

ISSN 0916-2674
CODEN : TDGHFG

筑波大学

技術報告

No.31

TECHNICAL REPORT, UNIVERSITY OF TSUKUBA

2011

第10回筑波大学技術職員技術発表会報告集
<http://www.tech.tsukuba.ac.jp/2010/>



『筑波大学技術報告』No.31 の発刊によせて

本学では、技術職員の業績を広く内外に紹介すること等を目的として、『筑波大学技術報告』を長年継続して発刊してきており、本年度は No.31 が発刊される運びとなりました。

本報告書は「第 10 回筑波大学技術職員技術発表会」（平成 23 年 3 月 17 日開催）における発表論文等から構成され、本学の技術職員が、教育・研究支援活動に携わる多忙な日常業務の中で、創意工夫をこらした、長時間にわたる研鑽や努力の成果報告です。また本発表会は、法人化後に各部局に分属された技術職員の全学的な活動の一環として定着しています。その準備段階において、技術発表会への積極的な参加・発表の奨励・啓発や学外者の参加を呼びかける広報活動等、今後のあり方の議論を含めて、技術発表会の開催や運営に関して大きな努力が払われてきています。

技術職員の職務は実験科学等の教育・研究支援活動のみならず、教材の作成、教育・研究機器の設置・維持管理、資料の整理等の広い範囲に亘っています。特に、最近では IT 技術の発達に伴うネットワークの利用等において、技術職員の果す役割はますます重要になってきています。一方、技術職員の将来への展望も考慮して職場環境等の改善を図るために、平成 20 年 7 月 1 日、各部局やセンターに対応する技術室を設置しました。全学的には、「技術職員の業務、配置、育成等に係る共通的な課題および将来的な在り方の検討並びに本部と技術職員組織の意思疎通の強化」を目的として全学技術委員会が設置され、現在、その目的の達成に向かって努力している最中です。

本報告書の刊行により、本学技術職員の業績を広く学内外に紹介し、各方面より忌憚のない御意見や、御指導、御助言、激励等を頂くことができればと願っています。技術職員の育成と技術力を一層、向上させるために、各方面の御支援をよろしくお願い致します。

2011 年 3 月

筑波大学副学長（研究担当） 赤平 昌文

目次

『筑波大学技術報告』No. 31 の発刊によせて

赤平 昌文 筑波大学副学長（研究） i

技術発表会報告集

金属酸化物添加担持白金触媒によるエタノールの水蒸気改質反応

—反応装置の製作と触媒活性試験結果—

伊藤 伸一 数理工学等技術室（物性・分子工学専攻） 1

ガラスの重量による密度測定

間宮 精一 数理工学等技術室（物性・分子工学専攻） 8

2次元 Max-Plus ウェーブレット変換・逆変換実証回路の作製

小野 雅晃 システム情報工学等技術室（装置開発班）

延原 肇 システム情報工学研究科知能機能システム専攻 16

摺漆（拭漆）による木材の表面性状の評価

田所 千明 生命環境科学等技術室（農林工学系） 23

初めて微生物を扱う学生向けの微生物分離・観察実験の組み立て

—「夏休み自由研究お助け隊」を通して—

木澤 祥恵 生命環境科学等技術室（応用生物化学系） 29

お酒やコーヒーなど日常的飲み物と日本人の遺伝子

中村 貴子 医学系技術室 33

第 51 次南極地域観測隊に参加して

品川 秀夫 生命環境科学等技術室（下田臨海実験センター） 39

高山帯—亜高山帯境界部における温暖化実験装置の開発

金井 隆治 生命環境科学等技術室（菅平高原実験センター）

正木 大祐 生命環境科学等技術室（菅平高原実験センター） 43

OSCE（客観的臨床技能試験）実施支援について

佐藤 尚江 医学系技術室（医学教育企画評価室） 51

臨床技能実習室（スキルスラボ）の概要と業務について

大里 和美 医学系技術室（医学教育企画評価室：実習担当）

阿部 まゆみ 医学系技術室（医学教育企画評価室：実習担当） 54

医学類におけるカリキュラムアンケートの活用について

クリニカルクラークシップに関するアンケート実施支援を通して

小野瀬 恵里子 医学系技術室（医学教育企画評価室：カリキュラム担当）

廣瀬 美鈴 医学系支援室（医学教育企画評価室：カリキュラム担当）

菅江 則子 医学系技術室（医学教育企画評価室：カリキュラム担当） . . . 60

医学群 3 学類合同演習の支援について

森本 喜代子 医学系技術室（医学教育企画評価室：カリキュラム担当）

嶋村 玲子 医学系技術室（医学教育企画評価室：カリキュラム担当）

郷田 規久子 医学系技術室（医学教育企画評価室：カリキュラム担当） . . . 65

Webアプリケーションの開発

川上 彰 システム情報工学等技術室 70

情報科学類・CS専攻入退室管理システム	
澤村 博道	システム情報工学等技術室（情報アプリケーション班）・・・74

職場内で利用する小規模 Webデータベースの導入について	
雨谷 恵	システム情報工学等技術室（情報システム管理班）・・・77

デジタルサイネージ設置と異なるシステム間におけるコンテンツ共有	
山内 勝晴	システム情報工学等技術室
中山 勝	システム情報工学等技術室
高野 昭子	システム情報工学等技術室
細谷 智子	システム情報工学等技術室
菊地 永	システム情報工学等技術室・・・81

技 術 報 告

ヘリウム液化装置更新	
宮内 幹雄	研究基盤総合センター技術室（低温部門）
近藤 裕	研究基盤総合センター技術室（低温部門）
敦賀 将太	研究基盤総合センター技術室（低温部門）
池田 博	数理物質科学研究科物性・分子工学専攻（低温部門）・・・85

生体の顕微鏡観察を可能にするスタビライザーの製作	
小林 浩三	医学系技術室・・・90

八ヶ岳・川上演習林におけるヤマネの巣箱調査と調査用巣箱開発の取組み	
杉山 昌典	農林技術センター技術室（八ヶ岳演習林）
門脇 正史	生命環境科学研究科生物圏資源科学専攻・・・94

研 修 報 告

技術職員関連の研修について	
技術職員連絡会	研修タスクフォース
中島 孝	システム情報工学等技術室
大野 良樹	医学系技術室
米川 和範	農林技術センター技術室
総務部職員課業務改善・能力育成係	・・・99

第10回筑波大学技術職員 技術発表会報告集

開催日：2011 年 3 月 17 日

会場：筑波大学総合研究棟 B 公開講義室



筑波大学技術職員技術発表会の公式ウェブサイト
<http://www.tech.tsukuba.ac.jp/2010/>

金属酸化物添加担持白金触媒によるエタノールの水蒸気改質反応

ー反応装置の製作と触媒活性試験結果ー

伊藤 伸一

筑波大学数理工学等技術室（物性・分子工学専攻）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

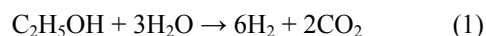
水素製造のためのエタノールの水蒸気改質反応を行うための実験装置を製作し、また、金属酸化物を添加したシリカ担持白金触媒を調製し、実験を行った。その結果、酸化ニオブを添加したシリカ担持白金触媒が、添加していないシリカ担持白金触媒に比べて 473 K で 2.7 倍のエタノール転化率を示した。これは、強い金属 - 酸化物相互作用の効果と考えられた。

キーワード: エタノール水蒸気改質反応、水素製造、強い金属 - 酸化物相互作用 (SMOI)、強い金属 - 担体相互作用 (SMSI)、担持貴金属触媒

1. はじめに

近年、地球温暖化対策の一つとして、移動中に温暖化ガスである二酸化炭素を排出しない燃料電池自動車の開発がすすめられている。その燃料として、低温で動作する固体高分子形燃料電池 (PEFC) に用いられる水素の製造が重要である^[1-3]。水素は炭化水素やメタノールの水蒸気改質反応により作ることができる^[4-8]。最近では、エタノールが水素製造のための最適な原料であると考えられるようになってきた^[9]。それは、バイオマスすなわち再生可能な植物資源由来のバイオエタノールを用いることで、トータルの二酸化炭素排出量を抑制することが出来ると考えられるからである。石油などの化石資源は使用してしまえば、二酸化炭素を排出するだけであるが、バイオマスはそれを利用して発生した二酸化炭素を、次のサイクルのバイオマスが成長する際に光合成により吸収するという考え方である^[10]。バイオエタノールとは、でん粉などの多糖類を発酵により生成するもので、特に日本に古くからある酒（筆者も大好きである）は発酵段階でのエタノール濃度が世界的に見ても非常に高い。筆者はエタノール発酵の専門家ではないので、詳細はわからないが、茨城県内の造り酒屋で聞いた話では、度数で 20 度にもなるとのことであった。バイオエタノールを用いて水素を製造することが出来れば、環境問題の観点からも、また、特に小資源国である我が国については経済的にも有益であると考えている。

得られたバイオエタノールからは、固体触媒を用いて次に示すような水蒸気改質反応で水素を得ることが出来る。



これまで、筆者は固体触媒、特に担持貴金属触媒について研究してきた。貴金属はその価格が高いことが、しばしば問題になっている。特にロジウム (Rh) などは、輸出国の政治的、経済的思惑で生産量が調整され、その結果、価格が変動しやすい。そこで今回は貴金属の中で、白金 (Pt) を選び、触媒調製を行った。Pt などの貴金属を担持するための担体に二酸化チタン (チタニア、 TiO_2) を用いた場合、この触媒を高温で水素処理すると、室温での水素吸着量や CO 吸着量がほとんどゼロになる現象が見いだされている。発見者の Tauster らは、この現象を強い金属 - 担体相互作用 (Strong metal-support interaction: SMSI) と呼んだ^[11-13]。これは、その後の研究で、高温水素処理によって還元した担体の一部 (TiO_x) が Pt 上を被覆することによるものであるということがわかってきた。さらに、筆者らの研究によりこのような現象が、シリカ (SiO_2) などの安定な酸化物に担持した貴金属に SMSI 酸化物を添加することでも起こることを見出してきた。その現象は、金属と酸化物との強い相互作用であることから、これを Strong metal-oxide interaction すなわち SMOI と呼ぶようになった^[14-19]。SMSI や SMOI は、貴金属表面が部分的に還元された酸化物に覆われ、水素吸着量、CO 吸着量が激減する。つまり、本来活性点である貴金属表面を減らしてしまうことになるわけであるが、驚いたことに一部の反応にはきわめて効果的に活性が増大することが見いだされた。そこで、本研究ではその SMOI の効果を期待して、なおかつ、環境問題等への対策になりうる水素製造のための実験を行った。その結果、顕著な効果を得ることが出来たので、報告する。本報告では、前半にエタノール水蒸気改質反応装置の製作について述べたのち、後半では触媒調製と反応試験結果について述べる。

2. エタノールの水蒸気改質反応装置

エタノールの水蒸気改質反応装置の概略を Fig. 1 に示した。装置は常圧固定床流通式反応装置である。マスフローコントローラーにより流量制御したアルゴンガスをキャリアーとして、また、反応物であるエタノール水溶液をマイクロシリンジポンプで一定流量、気化器に導入する。気化器で気化したエタノールと水はアルゴンガスにより触媒層へ導入される。触媒層を通過して得られた反応生成ガスは、反応器下流のガスクロマトグラフで分析する。後述するように、第一のガスクロマトグラフでエタノール、水などを分析したのち、トラップで未反応のエタノールと水を除去したのち、第二のガスクロマトグラフでそのほかの成分を分析する。

なお、この図には省略されているが、触媒を前処理するための酸素、水素ガスの配管も接続しており、マスフローコントローラーで流量制御し、前処理を行うことができる。

石英製反応器を Fig. 2 に示した。詳細な寸法は既報を参照されたい^[20]。Y字型をしている上部には、石英ウールを詰めてあり、この部分が気化器となる。中央部には、石英ウールで固定した固体触媒が置かれている。触媒の出し入れは、反応器上部から行う。

気化器の仕組みを Fig. 3 に示した。反応器と一体型で石英製である。石英反応管は、本学研基盤総合センターのガラス工作部門に製作を依頼したものである。

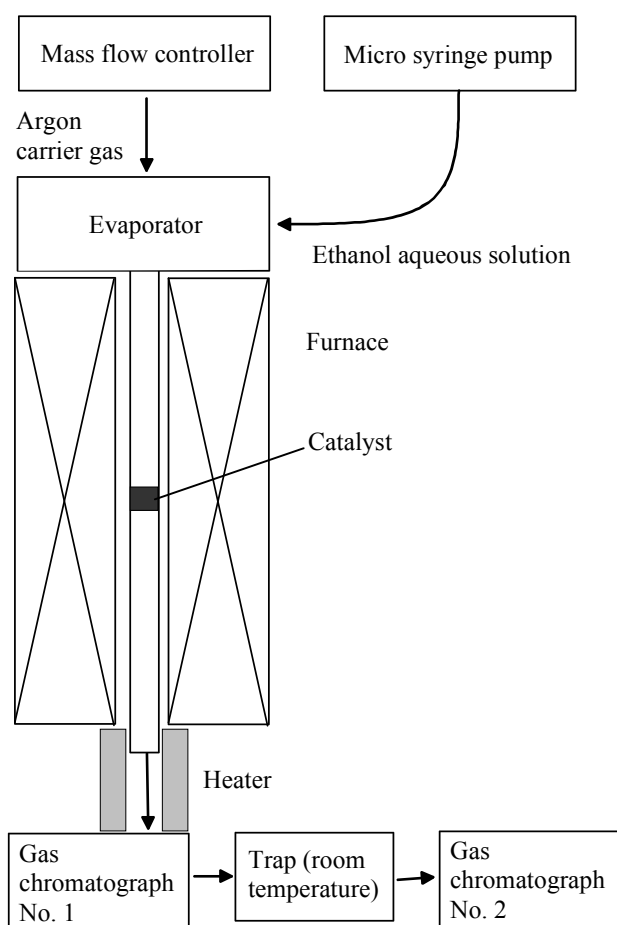


Fig. 1 The outline of experimental apparatus for steam reforming of ethanol.

マイクロシリンジポンプから供給されるエタノール水溶液は、外径 1/16 インチのステンレスパイプにより、Swagelok Union Tee を通り気化器内部の石英ウールに導入される。石英管の外径が 6 mm なので、Swagelok Union Tee のサイズもそれに合わせてある。それゆえ、外径 1/16 インチのステンレスパイプの密封・固定には外径 6 mm のシリコンゴム丸棒を使用している。マイクロシリンジポンプは市販のもので、別途購入したガスタイトシリンジを用いて液体を一定の流速で押し出すものである。ガスタイトシリンジの針と 1/16 インチのステンレスパイプは銀ロウ付けで接続した。石英管にリボンヒーターを巻きつけ、熱電対で温度を測定しながら、サイリスタ電力調整器で温度調整した (393K)。この部分は反応器と一体で、内部には石英ウールを詰めてあり、ポンプから供給されたエタノール水溶液が石英ウールに浸み込むと同時に気化し、予熱されたアルゴンガスによって反応器内部へと導かれる仕掛けである^[20]。

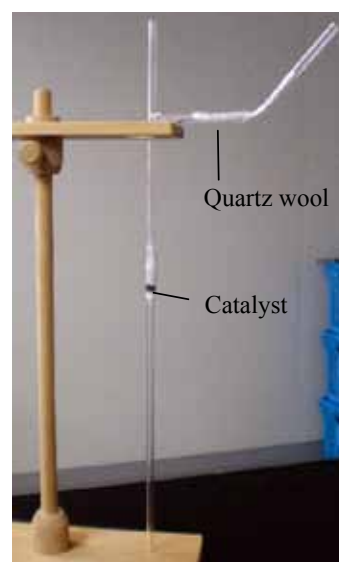


Fig. 2 The quartz reactor. Quartz wool is fixed in the part of evaporator (upper part).

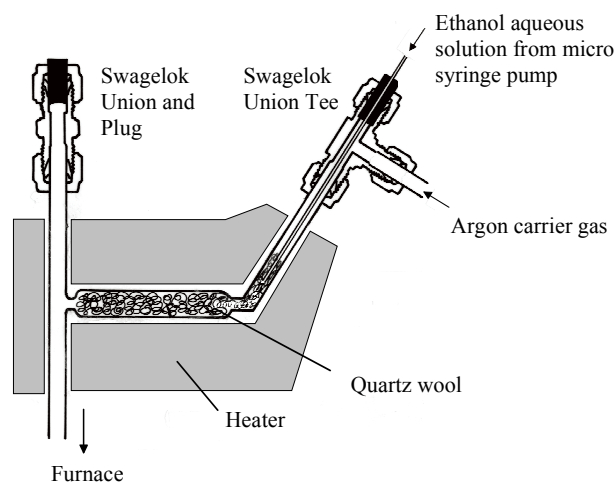


Fig. 3 The structure of evaporator in a part of reactor.

反応後の生成ガスは、TCD オンラインガスクロマトグラフで分析する^[21]。エタノールやメタン、エタン、あるいはアセトアルデヒドなどの炭化水素は、Fig. 1 の No. 1 のガスクロマトグラフを使用し Porapak Q カラム (2 m) で分離・検出した。水素、メタン、一酸化炭素などは、No. 2 のガスクロマトグラフを使用し Molecular Sieve 5A カラム (2 m) を用いて分離・検出した。ガスクロマトグラフは島津製作所製 GC-9A を、データ処理装置は島津製作所製クロマトパック C-R3A を使用した。ガスクロマトグラフによる分析は、キャリアガスはアルゴンを 30 mL min^{-1} 、カラム温度 413 K 、検出器温度 433 K 、カレント電流 50 mA で行った。反応器から No. 1 のガスクロマトグラフまでの配管には、リボンヒーターを巻きつけ、エタノールや水が液化しないようにした。ただし、アセトアルデヒドの検出については、水のピークと重なり、分離・検出が難しい。特に少量しか生成しない場合は、誤差も大きくなりやすいので、その場合は、室温で水をトラップしたのちガスタイトシリンジでガスを採取し、ガスクロマトグラフにより検出した。トラップはパイレックスガラス管を使用し自作した。Fig. 4 にそのトラップを示した。上部左側から入ったガスは、らせん状になった管すなわち蛇管を通過していく間に冷却され、液化するものは下部の液溜めに落ちる。蛇管の作り方については、本学研究基盤総合センターガラス工作部門の明都茂氏、門脇英樹氏のお二人にご指導いただいた。比較的温度の低い炎を用いてガラス管を軟化させ、同時にその軟化したガラス管を鉄パイプに巻きつけて製作した。

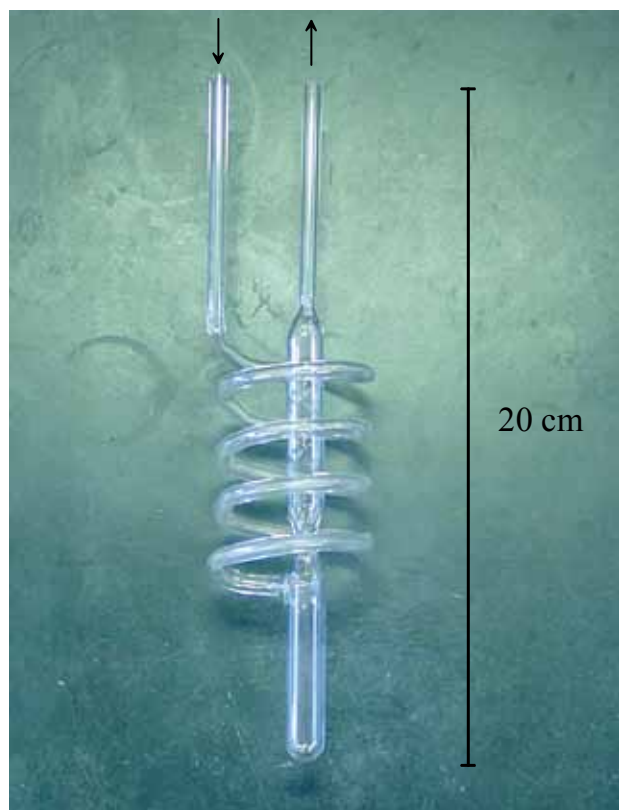


Fig. 4 Trap for liquefaction of ethanol and water.

3. 実験装置の動作試験

実験装置の動作試験として、エタノール水溶液が安定に供給され、気化しているかを調べた。実験は、14wt%エタノール水溶液を $3.0 \text{ } \mu\text{L min}^{-1}$ 流し、キャリアガスのアルゴンは 18.8 mL min^{-1} 流し、一定時間ごとにサンプリング (0.96 mL) した。気化器、反応器、反応器下流の温度はすべて 393 K で、反応器内には、触媒は入れておらず、空の状態で行った。その結果を Fig. 5 に示した。グラフの横軸は、エタノール水溶液を流し始めてからの経過時間 (分) を、縦軸は検出したピーク面積を示している。ピークの面積値の単位は $\mu\text{V s}$ である。これは、電圧 (μV) と時間 (s) の積であることから、このような単位になっている。グラフを見てわかるように、どの時間でもピーク面積は、およそ $15000 \mu\text{V s}$ で一定になっていることから、エタノール溶液は安定に供給され、気化していることがわかった。なお、220 分付近では面積値が減少している。これは、繰り返しの実験でも同じ結果がみられたことから、使用しているマイクロシリンジの内径がわずかに変化しているためであると考えている。実際に使用する際には、この時間帯でのサンプリングをやめる等の工夫により、問題にならない。

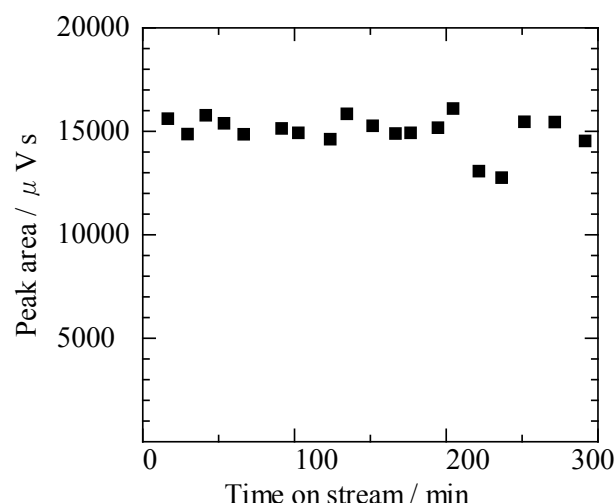


Fig. 5 The feed stability of aqueous solution of 14wt% ethanol.
Feed rate: $3.0 \text{ } \mu\text{L min}^{-1}$, Ar carrier gas: 18.8 mL min^{-1} .

4. 触媒の調製

触媒の担体は富士シリシア化学株式会社から提供していただいた、CARIACT G-6 (窒素比表面積 $530 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) を使用した。白金前駆体であるジニトロジアミン白金 ($\text{Pt}(\text{NO}_2)_2(\text{NH}_3)_2$) は、添川理化学株式会社製、その他の試薬は和光純薬工業株式会社製を使用した。触媒の調製は逐次含浸法を用いた。はじめに、白金前駆体であるジニトロジアミン白金 ($\text{Pt}(\text{NO}_2)_2(\text{NH}_3)_2$) の水溶液 (沸騰) を含浸 (incipient wetness) し、 383 K で一晩乾燥後、第二成分の前駆体水溶液 (チタニウムを除く) を含浸 (incipient wetness) した。チタニウムについては、前駆体をエ

タノールに溶解して用いた。第二成分の含浸後、383 K で一晚乾燥したのち、773 K 空気焼成した。添加した第二成分は、Table 1 に示した。白金の担持率は 2wt%、第二成分の添加割合は原子数比で白金に対して 3 とした (M/Pt = 3)。また、触媒は反応直前に 773 K 水素処理を行った。

触媒の表記は、第二成分を添加したものは Ti-Pt/SiO₂ のようにあらわした。無添加のものは Pt/SiO₂ とした。

Table 1 The precursor of second additives of metal-oxide-promoted Pt/SiO₂ catalysts

Second additives	Precursor
Titanium (Ti)	Ti[OCH(CH ₃) ₂] ₄
Zirconium (Zr)	ZrO(NO ₃) ₂ · 2H ₂ O
Vanadium (V)	NH ₄ VO ₃
Niobium (Nb)	(NH ₄) ₃ [NbO(C ₂ O ₄) ₃]
Chromium (Cr)	Cr(NO ₃) ₃ · 9H ₂ O
Molybdenum (Mo)	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O
Manganese (Mn)	Mn(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O

5. エタノールの水蒸気改質反応

エタノールの水蒸気改質反応の実験は次のように行った。Fig. 1 で示した石英製反応管の中央部に触媒を保持するための石英ウールを詰め、触媒 100 mg を設置し、さらに上から石英ウールを軽く詰めた。反応管を固定し、ガスの配管はスウェジロックとテフロンフェルールを用いた。前処理として、水素気流中 773 K で還元処理を行ったが、その前に空気をアルゴンガスで置換した。空気と水素が混合し、その濃度が爆発範囲内 (空気中の水素濃度が 4 ~ 75%) にあると、触媒があるため室温でも爆発する危険があるので不活性ガスであるアルゴンで置換した。置換はアルゴンを 30 mL min⁻¹ で約 10 分間流通させた。その後、水素ガスを 30 mL min⁻¹ 流通しながら、電気炉の温度を徐々に上げていき、773 K で 1 時間保持した。水素還元処理後、電気炉の温度を下げ、ほぼ室温まで冷却したのち、水素ガスの流通を止め、アルゴンガスに切り替えた。実験では、反応により水素が生成するので、前処理に用いた水素の残留がないことをガスクロマトグラフで確認してから、実験を開始した。

導入するエタノール水溶液が配管中で液化しないように、気化器、反応器 (電気炉)、反応器からガスクロマトグラフまでの間を 393 K に温めてから実験を開始した。アルゴンガスをキャリアーとして 18.8 mL min⁻¹ 流通させ、14wt%エタノール水溶液を 3.0 μL min⁻¹ マイクロシリンジポンプで供給した。

各々の触媒を用いてエタノールの水蒸気改質反応を行った結果を Fig. 6 に示した。Mn-Pt/SiO₂ 触媒 (▼) を除く、すべての金属酸化物を添加した触媒が、Pt/SiO₂ 触媒 (●) のエタノール転化率を上回った。Pt/SiO₂ 触媒は、反応温度が 413 K 付近から転化率が上昇し、553 K で 100% に達した。一方、最も活性の高かった Nb-Pt/SiO₂ 触媒 (■) では、393 K 付近か

ら転化率が上昇し、513 K で 100% に達した。Nb-Pt/SiO₂ 触媒よりも活性は低下するものの、無添加の Pt/SiO₂ 触媒よりも活性が高かった触媒は、Ti-Pt/SiO₂、Zr-Pt/SiO₂、V-Pt/SiO₂、Cr-Pt/SiO₂、Mo-Pt/SiO₂ であった。Mo-Pt/SiO₂ 触媒は 513 K 以上では、転化率の上昇が鈍くなっていたが、これは反応によっておこった炭素析出による活性低下であると考えている。

添加した第二成分はそれぞれ酸化物として存在していると考えられる。その理由として、触媒調製の際に、773 K で空気焼成を行っている。X 線回折測定 (XRD) では、各々の触媒で酸化物に相当する回折ピークは見られなかったが、それは微粒子として存在していることによると考えられる。詳しい検討は、別の機会に行いたい。Nb、V、Mo の酸化物のみを SiO₂ に担持した試料を用いて実験を行った結果、いずれも 573 K までは活性を示さなかったことから、これらの金属酸化物を添加した Pt/SiO₂ 触媒では、金属 (Pt) と酸化物との強い相互作用により、反応活性が向上したものと考えている。

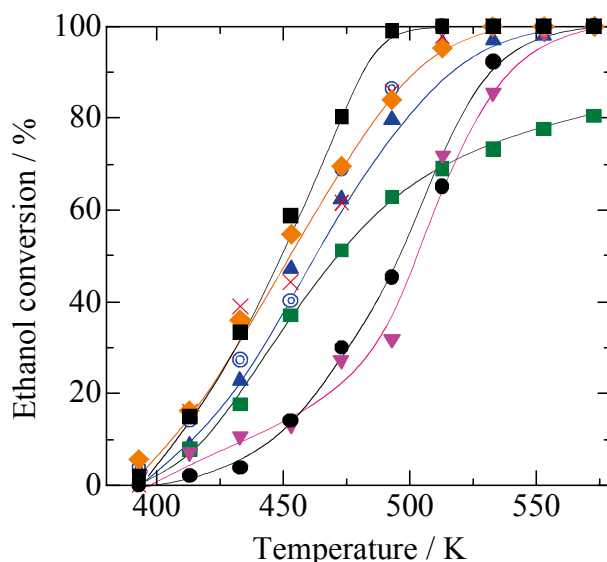


Fig. 6 Temperature dependence of ethanol conversion for steam reforming of ethanol over metal-oxide-promoted Pt/SiO₂ catalysts after H₂ reduction at 773 K. ×: Ti-Pt/SiO₂, ○: Zr-Pt/SiO₂, ◇: V-Pt/SiO₂, ■: Nb-Pt/SiO₂, ▲: Cr-Pt/SiO₂, ■: Mo-Pt/SiO₂, ▼: Mn-Pt/SiO₂, ●: Pt/SiO₂.

活性の高かった主な 3 つの触媒と Pt/SiO₂ 触媒の比較を Table 2 に示した。反応温度 473 K での比較である。第二成分 (酸化物) を添加しない Pt/SiO₂ 触媒では、エタノール転化率が 30% であったのに対して、酸化物を添加した触媒では、いずれも転化率が増大した。最も効果が大きかった Nb-Pt/SiO₂ 触媒では、エタノール転化率は 80% に達した。水素生成速度は Pt/SiO₂ 触媒のおよそ 3 倍であった。反応生成物の組成をみると、Pt/SiO₂ 触媒では H₂, CO₂, CH₄ が主な生成物であった。この組成から反応 (2) (「はじめに」

Table 2 The comparison of the ethanol conversion, H₂ formation rate and product distributions of the steam reforming of ethanol over Nb oxide-, V oxide-, and Mo oxide-promoted and the un-promoted Pt/SiO₂ catalysts at 473 K

Catalysts ^{a)}	Ethanol conversion (%) ^{b)}	H ₂ formation rate /10 ⁻⁶ mol min ⁻¹	Product distribution /%					
			H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	CH ₃ CHO
Pt/SiO ₂	30	2.5	43	0	27	25	5	0
Nb-Pt/SiO ₂	80	7.4	42	11	Trace	14	0	33
Nb-Pt/SiO ₂ ^{c)}	30	4.2	40	6	3	11	0	40
V-Pt/SiO ₂	69	6.2	44	8	0	8	0	40
Mo-Pt/SiO ₂	51	4.1	45	4	0	6	0	45

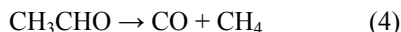
a) after H₂ reduction at 773 K for 1 h,

b) Ethanol feed rate: 8.85×10^{-6} mol min⁻¹,

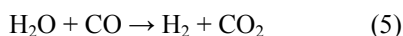
c) Ethanol feed rate: 1.48×10^{-5} mol min⁻¹, the reactant gas composition was the same as the other reactions, catalyst: 50 mg.

参照)が主として起こっていると考えられる。一方、酸化物を添加した触媒では、生成物の組成は大きく異なっていた。

Nb-Pt/SiO₂ 触媒の場合、アセトアルデヒド (CH₃CHO) が水素に匹敵するほど生成した。また、CO₂ はほとんど生成しなかった。反応条件を替えた場合でも、この傾向は変わらなかった。これらの結果から、Nb-Pt/SiO₂ 触媒では、次に示すような反応 (3) すなわちエタノールの脱水素が起こっていると考えられる。さらに、生成した CH₃CHO の一部が分解し CH₄ と CO が生成したと考えられる (反応 (4))。



Nb-Pt/SiO₂ 触媒では、エタノールの転化率が高いことから脱水素反応の速度が速いが、生成した CH₃CHO の分解は遅いと考えられる。Pt/SiO₂ 触媒では、エタノール転化率が比較的低いことから、脱水素反応の速度は遅いが、CH₃CHO の分解は速く、それによって生成した CO の水性ガスシフト反応 (5) が起こったため、CO₂ の生成が多くみられたと考えられる。



6. 触媒のキャラクタリゼーション

触媒のキャラクタリゼーションとして、X 線回折測定 (XRD)、水素吸着量測定、CO 吸着量測定を行った。XRD 測定は Cu K α 線 (45 kV, 40 mA) で測定した。Pt 微粒子の粒子径 (厳密には結晶子径) は、回折線幅のブロードニングを測定し、Scherrer の式を用いて求めた^[22-26]。その結晶子径を平均の粒子径 d nm (球状モデル) として、次式より Pt の分散度 (D) を求めた。

$$D = 1.135/d$$

分散度とは、担持した金属の全原子数に対する、表面に露出している金属原子数の割合である。分散度 1 は担持した金属原子がすべて表面に存在している

状態すなわち非常に高分散な微粒子となっていることを示す。Fig. 7 に XRD 測定結果を示した。Pt/SiO₂ 触媒に比べて、第二成分を添加した触媒では Pt 粒子径が増大する傾向がみられた。その理由はまだ分かっていない。これらの触媒はすべて、773 K で還元後に測定しているが、第二成分として添加した酸化物に由来する回折ピークは見られなかったことから、非常に高分散な微粒子 (2 nm 以下) として存在していると考えられる。また、それらの酸化物は、Pt によって解離吸着した水素のスピルオーバーにより一部が還元されていると考えられる。このことについては、触媒の昇温還元法 (TPR) により確認しているが、ここでは割愛した。Scherrer の式を用いて求めた Pt の粒子径と吸着量測定の結果を、後述のように Table 2 にまとめた。

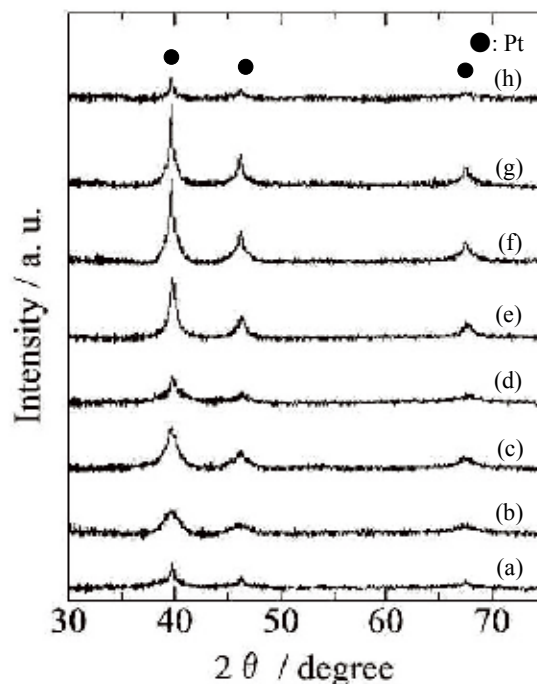


Fig. 7 X-ray diffraction patterns of the metal oxide-promoted Pt/SiO₂ and the un-promoted Pt/SiO₂ catalysts after H₂ reduction at 773 K. (a) Pt/SiO₂, (b) Nb-Pt/SiO₂, (c) Ti-Pt/SiO₂, (d) Cr-Pt/SiO₂, (e) Mn-Pt/SiO₂, (f) V-Pt/SiO₂, (g) Mo-Pt/SiO₂, (h) Zr-Pt/SiO₂.

Table 3 The results of XRD measurements and irreversible H₂ and CO adsorption measurements of the metal-oxide-promoted Pt/SiO₂ and the un-promoted Pt/SiO₂ catalysts after H₂ treatment at 773 K for 1 h followed by evacuation at 723 K for 1 h

Catalysts ^{a)}	XRD		Adsorption ^{d)}			
	Particle size (<i>d</i>) / nm ^{b)}	Dispersion (<i>D</i>) ^{c)}	H/Pt	((H/Pt)/ <i>D</i>)	CO/Pt	((CO/Pt)/ <i>D</i>)
Pt/SiO ₂	2.9	0.39	0.44	(1.1)	0.47	(1.2)
Ti-Pt/SiO ₂	7.9	0.14	0.15	(1.1)	0.17	(1.2)
V-Pt/SiO ₂	16.9	0.07	0.03	(0.4)	0.09	(1.3)
Cr-Pt/SiO ₂	11.1	0.10	0.12	(1.2)	0.11	(1.1)
Mn-Pt/SiO ₂	12.8	0.09	0.06	(0.7)	0.06	(0.7)
Zr-Pt/SiO ₂	4.7	0.24	0.31	(1.3)	0.33	(1.4)
Nb-Pt/SiO ₂	5.7	0.20	0.03	(0.2)	0.03	(0.2)
Mo-Pt/SiO ₂	19.7	0.06	0.01	(0.2)	0.02	(0.3)

a) M/Pt = 3,

b) Calculated by the Scherrer equation,

c) $D = 1.135/d$,

d) Calculated from the amount of irreversible adsorption.

吸着量測定は、閉鎖系高真空吸着装置（到達真空度 1.33×10^{-4} Pa）を用いて行った。触媒は 200 mg 使用した。前処理として、酸素処理 (30 mL min^{-1}) 773 K、1 時間の後、酸素を排気し水素処理 (30 mL min^{-1}) 773 K、1 時間、真空脱気処理 723 K、1 時間行った後、水素を導入し 1 時間後、吸着量測定を吸着平衡圧約 1064 Pa で行った。その後、室温で真空排気し、ふたたび水素吸着量測定を行った。これは、可逆吸着量の測定である。最初に測定した全吸着量から可逆吸着量を差し引いた値が、不可逆吸着量を示しており、今回は不可逆吸着量を求めた。水素吸着量測定の後、真空脱気処理 723 K、1 時間行った後、CO を導入し 1 時間後、吸着量測定を吸着平衡圧約 1064 Pa で行った。CO 吸着についても、不可逆吸着量を求めた。吸着量測定の結果と、前述の XRD 測定の結果から求めた Pt 粒子径および分散度 (*D*) を Table 3 にまとめた。ここで、H/Pt ならびに CO/Pt は、それぞれ触媒中の全 Pt 原子数に対する表面 Pt 原子数を意味しており、通常は分散度 (*D*) と良く一致する。((H/Pt)/*D*)ならびに((CO/Pt)/*D*)は Pt 微粒子表面における酸化物が覆われた残りの表面の割合を示しており、酸化物と Pt との相互作用の度合いを意味している。Pt/SiO₂ 触媒の Pt 粒子サイズは 2.9 nm であった。これは厳密には結晶子径であるが、平均の粒子径と考えることが出来る。この結果から求めた Pt の分散度は 0.39 であった。吸着量測定の結果は、H/Pt が 0.44、CO/Pt は 0.47 でともに良く一致した。また、分散度とも近い値を示した。((H/Pt)/*D*)ならびに((CO/Pt)/*D*)は、それぞれ 1.1、1.2 であることからわかる。これまでの研究で、分散度 (*D*) と H/Pt、CO/Pt は良く一致することが知られており、今回の結果もそれを示している。一方、酸化物を添加した Pt/SiO₂ 触媒には、特徴的な結果が得られた。分散度に対して水素または CO 吸着量が増えたものは、Ti、Cr、Zr の酸化物を添加した Pt/SiO₂ 触媒であった。この理由については、まだ分かっていない。触媒の水素還元処理の際に Pt 上に解離吸着した水素により酸化物が部分的に還元し、その表面に水素あるいは CO が吸着したかもしれない。Pt の分散度に対して吸着量が減少した触媒は、Mn、Nb、Mo を添加し

た Pt/SiO₂ 触媒であった。特に Nb と Mo では著しい吸着量の減少がみられた。これは、Fig. 8 に示したモデル図のように Pt 微粒子を Nb 酸化物が覆ってしまい水素あるいは CO が吸着出来ないためであると考えられる。それにもかかわらず、エタノールの水蒸気改質反応における活性の増大 (Fig. 6) は非常に興味深い。それは、本来この反応の活性点である Pt 表面を酸化物が覆ってしまうにもかかわらず、活性が増大しているということである。前述のように、反応生成物が無添加の Pt/SiO₂ 触媒と異なることから、その活性点が異なっていることを示している。それについては、今後の検討課題である。現時点では、Nb、Pt と酸素原子からなる界面が重要な役割を果たしていると考えている。バナジウム (V) 酸化物を添加した Pt/SiO₂ 触媒では、水素吸着量が著しく減少したが一方で CO 吸着量は増加した。これについては、現象として面白いので機会があれば調べてみたい。

これまで述べてきたように、エタノールの水蒸気改質反応では、Pt/SiO₂ 触媒に金属酸化物を添加することにより、活性が増大し、また生成物の選択性も大きく異なることがわかった。吸着量の増減など、Pt (金属) と金属酸化物との強い相互作用 (Strong metal-oxide interaction: SMOI) の一つの効果と言える。

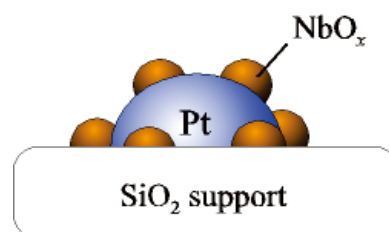


Fig. 8 A model of the Strong metal-oxide interaction (SMOI) in Nb oxide-promoted-Pt/SiO₂ catalyst after H₂ reduction at 773 K.

7. 謝辞

本研究を行うに当たり、多くのご助言とご厚情を賜りました、故国森公夫先生（筑波大学教授）に深く感謝いたします。また、ご指導をいただきました東北大学大学院工学研究科、富重圭一教授と中川善直助教に深く感謝いたします。また、今回の成果は、平成 22 年度科学研究費補助金、奨励研究（課題番号 22915008）の一部から得られました。エタノール・水トラップの製作については、本研究基盤総合センターガラス工作部門の明都茂氏、門脇英樹氏のお二人にご指導いただきましたことを感謝いたします。

参考文献

- [1] P.D. Vaidya, A. E. Rodrigues, Chem. Eng. J. 117 (2006)39.
- [2] S. Ahmed, M. Krumpelt, Int. J. Hydrogen Energy 26 (2001) 291.
- [3] Z.-G. Zhang, G. Xu, X. Chen, K. Honda, T. Yoshida, Fuel Processing Technology 85 (2004) 1213.
- [4] Y. Chen, H. Xu, Y. Wang, G. Xiong, Catal. Today 118 (2006) 136.
- [5] F. Melo, N. Morlanés, Catal. Today 133-135 (2008) 383.
- [6] S. Ito, Y. Suwa, S. Kondo, S. Kameoka, K. Tomishige, K. Kunimori, Catal. Commun. 4 (2003) 499.
- [7] Y. Suwa, S. Ito, S. Kameoka, K. Tomishige, K. Kunimori, Appl. Catal. A:Gen.267 (2004) 9.
- [8] A. Iulianelli, T. Longo, A. Basile, Int. J. Hydrogen Energy 33 (2008) 5583.
- [9] S. Ito, K. Tomishige, Catal. Commun. 12 (2010) 157.
- [10] (財) 新エネルギー財団編、バイオマス技術ハンドブック、導入と事業化のノウハウ、オーム社、東京 (2008).
- [11] S. J. Tauster, S. C. Fung, J. Catal. 55 (1978) 29.
- [12] S. J. Tauster, S. C. Fung, R. L. Garten, J. Am. Chem. Soc. 100 (1) (1978) 170.
- [13] S. J. Tauster, S. C. Fung, R. T. K. Baker, J. A. Horsley, Science 211 (1981) 1121.
- [14] S. Ito, S. Ishiguro, K. Nagashima, K. Kunimori, Catal. Lett. 55 (1998) 197.
- [15] S. Ito, S. Ishiguro, K. Kunimori, Catal. Today 44 (1998) 145.
- [16] S. Ishiguro, S. Ito, K. Kunimori, Catal. Today 45 (1998) 197.
- [17] S. Ito, T. Fujimori, K. Nagashima, K. Yuzaki, K. Kunimori, Catal. Today 57 (2000) 247.
- [18] S. Ito, C. Chibana, K. Nagashima, S. Kameoka, K. Tomishige, K. Kunimori, Appl. Catal. 236 (2002) 113.
- [19] S. Ito, C. Chibana, K. Nagashima, S. Kameoka, K. Tomishige, K. Kunimori, J. Jpn. Petrol. Inst. 45 (2002) 251.
- [20] S. Ito, Technical Report: Gijutsu Hokoku 21 (2001) 19; 伊藤伸一、筑波大学技術報告、21 (2001) 19.
- [21] S. Ito, Technical Report: Gijutsu Hokoku 6 (1986) 51; 伊藤伸一、筑波大学技術報告、6 (1986) 51.
- [22] Z. Hu, H. Nakamura, K. Kunimori, H. Asano, T. Uchijima, J. Catal. 112 (1988) 478.
- [23] Z. Hu, H. Nakamura, K. Kunimori, Y. Yokoyama, H. Asano, M. Soma, T. Uchijima, J. Catal. 119 (1989) 33.
- [24] Z. Hu, T. Wakasugi, A. Maeda, K. Kunimori, T. Uchijima, J. Catal. 127 (1991) 276.
- [25] J. R. Anderson, "Structure of Metallic Catalysts", Academic Press, London, New York, San Francisco, (1975), pp. 364-368, Chapter 6.
- [26] T. A. Dorling, R. L. Moss, J. Catal. 7 (1967) 378.

Steam reforming of ethanol over metal-oxide-promoted Pt/SiO₂ catalysts Manufacture of an experimental apparatus and results of catalytic activity measurements

Shin-ichi Ito

University of Tsukuba, Graduate School of Pure and Applied Sciences, Technical Service Office for Pure and Applied Sciences, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8573 Japan

This is a report of manufacture of an experimental apparatus for steam reforming of ethanol and of results of catalytic activity measurements. The apparatus was constructed of gas inlet (mass flow controller), evaporator of aqueous solution of ethanol, micro syringe pump (reactant feeder), quartz reactor, gas chromatograph equipped a trap, and recorder. The catalysts was prepared by impregnation of an aqueous solution of Pt(NO₂)₂(NH₃)₂ and aqueous solutions of each precursor of metal oxides, such as Nb oxide, V oxide, or Mo oxide etc. Those metal-oxide-promoted Pt/SiO₂ catalysts exhibited higher ethanol conversion and selectivity to hydrogen and acetaldehyde compared with the un-promoted Pt/SiO₂ catalyst. The amounts of H₂ or CO adsorption for those metal-oxide-promoted Pt/SiO₂ catalysts were highly suppressed compared with the Pt particle size calculated from X-ray line broadening measurements. This means the Strong metal-oxide interaction (SMOI) was generated. The SMOI resulted in the increasing of catalytic activity.

Keywords: Steam reforming, bio-ethanol, SMOI, SMOI, Pt catalyst.

