

鹿児島工業高等専門学校

研究報告

第43号

RESEARCH REPORTS
OF
KAGOSHIMA NATIONAL COLLEGE
OF TECHNOLOGY
Number 43

2008

鹿児島工業高等専門学校研究報告

第43号 2008

目 次

中小企業ものづくり人材育成事業におけるプログラムの開発	1 ~ 6
大竹 孝明, 芝 浩二郎, 河野 良弘, 植村 真一郎, 室屋 光宏, 松元 悅郎, 山下 俊一, 椎 保幸, 中原 義毅, 桐野 弘城, 村上 幸司, 伊藤 茂	
性教育の実践と性に関する意識の変容	7 ~ 16
北蘭 裕一	
出前授業を利用した中学生のものづくり力向上の検討	17 ~ 22
引地 力男, 精松 伸二, 鎌田 清孝, 池田 正利	
立体格子状回転円板法による排水処理	23 ~ 32
西留 清, 竹ノ内 孝嗣, 佐藤 ひとみ, Narumol Vongthanasunthorn, 上田 明弘	
ソフトロンキューブを用いた流動担体の処理機能の解明	33 ~ 41
西留 清, 中原 広貴, 佐藤 ひとみ, Narumol Vongthanasunthorn, 上田 明弘	
焼却灰を主原料とした混合セメント・コンクリート硬化体の開発	43 ~ 48
前野 祐二, 長山 昭夫, 金子 和久, 岡部 圭子, 三原 めぐみ	

ワシントン椰子の枝払いロボットの開発（2）

49～52

松元 悅郎, 植村 貞一郎, 山下 俊一, 桐野 弘城,
油田 功二, 原田 正和, 松尾 征一郎, 永田 亮一,
中原 和範, 尾曲 伸一, 池田 健一, 木場 義弘

粒子形状を考慮した平衡海浜縦断モデルによる縦断変形についての基礎的研究

53～56

長山 昭夫

共削り加工における加工面品位に関する研究

57～62

原田 正和, 引地 力男

固体絶縁粒子を充填した菜種油の絶縁破壊特性の一検討

63～64

中村 格, 小迫 雅裕

磁性体角筒を併用したMRI用オープンタイプ磁気シールドームの一検討

65～68

鎌田 清孝, 山崎 慶太, 広里 成隆

機械の分解組み立てを通してのものづくり基礎教育に関する研究

69～71

上野 孝行, 山本 桂一郎

研究業績（2007年4月1日～2008年3月31日）

73～83

**RESEARCH REPORTS
OF
KAGOSHIMA NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY**

No. 4 3 2 0 0 8

C O N T E N T S

Development of an Educational Program for Fostering Young Engineers of Manufacturing in Small and Medium-sized Enterprises	1 ~ 6
Takaaki OHTAKE, Kojiro SHIBA, Yoshihiro KAWANO, Shinichiro UEMURA, Yasuyuki SHII, Mitsuhiro MUROYA, Etsuro MATSUMOTO, Syunichi YAMASHITA, Yoshiki NAKAHARA, Hiroki KIRINO, Koji MURAKAMI and Shigeru ITO	
Practice of Sex Education and Transformation of Consciousness about Sex	7 ~ 1 6
Yuichi KITAZONO	
Study on Developing Junior High School Students' Creativity through Delivery Lessons	1 7 ~ 2 2
Rikio HIKIJI, Shinji ABEMATSU, Kiyotaka KAMADA, Masatoshi IKEDA	
Wastewater Treatment Using a Rotating Biological Contactor with Cubic Latticed Sustratum	2 3 ~ 3 2
Kiyoshi NISHIDOME, Takatsugu TAKENOUTI, Hitomi SATOH, Narumol Vongthanasunthorn, and Akihiro UEDA	
Nitrification and Organic Oxidation Using Polyethylene Bio-carrier	3 3 ~ 4 1
Kiyoshi NISHIDOME, Hiroki NAKAHARA, Hitomi SATOH, Narumol Vongthanasunthorn, and Akihiro UEDA	

Development of Blended Cement and Hardened Concrete Produced of Bottom Ash from Incinerator as Main Material	4 3 ~ 4 8
Yuji MAENO, Akio NAGAYAMA, Kazuhisa KANEKO, Keiko OKABE, Megumi MIHARA	
Development of a Robot to Cut a Branch of Washington Palm	4 9 ~ 5 2
Etsuro MATSUMOTO, Shinichiro UEMURA, Shunichi YAMASHITA, Hiroki KIRINO, Koji ABURADA ,Masakazu HARADA, Seiichiro MATSUO, Ryoichi NAGATA, Kazunori NAKAHARA, Shinichi OMAGARI, Kenichi IKEDA and Yoshihiro KOBA	
Introduction of Sediment Grain Form to the SBEACH Model	5 3 ~ 5 6
Akio NAGAYAMA	
A Study on Surface Integrity in Simultaneous Cutting	5 7 ~ 6 2
Masakazu HARADA and Rikio HIKIJI	
A Study of Dielectric Breakdown Characteristics of the Rapeseed Oil Filled with Solid Insulating Particles	6 3 ~ 6 4
Itaru NAKAMURA, Masahiro KOZAKO	
Open Type of Magnetically Shielded Room Combined with Square Cylinders made by Magnetic Material for MRI	6 5 ~ 6 8
Kiyotaka KAMATA, Keita YAMAZAKI, Shigetaka HIROSATO	
The Development of a Practical Education Curriculum for the Dismantling and Assembly of an All-Terrain Vehicle	6 9 ~ 7 1
Takayuki UENO, Keiichiro YAMAMOTO	
Extramural Activities (Apr.1,2007 ~ Mar.31,2008)	7 3 ~ 8 3

論文抄録

[原著論文]

中小企業ものづくり人材育成事業におけるプログラムの開発

大竹 孝明, 芝 浩二郎
河野 良弘, 植村 真一郎
椎 保幸, 室屋 光宏
松元 悅郎, 山下 俊一
中原 義毅, 桐野 弘城
村上 幸司, 伊藤 茂

平成 19 年度の経済産業省の「高等専門学校等を活用した中小企業人材育成事業」においては、平成 18 年度の受講生アンケートで要望の多かった「テーマを選んで実際にものづくりを体験しながら実践的な技術や知識を学べる講座」の実施を目標とした。これまでの事業で実施した幅広い基礎的な講義と実習を基に講義・実習科目を精選し、より専門的に深く学べる講座として、受講者をグループ分けして農水工連携支援自動化機器システム構築に関連したロボット製作を行う、「ものづくり講座」を軸とした問題発見解決型（PBL）技術者の育成プログラムの開発を行い実施した。

[原著論文]

性教育の実践と性に関する意識の変容

北薙 裕一

本校では、平成 17 年度より 1 年生を対象に、性教育の集中講義を実施している。その際、集中講義事前に性に関する意識調査

を実施し、5 回の全過程終了後、学生の意識の変容を探るため同調査項目による意識調査も行った。

性に関する意識調査では、男女平等に対する意識や、男女役割、結婚、性交渉に対する質問項目を設け回答してもらった。事後調査より効果的な変容が見られた項目もあったが、残念ながら質問項目によっては変容がほとんど見られなかった項目もあり、授業内容改善の必要性を強く感じた。

本論文では、平成 17・18 年度実施した性教育の授業実践と、性に関する事前・事後意識調査における意識の変容について報告する。

[原著論文]

出前授業を利用した中学生のものづくり力向上の検討

引地 力男, 楠松 伸二
鎌田 清孝, 池田 正利

現在、日本経済を活性化するにあたり、さらなる技術革新を目指し、独創的な発想を持つ技術者の育成が必要とされている。それには早い時期からものづくり教育が必須となってくる。しかし、鹿児島県は離島が多く、ものづくり教育を行うにも、専任教諭不足や教育設備が不備であるなどの理由でその機会が少ない状況である。そこで、離島中学校でものづくり教育を実践し、ものづくりに興味を持たせると同時に創造力の育成を試みた。さらに、将来グローバル社会に適応できるように、講義は簡単な英

語で行い英語力の増強もねらった。その結果、教諭にはものづくりの必要性を理解していただき、受講生は自分の手で作り完成させることで感動を味わった。

[原著論文]

立体格子状回転円板法による排水処理

西留 清, 竹ノ内 孝嗣
佐藤 ひとみ
Narumol Vongthanasunthorn
上田 明弘

円板反応槽直下沈殿槽をエアレーションタンク機能として用いた場合、低BOD濃度でも処理効率が向上するかを検討した。さらに、反応槽内の水温を一定に保った場合での排水処理能力の変化と比較し、その結果に検討を加えた結果から以下の結論を得た。①反応槽直下第1沈殿槽曝気法は剥離生物膜が沈殿槽内でも好気性生物処理が行われるため処理効率は向上する。②排水を回転円板法で処理する前後に最初沈殿池と最終沈殿池を設置した場合、第1沈殿槽曝気法では処理効率はさらに向上する。③混合水（含SS）ではBOD除去量の温度依存性は見られなかった。④ろ液でのBOD除去量の温度依存性は定量的に表すことができた。

[原著論文]

ソフトロンキューブを用いた流動担体の処理機能の解明

西留 清, 中原 広貴
佐藤 ひとみ
Narumol Vongthanasunthorn
上田 明弘

活性汚泥反応槽にソフトロンキューブを担体として添加した場合に処理効率が向上するかを検討した結果、以下の結論を得た。①担体を反応槽容積の10%添加することにより、約30日の汚泥馴養で処理効率が約70%向上する。②担体を活性汚泥反応槽（曝気槽）に加えることで、活性汚泥の馴養が速くなる。③油分を含む排水を活性汚泥で処理する場合、担体を添加することにより、有機物除去への影響が小さくなり、油分の除去速度も速くなる。④実処理場の曝気槽に担体を添加した場合、有機物酸化に必要な酸素が供給されれば返送汚泥がなくても目的に応じた処理水が得られる。

[原著論文]

焼却灰を主原料とした混合セメント・コンクリート硬化体の開発

前野 祐二, 長山 昭夫
金子 和久, 岡部 圭子
三原 めぐみ

都市ごみ焼却灰と生石灰、石膏と石炭廃棄物を混合粉碎して混合セメントを製造した。この混合セメントを水と混合したあと、養生することにより高強度コンクリートが製造できる。しかし、凝結時間が短いので遅延材を加えることが必要である。しかも遅延剤を加えることにより強度が増加する。しかし、遅延剤を加えすぎると逆に強度は低下する。いずれにしても3種類の焼却灰で混合セメントを作製した結果、同様な特性がえられた。この研究は色々な焼却灰に適用できるようである。

[原著論文]

ワシントン椰子の枝払いロボットの開発（2）

松元 悅郎，植村 真一郎
山下 俊一，桐野 弘城
油田 功二，原田 正和
松尾 征一郎，永田 亮一
中原 和範，尾曲 伸一
池田 健一，木場 義弘

南九州には数多くのワシントン椰子が植樹され、南国特有の風光明媚な景観を醸し出している。一方、枯れ枝が落下する等の人的または物的損害を与える虞があるため、定期的に枝を払う必要がある。しかし、この枝払い作業は高所での作業となるため、作業者が常に危険に晒される等、多くの問題を含んでいる。本研究では、これらの問題を解決するための安全な枝払いロボットを開発する事を目的とした。結果として、ワシントン椰子を昇降して枝葉を剪定するための基本的な性能を有したロボットの開発に至った。

[原著論文]

粒子形状を考慮した平衡海浜縦断モデルによる縦断変形についての基礎的研究

長山 昭夫

本研究は粒子形状を考慮した平衡海浜縦断モデルによる縦断変形について検討を行った。

本研究では岸沖漂砂の卓越している砂浜の再現性の高いS B E A C H モデルを使用し、このモデルに粒子形状の項を導入した。粒子形状項を含むモデルの計算結果と、粒子形状項を含まないモデルの計算結果を比較

検討した。その結果、侵食性波浪を与えた場合、粒子形状は縦断変形に大きく影響することが分かった。特に粒子形状が平板状の場合、一部分の縦断変形に影響を与えることが分かりまた球状の場合、造波初期において砂浜全体の縦断変形に影響を与えることが分かった。

[原著論文]

共削り加工における加工面品位に関する研究

原田 正和，引地 力男

近年、IT や航空宇宙産業の発展にともない、いくつかの異なる材料を組み合わせた工作物が多くなってきた。共削りの場合は単一なものと比較して、良好な仕上げ面を得るのは非常に困難である。金属と非金属の組み合わせによる共削りによる穴加工を行い切削加工面品位について実験的に検討した。今回は銅とアクリル樹脂を組み合わせたものを用いた。その結果、銅とアクリル樹脂の双方に良好な仕上げ面を得るための加工条件を導き出すのは困難であったが、アクリル樹脂の欠けが発生しない条件で加工すればいくぶん良好な仕上げ面を得ることが明らかになった。

[報告]

固体絶縁粒子を充填した菜種油の絶縁破壊特性の一検討

中村 格，小迫 雅裕

鉱油を使用している油入変圧器では、二酸化炭素の排出量を低減する観点からカーボンニュートラルなものへの転換への要求

が今後強まっていき、菜種油等の適用が要求されると推測される。また、菜種油は新たな燃料としても利用され、近年高騰している。本研究では油量を減量すべく、菜種油と固体絶縁物とを複合した絶縁構成での絶縁破壊特性を検討した結果、ガラス球の充填が（オイルカップ底面から油面までの高さ／同底面から球電極下部までの高さ）＝1以下、すなわちガラス球が球電極間に入り込まない場合、絶縁破壊強度をほとんど低下させることなく、油量を減量できることが明らかとなった。

[報告]

磁性体角筒を併用したMRI用オーブンタイプ磁気シールドルームの検討

鎌田 清孝, 山崎 慶太
広里 成隆

磁気共鳴画像診断（MRI）では、室外への漏洩磁場を0.5 mT以下に低減するため、部屋全面を強磁性体で囲んだ磁気シールドルーム（MSR）が用いられている。この閉鎖感を払拭して、被験者のストレスを軽減し、アメニティを向上させるため、開放的なMSRが開発されており、我々はこれまでキャンセリングコイルを併用した大開口を有するMSRの検討を行ってきた。今回は、キャンセリングコイルを用いず、磁性体の角筒（磁性体角筒）を導電体の角筒内（導電体角筒）にはめ込んだ磁性層と導電層を有する二層構造の角筒を積み上げた壁体から構成される閉鎖感の無いMSRについて検討した。

[報告]

機械の分解組み立てを通してのものづくり基礎教育に関する研究

上野 孝行, 山本 桂一郎

近年、日常生活環境において機械装置が電子装置に置き換わり、メカニカルな装置が身の回りにないため、分解してメカニズムを知る楽しみを知らない学生が増えてきている。

本校の学生においても、その様な事に興味を持たない学生も少なからず存在する。本研究は学生の機械に対するモチベーションの向上を図る事を目的とし、学生の興味の対象として、4輪バギーを用いた実習方案を検討、補助教材等を製作し、平成19年度に試行した。その結果、4輪バギーは2輪、4輪車の様々な機械要素を含み、実習に取り入れ易いため、教材として適している事が分かった。これらの事から、本研究で提案する実習法案は、学生にとって有用である事が分かった。

中小企業ものづくり人材育成事業におけるプログラムの開発

大竹 孝明^{†1} 芝 浩二郎^{†2} 河野 良弘^{†3} 植村 真一郎^{†3} 椎 保幸^{†4} 室屋 光宏^{†3}
松元 悅郎^{†5} 山下 俊一^{†5} 中原 義毅^{†6} 桐野 弘城^{†7} 村上 幸司^{†8} 伊藤 茂^{†9}

Development of an Educational Program for Fostering Young Engineers of Manufacturing in Small and Medium-sized Enterprises

Takaaki OHTAKE, Kojiro SHIBA, Yoshihiro KAWANO, Shinichiro UEMURA,
Yasuyuki SHII, Mitsuhiro MUROYA, Etsuro MATSUMOTO, Syunichi YAMASHITA, Yoshiki
NAKAHARA, Hiroki KIRINO, Koji MURAKAMI and Shigeru ITO

Kagoshima National College of Technology was adopted as one of national colleges of technology to foster young engineers of small and medium enterprises by Ministry of Economy, Trade and Industry in fiscal 2006 and 2007.

For the purpose of knowledge and technology improvement in the manufacturing, an educational program for young engineers was developed by a Problem/Project Based Learning method. This was based on a manufacturing course of the construction of an automatic equipment system which enabled the manufacturing industry and agriculture, forestry and fishers to cooperate. In this program, the lectures in the related areas and the practical training were practiced for young engineers in small and medium enterprises in Kagoshima prefecture. We collaborated with Kagoshima Univ., Kagoshima Prefectural Institute of Industrial technology, Co., Ltd. Hayato Techno and member enterprises in The Kinkowan Technopark Club, and so on. The verification was also carried out.

Keywords : Educational Program, Fostering Young Engineers, Manufacturing, Small and Medium-sized Enterprises

1 緒 言

鹿児島工業高等専門学校（以下鹿児島高専）では、平成18年度に引き続き^{1,2)}、経済産業省の委託事業である「平成19年度高専等を活用した中小企業人材育成事業」に採択された。本事業は、高専の設備やノウハウを活用し、高専等の教職員と地域のベテラン技術者の協力の下、地域の中小企業のニーズに応じた講座と実習を一体的に行うカリキュラムを開発・実施し、中小

企業の若手技術者を支援する事業である。

この目的にそって、他分野との幅広い連携をコーディネートできる高度な融合メカトロニクス技術（ものづくり）者を育成するため、鹿児島高専、鹿児島大学等の培ってきた多彩な研究者による教育だけではなく、ものづくりに経験の深い鹿児島県工業技術センター、鹿児島高専初のベンチャー企業である(株)隼人テクノ、錦江湾テクノパーククラブの会員企業と共に、機械工学、電気電子工学、情報制御工学関連の実習を行った。図1に、平成19年度の人材育成事業の体制図を示す。

そのため、鹿児島高専では、鹿児島県内の中小企業で働く若手技術者を対象に、モノづくりに関する知識および技術向上を目的として、「農水工連携支援自動化機器システム構築のための「ものづくり講座」を軸とした問題発見解決型技術者の育成プログラム」を開発し、実施・検証を行った。

^{†1} 鹿児島工業高等専門学校一般教育科理系

^{†2} 情報工学科

^{†3} 電子制御工学科

^{†4} 機械工学科

^{†5} 技術室

^{†6} 地域共同テクノセンター

^{†7} 株隼人テクノ

^{†8} 株九州総合研究所

^{†9} 株鹿児島 TLO

2 地域産業の課題と人材育成ニーズ

鹿児島県の産業構造は、食料品関連事業を主体として、電子部品・電気機械・一般機械関連事業が大半を占めており、今後の鹿児島県の産業振興を目指す場合には、食料品(農業)、機械・電子・電気関連産業を主体として考慮することが重要な要点として認識される⁴⁾。このような産業構造の背景を考慮すると、農林水産業と工業とを有機的に連携させうる高い技術・技能を持った人材が必要となり、産業界からの幅広い要望に対応できる「高度融合メカトロニクス技術者」の育成が緊急の課題である。

このことは、平成 17 年度に実施した「電源地域における雇用促進対策調査事業」での企業ならびに技術者個人へのアンケート及び企業訪問等の調査結果から、企業の技術者に対する課題として「高い技術・技能を持った技術者等人材の不足」を訴える企業が、回答を寄せた企業約 500 社の内、50%以上と高い比率を示していることからも伺える^{3,4)}。鹿児島高専の位置する地域の産業を育成する為には、これら中小企業の要請に応え、高い技術・技能を持った技術者の育成が大きくクローズアップされている。

そのため、18 年度事業では、地域企業の求める「高度融合メカトロニクス技術者」の人材育成に必要なプログラム「鹿児島県における環境にやさしい農水工連携支援自動化機器システムの開発技術者育成」を開発、

検証し、人材育成システムの構築を行った。受講後のアンケートでは、講座の内容に関して、「仕事の中で直接役に立つ」が 8.3%であるが、「仕事の考え方や問題の背景等を考える際の知識として役に立つ」が 58.3%であり、両者あわせると「仕事に役に立つ」が 66.6%であり、仕事に結びついた講座であったといえる。ただ、18 年度のプログラムが「幅広い基礎的な講義と実習のプログラム」であることから、50%以上に当たる受講生が、今後の要望として「テーマを選んで実際にものづくりを体験しながら実践的な技術や知識を学べる講座」を希望している^{1,2)}。

したがって、19 年度事業では、18 年度事業で行った受講生のアンケート結果に基づいて、講義・実習科目を精選し、これまでの幅広い基礎的な講義と実習を基に、より専門的に深く学べる講座を実施した。

3 平成 19 年度人材(技術者)育成プログラム

平成 19 年度では、受講生および所属企業へのアンケート及び企業訪問での聞き取り調査の結果を反映させて、講義・実習科目を精選し、これまでの基礎的な知識を基に、より専門的に深く学べる講座を実施することとした。目標の実践のため、グループによるロボット製作を体験しながら実践的な技術や知識を総合的に学べ、達成感が持てる「ものづくり講座」を基本とする、図 2 に示すようなカリキュラムを編成した。

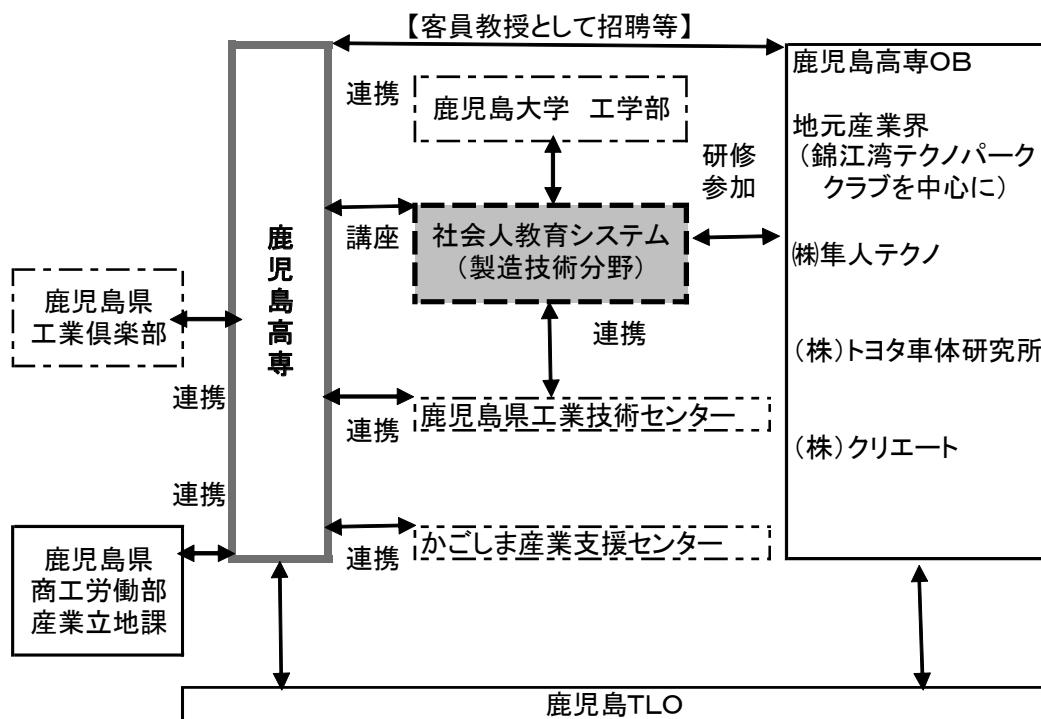


図 1 平成 19 年度人材育成事業の体制図

問題発見解決型技術者の育成プログラムのテーマとしては、地元企業との連携により鹿児島高専で開発し、特許（特願2004-274948）を取得しているワシントン椰子の「枝払い昇降機」ロボットを題材とする。具体的には、その昇降用駆動系の開発を主眼とした「簡易枝払い昇降ロボット」をテーマとして取り上げ、その設計開発を行い製作することとした。18年度事業の育成プログラムでは、メカトロニクスに関する固有技術について基礎的知識の習得と実習を行ったが、19年度事業は、加えて受講生の創造的発想を重要視した「簡易昇降ロボット」の設計開発による「ものづくり講座」を通して、鹿児島高専の全学科の創造教育関係の実習を取り入れているPBL（Problem/Project Based Learning：問題解決型学習）手法を用いて、問題発見解決能力を啓発することにより、高度融合メカトロニクス技術者の育成について取り組んだ。

地域への貢献のため、農林水産業の生産現場のフィールドにも対応できるように、工業がこれまで培ってきた各種先端技術・生産技術の融合による技術の深化・発展を担える人材が望まれている。そのためには、ものづくり体験を通じ、幅広い問題に適切に対応し、コーディネートできる実践的な技術や知識を身につけ

た、問題発見解決型人材育成を目標とした。

講義実習としては、地元企業との連携により鹿児島高専と（株）隼人テクノで開発したワシントン椰子の「枝払い昇降機」ロボットの技術を基に、その昇降用駆動系の開発を主眼とした「簡易昇降ロボット」の設計、製作、動作検証を行った。職業経験や技術的な専門分野の異なる受講生が「簡易昇降ロボット」の設計開発に関する一貫した「ものづくり講座」を受講することにより、ものづくりにおける問題発見解決能力の啓発や高度融合メカトロニクス技術者としての一貫したものづくりの工程を体験するとともに、受講生の2つのグループで製作した「簡易昇降ロボット」の動作及び仕様の検証を行い、各グループで製作した「簡易昇降ロボット」（成果物）に対する問題点、課題の検討及び最後に構想・設計・製作の各工程における問題点と課題の整理を行った。

具体的には、ロボットを製作するために必要な技術分野の機械工学（機構学・材料学・材料力学）、電気回路・ロボット工学・情報通信工学を講義で習得した後、構造部を製作するための材料を選定する強度計算等の設計技術、部品図や組立図を作成する3D/CAD技術、部品の加工・組立を行う加工・製作技術、PLCによる締め

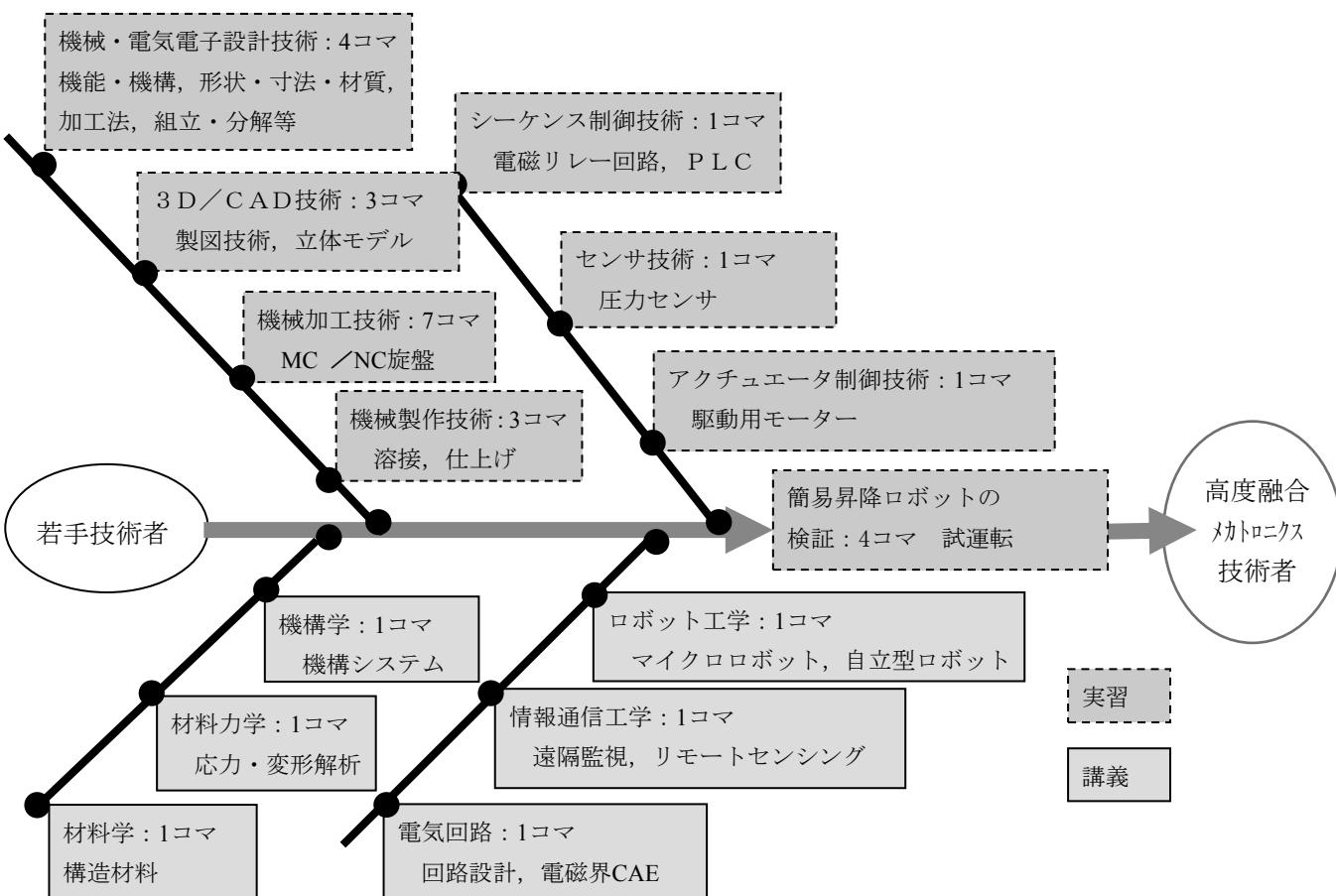


図2 平成19年度カリキュラムのフロー図

付け制御と昇降制御を行うためのモーター・センサの選定およびプログラミング等の実習を行った。

講義および実習は、表1に示すように、平成19年7月21日から平成20年1月26日の7ヶ月間で、20回(日)の講座を実施した。実施講座数は14講座(講義6、実習8)、30コマ(講義6、実習24)(4時間/1コマ)で、臨時講座も1講座(実習1)、2コマ(実習2)実施した。参加企業数は15社で、応募者数24名に対し、受講者数は21名で、出席率は平均84%であった。

なお、最終講座では、平成19年度事業の関係者・機関・企業等に対して事業成果の発表を行い、一連の講座の締めくくりとした。

図3は2グループの簡易樹木昇降ロボットの3D/CAD技術で作成したロボット組立図と、成果発表会風景である。両グループとも樹木の昇降に成功した。モノづくりの技術者だけがあじわえる達成感と感動を受講者は満喫されたようであった。

本事業に対する、受講者及び派遣企業経営者のアンケート結果に基づく評価を以下に示す。

- ①参加者の理解度：8割強(83.3%)が理解でき、満足度は、ほぼ全員(93.6%)が満足できたと回答。
- ②派遣企業経営者の満足度・評価は、経営者・企業関係者より企画・設計から製作まで、ものづくりを貫して体験できた事は、企業内では得られない経験であり、大変有意義との回答。
- ③企業内の役立度：7割強(73.7%)の受講者が何らかの形で仕事に役立つと回答。

講座内容に対する受講生の評価は「期待通りの内容」との回答がほとんどで、「不満足」の回答はほとんどない。講義科目については、工学系の講座を初めて受講した受講生がいたこと、ロボット製作に直接つながる内容に絞ったことなどから内容的に難しかったとの回答が多かったが、最終的には2つのグループでそれぞれ簡易昇降ロボットを完成し、基本的な動作確認まで終了した。

講座に対する受講生の理解度は評価できないが、「基礎の学習から設計・製作まですべての工程を経験したことで、設計では気づかなかったことを製作の時に気づくなど、初めから終わりまで手がけないと分からぬことの経験ができたことは大いに価値があった」。

また、業務で機械設計を担当している受講生が、「講座の中で制御の基礎的な部分を学ぶことができて、今後の機械設計の幅が広がるのではないかと思う。」などの感想があり、技術者の育成と言う点では大変有意義な講座であったといえる。

受講生に関する企業経営者の満足度に関しては講座

終了時点では評価できないが、修了式や成果報告会等での企業経営者・企業関係者の評価としては、講座の成果としての「簡易昇降ロボット」をほぼ6か月という短期間で完成させたことに対する驚きと、受講生の努力を評価する声が多かった。

なお、受講生にとって勤務しながらの休日の講座であったが、全体を通じ8割以上の出席率となり、モノづくりを通じての知識修得や技術向上に対し意欲的に取り組む姿勢が伺えた。

4 結 言

鹿児島高専では、平成18年度より「高等専門学校等を活用した中小企業人材育成事業」として、「農水工連携支援自動化機器システム」を構築できる「高度融合メカトロニクス技術者」の育成を目指して取り組んできた。

平成19年度事業では、より実践的に簡易昇降ロボットの設計・製作・検証までをおこなうPBL方式の「物づくり講座」を軸としたプログラムを実施した。地域

表1 平成19年度カリキュラムのスケジュール

実施日(土曜日) (2/21は木曜日)	講義・実習名(9/1以降は実習)		
	9:00~18:00(1日)		
	13:00~17:00(半日)		
平成19年	7/21	開講式 機構学	
	7/28	材料学	
	8/4	材料力学	
	8/11	電気回路	
	8/18	ロボット工学	
	8/25	情報通信工学	
	9/1	機械・電気電子設計技術	
	9/8		
	9/22	シーケンス制御技術	
	9/29	アクチュエータ制御技術	
	10/6	センサ技術	
	11/10	3D/CAD	
	11/17		
	12/1	機械加工技術	
	12/8		
	12/15		
	12/22		
平成20年	1/12	機械製作技術	
	1/19	簡易昇降ロボットの検証	
	1/26	簡易昇降ロボットの検証・修了式	
	2/21	成果報告会	

中小企業においては、若手技術者を教育する場が少なく、今回の受講生が在籍する企業からは、「会社では目の前の業務に追われることが多いため、幅広い知識を学ぶ機会を作ってもらって良かった。」「中小企業では社員教育の場を設けることが難しいので、教育する場を設けてもらって感謝する。」等、今回の教育システムを必要とする内容の意見が多くあった。また、受講生のアンケートや成果報告会においても高い評価が得られた。

本校は、平成19年度に引き続き、「平成20年度中小企業ものづくり人材育成事業（高等専門学校等を活用した中小企業人材育成事業）」に「実践的な農水工連携支援自動化機器システム設計のための専門技術者育成プログラム」のテーマで採択された。これまでの事業成果を基礎として発展させ、これまでの人材育成事業の集大成として、「農水工連携支援自動化機器システ

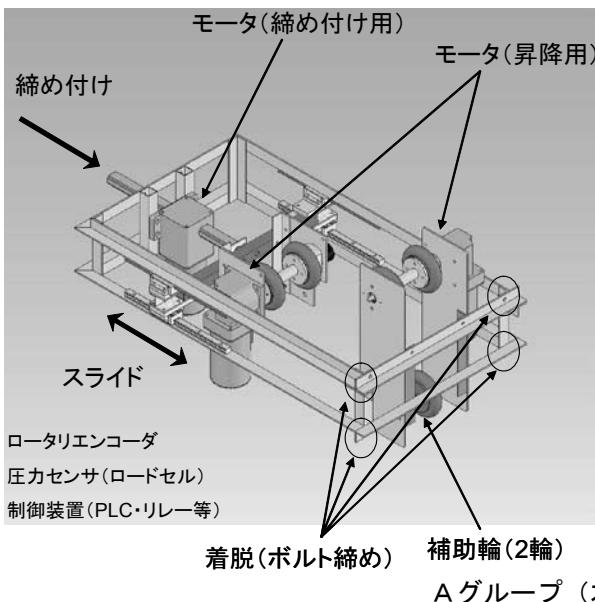
ム」の構築に必要な要素技術をより専門的かつ実践的に身に着けることができ、受講生の仕事に直接的に役に立つプログラムを実施する予定である。

具体的には、平成19年度事業で製作した簡易昇降ロボットをターゲットとして、平成19年度修了アンケートのための「PLC技術」「NC加工技術」「1チップマイコンを用いた制御技術」等の要素技術を、実習を主体としてより専門的に学ぶことのできるプログラム編成を検討する。

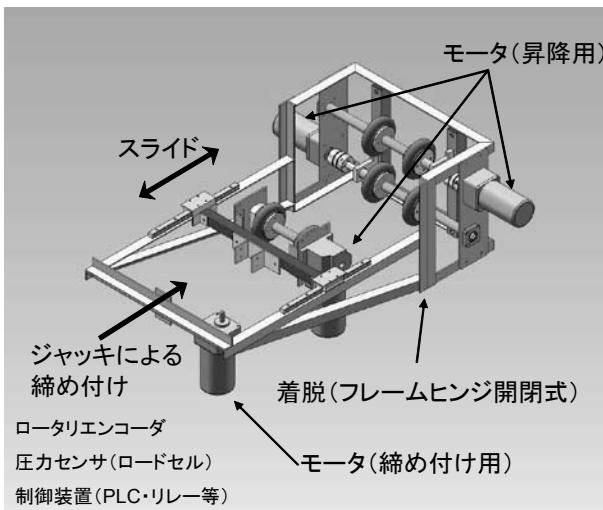
今後も益々地域企業との連携を密にし、地域の産業及び教育の活性化に貢献したい。

謝 辞

本事業の実施にあたり、講義・実習の講師及び委員会の委員等としてご尽力を頂いた、地域共同テクノセ



A グループ (木登 守くん)



B グループ (木登り 花子ちゃん)



図3 3D/CADで作成したロボット組立図(左)と樹木昇降中のロボット(右)

ンター及び技術室を中心とした鹿児島高専の教職員、鹿児島大学の教員、鹿児島県工業技術センターの職員及び錦江湾テクノパーククラブの会員企業等の関係者の皆様には、心から感謝申し上げます。

また、ご指導・ご協力を頂いた九州経済産業局等の諸機関、並びに多くの方々に深く感謝致します。

さらに、本研究は、平成19年度の鹿児島高専の校内研究助成金を受けて行われた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 大竹孝明、芝浩二郎、河野良弘、桐野弘城、中原義毅、二石章、磯田信一、村上幸司、堀中直子、豊広さつき、伊藤茂、吹留博実：“鹿児島県における環境にやさしい農水工連携支援自動化機器システムの開発技術者育成事業について”，第5回全国高専テクノフォーラム講演要旨集，August 2007.，pp. 47
- 2) 村上幸司、堀中直子、豊広さつき、伊藤茂、吹留博実、大竹孝明、桐野弘城、中原義毅、二石章、磯田信一、河野良弘：“鹿児島県における環境にやさしい農水工連携支援自動化機器システムの開発技術者育成”，平成18年度高等専門学校等を活用した中小企業人材育成事業（経済産業省委託事業）成果報告書，March 2007.，pp. 1–81
- 3) 大竹孝明：“鹿児島高専における地域企業の若手技術者への現場技術教育に関する調査事業について”，第4回全国高専テクノフォーラム講演要旨集，August 2006.，pp. 29
- 4) 大竹孝明、河野良弘、鎌田清孝、本部光幸、中村格、中原義毅、桐野弘城、村上幸司、町田修一：“高専等の活用による地域企業の若手技術者への現場技術教育に関する調査”，平成17年度電源地域における雇用促進対策調査事業報告書，March 2006.，pp. 1.1–1.8

性教育の実践と性に関する意識の変容

北薗 裕一[†]

Practice of Sex Education and Transformation of Consciousness about Sex

Yuichi KITAZONO

The objective of sex education is to help and support young people through their mental, physical and moral development. At puberty the problems of prevention, as well as sexual behavior, sex consciousness and sexually transmitted diseases, are getting more and more serious. At our school the 1st students were given intensive lectures on sex education (2hrs ×5=10hrs in the second term) by a part-time teacher of the medicine department at Kagoshima University in the school years 2005 and 2006. Before the first lecture, a questionnaire on sexual consciousness was conducted and the findings helped to plan and consider the class. When all the lectures were finished, the same questionnaire was conducted again to investigate the changes in their consciousness. It covered questions about consciousness of sexual equality, male-female role, marriage and sexual intercourse. According to the questionnaires before and after the class, there were some differences between the sexes. However, considering there were some insignificant changes, it is necessary to reconsider what to teach.

This paper presents the sex education class carried out in the school years 2005 and 2006 and the changes in the students' sex consciousness before and after the class.

