



ものづくり大学紀要

The Bulletin of Institute of Technologists

	学長就任挨拶	稲永忍	1
	学長の自己点検評価	神本武征	3
特別座談会	「技能工芸学」について考える	神本武征, 飛内圭之, 吉川昌範, 宮本伸子, 平岡尚文	7
論文	2色法によるディーゼル機関の火炎温度およびKL値の測定に関する研究 張博, 菅谷諭, 神本武征, 青柳友三, 長田英朗		13
論文	穴加工におけるドリル変形機構の解析	藤澤政泰, 高田光士郎	18
論文	施設園芸用地中熱ヒートポンプシステムにおける古井戸の活用とその性能特性	平尾尚武	23
論文	ラジエタNBロウ付け炉における酸素濃度低減に関する研究	香村 誠, 吉川 徹, 松本光太郎	31
論文	An Analysis of Conversation Styles of English Learners ~ Backchannels as Effective Strategies in Communication~	Kaori DOI	38
論文	伝統技法を用いた版築壁の強度性状に及ぼす調査および施工要因の影響に関する研究 赤谷樹一郎, 大塚秀三, 竹村雅行, 遠野未来, 稲川幸司		42
論文	コンクリートの表面性状が各種微破壊試験の測定値に及ぼす影響 後藤正明, 澤本武博, 飛内圭之, 大塚秀三		50
論文	ひび割れを補修したコンクリートの強度特性に関する研究	土田祥彬, 澤本武博, 飛内圭之, 地頭園博	56
論文	コンクリートの配合および初期水中養生期間が強度特性に及ぼす影響 望月昭宏, 澤本武博, 飛内圭之, 辻正哲, 樋口正典		62
論文	ボス供試体の形状および寸法がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響 菊田弘之, 後藤正明, 澤本武博, 篠崎徹		68
解説	自然エネルギー導入の現状と課題	神本武征	74
解説	トヨタ生産方式についての「ものづくり技術教育」	河内眞作	79
解説	製造学科における技能教育の実際 旋盤加工実習	細田保弘	83
解説	溶接の技能教育と溶接技能解析システムの開発	日向輝彦	88
報告	ものづくり大学におけるFD推進活動	神本武征	95
報告	ル・コルビュジエ「カップ・マルタンの休暇小屋」制作についての中間報告 市川茂樹, 朽木宏, 佐々木昌孝, 藤原成暁, 細田保弘, 町田清之, 八代克彦, 横山晋一		105

ものづくり大学紀要

報告	ものづくり大学平成23年度青少年教育活動報告……………菅谷 諭	111
報告	ものづくり大学同窓会 平成23年度 地域貢献活動報告 ……………加藤大樹, 上原苑子, 大塚秀三, 宮本伸子	119
記録	第11回ものづくり大学教育研究推進連絡協議会議事録	123
記録	平成23年度教員研究業績一覧	126
記録	平成23年度教員著作一覧	134
記録	平成23年度教職員学外役職/審査員等一覧	136
記録	平成23年度海外出張実績	138

学長就任挨拶

原稿受付 2012年5月7日
ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 1~2

稲永 忍

ものづくり大学 学長

この度、神本武征前学長の後任として、ものづくり大学の学長を拝命いたしました。平成13年の本学創設以来、先輩諸氏が築き上げてこられた実績を大切に、皆様からの信頼とご支援をいただきながら、我が国の発展に欠かせないものづくりの振興と、ものづくりを現場で支える、高度な技能をもつ技術者の育成に全力を尽くしてまいります。



さて、昨年3月11日に発生した東日本大震災では、多くの人命が奪われると共に、社会基盤も壊滅的な被害を受けました。また、巨大地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所の損壊事故は、放射性物質の大量流出や電力不足等を引き起こし、世の中に安全神話がないことや、現代人の生活が何によって支えられているのかを人々に知らしめました。私は、恥ずかしながら、我が国の海岸線に沿って原子力発電所が54基あり、それらが総発電量の約30%を生産していること（電気事業連合会HP）を、このとき初めて知りました。

東日本大震災は環境の改変・破壊を通じて築かれた現代文明に対する警鐘です。一方、大震災以前から、東日本を含めて日本全体は社会変革を必要とする状況にあるといわれてきました。したがって、大震災の被災地を中心とした復興にとどまらない、日本全体を対象とした新たな地域づくり、社会づくりを構想する必要があるといえます。昨年、政府が設置した東日本大震災復興会議も、こうした認識の下、社会が「自然と共に生きる持続可能な好循環システム」を基盤としたものへとパラダイムシフトすることを提唱しています。今後における電力生産のエネルギー源についても、こうした観点から、原子力に引き続き依存するのか、あるいは原子力の代わりに太陽光や風力、地熱等を活用するのか、十分に議論を重ねる必要があります。

加えて、原子力利用のいかんに関わらず、原子力発電所の廃炉事業を今後数十年以上にわたって継続する必要があることも指摘しておきたいと思えます。以上のことと並行して、太陽光・風力・地熱発電等の効率化、建物・電気製品等の省エネルギー化、電池の高性能化、直流の利用拡大、エネルギーや水の生産・分配のスマートグリッド化等をいっそう加速させる必要があります。また、世界経済の動向は、わが国のものづくり産業が生き残るには、製品の高機能化、システム化、ソフト化などが欠かせないことを示唆しています。

本学は、他に誇れる、現場に強い製造学科と建設学科とが一体となって、自然エネルギー

一の活用や省エネルギー化、廃炉等に照準を合わせた教育研究を、今後さらに強化したいと考えています。その成果については本紀要等で逐次公表しますので、皆様のご理解とご支援をよろしくお願いいたします。

学長の自己点検評価

原稿受付 2012年5月19日
ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 3~6

神本武征

ものづくり大学 名誉学長

退任を控えた平成24年の1月、教育学術新聞の1月18日号を読んでいると私学高等研究所の両角研究員の私立大学の学長の選任に関する記事が目にとまった。私立大学の学長の選び方は多様だが学内外の候補者を複数だして、しかるべき方法で選出するのが良いのではないかと提案している。興味ある課題だが、本記事の主題ではないので、これ以上触れない。ついで著者は、学長は退任時に業績を評価されるべきと書いている。どんな貢献をしたか、何が達成できて、何ができなかったか、できなかった理由はなにかなどを明らかにすべしと論じている。おやっと思ったが、日頃、評価を受ける機会のない学長が退任時に評価を受けるのは当然だと納得。そこで3月28日に大会議室で開催された退任記念講演会の場で自己点検評価を実施した。本稿はその要約である。

2008年4月から2012年3月までの間に私が主導して行った事業の項目は次のようになる。

1. 総長室を特別会議室に改装
2. ものづくり通信の創刊
3. ものづくり大学紀要の創刊
4. FD推進委員会の新設
5. 学長プロジェクトの創設
6. 学生募集委員会の設置
7. 学科名の改定
8. 学長杯フットサル大会の創設
9. ドーミトリー映画大会の主催
10. ものりか教室の活動

就任した当時、代議員会などの重要会議はすべて大会議室で開いていた。2008年の夏のある日、冷房を効かせた大会議室で小人数の会議をしていた。省エネルギーの意識がないらしく蛍光灯も全て点けている。大会議室での会議はエネルギーがもったいないだけでなく、スクリーンを背にした学長の席からは委員の顔はよく見えないし、声も聞きとりにくい。これでは省エネに反するし、緊密な討議はできないと感じて定員20名程度の規模の小会議室を用意するよう総務課長に指示した。こうして出来たのが総長室を改装した現在の特別会議室である。現在、最も使用頻度の高い会議室として活用されている。

「ものづくり大学通信」と「ものづくり大学紀要」は創設間もない本学の知名度を上げ

るため情報発信の媒体として創刊した。通信はすでに第7号を発行し、紀要は本号で第3号となる。ともに有志の先生がたの献身的な努力によって実現したものである。FD推進活動については既に文部科学省から義務づけられていたにもかかわらず2008年当時は殆ど手つかずの状態であった。すなわち2008年度は学生アンケートを毎クォーター毎に実施し、業者に委託したマークシートの結果を束ねて教員に配布するのみであった。無意味な業務と出費であることを指摘して2009年度からはアンケートは隔クォーター毎とし、集計したアンケート結果を教員に返却して、それに対する改善案を提出するように改めた。当初は回収率が極めて低かったが2012年3月時点では80%程度になっている。そのほかのFD推進活動については本誌に掲載のFD推進活動報告をお読みいただきたい。

学長プロジェクトは「大学を元気にし、本学の存在感をアピールする企画」を趣旨として年間200万円の予算で2010年度からスタートした。建設学科から多くの応募があり、「新しい家づくりネットワークプロジェクト/代表白井裕泰教授」と「世界を変えたモノに学ぶ/原寸プロジェクト/代表八代克彦教授」の2件が採択された。前者は21世紀型木造住宅建設フォーラムを組織して、高校生を対象にした建築設計競技とものづくり大学模型制作合宿研修会を開催した。また一般人を対象に21世紀型木造住宅建設フォーラム設計競技、新しい伝統工法の家を開催して優秀作品を表彰している。さらに秩父市と「新しい家づくりネットワークプロジェクト連携に関する協定」を結んだ。

後者はフランスの著名な建築家ル・コルビュジェの地中海に面したカップマタンに在る小屋の原寸レプリカの製作を目指したもので、ル・コルビュジェ財団の許可を得るところから始めて、学生たちの現地調査を経て校内の池の傍にレプリカを建設した。両プロジェクトとも本学の実地教育の方針を余すところなく発揮したもので、高く評価される。今秋に予定されるカップマタン小屋の完成を楽しみにしている。

本学の入学学生数は開学の2001年から6年目まではほぼ定員360名に近い値を維持していた。しかし、その後、減少の一途をたどり2010年には219名まで低落した。これに危機感を抱いた教職員と対策について多くの討議を重ねた。対策の一つとして学生募集と入試業務を併任していた入試委員会から学生募集委員会を独立させて学生募集活動の充実を図ることとした。さらに外部コンサルタントの助言を得て2011年は238名、2012年は251名と入学者数は順調に回復している。関東圏のみならず遠隔地での募集活動を加え、引き続き予算・人材両面での注力が必要である。

本学の建学以来の学部・学科名は技能工芸学部・技能工芸製造学科と技能工芸学部・技能工芸建設学科であった。すでに建学から10年が経過して技能工芸という言葉が認知されてきたことを理由に、それぞれ「製造学科」と「建設学科」と簡潔な名称に変更した。高校生にも分かり易い学科名になったと思う。

学長は学内の業務だけでなく、対外的な活動に多く関わる。ものづくり教育論、ものづくり大学の教育内容に関して埼玉県企業団体、工業高校校長会などにおいて講演した。行田市の子育てネットワークでは「子供の教育論—生きる力とは」について講演した。論旨は「国の教育指針の表現は時代とともに変わるけれど、基本的に基礎学力と応用力の習得を目標とする場合が多い。応用力あるいは生きる力とは頭の中に整理された基礎知識の柔軟な活用にあるから、基礎知識はできるだけ多く詰め込んだ方がよい。知識の詰め込みを

否定して生きる力のみを強調することは大いなる間違いである」。聴講されたご婦人達から「すっきりしました」との感想をいただいた。

国際会議についてはタイのパタヤとチェンマイ、サウジアラビアのリヤド、岩手県立大学で行われた工業技能教育に関する国際会議に招待されて講演を行った。これらの会議では持論の”Parallel Learning in Theory and Practice”の考え方と具体的な教育モデルを紹介した。従来の工業技能教育では工学基礎、専門基礎、専門、実技実習と年次順に教えるが、学生は基礎学習で学ぶ知識をどのように使うのかイメージできない。また専門に進んだ時には基礎で習ったことを忘れがちである。”Parallel Learning in Theory and Practice”では、基礎理論を学んだら続けて応用の実験や実習を行い課題を頭と体で学習する方式を提唱している。提案のみでものづくり大学で事例モデルを実現できなかったのは残念である。

新聞、雑誌、業界紙などへの寄稿とインタビューには大学の広報の意味から積極的に応じた。また外部から依頼された機関の外部評価の仕事も多く行った。防衛省技術研究本部の外部評価では委員長として4研究機関と2センターの評価をまとめた。また明治大学情報機械工学科、愛知工科大学、埼玉工業大学機械系学科の外部評価委員を務めた。そのほか知的財産高等裁判所・専門委員、NEDO技術委員、自動車製造物責任相談センター・審査委員、日揮・実吉奨学会理事、ヤマハ発動機国際友好基金運営委員、理工学振興会評議員などを勤めた。

学長も研究者のはしくれなので、在任中に著書、学術論文をいくつか執筆した。以下にまとめる。

著書:

1. Flow and Combustion in reciprocating engines, Arcoumanis C., and Kamimoto T., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009
2. 夢の将来エンジン, 神本武征 監修・著, 自動車技術会, 2009

国際ジャーナル

1. Light scattering technique for estimating soot mass loading in diesel particulate filters, Kamimoto T., Murayama Y., Minagawa T., and Minami T., *International Journal of Engine Research Vol.10, Special Issue, Dec.2009, pp.323-336*
2. Re-examination of the emissivity of diesel flames, Kamimoto T. and Murayama Y., *International Journal of Engine Research Vol.12, Issue 6, Dec.2011, pp.580-600*

著書1は日欧米の著名なエンジン研究者（友人）を集めて執筆した専門書である。共編著者のC Arcoumanis教授は私が名誉客員教授を勤めるCity University Londonの副学長である。論文2では1932年にMITのHottel and Broughtonが提案した輝炎の射出率に関する実験式を理論的に解明すると同時に、スス凝集体の散乱理論に基づく新しい射出率の理論式を提案している。在任中に私の40年来の宿題を解決することができて満足である。

以上の活動を自己点検評価すると次のように総括される。広報、文化活動は通信と紀要の創刊、学長プロジェクトの創設、学長杯フットサル大会の創設などの実績から評価A。教

育推進活動は別記事に書いたように色々チャレンジしたが、実質的な成果に乏しいので評価 C。教員に対する説明不足と根気負けが反省点。対外活動は学長として並みレベルと思われるので評価 B。以上が学長の自己点検評価であり、この評価の適否は読者におまかせする。

ものづくり大学はまだ創設 11 年の若い大学である。教育設備と実習環境は我が国でも屈指のレベルにあり、また教育カリキュラムも現場のものづくりに重点を置いた特徴あるものである。しかし本学の更なる発展のためには継続的な教育改革が必要であり、FD 推進活動を鋭意続けることが肝要である。製造学科には国際活動で述べた”Parallel Learning in Theory and Practice”の導入を含めて世界の模範となるべき“ものづくり教育モデル”の創出を期待したい。また建設学科には「短期的には東日本震災の復興、長期的には 20 世紀に拡大した都市を持続可能なコンパクトな都市に再構築すること」を期待している。21 世紀型木造建築を目指すフォーラムの活動に注目している。

4 年間の学長職を無事終えることができたのは教職員のご支援に依るところが大きい。誌面を借りて感謝するとともに、今後の教職員のご健闘と本学の発展をお祈りする。

特別座談会 Round-Table Talk

「技能工芸学」について考える

原稿受付 2012年1月20日

ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 7~12

【出席者】

学長（現名誉学長） 神本武征
技能工芸学部長 飛内圭之
名誉教授 吉川昌範
学務部 学生課長（現教務・情報課長） 宮本伸子

【司会】

製造学科教授 平岡尚文（ものづくり大学紀要編集委員長）

ものづくり大学紀要も第3号となり、学内はもちろん、学外でも認知度が徐々に高まってきたようです。第1号の「創刊に寄せて」で当時の神本学長が示された本誌創刊の趣旨に沿い、先端の研究論文から、ものづくり大学ならではの活動の紹介・報告まで、幅広い内容の記事を掲載してきました。

さて、技能工芸学部単学部からなる本学の使命は、いうまでもなく「技能工芸学」の教育と学術の振興・深耕であり、紀要もそれに貢献する内容を持っていなければなりません。世界に類を見ない「技能工芸学」の創成に当たっては、その意義と概念が本学創立時に深く検討され、本学の基本理念として明文化されています。

しかしながら創立以来10年を超える年月を重ねますと、社会情勢が大きく変化し、それに伴って「技能工芸学」に期待される内容も変わって来ているところがあると思われまます。また、基本概念は共有していても、教員によって「技能工芸学」のとらえ方は様々であるのが現状です。どこまで世界は「技能工芸学」に共感してくれているのかも、把握しておく必要があるでしょう。

そこで今回、本学の教育・研究を率いる学長（対談当時）と学部長、「技能工芸学」創成に携わられた吉川名誉教授と、創成時の事情に詳しい宮本学生課長（対談当時）にも加わっていただき、「技能工芸学の今」を語り合っていただくことにしました。今後われわれが技能工芸学を実践していく上で有益な指針が得られるものと期待しています。



平岡：ものづくり大学も創立以来10年を経て、その成果たる卒業生の実力が問われる時期に来ています。最初に学長と学部長から一言ずつお願いします。

神本：私が本学に来てまず気づいたのが、製造学科と建設学科の教育方針や実際の授業のやり方の違いだった。教員とディスカッションしても、教員それぞれで技能工芸学に対する考え方が違う。もちろん違ってよいのだが、世界に類のない技能工芸学という分野を一丸となって推し進めるには、少し違いの幅が大きいのではないかと感じていた。本学も設



立以来 10 年を超え、技能工芸学の意義や定義が設立時とは違ってきていても当然だと思う。これからの本学発展に向けて、本座談会を、看板たる技能工芸学をもう一度考え直し、教員の意識を高めるきっかけとできればと思っている。

飛内：建設学科については、卒業生は高い評価を受けており、連続して求人をご提供する企業も多い。建設学科では技能工芸学の思想がうまく活かされていると思う。建築と土木を一体化した建設学科という枠組みもよいのではないか。

平岡：そもそも技能工芸学という概念はどのような経緯で生まれたものか、吉川先生と宮本さんからご紹介いただけますか。

吉川：ご存じの方が多くと思うが、佐渡島に建築職人のための学校を設立しようとしたのが、本学のスタートとあってよいだろう。建築職人のわざの継承が滞り、このままでは伝統建築の継承が立ちゆかなくなるとの危機感をもとに構想されたものだ。議論が進むうちに、大学の設立ということになって製造系を含めて検討するようになり、実践教育を主体にした今の形の原型ができた。

宮本：率直に言えば、職人に大卒資格を与え、社会的地位を向上させることで継承者を増やしていこうという目論見だったと思う。従来体験的で狭く深くの職人養成教育と、異分野も含め、幅広く教養を持った人間を育てたい大学教育の融合には、当初から多くの解決しなければならぬ課題があった。

吉川：本学設立にあたっては労働省（*現厚生労働省）の尽力が大きかったが、労働省は「技能」の育成に熱心なので、本学も「技能」の名称を使う方向で進んだ。名称は、職人大学、マイスター大学、技能大学、技能工芸大学、国際技能工芸大学、モノづくり大学、と二転三転している。最後に、梅原先生のお知恵で「ものづくり大学」という名称になったが、学校法人名には「国際技能工芸」（*現在は学校法人ものづくり大学）が、学部名には「技能工芸」が残った。したがって、本学の教育方針を考える上で、理念は残したいが「技能工芸」という言葉にはとらわれる必要はないと思う。しかし、若者の減少が始まった当時は、「技能」という類の言葉がなければ、本学の設立は認められなかっただろう。

宮本：当時、文部省（*現文部科学省）が「技能」を大学教育として認めたのは、画期的なことだったと思う。

神本：建設学科はその流れを色濃く引いているようだ。

飛内：そう思う。木造を大学で扱うのは、日本では初めてのことだったし、宮大工を志望する学生も多い。建設には技能検定という技能の柱と、建築士、施工管理技士といった技術の柱がはっきり見えているので、建設の教員は技能と技術をしっかり使い分けていると思う。

平岡：建設学科所属の編集委員からも、技能工芸学教育について戸惑いはないという声が出ていますが、建設業における技能者がまさに職人のイメージで、現実はともかく、将来の独立自営も含めた自由な感じがあるのに対し、製造業における技能者は、企業に組み込まれることが多く、あまり自由なイメージがないのではないのでしょうか。それが技能という言葉のイメージと重なっていないのでしょうか。

神本：組織という枠組みはあるが、製造業の技能者にも職人的なこの腕一本というところがあり、仕事がおもしろいという人も多い。しかし、技能者になることを否定するものではないが、やはり大学は技術者を生み出すのが使命だ。だいたい技能者を養成するのは大変で、大学でできることではない。ただし、技能がわかる技術者、現場に入ることをいとわない技術者が必要で、それこそが他大学にない我々の卒業生の特質である。そのために技能が「できる」ようになる必要はないが、「わかる」レベルまで教育することが重要だ。

飛内：その通りだ。技能が「できる」ようになる必要はない。建設学科では技能検定や技能五輪に出る学生がたくさんいて、彼らの技能向上にも注力しているが、それが目的なのではない。技能の理解を深めるための一過程である。結果としてその能力を活かして技能者となる卒業生もいるが、大卒技能者として高度な能力を発揮している。

平岡：製造業でも、中小の企業では大卒技能者の募集をするところが結構あり、そういうところでは技能者と技術者の区別が実際的にはなく、特に金型屋さんなどでは、新製品の開発にあたって自ら腕をふるって課題を実践的に見つけ出すために、一定の技能が求められます。

吉川：私が学生だったころは旋盤から溶接、鋳造まで一通りの教育を受けたが、今はその面影もない。しかし、ものづくり大学の創立もひとつの刺激になっていると思うが、全国の工学部で「技能がわかる」教育に力を入れ始めているのも事実だ。ものづくり大学はビジョンを持って進めなければ特色を失う。

神本：工学部で技能実習が減ったのは、主にコンピュータの授業に割く時間が増えたからだ。ところがコンピュータに頼りすぎると、数字だけ一人歩きして、数字の意味を知らないという世代が巡ってくる。その結果が昨今の製品欠陥や大事故となっている。デジタル化するのは必然かもしれないが、そこには必ずアナログがわかる技術者が介在する必要がある。それこそが技能工芸学が生み出すべき技術者である。

飛内：そのあたりのことはむしろ海外から見た方がよく見えているかもしれない。タイやサウジアラビアなど、多くの国から本学にコンタクトがあるのがそれを示している。

平岡：それはいわゆる産業の空洞化によって、ものづくり大学の送り出す卒業生の居場所が、日本よりはアジアなどの発展中の国の産業構造の中にこそあるようになってきた、ということだとは考えられませんか。

神本：世界のチャンピオンを目指す企業でないと、生き残っていけない。大田区などの中

小企業を見ても、独自技術を持つところは元気だ。その独自技術の多くはアナログ的技術であり、それは軽々には海外で実践できない領域だ。その領域を担うのが本学卒業生だ。

宮本：単に下請けで画一的な加工を請け負っているところは苦しい。今後も淘汰されてゆくだろう。本学卒業生が必要とされるのは、そこに理論とアイデアを付加し、まねのできない技術や製品を送り出して生き残っていく企業だ。

平岡：技能について深く学んだということから、卒業生が技能系の職場に配属されることもあります。技能職が技術職より給与面等で恵まれない現実がある中、卒業生が低給与側に組み込まれてしまうことはありませんか。

宮本：技能職の給与が低いという現実はある。職種が技能職でなく、大卒初任給は同額だったとしても、技能系の部署にいると給与の上昇が遅いところもある。建設では経験を積んで一本立ちしたり棟梁になったりするとぐっとよくなると思われるが、製造業では一旦技能のみの現場に配属されると…。

飛内：なかなか抜けられないという現実があるかもしれない。

吉川：製造業でも大企業をスピンアウトして一本立ちする例は多い。町工場の創始者はたいていそうだ。

神本：町工場の経営者は大企業の部長や社長より生き生きしている人が多い。仕事のおもしろさもやりがいも大きいようだ。

平岡：実際につき合うとそれがよくわかりますが、町工場に対する世間のイメージは自転車操業や大田区や東大阪の廃業企業などの報道に左右されています。学生にとってはおもしろい仕事と映っても、親御さんにとっては我が子に苦労はさせたくないということになると思います。

神本：実際、技能職に進む卒業生もいるし、技術職でも現場配属を希望する学生が多いのが本学の特徴である。それは製造学科でも建設学科でもそうである。彼らは現場や技能が仕事としておもしろいから、少々の不利益はあってもいいという。しかし、現場のリーダーとなると地位は高いし、技能職を選んだとしても、我々が送り出すのは従来の意味の技能職ではない。

宮本：科学的知識も持っていて、製品に付加価値を与え、設計部門や技術部門と対等にやり合える技能職だ。給与面はあまり気にしないという学生が多いが、そうになると当然給与水準も高くなるはず。

吉川：技能が向いていると考えて技能の方面に進む学生がいるのもよいが、ものづくり大学が本来送り出すのは技能のわかる技術者である。企業に入ってから必要とあれば技能ができるようになればよい。それは技能に限ったことではなく、技術にせよ何にせよ、大学4年間で身につくのは基礎に過ぎないのであって、実践的なものは必要に応じて卒業後に努力して身につけるのが当然だ。

神本：小学校くらいから徒弟制度で鍛えないとものにならないという技能もあるが、それは特殊なもので、そのような技能を教えようとしているのではないし、教えようもない。あくまで技術のための技能を学ぶのである。技能についてだけでなく、技術や一般教養の基礎を学んでいれば、必要となったときに実践的な技能が素早く身につく。

吉川：技術的な基礎を持っている者は技能の習得も早い。まして本学卒業生は技能につい

てよく知っているはずだから….

飛内：必要となったときに現場に入るのをいとわないことの大切さを学んでいる。

神本：現場のリーダーというのは必ず必要だ。設計部門にいても製造現場で仕事をすることも多い。そのようなときに平気で現場に入っていけて、現場を理解し、リードする技術者が必要だ。

平岡：中小ではそのような仕事の領域が広いと思いますが、分業が確立している大企業ではどうでしょうか。

飛内：こだわらなくていいのではないかな。いろいろな学生がいて、自分に向いたところに行けばよい。

神本：技能がわかる技術者は企業の組織のどのレイヤーでも必要とされる。現場に行くか、研究開発や設計に行くかは本人の思い次第だ。大学では広く浅く学ぶのがよい。最初からこれしかないという学び方は禍根を残すことになる。

平岡：現在のカリキュラムはどうでしょうか。そのように学べるようになっているのでしょうか。

神本：建設学科は技能実習に力が入っているのがよくわかるし、製造学科も技能教育を考慮したよいものであると思う。しかし、他大学がものづくり大学のような教育を取り入れようとしている中、さらに特色があり、効果の高いカリキュラムを作り上げていかなければならない。たとえば技能実習の時間はたくさん確保してあるが、他の科目と並列してあるだけで、有機的、総合的な効果が発揮できているかどうかは検証していかなければならない。

平岡：コース制についてはどうでしょうか。

神本：たとえば製造学科ではマネジメントが独立したコースとしてあるが、他のコースの学生も希望すれば学べなければならない。コース間の壁は低くすべきと思う。

平岡：実際、製造学科のコースはそれを配慮した設定になっています。

飛内：本学の学科は製造、建設というように大ぐりなので、外部から見て中身がわかりやすいようにというのがコース制のひとつの意味合いだ。

平岡：「技能がわかる」ようになる教育の一方で、科学教育も重要です。「技術がわかる」ために科学は不可欠です。

吉川：現代のものづくりは、科学・技術・技能の融合がなければできないことははっきりしている。その中のひとつでも欠けたものづくりは長続きしないし、新しいものが誕生しない。これからのものづくり教育を行うには、これらすべてを含めるのは必然だ。

神本：科学、技術、技能それぞれに「者」のつく担い手がいて、大学の工学部はそのうちの技術者を生み出すのが役割。その過程で、技術に加えて科学は熱心に教えたが、技能はあまり考慮されなかった。それはものづくりという本来の視点が忘れられていたからだ。この三者は対等な三角形を構成するものだ。本学の理念にあるように、ものづくりという目で見ると、技能の重要さがわかる。

宮本：ものづくり大学として考える技術とは何で、技能とは何か、その融合とは何か、明快に定義する必要があるのではないかな。このことは昨年度の外部評価の際にも、「技能工芸学という目的に沿って各学科の理念や目的を学則などに明記するべき」という指摘があ

ったことにも沿うと思われる。

神本：ものづくり大学が育てるのはものづくりのための技術者である。したがって教育の中心は当然技術であるが、その過程で科学と同じ重みを持って技能も教える。それがものづくりにとって不可欠だからだ。それを具現化した成果として技能のわかる技術者ができあがる。吉川先生のお話にあったように「技能工芸学」という名称には、尊重しつつもとらわれすぎることなく、ものづくりという観点から見るべきであろう。技能と技術の最大の違いはクリエイティビティーが要求されるレベルである。技術者には高いクリエイティビティーが要求される。そのための教育を行うのが大学である。さらにいえば、日本人の持つ細やかな感性や美的センスを加えたものづくりができるような技術者を育てたい。

平岡：長時間にわたり、ありがとうございました。

(2011年12月22日ものづくり大学学長室にて)

*編集委員会注

論文 Article

2色法によるディーゼル機関の火炎温度およびKL値の測定に関する研究

原稿受付 2011年3月28日

ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 13~17

張博^{*1}, 菅谷 諭^{*2}, 神本 武征^{*3}, 青柳 友三^{*4}, 長田 英朗^{*4}^{*1} ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 ものづくり学専攻^{*2} ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科^{*3} ものづくり大学 名誉学長^{*4} 新エイシーイー

Measurements of flame temperature and KL factor in a diesel engine by the two-color Method

Hiroshi CHO^{*1}, Satohi SUGAYA^{*2}, Takeyuki KAMIMOTO^{*3}Yuzo AOYAGI^{*4} and Hideaki OSADA^{*4}^{*1} Graduate student, Graduate School of Technologists, Institute of Technologists^{*2} Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists^{*3} Institute of Technologists^{*4} NACE

Abstract

The diesel engine has been receiving mounting critical attention for its pollutants emissions. This study aims to measure flame temperature and soot concentration in a diesel engine, and the author designed and built an optical system of the two-color method. Experiments have been conducted using a single cylinder heavy duty diesel engine, and the effects of EGR and fuel injection pressure on in-cylinder flame temperature and KL factor have been investigated. The result show that the radiation intensity from the flame increases first with crank angle due to soot formation and drops later due to soot oxidation, and the level of intensity at a later crank angle correlates well with soot emission value in engine exhaust.

Key Words : flame temperature, KL factor, diesel engine, two-color Method, EGR, fuel injection pressure,

1. はじめに

ディーゼルエンジンは、高い熱効率を有するが、窒素酸化物とススなどの排出が高いので、その低減が緊急の課題となっている。窒素酸化物は排気還流(EGR)により火炎温度を下げることによって低減できる。しかしEGRによってススの生成は増し、酸化は抑制されるので燃料噴射圧力を高めて燃料と雰囲気との混合状態を改善してススの排出も低減するという方法が採られている。このアプローチの有効性を確認し、さらに精度を高めるには筒内の火炎温度とスス濃度の正確な測定が必要である。

ディーゼルエンジンの火炎温度は2000K以上と高温であり、回転数に合わせて高速に変化する。この測定法として、火炎中の高温スス粒子からの連続放射に注目する2色法と呼ばれる光学的方法が広く使用されている。^{1,2,3)}

2色法によれば火炎温度だけでなくスス濃度に比例するKL値を計測できるので、2色法はススの生成と酸化過程を追跡するうえで最適の測定法と言える⁴⁾。このような利点から従来、2色法により、ディーゼルの火炎解析は研究されてきた。

ディーゼル火炎に対する2色法の適用法には二つの方法がある。一つは燃焼室内の1点からの輻

射光強度情報をプローブを通してサンプルして局所的な火炎温度と KL 値を測定する方法である。もう一つは、高速度撮影した火炎のカラー画像に2色法を適用して燃焼室内火炎の温度と KL 値の2次元分布を得る方法である⁵⁾。藤野らは画像解析法により EGR が火炎温度と KL 値に及ぼす影響を調べている。しかしこの方法ではサンプルサイクル数が少ないため影響度の精度が低い⁶⁾。

現状では最新の高過給エンジンにおける EGR 率と燃料噴射圧力が燃焼と排気に及ぼす影響は十分理解されたとは言い難い。

本研究では、最新の高過給エンジンにおいて高 EGR 率と高噴射圧力が火炎温度と KL 値の局所値に及ぼす影響を多数サイクルにわたって調査することを目的としている。

2. 2色法測定原理

2色法は輝炎の中のスス粒子からの熱放射に注目している。可視波長範囲で 3000K 未満の温度であれば 1 単位立体角当たりの単波長黒体放射力

$i_{\lambda b}(\lambda, T)$ は Wien の式で表せる。

$$i_{\lambda b}(\lambda, T) = \frac{C_1}{\pi\lambda^5} \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda T}\right) \quad (1)$$

λ は波長, T は絶対温度であり, C_1 と C_2 は, プランクの第 1 および第 2 の定数である。

輝炎の波長放射率を ε_λ とすると, 火炎の単波長放射 $i_\lambda(\lambda, T)$ は式(2)で表現できる。

$$i_\lambda(\lambda, T) = \varepsilon_\lambda \frac{C_1}{\pi\lambda^5} \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda T}\right) \quad (2)$$

$i_\lambda(\lambda, T)$ は波長 λ における輝度温度 T_a を使うと式(3)のようにも書ける。

$$i_\lambda(\lambda, T) = \frac{C_1}{\pi\lambda^5} \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda T_a}\right) \quad (3)$$

Hottel と Broughton は輝炎のふく射に関する次の式(4)を提案した。

$$\varepsilon_\lambda = 1 - \exp\left(-\frac{KL}{\lambda^\alpha}\right) \quad (4)$$

KL は KL 因子と呼ばれる。K はほぼス濃度に比例し, L は光検出の方向の火炎厚さである。 α は放射率の波長依存性を表現する指数である。

式(2)~(4)から式(5)が導ける。

$$KL = -\lambda^\alpha \ln\left[1 - \exp\left\{-\frac{C_2}{\lambda}\left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T}\right)\right\}\right] \quad (5)$$

式(5)に 2 つの異なった波長 λ_1 および λ_2 をあてはめると以下の式(6)が求められる。 T_{a1} と T_{a2} は 2 つの波長における輝度温度である。

$$\left[1 - \exp\left\{-\frac{C_2}{\lambda_1}\left(\frac{1}{T_{a1}} - \frac{1}{T}\right)\right\}\right]^{\lambda_1^{\alpha_1}} = \left[1 - \exp\left\{-\frac{C_2}{\lambda_2}\left(\frac{1}{T_{a2}} - \frac{1}{T}\right)\right\}\right]^{\lambda_2^{\alpha_2}} \quad (6)$$

Hottel と Broughton によれば $\alpha_1 = \alpha_2 = 1.39$ である⁷⁾。ニュートンラフソン法を使用し, 2 つの測定輝度温度を式(6)に代入することで真温度 T を求める。さらに KL は式(5)に T を代入して求める。

3. 実験装置及び実験条件

3.1 使用エンジン

表 1 にエンジンの仕様を示す。実験には単気筒 4 サイクル直噴式ディーゼルエンジンを使用した。実験装置は, 外部過給機による過給を 501.3 kPa まで行うことに加え, 任意の EGR 率, EGR ガス温度で運転できる。

Table.1 Engine specifications

Item	Specifications
Engine type	DI single cylinder OHV 4 valve
Displacement [L]	2.004
Bore x Stroke [mm]	135 × 140
Engine speed [rpm]	1200
Fuel injection system	Common rail system (max Pinj; 200MPa)
Nozzle	Minisac 0.177×8-150
Piston	Monotherm steel piston
Combustion chamber (diameter / bore)	Toroidal 107mm diameter for observation (0.73)
Compression ratio	16
Swirl ratio	1.4
Air charging system	External super charger

3.2 実験条件

表 2 に実験条件を示すように、高過給の条件で EGR 率と燃料噴射圧力の影響を調べた。回転速度 $N_e=1200\text{rpm}$ 、スワール比 $R_s=1.4$ を標準条件とし、燃料噴射量に応じて燃量噴射圧力、過給圧・EGR 率を設定した。スス付着による光学窓の汚れの影響を補正するため実験の途中で適宜、基準条件(reference)においてデータを採取した。基準条件の条件は表 2 に示した。

Table.2 Experimental conditions

No.	Boost (Pb) kPa abs	EGR rate %	Common rail pressure $P_{cr}=P_{inj}$ MPa	Injection quantity (q) mm^3/st
3	126.3	0	150	45
4			200	
5	271.3	51	200	135
6			220	
7	Reference 07-111125R1200L10A			
8	271.3	51	180	135
9			150	
10	Reference 10-111125R1200L10A			
11	271.3	51	120	135
12			90	
13	Reference 13-111125R1200L10A			
14	271.3	0	200	135
15		30		
16		40		
17		50		
18	Reference 18-111125R1200L10A			

3.3 測定装置

図 1 に測定装置の概略を示す。エンジン内の火炎ふく射光はプローブから光ファイバを通り分光器に入る。ハーフミラーで光を二分化し、それぞれに干渉フィルタで分光される。干渉フィルタを通過した単色光は光電子増倍管で光電変換して検出される。検出された光が強い場合には ND フィルタを通し出力を下げる。干渉フィルタの中心透過波長は、可視域に存在するラジカルの発光および化学発光のバンドを避けて、535, 632 nm とした。

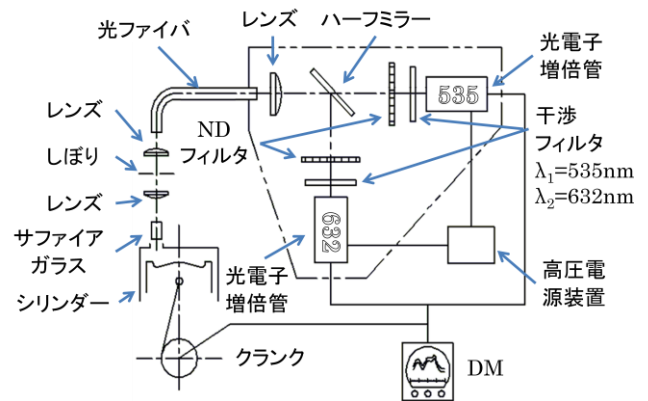


Fig.1 Schematic diagram of the two-color method

3.4 プローブ

図 2 に試作した高過給エンジン用の光学プローブの外観と断面図を示す。プローブ先端部にはサファイアガラスが付いており、エンジンの高温高压の燃焼ガスからふく射を取り出す。2 枚のレンズの間に直径 0.4 mm のピンホールを入れることにより、検出する火炎ふく射光の平行度を上げている。プローブを出た光は光ファイバ(コア直径 0.2 mm) に入る。

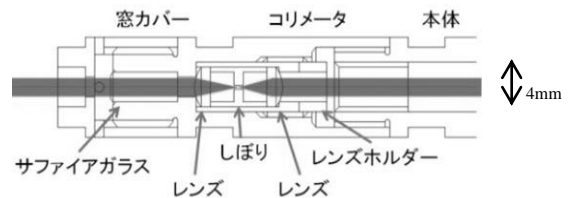


Fig.2 Cross sectional view of the optical probe designed for this study

4. 実験結果と考察

図 3 は基準条件における検出出力の経過時間を示す。時間経過とともに出力が減衰しているのは時間とともにプローブ先端の光窓表面にススが付着したためと考えられる。

この減衰曲線と測定終了後に行った検出器出力と輝度温度の検定曲線から図 3 の 4 個の基準条件における測定データを 2 色法により計算した結果を図 4 に示す。図に見るように減衰を補正した 2 波長におけるふく射強度から計算した火炎温度および KL 因子は互いに良く一致している。また最高温度はほぼ 2400 K, KL の最大値は 1 程度である。

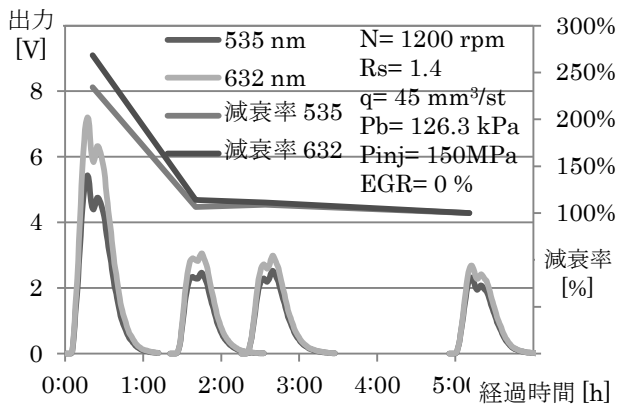


Fig. 3 Change of the output level with time under reference condition

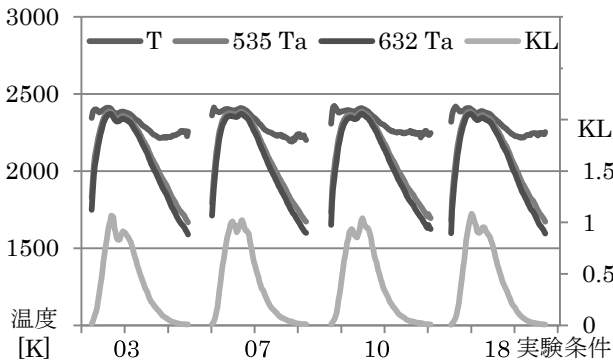


Fig. 4 Calculated time records of T and KL under reference condition

ほかの条件においても光学窓のよごれの影響を補正して2色法による解析を試みたが、良い結果が得られなかった。基準条件では燃料噴射量が45 mm³/stであるのに対し他条件の噴射量は135 mm³/stと多く、その結果、最大筒内圧力値が基準条件時の9 MPaの2倍近い18 MPaに達した。プローブの外側からかかる18 MPaと内側の大気圧との差によりプローブに歪が発生し、レンズとピンホールから成る光学系に狂いが生じたものと推察される。

そこで輻射光強度の変化にのみ注目して燃焼中のススの生成・酸化過程と排気スス濃度との関係を定性的に考察することにした。

図5と図6に噴射圧力・EGR率を変化させた測定結果とふく射強度の変化およびスス濃度(FSN: Filter smoke number)を示す。噴射圧力を下げると出力が低下し、同時に燃焼が長引くことが分かる。これは噴射圧力の低下により燃料の噴射にかかる時間が長引き、かつ燃料と空気との混合が遅くなったためと考えられる。またEGR率を上げると出力が低下し、燃焼が長引くことが分かる。

これはEGR率の増加により、酸素濃度が低下して酸化反応が緩慢化したためと考えられる。

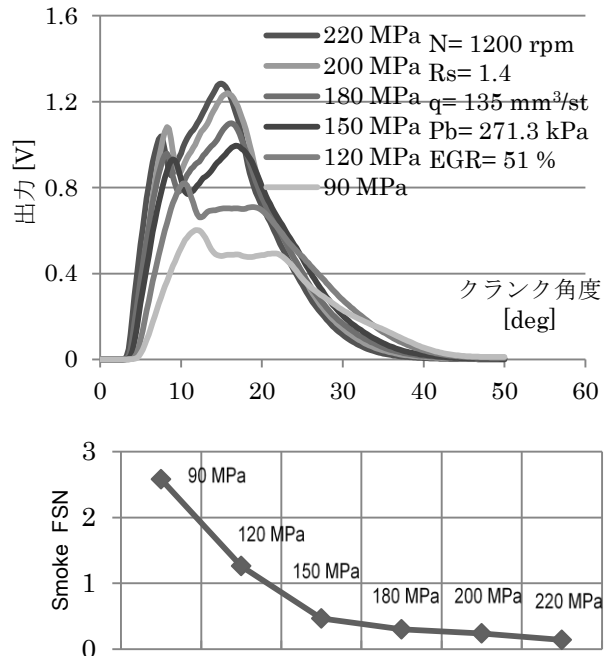


Fig. 5 The result of a measurement that changed injection pressure

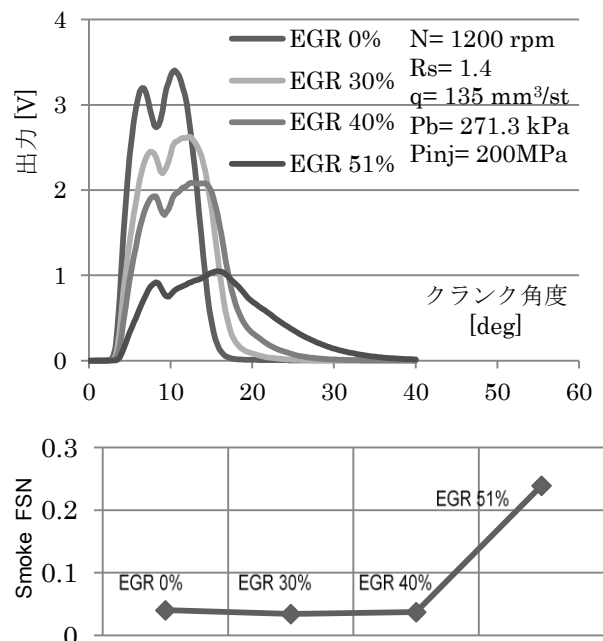


Fig. 6 The result of a measurement that changed an EGR rate

図7に各条件の筒内圧力変化を示した。基準条件では筒内圧力は約9 MPaであるが、その他の条件では18 MPaに達していることがわかる。

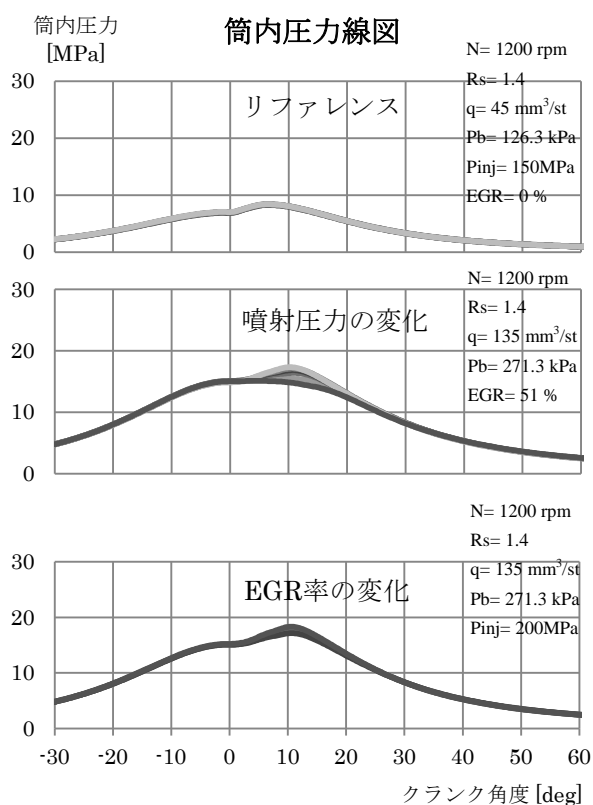


Fig. 7 A comparison between in-cylinder pressure diagrams for reference and other conditions

文献

- 1) Uyehara, P.S., Myers, K.M., Watson and L.A. Wilson, "Diesel Combustion Temperatures - The Influence of Operating Variables." Trans. ASME, 69-5, 1947, pp. 465.
- 2) Y. Matsui, T. Kamimoto and S. Matsuoka, "A Study on the Time and Space resolved Measurement of Flame Temperature and Soot Concentration in a DI Diesel Engine by the Two-Color Method" SAE Trans. 88-2 No.790491, 1979
- 3) Zhao, H., and Ladommatos, N., Optical diagnostics for soot and temperature measurement in diesel engines, *Prog. Energy Combustion Sci.*, vol.24, 1998, pp.221-255
- 4) Kamimoto T. and Murayama Y., Reexamination of the emissivity of diesel flames, *Int. Journal of Engine Research*, Vol.12. Issue 6, Dec. 20012, pp.580-600.
- 5) Ahn S-K., Kamimoto T., et al., "Measurement of Flame Temperature Distribution in a Diesel Engine by Means of Image Analysis of High Speed Photographs", Proc. Of the 13th Int. Cong. On High Speed Photonics, Tokyo, pp688-691 (1978)
- 6) 藤野ほか3名, ボアスコープによるディーゼル燃焼の直接観察と火炎温度, 第20回内燃機関シンポジウム予稿集, 2009年9月
- 7) Hottel, H.C., and Broughton, F.P. Determination of true temperature and total radiation from luminous gas flames. *Industrial and engineering chemistry*, 1932, 4, 2, pp.166-175

5. まとめ

1. レンズとピンホールを内蔵したディーゼル火炎のふく射検出用プローブを設計・試作し、二色法による温度と KL 因子の解析を行った。
2. EGR なし、軽負荷の条件で、光学窓のよごれを補正して 2 波長におけるふく射強度から火炎温度と KL 因子が求められることを示した。
3. 高過給、高 EGR 条件では適切なふく射出力が得られなかった。高負荷ではシリンダ内圧が 200 気圧レベルに上昇するため、プローブが歪みふく射強度に誤差が生じたと想像される。
4. 高過給条件で、噴射圧と EGR がふく射強度に及ぼす影響を定性的に考察した。その結果、噴射圧力を下げると、ふく射強度が低下すると同時に燃焼が長引くこと、EGR 率を上げるとふく射強度が低下し、かつ燃焼が長引くことが分かった。
5. 燃焼期間後半におけるふく射強度の値は排気中の煙濃度の傾向と一致することが分かった。

論文 Article

穴加工におけるドリル変形機構の解析

原稿受付 2012年3月29日

ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 18~22

藤澤政泰^{*1}, 高田光士郎^{*2}^{*1}ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科^{*2}ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科学学生

Analysis of Drill Deformation Mechanism in Hole Machining

Masayasu FUJISAWA ^{*1}, Kojirou TAKADA ^{*2}^{*1} Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists^{*2} Student of Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

Abstract

The drilling has been accurate to a precision of a few microns, because drill material and form has been advanced. However a essential reason of hole deflection in drilling has not been well known. So in this paper, a effect of drill vibration on hole deflection was analyzed. As a result, the error of initial position of drill was caused by regenerative chatter vibration, and deflection of hole was caused by 90 degree phase shift of drill bending vibration after one rotation.