ガラスの重量による密度測定

間宮精一

筑波大学数理物質科学等技術室（物性・分子工学専攻）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

物理定数表を見ると必ず密度の項がある。それは密度が物理量としていかに重要であることを示す指標である。その定義は、体積に対する質量の比で示される。一般的には一立方センチメートル当たりの質量として($\text{gcm}^{-3}=10^3 \text{kgm}^{-3}$)で表される。

そこで、我々はアルカリ金属濃度に対するホウ酸塩ガラスの密度を求める方法について考察した。まず、思い浮かぶのはアルキメデスの原理を利用したアルキメデス法である。これは、工夫することによりバルクガラス ($w > 1 \text{ g}$) だけでなく、中位のサイズのガラス ($1 \text{ g} \geq w \geq 100 \text{ mg}$) にも適用できる (w はガラスの重量を表す)。しかし、ガラス ($w < 100 \text{ mg}$) は、もはやアルキメデス法ではサイズが小さ過ぎて測定できず、他の方法を用いることとした。それは、液体中に浮遊する固体は液体と同じ密度をもつことを利用して測定する浮遊法である。

ここでは、バルクガラスの密度測定について、説明し後者の2つの方法についてその最適な手順を決定することを目的とする。

キーワード: アルカリ金属、ホウ酸塩ガラス、アルキメデス法、アルキメデスの原理、浮遊法。

1. はじめに

密度は物質の性質を定めるために重要な量である。それは、体積に対する質量の比として定義される。一般的には、一立方センチメートル当たりの質量として ($\text{gcm}^{-3}=10^3 \text{kgm}^{-3}$) で与えられる。その値は通常 20°C または 25°C で測定される。

密度はその物質固有の定数の1つであるから、それは特徴または同一性を与える。例えば同位体組成の変化、その物質の化学的純度または結晶欠陥は、密度測定により判断される。また密度は、他の性質、すなわちモル屈折、モル体積、分子量、双極子モーメントと相互に関係している。これらの定数は密度さえ分かれば計算できる。さらに、密度は基本的物理定数 (アボガドロ数) 決定における重要なパラメーターである。

密度の正確な測定により、結晶中の原子の侵入、空孔または転位の存在の判別も可能である。したがって、密度を測定することにより微視的構造についても評価できることになる^[1]。

2. 目的

我々はすでに数種類かのガラスを作製し、研究に用いてきた。しかし、密度の測定は行ってこなかっ

た。そこで大きなバルクガラスから中位のサイズのガラス、比較的小さなサイズのガラスの密度測定法を確立しようと考えた。特に板間急冷ガラスは非常に小さなサイズであるので、一般的アルキメデス法では密度は測定できない。そのため、浮遊法で測定を行い、測定値の妥当性を評価する。妥当であれば、3成分系ホウ酸塩ガラスに適用する。

3. 密度測定

3.1 アルキメデス法 (バルクガラス : $w > 1 \text{ g}$)

アルキメデス法はアルキメデスの原理による液体中の浮力から、固体の体積を求め密度を決定する方法である^[2]。液体中で物体の受けた浮力は近似的に

$$f = (W - W')g \quad (1)$$

である。ここで

f : 物体の受けている浮力

W : 物体の空気中で秤量したとき、つりあう質量

W' : 物体が液体中にあるとき、つりあう質量

g : 重力加速度

である。また、物体の受けている浮力はアルキメデスの原理により

$$f = V \cdot d_l \cdot g \quad (2)$$

ここで、

V : 物質の体積, d_l : 液体の密度

である。(1)と(2)式から、物体の体積は

$$V = \frac{W - W'}{d_l} \quad (3)$$

物体の密度は

$$d_s = \frac{W}{W - W'} \cdot d_l \quad (4)$$

である。

この最後の(4)式を用いて、固体の密度あるいは液体の密度を求める。

次に、 $x\text{Li}_2\text{O} \cdot (100-x)\text{B}_2\text{O}_3$ ガラス (ここで x は Li_2O の mol%濃度を表す) を用いて x に対する密度測定を行った。測定は次の手順で行った。

(1) 浸液シクロヘキサンの密度の Si 単結晶による校正

- (2) 浸液シクロヘキサンを用いて $x\text{Li}_2\text{O} \cdot (100-x)\text{B}_2\text{O}_3$ ガラスの x についての密度測定

これから (1), (2) について具体的に詳しく説明する。

- (1) 浸液シクロヘキサンの密度の Si 単結晶による校正

密度標準として Si 単結晶を使用した^[3]。
その理由は、Si 単結晶は固体であるため、不純物による内部汚染もなく、非常に高い密度安定性をもつ。また単結晶の純度も高く、一様性に優れているので、たとえ一部欠けても全体の密度はほとんど変化しない。さらに結晶表面は酸化膜に覆われて化学的に安定しているが、酸化膜の密度も結晶内部の密度に非常に近いので、表面酸化の進行による影響もほとんどない。また液体に比べて熱膨張係数が小さいので、温度の制御や測定が容易である。このように Si 単結晶は、理想的な安定性を有し、密度標準として最適である。

この Si 単結晶をダイヤモンドカッターで切断し研磨し円柱状に加工した。



図 1. 加工した Si 単結晶

次にその測定方法について述べる。

[注意事項]

- 1) 天秤の動作を安定にするために、空調、換気扇はあらかじめ止めておくこと。
- 2) 天秤の下側に吊り具を取り付けた状態で天秤の校正と秤量が可能である(下方秤量のため。吊り具を取り付けない内部秤量の場合と同一の秤量値が得られる)。
- 3) 浸液は常に高純度に保たなければならない。水、油、手垢などが絶対に入らないように気を付けなければならない。
- 4) Si 単結晶は直接手で触ってはいけない。シリコンチューブを装着したピンセットで操作する。長時間放置した Si 単結晶はあらかじめ浸液で洗浄しておくこと。洗浄に使用する浸液は秤量する浸液とは異なり、それぞれ別の容器に入っているため、両者を混同しないように気を付ける。洗浄に多数回使用して汚れた浸液は所定の廃液容器に捨てること。
- 5) 浸液温度を調節するために water bath (ポリプロピレン容器) を用いる。次の方法で浸液温度を調節する。

所定の温度 (例として 40°C) の水を water bath に入れて、自然冷却により 35°C から室温まで徐々に温度を下げて測定する。
 15°C 程に冷却した水を water bath に入れて、室温まで徐々に昇温して測定する。

一定の温度 (例として 20°C) の水を water bath に入れて、定温の状態で測定する。

[準備]

- 1) ポットに氷を入れる。
- 2) 天秤の下側に吊り具を取り付ける。
- 3) 天秤の左右の風防を 5 分ほど開けて、天秤内部の空気温度を室内温度と同一にする。
- 4) 風防を閉じてから天秤の電源スイッチを ON にし、2 分間後に天秤の校正 (calibration) を行う。天秤の校正は CAL スwitchを押して行う。
- 5) Si 単結晶の質量 (M_s) を測る。天秤の風防を閉じた後天秤の指示値が $\pm 0.0000 \text{ g}$ であることを確かめる。天秤の指示値が $\pm 0.0001 \text{ g}$ 以内に収まっていないときは、再度天秤の校正を行った後 Si 単結晶の質量を測る。測定シートに M_s の数値を記入する。
- 6) Si 単結晶とワイヤー (釣り糸) の質量 (M_{sw}) を測る。天秤の風防を閉じた後天秤の指示値が $\pm 0.0001 \text{ g}$ 以内であることを確かめる。天秤の指示値が $\pm 0.0001 \text{ g}$ 以内に収まっていないときは、再度天秤の校正を行った後 M_{sw} を測る。測定シートに M_{sw} の数値を記入する。
- 7) 500 ml ビーカーに磁気攪拌子を入れた後、浸液を約 400 ml 入れる。
- 8) デジタル温度計のセンサー部分を浸液に入れて固定する。
- 9) デジタル温度計の電源を ON にする。
- 10) Si 単結晶に釣り糸を取り付けた後浸液中に入れる。このとき Si 単結晶や糸に泡が付かないようになんとか Si 単結晶を浸液から引き揚げ再び浸ける。そして、釣り糸の針をビーカーの縁に引っ掛けて浸液の温度と同じにする。
- 11) water bath に所定温度の水を入れる。水の液面高さは浸液の液面高さと同じ程度にする。
- 12) 浸液を入れたビーカーを water bath の中に入れる。

[浸液密度の測定: T と M_l の測定]

- 1) 天秤の校正を行う。天秤の校正を行ったことを記録に残すため、測定シートの CAL を○で囲む。
- 2) ピンセットで釣り糸の針を天秤の吊り具に装着する。
- 3) 磁気攪拌子を 2 分間回転させて、浸液の温度を均一にする。回転の程度は Magnetic Stirrer 目盛の 1 に位置する。
- 4) 攪拌を止めてから 20 秒後に温度 T の測定を行い、その数値をシートの T の箇所に記録する。
- 5) 攪拌を止めてから 40~60 秒後の間に M_l を秤量し、その数値を測定シートの M_l の箇所に記録する。
- 6) ピンセットで釣り糸の針を天秤吊り具から外し、ビーカーの縁に引っ掛ける。天秤の値が $\pm 0.0001 \text{ g}$ 以内であることを確かめる。また、このときの天秤の指示値を測定シートの M_l の箇所の () 内に記録する。
- 7) 天秤の指示値が $\pm 0.0001 \text{ g}$ 以内に収まっていないときは、正確な測定が行われなかったと判断する。このときは再度 1) から始める。

◎ 以上の 1) ~ 7) 操作を繰り返して T と M_l を測定する。

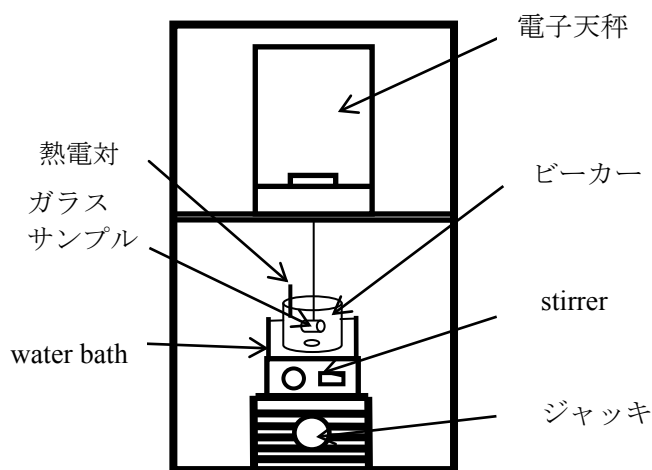


図 2. バルク 密度測定装置

[浸液シクロヘキサンの温度に対する回帰直線]

Si 単結晶の密度 $\rho_s = 2.3290 \text{ gcm}^{-3}$ $M_s = 8.8499 \text{ g}$
 浸液の密度計算式 $\rho_l = \rho_s (M_{sw} - M_l) / M_s$ $M_{sw} = 8.8681 \text{ g}$

表 1. 温度下降時の浸液シクロヘキサンの密度測定

CAL 確認	浸液温度 / °C	浸液中での秤量値 M_l / g	M_l 秤量後の天秤の指示値 / g	浸液の密度 / gcm^{-3}
CAL	34.8	5.9626	(0.0000)	0.7646312
CAL	33.5	5.9586	(0.0000)	0.7656839
CAL	32.5	5.9550	(0.0000)	0.7666312
CAL	31.5	5.9512	(0.0000)	0.7676313
CAL	30.2	5.9466	(0.0000)	0.7688419
CAL	29.3	5.9431	(0.0000)	0.7697629
CAL	28.3	5.9398	(0.0000)	0.7706314
CAL	27.4	5.9360	(0.0000)	0.7716314
CAL	26.6	5.9329	(0.0000)	0.7724472
CAL	25.9	5.9306	(0.0000)	0.7730525
CAL	24.2	5.9252	(0.0000)	0.7744736
CAL	23.2	5.9215	(0.0000)	0.7754473
CAL	22.4	5.9185	(0.0000)	0.7762368
CAL	21.5	5.9153	(0.0000)	0.7770790
CAL	20.1	5.9110	(0.0000)	0.7782106
CAL	18.9	5.9069	(0.0000)	0.7792896
CAL	17.3	5.9004	(0.0000)	0.7810002
CAL	16.6	5.8970	(0.0000)	0.7818949
CAL	15.8	5.8934	(0.0000)	0.7828423
CAL	14.4	5.8888	(0.0000)	0.7840529

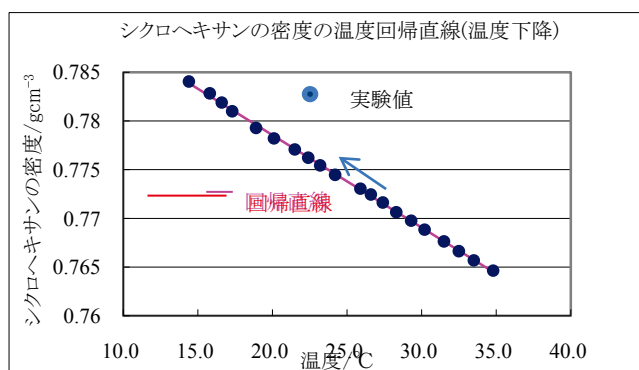


図 3. シクロヘキサンの温度に対する回帰直線

$$\text{回帰直線 } \rho_l = -0.000950133T + 0.797560896$$

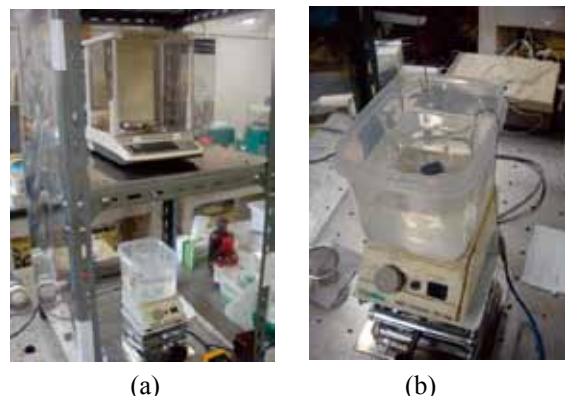


図 4.(a) 密度測定装置の写真 (b) Si 単結晶により浸液シクロヘキサンの密度を較正している。

(2) 浸液シクロヘキサンを用いて $x\text{Li}_2\text{O} \cdot (100-x)\text{B}_2\text{O}_3$ ガラスの Li mol% 濃度に対する密度測定。

較正した浸液シクロヘキサン密度直線を用いて $x\text{Li}_2\text{O} \cdot (100-x)\text{B}_2\text{O}_3$ ガラスの x に対する密度を測定する。

[注意事項]は、浸液較正のときと同じである。

[準備]と[ガラスサンプルの密度測定: T と M_l の測定]も浸液較正のときと殆ど同じであるが、念のため再び掲載する。

[準備]

- 1) ポットに氷を入れる。
- 2) 天秤の下側に吊り具を取り付ける。
- 3) 天秤の左右の風防を 5 分ほど開けて、天秤内部の空気温度を室内温度と同一にする。
- 4) 風防を閉じてから天秤の電源スイッチを ON にし、2 分間後に天秤の較正 (calibration) を行う。天秤の較正は CAL スwitchを押して行う。
- 5) ガラスサンプルの質量 (M_s) を測る。天秤の風防を閉じた後天秤の指示値が $\pm 0.0000 \text{ g}$ であることを確かめる。天秤の指示値が $\pm 0.0001 \text{ g}$ 以内に収まっていないときは、再度天秤の較正を行った後ガラスサンプルの質量を測る。測定シートに M_s の数値を記入する。
- 6) ガラスサンプルとワイヤー (釣り糸) の質量 (M_{sw}) を測る。天秤の風防を閉じた後天秤の指示値が $\pm 0.0001 \text{ g}$ 以内であることを確かめる。天秤の指示値が $\pm 0.0001 \text{ g}$ 以内に収まっていないときは、再度天秤の較正を行った後 M_{sw} を測る。測定シートに M_{sw} の数値を記入する。
- 7) 500 ml ビーカーに磁気攪拌子を入れた後、浸液を約 400 ml 入れる。
- 8) デジタル温度計のセンサー部分を浸液に入れて固定する。
- 9) デジタル温度計の電源を ON にする。
- 10) ガラスサンプルに釣り糸を取り付けた後、浸液中に入れる。このときサンプルや糸に泡が付かないように何度かサンプルを浸液から引き揚げ再び浸ける。そして、釣り糸の針をビーカーの縁に引っ掛けて浸液の温度と同じにする。
- 11) water bath に所定温度の水を入れる。水の液面高さは浸液の液面高さと同じ程度にする。

12) 浸液を入れたビーカーを water bath の中に入れる。

[ガラスサンプルの密度測定: T と M_1 の測定]

- 1) 天秤の較正を行う。天秤の較正を行ったことを記録に残すため、測定シートの CAL を○で囲む。
- 2) ピンセットで釣り糸の針を天秤の吊り具に装着する。
- 3) 磁気攪拌子を 2 分間回転させて、浸液の温度を均一にする。回転の程度は Magnetic Stirrer 目盛 1 の位置にする。
- 4) 攪拌を止めてから 20 秒後に温度 T の測定を行い、その数値をシートの T の箇所に記録する。
- 5) 攪拌を止めてから 40~60 秒後の間に M_1 を秤量し、その数値を測定シートの M_1 の箇所に記録する。
- 6) ピンセットで釣り糸の針を天秤吊り具から外し、ビーカーの縁に引っ掛ける。天秤の値が ± 0.0001 g 以内であることを確かめる。また、このときの天秤の指示値を測定シートの M_1 の箇所の()内に記録する。
- 7) 天秤の指示値が ± 0.0001 g 以内に収まっていないときは、正確な測定が行われなかったと判断する。このときは再度 1) から始める。
- ◎ 以上の 1)~7) 操作を繰り返して T と M_1 を測定する。

[ガラスサンプルの測定結果]

2Li₂O・98B₂O₃ について $M_s=3.9558$ g
 $M_{sw}=3.9739$ g
 ガラスの密度式 $\rho_s=\rho_l M_s/(M_{sw}-M_l)$ で表される。

表 2. 2Li₂O・98B₂O₃ ガラスの密度測定表

CAL	浸液温度 確認 / °C	浸液中での秤 量値 M_1 / g	M_1 秤量後の天 秤の指示値/g	ガラスの密度 /gcm ⁻³
CAL	20.5	2.3343	(0.0000)	1.8775950
CAL	20.6	2.3349	(0.0003)	1.8777093
CAL	20.6	2.3348	(0.0000)	1.8775947
CAL	20.5	2.3346	(0.0003)	1.8775950
CAL	20.4	2.3344	(0.0000)	1.8775952
CAL	20.3	2.3343	(0.0003)	1.8777099
CAL	20.2	2.3342	(0.0003)	1.8778246
CAL	20.2	2.3339	(0.0000)	1.8774811
CAL	20.2	2.3339	(0.0000)	1.8774811
平均	20.38			1.878

黄色で塗りつぶした行は正確に測定されなかった。
 各 Li₂O mol%濃度に対して上の表のように密度を求め、図 5 を得る。

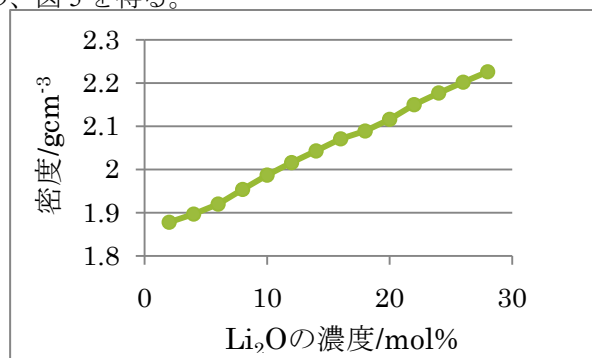


図 5. xLi₂O・(100-x)B₂O₃ ガラスの密度

図 5 から分かることは、Li₂O mol%濃度が 6 から 16 まで密度は上に凸な曲線を取り、16 から 22 まで下に凸な曲線となる。このことは Li₂O mol%濃度が 6 から 16 と 16 から 22 で構造の変化が起こっていることが読み取れる。

このように密度を正確に測り、その変化を見ることにより微小構造の変化まで推測することができる。ゆえに、物質の密度を正確に測定することは重要であることが分かる。

3.2 アルキメデス法 ($1 \text{ g} \geq w \geq 100 \text{ mg}$)

大きなバルクガラスは比較的簡単に吊るし易い形状に加工できるが、このような小さなサイズのガラスを加工すると更に小さくなり密度測定が困難になる。そこで一工夫し前もって浸液の中に籠状のガラスサンプル受けを吊るして置き、その中にサンプルを入れて液中重量を測る方法を考えた。詳細は図 6 のようになる。

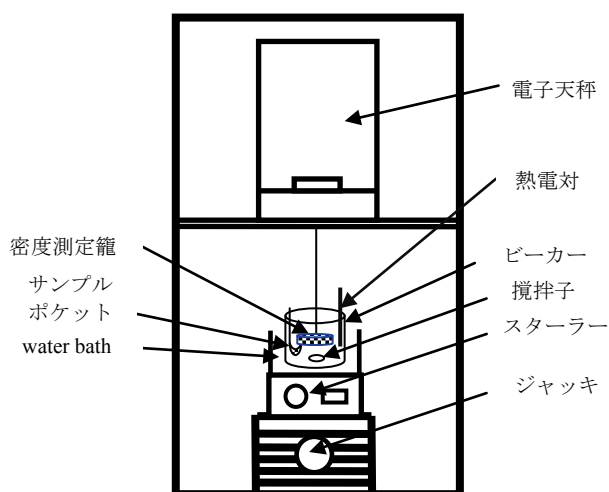


図 6. 小サイズの密度測定装置

まず、この方式がどの程度の精度で密度を測定できるかを標準 Si 単結晶で調べてみた。Si 単結晶も重量が $1 \text{ g} \geq w \geq 100 \text{ mg}$ の範囲に入るようにダイヤモンドカッターで切断し、測定中に割れたり欠けたりし難いように研磨したところ、図 7 のような形状となった。その重量は 0.6754 g であった。



図 7. 中位のサイズの Si 単結晶

較正した浸液シクロヘキサン密度直線を用いて Si 単結晶の密度を測定し、その結果から、この方法の評価を行う。

[注意事項]

- 1) 天秤の動作を安定にするために、空調、換気扇はあらかじめ止めておくこと。
- 2) 天秤の下側に吊り具を取り付けた状態で天秤の較正と秤量を行う（下方秤量のため。吊り具を取り付けない内部秤量の場合と同一の秤量値が得られる）。吊り具の数は少ないほど良い、数が多いと多重振り子状態となり正確な秤量はできない。ここでは、1本とした。
- 3) 浸液は常に高純度に保たなければならない。水、油、手垢などが絶対に入らないように気を付けなければならない。
- 4) ガラスサンプルは直接手で触ってはいけない。シリコンチューブを装着したピンセットで操作する。長時間放置したガラスサンプルはあらかじめ浸液で洗浄しておくこと。洗浄に使用する浸液は秤量する浸液とは異なり、それぞれ別の容器に入っているの、両者を混同しないように気を付ける。洗浄に多数回使用して汚れた浸液は所定の廃液容器に捨てること。
- 5) 浸液温度を調節するために water bath (ポリプロピレン容器) を用いる。次の方法で浸液温度を調節する。

所定の温度（例として 40°C）の水を water bath に入れて、自然冷却により 35°C から室温まで徐々に温度を下げて測定する。
15°C 程に冷却した水を water bath に入れて、室温まで徐々に昇温して測定する。
一定の温度（例として 20°C）の水を water bath に入れて、定温の状態での測定する。

[準備]

- 1) ポットに水を入れる。
- 2) 天秤の下側に吊り具を取り付ける。
- 3) 天秤の左右の風防を 5 分ほど開けて、天秤内部の空気温度を室内温度と同一にする。
- 4) 風防を閉じてから天秤の電源スイッチを ON にし、2 分間後に天秤の較正 (calibration) を行う。天秤の較正は CAL スイッチを押して行う。
- 5) ガラスサンプルの質量 (M_s) を測る。天秤の風防を閉じた後天秤の指示値が ± 0.0000 g であることを確かめる。天秤の指示値が ± 0.0001 g 以内に収まっていないときは、再度天秤の較正を行った後ガラスサンプルの質量を測る。測定シートに M_s の数値を記入する。
- 6) 500 ml ビーカーに磁気攪拌子を入れた後、浸液を約 400 ml 入れる。
- 7) デジタル温度計のセンサー部分を浸液に入れて固定する。
- 8) デジタル温度計の電源を ON にする。
- 9) 密度測定籠に釣り糸を取り付けた後、浸液中に入れる。泡が付くのを防ぐため密度測定籠を浸液中から引き揚げ再び浸液中に入れる。密度測定籠はビーカーの中心に置かなければならない。そのためには密度測定籠を吊るしている釣り糸がビーカーの中心にくるようにすれば良い。Si 単結晶をサンプルポケットに入れ、浸液の温度と同じになるようにビーカーの縁に引っ掛ける。
- 10) water bath に所定温度の水を入れる。水の液面高さは浸液の液面高さと同じ程度にする。

- 11) 浸液を入れたビーカーを water bath の中に入れる。

[Si 単結晶の密度の測定 : T と M_1 の測定]

- 1) 磁気攪拌子を 2 分間回転させて、その後止め 40 秒後に天秤の較正を行う。天秤の較正を行ったことを記録に残すため、測定シートの CAL を○で囲む。
- 2) ピンセットでサンプルポケット中の Si 単結晶をサンプル測定籠の中心に静かに置く。
- 3) すぐに浸液中重量 M_1 と温度 T の測定を行い、その数値を記録する。
- 4) ピンセットで密度測定籠から Si 単結晶を取り出しサンプルポケットに静かに置く。天秤の値が ± 0.0001 g 以内であることを確かめる。また、このときの天秤の指示値を測定シートの M_1 の箇所の () 内に記録する。
- 5) 天秤の指示値が ± 0.0001 g 以内に収まっていないときは、正確な測定が行われなかったと判断する。このときは再度 1) から始める。

◎ 以上の 1) ~ 5) の操作を繰り返して T と M_1 を測定する。

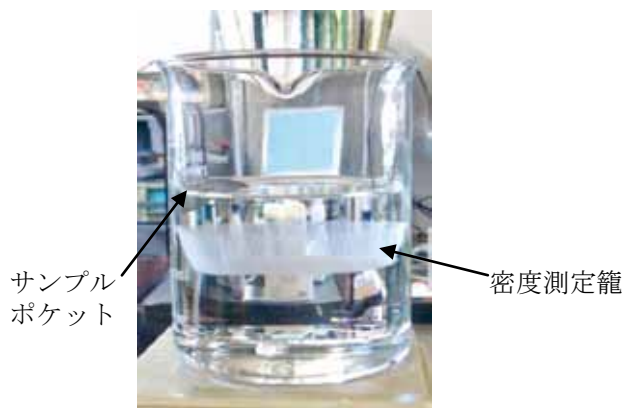


図 8. 密度測定籠とサンプルポケット

溶液のレンズ効果により実際より拡大されている。

[Si 単結晶の密度の測定結果]

標準 Si 単結晶の密度 $\rho_s = 2.3290 \text{ gcm}^{-3}$ である。

Si 単結晶の密度式は $\rho_s = \rho_l M_s / (M_{sw} - M_l)$ で表される。

Si 単結晶の質量 $M_s = 0.6754$ g

表 3. 籠密度測定法による Si 単結晶の密度測定

CAL	浸液温度 / °C	浸液中での秤量値 M_1 / g	M_1 秤量後の天秤の指示値 / g	Si 単結晶の密度 / gcm^{-3}
○CAL	20.4	0.5886	(-0.0008)	6.0550869
CAL	20.4	0.4502	(0.0000)	2.3338434
CAL	20.2	0.4495	(0.0000)	2.3271797
CAL	20.2	0.4501	(0.0000)	2.3333772
CAL	20.1	0.4493	(0.0000)	2.3254050
CAL	20.0	0.4495	(0.0000)	2.3277478
CAL	20.0	0.4497	(0.0000)	2.3298105
○CAL	19.9	0.5235	(-0.0005)	3.4621620
CAL	19.9	0.4502	(0.0000)	2.3352682

平均 20.11

2.3304

平均温度 20.11°C で Si 単結晶の密度は 2.3304 gcm^{-3} となり、誤差は 0.060 % であった。

$x\text{Li}_2\text{O} \cdot (100-x)\text{B}_2\text{O}_3$ ガラスの密度測定の準備段階として、Si 単結晶の真の密度と比較すると 0.060 %

であった。実際に測定してみてさらに改善するための問題点を考察してみた。

1. まず、測定籠の直径が 57 mm と大きく慣性率も大きくなるので、一旦回転力が加わると、その減衰に時間がかかるということである。また、直径が大きいのでビーカーやサンプルポケットに接触することである。
2. 次に籠の中央にサンプルを静かに置く必要があるが、液体中であるし、サンプルの形も掴みやすいもの掴み難いもの様々であるのでかなりの熟練を要する。サンプルを掴み損ねて落としたのが表中の黄色いマークの所である。

問題はあっても、これでガラスの密度を求めるには十分な精度を有していると考えられる。ゆえに、 $x\text{Li}_2\text{O} \cdot (100-x)\text{B}_2\text{O}_3$ ガラスの密度の測定を行う。ガラスサンプルの中から、100 mg~1 g の範囲に入るガラスを選び、そのガラスサンプルの表面を清浄にして測定に備える。

[注意事項]は Si 単結晶の実験と同じである。
[準備]と[ガラスサンプルの測定： T と M_1 の測定]も Si 単結晶のところをガラスサンプルに替ればよい。

[ガラスサンプルの密度の測定結果]
ガラス密度式は $\rho_s = \rho_l M_s / (M_{sw} - M_l)$ で表される。
まず、 Li_2O 濃度 2 mol% のガラスの密度を測る。
ガラスの質量 $M_s = 0.3956 \text{ g}$

表 4. 籠密度測定法によるガラスの密度測定

CAL 確認	浸液温度 / °C	浸液中での秤量値 M_l / g	M_1 秤量後の天秤の指示値/g	ガラスの密度/ gcm^{-3}
CAD	20.0	0.2697	(-0.0007)	2.4463672
CAD	20.0	0.2285	(0.0000)	1.8431933
CAD	20.0	0.3024	(-0.0003)	3.3046957
CAD	20.0	0.2294	(0.0005)	1.8531747
CAD	20.0	0.2282	(0.0000)	1.8398903
CAD	20.1	0.2290	(0.0000)	1.8484997
CAD	20.1	0.2283	(0.0000)	1.8407654
CAD	20.1	0.2287	(-0.0009)	1.8451771
平均	20.05			1.843

上の結果より $2\text{Li}_2\text{O} \cdot 98\text{B}_2\text{O}_3$ ガラスの温度 20.05°C での密度は 1.843 gcm^{-3} となった。同じような測定を各 Li_2O 濃度について行い図 9 を得る。

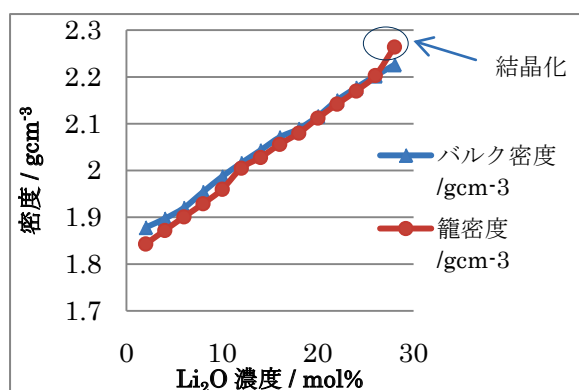


図 9. バルク密度と籠による密度の比較

この図から、バルク ($W > 1 \text{ g}$) の密度に近い良い値が得られた。ここで、気が付くことは Li_2O 濃度 10 mol%以下において、バルク密度より少し隔たった値であることが分かる。12 mol%以上では相対誤差が 1 %未満で殆ど値は一致している。28 mol%の大きく外れた値は結晶化して密度が大きくなったと考えられる。 Li_2O 濃度が 10 mol%以下においてバルク密度と隔たっているのは小さなサイズのガラスの方がエイジングにより影響を受け易いことを示している。また、マイクロ構造の違いによりこのような密度の隔たりができたものと考えられる。

3.3 浮遊法 (100 mg > w)

100 mg 以上の重量のガラスの密度測定は、上に述べたような方法で行われる。それでは、100 mg より軽い小さなガラスの密度はいかに測定するのか、文献によると比重ビンを用いた方法、浮遊法などがある。ここで、SPT (Sodium Polytungstate) (ポリタングステン酸ナトリウム) を使って浮遊法で行うことに決定した。

従来使用されてきた重液は一般に毒物や劇物に指定され、広く利用されるブロモホルムなどは強い発がん性物質でもある^[4]。ドイツで開発された SPT は無毒であり非常に安定した不揮発性物質である。取り扱いを間違えない限り作業面および環境への安全性という点では既存の重液に勝っている。SPT の性質は次のとおりである。

- (1) 水を溶媒とする可溶性の無機化合物 (化学式: $3\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 9\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)。
- (2) 中性で pH 2~14 の溶媒中で安定である。
- (3) 最大比重 3.11 である。
- (4) 蒸留水の希釈か蒸発で密度は 1.0~3.1 の間で自由に調節できる。
- (5) 高比重液ほど粘性が高くなる。
- (6) 水溶液は透明で比重が増すと黄色味を帯びる。化学的に安定、光で分解しない。
- (7) 回収率が高い。

そこで、40 g の蒸留水に SPT 粉末を所定の量加えて SPT 重量%が 70, 60, 50 の溶液を調製した。この溶液の密度を標準 Si 単結晶を用いてアルキメデス法で決定した。70 %の溶液は標準 Si 単結晶が完全に浮いてしまうので、測定不能であり 2.3290 gcm^{-3} より密度が大きいことが分かった。50 %の溶液の密度は 1.69 gcm^{-3} であった。測定するガラスの密度の範囲は 1.85~2.3 以下なのでもう少し SPT 濃度の大きい溶液を作る必要があった。結果として、表 5 に示すような SPT%の溶液と密度を得た。

表 5. SPT 溶液の密度

SPT 公称重量%	SPT 実際の重量%	密度 gcm^{-3}
68.0	67.9662	2.237
67.0	66.9963	2.199
65.0	64.9735	2.125
62.5	62.4872	2.046
60.0	59.9826	1.960
57.5	57.4968	1.886
55.0	54.9957	1.815

次に SPT 溶液の密度の較正曲線を求める。

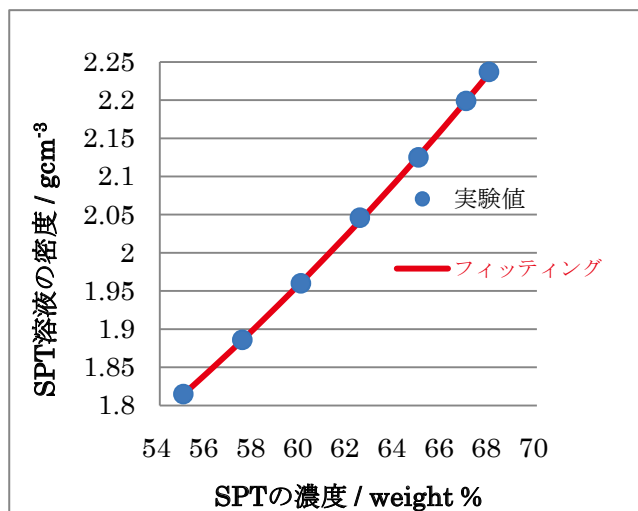


図 10. SPT 溶液の 2 次関数によるフィッティング

$$y=1.44822-0.01416x+0.000378584x^2$$

y : SPT 溶液の密度/gcm³

x : SPT の濃度/weight%

図 10 のようにフィッティングにより較正曲線の式が求まった。

次に実際にガラスサンプルを軽液 (サンプルより密度の小さい溶液) に沈めて SPT 粉末を加えて、何グラムで液体中を浮遊するかを調べる。

まず、 $2\text{Li}_2\text{O} \cdot 98\text{B}_2\text{O}_3$ ガラスの密度を浮遊法で測る。SPT 公称重量 55% 溶液 (密度 1.815 gcm^{-3}) の 1/4 を 50 ml ビーカーに入れ、59.5 mg のサンプルを溶液の中に入れる。当然、サンプルの密度 (1.843 gcm^{-3}) が大きいので沈む。計算では SPT を約 1160 mg 入れると浮遊するはずであったが、SPT の量約 472.9 mg で完全に浮かんでしまった。そしてサンプルを取り出してみるとずいぶんサイズが小さくなっている。重さを量ると 43.6 mg で 15.9 mg も減少していた。すなわち水に溶けてしまったということである。溶けた分 SPT 溶液の濃度が増し計算値を超えてしまったのかもしれない。

アルキメデス法でガラスは水に溶けるから浸液にシクロヘキサンを使ったのに、SPT を水に溶かした溶液を使ったのは大きな盲点であった。これによって、SPT 溶液を用いた浮遊法による密度の測定は失敗に終わった。この方法は水を使わずガラス不溶性溶液でしかも SPT と安定に混合する溶液を探す必要がある。その溶液が安全でなければ意味がない。

今回、SPT 水溶液を使った浮遊法は失敗という結果となったが、次回は比重ビンを使った方法で行いたいと思う。

4. まとめ

アルキメデス法によるバルクガラスの密度測定はマニュアルのとおり行った。結果は図 5 に示したようになった。次のアルキメデス法による 1 g から 100 mg のガラスの密度測定は籠にサンプルを入れて量る方法をとった。この方法は、マニュアルどおり行うとビーカーの中の籠の存在により複雑な対流が生じどこで天秤の指示値が安定したのか判断できない。そこで、スターラーの回転は、キャリブレーションの前だけ行って、後は素早くサンプルを静かに籠の中央に載せて浸液中の重量とその温度を測ることにした。するとその精度は表 3 で示したように、相対誤差 0.1 % 以下となった。この方法は、他のホウ酸塩ガラスまたはゲルマニウム酸塩ガラスの密度の測定に有効だと思われる。最後の浮遊法による重さ 100 mg 未満のガラスの密度の測定は思わぬ結果で終わってしまった。しかし、これは実験にはつきもので、SPT 水溶液では、直接ガラスの密度は測定できないことが分かっただけでも意味がある実験と考えるべきである。

これからは、100 mg 未満の小さなガラスの密度測定についての方法を確立していきたいと考える。とりあえずは、比重ビンを用いた方法で行いたい。

謝辞

本報告を行うにあたり、数々のご指導を頂きました筑波大学数理物質科学研究科、小島誠治教授、小玉正雄研究員、小島研究室ガラス班の皆様には深く感謝します。特に小玉正雄研究員には、密度測定の方法を懇切丁寧に教えて頂き、いろいろアイデアを示唆して頂き、さらに先生が作製され提供して下さいました $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ ガラス^[5]また標準 Si 単結晶があればこそ、このような実験が短期間でできました。そして、筑波大学数理物質科学等技術室、伊藤伸一技術専門職員には、いつも壁にぶつかる度に、適切なアドバイスを頂き、そのおかげでこのような報告書を書くことができました。改めて、深く感謝します。

参考文献

- [1] K. Lark-Horovitz & Vivian A. Johnson, Solid State Physics In: Method of experimental physics, Eds. L.Marton & C. Marton, Academic Press 6 (1959) 282-291.
- [2] 箕輪善蔵, 改訂 密度および濃度, コロナ社 3 (1983) 10-11.
- [3] 増井良平, 竹中正美, 応用物理, 第 55 巻 第 10 号 (1986) 934-942.
- [4] 樞原徹, 岩野英樹, 糟谷正雄, 山下透, 角井朝昭, 地質ニュース, 455 号 (1992) 31-36.
- [5] M. Kodama et al., Jpn. J. Appl. Phys.34 (1995) 2570.

Measurements of density of light weight glass

Seiichi Mamiya

Technical Service Office for Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki,
305-8573 Japan

When you look at a physical constant table, there is always a section of density in it. It is the indicator that shows how important the density is as a physical quantity. The definition of the density is indicated by the ratio of mass to volume, in general, it is given by mass per one cubic centi-meters ($\text{gcm}^{-3} = 10^3 \text{kgm}^{-3}$).

Therefore, we discuss the method to measure the densities of alkali metal borate glasses depending on alkali metal content. First, we think the Archimedean method using the Archimedean principle. This method can be applied for not only the bulk glasses ($W > 1 \text{ g}$) but also the middle-size glasses ($1 \text{ g} \geq W \geq 100 \text{ mg}$) by figuring out the method a good way. (W indicates the weight of glass.) However, the glasses ($W < 100 \text{ mg}$) are too small to measure their densities using the Archimedean method, we decide to employ the other method. It is a flotation method. That is the measurement using the property that a solid floating in a liquid has the same density as the liquid's. This is the purpose to explain the density measurement of the bulk glasses and decide the optimal procedure of the latter two methods.

Keywords: alkali metal, borate glass, Archimedean method, Archimedean principle, flotation method.

2 次元 Max-Plus ウェーブレット変換・逆変換実証回路の作製

小野 雅晃^{a)}、延原 肇^{b)}

^{a)} 筑波大学システム情報工学等技術室（装置開発班）

^{b)} 筑波大学システム情報工学研究科知能機能システム専攻

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

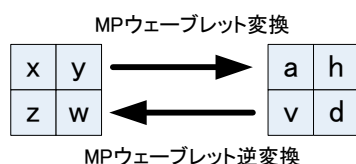
CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) カメラで撮影した白黒画像を FPGA (Field-Programmable Gate Array) を使用したハードウェアで、リアルタイムに Max-Plus 代数を使用したウェーブレット変換 (Max-Plus ウェーブレット変換) を行なった。変換結果は見やすい状態に変換して、ディスプレイに表示した。また、閾値処理後に、Max-Plus ウェーブレット逆変換を行って画像を復元し、ディスプレイに表示した。これによって、閾値の値による画像劣化状況を見ることができるようになった。更にハフマン符号化による画像の圧縮率を表示した。

キーワード：Max-Plus 代数、ウェーブレット、FPGA、ハフマン符号

1. はじめに

筑波大学システム情報工学研究科、知能機能システム専攻の延原 肇講師より、Max-Plus ウェーブレット (以下 MP ウェーブレット) 変換実証用ハードウェアの依頼があった。依頼を達成するための第 1 段階として、640×480 ピクセル (VGA 解像度) の CMOS カメラの画像を白黒画像でディスプレイに出力する回路を作製した。この結果は、平成 21 年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会で、“FPGA を使用した CMOS カメラ・ディスプレイ回路の製作”^[1]というタイトルで発表した。

今回は、第 1 段階の回路を元に、依頼のあった MP ウェーブレット変換・逆変換回路を作製した。更にハフマン符号化回路を追加して、画像をリアルタイムに圧縮して、圧縮比を表示した。



$$\begin{aligned} a &= \min(x, y, z, w); & x &= a + \max(-d, -h, -v, 0); \\ h &= y - x; & y &= x + h; \\ v &= z - x; & z &= x + v; \\ d &= w - x; & w &= x + d; \end{aligned}$$

図 1. 2 次元 MP ウェーブレット変換式、逆変換式

2. 2 次元 MP ウェーブレット変換

MP ウェーブレット変換は、ウェーブレット変換の一種で、演算過程に掛け算、割り算を用いることなく、比較演算 (Max, Min) と加算 (減算) を用いる^[2,3]。2 次元 MP ウェーブレット変換の変換式と逆変換式を図 1 に示す。

3. ディスプレイ出力方法

ディスプレイは 640×480 ピクセルの画素を表示している。いわゆる VGA (Video Graphics Array) と呼ばれる画面解像度である。図 2 にそのピクセルの配置を示す。

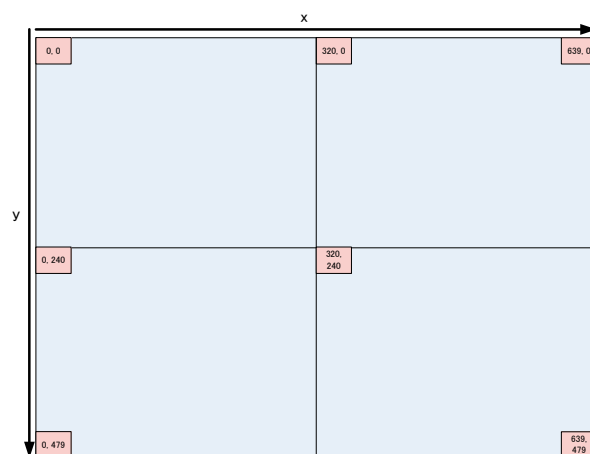


図 2. ディスプレイ上でのピクセルの配置

ここでは、(0,0)、(639,479) などの(x,y) の位置で、ピクセルの位置を示す。ディスプレイは、x 方向に走査を行って、画面を表示している。最初に(0,0)のピクセルを表示して、其の次は(1,0)、ラインの最後には(639,0)のピクセルを表示する。これで 1 ラインの描画が終了する。ラインの最後には水平同期信号が出力されて、次のラインの表示が始まる。次に、(0,1)から(639,1)で表される 2 番目のラインを表示する。2 番目ラインが終了したら 3 番目のラインを表示する。このように、480 番目のラインを表示 (最後のピクセルは(639,479)) して終了となる。その後、垂直同期後に次のフレームを表示し始める。

通常では、フレーム・バッファと呼ばれる RAM (Random Access Memory) にピクセルのデータが一時的に保存され、VGA ディスプレイ・コントローラがフレーム・バッファから読みだして、ディスプレイに表示する。RAM のアドレスは(x,y)の様に二次元では

なく、1次元であるので、連続的なアドレスが使用される。つまり図2で示した(0,0)のアドレスは0番地に相当し、(639,0)のアドレスは639番地に相当する。2番目のラインの先頭ピクセル(0,1)は640番地、最後の(639,479)は307,199番地に相当する。

図2の様に、画面を4分割すると左上の画面は(0,0)0番地から始まる。右上の画面は(320,0)320番地から始まる。左下の画面は、(0,240)204,800番地から始まる。右下の画面は(320,240)205,120番地から始まる。このように4画面分割して表示するためには、それにあったアドレスに画像データを書きこむ必要がある。2次元MPウェーブレット変換結果の表示に4分割画面を使用している。このアドレス演算が今回、一番デバックに苦労した箇所である。

4. 2次元 MAX-PLUS ウェーブレット変換・逆変換実証装置の概要

2次元Max-Plus ウェーブレット変換・逆変換実証装置(以下MPW実証装置)は、CMOSカメラ、FPGA、SRAM(Static Random Access Memory)、D/A(Digital/Analog)コンバータ、7セグメントLED3個、スイッチ3個とディスプレイで構成される。FPGA、SRAM、A/Dコンバータは、プリント基板に実装されている。その接続図を図3に示す。

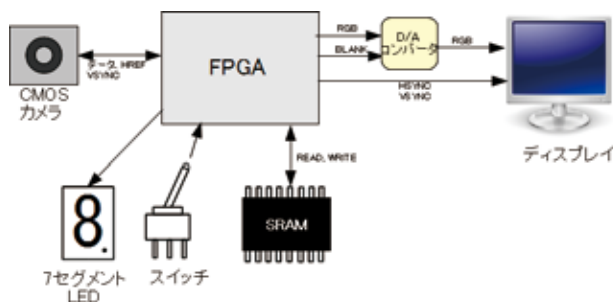


図3. MPW実証装置の接続図

実際の論理回路は、FPGAの内部に構成されている(FPGA内部回路)。FPGA内部回路は、CMOSカメラの白黒画像データをFPGAで受けて、SRAMに書き込む。その際に2次元MPウェーブレット変換及び逆変換を行う。変換・逆変換はスイッチで切り替え可能となっていて、変換なし、変換のみ、変換・逆変換を切り替えることができる。逆変換を行う場合には、閾値処理を施すが、7セグメントLEDは、その閾値を表示するために使用される。閾値処理とは、7セグメントLEDに表示された値以下の値を全て0に置き換える処理である。

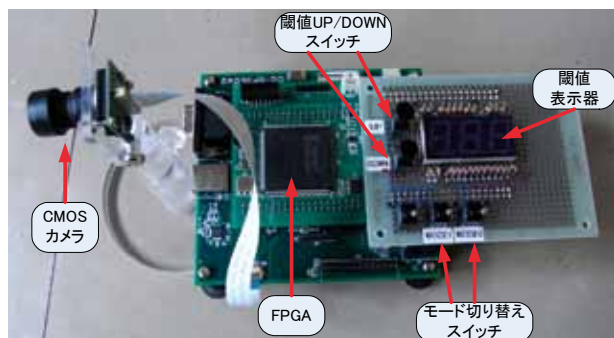


図4. MPW実証装置の写真

VGA解像度のCMOSカメラの8ビット幅の白黒画像データは、SRAMからFPGAへ読み込まれ、RGB信号とHSYNC(Horizontal synchronization signal)、VSYNC(Vertical synchronization signal)に変換されてFPGAから出力される。RGB信号はA/Dコンバータに入力されて、デジタルデータからアナログデータに変換される。A/Dコンバータから出力されたRGB信号はディスプレイに入力される。HSYNCとVSYNCはFPGAからディスプレイに入力される。なお、FPGAから出力されるRGB信号は白黒画像であるため同じ値である。ディスプレイの表示ピクセル数は640×480ピクセルである。

図4にMPW実証装置の写真を示す。ディスプレイは写真から省かれている。CMOSカメラがスタンドに搭載され、CMOSカメラからのケーブルがプリント基板(以下基板とする)に接続されている。SRAMはFPGAと同じ基板に搭載されていて、A/Dコンバータは、その下のベースとなる基板に実装されている。一番上のユニバーサル・ボードに7セグメントLED(閾値表示器)、トグルスイッチ(モード切り替えスイッチ)、プッシュスイッチ(閾値UP/DOWNスイッチ)が搭載されている。

5. FPGA内部回路の説明

FPGA内部回路のブロック図を図5に示す。

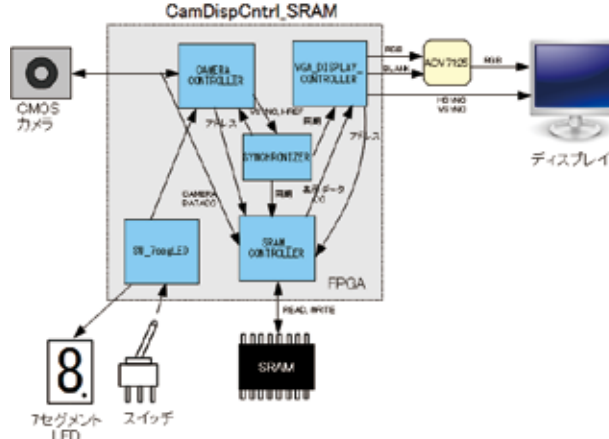


図5. FPGA内部モジュールのブロック図

図5でADV7125は、使用しているD/Aコンバータの実際の型番である。また、CamDispCtrl_SRAMは、FPGA内部回路のトップモジュールの名前を示す。

FPGA内部回路は、CAMERA_CONTROLLER、SYNCHRONIZER、VGA_DISPLAY_CONTROLLER、SRAM_CONTROLLER、SW_7segLEDモジュールで構成される。

最初にMPウェーブレット変換なしの状態を説明する。CMOSカメラから入ってきた映像信号YUV4:2:2は、CAMERA_CONTROLLERで処理され、Y信号(輝度信号)のみがSRAM_CONTROLLERに渡される。SYNCHRONIZERは、CAMERA_CONTROLLERからVSYNC、HREFを受け取って同期信号をCAMERA_CONTROLLER、SRAM_CONTROLLERとVGA_DISPLAY_CONTROLLERに渡す。その同期信号でCAMERA_CONTROLLER、SRAM_CONTROLLERとVGA_DISPLAY_CONTROLLERは、フレー

ムの最初の垂直映像ラインと水平映像ドットに同期する。

VGA_DISPLAY_CONTROLLERはSRAMからREADした輝度信号をRGBに変換(白黒なので、RGB同じ値にする)し、D/Aコンバータ(ADV7125)に出力する。HSYNC, VSYNCは直接VGAコネクタに出力する。

SW_7segLEDは、モード切り替えスイッチの値で動作モードを切り替える。MODE0、MODE1スイッチの値による動作モードの表を表1に示す。

表 1. モード切り替えスイッチによる動作モードの違い

MODE1	MODE0	動作
OFF	OFF	動作モード1 原画像表示モード
OFF	ON	動作モード2 Max-Plusウェーブレット変換表示モード
ON	OFF	動作モード3 Max-Plusウェーブレット変換逆変換表示モード
ON	ON	動作モード1→動作モード2→動作モード3→動作モード1を5秒間隔で繰り返す

表1の動作モード1は、原画像表示モードで、CMOSカメラからの輝度信号を直接ディスプレイに表示するモードである。動作モード2は、MPウェーブレット変換後の画像を4分割してディスプレイに表示するモードである。動作モード3はMPウェーブレット変換後の画像に閾値処理を施してから、もう一度MPウェーブレット逆変換した画像を表示するモードである。このモードは閾値処理によって、どの程度、画像が劣化するかを評価するためにある。動作モード4は、表1の一番下に示すモードで、動作モード1から動作モード3までを5秒間隔で繰り返して表示するモードである。

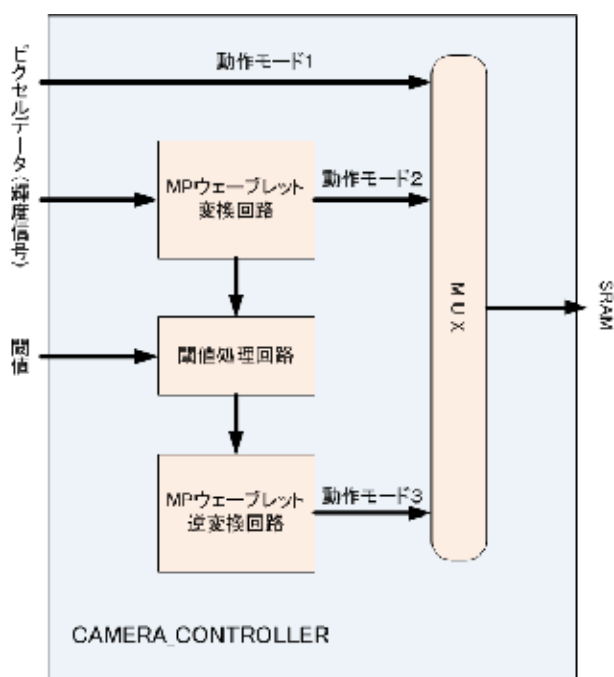


図 6. 2次元 MP ウェーブレット変換・逆変換回路ブロック図

6. 2次元 MP ウェーブレット変換・逆変換回路

2次元 MP ウェーブレット変換・逆変換回路(以下、MP ウェーブレット変換・逆変換回路)は、CAMERA_CONTROLLERに内蔵されていて、2次元 MP ウェーブレット変換回路(以下、MP ウェーブレット変換回路)、閾値処理回路、2次元 MP ウェーブレット逆変換回路(以下、MP ウェーブレット逆変換回路)に分かれている。そのブロック図を図6に示す。

ピクセルデータ(輝度信号)は、マルチプレクサ(MUX)とMPウェーブレット変換回路に入力される。動作モード1の場合は、MUXに入力されたピクセルデータが直接SRAMに書き込まれる。動作モード2の場合はMPウェーブレット変換回路で変換されたデータがSRAMに書き込まれる。動作モード3の場合はMPウェーブレット変換回路で変換されたデータが閾値処理回路を通して閾値処理をした後で、MPウェーブレット逆変換回路に入力され、逆変換された画像がSRAMに書き込まれる。SRAMに書き込まれたデータはVGA_DISPLAY_CONTROLLERで読み出されてディスプレイに表示される。

6.1 MP ウェーブレット変換回路

MPウェーブレット変換回路はCAMERA_CONTROLLERの中に構成されていて、動作モード2と動作モード3(表1参照)で使用される。MPウェーブレット変換の変換画像を図7に示す。図7の左上が図1の変換式でのa、右上がh、左下がv、右下がdの値を集めた画像になっている。通常では、2×2ピクセルのデータごとに変換値が出るため、意味のある画像にはならないが、a、h、v、dそれぞれについて、書きこむ番地を変更することで、図7のようなMPウェーブレット変換画像を得ることができる。具体的には、図7のaが4つのピクセルの最小値、hが横の差分、vが縦差分、dが斜めの差分を表す。(図7の写真は差分の画像に露出を合わせたので、aが白飛びしているが、実際は綺麗に表示されている)

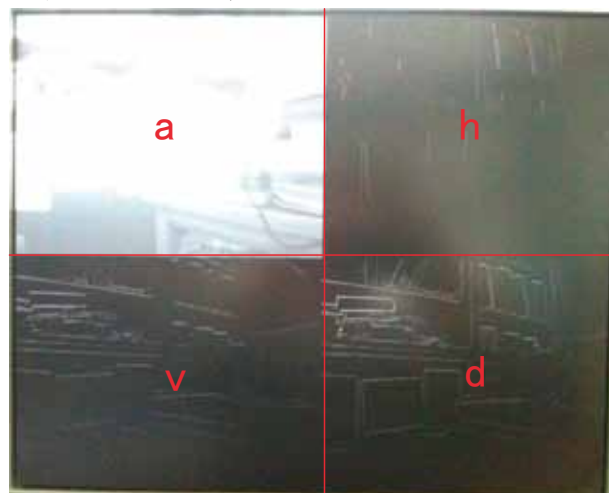


図 7. MP ウェーブレット変換後の画像

画像を図1の変換式でMPウェーブレット変換するためには、1ライン分(640ピクセル)のライン・

バッファが必要となる。このライン・バッファには、FPGA に内蔵された Block RAM を使用した。下に MP ウェーブレット変換の概念的なブロック図を図 8 に示す。

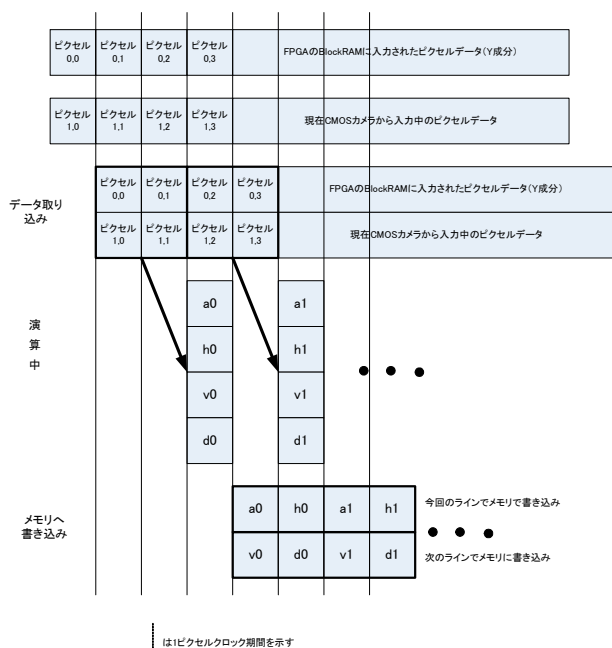


図 8. MP ウェーブレット変換の概念的なタイミングのブロック図

CMOS カメラの映像データの 0 ライン目は、Block RAM に 1 ライン分の画像データを読み込む。次に、0 ライン目の画像データ (Block RAM から読みだして用意したデータ) と現在の CMOS カメラから入力される 1 ライン目の映像データを使用して、MP ウェーブレット変換を行う。それらのデータは FF (Flip-Flop) に入力され、データ取り込みフェーズで FF から出力されている。2 クロック目にピクセル 0,0、ピクセル 0,1、ピクセル 1,0、ピクセル 1,1 が揃うので、MP ウェーブレット変換を行うためのデータが揃うことになる。

データが、揃ったら図 1 の式で 2 次元 MP ウェーブレット変換を行う。それが図 8 の演算中の矢印にあたる。演算後に a0, h0, v0, d0 が出力される。出力された値は演算によって a0 以外は、マイナスの場合が含まれるので、8 ビット幅から 9 ビット幅に拡張されているが、その絶対値を取って 8 ビット幅の値