Keywords : sex education, sex consciousness, sexual equality, contraception

1 はじめに

今日の社会では青少年における性問題が多発している。その中には社会問題に発展するものまである。初等教育から性教育が導入され、各地で様々な論議が繰り広げられる中、各学校は性教育のあるべき姿を求めている。性教育とは本来、ライフサイクルに応じた性的発達と変化に対応して、生理・心理・社会等の各側面から健康的で豊かな人間性と社会性をもった性行動と性意識を身に付けるように導くことにある¹⁾。また、思春期における性教育では、性行動・性意識・性感染症をはじめ、予防介入の問題が益々重要になってきている。さらに、社会の情報化が格段に進歩すると共に、少子化・高齢化など環境の変化も大きいため、生涯を通じての性教育が必要となってきている。

そこで本校でも、平成17年度より1年生を対象として、鹿児島大学医学部より講師を招き、性教育の授業を集中講義（後期開催）の形態で実施している。その際、性に関する意識調査を事前に実施し、その結果を授業の計画段階や内容検討に役立てた。また、計5回の授業終了後における学生の意識の変容をさぐるため、

同じ調査項目による事後意識調査も実施した。同様な方法で平成18年度も取組み、平成17年度との比較検討を行った。

本論文では、平成17・18年度実施した性教育の授業実践による学生の性に関する意識の変容について、アンケート結果をもとに報告する。

2 調査方法

鹿児島大学教育学部健康教育学科の西種子田弘芳教授と調査項目を検討し、本校1年生全員に対して性に関する意識調査を実施した（資料I）。実施時期は、事前調査に関しては各年度共に9月中旬である。

また、それぞれのクラスごとに5回の全講義終了後、意識の変容を探るため、同じ調査項目による事後意識調査を実施した。

意識調査実施人数の学科別人数、男女の内訳は下記の通りである（表1）。本校の男女数割合の特徴として、下記に示す表1からも分かるとおり、女子学生の割合は約一割である。

[†]一般教育科理系

表1 意識調査人数（1年生対象）

年度	平成17年度		平成18年度			
	期	事前	事後	事前	事後	
性別	男	女	男	女	男	女
M	39	1	40	1	36	0
E	36	5	35	5	38	3
S	39	2	39	2	41	2
I	32	9	32	9	33	6
C	36	5	37	5	40	1
計	182	22	183	22	188	12
注)	M=機械工学科	E=電気電子工学科	S=電子制御工学科	I=情報工学科	C=土木工学科	

注)
M=機械工学科 E=電気電子工学科
S=電子制御工学科 I=情報工学科
C=土木工学科

3 授業の実践

平成17年度及び平成18年度における授業日程は下記の通りである。

《平成17年度》

- ・前半（11月中旬～12月）
 - 機械工学科・電気電子工学科
- ・後半（1月～2月）
 - 電子制御工学科・情報工学科・土木工学科

《平成18年度》

- ・前半（11月中旬～12月）
 - 情報工学科・電気電子工学科
- ・後半（1月～2月）
 - 機械工学科・電子制御工学科・土木工学科

また平成17年度の授業計画（2時間×5回）は下記のようなテーマで全クラス取り組んだ。

- 1回目・・・『自己価値を自覚し、生殖機能を維持する保健行動の意識を高める』
- 2回目・・・『性周期の性差を理解し、人格形成の意識と相互扶助の関係性を築く』
- 3回目・・・『性的欲求の保障や差別的ジェンダーを払拭し、関係性や環境を考える』
- 4回目・・・『性の健康を確立するために、女性の人権尊重と生命尊厳の意識を高める』
- 5回目・・・『性の健康を高める技法を習得し、自己決定能力を高める』

平成18年度に関しては、前年度の反省も踏まえ、若者には最も興味があると思われる内容を含む『性の健康を高める技法を習得し、自己決定能力を高める』を1回目のテーマに変更し、学生の性教育に対しての意

欲を高めるようにした。

異性に最も興味を持つこの年代の学生に対して、特に調査項目だけを意識した授業内容にはせず、性に関する幅広い範囲の中で、生命尊重、人間尊重、男女平等などに関して正しい知識と考え方を持ってもらえるようなテーマと内容を中心とした。講師が医学部在籍の教員ということもあり、一般的な保健の授業よりも深い内容となっている。

毎時間の授業の流れとしては、導入段階で本時のおまかなかれを説明し、中段ではテーマに関連したVTR視聴を取り入れた。そして終末段階には一言感想を全員に提出させた。その感想を利用し、毎時間ごとの学生の理解度を確認した。その感想の中に有効な質問事項や、指摘しなければならないような記述があった場合は、その都度、全体もしくは個人に説明した。

平成18年度からは、小テストも導入し、上記の一言感想と併せて学生の理解度を計ることに役立てた。一言感想だけでは見えなかった知識の理解度を把握するためにも、小テスト導入は効果的であったと思われる。

4 性に関する意識の変容（平成17年度）

4-1 男女平等に対する意識

事前意識調査において、「男性と女性は平等だと思うか」という質問をしたところ、図1のような結果となった。

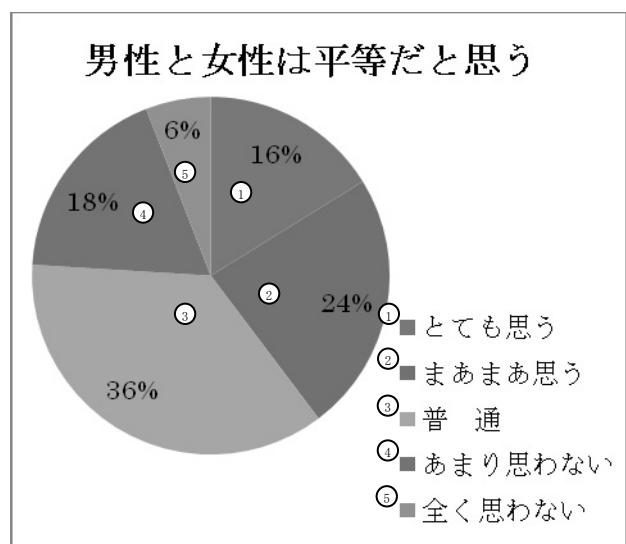


図1 男性と女性は平等だと思うか（学年全体）
～事前調査～

「とても思う」と回答した学生の割合が16%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が24%であった。

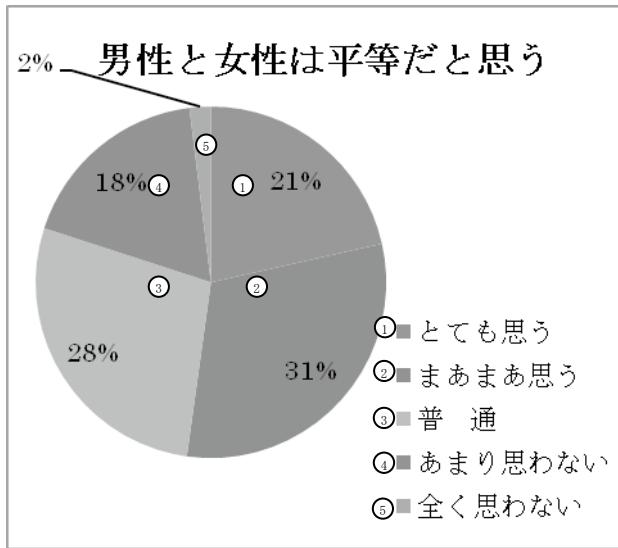


図2 男性と女性は平等だと思うか（学年全体）
～事後調査～

これに対し事後調査では、「とても思う」と回答した学生の割合が21%へ、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が31%へと上昇し、男性と女性は平等であると思う学生が増加したことが分かる（図2）。

次に、同質問に対する調査結果を男女別に比較してみると、事前・事後いずれの調査においても、男子学生の方が女子学生よりも男性と女性は平等であると思う割合が高かった。

また、男子学生の数値が事前事後調査でそれほど変容していなかったことと比較すると、女子学生の回答では、事前調査において「とても思う」と回答した学生の割合が5%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が18%であったのに対し、事後調査では「とても思う」と回答した学生の割合が10%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が29%と上昇していた。この女子学生の意識の変容が、学年全体の数値の変化に影響を及ぼしたことが分かる。

さらに、事前調査において「男性が女性よりも有利だと思うか」という設問に対し、「とても思う」と回答した学生の割合は12%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合は27%であった（図3）。

逆に「女性の方が男性よりも有利であると思うか」という設問に対し、「とても思う」と回答した学生の割合は僅か4%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合も14%であったことから、男性の方が女性よりも何かしら有利であると考えていた学生が全体的に多いことが分かる（図4）。

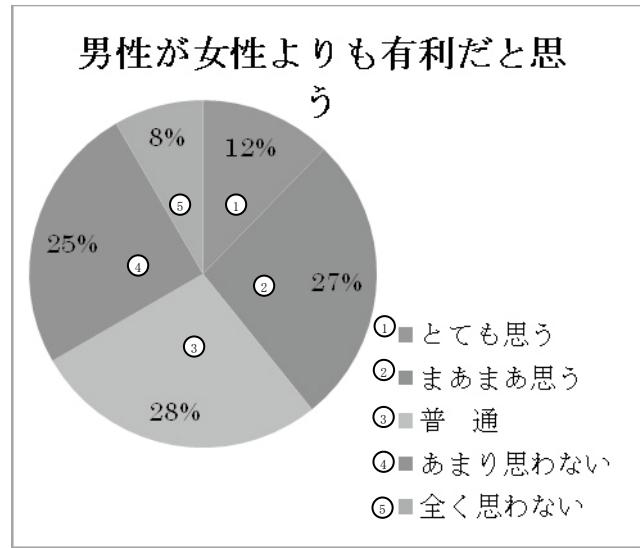


図3 男性が女性よりも有利だと思う（学年全体）
～事前調査～

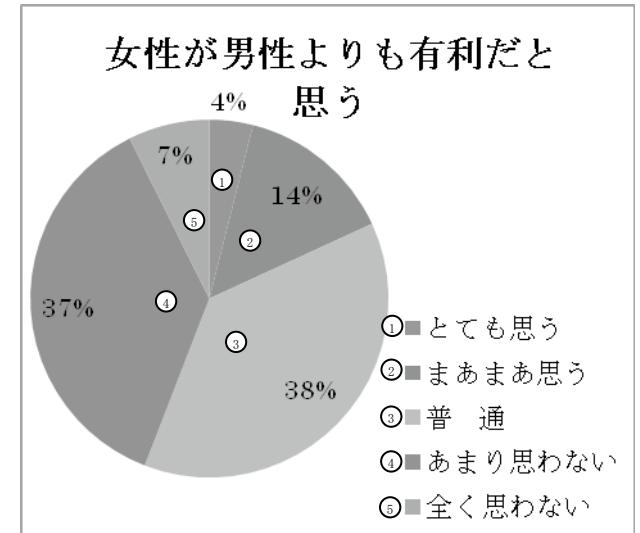


図4 女性が男性よりも有利だと思う（学年全体）
～事前調査～

残念ながら、男性の方が女性よりも有利であると考える学生が多いこの傾向は、事後調査においてもほとんど変化は見られなかった。この背景には、現在も社会の中に男性中心的な考えが存在することが予想される。男性中心的な捉え方の純潔教育から、男女それぞれが人として対等に、かつ違いをより豊かなものへと転化していく視点からの共生を充分に考慮した指導が必要であろう²⁾。男女それぞれの性を前向きに受け止め、互いの性を認め合い、相手を尊重することに柱をおいた、授業内容を検討すべきである。

4-2 男女の役割に対する意識

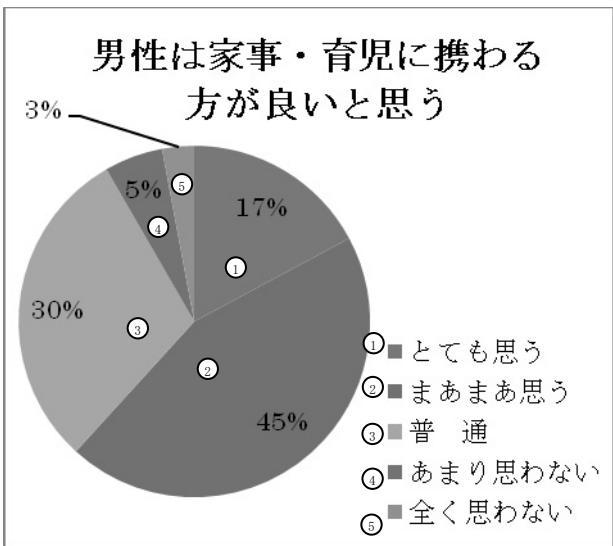


図5 男性は家事育児に携わる方が良いと思う
(学年全体) ~ 事前調査 ~

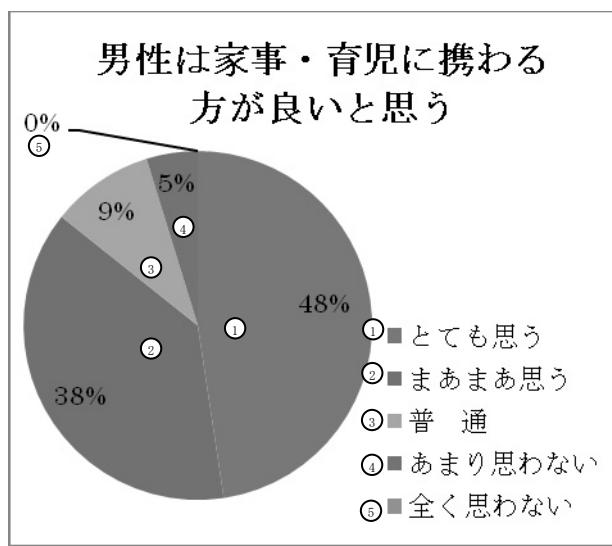


図7 男性は家事育児に携わる方が良いと思う(女子)
~ 事後調査 ~

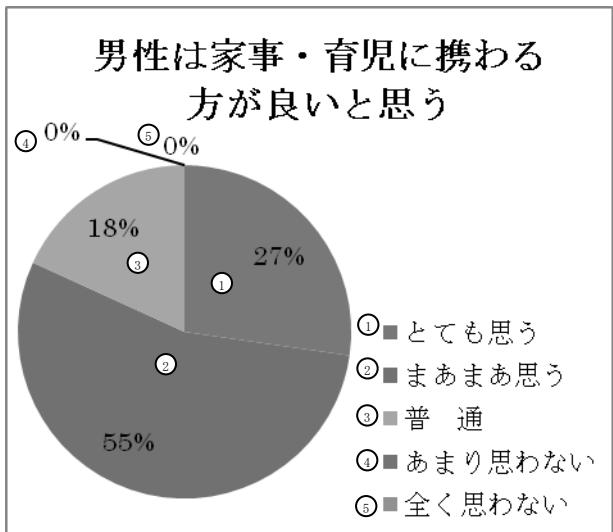


図6 男性は家事育児に携わる方が良いと思う(女子)
~ 事前調査 ~

事前意識調査における「男性は家事・育児に携わる方が良いと思うか」という設問に対する回答の割合は図5の通りである。

「とても思う」と回答した学生の割合が17%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が45%であったことより、半数以上の学生が、男性の家事・育児への参加を良いことだと思っていたことがわかる。女子学生の回答にいたっては、「とても思う」と回答した学生の割合が27%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が55%と、男性の家事・育児への参加を良いことだと思っていた女子学生の割合は8割を超えていた(図6)。

さらに女子学生への事後調査では、図7が示す通り、

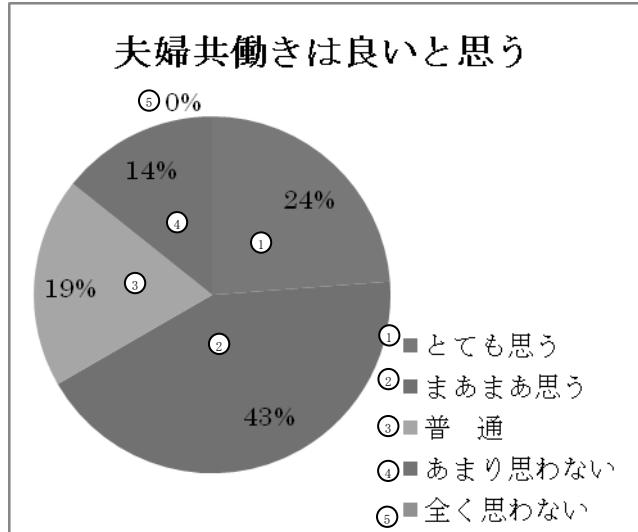


図8 夫婦共働きは良いと思う(女子)
~ 事後調査 ~

同じ設問に対して、「とても思う」と回答した学生の割合が48%まで上昇した。

この点からも、男性が家事・育児に携わることに対し、肯定的な考えを持った女子学生が増加したことが分かる。

また、事後調査における「夫婦共働きは良いと思うか」という問い合わせに対して、男子では「とても思う」と答えた学生の割合が7%、「まあまあ思う」と答えた学生の割合が37%であった。女子にいたっては「とても思う」と答えた学生の割合が24%、「まあまあ思う」と答えた学生の割合が43%と、男子にも増して非常に高い割合を示した(図8)。

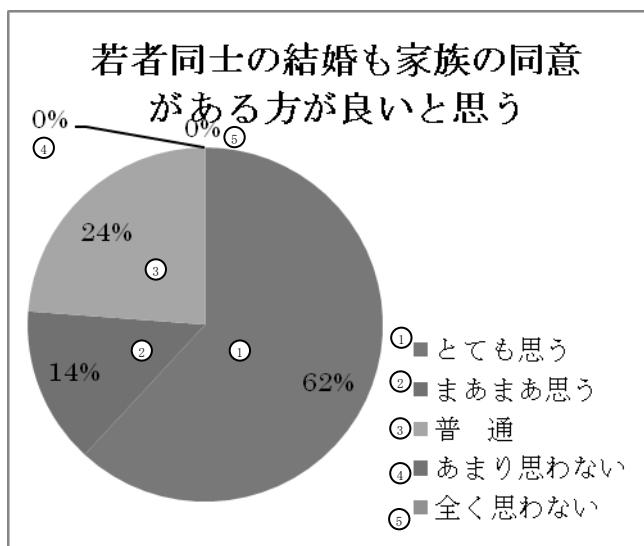


図9 若者同士の結婚も家族の同意がある方が良いと思う(女子)～事後調査～

のことからも、男女ともに「夫婦共働き」については肯定的な考えを持っている学生が多く、女子に関しては特に夫婦共働きに対して賛成する考え方の持ち主が多いことが分かる。ここには、図7の結果も影響しているものと思われる。夫婦共働きを可能にするには男性も積極的に家事・育児に携わることが必要であると考えている学生が多く存在することが推測できる。

4-3 結婚に対する意識

事前調査において、「若者同士の結婚も家族の同意があった方が良いと思うか」という問い合わせに対し、「とても思う」と回答した全体の学生の割合は19%であった。「とても思う」と回答した男子学生の割合は16%であったのに対し、女子学生の割合は40%と大きな差があった。

次に事後調査に関して同じ質問項目について見てみると、女子学生において大きな変容が見られ、「とても思う」と回答した割合が40%から62%まで上昇した(図9)。この意識の変容は、若者同士の結婚には家族の同意が必要であると考える学生が増加したことを表している。

また、「家族の反対があっても好き同士であれば結婚しても良いと思うか」という問い合わせに対しては、事前・事後いずれの意識調査結果において、男女間に大きな差が生じており、「良いと思う」と回答した学生の割合は男子学生の方が女子学生よりもとても高かった。さらには「良いと思わない」と回答した学生の割合も、やはり女子学生の方が男子学生よりも高かった。これらのことより、若い年齢での結婚に対しては、女子学

生の方が男子学生よりも、家族の意見を聞き入れる傾向があることが分かる。家族の意見が全て正しく、必ず聞き入れるべきであるとは一概には言えないが、最も身近な存在であり、愛情を注いで育ててくれた家族ならではの意見は参考にすべきであろう。

さて、厚生労働省の人口動態統計からの分析では、若年齢層の婚前出産、いわゆる「できちゃった婚」の比率が大きく増加しており、全結婚中、1980年には12.6%であった比率が、1990年には21.0%、2000年には26.3%まで増加している³⁾。

若年結婚の全てではないが「できちゃった婚」の場合、産み育てる環境が整った計画出産に比べ、多くの場合、将来設計も不安定な状態での出産であることは否定できない。出産・育児をするためには経済的に大きな負担が伴うためである。よりよい結婚生活、家族生活を送るためにも、計画的な結婚、及び出産を行うためにも、当人の今後の人生へも配慮した家族の意見にも充分に耳を傾けてもらいたいものである。

4-4 性交渉に対する意識

若者の性交渉体験の増加傾向、十代女性の中絶増加など現代社会の実態に対し、本校でも性交渉に対する意識を調査してみた。

「結婚前の性交渉はあっても良いと思うか」という質問に対し、男子学生への事前調査では「とても思う」と回答した学生の割合が17%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が34%に対し、事後調査は「とても思う」と回答した学生の割合が18%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が37%と僅かな増加を示した。さらに、女子学生に対する同じ質問への回答では、「とても思う」と回答した学生の割合が5%から24%へと増加し、大きな変容を示した(図10)。

のことより、本取組により男女ともに結婚前の性交渉について、肯定的な考え方の持ち主が増加したことが分かる。特に女子学生については、肯定的な考えをもった学生の割合が高いことから、やはり、エイズや性感染症に関する授業の場で、もっと踏み込んだ内容をとりあげ、これらの問題は身近な問題であるという認識を持たせるためにも、正しい知識の習得が益々重要となっていると言える。望まない妊娠という不測の事態を未然に防ぐためには適切な性意識と避妊が基本となる。

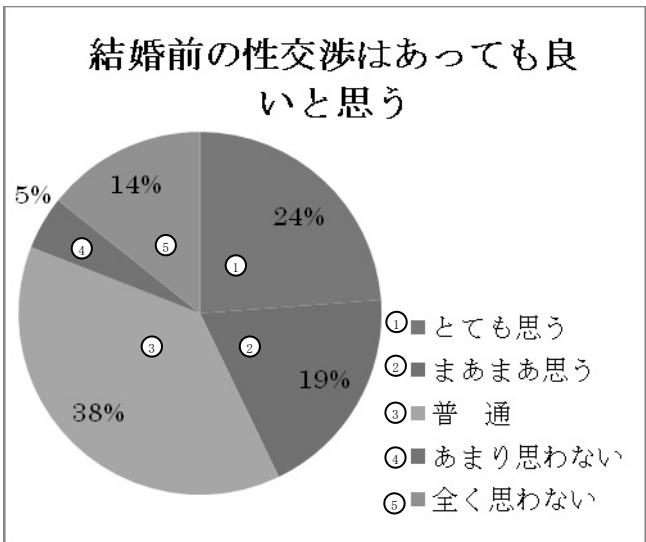


図 10 結婚前の性交渉はあっても良いと思う(女子)
～事後調査～

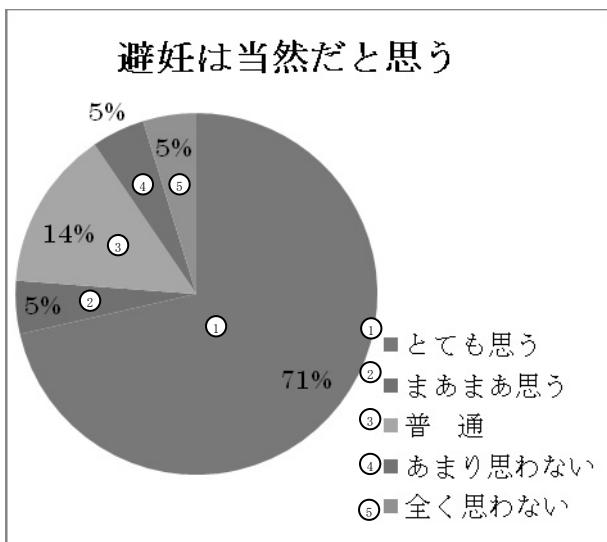


図 12 避妊は当然だと思う(女子)
～事後調査～

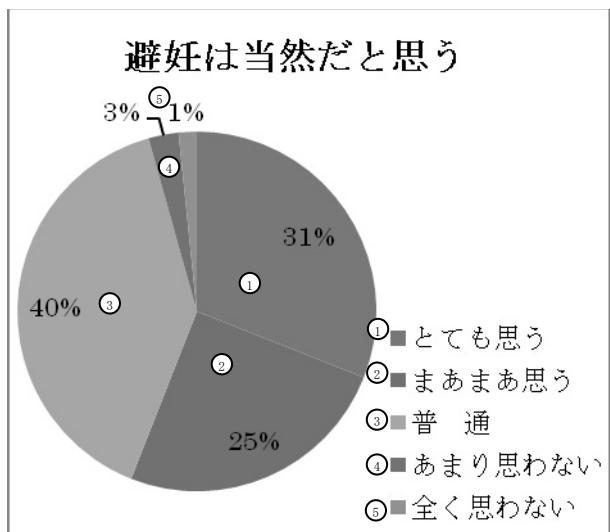


図 11 避妊は当然だと思う(男子)
～事後調査～

また、「避妊は当然だと思うか」という問い合わせに対して、男子学生の場合、事前調査においては「とても思う」と回答した学生の割合が30%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が23%であったのに対し、事後調査では「とても思う」と回答した学生の割合が31%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が25%と、僅かではあるが避妊は当然であると思った学生の割合が増加したことがわかる(図11)。この数値より、半数以上の学生が避妊の重要性を理解したと思われる。

しかしながらこの数値では満足出来ない。昨今、十代女性の中絶増加や望まない出産、さらにはその望まない出産のために経済的な不安を抱えたため至ってし

まった育児放棄や胎児の放置、さらには胎児の殺害など、生命の尊さについて考え直さなければならない事件が後を絶たない。我が国では特別な理由があれば人工妊娠中絶は認められてはいるが、人工妊娠中絶は、女性にとって身体的な負担が大きく、精神的にも大きな傷を残すことになる。性交渉に対して、そして避妊に対してもっと真剣に向き合い、正しい認識に基づいた性行動をとるためにも、より多くの男子学生にも、避妊の重要性を認識してもらいたい。やはり10代の若者にとってはノーセックスの選択肢も含め、予期しない妊娠を避けるためにも、授業の内容検討も今後行う必要がある。

さらに女子学生に至っては、事前調査において「とても思う」と回答した学生が54%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が9%に対し、事後調査では「とても思う」と回答した学生の割合が71%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が5%と、避妊は当然であると思った学生の割合が大きく増加したことがわかる(図12)。

これらのことより、男女ともに結婚前の性交渉に対しては、肯定的な考え方をもった学生が増加はしたものとの併せて避妊の重要性は理解し、避妊の必要性への意識は高まったことが分かる。しかしながら、男女における事後調査においても、避妊に対し、「全く思わない」「あまり思わない」と回答した学生が少数でも存在するということは、今後の大きな検討課題であると言える。

また、エイズや性感染症等の知識があっても、パートナーに自分の気持ちを伝えられない、相手に嫌われ

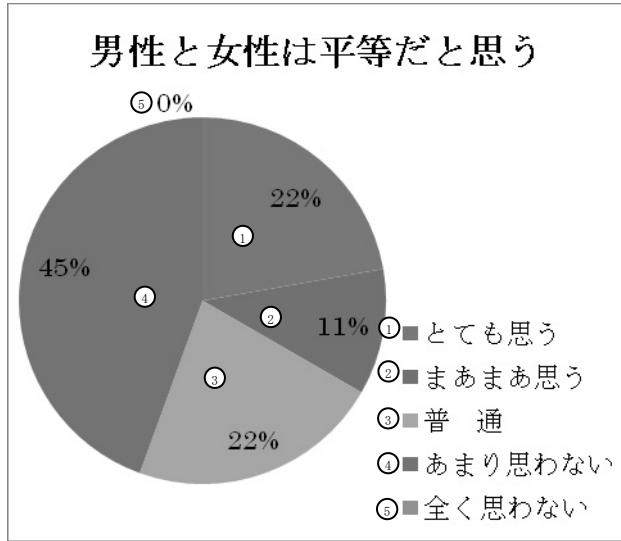


図13 男性と女性は平等だと思う（女子）
～事後調査～

てしまうのではないかなど、メンタル的な面で予防行動を取れないという状況もある。このように知識があっても、望ましい行動が取れないという状況は、健康教育全般に共通する課題でもある⁴⁾。

行動の変容を目指す行動主義心理学に基づく健康教育では、「分かっているのにやらない」原因を知識や理解の不十分さよりも、知識と行動を媒介するものとして自信や意欲、意志や自己肯定感、自尊感情などの情意的なものとしてとらえている⁵⁾。現代の若者をとりまく環境はメール・インターネットを通したコミュニケーション手段が一般化し、若者のコミュニケーション能力の低下が強く言われている一つの原因でもある。

今回の授業でも、実践力を高める点にも重点をおいて取り組んではみたものの、「わかる」ことから「できる」ことへつながる性教育が実践できたかは定かではない。お互いに相手の気持ちを理解し合い、信頼関係を築くことが重要である。生命尊重、人間尊重、男女平等などの精神に基づく正しい異性観をもつことによって、自ら考え、判断し、意志決定の能力を身につけ、望ましい行動をとれる学生の心理面へのサポートも常日頃から心掛けていきたい。

5 平成18年度意識調査に見られた変容

5-1 男女平等に対する意識

事前意識調査において、「男性と女性は平等だと思うか」という質問をしたところ、「とても思う」と回答した学生の割合が17%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が24%であった。これに対し事後調査では、同

表2 男性と女性は平等だと思う（学年）

	平成17年度		平成18年度	
	事前	事後	事前	事後
とても思う	16%	21%	17%	20%
まあまあ思う	24%	31%	24%	24%
普通	36%	28%	41%	36%
あまり思わない	18%	18%	15%	14%
全く思わない	6%	2%	3%	6%
合計(%)	100	100	100	100

質問において、「とても思う」と回答した学生の割合は20%へと3%上昇し、「まあまあ思う」と回答した学生の割合は24%で変化が無かった。

次に、女子学生の回答を見てみると、事前調査における「男性と女性は平等だと思うか」という質問に対し、「とても思う」と回答した女子学生は17%で、逆に「全く思わない」と回答した女子学生も8%存在した。しかしながら事後調査における同質問では、「とても思う」と回答した女子学生は22%まで上昇し、「全く思わない」と回答した女子学生は0%といなくなつた。これらのことより、男性と女性は平等であると思う学生の割合が増加したことが分かる(図13)。

また「男性と女性は平等だと思うか」という設問に対する平成17年度と平成18年度の事前及び事後調査結果をまとめたものを表2に示す。

表2からも読み取れるとおり、平成17年度及び平成18年度共に、「とても思う」「まあまあ思う」と回答した学生の割合が増加したことが分かる。このことより、男女平等に対する意識については平成17年度及び平成18年度共に、効果的な変容が見られた。

このように平成17年度及び平成18年度共に、『男性と女性は平等だと思うか』という問い合わせに対し効果的な変容が見られた原因として、授業内容に、男女に見られる心理的性差について、若者が興味を引かれる性交をめぐる性差と題して取り扱ったことで、女性に対する優しさや思いやり等が育まれたものと推察できる。これはレポートの中からもこの点に触れていた学生が多くなったことからも分かる。

5-2 男女の役割に対する意識

事前調査において「男性は一途に仕事を頑張る方が良いと思うか」という質問に対する、女子学生の回答を見ていくと、「とても思う」と回答した肯定的な考え方を持つ女子学生が25%存在した。逆に「あまり思わない」と否定的な考え方を持つ女子学生は8%しかいなかつた。しかしながら事後調査結果を見てみると、「とても思う」と肯定的な考え方を持つ女子学生が0%へと全くいなくなり、逆に「あまり思わない」と否定的な考え方をもつた女子学生は33%まで増加した(図14)。

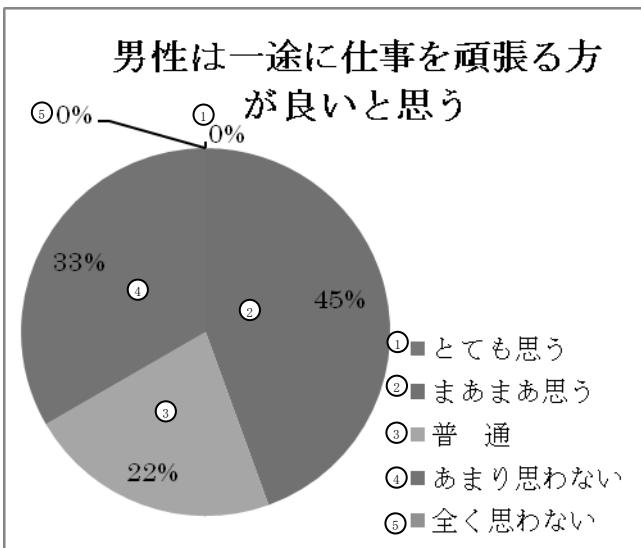


図 14 男性は一途に仕事を頑張る方が良いと思う
(女子) ~ 事後調査 ~

さらには「男性は家事・育児に携わる方が良いと思うか」という問い合わせに対し、事前調査及び事後調査において、6割以上の学生が肯定的な考えを持っていました。特に女子学生にいたっては、男性の家事・育児への参加に肯定的な考え方を持っている学生が8割以上を示した。

これら2つの質問結果より、男性も仕事ばかりするのではなく、男性は家事・育児に対して協力したい、また女性は、男性に家事・育児へ協力してもらいたいと考えている学生が多く、さらに性教育実践後は、このような考え方をもった学生が増加した。

5-3 性交渉に対する意識

「結婚前の性交渉はあっても良いと思うか」という問い合わせに対し、事前調査では、「とても思う」と回答した学生の割合が20%、「まあまあ思う」と回答した学生の割合が24%であった。逆に「あまり思わない」と回答した学生は7%しかおらず、さらに「全く思わない」と回答した学生に至っては1%であった。やはり、社会問題にもなっている性交渉体験の低年齢化は意識の面において、本校でも当てはまると言つて良い。

また、中高生そして大学生などでは、性交までの交際期間が短くなり、一ヶ月以内に半分以上が性的関係をもち、しかも相手が代わるサイクルも早く、性交相手の平均は約3人になっている。しかし、それにもかかわらず性交時のコンドームの毎回使用率は2.3割で、性交相手の総数が多いほど使用率が下がるという調査結果もある（木原雅子京都大学助教授調査）。

このような背景及び本校学生の実態を踏まえながら

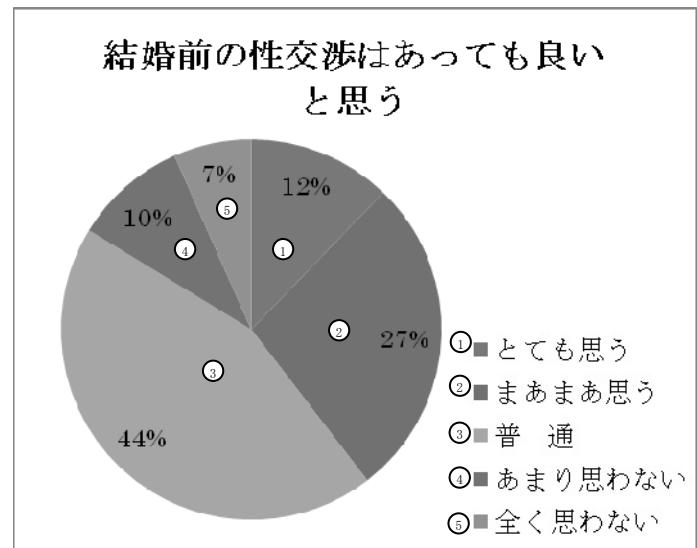


図 15 結婚前の性交渉はあっても良いと思う
(学年全体) ~ 事後調査 ~

表 3 結婚前の性交渉はあっても良いと思う (学年)

	平成 17 年度		平成 18 年度	
	事前	事後	事前	事後
とても思う	17%	19%	20%	12%
まあまあ思う	35%	34%	24%	27%
普通	42%	36%	48%	44%
あまり思わない	5%	9%	7%	10%
全く思わない	1%	2%	1%	7%
合計(%)	100	100	100	100

授業へ取組み、事後意識調査を行った。同質問に対し、「とても思う」と回答した学生の割合は20%から12%まで減少し、「まあまあ思う」と回答した学生の割合は27%であった。逆に同質問に対して否定的な考え方をもつている「あまり思わない」と回答した学生は10%と増加し、さらに「全く思わない」と回答した学生も7%まで上昇した（図15）。

3回目の授業で、性交をめぐる心理的性差を取り扱った際、性交に至るまでの過程における心理的性差、性交を満たす過程における心理的性差、性交後の受け止め方における心理的性差などを説明した。意外と身近な問題であったためか、学生は呼びかけ等に対し、経験に基づいたような返答をする学生も数名いたことからも、本校1年生でも少なからず性交渉体験者がいることが推察できた。

「結婚前の性交渉はあっても良いと思うか」という設問に関して、平成17年度の意識調査結果では、「とても思う」と回答した肯定的な考え方を持つ学生が増加

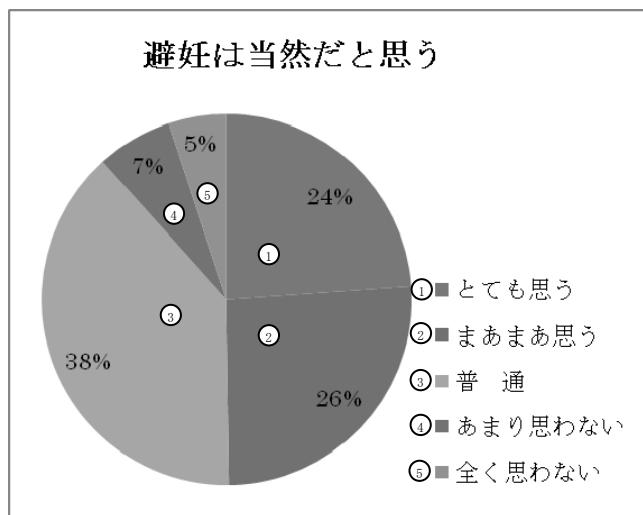


図 16 避妊は当然であると思う(学年全体)
～ 事後調査 ～

していたという点からすると、平成 18 年度の意識変容を表 3 から見てみると、「とても思う」と回答した割合が 20% から 12% へと減少したことが分かる。

また、「避妊は当然だと思うか」という問い合わせに関して、事前調査では「とても思う」、「まあまあ思う」と肯定的な考えを持っていた学生の割合が 45% であったのに對し、事後調査では「とても思う」、「まあまあ思う」と肯定的な考えを持った学生の割合は併せて 50% と、僅かではあるが増加したことがわかる(図 16)。

授業では避妊について、人工中絶率や性感染症罹患率の現状を理解させるために、最も身近な本県のデータも示した。全国平均と比較しても鹿児島はどの年代でも人工中絶率が高いことから(平成 16 年度)、他人事ではないことを自覚させることができた。このことは授業後の一言感想からも伺えた。

「避妊は当然だと思うか」と言う設問に対し、「とても思う」、「まあまあ思う」と肯定的な考えを持った学生の割合が増加した理由の一つであろう。

さらに女子に関しては、約 9 割の学生が避妊に對し肯定的な考えを持つまでに至った。昨年度も避妊の必要性については肯定的な考えを持つ学生が増え、ねらいとしていた方向へ意識は変容していたことから、表 4 からも分かるとおり、平成 17 年度に続き平成 18 年度も僅かではあるが効果があったと言える。

このように避妊に対する意識の変容は効果的に図ることができた。しかしながら前述の通り、性交渉に対する意識はあまり変容が見られなかった。ここには、現在の情報化社会が及ぼす影響も大きいと思われる。

現在は、街中に溢れている性に関する情報を、正しく選択する力もなく興味本位でインターネットや携

表 4 避妊は当然であると思う(学年)

	平成 17 年度		平成 18 年度	
	事前	事後	事前	事後
とても思う	32%	35%	25%	24%
まあまあ思う	22%	23%	20%	26%
普通	38%	37%	45%	38%
あまり思わない	5%	3%	7%	7%
全く思わない	3%	2%	3%	5%
合計(%)	100	100	100	100

帶電話で簡単に入手できる。1999 年の調査では、携帯電話所有率は、高校生で 5 割強、中学生では 1 割程度にしか過ぎなかつた。しかし、2005 年の調査では、高校生・大学生の 9 割程度が携帯電話を所有するようになり、中学生の所有率も 5 割前後までも伸びている⁸⁾。

所有率の高まる携帯電話から簡単に入手できる情報の中には、若者の性的欲求を刺激し、判断を誤らせるような情報も含まれているので注意が必要である。それらの情報(アダルトビデオ・インターネット・雑誌等)の氾濫による誤った情報によるリスクの拡大が今後も危惧される。社会全体として、若者の人権尊重・生命尊重という観点から、この情報化社会に対して対策を講じなければならないと強く思う。

6 まとめと今後の課題

平成 17・18 年度実施した性教育の授業実践による性に関する意識の変容について、男女平等に対する意識や、避妊の必要性に対する意識等に関しては、効果的な変容が見られた。しかしながら、性交渉に対する意識等ではあまり変容が見られなかつた。

性交渉の低年齢化の中、ノーセックスの選択肢を含め、パートナーを思いやる気持ちのもと、性感染症や HIV から身を守り、望まない妊娠・出産をしないためにも、正しい避妊方法の理解及び技法の習得が非常に重要である。

また、現代の情報化社会の中で、自分にとって有益な情報を選択する力を如何にして身につけさせるかが大きな課題と言える。これからの社会を担う若者のために、授業のみではなく、学校全体、もしくは地域全体として、若者を取り巻く環境に対して真剣に向かい取組んでいかなければならぬ。

最後に授業内容の検討から実践まで積極的に取り組んでくださった元鹿児島大学医学部の嶋田教授と、調査項目の検討にご協力頂いた鹿児島大学教育学部の西種子田教授に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 関川光彦, 筒井健雄: “よりよい性教育をどのように構築していくか” 信州大学教育学部附属教育実践総合センター紀要教育実践研究第2号 2001 pp. 221
- 2) 山梨八重子: “保健科教育の確かな舵取りを” 体育科教育 2005.8
- 3) 関口久志: “安全と安心の性と生” セクシュアリティ 2005.4
- 4) 森光敬子: “文部科学省の取り組み” 公衆衛生 2002
- 5) 和唐正勝: “保健の「わかる」と「できる」を考える” 体育科教育 2007.8
- 6) 「現代保健体育」 大修館書店 2007
- 7) 「最新保健体育」 大修館書店 2007
- 8) 日本性教育協会: “「若者の性」白書～第6回 青少年の性行動全国調査報告～” 小学館 2007.6

《 資料 I 》

性に関するアンケート

現代社会では『性に関する問題』が増加傾向にあり、大きな社会問題になるものまであります。本学でも、今年度より1年生を対象に性教育の講義を行うことになりました。そこで、今後さらによりよい講義を行うためにも、皆さんの性に関する意識調査を行いたいと思います。ご協力をよろしくお願いします。

性別（男・女）

★ 下記の各問について、あてはまる箇所に○をつけてください。

- 1) 同胞（兄弟・姉妹）は何人いるか？（自分も含めて数えてください）（男 人・女 人）
- 2) 現在、彼氏または彼女がいるか？（いる・いない）
- 3) 男性と女性は平等だと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 4) 今はまだ、男性が女性よりも有利だと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 5) 今は女性のほうが男性よりも有利だと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 6) 男性は一途に仕事にがんばるほうが良いと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 7) 男性は、家事・育児に携わるほうが良いと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 8) 女性は、家事・育児に専念するほうが良いと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 9) 女性は仕事をがんばるほうが良いと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 10) 夫婦共働きは良いと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 11) 若い者同士の結婚は、それぞれの同意があれば良いと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 12) 若い者同士の結婚も、家族の賛成があったほうが良いと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 13) 家族の反対があっても、好き同士であれば結婚しても良いと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 14) 結婚前の性交渉はあっても良いと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 15) 避妊は当然だと思う。（とても思う・まあまあ思う・普通・あまり思わない・全く思わない）
- 16) 子どもは人を欲しいと思うか。（0人・1人・2人・3人・4人以上）
ご協力ありがとうございました。

出前授業を利用した中学生のものづくり力向上の検討

引地 力男[†] 植松 伸二^{††} 鎌田 清孝^{†††} 池田 正利^{††††}

Investigation on Developing Junior High School Students' Creativity through
Delivery Lectures

Rikio HIKIJI Shinji ABEMATSU Kiyotaka KAMADA Masatoshi IKEDA

Today, in order to activate Japan's economy, it is necessary to aim for technological innovation and foster creative engineers. So, creativity education should be carried out at an earlier stage. However, Kagoshima Prefecture has so many solitary islands and small-scale schools, which are short of teachers in charge of craft and home economics and poor in educational equipment. That means there are very few opportunities for school children to experience craft.

