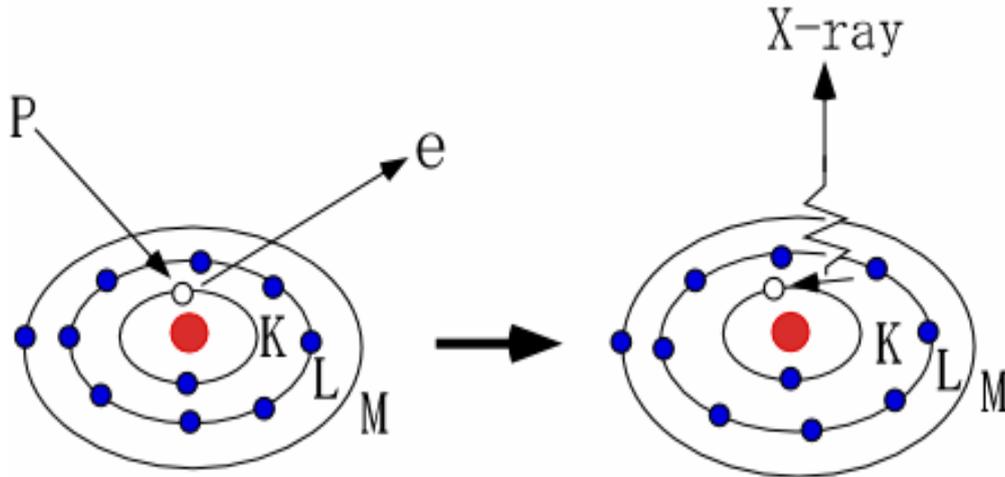
入射イオンと物質を構成する元素との衝突によって発生する特性 X 線は、入射イオンによって K 殻の電子がはじき飛ばされ(元素の励起)、その空孔に L 殻や M 殻等から電子が落ちて基底状態に戻るときに生じる(第 1 図参照、K 系列の特性 X 線の例)。K 殻に入る電子が

L 殻からの場合に生じる X 線を  $K_{\beta}$ 、M 殻から入った時に生じる X 線を  $K_{\alpha}$  と呼んでいる。

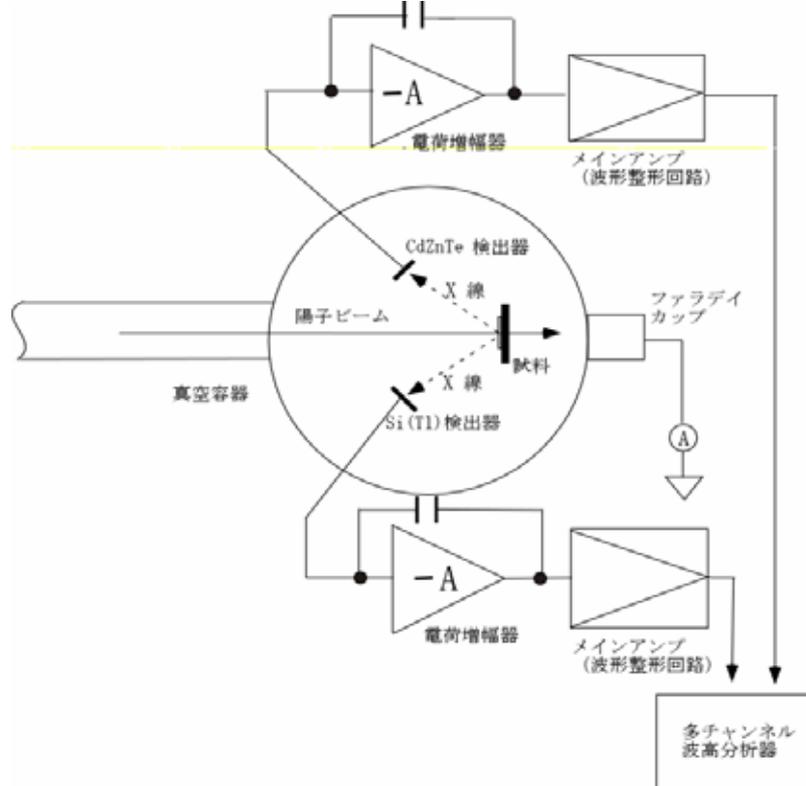
特性 X 線のエネルギーは、K 殻と L 殻および K 殻と M 殻のエネルギー差に等しい。元素によって発生するエネルギーが違う理由は、軌道半径が少しずつ異なるためである。  $K_{\beta}$  と  $K_{\alpha}$  の生じる割合 ( $K_{\beta} / K_{\alpha}$ ) は、0.1 から 0.3 と云われている。

実験は、エネルギーが 3MeV の陽子ビームを用い、ビーム電流が約  $0.1\mu\text{A}$  以下、ビーム径が約 3 mm を用いた。分析対象となる試料は、カーボンテープ上に付着させ、そこに陽子ビームを照射し、発生した特性 X 線を測定した。

測定システムの概要を第 2 図に示す。特性 X 線のエネルギーを詳細に一つの検出器で測定



第 1 図 Na 原子に陽子が入射した時の特性 X 線の発生



第 2 図 測定システムの概要

することは困難であるから、低いエネルギー側(45keV以下)は、ビーム進行方向(右)135度に設置されたSi(Li)半導体検出器で測定し、それより高いエネルギーのX線は左側にあるCdZnTe検出器で測定する様になっている。しかし、今回の測定は、アスベストの特性X線(45keV以下)であることから、Si(Li)半導体検出器のみで測定を行った

### 3. 測定結果

測定は、工学系研究科原子力国際専攻に設置してあるタンデム型加速器(Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator 通称 MALT と呼ばれている)を用いて行った。測定は、陽子ビームのエネルギーが3MeV、ビーム電流が約50nAで行った。陽子ビームはコリメーターで5mmにし、測定時間は約300秒で行った。試料はカーボンテープに約1cm<sup>2</sup>の大きさを付けて、そこにビームを照射し発生するX線を測定した。

測定系のエネルギー較正を行うため、最初に標準試料として塩(NaCl)の分析を行った。測定結果を第3図に示す。同図横軸は、チャンネルと表示されているが、これは特性X線エネルギーに対応し、縦軸は検出器に入ってきたX線の個数を示している。同塩は、「ミネラル入り天日塩」として市販されているものである。この塩の構成元素は、Na(1.041keV)、Cl(2.6224keV)、K(3.3138keV)、Br(11.924keV)であることがわかる。ただし、括弧内は、その元素の特性X線エネルギーを表している。

第2図にアスベスト100%(クリソタイル)の試料を測定した結果を示す。アスベストは、Mg(1.2536keV)やSi(1.740keV)との化合物であり、Fe(6.4038keV)が含まれていることが特徴である。同図から明らかなように、MgとSiが同じ程度含まれていることがわかる。

12号館3階にある旧中沢研究室の実験室天井のスレート(約38年前の建材か。)の測定結果を第3図に示す。同測定結果から、S(2.3078keV)とCa(3.6917keV)が主成分で、Mn(5.8988keV)やNi(7.4782keV)が入っている事がわかる。測定結果は、このスレートにアスベストが入っていないことを示している。

第4図にマンションの天井に使われているスレートの分析結果を示す。このスレートは、アスベストが含有されているのではないかと、言われてきた。測定結果は、Mg, Si, S, Ca等の元素が検出されており、明らかにアスベストを練りこんだ物であるといえる。

### 4. 考察

アスベストは、髪の毛の約1/5000の太さであり、電子顕微鏡でそれを拡大して観測する方法が確実である。しかし、第4図に示した様なアスベストを練り込んだものを観測する場合は、他の物質の陰に隠れて見えない場合が生じてしまう。これに対して加速器を用いたPIXE分析法は、cm<sup>2</sup>の大面積の試料でもすぐに分析することが可能である。

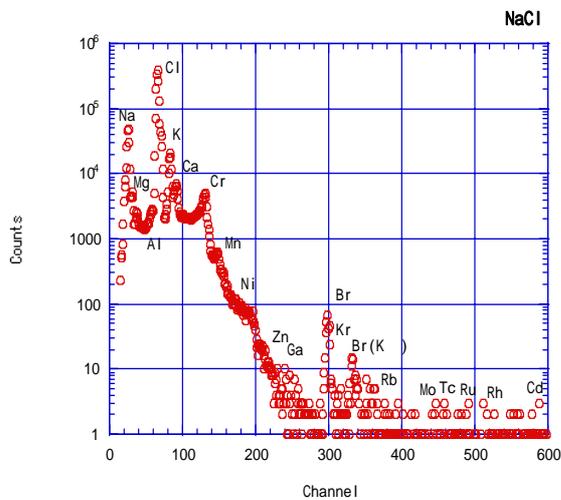
この方法は、アスベストか否かの判定をMgとSiの含有で判断している。この判断で誤る可能性は無いと思われるが、絶対的精度を求めるのであれば、他の方法(電子顕微鏡、分散染色分析法、X線回折分析法等)で再確認することも一つの手法であろう。

今回の測定は、真空チェンバー内で行った。真空中での実験は、乾燥している試料であることが条件であり、水分を含むものは扱うことが出来ない。そのため、陽子ビームを空気中に取り出してPIXE分析を行うことが出来れば、水分を含んだ試料も扱うことが可能となり、測定の簡素化にもなる。その結果、その応用範囲は格段に広がるものと予想される。

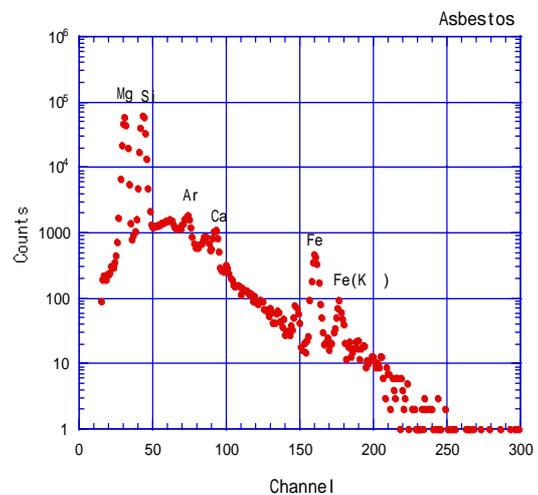
## 5. 結び

学生実験で行ったタンデム加速器を用いた PIXE 分析法を用いたアスベストの分析について述べた。PIXE 分析法では、建材に練り込んだアスベストを検出することが可能である事を示すことが出来た。受講した学生の感想等では、大型加速器を用いた実験に興味を示す学生の声が多数寄せられ、目的は十分に達成したと思われる。今回の PIXE 分析法によるアスベストの検出手法は、将来有効な検出法として役立つものと考ええる。

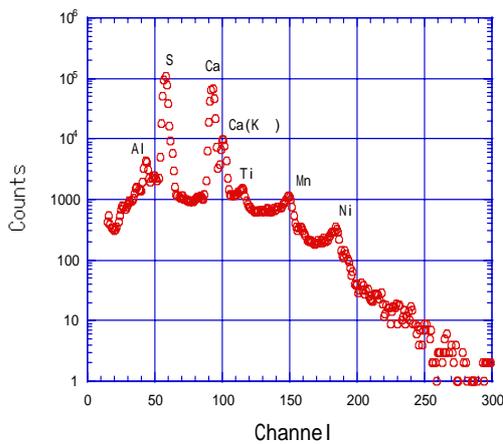
今後は、学生実験とは別に陽子ビームを空気中に取り出し、大気圧で行う PIXE 分析(大気圧 PIXE と呼ばれている)の技術開発を進めていく予定である。



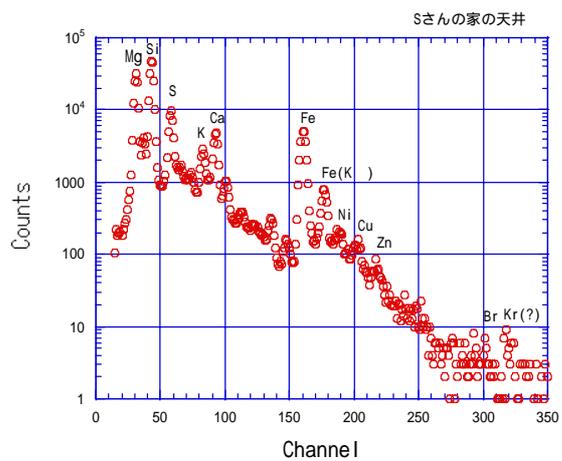
第 3 図 あるメーカーの塩



第 4 図 アスベスト 100%



第 5 図 研究室の天井



第 5 図 アスベスト含有の天井

# 11 C-14年代測定における低バックグラウンド化 試料作製時の現代炭素の混入最小化

原子力国際専攻・土屋（春原）陽子

## 1. はじめに

東京大学大学院工学系研究科・原子力国際専攻・タンデム加速器（MALT）において、加速器質量分析（AMS）を用いた、放射性炭素年代測定（ $^{14}\text{C}$ -AMS）をおこなっている。

現在の MALT における  $^{14}\text{C}$ -AMS におけるバックグラウンドは  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C} \sim 0.025\text{pMC}$ （年代にして約 65,000 年）であるが、近年、バックグラウンドに近い測定に対する要望（古代史の研究や、ニュートリノ検出器のためのシンチレータ - の評価等）が増えてきたので、バックグラウンドをさらに低減することが望まれる。

バックグラウンドを決めている一つの要因に、 $^{14}\text{C}$  測定試料の化学処理における現代炭素の混入の問題がある。そこで、本研修では、化学処理における各段階での現代炭素の混入量の定量を試みた。

今回は特に、実験器具（おもに炭酸塩分解装置）のメモリー効果の評価を行った。また、新しい器具を用いる場合と器具を再利用（洗浄）する場合との比較についても調べた。

## 2. 東大 MALT における $^{14}\text{C}$ -AMS システム

### 2.1 $^{14}\text{C}$ -AMS 年代測定について

$^{14}\text{C}$  年代測定（放射性炭素年代測定）は AMS の応用の中で重要な分野であり、AMS の発展につれて研究が著しく進展した。

地球上に天然に存在する  $^{14}\text{C}$  は、宇宙線と大気との衝突により作られた中性子と大気中の窒素との反応 -  $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$  により絶えず生成し、ただちに酸化して  $^{14}\text{CO}_2$  となり大気中の二酸化炭素と混じり合う。一方、 $^{14}\text{C}$  は 5,730 年の半減期で崩壊するので、生成と崩壊との間で平衡状態になり、宇宙線の強度が変動しない限り大気中の  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  の同位対比は  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C} 1.2 \times 10^{-12}$  という一定値になる。生物が生存中は、この比率で炭素を取り込んでいるが、生命活動停止後は  $^{14}\text{C}$  が崩壊するだけなので、5,730 年経過する毎に、この比率が半減する。たとえば、5,730 年経てば  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  の値は約  $0.6 \times 10^{-12}$  になり、60,000 年後には約  $8.5 \times 10^{-16}$  になる。つまり、遺物が構成する炭素の  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  同位体比を測定することにより、その活動停止後の経過時間を計算できる。

### 2.2 $^{14}\text{C}$ 測定試料（年代測定試料）の調整

東大 MALT のイオン源はセシウムスパッター型負イオン源（ $\text{C}^-$  イオンを加速する）なので、試料を  $\text{CO}_2$  ガスにして精製し、水素還元により  $\text{C}$ （グラファイト）にする。

#### 2.2.1 標準試料

バックグラウンド評価に用いる標準試料は、一般的に使用されている「IAEA C1」（大理石）である。酸化の行程でガラス製の実験器具である炭酸塩分解装置を使用する。

#### 2.2.2 酸化

炭酸塩分解装置の一方に試料である IAEA C-1 を入れる。もう一方にリン酸を入れる。

図 1 は、炭酸塩分解装置である。



図 1：炭酸塩分解装置(左球形側に白点,C-1 10mg)

次に、真空ラインに接続して高真空に排気する。炭酸塩分解装置のバルブを閉めて、真空下にて試料を反応させてCO<sub>2</sub>ガス(二酸化炭素)を発生させる。

### 2.2.3 CO<sub>2</sub>ガス精製

図2は、CO<sub>2</sub>ガス精製用真空ラインの外観である。

まず、触媒となる鉄の再還元をおこなう。高純度鉄粉(325mesh,99.9%,Aldrich試薬)約1mgを外径6mm・長さ15mmの石英ガラス小管に入れて、これを外径9mmのバイコール管に入れる。コックを付けて真空ラインに接続して排気し高真空にした後、水素ガス約0.5気圧封入し450℃1時間加熱する。再び真空ラインに接続して高真空にする。

酸化した試料(2.2.2酸化より)の入った炭酸塩分解装置を真空ラインに接続し、液体窒素-エタノールと液体窒素の温度差を用いて水分などを除去し、二酸化炭素を精製する。炭素の質量として約1mgに相当する二酸化炭素を液体窒素トラップにより、先に再還元した鉄粉の入ったバイコール管に導入する。さらに二酸化炭素の2.1倍の物質(mol)に相当する高純度水素ガス(99.9999%)を導入してバーナーで封じきる。図3に反応管部分を拡大して示す。



図2: CO<sub>2</sub>ガス精製用真空ライン



図3: 反応管部分の拡大図・触媒となる鉄粉が石英ガラス小管に約1mg入っている

### 2.2.1 グラファイト化・カソード詰め

精製されたCO<sub>2</sub>ガスと水素の入ったバイコール管(2.2.3より)の下部だけが加熱されるようにマッフル炉に入れて、650 6時間加熱して二酸化炭素をグラファイトにする(鉄触媒による水素還元法)。鉄-グラファイト粉末を石英ガラス小管から取り出し、アルミニウム製カソードの内径1mmの穴に入れて100psiの力でプレスする。

これを40試料装填できるMC-SNICS用ホルダーに入れ、イオン源にセットしAMS測定をする。測定手順についての概要は、参考文献【1】に述べられている。

### 3. 実験条件

実験条件1: sample name C-1050422c,C-1050422ecについては、炭酸塩分解装置の器具自体に現代炭素の付着が見られるのではないかと推測し、炭酸塩分解装置内で最大のCO<sub>2</sub>ガスを発生させて(現代炭素CO<sub>2</sub>ガスを薄める)同じガスで測定試料を2個作製した。

実験条件2: sample name C-1 MALT,C-1 Yについては、他の研究室が使用している「IAEA C-1」を使用して、現在東大MALTで使用しているC-1自体に現代炭素の混入がないか確認した。

実験条件3: C1 01-15については、2個分のCO<sub>2</sub>ガスを発生させたが、測定試料1個のみ作製した。

実験条件4: C1-16については、旧ラインで作製した測定試料である。

実験条件5: sample name C-1.1 ,C-1.2-1/2-2については、発生させるガス量に変化をつけてみた。1の方は1個分のCO<sub>2</sub>ガスを発生させて、測定試料1個作製した。2の方は2個分のCO<sub>2</sub>ガスを発生させて、測定試料2個作製した。

実験条件6: sample name C-1 S-1/S-2については、新品の炭酸塩分解装置にて測定試料を作製した。

### 4. 測定結果

測定は原子力国際専攻・加速器管理部のタンデム加速器にておこなった。測定結果を表1に示す。

表1. C-1測定結果

pMCの値が小さいほど、バックグラウンドが低いことを表している。(要するに、現代炭素を測った時の数値はpMC=100となる)

MT	Sample name	pMC	
C0505-02	C-1050422c	0.18	± 0.05
	C-1050422ce	0.32	± 0.02
C0506-04	C-1 MALT	0.09	± 0.03
C0506-04	C-1 Y	0.11	± 0.05
C0601-01	C1, 01-15	0.06	± 0.01
C0602-03	C1-16	0.08	± 0.01
C0605-02	C1,1	0.18	± 0.01
C0605-02	C-1,S-1	0.08	± 0.04
C0605-02	C-1,S-2	0.21	± 0.01
C0605-02	C-1,2-1	0.19	± 0.07
C0605-02	C-1,2-2	0.11	± 0.01

### 5. 考察・まとめ

実験条件1について、炭酸塩分解装置内の現代炭素付着については確認できなかった。

実験条件2について、東大MALTで使用している「IAEA C-1」標準試料自体に現代炭素混入は無いことがわかった。

実験条件3について、今回のC-1データの中では、バックグラウンドが一番低い値であった。

実験条件4について、排気能力が若干低いと思われていた旧ラインだが、バックグラウンドは低い値であった。

実験条件5について、発生させるガス量を変化させても値が変わらない事がわ

かった。

実験条件6について、新しい実験器具を使用すると、若干バックグラウンドが低くなった。しかし、CO<sub>2</sub>ガスを発生させて同一のガスを2つに分けて2個の測定試料を作製したのに、測定結果のばらつきが見られた。

また、新しい実験器具による改善は、明確には見いだせなかった。

さらに、全体を通して同じCO<sub>2</sub>ガス発生であるにも関わらず、試料によってばらつきが見られる事については、グラフアイト化の後、プレス時による現代炭素混入だと推測される。今後の検討課題としていきたい。

謝辞 本報告におきまして、加速器管理部の松崎浩之助教授ならびに加速器管理部のスタッフの皆さまにご協力いただきました。ここに感謝いたします。

本報告は、H17年度工学系研究科個別研修「C-14年代測定における低バックグラウンド化試料作製時の現代炭素の混入最小化」のものである。

#### 参考文献

【1】春原陽子、松崎浩之、中野忠一郎、小林紘一：「MALTにおける<sup>14</sup>C-AMS測定システム」，第3回AMSシンポジウム - 我が国におけるAMS研究 - ,pp132-143 (東京大学 2001)

## 12 炭化水素の酸化反応に活性を示す光触媒の研究

工学系研究科 化学システム工学専攻 堂免一成 寺村謙太郎 富田修

### 概説

本研究では、光触媒の酸化に関する活性を評価するため、各種光触媒上での高濃度の炭化水素(n-ブタン)の光酸化反応を行った。触媒を加熱し n-ブタンの光酸化反応を行うことで、n-ブタン転化率にどのような影響を与えるかを検討した。

### 1. 実験

反応は図 1 に示すような流通型反応装置を用いて行った。触媒 0.5-2.0 g を Pyrex 製の反応容器にしきつめ、反応容器をマントルヒーターを用いて 573K に加熱した。反応容器に O<sub>2</sub>: 20% , Ar : 80% を流量 100 cm<sup>3</sup>・min<sup>-1</sup> で 1 時間流通させ、前処理とした。その後、入り口ガスとして流量 100 cm<sup>3</sup>・min<sup>-1</sup> で C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>: 5% , O<sub>2</sub>: 35% , Ar : 60% を流した。光照射には 300W Xe lamp を用い、図 2 - 3 に示すように、反応容器の上方から光照射をした。照射光は集光レンズ(f=200)を用いて集光した。出口ガスの定性、定量はガスクロマトグラフ (Shimadzu GC-8A, 検出器: TCD, キャリアーガス: Ar, カラム: active carbon) にて行った。触媒のキャラクタリゼーションには、以下の分析機器を使用した。

- 1) 粉末 X 線回折装置(XRD, Rigaku RINT.Ultima- )
- 2) 紫外可視拡散反射分光器(UV-Vis DRS, Jasco V-560)

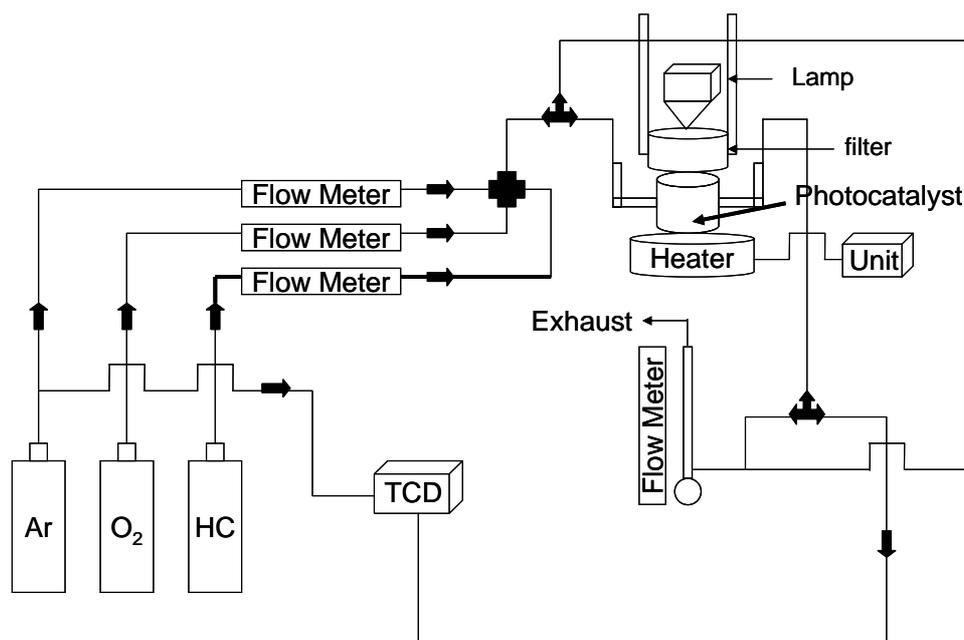


図 1 . 流通型反応装置

光触媒としてよく用いられている  $\text{TiO}_2$  を用いて n-ブタンの光酸化反応を行い、このデータを活性比較のリファレンスとした。 $\text{TiO}_2$  は触媒学会から提供された JRC-TIO-4 を用いた。触媒表面の炭素種などを取り除くために、本実験では反応前に 663 K、5 時間焼成した。図 2 は、 $\text{TiO}_2$  を 573 K で加熱しながら光照射を行ったときの n-ブタン転化率の経時変化である。光照射 5 分後より  $\text{CO}_2$  の生成が確認され、その後定常活性を示した。このときの n-ブタン転化率は 6.5% であった。フォトダイオードを用いて測定した光量より光子数を求めて、本実験で得られた結果から見かけの量子収率を計算した。n-ブタン 1 分子から二酸化炭素 4 分子を生成する際に光子が 1 つ必要であると仮定すると、この反応での見かけの量子収率は 100 % であった。反応後の触媒の色は図 3 に示すように黒色であり、n-ブタン由来のコーキングが触媒表面上で起こっていると予想された。

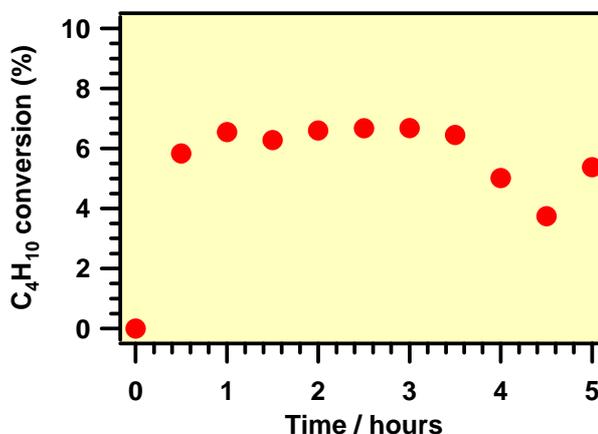


図 2  $\text{TiO}_2$  を用いた n-ブタンの光酸化反応における n-ブタン転化率の経時変化 (573 K)



図 3 反応後の  $\text{TiO}_2$  の写真

本研究においても助触媒担持による活性向上の検討を行った。 $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (和光純薬工業株式会社) を前駆体として、 $\text{TiO}_2$  に 3wt.%, 5wt.% の Pt を光電着法を用いて担持した。図 4 は、Pt /  $\text{TiO}_2$  を 573 K で加熱しながら光照射を行ったときの n-ブタン転化率の経時変化である。Pt を担持すると活性が劇的に向上し、Pt を 3 wt.% 担持した  $\text{TiO}_2$  は n-ブタン転化率 23% を示した。この時の見かけの量子収率は 350 % である。さらに Pt を 5wt.% 担持した  $\text{TiO}_2$  を用いても n-ブタン転化率はほとんど変化しないことから、Pt の最適担持量は 3 から 5 wt.% の間にあると考えられる。

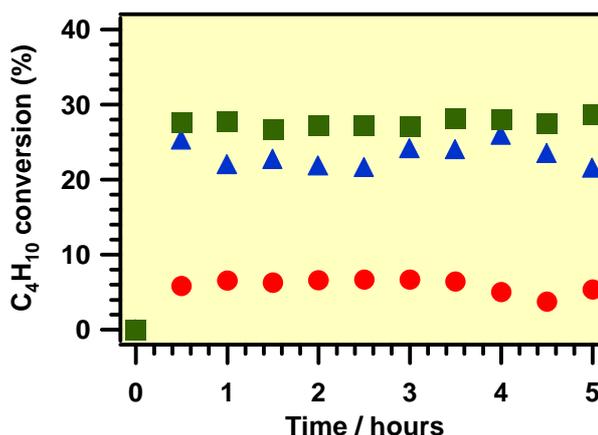


図 4 Pt /  $\text{TiO}_2$  を用いた n-ブタンの光酸化反応における n-ブタン転化率の経時変化: ●:  $\text{TiO}_2$ , ▲: 3 wt.% Pt/ $\text{TiO}_2$ , ■: 5 wt.% Pt/ $\text{TiO}_2$

## 2. 光触媒材料の検討 (1)

従来、光触媒として用いられている材料は  $\text{TiO}_2$  以外にも多く知られている。特に水の光分解反応に活性を示す光触媒材料が数多く報告されている。本研究においてはこれらの光触媒材料群を用いて n-ブタンの光酸化反応を行い、 $\text{TiO}_2$  より高い活性を示す材料に関する検討した。検討した光触媒材料群は  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ ,  $\text{NaTaO}_3$ , La-doped  $\text{NaTaO}_3$ ,  $\text{Ta}_3\text{N}_5$  である。 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  は高表面積の  $\text{SiO}_2$  に  $\text{TiO}_2$  を高分散させ

た材料である．部分酸化反応に高い活性を示すという報告があるが，本反応では  $\text{TiO}_2$  に比べて極めて低い活性を示した．La-doped  $\text{NaTaO}_3$  は水の光分解反応に対して非常に高い活性を示す光触媒であるが（270 nm での量子収率が 56 %），本反応においては  $\text{TiO}_2$  を用いた場合と活性がほとんど変わらなかった． $\text{Ta}_3\text{N}_5$  は可視光応答性を示す光触媒としてよく知られている．可視光領域の光の使用を検討するため， $\text{Ta}_3\text{N}_5$  を用いた n-ブタンの光酸化反応を行ったが， $\text{CO}_2$  の生成は観察されなかった．つまり，いずれの触媒も  $\text{TiO}_2$  に比べて低い n-ブタン転化率を示し，本反応への適応は難しいと結論した．

## 2. 光触媒材料の検討（2）

次に従来高い活性を示すとは報告されていない光触媒材料に探索範囲を広げて検討を行った．表 1 は様々な酸化物を用いた n-ブタンの光酸化反応の結果である．中でも  $\text{Cu}_2\text{O}$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ， $\text{CeO}_2$ ， $\text{V}_2\text{O}_5$  が  $\text{TiO}_2$  に比べて高い n-ブタン転化率を示した．一方，従来半導体光触媒として知られている  $\text{ZrO}_2$ ， $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ， $\text{WO}_3$  では本反応が全く進行しないことがわかった．つまり，ブタンの光酸化反応に活性を示す光触媒は従来から知られている光触媒の活性序列に従わず，全く別のファクターが反応に大きく関与していることが示唆された．

$\text{TiO}_2$  より高い n-ブタン転化率を示した  $\text{Cu}_2\text{O}$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ， $\text{CeO}_2$ ， $\text{V}_2\text{O}_5$  の中で安価で手に入りやすい  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を用いて各種の検討を行った．図 6 は  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を用いた n-ブタンの光酸化反応における光応答性を検討した結果である．光照射すると速やかに反応が進行し，光照射を止めると反応は進行せず，n-ブタン転化率は 0 % となった．再び光照射すると反応が進行し，n-ブタン転化率は元の活性に戻った．したがって， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を用いた場合も  $\text{TiO}_2$  の場合と同じように，光に応答し反応が進行すると結論した．光応答性に関しては 298 K での検討も行い，573 K における挙動と同様であることを確認した．

$\text{TiO}_2$  の場合と同様に  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  においても助触媒による活性向上を期待して， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  への貴金属担持を検討した．図 7 に Pt 担持  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を用いた n-ブタンの光酸化反応における n-ブタン転化率の変化に示す．Pt を 1 wt.% 担持した  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  は，定常的に 45% の n-ブタン転化率を示した．Pt を 3wt.% 担持した  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  では n-ブタン転化率が 50% に達した．無担持の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  と比較して n-

表 1 様々な酸化物を用いた n-ブタンの光酸化反応の結果

触媒	転化率 (%)	B.G. (eV)
$\text{Cu}_2\text{O}$	45	2.2
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	35	2.2
$\text{CeO}_2$	33	2.4
$\text{V}_2\text{O}_5$	19	2.8
$\text{Bi}_2\text{O}_3$	6.9	2.6
$\text{ZnO}$	4.8	3.2
$\text{Ta}_2\text{O}_5$	4.5	4.0
$\text{SnO}_2$	3.6	3.8
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0	3.5
$\text{Ga}_2\text{O}_3$	0	4.8
$\text{ZrO}_2$	0	5.0
$\text{Nb}_2\text{O}_5$	0	3.4
$\text{In}_2\text{O}_3$	0	2.8
$\text{La}_2\text{O}_3$	0	
$\text{WO}_3$	0	2.7
$\text{Y}_2\text{O}_5$	0	-
$\text{TiO}_2$	6.7	-3.2

タン転化率は約 1.5 倍になった。一般に光触媒本体に助触媒として貴金属を担持すると、光触媒活性が向上することが報告されているが、本研究においても助触媒を担持することにより、n-ブタン転化率が向上することが明らかとなった。

### 3. 総括

TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を用いて触媒の温度を変化させることにより、Butane 転化率の温度依存性を検討した。その結果、TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ともに触媒温度が 323 K の時よりも 573 K の時の方が高転化率を示すことがわかった。注目したいことは TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ともに 323 K においては Butane 転化率 1.0% だったのに対し、触媒温度を 573 K に上昇させると TiO<sub>2</sub> の場合は、573 K において 6.0% であったにもかかわらず、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の場合は n-ブタン転化率が 35% と飛躍的に向上した。TiO<sub>2</sub> の活性向上率に比べ、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は温度を上昇させることで飛躍的に活性が向上することを見出した。

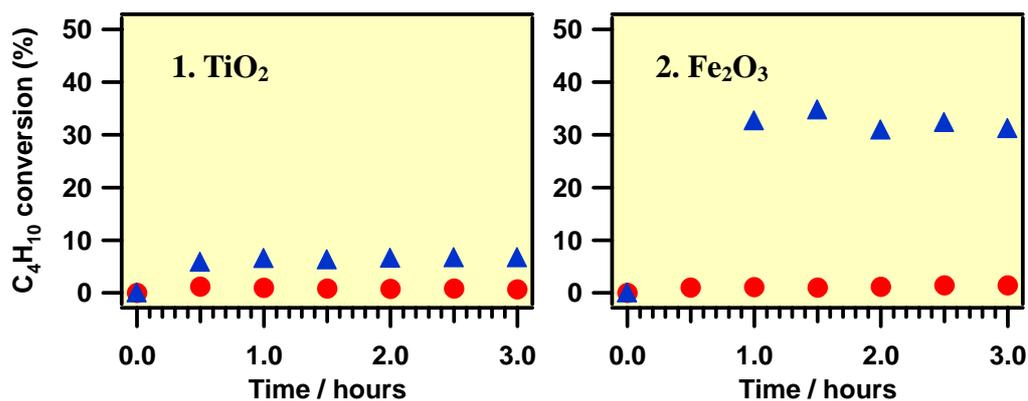


図7 TiO<sub>2</sub> 及び Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を用いた n-ブタンの光酸化反応における n-ブタン転化率の経時変化 : 323 K, : 573 K

## 13 光ファイバーを利用したひずみセンサーの開発

環境海洋工学専攻 金井誠

環境海洋工学専攻 大沢勇

### 1、はじめに

最近、高速道路のT字橋脚部分のひび割れ、鉄道の橋桁部分の落下、原子力発電所の配管のひび割れなど大型構造物の経年劣化と思われる小規模な破損事故が報告されるようになってきた。このような状態に、地震のような大規模災害が加われば、人命を含む大事故につながる可能性がある。

これらの事故を防止するためには、構造物の健全性の評価が必要になる。健全性の検査には、超音波やX線による非破壊検査が多く行われているが、これらの装置は構造が複雑であったり、重量があるため高速道路のような大型構造物の検査には不向きである。一方、従来の人の手作業による検査は、多くの検査時間がかかり、また健全性の評価も多くの検査経験の蓄積が必要になると思われる。また、高度成長時代にメンテナンス技術を軽視したため、検査技術者の育成が十分に行われていないのが現状である。

最近、光ファイバーを利用した構造物の健全性の診断が行われるようになってきた。光ファイバーによる計測は、不良環境下で使用できる、電磁波の影響を受けない、長距離・分布型の計測が可能などの利点がある。しかし、これらの計測には、高額な計測装置や波形処理装置が必要になる等の欠点がある。

著者らは、これらの欠点を克服した光ひずみセンサーを開発した。本センサーは、任意のひずみ値を設定でき、そのひずみに達するとひずみ計の一部が発光し被測定者に告知する事が可能な機能を有している。また、設定したひずみ値を越え、その後、被測定物のひずみが設定値より減少しても、設定ひずみを保持できる、複雑な増幅器を必要としない、センサー構造が単純などの特徴がある。本センサーを「設定ひずみ告知型目視光ひずみ計」(以下光ひずみ計と略)と呼ぶ。

本光ひずみ計は、ひずみ値をレーザの発光により告知し目視が可能であるので、一旦、構造物に設置すれば、そこに近づいて計測する必要がなく、地上から数10メートルの高さにある高速道路のT字橋脚部分のひび割れの検出に最適であると思われる。また、地震のような道路、電気、水道などのライフラインが寸断された不良環境下においても目視による計測は有効であると思われる。

そこで本研究では、光ひずみ計の基礎特性を明らかにしたので報告する。

### 2、光ひずみ計の動作原理

光ひずみ計は、鋼板のベース材の上に光ファイバーを接着し、そのファイバーにレーザ光を通している構成である。ベース材の鋼板の中央は、図1のような切り欠き円孔部分を有している。この鋼板の両端に荷重が加わると、鋼板全体にひずみが発生するが、切り欠き部分が存在するため応力集中が起き、全体のひずみが切り欠き部分に集中する。切り欠き円孔部分にひずみの増幅作用があることになる。この部分に接着している光ファイバーが、その破断ひずみを越えると、その部分の光ファイバーにクラックが生ずる。すると光ファイバー中を全反射して進んでいた光はクラック部分で乱反射を起こし、その部分が発光する。その光により、ひずみ値を告知するという極めてシンプルな原理である。

光ひずみ計は、鋼板のベース長さを調節することで計測したいひずみ値を自由に設定できる。ひずみ量は目測ができ、夜でも30m先から計測者は観測できる。この光ひずみ計は、複雑で高価な計測装置を必要としない。

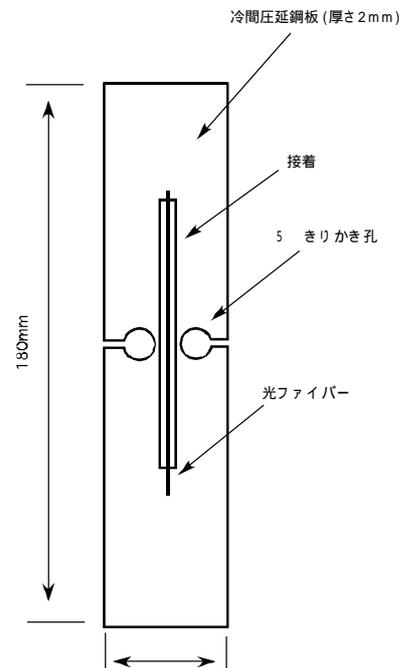


図1 光ひずみ計

### 3、光ファイバーのひずみ特性試験

光ひずみ計で使用する光ファイバーの破断強度および破断ひずみ特性を引張試験により調査した。<sup>\*)</sup> 使用した光ファイバーは、ポリイミド被覆のシングルモードファイバー (4.2 μSMF・PI/125/150 東京特殊電線株) である。引張試験結果から光ファイバーの最大応力は、522kgf/mm<sup>2</sup>、その時のひずみは5.4%であった。実験における破断荷重の変動率は、1.3%であり、きわめて安定している事がわかった。ひずみの変動率は、引張強度に比べ、やや大きくなるが、この原因はひずみ計測装置の取り付け不良が影響していると思われる。図2に光ファイバーの荷重・ひずみ線図を示す。それによると光ファイバーのひずみは、荷重の増加とともに直線的に上昇し、ひずみが5.3%に達したときに破断した。

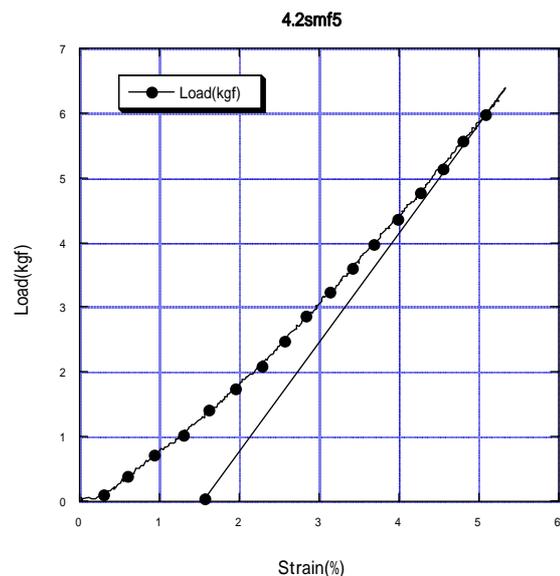


図2 光ファイバーの荷重・ひずみ線図

#### 4、円孔付き鋼板ベース材の引き張り試験

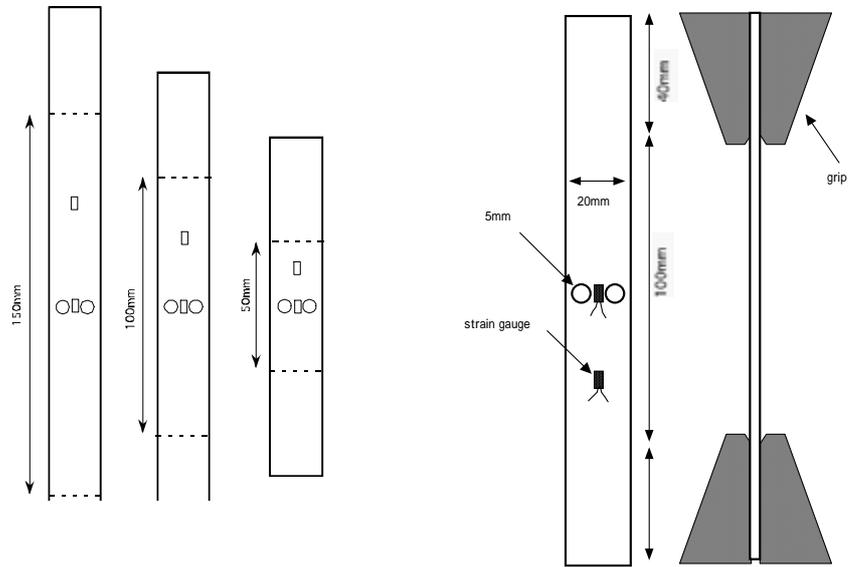


図3 ベース材の引張試験片

ベース材の引張特性を明らかにするため、図3のように短冊形の引張試験片中央に5mmの円孔を有するベース材の引張試験を行った。試験片は、50mm, 100mm, 150mm（グリップ部分を除いた長さ）の3種類を使用した。ひずみゲージを試験片中央およびグリップ位置下端と試験片中央から1/2の位置に貼付けた。ひずみゲージは、大ひずみ用ゲージKFEL-2-120-C1共和電業株（最大ひずみ約15%）を使用した。