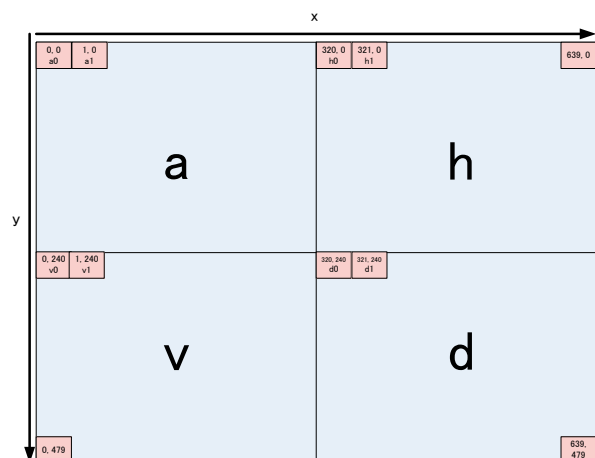


図 9. a, h, v, d のディスプレイでの表示位置

としてメモリ (SRAM) に書き込まれる。SRAM は 16 ビット幅なので、a0 と a1 を同じアドレスに書き込むことができる。

この時、図 7 に示したようにディスプレイに表示するためには、a, h, v, d のそれぞれに異なったオフセットのアドレスで SRAM に書きこむ必要がある。具体的なディスプレイの表示位置を図 9 に示す。

a0 のアドレスは 0 番地、a1 のアドレスは 1 番地、h0 のアドレスは 320 番地、h1 のアドレスは 321 番地、v0 のアドレスは 204,800 番地、v1 のアドレスは 204,801 番地、d0 のアドレスは 205,120 番地、d1 のアドレスは 205,121 番地となる。

更に、SRAM に書きこむ際に a と v, h と d のアドレスが異なるため同時に書くことはできない。そのため、v と d は、次のラインで SRAM に書きこむことにした。次のラインで書き込むために一時的に FPGA 内のライン・バッファ (Block RAM) に書きこんでいて、次のラインで読み出しながら SRAM に書きこむことにした。幸いなことに偶数ラインはピクセルデータのライン・バッファへの書き込みのみを行って、MP ウェーブレット変換の演算を行っていないため、v と d を SRAM に書きこむタイミングが存在する。

次に、この概念モデルを実際の回路に落とす作業を行った。図 8 では、SRAM は書き込み専用になっているが、実際には、Write/Read を 1 クロックごとに交互に繰り返している。Read は VGA_DISPLAY_CONTROLLER が 2 バイト (16 ビット) 分のピクセルデータを SRAM から読みだして、ディスプレイに出力するために使用される。SRAM の Write/Read を考慮したブロック図を図 10 に示す。

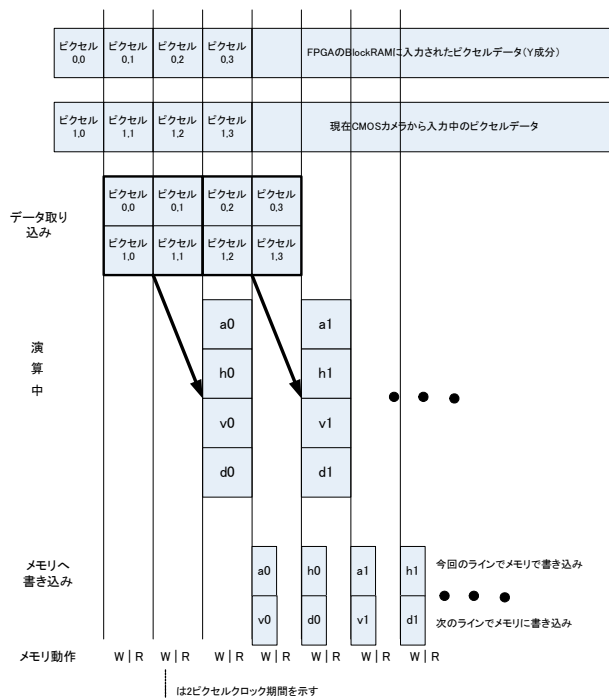


図 10. MP ウェーブレット変換のタイミング・ブロック図

図 10 は図 8 に SRAM の Read タイミングを追加し、より実際の動作に近いタイミング・ブロック図である。表 1 に示した動作モード 2 の場合は、以上述べ

てきたように SRAM に MP ウェーブレット変換されたデータが書き込まれて、ディスプレイに表示される。

6.2 閾値処理回路

図 7 の MP ウェーブレット変換後の画像を見ると分かるが、 h , v , d は隣り合ったピクセル同士の差分であるため、値は小さい方に偏っている。表示された物体のエッジは輝度が大きく変わるので、白く表示されている。このように、差分データは、小さい値には、重要なデータが少ない。そこで、この部分を閾値処理して、ある一定数までのデータを 0 に落とすと、データが少なくなり、データをより圧縮することが可能となる。閾値は図 4 に示す閾値表示器に表示され、閾値 UP/DOWN スイッチで増減することができる。

6.3 MP ウェーブレット逆変換回路

MP ウェーブレット逆変換回路は、ピクセルデータを MP ウェーブレット変換し、閾値処理をしたデータを MP ウェーブレット逆変換して元のピクセルデータに戻す処理である。MP ウェーブレット変換・逆変換は可逆変換であるため、閾値処理でデータを落とさなければ、品質を落とさないままに元のデータに戻すことができる。MP ウェーブレット逆変換のブロック図を図 11 に示す。

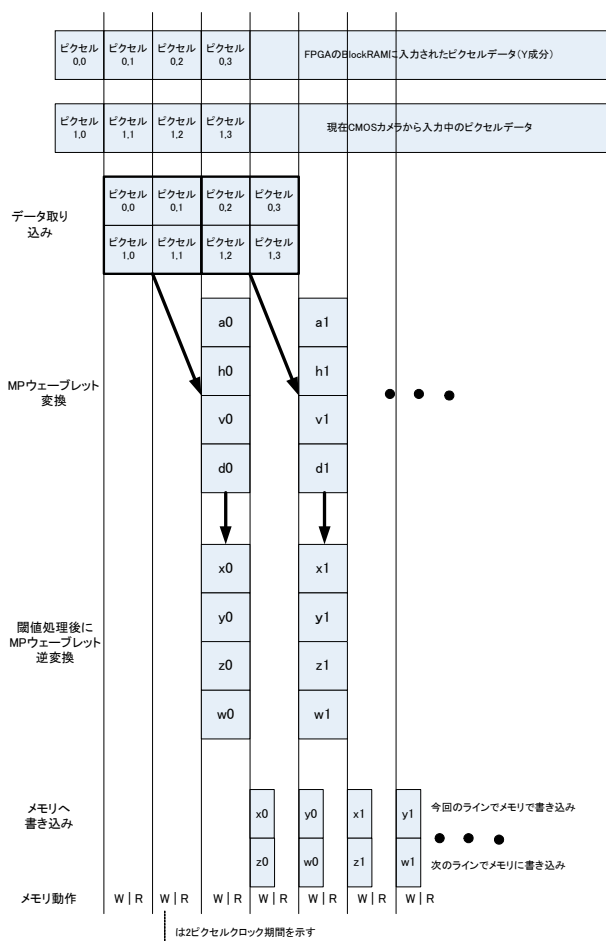


図 11. MP ウェーブレット逆変換のブロック図

MP ウェーブレット逆変換の画像を表示するモードは表 1 では動作モード 3 となる。

MP ウェーブレット変換を画像圧縮に使用するのであれば、MP ウェーブレット変換後に閾値処理をし、ハフマン符号化などのエントロピー符号化をして、他の機器に伝送する。そこで、エントロピー符号化を復号してから、MP ウェーブレット逆変換を行って画像を復元するという使い方をするのが普通である。ここでは、閾値処理による画像の劣化を見るために、同じ機器上で、リアルタイムに閾値処理、MP ウェーブレット逆変換を行って、画像を復元している。

7. ハフマン符号化回路の追加

説明してきた MP ウェーブレット変換・逆変換回路にハフマン符号化回路を追加した。ハフマン符号とは、1952 年にデビット・ハフマンによって開発された符号で、コンパクト符号やエントロピー符号の一つである^[4,5]。簡単に言うと出現確率の高い値に短い符号長の符号を割り当てる方式である。出現確率の低い値は符号長が長くなる。このハフマン符号を用いて、画像の圧縮を行った。以下に示す手順で、ハフマン符号化回路を実現した。

1. レナ像を図 4 の MPW 実証回路で撮影し、同時に MP ウェーブレット変換を行って、1 フレーム分の a , h , v , d の値を集計した。
2. 1. の値を ChipScope Pro の VIO (Virtual Input/Output) 機能を使用してデータをパーソナル・コンピュータ(PC) に取り込んだ。
3. 2.のデータを元にソフトウェアでハフマン符号化を行った。
4. ハフマン符号をソフトウェアで処理してハフマン符号テーブルと逆ハフマン符号テーブル

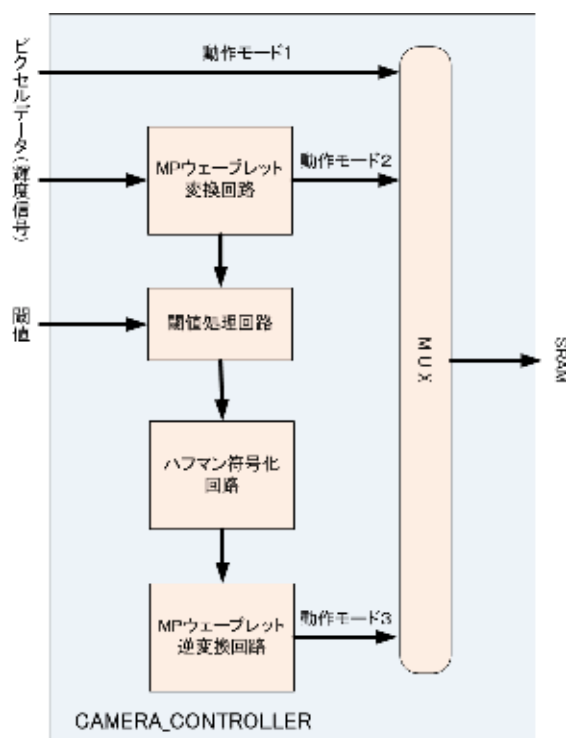


図 12. 構想段階の CAMERA_CONTROLLER 内のブロック図

を作製した。

- ハードウェアを VHDL (VHSIC(Very High Speed Integrated Circuits)Hardware Description Language))で記述した。その際に、生成した ROM にハフマン符号化テーブルを初期値としてロードした。

構想段階のハフマン符号化回路は、図 12 に示すように、閾値処理回路と MP ウェーブレット逆変換回路の間に挿入することにした。

構想段階のハフマン符号化回路のブロック図を図 13 に示す。

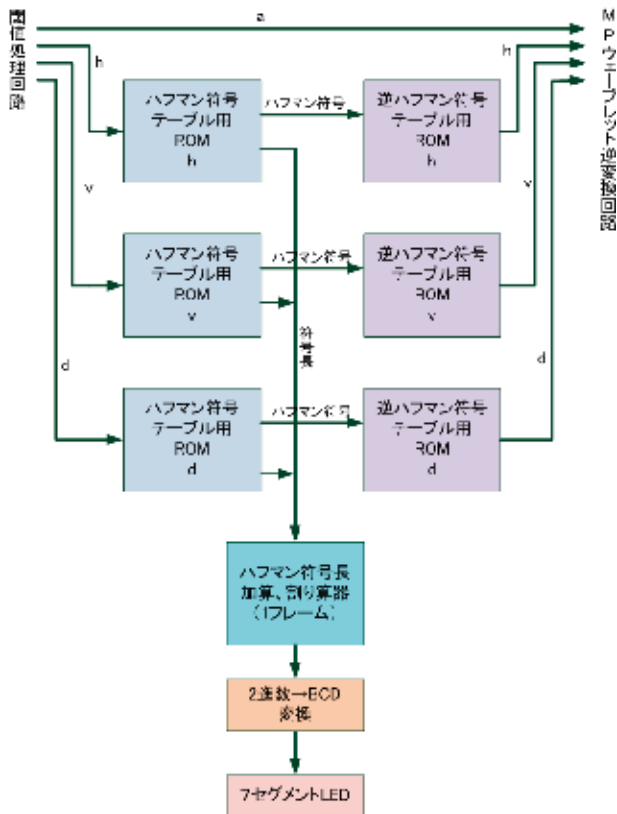


図 13. 構想段階のハフマン符号化回路のブロック図

CMOS カメラで撮影した画像を MP ウェーブレット変換し、ハフマン符号化テーブルでハフマン符号に変換する。ハフマン符号はすぐに逆ハフマン符号テーブルに送られて、MP ウェーブレット逆変換を行って、ディスプレイに表示される。

符号長はハフマン符号長加算、割り算器で 1 フレーム分加算され、1 フレーム終了後に元のデータ長で割られて、パーセント表記に変換される。その後、2 進数から BCD (Binary-Coded Decimal) に変換されて、7 セグメント LED に表示される。こうすることによって、1 フレームごとに圧縮率をリアルタイムに表示することができる。7 セグメント LED は、閾値を表示していたので、図 4 の MPW 実証回路のもう 1 つのスイッチで、閾値と圧縮率のパーセント表示を切り替えることにした。図 13 において、a はハフマン符号化されていないが、これは、明るさ等によって、値が変動しやすいので、ハフマン符号化に向かないと考えたからである。CMOS カメラには AGC (Automatic Gain Control) が付いているが、やはり明るさで値が変動する。

なお、本来の用途では、ハフマン符号化されたデータはパッキングされて、他の機器に伝送され、そこで逆ハフマン符号化されて、MP ウェーブレット逆変換されて画像データに戻されるという手順を踏む。しかし、ここでは、ハフマン符号化のテストのために、同一機器でハフマン符号化-逆ハフマン符号化を行うことにした。

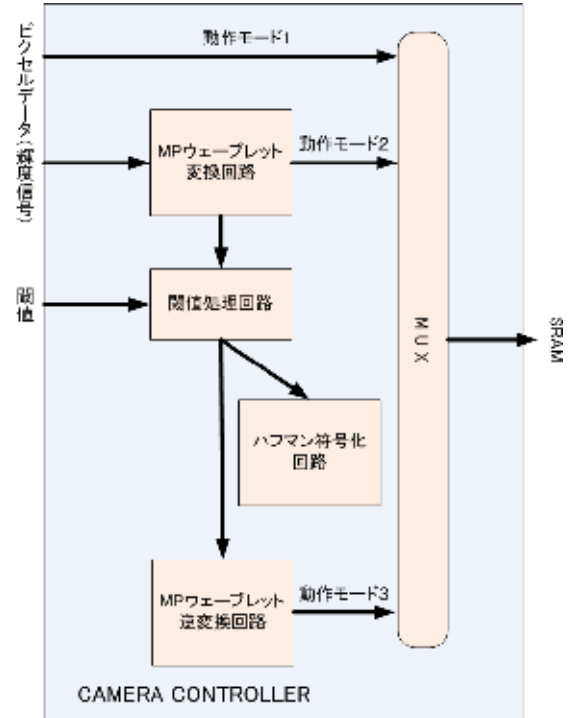


図 14. 実装した CAMERA_CONTROLLER 内のブロック図

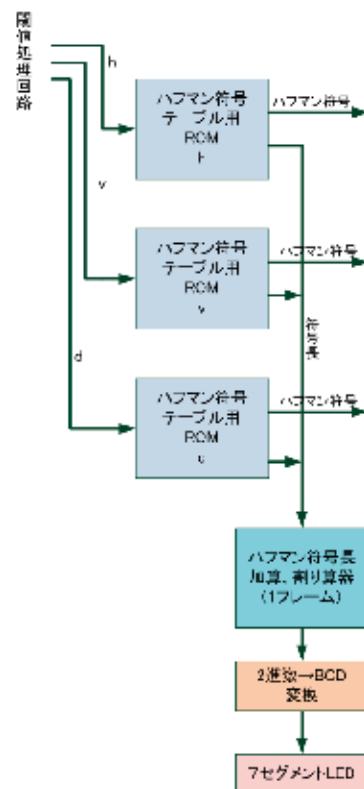


図 15. 実装したハフマン符号化回路のブロック図

ハフマン符号化回路をハードウェア化していくと逆ハフマン符号テーブルが大規模の ROM を必要とするということがわかった。逆ハフマン符号テーブルの通常の実装は FPGA リソースの面からも難しいのでやめることにした。SRAM に書きこむデータは前回のように MP ウェーブレット変換・逆変換したピクセルデータを SRAM に出力することにして、ハフマン符号化回路は圧縮率の計測のみに使用することにした。実際に作成した CAMERA CONTROLLE R 内のブロック図を図 14 に示す。実際にハードウェアにしたハフマン符号化回路のブロック図を図 15 に示す。

図 15 に示すように、ハフマン符号テーブル ROM の符号長のみを積算し、総ビット数で割り算した値を BCD 変換して、7 セグメント LED に圧縮率として表示した。実際に圧縮率を測定したところ、レナ像では約 58%、部屋の中を撮影した結果は約 65%だった。

8. まとめ

CMOS カメラで撮影した白黒画像を FPGA に入力して、MP ウェーブレット変換を行い、それぞれの成分に分けてディスプレイに表示した。また、MP ウェーブレットした画像を閾値処理後に MP ウェー

ブレット逆変換を行って、ディスプレイに表示して、閾値処理での画像の劣化を確認することができた。

MP ウェーブレット変換後のデータをハフマン符号化して、ハフマン符号化でのデータ圧縮率をリアルタイムに表示することができた。

なお、第 16 回画像センシングシンポジウム、イノベーションジャパン 2010 ほか、国際会議 ISCIT において発表を行っている。

参考文献

- [1] 小野雅晃, FPGA を使用した CMOS カメラ・ディスプレイ回路の製作, 平成 21 年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会報告集
<http://www-eng.kek.jp/meeting09/proceedings/pdf/h21g3002.pdf>
- [2] H. Nobuhara, M. Ono, T. Tanabata, B. Bede, 3D-Wavelet Decomposition Based on Max-Plus Algebra and its Application to Video Coding, 10th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT2010), Meiji University, Tokyo, Japan, Oct. 26-29, (2010)
- [3] 延原肇, 小野 雅晃, 七ヶ高也, マックスプラス代数に基づく三次元ウェーブレット変換の提案とコンテクト・センシングへの展開, 第 16 回画像センシングシンポジウム, パシフィコ横浜, 2010 年 6 月 10 日
- [4] 昌達 K'z, 圧縮アルゴリズム, C magazine
- [5] ウィキペディア, ハフマン符号, <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%8F%E3%83%95%E3%83%9E%E3%83%B3%E7%AC%A6%E5%8F%B7>

摺漆（拭漆）による木材の表面性状の評価

田所 千明

筑波大学生命環境科学等技術室（農林工学系）

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

摺漆の工程において、条件（木地調整・密度・生漆濃度）を変えて摺漆をした場合、光沢度（艶）や表面性状にどのような違いがあるかを、鏡面光沢度計および走査電子顕微鏡（SEM）を用いて観察した。結果は以下のとおりである。

- ・研磨紙粒度の小さい研磨程、光沢度の上昇が早く高い値を示したが、それには上限があった。
- ・密度による光沢度の差はあまり見られなかった。
- ・50%に希釈した場合、10回位までは有効であった。
- ・研磨時に出来た凹部や細胞の空隙は、数回程度の摺漆でも漆が埋まりほぼ平らな状態になるが、光沢度は繊維方向で15%程度と低かった。

キーワード：木材、摺漆、鏡面光沢度、SEM

1. はじめに

漆工芸の一分野である摺漆は生漆を木材に摺込み、紙や布等でよく拭取る作業である。これを数回から数十回繰り返し、漆による光沢を出す（艶を上げるという）。多様な性質を持つ木材を個人の裁量の割合が高い研磨と拭取りという作業により、最高度の光沢（艶）を得ようとする作業である。

この摺漆の過程で木材の表面がどのように変化するかを、木地の調整、比重および生漆の希釈率等の条件を変えて、表面性状の変化を鏡面光沢度計や電子顕微鏡(SEM)を用いて観察した。

2. 摺漆について

現在、一般に言われる摺漆(拭漆)は明治時代頃から盛んになったと言われている。それ以前の摺漆は調整した漆を塗り・研いで艶を出す（蠟色仕上げ）工程の最後に行われる仕上げ作業のことを指していた。蠟色仕上げでは研磨材料（炭や研磨紙）で研磨された面を艶上げ用の粉（蠟色磨き粉）で磨き鏡面状にする。そして、その漆面（研磨粉で研がれ極微細なキズの残る表面）に生漆を薄く塗り、紙や布等で拭取りキズを埋め極薄い塗膜を作る（コーティング）。この生漆を塗り・拭取る作業を直接木材に行う事が今日では主に摺漆（拭漆）と言われている。これにより木目模様を引立たせる漆器製作が行われる様になった。

3. 実験

3.1 材料等

生漆には中国産、漆を拭取るものは市販の専用紙を用いた。木地調整では、初めにかんなで柃目面を

削り、所定の粒度まで研磨紙を順次替えながら研磨した。研磨紙は粒度 120、240、320、400、600 を使用し、繊維方向に各 30 往復させた。

・木地調整と希釈濃度の違いが光沢度にどのような影響を与えるかを調べるための供試材として、ヒノキとマカンバを用いた。木地調整はかんなと粒度 120、240、320、400、600 の研磨とした。希釈濃度実験には溶剤にガムテレピン油使用し、生漆と 50% に希釈した生漆を用いた。

・密度の違いによる光沢度の変化を見るための供試材を以下とした。密度 (g/cm^3) の順に広葉樹のアカガシ (0.82)、マカンバ (0.71)、ホオ (0.42)、キリ (0.24)、針葉樹のヒノキ (0.51)、ベイヒバ (0.49)、スギ (0.30)。これらを粒度 600 まで順次研磨し光沢度の変化を調べた。

・SEM を用いて木地調整の違いによる木材表面の変化を撮影した。供試材にヒノキとマカンバを、木地調整用にはかんなと粒度 120、320、600 の研磨紙を用いた。

3.2 鏡面光沢度測定

物体の表面の光沢度の測定には JIS 規格として鏡面光沢度測定方法 (JIS Z 8741-1997) がある。鏡面光沢度は測定物体表面からの鏡面反射光と基準面からの鏡面反射光との比で表される。光源より可視光を 60° で入射したときの受光器で測定される鏡面反射率が 10%となる基準面を光沢度 100 と規定している (図 1)。今回の測定には日本電色工業製の鏡面光沢度計を用いた。入射角と反射角をそれぞれ 60° とし、入射方向を木材繊維に対し平行と垂直の 2 方向で測定した。測定点は供試材中央の 3 点とした (図 2)。

4. 結果

4.1 木地調整の違いによる光沢度の変化

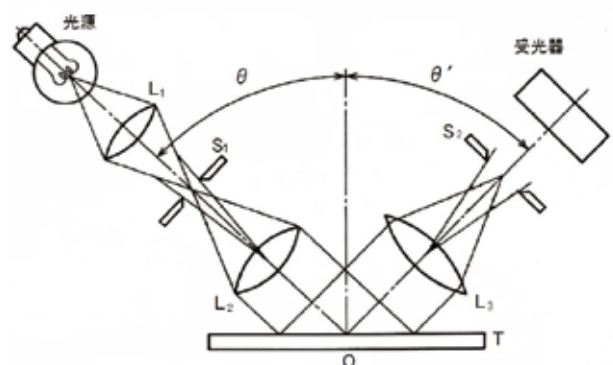


図 1. 鏡面光沢度測定

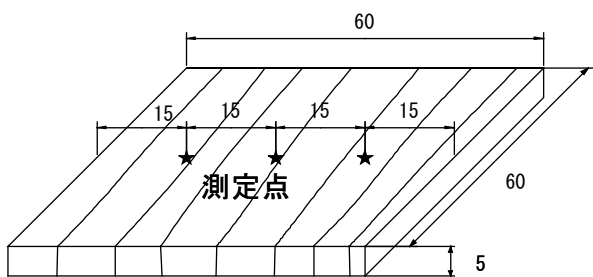
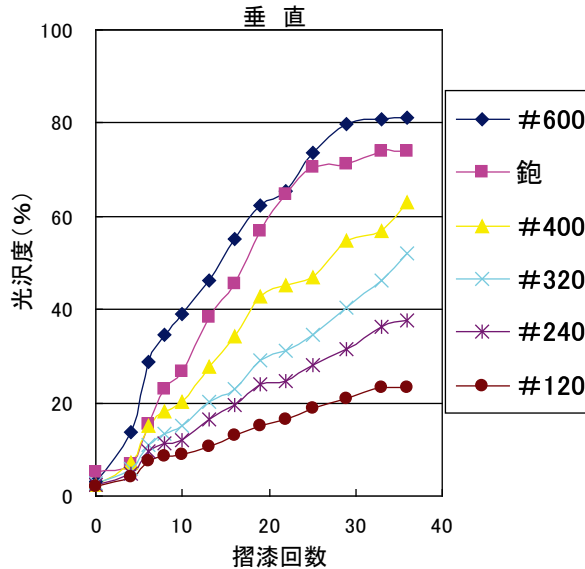
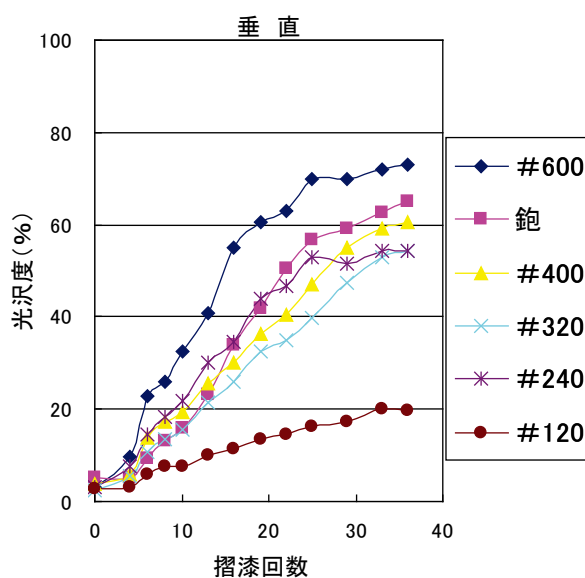
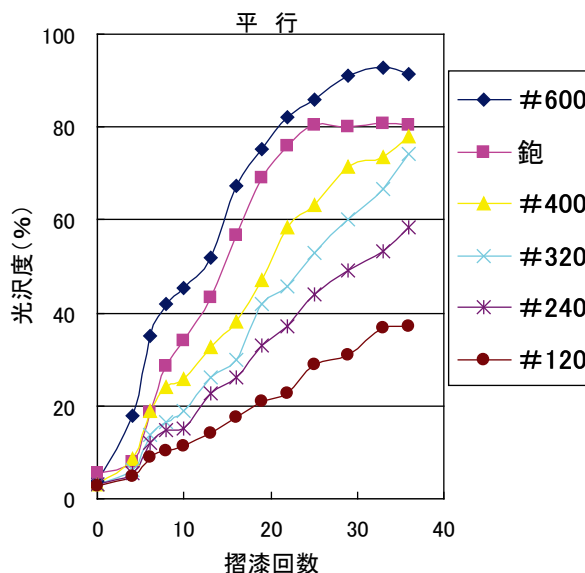
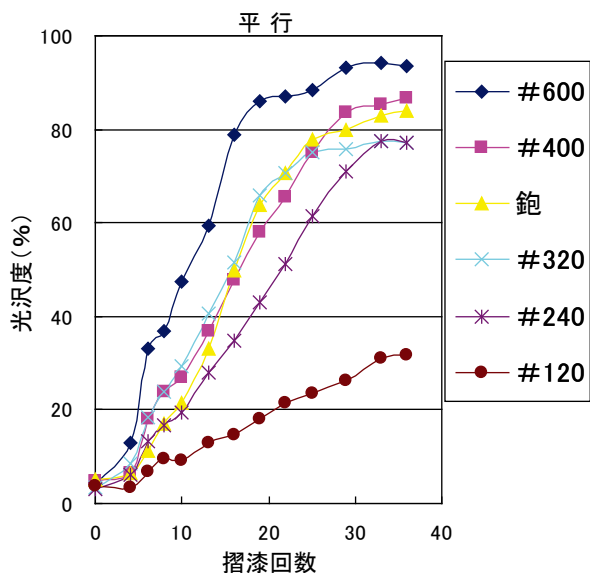


図2. 供試材寸法と測定点 (mm)

図3より、光源からの入射方向を木材の繊維に平行にしたヒノキの場合、ほとんどの条件で摺漆回数が25~30回で光沢度が概ね80%近くか、それ以上になった。しかし、研磨粒度120では30%程度と他に比べ極端に小さい値だった。マカンバでは光沢度の上がり方のバラツキがヒノキに比べ大きかった。

粒度600では30回を過ぎるとヒノキと同じく光沢度(95%)の増加が無くなり(艶が上がった)減少に転じた。これは粒度(#)600研磨により繊維方向(長軸)細胞の凹凸の差が非常に小さくなり、その凹部分に漆が充填され鏡面状態近くになったためと考えられる。光沢度の減少は漆の拭き残りが目立つようになったり、その漆に微小なゴミが付着したためと考えられる。

入射方向を垂直にしたヒノキの場合、摺漆回数が36回で概ね55~75%まで上がったが、#120では20%程度であった。マカンバでは条件別に光沢度のバラツキが平行と同じく大きかった。摺漆回数が30回位で#600とかんなの場合で光沢度の上昇が止まった。平行に比べ光沢度が低いのは、漆の充填が十分では無いため、光源に対して細胞の向き(細胞を円筒形断面とした場合の曲面)が湾曲状態のままで、反射光が正反射しなかったためと考えられる(光沢異方性)。



ヒノキ

マカンバ

図3. 木地調整の違いによる光沢度の変化

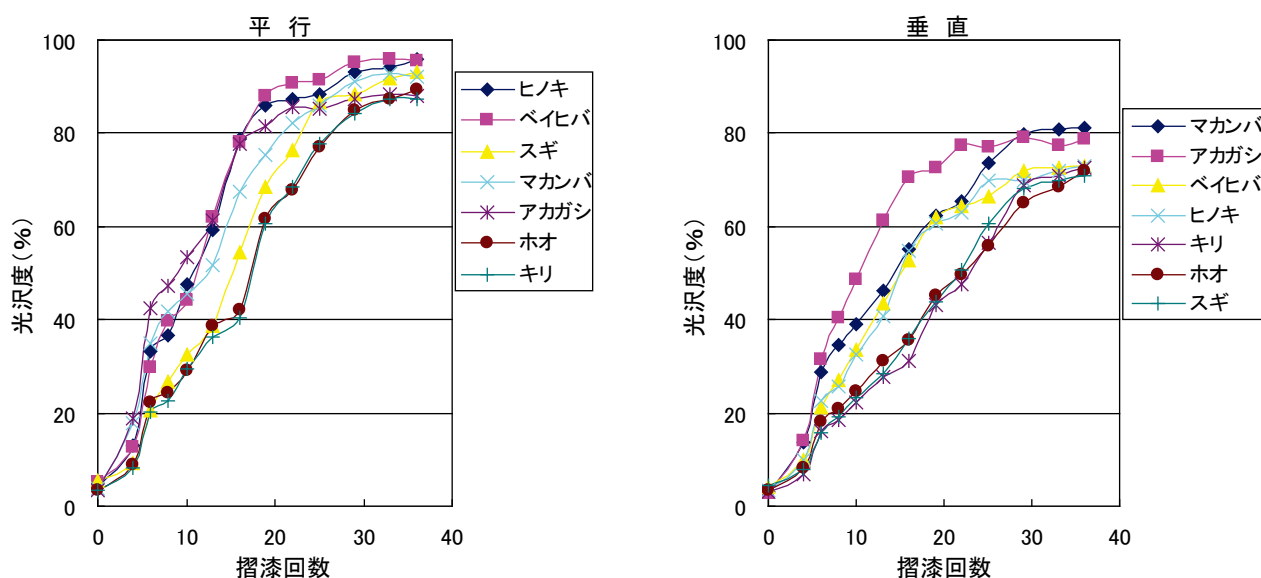


図4. 密度の違いによる光沢度の変化（＃600）

グラフ全体で見てみると、いずれも＃600の時が最も少ない回数で光沢度が上がった。また、各条件にはそれぞれ光沢度の上限值がありそうであった。垂直の場合、摺漆回数を増すと光沢度の上昇が見込めるが、平行の場合の光沢度が上限を示しているの、この時の値が最高光沢度と考えられる。

4.2 密度の違いによる光沢度の変化（図4）

繊維方向に平行な場合は、ほとんどが90%近くにまで上昇し、密度による差はあまり無かった。これは研磨粒度が最も細かな＃600で行われたためと考えられる。光沢度の値は針葉樹が広葉樹よりも高かった。

垂直では平行の70～80%程度の光沢度であったが、平行と同様密度による顕著な差はあまり無かった。アカガシ（放射孔材）は他に比べ光沢度の上昇

が早かった。光沢度の値は平行とは異なり、広葉樹が若干高かった。

4.3 生漆濃度の違いによる光沢度変化（図5）

希釈した生漆によるヒノキの場合、摺漆回数13回位までは光沢度は通常の生漆と同程度であったが、それ以降希釈したものは上がりず、70%程度の光沢度で止まった。マカンバの場合はどちらもほとんど同じ傾向であった。

摺漆は塗った漆を拭取ってしまうので、薄めた漆を用いても可能ではないかと考え実験をしたが、この結果から回数10回位までは薄めた漆でも有効ではないかと考えられた。なお、塗布後から拭き取るまでの放置時間を0、10分間で実験したが、同じ傾向だった。

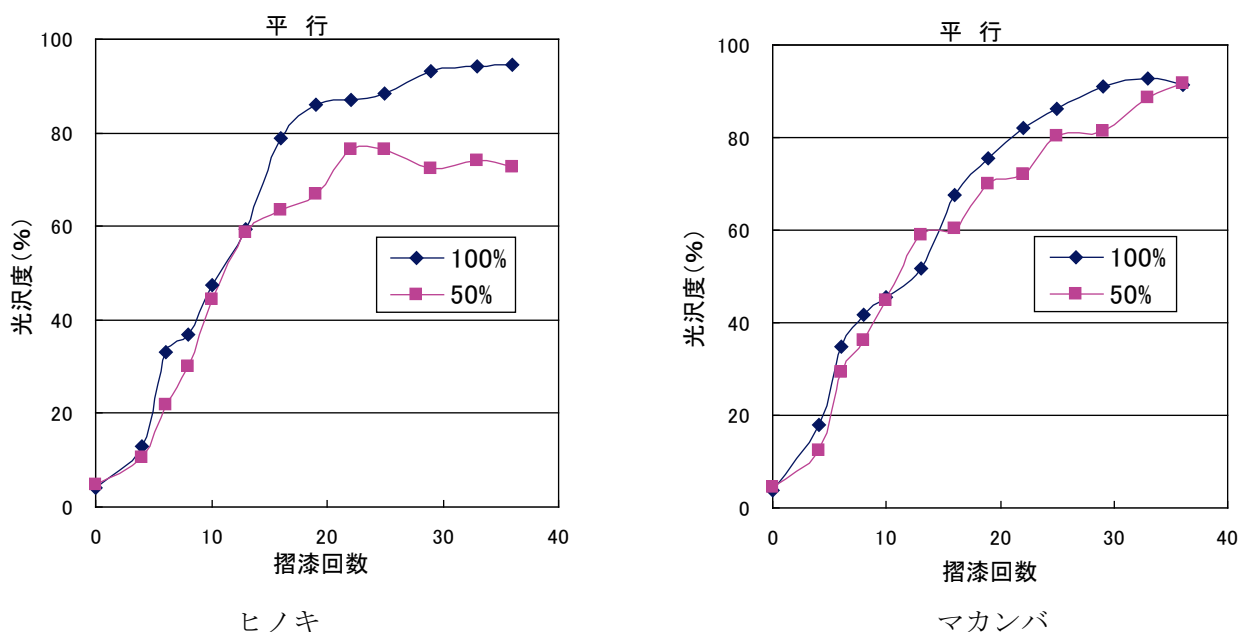
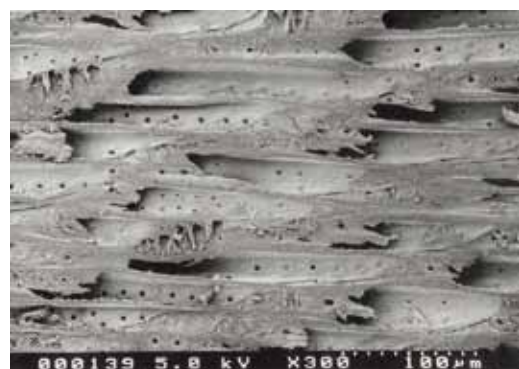
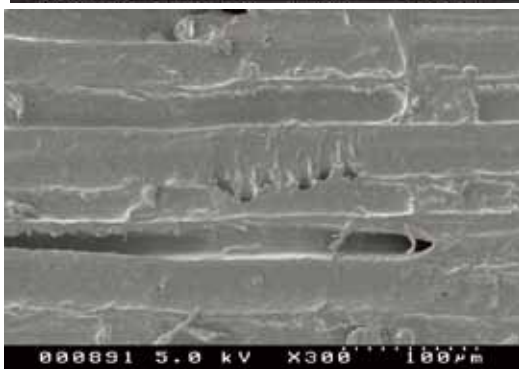


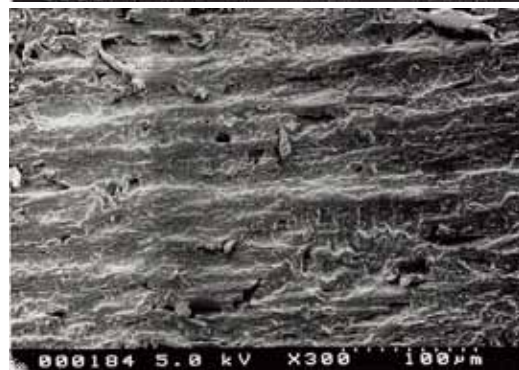
図5. 生漆濃度の違いによる光沢度変化



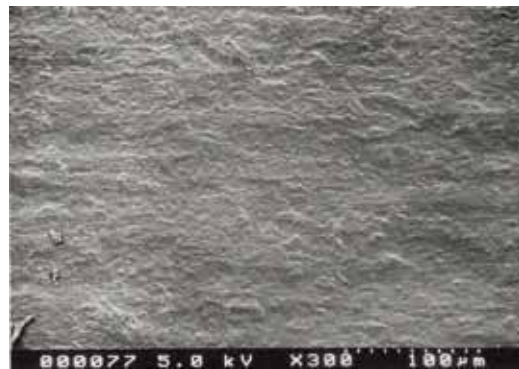
0回



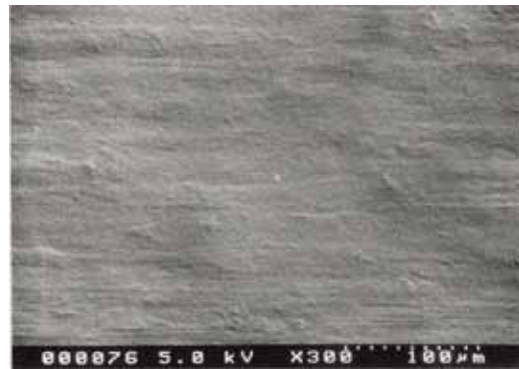
1回



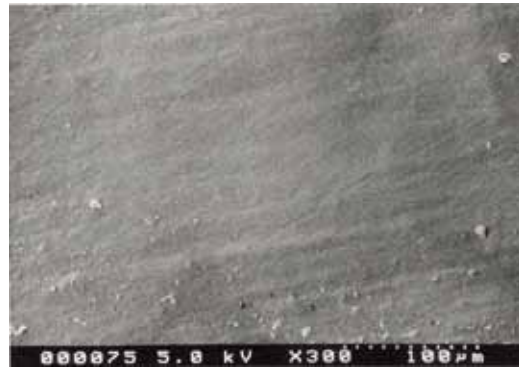
5回



13回



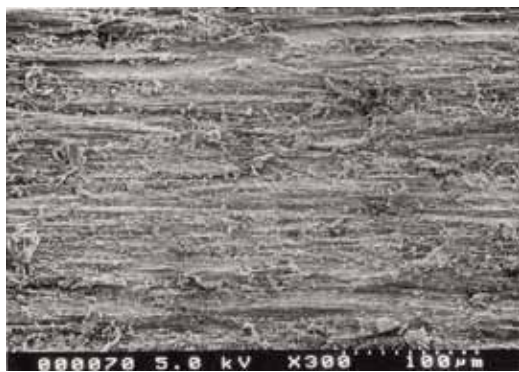
26回



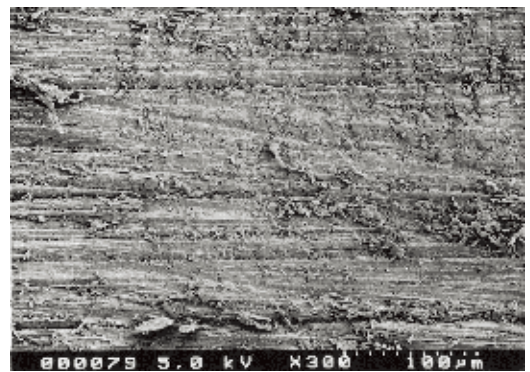
鉋

320

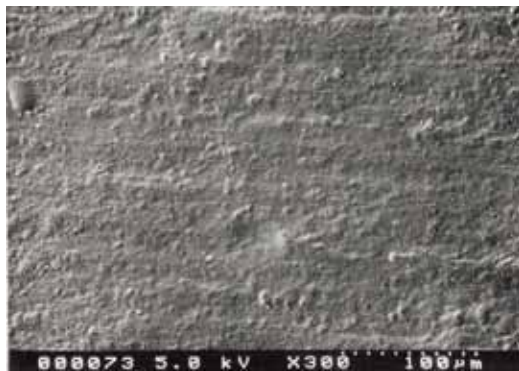
図6. 摺漆による表面の変化（ヒノキ）



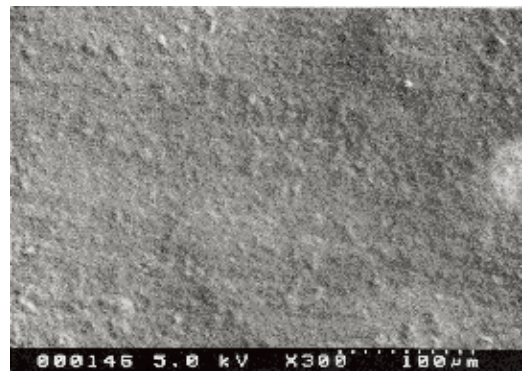
0回



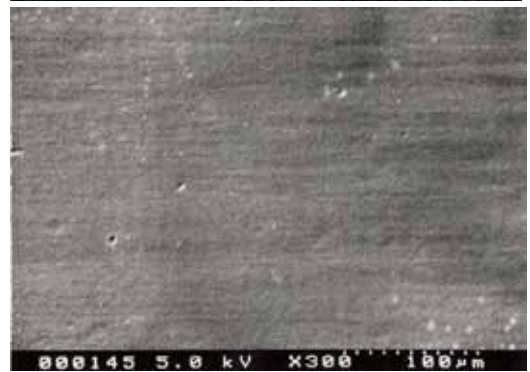
1回



5回



13回



26回



ヒノキ

マカンバ

図7. 摺漆による表面の変化（＃600）

5. SEMによる表面の様子（図6、7）

かんな削り写真による変化を見てみると、1回の摺漆で木材細胞（主に道管や仮道管）がおおむね漆で埋まり、5回では繊維の形状が少し見える程度になった。

#320 研磨では、摺漆前の状態は研磨砥粒により細胞が押し潰され、引き剥がされた細胞の一部が丸められている様子が分かる。1回目の摺漆でざらついた様子が消え、5回で完全にコーティングされた。13回、26回ではかんな削りと同じような状態になった。

ヒノキの#600では、#320に比して凹凸が減り、細かに研磨された様子が分かる。しかし、1回摺漆をすると、凹凸と丸められたものが少ない程度で#320と同じような状態（仮道管孔が現れ早材と晩材の差）となった。これは生漆に含まれる水分（約30%）を細胞が吸水し膨潤したためと考えられる。その影響が5回の摺漆でも多少残っているが、#320よりも凹凸が細かい。13回目ではほぼ平滑になり光沢度も概ね60%になり#320（28%）に比べ光沢度の上がり及早かった。

マカンバ#600ではヒノキと同じように細かに研磨されているが、1回目の摺漆ではヒノキと比べ平

滑さが際立っている。これはマカンバが散孔材で道管径が小さいためと考えられる。しかし、このときの光沢度はおよそ6%で、ヒノキ（約5%）と大差なかった。これ以降はヒノキと同様の変化であった。

6. まとめ

摺漆は研磨が重要な要素である。摺漆を繰り返すことで、凹んだ部分を漆が覆い徐々に平滑になり光沢度が上がる。このとき凹以外に漆が残るとそこが凸となりまた、ゴミが付着し乱反射の原因となる。そのため、凹の深さが小さい程漆が充填しやすく平滑になりやすい。つまり、光沢度が上がるので、研磨は粒度の小さなものをする必要がある。大きな粒度では凹の幅も大きくなり、一定の深さは埋まるがそれ以降は広い凹となり平面になりにくく、高い光沢を得にくくなる。拭取るだけで光沢度（平滑さ）を上げるためには木地調整が最も重要である。

7. 謝辞

本研究は平成14年度科学研究費補助金奨励研究（14920009）により行われました。ここに記し感謝いたします。

初めて微生物を扱う学生向けの微生物分離・観察実験の組み立て

－「夏休み自由研究お助け隊」を通して－

木澤 祥恵^{a)}

筑波大学生命環境科学等技術室（応用生物化学系）

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

「夏休み自由研究お助け隊 2005」で独自テーマ「醗酵とは？かびとは？」を受けたことを契機として、今年度開催の「夏休み自由研究お助け隊 2010」まで6回にわたり微生物の分離・観察実験のテーマを担当した。受講生の理解を深め、より微生物に関心を持ってもらえるよう各年でテーマの内容、取り上げる微生物の種類など様々な取り組みを行ったので、その推移、問題点、今後の課題などについて報告する。

キーワード: 微生物、学生実験、夏休み自由研究、筑波大学社会貢献

1. はじめに

「夏休み自由研究お助け隊 2005」の実行委員の方から、独自テーマ「醗酵とは？かびとは？」に対応できないかという相談をいただいた際、せっかく微生物に興味を持っていたのだからと受講生の方と連絡を取り、どのようなことに興味があるか問い合わせてみたところ、食品の醸造などに興味があるとの回答をいただいた。受講生が一人だけということもあり、筆者が担当している生物学類、生物資源学類の学生実験とオーバーラップする形で実験を組み立ててみた。

中学校の理科第二分野では植物、動物は取り上げられているが、微生物についてはほとんど触れられていないのが現状で、ましてや実験材料として扱う機会は皆無に近い。高校の生物Ⅰ、Ⅱにしても同じ状況であるため、逆に中学生でも、補助できる人数が多ければ、大学生と同じような手技が可能であるのではと考えた。

そこで、滅菌済みの培地を入れたシャーレを数種類用意し、興味のある醸造食品を持ってきてもらって、受講生自身でシャーレに植菌し、そのシャーレを持ち帰って観察するという流れを作ってみた。それだけでは物足りないので、その場で顕微鏡観察ができる乳酸菌（ヨーグルト）、事前にスライドカルチャーで生育させた *Aspergillus oryzae*（コウジカビ）、*Mucor rouxii*（ケカビ）などを用意して顕微鏡観察してもらった。

①滅菌済みの培地に興味のあるサンプルを植菌し、生育させて観察する。②微生物を顕微鏡で観察する。という2点は、今年度開催の「夏休み自由研究お助け隊 2010」に至るまで、細かい修正を施しながら継続している。日程、取り上げる微生物、準備する培地の選択などについては、改善が必要と考えられた時点で変更を行った。その推移について報告する。

表 1 培地組成

培地名	組成（/蒸留水 1000 ml）	pH	Agar
PDA 培地	Potato Extract 4.0g グルコース 20.0 g	5.4-5.8	2 %
1/10 2YT 培地	ポリペプトン 1.6g イーストエキス 0.1g NaCl 0.05 g	7	2 %
BCP 加プレートカウントアガール培地	イーストエキス 2.5g ポリペプトン 5.0g グルコース 1.0g ポリソルベート 80 1.0g L-システイン 0.1g BCP(ブロモクレゾールパープル) 0.04g	7	2%
LB 培地	カゼイン由来ペプトン 10.0 g イーストエキス 5.0g NaCl 10.0 g	7	2%

^{a)} E-mail: kizawa.yoshie.ge@un.tsukuba.ac.jp; Tel: 029-853-6628

2. 実験内容の推移

2.1 テーマ内容の推移

「夏休み自由研究お助け隊 2005ー『醗酵とは？かびとは？』」では、主に醸造食品をサンプルとして実験を組み立てた。醸造食品は納豆、味噌、ビール、醤油、ヨーグルトなど、確かに生産工程では微生物を使っているが、流通過程での過発酵、雑菌の混入などを防ぐため綿密な滅菌工程を経ているものが多く、そのまま培養しても微生物の生育が認められないものが多かった。

この過程を踏まえ、乳酸菌にターゲットを絞って次年度は「夏休み自由研究お助け隊 2006ー『ヨーグルトの乳酸菌を観察しよう』」にテーマを切り替え、ヨーグルトに含まれる乳酸菌を BCP 加プレートカウントアガール培地（日本製薬株式会社製、以下、BCP 培地と表記する）のシャーレ上で培養し（図 1 参照）、更に 10%スキムミルク水溶液がヨーグルトの乳酸菌を植菌したことで乳酸の産生により固まる現象の観察を行い（図 2 参照）、それぞれについて顕微鏡観察を行った（図 3 参照）。ヨーグルトの乳酸菌については受講生の関心も高く、好評だったが、①乳酸菌には嫌気性の菌が多く、好気培養だけでは乳酸菌の生育が認められない場合が多いので、シャーレの培地に植菌後、培地を重層する形で嫌気培養を行う必要がある。②顕微鏡観察した場合の菌の形態にバリエーションが少ない。③受講生が自分でシャーレに植菌した微生物を顕微鏡観察することができない。などの課題を残した。



図 1. 乳酸菌を植菌した BCP 培地
乳酸産生による pH 低下で培地の色が黄変する。



図 2. 10%スキムミルク水溶液
右側の乳酸菌を植菌したスキムミルク溶液
は乳酸産生による pH 低下で一晩で固まる。

「夏休み自由研究お助け隊 2007 ー『ヨーグルトの乳酸菌を観察しよう』」では日程を半日ずつ 2 日間連続する、という形を取り、受講生自身がシャーレに植菌した微生物を 2 日目に顕微鏡観察することが可能になった。嫌気培養も、培地を重層するので

はなくアネロパックを使用した簡便な方法を採用することができた。ただ、②の問題点、「顕微鏡観察した場合の菌の形態にバリエーションが少ない。」を改善することはできなかった。

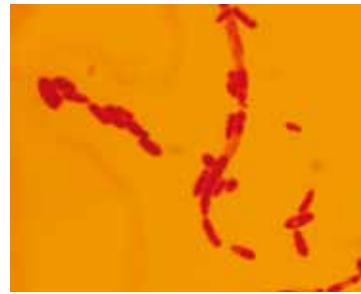


図 3. 乳酸菌の顕微鏡写真（ヨーグルト由来）

「夏休み自由研究お助け隊 2007 ー『身近な微生物を観察してみよう』」では乳酸菌に限定せず、PDA 培地（ポテトデキストロース寒天培地：日本製薬株式会社製）、LB 培地（Merck 社製）、更に乳酸菌の分離用に BCP 培地、また、キムチなどの乳酸発酵を行う漬物をサンプルとして想定し、BCP 培地に 5% 食塩添加した培地を用意した。10%スキムミルク水溶液が乳酸の産生により固まる現象の観察も併せて行った。

サンプルとしては土壌、川の水、自家製味噌、果物、ヨーグルト等バラエティーに富み（図 4 参照）、受講生 3～4 名の間でもお互いのシャーレを見せ合ったり、顕微鏡観察できたものを見比べたりすることができた。

今回は、サンプル及び培地にかなり幅を持たせたため、実験自体は楽しくできたという意見が受講生からは挙がってきた半面、全体に結果をまとめる段階で方向性が散逸してしまったことが新しい課題となった。

これを踏まえて、「夏休み自由研究お助け隊 2008 ー『身近な微生物を観察してみよう』」では培地の種類を PDA 培地と 1/10 2YT 培地、さらに乳酸菌用の BCP 培地の 3 種類に絞り込んだ。PDA 培地と 1/10 2YT 培地は栄養価の極端に異なる培地の比較ができるように選定し、BCP 培地はヨーグルトがサンプルとして持ち込まれた場合にのみ使用することとした。

この年に「微生物」＝「植物プランクトン（ミカヅキモなど）、動物プランクトン（ミジンコなど）」と解釈していた受講生がいたため、翌年からは「夏休み自由研究お助け隊 2009 ー『身近な微生物（細菌・酵母・カビ）について調べてみよう』」、「夏休み自由研究お助け隊 2010 ー『微生物：細菌・酵母・カビについて調べてみよう』」、など具体的な表記をするように心がけた。実験内容、使用する培地などについては 2008 以降大きな変化は加えていない。



図 4. ユニークな分離源の例
セミの羽から分離したバクテリア

2.2 実験日程の推移

「夏休み自由研究お助け隊 2005—『醗酵とは？かびとは？』」、「夏休み自由研究お助け隊 2006—『ヨーグルトの乳酸菌を観察しよう』」では、半日のみの実験とし、説明、植菌、顕微鏡観察を行って、植菌済みのシャーレを持ち帰る形式を取った。この形式ではその後のシャーレの状態がこちらで把握できず、実験がやりっ放しで終わってしまう可能性があるため、「夏休み自由研究お助け隊 2007—『身近な微生物を観察してみよう』」からは2日間連続、半日ずつという形式を取った。1日分の培養を学内で行うことができるため、アネロパックを用いた嫌気培養（図5参照）など、培養条件のバリエーションが広がること、自分で植菌した微生物を顕微鏡観察できることなど利点が多く、その後は今年度までの日程を採用している。



図5. アネロパックを用いた嫌気培養

2.3 使用する培地の推移

乳酸菌の分離用培地についてはBCP培地を継続して使用している。乳酸菌の分離に使用される培地として、他にもGYP白亜寒天培地が挙げられるが、1日の培養でははっきりとした乳酸の産生を示すハロ（培地に加えた炭酸カルシウムが乳酸により溶解してコロニーの周りに透き通った部分ができる現象）を観察できないことからBCP培地を選定した。

土壌、水などの一般環境からのサンプルを扱う場合の培地については、生物学類、生物資源学類の学生実験で一般的に使われる培地を使用している。

PDA培地（ポテトデキストロース寒天培地：日本製薬株式会社製）はカビ、酵母の生育に適していると言われており、ジャガイモの熱水抽出物（Potato Extract）とグルコースが主成分であるため、聞き慣れない培養基に比べて受講生に馴染みがあるかと思い、「富：栄養培地」代表として使用している。一方の1/10 2YT培地は、イーストエキスとポリペプトン、食塩を含む2YT培地を1/10に希釈した培地で、「貧：栄養培地」代表として使用している。土壌、水など環境サンプルではこちらの培地に生育しやすい菌も多く、2種類の培地に同様に植菌することで栄養要求性などの違いを考察できるようにしている。

3. 問題点及び今後の課題

3.1 基本的な微生物の説明

受講生には事前に簡単な説明と、微生物の分離源となるサンプルの準備を依頼する文書を送っている。

実験当日にはPowerPointで作成した資料を使って主な説明を行っているが、実験に時間を割くためなかなかゆっくりと説明を行うことが出来ない。実際の実験内容とは別に、中学生でも理解できるような冊子を作り、実験後でも読み返せるよう配布したいと考えている。

3.2 結果のまとめ方

結果をまとめる方法については、それぞれの使用するサンプルの種類が異なるため具体的な対応を行ってこなかったが、環境サンプルの培地を2種類に絞り込んだ段階で結果を記入するためのシートを作成する必要性を感じている。

携帯電話のカメラやデジタルカメラで生育状態を記録している受講生が多いが、写真を撮りっぱなしでどのデータかが分からなくなならないよう、シャーレを目視で観察する場合のコロニーの特徴をその場でノートに具体的に記載できるよう色、形状、特徴等をまとめて言葉で表現するための指導が必要である。

3.3 テーマを担当する側の問題点

今回この報告書をまとめてみて、実際に持ち込まれたサンプルの種類と対応についてのまとめ、結果の追実験など、当日の忙しさに紛れて対応できなかった部分や整理しきれていない部分が沢山あることを痛感した。今後は指導すると同時に、毎年のデータをどのように残すか、方法を検討したいと考えている。

謝辞

初めてテーマ担当として参加した「夏休み自由研究お助け隊 2005」以来、今年度に至るまで当日の指導の補助をして下さっている生命環境科学等技術室応用生物科学系の技術職員の皆さんをはじめ、「夏休み自由研究お助け隊」運営にかかわる実行委員の皆さん、ご協力いただいた大学執行部、関係各支援室、研究科に心より感謝申し上げます。

本検討の一部は、日本学術振興会 科学研究費補助金（奨励研究）20934009によるものである。

参考文献

- [1] 安藤昭一編著、初めて学ぶ人のための微生物実験マニュアル 第2版 技報堂出版
- [2] 細野明義著、ヨーグルトの科学—乳酸菌の贈り物— 八坂書房

Formulation of experiments to isolate and examine microorganisms for students
handling microorganisms for the first time
— The Summer Workshop for Middle School Students —

Kizawa Yoshie

Institute of Applied Biochemistry, Technical Service Office for Life and Environmental Sciences,
University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572 Japan

Given the opportunity to present the original topic of “What is fermentation? What is mold?” at the 2005 Summer Workshop for Middle School Students, we have supervised the topic of experiments to isolate and examine microorganisms in the 6 subsequent workshops up to the 2010 Summer Workshop for Middle School Students held last year. In order to increase students’ level of understanding and foster greater interest in microorganisms, we have taken various approaches each year to aspects like topic content and types of microorganisms covered. Here, we report on changes in and problems with these approaches and topics for the future.