The author et al. tried giving them such opportunities so that they would be interested in craftwork and develop their creativity. Moreover, plain English was used in the lecture for them to be internationally-minded in the future. As a result, the teachers came to understand the necessity of creativity education and the students were moved to make things on their own.

Keywords : Delivery Lectures, Craftwork, Creativity, Solitary Island, Small-scale Schools, English

1 はじめに

現在、日本の経済を活性化するにあたり、さらなる技術革新を目指し、独創的な発想を持つ技術者の育成が必要課題とされている。そのためには高等教育機関入学以前から、すなわち、小中学生の頃からものづくり教育が必須となってくる。そこで、高等教育機関の専任教員が小中学校の現場に出向いて出前授業を実施して生徒の創造力の育成を図っている例が多く王国されている^{1)~8)}。また、出前授業として、生徒のみならず教諭を対象とした例も報告されている⁹⁾。一方、鹿児島県は離島が多く、ものづくり教育を行うにも、技術家庭科の専任教諭不足や教育設備が不備であるなどの理由で、ものづくりの機会が少ない状況である。そこで、本校の講師陣が現場に出向いてものづくり教育を実践し、離島?小規模校の生徒達にものづくりに対して興味を持ってもらうと同時に創造力の育成を試みた。さらに、将来グローバル社会に適応できるように、

講義は簡単な英語で行い英語力の増強についても検討した。また、グループで助け合って製作することで、肯定的自己理解と自己有用感の獲得に役立ち、ロボットの必要性と製作方法を理解することで、興味?関心に基づく職業観?勤労観の形成及び進路計画の立案と暫定的選択、生き方や進路に関する現実的探索が自発的に可能になるなどキャリア教育の目標達成もねらった。

2 出前授業の手法

本出前授業のタイトルは「手作りロボット講座」であり、製作するロボットの種類にもよるが、講義は1日もしくは2日間で実施している。1時間ほどパワーポイントで講義を行った後、実際にマシンを製作し、その後できばえを評価する目的で簡単な競技を行う。そして、それぞれのマシンの改善点について各自発表してもらい、講師が補足説明や助言を行うPBL方式で授業を実施している。まず、ロボットの必要性について具体例を取り上げて説明し、その歴史について国内と国外の場合を系統的に説明し、メカニズムについて細かく解析する。生徒が興味を抱き始めた頃、製作するマシンについて実物をもとにメカニズムや組み立て

[†] 機械工学科

^{††} 一般教育科

^{†††} 電子制御工学科

^{††††} 土木工学科

方法を説明し、実際に自ら手に触れさせることにより、生徒は早く作ってみたいという気持ちになる。

次に、将来、グローバルに活躍できる技術者に少しでも近づけるよう、製作手順の説明は英語表現でも行った。以下に、その例を示す。

その1

「ドライバーを右に回す。」は

誤：The screwdriver is turned to the right.

正：The screwdriver is turned clockwise.

その2

英語と米語で綴りや表現が異なるものは、

アルミニウムは、英：aluminium、米：aluminum

万力は、英：vise、米：vice

スパナは、英：spanner、米：wrench

その3

雄ねじは二種類あって、

ビス [英語ではなくフランス語 vis] は特に小さい雄ねじ。

ボルト [bolt] は通常の雄ねじで、ナットと組み合わせて、機械、構造物を固定するのに用いる。

その4

トランペットやホルンは黄銅 [brass] でできているから、それらの金管楽器の楽団をブラスバンド [brass band] という。

3 出前授業の評価および考察

平成19年度に著者らが実施した出前授業の中で、離島中学校に関しては表1に示すとおりである。受講した生徒数は全部で123名、教諭は24名であった。

表1 平成19年度実施の離島中学校

No.	学校名	全校生徒数	参加生徒数	参加教諭数
1	名柄中学校	5	5	5
2	尾母中学校	11	11	3
3	俵中学校	10	9	5
4	薩川中学校	5	4	2
5	平島中学校諏訪瀬島分校	3	3	2
6	宝島中学校	6	6	2
7	第二中学校	28	26	3
8	伊仙中学校	102	59	2

今回、市販のロボットキット教材を使用し、直径5センチのスポンジボールをターゲットまで運搬する3チャンネルリモコン操作型ロボットを生徒とともに教諭も製作した。図1に完成品を用いたコンテストの様子を示す。このように、生徒と教諭が一体となつてのづくりを堪能できた様子が伺える。



図1 生徒と教諭とのマシン対決

次に、図2から13は生徒の授業評価アンケートの結果について示す。これらの結果より、今回の出前授業が離島中学校の生徒にとって有効であったことがわかる。特に、図2から5で示すように比較的理系に興味の無かった生徒が10～20%占めていたが、出前授業の終了時には、図6や図9の結果より、ほとんどの生徒にとって有意義であったことが伺える。

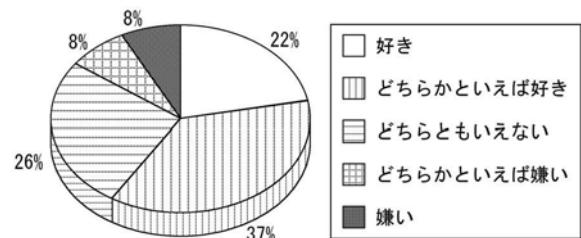


図2 理科・数学が好きですか

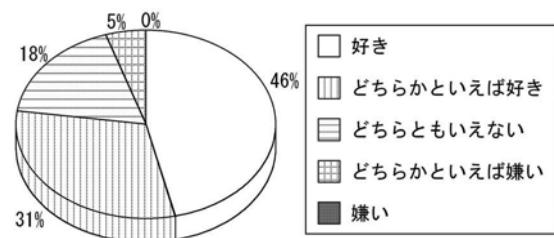


図3 実験・観察が好きですか

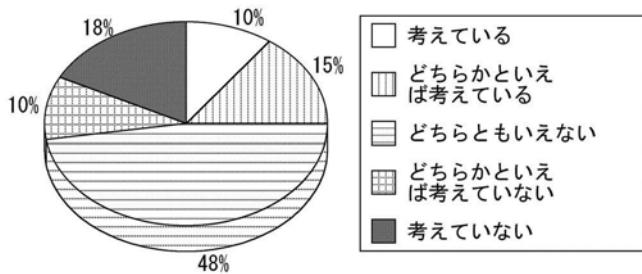


図4 理系に進学したいと考えているか

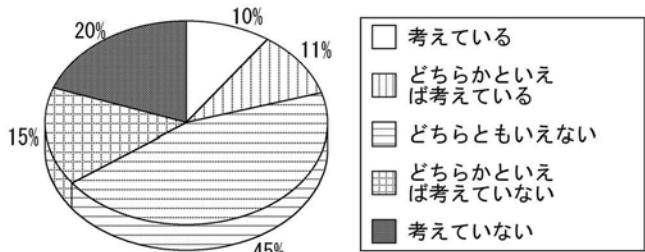


図5 理系の職業に就きたいと考えているか

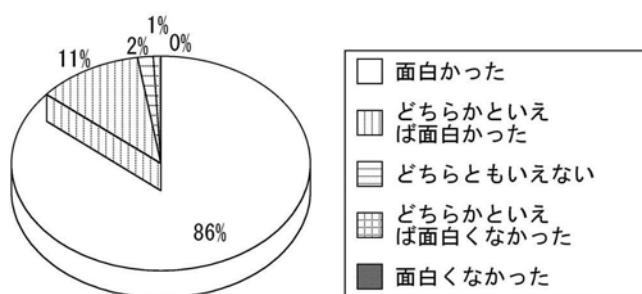


図6 授業は面白かったか

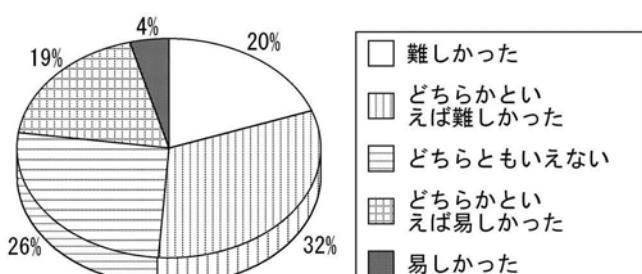


図7 授業で取り扱った内容は難しかったか

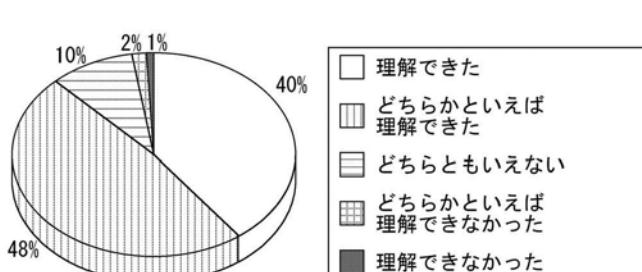


図8 授業内容は自分なりに理解できたか

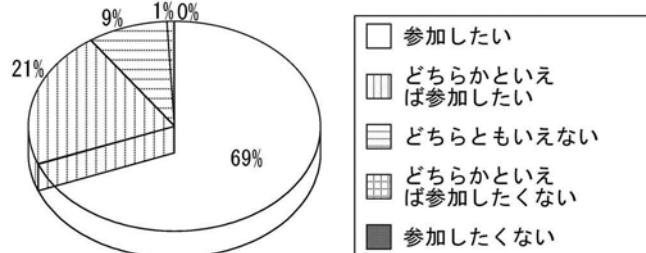


図9 またこのような授業があったら参加したいか

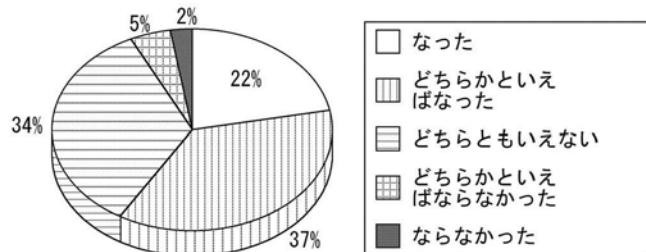


図10 理科・数学について知りたいことを自分で調べようと思う気になったか

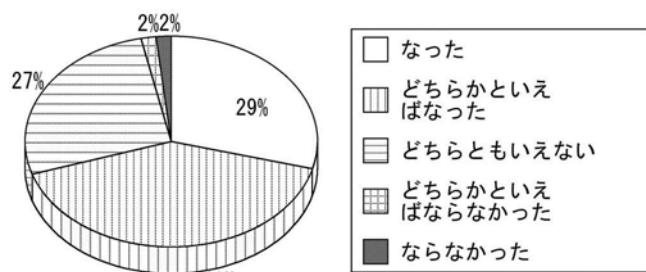


図11 研究者を感じるようになったか

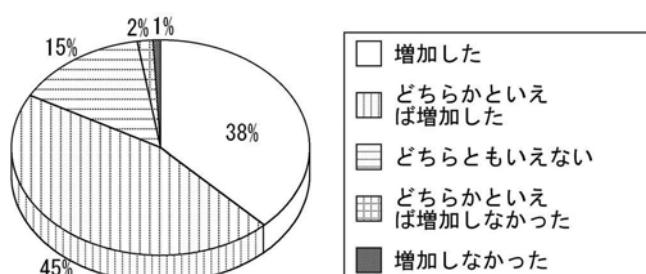


図12 科学技術や、理科・数学に関する興味・関心が増加したか

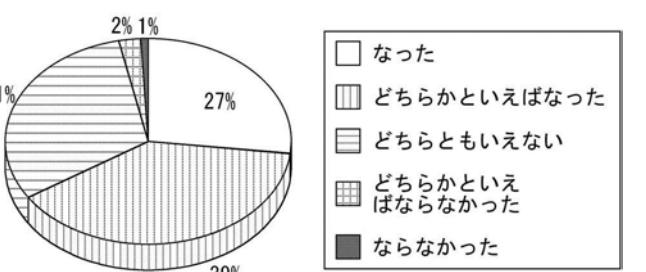


図13 研究機関で実施されている研究について具体的なイメージをもつようになったか

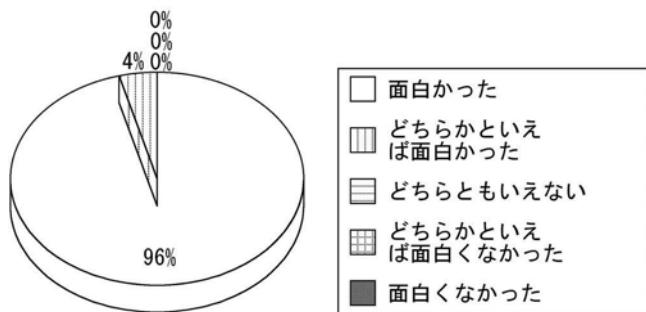


図 14 生徒たちにとって授業は楽しかったか

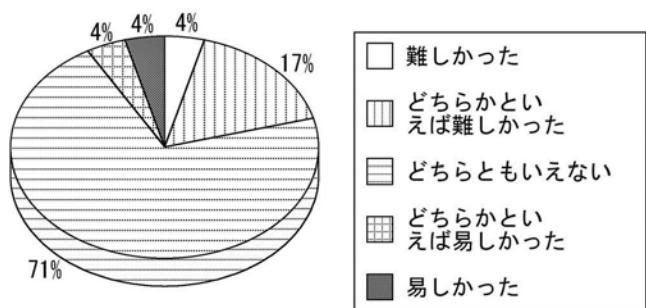


図 15 授業は生徒にとって難しかったと思うか

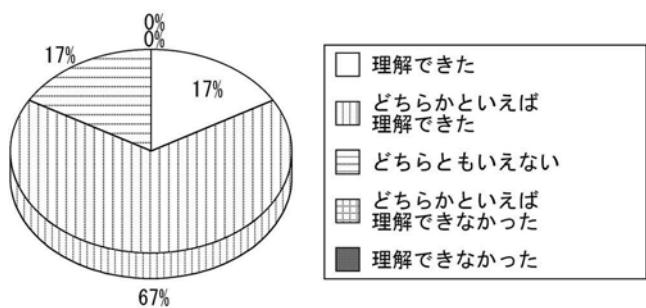


図 16 授業の内容を生徒たちは自分なりに理解できたと思うか

また、図にはないが、図 2において理科や数学が「嫌い」、「どちらかといえれば嫌い」な生徒が今回 18%いたが、出前授業終了時には、「授業がおもしろかった」が 90%を占める結果となった。さらに、理科や数学が嫌いな生徒でも、理解約 80%の生徒が授業内容を大体理解できたとなっており、次回も参加したいという意見であった。それだけでなく、約 80%の生徒が科学技術や理科・数学に対する興味・関心が増加したという回答を得た。したがって、これらの生徒の評価より今回の授業の効果が十分伺える。

生徒だけでなく、参加した教諭からみた授業評価についても検討した。図 14 から 18 と表 2 から 4 がその

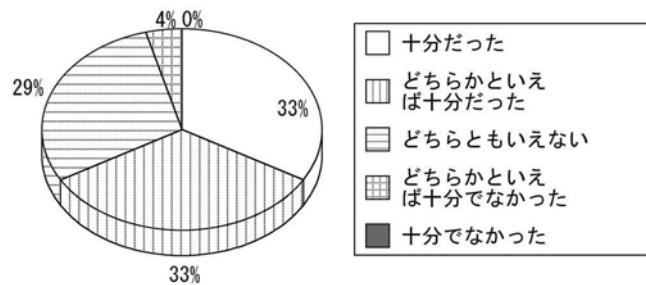


図 17 事前打ち合わせは十分だったと思うか

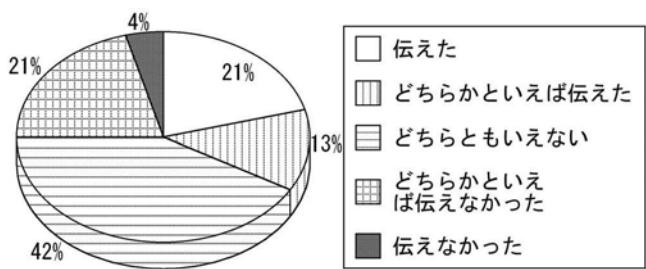


図 18 今回の授業の年間授業計画における学習指導上の位置付けを講師に伝えたか

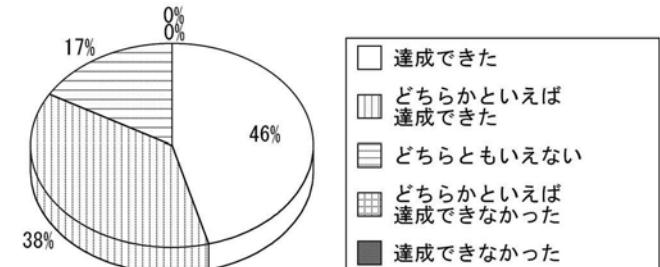


図 19 当初計画していたねらいを達成することができたと思うか

結果であり、教諭の観点からも今回の出前授業は有効であったことが伺える。しかし、表 2 にあるように、日程調整が困難であるが、十分に事前連絡、研修を重ねることによって改善されることが考えられる。また、授業内容について、「難しかった」、「どちらかといえれば難しかった」の割合は必ずしも少なくはない。したがって、プレゼンテーションの工夫や製作するマシンの難易度の軽減についても課題として検討していく。

なお、上記中学校の生徒が、今回の出前授業を機に本校を進路先に選択し、情報工学科を受験して見事合格したことも追記する。

表2 実施方法・手順、実施の効果や課題

1	生徒にとっては、日頃なかなか経験できないことを学習することができてよかったですと思ふ。実施方法や手順について自分でやすく丁寧に指導して頂きありがとうございました。
2	できれば、平日に行事でいたたけると 働くもしては 早いがよろ。
3	小ぶりの授業、生活にもかかわらざる指導で 大変ありがたかったです。 また、子供を50 手先をつかひ細い作業の (アラモテルブリズ) 経験にも乏しく、今日のロボット作りで、非常に 貴重な経験になりましたと思へます。
4	教育課程の中にヒントは、この時期に避けておいた方が大正解 であったと思ふ。 ・生徒の興味、学校の状況に加えて、タイムリーな内容をとらかに指導。(これが大半である)
5	離島の子どもたちが、科学技術に関する体験などを 地理的に困難な中、出前授業をしていただき 大変感謝がわかると思う。
6	離島という環境で中々生徒達には ロボコンへの参加も難かしい 中で、ロボットを製作するという活動で、ロボットに対する興味を持つてくれただと思います。 時間が短いことが問題だため、もう少し長い時間での計画がでれば良いと思います。
7	離島の子どもたちにとっては、高専のうな専門の先生方と 同じ山合の授業会しつづけないので、いい経験になった、と思ふ。
8	僕との打合で。 ・休み中の事をさす) 信じて自分打合せ万喜が出来ずにいた。 子供さん にとっては、とても貴重な経験だったし。 やれやれの意味付けてねだと想ふ。

4まとめ

技術家庭の専任教諭が不在である鹿児島県の離島中学校に出前授業「手作りロボット講座」を実施し、生徒達にものづくりに対して興味を持ってもらうと同時に創造力を育成を試みた。その結果、生徒も教諭もものづくりを十分堪能し、出前授業が創造力の育成に有効であることが実施後の授業評価で明確になった。しかし、出前授業で最も問題となるのは講師の出張旅費である。離島の場合は大阪までの交通費に相当することもあるので授業の回数が限定され、教材は受益者負

表3 教諭にとっての意義・効果

1	普段個人も機械器具に触れる機会が少なく、完全手外で 生徒は、 指導に当たっている部分もあり、指導の内容や実体験で 教材が 能力を取り組むなどして参考になりました。
2	自分で生徒たちにて 非日常的な環境に触り、体験ひと 暮晴らしい 機会だと思ふ ながら通常へ教育活動へ中にはない。
3	校外で技術を担当しているので今後授業を行なう際での説明の 方法がわからず、
4	生徒が苦難の連続でひどさされずに直接、わかりを教えるのが大好きで 教科が教える。それは、実際に体験して得ること、学んだことを生かす機会ある等身が好きといいます。
5	生徒と一緒にものづくり体験をすることができて、今後、生徒へ 指導にも役立つと思う。
6	初めての経験であり、全休講が算入は一部もあれば、地理的条件に難い 調査のさせたときに比べて、「経験・体験」がかけたり多く発展である と感じた。
7	出前講座の経験で、今までなかったのがで たり専門の先生からの授業ということで刺激 ありました。
8	技術や物作りに 生徒が 楽みを持ったから
9	「もへぐり」は人づくり」という言葉があるように 今回のロボット つくりを通して「もへぐり」の大切さを感じることができた。
10	生徒達と共にものづくりをしていて、短い時間での指導でも充分な 効果が得られると思った。自分がもへぐり指導をしていく中でもとり入れていきたいと思います。
11	離島の場合、自分のこのことが出来ずため、これらが 出前授業 はあります。

担で依頼せざるを得ない状況にある。今後、出前授業を継続していくためには、教育委員会や地方自治体等による支援についても検討しなければならない。

また、今回、8校も離島中学校への出前授業が可能になったのは、クラブ活動の競技大会や地元の教育研修で同席した中学校教諭とのこれまでに築いてきた交流のおかげで円滑に実施できた。ものづくり教育を向上するためにも、これからも、継続して積極的にこちらから中学校との交流を深めていかなければならぬ。

表 4 教諭の所属する学校にとっての
波及効果について

1	中学生には自主性や創造力を必要であるということを認識させることができたと思ふ。
2	生徒の意欲づけでは これまで以上のものはないと思ふ。
3	生徒はこれまで学習を通じて得た生徒として、進路選択において自信を持ったと思ふ。 ロボットに対する理解が深められたと思ふ。
4	ロボットづくりを体験初めてだった。生徒にとっては視野を広げるよい機会になったと思う。
5	情報量や体験する事から地域でのこの様な講座は珍しいこと。ここがいい経験となり今後の道筋に迷わないよ。とても良い事を思ひます。
6	現在のところではまだ分からぬが、今回の実験会で生徒たる所をより強く感じ、自分たちに伝え合っていかねば。如果が分かれば思ひます。
7	子供たちが、技術の理科といふ教科にも興味をもつてくれるのはうれしく思います。
8	ロボットや、製作には興味がある深くなつたと思う。
9	技術の担当教諭と高専の講師の先生へ書がりがてまで、指導力向上に役立つと思う。
10	普段できないような活動を出前授業。という形ですることはできたので、生徒達には貴重な体験をすることができたことが良かった。また、他の分野でも、もく相談が取り入れ利用ができることがあればことも良いと思ふ。
11	進路を考える上で貴重な体験だと思ふ。
12	色々な機会を得る事が生徒の可能性を伸ばすと思う。

謝 辞

本研究は、平成 19 年度校長裁量経費で行われたことを記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 小川博久：“中学校理科授業における高等教育機関との連携の試み” 工学教育 52[2] (2004) 38–43
- 2) 渡辺誠一他：“小中学生を対象とした電子工作の出前授業” 高専教育[28] (2005) 731–736
- 3) 大澤寛他：“中学校への出前授業における理科教諭との連携” 高専教育[28] (2005) 821–825
- 4) 長島正明他：“地域におけるものづくり教育支援” 工学教育 55[2] (2007) 7–12
- 5) 兼重明宏他：“地域に根ざした共同教育の提案” 工学教育 55[6] (2007) 105–110
- 6) 松浦真他：“移動実験車「リカレンジャー」による出前理科体験教室” 高専教育[30] (2007) 699–704
- 7) 古川万寿夫他：“出前授業「移動技術科学館」の実践” 高専教育[30] (2007) 705–710
- 8) 松英達也他：“新居浜高専における小中学校教員との教育連携に関する試み” 高専教育[31] (2008) 849–854
- 9) 森保仁他：“小中学校の先生方を対象とした理科実験講座” 高専教育[31] (2008) 223–228

立体格子状回転円板法による排水処理

西留 清[†] 竹ノ内 孝嗣[†] 佐藤 ひとみ[†]
Narumol Vongthanasunthorn^{††} 上田 明弘^{†††}

Wastewater Treatment Using a Rotating Biological Contactor with Cubic Latticed Sustratum

Kiyoshi NISHIDOME, Takatsugu TAKENOUTI, Hitomi SATOH,
Narumol VONGTHANASUNTHORN and Akihiro UEDA

When the permeable substratum was used in RBC, the substrate (BOD) removal rate increased. This was because the bio-film existed also in the space of the substratum and as the result the effective bio-film increased. In addition, the permeable substratum was fixed a good deal of the swing and stretch bio-film increasing the substrate removal because the bulk liquid also fluid vertical to the substratum surface. And then, the fixed protuberance on the substratum surface was used in RBC. The protuberance was had effect of increasing oxygen supply in the bulk liquid and within the bio-film. Applying the above advantage for RBC, Sekisui Environment Corporation (Japan) developed an RBC with the fixed protuberance and permeable substratum. The RBC have been used the many kind of wastewater treatment. In this paper, the capability of the wastewater treatment, the liquid-solid separation and the property of the sludge using the RBC were mainly reported. The efficiency of the wastewater treatment by the RBC to the conventional RBC was about 3 times. When sedimentation tank under the RBC was joined, the efficiency was higher.

Keywords: RBC with cubic latticed substratum, high efficiency of wastewater treatment, sedimentation tank under RBC, Designing of RBC, BOD removing to volume of disc unit per day (gBOD/m³/day)

1 はじめに

1.1 研究の背景

近代都市が発達し、都市に人口が集中し、都市から排出される下排水がさらに多くなると、河川等による浄化が限界となり、都市周辺の環境が汚染されるようになった。さらに工場及び事業場から公共用水域に排出される水の排出の水質を規制する水質汚濁防止法の制定や企業の環境に対するイメージ戦略の一つとしても排水を効率的に処理することが求められてきた。このような背景のなか、生物膜法による排水処理法のひとつである回転円板法が誕生した。従来の回転円板装置は、非透過性生物膜支持体が主である。非透過性支持体は、酸素供給能に限界が生じると下排水処理効率が悪くなる。そこで回転円板付着生物膜支持体に透過性支持体が用いられるようになった。透過性支持体を

用いた回転円板法では、支持体空間にも生物膜が付着し、有効な付着生物量が増大する。さらに、反応槽内の液本体が支持体面に対し平行のみでなく垂直にも流动し、生物膜内への酸素と基質の移動速度が速くなる流动あるいは揺らぎ生物膜が多量に付着する。また、回転円板反応槽と付着生物膜内への酸素供給能を高めるため円板表面に微細突起付回転円板法が用いられている。透過性支持体に突起物を付けた立体格子状回転円板装置は、日本国内を中心に現在、約数百台が稼働している。

1.2 研究の目的

一般的な都市の下排水を立体格子状回転円板法で処理すると、従来型回転円板法の2倍以上の処理能力を有していることがこれまでの研究から判明している。また、立体格子状回転円板反応槽直下沈殿槽を付加することによりBOD成分の高い浮遊物や円板体からの剥離生物膜が50%以上沈殿除去される。沈殿した浮遊物と生物膜は嫌気性分解され、処理効率はさらに向上す

[†] 鹿児島工業高等専門学校土木工学科

^{††} カセサート大学工学部環境工学科

^{†††} 積水アクアシステム（株）

る。しかし、高濃度排水を本装置で処理し、液本体BOD濃度が300mg/l以上になると円板間が付着生物膜により閉塞（ブリッジング）される場合がある。この原因として円板間のブリッジングにより付着生物膜内への酸素供給能が低下し、BOD除去量が低下するものと考えられる。ブリッジング防止対策として、回転円板反応槽直下沈殿槽を曝気すると円板間の余剰付着生物膜が剥離することが、これまでの研究から明らかになっている。

本研究では立体格子状回転円板実験装置の反応槽直下に2槽の沈殿槽を設け、①沈殿槽を固液分離槽のみとして用いた場合、②第1沈殿槽を曝気し、排気に伴う排泥を第1沈殿槽に逆送した場合、③第1沈殿槽を曝気し、排気に伴う排泥を第2沈殿槽に送泥した場合の実験結果に検討を加えた。また、BOD濃度は季節によって大きく変動し、汚泥中の微生物は処理水水温30～40°Cにおいて最もその働きが活発になるといわれている。そこで本研究では、ヒーター等を用いて排水の水温を強制的に変動させたときの微生物の活動（排水処理能力の変化）について調べ、水槽内の水温を一定に保った場合での排水処理能力の変化と比較し、その結果に検討を加えた。

2 実装置と実験方法および実験結果

2.1 実験装置

実験に用いた立体格子状回転円板実験装置（商標：エスローテI型）の諸元を表2-1に示す。

表2-1 実験装置諸元

円板槽容積: 1.6 m ³	円板間隔: 10 mm
円板材質: ポリプロピレン	円板投影面積: 407 m ²
円板枚数: 180枚	突起直径: 4 mm
突起長さ: 5 mm	円板直径: 1.2 m
格子形状: 14mmの正方形	円板体長さ: 2.70 m
格子空間: 10mmの正方形	円板体容積: 3.05 m ³

2.2 実験方法

2.2.1 反応槽直下沈殿槽付立体格子状回転円板法による排水処理（実験Ⅰ）

立体格子状回転円板実験装置（写真2-1）を用い、平成17年5月～8月（実験Ⅰの夏と称す）にかけて実験を行った。流入原水は、し尿を主体とする鹿児島高専下水処理場流入水を用いた。流入水は処理場から装置に送水するパイプの途中から採水し、処理水は装置の

処理水流出口から採水した。流入水、処理水ともに1リットル採水し水温、流量を測定後、混合水・上澄水・ろ液の水質を測定した。円板反応槽直下沈殿第1、2槽とも無曝気で行う反応槽直下沈殿槽付立体格子状回転円板法による排水処理（図2-1）を行った。

2.2.2 反応槽直下第1沈殿槽曝気による排水処理（実験Ⅱ）

立体格子状回転円板実験装置（写真2-1）を用い、平成17年9月～平成18年1月（実験Ⅱの冬と称す）にかけて実験を行った。流入原水、試験方法は、上記と同様に行った。円板反応槽直下第1固液分離槽のみ下部から曝気を行う、反応槽直下第1沈殿槽曝気による排水処理法（図2-2）を行った。

2.2.3 反応槽直下第1沈殿槽曝気と排出汚泥の第2沈殿槽流入による排水処理（実験Ⅲ）

先の実験で用いた実験装置で平成18年5月～8月（実験Ⅱの夏）と、平成18年9月～平成19年1月（実験Ⅲの冬）、平成19年5月～8月（実験Ⅲの夏）にかけて実験を行った。表2-1と写真2-1に示す実験装置の内部は2槽に分割されており、流入側を第1沈殿槽、流出側を第2沈殿槽とした。また、図2-3に示すように第1沈殿槽を曝気し、反応槽直下第1沈殿槽排気の実験（図2-4）と第1沈殿槽を曝気した際の排気に伴ない排泥を第2沈殿槽へ送泥させる実験（図2-5）を比較した。流入水は処理場から装置に送水するパイプの途中から採水し、処理水は装置の処理水流出口から採水した。



写真2-1 立体格子状回転円板実験装置

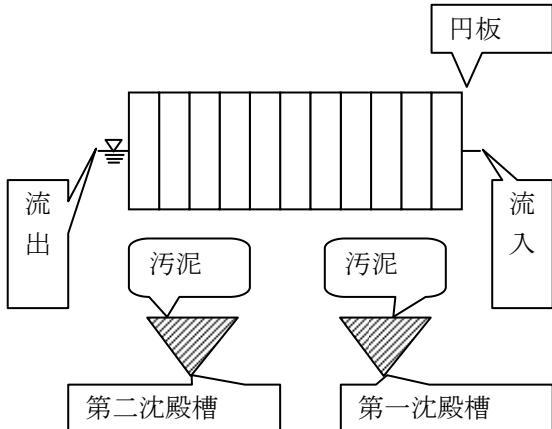


図 2-1 実験 I 時の実装置内部図

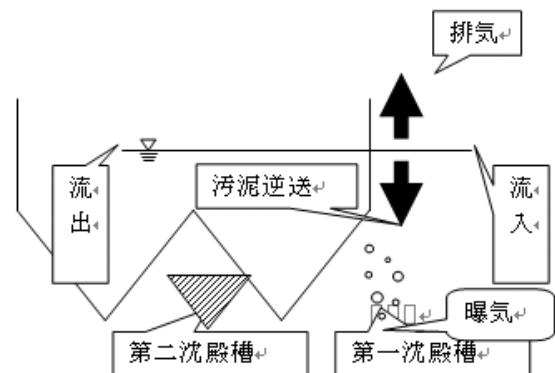


図 2-4 反応槽直下第 1 沈殿槽排気

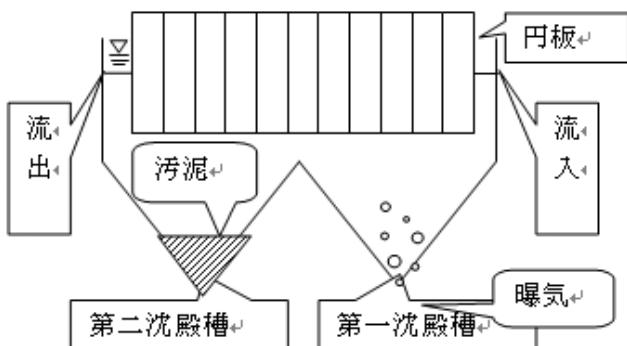


図 2-2 実験 II 時の実装置内部図

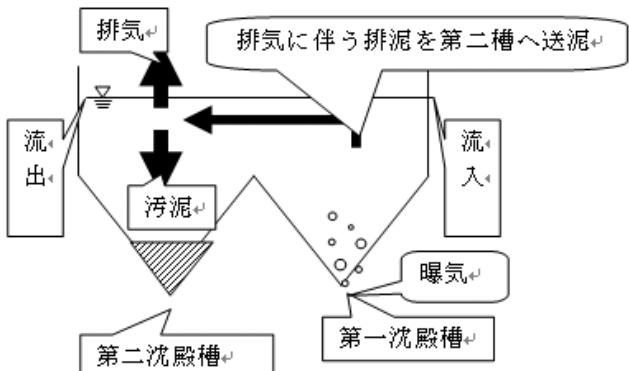


図 2-5 反応槽直下第 2 沈殿槽排気

2.2.4 反応速度の温度特性

排水処理能力は処理水水温に影響を受ける。その関係を式(1)で示す⁴⁾。

$$k = P \cdot Z \cdot \exp[-E_0/RT_k] \cdots (1)$$

ここで、 k は反応速度定数、 T_k は絶対温度、 E_0 は反応の活性化エネルギー、 R は気体定数、 Z は単位時間に単位容積当たりに衝突する分子の総数、 P は有効衝突数で0~1の値をとる立体因子である。次に生物化学的硝化反応速度係数の温度依存性は $R_{dT} = R_{d30} (\theta)^{T-30}$ となる。ここに、 R_{dT} は温度 T におけるBOD除去量、 R_{d30} は温度30°CにおけるBOD除去量、 RD は任意温度(°C)。 θ は温度依存係数(θ の値が1の場合は温度による影響はない、 $\theta > 1$ であるほど温度による影響が大きい)である。回転円板法による硝化では $R_{dT}/R_{d30} = (1.05)^{T-30}$ となり $\theta = 1.05$ となり浮遊性による硝化では $\theta = 1.15$ となる⁵⁾。

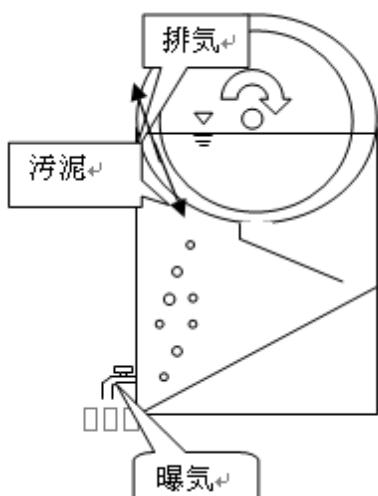


図 2-3 実装置横断図

2.2.5 反応速度の温度特性(実験IV)

実験に用いた立体格子状回転円板実験装置の概略図を図2-6に示す。実験装置は5槽に分割されており、中心の槽を流入原水槽として用いた。原水槽から右の

2つの沈殿槽を定水温槽（水温 30°C）とし、原水槽から左の2つの沈殿槽は水温を強制的に変動させる高温槽（5°C刻みで、30°C～60°Cの範囲に変動させた）として用いた。また、全ての槽を嫌気性分解槽として使用。流入原水は、し尿を主体とする鹿児島高専下水処理場流入水を用いた。各層の水温、流量及び溶存酸素量（以下 DO と表記）を測定後、原水は中心槽から採水し、処理水は各槽の出口から採水した。流入水、処理水ともに約 100cc 採水し混合水・上澄水・ろ液水の水質（COD、BOD、SS）を測定した。