実験配置を図4に示す。試験機は、島津サーボパルサーMODEL EHF-UBS-20L 5tfを使用した。試験片を固定するグリップは、MTS社製油圧くさびグリップ647を使用した。試験は、変位制御で行い、クロスヘッドスピード0.5mm/minで実施した。計測項目は、荷重、変位、ひずみ（中央及び1/2位置）を測定した。試験片の伸びは、グリップが滑らないと仮定し、上下のグリップ間の変位を、変位変換器DT-10D、共和電業株を使用し計測した。

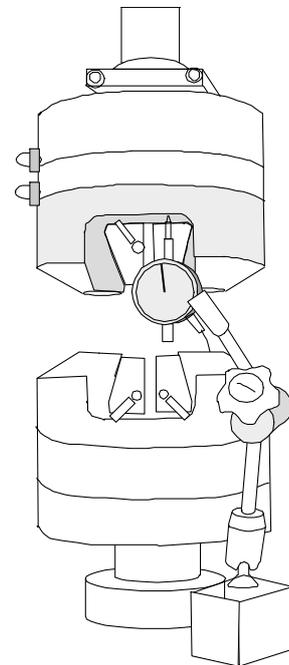


図4 実験配置

## 5、円孔付き鋼板ベース材の引き張り特性

ベース材の引張試験結果を図5、6、7に示す。

図5は、試験片の伸び（グリップ間の変位）とベース材中央に貼ったひずみゲージの値（center strain）を比較した図である。3種類のベース材とも試験片の伸びに比例して、中央部分のひずみが増大していることがわかる。

このベース材の伸びは、試験片中央部分の円孔まわりの伸びとそれ以外の伸びの合計である。そこで、ベース材のグリップ位置下端から 1/2 の位置に貼ったひずみゲージのひずみ値を使用し、円

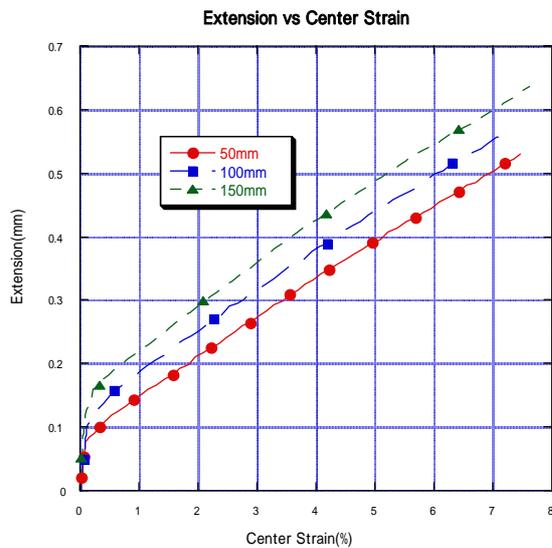


図5 ベース材の伸びに対する  
中央部のひずみの関係

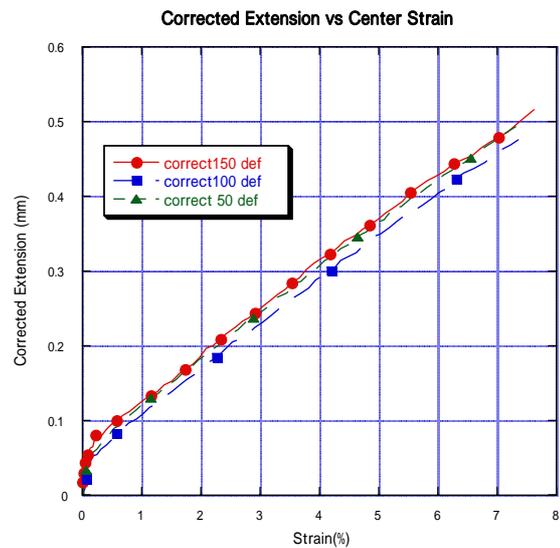


図6 ベース材の伸びを修正した  
変位置と中央部のひずみの関係

孔部分長さ 5mm を除いたベース材の伸びを計算し、その値をグリップ間の変位置から差し引き、円孔部分の伸びだけを計算した。すると図6に示すように3種類のベース材とも同じ値になった。このことは、円孔付近のひずみは、ベース材の伸びを除くとベース材長さに関係なく、グリップ間の変位置のみに依存することを示している。

そこで、図7のようにベース材の伸びをグリップ間距離でひずみ値に変換した値(total strain)で円孔部分のひずみと比較した。同じ total strain 値では、ゲージ長 150mm のベース材が最も中央部のひずみ値が大きく、次に 100mm、50mm の順になっている。この図から、例えば、ファイバーが5%ひずみで破断すると仮定すれば、ゲージ長さ 50, 100, 150mm それぞれは、ゲージ長さに換算した 0.3%、0.45%、0.8%のひずみで破断することがわかる。

この特性を利用すればベース材の長さを調節することにより光ファイバーの破断を制御することが可能であることを示している。

## 6、光ひずみ計の引張試験

図8に示すように、中央部に直径5mmの切り欠き円孔を有する短冊形の冷間圧延鋼板(SS400相当鋼板幅20mm,厚さ2mm,ゲージ長さ100mm)をベース材とし、その表面にポリイミド被覆のシングルモードファイバー(4.2 $\mu$  SMF・PI/125/150 東京特殊電線株)を接着し、一方の端から赤色光源を入射する方式の光ひずみ計を製作した。光源はペン型LD可視光源(株式会社三喜)を使用し、光コネクタを接続して入射した。光ファイバーの接着剤はアラルダイト(チバガイギー社)を使用した。切り欠き孔付近の光ファイバーは、約3mmの長さでポリイミド被覆を除去して接着した。実験は、試験片を2本作成し、円孔付き鋼板ベース材の引き張り試験と同様な方法で行った。

実験結果を図9に示す。試験は、光ひずみ計から光が発生した時点で終了した。図9の縦軸はベース材に加わる引張荷重、横軸はベース材の伸びである。実験開始後、2本の試験片は、0.15mmおよび0.14mmの伸びで、それぞれ光が発生した。この光ひずみ計のベース長さは100mmであるのでベース材の伸びをひずみに換算すると0.15%および0.14%となる。試験標本数が2

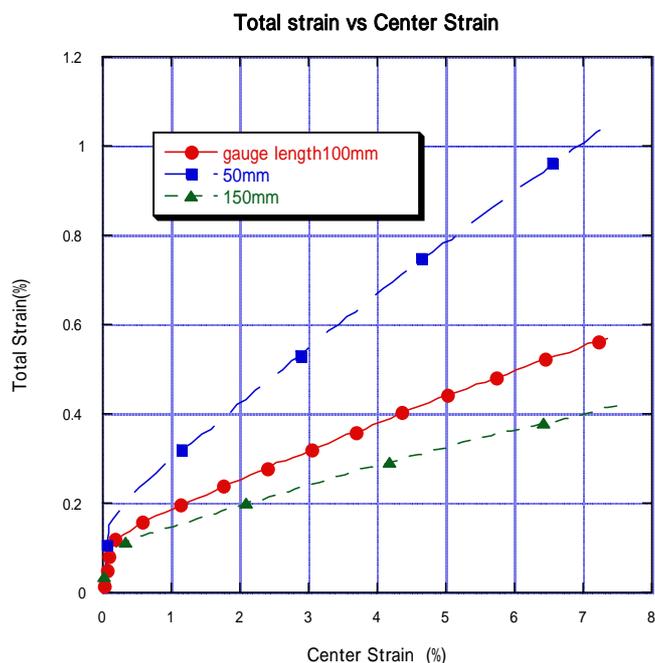


図7 中央部のひずみと試験片全体のひずみの関係

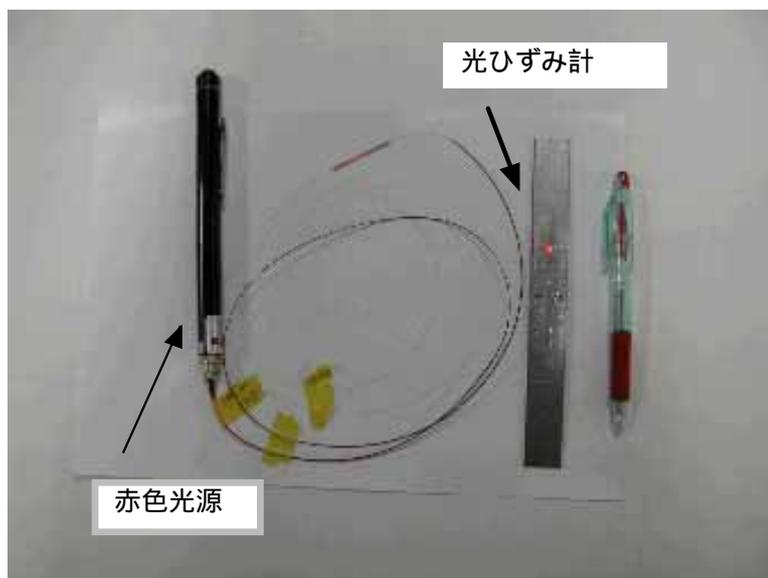


図8 自作した光ひずみ計 ベース長さ 100mm

本と少ないが、ひずみ検出の再現性を確かめることができた。

## 7、まとめ

光ファイバーを利用した安価、堅牢、単純機構の光ひずみ計を開発し、その特性を調査した。その結果、約0.15%ひずみの計測に成功し、本ひずみ計の有効性を示した。本光ひずみ計は、構造物の日常点検作業時の補助表示器として使用することで、点検作業の効率化がはかれると思われる。今後、計測精度及び再現性の検査、実構造物への取り付け法の開発などを行い実用化を目指したい。

本光ひずみ計は、特許出願中である。

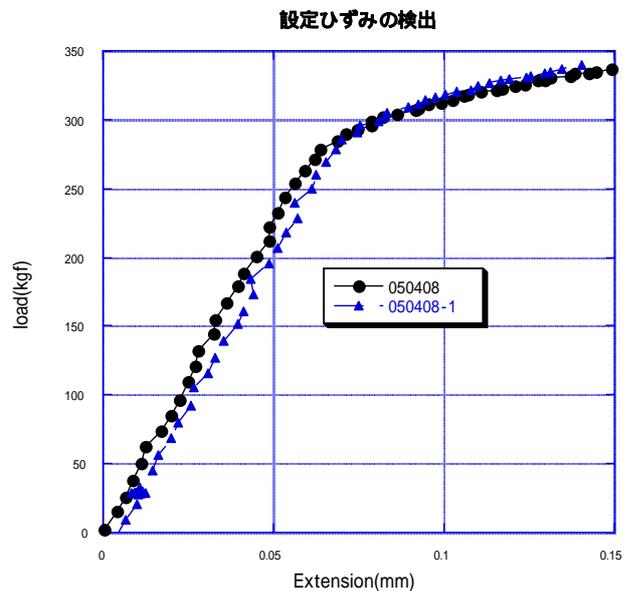


図9 光ひずみ計のひずみ検出

## 参考文献

- (1) 金井誠、大澤勇：光ファイバーの強度特性試験、東京大学工学部第20回技術発表会報告、2005年9月。
- (2) 川瀬正明編集：光ファイバ実用マニュアル、日本規格協会、1994年。
- (3) 山下真司：光ファイバ通信の仕組みがわかる本、技術評論社、平成14年。

# 14 ShareFast による造船設計支援システムの開発

環境海洋工学専攻・榎本昌一

## 1. はじめに

造船設計を学ぶためには造船や工学そのものに関する知識に加え、CAD ソフト等の設計に利用するソフトウェアのオペレーションに関する知識も要求される。特に学生を対象とした造船設計教育の場では、時間や前提知識の制約からこれら二つの要素の教育は困難が伴う。そこで、造船教育に関わる各国の大学、CAD ベンダーなどで構成されるワークショップにおいて、造船設計教育ソフトウェアに要求される機能を Newcastle Protocol<sup>1)</sup> として 2002 年に制定した。著者の所属する研究室では設計ワークフローと文書ファイルを統合管理することで造船設計における知識伝承を支援するシステム ShareFast<sup>2)</sup> を開発してきた。本研究では、その ShareFast システムを用い Newcastle Protocol の指針に沿った造船設計教育支援システムを開発し、その際に得られた知見、また造船設計教育の場にこのシステムを実際に導入し、構築したコンテンツによる学生の理解度について考察する。

## 2. Newcastle Protocol と ShareFast

Newcastle Protocol は、学生が容易に造船設計を学ぶことができるように基本的な要求が挙げられ、またそのシステム構成についても必要となる要求が出された。特に設計情報のデータベースとしては、ベンダーや教育機関だけではなくユーザ自身がボトムアップに生成・更新させることができるようオープンな環境での共有データベースが想定されている。

このような要求を満たすため、2003 年秋に UT-ESS(University of Tokyo - Educational Software for Shipbuilding)を構築した。このシステムはサーバー・クライアントの形態をもつセマンティックウェブ技術によるウェブアプリケーションであり、その基礎となる RDF (Resource Description Framework) を XML を用いて記述している。この RDF により文書ファ

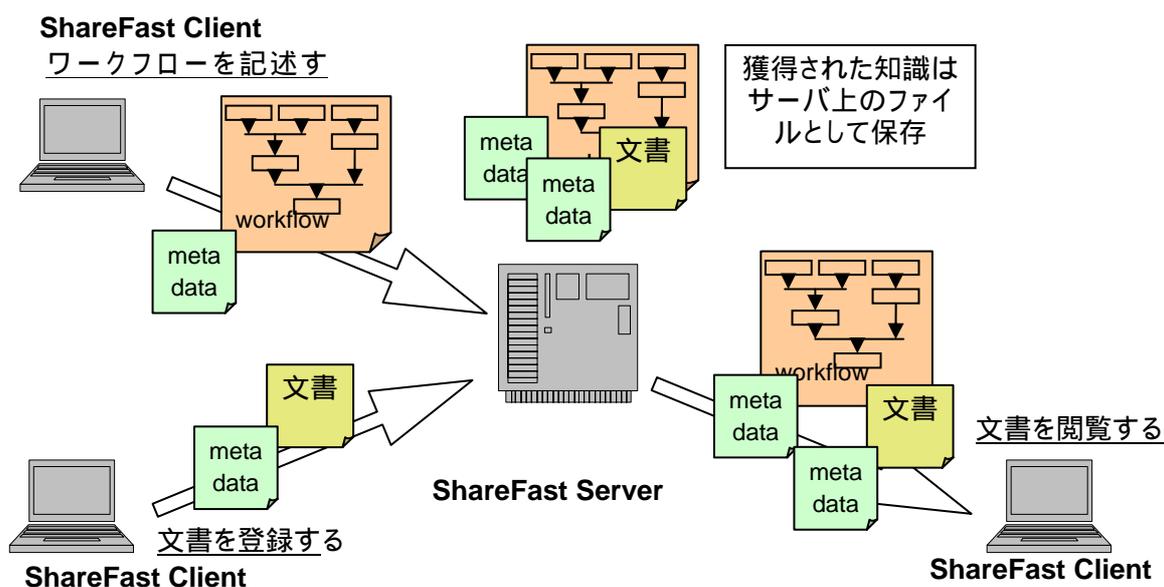


図 1 ShareFast システム

イル等にメタデータを付加することで、計算機がその内容を解釈することが可能となり、検索精度の向上や知識としての有効利用が可能となっている。2005年1月、さらなるユーザーインターフェースの改良を加えコンテンツの作成、利用を直感的にシンプルに行えるようにしたものが ShareFast である。

システム概要を図1に示す。コンテンツの作成は、ShareFast Client から作業内容に沿ったワークフローを記述し、ShareFast Server に置く。次に作業内容毎の関連文書を各作業単位(タスク)にドラッグ&ドロップをすることでその文書をサーバに登録する。この作業は同時に複数の ShareFast Client から行うことが可能であり、効率的なコンテンツの作成が行える。また、文書を閲覧するには、ShareFast Client 上にサーバ上のワークフローを表示し、その中のタスクをクリックすることで、そのタスクに登録された文書のリストから、文書を閲覧することが出来る(図2)。また、最新のバージョンではワークフロー画面上にコメントを書ける付箋機能や画像の配置することにより、作業の流れをビジュアルに理解することができ、さらに疑問点等が出た場合、TA への問い合わせがメールによって可能なチャット機能が付加され、即座に TA の回答を得られるといった e-learning に対応した機能を持っている。

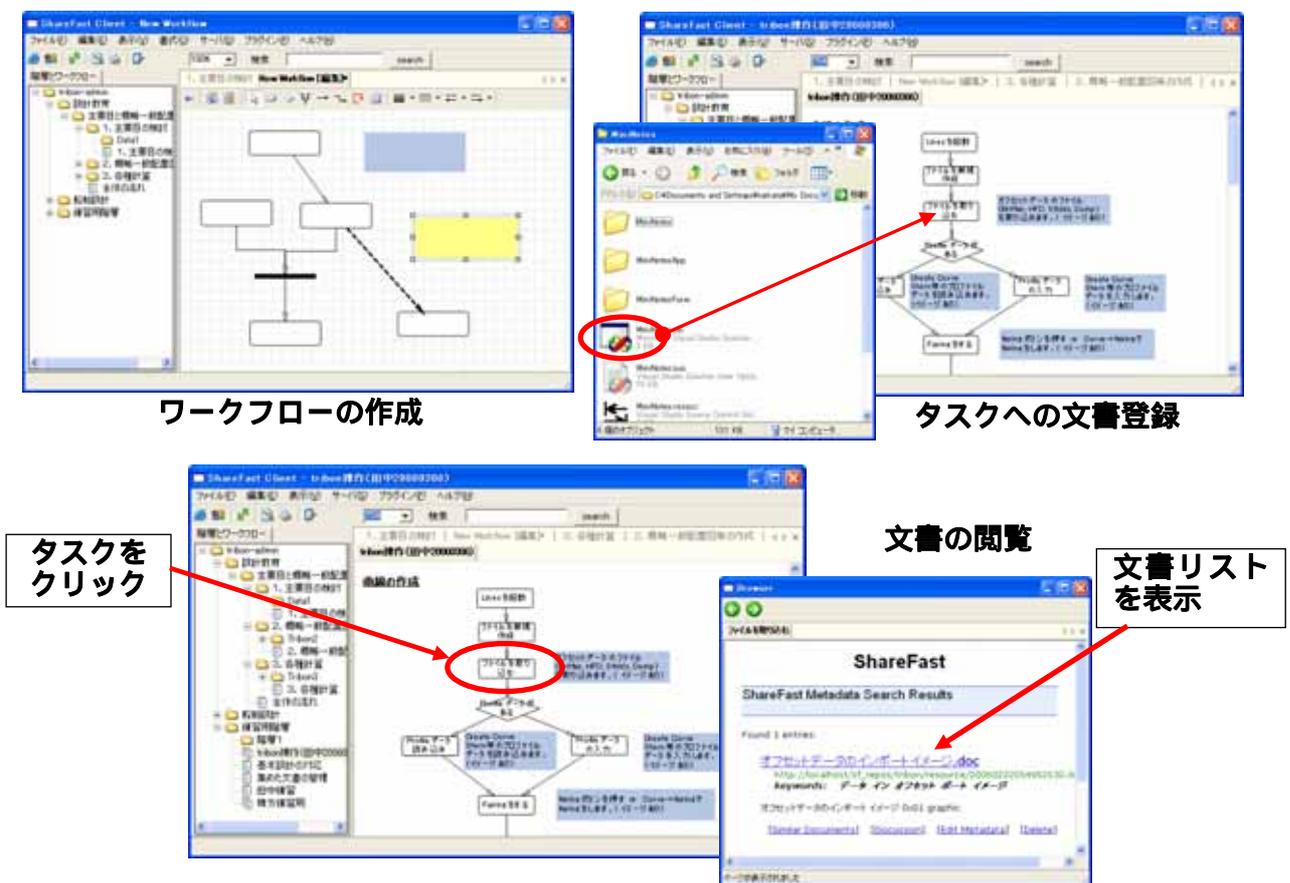


図2 ワークフローの作成とタスクへの文書登録

### 3. 教育支援コンテンツの開発

環境海洋工学専攻では夏学期に大学院1年生を対象とした「環境海洋工学実験」を行っている。各研究室持ち回りのこの実験で、筆者所属研究室では「CAD演習」を担当している。昨年度までは一般的な3D-CADを使っていたが、今年度は造船専用CADシステムであるAVEVA社の

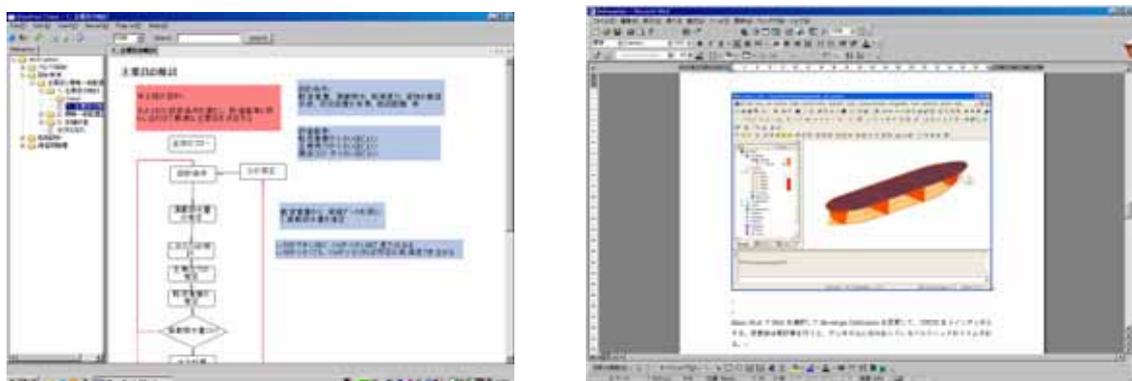
「Tribon」を使い、タンカーを設計することを課題とした。時間的な制約があるので、船の主要目等、必要なデータはこちらで用意し、表1の項目を行うことで船舶設計の流れとCAD操作のアウトラインを知ってもらう。

**表1 CAD 演習の内容**

項目	内容
0. Over View	演習の概要説明 CAD ソフトの説明 ShareFast の説明
1. Project Creation	CAD 操作の準備 新しいプロジェクトを作成 主要目入力
2. Lines Design	線図の作成と修正
3. Patch and Curve	線図に面を貼る 曲面部分は小さなパッチに分け面貼り
4. Compartment	タンカーの貨物槽（油槽）を作る
5. Calc and Hydro	満載時喫水、重量配分等の計算と表示

ShareFast でのコンテンツ作成は、書籍<sup>3),4)</sup>を参考に設計手順を表1の項目ごとにワークフローで記述し、必要な計算式、表、グラフ、画像や注意点をタスクに登録した。CADのオペレーションについては、各CAD画面のキャプチャ画像をWORDに貼り付け、その操作方を記述したファイルをタスクに登録、また、ワークフローにはタスクの作業内容等のコメントを付箋機能で貼り付けた。なお、この作業は研究室のスタッフ4人で同時に行った。図3に設計手順ワークフロー、CADオペレーションのタスクに登録したCAD画面を示す。

演習は2回行うが1回目の演習が終わった時点でコンテンツの見直しを行い、2回目に備えた。これによりコンテンツの出来による学生の理解度がわかる。



**図3 ワークフロー（左）とオペレーション手順書（右）**

#### 4. 演習内容

今回の演習は3人一組として2回行った。PCは17インチ液晶のデスクトップとA4ノートPCを使用した。まずShareFastとCADを起動し、各々のウィンドウを切り替えながら、ワークフローとタスク内の文書を確認しCADソフトの操作を行った（図4）。

#### 5. 考察

ShareFast Serverには、何時誰がどのタスクを開いているか、さらに、タスク内のどのファイルを開いているかを記録するログ機能を持っている。図5はそのログから2回の演習での各項目別にかかった時間について集計したものである。これを見ると1回目よりも2回目の演習の方が短時間で終了していることがわかる。これは、1回目の演習終了後のコンテンツ修正

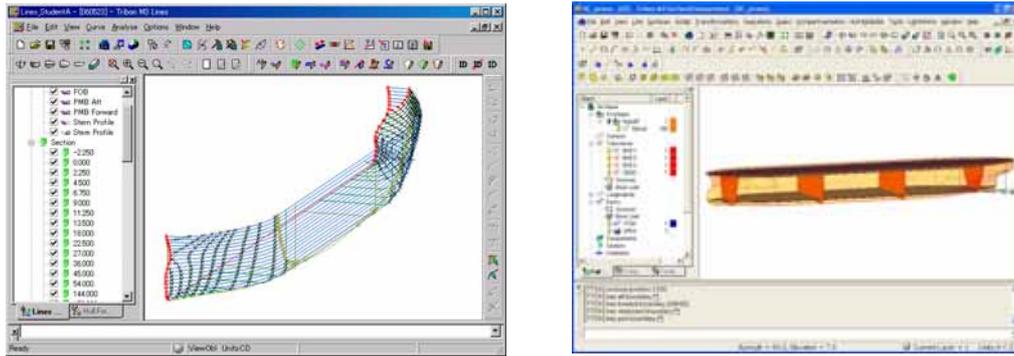


図4 学生の描いた線図（左）とコンパートメント（右）

がうまくできた事を表している。また、2回目の「Lines Design」は1回目よりも時間がかかっているが、これは学生たちが理解しやすいようにタスクの数を増やしたため、その結果、次の項目の「Patch and Curve」にかかる時間が減少するという効果が確認できた。

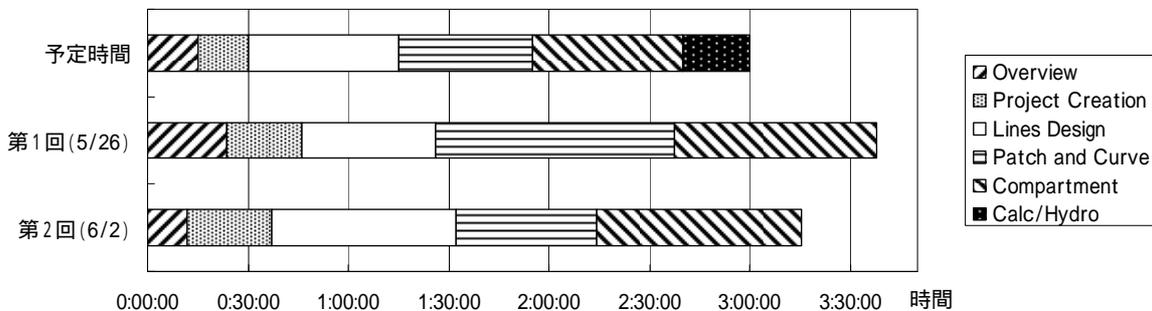


図5 演習項目別の作業時間

## 6 結果

ShareFast による造船設計支援システムを構築し、その有効性が得られた。また、コンテンツの出来により、その理解度も大幅に違ってくるといったことがわかった。

## 7 おわりに

知識獲得システム ShareFast はオープンソースとして SourceForge に登録しており、誰でも無料で利用できる。現在若干のバグがあるが、8月中までに対処する予定である。また、Client は起動時に SourceForge を検索し、最新版があればダウンロードする機能があるので、常に最新バージョンを使用することが出来る。

現在大手造船所において、ShareFast を新人設計者教育システムとして利用するためのコンテンツ作りが行われている。また、造船所だけではなくワークフローの特性を生かし、外科手術のマニュアル、弁護士事務所での各種事務手続きマニュアル、さらに当研究室ではコーポレートカード処理、旅費処理等の事務・経理業務処理支援コンテンツを作成し運用している。

## 参考文献

- 1) Newcastle Protocol、2002.9、<http://www.marinedesign.gcrmtc.org/NUprotocol.pdf>
- 2) ShareFast <http://sharefast.sourceforge.net/>
- 3) 造船テキスト研究会：商船設計の基礎知識、成山堂出版、2001
- 4) 関西造船協会編集委員会：船：引き合いから解船まで、関西造船協会、2004

# 15 破壊力学パラメータ簡易評価システム(CRAPAS)の開発 (機能拡充)

システム量子工学 川手秀樹

## 1. はじめに

我々の身の回りには多くの機械や構造物がある。それらは使いやすさや見た目のよさという観点から機能性やデザイン性を要求されるが、同時に所定の強度も要求される。設計時には設計基準に従ってその強度が計算され、それに基づき製造や建設が行われる。しかし、使用中に何らかの原因でき裂が発生した場合、き裂によっては設計時の強度を保証し得なくなる。

機械や構造物の安全性を確保するためには発生したき裂の挙動を定量的に評価して適切な対応をとることが必要であり、そのためには従来の材料力学評価に代り破壊力学評価<sup>(1)</sup>が必要となる。破壊力学評価には応力拡大係数や J 積分などの破壊力学パラメータが広く用いられている。破壊力学パラメータはき裂周りの応力状態を表すパラメータであり、たとえばき裂進展評価では求められた応力の状態と材料固有の破壊靱性値とを比べることにより現状の応力がき裂を進展させるのか否かを判定することが可能になる。このように破壊力学パラメータは構造物の安全性を定量的に評価するためにも重要なものである。

著者はこれまでに応力拡大係数を簡易評価式をベースとして簡単な操作で求めることができるシステム<sup>(2),(3)</sup>を開発し、更にその機能を基にしてユーザ利便性を拡張する目的で新たな機能の追加を行ってきた。そのシステムについては前報<sup>(4)</sup>で報告したとおりである。今回、システムの適用範囲の拡大と基本機能の拡充を目的として、(社)日本機械学会で制定された維持規格(2004年版)<sup>(5)</sup>に掲載された応力拡大係数算出式を登録したので報告する。

## 2. CRAPAS 開発方針

CRAPAS(Crack Parameter Analysis System)は、破壊力学の専門家のみならず一般の技術者が簡単な操作で高度な破壊力学評価ができることを目指して開発を行ってきたシステムである。そのために、操作はできるだけ簡単で分かりやすいようにダイアログベースとし、ボタンを選択しながら処理を進める形式とした。開発には GUI(Graphical User Interface)作成の容易性や基本的なクラス構築とその関連付けが優れている Visual C++を用いた。

## 3. 実装機能

### 3.1 応力拡大係数解析

応力拡大係数解析機能は CRAPAS で最も基本となる解析機能である。CRAPAS で応力拡大係数を求める場合にそのベースとなるのが簡易評価式である。簡易評価式は有限要素法などの数値解析手法により得られた解析結果を基にして実務的に利用しやすいように数式としてまとめられたものであり、これらの式を用いることによりパソコンレベルで高度な破壊力学評価が可能となる。簡易評価式はこれまでに多くの研究者によって多数開発され、それらがハンドブック<sup>(6)</sup>などにまとめられてきた。その中から実用上重要と思われる 3 次元き裂に関する評価式を選定し、試験片形状、き裂形状、そして荷重の組合せを 1 解析ケースとして合計 80 の解析ケースを CRAPAS に登録した。

### 3.2 内挿機能

ハンドブックなどにまとめられた 3 次元き裂に関する簡易評価式においては、その約 70% が解析結果をテーブルやグラフで表示してあり、内挿式が未掲載である。したがって、これらを利用する場合、ユーザはテーブルデータに一致する場合のみの利用に限定するか、任意の値で利用する場合は何らかの方法で内挿を行わなければならない。このことはユーザにとって利用しにくい一面となっている。

CRAPAS はユーザの利便性を確保するために、内挿が必要なケースにおいてはシステム側で自動的に線形内挿するように内挿関数を実装している。内挿に必要なデータはハンドブックなどに掲載されたテーブルやグラフから読み取ったものを内挿用データファイルとしてシステムに登録してあり、内挿が必要な解析対象を選択すると自動的に呼び出される。内挿用データファイル作成に用いた元データの一例を表 1 に示す。

表 1 内挿用元データの一例  
(t/R=0.1)

Type of loading	a/c $\frac{2\phi}{\pi} \setminus \frac{a}{t}$	0.2			0.4		
		0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	0.8
G <sub>0</sub> (0次)	0	0.607	0.791	1.179	0.777	0.936	1.211
	0.25	0.740	0.932	1.284	0.810	0.948	1.161
	0.5	0.945	1.188	1.568	0.940	1.076	1.241
	0.75	1.073	1.366	1.798	1.038	1.180	1.351
	1.0	1.115	1.427	1.872	1.072	1.217	1.391
G <sub>1</sub> (1次)	0	0.079	0.138	0.253	0.125	0.176	0.251
	0.25	0.206	0.268	0.374	0.246	0.291	0.351
	0.5	0.422	0.503	0.619	0.442	0.487	0.531
	0.75	0.603	0.705	0.859	0.608	0.657	0.721
	1.0	0.705	0.859	1.038	0.721	0.859	1.038

### 3.3 疲労き裂進展解析

機械や構造物に発生したき裂が今後どのように進展していくのかを知ることは、それらの寿命評価の観点から重要なことである。CRAPAS の基本機能として応力拡大係数を求めることができることから、その機能をベースとした新たな機能の拡張として疲労き裂進展解析機能を実装した。疲労き裂進展解析に用いるき裂進展則は適用する条件によりいくつか提案されているが、CRAPAS には Paris 則、Walker の式、Forman の式の 3 つの進展則を実装した。

### 3.4 任意応力分布への対応

これまでにハンドブックなどに登録された簡易評価式は一様応力分布において開発されたものが多く、そのままでは熱応力や残留応力を考慮した任意応力分布への適用は難しい。そこで、新たな機能拡張として重み関数法に基づく任意応力分布への対応を行った。

重み関数法は重ね合わせの原理に基づいており、任意の外力を受けるき裂を有する弾性体の問題は、き裂のない弾性体が外力を受ける問題と仮想き裂面に生じる分布力と等値逆符号の分布力をき裂面に受けるき裂材の問題との和として与えられることに基づいている。これによ

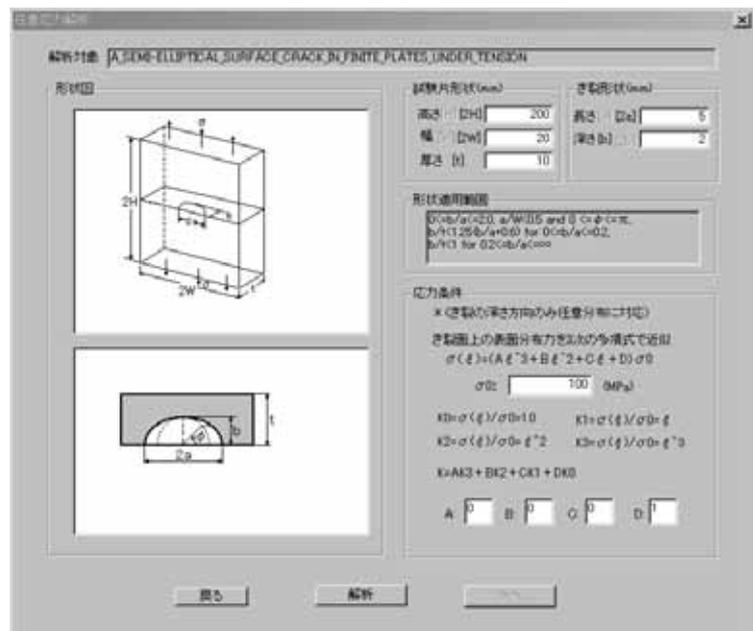


図 1. 任意応力分布用入力画面

ば、き裂面上の表面分布応力に対する重み係数をあらかじめ求めておけば、単純な重ね合わせによりき裂面上に任意に分布する表面応力に対して応力拡大係数を求めることができる。

任意応力分布での解析ケースとして、半だ円表面き裂付き平板を対象とした。重み係数は白鳥ら<sup>(7),(8)</sup>が開発したものを利用した。この例ではき裂の深さ方向の重み係数しか開発されていないため、深さ方向の任意応力分布にのみ対応が可能である。解析に必要な応力は応力解析を行い入力するが、その機能を実装することは難しいため、ユーザ自身が応力解析を行いシステムへ入力する形式とした。任意応力分布へ対応するための GUI を図 1 に示す。この GUI は解析対象の形状表示部と試験片形状値やき裂形状値の入力部、そして簡易評価式の適用範囲とともにき裂面上での表面分布力を 3 次の多項式で近似するための各係数入力部から構成されている。なお、現在 CRAPAS で任意応力分布に対応できるのは半だ円表面き裂付き平板の 1 ケースのみである。

#### 4. 維持規格への対応

発電用原子力設備規格 維持規格 (2004 年版) が社団法人日本機械学会により策定され出版されている。維持規格は運転開始後の原子力発電設備維持のための技術的諸規定を定めることを目的としている。内容は大きく分けて 3 つの分野 (検査、評価、維持) から構成されている。評価の分野では、第一段階の欠陥評価として、発見した欠陥を解析用モデルに変換する指標や評価不要欠陥寸法との比較基準、第二段階の欠陥評価としてき裂進展評価、そして破壊評価について規定がなされている。き裂進展評価や破壊評価を行うためには応力拡大係数を計算する必要があり、その計算方法が構造形状や欠陥形状の組み合わせとしていくつか規定されている。そこで、CRAPAS の適用範囲拡大のために、維持規格に規定されている応力拡大係数算出式を登録することとした。なお、維持規格版応力拡大係数算出式をできるだけ効率的に登録するために、これまでの CRAPAS の基本構成を大きく変えることなく、すでに登録されている評価式に追加する形式をとった。維持規格の「評価」の項目に添付資料として掲載されている応力拡大係数算出式を表 2 に示す。なお、これらの算出式には、具体的な評価対象の図が掲載されていない。CRAPAS はユーザの利便性を考慮して評価対象を図から選択する形式としているため、これまでに登録した図が応用できないものについては新たに図を作成して対応した。

表 2 維持規格版応力拡大係数算出式

内部欠陥に対する算出法		
表面欠陥に対する算出法	非線形応力分布	
	線形応力分布	
	管の扇形内表面欠陥	
	管の半だ円内表面欠陥	
	容器胴部の内表面欠陥	非線形応力分布
		線形応力分布
円筒構造物の周方向表面欠	周方向だ円表面欠陥	
	全周表面欠陥	

$$\sigma = A_0 + A_1 X + A_2 X^2 + A_3 X^3$$

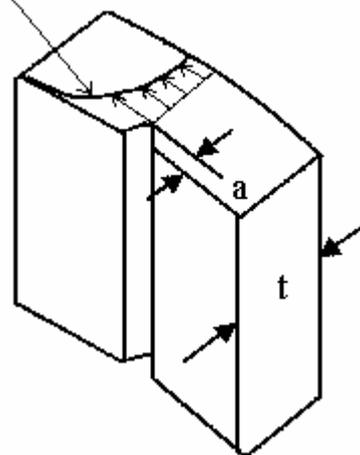


図 2 構造形状図の例

今回作成した構造形状図の一例を図2に示す。

各算出式を使って応力拡大係数を計算する上で必要な項目で CRAPAS にその入力を受け付ける部分がないものがあり、それらに対応するために GUI の変更を行った。また、CRAPAS ではこれまでユーザが選択した評価式を特に表示することなく、形状値や応力を受け付けて応力拡大係数を計算し、結果を表示してきた。この形式では実際にどのような評価式が使われているのかユーザには分からず、信頼性を損なう懸念もあった。そこで、GUI の変更に伴いユーザが使用する算出式を表示する形式とした。変更した GUI を図3に示す。ここでは特に負荷荷重について膜応力や曲げ応力、管に対する内圧による応力や熱膨張応力等の入力項目を新たに設定した。また、表示用の評価式は数式エディタで作成した数式をビットマップに変換したものをシステム内に登録しておき、評価対象が決定されるとそれに伴いユーザに表示する形式とした。

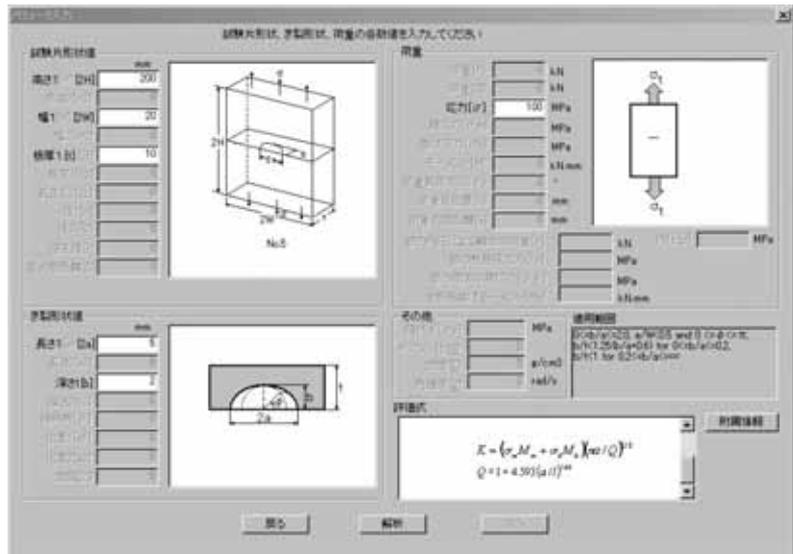


図3 維持規格対応パラメータ入力画面

## 5. おわりに

CRAPAS の基本機能と適用範囲拡充を目的に維持規格に掲載された応力拡大係数算出式を登録した。登録に際しては計算に必要な入力を受け付ける部分がないものについては GUI を変更して対応した。また、実際に計算に用いる評価式を表示することでユーザへの信頼性向上を図った。今後は引き続き GUI の見直しを行うとともに新たな評価式の登録を進め、ユーザにとってさらに使いやすく、利便性のあるシステムにしていく予定である。

## 参考文献

- (1) 矢川(編): “破壊力学”, 培風館,(1988).
- (2) 川手, 吉村, 矢川: 破壊力学パラメータ簡易評価システム(CRAPAS)の開発  
- 疲労き裂進展解析機能の追加 - 日本原子力学会, 2003年春の年会要旨集, 第2分冊 p.509, (2003).
- (3) 川手, 吉村, 矢川: 3次元応力拡大係数簡易評価システム(CRAPAS)の開発, 日本機械学会, 平成13年度材料力学部門講演会講演論文集, pp.427-428, (2001).
- (4) 第18回東京大学工学部・工学系研究科技術報告, pp.95-101. (2003).
- (5) 発電用原子力設備規格 維持規格(2004年版) 日本機械学会(2004).
- (6) 村上(編) “STRESS INTENSITY FACTORES HANDBOOK”, 日本材料学会, (1987) PERGAMON PRESS.
- (7) 白鳥他 2名, 日本機械学会論文集, 51 - 467, A, pp.1823-1834, (1985).
- (8) 白鳥他 3名, 日本機械学会論文集, 53 - 488, A, pp.779-785, (1987).