Keywords: microorganisms, student experiments, Summer Workshop, social contribution by Tsukuba University

お酒やコーヒーなど日常的飲み物と日本人の遺伝子

中村 貴子

筑波大学医学系技術室

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

歓送迎会や忘年会等で飲むお酒、また仕事の合間に飲むコーヒーやお茶等は、生活に潤いを与えてくれる嗜好品であり、世界中で消費されている。しかしそれらを摂取すると個人個人の作用に差異があることに気づく。お酒に強い弱いやコーヒーの感受性などの個人差はその人の持つ遺伝子の塩基配列の違いに大きく関わっており、その違いによりさまざまな症状が現れるという研究が進んでいる。今回、それらの遺伝子の作用と検出方法やそれらを応用し我々日本人集団の遺伝子型とその頻度を調べた。

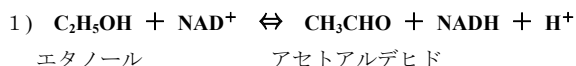
キーワード： Acetaldehyde ALDH, ADORA2A Caffeine

1. Alcohol と代謝酵素

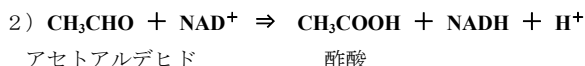
1.1 初めに

アルコール飲料の主成分は水とエタノールである。摂取されたエタノールは消化管で吸収された後、その大部分は肝臓で代謝され、最終的には水と炭酸ガスとなり体外に排出される。これには大きく二段階の酵素反応が関わっており、第一段階は ADH(アルコール脱水素酵素)によりアルコールがアセトアルデヒドに分解される反応、第二段階は ALDH(アセトアルデヒド脱水素酵素)によりアセトアルデヒドが酢酸になる反応である^[1]。

ADH の作用



ALDH の作用



アセトアルデヒドは悪酔いの原因物質と言われ、これが体内にたまると顔が赤くなったり、気分が悪くなったりする。この2つの反応のうちアルコールに強い、弱いに関係するのは主に ALDH2 である。遺伝子構造解析の結果、Exon12 のグルタミン酸のコードン (GAA) がリシンのコードン (AAA) へ突然変異していることが分かった^{[2] [3]}。すなわち遺伝子の中のたった一つの塩基が G から A へ塩基置換したことにより、お酒に弱い人が存在することになった。塩基が G の遺伝子をホモに持っている人をノーマルタイプ (NN 型) といいお酒に強い、すなわちアセト

アルデヒドの分解能が高いタイプで、塩基が A に変異している遺伝子をホモに持っている人をデフィシエントタイプ (DD 型) といいお酒に弱い、すなわちアセトアルデヒドの分解能力が低下したタイプである。両方の遺伝子を共有している人をヘテロタイプ (ND 型) といいほぼどタイプである^[4]。それらの遺伝子型を PCR-SSCP 法で検出し、日本各地の遺伝子頻度の比較検討を行った^[5]。

1.2 方法

1.2.1 PCR 法

血液より抽出した DNA を以下に示すプライマーを用い下記の条件にて PCR 反応を行った。

Primer forward

Cy5-CAA ATT ACA GGG TCA ACT GCT-3'

Primer reverse

Cy5-CCA CAC TAA CAG TTT TCA CTT-3'

denature	97 °C	30sec	35cycle
annealing	58 °C	30sec	
extension	72 °C	30sec	

1.2.2 SSCP 法

一本鎖 DNA は分子内水素結合などにより一本鎖のまま安定しようとするため、その塩基配列に特異的な高次構造をとる。したがって一組の二本鎖 DNA アリルに由来する 4 本の互いに相補的な一本鎖 DNA アリルを電気泳動すると、それぞれの塩基配列が異なるため異なる位置に泳動される。一塩基置換によってもこの一本鎖 DNA の高次構造は変化し、電気泳動の際、易動度に影響を及ぼす。このような多型を一本鎖 DNA 高次構造多型 (single-strand conformation polymorphism SSCP) という。(図 1)

1.2.3 Gel 電気泳動

denature により 1 本鎖にした PCR 産物を ALF express DNA sequencer を用い 7 % アクリルアミドゲルにて電気泳動を行った。(図 2)

検出されたパターンは(図 3)のように、G または A の変異により 2 つのピークで表され、その一方または両方のピークの出現により塩基置換箇所 (SNP) の塩基が判定された。

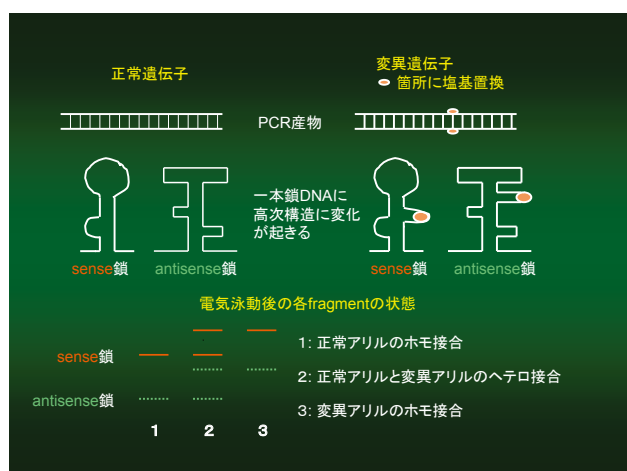


図1. SSCP法の原理

二本鎖DNAは一本鎖になると自ら高次構造をとる。1塩基変異が生じると異なる高次構造をとることにより、電気泳動の結果、移動度に差異が生じる。それを検出する方法がSSCP法である。



図2. PCR反応とALF express DNA sequencerを用いたpolyacrylamide gelによるSSCP分析法

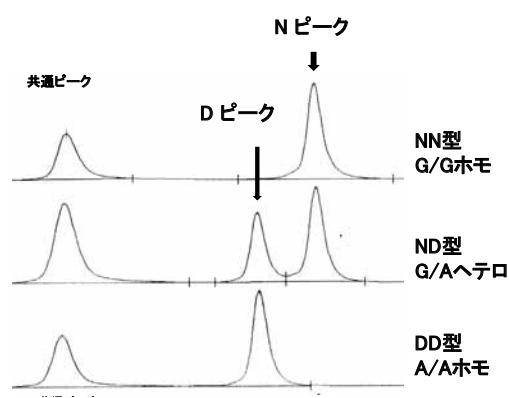


図3. SSCP分析により得られた一塩基多型によるピークパターン。NN型のGGホモ遺伝子とDD型のAAホモ遺伝子のピークが移動度の差で表される。ND型のG/Aのヘテロ遺伝子は2つのピークが出現する。

1.2 結果と考察

PCR-SSCP法により簡便にまた視覚的に明確に遺伝子型を分別することができた。それを用い筑波大法医学の原田勝二教授らの研究グループは日本全国47都道府県についてそれぞれ100人の遺伝子型を調べ遺伝子頻度を検出した。本稿は文献（原田勝二；飲酒行動と遺伝子. 公衆衛生, 63:234-237, 1999, および原田勝二；飲酒様態に關与する遺伝子情報, 醸協, 86巻4号, 131-141, 2001）を参考に作成した。

表1. ALDH2の表現型頻度とN遺伝子頻度による酒に強い県、弱い県のベスト10

酒に強い県ベスト10					
順位	都道府県名	遺伝子頻度	強い NN	ほどほど ND	全く飲めない DD
1	秋田	0.876	76 (%)	23 (%)	1 (%)
2	岩手	0.845	73	23	4
2	鹿児島	0.845	76	20	4
4	福岡	0.843	70	29	1
5	栃木	0.820	70	24	6
6	埼玉	0.813	68	27	5
7	北海道	0.805	66	29	5
7	沖縄	0.805	66	29	5
9	熊本	0.802	66	28	6
10	高知	0.800	63	34	3

酒に弱い県ベスト10					
順位	都道府県名	遺伝子頻度	強い NN	ほどほど ND	全く飲めない DD
1	三重	0.630	36 (%)	54 (%)	10 (%)
2	愛知	0.643	41	47	12
3	石川	0.673	45	44	11
4	岐阜	0.690	48	42	10
5	和歌山	0.705	52	37	11
6	大分	0.715	51	41	8
7	広島	0.727	49	48	3
8	大阪	0.728	54	37	9
9	奈良	0.730	57	32	11
10	岡山	0.737	52	44	4

表1はN遺伝子頻度の高い県と反対に低い県の10位までを示している。遺伝子頻度というのは対立遺伝子の一方を持っている割合のことで強い型のNN型はホモで遺伝子の数は2本、ほどほど型はND型ヘテロなのでN遺伝子は1本、として全体の遺伝子の数2n (n = 人数) の中に占める割合を言う。

お酒に強い人が多い、強い県は東北地方、九州地方と日本列島の南と北の端に位置し、反対に強い人が比較的少ない弱い県は近畿地方を中心に存在していることがわかった。また、日本でお酒に一番弱い県の地帯が三重県から石川県へ近畿、北陸を南北に延びている。(図4)

日常的な感覚で、お酒に強い県というと秋田、鹿児島、高知、沖縄などがあげられるが実際に調べたところ、やはりその3県は強い人の割合が非常に多いということが実証できた。

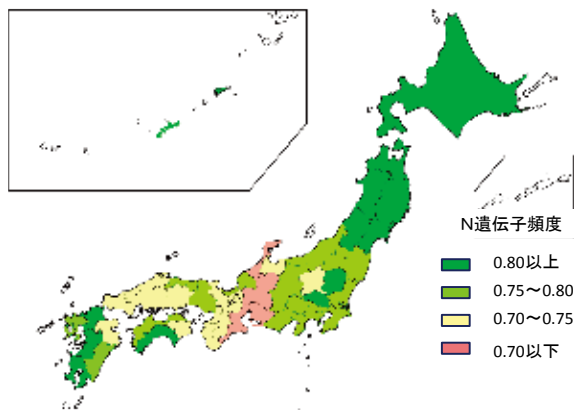


図4. 日本各県別 N 遺伝子頻度
N の遺伝子頻度が高いほどお酒に強い県（お酒に強い人の割合が多い県）である

現世人類の起源は 20～30 万年前のアフリカとされその後 10～12 万年前ほど前に大移動がはじまり 5～7 万年前に現在のヨーロッパやアジアに広まり三大人種が形つくられた。ヨーロッパの白人やアフリカの黒人はすべて NN 型である^[6]。一方 ALDH2 の D 型遺伝子を持っているのはモンゴロイドだけということから、D 遺伝子が誕生したのはそれ以降であり、今から 2.5～3 万年ほど前に中国大陸の南方で酵素欠損型遺伝子が誕生したと考えられている。その遺伝子を持った人類の一部が北方に移動後、朝鮮半島を経由して日本列島へ、渡来した。

現在の日本人は古モンゴロイド系の縄文人と新モンゴロイド系の弥生人の二つの要素を持っていると言われている。縄文人はほとんど N 遺伝子のみで、とても酒に強かったが、そこに縄文末期、主に朝鮮半島から渡来した弥生系の人たちが近畿や中国地方に移り住み、D 遺伝子がもたらされたと考えられている。その後、近畿地方の弥生系住民の地方への進出とともに、D 遺伝子は中央を中心に広がっていったため、日本列島の中央部から混血がすすみ D 遺伝子頻度が高くなったと考えられている^{[7][8]}。

しかし、東へ進んだ D 遺伝子を持った集団も北アルプス、南アルプスや立山連峰など険しい山岳地帯に阻まれ、もともと弥生系の人々は稲作中心であったため、山岳を越えずその手前の平野部に D 遺伝子が蓄積する要因になったのではないかと考える。

2. Caffeine と感受性

2.1 初めに

日常的に多くの人々に飲まれているコーヒーや紅茶等を摂取すると疲労感が薄れ頭がすっきりする、目がさえて不眠になる、利尿作用などの症状が現れ

る。これはコーヒー等に含まれる Caffeine やその代謝物の作用である。Caffeine はもっとも成功したドラッグと呼ばれ、数々の中樞神経興奮作用がある。最近この作用はアデノシン受容体 ADORA2A 遺伝子によるものであることがマウスを使った実験で明らかになった^[9]。この A2A 受容体遺伝子の rs5751876 に C>T の遺伝子変異がありそれと Caffeine の感受性に差があるとの報告が出ている。我々はそれらの遺伝子の同定法の確立と、世界各地域の人種差を検出するため、その変異箇所を挟むプライマーを作製し、PCR-SSCP 法を用い、分析を行った。

2.2 Caffeine と Adenosine A2A Receptor (ADORA2A) 遺伝子

アデノシンは生体のほとんどの細胞で産生され DNA の塩基を構成するほか、アデノシン 3 リン酸 (ATP) を介して細胞のエネルギー代謝に関与し、細胞表面の受容体とともに細胞機能の制御、調節をしている。

アデノシン受容体は G タンパク質共役型受容体ファミリーの一員で A1, A2A, A2B, A3 受容体が知られている。このうち大脳基底核のようなドーパミンが豊富な領域多く見られるのは A1 受容体と A2A 受容体である。A2A 受容体遺伝子は 22 番染色体長腕上に位置し長さは約 9kbp, 2 つの Exon で構成されている。アデノシンの antagonist の Caffeine は、化学構造の類似から (図 5) アデノシン A1, A2A 受容体に対して同様の結合親和性を持ち、アデノシンの結合を阻害しドーパミンやノルアドレナリンなどの神経伝達物質の抑制を阻害することにより不眠や興奮などの作用が現れることが知られている。それらの機序を図 6 で説明する。

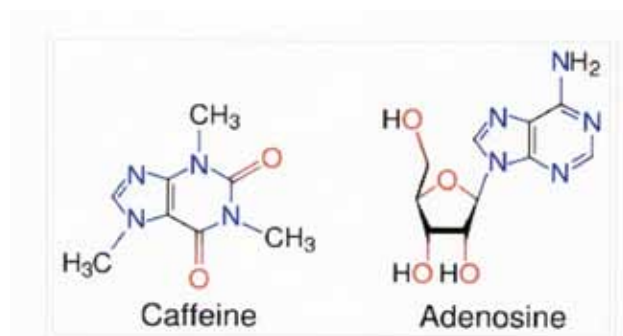


図5. アデノシンと Caffeine の化学構造
プリン基の部分が類似しているため、アデノシン受容体に結合してアデノシンの作用を阻害する。

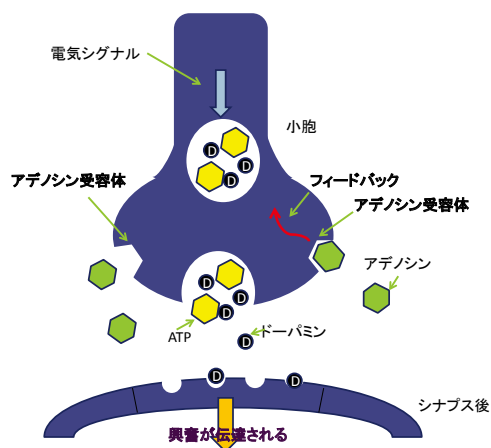


図 6-1. 神経線維の電気シグナルがシナプス小胞に伝えられと小胞はシナプス前膜に移動し興奮性情報伝達物質ドーパミンなどと一緒に ATP を放出。ドーパミンはシナプス後膜のドーパミン受容体に伝わり興奮シグナルを伝える。一方 ATP はリン酸を失いアデノシンへと素早く分解されアデノシン受容体と結合した後、興奮性神経伝達物質の量を抑制するシグナルを出しドーパミン等の放出を抑制し興奮を鎮めるなど伝達物質の量をコントロールしている。

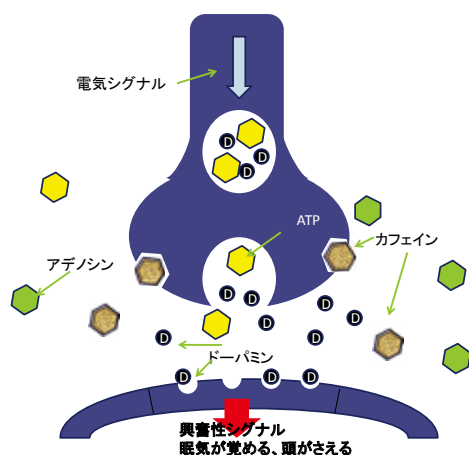


図 6-2. Caffeine はアデノシンの antagonist として、アデノシン受容体に結合してアデノシンの結合を阻害することによりドーパミンやノルアドレナリンなどの神経伝達物質の抑制が効かず、不眠や興奮などの作用が現れる

2.3 方法

血液より抽出した DNA を以下に示すプライマーを用い rs5751876 の C/T の遺伝子変異を検出するため下記の条件にて PCR 反応を行った。

Primer forward

Cy5- TCA TGG CAG TGA CGG AGA GCA-3'

Primer reverse

Cy5- TAA GGA GCT CCA CGT CTG GGA-3'

増幅された PCR 産物を用い 7% アクリルアミドゲルにて電気泳動を行い SSCP 分析により遺伝子型

を検出した。さらに sequence 反応にて遺伝子型を確認した。検出されたパターンは(図 7)のように、C または T の変異により 2 つのピークで表された。

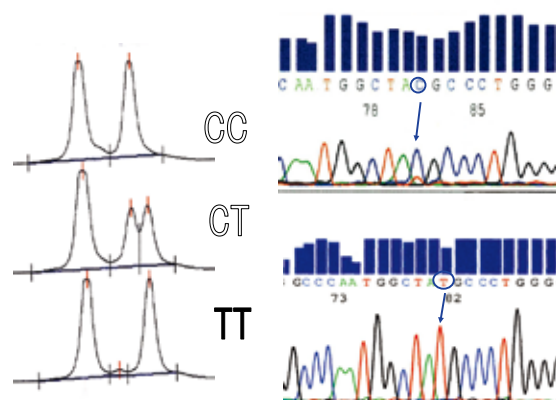


図 7. ADORA2A,rs5751876 部位の SSCP 分析により得られたピークパターン (左) と塩基置換部位を示した sequence 図 (右)

表 2. 世界各地の ADORA2A 表現型の割合
アフリカ、南米の TT 型頻度はアジア地域に比べ低くなっている。

	n	CC(%)	CT(%)	TT(%)
ミャンマー	93	20 (21.5)	44 (47.3)	29 (31.2)
日本(茨城)	77	19 (24.7)	38 (49.4)	20 (26.0)
モンゴル	79	19 (24.1)	39 (49.4)	21 (26.6)
中国(上海)	95	23 (24.2)	58 (61.1)	14 (14.7)
USA-白人	92	32 (34.8)	41 (44.6)	19 (20.7)
コートジボアール	47	20 (42.6)	22 (46.8)	5 (10.6)
カメルーン	64	33 (51.6)	24 (37.5)	7 (10.9)
コロンビア	72	34 (47.2)	33 (45.8)	5 (6.9)

2.4 結果と考察

世界各地の人種について A2A 遺伝子タイプ別頻度を表 2 に示す。

ミャンマーはじめ中国を除くアジア地域は TT 型が 20%以上であるのに対しアフリカや南米は 10%以下であり、反対にアフリカや南米、アメリカ白人などでは CC 型が 30~50%と高いのに比べアジアでは 20%前後で低い。

遺伝子頻度を世界地図上に表した図 8 でみるとアジア地域は T と C がほぼ同率、中国は若干 C が多

いが、アフリカと南米はC遺伝子高いことがわかる。それぞれの遺伝子の働きを調べるため文献検索を行った。

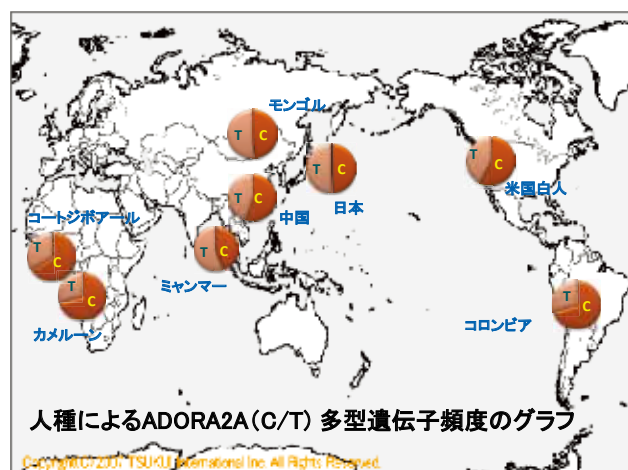


図8. 世界地図上に示した、ADORA2A,rs5751876 C/T 遺伝子頻度。アフリカ、南米のC遺伝子頻度が高いことがわかる。

M.C Cornelis ら^[10]は 2735 人のボランティアに 1 日の Caffeine 摂取の量を報告させ、TT 遺伝子型が C 遺伝子を持つ CC 型、CT 型より Caffeine 消費量が少なく、また喫煙者においては C 遺伝子を持つ人の Caffeine 消費量が有意に高いという結果を得ている。JV Rety ら^[11]は、プラセボを用い脳波を使った実験で CC 型が Caffeine の影響で睡眠後 β 波が出現するなど、TT 型に比べ覚醒効果が高かったと報告している。これらの結果から言えることは、C 遺伝子を持つタイプはコーヒーなどの Caffeine 消費量が多い。それはすなわち、Caffeine の効果（覚醒効果や気分が良くなるなど）が高いため多用すると考えられる。タバコを吸いながらコーヒーを多飲するというのはよく見られる光景である。まだはっきりとしたことは解らないが、中枢神経系の他の受容体との働きに関係すると思われる。

反対に TT 型については Childs E^[12] や Alsene K^[13] らは、T 遺伝子を持つ人に 150mg の Caffeine 投与により不安感が現れる人の割合が高いと述べさらに Hohoff C^[14] や Hamilton^[15] らは T 遺伝子はパニック障害のリスク遺伝子であると述べている。つまり T 遺伝子を持つ人は Caffeine の摂取後精神的に不安定な気分や不安感が現れるため Caffeine の摂取量は少なくなるということである。表 2 から日本やミャンマー、モンゴルにおいて 4 人に 1 人はコーヒーが苦手という人がいることになるが、アフリカや南米ではその割合は低くコーヒーが多用されていることになる。

コーヒーの起源はアフリカ、エチオピアと言われ、最初はアラブ地域のイスラム教指導者が修行中に眠くならないために用いた。C 遺伝子がカフェインによる覚醒効果が高いとしたら、C 遺伝子頻度が高い地域の人たちは Caffeine の恩恵が強いと感じるゆえにカフェインを多用しさらに 16 世紀にやはり C 遺伝子頻度が高いヨーロッパに伝わった後、コーヒー

が爆発的に広がったのではない。ヨーロッパではバッハがコーヒーカンタータを書いてその味わいと効能をたたえている。文豪バルザックはコーヒーの助けを借りながら名作を書き、効き目が薄れるとともに濃いコーヒーを大量にがぶ飲みし最後は乾燥したコーヒーの粉を食べていたという逸話がある。

オリジナルの遺伝子が C であるためアフリカが C 遺伝子頻度が高いことは納得のいく結果であるが、アジアからアメリカ大陸へ渡ったモンゴロイド系である南米コロンビアのネイティブが高いということは、アジア集団の中から遺伝的浮動などにより T 遺伝子頻度が低い集団となりアメリカに広がったのかもしれない。しかし現在のコーヒー原産国アフリカと南米に C 遺伝子が多いというのは興味深い結果である。

アジアでは中国は他の国に比べ C 遺伝子頻度が高く、同様にお茶の起源は中国雲南省と言われ紀元前から用いられた。唐代の詩人魯全（ろどう）は茶の効用について語っている。

『1 杯飲むと喉が潤い、2 杯目で一人思い悩むことがなくなり、3 杯目で詩想があふれ出し、4 杯目で不平不満が去り、5 杯めでは全身がすがすがしくさわやかになり 6 杯目で神仙の境地に達し、7 杯目では羽が生えて空を飛ぶ思いであった。』

Caffeine と同様の効果がある antagonist と ADORA2A の関係からパーキンソン病などへの医薬品への応用も始まっている。今後いろいろな疾患と ADORA2A 遺伝子型について調べていきたい。

3. 最後に

お酒もコーヒーやお茶も我々のごく身近な飲み物であるが、それらが好まれる理由は遺伝子の複雑な作用による。反対に遺伝子の作用により好まないあるいは受けつけないという人も存在することになる。さらにそれらの飲料は広い意味で薬物であり、副作用や体への影響も多い。我々はそれを熟知して、楽しくそれらを味わい、けっして他人に無理強いしてはならないのではないかな。

また、その遺伝子の集団での頻度を眺めることによって我々日本人や世界の人々の移住や形態、歴史が推測されることを考えると、遺伝子の突然の変化（突然変異）が文化をつくると言っても過言ではないような気がする。

4. 謝辞

ALDH2 と日本人の遺伝子についての発表をお許しいただいた、筑波大学社会医学系法医学 前教授、原田勝二先生に深く感謝いたします。

また研究の全般についてご指導いただいた筑波大学社会医学系法医学、本田克也教授に御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Ehrig T, Bosron WF, Li TK., Alcohol and aldehyde dehydrogenase., *Alcohol Alcohol.* 25(2-3) 1990 105-16
- [2] Yoshida A, Genetics of human alcohol metabolizing enzymes. *Prog Nucleic Acid Res Mol Biol* 40, 1991, 225-267
- [3] Enomoto N, Takase S, Yasuhara M, Takada A. Acetaldehyde metabolism in different aldehyde dehydrogenase-2 genotypes. *Alcohol Clin Exp Res.*;15(1) 1991:141-4.
- [4] Gong Z, Harada S, Myo-Thaik-Oo, Okubo T, [Investigation for polymorphism of ALDH2 exon12 in several Asian areas]. *Nihon Arukoru Yakubutsu Igakkai Zasshi.* Apr;33(2) 1998:144-50. Japanese.
- [5] Harada S, Okubo T, Nakamura T, Fujii C, Nomura F, Higuchi S, Tsutsumi M. A novel polymorphism (-357 G/A) of the ALDH2 gene: linkage disequilibrium and an association with alcoholism. *Alcohol Clin Exp Res.* Jun;23(6)1999:958-62.
- [6] 原田勝二 ; 飲酒行動と遺伝子. 公衆衛生, 831999:324-27
- [7] Harada S. [Classification of alcohol metabolizing enzymes and polymorphisms--specificity in Japanese]. *Nihon Arukoru Yakubutsu Igakkai Zasshi.* Apr;36(2) 2001:85-106.
- [8] 原田勝二 ; 飲酒様態に關与する遺伝子情報, 醸協, 86 卷 4 号 2001, 131-141,
- [9] Huang ZL, Qu WM, Eguchi N, Chen JF, Schwarzschild MA, Fredholm BB, Urade Y, Hayaishi O. Adenosine A2A, but not A1, receptors mediate the arousal effect of caffeine. *Nat Neurosci.* Jul;8(7) 2005:858-9.
- [10] Cornelis MC, El-Sohemy A, Campos H. Genetic polymorphism of the adenosine A2A receptor is associated with habitual caffeine consumption. *Am J Clin Nutr.* Jul;86(1) 2007:240-244
- [11] Rétey JV, Adam M, Khatami R, Luhmann UF, Jung HH, Berger W, Landolt HP. A genetic variation in the adenosine A2A receptor gene (ADORA2A) contributes to individual sensitivity to caffeine effects on sleep. *Clin Pharmacol Ther.* May;81(5) 2007:692-698.
- [12] Childs E, Hohoff C, Deckert J, Xu K, Badner J, de Wit H. Association between ADORA2A and DRD2 polymorphisms and caffeine-induced anxiety. *Neuropsychopharmacology.* Nov;33(12) 2008:2791-2800.
- [13] Alsene K, Deckert J, Sand P, de Wit H. Association between A2a receptor gene polymorphisms and caffeine-induced anxiety. *Neuropsychopharmacology.* 2003 Sep;28(9) 2003:1694-702.
- [14] Hohoff C, Mullings EL, Heatherley SV, Freitag CM, Neumann LC, Domschke K, Krakowitzky P, Rothermundt M, Keck ME, Erhardt A, Unschuld PG, Jacob C, Fritze J, Bandelow B, Maier W, Holsboer F, Rogers PJ, Deckert J. Adenosine A(2A) receptor gene: Evidence for association of risk variants with panic disorder and anxious personality. *J Psychiatr Res.* 2010 Mar 22.
- [15] Hamilton SP, Slager SL, De Leon AB, Heiman GA, Klein DF, Hodge SE, Weissman MM, Fyer AJ, Knowles JA. Evidence for genetic linkage between a polymorphism in the adenosine 2A receptor and panic disorder. *Neuropsychopharmacology.* Mar;29(3) 2004:558-565.

Genes associated with action following the consumption of alcoholic beverages and coffee, and the frequency of those genes in Japanese

Takako Nakamura

Technical Service Office for Medical Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572 Japan

Alcoholic beverages are usually consumed at welcome and fare well parties, and at end-of-the- year parties while coffee and tea are consumed during work. However, there are differences among individuals in the action of these beverages after they are ingested.

Differences in the nucleotide sequences of genes lead to differences among individuals such as increased or decreased sensitivity to alcohol and coffee. Many studies of these differences are now underway. The current study describes methods of detecting these genes and this study investigated the genotypes and frequency of these genes in Japanese using these methods of detection.

Keywords: Acetaldehyde ALDH, ADORA2A Caffeine

第 51 次南極地域観測隊に参加して

品川 秀夫

筑波大学生命環境科学等技術室（下田臨海実験センター）

〒415-0025 静岡県下田市 5-10-1 筑波大学下田臨海実験センター

概要

2009 年 11 月 24 日から 2010 年 3 月 19 日まで、第 51 次南極地域観測隊に夏隊として参加し海洋観測を担当した。

また、昭和基地滞在期間中は、海水観測や潜水調査の補助を行った。

キーワード：海洋観測、プランクトン、潜水調査

1. はじめに

海洋観測では、しらせの往復の航海の航路（図 1）で表層モニタリング観測とライン観測を行った。これらの観測は南大洋におけるプランクトンの長期モニタリングを目的としている。ここでは、観測における調査項目について報告する。

さらに、昭和基地滞在中に主に行っていた海水観測および潜水調査のサポートに関して記す。

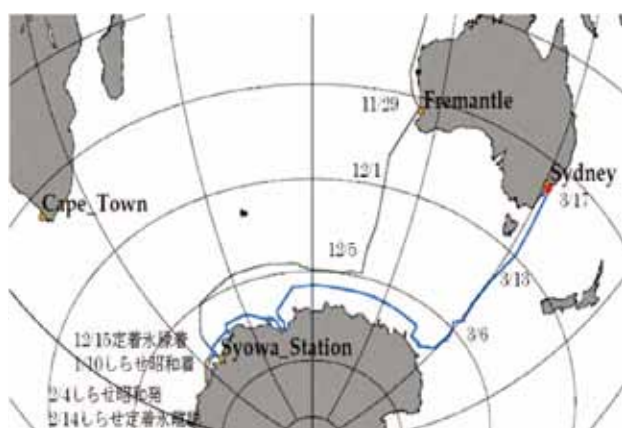


図 1. しらせ航海の行程

2. 海洋観測

2.1 表層モニタリング観測

しらせ往復航海中、観測室に設置された表層モニタリング装置により連続的なクロロフィルモニタリング観測を行い。さらにこの装置に利用されているポンプから常時汲み上げられている海水を採取して、Chl-a 濃度、植物プランクトン試料、栄養塩試料とし

た。観測期間は、2009 年 11 月 29 日から 12 月 16 日および 2 月 14 日から 3 月 13 日だった。

実際の作業では暴風圏（図 2）の船の揺れのため海水ろ過時（図 3）、計量した海水をこぼさないように慎重に作業を進めた。



図 2. 暴風圏の波の様子



図 3. 第 4 観測室にて海水のろ過処理中
表層モニタリング装置（写真右上）

2.2 ライン観測

往路 110 E ライン（12 月 1 日から 12 月 5 日）、復路 150 E ライン（3 月 6 日から 3 月 13 日）でライン観測をおこなった。往路 5 測点（St1 から St5）、復路 5 測点（St6 から St10）の予定で行われた。各測点において CTD(Conductivity Temperature Depth Profiler) によるニスキン採水と NORPAC (North Pacific Standard Net) による鉛直曳航 (0-150 m) を実施した。CTD 採水深度は 20, 50, 75, 100, 200, 500 m およびバケツによる表層 0 m の採水をした。サンプリングした採水は、Chl-a 濃度、植物プランクトン試料、栄養塩試料とした。また、NORPAC は XX13(目

合い約 0.1 mm), GG54 (目合い約 0.3 mm) のネットを用いプランクトンサンプルについては 10 %ホルマリン固定とした。さらに、往路 St2-3, St3-4, t4-5, 復路 St6-7, t7-8, St8-9, の 6 測線で CPR (Continuous Plankton Recorder) を用いてプランクトン採集を行いサンプルについては 10 %ホルマリン固定した。

ただ、各測点においておおむね順調に観測が行われたが、復路において天候が悪く、St8,St9 では、CTD と NORPAC が中止となった。



図 4. 作業甲板にて CTD 準備中

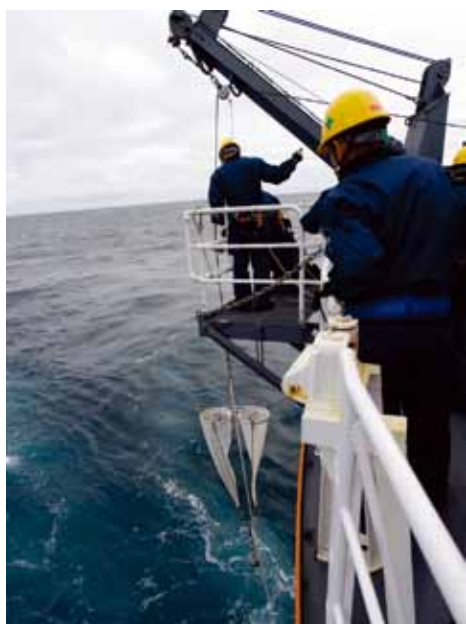


図 5. 揚収される NORPAC (上) と採集されたプランクトン (下)



図 6. CPR 本体 (上) と CPR カセット (中) カセットに取り込まれたプランクトン (下)

3. 昭和基地周辺における観測・調査のサポートについて

3.1 海氷観測

野村隊員（極地研究所所属特任研究員）の海氷観測のサポートを行った。

昭和基地よりスノーモービルで 2km ほど移動した海氷上に観測点を設け観測を行った。

観測内容は、雪、海氷コア、海氷下の海水のサンプリングおよび温度の測定、観測機器の設置を行った。

観測点では、ドリルを使用し海氷に 1m 角大の穴をあけ、その上に鉄製の三脚でやぐらを作り、観測機器を取り付けた。また、観測点周辺にて雪、海氷コアの採取・調査をした。採取・調査は、荒天の日を除き 2 日に 1 回程度行った。

さらに、タイドクラック（海水に潮汐の影響でできるヒビ）やパドル（海水が融解してできる穴）についても雪、海水コア等の採取・調査を行った。

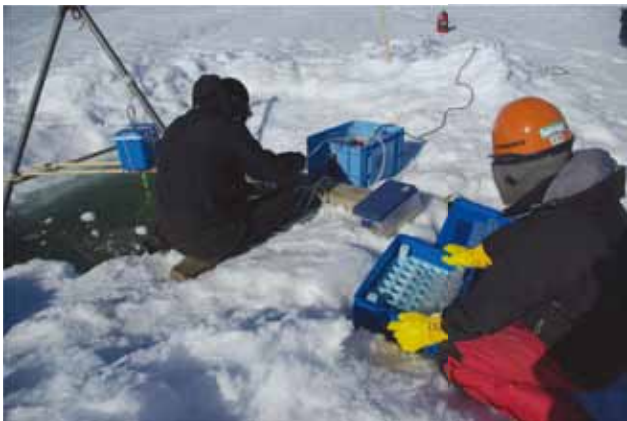


図 7. 海水上観測点での採水作業



図 8. 採集された海水コア



図 9. タイドクラックの調査



図 10. パドルの調査

3.2 潜水調査

2010 年 1 月 22 日スカルブスネス、長池にて潜水調査でボートサポートとして参加した。（この調査に先んじて、2009 年 9 月に筑波大学下田臨海実験センターにて潜水訓練を参加メンバー全員で行っている。）（図 11）

昭和基地にほど近い南極大陸沿岸のスカルブスネスには、数多くの湖沼がみられ、今回はその一つ長池で潜水調査が行われた。（図 12,13）当初予定していたナマズ池は、水面が氷で閉ざされており調査が困難であったため長池に変更となった。

現地への人員および機材の運搬はヘリコプターで行われた。調査人員は、潜水者 4 名、ボートサポート 4 名、医師 1 名、記録通信係 1 名で行った。調査内容は、水中ビデオカメラ 2 台の設置（1 年後に回収予定）（図 14）、コケ類等のサンプリング、撮影、係留系の回収設置が行われた。



図 11. 下田臨海実験センターでの潜水訓練



図 12. 潜水前のチェック

4. 終わりに

51 次観測隊において一番大きかった出来事と言えば、やはり『新しらせ』の南極への処女航海であろう。このため、物資の搬出入や海洋観測についても『旧しらせ』とは勝手が違う部分も多く、調整に苦慮した点も見受けられた。

また、しらせの昭和基地接岸に際しても例年になく海水が厚くしらせの昭和接岸が大幅に遅れた。このため、予定されていたスケジュールも変更が多く海洋観測についても一部中止変更を余儀なくされた。

しかしながら今回さまざまな観測調査を体験できこの経験が今後の仕事に役立てばと思っている。



図 13. ボートサポート



図 14. 設置用の水中カメラ

高山帯—亜高山帯境界部における温暖化実験装置の開発

金井 隆治、正木 大祐

筑波大学生命環境科学等技術室（菅平高原実験センター）

〒386-2204 長野県上田市菅平高原 1278-294

概要

山岳の樹林帯最上部で地球温暖化の影響を研究するため、オープントップチャンバー方式の「温暖化実験装置」を開発した。十分に温まること、積雪や強風に耐えられることなどの条件を考慮しながら 5 回の試作を経た改良品を、中央アルプス将基ノ頭付近に設置した。

キーワード：地球温暖化、オープントップチャンバー、野外操作実験、森林限界

1. はじめに

筑波大学菅平高原実験センターの技術職員は当センター所属の教職員はもちろんセンターを訪れる研究者・教員・学生の依頼を受け、各種実験区の設置、実験装置の開発設置、機器の保守管理、調査補助などを行っている。当センターの田中健太助教から「山岳の森林限界（高山帯—亜高山帯境界部）で、温度を数度上昇させられる装置が作れないか？」と相談を受けた。

現在、地球温暖化が進んでいると考えられている中で、野外の生態系を実験的に温暖化させる研究の需要が増えている。野外のある程度の空間を温暖化させる装置としては、赤外線方式、地中電熱線方式、温室方式がある。温暖化に対して非常に感受性が高いと考えられている山岳の森林限界では、電源が不要でメンテナンスも最小限で済む温室方式が適していると考えた。森林限界より上の高山帯では、頂部を解放した温室であるオープントップチャンバー（Open Top Chamber :以下 OTC）を使用した研究が多い。しかし、樹木を含む森林限界部での使用例はほとんどない。依頼された温暖化実験装置は樹木を含められる高さで、温度を上昇させ、積雪や強風に耐えられる強度が必要となる。またアクセスが悪く、斜度も急なことから運搬や施工に関しても工夫が必要である。本稿では、これらの点を考慮しながら行った、開発の過程と、中央アルプス将基ノ頭付近（信州大学西駒演習林）における制作・設置作業での創意工夫や設置の際に苦心した点を織り交ぜながら報告する。

2. 試作 1 号：ビニールハウスタイプ

当初は、農業用ビニールハウスを応用した装置を考えていた。田中助教から設置予定地の状況と設置したい装置の大きさなどを聞き、当センターで試作 1 号を設置した。試作 1 号の大きさは一辺が 120～150

cm の四角形で、高さは装置内の植物の最高部+100 cm 前後（計 250 cm 程度）というものだった。試作 1 号は当センター内のレンゲツツジが等間隔で植えてある場所に設置した。単管（φ4.86 cm）と自在クランプで枠組みを設置し、ビニールハウス用のビニールで側面と天井を覆った。最初は天井を塞いだまま数日間、温度を測定した。温度の測定は高さ 100 cm と 30 cm に温度ロガーを設置し、これを 1 セットとして装置内に 1 セット、装置外の対照区に 1 セット設置して行った。次に天井のビニールに穴を開けて、測定した。そして最終的に天井のビニールを取り去って測定をした。これは温暖化実験装置を完全閉鎖してしまうと降雨条件や種子・孢子等の移入条件が野外と著しく変わってしまうからで、温暖化の効果があるのなら天井は無い方が好ましかったからである。測定結果から、天井が無くても温暖化することがわかった（図 1）。

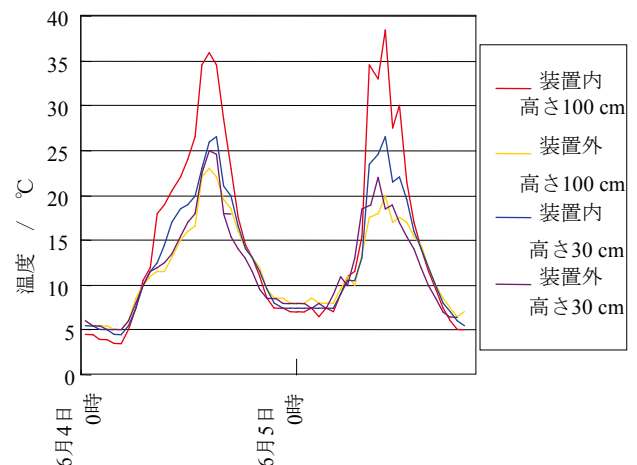


図 1. 試作 1 号の中と外の温度

3. 西駒演習林の下見

設置予定地の状況を検討しながら温暖化装置の大型化を検討した。長さを 10 m くらいにして、数個の装置を設置する予定にした。ビニールハウスは基本的に平地に設置するため、斜面への設置に不安があった。またパイプを地中に差し込むために、地中の状況を確認する必要があった。そのために現場の下見を行った。下見には信州大学小林元准教授と信州大学農学部高橋一太君、田中助教、筆者の 4 人が参加した。

現場は信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学研究センター西駒ステーション演習林（図 2）の将基ノ頭直下の森林限界付近で、標高約 2500 m だった。オオシラビソ帯とハイマツ帯の間で、樹高 4

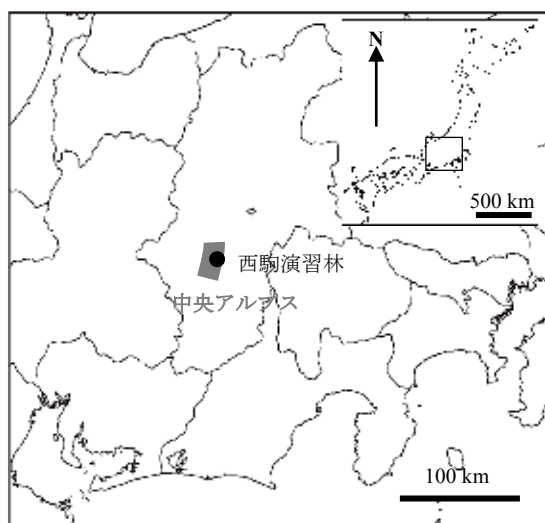


図 2.信州大学西駒演習林の位置

m ほどのダケカンバの下には低木等が生えている、平均斜度 35 度前後の急斜面だった (図 3)。地中の状況は、表面は土で覆われているものの、地中には木の根や岩石などが隠れていて、パイプを打ち込むことは非常に困難であることがわかった。また脚立の使用は非常に危険性が高いこともわかった。急斜面のため荷物の移動も困難で、積雪 (雪圧) や強風による OTC 倒壊の可能性も考えられた。このような現地の状況からビニールハウスタイプは設置に不向きであることが分かった。

現地で相談した結果、ビニールハウスタイプをやめ、四隅に支柱を建て透明な板で囲う方法に変更した。支柱を差し込むことは困難だが、支柱から張り綱を張れば強度を保てそうだった。大型のものを 1 つ設置するより、小型のものをいくつか設置することになった。



図 3.現場の様子 (7 月上旬)

4. 波板タイプの試作

菅平高原実験センターに戻ってから田中助教と打ち合わせを行い、現地で考案した OTC は温暖化させることができるのか？支柱やその他の部品は何を使用すると良いのか？等を検討するために OTC の試作をすることになった。

4.1 試作 2 号：温度上昇の再確認

まず支柱を建てて、透明な板で囲う方法で温暖化するかを実験した。

試作 2 号に関しては、温暖化の確認に焦点を置いたため、板以外はセンターにあった材料を用いた。透明な板は強度と価格を検討した結果、ポリカーボネート製の波板 (1800 650 12 mm) を使用することにした。支柱にはイボ竹を利用したが、イボ竹の長さが足りないために鉄パイプを地面に刺して、そのパイプにイボ竹を固定した。波板と支柱は針金入りのビニールテープで固定した。波板の端にはあらかじめ穴を開けておいた。下見を参考に当センター内のススキ草原の斜度ある場所に設置した。現地は



図 4.試作 2 号

積雪が多いため、斜面に正対して OTC を設置してしまうと斜面上側の側面への雪圧による負担が増え倒壊の可能性が大きくなる。少しでも雪圧を軽減できるように OTC を 45 度、回転させて設置することにした。斜度があるために波板と地面の間に隙間ができた。試作 2 号の外寸は幅 650 mm、奥行き 650 mm、イボ竹 2000 mm、波板の高さ 1800 mm、そして地面と波板の間に隙間があった (図 4)。

OTC 設置後 OTC 内と OTC 外の温度を測定するために温度ロガーを設置した。温度ロガーは地面から 30 cm と 100 cm の 2 か所の高さに設置し、これを 1 セットした。OTC 内に 1 セット、OTC 外に 2 セット、計 3 セットの温度ロガーを設置した。後日解析した結果、温暖化することが判明した (図 5)。

試作 2 号の問題点は支柱を鉛直に打ち込む方法、波板への穴の開け方、簡単に製作したので歪みが大きかったことなどがあつた。

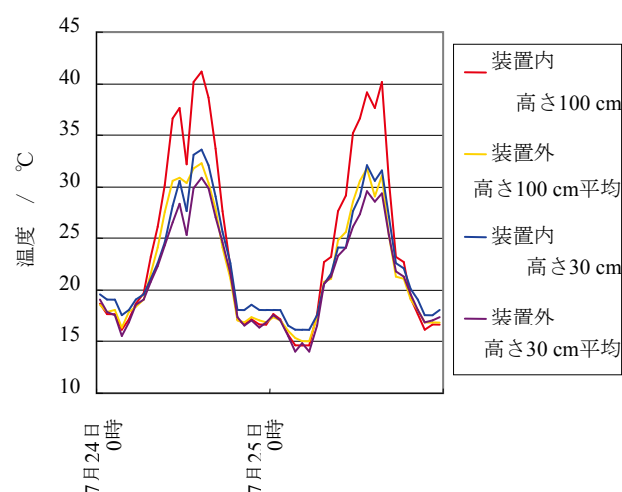


図 5.試作 2 号の中と外の温度変化

4.2 試作3号：強度の増加・地際に隙間

試作2号で温暖化することがわかったので、試作3号では現地での使用を考えている強度の高い材料で製作した。支柱は鋼材L型アングル(2400×30×30 mm)、梁は鋼材L型アングル(2100×30×30 mm)を半分の長さに切断して使用した。試作1号より長くした波板(2100×650×12 mm)はフックボルト(1/4×38 mm)を使用して支柱に固定した。また試作2号は波板の幅に合わせて製作したが、試作3号は装置の幅を1050 mmとした。これは前述のように鋼材L型アングル(2100 mm)を半分に切断して梁として使用するためであった。波板は2枚を重ねて、幅を調節し、ビス止めしておいたものを取り付けた。現場を想定した結果、長い支柱を鉛直に打ち込むことは困難なため、支柱を地上部(以下支柱)と地下部(以下アンカー)に分けることにした。まずアンカー(525×30×30 mm)を先に打ち込み、アンカーと支柱(2400×30×30 mm)を固定して作業を行った。アンカーと支柱はボルトとナットで固定した。波板の穴は現場で空けるように変更した。

同時に試作2号を改造した。波板を10 cm高く設置して下の隙間を大きくした。これは夜間、装置内の温度が下がるチムニー効果の軽減と小動物等の往き来を可能にして、より野外の条件に近付けるためだった。