2.3 実験結果

2.3.1 実験 I と実験 II における BOD 濃度と BOD 除去量

図 2-7 は平成 17 年 5 月～平成 18 年 1 月（実験 I～実験 II）、図 2-8 は平成 18 年 5 月～平成 19 年 1 月（実験 II のみに使用）までの BOD 濃度と経過日数の関係を示したものである。図 2-7 より求めた実験 I（沈殿槽無曝気）における平均 BOD 濃度と、図 2-8 より求めた実験 II（沈殿槽第 1 槽曝気）における平均 BOD 濃度を表 2-2 に示す。

実験 I における流入混合水、流出混合水平均 BOD 濃度を比較すると実験 I における流出混合水平均 BOD 濃度は、流入混合水 BOD 濃度 274mg/l に比べ 95mg/l となり約 1/3 に低減される。また、円板への原水流入前に沈殿槽を設けた場合、SS が除去され円板への流入 BOD 濃度は流入上澄水 BOD の 188mg/l となり、沈殿槽を設けない場合の流入 BOD 濃度 274mg/l に比べ約 2/3 に低減される。実験 II（冬）における流入混合、流出混合水平均 BOD 濃度を比較すると実験 I に比べ平均 BOD 濃度が若干高くなっていることが分かる。そこで、実験 II を夏場に行った場合の結果を実験 I と比較すると、実験 II（夏）における混合水、上澄水の BOD 濃度は実験 I に比べ若干低くなることが分かる。実験 I における流入水量は 13.2～82.6m³/日、実験 II における流入水量は 9.2～86.4m³/日であった。

図 2-9 は平成 17 年 5 月～18 年 1 月（実験 I～実験 II）、図 2-10 は平成 18 年 5 月～19 年 1 月（実験 II のみに使用）までの BOD 除去量と経過日数の関係を示したものである。図 2-8 より求めた実験 I（沈殿槽無曝気）における平均 BOD 除去量と、図 2-9 より求めた実験 II（沈殿槽第 1 槽曝気）における平均 BOD 除去量を表 2-3 に示す。

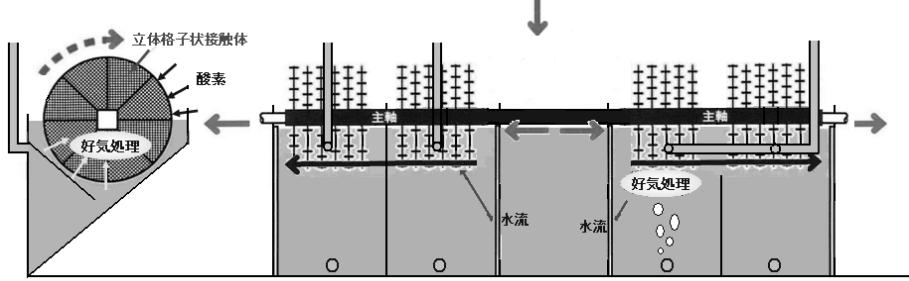


図 2-6 実験装置

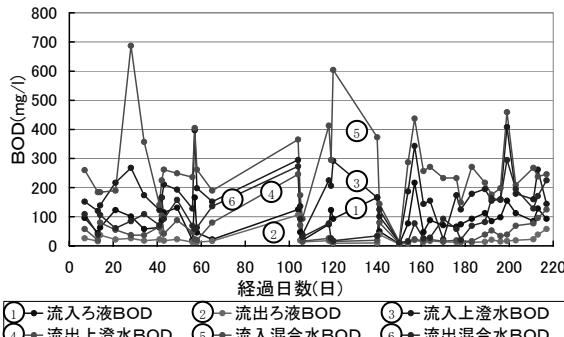


図 2-7 BOD 濃度と経過日数

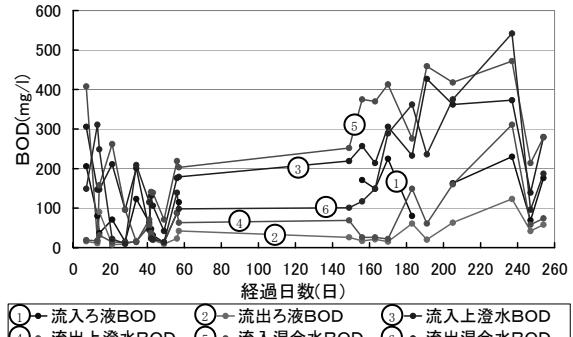


図 2-8 BOD 濃度と経過日数

表 2-2 平均 BOD 濃度 (mg/l)

	流入混合水 BOD 濃度	流出混合水 BOD 濃度	流入上澄水 BOD 濃度	流出上澄水 BOD 濃度	流入ろ液 BOD 濃度	流出ろ液 BOD 濃度
実験 I(夏)	274mg/l	95mg/l	188mg/l	54mg/l	81mg/l	22mg/l
実験 II(冬)	265mg/l	100mg/l	179mg/l	47mg/l	92mg/l	22mg/l
実験 II(夏)	192mg/l	60mg/l	148mg/l	33mg/l	74mg/l	27mg/l

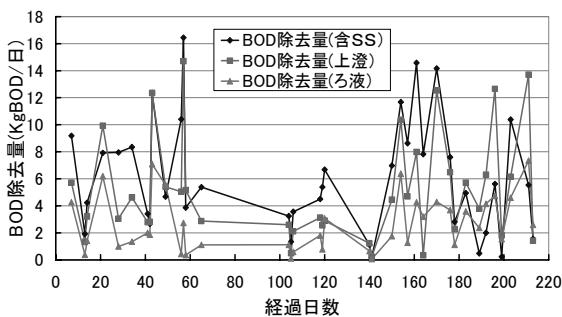


図 2-9 BOD 除去量と経過日数

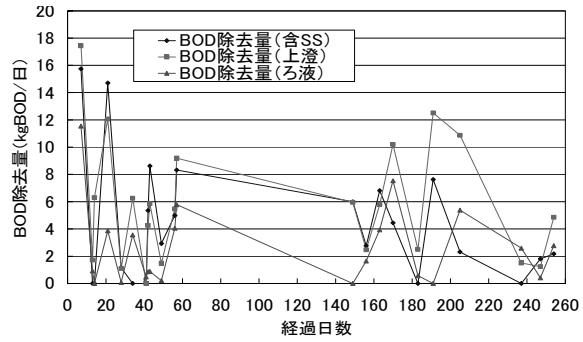


図 2-10 BOD 除去量と経過日数

表 2-3 平均 BOD 除去量 (kg/日)

	混合水 BOD 除去量	上澄水 BOD 除去量	ろ液 BOD 除去量
実験 I (夏)	7.2kg/日	5.9kg/日	2.7kg/日
実験 II (冬)	5.5kg/日	7.9kg/日	2.7kg/日
実験 II (夏)	7.7kg/日	6.5kg/日	2.9kg/日

混合水のBOD除去量は、実験Iの7.2kg/日に比較し、実験IIでは5.5kg/日となり、実験II（冬）は実験IよりBOD除去量が低下する。しかし、流入前に沈殿槽となる最初沈殿池を設け、さらに流出後に最終沈殿池を設置した場合、上澄水のBOD除去量は、実験Iの除去量5.9kg/日に比較し、実験IIの除去量は7.9kg/日となり、冬場にも関わらず実験Iに比べ実験IIの除去量は約30%上昇する。また、夏場に実験IIを行ったところ、混合水BOD除去量は7.2kg/日、上澄水BOD除去量は6.5kg/日となり、実験Iよりも良い結果を得られた。また、ろ液のBOD除去量はさほど変わらなかった。

2.3.2 実験Iと実験IIにおけるSS濃度とSS除去量

図2-11は平成17年5月～平成18年1月（実験I～実験II）までのSS濃度と経過日数の関係を示したものである。図2-12は同様に平成18年5月～平成19年1月（実験IIのみに使用）までのSS濃度と経過日数の関係を示したものである。図2-10より求めた実験I（沈殿槽無曝気）における平均SS濃度と、図2-11より求めた実験II（沈殿槽第1槽曝気）における平均BOD濃度を表2-4に示す。

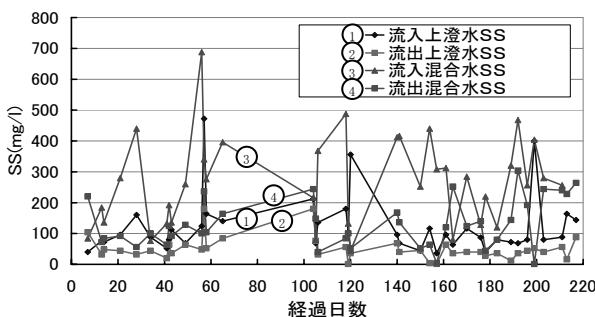


図 2-11 SS 濃度と経過日数

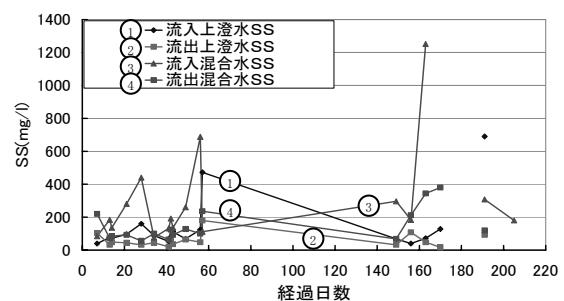


図 2-12 SS 濃度と経過日数

表 2-4 平均 SS 濃度 (mg/l)

	流入混合水 SS 濃度	流出混合水 SS 濃度	流入上澄水 SS 濃度	流出上澄水 SS 濃度
実験 I (夏)	415mg/l	117mg/l	125mg/l	61mg/l
実験 II (冬)	490mg/l	139mg/l	120mg/l	45mg/l
実験 II (夏)	650mg/l	171mg/l	120 mg/l	60 mg/l

実験 I における流入混合水、流出混合水の平均 SS 濃度を比較すると実験 I における流出混合水の平均 SS 濃度は、流入混合水の SS 濃度 415mg/l に比べ 117mg/l となり約 1/3 に低減される。また、円板槽への原水流入前に沈殿槽となる最初沈殿池を設けた場合、SS が除去され円板への流入 SS 濃度は、流入上澄水 SS 濃度が 125mg/l となり、沈殿槽を設けない場合の流入 SS 濃度である流入混合水 SS 濃度の 415mg/l に比べ約 1/3 に低減される。円板流出後に沈殿槽となる最終沈殿池を設置すると SS 濃度は、設置前 SS 濃度である流出混合水 SS 濃度の 117mg/l は流出上澄水 SS 濃度が 61mg/l となり、SS 濃度は約 1/2 になるものと考えられる。実験 II（冬）における流入混合水、流出混合水平均 SS 濃度を比較すると実験 I（夏）とほぼ同濃度であるが、円板槽への原水流入前に沈殿槽となる最初沈殿池と円板流出後に沈殿槽となる最終沈殿池を設置した場合、実験 I に比べ若干 SS 濃度が低減することが分かる。また、夏場に実験 II を行い実験 I と比較するとさほど変わらなかった。図 2-13 は平成 17 年 5 月～18 年 1 月（実験 I～実験 II）、図 2-14 は平成 18 年 5 月～19

年 1 月（実験 II のみに使用）までの SS 除去量と経過日数の関係を示したものである。図 2-13 より求めた実験 I（沈殿槽無曝気）における平均 SS 除去量と、図 2-14 より求めた実験 II（沈殿槽第 1 槽曝気）における平均 SS 除去量を表 2-5 に示す。

実験 I における混合水の SS 除去量 9.1kg/ 日に比較し実験 II（冬）における SS 除去量は 7.2kg/ 日であり実験 II（冬）の SS 除去量は実験 I と比較すると約 20% も低減する。しかし、実験 II を夏場に行い実験 I と比較すると混合水、上澄水 SS 除去量は共に実験 II の結果の方が良いことが分かる。

2.3.3 実験 II と実験 III における BOD 濃度と BOD 除去量

図 2-15 は平成 18 年 5 月～19 年 1 月（実験 II～実験 III）、図 2-16 は平成 19 年 5 月～19 年 8 月（実験 III のみに使用）までの BOD 濃度と経過日数の関係を示したものである。図 2-14 より求めた実験 II（1 槽排気）における平均 BOD 濃度と、図 2-15 より求めた実験 III（2 槽排気）における平均 BOD 濃度を表 2-6 に示す。

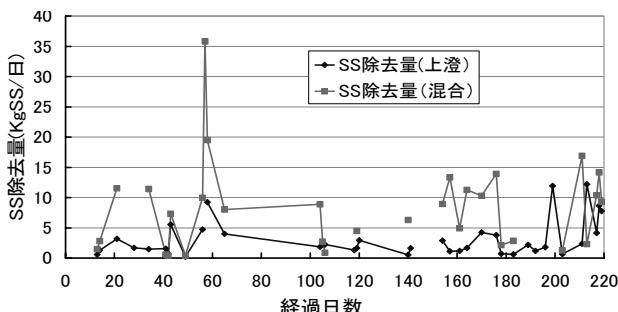


図 2-13 SS 除去量と経過日数

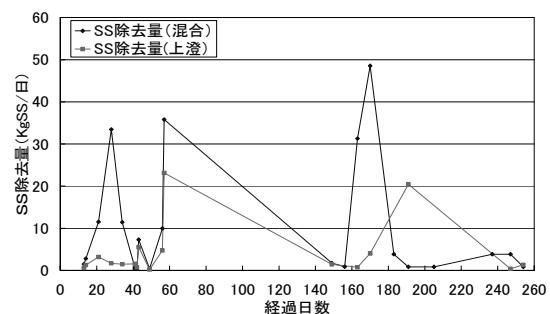


図 2-14 SS 除去量と経過日数

表 2-5 平均 SS 除去量 (kg/日)

	混合水 SS 除去量	上澄水 SS 除去量
実験 I（夏）	9.1kg/日	2.9kg/日
実験 II（冬）	7.2kg/日	3.7kg/日
実験 II（夏）	10.5kg/日	4.0kg/日

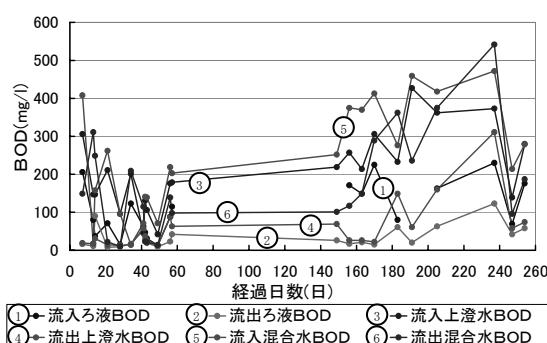


図 2-15 BOD 濃度と経過日数

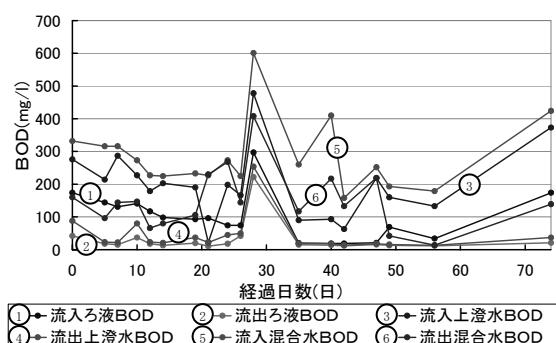


図 2-16 BOD 濃度と経過日数

表 2-6 平均 BOD 濃度 (mg/l)

	流入混合 BOD 濃度	流出混合 BOD 濃度	流入上澄 BOD 濃度	流出上澄 BOD 濃度	流入ろ液 BOD 濃度	流出ろ液 BOD 濃度
1槽排気(夏)実験Ⅱ	192mg/l	60mg/l	148mg/l	33mg/l	74mg/l	27mg/l
2槽排気(夏)実験Ⅲ	285mg/l	152mg/l	198mg/l	44mg/l	99mg/l	31mg/l
2槽排気(冬)実験Ⅲ	348mg/l	194mg/l	281mg/l	96mg/l	158mg/l	45mg/l

1槽排気(夏)における流入混合水、流出混合水BOD濃度を比較すると1槽排気における流出混合水BOD濃度は、流入混合水BOD濃度192mg/lに比べ60mg/lとなり約1/3に低減される。また、円板への原水流入前に沈殿槽を設けた場合、SSが除去され円板への流入BOD濃度は流入上澄水BODの148mg/lとなり、沈殿槽を設けない場合の流入BOD濃度192mg/lに比べ約2/3に低減される。1槽排気(夏)の結果と2槽排気(夏)(冬)の結果を比較すると、夏、冬共に流入BOD濃度に対する流出BOD濃度が第1沈殿槽より排気した際よりも高くなっていることが分かる。実験Ⅲにおいて第1沈殿槽より排気した際の流入水量は13~79m³/日、冬季に行った第1沈殿槽の排気に伴う排泥を第2沈殿槽へ送泥させた際の流入水量は11~54m³/日、夏季に行った第1沈殿槽の排気に伴う排泥を第2沈殿槽へ送泥させた際の流入水量は6~78m³/日であった。

図2-17は平成18年5月~19年1月(実験Ⅱ~実験Ⅲ)、図2-18は平成19年5月~19年8月(実験Ⅲのみに使用)までのBOD除去量と経過日数の関係を示したものである。図2-16より求めた実験Ⅱ(1槽排気)における平均BOD除去量と、図2-18より求めた実験Ⅲ(2槽排気)における平均BOD除去量を表2-7に示す。

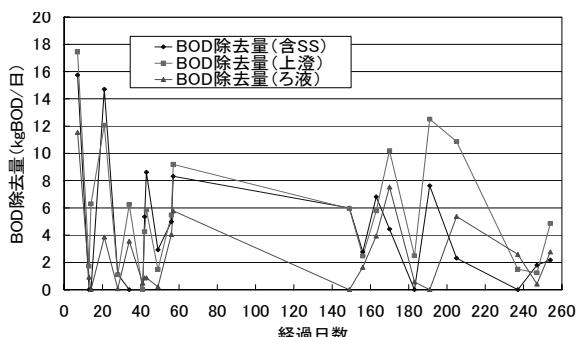


図 2-17 BOD 除去量と経過日数

混合水BOD除去量は、1槽排気(夏)の7.7kg/日に比較し、2槽排気(冬)時には4.2kg/日と低下する。上澄水も同様であり、このような結果となった理由の一つとして、排泥を2槽排気送泥する実験を行ったのが10月からという事もあり気温が3~26°Cと低かったため、生物活性が低下したことが考えられた。そこで、第1沈殿槽より排気した際での実験が行われた5月から9月にかけて、第1沈殿槽の排気に伴う排泥を第2沈殿槽へ送泥した場合の実験を行った。しかし混合水BOD除去量は5.3kg/日となり、1槽排気と比較し、夏、冬共にBOD除去量が低減したことにより、BOD除去量は第1沈殿槽で排気する方が良いということが分かる。

2.3.4 実験Ⅱと実験ⅢにおけるSS濃度とSS除去量

図2-19は平成18年5月~19年1月(実験Ⅱ~実験Ⅲ)、図2-20は平成19年5月~19年8月(実験Ⅲのみに使用)までのSS濃度と経過日数の関係を示したものである。図2-18より求めた実験Ⅱ(1槽排気)における平均SS濃度と図2-19より求めた実験Ⅲ(2槽排気)における平均SS濃度を表2-8に示す。

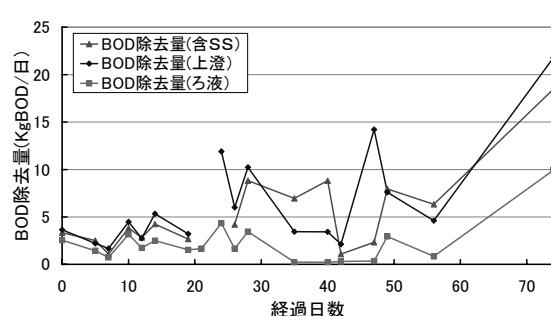


図 2-18 BOD 除去量と経過日数

表 2-7 平均 BOD 除去量 (kg/日)

	混合水 BOD 除去量	上澄水 BOD 除去量	ろ液 BOD 除去量
1槽排気(夏)実験Ⅱ	7.7kg/日	6.5kg/日	2.9kg/日
2槽排気(冬)実験Ⅲ	4.2kg/日	5.8kg/日	3.1kg/日
2槽排気(夏)実験Ⅲ	5.3kg/日	6.4kg/日	2.2kg/日

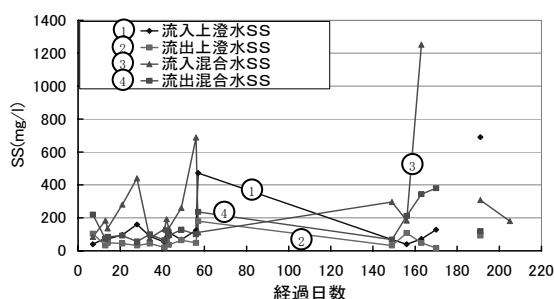


図 2-19 SS 濃度と経過日数

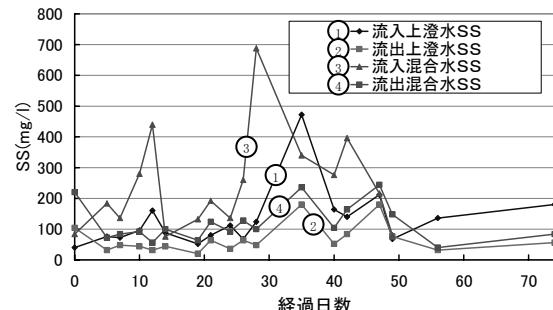


図 2-20 SS 濃度と経過日数

表 2-8 平均 SS 濃度 (mg/l)

	流入混合水 SS 濃度	流出混合水 SS 濃度	流入上澄水 SS 濃度	流出上澄水 SS 濃度
1槽排気(夏)実験Ⅱ	650mg/l	171mg/l	120mg/l	60mg/l
2槽排気(夏)実験Ⅲ	384mg/l	203mg/l	124mg/l	45mg/l

1槽排気において流入混合水、流出混合水 SS 濃度を比較すると 1槽排気時の流出混合水 SS 濃度は、流入混合水 SS 濃度 650mg/l に比べ流出混合水 SS 濃度 171mg/l となり約 1/4 に低減される。また、円板槽への原水流入前に沈殿槽となる最初沈殿池を設けた場合 SS が除去され円板への流入 SS 濃度は減少し、流入上澄水 SS 濃度は 120mg/l となり、沈殿槽を設けない場合の流入混合水 SS 濃度の 650mg/l に比べ約 1/5 に低減される。円板流出後に沈殿槽となる最終沈殿池を設置すると SS 濃度は、設置前 SS 濃度である流出混合水 SS 濃度の 171mg/l と比べ設置後 SS 濃度である流出上澄水 SS 濃度の 60mg/l となり、約 1/3 になるものと考えられる。1槽排気の結果と 2槽排気の結果を比較すると、流入混合水 SS 濃度に対する流出混合水 SS 濃度が 1槽排気時よりも悪化していることが分かる。また、流入上澄水 SS 濃度に対する流出上澄水 SS 濃度は 1槽排気よりも若干良くなっていた。

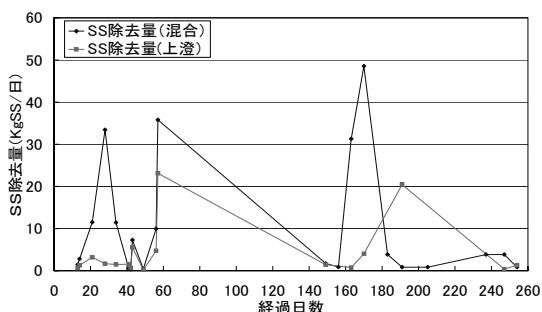


図 2-21 SS 除去量と経過日数

(平成 18 年 5 月～19 年 1 月)

表 2-9 平均 SS 除去量 (kg/日)

	混合水 SS 除去量	上澄水 SS 除去量
1槽排気(夏)実験Ⅱ	10.5kg/日	4.0kg/日
2槽排気(夏)実験Ⅲ	7.6kg/日	3.2kg/日

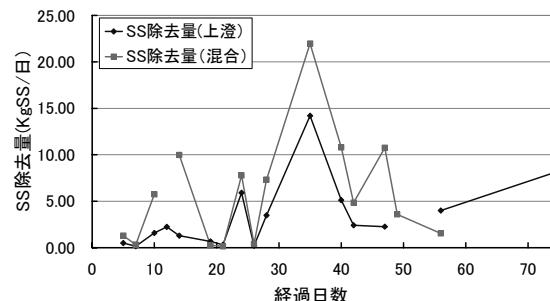


図 2-22 SS 除去量と経過日数

(平成 19 年 5 月～19 年 8 月)

泥平均 MLSS 濃度が低いことが分かる。これは第 1 沈殿槽を曝気した際の排気に伴う排泥を第 2 沈殿槽へ送泥させた為に、活性汚泥の量が減ったものと考えられる。上記の結果で BOD 除去量が 2 槽排気より 1 槽排気の方が若干良好であった原因の一つであるものと考えられる。

2.3.5 温度特性（実験IV）

実験は平成 19 年 6 月 6 日開始し、平成 20 年 2 月 7 日まで行った実験結果を示す。

図 2-23 は原水の BOD 濃度（含 SS）と水温との関係である。この図から見てとれるように BOD 濃度はそれぞれ流量の違いがあるためかなりばらつきがあることがわかる。処理前の BOD 濃度の値が処理量にどのような影響を及ぼすかをふまえて次に BOD 除去量と水温との関係を示す。

図 2-24 は混合水（含 SS）における BOD 除去量と水温との関係を、図 2-25 は上澄水における同関係を示したものである。これらの図において BOD 除去量は 30℃ 前後で高い値を示しており、水温が上昇、低下するに従って低い値を示していることがわかる。ここで、水温 15℃付近や 40℃以上においてでも BOD 除去量が高い値を示していることがある。これは、図 2-23 と図 2-24、2-25 を比較してみたら、そのときの流入原水 BOD 濃度

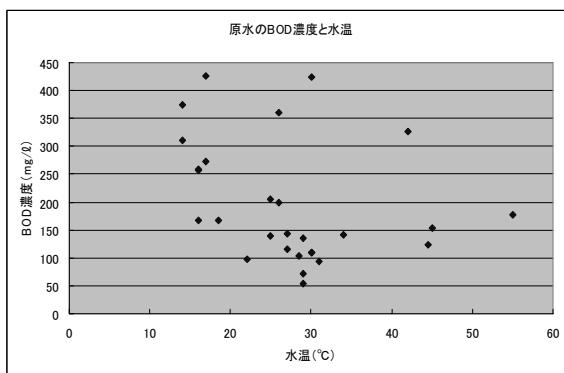


図 2-23 原水 BOD 濃度（含 SS）と温度の関係図

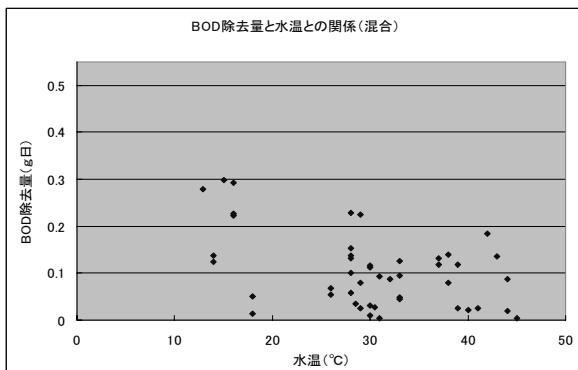


図 2-24 BOD 除去量と水温との関係（含 SS）

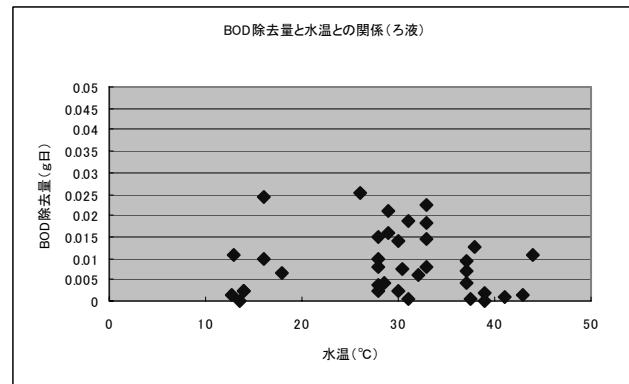


図 2-25 BOD 除去量と水温との関係（上澄）

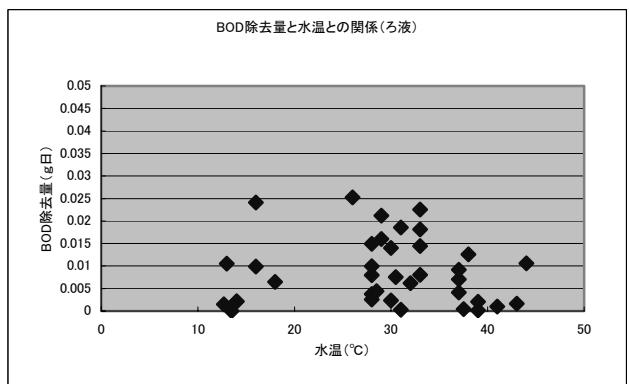


図 2-26 BOD 除去量と水温との関係（ろ液）

が非常に高かったためにその除去量も高くなったと考えられる。また、図 2-24、図 2-25 において処理水水温が 30℃ の時に、BOD 除去量が低い値をいくつか示していることも図 2-23 と比較することで説明することができる。また、混合水、上澄水には SS が含まれているため、それが BOD 除去量に対して影響を及ぼすことも考えられる。そのため、SS が除去されているろ液においてでの BOD 除去量と水温との関係を次に示す。図 2-26 はろ液での BOD 除去量と水温との関係を示したものである。混合水、上澄水での実験結果と比べて大きなばらつきもなく、BOD 除去量は 30℃ 前後で高い値を示しており、水温が上昇、低下するに従って低い値を示すことがより明確に表れている。

3 おわりに

立体格子状回転円板法の機能化の一法として円板反応槽直下沈殿槽をエアレーションタンクとして用いた。反応槽直下沈殿槽をエアレーションタンクとして用いることにより、活性のある円板剥離生物膜が常にエアレーションタンク内に供給されているため活性汚泥法のように最終沈殿池からの返送汚泥を必要としない。

本報では、円板反応槽直下沈殿槽をエアレーションタンク機能として用いた場合、低BOD濃度でも処理効率が向上するかを検討した。また、ヒーター等を用いて排水の水温を強制的に変動させたときの微生物の活動（排水処理能力の変化）について実験を行い、水槽内の水温を一定に保った場合での排水処理能力の変化と比較し、その結果に検討を加えた。その実験の結果から以下の結論を得た。

- ① 反応槽直下沈殿槽付立体格子状回転円板法による排水処理法（固液分離後のSSは嫌気性消化）に比較し、反応槽直下第1沈殿槽曝気法は剥離生物膜が沈殿槽内でも好気性生物処理が行われるため処理効率は向上する。
- ② 反応槽直下第1沈殿槽曝気法は第1沈殿槽の排気に伴う汚泥を第2槽に送泥すると活性汚泥が減少し、処理効率は若干低下する。
- ③ 排水を回転円板法で処理する前後に最初沈殿池と最終沈殿池を設置した場合、第1沈殿槽曝気法では処理効率はさらに向上する。
- ④ 混合水（含SS）ではBOD除去量の温度依存性は見られなかった。
- ⑤ ろ液でのBOD除去量の温度依存性は定性的に見られることができた。

今後の実験では温度依存性を定量的にもとめていくつもりである。また、水温が低いときのデータが少なく、そのときの挙動についての結果を得ることができなかつたので、今後の実験で定量的結果を求める予定である。

参考文献

- 1) 有馬浩一郎、榎並利征、西留清、佐藤ひとみ：反応槽下沈殿槽付立体格子状回転円板法による排水処理、平成14年度土木学会、第57回年次学術講演会、VII-186、(2002.9)
- 2) 野本健太ほか：多機能性立体格子状回転円板法による排水処理、平成17年度日本水環境学会九州支部研究発表会講演要旨集、(2006.3), pp. 39-40
- 3) 福田文治：立体格子状接触体による排水処理システム、日本工業出版、第5巻第5号 pp. 61-65, (2006.5)
- 4) 会田健：水質工学演習編、丸善（株）、昭和51年4月, pp. 11
- 5) 渡辺義公：回転円板に関する研究（II）、下水道協会誌、Vol. 17, No. 195, 1980, P1-10

ソフトロンキューブを用いた流動担体の処理機能の解明

西留 清[†] 中原 広貴[†] 佐藤 ひとみ[†]
Narumol Vongthanasunthorn^{††} 上田明弘^{†††}

Nitrification and Organic Oxidation Using Polyethylene Bio-carrier

Kiyoshi NISHIDOME, Hiroki NAKAHARA, Hitomi SATOH,
Narumol VONGTHANASUNTHORN and Akihiro UEDA

The activated sludge process is a most common process for wastewater treatment in Japan. Due to the limitation of area, it is difficult to improve the removal efficiency of an activated sludge system by increasing the size of the aeration tank when the influent volumetric flow or loading exceeds the design capacity or when nutrient removal is required. Addition of porous media with high specific area for microbial attached growth, so-called bio-carrier, in an aeration tank is considered as a potential alternative to increase the removal efficiency. In this study, the improvement on nitrification and organic oxidation using polyethylene bio-carrier was examined. Polyethylene bio-carrier (SOFTRON CUBE) was found to have contribution on nitrification and organic oxidation because of high microbial growth inside. Without the requirement for return sludge, addition of bio-carrier helps reduce the size of activated sludge system and improve the removal efficiency.

Keywords: bio-carrier, nitrification, organic oxidation, activated sludge process

1 はじめに

1.1 研究の背景

現在我が国の下排水処理場では、排水処理法として活性汚泥法が約 90% 採用されていると言われている。活性汚泥法とは、活性汚泥と呼ばれる微生物の集合を利用し汚水の処理を行う好気的水処理法である。活性汚泥法において、当初の設計と比較し活性汚泥処理場への流入水量が多くなった場合、あるいは BOD 流入濃度が高くなった場合、BOD 流入負荷量（流入水量 × 流入 BOD 濃度）が設計値より高くなる。このように流入負荷が高くなると、処理後の公共用水域への放流水水質基準値（たとえば BOD 濃度 20mg/l 以下）を達成できなくなる場合がある。放流水水質基準値を達成するためには新たな処理場が必要となり、多額の費用を要する。また、既存の処理場用地に余裕がない場合、新たな用地取得も必要となる。既存の処理場用地に余裕がない場合の解決策として、既存の活性汚泥反応槽（エアレーションタンク）に加え、他の生物処理法（例え

ば、回転円板法）を前処理や後処理として用い、公共用水域への放流水水質基準値を達成している場合もある¹⁾。このように、水質基準を達成するため従来用いられている活性汚泥法による下排水処理に何らかの処理を加えることにより処理効率を向上させ、処理場の容積不足問題等を解決することが必要となってくる。

1.2 研究の目的

既設の下排水処理場が主に活性汚泥法を用いている場合、既存の処理場用地に余裕があっても、活性汚泥法の増設に多額の費用を要する場合や短期間に改良する解決策として担体が用いられている。そこで、処理効率の向上を目的に、担体は主にエアレーションタンク（曝気槽）等に添加されている^{2~4)}。下排水処理用として用いられている担体は、我が国においては既に数社が製造販売している^{2~4)}。架橋発泡ポリエチレンフォームの技術をベースに積水アクアシステム社が開発した担体（商標：ソフトロンキューブ）は、中小規模処理場への導入例から処理効率の定性的向上は見られるが、定量的には明らかとなっていない⁵⁾。そこで、本研究では、活性汚泥に固定化流動床担体（ソフトロンキューブ）を添加した回分式実験による下排水処理

[†] 鹿児島工業高等専門学校土木工学科

^{††} カセサート大学工学部環境工学科

^{†††} 積水アクアシステム（株）

実験を行い、その実験結果に検討を加え、処理効率の向上を定量的に表すことを目的とした。

2 活性汚泥法と担体

2.1 活性汚泥法による下排水処理

活性汚泥とは「下排水を浄化する能力を持つ微生物とそれらを餌とする原生動物等の小さな集団（フロック）の総称」⁶⁾である。活性汚泥法は活性汚泥を利用した好気的水処理法である。活性汚泥を曝気槽に入れ汚水と混合したものに、酸素供給と攪拌を目的として空気または純酸素を用いて一定時間曝気を行う。この時、汚水に含まれる汚濁物質は微生物の代謝物となり除去される。反応終了後曝気槽内の汚水は最終沈殿池で活性汚泥と処理水とに分離され、活性汚泥の一部は曝気槽内の微生物濃度を一定に保つように返送汚泥として曝気槽に返送される。この「曝気槽」「沈殿槽」「返送汚泥」という三つの条件を満たした処理の一連の流れが活性汚泥法による下排水処理とされている⁷⁾。

2.2 担体

担体（生物膜ろ材）とは微生物を付着させるために用いる粒状または、小片の材料である。ろ材の材質としてアンスラサイト、粒状セラミックスなどの無機系物質、ポリエチレン、ポリウレタンなどの有機系物質が使用されている。⁹⁾

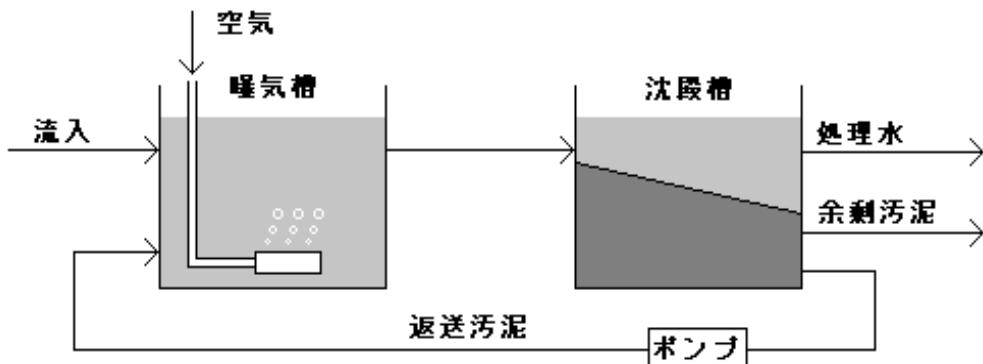


図 2.1 活性汚泥法による下排水処理⁸⁾

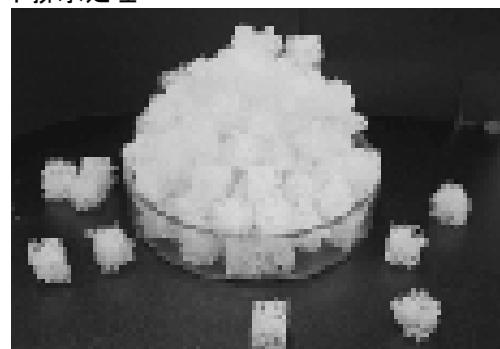


図 2.2 担体²⁾³⁾

2.4 担体の役割

活性汚泥法による下排水処理において、担体は微生物を保持するための流動床として用いられている。曝気槽内に担体を添加すると、担体の表面や内部に微生物が自然に付着し保持される。この保持されている微生物と浮遊している微生物により、曝気槽内の汚水を処理するシステムである。活性汚泥法において担体を添加する場合に、担体に求められる性能を以下に記す。まず微生物の保持を目的として添加する物であることから、微生物の付着しやすい物でなければならぬ。さらに微生物を高濃度に保持する事が必要となる。また閉塞を防ぐために、通水性がよく目詰まりしないことも条件の一つとして挙げられる。担体は流動させ利用するため、流動しやすい物であることと、流動による磨耗を防ぐため耐久性が高い素材でできていることが望ましいとされている。

2.5 ソフトロンキューブの特性

ソフトロンキューブは、「架橋発泡ポリエチレンフォームの技術をベースに開発された排水処理用の微生物固定化流動床担体」⁵⁾である。素材にポリエチレンを用いたソフトロンキューブの諸元を以下に記す。ソフトロンキューブの分子構造は炭素と水素で構成されている。一般的な有機溶剤や酸、アルカリに対し高い抵抗性を発揮する。架橋により、耐水性、耐薬品性、耐熱性や機械的強度が向上している。耐久性に関する試験として、1cm立方体のソフトロンキューブとウレタン担体を140日間水中で強制攪拌した結果、これらの残存率は、それぞれ97.6%と40.0%であった。このことからも、ウレタンなどに比較してソフトロンキューブの耐久性が高いことが分かる。またソフトロンキューブの比重は0.99g/cm³であり、後述する微生物付着後の比重も水に近く、流動が容易である⁵⁾。