Key Words : drilling accuracy, regenerative vibration, hole deflection, drill deflection

1. はじめに

ドリル加工は最も幅広く使われている機械加工法であり、ドリル材質はもちろん工具形状に関しても新しい製品が次々と発表され、微小径ドリルの折損防止技術も進んでいる^{1)~3)}。プリント基板⁴⁾や各種ノズルなど、穴加工の微細化や高精度化のニーズに対して、小径ドリルのシニング技術⁵⁾やチップブレーカを備えた小径ドリル⁶⁾が開発され、クーラン穴付きドリルの小径化も進んでいる。これらの技術は切削抵抗を低減することによって穴加工の高精度化を図るものであるが、穴が曲がる根本的な原因の対策にはなっていない。というのはドリルが回転しているため、切削抵抗の分布は軸対称になる。このため切削抵抗の平均値は0となり、特定の方向に穴が曲がるとは考え難い。

上記のごとく静的な力でドリルが変形し、穴が

曲がるとは考え難いが、動的な力の影響を受ける可能性が存在する。動的な力、つまり振動が線形で、3次元の各方向において独立ならば、穴の曲がりには影響することは考えにくい。しかしながら、振動の非線形性やモードカップリングを考慮すれば、振動によって穴が曲がる可能性があると考え、実験をした。

2. 実験装置および方法

図1の加工装置を使って表1の条件で穴加工をし、図2のプロブで穴の位置精度を測定した。ドリルの振動の測定には表2の装置を使った。記録計のPCカードに保存した加速度とインパルス力を、ExcelVBAの自作プログラムで、フーリエ変換し、その除算した値を振動の特性とした。

Table 1 Drilling equipment and condition

Drilling machine	FANUC α -T14ics
Workpiece	A2060, 50×80×30 mm
Drill	Tungsten carbide, ϕ 5.3 mm, 2 teeth Mitsubishi VAPDSSUSD0530
Spindle speed	523~7600min ⁻¹
Feed rate	0.02mm/rev
Center hole	Nothing
Guide hole	Nothing
Cutting fluid	Idemitsu Magplus MP5

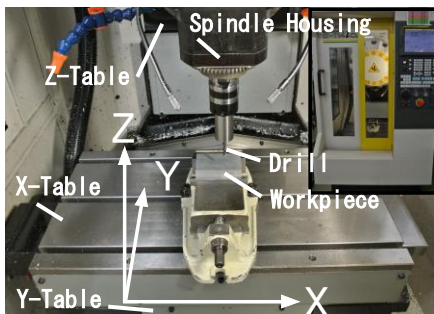


Fig. 1 Drilling machine

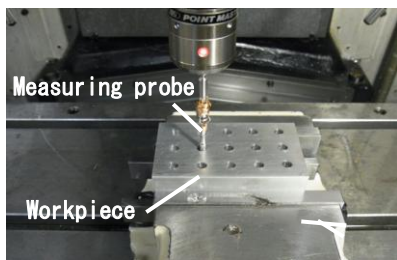


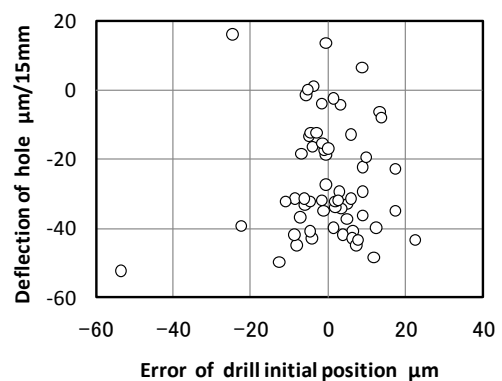
Fig. 2 Measuring probe of hole position

Table 2 Measuring equipment of drill vibration and cutting resistance

Accelerometer	Kistler 8778A500sp
Impulse hammer	Kistler 9722A500
Dynamometer	Kistler 9257B

3. 実験結果

ドリルは回転しているため、特定の方向に曲がることは考えにくいですが、食いつき位置がずれるとドリル側面に抵抗が加わり、ドリルは位置ずれした方向に曲がる⁷⁾。食いつき位置のずれの原因として、ドリル先端と回転中心のずれが考えられる。本実験に使用したドリルの軸心と先端の同心度は数ミクロン以内であり、チャックに取り付けた状態でも回転軸との同心度は10 μ m以内である。とすれば、食いつき時の位置ずれもせいぜい10 μ m程度でなければならないが、実際には10 μ m以上ある。もみつけをしても、食いつき位置が10 μ m以上ずれることがある。これは、位置ずれの原因がドリル先端の同心度だけではないことを意味している。また曲りの原因が食いつき位置のずれであるとすれば、両者の間に相関関係がなければならぬが、**図3**に示すようにばらつきが大きい。これは、食いつき位置のずれ以外にもドリルを曲げるおおきな要因があることを示している。ドリルは回転しているため、XY面内における切削抵抗の平均値は0になると考えられる。したがって、この現象を理解するには動的な要因、すなわち振動を考慮しなければならない。



Spindle speed: 723~7600min⁻¹

Fig. 3 Relation between error of drill initial position and hole deflection

ドリル加工でも再生びり振動が生じることが知られているが⁸⁾、ドリルの曲がりへの影響は報告されていない。ドリル回転数の奇数倍の周波数

で再生びり振動が生じる以外は、旋削における再生びり振動の発生メカニズムとおなじである。

奇数倍の周波数で再生びり振動が生じるのは、2枚刃の場合、ドリル半回転後の曲げ振動が逆位相でなければ、再生効果が生じないためである。図4は、図1の加工装置に取り付けたドリルの振動の周波数特性である。48Hzの振動はZ軸テーブルの固有振動数であり、737Hzは主軸の固有振動数である。1738Hzはドリルの1次モードの曲げ振動の固有振動である。

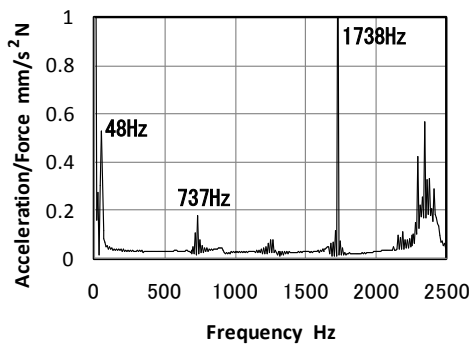


Fig. 4 Frequency character of drill vibration

振動が穴の曲がりに影響する要因として2つ考えられる。ひとつは再生びり振動である。図5はドリル食いつき時のドリルに加わる切削抵抗のXY面内における軌跡である。星型の軌跡になっており、ドリル1回転当り5周期の再生びり振動が生じていることがわかる。

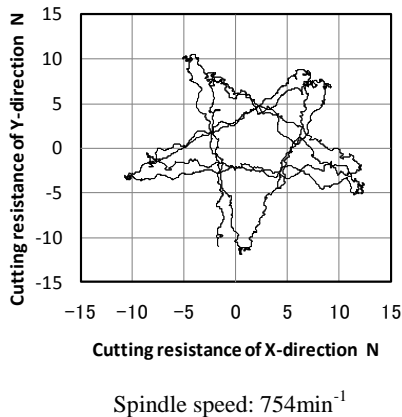


Fig. 5 Trajectory of cutting resistance at initial position

図6は15mmの深さにおける切削抵抗の軌跡で

あり、五角形になっている。これも5周期の振動であるが、振動の振幅は小さくなっている。再生びり振動では1周期毎に位相ずれが生じ、1周期の切削抵抗の積分値が0にならない。

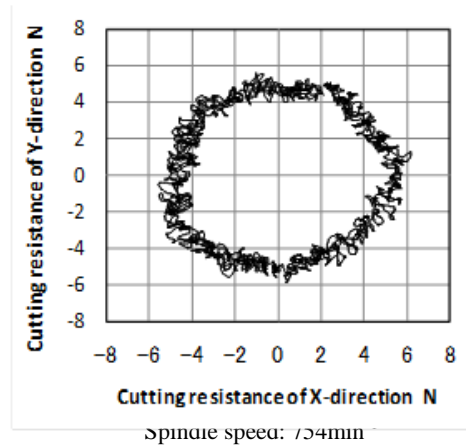


Fig. 6 Trajectory of cutting resistance at 15mm-depth

このため、ドリルを曲げる力の平均値が0にならず、特定の方向に穴が曲がると考えられる。

図7にドリル回転数と穴の曲がりの関係を示す。曲がりの正負は図1の加工装置の座標の正負にしたがっている。回転数と曲がりの間に明確な相関関係がないことわかる。

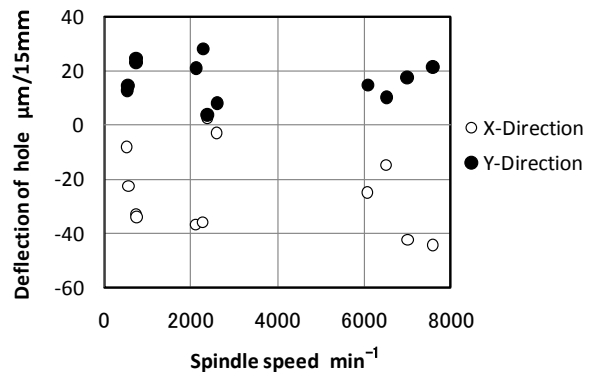


Fig. 7 Relation between spindle speed and hole reflection

しかし図8に示すように、ドリル曲げ振動の1回転後の位相差と曲がりの間に相関関係があり、位相差が90度のとき曲がりが最大になり、0度と180度で小さくなっている。位相差はドリル回転数と曲げ振動の固有振動数で定まる値であり、入力値である。これにたいして、穴の曲

がりは入力に対する結果である。本実験はドリル回転数だけを変化させており、他の実験条件は表1の通り、一定である。またドリル回転数の変化に伴う図4の各種固有振動との位相ずれは、ドリルの曲げ振動以外、相関関係が認められない。したがって、ドリルの曲げ振動が穴の曲がりに大きく影響していると推定される。

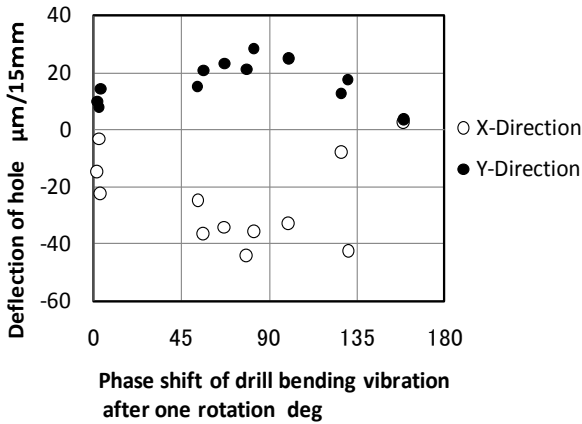


Fig. 8 Relation between hole reflection and phase shift of drill bending vibration after one rotation

もうひとつのドリルを曲げる原因は、XY方向の振動のモードカップリングや非線形性にあると考えられる。図9はドリルにインパルス力付加直後の振動加速度の軌跡である。

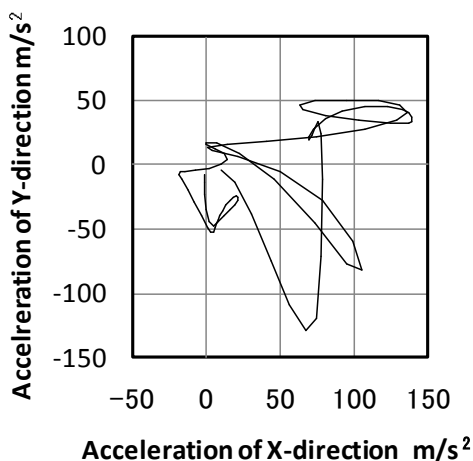


Fig. 9 Trajectory of drill acceleration at impact with impulse hammer

X方向に加振しているにもかかわらずY方向に動いたりし、斜め方向の振動が目立つ。これは振動のモードカップリングと非線形性に起因し

ており、特定の方向に振動しやすいことと、振動が非対称であることを示している。図10はドリルにインパルス力を加えた後、5~10ms後のXY座標上の加速度の軌跡である。加振方向に拘わらず、一定の方向に振動していることがわかる。これはモードコンプライアンスの影響で特定の方向の振動が残留していることを示している。

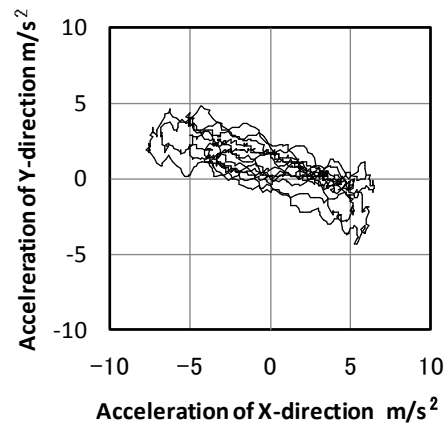


Fig. 10 Trajectory of drill acceleration at 5~10ms after impact with impulse hammer

ドリルの食い付き位置と深さ15mmにおける穴位置誤差のXY座標を図11に示す。

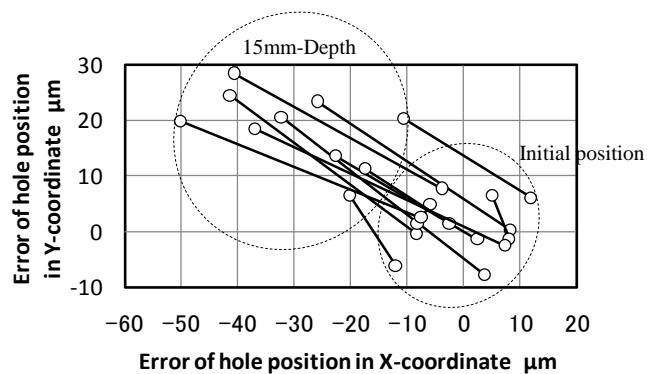


Fig. 11 Error of drill position at initial point and 15mm-depth

右下の点が食い付き位置の誤差で、左上の座標が深さ15mmにおける誤差である。左上に向かって曲がっており、図9、図10の振動方向とおおよそ一致している。

この結果より、振動が穴の曲がりに影響して

いると推定され、これを抑制するには再生びり振動を回避し、主軸、テーブルおよび軸受けの動剛性を大きくするとともに、剛性を等方的にすることが有効と考えられる。

4. おわりに

穴加工におけるドリルの変形機構を解析した結果、下記のことになった。

- (1) ドリルの食込み位置のずれ量と穴の曲がりの間の相関関係は小さい。
- (2) ドリルの振動に非線形性とモードカップリングが存在する。
- (3) ドリル食込み位置ずれは、再生びり振動の影響が大きいと推定される。
- (4) ドリルの曲げ振動の1回転後の位相ずれと穴の曲がりの間に相関関係があり、90度の位相ずれで、曲がりが最も大きくなり、0度と180度の位相ずれで穴の曲がりは最小になる。

本研究における「動的な力による穴の曲がりの発生機構」は、定量化されたわけではないが、従来、全く顧みられてない機構であり、今後定量化が進

むと考えている。また本研究では予想だにできなかった現象も見出されたが、その詳細は別稿にて述べる。

文 献

- 1) 小口敏孝：カセンサ内蔵旋盤型微細穴加工機の開発，平成15年度新機械振興賞概要，（2003）
- 2) 寺林隆夫，大幸洋一，前田幸雄，梶田正美：プリント基板の小径ドリル加工(第4報)，精密工学会誌，68，4(2002) 556-560
- 3) 小池昌弘，高橋直紀：プリント基板用微小径ドリルのための微小トルクセンサ開発とトルク測定，日本機械学会北信越支部第46期総会・講演会講演論文集，（2009）311
- 4) 田中康稔：PWB用超精密微細穴あけ加工機の位置決め技術，機械設計，48，12（2004）35-39
- 5) 南部洋平，落合一裕，秋葉大輔，永久保輝昭，松田信一：Co基超耐熱合金への微細深穴加工に関する研究，精密工学会誌，75，9（2009）1083-1087
- 6) 赤松猛史，吉村彰，木野晴喜：微細超深穴加工用ドリル「エボックマイクロステップボーラー」の開発，砥粒加工学会学術講演会講演論文集，（2010）419-422
- 7) 佐久間敬三，田口紘一，甲木昭雄：深穴加工における穴の曲がり(第1報)，精密機械，49，10（1983）1379-1384
- 8) 藤井洋，丸井悦男，江馬論：ドリルのびり振動発生機構，機械学会論文集，51，462（1985）436-445

論文 Article

施設園芸用地中熱ヒートポンプシステムにおける 古井戸の活用とその性能特性

原稿受付 2012 年 3 月 30 日

ものづくり大学紀要 第 3 号 (2012) 23~30

平尾尚武

株式会社アグリクラスター 研究開発室
ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科 客員准教授

Application of an Old Well to a Geothermal Heat Pump System for Protected Horticulture and its Performance Characteristics

Naotake HIRAO

Dept. of Research and Development, AGRICLUSTER Corporation

& Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

Abstract

AGRICLUSTER Corporation developed the efficient geothermal heat pump system that utilized the old well as an air-conditioning system for protected horticulture. This system aims at using an old well effectively. This system is a geothermal heat pump system that can realize reduction of an initial cost and the change of function of resources. This system keeps the temperature of well water constant by purging the water of a well, and has the feature of stabilizing heat source temperature. As a result, it becomes possible to maintain high heat exchange performance. In the heat exchange performance of this system, cooler performance is 200 W/m and heater performance is 120 W/m. The system COP are $SCOP=3.0$ and $COP=4.7$. The running costs of this system are about 1/2 compared with the conventional system.

Key Words : heat pump, geothermal, old well, air conditioning system, protected horticulture

1. はじめに

地中熱とは、地下数 m から 100m 程度までの地盤が持つ熱エネルギーのことである。深さ 5m を越える地中の温度は年間を通してほぼ一定であるため、夏季冷房時の放熱、冬季暖房時の採熱を効率よくおこなうことが可能となる。地中熱源を利用したヒートポンプシステム^{1), 2)}には大きく分けて二つの方式がある。その一つは、オープン型と呼ばれ、井戸（採熱井）で汲み上げた地下水をヒートポンプの熱源として利用した後、別の井戸（還元井）

へ還す方式である。もう一つは、クローズド型と呼ばれる方式で、地中に埋設した熱交換器内に熱交換媒体として水または不凍液（ブライン）を循環させることで土壌との熱交換をおこなう方式である。オープン型は、安定した熱交換性能を維持できる。また、熱交換した後の地下水を再び地中へ戻すため、地下水の汲み上げすぎによる地盤沈下等の問題に対応できる。しかし、還元井の目詰まりによって揚水と還水のバランスが取れなくなるため定期的なメンテナンスを必要とする。クローズド型は、基本的には地中熱交換器のメンテナ

ンスを必要としないが、土壌の熱伝導率や地下水流の有無によって熱交換性能が大きく異なる³⁾、⁴⁾ため、地中熱利用システムの導入前に熱伝導率等の土壌の物性値や地下帯水層における地下水流向・流速等の調査が欠かせない。地中熱ヒートポンプシステムの導入には100m規模のボーリングが必要となるが、1mあたり1万円とされる日本における掘削コスト⁵⁾は、地中熱利用が普及している欧米諸国⁶⁾と比較すると3倍以上も高価であり、普及の妨げとなっている。

施設園芸の現場では地下水による灌水が、水道コストの削減ばかりでなく生産物の品質向上に寄与するとされ、各農家は古くから、数10~100m規模の深井戸設備を保有している。しかし、それら深井戸の利用に際しては、設備の経年劣化による揚水量の減少や水質の悪化などを改善するために、大掛かりな修繕が必要であり、使用されなくなった井戸設備(古井戸)が多く存在している。このような古井戸も、井戸形状に適した熱交換器を設置するだけで、熱エネルギー源への機能転換が可能となる。㈱アグリクラスターでは、古井戸の有効利用に着目し、イニシャルコストの削減と資源の機能転換を実現する高効率地中熱ヒートポンプシステム(以下、本システム)の開発をおこなっている。本システムは、蘭栽培農家である埼玉県さいたま市の(有)黒白洋蘭園にて2011年4月末より運用が開始されており、実用化に向けた基礎データの収集、および制御システムの構築を目的として、現在稼動中である。

本システムは、古井戸とその揚水機能を活用する地中熱利用型水熱源ヒートポンプシステムであり、既設の井戸設備を活用することによるイニシャルコストの削減を可能としている。また、従来の水熱源地中熱利用ヒートポンプシステムがオープン型であるのに対し、本システムは、地中(井戸内)に熱交換器を設置するクローズド型でありながら、井水パージ機能により熱源温度の安定化を実現し、高い熱交換性能を維持することが可能であるという特徴を有する。このためオープン型地中熱利用システムのように還元井を必要とせず、メンテナンスの問題もクリアでき、クローズド型のように土壌の熱伝導率や地下水流れの有無が熱

交換性能に大きく影響を与えることもない。

本報では、本システム運用開始からこれまでに得られた、各季節における運転データとそこから明らかになった知見について報告する。

2. システム概要

図1に本システムの構成、表1および表2に主要機器諸元を示す。本システムは、(有)黒白洋蘭園のコショウラン栽培ハウス11・12号棟に設置されている。11号棟(250m²)と12号棟(450m²)に隔壁はなく、内部は繋がっており、出力18kWの空気熱源HPが2台、および本システム(出力14kW)1台の合計3台の空調設備にてハウス内の温度管理をおこなっている。

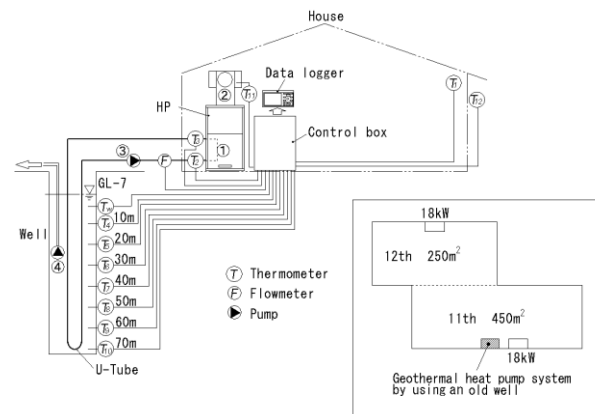


Fig.1 Schematic GHP system by using an old well

本システムはUチューブ、不凍液(ブライン)循環ポンプ、ヒートポンプ(HP)ユニット、送風ファン、制御盤によって構成される。井戸深さは約70m(自然水位:GL-7m)、これに管長140mのUチューブをダブルで配し、Uチューブ内を循環するブラインと地中との間で熱交換をおこなう。また、システムの運転状況は1min間隔でデータロガーに記録される。運転状況は、図1に示す各センサによりモニタリングされる。温度センサは、Uチューブ内の入口(T_2)・出口(T_3)、送風ダクト内(T_{11})、井戸内GL-10~-70mに10m毎($T_4 \sim T_{10}$)、およびパージポンプ制御用(T_W)、ハウス内(T_1)・外(T_{12})に配置され、流量センサにてブライン流

量を測定する。また、電力量計にてシステムの消費電力を計測する。各センサからの情報は制御盤へと集約され、設定に応じて、①コンプレッサ、②送風ファン、③ブライン循環ポンプ、および④パージポンプ（揚水ポンプ）を駆動する。

①～③の各機器は、ハウス内温度 T_i を基に冷房、暖房の各運転において、表3に示す設定温度に応じた自動制御により運転されるが、必要に応じて手動運転も可能である。井水温度 T_w が設定値に達すると、④パージポンプが作動し、井水が排出される。パージポンプは、井水温度 T_w が冷房運転時 40°C 以上、暖房運転時 10°C 以下になると作動する。排水時も井戸水位はほぼ一定 (GL-7m) に保たれることを確認している。これにより、高い熱交換性能を維持することが可能となる。また、排出された井水は栽培時の散水などに利用される。

Table 1 Specifications of apparatus

Apparatus	Rated power
①Compressor	5.5 kW
②Fan	1.1 kW
③Circulating pump	0.37 kW
④Purge pump	0.8 kW

Table 2 Specifications of heat exchanger

U-tube	Diameter	$\phi 25\text{mm}$
	Length	140m \times 2
	Materials	Polyethylene
Bore hole	Diameter	$\phi 150\text{mm}$
	Depth	70m (GL-7)

Table 3 Preset temperature

Time	Cooler		Heater	
	ON	OFF	ON	OFF
0:00~3:00	18°C	17°C	18°C	20°C
3:00~6:00	16°C	15°C	16°C	18°C
6:00~16:30	27°C	26°C	23°C	25°C
16:30~0:00	20°C	19°C	20°C	22°C

3. 夏季運転

3.1 冷房運転の一例

図2に夏季冷房運転の代表的な例として、8/11のハウス内気温度 T_i 、送風ダクト内気温度 T_{i1} 、外気温度 T_{i2} 、井戸水温度 T_w の測定結果を示す。8/11は、外気温度が日中 40°C 以上の猛暑日、夜間も 30°C 近い温度を記録している。

0:00~6:00 までの間、外気温度 T_{i2} は 30°C 近くあるが、ハウス内温度 T_i は表3の設定値 (16°C) に維持されていることがわかる。特に、明け方 (3:00~6:00) はハウス内温度を 15°C 程度まで下げる必要があるが、システムが断続的に稼動することでハウス内温度を設定温度に維持する。日の出とともに外気温度は急激に上昇する。それに伴いハウス内温度も上昇するため、午前中には 30°C 以上になる。夏季日中、ハウス内温度は 30°C 程度に保つ必要があるため、7:00 過ぎよりシステムが稼動を始め、ハウス内温度を設定値に維持する。システムは、外気温度が下がり始める 14:00 頃まではほぼフルパワーでの運転が続く。10:00 以降はパージポンプも連続作動を続けている。8/11は日没後も外気温度が 30°C 以上あり、 30°C を下回るのは 22:00 以降であった。16:30~0:00 の間はハウス内温度を 20°C 程度に保つ必要があるため、日没後もシステムは稼動を続けている。18:00~20:00 の間にはパージポンプが断続的に作動し、井水温度を一定に保っている。以上の動作により、ハウス内温度はコショウランの栽培に最適な温度に保たれている。

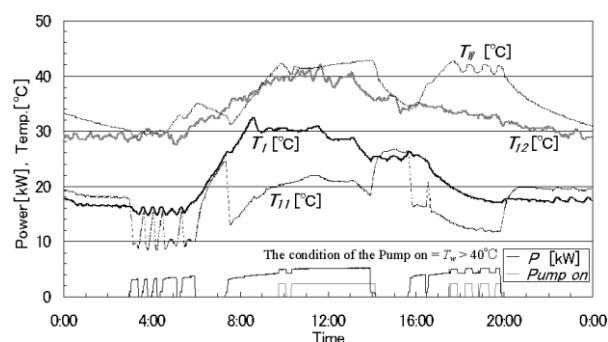


Fig.2 Example of summer operation (8/11)

3.2 冷房 COP および消費電力量

図3に2011年6/1から9/30までの本システム運転における消費電力量とCOP (Coefficient of performance) を示す。上段縦軸は冷房運転時COP ($SCOP_c$, COP_c) の日平均値を、下段縦軸は日毎の積算電力量と最高気温を表す。

6/4~6/5, 7/2~7/5の記録が抜けているのはシステム調整のためである。

各COPの算出については式(1), (2)を用いた⁷⁾。 $SCOP_c$ は電力量計にて計測された本システムの全消費電力量 P を基準にしたシステムCOP, COP_c はコンプレッサ消費電力量を基準とした冷房COPを表す。なお, COP_c 時の消費電力は, P から表1の②送風ファンと③循環ポンプの消費電力量を差し引くことで算出した。

$$SCOP_c = (Q - P) / P \quad (1)$$

$$COP_c = \{Q - (P - P_f - P_{ci})\} / (P - P_f - P_{ci}) \quad (2)$$

Q : 交換熱量 [W]

P : システム全消費電力量 [W]

P_f : 送風ファン消費電力量 [=1100W]

P_{ci} : 循環ポンプ消費電力量 [=370W]

なお, 交換熱量 Q は, 2次側 (ハウス内) での正確な計測は困難であるため, 1次側 (熱源側) での地中への放熱量を測定することとし, Uチューブ内ブラインの比熱 c [J/(kg·K)], 流量 L [m³/s], 密度 ρ [kg/m³], および出入口温度差 ΔT ($=T_3 - T_2$) より次式にて算出した。

$$Q = c \rho L \Delta T \quad (3)$$

日積算電力量は最高気温に対応した変化をしている。9月より本システムの運転条件を変更 (高負荷運転) したため, 消費電力量が100kWhを超える日が増加する。高負荷運転の詳細については, 次節にて述べる。

冷房運転時システムCOPの値は6/1~9/30までの期間平均値で $SCOP_c = 2.4$, $COP_c = 4.5$ (6/1~8/31の期間平均は, $SCOP_c = 2.5$, $COP_c = 4.7$) となる。土壌を熱源とする通常の地中熱ヒートポンプシ

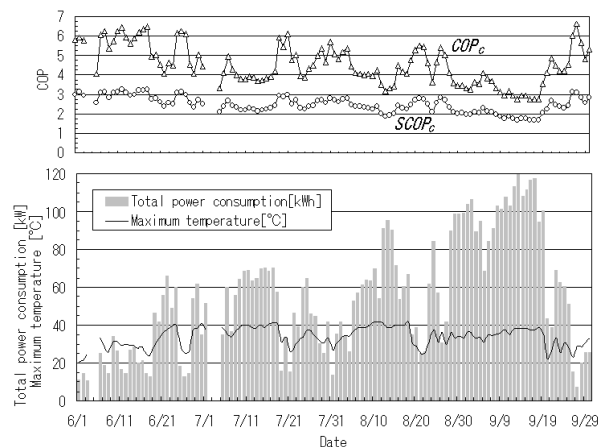


Fig.3 Summer operation results

テムでは, 地中への放熱によって, 地中熱交換器付近の土壌温度が上昇するためブラインとの温度差が小さくなり交換熱量が減少する。本システムは井水温度を一定に保てるため安定した交換熱量を維持することが可能である。

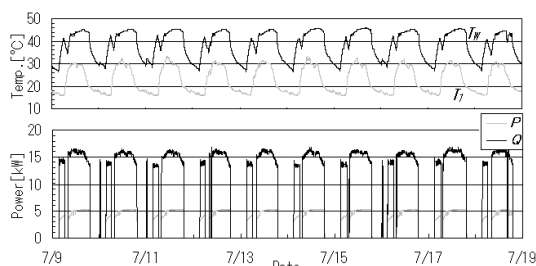
3.3 通常運転と高負荷運転の比較

8月28日より, 栽培ハウスの空調をおこなう3台のヒートポンプシステムのうち, 空気熱源ヒートポンプシステム2台の稼働比率を下げ, 本システムをメインとする運転に切替えた。これにより, 本システムの運転負荷が増大している。ここで, 日積算電力量100kWh以上の連続運転が続いた高負荷運転時のデータ (9/8~18) と, 通常運転時のデータを比較する。通常運転時のデータとしては, 最高気温35°C以上が続いた7/9~19の10日間を対象とした。図4に, 通常運転時と高負荷運転時における, ハウス内温度 (T_i), 井水温度 (T_w), 地中への放熱量 Q および消費電力量 P の関係を示す。

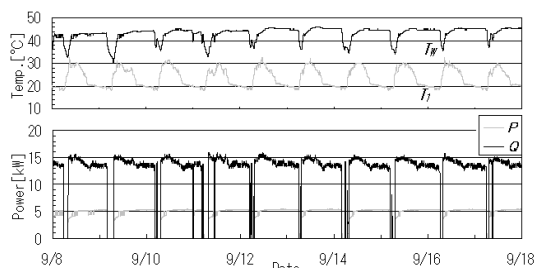
通常運転時の1日の運転停止時間は19:00~翌日3:00までの8時間程度である。この間, パージポンプも停止するため, 井水温度は自然回復をしている状態である。高負荷運転時は, 1日のうちで運転が停止するのは外気温度が最も下がる5:30~7:30の2時間程度である。通常運転時の井水温度 T_w は30°C以下まで回復しているが, 高負荷運転時は35°C程度までしか回復していない。通常運転時と高負荷運転時を比較すると, 井水最低温度は10°C程度の差がある。高負荷運転時は井水温度が十分に回復しないまま運転が再開することに

なる。放熱量 Q の平均値は、通常運転時で 14.5kW、高負荷運転時では 14.1kWh で、0.4kW 程度の熱交換性能低下が見られるがハウス温度 T_i は設定値に保たれており、要求性能は十分に満たしている。本システムは、高負荷運転が続いた場合でも、井水温度 T_w は 45°C 程度、日中のハウス温度 T_i は 20°C 程度に保たれ、安定した熱交換性能を維持できると言える。

本システム夏季運転結果より得られた熱交換井単位長さあたりの放熱量平均値は約 200[W/m] である。本システムは、50[W/m] が一般的⁸⁾とされる通常の地中熱源ヒートポンプの熱交換井と比較すると、約 4 倍の熱交換性能を有する。



(a) Normal operations



(b) High-intensity operations

Fig.4 Comparison of the cooler performance

3.4 空気熱源 HP システムとの比較

表 4(a)に、本システムの 2011 年夏季冷房運転 (6~9 月) における各月のランニングコストを示す。各月のランニングコスト C [yen/kWh] は、電力使用量 P_b 、請求単価 C_{uni} および冷房能力 Q_c から式(4)にて算出した。

$$C = P_b \cdot C_{uni} / Q_c \quad (4)$$

本システムの夏季運転におけるランニングコス

トは平均 6.28 [円/kWh] であった。同ハウスにおける空気熱源ヒートポンプの冷房コストは平均 13.1 [円/kWh] であるため、本システムは、通常の空気熱源空調システムと比較して冷房運転時ランニングコストを約半分に抑えることが可能である。表 4(b)に本システムと空気熱源ヒートポンプシステムの冷房運転時のシステム COP ($SCOP$) 比較結果を示す。 $SCOP$ は外気温度 T_{12} が 35°C 未満と 35°C 以上でそれぞれ比較した。空気熱源ヒートポンプシステムでは $T_{12} \geq 35^\circ\text{C}$ となる猛暑日のような天候時においては、 $SCOP$ の低下が著しい。 $T_{12} \geq 35^\circ\text{C}$ の本システムと空気熱源ヒートポンプシステムの $SCOP$ を比較すると、本システムは空気熱源ヒートポンプシステムに対して約 1.5 倍の値が得られ、猛暑日のような天候時、特に有利な冷房運転がおこなえると言える。

Table 4 Running cost and COP (Jun-Sep 2011)

(a) Running cost of the GHP system by using an old well				
	P_b	Q_c	C_{uni}	C
	[kWh]	[kWh]	[yen/kWh]	[yen/kWh]
Jun	1065.1	3088.8	18.19	6.27
July	1894.0	4659.2	15.57	6.33
Aug	2073.7	5059.8	16.48	6.75
Sep	2374.8	6744.4	16.33	5.75
Average	1851.9	4888.1	16.64	6.28

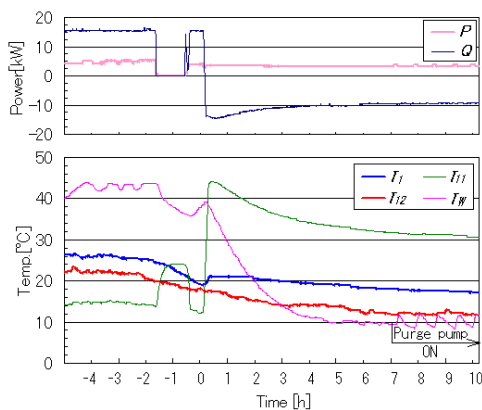
(b) Comparison of $SCOP$		
	GHP system by using an old well	Air-source HP system
$T_{12} < 35$	2.5	2.3
$T_{12} \geq 35$	2.2	1.5

4. 秋季運転

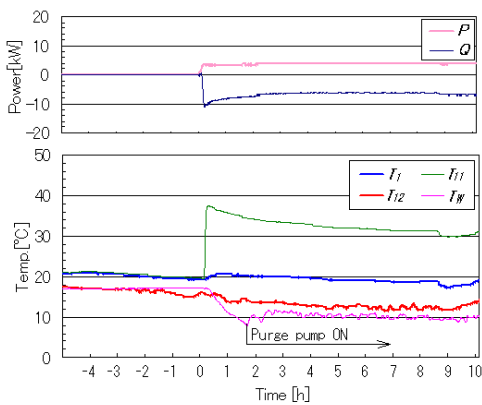
4.1 冷・暖房運転と蓄熱・採熱効果

秋季運転においては主に、昼間は冷房運転、夜間は暖房運転にて、ハウス内温度管理をおこなうが、冷房運転によって地中へ蓄えた熱を暖房運転時に利用できるため、低消費電力・高効率熱交換が可能である。図 5(a)に、本システムにおいて観測された冷・暖房運転の一例を示す。比較のため、

熱交換井に蓄熱されていない状態から暖房運転を開始する場合の運転例を図5 (b) に示す。地中との交換熱量 Q は冷房運転時の値を正、暖房運転時の値を負としてある。暖房運転はハウス内気温 T_i を基に、表3の設定温度にて自動制御される。暖房運転時、パージポンプは井水温度 T_w が 10°C 以下になると作動する。(a)と(b)を比較すると、(a)は運転開始時、交換熱量 Q の立ち上がりが大きく、ダクト温度 T_{II} も高い。(a)の交換熱量 Q は暖房運転開始から3h程度で安定し10kW程度を維持している。(a)の交換熱量は(b)と比較すると20%程度大きく、高い交換熱量を長時間持続していることがわかる。また、(a)の場合、井水温度は冷房運転による放熱で高くなっているため、暖房運転時のパージポンプ作動温度 ($T_w=10^{\circ}\text{C}$) に達するまでの時間が長くなる。したがって、パージポンプ稼働を抑えられシステムの消費電力低減が可能となる。



(a)



(b)

Fig.5 Comparison of heat exchange performance

熱交換性能を一定時間の積算交換熱量 $q[\text{J}]$ とシステムの積算仕事量 $W[\text{J}]$ の比 ($=q/W$) で定義すると、暖房開始から10hの熱交換性能は、(a)が $3.02 (=373 \text{ MJ}/120 \text{ MJ})$ で、(b)が $1.75 (=240 \text{ MJ}/137 \text{ MJ})$ である。本システムにおける秋季運転の結果は、冷房運転と暖房運転の組み合わせを工夫することで、高効率な空調の実現が可能になることを示している。

4.2 システム COP

2011年における秋季の冷・暖房運転期間は、10月初旬～11月中旬の約一ヶ月半であった。図6に2011年秋季運転における日積算電力量と最高気温、最低気温、およびシステムCOPを示す。 $SCOP$ は本システムの全消費電力を基準としたCOP、 COP はコンプレッサとパージポンプの消費電力を基準としたCOPを表す。添え字 C は冷房、 H は暖房を意味する。秋季運転においては、空調をほとんど必要としない日がある一方、冷房運転で低下しすぎたハウス内温度を暖房で再度上昇する（または上昇しすぎたハウス内温度を低下させる）といった無駄な運転が観測され、COPのバラつきが大きい。年間システムCOPは、冷房運転時： $SCOP_C=2.8$ 、 $COP_C=5.5$ 、暖房運転時： $SCOP_H=3.6$ 、 $COP_H=5.6$ である。本システムの運転効率を向上させるためには、外気温や日照等の気象条件を予測し、冷房運転と暖房運転をバランスさせる等の対策が必要である。冷・暖房運転の制御に関しては今後、更なるデータ収集と解析を重ね、改善を図る必要がある。

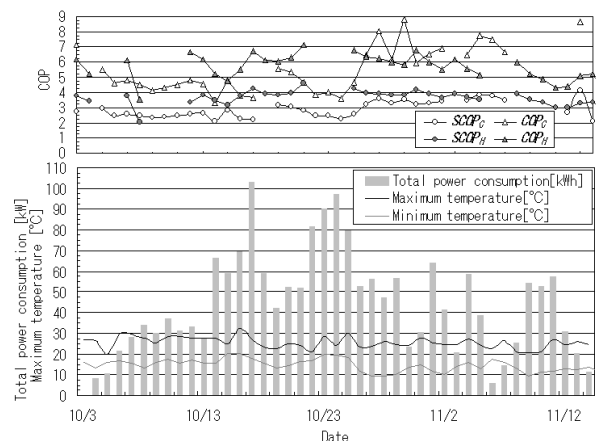


Fig.6 Autumn operation results

5. 冬季運転

5.1 暖房運転の一例

図7に冬季暖房運転の代表的な例として、特に暖房負荷の大きかった2/19の運転結果を示す。2/19は、0:00過ぎには外気温 T_{i2} が 0°C を下回り、明け方まで氷点下の状態が続いたが、交換熱量 Q は 8kW 以上を保っており、ハウス内温度 T_i は各時間帯とも、ほぼ表3の設定値に保たれている。暖房運転中、パージポンプは常時作動を続けているが井水温度 T_w は 5°C 以下にまで低下しており井水温度を設定値の 10°C に維持できていないことがわかる。これは井水の一部が凍結しているためである。日中は日照の影響でハウス内温度 T_i が上昇するため暖房運転は停止する。暖房運転停止後も T_w が設定値よりも低いためパージポンプは作動を続ける。 T_w はパージポンプが作動中に限り回復傾向を示すが、 T_w が設定値の 10°C に達するとパージポンプも停止してしまう。そのため、 T_w は 12°C 程度までしか回復していない。井水の凍結により、井戸への地下水流入も滞るため、井戸水位の低下も確認された。

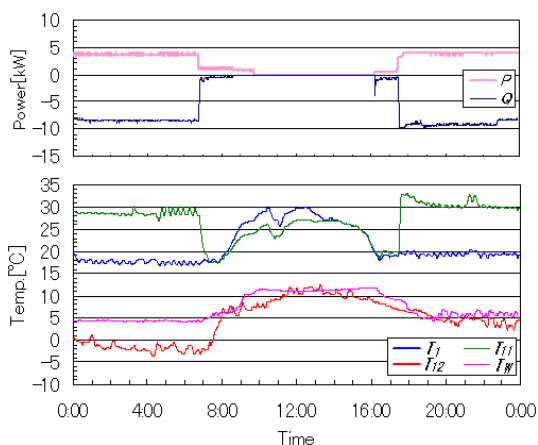


Fig.7 Example of winter operation (2/19)

5.2 暖房運転性能特性

連続暖房運転における熱源井からの採熱は、井水が凍結し井水温度および水位の回復を困難にする。井水および周辺土壌の凍結が地盤帯水層から井戸への浸水を妨げるためである。井水が完全に凍結するまでには至らないが、井戸水位はGL-10m

程度まで低下する。図8に30h連続して暖房運転をおこなった後の井水の温度変化を示す。昼間、日照によりハウス内の気温が上昇するため、本システムは暖房運転を停止する。本システム停止中に、凍結した井水が完全に水に戻ることはなく、運転が再開されている。井水の一部が凍結していても交換熱量 Q は 8kW 程度を維持している。暖房運転時のヒートポンプ出口におけるブライン温度は -5°C 程度であるため、井水の一部が凍結しても交換熱量は維持され、ハウス内温度を設定値に保つことは可能である。問題は日中、日照がなく気温が氷点下になるような気象条件が続く場合であるが、これまでのところ井水が完全に凍結する現象は確認されていない。

井水を凍結させないための対策として、パージポンプの揚水流量を上げることが挙げられる。本システムのパージポンプ流量は $10\sim 15\text{L}/\text{min}$ である。これは24h連続運転をおこなった場合でも、さいたま市条例が定める地下水の採水規制値⁹⁾の半分以下であるため、揚水量を増すことは可能である。揚水量と井水温度の関係、および消費電力量と熱交換性能の関係については今後、調査を進め明らかにする。

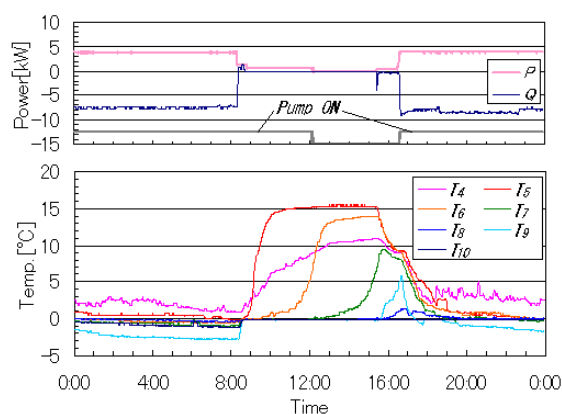


Fig.8 Temperature change of well water

5.3 暖房 COP, 採熱量および消費電力量

図9に本システムの冬季暖房運転におけるCOPおよび電力消費量、日平均採熱量を示す。1月末から2月初頭のデータのバラつき、2/7~2/17の記録抜けはデータロガー故障のためであるが、本

システムの運転は継続され、ハウス内気温は適温に維持された。暖房運転における $SCOP_H$ は 3 以上を維持しており、年間平均値は 3.2 である。 COP_H の年間平均値は 4.7 である。通常の土壌熱源 HP システムの場合、年間末期に向けて徐々に採熱量が低下していく傾向があるが、本システムにおいては採熱量の低下は見られず、年間平均採熱量は 8.49kW でほぼ安定しており、熱交換井単位長さあたりの交換熱量は約 120[W/m] である。

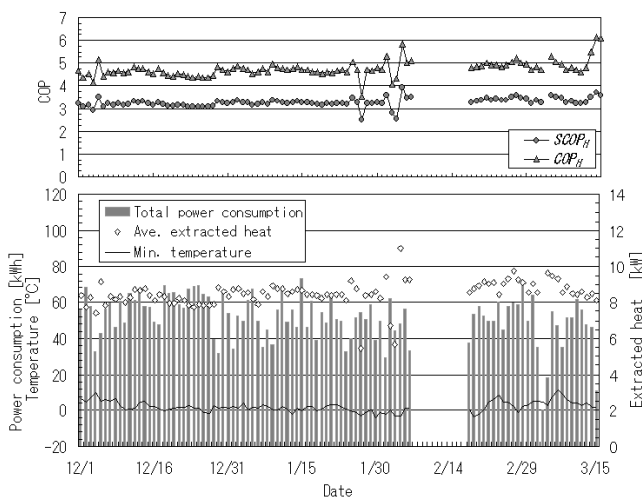


Fig.9 Winter operation results

6. おわりに

本システムの試験運用開始からまもなく 1 年が経過する。各季節運転の結果を見ると、栽培ハウス内を設定値に維持しているが、運転効率向上の余地は十分にある。以下に、本システムの運用試験から得られた結果をまとめる。

本システムにおける全消費電力基準のシステム COP は全年間： $SCOP=3.0$ である。

各季節システム COP は、夏季： $SCOP_C=2.4$ 、秋

季： $SCOP_C=2.8$ 、 $SCOP_H=3.6$ 、冬季： $SCOP_H=3.2$ である。

コンプレッサとパージポンプの消費電力量を基準とした年間システム COP は、夏季： $COP_C=4.5$ 、秋季： $COP_C=5.5$ 、 $COP_H=5.6$ 、冬季： $COP_H=4.7$ である。

本システムにおける熱交換井単位長さあたりの交換熱量は、冷房運転時 200[W/m]、暖房運転時 120[W/m] である。

今後、本システムの運転より得られたデータを基に、各季節運転および年間運転の最適化を図り、より効率的なシステムの運転を実現するとともに、実用化および普及を目指したい。

文 献

- 1) 長野克則：地下熱利用技術 2. 地下熱利用技術とは、地下水学会誌 53, 2 (2011) 83-90.
- 2) 内田洋平・桂木聖彦：地下熱利用技術 3. クローズド方式およびオープン方式の地下熱利用技術，地下水学会誌 53, 2 (2011) 207-218.
- 3) Burkhard Sanner et al: Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage in Europe, Geothermics, 32, (2003), 579-588.
- 4) 落藤 澄, 長野 克則, 西岡 純二, 中村 真人: 垂直埋設管を用いた不凍液循環型ヒートポンプによる土壌採熱の実験と解析, 空気調和・衛生工学会論文集, 51, (1993), 103-111.
- 5) 新エネルギー・産業技術総合開発機構: 地中熱利用ヒートポンプシステムの特徴と課題, 地球システム 7, (2004).
- 6) Bo Nordell and Gorman Hellstrom: High Temperature Solar Heated Seasonal Storage System For Low Temperature Heating of Building, Solar Energy, 69, 6, (2000) 511-523.
- 7) 柴 芳郎: 地下熱利用技術 4. 地下熱ヒートポンプ, 地下水学会誌 53, 2 (2011) 219-227.
- 8) IEA HEAT Pump Center News Letter, 4, 4(1986).
- 9) 下水の採取規制, 埼玉県生活環境保全条例, 地下水の規制 (第 85~102 条) およびさいたま市生活環境の保全に関する条例.

論文 Article

ラジエタ NB ロウ付け炉における酸素濃度低減に関する研究

原稿受付 2012 年 3 月 31 日

ものつくり大学紀要 第 3 号 (2012) 31~37

香村 誠^{*1}, 吉川 徹^{*2}, 松本光太郎^{*3}^{*1} ものつくり大学 技能工芸学部 製造学科^{*2} カルソニックカンセイ(株)^{*3} (株)荏原エリオット

Decrease of Oxygen Concentration in Nocolok Flux Brazing Furnace for Aluminum Heat Exchanger

Makoto KOMURA^{*1}, Toru YOSHIKAWA^{*2}, and Kotaro MATSUMOTO^{*3}^{*1} Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists^{*2} Calsonic Kansei Corporation^{*3} Elliott Ebara Turbomachinery Corporation

Abstract

In the process of manufacturing aluminum heat exchangers, they usually are brazed in the furnace filled with nitrogen below 20 ppm oxygen concentration. This paper proposes a new method to make the environment above.

Firstly, the chamber (as a model of the furnace) is evacuated to a certain pressure. Secondly, it is filled with nitrogen gas. And then, it is evacuated again to 20 ppm. This method reduces both the amount of nitrogen gas consumption and the time until the oxygen concentration falls enough. Furthermore, this time is found to be the shortest when the initial degree of vacuum p_1 is the same as the secondary p_2 .

Key Words: Nocolok Brazing Furnace, Oxygen Concentration, Vacuum Suction, Energy Saving, Environmental Benign Manufacturing

1. はじめに

自動車アルミニウム製ラジエタの製造工程では、フィンとチューブの接合部にロウ付けを施すことが伝熱性能や耐腐食性の観点より有利である。無数に存在する接合箇所のロウ付けは同時に行う必要があるため、接合部には予めロウ材を配置して熱した炉の中に投入し、短時間の中に熔融させる方法が採用されている¹⁾。この際にはロウ付け部が炉内で再酸化されることを防ぐことがきわめて重要となる。この再酸化防止を、フラックスの塗布および雰囲気窒素ガス置換による酸素濃度低減(20 ppm 以下)によって実現する手法を NB ロウ付け法、用いられる炉を NB 炉 (Nocolok brazing

furnace) と呼ぶ¹⁾。

NB ロウ付け法はそれまで主流であった V B ロウ付け法 (真空中でロウ付けを行う方法) に比べて炉が安価であること、管理・メンテナンスも容易であることから多くの熱交換機メーカーで採用されてきた²⁾。しかし、運転時以外は空気で満たされている NB 炉内雰囲気を窒素ガスによって置換するためには、通常膨大な量の窒素ガスが十分な時間をかけて炉内に導入されなければならない。空気を窒素で希釈するこの方法では、消費される窒素ガス量と酸素濃度低下までに要する時間など、まだムダが多いと言わざるを得ない。

本研究ではこの従来式の窒素置換法を改良するために、窒素置換専用の前室を設けて以下に記す

手法で窒素置換を行い、その後NB炉内に投入する方法を提案する。その手法とは、窒素ガス噴入前に前室を一旦真空状態にした後に窒素を噴入するものである。ただし、要求される低酸素濃度を真空排気のみによって実現することは、ある程度の真空度と相応の時間、そしてVB炉に匹敵する頑強な設備を必要とする。そこで本研究ではこの作業を2回に分けて行う新しい方法³⁾(真空2回排気法)を採用することにした。まず前室内を比較的低い真空度の状態まで排気する(短時間で完了)。そしてその後窒素ガス噴入によって前室内を大気圧近くまで復圧し(噴入窒素量は炉容積程度)、再度排気を行う。ここに至っては、前室内はすでに窒素ガスによって希釈されているので、やはり比較的に低い真空度までの排気でも容易に20 ppm以下の酸素濃度に到達可能である。2回目の排気の後さらに窒素ガスを噴入し再び大気圧に戻せばロウ付けのための準備は完了である。

この方法によれば真空排気の際の前室内圧力低下は1,000 Pa程度までであり、なおかつ直後には窒素によって大気圧まで復圧されるため低圧に晒される時間はきわめて短い。さらに前室は炉に比して小型に建造可能なため、VB炉のような高価な設備を用意する必要はない。

本稿では上述の真空2回排気法によって酸素濃度20 ppmに到達する時間を大幅に短縮できること、そして従来のNB炉に比して窒素使用量も劇的に削減できることを模型実験の結果に基づいて報告する。さらに、この到達時間を最小にする条件についても考察を加える。

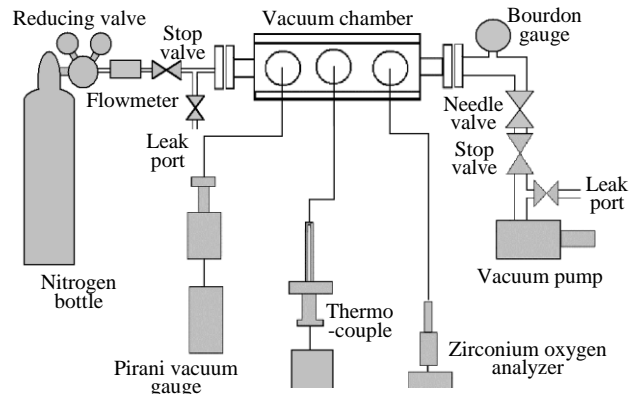


Fig.1 Schematic diagram

下 到達時間 t_a を決定する要因として排気速度をあげることもできる。しかしこの値はチャンバ内圧力によって変化するのでここではバルブ開度を採用することにした。

2. 実験装置

本実験で用いた装置の概要を図1に示す。NB炉前室に見立てた実験用真空チャンバ (Vacuum chamber) には真空ポンプ (Vacuum pump) が圧力計、排気速度調整バルブ (Super needle valve)、開閉バルブおよびリークバルブを介して、そして窒素ボンベ (Nitrogen bottle) がリークバルブ、開閉バルブ、流量計および圧力調整器を介して接続されている。主要な装置の写真を図2に示した。ステンレス製真空チャンバ (外形 $220^\phi \times 146$, 内容積 4.0 l) は念のために絶対真空にまで耐えられる構造とし、側面の各ポートからは、酸素濃度計 (Zirconium oxygen analyzer)、真空計 (Pirani vacuum gauge)、そして温度測定用のK熱電対が挿入されている。

3. 排気速度調整バルブ開度の決定

実験に臨んでは、密閉された真空チャンバを用意した真空ポンプで排気する。これに要する時間、すなわち酸素濃度が20 ppmに到達する時間(以降: 到達時間 t_a) は排気速度調整バルブの開度[†]によって如何様にも変化する。本実験は諸々の条

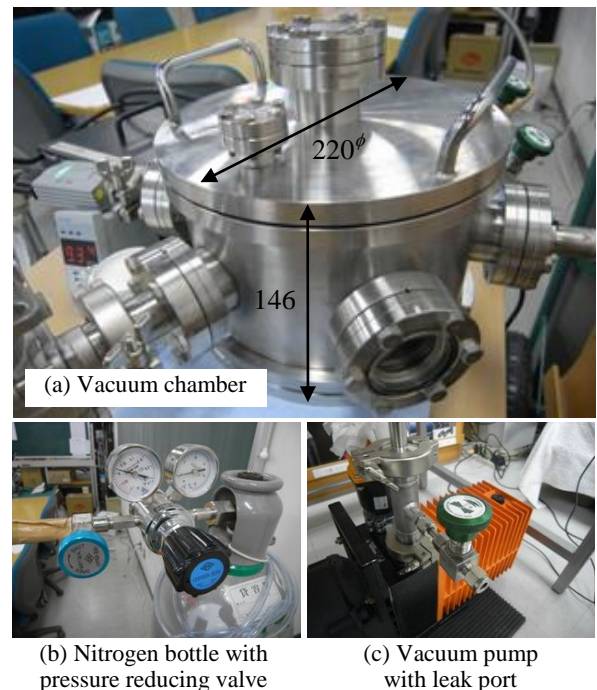


Fig.2 Experimental apparatus

件により到達時間 t_a の変化を調べることが目的の一つであるため、この排気速度調整バルブの開度を適切に選び、かつ各実験の度に一定に保つことがきわめて重要となる。

到達時間 t_a はバルブを開けてより速く排気するほど短くなるが、極端に t_a を短くすれば諸々の現象が一瞬のうちに進行し終わることになるため、実験の再現性は損なわれやすく、測定・観察する立場からも不利益を生じやすい。ところが、以下に記す壁面放散の影響を考慮する一方では、できるだけ短時間に実験を終えてその影響を小さく抑えることが望ましい。中庸を探るべく、実験に先立ってこの排気速度調整バルブの開度を決定するための予備実験を行った。

3.1 窒素ガス連続噴入

カルソニックカンセイ社実績では、たとえば容積 3.9 m^3 のNB炉内酸素濃度を 20 ppm にまで下げるために、流量 $70 \text{ m}^3/\text{h}$ の窒素を 25 分間噴入し続ける[†] (合計で炉容積の 7 倍強の約 29 m^3 の窒素量を費やす) 必要がある。本研究で提案する方法によって到達時間がどの程度短縮されるかを調べるためにも、バルブの開度を決定する際にまずこの数値を参考にしようと考えた。つまり、実際のNB炉容積に対する窒素噴入量と同じ割合で実験用真空チャンバにも窒素を噴入し、 20 ppm 到達時間 t_a を計測する。そして、真空 (1 回) 排気による 20 ppm 到達時間が概ねこの t_a と等しくなるような排気速度調整バルブ開度を用いるという考え方[‡] である。

実験で使用した真空チャンバの内容積は 4.0 l であるので、上に記した割合で窒素噴入量を定め

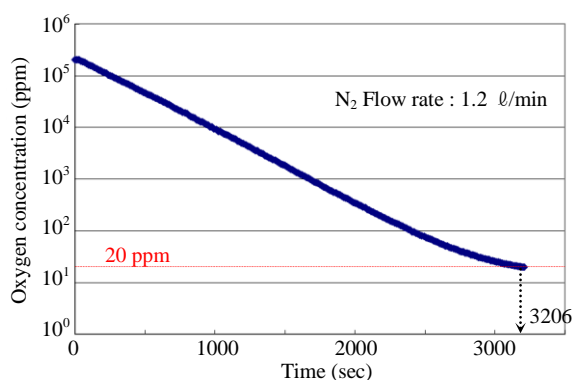


Fig.3 Continuous nitrogen blowing

[†] これは連続運転時の数値である。炉内部が完全に空気で満たされている立ち上げ時にはこの限りではない。

れば 1.2 l/min である。この流量で窒素を噴入した場合の酸素濃度の時間変化を図3に示した。酸素濃度は最終的に 20 ppm を下回ってはいるが、時間 $t_a = 3,206 \text{ sec}$ (約 53 min) を要し、窒素の総使用量もチャンバ容積の 7 倍を大きく超えて 15.5 倍となった。

