



# ものづくり大学紀要

## The Bulletin of Institute of Technologists

	創刊に寄せて	神本武征	1
論文	非球面創成研磨技術の研究	藤澤政泰	2
論文	車椅子用後方および高視点映像情報表示システムの開発	的場やすし, 菅谷諭	8
論文	高忠実音再生に必要なスピーカ特性の検討—磁石の方式によるトランジェント特性の違い— .....	三井実, 石川智治, 宮原誠	14
論文	鋳造用CAE技術に関する研究	櫻井大八郎, 佐藤宏樹, 鈴木克己, 木島秀弥, 松浦誠	22
論文	未利用資源の有効活用に関する研究(第一報)	櫻井大八郎, 納見千春	28
論文	初期の水中養生期間がコンクリートの力学的性質に及ぼす影響 .....	澤本武博, 飛内圭之, 辻正哲	34
論文	環境を考慮したコンクリート廃材の現場内リサイクルにおける配合および施工方法に関する研究 .....	澤本武博, 西謙一	39
論文	微破壊試験に及ぼすコンクリートの高さ方向による測定箇所の影響 .....	後藤正明, 澤本武博, 因幡芳樹, 守屋健一	45
解説	埼玉県内の市町村における橋梁の維持管理の現状と大学の取り組み .....	土田祥彬, 澤本武博, 飛坂基夫, 中村俊彦, 地頭菌博	50
報告	初年次教育の動向	土居浩	54
報告	岩槻商業高校とものづくり大学による協同製作プロジェクトの活動報告 .....	松本宏行, 天野孝志	58
報告	ものづくり大学平成21年度青少年教育活動報告	菅谷諭	62
報告	櫻井研究室平成21年度活動報告	櫻井大八郎	67
報告	ものづくり大学におけるインターンシップの実績(その1)—2002年から2009年までの成果レポート— .....	宮本伸子	73
報告	ものづくり研究情報センターの活動	尾藤俊和	84
記録	平成21年度教職員学外役職・審査員等一覧		93
記録	平成21年度海外出張実績		96

## 創刊に寄せて

学長 神本武征

ものづくり大学は2001年の開学以来9年が経過しました。この間、最初の4年間は新しいカリキュラムを立ち上げることを最優先し、その後ようやく教育が定常状態に入るとともに、研究・社会活動を開始してきました。

本学の目的は教育にあることは言うまでもありませんが、生きた講義をするには研究の成果を講義内容に反映させることが重要であります。研究で得られた実際の経験と新知見を講義することは学生に興味を持たせるばかりでなく、話の内容に深みを与えます。

とは言うものの、本学の研究の多くはアカデミックな内容とは距離のある「ものづくり」に軸を置いた実学的なものであります。したがって研究の成果はなかなか一般の学術ジャーナルに向かないくらいがあります。「ものづくり」を基盤とする研究テーマを独自の基準で評価して掲載し、一般社会に公開しようと言うのが本誌の第一の目的であります。

本学は教育と研究以外にも幅広い活動をしています。ひとつは「研究情報センター」を中継して実施している産学共同です。年間30件程度ですが、地元の企業を中心に新技術の研究と開発、既存技術の改良などに取り組んでいます。その他、このセンターを通して国、県などから委託される職業訓練などの社会人を対象とした事業を実施しています。

さらに建設学科では地方自治体の要請に応じて歴史的建物の調査と再建、地域コミュニティセンターの設計と施工、さらには公園や図書館などへの木工作品の寄付も行っています。

一方、最近の若者の理科離れの傾向は技術立国を標榜するわが国の前途を危惧させるものであります。このような観点から本学は小中学生を対象とした理科・工作教育を継続的に行っています。

本誌の第二の狙いはこのような本学の一般的な社会貢献の活動を記録・公開することにあります。本学をサポートして下さる国、自治体、関連企業、関連機関におかれましては本誌を通して活動の様子をご理解いただければ幸いです。

本誌の一層の充実に努めて参りますので、忌憚無いご助言とご感想をいただければ幸いです。

2010年6月吉日

学長 神本武征

論文 Article

## 非球面創成研磨技術の開発

原稿受付 2010年4月30日

ものづくり大学紀要 第1号 (2010) 2~7

藤澤 政泰

ものづくり大学 技能工学部 製造技能工学学科

## Development of Generating Technique of Aspheric Surface with Polishing

Masayasu FUJISAWA

Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

## Abstract

In a conventional processing, aspheric surface was generated with precision grinder, and its surface roughness is  $0.4\ \mu\text{m}$ . So the surface roughness has improved to  $0.01\ \mu\text{m}$  by constant pressure polishing. However, accuracy of aspheric shape has deteriorated by the polishing. Then I have developed a new polishing technique which generate accurate aspheric surface within  $0.1\ \mu\text{m}$  deviation by controlling density of polishing pad path.

**Key Words** : Aspheric Surface, Polishing, Generating

## 1. 諸言

非球面はカメラのレンズやX線ミラーなどに使われ、その高性能化に著しく貢献しており、形状精度は数10ナノメートルに達している。1990年代にガラスモールドレンズ<sup>1)</sup>が実用化されるに至り、非球面レンズの量産が可能になった。モールドには超硬製の金型を使う。金型は位置決め分解能がサブナノメートルの研削盤で加工され、後工程の研磨加工で面粗さを向上している。研磨加工では、形状精度が劣化するが、熟練技能者によって精度劣化を抑制している。

光学レンズは、今後、さらなる高性能化が進み、研磨加工における形状精度劣化は許容されず、むしろ形状精度の向上が必要になると推定される。そこで考えられるのが創成研磨である。創成研磨は、目的の非球面形状との偏差を研磨パッドで部分的に除去加工し、形状精度を向上する方法であ

る。

そこで、本研究では軸対称非球面を創成する研磨技術を開発した。創成研磨は、非球面の形状精度を向上するだけでなく、数億円という高価な非球面創成研削盤による前加工を不要にする。つまり、汎用のNC研削盤による前加工でも、創成研磨によって目的の精度の非球面を加工できることを意味し、劇的なコストダウンが可能となる。

## 2. 非球面創成研磨技術

軸対称ではない2次元の非球面では、創成研磨を使っている報告があるが、汎用性に乏しく、かつ問題があるため、ほとんど使われていない<sup>2)~6)</sup>。創成研磨は部分的に研磨するため、研磨パッドの軌跡密度を制御しなければならない<sup>3)~6)</sup>。2次元の創成研磨における軌跡密度の計算には2種類の方法がある。1つは、フーリエ変換のコンボリュ

ーションを使う方法であるが、研磨パッドの研磨量分布を一定として計算し、研磨場所や研磨時間への依存性を考慮できないため、通常の光学レンズのように曲率の差が大きい非球面には適用できない。2 つめは、研磨パッド径を極小化し、目的形状との偏差を研磨パッドの研磨能率で除して軌跡密度を求める方法である<sup>2)</sup>。この方法では、コンボリューション法での問題は生じないが、研磨能率のバラツキに起因した微小波長のうねりが生じる。

そこで、本研究では目的形状との偏差を最小にするアルゴリズムで、研磨パッド軌跡密度の計算方法を考案した。これによって、研磨場所依存性に起因した形状誤差や微小波長のうねりの問題を解消した。

## 2.1 2次元の非球面における研磨パッド軌跡密度計算法（従来法）

非球面創成研磨の技術的問題は、形状偏差から研磨パッド中心の軌跡密度（以降、単に軌跡密度と記す）を計算する問題に帰着できる。軌跡密度  $d(x, y)$  はフーリエ変換とデコンボリューションを使って、以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} d(x, y) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int D(h, k) e^{j(hx+ky)} dh dk \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int \frac{E(h, k)}{P(h, k)} e^{j(hx+ky)} dh dk \end{aligned}$$

ただし

$$E(h, k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int e(x, y) e^{-j(hx+ky)} dx dy$$

$$P(h, k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int p(x, y) e^{-j(hx+ky)} dx dy$$

$$D(h, k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int d(x, y) e^{-j(hx+ky)} dx dy$$

$$D = \frac{E}{P}$$

$$e(x, y) = \int d(x - x_0, y - y_0) p(x_0, y_0) dx_0 dy_0$$

$e(x, y)$  : 形状偏差  $e(x, y) = z_0(x, y) - z(x, y)$

$z_0(x, y)$  : 目的形状

$z(x, y)$  : 研磨前形状

$p(x, y)$  : 研磨パッド研磨量分布

離散的にフーリエ変換を計算する場合、フーリエ級数として計算するが、次数を3~4桁で打ち切る場合が多い。上記のように2次元で計算する場合、正方形の領域において直角座標で計算する。しかし、円形の非球面では、研磨と無関係な部分を含めて計算するため、高次の級数を無視することによる誤差が生じる。しかも2次元であるため、計算が膨大になる。このような理由で曲率の差が大きい非球面には適用しがたい。

## 2.2 軸対称非球面における研磨パッド軌跡密度計算法（開発法）

2.2.1 研磨パッド研磨量分布 円形レンズのように軸対称なワークは、回転させながら超精密研削盤で加工する。回転方向の形状偏差は、半径方向の形状偏差の1/10以下であるため、創成研磨では、半径方向にのみ軌跡密度を変化させればよい。これによって、計算効率だけでなく研磨の効率も飛躍的に向上する。半径方向の軌跡密度を計算するには、研磨パッド研磨量分布、すなわち図1のように、ワークだけが回転し、研磨パッドを半径方向に動かさない場合の研磨量分布を計算する必要がある。この計算は次のようになる。

図1より、研磨パッドとワークの相対速度、すなわち、研磨速度  $v$  は

$$v = 2\pi \sqrt{r^2(n_w - n_p)^2 + r_0^2 n_p^2 + 2r r_0 \cos\theta(n_w - n_p)n_p}$$

となり、単位時間当たりの研磨距離  $s(r, r_0)$  は

$$\begin{aligned} s(r, r_0) &= n_w \int_0^T v dt \\ &= 2\sqrt{a + bE}(k, \varphi) \end{aligned}$$

ただし  $E(k, \varphi)$  : 第2種楕円積分

$$T = \frac{\varphi}{\pi n_w}$$

$$\cos 2\varphi = \frac{r_0^2 - r_p^2 + r^2}{2r_0 r}$$

$$a = 4\{r^2(n_w - n_p)^2 + r_0^2 n_p^2\}$$

$$b = 8rr_0(n_w - n_p)n_p$$

$$k^2 = \frac{2b}{a+b}$$

となる.  $n_p \geq n_w$  又は  $n_p \leq 0$  のときは

$$s(r, r_0) = 2\sqrt{a-b}\{E(k) - E(k, \pi/2 - \varphi)\}$$

$$\text{ただし } k^2 = \frac{-2b}{a-b}$$

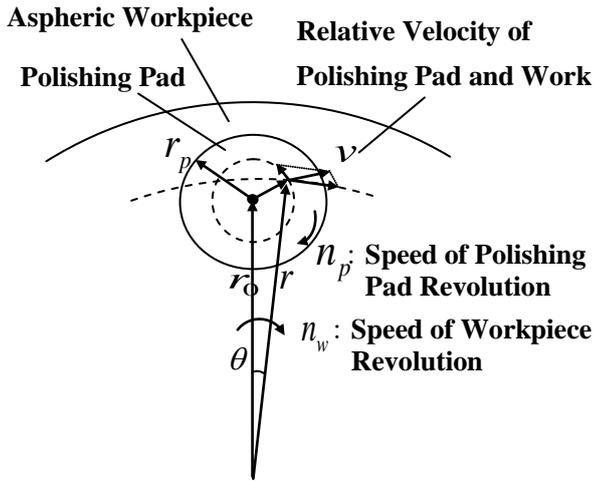


Fig. 1 Calculation Model of Polishing

となる. したがって, 研磨パッド研磨量分布

$p(r, r_0)$  は

$$p(r, r_0) = k_p q s(r, r_0)$$

ただし

$r$ : ワーク半径方向位置

$r_0$ : 研磨パッド中心位置

$k_p$ : 研磨剤, 研磨パッド材質, ワーク材質で  
定まる比例定数 (プレストンの定数<sup>7)</sup>)

$q$ : 研磨圧力

とあらわされる.

2.2.2 研磨パッド軌跡密度 フーリエ変換を使ったデコンボリューションで, 軸対称の軌跡密度を, 半径方向の1次元で計算するのは解析的には不可能である. そこで, ワーク半径方向に研磨パッドの位置を変え, その研磨量分布を重ね合わせたとき, 目標研磨量分布との偏差が最も小さくなる重ね合わせかたを計算することによって, 軌跡密度を計算する方法を考案した. この方法は有限項の行列計算であり, 境界付近での計算誤差もきわめて小さくすることができる.

本方法では, 目標研磨量分布  $e_i$  と研磨量分布  $u_i$  の偏差の2乗和  $\varepsilon = \sum (e_i - u_i)^2$  を最小にする軌跡密度  $d_j$  を求める.  $\varepsilon$  を最小にするには,  $d_j$  による偏微分が0となる  $d_j$  を求めればよい. したがって,

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \vec{d}} &= \frac{\partial}{\partial \vec{d}} \sum_i (e_i - u_i)^2 \\ &= \frac{\partial}{\partial \vec{d}} \left\{ \sum_i e_i^2 - 2 \sum_i e_i u_i + \sum_i u_i^2 \right\} \\ &= \frac{\partial}{\partial \vec{d}} \left\{ \sum_i e_i^2 - 2 \sum_i e_i \left( \sum_j d_j p_{i-j,j} \right) + \sum_i \left( \sum_j d_j p_{i-j,j} \right)^2 \right\} \\ &= \frac{\partial}{\partial \vec{d}} \left\{ \sum_i e_i^2 - 2 \vec{d}' P' \vec{e} + \vec{d}' P' P \vec{d} \right\} \\ &= -2 P' \vec{e} + 2 P' P \vec{d} = 0 \end{aligned}$$

ただし

$e_i$ : 目標研磨量分布,  $\vec{e} = \{e_i\}$

$\vec{d}$ : 軌跡密度ベクトル,  $\vec{d} = \{d_i\}$

$p_{i,j}$ : 研磨パッド研磨量分布

$$p_{i,j} = p(i \delta r, j \delta r)$$

$\delta r$ : ワーク半径方向離散化間隔

$i$ : ワーク半径方向位置 No,

$$i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$$

$j$ : 研磨パッド中心位置 No

$$u_i = \sum_j d_j p_{i-j,j}$$

$$P = \begin{pmatrix} \bar{p}_0 \\ \bar{p}_1 \\ \vdots \\ \bar{p}_i \\ \vdots \\ \bar{p}_n \end{pmatrix}$$

$$\bar{p}_i = (0 \cdots 0 p_{m,i-m} p_{m-1,i-m+1} \cdots p_{-m,m+i} 0 \cdots 0)$$

$$m : m = \frac{r_p}{\delta r}$$

$r_p$  : 研磨パッド半径

$$\bar{u} = \{u_i\} = P \bar{d}$$

となり、軌跡密度ベクトル  $\bar{d}$  は

$$\bar{d} = (P^t P)^{-1} P^t \bar{e}$$

となる。上記計算から分かるように、研磨パッドの研磨量分布  $p_{i,j}$  はワーク半径の関数であり、研磨能率の加工場所への依存性を織り込むことができる。特に非球面の曲率が半径方向に大きく変化する場合、研磨パッド面との曲率差が研磨能率に影響するため、この計算が不可欠である。上記計算に使う研磨パッド研磨量分布は2.2.1節の楕円積分ではなく、実験値を使うこともできる。研磨能率と研磨速度の比例関係が成立しない場合、実験値を使うことによって軌跡密度の計算精度を向上することができる。また、非球面の周方向に目的形状との偏差がある場合、つまり、2次元で軌跡密度を制御する必要がある場合でも、同様のアルゴリズムで計算することができる。

前記計算式に基づいて軌跡密度を求め、研磨を実行するNCコード作成プログラムを開発した。

### 3. 実験方法

#### 3.1 非球面形状測定方法

非球面の形状測定には触針式測定機（Taylor Hobson 製 Form Talysurf S2）を使い、測定結果のテキストファイルをパソコンに転送した。パソコン

ンでは、このファイルに基づいて軌跡密度を計算し、研磨用のGコードのプログラムを出力した。

#### 3.2 研磨試料

研磨試料として、非球面創成機（東芝機械製 ULG100）を用いて、直径50mm 深さ2mmの回転放物面を形成した図2のアルミニウム製ワーク（JIS A2011）を用いた。



Fig. 2 Aspheric Workpiece

#### 3.3 研磨パッド

研磨パッド材質として、不織布、発泡ポリウレタンおよびポリウレタンの3種類の研磨特性を調べ、直径8mmの研磨パッドで創成研磨実験をした。

#### 3.4 研磨方法

研磨装置(Roland 製 PNC3200)を図3に示す。開発したプログラムを実行して出力したGコードのファイルを本装置に転送し、スラリーを滴下しながら研磨した。円形の非球面では、一般的に、ワークと研磨パッドを自転させながら、ワーク半径方向に研磨パッドを移動させて研磨する。これに対し、本装置はNCフライスであるため、ワークを回転させる代わりに研磨パッドを公転させて研磨した。



Fig. 3 Polishing Machine

## 4. 実験結果

### 4.1 研磨量のバラツキ

研磨において創成形状精度を劣化させる大きな要因は研磨量バラツキである。研磨加工そのものが砥粒の加工作用の統計的現象であるため、研磨量バラツキの発生は不可避であるが、研磨条件によってバラツキが異なる。そこで、各種研磨パッドの研磨特性を調べた。

GC#4000 を 20wt%含むスラリーで研磨した結果を図 4、図 5 に示す。研磨量は研磨回数に比例して増大し、不織布が最も研磨能率が高く、ポリウレタンの研磨能率が低いことがわかった。一方、研磨量のバラツキは図 5 に示すように、研磨回数の平方根に比例して増大していることがわかった。これは一回毎の研磨量のバラツキ方が独立な確率現象であることを示している。

研磨量のバラツキはポリウレタンが最も小さく、研磨量バラツキと研磨量の比率もポリウレタンが最も小さい。そこで非球面創成研磨ではポリウレタン製研磨パッドを用いた。

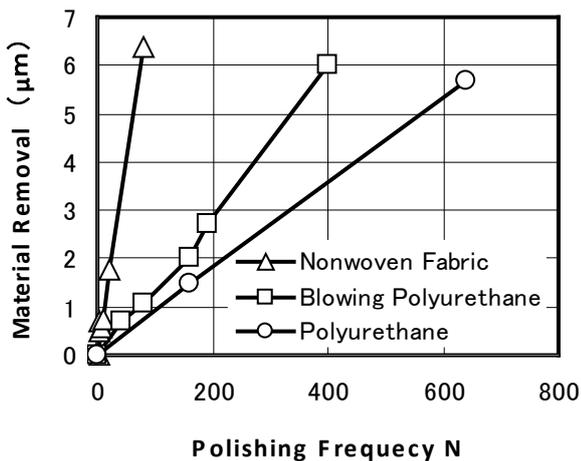


Fig. 4 Material Removal Varying Proportionately with Polishing Frequency

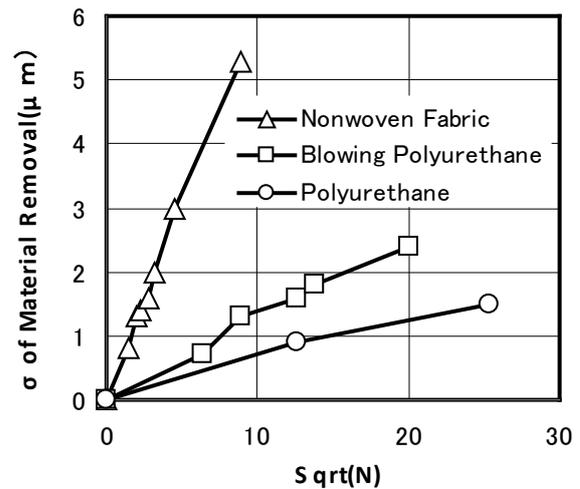


Fig. 5 Relationship between Square Root of Polishing Frequency(N) and Standard Deviation( $\sigma$ ) of Material Removal

### 4.2 非球面創成研磨

前節で示したように、研磨量バラツキは確率的現象であり、研磨毎のバラツキ方が独立である。このため、総研磨量と同じであれば、一回の研磨量が少ないほどバラツキが小さくなる。そこで研磨能率が GC#4000 の 1/10 以下である粒径  $0.1 \mu\text{m}$  のダイヤモンド砥粒を使って、研磨した。研磨面の表面粗さも GC#4000 が  $0.5 \mu\text{m Rmax}$  であるのに対し、 $0.03 \mu\text{m Rmax}$  に向上した。本実験では、仕上げ形状との偏差の 1/2 を目標に研磨した。その結果を図 6 に示す。目標の仕上げ形状に収斂し、 $0.1 \mu\text{m}$  以内の形状精度になった。

以上のごとく、本研磨法によって非球面を創成

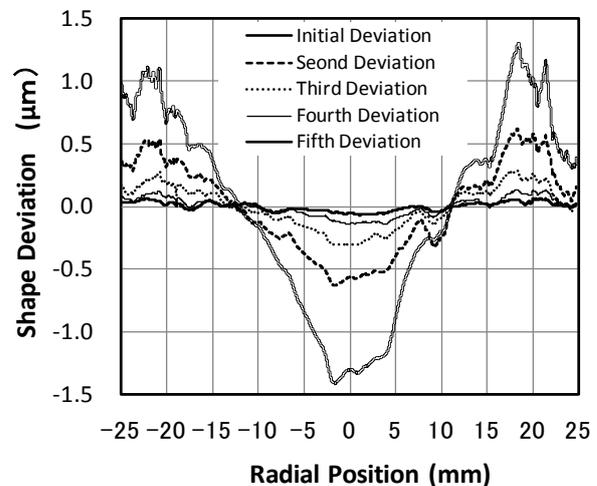


Fig. 6 Improvement in Accuracy of Aspheric Surface with New Polishing Technique

## 5. 結 言

創成研磨は、目的形状との偏差を研磨パッドで部分的に除去加工する。従来は、研磨パッドの軌跡密度を、フーリエ変換を使ったコンボリューションによって計算しているため、一般的な軸対称の非球面には使えなかった。コンボリューション法には、研磨パッド研磨量分布の研磨位置依存性を考慮できない問題もあった。そこで下記軌跡密度計算法とそれに基づく創成研磨法を開発し、以下の結果を得た。

- (1) 目的の非球面形状との偏差を極小化する研磨パッド軌跡密度計算アルゴリズムを考案し、研磨プログラムを開発した。
- (2) 上記プログラムを組み込んだ創成研磨によ

って、非球面を  $0.1 \mu\text{m}$  の精度で加工できることが分かった。

## 文 献

- 1) 寺井良平：最近の特許動向に見る低融無鉛ガラスレンズの精密プレス技術, マテリアルインテグレーション, 18,9 (2005) 45
- 2) 鈴木・樋口・北嶋・奥山：マイクロ非球面の精密研磨に関する研究, 砥粒加工学会誌, 44, 3, (2000) 126
- 3) 山本碩徳：超精密研磨加工, 光技術コンタクト, 30, 5, (1992) 267
- 4) 潟岡泉：非球面研磨加工技術, 精密工学会誌, 64, 7, (1998) 983
- 5) R.Aspden et al:Computer Assisted Optical Surfacing Applied Optics,11,12(1972)2739
- 6) R.A.Jones,R.L.Plante:Rapid Fabrication of Large Aspheric Optics,SPIE,571(1985)84
- 7) F.W.Preston:The Theory an(d Dsign of Plate Glass Polishing Machines,J.Glass Thechnology, 11,44(1927)214.

論文 Article

## 車椅子用後方および高視点映像情報表示システムの開発

原稿受付 2010年4月22日

ものづくり大学紀要 第1号 (2010) 8~13

的場やすし<sup>\*1</sup>, 菅谷諭<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup> 電気通信大学大学院 情報システム学研究科<sup>\*2</sup> ものづくり大学 技能工学学部 製造技能工学学科

## Image Information Monitor System of Backward and High View for Wheelchairs

Yasushi MATOBA<sup>\*1</sup> and Satoshi SUGAYA<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup> Dept. of Human Media Systems, The University of Electro-Communications<sup>\*2</sup> Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

## Abstract

For such handicapped persons who cannot take a position look back, it is dangerous when they move backward by their wheelchairs because they do not have means to make sure the safety around their backward. Ordinarily speaking, wheelchair user has only height limited view and cannot look what can be viewed only from high position. Therefore we have designed a system that assists electrical wheelchair users to view their backward and view from high position. We have developed projector based compact display system and camera system with a length variable rod. Furthermore, we have realized additional function for projecting video image to a wall so that multiple users can discuss while simultaneously viewing the same image.

**Key Words** : wheelchair, image information monitor, high view, projector, information sharing

## 1. はじめに

車椅子を利用しているとき、トイレやエレベーターなどの狭い場所への出入りや、方向転換をするときなどに、どうしても後ろ向きに走行しなければならない場合がある。車椅子利用者の抱える障碍の種類によっては、電動車椅子で後進する際、振り返って後ろを目視する動作ができない場合がある。現状では彼らが後方を確認する手段がほとんどないため、段差に気づかず転倒する事故や、物や人にぶつかってしまう事故が発生している。

また通常車椅子の座面高は45cm前後と低いいため、利用者の視点も低くなり、見通しが悪くなる。また、高い位置から見る必要のあるものが見えにくい傾向がある。以上の理由から、電動車椅子利用者に必要な後方の映像や、高い位置の視点から

の映像を提供するシステムの開発を行った<sup>1)</sup>。具体的には、プロジェクターを基本とする収納性の高いディスプレイシステムと、伸縮可能なロッドを備えるカメラシステムを開発した。また、付加的な機能として、複数の車椅子利用者が、同時に映像を視聴するために、車椅子から映像コンテンツを壁に投影する機能も実現した。

## 2. 基本構成

車椅子後方および高視点映像情報表示システムの開発要件として、主に以下の項目が挙げられる。

- 車椅子への乗降時に邪魔にならないこと。
- 操作が容易なこと。
- 耐候(耐水, 耐光, 耐汚)性に優れること。
- 衝撃や振動に強いこと。

- ・表示映像の視認性が高いこと．（大画面）

これらの要件を満たすために以下のようなシステムを開発した．

車椅子の背部に設置した3台のカメラによって得られた周囲の映像を，肘掛け内部に設置したプロジェクターによって，車椅子利用者の前方に設置したスクリーンに投影することにより，大きな画面で車椅子周辺の状態を把握することができる．さらにそのカメラを高さ可変とすることで，様々な視点からの広い視界を得ることが可能となる．

また，このシステムは車椅子利用者の映像共有装置としての利用も可能である．複数の車椅子利用者が集まって1台のパソコンやテレビ，動画プレーヤーなどの映像を同時に視聴する場合，車椅子の占めるスペースが大きいために，全員がディスプレイに近づいて正面から見ることは困難である．車椅子後方および高視点映像情報表示システムでは，映像をプロジェクターから投影する方法のため，映像を直接前方の壁面に投影すれば，複数の車椅子利用者が全員で，大きな画面の映像を見ることが可能である．

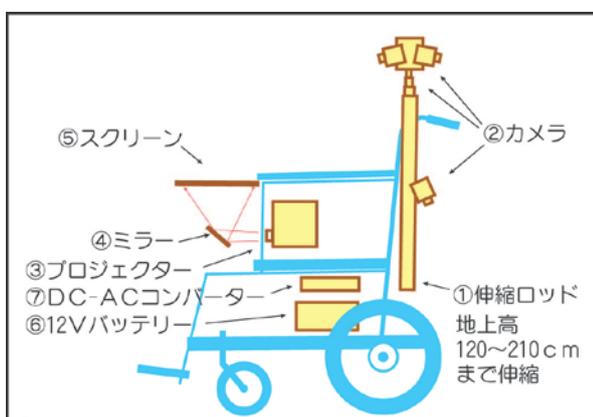


Fig. 1 Schematic diagram of this system

以上の開発要件をもとに設計した概略図を図1に，各部の説明を以下に示す．

- ①伸縮ロッド：（電動伸縮 地上高 120~210cm）
- ②カメラ：3台（前方，後方，後方足元）
- ③プロジェクター：ひじ掛け内部に設置
- ④ミラー：プロジェクターからの映像を上向反射
- ⑤背面投射型スクリーン：映像を表示
- ⑥バッテリー：電動車椅子付属のものを使用
- ⑦DC-ACコンバーター：DC12V→AC100Vに変換

### 3. 従来技術

現在，車椅子利用者が自分の周囲を確認する手段として，バックミラーを取り付けている利用者も多いが，広い後方視界を得ることはできない．

広い視界が得られる方法として，カメラと液晶ディスプレイを使用したバックモニターやアラウンドビューモニター<sup>2)</sup>が自動車用として広く普及しているが，この技術は車椅子用としては普及していない．液晶ディスプレイで後方確認に使用できるだけのサイズを得ようとすると重量が重くなり，支持するアーム部分もぐらつかない強度が求められるため，装置全体が大きく重くなり，車椅子走行中および乗降時にじゃまになる．

### 4. ディスプレイ部

表示装置には自動車用途で一般的な液晶ディスプレイではなく，プロジェクターを選定した．その理由は，表示部が薄型，軽量でありながら大画面が得られることと，車椅子内部に収納して使用することで耐候性や耐久性が得やすいからである．映像を表示するスクリーン部分は，すりガラス状の薄い樹脂板一枚のみで実現することができる．今回は 13 インチサイズのスクリーンを使用した．さらなる大型化も容易に可能である．

プロジェクターを左側肘掛内部に設置した．図2にその様子を示す．映像を前方のミラーに反射させ，上部のスクリーン背面に投影する．

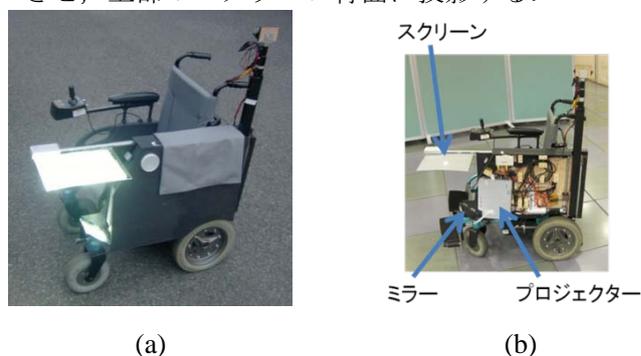


Fig. 2 The display part of this system

プロジェクターのピントの合う最短距離が 1m と長いため，図3に示すように，プロジェクター本体レンズ部に Kenko 社製クローズアップレンズ

No.1 を加え、スクリーンまでの約 45cm の距離でピントが合うようなセッティングに調節した。



Fig. 3 Close-up lens

スクリーンは樹脂製で、大きさ 210mm×280mm (13 インチ相当)、厚さ 1mm、重量 110g という薄型軽量の物を使用した。図 4 に示すように、収納時は肘掛内部に差し込まれている。使用時は前方へ引っ張り出し、左方向へ 90 度回転させると、磁石によって水平の状態固定される。このときスクリーンは片側 1 辺のみの支持となるが、剛性が高いため、大きくたわむことはない。



(a) (b)



(c)

Fig. 4 The situation of the screen

## 5. カメラ部

広い視野を得るために、図 5 に示すように、カメラを前方用、後方用、後方足元用の計 3 台搭載している。このうち、前方用、後方用のカメラは

防水仕様で伸縮ロッドの上部に設置し、120cm から 210cm まで高さを自由に変えることができる。さらにレンズに縦 120 度、横 90 度の広角タイプを採用しているため、高さ 200cm に伸縮ロッドを伸ばした状態の映像は、車椅子近傍の 360 度をカバーできている。



(a)



(b)

Fig. 5 The camera part of this system



(a)



(b)



(c)

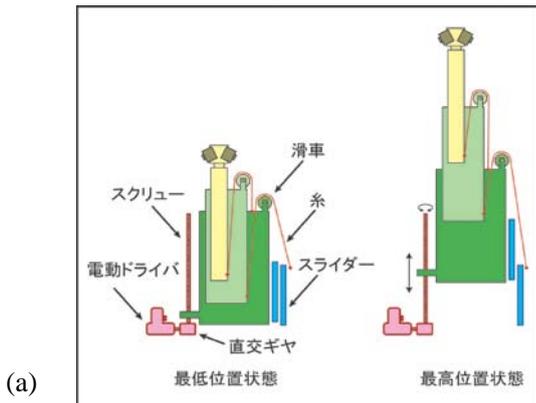
Fig.6 The picture of 3 cameras, (a) front, (b) back, (c) back foot

後方足元用のカメラは車椅子背面に固定され、常に車椅子後方の後輪近傍を映している。レンズは縦 65 度、横 45 度の標準タイプであり、床面の

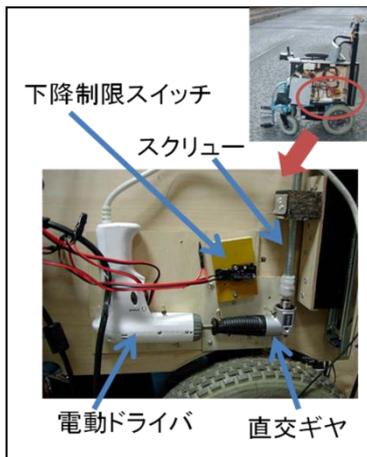
状態を鮮明に確認することができる。非防水仕様のため防雨カバーを付けている。それぞれのカメラからの映像を図6に示す。

## 6. 伸縮ロッド部

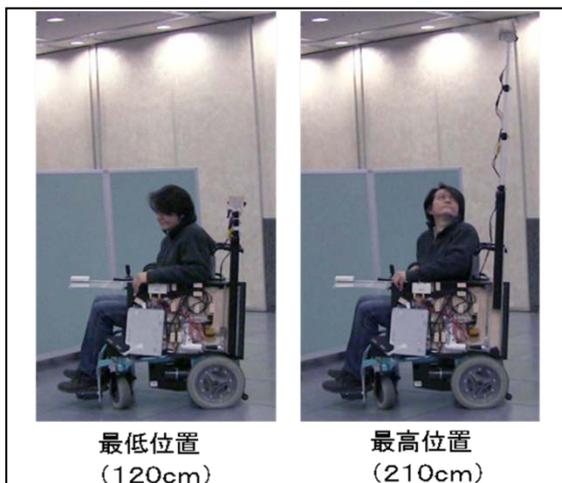
モーター駆動の伸縮ロッドによって、前方用、後方用カメラを120cmから210cmまで、任意の高さに設定することができる。図7に構成を示す。



(a)



(b)



(c)

Fig.7 The extendible rod of this system

電動ドライバによって伸縮ロッドと平行に設置されたスクリューを回転させ、スライダーに固定された最下部の伸縮ロッドを上方に移動させる。この最下部のロッドが滑車を介して下から2番目の伸縮ロッドにつながれた糸を引っ張り上げ、2番目の伸縮ロッドが上方に移動すると同時に3番目の伸縮ロッドにつながれた糸を引っ張り上げる。この動作が4本の伸縮ロッド全てに行われ、カメラを持ち上げる。

## 7. 電源

図8に示すように、座面下に設置したDC-ACコンバーターによって、電動車椅子用バッテリーの直流12Vを交流100Vに変換してプロジェクター、カメラ、電動ドライバへ電力を供給している。



(a)

(b)

Fig.8 The power supply part of this system

## 8. 操作部

電動車椅子利用者は上肢にも障害を有する場合が多く、操作性はとても重要である。スイッチ類の操作方法は以下の点を考慮した。

- ・軽い力で操作できること。
- ・間違えにくいこと。
- ・直感的に操作できること。
- ・迷わず操作できること。

主な操作は、下記の通りである。

- ・プロジェクターの電源スイッチ
- ・カメラの切り替えスイッチ
- ・伸縮ロッドの上下スイッチ
- ・スクリーン出し入れ

図9に示すように、操作部を左肘掛部に集中させ、すべての操作を指1本で行えるようにした。

これは、障害者の身体的機能に応じて最適な位置に配置できる<sup>3)</sup>。

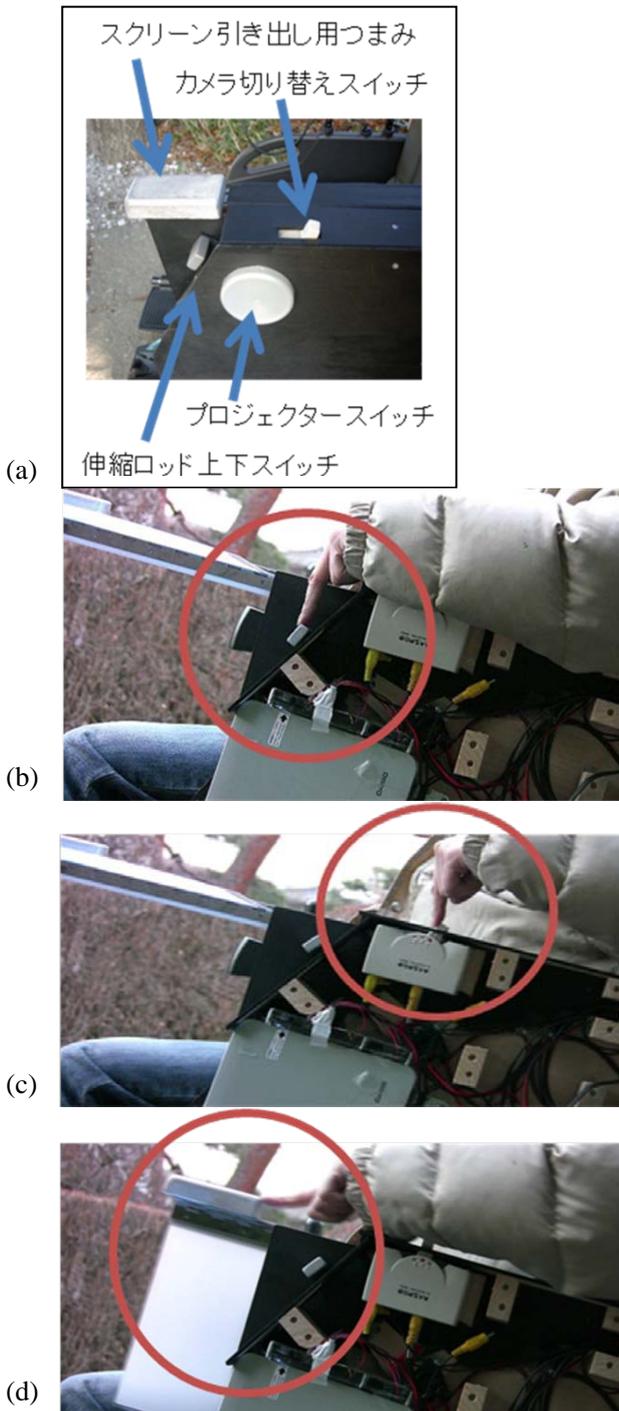


Fig.9 The function part of this system

## 9. 映像共有装置としての利用

電動車椅子の大きさは、全幅 60 cm以上、全長 100 cm以上あり、多人数の車椅子利用者が同時に

ひとつのパソコン等のディスプレイを見ることはスペースの問題で不可能であった。しかしプロジェクターであれば、図 10 に示すように離れた壁に映像を大きく投影することができ、パソコンやゲーム機、各種動画プレーヤーを接続することで、様々なコンテンツを多人数で楽しむことができる。