表 2.1 ソフトロンキューブの諸データ

材質	ポリオレフィン
大きさ	10×10×10(mm)
空隙率	96%
セル径	1.1mm
比表面積	3000m ² /m ³
真比重	0.99g/cm ³



図 2.3 ソフトロンキューブ

3 生物学的有機物酸化と硝化

3.1 ヘキサン抽出物質除去実験装置と実験方法

排水処理場（鹿児島高専校内下水処理場）の活性汚泥を各槽に等量にとり、グルコース50gと市販のサラダ油10gを添加後、曝気を行った。23時間経過後、曝気を停止し活性汚泥を沈殿させた。曝気を停止してから30分経過後に上澄水を50L抜き取り、再度グルコース50g、サラダ油10gと水道水50L投入後、曝気を行うFill and Draw方式を用いた。分析に最低1Lの採水が必要となるため、反応層の容積は100Lとし、担体無添加と担体添加量10%の2槽を用いた。サラダ油以外の人口下水の成分は有機物除去実験と同じ比率（表3.2）である。曝気槽への担体の添加量を表3.1に示す。また、実験装置を図3.1に示す。

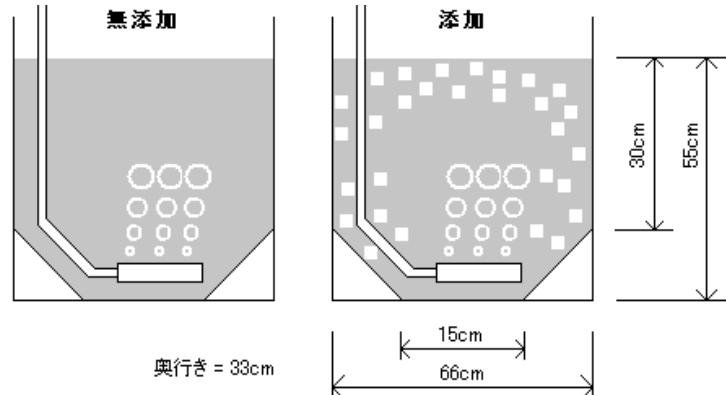


図 3.1 実験装置

表 3.1 担体の添加量

担体	無添加	10%添加
投入担体個数(個)	0	10000

反応槽内の微生物は Fill and Draw 方式による馴養を行い、各曝気槽における処理水のノルヘキ抽出物質と COD 濃度、さらに MLSS 濃度の測定を行い、測定結果について検討を加えた。

「ヘキサン抽出物質 (n—ヘキサン抽出物質) とは、主として下水中に含まれる比較的揮発しにくい炭化水素、炭化水素誘導体、グリース油状物質等でヘキサンなどによって抽出され、80±5°C、30 分間の乾燥で揮散しないものをいう。これらの物質は、活性汚泥処理や汚泥の嫌気性消化に影響を及ぼす。」¹⁶⁾ 以下、ノルヘキ濃度と称す。

3.2 有機物酸化実験装置と実験方法

実験装置は容積約 100L 程度の水槽を 2 つと、曝気用のエアーポンプと観賞魚用ヒーターを用意した。各水槽へエアーポンプを設置し、既設の下水処理場（霧島市下水処理場）の活性汚泥 100 L と人口下水ソフトロンキューブを添加後、曝気を開始した。ソフトロンキューブは、曝気槽容積の 0%, 10% 添加した。24 時間経過後、曝気を停止し、上澄水を約 50L 抜き取り、人口下水投入後、曝気を行う Fill and Draw 方式を用いた。実験装置を図 3.1 に、担体の添加量を表 3.1 に示す。また、人口下水組成を表 3.2 に示す。

表 3.2 人口下水組成

成分	人口下水(100L 当たり)
グルコース	50(g)
尿素	3(g)
リン酸二水素カリウム	1(g)
塩化ナトリウム	1(g)
硫酸マグネシウム	1(g)

回分実験による COD 濃度と MLSS 濃度を測定し、その測定結果について検討を加えた。微生物馴養においてグルコースは毎日投入した。担体内の微生物濃度は担体の内部に付着している活性汚泥量を示す。測定方法は、まず曝気槽に添加する前の担体 10 個分の乾燥状態での重量を測定する。曝気槽に添加し、Fill and Draw 方式による馴養を行う。

3.3 硝化実験装置と実験方法

3.3.1 実験方法

硝化とは、好気条件下で亜硝酸菌(nitrosomonas sp), 硝酸菌(nitrobactor sp)の作用により、アンモニア性窒素を亜硝酸性窒素、硝酸性窒素に酸化することをいう⁹⁾。実験装置は容積約 4L 程度の水槽を 3 つと、曝気用のエアーポンプを用意した。各水槽にエアーポンプ、観賞魚用ヒーター (20°C) を設置し、既設の下水処理場（霧島市内下水処理場）の活性汚泥 2 L と、水道水 1 L および人口下水 30mg とソフトロンキューブを添加後、曝気を開始した。ソフトロンキューブは、曝気槽容積の 0%, 5%, 10% ずつ添加した。24 時間経過後、曝気を停止し、上澄水を 1L 抜き取り、再度人口下水 30mg と水道水 1L 投入後、曝気を行う Fill and Draw 方式を用いた。人口下水投入量に対する人口下水の成分を表 3.3 に、ソフトロンキューブの添加量を表 3.4 に示す。また、実験装置を図 3.2 に示す。

表 3.3 人口下水組成 (硝化)⁹⁾

成分	人口下水(3L 当たり)
塩化アンモニウム	0.191(g)
炭酸水素ナトリウム	0.60(g)
塩化ナトリウム	0.073(g)
硫酸マグネシウム	0.0615(g)
りん酸水素カリウム	0.034(g)
添加水道水	1000(ml)

表 3.4 ソフトロンキューブの添加量

担体	無添加	5%添加	10%添加
投入担体個数(個)	0	150	300

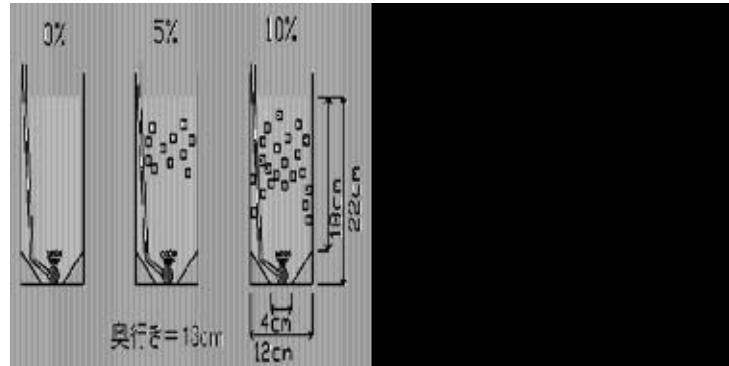


図 3.2 実験装置

3.4 基質反応速度¹⁶⁾

回分実験における基質反応（除去）速度は一般的に式（1）で表される。

$$\frac{dx}{dt} = k(a-x) \quad \dots \quad (1)$$

x : 基質除去濃度

a : 初発基質濃度

t : 反応時間

k : 反応速度定数

n : 反応次数

反応次数 n=1 の時 1 次反応、n=0 の時 0 次反応となる。

式（1）が 1 次反応の時は式（2）で表される。

$$x=a(1-e^{-kt}) \quad \dots \quad (2)$$

k₁ : 1 次反応での反応速度定数 (hr⁻¹)

式（1）が 0 次反応の時は式（3）で表される。

$$x=kt \quad \dots \quad (3)$$

k₀ : 0 次反応での反応速度定数 (mg/l · hr⁻¹)

したがって、基質除去速度が 1 次反応で表される場合、基質除去率が一定となり、0 次反応で表される場合、基質除去濃度（量）が一定となる。

4 実験結果と考察

4.1 ヘキサン抽出物質と COD 除去実験

微生物の馴養を開始してから 28 日後の回分実験によるヘキサン濃度の変化を図 4.1 に示す。また、同実験での各槽の COD 濃度の変化を図 4.2 に示す。

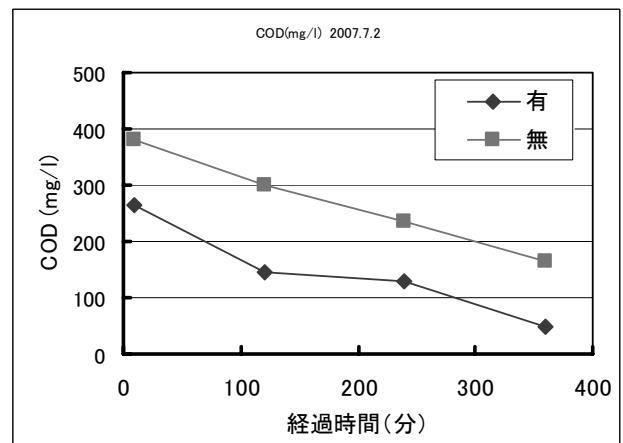


図 4.1 ノルヘキ濃度の変化（実験 II 飼養 28 日）

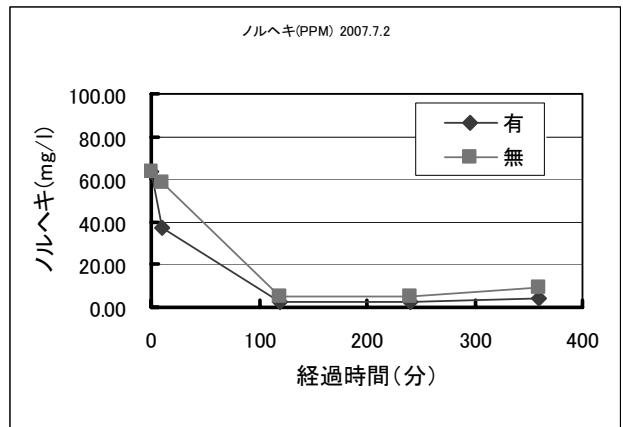


図 4.2 COD 濃度の変化（実験 II 飼養 28 日）

図 4.1 に示すノルヘキ濃度は、担体が無い場合、反応開始から 120 分経過後までを 0 次反応とみなすと、式（3）で示す反応速度定数は担体無添加で、 $(64-2.4)\text{mg/l}/2\text{hr}=31\text{mg/l/hr}$ となる。10% 添加では、添加した油分が急速に担体内に取り込まれたものと考えられ、反応次数を 1 次反応であるものとすると、式（2）で示す反応速度定数 K₁ は $2.4/64=1-e^{-2K_1}$ より、 $0.019(1/\text{hr})$ となる。図 4.2 に示す COD 濃度は、担体の有無に関わらず、反応開始から 360 分経過後までを 0 次反応であるものと思われる。式（3）で示す反応速度定数は担体無添加で、 $(390-165)\text{mg/l}/6\text{hr}=$

37.5mg/l/hr となる。10%添加でも担体無添加と同値が得られる。

馴養 29 日目から投入サラダ油を 30g に増加し、11 日経過(39 日)後の回分実験によるヘキサン濃度の変化を図 4.3 に示す。また同実験での各槽の COD 濃度の変化を図 4.4 に示す。

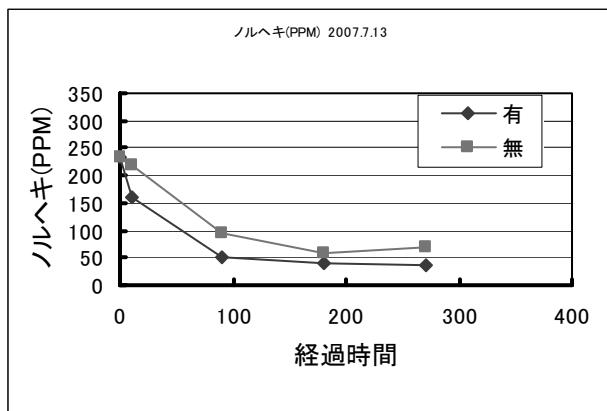


図 4.3 ノルヘキ濃度の変化 (実験 II 馴養 39 日)

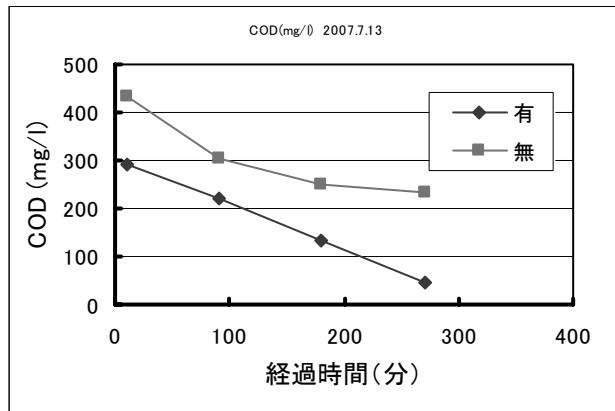


図 4.4 COD 濃度の変化 (実験 II 馴養 39 日)

図 4.3 に示すノルヘキ濃度は、担体が無い場合、反応開始から 90 分経過後までを 0 次反応とみなすと、式

(3) で示す反応速度定数は担体無添加で、 $(235-96)\text{mg/l}/1.5\text{hr}=92\text{mg/l/hr}$ となる。10%添加では、馴養 29 日の実験と同様に添加した油分が急速に担体内に取り込まれたものと考えられ、反応次数を 1 次反応であるものとすると、式 (2) で示す反応速度定数 K_1 は $50.5/235=1-e^{-1.5K_1}$ より、 $0.16(1/\text{hr})$ となる。図 4.4 に示す COD 濃度は、担体が無い場合、增量添加された油分に影響されたものと考えられ、COD 除去速度は時間経過とともに低下している。担体 10% 添加されている場合、增量添加された油分に影響されること無く、COD 除去速度は時間経過とともに低下し、反応開始から 270 分経過まで 0 次反応であるものと思われる。式 (3) で示す反応速度定数は担体 10% 添加で、 $(300-45)\text{mg/l}/3\text{hr}=85\text{mg/l/hr}$ となる。

馴養 40 日目からサラダ油の添加を停止し、59 日目の活性汚泥槽の COD 除去実験結果からを反応開始 5 分経過後から 125 分経過後までを 0 次反応とみなすと、反応速度定数は $(280-110)\text{mg/l}/2\text{hr}=87.5\text{mg/l/hr}$ となった。馴養 59 日目の担体槽の COD 除去を反応開始 5 分経過後から 35 分経過後を 0 次反応とすると反応速度定数は $(290-190)\text{mg/l}/0.5\text{hr}=200\text{mg/l/hr}$ となる。活性汚泥槽に比較した処理効率の向上は $200/87.5=2.29$ 倍となる。馴養 60 日目の活性汚泥槽の COD 除去を反応開始 5 分経過後から 125 分経過後までを 0 次反応とみなすと、反応速度定数は $(300-255)\text{mg/l}/0.5\text{hr}=90\text{mg/l/hr}$ となる。馴養 60 日目の担体槽の COD 除去を反応開始 5 分経過後から 35 分経過後を 0 次反応とすると反応速度定数は $(300-160)\text{mg/l}/0.5\text{hr}=280\text{mg/l/hr}$ となる。活性汚泥槽に比較した処理効率の向上は $280/90=3.11$ 倍となる。馴養 59 日目より馴養 60 日目の活性汚泥槽に比較した処理効率はかなり高くなっている。

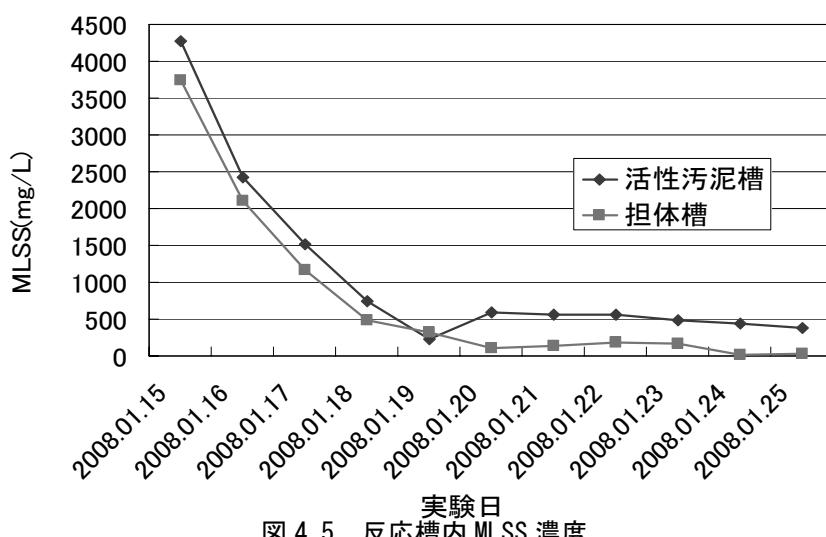


図 4.5 反応槽内 MLSS 濃度

馴養 59 日目の活性汚泥槽の MLSS 濃度は約 3900mg/l であり、馴養 59 日目の担体槽の MLSS 濃度は約 3200mg/l と活性汚泥槽に比べ約 700mg/l 少なくなっている。これは添加している担体の内外に付着したためと考えられる。また、馴養 92 日目から 102 日目まで曝気を停止せずに混合水約 50L 抜き取り水道水約 50L を投入し、有機物除去実験および MLSS 濃度、微生物付着濃度の測定を行った。

図 4.5 に、混合水 50L 引き抜き水道水を 50L 加えたときの MLSS 濃度の経日変化を示す。5 日後から活性汚泥槽の MLSS 濃度は約 500mg/l 程度に安定しているが、担体槽の MLSS 濃度は低下し、9 日後には 50mg/l 以下となった。

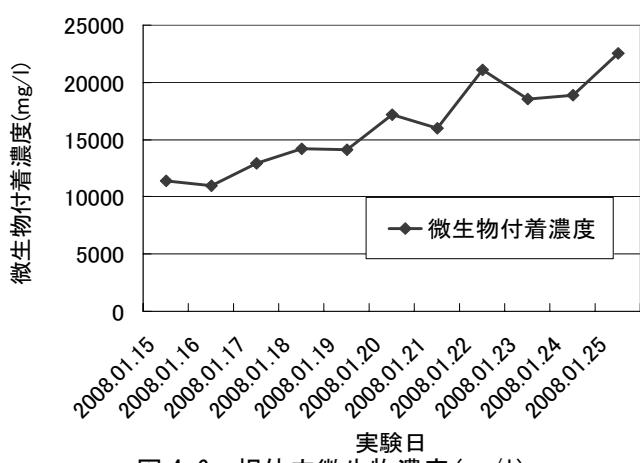


図 4.6 担体内微生物濃度 (mg/l)

図 4.6 に、混合水 50L 引き抜き水道水を 50L 加えたときの担体への微生物付着濃度の経日変化を示す。微生物付着濃度は徐々に増加し、10 日後には 22500mg/l と約 2 倍になった。これを MLSS 濃度に換算すると、 $22500 \times 0.1 = 2250\text{mg/l}$ となり、一般的な活性汚泥エアレーションタンクの MLSS 濃度となる。

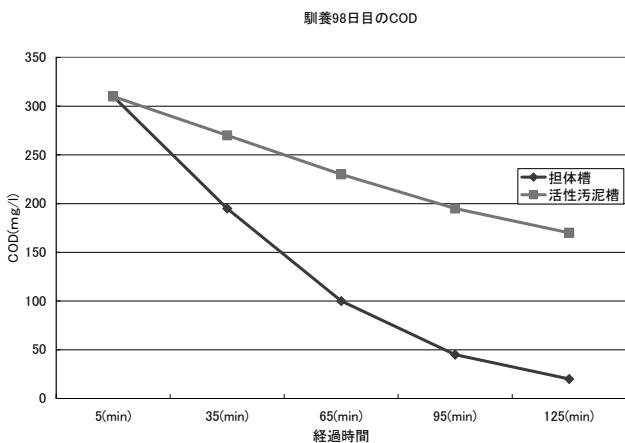


図 4.7 馴養 98 日目の COD

図 4.7 は、混合水 50L 引き抜き水道水を 50L 加えたときの有機物除去の実験結果(馴養 98 日目)を示す。活性汚泥槽の COD 除去を反応開始 5 分経過後から 35 分経過後を 0 次反応とすると反応速度定数は $(310-270)\text{mg/l}/0.5\text{hr} = 80\text{mg/l/hr}$ となる。図 4.7 から馴養 98 日目の担体槽の COD 除去を反応開始 5 分経過後から 35 分経過後を 0 次反応とすると反応速度定数は $(310-195)\text{mg/l}/0.5\text{hr} = 230\text{mg/l/hr}$ となる。活性汚泥槽に比較した処理効率の向上は $230/80 = 2.875$ 倍となる。このことから、担体に微生物が付着すれば返送汚泥は必要ないと考えられる。

4.2 生物学的硝化実験

微生物の馴養を開始してから 29 日後の回分実験による $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の変化を図 4.8 に示す。また、同実験での各槽の MLSS 濃度の変化を図 4.9 に示す。

図 4.8 に示す $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去速度は、反応開始 35 分経過後から 95 分経過後までを 0 次反応とみなすと、式 (3) で示す反応速度定数は担体無添加 : $(60.480 - 45.312)\text{mg/l/hr} = 15.168\text{ mg/l/hr}$, 5% 添加 : $(64.704 - 50.112)\text{mg/l/hr} = 14.592\text{ mg/l/hr}$, 10% 添加 : $(58.994 - 46.272)\text{ mg/l/hr} = 12.672\text{ mg/l/hr}$ となる。この時の反応速度にあまり差はなく、充分な馴養がなされていないと考えられる。また、図 4.9 に示す MLSS 濃度は担体の添加がない槽が最も高く、約 4200mg/l である。担体を 5% 添加した槽の MLSS 濃度は約 3300mg/l、担体を 10% 添加した槽の MLSS 濃度は約 3570mg/l となった。このことから、担体に微生物が付着していると考えられる。

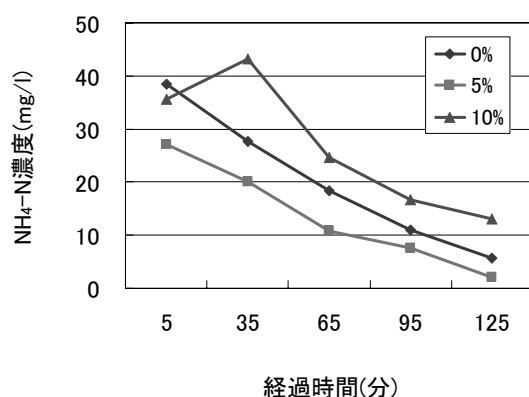


図 4.8 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 (実験 II 馴養 63 日目)

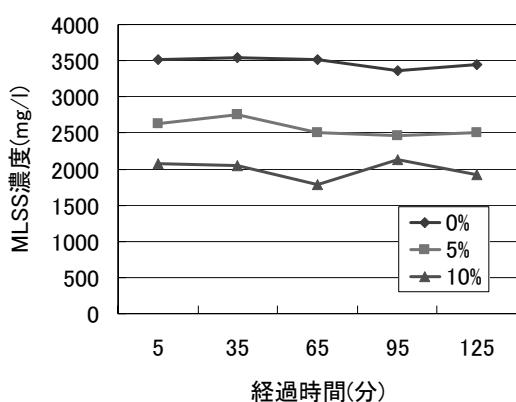


図 4.9 MLSS 濃度の変化(実験Ⅱ馴養 63 日目)

図 4.8 に示す $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去速度は、担体無添加と 5%，10% 添加では $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去速度はさほど変わらない。しかし、図 4.9 に示す MLSS 濃度は、担体無添加で 3500mg/l, 5% 添加で 2500 mg/l, 10% 添加で 2000 mg/l である。また、担体内の微生物濃度は、5% 添加で 10400 mg/l, 10% 添加で 7800 mg/l である。MLSS 濃度に換算すると 5% は 2900mg/l ($0.05 \times 10400 + 0.95 \times 2500$), 10% は 2580mg/l ($0.1 \times 7800 + 0.9 \times 2000$) となる。担体添加槽の MLSS 濃度が低くても硝化速度がほぼ同じであることは、担体内の生物による硝化が大きく寄与していると考えられる。

5 実処理現場における適用例

5.1 施工例

実処理現場でのソフトロンキューブの施工例を示す。図 5.1 は、ソフトロンキューブ投入時（充填率 25%）様子である。運転開始後 1 年経過時のソフトロンキューブの付着濃度は 48000mg/l であり、図 5.2 は、付着している微生物の顕微鏡写真（倍率 100）である。



図 5.1 ソフトロンキューブの施工例

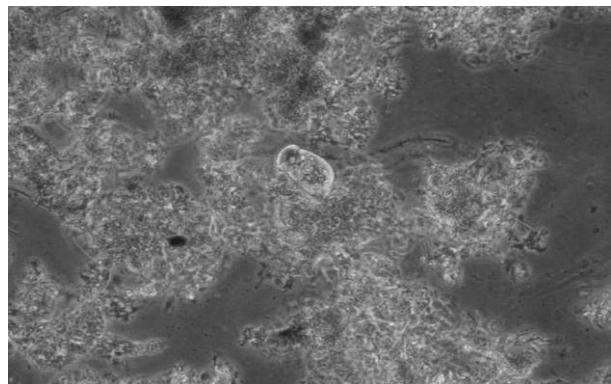


図 5.2 ソフトロンキューブ付着微生物

5.2 実処理場での実験結果

実処理場での実験結果（製麺、食品製造廃水）を図 5.3 に示す。原水 BOD 濃度が 450-1700mg/l であり、活性汚泥法で処理後に河川放流している。負荷量が増大し、その一部を担体流動槽に変更し、下水道放流とした。曝気槽にソフトロンキューブを容積の 25% 添加し、20 日後に返送汚泥を停止した図中の □ は曝気装置増設前の処理水濃度である。反応槽の酸素不足により放流水基準 (600mg/l) が達成できなかったため曝気装置を増設した結果、放流水基準を充分達成できる処理水約 300mg/l (図中の ■) が得られた。担体内の付着生濃度は約 40000mg/l となる。

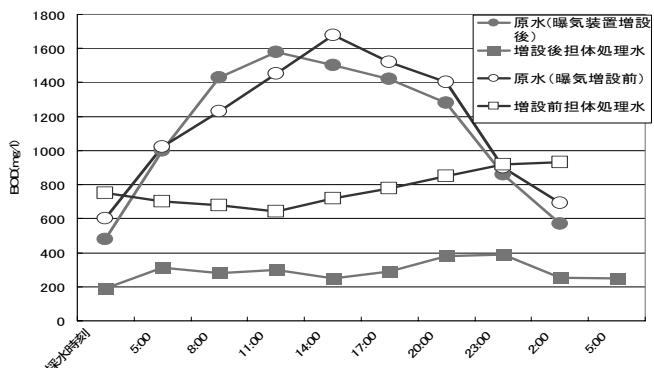


図 5.3 実処理場での担体による BOD 除去

6 おわりに

本研究では、活性汚泥反応槽にソフトロンキューブを担体として添加した場合、処理効率が向上するかを検討した結果、以下の結論を得た。

- ① 担体を反応槽容積の 10% 添加することにより、汚泥馴養約 30 日における処理効率が約 70% 向上する。
- ② 担体内外に、活性汚泥が約 10,000mg/l 付着する。

- ③ 担体を活性汚泥反応槽（曝気槽）に加えることで、活性汚泥の馴養が速くなる。
- ④ 油分を含む排水を活性汚泥で処理する場合、担体を添加することにより、有機物の除去への影響が小さくなり、油分の除去速度も速くなる。
- ④ 活性汚泥反応槽の MLSS 濃度を低下させてもソフトロンキューブ内に付着した生物により有機物酸化速度は低下しない。
- ⑤ 活性汚泥硝化槽に担体（ソフトロンキューブ）を用いた場合、担体付着生物は硝化に充分寄与している。
- ⑥ 実処理場の曝気槽にソフトロンキューブを添加した場合、有機物酸化に必要な酸素が供給されれば返送汚泥がなくても目的に応じた処理水が得られる。

本研究の実験では、基質として人工下水（有機物はグルコース、窒素は塩化アンモニウム）を用いた。今後、実廃水の処理効率の解明や返送汚泥のない連続流による処理効率を明らかにする予定である。具体的には、鹿児島高専下水処理場流入水を用い中心槽から流入させ、立体格子状回転円板実験装置で処理を行う。その処理水をソフトロンキューブを添加したエアレーションタンク内で硝化反応を起こさせる。さらに、脱窒させる。このような流れで実験を行っていく。エアレーションタンクは2槽になっていて、それぞれ担体を容積の10%、15%添加させる。実験装置の概略図を図6.1に、緒言を表6.1にそれぞれ示す。また、硝化反応を起こすにはある程度のアルカリ度が必要になるので、定期的に反応槽に重炭酸を投入する。

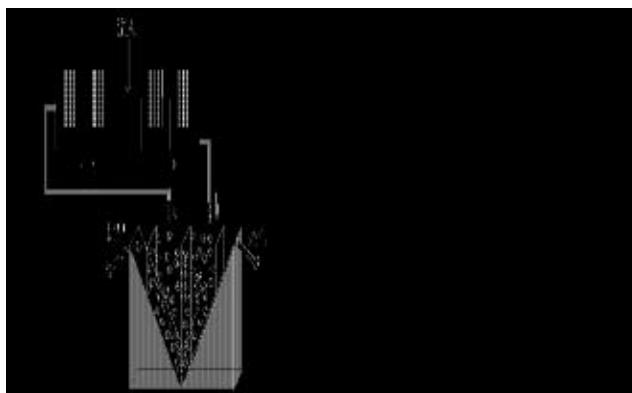


図 6.1 実験装置の概略

表 6.1 エアレーションタンクと担体の緒言

エアレーションタンクの容積	26300cm ³
担体材質	ポリオレフィン
担体大きさ	10×10×10(mm)
担体比重	0.99
担体空隙率	96%

参考文献

- 1) 積水アクアシステムホームページ：回転円板装置
<http://www.sekisuia.co.jp/environ/product/lotation/index.html>
- 2) 日清紡ホームページ：水処理用微生物固定化単体：APG, BCN
<http://www.nisshinbo.co.jp/filed/chemical/apgbcn/index.htm>
- 3) 水道機工株式会社ホームページ：スイオ一担体
<http://www.suiki.co.jp/products/4d-03.htm>
- 4) UNITIKA ホームページ：生物処理担体
http://www.unitika.co.jp/shinki/A_CarbonFibers/carrier.htm
- 5) 積水アクアシステムホームページ：担体流動床法：ソフトロンキューブ
<http://www.sekisuia.co.jp/environ/product/aq/index.html>
- 6) 岡部聰：健康と環境の工学，第22章，1996，pp108-109
- 7) 福田文治：初步から学ぶ水処理技術，第2章，1999，pp69-85
- 8) 福田文治：初步から学ぶ水処理技術，第2章，1999，pp70
- 9) 水処理関連用語集
<http://www.weblio.jp/category/occupation/mzshr>
- 10) 土木学会：衛生工学実験指導書，1977，pp52
- 11) 日本下水道協会：下水試験方法上巻，第2章，1997，pp147
- 12) 日本下水道協会：下水試験方法上巻，第2章，1997，pp147-149
- 13) 松本順一郎編集：江成敬次郎：水環境工学，第4章，1994，pp77-78
- 14) 日本下水道協会：下水試験方法上巻，第2章，第4章，1997，pp116-118
- 15) 西留 清：鹿児島高専環境工学実験指導書，2007
- 16) 日本下水道協会：下水試験方法上巻，第2章，1997，pp246-249
- 17) 合田 健：水質工学基礎編，第2章，1975，pp32-34

焼却灰を主原料とした混合セメント・コンクリート硬化体の開発

前野 祐二[†] 長山 昭夫^{††} 金子 和久[†] 岡部 圭子[†] 三原 めぐみ^{†††}

Development of Blended Cement and Hardened Concrete Produced of Bottom Ash
from Incinerator as Main Material

Yuji MAENO, Akio NAGAYAMA, Kazuhisa KANEKO, Keiko OKABE, Megumi MIHARA

The blended cement is made by addition, mixture and pulverization of quicklime, gypsum, the coal ash, cement and bottom ash as a main raw material. The hardened concrete is produced by curing after this blended cement mixed with water. However, because of initial set time is short, this blended cement should add the retarder. The initial set time can be extended by adding the retarder, and strength increases, too. However, the strength decreases oppositely when the retarder is added too much. A similar tendency is shown though concrete manufactured the blended cement from three kinds of bottom ash. The technique of this research is applicable in various bottom ash.

Keywords : Bottom Ash, Blended Cement, Hardened Concrete, Incinerator, Coal Ash

1 はじめに

高度経済成長期の昭和 30 年代後半から都市ごみ排出量は増加し、昭和 47 年のごみ量は昭和 40 年の倍にまで増加した。家庭から排出される一般廃棄物の中で直接焼却処理された量は 3,850 万トン（ごみの総処理量の 77.4%：直接焼却率）であり、直接焼却された量は、平成 15 年以降顕著な減少傾向にあるが、依然として一般ごみの大部分が直接焼却後に最終処分されている。直接最終処分量と中間処理後の最終処分量を合計すると 734 万トンであり年々減少している。国土の狭い日本は、それらのごみを処分する廃棄物処分場の確保が困難な状況に陥っている。一方、最終処分量の減少により最終処分場の残余年数は増加している。しかし、最終処分場の施設数は、平成 8 年度以降 9 年連続で減少し続けており、最終処分場の確保は依然として厳しい状況にある。特に関東・中部ブロック等では最終処分場の確保ができず、域外に廃棄物が流出し最終処分が広域化している。そのため、現在、環境省では循環型社会形成推進基本法（平成 12 年公布）に基づいて循環型社会形成推進基本計画（平成 15 年閣議決定）を策定し、循環型社会の形成に取り組んでいる状況で

ある。

現在、焼却灰を有効利用する方法は、溶融処理^{1) 2)} やエコセメント³⁾ などの試みがある。しかし、これらの方法は高温処理を行う大型施設が必要となり、大きなコストが問題となる。また、焼却灰の鉛溶出濃度は、土壤環境基準を超えることが多く、これが有効活用を困難にする原因となっている。そのため、焼却灰にセメントなどを混合して固化する研究⁴⁾ も行われている。しかし、単にセメントを加えただけでは、強度、重金属の溶出が解決できず、実用化が困難な状況にある。そこで、本研究では前処理と粉碎を行なった焼却灰に固化補助材を加えて混合セメントを製造し、セメントと同様に混合セメントに水を加え、コンクリート硬化体を製造することを試みた。このコンクリート硬化体は、重金属の溶出が、土壤環境基準値以下であるとともに強度もコンクリートとしての強度を有することが明らかになった。この方法では、低コストで混合セメント、コンクリート硬化体が製造できるようである。このように本研究は都市ごみ焼却灰を主原料とした混合セメント・コンクリート硬化体を開発し、コンクリート硬化体をコンクリート二次製品として有効利用することを目的とする。本論では混合セメントの製造方法、混合セメントの密度・粉末度、凝結（遅延剤）、コンクリート硬化体の強度特性・環境試験について報告する。

[†] 鹿児島工業高等専門学校土木工学科

^{††} 技術室

^{†††} 一般教育科理系

表 1 焼却施設

	炉形式	処理能力 (t/日)
K市	全連続	450
S市	准連続	90
M市	機械化バッチ	20

表 2 焼却灰の化学組成 重量比 (%)

酸化物	K市	S市	M市
CaO	42	37	38
SiO ₂	21	27	20
Al ₂ O ₃	18	17	11
P ₂ O ₅	5	4	4
Fe ₂ O ₃	5	4	6
Na ₂ O	—	2	5
C 1	1	1	7

2 試料

本研究は、K市、S市、M市のごみ焼却場（いずれもストーカー炉）から採取した焼却灰のうち 5mm以下の部分を使用する。K市は人口約 50万人、S市は約 10万人、M市は約 1万人であり、焼却施設規模の大小にかかわらず、多くの焼却灰に適応できる技術であることを明らかにする。なお、焼却炉はいずれもストーカー炉である。表 1 はそれぞれの焼却施設の炉形式と処理能力を示す。

K市の焼却灰は、白い灰分が多く、熱灼減量は 5%以下であり、よく燃焼されていることが分かる。これはK市の焼却炉が 24 時間連続稼動であるため炉内が常に高温に保たれているからだと考えられる。しかし、比較的分別が徹底していないので、灰分以外の鉄や陶磁器片がある。

S市の焼却灰も熱灼減量は 5%以下であり、よく燃焼されている。そして、分別収集が徹底しているので、灰分以外はほとんどなく、わずかに陶磁器片や鉄分がある。

M市の焼却灰は、M市が比較的農村部にあるためごみ量が少なく連続運転ができない。そのため、熱灼減量は 10~20%と比較的大きい。また、この焼却灰はダイオキシンの含有量が多く、ダイオキシンの除去処理を行っている。

表 2 に焼却灰の化学組成を示す。表 2 に示すように CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ が多く、全体の約 7~8割を占めている。M市では DCR 脱ハロゲン化工法⁵⁾ を用いて

ダイオキシン類無害化を行っており、その際に使用する還元剤に Na が含まれていることで Na₂O が他の 2つに比べて多いと考えられる。

3 混合セメントの作製

焼却灰の洗浄は最小限だけと考え、水浸・洗浄を行う。その後乾燥させて原料とする。表 3 に混合セメントの配合割合を示す。焼却灰と石炭灰と生石灰と石膏の配合割合は表のようになる。約 6割が焼却灰である。これらをコンクリートミキサーで鉄球と混合して粉碎した。焼却灰の粒子は、数ミクロン単位の小さな粒子が弱く結合していることから、比較的弱い衝撃で粉碎が可能であると考えた。この混合粉碎物にポルトランドセメントを 2割程度混合する。

以下に作製手順を箇条書きで示す。

1) 焼却施設から採取した焼却灰を水槽に投入して攪拌・水洗する。ただし、M市の焼却灰だけは水洗前に 1ヶ月間水浸する。

2) 底部に穴をあけたコンテナに焼却灰を投入して攪拌後、脱水して有機物、重金属、塩素を除去する。

3) 焼却灰を自然乾燥させ、湿った状態のまま 5mm ふるいでふるい分けを行う。この通過した焼却灰を使用する。

4) 通過した焼却灰に鉄分が多く含まれている場合は磁選別で鉄分を除去する。

5) 焼却灰と水を乾燥炉に投入し 100°C以下で煮沸・乾燥させる。これによって有機物の除去を行う。

6) コンクリートミキサーに焼却灰と鉄球（直径 3 cm : 20 個、直径 2 cm : 20 個、直径 1 cm : 10 個）を投入し、毎分 30 回転程度で 4~72 時間程度連続回転して粉碎する。

7) 石炭灰、石膏、生石灰を加えて鉄球（直径 3 cm : 20 個、直径 2 cm : 20 個、直径 1 cm : 10 個）を投入し、毎分 30 回転程度で 4~72 時間程度連続回転して粉碎する。

8) さらにポルトランドを加えて混合する。これにより混合セメントが完成である。

表 3 混合セメントの配合割合

焼却灰	石炭灰	生石灰	石膏	ポルトランドセメント
100%				23
58	8	8	4	

4 混合セメントの物理特性

ルシャテリエ比重瓶法 (JIS R 5201) で混合セメントの密度試験を行った。表 4 にその試験結果を示す。表に示すように混合セメントの密度は普通ポルトランドセメントの 3.15g/cm^3 に比べてかなり小さいことが分かる。これは、混合セメントの主成分である焼却灰の密度が小さいためである。3 種類の混合セメントの中でわずかに密度が異なるのはそれぞれの焼却灰の密度の違いによるものであるが、大きな相違はないと考えられる。

表 4 混合セメントの密度

	K 市	S 市	M 市
密度 (g/cm^3)	2.62	2.67	2.65

次にブレーン法 (JIS R 5201) により K 市焼却灰で製造した混合セメントの粉末度試験を行った。表 5 にその結果を示す。表に示すように、混合セメントは普通ポルトランドセメントに比べても非常に大きな値を示している。焼却灰がもともと微小な粒子の結合体なので、微粒子分が多いと考えられる。

表 5 混合セメントの粉末度

	混合セメント	普通セメント
粉末度 (cm^3/g)	6000~13000	3300

5 凝結特性

K 市の焼却灰を主原料とした混合セメントをビカーナ針による凝結試験法 (JIS R 5201) により凝結特性を調べた。水セメント比は標準軟度となる水セメント比でペーストを作製しなければならないが、混合セメントの凝結が早いため標準軟度ではなく水セメント比