## 16 来所管理システムの開発

原子力専攻 石本 光憲、澤幡 浩之、川手 稔

### 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、利用者数は年間延べ約 5 千人に上る。共同利用管理本部の業務として、利用者の入退所状況の管理、宿舍手配、旅費申請手続きなどがある。従来、これらの業務は手書きによる管理を行ってきたが、管理している情報から業務に必要な情報を検索したり確認したりするには非効率である。しかし、これらの情報をデータベースとして電子化することができれば、情報の取り扱いが容易になるとともにそれまで使用していた記録用紙のペーパーレス化に繋るので非常に有効である。

そこで、利用者の入退所や宿舍手配などの来所情報を総合的に管理するシステムを開発したので報告する。

### 2. 来所管理システム

#### 2.1 来所管理システムの特徴

開発した来所管理システムには、以下の機能がある。

- ・来所予定日ごとの利用者の自動検索・表示機能
- ・システムへの来所情報登録により、旅費支給に必要な予定額を算出する機能
- ・データベースのデータを Excel ファイルやテキストファイルとして出力する機能
- ・データの一括登録によるデータベースの更新機能
- ・システムのデータベースの閲覧・検索機能
- ・延べ来所日数を利用者の所属機関ごとに算出する機能
- ・来所情報の誤登録防止機能
- ・旅行依頼申請書・報告書の自動印刷機能

#### 2.2 来所管理システムの開発環境

来所管理システムの開発環境を表 1 に示す。Microsoft Access を使用して来所管理システムの基になるデータベースを設計し、Visual Basic 6.0 を使用してシステムを制御するプログラムを開発した。

Visual Basic 6.0 では、DAO(Data Access Objects)と ADO(ActiveX Data Objects)というデータベース処理用のオブジェクトが提供されている。DAO は ODBC(Open Database Connectivity)インターフェイス又は Jet database engine インターフェイスを使用してリレーショナルデータベースにアクセスするのに対し、ADO は OLE DB インターフェイスを

使用し、リレーショナルデータベースや非リレーショナルデータベース、電子メール、テキストファイルなどのあらゆるデータベースにアクセスすることができる。そこで、来所管理システムでは汎用性のある ADO を使用して、データの削除や修正などのデータベースの操作を行った。

表 1 来所管理システムの開発環境

対応 OS	Windows 2000 Professional、Windows XP Professional
ソフトウェア	Excel 2000、Access2000(マイクロソフト社製)以上で動作確認
ディスプレイ	解像度 1024 × 768 以上
プログラミング言語	Visual Basic 6.0 SP6(マイクロソフト社製)

### 2.3 来所管理システムの概要

共同利用管理本部で来所登録が完了するまでの流れを図 1 に示す。まず、利用者は事前に来所予定情報を報告しなくては来所することができないので、「旅行計画書」という書類を共同利用管理本部に提出する。旅行計画書とは来所予定者の氏名、所属、身分、実験期間、出張期間、宿泊手配などの来所手続きに必要な情報を記載するための Excel ファイルで、このファイルから得た情報を基に来所予定者のデータベースを作成する。次に、利用者から送信された旅行計画書を来所管理担当者が受信後、システム専用プログラムを用いて旅行計画書に記載されている情報を抽出する(図 2 参照)。その後、内容の確認を行った上で来所予定情報をデータベースに登録し、利用者の来所に必要な事務手続きの準備をする。

実際に利用者本人が来所したときは、共同利用管理本部の事務室にて用意されている来所管理用パソコンで予め登録されている来所予定情報の中から該当する情報を検索する(図 3 参照)。その後、表示された内容の確認(図 4 参照)を行うと、来所登録の処理が完了する。また、旅費支給申請者に対しては上記の作業以外に旅費申請に必要な情報を確認させる段階に進む(図 5)。情報の登録後、旅行依頼申請書・報告書が自動で印刷され全ての登録作業が完了する。ここで登録されたデータベースは、利用者の入退所状況の把握のみならず、緊急時の人員掌握などの情報源として利用することができ、非常に有用である。

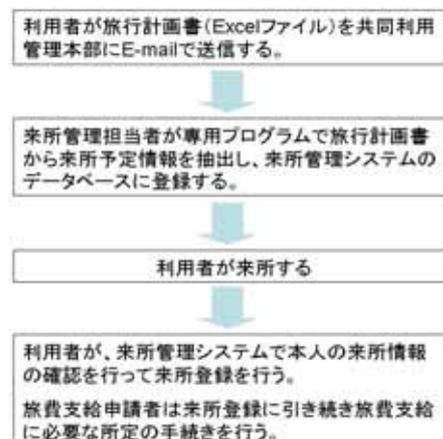


図 1

図 2

図 3

図 4

図 5

### 3. おわりに

来所管理システムを開発したことにより、来所情報がデータベース化され、職員が利用者の入退所状況などを管理する作業時間を大幅に削減することができた。また、データベース化により、それまで使用していた記録用紙のペーパーレス化に繋がった。

今後の課題としては、システム利用者の操作をより簡易的に行えるプログラムに修正していくこと、さらに現時点よりもメンテナンスが容易なプログラムに改善していくことを目指す。

参考文献

- (1) 河西朝雄 Visual Basic Ver.6.0 初級プログラミング入門[下]、2000年
- (2) 谷尻かおり Visual Basic 6 による[実践]データベースプログラミング 1999年
- (3) <http://www.microsoft.com/japan/msdn/data/techmat/ado/>

# 17 フローインジェクション分析による

## 濃厚銅中コバルトの分析

工学系応用化学専攻 藤村一良

### 1 はじめに

銅の強酸性溶液中の微量コバルトを測定するには原子吸光分析法，ICP 発光分析法が有用と考えられるが、小規模メッキ工場等の現場分析ではこれらの機器は高価であり、工場によっては、火気の使用は禁じられている。このため吸光光度法が薦められる。吸光光度法では、従来の学振法，J I Sで定めるところのフェリシアン化カリウム吸光光度法，ニトロソR塩吸光光度法，は共存物のマスキングにシアン化ナトリウムなどの危険な薬品を必要とするところから敬遠される。これらの方法は，感度および選択性が低く，シアン化ナトリウムを使用しない場合，銅の酸性メッキ廃液中の ppm レベルの微量コバルトの定量ができなかった。近年開発されたアゾ色素は，コバルトに対し選択性の高い高感度の発色試薬として知られている。その中で銅共存の影響の少ないと思われる

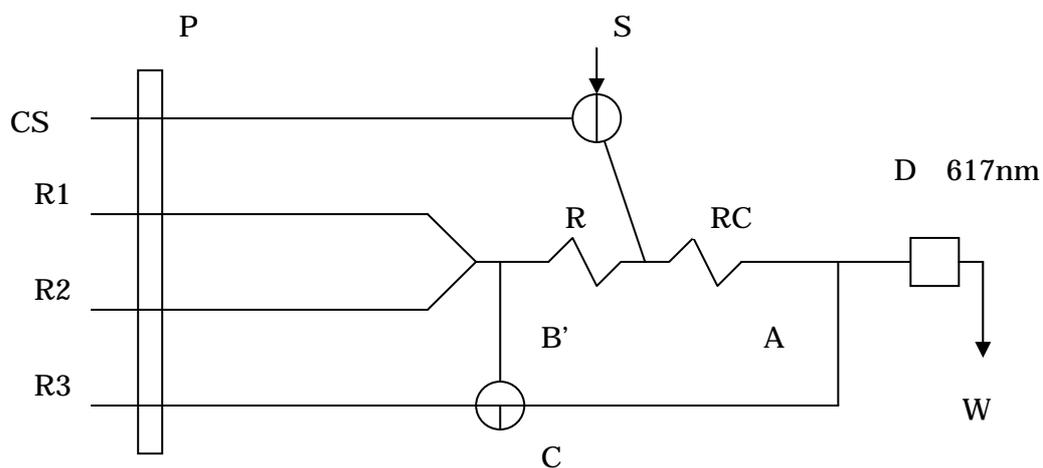
2-(5-Bromo-2-pyridylazo)-5-(N-propyl-N-sulfopropyl -amino)aniline, sodium salt (5Br-PSAA)を用いて吸光光度法において検討し良好な結果を得、前報<sup>1)</sup>で FIA を用いる重クロム酸溶液中のコバルトを ppb レベルで測定可能であることを報告した。本報は同一の 5Br-PSAA を用いる FIA により濃厚銅溶液中の sab ppm のコバルト測定と、操作の簡便さを目指した。

### 2 結果

中性において銅は，5Br-PSAA と反応し妨害となる。多量の銅が共存する試料の場合，銅のマスキング剤としてイミノジ酢酸は銅と強く結合しコバルトとの結合は弱い。溶液を加熱した場合，コバルトと 5Br-PSAA が反応する。反応後，溶液に硫酸を加えて pH0.5 にすることにより，共存する銅 - 5Br-PSAA が分解し，銅の妨害を除去することができ，コバルトの定量をすることができた。検量線は 0 ~ 25  $\mu$ g までなだらかな曲線をしめす。5-Br-PSAA と反応する元素は，コバルト以外に Cu, Fe, Ni, Pd があり，他の元素とは反応しない。試料中に含まれていた微量の Ni は，Cu と同じく強酸性で錯体が分解した。Fe と Pd は，試料中に含まれていないが，Fe - 5-Br-PSAA は強酸性下において安定であり，Fe は妨害となる。しかし，Fe は測定波長 617nm での吸収は弱く，共存量がコバルトと同量程度以下であれば影響はなく，数十 PPB のコバルト測定が可能であった。図-1 はコバルト分析流路図である。サンプルを予め流路 B に流し、次に流路を切り替え流路 A に流しバックグラウンド補正が出来た。この場を借り本法に

において、種々の指導をいただいた酒井忠雄先生に感謝いたします。

図 - 1 重クロム酸溶液中のコバルト分析システム



CS:水、R1: $2 \times 10^{-4}$  M 5-Br-PSAA、R2:10%酢酸アンモニウム、  
R3:2.5NHCl、P:ポンプ、S:ループインジェクター(100  $\mu$ l)、RC:反応コイル  
(2m)、C:流路切り替えコック 流路 A (コバルト測定)  
流路 B (バックグラウンド測定)、D:検出器、W:廃液

#### 文献

- 1) 藤村一良ら、第45回フローインジェクション分析講演会・講演要旨集 P17(2004)

# 18 後方散乱分析装置の現状

原子力国際専攻 森田 明  
伊藤誠二

## 1. はじめに

加速器のイオンビームを用いた研究は、材料・物性、バイオ技術、環境問題、がん治療などの医学、地球科学、農学、人文科学などの幅広い分野で行われ、その研究領域はさらに広がりにつつある。原子力国際専攻の加速器管理部には、イオンビームを用いて新材料の開発、多元素微量分析、物質表面分析などの研究を行う小型加速器、後方散乱分析装置(RAPID: Rutherford Backscattering Spectroscopic Analyzer with Particle Induced X-ray Emission and Ion Implantation Devices)がある。本装置は 1994 年に共同利用設備として設置され、今年で 12 年が経過した。そこで、これまでの利用状況、整備・現状等の概略を報告する。

## 2. RAPID の概要

RAPID は、オランダ HVEE 社製のタンデム型加速器(4117-HC)である。加速方式は、コッククロフト・ワルトン型で最大加速電圧 1.7MV である。RAPID は、2 系統のイオン源(セシウムスパッター型、デュオプラズマトロン型)、加速部および 3 つの分析装置、RBS(Rutherford Backscattering Spectroscopy)分析装置、イオン注入(Ion Implantation)装置、PIXE(Particle Induce X-ray Emission)分析装置で構成されている。

本装置は、イオン源部で生成したイオンを加速部で加速し、振り分け電磁石によりイオンビームを RBS 分析装置、イオン注入装置 (IMPL) または PIXE 分析装置に振り分けて実験を行う。RAPID の概略図を図 1 に示す。

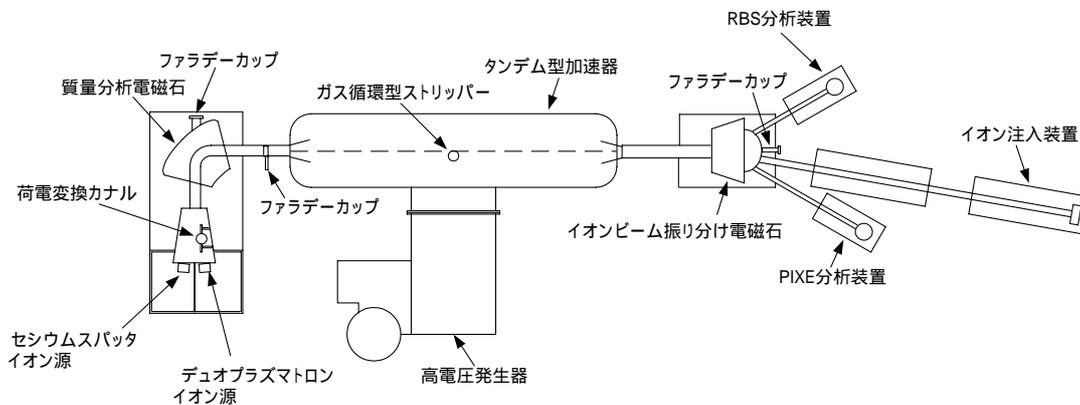


図 1 後方散乱分析装置(RAPID)の概略図

## 3. これまでの利用状況

共同利用開始から現在までの RBS 分析装置、イオン注入装置 (IMPL) PIXE 分析装置の利用状況を図 2 に示す。1995 年の利用開始当初は、RBS 分析装置と PIXE 分析装置の利用が多かったが 1999 年から材料工学に関する研究が活発になり、イオン注入装置 (IMPL) の利用が急増している。2002 年度は、データ解析装置に不具合を生じ、メンテナンス等に時間を費やしたため、利用が減少している。なお、この年に RBS 及び PIXE 分析装置のデータ解析装置を更新している。また、2004 年より、維持費の削減に伴う利用料金徴収の問題で利用が一時減少したが昨年度から回復しつつある。

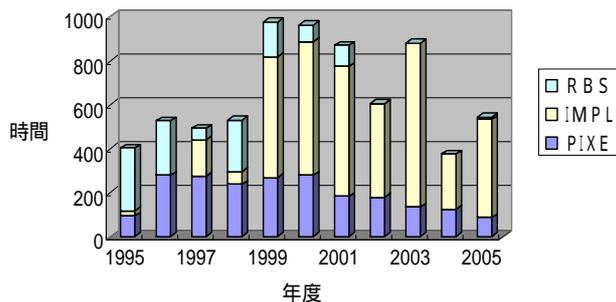


図2 年度別分析装置別共同利用利用時間

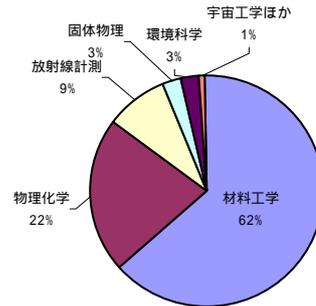


図3 利用研究分野

表1にこれまで実験に使用したイオン種、照射電流及び加速エネルギーを示す。これまで26種のイオンビーム照射を行っている。加速エネルギーが異なっているが、D、Si、S、Ptに高いビーム電流が得られている。

図3は、これまでの利用を研究分野別にまとめたもので、材料工学分野と物理化学分野の利用が全体の約8割を占めている。

表1 これまで実験に使用したイオン種

イオン種	照射電流 μA	加速エネルギー MeV	イオン種	照射電流 μA	加速エネルギー MeV
D	6	1	Al	0.2	1.8
F	5	0.5	As	0.19	0.95
Si	3.15	1	Ga	0.19	0.9
S	1.8	0.5	H	0.18	3
Pt	1.69	0.75	Ni	0.12	1.2
Au	0.66	1	C	0.12	2.5
Fe	0.6	3	O	0.08	4.5
In	0.57	1	Ru	0.058	1
N	0.4	1.3	Sb	0.013	1
Cu	0.3	0.75	Bi	0.0027	1
He	0.27	3	Ti	0.0027	0.4
Br	0.27	1.5	W	0.002	0.4
Ir	0.26	0.8			

#### 4. RAPIDの現状

以下に、最近の主なトラブル及び分析系の整備について述べる。

##### 4.1 イオン源部

リチウムカナルの不具合について

デュオプラズマイオン源においてプラズマから引き出された正イオンは、リチウムカナルを通して負イオンに荷電変換される。リチウムカナル内のリチウムは、ヒーターで加熱され、融点である180で固体から液体となり、リチウムの蒸気により荷電変換される。

平成18年1月にリチウムカナルの温度が上がらなくなるという不具合が発生した。ヒーターが損傷していたため、ヒーターを交換したが、不具合は解消されなかった。そこで、温度のON-OFF制御を行っているデジタルコントローラの動作チェックを行った。

温度は熱電対で検出し、設定温度になるようにヒーターへの入力電圧をON-OFF制御している。そこで、熱電対の出力側を短絡させることで出力温度を0にさせ、設定温度をそれ以上にすることでコントローラが確実にON状態になるようにして動作チェックを行った。

その結果、ヒーター出力トランスに出力電圧が現



図4 上部から見たリチウムカナル



図5 ヒーターコントローラ

れており、コントローラは正常に動作していることが確認され、途中の配線に支障があることが分かった。不具合の原因はヒューズであることが判明したが、回路図がなく、ヒューズが非常にわかりにくい箇所であったため、手間取ってしまった。ヒューズが切れた要因は、ヒーターの絶縁ギャップが狭いため、何らかの原因で一過性の短絡が生じたものと考えている。

#### 4.2 RBS 分析装置

##### RBS 分析ラインの真空漏れについて

RBS 分析ラインには、ビーム径の調整を行うためのスリットが取付けてある。RBS 分析ラインは通常  $5 \times 10^{-5}$  Pa の真空度に保たれているが、平成 17 年 6 月にこの分析ラインの真空度が  $1 \times 10^{-3}$  Pa に下がるという不具合が発生した。

リークチェックは、概算リーク量が  $1.5 \times 10^{-5}$  Pa・m<sup>3</sup>/s であったので、エタノールを垂らす方法で行った。最初にエタノールを垂らしたときは、エタノールがリーク部分を塞いで一時的に真空がよくなったが、その後さらに真空はわるくなり、エタノールによりリークチェックを行うことが不可能となった。

エタノールによるリークチェックにより、真空引きするための T ダクト付近に真空漏れがあることは分かった。そこで、順次漏れ箇所を探す為に、ブランクフランジを作製し、RBS 分析ラインのチャンバー側の真空漏れチェックから始めた。まず、RBS チャンバー側の分析ラインにブランクフランジを取付け、真空引きを行ったが漏れは検出されなかった。次にペローズ側の分析ラインにブランクフランジを取付けて真空引きを行ったところ、真空漏れが確認された。最終的にはスリット部にリークがあることが判明した。

図 7 はリークの原因であったスリットの O-リングの写真である。この O-リングの 2 箇所に亀裂があり、これが真空漏れの原因であった。O-リングの亀裂は、最初は小さなリークであったが、リーク箇所から真空中に入ったエタノールが急激に気化し、その気化熱により O-リングが冷却され、硬化して亀裂に発展し、リーク量が増加したものと考えている。

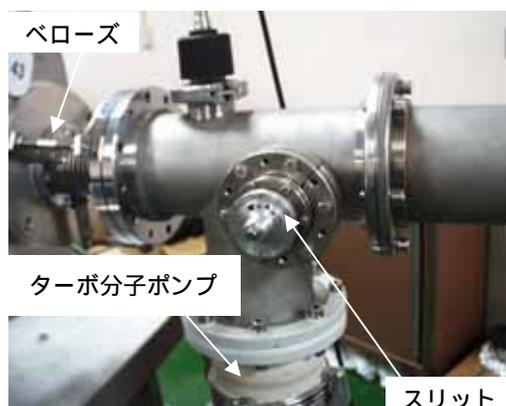


図 6 RBS 分析ラインのスリット部



図 7 取外したスリット部

#### 4.3 イオン注入装置

##### イオン注入装置のターボ分子ポンプの故障

平成 17 年 10 月にイオン注入装置の磁気浮上型ターボ分子ポンプが、突然「ガリッガリッ」という異音を発生して停止した。ターボ分子ポンプを取外し、内部をチェックしたところ、ポンプの回転軸部を固定しているナットが外れ、羽根上に落ち羽根が破損していた(図 8)。メーカーによれば、ターボ分子ポンプ軸部固定ナットは、逆ネジで  $9\text{N}\cdot\text{m}$  でトルク管理している。

今回故障したターボ分子ポンプの設置場所の床は、以前から 2m×2m の開口部となっていた部分があり、その開口部にはモルタルが敷いてある。そして、モルタルの上に補強のための鉄板（厚さ 10mm）が敷いてあり、鉄板の上にロータリーポンプが載っている。今回のトラブルは、ロータリーポンプの振動を鉄板が拾い、ビームラインダクト支持台からターボ分子ポンプに伝わり、長時間連続運転を行っている間にターボ分子ポンプの軸部固定ナットが徐々に緩み、外れたものではないかと推測される。現在、対策を検討している。



図8 上部から見たターボ分子ポンプ



図9 イオン注入装置に設置されたターボ分子ポンプ

#### 4.4 PIXE 分析装置

##### バックング材（試料を支える支持膜）の検討

PIXE 分析では、バックグラウンドの影響を少なくする為に、河川水、水道水等の微量重金属を測定する場合に用いるバックング材の検討を行った。バックング材は、不純物が少なくバックグラウンドが低いものが望ましい。バックング材はマイラー、ポリプロピレン、ポリカーボネート、カプトン等があるが、本装置での PIXE 分析では測定時間の短縮を図るためビーム電流を比較的高く調整しているため、耐熱性に優れているカプトンを使用してきた。しかし、カプトンは、Fe、Cu、Zn などの不純物が比較的多く含まれている。そこで他のバックング材の検討も行い、その結果、ポリプロピレンが融点が低いという欠点はあるが、不純物が少なくバックグラウンドに及ぼす影響が少なく有効であることを確認した。

#### 5. おわりに

本装置は、共同利用を開始してから 12 年が経過し、経年劣化による故障が増加している。今後は、予想される故障等に迅速に対応できるよう対策を講じると同時に、装置の一般的な実験条件を整えるだけでなく、より広範囲な利用に供するための装置の改造改良等をすすめ、研究教育に貢献したいと考えている。

#### 6. 謝辞

今回のマシントラブルに際して、江口星雄、安本勝両氏にお世話になりました。また、バックング材については広島大学の西山文隆氏に助言をいただきました。お礼申し上げます。

## 19 技術部・情報センター

- 技術職員情報の公開を目指して 1 -

機械工学専攻	山内 政司
システム量子工学専攻	川手 秀樹
地球システム工学専攻	畠山 正樹
航空宇宙工学専攻	小林 やよい
情報システム室	山崎 一彦

### 1. はじめに

工学系研究科・技術部ホームページ（以下技術部 HP）は、技術職員に関する情報公開を目的として、2005年1月13日に公開された。本報告では技術部 HP の担当部署である技術部・情報センター（以下センター）の設立の経緯と運営について紹介する。今後の技術部組織運営と HP 業務などの参考にしていただければ幸いである。

### 2. 設立の経緯

#### 2.1 技術職員と技術部 HP

東京大学工学部・工学系研究科の技術職員は、1970 から 2000 年までの 30 年間で 6 割削減され、それ以降も減少が続いている。このことは必然的に技術職員の職場環境や業務に変化をもたらしている。この事態に対処すべく、2003 年度末に笠木技術部長と教職員組合技術系職員部会との懇談会がおこなわれ、翌年度の田中技術部長に引き継がれた。懇談会では様々な問題が討議されたが、技術職員に関する情報公開、職員間の交流不足、対外的に業務が見えにくいことなどが問題点として取り上げられた。それらの問題を解消し技術職員情報の公開を促進するため、HP を公開することを決定した。この決定を受け早急に HP を公開するため、担当部署設立準備が開始された。

#### 2.2 担当部署

HP 担当者と担当部署は、専攻の枠を越えて業務をおこなうことが期待され、技術部組織の試行としての意味も持つことになった。そのため担当技術職員の公募を希望したが、短時間で各専攻に了解を得ることが困難だったため断念された。担当候補者は懇談会メンバーが、HP 製作能力がある方や担当していただいけそうな方に、設立意義を説明して募ることになった。了承していただいた候補者には、所属部署の了解を取り付けていただき、技術部長から専攻長に正式な依頼と委嘱状を出していただいた。発足以降の担当者採用に関しては、全て技術部 HP 上で公募した。正式な委嘱手続きが確立されたため、専攻・研究室等との問題は発生していない。

#### 2.3 発足体制

技術職員 HP の担当部署は、以上のような準備を経て、2004 年 10 月 1 日に正式発

足した。発足時の担当者は3名であったが、2005年4月以降は4名で業務を分担している。担当者以外では、発足当初から情報システム室の山崎に、HP公開と運営に関するアドバイザーを依頼している。歴代担当者を以下に示す（あいうえお順）。

加藤由美子（建築）	川手秀樹（システム量子）
小林やよい（航空宇宙）	畠山正樹（地球システム）
森田正人（社会基盤）	山内政司（機械）
山崎一彦（情報システム室、アドバイザー）	

### 3. 運営

#### 3.1 設立手続き

正式発足後、名称、設立の目的、HPの内容と運用方法、担当者会議の開催方法、サーバ、作業スペース、予算、公開スケジュール等について、担当者間で協議をおこない決定した。事務手続きや業務の進め方等については前例が無いため、全て担当者間で協議し、技術部長と関係部署と相談の上で進めた。

#### 3.2 名称

担当部署とHPの正式名称案を担当者が作成し、技術部長の了承を得て決定した。

- ・ 担当部署名 「技術部・情報センター」
- ・ HP名称 「技術部・ホームページ」

#### 3.3 目的

設立意義を踏まえ担当者の協議により作成し、技術部長の了承を得て決定した。

- ・ 技術職員情報の収集と公開をおこない、大学と社会に貢献する。
- ・ 上記の目的を達成するためホームページを公開する。
- ・ 技術部設立後の技術職員組織運営を試行し、運営体制を確立する。
- ・ 業務を通じて担当技術職員のスキルアップを図る。

#### 3.4 HP作成と作業環境

HPは担当者のスキルアップを兼ね、時間をかけて独自に作成する予定を立てたが、技術部長より早急な公開の要請があり、メニューと内容を除いたデザインを外注することにした。部屋と機材の確保は難しいため、サーバは情報基盤センターのWebParkを利用し、更新・製作等の作業は各自の研究室でおこなうことが決定された。

#### 3.5 予算

センターは年度途中の設立であり実績も無かったため、特定の予算枠はなかった。そのため必要な経費は、その都度技術部長の了解を得て支出をおこなった。2004年度以降の運用実績が認められ、2006年度から予算を計上できることになった。

#### 3.6 編集会議

担当者会議を毎週木曜に開催し、HPに関する検討とセンターの運営に関する打ち合わせをおこなっている。議事内容は議事録にまとめ（持ち回り、A4で2ページ程度）、全員のチェックを経てPDF化し保管している。主な議事項目を以下に示す。

- ・ 前回議事録の確認

- ・ 各自の作業報告
- ・ 検討事項の相談
- ・ スケジュール調整

### 3.7 担当業務

業務は全員で担当を分担している。また担当者が少数であるため、全員に代表か副代表という肩書きを付けた。これは今後誰がどの会合に出ても、センターを代表して責任を持って発言できるよう配慮したためである。担当業務は複数を兼任することが原則である。現在の担当業務を以下に示す。

技術 更新 取材 写真 編集 公募 HP 管理  
 渉外 会議 書記 アドバイザー

### 3.8 時間外勤務

2005 年度中途より現在の時間外勤務届け書式になったため、専攻・研究室外の業務であるセンター業務（技術部業務）で時間外勤務をおこなった場合、技術部の押印が必要になった。そのため技術部として適切に対応ができるよう、技術部長と協議をおこなった。その結果、毎月技術部長の押印をいただくことで了解を得た。技術部業務に関しては、同様な手続きで時間外届け手続きが可能になった。

## 4. 課題

### 4.1 利用者数

アクセスカウンタを 2005 年 7 月から導入し、2006 年 1 月から正確な統計を取得中である。ひと月のアクセス数は平均千件以上で、国立大学技術部としては利用者が一番多い（センター調べ）。今後はより多くのアクセスを目指して技術部との連携をはかり、コンテンツの充実や新企画の検討をおこないたい。

### 4.2 掲載依頼と HP 利用の促進

掲載記事は、センターが企画制作しているものと、外部からの掲載依頼がある。発足当初は情報提供や掲載依頼が少なかったため、センターが作成する記事が多かった。発足以降 2 ヶ月ごとの更新数を図 1 に示す。技術部の正式発足以降、掲載依頼は着実に増えている。今後技術部

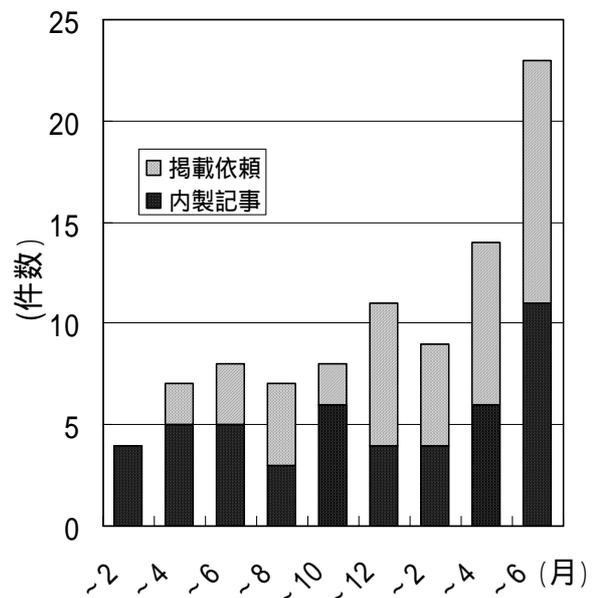


図 1 2 ヶ月ごとの更新数

組織の活動が活発化するにつれ、それらの組織からの情報発信も期待できる。しかし原稿を HP に掲載する習慣がないため、当初はセンター側から積極的に原稿を依頼する必要がある。また組織ごとに、情報を掲載するためのメニュー追加や、記録として

の情報掲載（議事録・報告等）を、センター側から提案していきたい。

#### 4.3 担当者のスキルアップ

担当者のスキルアップはセンター活動の目的のひとつである。公開時以降のリニューアルは全てセンター内でおこなっており、必要なコンテンツは全て実現させることができた。しかし現状に満足することなく、いずれ必要となる全面リニューアルや、新機能の追加や新たな企画の要求に対応するため、必要な諸技術のスキルアップを図る必要がある。そのため、技術部 HP をコンテンツ製作の実験の場としても活用し、担当者のスキルアップに役立てたい。機会があれば FJT も積極的におこないたいと考えている。また予算等の諸条件が整えば講習会も企画したいと考えている。

#### 5. まとめ

2004～2005年度はセンターの立ち上げと運営方法の確立、HPの整備・充実の期間であった。HPについては必要なコンテンツを揃え、利用していただける体制を整えた。今後は技術部設立に伴うメニューの追加や、技術部各組織との連携、他大学の技術部 HP との交流等をおこない、更なる充実を図りたいと考えている。また HP の認知向上に力を注ぎ利用者を増やすことも重要な課題である。センターについては、諸々の折衝と事務手続きをおこない、設立目的のひとつである運営方法については、ほぼ確立することができた。今後は、組織や運用方法の模索に割いていた時間を研修等に振り向け、上記の新分野の開拓と担当者のスキルアップ、HP のより一層の充実に力を注ぎたい。

#### 6. 謝辞

情報センターを設立し技術部 HP を公開するにあたって、多くの皆様のご支援をいただきました。設立時に技術部長であった田中知教授は、最大の理解者であり力強いご支援をいただきました。お忙しいなか、各方面との折衝や多くの貴重なアドバイス等、素早いメールで対応して奔走していただきました。現技術部長の影山教授、広報室長の堀井教授、調査室の川瀬さん、情報システム室の皆様にも大変お世話になりました。工学系執行部、事務部、担当者の所属研究室、懇談会メンバー、貴重なアドバイスをいただいた皆様、工学部教職員組合の皆様にも多くのご支援をいただきました。技術部 HP 立ち上げメンバーで民間に転出された森田正人氏には、技術面で主導的な貢献をしていただきました。この場をお借りしてご支援をいただいた多くの皆様に、厚く御礼を申し上げます。最後に技術部 HP の利用者と、取材に応じていただいた皆様にも感謝するとともに、今後とも技術部 HP をご利用いただきますよう、お願い申し上げます。

## 20 飽和ベントナイト試料作成方法の開発

社会基盤学専攻 周郷 啓一

### 1. はじめに

現在、原子力発電所から発生する高レベル放射性廃棄物の処分方法として地層処分が考えられており、岩盤とオーバーバックの間の緩衝材の材料として、膨潤性や止水性、廃棄物から発生する熱の対策等の観点からベントナイトの利用が考えられている。そして、地震国である日本では、ベントナイト緩衝材の地震時の安定性が検討課題の一つとなっている。本報告では飽和ベントナイトの作成法を開発を行なった。

ベントナイトは、圧縮性が大きく透水性が約  $10^{-11}$  cm/s と非常に小さいため、飽和状態の供試体をつくることは非常に困難である。従来のスラリー状態からの予備圧密による供試体作成法では、高さ 20 cm の中空供試体を作成するまでに 11 ~ 12 年間必要であり、これでは実際問題として研究の対象とすることは不可能である。そこで、今回新しい形式の予備圧密装置を作成し、飽和状態のベントナイト供試体を短期間で得ることに成功した。

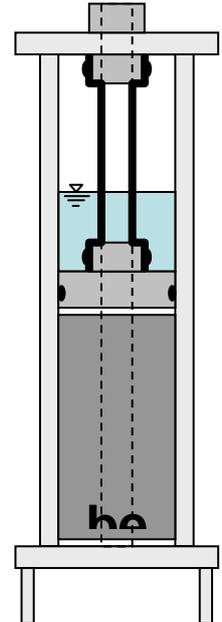


図1 圧密装置の写真と模式図

### 2. 試料

今回実験に使用した試料の物性値を表1に示す。ベントナイト試料はケイ砂混合率 30% で、ケイ砂は 3 号と 5 号のものを等量ずつ用いている。比重は  $2.69\text{g/cm}^3$ 、液性限界 270%、塑性指数は 251% である。

	比重 $s$	液性限界	塑性限界
ベントナイト	2.69	270%	251%

表1 試料の物性値

### 3. 予備圧密装置

飽和ベントナイト試料作成のため、新しい形式の予備圧密装置について説明する。この装置開発の最大の目的は圧密時間の短縮であるが、圧密時間は排水距離の二乗に比例するため、排水距離を短くすればよいと考えた。新しい圧密装置は図1に示すように中空の形状をしている。このことにより、鉛直方向だけでなく、水平方向への排水が可能になり、排水距離の大幅な削減が実現した。

### 4. 飽和供試体の作成

まず蒸留水の中にベントナイト試料を混入する。ベントナイトの液性限界がおよそ 270%

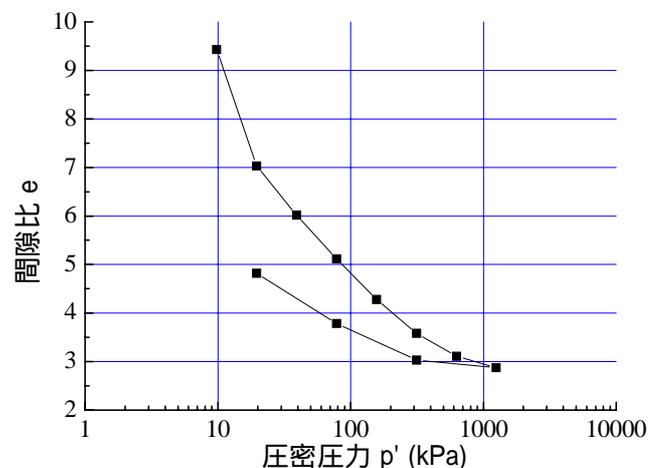


図2 ベントナイトの圧密試験結果

であるので、ベントナイト 1 kg あたり 5 kg の水を用意した。このとき一度に大量の粉末を入れると表面部分だけ膨潤してしまい、一様になるのに時間がかかってしまうので注意した。この様にしてできたスラリー状のものを新しく作成した予備圧密容器の中に入れ、およそ 2kPa で約 2 ヶ月間予備圧密を行った。圧密が進むにつれてベントナイト構造の層状性が強くなるため、水平方向の透水性は鉛直方向の透水性よりも大きいと考えられ、水平方向への排水の効率性に結論づけられる。この新しい圧密装置によって、従来 11~12 年かかると計算されていた飽和ベントナイト供試体が短期間で作成できた。

### 5. 中空ねじりせん断試験結果

今回作成した飽和ベントナイトが実験で使用できるかどうかの検証のため、中空ねじりせん断試験を用いて試験を行った。ベントナイト試料のほか、豊浦砂、藤の森粘土についても行った。

#### (a) せん断剛性

ベントナイト試料のせん断剛性は砂や粘土と比べて非常に小さな値が得られた。これは予備圧密での圧密圧力が小さいこともあるが、Humphries ら(1969)による Ca 型ベントナイトについての研究結果からも十分妥当な範囲内にある。

#### (b) 減衰比

礫、砂、粘土と粒子の線形性が大きくなるにしたがって、傾きが小さくなるという既往の研究と合致する結果が得られた。ベントナイト試料はひずみの変化によらず一定の減衰比をとる。

#### (c) 繰り返し載荷時の沈下特性

地震時の繰り返し載荷によって緩衝材に大きな沈下が発生すると、かぶり厚さが小さくなり、緩衝材としての役割が果たせなくなることが憂慮される。そこでオーバーパック下部のベントナイトを想定した実験を行うことが必要である。実際の試験では、先行圧密圧力 350kPa の拘束圧をかけ、鉛直応力 100kPa、水平応力 50kPa まで除荷した後、応力振幅一定の繰り返し載荷試験を行った。想定地震は L2(1 回/1000 年、加速度 500gal、20 波)地震を想定し、複数回の繰り返し載荷を行い、各繰り返し載荷時の鉛直ひずみを測定した。

### 5. まとめ

今回行った結果、飽和ベントナイト試料が比較的短い時間で作成できることが確認された。しかし、中空ねじりせん断試験を行うためにはいまだ少し圧密が終了していると実験がやりやすい。また、試料作成の段階でより高い圧力で圧密するなどの課題もある。

### 参考文献

- (1) 原子炉・核燃料開発事業団「地層処分研究開発第 2 次取りまとめ第 1 ドラフト」, 1998
- (2) 核燃料サイクル開発機構「地層処分研究開発第 2 次取りまとめ分冊 2」, 1999
- (3) W. Kenneth Humphries, A. M. ASCE, and Harvey E. Wahle, M. ASCE, "STRESS HISTORY EFFECTS ON DYNAMIC MODULUS OF CLAY" 1968

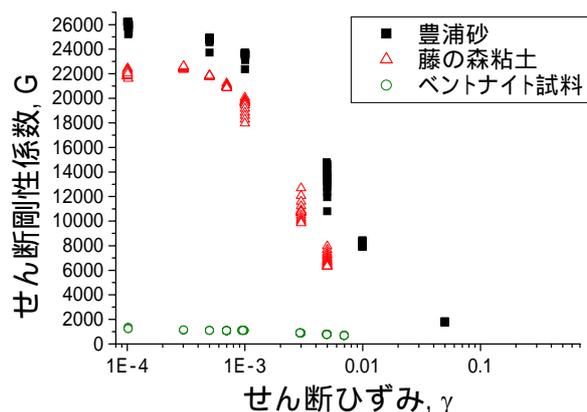


図3 せん断剛性の比較

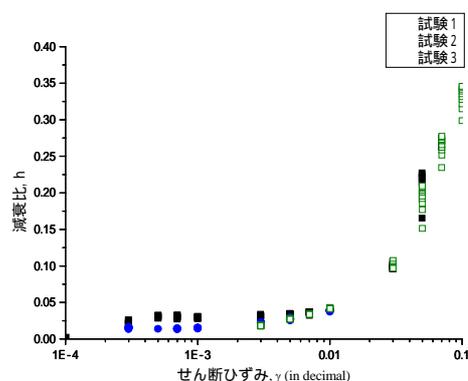


図4 減衰比とせん断ひずみ

## 21 3次元 CAD 研修報告

機械工学専攻

山内 政司

### 1. はじめに

CAD ( Computer Aided Design ) は生産現場や、工学系の研究・教育には欠かせないツールとなっている。筆者の所属する専攻でも、設計製図教育に CAD を導入しており、使用するソフトも 2次元 CAD から 3次元 CAD へと変化してきている。したがって技術職員の業務においても 3次元 CAD の知識は不可欠なものになっている。しかし 2次元 CAD は機械製図に慣れ親しんだ者にとって比較的受け入れやすいが、3次元 CAD は馴染みにくいものである。本編は、少々頭の固くなった年配初心者の 3次元 CAD 個人研修報告である。それ故、勘違いや間違いも多いと思われる。先輩諸兄のご指摘、ご指導をいただければ幸いである。

### 2. CAD とは

CAD は、コンピュータ ( 以下 PC ) を利用して設計のプロセスを効率化するため、1960年代初頭から研究が始められた。CAD という言葉は MIT の I.E.Sutherland が 1963 年の研究発表で使ったのが最初で、CAD の生みの親としても知られている。CAD システムは単に図面をコンピュータ作図させるだけではなく、過去の設計仕様や図面のデータベース化、部品や製品の標準化、構想段階での設計支援、ユーザへのプレゼンテーションなどに利用することができれば、その波及効果は非常に大きい。また CAM ( Computer Aided Manufacturing ) との組み合わせは、設計から生産まで一貫したシステムとして、製造現場の効率化を支えている。

### 3. 2次元 CAD と 3次元 CAD

CAD の中でも 2次元 CAD は従来の製図に慣れた者でも馴染みやすい。それは図面の作成プロセスが従来の製図に近いためである。2次元 CAD は、PC モニタ上の製図といっても良い位なので、操作方法やコマンドを修得すれば、製図経験者なら違和感なく使うことができる。2次元 CAD ( Auto CAD ) の例を図 1 に示す。図面ファイルの互換性に関しては、普及率の高い Auto CAD で採用している DXF が事実上の

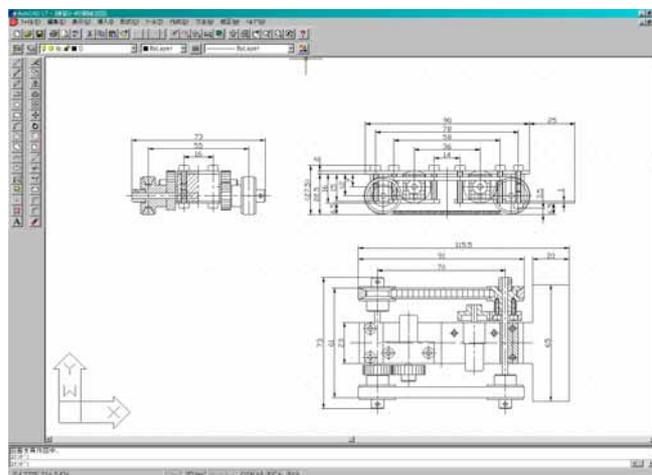


図 1

標準形式として利用できる。そのため他のソフトに移植する際にも互換性で悩むことは少ない。3次元CADはフリーソフトから大規模商用ソフトまで多くの選択肢がある。導入時には用途、使い勝手、互換性、サポート、予算等を良く検討する必要がある。図面作成プロセスは、製図や2次元CADとは異なるため、筆者のように従来の製図に慣れた者は、違和感を覚えるかもしれない。学生などのように、最初から3次元CADで設計を始めた者はスムーズに修得できるようだ。また3次元CADは単なる作図ソフトではなく、豊富な設計支援機能を生かして創造的設計をするためのツールなので、それらの機能を充分生かしたい。互換性に関しては、IGES、STEP、SATなどが利用されており、3次元CADを本格的に利用する場合は、使用ソフトに応じてこれらの規格をフォローする必要がある。

#### 4．使用ソフト

今回の研修では、所属専攻の学生教育用に導入されているCADを使いこなすのが目的であるため、UGS社のSolid Edge Ver15(教育用バージョン)を研修の対象とした。このソフトは機械を設計するための3次元CADで、Windows PC上で動くミドルレンジ(中規模)クラスに分類される。ミドルレンジといっても産業・業務用として充分使用可能であり、価格的にも個人が趣味で購入できる範疇にはない。

#### 5．使用PC

Solid Edgeを使用するPCの推奨スペックを調査したが具体的な目安が見つからなかった。Solid EdgeはWindows2000かXP上で動くソフトで、Meでも使用できる可能性があるという事前情報があったため、XPを標準搭載している平均的なPCであれば使用可能であろうと判断して研修を開始した。使用したPCのスペックはCPUがIntel Celeron 2.20GHz、グラフィックアクセラレータはIntel 852GM、メモリは768MB、モニタ解像度はSXGA(1280×1024)である。特に