設置後、試作3号と改造した試作2号に温度ロガーを設置した。温度ロガーは試作2号、試作3号の各OTC内に1セットずつ、OTC外に4セット、計6セット設置した。解析結果、試作3号、試作2号ともに温暖化することがわかった(図6)。

試作3号と試作2号の改造の結果からOTCのサイズが決定した。幅1050 mm、奥行き1050 mm、支柱の高さ2400 mm、波板の高さは2100 mm。波板が支柱より短いのは斜度による高低差のためである。

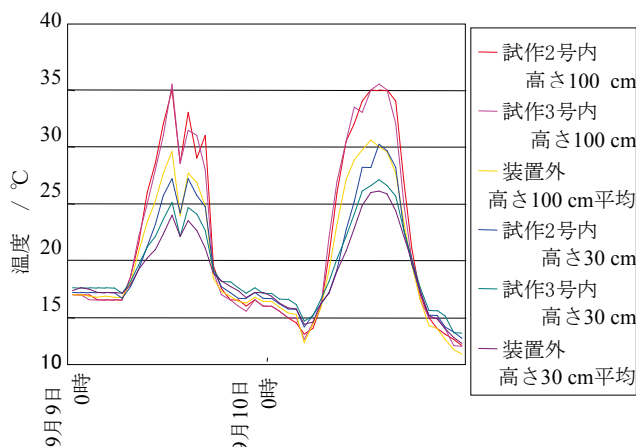


図6.OTC内の温度変化

試作3号の問題点はアンカーと支柱がお互いの厚みのためにしっかり固定できない、波板と支柱が上手に固定できない、アンカーを先に打ち込んでしまうと装置が歪む(地面で距離を測っていても鉛直に打ち込めないために上部でずれてしまう)ということがあった。

4.3 試作4号：工法の改良

試作3号の問題点を解決するため、材料および組み立て手順を再度検討した。そして平坦な場所で外枠のみの試作を行った。

その結果、次のようなことが分かった。

- ① 支柱とアンカーの固定はアンカーの向きを変更することで対応が可能であること。
- ② 波板は支柱でなく梁に固定した方が良いこと。
- ③ 梁を増やすと強度が上がる。雪圧を受けやすい上側の側面の梁の本数を、雪圧を受けにくい下側の側面より多くすること。
- ④ 装置の接続部の直角を維持するためにはコーナープレートが必要ということ。ただしコーナープレートはすべての接続部に必要ではなく、一つの面の四隅に入れるだけでも十分であること。
- ⑤ 支柱と梁、ボルトナットはサイズを統一した方がしっかりと固定できること。
- ⑥ 斜面での設置を考えると、2人では不可能で、3人での作業となること。

4.4 試作5号：斜面での設置・手順の確認

今までの試作の問題点を参考に、最終試作を行った。組み立て手順を確認することが一番の目的だった。場所も試作2号、試作3号を設置した場所より斜度の大きな場所で行った。

最終試作では鉛直、直角は考慮しなかった。また梁の本数も減らした。波板も全面は装着せず、2面だけにした。張り綱も省略した(図7)。



図7.試作5号

5. OTC 完成型の仕様

以上の試作基を経て OTC 完成型の仕様を以下のように決定した。

5.1 材料

- 支柱、梁、アンカー
品名、鋼材アングル(図8)
サイズ、30×30 mm のL字型
- 波板
品名、ポリカーボネート製波板(図9)
サイズ、2100×650×12 mm

- ボルトセット (図 10)
品名、8 mm ボルト、ナット、ワッシャー
サイズ、8×16 mm (スパナサイズは 13 mm)
- フックボルト (図 11)
サイズ、1/4×38 mm、3/16×50 mm
- コーナープレート (図 12)
サイズ、76×76×0.75 mm
- 張り綱 (図 13)
サイズ、10×1 mm 200 m (1 巻)



図 8.鋼材アングル



図 9.波板



図 10.ボルト・ナット・ワッシャー



図 11.フックボルト



図 12.コーナープレート



図 13.張り綱

5.2 OTC のサイズ

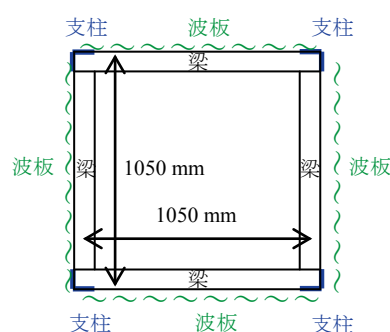


図 14.OTC の見取り図 (真上から)

5.3 OTC を建てる向き

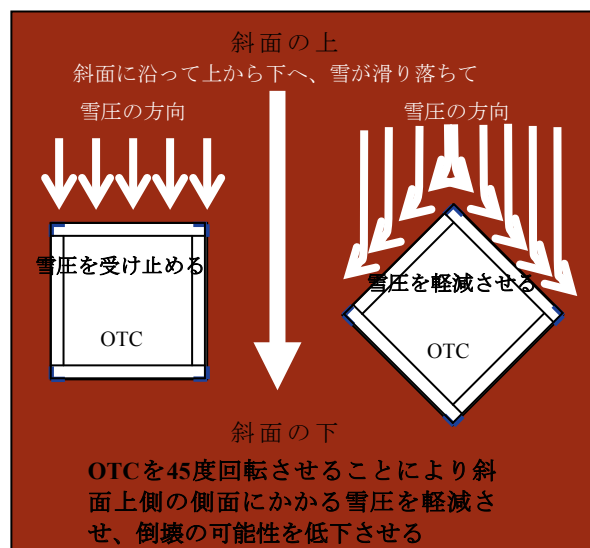


図 15.OTC を設置する向き

OTC を設置する場所は冬季、多くの積雪が予想される。そして平均斜度 35 度という急斜面では積雪が斜面を滑り落ちるように動く。動くスピードは速くはないが、上方の積雪も合わせて動くので、そこには非常に大きな力（雪圧）が生まれる。図 3 にあるように周辺の樹木の根元付近は直立できずに、斜面下方向に倒れている。

間違いなく OTC にもこの雪圧は影響する。斜面に沿う重力の方向（雪の滑り落ちる方向）と OTC の上側の側面を直角に設置してしまうと（図 15 の左側）上方からの雪圧を受け止めてしまう。どの程度の雪圧がかかるかはわからないが、OTC（波板）が倒壊することも十分考えられる。

斜面上方からの雪圧を少しでも軽減し、OTC の倒壊の可能性を低下させるために、OTC を 45 度前後回転させて設置することにした（図 15 の右側）。

5.4 OTC の下の隙間

OTC は斜面に設置されるが、支柱は鉛直に立てる。取り付けられる波板も鉛直になり、高低差ができる。そのため波板と地面の間には隙間ができる。この隙間があった方がチムニー効果を軽減させ、さらに小動物が侵入しやすくなるためにより野外の条件に近づく。波板の底辺を切れば隙間をなくすこともできるが、作業時間の短縮や隙間がある場合のメリットを考慮して隙間はそのままにした（図 16）。



図 16.現場に設置した OTC の下の隙間

5.5 設置の手順

設置に必要な道具	用途
レベル（水平器）	鉛直をみる
差し金	直角をみる
スパナ	ボルトの固定
カッター	張り綱の切断
電動ドリル（千枚通し）	波板の穴あけ
ペンチ	フックボルトの固定等

スパナは作業人数の 2 倍あると良い。その他のものも多いほうが作業しやすい。

設置手順（図 18 参照）

- ① 現場の状況を勘案して OTC の向きと支柱の位置の目安を決める。
※調査区の位置、斜面の向き、地面の状況に注意する。
- ② 基準となる支柱 A を保持する。
※鉛直に保持し続ける。
- ③ 支柱 A の上部と下部に梁 1 上と梁 1 下を取り付ける。
※支柱と梁の間にコーナプレートを入れる。
※支柱 A と梁 1 が直角になるように固定する。
- ④ 支柱 B を梁 1 上と梁 1 下に取り付ける。

※支柱 A、B が鉛直に、支柱 A、B と梁 1 が直角になるように固定する。

- ⑤ 支柱 A の上部と下部に梁 2 上、梁 2 下を取り付ける。
※支柱 A および梁 1 と梁 2 が直角になるように固定する。
- ⑥ 支柱 C を梁 2 上と梁 2 下に取り付ける。
※支柱 A、B、C と梁 1、2 が鉛直、直角になるように固定する。
- ⑦ 支柱 B の上部と下部に梁 3 上と梁 3 下を取り付ける。
※支柱 B および梁 1 と梁 3 が直角になるように固定する。
- ⑧ 支柱 D を梁 3 上と梁 3 下に取り付ける。
- ⑨ 支柱 C と支柱 D を梁 4 でつなげる。
- ⑩ 支柱 A、B、C、D を鉛直に、そして支柱と梁が互いに直角になるように全体を調節して固定する。
- ⑪ 必要に応じて



図 17.現地での組み立ての様子
梁を追加して固定する（図 17）。

※斜面の上側は下側より本数を多くする。

- ⑫ アンカーを調整しながら地面に打ち込み、支柱を固定する。
※位置、向き、深さに注意しながら打ち込む。
- ⑬ 最後にもう一度全体の鉛直、直角を確認する。
- ⑭ 波板をフックボルトで梁に固定する。（通年タイプ）
※雪の流れる方向に注意して重ねて取り付ける。
※梁 1 本に 6 本程度固定する。
- ⑮ 支柱の上端に張り綱を張り、周辺の適度な樹木に梁綱を固定し、完成。

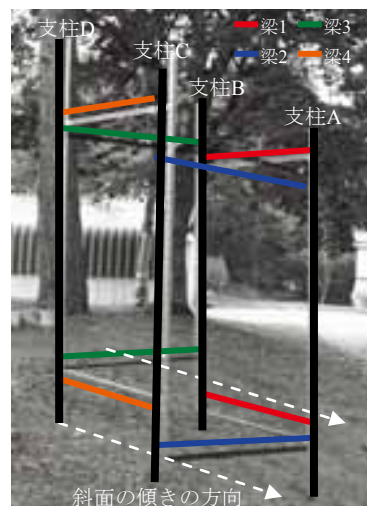


図 18.OTC の組み立てについて

5.6 材料費・設置の労力・必要数

表1に費用をまとめた。人件費、旅費等は除いてある。

表2に労力をまとめた。1人で行うと1日（約7時間）かかる作業の労力を、1人・日としている。

表3にOTC設置に必要な材料数とその重量をまとめた。必要な数も重要だったが、ヘリの荷揚げに重量制限（600 kg）があったため、重量超過になることは避けたかった。単純に輸送費（12万円）が2倍になってしまうからである。梁の本数は重量、諸費用等から勘案した。

表1.OTC 設置の材料費

	総材料費	輸送費（ヘリ代）
試作合計	41,660 円	
設置	389,522 円	120,000 円

表2.OTC 設置の労力

	作業時間	作業参加人数	労力
試作合計	40 時間	3 名	5.5 人・日
設置	75 時間	6 名	10.5 人・日

材料、道具はヘリで現場周辺に輸送することになった。これは周辺の山小屋への物資の輸送に使用されている方法で、ヘリが荷揚げを行う日に一緒に荷揚げをお願いすることにより経費削減を図った。そのために重さ制限（600 kg）があった。また荷物は輸送中に落下しないように厳重に梱包した（図 19）。精密機械はヘリでは運ぶことができないので、自分たちの荷物と一緒に担ぎ上げた。



図 19.ヘリで現場へ上げた荷物（約 550 kg）

6. 設置

6.1 設置の準備

試作 5 号を経て、設置に必要な材料、道具等がわかったので必要に応じて購入した。フックボルトは必要数準備ができなかったため、サイズの違う 2 種類のフックボルトで対応することになった。OTC は全部で 10 基設置予定だった。5 基は夏季タイプとして積雪期に波板を取り外すもので、5 基は通年タイプとして一年中波板で囲うものだった。梁とアンカーは使用する長さに切断した。設置には 2～3 日間必要で、現場から 30 分の場所にある宿泊施設（西駒山荘）に滞在することになった。西駒山荘にある道具もお借りできるようにお願いをした。製作に必要な

6.2 工程

筑波大学・信州大学の関係者 12 名が 6 日間にわたる山中での設置作業・運搬作業に関わった。その間西駒山荘に宿泊した。

9 月 27 日（1 日目）天候 曇り

2 日目のヘリの荷揚げを西駒山荘付近で待つために 2 人が入山した。

9 月 28 日（2 日目）天候 雨

朝から雨のためヘリが飛ばなかった。しかし筆者を含めた 3 人（田中、金井、正木）は 3 日目のヘリの荷揚げを待つために雨が降る中入山した。4 時間 30 分かけて山を登り西駒山荘に到着した。西駒山荘で残る 1 人と合流した。1 人下山。

表3. 材料の必要数と重量

材料	OTC1基に必要な数	現場に上げた数	総重量 (kg)
支柱用アングル	4本	40本	105.6
梁用アングル	18本	180本	202.5
アンカー用アングル	3本	40本	22.5
波板	8枚	80枚	112.0
ボルトセット	71組	800組	14.6
フックボルト	108本	1500本	27.0
コーナプレート	16枚	160枚	28.0
張り綱	適当	3巻	6.3
観測機器関係			約30.0
組み立て道具、その他			約10.0

合計558.5kg

9月29日(3日目) 天候 晴れ

雲の多い天気ではヘリが飛ばず、延期になるかギリギリの空模様だったが、ヘリによる荷揚げは行っていただいた(図20)。ヘリの荷物は予定地から30mほど離れた場所に下ろされた。荷物到着後材料、道具等を確認し、予定地付近へ移動した。その後夏季タイプ5か所、通年タイプ5か所、対照区6か所、計16ヶ所の調査区の場所を確認した。



図20.ヘリの荷揚げ

1基目は4名で手順等を確認しながら設置した。急斜面での作業は想像より困難だった。周辺の低木も作業の妨げになった。3名の手順を4名で行ったため、時間の短縮にはなったが、出来上がりは歪んでしまった。これは手が空いているからと、作業を急いで進めてしまったからだった。正午ごろ信州大学小林元准教授グループ7名が現場に到着した。田中助教は植生調査を開始するために信大グループと合流して作業を開始した。OTC設置作業者は3名になった。1基目の反省を踏まえて2基目の製作に取り掛かった。改善点は

- ①最初の支柱は鉛直に保持し続ける。
- ②支柱と梁は1本ずつ取り付ける。
- ③梁は上下に余裕を持って取り付ける。

という3点だった。2基目からは3人の息も合うようになり、改善点を含めた手順もほぼ問題ないことがわかった。息も合い、手順にも慣れたため2基目から4基目は順調に設置できた。3日目は外枠4基分の設置が完了した(図21)。2名下山。



図21.現場に設置した OTC の外枠

9月30日(4日目) 天候 雨

雨対策は十分だったが体調を崩してしまうと大変なため早めの撤収を想定して作業に向かった。雨の中の作業は予想以上に体力と集中力を消耗した。途中から4名での設置作業になったが、集中力の低下

は激しく、8基目を設置して設置作業を終了した。特に7基目の歪みが大きくなった。撤収前に翌日の作業のため波板の取り付けを行った。太さと長さの違う2種類のフックボルトのために作業が難航したが、改善点も判明した。西駒山荘からお借りしてきた充電式電動ドリルが非常に役に立つこともわかった。4日目、OTC計8基分の外枠設置が完了した。また1基分の波板の設置が完了した。3名下山。

10月1日(5日目) 天候 晴れ

下山予定日だったが、作業の進捗状況から延泊の可能性が大きかった。午前中に外枠2基の設置が終了し、OTC全10基の外枠の設置が完了した。しかし、波板取り付けと張り綱作業が残っていたので、延泊が決定した。午後は波板の取り付け作業に取り掛かった。終盤、西駒山荘からお借りしてきた充電式電動ドリルのバッテリーが無くなり作業効率が急激に低下したものの、翌日の予定を検討した結果、波板の取り付けを完了させることになった。日も傾き気温も低下し、疲労のため集中力も低下していたが、何とか波板の取り付けを終了できた。植生調査も終了したので、張り綱作業に協力していただいた。5日目外枠は全10基設置完了(図22)。波板も全5基取り付け完了(図23)。張り綱1基分終了。



図22.夏季タイプ



図23.通年タイプ

10月2日(6日目) 天候 晴れ

残る作業は、張り綱と現場に残す荷物の固定と片付けだった。張り綱を張る4名と荷物を固定する2人に分かれて作業を始めた。張り綱、荷物固定ともに順調に作業を進めることができ、午前10時には周辺のゴミ片付けも終了し、すべての作業が終了した。間もなく下山を開始し、2時間半ほどで麓に到着した。大きな怪我もなく無事に山を降りることができた。6名下山。

5. 結果

雨のため、1日順延したものの、想定していたよりも順調に作業を進めることができた。雨が降らずに予定通りにヘリが飛んでいたら1日早く下山できた可能性もあった。

OTCを設置した場所にはあらかじめ調査区が設置されていた関係で、当初の予定通りにOTC45度回

転させて設置することができない場所もあった。その場合は雪圧をより多く受ける面の梁の本数を増やした。集中力が低下していたときに設置したものと最初に設置したものは歪みが大きくなってしまった。地面には石や樹木、木の根などがあり、また急斜面のために設置には厳しい条件だったが、予想以上の完成度の OTC が設置できた。

6. まとめ

今回の信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学研究センター西駒ステーション演習林への OTC 設置のための出張では非常に良い経験ができた。初めての本格的な登山、山小屋での生活、雨の中で立ったまま震えながら食べたおにぎり、将基ノ頭で全員で食べた焼きうどんなど、忘れることができない。連日に及ぶ朝から日が暮れるまでの作業ではヘッドライトの大切さを痛感した。雄大な景色に

囲まれた中での作業だったが、のんびりと景色を眺めている暇は無かった。雪が解ける頃、再び現場を訪れ、夏季タイプの波板の設置と植生調査を行う予定である。その際は景色を眺められるくらいの余裕を持ちたい。すべての作業を完了したときの達成感、そして作業に最後まで協力していただいた信州大学の 3 人の学生との一体感は素晴らしかった。

7. 謝辞

本報告を行うにあたり、筑波大学菅平高原実験センター田中健太助教に助言をいただき深く感謝いたします。また、信州大学小林元准教授に演習林の案内および便宜を図っていただき深く感謝いたします。高橋一太君をはじめ 5 名の信州大学生に荷物の運搬や設置作業にご協力いただき深く感謝いたします。



図 24.高山－亜高山帯に建つ OTC

OSCE（客観的臨床技能試験）実施支援について

佐藤 尚江

筑波大学医学系技術室（PCME）

〒305-8575 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

筑波大学医学群医学類では 4 年生で共用試験 OSCE を実施している。

本稿では PCME^{※1} 医学類実習担当技術職員が行っている 4 年生 OSCE の実施支援の内容を説明する。

本試験の実施支援を行うにあたり、教員と打合せを行い、準備設営をし、関係各所の協力を得て、常に情報を共有しながら試験が無事行えるよう支援している。実施後は技術職員としての立場から次回に向け反省と申し送りをを行っている。

キーワード：OSCE、共用試験、臨床技能

1. はじめに

現在、全国の医学・歯学系大学が共用試験を実施している。共用試験とは、社団法人医療系大学間共用試験実施評価機構（以下「共用試験機構」と表記する）が運用している CBT^{※2} と OSCE を示す。

CBT とはコンピュータを用いて知識を問う試験。

OSCE とは、Objective Structured Clinical Examination（客観的臨床能力試験）の略で、共用試験 OSCE の場合は、臨床実習前に学生が習得すべき臨床技能と態度がどの程度備わっているかを客観的に問う試験である。

医学・歯学系学生は、臨床実習前にこの共用試験に合格しないと臨床実習を行えないことになっている。

筑波大学医学群医学類では、現在 4 年生でこの試験を実施している。

今回は、この 4 年生での OSCE の実施支援について報告する。

2. 共用試験 OSCE

試験は複数項目あり、それぞれ別室で行う。1 つの項目を Station といい、学生は Station 1 から Station 2、Station 3 へと順次、押し出し式に試験室を移動して、全ての Station を受験する。

これを複数系列（Line という）設け、同時進行する。

試験室が多いため、本学で実施する時は複数箇所の建物に分かれて実施する場合もある。

試験時間は実技と移動時間も含め全て分刻みである。そのため、試験開始、終了および移動の合図をチャイムとアナウンスで職員が知らせて統括して進行している。

評価は本学の教員と共用試験機構より派遣される外部評価者（他大学の教員）とで行われる。また、他大学の教員が外部モニターとして共用試験機構から派遣され、正しく行われているのか、問題はないかのチェックを受ける。

本学は 100 名前後の学生が試験を受けるため、ほぼ 1 日かかる試験となっている。

試験実施の数ヶ月前に共用試験機構から試験について連絡がくると、医学類長を含む OSCE 委員会を開催し詳細を決定する。

その決定を元に評価者の依頼やお知らせ、共用試験機構との連絡、学生の成績処理などを PCME カリキュラム担当技術職員（1 名）が、その後の実施支援を PCME 医学類実習担当技術職員（6 名）が担っている。

試験内容は、共用試験機構が管理運用しているので、運用指導などがあり、細かい注意が必要となる。そのため医学類長に随時相談をして問題がないか確認をしている。

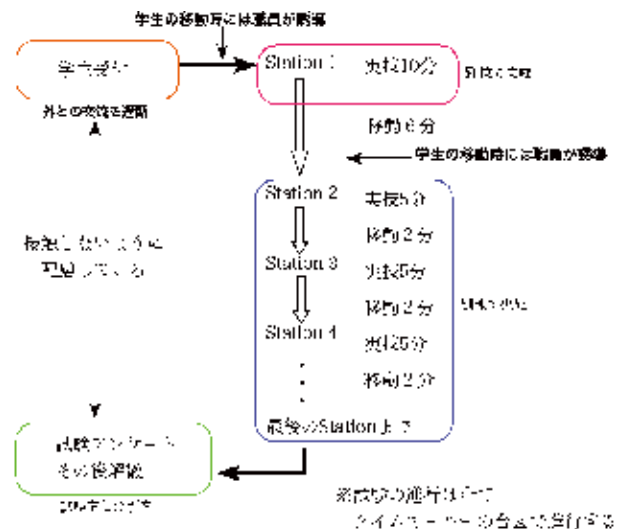


図 1. 一人の学生の試験の流れ（複数系列ある）

Line 1	演習機 時間配分	Station 1-1	Station 1-2	学群機 時間配分	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6
10:00-10:07		1							
10:07-10:14			2						
10:14-10:21				10:14-10:23	1				
10:21-10:28				10:23-10:30	2	1			
10:28-10:35				10:30-10:37	3	2	1		
10:35-10:42				10:37-10:44	4	3	2	1	
10:42-10:49				10:44-10:51	5	4	3	2	
10:49-10:56				10:51-10:58	6	5	4	3	
10:56-11:03				10:58-11:05	7	6	5	4	3
11:03-11:10				11:05-11:12	8	7	6	5	4
11:10-11:17				11:12-11:19	9	8	7	6	5

図 2. 進行表（例）

※1 PCME=Planning Coordination for Medical Education（医学教育企画評価室）の略

※2 CBT=Computer Based Testing の略

3. 試験までの実施支援の流れ

以下、PCME 医学類実習担当技術職員が行っている実施支援内容について説明する。

3.1 技術職員の担当決め

PCME カリキュラム担当技術職員から、PCME 医学類実習担当技術職員の OSCE 実施支援の統括者である技術職員 1 名（以下「チーフ」と表記する）が試験情報を得た後に、チーフが各 Station 担当の技術職員を決める。

各 Station 担当者を決定するには、その Station の内容に関係する実習を支援した者を基本的に配置するようにしている。機器、器具の管理状態と実習の状況を把握しているためである。

チーフも Station を担当する。Station の内容によっては 1 項目に 2 名配置する必要があることもあるため、6 名では足りない場合がある。その時には、同室の医科学修士担当の技術職員（1 名）に依頼している。

3.2 各 Station の準備

決定した各 Station 担当者は、その Station 担当の責任教員へ連絡を取り、試験内容と準備する物、数、配置などの確認をする。

必要な物品の在庫や機器の動作チェックを行い、不足分は発注購入し、試験までに準備する。

また、前回の申し送りを参照し、必要があれば前任者や機器管理者にも相談する。

共用試験機構からの指針と相違がないことを教員に確認を取りながら準備を行う。

3.3 Station 以外の準備

各 Station 以外の全般の準備はチーフが行う。具体的には以下のようなことがある。

1. 試験会場や評価者オリエンテーション会場の予約。
2. 試験に関係する各会場へは事前掲示をする（試験室や廊下への試験実施日のお知らせ、ゼミ室等の PC の利用禁止のお知らせ）。
3. 各 Station に共通する物品の数チェック、機器類のチェックを行い、必要があれば発注し購入する。
4. 評価表の印刷と資料の作成（Station 内以外の試験会場や廊下などへの掲示物、各 Station での受験者名簿、タイムテーブル、当日必要な資料、当日の担当割り振り表、設営資料など）。
5. 関係者への依頼と説明をする（他部署への当日の協力依頼および説明、入館システムの調整と入館パスカードの臨時発行依頼、警備室への依頼、全館放送停止の依頼、ゼミ室等の PC 使用禁止のお知らせの依頼）。

3.4 Open lab の開催

学生向けに開催される Open lab の準備と実施支援を行う。

学生は診察に必要な道具を全て持っているわけではない。そのため、試験に向けて学生が自主学習を行えるように、実習で使用した道具を一定期間用意するという Open lab 支援を行っている。

Open lab 開催前に学生へお知らせをして、機器、器具類の動作と数のチェックをし、不足分は発注して設営する。

開催期間中は準備と片付けを行う。教員の指導や SP^{※3}（模擬患者）による医療面接の練習を行う時には、そのサポートも行っている。



図 3. 縫合の練習風景



図 4. SP の協力による医療面接の練習風景

3.5 評価者オリエンテーション実施支援

評価者に対して試験前に数回実施される評価者オリエンテーションの支援を行う。

全体説明の後、各 Station に分かれて課題に対する共通認識や評価基準の確認などが行われる。

担当の技術職員は Station 内の配置図や資料、使用する器具機器を用意する。

※3 SP=Simulated patient の略

3.6 設営

前日に試験会場およびその他全ての設営を行う。
関係者以外立入り禁止にしたうえで、共通エリアを準備し、その後に各 Station の設営を行う。
本学では授業期間中に OSCE が実施されることから、授業チャイムが OSCE 試験会場に鳴らないように、試験会場および廊下のスピーカーの音量を Off にする配慮をする。
また、万一を考え臨時救護室も設ける。
設営後は、問題がないか医学類長と副医学類長のチェックを受ける。

3.7 試験当日

OSCE 当日は、各 Station の準備の後、当日の担当に従い他部署の支援協力を得ながら実施支援を行う。
当日の主たる仕事担当は、学生受付、チャイムとアナウンス係、学生誘導係、連絡員、評価者受付、Station 内でのサポートなどがある。
試験会場が複数棟にわたる場合は、それぞれの場所で上記の係員が必要となる。
試験終了後は全ての道具、機器類を撤収し会場を元へ戻す。

3.8 試験後

試験実施中に万一トラブルがあった場合は、学生への影響が無いかの確認をしてもらうために、PCME カリキュラム担当の技術職員へ報告を行う。
また、医学類実習担当技術職員だけで反省会を行い、次回に向けて申し送りを作成する。当日支援協力してくれた職員へも問題がなかったか確認をする。

4. チーフとして特に心がけていること

医学類実習担当技術職員の通常の主たる業務は実習支援で、複数人によるチーム体制でチーフ制をとっている。OSCE 実施支援業務についても、同様にチーフ制で行っている。

各 Station に関してはその Station の担当者が主に行うが、全体の統括はチーフが行う。

チーフとして OSCE 実施支援を進める上で、以下の点を特に心がけている。

1. 各 Station に関しても、全体に関わることや共用試験機構の指針の方向性とずれが生じることがないように随時確認をする。
2. 情報の漏洩防止を常に気をつける。
当日のみ支援協力してくれる職員へは、試験内容に関する情報は一切伝えない。誤って試験前に学生に情報が伝わらないように、仕事上必要な情報のみ伝える。また、仕事内容と注意して欲しいことを明記した書類を作成して渡す。

試験当日、学生は外部と接触をしないよう行動を制限されている。そのため設営時には学生の集合場所や動線上に試験に関係する情報がないかの確認をする。

受験前と受験後の学生が接触をしないように、試験会場や学生の動線を一方向にする。試験会場が複数棟になる場合は、さらに受験者同士が会話をしている情報が漏洩することがないように、移動の時は職員を同行させる。

これは試験進行が分刻みであるため、試験時間に遅れないようにするための意味もある。

さらに、別棟からの移動が建物の外を通る場合は、雨天時の傘立ての置き場所も学生の動線を考慮して配置する。

3. 試験当日の人員配置を良く検討する。
試験当日は状況をよく理解し、トラブルに即座に対応出来る人を主要各所へ配置する。
当日のみの支援協力者へは情報漏洩防止に情報制限をしているため、状況をよく理解している人を主要部署に配置することで、トラブルが起きた時に対処が早いという利点がある。
4. 試験進行のための資料は、シンプルにかつ的確に作成する。
試験はタイムテーブルに従い、職員がチャイムとアナウンスで知らせて進行する。そのためタイムテーブルには試験開始、終了、移動の時刻、アナウンスする言葉を記載する。トラブルがあつて遅延した場合は、数十秒単位もしくは分単位で調整が必要となるため、ミスを少なくする資料作りを心がける。
5. 情報の共有化と集約化の徹底。
試験は全て分刻みで進行することから、一ヶ所でトラブルが起きると全てに影響する。そのため、学生の集合状況、試験の開始時刻の遅延の有無、トラブル状況などは逐一チーフへ PHS で連絡をするように各所へ依頼する。変更がある場合はそれをチーフから各所へ伝えるという情報の統括管理を行う。

5. まとめ

共用試験機構からの指導も毎年変わっていくため、今後もそれに対応しつつ、トラブルが無く円滑に試験が進められるよう実施支援をしていきたい。問題点は次に改善をしていきたい。

また、Station に関連する実習の教員へ、技術職員の立場からフィードバックをしていきたいと思っている。

参考文献

- [1] 社団法人医療系大学間共用試験実施評価機構 (CATO)
<http://www.cato.umin.jp/index.html>
- [2] 社団法人医療系大学間共用試験実施評価機構 (CATO)、臨床実習開始前の「共用試験」第7版 (平成21年)

臨床技能実習室（スキルスラボ）の概要と業務について

大里 和美、阿部 まゆみ

筑波大学医学系技術室 医学教育企画評価室（PCME）実習担当

〒305-8575 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

現在、PCME¹医学類実習担当の技術職員が学群棟と附属病院総合臨床教育センター（以下、教育センターと称す）の 2 つの臨床技能実習室（以下、スキルスラボと称す）の部屋と機材の管理を担当している。

これらは主に学生実習、臨床実習、病院職員の講習・研修等で利用されている。

数多い機器を管理し運用するにあたって、効率良く、且つ利用者が使いやすいように様々な工夫をしている。また専任の管理者ではないために人的パワーが限られているので、できる限りの業務の省力化を図っている。

キーワード：臨床技能、スキルスラボ、シミュレータ、データベース

1. はじめに

スキルスラボとは、シミュレータ等を用いて医療技術を練習・習得するための施設である。

スキルスラボにおけるシミュレータとは、患者に対して実際に診療を行う前にトレーニングできるモデルのことを指す。基本的な技術の習得を目的としたモデルには、呼吸音や心音の聴診、心臓マッサージや人工呼吸などの救急処置、採血や静注、婦人科や泌尿器の内診、縫合等の外科処置をトレーニングできるものなどがある。また、内視鏡下手術や中心静脈穿刺、超音波診断、血管カテーテル挿入手技などの専門性の高いトレーニングを目的としたモデルもある。

本学の医学地区にはいくつかのスキルスラボが開設されている。基本的な医療技術を習得するために学群棟や教育センターに設けているもの、専門性の高い技術を習得するために各診療科や筑波大学次世代医療研究開発・教育統合センター（CREIL²）で設けているものなどである。

学群棟のスキルスラボは、2002 年度の「臨床技能開発システム」構築のための補正予算でシミュレータ等の機材を購入し、2003 年春に学群棟の講義室を改装して開設した。しかし常駐できる管理者がいなかったために常に施錠されており、利用に制限があった。そこで、翌年 2004 年 4 月に附属病院教育センターの一角にもスキルスラボが開設された。こちらにはシミュレータをいつでも使用できるように設置しており、隣接している教育センターの職員が、ある程度管理できる環境となった。ここでようやく練習した

い時にすぐに使用出来る、スキルスラボの本来あるべき姿を整えることができた。2007 年には医学部門の各スキルスラボの全体的な連絡調整を目的として「臨床技能室検討委員会」が発足した。この委員会において医学部門全体のスキルスラボの運用規定が定められ、現在に至っている。

一般的にスキルスラボでは教員や看護師、検査技師等を専任の管理者としている場合が多い。しかし、本学の学群棟と教育センターのスキルスラボについては、開設当初より卒前卒後教育の一環として、医学教育全般についてカリキュラムの企画・実施・評価を担当する PCME の医学類実習担当技術職員 2 名が管理・保守を引き受けることになった。^[1]

2. スキルスラボの概況

2.1 学群棟のスキルスラボ

準備室と実習室とで構成されている。

準備室にはシミュレータ等の機材が収納されている（図 1）。利用ごとに必要な機材をここから出して実習室等に配置する。また、使用後のメンテナンス作業に利用している。



図 1. 学群棟スキルスラボ準備室

実習室は 30 名程度のシミュレータなどを使用する学生実習や、病院職員の講習等で利用している（図 2）。

病院職員の講習の補助は教育センターの依頼で行っている。週 1 回程度（年に 30~40 回）の病院職員 AED³ 講習の他に、レジデントの実技試験や採用試験、オリエンテーションなどで年間約 50 回の利用がある。

¹Planning and Control for Medical Education：医学教育企画評価室

²Tsukuba Critical Path Research and Education Integrated Leading Center

³Automated External Defibrillator：自動体外式除細動器



図 2. 学群棟スキルスラボ

2.2 教育センターのスキルスラボ

教育センターと連携を取りながら運営している。

部屋と鍵の管理は教育センター職員が、物品の管理は PCME 医学類実習担当技術職員が行っている。ここには基本的な 40 種類のシミュレータや機材を 1 台ずつ置いている。

個人や少人数のグループでの利用を目的としており、臨床実習・小規模の講習会・学生や病院職員の自主練習に利用されている。年間で 150 件程度の利用がある。

いつでも利用できるが、日時があらかじめ決まっている場合は教育センターで予約をする事もできる。

これらの機器のメンテナンスを効率的に行うために、利用者に利用記録簿への記入をお願いしている(図 3)。

3. 機材の管理

2 つのスキルスラボでは約 80 種、300 品以上の物品を所有している。これらの物品とその消耗品を管理している。

3.1 メンテナンス

使用した機材の洗浄、消毒、消耗品の交換、動作チェックや簡単な修理等を行っている。自分たちで修理が出来ないものについては業者に依頼し、費用が発生する場合は、担当教員と相談して請求先を決めている。そのため、すべてのシミュレータがいつでも使える状態を維持している。

教育センターのスキルスラボについては 1 日に 1 度は足を運んで利用記録簿をチェックし、必要に応じて機器のメンテナンスを行っている。

3.2 貸出

教育センターのスキルスラボの利用以外は、原則として 2 週間前までに申し込みをしてもらう。PCME 医学類実習担当技術職員室にて、物品貸出しのみの場合は借用書を、部屋も使用する場合は利用申請書を提出してもらう。電話やメール等でも申し込みを受け付けている。この場合は仮予約となり、

後日改めてこちらで作成した借用書あるいは利用申請書にサインしてもらう。

4. 運用の効率化のために

実習支援業務と両立させるため「わかりやすく」と「省力化」を心掛けている。以下に具体例を述べる。

4.1 レイアウトの工夫

学群棟のスキルスラボ(図 2)では、

- ・ 長方形の部屋を実習や講習の形態に合わせて縦方向にも横方向にも使用できるようにレイアウトを考えた。
- ・ アコーディオンカーテンで 6 つの独立した部屋として使える他、様々なアレンジが可能になった。たとえば小部屋を模擬診察室として使える他、小部屋の間に通路を設け、教員が指導しやすいアレンジにもできる。

教育センターのスキルスラボ(図 4・5)では、

- ・ 部屋の外からも設備内容が分かるように、シミュレータの種類と機能の一覧表を入口の外側に掲示した。
- ・ 室内には入口から見えやすい場所に掲示板を置き、利用案内、機材の配置図を掲示した。
- ・ 使用後に記入する記録簿はなるべく忘れずに記入してもらえよう、入口の電灯のスイッチの前に下げた。
- ・ シミュレータや機材は一見で見渡せるように配置した。使用頻度の高いものは電源さえ入れればすぐに使用できるようにし、その他の物も棚から出せばすぐに使用できるようにした。
- ・ 天井に電源コンセントを設けて、部屋の中央にもシミュレータを配置できるようにした。マニュアルは使用時にすぐに手に取る事ができるよう、それぞれのシミュレータの近くにマグネットクリップ等で留めた。

4.2 収納の効率化

機材は一目で分かるように、扉の無い棚、ガラス扉の棚を使用して、見通し良く収納した。

また、底板の無いボトムオープンタイプの棚を多く活用した。棚板を作業台の代わりにし、その下にキャスター付長机を収めて、必要な時に引き出して使えるようにした。台車やキャスター付のシミュレータもそのまま棚の下に収められるので、効率的に収納する事ができる(図 4)。

使用目的別に付属品や消耗品を揃えた一式をあらかじめ幾つか用意し、すぐに使えるように整備した。

4.3 機材の管理

機材の管理については、以下の様な文書類を作成し、効率化を図った。

- ・ 貸出物品の一覧表

一度に多量の物品を貸出すことが多いので、貸出時に貸出物品と共にその一覧表の写しを渡している。それを貸出および返却時の確認のチェック表としている。

使用日時	使用者名(代表)	所属	連絡先	使用者数
2010 年	〇〇〇〇〇〇〇〇	救急	〇〇〇〇〇〇〇〇	6
9月 3日	目的			使用した物品名
	M5 ACLS実習			ハートシムACLS、他
	使用者内訳 (人数をご記入下さい)			使用後のチェック
	教員	1	学生	5
	レジデント・医員		医学群 職員	
13:15	看護師		その他	
16:30	感想・要望 (お役に立ちましたか?)			
	挿管チューブが破損しています。			

図 3. 記録簿例

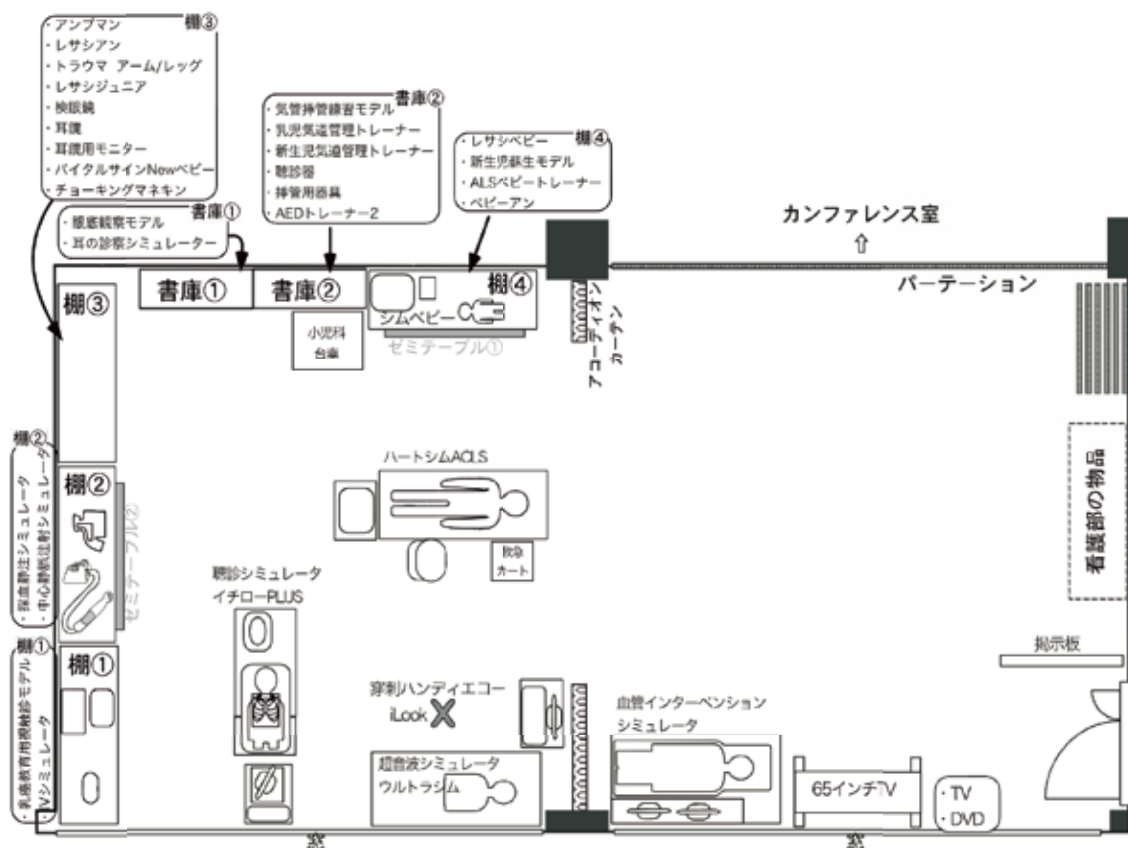


図 4. 教育センタースキルラボ見取図

・簡易マニュアル

機器の分厚いマニュアルは利用者にはあまり読んでもらえないので、簡易マニュアルを作成している。A4 用紙 2 枚くらいに抑え、分かりやすいものにしている。

・注意書き

スキルラボの利用者のために必要な案内や注意書きを作成し掲示している。機器によっては使い方次第ですぐに壊れてしまう物もあるので、使用の際に気付いてもらえるように作成している。

・記録簿 (図 3)

教育センターのスキルラボの記録簿に「感想・要望」欄を設け、記入された機器のトラブルや要望を参考にして、機材の導入や配置の見直しの際に役立っている。



図 5. 教育センターのスキルラボ

4.4 情報のデータベース化

シミュレータ等の機材の情報を整理する目的でデータベースを作成した。物品情報・予約情報・利用記録の3つのデータベースを作り、情報を管理している。これらはFileMaker Proというデータベースソフトで作成した。

4.4.1 物品情報

3. 項で挙げた物品の他に、附属病院のシミュレータの一部とそれに付随する機器も含め、約180種、500品以上の物品の情報を管理している。データベースは、これらの物品に対する問い合わせにすぐに対応できることを考慮して以下のように作成した。同一規格の物品が複数あるので、規格の情報を共有するために、規格情報（機能、付属品、消耗品、メンテナンス法）（図6）と個々の物品の情報（購入年月日、価格、購入部署、予算の出所、購入業者、貸出記録、故障記録、保管場所）（図7）をリレーションさせて管理している。

4.4.2 予約情報

借用書や利用申請書の情報を記録している。予約の記録を管理する他、借用書、利用申請書、貸出物品一覧表を作成することができる。予約の受付作業や申請書の作成を円滑に進めるために以下のような機能を持たせた。

「物品情報」データベースとリレーションさせて「物品情報」からも予約情報の確認を可能にした。予約された物品は「貸出記録」の「使用期間」の文字色を赤くなる様にし、一目で区別できる様にした（図7）。

また、学外使用申請書とその一覧表を作成できるようにした。備品を学外で使用する際に必要な学外使用申請書は、「物品情報」データベースから、申請に必要な資産番号・取得年月日・価格の情報を参照している。品数が多い際には該当する物品の一覧表を別紙として作成できる。

4.4.3 利用記録

利用ごとに目的、使用者所属、人数、場所、品名、数を記録している。

指定した条件で検索することにより、目的別の利用件数や利用者の内訳を見ることができる（図8）。

ここから月別の利用統計を取り、開室以来の年次推移を記録している（図9）。これを随時臨床技能室検討委員会にて報告している。

また、病院の会計監査の時やGP⁴の予算で購入した物品については、ある期間における利用状況の報告を早急に求められることが多く、これらの対応に役立つ。

さらに、利用数や消耗品のコストパフォーマンスの情報はシミュレータの新規購入時に参考になる。



図 6. 規格情報

⁴ Good Practice : 文部科学省が、国公私立大学を通じて、教育の質向上に向けた大学教育改革の取組を選定し、財政的なサポートや幅広い情報提供を行い、各大学などでの教育改革の取組を促進するために実施している。

スクルス物品 09		スキルラボの物品記録簿			
はじめに	項目別 絞り込み検索	規格一覧	物品一覧		
消耗品一覧	故障記録一覧	貸出記録一覧			
092M01		アンプマン No.1			
		この物品の規格情報へ ▶			
分類: 教具	更新年月日: 09.1.22				
品名: アンプマン	番号: 1				
規格: アンプ 上半身モデル C/N 102 08 017					
資産番号: 医学学部-医学専門学部					
備品番号:					
保管場所: 4A303	現状:	購入部署: 医学部			
購入価格:	購入年月日: 2003.3.12	購入経費: スクルスラボ整備について の補正予算			
貸出記録		故障記録	詳細情報		
この規格の物品: 8 ケ					
使用期間	借出者	所属	使用人数	目的	備考
1 ▶ 2010.12.10 ~ 2010.12.10		医学部 2名	12	ブライインクアプリ実地 感染症対策	
2 ▶ 2010.10.29 ~ 2010.10.29		看護科学 学生	40	AQ "急性期看護実践、口腔ケア実習"	
3 ▶ 2010.10.21 ~ 2010.10.22		看護科学 学生	40	AQ "急性期看護実践、口腔ケア実習"	
4 ▶ 2010.10.1 ~ 2010.10.1		医学部 之組	12	ブライインクアプリ実地 感染症対策のため	
5 ▶ 2010.9.17 ~ 2010.9.26		演劇科	120	A/A ACLSコース	
6 ▶ 2010.8.11 ~ 2010.8.14		演劇科	15	災害対応での職員研修	
7 ▶ 2010.8.6 ~ 2010.8.8		演劇科	100	A/A ACLSコース	
8 ▶ 2010.7.9 ~ 2010.7.11		演劇科	120	A/A ACLSコース	
9 ▶ 2010.7.2 ~ 2010.7.4		看護学部 決行班	45	新人看護士研修	
10 ▶ 2010.6.4 ~ 2010.6.6		演劇科	80	A/A ACLSコース	

図 7. 個別情報（貸出記録）

貸出記録一覧(統計用)									
借出履歴	返却履歴	返却日	借出場所	品名	数量	借出者	借出日	借入者	利用状況
1	2010.5.31 8:40~2010.5.31 11:30	学生実習・授業・試験	MARPC-CC 備忘、録音、点検	4A721	20	教員	保込録音シミュレータ シンジョー	1300	1300
2	2010.5.28 17:48~2010.5.28 20:00	学生実習・授業・試験	サークル活動(ボランティア) 4A411	10	学生(高学年)	広野計	1308	1308	
3	2010.5.26 12:30~2010.5.26 16:46	学生実習・授業・試験	MARPC-CC ~演習前夜実習	4A303	30	教員	アンプマン、他	1308	1308
4	2010.5.25 17:30~2010.5.25 18:30	職員実習・試験	西沢館長AGC講習会	4A309	9	教員	アンプマン、他	1304	1304
5	2010.5.24 8:40~2010.5.24 11:30	MARPC-CC 備忘、録音、点検	4A721	20	教員	保込録音シミュレータ シンジョー	1328	1328	
6	2010.5.19 13:30~2010.5.19 16:30	学生実習・授業・試験	MARPC-CC ~演習前夜実習	4A303	30	教員	アンプマン、他	1297	1297
7	2010.5.18 19:00~2010.5.18 20:00	職員実習・試験	レジデントレクチャー	ザム27生課室	11	教員	乳歯発生時観察モデル(観察用)	1310	1310
8	2010.5.18 16:30~2010.5.18 18:30	学生実習・授業・試験	M1 ふれあい 教員実習	4A323	25	教員	アンプマン、他	1296	1296
9	2010.5.17 8:40~2010.5.17 11:30	学生実習・授業・試験	MARPC-CC 備忘、録音、点検	4A121	20	教員	保込録音シミュレータ シンジョー	1328	1328
10	2010.5.14 19:00~2010.5.14 19:00	その他	つくばフェスティバル 市民のた つくば市役所会議室	49	教員	AEDトレーナー2	1281	1281	
11	2010.5.14 17:30~2010.5.14 19:30	職員実習・試験	消防訓練士の研修会	4A303	9	教員	AEDトレーナー2、他	1288	1288
12	2010.5.14 16:00~2010.5.14 17:30	学生実習(南院実習)	救急実習	南院スキルラボ	4	教員	Mr.Lung	1285	1285
13	2010.5.14 8:40~2010.5.14 11:00	学生実習(南院実習)	MJLM 新式生活支援システム	南院スキルラボ	7	教員	シリコフレシテターオ の活用、他	1284	1284
14	2010.5.14 8:40~2010.5.14 11:00	学生実習(南院実習)	NCPHシステム	南院スキルラボ	5	教員	シリコフレシテターオ の活用、他	1340	1340
15	2010.5.12 13:45~2010.5.12 16:30	学生実習・授業・試験	M4 避難生活支援実習 防災関係	4A411	18	教員	教員経験者プログラム、他	1277	1277
16	2010.5.12 13:45~2010.5.12 16:30	学生実習・授業・試験	M4 避難生活支援実習 消防関係	4A211	23	教員	経験者経験者シミュレータ、他	1301	1301
17	2010.5.12 13:45~2010.5.12 16:30	学生実習・授業・試験	M4 避難生活支援実習 機械系	4A211	20	教員	腕力計、他	1303	1303
18	2010.5.12 13:45~2010.5.12 16:30	学生実習・授業・試験	M4 避難生活支援実習 衛生	4A303	22	教員	イサロ・朝山氏、他	1307	1307
19	2010.5.11 9:30~2010.5.11 15:00	職員自主学習	CVR個人	南院スキルラボ	4	教員	Look 2S	1283	1283
20	2010.5.10 13:45~2010.5.10 16:30	学生実習・授業・試験	M4 避難生活支援実習 防災関係	4A411	21	教員	教員経験者プログラム、他	1276	1276

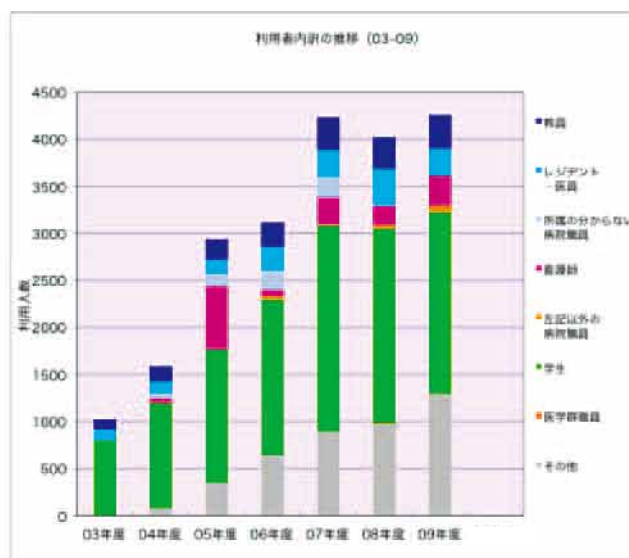


図 9. スキルラボの物品の利用年次推移

5. まとめ

筑波大学のスキルラボは、実習担当技術職員が管理・保守を担当することで、学群と病院での一体化した運用が可能となった。このことにより、それぞれの持つシミュレータを有効活用し、そのメンテナンス作業も効率的に行うことができている。

実習担当としてこれまで培ってきた実習支援・実習室管理・機器の管理のノウハウは、スキルラボの物品の管理や実習・講習の補助に十分に役立ってきた。また、スキルラボの業務で得たことは学生実習にフィードバックし、卒前卒後教育の一環としての役割の一部を果たしている。

今年で運用を開始して 8 年目になる。開設以来、利用者も徐々に増加しているのは喜ばしいが、自主学習者（個人の利用者）が少ないのが気になる。技術の習得は繰り返し練習することが大事なのもっと気軽に利用してもらえよう、考えていきたい。教育センターのスキルラボは 4 年生以下の学生にあまり知られていないようなので、診察法の実習時などにアピールしていくのも、ひとつの手段ではないかと検討中である。

謝辞

本報告にあたり、適切なご指導を賜りました人間総合科学研究科（地域医療教育学）附属病院 総合臨床教育センター 前野哲博教授に深く感謝いたします。

参考文献

- [1]阿部まゆみ, 大野薫, 枝川弥生, 大里和美, 土田聡美, 酒井由紀, 佐藤尚江, PCME における技術職員の業務とその役割Ⅱ～ 実習担当 ～, 第 5 回筑波大学技術職員技術発表会講演予稿集 (2006) 17-21.
http://www.tech.tsukuba.ac.jp/2005/report/05_Abe_Mayumi_Report_2005.pdf