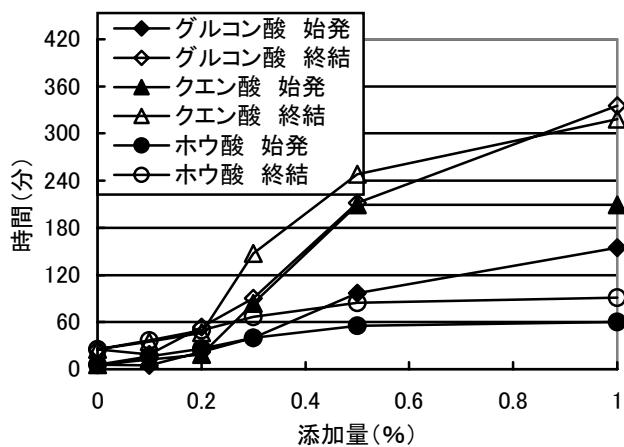


図1 凝結時間(分)

40%で実験を行なった。混合セメントは凝結始発が 6 分、凝結終結が 25 分となった。これは粉末度が非常に大きいことが影響していると考えられる。凝結時間が短く、施工に要する時間を確保するためには凝結遅延剤を検討する必要があるようである。そのために凝結遅延剤の検討を行った。遅延剤として一般に使用されているグルコン酸、クエン酸、ホウ酸を使用し、遅延効果、強度への影響を調べた。水セメント比は 40%とした。凝結遅延材の添加量を混合セメントの 0~1.0%を、混合セメントに加えて練り混ぜた。図 1 に添加量と凝結時間の関係を示す。この図から、遅延剤を加えることで凝結時間を確保できることが明確に分かる。また、グルコン酸、クエン酸に比較して、ホウ酸は比較的に遅延効果が弱いことが分かる。グルコン酸は添加量を増やすにつれて始発・終結時間ともに増加し、始発から終結までの時間も大きくなっている。クエン酸も同様に添加量と始発・終結時間が比例して増えるが始発から終結までの時間はあまり大きく変化しないようである。また、ホウ酸は添加量 0.5%までは緩やかに増加するが、それ以上の添加量では、始発・終結時間がほとんど増加していない。施工性を考慮するとグルコン酸は 0.4%以上、クエン酸は 0.3%以上、ホウ酸は 1.0%以上混合する必要があるようである。

6 K 市混合セメントの強度特性

遅延剤を混合セメントの 0~0.5%を混合してモルタル試験用の供試体を作製し、曲げ強度と圧縮試験を行った。水セメント比は 50%として各配合 3 本ずつ作製した。養生日数は 1 ヶ月、2 ヶ月、3 ヶ月、6 ヶ月とした。

K 市の混合セメントを使ってセメントの強さ試験 (JIS R 5201) を行った。養生期間は 1 ヶ月から 6 ヶ月間とした。配合は混合セメント : 細骨材 = 1 : 2、水セメント比 50%とした。図 2 に養生日数と強度の関係を示す。

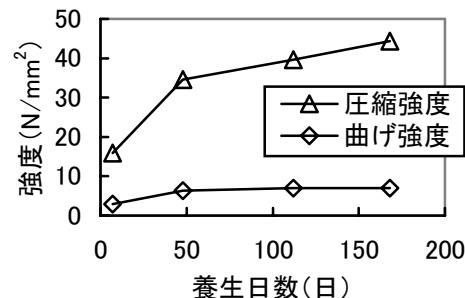


図2 強さ試験

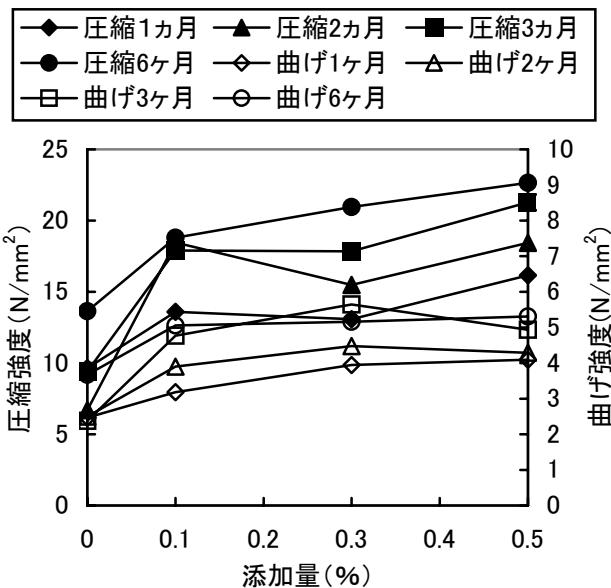


図3 グルコン酸と強度の関係

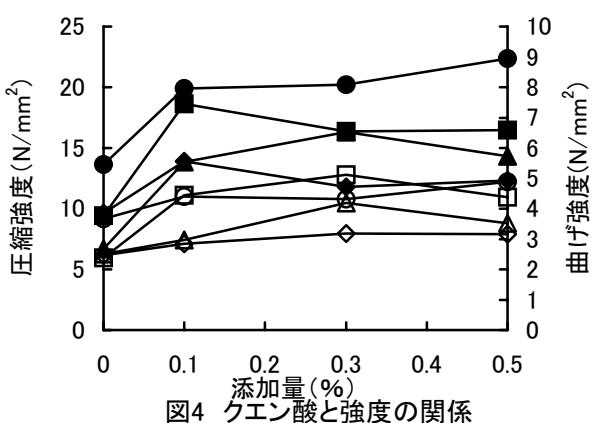


図4 クエン酸と強度の関係

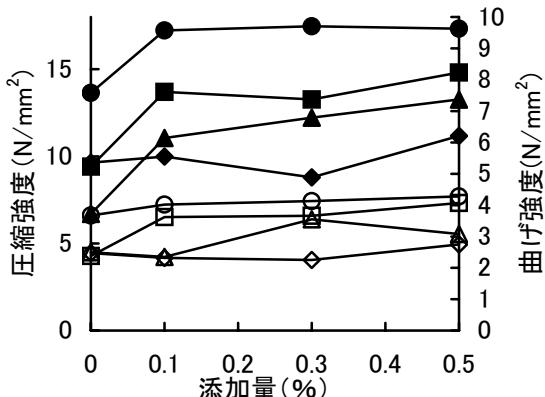


図5 ホウ酸と強度の関係

図2に示すように養生約2ヶ月で圧縮強度35(N/mm²)、曲げ強度6.3(N/mm²)となり、2ヶ月程度の養生で通常の建築物に必要な強度が得られることが分かる。また、2ヶ月以降も強度増加が見られる。

図3は、グルコン酸を添加したときの圧縮強度と曲げ強度を示したものである。この図から遅延剤を添加

した場合、圧縮強度・曲げ強度ともに添加しないときと比べて強度が増加している。添加量を増加するとそれによって強度も緩やかに増加し、グルコン酸を0.5%添加した場合、無添加に比べて5~8割程度以上の圧縮強度増加が見られた。

図4はクエン酸を添加したときの圧縮強度と曲げ強度を示す。0.1%添加した場合、約5割程度の圧縮強度増加が見られる。しかし、0.1%以上添加しても大きな強度増加は見られない。凝結時間の確保を考慮すると、0.3%以上添加が良いと言える。

図5はホウ酸を添加したときの圧縮強度と曲げ強度を示したものである。

クエン酸と同様に添加量0.1%では大きな強度増加が見られるがそれ以上添加量を増加しても大きな強度増加はないようである。0.5%以上添加しても強度増加はない予想できるが、凝結時間を考慮すると1.0%以上添加する必要がある。

いずれのコンクリート硬化体は6ヶ月養生で約20N/mm²となり、二次製品等として利用するために十分な強度があるとは言えない結果となった。しかし、ここでは水セメント比を50%としているので、強度は大きくないが、遅延剤を使用して水セメント比を35%程度とすると、1ヶ月養生で20N/mm²以上の強度となる。

7 S市混合セメントの強度特性

S市焼却灰と固化補助材の配合を(焼却灰:生石灰:石炭灰:セメント:石膏=60~75:10:10:10~30:5~10)としてコンクリート硬化体(40×40×160)の圧縮強度を検討した。混合セメント:細骨材=1:1、水セメント比は35%、凝結遅延剤としてグルコン酸、クエン酸を使用した。図6はコンクリート硬化体の混合割合と圧縮強度、図7は遅延剤量と圧縮強度を示している。7番と19番の配合は(焼却灰:生石灰:石炭灰:セメント:石膏=75:10:10:30:5)であり、非常に大きな強度を示している。8, 9番は7番と同配合であるがグルコン酸を0.5%から1.0%にしたことにより強度は低下した。

4番と10, 11, 22番を見ると4番はセメント量を増加しても強度が増加していない。つまり、セメント量を増やすことが必ずしも強度増加につながるとは言えないことが分かる。図7に示すように遅延剤を1.0%以上添加した場合、0.5%添加した場合と比べて同等または若干低い強度を示している。また、2.0%添加した場合には明らかに強度が低下している。全体的に見るとグルコン酸を使用した方が強度は大きいようである。

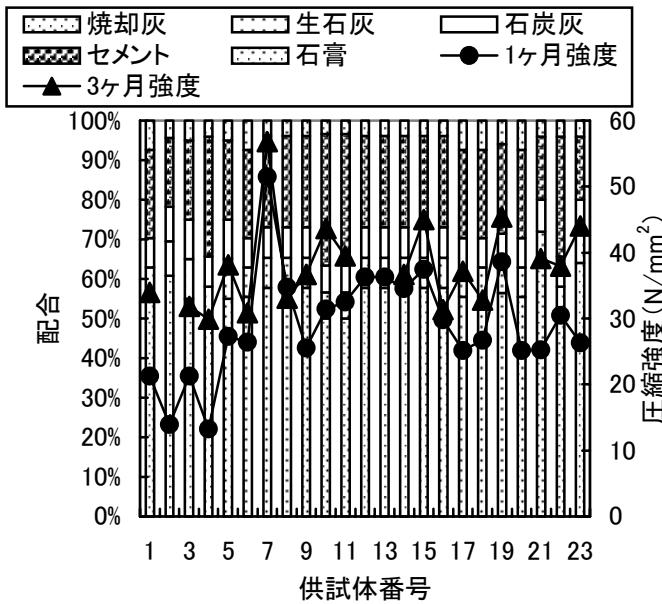


図6 各配合と圧縮強度

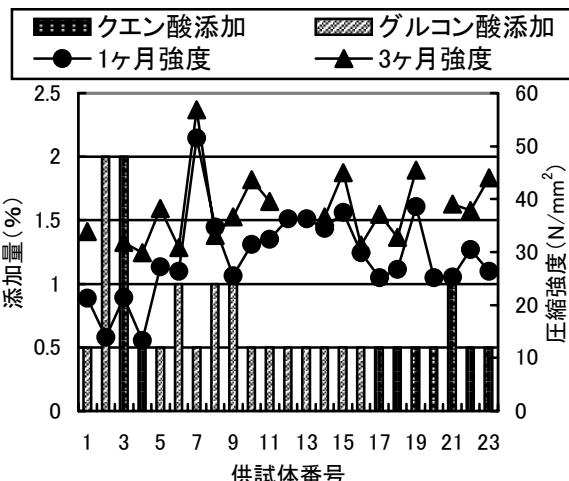


図7 遅延剤と圧縮強度

なお、焼却灰採取時期が、S市の水害時期と重なり、不燃分の多い焼却灰であった。そのため、データのバラツキが大きい。しかし、1ヶ月養生後の強度が13~14N/mm²程度だったコンクリート硬化体でも、3ヶ月養生後の強度では30N/mm²以上となる。すなわち、3ヶ月の養生を行なえば積みブロックの平均圧縮強度18N/mm²⁶⁾を満たすことになるので二次製品として利用できる可能性が大きい。

8 M市焼却灰で作製した混合セメント

M市焼却灰の混合セメントを同様の方法で検討した。図8はコンクリート硬化体の配合と圧縮強度、図9は遅延剤添加量と圧縮強度を示している。

M市焼却灰で作製したコンクリート硬化体は全体的に強度が大きく、ほとんどが1ヶ月養生で積みブロッ

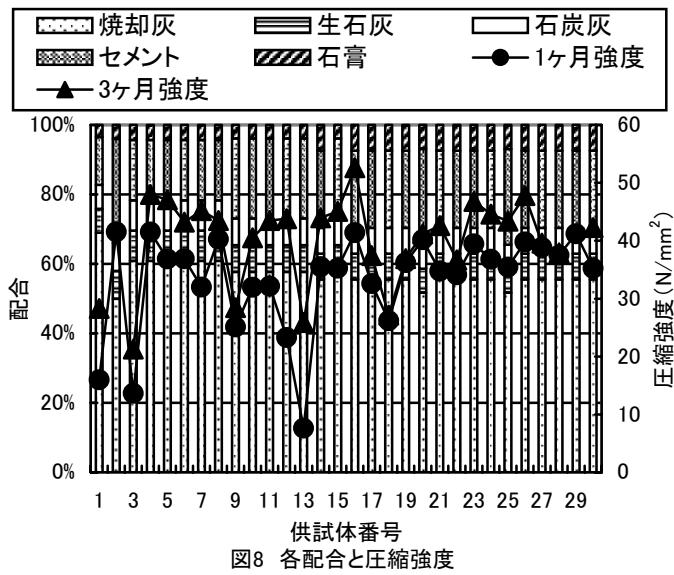


図8 各配合と圧縮強度

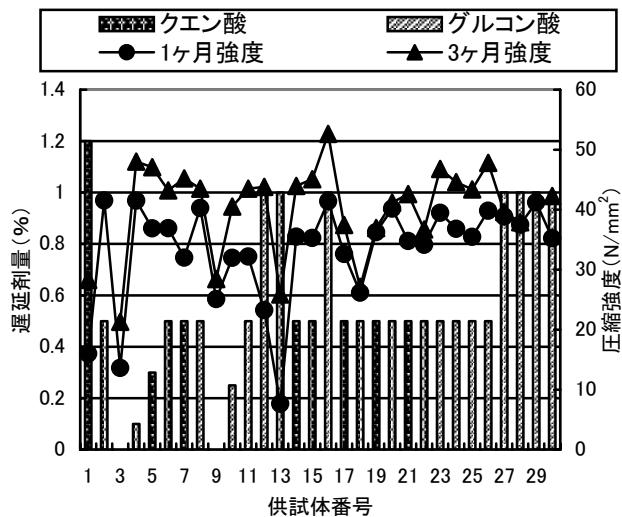


図9 遅延剤と圧縮強度

クの平均圧縮基準強度18N/mm²を超えた。強度が18N/mm²を超えていたものは遅延剤添加量が0%、または1.0%以上の場合である。12番はグルコン酸を1.0%添加したこと大きな強度が発現していない。しかし、同様に遅延剤を1.0%添加した場合でも石膏の配合量を増やすと大きな強度が発現している。

3ヶ月強度を見ると、どのコンクリート硬化体も強度が増加し、全てが18N/mm²を超えた。このことから、3ヶ月養生を行なえば二次製品として利用できる可能性が大きいといえる。

9 環境に対する安全性

本研究の目的は一般ごみ焼却灰を主原料とした混合セメントを使って二次製品を作製し、実用化することにある。そのためにはコンクリート硬化体の安全性を

確かめる必要がある。そこで、それぞれの混合セメントを使って作製したコンクリート硬化体の土壤環境基準指定物質の含有量と溶出濃度について試験を行った。

K市コンクリート硬化体の環境省告示第46号による試験では鉛の溶出濃度が0.003~0.001 mg/lとなり基準を下回る結果となった。その他の物質についても基準以下となった。また、環境省告示第19号では鉛の含有量が19~43 mg/kgであり、その他も基準を満たした。

S市コンクリート硬化体の鉛溶出濃度は0.005 mg/l、含有量は77mg/kgとなり、その他の物質も基準を満たした。

M市コンクリート硬化体の鉛溶出濃度は0.005 mg/l、含有量は100mg/kgで基準を満たし、その他の物質も基準を満たした。

10 まとめ

3つの市の焼却処分場から採取した焼却灰を原料にして混合セメントを作製し、コンクリート硬化体を作製した。混合セメントの作製方法、物理特性、凝結遅延剤の影響、強度特性、環境負荷について得られた結果を以下に箇条書きで示す。

- 1) 焼却灰を浸水後、脱水、乾燥、ふるいわけによって有機物等の不純物を除去し、固化補助剤を加えて粉碎するという簡単かつ廉価な方法によって混合セメントを作製することが出来た。
- 2) 混合セメントの密度は2.62~2.67g/cm³であり、普通ポルトランドセメントと比較するとかなり小さい。
- 3) 混合セメントの粉末度は6000~13000 cm³/gであり、普通ポルトランドセメントと比較するとかなり大きいことが分かった。これは焼却灰が微粒子の結合体であることが原因と考えられる。
- 4) K市焼却灰を主原料とした混合セメントは水セメント比40%で凝結試験を行なった結果、凝結始発が6分、凝結終結が25分となり、施工性が悪い。
- 5) K市焼却灰を主原料とした混合セメントを重量比で混合セメント：細骨材=1:2、水セメント比50%で強度試験を行なった結果、約2ヶ月の養生で圧縮強度35 N/mm²、曲げ強度6.3 N/mm²が得られた。2ヶ月以降も強度の増加が見られた。
- 6) 凝結遅延剤としてグルコン酸、クエン酸、ホウ酸が固化材の凝結に与える影響を調べた結果、固化材重量に対して0.1~1.0%まで添加することで凝結遅延効果を発揮することが分かった。凝結始発を60分まで遅らせるのに必要な添加量はグルコン酸が0.4%以上、クエン酸は0.3%以上、ホウ酸は1.0%である。

- 7) グルコン酸を0.5%まで添加した場合、添加量の増加に伴って強度も増加した。0.5%添加した場合、無添加の場合より5~8割程度の強度増加が見られた。
- 8) クエン酸を0.5%まで添加した場合、添加量0.1%までは強度増加が見られるがそれ以上添加量を増やしても強度増加は見られなかった。
- 9) ホウ酸を0.5%まで添加した場合、クエン酸と同様に0.1%以上添加しても強度増加は見られなかった。
- 10) S市混合セメントで作製したコンクリート硬化体はグルコン酸添加量を0.5%から1.0%に増やすと強度は低下した。S市混合セメントに、グルコン酸、クエン酸の添加量を1.0%以上にしたとき、0.5%の場合よりも強度が低い傾向がある。
- 11) S市混合セメントで作製したコンクリート硬化体はどれも3ヶ月養生で30 N/mm²となり、積みプロックの平均圧縮基準強度18 N/mm²を満たす。

謝辞

平成17年度木佐貴靖、背戸口大志、川畠信一郎、出口真進、平成18年度栗山大吾、小湊祐輝、山下健、上つる公嗣、平成19年度卒業研究生新小田杏菜、福永隆之、安長拓郎、川添敦之に記してここに謝意を示す。

参考文献

- 1) 西野順也、梅田十次郎、鈴木俊行、田原賢一、松沢克明、上野俊一郎、吉成直人：直流電気抵抗式溶融法による都市ごみ焼却灰・飛灰の溶融処理とスケールアップの効果、廃棄物学会論文誌、第11巻、第3号、2000、pp.135-144
- 2) 田原賢一、西野順也、桃井清至：都市ごみ焼却灰および飛灰溶融スラグの溶出特性、廃棄物学会論文誌、第13巻、第5号、2002、pp.243-252
- 3) 重田道正、山野元、上田洋一：ごみ焼却灰のセメント原料化、第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集、2002、pp.536-538
- 4) 吉村杖晴、西山勝栄、浜田尚人、野中英：一般廃棄物焼却灰の有効利用に関する基礎的研究、土木学会代55回年次学術講演会概要集、VII334-335、2000
- 5) 日本機械工業連合会、産業と環境の会、環境問題の多面化に対応した環境負荷低減対策に関する調査研究報告書、2005、pp.55-57
- 6) 日本工業標準調査会、JIS A 5371、プレキャスト無筋コンクリート製品、2004、pp.44

ワシントン椰子の枝払いロボットの開発 (2)

松元 悅郎[†] 植村 真一郎^{††} 山下 俊一[†] 桐野 弘城^{†††}
油田 功二[†] 原田 正和[†] 松尾 征一郎[†] 永田 亮一[†]
中原 和範[†] 尾曲 伸一^{†††††} 池田 健一^{†††††} 木場 義弘^{†††††}

Development of a Robot to Cut a Branch of Washington Palm

Etsuro MATSUMOTO, Shinichiro UEMURA, Shunichi YAMASHITA, Hiroki KIRINO
Koji ABURADA, Masakazu HARADA, Seiichiro MATSUO, Ryoichi NAGATA
Kazunori NAKAHARA, Shinichi OMAGARI, Kenichi IKEDA and Yoshihiro KOBA

A lot of Washington palm trees are planted in the South Kyushu area and give a nice view with southern country atmosphere. However, in a very windy day they are in dangerous situation because most of the dead branches are often torn by a strong wind and may damage people and cars. So they must be cut regularly to keep a beautiful view and to prevent danger. As Washington palm trees grow up to the height of 15-25m, it is dangerous to cut them by human hands at the so high place and costs much. The final purpose of this study is to develop the robot with which low cost and safe work are realized by mechanization. In conclusion the robot which works safely was developed.

Keywords : Washington palm , dead branch, tree climbing robot, mechanization

1 緒 言

鹿児島県や宮崎県など南国地方には、多くのワシントン椰子が植生され、幹の最上部で大きな緑の枝葉が風に揺らぐ様は、南国特有の風光明媚な景観を醸し出している。一方、ワシントン椰子の枝葉は、下方より茶色く枯れ垂れ下がり、景観を損ねるだけでなく、放置すると、自然落下により、被害を及ぼすおそれがある。このことを防止するためには定期的に枯れ枝を除去する必要がある。

ワシントン椰子の枯れ枝除去は、枝部が高所にあるため専門業者に委託し行われている。その作業は、高所作業車を用いた人手によるもので、危険が伴い、通行の妨げにもなっている。また、高所作業であるため枝払い料は他の樹木と比較して高額である。このことから、枯れ枝の除去作業を行う枝払いロボットの開発

が切望されている。

これらの状況を踏まえ、著者らは、基本的な枝払い性能を有するロボットを開発し報告してきた¹⁾。

本研究では、作業の効率化・低コスト化と作業者や通行人の安全性の向上とを実現し、作業性・安全性の面から実用化に向けた「高機能・小型ワシントン椰子枝払いロボット」を開発する事を目的とした。図1に本装置の概略図を示す。

2 開発 2 号機の基本仕様

2号機は幹を昇降する昇降機と枝を払う枝払い装置とで構成される。アクチュエータには、ワシントン椰子が公園や学校、観光地など人が多く集まる地域に植生されていることを考慮し、商用 AC 電源か騒音の少ない発電機を動力源とする AC モータを採用した。また、昇降駆動輪のアクチュエータには、トルク特性のよい三相 AC モータを採用した。幹直径の変化には、エアシリンダの伸縮動作で対応し、常に締め付け圧一定での昇降動作を可能とした。コントローラには、PLC を用い、操縦は無線コントロールとした。枝払い作業は、椰子の最上部に生える枝まで直登し、チェンソーを取り付けたアーム部の旋回と、チェンソーと幹との角度

[†] 鹿児島工業高等専門学校技術室

^{††} 電子制御工学科

^{†††} 有限会社隼人テクノ

^{††††} 株式会社クリエート

^{†††††} 株式会社西中製作所

調節と、チェンソーと枝との角度調節と、ロボットの昇降とで行う。また、枝払い装置にはカメラを取り付け、枝払い作業をモニタ化した。

表1に2号機の基本仕様を示す。



図1 開発機の概略図

表1 基本仕様

機体重量	100 kg
駆動モータ	三相 AC モータ
使用エネルギー	交流 100V
三相電源供給	インバータ方式
操作方法	無線コントロール方式
操作範囲	幹中心から 30m
制御方法	PLC を用いたシーケンス制御
幹締め付け機構	エアシリンダ方式
チェンソー	切断長さ : 250mm
タイヤ	ローラ型タイヤ

3 昇降機

昇降機の概略図を図2に示す。幹へは、片側4輪と対向する1輪のローラ型タイヤで保持され、二等辺三角形の配置にした。4輪側は、図3に示す通り段違いに設置し、それぞれ幹中心方向に角度をつけて取り付けることで、幹径が小さくなても対応できるようにした。車輪は全てモータを内蔵した小型駆動輪である。対向する車輪の向きと平行に締め付け機構を取り付け、車輪を幹に押し付けて、ロボットを保持している。

3.1 昇降駆動輪

昇降駆動輪に用いたローラ型タイヤを図4に示す。ベルトコンベアの動力として使用されるモータプーリ

の外装にゴムを被覆し、タイヤとしての性能を持たせた。モータを内蔵しているため、従来の昇降駆動輪と比較し小型な形状となる。また、従来の昇降駆動輪¹⁾は、幹径の変化に伴いタイヤ中心軸とタイヤに働く力のベクトルが変化する構造となっていたが、新型昇降駆動輪は、力のベクトルがタイヤ中心軸に直交する方向へ一定に働く構造であるため、動力の伝達効率も高い形状となる。表2に内蔵モータの仕様を示す。

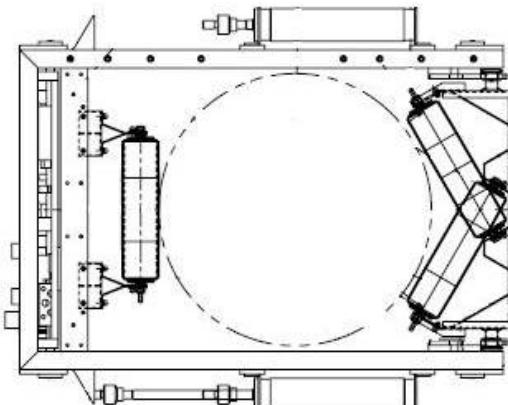


図2 昇降機の概略図

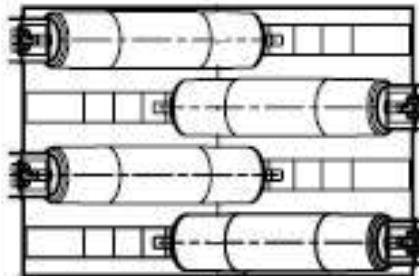


図3 4輪側正面図



図4 ローラ型タイヤ

表2 昇降駆動輪基本仕様

電源	三相 200V
昇降用モータ	三相 AC モータ (52.1W) 5個
回転速度	47min ⁻¹

3.2 締め付け機構

締め付け機構の概略図を図5に示す。対向するタイヤが幹中心に向かって前後するよう、エアシリンダを取り付けた。また、ロボット中心で幹を捉えられるように、1輪側保持プレートと4輪側保持プレートを1

本のループしたチェーンで接続し、チェーンはエアシリンダのロッド端と接続した。エアシリンダを伸縮させると、1輪側と4輪側が幹中心方向に向かって同期して挙動する機構とした。

ワシントン椰子は、最上部と最下部との幹径差が大きく、幹途中にも凹凸があるため、昇降時は常に締め付け圧を制御する必要がある。エアシリンダは、常に一定の圧力を出力し、圧力の変化に対して瞬時に対応できる。よって、エアシリンダは前述した圧力制御の要求を満たす上で適正な特性を持っている。複雑な制御回路を必要としないことから、ロボットをより小型で簡素な機構とした。

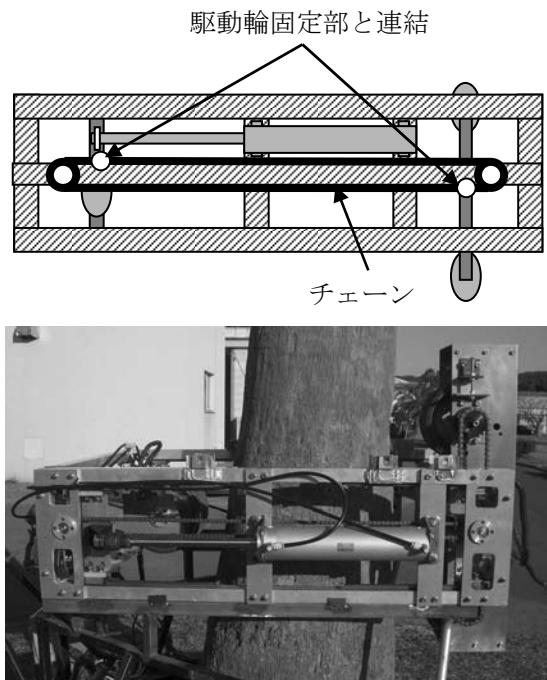


図 5 締め付け機構概略図

4 枝払装置

枝払装置は、旋回機構部と剪定装置で構成し、旋回装置部は、剪定装置を幹周に沿って 360° 旋回させる構造とした。この装置を昇降機の上面に、取り付け用パイプで固定する。表 3 に枝払装置の基本仕様を示し、図 6 に枝払い装置の概略図を示す。

4.1 剪定装置

剪定装置は、チェンソーと、旋回機構部に取り付けるアーム部と、剪定装置と枝葉および幹との角度を調整する 2箇所のチルト機構部¹⁾と、剪定部監視モニタ装置とで構成される。アーム部は、図 6 に示すように

湾曲した 4 本の丸パイプで構成され、取り付けチルト機構部の駆動にリンクして挙動する構造となっている。アーム部先端に取り付けたチェンソーにより、1号機では届かなかった樹木の頂上部まで剪定する事ができる。また、チェンソーの駆動モータを枝払い装置の下部に設置し、駆動力をフレキシブルシャフトで伝達する機構とすることで、アーム先端部の軽量化を図り、ロボットの重量バランスを改善した。

4.2 剪定部監視モニタ装置

剪定部監視モニタ装置は、カメラとモニタで構成される。カメラは、剪定装置のアーム部上方に、チェンソーの刃およびその周囲が見えるように取り付けた。手元で剪定の様子が監視できるように操作盤にモニタを設置し、作業性を改善した。

5 制御装置

制御装置は、駆動モータおよび入出力信号を制御する PLC を用いた制御システムと、入出力信号とモニタ信号とを送受信する無線コントロール部と、駆動モータに三相電源を供給するインバータ装置とで構成される。無線コントロール部を組み込むことで、ロボットの操作可能半径が拡がり、切断枝の落下等の周囲環境による作業者への危険を排除した。表 4 に制御装置の仕様を示す。

表 3 枝払い装置基本仕様

枝払装置重量	25kg
旋回用モータ	単相 AC モータ (6W)
旋回速度	15mm/sec
旋回直径	550mm
チルト用モータ	単相 AC モータ (6W) 2 個
チルト速度	10mm/sec
チルト用モータストローク	100mm

表 4 制御装置の仕様

制御装置	PLC
通信距離	ロボットから 50[m]
信号方式	NTSC 方式
使用電源	DC12[V]

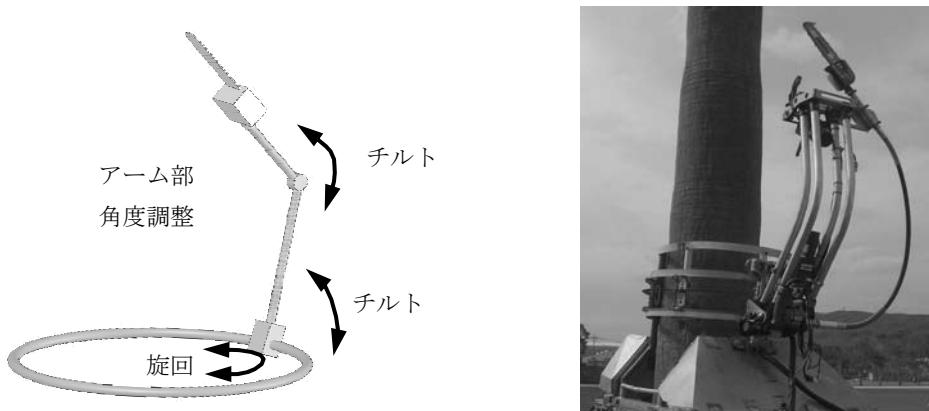


図 6 枝払い装置概略図

表 5 開発 2 号機の問題点と対策

問 題 点		原 因	対 策
分 類	項 目		
作業性	機体重量が重い	駆動輪の総重量が重い	・駆動輪の削減を検討 ・モータ特性の検討
		各機構が重い	・簡素な機構を検討 ・構造解析による軽量化の検討 ・制御回路の簡素化
	セット性が悪い	取り付けに時間要する	ワンタッチ取付機構を改善する
		アタッチメント部が重い	モジュールを簡素化する
	操作性が悪い	コントローラの操作性が悪い	スイッチの再選定・再配置
	切断枝の処理	未対策である	肥料化を検討する
安全性	ソーチェンが外れる	チェンソーの刃が枝に咬み込む	剪定刃の見直し・再検討
	切断枝が散乱する	未対策である	飛散防止装置の開発

6 開発 2 号機の評価

開発 2 号機は、重量に関しては 1 号機と比較して改善が見られないものの、各機構が小型な形状となり、セット性・作業性・重量バランスは改善した。昇降性能は、可動速度の速いエアシリンダによるリニアな圧力調整とし、昇降駆動輪を小型で接地面積の広いローラ型タイヤとしたため、停止・脱輪せずに昇降可能となった。枝の伐採に関しては、旋回に若干時間を要するが、剪定装置にアーム部を設置したため頂上部の花芽のみを剪定する事が可能となった。また、制御部を無線化した事により、ロボットの操作可能範囲が拡大し、作業者の安全性が改善された。さらに、伐採の様子をモニタで監視する事で作業姿勢を改善し、作業者の負担を軽減した。

このように、開発 1 号機が有する問題点¹⁾の多くを改善したが、表 5 に示すように、今後改良しなければならない問題点もいくつか挙げられる。その中でも、

2~3 人での作業を可能とする機体総重量の軽量化、伐採時間の短縮、飛散枝を防止する作業の安全性の改善が重要課題として挙げられる。

7 結言

本研究で開発した枝払いロボットは、トライアル受注により市場の評価を受け、基本的な伐採性能を有する事が確認されている。しかし、幾つかの問題点も残され、現在は、このことを改良・改善した新型機の開発を行っている。

参考文献

- 1) 松元悦郎 他 9 名: “ワシントン椰子の枝払いロボットの開発(1)”, 鹿児島工業高等専門学校研究報告第 41 号, Aug. 2006, pp. 31~36.

粒子形状を考慮した平衡海浜縦断モデルによる 縦断変形についての基礎的研究

長山 昭夫[†]

Introduction of Sediment Grain Form to the SBEACH Model

Akio NAGAYAMA

The purpose of this paper is to consider the introduction of sediment grain form to the SBEACH model which is equilibrium beach profile change model. Beach profile change can be expressed predominantly onshore-offshore sediment beach in the SBEACH model. In this study grain form coefficient of Williams was introduced to sand drift coefficient to evaluate grain form effect to beach profile change. The results were showed in terms of grain shapes: (1) oblate, (2) globular, (3) no shape. The results showed that oblate-shaped grain affected the hight of the bar, and globular-shaped grain affected the early beach profile change. In addition, after eight hours, beach profile change was balanced regardless of the grain shape.