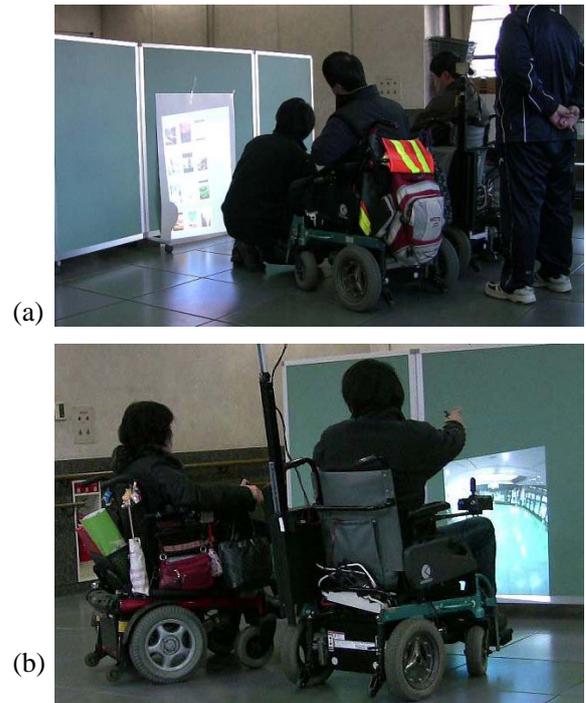


Fig.10 Use as the image sharing system

## 10. 電動車椅子利用者による試乗テスト

図 11 に示すように、電動車椅子利用者に試乗テストをしてもらい、下記の結果が得られた。



Fig.11 The situation of the test ride

良い点

- ・スイッチ類の操作性が良い
- ・画面が大きく見やすい
- ・後方足元映像は利用者に安心感を与える

- ・上方カメラの視点は有用
  - ・壁に映像を映す機能は多様な用途がある
- 悪い点
- ・走行時スクリーンが路上の設置物にぶつかる可能性あり
  - ・スクリーンは正面に置きたいとの要望がある
  - ・消費電力についての実践的な検証が必要
  - ・明るい場所で画面が白っぽくなる

## 11. 明るさの影響

暗い環境でスクリーンに映し出される映像は、図 1 2 に示すように充分周囲の状況を知ることができるものであった。人間の目と同等か多少上回るほどである。



Fig.12 The picture in dark environment

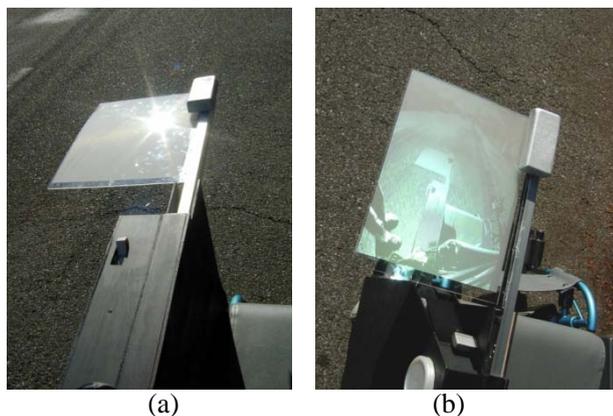


Fig.13 The picture in bright environment

直射日光がスクリーンに当たっている場合、図 1 3 に示すように、表面が光ってしまい視認性は低くなる。スクリーンに反射した日光が目当た

るような入射角の場合は、映像が全くみえなくなる。この場合でも、頭の位置を変えてスクリーンを上から覗き込むようにすると、映像を確認することができるため、プロジェクターからの光の方向とスクリーンと目の位置関係が重要であることがわかる。プロジェクターからの光とスクリーンと目が一直線になる位置関係の場合がもっとも視認性が高くなる。

今回はプロジェクターやスクリーンの収納スペースの関係で配置を決定したが、日光下の視認性改善は今後の改良課題である。

## 12. まとめ

車椅子用後方および高視点映像情報表示システムを開発した。これは車椅子利用者に、これまで見ることが困難であった、広い範囲の映像を表示できるので、安全で快適な車椅子での移動を実現する。この表示システムは、車椅子にコンパクトに収納できる。さらに、車椅子利用者のコミュニケーションツールとして使えることも確認した。

今後の課題は、下記の通りである。

- ・装置のコンパクト化
  - ・装置の消費電力低減
  - ・ディスプレイ位置の改善（正面へ）
  - ・操作部を左右どちらにも装着可能にする
  - ・明るい場所で映像が見にくくなる問題の解決
- 今後の展望は、移動情報端末としての発展（GPS、交通情報、商業情報など、各種情報の受け取り、表示、発信）が挙げられる。

## 文 献

- 1) 的場やすし, 菅谷諭他; 車椅子用後方および高視点映像情報表示システムの開発, 2010年電子情報通信学会総合大会, A-19-5, P273 (2010).
- 2) 鈴木政康, 知野見聡; アラウンドビューモニターの開発, 日本機械学会誌 2008.4 vol.111 P25 (2008).
- 3) 斎藤隆之, 林豊彦, 中村康雄, 遁所直樹; 利用可能な身体状況に応じた障害者用操作スイッチの選択支援システム, 信学技報, TL2003-9, PP.49-54 (2003).

## 論文 Article

## 高忠実音再生に必要なスピーカ特性の検討

—磁石の方式によるトランジェント特性の違い—

原稿受付 2010年5月13日

ものづくり大学紀要 第1号 (2010) 14~21

三井 実<sup>\*1</sup>, 石川 智治<sup>\*2</sup>, 宮原 誠<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学 技能工学学部 製造技能工学学科<sup>\*2</sup>宇都宮大学 大学院工学研究科<sup>\*3</sup>中央大学 研究開発機構

## Discussion of Speaker Characteristics for High Fidelity Reproduction

—Physical Characteristics Difference of Speaker Magnet—

Minoru MITSUI<sup>\*1</sup>, Tomoharu ISHIKAWA<sup>\*2</sup>, Makoto MIYAHARA<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup> Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Faculty of Engineering, Utsunomiya University<sup>\*3</sup> Dept. of science and engineering, Chuo University

## Abstract

In this paper, we have clarified experimentally that the field coil magnet loud speakers have higher quality than ordinary ferrite loud speakers. Firstly, we evaluated both type loud speakers under the condition that only magnet were different. We have obtained "+2" rank better in the seven grade scale on field coil magnet loudspeakers. As a result of the measurements, we proved that field coil magnet loud speakers have large amplitude and better damping.

**Key Words** : Sound Evaluation, Ferrite Loudspeakers, Field Coil Magnet Loudspeakers, Alnico Magnet Loudspeakers, Damping Force

## 1. はじめに

これからの“ものづくり”には、経験則やノウハウなどの伝承のため、技能の定量化が必要である。高忠実再生を目指した音響録音再生装置の開発もまた、理論や技術だけでなく、筐体作成、素子選び、回路基板の作成など、機械加工から電子回路設計・実装に至るまで、経験則・ノウハウおよびその定量化が必要となる。

音響機器の究極の目的は、生の音楽演奏の質感、更には演奏者・作曲者が伝えたかった情報や心の忠実再現である。演奏者は楽曲を自分の演奏とするために、作曲家の人物像や、生活環境、歴史なども調査し、“楽曲の解釈”まで深く考慮する。

このことから、演奏者の心を再現するためには、音響録音再生装置において、音楽信号に含まれている、演奏音の質感や情報を全て再生する必要がある。

一方で、従来の音響機器開発は、振幅周波数特性など既知の物理要因・特性を満足することが目的とされ、現状では、ほぼ歪無い再生が可能となっている。しかしながら、演奏の凄みや実在感、演奏音の空気感など人間の深い感性に訴えかけるような情報が再現されているかという観点<sup>1-3)</sup>から、従来装置の再生音を評価すると、まだまだ改善の余地がある。また、音楽を実際に聴いて観察すると、我々人間は、音の立ち上り・立ち下り、つまり過渡特性や非線形特性に現れやすい部分を

敏感に聴いていることが解る。故に信号の定常・線形が前提の振幅周波数特性をはじめとする既知の物理特性では、音楽演奏の質感再現に必要な要因・特性を記述し切れておらず、音質改善のためには未知の物理特性の向上が必要と考える。

したがって、現状の音響録音再生機器の音質の更なる向上のためには、人間の感性側からのアプローチ（音質評価実験）と、未知の物理要因・特性の発見（過渡・非線形特性の測定）が必要不可欠である<sup>4-6)</sup>。

そこで、音響録音再生機器において、時間波形の立ち上り・立ち下り部分の測定・非線形解析を行う。同時に、多くの音質評価実験を行い、その評価結果と測定結果を関連付け、新しい物理量を発見することを究極の目的として研究を進める。これは“ものづくり”に必要な不可欠な未知の物理要因の定量化が可能な手法であると考ええる。

本報告では、音楽再生における質の観点から、音楽愛好家の間でも評価の高い電磁石スピーカに注目し、深い感性に関連する物理要因・特性を測定と分析により明らかにする。具体的には、同一形式、同一口径の（磁気回路のみ異なる）電磁石スピーカとフェライト磁石スピーカを用意し、それぞれの音質を深い感性と関連する音質評価語群を用いた主観評価により追求し、評価に深く関連している物理特性を測定分析した<sup>7)</sup>。更に、前述のスピーカとは違う種類だが、同一形式、同一口径のアルニコ磁石スピーカと、フェライト磁石スピーカを用意し、測定分析する。以上のことより、スピーカにおける磁石の違いを心理物理学的に考察・検討する。

## 2. スピーカ用磁石の推移

電磁石は1920年代から1950年代まで、永久磁石が高価であったため、その代用品としてスピーカに使用されてきた。しかしながら、電磁石をスピーカに用いる場合、電磁石の励磁用の電源が別途必要となってしまう理由から、昨今では、あまり用いられなくなった。その後、高性能な永久磁石の開発が進められ、1960年代には、アルニコ磁石を使用したスピーカが主流となり、今でも高級

なスピーカの磁石として人気が高い。更に1970年代後半には、より安価なフェライト磁石が開発され、広くスピーカに使用されるようになった。その後、高性能な希土類磁石（ネオジム等）も実用化されている。現在、コバルトやネオジムが希少のため、コスト面からも、一般的なスピーカ用磁石はほとんどがフェライト磁石となっている。

これまでのスピーカ用磁石の変遷<sup>8)</sup>をみると利便性、コストの改善に着目され開発が進められてきたといえよう。しかし、少数ながら、音楽愛好家からは、音楽再生における“質”の観点から、電磁石スピーカは、これまで開発されてきた他のスピーカよりも優れているのではないかと言われてきた。そこで次章では、電磁石スピーカの音質の良さを、人間の深い感性に関連する音質評価語を用いて主観評価により確認する。

## 3. 音質の主観評価実験

### 3.1 評価用スピーカの諸元

表1に評価用の2種のスピーカの諸元を示す。なお、表1から、この2種類のスピーカは磁気回路のみが異なり、他の条件は全く同じである。表中、 $F_0$ はスピーカユニットの共振周波数を表す。また、 $Q_0$ はインピーダンス特性のピーク部分の先鋭度を表し、スピーカの感度を表す指標となっている。更に、 $m_0$ は、ボイスコイルとコーンを含めた可動部の重さを表している。

Table1 : A spec sheet of loudspeakers

Item	field coil magnet loudspeaker	Ferrite loud speaker
Model Type	Full range	Full range
Diameter	16cm	16cm
$F_0$	63.6Hz	64.1Hz
$Q_0$	0.275	0.307
$m_0$	7.70 g	7.78 g
Magnetic flux density	approx. 13,000Gauss	approx. 13,000Gauss
Excitation Electric Power	12W	none
Box Type	bass reflex	bass reflex

### 3.2 音質主観評価実験の条件

音質主観評価は ITU-R<sup>9)</sup>の 7 段階評価の方法 (+3:非常に良い, +2:良い, +1:やや良い, 0:変わらない, -1:やや悪い, -2:悪い, -3:非常に悪い) により, フェライト磁石スピーカの再生音を基準として電磁石スピーカの再生音を評価した。

評価項目は人間の深い感性に関連する 25 語の音質評価語 (高度感性情報に関する評価語とキー評価語)<sup>1-3)</sup>で行った。評価者は音質評価語の意味の説明を受け, これらの意味を十分に理解している音質評価経験者 5 名で行った。テストソースは名演奏, 名録音, 高品質などで名高い CD の中から以下の 6 曲を選定し<sup>10)</sup>使用した。用いたテストソースを表 2 に示す。再生に使用した機器は高忠実再生システム: Extra HI System M<sup>11-12)</sup>を用いた。次節, 3.3 節において, 総合音質評価の結果, 評価語毎の評価結果と考察を示す。

Table2 : The list of musical source

Source	Musical Source
Source 1	PIANOCONCERTO No5 "EMPEROR"(Beethoven): (conductor) Zubin Mehta, (piano) Vladimir Ashkenazy, LONDON,FOOL-23016,No2
Source 2	Les Larmesu Jacqueline(Offenbach):(violoncello)Werner Thomas,ORFEO,C131851A,No1
Source 3	Watermark : Enya, WEA MUSIC 25p2-2465,No8
Source 4	GOING HOME THE L.A.FOUR : L. Almeida(g), R Brown(b), S. Manne(d), B. Shank(s,f), "GOING HOME", EASTWIND EJD-3045, No1
Source 5	Croonin' : Anne Murray, EMI TOCP-8167,No1
Source 6	HOOKED ON DIXIE:Joe Webster & His River City Jazzmen,K-TEL 678-2,No1

### 3.3 音質の主観評価結果と考察

表 3 に音質の主観評価結果を示す。これは, テストソース, 被験者をひとまとめた平均値・分散の結果を, 音質評価語ごとに示している。こ

の実験結果より, 総合評価をはじめ, 25 種類の評価語全てにおいて良好な結果を得た。

具体的には, 音質の総合評価の結果の平均は "+1.88", 分散は "0.323" となった。すなわち, 電磁石スピーカはフェライト磁石スピーカに比して, 約 "2" ランクほど, 音質が良いことが明らかになった。

Table3 : The result of evaluation experiment

Evaluation words	Average	Variance
<b>総合評価</b>	<b>+1.88</b>	<b>0.32</b>
力強さ	+2.33	0.66
音の締まり	+2.20	0.74
のり	+2.20	0.92
胸にしみ込む	+1.80	1.07
厚み・こく	+1.80	0.40
緊張感	+1.73	0.78
安定感	+1.72	0.29
躍動感・生命感	+1.72	1.13
響き	+1.70	0.23
温かさ	+1.70	0.68
空気感	+1.68	0.49
凄み	+1.60	0.27
重心の低さ	+1.60	0.39
抜け	+1.60	0.67
透明度	+1.60	0.30
深々さ	+1.56	0.90
気品	+1.53	1.12
自然さ	+1.47	0.70
細かい表情の再現	+1.44	1.17
実在感	+1.30	0.49
Holographic 音場感	+1.30	0.70
静寂感	+1.30	0.96
まとまり	+1.24	0.26
繊細感	+1.20	1.17
柔らかい	+1.13	0.55

各評価語の評価結果においては, いずれの評価語の場合でも "+1.13" 以上の評価となり, 電磁石スピーカの再生音質の方が "+1" ランク以上,

明らかに良いことが示された。特に、評価が高かった評価語は、“力強さ”（評価+2.33），“音の締まり”（同+2.20），“のり”（同+2.20）であり、音楽再生の評価に重要なキー評価語も、“胸にしみ込む”（評価+1.80），“緊張感”（同+1.73），“空気感”（同+1.68），“凄み”（同+1.60），“重心の低さ”（同+1.60）といずれも高い評価値となっている。

また、表 3 の結果を踏まえて、評価語ごとに t 検定（両側、有意水準  $\alpha=0.05$ ）を行ったところ、被験者 5 名、全テストソースの評価結果において、両側確率はいずれの評価語の場合も 0.05 以下となり、有意差が確認された。

以上の結果より、単に高音・低音が出ている、歪み感が少ないと言った音質の評価ではなく、緊張感を伴うような厳しい演奏や、熱気のこもった音楽再生等の感性的価値に関して、電磁石スピーカーはフェライト磁石スピーカーより明らかに優れていることが示された。次章では、得られた音質の差に深く関連する物理要因・特性を測定などから考察する。

## 4. 物理特性の測定と考察

本章では、得られた音質の差に関連する物理特性を明らかにする。まず、そのために従来理論の基本的な物理特性；振幅周波数特性・群遅延特性の測定を行ったが、3.3 節で示した評価結果（“+2”ランク）程の大きい差として現れているとは言い難い結果となった（付録参照）。一方、これまでの感性的観点から行ってきた種々の主観評価実験や測定などの結果から、人間の深い感性に働きかける情報の再現に関連する音の特徴は、過渡・非線形特性を含めた時間的性質に注目するべきであるということも得られている。

そこで本章では、時間的、動的な特性に注目して、心理物理学的観点から、音質差に関連する物理的要因・特性を推測し、実際の測定と結果（4.2 節）を求め、考察（4.3 節）を行う。

### 4.1 実験 1: 電磁石スピーカーとフェライト磁石スピーカーのステップ電流応答測定及び解析

#### 4.1.1 ステップ電流応答の測定条件

電磁石スピーカーと、フェライト磁石スピーカーの時間的、動的特性を観測するため、ステップ電流応答を観測した。図 1 に測定システムを示す。信号発生器は、ソニーテクノロジクス社製 AFG-320 デジタルファンクションジェネレータを使用した。電流測定において、電流プローブは、Tektronix 社製 AM503B、波形観測器は、横河電機社製の DL-750 を使用した。アンプは音質評価に使用した Musical Fidelity 社製 A-1 改造品を用いた。入力信号は、10Hz 矩形波（スピーカー出力端子で Peak to Peak 1V）とした。これは、過渡応答が収束するのに十分な時間を持たせること、スピーカーのステップ応答を十分に観測できるようにするためである。測定精度は、サンプリング周波数 50kHz、量子化ビット数 16 ビットで行い、アベレージングは 32 回とした。

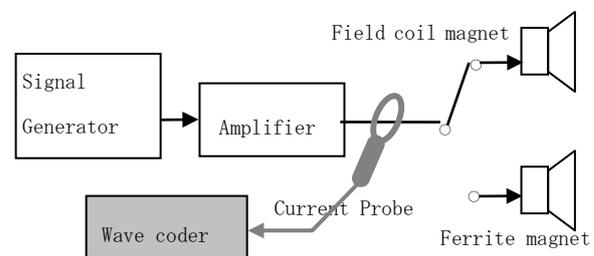


Fig.1 Equipment of measurement1

#### 4.1.2 電磁石型とフェライト型スピーカーのステップ電流応答測定結果

図 2 に電磁石スピーカーとフェライト磁石スピーカーのステップ電流応答の測定の結果を示す。

(1) A 部（波形の立ち上がり部分）では、スピーカーのボイスコイル電圧が瞬時上昇するのに従い、電流は増加する。次にボイスコイルの動きに伴い発生する逆起電力により電流は減少に転じ、ボイスコイルが一定の振幅に達すると、逆起電力が減少し電流が再び増加する。(2) B 部（収束部分）ではボイスコイルの停止に伴い、電流が一定値に収束することを示している。

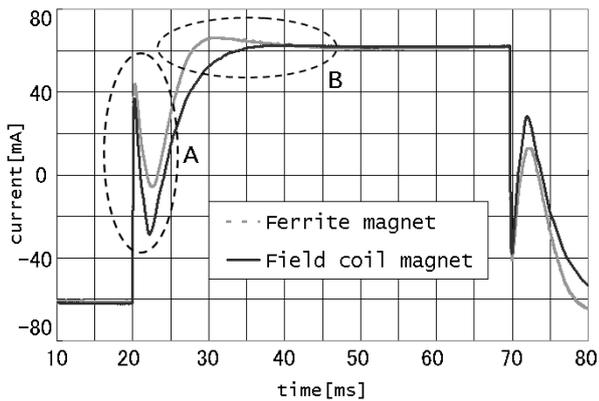


Fig. 2 Current Step-response of measurement1

図2より、A部では電磁石スピーカの方がフェライト磁石スピーカより逆起電力が大きく、反応時間が短いことが観測される。すなわち、逆起電力最大時のボイスコイル速度と振幅に違いがあるのではないかと考えられる。なお、反応時間は、電磁石スピーカが2.42 [ms]、フェライト磁石スピーカが2.94 [ms]であり、電磁石スピーカの方が0.52 [ms]短かった。逆起電力最大時の振幅は、電磁石スピーカの方が20.5 [mA]多かった。また、B部では、電磁石スピーカの方がフェライト磁石スピーカより、オーバーシュート後の収束時間が短いことが観測された。このことから、両者の磁石による音質差はボイスコイルの駆動力と、制動力の違いがあるのではないかと考えられる。

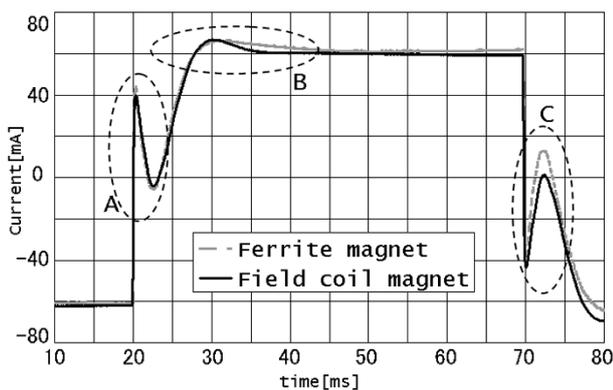


Fig. 3 Adjusted current step response of measurement1

図2のB部より、電磁石スピーカは、オーバーシュート後の収束時間が短いことが観測されたが、A部の電流立ち上り振幅の影響があることも考えられる。そこで、フェライト磁石スピーカの逆起

電力最大値と同量になるように電磁石スピーカの励磁電流を減少させて、オーバーシュート後の収束時間を比較した。その結果を図3に示す。なお、この時の励磁電流は通常時の電流値(0.6[A])を45%も減少させた値(0.33[A])となった。

図3のA部より、電流波形の立ち上がり部分では、フェライト型も電磁石方もB部より、オーバーシュートの最大値から収束値に対して70%落ち込むまでの時間を比較すると、電磁石スピーカは6.0 [ms]、フェライト磁石スピーカは9.6 [ms]であり、励磁電流を45%も減じたにもかかわらず、電磁石スピーカの方が3.6 [ms]も速いことが明らかになった。また、立下り部分であるC部を観測すると、フェライト磁石型の方が、逆起電力による電流が15.3 [mA]多く流れており、立下り部分において、駆動がなされていないことが解る。これらのことから、人間の深い感性に働きかける情報の再現における電磁石スピーカの音質の良さに関連する物理特性は、ボイスコイルの駆動力・制動力の強さであることが明らかになった。

#### 4.2 実験2: アルニコ磁石スピーカとフェライト磁石スピーカのステップ電流応答測定及び解析

前節では電磁石スピーカとフェライト磁石スピーカの電流ステップ応答波形を比較し、立ち上がり時間、収束時間、逆起電力の大きさなど、スピーカの駆動力・制動力に関係する特性と、音質差の関係が示唆された。これを確認するため、本章では、同一口径、同一形式のアルニコ磁石スピーカと、フェライト磁石スピーカの電流ステップ応答波形を実験1と同様に観測する。

##### 4.2.1 ステップ電流応答の測定条件

図4に測定システムを示す。信号発生器は、HP社製3312Aファンクションジェネレータを使用した。電流測定において、電流プローブは、横河電機社製の700937と、波形観測器は、横河電機社製のDL-750を使用した。その他条件は前節で述べた実験1と同様である。

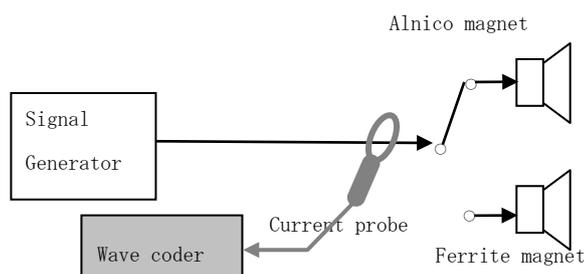


Fig. 4 Equipment of measurement2

#### 4.2.2 アルニコ磁石型とフェライト磁石型スピーカのステップ電流応答測定結果

図5にアルニコ磁石とフェライト磁石スピーカのステップ電流応答波形を示す。これらの波形は、ピークをあわせるために、各データを波形データの最大値で割り、基準化している。実験1の結果と同様に、立ち上がり部分で、電流は一度増加するが、ボイスコイルの動きに伴い発生する逆起電力により電流は減少に転じ、ボイスコイルが一定の振幅に達すると、逆起電力が減少し電流が再び増加する。また、収束部分ではボイスコイルの停止に伴い、電流が一定値に収束する様子が観測できる。

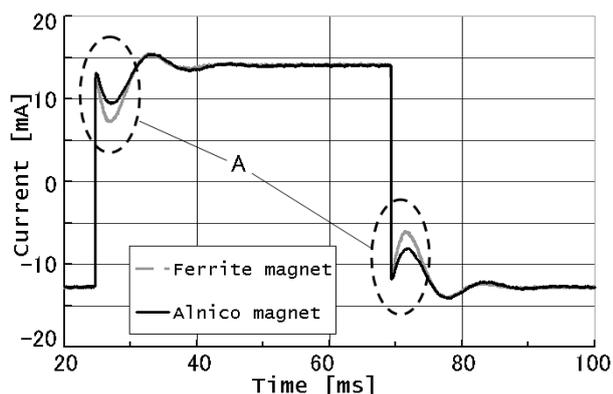


Fig. 5 Current step response of measurement2

図5より、立ち上がりや収束部分での反応時間に関しては、両者に差異は見られなかった。したがって、スピーカの制動力にはあまり差が無いと考えられる。しかしながら、図5のA部より、立ち上がり、立ち下り応答のピーク部分を見ると、アルニコ磁石スピーカの応答波形の方が、逆起電

力の発生に対して、約3mAほど電流が多く駆動されているのがわかる。このことから、スピーカに重要な能力のひとつとして、駆動力が上げられることが解った。

#### 4.3 考察

4.1節、4.2節で述べたように、実験1、実験2の結果より、人間の深い感性に訴えかける音響再生のためには、スピーカの駆動力・制動力に関係する時間的特性が重要なことが示唆された。

スピーカにおいて、強い駆動力・制動力を生み出すためには、磁束密度の大きな磁石が必要となることは自明である。しかしながら、実験1の結果から、ほぼ同じ磁束密度（約13,000[Gauss]）であっても、明らかな音質差が生じており、駆動力・制動力に関わる時間的特性に差異が認められた。更に電磁石スピーカは、励磁電流を45%も減少させたにも関わらず、フェライト磁石スピーカに比して収束時間が短いことから、ボイスコイルの駆動力・制動力が強いと考えられる。アルニコ磁石スピーカもフェライト磁石スピーカに比して、同一口径、同一形式にもかかわらず、駆動力に優れていることが示唆された。

これらの要因の一つとして、磁気回路の透磁率 $\mu$ の差が重要ではないかと考えている。透磁率 $\mu$ のおおよその比は、メーカーの諸元から、電磁石スピーカ：1000~10000、アルニコ磁石：5、フェライト磁石：1である。

本報告では、アルニコ磁石スピーカの主観評価は行ってはいないが、音楽愛好家の評価において、アルニコ磁石スピーカの方がフェライト磁石スピーカよりも高い評価を得られていることから、透磁率 $\mu$ の大きさが音質向上のポイントと考えられる。なお、これらの関係性等については今後実験を進めて明らかにしていきたい。

#### 5. まとめ

本報告では、人間の深い感性に働きかける情報の忠実再現が可能な音響再生装置の実現に向けて、スピーカの磁石の違いに注目して、再生音の心理評価と、物理特性の測定・解析を行い、深い感性

に関連する物理特性を考察した。具体的には、電磁石スピーカがフェライト磁石スピーカより音楽再生能力が高いこと（7段階評価のうち“+2”）を明らかにした。また、音質向上に向けては、スピーカの駆動力・制動力に関する時間的特性との関連が深いことを心理物理学的に実証した。

今後は更に、電磁石スピーカの駆動力、制動力の強さが、どのような物理的パラメータ（透磁率 $\mu$ など）によるものかを、電磁石スピーカ、アルニコ磁石スピーカ、フェライト磁石スピーカ、それぞれの比較から、更に詳細に研究を進めていく。

今後、これらの成果を踏まえて、人間の深い感性に働きかける情報の忠実再現が可能な音響再生装置を開発研究していきたい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり評価用スピーカの借用、及び多大な技術的助言を頂きましたフォスター電機株式会社小原 林太郎様、利根川 寛様、フォステクス株式会社宮下 清孝様に深く感謝致します。また、本研究は「平成21年度ものづくり大学 製造技能工芸学科 研究費補助」の援助を受けて行いました。深謝いたします。

## 付録

音質の差に関連する物理特性を明らかにするために、電磁石スピーカとフェライト磁石スピーカの再生音に対して、従来理論の基本的な物理特性：振幅周波数特性・群遅延特性を測定した。図6にB&K Type2012 Audio Analyzerで測定した電磁石スピーカとフェライト磁石スピーカの振幅周波数特性、図7に群遅延特性を示す。若干のピークディップの違いは観測されるが、3.3節で述べた評価結果（“+2”ランク）程の大きい差が現れているとは言い難い。すなわち、振幅周波数特性は、電磁石スピーカとフェライト磁石スピーカとの大きな音質差を直接的に現してないと考えられる。

以上より、従来理論の基本的な物理特性：振幅

周波数特性と群遅延特性では、音質の大きな差を直接的には、記述できておらず、制動力に関する時間的、動的な特性に注目する方が、直接的関係を表していると考ええる。

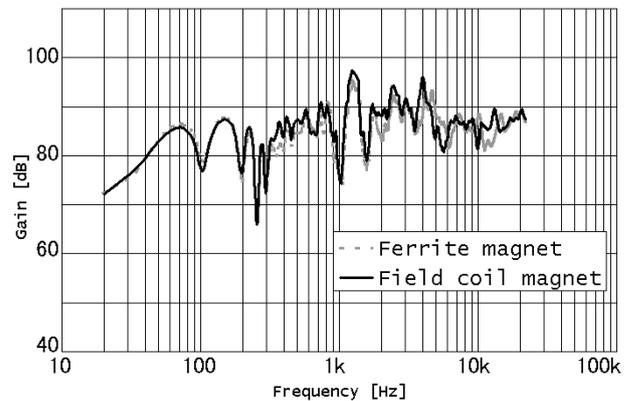


Fig. 6 Amplitude-frequency characteristic of measurement1

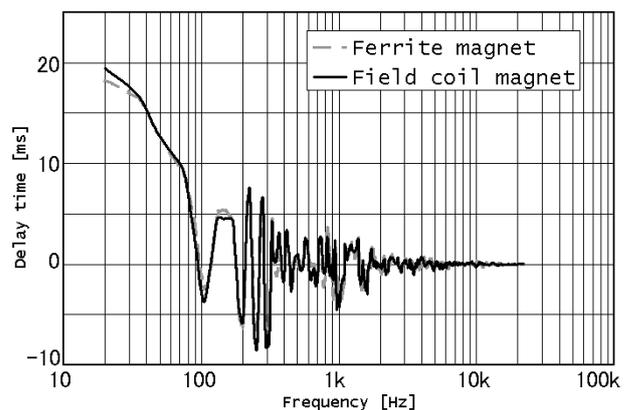


Fig. 7 Phase-frequency characteristic of measurement1

## 文献

- 1) 宮原・守田：音質を表現する評価語の調査分析，日本音響学会会誌，52，No. 7，pp.516-522，1996.07.
- 2) 石川・冬木・宮原：音質評価語の多次元空間におけるグルーピングと総合音質に重要な評価語，信学会論文誌，Vol.J80-A，No.11，pp.1805-1811，1997.11
- 3) T. Ishikawa, M. Miyahara：Hierarchical Structure of Assessment Words for the Evaluation of Information of High Order Sensations of Musical Sound, KANSEI2001, 2001.10.
- 4) 宮原・石川・小林：高度感知情報再現を目的としたスピーカの新設計法と実例，No.101，pp.9-15，2001.07.
- 5) 平野・篠田・三井・石川・宮原：スピーカの周波数特性に観測されない音質と関係する物理要因・特性—波面再生に注目した時間領域における検討—，信学技報，Vol.103，No.398，pp.49-54，2003.10.

- 6) 石川・三井・大谷・宮原：従来の代表的スピーカの音伝搬の特性と新・電気音響再生論に基づく音質改善，信学技報，Vol.105，No.37，pp. 19-24，2005.05.
  - 7) 三井・石川・宮原：深い感性に関連する電磁石スピーカの特性の考察，日本感性工学会研究論文誌，第8巻4号，pp. 1155-1160，2009.03.
  - 8) 日本オーディオ協会，スピーカー50年史，1986.04.
  - 9) Subjective assessment of sound quality, ITU-R BS.562-3, 1978.
  - 10) 宮原：高品位 Audio-Visual System -先端インフラの研究-，オーディオビジュアル複合情報処理，13-6，pp. 39-46，1996.06.
  - 11) 未来映像・音響の創作と双方向臨場感通信を目的とした高品位 Audio-Visual System の研究 Project，日本学術振興会 未来開拓学術研究推進事業，マルチメディア高度情報通信システム研究推進委員会中間報告，JPSP-RFTF97P00601，1997-2001.
  - 12) 石川・宮原：「深い感動を再現」の評価を得た芸大でのデモシステム Extra HI System M，映像情報メディア学会第3回深い感性のテクノロジー時限研究会資料，pp. 1-8，2004.01.
-

## 論文 Article

## 鑄造用 CAE 技術に関する研究

原稿受付 2010 年 4 月 29 日

ものづくり大学紀要 第 1 号 (2010) 22~27

櫻井大八郎<sup>\*1</sup>, 佐藤宏樹<sup>\*2</sup>, 鈴木克己<sup>\*3</sup>, 木島秀弥<sup>\*4</sup>, 松浦誠<sup>\*5</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 製造技能工芸学科 教授<sup>\*2</sup>元ものづくり大学 技能工芸学部 製造技能工芸学科 学生<sup>\*3</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 製造技能工芸学科 特別客員教授<sup>\*4</sup>株 UES ソフトウェア・アジア 社長<sup>\*5</sup>株 田島軽金属 専務取締役

## A Study on CAE Technology for Casting

Daihachiro Sakurai <sup>\*1</sup>, Hiroki Satou <sup>\*2</sup>, Katumi Suzuki <sup>\*3</sup>, Hideya Kijima <sup>\*4</sup>, Makoto Matsuura <sup>\*5</sup><sup>\*1</sup> Prof. of Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Former Student of Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists<sup>\*3</sup> Special Guest Prof. of Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists<sup>\*4</sup> President of UES Software Asia Inc.<sup>\*5</sup> Senior Managing Director of Total Aluminum Corporation

## Abstract

More than 500 software for the casting simulation were sold, but few of them were used in the foundries. This study shows the easy way to measure some physical properties in the small foundry and to fit the simulation to the production, and also shows CAE Technology is very useful even in the Aluminum Alloy Sand Mold Castings in order to improve the casting plans and to develop the power of the young generation.