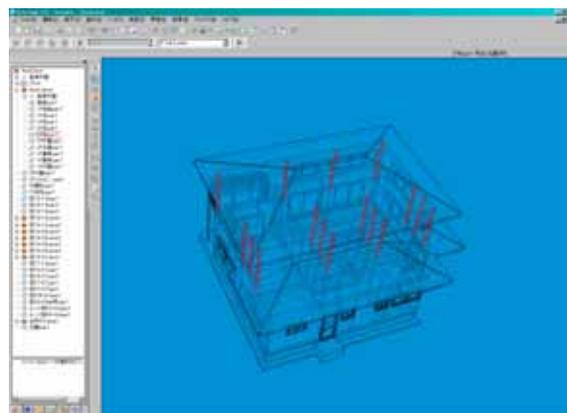


図 2

高スペックではないが標準的な構成のPCである。CAD上でいくつかのパーツを作成し、描画の解像度を上げるなどの処理をさせても問題なく動作することを確認した。その後作成したパーツを組み合わせてアセンブリを作成すると、作業が進むごとに動作が重くなり、複雑な部品構成のアセンブリを描画させるとフリーズしてしまった。複雑なアセンブリの例を図2に示す。本格的な設計や3次元描画で複雑な処理をするには、スペック不足であったようだ。使用PCを、CPUをIntel PentiumM1.8GHz、グラフィックアクセラレータATI RADEON 9600、メモリ1.5GBのものに変更したところ、フリーズは起きなくなった。ただしこの例は、現状の使用方法でフリーズしないということなので、更に複雑な処理をさせる場合の動作保障はない。今後Solid Edgeを使用する際の参考にしていただきたい。

## 6 . CAD ソフトの構成とチュートリアル

Solid Edge は大きく分けて 6 つの機能に分かれている。以下に全体構成を示す。

- チュートリアル : 基本的な操作方法のトレーニング
- パーツ : 一般部品の作成
- シートメタル : 板金部品の作成
- ウェルドメント : 溶接部品の作成
- アセンブリ : 部品を組み合わせる
- ドラフト : 2次元図面の作成

Solid Edge には操作方法のトレーニングするためのチュートリアルが添付されており、モデリングやその他の操作方法を練習することができる。初級チュートリアルの例を図 3 に示す。図の右側の枠がチュートリアルの操作説明で、課題図面を作成しながら操作方法を修得することができる。

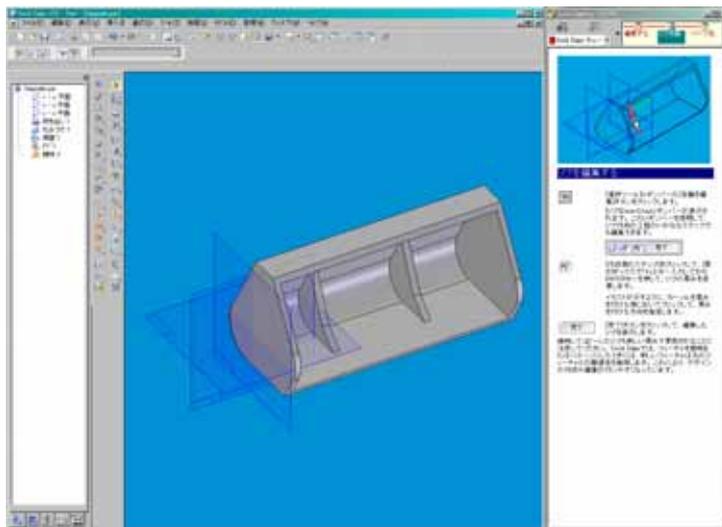


図 3

## 7 . モデリング

ものを 3次元 CAD で図面化することをモデリングという。ある程度 Solid Edge の使い方をマスターしてから、内燃機関ピストンのモデリングにトライした。ピストンは普段扱い慣れていて形状を良く把握していることと、基本形状が回転体であるため、最初の課題としては適していた。作図した例を図 4 に示す。この例は CAD 操作に慣れて描き込んだ図面であるため、細部の形状までモデリングしている。図の一番左側の枠は Edge Bar と呼ばれ、作図の工程を管理するための表示で、図面を作成するためにおこなった操作は全てこの枠に表示される。ここに表示された作図操作は何度でもやり直すことができるため、図面の修正は容易である。図面を作成するための操作コマンドツールバーは Edge Bar のすぐ右側に表示されている。

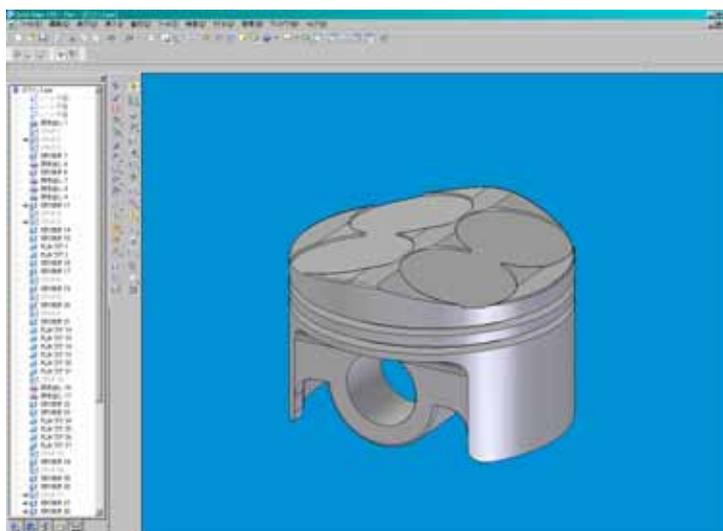


図 4

## 8 . アセンブリ

パーツやシートメタルでモデリングした単品部品を組み合わせるのがアセンブリである。図 5 はアセンブリの例である。この例では 4 点の部品を組み合わせてサブアセンブリを作成した。部品の組み立てでは、部品同士を正しい幾何関係に位置決めすることが重要である。ただし正しい位置決めができていても、部品同士が干渉してひとつの空間を複数の部品が占有する場合がある。これは設計の際の重要なチェックポイントであるため干渉をチェックすることが必要になる。Solid Edge では干渉を検知し、干渉体積などを解析するための干渉解析機能がある。

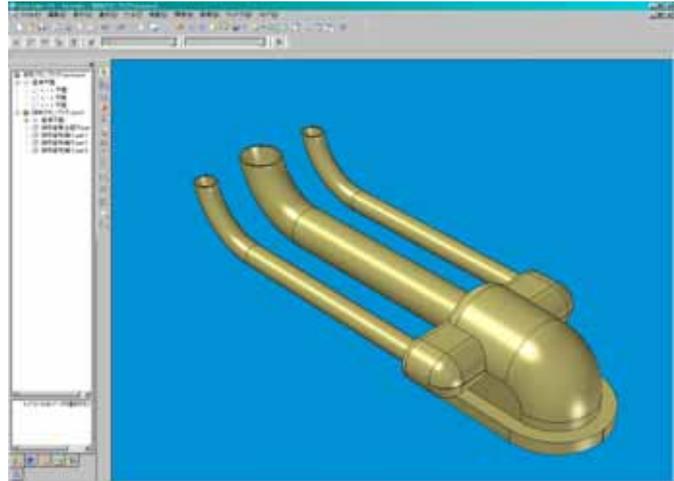


図 5

## 9 . ドラフト

ドラフトは 2 次元 CAD と同様の図面を、3 次元図面から自動生成できる。Solid Edge ではドラフトは 3 次元図面の文書化と位置付けされている。2 次元図面の作成に必要な詳細図、断面図、寸法・公差、注記等の作成機能も当然付属している。図 6 にドラフトの例を示す。三面図の右上にある投影図も自動生成できるので、図面を見慣れていない方が部品の形状を把握することも容易である。

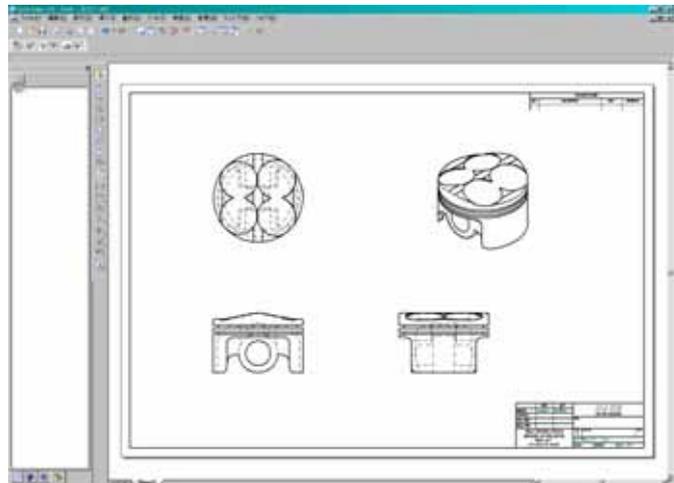


図 6

## 10 . まとめと謝辞

3 次元 CAD の自己研修を実施した。操作に関しては戸惑うことも多かったが、何とか本報告で示した図面を作成することが出来た。3 次元 CAD は単なる製図ツールではなく、学生教育はもちろんのこと、実験装置部品の管理や標準化、試作設計の評価ツールとして利用できる余地が大きいことがわかった。まだ全ての機能を使いこなしてはいないが、研修の成果を業務に生かしてゆきたいと思う。この研修で使用した 3 次元 CAD ソフトのライセンスは産業機械工学専攻の村上存先生からご提供いただいた。また同研究室の及川技術職員にも多くのご指導をいただいた。本研修は平成 17 年度工学部・工学系研究科個別研修によって実施することができた。ご協力いただいた関係者の方々にこの場をお借りして感謝の意を表します。

## 22 ポリ乳酸樹脂(PLA)を和紙で強化した複合材の引張り基礎特性

環境海洋工学専攻 大澤 勇、金井 誠、鶴沢 潔

まえがき

地球環境問題の視点からカーボンニュートラルな植物由来の生分解性プラスチックが注目されて久しい。一方、繊維強化複合材 (FRP) の分野では石油由来のプラスチックを使用したガラス繊維強化プラスチック (GFRP) や炭素繊維強化プラスチック (CFRP) が主流で、その廃棄法や再資源システムの確立が課題となっている。こうした中、植物由来の樹脂や繊維を組み合わせ、従来材の強度・ヤング率には及ばないもののある程度の強度・剛性を保持し、安価で自然再生が可能で、廃棄処理の際にも環境負荷が小さい「グリーン・コンポジット」と称されるFRPの用途が自動車産業などへ広がりつつある。

我々はケナフ繊維とポリ乳酸樹脂 (PLA) からなる一方向強化複合材を実験室レベルの成形において、ホットプレス法を用いて優れた特性の成形板の成形を可能にした<sup>1)</sup>。本報ではポリ乳酸樹脂と我々に極めて身近な和紙を強化材として組み合わせた複合材の成形を試み、その引張り基礎特性を評価したので紹介したい。

### 1、ポリ乳酸と和紙

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 (CO<sub>2</sub>) 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、他のプラスチックに比べ焼却時の熱量の発生が低く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。ただし、汎用プラスチックの5~10倍という価格が普及を妨げているが、近年、米国の大手化学会社が本格的に生産を開始し、従来から大きな問題であったコストも低減の方向にある。



図1 ポリ乳酸(PLA)ペレット

一方の和紙は古くから我々の家屋の障子や襖に見られる素材で、主な原料である楮(こうぞ)は栽培が簡単で各地で最も多く生産されており、繊維が太くて長く、幅広い用途に使われている。強度については使用する原料や加工方法に因るところが大きく、長繊維のものを一般的に和紙、短繊維は洋紙と捉えられている<sup>2)</sup>。洋紙の場合は針葉樹や広葉樹等の短繊維が主体であり、繊維の長さは最大4.5mmである。和紙の場合は靱皮繊維や葉繊維が主体の長繊維であり、繊維の長さは最大で50mmとなる。柔軟で強靱性に富み引裂きに強く比重も0.39と、洋紙の1.0に比べると半分以下の重さ。そしてアルカリから中性であるため保存性が良好である。ただし、近年の家屋の洋風化により需要が減少傾向にあり、新たな活路の開拓が求められている。

### 2、供資材

ポリ乳酸 (PLA) 樹脂ペレットは図1に示したような三井化学 (株) レイシアH-100<sup>3)</sup> (融点164℃) を用いた。このポリ乳酸樹脂は硬質系樹脂に分類されるものである。一方の和紙については下記のような5種類のもの入手した。それぞれの和紙の厚さと単重の実測値を表1

に示す。

- 1) たるみにくいプレミアム（超強5倍！純白無地）
- 2) パーフェクト無地
- 3) 土佐和紙（蛍光無し、楮100%）
- 4) 楮障子紙あすか（風合いに優れ、お座敷・お茶室などに最適。無地、強度は一般障子紙の3.5倍。  
楮60%、マニラ麻20%）
- 5) 自宅からの障子紙（蛍光剤配合、特殊熱接着樹脂、紫外線カット加工、パルプ50%、麻20%、レーヨン/ポリエステル/ビニロンバインダー30%）

		厚さ mm	単重 グラム/cm <sup>2</sup>
1	たるみ	0.16	6.9×10 <sup>-3</sup>
2	パーフェクト	0.16	7.1×10 <sup>-3</sup>
3	土佐和紙	0.13	4.3×10 <sup>-3</sup>
4	あすか	0.13	4.6×10 <sup>-3</sup>
5	自宅和紙	0.18	5.4×10 <sup>-3</sup>

表1 使用した和紙5種類の単重

上記のように製法、繊維成分など各種のものがあり、また繊維の接着にプラスチックバインダーを少々加えて丈夫で強度のある和紙等も製造されているのが現状である。

### 3、和紙／PLA複合材の成形および引張り試験片

ホットプレスによるこの種の成形ノウハウも研究室に蓄積し、ボイドの少ない複合材料を成形出来るようになってきている。具体的な手順は（1）ホットプレスを使って乾燥済のPLAペレットから厚さ0.3mm前後のボイドの無い薄いシートを製作する。圧力は2MPa、180℃（2）厚さ1mm、幅130mm、長さ160mmの板材が成形出来るアルミ金型を準備（3）乾燥済みの和紙と薄いPLAシートを準備し金型の寸法に切り取る（4）金型内にPLAシートと和紙を交互に置き、180℃で最大5MPa～0MPaの加圧/減圧を素早く繰り返してボイド抜きを行い、その後5MPaで数分間保持（5）試験板厚は1mm固定にし、和紙1層複合材、2層複合材、3層複合材をそれぞれ成形（6）樹脂は結晶化せずにプレスから取り出して冷却後ただちに離型するという迅速成形を採用した。図2はPLAペレットから事前成形した非結晶の極めて透明な薄いシートである。図3は和紙3層複合材の引張り試験片を示す。試験片のチャック部補強には耐水ペーパー#600を用いている。

### 4、引張り実験結果とその考察

#### 4-1 和紙の引張り試験



図2 PLAの薄い成形シート

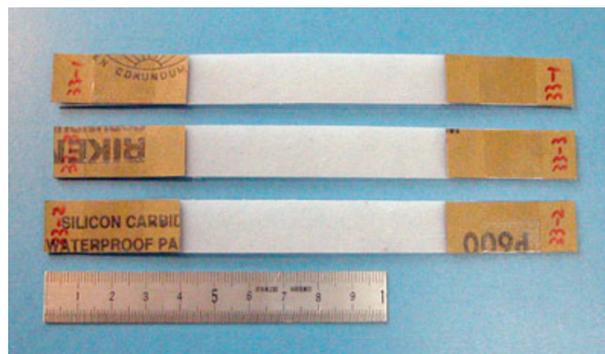


図3 和紙3層複合材の引張り試験片

実験の様子は図4に示すように幅15mm、全長150mmの短冊状に切った和紙のチャック部補強には#1000の耐水ペーパーを用いた。引張り試験機のチャック間は90mmで負荷した。図5は1例として土佐和紙の0度、90度方向の荷重～時間線図を示す。伸び計で計測出来ないために、チャック間の移動量から見掛けの伸び歪みを換算できる。引張り速度は1mm/minであり、横軸の荷重時間の60秒が見かけ歪み1.1%に相当する。試験紙の実厚さが不明確なために、図5の縦軸は荷重値で表している。和紙全てに渡って0度と90度方向の特性の違いは明瞭であっ

た。また、漉き法の特  
 上、機械漉き和紙では  
 方向性の差が極端に現  
 れたが、手漉きの和紙  
 の場合には方向性の少  
 ない傾向となった。な  
 お、各実験とも安定し  
 ており、データの再現  
 性は極めて良好である。  
 図6は和紙5種類の強  
 度の優れている0度方  
 向をまとめて表示した  
 線図である。和紙の種  
 類によって顕著な特性  
 差のあることを確認出  
 来た。特に「パーフェ  
 クト」では予想外の24%程も伸びる結果を示した。この中で最高の荷重に耐えた「自宅和紙」を用いて後述のPLAとの複合材化を試みた。

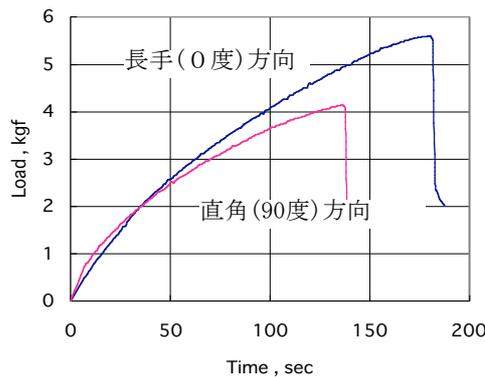


図5 和紙の引張り荷重～時間線図



図4 和紙の引張り試験

#### 4-2 PLAの引張り試験

図7はPLAのみの引張り試験結果の応力～歪み線図を示す。試験片は厚さ0.3mmそして幅と長さは上述したのと同じ寸法である。表2には5本結果の平均値を示すが、バラツキの少ない挙動を示した。樹脂が結晶化するように除冷した試験片では弾性率が多少上昇し、代わりに伸びと強度が低下することがわかる。

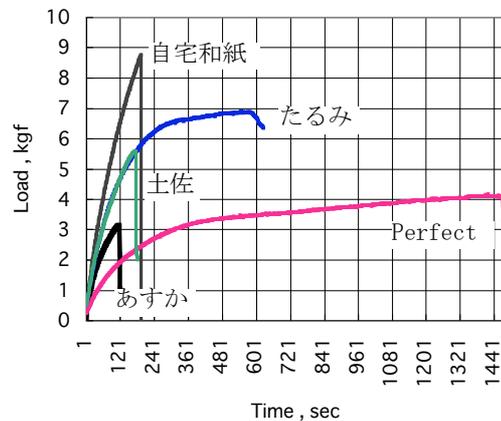


図6 和紙(0度)5種類の引張り結果

#### 4-3 紙/PLA複合材の引張り試験

上記の非結晶PLAと強度の高かった和紙により複合材を成形した。試験片厚は1mm一定とし、和紙はそれぞれ1層、2層、3層で成形したが、和紙の体積含有率(Vf%)はそれぞれ、8.1%、15.4%、21.8%となった。このVf値は紙/PLA複合材の重さ、和紙の重さ、PLA比重の各値から求めた。

図8は和紙1層、2層、3層とPLAとの複合材、そしてPLA非結晶材の代表的応力～歪み線図を示す。そして表3は試験片5本の平均値を示す。和紙で複合材化することで強度、弾性率ともに向上していることがわかる。特に3層の場合にはPLAに比べ弾性率が1.95倍に向上した。強度に関しては1.44倍の向上である。

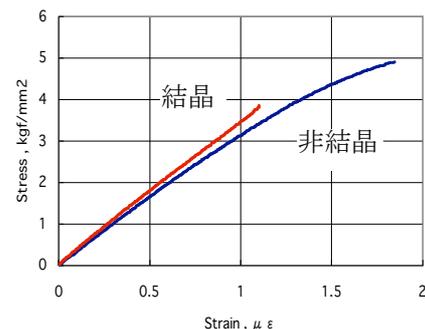


図7 PLAの引張り試験結果

#### 4-4 ケナフ/PLA複合材との弾性率比較の検討

「まえがき」にも記述したように一方向ケナフ/PLA複合材の引張り弾性率が16.6GPaという実験データを得ており、この場合Vfは40%である。ここで面内ランダム強化と一方向強化の弾性特性の関係理論

	強度	伸び	弾性率
	kgf/mm2	%	kgf/mm2
非結晶	4.85	1.75	324.2
結晶	4.01	1.29	345.4

表2 PLAの引張り試験結果

式がAkasaka(1974)によって導かれているが、その簡略化された式<sup>4)</sup>が次式のように表されている。この式は一方向材から面内等方性の弾性係数を簡易的に求める式であり、ここで一方向材の $E_L$ (繊維方向)、 $E_T$ (その直角方向)を代入してランダム強化ケナフ/PLA複合材の弾性率を求めてみる。

$$\bar{E} = \frac{3}{8}E_L + \frac{5}{8}E_T \quad \text{---- (1)}$$

引張り弾性率 $E_L=16.6\text{GPa}$ を和紙/PLAのVf値21.8%と同じに比例換算し、 $E_T$ を $3.9\text{GPa}$ ( $400\text{kgf/mm}^2$ )とした場合、 $\bar{E}=655\text{kgf/mm}^2$ ( $6.41\text{GPa}$ )となり、和紙/PLAの $E=633\text{kgf/mm}^2$ ( $6.20\text{GPa}$ )とほぼ同レベルの弾性率になる事が判明した。この事は仮に、和紙をひも状の一方向の繊維状が可能となり、一方向和紙複合材を成形できれば、一方向ケナフ/PLAと同等の弾性特性を得られることを意味する。

#### 4-5 弾性率の複合則による検討

複合材では次式のような弾性率の複合則の関係がある。

$$E_c = E_f \times V_f + E_m \times V_m \quad \text{-- (2)}$$

すなわち、繊維(f)と樹脂(m)の弾性率とその体積含有率が分れば、複合材の特性が求まるというものである。従ってこの式から和紙自身の弾性率( $E_f$ )が逆に求まる。既に個々の値は既知であるので、3層材のVf=21.8%の場合の和紙の弾性率を求めたところ $1,740\text{kgf/mm}^2$ が求まった。この値は見掛け上の値であり、樹脂と複合しないランダムな和紙繊維の場合では、経験的にこの値の50%程度と想定される<sup>5)</sup>。

あとがき

グリーンコンポジットの視点から、和紙とPLAによる複合材の成形と引張り基礎特性の評価を試みた。面内ランダム強化PLAは、繊維体積含有率21.8%、最大強度 $7.5\text{kgf/mm}^2$ 、伸び1.6%、最大弾性率 $675\text{kgf/mm}^2$ の実験結果を得た。この値は繊維体積含有率を同等にしたケナフ/PLAの面内ランダム材として求めると、実はほとんど同等の弾性率となることが判明した。

参考文献

- 1) 大澤勇、鶴沢潔、金井誠 “天然繊維 “ケナフ” とポリ乳酸樹脂による複合材料の成形と特性” 第20回東大・工・技術報告’04、pp. 23-26
- 2) 宮川理恵、串田賢一、鈴木文晃、秋本梨恵ほか “和紙素材による高付加価値製品の開発 (第2報)” 山梨県工業技術センター研究報告No. 19(2005) pp.101-105
- 3) <http://www.mitsui-chem.co.jp/info/lacea/>
- 4) D. ハル著、金原ら共訳 “複合材料入門” 初版、培風館、1983年、pp. 83

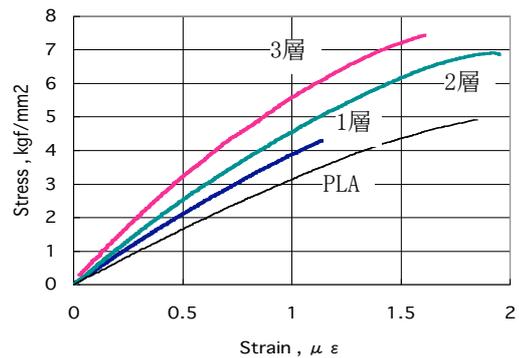


図8 和紙/PLA複合材の応力～歪み線図

Vf%	強度 kg/mm2	伸び %	弾性率 kgf/mm2
1層 (8.1%)	4.40	1.20	424
2層 (15.4%)	6.62	1.76	522
3層 (21.8%)	7.00	1.52	633

表3 和紙/PLA複合材の引張り特性

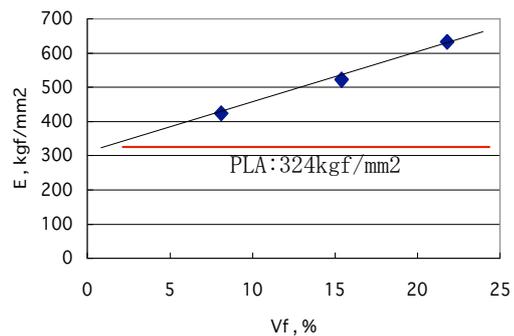


図9 和紙/PLA複合材の引張り特性

## 23 描画系ソフトの活用について

航空宇宙工学専攻 松永 大一郎

### 1 はじめに

今日、Windows OS (XP) にて使用できる「描画系ソフト」にはさまざまなものがある。本投稿においては、当研究室で使用しているソフト「Adobe Illustrator 9.0.2」の簡単な使用方法について特定し、インターネットや書籍で調べたことを以下にまとめ報告する。同ソフトの使用を検討している方の参考になればと考える。Adobe Illustrator は現在 CS2(URL:[3]) バージョンが最新版となる。本ソフトはバージョン、Win/Mac 版等の仕様の違いにより、かなり使い勝手が異なるようだ。(キーボード特殊キーの違いは表 3 の対応表を見ることで解決できる。)

#### 1.1 図形の構成

図形(パス)の構成は図 1 のように、アンカーポイント■、セグメントー、方向線(点●)の 3 つから構成されている。

### 2 すぐに使えそうな機能

私は、絵を描くことはどちらかと言えば苦手だ。それでも、必要な場合はコンピュータのソフトを使用することで何とか描けるのではないかという気がする。ここでは描画する上で使いそうな機能から羅列形式であげていこうと思う。

#### 2.1 対象画を手前で転がすような操作方法をみにつけたい

Illustrator には キーボードとマウスを組み合わせた操作方法があり、まずこれをマスターすることで使い易さを実現しているようだ。そこで用法の具体例を 表 1 にまとめた。

#### 2.2 キーボード操作で「ツールボックス」の作業を切り替える

タブレット PC 以外は実際に描画作業はマウスで行っている。そんな時「ツールボックス」の作業の切り替えをするとき、「ツールボックスパレット」にマウス作業をとられるのは少々鬱陶しい気がする。そんなときは、キーボード操作(表 4)で「ツールボックス」の作業を切り替えることにより、連続した作業を可能にすることができる。(IME(日本語入力)モードのときは使用できない)

## 2.3 ショートカットキーの利用

ここまでで、かなり作業が効率化されたが、さらにメニュー操作もショートカットキーを使って簡略化しようということで、表 2 にショートカットキーを使ったメニュー操作を示す。

## 2.4 「フィルタ」と「効果」の違いについて

「フィルタ」は対象オブジェクトの外見を一時的に変更するもので、変更後も元に戻せるが、「効果」は対象オブジェクト自体を変更するもので、変更後、元に戻せない。尚、「アピアランスパレット (Shift+F6)」を使用すると設定した「効果」の内容を修正できる。

## 2.5 その他の機能

Illustrator は多くの機能を持っており更に、機能を応用した新しい機能を創造することでいくらかでも「機能」を作り出すことができる。つまりいくらかでも「機能」があるといえる。ここではそれらの中からほんの一部をメニュー操作から逆引きにまとめたものを表 5 に示す。さらに詳しく機能を調べたい場合は参考文献等を参照いただきたい。それらの書籍には様々なものが紹介されている。

## 3 サンプル画像の製作

これまで調べてきた作画方法を元にサンプル画像を製作してみた。まず適当な写真をスキャナーで取り込み、これをテンプレートレイヤーとしてイラストを描く。テンプレート濃度は、50 % がデフォルトだが見にくいので濃度を下げることにした。こうして出来上がったものを図 2 に示す。図左の写真が文献 [2] から取り込んだサンプルで、中心がサンプルを元に作成したアウトライン画像、右が完成図にあたる。

## 4 終わりに

今回は、当研究室にたまたまあったソフトを使用した、「描画系ソフト」はフリーのソフトを含めその用途も多種多様であることを付け加えたい(表 6)。尚、入門的考察のため、「まず使ってみたい」、「これは必要」、又は「面白そう」だと思える機能のみをピックアップした。全ての機能及び詳細については参考文献又は Web 検索で参照願いたい。また、これらのソフトに熟達した多くの方々に対して、本考察における多少の説明不足をお詫び申し上げたい。ちなみに、Illustrator はプラグイン機能により 3 次元の CAD ファイルも取り込めるので、この機能を用いれば、更に高精細な表現も可能になる。

文献にもいろいろあるが 3 つに類別してみた。1 つは最初に読んだほうがいい入門的な文献 [10, 8] 次に、上級者用 (文献 [9, 11, 1])、これはかなりプロ指向で途中過程も省略されているが (こんなのが出来たらと思う)、調べていく上での励みになると思われる。最後は文献 [6, 7, 4, 5] のようにとりあえず手元に置いて使う「機能を調べるリファレンスの書」的なものがある。また、Illustrator に関する文献はざっと調べても 150 ほどありすべてとりあげることは不可能であるため代表的なものに留めた。

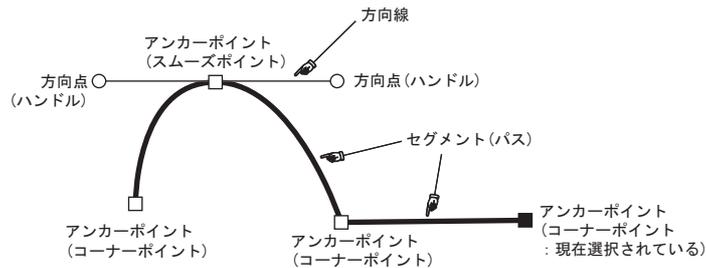


図 1: 図形 (パス) の構成

操作	キー	マウス操作
手のひら	スペース	ドラック
表示画面拡大	スペース+Ctrl	クリック
表示画面縮小	スペース+Ctrl+Alt	クリック
(ダイレクト) 選択	Ctrl (+Tab)	ドラック・クリック
水平・垂直移動/45度回転	Shift	ドラック
コピー	(Ctrl (選択) +)Alt	ドラック

表 1: キーボード+マウス操作

メニュー操作	ショートカットキー	メニュー操作	ショートカットキー
ファイル 新規	Ctrl+N	選択 すべて	Ctrl+A
ファイル 開く	Ctrl+O	選択 選択を解除	Ctrl+Shift+A
ファイル 閉じる	Ctrl+W	選択 再選択	Ctrl+6
ファイル 保存	Ctrl+S	選択 前面のオブジェクト	Ctrl+Alt+]
ファイル 別名で保存	Ctrl+Shift+S	選択 背面のオブジェクト	Ctrl+Alt+[
ファイル 複製を保存	Ctrl+Alt+S	フィルタ 前回のフィルタを適用	Ctrl+E
ファイル 復帰	F12	フィルタ 前回のフィルタ	Ctrl+Alt+E
ファイル 書類設定	Ctrl+Alt+P	効果 前回の効果を適用	Ctrl+Shift+E
ファイル プリント	Ctrl+P	効果 前回の効果	Ctrl+Shift+Alt+E
ファイル 終了	Ctrl+Q	画面 プレビュー アウトライン	Ctrl+Y
編集 取り消し	Ctrl+Z	画面 オーバープリントプレビュー	Ctrl+Shift+Alt+Y
編集 やり直し	Ctrl+Shift+Z	画面 ビクセルプレビュー	Ctrl+Alt+Y
編集 カット	Ctrl+X	画面 ズームイン	Ctrl+ +
編集 コピー	Ctrl+C	画面 ズームアウト	Ctrl+ -
編集 ペースト	Ctrl+V	画面 全体表示	Ctrl+0
編集 前面へペースト	Ctrl+F	画面 実寸表示	Ctrl+1
編集 背面へペースト	Ctrl+B	画面 境界線を表示 隠す	Ctrl+H
編集 キーボードショートカット	Ctrl+Shift+Alt+K	画面 テンプレートを表示 隠す	Ctrl+Shift+W
編集 環境設定 一般	Ctrl+K	画面 定規を表示 隠す	Ctrl+R
オブジェクト 変形 変形の繰り返し	Ctrl+D	画面 ハウンディングボックスを表示 隠す	Ctrl+Shift+B
オブジェクト 変形 移動	Ctrl+Shift+M	画面 透視グリッドを表示 隠す	Ctrl+Shift+D
オブジェクト 変形 個別に変形	Ctrl+Alt+D	画面 カイド ガイドを表示 隠す	Ctrl+;
オブジェクト アレンジ 最前面へ	Ctrl+Shift+]	画面 ガイド ガイドをロック	Ctrl+Alt+;
オブジェクト アレンジ 前面へ	Ctrl+]	画面 ガイドを作成	Ctrl+5
オブジェクト アレンジ 背面へ	Ctrl+[	画面 ガイド ガイドを解除	Ctrl+Alt+5
オブジェクト アレンジ 最背面へ	Ctrl+Shift+[	画面 スマートガイド	Ctrl+U
オブジェクト グループ	Ctrl+G	画面 グリッドを表示 隠す	Ctrl+¥
オブジェクト グループ解除	Ctrl+Shift+G	画面 グリッドにスナップ	Ctrl+Shift+¥
オブジェクト ロック 選択	Ctrl+2	画面 ポイントにスナップ	Ctrl+Alt+¥
オブジェクト すべてをロック解除	Ctrl+Alt+2	ウインドウ アピランスを表示 隠す	Shift+F6
オブジェクト 隠す 選択	Ctrl+3	ウインドウ 情報を表示 隠す	F8
オブジェクト すべてを表示	Ctrl+Alt+3	ウインドウ カラーを表示 隠す	F6
オブジェクト パス 連結	Ctrl+J	ウインドウ 属性を表示 隠す	F11
オブジェクト パス 平均	Ctrl+Alt+J	ウインドウ 透明を表示 隠す	Shift+F10
オブジェクト ブレンド 作成	Ctrl+Alt+B	ウインドウ 線種を表示 隠す	F10
オブジェクト ブレンド 解除	Ctrl+Shift+Alt+B	ウインドウ グラデーションを表示 隠す	F9
オブジェクト クリッピングマスク 作成	Ctrl+7	ウインドウ スタイルを表示 隠す	Shift+F5
オブジェクト クリッピングマスク 解除	Ctrl+Alt+7	ウインドウ ブラシを表示 隠す	F5
オブジェクト 複合パス 作成	Ctrl+8	ウインドウ レイヤーを表示 隠す	F7
オブジェクト 複合パス 解除	Ctrl+Alt+8	ウインドウ 変形を表示 隠す	Shift+F8
文字 段落設定	Ctrl+Alt+T	ウインドウ 整列を表示 隠す	Shift+F7
文字 文字設定	Ctrl+T	ウインドウ パスファインダを表示 隠す	Shift+F9
文字 タブLERラ	Ctrl+Shift+T	ヘルプ	F1

表 2: ショートカットキーによるメニューコマンド操作 (Ver.9 用)

CS バージョンにおいては文献 [1] の 28,50 ページを参照願う。

Macintosh	Option	Command(Apple Key) ⌘	Shift	Tab
Windows	Alt	Ctrl	Shift	Tab

表 3: Mac 対応特殊キー

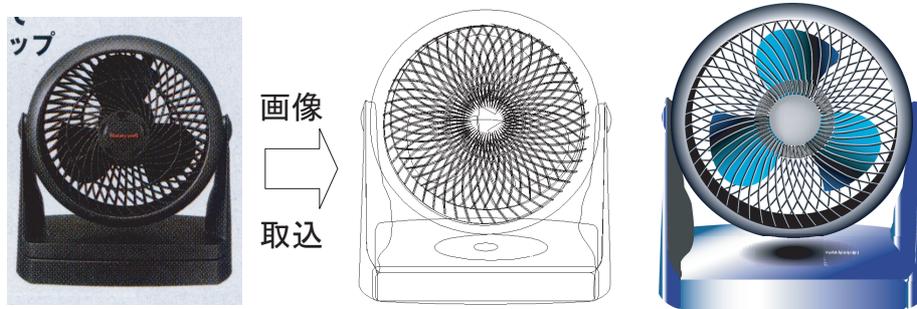


図 2: サンプル画像

キー	名称	用途 (使用方)
Q	なげなわのダイレクト選択ツール	[Alt]:選択解除 (-) [Shift]:追加選択 (+)
W	ブレンドツール	立体加工、アニメーション用中間図形の形成
E	自由変形ツール	ドラッグして変形し始めてから [キー] を押す [Ctrl]:1点移動変形 [Ctrl]+[Alt]:対角点(2点)移動変形 [Alt]:中心点(1点)拡大・縮小 [Shift]:対角終点(1点)拡大・縮小 [Ctrl]+[Alt]+[Shift]:縦・横台形点(2点)移動変形
R	回転ツール	回転加工の中心点を選択、+[Alt]:メニューを表示
T	文字ツール	[Shift]:縦書き
Y	なげなわ選択ツール	[Alt]:選択解除 (-) [Shift]:追加選択 (+)
U	グラデーションメッシュツール	クリックした所にメッシュ線をひく
I	スポイトツール	[Alt]:塗りつぶしツール
O	リフレクトツール	クリック:中心点を決定、クリック:実行
P	ペンツール	[Alt]:アンカーポイント切替ツール
A	ダイレクト選択ツール	[Alt]:グループ選択ツール
S	拡大・縮小ツール	クリック:中心点を決定、ドラッグ:実行、+[Alt]:メニューを表示
D		
F	スクリーンモード切替	標準 メニューバーのみ フルスクリーン
G	グラデーションツール	ドラッグ:グラデーションの角度、大きさを決める
H	手のひらツール	手のひらで絵を見たい位置に動かす
J	棒グラフツール	棒グラフツールを作成
K	塗りつぶしツール	[Alt]:スポイトツール
L	楕円形ツール	[Alt]+ドラッグ:半径、ドラッグ:直径、クリック:メニュー表示
Z	ズームツール	[Alt]+クリック:ズームアウト (-) クリック:ズームイン (+)
X	塗り □・線切替 □	中塗り・外枠線の属性を切替
C	はさみツール	クリック:始点を決定、クリック:終点を決・定実行 [Alt]:ペンツール
V	選択ツール	ドラッグしてできる長方形に触れた図形を全て選択
B	ブラシツール	[Alt]:スムーズツール
N	鉛筆ツール	[Alt]:スムーズツール
M	長方形ツール	[Alt]+ドラッグ:半径、ドラッグ:直径、クリック:メニュー表示
<	カラー	
>	グラデーション	塗り属性変更
/	塗りつぶしなし □	

表 4: キーボードによるツールの切替 (キーボード配列順)

加工・変更・目的	操作方法
ペンツール：折れ線を描く	ペンツール クリック、クリック、クリック.....
ペンツール：曲線を描く	ペンツール ドラッグ、ドラッグ、ドラッグ.....
ペンツール：折れ線 曲線	ペンツール クリック、クリック、ドラッグ + [Alt] + ドラッグ、ドラッグ
ペンツール：曲線 折れ線	ペンツール ドラッグ、ドラッグ、クリック、クリック
ペンツール：曲線 (角) 曲線	ペンツール ドラッグ、ドラッグ + [Alt] + ドラッグ、ドラッグ
頂点を曲線 折れ線へ変更	ペンツール：アンカーポイント切り替えツール (ペンツール + [Alt]) でアンカーポイント上をクリック
パス上のポイントを追加・削除	ペンツール：アンカーポイント削除・追加ツール (ペンツール) でアンカーポイント上をクリック
連結 (カット等をしてあいている部分をつなぐ (自動 (直線) 連結))	つなぎたい 2 点を選択 (ダイレクト選択ツール) [オブジェクト] [パス] [連結 (Ctrl+J)] 曲線・折れ線で連結するときはペンツールでつなげてゆく
ツールボックスの隠れツールを切替	ツールボックスのボタンを数秒間クリック
色 (塗りつぶし) 画面 線画表示切替	画面 プレビュー アウトライン (Ctrl+Y)
色 (塗りつぶし) 画面・線画同時表示	ウインドウ 新規ウインドウ ウインドウ 並べて表示 プレビュー アウトライン (Ctrl+Y) 切替
不要な孤立点を消去	編集 選択 孤立点
不要なパスを消去	オブジェクト パス パスの削除
曲線に幅をもたせる	オブジェクト パス パスのオフセット
線をアウトラインオブジェクトに変換	オブジェクト パス パスのアウトライン
文字をアウトラインオブジェクトに変換	文字 アウトラインを作成 (Ctrl+Shift+O)
2 つの図 (オブジェクト・グループ) の重なっていないところを隠す機能 (画面くりぬき像を作成)	オブジェクト クリッピングマスク 作成 (Ctrl+7)
2 つの画面の合成、分割/合流/切り抜き	ウインドウ パスファインダを表示 (Shift+F9) パレットから各機能をクリック
ブラシ：新規パターンブラシの作成	始点、終点、角右、角左、中間点：5 画像を作成しスウォッチ (= スクリプト) にあらかじめ新規登録する ブラシパレットの新規作成アイコン  をクリック メニューより「新規パターンブラシの作成を選択」 スウォッチからあらかじめ作成した 5 つのパターンを登録
レイヤーごとに表示・非表示切替	レイヤー項左のアイコン  または  をクリック
レイヤーごとにプレビュー アウトライン表示切替	レイヤー項左のアイコン  または  を [Ctrl] + クリック
レイヤーごとにロック	 アイコン右となりの空白枠 をクリックし  アイコンを表示させる
新規レイヤーの作成	レイヤーパレット右上  アイコンをクリック、メニューの「新規レイヤーの作成」をクリックすると現在選択されたレイヤーの上に新規に作成
レイヤー属性の変更	レイヤー項をダブルクリック または  アイコンをクリック、メニューの「レイヤー」のオプションをクリック
テンプレート画像の取り込み	ファイル 配置 レイヤー属性の変更：変更したいレイヤー名をダブルクリック  テンプレート、  配置画像の表示濃度：50 % または  のメニューから「レイヤー」を選択 レイヤーパレットのレイヤー項左のアイコン  が  に変わる
ブレンドツールで作成した連続 1 画像を複数画像のレイヤーに分配	レイヤー項を選択して  のメニューから「レイヤーに分配」を選択 (Flash (SWF) 形式で保存すると動画になる)
角を丸くする	フィルタ スタイライズ 角を丸くする
影を付ける	フィルタ スタイライズ ドロップシャドウ
ブレンドツールによるグラデーションの作成	オブジェクト ブレンド ブレンドオプション 「スムーズカラー」にセット (色の段差を小さくする) 枠線なしで本図形と光沢部分を描く ブレンドツール 本図形 光沢部 と、順にクリック 複雑な図形に適応するとは処理が遅くなるのでおすすめできない
境界をぼかす (影付け)	ブレンドツールを使用して陰影をつくる 透化パレットにて 通常 乗算 に変更する
グラデーションの色設定	オブジェクトパレット「始点カラーボタン」  をクリック カラーパレットの左にある  マークをクリックして、表示モードを「グレイスケール」から「CMYK」へ変更して、色を指定 グラデーションの、「終点カラーボタン」  をクリック と同様にしてカラーパレットで色を指定
グラデーションの調節	 上の帯の上のアイコン  を左右に動かす  を左右に動かす
グラデーションの中間点の増設	 から  間のバーをクリックすることでいくらでも中間点  を追加できる
グラデーションの中間点の削除	中間点の  を右奥か左奥に押し込む (デフォルトは  アイコンが 1 つある状態)
グラデーションメッシュの色設定	オブジェクト グラデーションメッシュを作成 またはパレットツールのグラデーションメッシュツールでパスをクリックしてメッシュをはる ダイレクト選択ツールで交差部分をクリック (選択) して色を選定し適当なグラデーションをかける
ハッチ効果 (表面にザラザラとした質感のある模様を作る)	フィルタ インクペン ハッチ効果
ガラスのような透明感のある発色	透明パレット [ウインドウ] [透明を表示] [通常] モードで不透明度：0 (完全表示) ~ 100% (隠れる) を変化させる
ガイドラインの作成	画面 定規を表示 (Ctrl+R) 定規のメモリ上からドラックしてもってくる (Ctrl+R) R=Ruler [画面] [スマートガイド (Ctrl+U)] を使用すると選択画面ピッタリにガイド線をひける
ガイドラインの移動・削除	ガイドロックの解除 画面 ガイド ガイドのロック (Ctrl+Alt+;) してドラッグ (移動) 又はドロップ + [Delete] (削除)
図形のアウトライン外側に沿って文字を表示	ツールボックスの文字ツールボタンをクリック (数秒間) 文字ツール パス上文字ツール へ変更して選択したパス上に文字を入れる。
文字設定 (文字パレットでフォントの大きさ・種類等を変更)	[文字] [文字設定 (Ctrl+T)] 「文字設定」の  または  をクリックして全ての詳細項目を表示
線種 (線幅) を変える	線種パレット 線幅: pt 数値を変更
線を点線・破線にする	線種パレット「  破線」 間隔値をそれぞれに入力
線を矢印にする	フィルタ スタイライズ 矢印にする
色々なファイル形式で保存	ファイル データ書き出し
色々なファイル形式で読み込み	ファイル 配置
EPS Clip ファイルの保存	ファイル 保存 (Ctrl+S) 又はファイル 別名で保存 (Ctrl+Shift+S) [ファイルの種類]: (*.AI) (*.EPS) に変更

表 5: 機能別逆引きによる操作方法

ソフトの名前	コメント
ペイント	Windows 付属のユーティリティソフト (意外と奥が深い)
CorelDRAW12	以前は別売だった「PHOTO-PAINT」も同梱された
ComicStudio	漫画もかけるお絵かきソフト
	フリーソフトの使用は商用版と違いリスクを伴います。
	使用は注意して自己責任のもとで行ってください。
Pixia	<a href="http://homepage2.nifty.com/~maru_tacmi/">http://homepage2.nifty.com/~maru_tacmi/</a>
GIMP for Win32	<a href="http://www.geocities.jp/gimproject/gimp2.0.html">http://www.geocities.jp/gimproject/gimp2.0.html</a>
Hyper-Paint	<a href="http://www10.plala.or.jp/kiriman/">http://www10.plala.or.jp/kiriman/</a>
JTrim	<a href="http://www.woodybells.com/">http://www.woodybells.com/</a>
LitePaint	<a href="http://homepage2.nifty.com/ais/">http://homepage2.nifty.com/ais/</a>
PictBearSE	<a href="http://sleipnir.pos.to/software/pbse/">http://sleipnir.pos.to/software/pbse/</a>
SUPER KiD FE	<a href="http://members.at.infoseek.co.jp/belltree/zeitlib/#free-spkidfe">http://members.at.infoseek.co.jp/belltree/zeitlib/#free-spkidfe</a>
アスキージャスティス	<a href="http://www.vector.co.jp/soft/win95/art/se226972.html">http://www.vector.co.jp/soft/win95/art/se226972.html</a>

表 6: 「描画系ソフト」いろいろ

## 参考文献

- [1] プロとして恥ずかしくない Illustrator の大原則. エムディエヌコーポレーション, 2005.
- [2] UNIV.COOP カタログショッピング. 大学生協, 2006.6.
- [3] Adobe Systems. Adobe Illustrator CS2. <http://www.adobe.com/jp/products/illustrator/>, 2006.
- [4] BABO アートワークス. 速効!図解 Illustrator10 Windows 版. 毎日コミュニケーションズ, 2002.
- [5] C & R 研究所. Illustrator 実践技&ウラ技大全 アツと驚く達人の技. ナツメ社, 2002.11.
- [6] MUSICA. Illustrator 9 パーフェクトマスター For Windows. 秀和, 2000.11.22.
- [7] 大西すみこ. はじめての Illustrator10 for Windows. 秀和システム, 2002.04.
- [8] 吉岡ゆかり. 一週間でマスターする Adobe Illustrator 7.0J For Win. 毎日コミュニケーションズ, 1997.
- [9] 宮本幸男. Adobe Illustrator 9.0 スーパーガイド For Windows. 秀和システム, 2000.11.
- [10] 森本訓子. Illustrator7.0J -Mac & Win 両・対・応 図解サルにもわかる. ジャパン・ミックス, 1997.
- [11] 茂木葉子. イラストレーター 1 年生-プロになる前に知っておきたい!仕事の中身と進め方-. ワークスコーポレーション, 2004.