Keywords : Beach profile, Grain form, SBEACH , Quantification of beach profile change model

1 はじめに

2000 年 4 月に施工された海岸法において養浜工は、海岸保全工法のひとつとして認められた。養浜工とは、侵食を受けている海岸に土砂を人工的に供給し海岸の汀線を前進させ、海岸全体で動的安定を図る工法である。

養浜工は特に米国で頻繁に行われ成果を挙げている。養浜工は、コンクリートを中心とした硬い構造物により海岸保全を行う工法である hard structure に対して、柔らかい工法 soft structure と呼ばれている。またデンマークにおいては、海岸保全工法の全てにおいて、soft structure のみを採用することを決定している。日本において養浜工は政府予算執行方法や法律の問題があり、海岸保全工法の主流とはなっていないが近い将来、海岸保全工法の主流になると考えられている。

養浜工を施工する場合、事前に縦断変形を含めた海浜変形の検討がなされるが、養浜材料となる土砂は、養浜を行う海岸の土砂とは粒子形状・比重・粒径・沈降速度の粒子特性が異なるので、数値計算での再現が難しい。今後日本においても養浜工を海岸保全工法として施工することが多くなるので、粒子特性の異なる

海浜の縦断変形を精度良く再現できるモデルの開発が待たれる。

2 SBEACH モデルについて

縦断変形モデルである SBEACH モデルは、Larson ら (1982) による大型造波水路試験データの解析結果に基づいて開発されたモデルである。このモデルの計算手順は、(1) 波の変形計算 (2) 岸沖漂砂量の計算 (3) 底質の連続式に基づく地形変化計算を行う。また海浜の縦断変形予測については古くからこの SBEACH モデルが使用されている。しかし、このモデルにおいて粒子は、単一粒径を仮定しており、さらに粒子形状の検討がなされていない。そこで本研究では、SBEACH モデルに粒子形状を考慮した項を導入し、通常の SBEACH モデルと縦断変形を比較検討し、粒子形状が縦断変形にどのように影響するのか検討を行う。

このモデルの特徴は、沿岸漂砂量モデルで Dean (1977) の提唱したエネルギーフラックス式(1)を使用し、波の変形計算結果に基づいて海浜断面を 4 つの漂砂帯 (図-1) に分け、碎波帯内では波エネルギー消散に基づいた岸沖漂砂量を用い、そしてその他の 3 つの領域の漂砂量はこの碎波帯内の漂砂量に関連づけられている。

[†] 鹿児島工業高等専門学校技術室

$$q = K(D - D_{eq}) \quad (1)$$

ここで q : 岸沖漂砂量, K : 漂砂量係数, D : 波エネルギー消散, D_{eq} : 平衡波エネルギー消散を示す。

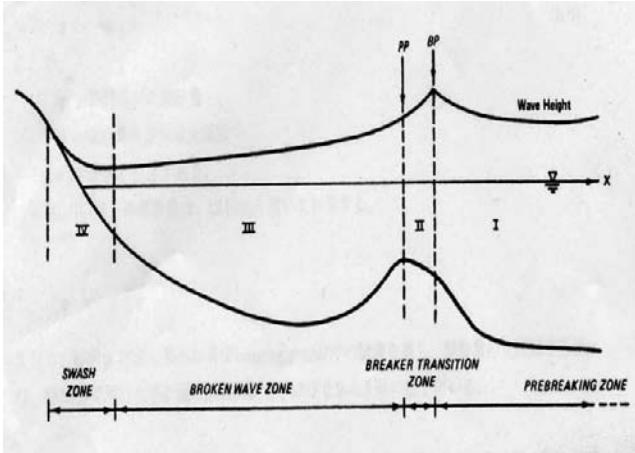


図-1 岸沖方向の4つの漂砂帯

図-2は、Willamesの形状指数を記入したZinggの図表と呼ばれる。この図は、形状解析に用いられるもので、海岸においては波浪の作用により海岸の小石は円板状(oblate)になるのに対して、河川においてはローラー状(prolate)になる傾向を示す。

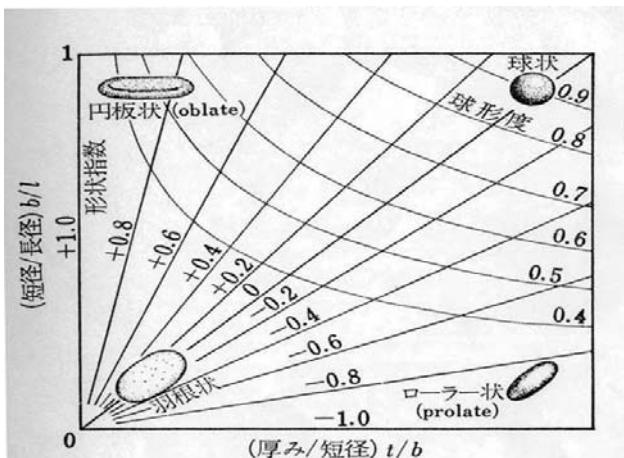


図-2 Willames の形状指数を記入した Zingg の図表

また Willames の形状係数 W は以下のように定義される。 b^2 と lt を比較し以下の式に従う。

$$W = 1 - \left(\frac{lt}{b^2} \right) \quad \text{for } b^2 > lt \quad (2-1)$$

$$W = \left(\frac{b^2}{lt} \right) - 1 \quad \text{for } b^2 < lt \quad (2-2)$$

ここで、 l : 長径, t : 短径, b : 厚さを示す。

図-3はWillamesが海岸にある小石の供給地点から、波の作用によってどのような小石が運ばれやすいのかを調べたデータであり、粒子径-形状ダイヤグラムと呼ばれる。

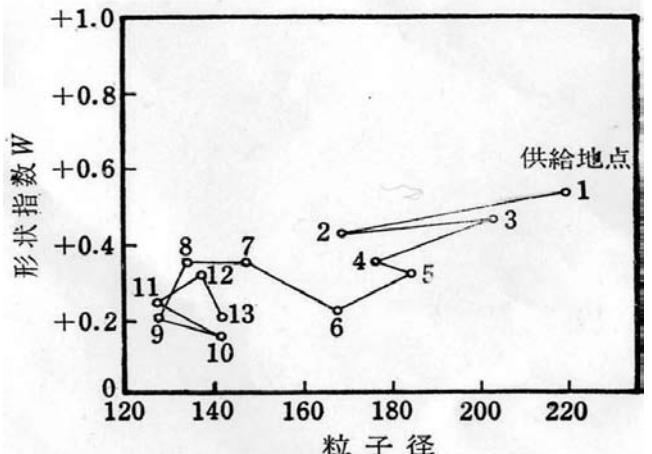


図-3 粒子径-形状ダイヤグラフ

この図より Willames の形状指数 W と粒径 $d[\mu\text{m}]$ を近似式で表現したものが式(3)である。

$$W = \frac{21}{250} \exp\left(\frac{2}{250}d\right) \quad (3)$$

次に漂砂係数 K と粒径 $d[\mu\text{m}]$ の関係式を求めるために、通常初期段階で使用される漂砂係数 K と粒径 $d[\mu\text{m}]$ から近似式を求めた式が(3)である。

$$K = \frac{17}{20} \frac{1}{\ln(d)} \quad (4)$$

以上より、漂砂係数 K と粒子形状の関係式は以下のように定義した。 $b^2 > lt$ の場合、式(5-1)に従い、 $b^2 < lt$ の場合は式(5-2)に従う。

$$K = \frac{17}{20} \frac{1}{\left[\ln \left[\frac{250}{2} \ln \left[\frac{250}{21} \left(1 - \frac{lt}{b^2} \right) \right] \right] \right]} \quad (5-1)$$

$$K = \frac{17}{20} \frac{1}{\left[\ln \left[\frac{250}{2} \ln \left[\frac{250}{21} \left(\frac{b^2}{lt} - 1 \right) \right] \right] \right]} \quad (5-2)$$

また Dean(1977)の提唱した縦断変形モデル式のパラメータ A を同粒径で通常使用される漂砂係数 K と式(5-1)・式(5-2)から求められる漂砂係数 K の比を求めパラメータ A にその値を乗じた。この操作をすることにより粒子形状を考慮した項の影響がより明確となる。

3 数値計算について

粒子形状を考慮した SBEACH モデルと通常の SBEACH モデルで数値計算を行い、粒子形状が縦断変形にどのような影響を与えるかの検討を行った。条件としては、波浪条件・初期地形・粒子径を同じにし、粒子形状を変化させたモデルを 2 つと、粒子形状を考慮しないモデルを 1 つ再現した。初期条件を表-1 に示す。波浪は侵食性波浪を作成させた。粒径は单一粒径と仮定している。各 CASE のパラメータ A と漂砂係数 K を表-2 に示す。CASE00 は粒子形状無し、CASE01 の粒子形状は球形、CASE02 の粒子形状は円板状である。波浪作用時間は 2・4・8 時間とした。

表-1 初期条件

波高 H[m]	周期 T[s]	粒径 d[μm]	勾配 I
2.0	5.0	300	1/20

表-2 各 CASE でのパラメータ A と漂砂係数 K

CASE	粒子形状	パラメータ A	漂砂係数 K
00	無し	0.12	0.150
01	球形	0.16	0.245
02	円板状	0.11	0.145

まず粒子形状を考慮しない CASE00 と粒子形状が球形の CASE01 の縦断面変形をくらべた。造波 2 時間のものを図-4、造波 4 時間のものを図-5、造波 8 時間のものを図-6 に示す。

図-4 の造波 2 時間では、粒径を考慮していない CASE00 の方が波浪に対する抵抗が大きく、粒子形状が球状の CASE01 のバー高さが大きくなる。バー高さの差は 40cm 程度になる。これは粒子形状が球形であるために粒子同士の噛み合わせ効果が薄いことが原因だと考えられる。バー発生位置も 5m ほど異なる。トラフ深さは両 CASE とも 50cm とほぼ同じになるが、トラフ発生位置は粒子形状が球状の CASE01 の方が 5m 程度岸側になっている。これは、バー高さの違いに起因していると考えられる。碎波位置については、CASE01 の方がより岸側で碎波していることがわかる。

図-5 の造波 4 時間においては、CASE00 のバー高さが発達し両 CASE とも同様な縦断変形となる。これは両 CASE をくらべた場合、CASE00 の縦断変化速度が相対的に大きくなり、CASE01 の変化速度が相対的に小さくなつたと考えられる。その縦断変形の結果に伴い、両 CASE の碎波位置もほとんど同じ位置になる。

図-6 の造波 8 時間では、CASE00 においてバー高さが高くなり、そしてバー発生位置も岸側となった。トラフの深さに違いはみられない。トラフの発生位置はバー発生位置同様、CASE00 の方が岸側になることがわかる。それに伴い、碎波位置も CASE00 の方が岸側になることがわかる。以上より、造波 8 時間で CASE01 は平衡状態になったと考えられる。対して CASE00 は平衡状態にはなっておらず、縦断変形を今後も続けていくと考えられる。

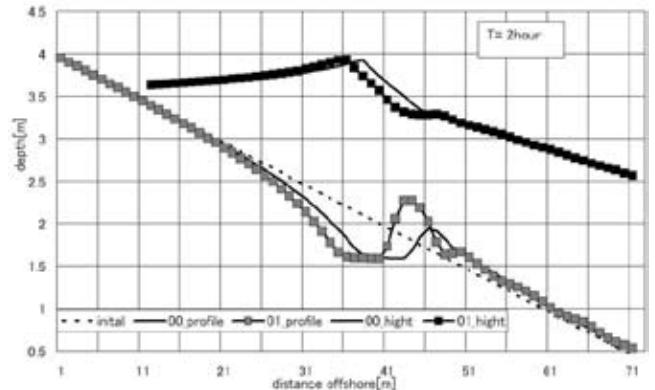


図-4 造波 2 時間の縦断面変化

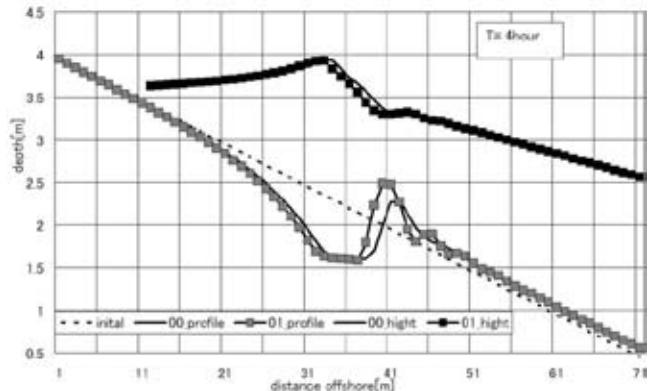


図-5 造波 4 時間の縦断面変化

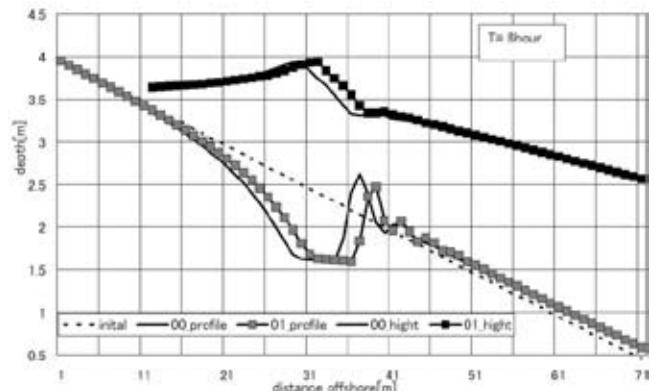


図-6 造波 8 時間の縦断面変化

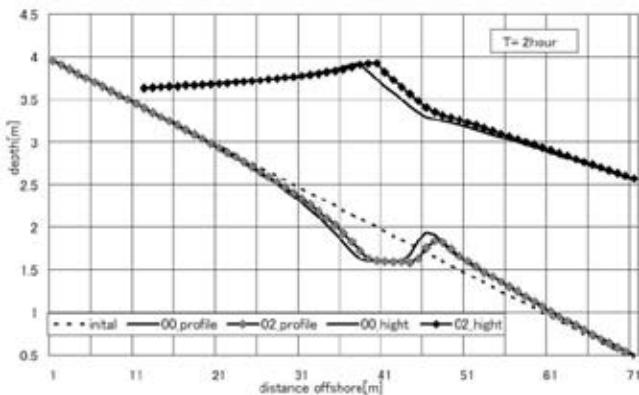


図-7 造波 2 時間の縦断面変化

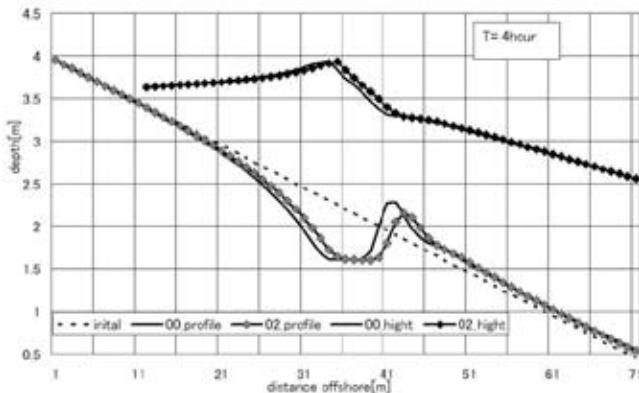


図-8 造波 4 時間の縦断面変化

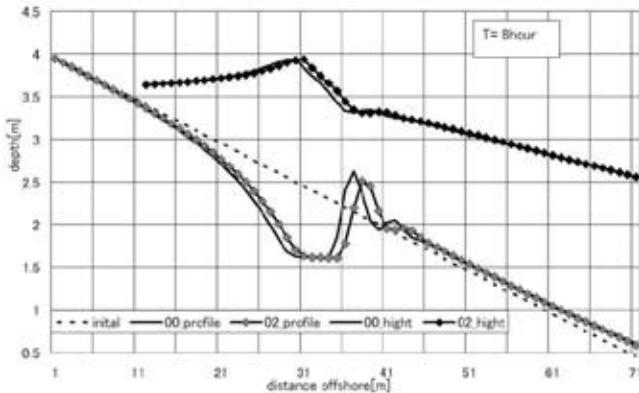


図-9 造波 8 時間の縦断面変化

次に粒子形状を考慮しない CASE00 と粒子形状が円板状の CASE02 の縦断面変形をくらべた。造波 2 時間のものを図-7、造波 4 時間のものを図-8、造波 8 時間のものを図-9 に示す。

図-7 の造波 2 時間では、粒子形状が円板状の CASE02 の縦断変化が小さく、バー高さは CASE00 よりも低くなる。これは、円板状の粒子形状であるので、粒子同士の噛み合せ効果が大きいと考えられる。図-4 の CASE01 と図-7 の CASE02 をくらべると、粒子形状が球状の場合と円板状である場合で、造波初期(造波 2 時間)において、粒子の形状が、縦断面のバー高さの発生に大きく影響することがわかる。そして、バー深さも

両 CASE ともほとんど同じである。トラフの発生位置・深さに関してもほぼ同じ変形である。碎波位置もほとんど同じであるが、CASE00 の方が岸の方に位置している。

図-8 の造波 4 時間では、両 CASE でのバー高さに差が出る。CASE00 と CASE01 のバー高さの差は 25cm である。また碎波位置については CASE ともほとんど同じである。碎波位置がほとんど同じにも関わらず、バー高さに 25cm の差が出るのは粒子形状が円板状の噛み合せ効果の影響と考えられる。またトラフに関しては両 CASE とも差は無く同じ挙動を示す。

図-9 の造波 8 時間では、両 CASE のバー高さに差が無くなる。これは波浪によって円板状粒子の噛み合せ効果が薄れ、バー高さが増加したと考えられる。これより今回の波浪条件では、粒子の噛み合せ効果は造波 8 時間でなくなることがわかった。またトラフ・碎波位置については両 CASE ともほとんど同じである。

4 まとめ

粒子形状を考慮した海浜縦断変形モデルでの数値計算を行い、粒子形状が海浜縦断変形に及ぼす影響の検討を行った。得られた結果を以下に挙げる。

粒子形状が球形の場合、造波初期の縦断変形は大きいが造波時間の増加とともに縦断変形割合が小さくなっている。今回の波浪条件では造波開始 8 時間で平衡状態になった。粒子形状が円板状の場合、粒子の噛み合せ効果により縦断変形が少なかった。この噛み合せ効果は、今回の波浪条件では造波 8 時間で無くなった。また粒子の形状が、縦断面のバー高さの発生に大きく影響し、トラフの深さには影響しないこともわかった。今後は波浪条件・初期条件等を変化させ、縦断変形の検討をさらに行いたい。

謝 辞

今回の研究は鹿児島工業高等専門学校校内助成により遂行した。また英文抄録については塚崎香織准教授に助言をいただいた。ここに謝意を記す。

参考文献

- 1) Magnus Larson, QUANTIFICATION OF BEACH PROFILE CHANGE, DEPARTMENT OF WATER RESOURCES ENGINEERING LUND UNIVERSITY, INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

共削り加工における加工面品位に関する研究

原田 正和[†] 引地 力男^{††}

A Study on Surface Integrity in Simultaneous Cutting

Masakazu HARADA and Rikio HIKIJI

In recent years, with the development of IT and aerospace industry, the workpiece combined by several different materials have been used. In terms of surface integrity, it is very difficult to cut the combined workpieces simultaneously, compared with simple ones. The milling of the workpiece combined metal and nonmetal was carried out and the surface integrity was examined experimentally. Here, the workpiece combined copper and acrylic resin was used. As a result, it was difficult to extract the conditions for getting the ideal finished surface of both copper and acrylic resin, but was clear that the dominant factor of ideal finished surface was the lack of the acrylic resin.

Keywords : Simultaneous cutting, Surface integrity, Milling, Surface roughness

1 緒 言

近年、IT産業や航空宇宙産業の研究や技術の発展が目覚ましく、現場で機械加工される部品や製品の高性能化や軽量化、多機能化にともなって、被削材としての、いくつかの異なる材料を組み合わせた工作物が多くなり、これらの部品加工をおこなうため共削り加工に関する技術情報が強く求められるようになってきた¹⁾。

共削りとは2つ以上の材料を1つの切削工具で同時に切削する加工である。共削り加工の場合、単一被削材の場合と異なり、被削材の表面品位や工具摩耗などに及ぼす影響は複雑である。共削りの部品の加工で、発生しやすいトラブルを整理すると、適正な工具材種の選定が困難なこと、最適な切削条件の設定が困難であること、表面粗さや寸法精度に関する必要な加工精度を得ることが困難なこと、切削をおこなったとき、異材の接合部に段差が生じやすいうこと、被加工面に異材粉末が圧入したり溶着が発生しやすくなることである¹⁾。本研究は、従来の金属どうしの共削り加工²⁾ではなく金属と非金属の組み合わせを取り上げ、共削り加工における加工面品位について、被削材の物理的・機械的性質を考慮しながら実験的に検討することが目的であり、現場に有効となる最適な加工条件を抽出するものである。金属と非金属の組み合わせの共削り加

工は、電気基盤部の導体と絶縁体とを組み合わせた部品やエンジンのシリンダヘッドのメタルスペーサーの加工などに採用されている。最近では半導体部品の成型用としてCFRPとSUS304との共削りによる加工面品位の研究もおこなわれている³⁾。この場合、金属どうしの共削り加工と異なり適用切削条件に大きな隔たりがあるので、金属と非金属の組み合わせの共削りはいっそう切削条件の設定が困難である。今回は金属として銅、非金属としてアクリル樹脂を用いた。これらは一般的にさまざまな用途で幅広く用いられる材料である。銅のみならずアクリル樹脂の切削加工についても加工面品位についてこれまで多く検討してきた^{4)~8)}。しかし、鉄系金属のみならず銅を含む非鉄金属とプラスチックとの共削り加工についての研究例はほとんどみられない。今回これらの材料を組み合わせて被削材とし、マシニングセンタを用いてエンドミルを用いた輪郭加工について加工段差を中心とした加工面品位について検討した。

2 実験方法

実験は、被削材として厚さ1mmの銅板の両側面を2mmのアクリル板(PMMA)で挟む形式で治具に取り付けた(Fig. 1参照)。銅の機械的性質をTable. 1に、アクリル樹脂の物理的・機械的性質をTable. 2に示す。

[†] 鹿児島工業高等専門学校技術室

^{††} 機械工学科

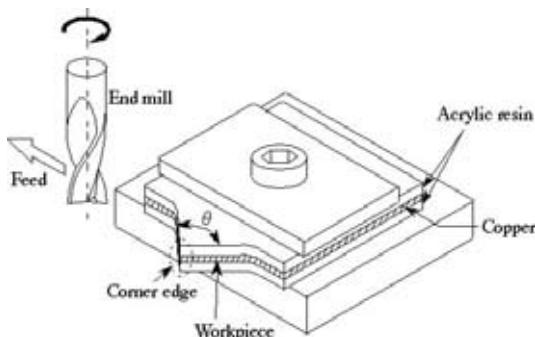


Fig.1 Cutting method

Table.1 Mechanical properties (Copper)

Yield point [Mpa]	85
Tensile strength [Mpa]	243
Modulus of elasticity [Gpa]	100
Work hardening exponent	0.33
Vickers hardness	68

Table.2 Physical and mechanical properties (Acrylic resin)

Coefficient of thermal conductivity [W/mk]	0.21
Coefficient of thermal expansion [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]	7×10^{-5}
Tensile strength [Mpa]	75
Flexural strength [Mpa]	120
Modulus of elasticity [Mpa]	3000
Elongation [%]	4.5
Rockwell hardness (M scale)	100

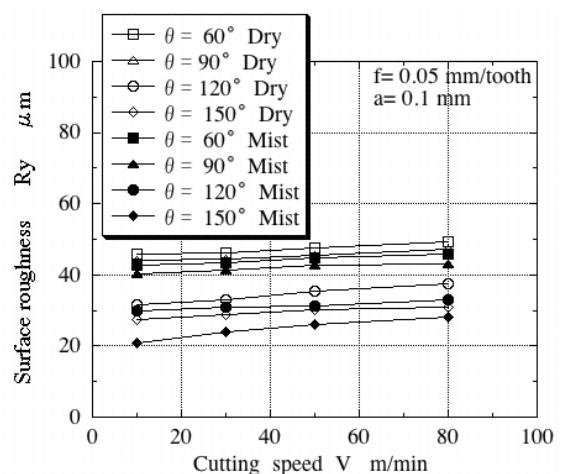
Table.3 Cutting conditions

Work materials	Copper, Acrylic resin
End mill	SKH56, $\phi 10\text{mm}$
Corner angle θ [deg.]	60, 90, 120, 150
Cutting speed V [m/min]	10, 30, 50, 80
Feed rate f [mm/tooth]	0.05, 0.1, 0.15, 0.2
Depth of cut a [mm]	0.1, 0.5, 1.0, 2.0
Cutting method	Down cut
Cutting fluid	Dry, Oil mist

Table.4 Mist supply conditions

Oil	Vegetable
Air supply pressure [Mpa]	0.5
Nozzle pressure [Mpa]	0.5
Flow rate [ml/h]	10

銅板はあらかじめ $500^{\circ}\text{C} \times 2\text{h}$ の焼きなまし処理を施したもの用いた。熱処理後、表面に加工硬化層が生成しないように注意しながらラッピングし両側面に瞬間接着剤を使用してアクリル樹脂板を接合した。工作機械として、マシニングセンタ (FANUC DRILL Mate Sr-MODEL T) を用い、エンミドルを用いた輪郭加工をコーナー角 θ を変化させた一連のプログラム運転でおこなった。切削条件を Table.3 に示す。なお、アクリル樹脂は吸水率が高い⁹⁾ので一般的に乾式切削であるが、アルコールや石油を用いて乾式切削をおこない仕上げ面粗さの向上を検討したり¹⁰⁾、GFRP の切削では工具摩耗の軽減が目的で切削油剤の性能試験をおこなった例¹¹⁾がある。加工面品位の向上を図りながらアクリル樹脂への吸水の影響をなるべく少なくするために、セミドライ加工として植物油を用いたミスト給油をおこなった。ミスト給油の条件を Table.4 に示す。切削終了後、工具の送りと直角な方向について、触針式粗さ測定機を用いて仕上げ面粗さを測定した。接合部の段差が問題となるので、評価のパラメータは最大高さ R_y を用いた。銅とアクリル樹脂の接合部の加工段差は 2箇所の接合部を含んで切削方向と直角な方向に 3枚連続して最大高さ R_y を測定した。また、段差部の影響について接合部分に銅の場合はバリが発生するのでバリの高さ H 、根本厚さ B を、アクリル樹脂の場合は欠けが発生するのでアクリル樹脂の欠け深さ D 、欠け幅 W をそれぞれ形状測定機にて測定した。それぞれ同じ条件について実験を 3 回行い、1 つの試料について測定を 5 回行い、最大と最小を除いた平均値をデータとして取り扱った。

Fig.2 Effects of cutting speed and corner angle on surface roughness R_y

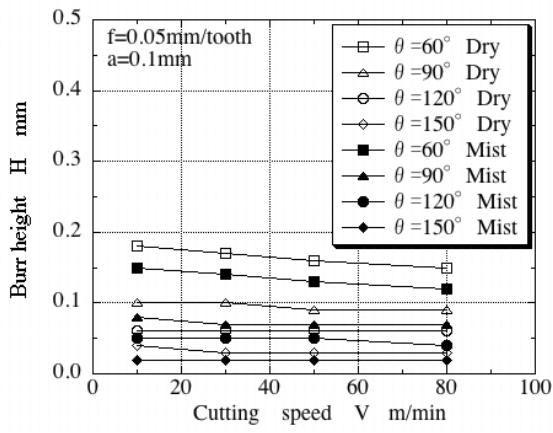


Fig.3 Effects of cutting speed and corner angle on burr height H

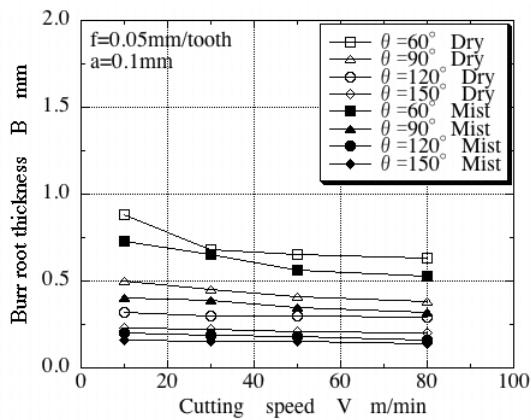


Fig.4 Effects of cutting speed and corner angle on burr root thickness B

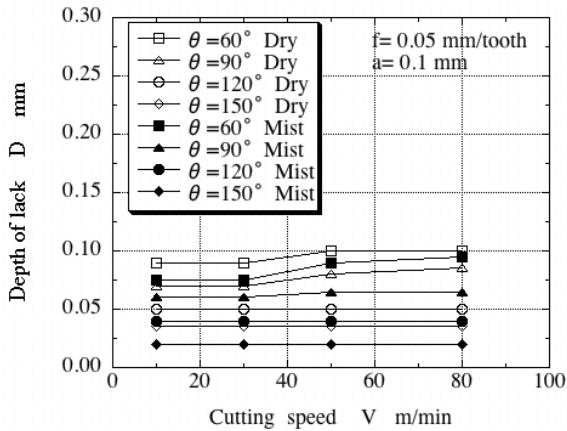


Fig.5 Effects of cutting speed and corner angle on depth of lack D

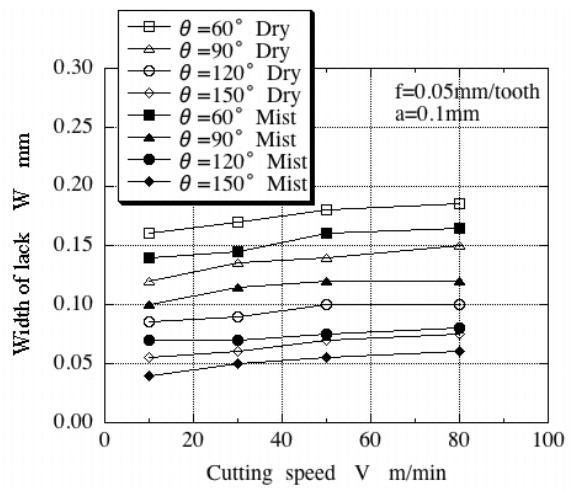


Fig.6 Effects of cutting speed and corner angle on width of lack W

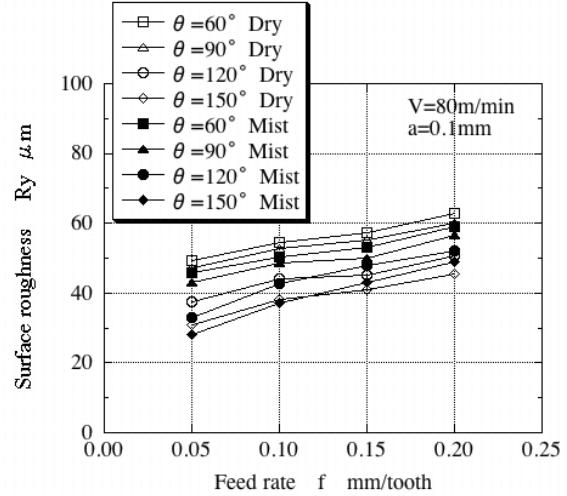


Fig.7 Effects of feed rate and corner angle on surface roughness Ry

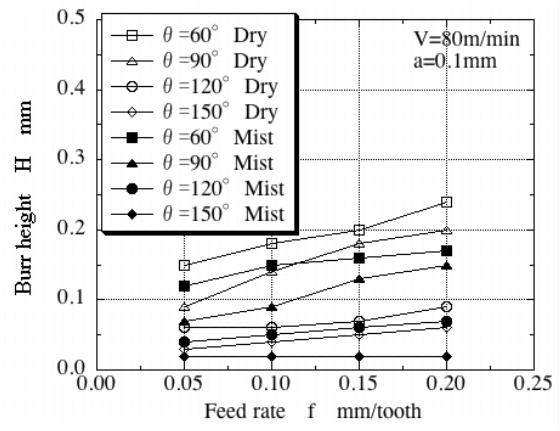


Fig.8 Effects of feed rate and corner angle on burr height H

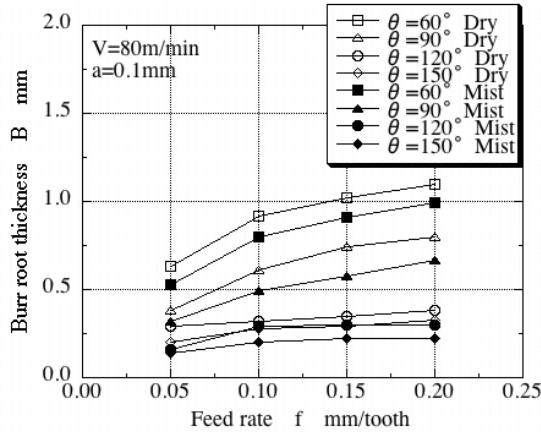


Fig.9 Effects of feed rate and corner angle on burr root thickness B

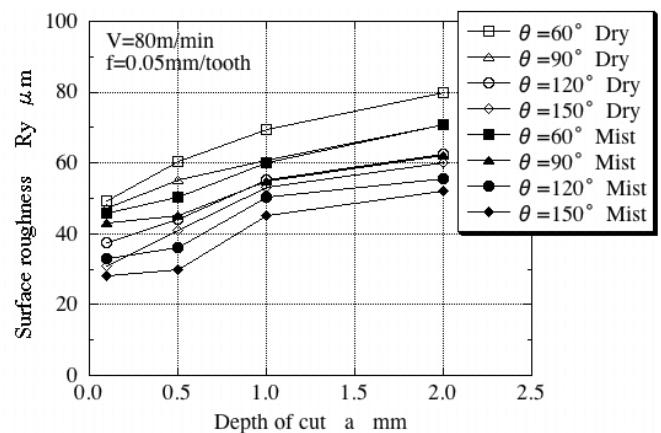


Fig.12 Effects of depth of cut and corner angle on surface roughness R_y

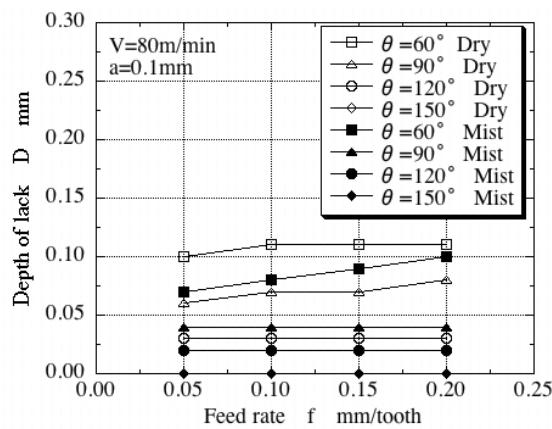


Fig.10 Effects of feed rate and corner angle on depth of lack D

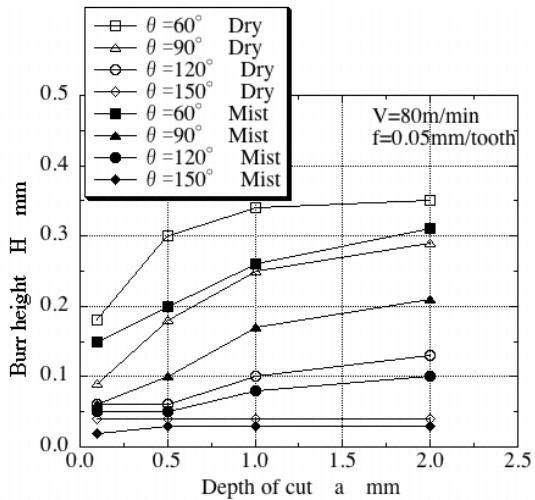


Fig.13 Effects of depth of cut and corner angle on burr height H

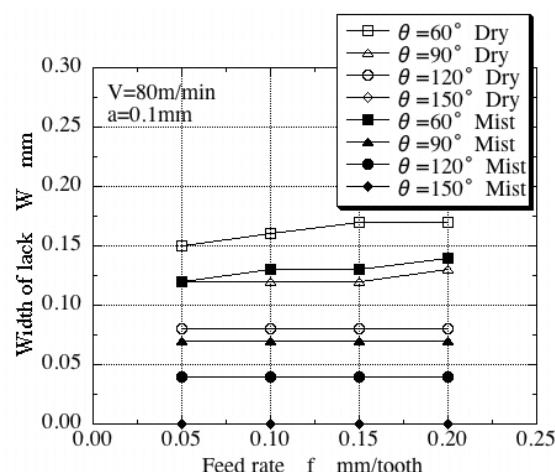


Fig.11 Effects of feed rate and corner angle on width of lack W

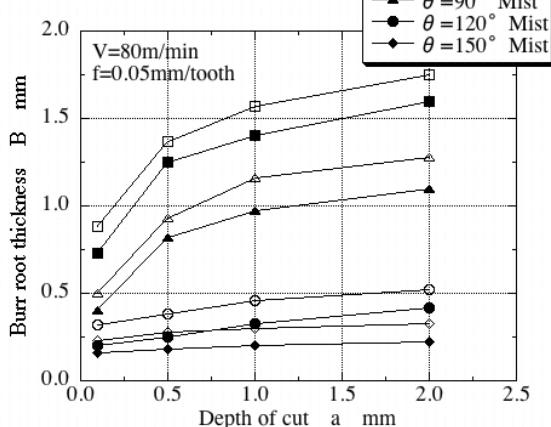


Fig.14 Effects of depth of cut and corner angle on burr root thickness B

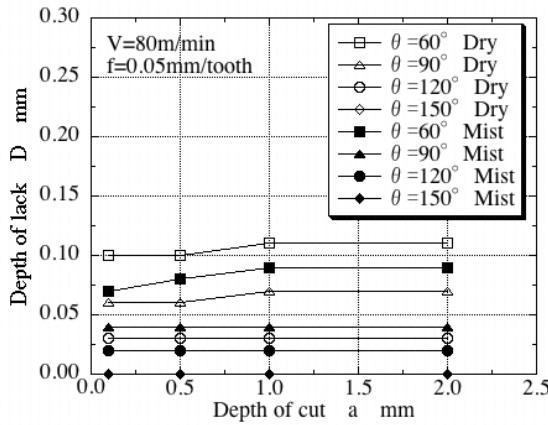


Fig.15 Effects of depth of cut and corner angle on depth of lack D

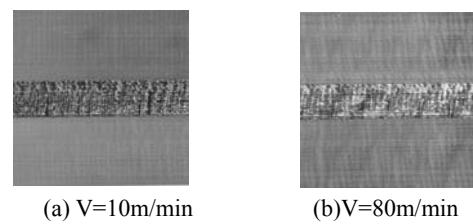


Fig.17 Effect of cutting speed on machined surface

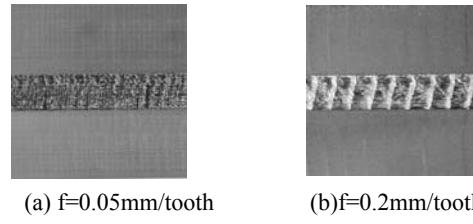


Fig.18 Effect of feed rate on machined surface

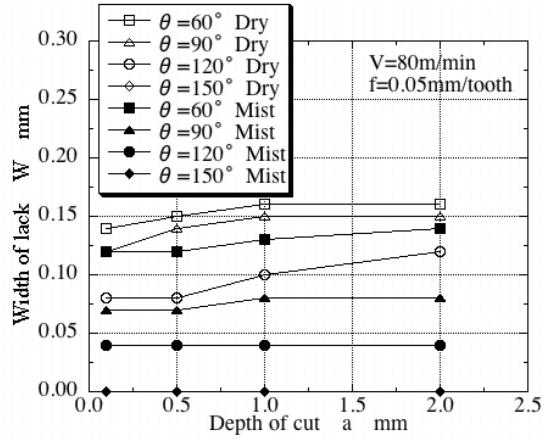


Fig.16 Effects of depth of cut and corner angle on width of lack W

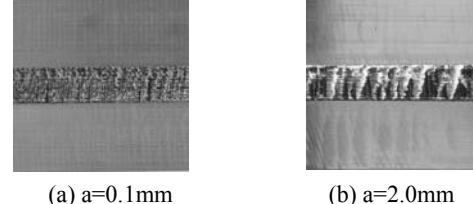


Fig.19 Effect of depth of cut on machined surface

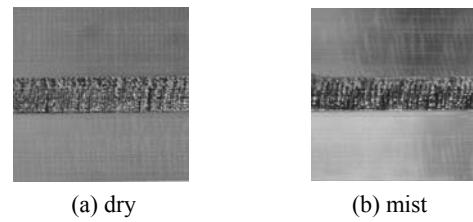


Fig.20 Effect of oil mist on machined surface

3 結果

金属と非金属を組み合わせた共削り加工のエンドミルを用いた輪郭切削を行い加工面品位について実験的に検討した。今回は被削材として銅とアクリル樹脂を組み合わせたものを用いた。

Fig. 2 はコーナ部付近の切削速度 V と最大高さ Ry の関係を示す。コーナ角 θ が小さく切削速度 V が大きいと最大高さ Ry が大きくなることがわかる。また、湿式の方が全体的に小さくなる。エンドミル加工の場合、銅とアクリル樹脂の接合部の加工段差は銅のバリとの関係があり、バリが小さくなる加工条件で加工すると加工段差が小さくなると考えられる。そこで、切削終了後、銅のバリについて調べた。Fig. 3 はコーナ部付近の切削速度 V と銅のバリの高さ H の関係について示す。コーナ角 θ が小さく切削速度 V が小さいとバリの高さ H が大きくなる。また、湿式の方が全体的に小さくなる。Fig. 4 はコーナ部付近の切削速度 V と銅の

バリの根本厚さ B との関係を示す。Fig. 3 と同様な結果が得られた。加工段差の原因としては切削速度 V に関する銅のバリの影響はみられないでアクリル樹脂の欠けについて調べた。Fig. 5 はコーナ部付近のアクリル樹脂の切削速度 V と欠け深さ D との関係を示す。図よりコーナ角 θ が小さく切削速度 V が大きいとアクリル樹脂の欠け深さ D が大きくなることがわかる。また、湿式の方が全体的に小さくなる。Fig. 6 はコーナ部付近の切削速度 V とアクリル樹脂の欠け幅 W との関係を示す。Fig. 5 と同様な結果が得られた。これらのことにより切削速度 V に関しては加工段差の原因としてはアクリル樹脂の欠けが原因ではないかと思われる。Fig. 7 は送り量 f と最大高さ Ry との関係を示す。コーナ角 θ が小さく送り量 f が大きいと最大高さ Ry が大きくなることがわかる。また、湿式の方が全体的に小さくなる。この加工段差の原因を検討するためにバリの

影響について調べた。Fig.8は送り量 f と銅のバリ高さ H との関係を示す。コーナ角 θ が小さく送り量 f が大きいとバリの高さ H が大きくなることがわかる。また、湿式の方が全体的に小さくなる。Fig.9は送り量 f と銅のバリの根本厚さ B との関係を示す。Fig.8と同様な結果が得られた。また、アクリル樹脂の欠けの影響についても調べた。Fig.10は送り量 f とアクリル樹脂の欠け深さ D との関係を示す。コーナ角 θ が小さく送り量 f が大きいと欠け深さ D は大きくなる。また、湿式の方が全体的に小さくなる。Fig.11は送り量 f とアクリル樹脂の欠け幅 W との関係を示す。Fig.10と同様な結果が得られた。Fig.12は切込み量 a と最大高さ Ry との関係を示す。コーナ角 θ が小さく切込み量 a が大きいと最大高さ Ry 大きくなる。この原因について検討するためにバリの影響について調べた。Fig.13は切込み量 a と銅のバリ高さ H との関係を示す。コーナ角 θ が小さく切込み量 a が大きいとバリ高さ H が大きくなる。また、湿式の方が全体的に小さくなる。Fig.14は切込み量 a と銅のバリの根本厚さ B との関係を示す。Fig.13と同様な結果が得られた。また、アクリル樹脂の欠けの影響についても調べた。Fig.15は切込み量 a とアクリル樹脂の欠け深さ D との関係を示す。コーナ角 θ が小さく切り込み量 a が大きいと欠け深さ D が大きくなる。また、湿式の方が全体的に小さくなる。Fig.16は切込み量 a とアクリル樹脂の欠け幅 W との関係を示す。Fig.15と同様な結果が得られた。したがって、これまでの結果より、加工段差の支配因子はアクリル樹脂の欠けであることが明確になった。

Fig.17は切削速度 V の違いによる加工面の違いを示す。図より切削速度 V が大きいほどアクリル樹脂の粗さが悪化することがわかる。Fig.18は送り量 f の違いによる加工面の違いを示す。送り量 f が大きいほど送りマークが明確であり加工面が悪化しているのがわかる。Fig.19は切込み量 a の違いによる加工面の違いを示す。切込み量 a が大きいほど加工面が悪化するのがわかる。Fig.20は乾式と湿式の違いにおける加工面の違いを示す。図より、湿式の場合が全体的に良好な仕上げ面であることがわかる。

4 結言

金属と非金属の組み合わせた共削り加工のエンドミルを用いた輪郭加工を行い加工面品位について実験的に検討した。その結果、以下の結論を得た。

(1)銅とアクリル樹脂の接合部の加工段差の支配因子はアクリル樹脂の欠けであることが明確になった。

- (2)乾式よりも湿式の方が加工段差が小さくなることが明らかになった。
- (3)切削速度が増加すると銅のバリが小さくなるが、アクリル樹脂の欠けが大きくなる。

参考文献

- 1) 狩野勝吉：難削材・新素材の切削加工技術-22,機械と工具,45,11(2001)105.
- 2) 加工技術データファイル平成3年度事例追補切削加工編,(財)機械振興協会技術研究所,(1991)1534.
- 3) 新谷一博, 西島豊, 山崎修：バレンダレス CBN 工具を用いた高速切削特性-2 材種共削り加工における先形状が仕上げ面精状に及ぼす影響-,2003 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集,(2003)116.
- 4) 平川健治, 小林昭, 河西敏雄：ダイヤモンドバイトによるプラスチックの鏡面加工,昭和 57 年度精機学会秋季大会学術講演会講演論文集,(1982)398.
- 5) 平川健治, 小林昭, 河西敏雄：ダイヤモンドバイトによるプラスチックの鏡面加工(第 2 報),昭和 58 年度精機学会春季大会学術講演会講演論文集,(1983)331.
- 6) 平川健治, 小林昭, 河西敏雄：ダイヤモンドバイトによるプラスチックの鏡面加工(第 3 報),昭和 58 年度精機学会秋季大会学術講演会講演論文集,(1983)519.
- 7) 平川健治, 小林昭, 河西敏雄：ダイヤモンドバイトによるプラスチックの鏡面加工(第 4 報),昭和 59 年度精機学会秋季大会学術講演会講演論文集,(1984)75.
- 8) 勝田智宣, 横溝精一, 佐々木真人：超精密旋盤を用いたアクリル製大型レンズの作成に関する研究, 2004 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集,(2004)175.
- 9) 例えば, 佐多敏之, 田中良平, 西岡篤夫：新しい工業材料,森北出版,(1986)224.
- 10) 鴨川昭夫：連載第 50 回複合材料の加工,機械技術,52,13(2004)102.
- 11) 長谷川嘉雄, 花崎伸作, 里中忍, 難波江周一郎：GFRP 切削時の工具摩耗に及ぼす切削剤の影響,精密機械,47,5(1981)541.