**Key Words** : casting, solidification, simulation, Aluminum Alloy, sand mold, FEM

## 1. はじめに

鑄造にコンピュータを用いたシミュレーションが用いられ始めてから 30 年以上が経過しており、すでに市販の鑄造用シミュレーション・ソフトは数多くの種類のもので販売されており、日本国内でも 500 本以上が売られている。しかし、鑄造工場で現実の鑄造方案の検討用として用いられているケースは多くなく、宝の持腐れとなっていることが多い。

その理由として、一つには 3D-CAD を十分に使いこなせるエンジニアが少ないこと、次に高温での各種物性値が十分でないため計算結果と現実とが満足できる程度には一致しないことなどが挙げ

られている。

3D-CAD 対策としては、厚生労働省・埼玉県の協力を得て、離職者向けに 3D-CAD 教育を行い、100 名程度の 3D-CAD を使いこなせる人材を輩出するとともに、製造技能工芸学科の学生にも教科として教育し、当学科の卒業生は 3D-CAD を使いこなせるようになっている。すでに合計 6 期、約 700 名の卒業生が世に出ており、大きな戦力となっている。

高温での物性値は、鑄造する金属、使用する原料砂の種類・粒径、粘結材の種類・添加量、付着/吸収水分量、鑄物砂の充填度、塗型の種類・厚み等数多くの要因によって変化し、これらの要因が工場各々によって異なるため、数多くの研究がなされてい

るにもかかわらず、ある工場に適した値が与えられていない。一般的に大企業は多くの技術者を抱え、それなりの投資も可能であるため問題にはならないが、中小企業の場合には工場主が唯一の技術者だったり、いてもごく少数の技術者しかいなかったり、なかなか自社向けの物性値を求めるところまでは手が届かないのが実情である。

本研究は、中小鑄造企業のために、中小鑄造企業と協力して、その工場に適した物性値を求め、その鑄造企業において CAE 技術が使用可能となることを目的としている。

## 2. 実験方法

### 2.1 実験 1 (基礎試験)

まず適正な各種物性値を求めるために、当該工場で使用しているフラタリー・サンド、フラン自硬性鑄物砂を用い、また当該工場で生産している製品の平均的な肉厚が 30mm であるため、基本肉厚を 30mm とした、

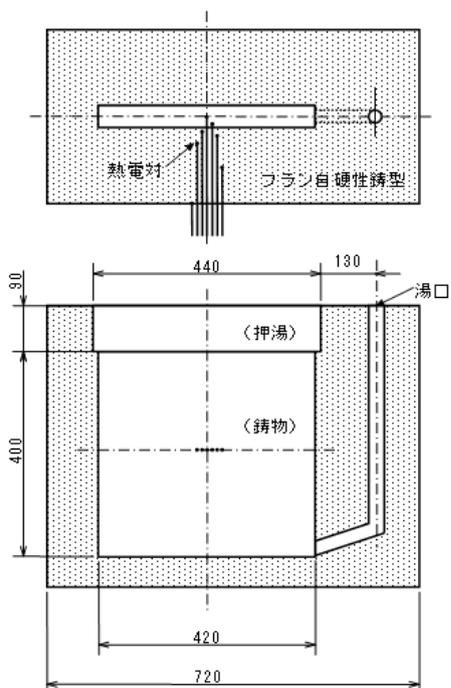


Fig.1 Mold Shape of Experiment 1

Fig.1 に示す試験体用鑄型を 2 体 (冷金ありと冷金なし) 作成し、JIS の AC4C 材をガス加熱式溶融炉で溶融した後、Ti-B 微細化剤および Sr 改良処理剤を添加し、窒素脱ガス処理を行って、約 970K で鑄造した。鑄込量は 22kg、鑄込時間は約 30 秒であった。Fig.1 の試験体の中央部 (一方向熱流と考えられる範囲 40mm × 60mm) には K 熱電対を取り付けてあり、A-D 変換後ノート型パソコンに鑄込み後の温度変化を取り込んだ。この結果と、FEM 鑄造計算ソフトである ProCAST を用いたシミュレーション結果を比較し、ソフトに入力する物性値を変化させ、試行錯誤法により適正な物性値を決定した。鑄造計算のメッシュ分割と初期設定条件としての AC4C の物性値を Fig.2 に示す。

### 2.2 実験 2 (実物試験)

実験 1 で得られた適正な物性値を用い、当該工場で生産している製品の中で比較的鑄造歩留まりの悪い製品 (フレーム、製品重量 145kg) をモデルとして取り上げ、これに高周波押湯加熱システムを適用する場合の押湯設定と引巣発生に関し鑄造シミュレーションを実施した。押湯に関しては本当は加熱条件であるが、今回は簡単に断熱条件で計算した。押湯位置、数量、サイズ等に関しては従来の経験からこれでいけるのではないかと考えられるものを選定し、押湯数 2 か所、3 か所、4 か所のものと、従来の押湯数 12 か所のものについて ProCAST を用いて計算し、押湯 2 か所では引巣発生の可能性があるが (Fig.3 に示す)、3 か所以上であれば引巣発生の可能性は少ないことがわかった。そこで、Fig.4 に示す製品を、Fig.5 に示す鑄造方案 (押湯 3 か所方案) で鑄造し、結果を確認することにした。鑄型・溶融・鑄造条件は実験 1 と同様である。鑄込み後高周波押湯加熱システムを作動させ、5 分後には押湯に差し湯を行い、30 分後まで同システムを作動させた。温度は押湯部 2 点、鑄物本体部 3 点で測定した。

## 3. 実験結果

### 3.1 実験 1 の結果

冷し金なしの場合の鑄造後の温度変化の実験結果と比較検討用としての初期設定値そのままの計算結果を Fig.6 に示す。実験結果では①凝固時間が計

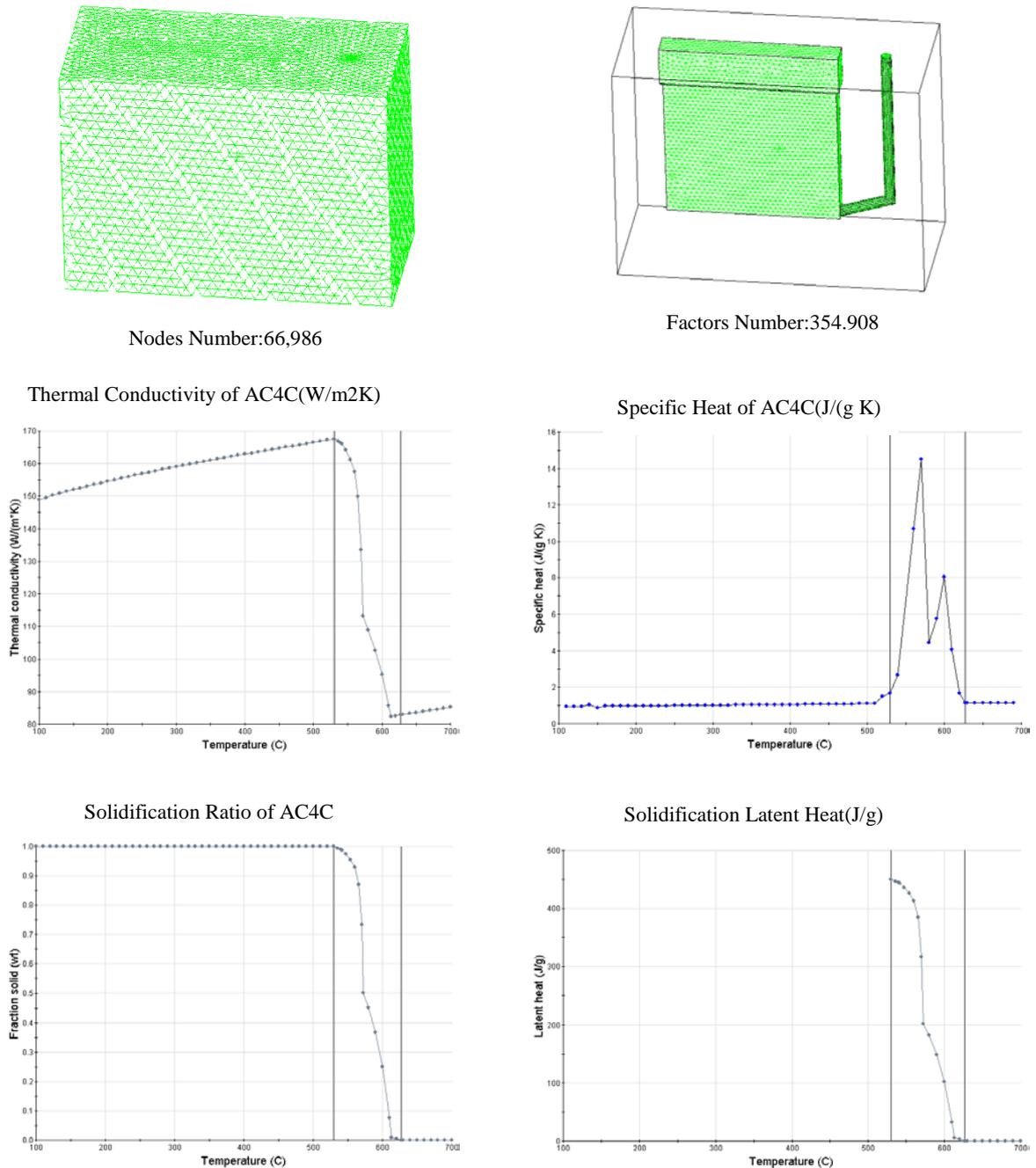


Fig.2 Input Physical Properties and Mesh Design

算値の約 1/2 と短い、②砂型側への熱伝達が計算値よりも少ない(温度上昇が遅く、到達温度が低い)、③砂型の 100°C 近傍で温度停滞がある等の計算値との差が認められた。そこで、まず熱伝達係数を初期設定値の 300W/(m<sup>2</sup>K) を 200 W/(m<sup>2</sup>K) とし、鋳型水分の蒸発潜熱を鋳型比熱に加え、100°C 近傍での鋳型比熱を初期設定値の 1.15kJ/(kgK) を 2.15kJ/(kgK) とした。これで再計算したが凝固時間

は短縮できなかった。ところで、ProCAST の凝固潜熱は定数でのみ入力できるが、JMatPro で計算された温度依存データの最初の値 488kJ/kg で設定されていたため、これを 250kJ/kg へと変更した。これは初晶発生を除く共晶凝固部分の凝固潜熱に相当し、鋳込み時点で初晶が発生しており、注湯完了後は共晶凝固しているものと想定した。以上の修正を加えたもので再計算を実施した結果を Fig.7 に示

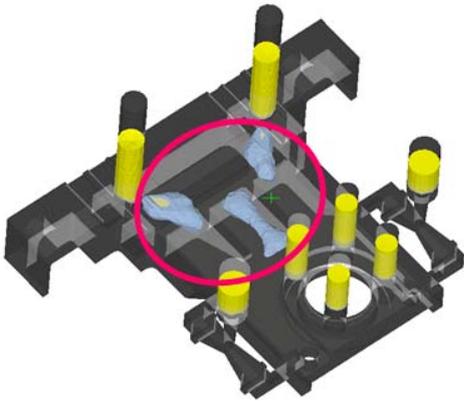


Fig.3 Simulation Result of Experiment 2

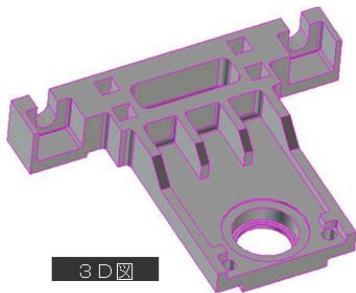


Fig.4 Shape of the Product

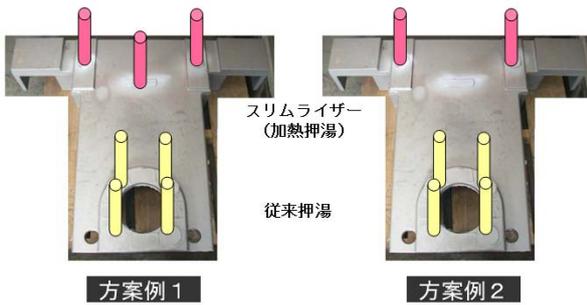


Fig.5 Casting Plans for Experiment 2

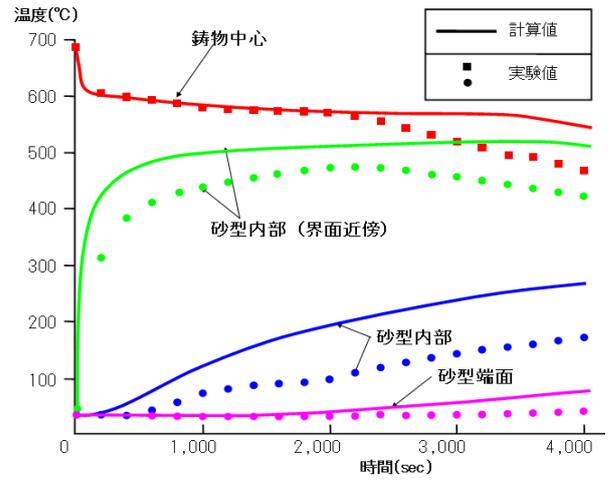


Fig.6 Results of Experiment 1 and 1st Simulation (without chiller)

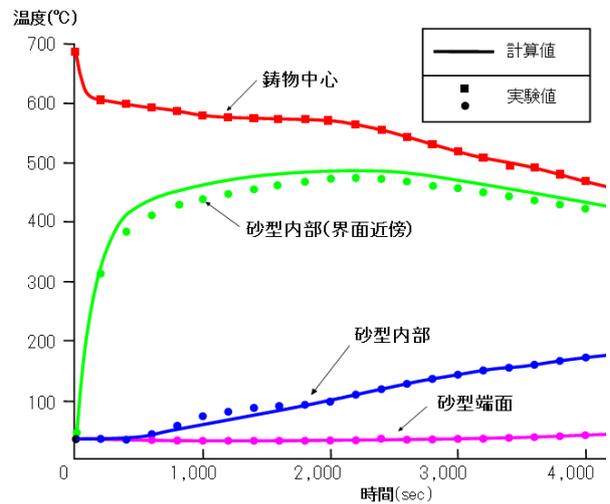


Fig.7 Fitted Simulation Result (without chiller)

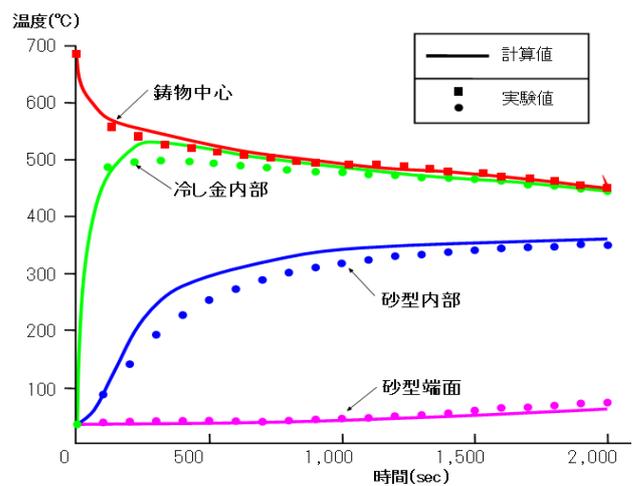


Fig.8 Fitted Simulation Result (with chiller)

すが、実験値と計算値とはかなり良く一致している。

次いでこれらの数値を用いて、冷金ありの場合に関し、鋳物—冷金、冷金—鋳型間の熱伝達係数を検討した。初期設定ではそれぞれ、 $3000\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 、 $500\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ としていたが、計算値の温度低下が十分でないため、 $2000\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 、 $110\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ に変更した。その結果を Fig.8 に示すが、結果的に、計算値と実験値とは良い一致をみている。

### 3.2 実験 2 の結果

実験 2 (実物試験) で製作した製品の外観を Fig.9 に示し、押湯下の浸透探傷試験後の状況を Fig.10 に、温度測定結果を Fig.11 に示す。AC4C 材の場合、高温強度が十分でないため、内引けが発生すると、外面がくぼむ傾向があり、また押湯下にパイプが形成されることもあるが、Fig.9、Fig.10 に示されるように引け巣のないことが確認できた。温度測定は、高周波加熱の影響によると考えられるハンチングが強く出たことおよび押湯加熱（実際）と押



Fig.9 Outlook of the Product



Fig.10 PT Result of the Product

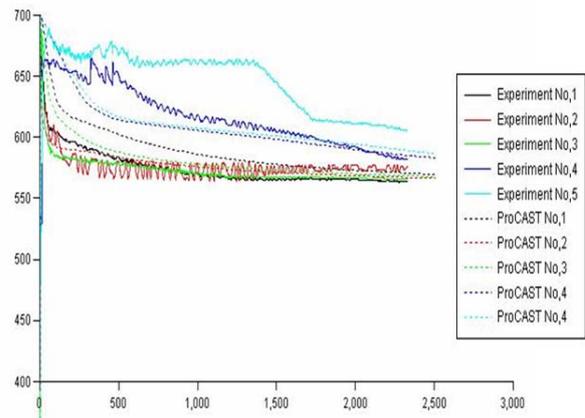


Fig.11 Temperature Measurement Results of Experiment 2

湯断熱（計算）の条件差から計算値と実験値とは大きな差が発生したが、断熱よりも加熱の方が安全側であることから、計算上引け巣が出ない場合には実際にも引け巣発生はなかったものと考えられる。

## 4. 考察

### 4.1 シミュレーションの信頼性

一般に、シミュレーションというのは、自然現象等複雑な要因を抽象化し、寄与率の高い要因を選択して、簡素化した状態で実施される、このため、各種仮定や近似が用いられ、これらによりシミュレーション精度は低下する、特に、温度依存性のある特性値に対し、一定値（温度依存性のない値）を与えて近似的に解を求めることはよく行われるが、これなども近似精度を下げる大きな要因となっている。今回のシミュレーションも、極力温度依存性等はそのまま表現したが、特に鋳物砂に関しては、そのもの自身の物性文献値が見当たらなかったため、実験 1 を行うことにした。繰り返し精度がどの程度になるかは今後の課題ではあるが、造型作業・混練作業等の作業ばらつき、熱電対設定等の計測ばらつきもあり、すべてが計算のばらつきと言えないところに悩みはある。

### 4.2 鋳物砂の熱伝導率

鋳物砂の場合その熱伝導率は、骨材（原料砂）の種類・純度・粒径・粒形・混粒率、粘結剤の種類・添加量、硬化剤の種類・量、造型時の充填率等により変化し、さらにこれが鋳込みにより、蒸発・燃焼・凝

結等の物理・化学的な変化をする。これらすべてを個別に表現することは、多大の労力を要することになる。そこでこれらを鋳物砂の比熱・熱伝導率等の温度依存として表現し、近似的に適正化を図っている。従って、今回得られた各種物性値等は、あくまでも当該工場でアルミニウム合金鋳物を鋳造する場合のものであって、当該工場でも鋳込み温度が大きく異なる鋳物の場合では、鋳込みに伴う化学変化・物理変化が異なるため、シミュレーション誤差は大きくなるものと考えられる。

### 4.3 AC4C アルミニウム合金の凝固潜熱

今回の試験では、凝固潜熱が定数でしか入力できないため、推奨値 (488kJ/kg) をそのまま用いたが、実験1の結果からは250kJ/kg程度とするのが最適であった。文献1)では390kJ/kgが示されており、今回の実験では低めの値となった。これは、一般的には凝固潜熱＝溶融潜熱であり、溶融過程の潜熱を凝固潜熱として用いるが、凝固過程では鋳込み時に取鍋～大気～湯道～鋳型と移動する間に温度が低下し、一部では凝固が始まっていたのではないかと考えられる。また、390kJ/kgと250kJ/kgの差はちょうどAC4Cの初晶析出に伴うエンタルピー変化に相当することから、今回の実験1では鋳込み時に凝固が始まっていたのではないかとこのことを裏付けている。なお、今回シミュレーションに利用したソフトはエンタルピーで入力でき、温度依存も表現できるので、凝固潜熱ではなく、エンタルピーで入力した方がよかったかもしれない。

### 4.4 シミュレーションの有用性

今まで述べてきたように、鋳造・凝固シミュレーションは本質的に誤差を含んでいるが、おおよその傾向は十分に近似しており、現象確認用としては大いに役立つ。例えば、鋳型内部での溶湯の動きや固まり具合のように、直接観察しにくいものを、ヴィジュアルに表現し、現象の理解を深めるため

には非常に有効である。シミュレーションには誤差がつきものであるということを理解した上でこれを用いれば、鋳造方案の改善、技術レベルの向上、技術の伝承等に大いに有効であると考えられる。

しかし、現状の中小の鋳造企業では3D-CADも十分には使いこなせておらず、また前述のごとく、入力すべき物性値等がそれぞれの企業の事情によって異なるため、鋳造シミュレーションも使いこなせてはいない。3D-CADもそれほど難しい技術ではなく、物性値等を求めることもあまり難しくはないので、各企業が地道に取り組んでいけば、もっと簡単に使いこなせるようになるのではないかと期待している。

## 5. まとめ

本研究では中小鋳造企業と共同で、その企業向けの鋳造シミュレーション用物性値等を求め、その数値を用いて鋳造方案を検討したアルミニウム合金鋳造製品を実際に製作し、シミュレーションの当否を検討した。鋳造製品の引け巣は、押し湯数・量を減少させたにもかかわらず、予測通り発生は認められなかった。このことから、鋳造シミュレーションは入力する物性値等が適正であれば、かなり良く鋳造結果を予測できることが確認できた。

なお、本研究は佐藤宏樹の平成17年度卒業論文の一部であり、平成18年5月に日本鋳造工学会第148回全国講演大会で口頭発表したものを纏めなおしたものである。

## 参考文献

- 1) 新山英輔：「鋳造伝熱工学」—鋳造設計の基礎— (2001.9) pp209 アグネ技術センター

## 論文 Article

## 未利用資源の有効活用に関する研究（第1報）

原稿受付 2010年4月29日

ものつくり大学紀要 第1号 (2010) 28~33

櫻井大八郎<sup>\*1</sup>, 納見千春<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup>ものつくり大学 技能工学学部 製造技能工学学科<sup>\*2</sup>ものつくり大学 大学院 ものつくり学研究科 元院生

## A Study on Effective Use of Unused Resources (Part 1)

Daihachiro Sakurai<sup>\*1</sup>, Chiharu Noumi<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup> Prof. of Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Former Student of Graduate School, Institute of Technologists

## Abstract

The global warming problem is one of the most serious ones for the human future. In accordance to solve this problem, the concept was tried as the searching examination, that is the general waste was carburized and the produced carbon was hardened with Phenol Resin. As the result, carburization went well and the carbon collection ratio was about 88%. But hardening did not go so well. Compression Strength was about 7~8N/mm<sup>2</sup>, which is about 1/5 of wooden material, and Specific Weight was about 1.0, which is twice of that. But the possibility for real use of this concept was confirmed. And some themes could be found for the following researches.

**Key Words** : general waste, carburization, thermal hardening, Phenol resin, global warming problem, carbon stabilization,

## 1. はじめに

昨今、地球環境・資源エネルギー問題が喫緊の課題となっている。本研究は地球環境、特に地球温暖化防止に対処するためのものである。未利用資源としては多数あり、その最たるものが現在廃棄物として取り扱われているものである。廃棄物は法律上は資源ではないが、これを資源化出来れば、資源問題の対策ともなりうる。国内法規上の産業廃棄物は、比較的分別もされており、排出者責任で対策も比較的良く実行されている。そこで、どちらかといえば分別が困難な一般廃棄物（都市ごみ）に着目し、これを木材代替材料と出来れば、現在大部分が焼却処理され、二酸化炭素の排出元

となっている一般廃棄物の炭素が固定化（二酸化炭素排出防止）でき、さらに森林資源の維持（すなわち二酸化炭素吸収源の確保）が可能となる。

現在、国内で焼却処理されている一般廃棄物は年間約4400万トンにのぼり<sup>1)</sup>、そのうち約45%が可燃成分、可燃成分のうち約44%が炭素となっている<sup>2)</sup>。この炭素全量（約870万トン）を資源化できれば、約3200万トン/年の二酸化炭素排出量が低減できることになる。さらに870万トンの炭素を木材代替材料として利用できれば、（木材比重を約0.5、添加物比率約40%として）約1450万トン/年、約2900万m<sup>3</sup>/年の木材使用量低減となる。木材と原木の比率は約80%<sup>3)</sup>であるため、これは原木量としては約1800万トン/年に相当する。

木の二酸化炭素吸収量は約 1.6 kg/kg とされており<sup>3)</sup>, 2880 万トン/年の二酸化炭素吸収に等しい。前述の焼却を行わないことによる二酸化炭素排出低減と、木材代替品としての有効利用による二酸化炭素吸収増を加えると約 6000 万トン/年の二酸化炭素排出減となるものと推定できる。これは、1990 年の国内二酸化炭素排出量（政府公約算定基準）11.4 億トンの約 5.3% に相当することとなり、かなり有効な活用手段ではないかと考えられる。

そこで、収集された一般廃棄物をフラフ化(RDF (ごみ固形化燃料, Refused Derived Fuel) 製造工程で射出成型前の状態にすること)し(RDF で実証済みの技術), これを炭化させた後, 成形し熱硬化樹脂で固める処理システムを考えた。炭化・硬化に用いる熱源としては, 炭化時に発生する可燃性ガス(水素, メタン等)を用いることにすれば, フラフに含まれている水素の持つ化学熱エネルギーで十分加熱可能であり, 300°C (577K) 以下の加熱とすればダイオキシン等の発生も防止できる。さらに, 当該木材代替材料はほとんどが炭素で構成されており, 使用後のリサイクルも破砕, 成形, 熱硬化樹脂硬化とすれば問題なく達成可能である。

一般廃棄物の炭化<sup>4)</sup>, 木材の炭化・セラミック化<sup>5)</sup> についての研究は実施されているが, 700K 以上の高温で実施されており, ダイオキシン発生抑制を考慮した低温域での炭化・硬化に関する研究は他に見当たらない。

本研究では, 上記システムが成立するための各種技術条件を求める探索的な研究である。

## 2. 実験方法

### 2.1 使用廃棄物

一般廃棄物の越境移動は困難が伴うこと, 当大学の設備として一般廃棄物を保管する施設がないこと, フラフまでは既存技術で製造可能であること等を考慮し, 福岡県荻田町の RDF 製造設備(荻田エコプラント)で作られた RDF を用いることにした。この RDF は施設近傍のセメント工場で燃料の一部として実際に使用されている。

### 2.2 炭化試験

2.2.1 試験設備 当大学で保有する電気抵抗式加熱炉(間口 400mm, 高さ 250mm, 奥行 600mm, 最高加熱温度 1623K, (株)サーマル製 HT3 型)を用いて炭化試験を行った。

2.2.2 試験方法 ステンレスパッドに RDF2000g を入れ, 別途マーカースとして木炭 300g を入れたステンレスパッドとともに炉内に挿荷し, 100K/h で加熱し所定の温度・時間に達した後, 炉冷し, 室温に達した後, 目視および重量測定により炭化状況を確認した。加熱温度は 523K, 513K, 503K, 493K, 483K, 473K の 6 水準とし, 各温度での保持時間は 0h, 2h の 2 水準とした。

### 2.3 成形・硬化試験

熱硬化樹脂としてフェノール樹脂塗料(関西ペイント販売(株), ニューアクノン NC BN-10), 粒状フェノール樹脂(松下電工(株), フェノール樹脂成形材料 CY4715 30M)を用いて, 添加樹脂比率として 20%~50%, 粒状の全フェノール樹脂量に対する割合を 0%, 40%, 50%, 60%と変化させた。また, 加熱硬化処理時には 15kg の錘を乗せて, 加熱軟化時(453K)に圧縮成形できるようにしたものと, 加熱軟化温度(473K)でプレス成形したものとを試験した。硬化温度としては 503K, 523K, 553K に 2 時間保持して硬化を行った。

### 2.4 特性試験

比重測定は JIS Z 2101 の圧縮試験用試験片を熱硬化後の試料から切り出し, その重量と形状を測定し, 重量/体積で求めた。圧縮試験はアムスラー型万能試験機を用い, JIS Z 2101 に準じて実施した。

## 3. 試験結果

### 3.1 炭化試験結果

炭化試験の結果を Table-1 に示す。この結果から, 513K 以上では RDF の燃焼が起きており, 灰の生成が多くなり残留物量が低下している。また, 493K 以下では未分解残留物が増加している。503K では保持時間がない場合にはごく微量の未分解残留物が認められ, 2 時間保持の場合には同様にごく微量の灰の生成が認められる。ある厚み

のある物体を加熱すれば、当然内外の温度差は発生することから、均熱の必要があるため、保持時間は2時間とした方がベターであろう。

383K 2hr の処理をしたものは、RDF の水分含有量を調査する目的で実施したものであるが、これから、RDF に含まれる水分は 6.3%程度であることがわかる。

一般廃棄物の可燃成分中の炭素量は約 44% であり、今回の残留物の割合が約 36% であることは、若干の炭素はメタン等の可燃性ガスとして排出されるが、大部分は今回の 503K X 2hr の処理でうまく炭化していることがわかる。

Table-1 Results of Carburizing Tests

Carburizing Temperature & Holding Hour	Residual Ratio (%)	Residual Charcoal (%)	State of Residual
523K X 0	34.3	97.0	30% Ash
523K X 2	30.4	82.0	30% Ash
513K X 0	—	—	
513K X 2	30.5	94.0	A Little Ash
503K X 0	39.0	94.7	Very Little Underdone
503K x 2	33.8	94.0	Very Little Ash
493K X 0	40.3	100	Little Underdone
493K X 2	48.0	94.0	Little Underdone
483K X 0	42.6	100	Little Underdone
483K X 2	35.9	100	Little Underdone
473K X 0	41.9	100	Little Underdone
473K X 2	46.6	100	Little Underdone
383K X 2	93.7	100	As it was

### 3.2 成形・硬化試験結果

はじめに成形可否を確認するため、フェノール樹脂塗料（液状）を 10%~60% まで変化させて、ステンレスパッドに突き固め、これを電気抵抗式加熱炉に装入し、280°C X 1 時間の加熱を行った。その結果、フェノール樹脂塗料 20% 未満では生成炭が逃げて突き固めができない。またフェノール

樹脂塗料 50% 以上となると、ステンレスパッドに硬化した成形炭が固着し、成形炭取出し時に成形炭が破壊することがわかった。そのため、フェノール樹脂塗料添加量は 20%~40% とした。粒状フェノール樹脂は成形性には大きな影響を及ぼさないが、フェノール樹脂塗料では強度不足が懸念されるため、フェノール樹脂全量の約半分を目安に添加したが、目視での成形性、硬化性には大きな変化はみられなかった。

### 3.3 特性試験結果

3.3.1 比重測定結果 比重測定結果を Table 2 に示す。

Table 2 Results of Specific Weight Measuring (Average Value of 6 Samples)

Phenol Resin Addition Ratio & Pressing	Hardenin g 503K	Hardening 523K	Hardening 553K
Paint 40%	1.10	1.07	1.05
Paint 30%	0.96	0.94	0.89
Paint 20%	0.83	0.80	—
Paint 30 % + Drop 20%	1.11	1.11	1.11
Paint 25 % + Drop 25%	0.94	1.01	1.01
Paint 20 % + Drop 30%	1.11	1.01	1.04
Paint 40% + Press	—	1.13	—
Paint 30 % + Drop 20% + Press	—	1.09	—

フェノール樹脂のみの場合は添加量が少なく、硬化温度が高いと比重は小さくなる傾向にある。粒状フェノール樹脂が添加されたり、プレス圧縮されると比重は大きくなる傾向が認められる。

3.3.2 圧縮強度試験結果 圧縮強度試験の結果を Table 3 に示す。塗料のみの場合、フェノール樹脂添加量が多いほど、また硬化温度が低い方が圧縮強度は高くなる傾向にある。粒状フェノ

ール樹脂を添加した場合塗料のみの場合よりも圧縮高度は低い傾向にある。プレス圧縮は塗料のみの場合には効果がありそうであるが、粒状が入ってくると逆効果になりそうである。

Table 3 Results of Compression Tests (N/mm<sup>2</sup>)  
(Average Value of 6 Samples)

Phenol Resin Addition Ratio& Pressing	Hardenin g 503K	Hardenin g 523K	Hardening 553K
Paint 40%	7.79	4.96	3.60
Paint 30%	4.94	2.56	3.15
Paint 20%	0.84	0.80	—
Paint 30 % + Drop 20%	6.12	4.28	6.45
Paint 25 % + Drop 25%	3.53	1.83	3.61
Paint 20 % + Drop 30%	3.89	—	3.10
Paint 40%+Press	—	7.39	—
Paint 30 % + Drop 20%+Press	—	3.65	—

Table 4 Results of Compression Strain Tests (%)  
(Average Value of 6 Samples)

Phenol Resin Addition Ratio& Pressing	Hardening 503K	Hardening 523K	Hardening 553K
Paint 40%	7.78	8.87	6.92
Paint 30%	5.90	5.10	5.39
Paint 20%	5.14	4.42	—
Paint 30%+Drop 20%	6.51	6.14	5.12
Paint 25%+Drop 25%	6.28	5.13	4.64
Paint 20%+Drop 30%	6.10	—	3.87
Paint 40%+Press	—	7.39	—
Paint 30%+Drop 20%+Press	—	4.06	—

3.3.3 圧縮ひずみ試験結果 圧縮試験における破断ひずみ (%) を Table 4 に示す。圧縮破断ひずみとしては塗料 40% 添加のものが比較的良好な結果となった。塗料添加率の高いものほど圧縮破断ひずみが大きい傾向が認められる。プレス圧縮は逆効果の傾向にある。

## 4. 考察

### 4.1 炭化状況について

今回は特別に炭素の分析は実施せず、目視で炭化状況を観察した。また一応密封された炉を使用はしたが、若干の通気性はあり、隙間から可燃性ガスが漏れている（点火すると燃える）こと、水分、酢酸等の蒸発・液化が起こっている（臭い）ことが確認できている。503K での一般廃棄物の熱分解発生物質としては、水素、メタン、エタン、プロパン、酢酸、アンモニア、水等が考えられ、メタン、エタン、プロパンや酢酸として炭素が持ち去られていることが考えられる。一般廃棄物の RDF の内、今回の実験で約 36% が残留物として回収できたが、自然吸収水分が約 6.3% あったことを考慮すると、もともと約 41% 程度の炭素が約 36% 残留したことになり、残留率約 88% と考えてよい。残りの約 12% がメタン等の有機化合物として気化したことになる。この有機物は、発生水素ガスとともに燃焼させて、残留物（生成炭）の硬化加熱用熱源として、また熱分解用加熱熱源として有効活用することになる。

### 4.2 気化生成物の燃焼熱量について

気化生成物には一部炭素化合物も含まれているが、安全側の想定として、水素のみが気化生成物の燃焼に寄与すると仮定する。この場合、一般廃棄物中の可燃成分の約 6.5% が水素であるので、1kg の一般廃棄物中に含まれる水素（水分は除く）は約 3% で 30g となる。水素 1g 当りの燃焼熱量は 142 kJ であるので、全体としては 4.3MJ/kg ゴミとなる。一般廃棄物中にはいろいろな物質が含まれているが、主成分は紙、プラスチック、木材等であり、これらの比熱は概ね 1.2J/g・K である<sup>6)</sup>、水の蒸発潜熱が 2.3 kJ/g、比熱 4.2J/g として、一

般廃棄物を約 250K 加熱する場合の必要熱量を計算すると、約 1.3MJ/kg ゴミとなる。これは前述の水素による発生熱量の約 30%であり、通常の燃焼熱効率を考えると、熱分解時（炭化処理時）の発生水素の持つ燃焼熱で、一般廃棄物を 553K 程度（硬化最高温度）まで加熱が可能であることになる。当然熱分解に必要な熱量もあるが、これは気化有機物（メタン、エタン等）の炭素の燃焼熱でカバーできると考えられる。このことは、今回考えているシステムが、初期熱量を加えれば、熱量的に独立して稼働することが可能であることを示している。なお、熱分解炉は密封しておけば熱分解ガスは圧力で系外に排出され、冷却・気液分離後、この気体を加圧し、タンク等に貯留しておけば、必要時には熱源として使用可能となる。特別に分離精製する必要はない。

#### 4.3 炭化温度・保持時間について

今回の試験の結果から、503K で 2 時間保持するのが最適であることがわかったが、今回は当大学の加熱炉で試験したものであり、現実のプラントを考えると処理量、処理速度等から、ロータリーキルン等での炭化が好ましい。この場合、フラフ層の厚みがある程度となること、内外部での温度差が発生すること等から、現実のプラントの場合には温度条件・時間条件が変化するものと考えられ、それぞれのプラントにあった操業条件を求める必要がある。

#### 4.4 硬化生成物の比重について

今回の試験で得られた結果では、硬化生成物の比重は 0.8~1.1 程度であり、一般的な木材の比重である 0.5 前後と比較すると 2 倍程度となった。また比重が比較的小さい 0.8 クラスのものでは圧縮破断強度が  $0.8\text{N/mm}^2$  程度と非常に低い値を示すことになった。これは使用したフェノール樹脂が適切でなく、また混練も十分でなかったために加熱硬化時の接着面積が不十分となったものと考えられる。次回の試験にはフェノール樹脂の種類、混練方法をもう少し検討したうえで実行する必要がある。

#### 4.5 圧縮破断強度について

圧縮破断強度としては最大平均値で約  $7.8\text{N/mm}^2$  となっており、目標値（杉材：30~

$40\text{N/mm}^2$ ）と比較すると 1/5 程度の値となっている。炭化生成物の強度にもよるが、一般的なフェノール樹脂の強度は  $50\text{N/mm}^2$  程度であり<sup>7)</sup>、熱硬化型フェノール樹脂を想定すれば、混練方法や硬化方法を検討することにより改善可能であると考えられる。

#### 4.6 圧縮破断ひずみについて

比較的高強度の試料で 7~8%程度の値となっており、一般のフェノール樹脂の破断変形ひずみである 1~2%と比較すると、かなり高くなっている。このことは圧縮破断強度改善の余地があることを示しており、混練・硬化方法の検討により、木材により近い代替材料の開発が可能であることになる。

### 5. まとめ

昨今地球温暖化問題が大きく取り上げられており、その対策の一つとして、一般廃棄物を木材代替材料とする研究を始めた。コンセプトとしては、二酸化炭素の元である炭素を固定化し、この炭素を何らかの方法で成形・硬化させればよいことになる。そこで一般廃棄物を炭化させる方法として蒸焼き法を電気抵抗式加熱炉を用いて試験した。その結果、一般廃棄物は 503K で 2 時間加熱すれば炭素回収率 88%で炭化することがわかった。次に成形・硬化としてフェノール樹脂を硬化剤として用い、家庭用ミキサーで混練後、成形し上述の加熱炉で加熱 (Max.553K) 硬化させた。その結果、比重が約 1.0、圧縮破断強度が約  $7.8\text{N/mm}^2$  の成形体をつくることができたが、この値は木材代替品としては不十分であった。

また、このコンセプトを用いた実用化がエネルギー的には可能であることがわかった。

今後はより現実的なプラントとして成立させるための炭化方法の研究と成形・硬化体の強度改善のための樹脂の選定と混練・硬化方法の研究が必要である。また、将来的には生成ガス、生成液体、成形体の成分分析を行い、プラントとして必要となる諸元・周辺機器の選定が必要であり、同時に成形体等の生体毒性の確認等が必要である。

なお本論文は納見千春のものづくり大学大学院

の修士論文の一部を纏め直したものである。

## 文 献

- 1) 環境省総合環境政策局環境計画課：「図で見る環境循環型社会白書（平成 19 年版）」(株)ぎょうせい（2007. 6）
  - 2) (社)全国都市清掃会議：検証・確認報告書「川鉄サーモセレクト式ガス化溶融技術」（2000.5） pp17
  - 3) 宇沢弘文：「地球温暖化を考える」岩波新書（2008.10） pp109
  - 4) 前田あずさ，西澤章：「ごみ炭化技術の開発」クリモト技報 No.45 栗本鉄工(株)
  - 5) 岡部敏弘監修：「木質系多孔質炭素材料ウッドセラミックス」内田老鶴圃（1996.5）
  - 6) 国立天文台：「理科年表」丸善(株)（2004.11） pp368,485
  - 7) (株)プラスチック・エージ：「プラスチック読本」(株)プラスチック・エージ（1992.8） pp437
-

## 論文 Article

## 初期の水中養生期間がコンクリートの力学的性質に及ぼす影響

原稿受付 2010年4月21日

ものづくり大学紀要 第1号 (2010) 34~38

澤本武博<sup>\*1</sup>, 飛内圭之<sup>\*1</sup>, 辻正哲<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学 技能工学学部 建設技能工学学科<sup>\*2</sup>ものづくり大学 非常勤講師

## Effect of Preliminary Moist Curing on Mechanical Behavior of Concrete

Takehiro SAWAMOTO<sup>\*1</sup>, Keishi TOBINAI<sup>\*1</sup> and Masanori TSUJI<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup>Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup>Part-time teacher, Institute of Technologists

## Abstract

The paper on relation between preliminary moist curing and mechanical behavior of concrete written by Walter. H. Price is widely known and it is quoted by many teaching materials in the world. In the paper written by the Price, when the moist curing is stopped, the rate of strength gain slows down as water is lost from the concrete, and further strength gain soon ceases. A 3-day period of moist curing will only allow the concrete to reach 75 to 80% of the potential 28-day strength which can be achieved with continuous moist curing. Furthermore, stored continuously in laboratory air will only allow the concrete reach 45% of the potential 28-day strength. However, it was experimented about 60 years ago, and that concrete material was different from present one. In our study, the effects of preliminary moist curing period on the mechanical behavior of present concrete are compared with the paper written by Price, and we describe new properties such as compressive strength, tensile strength, elastic modulus of elasticity of the present concrete.