この類の気体の置換時間は、一般に噴出し口の位置や内部の形状に大きく影響を受けるものと考えられる。本模型実験では実際の炉とは幾何的な相似はもちろん、排気の際のレイノルズ数なども異なるため物理的な相似も成立していない。そのためか、諸々の値は実際とはかなり異なる結果となった。結局、 $t_a = 3,206 \text{ sec}$ は物理的な根拠に乏しく、さらに次に記す壁面放散の影響下に入ってしまうなどの理由からこの到達時間を与えるバルブ開度は採用しないことにした。

3.2 圧力上昇法

真空装置には必ず漏れがあると考えて差し支えない⁴⁾。また、真空に晒された容器内側の壁面からは少なからず壁面放散 (物理的・化学的に吸着していた気体分子が放出されること) が起こる⁵⁾。これらの現象はともにチャンバ内の圧力と酸素濃度を上昇させる要因であり、時間の経過とともに影響力を増す。そこで影響が顕著になる前に、可能な限り速やかに測定・観察を終わらせることが望ましい。この目的のために、本実験設備における漏れおよび壁面放散量の振る舞いを予め調べておくことにした。

圧力上昇法⁵⁾はこのことを調べる方法の一つで、本実験ではチャンバ内をある程度まで一旦真空排気し、ポンプ停止後の圧力の回復を時間とともに計測した。漏れや壁面放散がない理想的な場合に

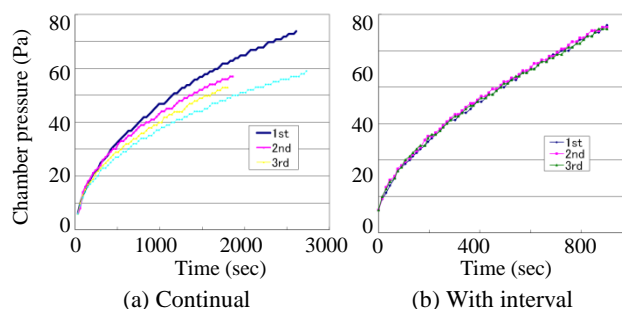


Fig.4 Build up test

は圧力は一切回復（上昇）しないことになる。図4にこの様子を示した。

図4(a)は圧力上昇法を連続して行った場合の様子である。実験の回数を追う毎にグラフが横にズレて傾く様子が分かる。これは断続的に繰り返される真空排気によってチャンバ内壁面の水分や気体分子が徐々に取り除かれ、壁面放散量がだんだん減っていく特有の現象である。

こういう場合、特に高真空域を扱う場合には長時間の排気やベーキング⁵⁾によって壁面放散量ゼロを目指す（グラフを横に倒しきる）という立場がある。しかし、本実験の対象とする真空度は高々10 Pa程度と比較的に壁面放散の影響下に入りにくいいため、実験の再現性を損なわない範囲で実験時間を短く設定すればその必要はないと考えた。ただし、図4(a)のようにグラフが大きくズレることは防がねばならない。そこで、測定の毎に大気を一定時間導入し、チャンバ内壁面に水分や気体分子が再吸着するきっかけと時間を与えることにした。先の考え方とは逆に、倒れかけたグラフをその都度持ち上げてしまうやり方である。

図4(b)は実験と実験の間にチャンバ内を35 min間大気に開放した場合の図4(a)に対応する図である。ほぼ全域に亘って曲線は重なっており、特に時刻 $t \sim 500$ sec まで誤差はほとんど認められない。

以上によって、本実験では真空（1回）排気によって酸素濃度 20 ppm 到達時間が 500 sec 程度になるように排気速度調整バルブの開度を選ぶことにした。この開度を用い 35 min の間隔で真空（1回）排気の実験を幾度も行うとき、到達時間のバラツキは高々5秒程度（1%以下）であった。

4. 真空1回および2回排気の比較実験

4.1 真空1回排気実験

以上によって決定された排気速度調整バルブの開度を用い、まず真空排気のみによって酸素濃度を 20 ppm まで下げる測定を行った。本稿ではこの実験を真空1回排気実験と呼び、このときの酸素濃度 20 ppm 到達時間を t_a^1 と記すことにする。

具体的な手順は以下の通りである。

- (A) 各計測器の電源を入れた後十分な時間が経過していることを確認する。
- (B) 全ての開閉バルブおよびリークバルブが閉じていることを確認する。
- (C) 排気速度調整バルブが設定目盛りどおりに開放されていることを確認する。
- (D) 真空ポンプ側開閉バルブを開放する。
- (E) 真空ポンプの電源を投入し、排気および計測を開始する。
- (F) 酸素濃度計が 20 ppm を示すまで計測する。
- (G) 計測終了後、真空ポンプ側開閉バルブを閉じる（ポンプ油煙のチャンバ侵入防止のため）。
- (H) 真空ポンプの電源を切る。
- (I) 十分に時間をかけながら（各計測器保護のため）窒素ボンベ側リークバルブより外気を導入し、チャンバ内を大気圧まで回復。

本実験の結果を図5に示す。この類の真空排気では、一般にチャンバ内圧力は時間経過に伴って

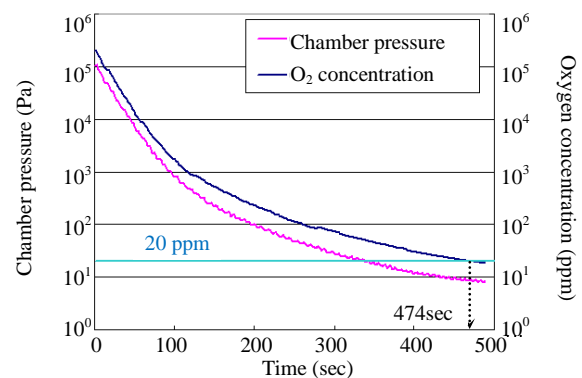


Fig.5 Chamber pressure and O₂ concentration (Vacuum suction only)

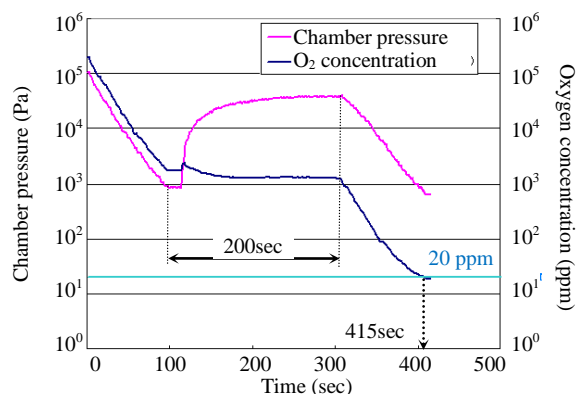


Fig.6 Chamber pressure and O₂ concentration (N₂ charged between twice vacuum suction)

指数関数的に減少する⁵⁾ことが知られており、図5にはこの様子が素直に現れていると言える。また、酸素濃度もほぼ圧力に比例し指数関数的に減少し、圧力10 Pa程度で濃度10 ppmに達している。

理想気体に関する状態方程式の成立を仮定すれば、一定容積のチャンバ内で圧力が酸素濃度に比例するのは温度が一定の場合に限られる。したがって、上の結果はチャンバ内の温度変化がほとんどないことを示唆するものである。実際、チャンバ内の温度低下は2~3°C程度と、ほとんど変化しなかった。より高真空域においても温度の変化は見られないとの報告もある⁶⁾。

なお、実験で用いた排気速度調整バルブ開度による20 ppm到達時間は、図5にも記したように実際には $t_a^1 = 474 \text{ sec}$ である。

4.2 真空2回排気実験

次に、ある程度の排気の後一旦窒素ガス充填によってチャンバ内を復圧し、再度排気を行って20 ppmを実現する場合につき、同じく時間と圧力および酸素濃度の関係を測定した。これまでも記してきたが、この実験を真空2回排気実験と呼び、このときの酸素濃度20 ppm到達時間を t_a^2 、1回目の排気で到達する圧力を初期真空度 p_1 、そして2回目の排気で到達する圧力を最終真空度 p_2 と記すことにする。

実験の手順は4.1で示した手順(E)および(F)の間に以下の(a)~(f)を加える。この間に真空ポンプは運転を停止しない。

- (a) 目標初期真空度 p_1 になったら真空ポンプ側開閉バルブを閉める。
- (b) 酸素濃度計の表示が落ち着くまで待つ。
- (c) 窒素ボンベ側開閉バルブをゆっくり開放し、窒素ガスの噴入を開始する。
- (d) ブルドン管式圧力計の読みが0.1 MPaまで回復したら窒素ボンベ側開閉バルブを閉めて復圧を終了する。
- (e) 酸素濃度計の表示が落ち着くまで待つ。
- (f) 真空ポンプ側開閉バルブを再び開放して2回目の真空排気を開始する。

真空2回排気実験の結果を図6に示した。排気速度調整バルブの開度は真空1回排気の実験と同様である。1回目の排気(ここでは $p_1 = 900 \text{ Pa}$)の後に窒素を噴入するのでチャンバ内の圧力は上昇するが、酸素濃度はほとんど横ばい状態となる。窒素による復圧後に再度排気するとき、圧力、酸素濃度ともに速い速度で減少する予想通りの現象が確認された。

窒素による復圧は図6を見ると1気圧に満たない値となっているが、これは1気圧付近では精度の悪いピラニ真空計[†]の出力値がそのまま現れているためである。実際には上の手順にも記したようにブルドン管(Bourdon gauge)によって1気圧になったことを確認している。

さて、図6によれば2回目の真空排気の際に酸素濃度が20 ppmを下回る時間は415 sec($p_2 = 682 \text{ Pa}$)と読み取ることができる。しかし、ここではピラニ真空計などを保護する理由によって、意図的に窒素噴入に十分な時間(200 sec)を費やした。もし単純にこの数字を差し引けば、真空2回排気における正味の酸素濃度20 ppm到達時間は $t_a^2 = 215 \text{ sec}$ となつて t_a^1 の半分以下となつたことが分かる。

窒素使用量も従来に比べれば大幅に削減されている。窒素は2回の復圧(本実験では2回目の復圧を省いている)のためだけに噴入されるため、その必要体積はチャンバ容積の2倍程度である。カルソニックカンセイ社の現状では、チャンバ7容積分の窒素が使用されているため、70%強の削減率である。

5. 最短排気時間

これまでの実験および考察によって、窒素ガスの連続噴入のみによって酸素濃度を下げる手法に比べ、真空2回排気法は到達時間および窒素使用量の双方の観点より有利であることが分かった。

ところで、真空2回排気実験における到達時間 t_a^2 は初期真空度 p_1 の関数であることは容易に想像される。そこで、次に到達時間 t_a^2 をさらに最小にする p_1 について単純な理論によって定性的に調べ、実験によって検証することにした。

[†]ピラニ真空計とは元来このような性質を持つ。本実験で使用したものの精度は、 $0.1 \sim 10^4 \text{ Pa}$ において $\pm 10\%$ 、それ以上(大気圧域を含む)では $\pm 20\%$ である。

5.1 単純理論による予測

まず、真空 2 回排気によって酸素濃度を 20 ppm に下げる場合につき、初期真空度 p_1 そして最終真空度 p_2 の間にある関係を調べる。以下の議論も含めて本稿で言及する酸素濃度 ppm とは、チャンバ内に存在する分子数の比ではなく、大気圧に対する酸素分圧の比であることを改めて指摘しておく。

真空チャンバ内の圧力は初期において大気圧 p_0 に保持されているので、排気によって温度が変化しないと仮定すれば、初期の真空排気によって酸素濃度は p_1/p_0 倍に低下する。この後に窒素ガス噴入によってチャンバ内を大気圧 p_0 に戻し再び p_2 まで排気すれば、酸素濃度はさらに p_2/p_0 倍となる。したがって大気中の酸素濃度を 20% (20×10^4 ppm) とすれば、その分圧は 2.0×10^4 Pa であるので、最終排気後に酸素分圧は

$$(2.0 \times 10^4) \times \frac{p_1 p_2}{p_0^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

まで下がることになる。酸素濃度 20 ppm とは分圧で表現すれば 2.0 Pa であるから、このとき

$$p_1 p_2 = 1.0 \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (2)$$

が成立することになる。つまり初期真空度 p_1 と最終真空度 p_2 の積は常に式(2)の関係を満足する定数でなければならない。ただし、ここに大気圧 p_0 を 1.0×10^5 Pa とした。

次に、 t_a^2 をこれら p_1, p_2 によって表現することを考える。先にも触れたようにこの種の真空排気ではチャンバ内圧力 p は時間経過に伴って指数関数的に減少するので、これを

$$p(t) = \phi e^{-\tau t} + \chi \quad \dots\dots\dots (3)$$

$(\phi, \tau, \chi > 0)$

と記しておく。図 5 の曲線もこの表式にしたがうと言って良い。定数 ϕ, τ および χ は本来チャンバ容積、ポンプの排気速度、リークそして壁面放散などで記述される量である⁷⁾が、ここでは式(3)のように書けることが分かっているれば良い。

真空 2 回排気の際、1 回目の排気に要する時間を t_1 、復圧後 2 回目の排気に要する時間を t_2 とすれば、式(3)によって次式が成立する。

$$p_1 = \phi e^{-\tau t_1} + \chi \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$p_2 = \phi e^{-\tau t_2} + \chi$$

初期排気も最終排気も同じチャンバを同一の真空ポンプおよびバルブ開度で排気するので、式(4)の 2 式における ϕ, τ, χ は共通である。

式(4)を t_1, t_2 について解けば、

$$t_1 = -\frac{1}{\tau} \log \frac{p_1 - \chi}{\phi} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$t_2 = -\frac{1}{\tau} \log \frac{p_2 - \chi}{\phi}$$

を得る。真空 2 回排気における正味の酸素濃度 20 ppm 到達時間 t_a^2 とは $t_1 + t_2$ のことだから、この式(5)を用いれば、

$$t_a^2 = t_1 + t_2$$

$$= -\frac{1}{\tau} \left(\log \frac{p_1 - \chi}{\phi} + \log \frac{p_2 - \chi}{\phi} \right)$$

$$= -\frac{1}{\tau} \log \frac{(p_1 - \chi)(p_2 - \chi)}{\phi^2}$$

$$= -\frac{1}{\tau} \log \frac{\chi^2 - (p_1 + p_2)\chi + p_1 p_2}{\phi^2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

と p_1, p_2 を用いて表現できる。

さて、式(6)に現れる積 $p_1 p_2$ は既に式(2)によって定数 ($=1.0 \times 10^6$) であることが示されている。そこで到達時間 t_a^2 は、和 $p_1 + p_2$ の値が最小のときに最短になることが結論される。

よって簡単な計算の結果、

$$p_1 = p_2 = 1.0 \times 10^3 \text{ Pa} \quad \dots\dots\dots (7)$$

と選べば良いことが理論的に予測される。

5.2 初期真空度 p_1 と到達時間 t_a^2 の関係

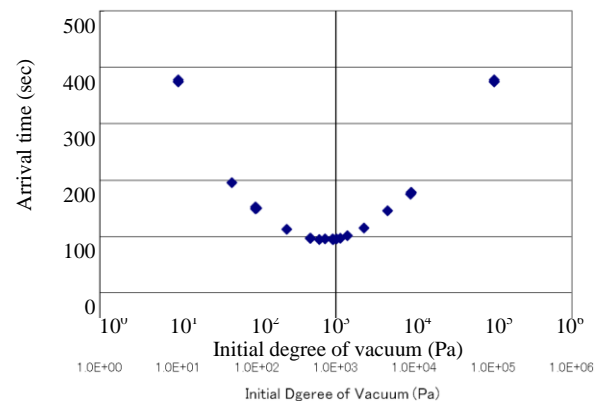


Fig.7 Effect of p_1 on arrival time; t_a^2

† あくまでも $\chi^2 - (p_1 + p_2)\chi + p_1 p_2 > 0$ の下での議論であるが、通常は $(p_1 - \chi)$ も $(p_2 - \chi)$ も常に正であるため問題ない。

以上の予測を確認するために、初期真空度 p_1 を幾通りにも変化させて到達時間 t_a^2 を調べた。ここでは t_a^2 に窒素による復圧時間は含めておらず、排気速度調整バルブの開度はもちろんこれまで同様である。

実験結果を図 7 に示す。横軸が初期真空度 p_1 であり、縦軸は到達時間 t_a^2 である。この図によれば p_1 の変化に伴って t_a^2 は大きく変化し、前節で予想したようにたしかに式(7)の近辺で最小値をとっている様子が分かる。

ただし、今回の実験における到達時間 t_a^2 の最小値は 195 sec であり、この現象は

$$p_1 = 606 \text{ Pa}$$

のときに起こった。この値 ($t_a^2 = 195 \text{ sec}$) は 1 回排気 ($t_a^1 = 474 \text{ sec}$) の約 41% に相当する。

到達時間 t_a^2 の最小値は単純理論によって予測された値と詳細な一致を見せることはなかった。この理由としては、排気の際にチャンバ内の温度がやはり多少は変化していること、真空ポンプの排気速度がチャンバ内圧力によって変化し、その結果式(3)に現れる ϕ , τ , χ が厳密な意味では定数となっていないこと、などが上げられる。

6. むすび

ラジエタ NB ロウ付け炉の酸素濃度低減に関し、窒素噴入の前後に 2 回の真空排気をとる新しい手法を提案した。模型実験を行った結果得られた知見を記す。

- (1) 今回用いたステンレス製の真空チャンバでは、排気の前後にチャンバ内の温度変化は高々 2~3°C 程度であった。
- (2) 真空 2 回排気によれば 1 回排気の場合に比

べ低真空度で酸素濃度 20 ppm を実現可能である。また、これに要する時間も最短で 40 % 程度まで短縮できる。

- (3) 従来の窒素ガス連続噴入方式に比べ、窒素消費量も 30 % 程度まで削減できる。
- (4) 真空 2 回排気時の酸素濃度 20 ppm 到達時間 t_a^2 は初期真空度 p_1 によって変化し、最小値が存在する。このことを単純理論によって予測し実験によって確認した。

本手法が実現できれば窒素ガスは炉内容積 2 倍程度を噴入すれば良いことから、投入熱量についても大幅に低減が可能となる。また、酸素濃度低減に要する時間を削減できることから生産タクト短縮にも寄与できる。そして、本手法は NB 炉に限らず、様々な不活性ガス置換による雰囲気確保に広く応用できるはずである。

最後に実験の計画当初から随時適切なアドバイスをいただいたキャノンアネルバ株式会社岡田修理学博士にこの場を借りてお礼を申し上げます。

文 献

- 1) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構, アルミ熱交換器の低温接合技術の研究開発, 2006 年 5 月, p.3, 8.
- 2) 川瀬寛, アルミニウムろう付技術の変遷, 軽金属, 48/9 (1998), pp.426-431.
- 3) 吉川・香村, 他, NBロウ付け炉の性能改善に関する研究, 機講論 4 (2009 年次大会), pp.341-342.
- 4) 中山勝矢, 真空技術実務読本, オーム社 (2007), p.90.
- 5) 熊谷寛夫, 他, 真空の物理と応用, 裳華房 (1970), p.117, 192, 401, 384.
- 6) J. H. Kim, et.al., Protection schemes for critical surface in vacuum environments, *J. Vac. Sci. Tech. A*, 23/5 (2005), pp. 1319-1324.
- 7) 堀越源一, 真空技術 (第 3 版), 東京大学出版会 (1994), p.122.

Article

An Analysis of Conversation Styles of English Learners ~ Backchannels as Effective Strategies in Communication ~

Manuscript received April 27, 2012

The Bulletin of Institute of Technologists, No. 3 (2012) 38~41

Kaori DOI

Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

Abstract This study investigates communication patterns of English learners in conversational interaction and explores what kinds of communication style¹⁾ they employ when they are communicating in English. By analyzing the conversation in the situation where speakers in conversation have to communicate only in English, this study will explain important elements and effective strategies for communication in second language.

Key Words : backchannels , conversation style, English learner, effective communication

1. INTRODUCTION

This study attempts to investigate the communication patterns of English learners in conversational interactions and explores the communication styles¹⁾ speakers employ when they communicate in English. What kinds of effective conversation strategies do English learners utilise for successful communication? What are the important elements in communication in their second language?

English learners often use ungrammatical elements and insufficient English grammar when they are speaking in English. This study analyses the strategies English learners use in interaction to compensate for their insufficiency in grammar and reveals the elements that play important roles in communicative success. The study also considers the difference in strategies learners use in accordance with their proficiency in English.

2. DATA

The data in this study consists of conversational interactions videotaped and transcribed in detail in which pairs talk about given topics. English daily conversation data are collected both in the United States and Japan from 2006 to 2008. English conversation data in which Japanese speakers have to manage to communicate only in

English are analysed.

Participants in conversation are divided into two levels, advanced and elementary, in accordance with the level of their English proficiency. These levels are judged by (1) the speaker's experience of studying abroad (in English speaking countries), and (2) the TOEIC score as an objective index of English proficiency.

Elementary speaker:

no experience of studying abroad and TOEIC score is under 500

Advanced speaker:

studying abroad for more than one year or lived for years in English speaking countries, or have high TOEIC score (over 800)

By analysing the conversation in the situation where speakers in conversation have to communicate only in English, this study will indicate important elements and effective strategies for communication in a second language.

3. ANALYSES

3.1 Analyses from a pragmatic perspective

This study considers speakers' conversation strategies from a pragmatic perspective and reveals how even elementary speakers achieve successful communication in spite of ungrammatical and incorrect elements in their conversational interactions.

3.1.1 Backchannel

Backchannel is generally defined as a strategy that facilitates the current speaker's utterance without turn-taking.

3.2 Backchannels as effective strategies for mutual understanding

English learners use a number of effective strategies for boosting mutual understanding in conversational interaction. Backchannels by other participant in interaction play important roles not only to show "listenership" but also to facilitate the current speaker's utterance utilising strategies with various kinds of functions indicated in the following subsections. They participate in the conversation by not "just listening" other participant's utterance.

The following backchannels as effective strategies for mutual understandings are observed in this study.

<Backchannels as effective Strategies for Mutual Understandings>

(1) Continuers

Elementary level speakers use more backchannels than advanced speakers and elementary / advanced speakers uses different types of backchannels

(2) Confirmation the contents of conversation by Participants

Speakers often repeat and paraphrase what other participant in conversation said to confirm what the speaker said

(3) Paraphrase / Repetitions

(4) Provision of searching words

3.2.1 The Use of Backchannels as Continuers

The first type is a "continuer", which is used to

express listenership and to facilitate the current speaker's utterance as seen in Example 1.

< Example 1 (Advanced learners) >

1T: I just moved to Boston, like a week ago, so I'm not really sure, like, what's out there, so I just sta--, pretty much stay or my home and clean up, set up all the furniture and all the stuffs.

→ 2M: Yeah.

3T: When I was in Virginia or Maryland area, I just pretty much, I spent my time with my friend.

They were, we go to fishing, we go, like, play soccer once, twice a week, and we like find good restaurant and good wine =

→4M: Hmm.

5T: = and we go clubbing all this stuff

As seen above with advanced learners of English, backchannels, such as yeah, hmm uh-hmm, true, and yeah I think so, are often observed also in elementary speakers' utterances. When one participant speaks, the other participant plays a part as a listener using such backchannels as above to express listenership and to facilitate the current speaker's utterance. These backchannels are utilised by not changing the current main speaker, and the participant continues as a listener while using these strategies.

In the following, we will specifically focus on the effective use of different types of backchannels by elementary speakers.

3.2.2 Backchannels by elementary speakers

Frequent use of backchannels and different types of backchannels are observed in both elementary and advanced speakers' utterances, however, more frequent backchannels are observed in the interaction by elementary speakers than the one by advanced speakers. Elementary level speakers use backchannels with several kinds of functions for indicating not only listenership but also "participation" in conversation, by clarifying using "repetitions", "paraphrasing" and "repairing", and "providing words". We will now examine each of them in a more detailed manner.

3.2.2.1 Confirmation and clarification by Repetition

This type of backchannel is used to confirm both the utterance and mutual understanding as seen in Example 2.

<Example 2>

Proficiency level: elementary (Traveling)

- 1T: Er When have you been? (Laugh)
- 2K: Oh, I - - I- - I have --- I - - (laugh) I have been ,
----- er country ? or er --- in Japan?
(laugh)
- 3T: Country.
- 4K: Country, oh. Only America.
- 5T: Oh.
- 6K: Oh.
- 7T: America and Canada.
- 8K: Ar --- yes, yeas, yes, yes.
- 9T: Well – I went Canada, America and Hawaii.

→10K: Hawaii

→11T: Hawaii.

12K: Oh, when – when did you er --- go ---
to Hawaii?

As seen in example 2 (Lines 3T and 4K, 10K, and 11T), speaker often repeats what the other participant in conversation said to confirm both the utterance and mutual understanding. We can also see the use of the same type of repetitions in Example 3.

Next, we will consider the utterance in example 3.

<Example 3>

- 1M: Oh --- How much?
- 2K: ah – five days and – five – fifty hundred (yen).
- 3K: { Fifty
Fifty hundred? (Laugh)
- 4T: (laughing) Change!
- 5K: (laughing) OK, change!
- 6T: Five, zero zero zero zero (5,0000).

- 7K: Ah, OK ah ----- Fifty thousand
- 8T: ah } thousand?
- 9K: Oh, { eh? } Thousand?
- 10T: { Thousand. } Thousand.
- { Fifty thousand. }

- 11K: Thousand.
- 12T: yes.
- 13K: Fifty thousand, Oh yeah.
Fifty thousand, oh, nice for you.

Speaker K thought speaker T mistakenly used an expression “five hundred” where the speaker should say “five thousand”. Speaker K clarifies what speaker T says using this repetition as backchannel several times as shown in line 7K, 9K and 11K until both speakers agree in 13K.

3.2.2.2 Paraphrase and Repair

Backchannels such as paraphrase and repairs are often observed by elementary English speakers. Next, we will consider Example 4 (in line J3).

<Example 4>

proficiency level: Elementary (Traveling)

- J1: Have you ever been abroad?
- S2: Yeah, yeah, --- I --- I --- I’ve been to France.
- J3: Oh French?
- S4: ar, yeah. E...e... because jyanaku tte nn...
because ka ----
My friend is e --- study at France.
- J5: hmm Oh, yes, yes.
- S6: So, I visited my friend
- J7: Oh, oh,
- S8: But I --- I went to French alone so --- e...
- J9: ↑ (nodding) nn
- S10: it my, it was my first ----- yeah so nn (laugh)

Speaker J confirms (in line J3) what speaker S says using paraphrasing, “Oh French?” This expression is incorrect, but he intended to increase mutual understanding with other participant in conversation. Speakers often use repair as confirmation of the contents of conversation.

<Example 5>

(Proficiency level: Elementary)

- J19: When --- when did you go?
- S20: e...Eiffel Tower ah---
- J21: Oh, no, no =

→ J22: = When }
 S23 Ah! }
J24 = when your school day, your high school days?
 S25 { Oh I see, I see. }

As seen in example 5, Lines 21-22J +24J, Speaker J corrects a misunderstanding in the other participant's reply in S20. This repair also works to confirm the conversation topic.

3.2.2.3 Backchannel as provision of words

The participant in a conversation often provides words or phrases for the speaker searching for them to promote other speaker's understanding and facilitate the conversation. Speaker J uses the strategy of providing words twice in J7.

<Example 6>

(proficiency level: Elementary)

S1: I'm live in eh --- Takadanobaba.

J2: Ah.

S3: Near.

J4: Wakejyuku?

S5: Ah, no, no --- ee----- (he is trying to explain
 by his gesture)=

S6: = near near, yeah.

→ J7: ↑ near. ↑ Near station?

S8: Yeah.

4. Cooperative Participation

As seen in examples of elementary speakers, they often use cooperative strategies and communication styles, such as repetition, paraphrase, repairs and provision of words and phrases, using them more than advanced speakers to confirm and increase mutual understanding. This results in communication without breakdowns.

By analysing the conversation in situations where speakers have to communicate in English, this study has revealed that elementary speakers in conversation often

use cooperative strategies to compensate for grammatical insufficiency more than advanced speakers. They tend to rely highly on these cooperative pragmatic strategies to compensate for insufficiency of their grammatical competence more than advanced speakers.

Speakers' cooperative participation and collaboration is an expression of "empathy", which is important in effective communication.

5. CONCLUSION

English learners use a variety of strategies for effective communication in English, using backchannels effectively. They often confirm and clarify the contents of their conversation by a variety of backchannels indicated above.

This study has revealed the use of the effective conversation strategies, indicating that cooperative participation compensate for grammatical insufficiency especially in elementary level speakers' interactions by comparing them with those by advanced level speakers.

As the study used only limited conversation data, therefore, more elaborate investigation in different conversational situations is needed for future research.

References

- 1) Tannen Deborah (1991) You just don't understand: Women and Men in Conversation. Oxford University Press.
- 2) Victor Yngve (1970) On Getting a Word in Edgewise. *Papers from the Sixth Regional Meeting of the Chicago Linguistic Society*, pp. 567-577.

Transcription notation

- = the equals sign indicates 'latching' between utterances.
 --- indicates pause (the number of hyphen shows pause length)
 { } overlapping
 (explanation)

論文 Article

伝統技法を用いた版築壁の強度性状に及ぼす 調合および施工要因の影響に関する研究

原稿受付 2012年3月30日

ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 42~49

赤谷樹一郎^{*1}, 大塚秀三^{*2}, 竹村雅行^{*3}, 遠野未来^{*4}, 稲川幸司^{*5}^{*1}ものづくり大学 ものづくり学研究所 大学院生^{*2}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*3}岩瀬建築有限会社^{*4}遠野未来建築事務所^{*5}東鉄工業株式会社(ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科卒業生)

Effects of Mix Proportion and Construction Factors on Strength Development of Rammed Earth Wall Using Traditional Technique

Kiichiro AKATANI^{*1}, Shuzo OTSUKA^{*2}, Masayuki TAKEMURA^{*3}, Mirai TONO^{*4} and Koji INAGAWA^{*5}^{*1} Graduate Student, Graduate School of Building Technologists, Institute of Technologists^{*2} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists^{*3} Iwase Construction Inc.^{*4} Tono Mirai Architects^{*5} TOTETSU KOGYO Co., Ltd.(Graduate, Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists)

Abstract

The purpose of this paper is to clarify effects of mix proportion and construction factors on strength development of rammed earth wall using traditional technique. As a result, the following conclusions are obtained: 1) Maximum compressive strength was measured when the ratio of Kanto loam to fine aggregate to slaked lime was 1:0.5:0.15. 2) Maximum compressive strength was measured at Rammer fall height of 30 cm and number of compaction times 25. 3) It takes 8 hours to complete this work by 33 persons. 4) Horizontal muntin of form was subjected to a uniformly distributed load of 1.39(kN/m). 5) Plywood of form was subjected to uniformly distributed load of 0.15(kN/m).

Key Words : Rammed Earth Wall, Mix Proportion, Construction Factor, Strength Development, Traditional Technique

1. はじめに

歴史的建造物をはじめ現代建築においても発展途上国を中心に世界各地で築造方法として普及を見る, 土を主原料として締固めた固化物により構造体を構築する版築工法が, 近年では先進国においても再認識^{1), 2)}されつつある. 版築工法は, 施工手間が多めで非生産的である反面, 人力で施工

可能なこと, 地産地消が可能であること, 室内の温熱環境の改善効果³⁾が示唆されていることなどから, 建設に伴う二酸化炭素の排出量を抑制でき, 環境負荷低減へ一定の効果を期待できるものと考えられる. さらには, 土固有の独特なテクスチャーにより多様な意匠表現を可能とすることも含めて, 構造材料の選択肢となり得る可能性があると考えられる. しかしながら, 版築工法は, 材料選

定および調合、施工方法などについて技能者の経験に依るところが大きく、構造体としての品質確保に立脚した定量的な築造方法が確立されているとは言い難い。

そこで、本研究は小規模建築物において伝統技法に準じた版築壁の構築を指向した研究の基礎的段階として、調合および施工要因が版築壁の強度性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。ここでは、土に荒木田土、固化材に消石灰(Ca(OH)₂)、固化補助材ににがり(MgCl₂)を用いた版築供試体を対象に検討した結果を述べる。さらには、版築供試体を作製した調合および施工方法で実大の版築壁が施工可能であるか試験施工により確認した。

2. 研究の構成

本研究は、版築供試体の実験と実大の版築壁の試験施工で構成する。

(1) 版築供試体による検討

1) 締固め方法と荒木田土および細骨材の構成割合の検討

版築供試体の作成で用いる荒木田土の物理的性状の把握と荒木田土および細骨材の構成割合を検討した。

2) 版築供試体における圧縮強度および乾燥収縮の検討

調合および施工要因が版築供試体の強度性状および乾燥収縮に及ぼす影響を検討した。

(2) 実大の版築壁の試験施工

版築供試体による実験の結果から実大の版築壁の施工が可能であるか試験施工により確認した。

3. 版築供試体による締固め方法と荒木田土および細骨材の構成割合の検討

3.1 実験概要

(1) 実験の要因と水準

実験の要因と水準を Table.1 に示す。実験の要因は、施工要因と調合要因に大別した。施工要因は、締固め回数、層数、ランマーの落下高さおよびランマーの質量について検討した。調合要因は、

Table.1 Factors and levels of experiment

Factor	Level	
Construction Factor	Number of compaction times	15, 25, 50
	Rammer fall height cm	30, 45
	Layer number	3
	Rammer mass kg	2.5, 4.5
Mix proportion Factor	Kanto loam to Fine aggregate ,Mass ratio	1:0, 1:0.5, 1:1, 1:2

Table.2 Materials

Materials	Type	Character/ Property/Component
Soil	Kanto loam	Table.3
Water	Tap water	—
Fine aggregate	Crushed sand	Air-dry density : 2.61g/cm ³ Fineness modulus : 2.75%, Water absorption : 2.30%

Table.3 Physical property of Kanto loam

Test item	Test method	Test results	
Water content of soils	JIS A 1203	Natural water content %	30.7
Bulk density of soils	JIS A 1225	Wet density g/cm ³	1.732
		Dry density g/cm ³	1.256
		Critical void ratio g/cm ³	1.1
		Degree of saturation g/cm ³	89.4
Density of soil particles	JIS A 1202	Density of soil particle g/cm ³	2.686
Particle size distribution of soils	JIS A 1204	Stone %	0
		Gravel %	3.3
		Sand %	22.3
		Silt %	19.6
		Clay %	54.8
Liquid limit and plastic limit of soils	JIS A 1205	Liquid limit %	72.4
		Plastic limit %	23.0
		Plasticity index %	49.4
Soil compaction using a rammer	JIS A 1210	Maximum dry density g/cm ³	1.547
		Optimum moisture content %	23.7

荒木田土と細骨材の構成割合（質量比）について検討した。

(2) 使用材料

使用材料を Table.2 に示す。使用材料は、土を北関東で産出する荒木田土、細骨材を砕砂とした。また、荒木田土の含水比の調整用に上水道水を用いた。

荒木田土の物理的性質を Table.3 に示す。各土質試験は、当該 JIS に準じた。粒径加積曲線を Fig.1 に示す。荒木田土の通過質量百分率は、粒径 0.01mm までの粘土分が 54.8%と著しく多いため、乾燥収縮が大きくひび割れが生じやすいと考えられる。このため、本実験では乾燥収縮を低減させるために細骨材を混合した。

(3) 試験項目および方法

試験項目は、土の締固め試験(JIS A 1210:2009)および圧縮強度試験とした。圧縮強度試験は、コンクリートの圧縮強度試験方法(JIS A 1108:2005)

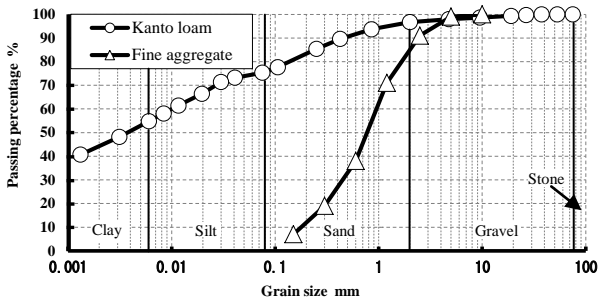


Fig.1 Grain size distribution curve

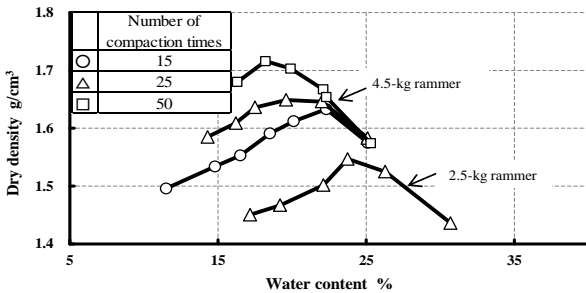


Fig.2 Relationship between water content and dry density in Kanto loam

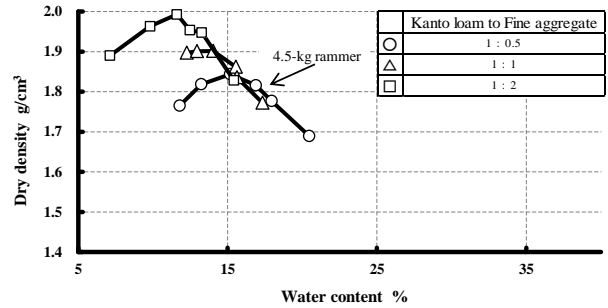


Fig.3 Relationship between water content and dry density in Kanto loam and fine aggregate

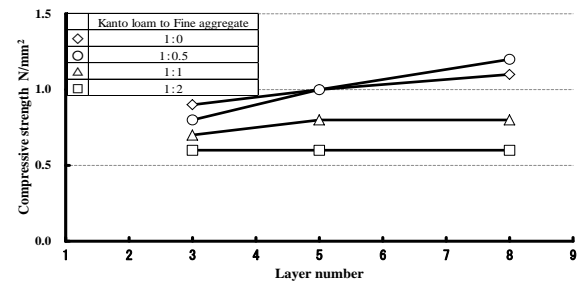


Fig.4 Relationship between layer numbers and compressive strength

に準じて $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の供試体により判断した。

3.2 結果および考察

(1) 締固め方法の検討

荒木田土の締固め回数による締固め曲線を Fig.2 に示す。土の含水比とは、土粒子質量に対する空隙に含まれる水分量の割合を百分率で表したものであり、最大乾燥密度の時の含水比を最適含水比といい、最適含水比より若干低いときに圧縮強度が最大となる。⁴⁾

乾燥密度は、締固め回数かつランマーの質量が増大すると大きくなり、4.5kg ランマーおよび締固め回数が 50 回で最大となり、ランマーの質量、落下高さおよび重力加速度の積で示す締固めエネルギーに比例していることが分かる。また、乾燥密度が大きくなるにつれて最適含水比が小さくなる傾向となった。これは、締固めによって土粒子の間隙水が相対的に少なくなるためと考えられる。

(2) 荒木田土および細骨材の構成割合の検討

荒木田土および細骨材の締固め曲線を Fig.3 に示す。ここでは、締固め回数を 25 回および 4.5kg ランマーとして検討した。

乾燥密度は、細骨材量に比例して大きくなった。これは、細骨材の密度が荒木田土の 2 倍程度であ

ることに起因すると考えられる。

層数と圧縮強度の関係を Fig.4 に示す。荒木田土のみおよび荒木田土：細骨材 = 1 : 0.5 の圧縮強度は、層数と概ね比例関係にある一方、荒木田土：細骨材 = 1 : 1 および 1 : 2 では、層数の増加による圧縮強度の変化は少なかった。また、細骨材を混合した場合には荒木田土：細骨材 = 1 : 0.5 が最大の圧縮強度であった。

以上より、圧縮強度の確保を指向した場合には、4.5kg ランマーおよび荒木田土：細骨材 = 1 : 0.5 を用いた試料が最適と判断できるため、以降の検討ではこれを基準とした。

4. 版築供試体における圧縮強度および乾燥収縮の検討

4.1 実験概要

(1) 実験の要因と水準

実験の要因と水準を Table.4、材料の構成割合（質量比）を Table.5 に示す。なお、Table.5 におけるにがり水 (MgCl_2 水溶液) または水の添加量は、荒木田土、細骨材および消石灰を混合した状態において最適含水比まで調整したものである。

1) 調合要因

Table.4 Factors and levels of experiment

Factor		Level
Construction Factor	Kanto loam to Fine aggregate ,Mass ratio	1:0, 1:0.25, 1:0.5, 1:1
	Kanto loam to Slaked lime ,Mass ratio	1:0, 1:0.05, 1:0.15, 1:0.25
	MgCl ₂ solution of concentration %	0, 5, 15, 25
Confection Factor	Compaction number of times	15, 25, 50
	Rammer fall height cm	15, 30, 45
	Layer number	3, 5, 8
	Age of stripping day	0, 3, 7, 14
	Age of compressive strength day	0, 3, 7, 14, 28

Table.5 Ratio of materials ,Mass ratio

Kanto loam	Fine aggregate	Slaked lime	Mass ratio to sum of the Kanto loam, Fine aggregate and Slaked lime MgCl ₂ solution or water ※ %	MgCl ₂ solution of concentration %	
1	0.5	0	19.6	Water	
		0.05	18.5		
		0.15	18.4		
		0.25	17.1		
	0.5	0.5	0	19.6	5
			0.05	18.5	
			0.15	18.4	
			0.25	17.1	
	0.5	0.5	0	19.6	15
			0.05	18.5	
			0.15	18.4	
			0.25	17.1	
0.5	0.5	0	19.6	25	
		0.05	18.5		
		0.15	18.4		
		0.25	17.1		
1	0.15	0	19.6	Water	
		0.05	18.5		
		0.15	18.4		
		0.25	17.1		
1	0.15	0	19.6	5	
		0.05	18.5		
		0.15	18.4		
		0.25	17.1		
1	0.15	0	19.6	15	
		0.05	18.5		
		0.15	18.4		
		0.25	17.1		
1	0.15	0	19.6	25	
		0.05	18.5		
		0.15	18.4		
		0.25	17.1		

※ : Specimen is added until the optimum moisture content

調査要因は、荒木田土に対する細骨材および消石灰の質量比および MgCl₂ 水溶液の濃度とした。

2) 施工要因

施工要因は、締固め回数、ランマーの落下高さ層数、脱型材齢および圧縮強度試験材齢とした。

(2) 使用材料

使用材料を Table.6 に示す。使用材料は、固化材を消石灰、固化補助材を MgCl₂ 水溶液とし、その他については、前章と同一のものである。固化材および固化補助材による固化のメカニズムは、固化材である消石灰が空気中の二酸化炭素と反応して炭酸カルシウムの結晶を生成する硬化反応と、

Table.6 Materials

Material	Type	Property/Component
Soil	Kanto loam	Table.3
Fine aggregate	Crushed sand	Air-dry density : 2.61g/cm ³ Fineness modulus : 2.75% Water absorption : 2.30%
Solidification material	Slaked lime	Ca(OH) ₂ Purity : 72.5% over
Aids solidification material	MgCl ₂ solution	MgCl ₂ Purity : 98.9% over

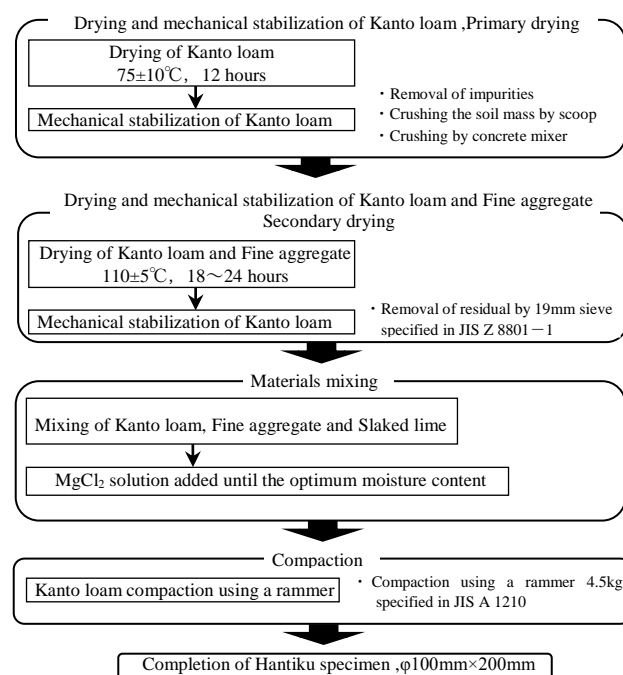


Fig.5 Fabrication process of specimen

荒木田土に含まれるシリカと水酸化カルシウムとが化合してけい酸カルシウムを生成するポズラン反応⁵⁾である。

(3) 版築供試体の作製フロー

版築供試体(以下、供試体と略称する)の作製フローを Fig.5 に示す。荒木田土の乾燥および粒度調整は、2つの工程で構成している。第1次段階では、荒木田土を 75±10°Cで 12 時間乾燥した後不純物を除去するとともにスコップおよびコンクリートミキサを用いて土塊を破碎することにより粒度調整した。第2次段階では、荒木田土を 110±5°Cで 18~24 時間乾燥した後、JIS Z 8801-1:2006 に規定される 19mm ふりを用いてふるい残留分を除去して粒度調整した。使用材料の混合では、荒木田土、細骨材および消石灰を混合し MgCl₂ 水溶液を添加した後、4.5kg ランマーを用いて締固め

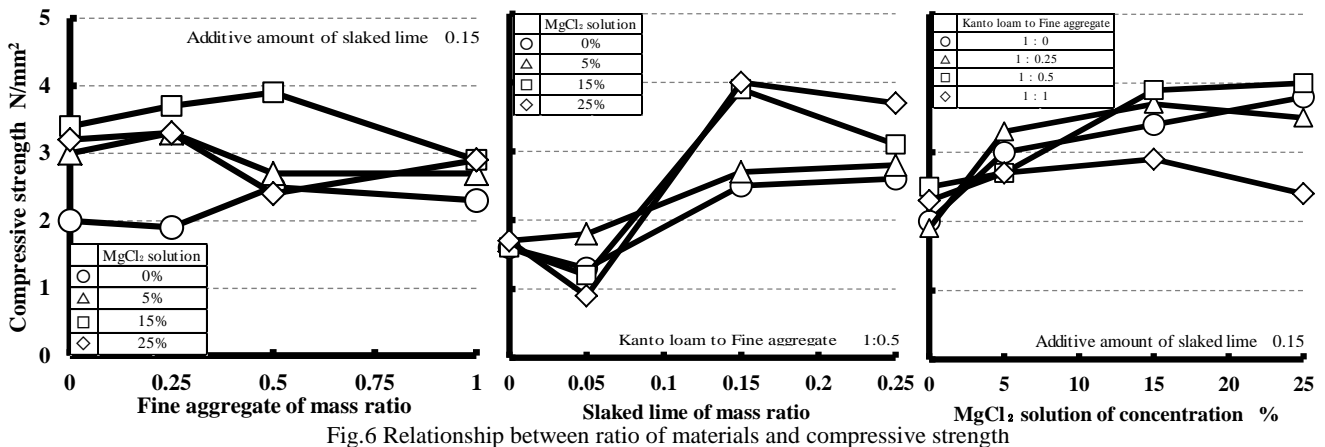


Fig.6 Relationship between ratio of materials and compressive strength

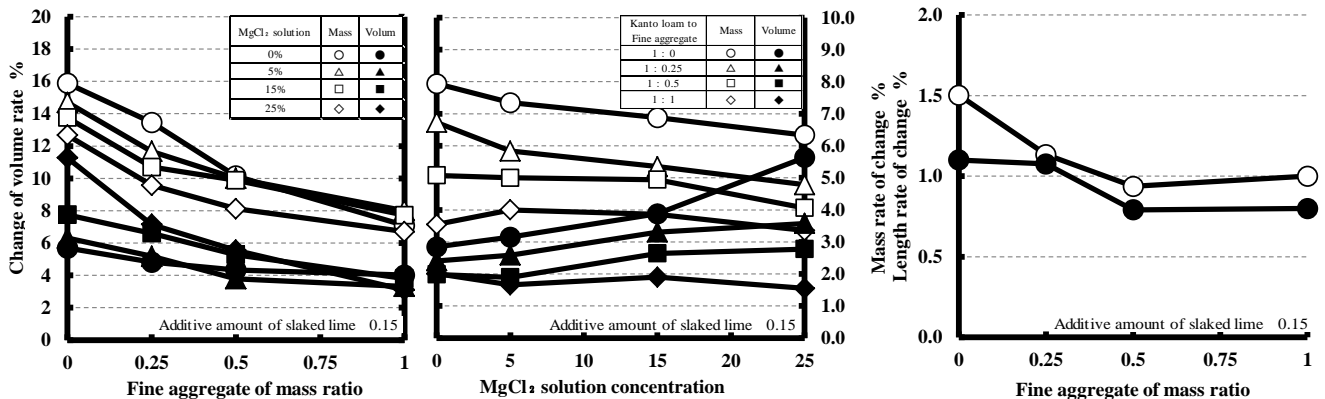


Fig.7 Relationship between ratio of materials and various rate of change in age of stripping at 7 days, age of compressive strength at 21 days

を行った。

(4) 試験項目および方法

試験項目は、JIS A 1108:2005 に準じた圧縮強度試験と乾燥収縮に伴う供試体の変形および質量変化とした。供試体の変形は、所定の材齢において JIS B 7507:1993 に規定されるノギスを用いて供試体の直径および高さを測定し、体積変化率として評価した。直径は、供試体の高さの 3 点(上中下)を直行する 2 方向で測定し、高さは供試体の対面する 2 方向を測定し、それぞれの平均値を用いた。また、併せて供試体の質量も測定した。

4.2 結果および考察

(1) 調合要因

1) 試料の構成割合の違いが圧縮強度に及ぼす影響

試料の構成割合と圧縮強度の関係を Fig.6 に示す。圧縮強度は、荒木田土に対する細骨材の質量比が 0.5 までは概ね大きくなる傾向を示すが、細骨材の質量比が 1 になると再び小さくなった。また、消石灰の質量比が 0.15 で圧縮強度が最大となる一方で、消石灰の質量比が 0.05 および 0.25 に

いては圧縮強度が低下しており強度発現が消石灰の添加量に比例しない傾向となった。この原因は、定かではないが、Minke ら¹⁾は消石灰の添加量が過小もしくは過大であると強度発現が停滞する現象を捉えており、本実験の結果はこれと相反するものではないと言える。一方、圧縮強度は概ね水溶液の濃度に比例して大きくなるが、消石灰の添加量が 0.15 の場合には MgCl₂ 水溶液の濃度が 15% を超えると、細骨材の質量比が 1 では顕著に圧縮強度が低下する傾向となった。これは、供試体が「荒木田土と固化材および固化補助材」、「細骨材」の 2 相材料とすると、強度発現に寄与する前者と細骨材の構成割合によって、圧縮強度が決定づけられることを示唆しているものと考えられる。

2) 乾燥に伴う供試体の形状および質量変化

脱型材齢 7 日の乾燥材齢 21 日における供試体の形状および質量変化率を Fig.7 に示す。体積変化率および質量変化率は、いずれも細骨材の質量比が大きくなるにしたがって小さくなった。これは、細骨材の混合により水分をより多く含む荒木田土

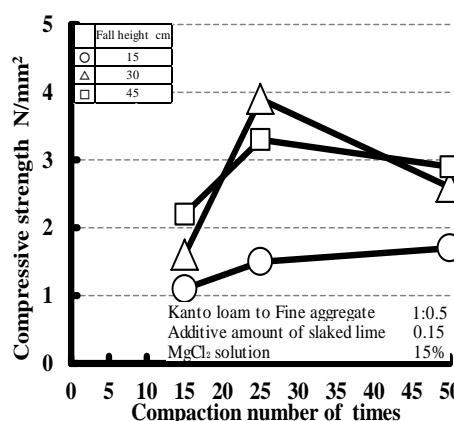


Fig.8 Relationship between compaction number of times and compressive strength

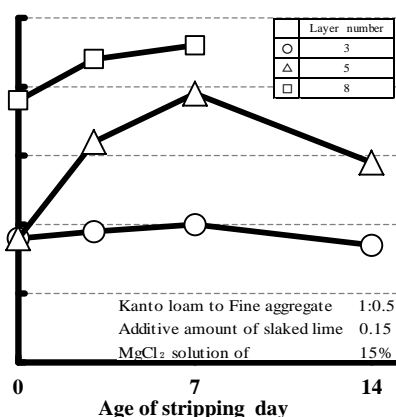
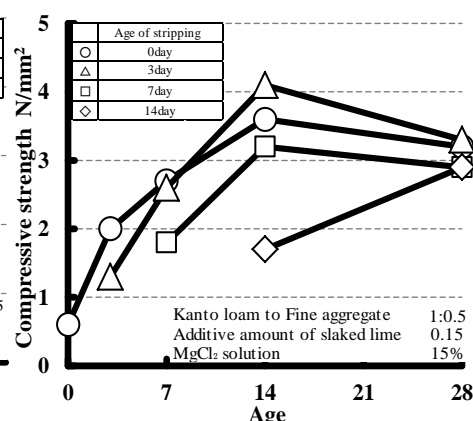


Fig.9 Relationship between age of stripping and compressive strength



の質量比が小さくなるため、乾燥収縮が低減されたものと考えられる。また、荒田土のみでは $MgCl_2$ 水溶液の濃度に比例して体積変化率が大きくなる一方で、細骨材を混合した場合には体積変化率および質量変化率は、ほぼ一定で推移するか若干小さくなる傾向を示した。

以上から、 $MgCl_2$ 水溶液の濃度が高くなるとともに圧縮強度が増大することによって形状変化が抑制される効果は、細骨材を混合した方が優れているといえる。また、荒木田土に対する消石灰の質量が 0.15 かつ $MgCl_2$ 水溶液の濃度が 15% においては、直径に比べ高さの長さ変化率の方が小さくなった。

(2) 施工要因

1) 締固め方法が圧縮強度に及ぼす影響

ランマーの落下高さによる締固め回数と圧縮強度の関係を Fig.8 に示す。圧縮強度は、締固め回数が 25 回を除いてランマーの落下高さに比例して大きくなる一方で、落下高さが 30 および 45cm では締固め回数が 25 回をピークとしてその後では減少する傾向となった。これは、前章で示したように、荒木田土および細骨材では締固めエネルギーに比例して圧縮強度が増加する傾向と異なっており、固化材の添加によって単に締固めエネルギーの増加に圧縮強度が追従しない可能性を示唆しているものと考えられる。この現象は、技能者へのヒアリング^{注)}においても同様の指摘が得られている。

2) 脱型材齢が圧縮強度に及ぼす影響

脱型材齢および圧縮強度試験材齢と圧縮強度の関係を Fig.9 に示す。圧縮強度は、層数が多くなるほど大きくなり、脱型材齢が 7 日をピークとして最大となるものの、14 日では低下する傾向を示した。一方、脱型してからの材齢の経過に伴う圧縮強度は、材齢 14 日をピークとしてこれ以降増進しなかった。

以上から、早期に脱型すると供試体の表層部における $MgCl_2$ 水溶液が逸散することにより消石灰の反応性が低下する一方で、脱型時期が遅くなると消石灰と二酸化炭素との反応性が低下するものと推察される。

5. 実大の版築壁の試験施工

5.1 施工概要

(1) 実大の版築壁の外観

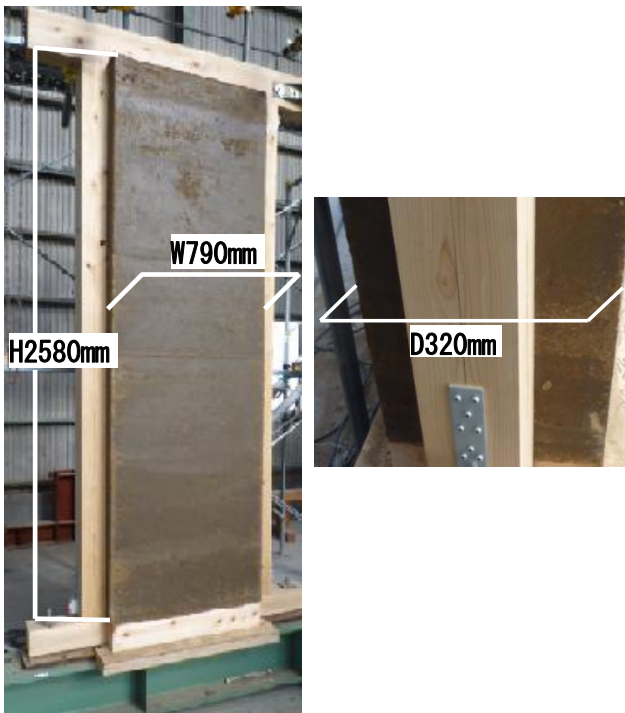
実大の版築壁の外観を Phot.1 に示す。寸法は、 $W790 \times D320 \times H2580$ (mm)とした。

(2) 型枠の構成

型枠の構成を Fig.10 に示す。型枠は、横棧で補強した JAS 規格のコンクリート型枠用合板を版築壁の両側から全ねじボルトで緊結したものである。横棧は、材質がヒノキ、寸法が $W1030 \times D36 \times H39$ (mm)であり、コンクリート型枠用合板の寸法は、 $W910 \times D18 \times H452$ (mm)である。

(3) 調合条件

調合条件は、前章の結果から荒木田土：細骨材：消石灰 = 1 : 0.5 : 0.15(質量比)および塩化マグネシ



Phot.1 Appearance full scale rammed earth wall

ウム水溶液の濃度を 15%とした。

(4) 施工条件

施工条件は、前章の結果からランマーの質量 4.5kg, ランマーの落下高さ 30cm および締固め回数を 0.34 回/cm²(版築供試体における 25 回相当)とした。総層数は、締固め後に 1 層 4cm となるように 64.5 層とした。また、型枠の脱型材齢は、最上層の締固めが完了後 7 日とした。

(5) 使用材料

使用材料は、前章までの材料と同一の荒木田土、細骨材、消石灰および MgCl₂ 水溶液である。

5.2 結果および考察

実大の版築壁の施工結果を Table.7 に示す。

(1) 施工における人工数

実大の版築壁の作製にあたり施工に関わった人工数は、延べ 33 人工であった。施工作業による内訳は、土の締固め 2 名と使用材料の混合 1 名の計 3 名であり、施工期間は延べ 11 日であった。

(2) 側圧

側圧により型枠の中央部で最大 8.75mm のたわみが生じた。そこで横桟および合板に生じた側圧を (1)式を用いて算出した。なお、曲げヤング係数を横桟では 13.1(kN/mm²), 合板では 6.86(kN/mm²)とした。その結果、型枠の構成材料

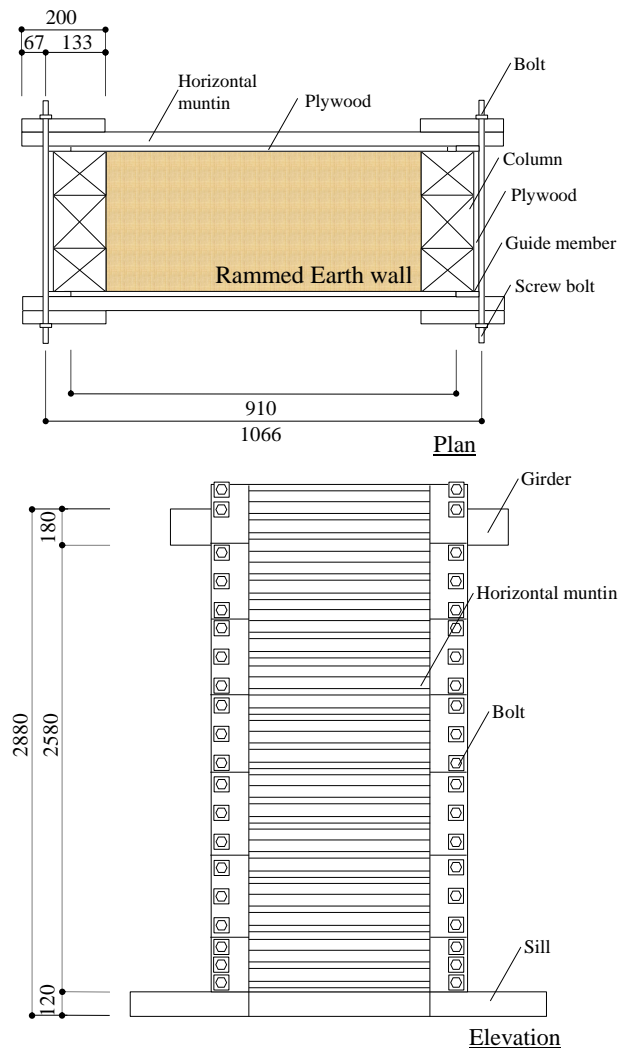


Fig.10 Constitution of form

Table.7 Results of full scale rammed earth wall

Item	Result
Type of wall	Stud wall framing finished on both sides
Volume cm ³	0.652
Number of workers to complete	33
Number of compaction times	885
Layer number	72
maximum swelling of form cm	8.75

に生じた等分布荷重は、横桟では 1.39(kN/m)となり、合板では 0.15(kN/m)となる。したがって、型枠に生じた等分布荷重の和は、1.54(kN/m)となり、これを保持し得る型枠設計が必要となることが分かる。

$$w = (\delta \times 384EI) / 5l^4 \quad (1) \text{式}$$

ここで、I:断面二次モーメント(mm⁴)

δ :たわみ(mm)

l :スパン(mm)

E:曲げヤング係数(kN/mm²)

w:等分布荷重(kN/m)

6. まとめ

本研究の範囲で得られた知見を以下にまとめる.