医学類におけるカリキュラムアンケートの活用について

クリニカルクラークシップに関するアンケート実施支援を通して

小野瀬 恵里子^{a)}、廣瀬 美鈴^{b)}、菅江 則子^{a)}

^{a)} 筑波大学医学系技術室（医学教育企画評価室（PCME）：カリキュラム担当）

^{b)} 筑波大学医学系支援室（医学教育企画評価室（PCME）：カリキュラム担当）

〒305-8575 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

医学類では、カリキュラムなどの学業に関して学生の意見・要望を知り、カリキュラム改善、医学教育研究などに活用することを目的として、毎年、各学年末・卒業時にカリキュラムアンケートを実施している。我々は、カリキュラムアンケートの実施、集計、まとめと教員へのアンケートの結果報告（フィードバック）などを担当しているが、アンケート結果を有効に活用するための我々の役割と気付かされたことについて、クリニカルクラークシップアンケートを中心に報告する。

キーワード：カリキュラムアンケート、クリニカルクラークシップ（CC）、フィードバック、学生の意見・要望

1. はじめに

医学類では、平成 16 年度入学生から新カリキュラムに移行し、平成 21 年度 3 月に初めての卒業生を社会に送り出した。在学生のカリキュラム満足度を高く保つことは学業へのより高い興味やモチベーションの向上には欠かせないと考えられ、優秀な卒業生を社会に送り出すことにつながる。しかし現状は、種々の問題点も散在し、持続的なカリキュラム改善が必要である。医学類ではカリキュラムに対する学生による評価を把握し、カリキュラム改善に活用することを目的としてカリキュラムアンケートを実施しており、医学教育企画評価室（PCME 室）技術職員がその支援を担当している。今回、カリキュラムアンケートに着目し、特にクリニカルクラークシップ（後述）に関するアンケートを中心にその実施状況と我々の役割について述べる。

2. 医学教育企画評価室(PCME)

我々の職場である医学教育企画評価室 PCME(Planning and Coordination for Medical Education)は、医学群長を室長とし、専任教員 2 名、兼任教員 11 名、技術職員 18 名（カリキュラム担当 7 名、実習担当 11 名）で組織されており、医学教育支援を担当している。特に医学類のカリキュラムの立案、作成、実施を主に支援している技術職員は 5 名である。PCME 組織図を図 1 に示す。PCME の業務と役割については、森田らが第 5 回筑波大学技術職員技術発表会において報告した^[1]。

PCME室の組織図

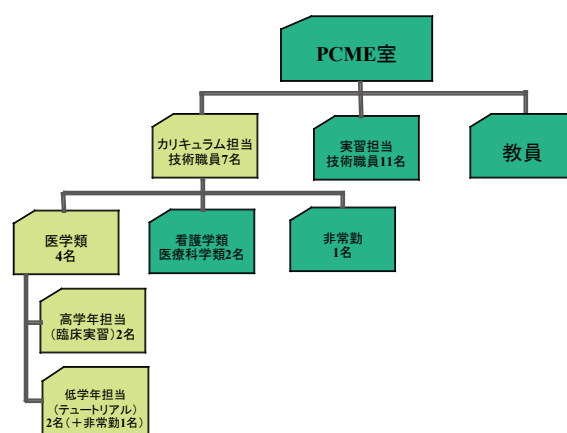


図 1. PCME 室の組織図

3. 医学類のカリキュラムアンケート

平成 16 年度医学類入学生（第 31 回生）から導入された新カリキュラムは①「知識伝達型講義の大幅削減と問題基盤型テュートリアル（全学的導入）」②「クリニカルクラークシップ（本格的な参加型臨床実習）」③「信頼される医療人としての必要な知識・技能・態度を 1 年次から 5 年次まで継続して学習する医療概論」を 3 本柱とするものである（図 2 参照）。

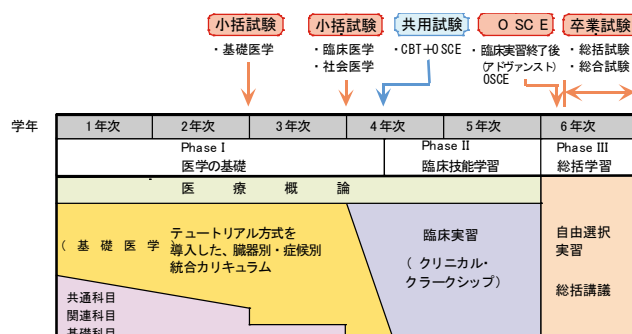


図 2. 医学類新カリキュラム図

医学類ではカリキュラムに対する学生による評価を把握し、カリキュラム改善に活用することを目的として、学類独自のカリキュラムアンケートを学年毎に年度末を中心に実施している。1年生から3年生の年度末に、「年度末カリキュラムアンケート」を、4年生には臨床実習開始前のカリキュラムが終了する時期に「臨床実習前カリキュラムアンケート」を実施している。5年生にはクリニカルクラークシップ終了直後のM6ガイダンス時に「CCカリキュラムアンケート」、6年生には卒業間近の2月初旬に「卒業時アンケート」を実施している。アンケート実施の時期と回収率を表1に示す。

表1. 平成21年度カリキュラムアンケート実施時期

学年	カリキュラムアンケート	実施時期(機会)	回収率
M1	学年末	3学期 期末試験受験後	94.4%
M2	学年末	3学期 期末試験受験後	91.2%
M3	学年末	3学期 期末試験受験後	92.5%
M4	臨床実習前	6月末 共用試験受験後	100%
M5	クリニカルクラークシップ(CC)	M6の4月 M6ガイダンス	100%
M6	卒業時	M6の2月 医師国家試験受験票受領時	100%

また、低学年ではコース毎に授業アンケートを実施している。

4. クリニカルクラークシップカリキュラムアンケート

4.1 クリニカルクラークシップ (CC)

クリニカルクラークシップ(以下CCと記載する)は、学生が指導医や研修医で構成される診療チームに加わり、見学のみでなく、診療チームの一員として診療業務を分担しながら臨床能力や知識を身につける臨床実習方式のことである。臨床能力や知識の中には、単なる医学知識や医療手技のみばかりではなく、医師としての態度や価値観も含まれる。医師の病院での外来診察に同席し問診を実践し、診察の補助業務を体験したり、入院患者様の回診へ参加、治療方針の説明の同席、診療録の記載などを行う。外科領域では手術にも参加する。

4.2 CC カリキュラムについて

新カリキュラムでは4年生の8月末から6年生の4月下旬までおよそ20ヶ月の期間で、正味72週間の診療参加型のCCを実施する。実習先である筑波大学附属病院内の診療科は、病棟があるフロアを中心に4～5診療科で1ユニットとなり、すべての診療科が7つのユニットに分けられている。学生は7グループに分けられ、CC1から7という8週間単位の期間で、1つのフロアユニットでの実習をグループ毎にローテーションし、56週間で全診療科(33診療科)の実習を行う。5年生の後半以降はA～Dの4コースに分かれて選択CC、地域CCというプログラムを実習する。選択CCは将来進みたい診療科や再

度実習したい診療科を2診療科選択し4週間ずつ実習する。地域CCは地域医療の特色や現状を学ぶため、県内の教育協力病院で6週間、診療所で1週間、医師不足地域(神栖市)において1週間の計8週間実習する。

学年	月日	期間	CC			
M4	2009/8/31 ～ 2009/10/23	8W	CC1			
	2009/10/26 ～ 2009/12/18	8W	CC2			
	2009/12/21 ～ 2010/1/3	2W	冬休み			
	2010/1/4 ～ 2010/2/26	8W	CC3			
	2010/3/1 ～ 2010/4/23	8W	CC4			
	2010/4/26 ～ 2010/6/18	8W	CC5			
M5	2010/6/21 ～ 2010/8/27	8W ＋ 夏休み2W	CC6			
			A	B	C	D
	2010/8/30 ～ 2010/10/22	I 期 8W	CC7	社会医学2W	地域CC	選択CC1
		休み6W		選択CC2		
	2010/10/25 ～ 2010/12/17	Ⅱ 期 8W	選択CC1	CC7	社会医学2W	地域CC
		選択CC2	休み6W			
			12/20,21 M5学年末総合試験 ＋冬休み			
	2011/1/4 ～ 2/25	Ⅲ 期 8W	地域CC	選択CC1	CC7	社会医学2W
				選択CC2		休み6W
	2011/2/28 ～ 2011/4/22	Ⅳ 期 8W	社会医学2W	地域CC	選択CC1	CC7
		休み6W	選択CC2			
M6	4月下旬		選択CC発表会、M6ガイダンス			

図3. 33回生CCカリキュラム図

図3に33回生の4年生から6年生の4月下旬までのCCカリキュラムを示す。また、CC以外に臨床病理検討会(CPC)、5年次においては医学知識を問う学年末総合試験が別途行われている。

4.3 CC アンケートの内容

アンケートの質問内容は、実習期間、CC方式の実践度、より充実した臨床実習とするために必要なこと、CCで学べたと感じていること、学び足りないと感じていること、各診療グループの指導体制・内容、教育協力病院・診療所の指導体制・内容の評価および「学年末総合試験」、「臨床病理検討会(CPC)」、各学年カリキュラムアンケートでの共通の設問であるBest Teacher(学生がCCにおけるBest Teacherを各自1～2名投票する)についての質問などで構成されている。回答には学籍番号と氏名の記述を求め、責任ある建設的な意見や要望からなる回答を期待している。

4.4 CC アンケートの実施

アンケートはすべての CC 終了直後、新 6 年生全員が参加する M6 ガイダンスを利用して実施する。ガイダンスを開催する学生支援の担当職員と連携してアンケートの実施と回収を行う。受付時にガイダンス資料と共にアンケート用紙を配布し、また、回答時間も予めガイダンスのプログラムの中に設定してある。

4.5 CC アンケートの結果の例

平成 21 年度の M5 学生（32 回生）に実施した CC アンケート結果の一部を紹介する。CC を終えてプレゼンテーション、コミュニケーション、医学的な知識・理解等の項目についてよく学ぶことが出来たかどうかを「強く感じた」から「全く感じなかった」まで 5 段階で回答してもらったところ、プレゼンテーションについておよそ 90%以上の学生が学べたと答え、一方、倫理面・社会的問題の理解は 60%に留まることがわかった。（図 4 参照）

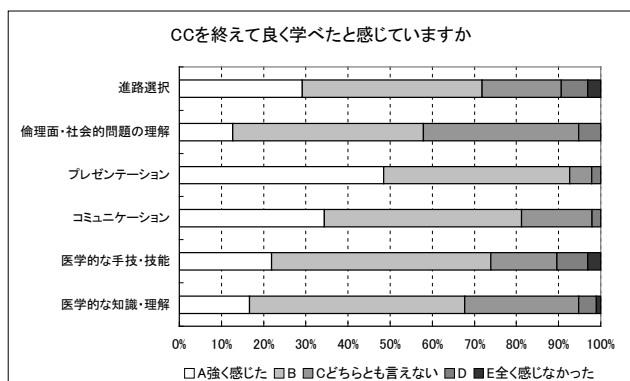


図 4. CC 実習においてよく学べたと感じていること

また、大学附属病院 33 診療科毎の指導体制・内容を「非常に良い」から「悪い」まで 5 段階で評価してもらった診療科別評価の平均得点を図 5 に示す。学生の評価が最も高い診療科は平均得点が 4.15 点、最も低い診療科の平均得点が 2.85 点であった。

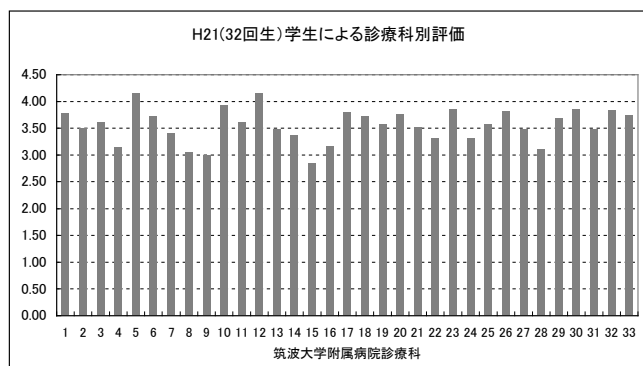


図 5. 診療科別評価

表 2 に「診療科の指導体制・内容の評価のコメント例」と「CC における Best Teacher へのコメント例」を示す。学生が高く評価する指導体制・内容やもっ

と学びたかったこと、尊敬する・憧れる医師像などが率直に表現されている。

表 2. CC カリキュラムアンケートのコメント例

診療科の指導体制・内容の評価のコメント例

学生の指導に多くの時間を割いて下さった。
自分の問診中の姿をビデオで見るのはとても良い経験でした。
外来実習でいろいろとフィードバックしていただけたのは良かったです。
処置のお手伝いをたくさんさせて頂いて良かったです。
もう少し、治療デザインをする過程を見たかった。
術後管理などをもっと学びたかった。

CC における Best Teacher へのコメント例

患者さん第一の医療に感心しました。
仕事に臨む姿勢等、将来のロールモデルとなる先生でした。
学生の面倒を快く見て下さり、多くのレクチャーをして下さった。
学生に教えようとする意気込みが深く伝わってくる。
先生のように生き生きと仕事をする医者になりたいと心から思わせてくれた。

4.6 CC アンケート結果の会議への報告

1) 医学群・学類運営委員会

医学類の全カリキュラムについて統括する「医学群・学類運営委員会」において、全結果を報告している。臨床医学系の教員のみならず、基礎医学・社会医学教員からも有意義な意見が出される。

2) PCME 会議

PCME 会議は医学群を構成する、医学類、医療科学類、看護学類の 3 学類の教員 13 名で構成されており、3 学類全体のカリキュラムの計画・実施などについて互いに協力・共有化を図ることを目的として月に 1 回開催されている。この PCME 会議において全結果を報告し、他学類からの意見も取り入れることが出来る。

3) 地域 CC 病院連絡会議

地域 CC で指導をいただく学外施設である教育協力病院 13 施設や診療所 6 施設の連絡責任者と筑波大学の医学群長・学類長を初めとした関係教員が 1 年に 1 度、実習の方針や問題点を協議する「地域 CC 病院連絡会議」においては、地域 CC・各施設の評価に関連する結果を施設ごとに資料としてフィードバックしている。

4) フロアユニットディレクター会議

筑波大学附属病院各診療科の実習責任教員（フロアユニットディレクター）で構成される「フロアユニットディレクター会議」を年間 4 回開催している。この会議は CC 実習の連絡会議の役割のみならず、問題点、改善点を出し合い、協議する場でもある。例年、CC 実習の改善に活用できるように、アンケート結果を「フロアユニットディレクター会議」向けの資料に構成し直して資料として提示している。その構成は、実習期間、CC 方式の実践、より充実した臨床実習とするために必要なこと、CC で学べたと感じていること、学び足りないと感じていることなど CC 全体に関する評価に加えて、各診療科の

診療体制・内容へのコメントの中から、学生からの評価が高く、工夫を凝らされていると考えられた内容や、評価が低い指導医の行動・態度や指導体制の具体的な例をピックアップして提示している。

4.7 指導医へのフィードバック

1) 筑波大学附属病院診療科

アンケート結果を筑波大学附属病院内の各診療科で活用していただくことを目的に、診療科長宛にアンケート結果をフィードバックしている。フィードバックする内容は、各診療科の指導体制・内容の評価とそれぞれの診療科へのコメント、診療科内で Best Teacher に名前が挙がった教員・研修医とコメントで構成されている。

2) 地域 CC 協力病院・診療所

学外の協力病院の指導体制・内容に対する学生評価、当該施設に対するコメントをフィードバックしている。また、Best Teacher に名前が挙がった教員・研修医も附属病院内の診療科と同等にフィードバックしている。

5. アンケートに関する PCME 技術職員の業務内容

5.1 アンケート作成支援

毎年アンケート内容については見直しを実施しており、経年変化、学年変化を把握するため継続して質問することを原則とし、カリキュラムに変更があった内容については評価のために設問を追加している。アンケート内容は PCME 会議にて検討され原案が作成される。CC は 4 年生と 5 年生の 2 学年に渡って実施されているカリキュラムなので、各学年カリキュラムの責任者である 4・5 年生の総コーディネーターの先生方の意見を取り入れた上で、最終的に医学類の責任者である医学類長の確認を受けて作成・印刷する。技術職員は、PCME 会議資料の作成、関係教員への連絡、アンケート用紙の修正、印刷等を担当している。

5.2 アンケートの実施・回収・集計

技術職員はアンケート実施時のアンケート用紙・マークシート用紙の配布、回収支援を担当する。アンケート回収後、コメント入力、マークシートの読み込み、集計を行い、グラフ化できる設問はグラフ化する。経年的変化、学年別変化などが比較可能となるようまとめを作成する。また、学生から寄せられた膨大なコメントについて、カテゴリ別に見出しをつけ、問題点や学生の要望・意見を把握しやすいようまとめを作成する。PCME 室教員、M4,5 総コーディネーター、医学類長の確認を受け、報告書を作成する。

5.3 アンケートの報告・フィードバック

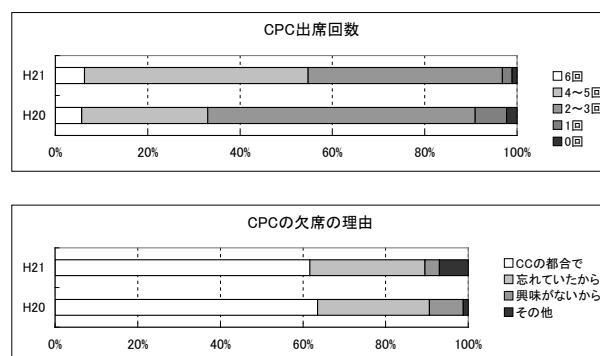
「医学群・学類運営委員会」、「PCME 会議」、「地域 CC 病院連絡会議」など各種会議において、関係教

員の指示のもと、目的に応じて会議資料を作成する。

また、会議での報告後、指導医へのフィードバック資料の作成および送付を担当している。各診療科には診療科長宛に、実習協力施設へは連絡責任者宛に資料を送付している。

6. アンケート結果（学生の意見・要望）を活用した改善例

CC 実習中の学生は、年 6 回、6 時限目に実施される CPC（臨床病理検討会）に出席することが必修となっているが、平成 20、21 年のアンケート結果から、CPC の欠席率が高く、欠席理由の 90%が「CC 実習の都合」と「CPC 開催日を忘れてしまうこと」である



ることが示された（図 6 参照）。

図 6. CPC 出席回数と欠席の理由

CC 実習中に「CPC に参加する」ということを指導医に話しにくかったり、実習を抜け出しにくい、また CPC 開催日を忘れてしまう状況がアンケート結果から推測された。そこで改善案が PCME 会議において協議され、3 つの方策が実施されることになった。まず 1 点目は、CPC の開始時間を遅らせ、16 時 45 分開始を 18 時開始に変更することとした。2 点目は、CPC 実施の数日前に、筑波大学附属病院の全診療科長、フロアユニットディレクターに対して、CPC が開催される日時を知らせるとともに、学生が CPC に出席するために実習を早めに終了するよう依頼する文書を届けることにした。これにより、各診療科の実習を CPC 開始に間に合うよう終了するといった配慮が可能になるとともに、指導医に学生が実習をさぼっているわけではないことを伝える役割もあると考えられた。3 点目は学生からの具体的な要望であったが、CPC 開催日時を記載したポスターを学生の目に最も留まりやすい学生控え室のドアに掲示することにした。この結果、平成 22 年度の第 3 回 CPC において、M4 学生 106 名中 104 名の出席が確認されている。今後、出席率の追跡が必要だが、これらの改善により CPC 出席率の向上が示唆された。

7. 考察

カリキュラムアンケートの結果はカリキュラム関係の会議の重要な資料のひとつとなっている。限られた時間の中で会議の出席者が有意義な議論ができるように、膨大なアンケート結果を効果的に、かつ短時間で見渡せるように効率的にまとめた資料を作

成する必要がある。それに加えて、技術職員として資料作りを担当したからこそ気付いた事柄を効果的に報告する必要がある。そのために、ただ単にデータを示すだけでなく、教員のニーズに合わせ、経年変化・普遍性を分かりやすく工夫する必要がある。また、多くの学生から出されている意見や少数意見でも毎年くり返し出されるコメントは的確な意見・要望である可能性も高く、会議の出席者が把握しやすいようにまとめ、提示していくことでカリキュラムの改善に繋がる可能性が出てくる。

現状の問題点の解決法を検討する際に、学生の意見・要望を活かすことのできる体制を支援するのは我々の重要な業務のひとつである。このようなアンケートデータのとりまとめ、フィードバックでは、CC 実習を改善し、結果的には医学類のカリキュラムの改善につながることを意識して資料作成を心がけていく必要がある。

また、臨床教育は附属病院の教員のみならず、多くの医療スタッフ、関連病院の協力があってはじめて成り立つものである。アンケートのフィードバックは、ボランティアで臨床教育に協力してくださっている方々へのお礼の意味を兼ねる側面も持っている。ある教育協力病院の指導医から「学生からコメントが全く届かないのはさびしいものです。悪口でも書いてもらった方が有り難い。」というご意見をいただいたことがある。指導医に対しての礼儀としても学生たちにカリキュラムアンケートを真摯な気持ちで書くことの意義を伝え、真剣に取り組む態度を育てることが大切であり、その支援を行うことが重要であると考えられる。

今回、カリキュラムアンケートがカリキュラム改善に活かされた例として CPC の出席率が向上したケースを示したが、学生からの意見が取り入れられカリキュラム改善に活かされることを学生自身が実感できないと、学生のアンケートに対するモチベーションを下げってしまう一因に繋がる可能性もあると考えられる。長期的な視点で客観的な資料を提示し、改善を支援する資料作りをすることも我々の大切な業務ではないかと感じている。

カリキュラムアンケートは毎年同様の質問を繰り返し問いかけ、同様な集計をするマンネリ化し易い作業だが、時代・世相とともに移り変わる学生気質も我々がアンケート業務を継続的に担当するからこそ気付くことが出来るものがあると考えられる。学生気質の変遷にも気を配り、より効果的な教育実践を支援していきたいと考える。

例年、CC カリキュラムアンケート回収率は 90% 以上を保っているが、全員が出席するガイダンスを利用するなど実施方法の工夫と教員や教務・学生支援担当職員との連携・協力の賜物と考えている。全学生の意見を反映しカリキュラム改善に活用するために、今後も、教務・学生支援担当職員との連携・協力体制を継続していくことが重要であると考えられる。

参考文献

- [1] 森田（阿部）倫子，菅江則子，小野瀬恵里子，嶋村玲子，PCME における技術職員の業務とその役割 I～カリキュラム担当～，第 5 回筑波大学技術職員技術発表会報告集（2006）12-16.
<http://www.tech.tsukuba.ac.jp/2005/report/index.html/04>
Morita Rinko Report 2005.pdf

Use of curriculum surveys of students in the School of Medicine Support for surveys on clinical clerkships

Eriko Onose^{a)}, Misuzu Hirose^{b)}, Noriko Sugae^{a)}

^{a)}Institute of Medical Science, Technical Service Office for Medical Science, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8575 Japan

^{b)}Academic Service Office for Medical Sciences, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8575 Japan

The School of Medicine ascertains student opinions and needs with regard to academics like the curriculum. In order to make curriculum improvements and reflect those improvements in medical education, a curriculum survey is conducted annually at the end of the academic year and upon graduation. We are responsible for conducting curriculum surveys, tabulating and summarizing survey results, and presenting those results to instructors (providing feedback). Reminded of our role in facilitating the effective use of survey results, we have focused on a clinical clerkship survey and its results.

Keywords: curriculum survey, clinical clerkships (CCs), feedback, student opinions and needs

医学群 3 学類合同演習の支援について

森本 喜代子、嶋村 玲子、郷田 規久子

筑波大学医学系技術室（医学教育企画評価室（PCME）：カリキュラム担当）

〒305-8575 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

筑波大学医学群では、チーム医療・専門職連携の重要性を学ぶ事を目的に、医学類 3 年生・看護学類 4 年生・医療科学類 4 年生を対象に、ケア・コロキウム（チームワーク演習）という演習（必修）を行っている。3 学類混成の 7～8 名の小グループで、患者や家族のサポートに関わるシナリオをもとに、ケースの問題点、解決策等について討論し、全体発表を行うものである。

この演習実施のための技術職員の支援業務を、2009 年度を事例に報告する。

キーワード：小グループ討論、医療専門職連携

1. はじめに

近年高齢化に伴う慢性疾患罹患者の増加を背景に、医療へのニーズが変化してきた。生活面・精神面の支援を必要とする患者が増加することにより、医療者に対して、病変部の治療だけでなく、患者の問題を多角的に捉え、心理社会的な背景を考慮したケアの提供が求められるようになった。

そのため、複数の医療専門職が緊密に連携し、患者を多様な視点で捉えた医療を展開できる医療者育成の必要が生じてきた。

医師・看護師・臨床検査技師を養成する医学群では、このような医療者育成を目指し、2006 年より「ケア・コロキウム（チームワーク演習）」を行っており、2010 年で 5 回目となる。

PCME（医学教育企画評価室）に所属する技術職員は、ケア・コロキウム実施のための様々な準備を、「コーディネーター」の指導のもと、行っている。そこで PCME 技術職員の教育支援について、2009 年度実施例を中心に報告する。

2. ケア・コロキウムの概要

2.1 目的

異なる専攻の学生同士が、互いの専門性や視点の相違に対する理解を深め、コミュニケーション力、パートナーシップを育成することを目的とする。

2.2 対象学生と担当教職員

【履修者】学生 237 名（医学類 105 名 看護学類 88 名 医療科学類 44 名）

【コーディネーター】科目の教育方針を決定し、実施内容を企画する。教員 5 名（医学類 3 名 看護学類 1 名 医療科学類 1 名）

【シナリオ作成者】「シナリオ」と、チューターに学生への助言・配布案内をする「チューターガイド」を作成する。「質問タイム」で学生の質問に回答し、発表会で総括講義を行う。教員 8 名（看護学類 7 名 医療科学類 1 名）

【チューター】2 回のコアタイムで、専攻の異なる学生同士が多様な視点から活発に討論できるようファシリテート（助言）する。教員 35 名（医学類 5 名 看護学類 21 名 医療科学類 9 名）

【支援職員】事前事後を含む演習実施のための準備を行う。技術職員 PCME カリキュラム担当 3 名

PCME：医学群における医学教育全般について、プログラムの企画・実施・評価等を担当する部署である。教員 13 名（専任 2 名）技術職員 18 名（カリキュラム担当 7 名 実習担当 11 名）で構成される。

表1. 2009年度ケア・コロキウム時間割

		12月1日	12月2日	12月3日	12月4日	12月7日
		火	水	木	金	月
1	8:40 ～ 9:55			グループ学習	全体発表会 総括	
2	10:10 ～ 11:25			質問タイム		
3	12:15 ～ 13:30	オリエンテーション	質問タイム	グループ学習		
4	13:45 ～ 15:00	アイスブレイク	グループ学習	グループ学習		
5	15:15 ～ 16:30	コアタイム1 ～16:45 90分間	コアタイム2 ～16:45 90分間	グループ学習		
6	16:45 ～ 18:00	自己学習	自己学習	グループ学習	まとめのワーク	レポート作成

2.3 時間割

本演習はグループ学習を中心に構成される1週間のプログラムである。最終日前日に、グループ学習や自己学習したことをまとめ、班の代表者が発表する。最終日に、各履修者はレポートを作成し提出するというスケジュールである。(表1)

2.4 履修内容

以下に履修内容について示す。

＜オリエンテーション＞演習の目的、スケジュール、討論の仕方、評価等についてコーディネーターが説明する。(図1)



図1. オリエンテーション 2010年度

＜アイスブレイク＞学生は、一班7～8名(医学類2～3名、看護学類2～3名、医療科学類1～2名)、から構成される、計32の班に分かれ、それぞれの班において自己紹介をし、チーム名や目標を決め、模造紙にまとめる。

＜コアタイム＞各班に「チューター」が同席し、学生同士シナリオのケースについて、各専門職や患者の立場から討論を行う。

＜グループ学習＞学生のみでケースに関する検討を行う。(図2)



図2. グループ学習 2007年度

＜質問タイム＞「シナリオ作成者」が、自作のシナリオを使用する班を巡回し、学生からの質問に回答する。学生はシナリオを検討する際に、必要な「ケースに関する情報」を質問項目としてまとめた上で質問タイムに臨む。

＜全体発表会＞32班が2会場に分かれて行う。発表8分(発表前に、初回班は3分でシナリオ事例の紹介をし、DVD使用初回班はさらに3分DVD視聴時間をとる)、質問5分、総括講義10分の順でシナリオ(班)ごとに進行する。

＜まとめのワーク＞発表会后、各班で集まり、チームワークをよくするためにはどうすればいいのかについて話し合う。班ごとに「素晴らしいチームワークへの提案」と題してまとめる。

＜レポート作成＞学生全員が討論したことや自己学習したことをまとめ、2ページ程のレポートを作成する。

2.5 シナリオと教材シート

シナリオ作成者が作成する「シナリオ」および、コーディネーターが企画する「教材シート」について記す。以下は2009年に使用した8種のシナリオの表題と、その1つの冒頭部等である。

- ・乳がんの初発症例
- ・初発の統合失調症患者とその家族(発症～入院)(DVDあり)
- ・脳出血患者における生命の危機状態から慢性期のケア
- ・胃がん末期患者の在宅での看取りに関する事例(DVDあり)
- ・慢性疼痛を訴える長期療養高齢者の療養生活と家族介護者の生活の支援
- ・在宅療法を開始した脳梗塞後遺症の67歳女性と介護を担う79歳の夫
- ・白血病初発時11歳児とその両親
- ・子どもが欲しいと願う夫婦の不妊治療の終止をめぐる意思決定支援

「白血病初発時11歳児とその両親」のシナリオ例

白血病を発症した11歳の佑ちゃん、女兒。明るく素直な性格。会社員の父親とパート勤務の母親、弟(5歳)の4人家族。2週間ほど前より風邪症状が続き、近医を受診したが改善せず、血液検査の結果白血病を疑われ当院を紹介された。母親とともに外来を受診し、外来にて骨髄検査を行った結果、急性リンパ性白血病の疑いで、入院となった。

・・・(中略)・・・

入院して2か月ほど経過した頃から佑ちゃんは母親に対して「どうして佑だけこんな病気にならないといけないの?早くみんなと同じ学校に行きたい。薬も飲んでいるし、痛い検査も頑張っている。それなのに熱が出たり、気持ちが悪かったり、入院した頃よりも調子が悪い。髪の毛だって抜けてきて嫌なことばかり。血液に悪い菌が入ったって言っていたけど、私の病気はいったい何なの?」と苛立つ様子が見られはじめた。

チューターは、このように具体的な患者のシナリオを学生に配布する。学生は、その人がその人らしい生活を送るために、現場の様々な職種がどのように情報を共有し役割を担い、連携する必要があるかを討論する。また学生がコアタイムやグループ学習で討論し、学んだ内容を明確にできるよう、チュー

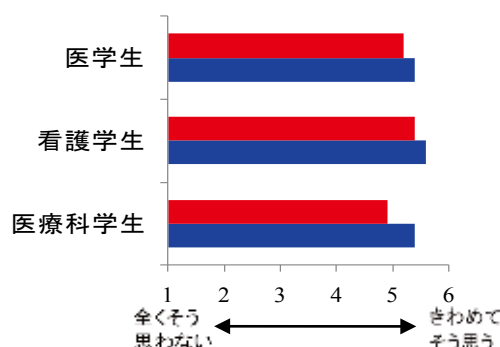
ターは案内書に沿ってシート類（振り返りシート、コアタイム提出シート、グループ討論報告用紙）を学生に配布する。学生はそれらに記録をし、チューターからコメントや署名をもらい、その後シナリオ作成者へ提出する。

2.6 演習の効果（学生へのアンケート結果）

以下に専門職種の自己認識や連携に関する事前事後アンケートの集計結果の一部を示す。（図3）

《チームに対する考え》

チームメンバーのディスカッションにより、患者にとってよりよい方針を立てることができる



《連携・協同の理解》

多くの職種同士が連携することは、それぞれの職種の援助をよくすることにつながる

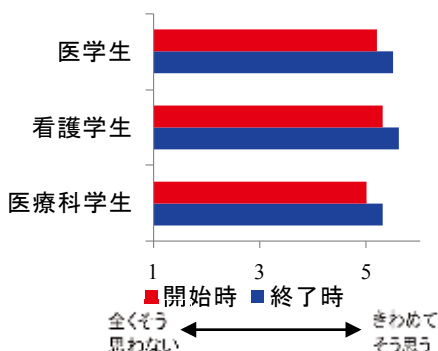


図3. 2008 年度事前事後アンケート結果

開始時と終了時を比較すると、ディスカッションや、異職種同士が連携することにより、より良い職務が遂行できるとの認識が高まったことがわかる。

発表会時に配布した「学生によるコース評価」のアンケートのコメントを、一部以下に紹介する。概ね目的を達成する内容であった。

- ・答えがなく、患者さんの細かな感情が読み取れるシナリオで、考えることが多かった。いろんな立場（患者を含む）から問題がみられてよかったと思う。（医学類生）
- ・臨床検査技師との関わりが薄めの内容。倫理的な話し合いになった。（看護学類生）
- ・検査技師も心理的援助に関わる可能性があることを知ることができた。実際の現場に出たときにあり得るシナリオでとても勉強になった。（医療科学類生）

3. PCME 技術職員の支援

3.1 支援内容

PCME カリキュラム担当の年間スケジュールを表2（最後尾）に示す。教育方針の決定から報告会の開催まで、年間を通してシナリオ作成者・チューター担当依頼やシナリオ・チューターガイド作成に伴う連絡、調整、会場・資料準備、演習案内等の一覧表の作成・印刷を行っている。

すなわち3学類にわたる50名の教員が、「コーディネーター」「シナリオ作成者」「チューター」の役割を分担しているため、その配置・研修・連絡会等の実施のための依頼や時間調整、多種の資料印刷、案内表の作成・印刷、変更連絡等の、調整・通知作業が数多く存在する。

また3学類合同で行う本演習は、約290名の学生・教員が関わる大規模な演習である。1会場のみならず、班ごとの32ヶ所のゼミ室、2会場に分かれる等、複数の形態で実施し、多種の案内書類・資料・教材を使用する。そのため班（シナリオ別）ごとのコアタイムの進行に合わせた正確なシナリオ配布等、配布書類の準備は、複雑で膨大な作業となる。またシナリオの一部は映像シナリオ（DVD）であるため、その撮影・編集・コアタイム時の視聴トラブルへの対応等のサポート体制も必要となる。これらの対応に関して、PCME カリキュラム担当技術職員は、大きな役割を果たしている。

3.2 考察

これまで本演習支援に際し、内容の途中変更によって生じた案内書作成ミス、座席表作成ミス等があったが、PCME の技術職員が迅速に対応し事無きを得た。これらは1つの変更が他の事項に波及するという認識欠落等の不注意による、未確認が原因であった。運営上の膨大な確認事項を見落とさないよう、また学生・教員に、より理解しやすい案内をするため、さらに細心の注意を心掛け、文書・表作成のスキルアップを図りたい。同時に、成功・失敗例や、作業の進行状況等様々な情報を、PCME カリキュラム担当技術職員全体で共有し連携できるよう、十分な提示をするよう努めようと思う。

4. 今後に向けて

本報告では、主に2009年度実施例を提示したが、2010年度は、東京理科大学薬学部5年次の学生74名・教員9名が参入し、計338名36班で実施した。学外複数ヶ所への連絡、外来者のための道案内など、さらに多様な配慮を要する複雑な作業となった。2012年度は、東京理科大学薬学部の学生数が、30数名増加予定で、学生・教員の合計は概ね370名となる。また、医学類入学者数も、今後数人ずつ増加予定である。このように今後演習の規模は、益々拡大していく。これに伴い必要教室数、担当教員数、学外との連絡、途上や直前の変更事項への対応件数も増加していくことが予想される。

そのため、より広い講義室やゼミ室の確保など、施設面の充実がさらに望まれる。同時に、支援業務

に際し、より一層の工夫と PCME 技術職員同士の情報共有、協力体制が重要となってくる。

謝辞

本報告の作成およびケア・コロキウムへの支援にあたり、前野貴美講師、PCME カリキュラム担当技術職員より、指導と助言、多大な実務支援をいただいた。心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 筑波大学医学群 チーム医療実践力育成プログラム
<http://www.md.tsukuba.ac.jp/tokushokugp/index.html>
- [2] 前野貴美 チーム医療実践力育成プログラム ケアコロキウム（チームワーク演習）— 素晴らしいチームワークへの提案 — 平成 19 年度「特色ある大学教育支援プログラム」採択プログラム 筑波大学医学群 編（2010）11. 49-51.

表2. 2009年度PCMEカリキュラム担当 年間スケジュール

日 程	スケジュール	PCME カリキュラム担当技術職員業務
5月	コーディネーター打合わせ	日程調整、打ち合わせ資料準備、議事録作成
6月		ゼミ室予約、シナリオ作成者、チューター依頼文書送付、調整連絡
7月15日	シナリオ検討会	日程調整、会場設営、シナリオ・チューターガイド印刷
9～10月	映像シナリオ撮影	日程調整、機材準備、撮影、編集、11月中旬医学情報基盤室に視聴予備として動画アップロード依頼
11月10, 11日	初任チューター説明会	資料印刷、会場設営、視聴機材準備
		学類ごとの掲示板に時間割・班番号入り名簿・集合時間と場所案内を掲示する。
11月17, 18日	チューター連絡会	日程調整、要項、シナリオ、チューターガイド、チューター案内資料、見本のシート類の印刷
11月下旬		要項・シナリオ・事前事後アンケート・振り返りシート・シナリオ集（発表会用）を印刷する、オリエンテーション配布資料（要項・事前アンケート・振り返りシート・模造紙・マジック）を班毎に組む、コアタイム1の資料（シナリオ・コアタイム提出シート・グループ討論報告用紙・配布案内書・学生評価シート・全学生の写真一覧表・一部の班にDVDや学生欠席等の連絡事項メモ）をフラットファイルへ入れる、臨床講義室のマイク・プロジェクターの動作確認、教員へチューター研修・コアタイム・質問タイム・発表会総括日程のリマインドメール配信 教務にコアタイム（チューター）用のフラットファイル・封筒の配布依頼をする。
12月1日 AM	チューター研修 (FD)	会場設営（資料印刷・座席案内・プロジェクター等準備）、受付、未到着受講者へ電話連絡、修了証書作成・配布
12月1日 3限	オリエンテーション	オリエンテーション会場設営（班ごとに資料類配布、座席表掲示、視聴機材準備）、ゼミ室案内図を作成し各学類掲示板に掲示、写真撮影
		マジック回収箱を教務に設置・回収、会場復旧作業、コアタイム2用資料封筒に、シナリオ・コアタイム提出シート・学生発表ファイル提出用にUSBを入れる、教員・学生からの提出物等の問い合わせに対応する。
12月1日 4,5限	アイスブレイク コアタイム1	写真撮影、コアタイム1用のフラットファイルを教務へ配布依頼する。
12月2日 5限	コアタイム2	事前にコアタイム2用の封筒を教務へ配布依頼する。
		学生によるコース評価・レポート表紙を印刷する、発表会配布資料（シナリオ集・事後アンケート・学生によるコース評価・レポート表紙）を組む、学生の中から司会・タイムキーパー（時間管理者）を各学類から計16名指名し担当時間ごとの一覧表を作成する、発表会用ファイル入りUSB回収掲示、司会者席物品（タイマー・卓上チャイム・発表会進行表・質問者指名用名簿）の準備、発表会2会場用のノートパソコン2台に回収した発表ファイルをコピーする。
12月4日	発表会 まとめのワーク	発表会会場設営（班ごとの資料やUSB配布、座席表・司会者一覧表掲示、司会席設置）、発表ファイル視聴のためのプロジェクター等動作確認、写真撮影、まとめのワークの電子ファイル（USB）回収掲示・回収
12月中旬		提出書類・アンケート類の回収とデータ入力、振り返りシート・レポートをチューター・シナリオ作成者へ配布し、コメントおよび評価依頼する、成績入力一覧表作成し、チューターとシナリオ作成者の評価を入力し、総合評価のため、コーディネーターへ配布する。
12月22日	コーディネーター反省会	日程調整、資料印刷、議事録作成
1月20日	ケア・コロキウム報告会	日程調整、資料印刷

Support for combined seminars by students in the 3 schools within the School of Medicine and Medical Sciences

Kiyoko Morimoto, Reiko Shimamura, Kikuko Gohda

Institute of Medical Science, Technical Service Office for Medical Science, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba,. Ibaraki, 305-8575 Japan

In order to teach the importance of team medical care and liaison with experts to 3rd year students in the School of Medicine, 4th year students in the School of Nursing, and 4th year students in the School of Medical Sciences, the University of Tsukuba's School of Medicine and Medical Sciences conducts [required] seminars such as care colloquia (teamwork seminars). Students are mixed together in small groups of 7–8 and given scenarios involving support for patients and their families. Students discuss problems and solutions and announce their overall findings.

Using 2009 as an example, this paper reports on support work by technical staff to facilitate the conduct of these seminars.

Keywords: Small group discussions, liaison with healthcare experts

Web アプリケーションの開発

川上 彰

筑波大学システム情報工学等技術室

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

アプリケーションソフトウェアのユーザインタフェースとして Web ブラウザを利用した環境は、現在では一般的に利用されているが、この開発環境は急速に変化している。本報告では、その一例として今まで作成した 3 つのプログラムを紹介する。

キーワード：Web アプリケーション , Wicket

1. はじめに

Web サーバの CGI (Common Gateway Interface) 機能を利用することで、固定されたページではなく、状況に応じた Web ページを表示することができる。この機能は、主に Perl や PHP スクリプト等で作成したプログラムを利用するケースが多い。また、近年 Apache Wicket (以下 Wicket) が公開され、java を使って動的なページを作成することも可能となっている。

前者の環境を使って作成したプログラムとして fml 管理用 Web プログラムを、また後者の Wicket を使用して作成したプログラムとしてシラバス表示プログラムとパスワード変更プログラムについて報告する。

2. fml 管理用 Web プログラム

2.1 概要

Web ブラウザを使ってメーリングリストの一覧表示と管理を行うことを目的として、perl スクリプトを使用して作成した。2005 年度に作成し、現在まで機能追加や不具合の修正等を行いながら利用している。メーリングリスト管理プログラムとしては、GNU General Public License に基づいて公開されている fml を使用しているが、このシステムに標準に含まれている Web 管理機能は若干使い難い点もあったので、自組織の環境に合わせたシステムとして独自に作成した。作成したシステムは、メーリングリストのメンバー管理のための機能と、メーリングリストの一覧表示の 2 つからなる。

管理については、各メーリングリストに 1 人または複数の管理者を設定して管理する。fml にはメーリングリストへのメンバー追加に自動登録やモデレータと呼ばれる査読者を置いて管理する方法もあるが、本システムでは各メーリングリストの管理者が Web ブラウザを使ってメンバーの追加や削除等の管理を行うことを前提としている。

管理ページへアクセスするためのユーザ認証は、Apache HTTP Server (以下 Apache) のアクセス制御機能を使って行なわれる。メーリングリストの一覧

表示についても、このアクセス制御機能を使ってアクセス制限を行っている。

メーリングリストの情報は SQL データベースを使って管理されている。Web サーバから CGI プログラムを介して SQL データベースへアクセスし、fml の情報を更新する。社会工学類教育用計算機システムでは、Web サーバと fml サーバとは異なる Linux サーバ上で動作している。このため、SQL データベースに書き込まれたメンバー全員のメールアドレスを一旦テキストファイルとして書き出し、Perl スクリプト内で scp (Secure Copy) コマンドを使って、このファイルを fml サーバの各メーリングリストの領域へ転送している。

2.2 管理

管理用ページへログインすると、図 1 の管理画面が表示される。このページからメーリングリストへのメンバー追加と削除、メンバー情報の更新、メーリングリストの環境設定、メーリングリスト内のデータのダウンロード、および一括更新等を行うことができる。

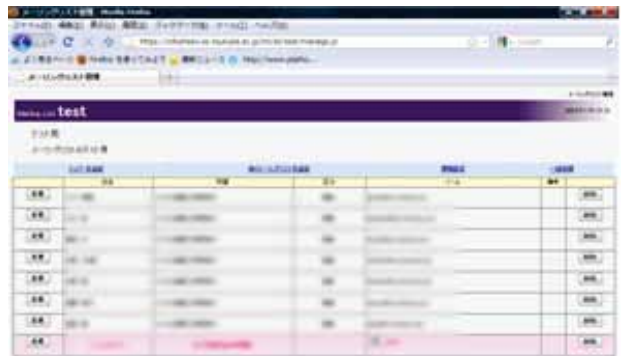


図 1. メーリングリスト管理用ページ

また、メーリングリストを管理する上で、サブリストを作ってリストメンバーを管理することができ。例えば 1 年生の 1 クラスから 6 クラスまでのメーリングリストを作成した後、これら全てのクラスをサブクラスとして、1 年生全員のメーリングリストを作ることができる。1 年生のあるクラスのメンバーのメールアドレスを削除や変更、新たに追加した場合、自動的に 1 年生全員のメーリングリストの内容も更新される。サブリストの下に、更に別のサブリストを追加することも可能である。この機能を使うことでメーリングリストのメンバー管理を効率的に行うことができる。

fml の機能として、メーリングリストへの投稿者を制限することも可能となっている。また、メーリングリストへ投稿できるユーザと投稿されたメール

を配信するユーザを分けて設定することもできる。作成した管理プログラムでは、これらの機能を使って、個人だけでなくサブリストに対しても同様の機能設定ができるようにした。例えば、先程の1年生全員のメーリングリストへ教員のリストをサブリストとして加え、投稿権限のみで配信は行わないように設定することで、教員から1年生全員へメール送信のみを行うことができる。

2.3 一覧表示

一覧表示用の Web ページへアクセスし、各自のユーザ ID でログインすると、図 2 のメーリングリスト一覧ページが表示される。

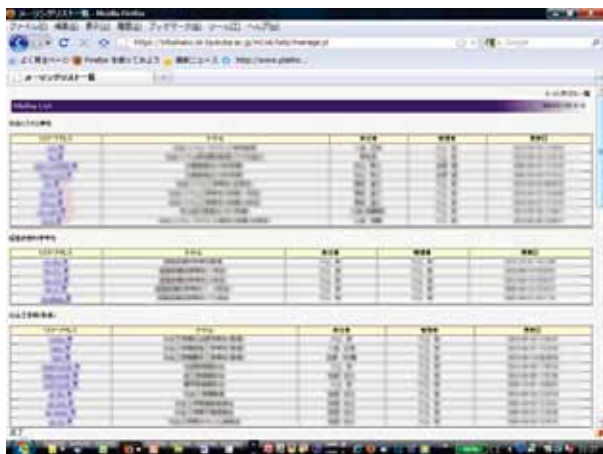


図 2. メーリングリスト一覧

一覧ページ 1 列目のリスト・アドレスの部分をクリックすると、そのメーリングリストに所属するリストメンバーの一覧が表示される。メーリングリストの一覧ページへの表示やリストに含まれるメンバー表示の可否については、ログインしたユーザのアクセス権限によって異なる。各々のメーリングリスト情報へのアクセス権限は、管理者によって表 1 の設定が可能である。

表 1. アクセス制限

アクセス制限の対象		
リストメンバー	グループメンバー	一般ユーザ
以下から選択	以下から選択	以下から選択
- メーリングリスト名を表示しない - メーリングリスト名を表示 - メーリングリスト名とメンバーの一覧を表示	- メーリングリスト名を表示しない - メーリングリスト名を表示 - メーリングリスト名とメンバーの一覧を表示	- メーリングリスト名を表示しない - メーリングリスト名を表示 - メーリングリスト名とメンバーの一覧を表示

リストメンバー（そのメーリングリストのメンバーとなっているユーザ）、グループメンバー（管理者によって設定されたグループに属するユーザ）、一般ユーザ（アクセス可能な全ユーザ）の 3 種類の対象に対して、以下の 3 種類の設定ができる。

- メーリングリスト名を一覧に表示しない
- メーリングリスト名のみを一覧に表示する
- メーリングリスト名と、そのメーリングリストメンバー一覧を表示する

また、メーリングリスト管理者がリストメンバー一覧の表示を許可しても、各個人が自身の公開設定を変更することで、図 3 に示すように非公開とすることも可能となっている。



図 3. リストメンバー一覧

2.4 その他

追加機能として、以下の 2 つのプログラムを作成した。

(1) 検索ツール

ユーザが、どのメーリングリストのメンバーとして含まれるか検索し、表示する（図 4）

(2) リストメンバーの直接編集

Web ブラウザをエディタとして利用し、メーリングリストのメンバーを直接追加、変更、削除することができる。



図 4. 検索結果

3. シラバス表示プログラム

3.1 概要

生命環境科学研究科構造生物科学専攻の伊藤希先生が開発された、生物学類のシラバス表示プログラ

ムのソースコードを頂き、2009 年度より社会工学類のシラバス用として利用させて頂いている。プログラムは PHP を使って作成されており、データ管理に SQL データベースを使用する。

授業を担当する教員が Web ブラウザを使って授業目的やスケジュール、教科書や参考書、担当教員のオフィスアワー等の情報を入力し、学生はシラバス表示ページへアクセスすることで、その内容を確認することができる。

社会工学類で使用するにあたり若干修正を行い、更に 2010 年度からシラバス表示ページの部分を PHP から Wicket に変更した。Wicket は java 言語を使ってプログラムを記述する。HTML (HyperText Markup Language) 文書に Wicket 用のタグを追加することで、動的な Web ページを作成することができる。

3.2 シラバス表示

図 5 に示すシラバス表示ページで、科目部分ををクリックすることで該当する授業内容が表示される。基本的な動作は生物学類のシラバスプログラムを参考にさせて頂き、表示を社会工学類の環境に合わせて調整した。

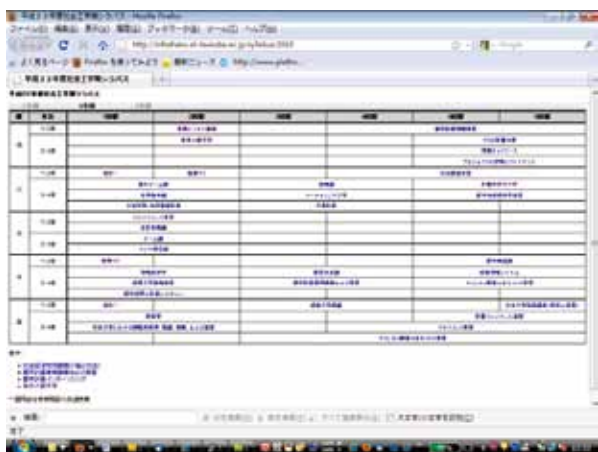


図 5. シラバス表示

表示は学期ごとに異なるページとして表示され、ページ上部のタブで切り替えができる。各学期のページは、横方向に時限、縦方向に曜日と学年をとって該当する授業を表示する。この授業科目名の部分ををクリックすることで、その授業シラバスの内容が表示される。

Wicket を使用することで、HTML 文書ファイルを HTML エディタ等で作成し、これをベースに java プログラムで機能を加えるといった手法を使うことができる。これによって java 言語を使って、分かりやすいプログラムを作成することができ、仕様の変更等に比較的容易に対応できる。授業を担当する教員による授業内容の入力ページについても、今後 Wicket を使った環境への移行を予定している。

プログラム言語として java を使用することを目的に Wicket を使用したが、java プログラムから Ajax (Asynchronous JavaScript + XML) 機能の一部も利用可能で、これを利用して動的なページを作成するこ

ともできる。今回のシラバスプログラムの表示部分では、この機能を活用する場面は少なかったが、担当教員による授業内容の入力については、この機能を利用して高機能なページを作成することも可能かと思われる。

4. パスワード変更プログラム

4.1 概要

社会工学類教育用計算機の更新が平成 22 年 9 月に行われた。このユーザ環境は LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) を使って認証統合されている。Windows の認証については Samba を使って NT ドメイン環境を構成し、smbldap-tools で LDAP との統合を行っている。Samba は Linux 上で Windows のサーバ機能を提供するオープンソースソフトウェアで、LDAP との認証統合を行うためのツールとして smbldap-tools が用意されている。ユーザ管理は、このツールを使用して行われている。smbldap-tools の機能として、パスワード変更ツールも提供されている。また、Web ベースでパスワード変更を行う環境として BSD License (Berkeley Software Distribution License) の基に公開されている Usermin がある。しかし、社会工学類の利用環境に適したツールとするため、また今後の拡張の可能性を考慮して独自開発することにした。

プログラムは Wicket を使って作成した。これに組み込まれている Ajax 機能により、ユーザの入力に応じたダイナミックなページ表現ができ、またページ遷移の際も、従来のようなデータの受け渡しに環境変数や Cookie や hidden フィールド等を使う必要もなく、java の一変数として扱うことができる。

4.2 認証

ログイン表示に関しては、Wicket の拡張ライブラリとして提供されている Wicket-auth-roles を使用した (図 6)。ユーザ認証は Web サーバの認証機能を利用することが多いが、固有の環境を利用したい場



図 6. ログイン画面

合は、自作する必要がある。その際、入力されたパスワードの扱いが難しいが、Wicket-auth-roles を利用することで、決められた手順に沿って java プログラムを作成することで認証ページを作成することができる。

パスワードの更新は、LDAP データベースの内容を書き換えるが、LDAP データベース内には Samba 用のハッシュ値と Linux 用のハッシュ値の両方が含まれている。また、Linux 用のパスワードのハッシュ方式は複数存在する。Samba のパスワードハッシュには javax.crypto パッケージを使用し、Linux のパスワードハッシュには java.security パッケージの MessageDigest クラスを使用して、SSHA (Salted Secure Hash Algorithm) に変換した。ユーザによって入力されたパスワードからこれら 2 種類のハッシュ値を作成し、これを LDAP データベースに書き込んでいる。