**Key Words** : Concrete, Curing, Compressive strength, Tensile strength, Elastic modulus of elasticity

## 1. はじめに

コンクリートの強度発現と初期の水中養生期間の関係として、図1に示した1951年に米国でWalter.H.Price(以下、Priceと称す)が発表した論文<sup>1)</sup>が世界的に用いられ、60年近く経過した現在でもほとんどの文献や教科書にPriceが発表したグラフが採用されている<sup>2~4)</sup>。

Priceの論文によると、水中養生後コンクリートが乾燥の影響を受けると、一旦強度が増加しピークを迎え、その後強度が緩やかに低下していく現象が見受けられる。しかし、乾湿の影響で一時的に強度増加した後に低下傾向が見受けられること

はあるが、材齢の経過に伴い強度低下し続けることは考えにくい。また、Priceの論文によると、絶えず気中養生を行った場合は、絶えず水中養生を行った場合の45%程度になっているが、現在のセメントの性能では考えにくい。

Priceの論文は60年近く前のコンクリートに関するものであり、使用材料や配合など現在のコンクリートとは大きく異なる。そのため、現在の使用材料を用いた普通コンクリートから高強度コンクリートまで、強度発現と初期の水中養生期間の関係を求める必要がある。

本研究では、現在の一般的な普通および高強度コンクリートについて、Priceの論文と同じ養生条

件で圧縮強度試験を行い、強度発現性の相違を調べた。さらには、圧縮強度と相関性があるとされている静弾性係数および割裂引張強度についても検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 コンクリートの使用材料および配合

セメントには、普通ポルトランドセメント（密度  $3.16\text{g/cm}^3$ ）を、細骨材には栃木県栃木市尻内町産山砂（表乾密度  $2.61\text{g/cm}^3$ 、粗粒率 2.75）を、粗骨材には栃木県佐野市会沢町産石灰岩砕石（最大寸法 20mm、表乾密度  $2.70\text{g/cm}^3$ 、実積率 60.0%）を用いた。

コンクリートの配合は、表 1 に示したように、水セメント比を 53.5%とした普通コンクリートおよび水セメント比を 31.0%とした高強度コンクリートの 2 種類とした。なお、混和剤として普通コンクリートでは AE 減水剤を、高強度コンクリートでは高性能 AE 減水剤を用いた。普通コンクリートのスランプ試験および空気量試験結果は、それぞれ 14.0cm および 4.4%であり、高強度コンクリートのスランプフロー試験および空気量試験結果は、それぞれ 56.5cm および 3.5%であった。

なお、Price の実験では、水セメント比 50%、単位セメント量  $330\text{kg/m}^3$ 、スランプ 9cm (3.5inch)、空気量 4%となっており、今回実験を行った普通コンクリートの配合に近くなっている。本研究では、スランプは現在の施工に合わせたものを、また近年多く使用されるようになってきた高強度コンクリートについて実験を行うこととした。

### 2.2 供試体の作製

実験に用いた供試体は、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$  の円柱とし、型枠には軽量型枠を用いた。Price の実験では、 $\phi 150 \times 300\text{mm}$  の円柱を使用しているが、本研究で

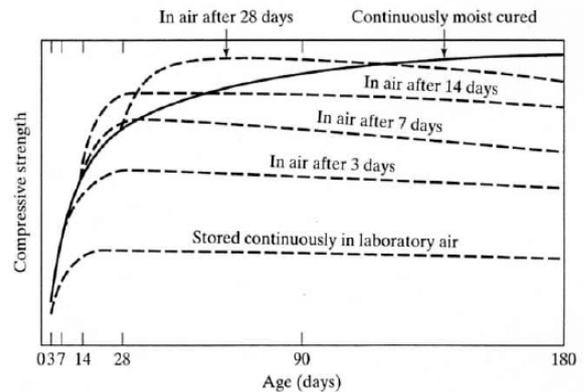


Fig. 1 Effect of preliminary moist curing on compressive strength of concrete (by Walter.H.Price)<sup>2)</sup>

は現在一般的に使用されている供試体寸法とした。コンクリートは、普通コンクリートおよび高強度コンクリートいずれの場合もトラックアジテータで搬入した。そして、打込み締固めは、現行の JIS A 1132 に準じて行い、普通コンクリートおよび高強度コンクリートそれぞれ 192 本ずつ合計 384 本の供試体を作製した。

### 2.3 供試体の養生

実験では、材齢 1 日まで封かん養生を行った後、脱型することとした。養生方法は、Price の論文に準じ、水中養生から気中養生に切り変える材齢を 3 日、7 日、14 日、28 日と変化させた。また、脱型後絶えず水中養生を行う場合および絶えず気中養生を行う場合についても実験を行った。なお、気中養生は温度  $20^\circ\text{C}$ 、相対湿度 60%の雰囲気下で行った。また、各養生条件について、それぞれ 3 本ずつの供試体を使用した。

### 2.4 強度試験

圧縮強度試験、静弾性係数試験および割裂引張強度試験は、それぞれ JIS A 1108:2006、JIS A 1149:2001 および JIS A 1113:2006 に準じて行った。なお、供試体の端面処理は、機械研磨により行った。

Table 1 Mix proportions

Type of concrete	W/C (%)	Slump (cm)	Air content (%)	Unit content ( $\text{kg/m}^3$ )				
				W	C	S	G	Ad
Normal-weight concrete	53.5	$15 \pm 2.5$	$4.5 \pm 1.5$	174	325	820	903	3.912
High-strength concrete	31.0	$60 \pm 10^*$	$4.5 \pm 1.5$	170	549	773	851	7.686

\*Slump flow

### 3. 実験結果および考察

初期の水中養生期間がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響は、図2に示す通りである。水中養生から気中養生に切り替えると、Priceの論文と同様に、一旦は絶えず水中養生を行った供試体より圧縮強度は増加する傾向にあった。これは、供試体が乾燥していく過程において、供試体の外側は乾燥し内部は湿潤状態が保たれていることによって、載荷前にすでに供試体外側に引張力が働いているためと考えられる。この傾向は、高強度コンクリートの場合、水中養生から気中養生に切り変える材齢が28日の場合に顕著であった。水中養生から気中養生に切り変えると、一旦強度増加した後、材齢の経過に伴い強度低下するものの、今回の実験ではPriceの論文と異なり材齢90日以降に再び強度増加する傾向を示し、特に高強度コンクリートの場合に顕著であった。これは、材齢90日程度で供試体の外部と内部の乾湿の差が小さくなり、載荷前に供試体に引張力がほとんど働かなくなり、その後は材齢180日まで水和の進行によって強度増加が認められたものと考えられる。

Priceの論文において、水中養生から気中養生に切り替え、一旦強度増加した後、材齢の経過に伴い強度低下し続けたのは、当時のコンクリートの使用材料や配合、締固め、供試体寸法の相違などから、材齢180日においても供試体の内部と外部に乾湿の差が生じていたことによる可能性もある。

絶えず気中養生を行った場合の材齢180日における圧縮強度は、Priceの論文によると、絶えず水中養生を行った場合の45%程度になっているが、今回の実験結果では、普通コンクリートの場合に70%程度、高強度の場合に80%程度となった。また、今回の実験で、高強度コンクリートにおいて材齢90日に一度強度低下したのは、絶えず気中養生を行った場合でも、供試体の外部と内部の乾湿の差によって、水中養生から気中養生に切り替えた場合と同様の傾向が見受けられたものと考えられる。

初期の水中養生期間がコンクリートの圧縮強度と静弾性係数の関係に及ぼす影響は、図3に示す通りである。同じ強度レベルで静弾性係数を比べ

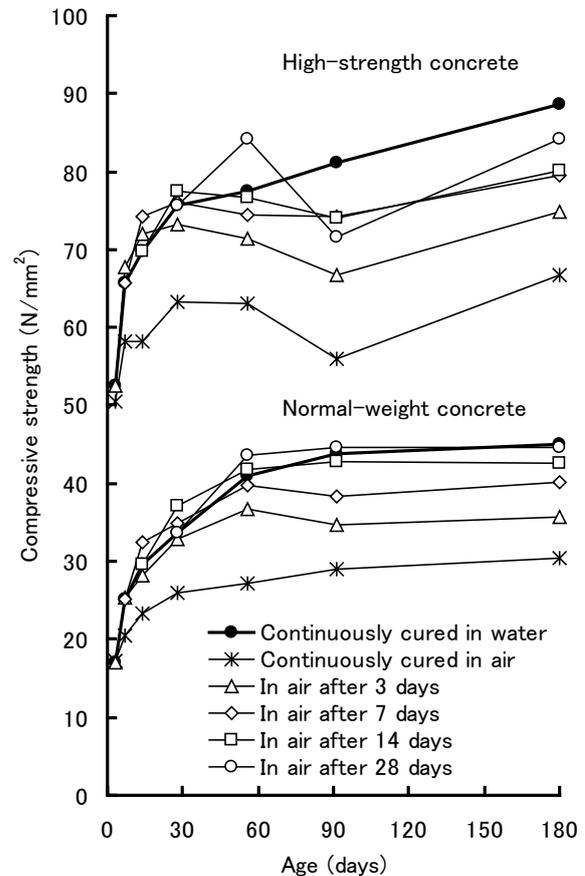


Fig. 2 Effect of preliminary moist curing on compressive strength of concrete

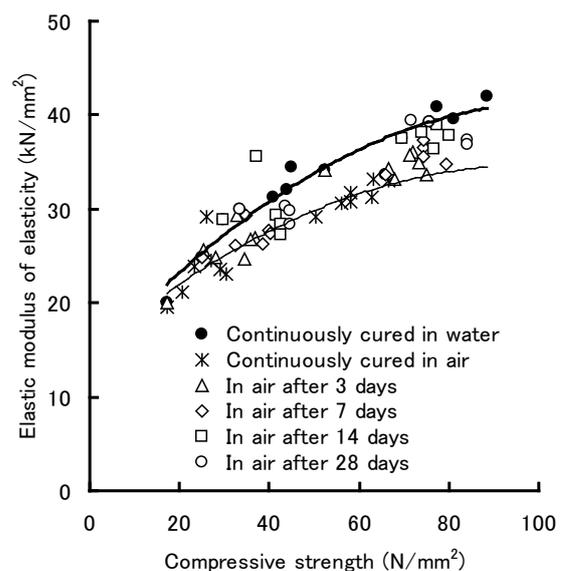


Fig. 3 Effect of preliminary moist curing on elastic modulus of elasticity of concrete

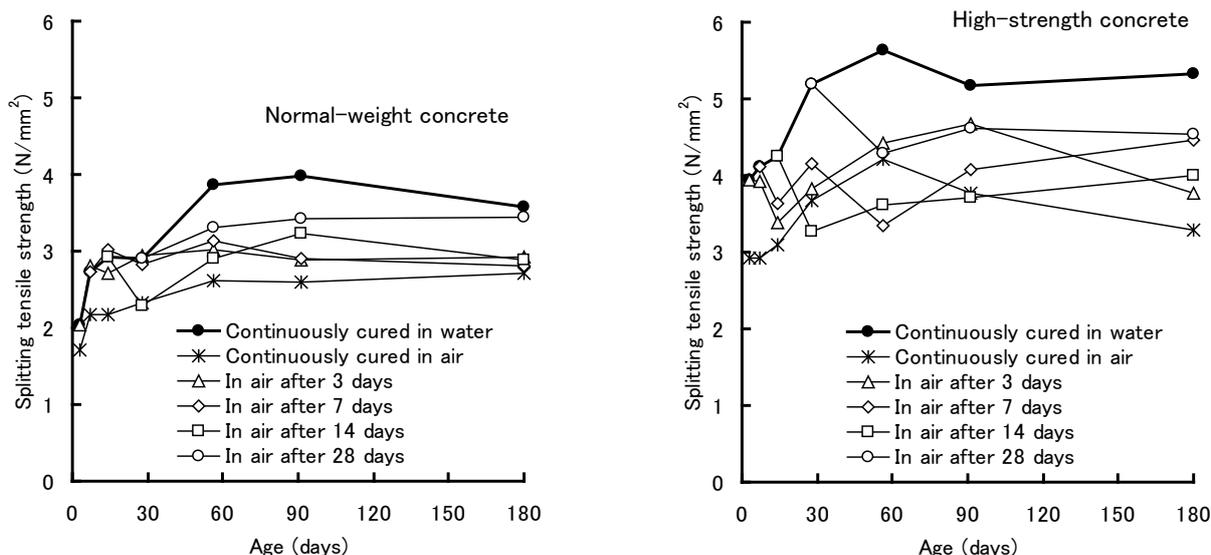


Fig. 4 Effect of preliminary moist curing on splitting tensile strength of concrete

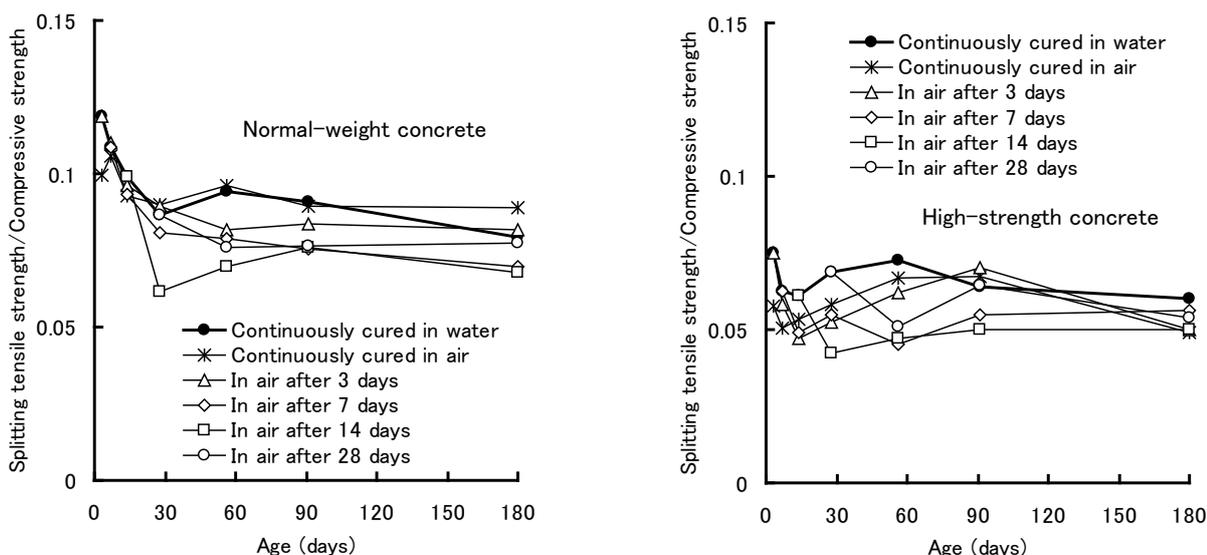


Fig. 5 Effect of preliminary moist curing on relation between compressive strength and splitting tensile strength

ると、絶えず水中養生を行った場合に静弾性係数が大きくなり、逆に絶えず気中養生を行った場合に小さくなった。水中養生から気中養生に切り変えた場合は、その中間に位置した。これらのことより、養生条件の相違は、圧縮強度のみならず圧縮強度と静弾性係数の関係にも影響を及ぼすものと考えられる。

初期の水中養生期間がコンクリートの割裂引張強度に及ぼす影響は、図4に示す通りである。割裂引張強度は、水中養生から気中養生に切り替えると、圧縮強度とは逆に絶えず水中養生を行った

場合より小さくなり、高強度コンクリートの場合にはピーク時の強度の20%程度低下する場合も見受けられた。これは、圧縮強度の場合と同様に、供試体が乾燥していく過程において、载荷前にすでに供試体に引張力が働いていることによると考えられる。また、図5に示したように、養生条件の相違は、圧縮強度と割裂引張強度の関係に大きく影響を及ぼす。

#### 4. まとめ

現在の一般的な普通および高強度コンクリートについて、Price の論文と同じ養生条件で、初期の水中養生期間がコンクリートの力学的性質に及ぼす影響を検討した結果、以下の(1)~(3)が明らかとなった。

- (1)Price の実験結果と同様に、水中養生から気中養生に切り替えると、一旦圧縮強度が増加しピークを迎え、その後が緩やかに低下していく現象は見受けられたが、供試体の外部と内部の乾湿の差が小さくなると、材齢の進行とともに再び圧縮強度は増加する傾向にあり、高強度コンクリートにおいて顕著に見受けられた。
- (2) 養生条件の相違は、圧縮強度のみならず圧縮強度と静弾性係数の関係にも影響を及ぼすと考えられる。
- (3)水中養生から気中養生に切り替え、コンクリートの圧縮強度が増加すると、逆に引張強度は低

下する傾向にあり、高強度コンクリートの場合には 20%程度低下する場合も見受けられた。

#### 謝 辞

本研究を行うにあたり、澤本研究室の矢幅弘毅氏ならびに藤原翼氏に多大なご協力をいただきました。ここに記して深謝いたします。

#### 文 献

- 1) Waltar.H.Price: Journal of the American Concrete Institute No.47 pp.417-432(1951)
- 2) Sidney Mindess, J. Francis Young, David Darwin: Concrete Second Edition pp.287-288
- 3) 樋口芳郎, 辻幸和, 辻正哲: 建設材料学 (第六版) ,p.91(2005)
- 4) 三橋博三, 大濱嘉彦, 小野英哲: 建築材料学, pp.74-76(2007)

論文 Article

## 環境を考慮したコンクリート廃材の現場内リサイクルにおける配合および施工方法に関する研究

原稿受付 2010 年 4 月 21 日

ものづくり大学紀要 第 1 号 (2010) 39~44

澤本武博<sup>\*1</sup>, 西謙一<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 建設技能工芸学科<sup>\*2</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 建設技能工芸学科 卒業生

### A Study on Recycling of Concrete Waste in Site and Appropriate Mix Proportions.

Takehiro SAWAMOTO<sup>\*1</sup> and Kenichi NISHI<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup> Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Graduate, Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists

#### Abstract

When the concrete waste is recycled as the aggregate, the concrete waste is generally carried to the plant and the recycled aggregate is manufactured. However, in this method it needs significantly much energy and causes much CO<sub>2</sub> when the concrete waste is carried to the plant. Therefore, we need to consider about environment to study on recycling of concrete waste in site. In this study, we investigated, appropriate mix proportions used recycled coarse aggregate, properties of fresh concrete, pumpability, and properties of hardened concrete in case recycling of concrete waste in site. As a result, we proposed following process. (1)When mortar is manufactured at the plant, we add amount of additional water absorption of the recycled coarse aggregate into the water content. (2)The mortar is carried from the plant to the site. (3)The recycled coarse aggregate is manufactured in site and mixed to the mortar. To compare with recycled aggregate concrete manufacturing at plant it is same as this method of slump, pumpability, compressive strength, tensile strength, elastic modulus of elasticity, properties of chloride penetration.

**Key Words** : Concrete waste, Recycled coarse aggregate, Mix proportions, Strength, Pumpability

## 1. はじめに

コンクリート廃材をコンクリート用骨材として利用する場合、コンクリート廃材を中間処理工場に運搬、再生骨材を製造し、再生骨材コンクリートとして新たな現場で利用するのが一般的である。しかし、この方法では幾度もコンクリート廃材を運搬する必要があり、運搬コストおよびエネルギーを費やすことになる。

一方、コンクリート廃材を現場内で再利用する場合、大規模なコンクリートの製造プラントを建設し、現場内で再生骨材コンクリートを製造する

場合がある<sup>1)</sup>。しかし、現場内にコンクリートの製造プラントを建設するには多大なコストがかかることや、山岳地帯などではプラントが建設できない場合も想定されるため、用途が限られてしまう。そのため、解体したコンクリートから再生骨材のみを製造し、生コン工場からモルタルを搬入した後、再生骨材を現場で混合するケースが考えられる。その際には、再生骨材コンクリートのポンプ圧送性などの施工性を考え、再生骨材に十分吸水処置を行っておくことが望ましい。しかし、環境問題の点から再生骨材の処理に大量の水を使用すると重金属が溶出する恐れがあり<sup>2~5)</sup>、また、

水の処理に多大なコストが必要となるため、再生骨材を気乾状態のまま使用せざるを得ない場合も考えられる<sup>6)</sup>。

コンクリート廃材の現場内リサイクル（現場内にプラントを建設しない方法）に関する既往の研究では、普通骨材に再生骨材を混合する骨材置換法により検討を行っている例<sup>7~11)</sup>はあるが、再生骨材の全量使用を目的とした場合についての研究はほとんど行われていない。また、再生骨材を気乾状態で使用した場合の明確な配合についての研究も、ほとんど行われていないのが現状である。そして、再生コンクリートの製造方法については、プラントにおいて、再生骨材分を除く各材料を練り混ぜたコンクリートを現場に搬入し、現場で再生骨材を投入する方法が提案されているが<sup>7)</sup>、モルタルのみをプラントで製造し、現場に搬入して再生コンクリートを製造する方法についての研究は、著者の知る限り行われていない。

本研究では、モルタルを現場に搬入し、気乾状態の再生粗骨材を使用する場合、気乾状態の再生粗骨材の有効吸水率分の水量を補正したモルタルに、再生粗骨材を投入して製造したコンクリートの、フレッシュ性状および硬化性状、また、スランプの経時変化およびポンプ圧送性について検討を行った。

## 2. 実験概要

本研究で想定する現場内リサイクルの流れは図1に示す通りである。

使用材料は表1に示した通りであり、粗骨材には碎石および再生粗骨材を使用した。なお、今回の実験では、現場で解体し簡易な方法で製造された再生粗骨材を想定して、T社製の再生粗骨材Lを使用した。コンクリートの製造方法は、まずそれぞれの配合から粗骨材を除いたモルタル（表3の網かけ部分）を製造し、その後粗骨材を投入し練り混ぜた。

### 2.1 コンクリートの配合の検討 (W/C=45%, 55%, 65%)

粗骨材の種類・状態およびコンクリートの配合は、それぞれ表2および表3に示す通りである。

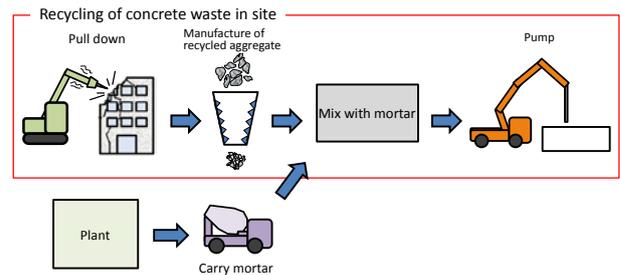


Fig. 1 Recycling of concrete waste in site assumed in this study

Table 1 Row materials concrete

Cement	Ordinary Portland cement (Density:3.16g/cm <sup>3</sup> )
Fine aggregata	Sand (Density under saturated surface-dry condition:2.61g/cm <sup>3</sup> , Absorption:2.22%, Fineness modules:2.72)
Coarse aggregate	Crushed stone (Density under saturated surface-dry condition:2.64g/cm <sup>3</sup> , Absorption:1.24%, Fineness modules:6.67, Percentage of solid volume:59.8%)
	Recycled Coarse aggregate (Density under saturated surface-dry condition:2.42g/cm <sup>3</sup> , Destity under air-dry condition:2.35g/cm <sup>3</sup> , Destity under oven-dry condition:2.30g/cm <sup>3</sup> , Absorption:5.43%, Additional water absorption:3.20%)
Chemical admixture	Water-reducing and air-entraining admixture. High-range water-reducing and air-entraining admixture.

Table 2 Condition of coarse aggregate to mix

VS	Crushed stone under saturated surface-dry condition is used.
RS	Recycled coarse aggregate under saturated surface-dry condition is used.
RA	Recycled coarse aggregate under air-dry condition is used.
RW	Recycled coarse aggregate under air-dry condition is used and amount of additional water absorption is added to water content.

Table 3 Mix proprtions

W/C (%)	Condition of coarse aggregate	Air content (%)	Unit content (kg/m <sup>3</sup> )				Ad** (C×%)
			W	C	S	G	
45	VS	4.5	175	389	747	979	1.0
	RS					897	
	RA					871	
	RW					175+27*	
55	VS	4.5	175	318	805	979	1.0
	RS					897	
	RA					871	
	RW					175+27*	
65	VS	4.5	180	277	826	979	0.5
	RS					897	
	RA					871	
	RW					180+27*	

\*Amount of additional water absorption is added to water content.

\*\*W/C=45%: High-range water-reducing and air-entraining admixture.

\*\*W/C=55% and 65%: Water-reducing and air-entraining admixture.

水セメント比は 45%, 55% および 65% の 3 水準とし, さらに粗骨材については種類と状態により 4 水準とした. VS は粗骨材に表乾状態の碎石, RS は表乾状態の再生粗骨材, RA は気乾状態の再生粗骨材を使用した. RW は, 粗骨材に気乾状態の再生粗骨材を使用した, 再生粗骨材の有効吸水率 (今回の実験では 3.2%) 分の水量を, あらかじめモルタルの製造段階で補正しておいた. そして, RS と RW を主に比較し, 検討を行った. なお, RW では有効吸水率分の水量を補正しているため, 見掛け上の単位水量が表 3 のように大きくなった.

## 2.2 フレッシュおよび硬化コンクリートの性状 (W/C=45%, 65%)

試験項目としては, まずそれぞれの配合から粗骨材を除いたモルタルを製造し, モルタルフロー (0 打フロー) 試験を行い, その後粗骨材を投入し練混ぜ, JIS A 1101:2005 に準拠してスランプ試験を行った. そして, 材齢 28 日まで水中で標準養生を行い, その後, JIS A 1108:2006 に準拠して圧縮強度試験, JIS A 1113:2006 に準拠して割裂引張強度試験, JIS A 1149:2001 に準拠して静弾性係数試験を行った. 塩水浸漬試験は, まず NaCl 濃度を 10% とした塩水に, 供試体を所定の日数浸漬させた. その後, 割裂し硝酸銀噴霧法によって, 塩分浸透深さを測定した.

## 2.3 経時変化およびポンプ圧送性の検討 (W/C=55%)

気乾状態の再生粗骨材を使用すると, 骨材が吸水することにより, 経時変化に伴うスランプロスが生じる可能性がある. そのため, コンクリートの練混ぜ後, 30 分ごとにスランプ試験を行い, 経時変化を測定した.

施工時のポンプ圧送によるスランプ低下も考え, 加圧ブリーディング試験を応用して, ポンプ圧送性の検討を行った. 加圧ブリーディング試験は, コンクリートが圧送される際の脱水量に着目した簡易なポンプ圧送性の評価方法であるが, 脱水量を測定しているため, 間接的な評価方法であり, 直接圧送後のスランプに換算することはできない. そのため, 今回の実験では, 図 2 に示した一般的に使用されている粗骨材最大寸法が 40mm 以下用の加圧ブリーディング試験器を用い, 水抜きのコ

ックを閉めたまま  $3.5\text{N/mm}^2$  の応力が作用する荷重を 2 分間与え, その後, コンクリート試料を取り出し, ポンプ圧送後のスランプとして性状を調べた. その際, 一般的に使用されている加圧ブリーディング試験器は, 容量が 2 リットル程度と少ないため, 図 3 に示すように直径や高さをスランプコーンの 2/3 に縮小したミニスランプコーンを新たに作製し, 図 4 のようにあらかじめスランプとミニスランプの関係を測定することとした.



Fig. 2 Simple pumping test

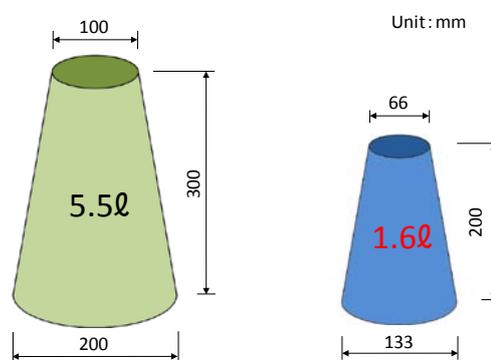


Fig. 3 Measurements of mold for slump test and mini-slump test



Fig. 4 Slump test and mini-slump test

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 フレッシュコンクリートの性状

図5に示したように、モルタルフロー（0打フロー）は、RWの場合、有効吸水率分の水量を補正しているため、他の配合より大きくなった。スランプに関しても他の配合より若干大きくなり、

大気圧の状態ですぐには再生粗骨材が有効吸水率分の水量を吸収しないようである。一方、RAの場合、モルタルフローはRSと同程度であったが、図6に示したように、スランプはRSに比べて10cm程度低下した。これは、気乾状態の再生粗骨材が練混ぜ水を吸収したためと考えられる。

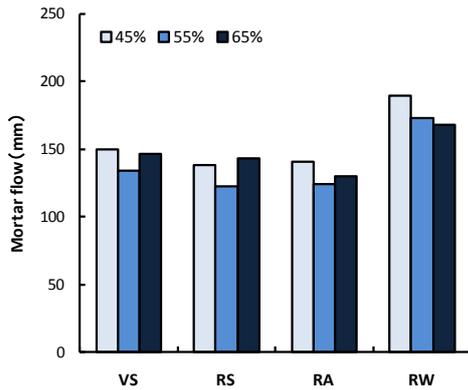


Fig. 5 Mortar flow test results

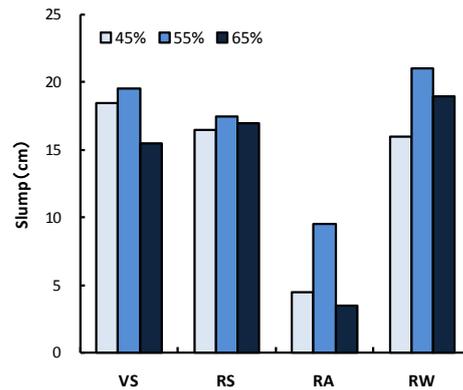


Fig. 6 Slump test results

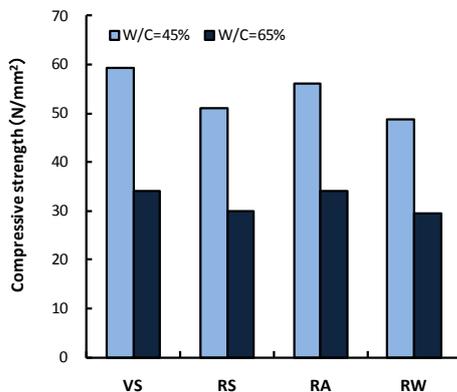


Fig. 7 Compressive strength test results

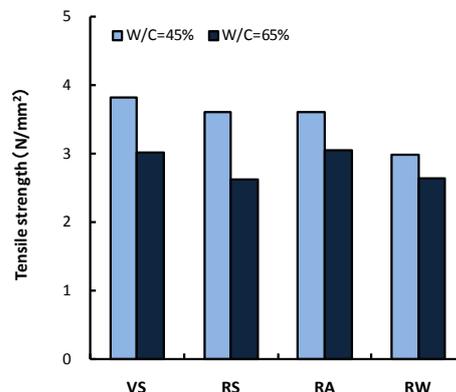


Fig. 8 Tensile strength test results

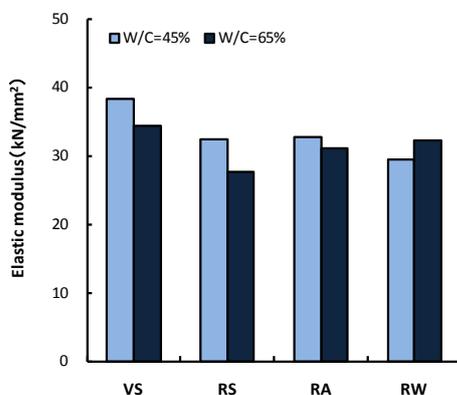


Fig. 9 Elastic modulus test results

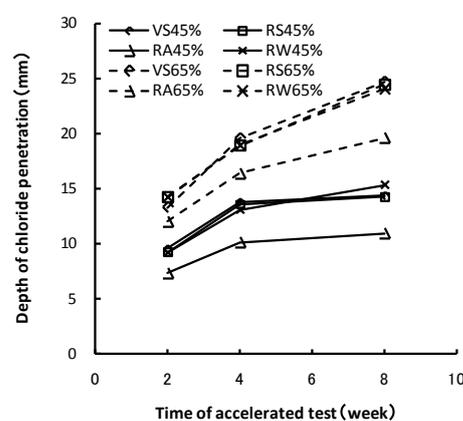


Fig. 10 Relation between time of accelerated test and depth of chloride penetration

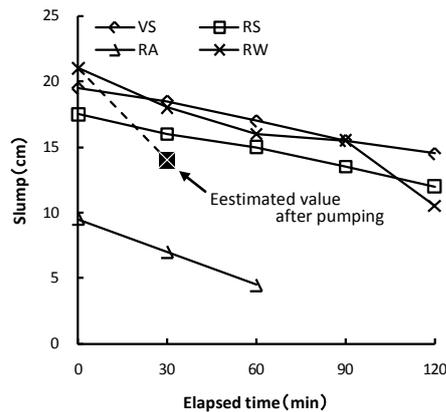


Fig. 11 Relation between elapsed time and slump

### 3.2 硬化コンクリートの性状

圧縮強度および引張強度は、図7および図8に示したように、RSの場合は、砕石を使用したVSに比べると強度は若干低下した。これは、再生粗骨材自体の強度が、砕石より小さいことによると考えられる。一方、RWの場合は、RSと同程度の強度が得られ、有効吸水率分の水量を補正しても強度には影響せず、今回の補正方法は有効であると考えられる。静弾性係数は、図9に示したように、RS、RA、RWの場合、砕石を使用したVSの場合に比べ若干低下した。これは、再生粗骨材に静弾性係数の小さいモルタル分が付着しているためと考えられる。塩分浸透深さは、図10に示したように、VS、RS、RWは同程度で、RAは浸透しにくいようである。これは、強度と同様に、RAの場合は、気乾状態の再生粗骨材が水分を吸収し、見掛け上の水セメント比が小さくなったからと考えられる。耐久性の面から見ても、VS、RS、RW、の塩分浸透深さは同程度であり、今回の配合の補正方法は有効であると考えられる。

### 3.3 経時変化およびポンプ圧送性の検討

図11に示したように、経時変化は、RWの場合、練上り時には、有効吸水率分の水量をすぐに吸収していないと思われるため、スランプは大きくなるが、しかし、スランプロスにはRSに比べて大きくなる傾向にあった。これは、図12に示したように、ミニスランプでも同様の傾向が見受けられた。

圧送によるスランプ低下の推定は、加圧ブリーディング試験器の水抜きのコックを閉めたまま加圧したコンクリートのミニスランプが図12に示したように7.0cmであったため、図13に示した関

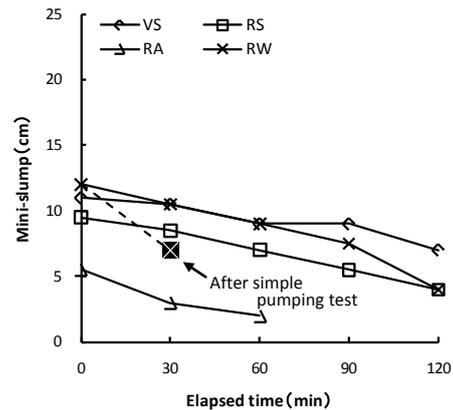


Fig. 12 Relation between elapsed time and mini-slump

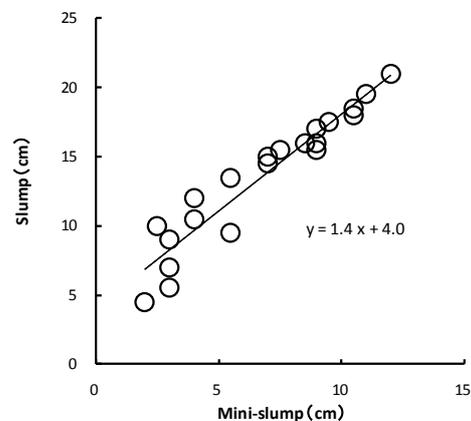


Fig. 13 Relation between mini-slump and Slump

係式(図11と図12の関係)から、圧送後のスランプを推定すると14.0cmとなる。これは、RWの経過時間が30分の時で考えると、圧送することによって4.0cmのスランプ低下が生じることになるが、RSの場合とほぼ同程度であり(RSは表乾状態の再生粗骨材を使用しているため、圧送によるスランプ低下はほとんどないと推定できる)施工上問題ない範囲と思われる。

## 4. まとめ

現場にモルタルを搬入し、気乾状態の再生粗骨材を現場で投入する場合、再生粗骨材の有効吸水率分の水量をモルタルの製造段階で補正しておく、圧縮強度、引張強度、静弾性係数、塩分浸透深さは表乾状態の再生粗骨材を用いた場合と同程度となった。また、ポンプ圧送後にも表乾状態の再生粗骨材を用いた場合と同程度の流動性が得られると考えられる。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、澤本研究室の学生に多大なご協力をいただきました。ここに記して深謝いたします。

## 文 献

- 1) 黒田泰弘・橋田浩・山崎庸行・宮地義明：構造用再生骨材コンクリートによる現場内リサイクル，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），(2004) 61-64
- 2) 黒田泰弘・輿石直幸：解体コンクリートからの六価クロム溶出に関する研究，日本建築学会構造系論文集，74，646(2009) 2155-2161.
- 3) 中平貴・黒田泰弘・輿石直幸：解体コンクリートからの六価クロム溶出に関する研究（微量成分溶出試験における諸条件の影響），日本建築学会関東支部研究報告集，(2004) 17-20.
- 4) 野村隆太・廣嶋裕晃・黒田泰弘・輿石直幸：解体コンクリートからの六価クロム溶出に関する研究（セメント成分，養生および炭酸化の影響），日本建築学会関東支部研究報告集，(2006) 61-64.
- 5) 廣嶋裕晃・黒田泰弘・輿石直幸：解体コンクリートからの六価クロム溶出に関する研究（再生砕石の実態調査と考察），日本建築学会大会学術講演梗概集，(2006) 609-610.
- 6) 澤本武博・辻正哲・西謙一：環境を考慮したコンクリート廃材のコンクリート用骨材の利用に関する研究，(社)全国解体工事業団体連合会 解体工事に係る研究報告書梗概集 (2009) 23-30.
- 7) 道正泰弘・成川匡文・大島豊・菊池雅史・増田彰・江口清：大規模電力建物における再生骨材および再生コンクリートの利用（その7. 再生コンクリートの製造方法），日本建築学会大会学術講演梗概集，(1997) 1033-1034.
- 8) 寺西浩司・成川匡文・大島豊・道正泰弘・中込昭・菊池雅史：大規模電力建物における再生骨材および再生コンクリートの利用（その8. 再生骨材現場投入方式によるコンクリートの製造に係わる影響要因），日本建築学会大会学術講演梗概集，(1997) 1035-1036.
- 9) 江口清・成川匡文・大島豊・道正泰弘・寺西浩司・菊池雅史：大規模電力建物における再生骨材および再生コンクリートの利用（その9. 再生骨材現場投入方式によるコンクリート中の粗骨材の分散性），日本建築学会大会学術講演梗概集，(1997) 1037-1038.
- 10) 江口清・道正泰弘・内川祐一郎・成川匡文・寺西浩司・菊池雅史：大規模電力建物における再生骨材および再生コンクリートの利用（その17. 再生骨材現場投入方式によるコンクリート製造の実機攪拌試験），日本建築学会大会学術講演梗概集，(1998) 755-756.
- 11) 依田和久・原田実・黒沼出：ステージミキシング方式により製造した再生コンクリートの実用性の検討（現場内リサイクルシステムによる再生コンクリートの実用化研究 その1），日本建築学会構造系論文集，548，(2001) 1-7.