(1) 版築供試体による検討

1) 調合要因

圧縮強度が最大になる構成割合は, 荒木田土, 細骨材および消石灰の質量比が 1 : 0.5 : 0.15 であり, 体積変化率を考慮すると MgCl₂ 水溶液の濃度が 15% である.

2) 施工要因

圧縮強度は, 単に締固めエネルギーを増加させることにより大きくなるわけではなく, ランマーの落下高さ 30cm, 締固め回数 25 回および脱型材齢 7 日が最大となる.

(2) 実大の版築壁の試験施工

1) 施工における人工数

実大の版築壁の施工に関わった人工数は, 1 日 3 人工で 11 日間の作業で延べ 33 人工であった.

2) 側圧

実大の版築壁の型枠に生じた側圧は, 1.54(kN/m)であった.

以上の結果から, 側圧を考慮した型枠構成が必要であるものの, 版築供試体を用いた検討によって定めた調合と締固め方法で実大の版築壁の施工が可能であることが確認できた.

謝 辞

実験およびデータ整理では, 本学学部 4 年生・前田真佑君, 大文社寺建築(有)・枝松武君(当時・日本建築専門学校)の協力を得た. ここに記して謝意を表する.

注

本研究の手掛かりを得るために, 3 名の熟練の左官技能者へ伝統技法を用いた版築壁の築造方法についてのヒアリング調査を行った. その結果を付表に示す. 本報告ではこの結果を手掛りとして実験を構成した.

付表 熟練の左官技能者へのヒアリング結果

質問項目		回答	
材料	土	土の種類 土の粒度	関西: まさ土, 関東: 荒木田土 土の粒子が過小だと割れやすい
	石灰	石灰の種類	一般的には消石灰(粗い方がよい)
	にがり	にがりの濃度	・ 65ℓの水に塩化マグネシウム 10kg(濃度 13.3%)を溶解 ・ 本当のにがり(海水)の方が強度大
	その他	土の保存方法	ブルーシートを被せて保存
		その他の材料	・ 粗骨材(天然砂利) ・ スサを入れることもある
調合	調合比	材料の構成割合	土 6 : 消石灰 1(質量比)に, にがり水を土を握っても水が出てこないくらいまで入れる
		粗骨材の混合量	コンクリートと同程度
	材料の混合	材料の投入順	土→消石灰→にがり水の順
		混合時間	土の色が元に戻るまで
施工方法	使用道具	締固め用の道具	柱材を利用した「たこ」
	締固め方法	締固めの留意点	・ 型枠の隅や角から突いていく ・ あまり強く突かない
		施工前の層厚	一層の厚さは最大で 100mm
		施工後の層厚	ほとんど下がらない
	労働力	人工数	5~6名/m ³
		養生期間	7日程度
	その他	その他の	竹釘(L200mm程度)を壁厚の中心に数本打ち, 縄で繋ぐ
施工方法			
耐久性(8年)	表面性状	苔の付着	若干苔が付着
		ひび割れの発生	ひび割れなし

文 献

- 1) 例えば, Gernot Minke 著, 輿石直幸, 藤田香織監訳: 土・建築・環境—エコ時代の再発見, 西村書店, 2010
- 2) 例えば, 山下保博, 輿石直幸ほか設計: アース・ブリックス, 2011.7(<http://www.tekuto.com/works/index1.html> 2011.1.4 参照)
- 3) 畑中久美子ほか: セルフビルドによる土の実験住宅建設と性能測定に関する研究(その1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.181-184, 2002.8
- 4) 社団法人地盤工学会: 入門シリーズ 1 地盤工学入門, p.198, p.200, 2000.7
- 5) 玉山豊ほか: たたき工法による人造石を用いた歩道用舗装体の開発とその環境特性, 土の基礎, 地盤工学会誌, pp.23-25, 2004.11

論文 Article

コンクリートの表面性状が各種微破壊試験の測定値に及ぼす影響

原稿受付 2012年4月2日

ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 50~55

後藤正明^{*1}, 澤本武博^{*2}, 飛内圭之^{*2}, 大塚秀三^{*2}^{*1} 高崎市役所 (ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 修了)^{*2} ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科Effects of Concrete Surface Properties
on Measurement Values of Semi-Destructive TestingMasaaki GOTO^{*1}, Takehiro SAWAMOTO^{*2}, Keishi TOBINAI^{*2} and Shuzo OTSUKA^{*2}^{*1} TAKASAKI City Office (Graduate, Institute of Technologists)^{*2} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists

Abstract

The properties of concrete such as strength and durability are affected by placing, curing and aging. And they can affect concrete surface because of bleeding water, dryness of surface water, and so on. However, correlation between variation of concrete surface and measurement value of semi-destructive testing has not been obvious. In this study, the effects of concrete surface properties on rebound number, rebound speed ratio, and scratch width were investigated. The main conclusions are as follows. (1)The rebound number of the top surface of the member was smaller than that of the side surface. And, the rebound speed ratio showed the same tendency as the rebound number. (2)The rebound number of concrete cured in water was smaller than that of concrete cured in air. And, the rebound speed ratio showed the same tendency as the rebound number. The scratch width of concrete cured in water was wider than that of concrete cured in air. (3)The rebound number and the rebound speed ratio of concrete at the age of 91 days were higher than those of concrete at the age of 28 days.

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

1. はじめに

コンクリートの強度を簡易に推定する微破壊試験方法として、リバウンドハンマーによる反発度を用いた方法(図1)が代表的であり、ヨーロッパでは新型シュミットハンマーによる反発速度比を用いた強度推定方法(図2)が提案されている。また、コンクリートのごく表層の硬度から強度の推定を行う方法として、引っかき試験器を用いた引っかき傷幅試験(図3)も検討されている¹⁾。そして、これらの試験方法は、コンクリートの表層付近を測定するため、測定部の形状や、養生方

法、材齢などによるコンクリート表面の性質の変化に大きな影響を受けるとされている。

本研究では、コンクリートの測定面・養生・材齢の違いが、リバウンドハンマーによる反発度・新型シュミットハンマーによる反発速度比および引っかき試験器による引っかき傷幅の測定値に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

コンクリートは、水セメント比を変化させた6



Fig. 1 Rebound number test



Fig. 2 Rebound speed ratio test



Fig. 3 Scratch width test

Table 1 Raw materials of concrete (Laboratory)

Material	Locality or brand	Specification
Cement	Ordinary portland cement	Density : 3.16g/cm ³
Fine aggregate	Product of Kimitsu	Surface-dry condition : 2.61g/cm ³ Water-absorption rate : 2.14%
	Product of Kodama	Surface-dry condition : 2.59g/cm ³ Water-absorption rate : 2.14%
Coarse aggregate	Product of Ome	Surface-dry condition : 2.71g/cm ³ Water-absorption rate : 0.39%
Chemical admixture	Water-reducing and air-entraining admixture	
	High-range water-reducing and air-entraining admixture	

Table 2 Mix proportions and test results (Laboratory)

W/C (%)	s/a (%)	Unit content (kg/m ³)						Test result		
		W	C	S1*	S2*	G	Ad**	Slump(flow)*** (cm)	Air content (%)	Compressive strength (N/mm ²)
60.0	49.4	184	307	435	431	924	C×1.0%	19.0	3.7	31.9
50.0	46.8	184	368	395	392	954	C×1.0%	20.0	3.9	42.6
40.0	48.4	165	413	416	413	924	C×0.85%	19.5	4.8	58.9
35.0	47.0	165	471	393	390	921	C×1.0%	20.5	4.0	67.8
30.0	48.0	165	550	402	399	902	C×1.2%	52.0	2.1	87.9
25.0	45.0	165	660	380	377	854	C×1.8%	57.0	1.5	96.7

* S1: Product of Kimitsu * S2: Product of Kodama
 ** W/C60%~50% : Water-reducing and air-entraining admixture
 ** W/C40%~25% : High-range water-reducing and air-entraining admixture
 *** W/C60%~35% : Slump *** W/C30%~25% : Slump flow

Table 3 Raw materials of concrete (Factory)

Material	Locality or brand	Specification
Cement	Ordinary portland cement	Density : 3.16g/cm ³
Fine aggregate	Product of Tochigi	Surface-dry condition : 2.61g/cm ³ F.M. : 2.75
Coarse aggregate	Product of Tochigi	Surface-dry condition : 2.64g/cm ³ Percentage of solid volume : 59.0%
	Product of Sano (Limestone)	Surface-dry condition : 2.70g/cm ³ Percentage of solid volume : 60.0%
Chemical admixture	Water-reducing and air-entraining admixture	
	High-range water-reducing and air-entraining admixture	

Table 4 Mix proportions and test results (Factory)

Nominal strength	W/C (%)	s/a (%)	Unit content (kg/m ³)					Test result		
			W	C	S	G*	Ad**	Slump(flow)*** (cm)	Air content (%)	Compressive strength (N/mm ²)
24	58.5	48.5	181	310	856	919	C×1.2%	16.0	3.0	34.1
40	42.0	48.4	170	405	791	935	C×1.0%	20.5	4.9	53.6
60	31.0	46.1	170	549	773	851	C×1.4%	57.0	5.0	84.1

* fc24~fc40: Product of Tochigi * fc60: Product of Sano
 ** fc24: Water-reducing and air-entraining admixture
 ** fc40~fc60: High-range water-reducing and air-entraining admixture
 *** fc24~40: Slump *** fc60: Slump flow

種類（以下、試験室と略記）と、呼び強度を変化させた3種類（以下、実機と略記）を使用することとした。それぞれのコンクリートの使用材料および配合は、表1～表4に示す通りである。なお、表2および表4に示した圧縮強度は、標準水中養生を行った材齢28日における強度である。

2.2 供試体の作製

実験に用いた供試体は、試験室・実機ともに150×150×550mmの角柱供試体およびφ100×200mmの円柱供試体とした。また、試験室のみφ150×300mmの円柱供試体も作製した。角柱供試体の作製は、図4に示すように150×550mmの開口部からコンクリートを打ち込んだ。そして、角柱供試体およびφ150×300mmの円柱供試体は材齢7日で脱型し、試験材齢まで室温20℃・相対湿



Fig. 4 Placement of prism specimen

度60%の環境下で気中養生を行った。φ100×200mmの円柱供試体については、気中養生（材齢7日で脱型）、封かん養生および水中養生（材齢1日で脱型）を行った。

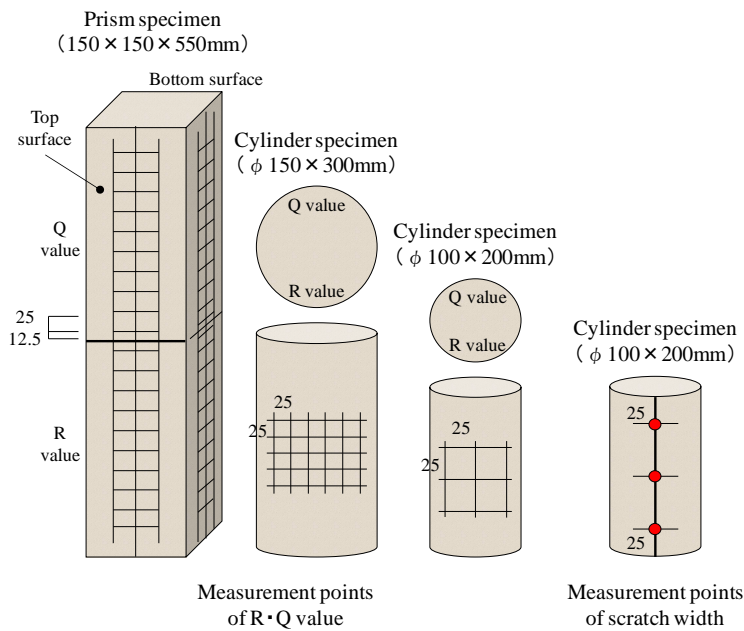


Fig. 5 Measurement points of 3 semi-destructive tests

2.3 各種微破壊試験の測定方法

各種微破壊試験の測定箇所は、図5に示した通りであり、反発度（以下、R値と略記）および反発速度比（以下、Q値と略記）の測定は、耐圧試験機を用いてそれぞれの供試体を 3.5N/mm^2 の力で拘束^{2,3)}して行うこととし、角柱供試体においては打込み面（以下、上面と略記）・側面および底面からそれぞれ30点ずつ（図6）、 $\phi 150 \times 300\text{mm}$ の場合も30点ずつ（図7）、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の場合は9点ずつのR値およびQ値の測定を行い、平均値を求めた。なお、打撃角度による影響をなくすため、R値およびQ値の測定は水平に打撃することとした。引っかき傷幅試験では、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体にのみ行うこととし、供試体に引っかき試験器を押し当てて引っかき、表面についた傷から3点の傷幅（荷重 1.0kg ）を測定した。なお、引っかき傷幅の測定は、クラックスケールおよびフラッシュルーペを用いて行った^{1,4)}。

3. 実験結果および考察

3.1 測定面の違いが測定値に及ぼす影響

3.1.1 平面・曲面の影響 平面（側面）と曲面のR値およびQ値の関係は、図8に示す通りである。平面と曲面の違いによる測定値への影響はあまり見られず、測定面の違いがR値およびQ

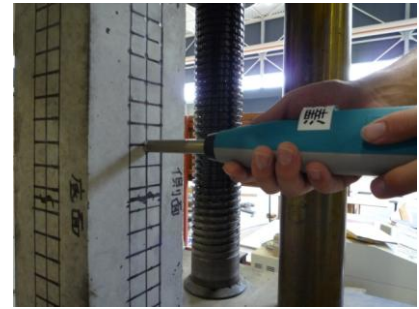


Fig. 6 Measurement of prism specimen



Fig. 7 Measurement of cylinder specimen

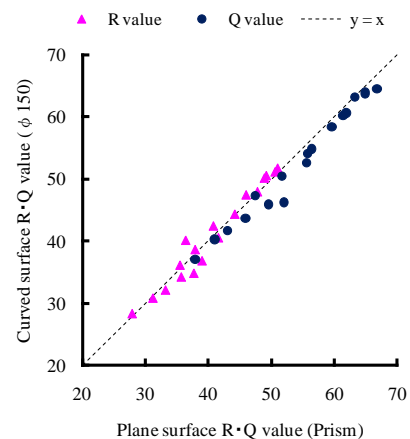


Fig. 8 Effects of plane・curve surface on R・Q value 値に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。

3.1.2 上面・側面・底面の影響 上面・側面・底面のR値およびQ値と圧縮強度の関係は、図9に示す通りである。上面の測定では、R値およびQ値いずれの場合にも、側面や底面の測定値より小さい値を示した。これは、ブリーディングなどの影響によって上面に脆弱な層が形成されていたためと考えられる。そのため、上面を測定する際には、補正を行うなどの考慮が必要になると思われる³⁾。上面・側面・底面の違いがそれぞれの測定値に及ぼす影響としては、R値の場合、側面の測定値に比べて上面が4程度小さく、底面は2程度大きくなる傾向にあり、Q値の場合、側面

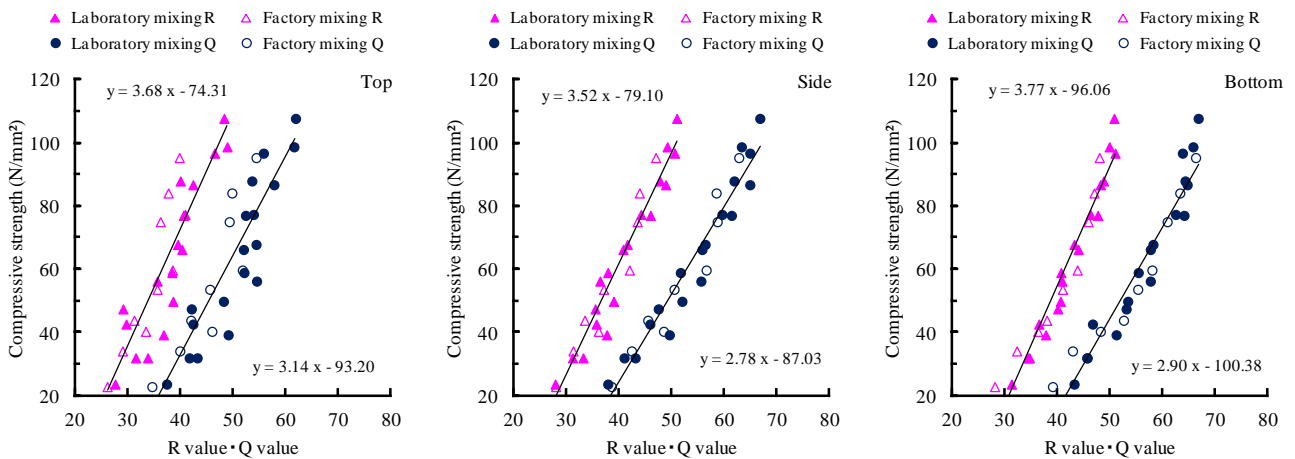


Fig. 9 Effects of top · side · bottom surface on R · Q value (Prism specimen)

の測定値に比べて上面が5程度小さく、底面が3程度大きくなる傾向にあった。

3.2 養生方法の違いが測定値に及ぼす影響

気中養生と封かん養生および水中養生のR値およびQ値の関係は、図10に示す通りである。封かん養生した供試体のR値・Q値は、気中養生した供試体と同程度の値となった。一方、水中養生した供試体のR値・Q値の測定値は、水セメント比が大きい(R値・Q値が小さい)場合には、気中養生した供試体よりも値が小さくなったが、水セメント比が小さい(R値・Q値が大きい)場合には同程度の値となった。これは、高強度になるほど表層の湿潤状態の影響を受けにくいことを表していると考えられる。養生方法の違いによる影響としては、普通コンクリートに近い配合で水中養生を行った場合、R値が5程度小さくなり、Q値が7程度小さくなる傾向にあった。

気中養生と封かん養生および水中養生の引っかけ傷幅の関係は、図11に示す通りである。気中養生と封かん養生の関係では、測定値に多少のばらつきはあったが、概ね同程度の測定値となった。

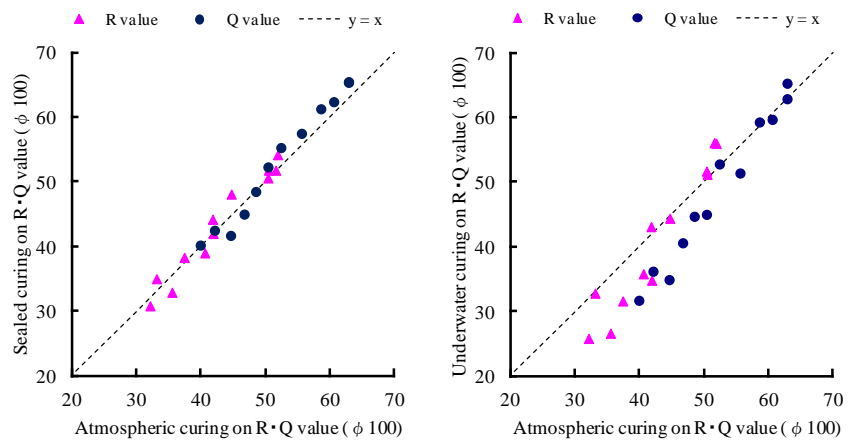


Fig. 10 Effects of curing on R · Q value (Cylinder specimen)

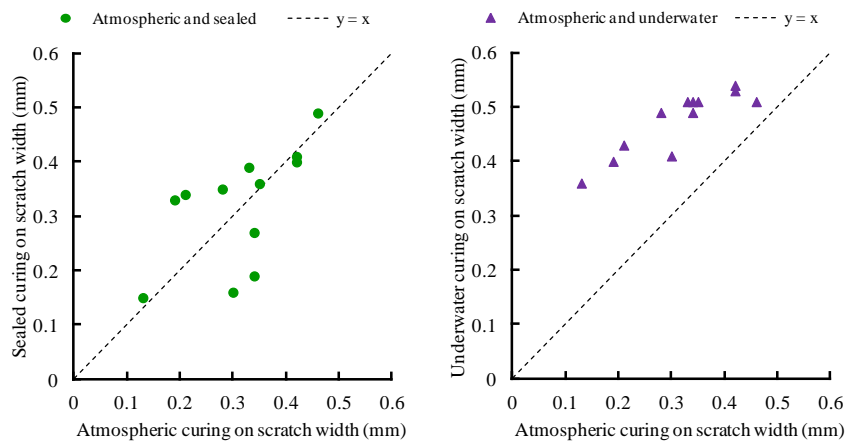


Fig. 11 Effects of curing on scratch width (Cylinder specimen)

しかし、気中養生と水中養生の関係では、水セメント比が小さくなる(傷幅が小さくなる)ほど、水中養生を行った場合には、気中養生を行った場合に比べ傷幅が大きくなる傾向にあり、傷幅の測定値は0.2mm程度大きくなる傾向にあった。

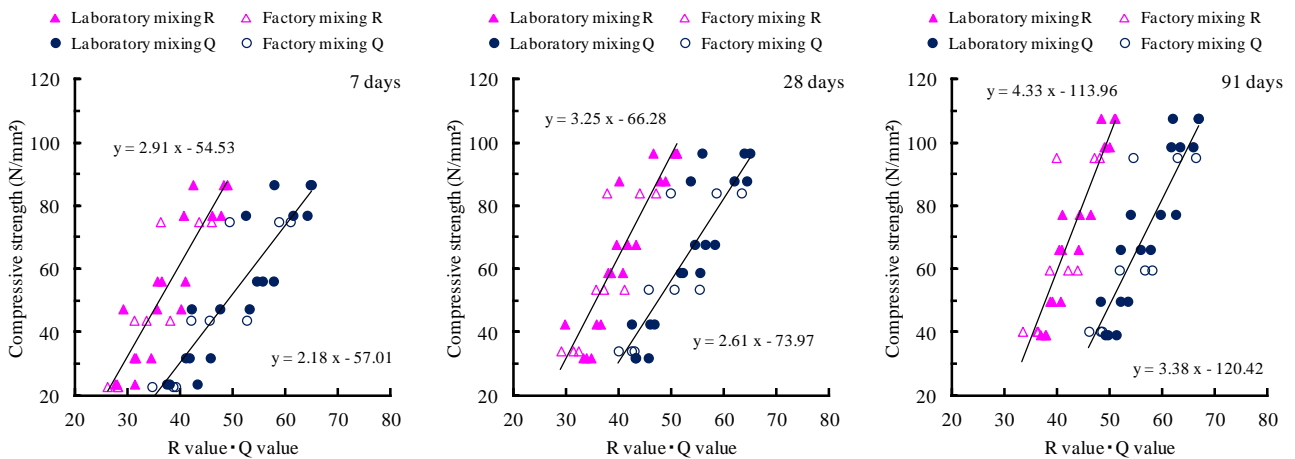


Fig. 12 Effects of aging on R · Q value (Prism specimen)

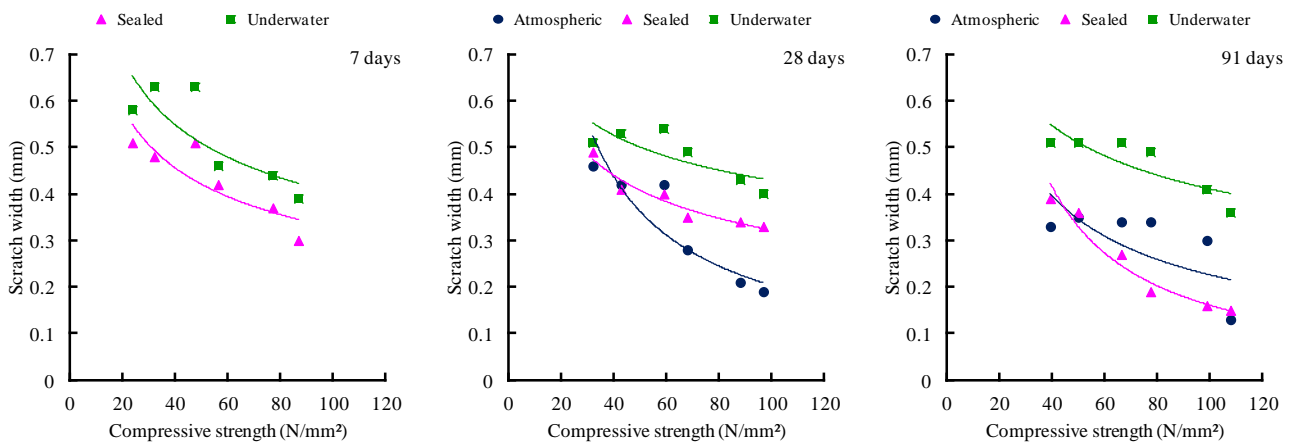


Fig. 13 Effects of aging on scratch width (Cylinder specimen)

3.3 材齢の違いが測定値に及ぼす影響

各材齢におけるR値およびQ値と圧縮強度の関係は、図12に示した通りであり、コンクリートの材齢が進行するほど、圧縮強度の増加に伴うR値・Q値の増加の割合は小さくなる(グラフの傾きが大きくなる)傾向にあった。そのため、材齢が長期間になるほど、コンクリートの強度推定がしにくくなると思われる。

また、圧縮強度が40N/mm²程度の場合のR値およびQ値は、材齢7日と材齢28日では測定値にあまり差は見受けられないが、材齢91日の測定値は、材齢28日の測定値に比べて、R値では3程度大きくなり、Q値では4程度大きくなる傾向にあった。これは、材齢の経過に伴う乾燥や中性化の影響を大きく受けるため、材齢が進行すると、同程度の強度であっても表面硬度が大きくなることが原因と考えられる⁵⁾。

各材齢における圧縮強度と引っかき傷幅の関係

は、図13に示す通りである。ばらつきは大きいものの、材齢の違いによる測定値の全体的な傾向の変化はさほど見受けられないため、材齢が引っかけ傷幅の測定値に及ぼす影響はあまりないと考えられる。これは、リバウンドハンマーの測定値は、コンクリート表面から5~10mm程度の深さまで影響するのに対して、引っかけ傷幅はごく表層を測定するため、材齢28日と材齢91日の表層部は完全に中性化していると考えられ、ごく表層部に差が見られなかったためと考えられる。

4. まとめ

150×150×550mmの角柱供試体、φ150×300mmおよびφ100×200mmの円柱供試体を作製し、測定面・養生・材齢の異なる条件が各種微破壊試験の測定値に及ぼす影響について検討を行った結果、以下のような傾向を示した。

- (1) 測定面の違いによる影響は、平面・曲面の測定においては測定値にあまり影響を及ぼさないが、部材の上面・側面および底面を測定すると、R 値の場合は側面の測定値に比べて、上面が 4 程度小さくなり、底面が 2 程度大きくなる傾向にあった。また、Q 値の場合も側面の測定値に比べて、上面が 5 程度小さくなり、底面が 3 程度大きくなる傾向にあった。
- (2) 養生の違いによる影響は、普通コンクリートの場合に顕著に見受けられ、水中養生を行った供試体を測定すると、気中養生と比べて R 値では 5 程度小さくなり、Q 値では 7 程度小さくなる傾向にあった。また、引っかけ傷幅においても、水中養生を行った場合の傷幅は、0.2mm 程度大きくなる傾向にあった。
- (3) 材齢の違いによる影響は、材齢 91 日のコンクリートを測定すると、材齢 28 日での測定値に比べて、R 値では 3 程度大きくなり、Q 値では 4 程度大きくなる傾向にあった。しかし、引っかけ傷幅においては材齢の影響はあまり見受けられなかった。

謝 辞

本研究を行うにあたり、株式会社フローリックの因幡芳樹氏、守屋健一氏、檜垣誠氏、根岸稔氏他技術職員各位、ならびに澤本研究室の大学院生、学部生より多大な御協力を賜りました。ここに記して深謝いたします。

文 献

- 1) 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測定方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp.677-678, 1999.7
- 2) 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マニュアル, pp.16-17, 1983.2
- 3) 澤本武博, 守屋健一, 因幡芳樹, 湯浅昇, 笠井芳夫: コンクリートの打込み面・側面・底面が反発度および引っかけ傷に及ぼす影響, (社)日本非破壊検査協会, シンポジウムコンクリート構造物の非破壊検査論文集(Vol.3), pp.149-156, 2009.8
- 4) 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, Vol.9, No.54, pp.22-26, 1997.10
- 5) 日本非破壊検査協会: 新コンクリートの非破壊試験, pp.160-161, 2010.3

論文 Article

ひび割れを補修したコンクリートの強度特性に関する研究

原稿受付 2012年4月2日

ものつくり大学紀要 第3号 (2012) 56~61

土田祥彬^{*1}, 澤本武博^{*2}, 飛内圭之^{*2}, 地頭菌博^{*3}^{*1} 石川生コン株式会社 (ものつくり大学大学院 ものつくり学研究科 修了)^{*2} ものつくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*3} ダイヤリフォーム株式会社

A Study on Strength Properties of Concrete Repaired Crack

Yoshiaki TSUCHIDA^{*1}, Takehiro SAWAMOTO^{*1}, Keishi TOBINAI^{*2} and Hiroshi JITOSONO^{*3}^{*1} ISHIKAWA-NAMAKON Co. Ltd. (Graduate, Institute of Technologists)^{*2} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists^{*3} DIAREFORM Co. Ltd.

Abstract

In general, concrete is repaired with injecting repair materials when the concrete crack is 0.2mm or more. The flexural strength of concrete which includes the concrete crack repaired with injection has been tested. However, the axial strength has been hardly tested. In this study, the compressive and the tensile strength of concrete which repaired cracks by injecting epoxy resins and polymer-cement paste were investigated. As a result, in case of injecting epoxy resins, the compressive strength of concrete repaired crack whose width was from 0.2mm to 1.0mm was higher than non-defective concrete up to normal strength 40. Furthermore, the tensile strength was more effective than compressive strength. At nominal strength 60, the compressive and tensile strength of concrete which repaired cracks were the same as that of the non-defective concrete. In case of injecting polymer-cement paste, the compressive strength and tensile strength of concrete which repaired cracks were lower than non-defective concrete exceed in nominal strength 40.

Key Words : Concrete , Crack , Repair , Epoxy resins , Polymer-cement paste

1. はじめに

コンクリートは構造物に所要の性能を付与することが容易で経済的な材料である。そのため、土木や建築の構造物の主要材料として活用されており、公共施設や建築物など一般人にも身近な材料である。しかし、コンクリートは施工方法や周囲の環境によりひび割れが発生する。コンクリート構造物に発生したひび割れは、構造物の耐力、耐久性、防水性など様々な機能を低下させる主な原因である。

ひび割れ補修の目的は、ひび割れによるコンクリート構造物の耐力、耐久性および防水性を回復させることにある。そのため、事前に入念なひび割

れの調査を行い、その結果に基づいてひび割れの原因、進行の程度などを十分に検討し、補修方法を検討することが必要である。

コンクリート構造物に発生したひび割れの補修方法には、ひび割れ幅 0.2mm 以下の微細なひび割れを補修する被覆工法、0.2mm を超えるひび割れに有機系または無機系の補修材料を注入する注入工法、0.5mm 以上の比較的大きなひび割れや動きのあるひび割れに使用する充填工法が代表的である。これらの工法の中で最も多く採用されているひび割れ補修方法は、注入工法である^{1,2)}。

注入工法で使用される注入材料は、大きく分けて有機系と無機系の2種類あり、有機系ではエポキ

Table1 Mix proportions and test results

Nominal strength	W/C (%)	s/a (%)	Slump or slump flow (cm)	Air content (%)	Unit content(kg/m ³)					Test result		
					W	C	S	G	Ad	Slump or slump flow (cm)	Air content (%)	Compressive strength (N/mm ²)
24	58.5	48.5	18±2.5	4.5±1.5	181	310	856	919* ¹	3.720* ³	18.5	3.0	29.7
										16.0	3.0	34.1
40	42.0	46.1	18±2.5	4.5±1.5	170	405	791	935* ¹	3.645* ³	17.5	4.5	61.3
										20.5	4.9	53.6
60	31.0	48.4	60±10	4.5±1.5	170	549	773	851* ²	7.686* ⁴	52.5	4.8	78.3
										57.0	5.0	84.1

*1:Crushed stone

*2:Crushed lime stone

*3:Water-reducing and air-entraining admixture

*4:High-range water-reducing and air-entraining admixture

Table2 Raw materials of concrete

Cement	Ordinary portland cement (Density : 3.16g/cm ³)
Fine aggregate	Sand (Density under saturated surface-dry condition : 2.61g/cm ³ , Fineness modules : 2.75)
Coarse aggregate	Crushed stone (Maximum size of coarse aggregate : 20mm, Density under saturated surface-dry condition : 2.64g/cm ³ , Percentage of solid volume : 59.0%)
	Crushed lime stone (Maximum size of coarse aggregate : 20mm, Density under saturated surface-dry condition : 2.70g/cm ³ , Percentage of solid volume : 60.0%)
Chemical admixture	Water-reducing and air-entraining admixture
	High-range water-reducing and air-entraining admixture

シ樹脂とアクリル樹脂,無機系ではセメント系とポリマーセメント系が主に使用されている.これらの材料で主として採用されているのはエポキシ樹脂とポリマーセメント系材料である.そして,ひび割れ補修の効果を評価する方法としては曲げ強度試験や RC 梁の曲げ試験³⁾で行われるのが一般的であり,圧縮強度のような軸力や,引張強度について検討した例はほとんどない.

本研究では,円柱供試体を割裂した2つの試験片を結束して任意の模擬ひび割れを作製し,そのひび割れにエポキシ樹脂またはポリマーセメント系材料を自動式低圧注入工法で注入し,補修した.そして,母材コンクリートの強度レベルおよび注入材の種類がひび割れ補修後のコンクリートの圧縮強度,静弾性係数および引張強度に及ぼす影響について検討を行った.

Table3 Strength of injecting materials

Injecting materials	Compressive strength (N/mm ²)	Tensile strength (N/mm ²)	Flexural strength (N/mm ²)
epoxy resins	80	60	-
polymer-cement	26	-	7.9

2. 実験概要

2.1 使用したコンクリート

コンクリート配合およびフレッシュ試験結果を表1に示す.なお,フレッシュ性状の上段は,エポキシ樹脂,下段はポリマーセメントペーストを用いた実験の値である.また,圧縮強度は材齢28日まで20°Cで水中養生した値を示している.

実験で使用した母材コンクリートは,呼び強度24,40,60(以下,fc24,fc40,fc60と略記)のレディーミクストコンクリートである.コンクリートに使用した材料を表2に示す.セメントは普通ポルトランドセメントを使用し,細骨材には栃木県栃木市尻内町産陸砂を,粗骨材にはfc24,fc40の場合には栃木県栃木市尻内町産砕石を,fc60の場合には栃木県佐野市会沢町産石灰石を用いた.また,化学混和剤は,fc24,fc40の場合,AE減水剤を,fc60の場合には高性能AE減水剤を使用した.

2.2 試験体の作製および試験方法

本研究では,模擬ひび割れを作製する前の円柱供試体を供試体,模擬ひび割れを作製し,補修したものを試験体と呼ぶこととする.また,比較用に模擬ひび割れがない供試体(以下ベースと略記)を各水準作製した.

2.2.1 供試体の作製および養生 供試体は、各配合とも $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の円柱とし、材齢 7 日で脱型後、材齢 28 日まで、温度 20°C 、相対湿度 60% の環境下で気中養生を行った。なお、供試体の作製方法は JIS A 1132 に準じて行った。

2.2.2 供試体の割裂 供試体割裂の様子を図 1 に示す。模擬ひび割れを作製するため、圧縮試験機の加圧板に三角エッジを取り付けて加圧し、加圧箇所以外の部分に荷重が分散しないように配慮して供試体を割裂した。

2.2.3 模擬ひび割れ試験体の作製 模擬ひび割れ作製の様子を図 2 に示す。割裂した供試体を、結束バンドを用い、ひび割れ幅が 0.2、0.4、1.0mm となるように締め付けた。取り付け位置は、上端、下端より 30mm 程度離れた位置とした。その後注入治具を上端面に取り付け、図 3 のようにひび割れ部分はシール材でシーリングを行った。

2.2.4 補修材注入 補修材注入の様子を図 4 に示す。また、使用した補修材料の性能を表 3 に示す⁴⁾。エポキシ樹脂は、JIS A 6024 に適合した硬質形で低粘度形の一般用を用い、ポリマーセメント系材料は、国土交通省の無機系ひび割れ注入材の基準に適合した超微粒子系ポリマーセメントペーストを用いた。注入器具への充填は、エポキシ樹脂はグリスポンプを、ポリマーセメント系材料はケミカルポンプを使用した。なお、ポリマーセメント系材料を注入する場合には、あらかじめ、ひび割れ部に水通しを行った。

2.2.5 シーリング材の除去 補修材注入後の様子とシーリング材除去の様子を図 5 に示す。エポキシ樹脂を注入した試験体は注入後 7 日経過した後、ポリマーセメント系材料を注入した試験体は注入後 28 日経過した後、注入器具、シール材、結束バンドを除去し、試験体上面および下面の研磨を行った。

2.2.6 強度試験方法 強度試験の様子を図 6 に示す。試験体の圧縮強度および静弾性係数試験は、それぞれ JIS A 1108 および JIS A 1149 に準じて行った。割裂引張強度試験は、JIS A 1113 に準じ、ひび割れ補修を行った箇所に載荷した。



Fig.1 Method of splitting specimens

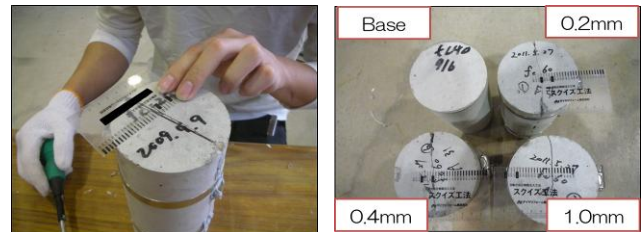


Fig.2 Control of crack width

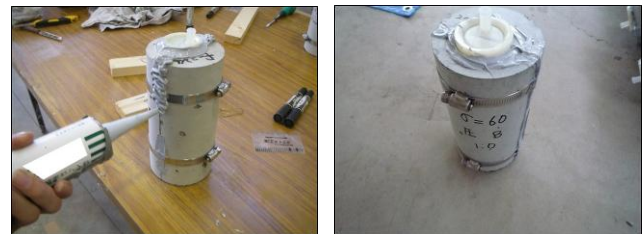


Fig.3 Seal of concrete cracks



Fig.4 Injection of repairing material into concrete cracks

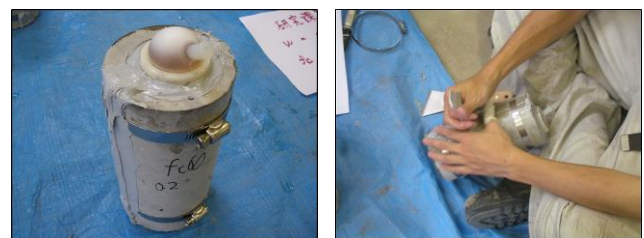


Fig.5 Removal of sealing material



Fig.6 Compressive and tensile strength test

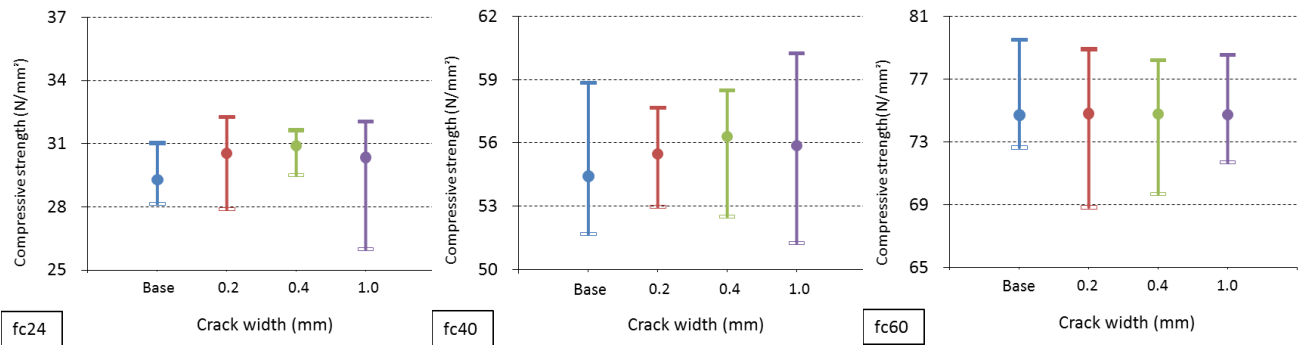


Fig.7 Effect of crack width on compressive strength of concrete repaired crack (epoxy resins)

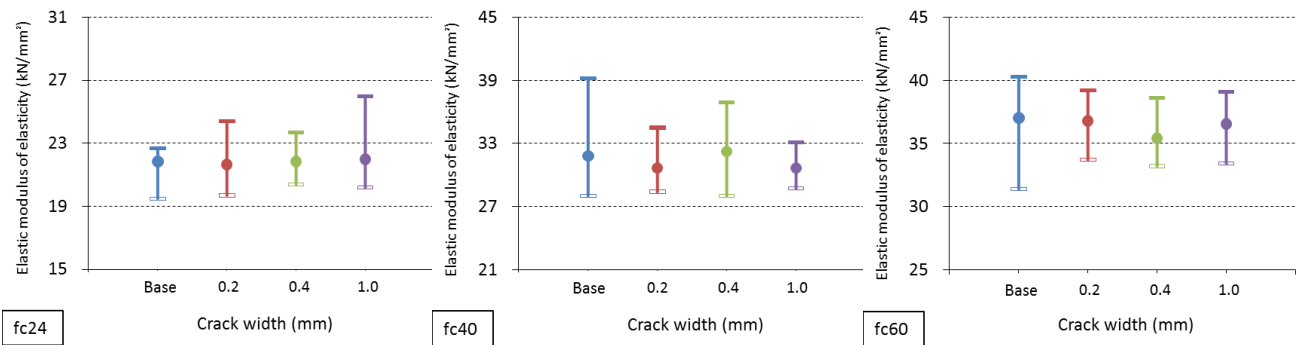


Fig.8 Effect of crack width on elastic modulus of elasticity of concrete repaired crack (epoxy resins)

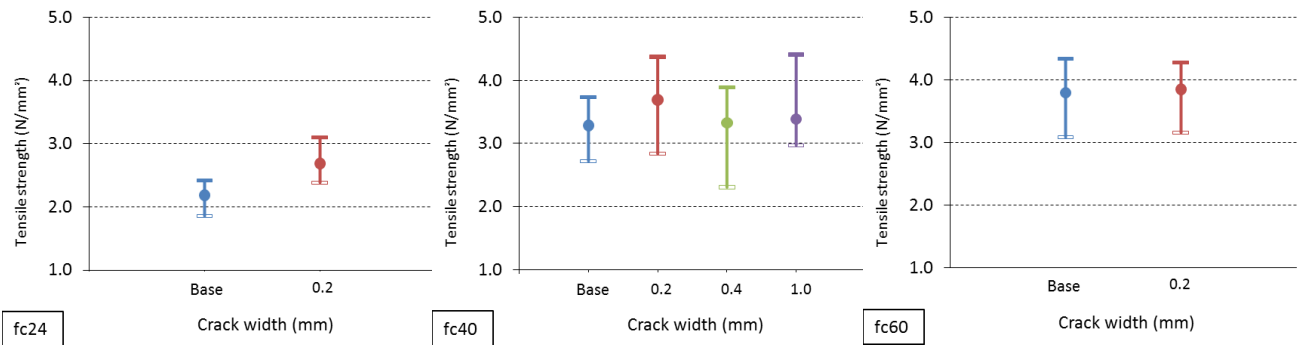


Fig.9 Effect of crack width on splitting tensile strength of concrete repaired crack (epoxy resins)

3. 実験結果および考察

3.1 エポキシ樹脂で補修した場合

3.1.1 圧縮強度試験 圧縮強度試験の結果を図7に示す。補修後の試験体の圧縮強度の平均値は fc24,fc40 の場合、ベースの値よりも高い強度を示し、いずれのひび割れ幅においても、若干の強度増加が見受けられた。fc60 の場合でもひび割れ幅に関係なく、ベースと同程度の強度を示した。これはエポキシ樹脂の強度が母材コンクリートの強度より大きいと考えられる。

3.1.2 静弾性係数試験 静弾性係数試験の結果を図8に示す。静弾性係数の平均値は、注入

材料、呼び強度、ひび割れ幅に関係なくベースと同程度であった。

3.3.3 引張強度試験 引張強度試験の結果を図9に示す。fc24 の場合、0.2mm のひび割れを注入工法で補修することによって、20%程度引張強度が増加した。fc40 の場合、補修した試験体の引張強度の平均値は、ベースよりも高い強度を示した。これは、エポキシ樹脂が、ひび割れ周辺部の脆弱部にも充填され、ベース以上の強度が得られたと考えられる。また、その傾向は強度レベルが低い方が顕著であった。

3.2 ポリマーセメントで補修した場合

3.2.1 圧縮強度試験 圧縮強度試験の結果を図10に示す。fc24 の場合、圧縮強度の平均値は

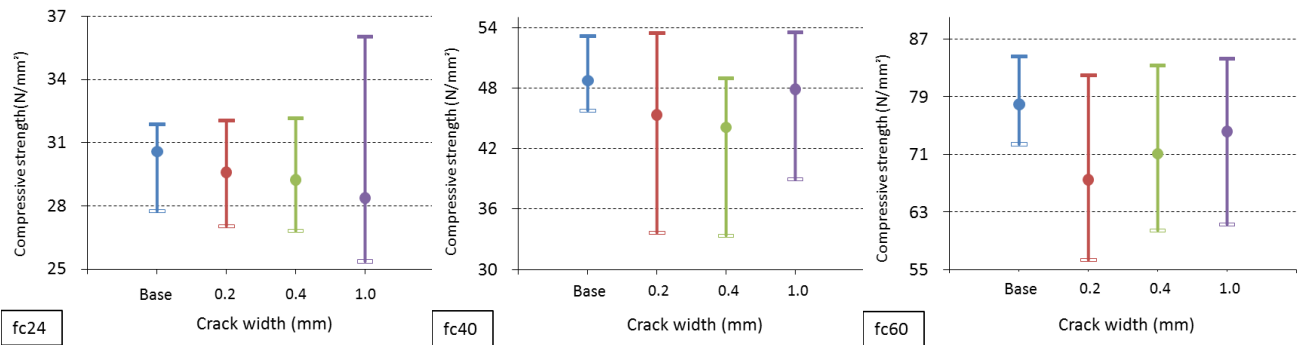


Fig.10 Effect of crack width on compressive strength of concrete repaired crack (polymer - cement)

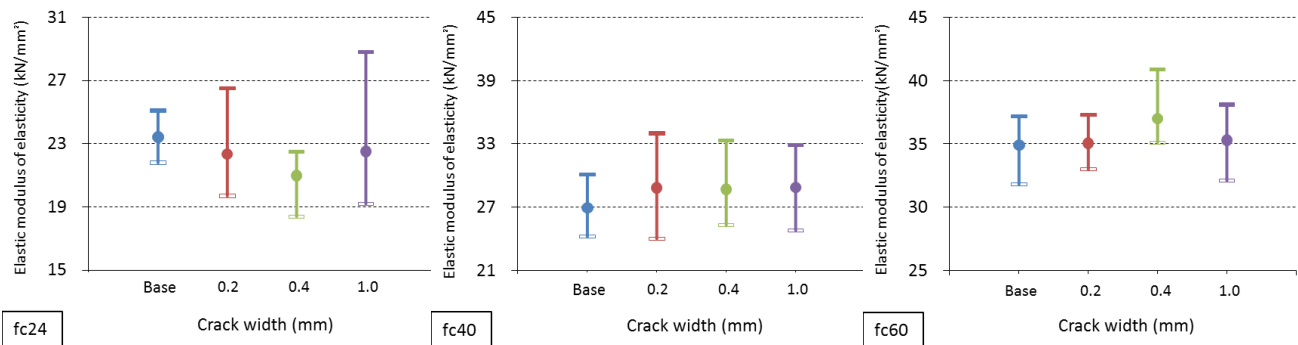


Fig.11 Effect of crack width on elastic modulus of elasticity of concrete repaired crack (polymer - cement)

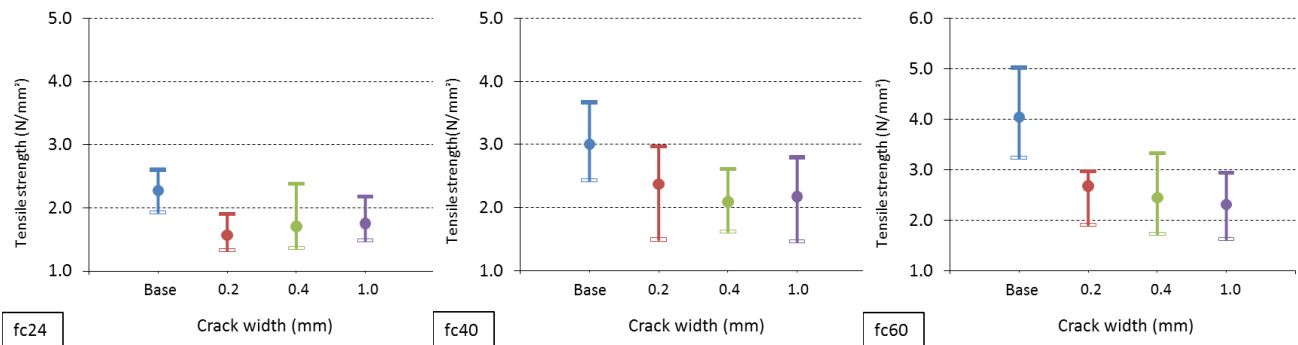


Fig.12 Effect of crack width on splitting tensile strength of concrete repaired crack (polymer - cement)

ひび割れ幅が大きくなるほど、若干ではあるが低下した。また、fc40 および fc60 においてもベースより低下する傾向がみられた。これは注入材の圧縮強度が 26N/mm^2 程度と母体よりも小さいことが影響を及ぼしたと考えられる。

3.2.2 静弾性係数試験 静弾性係数試験の結果を図 11 に示す。エポキシ樹脂と同様に注入材料、呼び強度、ひび割れ幅に関係なくベースと同程度であった。これは、静弾性係数の測定がコンクリートの弾性範囲内のため、注入材料の強度が及ばず影響が小さいことによると考えられる。

3.2.3 引張強度試験 引張強度試験の結果を図 12 に示す。いずれの強度レベル、ひび割れ幅においてもベースよりも強度が低下するという結

果となった。fc24 においてはベースよりも 25%程度、fc40 では 30%程度、fc60 では 40%程度の強度低下となった。これは、今回使用した注入材の強度が母材コンクリートより低いためと考えられる。

4. まとめ

4.1 自動式低圧工法でエポキシ樹脂を注入した場合の強度特性

4.1.1 圧縮強度特性 ひび割れ幅 0.2～1.0mm の範囲における圧縮強度試験の平均値は、fc24 および 40 ではベースよりも若干高い強度を示し、fc60 においては同程度の強度となった。

4.1.2 静弾性係数 静弾性係数の平均値は、強度レベル、ひび割れ幅に関係なく、ベースと同程度となった。

4.1.3 引張強度特性 引張強度の平均値は、fc24 では補修後の方がベースより 20%程度高い数値を示し、fc40 では若干増加する傾向にあった。一方、fc60 では同程度の強度となった。

4.2 自動式低圧工法でポリマーセメントペーストを注入した場合の強度特性

4.2.1 圧縮強度特性 圧縮強度の平均値は fc24 および fc40 の場合に若干低下し、fc60 では 10%程度低下する場合もあった。

4.2.2 静弾性係数 静弾性係数の平均値は、呼び強度と関係なく、ベースと同程度という結果となった。

4.2.3 引張強度特性 引張強度試験では、ひび割れ幅に関係なく、fc24 の場合に若干低下し、fc40 では 30%程度低下した。また、fc60 では 40%低下する場合も見受けられた。

これらのことにより、静弾性係数は注入材料の影響をほとんど受けず、圧縮強度は若干受ける程度であった。しかし、引張強度は注入材料の影響を大きく受けるため、注入材料や、工法の選定には引

張試験を行うことが賢明である。そして、今回行った試験方法を注入材料や工法の簡易な選定方法として利用できると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、澤本研究室の学生より多大なご協力を頂きました。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 瀬野康弘,魚本健人：ひび割れ注入補修における注入性状に及ぼす要因に関する実験的検討,コンクリート工学論文集,Vol.19,No.1, (2008)pp.11-19.
- 2) 日本コンクリート工学協会:コンクリートのひび割れ調査,補修・補強指針-2009-,(2009)pp.126-129.
- 3) 伊東康貴,八十島章,荒木秀夫：エポキシ樹脂で補修した RC 部材の曲げせん断性状,日本建築学会大会学術梗概集(九州),(2007)pp.503-504.
- 4) 低圧樹脂注入工法協議会:自動式低圧樹脂注入工法ガイドブック, (2008)pp.96-100.