4.3 ユーザ情報

ユーザが各自の ID とパスワードを入力してログインすると、図 7 のページが表示される。ここで各自のパスワード等の情報を更新することができる。

ユーザ情報の管理については SQL データベース利用している。LDAP データベースのスキーマを変更することで必要な項目を追加することも可能であるが、データ構造の変更等に柔軟に対応できるので SQL データベースを使用することにした。

図 7. ユーザ情報の更新ページ

SQL データベースには、LDAP データベースの情報に加えて、日本語の氏名やフリガナ、所属等の情報が追加されている。メール環境についてもメールの転送先や受信する際の別名情報が保存されており、この情報を基にユーザごとのメール転送設定ファイル (.forward) やメール受信時の別名設定ファイル (alias) への設定がなされる。

また、この SQL データベースの内容をテキストファイルとしてダウンロードし、パソコン等の表計算ソフトを利用して適宜修正し、再度アップロードすることでユーザ情報の一括更新を行うことも可能である。

5. まとめ

メーリングリスト管理については Perl スクリプトを使ってプログラムを作成した。プログラムは機能別に作成し、共通する部分を共通ライブラリとした。

Perl は比較的簡単に利用でき、また各種モジュールが提供されており、インターネット上に多くの情報も公開されている。ただし、CGI プログラムとして利用する場合、HTML コード自体もスクリプト中に記述する必要があるため、スクリプト全体が分かり難くなる場合がある。今回報告したメーリングリストの Web 管理プログラムについても、スクリプトは全体で 4000 行を超えており、仕様変更や不具合への対応が難しくなっている。

一方、シラバス表示やパスワード変更プログラムで使用した Wicket の場合、HTML コードとプログラムを分けて作成することができるので、表示と処理を分けることができる。また、データについても java の変数として扱うことができるので、ページ間のデータ受け渡しもスムーズに行うことができる。Java 言語のオブジェクト指向の利点を利用することで、効率的で分かりやすいプログラムを作成することが可能となる。

Web アプリケーションを作成するための環境は、今回使用した Wicket 以外にも多く存在する。今回は java を使って Web アプリケーションを作成することを目的に Wicket を使用した。プログラムを作成するにあたり魅力的な機能も多いが、反面 HTML に加えて java 言語や Wicket 固有のコンポーネントに関する知識が必要とされ、プログラム作成者の技量が必要とされる。

高機能な Web 環境を短期間で効率的に作成するための環境として Wicket の利用は有効な手段となると思われるが、プログラム作成のためには高度な知識も必要とされる。ただし、java 言語だけで Web ページを作成できる点は大きな魅力で、今後も利用できる場面があったら利用していきたい。

謝辞

シラバスプログラムにつきましては、生命環境科学研究科構造生物科学専攻の伊藤希先生から生物学類のシラバス用として作成されたプログラムのソースコードを頂き、社会工学類用として調整して利用させて頂きました。また、調整にあたっては、システム情報工学研究科の藤原良叔先生、堤盛人先生、張勇兵先生、八森正泰先生ならびに多くの関係者の方々にご助言いただきました。皆様方に感謝致します。

参考文献

- [1] 矢野勉 著, オープンソース徹底活用 Wicket による Web アプリケーション開発, 秀和システム (2009)

情報科学類・CS 専攻入退室管理システム

澤村 博道

筑波大学システム情報工学等技術室（情報アプリケーション班）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

情報科学類・システム情報工学研究科コンピュータサイエンス（CS）専攻では、平成 14 年 3 月より計算機室及びセミナー室等に独自の IC カードによる入退室管理システムを導入、運用してきた。

筑波大学では平成 21 年 2 月に IC カード身分証¹が発行され、同年 4 月より全学計算機システムサテライト入退室管理システムに身分証が使われることになった。早速、本システムも同様に身分証への切替えを行ったのでここに紹介する。

キーワード： 身分証、連携データ、ID 登録

1. はじめに

平成 14 年 3 月導入の入退室管理システム²は、非接触型の IC カード（MIFARE:TypeA）を利用し、カードの発行や ID 登録情報の管理等を行っていたが、今回 IC カード（FeliCa:FCF キャンパスカード）化された身分証に切替えることで、これらの業務を効率化することができた。

身分証の情報（連携データ）は、学術情報メディアセンター（以下、センター）にある IC カード管理サーバとのネットワーク接続により、速やかに反映されるシステムとなっている。なお、IC カード管理サーバとの連携については、全学計算機システムサテライト入退室管理システムの IC カード管理システム仕様書に基づき設定されている。

また、平成 21 年度筑波大学年度計画においては、学生証の IC カード化の活用範囲の拡大³が盛り込まれているところでもある。図 1 は本システムが設置されている OJT ルームである。



図 1. OJT ルーム

2. システム構成

本システムは、入退室システム管理サーバと各室にあるカードリーダー/コントローラ（以下、EXEON）及び電気錠から構成される。入退室管理サーバと EXEON は専用線（RS-485）で接続されており、センターにある IC カード管理サーバとは LAN で接続され IPsec⁴を用いて行っている。現在 EXEON が設置されている部屋は、情報科学類計算機室 4 室、OJT ルーム 2 室、CS セミナー室 11 室である。図 2 にシステム構成図を示す。

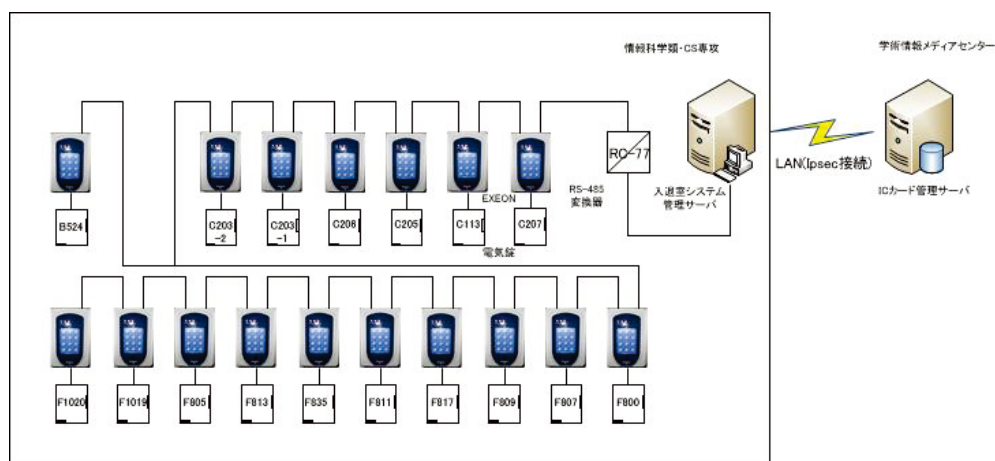


図 2. システム構成図

¹ 学生証、職員証。

² 第 1 回筑波大学第三技術区技術発表会「IC カードによる入退室管理システム」を参照。

³ 平成 21 年度国立大学法人筑波大学年度計画安全管理に関する目標を達成するための措置参。

⁴ IPsec (Security Architecture for Internet Protocol) は、暗号技術を使って IP パケットの完全性や機密性を実現する仕組み。

3. 処理概要

本システムの処理概要を図3のソフトウェア構成図に示す。図中①～⑦は各種サポートソフトを示す。

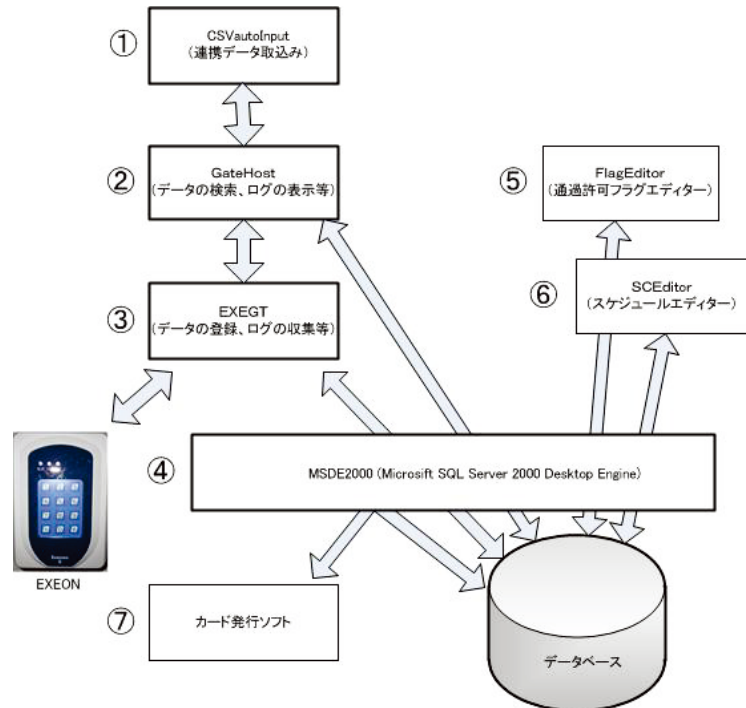


図3. ソフトウェア構成図

以下、各種サポートソフトについて説明する。なお、画面表示内容は全てテスト用のものである。

- ① CSVautoInput (連携データ取込み)
センターにある IC カード管理サーバから連携データ(CSV 形式: 全学データ)を取込み、GateHost 用の登録データを作成する。一度取込んだデータは保持され、タスク処理にて毎日2回更新(差分データ分)が行われる。
- ② GateHost (データの検索、ID 登録、イベント・ログの表示等)
登録データ(①で作成)から必要なデータを検索・抽出し ID 登録を行う。また、収集したログの表示・検索等の管理を行う。図4に登録データ検索画面、図5に通過データ監視画面を示す。



図4. GateHost (登録データ検索) 画面



図5. GateHost (通過データ監視) 画面

- ③ EXEPT (データの登録、ログの収集等)
各室入口に設置してある EXEON との通信を行い、ログの収集から通過可能 ID の登録、時刻設定等を行う。図6は EXEON へのコマンド処理を行うメイン画面であり、各室毎に警戒/解除、解錠/施錠、連続解錠/解除などの制御が可能である。図7は EXEON との詳細な通信設定を行う画面で、施錠時間/扉解放時間/扉運用タイプ、タイムアウト設定、動作設定、入退室チェックに関する設定などを行うことができる。
EXEON へ送られた情報は EXEON 側に保持されるので、万が一 EXEPT との通信が遮断されても部屋への入室ができるようになっている。



図 6. EXEGT（メイン）画面

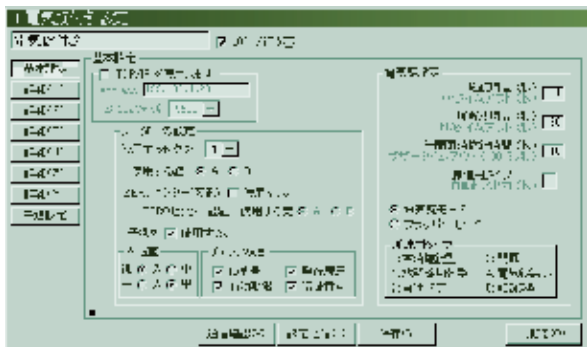


図 7. EXEGT（EXEON 通信設定）画面

④ MSDE2000 (Microsoft SQL Server 2000 Desktop Engine)

Microsoft(R)社製 SQL2000 互換 SQL サーバであり、各種サポートソフトからデータベースに保存されている登録 ID、通過ログ等へのアクセスを行う。

⑤ FlagEditor (通過許可フラグエディター)

特定の EXEON に関して、通過拒否に関するフラグ編集を行う補助ソフトである。

⑥ SCEditor (スケジュールエディター)

EXEON のスケジュールの編集を行う補助ソフトである。

⑦ カード発行ソフト

独自カード（身分証を持たない場合）の発行、データベースへのデータ登録を行う。

4. 身分証について

筑波大学 IC カード身分証は、FCF キャンパスカードフォーマット⁵仕様に準拠したもので、基本 ID 情報に個人 ID (12 桁数字) および再発行フラグ (1 桁英数字) が含まれている。プライベートエリアには、基本 ID 情報と同じ情報を筑波大学独自の鍵で暗号化している。

図 8 は身分証（職員証）裏面にプリントされている FCF キャンパスカードロゴの写真である。

⁵ FCF は、非接触 IC カード技術“FeliCa”の有する特長のひとつである、「マルチユース機能」を十分に活用することを目的として作られた、個人認証カード (ID カード) 用フォーマットで、FCF キャンパスカードフォーマットは、学生証・教職員証など教育機関での個人認証 ID カードとするための仕様 -FeliCa 共通利用フォーマット推進フォーラム <http://www.fcf.jp/> より。

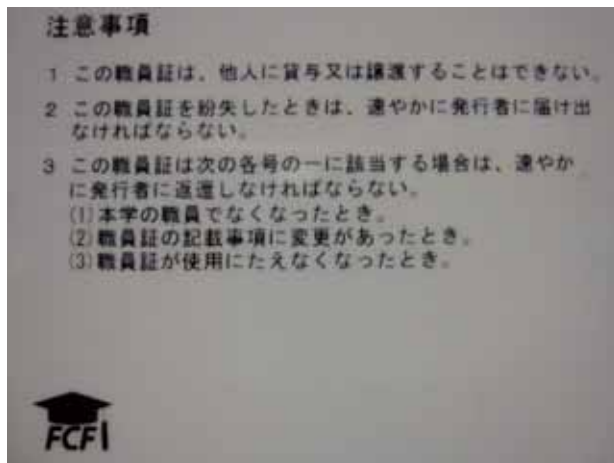


図 8. 身分証（職員証）裏面

5. 運用

本システムに切替えるにあたり、ハードウェアについては、前システムの IC カードが MIFARE であったため、カードリーダー/コントローラを FeliCa 対応のものに交換せざるを得なかった。ソフトウェアについては、センターとの連携処理を追加、他については前システムのものをカスタマイズして運用している。

平成 21 年 4 月に運用を開始、翌平成 22 年 4 月に導入後初めての全学データの年度更新（センター）が行われたが、連携処理に大きな問題は発生せず、現在まで順調に稼働しているところである。平成 22 年 12 月現在、本システムに ID 登録されている学生・職員数は、1209 名である。

6. まとめ

身分証の IC カード化については、平成 14 年 3 月の IC カード入退室システム導入の際、学生部（当時）の担当者と調整していたが実現には至らず、独自カードになった経緯があり、時すでに遅しの感がある。

IC カードでの入退室管理システムは、前システムから通算して 8 年になるが、年間、IC チップ及びアンテナ箇所による障害が十数件ほど発生している。これらの大半は、外部からの圧力による物理的な破壊が多くみられることから、各人の保管方法に注意が必要である。

身分証を利用したシステムは、業務の効率化、情報の共有化に貢献できるので、他部局でも採用されることを是非お勧めしたい。総合研究棟 B 入退室システムも平成 21 年 7 月に切替えを行っており、今後、他システムへの利用も考えているところである。

参考文献

- [1] 澤村博道, IC カードによる入退室管理システム, 第 1 回筑波大学第三技術区技術発表会講演予稿集 (2002)20-21.
- [2] 入室管理システムマニュアル.

職場内で利用する小規模 Web データベースの導入について

雨谷 恵

システム情報工学等技術室 (情報システム管理班)

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

本システムは、システム情報工学等技術室内の情報共有および事務的業務簡略化を目的として Web データベースを導入した事例から、会計処理と出張届けおよび関連書類のデータベース化について実例を示し紹介する。

キーワード：情報共有、Web データベース

1. はじめに

本年度、システム情報工学等技術室（以下シス情技術室と略）では情報共有および事務業務簡略化を目的として Web データベースであるサイボウズデヂエ 8¹（以下デヂエ 8 と略）を導入し、技術室内の会計処理と出張届けおよび関連書類について Web 上での管理を始めた。

大学における事務的な手続きは、未だに紙でやりとりされ、処理後はそのままファイルフォルダに収まっていることが多い。これらの作業をデータベース化することにより情報を集約および一元管理し、再活用できれば便利であると考えた。

一般的に Web データベースと聞くと導入は専門家でなくては難しく、とても難易度が高いと思いがちであるが、現在は簡単に導入できる製品がいくつかある。例えば今回導入したデヂエ 8 の場合、サイボウズ社の Web サイトからソフトウェアをダウンロードし、PC にインストールするだけで Web データベースが実現できる²。インストール後は、利用者はブラウザ等から簡単にデータベースを作成および利用することができる。

2. 誰でも簡単に WEB データベース

今回導入したデヂエ 8 をはじめとするデータベースソフトウェアは、CGI や SQL を使わずに安全かつ快適にすばやく導入でき、Web データベースに関する専門的な知識や技術は必要ない。また、専門の技術を持った者がデータベースを設計すると、たしかに完成度が高いデータベースができる。しかし、導入後の管理のしやすさや導入時の手間を考えると、誰でも簡単に手軽に導入・管理・運用できるデータベースソフトウェアを利用するのも選択肢のひとつではないだろうか。

専門の技術者が設計する Web データベースの多くはオープンソース系 OS を利用し、SQL 等で開発する。導入後は関係するシステムのセキュリティ

に気を配る必要があり、メンテナンスにも手間がかかる。

しかし、セキュリティを重要視しても安易にシステムの更新をすると、関連するプログラムやライブラリとの連携がうまくいかなる場合もあり、Web データベースの運用に支障をきたす場合がある。このように従来型のデータベース導入には、データベース管理者の頭を悩ませる事が多くある。しかしながら、図 1 のように、デヂエ 8 を利用することにより、これら Web データベースに関連するいくつかのプログラム等を確認する手間を省くことができる。

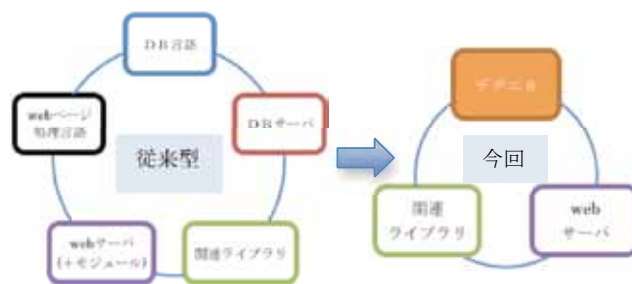


図 1. Web データベースに必要な構成の比較

3. システムの仕様

Web データベースの選定にあたり、以下を満たしているソフトウェアを調査し、仕様を満たしているデヂエ 8 に決定した

1. ユーザ管理として、ログイン認証³は ID とパスワードでアクセス制限をする
2. Web ブラウザのみで管理作業を含め利用できること⁴
3. データベースのテーブルおよびフィールドごとにアクセス制限ができること
4. 汎用的な形式（csv 形式等）でデータを出力できること
5. 入力画面等、ユーザインタフェースを簡単に作成できること
6. 基本的な操作マニュアルを提供すること
7. インストールおよびメンテナンスが簡単なこと
8. データ移行がしやすいこと
9. 販売実績があり定評があること
10. 手元にある古い PC [CPU：Pentium 4, メモリ 1GB ハードディスク 120GB] で運用できること

¹ サイボウズ社より販売 <http://cybozu.co.jp/>

² その他 apache 等 Web サーバを事前インストールが必要

³ 筑波大学で実施している統一認証と連携が望ましいが「簡単に導入」という点から今回は見送った

⁴ デヂエ 8 はタッチ型携帯端末（制限あり）にも対応

4. サイボウズデヂエ 8 の動作環境

デヂエ 8 は Windows 版と Linux 版が提供されているが、今回は使用したマシンの能力の問題もあり Linux 版を選択し、ディストリビューションを Ubuntu 10.04 LTS (以下 Ubuntu と略) とした。システムは図 2 のとおりである。

サイボウズ社の Web サイトによるとデヂエ 8 は Ubuntu 上での動作確認はされていないが、特に問題なくインストールは終了し、動作している。

Ubuntu は Linux の比較的新しいディストリビューションで、Debian GNU/Linux をベースに開発されている。使いやすい環境を最新かつ安定した OS を提供している。また、Ubuntu の公式サイトによれば、「Ubuntu サーバー版のインストールは約 15 分以内で終了し、LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP) サーバーが起動して利用可能な状態にできます。」とある。実際にインストールした所、今回利用した PC でも 30 分程で終了し LAMP も問題なく使えた。

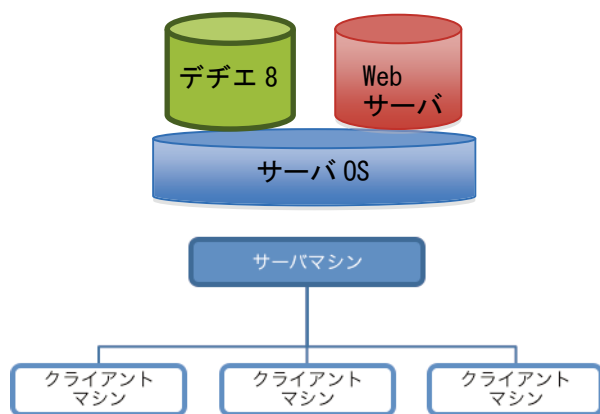


図 2. システム概要図

5. 会計処理の例

昨年度までは、シス情技術室内の会計処理は関係部署と会計担当者それぞれが表計算ソフトを用い、目視で定期的に収支の突き合わせをしていた。それぞれが Excel などの表計算ソフトを用いて集計しているので効率的でなく、単純なヒューマンエラーも発生する。また、シス情技術室職員が使用している OS は Windows 7, Mac OS X 等それぞれである。さらに、Excel のバージョンの違いによりマクロ機能が正しく動かない現象を確認している。

また、運用方法として 1 つのファイルをネットワーク上で共有して管理する方法もあるが、「自分が作業している間に他の人が更新してしまった」「どのファイルが最新版かわからない」等、この方法では様々なトラブルが起る可能性がある。しかし、Web データベースで一元管理すればトラブルを避けられる。

5.1 メール環境への配慮

また、以前の方法では利用者は発注をする際、会計担当に E メールで連絡し、添付書類として発注依頼書と見積書を送っていた。この方法はメールサ

ーバに負担をかける上、メールソフト等の利用者のメール環境上に不要なファイルを蓄積するので大変好ましくない。

しかし、本年度は図 3 のとおり、直接 Web データベースにデータを入力し必要な書類をアップデートしているのでメール環境に負担をかけない。ただし、発注者が入力を完了すると、発注者本人に登録完了メールが届く⁵ように設定をした。同時に、会計担当とシス情技術室総括にも同じ内容のメールが配送されるので、登録内容を相互的にチェックすることができる。なお、見積書は PDF 形式等で添付することにしたが、この登録完了メールには添付されないので確認メールに記載された URL から Web 上で確認をする必要がある。また、見積を必ず添付することで会計処理に必要な情報は得られるので、昨年度まで使用していた発注依頼書の添付を省略することができた。

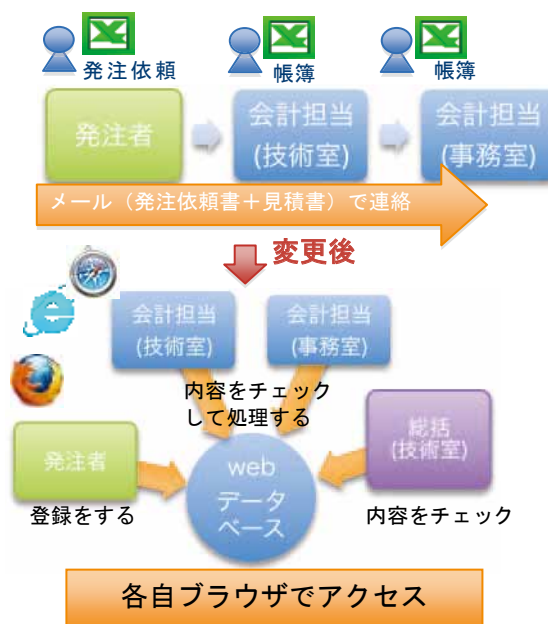


図 3. 会計処理の流れ

6. 出張届と関係書類の例

筑波大学では出張や研修に参加する場合「出張届」「出張報告書」を提出するが、シス情技術室ではさらに具体的な活動報告のために「活動報告書」を提出している。これらの作成はあまりやりたくない作業な上、提出後はそのままフォルダに保存するだけでデータの活用がされていなかった。

これら埋れているデータを再利用し Web 上でいつでも閲覧できるよう考えた。さらに、これら 3 つの書類には図 4 のように[氏名、行き先、日時]等、重複する項目がいくつかあり Web データベース化する際は入力項目を省略することにした。

現在は図 5 のとおり、入力されたデータをシス情技術室内のメンバーは閲覧することができるため、それぞれの活動（出張、研修）についてメンバー間で常時、情報共有することができるようになった。

⁵デヂエ 8 には登録通知方法として、メール配信の他に RSS で配信する機能もある

また、技術室は現在⁶ 3 班 3 部屋にわかれており、さらに他のそれぞれの作業場で仕事をする事が多く、技術室にいらなくても手元の PC 端末からこれらの会計処理ができるようになった。

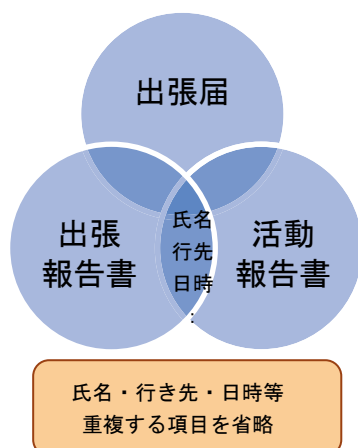


図 4. データベース化により省略できる項目

氏名	活動項目	イベント名	同行者名	活動能力
田中 隆	出張	出張先: 東京	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 大阪	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 名古屋	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 福岡	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 札幌	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 仙台	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 広島	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 岡山	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 香川	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 徳島	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 高松	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 愛媛	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 高知	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 佐賀	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 長門	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 大分	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 熊本	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 鹿児島	田中 隆	出張能力
田中 隆	出張	出張先: 沖縄	田中 隆	出張能力

図 5. まとめられた出張 (活動) 履歴

今回デジエ 8 で対応できなかった点は、入力したデータを指定の書式で印刷 (または PDF 形式にて出力) することである。図 6 のとおり、出張届など紙で事務に提出する必要がある書類の場合、大学で指定されたフォーマットでプリントアウトし提出できればさらに作業を省略できる。しかし、デジエ 8 の簡易印刷機能では精密な書式を指定して印刷はできない。この点については今後の課題としたい。

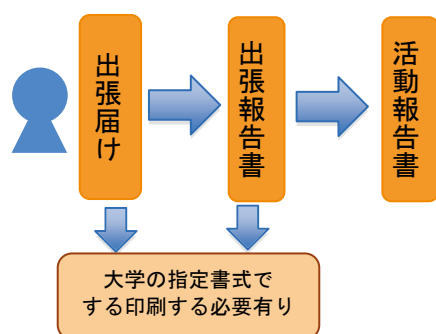


図 6. 出張時に提出する書類の流れ

7. まとめ

今回の作業により、シス情技術室内の事務業務簡略化や情報共有が幾分進んだと思われる。また、データベースソフトウェア デジエ 8 の導入に関して次の 3 点に大変メリットがあった。

1. 入力画面の設定等、ユーザインタフェースが簡単に設定できること
2. 万が一、プログラムの不具合があった場合はメーカー側のサポートとなり、システム管理者は使い方等のユーザサポートに専念できること
3. データベースの作り方およびユーザ用のデータベース使い方等のマニュアルが整備されているので、データベース管理者はそれらを作成する手間が省けること

8. 最後に

業務の効率化、情報共有を目的としたデータベース導入のニーズはどの部署でもあると思われる。しかし、一般的に導入するには高い専門知識や技術が必要と思われるかと想像する。しかしながら、現在はやり方によっては今回の事例のように簡単に導入することもできることを提示したい。

今回の作業を通じ Web 上での情報共有およびデータベース化が進まない要因としては、導入コストや設定の手間よりは各ユーザが使い慣れた方法からを変えたくないという意識の問題が大きいと感じた。IT テクノロジーに対する苦手意識から Web 化によって余計に手間が増えるのではないかという漠然とした不安があるように思える。その結果、業務の効率化や問題点があっても、現状維持を最優先としてしまっているのではないだろうか。

また、先にも述べたとおり、データベースの導入には専門の知識を持った者が導入することが多い。その為、管理者から視点でついシステムの効率化やコストばかり着目してしまう。しかし、円滑にシステム導入するためには、各ユーザへ十分に説明をし協力を求め、丁寧にヒヤリングしていく必要がある。導入するデータベースの良し悪しよりも、導入後のユーザへのフォローや、丁寧な説明がより必要である。どれほど良いシステムを導入してもこの部分が一番難しく大切なのではないだろうか。

今回 Web データベースを導入したことにより、あらためて処理手順や必要な項目の見直しをすると、今まで気がつかなかった省略できる点や、改善できる点が見えてきた。運用開始後に利用者からも改善したい点など意見や反応があり、問題点も見えてきた。これらの意見を元に今後も改善をしていきたい。

⁶ 2012 年 1 月 1 日現在

Information sharing and introduction of a web-based database

A web-based database was introduced in order to increase the sharing of information and simplify clerical work in the Technical Services Office for Systems and Information Engineering. Using this database as an example, this paper describes other actual databases of accounting procedures and business trip reports and related documents.

Megumi Amagai

Technical Service Office for System and Information Engineering, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba,
Ibaraki, 305-8573 Japan

Keywords: information sharing, web-based database

デジタルサイネージ設置と異なるシステム間におけるコンテンツ共有

山内 勝晴、中山 勝、高野 昭子、細谷 智子、菊地 永

筑波大学システム情報工学等技術室

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

平成22年3月にシステム情報工学研究科で設置したデジタルサイネージについて報告をする。システム情報工学等技術室がサポートしているシステム情報工学研究科と理工学群では異なるデジタルサイネージシステムを運用している。この間でコンテンツの共有を行っており、導入例として具体的に筑波大学消費電力量表示システムを紹介する。

キーワード：デジタルサイネージ、全学消費電力表示システム

1. はじめに

デジタルサイネージ（電子看板）とは、ディスプレイやプロジェクタなどを使って、映像や情報を表示する広告媒体である。表示内容の切り替え、動画の表示、音声の付加など多様な形態での利用が可能である。最近は公共施設・店舗などいたるところで活用されており、広告だけではなく、案内表示など利用方法は拡大している。システム情報工学研究科でもデジタルサイネージの利便性に注目し、平成22年3月に導入した。

2. デジタルサイネージの設置と運用

2.1 設置場所

デジタルサイネージ導入に際し特に考慮したことは、その設置場所である。設置場所を誤ると、あまり人の目に触れることがなく、設置した意味がなくなってしまう。人通りが少ないところはもちろん、人通りが多くても人が立ち止まらないような場所では、目にふれることなく素通りされてしまう。良い場所はないかと検討した末、建物の1階のエレベータ横に設置することにした。この場所はある程度人通りがあり、エレベータを待つ数分間立ち止まっているため、多くの人の目に触れると予想されたからである。そこで、利用者が多そうな3B棟・3F棟北側・3F棟南側・3L棟・総B棟の5箇所を選び、32V型ディスプレイを設置した（図1）。

また、3B棟2階のプレゼンテーションルーム前にはデジタルサイネージ以外の多目的な使用も考慮し、52V型ディスプレイを縦横2面ずつ計4面並べて設置した（図2）。



図 1. 3B 棟 1 階エレベータ前



図 2. 3B 棟 2 階プレゼンテーションルーム前

2.2 システム構成

導入したデジタルサイネージシステムは、コンテンツ管理サーバ・制御用パソコン・ディスプレイで構成されている。コンテンツと表示スケジュールは、コンテンツ管理パソコンからネットワークを介してそれぞれの制御用パソコンに配信される。制御用パソコンは、配信されたコンテンツとスケジュールを元にディスプレイに表示する（図3）。

3B棟2階プレゼンテーションルーム前のディスプレイは、コンテンツ管理パソコンからのみだけでなく、プレゼンテーションルーム内に設置してあるAV機器からも映像を表示できるように構築してある。それぞれ1面ずつ個別の表示が可能であるが、4面を使って1面を拡大表示することも可能である（図4）。

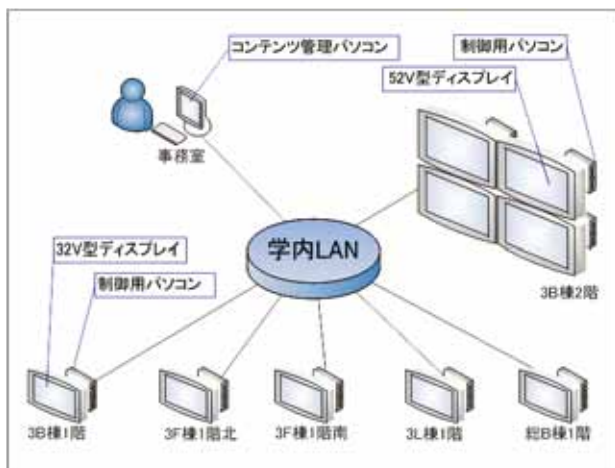


図 3. システム構成



図 4. 拡大表示例

各ディスプレイ設置場所には監視用のカメラ（図 5）が併設されており、ディスプレイの状態が事務室からモニタできるようになっている。コンテンツ管理ソフトウェアの機能として画面の状態を表示するツールが付属しているが、実際にディスプレイに表示されているものがカメラで確認でき、有用である。また、システムに対する悪戯や盗難の抑止力にもなっている。



図 5. ディスプレイ監視用カメラ（3F棟1階南）

2.3 運用

コンテンツ管理パソコンは事務室に設置してあり、コンテンツのアップロードを行う。

表示依頼で持ち込まれるコンテンツのほとんどが静止画ファイルである。それらのファイルはすべて Full HD サイズ（1920x1080）の JPEG ファイルに変換してからアップロードしている。異なるフォーマットのファイルが混在していると、表示速度にばらつきが出ることがある。また、ディスプレイと画像ファイルの縦横比に相違があると、表示サイズや位置がずれて表示されてしまうことがある。

JPEG ファイルへの変換には、JPEG ファイルを出力する仮想プリンタソフトウェアを使用している。それぞれのファイルフォーマットに対応したソフトウェアで開き、仮想プリンタを指定して印刷すると、JPEG ファイルが出力される。

3. 異なるシステム間のコンテンツ共有

3.1 コンテンツ共有の必要性

システム情報工学等技術室ではシステム情報工学研究科デジタルサイネージの他に、理工学群デジタルサイネージの運用支援を行っている。研究科のものは教員・大学院生向けの情報を提供しており、学群のものは学群生向けの情報を提供している。運用していると、教員・大学院生・学群生の全てに関わる情報がでてくる。しかしながら、この2つのデジタルサイネージは導入した時期や目的に違いがあり、それぞれ独立したシステムになっている。両システムのディスプレイに表示するには、それぞれの担当者にファイルを渡し、それぞれの担当者がファイルをアップロードする必要がある（図 6）。これでは同じ作業をそれぞれの担当者が行う必要があり非効率である。そこで、1つのコンテンツを異なる2つのシステム間で共有できないかと考えた。

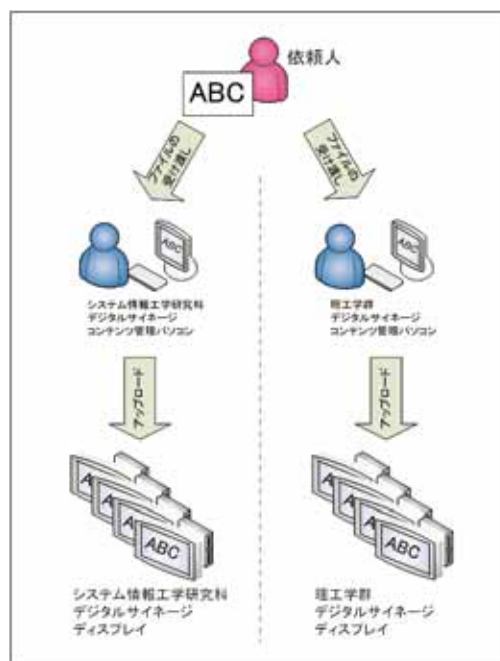


図 6. コンテンツ表示手順

3.2 共有方法

それぞれのシステムの機能を調べたところ、共通して URL を指定した Web ページの表示機能が備わっていた。URL を指定して Web ページの表示が可能であれば、コンテンツをコンテンツ管理パソコンからアップロードする必要がない。また、Web ページのコンテンツが変わればデジタルサイネージに表示されるコンテンツも自動的に更新される。

3.3 共有例（消費電力量表示システム）

コンテンツ共有の検討をしていたころ、知能機能システム専攻の鈴木健嗣講師より、大学の消費電力量をデジタルサイネージに表示させたいとの依頼があった。その際、Web ページの表示機能を使用してシステムを構築したので、その例を紹介する。

消費電力量表示システムはとても簡単なものである。施設部では 1 日に一回、電力に関する日報を付けており、その記録する項目の中に一日の使用電力量がある。消費電力量表示システムのために、一日の電力使用量を入力する Web ページを作成した。日報を付ける際、こちらのシステムにも一日の使用電力量を入力してもらうことにした（図 7）。

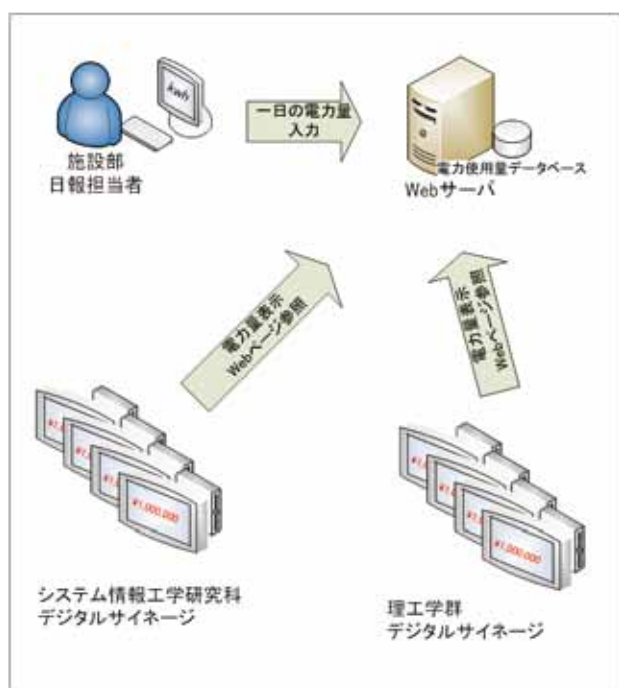


図 7. 消費電力量表示システム

入力した一日の電気使用量はデータベースに記録される。表示用 Web ページは PHP で作成しており、ページをアクセスする度にデータベースから最新のデータが読み出され、ページが生成される。使用料は、昨年度の電力使用量実績の月毎の単価を元に、記録された使用量 (kwh) から金額 (円) に換算している。日報を元に入力されるので、通常表示されている情報は一日前のデータである。また、昨年度実績を元に金額に換算している為、金額はおおよその値である（図 8）。

電力量計測: 12月16日(木)
¥ **4,102,066**
(前日比: ¥ +144,037)

図 8. 筑波キャンパスの電気料金表示例

図 8. 筑波キャンパスの電気料金表示例

システム情報工学研究科と理工学群で使用しているデジタルサイネージのディスプレイの解像度は HD サイズ (1366 x 768) と Full HD サイズ (1920x1080) のものが混在しているため、それぞれの解像度用に Web ページを 2 種類作成した。

3.4 今後の展望

消費電力量表示システムは、データベースに使用電力量のデータが蓄積されている為、1 年分、1 カ月分、1 週間分をグラフ表示するなど、今後、いろいろな表示方法が考えられる。また、電気料金以外にも、天気予報などの日常役に立つコンテンツも提供したいと考えている。コンテンツが増加してくると、見たいコンテンツが表示されるまで時間がかかってしまう。デジタルサイネージのシステムには画面分割して表示する機能も備わっているため、図 9 のように画面分割した使用方法も検討している。



図 9. 画面分割の例

4. おわりに

この消費電力量表示システムの運用を開始してすぐ、「表示されている金額は 1 カ月分ですか」と聞いてこられた方がいました。私たちもこのシステムを構築していて大学の電気料金というのを知りました。おそらくこのデジタルサイネージをご覧になって知った方も多いと思います。システム情報工学研究科・理工学群のデジタルサイネージシステム以外からでも、学内であれば今回構築した消費電力量表示システムを表示することが可能です。今回 URL を記載しませんでした、デジタルサイネージで表示したいというご要望があればお教えいたします。

また、学内には筑波キャンパスの電気料金の他にも全学で共有できるコンテンツがあるのではないのでしょうか。他のデジタルサイネージを運用している

方々と情報交換し、効率良く管理が行えるデジタルサイネージの構築と運用を行っていきたいと考えております。

専攻鈴木健嗣講師と、システムの運用を支援してくださっている前島謙課長をはじめとする施設部の皆様に深く感謝いたします。

5. 謝辞

全学消費電力量表示システムの構築にあたり、多大なご指導とご助言をくださった知能機能システム

技 術 報 告

ヘリウム液化装置更新

宮内 幹雄^{a)}、近藤 裕^{a)}、敦賀 将太^{a)}、池田 博^{b)}

^{a)}筑波大学研究基盤総合センター技術室（低温部門）、

^{b)}筑波大学数理解物質科学研究科物性・分子工学専攻（低温部門）

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

はじめに

2010 年夏、ヘリウム液化装置の更新が行われた。筑波大学研究基盤総合センター低温部門ではヘリウム液化装置を用いて極低温実験に必要な液体ヘリウム（沸点 4.2 K）を製造し、学内の低温寒剤利用研究者へ供給している。初代ヘリウム液化機（液化能力 100 L/hr）は旧低温センター設立とともに昭和 53 年から 19 年間、次の 2 代目ヘリウム液化機は平成 8 年度に更新され液化能力 150 L/hr で 13 年間稼働してきた。近年ヘリウム液化機の故障発生率が徐々に高まってきていて、万一、ヘリウム液化機の故障のような事態が起きると、長期間の供給停止につながる可能性があり、教育・研究上に多大な支障が生じることになる。将来にわたり液化ヘリウムの安定供給を目的として、ヘリウム液化装置の更新が行われた。更に作業改善に必要な施設改良も行った。本報告では更新設備の背景も含めたヘリウム液化装置について紹介する。

1. ヘリウム液化装置の構成

図 1 にヘリウム液化システムの概略系統図を示す。以下に液化システムの構成を説明する。学内で使用されたヘリウムガスはガスバック④に回収され、回収圧縮機⑤で 14.7 MPa に圧縮し油水分離器⑥・高圧ドライヤー⑦で油や水分除去した後カードル⑧に充填し貯蔵する。貯蔵したガスは液化のため中圧乾燥器⑨で降圧し液化機コールドボックスの内部精製器⑩へ送られる。内部精製器ではヘリウムガスに混入した不純物を除去し液化機ライン⑪に供給する。液化用圧縮機⑫で圧縮されたガスは液化機の 2 基の膨張タービン⑬にて 9.4 K まで冷却され、JT 弁⑭で液化する。付帯設備として液化用バッファータンク⑮を備える。液化したヘリウムは三重管トランスファーチューブ⑯でヘリウム貯槽⑰に移送貯蔵し汲み

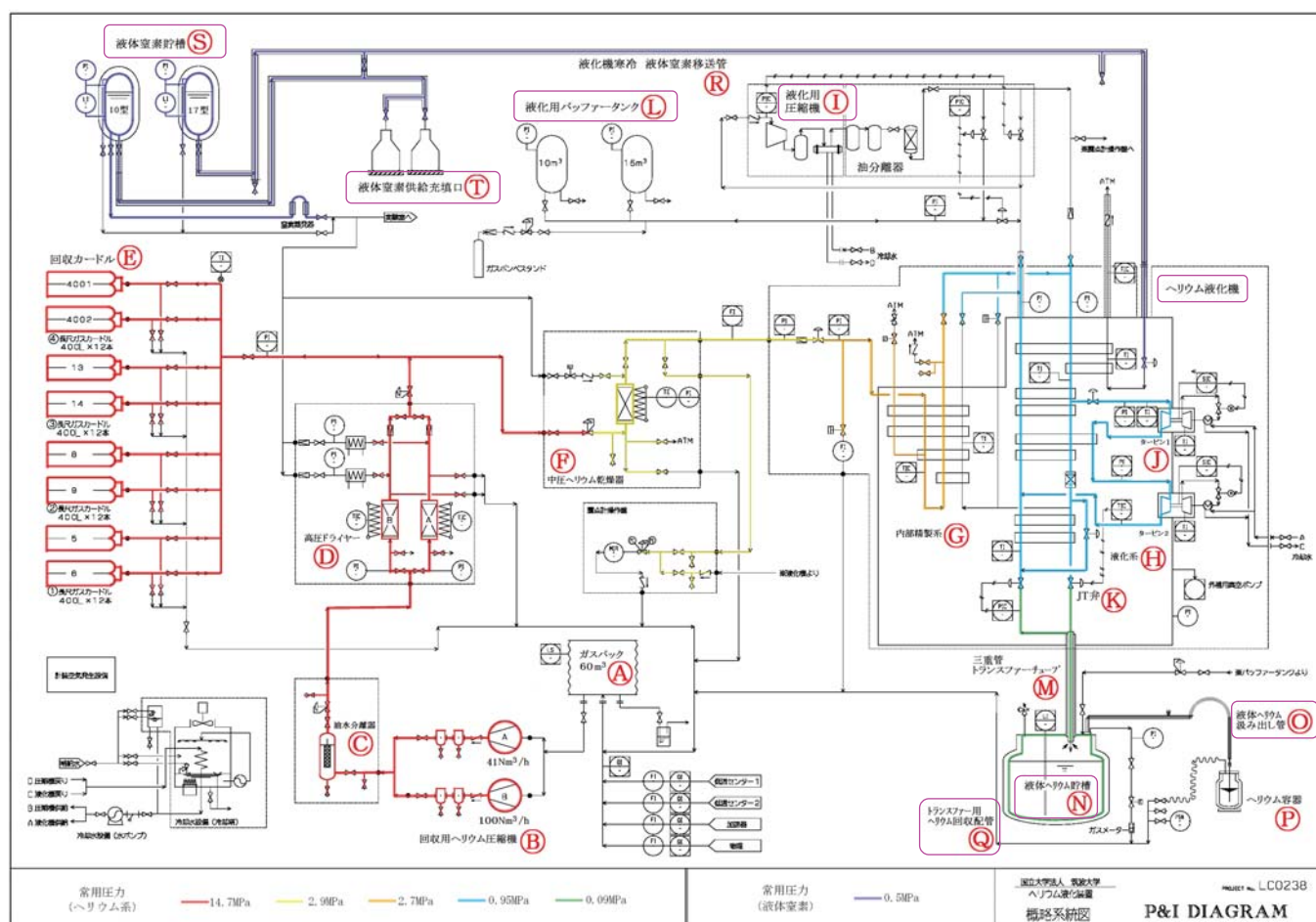


図 1. ヘリウム液化システム

出し管⑥でヘリウム容器⑦に小分けする。トランスファー時の蒸発ガスはヘリウム回収配管⑧でガスバックに戻し再利用する構成である。また液化機寒冷⑨及び学内供給として液体窒素貯槽⑩を有し、学内に液体窒素（沸点 77 K）の供給を行う設備として液体窒素供給充填口⑪を設備する。

2. 更新機器

今回更新を行った機器は、

1. ヘリウム液化機（精製液化能力:200 L/hr）
2. 液化用ヘリウム圧縮機
3. 液体ヘリウム貯槽（充填容量:5000 L）
4. 液化用バッファータンク増設
5. 液体窒素貯槽
6. 液体ヘリウム汲み出し設備の改善
 - ・液体ヘリウム汲み出し管
 - ・ヘリウム回収配管
7. 液体窒素供給充填口の改良
8. 運転制御システム

以上である。変更機器は 図 1 において機器名称をピンク枠で囲っている。以下に各機器の仕様等の更新の詳細について記述する。

2.1 ヘリウム液化機

図 2 の①に外観を示す。ドイツの LINDE 社製の L280 である。今回の液化機の大きな変更点は運転圧力を 1.6 MPa から 0.81 Pa に下げ、且つ液化能力を純度 99%の不純ガス運転で 150 L/hr から 200 L/hr に性能アップをしたことである。液化行程は液化機内の気液分離器を持ち液化機内で液体ヘリウムを製造後三重管トランスファーチューブで外部に取り出す方法から、液化機内部に気液分離器を持たず JT 弁にて液化後、直接三重管トランスファーチューブを介し液体ヘリウム貯槽に液を溜め込む方法とした。また膨張タービンは磁気浮上ベアリング型式からガスベアリング型に変更になった。

運転においてはまだ試運転の状態を脱していないが、現状では室温からの予冷時間は 3 時間以内、連日運転の予冷時間は 40 分に短縮した。更新前液化機は室温からの予冷時間は 4 時間強、連日運転においては 70 分掛かっていた。

2.2 液体用ヘリウム圧縮機

図 3 に外観を示す。圧縮機はスクリュウの圧縮部本体⑤と油分離器⑥からなり黄色のボックス内にスクリュウ本体が収納され、横のタンク陣が油分離器である。スクリュウ部ではヘリウムガスとオイルが混合状態で圧縮し、4 段の油分離器でオイル成分を分離吸着し液化機へ送り込まれる。運転圧力は 0.93 MPa である。更新前は国産の前川製作所製で今回はドイツの KAESER 製となった。そのため供給電源が変わり高圧の 6600 V から低圧の 400 V となり変圧器の設置が必要となった。また起動方法はリアクトル起動から Y-Δ 起動となりメンテナンスは容易と

なった。圧縮機開始時は起動時負荷軽減用のスライド弁がなく全量負荷起動となった。そのため静定までの時間が今までの 15 分から 2 分にかんりの短縮が図られた。しかしその反面、起動と同時に圧縮される全量ガスの吐出量をバルブユニットのロード弁、アンロード弁とバイパス弁によって吐出・吸入圧力の風量調整のため急激なバルブ動作が発生するのでスライド弁式による起動とは大きく異なる。

2.3 液体ヘリウム貯蔵

図 2 の②に外観を示す。イギリスの WESSINGTON 社製の CH-5000 である。今回内容積 4000 L の貯槽から内容積 5550 L、充填容量 5000 L に更新し供給保有量の増強を図った。トップフランジには液化機と接続用三重管トランスファーチューブのポート、汲み出し管挿入ポート、超伝導液面用ポート及び予備として 2 ポート装備する。他に電磁弁駆動による蒸発ガス制御器を回収ラインに取り付けトランスファー用貯槽圧力の保持を担う。蒸発量は充填容量の 0.3%の 15 L 程度と断熱性能が向上した。

2.4 液化用バッファータンク増設

図 4 の⑦に外観を示す。既設として 15 m³のバッファータンク（図 4 の⑨）を所有するが液化機処理能力の増加に伴う精製運転モードの運転持続の安定化として 10 m³のタンクを増設した。このタンクの目的は内部精製を使用した液化運転では定期的に精製器内に低温吸着した不純物を加温再生し除去する行程があり、この間の液化運転に必要な純ガス供給として利用する。ゆえに容量が小さい場合、再生時間が不足し液化運転の持続が困難な状況となる。

2.5 液体窒素貯蔵

液体窒素は液化運転寒冷と学内供給用として使用している。今までは共通の配管で CE17 型(内容積 16,700 L)を中心に CE3 型(内容積 2,960 L)予備として使用してきた。しかしこの共用により液化機の温度バランスが不安定になることが発生していたので、今回この問題を解消するため独立に使用出来るよう CE3 型の大型化を図り個々に使用できる配管とした。図 4 の⑧が更新した貯槽の外観である。国産の CRYO ONE 社製の TL-10、内容積 9,700 L、充填容量 8,730 L である。なお共用利用も可能とするため貯槽間接続の仕切り弁を取り付けた。図 4 の⑩が既設の CE17 型である。

2.6 液体ヘリウム汲み出し設備の改善

我々の作業で一番手間が掛かる部分である。如何に短時間で効率よくトランスファー出来るかが一日あたりの液体ヘリウム供給量に影響する。既設設備では様々なことを試みたが毎分 3 L 程度の汲み出し量が限界だった。今回の更新ではハード面の改良として二点行った。1.汲み出し管の内径を 4 mm から 7 mm にボアアップし吐出量を増やした。構造は操作性から更新前同様の小分け容器挿入側半分をフレキシブルとし他はリジットとした。2.回収配管の配管径を 25 A から 50 A のフレキシブル管に変更し配管抵抗による背圧上昇を抑えた。フレキシブル管を使

用したのは放熱面積を稼ぎ戻りガスの昇温が目的である。図2の③が汲み出し管、④が回収配管口で図5がピット内のフレキシブル管である。まだ確実な結果は出ていないが貯槽圧力 0.024 MPa で毎分約 5 L 以上のトランスファーはできることが確認できた。

つまり容器交換の時間は別にして 1 時間当たり 300 L の液体ヘリウムをの汲み出しが可能となる。他に汲み出し管は挿入設置すると貯槽内で熱振動が発生し貯槽圧力を上昇させる問題が起きる。この対策として貯槽側には熱振動防止用の逆止弁を取り付けた。