論文 Article

## 微破壊試験に及ぼすコンクリートの高さ方向による測定箇所の影響

原稿受付 2010年4月21日

ものづくり大学紀要 第1号 (2010) 45~49

後藤正明<sup>\*1</sup>, 澤本武博<sup>\*2</sup>, 因幡芳樹<sup>\*3</sup>, 守屋健一<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 大学院生<sup>\*2</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 建設技能工芸学科<sup>\*3</sup>株式会社フローリック 東日本技術センター

## Effect of Measurement Part by Height of Concrete Member on Compressive Strength and Semi-Destructive Testing.

Masaaki GOTO<sup>\*1</sup>, Takehiro SAWAMOTO<sup>\*2</sup>, Yoshiki INABA<sup>\*3</sup> and Kenichi MORIYA<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup> Graduate student. Graduate school of Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists<sup>\*3</sup> FLOWRIC Eastern Japan Technical Center

## Abstract

The properties of concrete such as compressive strength and durability are affected by height of the member and they are widely known. However, correlation between measurement point of the member and result of semi-destructive testing is not obvious. In this study, the effects of measurement point by height of 800mm concrete member on semi-destructive testing such as rebound number and scratch width were investigated. The main conclusion are as follows. (1) In case height of concrete member was 800mm, the lower the measurement point of the concrete member, the heavier the bulk density of concrete. However, the compressive strength became smaller. (2) The height of the measurement point could hardly affected the rebound number. (3) The higher the measurement point, the more wide the scratch became. (4) The rebound number and depth of chloride penetration shown durability of concrete were mutually correlated.

**Key Words** : Concrete, Semi-destructive testing, Rebound number, Scratch width

## 1. はじめに

コンクリートの圧縮強度は、打込み高さの影響を受け、上部と下部とでは異なった強度になることが知られている。それは、ブリーディングや圧密によって上部と下部とで水セメント比や骨材分布が異なることが原因とされている。一方、圧縮強度を簡易に測定する微破壊試験方法として、反発度を用いる方法や、引っかけ傷幅を用いる方法などがあるが、部材の高さ方向による圧縮強度とこれらの測定値との関係は明らかにされていない。また、耐久性評価に関する検討も行われていない。

本研究では、コンクリートの高さ方向の変化や締固め方法の違いによって生じる性質の変化が、リバウンドハンマや引っかけ試験器を用いた際の測定結果に及ぼす影響について検討した。

## 2. 実験概要

## 2.1 使用材料およびコンクリート配合

セメントは普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm<sup>3</sup>）を、細骨材には千葉県君津市産山砂（密度：2.63g/cm<sup>3</sup>，粗粒率：2.63，吸水率：1.63%）および埼玉県上里町産陸砂（密度：2.60g/cm<sup>3</sup>，粗粒

率：2.89，吸水率：1.86%)を，粗骨材には東京都青梅市産碎石（密度：2.70g/cm<sup>3</sup>，実積率：59.6%，吸水率：0.40%）を用いた．また，混和剤にはAE減水剤を用いた．コンクリートの配合は，水セメント比を変化させた4種類とした．フレッシュコンクリートの試験結果も併せて表1に示す．なお，コンクリートの練混ぜは，公称容量55リットルの強制二軸ミキサで行い，1バッチ50リットルの練混ぜ量で2バッチ作製し，混合して試料とした．

2.2 供試体の作製

実験に用いた型枠は，φ100×800mmの円柱であり，直径100mmの開口部から2層に分けてコンクリートを打ち込んだ．なお，各層内部振動機を使用する場合はそれぞれ15秒ずつ，突棒を使用する場合はそれぞれ20回ずつの締固めを行った．その後，材齢7日で脱型，図1に示したようにφ100×200mmの寸法に切断し，材齢28日まで20℃・相対湿度60%の環境下で気中養生を行った．

2.3 各種試験および測定方法

2.3.1 反発度試験 耐圧試験機で供試体を2.5N/mm<sup>2</sup>の力で拘束し<sup>1)</sup>，NR型リバウンドハンマを用いて図2の箇所9点より，反発度を測定した．

2.3.2 引っかき傷試験 図2に示すように，引っかき試験器を供試体に押し当てて，3点の引っかき傷幅を測定した．なお，引っかき傷幅はクラックスケールおよびフラッシュルーペを用いて測定した<sup>2, 3)</sup>．

2.3.3 圧縮強度試験 試験機はJIS B 7721：2002の規定を満たす試験機を使用し，圧縮強度試験はJIS A 1108：2006に準じて行った．なお，試験時供試体の端面処理は研磨により行った．

2.3.4 塩分浸透深さ試験 実験では，材齢7日で脱型した供試体を，NaCl濃度10%の塩水中に28日間浸漬した．その後，φ100×200mmの円柱供試体を，コンクリートの引張試験と同様の方法で割裂し，その割裂面(100×200mm)に，JIS K 8550：2006に規定する硝酸銀17gを純水に溶かして1リットルとした0.1mol/lの硝酸銀溶液を適量噴霧し，一定時間暗室に静置した後，発色傾向を観察，その幅を測定した<sup>4)</sup>．

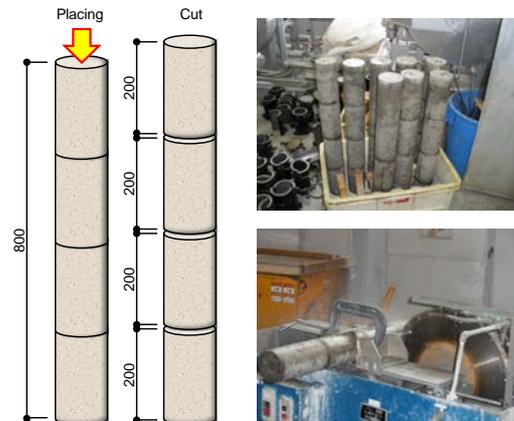


Fig. 1 Height of specimen

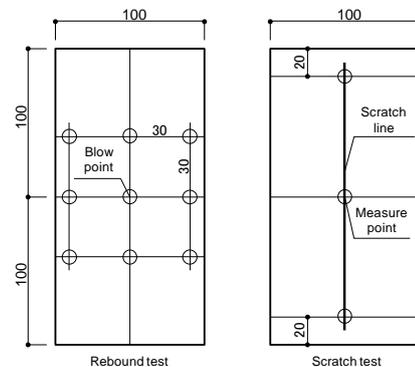


Fig. 2 Measurement point

Table 1 Mix proportions and test results

W/C (%)	s/a (%)	Air content (%)	Unit content (kg/m <sup>3</sup> )						Test result			Compressive strength 28 days (N/mm <sup>2</sup> )
			W	C	S1*	S2*	G	Ad	Slump (cm)	Air content (%)	Bleeding in percent (%)	
45.0	44.2	4.5 ±1.5	166	369	392	385	1013	C×1.0%	12.0	4.0	3.45	54.4
55.0	46.0		166	302	421	416	1013	C×1.0%	13.0	4.8	4.38	42.9
61.9	50.0		187	302	443	438	910	C×1.0%	21.0	4.5	6.04	31.6
71.0	52.0		187	263	468	463	888	C×1.0%	20.5	4.5	10.16	20.8

\* S1: Product of Kimitsu S2: Product of Kamisato

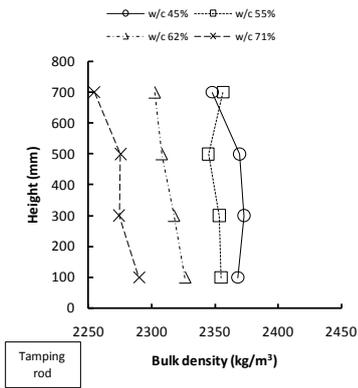
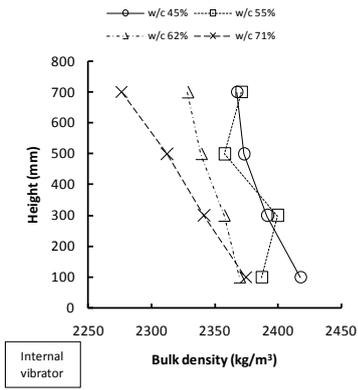


Fig. 3 Relation between height and bulk density

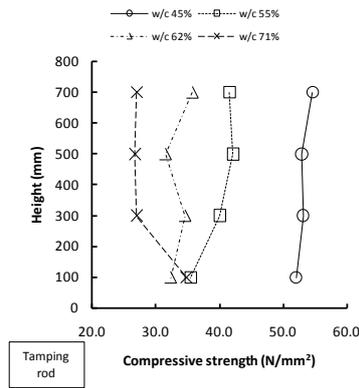
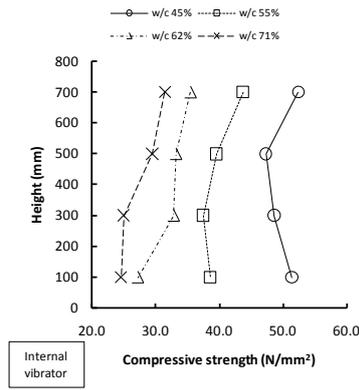


Fig. 4 Relation between height and compressive strength

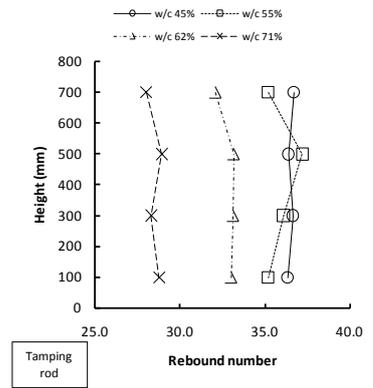
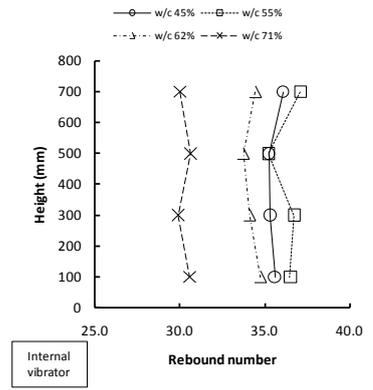


Fig. 5 Relation between height and rebound number

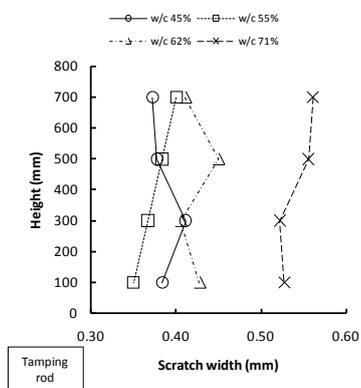
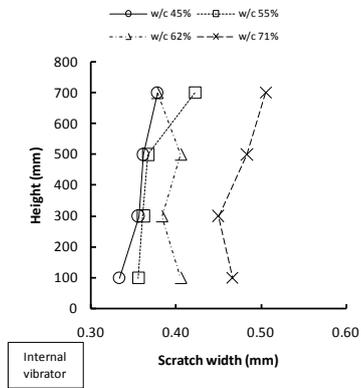


Fig. 6 Relation between height and scratch width

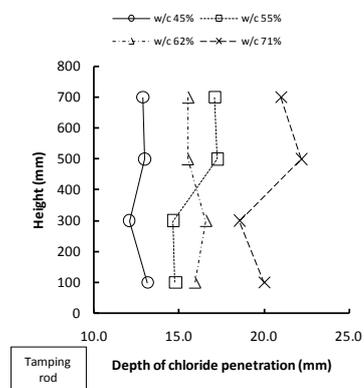
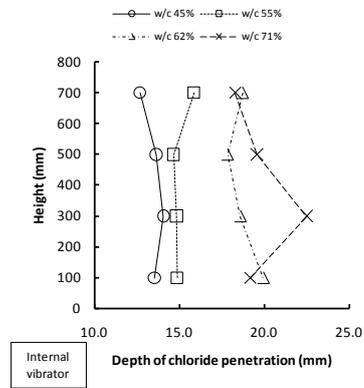


Fig. 7 Relation between height and depth of chloride penetration

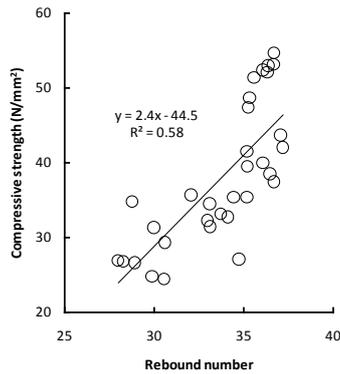


Fig. 8 Relation between compressive strength and rebound number

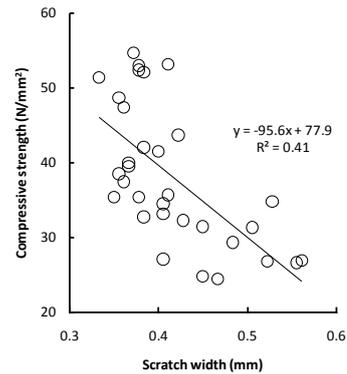


Fig. 9 Relation between compressive strength and scratch width

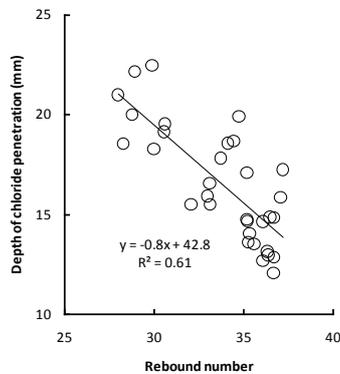


Fig. 10 Relation between depth of chloride penetration and rebound number

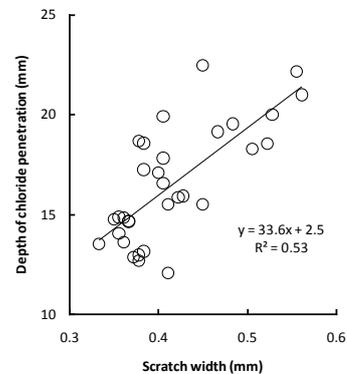


Fig. 11 Relation between depth of chloride penetration and scratch width

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 密度および圧縮試験結果

図3および図4に、それぞれ密度および圧縮強度の試験結果を示す。内部振動機で締固めを行った場合、下部ほど密度は大きくなるが、逆に圧縮強度は小さくなる傾向にあり、水セメント比が大きい配合ほどその傾向は顕著であった。これは、水セメント比が大きいほど、内部振動機の締固めによって粗骨材が沈下し、上部がモルタルに近づくためと考えられる。一般的に上部ほどブリーディングの影響により強度低下し、下部ほど圧密により強度増加することが知られているが、今回の実験のように、部材高さが800mmの場合は、下部ほど粗骨材量が増加し、付着ひび割れによる強度低下の方が卓越したようである。一方、突棒で締固めた場合は、内部振動機に比べて締固めの能力が低下するためか、高さ方向の影響は小さくなった。

#### 3.2 反発度および引っかき傷幅試験結果

図5に、NR型による反発度の結果を示す。反発度は高さ方向の影響をほとんど受けず、水セメント比の影響のみを受けるといった結果となった。これは、粗骨材の付着ひび割れを伴う破壊試験とは異なり、表層の硬さを錘の跳ね返りの高さで測定するため、骨材量の影響をあまり受けないためと考えられる。しかし、水セメント比が大きい場合には、圧縮強度よりも締固めの影響を受け、突棒を用いた時には、反発度が小さくなる傾向にあった。一方、図6に示すように、引っかき試験の場合は、上部ほど引っかき傷幅が大きくなる傾向にあり、ブリーディング率の大きい配合ほど顕著であった。これは、コンクリートのごく表層部を測定しているため、ブリーディング水の影響を顕著に受けたためと考えられる。また、反発度の時と同様に、突棒で締固めた場合には、内部振動機で締固めた場合に比べ、コンクリートの表層部が弱くなる傾向にあった。

### 3.3 塩分浸透深さ試験結果

図7に、塩分浸透深さの結果を示す。塩分浸透深さは、水セメント比が大きくなるにつれて、浸透の深さも大きくなるが、高さ方向による影響は、あまり見受けられなかった。一般には、上部に進むにつれてブリーディングの影響により塩分浸透深さは大きくなる傾向にあるとされているが、今回の実験では、上部ほどモルタルに近づき、遷移帯の影響が小さくなることで塩分の浸透が抑制されたためと考えられる。

### 3.4 反発度・引っかけ傷幅と圧縮強度・塩分浸透深さとの関係

図8～図11に、反発度・引っかけ傷幅と圧縮強度・塩分浸透深さの関係を示す。なお、ここでは、図4～図7の全ての高さ方向のデータをプロットした。今回の実験の範囲では、耐久性を示す塩分浸透深さと反発度との相関性の方が、従来の推定に用いる圧縮強度との相関性より若干高くなった。また、引っかけ傷幅の場合でも、同様の傾向が見受けられた。これは、いずれの試験方法も、耐久性に大きく影響を及ぼすかぶり部分のコンクリートを測定しているためと考えられる。

## 4. まとめ

φ100×800mmの供試体を作製し、それぞれ高さ位置の異なる部分を用いて実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 部材の高さが800mm程度の場合、下部ほど密度は大きくなるが、逆に圧縮強度は小さくな

る傾向にあり、水セメント比が大きい配合ほど、また十分に締め固めるほど、その傾向は顕著であった。

- (2) NR型による反発度は、部材の高さ方向の影響をほとんど受けず、いずれの箇所を打撃しても、部材の平均的な強度の推定に利用できると考えられる。
- (3) 引っかけ試験による引っかけ傷幅は、上部ほど大きくなる傾向にあり、表層付近のブリーディングの移動の影響を受けると考えられる。
- (4) 反発度および引っかけ傷幅は、圧縮強度よりも耐久性を示す塩分浸透性との相関性の方が若干上回った。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、フローリック東日本技術センターの技術職員の方々、澤本研究室の西謙一氏、土田祥彬氏、萱沼了氏、織茂剛氏、上村佑介氏、荒井優志氏ならびに飛内研究室の梶原信嗣郎氏より多大な協力を賜りました。ここに記して深謝いたします。

## 文献

- 1) 日本建築学会：コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル，pp.16-17.
- 2) 浅見勉：床下地表面硬さの簡易測定方法に関する研究，日本建築仕上学会，FINEX 1997.10，pp.22-26.
- 3) 湯浅昇，笠井芳夫，松井勇：引っかけ傷によるコンクリートの表面強度推定方法，日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），1990，pp.677-678.
- 4) 大即信明：硝酸銀噴霧法によるセメント硬化体の塩化物イオンの意味，東京工業大学土木工学科研究報告，No.42，1990.12，pp.11-18.

解説 *Explanation*

## 埼玉県内の市町村における橋梁の維持管理の現状と大学の取り組み

原稿受付 2010年4月21日

ものづくり大学紀要 第1号 (2010) 50~53

土田祥彬<sup>\*1</sup>, 澤本武博<sup>\*2</sup>, 飛坂基夫<sup>\*3</sup>, 中村俊彦<sup>\*4</sup>, 地頭菌博<sup>\*5</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 大学院生<sup>\*2</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 建設技能工芸学科<sup>\*3</sup>飛坂技術士事務所<sup>\*4</sup>三菱マテリアル株式会社<sup>\*5</sup>ダイヤリフォーム株式会社**Present Situation on Maintenance of Bridges in Municipality  
in Saitama Prefecture and Approach of University.**Yoshiaki TSUCHIDA <sup>\*1</sup>, Takehiro SAWAMOTO <sup>\*2</sup>, Motoo HISAKA <sup>\*3</sup>,  
Toshihiko NAKAMURA <sup>\*4</sup> and Hiroshi JITOZONO <sup>\*5</sup><sup>\*1</sup> Graduate student. Graduate school of Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists<sup>\*3</sup> HISAKA Professional Engineer Office<sup>\*4</sup> MITSUBISHI Materials Co. Ltd.<sup>\*5</sup> DIAREFORM Co. Ltd.**Abstract**

The deterioration of bridge built for the period of the high growth of economy is noticeable, and maintenance becomes very important from now on. However, the system of the maintenance of bridge does not work in the local government. This report describes present situation on the maintenance of bridges in municipality in Saitama prefecture and approach of the university.

**Key Words** : Bridge, Maintenance, Municipality**1. はじめに**

第二次世界大戦後、我が国は先進欧米諸国に追いつくため、多くのインフラ事業を進めてきた。特に、高度成長期に建設された構造物は膨大な量であり、50年を経過した構造物も数多くなり、今後、更新・維持管理投資の増大が懸念されている。

全国の道路橋数は橋長15m以上で、約148,000橋があり、その中では、旧公団管理が約6,000橋(4%)、国管理が約11,000橋(7%)、都道府県

管理が約45,000橋(31%)、市町村管理が約86,000橋(58%)である。橋種別ではPC橋が40%、鋼橋が39%、RC橋17%、その他4%の順となっている。

建設年度で見ると、高度成長期に建設された橋梁は全橋梁数の約34%を占めており、15年後に建設後50年以上となるものは、一般国道及び地方道の15m以上の橋梁だけで64,000橋と推計されている<sup>1)</sup>。そのため、国交省では直轄国道の橋梁点検を進めているが、地方自治体レベルでは点検が進んでいないのが現状である。中でも、市町村レベ

ルでは、全く手付かずの所もあるなど、厳しい現状に置かれている。これは、財政が厳しいことに加えて、技術者不足、更には 15m 未満の橋梁が大半を占めるため、その建設年度が不明など橋梁情報の不足なども関係していると考えられる。

本報では、埼玉県内の市町村における橋梁の維持管理に関する現状調査を行い、地方自治体と大学とで連携して橋梁の維持管理を行う方策について検討した。

## 2. 埼玉県内の市町村における橋梁点検の現状

### 2.1 概要

国では、平成 19 年から 25 年にかけて「長寿命化修繕計画」の策定を地方自治体に求めている。埼玉県においては、15m 以上の橋梁を国のマニュアルによりコンサルタントに点検委託を行い、15m 未満を県のマニュアルにより職員が点検している。そこで、(社)日本コンクリート工学協会関東支部埼玉地区と共同で、埼玉県内の全 70 の市町村を対象にして、橋梁の維持管理に関するアンケートを行い、16 市町村から回答を得た。

### 2.2 橋梁の基本情報について

アンケートに回答した 16 市町村に存在する 2521 橋の橋梁の内訳は図 1 に示す通りである。RC 橋が 1862 橋 (73.9%) と最も多く、次いで PC 橋が 374 橋 (14.8%)、鋼橋が 230 橋 (9.1%) となってい

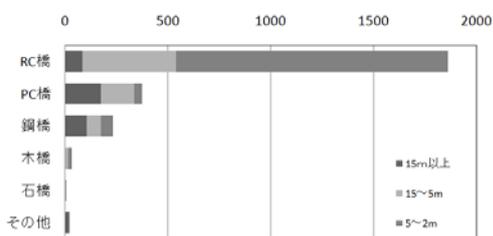


図 1 全体の橋梁数

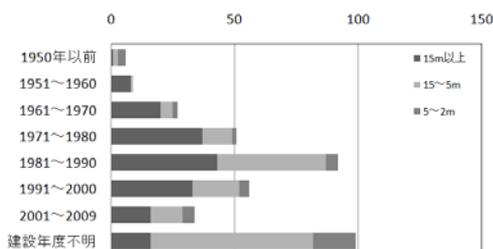


図 3 年代別 PC 橋数

る。その中において 2~5m の RC 橋が 1322 橋と、全体の半数以上 (52.4%) を占めている。

図 2~4 は RC 橋、PC 橋、鋼橋を建設年代別に示したものである。どの橋種においても建設年度が不明である割合が非常に多い。中でも 15m 未満の RC 橋の大半 (95.5%) は、建設年度が不明である。

### 2.3 橋梁台帳の整備状況について

橋梁台帳の整備状況は図 5 に示すように、13 市町村 (81%) が紙ベースであり、電子データ化して管理しているのは 3 市町村 (19%) である。台帳が紙ベースの 13 市町村に「今後電子データ化の予定があるか」という質問に対して 12 市町村が「予定はない」と回答している。

### 2.4 管理担当者の人数について

橋梁管理を担当する人数は各市町村で差があり、人口が多い市町村の方が、担当者の人数が多い傾向にあった。担当者の人数が最も多かった市町村は 18 人で、最も少ない市町村は 1 人であった。担当者の人数の平均は 6 人であった。また、担当者の内訳は市町村ごとに差はあるものの、技術系の担当の方が事務系の担当者より多いという傾向にあったが、担当者が少ない場合には、事務系のみというケースが見受けられた。

### 2.5 維持管理費について

平成 20 年度道路設備関係予算における橋梁の維持管理費の割合は各市町村で異なり、最大で 51.2%、最小で 0.07% であった。そして維持管理費の割合を平均すると 15.3% であった。平成 21 年度

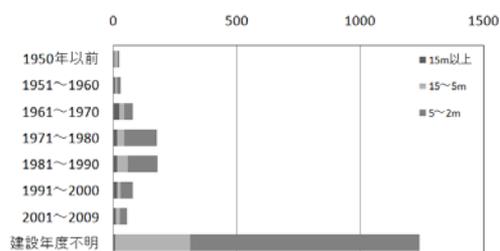


図 2 年代別 RC 橋数

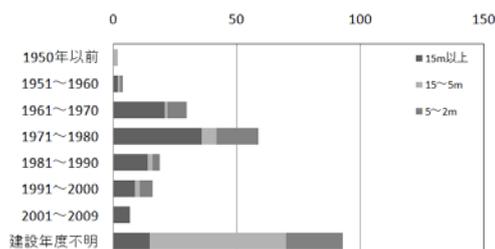


図 4 年代別鋼橋数

道路設備関係予算における橋梁の維持管理費の割合は各市町村で異なり、最大で62.8%、最小で0.08%であった。そして維持管理費の割合を平均すると20.9%であり、維持管理費は増加している傾向にあった。

維持管理費の増加見込みは図6に示すように「現実には増加している」が3市町村(19%)、「確実に増加が見込まれる」が6市町村(37%)と、56%の市町村が増加傾向にある。

## 2.6 長寿命化修繕計画策定事業費補助制度について

「長寿命化修繕計画策定事業費補助制度を知っているか」という質問では図7に示すように14市町村(87%)が「知っている」と回答した。しかし、利用状況について質問すると図8に示すように「利用した」と、回答した市町村はなかった。

## 2.7 橋梁点検の実施状況について

各市町村で「橋梁点検を実施しているか」という質問では図9に示すように、橋梁点検を行っている市町村は5市町村(31%)であった。10市町村は橋梁点検を行っておらず、約70%の市町村が橋梁点検を行っていない状況にある。

## 2.8 点検及び評価の方法について

点検及び評価の方法は各市町村で「異なる方がよいか」、「共通のほうが良いか」という質問では図10に示すように、未記入を除く全ての市町村が

「共通の方が良い」と、回答している。

## 3. 市町村と大学が連携した橋梁の維持管理の提案

### 3.1 橋梁台帳のデータベース化

現在、橋梁台帳の電子データ化が進んでいない市町村が80%を超えており、すでに電子化しているところは、比較的大きな市に限られている。そこで、大学の研究室として、G市にある700橋近い15m未満の橋梁について、電子データ化に取り組むことを検討している。

### 3.2 橋長15m未満の橋梁点検

70%近くの市町村が橋梁点検を行っていない現状を考え、市町村の大半を占める15m未満の橋梁について、大学で点検できる範囲について検討した。橋梁点検は、埼玉県が活用している簡易点検マニュアル(遠望目視)を参考にして行った。

### 3.3 橋梁点検の評価

今回の点検では、床版の裏側を見るのが困難であったため、図11のようにデジタルカメラに2m程度の棒を取り付け、高欄から下に降ろし床版の裏側を撮影して点検した。図12は作製した橋梁点検用器具である。図13は撮影した床版の裏側の写真である。表1は大学周辺にあるG市の橋梁を

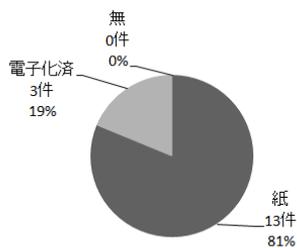


図5 橋梁台帳の整備状況

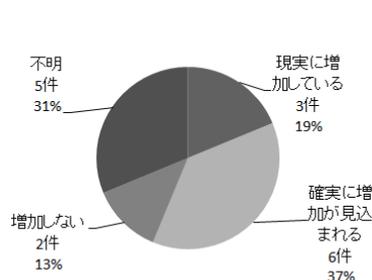


図6 維持管理費増加見込み

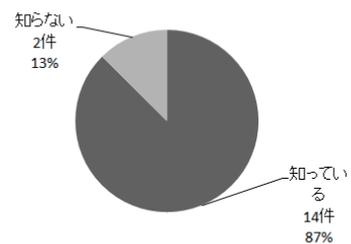


図7 補助制度の認知

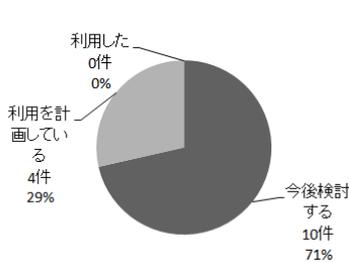


図8 補助制度の利用状況

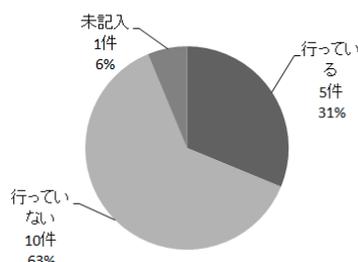


図9 橋梁点検の実施状況

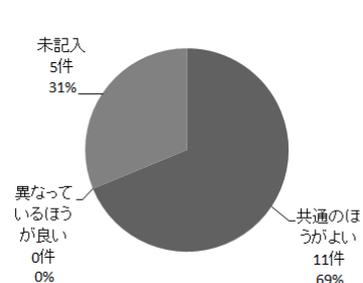


図10 点検及び評価方法

表 1 橋梁調査結果

橋梁名	G橋	架設年	1992年(平成4年)	調査日	2009/11/4		観察結果	
点検箇所	点検内容	評価点						
		1	2	3	4	5	6	
上部工	鋼桁	腐食・錆	目視不可	なし	腐食著しい	広範囲	局部的	退色
		主桁の変形・欠損・亀裂	目視不可	なし	あり	著しい		
		横桁の変形・欠損・亀裂	目視不可	なし	あり	著しい		
	コンクリート桁	ポルトの脱落	目視不可	なし	あり			
		主桁の変形・欠損・亀裂	目視不可	なし	あり	著しい		2
		横桁の変形・欠損・亀裂	目視不可	なし	あり	著しい		1
		遊離石灰(白い筋)	目視不可	なし	あり	著しい		2
	コンクリート床版	鋼板接着の劣化	目視不可	なし	あり	著しい		1
		ひび割れ	目視不可	なし	抜け落ち	格子状	一方向	1
		漏水	目視不可	なし	あり	著しい		2
遊離石灰(白い筋)		目視不可	なし	あり	著しい		2	
下部工	支承	鋼板接着の劣化	目視不可	なし	あり	著しい		1
		漏水・土砂詰まり	目視不可	なし	あり	著しい		2
		鋼製支承の腐食・さび	目視不可	なし	あり	著しい		1
	橋台	密着コンクリートの破壊	目視不可	なし	あり	著しい		1
		ひび割れ(遊離石灰)	目視不可	なし	貫通	格子状	一方向	2
		沈下・変位	目視不可	なし	あり	著しい		2
		骨材や鉄筋の露出	目視不可	なし	あり	著しい		2
	橋脚	先駆による基礎の露出	目視不可	なし	あり	著しい		1
		ひび割れ(遊離石灰)	目視不可	なし	貫通	格子状	一方向	2
		沈下・変位	目視不可	なし	あり	著しい		2
骨材や鉄筋の露出		目視不可	なし	あり	著しい		2	
高欄	先駆による基礎の露出	目視不可	なし	あり	著しい		2	
	損傷・劣化・欠落	目視不可	なし	あり	著しい		2	
その他	防護柵	目視不可	なし	あり	著しい		2	
	橋面舗装	目視不可	なし	あり	著しい		3	
	排水橋	目視不可	なし	あり	著しい		2	
	伸縮継ぎ手	目視不可	異常な段差	異常	異常		2	
		遊間(適切な隙間)	目視不可	正常	異常		2	
		異常音	目視不可	なし	あり	著しい	2	
損傷率	6.7%	損傷判定			A			



図 11 橋梁点検風景



図 12 橋梁点検用器具



図 13 床版裏の様子

埼玉県簡易点検マニュアルを参考として試験的に点検した一例である。今回点検した橋梁については、高欄土台に遊離石灰が見られたものの、目立った損傷、激しい劣化は見受けられず、損傷率は 6.7%(損傷項目数/点検項目数×100)と小さかった。今後、このような調査手法で G 市の点検に協力していきたいと考えている。

#### 4. まとめ

アンケート調査で各市町村に橋梁点検を行う意思があっても、橋梁数が多い上に、予算や人員、知識の不足などにより実際に行動できていない状況にある。今回、橋長 15m 未満の橋梁については

埼玉県の簡易マニュアルおよび、床版の裏側を撮影できるカメラを用いて、大学で点検できる可能性が示された。今後は 15m 未満の橋梁の調査を大学と市町村で協力して進めていきたい。

今回の調査を実施して頂いた(社)日本コンクリート工学協会関東支部埼玉地区、ならびに情報を提供して頂いた埼玉県、各市町村に感謝の意を表します。

#### 文献

- 1) 池田一壽：道路構造物のストックマネジメントのための技術動向，文部科学省，科学技術動向 No.74，<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt074j/index.html>

## 報告 Report

## 初年次教育の動向

原稿受付 2010年5月17日  
ものづくり大学紀要 第1号 (2010) 54~57

土居 浩

ものづくり大学 技能工学学部 建設技能工学学科

## 1. はじめに：急増する「初年次教育」

2008年に設立された初年次教育学会の第1回大会基調講演で、会長の山田礼子（同志社大学）は、日本で初年次教育が浸透してきたのはわずかここ10年のことであり、しかも急速に拡大化していると総括した<sup>1)</sup>。山田が依拠した初年次教育に関する調査結果のみならず、近年ではより身近に「初年次教育」の急増が確認できる。手始めにCiNii（国立情報学研究所論文情報ナビゲータ）で「初年次教育」を検索してみよう。本稿執筆時点でヒットする270件の論考を、単純に年次別での数値変化を眺める掲げるだけでも、近年の急増が了解できるだろう。

表1 CiNii「初年次教育」論考年次別件数

2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
4件	11件	35件	23件	49件	66件	66件