論文 Article

コンクリートの配合および初期の水中養生期間が強度特性に及ぼす影響

原稿受付 2012年4月2日

ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 62~67

望月昭宏^{*1}, 澤本武博^{*2}, 飛内圭之^{*2}, 辻正哲^{*3}, 樋口正典^{*4}^{*1}ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 大学院生^{*2}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*3}ものづくり大学 非常勤講師^{*4}三井住友建設株式会社**Effects of Mix Proportions and Preliminary Underwater Curing on Strength Properties of Concrete**Akihiro MOCHIDUKI^{*1}, Takehiro SAWAMOTO^{*2}, Keishi TOBINAI^{*2},
Masanori TSUJI^{*3}, and Masanori HIGUCHI^{*4}^{*1} Graduate student. Graduate school of Technologists, Institute of Technologists^{*2} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists^{*3} Part-time teacher, Institute of Technologists^{*4} SUMITOMO MITSUI Construction Co.,Ltd.**Abstract**

The paper on relation between preliminary moist curing and compressive strength of concrete written by Walter. H. Price is widely known. 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 60% of the potential 180-day strength which can be achieved with continuous moist curing. Furthermore, stored continuously in laboratory air will only allow the concrete reach 40% of the potential 180-day strength. However, it was experimented about 60 years ago, and that concrete material was different from present one. In this study, the effects of preliminary moist curing period on the mechanical behavior of present concrete are compared with the paper written by Price. As a result, in case of compressive strength, a 3-day period of moist curing allowed the concrete to reach 80% of the potential 180-day strength, and stored continuously in laboratory air allowed the concrete reach only 70%. However, a 28-day period of moist curing could allow the concrete to reach 100% of the potential 180-day strength which could be achieved with continuous moist curing. In case of tensile strength, a 3-day period of moist curing allowed the concrete to reach only 70%, and a 28-day period of moist curing could not allow the concrete to reach 100%. Therefore, the tensile strength is greatly subject to the influence of moist curing compared with the compressive strength.

Key Words : Concrete, Preliminary moist curing, Compressive strength, Tensile strength**1. はじめに**

コンクリートの打込み後、適切に養生が行われないと、材齢に伴う強度増加が鈍くなり、そのコ

ンクリートの持つポテンシャル強度とはほど遠い強度しか得られないことがある。特に、初期の湿潤養生期間が短い場合には、十分な強度増加が期待できない。そして、コンクリートの強度発現と

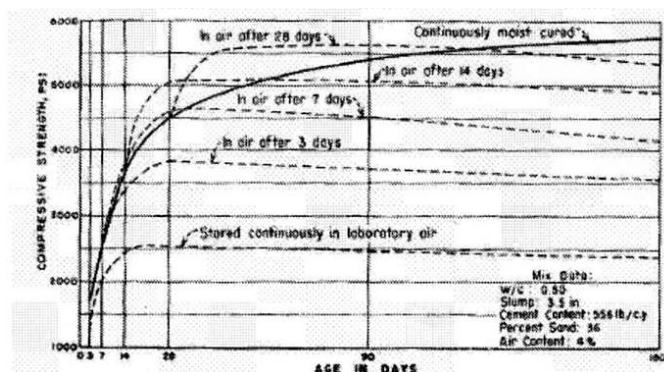


Fig. 1 Effect of preliminary moist curing on compressive strength of concrete (by Walter.H.Price)¹⁾

初期の湿潤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¹⁾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^{2,3,4)}。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、いったん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180日に着目すると、材齢3日で湿潤養生から気中養生に切り替えた場合に、絶えず湿潤養生を行った場合に比べて60%程度の強度発現、絶えず気中養生を行った場合には40%程度の強度発現と現在のコンクリートの性能では考えにくい。

このように、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。現在では、セメントの性能が向上し、また配合においてもJIS A 5308「レディーミクストコンクリート」に、呼び強度が60まで規定され、水セメント比が30%程度の高強度コンクリートも使用されるようになった。

一方、現行の土木学会コンクリート標準示方書および日本建築学会JASS 5では、普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの初期の湿潤養生期間を5日以上としており^{5,6)}、高強度コンクリートにおいては、JASS5で50N/mm²超で3日以上と定められている⁷⁾が、コンクリートのポテンシャル強度（絶えず湿潤養生を行った場合）に対し

てどの程度の強度発現を示すのかは明らかにされていない。

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の配合について、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、コンクリートのひび割れ発生に大きく関係する割裂引張強度についても検討を行い、初期の湿潤養生期間と強度の関係を総合的に検討した。

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3.16g/cm³）を、細骨材には栃木県栃木市尻内町産山砂（表乾密度2.61g/cm³、粗粒率2.75）を、粗骨材には栃木県佐野市会沢町産石灰岩碎石（最大寸法20mm、表乾密度2.70g/cm³、実積率60.0%）および栃木県栃木市尻内町産碎石（最大寸法20mm、表乾密度2.64g/cm³、実積率59.0%）を用いた。また、混和剤としてAE減水剤（W/C53.5）および高性能AE減水剤（W/C42.0、W/C31.0）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%、42.0%および31.0%とした3種類である。スランプ試験および空気量試験結果は、水セメント比53.5%のコンクリートで14.0cmおよび4.4%、水セメント比42.0%のコンクリートで18.5cmおよび3.1%、水セメント比31.0%のコンクリートで56.5cm（スランプフロー）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330kg/m³、スランプ9cm（3.5inch）、空気量4%、材齢28日まで絶えず湿潤養生を行った場合の圧縮強度は30N/mm²程度（4500psi）とな

Table 1 Mix proportions of concrete

W/C (%)	Slump (cm)	Air content (%)	Unit content(kg/m ³)				
			W	C	S	G	Ad
53.5	15±2.5	4.5±1.5	174	325	820	903	3.912
42.0	18±2.5	4.5±1.5	170	405	791	935	4.050
31.0	60±10*	4.5±1.5	170	549	773	851	7.686

*Slump flow

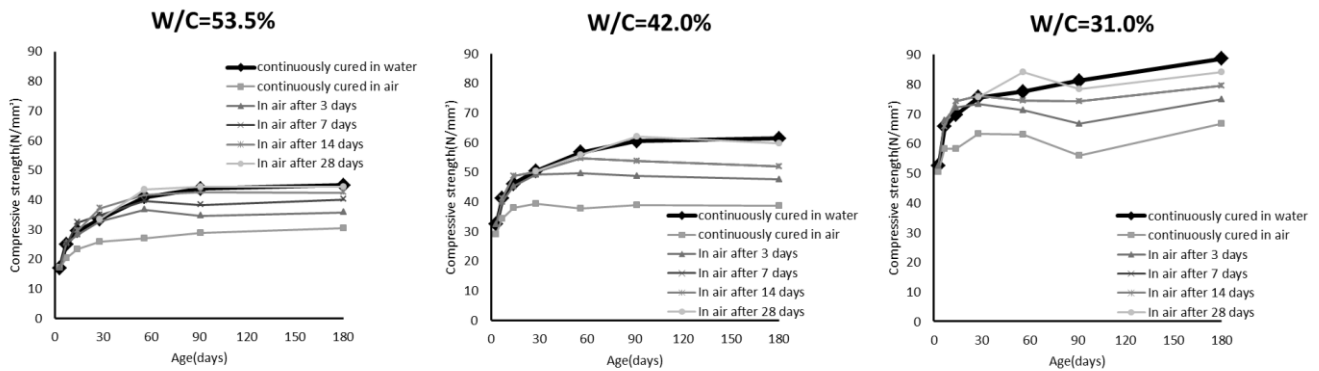


Fig. 2 Effect of preliminary moist curing on compressive strength of concrete

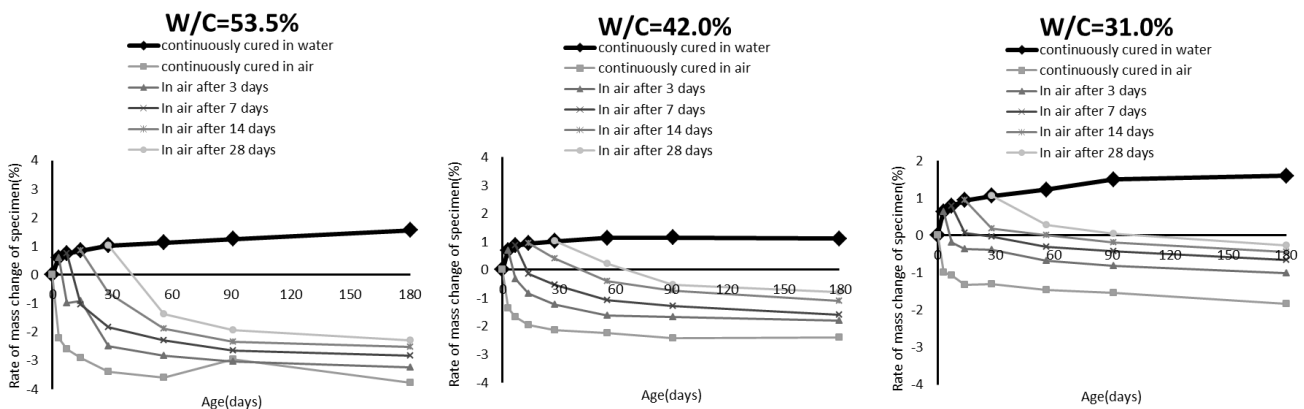


Fig. 3 Effect of preliminary moist curing on mass change of concrete

っており、今回実験を行った水セメント比 53.5% のコンクリートの配合に近くなっている。なお、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ている。

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、実機練りとし、トラックアジテータで搬入した。コンクリートの打込み締固めは、約 10 名で行い、それぞれの配合において円柱供試体を 192 本ずつ合計 576 本作製した。なお、打込み締固めは、現行の JIS A 1132 に準じて行った。

2.3 供試体の養生

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°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 強度試験および質量変化の測定

圧縮強度試験および割裂引張強度試験は、それぞれ JIS A 1108、および JIS A 1113 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。圧縮強度試験および割裂引張強度試験は、3 本の供試体の強度の平均値から、それぞれ 85% および 75% (割裂引張強度試験のばらつきが圧縮強度試験のばらつきより大きいため 75% と緩和) を下回る供試体は除外し 2 本の平均値とした。今回の実験結果では、圧縮強度試験において、水セメント比 31.0% の配合の材齢 28 日後に水中養生から気中養生に切りかえた場合の材齢 91 日の試験、割裂引張強度試験においては、水セメント比 31.0% の配合の絶えず水中養生を行った場合の材

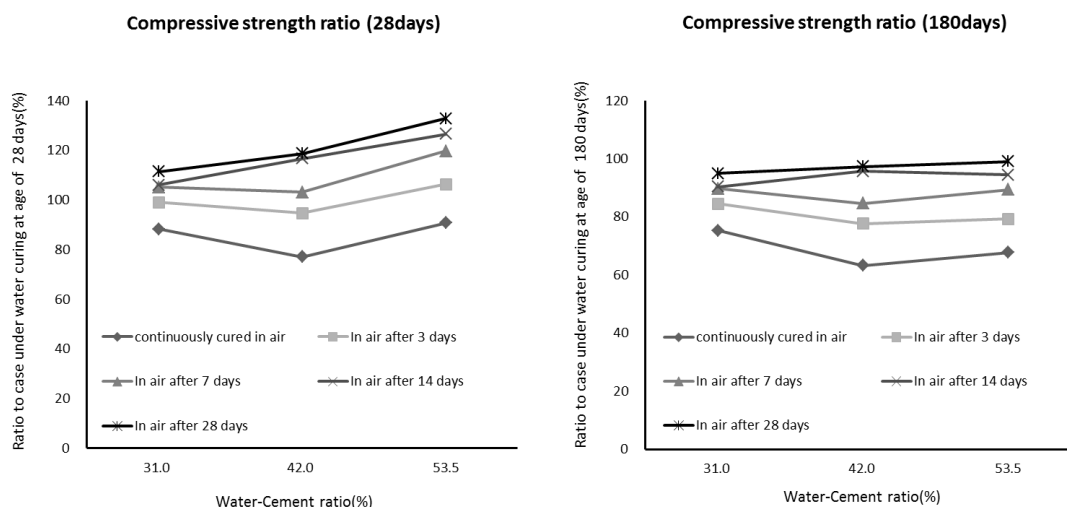


Fig. 4 Effect of preliminary moist curing on ratio to case underwater curing (In case of compressive strength)

齢 56 日および 180 日、材齢 7 日後に水中養生から気中養生に切りかえた場合の材齢 91 日、材齢 28 日後に水中養生から気中養生に切りかえた場合の材齢 91 日の試験のみであった。

質量変化の測定では、それぞれ脱型直後の質量および強度試験直前の質量を測定し、水中養生による質量の増加および気中養生による質量の減少の程度を求めた。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度特性

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。いずれの配合においても、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、水セメント比 31.0% の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。そして、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 91 日以降に再び強度増加する傾向を示し、特に水セメント

比 31.0% のコンクリートの場合に顕著であった。これは、図 3 の供試体の質量変化率に示したように、材齢 91 日以降は質量減少率が緩やかになり、供試体の外部と内部の乾湿の差が小さくなることで、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。

また、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 40% 程度になっているが、今回の実験結果では、水セメント比 53.5% のコンクリートの場合に 70% 程度、水セメント比 42.0% のコンクリートの場合に 65% 程度、水セメント比 31.0% のコンクリートの場合に 75% 程度となった。

絶えず水中養生した場合に対するそれぞれの初期の水中養生期間における圧縮強度比は、図 4 に示す通りである。左図は絶えず水中養生を行った管理材齢 28 日の圧縮強度に対する材齢 180 日におけるそれぞれの養生条件の圧縮強度比を、右図は材齢 180 日まで絶えず水中養生を行った場合の圧縮強度に対する材齢 180 日におけるそれぞれの養生

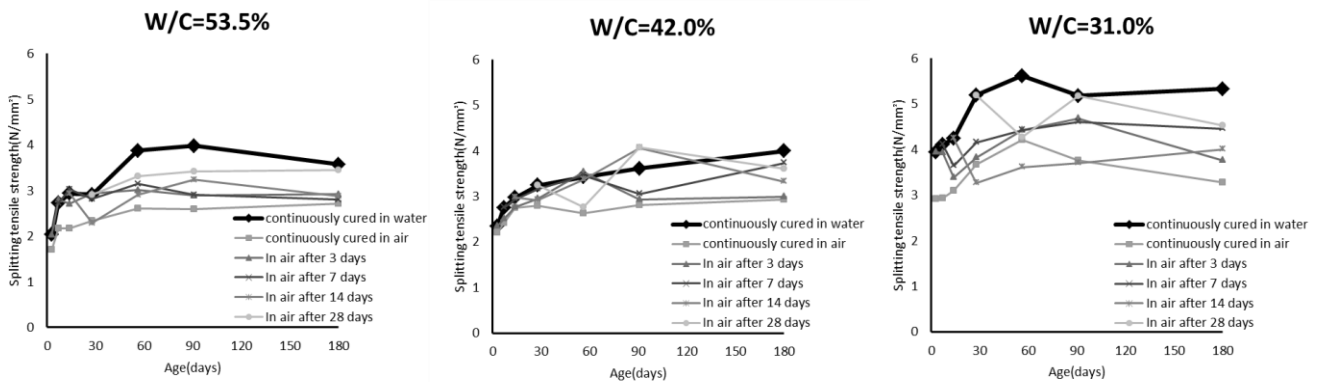


Fig. 5 Effect of preliminary moist curing on splitting tensile strength of concrete

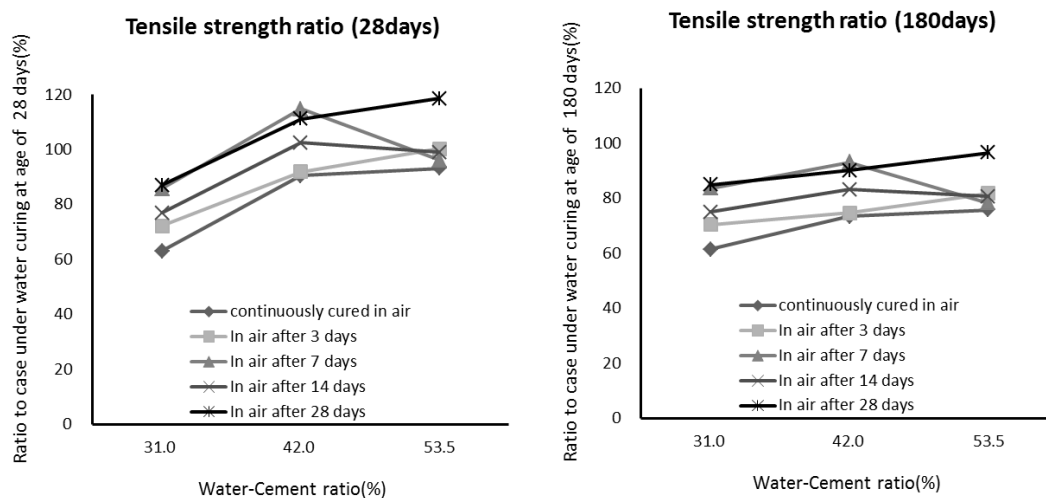


Fig. 6 Effect of preliminary moist curing on ratio to case under water curing (In case of tensile strength)

生条件の圧縮強度比を示している。

左図より材齢 180 日において、絶えず水中養生を行った管理材齢 28 日の圧縮強度を満足するためには、いずれの配合においても初期の水中養生期間が 3 日間以上（強度比 100% 程度以上）ことになり、普通コンクリートで湿潤養生 5 日間以上、高強度コンクリートで 3 日間以上と記載されている土木学会コンクリート標準示方書や日本建築学会 JASS5 の考えでよいことになる。

しかし、右図のように材齢 180 日同士で比べることとし、材齢 180 日まで絶えず水中養生した場合をそのコンクリートの持つポテンシャル強度と考え比較すると、初期の水中養生期間が 3 日間ではポテンシャル強度に対していずれの配合においても 80% 程度となる。そして、90% 程度のポテンシャル強度を発揮するためには初期の水中養生期間が 7 日間必要となり、100% のポテンシャル強度を発揮するためには初期の水中養生期間が 28 日

間必要となる。

3.2 引張強度特性

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 5 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、ほとんどの場合において一旦強度増加することはなく、逆に 20% 程度強度低下する場合も見受けられた。これは、圧縮強度試験の場合と同様に、供試体が乾燥していく過程において、載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。

絶えず水中養生した場合に対するそれぞれの初期の水中養生期間における引張強度比は、図 6 に示す通りである。左図は絶えず水中養生を行った管理材齢 28 日の引張強度に対する材齢 180 日におけるそれぞれの養生条件の引張強度比を、右図は材齢 180 日まで絶えず水中養生を行った場合の引張強度に対する材齢 180 日におけるそれぞれの養

養生条件の引張強度比を示している。

左図より材齢 180 日において、絶えず水中養生を行った管理材齢 28 日の引張強度を満足するためには、水セメント比 42.0%、53.5%の配合において、初期の水中養生期間が 7 日間以上（強度比 100%程度以上）ことになる。しかし、水セメント比 31.0%の配合では、初期の水中養生期間を 28 日間としても、90%程度の強度比しか得られなかった。これは、高強度コンクリートほど、養生条件が引張強度に大きく影響を及ぼすことを表していると考えられる。

右図のように材齢 180 日まで絶えず水中養生した場合をそのコンクリートの持つポテンシャル強度と考え比較すると、初期の水中養生期間を 28 日間としても、ポテンシャル強度に対していずれの配合においても 100%を超えることはなかった。これは、圧縮強度に比べて引張強度はひび割れ発生などの耐久性に起因する要素が大きいため、養生条件の影響が敏感に反映されるものと考えられる。なお、ポテンシャル強度に対して 80%程度の引張強度を得るためには、いずれの配合においても、初期の水中養生期間が 7 日間は必要となる。

4. まとめ

現在の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)~(4)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、水セメント比が 31.0%のコンクリートにおいて顕著に見受けられた。
- (2)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一旦増加すると、逆に引張強度

は一旦低下する傾向にあった。

- (3)初期の水中養生期間が圧縮強度に及ぼす影響では、材齢 180 日まで絶えず水中養生した場合をそのコンクリートの持つポテンシャル強度と考え比較すると、初期の水中養生期間が 3 日間では 80%程度、7 日間では 90%程度、28 日間では 100%程度となった。
- (4)初期の水中養生期間が引張強度に及ぼす影響では、初期の養生期間が短いと水セメント比が小さい配合ほど強度低下する傾向にあった。そして、いずれの配合においても、初期の水中養生期間を 28 日間としても、ポテンシャル強度に対して 100%を超えることはないが、初期の水中養生期間を 7 日間とすると 80%程度の引張強度は得られる。

今後は、初期の水中養生期間が圧縮強度および引張強度の力学的性質に及ぼす影響に加えて、かぶりコンクリートの耐久性を考えた中性化や塩化物イオン浸透に対する抵抗性を検討する予定である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、澤本研究室の修士ならびに学部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) 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 (初版)”, 共立出版, pp.74-76(2007)
- 5) 土木学会, コンクリート標準示法書[施工編], 丸善, pp.126-129(2007)
- 6) 日本建築学会, “建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事”, 技報堂, p.26, p.75(2009)

論文 Article

ボス供試体の形状および寸法がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響

原稿受付 2012年4月2日

ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 68~73

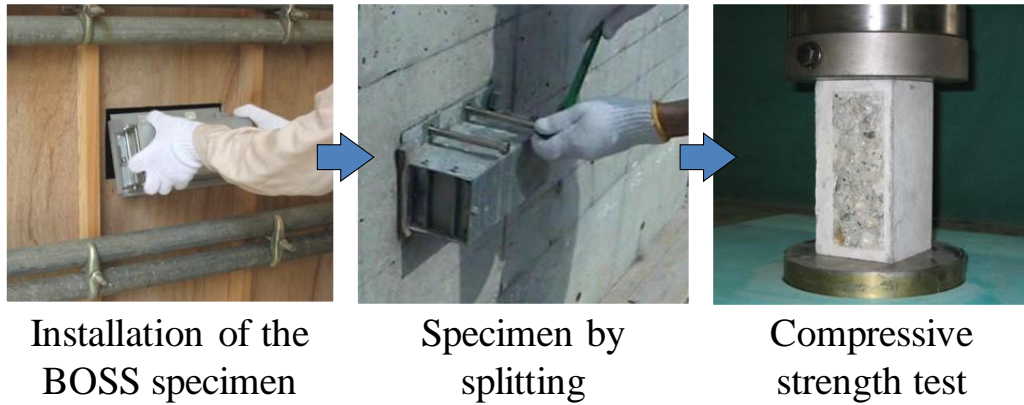
菊田弘之^{*1}, 後藤正明^{*2}, 澤本武博^{*3}, 篠崎徹^{*4}, 森濱和正^{*5}^{*1}ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 大学院生^{*2}高崎市役所 (ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 修了)^{*3}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*4}千代田建工株式会社^{*5}独立行政法人土木研究所**Effects of Form and Measure of BOSS Specimens
on Compressive Strength of Concrete**Hiroyuki KIKUTA^{*1}, Masaaki GOTO^{*2}, Takehiro SAWAMOTO^{*3},
Toru SHINOZAKI^{*4}, Kazumasa MORIHAMA^{*5}^{*1} Graduate student. Graduate school of Technologists, Institute of Technologists^{*2} TAKASAKI City Office (Graduate, Institute of Technologists)^{*3} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists^{*4} CHIYODAKENKO Co. Ltd.^{*5} Public Works Research Institute**Abstract**

As a method of estimating the strength of structure concrete, the core specimen is generally used. If the method of core specimen is used, the damage to the structure and the necessity for repair arise. Therefore, the BOSS specimen with little damage to the structure was devised, and it has been a standard for NDIS number 3424. However, the present BOSS specimen is a 100×100×200mm prism, installation of the BOSS mold become difficult because of 200mm length. On the other hand, in ISO, a specimen 100×100×100mm cube is generally used for compressive strength test. Therefore, the BOSS specimen is also internationally good to use the 100×100×100mm cube specimen. In this study, the BOSS specimen which size is 100×100×100mm cube was devised, and the effect of form of BOSS Specimens on compressive strength of concrete were investigated.

Key Words : Concrete, Non-destructive testing, BOSS specimen, Compressive strength**1. はじめに**

構造体コンクリートの強度を測定する方法として、構造体からコア供試体を採取する方法が一般的に用いられているが、コア供試体の採取には、構造体への損傷や、その補修の必要性など、多くの問題を抱えている。そのため、コア供試体によ

る強度試験の問題点を軽減し、現場で容易に試験を行う方法として、図1に示したボス供試体による強度試験方法が考案され、2005年に日本非破壊検査協会 NDIS 3424「ボス供試体の作製方法および圧縮強度試験方法」が制定、2011年に改正された¹⁾。2006年度からは国土交通省の橋梁工事において「微破壊・非破壊試験を用いたコンクリート



Installation of the BOSS specimen

Specimen by splitting

Compressive strength test

BOSS : Broken Off Specimens by Splitting

Fig.1 Compressive strength test of BOSS specimen

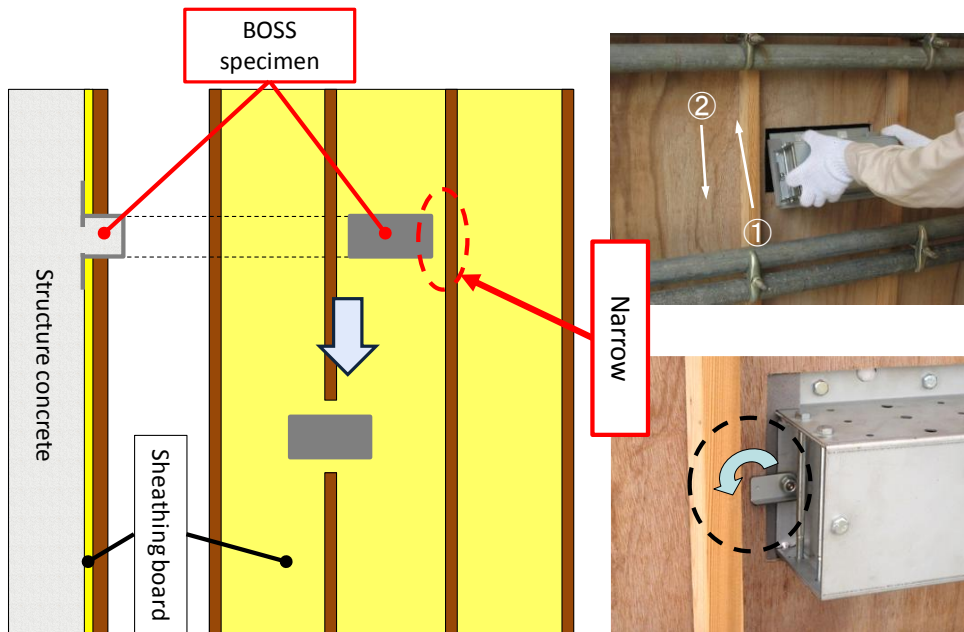


Fig.2 Installation of the BOSS specimen in problem

の強度測定を試行」が行われており、ボス供試体試験もひとつの方法として採用されている。

ボス供試体の寸法は、コンクリートの粗骨材の最大寸法によって75×75×150mm, 100×100×200mm および 125×125×250mm の3種類が使用されている。しかし、供試体の長さが少なくとも150mm以上となる為、大きさの都合により設置する型枠への配慮が必要となり、場合によっては図2に示すように型枠の縦桟木を切断して、ボス型枠の設置場所を確保する必要性が生じることもある。

一方、圧縮強度試験に用いられる供試体は、国

内で一般にφ100×200mmの円柱供試体であるため、ボス供試体の寸法も載荷面の一辺と高さの比を1:2としている。しかし、ISO²⁾では圧縮強度試験用供試体として立方体を用いることが標準となっているため、ボス供試体も同様の形状にすると国際的にもよいと考えられる。

本研究では、100×100×200mmのボス供試体を、半分の大きさの100×100×100mmの寸法にすることを考案し、ボス供試体の形状および寸法が強度性状に及ぼす影響について検討した。

Table 1 Mix proportions and test results

W/C (%)	s/a (%)	Unit content (kg/m ³)						Test result			
		W	C	S	G	Ad1*	Ad2**	Slump (cm)	Slump flow (mm)	Air Content (%)	Compressive strength (N/mm ²)
65.0	48.0	180	277	861	965	C × 0.4%	C × 0.005%	12.0	–	4.6	30.2
50.0		175	350	838	940			10.5	–	4.7	43.9
35.0		170	486	791	886	C × 1.5%		22.0	375	6.0	76.0

* W/C60%~50%: Water-reducing and air-entraining admixture

* W/C35%: High-range water-reducing and air-entraining admixture

** W/C65%~35%: Air entraining agent



Fig.3 Molds used for this experiment

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合

使用材料は、普通ポルトランドセメント (3.16g/cm³)、栃木県栃木市尻内町産陸砂 (表乾密度 2.61g/cm³, 吸水率 2.26%, 粗粒率 2.75) および栃木県佐野市会沢町産石灰岩碎石 (最大寸法 20mm, 表乾密度 2.70g/cm³, 吸水率 0.66%, 粗粒率 6.62) であり、混和剤には AE 減水剤、高性能 AE 減水剤および AE 助剤を用いた。

コンクリートの配合および試験結果は、表 1 に示した通りであり、水セメント比を 65%, 50% および 35% の 3 種類とした。なお、水セメント比の大きい配合においては、材料分離の影響を考慮し、スランプを小さくすることとした。また、表 1 に示した圧縮強度は、標準水中養生を行った材齢 28 日における強度である。

2.2 供試体の作製方法

(1) 使用した型枠

実験に使用した型枠は、図 3 に示した通りであり、左から φ100×200mm の型枠 (以下、円柱と略記)、100×100×200mm のボス型枠 (以下、ボス 200 と略記) および 100×100×100mm の立方体の型枠 (以下、ボス 100 と略記) の 3 種類である。

(2) コンクリートの打込みおよび締固め

本研究では、基礎的な研究として、供試体の形状による影響を調べることを目的とした。そのため、コンクリートを構造体からボス型枠に打ち込むのではなく、図 4 に示すように型枠開口部から直接コンクリートを打ち込むこととした。

コンクリートの突き固め回数は、JIS A 1132 に準拠して打設開口部の面積から突回数を求めることとし、円柱の場合は 2 層 8 回、ボス 200 の場合は 2 層 20 回、ボス 100 の場合は 2 層 10 回、突棒を用いて締め固めた。また、型枠の叩きは、円柱供試体は JIS に準拠し、ボス供試体は NDIS に準拠した。

(3) 供試体の脱型及び養生



Fig.4 Placement of concrete

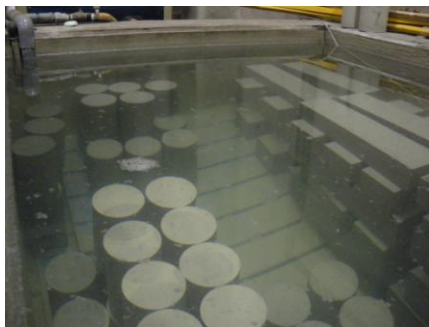


Fig.5 Underwater curing and sealed curing



Fig.6 Compressive strength test (Cylinder specimen, BOSS200 specimen, BOSS100 specimen)

コンクリートの打設後、材齢1日で脱型した。その後、図5に示したように材齢7日および材齢28日まで封かん養生(室温20℃)および水中養生(水温20℃)を行った。

2.3 圧縮強度試験

作製した供試体は全て JIS A 1108 : 2006 および NDIS 3424 : 2011 に準拠して圧縮強度試験を行った。各供試体の圧縮強度試験時の様子は、図6に示す通りである。なお、いずれの配合および供試体の種類においても、3本の平均値を圧縮強度とした。

3. 実験結果および考察

3.1 供試体を封かん養生した場合

封かん養生した材齢7日および材齢28日の各供試体の関係は、図7に示す通りである。ボス200と円柱の圧縮強度を比較すると、普通コンクリートにおいてボス200の方が若干大きい値を示し、NDIS3424に示されている解説(NDISはボスと構造体コアの比較)と同様の傾向にあった。ボス100と円柱の圧縮強度を比較すると、ボス100の方が円柱よりも大きい値を示し、形状の影響はボス

200よりも大きくなった。ボス100とボス200の圧縮強度の比較では、ボス100の方が若干大きくなる傾向にあった。これは、供試体の高さが低くなるほど、載荷板の摩擦の影響を受けるためと考えられる。

3.2 供試体を水中養生した場合

水中養生した材齢7日および材齢28日の各供試体の関係は、図8に示す通りである。ボス200と円柱の圧縮強度を比較すると、3.1と同様、ボス200の方が圧縮強度は若干大きい値を示した。ボス100と円柱の比較においても、ボス100の方が圧縮強度の値は大きく、形状の影響もボス100の方が大きい傾向にあった。ボス100とボス200の圧縮強度の比較も、ボス100の方が強度は大きくなる傾向にあった。

3.3 円柱・ボス200・ボス100の強度比

円柱・ボス200・ボス100の強度比は、表2に示す通りである。ボス200の圧縮強度に対する円柱の圧縮強度の比は、普通コンクリートで0.85~0.95程度、高強度コンクリートで1程度となり、コンクリートの水セメント比が小さくなる(圧縮強度が大きくなる)ほど、強度比は1に近づく傾向にあった。これは、コンクリートの圧縮強度が大

ボス供試体の形状および寸法がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響

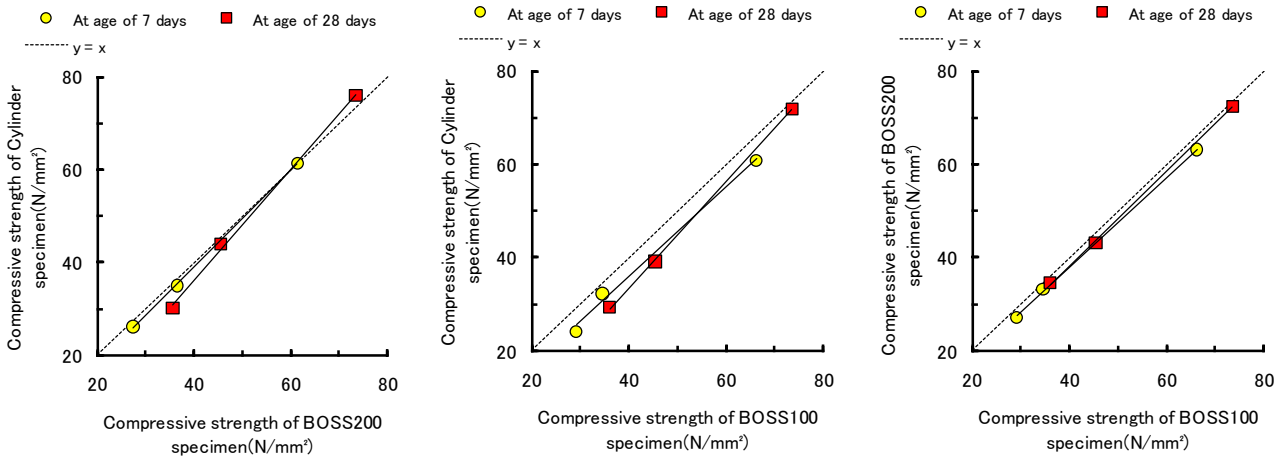


Fig.7 Relation between cylinder specimen, BOSS 200 specimen, and BOSS 100 specimen (Sealed curing)

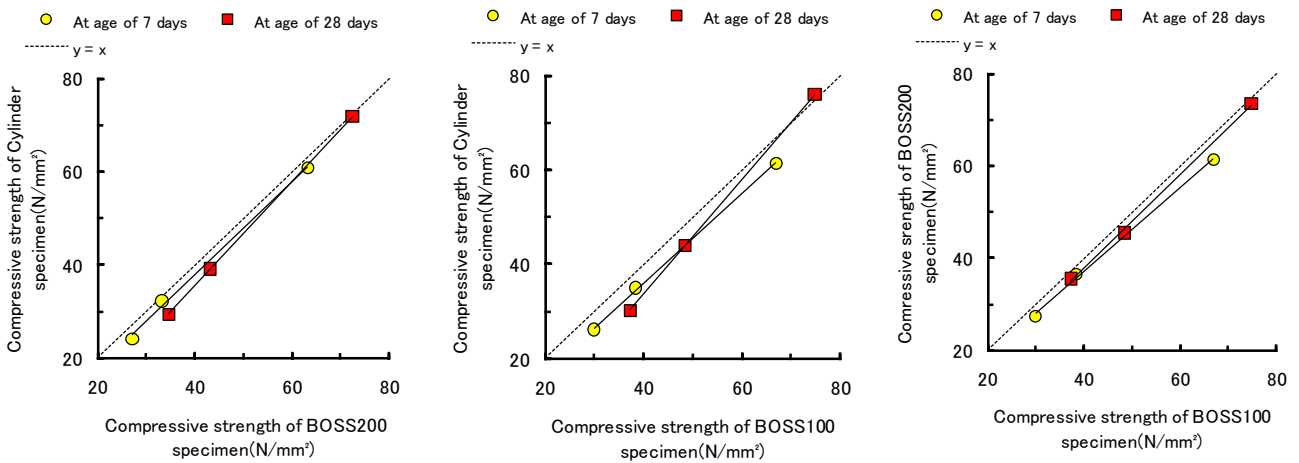


Fig.8 Relation between cylinder specimen, BOSS 200 specimen, and BOSS 100 specimen (Underwater curing)

Table 2 Strength ratio of cylinder specimen, BOSS 200 specimen, and BOSS 100 specimen

Type	W/C (%)	Age (day)	Cylinder / BOSS 200		Cylinder / BOSS 100		BOSS 200 / BOSS 100	
			Sealed	Underwater	Sealed	Underwater	Sealed	Underwater
Normal strength	65	7	0.89	0.96	0.83	0.88	0.93	0.92
		28	0.85	0.85	0.81	0.81	0.96	0.95
	50	7	0.97	0.96	0.94	0.91	0.96	0.96
		28	0.91	0.96	0.86	0.91	0.95	0.94
High strength	35	7	0.96	1.00	0.92	0.92	0.95	0.92
		28	0.99	1.03	0.98	1.02	0.98	0.98

きくなるほど、供試体の形状が強度に及ぼす影響は小さくなることを表しており、円柱供試体と立方体供試体の強度を比較した既往の研究³⁾とも一致する。そして、ボス 100 の圧縮強度に対する円柱の圧縮強度の比は、普通コンクリートで 0.8~0.9 程度、高強度コンクリートで 1 程度となり、普通コンクリートの場合にボス 200 よりも強度比が小さくなる傾向にあった。

一方、養生方法の相違においては、封かん養生を行った場合よりも水中養生を行った場合の方が、

強度比は 1 に近づく傾向にあり、形状の変化が圧縮強度に及ぼす影響は若干小さくなる傾向にあった。しかし、材齢の相違においては、いずれの供試体の形状を比較した場合でも、あまり変化は見受けられなかった。

3.4 ISOの補正係数とボス 100の補正係数の比較

表 3 に、ISO とボス 100 の補正係数の比較を示す。ISO の立方体供試体を円柱供試体の圧縮強度に換算する場合の補正係数^{4,5)}は、普通コンクリー

Table 3 Coefficient which converts BOSS 100 into cylinder specimen

Type	ISO	BOSS100	
		Sealed	Underwater
Normal strength	0.8	0.8~0.85	0.8~0.9
High strength	0.8~0.85	About 1	About 1

トの場合で 0.8 程度、高強度コンクリートで 0.8~0.85 程度であるのに対して、今回実験を行った立方体のボス 100 の補正係数は、普通コンクリートで 0.8~0.9 程度、高強度コンクリートで 1 程度となり、ISO の補正係数よりもボス 100 の補正係数の方が、若干であるが 1 に近づく結果となった。これは、ISO と本実験で型枠の材質が異なることや、コンクリートの使用材料も異なることなど、必ずしも条件が同じでないことが円柱と立方体供試体の強度比に影響を及ぼしていると考えられる。

4. まとめ

φ100×200mm の円柱供試体、100×100×200mm のボス供試体および 100×100×100mm のボス供試体の 3 種類を作製し、形状の違いが強度性状に及ぼす影響について検討を行った結果、以下のような傾向を示した。

- (1) 円柱、ボス 200 およびボス 100 の圧縮強度を比較すると、ボス 100 が最も大きい強度を示し、次にボス 200、円柱の順になった。
- (2) ボス 100 を円柱の強度に換算する際の補正係数は、普通コンクリートで 0.8~0.9 程度、高強度コンクリートで 1.0 程度となり、ISO の補正係数より若干 1 に近づく傾向にあった。

- (3) 普通コンクリートにおいて、封かん養生を行った場合よりも、水中養生を行った場合の方が、補正係数は 1 に近づく傾向にあり、形状の変化が圧縮強度に及ぼす影響は若干小さくなった。

今後、実物大壁試験体にボス 100 の型枠を設置し、コンクリートの充てん状況および円柱・コア・ボス供試体の強度性状を調べ、強度補正係数を検討する予定である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、澤本研究室の大学院生の土田祥彬氏ならびに学部 4 年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) 日本非破壊検査協会：「ボス供試体の作製方法及び試験方法」NDIS3424, 2011
- 2) ISO 1920-3, 2004
- 3) コンクリート工学ハンドブック, 朝倉書店, p.371, 2009
- 4) ISO 22965, 2007
- 5) 公益社団法人日本コンクリート工学会：コンクリート技士研修テキスト, p.196, 2011

解説 *Explanation*

自然エネルギー導入の現状と課題

原稿受付 2012年5月9日
ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 74~78

神本武征

ものづくり大学 名誉学長

Current Status and Challenges of Renewable Energy Development

Takeyuki KAMIMOTO

Institute of Technologists

Key Words : solar energy, wind power system, nuclear energy, bio-fuel

1. まえがき

グローバル経済の進展とともに先進国が占有してきたエネルギー多消費型の社会構造が世界の発展途上国に拡大している。これに伴い化石エネルギー、鉱物資源、水・食料資源の不足と大気環境の汚染が深刻な問題として浮上してきた。さらに欧州など先進国の国家財政の危機が重畳して世界経済も極めて不安定な状態となっている。先進諸国の急速な高齢化傾向も多額な国家支出を強いている。このような悪い状況を解決し、次の世代が

持続的に発展できる基礎を固めることは現代の世代に課せられた必須の使命である¹⁾。

我々が確立した現在文明は化石エネルギー、特に石油に依存する石油文明といわれる。産業革命以来の100有余年間で既に推定埋蔵量3兆バレルの半分を使い果たし、新しい油田の開発が停滞する現在、石油の生産は図1に示すようにピークを迎えつつある。カナダのオイルサンドやオリノコ川流域の重質油の生産は増加すると見込まれるが、高価格化は免れず21世紀の後半には産油量は現在の数分の一になると予想されている。天然ガス、石炭など他の化石燃料資源も石油の後を追っ

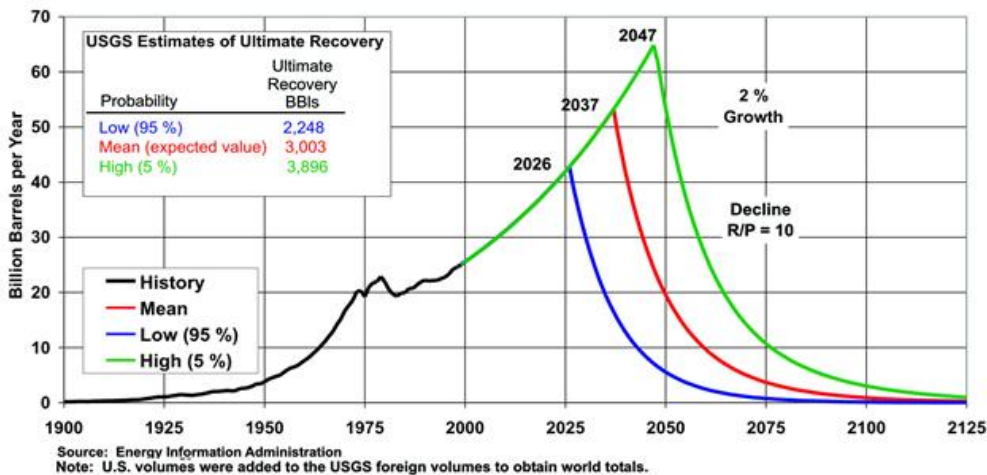


図1 世界の石油生産量の経過と今後の予想 (IPPC データ)

て枯渇すると予想される。多量なエネルギーの消費を前提とする現代社会を持続可能な社会に変換するには低エネルギー消費型の社会を構築するとともに化石燃料に替わる新エネルギーを創生することが必須となる。

将来の化石燃料の供給不足を予見して欧米では風力発電、太陽熱発電、太陽光発電の導入を進めている。図2はドイツの Ludvig Bolkow System Technik が作成した将来のエネルギー供給計画である²⁾。風力発電、太陽熱・光発電、バイオ燃料・発電を次第に増やし、21世紀末には全エネルギー供給量の80%以上を再生エネルギーで賄う計画である。直射日光の強い地域では太陽熱発電がコスト的にも出力的にも適している。アフリカ北部と欧州南部の地中海地方はサンベルト地帯と呼ばれ、この条件に合致する。図3は Euro-Mediterranean grid interconnecting sites のヴィジョンである³⁾。サンベルト地帯の太陽熱発電、大西洋沿岸地域の風力発電、内陸部の水力発電、地熱発電を結ぶ遠大な電力ネットワークの構想である。

これに対し、わが国は原子力発電を将来エネルギーの中心に考えてきたので、再生エネルギーの導入は政策、技術、インフラ整備すべての面で欧米に比べて著しく遅れている。総発電量の約3割を占めた原子力発電を全て停止した状態で、来るべき化石エネルギーの逼迫と価格高騰に対応できるかどうか極めて不安な状態にある。本稿では日本における自然エネルギーの導入の現状と今後の課題について概観する。

2. 太陽光発電

快晴が少なく太陽散乱光が主体となる地域のドイツ、日本では太陽光発電方式が主流である。図4は2009年における世界各国の太陽光発電導入量の比較である。ドイツが格段に多く、次いでスペイン、日本となっている。政府の補助金政策の差がそのまま導入量の差となっている。わが国の太陽光発電供給能力は200万kW程度であり、総電力供給量の1~2%に過ぎない。太陽光発電は日照量の影響を受け、季節ごと、日毎、時間毎に出力が大きく変動する。例えばサンフランシスコの

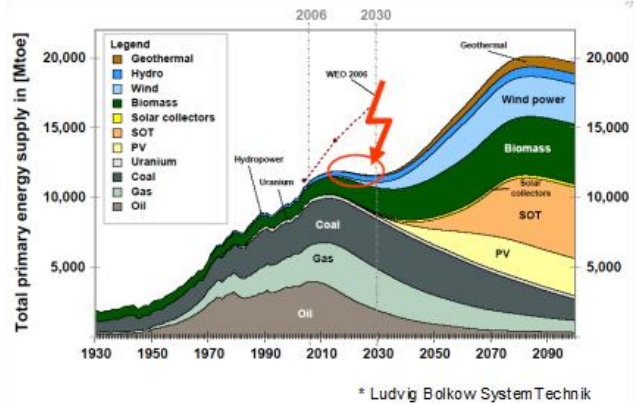


図2 ドイツの将来エネルギー供給のシナリオ例 (Ludvig Bolkow System Technik の Home Page より)

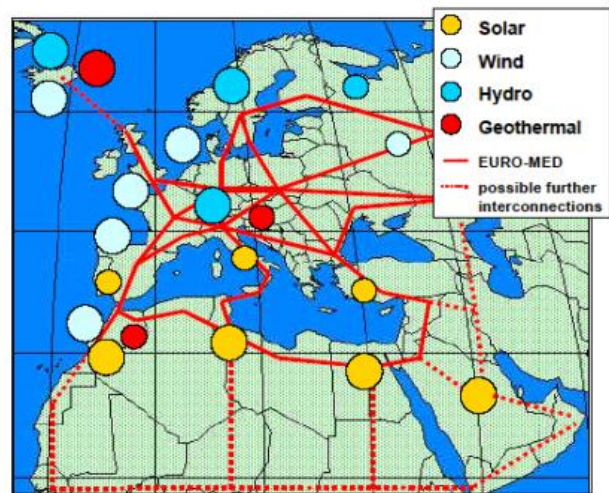


図3 地中海沿岸のサンベルト地帯の太陽熱発電と大西洋沿岸の風力発電、内陸部の地熱、水力発電を結ぶ電力供給ネットワーク

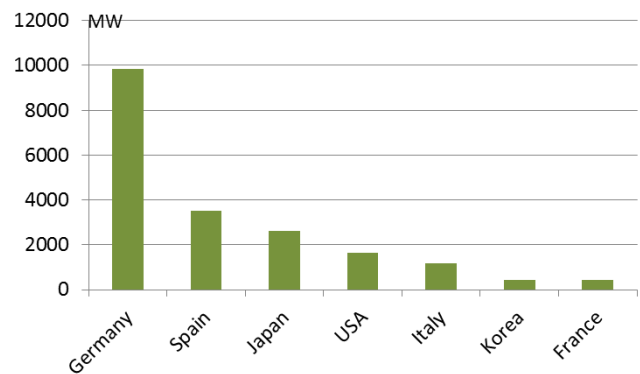


図4 各国の太陽光発電導入量の比較

AT&T Park のデータを見ると 1 月の出力は 6 月の出力の約 1/3 となっている。また東電と川崎市の運営する浮島太陽光発電所 (7MW) の 8 月のある週のデータを見ると、雨天・曇天日の出力は晴天日の約 1/7 しかない。当然ながら夜間は全く発電しない。出力変動が大きいので年平均の稼働率は 10% 程度、また電力会社への送電接続は電力会社の総供給出力の 5% 以下と抑えられている。出力が低い場合のバックアップ電力が必要である。設置価格が一般家庭用で 200 万円/3kW と高いことも普及を遅らせている。