## 24 CVS を利用した共同管理

計数工学科 瀬原貴史

### 1. はじめに

様々な情報がコンピュータネットワークを通して管理されている。そのような情報を、複数人で日常的に更新していく場合には、変更履歴や進行状況を共有し、更新内容の競合(コンフリクト)を防ぐなどの適切な手段をとらなければならない。そうした際に役に立つ CVS を利用した共同管理について、ネットワークサーバの設定を例に述べたいと思う。

### 2. バージョン管理システム CVS の概要

CVS(Concurrent Versions System)とは、バージョン管理システムの1つであり、ファイルの変更履歴を保持し、以前のバージョンのファイルを取り出すことや、作業者間でプロジェクトの進行を把握し、作業の調整を行うことが出来る。詳細は省くが、作業の最初に、ファイルのバージョン情報が保管されたリポジトリ(貯蔵庫)から作業用コピーを取得

(checkout)する。その後、作業用コピーのファイルを編集し、必要ならファイルの追加(add)や削除(remove)をしてから、それらの変更をリポジトリへ登録(commit)する。次に作業を再開する場合には、他の管理者の作業用コピーから登録された変更を反映(update)させてから行う必要がある。日常的な流れとしては、図1のように (update) (編集,add,remove) (commit) となる。

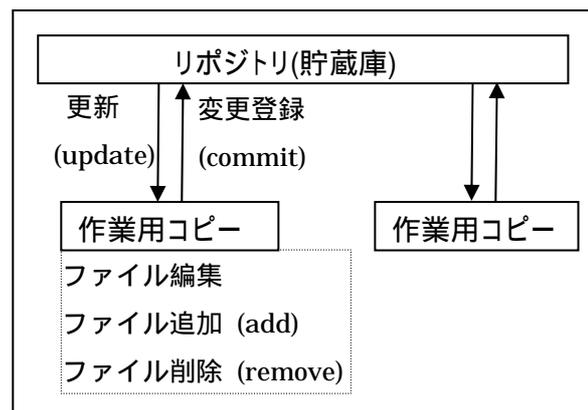


図1：日常的な作業の流れ

### 3. サーバ設定への利用例

DNS サーバなどの設定ファイルを CVS で共同管理することで、競合することなく各管理者が必要な設定変更を直ちに反映させることが出来る。

メール通知：

変更を登録した際に、変更された差分情報やメッセージ、作業を行ったファイルや管理者などを他の全ての管理者に自動的にメールで通知されるようにすることで、更新内容を共有することが可能である。図2の例では、ホスト aaa の IP アドレス変更とホスト bbb の追加が行われたことが分かる。

-aaa	IN	A	192.168.123.45
+aaa	IN	A	192.168.123.46
+bbb	IN	A	192.168.123.47

図2：変更内容の通知例 (DNS 正引き)

履歴管理：

差分(diff),状態(status),更新履歴(log)などのファイル情報を各コマンドで確認出来る。設定を変更

した後、サーバが正常に動作しなくなったときには、以前のリビジョンに戻すことが可能である(update r リビジョン番号)。その場合、Sticky Tag を外してからコミットする必要がある。

競合(コンフリクト) :

CVS の特徴として、他の管理者が作業中でもロックされることなく同時に更新作業を行うことが出来るが、他の管理者と変更箇所が重なって自動的にマージ(結合)できない場合、コミットは失敗する。その後 update コマンドを実行すると画面上には「C」と表示され、ファイル内の該当する箇所には図3のようなマークの中に 2 つのリビジョンの内容が記述されるので、必要なら他の管理者と調整し、手動でマージする必要がある。

```
<<<<<<< ファイル名
作業用コピーの内容
=====
リポジトリの内容
>>>>>>> リビジョン番号
```

図3:コンフリクトのマーク

監視 :

ファイルが他の管理者によって編集されていることを事前に知りたい場合、watch, edit, unedit などのコマンドを使って、ファイルの変更状況を監視するような運用方法にすることが出来る。

分岐(ブランチ) :

ネットワークの移行などに伴うリナンバリングの際には、移行後の設定をブランチに分けておき(tag -b), 移行時にマージする(update -j)といった仕方です、DNS の移行をまとめて行うことも出来る。

#### 4. おわりに

バージョン管理システム CVS の履歴管理やコンフリクトを防ぐ仕組みを利用し、複数の管理者でネットワークサーバの設定を共同管理する方法について確認することが出来た。そうした機能を使って、ソフトウェア開発や WEB コンテンツの管理など、複数人で行う様々な共同作業に利用することが出来る。

今回の例のように、稼働しているシステムを CVS で共同管理をすることが出来るが、他の管理者の確認無しに変更可能になるので、作業ミス事前に防いだり、不具合が生じた際でも他に及ぼす影響が最小限になるような仕組みが求められ、利便性と安全性のバランスを考慮する必要がある。

なお、この報告の一部は OJT で行ったものである。

参考文献, Web

- ・ 実用 CVS, オライリー・ジャパン
- ・ CVS デスクトップリファレンス, オライリー・ジャパン
- ・ 入門 CVS, 秀和システム
- ・ CVS 1.11.17 日本語マニュアル  
([http://www.sodan.org/%7Epenny/vc/cvs-ja.html#SEC\\_Top](http://www.sodan.org/%7Epenny/vc/cvs-ja.html#SEC_Top))
- ・ バージョン管理システム CVS を使う (<http://radiofly.to/nishi/cvs/>)
- ・ The CVS Book 日本語訳 (<http://kahori.com/j-cvsbook/>)

## 25 APD を用いた高速中性子検出器

システム量子 細野 米市  
原子力専攻 尾亦 孝男

### 1. はじめに

アバランシェフォトダイオード(以下 APD と略)は、増幅機能を持つ高速、高感度なフォトダイオードであり、微弱光の検出に適している。APD は、光電子増倍管と異なり、磁場の影響を受けない、バイアス電圧が比較的低い、小型軽量と言う特徴を有する。そのため、この特徴を生かした高速中性子検出器を作る観点から、APD (窓無しタイプ)とポリエチレンラジエータを組み合わせた高速中性子検出器の試作・開発を行った。

### 2. 実験および結果

APD を用いた速中性子検出器の概要を第 1 図に示す。実験に使用した APD (浜ホトニクス S8664-55) は、受光面積が  $5 \times 5 \text{ mm}^2$ 、増幅率 50 倍(逆バイアス電圧 370V 時)であった。逆バイアス電圧は、370V(空乏層約  $10 \mu\text{m}$ )で用いた。この時の測定系の等価雑音電荷(FWHM)は、 $4 \times 10^{-15}(\text{c})$  であった。

実験には、0.5mm 厚のポリエチレンラジエータを用いた。同ラジエータに高速中性子が入射すると、ポリエチレンラジエータ中で弾性散乱して、陽子をはじき飛ばすことになる。入射高速中性子数に対して、ポリエチレンからはじき出される陽子数は、 $10^{-4}$  のオーダーである。

通常 APD は、受光面を保護する目的で厚さ約 1.3mm のエポキシ樹脂の窓がついているが、本実験では、窓無しタイプを用いた。その理由は、ポリエチレンラジエータから発生した陽子を APD の空乏層へ直接入射させるためである。もし、保護用の樹脂があった場合、発生した陽子がそこで止まり、空乏層に到達しないことになる。APD の空乏層の厚みは、トータルで  $45 \mu\text{m}$  程度となっており、表面側  $8\sim 10 \mu\text{m}$  程度が発生したキャリアをアバランシェ増幅し、それよりも深い位置で発生したキャリアは、増幅されない構造となっている。

第 2 図に東海村原子力専攻に設置してある重照射施設 (HIT) を用いた実験結果を示す。実験は、バンデグラフ加速器から発生する 4.15 MeV 単色中性子を用いて行った。この時、加速器の加速電圧は 1 MV でビーム電流は  $1 \sim 3 \mu\text{A}$  であった。同図(a)は、APD の前にポリエチレンラジエータを付けた時の測定スペクトルであり、同図(b)はポリエチレンラジエータを付けない場合のものである。同図横軸は Channel と表示されているが、入射陽子のエネルギー を表しており、縦軸は個数を表している。(a)と(b)の比較から検出器は、弾性散乱による陽子を捕まえている様子がよくわかる。

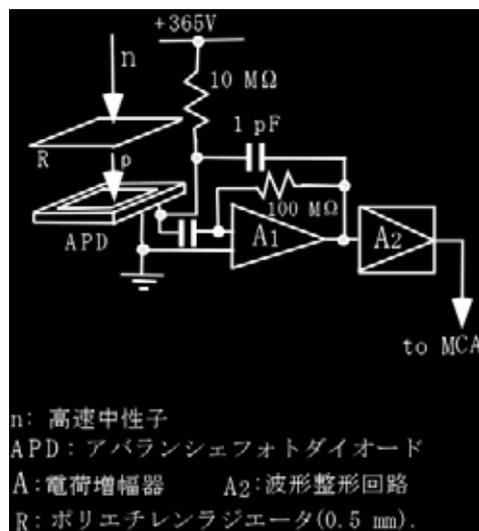
第 3 図に高速中性子炉「弥生」のファーストカラムから漏洩する高速中性子を用いた実験結果を示す。第 2 図と同様にポリエチレンラジエータがある時と無い場合の測定スペクトルを示している。この結果も上述したように良好な結果と言える。

第 4 図に原子炉出力を最大定格 2 KW まで変化させた場合の測定結果を示す。上部直線は

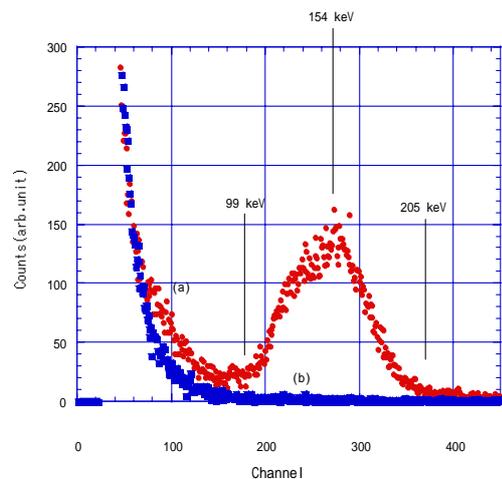
ポリエチレンラジエータがある場合で、下部は無い場合である。縦軸は、第 3 図でピークとなっている部分を積分した値である。実験結果は、良好な直線性を示している。

### 3. まとめ

4.15MeV 単色高速中性子および原子炉「弥生」から漏洩する高速中性子を用いて実験を行った結果、APD を用いた高速中性子検出器は、有効な検出器となることが明らかになった。本実験は、工学系研究科個別研修 OJT を用いて行った。

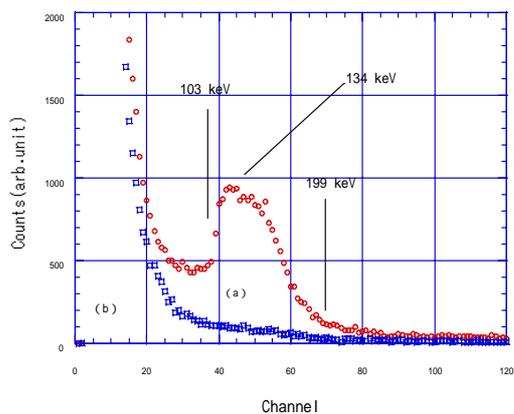


第 1 図 高速中性子検出器の概要



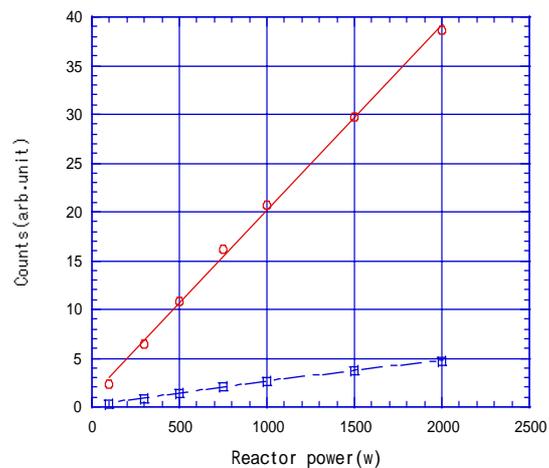
(a) ポリエチレンラジエータ有り  
(b) ポリエチレンラジエータ無し

第 2 図 4.15MeV 高速中性子の測定結果



(a) ポリエチレンラジエータ有り(0.5 mm)  
(b) ポリエチレンラジエータ無し

第 3 図 原子炉からの漏洩中性子測定結果



第 4 図 計数率 Vs 原子炉出力

## 26 セメント系コロイドの SEM 観察

工学系システム量子工学専攻 佐藤留美

「はじめに」

放射性廃棄物処分の L1 埋施設人工バリア内で生成するコロイドの影響について調べるために、コロイドの存在する状態を形成し試験を行うことにした。コロイドの厳密な挙動ではなく、コロイドの影響は悪い方向に働かないとの知見を得ることを目的としている。今回の実験では出来たコロイドの形状・大きさ・性質を調べるために pH の測定、フィルターを用いた分画法による元素分布評価、SEM 観察などを行った。ここでは SEM 観察の結果について報告する。

「本論」

実験 L1 埋施設人工バリア内において、TRU(超ウラン元素)核種自身は過飽和の状態ではないのでコロイド化しないと考えられる。したがって人工バリア内で形成したコロイドに吸着した核種の挙動が検討対象となる。

実験方法

1. 人工バリア内では、セメント材料であるモルタルや、セメント構成成分の CSH ゲルと地下水の接触によりコロイドが形成されると考えられるので、以下の手順でコロイドを作成した。

アルゴン雰囲気下のグローブボックス内で、コロイドを作成するために 3 種類 (A,B,C) の浸漬溶液を作った。

A: 模擬地下水に粗く粉砕した標準モルタルを浸漬

B: 模擬地下水に CSH ゲルを浸漬

C: 模擬地下水にベントナイトと粗く粉砕した標準モルタルを浸漬

各溶液はアルゴン雰囲気下で 1.5 ヶ月静置した。

2. どのようなコロイドが形成されたのかを調べるために、SEM 観察を行った。手順は以下の通りである。

試料の液相部分をシリンジで採取した。

孔径 0.1  $\mu\text{m}$  の親水性 PTFE タイプメンブレンフィルターを濾過器にセットして、採取した液相 0.8ml を濾過した。その後、フィルター上に残った塩類を除去するために、エタノー

ル 2 ml を通した。

フィルターを濾過器から取り外し、数日間乾燥させることで、濾過残渣が付着しているフィルターを作成した。

以下の作業はグローブボックスから取り出し大気中で行った。

各フィルターにイオンコーターを用いて 1 分間金蒸着をした。蒸着後、両面カーボンテープを用いて試料台に固定した。試料台周辺とフィルターを銀ペーストで接着し、導電性が十分取れるようにした。このような処理をしたフィルターを 12 号館別館の SEM 装置にセットして、濾過残渣の形状・大きさなどを観察した。

## 結果

各試料ともコロイドと考えられる粒子を観察することができた。SEM で得られた結果を Fig-1 ~ 3 に示す。試料 A と試料 C は丸い粒子やキューブ状の粒子が観察できた。試料 B はキューブ状の粒子が観察できた。また全ての試料において、小さな粒子がくっついて形成したと考えられる大きな塊が見られた。大きな塊の直径は試料 A で約 7~10 $\mu$ m、試料 B で約 2.0 $\mu$ m、試料 C で約 8.6 $\mu$ m であった。試料 B と試料 A および C は、大きさや粒子の形状に違いが見られた。浸漬した物質の違いによるものと考えられるが、並行して行っている分画法による元素分析の結果と組み合わせることで、CSH やモルタルから放出される粒子のサイズや構成元素に関する情報が得られると考えている。



Fig-1 試料 A の SEM 写真  
撮影条件 25kV, 3600 倍

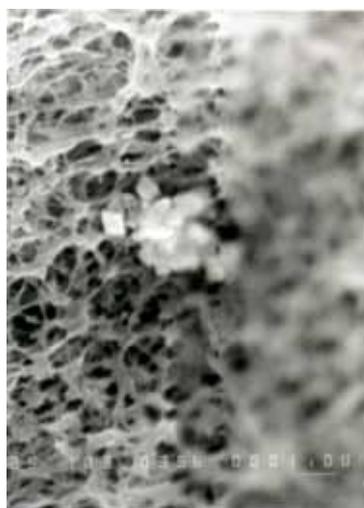


Fig-2 試料 B の SEM 写真  
撮影条件 25kV, 1000 倍

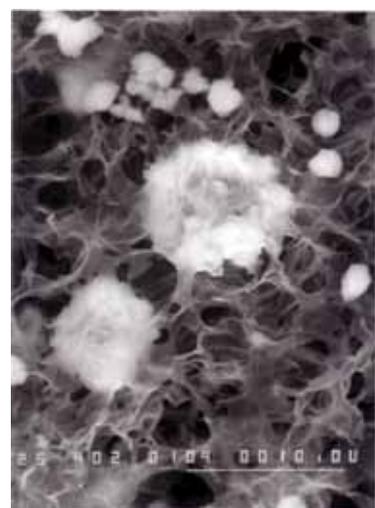


Fig-3 試料 C の SEM 写真  
撮影条件 25kV, 1600 倍

「おわりに」

各試料において、SEM を用いてコロイドと考えられる粒子の観察をすることができた。

## 27 LDAP を利用した Web 上のユーザ認証システム構築

地球システム工学専攻 玉田康二

### 1 . はじめに

Web では、目的・使用条件・環境等により色々な認証システム（BASIC 認証等）が利用されているが、今回は LDAP を使用したユーザ認証システム構築を紹介する。なお、システム構築は情報システム室からの業務依頼によるもので、工学系研究科情報ポータルサイトのユーザ認証への適用を目的としており、現在までにテスト機での構築と機能確認を完了している。今後、情報システム室による本機への移行、負荷テスト、情報ポータルサイト以外のシステムとの連動が予定されている。LDAP の導入によりポータルサイトのみならず他のシステムとの認証一元化が実現し、利用者にとって ID パスワードの管理に関する利便性向上が期待できる。

### 2 . LDAP ( Lightweight Directory Access Protocol ) とは

LDAP とは特定のキーに関連した情報をディレクトリから効率よく取り出す仕組みである。例えば職員番号から教職員の氏名、所属、内線、mail アドレス等やパスワードを取り出すことができる。これらの情報を LDAP サーバを使って一元管理を行い、各種システムで検索・認証に共用すればユーザ側としては大変便利な筈であるし、管理側もユーザ情報管理・保全対策が楽になる。LDAP は各種サーバ群（SQL、Apache、Samba 等）とも連携がとれようになっており、企業などでは社員情報検索やポータルサイトの社員認証システム等のディレクトリサービスに利用頻度が高く注目されている。

### 3 . 構成説明

今回構築した認証システムは簡単に示すと図 1 の通りである。User が Web 認証ページにアクセスをして ID・パスワードを入力すると認証ページから LDAP サーバに正否の問い合わせを行う。なお、ID とパスワードがネット上で盗み見されないように全ての通信経路は SSL を利用して暗号化する。認証ページにはキャッシュ機能を持たせている。キャッシュ機能は認証情報を一定時間保持する。この機能が無いと認証ページにアクセスする都度 LDAP に正否を問い合わせをして余計な負荷が掛かってしまう。

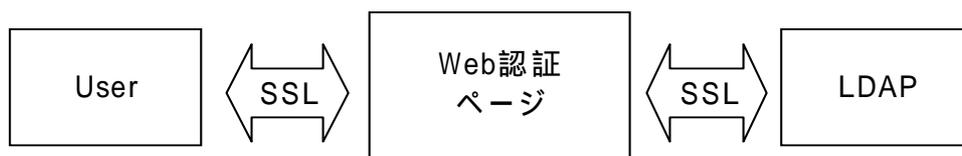


図 1 構成例

#### 4 . 構築例

図 1 の構成を構築するにあたり、使用する OS、ソフトウェアの組合せは多数あるが著者が選択した組合せは表 1 の通りである。基本的には Unix 系 OS をベースに全て

表 1 OS とソフトウェア構成

OS	FreeBSD
LDAP	OpenLDAP
SSL	OpenSSL
Web	Apache

フリーパッケージを選択して構築をしている。OS には FreeBSD、LDAP には OpenLDAP、SSL には OpenSSL、Web には Apache を使用している。もちろん Windows、Linux 環境を選択しても構築は可能であるが、今回は上記の組合せで説明する。OS である FreeBSD のインストール方法は省略する。書籍など情報は多数存在するのでそれを参考

にして欲しい。著者はセキュリティを優先して最低限必要な物だけをインストールしている。OS 同様に OpenSSL、OpenLDAP、Apache に関しても書籍・情報など多数存在するのでインストール方法は省略する、構築上重要だと思われる部分に関しては記述しておく。まず重要なのがインストールの順番である。これらは連携に伴う依存関係が存在するので経験上、下記の順番が安心かと思われる。

OpenSSL      OpenLDAP      Apache

また、セキュリティ問題等あるので最新のバージョンを使用するよう心掛けて欲しい。実は FreeBSD をインストールする時、これらソフトウェアも同時に入れることが出来るがバージョンが最新版である可能性はあまり無く、すぐにバージョンアップをする事になると思う。これが FreeBSD をインストールする時、最低限必要な物だけを入れる理由の一つである。それと FreeBSD には Ports というソフトウェアの最新版を追跡してインストール出来る機能が有る。基本的には Ports を利用してインストールする事になると思うが、もちろん、ソースからインストールを行っても問題は無い。

##### 4 . 1 OpenSSL のインストールと設定

OpenSSL は通信経路の暗号化を行うのに必須であり、これが無いと暗号化対応の LDAP、Web サーバが構築出来ない。最新版を Ports 又はソースからインストールして使用する。とくに連携に関する設定ファイルは無い。OpenSSL のファイルが存在する事が重要であり、通信経路を暗号化する為の電子証明書を作成するのに必要である。

##### 4 . 2 OpenLDAP のインストールと設定

OpenLDAP も最新版を Ports 又はソースからインストールして使用する。設定するファイ

ルは主に以下の 2 つである。

ldap.conf      User が LDAP を参照する時に必要な設定ファイル  
slapd.conf     LDAP の設定ファイル

#### 4.3 Apache のインストールと設定

Apache のインストールはソースから行う。LDAP と連携した Web サーバを構築する場合は Ports からだと困難だと思われる。理由は LDAP 用認証・キャッシュモジュールを入れる場合、必ず Config スクリプトで Openldap、OpenSSL の依存関係情報を入力する必要がある。Config スクリプトで ALL を選択しても絶対に入れる事が出来ない特殊モジュールである為、著者は Ports から同じ事を試みたが出来なかった。設定ファイルは主に以下の 2 つである。

httpd.conf     Web サーバの設定ファイル。  
ssl.conf       暗号化された Web サーバの設定ファイル。

#### 4.4 動作確認

上記設定が完了したら暗号化通信・ユーザ認証・キャッシュが機能しているか動作確認を行う。下記に動作確認時の図をいくつか示し説明する。

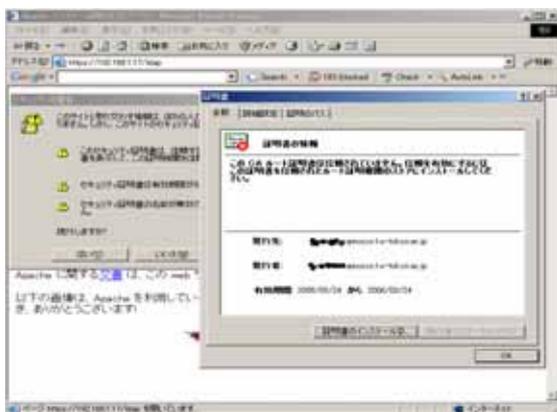


図 2 動作確認 1



図 3 動作確認 2



図 4 動作確認 3

図 2 は認証ページに暗号化通信を使用してアクセスを行うかユーザに対して問い合わせをしている画面

図 3 はユーザ認証ページにログイン出来た画面

図 4 はキャッシュ機能の動作確認画面

図 3、図 4 は暗号化通信が出来ているので鍵マークが付いている。

## 5 . おわりに

システムに使用するマシンの性能であるが、扱うデータ量も大事だが、暗号化通信を行う場合は一般的に CPU 負荷は暗号化通信を行わない場合に比べ約 100 倍近く違うと言われてるので、それ相応のマシンを用意する必要がある。また、LDAP システムを構築するのにあたって一番苦労したのが情報不足ある。比較的まだ新しいシステムなのか、インストール自体は出来るのだが他のシステム連携などの設定に関する書籍、Web 情報はあまり無く、試行錯誤の繰り返しであった。おかげで構築中に LDAP 本体情報と今テーマである Web 認証は勿論であるが、Unix 系 OS の基本操作向上（インストール、コマンド群操作、エディタ操作）過程として LDAP と連携する WebDAV・Samba・Sendmail 認証方法、PHP・HTML 言語を使っての LDAP インターフェイス作成及び SSL 通信関連知識等を得る事が出来た。注意しなければならない事は、重要な情報を扱うのでセキュリティに対する知識も身につけておく事が必要である。

ここではページの都合上、LDAP で扱うデータに関する仕組み、ユーザインターフェイスは省きました。各種設定等も大分省きましたが、現在詳細レポートを作成中であります。詳しい事が知りたい方は連絡を頂ければレポートの配布、相談に乗る事は可能であります。

最後に本報告を行うにあたり結果を根気良く待ち続け尚かつ適切なお助言を頂きました情報システム室の渡邊先生、山崎さん、職員の皆様には感謝いたします。

## 【参考文献】

稲地稔 : OpenLDAP 入門 技術評論社 (2003)

UnixUser 2002 1月号 ソフトバンクパブリッシング (2002)

## 28 岩石粉末試料の溶液化に伴う問題点とその解決法

地球システム工学専攻・森口恵美

### 1. はじめに

岩石試料中に含まれる微量元素の測定に多く用いられる装置に、誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) がある。ICP-MS とは、1980 年代に実用化された分析装置であり、高感度・多元素同時定量ができる特徴を持つことから、地質試料の分析など地球化学への応用が進んできている。

ICP で測定を行うには、岩石粉末試料を完全に溶液化できていることが大前提であり、少量の溶け残りあるいは新たに生成した沈殿物が分析に深刻な影響を及ぼす可能性がある。そこで、本研究では組成の異なる岩石を用い、溶液化する際の最適な分解条件を検証することを目的とした。

### 2. 実験手法

4.0 ml HNO<sub>3</sub> 2.5 ml 30N HF

2.0 ml 13N HNO<sub>3</sub>

1.5 ml 9N HClO<sub>4</sub> 本研究では、Geological Survey of Japan の推奨値が発表されている 2 種類の標準試料 (JG-1a: 安山岩, JB-3: 玄武岩) について、図 1 の酸分解条件で実験を行った。Method A には aqua regia (王水) を Method B には HNO<sub>3</sub> を加えた点が異なる。

分解容器は 25ml のスクリーカップ付テフロン容器を使用し、JB-1 を標準試料として横河アナリティカル社製 Agilent 7500c ICP-MS により分析を行った。分析対象元素は、主成分元素：Na, Mg, Al, K, Ca, Mn, Fe, Ti, 微量元素：Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Hf, Ta, Th, U, 希土類元素：La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu の 39 元素である。

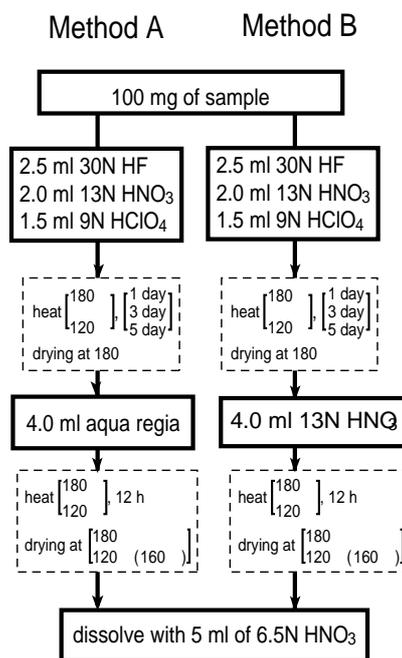


図 1 分解条件

### 3. 実験結果と考察

#### 3-1 岩石種と温度による比較

それぞれの操作を経た溶液を ICP-MS で分析した結果を図 2, 図 3 に示す。値は岩石種

別，温度別の分析値を推奨値で規格化したものである。

### JG-1a:安山岩

次に述べる JB-3:玄武岩と比べて酸による分解は悪く，規格値の 1 を大きく割り込む元素が多く見られ，溶け残りが生じていることがわかる．特に Method B 180 の実験操作中，JG-1a:安山岩溶解液に白濁の沈殿物が目視で確認できた．

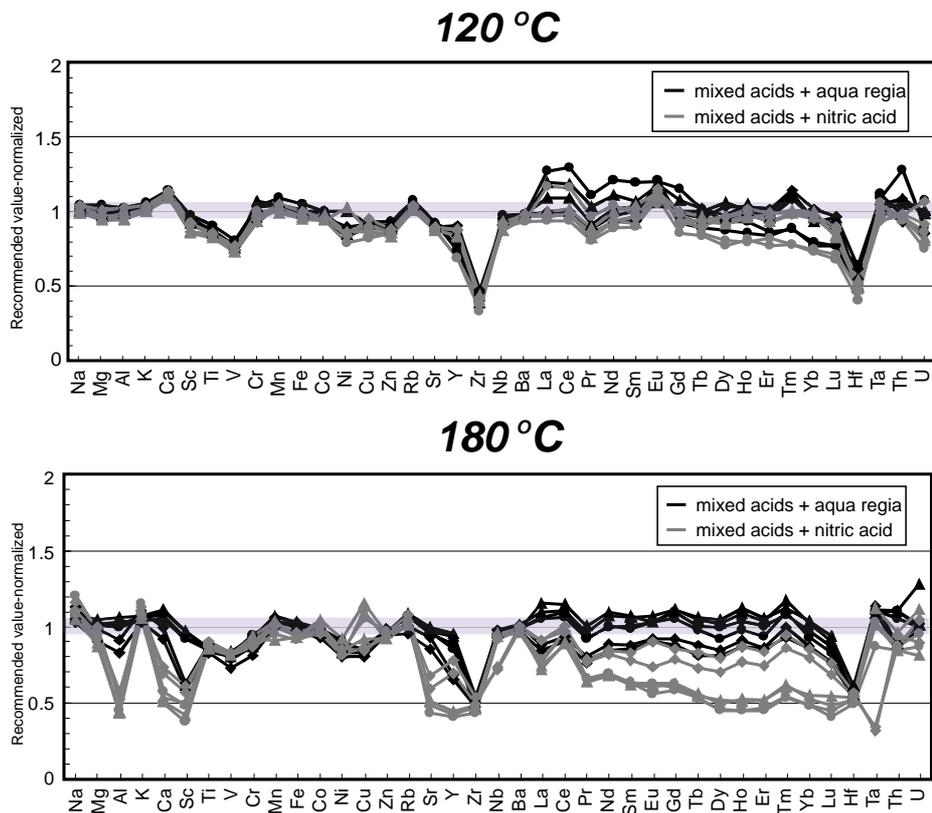
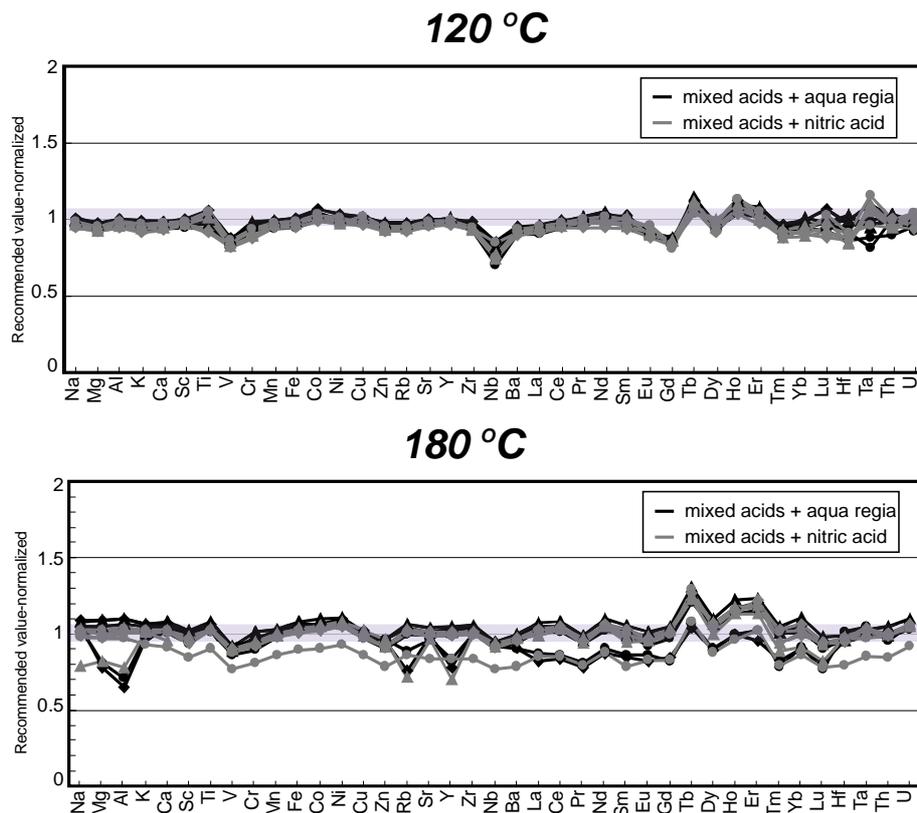


図2 JG-1a: 安山岩分析結果

### JB-3:玄武岩

Method A, B による差はみられなかったが，180 の方でデータのばらつきが見られる．JG-1a:安山岩でも同様の傾向が見られることから，高温での分解は沈殿物の発生を促してしまうか大気中に気化してしまう元素があることが推測される．したがって，比較的低温での分解が好ましいことがわかった．



### 3 - 2 白色沈殿物について

JG-1a:安山岩の溶解液中に生成した白濁沈殿物の主成分は  $\text{CaAlF}_5$  だと考えられる。図4は JG1-a:安山岩 Method B 180 の結果である。Sc, Sr, Y と Ce を除く希土類元素が推奨値から大きくずれた値を示しており、これらの微量元素が  $\text{CaAlF}_5$  と共沈していることを示唆している。したがって Sc, Sr, Y と Ce 以外の希土類元素の分析値が系統的に低い測定値を示す場合には、たとえ目視で確認できなくても沈殿物が生じていることを疑う必要があることを示唆する。この際に希土類元素のうち Ce だけが沈殿物と共同沈殿しないために、擬似的な正の Ce 異常を生じることに十分注意しなければならない。また、JG1-a:安山岩の Ti のデータには 20%程度の減少がみられる(図2)。これは岩石中の鉱物イルメナイトが溶け残ったためかあるいは蒸発乾固に伴い、 $2\text{H}_3\text{O}^+[\text{TiF}_6]^{2-}$   $\text{TiO}_2+6\text{HF}$  の反応が起こり、 $\text{TiO}_2$  が再沈殿したためと考えられる。Ti と同じように V などが推奨値から 20%程度の低い値を示すが、原因は不明である。

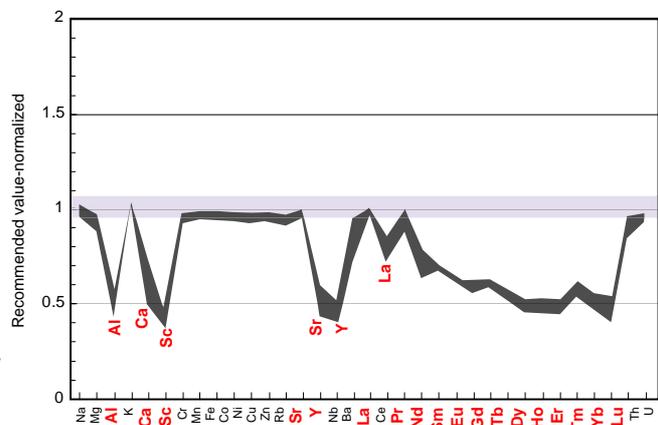


図4 JG1-a:安山岩 Method B 180 の分析結果

また, Method A では B よりも沈殿物の生成が抑制されていたことから, aqua regia(王水)を一次分解後に加えることで溶解できたものと考えられる。

### 3 - 3 JG1-a:安山岩の Zr-Hf について

JG1-a:安山岩の溶液試料には, 岩石中に含まれている鉱物ジルコンの溶け残りが生じている。このため, Zr, Hf に明瞭な減少が認められ(図5), 共に良好な正相関を示す(図6)。まず, 分解温度が 120 の場合は, 180 に比べて, 明らかに分解程度が低いことがわかる。さらに, 分解温度 180 で分解時間の傾向をみた場合, 1 日の分解では推奨値の 40-50%, 5 日の分解では推奨値の 50-60%程度であり, 分解時間を長くすると分解量が増大することがわかる。

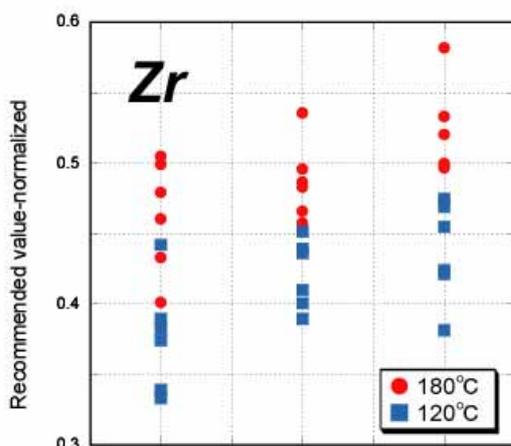


図5 Zr 濃度(JG1-a:安山岩)

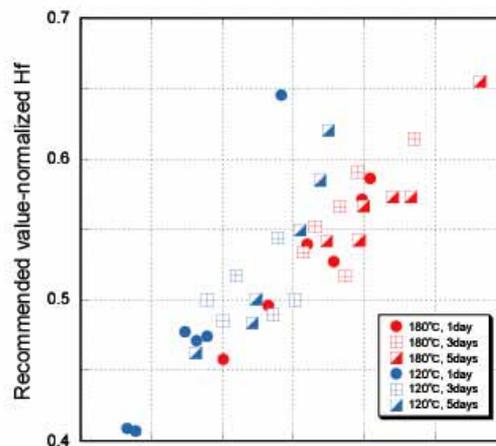


図6 Zr-Hf 相関図(JG1-a:安山岩)

### 4 . おわりに

2 種類の岩石試料について分解溶液, 温度を変化させた分析を行い, 問題点を洗い出した上で最適な分解条件を検証した。鉱物ジルコンは, 本研究で検討した手法では, 完全に分解することはできない。ジルコンの分解には, alkali fusion 方などを用いる必要があるが, フラックスからのコンタミネーションが深刻である欠点を有する。Teflon bomb と microwave digestion の併用が効果的であるとされているが, これについては今後検討する。