図2. ヘリウム液化機・液体ヘリウム貯槽



図5. フレキシブル回収配管



図3. 液化用ヘリウム圧縮機



図4. バッファータンク・液体窒素貯槽

2.7 液体窒素供給充填口の改良

更新前は大型容器用の液体窒素供給場所（図 6）として充填バルブ 2 個と台ばかり 1 台で学内に液体窒素の供給を行ってきた。今回改良として二点を行った。

密閉型液体窒素容器は高圧ガス保安法により最高充填量が法律で決められて充填中は重さ測定状態で充填を行う必要がある。従前の供給設備では 1 台しか充填できず、利用者の増加に伴い不便を強いてきた。今回利用者の待ち時間短縮のために台ばかりを増設し容器 2 台同時に充填できる設備とした。

次に行ったことは充填ホースの挿入方法の改善を行った。従前は先端に L 型配管を取り付けたフレキシブルホースを単に液体窒素容器のトップの充填口に挿入することで充填を行ってきた。これは挿入時フレキシブルホースを一度かなり持ち上げないと挿入できず大変だった。また充填中において放出ガスによるフレキシブルホースの飛び出しが危険視されていた。このような状況から利用者の安全性を考慮して改良を行った。図 7 が改良後である。充填バルブ直後エルボでフレキシブルホースを上側に配管し、フレキシブルホース先端直管を充填容器上側に配置しバランスーで吊り下げた。充填口挿入は先端を上下するだけで挿入作業が可能となり簡便になった。またフレキシブルホース飛び出し防止策には容器とフレキシブルホース間にフックを掛け安全性を確保した。

2.8 運転制御システム

図 8 が運転制御システムの構成である。制御コントローラは大陽日酸製の「EzMPICS II」（Easy Multi Performance Integrated Control System）を採用し、入出力装置は「DeviceNet」を使用した。EzMPICS II は既設ヘリウム液化機にも採用されていて制御コントローラとして信頼性に優れていた。運転制御はデジタル計装ソフトを使用しシーケンスプログラム、FDB プログラム等の各種設定し実行する。

運転操作端末には使用するのは大陽日酸製の「HITS」（Human-Interface-Tool System）で今回新たに採用した。java 環境で動作するため運転操作端末の OS に依存しない特徴がある。液化機の運転操作、監視、データ収集、トレンドグラフ表示等を行う。

最後に我々がヒューマンインターフェイスとして利用する端末画面を図 9 に示す。①がシステムの監視用に利用する系統図である。この画面では液化運転の情報のほか、カードル圧力、サブセンター回収ガス純度、実験棟供給 He ボンベ圧力を表示する。更にカードルにおいては 8 系統のどのラインを利用しているか選択表示が可能とし、回収純度については純度低下時には表示がフラッシュ警告できるようにした。またこの系統図から直接液化機バルブの計器画面のポップアップ表示できる。②が 3 箇所のバルブの計器画面をポップアップ表示したものである。計器画面ではバルブモード変更、設定値変更等が可能で運転中に操作し最適な運転確立の試行を行うことに重宝している。③は液化機冷却過程のバルブ開度、温度変化のトレンド画面である。この表示も系統図から直接バルブ・温度等をクリックすることでトレンド画面が表示できる。④は運転画面である。上段が全自動運転、個別運転の起動ボタン、下段が起動条件の一覧である。液化機起動時に液化機のトリップの状態が把握できる。

3. まとめ

供給量増加・経年劣化対策として念願の液化機の更新が実現した。6 月に茨城県へ高圧ガス設備変更許可申請を始め 7 月末には変更許可が下りた。8 月、9 月と更新工事を行い 10 月 6 日に完成検査に合格し液化機試運転を開始した。10 月後半には液体ヘリウムの供給が再開でき更新工事は予定通り遂行できた。

今後の課題としては、引き渡された液化機はまだ運転制御シーケンスの予冷過程において多くの問題を抱えていることである。今までの液化運転の経験を活かし我々の手でシーケンスプログラムの改善に取り組んでいく。また高圧ガス製造設備として、メ

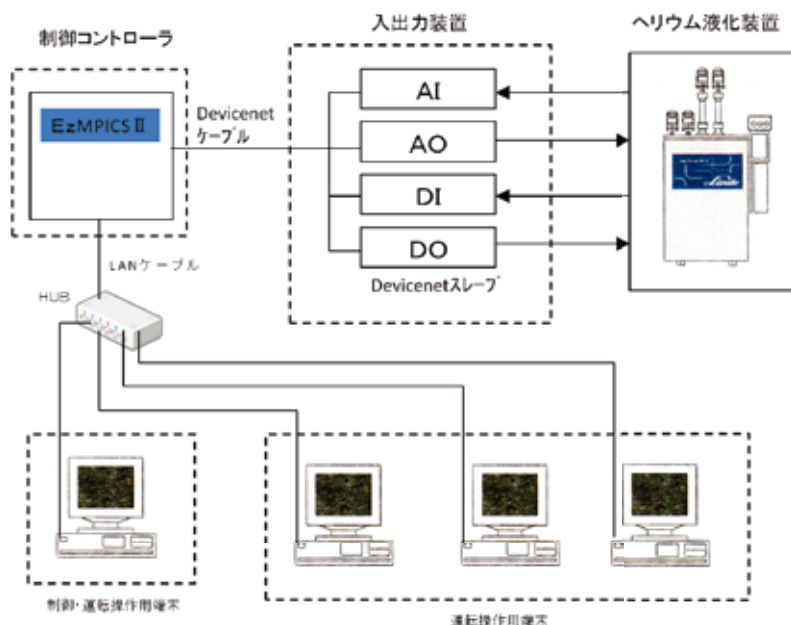


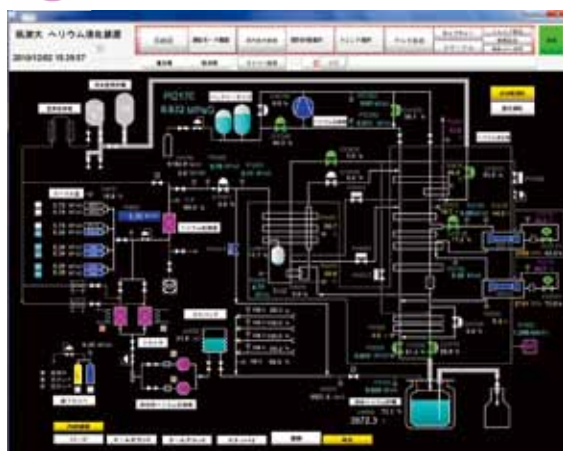
図 8. 制御システム構成図

メンテナンスの方法、運転基準等を整備し安全に装置の維持管理できるシステムを確立していく予定である。

謝辞

ヘリウム液化装置の更新に当たり、大学関係者及び工事を担当した大陽日酸(株)のご協力に深く感謝いたします。

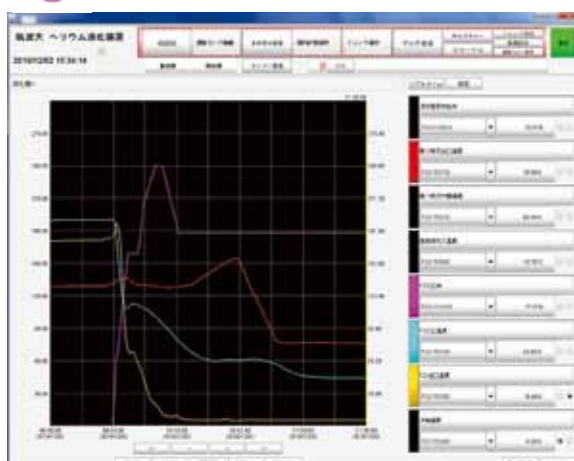
① 系統図



② ポップアップ系統図



③ トレンド



④ 運転画面

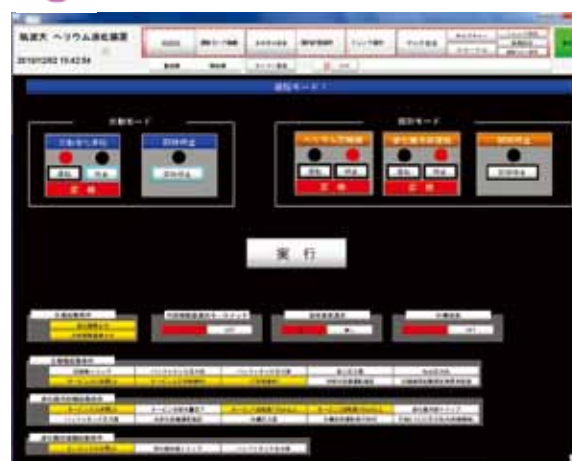


図 9. 端末画面

Renewal of helium liquefier

Mikio Miyauchi^{a)}, Yutaka Kondo^{a)}, Shota Tsuruga^{a)}, Hiroshi Ikeda^{b)}

^{a)} Cryogenics division, Technical Service Office of Research Facility Center for Science and Technology, University of Tsukuba,

1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577 Japan

^{b)} Materials Science(Cryogenics division), University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577 Japan

The cryogenics division, Research Facility Center for Science and Technology, supplies the liquid helium as liquid refrigerant to the laboratories in the university we operate helium liquefier. The helium liquefier was updated in 1996 and operated for 13 years. In late years a trouble incidence of the helium liquefaction opportunity rose slowly. For the future, renewal was performed with helium liquefier for liquid stable supply. In this report we introduce renewal of helium liquefier.

Keywords: helium liquefier

生体の顕微鏡観察を可能にするスタビライザーの製作

小林 浩三^{a)}

筑波大学 医学系技術室

〒305-8575 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

生体の臓器や臓器に近い皮膚は、肺や心臓の動きを止めなければ顕微鏡で観察することができない。しかし、動物を生理的な状態に保つには呼吸と循環は保たれていなければならない。報告者は、陰圧を利用して吸引し、観察する場所をわずかに持ち上げて固定するスタビライザーの製作を研究者から依頼された。そこで、大きさの異なるスタビライザーを製作したところ良好な結果を得ることができたので(図1)^[1](図11)、スタビライザーの大きさにより採用した製作方法を報告する。

キーワード: 生体観察、スタビライザー

1. はじめに

報告者は、30年に亘り、筑波大学医学工作室で実験装置、機器や器具の設計・製作に携わってきた。今回報告するスタビライザーに拘わらず、医学・生物学分野で使用される実験器具に用いられる材質に必要な特性は、いくつかある。その中でも錆びにくいといった特性は、ほとんどの実験器具に要求される。今回も同じように錆びにくい特性を持った材料を用いることが求められた。また、スタビライザーは、リング状の端面に細い溝がある形状をしている(図2)。加工性の良さなどから材料は黄銅を使用し、必要に応じて別の材料を使用することで研究者と相談しながら設計・製作を進めていった。

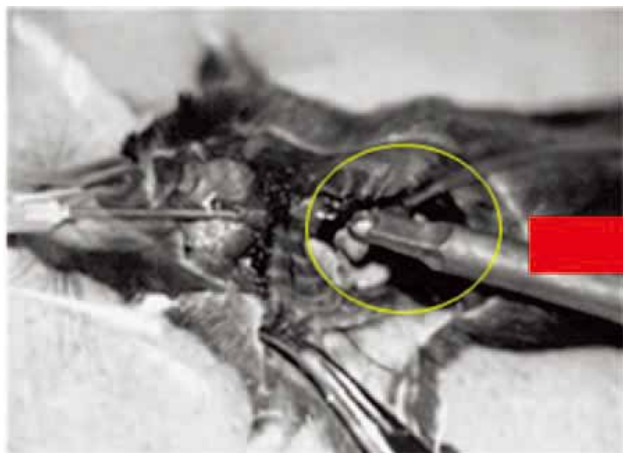


図1. マウスの肺を観察するために固定したところ



図2. 吸着面には溝が掘られている

2. 固定部の設計・製作

これまで大きく分けて以下の5つの大きさのスタビライザーを製作した。図3において内径が20 mm、12 mm、10 mm、6 mm、2.5 mmのものである。大きさの違いにより、それぞれ製作方法は異なる。ここでは、大きく異なっている3つの点を中心に紹介する。

2.1 内径6 mm～20 mm リング①

スタビライザーの吸引部の形状は、研究者と相談した上でリング状となった。スタビライザーの中で最も重要な部品となる。まず、この部品を製作する



^{a)} kkouzou@md.tsukuba.ac.jp; Tel: 029-853-3034

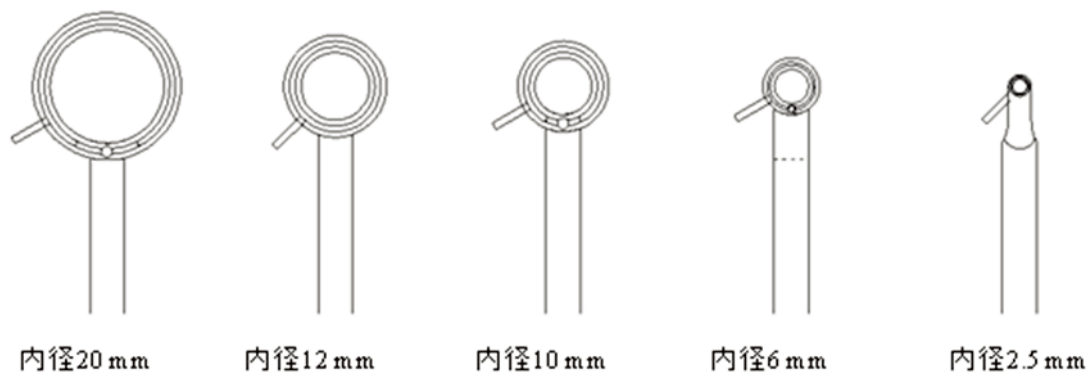


図 3. 固定部の内径の大きさによる形状の違い



図 4. 自作した溝入れ用のバイト

こととなる。一般的にこのような形状の部品を製作する場合、旋盤による加工が多い^[2]。実際、何回か製作している内、初期に製作したとき、溝は、丸棒の端面に旋盤で加工した。溝は、幅 1 mm、深さ 1 mm である。幅と深さの精度は、それほど高く要求されていないが、当時、そのような切削工具である端面溝入れ用のバイトがなかったので自作した(図 4)。

2.2 内径 6 mm～20 mm リング②

後期にこのサイズのリングを製作したときの溝入れは、NC 立フライス盤で加工した。旋盤で端面の平面加工をした後、NC 立フライス盤で加工していく。固定の際、コンプルデックス（株式会社 ニシムラジグ製）を用いた。

コンプルデックスは、正方形のブロックの中心に三爪スクロールチャック（以下、チャック）が取り付けられている。丸い部品をフライス盤などでバイスに固定して加工する際に基準となる位置を求めることが容易になっている。また、チャックは回転し、30° 単位の位置でピンにより固定することができる。さらに、1° の目盛と 10' のバーニヤ目盛が刻んであり任意の位置で固定することもできる(図 5)。

この仕組みを利用して、材料をチャックに固定してからはずすまでの間に、a) 端面の溝入れ加工、b) 柄となる丸棒との接続部のためのネジの下穴の加工、

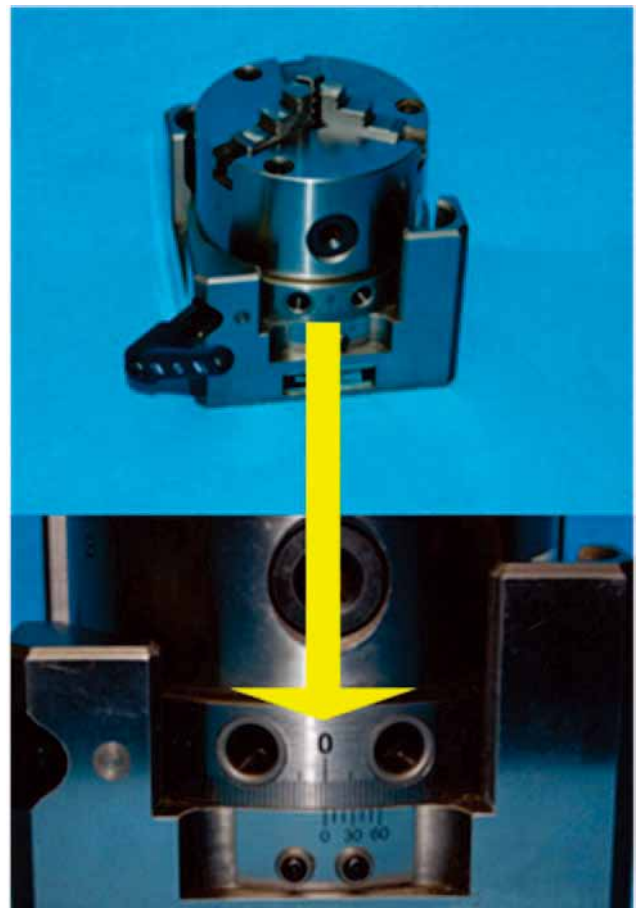


図 5. コンプルデックス

c) 吸引ポンプとの接続のためのチューブを接続するステンレスパイプを固定する穴の加工、これら全てを行うことが出来た(図 6)。

2.3 内径 2.5 mm リング

リングを支持する柄となる丸棒の直径は 6 mm との指定があった。内径 2.5 mm のリングでは、リングの外形が 6 mm 以下となるので、固定部を柄の丸棒に直接加工した。



図 6. 溝入れ、ネジの下穴、ステンレスパイプ差込口の加工が完了したところ



図 8. $\phi 2.5 \text{ mm}$ の固定器具

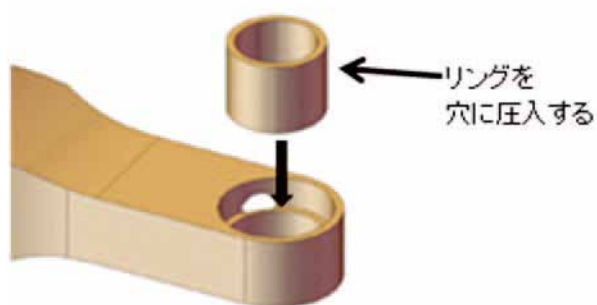


図 7 段付の穴にリングを圧入することで溝を作る



図 9. 完成した固定器具;チューブコネクタとなるステンレスパイプがハンダ付けされている

また、吸引のための溝の幅が 0.25 mm であるため切削による加工は困難である。そこで、あらかじめ段付の穴を開けておいて後からリング状の部品を圧入する方法を採用した（図 7, 8）。

3. ハンダ付け

3.1 ハンダ付けの方法

固定部は、吸引するためのポンプとシリコンチューブで繋がれる。リングには、シリコンチューブを連結するためのコネクタの役割をするステンレスパイプがハンダ付けにより固定されるが、通常の方法では黄銅製のリングとステンレス製のパイプはハンダ付けできない。この時、ステンレス専用のフラックスを塗布することでハンダ付けが可能となる。

3.2 ハンダ付けする際の注意点

ハンダ付けする際には、ハンダが十分に溶ける温度までリングとステンレスパイプの温度を暖めることが重要である。これにより、ハンダは、濡れや毛细管現象によりリングとステンレスパイプが接合さ



図 10. 手の甲の皮膚に固定しているところ

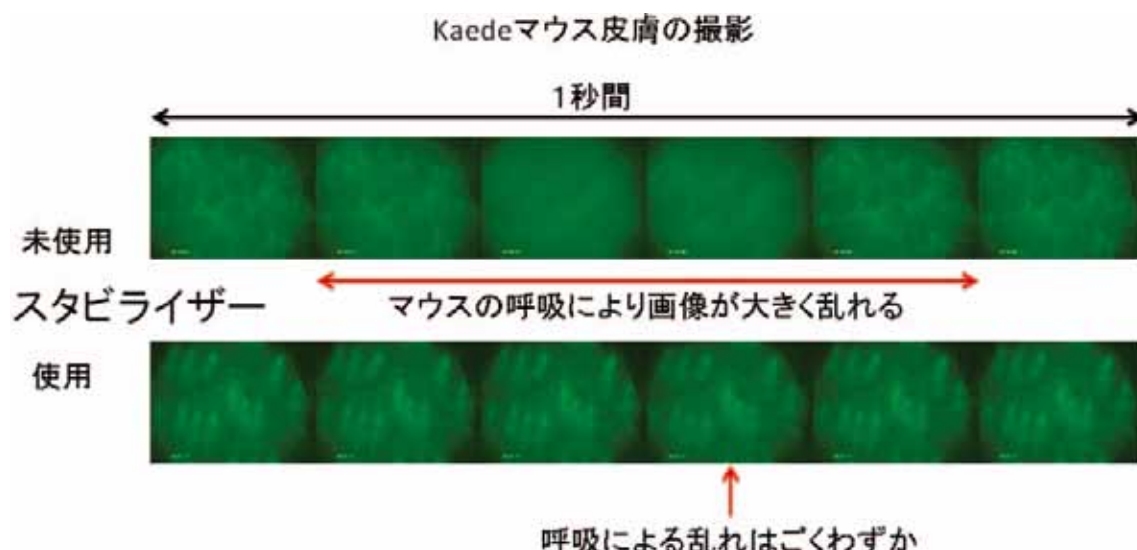


図 11. 固定器具未使用、使用時の撮影画像の比較（動画から静止画を抽出）

れる^[3]。ただし、ハンダの量が多いと、リングの溝に流れ込んでこれを塞ぐことになるので注意が必要である。（図 9）

4. 固定試験

観察する部位は、研究者によって異なる。よって、実際にスタビライザーの性能が満たされているか否かは、実際に使用してみないとわからない。しかし、動物の皮膚を固定することもあるので、報告者が被験者になり固定できるかどうか試してみた。シリンジを用いた手動による吸引で柄を含めたスタビライザーを皮膚に固定することが出来た（図 10）。

5. 謝辞

本報告の生体の微小循環の観察を可能にするスタビライザーの製作に当たっては、筑波大学人間総合

科学研究科疾患制御医学専攻（臨床医学系）鬼塚正孝准教授、生命システム医学専攻（基礎医学系）三輪佳宏講師には、サンプル画像などを提供していただくなど多大なる協力をいただいたことに感謝します。

参考文献

- [1] Naoya Funakoshi, Masataka Onizuka, Kenichi Yanagi, Norio Ohshima, Makoto Tomoyasu, Yukio Sato, Tatsuo Yamamoto, Shigemi Ishikawa, and Toshio Mitsui, A New Model of Lung Metastasis for Intravital Studies, *Microvascular Research*. 59(2000) 361-367
- [2] 技能士の友編集部, 「技能ブックス(3)／旋盤のテクニシャン」, 大河出版 (1971)
- [3] 野瀬昌治, 「はんだ付け職人のハンダ付け講座」, 星雲社 (2007)

Fabrication of stabilizers to facilitate the microscopic examination of living organisms

Kozo Kobayashi

Institute of Medical Science, Technical Service Office for Medical Science, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8575 Japan

The organs and skin close to the organs of living organisms cannot be examined microscopically if the movement of the heart or lungs is halted. However, respiration and circulation must be maintained in order to maintain the physiological state of an animal. The authors of this report were asked by researchers to fabricate stabilizers to apply suction using negative pressure and slightly elevate and then immobilize the area being examined. Thus, stabilizers of different sizes were fabricated and yielded satisfactory results. Different methods of fabricating different sizes of stabilizers are reported here.

Keywords: Examination of living organisms, stabilizers

八ヶ岳・川上演習林におけるヤマネの巣箱調査と調査用巣箱開発の取組み

杉山 昌典^{a)}、門脇 正史^{b)}

^{a)}筑波大学農林技術センター技術室（八ヶ岳演習林）

^{b)}筑波大学生命環境科学研究科生物圏資源科学専攻

〒 384-1305 長野県南佐久郡南牧村野辺山 462-4

概要

ヤマネの生態調査において、捕獲用の巣箱は木製の鳥類用巣箱またはそれを加工した物が主に使用されてきた。しかし、巣箱の購入費や巣箱製作・架設等には大きな労力が伴う。また巣箱の耐久性がないため数年間で交換が必要となる。木製巣箱の製作・架設の労力や耐久性の問題を解消するため、耐久性のある塩ビ管と木材を組み合わせた巣箱を試作した。これにより調査地まで材料をコンパクトに搬入して、簡単に組立て・架設が出来るので、巣箱調査の労力の低減が可能となった。

キーワード：ヤマネ、巣箱、塩ビ管

1. はじめに

ヤマネ *Glirulus japonicus* (図 1) は、本州、四国、九州、隠岐島後に分布する頭胴長 68~84 mm、尾長 44~54 mm のネズミ目ヤマネ科 1 属 1 種の小型哺乳類で、国の天然記念物に指定され環境省が準絶滅危惧種としている(阿部ら 2005)^[1]。夜行性であり樹上で主に採餌し、繁殖・冬眠には樹洞を利用するような森林に依存した種である(阿部ら 2005)^[1]。

活動期においても日中は、樹洞や幹の隙間で休眠する(日内休眠)(中島 2006)^[2]。日内休眠には鳥類用の巣箱も利用するので、生態調査には木製の鳥類用巣箱(内容積約 2000 cm³、以下鳥類巣箱と略す)を用いるのが一般的である(湊 2010)^[3]。



図 1. 鳥類巣箱を利用したヤマネ (2009.8.28 撮影)

しかし体の大きさの割に広い行動圏(雄で 2 ha 雌で 1 ha 弱)(阿部ら 2005)^[1]を持つヤマネの生息確認を行うためには、広範囲に数多くの巣箱を設置する必要があり、従来の鳥類巣箱を用いた調査で

は巣箱購入などの大きな出費や巣箱製作・架設等の大きな労力が伴いヤマネ研究者の負担となってきた。そこで 2006 年より経済的・労力的負担の軽減を実現するため、安価で軽量の素材を加工してヤマネ生態調査用の小型軽量の巣箱を試作した。本報ではその巣箱の工程・費用、開発した巣箱によるヤマネの調査の有効性を紹介する。

2. 方法

2.1 調査地概要

八ヶ岳演習林(約 80 ha)は標高 1,400~1,450 m (標高差 50 m)の緩斜地形で、高海拔地のため年間を通じて冷涼であり、一部カラマツ人工林を除きほぼミズナラ・カンバ類・クリ等の天然性二次林である。1981 年より他の森林から孤立し、農地の中に島状に存在する林地である。

川上演習林(約 188 ha)は、標高 1,440~1,785 m (標高差 345 m)の冷温帯域にカラマツ等の人工林が約 7 割、ミズナラ・カンバ類・カエデ類等の天然性二次林が約 3 割を占めている林地である。

2.2 調査方法

ヤマネの巣箱調査は文化庁より「天然記念物ヤマネの現状変更」、長野県より「鳥獣捕獲」の許可を受けた上で調査を行った。

調査は八ヶ岳演習林で 2006~2009 年、川上演習林で 2009 年に行った。

2006 年は既製品の筆立てを転用し、箱形と鉤型の巣箱を 2 種類製作した(図 2、杉山ら 2007)^[4]。

箱型巣箱は鳥類巣箱の小型版(容積約 500 cm³、図 2 左側)であり、巣穴より巣箱底面までは垂直に約 7 cm の長さとなる。主な特徴として側板の一方が上部にスライドして開閉できる構造で、更にガラス板との二重構造になっている。



図 2. 箱型・鉤型巣箱を開けた状態

鉤型巣箱（容積約 180 cm^3 、図 2 右側）は六角柱の筆立てと角材を組み合わせた巣箱で、角材内部で巣穴が直角に屈曲しており、巣穴より巣箱奥面までは水平に約 14 cm の長さとなる（角材内部で約 6 cm 、巣箱内部約 8 cm ）。

2007 年は安価な素材で広く流通している排水用の塩化ビニル樹脂製パイプ・キャップ（直径 $50\sim 75\text{ mm}$ 、以下塩ビパイプ・塩ビキャップ）を用いて円筒型巣箱（図 3、以下塩ビ巣箱と略す）を容積が大・中・小の 3 種類の巣箱を製作した（容積約 $500\cdot 350\cdot 200\text{ cm}^3$ 、図 3、細田 2008）^[5]。

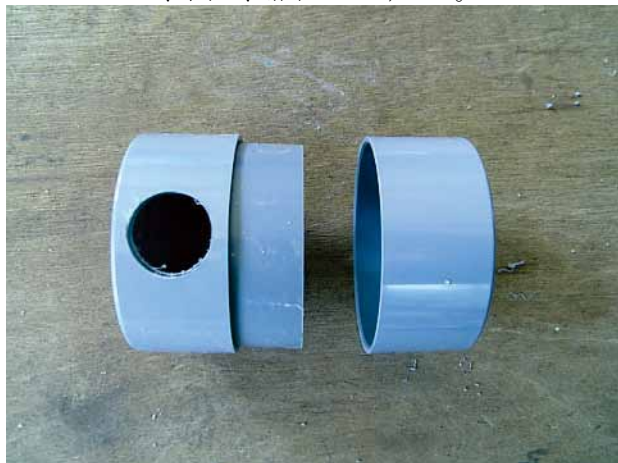


図 3. 塩ビ巣箱を開けた状態

2008・2009 年は塩ビパイプ・塩ビキャップ（直径 $50\sim 75\text{ mm}$ ）と木材を組み合わせた容積が大・中・小の 3 種類の巣箱（以下、塩ビ木製巣箱と略す）を製作した（容積約 $500\cdot 350\cdot 200\text{ cm}^3$ 、図 4、玉木ら 2010）^[6]。



図 4. 塩ビ木製巣箱を開けた状態

2009 年に塩ビ木製巣箱と製作キットを組み立てた鳥類巣箱（図 5）を用い、ヤマネと他の動物による、2 タイプの巣箱の利用比較を行った（玉木ら 2010）^[6]。

3. 結果

3.1 巣箱製作工程と費用および問題点

2006 年に製作した箱型・鉤型巣箱の製作に当たって、主な使用道具はボール盤、ドライバードリル、手鋸、ガンタッカである。



図 5. 製作キットを組み立てた鳥類巣箱

主な作業は箱型巣箱の 1 側面に 30 mm の径で巣穴を開け、鉤型巣箱には角材の 2 側面に同じく 30 mm の巣穴を直交させるように開けた。箱型巣箱本体と天板・鉤型巣箱本体と角材との結合作業をガンタッカ・ゴム板で行った。工程的に 194 個を 1 人で約 3 日間と短期間で製作できた。1 個分の材料費は箱型が約 150 円 、鉤型が約 500 円 である（杉山ら 2007）^[4]。

2007 年に製作した塩ビ巣箱の製作に当たって、主な使用道具は切断機・卓上ボール盤である。

主な作業は塩ビパイプを 10 cm 程で切断し、その切断した塩ビパイプの両端を塩ビキャップ 2 個で塞いで円筒にした。円筒本体端に 30 mm の径で巣穴を開け、更に本体の左右面に取り付け穴を開けた。工程的には 200 個を 1 人で約 3 日間と短期間で製作できた。1 個分の材料費は大型が約 610 円 、中型が約 500 円 、小型が約 230 円 である（細田 2008）^[5]。

2008・2009 年に製作した塩ビ木製巣箱の製作に当たっても主な使用道具は塩ビ巣箱製作時と同様の道具である。主な作業は塩ビパイプを 10 cm 程で切断し、その切断した塩ビパイプの片端を塩ビキャップで塞いで円筒にした。円筒本体端に 5 mm の径で結合用の穴・水抜き穴を開けた。角材の 2 側面に 30 mm の巣穴を直交させるように開け、取り付け穴 2 箇所、円筒本体との結合用の穴 1 箇所、円筒本体を支える棒を差し込む穴を 1 箇所開けた。結束バンドで円筒本体と角材を結合し、支え棒を差し込んだ。工程的には 200 個を 1 人で約 4 日間と短期間で製作できた。1 個分の材料費は大型が約 430 円 、中型が約 360 円 、小型が約 200 円 である（玉木ら 2010）^[6]。

2009 年に塩ビ木製巣箱と比較するために作製した鳥類巣箱は、すでに材料が切りそろえてある製作キットを使用した。200 個の組立てには 1 人で

約 10 日間を要した（玉木ら 2010）^[6]。1 個分の材料費は 800 円である（玉木ら 2010）^[6]。

各巣箱の材料単価と重量、1 個あたりの製作時間を図 6 に示した（塩ビ・塩ビ木製巣箱は大型の値）。

材料単価・巣箱重量では箱型巣箱が最も安く・軽い巣箱であるが、一メーカーの既製品を使用したため常に入手できる材料ではない。これは鉤型・鳥類巣箱も同様である。

箱型巣箱は仕切りのガラス板越しに観察が出来るため巣箱内容物の飛散がないが、本体が木質繊維を圧縮したボードで出来ていたため雨水を含み膨張し、側板の開閉が困難となり観察に支障をきたした。

鉤型巣箱は本体の開閉が容易で巣箱内部が見やすい構造であったが、一部木質繊維を圧縮したボードで出来ていたため雨水を含み膨張し、利用した動物により齧り破られた。

両巣箱とも耐久性には問題があり、使用可能な年数は 2 年と短かった。

鳥類巣箱は材料単価・重量・製作時間の全てが巣箱の中では最大だった。

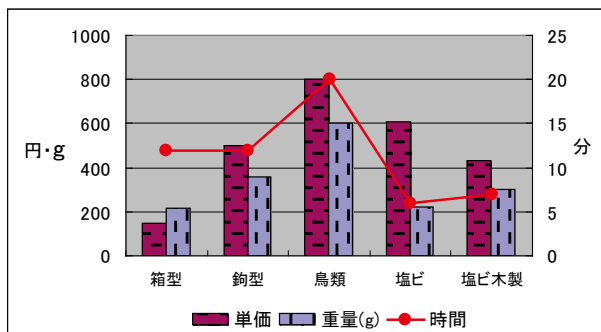


図 6. 各巣箱の材料単価・重量と製作時間

反面、JIS 規格製品で常に入手可能な塩ビ管は耐久性にも優れ軽量である。

塩ビ巣箱は塩ビパイプ・塩ビキャップを巣箱の材料としたため、観察時に巣箱本体を二分割する構造で開閉しづらく、また開いたときに巣箱の内容物の飛散も多かった。全ての材料を塩ビ管・キャップで製作すれば耐久性が一番あると思われるが、観察時の取り扱いに問題がある。



図 7. 塩ビ木製巣箱を利用したヤマネ (2009.8.28 撮影)

塩ビ木製巣箱は上記の塩ビ巣箱の欠点を解消し、観察しやすい鉤型巣箱の構造で巣箱本体材料を塩ビ管・キャップに替えた。このことにより耐久性もあり、重量も軽く材料単価も抑えられ、調査に負担の少ない巣箱が実現した（図 4・7）。

3.2 巣箱試験

各巣箱のヤマネ・ヒメネズミ・ヒガラの利用数を調査地ごとに表 1 に表した。

3.2.1 八ヶ岳演習林

ヤマネは箱型巣箱を最も多く利用した（杉山ら 2007）^[4]。

次いで鉤型・鳥類巣箱を利用した（杉山ら 2007^[4]、玉木ら 2010^[6]）。

ヤマネの塩ビ・塩ビ木製巣箱の利用はほぼ同数である（細田 2008^[5]、玉木ら 2010^[6]）。

ヒメネズミは鳥類巣箱を最も利用し、次いで箱型巣箱を利用した（玉木ら 2010^[6]、杉山ら 2007^[4]）。ヒメネズミの塩ビ・塩ビ木製巣箱の利用は、鳥類・箱型と比べるとわずかである（細田 2008^[5]、玉木ら 2010^[6]）。

ヒガラはヤマネ同様箱型巣箱を多く利用し、次いで鳥類巣箱を利用した（杉山ら 2007^[4]、玉木ら 2010^[6]）。

一方、ヒガラの塩ビ・塩ビ木製巣箱の利用はなかった（細田 2008^[5]、玉木ら 2010^[6]）。

3.2.2 川上演習林

ヤマネは鳥類・塩ビ木製巣箱共にほぼ同数利用した。また塩ビ木製巣箱の大きさによるヤマネの利用の違いは見られなかった（玉木ら 2010）^[6]。

ヒメネズミは鳥類巣箱を主に利用した（玉木ら 2010）^[6]。

ヒガラは鳥類巣箱を利用したのみで、塩ビ木製巣箱の利用はなかった（玉木ら 2010）^[6]。

表 1. 各種の調査地別利用巣箱数

八ヶ岳演習林での利用巣箱数			
区分	ヤマネ	ヒメネズミ	ヒガラ
箱型	8	28	6
鉤型	5	6	0
鳥類	4	162	2
塩ビ	1	2	0
塩ビ木製	2	4	0
川上演習林での利用巣箱数			
鳥類	30	42	1
塩ビ木製	33	2	0

4. 考察

箱型と鳥類巣箱は容積が違うが、巣穴が樹幹に向いている構造が共通している（図 5）。巣箱の巣穴を樹幹側に向けて設置することは、鳥類の巣箱利用を減少させることができる（安藤 2005）^[6]。

その点、塩ビ木製巣箱は巣穴を樹幹に向けなくても巣穴を屈曲させているため、さらに鳥類の巣箱利用は少ない（図 7）。

鳥類巣箱は今回製作キットを使用したにもかかわらず製作時間を要した（図 6）。板材から切りそろえて製作するには、さらに時間がかかる。また板材を釘・木ネジで結合させるため、あらかじめ組み立てた後に巣箱調査地に搬入する必要がある。

しかし塩ビ木製巣箱は、巣穴・取り付け穴等を開けた木材部分と塩ビ管部分との結合には結束バンドを使用するため現地で簡単に組立てられる。また、調査終了時にその場で釘抜き等の道具なしで簡単に解体してコンパクトに回収できる（図 8 右）。

また塩ビ木製巣箱の容積に関係なくヤマネが利用

することから（玉木ら 2010）^[6]、直径の異なる塩ビ管材料を重ねて運べるため、かさばらずに容易に運搬できる（図 8 右）。

ヤマネによる塩ビ木製巣箱と鳥類巣箱の利用には違いがなかった。一方、ヤマネ以外の動物による塩ビ木製巣箱の利用は少なかった。したがって 2008 年に開発した塩ビ木製巣箱は、ヤマネ科動物用巣箱として適していると考えられる。このことはダム・道路等の建設工事の際の環境アセスメント並びに、道路が通っていない奥山等でのヤマネ生態調査において有効と思われる。

上記の理由により、平成 22 年 5 月 24 日付で本学の職務発明であることを認定され、知的財産権の継承を行った（整理番号 10-008）。

また「小型ヤマネ科動物用巣箱」として、平成 22 年 8 月 18 日付で国内特許出願を行った（出願番号、特願 2010-182997）。

参考文献

- [1] 阿部永、石井信夫、伊藤徹魯、金子之史、前田喜四雄、三浦慎悟、米田政明、日本の哺乳類[改訂版](2005)145.
- [2] 中島福男、日本のヤマネ〔改訂版〕(2006)12.
- [3] 湊秋作、ヒューマンノンフィクション ヤマネのすむ森—湊先生のヤマネと自然研究記 (2010) 41.
- [4] 杉山昌典、門脇正史、上治雄介、井波明宏、筑波大学農林技術センター演習林報告第 23 号(2007)73-88.
- [5] 細田浩一郎、筑波大学生物資源学類卒業論文(2008)1-34.
- [6] 玉木恵理香、杉山昌典、門脇正史、日本生態学会第 57 回全国大会講演要旨集(2010)440.
- [7] 安藤元一、哺乳類科学 45 (2) (2005) 165-176.



図 8. 既製品の小動物用木製巣箱（左）と 3 個分の塩ビ木製巣箱材料（右）の比較

研 修 報 告

技術職員関連の研修について

技術職員連絡会 研修タスクフォース

中島孝、大野良樹、米川和範

総務部職員課 業務改善・能力育成係

概要

国立大学法人化以後、技術職員に関する研修は実施されていない状況であったが、平成20年7月の筑波大学技術職員組織体制の整備を機に、技術職員の研修に関するタスクフォースを設置して検討を行い、全学技術委員会において研修実施の提案を行った。これにより、平成21年度から「筑波大学技術職員研修」が実施され、また技術室等の組織運営に関わるリーダー職員育成の必要性から、技術専門官を対象に筑波大学課長補佐級研修への参加も行われている。

平成22年度においては、筑波大学が中期目標期間に向けた活動として職員の人材育成ポリシーと職員の能力開発体系を策定し、目標を達成するための職員の人材開発・人材育成に関わる研修計画を重点的に進めていくことを目的に「重点及び戦略的経費」の配分があり、技術職員の業務の高度化に対する能力開発研修等についても予算措置がなされた。これにより学外研修参加等のための経費支援、そして技術職員の要望を踏まえた技術職員研修の年度内2回実施、プレゼンテーション研修も実施されている。以下に、今年度実施された技術職員関連の研修について報告する。

1. 平成22年度における技術職員関連の研修について

平成22年度に実施された技術職員を対象とした研修について、その実施要項の概要を示す。

(1) 平成22年度筑波大学技術職員研修

1) 目的

本学の技術職員に対し、その職務遂行に必要な知識を習得することにより、大学職員としての資質の向上を図る。

2) 研修期間

第1回：平成22年7月13日(火)～14日(水)

第2回：平成22年11月8日(月)～9日(火)

3) 受講者

技術専門職員及び技術職員のうち、各30名程度

(2) 平成22年度技術職員の学外研修に係る経費支援

1) 目的

技術職員がその業務遂行に必要な専門分野に関する知識または技術の習得のために受講あるいは参加する学外の研修等について、その必要な経費の一部を支援する。

2) 支援実施期間

第1回：平成22年6月1日～10月31日

第2回：平成22年10月1日～12月31日

第3回：平成23年1月6日以降（予定）

3) 申請方法・選考方法

所属長が推薦する者について所定の様式により申請する。なお、支援対象者が複数の場合は順位

を付すこと。

選考に際しては、業務上緊急度の高い研修等を受講する場合、及び技術職員の出張費等について部局からの予算措置がない場合を優先することとし、申請のあった金額について勘案し決定する。

(3) プレゼンテーション研修

1) 目的

これからの大学職員には、一人ひとりが自らの能力向上に資する仕組みと組織の人材育成に取り組む仕組みが必要であることから、職員が自分の意志を論理的思考を持って的確に相手に伝える能力を習得するために研修を実施する。とくに技術職員は、業務の専門性から、自身の業績を発表する場において短時間で自らの主張を相手にわかりやすく説明できるプレゼンテーションの手法を学習し、実践的なスキルを習得させる。また、採用3年目までの職員については、日常業務に関連する基本的なプレゼンテーションの手法を学習し、その能力を習得させる。

2) 受講対象ならびに定員

- ・ 受講対象者： ① A～Cコース：全技術職員
② D～Eコース：採用3年目までの一般職員及び技術職員
- ・ 受講者数： 各日20名程度

3) 研修期間

- ・ 平成22年10月28日(木)～11月16日(火)の期間
- ・ 対象コースから、1コースを選択する

表1. プレゼンテーション研修の日程

コース	日程	研修時間		受付	オリエンテーション
A	10/28(木)	午前	9:00-12:30	8:45-8:55	8:55-9:00
	10/29(金)	午後	13:30-17:00	-	-
B	10/28(木)	午後	13:45-17:15	13:30-13:40	13:40-13:45
	10/29(金)	午前	9:00-12:30	-	-
C	11/16(火)	終日	9:00-17:00	8:45-8:55	8:55-9:00
D	11/11(木)	終日	9:00-17:00	8:45-8:55	8:55-9:00
E	11/15(月)	終日	9:00-17:00	8:45-8:55	8:55-9:00

(4) 平成22年度筑波大学課長補佐級研修

1) 目的

本学の課長補佐級の職員に対し、目標管理システムで評価項目や判断基準としている事項について適切な講義や演習を実施し、その職務遂行に必要な広範な識見の涵養及び高度の管理能力の充実に図り、もって大学の円滑な管理運営に資することを目的とする。

2) 研修期間

- ・講義および演習 平成22年10月13日(水)～14日(木)
- ・振り返り研修 平成22年12月14日(火)
- ・放送大学入学 平成23年4月～平成23年9月
(放送大学科目履修生として、予め定められた科目のうちから1科目を受講する)

3) 受講対象者

- ・受講資格：課長補佐、専門員、室長補佐、主任専門職員、副技師長、副薬剤部長、副看護部長、技術専門官
- ・受講者数：30名程度

2. 研修実施報告

平成22年度に実施された技術職員にかかる研修の実施状況は、以下のとおりである。

(1) 平成22年度筑波大学技術職員研修（第1回、第2回）

1) 受講者の状況

平成22年度の技術職員研修は、全技術職員がなるべく早期に受講できるよう、2回実施された。

表2. 平成22年度技術職員研修の受講者所属組織と受講者数

	第1回（7月13日～14日）		第2回（11月8日～9日）	
	所 属	受講者数	所 属	受講者数
1	数理物質科学等技術室	2	数理物質科学等技術室	1
2	システム情報工学等技術室	3	システム情報工学等技術室	3
3	生命環境科学等技術室	2	生命環境科学等技術室	6
4	医学系技術室	6	農林技術センター技術室	3
5	農林技術センター技術室	4	医学系技術室	7
6	研究基盤総合センター技術室	2	研究基盤総合センター技術室	3
7	アイトープ 総合センター技術室	1	アイトープ 総合センター技術室	1
8	総務部環境安全管理課	1	総務部情報化推進課	1
9	総務部情報化推進課	2	研究推進部研究企画課	1
10	研究推進部研究企画課	1		
11	体育芸術系支援室	1		
合計	11 部署	25 名	9 部署	26 名

2) 研修内容・日程

○講義・演習

- ・講義：職場のハラスメント、倫理規定等、学長講和、特別講和、職場のメンタルヘルスと安全衛生管理、業務改善について
- ・講義・グループワーク：「コミュニケーション」
- ・演習：班別討議「技術職員が直面している課題とその解決方法」

○研修日程、場所

- ・研修時間：2日間、計14時間30分
- ・研修場所：生物農林学系A棟 106会議室

(2)平成22年度における技術職員の学外研修にかかる経費支援

1)実施状況

平成22年度における大学職員の能力開発事業の一環として、技術職員に関する研修等においてもその経費の一部を支援するための予算措置が行われた。これにより、日常業務に関連した知識や技術の習得のための研修・講習の受講、学会への参加などが実施された。表3に実施状況を示す。

表3. 平成22年度における技術職員の学外研修にかかる経費支援の実施状況

	所 属	氏 名	研修等名称	主催者名	研修期間	費 目 (参加費・旅費)
1	生命環境科学等 技術室	村岡亜貴	危険物取扱者保安講習会	(社) 茨城県危険物 安全協会連合会	6/16 1 日	参加費
2	総務部環境安全 管理課	柏木保人	大学等環境安全協議会 第26回技術分科会及び 実務者連絡会、施設見学会	大学等環境安全 協議会 北海道大学(共催)	7/29～31 3 日	旅費
3	システム情報工学 等技術室	小野雅晃	開発効率を引き上げる デジタル・ハードウェア の検証技法	CQ出版社	8/19 1 日	参加費
4	医学系技術室	佐藤晶子	BD FACS ベーシック トレーニングコース	日本ベクトン ディッキンソン	9/8～10 3 日	参加費
5	数理物質科学等 技術室	伊藤伸一	第106回触媒討論会	触媒学会	9/15～18 4 日	旅費
6	総務部環境安全 管理課	柏木保人	認定オキペイショナルハイ ジニスト養成講座Aコース	日本作業環境測定 協会	10/13～15 3 日	参加費
7	農林技術センター 技術室	比企 弘	平成22年度日本農作業学 会 秋季大会シンポジウム	日本農作業学会	10/20～21 2 日	旅費
8	農林技術センター 技術室	酒井一雄	平成22年度日本農作業学 会 秋季大会シンポジウム	日本農作業学会	10/20～21 2 日	旅費
9	農林技術センター 技術室	大宮秀昭	平成22年度日本農作業学 会 秋季大会シンポジウム	日本農作業学会	10/20～21 2 日	旅費
10	アイソトープ総合 センター技術室	鈴木路子	平成22年度主任者部会 年次大会 第51回放射線管理研修会	日本アイソトープ 協会	11/3～5 3 日	旅費
11	医学系技術室	中村貴子	日本DNA多型学会 第19回学術集会	日本DNA多型学会	11/18～20 3 日	旅費
12	総務部環境安全 管理課	岩原正一	特別管理産業廃棄物管理 責任者に関する講習会	(財) 日本産業廃棄 物処理振興センター	12/16 1 日	参加費

※ 表3には平成22年12月31日までに実施されたものを記載した。

2) 研修報告書

本支援を受けた場合は、研修等終了後に図1に示す出張等完了報告書により報告することとした。

なお、本報告では、受講者から提出された出張等完了報告書の掲載は、省略させていただいた。

[illegible]

図1. 学外研修にかかる経費支援による出張等完了報告書の様式

(3) プレゼンテーション研修

1) 受講者の状況

技術職員のスキルアップの一環として技術職員の要望をもとに今年度初めて実施された研修である。技術職員の日常業務に配慮し複数の受講コースを設け、受講し易い日時設定で実施された。受講者の状況を表4以下に示す。

表4. プレゼンテーション研修の受講者所属組織とコース別受講者

	所 属	受講コース					合計
		A 10/28 午前 10/29 午後	B 10/28 午後 10/29 午前	C 11/16 終日	D 11/11 終日	E 11/15 終日	
1	総務部環境安全管理課			1			1
2	総務部情報化推進課	1					1
3	教育推進部教育企画課		1				1
4	数理物質科学等技術室		1				1
5	システム情報工学等技術室	2	3	2			7
6	生命環境科学等技術室			2		1	3
7	医学系技術室	5	3	9	1		18
8	農林技術センター技術室			1			1
9	アイソトープ 総合センター技術室			1	1		2
合計		8	8	16	2	1	35

2) 研修内容・日程

○講義・演習

- ・講義：プレゼンテーションの基礎、プレゼンテーションの成功のコツ、簡潔に、わかりやすく話す内容の組み立て方、プレゼンテーションに必要なヒヤリングスキル
- ・演習：実践プレゼンテーション演習、自己紹介のビデオ撮影記録の分析（プレゼンテーション内容の検証、修正点の確認）

○研修日程、場所

- ・研修時間：各コースとも7時間
- ・研修場所：生物農林学系A棟 106会議室

(4) 平成22年度筑波大学課長補佐級研修

1) 受講者

今回の受講者は、技術専門官3名が受講した。受講者の所属は、数理物質科学等技術室、研究基盤総合センター技術室(加速器部門)、医学系技術室である。なお、平成21年度は技術専門官5名が受講した(参考)。

2) 研修内容・日程

○講義・演習、

- ・講義：労務管理、内部統制、メンタルヘルス
- ・演習：ロジカルシンキング・マネジメント
- ・振り返り研修（２ヶ月後）

○研修日程、場所

- ・研修時間：講義（３時間）、演習（１０時間５０分）、振り返り研修（７時間１５分）
放送大学の受講（１１時間１５分）、単位日程試験（５０分）
- ・研修場所：生物農林学系Ａ棟１０６会議室、放送大学の受講は自宅または学習センター

3. まとめ

技術職員関連の研修は、技術職員の職務に必要な知識の習得と大学職員としての意識改善及び資質の向上を図ることを目的としている。平成２１年度から始まった研修のプログラムは、できるだけ全技術職員に共通した内容で構成するように配慮され、またグループワークの講義として班別討議や外部講師によるコミュニケーション研修、ロジカルシンキング・マネジメントの演習など実践的な要素も含んだ内容となっている。

これまでに実施された各研修は受講者の評判も良く、平成２１年度技術職員研修及び平成２２年度第１回技術職員研修の受講者アンケートの集計結果にもその状況が現れている。アンケートの項目別の回答では、

- ・研修実施時期・期間について：良かった、適当である
- ・講義について：有意義であった
- ・研修成果について：知識の習得や視野の拡大、コミュニケーションや意識の改善が図れた、役に立った

などの意見が多く見られた。

なお、技術職員研修をはじめ各研修に関する情報、アンケート集計結果などの詳細は、研修ホームページ（<http://kens.sec.tsukuba.ac.jp/>）をご覧ください。

今後の技術職員関連の研修については、技術職員連絡会及び研修に関するタスクフォースにおいてさらに検討を行い、技術職員にとって有意義な研修が実施できればと考えています。また今後も研修予算の確保に向けて、総務部職員課業務改善・能力育成係の協力を得ながら全学技術委員会をとおして大学に要望していきたいと考えています。最後に、技術職員の皆さんには今後の研修に関しての要望や提案をより積極的にしていただくようお願いをして、平成２２年度の実施報告とします。

筑波大学技術報告 No.31
第10回筑波大学技術職員技術発表会報告集

平成23年3月発行

編集 筑波大学技術職員技術発表会実行委員会編集小委員会

発行 筑波大学研究推進部研究企画課
〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1
電話 029-853-2924

第10回筑波大学技術職員技術発表会
主催
筑波大学全学技術委員会
委員長 赤平 昌文 筑波大学副学長（研究）

企画・運営
第10回筑波大学技術職員技術発表会実行委員会
[体育芸術系支援室]
鷲野谷 秀夫（委員長）
[数理物質科学等技術室]
大川 和夫
渡邊 ゆり子
[システム情報工学等技術室]
川上 彰（副委員長）
菊地 永
[生命環境科学等技術室]
田所 千明
有本 光江
[医学系技術室]
大野 良樹（副委員長）
長谷川 賀一
[農林技術センター技術室]
片桐 孝志
佐藤 美穂
[研究基盤総合センター技術室]
門脇 英樹
[アイソトープ総合センター]
渡邊 浩
[学術情報メディアセンター]
高瀬 律子（副委員長）