用語「初年次教育」の激増をより体感できるのは、インターネット上の検索件数だ。たとえば、日本における初年次教育を先導する人物の一人である濱名篤（関西国際大学学長・初年次教育学会常任理事）は、学会設立と同年の講演<sup>2)</sup>で「初年次教育」の検索件数がYahoo!で65万8千件、Googleで93万件あったことに言及し「今から5年前は10万もいかなかった」として驚いている。それからわずか2年しか経過していない本稿執筆時点では、Yahoo!JAPANで約250万件、Googleで約1450万件と、桁違いになっている。

ところでCiNiiで検出される「初年次教育」関連論考の初出時期となる2003年は、科学研究費補助金基盤研究(B)(1)「ユニバーサル高等教育における導入教育と学習支援に関する研究」（平成13-15年度：研究代表者・濱名篤）の最終年度であった。興味深いことに2001・2002年度の研究実績報告書でキーワードに掲げられた「導入教育」「1年次教育」が、2003年度の研究実績報告書で「初年次教育」に置き換えられている<sup>3)</sup>ことには、注目しておきたい。この2003年は、先の講演で「今から5年前」として濱名が回顧する時期と重なる。つまり当初「導入教育」「1年次教育」等々と併存していた用語が、2003年頃から「初年次教育」として徐々に統一され、現在では一般用語としても学術用語としても「初年次教育」が流通するようになった経緯がうかがえるだろう。

きわめて大づかみで表現するならば「初年次教育」とは、本稿執筆時点から10年前はほとんど知られておらず、それが5年前ほどから急激に注目されるようになった概念である、とまとめることができる。本稿では、この時代のキーワードともいえるべき「初年次教育」を概観し、その上で本学における初年次教育へ向けて提言したい。

## 2. 初年次教育の成立背景

濱名と川嶋太津夫（神戸大学・初年次教育学会会長代行）の編著『初年次教育』は、副題である「歴史・理論・実践と世界の動向」が示すように、初年次教育を概観するに至便である。この節では『初年次教育』を紹介しつつ、初年次教育の成立背景を概観する。まずは『初年次教育』の章構成を確認しておきたい。

第1部「初年次教育の歴史と現状」は全6章で構成され、世界での展開と、日本での取り組みの概要がまとめられている。手際よく整理された概論（第1章）を冒頭に、まずは初年次教育発祥の地である合衆国での歴史（第2章）、そして世界各地へと初年次教育が展開している動向（第3章）、転じて日本における初年次教育につき、学生アンケートからみたそのニーズと評価および早期に活動を開始した初年次教育支援部署の事例（第4章）、学部長調査からみた初年次教育の動向（第5章）、学力の階層差問題の大学版である第一世代問題（第6章）が取り上げられている。

第2部「日本における初年次教育の実践事例」では、国際基督教大学（第7章）、関西国際大学（第8章）、京都文教大学（第9章）、金沢工業大学（第10章）、大阪女学院大学（第11章）の計5大学における取り組みが紹介されている。ここで、いわゆる理工系が金沢工大のみであることは、注意しておきたい（後述）。

第3部「海外における初年次教育の実践事例」では、合衆国のアパラチアン州立大学（第12章）、オーストラリアのモナッシュ大学（第13章）、イギリス・スコットランドの高等教育セクター（第14章）での取り組みが紹介されている。

第4部「初年次教育の評価と可能性」では、初年次教育の評価に着手するための具体的手順（第15章）、および初年次教育の可能性と課題（第16章）が整理されている。

さて本稿で注目する初年次教育は、そもそもが **First-Year Experience** の訳語であり、そのルーツは合衆国にある。合衆国は、大学のマス化さらにはユニバーサル化を、世界で最初期に経験した国であった。正確にはこの経験こそが、合衆国を初年次教育発祥の地にしたのである。すなわち、大学のマス化・ユニバーサル化による「不本意就学者」の増加、加えて親や家族に高等教育進学経験者のいない学生（いわゆる「第一世代 **First-Generation**」問題）等々、学生が大学から「疎外」され、学生たちには不安が広がっていた。さらに追い打ちとして、キャンパスが暴動に巻き込まれる学生運動の波が押し寄せたのが、1960年代とくに後半のことである。

この問題に対処すべく、サウスカロライナ大学が1972年に、**University 101**なるコースを開設した。いわゆるフレッシュマン・セミナー **Freshman Seminar** と呼ばれるもので、新入生に対して学習面のみならず生活面についても支援するコースである。ノートの取り方や図書館での資料の探し方など学習スキルの習得はもちろんのこと、履修届の提出先や心配事悩み事の相談先を情報提供するなど、学生生活全般のオリエンテーションも含まれる。これは中退率の低下にも繋がり、1981年にはサウスカロライナ大学コロンビア校で、**University 101** に類するコースについての全国集会が開催された。その後これを **Freshman Year Experience** と名付け、1998年には **First-Year Experience** と改称され、現在に至る。なお「**First-Year Experience**」は、サウスカロライナ大学に附置されている **The National Resource Center for the First-Year Experience and Students in Transition** の登録商標である。

ここであらためて初年次教育の定義を確認するならば、以下のとおりである。

高校（と他大学）からの円滑な移行を図り、学習および人格的な成長に向けて大学での学問的・社会的な諸経験を“成功”させるべく、主に大学新入生を対象に総合的につくられた教育プログラム<sup>4)</sup>

見落としてならないことは、「学問的」のみならず「社会的」な「諸経験」であることだろう。略してFYEとも表記される初年次教育のEは、EducationではなくExperienceなのである。つまり初年次教育とは、決して授業（講義・演習・実習）時間内に教室（講義室はもちろん屋外実習場を含む）内で行われる学士課程教育プログラムに限定されるEducationではなく、入学式やガイダンスといった正課教育外の諸活動も包摂するExperienceなのである。

以上、『初年次教育』に基づき、初年次教育の成立背景を概観した。続いて、冒頭で言及した初年次教育学会を紹介し、日本における初年次教育をめぐる現状を瞥見したい。

### 3. 初年次教育学会の設立

日本における初年次教育をめぐる現状は、初年次教育学会の設立趣意書<sup>5)</sup>が端的に示している。まずはアメリカ発の初年次教育が、その後日本はもちろん世界20カ国以上で広がりを見せるほどに、国際的にも初年次教育の評価と期待が高まっている現状にあること。そして日本においては『学士課程教育の再構築に向けて』（中教審大学分科会制度・教育部会審議経過報告、2007年9月）など、公的にも初年次教育の重要性が指摘されている現状にあること。その上で、国際的にも国内的にも初年次教育が急速な広がりを見せつつも、教育実践や研究実績の蓄積およびそれらの共有が、残念ながら十分とはいえない現状にあること。以上の現状認識を背景として「初年次教育に関する研究と実践の有機的発展とその成果の普及による大学教育改善への貢献及び会員相互の研究交流の促進」を目的とした初年次教育学会が設立された。

初年次教育学会の目的のうち「会員相互の研究交流の促進」を目指す具体的場のひとつである年次大会に、自由研究発表とは別枠で「ワークショップ」が設けられている点は独特であろう。第1回大会の基調講演でも会長自ら「本日も出席の皆様がワークショップに出席されて、大学に戻られて、ある意味でリーダーシップを発揮されてそれぞれの学内でそれを使っていたら方法や実践の共有をすることで、ノウハウの浸透、教員の意識の変化、啓蒙ということにつながり、伝承されていくのではないでしょうか」<sup>6)</sup>と会員へ呼びかけていることから、学会としても重視していることが分かる。以下、第1回年次大会での「ワークショップ」のタイトルを列挙しておこう。

初年次教育の評価の方法を考える／初年次教育で班活動を通じてゼミ発表スキルを獲得させる方法／どのように初年次教育の組織的導入をはかるか／実行性・実効性のある初年次教育を実現する／初年次教育における教職協働のあり方を探る／総合的な初年次教育プログラムを開発する／大規模・研究志向・人文系学部における「基礎演習」の設計と実践

特に注目すべきは「組織的導入」と「教職協働」である。これを「研究発表」ではなく「ワークショップ」の枠で提示されていることは意義深い。それこそ右も左も分からず参加した筆者のような立場にとっては、どこから手をつければよいかの具体的手引きとなったからである。

以上を踏まえ、最後に本学に関わる提言をしたい。

### 4. おわりに

初年次教育学会の第1回大会に参加し、研究発表はもちろんワークショップなどにも参加してきた筆者は、そこで耳にする様々な個別具体的取り組みの前提が、きわめて身近なことに感じられた。卑近な

表現をすれば「大学あるあるネタ」に溢れていたのである。さらには、管見の限りではあるが、本学関係者である臆目目を差し引いたとしても、これまでの本学でも個別具体的には初年次教育を先取りした内実を備えた取り組みがなされてきた、とすら感じたのも事実である。しかしながら現状は個別担当者の個人的努力および配慮としか言いようがない営為の積み重ねでしかなく、前節で注目した「組織的導入」に基づく「教職協働」には到底及ばないことも、正直に認めなければならぬ。

そこで本学における初年次教育へ向けて、以下の三点を提言したい。

一つ目は、本学において教員のみならず職員を含めこれまで取り組んできた、学生に対する様々なフォローを、初年次教育の観点から位置付け直すことである。

二つ目は、一つ目と密接に関わるが、その再文脈化を共有し修正できる場を設けることである。初年次教育には「教職協働」は不可欠であるが、この「職」も教学担当部門のみならず学生担当部門との「協働」が必須条件となる。その連携の場が設けられる必要があるだろう。将来的にはその場として、初年次学会へ機関会員として加盟することが望まれる。

三つ目は、その場においては初年次教育の字面に縛られることなく、本学の「入口」のみならず「出口」とも密接に関係させることである。他大学と異なり本学において「出口」は二カ所である。ひとつはもちろん最終年次であり、もうひとつはインターンシップである。一例であるが、インターンシップや就職活動の直前になって、社会人としてのマナーを教えようと躍起になったとしても、きわめて場当たりの教育効果は薄いといわざるをえない。それよりも初年次教育の一環として「社会への適応」を位置付け取り組んだ方が、よほど教育効果を期待できる。私見では、初年次教育へ本学が貢献しうる可能性は、インターンシップへの取り組みから得た知見である。いわゆる初年次教育は高校から大学への初年次を焦点化しているが、本学はインターンシップを通して、大学から社会への初年次教育にも先駆的に取り組んできたといえるのである（このことにさらに自覚的になるべきかと考える）。筆者もインターンシップのレポート作成を通して、学生自身による自己分析および職場研究と学習概念の拡張をうながしてきた<sup>7)</sup>が、このような個別の取り組みを相互に関連付け、本学独自の初年次教育へと展開することが期待される。

以上、管見の限りにおける初年次教育の紹介に過ぎない本稿ではあるが、本学における初年次教育の取り組みへの契機となることを願い擱筆したい。

## 文 献

- 1) 山田礼子：日本の初年次教育の展開—その現状と課題—。初年次教育学会誌，2，1(2009) 5.
- 2) 濱名篤：初年次教育の最先端。比治山高等教育研究，2(2009) 151.
- 3) <http://kaken.nii.ac.jp/ja/p/13410088/>
- 4) 濱名・川嶋：初年次教育—歴史・理論・実践と世界の動向—，丸善(2006) 3.
- 5) <http://wwwsoc.nii.ac.jp/jafye/shuisho/index.html>
- 6) 前掲文献 1) 15.

## 報告 Report

## 岩槻商業高校とものつくり大学による協同製作プロジェクト活動報告

原稿受付 2010年5月11日

ものつくり大学紀要 第1号 (2010) 58~61

松本 宏行<sup>\*1</sup>, 天野 孝志<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup>ものつくり大学 技能工芸学部 製造技能工芸学科<sup>\*2</sup>埼玉県立岩槻商業高等学校

## 1. はじめに

2007年度から現在までにわたり、埼玉県立岩槻商業高等学校とものつくり大学にて実施されている人形制作プロジェクトの活動報告を行う。このプロジェクトを通じて得られた教育および研究成果を紹介したい。

## 2. 製作プロジェクト

主なねらいとしては、高校と大学間でお互いの特長をいかして、ものづくりにおけるプロジェクトを実施する点にある。具体的には、雛人形などをモチーフにして岩槻商業の生徒が制作したイラスト素材を題材として、ものつくり大学の学生（松本研究室卒研生有志）が3次元CAD（Pro/Engineer, Solid Designer など）を用いてデジタルデータを製作し造型を行った。

## 1) ラフスケッチ

昨年度は携帯ストラップなどを最終イメージとしてラフスケッチを行った。

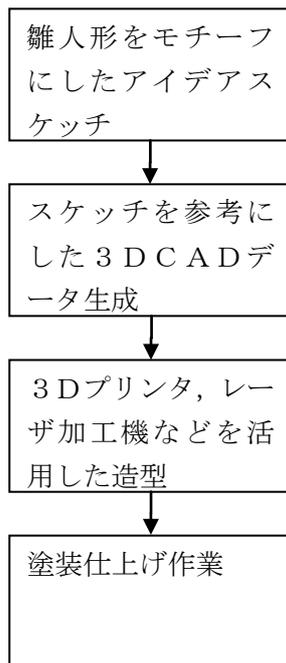


図1 プロジェクトの主な流れ

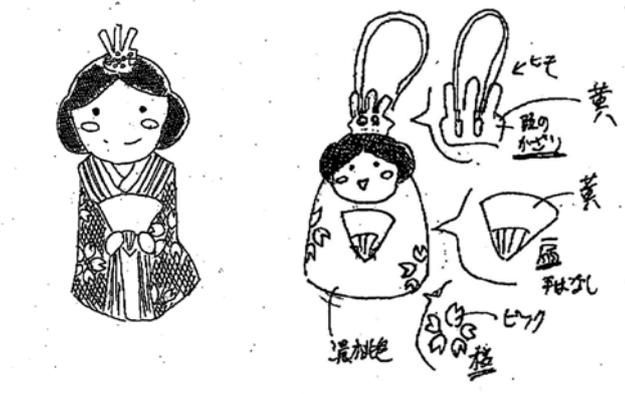


図2 ラフスケッチ (例)

## 2) 3DCADを用いたデータ生成

ラフスケッチを参考にして学生が3DCAD (Pro/Engineer WF3 など) を用いて3次元のCADデータとして生成した。

## 3) 3Dプリンタなどによる造型

3DCADを用いて生成したデータをSTLファイルに変換して、3Dプリンタにデータ転送を行う。STLファイルとはSTereoRethographyの略で3つの点からなる3角形の面パッチでつくられるデータであり、3つの点座標と面の表裏を示す法線ベクトルで構成される。このSTL変換の際に元の形状データが近似されるので個々のパラメータなどの設定が注意事項である。

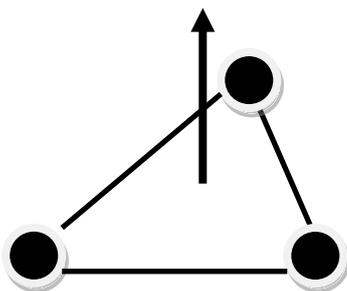


図3 STLファイル (3つの点と法線ベクトル)



図4 3Dプリンタ (dimension BST;Stratasys)

なお、ラピッドプロトタイプング装置として今回は製造棟1階M1060室に設置している3Dプリンタを用いた。方式は熱溶融型でABS樹脂を吐出して高速に3次元形状を造型することが可能である。今回のストラップタイプの大きさの場合20分程度で1つの造型が完了になる。

## 4) 塗装仕上げ作業

次に、3Dプリンタで造型されたモデルを塗装する。凹凸の大きいところはやすりなどで削り、塗装しやすいように下地を仕上げる。図5は塗装仕上げの様子を示す。高校ではものづくりに関する実習が少ないためこのような機会は貴重である。



図5 塗装作業

今回は3種類の人形製作を行った。人形タイプ、携帯ストラップ、シャドウボックスタイプである。



図6 製作物 (人形タイプ)

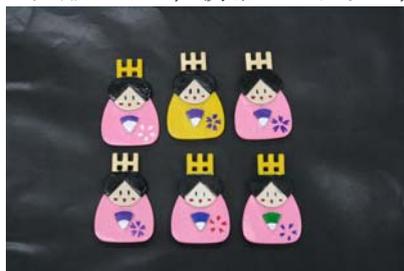


図7 製作物 (携帯ストラップ)



図8 製作物 (シャドウボックス)

なお、図8のシャドウボックスタイプは2DCAD（AutoCAD2007）で生成したデータをもとにして、レーザ加工機を活用して多層上になっている型を重ねて立体上に表現したものである。素材はステンレスを用いている。

### 3. 研究の成果として

人形製作の過程を通じて、研究シーズが生まれ、さらに研究成果として結びついたケースを2点紹介する。

#### 3.1 関節部のモデリングについて

第1回（2007年度）の製作時において岩槻商の生徒より「人形の関節部が可動して多様なポーズがとれるようにしてほしい。」というリクエストがあった。機構としてはボールジョイントをうまく簡易にモデル化できるかどうか課題であった。球体関節、リボルバージョイントなど人形や玩具などの関節部分のモデル化も参考にして、関節部分のモデル化および隙間調整をして、3次元プリンタによる造型を完成させることができた。一連の成果をもとにして、研究室の卒論生（当時）田部井雄介君のテーマであるユニバーサルデザインを考慮して持ちやすさを向上した文房具（ジョイペン）の製作<sup>1)</sup>については、この関節部分のモデル化が大きな成果として役立てられた。



図9 ユニバーサルデザインを考慮した文房具

#### 3.2 リバースエンジニアリングについて

プロジェクトの多くがラフスケッチをもとにして、CADデータを製作するという流れを主にして取り組んでいた。しかし、アナログとデジタルの相互の長所・短所を考えると直接、試作物（モックアップ）を製作して、その質感をいかに表現するかデジタルデータでなかなか表現できない豊かな情報量をいかにして形やデータにするかという観点も重要である<sup>2)</sup>。そこで、大学の現有設備である3Dスキャナを用いて、モックアップからデジタルデータを取り出す方法をノウハウとして確立し、研究成果として活かしていきたいと考えた。研究室の卒論生福田佳弘君（2008年度当時）のテーマとして「リバースエンジニアリングを用いたラピッドプロトタイピングの研究」を卒業研究テーマとして取り組んだ<sup>3)</sup>。

- ・3Dスキャナを用いて点群データ抽出
- ・ポリゴン化
- ・面貼り
- ・3DCADデータへの置き換え

などのリバースエンジニアリングの主たる項目を人形制作に適用してみた事例である。



図10 3Dスキャナ(PICZA LPX-250; RolandDG)

具体的な手順、問題点（精度、パラメータ設定など）、考慮すべき点を詳細にまとめあげたものである。

これらの成果は2009年3月に茨城大学（水戸）で開催された日本機械学会主催「学生員卒業研究発表講演会」にて「リバースエンジニアリングを用いた人形制作に関する研究」というテーマで報告した。その他にも、ラフスケッチからのデジタル化およびその造型技術、仕上げ塗装など人形制作の過程を通じて研究のシーズはここに多く含まれていると実感した次第である。

## 4. 教育の成果として

高校および大学のそれぞれの視点からみた成果をまとめてみたい。

### 4.1 岩槻商業の生徒において

岩槻商業の生徒にとっては、岩槻の文化を調査し、人形制作実習（木目込み人形、組みひも）などを通じて伝統文化を深く学ぶ良い機会であるとともに、このプロジェクトにおいて、ものづくり大学とのコラボレーションを通じての交流もよい経験になったと考える。特筆すべき事例として、2008年京都大学において開催された「バーチャル・カンパニートレードフェア」において高等学校の部において最優秀賞の受賞という成果が得られたことがあげられる。図11は会場におけるプレゼンテーションおよび展示の様子である。



図11 展示およびプレゼンテーションの様子



図12 岩槻商業文化祭展示

### 4.2 ものづくり大学の学生において

研究室に配属された卒論生の有志を中心にして毎年実施しているプロジェクトであるが、3DCADの操作において技術向上する良い契機になったこと、そして、レーザ加工機、3Dプリンタなどの装置を学生自身の手で活用して具体的な形に仕上げることができたこと、岩槻商の生徒へ仕上げ塗装などの技術指導など、大変ではあったが、その分、充実感や達成感などは代えがたいものであったようである。また、メンバー全員で集中してプロジェクトに取り組む過程で得られたチームワークなども指導担当者の一人として、大きな教育効果であったと強く実感している。一連の取り組みは、2007年度、2008年度ともものづくり大学学長表彰を頂くまでになった。製作実習以降も高校の文化祭での展示（図12）、および大学の学園祭での報告など各会場にて報告を行うなど交流を続けている。

## 5. おわりに

今年も新しいテーマ取り組みとしてプロジェクトが開始された。ものづくりに取り組む過程で得られる一つ一つの出来事を上手く汲み上げ、学生、生徒の支えに、成長の証になればと考えている。

本プロジェクトを最初実施するにあたり高校と大学間において調整頂いた神谷教授、3Dプリンタにおいて細心に配慮いただいた東江教授、リバースエンジニアリングなどの情報提供、ご指導いただいた高橋教授、レーザ加工機などの操作ご指導頂いた教務職員の鈴木先生、入試課の職員皆様をはじめ多くの教職員皆様へ改めてここに厚く感謝申し上げる次第である。

## 文 献

- 1) 田部井 雄介, 2007年度ものづくり大学卒業制作報告書, 2008.
- 2) 岸 宣仁, デジタル匠の誕生, 小学館, 2008.
- 3) 福田 佳弘, 2008年度ものづくり大学卒業研究論文, 2009.

## 報告 Report

## ものづくり大学平成 21 年度青少年教育活動報告

原稿受付 2010 年 4 月 28 日

ものづくり大学紀要 第 1 号 (2010) 62~66

菅谷 諭 (ものづくり大学紀要編集委員会)

本報告は、平成 21 年度にものづくり大学が行った主な対外教育活動をまとめた。

名称	鍛金によるスプーン制作	
対象	年齢制限なし	
参加人数	5 名, 学生 TA2 名	
開催日時	2009/8/1, 8/2	
会場	ものづくり大学 ものづくり工房	
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 教授, 市川茂樹	
備考	行田市おもしろものづくり教室	
内容	最初に鍛金作業のデモンストレーションと使う道具の説明を行い, その後制作に入る. いきなりシルバー材料に不安な場合には, あらかじめ用意した他の材料で試し, 道具に慣れることとコツをつかむようにする. 材料を鎚で叩くと形が変形していく感覚をつかみ, どのような形のスプーンを作るかを考えながら制作する.	
意義, 成果	鎚でたたくという繰り返し作業がつづくが, 少しずつ自分が思う形に近づいて行くときの充実感と出来上がったときの達成感年齢にはよらない.	
トピックス	行田市民大学にて発表	

名称	おもしろものづくり教室(子供鑄造教室)
対象	小学生とその父兄
参加人数	8 名, 学生 TA12 名
開催日時	2009/7/28, 7/29
会場	ものづくり大学
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 教授, 櫻井大八郎
備考	主催:行田市
内容	当大学で開発した低融点合金(融点 78°C)を用い, 自分の好きなものを鑄造で作ってもらい. 子供たちには, お湯の温度で金属が融ける不思議さと, 自分のイメージを具体化できる楽しさと独創性を発揮する難しさを味わってもらい, ものづくりの第一歩を始めてもらう. 学生達には, 教えること(指導)の大変さを感じてもらい, 将来の指導者としての心得を体得してもらう.
意義, 成果	学生への成果は卒研に生かされているが, 小学生の理科離れ対策としてはまだ成果については測れない.
トピックス	平成 21 年度卒研発表会で報告.

名称	おもしろものづくり教室(シルバー鑄造教室)
対象	18 歳以上の女性
参加人数	5 名, 学生 TA12 名
開催日時	2009/7/21-7/23
会場	ものづくり大学
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 教授, 櫻井大八郎
備考	主催:行田市
内容	圧迫鑄造法を用いた銀の精密鑄造により, オリジナルなアクセサリーを女性方に作ってもらい. 母親に鑄造の面白さを理解していただき, その子供たちへの広がりを狙う. 学生達には, 教えること(指導)の大変さを感じてもらい, 将来の指導者としての心得を体得してもらう.
意義, 成果	学生への成果は卒研に生かされているが, 母親対策としてはまだ成果については測れない.
トピックス	平成 21 年度卒研発表会で報告.

名称	碧蓮祭ものづくり教室(鑄造教室)
対象	一般および児童
参加人数	約 30 名, 学生 TA4 名
開催日時	2009/10/31, 11/1
会場	ものづくり大学
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 教授, 櫻井大八郎
備考	主催:ものづくり大学
内容	当大学で開発した低融点合金(融点 78℃)を用い, 自分の好きなものを鑄造で作ってもらう。子供たちには, お湯の温度で金属が融ける不思議さと, 自分のイメージを具体化できる楽しさと独創性を発揮する難しさを味わってもらい, ものづくりの第一歩を始めてもらう。学生達には, 教えること(指導)の大変さを感じてもらい, 将来の指導者としての心得を体得してもらう。
意義, 成果	学生への成果は卒研に生かされているが, 小学生の理科離れ対策としてはまだ成果については測れない。
トピックス	平成 21 年度卒研発表会で報告。

名称	碧蓮祭ものづくり教室(ろうそく教室)
対象	一般および児童
参加人数	約 30 名, 学生 TA4 名
開催日時	2009/10/31, 11/1
会場	ものづくり大学
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 教授, 櫻井大八郎
備考	主催:ものづくり大学
内容	よりプリミティブな鑄造として, パラフィンワックスを用いた鑄造ろうそくで, オリジナルな形・色使いのものを作ってもらう。参加者には自分のイメージを具体化できる楽しさと独創性を発揮する難しさを味わってもらい, ものづくりの第一歩を始めてもらう。学生達には, 教えること(指導)の大変さを感じてもらい, 将来の指導者としての心得を体得してもらう。
意義, 成果	学生への成果は卒研に生かされているが, 小学生の理科離れ対策としてはまだ成果については測れない。

名称	碧蓮祭ものづくり教室(ガラス加工教室)
対象	一般および児童
参加人数	約 50 名, 学生 TA4 名
開催日時	2009/10/31, 11/1
会場	ものづくり大学
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 教授, 櫻井大八郎
備考	主催:ものづくり大学
内容	透明ガラスのマスキングテープを巻き, それをオリジナルな図形・文字で切り抜き, サンドブラストをかけることにより擦りガラスとすることにより, 自分独自のガラスを作ってもらう。参加者には自分のイメージを具体化できる楽しさと独創性を発揮する難しさを味わってもらい, ものづくりの第一歩を始めてもらう。学生達には, 教えること(指導)の大変さを感じてもらい, 将来の指導者としての心得を体得してもらう。
意義, 成果	学生への成果は卒研に生かされているが, 一般の理科離れ対策としてはまだ成果については測れない。

名称	職種説明会
対象	高校 3 年生
参加人数	15 名
開催日時	2009/11/25
会場	練馬工業高校
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 教授, 東江真一
備考	入試課からの依頼
内容	機械職種にどのようなものがあり, どんな仕事をするのかを説明した。
意義, 成果	付加価値を生み出すものづくりの面白さ, 大事さを強調した。

名称	岩槻商業人形制作プロジェクト
対象	高校生
参加人数	5名(岩槻商業生徒), 引率:天野孝志 教諭, 学生 TA5名(松本研究室卒研究生)
開催日時	2009/7/29, 7/30, 9/5
会場	ものづくり大学および岩槻商業高校
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科 准教授 松本宏行
内容	岩槻商業の3年生生徒が作成した人形のアイデア案を元にして, 本学の学生(4年生)が2次元CAD, 3次元CADなどのデータ作成を行い, さらに実物への加工作業を含めて3種類の人形グッズ製作を行った. 完成品までの過程において生徒さんへ製作指導(仕上げ, 着色)などを行い, ものづくりの楽しさも学んでもらった.
意義, 成果	高校文化祭, 大学学園祭における展示もあわせて実施してPR活動に努めた. 岩槻の文化を知る高校生の調査テーマとしても毎年実施している.
トピックス	高校の案内パンフレット巻頭に掲載

名称	木質構造・材料実験	
対象	熊谷高等技術専門校	
参加人数	教員1名, 生徒18名, 学生 TA1名	
開催日時	2010/3/8	
会場	ものづくり大学 ティンバー実習場	
責任者	ものづくり大学 建設技能工芸学科 准教授 小野 泰	
備考	高大連携(地域交流学习)	
内容	平成19年度より, 地域交流学习の一環として, 熊谷高等技術専門校の生徒を対象に, 年に1,2回, 木質構造・材料の構造実験を実施している. 今回は, 柱-土台の仕口の引張試験5体, 横架材の継手の引張試験5体, 横架材の曲げ試験5体を実施した.	
意義, 成果	生徒が伝統的な技法により作成した継手・仕口について, 構造実験を行うことで, 引張耐力, 曲げ強度, 曲げヤング係数や破壊状況などを知ることができ, 木造建築物を建設する上での工学的な基本知識を得ることができる.	
トピックス	大学HPのもつくん日記(2010年3月)に関係記事掲載	

名称	コンクリートによるものづくり講座	
対象	小学生	
参加人数	のべ約500名, 学生 TA:10名	
開催日時	2009/5/16, 5/17, 6/19, 10/31, 11/1, 12/12, 12/20	
会場	ものづくり大学, 埼玉会館など	
責任者	ものづくり大学建設技能工芸学科, 准教授, 澤本武博	
備考	行田市後援, 日本コンクリート工学協会協力	
内容	まず, ビニール袋の中にセメント, 水, 砂, 砂利を入れ, 袋を揉むようにしてコンクリートを練り混ぜる. そして, 動物や乗り物の形をした枠の中にコンクリートを流し込む. 特殊なセメントを使用するため, 約15分で枠からコンクリートを取り外すことができる. 最後に, 絵の具などで着色し, コンクリート製の置物の出来上がり.	
意義, 成果	身近な建設材料であるコンクリートについて, 色々な形に出来ること, また固まる時に発熱するので乾いて固まるのではなく化学反応で固まることを理解してもらう.	
トピックス	日本コンクリート工学協会での報告	

名称	行田市立泉小学校木工教室
対象	小学校4年生
参加人数	78名, 学生 TA:10名
開催日時	2009/6/12
会場	行田市立泉小学校
責任者	ものづくり大学建設技能工芸学科, 講師, 佐々木昌孝
内容	泉小学校では4年生の図工のカリキュラムに木工を取り入れている。本教室は, 大学が地域貢献の一環として行っているもので, 木工にはじめてチャレンジする児童に向けて, 釘打ち, 鋸, 鉋を使った簡単な作業を体験してもらう内容となっている。
意義, 成果	開学依頼継続して行っている地域貢献活動の一環。毎年の恒例行事として, 泉小学校の児童も楽しみにしてくれているようです。
名称	行田市立南小学校木工教室
対象	小学校5-6年生
参加人数	約30名, 学生 TA:10名
学生人数	TA:10名
開催日時	2009/6/7
会場	行田市立南小学校
責任者	ものづくり大学建設技能工芸学科, 講師, 佐々木昌孝
内容	5枚の板を組み合わせた簡単な木製本立ての製作を小学生に体験してもらう企画。パーツの組み合わせには釘を使い, 側板の加工に鋸を使う。板材の角を落とす面取り仕上げにはサンドペーパーを使用する。作業時間は約20~30分。
意義, 成果	ものづくりに対する興味と好奇心の向上に貢献し, 本学への理解を深めさせるとともに, 本学の持つ知的財産の活用寄予する。

名称	鴻巣市立吹上北中学校木工教室
対象	中学校3年生
参加人数	9名, 学生 TA:3名
開催日時	2010/2/17
会場	ものづくり大学ティンバー実習場
責任者	ものづくり大学建設技能工芸学科, 講師, 佐々木昌孝
内容	吹上北中学校敷地内に設けられている花壇用のプレート(木製)の製作指導。ものづくり大学のティンバー実習場内にある糸ノコ, ベルトサンダー, NCルータを使った加工を中学生に体験してもらった。製作したプレートは, 中学校に持ち帰り, 塗装を施した上で花壇プレートとして使用。
意義, 成果	中学生が自ら道具を使い, ものづくりの楽しさを実感し, 普段目にするのできない材料加工の技術に触れることを目的とする。
トピックス	2010.2.20 埼玉新聞掲載

名称	小学校出前ものづくり教室	
対象	小学生	
参加人数	850名(2校合わせて), 学生 TA2名	
開催日時	2009/12/14: 東京学芸大学附属世田谷小学校, 2010/1/7: 横浜市立井土ヶ谷小学校	
会場	各小学校	
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 准教授, 菅谷諭	
内容	シャボン玉空気砲を見せて説明をしながら, 段ボール箱などで空気砲を作らせ, またオトクツの説明をして演奏してもらうことにより, 小学生にもものづくりへの興味を持たせる。	
意義, 成果	小学生のアンケート結果から, ものづくりへの興味を持ってもらえたことが確認できた。	
トピックス	吹上駅コンコースポスター, 大学HP掲載。	

名称	マンガンカーレース	
対象	小学生	
参加人数	のべ約 150 名, 学生 TA20 名	
開催日時	2009/10/24, 10/25, 10/31, 11/1	
会場	ものづくり大学	
責任者	ものづくり大学製造技能工芸学科, 准教授, 菅谷諭	
備考	行田市後援, 日本機械学会関東支部協力	
内容	小学生にマンガン電池で動く車を作らせる。レースをさせ、上位入賞者を表彰することによって達成感を味あわせ、ものづくりへの興味を持たせる。学生達には、レースのコースを作成することにより創造力、技術力を向上させる。さらに、小学生に作る指導をさせることにより、コミュニケーション能力や指導力の向上を図る。	
意義, 成果	行事が地域に浸透してきて、毎年楽しみにしてもらっている。アンケート結果から父兄の評判も非常に良い。いずれ参加者の中から入学生が出てくることが期待できる。	
トピックス	吹上駅コンコースポスター, 大学 HP 掲載。	

## 報告 Report

## 櫻井研究室平成 21 年度活動報告

原稿受付 2010 年 4 月 29 日  
ものづくり大学紀要 第 1 号 (2010) 67~72

櫻井大八郎

ものづくり大学 技能工学学部 製造技能工学学科

## 1. 概況

平成 22 年度末で定年を迎えることから、主として授業 (17 教科) の移管を前提として活動を組立てた。授業内容に関しては、一部を除いて、非常勤の先生方で対応できる状況とした。ただし、授業のマネジメント (カリキュラム, シラバス, 予算, 時間割調整, 日程調整等) に関しては、後継者が未決定のため対処できていない。対外的には「ものづくり教室」を行い、小学生や女性方に溶融・鋳造の勉強とともに、ものづくりの楽しみを味わっていただいた。共同研究としては、4 社から鋳造・熱処理に関する研究を受託し、それぞれに御満足をいただいている。原子力施設等デコミショニング研究会や NEDO・中央職業能率協会・行田市の委員として評価・研究に参加した。日本鋳造工学会の全国講演大会では 2 件の口頭発表を行った。時間割がほぼ全て埋まっている中での授業移管計画・実行であり、今年度いっぱいフォローしてみる。その他、院生 1 名、学部生 7 名全員が就職できたのは、この時期においては幸運であった。また、碧蓮祭のものづくり大賞で、ラボ院生が大賞は逃したものの 2 位入賞であり、ラボ学生が応募した SOHO 協議会主催の懸賞付き学生論文で敢闘賞を得た。また、行田市から依頼されたモニュメントの制作も無事完了した。忙しくはあったが、充実した 1 年であった。

## 2. 学内教育活動

### 2.1 大学院ものづくりビジネスマネジメントおよび演習 (2Q) 2 コマ/W

P.F. ドラッカーの「現代の経営」をベースとして、講義・運営した。神谷教授・松本非常勤講師の協力を得てイノベーション・マネジメント、企業実務 (法務・財務他) を講義・演習するとともに、企業理念・企業設立・企業倫理等について話し合った。

### 2.2 大学院サステイナビリティ技術特論 (3Q) 1 コマ/W

地球環境・資源・エネルギーについて、学外非常勤講師 2 名を含め、持続可能な社会とそれを実現するに必要となる諸技術について話し、ものづくりに必要となる技術コンセプトについて議論した。

### 2.3 大学院ものづくりプロジェクト実習 1~4 (1Q~4Q) 4 コマ/W

大学院 1 年生 2 名に対し、それぞれ「未利用資源の有効利用に関する研究」、「高温用 CAE 技術に関する研究」の実験・研究の指導を行った。前者は独自研究であり、地球温暖化対策として研究を進めている。後者は企業との共同研究であり、鋳造時の金属の挙動をシミュレートするための基礎的な物性値を実験的に求めている。

#### 2.4 大学院ものづくりプロジェクト実習 5, 6 (1Q, 2Q) 4コマ/W

大学院 2 年生 1 名に対し、「未利用資源の有効利用に関する研究」の実験・研究指導を行った。本研究では、実験用のロータリーキルンを製作し、これを用いて RDF の炭化を行うなど、工業化に向けた研究とした。

#### 2.5 大学院ものづくり課題研究 1, 2 (3Q, 4Q) 4コマ/W

大学院 2 年生 1 名に対し、「未利用資源の有効利用に関する研究」の研究論文作成、発表技術等に関する指導を行った。

#### 2.6 大学院ものづくりデザイン (2Q) 1コマ

大学院 1 年生 5 名に対し、「プラントデザイン」として、製鉄プラント、廃棄物処理プラントの実例をベースとして、その手順・考え方・具体的方法について講義した。

#### 2.7 鋳造および実習 A, D (1Q) 2コマ/W X2

鈴木特別客員教授他 3 名の非常勤講師の協力を得て、鋳造理論・鋳造技術・鋳造業等の講義をするとともに、実際にアルミニウム合金、銅合金、鋳鉄等の鋳物を製作し、鋳造の基本的技術・技能の習得を図るとともに、高温金属の取り扱いを学んでもらった。さらに、ものづくりに最も必要とされる製品コンセプトとその具現化方法を実感してもらった。鋳鉄での鋳物製作を実際に行う教育を実施しているのは、大学としては当大学のみであり、業界からも大いに期待されている。