また, JG1-a:安山岩の Zr と Hf 以外の岩石種と元素については, 分解時間による有意な差は認められず, 1 日の分解で十分であると考えられる。

## 29 PostgreSQL サーバの導入について

マテリアル工学専攻 永山 直樹

### 1. PostgreSQL 選択の過程

Microsoft 社製品の Excel などの表計算ソフトを使用した単票型のデータを用いた日常業務は今となっては日常的であり、身近な例では住所録や備品録などで誰でも一度は作成の経験があると思われる。しかしながら、単票形式の帳簿処理は業務の拡張と言った面で硬直的である。確かに、Excel はシートを増やすことによって各表の個々のデータをリンクさせることによって複表型にすることができるが、それはあくまでも一つのファイル内でのデータリンクであり、それを他のファイルにリンクさせることは難しい。

それらの困難な現象を解決するために、Microsoft 社であるならば、Access がある。このソフトは例えば、小企業レベルの業務量であるなら、複表形式をあらかじめ想定しておりそのための設定も Microsoft 社製品の経験者であるならば、割合簡単に簡易データベースの作成ができる。例えば、学生の個人情報に、授業の出席状況に、成績情報を組み合わせることによって学生の客観的で総合的な評価も簡単に行うことができると思う。

共通機器等であるならば、使用者分析を多面的に行い、使用機器の使用頻度分布などを組み合わせれば、詳細な使用状況を得ることも難しくないとと思われる。

しかし、Access については諸処の事情により、選択肢から外すこととした。最たる理由は高価の一言に尽きると思う。しかも、一般的な旧型 Access では機能が制約されてしまう点で候補から外すことにした。

Microsoft 社製品を外すとなれば、MySQL や PostgreSQL などが存在する。MySQL は高速検索が売りで欧米などでは主要なデータベースソフトだが、ライセンスの問題やトランザクション機能の問題があり、候補から外した。そのため今回は日本語化パッチなどの関係もあり、PostgreSQL を選択することとした。

### 2. Windows への PostgreSQL 導入

オープンソース OSなどを想定した PostgreSQL や MySQL などは、例えば PHP などのアプリケーションとの組み合わせで簡単に環境を導入することが出来ますが、Windows 上では様々な制約が課される。もちろん、PostgreSQL をそのまま Windows 上で動かせるものもあるが、ここでは Cygwin を用いた PostgreSQL の導入を検討した。Cygwin とは Windows 上で簡易 UNIX 環境を作り出すアプリケーションである。

ここでは詳細は MYCOM ジャーナルの記事、

(<http://journal.mycom.co.jp/special/2002/cygwin/>) に譲ることにしたい。

この Cygwin を導入することによって PostgreSQL の機能をほとんど全て Windows 上で使用することが可能になる。

その後の、細かな設定はここでは割愛させて頂く、ただ、この PostgreSQL を実際に使用してみて気になったことがあったのでここに報告したい。

### 3. データベースアプリケーションの概念

個人的にデータベースとは、データの集合体としての概念くらいで、それ以上踏み込んだ考え方を持ち合わせることなく、ただ安定していて、様々な機能が使える程度の興味本位な考え方だった。そのためそれ以上考えることなくコードを勉強したが、どうも中高校の社会科の年表を覚えるがごとく、機能とコードをつなぎ合わせるという単純作業となってしまった。

このような状況では、正直言って作業も捗らないばかりか、そもそもの目標も見失う状況に陥ってしまいそうだったため、改めてデータベースアプリケーションの概念を学ぶこととした。

データベースアプリケーションという存在は、簡単に言えばデータという素材を使って、個々人の好みに合わせた情報を引き出すというものである。そのための機能が集まっているため一般的なコーディングだけを知っているだけでは往々にしてその有効性をうまく活用できない状況に陥りやすい。

例えば、簡単な経理のデータベースを組む場合は、経理の構造が簡単でもコーディングする人の頭の中にイメージされていないと依頼者との間で意思の疎通が難しくなり、コーディングよりも余計な議論が多くなると思われる。

なぜなら、コーディングと経理とでは畑が違いすぎて今でもその分野での交流はなきに等しいと考える。しかし、データベースアプリケーションの中では、経理や人事、顧客管理から受注発注まで企業活動の一般事務のあらゆる分野に精通しているだけでなく、シンクタンクのような調査を主たる業務にする場面に置いても柔軟に対応できる潜在性を秘めている。

### 4. まとめ

データベースの中にある SQL というアプリケーションは互いに互換性を持ち、表現も簡単だが、純粹に技術畑を歩いた者にとっては、畑違いであったことを痛切に感じさせた。しかし、例えば司書や経理、サンプル調査などについての簡単な知識があれば、その可能性は大きく広がると思われる。今後はそういった分野との学際も含め、より多面的な知識と経験の習得が重要だと感じた。

### 5. 謝辞

最後に、本報告をまとめるにあたり、技術部ネットワークグループ代表西村芳治氏、同副代表山崎一彦氏、同グループ各位には様々な情報や技術の提供があり、またそのような場をもって頂いたことを感謝いたします。

なお、この報告内容は工学部技術職員個別研修(OJT) - 2005 年度によって得られたことを申し添えます。

### 6. 参考文献

データベースがわかる本 : 小野哲 関口由美子著 オーム社  
Windows ユーザのための PostgreSQL 導入活用ガイド : 谷田豊盛著 技術評論社  
PostgreSQL 全機能リファレンス : 鈴木啓修著 技術評論社

## 30 タングステンウイスカーの断面SEM試料の作製

工学系・マテリアル工学専攻・中村光弘

新領域創成科学研究科・物質系専攻・寺嶋研究室においては、超臨界流体雰囲気におけるマイクロプラズマ材料プロセスの創成を目指しており、具体的には、従来の超臨界流体雰囲気を用いた化学堆積法と比較して10倍以上高速な、3次元ナノ構造物への薄膜堆積法の開発を行っている。今回は、プラズマ電極先端はタングステンウイスカーを使用し、Wウイスカー電極表面に膜状の体積物を生成しており、堆積物のSEM観察及びEDS分析をするために断面試料の作製を機械研磨法により試みた。作製当初、ウイスカー先端を機械研磨しすぎて目的物が消滅する、埋め込み樹脂が固化する時の収縮によりWウイスカー全体が傾く(動く)などのトラブルが起きた。そのため後述する図2による簡単な工夫を行ったところ目的の場所の断面SEM写真(図3)が得ることができたので報告致します。

図1はWウイスカー電極全体のSEM写真である。電極の先端にかけて厚い堆積物が付着しており、最先端から約10 $\mu$ m程度の部分から特に厚く、20 $\mu$ m程度の長さに亘って付着しているのが見てとれ、矢印方向の断面SEM試料を機械研磨により作製する事を試みた。以下に作業手順を示す。図-2は作業の概略である。(1)W電極全体(長さ5mm)を一辺が1.5mmの角柱真鍮(長さ20mm程度)にアロンアルファで貼り付けた。(2)角柱真鍮と同じ長さ程度で、角柱真鍮がそのまま入るステンレス製の中空円柱を用意して、その円柱の中ほどにダイヤモンドカッターで円柱直径の半分程度切り込み(刃厚:300 $\mu$ m)を入れた。(3)Wウイスカーを貼り付けた角柱を円柱の中に差込み、切り込み部分を光学顕微鏡で覗きながらWウイスカーの先端が、切り込み部分の中央部分に位置するように、角柱と円柱をアロンアルファで固定した。(4)ポリエチレン板に円柱を立て、埋め込み樹脂(エポキシ系、ペトロポキシ154)を流し込み、恒温槽(75 $^{\circ}$ C、二日間保持)で埋め込み樹脂を固化してWウイスカーを固定した。(5)円柱をダイヤモンドカッターで1.2mm厚程度にWウイスカー先端がダイヤモンドカッターの刃先にかからない様に切り出し、それらを目的部分のところまで機械研磨した後、SEM観察を行った。図3は得られたSEM画像及びそれと対応している銅とWの特性X線画像で白色の濃いところほど、銅とタングステンの強度(濃度)が高いことを示している。

図2に示した簡単な工夫をした事によってWウイスカーが角材真鍮に仮止めできた。角材真鍮の使用により、角材の体積分の樹脂使用量を減らす事ができたことで、埋め込み樹脂が固まる際の体積収縮量が減少し、さらにはWウイスカーを中空円柱の中心側に位置することができたため、Wウイスカーが傾く(動く)などの問題が少なくなった。ステンレス円柱への切り込みが機械研磨時にWウイスカー先端までの残り研磨量の目安になり機械研磨が迅速にできた。これらにより目的の場所のWウイスカー断面SEM像が得やすくなった。

謝辞 タングステンウイスキー電極試料をご提供頂きました寺嶋研究室・学術研究支援員菊池宏和氏に感謝致します。

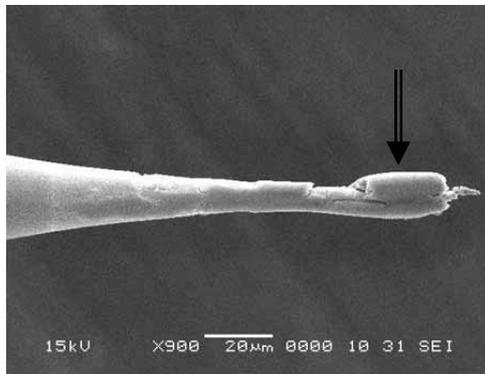


図 1 タングステンウイスキーの SEM 写真 最先端から約 10 µm 程度のところから長さ 20 µm 程度に亘って堆積物が付着しているのが見て取れる。矢印部分の断面写真を得ることを試みた。

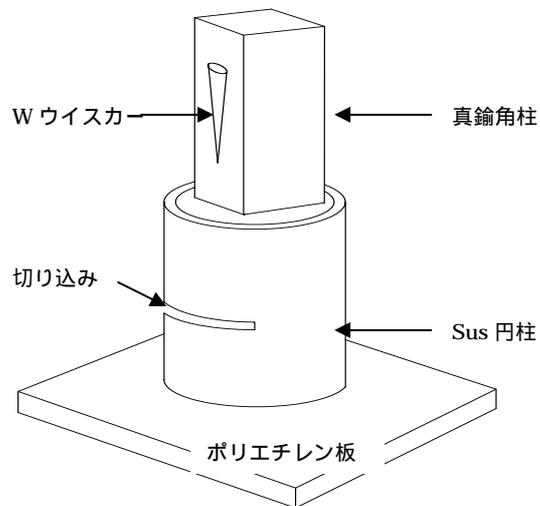


図 2 試料準備のイラスト W ウイスキーを真鍮角材にアロンアルファで固定した後、切り込みを入れた Sus チューブに入れ、ポリエチレン板に固定した後、埋め込み樹脂を流し込み試料を固定した。

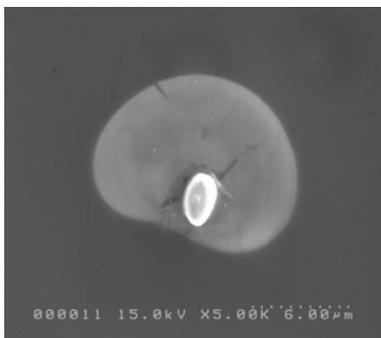


図 3 - 1 断面 SEM 像 コントラストの違いから明るいところがW、グレーが堆積物、暗いところが埋め込み樹脂と予想できる。

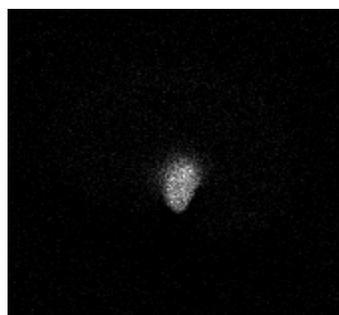


図 3 - 2 エネルギー分散型 X 線分光計 (EDS) のタングステン (M 線) 特性 X 線のマッピング像で白色の濃いところほど銅とタングステンの強度 (濃度) が高いことを示している。

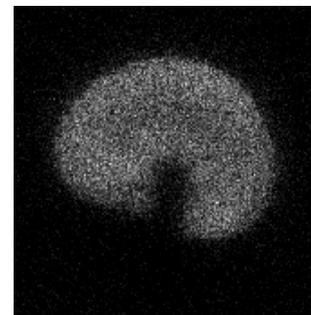


図 3 - 3 EDS の銅 (K ) 特性 X 線のマッピング像である。堆積物 (銅) が厚く付着しているのがわかる。下側が検出されていないのは銅 (K 線) が W に吸収されているものと思われる。

## 31 実験不明廃棄物の処理 2005

応用化学科 栄 慎也

### 1. はじめに

不明試薬とはラベルがはがれた等で中身が何かわからない1つの成分で出来ている試薬を指します。一方実験不明廃棄物とは実験等で出た内容物を明示していない試薬ビン中の合成物やその中間物質、さらには廃液等を含めます。発表者はこれまで工学部の要請で、1995年頃と1999年から2004年度まで不明試薬及び実験不明廃棄物の分析と処理を実施して約2000件の実験不明廃棄物を処理してきました<sup>1)-3)</sup>。しかし、2004年度の工学系研究科安全衛生管理室の調査の結果、3500個以上の実験不明廃棄物が新たに発生しているのが現状であった。このため、工学系研究科安全衛生管理室は2005年から従来の不明試薬分析ワーキンググループを安全衛生管理室副室長が中心となった実験不明廃棄物処理ワーキンググループ(W.G)として改編し発足させた。旧来の不明試薬分析ワーキンググループは実験不明廃棄物の所有者が分析作業を行い環境安全研究センターに排出できるように必要なデータを揃えることであった。つまり、分析の作業は不明試薬の分析を希望する研究室の方に行ってもらい、必要な支援(試薬や装置の手配、分析手法の訓練・確定作業のアドバイスなど)を行っていた。しかし、大学の法人化後は環境安全研究センターに廃試薬を処理依頼する場合の分析情報は飛躍的に多くなり、労働安全衛生法管理濃度までの分析が必要となっている。従って、旧来のやり方では分析に多額の費用と非常に多くの時間を費やさねばならず、研究室の研究は事実上止まってしまう。このため、新たなW.Gは実験不明廃棄物をW.Gの担当者が受取り、仕分け、ラベリングを行った後、分析し、環境安全研究センターに廃試薬を処理依頼することまでを行う。また、処理依頼が困難なものは中間処理し、安全を確認して処理依頼する。また、さらに、それにかかった費用の会計処理も行う方式で運営する事となった。2005年は同年1月から同年3月までと8月から2006年3月まで教員2名、事務部施設職員1名、技術職員3名、技術補佐員1名、民間企業からの派遣職員1名で実務を担当した。現在は新たに技術職員が2名加わり7名の体制で分析処理を行っている。本報告では現在までに処理が完了した700件の実験不明廃棄物の分析と処理について報告する。



図1 ドラフト中の不明廃試薬

## 2. 分析方法

W.Gの分析作業は、次のように進めている。受け取った実験不明廃棄物を試薬、廃液、有機合成物、無機合成物等に分類し、重量等を測った後、ラベリングし、これらの情報をExcelファイルに保存する。分類ごとに必要な分析を行っている。測定項目はpHの測定、各種の指示薬による定性、水分試験、蛍光X線による元素定性。X線回折、水銀分析、イオンクロマトグラフによる各種陰イオンとアンモニアの定性、定量。FT-IRによる有機物の定性、GC-MSによる溶液中の有機物の定性、定量。シアン、フッ素等の電極を用いた分析。ICP発光分析による微量有害金属の分析。走査熱天秤による爆発性の有無。これらの作業を必要に応じて行っている。また、安全を優先した流れを構築している。一例として、以下に液体の実験不明廃液の分析法を図示する。

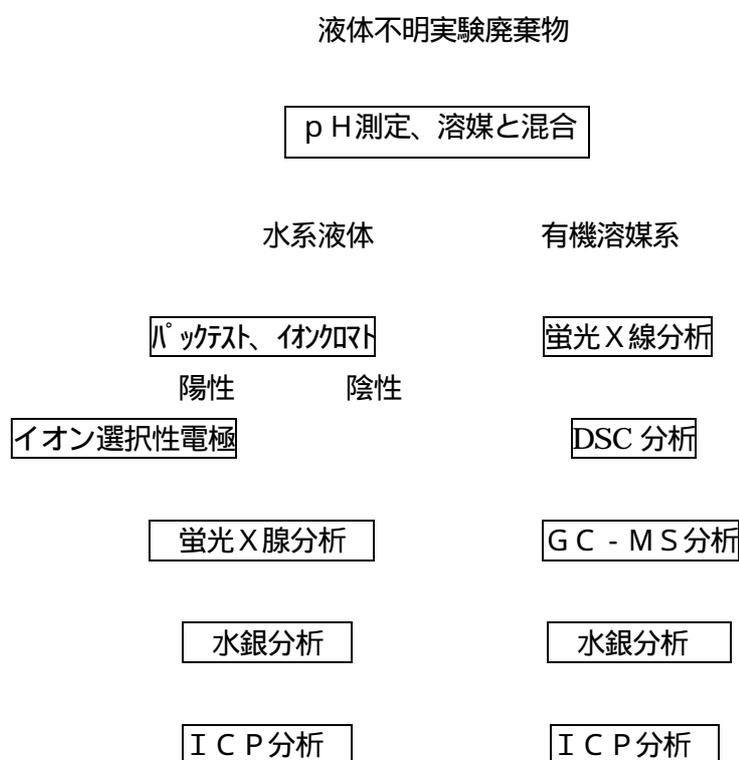


図2 液体実験不明廃棄物の分析法フローチャート

上記の分析フローチャートは決して固定のものではなく、分析を行う技術職員の経験に基づき判断により追加すべき項目を設けて、危険が無いように細心の注意を払って行っている。分析やその後の処理において最も重要なファクターは経験であるが、経験を過信すると思わぬ危険を冒してしまう。そのため、出来る限りの分析を行う事が重要である。以上の方法で固体実験不明廃棄物、実験不明廃液や不明試薬等様々なものに対して分析している。

### 3. 実験不明廃棄物の処理

全ての構成が判明した実験不明廃棄物は廃試薬として環境安全研究センターに処理依頼を行う。この依頼は通常の廃試薬の処理と同じである。一方、主成分等の内容は判明したが、なお、他の成分の混入が予想されるものについては、安全に処理するため、中間処理を行っている。例えば、固体実験不明廃棄物の場合、主成分が無機化合物であることが判明したが、有機成分が入っている可能性がある場合、DSC等で安全を確認した後、図3のように高温で酸化し、その後、蛍光 X 線による元素定性、X 線回折による構造解析を行う。あるいは、酸等で溶解し、水銀分析やICP発光による微量有害金属の分析を行って安全を確認した後、廃棄処理依頼を行う。

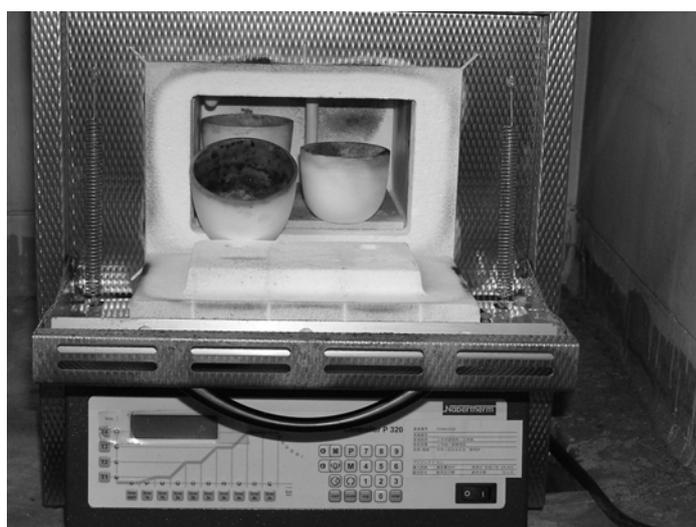


図3 高温酸化装置

空気を送りながら高温で試料を迅速に酸化するシステム

### 4. 分析及び処理結果

2005年1月から2006年3月までの1年3ヶ月で分析処理が終了したものは、714件であった。また、分析を行っているが、環境安全研究センターよりさらに追加のデータを求められているものも多く存在する。それらの多くは環境安全研究センターの廃液用ポリタンク中にある実験不明廃液であり、その廃液のDSCデータの提示を求められている。それらは追加データをとった上で廃棄処理依頼を行う予定である。分析が終了したものから随時環境安全研究センターに処理依頼を行っている。分析後最終処理依頼を行ったもの120件、中間処理を施したものの約500件、水銀含有物として処理依頼10件、タリウム含有につき保管すべきもの1件であった。

### 5. 今後の予定

現在、試薬の管理は法令上、厳格に管理しなければならない不明な試薬を所持していることは許されない。早急に工学系研究科・工学部内から全ての不明試薬の分析を行い、適切に処理する必要がある。そのため2006年度以降もW.Gが引き続きこの作業を進める予定である。しかし、この分析や処理作業を行っている発表者が所属する応用化学専攻分析化学実験室は4月から8月初旬までカリキュラムの分析化学実験を行っているため職員と分析装置がその専任となる。この時期の分析や処理スペースの確保、分析技術者の確保が最重要課題とな

っている。人員は本年度から始まった技術職員のジョブマッチングにより新たに2名の方の協力が得られる事となり充実してきている。また、分析する職員の安全を確保するため2005年度までは、W.Gが自由に使えるDSCが無かったがこれを新たに購入し、爆発性の有無を確認する作業を加える。また、処理依頼できない不明有機合成物や廃液を酸化して水とイオンにする装置を設置した。以上のように人員や装置は充実する方向であるが、新たな実験不明廃棄物の存在が報告されている。このプロジェクトに要する費用は非常に膨大な額であり、工学系全体の研究費を蝕む結果となっている。実験不明廃棄物を生み出さないように研究者のモラルの向上を強く求めたい。

## 6. 謝辞

今回の活動に際して御協力頂いた安全衛生管理室各位及びW.G各位に感謝いたします。

## 7. 参考文献

- 1) 栄 慎也 不明試薬の分析 技術報告 vol.13
- 2) 栄 慎也 不明試薬の分析1999 技術報告 vol.15
- 3) 栄 慎也 不明試薬の分析2001 技術報告 vol.17

## 32 Netboot 環境によるネットワーク管理技術の習得

工学系研究科化学生命工学専攻 鳥越裕介

### 解決したい問題

複数台のパソコンを管理する場合、それぞれのマシンに対してセットアップ、メンテナンス、トラブル対応を行っている、作業の効率が悪く、結果的に管理が行き届かないといったことにもつながってしまう。そこで、MacOSX Server の標準機能である Netboot を導入することで複数台のパソコンの一括管理を行い、管理コストの削減やその他のメリット等について検証した。

### Netboot とは

サーバーとなるマシン内にシステムイメージ(わかりにくければ OS でも可)があり、複数のクライアントマシンをネットワーク経由でサーバー内のシステムイメージから起動できる機能。各ユーザーのデータ(ブラウザのブックマークや、メールデータ、保存したファイルなど)もサーバー内に保存される。通常は各マシンのハードディスクに起動システムやユーザーデータが保存されているのが一般的。

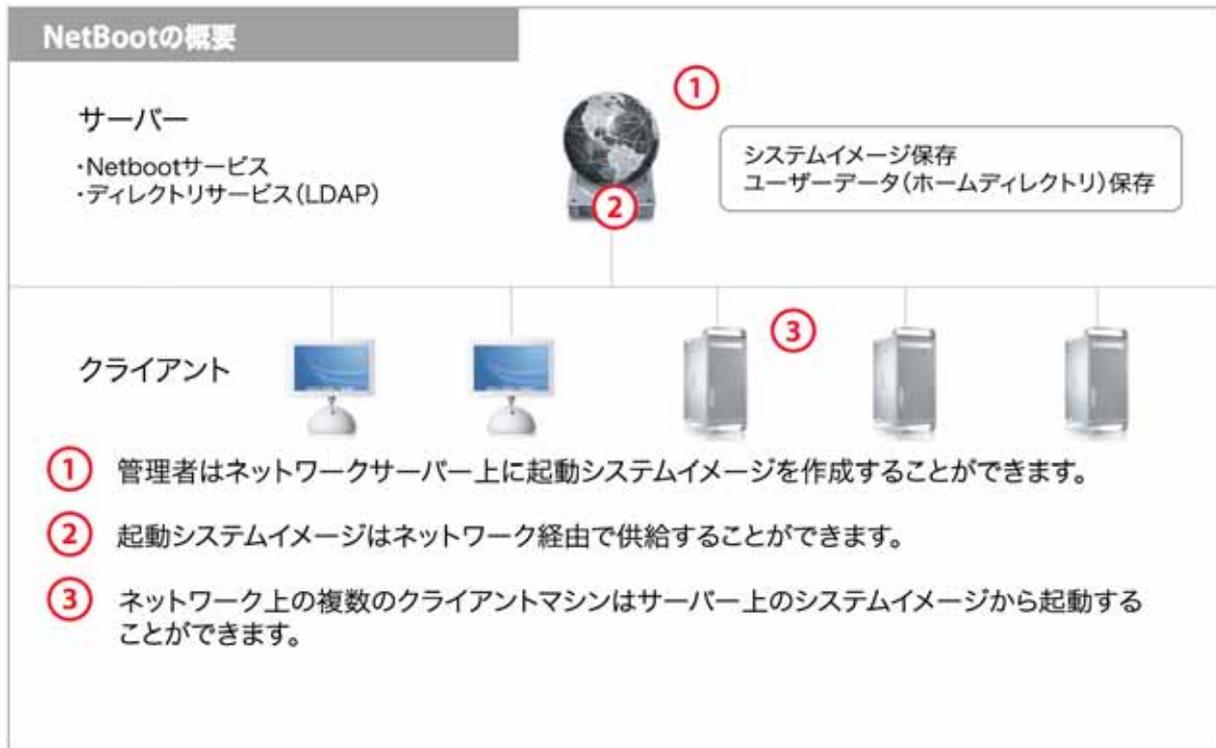
### Netboot によるメリット

#### ・セットアップ

新規マシンの導入時に起動システムやアプリケーションを毎回インストールする必要がなくなり、ネットワークに繋ぐだけで既存のクライアントマシンと同じようにサーバー内のシステムイメージから起動できる。

#### ・アップデート

セキュリティ関連を含むアップデートを各マシンで何度も行う必要がなくなり、サーバー内のシステムイメージを更新すればすべてのクライアントに適用される。作業の効率化だけでなく、アップデートが徹底されることでセキュリティの向上が見込まれる。



#### ・バックアップ

これもサーバー側で一括して行うことができるため、各マシンでバックアップをとる負担が軽減される。ユーザーにバックアップをとる習慣が無い場合でも、ある程度はデータ損失の危険が回避される。

#### ・マシントラブル

クライアントマシンのハードディスクを使用しないためハードディスクの故障によるマシントラブルからは解放される。通常、マシントラブルの主な原因のひとつがハードディスクの故障であり、バックアップがなければユーザーデータの復旧は困難であることが多く始末が悪い。

また、何らかの理由でクライアントマシンが故障した場合には、別のマシンを用意してネットワークに繋ぐだけでよい。起動システムやユーザーデータはサーバー内に保存されているため、新たにセットアップをすることも、故障したマシンからユーザーデータを救い出して移動することも、必要なくなる。

#### ・システム管理

各クライアントマシンはサーバー内のシステムイメージのコピーから毎回起動し、ユーザーはシステムへアプリケーションをインストールするなどの変更を加えることができない。管理者の意図しない変更を加えられることがなくなるため、システム環境を均一に保つことができ、セキュリティの向上も見込まれる。

## 導入

### ハードウェア

- PowerMacG5 1.8GHz/2GB(サーバー) \* 数値はクロック周波数 / 搭載メモリ
- PowerMacG4 733MHz/1GB(クライアント)
- PowerMacG4 466MHz/320MB(クライアント)
- iMac G3 400MHz/320MB(クライアント)
- ルーター (IO-data NP-BBRM)

### ソフトウェア

- MacOSX Server 10.4(サーバー用 OS)
- MacOSX 10.3(クライアント用 OS)
- Office, Photoshop 等

設定等について詳しくは Apple 社ホームページのドキュメントを参照。

<http://www.apple.com/jp/server/documentation/>

導入の概略は以下の通り。

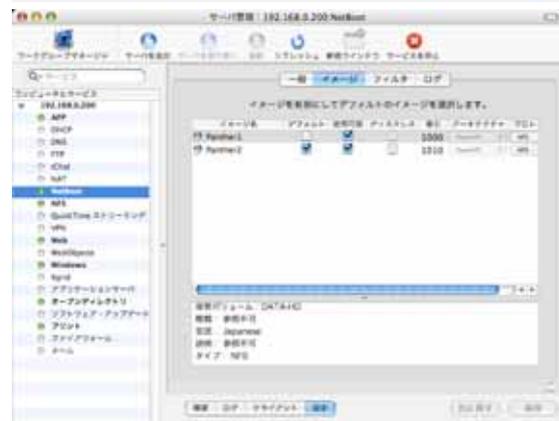
### システムイメージの作成

- クライアントマシンの1台にシステムイメージのマスターとなるボリュームを作成し, システム, ソフトウェアをインストール
- システムイメージユーティリティ(右図)を使ってマスターボリュームからシステムイメージを作成



### サーバーの設定

- サーバーシステムのインストール, 初期設定
- 作成したシステムイメージをサーバーへ移動
- Netboot の設定(右図)
- オープンディレクトリの設定(LDAP: ユーザーの認証を行う)
- ユーザーアカウント, ホームディレクトリの作成



### クライアントマシンの設定

- 起動ディスクにネットワークボリュームを指定

## 検証

### ・ 動作速度

起動にはやや時間がかかるが、起動後はハードディスクと比べて特に速度差は感じない。十分実用に堪える性能であることが確認できた。

### ・ 管理コスト

導入時にはそれなりの試行錯誤が必要であったが、運用を開始して以後はサーバーを集中して管理すれば良いため、管理コストの削減を実現することができた。クライアントマシンの追加や交換の際に、ソフトウェアのインストールやユーザーデータの移動といった作業から解放されたことが何よりも大きい。

### ・ サーバー機

サーバーをG5(1.8Ghz/2GB)とG4(733Mhz/1GB)で入れ替えても、クライアントマシンの起動時間には大差はなかった。サーバー機にある程度のスペックがあれば、起動時間はクライアントマシンのスペックに依存する模様。

### ・ ネットワークの安定

クライアントマシンの起動中にルーターを再起動しても特に問題は起こらなかったが、常にサーバーとの通信が生じることからネットワーク機器(ルーター, HUB, およびケーブル接続)の安定は必須である。

### ・ 管理者

それなりに強力な管理者が必要。

### ・ クライアントマシンごとにシステム構成を変えたい場合

異なるシステム構成を使用すること(例えば、スタッフ用と学生用など)も可能だが、サーバー内に複数のシステムイメージを用意することになり、管理が複雑になる。導入初期には、最も汎用的なシステム構成にしぼって運用するのが適当と思われる。

### ・ ソフトウェアライセンス

ソフトウェアはライセンス版を用意して、ひとつのシリアルナンバーで複数のマシンが起動できるようにする必要がある。

手元にライセンス版でないソフトウェアがある場合、システムイメージではなくクライアントマシンのハードディスクに個別にインストールして使うことも考えられるが、原稿執筆中に思いついたため検証不足。

## まとめ

複数のマシンを個別に管理する場合と比べ、Netboot の導入によって先に「Netboot によるメリット」としてあげたような管理コストの削減を実現することができた。アップデートなどのなくなる作業はあるが、クライアントマシンのハードディスクに依存しないことによるメリット(故障やデータ移動からの解放)が大きい。

ただし、サーバーおよびネットワークがダウンすると Netboot 環境が全滅してしまうためその保守には十分に注意する必要がある。

その他のメリットとしては、システムの均一化やユーザーデータの消失や流出が防げるといったセキュリティ面の向上になるが、管理者次第であるため Netboot だから大丈夫ということではない。

## その他

### ・ Gigabit Ethernet

本報告ではクライアントマシンの LAN ポートが 100BASE であるため、Gigabit Ethernet については考慮していない。ルーター、HUB、ケーブルを 1000BASE 対応にすればより高速に動作する可能性があるが、クライアントマシンだけ 100BASE になってしまうとそこがボトルネックになって大きな効果は得られないのではないかと考えている。未検証。

### ・ ノートブックについて

無線での Netboot 起動は未確認。802.11g ならそれなりに可能かもしれないが、仕様上不可かもしれない。無線 LAN 環境がないため未検証。

Netboot はネットワークへ接続されていることが必要なので、ノートブックの場合据え置きということになる。しかし、それではノートブックを使う意味があまりなくなってしまうことから、ノートブックの場合ネットワークホームディレクトリの利用が適当と思われる。

### (ネットワークホームディレクトリ)

クライアントマシンがネットワークに接続している間、クライアントマシンのハードディスクとサーバー間でユーザーデータ(ホームディレクトリ)が同期される。ネットワークから切り離れた状態で加えられた変更は、次のネットワーク接続時に同期される。用途としては、普段デスクトップマシンで使用しているユーザーデータをノートブックに同期してまるごと持ち出すことや、単純にノートブックのバックアップとしての利用が考えられる。ここで言うクライアントマシンは Netboot ではなく、ハードディスクにシステムをインストールする。未検証。

#### ・ Mac

ネットブートはシンクライアントの手法のひとつとして一般的な用語だが、本報告では MacOSX Server の機能を使ってネットブート環境を実現しているため、ハード、ソフトともに環境は Macintosh (Mac)に限られる(ECC のような例外もある)。とはいえ、これだけ安価で簡単にネットブート環境を導入する方法は他にはないと思われる。ユーザーからは Windows でないことで抵抗があるかもしれないが、メール、ウェブ、ワード、エクセルを使う程度であれば全く問題はない。

筆者の環境では使用するソフトウェアによって Windows 機との併用となっているが、管理コストの削減により導入の効果はあったと考えている。(使用するソフトウェアが限られている点で、研究室よりも事務室のような環境への導入が向いているかもしれない。)

#### ・ 要望

本報告は試行錯誤しながらの導入であったためクライアントマシン3台というごく小規模な運用となってしまうが、クライアントマシンが多いほど Netboot 導入による管理コスト削減の効果は大きい。そこで、情報基盤センターでは教育用計算機システム(ECC)において1000台規模の Netboot 環境を実現、運用していることから、情報基盤センターのサービスとして Netboot 端末を研究室へ配置してもらえないかと問い合わせをしたのがそもそもの始まりであった。結果、断られたので自分でやってみたというのが本研修の経緯である。(回答は、「Netboot とはいえサポートが皆無なわけではなく、夜間の利用には対応できないため研究室への端末の配置は考えていない」との内容であったが、その点は外注で良いように思う。)

本報告を読んで興味を持ってもらえた方には、ご自身で Netboot を導入されるのはもちろん構わないが、是非、情報基盤センターへ同様の問合せをしていただきたい。要望が増えれば、将来的には対応してもらえるのではないかと(即ち、管理コストの削減などと言わずに管理そのものから解放されるのではないかと)期待している次第である。

## 33 生命工学実験の内容改訂について

化学生命工学専攻 萱野(村山)英子

応用化学専攻 坂下 春

化学生命工学専攻 福田 政一

化学生命工学専攻 鳥越 裕介

### 1 はじめに

バイオテクノロジーの発展を背景に、化学系3学科において3年生向け実習科目「生命工学実験及び演習」が開講されたのは1992年のことであった。以来14年間、「生命工学実験及び演習」は、徐々に内容の改訂を行いながら今年度まで継続されてきた。

「生命工学実験及び演習」においては、大腸菌を使った基礎的な遺伝子組換え実験と酵素反応実験を中心に、バイオセーフティーや廃液の取扱など、実験室での環境安全をも含めて指導する。指導に当たったのは教授・助教授・講師の教員6名と助手4名、技術職員4名、TA13名であった(2005年度の場合)。

バイオテクノロジーの進歩は日進月歩であり、新規の実験技術やツールが次々と開発されている。このような流れを受けて、昨年度(2005年度)には、生命工学実験の内容が改訂された。本発表においては、昨年度の改訂内容を紹介し、学生の反応を探る。

### 2 2005年度の改訂のポイント

#### (1) サザンハイブリダイゼーションを削除する。

2004年度までは遺伝子の検出法としてサザンハイブリダイゼーション法が広く利用されていたが、近年では蛍光プローブ法などに代われ、ペルオキシダーゼ発色反応を応用したサザンハイブリダイゼーション法は以前ほど汎用的ではなくなった。そのため実験内容を整理し、削除することとした。

#### (2) PCR(Polymerase Chain Reaction)法を使って挿入断片を作成する。

2004年度まではあらかじめ調製されたDNAを組換え実験の挿入断片として使用していた。2005年度は、まず学生にPCR法によって自ら挿入断片を増幅させ、その遺伝子を挿入断片として利用することとした。PCR法は汎用的な実験技術のひとつであり、DNA合成酵素(DNA Polymerase)によって簡便に大量のDNAの増幅をするものである。合成されたDNAはアガロースゲル電気泳動で目視によって確認することができる。3年次の学生に習得させる価値がある技術と考え、実験に組み込むこととした。

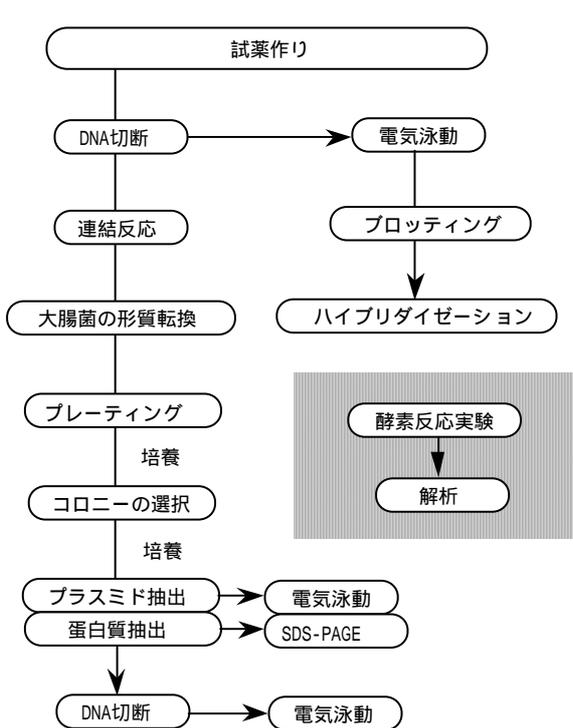


図 1・1 2004 年度の実験の概要

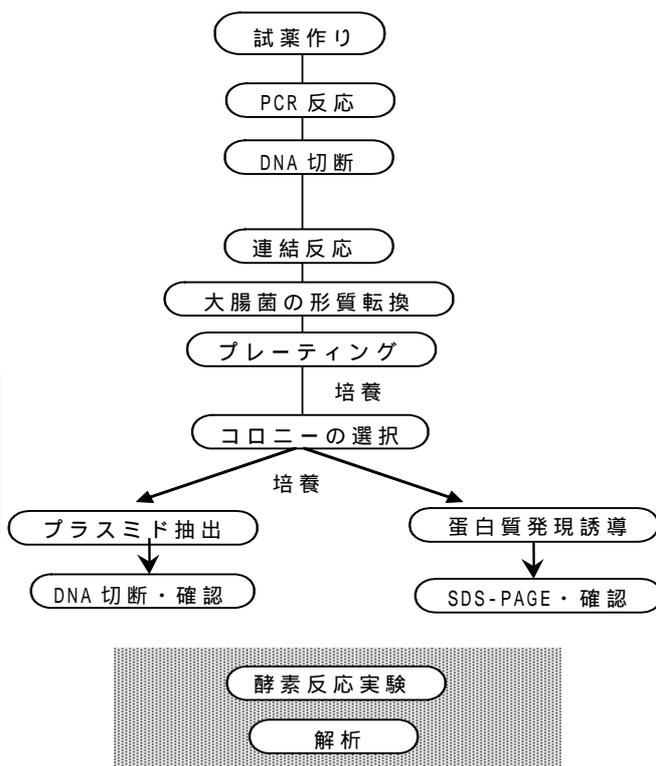


図 1・2 2005 年度の実験の概要



図 1・3 導入した PCR 装置

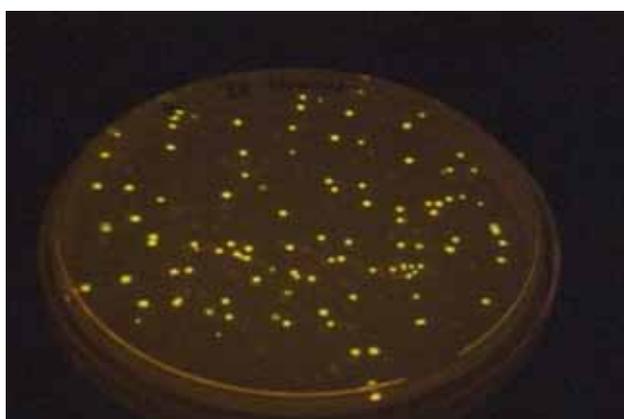


図 1・4 クラゲの C F P 遺伝子導入により蛍光を発する大腸菌

( 3 ) ベクターを pQE80 に変更する。

2004 年度は pBluescript II KS(+) を使用していたが、pQE80 の方が IPTG による発現誘導がかかりやすいとの知見があるため、2005 年度は pQE80 に変更した。

( 4 ) 導入遺伝子を GFP 遺伝子から CFP 遺伝子に変更する。

GFP は広く実験に使用されている蛍光タンパク質であるが、本専攻の上田助教授によって蛍光波長の異なる変異体、CFP の遺伝子が同定された。2005 年度の実験にはこの遺伝子を使用することとした。

( 5 ) ストーリー仕立てにして学生の興味を惹く。

「博士からの手紙」などをテキストに挿入し、ストーリー性を持たせた。実験で使用する CFP は Dr. Coldspring から提供されたサンプルに由来する、という設定である。

Dear Dr. Hongo

緊急事態のため用件を簡潔に記す。今年九月某日、東シナ海沖で月のような明るさもつクラゲが地元漁師によって捕獲されたニュースが報告された。当地では伝説と結びつけて話題になっているが、我々、いや、世界の政府機関、民間企業がこのニュースに注目した。というのは、このクラゲは既知のGFPの変異体を有していると思われるが、緑青色の蛍光を放ち、既知のものよりも約10倍～100倍の蛍光強度を持つと予想される。このような強い蛍光強度をもつタンパク質は未だなく、バイオコンピューターやバイオチップなどの発光素子として応用することができるのではないかと関連産業が注目しているのだ。しかし、これらの素子は軍事バイオロジーとしての価値も大きいのが現状である。また、この変異体が細菌兵器感染のマーカ―など直接的な軍事的応用の可能性もあり、この発見が平和とは逆の方向へ向かってしまうことも私は懸念している。

我々のグループは独自ルートによってどの機関よりも早くこのクラゲを入手することができたのだが、残念ながら我が国も軍事利用への関心が強く解析には規制がかかってしまい私も関わることができなくなってしまうだろう。幸い、クラゲはまだ本国に輸送されていない。そこで、東シナ海に近く、世界最高水準技術をもつ日本でこの変異体の解析を行ってほしい。クラゲの体内抽出液を同封した。最高の結果を待っている。では。

Dr.Coldspring

図2 テキスト導入部分の「博士からの手紙」

(6) コンピテントセル(大腸菌)は ECOS™ を使用する。  
大腸菌は従前の JM109 に比べて操作時間が大幅に短縮できる ECOS™ を使用した。

### 3 実験の実施

生命工学実験は冬学期の内3週間にわたり、8回の日程で開講されている。2005年度には第1期(10月12日~10月26日)、第2期(11月9日~11月29日)にそれぞれ42名が21班に分かれて実験を行った。受講したのは化学生命工学科54名全員と応用化学科・化学システム工学科の希望者30名、計84名である。TAが毎日実験ノートの点検と諮問を行い、実験終了後には課題レポートの提出を求めた。