3. 風力発電

最新の風力発電機の定格出力は 2-3MW にも達し、大型の船用ディーゼルの出力に匹敵する。価格も太陽発電に比べて安いことから新エネルギーの本命と見られている。図 5 に見るように世界全体の風力発電の導入量は近年、急速に伸びており、2010 年の時点で総量 200,000MW (=2 億 kW) である。国別の陸上風力発電導入量では中国、米国、ドイツ、スペインの順になっており、我が国は統計に表れない程度に低い。

風力発電の課題は太陽光発電と同様に出力変動であって、NAS 電池による出力平滑化システムや他の蓄電・蓄エネルギー装置との組み合わせが必要である。寿命は 20 年から 30 年程度と見られ、耐久性の向上も課題である。筆者は今年の 4 月上旬、長崎、三菱重工の風力発電装置の生産現場を視察した。現在の主力製品はタービン直径 90m、出力 2.4MW の風車で日産 1.3 台の生産予定である。ブレードの付け根の直径は 2m あり、数 10 本のボルトでボスに固定される。先端には避雷針が付き、当初問題となった落雷事故の対策も十分とられている。三菱重工はこれまで総出力 3,983MW、台数 3,999 台を 10 か国に輸出している。総出力は稼働率 25% と仮定すると原子力発電所 1 基分に相当する。2013 年には出力 7MW、2015 年には出力 10MW の大型機の完成を目指している。

陸上では適地が限られることから、最近では風が安定し、かつ騒音などの環境問題の少ない海上の設置がノルウェー、英国などで増えつつある。立

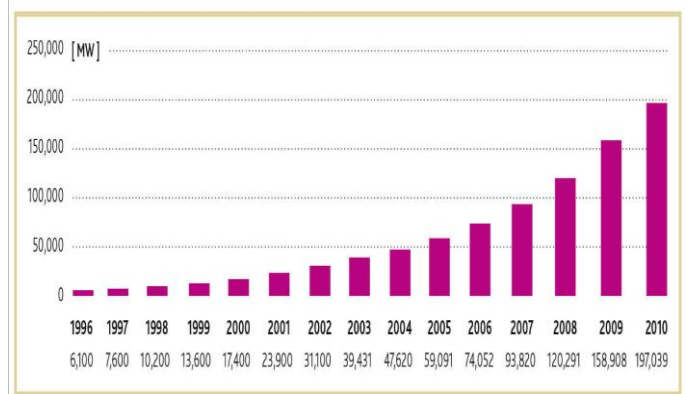


図 5 世界全体の風力発電導入量の年次推移

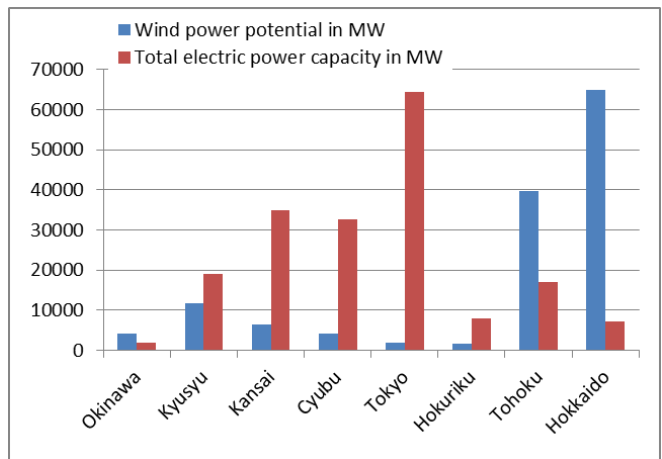


図 6 日本の地域別電力供給量と風力発電ポテンシャル

地条件の限られるわが国でも洋上設備の実証実験がスタートしている。

カリフォルニア大学の Samuelson 教授の話では風の安定したカリフォルニアの風力発電は極めて順調とのことである。一方、英国の知人の話では、2009 年の 11 月に英国上空に大きな低気圧が停滞し、無風状態が数週間続いて風力発電がストップ、緊急にロシアから天然ガスを輸入して電力不足をしのいだそうである。まさに風任せの風力発電なので太陽光発電の場合と同様バックアップ電源が必要である。わが国の総風力発電能力は 14.3 万 kW であり、東電の夏場の供給能力 6000 万 kW の僅か 0.24% に過ぎない。

図 6 に日本の地域別電力供給量と風力発電ポテンシャルを示す。北海道と東北北部の風力発電ポテンシャルが突出して高いのに対して北海道電力

管内の消費電力量は低い。北海道と東北で大規模に発電して関東などの電力消費地へ送電できるよう送電線インフラを早急に整備することが望まれる。送電線が未整備な間は電気分解で水素を製造し、燃料電池自動車の燃料として使用する方式や都市ガスに混入する方策を考えてもよい。

4. コストと固定買い取り価格制度

図7は各種自然エネルギーのコスト比較である。風力発電のコストは従来の火力や水力より若干高い程度であるが、太陽光発電は従来の発電方式の4倍ほどのコストとなっている。図8は経済産業省資料による今後10年の日本の新エネルギー導入見込みである。風力発電の増加はわずか2倍余りであるが、太陽光発電は10倍に拡大する計画となっている。風力は低コストの利点があり、太陽光発電は夏場の電力が必要な季節に活躍するメリットがある。風力と太陽光発電はともに変動が大きいため、ベース電力と成り得ない。原子力を廃止した場合はベース電力が不足するので、地熱発電や潮流発電などの安定した発電方式を推進する必要がある。親潮と黒潮の巨大なエネルギーを利用する技術開発が必要である⁴⁾。

自然エネルギーのコストは図7に示したように現在の電気料金17~18円/kWhに比べて高いので、導入を促進するには個人や事業主が発電した電力を電力会社が買い取る制度が有効である。ただし買い取り価格が低すぎると事業が進まず、また高すぎると消費者の負担が増える問題がある。表1は2012年7月から実施する固定買い取り価格と固定年数に対する各自然エネルギー関連団体の希望価格である。太陽光発電と小型風力発電のコストの高いことがわかる。自然エネルギーで発電した電力はまず事業主が消費し、余剰電力を電力会社が買い取ることになる。

5. バイオ燃料

バイオ燃料についてはサトウキビからのエタノール製造が最も効率が高い。最大の生産国ブラジルでは、サトウキビ畑に押された大豆栽培がアマ

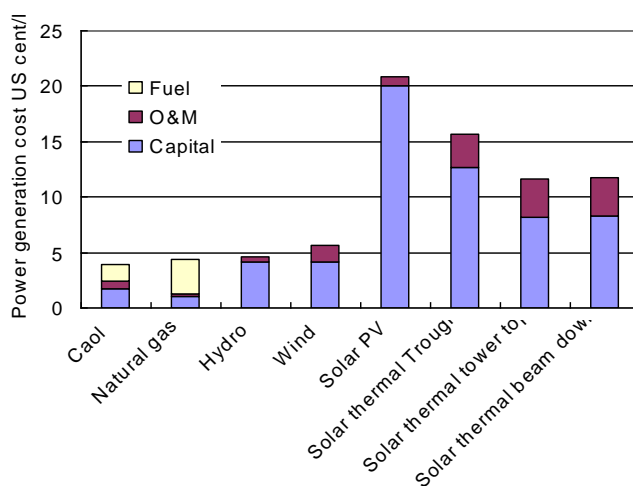


図7 各種エネルギーの発電コストの比較 (O&M: Operation and Maintenance)

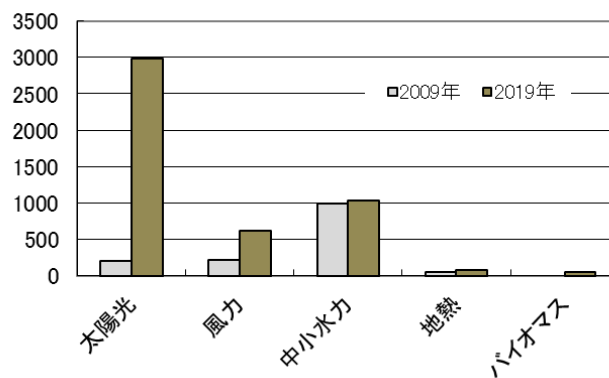


図8 今後10年の我が国における自然エネルギーの導入見込み (経産省資料)

ゾンの森林破壊をもたらすので、炭酸ガスの排出量はキャンセルされるとの意見もある⁵⁾。サトウキビについてコーンとなるが、糖化のプロセスが加わり、変換効率は低下する。米国ではE10を義務付けた結果、米国のコーン総生産量の約40%に相当する4900万キロリットルのコーンエタノールが製造された。これはコーン価格の高騰を引き

表1 再生可能エネルギー関連団体が示した希望固定買い取り価格と固定年数 (2012年7月実施)

団体名	価格 (円/kWh)	期間(年)
太陽光発電協会	42	20
日本風力発電協会	22 - 25	20
日本小型風力発電協会	61 - 62	20
日本地熱開発企業協議会	22 - 37	15

起こし、さらにコーン畑から流出した大量の肥料がミシシッピ川を経てメキシコ湾を汚染したと報告されている⁵⁾。莫大な政府補助金によってコーンエタノールの商用化が進められたが、発酵した水と酵母の混合物からエタノールを蒸留するため膨大なエネルギーが必要であり、カーボンニュートラルの実現は困難とみられている。

米国では政府の助成と融資を受けて 2007 年ころからコーンの茎や木材などのセルロースからエタノールを製造するバイオ燃料企業が設立された。しかしいずれも技術的な困難さと費用がかかりすぎるとの理由で撤退している⁶⁾。堆肥となるべきコーンの茎などを取り去ると土地がやせて化学肥料の使用量が増える難点も指摘されている。わが国でも各種のバイオ燃料製造方式が実験的に検討されているが、まだ混戦状態であり、世界的にも効率の高い方式が確立していない⁷⁾。

わが国の国土の 7 割は森林に占められており、間伐材を全て利用すれば全ガソリン消費量の 10% に相当する 600 万キロリットルのエタノールが生産できると試算されている。しかしセルロース系エタノールが商用的に成立しないとすれば、バイオチップとして小規模発電と地域熱源としての活用の方が現実的かも知れない。わが国でも E10 ガソリンが目標とされているが、自前の生産がないのでブラジルからの輸入に頼っている。

6. 原子力発電について

原子力発電は炭酸ガス低減に有効であることとエネルギー保障の面から推進されてきたが、福島第一原子力発電所の事故災害によりは世界的に反原子力の運動が高まっている。原子力発電は 1954 年にソビエト連邦で始めて実用化され、わが国では東海村の実験炉が 1963 年に点火したので、導入からまだ 48 年しか経っていない。しかも日本の 54 基の発電所のうち、初期のものは米国の技術で建設されたので、独自に設計、施工したのはその半分に過ぎない。工学技術として未成熟といわざる

を得ない。原子力発電で使用するウランは将来 100-200 年で消費し尽くすと推定されている。高速増殖炉が出来ればウランの利用効率が一桁上がり、1000-2000 年はウランが供給可能と期待されていたが、今回の事故で技術的に危険度の高い高速増殖炉の研究予算は凍結された。停止中 54 基の原子力発電所の解体と後処理には数兆円規模の費用がかかると算されており、この費用を現世代で負担するには大幅な電気料金の値上げが必要である。

7. まとめ

これまで述べたように再生エネルギーの普及には出力変動の問題とコストの壁があり、しかも量的に化石燃料と原子力をあわせた供給量には遠く及ばない。まずは低エネルギー消費を基本とする生活習慣に移行しつつ再生エネルギーの供給体制を着実に整える必要がある。福島の惨状を見るにつけ長期的に原子力は順次廃止してゆくとしても、自然エネルギーへの移行が化石燃料の逼迫に間に合わない可能性がある。このような事態に備えて安全度を格段に高めた原子力発電技術を維持することが国家のエネルギー保障政策ではなかるうか。

文 献

- 1) 吉田文和 「グリーンエコノミー 脱原発と温暖化対策の経済学」中公新書 2115
- 2) Matthias Altmann et al., Sustainability of Transport Fuels, WHEC18/Essen/Germany/16-21 May 2010: www.lbst.de/resources/docs2011/WHEC2010_Altmann-Sc himidt-Wein...
- 3) Euro-Mediterranean Super-grid. Brussels, June 2009, www.medemip.eu/Calc/FM/MED-EMIP/Other...
- 4) 山口裕史, 日本はエネルギー大国だー海流発電・実験成功ー, ダイナミックセラーズ出版
- 5) 坂内久, 大江徹男, 燃料か食料か, 日本経済評論社
- 6) D. ピエツロ, The false Promise of Biofuels, Scientific American. 日経サイエンス 2011 年 11 月号
- 7) Technical Workshop TWS-5 on Development of Bio-fuels in Asia, SAE Power-train, Fuels and Lubricants Meeting, Kyoto August 30 – September 2, 2011/09/30

解説 *Explanation*

トヨタ生産方式についての「ものづくり技術教育」

—トヨタ生産方式の実践教育事例—

原稿受付 2012年3月23日

ものづくり大学紀要 第3号(2012) 79~82

河内眞作

ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科

Technologists Education of TOYOTA Production System

A Case Study of Practical Education about TOYOTA Production System

Shinsaku KAWACHI

1. はじめに

トヨタ生産方式では、現場主義という考え方がある。深く現状を理解するには「現地、現物」の精神で最前線の事実を直視する必要がある。「データ」ももちろん重視しているが、自分自身の目で現場を見れば新たな事実も浮かび上がってくる人が多い。大野耐一は工場長時代いつもチョークをポケットにしのばせており、機械の業績が期待通りでないときはそのチョークで床に丸を描き「そこに立って見ておれ」と命じることで有名だった。ものづくり大学の学生教育でトヨタ生産方式の神髄を理解させ、ものづくりの基本となる「自ら考え行動できる技術者」を育成することを狙いに、座学と現場での実践を重視した技術者教育を推進してきた。

2. トヨタ生産方式の考え方と見方

教室での講義である座学では、学生間の意見交換を重視しており、あらかじめ学習範囲を学生に提示し、学生は授業の前に調査・研究しておく。そして、授業当日には学生が調査・研究した内容を報告させている。ここでは学生の興味をもつ分野がさまざまであるため、かなり広範囲に話題が

拡散するが、かえって学生が興味を持つ話題に集中するので理解が深まるきっかけとなっている。

2.1 トヨタ生産方式の源流について

ムダの徹底的排除と造り方の合理性を追い求め、生産全般をその思想で貫きシステム化したトヨタ生産方式は、豊田佐吉が発明した異常があると機械が停止する自動織機に源を発している。トヨタ自動車の創業者である豊田喜一郎が自動車製造の生産性を追い求めて「ジャスト・イン・タイム」による効率化を長い年月にわたり考えた。さらに、1950年頃大野耐一がトヨタ自動車の本社工場ですべて「作業員が必要な物だけ造れる環境づくり」を追求し、後工程である機械工場から前工程である鋳造・鍛造工場に素材を取りに行く「後工程引き取り」を実施、鋳造・鍛造工場は引き取られた分だけ補充生産する「後補充生産」という生産方法を考えついた。このようにトヨタ生産方式のシステム化は多くの試行錯誤の末に到達したものであることを理解させている。

2.2 トヨタ生産方式の活動目的について

商品の売価には世間相場があり、需要が供給を大幅に上回っている場合を除いて、売る側で勝手に設定できるものではない。そこで、造り方で原価は変わるという考え方を基本に、お客様が満足する売価で最大の利益を引き出すためには、継続

的な改善を実施し続けて原価を低減することをトヨタ生産方式の活動の目的にしていることを理解させている。

2.3 トヨタ生産方式の2本の柱について

トヨタ生産方式の2本の柱は「ジャスト・イン・タイム」とニンベンの付いた「自働化」である。ここで「ジャスト・イン・タイム」とは「必要な時に、必要なものを、必要な量だけ、後工程が前工程に引き取りに行く」ことであり、この時引き取るモノと引き取る量が書いてある「かんばん」を持っていくこととなる。また、引き取られた前工程は、買ってもらう品物を買ってもらう順番に買ってもらう速度で一個ずつ作って行くことに限りなく近づけていくことにより、変化に強い生産ラインを作り上げることができる事を考えさせている。そして、組立ラインでは作業者は安全に安く良い製品をつくるために「標準作業」にもとづいて生産活動を行っていること、「標準作業」において肝要なことは効率的な生産をするための諸条件を考慮して物と機械と人の働きを最も有効に組み合わせることであること、を理解させている。

このような生産活動のなかで、生産設備に異常が発生した場合には、設備が停止して不良品が生産できないような、人間の知恵がついた仕組みがあることをニンベンのついた「自働化」と説明している。機械に何か異常があれば、すぐ止まるという工夫は極めて重要なことである。機械が正常に動いているときは、機械のそばに人がついている必要はなく、何か異常があつて止まったときだけ、人はその機械のそばに行けばよいのだ。こうすることにより1人で複数の機械をもてるようになる。これらのことを自動車生産工場の組立ラインの実施状況を見学して理解させている。

2.4 平準化について

生産量と生産品目の種類を平均化し、つくり方を一様にするを「平準化」という。日々の生産品目や生産量を可能なかぎり均一にして、生産に必要な人や設備を安定化することを目的にしている。トヨタ生産方式では後工程が前工程に部品を引き取る方式を行っている。そこで、前工程は後工程からの引き取りに備えて、あらかじめ準備しておくことが必要となる。この時、生産工程が

平準化されておらず引取量が大きく変動するようであれば、前工程ではその最大引取量に対応できるように常に最大の在庫量を準備することとなる。その結果、ムダな在庫・設備・人員を抱えることとなる。「平準化」ができていない工程は高い原価で生産活動を行っていることを理解させている。

2.5 7つのムダ

製造現場におけるムダとは「原価のみを高めている」生産の諸要素である。トヨタ生産方式では生産現場のムダを7つ取り上げている。①つくり過ぎのムダ②手待ちのムダ③運搬のムダ④加工そのもののムダ⑤在庫のムダ⑥動作のムダ⑦不良をつくるムダ。この中で特に重要視されているのは「つくり過ぎのムダ」である。つくり過ぎのムダが発生する過程では、余分な工数・設備が必要となること、材料や部品を先食いしていること、電気・油・エアーなどのエネルギーの浪費が発生していること、パレット・スキッド・箱などの容器が増加してしまうこと、運搬車・リフトなどによる運搬手段が増加してしまうこと、置き場・倉庫などの新設が発生してしまうこと、在庫が発生するため管理工数が増えてしまうこと、金利負担が増加してしまうこと、それより何より「改善の目をつんでしまい、正常なのか異常なのかわからなくなってしまうこと」が最大の問題点であることを理解させている。

2.6 5回の「なぜ」で真因追求

設備故障などの問題が発生した場合、単に目の前にある直接の原因を除去して、現状の回復のみを行うのではなく、トラブルを発生させた真の原因を追及して、それを除去し解決をはかり再発を防止することが重要である。問題が起きた場合、原因の突き止め方が不十分であると、対策もピントはずれのものになってしまう。そこで、5回の「なぜ」を繰り返すことで真因に迫ることができる。一つの事象に対して、5回の「なぜ」をぶつけてみたことはあるだろうか。言うはやさしいが、行うのはかなりむずかしいことである。

①「なぜ機械は止まったか」

「オーバーロードがかかってヒューズが切れたからだ」

②「なぜオーバーロードがかかったのか」

「軸受け部の潤滑が十分でないからだ」

- ③ 「なぜ十分に潤滑しないのか」
「潤滑ポンプが十分にくみ上げていないからだ」
- ④ 「なぜ十分にくみ上げないのか」
「ポンプの軸が摩耗してがたがたになっているからだ」
- ⑤ 「なぜ摩耗したのか」
「ストレーンがついていなかったので切粉が入ったからだ」

企業のエンジニアはこの真因の追求による再発防止対策に悩み苦しめられてきたことを理解させている。

2.7 標準作業について

標準作業は人を中心としてムダを省いて真の作業のみを集め、ムダのない手順で効率的な生産をするやり方であり、安全に安く良い製品をつくるために定められたものである。標準作業の一つめの構成要素には作業者が遂行すべき種々な作業の標準的な順序を示した「標準作業順序」と呼ばれているものがある。具体的には作業者がモノを加工したり、組付けをしたりする場合、材料から製品へと次第に変化していく過程で、物を運んだり、機械に取り付けたり、取り外したりして、工程を進めていく作業の順序である。ここでは、作業者が変わっても、同じ順序で作業ができるように定められ、教育されていることが必要である。標準作業の二つめの構成要素として生産のスピードを定めた「タクトタイム」がある。これは1日あたりの稼働時間と1日あたりの必要生産量から決まるものである。標準作業の三つめの構成要素として、工程内の必要最小限の仕掛かり品である「標準手持ち」がある。これは同じ手順でくりかえし作業が行えるような、必要最小限の工程内の仕掛品の事をいい、機械に取り付いたもの、治具付きコンベア上のもの、あるいは乾燥・冷却時間を要するものなどを「手持ち」という。そして、このような「標準作業」の構成要素を決定するのは現場監督者である。自分の部下である作業者にこの基準を完全に理解させ従わせるためには、現場監督者がこの基準を完全にマスターし理解していることを説明している。

2.8 リードタイムについて

材料を仕掛けてから完成に至る迄の時間をリー

ドタイムという。リードタイムを短縮し納期を守ることが顧客サービスの基本である。リードタイムを長くする停滞はなぜ発生するのかを考えてみよう。多くの場合ロットサイズが大きいことが原因である。ロットサイズが大きいと在庫が多くなり、容器であるパレット、在庫を置くスペース、作業をする人員や運搬道具が必要になる。また本当に必要な能力（設備・人）が見えなくなり、多めの設備や人を投入しがちになる。更に、品質の不具合が発生したとき、原因追及が難しく、追求のために時間が多くかかってしまう。このことから、リードタイム短縮のポイントは小ロット生産を徹底すること、段取り替え時間を圧倒的に短縮すること、等量化・同期化・1個流し作業を工程全体に及ぼす事によって、極めて短いリードタイムを実現することができる。ここで必要なことは「段取り替え時間を圧倒的に短縮する」機械装置の開発や内段取りの外段取り化について、たゆまぬ努力が重要であることを理解させている。

2.9 作業改善と設備改善

トヨタ生産方式では「作業改善」を最優先して行うこととしている。それは、設備改善は“一時的”であり作業改善は無限であり、設備改善には多額の投資が必要となるからである。また、作業改善を行わず、ムダを放置したまま設備改善を行うと、改善活動を通じた人材の育成ができないこと、現有設備の真の能力が発揮されることがないことや改善内容を次の設備に織り込み自社にあった設備計画ができないなどの弊害を生むこととなる。作業改善とはモノがスムーズに流れるようにすることで、この中には人と設備の仕事に分け、設備のムダな動作をなくすことや、作業しやすい設備に改善することなどが含まれる。「作業改善」をトコトン積み重ね、その後「設備改善」を行うのが改善を効果あるものにするための手順であることを理解させている。

2.10 運搬について

素材から製品にいたる製造工程には、加工・検査・運搬・停滞の4つの姿がある。運搬とは素材や部品・製品などが工程を移動し、そのモノの位置が変わるだけで付加価値を生まないムダである。製品の原価を高めるだけの「運搬のムダ」を徹底

的に排除する必要がある。運搬に対する基本的な活動は運搬を徹底的に排除する「運搬の“0”化」である。そのためには、機械設備のレイアウトの改善による運搬の排除、部品置き場の廃止や部品供給方法の自動化などを工夫して実施することである。また「必要なときに必要なものを必要な量だけ最低限のコストで供給する考え方」を徹底することであることを理解させている。また、部品単位で見た場合の運搬頻度を多くする運搬方法は、出荷側と受取側のスペースを小さくできることと、それぞれの停滞時間を小さくできることを理解させている。

3. トヨタ生産方式の現場での実践教育

現場主義の考え方から、学生は企業に出向いて、実際の自動車生産工場の現場での改善活動を実践体験することとしている。生産現場が抱えている課題を改善のテーマとして取り上げ、トヨタ生産方式の基本をもとに、自ら考え行動し経営に寄与する活動を学習させている。

3.1 自動車組み立てラインの不具合改善活動

自動車の生産過程で品質不具合が発生すると、作業員による手直しが必要となり、ムダな費用が発生する。学生にこの原価を高めている不良品のムダに着目させて、真因を追求し対策を考え実施し、更に再発防止のため標準書を改訂する改善活動を実践させている。

3.2 部品供給工程の生産性向上活動

トラックの大型フレームで使われる多種多様な

部品をメインフレームの生産順序と着工時間に合わせて在庫する、部品供給の仕組みを学生に考えさせている。在庫を減らすことにより、リードタイム短縮と省スペースを図る改善活動を実践させている。

3.3 生産設備の投資額を削減する活動

生産設備の準備段階では設備投資削減のため設備の改造や流用を検討し、製造原価低減を図る活動を実践しているが、このような活動に学生を参加させている。また、設備の図面段階での3D検討会に参加させて事前に完成度を高め、やり直しを減らすことにより生産準備費用の低減につなげる活動を実践させている。

4. まとめ

トヨタ生産方式の人材育成では、現場での改善活動の実践が重要であると考えている。すなわち、製造現場における厳しいトヨタ生産方式の継続的な実践がものづくりの人を育て、自律した強い組織や職場を造り上げることを可能にしていると考えられる。このような環境を学生時代に体験することは社会人となって現場に入ったときに大きな力になると考えている。

文 献

- 1) 大野耐一：トヨタ生産方式 ダイアモンド社

解説 Explanation

製造学科における技能教育の実際

—旋盤加工実習—

原稿受付 2012年3月13日

ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 83~87

細田保弘

ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科

Hands-on Education of Machining in Dept. of Manufacturing Technologists
-Lathe Machining Practice-

Yasuhiro HOSODA

Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

1. はじめに

本学の6つの基本理念の中には、「ものづくりに直結する実技・実務教育の重視」がある。技術を理論からのみ学ぶのではなく、実際に「もの」に触れてその本質を感じ取り、自分の体を使い五感を通してものづくりを体験・体得し、ものづくりに興味や問題意識を持ち、自ら学習し改善策や問題点の解決策を考える。そのような体験技能から技術を生み出す授業を実践している。筆者はその中の機械加工実習の授業を担当してきた。

筆者は、大手電機メーカー（日立製作所）の研究所で、研究用の設備や開発・試作装置などを製作する現場において、三十数年間にわたり機械加工に従事してきた。その間、技能五輪国際大会に参加し、旋盤職種部門で金メダルを獲得した。それらの実績から平成13年の開学と同時に、本学の機械工作実習（1年次・2年次の旋盤加工）の教員として就任した。

2. 旋盤の構造と機能

工作機械の基幹職種は、旋盤・ボール盤・フライス盤などである。旋盤は回転する加工物に刃具

（バイトと呼ばれる）やドリルなどにより軸加工や内径加工などの円形状の切削加工を行う最も一般的な工作機械である。工作機械には、自動機（CNC旋盤、NC旋盤など）や汎用機（マニュアル操作するもの）がある。製造現場では自動機が主流であるが、汎用旋盤は、開発・試作品の部品加工や、各種治具・メンテナンス部品などの多品種少量生産や単品部品製作などに、今でも多く使用されている。また、技能教育用の機械として、企業内の技能訓練用や訓練校・工業高校・工学系大学などでも使われている。本学では、汎用の普通旋盤20台を実習に使用している。図1に概略図を示す。

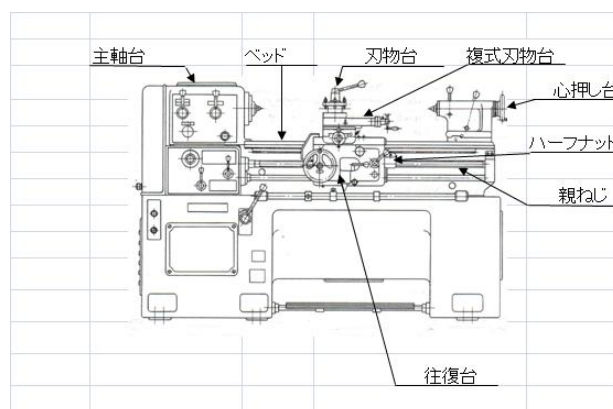


図1 汎用旋盤概略図

3. 企業における技能教育

企業においては、技能を専門とする社員の育成のため、企業内技能訓練学校や技能道場、OJT (On-the-Job Training) により、先輩から後輩への技能伝承が行われている。また、青年技能者の技能訓練の成果を競い合う場と国際交流を兼ねて技能五輪がある。

職場の特性も踏まえた実践的スキルを身につけるには、OJT が基本となると思われる。実践的能力の向上にはもっとも効果的な訓練手法であろう。しかしながらその手法は、授業という単位で区切られた大学での教育とは当然相容れない部分が多く、また基本を重視して幅広い視野を育てる大学教育とは目的も異なる。大学における技能教育の参考となるのは、やはり企業内学校や技能五輪訓練であろう。

企業内学校は対象者に応じていろいろな形態があるが、新入社員対象に基礎から教えるものでは、数ヶ月から1年近くにわたりフルタイムで授業があり、生徒は寝ても覚めても加工や生産のことを考えることになる。技能五輪訓練は、もともと高度なスキルを持つ選抜された生徒を対象に行われるものであり、基本技術向上とともに、自ら技能開発し感性を磨くための能力開発が行われる。

このように企業で取り組む技能訓練は、大学における技能教育とは当然主たる目的もかける時間も異なる。しかしながら、大学において短期間で技能の初歩から一応のポイントまで押さえ、技能そのものだけでなく、技術へと展開する感性を育てる手法について、企業内学校と技能五輪訓練から得られるところは多い。

4. 製造学科における技能教育

4.1 シラバスの内容

シラバス作成に当たっては、①ものづくりは危険が付きものという事から「安全教育の徹底」②機械加工の切削理論や加工方法・測定方法などの「基本を知り、身に付けさせる」③製品が出来たときの喜び「ものづくりの楽しさ」を体験できる授業にしようと考えた。

1年次の機械工作実習形態は、筆者が担当する旋盤加工の他に、仕上げ加工（測定・ボール盤加工・ヤスリ掛け・タップダイス加工）、フライス盤加工、溶接作業の計4つの実習授業があり、6～9クラス（1クラス20名以下）に分け、週一回、午後の半日を使い、それぞれ8回、計32回の授業を1年で実施する。旋盤は瀧澤製作所の普通旋盤（4尺旋盤）を20台使用している。一人1台で実習できるので、全員が機械に触り、楽しく加工できるように課題を作成した。

本学の学生は普通科高校卒業生が約7割、工業高校卒業生でも機械系学科以外の比率が高く、「旋盤」「フライス盤」などの工作機械を入学して初めて見るという学生が半数以上おり、実際の機械加工となるとほとんどの入学生が未経験である。したがって安全教育にはかなり力を入れている。一方、日常触れることのない強力な機械に対する拒否反応を持たせないよう、「おもしろさ」「楽しさ」も重視した授業設計を行っている。

開学当初はこのような未経験学生がどこまで授業についてきてくれるか心配したが、さすが「ものづくり」を指向する学生たちだけあって、真剣に興味を持って取り組む姿勢には、逆に少し驚きを感じたほどであった。

4.2 指導方法

スキルを身につけさせる方法は、「基本・ノウハウを教え、成功して覚える」「あまり教えず何度も失敗・成功を繰り返して、失敗から覚える」の二通りがある。失敗から覚える方法は、より理解が深まり、芯から身につく方法と言ってよいであろう。しかし大学での授業は、時間が限られており、また、技術への展開が主目的であって、技能向上は二次的な意味合いとなることから、前者の方法をとっている。

筆者の基本的な指導方法は、技能五輪の指導時に使用したもので、簡単に言うと山本五十六元帥の語録にある「やって見せ 言って聞かせて させてみせ 褒めてやらねば人は動かじ」という指導方針に則った方法である。

「やって見せ」では、まず自分が加工して見せる（百聞は一見にしかず）。次に「言って聞かせて」では、加工方法・加工手順、測定方法などの

基本理論を理解させる。さらに「させてみせ」では、実際に学生に加工させ、それを見て学生個人々に合った指導を行う。人それぞれにはものづくりの器用さ・不器用さがある。良い所は褒める。出来ない人にはその人の持っている潜在能力を見つけてやる。最後に「ほめてやらねば人は動かじ」では、仕上がった製品をみんなの前で、寸法公差内に入っているかどうかや、ねじのはめあいや仕上げ面、全体の出来栄え状態などを採点し、成果を定量化して示す。

最後に提出するレポートの感想には、「難しかったが良い点が出てうれしかった」「加工は面白かった」「ネジで失敗したのが悔しい」「もう一度チャレンジしたい」など全体に良かったという感想が多く書かれている。

4.2.1 安全

実際に加工に入る前には、「服装・めがね点検」「工作物・バイトが確実に締まっているか」「立つ位置を注意」「機械操作を十分に行い体に覚えさせる」など安全を確認するとともに、加工手順・機械操作などをイメージトレーニングさせてから作業に入っている。

学生の中には器用な学生もいるが、大半はものづくりの経験があまりないせいか、工作機械を前に恐々とする学生が多い。そこで、安全の第一歩は「確認」、良いものを作るには「集中」、加工するときは「慎重かつ大胆に」を言い聞かせながら指導している。

20名の学生を一人で教えるので、安全に対しての気配りでいつも緊張する授業である。幸いにも11年間、授業では無事故・無災害である。開学3年目からは、学生(4年生)のTA(Teaching Assistant)をおいている。TA学生にとっては、教えることによる技能習得や安全意識を身に付ける良い機会だと思っている。

4.2.2 旋盤実習授業(加工)

旋盤による加工の特徴がよくつかめる、ねじ切り加工を題材としている(図2)。切り込みや送りなど、旋盤加工に特徴的な動きがもっとも体感できる加工と考えられる。

実習に入る前に必要なことは、安全心得・旋盤の各部名称・機械の仕組みと機械操作であるが、

実際に加工する上で重要なことは切削加工条件を良く理解させることである。切削加工条件には切削速度(被削材の回転速度)・切り込み量(工具の被削材への食い込み深さ)・送り量(被削材軸方向の工具の移動速度)があり、被削材の材質や刃物の材質・形状によってそれぞれの数値を適切に選択しなければ、荒削り時の切粉処理、寸法精度、仕上げ面粗さ、刃物の寿命などに大きな影響を与える。

これらを最初の2回の授業で行い、3回目から初めて実際の加工に入る。荒削り加工、中仕上げ加工、ねじ切り加工、仕上げ加工と進み、計8回の授業で課題を完成させる。

4.2.3 成績評価

成績の配点は、課題の完成度が50点満点、出席点が20点、レポートが25点、機械の清掃整理が5点の合計100点満点である。課題の採点基準は、寸法公差から外れると減点され、全体の出来上がり具合、ねじの仕上げ面とはめあい具合なども上・中・下で判定し、すべて減点方式である。

4.2.4 学生の反応

外径と全長に、仕上げ寸法に対して1mm余裕を残した荒削りと、0.25mm残した中仕上げが終わると、第1関門のねじ切りがある。ねじは、M20(20mm径のねじの呼称)を、荒削りから仕上げまでヘール式と呼ばれるねじ切りバイト(刃工具)一本で加工する。加工方法は、形状の基本となる親ねじを用い、これに倣ってバイトが送られるようにセットし、正転でねじを切り、逆転で戻すス

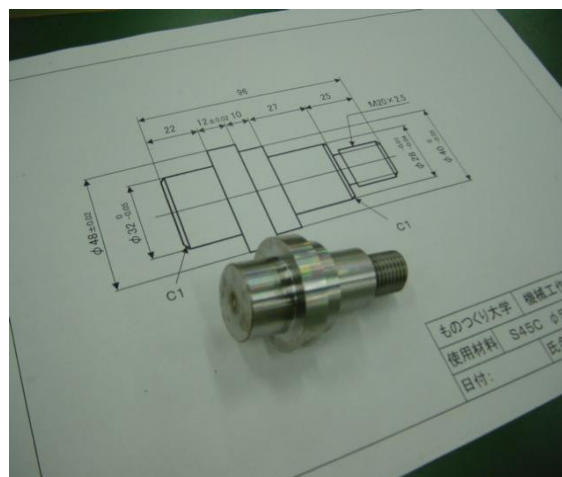


図2 実習課題

イチバックと呼ばれる方法である。切込み方法は斜進法と呼ばれる方法で、20回の繰り返し切削で仕上げさせている。

学生がよく失敗する所はねじの逃げ溝で、スイッチと刃物を逃がすタイミングが合わず溝壁にぶついたり、切込み量を間違えたりすることが多い。荒削り・中仕上げまでもたついていた学生でも、納得いくまでねじ切り練習し、一回一回慎重に確認しながら加工した学生が成功している。ねじの得点は大きいので、仕上げ面・ハメアイが上手く出来たものは第一難関突破である。

次に得点に大きく影響するのが寸法決めである。仕上げ代を直径で0.2~0.3 mm 残し、同一条件・同一寸法で二回仕上げをする（同じ切削速度、送り量、切り込み量で二回加工する）。次に被削材の外径にバイトを当て、0.1~0.15 mm 程度切削し外側マイクロメータで外径を測定した後、寸法公差（許容される寸法の誤差範囲）の真中を狙って切込み目盛りを合わせ仕上げる。

目盛りの読み方・使い方を理解したものは、機械の最小目盛りが0.04 mm であるにもかかわらず、公差範囲0.03~0.04 mm を実現する。八割以上の学生が公差内の加工に成功している。失敗原因の多くは、削り代の計算間違い・機械目盛りの読み間違いや測定の不正確さである。にっこり笑う学生と、悔しがる学生とで分かれる所でもある。

これまで11年間、多くの学生がチャレンジしているが、満点はなかなか出ないものの、平均は約80点を得ている。最低でも60点以上の成績を残してきた。図3に実習風景を示す。

4.2.5 2年次での応用編

以上は1年次での授業であるが、2年次になると、4種類の加工を実習する「応用機械実習」の中のひとつとして旋盤の授業がある。

課題は、1年次の類似課題にオスメステーパ仕上げ（外径・内径が先すばまりになった円筒形状加工）・内径仕上げを加えた二点部品の組み合わせ製品である。2年次になると、機械加工以外にもいろいろな実習を積んできた経験からか、1年次には言われたとおりに進めるのが精一杯だった学生も、課題の難度が大きく増しているにもかかわらず、70点以上を獲得できるようになる。1年次



図3 実習風景

にはなかなか出ない満点に近い得点を獲得する学生も数人出る。

1年次に失敗した学生は闘志を燃やし良い成績を残し、逆に1年次に高得点を獲得した学生は思わぬ失敗をするなど、製品を作る上での心構えに通じる体験もしているようだ。2年間で「機械加工の基本技能」や「ものづくりの心」が学生に着実に芽生えてきていると感じられる。

5. 授業外の指導

5.1 技能検定

本学における技能実習の意義は技能や加工現象を理解するところであり、「技」自体の上達にはあまりこだわっていない。しかしながら、技能を向上させようとする意欲と、技能を理解しようとする意志は共通する場合も多いため、技能向上のモチベーションを上げる方法を模索してきた。

幸いにも平成16年度から技能検定の受験資格が大幅に緩和（実務経験のない者でも受験出来る）されたので希望者を募ったところ、6名（3年生5名、4年生1名）が応募してきた。大学の夏休みに合わせ技能検定2級（普通旋盤作業）に挑戦させた。大学には、一般に使われる検定用の6尺旋盤（池貝鉄工）は2台しかなく、旋盤を占有して練習できる環境にはなかった。また、練習期間は3週間という短期間の訓練だったが、見事全員が高得点で実技合格した。内2名は実技採点が満点で、埼玉県より「第12回彩の国職業能力開発促進

大会」に於いて「優秀賞」を表彰された。

平成 20 年度は 12 名(内 2 名が女子学生)の受験者がいたため、2 台の 6 尺旋盤では対応できないので、4 尺旋盤に変更した。4 尺旋盤での実技試験は、機械剛性・精度や操作性など不利な点があるが、3 名(内 1 名が女子学生)が「優秀賞」を授与した。

延べ8年間で46名がチャレンジして全員が高得点で実技を合格した。その内の 13 名(内 1 名が女学生)が埼玉県から「優秀賞」を授与された。

5.2 プロジェクト等…自由に使える設備

本学では、施設・設備を授業以外でも「許可書」を出せば自由に使用できるようになっている。特に、学生フォーミュラ、NHK ロボコン、3 年次の創造プロジェクトや卒業研究・製作時などで活発に機械や工具などを使用している。

学生は実習を積んでいるとはいえ、実践的加工の経験が浅いので、図面の書き方、はめあい方式、加工方法などを質問に来る。そこで授業だけでは教えられない現場の知恵や勘所などを吸収して、びっくりするような独創性のあるものや高精度の製品を作る学生もいた。また、プロジェクトでは、先輩から後輩への加工指導など学生間の技能伝承があり有意義に活用されている。

6. まとめ

機械工作実習の授業を通して目指しているものをまとめると、

- ① 安全について、実際の実習作業を通して安全意識と安全の基本を身に付けさせる。
- ② 切削加工を自分の五感で体験し、個々の潜在能力や第六感(ひらめき)を引き出す。
- ③ 技能から技術を学び、創意工夫や新しいものに興味を持つ人材を養う。
- ④ ものづくりが好きで、身体を動かすことを厭わない心豊かなテクノロジスト(技能技術者)を育てる。

ことである。

まだ開学してから 11 年間という浅い期間ではあるが、この機械加工実習の授業を受け持って感じたことは、学生に同じように加工方法・手順を教えても、学生の意欲や個性・能力によって様々な作品が出来上がるということである。時には良い意味での「こだわり」を持つ製品など個性豊かな作品が提出されてくる。まさに技能の暗黙知である。また、休まず一生懸命授業を受けている学生が多く、教え甲斐もあった。製造業では 3K(きつい・汚い・危険)や若者のものづくり離れが問題にされているが、ものづくり大学の学生にはそのようなことは関係ないようである。

今後も本学の特徴である実技・実習授業を更に充実させ、「現場の技能が分り、広範な知識と多角的な判断力を持つ人間性が豊かな」学生を数多く育て、製造技術・生産技術分野などにおいて未来を担う若い技能技術者(テクノロジスト)を輩出することを期待している。

解説 *Explanation*

溶接の技能教育と溶接技能解析システムの開発

原稿受付 2012年4月19日

ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 88~94

日向輝彦

ものづくり大学 技能工学学部 製造学科

Welding Skill Education and Development of the Welding Skill Analyzing System

Teruhiko HINATA

Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

Key Words : welding, expert skill, skill analysis, skill tradition, system development

1. はじめに

最近の、日本のものづくりの技術力の高さを世界に誇れるような明るい話題として、「東京スカイツリー」(以下、スカイツリーと呼ぶ)がある。

ご承知のように、スカイツリーの構造は、写真1および写真2に示すように、巨大な鋼管が複雑に組み合わせられた鉄骨構造となっており、その建設工事の最盛期には、1日約500名もの作業員が各種の工事に携わり、その内の約80名が溶接の作業に関わっていたとの報道があった。

このように、大小様々な鋼管が複雑に組み合わせられた溶接においては、その接合部(溶接継手)の形状は多種多様であり、溶接の自動化が難しかったことから、スカイツリーの溶接は、臨機応変に対応できる多くの熟練技能者の技によって成し遂げられている。このスカイツリーの建設は当初から日本中の人々から大いに注目され、私のように溶接の教育に携わる者としては、このような機会こそ、溶接技術の重要性やその技能の大切さが、若者や一般の人々に広くアピールできる貴重な機会になるものと大いに期待していた。しかしながら、その溶接は、写真3に示すような、暴風雨対策と発生する火花やアーク光を周囲に漏らさない



写真1 東京スカイツリー¹⁾



写真2 スカイツリーの構造¹⁾



写真3 建設中のスカイツリー¹⁾

ための安全対策が十分に施された中で行われたこともあり、その建設に溶接が重要な役割を担っていたことに気づかなかった人々も多いのではないかと、こうした面ではやや残念に思われる。

私は、これまで一貫して、若者に溶接の技術や技能の教育を行う業務に携わってきた。こうした中、近年の溶接の分野においても、若者の技能離れや熟練技能の伝承に関する問題が取りざたされている。そこで、こうした現状を踏まえて、筆者のこれまでの経験を基にした溶接の技能に関する考察や、溶接技能の解析や熟練技能の伝承が可能となる装置として開発を進めてきた「溶接技能解析システム」の概要などについて解説する。

2. 溶接の技能教育について

2.1 熟練した技能が求められる溶接法の種類

一口に「溶接」と言っても、今日の溶接の分野においては、図1に示すように、各種の溶接法があり、適材適所で活用されている。こうした多くの溶接法の中で、機動性や汎用性が高く、その取り扱いも比較的簡便であることなどから、現在幅広く活用されている溶接法は、●被覆アーク溶接、●(マグ・ミグ)半自動溶接、●ティグ溶接、などである。ただ、これらの溶接法は、その活用の際には作業者の熟練した技能が必要になることから、溶接の教育の場においては、これらの溶接法についての指導が中心となっている。

ちなみに、スカイツリーの建設現場の溶接には、「マグ半自動溶接」が多くの熟練技能者により駆

使されていた。

2.2 溶接の技能の特徴

「技能」は「技術」と対照的に用いられる言葉であり、一般的な辞書(大辞林)においては、『技能』は「物事を行う腕前. 技量.」, 一方、『技術』は「物事を巧みにしあげるわざ. 技芸.」とあり、両者の違いは必ずしも明確ではない。また類似の概念として「暗黙知/形式知」(暗黙知は、マイケル・ポランニー(ハンガリー)が、その著書「暗黙知の次元」で述べたのが原点とされる)といった用語を用いてその違いについて議論されることもある。この場合、『暗黙知』とは、「特定の状況に関する個人的な知識で、形式化(言語化、データ化、情報化)したり他人に伝えたりすることが難しいもの」であり、一方『形式知』は、「言語などの明示的、形式的な表現が可能なもの」と解されている。溶接の技能に関してもこうした暗黙知に相当する要素が多く含まれており、その言語化やデータ化が難しいことなどから、溶接の技能を習得するためには比較的長時間の努力が必要になるといった特徴がある。

筆者は、溶接の技能について指導する際に、その例え話として、「子供の頃、二輪の自転車に乗

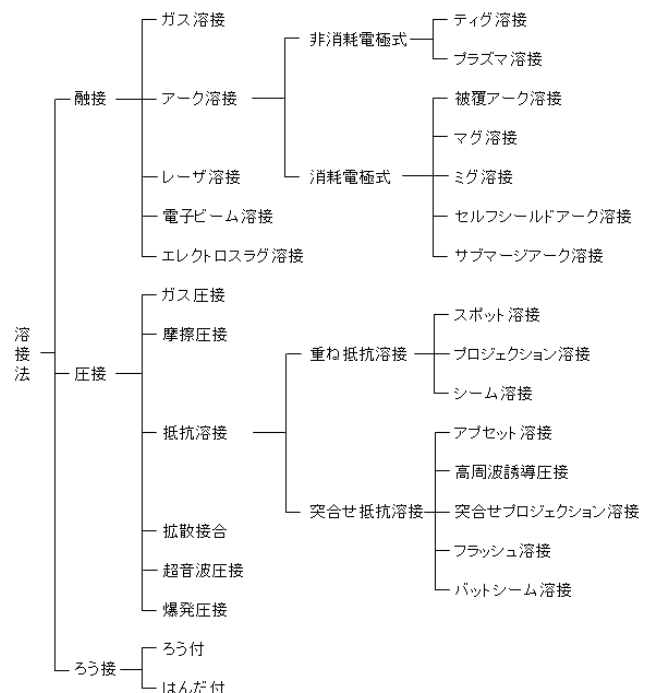


図1 溶接法の種類

れるようになるまでは、誰しもかなり苦勞をしたと思う。しかし、一度でも実際に乗れる感覚を身に付けたら、しばらく乗らなくても再び容易に乗ることができる。溶接の技能もこれと同様で、ある程度のレベルの技能を身に付ければ、一生忘れないから頑張れ・・・」といったような話をする。

要するに、溶接の技能も自らの意欲を持って取り組まなければ絶対に身に付かない、と言いたい訳である。

2.3 溶接の技能を学ぶ環境の特殊性

前述したように、溶接の技能の習得が必要となる代表的な溶接法は、「被覆アーク溶接」, 「(マグ)半自動溶接」, 「ティグ溶接」などであり、これらはいずれもアーク放電を熱源とするアーク溶接法である。こうしたアーク溶接の作業環境はかなり特殊であり、これらの溶接について初めて学ぶような場合には、以下に述べるような、幾つかの面で克服しなければならない状況と向き合うことになる。

(1) メンタル的な面で克服すべき状況

アーク溶接の作業においては、①通常 100～200 アンペアといった高電流が使用される。②その温度が5千度から1万度で、しかも強烈な光線を発するアーク放電現象を、目(顔)の前の20～30cmの距離で取り扱うことになる。③溶接中は、アークや溶融池から高温の金属火花が周辺に飛び散る。など、通常の生活では体験した事もなく、かつ危険とも感じられるような作業環境に対する恐怖心を克服する必要がある。

(2) 感覚的, 身体的な面で克服すべき状況

アーク溶接の作業においては、前掛けや手袋など、専用の保護具類を着用すると共に、アーク光や金属火花から目や顔を保護するための専用の保護面の着用が不可欠である。そしてその作業は、保護面に装着された遮光ガラスを通して、溶融池やアークの発生状態などを観察しながら行うことになる。

そこで、①遮光ガラスを通した、薄暗く狭い視野の中で微妙に変化する溶融池やアークの状態を明瞭に観察することが難しい。②溶接作業特

有の姿勢で、刻々と変化する溶接状況に応じたトーチ操作を的確に行うことが難しい。など、溶接作業に特有な作業スタイルに関する違和感を克服する必要がある。

こうした作業の難しさは、その例えとして、やや太めの毛筆を用いて半紙に習字する際に、筆先の周辺が直径3cm程度の範囲しか見えないようなメガネを掛け、その狭い視野の中で一定の太さの直線を半紙の端から端まで書かなければならない状況とよく似ていると言える。そこで、溶接の技能を学ぶ初期段階においては、以上のような非日常的な作業環境や作業スタイルに慣れることがまず必要であり、個人差はあるものの、多くの初心者にとっては、こうした面に慣れるための時間や努力が必要になる。

3. ものづくり大学における溶接教育^{2,3)}

本学の製造学科における溶接教育は、製造学科に入学して間もなく開始される「機械工作実習D」からスタートする。この授業は1年生全員を対象としており、1クラスの定員は約20名で、1日2コマ×8回の授業である。現在1年生は6クラス編成であることから、年間4クォータの内の第2, 第3, 第4クォータにおいて、それぞれ週2回実施している。

本授業を開始するに当たっての学生への問いかけとして、「溶接についてどんなことを知っていますか?」といった質問をすると、学生からは「ハンダ付けのようなもの・・・?」あるいは「テレビで時々見かける、自動車の生産ラインで火花を発しているようなもの・・・?」といった程度の答えが返ってくる。すなわち、工業高校機械科の出身者などの一部の学生を除いて、本学の新生生のほとんどは、溶接を実際に身近で見るとは初めてといった状況にある。そこで、本授業における実技指導の主な内容は、溶接の基本や安全の知識を身につけることを主眼として、各種溶接装置の取り扱いやそのごく基本的な溶接の手法についての指導を行っている(表1, 写真4)。

表1 「機械工作実習D」の授業内容

1回目	実習ガイダンス	☆実習の心構え ☆溶接技術概論(ビデオ: IHI)
2回目	ガス溶接・溶断の基礎	☆ガス溶接作業の安全知識 ●ガス溶接装置の取扱い実習 ●ガス切断・プラズマ切断作業
3回目	ガス溶接基本実習	☆ガス溶接装置の知識 ●ガス溶接基本実習 (3.2t 下向きビード溶接, 1.0t 突合せ溶接)
4回目	被覆アーク溶接の基礎	☆アーク溶接と安全知識(ビデオ: 神鋼) ●被覆アーク溶接の基礎知識 ●保護具について, アーク発生法
5回目	被覆アーク溶接実習	●下向きビード溶接(ストリカ、ワイベング) ●十字継手: 下向きすみ肉溶接(多層溶接)
6回目	炭酸ガス溶接の基礎	☆炭酸ガス溶接の知識と装置の取扱い ●下向きビード, 十字継手下向きすみ肉溶接 ●溶接条件に関する基本的実験
7回目	直流ティグ溶接の基礎	☆直流ティグ溶接の知識と装置の取扱い ●ステンレス鋼の下向きビード溶接
8回目	交流ティグ溶接の基礎	☆交流ティグ溶接の知識と装置の取扱い ●アルミニウム合金の下向きビード溶接 ◎レポート課題

本授業の開始当初は、数千度から数万度といったアーク放電や飛び散る金属火花を初めて目の前にして、ほとんどの学生が、恐る恐る作業台に向かう状態から、8回の授業の終盤に近づく頃になると、かなり度胸もつき、堂々とした姿勢で実習する姿を見ると、教える側としてもうれしくなる。

授業が終わった後のレポートには、「最初は怖かったけれど楽しかった。」、「溶接を実際に体験できて良かった。」、「ものづくり大学らしい授業だった。」、「溶接がもっと上手にできるようになりたい。」などの感想が多い。中には「遮光ガラスを通して見えたアークの光がとても美しかった。」などといったものもあった。

また、3年次に配当されている「高度溶接技術」においては、溶接技術に関する知識をさらに深めると共に、技量面の向上を図ることを目標としている。

これらの授業を受講した後に、溶接の技量資格の取得を希望するなどの意欲ある学生を対象として、春季および夏季休暇中に4日間連続して行う「溶接アドバンス」(定員18名)と名付けた集中授業を実施している。本授業を受けた後に、放課後などを利用した練習を重ね、実際の溶接検定試験にチャレンジして、半自動溶接やステンレス鋼のティグ溶接などの適格性証明書を取得した学生数は、第1期生から現在まで、述べ61名となっている(表2)。



写真4 溶接の実習風景(溶融ショップ)

4. 溶接技能解析システムの開発⁴⁾

今日では、溶接の分野においても溶接ロボットの適用など、その自動化は精力的に進められている。しかしながら、スカイツリーの溶接の場合と同様、その自動化が困難で、熟練技能者の経験や技に頼らなければならないケースも少なくない。