#### 2.8 セラミック成形入門 A, D (1Q, 3Q) 2コマ/W

大田非常勤講師の協力を得て、オールドセラミックの混練・成形・焼成・釉掛け等の理論・技術・歴史について講義するとともに、陶土を用いた実習を行い、オールドセラミック（陶器）の製造技術・技能を習得してもらった。鋳造および実習と同様に、何を作るかを自分で考える、産みの苦しみを体感してもらった。

#### 2.9 ガラス加工および実習 A, D (4Q) 2コマ/W

柳非常勤講師の協力を得て、ガラスに関する理論・技術・歴史等について講義するとともに、実際にガラスの成形加工（フュージョン、バーナーワーク、カップパー、スランピング等）を行い、ガラス加工の基礎的な技術・技能を習得してもらった。この授業でもテーマは与えず、作品は自分で考えることとしている。

#### 2.10 創作演習 D (3Q) 2コマ/W

鈴木特別客員教授の協力を得て、世の中になくもの、人々の役に立つものを作るという目的で、学生各人にテーマを選定させ、それが本当に世の中になくものかの検証（特許検索、特許作成）を行い、またそれがどのように人々の役に立つのかを机上検証するとともに、設計を行い、図面等のドキュメントを作成してもらった。自分のイメージを具現化する基礎を学んでもらった。

#### 2.11 創作評価 D (4Q) 4コマ/W

2.10 と同様に 2.10 で設計した作品/製品を具体的な「もの」として機材調達・加工・組立てを行い、完成品が所定の機能を発揮することを確認し、発表してもらった。自分の設計したものが具体的なものとして完成されることは学生にとって苦しみでもあり、楽しみでもある。

#### 2.12 金属材料 (2Q) 1コマ/W

材料の基礎（物性物理）、材料試験方法、材料の種類と特性、相律、状態図、熱処理、溶融・凝固、変形、強度等の基本的事項について解説するとともに、金属材料（鉄鋼、銅合金、アルミニウム合金他）の種類・合金元素の働き・特性・用途等について講義した。特に各種製品のどこにどのような材料が使用されており、それはその材料のどのような特徴を生かしているのかについて解説した。

#### 2.13 非金属材料 (3Q) 1コマ/W

2.12 からの連続授業として、非金属材料（セラミックス、プラスチック、複合材料、新材料他）

の種類と特性および用途について講義した。

#### 2.14 Lゼミ(4Q)1コマ/W

ラボ配属学生に対し、当研究室の研究内容について話すとともに、鑄造に関する論文の英文和訳を輪講で行い、解説した。これにより技術論文の形式、技術英語の習得の方法、鑄造技術の流れ等について習得してもらった。

#### 2.15 セミナー1(1Q)1コマ/W

ラボ配属学生に対し、畑村洋太郎氏の「失敗学のすすめ」の輪講を行い、失敗(誰でもおかし)をいかに生かすかについて話した。同時に企業のあり方、現時点での経済・政治等について話し、就職活動の一般常識を持ってもらった。

#### 2.16 セミナー2(3Q)1コマ/W

碧蓮祭で行う「ものづくり教室」の準備・実行・評価を学生自身の手で行わせた。ここでは自分で作ること、人に教えること、ものを売ること、人に集まってもらうことの相違と、どのようにすれば顧客を獲得できるかについて学習してもらった。

#### 2.17 卒研・修論指導(1Q~4Q)12コマ/W

大学院修士課程3名、学部4年生7名に対し、それぞれのテーマについて研究・実験・論文指導を行い、それぞれ修了、進級、卒業させた。

#### 2.18 産業構造論1~3の準備

学生に日本の産業の内、特に工業について、各産業がどのような活動をしており、就業者数・売上高・利益等がどのようになっているか、将来に向けた開発としてどんなことをしているか、技術者はどんな仕事をしているか等について、代表的な各産業のOB(元役員クラス)の方々にお話しいただき、学生の将来の進路決定の参考、あるいは一般常識の向上に役立てるような計画を立案し、各産業の選定・各講師の選定・講義内容のすり合わせ・講師受託了解取り付け等を行い、今年度からの正規授業に間に合わせる事ができた。

### 3. 学内委員会ほか

#### 3.1 就職・インターシップ委員会

委員会活動としてはあまり活動出来なかったが、就職セミナーとして「産業構造論」を準備し、3Q、4Qで開講にこぎつけた。(このセミナーは来年度から正規授業として開講される。)また、就職率改善策として鑄造業界に特別の配慮をお願いし、就職率改善に貢献した。

#### 3.2 国際交流委員会

この委員会ではあまり活動出来なかった。

#### 3.3 サステナビリティ技術特論1~4の準備

大学院のサステナビリティ技術特講を拡大し、環境問題にかかわる背景・法規・技術全体を、各分野の専門家に詳述していただき、サステナビリティ技術特論1~4として再構築するための、内容検討・講師選定・依頼等の準備を行った。

### 4. 共同研究等

ものづくり研究情報センターを通じ、以下の共同研究・奨学研究を行った。

#### 4.1 「アルミニウム合金ダイキャストの湯流れ・凝固に関する研究」

アルミニウム合金のダイキャストにおいて、シリンダー内および金型内の湯流れ状況を、耐熱ガラスを用いた実溶湯試験、水モデル試験、コンピュータ解析を行い、それぞれが概ね一致する入力条件を求め、小型試験の場合の最適射出条件を求めた。また実物大の凝固試験とそのコンピュータ解析を行い、凝固進行を模擬する計算条件を求めた。これらの条件を現場で適用した結果、従来あった鑄造欠陥（ガス巻き込みと破断チル相）が劇的に減少した。今後は実物サイズでの水モデル試験、現場実験等を行い、コンピュータ解析精度の確認を行う予定である。

#### 4.2 「球状化剤の解析」

球状黒鉛鑄鉄を製造するために用いられる球状化剤について、国内産 2 種と外国産 1 種の化学成分（微量成分を含む）分析、偏析状況調査、組織調査等を行い、原料産出地の違い、凝固冷却条件の違い等を明らかにし、球状化剤製造時の適正条件を求めた。

#### 4.3 「鑄型等物性値調査」

鑄造用砂型は各工場によりその製法、ひいてはその特性が異なり、コンピュータで凝固・湯流れ・変形等の解析を行う場合、文献値そのままでは十分なシミュレーション結果が得られない。そこで依頼企業で試験用鑄型を製作していただき、それを用いて鑄造試験とコンピュータ解析を行い、両者が一致するための条件（物性値等）を求めた。今後は現場でのデータ採取を行い、ラボ試験との整合性を確認する予定である。

#### 4.4 「熱処理変形量低減策の検討と技術指導」

炭素鋼、低合金鋼の浸炭焼入れ時の変形に関し、想定される変形原因を経験と理論に基づいて検討し、変形量低減策（理論的と作業実態的の両面から）を提示した章等の見出し

### 5. 学外教育活動

#### 5.1 シルバー鑄造教室（行田市主催、おもしろものづくり教室）

母親を通じた理科離れ・工学離れ防止策として、18歳以上の女性を対象として、シルバーを用いたアクセサリ鑄造教室を平成21年7月21～23日に当大学にて開催した。今年度はピンクシルバー等の新合金も含め、新しい技術に挑戦した。参加者からは非常に好評で、また来年度もやりたいという評価であった。（写真1）

#### 5.2 親子鑄造教室（行田市主催、おもしろものづくり教室）

小学生の児童にも鑄造に親しみ理科に興味を持ってもらい、工学離れを防止するため、当大学で開発した有害でない低融点金属（融点78℃）を用いた鑄造教室を平成21年7月28、29日に当大学にて開催した。参加者たちは、自分が作った紙粘土が金属に置き換えられる、金属が湯煎で融ける、小麦粉粘土で型が作れる等に驚いたり興味を持ったりで、大いに楽しんだ（写真2）。

#### 5.3 碧蓮祭ものづくり教室（ものづくり大学主催）

当大学の学園祭である碧蓮祭において、鑄造教室、ろうそく教室、ガラス加工教室等を平成21年10月31日、11月1日当大学において実施した。2日間の参加者は全体で100名超となり大盛況であった。特に小学生の参加者が多く、碧蓮祭に来るような小学生はやはりものづくりが好きなんだという気がした（写真3）。

#### 5.4 原子力施設等デコミショニング研究会（私的団体）

原子力施設の解役、廃炉が始まっており、これを解体・再利用する技術が脚光を浴びている。この技術の勉強をするために約30社が集まり、標記研究会（会長：石川迪夫氏）を実施している。この研究会に主査・監事として参加し、会員の勉強の支援を行った。研究会は概ね1回/月の頻度で行われてお



写真1 シルバー鑄造教室（行田市主催）



写真2 ものづくり教室（親子鑄造：行田市主催）



写真3 ものづくり教室（鑄造：碧蓮祭）

り、デコミショニング（解役・廃炉）に関する現状，技術，法規等に関して講師を招いて勉強するとともに現地見学会も実施している。

また研究会として，勉強の成果を生かし，NHK の報道（原発解体）の誤りを指摘，抗議した。

同時に，デコミショニング先進国である米国のデコミショニング・ハンドブック（米国機械学会 /ASME）を翻訳し，出版した。

## 6. 学外研究発表

日本鑄造工学会 第 154 回全国講演大会（2009.5. 30，早稲田大学）において  
「アルミニウム合金ダイカストスリーブ内の凝固層に関する研究」  
「アルミニウム合金ダイカストスリーブ内の破断チル層に関する可視化模擬実験」  
の 2 件を口頭発表した

## 7. その他の学外活動

### 7.1 中央職業能率協会 中央技能検定委員

昨年度に引き続いて，特級 鑄造，特級 品質管理の中央技能検定委員を務め，試験問題の作成，解説，チェック等に参加した。

### 7.2 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 技術委員

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委嘱を受け，NEDO 技術委員として，NEDO で実施した研究開発の事後評価を実施した。

### 7.3 行田市産業廃棄物処理施設等設置調整審査会委員

行田市からの委嘱により，行田市産業廃棄物処理施設等設置調整審査会委員として活動した。

### 7.4 行田市モニュメントの制作

行田市から依頼されていた，125 号線沿いの歩道にモニュメントを設置する制作も「行田市の歴史と文化」というテーマで昨年度 3 体，今年度 3 体の計 6 体を制作し，所定の場所に設置した。

---

## 報告 Report

## ものづくり大学におけるインターンシップの実績（その1）

—2002年から2009年までの成果レポート—

原稿受付 2010年5月11日

ものづくり大学紀要 第1号 (2010) 73~83

宮本 伸子

ものづくり大学 学務部学生課

## 1. はじめに

ものづくり大学の設立計画が具体化し始めた1997年は、日本国内におけるインターンシップについて、「学生が在学中に自らの専攻、将来のキャリアに関連した就業体験を行うこと」（1997年、教育改革プログラム、文部省(当時)<sup>1)</sup>とされた年である。同年は、当時の文部省、労働省、通商産業省の三省の合意が形成され、本格的な取組が開始され、インターンシップ元年と呼ばれている。

ものづくり大学のカリキュラムを検討する段階で、実践的なものづくり教育には実際のものづくりの現場での体験学習が必要不可欠であるという議論と、このインターンシップの枠組みの誕生とが時を同じくしたことから、当初からインターンシップをカリキュラムの中に位置付けることとなった。

当時の記録では、カリキュラム検討の会議の中で、半年程度のインターンシップ（現場実習）が望ましいという意見や、建設系では早期に建設現場の実際を味わわせたいという議論などがあった。また、初期には必修科目として文部省に事前協議に行ったところ、「本当に必修にできるのか」と疑問を呈されて、開学当初の4年間はカリキュラムの変更は出来ないことから、選択科目にとどめておこうということで、開学時のカリキュラムが完成したという経緯もあった。

そして2001年4月開学。様々な本学独自のカリキュラムを試行錯誤を繰り返しながら一期生の学生と実現していく中で、製造技能工芸学科、建設技能工芸学科の両学科長を中心にインターンシップ検討会を立ち上げ、具体的なインターンシップカリキュラムの確立と、受け入れ先企業の開拓に乗り出した。

## 2. インターンシップの位置づけ

## 2.1 製造技能工芸学科のインターンシップ

## 2.1.1 インターンシップの履修時期等

製造技能工芸学科では、開学当初のインターンシップの位置づけは、3年生の4クォータと4年生の1クォータに履修することとして位置づけていた。

しかし、近年の就職活動の流れを勘案すると3年生の4クォータと4年生の1クォータでは就職活動とあまりにも重なるという意見があり、検討の結果、3年生のインターンシップAは2クォータに原則全員が履修することとした（実働40日）。

一方、4年生のインターンシップBについては様子を見ながら履修時期など柔軟な対応をする方向となった。また3年生の夏休みを利用して、インターンシップAとインターンシップBを連続履修する方法も希望者によっては行えるものとした。

### 2.1.2 インターンシップの目的

インターンシップAのねらいは、「製造業全般について、企業等の生産現場で実務を経験し、ものづくりの様々な様態や定石を知って、工夫する力、創造力を涵養する。」<sup>2)</sup> こととしている。これは、製造技能工芸学科のカリキュラムの中で初めて履修するインターンシップとして、実際の職務を体験することを重視したためである。

これに対して、インターンシップBのねらいは、「専門とする技能・技術や製品について、企業等の生産などの諸現場で実務を経験し、自らの能力レベルを把握し、就職を念頭に置いてその向上に努める。」<sup>2)</sup> こととし、就職して実務に就くことを踏まえた実践的レベルアップを目的としている。

### 2.1.3 インターンシップの着手条件

インターンシップAの着手条件としては、社会に出てインターンシップを履修するに足るだけの学習が進んでいることを条件とするため、インターンシップの手続きを開始する（3の項を参照）2年生の3クォータ末の時点で60単位（卒業修得必要単位数の1/2弱）を修得し、かつ実習科目や安全に関わる科目を履修できていることとした。

インターンシップBについては、インターンシップAを履修済みであることのみが条件であり、場合によってはインターンシップAに連続してBを履修できるものとなっている。

## 2.2 建設技能工芸学科のインターンシップ

### 2.2.1 インターンシップの履修時期

建設技能工芸学科では、開学当初のインターンシップの位置づけは、2年生の2クォータと4年生の1～2クォータに履修として位置づけていた。

これは、建設業において現場の業務はかなりの体力と気力を要することから、なるべく早い時期に現場体験をさせようとしたことによるもので、基礎インターンシップは2年生の2クォータに原則全員が履修とすることとした（実働40日）。

一方、4年生の専門インターンシップについては、就職活動との重なりや、インターンシップを履修することで就職につながる場合（小規模事業所等）も多いと考えられることから、1から3クォータの中で2クォータ分を原則全員が履修するものとした（実働80日）。

その後、専門インターンシップについては、1クォータのみを必修相当扱い（全員履修）、2クォータ目は選択扱いとして2009年度まで運用してきている（実働40日又は80日）。

### 2.2.2 インターンシップの目的

基礎インターンシップのねらいは、「建設業および関連業の様々な様態を知り、建設現場の実務の流れ、段取、工程計画・管理、安全などの基本事項を体験し、今後、自分が果たしうる役割を考える。」<sup>2)</sup> こととしている。これは、建設技能工芸学科のカリキュラムの中で早期に現場の厳しさを体感させるために、実際の職務を体験することを重視したためである。

専門インターンシップのねらいは、「専門とする技能・技術の分野について、生産計画、現場制作および施工、現場管理、企画設計などの業務を体験し、就職に向けて、その能力の向上につとめる。」<sup>2)</sup> こととし、就職して実務に就くことを踏まえた実践的能力の向上を目的としている。

### 2.2.3 インターンシップの着手条件

基礎インターンシップの着手条件としては、社会に出てインターンシップを履修するための最小限度の学習が進んでいることを条件とするため、インターンシップの手続きを開始する（3の項を参照）1年生の3クォータ末の時点で20単位（1年次の履修単位数の概ね1/2）と、必修科目の1/2以上を修得しており、かつ実習科目や安全に関わる科目を履修できていることとした。

専門インターンシップについては、基礎インターンシップを履修済みであることとともに、卒業研究に着手できる、つまり卒業準備ができる単位数としている3年生末での修得単位数が104単位を超えていることが条件である。

なお、基礎インターンシップを2年次に履修できなかった学生については、3、4年次に一定の条件を満たした場合には休業期間中等に履修することを当初は認めていたが、近年は原則禁止としている。

### 3. インターンシップの学内手続き等

#### 3.1 インターンシップの諸手続き

インターンシップは通常の授業科目の履修とは異なり、受入企業との調整などが必要なことから、次のようなスケジュールで、履修するインターンシップ受入先との調整・決定を行い、その結果を履修登録するものとしている。<sup>3)</sup>

なお、インターンシップ開始までの手続きは、就職・インターンシップ委員会委員と学科長、学生課就職・インターンシップ

係が協力して説明会や事前指導セミナーなどを行い、学生と受入企業のマッチングは全教員が分担することで、受入企業ごとに必ず一人の指導教員がつくものとしている。

また、インターンシップを開始する条件として安全管理上の問題があり、ものづくり大学では不測の事態に備えるための学生保険に入らせるようにしているが、入学時点では必ずしも皆保険とはなっていないため、インターンシップ履修を機に必ず保険への加入を義務付けている。

#### 3.2 学生の責務

学生は、以下の手続き書類やレポートなどを提出することが義務付けられており、これを怠ると次項の成績評価がなされないこととなる。<sup>3)</sup>

(インターンシップ開始前)

- ① 説明会の資料に基づき、担当教員の指導を受けて、希望調査票を指定期日までに提出。
- ② 仮決定の後、学生紹介票に必要事項を記入し、指導教員のサインを受けて提出。
- ③ 受入先との協定書に基づく同意誓約書と交通機関の届出を提出（保険未加入者は加入）。

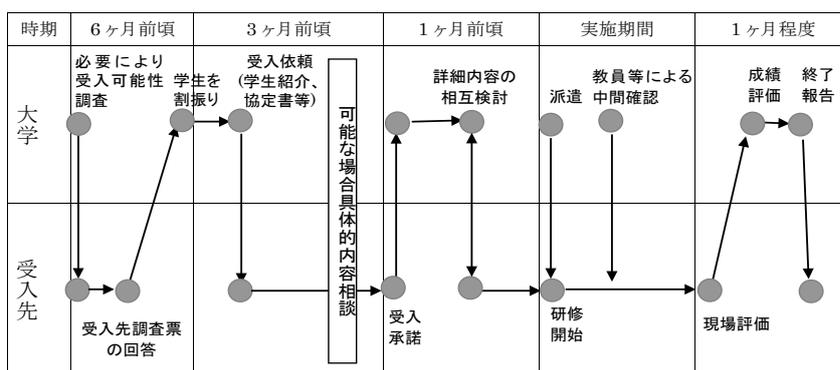


図1 インターンシップ履修までのフロー

表1 インターンシップ関連手続き書類

区分	書類名称	提出者及び提出先		提出方法	提出期限	
		大	学			企業
開始前	学生紹介票	○	○	●	直接提出	受入先決定直後
	インターンシップ協定書への同意誓約書	○	●		直接提出	
	インターンシップ協定書	●		●	郵送等	
	インターンシップ計画票	○	○	● (受入責任者)	郵送等	学生紹介後
期間中	開始届等 研修生出席簿 日誌、週報等		○	●	(アドバイス等)	
終後	評価票	○		● (指導担当者)	郵送	インターンシップ終了後

- ④ 受入先からインターンシップ計画票を受け取り、インターンシップ受入先の概要等を承知し、インターンシップの趣旨、目的等を理解するとともに、受入れ条件等を確認し、事前の学習や安全についての準備等を行う。
- ⑤ インターンシップ計画票に基づき、指導教員の指導の下で、インターンシップ受入先の指導担当者と連絡を取り、準備を開始。  
(インターンシップ期間中)
- ⑥ インターンシップ開始報告およびインターンシップ研修予定表を提出。
- ⑦ インターンシップ研修学生出席簿に押印。
- ⑧ 実習日誌を毎日つける。
- ⑨ インターンシップ週報を毎週末作成し、指導教員にメールか郵送で届ける。
- ⑩ インターンシップ期間中の変更や出張などは大学に届け出る。  
(インターンシップ終了後)
- ⑪ 指導教員のもとへ直ちに電話かメールにより終了報告。（終了日又は翌日）
- ⑫ 実習ノートおよびインターンシップ報告書を提出。
- ⑬ 指導担当者等関係者へ礼状を発送。
- ⑭ インターンシップ報告会等の準備。
- ⑮ インターンシップに関する事後アンケートに回答。（第3クォータに実施）

### 3.3 成績評価

成績評価は、本人の出席状況、週報とレポートによる実績状況、企業からの評価票ならびに教員が途中で指導に出向いたときの状況などを総合して、各指導教員が評価を行う。<sup>3)</sup>

成績評価は、原則としてインターンシップを履修したクォータの成績評価に入れるが、夏季休業が挟まるため、学生によっては秋以降の成績評価にずれ込む場合がある。特に4年生においては、インターンシップが終了してから出来る限り速やかに成績評価を出すものとしている。

## 4. 2002 から 2009 年度までの教育成果

表 2 2002～2009 年度の履修状況一覧

### 4.1 履修人数等の概要

2002 年度に建設技能工芸学科のインターンシップを開始してから 2009 年度まででインターンシップを履修した学生数は、延べ 3,157 人、受入れていただいた企業の延数は 2,241 社である。また、これらのインターンシップを実現するために、受入可能と表明していただいている企業数は、延 3,103 社である(表 2 参照)。

このことから、受入表明をいただいている企業に必ずしも学

年度	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	合計
新規開拓受入可能企業数(社)									
製造技能工芸学科	0	107	48	55	56	34	41	21	362
建設技能工芸学科	141	119	201	186	152	115	131	77	1,122
計	141	226	249	241	208	149	172	98	1,484
当該年度受入可能企業数(社)									
製造技能工芸学科	0	107	128	133	151	122	126	97	864
建設技能工芸学科	141	187	289	331	372	317	329	273	2,239
計	141	294	417	464	523	439	455	370	3,103
当該年度学生派遣企業数(社)									
製造技能工芸学科	0	79	78	90	77	86	81	68	559
建設技能工芸学科	98	147	253	256	248	236	246	198	1,682
計	98	226	331	346	325	322	327	266	2,241
インターンシップ履修学生数(人)									
製造技能工芸学科	0	131	114	129	122	154	142	118	910
建設技能工芸学科	140	175	296	330	333	330	329	272	2,205
科目認定	14	3	14	3	1	5	2	0	42
計	154	309	424	462	456	489	473	390	3,157

\*各年度とも単位として修得した学生分を集計

\*単位認定は、社会人経験者等で、相当の経験があるとして単位が認められたもの

生が派遣できるわけではなく、学生の希望を入れたインターンシップを実現するためには、学生数にほぼ匹敵する程度の受入可能企業数があることが必要条件だと考えられる。

#### 4.2 インターンシップ履修者の状況分析

本項では、2005年度の履修者の状況と2009年度の履修者の状況を比較しつつ、就職先との関係では一期生（2004年度卒業）から六期生（2009年度卒業）までの経緯をたどりつつ、分析を行う。

2005年度は4年生が二期生であるという開学初期の状態であり、かつ人材募集への社会機運が高かった、言わば売り手市場の時期であった。これに対して、2009年度は大学としては六期生が卒業する安定してくる時期であるが、一方では就職氷河期以上と言われ、人材募集は全く買い手市場に逆転した時期である。

##### 4.2.1 製造技能工芸学科の受入企業の特性

製造技能工芸学科の受入先企業の業種、職種の2005、2009年度の比較では図2、3の通りとなる。

業種としては、2005年度で最も多かった機械装置は大きく減少し、電気・電子機器、その他の各種の製造（化学製品等）、その他の機械製造などが増加していることがわかる。これは学生の気質というよりは、社会情勢の変化に基づく点が大きく、そもそも受入可能企業の業種が機械装置などから各種製造業などへ変化したことによるものである。

一方、職種の方を見ると、機械の組立・製造、生産技術、部品加工などが増加しており、業種が景気の影響を受けているにも関わらず、職種としてはものづくり大学の強みである生産の現場に直結する部門の割合が増加している。このことは、ものづくり大学の特性に対する社会の評価や期待が一定方向に向いてきた結果ではないかと思われ、今後の動向が注目される。

##### 4.2.2 建設技能工芸学科の受入企業の特性

建設技能工芸学科の受入企業の業種、職種の2005、2009年度の比較は図4、5の通りとなる。

業種としては、専門工事、工務店、設計・コ

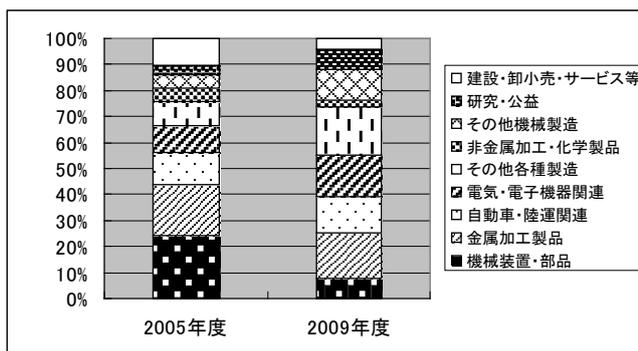


図2 製造技能工芸学科の受入企業の業種

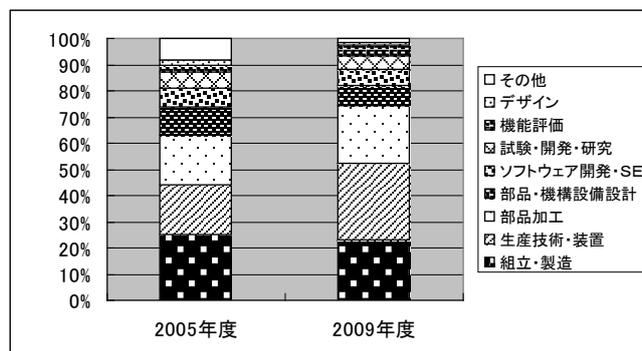


図3 製造技能工芸学科の受入企業の職種

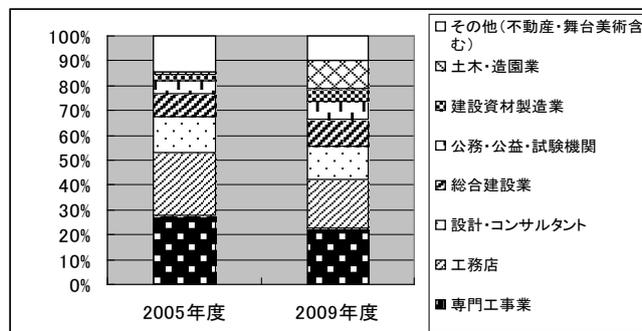


図4 建設技能工芸学科の受入企業の業種

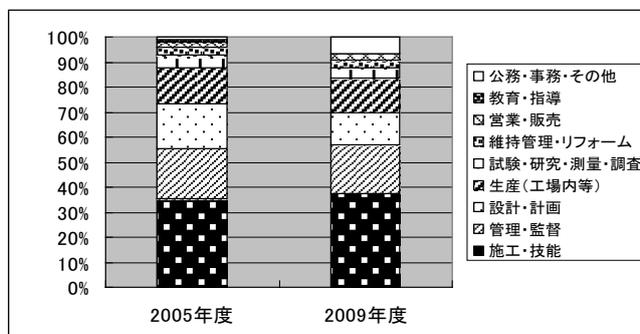


図5 建設技能工芸学科の受入企業の職種

ンサルタントが少しずつ減り、総合建設業、資材製造業、土木・造園が少しずつ増えるということで全体のバランスが取れていることが見て取れる。

また職種についてはあまり変動がなく、建設技能工芸学科においては、施工・技能、管理・監督で半数以上が占められる状態となっている。

#### 4.2.3 学生アンケートにみる学生自身の評価

毎年度、多くの学生がインターンシップを終了した第3クォータに、学生へのアンケートを実施し、効果等の確認と合わせ、次の年度の実施における改善につなげることとしている。

2005年度の調査対象は建設基礎（2年生）164人、製造A（3年生）120人、建設専門（4年生）166人の計450人、2005年11月1日現在での回収数は188人で、全体で約42%の回収率である。2009年度の調査対象は建設基礎（2年生）130人、製造A（3年生）109人、建設専門（4年生）139人の計378人、2009年11月1日現在での回収数は196人で、全体で約52%の回収率である。なお、製造Bについては履修者が少なく、有意でないため、集計には入っていない。

ここでは、両年度のそれぞれの学年ごとに集計した結果についての分析を試みる。

##### (1) インターンシップへの興味

インターンシップに興味をもって取り組んだか？という設問では、いずれの年度、学年ともに「十分興味をもった」と「まあまあ興味をもった」の合計が90%を超えている場合が多いが、2009年度の製造A3年生のみが80%程度と低迷している。この点については、2009年度の製造技能工芸学科向けのインターンシップ先の確保が困難になってきていたため、学生が必ずしも納得したインターンシップ先でなかったという点が影響している可能性が高い。

##### (2) インターンシップを受けての評価

インターンシップを受けて良かったか？という設問には、(1)と同様に90%の学生が「十分良かった」あるいは「まあまあ良かった」と応えている。

ただし、(1)と同様に2009年度では製造の3年生の満足度が低く、特に「十分興味をもった」と「十分良かった」が半分を切るという前例のない事態となり、今後のインターンシップの運営に注意が必要である。これに対して2009年度の建設の4年生のインターンシップでの満足度は例年以上に高く、同年の4年生のインターンシップから就職につながった実績が再び増加した（表3）こととも関連があると考えられる。

##### (3) インターンシップの成果

インターンシップを経験して何が得られたか？という設問には、「大学とは違う経験」と「段取りの大切さ」が年度や学年を問わず多い。続いて「多数の人の関与」「業界への理解」が挙げられている。

逆に、なかなか項目として挙げられないものは、「自分の将来像」、続いて「これから何をすべきか」と「時間を守ること」であった。時間を守ることの大切さは、インターンシップの事前教育のひと

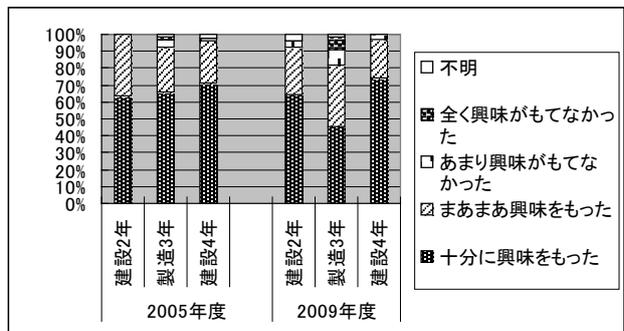


図6 学生アンケートーインターンシップへの興味

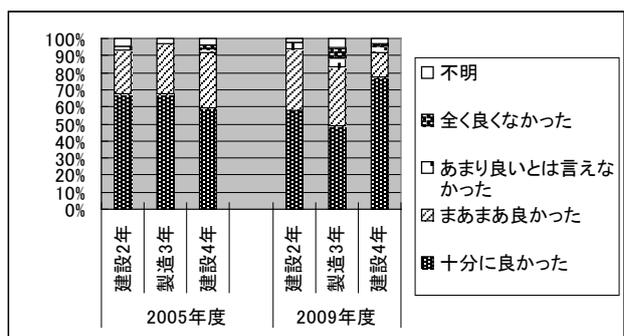


図7 学生アンケートーインターンシップへの満足度

つのポイントであり、それが認識されにくいということは事前教育のあり方について考え直す必要性を示唆している。

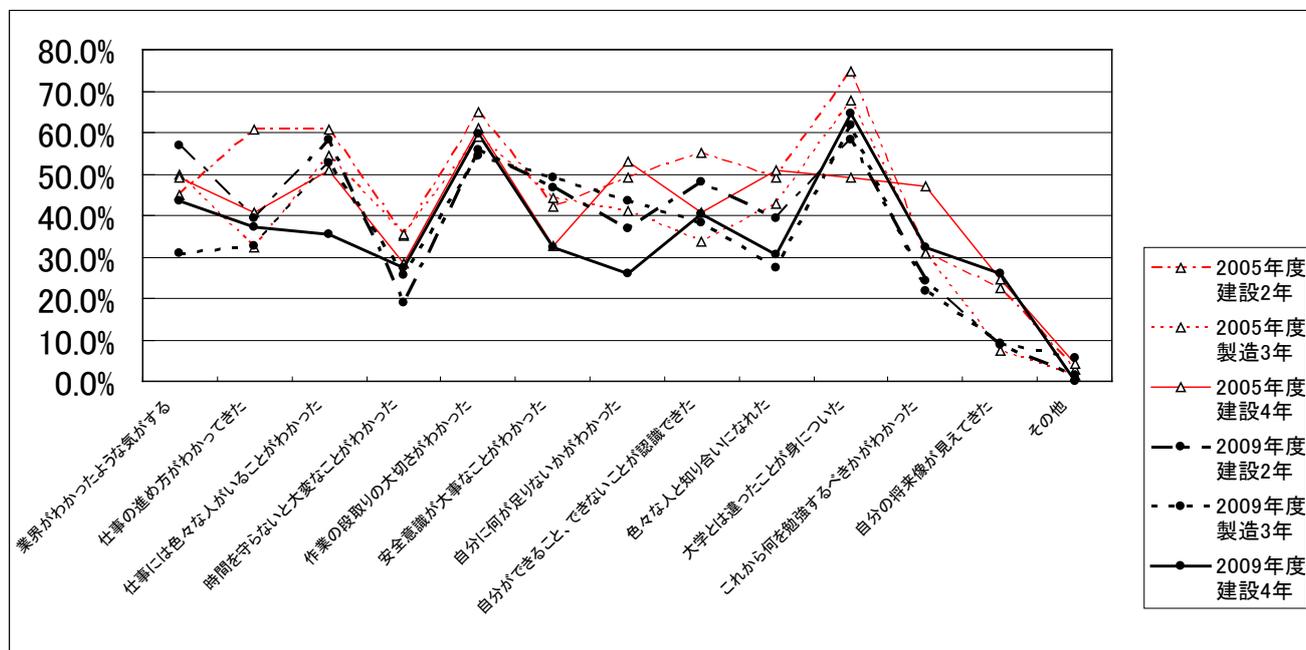


図8 学生アンケート—得られたものは何か

#### 4.2.4 インターンシップ先と就職先の関係

ものづくり大学では2004年度の一期生の卒業生から、インターンシップ先に就職する学生が一定割合いる。

前述のインターンシップ元年より、インターンシップはあくまで教育の一環であって、結果として就職につながることはあっても、就職を目的とするものではないと言われてきた。その大原則は現在も変わっていないはずではあるが、以前よりはインターンシップの結果が就職内定につながるものが問題視されなくなったようである。

2009年度において、ものづくり大学は、地元行田市の商工会議所が実施した「国内インターンシップ事業」に協力したが（次項参照）、その中ではむしろ地域の中堅・中小企業への人材確保を目指すためにインターンシップの受入を積極的にすすめることが主唱されている。<sup>4)</sup>

そのような意味では、ものづくり大学の卒業生約1700名のうち、2割程度がインターンシップ先に就職しており、特に建設技能工芸学科では3割を超えていることは顕著な事例として提示できる。

このようなインターンシップ先への就職は、少数の例外を除くと、中堅・中小企業で、毎年の求人募集数が数名以下という企業が圧倒的に多い。

表3 インターンシップ研修企業と就職内定企業の関連

分類	1期生合計	2期生合計	3期生合計	4期生合計	5期生合計	6期生合計	製造合計	建設合計	合計
就職先とIS先が一致している者	57	78	65	62	55	54	59	312	317
卒業生数	254	262	271	286	311	279	747	916	1,663
卒業生数に対する「就職先とIS先が一致している者」率	22.4%	29.8%	24.0%	21.7%	17.7%	19.4%	7.9%	34.1%	19.1%

## 5. 企業からのインターンシップへの評価

### 5.1 評価票に見られる学生への評価（2009年度）

受入企業にインターンシップ終了後、評価票に記載していただく評価コメントの中から良い面と悪い面を抜粋する。例年、同様の評価があり、悪い面については、学生指導の改善につなげる糧としている。

#### 5.1.1 良い面の評価

- ① 仕事に対する基本姿勢：礼儀正しい、挨拶が出来る、事前に研修内容の事に関して調べる、出社が早い、帰りは予定時間を過ぎてても課題をこなす姿勢がある、コミュニケーション能力が高い、など
- ② 研修への前向きな取り組み：研修意欲がある、積極的に質問等を行う、ポイントをメモする、自分の意見を発言できる、分からないことは理解できるまで確認する、など
- ③ 社会に出る覚悟：将来的にこの業界で働きたいという目標を持って参加していた、安全に対する意識も高かった、2年生でも4年生レベルに匹敵する研修ですぐにでも社会に出られる、依頼先の方からも高い評価をされた、など
- ④ 業務の内容：技術がある、作業の正確さ丁寧さを感じた、など

#### 5.1.2 悪い面の評価

- ① 仕事に対する基本姿勢：遅刻など時間の重要性・正確さという点で劣る、遅刻時の連絡がない、朝の挨拶や返事の声小さく元気が無い、人から学ぶ、話を聞くという態度が必要、周りの社員とのコミュニケーションが不足、研修中に居眠り、など
- ② 研修への取組が希薄：積極性が見られない、研修への取組み姿勢が受け身、探究心が弱く、受動的な感じ、指示待ち、課題や目標を明確にする必要がある、質問がない、など
- ③ 社会に出る覚悟がない：次の指示が無いと立ったまま、やる気が感じられず自分がなぜ研修に来ているのか理解していない、色々と指摘してもやらされている感覚で反省しようとしなない、事務的な作業になると意欲が低下し、集中力がなくなってしまう、道具を乱暴に扱うことがある、など
- ④ 業務の内容：大学生にしてはやや知識が不足している、作業が遅く最終日まで完了しなかった、建築に取り組む姿勢に疑問、など

#### 5.1.3 総合的な改善方向

良い面と悪い面の多くは表裏一体であり、学生個人個人の違いが原因である場合が多い。これを改善するためには、集合研修としての事前教育と同時に、個別の学生に対する意識付けの機会を設ける必要がある。

社会人としての意識、インターンシップへの取り組み姿勢については、なぜインターンシップが必要か、他の授業と異なる授業としての意味を認識させるようなガイダンス等の工夫が必要である。