### 4 学生の反応

提出された課題レポートの中から主たる変更点であるPCRに関する理解度を探った。プライマーの設計に関する設問ではGC含有率、T<sub>m</sub>値、長さ、制限酵素サイトの付加など、ポイントを正確に押さえた回答が多かった。ホストベクター法との比較については、短時間で指数関数的に分子を増幅できること、複製ミスの可能性などを指摘していた。学生によるばらつきはあるが、概ね理解を深めるために役立ったと思われる。

自由記述欄には「PCRの法医学への応用に期待する」「PCRによってDNAが増幅されることを目で見えて実感することができた」というポジティブな感想や「DNAの増幅や遺伝子組換えは簡単にできることが驚きだった」「遺伝子操作技術を利用する上でなんらかの歯止めが必要なのではないか」等生命倫理の重要性を自覚した記述が目立った。

### 5 おわりに

学生実験は「講義で学んだ理論をより深く理解させる」「卒論研究の前段階として、実験技術の基礎を身につけさせる」「実験ノートの取り方やレポートの書き方を学ばせる」「実験に望む心構えや実験室内でのマナーを身に付けさせる」など、様々な教育目標を持って指導されるものである。同時に、科学の進歩に伴い、新規技術を学生に体験させることも目標ではあるが、3年生向けの実験科目では最先端の技術を指導内容に含めることが不可能な場合も多い。設備、予算、時間等の制約がある中で、できる限り高水準の実験内容を工夫していきたいと考える。

また、最後に、実験内容の計画、テキストの改訂、器具の準備には教員、技術職員ならびにTAの連携と協同が欠かせないことを強調しておきたい。

【謝辞】2005年度の内容改訂にあたってはTAの長尾翌手可さんと横山武司さんにご尽力いただきました。心から感謝申し上げます。

## 34 PIXE\*研究の最近の動向

原子力国際専攻 伊藤誠二

2005年11月28日から3日間かけて福井県にある若狭湾エネルギー研究センターで開催された第22回PIXEシンポジウムは、装置の実験技術・測定開発と近年、とくに注目されてきている環境問題および生物・医学分野を中心とした研究発表が行われた。

PIXEシンポジウムは、1日目は午後から開会した。【実験技術】では、PIXE分析装置技術開発についての発表があった。筑波大学では、流体包有物中の多元素同時定量分析（花崗岩体での放射性廃棄物地層処分に対する深部地下水の影響に関する基礎研究としての花崗岩体流体包有物中の組成分析）の研究計画を構築中である。東京工業大学では、波長分散型PIXE測定装置の開発を行い最短10秒でSi-K線の測定に成功した。東北大ほかでは、生体試料の主要元素であるH,C,Oを含むポリカーボネート（ $C_{16}H_{14}O_3$ ）は、大気マイクロPIXE用の試料ベースとなる膜であり5 $\mu\text{m}$ 、10 $\mu\text{m}$ 、15 $\mu\text{m}$ と厚みの異なるポリカーボネート膜のスペクトルが完全に分離できたこと、on/off-axis STIMとPIXEを組み合わせると同時に測定して容易に試料の面密度（質量）を知ることが出来た。若狭湾エネルギー研究センターでは、生体試料、文化財などの真空中に入れることの困難な試料の分析に大気中にビームを取り出すマイクロビームPIXEやNRA（Nuclear Reaction Analysis）の開発が行われている。

2日目の午前中は、【生物・医学・材料】に関して行われた。【生物・医学】では、岩手医科大学よりNST（Nutrition Support Team）介入による栄養療法施行が患者血清中の微量元素分析の結果改善されたという報告があった。大阪大学ほかでは、高崎量子応用研究所のマイクロビームのPIGEとPIXEを用いて歯質内のフッ素とカルシウムイオンの定量測定法の開発を行っている。日本アイソトープ協会ほかでは、ミネラル（微量元素）の不足や過剰が皮膚の障害をもたらすという報告に基づき、皮膚の状態（老化度、皮膚の角質化、皮膚の健康状態、ダメージ状態等）と微量元素の関係を調査する為に皮膚、毛髪、血清、尿に含まれる微量元素のPIXE分析を行っているが、課題としてまだ確立されていない皮膚の試料調整法、試料の保存法、微量元素と皮膚の老化の関係の究明があげられる。また、自然環境で生息する食用植物の栄養素と安全性を評価する目的（自然環境における有害元素の生物濃縮等）で、岩手県内の自然生育している山菜の必須元素分析を行った結果、高濃度の有害元素は検出されず食用上問題はないが、市販の野菜と比較して鉄、銅、鉛といった必須元素の濃度が高いという報告があった。京都府立大学からは、一般に植物にとって毒であるアルミニウムによって色を変える紫陽花を試料として、その種類や花色、部分の差によるAlの分布を調べた結果、青い紫陽花には、Alの含有量が多く、Alの蓄積場所は色の発色する花だけではなく植物体全体であることがわかった。続いて【材料】では、高知工科大学ほかにより、チャネリングNRAによるGaInNAs（ゲイナス）結晶中に含まれる数%の窒素原子の測定が可能に

なったことなどの発表があった。東レリサーチセンターと若狭湾エネルギー研究センターでは、エレクトロニクス材料への PIXE 分析の適用例として、積層セラミックスコンデンサー中の微小部における微量元素をマイクロ PIXE 法と放射光を用いたマイクロ XRF 法によって評価した分析例の紹介と AlGaInP 薄膜のチャネリング PIXE 法による結晶性評価が可能となった。高エネルギー加速器研究機構ほかからは、材料表面の保護、長寿命化、補強、密封、さらに環境素材として有用な 3 空気圧下における金属粉末のコーティング法が発表された。

昼に PIXE 研究会役員による運営委員会があった。午後は、PIXE 研究会総会の後、「放射線医学総合研究所の PIXE 分析今昔物語」と題する特別講演（湯川雅枝）があった。続いて【実験技術】として日本アイソトープ協会・岩手医大サイクロトロンセンターからは、毛髪試料の均一化を目的とした調整法及び元素摂取量径日変化評価のための微少ヒゲ試料の粉末内部標準法と無標準法の比較を行い無標準法の適用、定量化が可能となった。放射線医学総合研究所では、PIXE における照射線量評価についての報告があった。【環境】として秋田県環境センターからは、秋の稲わら焼き期間における稲わら粉塵（煙）の元素組成の特徴は Si、K、Ca が主であった。東工大では、PIXE 分析法をもちいて降雨による廃棄電子機器からの重金属溶出の状況の模擬測定を行い、蒸留水中に PC 基盤を 6 日間浸漬し Ni、Zn、Pb 等を検出したことと、その時間推移の分析報告があった。東工大では、Phytoremediation（植物を用いた浄化技術）による土壤中ストロンチウム汚染の除去の研究報告があった。

夕方に、ウェルサンピア敦賀で懇親が行われた。集まった研究者や技術者たちと研究技術に関する意見交流を行い、大気 PIXE の情報など、いろいろ参考になった。

3 日目の最終日の午前中は【実験技術】としてマイクロ PIGE による鉄鋼材料中の微量ホウ素の二次元分析技術の開発。東北大学は、マイクロビームの照射コントロール、生体試料の 3 次元ミクロン CT 画像取得に成功したこと及び CT 装置の性能評価を行った結果、ミクロン CT の空間分解能は、約 4.5  $\mu\text{m}$  であると評価できた。そのあと【考古学】として東京工業大学から九谷焼の陶磁片や古代エジプト・ファイナンスの元素分析をした結果の発表があった。午後は、若狭湾エネルギー研究センターにある加速器施設見学をした。そこでタンデム加速器（W-MAST, 500MV）からのイオンビームによる PIXE 分析装置とタンデム加速器からシンクロトロン加速器を経て照射する最先端の陽子線がん治療装置などを見学した。

原子力国際線専攻の加速器管理部には、PIXE 分析を行う装置があり共同利用に供している。今回、PIXE シンポジウムに参加することによって、最先端の PIXE 研究、分析技術開発の動向を知ることができ、これからの研究者のニーズに対応した PIXE 実験技術の提供を図るための有効な知見を得る事ができた。

なお、これは、平成 17 年度工学部・工学系研究科・後期技術研修（第 05-24 号）で実施されたものである。

\* PIXE (Particle Induced X-ray Emission): 粒子励起 X 線分光法。加速器を用いて高エネルギーの水素イオンビームなどを照射して試料から出てくる X 線を検出し、そのエネルギーから元素の同定を行う。微量な試料でもって高感度で元素分析ができる。

## 35 FPGA による記憶回路の製作法

工学部・知能機械専攻 市川 保正

### 1. 序

近年のインテリジェント機器の急激な発展に伴い、LSI 開発にかかわる時間的な制約や可変性への制約が厳くなってきている。このため、従来の図面から起こして LSI の生産ラインを組むという方法では、時間およびコストがかかりすぎる上に、十分に枯れていない発展的な回路に対して試作や変更を繰り返すことができなかつた。このため、LSI の開発競争での競争力の低下とともに、リソースの共有化や知財化という近代的な企業戦略との整合がうまくいかないという状況が生まれてきた。

これらの問題点を解決するために、回路記述言語 (HDL) によってプログラムのよう

に回路を記述して実際の配線を出力するという手法がとられるようになってきている。本稿においては、回路記述言語の使用法と勘どころを示すことを目的として、もっとも簡単な記憶回路 (順序回路) であるフリップフロップの構成法を例にとり、これを VHDL で記述して、FPGA 上に順序回路を実装する方法を示す。

本稿は OJT の研修支援によって習得した技術の公開が本題であるので、HDL による回路記述法の詳細は参考文献などに譲り、マニュアルに記載されていない部分や記載されていてもわかりにくい部分に焦点をあてた。

### 2. 回路記述言語 (HDL - Hardware Description Language)

回路記述言語は、1970 年代に米国において開発され、その汎用性から 1987 年に IEEE で標準化された。現在では、VHDL と Verilog という 2 種類の記述法がある。

これに対応して、近年さまざまな回路記述言語対応の汎用 LSI (ASIC) が開発されており、今回用いた FPGA (Field Programmable Gate Array) も HDL によって記述された論理回路からコンパイラを介して実装回路が自動生成されるタイプの LSI である。

#### 2.1 言語仕様

今回用いた回路記述言語は、VHDL (Very high speed IC Hardware Description language) と呼ばれるもので、Table 1 示す、データタイプと Table 2 に示す演算子が使用可能な言語である。

ただし、通常のプログラム言語と異なる点は、回路が生成されることであり、配線構造を頭の中で描きながら記述しないと言語仕様上は許されているが実際には信号の流れの中で不定な出力が生じてしまうなどの不都合が生じる。

#### 2.2 回路生成プログラムとその特徴

回路生成プログラムは宣言文の後に、begin と end でくくられた作業単位内に記述される。このとき、バイパス線などの内部信号線は begin の直後に signal 文で変数として宣

言っておかなければならないので注意が必要である。

プログラムは式と文で構成され、文には通常分岐構造や繰り返し構造が記述できるように if や for 文があるので、通常のプログラム感覚でプログラムすることができる。順序回路などの入力信号を変数として取り込む逐次処理には process 文を用いる。

しかし、実際は回路生成を行っているため、通常のプログラムのように逐次処理記述にならないので注意を要する。ここで、逐次処理してくれると考えていると予想外の信号処理系ができてしまうので、同時処理文と逐次処理文を意識して記述しておくことが重要である。

例えば、外部から IN1、と IN2 という信号が入って、内部の線 A、B を介して論理演算 and を行い OUT1 から出力するような回路を構成するとしよう、このとき、回路は次のように記述できるが、回路が同時に生成されることから右の記述と左の記述が同じ回路を生成するので注意が必要である。



Table 1

データタイプ	説明
Std_logic	9 値の論理値 U, X, 0, 1, Z, W, L, H, - をもつ。
Std_logic_vector	Std_logic の配列タイプ。
Boolean	True (真) と False (偽) の 2 つの値をもつ。等価 (=) や比較 (<) などの関係演算で、演算結果が真であれば True, 偽であれば False を戻す。
Bit	2 値の論理値を 0 または 1 をもつ Bit タイプへの値の代入は 2 進, 8 進, 16 進数で行うことができ、ビット基数として B (2 進数), O (8 進数), X (16 進数) を用いて指定するが、2 進数の場合には省略できる。
Bit_vector	Bit の配列タイプ。
Character	アスキー文字セットを列挙したもの。
String	Character タイプの可変長配列。
Integer	-2147483647 から 2147483647 までの 32 ビット整数。
Real	浮動小数点。
Time	時間の物理タイプ。fs, ps, ns, us, ms, sec, min, hr
Severity level	メッセージレベル。NOTE, WARNING, ERROR, FAILURE
Natural, Positive	Integer のサブタイプ

Table 2 (下に行くほど優先順位が高い)

論理演算子	and or nand nor xor	論理積 論理和 論理積の否定 論理和の否定 排他的論理和	std_logic , std_logic_vector , bit , bit_vector , boolean タイプで使用可能である．式の右辺と左辺および代入される値は，同一のデータタイプで同じ長さでなければならない．
関係演算子	= /= < > <= >=	等号 不等号 より小さい より大きい 以下 以上	= ,/=はファイルタイプを除いた全てのデータタイプで使用可能である．その他は Integer , Real , 配列タイプで使用可能である．式の右辺と左辺は同一のデータタイプでなければならないが，長さは異なっても構わない．結果は Boolean で返す．
加算演算子 接続子	+ - &	加算 減算 接続	+ , -は Integer , Real タイプで使用可能．std_logic_ unsigned を呼べば std_logic_vector タイプでも使用可能である．&は配列タイプで使用可能．
単項加算演算子	+ -	正 負	Integer , Real タイプで使用可能．
乗法演算子	* / mod rem	乗算 除算 剰余 剰余	Integer , Real タイプで使用可能．*は std_logic_ unsigned を呼べば std_logic_vector タイプでも使用可能．
	** abs not	べき剰 絶対値 否定	**は左辺が Integer , Real , 右辺が Integer で使用可能．Abs は Integer , Real で使用可能．

### 3. フリップフロップの設計

フリップフロップは入力信号を次の変換タイミングまで記憶する 1 ビット記憶素子であり，ラッチ回路やカウンタ，メモリ，レジスタの多くはこれをならべることによって構成されている，もっとも基本的な順序回路である．

幾種類かのタイプがあるが，ここでは D 型フリップフロップの設計・構成を行う．D 型フリップフロップは Fig.1 のような論理ブロックで描かれるが，クロック信号の立ち

上がりあるいは立下りのタイミングで入力信号を取り込み次のタイミングまでその値を保持する．以下に，HDL による回路記述を示す．

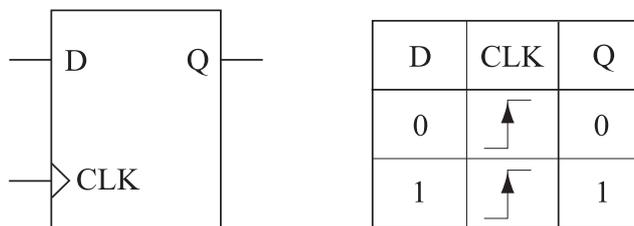


Fig.1

Table 3 VHDL による D 型フリップフロップの記述

```

library IEEE;          ← これと次の 2 行は決まり文句として記述しても良い
use IEEE.std_logic_1164.all;
                        → ここからどのような外部とのやり取りをするか信号のタイプを決める．
                        この場合単線での入力として CLK, D とし, 出力として Q と名前付けし
                        ている．

entity dff is
  port (CLK, D : in  std_logic;
        Q      : out std_logic);
end dff;
architecture dff_arch of dff is
                        → ここから回路構成の本体
begin
                        → 内部だけの配線を記述するにはここに下行のように宣言しておく
                        signal 配線名 : 配線の種類(std_logic など)と記述
  process (CLK) begin
                        CLK という名前の信号線の値は変化して文中でトリガとして使用する
                        場合に, process 文の括弧無しに変数として記述．
    if (CLK'event and CLK='1') then ← CLK が変化して CLK が 1 になったらと記述してクロックの
        立ち上がりエッジの検出
        Q <= D;          入力信号の値を出力線に出力
    end if;
  end process;
end dff_arch;

```

このように記述するだけで，後はクロックと入出力線を FPGA に外部から引き回せば D 型フリップフロップが実装できてしまう．この例でもわかるように FPGA を用いると，回路ブロック図から容易に高次の機能論理 LSI のカスタマイズが可能である．

#### 4. まとめ

回路記述言語 (VHDL) の使用法を D 型フリップフロップの記述を例に挙げて実際の使用に当たって問題になる点に留意して紹介した．この例は，FPGA 上で動作確認をしている．大学や研究機関において固有のデジタルツールを試作する必要がある研究にとって，このような技術は今後，必要不可欠なものになってくると考えられる．

最後に，本稿に記載した FPGA の技術は OJT の技術研修費の援助を得て行ったことよって習得したものであり，ここに，OJT 関係各位に感謝の意を表する．

#### 参考文献

- 1 .「FPGA を用いたデジタル回路設計演習」機械情報・演習資料 市川保正ほか，2003
- 2 .「HDL による VLSI 設計」 深山正幸ほか，共立出版 1999
- 3 .「デジタル集積回路の設計と試作」浅田邦博 培風館 2000

## 36 アーク溶接特別教育の受講

地球システム工学専攻 茂木 勝郎

開催団体および会場 : 社団法人 日本溶接協会東京第一支部  
東京都江東区大島3-1-11 産学協同センタービル2階  
URL = <http://www.jwes-1st.jp/index.html>

講習期間 : 平成17年6月7日～9日  
年間を通して2ヶ月に一度の6回ほど開催している。

### 講習内容

- 1日目:午前 講義 教本:新版アーク溶接技能教本(産報出版:日本溶接協会監修)
1. 電気の基礎知識
  2. 溶接装置およびその取扱い
- :午後 講義
3. 材料・溶接施工・検査
  4. 安全と衛生
- 2日目:午前 講義
5. 災害事例
  6. アーク溶接関係法令
  7. 小テスト
- :午後 実技
1. アークの出し方
  2. ビード置き(溶棒の角度、運棒速度、アーク長)
- 3日目:午前 実技
3. ビード置き(スタート、棒継ぎ、クレータ処理)
  4. 開先内の溶接(ウィービング、多層盛り)
- :午後 実技
5. 水平角肉(低水素棒)
  6. 自由練習

### あとがき

これは平成17年度工学部・工学系研究科技術職員研修(FJT)で受講したものである。過去、平成8年度に生産技術研究所試作工場で東大の技術職員研修(溶接初級)を受講し、その後、耐圧耐水容器を製作する機会があり、平成15年度にはFJTでガス溶接研修を受講しました。

今後受講される方は、溶接という技術を取得する上で、「ガス溶接技能講習」と「アーク溶接特別教育」を同時期に受講されることを勧めます。

技術部および技術職員への期待  
パネル討論：未来を目指して・技術部と技術職員

田中 知

1. 大学における「技術」の重要性

理工系の学部、大学院、研究所における「技術」の重要性はその性格に変化はあるにしても変りない。

最近では「ものづくり」の重要性がよく指摘される。つくってなんぼ的発想からみれば、ものがつくれないで、紙の上だけやコンピュータ画面だけでは、本質が判らないということであるし、手を動かし、試作してみて、物の本質が判るということがある。私が大学生のころ、学生実験で文鎮作りがあった。角棒を切り取り、やすりで磨き、角をとり、つまみ用の穴をあけ、メスねじをきり、つまみ（真鍮）の丸棒を旋盤で加工し、オスネジを切るというものである。目を輝かしながら熱中したが、出来上がった文鎮を机の上におくとがたがたするのが気になった。職員のひとが作ったのは、ぴたっと平面が出ていた。どうもコツは、やすりで仕上げるとき、如何に足を踏ん張りバランスをとりながら、手とやすりの動きを水平にすることのようであった。このようなことは如何に技術の伝承、教育が難しいということの現れでなかろうか。紙で書いて教えることの限界のようなものであった。このような技術の本質みたいなものを如何に学生に伝えられるかが最近特に重要と思う。実験が好きな小職としても時間があれば、コツや直感のようなものを伝えたいと思うが、現在、大学でそれがうまくできていないことが問題であろう。

大学における使命は教育と研究であるといわれる。産学連携、国際連携などは、この成果の反映、あるいはこれらの有効実施のためにあるものと認識している。教育、研究における「技術」の重要性は枚挙に暇がない。理工系の教育においては、実験、実習、演習が極めて重要である。最近では動機付けプロジェクトのように、以前とは異なる方法で学生の関心、意識の高揚を狙ったものも多くある。これらの実験、演習においては、個人個人の学生にじかに接して、体感として教えることが重要である。これは、教員と技術職員が連携して行うことによってその効果は大きくなる。どちらかにまかせきりでは良くないし、両者が、権限と責任を持ってやる必要がある。最近、技術職員の職務のひとつに学生実験、演習の指導を入れるという検討が進んでいる。一部実施されている所もある。このことは更に進めるべきであると考え。もちろんその場合には、これが職務としてきちっと認められないといけないし、そのことが正当に評価されないといけない。もしこれらの対応が遅れているとすれば早急に改善すべきである。大学院における学生実験、演習も最近重要になってきている。これは大学院におけるスクーリングの重要性とも関係するものである。大学院における実験、

実習においては、学部のそれに対してより高度な技術と知識が必要となるとともに、研究補助的な意味も有することとなる。

大学における研究においては様々な高度な技術が求められる。特殊な装置がその性能を十分発揮できるような維持管理や、特徴を有する装置の開発もあろう。これらは研究の一環となっている場合もある。このような高度な技術と関係しての研究の進展は、研究室単位の場合、いくいつかのグループにまたがった場合、専攻プロジェクトの場合、研究科全体プロジェクトの場合、大きくは大学全体プロジェクトの場合もある。また、そのプロジェクトの期間も数ヶ月単位から数年の場合がある。場合によっては、ある研究室がある特殊な技能を維持するために、何十年という期間にわたる場合もあろう。いずれの場合にも重要なことは、固定した期間、グループではなく、技術の発展に伴いながらその時期、期間によって柔軟に変化しないといけないということである。

教育、研究が効率よくかつ安全に行われるためには様々なインフラが整備され管理機能が有効に働かないといけない。これらも確実な技術の裏づけがあって初めて可能になるものである。例えば、ネットワーク管理、安全管理などであるが、大学が自らの情報管理システムを有することが効率的な運営およびセキュリティ保護のためにも重要である。また、新しいシステムの検討や、導入も重要であるとともに。学生、事務職員に対する情報教育も極めて重要である。教育、研究環境の安全管理は良い研究教育環境を維持するために極めて重要である。さらに、これは自らの健康、安全を守るためにも重要である。安全には、作業環境安全、放射線安全、防火防災などがあるが、それらについて専門の技術的知見や、資格保持者が必要である。

このように大学における技術は、以前のように個々の研究室における狭い領域での研究に直結した技術から、性格が大きく変わったものの、今後とも重要であり続けることは事実である。

## 2 . 技術職員は重要な大学構成員

大学においては教員が中心に見られがちであるが、これは大きな間違いである。大学における教育、研究およびその環境整備は、技術職員、事務職員の力なくしてはあり得ない。従って、技術職員なしでは大学の運営は成り立たない。しかし、時として、技術職員の存在が薄くなるのはどのような理由によるものであるのか。組織化されていないことによる弱さ、キャリアパスが明確でないことによる将来に対する不透明性、研究室の中だけにいることによる閉塞性、適切な研修を受けるシステムになっていないことによる技術レベルの劣化、などがあるとすればこれを改善する努力を行い、期待される重要な使命を果たすようになるべきである。このことは同時に技術職員自身の働き甲斐とも結びつく。

### 3．存在感ある技術職員

このように、大学における重要な使命をもつ技術職員の重要性が認められてくれば、大学においてより存在感が高いものとなろう。そのためには、重要な仕事を行っていることの認知、重要な業務を自ずと開発し実践していくこと、教員、事務職員と互角に議論し、相談しえる関係などが重要である。すなわち、技術職員なくしては大学が運営できないようになっていることが重要である。

### 4．組織としての技術部

このような大学における技術職員の存在感を高め、働き甲斐のある職場とし、これまでの個人の力での限界を反省し、集まりを意識し、様々な問題を解決できる仕組みとしての技術部が、多くの大学において組織化されつつある。このような技術部の組織化は、新しい時代における技術重視の一つの方法であり、それを如何に良いものにしていき、上述の諸問題を解決できるかは今後の中身づくりと活動によるところが大きい。箱だけでできて実質的になにも変らなければバーチャルな組織をさらに作り、より複雑になっただけであるということになる。

これまでの様々な問題は技術部という組織をうまく活用することにより解決できると信じている。もちろん、大学全体、教員、事務職員が技術部の重要性を認識し、技術職員も技術部の重要性を深く認識することが必要である。もし万一にもそうでないとするれば、ゆゆしき問題であり技術部あげてそれを打破するべきである。

### 5．適切な評価

このように、技術、技術職員、技術部の活動がうまくいくために、様々な重要な視点がある。一つは、適切な評価である。教員の気の向くままに仕事が回ってきて、それらが正当に評価されないならば問題である。多くの仕事を自主的にやったとしても正当に評価されない、技術部組織化のために、時間と労力を使ったのに誰も評価していない、ということが続けば意欲低下に結びつくことは明確である。また、研究室の教授が定年になったあと、適切な仕事がないために、それが結果として悪い評価になったとしても問題である。このようなことをなくすために正当な評価は当然である。同時に、正当に評価されるような仕組みを、技術部として、提案し、同じテーブルで作り出していくことも重要である。評価が待遇改善にも結びついていくことはいうまでもない。

## 6．技術力アップと組織力アップ

技術部が重要な役割を果たし、そこで働く技術職員が働き甲斐があり、かつ正当に評価され、それが結果として待遇改善、ひいては大学の使命である教育、研究レベルの向上に結びつくためには、技術職員個々の技術力向上と、技術部の組織力、管理能力、企画能力を高める必要があることは言うまでもない。これまでも研修などにより努力が行われてきたと思うが、今後はさらに充実すべきである。このとき、研修は上から言われて行うだけでなく、必要な技術力は何であるのか、必要な組織力とは何であるのかを、自己の問題として捉え、自ずと提案し、構築していくことが必要と考える。

## 7．キャリアパス

技術職員は個人であり、教員、事務職員と同じである。正当な評価が給与、手当などの待遇改善に結びついていくべきであることは言うまでもないが、キャリアパスが明確でないことも将来に対する不透明性、不安感を呼んでいることも事実であろう。そのためにもいくつかのキャリアパスを目に見えるようにすること、努力すれば、その道を自ずから、選択し進めるものであるということが大切ではないか。キャリアパスには様々なものがある。例えば、安全技術の専門家となり、工学部だけでなく、将来は大学全体の安全管理について技術の指導、管理をすること、高度な技術を必要とするプロジェクトの技術の中心として、技術の面からそれを引っ張っていくこと、技術部の組織、管理能力で力をつけ、将来必要となるであろう、全学の技術部の中心となって行くことなどがある。工学教育において重要な、実験、演習、実習の専門家となるという道も当然考えられる。

## 8．終わりに

以上のように、技術部および技術職員への期待は極めて大きい。今後大学で教育、研究が高度に、効率よく行われていくためにそれらの活躍は必須である。今年4月より、特に技術職員の自主的な努力をもとに技術部が出来たことは画期的なことである。上記の諸課題を解決し、自らの職場をいいものに自己解決するためにも、技術部を自分等の組織として立派なものとして頂くことを強く希望している。それが結果として、大学における技術の重要性要求に応えるものであるし、個々の職場を良いものにして行く事に繋がると信じている。

# 国立大学における技術支援の変容とあり方

鹿児島大学工学部技術部 大角義浩

## 1. はじめに

我が国の大学・研究機関の教育研究基盤を支えるべき技術支援が脆弱であり、国際競争力の観点から問題があることは有識者にとって常識である。その技術支援の脆弱性とは、支援者数が十分でない点と質的側面があるとされている。技術支援の現状と問題点を調べるため、国立大学、私立大学、研究機関等を訪れインタビューを行った。国立大学の技術支援現状、熊本大学工学部技術部を先行例とした組織化とその運営のあり方、処遇の改善策について報告する。

## 2. 国立大学における技術支援の現状

鈴木ら<sup>1)</sup>は、「リージョナル研究支援システムの創設に関する提案」において、『我が国のアカデミズムには、研究支援業務は二次的で一段とレベルの低いものとの価値認識がいまでも底流を為している。』とし、その背景に大学が持つ構造的欠陥があるものとしている。この構造的欠陥とは、『研究支援体制は、職員の多くが個別の研究組織の構成要素として自然発生的に講座とか教室とかに組み込まれた、いわゆる「縦系列」の分散型組織で編成され、専門という「横系列」では、性格の異なる多様な研究支援業務が共存し人事の横の動きがなく、職務の権限関係も明確でない。』という点を上げている。また、『職務への尊重とかシステムへの評価機能もなく、いくら努力をしても、それに報いるインセンティブの仕組みもない。』というのが実情としているが、技術支援を職業とし、調査しているものとして全く異論はない。表1は、第3期科学技術基本計画策定のための調査「主要な科学技術人材関連プログラム分の達成効果及び問題点」<sup>2)</sup>の抜粋した部分である。そこには、技術支援の問題点として支

表1 基本計画の達成効果の評価のための調査より技術支援関連部分を抜粋

状況	支援者数	我が国の研究者一人あたりの研究支援者数は、欧米の半分以下。 研究者一人あたりの技術系研究支援者数は、大学で約0.1人と非常に少ない。 研究支援者数に対する研究者の不足感は、特に大学において高まっている。
	質的側面	技術支援についても、研究分野の高度化に伴う技術支援業務の多様化に対応できていないと指摘する研究者も少なくない。
方策	研修	意欲のある技術系支援者に対してより多くの能力向上のための研修機会を提供することが求められる。
	処遇	研究支援者の多くがキャリアパスに不安感を有している。これを軽減し、研究支援が魅力ある職業となるような環境の改善策、地位の向上策が講じられる事が期待される。貢献度に応じた評価をするとともにこれに見合った処遇をするなどの処遇改善策が望まれる。

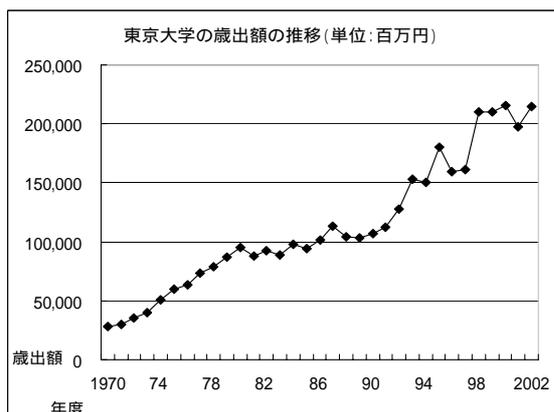


図.1 東京大学の歳出額の推移

(伊藤谷生: 激震 - 国立大学<sup>3)</sup>, 未来社, 1999)

援者数と質的側面があり、方策として研修の機会の提供と処遇の改善が挙げている。それでありながら、社会の高学歴化に合わせ、採用者は修士を中心とした高学歴者が増えている。

### 2.1 国立大学における技術支援者の減少

データが比較的多く入手できる東京大学工学系研究科を例に、技術支援者の減少の実態を調べた。大学における仕事量の指標として図 1 に歳出額の推移、図 2 に教職員数、学生数の推移を示す。業務量に相関があると考えられる歳出額は 1970 年からの 30 年間に 7 倍近く増え、大学院生の数も 3 倍以上に増えているが、職員数は 2/3 に減少している。教官数は横ばいで、定員外職員は 80 年代より大幅に増加している。図 3 に、工学部の教職員、本部職員数、のグラフを示した。工学部の教職員では、教授・助教授は増加しており、事務職員は 80 年代後半から緩やかに減少しているが、技術職員は一貫した速度で減少し続け 2006 年度現在 109 名となり 1970 年の 4 割程度になっている。

### 3. 教育の質保証と技術支援

21 世紀は知識基盤社会とされ、教育の質保証や大学の国際競争力の観点から技術支援も国際的な水準にあることが望まれる。教育の質に関する日本での国際的相互認証の例では、学士レベルの技術者教育プログラムの質を、国境を越えて相互に認定しあう協定ワシントン・アコードに加盟する日本技術者教育認定制度 (JABEE) が広がりを見せ、欧州では欧州 29 カ国で 2010 年まで「ヨーロッパ高等教育圏」を目指すボローニャ宣言に基づく動きがある。

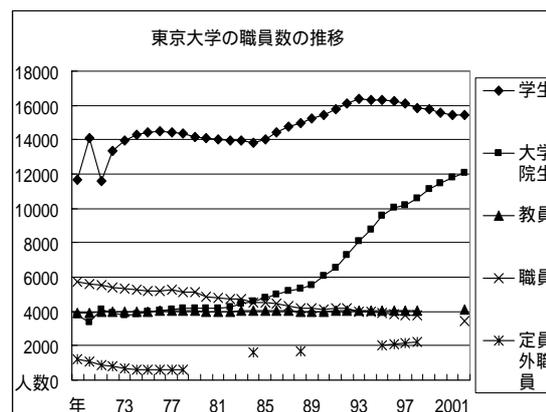


図.2 東京大学の学生数並びに教職員数の推移 (伊藤谷生: 激震 - 国立大学, 未来社, 1999 及び東京大学広報センター作成資料 (「学生数」から引用))

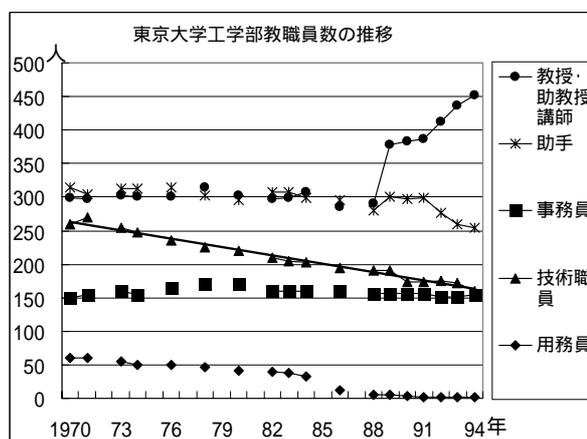


図.3 東京大学工学部教職員数の推移 (伊藤谷生: 激震 - 国立大学, 未来社, 1999 及び東京大学工学系研究科ホームページ<sup>4)</sup>より引用)

また、国境を越えた教育サービスの質保証では、OECD、ユネスコ、WTO 等で議論がある。欧米では、授業料は教育に使われ、研究は外部資金によって行われるが、日本は、卒論・修論の比重が大きく、学生に教員の研究の手伝いをさせているのではないかという批判もある。技術職員の減少に伴いその業務代替者が存在していると上記で述べたが、それが学生であってはならない。将来を嘱望される若い研究者が雑用に追われることを早くなくさなければならぬ。また、教育の質保証では、それを支える質や量だけでなく、サービスを受けるための情報を学生に周知されていることが重要とされるが、その点は米国に比べ、国立大学の技術部は学生に向けた周知が明らかに不足している。

### 3.2 拠点大学の技術支援

表.2 は、平成 16 年 4 月時点(東京大学工学研究科は平成 18 年 7 月現在)の旧帝大と呼ばれる大規模研究大学と位置付けられる 4 工学研究科と地方大学工学部の技術職員数をホームページにより調べたものである。研究大学は教員数、学生数、予算、機器が地方大学に比べてはるかに多いが、東京大学工学部同様に学生や研究者一人あたり技術職員数は少なく欧米のそれとは比較にならない。

表 2. 拠点大学工学研究科と地方大学工学部の技術職員数

大学名	技術職員数(人)
東京大学工学研究科	109
東北大学工学研究科	94
北海道大学工学研究科	62
京都大学工学研究科	39
岩手大学工学部	50
新潟大学工学部	43
熊本大学工学部	43

## 4 . 技術支援の組織化とあり方

熊本大学工学部技術部の組織化のプロセスと組織運営を例に、その活動の可能性と課題を述べる。以下は、熊本大学工学部技術部に関する資料<sup>5)</sup>と副技術部長丸山氏へのインタビューに基づくものである。

### 4.1 熊本大学工学部技術部

熊本大学工学部技術部は、43 名の人員により、環境建設技術系、生産構造技術系、電気数理技術系、応用分析系および機器製作技術系の 5 つの技術系で構成し、工学部、学科および各研究室に対して技術支援業務を行っており、工学部共通の IT 関連技術支援、安全管理業務支援、各種委員会支援等も行う。また、学外に対しては各種地域貢献事業等に取り組んでいる。組織は、技術部長(学部長兼任)の下に副技術部長、各系は系総括が業務を取りまとめるフラットな組織となっている。この技術部の特徴は、技術職員を単に講座に配属させるのではなく、実験・実習、製作依頼から講座に派遣させることも含めて技術部に依頼書(web 方式)を出してもらった業務依頼方式で実態的な組織運営を行っている点と、表 3 に示すように、実験・実習、装置の運転といった基礎的支援だけでなく、学部委員会支援やシステム開発、地域貢献事業など多彩な支援を高い技術力と豊富な予算で行っている点にある。また、平成 17 年度より実施している、技術部及び技術職員の業務の自己点検評価システムは、技術部自身で生み出したものであり、教育支援、研究支援、社会貢献、管理・運営、スキルアップ、

外部資金への応募について点検し、改善計画をまとめている。

#### 4.2 組織化と運営の特徴

熊本大学工学部技術部の組織化に至るプロセスの特徴とそれを支える要件は、 試行期間と見直しの機会のあるプロセス、 業務依頼方式とプライオリティー 退職者の補充確保と技術部への所属、 業務を見える体制にする、 情報収集と共有化、 豊富な資金、 リーダーの存在と教員を含む理解者の存在が挙げられる。

##### 位置試行と見直し

技術部移行に際しては、「業務システム」、「研修」、「事務関連」、「予算」、「技術開発・伝承」、「評価システム」の項目ごとに「検討期間」「試行期間」「見直し」のタイムスケジュールを作り実施した。これは、現在行っている「評価」の問題でも同様である。

業務依頼システムとプライオリティー

技術部の業務依頼は、学部共通、学科、各種委員会、教官への教育・研究面での技術支援に際して、それぞれの集団から依頼を受け、実行する業務依頼をWeb方式により行われる。

業務を引き受けるにあたり、業務の種類に優先順位を明確にしている。学部の業務（安全管理、IT関連業務、附属施設等の関連業務、学部委員会等の活動支援など）を優先し、次に学科（学生実験・実習等に対する全般的な技術業務、学科共通機器等の保守管理、TAへの実験・実習技術指導など）、最後に研究室の業務（修論・卒論等に対する全般的な技術業務、共同研究、受託研究等の研究活動に対する技術業務、研究用計測・実験機器等の設計・製作および保守管理）となる。

##### 退職者の補充確保と技術部への所属

退職者の補充を確保し、採用者は講座ではなく技術部所属にさせることで組織の実質化のスピードが加速した。一見当然に思えるが、定員削減のスピードが大きい大学では退職者の補充が難しいためこの方法はできない。熊本大学工学部技術部は、若手への切り替えが急速に進み平均年齢が30代前半に近づいている。年齢に制限のない公募採用もできるシステムもあれば年齢バランスもとりにやすいため理想的である。

表 3. 熊本大学工学部技術部の特徴

<p><b>主な業績</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 科研費(奨励)採択 H16-10件,H17-6件</li> <li>・ 共同研究4件、学外での技術指導8件(H.15)</li> <li>・ 「中学生を対象とした夏休みの自由研究に関する技術相談会」(平成17年度50件、60人)</li> <li>・ 教員の評価システムの構築(5人で1年)</li> <li>・ 地域貢献事業(工場だけで5件,H14)</li> </ul> <p><b>業務</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工学部公開等の学部事業への参加や記録</li> <li>・ 学部の7委員会で委員参加</li> <li>・ 安全衛生業務への参加</li> </ul> <p><b>その他</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術報告会は、他大学と相互交流(H18は九州の国立大学・高専全てに参加要請)</li> <li>・ 学部独自の奨励金創設(H18-2件、最高200万)</li> <li>・ 博士課程入学(学部と技術部との交渉H18:3名)</li> <li>・ 技術職員の業務の自己点検・評価システムの構築</li> <li>・ 外部での発表の場合は旅費保証</li> </ul>
---

### 業務が見える体制

業務が相互に見えることが業務を分担しチームで業務を進めることや評価の前提となる。各系に居室を設け、ミーティングすることで業務を可視化できる環境を作っている。これに加えて、自己評価の目標設定時に時間をかけた話し合い機会を設けている。

### 意志決定システム

意志決定システムを明確にしたことで自立した組織運営となっている。技術部の最高意志決定機関として、「技術部管理運営委員会」が設置され、構成員は、技術部長（学部長）、総務委員長、2 施設運営委員長、副技術部長、5 技術系総括、事務長で毎月一回定期的に開催され、管理運営事項などを審議している。技術部の中間機関として、「系総括会議」があり、（副技術部長、5 技術系総括で構成）を設置して月 2 回定期的に開催し、技術部の管理運営に関する企画や協議を行い、問題に応じて管理運営委員会に審議を要請する。系会議は、その技術系に所属する全ての技術職員で構成されているが、協議議題によっては、関連する学科より、学科長等の参加要請を行い、学科等との意志疎通を図っている。

### 豊富な資金に基づく情報収集と共有化

技術部の予算は、学部からの一般予算、旅費の他、学長裁量経費、外部からの業務委託、学部委員会からの経費（委員会の要請によるシステム開発経費等）など多様かつ潤沢である。予算が豊富であることは外部で発表の機会、情報収集を保証し、それによって得られる情報、人脈、知識、ノウハウの獲得、技術部の組織力向上に繋がり、予算獲得能力を増すという好循環となっており、お金が力の源泉と認識されている。

### リーダーと教員を含む理解者の存在

技術部の核となる人材、即ち、現副部長をつとめる丸山氏がこの 20 数年前に手弁当で技術報告会を自ら始めるなど技術職員集団の基盤を作るのに大きな役割を果たすと共に、全国の人脈を通じ情報収集しその共有化に努めてきた。その行動を理解する仲間と技術職員の努力を支援しようとする教員との相互作用がこの技術部をここまで育ててきた。また、リーダーの重要性を知る技術部は、この数年、後継者の育成に努め副部長の一部の業務を引き継いでいる。現在の工学部長は外部で講演を行うたびに、「技術部は、わが熊本大学工学部の宝」と話されており、技術職員の士気を高めている。

## 4.3 熊本大学工学部技術部に関するまとめと課題

熊本大学工学部は、技術部の創設にあたり十分な調査に基づき柔軟に対応できる計画により行われた。そこには、ここの技術職員には意識の高い個々の技術職員・リーダーの存在、教員の協力、活動に必要な予算があった。

熊本大学工学部技術部の課題は二つあり、処遇の改善であり、図 4 に示すように名称は副部長でも退職時の処遇は他の国立大学同様、課長補佐程度である。課

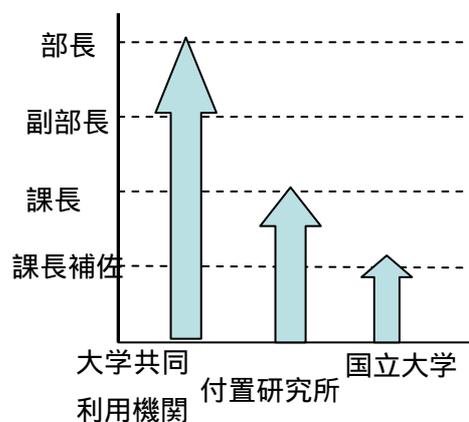


図.4 国立大学・研究機関の退職時の到達級(相当役職)