従来から、技術者の立場からは、近年のIT関連技術の急速な進歩もあり、これらの技術を活用することにより、熟練溶接技能者の技能のデータ化(技能の技術化)が可能になれば、その自動化は一層容易になるものと考えられてきた。

こうした時代背景もあり、筆者も溶接の技能教育に携わる中、溶接における技能の解明に関する願望もあり、溶接の技能の解析や技能の伝承を目標にした「溶接技能解析システム」と名付けた装

表2 溶接検定合格者の推移

溶接技能評価試験合格者 (H24/3 現在)				
年 度	JIS Z 3841 半自動アーク溶接		JIS Z 3821 ステンレス鋼溶接	合格者数
	基本級 (SN-2F)	専門級 (SN-2V)	基本級 (TN-F)	
H15	10名	—	—	10名
H16	14名	—	—	14名
H17	5名	—	—	5名
H18	5名	—	—	5名
H19	10名	2名 (内1名は2種目)	—	11名
H20	5名	1名	—	6名
H21	4名	1名(2種目)	1名	5名
H22	2名	1名	—	3名
H23	2名	—	—	2名
受験件数: 63件				計61名

置の開発を進めてきた。図2がその基本的なイメージである。

4.1 溶接技能解析システムの概要

4.1.1 溶接技能における暗黙知

溶接の技能に関するパラメータは非常にたくさんあるが、「暗黙知」に相当する内容として、例えば、熟練した溶接技能者の優れた能力について考えてみると、以下のような点が挙げられる。

① 適切な溶接条件の設定能力:

熟練技能者は様々な溶接対象に対して最適な溶接条件を選定できる知識と経験を有している。

② 明瞭な記憶と優れたセンシング能力:

熟練技能者は、溶接状態の良否に関わる画像認識的な記憶を明確に保持しており、溶接中のアーク状態や溶融池形状を明瞭に認識できる優れた視覚能力を備えている。

③ 優れたトーチ操作能力:

熟練技能者は、目標とする良好な溶接結果が得られる状態に、溶融池を自在にコントロールできる優れたトーチ操作能力を備えている。

これらの中で、②に挙げた内容についてのデジタルデータ化については、ビデオ撮影画像の画像解析を行うことでもある程度の解析は可能と考えられるが、本システムの構築に際しては、①の作業者が溶接対象に適切な溶接条件として設定する溶接条件のデータ化と、併せて、③の作業者が溶接中に行っているトーチ操作に関する技能に着目し、これらの技能要素をデジタルデータ化することを目標にしてシステムの開発を進めた(写真5)。



写真5 溶接技能解析システムの全景

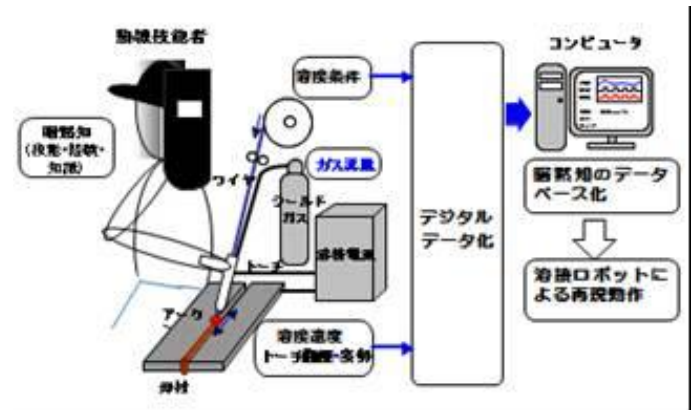


図2 溶接技能解析システムのイメージ図

4.1.2 技能解析システムの概要

本システムは、①「技能データ収集部」、②「技能データ管理・表示部」、③「技能データ再現・施工部」で構成している。その概要は以下の様である。

(1) 技能データ収集部

「技能データ収集部」においては、実際の溶接中のトーチ操作の状況をリアルタイムに採取するための「6軸多関節位置計測リンク機構(ポータブル三次元測定装置:分解能;±0.025mm)」に溶接トーチを搭載し、そのトーチを作業者が保持して実際に溶接することで、溶接中に行われたトーチ操作の三次元移動軌跡データの採取が可能になっている。同時に、溶接電流やアーク電圧などの溶接条件もデータロガーにより収集する。

(2) 技能データ管理・表示部

「技能データ管理・表示部」においては、収集したデータの保存やデータ解析を行うためのソフトを導入した、パーソナル・コンピュータ(PC)を中心とした構成となっている。収集したトーチ操作のデータは、シミュレーション機能により、PC画面上で実際のトーチ操作とほぼ同様な動きとして観察できるとともに、トーチ先端の移動軌跡を三次元の各方向からの表示・観察が可能となっている(図3)。

(3) 技能データ再現・施工部

さらに、「技能データ再現・施工部」においては、まず、PCに保存されている溶接条件やトーチ操作データなどを溶接ロボット用に変換処理した後に、ロボット制御装置に転送する。これにより溶接ロボット(6軸多関節ロボット)で、技能者が行った溶

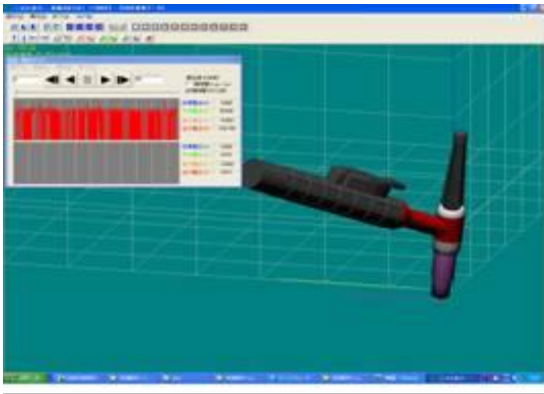


図3 技能データのシミュレーション画像例

接とほぼ同様な溶接状態を再現施工することが可能になっている。

なお、本システムにおいて、溶接の技能データの収集が可能となる溶接法は、(ミグ・マグ)半自動溶接とティグ溶接である。また、その溶接姿勢に関しては、下向き溶接からパイプの全姿勢溶接まで、溶接技術検定試験に設定されている各種の試験課題にはほぼ対応している。

4.1.3 溶接技能データの解析例

図4は、本システムを用いて半自動アーク溶接における技能データを収集した一例である。この場合は、熟練技能者が下向きのビード溶接を行った時の溶接結果と、その時の溶接トーチの操作状況について比較して示したものである。図中の(c)が実際の溶接結果であり、(a)は、溶接線の真上から見た時のトーチ先端の移動軌跡である。このケースでは、溶接線全長に渡り、一定の幅でしかもピッチの揃った細かな螺旋状のトーチ操作により溶接が行われたことが分かる。また、(b)は、母材面に水平の方向から見た、トーチ先端の移動軌跡であり、溶接中のトーチの上下動の様子が観察できる。すなわち、熟練技能者の溶接は、トーチの上下動のほとんどない、非常に安定したトーチ操作により溶接が行われたことが分かる。

また、図5は本システムを用いて、熟練者(指導者)と未熟練者(学生)がほぼ同じ溶接条件で立向き溶接を行った時のそれぞれの溶接結果と、その時のトーチ移動軌跡を比較して示したものである。図中の(b)に示す未熟練者の場合は、溶接技術検定試験に合格しているレベルでもあることから、そ

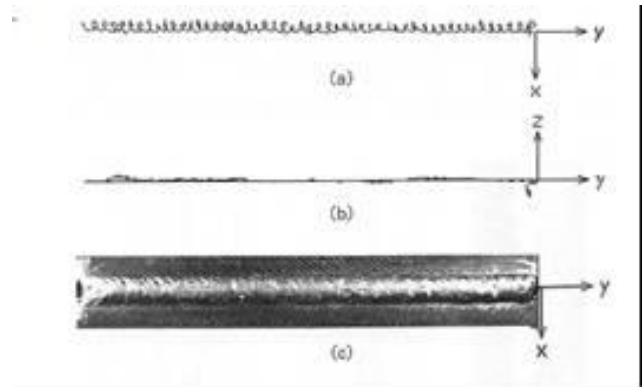


図4 熟練技能者の技能データの解析例

の溶接はほぼ良好な結果が得られているものの、その時のトーチ軌跡は、(a)に示す熟練者の場合に比べて、ウィービング操作の幅やピッチが若干不安定であることが分かる。このように、本システムを用いることで、これまで解明が困難であった、作業者が実際の溶接中に行っているトーチ操作の状況について明らかにすることが可能になっている。

そこで、未熟練者(学生等)に対しては、こうしたデータを参照しながら、どのような点に注意して練習すべきかなど、溶接の実技指導の場面においての活用が可能になっている。

さらに、現時点ではまだその活用例は少ないものの、本システムは、収集・保存した技能データを溶接ロボットに転送することで、ロボットによりその溶接状況を再現動作させることができる。



(a) 熟練者の場合 (b) 未熟練者の場合

図5 熟練者と未熟練者の比較(立向き溶接)

すなわち、熟練者の技能データを保存しておき、それを溶接ロボットで再現動作させることにより、熟練者が目の前で実際に作業をしているのと同様な溶接状況を、何度でも詳細に観察することが可能になっている。

5. おわりに

古来から、武道や芸能などにおいて良く用いられてきた教えの表現として、『師匠の技を盗め』、あるいは『守(しゅ)・破(は)・離(り)』といった言葉がある。これらは現代の溶接の技能を習得する際にも、相通じる側面があると考えられる。こうした場面においては、確かな技を有する師匠と、自らのたゆまぬ努力と研究心旺盛な弟子の関係が求められる。残念ながら、今日の日本においては、溶接の技能について指導できる指導者やこれを学ぼうとする若者がますます減少してきているのが現状である。こうした点からも、本学で溶接の技術・技能の一端を学んだ、ものづくり大学の卒業

生諸君の今後の活躍に大いに期待したい。

文 献

- 1) <http://blog.murablo.jp/tokuzo2/kiji/190910.html>
- 2) 日向：ものづくり大学における溶接教育，軽金属溶接，Vol.47(2009) No.3, pp35-39
- 3) 日向：溶接技術の普及・啓蒙策と将来人材の確保，溶接技術，産報出版，Vol.59 (2011)No4, pp44-52
- 4) 日向・安田：溶接技能解析システムの開発，職業能力開発研究，第18巻 (2000)，pp67-86

報告 Report

ものづくり大学における FD 推進活動

原稿受付 2012 年 3 月 26 日

ものづくり大学紀要 第 3 号 (2012) 95~104

FD 推進委員会委員長 神本武征

ものづくり大学 学長 (現名誉学長)

1. まえがき

2010 年 9 月 6 日に設置した FD 推進委員会の活動開始にあたって神本委員長が 2010 年 10 月 29 日の第 1 回委員会において以下の FD 推進委員会の任務と推進活動について説明した。

文科省通達により各大学は平成 20 年度より FD 活動を実施することが義務づけられた。これは全ての教員が教育に関する自己啓発を義務付けられたことを意味する。FD 推進活動の義務化は、各大学が高い教育力によって卒業生の質を保証することを求めている。

高校生の進学率、理工系離れ、入学学生の資質、卒業生に対する企業の要望などは年々変化している。本学の設置基本理念を堅持しつつ、これらの変化に対応するためには、不断の教育改善の努力が必要である。たとえば最近の新入生の学力低下と倫理観の欠如に対処するため多くの大学では、初年次教育の組織的な取り組みを始めている。本学でも個別に工夫がなされているが、カリキュラムの見直しを含めて全学的な取り組みが必要である。

本学では新入生アンケート、卒業生アンケート、授業アンケートを毎年、実施している。これらのアンケートの結果を分析して実態に即したプログラムを構築することが重要である。本学では教育研究推進連絡会議とものづくり大学埼玉県地域連絡協議会の主催による会議において毎年、企業の本学に対する要望を伺っている。これらの意見を教育カリキュラムに反映させることも重要である。

サービスを受ける側の学生と卒業生を受け入れる企業の両者の意見を取り入れて、質の保証された学生を卒業させることが FD 活動の最大の目標である。そのためには教育すべき内容の確認、講義相互の関連付け、内容の充実が重要であり、これに加えて教員の授業力の向上が求められる。

2. 学内 FD 研修会

FD 活動は全教員が参加して行うこと、教育現場の立場から改善案を出す事が肝要である。このような観点から 2010 年の 1, 2, 3 月と続けて全教員を 3 グループに分けて FD 研修会を実施した。3 回のテーマは「教育現場の問題点は何か」、「教員の教授方法の向上を図るにはどうしたらよいか」、「学生に対する授業以外のサービス向上について」である。各グループの司会は学部運営検討委員会の主要メンバーである学部長と両学科長が勤めた。

第 1 回 平成 22 年 1 月 27 日 (水) 午後 1 時半から 4 時まで

第2回 平成22年2月24日(水) 午後1時半から4時まで

第3回 平成22年3月24日(水) 午後1時半から4時まで

第1回 プログラム

1:30-1:35 学長挨拶 大会議室

1:35-1:50 主旨の説明 学部長 大会議室

2:00-3:00 3グループに分かれて討論 学部長と両学科長が3分科会の座長を務める。

3:00-4:00 総合討論 各グループから10分ずつ発表ののち総合討論 大会議室

討論のテーマ

第1回のテーマ：教育現場の問題点は何か。問題点をどのように抽出・分析して改善につなげるか。たとえば、教育理念と学生の資質のギャップ、1年次教育と4年次教育、英語教育など

第2回のテーマ：教員の教授方法の向上を図るにはどうしたらよいか。

第3回のテーマ：学生に対する授業以外のサービスの向上について。たとえば遠隔地からの入学者に対する生活指導とメンタルケア、課外活動に対する支援、部活加入率の向上など。

3. FD 研修会の総括 — 改善すべき課題

全てのグループ討論の結果をまとめて重点的な教育課題を抽出するため、2010年7月28日にFDフォーラムを全員参加で開催し、3回のFD研修会の討議を次のように総括した。

3.1 学生の資質の問題：

- ・ 全国的な傾向として学力が極めて低下しており、学生間の学力差がおおきい。低学力学生へのケアを充実する必要がある。製造学科では学力別のクラス分けを実施している。
- ・ オフィスアワーと学習支援室の活用を促進する。
- ・ 実習に惹かれて入学したが講義に興味がなく、モチベーションが薄い学生が増加。
- ・ 予習・復習をほとんどしない。建設学科では毎回の授業で小テストを実施している。

3.2 教員の授業について：

- ・ 自ら学ぶきっかけを与えることが重要。対話を使った授業など工夫が必要。
- ・ 学生に自信をつけさせる必要がある。笑い声の出る楽しい授業を心がけるべし。
- ・ 期末試験が組織的でない。評価に公平性がないとの批判がある。

3.3 授業の内容

- ・ 座学と実習を融合しないと独自性がなく一般の大学と同じである。
- ・ 実習と講義の関連やカリキュラム全体の体系化を更に進めることが必要。
- ・ 実習のための実習にならないように心掛けること。

- ・ シラバスを充実させ、シラバスに忠実に授業を実施すること。

3.4 制度

- ・ 制度（必修・留年）の縛りが弱く、学生に緊張感が足りない。
- ・ 4年制への進級にハードルを設けるべし。
- ・ 資格取得のための授業と実務上必要な内容とがずれている場合がある。（建設学科）
- ・ 4クォータ制については8回の授業では少ないと言う意見と短期間の方が面白いと言う意見がある。

3.5 教員・組織

- ・ 教員が大学の基本理念を必ずしも共有しておらず、共通の教育イメージを持っていない。チームを組んで教育するという意識が希薄。
- ・ 学生オリエンティッドな発想がない。学生と教員のコミュニケーションが足りない。
- ・ 有能な非常勤講師がもったいない。学生がついていっていない。

3.6 施設・環境

- ・ 学生の居場所、自習空間が少ない。学生会館の2階を改造できないか。
- ・ 教室のIT化が非常に遅れている。緊急に改善の必要がある。
- ・ 教室が不足している。時間外のコンピュータ利用が制限されている。
- ・ 学生の意見を吸い上げる仕組みを創設すべし。

3.7 学生活動

- ・ 学生のサークル活動に対する参加が弱い。一方活動の自由度に制限が多い。
- ・ 部室が少なくサークル活動への支援が足りない。

4. 教育研究推進連絡会議とものづくり大学埼玉県地域連絡協議会

2010年度は教育研究推進連絡会議とものづくり大学埼玉県地域連絡協議会の会議において企業から本学の教育に対して要望された事項の点検を実施している。

第9回教育研究推進連絡協議会における企業側の学生に対する要望は、「仕事に取り組む情熱としっかりした心構えを持って欲しい」と言う精神面と、「基礎学力をしっかりと身につけ、コミュニケーション能力を強化して欲しい」と言う実際の基礎能力面のふたつに集約される。この他、グローバル化に伴う英語教育の充実、建設系では設備関係のカリキュラムの充実の必要性が指摘された。

ものづくり大学埼玉県地域連絡協議会主催の大学との情報交換会においては、仕事に対する意識の低く遅刻や無断欠勤する学生がいる、挨拶が疎かで、積極性に欠け、コミュニケーション能力が不足する学生がいる、書類の作成能力が低いなどの指摘があった。

仕事に対する意欲の涵養、コミュニケーション力の教育、基礎学力の向上などは日頃の教育で心がけている点ではあるが、企業からの要望と指摘を受けてこれらの教育に注力する必要性が再認識された。建設学科で実施している「コミュニケーション学ⅠとⅡ」土居浩

准教授など他大学でも最近取り入れている初年次教育を広げる必要がある。

5. 指摘された課題の解決のための活動

学内の FD 研修会と企業から指摘された問題を改善するため 2010 年 9 月 6 日に FD 推進委員会を設置した。大学の教育力の更なる向上を通して卒業生の質を保証することが目的である。FD 推進委員会には学生アンケート専門委員会と授業改善専門委員会を設け、年 4-5 回の委員会活動を通じて 2012 年 3 月時点で以下の事業を進めている。

- 授業アンケートによる授業改善： 2008 年から開始した隔年で実施する授業アンケートに基づき各教員の授業改善を継続的に進めることとした。しかし業者に委託していた一般的なマーク式アンケートの設問は、実技に重点を置いた本学のカリキュラムの授業評価に適合しないことが判明し、2010 年度から学生アンケート専門委員会が中心となって設問の内容を変更し、さらに自由記述をマーク式設問と同じ様式に記入させることとした。教員は返却されたアンケートの評価結果と学生の自由記述を確認して、次学期へ向けた授業改善案を自己申告して FD 意識を高めることにした。図 1 に示すように、授業改善計画の

回収率は 2008 年度 4-Q が 35%程度であったのに対し、2010 年度 4Q には製造講義系の 55%を除いて 70~80%に改善され、教員の問題意識は次第に高まっている。現在、提出された授業改善案をどのように活用するか、また改善の成果をどのように定量評価するかについて検討を進めている。

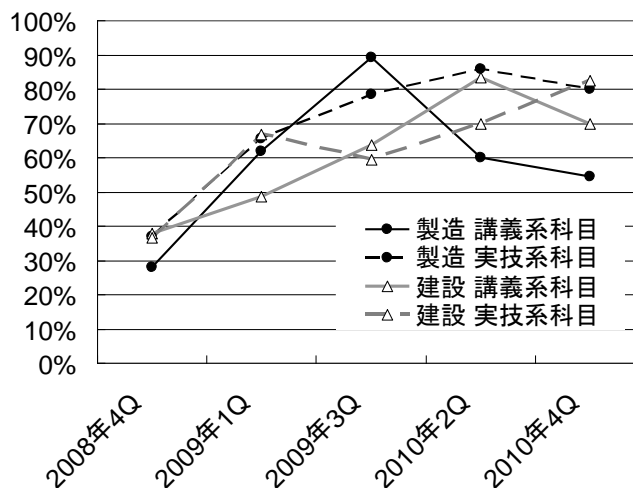


図 1 教員の授業改善計画の回収率の年次改善状況

- 授業公開： 2008 年度に製造と建設の両学科で各 1 件ずつ公開授業を実施した。しかし通常の授業の公開であったため教員の参加が少なく、この方式は断念した。一方、オープンキャンパスでは高校生向けに多くの授業を公開している。これらの講義を呼び水にしてほかの授業の公開も促すことに決し、教員にアンケート形式で授業公開の可否を調査し、その結果をシラバスに記すこととし、アンケートの準備を進めている。授業改善には自分の講義風景をビデオで撮影し、それを観察する方法も示唆されている。効果的な方法と考えられるが、今後の検討課題としている。
- 学生の学力低下に対する組織的対応： 両学科では従来から数学と物理について高校で学んだことの復習授業を実施している。さらに個別指導のためにオフィスアワーを

設けているが、学生の利用率が極めて低い。これを改善するため、両学科それぞれオフィスアワーの利用を促すポスターを作成して掲示したところである。また学習支援室を整備して学生の個別の質問に対応する仕組みを作ったが、これも学生の利用が極めて少ない。有益と思われる仕組みを用意しても利用しない最近の学生に対しては待つのではなく、こちらから働きかけることが必要である。また1年次から3年次までの担任制もうまく機能していない。以上のように、種々の取り組みが効果的に運用されず、学生と教員の接触が少ないことが問題である。

- 4年次の卒業研究・製作： 学生は4年次になると就職活動に専念して卒業研究を後回しにする傾向が強い。そのため卒業研究の質が年を追うごとに低下している。学生を研究室に出席させるためには種々の工夫が必要である。たとえば研究打ち合わせ、一緒に文献や教科書を読むなど週2-3回の卒研ゼミを開く方法がある。午前中に実施すれば毎日研究室に来る習慣もつくであろう。毎学期ごとにコース別で卒業研究の進捗状況を発表させる方法もレベルアップの効果がある。研究テーマの選定にあたっては能力ぎりぎりの課題を与え、学生の能力の向上を図ることが重要である。自主的にテーマを選ばせる教員もいるが、学生は安易なテーマに走りやすく、良い指導方法とは言えない。教員が自分の研究課題を分解し、各要素を卒業研究のテーマとして与える方法を提唱したい。学生はレベルの高い課題に取り組むことによって成長し、かつ成果は教員の研究を推進することにつながる。

企業からの指摘事項に対する対応： コミュニケーション力、英語力、基礎学力、マナーの不足などが指摘されている。科目間のつながりを改善して教育効果を上げ、さらにアプローチを分かりやすく表現する必要がある。シラバスを分かりやすく記述すると同時に、学外にも積極的にアピールしたい。

6. カリキュラムと各制度の見直し

FD推進委員会では創設10周年を機に教育内容と教育制度の見直しに関して討議を行った。その結果、次の4項目を重要検討課題として取り上げることにした。いずれも平成24年度からの実施を目指している。

- カリキュラムのスリム化： 10年の間にカリキュラムは肥大化し、月曜日から金曜日まで1時限から4時限まで隙間なく授業が入っている。学生は時間的余裕がなく、図書館の低利用率や課外活動低迷の原因ともなっている。これを改善するため、平成24年度からの実施を目標に両学科でカリキュラムのスリム化案を作成している。時間割に1週間のうち1時限や4時限目の授業のない日を設けることも検討中である。
- 成績評価法の改定： 製造学科の統計によると、1クオータあたり多くの授業を申告するにもかかわらず、取得単位数が10に達しない学生が半数以上であることが判明した。これは単位取得した授業の成績だけに基づく成績評価をしていることに原因があると思われ、申告した授業すべての成績を評価するGPA法の導入を検討し始めたところで

ある。併行して1クオータあたりに取得可能な単位数を制限するCAP制についても検討している。

- 学年進行の要件の改定：現在、学年進行の際の取得単位数の制限がないため単位が大幅に不足したまま3年間を過ごす学生が存在する。結局、退学に至るケースが多いので、学年進行時に歯止めをかけて見込みのない学生には早い時機に退学を勧奨するように改善することを検討している。

7. FD 講演会

FD 講演会を2008年度から2011年度にかけて3回実施した。2012年度には4回目を予定している。

第1回講演会

演題「FD活動のポイントと実例」

講師：川野辺裕幸教授 東海大学教育支援センター所長

2008年12月10日 大会議室

東海大学教育支援センターの活動を中心にFD活動の実例を紹介した。わが国の高等教育の将来像は大学進学率5割と経営破たん大学の出現を想定している。また各大学は世界的研究・教育拠点、高等専門職業人養成、幅広い職業人養成など緩やかに機能別に分化してゆく。学士過程教育では専門分野ごとに国際水準の質の保証が求められる。初年次教育の組織的展開を実施して学士力につなげることが必要である。学生の授業アンケートによれば興味が湧き、わかりやすい授業が基本である。FD活動は限られた教員が行うのではなく、全員で組織的にやる必要がある。

第2回講演会

演題「学生にとって良い授業とは、悪い授業とは」

講師：遠山 紘司教授 神奈川工科大学教育開発センター教授

2011年9月20日 大会議室

90分の授業の効果的な使い方、パワーポイントの適切な使い方、メリハリのある授業、学生に参加を求める双方向参加型授業など技術的な戦略について述べた後、教員の授業に対する熱意とプロ意識が「よい授業と悪い授業」を分ける重要な要因であることを強調した。最後に神奈川工科大学教育開発

センターで遠山先生が製作した「DVD授業ライブラリー」50巻の中から良い



図2 神奈川工科大学教育開発センター遠山紘司先生(左)と質疑応答

授業の例を放映した。興味のある具体的な講義例は、学生がなぜ理解できないのかを追究するのではなく、どのような誤解をするのかに注目して正しい解き方を指導する数学の授業風景であった。図2は遠山紘司先生の講義風景である。

第3回講演会

演題「私立大学における教育改革について」

講師：小口 幸成 先生 元神奈川工科大学学長・教育開発センター長

2012年2月8日 大会議室

小口先生は1976年に幾徳工業大学(現神奈川工科大学)に赴任されてから教育問題に興味を持ち、改革に取り組みました。2005年から2009年まで同大学の学長を勤められ、この間、教育開発センター所長として多くの改革に取り組みました。講演では教育改革の目標、進め方、成果など多岐にわたり講演されたが、以下の4点が特に本学での教育改革を進める上で参考になった。第1点は、1994年に「魅力向上プロジェクトチーム」を編成して実施した教育改革、第2点は2000年に教育開発センターを開設し、所員会議で教育に関する検討項目を抽出するとともにその実施を図ったこと。さらに教員の業績評価など6個のWGを設置して課題を解決したこと。第3点は基礎教育支援センターと専門教育支援センターを設置して常時、学生の相談に応じるサービス体制をつくり退学率を減らしたこと。第4点は1週間の授業科目数を減らし、宿題を与えて理解度を深める米国式の授業の方式を取り入れるよう努力したことである。このように課題を抽出するだけでなく、その課題を具体的に解決するために行動的な組織を設置する手法は、本学の今後のFD活動を進める上で極めて参考になった。

第4回講演会

演題「学生のメンタリティについて」予定

講師：松井隆明 ものづくり大学カウンセラー

最近の学生たちは精神的にひ弱であり、従来からの接し方ではしばしば問題を生じている。これを回避する指導法をカウンセラーにお願いしたところである。

8. 金沢工業大学視察

平成20年11月10日に私立大学で教育改革を実施し、成果を挙げている金沢工業大学を視察した。金沢工業大学は「日本一面倒見のいい大学」と「学生に付加価値を与える大学」として総合的に評価の高い大学である。石川憲一学長から貴重なお話を伺ったあと学内施設を見学した。金沢工大出席者は佐藤恵一教務部長、内海考司教務課長、倉田一男学長室長、ものづくり大学の出席者は神本武征学長、白井裕泰建設学科長、龍前三郎製造学科長、山口民弥教務・情報課長であった。次に示すような改革を石川学長の強力なリーダーシップのもとに継続して実施している。

視察報告

1. 学長主導の教育改革

- 大学の開学理念である「人間形成・技術革新・産学協同」を忠実に実践している。学長から教員の活動方針を年度毎、戦略期間毎に明示している。
- 平成7(1995)年度以来、4年毎に教育改革を行い、現在第4次教育改革を実践しつつあり、恒常的な教育改革に取り組んでいる。教育改革の中で注目されるのは、時代のニーズに応えた新しい工学教育を創設していることである。たとえば、平成2(1990)年の工学基礎実技センターの建設、平成5(1993)年の工学専門実技センターの建設および「夢考房」の設置などがある。
- 適任者をピックアップした戦略組織編成。教育助成金申請などに対する積極性がある。学長スタッフとして教育点検部長を17名選任している。教育改革のプログラムを作成するために、教員10名、職員5名を選抜し、改革チームをつくって答申を求めた。またその成果について教育フォーラムを開催し、これまで24回の発表を行っている。
- 教員に対する評価の実施：教員人事は学長専権事項である。会議への出席など当然行うべき業務とこれに対する評価軸を明確にする。教員の活動記録およびその報告体制を確立する。
- 新規採用教員の導入教育として大部屋に所属して基礎教育からスタート。教員各自の担当、役割の認識を高める。組織（学科等）ごとの閉鎖性を排除。空間や設備の共同利用を図っている。
- 教員に対しては、教育と研究と事務を5:3:2の割合で実践することを求め、大学が教育に重点を置いていることを周知させている。
- 「モノづくり」を中心とする工学部を再編し、「情報学部」「環境・建築学部」「バイオ・化学部」を設置し、大学院の充実をめざして、東京・虎門キャンパスに知的創造システム専攻および高信頼ものづくり専攻を設置し、また扇が丘キャンパスに「こころの時代」を反映した心理科学研究科・臨床心理学専攻を設置している。
- 特に注目された教育実践として「プロジェクトデザイン教育」がある。これは「教育課程の所定レベルの学習で得た知識や技術を総合的に応用して創造的に問題を発見し、工学的にその解決方法を考察し、且つ、具体的に問題解決できることを修得する教育」であり、プロジェクトデザインⅠ・Ⅱ・Ⅲがグループ学習として行われている。
- 印象に残った言葉として、「百見は一験に如かず」「大学は学生が主役」「教学を統率する」「教育はチームプレー」「GP採択のためには事務能力の向上が必要」「社会経験のある教員の比率を50%以上維持する」など。

2. 学生の学習支援

- 基礎教育の段階で十分な授業サポートを実施。基礎教育担当教員＝学習支援担当。
- 環境や設備：自習室、学習スペースの確保。図書館の充実。学生にとって利便性のあ

るシステム（電子掲示，携帯利用など）。

- やる気を起こさせるプログラムを組み込む：自主性を生かした授業．外部との連携を活用したプロジェクトの利用．学生の自主活動のサポート．成果に対する評価．
- 「面倒見のいい大学」のために取っている措置として，①キャリア教育による就職支援②教育センターによる基礎学力支援③地方に出張して行う保護者面談④毎年1回担任が学生に面談する修学アドバイザー制度などがある．
- 学生を誘導するような仕組み：学生の自主性を生かしたシステムの構築．研究室等の配置や管理（学生同士が自然に監視するような緊張感）．工作機械などの使用に便宜を得るための資格認定．自主管理ができるようになるまでは徹底した管理．学生（補助員等）の活用．プロジェクト記録，報告作成の徹底と運用．

以上，教育改革のノウハウについて有益なコメントをいただき，一同感謝して金沢を後にした．

備考：カリキュラムについて：「金沢工業大学における教育改革への取り組み」の8ページにある「プロジェクトデザイン教育の概念図」は非常に有益である．本学の製造学科は参考にする価値がある．

9. まとめ

開設から11年の本学の教育は，以上に述べたとおり多くの課題を抱えており，まだ完成したとは言い難い．この間，産業構造は大きく変化し，また学生の気質と能力も変化した．技能工芸教育を看板に掲げているので，実務と実験の時間配分は多いものの従来の細分化されたタテ割りの専門の組み合わせが基本であり，独創的な「ものづくり」に特化した教育体系は未完成である．教員が情熱をもって「ものづくり」を軸にした教育カリキュラムを構築すると同時に教育方法にも工夫を凝らして勉学と就業意欲の乏しい現代の若者を育てなければならない．

本学の教育理念6項目はすべてを網羅した内容であり，高校生にはポイントがつかみきれないと思われる．本学の掲げる看板「技能工芸学」の意味を高校生に分かりやすく説明して，本学の教育の目指すところを明確にする必要がある．先に紀要編集部の企画した「技能工芸学とは」座談会において吉川昌範名誉教授，飛内圭之学部長，宮本伸子学生課課長らとコンセンサスの得られた卒業生像は「技能の分かる技術者」である．高校生には次のような説明をしてはどうだろう．

ものづくり大学は“技能の分かる技術者”を育てます！技能とは日本伝統の心のこもったものづくりの技であり，技術とは西洋科学の理論に基づくものづくりの知識です．技能と技術を併せ持つ者を英語で Technologists と呼びます．本学の英語名 Institute of Technologists はこれに由来しています．ものづくり大学は，多くの大学で廃止された技能教育を継承し，現代の企業が最も要望する“技能の分かる技術者”の養成を目指しています．

最後に本学が継続的に教育改革を実施して常により良いものつくり教育の実現を目指されんことを希望して報告を終える。

表1 FD推進活動のまとめ

分類	開催年月	内容	講師など	備考
FD講演会	2008.12	FD活動のポイントと実例	川野辺裕幸教授 東海大学教育支援センター所長	
他大学視察	2009.6	教育改革への取り組み	石川憲一学長ほか	視察: 神本、白井、龍前、山口
FD研修会(1)	2010.1	教育現場の問題点は何か	グループ毎の座長: 飛内、龍前、白井	
FD研修会(2)	2010.2	教授法の改善を図るには	同上	
FD研修会(3)	2010.3	授業以外の学生へのサービス	同上	
FD研修会 総括	2010.7	3回のFD研修会の総括	3名の座長がまとめ	
FD推進委員会	2010.6	FD推進委員会の新設		授業改善専門委員会新設 学生アンケート専門委員会新設
FD研修会	2011.9	初年次教育	土居浩先生	
FD研修会	2011.4	教養教育について	土井香乙里先生	
FD講演会	2011.9	学生にとって良い授業、悪い授業とは	遠山紘司教授 神奈川工大、教育開発センター	
外部評価・製造	2011.9	10年目の外部評価	評価委員4名	
10周年シンポジウム・建設	2011.1	シンポジウム形式の外部評価	パネリスト4名	
FD講演会	2012.2	私学における教育改革について	小口幸成元神奈川工科大学長	
FD講演会	2012.3	学生のメンタリティについて	松井隆明カウンセラー	

報 告 Report

ル・コルビュジエ「カップ・マルタンの休暇小屋」制作についての中間報告

原稿受付 2012年4月2日

ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 105~110

赤松 明 市川茂樹 朽木 宏 佐々木昌孝 藤原成暁
 細田保弘 町田清之 八代克彦 横山晋一

ものづくり大学 技能工芸学部
 世界を変えたモノに学ぶ／原寸プロジェクト実行委員会¹⁾

1. はじめに

本制作は2010年6月に神本武征前学長の「本学を元気にし、本学の存在感をアピールする企画募集」に採択されたプロジェクトであり、「世界を変えたモノに学ぶ／原寸プロジェクト(実行委員会)」と題し、建設・製造両学科協働で世界的な名作住宅や工業製品などを原寸で忠実に再現し、生きた教材として学内に常設展示するとともに、本学のユニークなものづくり教育を世界に向けてアピールすることを目的とする。

実行委員会ではまず手始めに、フランスの世界的建築家ル・コルビュジエの終の棲家…イタリアとの国境近く、地中海沿岸のカップ・マルタンにある約5坪(16.5㎡)という小さな休暇小屋…を制作することとした。2010年9月、パリのル・コルビュジエ財団での予備調査を足がかりとして、2011年2月には学生・教職員総勢16名で現地実測調査を敢行し、その成果をもとに家具・照明金物を含め2011年度卒業制作として両学科で共同制作した。その成果が報われ、2011年度学長特別賞の栄に浴することができた。なお、卒業式を翌日に控えた2012年3月15日には本制作の完成発表会が行われ、地元埼玉建築士会の方々をはじめ、遠く千葉・東京からも50名を越える多くの見学者が訪れた。

2. 経過報告

2010(H22)年度8月1日～平成2011(H23)年度3月末日までの活動は以下のとおりである。

【2010年度：模型制作+現地調査】

2010年07月15日 学長プロジェクト企画書提出

2010年09月15日 パリ、コルビュジエ財団にて予備調査²⁾

2010年10月13日 学長プロジェクト採用決定

2010年10月20日 第1回キックオフ・ミーティング

2010年01月21日 休暇小屋の1/5模型制作について4Q卒業研究発表会(建設)³⁾

2011年02月23日-3月2日 フランス現地調査⁴⁾

2011年02月24日 施設委員会にて建設場所決定⁵⁾



図1 フランス現地調査：マルセイユのユニテ・ダビダシオンにて20110226
後列左から 野田(パリ在住) 池田 赤松 豊田 宮本 山本 井上 藤原 横山 町田
前列左から 齋藤 船山 田中 渡辺 梅津 朽木 八代

【2011年度：原寸制作】

- 2011年04月01日 第6回ミーティング：神本学長に現地調査報告
- 2011年06月20日 適合証明交付⁶⁾
- 2011年07月11日 確認申請交付⁷⁾
- 2011年07月15日 着工
- 2011年07月28日 棟上式
- 2011年08月22日 家具制作開始
- 2011年10月29 - 30日 学園祭にて施工現場を公開展示
- 2011年11月28日 金物制作について3Q卒業研究発表会(製造)⁸⁾
- 2012年01月27日 「ものづくり大学通信 No. 6」に報告⁹⁾
- 2012年01月27日 4Q卒業研究発表会(建設)¹⁰⁾
- 2012年02月04日 4Q卒業研究発表会(製造)¹¹⁾
- 2012年03月15日 見学発表会
- 2012年03月16日 第8回卒業式にて学長特別表彰¹²⁾

3. まとめ

2012年3月末時点での本制作の成果をひとつとして「表1 制作図面リスト」をあげたい。建築24枚、家具112枚、建具54枚、金物30枚、縮尺1/1から1/20という、学生たちの気迫が手触り感覚で伝わってくる労作計220枚、A3版詳細図面である。もちろんこれらは現物として原寸で存在していることはいままでのない。

制作の進捗状況として、ほぼ完成とはいうものの、北側立面、一部家具、塗装、外構工事などを残しており、その作業は本プロジェクトに当初から参加しているコアメンバーの新4年生へと引き継がれ、その制作過程は <http://www.youtube.com/user/IOTBuilding> で今後も随時発信・公開予定である。(文責：八代克彦)

表1 作成図面リスト (A3版)

Table with 5 columns: No., 記号, 図面名称, 縮尺, 作成日, 図面担当. Rows include construction drawings like 'A-01 平面図', 'A-01-01 平面詳細図', etc.

Table with 5 columns: No., 記号, 図面名称, 縮尺, 作成日, 図面担当. Rows include construction drawings like 'F-09-02 ヘッドボード 上段', 'F-09-01 ヘッドボード 中段', etc.

Table with 5 columns: No., 記号, 図面名称, 縮尺, 作成日, 図面担当. Rows include furniture drawings like 'F-01 ベッド 三面図・断面図', 'F-01-01 ベッド 前台輪', etc.

Table with 5 columns: No., 記号, 図面名称, 縮尺, 作成日, 図面担当. Rows include furniture drawings like 'D-01 引戸', 'D-01-01 引戸 上部横棧', etc.

Table with 5 columns: No., 記号, 図面名称, 縮尺, 作成日, 図面担当. Rows include material drawings like 'M-01 引戸取手 部品1', 'M-01-01 引戸取手 部品2', etc.

今回の制作は、ものづくり大学神本前学長が起点を与え、それを承けた学生・教職員はじめ多くの協力なくしてここまで辿り着くことはできなかつた。またその過程において基礎の配筋とコンクリート打設では生川工務店、建具の納まりについては浦野建具の職人の方々というように、日頃から学生の指導にあたっていただいている多くの地元企業に真剣勝負の場で改めて薫陶の機会をいただいた。

末筆ながら、本制作にかかわってくださった方々に、ここに深甚の謝意を表する次第である。

注 釈

- 1) 実行委員会のキックオフ・メンバーは以下の9名(担当分野/所属)であった。
赤松明(家具デザイン/建設), 大島博明(建築デザイン/建設), 大塚秀三(建築材料・施工/建設), 日向輝彦(溶接・接合技術/製造), 藤原成暁(建築デザイン/建設), 細田保弘(機械加工/製造), 松本宏行(最適デザイン/製造), 八代克彦(プロジェクトの統括/建設), 横山晋一(木造建築・実測調査/建設)。その後, 随時, 以下のメンバーがサポートに加わった。
市川茂樹(金属加工/製造学科), 朽木宏(設計・確認申請監修/建設学科), 坂口昇(構造設計/建設), 佐々木昌孝(家具デザイン/建設), 土居浩(広報協力/建設), 町田清之(施工指導/建設)。
- 2) 2010年9月16日(木) 11:40-12:00 ル・コルビュジェ財団ディレクター Michel Richard 氏に八代が面会し, 休暇小屋レプリカ制作の主旨, すなわちものづくり大学の教育・研究の一環として学生たちの手で制作する旨を説明し, 以下5つの条件で制作許可を得る。①アカデミックな(教育・研究)目的であること ②展示・保管は学内にとどめること ③学外に持ち出し展示のときはその都度事前に報告のこと ④学生とともに必ずカップ・マルタン現地を訪れること ⑤制作にあたって問題があったら協力を約束する。なお面会に先立って森美術館学芸部の前田尚武氏, 広瀬麻美氏にアドバイスをいただき, 面会時にはパリ在住の建築家野田真紅氏に通訳していただく。面談後, 階上の事務所・資料室を訪ね, 財団職員 M. Arnaud Dercelles 氏にコルビュジェ関連目録についての説明を受け, さらに館内を14:00まで見学。
- 3) 阿部祥吾:ル・コルビュジェ「カップ・マルタンの休暇小屋」模型制作(八代研究室/建設)
- 4) 2月23日-3月2日の現地調査の参加者は学生10名(池田達彦, 井上雄介, 梅津さとみ, 齋藤弘樹, 田中亮, 豊田航平, 船山浩司, 宮本哲, 山本賢人, 渡辺薫恵), 教員6名(赤松明, 朽木宏, 藤原成暁, 町田清之, 八代克彦, 横山晋一)でその模様については以下に報告。
世界を変えたモノに学ぶ・原寸プロジェクト実行委員会:ル・コルビュジェ「カップ・マルタンの休暇小屋」ものづくり大学通信 No.6 2012.1.27
なお, 2月23日-3月2日の調査期間後, 現地に残った4名の学生のうち最後の帰国者(井上)が予定の1日遅れで3月11日帰国し無事帰宅直後, 東日本大震災が発生したことを備忘録として記す。
- 5) 当初は敷地として, 両学科間の内外スペースを立体的に活用できる「ものづくりの道」を予定していたが, 現物が地中海を臨む風光明媚な崖地にあることから, 6月下旬から7月上旬にかけて蓮が開花する調整池を地中海に見立て, その池畔に変更。これにより, 新幹線からも見ることが可能になった。
- 6) 学生2名(梅津, 田中)が現地調査に参加した朽木宏氏の設計事務所にインターンシップ研修中に朽木氏の指導で関係書類をまとめる。
- 7) 同上
- 8) 2011年度卒業研究は, 統一タイトルをル・コルビュジェ「カップ・マルタンの休暇小屋」とした。
豊田航平:インテリアスチールの制作01(細田研究室・製造)
- 9) 前掲4)参照
- 10) 梅津さとみ:実施図面の制作(八代研究室/建設)
栗田 徹:玄関建具・コート掛けの制作(佐々木研究室/建設)
近藤彰太:箱型スツール・テーブル・本棚の制作(赤松研究室/建設)
八久保裕文:施工(1) 基礎工事・材料加工・組立(横山研究室/建設)
安田志信:施工(2) 外装・建具枠・内装(横山研究室/建設)
吉田翔:ベッドの制作(佐々木研究室/建設)
- 11) 齋藤弘樹:洗面器の制作(市川研究室/製造)
鈴木堯幸:インテリアスチールの制作02(細田研究室/製造)
- 12) 今回の受賞は以下のコアメンバー16名(製造3名 建設13名)であるが, ほかに多くの学生が制作に協力参加したことを特記する。青木礼, 井上雄介, 梅津さとみ, 栗田徹, 近藤彰太, 齋藤弘樹, 菅原翔 鈴木堯幸, 田中亮, 豊田航平, 八久保裕文, 宮本哲, 安田志信, 山本賢人, 吉田翔, 渡辺薫恵



図2 地中海に見立てた池の畔に完成した休暇小屋 手前にコンクリート製の浮き橋,右に風力発電の風車が見える



図3 休暇小屋外観 実際には左側にル・コルビュジェ行きつけのレストランがあり, 休暇小屋はその増築部分として建設された



図4 休暇小屋内部01 黄色いランプシェードが見える 天井は今後着彩の予定



図5 休暇小屋内部02 入口突き当たりのコート掛けとその背後にトイレスペースが見える

報告 Report

ものづくり大学平成 23 年度青少年教育活動報告

原稿受付 2012 年 3 月 29 日


ものづくり大学紀要 第 3 号 (2012) 111~118


菅谷 諭 (ものづくり大学紀要編集委員会)

本報告は、平成 23 年度にもものづくり大学が行った主な青少年対外教育活動をまとめた。


名称	出張講義
対象	クラーク記念国際高校生徒
参加人数	10 名
開催日時	2011/5/13
会場	ものづくり大学製造棟 CAD/CAM 室
責任者	ものづくり大学製造学科, 准教授, 松本宏行
備考	高校からの依頼
内容	3DCG における講義説明を行い, 実際に各自 1 名ずつコンピュータ機器に触れながらコンピュータ実習を行った。
意義, 成果	限られた時間であったがソフトウェアの初心者でも実際に形にすることができたので大いに自信を持ってもらえたものと思う。

名称	新幹線はやぶさ形の秘密
対象	高校生
参加人数	10 名
開催日時	2011/5/29
会場	製造棟 M1050 フリュートセンター
責任者	ものづくり大学建設学科, 准教授, 香村誠
内容	「新幹線はやぶさの形の秘密～モノの形と流れの関係～」と題して, オープンキャンパスに参加した高校生および父兄に対し水槽実験を交えながら解説した。
意義, 成果	高校生を流体力学へ誘い, かつ本学への入学を促す目的で開催した。一定の効果があつたものと信ずる。

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	2011/6/18, 10/15, 10/16, 10/29, 10/30	
会場	ものづくり大学, さいたま新都心けやきひろば	
責任者	ものづくり大学建設学科, 准教授, 澤本武博	
備考	行田市後援, スマイルリンクプロジェクト主催, さいたま市後援, さいたま市教育委員会後援, 学園祭	
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。	

名称	子ども大学ぎょうだ	
対象	小学 4~6 年生	
参加人数	35 名	
開催日時	2011/7/16	
会場	ものづくり大学	
責任者	ものづくり大学建設学科, 教授, 三原斉	
備考	県, 市町村, 企業, NPO, 大学の連携事業	
内容	「土をつかった家のかべづくり」をテーマにした講義と、漆喰とタイルを用いたオリジナルプレートの作成。市内の小学生を対象に、小学校では学べない課題をとりあげ、子どもの知的好奇心を満足させる学びの機会を提供する。	
意義, 成果	小学生の知的好奇心を満足させ、ものづくりへの関心を高める。また、産・学・官の連携を深める。	


名称	地震につよい木の家づくりとは？(はてな学)
対象	行田市内の小学生
開催日時	2011/7/16
会場	ものづくり大学 本部棟
責任者	ものづくり大学建設学科, 教授, 小野泰
備考	こども大学ぎょうだ
内容	木造建築物の種類, 地震のしくみ・揺れ, 震度とマグニチュード, 地震による建物の被害, 地震に強い木造住宅について, パワーポイントを用いて, 分かり易く解説した。 また, 誰でもできる [わが家の耐震診断] のパンフレットを配布し, 保護者と一緒に自宅の耐震診断を行って, 自宅が地震にどの程度強いかを知ってもらう。
意義, 成果	小学生が, 地震のしくみや木造住宅の耐震性を知ること, 木造建築に興味を持つことを期待する。

名称	夏休みものりか教室	
対象	小学生	
参加人数	約 50 名, 学生 TA; 10 名	
開催日時	2011/7/25	
会場	行田市立行田西小学校理科室	
責任者	ものづくり大学, 神本武征, 菅谷諭, 大塚秀三	
備考	NPO 法人ふるさと創生クラブ「夏休みふるさと教室」	
内容	NPO 法人ふるさと創生クラブ「夏休みふるさと教室」の中で, ものりか教室を開催した。午前中は低学年を対象に「カルメ焼き」を作成する体験実験を行い, 午後は高学年を対象に「レンズ付きカメラ」の製作と実験を行った。ものづくり大学生 10 名がボランティアとして指導に参加した。	
意義, 成果	行田西小学校と NPO 法人ふるさと創生クラブは, ものづくり大学の協力を歓迎していて, 浸透しつつある。	
トピックス	大学 HP 掲載	

名称	高校インターンシップ	
対象	寄居城北高校生徒	
参加人数	8 名	
開催日時	2011/8/1,2,3	
会場	ものづくり大学製造棟 CAD/CAM 室	
責任者	ものづくり大学製造学科, 准教授, 松本宏行	
備考	高校からの依頼。進修館高校生徒と合同実施	
内容	コンピュータを活用したものづくりを体験してもらうこと, そして将来のものづくり産業へ就職するとき, 進路の参考になるものとして企画実施を行った。具体的には, 3D ソフトウェアを実際に体験してもらい, 個々の作成したデータをレーザー彫刻機にて加工してアクセサリグッズを製作した。	
意義, 成果	3 日間という限られた時間ではあったが, 受講生の覚えが早くアクセサリグッズは多くの種類を製作することができた。後日, 送付頂いた感想文からも達成感, 充実感があつたようである。また, ものづくりへの関心を持ってもらったことも成果としてあげられる。	

名称	高校インターンシップ
対象	進修館高校生徒
参加人数	5名
開催日時	2011/8/1,2,3
会場	ものづくり大学製造棟 CAD/CAM 室
責任者	ものづくり大学製造学科, 准教授, 松本宏行
備考	高校からの依頼, 寄居城北高校生徒と合同実施
内容	コンピュータを活用したものづくりを体験してもらうこと, そして将来のものづくり産業へ就職するとき, 進路の参考になるものとして企画実施を行った. 具体的には, 3Dソフトウェアを実際に体験してもらい, 個々の作成したデータをレーザー彫刻機にて加工してアクセサリグッズを製作した.
意義, 成果	3日間という限られた時間ではあったが, 受講生の覚えが早くアクセサリグッズは多くの種類を製作することができた. 後日, 送付頂いた感想文からも達成感, 充実感があったようである. また, ものづくりへの関心を持ってもらったことも成果としてあげられる.


名称	岩槻商業高校人形製作プロジェクト
対象	岩槻商業高校生徒
参加人数	生徒4名(岩槻商業高校), 教諭:天野孝志
開催日時	2011/8/4,5
会場	ものづくり大学教室
責任者	ものづくり大学製造学科, 准教授, 松本宏行
備考	高校からの依頼
内容	岩槻商業高校生徒が作成した人形イラスト案を元にして, 本学の学生(松本研究室)が3次元CADでのデータやモックアップ作成を行った. さらに型を作成して複数の人形を製作した. 塗装作業などを体験してもらい, ものづくりの楽しさを学んでもらった.
意義, 成果	岩槻における人形の伝統文化そしてものづくり大学におけるコンピュータを活用した新しいものづくりの融合が実を結び, ユニークな人形を複数形にすることができた. 大学の学生が高校生徒へものづくりを指導するという観点からも教育的効果は高いものとする.


名称	地震に強い木造住宅の実力	
対象	高校生	
参加人数	3名	
開催日時	2011/8/21	
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学科, 教授, 小野泰	
備考	オープンキャンパス模擬授業「地震に強い家」	
内容	参加した生徒が, ①貫, ②貫+筋かい, ③貫+筋かい+構造用合板の3つの実大の耐力壁を作成し, それぞれの仕様が, 地震に対してどのような効果を有するかを構造実験を行って解き明かす.	
意義, 成果	実物大の耐力壁実験を行うことで, 実際の地震や台風などの水平力により, 木造住宅にどのような力が作用するかを間近に観察し, 荷重や変形角の大きさなどを具体的な数値として理解することは, 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.	


名称	スターリングエンジンの製作
対象	高校生
参加人数	20人, TA4人, 非常勤1人
開催日時	2011/8/21
会場	製造棟ものづくり工房
責任者	ものづくり大学建設学科, 准教授, 香村誠
備考	主担当:平尾非常勤講師, TA配置担当:三井講師
内容	本学で内製した部品およびホームセンターなどで簡単に手に入るものを使ってスターリングエンジンを作成する講習会を開催した.
意義, 成果	キットを用いない製作活動である. 高校生の「ものづくり」への動機付けとなれば幸いである.

名称	青少年夢のかけはし事業 ものづくり大学の木工ものづくり教室
対象	小学校 5～中学生
参加人数	30 名
開催日時	2011/8/21
会場	ものづくり大学 ティンバー実習場ほか
責任者	ものづくり大学建設学科, 講師, 佐々木昌孝
内容	6枚の杉板を組み合わせた木製踏み台を制作します。踏み板部分がフタになっていて, 小物入れとしても使えるようになっています。釘を使って板を接合して, 釘の頭を埋め木で綺麗に仕上げます。蝶番を使ってフタを取り付けるところが難しく, サンドペーパーで最後の仕上げを行い, 作業時間は2時間30分～3時間くらいです。
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に寄与する。


名称	出張講義
対象	伊豆中央高校生徒
参加人数	89 名
開催日時	2011/8/30
会場	伊豆中央高校教室
責任者	ものづくり大学製造学科, 准教授, 松本宏行
備考	高校からの依頼
内容	「人工筋肉を用いた未来のロボット?!」というテーマで講義を行った。概要として, ロボットの歴史から始まり, 現在, 国内外でロボットがどのように活用されているかを実例を交えて紹介した。また, 研究室で取り組んでいる人工筋肉について解説を行うと共に, 実演デモを行った。
意義, 成果	実際に人工筋肉のモデルを持参しその実演を行うと共に, 体験してもらうことでロボットに関する興味関心を持ってもらえたようである。後日, 受講した生徒からの感想文からも裏付けられる。また本学についても関心を持ってもらった(オープンキャンパスに行きたい。)のも成果として大きい。


名称	木質構造(継手・仕口の強度試験)	
対象	熊谷高等技術専門校	
開催日時	2011/9/2	
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 建設学科 教授 小野 泰	
備考	高大連携(地域交流学習)	
内容	平成 19 年度より, 地域交流学習の一環として, 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 4 体, 横架材の継手の引張試験 4 体, 横架材の曲げ試験 4 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 のもっくん日記(2011 年 9 月)に関係記事掲載	


名称	木質構造(耐力壁の面内せん断試験)	
対象	熊谷高等技術専門校	
開催日時	2011/9/9	
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 建設学科 教授 小野 泰	
備考	高大連携(地域交流学習)	
内容	平成 19 年度より, 地域交流学習の一環として, 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。今回は木造住宅の耐震・耐風性能を担う, 筋かい耐力壁の面内せん断試験を実施した。試験体は, 断面寸法 3×9 cm の片筋かい:1 体, 断面寸法 4.5×9 cm の片筋かい:1 体, 断面寸法 4.5×9 cm のたすき掛け筋かい:1 体の合計 3 体である。	
意義, 成果	生徒が製作した筋かい耐力壁3種類について, 水平加力を加えた際に, 筋かいが圧縮荷重を受ける場合, 引張荷重を受けた場合, それぞれの筋かいの破壊状況を学ぶことができた。実物大の耐力壁実験を行うことで, 実際の地震や台風などの水平力により, 木造住宅にどのような力が作用するかを間近に観察し, 荷重や変形角の大きさなどを具体的な数値として理解することは, 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 のもっくん日記(2011 年 9 月)に関係記事掲載	

名称	出前授業	
対象	高校2年生	
参加人数	5名	
開催日時	2011/9/30	
会場	群馬県立桐生工業高校	
責任者	ものづくり大学建設学科, 教授, 三原 齊	
内容	漆喰を用いたオリジナルプレートの作成. 実際にもものづくりを体験することで, 工学(建築分野)に興味を持たせ, あわせてものづくり大学の紹介を行い, 本学への親近感と関心を高める.	
意義, 成果	高校生の工学への関心を高めものづくり大学への親近感を高めることで学生募集にも寄与する.	