## 5.2 国内インターンシップ事業（行田商工会議所実施）における企業アンケート結果にみる企業にとっての意義

2009年7月から2010年2月の間、行田商工会議所による「国内インターンシップ事業」（中小企業庁から日本商工会議所に委託された補助事業に採択されたもの）が実施された。本項では、その際に行った受入企業へのアンケート調査から、企業にとってのインターンシップの意義にかかわるポイントを抜粋する。なお、調査は行田市近傍の受入企業30社から回答を得たものである。<sup>4)</sup>

### 5.2.1 インターンシップを受け入れた目的

調査では、「若手人材の確保・見極め」が最も多く5割弱であり、続いて「地域社会貢献」であった。全体として社会的な意味より、自社のメリットが重視されている。

調査では次の設問で「この目的の達成度」を聞いたところ、半数強が達成できたとし、残りほとんどとも言えないという回答であり、目的意識を明確にしておくことが重要と思われる。

### 5.2.2 企業にとっての意義

「企業の社会貢献」という意識が最も高く、7割以上の企業が支持している。続いて、「次の人材募集」「若者の意識確認」という点が半数以上から期待されている。企業の経営者等が次の求人方針を考えるきっかけとなると考えられる。

また、若い社員が人を指導する経験ができることは、中小企業には大事な要素と考えられている。

## 5.3 企業との意見交換会で得られた評価

ものづくり大学においては、全国レベルと埼玉県内レベルの二つの協議会により、大学への企業からの評価や意見をいただいている。

### 5.3.1 「第9回ものづくり大学教育研究推進連絡協議会」事前調査における意見より

2010年2月16日に「第9回ものづくり大学教育研究推進連絡協議会」を日本経団連会館において行い、大学への多面的な意見をパネルディスカッション形式で行った。ここではその事前調査として行った会員アンケートのなかからインターンシップにかかわる部分を抜粋する。

#### (1) 長期間のインターンシップについて

- 中小規模の企業からは必要と支持された。
- 一方で長期であることで、その企業の色が過ぎ過ぎないか、という意見もあった。

#### (2) 人材発掘の機会として有効か

- 有効の方向であるとの回答が6割強。
- 有効でない理由として、他社に内定した学生は困る、内定に結びつかないなど。

#### (3) インターンシップ生を採用する場合

- インターンシップ時の評価と面接の評価の双方を均等に評価している企業が4割。
- インターンシップ時を重視する企業では、長期間に本人と接することのメリット、本人の人間性

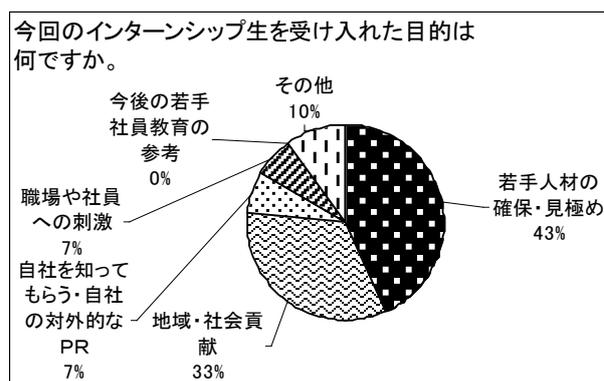


図9 インターンシップ生を受け入れた目的

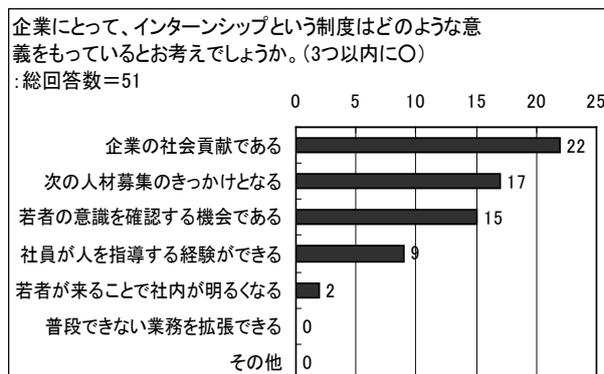


図10 企業にとってのインターンシップ制度の意義

を重視などが挙げられた。

(4) インターンシップ経験者と未経験者の期待値と入社後のギャップ

- 全体として、インターンシップ経験者のほうがギャップが少ない。
- 製造業はインターンシップ経験者が期待以上に能力を発揮との意見が多かった。

5.3.2 「2009年度ものづくり大学と県内企業の情報交換会」における意見より

2010年3月15日に標記の会議を、県内のインターンシップ受入企業6社の関係者の方々に来学いただき、特にものづくり大学のインターンシップの問題点についての指摘をいただいた。ここではそのポイントを抜粋する。

(1) インターンシップ実施の決定関連

- 学生との事前面談を行いたい。
- 事前面談で内容や考え方などを伝えたい。
- 大学が十分に学生を吟味して欲しい。

(2) 学生への事前指導の徹底関連

- あいさつ、時間厳守などの社会基本ルールを徹底指導する（社員と同様に扱うのであれば、基本ルール程度は守らないと困る）。
- コミュニケーションが苦手、コミュニケーション力の不足が感じられる。
- 会社のこと、業界のことについての勉強が不足である。（例えば建築の施工管理の仕事は、施工の作業ではないなど）
- 自分が何をしたいか、何を目標とするかを考えさせる必要がある。（目標がないと意義が見出せないのではないか）
- 将来働くのだといった意識が落ちている。
- 授業と同じで、少しぐらい休んでもよいという感覚があるのではないか。学内でないことで、緊張するべきところが開放的になっている。

(3) インターンシップ実施の姿勢関連

- 企業に任せているという姿勢は問題。
- 報酬は支払ったほうがよいという意見と、支払うべきではないという意見とがあった。
- 40日間は長いので、企業の繁忙期には受け入れにくい場合がある。
- 人数が多いと学生同士で固まり、何のために企業にきたのかわからない場合がある。

(4) 企業が求める人材との相違点関連

- インターンシップの経験を将来どういかしていくのかが見え難い。

5.3.3 今後の改善の方向

5.3.1, 5.3.2の意見を踏まえた改善が求められる。

特に5.3.2で挙げられた内容については、2010年度のインターンシップにおいて、事前指導や企業への紹介などの面での改善を実施することとしている。

## 6. 終わりに

本稿では、ものづくり大学のインターンシップの実績を紹介し、その中で得られているプラス面とマイナス面の評価についても記述した。

1997年にインターンシップ元年と言われてから13年が経過し、日本インターンシップ学会が発足してから10年を迎える今日、インターンシップという言葉を知らない人が少ないというところまで到達し

たことは、驚くべき成果であり、またそれだけ社会ニーズが高いということでもある。

一方で、ワンデイ・インターンシップと銘打った企業見学会があったり、2～3日程度の完全にプログラム化されていて学生が全く考える余地のないものがある。逆に、ベンチャー企業でのインターンシップや海外インターンシップなど、学生の自主性が際立って求められるインターンシップもある。

また、2009年のインターンシップ研究年報<sup>\*5)</sup>の巻頭言に掲げられた田村紀雄による「不況下、いまなにをなすべきか」とう論考では、アメリカなどに比べてわが国のインターンシップ動員の取組が遅れていること、インターンシップに対する社会政策的な取組が必要であることが示されている。

これらの様々なインターンシップの考え方などの中で、ものづくり大学のインターンシップは、1クォータ分が実働40日で当初6単位、現在8単位で運用しており、大きな比重を占めている。ものづくりの工場・現場での研修を主体とし、将来の仕事につながる体験であることが大きな要素であるだけに、昨年度の企業との意見交換などで得られた評価や指摘は重要である。

また、すでに1600名を超える卒業生の中で2割程度のインターンシップ先企業への就職者についてのフォローなどを行うことにより、学生にとってより効果的なインターンシップのあり方を追求する必要があると考えている。

本稿は、インターンシップの実績の発表であると同時に、今後、日本社会全体の取組として、また、ものづくり教育のあり方のひとつの指針としてのインターンシップの研究テーマの入口に着手したものである。諸兄からの講評を請うものである。

## 参考文献

- 1) 「インターンシップの推進に当たっての基本的考え方」文部省、労働省、通商産業省（いずれも当時）、1997.
  - 2) 「インターンシップ受入のお願い」ものづくり大学学生課就職・インターンシップ係、2009年度作成版.
  - 3) 「インターンシップの手引き」ものづくり大学学生課就職・インターンシップ係、2009年度作成版.
  - 4) 「中小企業のためのインターンシップ導入マニュアル」行田商工会議所、2010年2月.
  - 5) 「インターンシップ研究年報第12号」日本インターンシップ学会、2009年7月.
-

## 報告 Report

## ものづくり研究情報センターの活動

原稿受付 2010年4月29日  
ものづくり大学紀要 第1号 (2010) 84~92

尾藤俊和

ものづくり大学 ものづくり研究情報センター

## 1. はじめに

ものづくり大学ものづくり研究情報センター（以下「もの研」という。）は、わが国のものづくり基盤技能技術の振興に資するため、ものづくり基盤技能技術における価値の創造と発信を行うことを目的としている。今回は、ものづくり大学開設以来、取り組んだ事業とその成果を紹介する。

## 2. 事業の概要

もの研がものづくり大学において主として担当している事業の範囲は次のとおりである。

- (1) 国等からの委託調査研究事業
- (2) 外部資金確保のための民間企業との調査研究事業
- (3) 技術相談、知的財産関連相談
- (4) 人材育成事業
- (5) 研究成果や事業内容の発信、関連情報の収集

## 3. 事業の取組み

大学運営に伴う経費は、学生が納入する学費収入に全面的に依ることから、大学開学後の4年間、学生不在の学年について平年比不足が生じる。社会貢献を前提に、大学運営の経費不足分を補うとの意味を含め、国からの委託調査研究事業、埼玉県からの大学等委託訓練事業の受託、民間からの委託等研究事業を積極的に進めてきた。特に国からの調査研究事業は、もの研が所掌する各事業の将来を予測しながら、成果が今後の事業に効果的に反映できるような、企画展開を積み上げ、事業の基盤づくりを図った。開学後5年目からは、当初4年間の経緯を受け、また、大学の持つ特性から事業として適応できる面に関し淘汰を受けつつ、ものづくり大学で事業の適正化が進み、各事業の基盤が固まりながら、発展段階に入った。

### 3.1 章等の見出し国等からの委託調査研究事業（産官学の連携）

ものづくり大学は企業の先端で活躍する技能技術者を育成するため、大学レベルの教育研究を実施する大学である。そのための施設設備や教員を充実して、目的に沿った大学教育と研究が進められているところである。

こういった大学の特徴を生かし、ものづくり産業界と連携し、技能技術者の確保、育成、技能継承などに関し、その実態と課題を明らかにするための調査研究を厚生労働省から、長期にわたり受託してき

た。その成果は年度ごとに報告書にまとめ、厚生労働省、関係機関、産業界等に報告し、併せてホームページに掲載して、調査研究の成果は広く開示してきた。毎年の調査研究の状況等を付表1に示す。

中小企業は研究開発のための資金に恵まれていないことが多い。多額の経費の必要な研究開発に当たっては、公的資金、大学の技術開発力及び結果の運用ができる企業のコラボレーションが必要である。企業の要望を受け、その研究の規模が大きい場合は、国等の公募内容をウォッチしながら、中間法人とも連携して、適正な公募を探すことになる。応募に当たっては、企業と連携を密にしながら、国等の支援が受けられるよう関係者の理解が得られる努力を重ね、研究開発資金の獲得に努めた。

達成時間、経費、大学の開発力が求められる規模の比較的大きい研究開発にも参加してきた。当該研究の事例は未だ少なく、実績は次の「外部資金確保のための調査研究事業」の報告に含めている。

### 3.2 外部資金確保のための調査研究事業（産学連携）

かつての国立大学が独行政法人化する中、大学には「産学連携」、「産官学連携」が社会から求められる風潮が強くなった。ものづくり大学では、もの研が連携の窓口として、開学以来その役目を担ってきた。産学連携の実施に当たっては、種々の問題が潜在していて、ケースバイケースにより、問題毎に解決しながら経験を重ねてきた。次はいくつかの事例や手法である。実績の状況は付表2に示す。

○ もの研は、窓口として、製造科、建設科の適任の教員が担当できるよう、対応できるシステムを構築して、受け入れに当たってきた。

○ 大学と企業との適正な接点づくりやマッチングなどの精度を如何に上げるか、その仕組みづくりを試行錯誤しながら対応してきた。

○ 教員が追及している研究内容と企業ニーズとのギャップは常に存在していた。変更の難しい企業側の求めに、教員側は、過去の僅かな研究経験まで動員しながら対応に努力し、企業との接点を大切に育ててきた。

○ 社会貢献を最重要視して、必要経費、納期限、品質確保に苦しみながら取組んだ事例もある。振り込め詐欺の防止に協力するため埼玉県警と共同開発した。ATMでの携帯受信時音声で防止支援する装置及び電話による「マインドコントロール」が進んでいく会話を再現し、節々で本人の気持ちをチェックさせ対応力を向上するEラーニングの開発をした。

○ 生産現場の持つ問題解決に当たっては、単なる技術的な問題に留まらず、人が育っていない現実が併存していることも多い。教員と企業間での初期の深堀りの中で、人材育成と研究開発の並行が必要なのが認識されると、合わせた解決が計画される。この人材育成が研究開発と並行できるのは、ものづくり大学の特徴であろう。

○ 中小企業は、いろいろな事情を持っており、研究開発が必要と感じながらも、プライオリティー番で取り上げるケースは珍しい。足腰肩の痛み、歯の不具合のように、どうしても先伸ばしになっていることが多い。生産現場は温度、騒音、労働集約などが慢性化している場合もあり、さらに生産性劣化の問題は慢性化に向き易い傾向にもある。大学との連携による、研究開発や問題解決に関しては、企業側の積極性は未だ低く、大学がトライする案件の掘り起こしは、容易ではない。

○ 産学連携に当たっては、大学並びに担当教員及び企業並びに担当技術者、との間の信頼関係は重要である。企業側からは、教員の持つ専門性は、本当にわが社の求める技術開発に有効に機能するか、開発期間、必要経費、完成時の満足度が十分なものとして得られるか。大学側からは、企業の開発資金は十分か、積極的な姿勢は最後まで続くか、企業の持つ技術の実態はどのようなものか、等不安がある。

満足な成果を得て円滑な産学連携が継続するには、信頼感、資金、期間内の完成、品質と精度を追及する姿勢などが重要であるとして、産学連携を進めてきた。

### 3.3 技術相談、知的財産関連相談

産学連携は、地域企業との接触から始まる。技術交流会、テクノフェアなどでの軽いタッチから接点が芽生え、技術相談や特許相談を介して本格的な企業と大学との交流に育っていく。最初の接点や交流を大切にすれば、糸口となり、垣根がとれていく。実績を付表3に示す。

技術相談では、大学側に期待している具体的内容は何か、経費はどれくらい準備できるか、仕上げまでの猶予期間はどれくらいか、等一般的な内容の確認から始まる。実際の場面では、要領の得ないまま時間が進んでいくことも多い。プレゼンテーションに慣れていないこと、ズバリ本音でのお話を避けよとの意識が働くとか、ご自身でも問題の分析整理ができていないこと、などによるものと思われる。十分理解した上での、大学側からのフォローが必要である。一般には、電話、FAX、メールなどによる最初の打診の中で得られた情報から、概略の専門内容をつかみ、アバウトに教員が絞られ、次に最初の技術相談に進んで、具体的に担当教員として誰が適任か、及び企業の要望内容をもう一度確かめる。それでも決まらない場合は、更に2～3ヶ月間教員と企業が仮契約状の中で、内容を詰めることも行なわれる。

特許相談では、用語の持つ雰囲気から、慎重重大にとらえる傾向が強い。本学では特許性、経済性、社会性などに重点をおいて、相談内容に対応している。特許は審査を経て取得し、維持していく際の経済的負担が大きい。ものづくり大学では、この点に配慮して、特許申請を済ました後、スポンサーを探し、スポンサーが見つかる場合に審査申請へと進めることにしている。実績を付表4に示す。

### 3.4 人材育成事業

**3.4.1 受託による人材育成** 大学等委託訓練は、バブル経済破綻後に、失業中の高度人材のための受け皿となる雇用対策として、平成13年度(2001年)に生まれた大学や大学院での実施が前提となる制度である。本学では、最初に科目履修制度での対応を検討したが、無理があるとの判断から、もの研が受け皿となり、社会人教育訓練の一環として平成14年から、本事業の受託を始め現在まで継続している事業である。内的には製造系と建設系の入学生数のアンバランスの補正や副収入財源として、対外的には大学での社会人教育の積極的な実施事例として評価を得てきた。実施結果の概要を付表5に示す。本制度は、高度な技能技術者にとって、終身雇用の制度の退化時の対策として及び事業内での既存の技能技術の陳腐化対策としても、企業のリエンジニアリングにとって有効なシステムとして期待できる。

平成22年度から始めた「基金訓練」は、研修内容の組立てに一部柔軟性をもっているが、受託によることから、同じカテゴリの社会人研修である。

大学等委託訓練とは別に、現在では、受託による人材育成は、県や市の公募による産業界からの在職者対象のグループ研修としても広まりを見せている。基金訓練の参加人数等を付表6に示す。

**3.4.2 大学主催、公募による人材育成事業** 此方は大学で企画した内容をもって公募し、在職者を対象とする研修である。本学の「次世代ものづくり技術研究会」の下にあつて、中小企業の事業主、技術者を対象に、技術相談や委託研究のきっかけづくりの刺激、教員の社会デビュー、地域産業への貢献などを目標に、大学が多くを負担しながら進めてきた。教員の専門性を重視するオフナー方式による、企業の生産現場先端で活躍する技術者のレベルアップのための高度研修で、技術交流会として続けている。開催実績を付表7に示す。

### 3.5 研究成果や事業内容の発信、関連情報の収集

開学3年目から独自のホームページを持ち、研究成果の開示や研修事業の予定などを公開して、地域の社会や産業界への情報発信に努めた。

#### 4. 事業を進めるための支援機関、組織

地域産業との連携を広く親密に進めるため、もの研傘下の組織として産業の集積地域に3ブランチを設置している。開設地域は、埼玉県川口市、東京都大田区、長野県岡谷市となっている。川口市と太田区のサテライトオフィスには、所長と補助員を配置し、岡谷市には岡谷市工業興課直営の「テクノプラおかや」に支援室を設置し、岡谷市の支援の下、岡谷・諏訪地域の活動拠点として産学連携活動を行っている。これらの拠点では、地域中小企業とのパイプをもって連携のための情報交換を行い、常にもの研との連絡を取っている。これら地域事務所の存在と活躍は、地域ともの研の距離短縮の面で、その寄与は大きい。

#### 5. 公的機関、中間法人、企業組合等との交流

埼玉県、産業技術総合センター、産学連携支援センター、中小企業振興公社、埼玉経営者協会、埼玉経済同友会、さいたま市産業創造財団、産学連携ネットワーク会議、川口鋳物工業協同組合、川口機械工業協同組合、コラボ産学官埼玉支部、日本政策金融公庫、財団法人大田工業連合会、大田区産業振興協会、岡谷市工業振興課、岡谷コバール研究会等と産官学連携、産学連携を進めるための交流を積極的に進めている。埼玉県を介した国の諸事業、県市の関連事業、県市の介添えによる地域産業との連携事業等に参加して、グループやネットワークの中での連携活動を行っている。

#### 6. 背景にある学部の性格ともの研の方向

ものづくり大学はものづくりを探求し、高度な技能と技術とを融合した実践的な教育研究を基盤として、これからのものづくりを担う人材の育成を行う大学である。

ものづくりは、地球上に人類が現れた後、早い時期から始まったものと考えられる。手工具と刃物によって行われ、最初は身近にある石や木片を使うことから始まり、争いの中で、人の知恵を研ぎ澄ましながら工具に工夫が加わり、素材の改善を図りながら、ものづくりは長い時間をかけて進化していったことは間違いない。

金属材料の発見により、工具、刃物、素材の改善が進み、ものづくりは飛躍的に発展し、工具や刃物とその使い方は洗練されていった。車や船は作られたが、その動力は、人力、畜力、風水など自然によることからの脱皮に時間がかかった。

その後、内・外燃機関や電気モータ等動力の発明（産業革命）、ICの発明とその応用（IC革命）が進み、現在に至っている。ここでの注目点は、ものづくりに、刃物や道具の応用であることは変わっていないこと、そして「ものづくり」のためのコンピュータソフトを組むのはネイティブな人の手である。「ものづくり」の原点は、人が制御する手作りである。人が作ったことのないものは、コンピューターでは作れない。現在のものづくりにおいても、修練を重ね洗練された人の存在が必須である。

ものづくりの成果となる製品は、使用に耐え、時間が経てもその精度と品質は衰えないことが求められる。この点は、時代の遡った手作りの時代もグローバル化の進んだ現在も同じである。洗練されたものづくりの成果には、高品質と安定感、品格、美などが漂い、高貴な雰囲気さえ醸し出される。「技能工芸」の所以と考えられる。そんな基盤の上に立つ現在の「ものづくり」は、高い精度を持つ機構や高

精度高信頼の制御部分を備えた高度な設備や機器によって行われることとなったが、本物の手作り技能と完成された技術を十分に取り入れ、原点を見失うことのないようものづくりを追い求めなければならぬ。このような背景をもって、本学での教育研究は進められる。この方向に揺らぎと迷いのない学部活動が、今後も続くことが期待される。ここは企業と本学の一致するところであり、今後も企業が、求め続けるところであろう。このような視点で、ものづくり大学が歩みつつければ、企業にとっても、ものづくり大学は重要であるとの認識が進み、だんだん大きな存在になっていくであろう。

## 7. まとめ

もの研は、大学の教育研究と表裏一体となって産学官連携、社会貢献を発展させている。ものづくり人材の育成をより鮮明にしていることや民間企業出身の教員が多いことから、産学連携は他大学に比べ、より柔軟な取り組みができています。教員が生産現場の先端にまで入り、そこにいる技術者と交流し、現場の実態を把握して大学に持ち帰ることは、大学の教育や研究をより新鮮でリアルなものにすることができます。現場で収穫した内容を教育研究の場に持ち込むことは、学生に対しても、新鮮さと説得力を備えた内容であることから、学生の興味を喚起し刺激を与えることに役立っています。教員の負担は大きくなるが、社会人教育及び企業現場の技術開発や技術支援は、社会貢献としても意味があり、今後も社会からの要請は大きくなるものと思われる。

---

付表1 国等からの委託調査研究

受入れ年度	事業名等	契約先
平成20年度	地域における中小企業ものづくり人材育成・技能継承のモデル開発事業	厚生労働省
	振り込め詐欺被害防止のための装置製作	埼玉県警
平成19年度	ものづくり技能労働者地位向上推進事業	厚生労働省
	ジャパンフラワーフェスティバル(JFF)さいたま2007におけるメイン展示の設計及びミニステージの製作	埼玉県
	行田市歴史的建造物調査	行田市
平成18年度	企業における人材育成, 技能継承等の事例の分析と周知	厚生労働省
	人材育成, 技能継承等に係る地域連携	
	行田市歴史的建造物調査	行田市
平成17年度	ものづくり技能の動向及び技能情報の普及に関する事業	厚生労働省
	大学を核とした産学地域連携に関する事業	
	ものづくり技能修得のためのWBT(*)教材の開発	
平成16年度	ものづくり技能の動向及び技能情報の普及に関する事業	厚生労働省
	大学を核とした産学地域連携に関する事業	
	ものづくり技能修得のためのWBT(*)教材の開発	
	行田市歴史的建造物調査	行田市
平成15年度	大学を核とした産学地域連携に関する事業	厚生労働省
	ものづくり技能修得のためのWBT(*)教材の開発	
	熟練技能ネットワーク化推進調査研究	
	行田市歴史的建造物調査	行田市
	即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業	財団法人中小企業新興公社
平成14年度	熟練技能ネットワーク化推進調査研究	厚生労働省
	高度化に向けた技能者育成方策に関する調査	
	平成14年度新エネルギー地域導入活動等支援事業	新エネルギー・産業技術総合開発機構
平成13年度	熟練技能ネットワーク化推進調査研究	厚生労働省
	ものづくり人材育成・技能継承円滑化推進調査研究	
	高度化に向けた技能者育成方策に関する調査	

\*WBT:Web Based Training

付表2 受託・共同・奨学寄附研究の契約実績

								平成22年3月31日現在
研究 年度	奨学寄附研究		受託研究		共同研究		合 計	
	件 数	契約額	件 数	契約額	件 数	契約額	件 数	契約額
平成13年度	2	1,450,000	3	2,290,000	1	1,995,000	6	5,735,000
平成14年度	2	600,000	3	11,025,000	5	4,290,000	10	15,915,000
平成15年度	3	1,000,000	13	13,433,000	7	11,905,587	23	26,338,587
平成16年度	7	2,925,000	16	26,227,500	4	1,000,000	27	30,152,500
平成17年度	14	4,300,000	12	11,397,200	4	2,350,000	30	18,047,200
平成18年度	15	5,650,000	16	8,119,210	1	300,000	32	14,069,210
平成19年度	13	6,798,000	10	3,774,500	2	2,300,000	25	12,872,500
平成20年度	8	4,860,000	8	4,400,000	5	3,535,850	21	12,795,850
平成21年度	10	7,650,000	19	8,283,000	6	4,055,500	35	19,988,500
合計	74	35,233,000	100	88,949,410	35	31,731,937	209	155,914,347

付表3 技術相談の実績

		平成22年3月31日現在									
年度	件数	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	合計
	相談件数	6	14	66	55	78	67	74	47	52	459
	研究へ進んだ件数	6	10	23	27	30	32	25	21	35	209
	研究契約率	100%	71%	35%	49%	38%	48%	34%	45%	67%	46%

付表4 特許の申請等状況

		平成22年3月11日現在						
年度	発明届提出日	発明者		発明委員会	職務発明	申請の可・否	特許・実用新案出願の有無(整理番号)	
		氏名(敬称略)	所属					
平成14年度		ビチャイ・サエチャウ	製造		2002/6/25 2002/7/8	職務発明	否	—
平成16年度	2004/11/9	ビチャイ・サエチャウ	製造		2004/12/1	職務発明	可	特許2004T-001
平成17年度	2005/5/18	松本宏行	製造	第4回	2005/6/10 2005/6/30	職務発明		
		鈴木卓也(学生)	製造	第5回				
	2006/3/1	藤澤政泰	製造	第6回	2006/6/30	職務発明		
	2006/3/1	藤澤政泰	製造	第6回	2006/6/30	職務発明		
平成18年度	2006/5/25	藤澤政泰	製造	第6回	2006/6/30	職務発明		
	2006/6/29	日向輝彦	製造	第6回	2006/6/30	職務発明	可	実用2006S-001
平成19年度	2007/4/2	坂口 昇	建設	第7回	2007/4/13	職務発明	可	特許2007T-001
	2007/4/10	東江真一	製造	第8回	2007/5/15	職務発明	可	特許2007T-002
	2007/5/7	ビチャイ・サエチャウ	製造	第8回	2007/5/15	職務発明	可	特許2007T-003
平成20年度	—	東江真一	製造	—	—	—	—	2007-190451より国内優先権出願へ

付表5 平成14年度～平成21年度大学等委託訓練 人数状況表

	コース名	募集人数	入校者数 ( )内:応募者数	中退就職者	修了者数	就職者数 (中退就職者含む)	就職率
平成14年度	コンピュータ応用技術(CAD/CAM/CAE)	30	38	3	35	8	21%
	リフォームビジネス	15	15	2	13	2	13%
	高度金型製作	15	10	1	9	3	30%
平成15年度	コンピュータ応用技術(CAD/CAM/CAE)	30	27	0	27	17	63%
	リフォームビジネス	15	18	1	17	10	56%
平成16年度	コンピュータ応用技術(CAD/CAM/CAE)	30	22	0	22	19	86%
	高度金型(三次元CAD)	15	6	0	6	5	83%
平成17年度	コンピュータ応用技術(CAD/CAM/CAE)	20	24(68)	1	23	21	88%
平成18年度	コンピュータ応用技術(CAD/CAM/CAE)	24	24(25)	2	21	19	83%
	コンピュータ応用技術(CAD/IT技術)	24	24(61)	0	24	14	58%
平成19年度	コンピュータ応用技術(CAD/CAM/CAE)	24	28(43)	2	26	17	61%
	コンピュータ応用技術(CAD/IT技術)	24	30(95)	0	29	19	66%
平成20年度	コンピュータ応用技術(CAD/CAM/CAE)	30	30(32)	5	23	16	57%
	コンピュータ応用技術(CAD/IT技術)	30	30(91)	4	26	17	57%
平成21年度	機械系CAD設計製図(11月)	20	31(44)	0	31	6	19%
※就職率 = (就職者+中退就職者) / (訓練修了者+中退就職者)				合計	332	193	

付表6 平成21年度～平成22年度 基金訓練 人数状況表

	コース名	募集人数	入校者数 ( )内:応募者数	中退就職者	未修了者数	修了者数
平成21年度	建築製図科	30	10(12)	0	2	8
	初歩から始めるパソコン基礎科	40	40(52)	1	7	32
	基礎演習科・製造系(中止)	30	0(3)	—	—	—
平成22年度	基礎演習科・機械系	40	18(19)			
	基礎演習科・建設系(中止)	40	0(4)	—	—	—

付表7 次世代ものづくり技術交流会の開催実績

		平成22年3月31日現在							
年度 回数	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	合計
開催回数	6	29	29	24	16	2	1	5	112

## 記録 Record

## 平成 21 年度教職員学外役職・審査員等一覧

国・地方自治体関係

委員会等名称	所管団体	役職名	教職員名	教職員所属
「地域産業の担い手育成プロジェクト」に係るものづくり人材育成連携推進委員会	埼玉県	委員	市川教授	製造技能工芸学科
行田市産業廃棄物処理施設等設置調整審査会（機械工学関係）	行田市	委員	櫻井教授	製造技能工芸学科
審査委員会	法務省	委員	赤松教授	建設技能工芸学科
建築大工技能検定委員会	厚労省委託一埼玉県 職業能力開発協会	委員	小野准教授	建設技能工芸学科
埼玉県総合評価審査委員会	埼玉県	委員	坂口教授	建設技能工芸学科
埼玉県企業局総合評価審査委員会	埼玉県	委員	坂口教授	建設技能工芸学科
埼玉県下水道局総合評価審査委員会	埼玉県	委員	坂口教授	建設技能工芸学科
熊谷市入札適正化委員会	熊谷市	委員	坂口教授	建設技能工芸学科
東京都目黒区文化財審議会	目黒区	委員	佐々木講師	建設技能工芸学科
上尾市建築審査会	上尾市	委員	白井教授	建設技能工芸学科
あきる野市文化財保護審議会委員	あきる野市	委員	白井教授	建設技能工芸学科
羽村市文化財保護審議会会長	羽村市	会長	白井教授	建設技能工芸学科
国立市文化財保護審議会委員	国立市	委員	白井教授	建設技能工芸学科
行田市リサイクル審議会	行田市	会長	白井教授	建設技能工芸学科
行田市環境審議会	行田市	委員	白井教授	建設技能工芸学科
熊谷市開発審査会	熊谷市	委員	白井教授	建設技能工芸学科
まちづくり実践ネットワーク	埼玉県	委員	田尻准教授	建設技能工芸学科
下水道事業運営審議会	行田市	委員	田尻准教授	建設技能工芸学科
市民公益活動促進のための基本方針 実施計画原案策定委員会	行田市	委員	田尻准教授	建設技能工芸学科
環境審議会	行田市	委員	田尻准教授	建設技能工芸学科
都市計画審議会	行田市	委員	田尻准教授	建設技能工芸学科
市内循環バス新運行路線等原案策定 検討委員会委員	行田市	委員	田尻准教授	建設技能工芸学科
行田市産業文化いきいき財団評議員	行田市	委員	田尻准教授	建設技能工芸学科

行田市産業・文化・スポーツいきいき財団	行田市	理事	飛内教授	建設技能工芸学科
小山市都市景観審議会	小山市	委員	深井教授	建設技能工芸学科
国土交通省 関東地方整備局大宮国道事務所総合評価審査分科会	国土交通省	委員	北條教授	建設技能工芸学科
国土交通省 関東地方整備局森林公園整備事務所総合評価審査分科会	国土交通省	委員	北條教授	建設技能工芸学科
文部科学省 第3回ものづくり日本大賞 青少年部門選考委員会	文部科学省	委員	北條教授	建設技能工芸学科
神奈川県近代化遺産総合調査員	神奈川県	調査員	増淵教授	建設技能工芸学科
行田市景観賞審査委員会	行田市	委員長	増淵教授	建設技能工芸学科
景観審議会	埼玉県	委員長	八代教授	建設技能工芸学科
NPO 活動促進助成運営委員会	埼玉県	委員	八代教授	建設技能工芸学科
(仮称) 所沢市景観条例及び所沢市景観計画	所沢市	アドバイザー	八代教授	建設技能工芸学科
行田市文化財保護審議会	行田市	委員	横山准教授	建設技能工芸学科
熊谷市文化財保護審議会	熊谷市	委員	横山准教授	建設技能工芸学科
行田市史編纂委員会	行田市	委員	宮本課長	学生課
行田市浮き城のまち景観賞審査委員会	行田市	委員	宮本課長	学生課
行田市文化財保護審議会	行田市	委員	宮本課長	学生課
埼玉県建築審査会	埼玉県	委員	宮本課長	学生課
埼玉県国土利用計画審議会	埼玉県	委員	宮本課長	学生課
埼玉県地方産業教育審議会	埼玉県	委員	宮本課長	学生課

## その他団体

委員会等名称	所管団体	役職名	教職員名	教職員所属
中央技能検定	中央職業能率協会	委員	櫻井教授	製造技能工芸学科
	(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	技術委員	櫻井教授	製造技能工芸学科
日本トライボロジー学会 理事会	(社) 日本トライボロジー学会	理事	平岡教授	製造技能工芸学科
高校生ものづくりコンテスト埼玉県大会旋盤作業部門		審査委員長	細田教授	製造技能工芸学科
精密工学会 評議員会	(社) 精密工学会	評議員	森山教授	製造技能工芸学科

JICA技術専門委員会（国際協力機構）	JICA	委員	赤松教授	建設技能工芸学科
若年者ものづくり競技大会競技委員会		委員	赤松教授	建設技能工芸学科
技能五輪全国大会競技委員会		委員	赤松教授	建設技能工芸学科
技能五輪国際大会エキスパート		委員	赤松教授	建設技能工芸学科
家具博物館評議委員会		委員	赤松教授	建設技能工芸学科
全国中学生創造ものづくり教育フェア特別審査委員会		委員	赤松教授	建設技能工芸学科
中央職業能力開発協会中央能力検定	中央職業能力 開発協会	委員	坂口教授	建設技能工芸学科
全関東電気工事協会理事会	（社）全関東電気 工事協会	理事	坂口教授	建設技能工芸学科
日本コンクリート工学協会関東支部	（社）日本コンクリ ート工学協会	常任委 員	澤本准教授	建設技能工芸学科
コンクリート技士・主任技士試験委員会	（社）日本コンクリ ート工学協会	委員	澤本准教授	建設技能工芸学科
コンクリート中の配筋探査技術者資格認証制度認証運営委員会	（社）日本非破壊 検査工業会	委員	澤本准教授	建設技能工芸学科
コンクリート圧送施工職種中央技能検定	中央職業開発能力 協会	委員	澤本准教授	建設技能工芸学科
技能者（現代の名工）表彰審査委員会		委員	白井教授	建設技能工芸学科
日本材料学会評議委員会	日本材料学会	評議員	高橋教授	建設技能工芸学科
日本河川開発調査会理事		理事	増淵教授	建設技能工芸学科
全国工業高校生ジュニアマイスター顕彰認定委員会	（社）全国工業高等学 校長協会	認定委 員	三原教授	建設技能工芸学科
NHK埼玉視聴者会議	NHK	委員	宮本課長	学生課

## 記 録 Record

## 平成 21 年度海外出張実績

出張者	出張者所属	出張先	用件	期間
神本学長		米国	SAE 年次大会出席	4/19-4/25
神本学長		タイ	Hands-on-education 国際会議 (ChiangMai) 基調講演	8/23-8/29
神本学長		スペイン	Valencia 工科大学大学院にて講義	9/12-9/19
神本学長		英国	City university London 大学院にて講義	9/21-9/25
神本学長		タイ	TAIST 大学院大学にて講義	11/21-12/5
神本学長		タイ	Lerning innovation 国際会議 (Pttaya) 基調講演	2010/2/24-2/26
東江教授	製造技能工学学科	オーストラリア	ISSAT2009 にて論文講演	9.26-10.1
平井教授	製造技能工学学科	リトアニア	14th Int. Conf. Electronics にて論文講演	5.10-5.17
平岡教授	製造技能工学学科	タイ	Rajamangala 工科大学にてカリキュラムに関するコンサルテーション	11.22-11.26
大島教授	建設技能工学学科	米国	調査	
近藤教授	建設技能工学学科	台湾	(社)台湾房屋整建(ビルリフォーム)産業協会主催「建築保全の講演会」にて講演	9.24-9.26
近藤教授	建設技能工学学科	タイ, マレーシア, シンガポール	(財)トステム建材産業振興財団からの研究助成を受けて一般社団法人軽金属製品協会と共同実施している粉体塗装外装建材の耐久性評価に関する実態調査	2.21-2.27
白井教授	建設技能工学学科	ベトナム	国際シンポジウムにて講演	8.12-8.16
白井教授	建設技能工学学科	ベトナム	フエ隆徳殿調査	2.25-2.28
白井教授	建設技能工学学科	中国	大連・旅順・瀋陽調査	3.13-3.16
藤原教授	建設技能工学学科	タイ	Rajamangala 工科大学にてカリキュラムに関するコンサルテーション	11.22-11.26
三原教授	建設技能工学学科	中国	中国南京・東南大学における CRIOCM2009 シンポジウム論文発表	10.29-10.31
八代教授	建設技能工学学科	中国	ゼミ旅行	