題のもう一点は、大学院を中心に教員組織の改組が頻繁に行われる状況の中、学部を超えた全学的な支援組織への道筋が明確なものとはなっていないことである。

## 5．キャリアパスと技術支援組織の責任・権限

表.1 に示した「基本計画の達成効果の評価のための調査」によれば、「・・・研究支援が魅力ある職業となるような環境の改善策、地位の向上策が講じられる事が期待される。貢献度に応じた評価をするとともにこれに見合った処遇をするなどの処遇改善策が望まれる。」とされているが、具体的な処遇改善策は示されていない。

一方、大学共同利用機関や早稲大学理工学部などの一部の私立大学は、明確な職務内容とそれを実行する権限と責任が与えられ、それに応じて成果を上げるとことで国立大学より高い処遇が為されている。国立大学は、基本的に全ての権限と責任は教員に集中しているが、技術支援が関係する分野の業務、組織運営は技術支援組織に任せ、必要な予算・人事上の権限を委譲することで責任と権限を根拠とした処遇改善を行うべきだろう。即ち、各大学において技術職員の位置付けを見直す必要がある。組織の位置付けと職務が明確になることで、個々の技術職員の職務と職能が明確になり、一定の処遇が確保され、それにより技術職員の流動性も生まれる。ただ、我が国の政府部門による高等教育への投資額は極めて低く、国立大学の努力だけでは技術職員の処遇を含む教育研究基盤の強化に限界があることは確かである。

## 6．おわりに

国立大学の技術支援に関しては、技術職員の減少と技術支援業務の多様化と高度化に対応していないという質的側面という問題があり、方策として研修と処遇の改善が必要とされている。

国立大学は、技術支援者の減少に対して技術職員の組織化によって業務の効率化を計ろうとしていた。組織化を円滑に行うには、十分調査、技術職員の問題意識の共有化、リーダーの育成、予算を含む教員の理解が必要であった。

技術職員の処遇の改善には、大学における技術職員の位置付けと組織の位置付けを見直し、技術職員組織に責任と権限を持たせることが必要である。

## 参考文献

1. 松尾学術振興財団（座長 鈴木基之）：『大学の研究システム改革への6提案』，松尾研究会報，Vol.9 2000
2. 科学技術政策研究所：基本計画の達成効果の評価のための調査『主要な科学技術関係人材育成関連プログラムの達成効果及び問題点』，2005.3
3. 伊藤谷生：激震 - 国立大学，未来社，999
4. 東京大学工学系研究科：<http://www.t.u-tokyo.ac.jp/>
5. 熊本大学工学部技術部：<http://www.eng.kumamoto-u.ac.jp/~tech-web/>

# 「多元研技術室の役割と経過、未来展望」

東北大学 多元物質科学研究所 技術室長 柴田吉郎

## はじめに

技術室は、3研究所の統合による多元研の発足と同時に2001年4月に省令によって58名の規模で設置された。その直後、3研究所の定員削減計画の残数の実施により一気に52名となって現在に至っている。技術室は全国7付置研究所に設置が認められているが、その第一の特徴は、学部・研究所の技術部組織では必ずしも明確でない「組織の役割」が、省令で定められていることである。第二は、室長が管理職と定められ人事案件（支援業務管理・勤務評定・昇任推薦・昇格推薦・優秀者推薦・特別昇給者推薦・勤務時間管理・超勤手当管理など）の最終管理責任を担うことである。本報告とパネルディスカッションでは、東京大学工学部技術部の今後の発展に些かでも役立ちたいと思い参加する。時間に制約された質問・意見などがあればMail Addressまで忌憚なくお寄せいただきたいと考えている。

## 1, 技術室の役割

多元研技術室の役割は、技術室設置の概算要求書に次のように示されている。

多元物質科学に関する研究活動を強力に推進するためには「学術情報ネットワークの構築と運用」「大型研究用機器の設計製作および特殊加工技術の開発」「新多元物質合成技術と各種計測技術の開発」に関する包括的な技術支援をおこなう新たな「技術室」組織が必要不可欠である。

これにより、1室長10班長20係長が配置された。現在の技術室は、広報・情報室（共通室系）に4名の職員、機器試作開発（ものづくり系）を主体にした機械工場とガラス光器械工場に20名と5名の職員、さらに、各種計測装置とその計測技術開発をおもな目的とする研究プロジェクト支援（研究室系）に15名の職員を配置している。また、共通機器分析室には8名の職員配置となっている。全体で52名の正職員の構成である。他に非常勤職員が4～5名である。

## 2, 技術室の運営

多元研技術室の母体は旧科学計測研の技術室であり、その運営方法も10年間の試行錯誤と変遷を経験してきた。昨年4月までは、技術職員で構成する「運営委員会」が内部の審議議決機関として、職階・職域・年齢を加味し選出した「委員」により各職域の業務進捗報告、予算審議、研修会、教育実習などの活動計画を協議し運営してきた。それは規定の中で技術室は研究所長直属とされ、教員組織との公式な話し合いは所長と室長間の会見などで方針を確認するという奇妙な関係にあった。（月2回程度、相互の必要により開催）

昨年4月から「運営委員会」を廃止し10名の班長と室長による「班長会議」が運営責任

を負うことになった。これは年功序列による「班長昇任人事」の弊害がようやく古参班長の定年退職により克服され、能力（職場をまとめる力）による班長の昇任人事が成就してきたからである。技術室設置を「待遇改善が目的」としていた 10 年前の時代からようやく脱出したのである。

ほぼ同じ時期に、教授会で任命された 3 名の教授と技術室代表者による「技術職委員会」や「技術職人事委員会」が所長と室長の間に設置され、採用計画、職員配置、昇任人事などが双方向的に議論・協議するシステムも動きだし、昨年からようやく本格化している。はじめに、で述べた人事案件のなかの昇任・昇格・特昇などの推薦は、技術室長から説明するが、「委員会」の教員は技術室内部で推薦に至ったプロセスを最重視して問うてくる。

そのプロセスだが、さいわい多元研の技術支援業務は 6~7 名の職員単位で目的業種をくることができ班を構成している。その班は省令規定の 10 班を变形し 8 班としている。また、技術室を 2 分して（ものづくり系と研究室系・共通系）2 名の主任班長を置いている。したがって、次の班長の昇任人事（後継者）は現班長の意見を優先し、職場と他の班長の意見を聞き、推薦理由書・個人調書に反映している。個人評価を全面にしている「八項目の専門官選考基準」は班長選考の下位に置いて一応の目安としている。

なお、東北大学では年功序列による「係長昇格人事」が今も存在している。その存在が多元研技術室で 50 歳前後の職員の班長昇任を可能にした背景にある。旧 6 級と 7 級では賃金差が極些少だという事である。そのためにも大学職員の処遇制度を考える上で年功序列制度を一概に排除せず、係長まではと考えている。なぜなら技術職員組織には「職場をまとめる力」以上に「専門業務を極めた力」が必要だからである。実際に多元研技術室の 10 名の班長中、5 級（旧 7 級）が 4 名、4 級（旧 6 級）が 5 名、3 級（旧 5 級）が 1 名であるが、やや若手が混じる係長は、20 係長中、4 級（旧 6 級）は 7 名となっているのである。

### 3 , 技術室の業務管理体制

省令による班系の設置は公式的には存在しているが、現在は職域区分ごとに 8 班として班長は 5~6 名の職員とともに業務を推進する中心となり管理者としての役割も担う。2 名の主任班長は前述したが機器試作開発ブロック（ものづくり系）と研究基盤支援ブロック（研究室系・共通室系）をまとめる役割があり、「課長」相当の処遇を要望している。

昨年 4 月以降、人事案件の基本的部分は 2 主任班長と 8 班長の判断と推薦を受けて、室長が裁定し上申している。とくに、超勤勤務時間の予算管理（含む追加申請）・勤務時間管理は 8 班長の判断・裁量におおよそ任せている。また、昇任人事の推薦と個人調書作成は 2 主任班長の判断・意見を取り入れ「班長は室長を補佐する」との省令職務規定をそのままに実行しているのである。業務執行の班・ブロック体制と職務は下表のとおりである。

多元物質科学研究所 技術室組織 ( 2主任班長 8班長の体制 )

室長	研究基盤技術主任班長	物理計測技術班 (レーザー・電顕などとその関連技術開発)
		材料創製技術班 (材料合成機器とその技術の開発)
		分析・情報技術班 (分析室・情報室の支援業務)
		化学計測技術班 (化学系研究支援・衛生管理室支援)
	機器開発技術主任班長	機器システム技術班 (機械工場・システム開発設計と加工)
		機械加工技術班 (同・機械電気加工)
		機器調整技術班 (同・実験機器組立仕上げ・調整)
		特殊材料加工技術班 (ガラス・レンズ工場)

#### 4 , 多元研ならではの技術職員

多元研技術室の目標は「多元研ならではの技術職員」といわれる仕事をする事である。そのように世間に言わしめるような先鋭化した特殊技術の獲得と保持である。営利を追求する民間企業では成し得ない部分で多元研の技術職員の存在がどれほどの役割をになって、研究所に社会に貢献しているのかがその評価と考える。

例えば、多元研技術室の機械工場とガラス工場は全国最大規模の職員数と近代的設備を整えているが、そこには研究所の外からも試作依頼がある。しかし最近は、人員と時間的制約から充分応えきれていない現状にあるが、下表のような代表例が挙げられる。

研究所の外から依頼された機械工場の試作品		
H12.9.	関 宗蔵 (天文台-----→東北大学・大学院理学研究科教授)	
		「偏光計用光学系支持部品製作および筐体組立」260,000 円
H13.2.	関 宗蔵 (天文台-----→東北大学・大学院理学研究科教授)	
		「LIPS 筐体部架台」 30,000 円
H14.6.	遠藤 恭 (大阪大学・理学部→島田研)	
		「メタルマスクの作製」 島田研を通して作製 (所内利用料金)
H14.9.19~23	阿部博之 (宮城教育大学技官)	
		「機械加工の技術研修」 50,000 円 (消耗品で充当)
H15.9 H17.10	千葉 寿 (分子科学研究所→佐藤研)	
		「φ60μm ノズル作製」 佐藤研を通して作製 (所内利用料金)

H 17.8.22 ~ 25	藤本 甫 (岩手大学・工学部技術職員)
	「ワイヤ放電加工技術研修他」 21,000 円 (消耗品で充当)
	阿部弘之 (宮城県産業技術総合センター-----→田中研))
	「サンプルホルダー」 田中研を通して作製 (所内料金)
	近藤 (佐賀大学→渡辺研)
	「シュワルツシルド型レンズユニット」渡辺研を通し作製 (所内料金)

金属板にφ3μmの絞り孔を空ける技術を開発し企業にそれを指導した職員、シリコン基盤をφ10mmの面積を厚さ4μmまで薄膜化するイオン研磨技術をもつ職員、FIB加工でφ1μmの電顕絞り真円孔加工法を開発した職員、45度の円錐形外周上に幅0.2mmのスリットをエンドミル加工ができる職員、その他にも多様な特異技術を保有しているが、組織集団としてこれを支え維持発展させることが今後も多元研技術室の使命であると考えている。

## 5 , インターンシップ

大学の法人化以降、一般職員の採用は法人職員採用試験によると定められ国家公務員 試験と同等の学歴・学力を求めようになった。技術室は高校の専門課程を修了予定の生徒の採用も可能にするため、人事担当理事に会見を申し出て協議採用という道を開くことができた。その結果、機械工場とガラス工場ではインターンシップを実施し、今年度は2名を採用し、来年度は3名の採用を予定している。団塊世代職員が退職を前に約10名の20才代の若い職員に喜々として仕事を伝えている風景も現在の多元研のおおきな特徴といえる。

## 6 , 懸念されること

各大学への運営交付金にかけられる効率化係数と、少子化により大学の運営は相当に厳しさを増すと考えている。東北大学は部局配置の一般職員の定員管理 (削減) を本部一括でおこなう方針である。多元研技術室は以前に増して良い仕事をし、評判を高め、職員 (要員) 確保の道をさがし出す必要がある。また、実験・加工機器の更新・近代化をすすめる必要があり、予算備蓄・利用料金の改定・外部資金の獲得に取組みは始めている。

全国大学の理工系学部では「技術部」が生きた組織として幾つか発足している。そこで懸念されることは、技術職員の業務が広く浅く一般化されていくことである。研究者・教育者ができない技術的な面を依頼者とともに議論し考え実行するのが大学の技術職員の使命であり仕事である。もしも、誰にでもできるような「一般化された仕事」に変質するのであるならば、早晩、民間に依頼することになる。それが法人化の目的だからである。

多元研の一部の研究者から、総ての研究分野に公平な技術支援をとの声が上がっている。その声に応えるシステムも検討を始めてはいるが、基本的な業務は「技術室の設置目的」を堅持し、各職員の目標・モチベーションを如何にして持たせ、高めるかだと考えている。多元研技術室の課題はまだ大きく難さがある。東京大学の工学部技術部には確保すべき技術を研究者のまえで堂々と披瀝し、議論し、全国大学の道標となるような技術組織となられるよう、心からの期待を申し上げて多元研技術室からの報告を閉じたい。

## 1. はじめに

高エネルギー加速器研究機構(KEK)は、全国の国立大学と同じく、平成16年4月に法人化が行われ、164名の技術職員は技術部の技官から2研究所・2施設に組み込まれた研究所の技術職員の職員へと移行した。本報告書ではその発足と改組に至る経緯を過去の資料から読み解き、技術部組織の意味と新体制のシステム説明を行う。

## 2. 技術部発足の背景

高エネルギー物理学研究所は昭和46年(1971)に設立され、技術部は昭和52年(1977)、菊池 健先生を技術部長として迎え1部5課19系の計81名からスタートした。発足当時の背景を菊池メモ(1977/9/14)にみると、(1)明治以後のわが国の科学技術政策はその水準を先進諸国に近づけるため、アカデミックな研究面がまず先に重視されてきた。しかし、今後、わが国において研究成果を生み出すためには基礎技術面の成長、充実が重要である、(2)研究の近代化に伴い研究装置の精巧化、大型化、複雑化が顕著になり、多年の経験や高度の専門技術を身につけている技術者、技能者の研究参加が不可欠である、(3)高エネルギー物理学という分野は、ルーチン化した技術的作業は少なく、多岐にわたる高度の専門技術を有する研究支援体制の寄与が重要であり、それを理解し支援出来る技術者組織が必要である、と指摘している。KEK ではこれらの問題を解決していく、ひとつの方策として技術部を発足するに至ったことが分かる。

## 3. 技術部の果たした役割

以上のような背景の下に技術部組織を発足し、27年の間、12GeV陽子シンクロトン建設、フォトンファクトリ計画、トリスタン計画、Bファクトリー計画、東大原子核研究所との統合、長期線ニュートリノビームラインの建設を経て、技術者の待遇改善を計り、1部13課16班72係、計164名の技術部組織へと発展させることができた。また、人材育成にも力を注ぎ、現在ではKEKの技術者は国内外の研究グループと技術協力できるまでに個人の資質の向上を達成するに至っている。特に行政職という枠内においても、組織化による級別定数の増加で高い技術力を身につけた技術者を処遇することが出来てきた点は評価されるべきことである。

## 4. 組織の問題点

27年を経てその規模が大きくなるにつれて当初に懸念されてきた問題点が顕著になってきた。それは、研究組織と技術組織の研究現場での二重化、ポスト団塊世代の行き詰まりである。

プロジェクトの遂行は、研究者と技術者が密接に協力し合って研究系の中で行うという理念のもとに、一体運営されてきた。それは業務の実態は研究系の中にあり、その成果は研究系の外には

存在しないことを意味する。また、人事的な手続きとして、技術部長・課長・係長の職階ごとの所掌範囲を作る必要があり、おのずとそこには上下関係が発生する。長い年月で技術部の組織構成は、研究現場とは必ずしも一致しない形に歪んできた。個々の技術職員は日常、研究現場のリーダー（研究者でも先輩技術者でも）に従い、評価が、現場とは違った上司が、別の場所で行う、という二重の組織構造になってしまった。この指揮命令と評価の不一致は、両者の関係を難しいものとし、当初の意図である一体運営を複雑にした。

また、行政職階のピラミッドは、発足数年間は処遇改善できるが、上位級を団塊の世代の技術者で埋めてしまうと、それ以降の者にはその恩恵を配分することができない問題点があった。この行政職ピラミッドは拡大均衡と計画的採用を前提としたものであり、大型プロジェクトに合わせて大量採用を行っていく方法は、本機構には必ずしも最良の組織を形成していくとは考えられず、法人化後の現在その問題を検討している最中である。

民間企業で始まったアウトソーシングの影響も当然、本機構にも及んでいる。研究業務（＝教官）は研究所に残し、支援者集団は所外へといった短絡的な意見もあり、あくまでも2章（3）で求められる外部に求められない多岐にわたる技術者集団でなければならないことは言うまでもない。

## 5. 技術職の改組

法人化に伴い、教官、技術者、事務職人事担当者からなるタスクフォースを作り技術職員に関する問題について検討を重ねてきた。そこで答申された新組織のあり方の趣旨は以下の通りである。

### [新組織のあり方]

現在の技術部のメリットを取り入れ、かつ技官の高度な専門性を活かした新しい組織のあり方について検討した結果、以下のような組織に改組するものとする。

#### (A) 組織としては、

- (1) 研究所・研究施設において研究者（教官）と一体となって業務を遂行する。
- (2) 研究部門と並列に技術部門を配置する。
- (3) 所長・施設長の下に技術調整官（仮称）をおく。
- (4) 研究主幹・センター長の下に技術担当副主幹（仮称）をおく。

とし、研究現場での実態に合わせた組織運営を行う。

#### (B) 職制としては、

- (1) 技術の専門性に準拠した新たな職制を設ける。  
（例： 主席技師、主任技師、技師、技師補、技術員）
- (2) これに適合した給与体系の整備を行う。

なお、本機構の教官組織は、講座制という組織に基づいていないが、技官もこの職制によって組織されるものではなく、上記の(A)に従って組織される。

#### (C) その他

- (1) 新組織への円滑な移行のために経過措置が必要である。
- (2) 機構全体にわたる何らかの連絡調整機能が必要である。

（平成15年6月、「技術部に関する改組の必要理由」より）

## 5.1 新組織形態

本機構における技術職員の位置づけは図1の通りである。(A)-(1)、(2)にある通り、教員と技術職員の部門は密接して配置され、技術分野を強調して技術職員をグルーピングしていない。また、研究所、研究系における技術的な支援者として、調整役と技術副主幹を置き、その下の技術職員のみに対する管理者という役割をなくした。この調整役、技術副主幹は併任職(任期3年)とし、各研究所、研究系における適材適所を柔軟に行える体制としたことが特徴である。

所長会議の下に、副所長、技術調整役、技術副主幹数名による技術部門連絡会を設置し各部署、研究所からの新人採用の要求や公募による異動の配分を調整している。また、この連絡会議は外部機関からの窓口の役割を果たし、研修の募集や企画の立案を行っている。

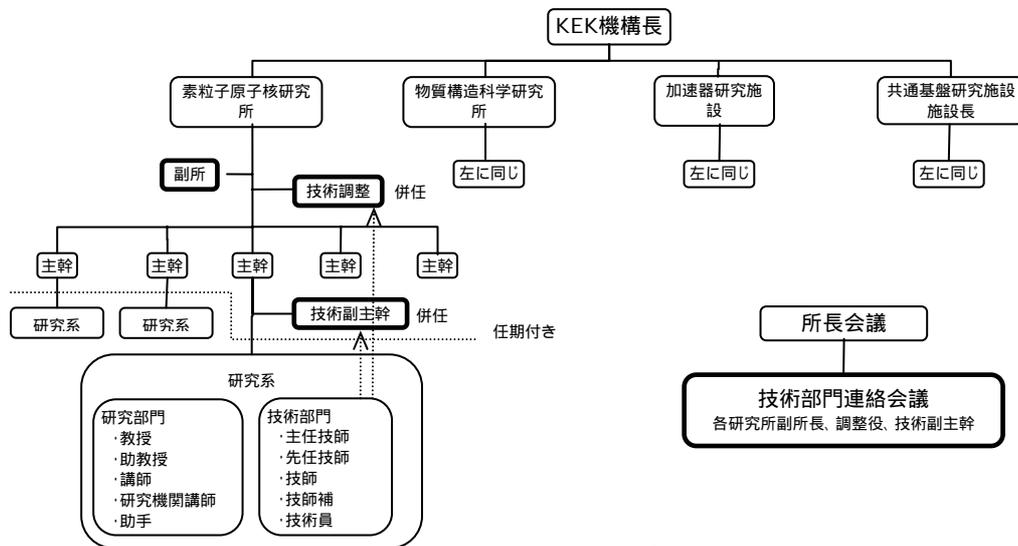


図1 組織図

## 5.2 職階と給与システム

法人化以前は行政職(一)の給与表を2級から9級までを係員、係長、班長、課長、次長、部長の各職階で使用してきた。上位ポストに十分な余裕があるときは、この連続的に昇格していくシステムは精神的な不安感を払拭でき、短期的な成果を性急に求めることなく、専門的な技術を身に付けていくのに相応しいシステムといえる。しかし、現状のように上位ポストの行き詰まりが起これると、成果や努力に対する評価が見えにくい旧システムでは、仕事に対するモチベーションの低下を招く。また、行政職給与表を使い続けることは、ライン制の組織形態のイメージを意識することにより、専門的技術者としての職制を目標とする主旨を見え難くする。

職名は技術職員の今後の目標とする役割とそのためにより必要となる社会的認識を深めるために重要な意味をもつ。これらの点を考慮し職階と技術能力をアピールできる五つの職階と一対一対応の給与システム導入することとなった。最終的に決まった職階と旧職階との関係は表1の通りである。

新技術職の給与表はこの対応に基づき、連続した行政職給与表を補完する連続したラインを検討し作成した。なお本機構を含む全国大学法人の人件費計算システムは平成21年4月から国家

公務員制度からの分離独立が計画されているため本機構は独自のシステム構築を計画し、本年より全職員について新給与計算システムによってその給与を算出している。

表 1 新旧職階対応

新技術職一級 技術員	行(一)1、2級程度
新技術職二級 技師補	行(一)3、4級程度
新技術職三級 技 師	行(一)4、5、6級程度(旧係長、旧班長)
新技術職四級 前任技師	行(一)7、8級程度(旧課長)
新技術職五級 主任技師	行(一)9級以上(旧次長、旧部長)

### 5.3 昇格と公募

本機構の技術職は、その特殊性から外部との人事交流が少なく、内部においても年齢分布のアンバランスや部署ごとの配置変えがほとんど行われることがなかった。そのため部署ごとの集団年齢にばらつきが大きく、公務員時代の年功序列に従うと、偏った人事を行わざるを得なかった。

採用10年間程度は経験年数と業績によって技術員 - 技師補 - 技師といった昇格を行うこととし、主任技師、前任技師、(必要であれば技師も)は昇格を伴う公募制を導入し、実績・成果をオープンな競争のもとで行うことで、昇格後の信認性を確保できる制度とした。

### 5.4 新規の採用と中途採用

新人採用にあたっては、当面の間、採用数は数名に留まることから、所属する関東甲信越地区国立大学法人等職員採用試験と、機構独自で実施する職員採用試験を併用しながら選考を行っていくこととしている。まだ行われていないが民間企業、大学・研究機関などから経験を有する中堅技術者を中途採用できる制度を充実させることは今後の検討課題である。

## 6. まとめ

本機構技術部の組織化の目的は、多岐にわたる高度な専門技術者の育成にあり、そのために必要な投資、INPUT を確保する役割を果たしてきた。三国前技術部長の言われていた、「応用が利く技術者、買って貰える技術者」がいかに多く育成できるのかが重要であったし、技術者の存在をアピールできるようになった。また、その実績に支えられて一定の処遇改善が図られた、という意味において技術部導入は正しかった。

しかし、法人化以降は厳しく成果、OUTPUT を問われることになる。法人の中期計画に従い、どのような単位の組織も目標と計画を立て、その結果に対して評価を受ける。ここで問題になるのは、技術職員の業務の実態と、その成果は研究系のそれと一体不可分であって、技術部という形式上の組織に固有の成果があるわけではない、という点である。法人化後の組織の目的と成果が人材育成のみではあってはならないし、ましてや処遇改善ではあり得ない。業務の実態に合わせた新たな組織体制の中で業務に対する正当な評価を受けられてこそ、技術職員の将来への展望が拓けるものと考えている。

## 技術職員と技術部のあり方

技術部調整室：細野米市

### 1. 今日状況

日本は、国際的に科学技術分野でのトップランナーとしての役割が求められ、先端的、独創的、主導的な科学研究が必要とされてきた。こうした中で大学には、「新しい現象の発見や解明、新しい原理や理論の構築、独創的な価値の創出等基礎研究への期待」が高まっており、大学の技術職員には「主体的職務遂行能力、豊かな創造力、優れた開発能力、精密な技術力（平成6年2月1日東大技術職員に関する検討会）」等々が要求されるようになってきた。

これらのことは、私が入職した昭和42年当時と全く様変わりしている。当時の技術職員の職務は、文部省人事課長通達文人給52号(昭和42年)で、「補助職員」とされ、「人間」扱いされていなかった。そのころから東大原子核研究所での技術者運動や附置研究所長会議等で、技術者の位置づけの議論が盛んに行われるようになり、技術系助手や技官を統合した技術専門官構想が提案・議論されるようになった。

その後、今から約25年前に始まった専門行政職適用運動の中で、教員との関係はどうあるべきか、技術の独立とは何か等々が議論され、大学本来の技術系職員についてあり方や提言が多く出され、精力的な運動が展開された。その結果は、文部省訓令33号による位置づけが生まれたのである。

そして、それらと相まって、技術の進歩と科学技術の発展を背景に前述したような東京大学としての技術職員への期待が表明されたのである。しかし、上述の期待に応えるには、個人的能力や資質も大切であるが、それ以上にそれを可能とする制度的補償が必要である。それ故技術者集団としての技術部組織が有効に働くか否かが重要となってくる。

本報では、大学技術職員の現状、法的位置づけ、教員との関係等々に関する考え方を述べ、技術部のあり方を考えてみる。

### 2. 現在の位置づけ

大学に働く教職員は、学校教育法58条で職名とその職務が規定されている。同条では、「教授、準教授、助教、助手、事務職員」を置くとの規定されており、そこでは教員の職務内容も定まっている。技術職員については「技術職員をおくことができる」とされているだけで58条では、明確な職務規定が見当たらない。

国立大学法人法の中にも技術職員の規定は出てこない。かつての国立大学であった時は、国立学校設置法施行規則で「技術職員は、技術に関する職務に従事する。」と規程されていた。ただし、ここで規程する技術職員とは、看護師、船員、

衛生検査技師、施設系技術職員、教室系技術職員等の全てを含んだものであった。ここでも教室系技術職員の職務内容は不明確のままであった。

その後教室系技術職員は、長年の運動の結果、文部省訓令 33 号（平成 9 年 1 1 月 1 7 日付）で初めて職名と職務規程がなされたのである。しかし、法人化で同訓令からは、適用外となった。

法人化された今日、東大の教室系技術職員の法的根拠は、学校教育法 58 条の「技術職員をおくことができる」を根拠法に、東大基本組織規則で「東京大学に、教員、事務職員、技術職員その他必要な職員を置く」と定まっている。そして教室系技術職員の職務規程は、東大総長裁定で定めたのである。

ここでは、「技術専門員及び技術専門職員を置く。」「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業務並びに学生の技術指導を行うとともに、技術の継承および保存並びに技術研修に関する企画および連絡調整を行う。」となっている。本報では、技術専門職員の職務規定は割愛するが、旧 11 級制で言うと、3 級以下の技術職員の職務規定は定まっていないのである。

### 3 . 職務遂行形態と専門職集団としての技術部

大学においては、所属する研究室等において大まかな教育研究の方向が決まり（話し合わせ？）、あれやこれやの指示に基づいて仕事を進めているわけでない。また、マニュアルに基づいて仕事を進めている訳でない。その仕事を進める上では、各自の判断で進めることになる。したがってその職務遂行には、大幅な裁量（権）が求められるのである。

こうした専門職には、専門職にふさわしい組織形態が求められる。それは、事務組織と同等なライン制を導入しても上手くいかない。裁量幅を生かす組織形態でなくてはならない。何でもよいから組織すれば良い、ということにならない。

専門職組織で同じような分野でグルーピングをすると、そこにはグループリーダーが生じる。そのリーダーの集まりの中から部門長が選出されることになると思われる。部門長には、職務権限が付与されることになり、緩やかであるにしても技術部の中では、上下関係が生じることになる。

部門長の選出方法は、教授会方式をとれば技術専門員の互選と考えられる。行政機関としての意味を強めれば、技術部長等の指名ということになる。いずれにしても技術部を専門職の組織として運用するのであれば、構成員の職務を手助けし、その意向を十分反映させる必要がある。押しつけ的なものでは、働きがいや生き甲斐を持たなくなるばかりか、やる気を失わせる結果になると思われる。

技術部の運営（運用）は、できる限り教授会方式に学び、その良い点を積極的に取り入れるべきであろう。

#### 4. 教員との関係は

40年前の教室系技術職員は、「補助職員」とされてきた。それは、文部省人事課長通達文人給52号（昭和42年頃）で「補助業務」とされていたからである。その後（約30年前から）「補助」という表現から、「支援職員」という表現になった（国大協が言い出した）。

現在でもその様な表現を多く見受ける。しかしこれは、時代の要請や現状に適さないことは明らかである。支援業務と「支援職員」とは別個のものと考えべきである。教育研究を主たる職務とする教員を「支援」という考え方は確かにある。しかし、実際の仕事では、「教員とは、技術を通じて協力共同の関係」ないしは「技術業務を通じて教育研究を分担」しているといった方が正確である。それ故、工学系研究科では、「教員とは分業と協業の関係（前吉川学部長）」と表現してきた。松本研究科長も工職との交渉の席上で「支援職員という表現は古い」と表明している。

時代の要請に応える技術者作りのためにも教員と技術職員の関係は、「主従関係ではなく、技術を通じた教育・研究の分担者もしくは分業・協業の関係」であることを徹底すべきである。未だに「補助職員」と誤解されている教員の方もいるが、それは当事者の勤労意欲を減退させることに繋がり、工学系研究科にとってもマイナスと思われる。

#### 5. 現在の職務内容（総長裁定）について

研究室所属の技術職員は、学生実験・実習を行うことは当然のこととして行ってきた。幾つかの専攻では、学生実験・実習を専任的に行っている方もいる。しかし、これらの仕事は、総長裁定で規定した職務内容にはない。従って、どんなに頑張っても評価の対象とならないのである。

現在、学生実験・実習を担当する技術職員は、この点を十分に認識した上で担当する必要がある。また、教員の側も、本来の職務ではない点を十分に認識して業務依頼すべきである。私は、やってはいけないと言っているのではない。やることは大いに結構であり、当事者にとって「刺激」になって良いと思うが、職務内容に無いことであり、評価対象ではない点を認識した上で行うべきなのである。

では、なぜこの様になったのであろうか。その理由は、学校教育法第58条を見れば明らかである。例えば教授とは、「専攻分野について、教育上、研究上又は実務上の特に優れた知識、能力及び実績を有する者であつて、学生を教授し、その研究を指導し、又は研究に従事する。」と規定されている。準教授、助教も同じような職務内容となっている。すなわち、学生を教授するのは、教員であつて、技術職員や事務職員の職務ではないからである。

それでは以前がどうしていたかということ、昭和63年6月に出された文人給115号と116号(旧11級制の七級・八級の職務規定)では、学生実験・実習に関わる技術的業務として間接的関与を評価していた。多くの技術職員は、テキスト作成を含めて直接的に学生実験・実習を担当してきたが、学生実験・実習に関わる技術的業務ということで法的矛盾を抜けてきたといえる。しかし、文人給よりも一ランク上の訓令33号(省令の下)では、厳密な法解釈となり、学生実験・実習は省かれたのである。

こうした状況で総長裁定はどうするのか。一番簡単なことは、総長裁定を職務実態に合わせて変えればよいのである。しかし、その内容は、教育職との違いをどうするか、

全国大学がほぼ同じ内容であり、人事交流等を考えると難しいと思われる。東大だけで決められる問題ではない。もう一つの道は、専任的に学生実験・実習を行っている方は、教育職に振り替えることである。また、部分的に行っている方は、評価対象外と認識した上で行う必要がある。

## 6. 大学の技術職員の処遇

文部科学省も認めているように、大学の技術職員の待遇は、国家公務員から比べると約9%低い。そうした中で今年の3月には、平均4.8%の賃下げが行われ、さらに8月の人事院勧告では、据え置きが言われている。これでは、大学の技術職員のみならず職員の志気の低下を招くことになり、人材確保上も問題が生じる。法人化されたのであるから、独自に公務員並みの待遇にしてはいかがであろう。

専行職適用運動は、工学部・東大の中で大学当局と組合が一緒に進めてきた。そのころから、研修問題がクローズアップされてきた。そうした過程で技術発表会や集合型研修および個別研修等が次々と実施されるようになってきた。今後は、それらの研修の充実を図り、時代の要請にこたえられる技術職員の育成に務める必要がある。

また、技術職員は奨励研究(小中高の教諭が主の科研)に応募でき、研究者登録も可能となった。しかし、本来は、技術職員向けの技術研修費・技術開発費等を設けるべきである。

大学の教室系技術職員の職務内容は、いわゆる外国で言うところ「Technician」でないことは明白である。工学系研究科では、技術職員の英語表記を「Engineer」とすることを決めた。この点は高く評価されるべきことである。

## 7. ジョブマッチング

本月4月よりジョブマッチングが行われた。これは、技術職員一人一人の職務調査と本人の希望を聞き、工学系全体で求められている職務をマッチングさせるということであった。これは本人の希望を叶えるという積極的な点がある反面、「強制配転」となる可能性も秘めていた。「強制配転」ということは、自助努力を重視する大学には不適切であると思われる。これからも納得と説得で進める必要がある。

## 8. 評価

技術評価を巡っては、集団としての技術の評価を行う計画であるが、それは別にここでは、人事院が言い出している個人評価について私見を述べる。

私が賛成できる評価方法は、 相対評価ではなく、絶対評価で行う。 技術職員を育てる観点で、近視眼的ではなく長期的視野のもとに評価する。 恣意的な評価はしない。

評価基準を明らかにして行う。ことである。ことにこの評価は、間違えると勤労意欲喪失になるので十分に注意が必要である。

### 技術部の今後

本報では、置かれている現状や職務実態と法律上の矛盾等々について述べた。根本的な問題は、技術職員の「官職」がきちんと定まっていないところに問題がある。個々人が仕事でいくら認められても、社会的ステータス向上に繋がらない。「官職」設定こそ重要なのである。

これまでに述べた様々な点に鑑み、大学に於いて働きがいややり甲斐を持って職務に専念するには、技術部として下記の観点を基本に進めていく事が重要と考える。

大学に働く技術職員を技術専門職としてきちんと位置づける。現在技術職員の職務内容は総長裁定で定まっているが、他の職はきちんと学校教育法等の法律および東大の学内規則で定まっている。

教員と技術職員の関係を主従関係ではなく、分業と協業の関係ときちんと位置づける。

技術交流をやりやすくする。

本人の希望を前提として他の部署への異動(強制移動はしない)を行いやすくする。

いわゆる本人の希望を前提としたジョブマッチングである。

処遇の改善をすすめる。「定員」削減問題にきちんと対応する。

個別研修、集合型研修の制度的充実を図る。

等々である。

今後、皆様の御意見を基に技術部が発展することを願ってやまない。

## 技術部創設と技術職員の自覚

技術部調整室：吉田二郎

工学系研究科では2006年4月1日から技術部が正式に立ち上がりました。しかし、教員や事務職員や更に当事者の技術職員までも、今までと殆ど変わらないと考えている人の多いことが伺えます。しかしこれは大きな変化なのだということを技術職員が自覚しなければならない事なのです。

大学の構成員として大きく分けると教員・事務職員・技術職員・図書職員の4職種となります。大学運営上4職種は不可欠です。よって本来は協業の関係で成り立っていません。

ここでそれぞれの組織を研究科の枠組み内で客観的に見ていくことにします。

\* 教員： 教員組織は教員相互の選挙により選ばれる研究科長（旧工学部長）から、各専攻の専攻長や、研究室の長としての教授や助教授などと、外見的にも内部的にも確立された組織として大学運営上強い力を持ち、強い発言権で指導力を発揮しています。

\* 事務職員・図書職員： 事務職員や図書職員はそれぞれ強力な組織を持ち、特に事務組織は事務部長を頂点として、学部の事務全体を掌握し、各係や部門は組織的に確立し、文科省や教員組織も認める組織として、教員も口を出せない独立した制度で、大学運営の一翼を担い、大学内での発言権もかなり保証されています。

\* 技術職員： しかし、大学構成員の職種で技術職員だけが以下のような状況下に置かれてきました。

- ・大学運営上、何の発言権も持たず、教員の補助のように扱われてきた。
- ・またその仕事内容も殆ど外部から評価されずに来た。
- ・大学側が教員の仕事を言い易い様な体制にして、技術職員の人事権までも教員に持たせた結果、助手振替や事務職員振替などに都合よく使われてきた。
- ・組合側もかつて技術職員問題を検討したが、これは組織化よりも待遇改善策としての活動に終わってしまった。
- ・大学側・文部科学省が、多種の労働形態や仕事内容の技術職員を一括にまとめて組織化することを困難と考え、放置してきたことの怠慢が、法人化により外部に歪みを露呈させたことが伺える。

その歪みとは、本来大学内で協業関係となる筈の技術職員の労働形態（技術職員が独立して設備や機器の管理・保守・運営する）と違った労働形態（教員管理下に置かれた）の

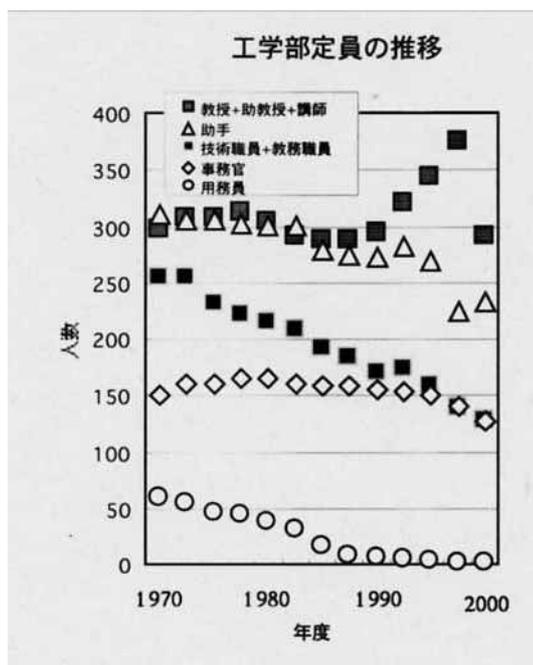
技術職員が現在は殆どであることが問題となっています。特に法人化後の急務として、安全重視と経費節減と研究期間の短縮というそれぞれの排反事象に立たされている東京大学にとって、本来の技術職員の役割は拡大する一方なのです。従って、独立した技術職員を主体とした技術部創設を急務として、技術部の重要性を技術職員自らが認識しなければなりません。

大学や文部科学省からの合理化や締め付けで、定員削減は技術職員に特に目立って行われ、ここ数年で工学系の技術職員が1/2以下に減らされました（右図参照：工職提供）。このままでは技術職員に未来は無いと思わなければなりません。このことは東京大学にとっても深刻な問題となっています。

私たち技術職員の大学構成員としての発言権を他の組織（教員組織や事務組織）と同等にしていくために、今ある技術職員が教員の管理下から独立して、技術職員の自主性と外部評価を取り入れた職務を行うための組織化（技術部創設）は避けて通れない事となりました。

技術部は技術職員を主体的に組織して、技術職員の培われた経験と技術力から、大学運営上、教員組織や事務組織と同様に物言える技術組織を作っていくことが、将来ある技術職員の姿と考えます。そこには大学における色々な設備・機器・学生・院生への管理・保守・運転・教育が密接に関わってくるのです。

我々技術職員が技術部の中で誇りを持って仕事をしていくためには技術職員の切磋琢磨や研修が必要となってきますが、技術職員の仕事が見え、正当に評価されるには、土台となる、技術職員に対する曖昧な規程しかない東京大学規約や旧文部省・人事院の規約等も変えさせる必要が出てくることは必然でしょう。技術部のこれからの進路は我々技術職員1人1人が担っています。頑張りましょう。



## 平成 17 年度 個別研修一覧

承認番号	所属	氏名	研修課題
05-01	機械工学	山内政司	3次元 CAD とその応用技術の習得
05-03	地球システム工学	茂木勝郎	アーク溶接特別教育の受講
05-06	機械工学	渡辺 誠	高温環境下における微小液滴吐出技術の習得
05-07	社会基盤学	周郷 啓一	飽和ベントナイト試料の作成方法の開発
05-08	機械工学	浅川 武	メカトロニクス演習に自作パソコンの技術習得
05-09	システム量子工学	細野米市	アバランシェフォトダイオードを用いた高速中性子検出器の試作
05-10	原子力国際	中野忠一郎	セシウムスパッター型負イオン源(MC-SNICS)技術の習得
05-12	計数工学	瀬原貴史	設定情報の履修管理
05-13	地球システム工学	森口恵美	ICP-MS による推積岩試料の化学分析手法の改良
05-14	原子力国際	安本 勝	ノイズ電流収集技術の習得
05-16	原子力国際	土屋陽子	C-14 年代測定における低バックグラウンド化-試料作製時の現代炭素の混入最小化-
05-17	マテリアル工学	永山直樹	PHP と SQL 技術習得
05-18	化学生命工学	鳥越裕介	Netboot 環境によるネットワーク管理技術
05-20	知能機械	市川保正	FPGA によるデジタル回路試作法とメカトロへの応用
05-21	原子力	助川敏男	事業所で置くことが法定されている衛生工学衛生管理者資格取得のため 2 日間の講習会に参加
05-22	原子力	林原正志	新たな原子炉運転管理用計算機システム構築のため、最新のリアルタイム技法セミナー（3日間）に参加し取得するもの
05-23	原子力	仲川勉	新たな原子炉運転管理用計算機システム構築のため、最新のリアルタイム技法セミナー（3日間）に参加し取得するもの
05-24	原子力国際	伊藤誠二	加速器の保守管理、技術開発に必要な最先端の PIXE 研究、分析技術の動向を知るため、PIXE シンポジウム（3日間）に参加する

## 第 21 回工学部・工学系研究科技術発表会実行委員

実行委員長	影山 和郎	(環境海洋工学専攻)
実行委員長補佐	斎藤 彰	(事務局長兼務)

### 事務局

総務課 課長	佐沼 繁治
経理課 課長	根本 豊作
総務課 副課長	加藤 喜子
経理課 用度係長	佐々木 毅
総務課	新倉 誠

### ワーキンググループ

事務局長	斎藤 彰	(都市工学専攻)
副事務局長	江口 星雄	(原子力国際工学専攻)
事務局補佐	吉田 二郎	(環境海洋工学専攻)

編集責任者	鈴木 真一	(電子工学専攻)
編集副責任者	千葉 新吾	(電子工学専攻)
編集	斎 治男	(精密機械工学専攻)
編集	藤村 一良	(応用化学工学専攻)
編集	周郷 啓一	(社会基盤学専攻)
広報責任者	山内 政司	(機械工学専攻)
広報副責任者	萱野 英子	(化学生命工学専攻)
広報	生出 博巳	(マテリアル工学専攻)
広報	横田 明	(航空宇宙工学専攻)
広報	山崎 由美子	(建築学専攻)
広報	瀬原 貴史	(計数工学科)
会場責任者	野村 明良	(地球システム工学専攻)
会場副責任者	菅原 孝	(化学システム工学専攻)
会場	諸山 稔員	(機械工学専攻)
会場	細野 米市	(システム量子工学専攻)
会場	石井 祐司	(環境海洋工学専攻)
会場	間淵 幸雄	(原子力工学専攻)