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	76名
開催日時	2011/10/11
会場	行田市立泉小学校
責任者	ものづくり大学建設学科, 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ます. 本教室は, ものづくり大学が地域貢献の一環として行っているもので, 児童のみなさんにカナヅチ, ノコギリ, カンナの安全な使い方を学んでもらうのが目的です.
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です. 毎年の恒例イベントとなっており, 泉小学校の児童も楽しみにしてくれています.


名称	マンガカーレース	
対象	小学生	
参加人数	のべ約150名, 学生 TA;20名	
開催日時	2011/10/22,23,29,30(4日間)	
会場	ものづくり大学	
責任者	ものづくり大学製造学科, 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. その車でレースをさせ, 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. 学生たちには, 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, 小学生にマンガカーを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本学入学生が出てくることが期待できる.	
トピックス	大学HP掲載	


名称	東北復興支援赤べこプロジェクト	
対象	小学生以上	
参加人数	約100名, 学生 TA;10名	
開催日時	2011/10/29,30	
会場	ものづくり大学	
責任者	ものづくり大学製造学科, 教授, 菅谷諭	
備考	http://akabekoproject.com/about-akabeloproject.html	
内容	2011/3/11の東日本大震災の復興支援として, 福島県の郷土玩具「赤べこ」に自由な発想でペイントすることで, 今までにない「オリジナル赤べこ」を作ることにより, 東北の復興支援を応援する活動. 日本を代表する様々なクリエイターたちの作品を展示して見てもらい, 創造力あふれる人材になってもらうことも期待している. 日本赤十字およびあしなが募金を通して被災地へ寄付された.	
意義, 成果	クリエイターの作った赤べこを見てもらい, またオリジナルな赤べこを作ってもらうことで, 様々な人々に「東北」を思い出してもらい, 問題意識の風化を防ぐ.	
トピックス	大学通信第6号掲載	

名称	折り紙建築教室	
対象	小学校高学年以上	
参加人数	約 200 名+学生 TA:5 名	
開催日時	2011/10/29-30(碧蓮祭期間)	
会場	ものづくり大学建設学科大製図室(B2010)	
責任者	ものづくり大学建設学科, 教授, 八代克彦	
備考	おもしろものづくり教室(行田市との連携事業)	
内容	行田市内の小学校高学年から一般市民を対象に, 例年学園祭のイベントの一つとして2011年10月29日, 10月30日の両日開催。1枚のケント紙に切れ目と折り目を入れるだけで三次元の立体建築を制作します。最終目標は行田の蔵や古墳といった地元の風景のオリジナル作品を創作することです。	
意義, 成果	小学生からお年寄りまで, 年齢に関係なく, 家族そろってのものづくりがたのしめます。最大の魅力は1枚の紙から立体へのイメージ展開力を遊び感覚で養えることです。しかも設計図も描くということで, 建築家としてのプチ体験ができ, 毎年常連の小学生もいます。	
トピックス	大学 HP に掲載	

名称	学園祭での大学説明
対象	高校生および学園祭来場者
参加人数	約 50 名
開催日時	2011/11/6
会場	埼玉県立川口工業高等学校
責任者	ものづくり大学製造学科, 准教授, 原薫, 講師, 三井実
内容	埼玉県立川口工業高等学校において, 学園祭の行事の一つとして, 本学の学生フォーミュラプロジェクトについての説明を出展した。フォーミュラカーの実車をはじめ, プロモーションビデオ, パネル等を展示した。
意義, 成果	フォーミュラカーの実車が展示されていたことから, 非常にたくさんの方に見学して頂いた。川口工業高等学校の学生さんをはじめ, 先生方, 学園祭に来場されていた一般の方々に, 強くアピールできたと感じた。特に, 小さいお子さんには, 実車に乗ってもらい, 写真を撮るサービスなども行い, 親御さんにはその間に説明することが出来た。評判も上々であった。学生募集や広報活動に貢献できたと考え。


名称	出張講義
対象	高校生
参加人数	30 名
開催日時	2011/11/26
会場	聖和学園高等学校
責任者	ものづくり大学製造学科, 講師, 三井実
内容	オーディオシステムや, 電子楽器など, 音と電気の関係について講義を行った。具体的には, デジタルとは何か? スピーカやマイクの仕組み。A/D・D/A 変換の基礎, 電子楽器の仕組みなどを説明した。講義後, 持参した簡易型電子楽器(テルミンやシンセサイザ)や, スピーカのコーンに実際に触れてもらった。
意義, 成果	電子楽器や, スピーカのコーンなど, 実機に触れたため, 興味を持って聴く学生が多かった。多くの参加者が楽器やスピーカのコーンを実際に手に取って観察していた。参加者からの評価も上々であり, 本学への興味を持ってもらうことを期待している。

名称	出前授業	
対象	高校 1・2 年生	
参加人数	14 名	
開催日時	2011/12/20	
会場	埼玉県立児玉白楊高校	
責任者	ものづくり大学建設学科, 教授, 三原斉	
内容	漆喰を用いたオリジナルプレートの作成。実際にものづくりを体験することで, 工学(建築分野)に興味を持たせ, あわせてものづくり大学の紹介を行い, 本学への親近感と関心を高める。	
意義, 成果	高校生の工学への関心を高め, ものづくり大学への親近感を高めることで, 学生募集にも寄与する。	
トピックス	同高校 1 年生 40 名が 2012 年 2 月 9 日に本学の見学会を実施	

名称	冬休みものりか教室	
対象	小学生	
参加人数	約 50 名, 学生 TA;8 名	
開催日時	2011/12/24	
会場	行田市立行田西小学校工作室	
責任者	ものづくり大学, 神本武征, 菅谷諭, 大塚秀三	
備考	NPO 法人ふるさと創生クラブ「冬休みふるさと教室」	
内容	NPO 法人ふるさと創生クラブ「冬休みふるさと教室」の中で, ものりか教室を開催した. 午前中は 1,2 年生を対象に「生け花」の体験教室を行った. 午後は 3~6 年生を対象に「割り箸ゴム鉄砲」の製作と競技を行った. 小学生にもものづくりに対する興味を持ってもらった. ものづくり大学生 8 名がボランティアとして指導に参加した.	
意義, 成果	行田西小学校と NPO 法人ふるさと創生クラブは, ものづくり大学の協力を歓迎していて, 浸透しつつある.	
トピックス	大学 HP 掲載	

名称	おもしろ探求授業
対象	荒川区立第3中学校2年生
参加人数	20 名
開催日時	2012/1/31 13:30-15:30
会場	荒川区立第3中学校技術科室
責任者	ものづくり大学建設学科, 教授, 赤松明
内容	荒川区のティーチングスタッフ派遣授業とした専門研究機関と連携した一教科教室型校舎を生かした おもしろ探求授業の一環として木材加工を生徒に講義した. 主な内容は, 木材の性質とその特徴について講義し, 木材(タモ)及び木質材(合板)を使った筆箱を制作させた.
意義, 成果	身近にある木材の性質を理解させるとともに, 木材を使ったものづくりの楽しさを体験させた. 生徒達が, 自らの手を動かして, ものづくりを体験している顔を見ると全ての生徒の顔が生き生きしているのが見て取れた.
トピックス	このおもしろ探求授業は, 2007年からはじめ, 今年で5回を数える.

名称	出張講義
対象	上尾橘高校生徒
参加人数	23 名
開催日時	2012/3/15
会場	上尾橘高校
責任者	ものづくり大学製造学科, 准教授, 松本宏行
備考	高校からの依頼
内容	「コンピュータ」についての講義をしてほしいとの依頼があった. 「コンピュータを活用したデジタルものづくり」というテーマで講義を行った. コンピュータが他にも様々な活用がされていることを知ってもらうことを目的とした. リアルな「もの」とバーチャルな「かたち」いいかえるならば, ものづくりとコンピュータを結び付けるものとしてどのような取り組みがあるかを紹介し, 講義を行った. 具体的には, 3DCADや3Dプリンタなどの実例を交えて説明をし, 実際に大学で制作した作品に触れてもらった.
意義, 成果	生徒自身の興味や適性を確認したり, 進学意欲を高める契機となることを配慮した講義内容とした. 講義を通じての質問などからもコンピュータに関心を持つと同時に本学へ興味を持ってもらえたようである.

名称	出前授業	
対象	高校 1 年生	
参加人数	27 名	
開催日時	2012/3/15	
会場	埼玉県立新座総合技術高等学校	
責任者	ものづくり大学製造学科, 教授, 菅谷諭	
備考	高校の進路相談会の中の出前授業	
内容	高校1年生を対象にした進路相談会の中の職業別出前授業として, 電気・メカトロニクス・機械関係の職業を知る, という趣旨で行われた. 企業と大学での経験をもとに, 「Blu-ray Disc のしくみ」というテーマで, 光学の基礎から, Blu-ray の研究開発の様子を説明することにより, 具体的な仕事の内容や必要な知識などを示し, 電気・メカトロニクス・機械関係のエンジニアの職業を紹介した. 体験型授業を目指し, 実習を中心に実際の装置に触れてもらい, さらに動画を使って詳しく説明することにより, どのように動作しているのかを理解してもらった. 特にレンズアクチュエータの動きに興味を示してくれた.	
意義, 成果	ものづくりに対する興味を持ってもらい, 将来エンジニアになるために, 理工系大学に進学する生徒が少しでも増えることを期待したい.	
トピックス	大学 HP 掲載.	

名称	模擬講義
対象	高校 2 年生
参加人数	23 名
開催日時	2012/3/16
会場	埼玉県立熊谷工業高等学校
責任者	ものづくり大学製造学科, 講師, 三井実
内容	電子楽器の仕組みについて講義を行った. まず, 楽器はどのように音を出しているかを説明し, 人間の動きのセンシングが重要であることを理解してもらった. その後, スピーカやマイクの仕組み, エレキギターの仕組みなどを例に, 人間の動きを電気の変動に変換する仕組みを説明した. 最後に, 自分でも簡単に電子楽器を作れることを示した. また, 実際に簡易型電子楽器(テルミンやシンセサイザ)や, スピーカのコーンに触れてもらった.
意義, 成果	比較的身近な「音」や「楽器」に触れた内容のため, 真剣に聴く学生が多かった. 楽器に触れてみる時間では, 多くの参加者が楽器を楽しそうに演奏していた. 参加者の入学につながることを期待している.

報告 Report

ものづくり大学同窓会 平成 23 年度 地域貢献活動報告

原稿受付 2012 年 3 月 28 日

ものづくり大学紀要 第 3 号 (2012) 119~122

加藤大樹^{*1}, 上原苑子^{*2}, 大塚秀三^{*3}, 宮本伸子^{*4}^{*1}ものづくり大学同窓会 理事(学務部 総務課 施設係)^{*2}ものづくり大学同窓会 会長(学務部 教務・情報課 教務係)^{*3}ものづくり大学同窓会 監査(技能工芸学部 建設学科)^{*4}ものづくり大学 学務部 学生課 課長 (現 教務・情報課長)

1. はじめに

昨年 3 月 11 日に発生した東日本大震災を受け、ものづくり大学同窓会(会長:上原苑子・建設 2 期)では有志を募り、災害ボランティア活動(以下、「ボランティア活動」とする)を行った。また、近隣の幼児・児童を主対象にもものづくりの楽しさを啓発することを目的とし、既に社会で活躍している本学の卒業生の有する技能・技術を活かした地域貢献活動として、体験型ものづくり教室(以下、「ものづくり体験教室」とする)を、昨年度に引き続き実施した。

ここでは、2011 年度にもものづくり大学同窓会が実施した「ボランティア活動」ならびに「ものづくり体験教室」について報告する。

2. 活動概要

「ボランティア活動」は、年間を通して 6 回(2011 年 12 月末日現在)行い、活動場所は岩手県陸前高田市とした。

「ものづくり体験教室」の開催は、行田市よりものづくり大学が依頼を受けて実施している「おもしろものづくり教室」、行田市商工会議所の主催する「商工祭・時代祭り」など、大学周辺において年間を通じて複数回実施した。メニューは、毎年好評を博している道具箱型筆箱およびグラスブラストである。使用する材料の一部については、建設学科のご好意により実習の廃材をご提供頂いている。

講師は、昨年度同様ものづくり大学同窓会役員ならびに卒業生有志を主としており、ボランティアによるものである。今後、同教室を更に活性化するため、Teaching Staff として卒業生を広く募っているところである。

3. 活動内容

3.1 陸前高田市災害ボランティア活動

3.1.1 概要

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災を受け、岩手県陸前高田市での復興支援活動

を行った。

この活動は、地震発生の翌日より計画していたが、震災直後はまだボランティアの受け入れを行っていなかったため、受け入れが始まるまでは情報収集と卒業生の有志を募る準備期間とした。

活動場所を岩手県陸前高田市とした理由として、建設学科元非常勤講師村上村上幸一先生の故郷であることがあげられる。村上先生は、開学当初から 2010 年度までものづくり大学建設学科の非常勤講師として、多くの学生に指導を行っていた。そのため、多くの卒業生と交流があり、震災直後は安否を心配する声が多く聞かれた。ものづくり大学同窓会では、村上先生に対する卒業生の想いを伝え、村上先生の協力のもと故郷の復興支援を進めることとした。

3.1.2 実施報告

ボランティア活動は、4月・5月・8月・9月・10月・11月・12月にて行い、31日間で延べ 219 名での活動を行った。（写真 1）

第 1 回目の活動は、事前に現地連絡し状況確認を実施したが、すべてが手探り状態の中、準備が進められた。宿や食料、水に至るまですべて自己完結でき、現地での調達が不要であることを念頭に置いて準備が進められた。また、有志を募り可能な限りの物資も用意し、現地へ向かった。

初めて見る被災地の印象は、言葉に出来ない。被災地より内陸に位置するボランティアセンターを出発し、活動現場へ向かう道中は、平穏な町並みが並び、多少の会話があった。しかし、津波の被害を受けた地域が見えた瞬間全ての会話は止み、数秒の間誰も口を利けなかった。それほどまでに衝撃的な光景であった。

しかし、第 2 回目以降の活動では若干復興も進み、ボランティアの受け入れ態勢の整備や我々の情報の蓄積も進んだため、効率的に活動できるようになった。第 2 回目の活動では、ものづくり大学大塚研究室・日本大学中田研究室合同チームが参加し、専門的意見を活用した効率的作業の実施や大人数による瓦礫や汚泥の撤去活動を実施することができた。

大きな懸案事項の一つであった金銭面の問題についても、赤い羽根共同募金からの支援（「ボランティア・NPO 活動サポート募金（ボラサポ）」）を受けることができたため、かなり軽減された。その他、我々はものづくり大学の卒業生、またはものづくり大学生であるため、次第に一般のボランティアには依頼できない危険を伴う作業や、相応の知識や技術が必要な作業を任されることが多くなった。

ボランティア活動の主な内容は、下記の通りである。（表 1）

また、参加者が社会人であることから、現地での活動日数が限られてしまうため、関東からの長期的支援方法を検討した結果、オリジナルグッズを制作することとなった。グッズは、ボランティアセンターを運営している陸前高田市社会福祉協議会賛同の元、同センターで販売されており、その収益を仮設住宅等へのボランティア活動の費用として充てることとしている。

なお、本活動については 2012 年 1 月 1 日付の埼玉新聞（写真 2）及び 2 月 16 日付の読売新聞（写真 3）にて紹介されている。

表1 平成23年度ボランティア活動一覧

No.	活動期間	参加延べ人数	活動内容
1	4月30日(土)～5月8日(日)	81名	瓦礫撤去, 汚泥掻き出し, 物置移設, 納屋解体, 救援物資配布
2	8月10日(水)～17日(水)	89名	汚泥掻き出し, 側溝泥出し, 仮設住宅への掲示板作製・設置
3	9月17日(土)～20日(火)	15名	草刈り, 瓦礫撤去
4	10月8日(土)～10日(月)	4名	案内板設置のための現地調査
5	11月3日(木)～6日(日)	12名	仮設住宅の入口への案内板の作成・設置
6	12月23日(金)～24日(土)	18名	ボランティアセンターへ仮設風除室設置, 引越し手伝い, 看板用の板の加工, 竹の切出し・加工



写真1 活動状況



写真2 埼玉新聞 (2012/1/1)

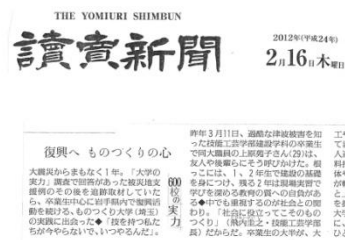


写真3 読売新聞 (2012/2/16)

3.2 小学生対象体験教室

3.2.1 道具箱型筆箱

(1) 概要

ここで言う道具箱とは、日本の職人（大工等）が、道具を収納する為に使用していた木製の箱のことを言う。日本文化の一つである職人の道具箱の原理を現代の子供たちに伝えるため、本来の縮尺を変更し、筆箱として使用できるようにした。

作り方については、昨年度と同様である。¹⁾

(2) 実施報告

7月に、昨年と同様に、ものづくり大学が行田市からの依頼で開催している「おもしろものづくり教室」にて、「道具箱型筆箱をつくろう」を開催し、定員の30組を超える応募があった。

3.2.2 グラスブラスト

(1) 概要

ブラストは、建築・製造の両分野において使用されている技術であるが、加工現場を目にする機会の少ない技術である。そういった技術に触れることで、地域の子どもに対し、昨年と異なる角度からものづくりへの好奇心にアプローチできるのではという思いからこの体験教室を開催した。

(2) 実施報告

7月に、3.2.1 (2) と同様の依頼により、「グラスブラストでコップに絵を描こう」を開催し、定員30組に対し、定員を超える数の応募があった。

4. まとめ

本年度は、災害ボランティア活動を精力的に行い、微力ながら被災地の復興に貢献できたように思う。しかし、完全な復興はまだまだ先にあり、ボランティアもまだまだ必要である。現地では、震災から1年が経過し人々の関心が薄れているのでは、との危惧もある。我々はものづくり大学の卒業生として、今後も被災地の復興に尽力していく所存である。

また、体験教室についても、継続的に開催していく予定である。(表2)

表2 参加者一覧

体験教室項目	参加者数	実施時期
道具箱型筆箱	30組	7月(おもしろ)
	20組	11月(中央小)
	43組	11月(時代祭り)
グラスブラスト	30組	7月(おもしろ)

謝辞

ものづくり大学同窓会の活動に際し、学校法人ものづくり大学ならびに学生課をはじめ、実習用機器および実習の廃材提供では製造学科・建設学科より多大なるご支援を頂いています。また、ボランティア活動の一部は、赤い羽根共同募金からの助成を受けたものです。本活動には同窓会役員をはじめ、多くの卒業生・在校生有志のご助力を得ています。ここに、紙面を借りて関係各位に深謝いたします。

文献

- 1) 加藤大樹・上原苑子・大塚秀三・倉川尚志・宮本伸子：ものづくり大学同窓会 平成 22 年度 地域貢献活動報告, ものづくり大学紀要, 1, 2 (2011) 104.

記 録 Record

第 11 回ものづくり大学教育研究推進連絡協議会議事録

- 1, 日時：平成 24 年 2 月 20 日
 - 2, 場所：経団連会館（ルビールーム）
 - 3, 出席者：21 社（団体）21 名
 - 4, 次第
 - (1) 会長挨拶
 - (2) 学長挨拶
 - (3) 大学活動状況報告
- ① インターンシップ活動状況報告 参事・学生課長 宮本伸子
 「ものづくり大学におけるインターンシップの教育成果と今後
 ～大学生の就業力育成支援事業の取り組みを踏まえて～」
 ・インターンシップの実施状況，評価並びにそれに伴う今後の課題と，就業力育成支援事業の中で，事前事後の教育強化を図っている等の報告を行った。
- ② 学生発表
- ②-1 製造学科 3 年 牧 海祐 「泰日工業大学短期留学インターンシップ報告」
 ・泰日工業大学での活動状況と活動を通じて学んだこと，MEATH（Mitsubishi Electric Automation (Thailand)）でのインターンシップ（工場実習）で学んだこと等を発表した。また，今後について，自分の未来像と就職活動の方向性を発表した。
- ②-2 建設学科 3 年 藤本 祐輝
 「インターンシップと現在の就職活動及び就職後の目標設定」
 ・インターンシップ先を決めるにあたっての考えや，実際の活動の様子について発表した。また，インターンシップで学んだことが授業や就職活動に活かしていること，就職後の目標等について発表した。
- ②-3 製造学科 4 年 山極 航 「インターンシップ及び課外活動の経験と就職後の目標」
 ・インターンシップで携わった作業内容や失敗から学んだこと，それを活かした就職についての発表があり，世界で活躍できる技術者を目標とする未来像を話した。
 併せて，東京デザイナーズウィークプロジェクト（課外活動）や卒業研究の取り組みと成果について発表した。
- ②-4 建設学科 4 年 梅津 さとみ
 「学長プロジェクト 2010 ル・コルビュジエ カップ・マルタの休憩小屋」実施図面制作」
 ・インターンシップを兼ねた学長プロジェクトにおける具体的な取り組みの様子と成果について発表した。
- ③ 意見交換
 飛内学部長の司会で下記意見，質疑応答等があった。
 ・実習を含め，授業で習っていることがインターンシップを通して精神的，実務的，社会的に良い経験となっている。発表した学生のような模範生にすべての学生がなるようにこれからも努力して欲しい。卒業生の組織づくりやネットワークづくりが大学の中長期的な戦力となる。
 ・同窓会名簿の作成等同窓会活動の強化に努力したい。また，卒業生を教職員として採用することも考えていきたい。また，オープンキャンパスで卒業生の活動状況の報告を行っ

ている。

- ・製造業は海外へ事業シフトしており、泰日工業大学との交換留学やインターンシップの経験の発表が印象に残った。今後、泰日工業大学との交換留学やインターンシップをどう広げていくのか、また、タイ以外の海外留学やインターンシップといった外国の学生等に触れる機会をどうつくっていく予定なのか。

- ・泰日工業大学との交換留学を続けていく予定である。タイ以外の国との機会は検討課題である。留学生の受け入れについては強化したいと考えている。

- ・施工管理を希望する学生や社員が少ない。自ら現場で汗を流して仕事に関わってくれるような人材を輩出して欲しい。今後は、ぜひインターンシップに協力していきたい。

- ・土木、外溝、造園においても様々な知識や技術が必要となる。いろいろな場所に行って、いろいろなことを勉強して欲しい。

- ・それぞれの立場で自分が責任を持って何を行っているかということを経験していかないと埋もれてしまうことになる。ぜひ、実習でも研究でも外にアピールする機会をつくって欲しい。

- ・今後も積極的に大学と密な関係を維持し、協力していきたい。

- ・特にキャリアプランノートはよくできており、事前に目標を立て、事後にどのようなことを学んだのかについてしっかり棚卸しすれば、ノートの仕組みとあいまってうまく回っていくと思う。

- ・入社後やめる若者が多い。その中には、現場に配属され、初めて叱られたことに驚いてやめてしまう者がいる。そのような意味でも入社前にインターンシップという形で現場を経験できるのは良い方法である。

(4) 諸報告

事務局長から平成 23 年度の入学者の状況、就職状況、インターンシップの実施状況及び受託研究等について、資料に基づき報告がされた。

下記意見、質疑応答があった。

- ・就職未内定者の 3 割について、学生自身の努力も必要であるが、特に指導教員の動きが重要となると考える。教員の推薦が学生にとって大きなバックアップになる。「ものづくり」という表現は大学名以外に使う機会があるのか。

- ・通常はものづくりと表記し、大学名でのみ「ものづくり」を使用している。

- ・社会情勢上就職が難しい状況である。きめ細かく学生一人ひとりに指導できるかが課題ではないか。インターンシップの活動や趣旨には賛同できるので、継続して更に向上させて欲しい。

- ・就職にインターンシップは有効である。工夫すれば、就職率は上がると思う。

- ・後進国において自力でものづくりを始めている。そこにものづくりを学んだ学生が必要になる。自社はモンゴルとの関わりがあるので、ぜひ、大学を紹介して交流の機会をつくれなかと考えている。

- ・小さな会社であるので、良い人材を確保するのは大変である。インターンシップを通して出会いの場を作りたいので、ぜひ学生に会社を PR して欲しい。

- ・優秀な人材が欲しいので、インターンシップは有効であり良いきっかけになると考える。

将来的には受入りたい。3年生の10月ぐらいから就職活動を行うと基礎能力をつける時間が削られるのではないか。ものづくり大学の実態はどうか。支障は無いのか。

・授業に出ずに就職活動に明け暮れるという実態はない。3年生は就職指導が主であり、授業の時間外に行っている。

・ものづくり大学では、インターンシップをしっかりと行っているため、就職活動の際に右往左往しなくなり、また、活動を絞って行うことができているので、授業に出てこないということがないのではないか。

・インターンシップ先を選ぶときから、将来を見据えて選択させているので、そのことが就職活動につながっている。協力企業あつてのインターンシップであるので、今後とも協力をお願いしたい。

記 録 *Record*

平成 23 年度教員研究業績一覧

査読付き論文および国際会議予稿集

著者	題目	雑誌名	発行年ある いは開催日	巻あるいは 開催地	号	ページ
Hitoshi MIHARA, Takuro YOSHIDA, Ko SUZUKI	Study on Vocational Education in New Construction Techniques and Skills Focusing on Modern Plasterers in Japan	Proceedings of CRIOCM 2011. International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate. September 23–25, 2011	2011.9	Chongqing, China	2011	484-493
Kaori Doi	Conversation Styles of English learners – Backchannels in conversational interactions	Roundtable proceedings (Institute of Education, University of London, Korea University and Waseda University Exchange Programme)	2011	Tokyo		77-82
Kaori Doi	Repair in English and Japanese Disagreement Discourse: Communication Pattern and Second Language Acquisition.	The Bulletin of Institute of Technologists	2011	2		54-59
Kaori Doi	Conversation Styles in ELF Interactions: How ELF speakers successfully communicate?	Waseda ELF International Workshop. Individual paper presentation.	2011	Tokyo		
Teruo Kondo, Shinji Okuno	Life-cycle cost estimation of a new metal spraying system for steel bridges	Proceedings of IABMAS 2012	2012.7	Como, Italy		採用決 定
青木繁, 西村惟之, 廣 井徹磨, 栗田勝実, 平 井聖児 , 越水重臣	Analytical Method for Reduction of Residual Stress Using Low Frequency and Ultrasonic Vibrations	Proceedings of International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2011	2011	No.11-203 Paper No. OS14-1-1		

大塚秀三 , 八木修, 鈴木和参, 上船慎也	シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布剤の併用によるコンクリートの表面改質に関する研究	ものづくり大学紀要	2011	2	2	48-53
大塚秀三 , 八木修, 中田善久, 荒巻卓見	シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布剤の併用によるコンクリートの表面保護効果に関する研究	日本建築学会技術報告集	2012	18	38	15-19
香村誠	ブレードコーティングによって塗工される液膜厚さとブレード角の関係	ものづくり大学紀要	2011	2		21-27
後藤 正明, 土田 祥彬, 澤本 武博 , 地頭菌博	ひび割れにエポキシ樹脂を注入したコンクリートの圧縮強度および引張強度特性に関する研究	ものづくり大学紀要	2011/6	2	1	42-47
小林祐子, 平岡尚文 , 小川秀樹, 西村隆宣	ゴムローラの膨潤加速試験方法	日本機械学会論文集(C編)	2011	77	775	858-868
近藤照夫 , 鈴木 晃, 後藤善光	建築用アルミニウム合金材料に対する環境に配慮した加熱硬化形塗装仕様の検討 その1 素地調整に対する実験的な評価方法の検討	日本建築学会構造系論文集	2012.2	Vol.77	No.672	171-176
坂本英之, 中田善久, 大塚秀三 , 毛見虎雄	締固めにおける棒形振動機と鉄筋の接触がコンクリートと鉄筋の付着強度に及ぼす影響	コンクリート工学年次論文集	2011	33	1	383-388
澤本 武博 , 飛内 圭之, 後藤 正明, 地頭菌博, 田中 久順, 佐藤嘉一	硬化コンクリートの塩化物イオン浸透深さの簡易測定方法に関する研究—変色境界における塩化物イオン量の検討—	ものづくり大学紀要	2011/6	2	1	36-41
澤本 武博 , 飛内圭之 , 辻 正哲	初期の水中養生期間が高強度コンクリートの力学的性質に及ぼす影響	Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan	2011/11	18	11	340-344
白井裕泰 , 中川武	阮朝フエ王宮における隆徳殿の当初材について	日本建築学会計画系論文集	2012	77	671	149-155
菅谷諭 , 的場やすし, 喜納ロビン政志	ユニバーサルデザインを考慮した靴型楽器(オトクツ)の開発とその介護予防への応用	ものづくり大学紀要	2011	2		11-14

鈴木 光, 吉田 倬郎, 三原 斉	明治期の左官職および付属 職工の等級と作業形態の考 察	日本建築学会第 27 回建 築生産シンポジウム論文 集	2011.7	27		43-50
鈴木 光, 吉田 倬郎, 三原 斉 , 櫻井 翼	大正期の左官仕様書とその現 代左官への活用の研究	工学院大学研究報告 第 111 号,	2011.1	工学院大学	111	.127-134
鈴木 光, 吉田 倬郎, 三原 斉	施工者からみた外壁ラス下地 モルタル塗り仕上げの現状の 研究	日本建築学会計画系論 文集	2011.3	Vol.76	661	.673-679
三原 斉 , 吉田 倬郎, 鈴木 光	上級左官技能者の教育に関 する研究	日本建築学会第 27 回建 築生産シンポジウム論文 集	2011.7	27		.63-70

講演論文

著者	題目	雑誌名	開催日	開催地あ るいは巻	号	ページ
青木繁, 栗田勝実, 越 水重臣, 西村惟之, 廣 井徹磨, 平井聖児	振動を利用した溶接残留応力 の低減(加振振動数の影響)	日本機械学会山梨講演会				p4-5 2011
青木繁, 栗田勝実, 越 水重臣, 西村惟之, 廣 井徹磨, 平井聖児	低周波振動および超音波振動 を用いた溶接残留応力低減	Dynamics and Design Conference 2011				No.11-2 CD-ROM Paper No.165 2011
赤谷樹一郎, 大塚秀 三 , 竹村雅行, 遠野未 来	荒木田土を用いた版築壁の強 度性状に及ぼす調合および施 工要因影響に関する研究	2011 年度日本建築学会関 東支部研究報告集	Mar-12	東京		41-44
芦川雄郁, 中田善久, 大塚秀三 , 秦一平, 柳 崎尚輝	大規模地震による鋼製下地材 を用いた在来工法天井の被害 状況に関するアンケート調査	2011 年度日本建築学会関 東支部研究報告集	Mar-12	東京		161-164
荒巻卓見, 大塚秀三 , 八木修, 中田善久	屋外暴露環境における含浸材 と表面塗布材の併用による表 面処理材の表面保護性能の持 続性に関する研究	2011 年度日本建築学会関 東支部研究報告集	Mar-12	東京		85-88
上船慎也, 大塚秀三 , 八木修, 中田善久	シラン系含浸材とシラン・シロ キサン系表面塗布材の併用に よるコンクリートの表面改質 その 2 表面保護性能の評価	日本建築学会大会学術講 演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大 学		131-132

内田雅之, <u>大塚秀三</u> , 中田善久, 飛坂基夫, 平野修也	温水養生法による模擬柱部材 のコア強度の推定に関する実 験的研究 その1 温水養生強 度と簡易断熱養生強度および コア強度の関係	日本建築学会大会学術講 演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大 学	823-824
<u>大島博明</u>	市町村合併に関する調査研究 他その1	秩父市議会研修会	7-Nov	秩父市	
<u>大島博明</u>	市町村合併に関する調査研究 他その2	秩父市議会研修会	6-Feb	秩父市	
<u>大塚秀三</u> , 中田善久	コア強度とその変動に及ぼす 模擬部材の高さ寸法の影響	平成 23 年度第 55 回日本 大学理工学部学術講演会 論文集	Nov-11	日本大学	151-152
大辻浩輔, 中田善久, 春山信人, <u>大塚秀三</u> , 澤本武博	コンクリート強度試験用供試体 におけるペースト皮膜の有無と 応力- ひずみ曲線に関する一 考察	2011 年度日本建築学会関 東支部研究報告集	Mar-12	東京	137-140
大辻浩輔, 中田善久, <u>大塚秀三</u> , 坂本英之	コンクリート型枠用合板の転用 回数とコンクリートおよび合板 の品質に関する研究 その1 実験概要および合板の強度と タイル張り下地モルタルの接着 強度	平成 23 年度第 55 回日本 大学理工学部学術講演会 論文集	Nov-11	日本大学	143-144
大辻浩輔, 中田善久, <u>大塚秀三</u> , 坂本英之, 高梨洸平, 蔵田佳祐	コンクリート型枠用合板の転用 がコンクリートおよび合板の品 質に及ぼす影響 その1 実験 概要および合板の品質	日本建築学会大会学術講 演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大 学	759-760
奥山智也, <u>林英昭</u> , <u>白 井裕泰</u> , 中川武	昭敬殿の仮設工事についてー 阮朝・太廟・昭敬殿の復原計画 (その2)ー	日本建築学会大会学術講 演梗概集	25.8.2011	早稲田大 学	433-434
奥山, <u>ピチャイ</u> , <u>平井</u>	ハイブリッドコントローラを用い たモデル規範型適応制御	電気学会産業応用部門大 会	9/7	琉球大学 千原キャ ンパス	485-488
<u>小野泰</u> , <u>白井裕泰</u> , 中 川武	修復後の隆徳殿の水平加力実 験ー阮朝・太廟・昭敬殿の修復 計画(その3)	日本建築学会 2011 年度大 会(関東)学術講演梗概集 C-1 構造Ⅲ	2011/8	東京	387-388
勝木雅俊, <u>高橋正明</u>	ジャイロモーメントの持続性を 高めたトルカの研究	2012 年度精密工学会春季 大会学術 講演会講演論文集	2012/3/14 ~3/16	東京都	

菊池 基, <u>高橋</u> 正明	パラレルリンク単純化3軸機構の提案	2012 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集	2012/3/14 ~3/16	東京都		
後藤 正明, <u>澤本</u> 武博, 因幡 芳樹, 根岸 稔, 湯浅 昇, 笠井 芳夫	コンクリートの強度発現および形状が表面硬度の測定値に及ぼす影響	日本非破壊検査協会平成 23 年度春季大会講演概要集	2011/5	東京		77-80
後藤 正明, <u>澤本</u> 武博, 因幡 芳樹, 守屋 健一	表面硬度の測定値に及ぼすコンクリートの強度発現および形状の影響	日本建築学会 2011 年度大会(関東)学術講演概要集 A-1 材料施工	2011/8	東京		175-176
小林智行, <u>原</u> 薫	フォーミュラSAE競技車両用インパクトアッテナータに関する研究	公益社団法人自動車技術会関東支部	2012/3/8	東京(日大理工学部)	CD 版	
<u>近藤</u> 照夫	アルミニウム合金に対するクロムフリー系化成処理の品質管理に関する検討	日本建築仕上学会 2011 年大会学術講演会研究発表論文集	11-Oct	東京		193-196
<u>近藤</u> 照夫, 村井知之, 伊井敏彦	粉体塗装アルミニウム合金製建築材料の性能評価 その 5	日本建築学会 2011 年大会学術講演梗概集 A-1	Aug-11	東京		123 -124
<u>近藤</u> 照夫	粉体塗装アルミニウム合金製建築材料に対する性能評価	表面技術協会第 125 回講演大会講演要旨	12-Feb	東京		E-15-18
<u>近藤</u> 照夫, 村井知之, 伊井敏彦, 鈴木 誠	粉体塗装アルミニウム合金製建築材料の性能評価 その 6	日本建築仕上学会 2011 年大会学術講演会研究発表論文集	11-Oct	東京		109-112
坂本英之, 中田善久, <u>大塚</u> 秀三, 毛見虎雄	締固め作業によるコンクリートと鉄筋の付着強度比に関する一考察	日本コンクリート工学会コンクリートと補強材の付着挙動と付着構成則に関するシンポジウム論文集	Sep-11	東京		289-294
坂本英之, 中田善久, <u>大塚</u> 秀三, 大辻浩輔	コンクリート型枠用合板の転用回数とコンクリートおよび合板の品質に関する研究 その 2 コンクリートおよび合板表面の品質	平成 23 年度第 55 回日本大学理工学部学術講演会論文集	Nov-11	日本大学		145-146
坂本英之, 中田善久, <u>大塚</u> 秀三, 高梨光平, 大辻浩輔, 蔵田佳祐	コンクリート型枠用合板の転用がコンクリートおよび合板の品質に及ぼす影響 その 2 コンクリートおよび合板表面の品質に及ぼす影響	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大学		761-762

澤本 武博、後藤 正明、舌間 孝一郎、地頭 菌 博、田中 久順、佐藤 嘉一	ドリル削孔粉と硝酸銀溶液を混合した場合における変色境界の塩化物イオン量に関する研究	日本非破壊検査協会平成23年度春季大会講演概要集	2011/5	東京		105-108
澤本 武博、飛内 圭之、湯浅 昇、笠井 芳夫	ドリル削孔粉と硝酸銀溶液を用いたコンクリートの塩化物イオン浸透深さ簡易測定方法	日本建築学会 2011 年度大会(関東)学術講演概要集 A-1 材料施工	2011/8	東京		161-162
清水良平、中田善久、大塚秀三、杉山正和、植草亮介	高強度コンクリートに施工された金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす配筋位置の影響 その2 各種配筋による検討	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大学		375-376
白井裕泰	江戸の建築	放送大学	4/23・24	埼玉学習センター		
白井裕泰	日本建築史講座XIV「塔の不思議1・2」	群馬県立博物館友の会	5/21、6/16	群馬県立博物館ホール		
白井裕泰	「職人の技」ーものづくり大学に学ぶー	熊谷市直実市民大学	9月15日	熊谷文化創造館さくらめいと		
白井裕泰	文化財建造物の保存と修理ーヴィエトナム・フエ・阮朝・隆徳殿修復プロジェクト 2005-2008	財団法人 いきいき埼玉	10月11日	熊谷市妻沼行政センター		
白井裕泰	まちづくりにとっての旧国立駅舎	国立市	2012/1/22	熊谷市役所会議室		
白井裕泰	あきる野市内における神社建築の様式	あきる野市	2月24日	あきる野市公民館		
白井裕泰、林英昭、中川武	昭敬殿の復原計画についてー阮朝・太廟・昭敬殿の復原計画(その1)ー	日本建築学会大会学術講演梗概集	25.8.2011	早稲田大学		431-432
杉山正和、中田善久、大塚秀三、清水良平、植草亮介	各種施工要因が金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす影響	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大学		371-372
鈴木 光、吉田 倬郎、三原 斉	大正期の左官仕様書とその現代左官への活用の研究	日本建築学会 2011 関東大会 学術講演梗概集	2011.9	東京	1452	pp.903-904
鈴木 光、吉田 倬郎、三原 斉	明治期の左官材料・工法の変遷	無機マテリアル学会 セツコウ・石灰・セメント・地球環境の科学	2011.9	無機マテリアル学会	第18号	pp.288-294

須藤絵美, 中田善久, 斉藤丈士, 大塚秀三	溶融スラグ骨材を用いたモルタルにおけるポップアウトの発生に関する検討 その 1 硬焼生石灰の混入率がモルタル供試体の品質に及ぼす影響	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大学	631-632
高梨洸平, 中田善久, 大塚秀三 , 坂本英之, 大辻浩輔, 蔵田佳祐	コンクリート型枠用合板の転用がコンクリートおよび合板の品質に及ぼす影響 その 3 タイル張り下地モルタルの接着強度に及ぼす影響	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大学	763-764
土田 祥彬, 望月 昭宏, 澤本 武博 , 地頭蘭博, 舌間 孝一郎	自動式低圧注入工法で補修したコンクリートの強度特性の評価方法—その2 コンクリート強度および注入材料の影響—	日本非破壊検査協会平成 23 年度春季大会講演概要集	2011/5	東京	85-88
土田 祥彬, 澤本 武博 , 飛内 圭之	自動式低圧注入工法で補修したコンクリートの強度特性の評価方法に関する研究	日本建築学会 2011 年度大会(関東)学術講演概要集 A-1 材料施工	2011/8	東京	141-142
中田善久, 大塚秀三 , 坂本英之, 大辻浩輔	コンクリート型枠用合板の転回数とコンクリートおよび合板の品質に関する研究 その 3 コンクリート用型枠合板の転用がコンクリートの耐久性に及ぼす影響	平成 23 年度第 55 回日本大学理工学部学術講演会論文集	Nov-11	日本大学	147-148
中田善久, 大塚秀三 , 清水良平, 杉山正和, 植草亮介	高強度コンクリートに施工された金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす配筋位置の影響 その 1 文献調査および実験概要	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大学	373-374
林泰之, 平岡尚文	微小横振動が摩耗に与える影響について	トライボロジー会議予稿集	11-May	東京	35-36
春山 信人, 中田 善久, 斉藤 丈士, 澤本 武博 , 大塚 秀三 , 女屋英明, 田村 裕介, 毛見虎雄	高強度コンクリートにおける材料の構成割合と静弾性係数に関する一考察(その 1 セメントペーストと細骨材の容積割合の影響)	日本建築学会 2011 年度大会(関東)学術講演概要集 A-1 材料施工	2011/8	東京	365-366
春山信人, 中田善久, 斉藤丈士, 澤本武博, 大塚秀三 , 女屋英明, 田村裕介, 毛見虎雄	高強度コンクリートにおける材料の構成割合と静弾性係数に関する一考察 その 1 セメントペーストと細骨材の容積割合の影響	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大学	365-366

平井聖児, 高橋常二郎, <u>香村誠</u> , <u>ピチャイサエチャウ</u> , <u>菅谷諭</u> , 青木繁, 坂口祐亮	高濃度マイクロバブル発生装置の性能	ABTEC2011 講演論文集	9/6,7,8,9	名古屋		371-372
平野修也, <u>大塚秀三</u> , 中田善久, 飛坂基夫, 内田雅之	温水養生法による模擬柱部材のコア強度の推定に関する実験的研究 その2 温水養生法を応用した構造体強度補正值に関する検討	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大学		825-826
古川裕大, <u>三橋眞成</u>	LED 電球と白熱電球の照度分布測定と比較検討	2012 年度精密工学会春季大会講演論文集	16-Mar	東京		495-496
松原俊一, <u>大塚秀三</u> , 中田善久	コンクリート工事における施工体制に関する調査 その1 コンクリートの打込み時における基礎調査	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大学		767-768
<u>三原 斉</u> , 吉田 倬郎, 鈴木 光	左官の上級職長や熟練工を育成するための技術技能者教育に関する研究 新しい建築技能教育の手法に関する研究 その15	日本建築学会 2011 関東大会 学術講演梗概集	2011.9	東京	13020	pp.659-660
望月 昭宏, 土田 祥彬, <u>澤本 武博</u> , 地頭蘭博, 舌間 孝一郎	自動式低圧注入工法で補修したコンクリートの強度特性の評価方法ーその1 注入方向の影響ー	日本非破壊検査協会平成23 年度春季大会講演概要集	2011/5	東京		81-84
八木修, <u>大塚秀三</u> , 中田善久, 上船慎也	シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の併用によるコンクリートの表面改質 その1 実験概要および美観性の評価	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊	Sep-11	早稲田大学		129-130

記 録 Record

平成 23 年度教員著作一覧

著書

著者	書名	出版社	出版社所在地	発行年月日
平岡尚文, 谷弘詞, 小山田具栄, 田中智久	摩擦との闘い—家電の中の厳しき世界—	コロナ社	東京	2011.8
白井裕泰, 林英昭, 栗子岳大, 小野泰, 齋藤嘉一, 朝光拓也, 藤田香織	阮朝・太廟・昭敬殿の復原計画—ヴィエトナムの文化遺産に関する国際協力—2010 年度活動報告(平成 22 年度科学研究補助金基盤研究 A)	ものづくり大学白井裕泰研究室		2011.3
三原 斉, 大島 博明, 大塚 秀三, 伊藤 大輔他	ラクラク突破 2 級建築士スピード学習帳	(株)エクснаレッジ	東京	2012.3
三原 斉, 北條 哲男, 大島 博明, 大塚 秀三, 伊藤大輔 他	ラクラク突破 1 級建築士スピード学習帳	(株)エクснаレッジ	東京	2012.3

解説等

著者	題目	書名(雑誌名, 報告書名など)	巻	号	発行年月日	ページ
大塚秀三, 齋藤俊克	特集:まるごと「解体工事」NOW, 解体工事の実状	(株)建築技術, 建築技術		738	2011.6	118-120
小野 泰	木造住宅に使用する接合金物の強度に関する研究	ものづくり研究情報センター 受託研究報告書			2011.10	95 ページ
小野 泰	金物工法および在来工法による仕口強度の比較研究	ものづくり研究情報センター 受託研究報告書			2012.3	148 ページ
小野 泰	木造枠組補強による面内剛性に関する研究	ものづくり研究情報センター 寄付研究報告書			2012.3	13 ページ
加藤大樹, 上原苑子, 大塚秀三, 倉川尚志, 宮本伸子	ものづくり大学同窓会平成 22 年度地域貢献活動報告	ものづくり大学紀要	2	2	2011.6	104-107
香村誠	猛暑は日陰で克服しよう!	埼経協ニュース	11	月号		21

齋藤 俊克、 澤本 武博 、齊藤 丈士、 浦野 真次	残コン・戻りコンの処理および契約に関する意識調査	コンクリート工学年次論文集	33	1	2011.7	1925-1930
澤本 武博 、中田 善久、十河 茂幸、 陣内 浩	残コン・戻りコンの発生に関する意識調査	コンクリート工学年次論文集	33	1	2011.7	1913-1918
土田 祥彬、 澤本 武博 、地頭蘭 博、 飛坂 基夫	行田市の橋梁点検に対する大学の取り組み	ものづくり大学紀要	2	1	2011.6	76-81
十河 茂幸、中田 善久、小山 明男、 宮里 心一、 澤本 武博 、谷口 秀明、 道正 泰弘、和美廣喜	残コン・戻りコンの発生抑制および有効利用～日本コンクリート工学会技術検討委員会の活動報告	コンクリートテクノ	30	12	2011.11	34-40
十河 茂幸、中田 善久、 澤本 武博 、 浦野 真次、北口 延郎、齊藤 丈士、 齋藤 俊克、陣内 浩、松永 篤	残コン・戻りコンの実態調査	残コン・戻りコンの発生抑制及び有効利用に関する技術検討委員会報告書			2012.1	9-154
中田善久、 大塚秀三	特集：型枠工事の基本と「温故知新」のノウハウ、総論、型枠の運用・転用計画	(株)建築技術, 建築技術		737	2011.5	90-93 96-101
中田善久、澤本武博、 大塚秀三 、春山信人	高強度コンクリートの静弾性係数に及ぼす各種要因	セメント協会, セメント・コンクリート		775	2011.9	24-29
平岡尚文	埼玉県企業－学生交流会実施報告	ものづくり大学紀要		2	2011.6	97-103
増淵 文男 、 澤本 武博 、大窪 力司、村上 幸一、片山 豊廣、石井 隆、吉澤 清三、加藤 博	次世代の浮体橋建設	ものづくり大学紀要	2	1	2011.6	88-91
山中新太郎、 大塚秀三	特集：型枠工事の基本と「温故知新」のノウハウ、建築家の型枠への期待	(株)建築技術, 建築技術		737	2011.5	170-171
若林信太郎、 大塚秀三 、川本泉、松田拓、枝広英俊	コンクリートの施工性の変遷に関する意識調査の結果に見られる諸傾向	(株)セメント新聞社, コンクリートテクノ	30	6	2011.6	18-24

記 録 Record

平成 23 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
行田市産業廃棄物処理施設等設置調査審査会	行田市	委員	香村准教授	製造
もづくり日本大賞「青少年部門」	文部科学省	選考委員	細田教授	製造
埼玉県企業振興公社 評議員会	埼玉県企業振興公社	評議員	細田教授	製造
東京都優秀技能者知事賞委員会(現代の名工・東京マイスター)	東京都産業労働局	主査	細田教授	製造
名工塾	東京都産業労働局	塾長	細田教授	製造
漆喰塗り技能の保存に関する研究会	新潟県	委員	三原教授	建設
中古住宅流通促進・ストック再生に向けた既存住宅等の性能評価技術の開発・劣化調査検討 WG	国土交通省国土技術政策総合研究所	委員	小野教授	建設
モルタル外壁の長期性能と評価に関する共同研究	国土交通省国土技術政策総合研究所	委員	小野教授	建設
木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様とその評価に関する共同研究	国土交通省国土技術政策総合研究所	委員	小野教授	建設
北本市都市計画審議会	北本市	委員	大島教授	建設
北本市庁舎建設基本設計検討会議	北本市	委員	大島教授	建設
あきる野市文化財保護審議会	あきる野市	委員	白井教授	建設
上尾市建築審査会	上尾市	副会長	白井教授	建設
技能者(現代の名工)表彰審査委員会	厚生労働省	委員	白井教授	建設
行田市浮き城のまち景観賞審査委員会	行田市	委員長	白井教授	建設
行田市環境審議会	行田市	会長	白井教授	建設
行田市都市計画マスタープラン策定委員会	行田市	委員	白井教授	建設
国立市文化財保護審議会	国立市	委員	白井教授	建設
熊谷市開発審査会	熊谷市	委員	白井教授	建設
熊谷市建築紛争調停委員会	熊谷市	委員	白井教授	建設
羽村市文化財保護審議会	羽村市	会長	白井教授	建設

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
次世代固定砥粒加工プロセス専門委員会	公益社団法人・砥粒加工学会	幹事	高橋教授	製造
高校生ものづくりコンテスト全国大会・関東大会・埼玉大会	全国工業高等学校長協会	審査委員長	細田教授	製造
全技連マイスター審査委員会	全国技能士会連合会	審査員	細田教授	製造
中央職業能力開発協会参与会議	中央職業能力開発協会	参与	細田教授	製造

日本機械学会関東支部埼玉ブロック	日本機械学会	ブロック長	平岡教授	製造
日本トライボロジー学会理事会	日本トライボロジー学会	監事	平岡教授	製造
材料施工委員会	一般社団法人日本建築学会	委員	近藤教授	建設
粉体塗装アルミニウム材料性能評価委員会	一般社団法人軽金属製品協会	委員長	近藤教授	建設
理事会	日本建築仕上学会	理事	近藤教授	建設
住宅課題賞	(社)東京建築士会	審査委員	三原教授	建設
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	ジュニアマイスター制度委員	三原教授	建設
登録型枠基幹技能者認定講習委員会	(社)日本建設大工工事業協会	認定講習委員	三原教授	建設
登録左官基幹技能者認定講習委員会	(社)日本左官業組合連合会	認定講習委員	三原教授	建設
日本漆喰協会作品賞審査委員会	日本漆喰協会	審査委員	三原教授	建設
森林認証審査委員会	(財)日本住宅・木材技術センター	委員	小野教授	建設
プレカット CAD 技術者認定検討委員会	一般社団法人 全国木造機械プレカット協会	委員	小野教授	建設
木質構造評定委員会	ハウスプラス確認検査㈱	委員	小野教授	建設
木造住宅用接合金物審査委員会	(財)日本住宅・木材技術センター	委員	小野教授	建設
木造耐力壁ジャパンカップ実行委員会	NPO 法人 木の建築フォーラム	委員	小野教授	建設
既調合軽量セメントモルタル塗り外壁の構造性能に関する調査研究	特定非営利活動法人湿式仕上技術センター	委員	小野教授	建設
構造用木質材料の変形と破壊に関する小委員会	社団法人 日本建築学会	委員	小野教授	建設
伝統要素設計法小委員会	社団法人 日本建築学会	委員	小野教授	建設
木造建築工事標準仕様書改訂技術検討会議	社団法人 公共建築協会	主査	小野教授	建設
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	社団法人日本非破壊検査工業会	委員	澤本准教授	建設
公益社団法人日本コンクリート工学会	公益社団法人日本コンクリート工学会	代議員	澤本准教授	建設

記 録 Record

平成 23 年度海外出張実績

出張者	出張者所属	出張先	用件	期間
河内教授	製造学科	ベトナム	中小企業の生産活動支援	8/21-27, 11/20-26
土井講師	製造学科	イギリス	海外国際交流／研修 ロンドン大学 教育研究所 (Institute of Education, University of London)	3/2-12
ビチャイ教授	製造学科	タイ	特別講演	6/26-28
平井教授	製造学科	タイ	特別講演	6/26-28
近藤教授	建設学科	タイ	泰日工業大学・インターンシップ受入 れ企業の訪問挨拶	7/5-7/8
白井教授	建設学科	ベトナム	文科省科研費基盤研究 A 海外学術 調査	8/15-24, 9/5-10, 2/9-12, 2/26-3/6, 3/11-15, 3/22-27
三原教授	建設学科	中国	CRIOCM2011 国際シンポジウム 研 究論文発表	9/23-25