固体絶縁粒子を充填した菜種油の絶縁破壊特性の一検討

中村 格[†] 小迫 雅裕^{††}

A Study of Dielectric Breakdown Characteristics of the Rapeseed Oil
filled with Solid Insulating Particles

Itaru NAKAMURA[†] Masahiro KOZAKO^{††}

In the transformer filled in mineral oil, "conversion of carbon neutral" will be demanded more strongly in the future from a viewpoint of reducing emissions of carbon dioxide. The development of environment-friendly electric power equipment is being promoted using rapeseed oil. On the other hand, rapeseed oil is used also as new fuel and is rising in price in recent years. In this study, dielectric breakdown characteristics were investigated in the composite insulating system that consist of rapeseed oil and solid insulating particles. It is clear that the amount of oil can be decreased without reducing dielectric breakdown strength, when the area between two sphere electrodes is not filled with spherical glass particles ($\ell/L=1.00$).

Keywords : Rapeseed oil, Spherical glass particles, Dielectric breakdown strength, Weibull distribution

1 はしがき

現在、安定した電力供給には欠かせない送配電設備における変圧器は、油入変圧器（液体絶縁）が圧倒的に多く、次いでモールド変圧器（固体絶縁）、その他、ガス絶縁変圧器（気体絶縁）の順である。石油製品である「鉱油」を使用している油入変圧器では、二酸化炭素の排出量を低減する観点から「カーボンニュートラルなものへの転換」を図る要求が今後強まっていくものと推測され、菜種油を使用した環境調和型の電力機器開発が進められている¹⁾。また、菜種油は新たな燃料としても利用され、近年高騰している。

本研究では、菜種油を用いて、油量低減のために固体絶縁物を充填し、菜種油と固体絶縁物とを複合した絶縁構成での絶縁破壊特性を検討した。

2 実験方法

図1に実験回路、図2に供試モデルを示す。標準雷インパルス電圧を供試モデルへ印加する。電極はステンレス製直径12.4 mmの球対球電極とし、ギャップ長は1.0 mmとした。供試絶縁物には、菜種油（比誘電率

3.31）、球状のソーダ石英ガラス（直径1.0 mm、比誘電率7）を用いた。いま、オイルカップ底面からガラス球上部までの高さを ℓ 、オイルカップ底面から球電極下部までの高さ(2.9mm)を L で表し、 $\ell/L=0.00$ 、

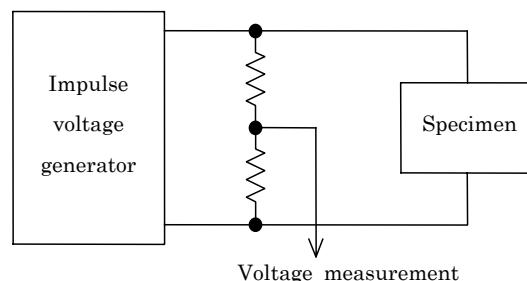


Fig. 1. Experimental setup

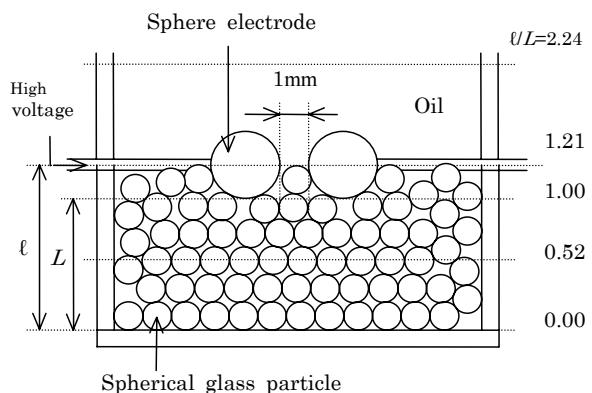
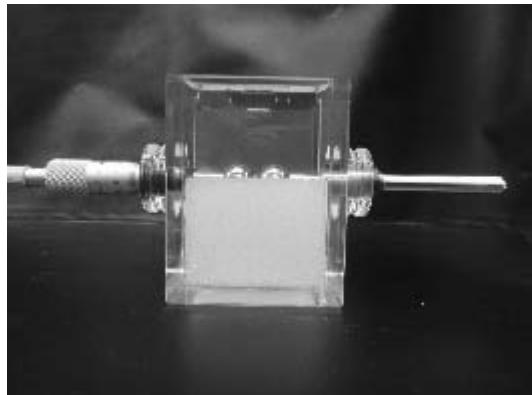


Fig. 2. Electrode system

[†] 鹿児島工業高等専門学校電気電子工学科

^{††} 電気電子工学科（現籍 九州工業大学）

Fig. 3. Photo of electrode system ($\ell/L=1.21$)

0.52, 1.00, 1.21, 2.24となるよう、ガラス球を充填し菜種油を注入した。その後、オイルカップを密封し、真空装置により24時間以上脱泡した。菜種油中溶解水分量は、カールフィッシュ法により測定し15~30ppmである。試験方法は、絶縁破壊電圧の約60%から2kVずつ増加させる上昇法を用いた。

3 考 察

油中の絶縁破壊確率分布は、ワイブル分布((1)式)によく適合することが知られている²⁾。

$$p(V) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{V}{V_0}\right)^m\right\} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

ここで、 p は累積破壊確率、 V は絶縁破壊電圧(kV)、 V_0 は尺度パラメータ、 m は形状パラメータである。尺度パラメータは絶縁破壊強度の平均値を表し、形状パラメータは絶縁破壊強度のばらつきの指標となり、値が小さいほどばらつきが大きいことを表す。

各 ℓ/L における絶縁破壊強度(kV/mm)のワイブル分布を図4に示す。また、図3から求めた統計的パラメータ(尺度パラメータ V_0 及び形状パラメータ m)を表1に示す。

尺度パラメータについては、直径1.0mm, 0.4mmいずれのガラス球の場合も、 $\ell/L=0.52, 1.00$ では値に有意な差は見られない。 $\ell/L=2.44, 1.21$ では、ガラス球を充填しないときの値のそれぞれ43%, 60%である。すなわち、絶縁破壊強度の平均値が小さくなっている。

形状パラメータについては、いずれの ℓ/L の場合も値に有意な差は見られない。

4 まとめ

菜種油と固体絶縁物とを複合した絶縁構成での絶縁

破壊特性を検討した結果、ガラス球の充填が $\ell/L=1.00$ 以下、すなわちガラス球が球電極間に入り込まない場合、絶縁破壊強度をほとんど低下させることなく、油量を減量できることが明らかとなった。

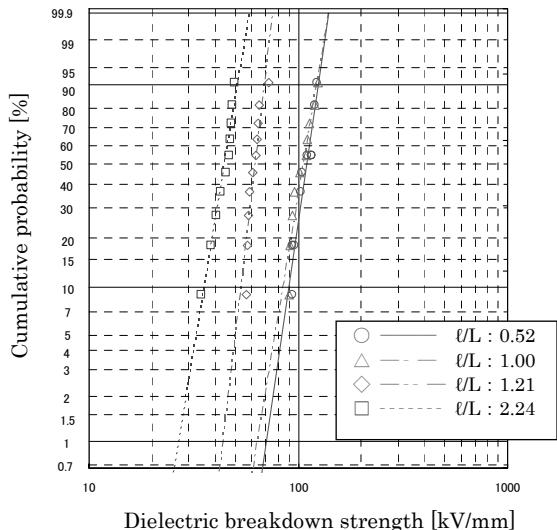


Fig. 4. Weibull distribution of dielectric breakdown strength

Table 1. Statistical parameter of Weibull distribution.

ℓ/L	m	V_0
0.52	9.43	114.41
1.00	8.33	110.77
1.21	11.85	64.34
2.44	8.38	46.53

謝 辞

本研究は、科学研究費補助金(基盤研究(C))、校内助成(研究助成)による援助を受けた。この場を借りて謝意を表す。

参考文献

- 新家正巳ほか：“環境に優しい植物油変圧器開発に関する基礎検討” 電気学会論文誌B 123[2] (2003) 187-193
- 植月唯夫ほか：“高電圧工学” コロナ社 (2006) 78-80

磁性体角筒を併用したMRI用オープンタイプ 磁気シールドルームの検討

鎌田 清孝[†] 山崎 慶太^{††} 広里 成隆^{††}

Open Type of Magnetically Shielded Room Combined with Square Cylinders
made by Magnetic Material for MRI

Kiyotaka KAMATA Keita YAMAZAKI Shigetaka HIROSATO

Open type of magnetic and electromagnetic shielded room (MSR) combined with square cylinders made by magnetic and conductive materials and electromagnetic shielded glasses for MRI was developed. First, optimal design on square cylinders made by magnetic material was discussed by 3-D magnetic field analysis. Then, the method of analysis was verified by the experiment using the MSR model. Next, the electromagnetic shielding effect of models of combination of square cylinder and electromagnetic shielded glass was evaluated by the experiment. Finally, optimal design on square cylinders made by magnetic material and aluminum for open type of MSR of MRI was introduced.

Keywords : MRI, Square cylinders made by Magnetic Material, leakage magnetic field, 3D magnetic field analysis, electromagnetic shielding effect

1 はじめに

磁気共鳴画像診断(MRI)では、室外への漏洩磁場を0.5 mT以下に低減するため⁽¹⁾、部屋全面を強磁性体で囲んだ磁気シールドルーム(MSR)が用いられている。この閉鎖感を払拭して、被験者のストレスを軽減し、アメニティを向上させるため、開放的なMSRが開発されており⁽²⁾、我々はこれまでキャンセリングコイルを併用した大開口を有するMSRの検討⁽³⁾⁽⁴⁾を行ってきた。

今回は、キャンセリングコイルを用いず、磁性体の角筒(磁性体角筒)を導電体の角筒内(導電体角筒)にはめ込んだ磁性層と導電層を有する二層構造の角筒を積み上げた壁体から構成される閉鎖感の無いMSRについて検討した⁽⁵⁾。

MRI用MSRでは、MRI撮影画像の乱れを抑止するために電磁遮蔽性能も必要となる⁽⁶⁾。従来の空間閉鎖型MSRでは壁面全体に導電層を設けることにより電磁遮蔽を行うが、今回のように開口部がある場合には高価な電磁シールドガラスを併用する必要がある。通常、

電磁シールドガラスは2枚必要であるが、本MSRでは、外側に配置された導電体角筒が互いに導通状態となり電磁遮蔽効果も得られるため、電磁シールドガラスを1枚に削減でき、透明度・コスト面等で優れた壁体となることが期待される。一方、磁性層を内側に配置したため磁性体角筒間にはギャップが生じるが、導電体角筒によって磁性体角筒には応力がかからず、磁性体の磁気特性の劣化が少ない構造となっている。また、角筒を積層する構造であるので、MRI装置の搬入時に必要なMSRの組立・解体が容易である特長も有する。

本報では、三次元磁界解析および模型実験により、磁性体角筒とアルミ製角筒を併用したMRI用オープンタイプ磁気シールドルームの最適構造を明らかにするとともに、その設計法を確立することを目的としている。

そのため、基礎的検討として、三次元磁界解析を用いて、MSRの一面に磁性体角筒を積み上げた場合の、角筒長、角筒間のギャップ長、角筒の分割が、MRIをモデル化したコイルからの漏洩磁界の低減効果に与える影響を検討する。

[†] 鹿児島工業高等専門学校電子制御工学科

^{††} 竹中工務店

2 解析モデルおよび解析方法

図1に、磁性体角筒を用いたMSRの角筒の最適構造の検討に用いた解析モデルおよび解析の各パラメータを示す。ただし、対称性を考慮して1/8領域のみ示した。MSRの大きさは3m角の立方体とし、一面のみ磁性体角筒により構成し（以下、角筒面と称す）、他の面は通常の強磁性体板とした。MSR中心に配置したMRIをモデル化したコイルに87,500 ATの電流を流し、角筒面に垂直に磁場を加え、MSR外部のOP線上的漏洩磁界を有限要素法を用いた三次元静磁界解析により求めた。

角筒形状に関しては、角筒に用いた磁性体の厚みを1mmとし、ギャップも含めた正方形断面の一辺の長さは開放感を考慮して150mm一定とした。この条件の下、まず、ギャップ長を理想状態のgap = 1mm（model b）として、角筒長さL = 50, 100, 300, 450, 600mmが角筒面の漏洩磁界に及ぼす影響を検討した。次に、角筒長さを最適値のL = 300mmとし、本MSRの設計で重要な磁性体角筒の外側に配置するアルミ製角筒の厚みも考慮してギャップ長 gap = 6mm（model a）とした場合の角筒面の漏洩磁界の増加割合について検討した。さらに、この条件（L = 300mm, gap = 6mm）の下、磁性体角筒による漏洩磁界の低減効果を改善するために、角筒の長さ方向に15mmの空気層（すきま）を入れて2分割（model②）、3分割（model③）した場合の効果を分割なし（model①）の漏洩磁界分布と比較することにより検討した。

強磁性体の壁・天井、磁性体角筒の比透磁率 μ_s は、けい素鋼板を想定し3,000一定とした。解析には、磁気ベクトルポテンシャルAを未知変数とした次式を基礎方程式とする一次直方体辺要素有限要素法を用いた⁽⁷⁾。

$$\text{rot}(\nu \text{ rot} A) = 0 \quad (1)$$

ここで ν は磁気抵抗率である。分割図の要素数は171,500であった。

3 解析結果

図2.1に、角筒長さLが漏洩磁界に及ぼす影響の解析結果を示す。漏洩磁界の大きさは、磁性体角筒なしの窓のみに比べて、L = 50mmで約1/2, L = 100mmで約2/5, L = 300mmで約1/5に低減するが、L = 450, 600mmの低減効果は、L = 300mmと大きく変わらなか

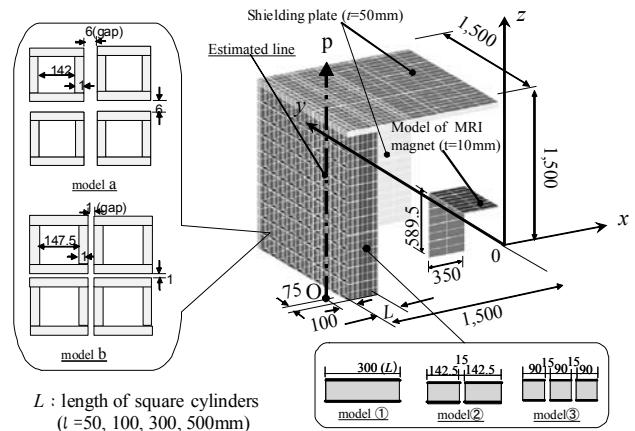


図1 解析モデル（1/8モデル）

Fig. 1 Analyzed model.(1/8 model).

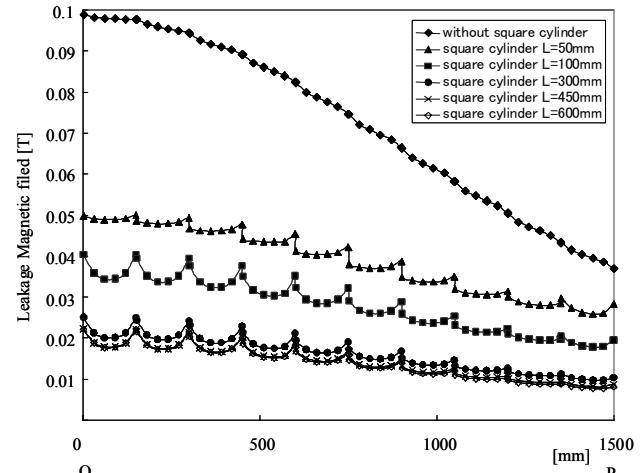


図2.1 磁性体角筒長さによるOP線上的漏洩磁束密度分布

Fig. 2.1 Distribution of leakage flux density depending on the length of the square cylinder along line O-P.

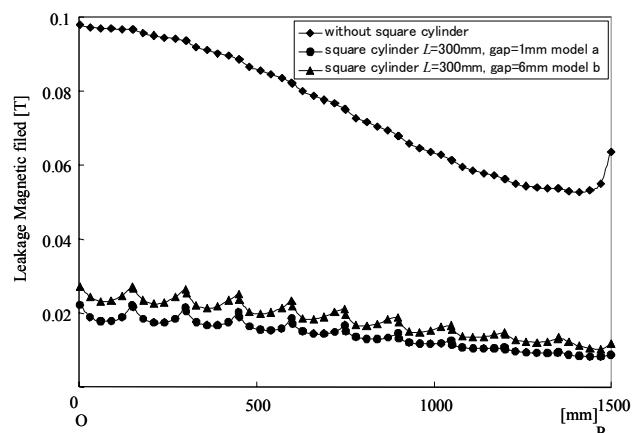


図2.2 角筒間すきまによるOP線上的漏洩磁束密度分布

Fig. 2.2 Distribution of leakage flux density depending on the gap between square cylinders along line O-P.

った。以上から、角筒の最適長さは、断面の一辺 147 mm の約 2 倍の 300 mm とした。

図 2.2 に、角筒間のギャップ長さ gap が漏洩磁界に及ぼす影響の解析結果を示す。磁性体角筒なしの窓のみに対する漏洩磁界の大きさの低減効果は、gap = 6 mm (model a) と gap = 1 mm (model b) では約 3%程度の差しか認められず、磁性体角筒の外側に導電体角筒を配置し gap = 6 mm としても、漏洩磁界の低減効果の劣化には大きく影響しないことが明らかになった。図 2.3 に、角筒を長さ方向に分割した効果が漏洩磁界に及ぼす影響を示す。磁性体角筒なしの窓のみに対する漏洩磁界の大きさの低減効果は、0 点付近で model②は model① に比べて約 4%, model③ は model② に比べてさらに約 3% 向上していた。以上から、角筒の長さ方向に 15 mm の空気層（すきま）を入れると低減効果は改善され、すきまの数は 1 箇所 (2 分割) より 2 箇所 (3 分割) のほうが、改善効果が大きいことが明らかになった。この理由を検討するため、図 3. (a), (b), (c) に、分割のない model①, 2 分割ですきま 15 mm の model②, 3 分割ですきま 15 mm の model③ の磁性体角筒壁内の $y = 0.5 \sim 1$ mm での磁束密度ベクトル分布の解析結果を示す。この図より、角筒壁内のベクトル分布は、端部（天井壁との取付部）では (a), (b), (c) に顕著な差が認められないが、中央部付近では、(a) に比べて (b), (c) では、すきまの磁気抵抗により、外側の層が室内側の層より磁束密度ベクトルが小さくなり、その結果、外部への漏洩磁界も小さくなっていることがわかる。

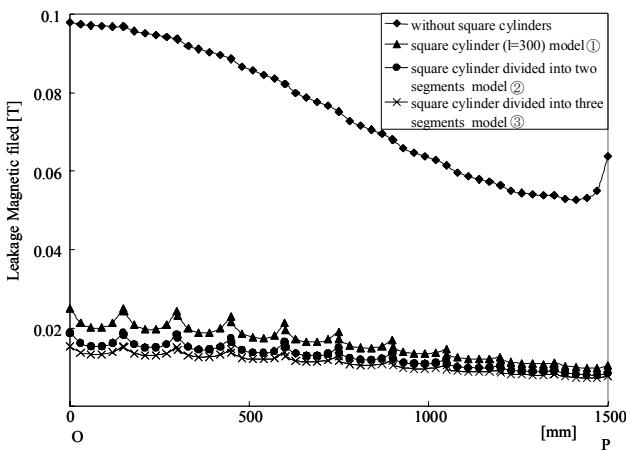
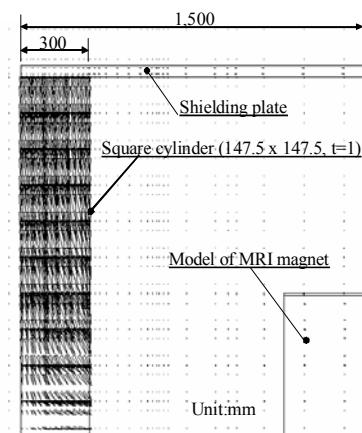


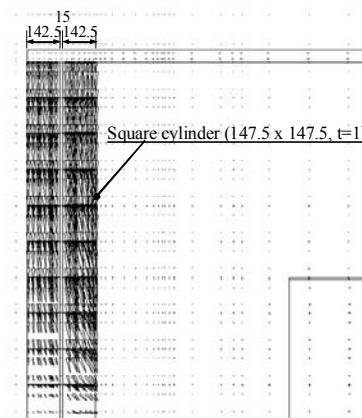
図 2.3 角筒長さ分割毎の OP 線上の漏洩磁束密度分布

Fig.2.3 Distribution of leakage flux density depending on the number of divisions along line O-P.

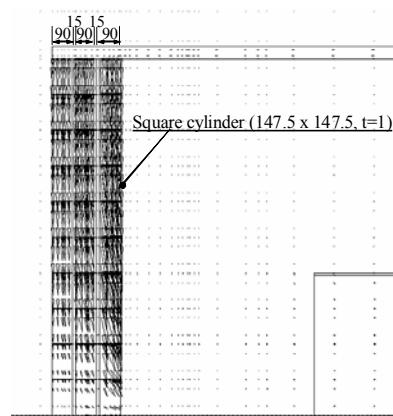
(b) と (c) の比較により、その効果は 2 分割の model② より 3 分割の model③ の方が大きいことが確認できた。



(a) square cylinder ($L=300$) (model ①)



(b) square cylinder divided into two segments (model ②)



(c) square cylinder divided into three segments (model ③)

図 3 磁性体内の磁束密度ベクトル分布図
Fig. 3 Distribution of magnetic flux vectors in magnetic materials.

以上の解析結果から、磁性体角筒の最適長さは 300 mm であり、角筒間のすきま長さは実際のアルミ製角筒

の厚みを考慮して 6 mm にしても漏洩磁界の低減効果が得られ、角筒の長さ方向に 15 mm の空気層を 2 箇所（3 分割）入れるとさらに低減効果が向上することがわかった。

4 むすび

従来の磁気シールドルームの閉鎖感を払拭して、被験者のストレスを軽減し、アメニティを向上させるため、磁性体角筒を併用した MRI 用オープンタイプ磁気シールドルームの最適構造を三次元磁界解析により検討した結果、以下のことが明らかになった。

MSR の一面に、厚み 1 mm で正方形断面の一辺の長さが約 150 mm の磁性体角筒を積み上げ、他の 5 面を磁性体壁で構成させた立方体 MSR を用いて、角筒の長さ、ギャップ長、分割が漏洩磁界に及ぼす影響を磁界解析により検討した。その結果、磁性体角筒の最適長さは断面長さの約 2 倍の 300 mm であり、角筒間のギャップ長はアルミ製角筒を外側に配置することを考慮して 6 mm にしても漏洩磁界の低減効果が得られ、角筒の長さ方向に 15 mm の空気層を 2 箇所（3 分割）入れるとさらに低減効果が向上することが明らかになった。また、解析で得られた磁束密度ベクトル分布図により、角筒を長さ方向に分割すると、磁束が外側層に到達しにくく外側層の磁束密度が小さくなった結果、外部への漏洩磁界も小さくなることが明らかになり、その効果は、2 分割より 3 分割の方が大きいことが確認できた。

謝 辞

本研究は平成 19 年度校内研究助成金（一般研究）を受けて行われたことを記してこの場を借りて謝意を表します。

参考文献

- Kamata, T. Onoki, K. Kobayashi, A. Haga, K. Katada, Y. Kinomura and Y. Kuwayama: "Open-Type Magnetically Shielded Room Using Only Canceling Coil Without a Ferromagnetic Wall for Magnetic Resonance Imaging", IEEE Trans. on Magn., 43[6] (2007)2480-2482
- 5) 広里成隆、山崎慶太、村松和弘、鎌田清孝、芳賀昭：「磁性体角筒を併用した MRI 用オープンタイプ磁気シールドルームの検討」、第 22 回日本生体磁気学会論文集、20[1] (2007)128-129
 - 6) SIGNA EXCITE 3.0 T シリーズ磁気共鳴断層撮影装置設置計画書 T 1F1 A1, p. 15, GE 横河メディカルシステム
 - 7) J. Jin : "The Finite Element Method in Electromagnetics", John Wiley & Sons (1996)

機械の分解組み立てを通してのものづくり基礎教育に関する研究

上野 孝行[†] 山本 桂一郎^{††}

The Development of a Practical Education Curriculum for the Dismantling and Assembly of an All-Terrain Vehicle

Takayuki UENO Keichiro YAMAMOTO

Recently, the number of technical training curricula which includes machine operation and know-how has increased year by year. However, most of the students admitted into our college, do not have the experience to repair a machine. Lower grade students often do not even know how to use a tool such as a driver or wrench. It is not interesting for the student to learn how to use the tool through rote and routine. Therefore, it is necessary to implement unique teaching methods and materials for the purpose of learning about these tools. We propose that an all-terrain vehicle [ATV] would be a very attractive aid in the technical education of students. The dismantling and assembly of ATVs would help the lower-grade students learn to use appropriate tools in the correct way. Working on these vehicles would also help the students understand larger machines such as cars and trucks, and concepts such as wheel-alignment.

Keywords : Technical training, All terrain vehicle, dismantlement and assembly, motivation

1 緒 言

数年来の IT 技術の発展により、学生の成長過程での周辺環境が劇的に変化している。日常生活環境から機械装置が携帯電話やゲーム機などの電子装置に置き換わり、機械装置の小型化、高度化、高精度化もあいまって分解してメカニズムを知る楽しみを知らない学生が増えてきている。そのため、学生自らが機械や工具に触れる機会が少なく、低学年のみならず高学年であっても正しい工具の使い方を習得していない学生が少なからず存在する。このような背景から、学生が興味を示すような実習を行い、学生のモチベーション向上させることは重要である。

機械工学科では、工具の取り扱いについて、1 年次の実習で基礎を行っているが、その応用を行い、正しい工具の取り扱いを定着させるとともに、機械の仕組みや機構を座学での説明に加えて、実践形式で習得させる必要が出てきた。

本研究では、機械工学科に在籍していながら機械についてあまり興味を持たない学生にも興味を持つても

らうきっかけとなるような実習を考案し、機械を扱うことの喜びを多くの学生に知ってもらうことを目的としている。そのために学生の興味の対象となりやすいバイクや自動車といった、乗り物の分解組立に関する内容の実習を行い、学生が積極的に実習に取り組むような工夫を行う。

実習には様々な工具の取り扱い、各種機械部品、分解組立に関する基礎知識の習得を盛り込み、その実習の効果を検証する。実習の題材として 2 輪車と 4 輪車同等の脚回りを持ち、手軽に分解組立ができるところから 4 輪バギー(ATV)を選択して実習方案を検証した。

2 実習内容の検討

実習は 3 週にわたり、座学では理解しにくいデファレンシャルギヤの構造や機能、サスペンションの機能を解説し、4 輪バギーの分解組立を行うことにより各種機械要素の知識や工具の取り扱いを実践的に習得できるものとした。一例として、組み立ての際にはトルクレンチを使用してボルトのトルク管理を行うが、工具の使い方や、ねじの役割について、この工程を実習することにより、わかりやすく理解することが出来る。

[†] 鹿児島工業高等専門学校技術室

^{††} 機械工学科（現籍 富山商船高専）

3 実習の試行

本研究で提案する実習方案は、平成 20 年度より実施することを目指している。実際に運用する前に試行という形で機械工学科 2 年生に対して実習を行った。以下に詳細を示す。

実施対象：機械工学科 2 年 D 班

実施日：2007/11/29 12/13 12/20 5~7 限

1 週目は、実習概要説明、4 輪バギー外装部品分解組み立て、4 輪バギーの構造、各部解説、デファレンシャルギヤの構造、機能の解説を行った。4 輪バギーの車体構造解説の様子を図 1 に示す。分解には、本研究で作成したテキストを用いた。テキストは 1 工程 1 ページとし、内容は図を多用し、必要な工具や規定トルクを掲載する事で学生に分かりやすいものとなってい。デファレンシャルギヤの構造、機能の解説には、改造した RC カーのシャーシやレゴ®マインドストームなど教材を工夫し、容易に理解できるようにした。

2 週目は、脚周りの分解、サスペンション、ブレーキの構造、機能解説を行った。班員を振り分け、全員がスムーズで均等に作業できるよう配慮した。サスペンションの説明では、合板で製作したホワイトボード用のリンク教材や改造した RC カー、減衰力の異なる RC カー用のダンパー、レートの異なるスプリングを数種類用意した。自作したリンク教材を図 2 に示す。

3 週目は、ハブなどの軸受け(ボールベアリング、ローラベアリング)の解説と、主に 2 週目に分解した脚回り部分の組み立てを行った。組み立てはトルクレンチを用い、組み立てにおいて最も重要なトルク管理を行った。



図 1 実習の様子

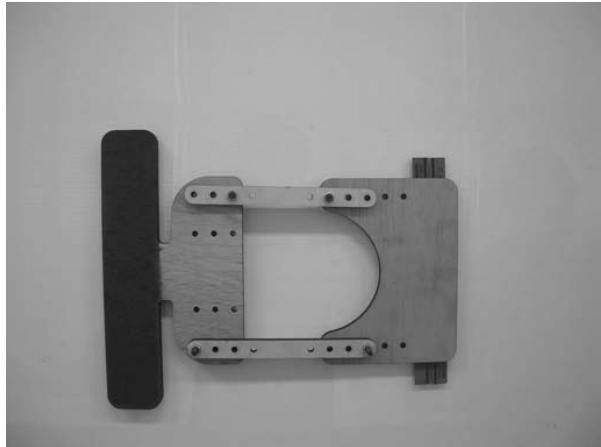


図 2 リンク教材

4 試行の結果

実習は、概ね予定したスケジュール通りに進んだ。学生は、1 年次に工具の取り扱いについての実習を受けていたため、うろ覚えではあったが工具についての基礎的な知識を持っていた。多くの学生が 4 輪バギーに興味を示しているようであった。実習後にはサスペンションやブレーキなどのレポート課題を課した。

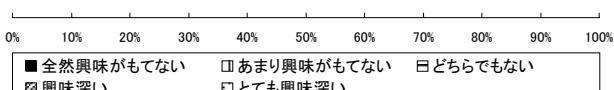
実習後、学生に対してアンケートを実施した。実習に対する要望を自由に記述させたところ、以下のよう前向きな意見が出た。

- ・作業場所をしっかりと確保してほしい
- ・広い場所がいい(2)
- ・イスが欲しかった
- ・実践で工具を使った方が使い方をよく覚えられる
- ・実践の方が集中できる
- ・工具セットをもう 1 つ
- ・サスペンション内部を分解してみたい
- ・バイクに関する実習を増やして欲しい
- ・4 輪はまだ乗れないでバイクに比べればちょっと興味を持てなかった

次に選択式アンケート結果の一部を図 3 に示す。問 8、問 9 より 9 割の学生が今回の実習に興味を示し、機械を触ることが好きなようである。

ものづくりには興味を示さない学生も、今回の実習のような機械を触ることに関しては興味を持てたようであった。また、問 10 より今回の実習により 7 割の学生の意識に変化が見られた。機械等に対するモチベーション向上を目的としている本実習としては良い結果が得られた。問 11 では、6 割の学生が製品と実習の関

係に興味を示していない。しかし問12より、7割の学生が製品と専門教科との結びつきについては理解を示したようである。アンケート結果より、試行した実習は、細かな修正は必要であるが、ほぼ目的を達成したといえる。今後さらに実習方案を整理し、完成度を高めていく予定である。1年次の実習で基礎的な工具の取り扱いを学習するので、その応用となる本実習の実施は2年次が適当だと考えられる。現在、平成20年度より、機械工学科2年で行っている機械工作実習に組み込み実習を行っている。



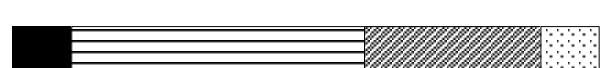
問8 今回の実習は興味のもてる内容だった



問9 機械を触るのは好きだ



問10 機械に対する意識が変わったか



問11 実際の製品も、実習での内容に近い方法で作られていることがわかった



問12 多くの科目の内容が結びついて、製品ができていることがわかった

5 結言

4輪バギーの分解組み立て実習、教材の製作を通じて以下の結果が得られた。

1. 学生が興味を惹く4輪バギーを使用して、実践的な工具の使用方法や各種機械要素の理解を目的とした実習方案を提案した。
2. 機械要素の理解については、レゴ®やRC模型を使用して教材を製作し、分かりやすいものとした。これは、親しみ深くかつわかりやすい副教材となった。
3. テキストは、1工程1ページとして理解しやすいものとした。この提案は学生にも好評であった。
4. 試行において、学生は興味を持って実習に取り組んでいた。
5. 4輪バギーは2輪車、4輪車のさまざまな機械要素を含み、実習に取り入れやすいため教材として適していることが分かった。
6. これらのことから、本研究において提案する実習法をさらに洗練させて実施することは、学生にとって有用であると考えられる。

謝 辞

本研究は、平成18、19年度校内研究助成金を受けて行われたことを記し、感謝の意を表す。

また機械工学科の先生方には、実習の試行にあたって多大な協力をいただいた。

そして、実習の製作や試行をするにあたって、機械工学科塙本先生に多大な協力をいただいた。この場を借りて感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 大西清：「機械設計入門」 理工学社 (2005) pp. 70
- 2) 大西清：「機械設計入門」 理工学社 (2005) pp. 154
- 3) 株式会社ショーワ HP
http://www.showa1.com/jp/product/automobile/drive_terrain.html

図3 アンケートの結果（一部）

研究業績

2007年4月1日～2008年3月31日
ゴシック 本校の発表者 *印 講演発表者

校 長		
氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
木下泰斗 赤坂 裕 二宮秀興	ベネシャンブラインドの光学特性の計算法	冊子 日本建築学会環境系論文集 617巻 pp.1~8 (8) 2007-07
村橋喜満 赤坂 裕 武田和大 川上寛明 倉山千春	実大の外壁モデル試験に基づく遮熱・断熱効果の計算法検証と実用化に向けた考察、通気層を有する外壁・屋根の遮熱・断熱効果の計算法に関する研究（その2）	冊子 日本建築学会環境系論文集 620巻 pp.89~96 (8) 2007-10

機械工学科		
氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
江崎秀司	自ら学ぶ「基礎熱力学」	書籍 工房糸車 pp.1~232 2008-01
豊留堯之* 内薦誠 江崎秀司	管群ならびに液滴分離板を通過する気流の流動抵抗に関する研究	冊子 第10回化学工学会学生発表会大阪大会(西日本地区) 関西大学 pp.120~ (1) 2008-03
内薦誠* 豊留堯之 江崎秀司	管列および液滴分離板における圧力損失特性	冊子 日本機械学会九州学生会第39回卒業研究発表講演会論文集 福岡 pp.45~46 (2) 2008-03
田中淳平* 海田真行 江崎秀司	熱交換器ヘッダ部における圧力損失特性	冊子 日本機械学会九州学生会第39回卒業研究発表講演会論文集 福岡 pp.47~48 (2) 2008-03
引地力男 松田忠大	実験中の事故を防ぐための安全衛生対策の検討	冊子 工学教育 55巻 6号 pp.93~99 (7) 2007-11
引地力男* 新井実	実習中の事故を防ぐための安全対策の検討	CD-ROM 2008年度精密工学会春季大会学術講演会論文集 川崎市 pp.845~846 (2) 2008-03
酒池威至* 趙放 山口富子 池田英幸 加藤光昭 西尾一政	モンテカルロ法によるオーステナイト粒とフェライト粒の成長シミュレーション	冊子 平成19年度溶接学会九州支部研究発表会 福岡市 pp.35~38 (4) 2007-07
趙放* 山口富子 池田英幸 加藤光昭 西尾一政	繰返しレーザ照射による結晶粒の微細化シミュレーション	冊子 溶接学会全国大会講演概要(平成19年度秋季全国大会) 長野市 pp.240~241 (2) 2007-09
関山栄司* 池田英幸	粒状堆積物の崩壊過程に関する実験的研究	冊子 日本機械学会九州支部 沖縄講演会論文集 沖縄県西原町(琉球大学工学部) pp.97~98 (2) 2007-10
中園善紀* 池田英幸	粒状堆積物の崩壊過程に関するシミュレーション	冊子 日本機械学会九州支部 沖縄講演会論文集 沖縄県西原町(琉球大学工学部) pp.99~100 (2) 2007-10
鎌田洋彰* 池田英幸	粒状堆積物の崩壊に関する研究	冊子 日本機械学会九州学生会 福岡市(九州産業大学) pp.119~120 (2) 2008-03
Toshiyuki Misumi Syogo Shigemura Kenzo Kitamura Kazunori Kamiya	Fluid Flow and Heat Transfer of Opposing Mixed Convection Adjacent to Upward-Facing, Inclined Heated Plates	冊子 Heat Transfer-Asian Research 36巻 3号 pp.127~142 (16) 2007-04
中島正弘 倉健太郎 田畠隆英 李鹿輝	種々な長さの柔らかいフィンをもつ円管から流出する噴流の流動特性	可視化情報学会論文集 Vol.27巻 No.12号 pp.105~112 2007-12

吉田智 染矢聰 田畠隆英 中島正弘 岡本孝司	The Effect of Chemical Reaction on the Mixing Flow between the Acetic Acid Solution and the Ammonia Solution	Pacific Center of Thermal-Fluids Eng., The 6th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Pro Hawaii, USA 2007-05
中島正弘 倉健太郎* 岡本孝司 染矢聰 李鹿輝 田畠隆英	Flow Characteristics of Jet Issuing from Pipe with Fluttering Fins	Pacific Center of Thermal-Fluids Eng., The 6th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Pro Hawaii, USA 2007-05
稻垣 慶彦* 中島 正弘	壁面副噴流を用いた主噴流の方向制御	冊子 可視化情報学会 第 35 回可視化情報シンポジウム講演論文集 工学院大学新宿校舎 pp.101~102 (2) 2007-07
中島 正弘 松田 信吾* 田畠隆英 李鹿輝	往復振動流による噴流の拡散制御	可視化情報学会 可視化情報全国講演会(岐阜 2007) 講演論文集 岐阜大学(岐阜市) pp.65~66 2007-09
中島 正弘 濱田廣貴* 田畠隆英 李鹿輝	柔らかいフィンをもつ円管から流出する噴流 - フィン幅の影響 -	冊子 可視化情報学会 可視化情報全国講演会(岐阜 2007) 講演論文集 岐阜大学(岐阜市) pp.63~64 (2) 2007-09
中島 正弘 坂元大悟*	星形ノズルから流出する噴流	冊子 日本機械学会九州支部・中国四国支部合同企画沖縄講演会講演論文集 琉球大学(沖縄県中頭郡西原町) pp.249~250 (2) 2007-10
中島 正弘 松田規孝*	変形するノズルから流出する噴流	冊子 日本機械学会九州支部・中国四国支部合同企画沖縄講演会講演論文集 琉球大学(沖縄県中頭郡西原町) pp.251~252 (2) 2007-10
中島 正弘 濱田廣貴* 田畠 隆英 李鹿輝	柔らかいフィンをもつ円管から流出する噴流 - 乱流特性に及ぼすフィンの影響 -	日本機械学会流体工学部門講演会講演概要集 広島大学(東広島市) pp.71~ 2007-11
松田信吾* 中島 正弘 田畠 隆英 李鹿輝	往復振動流による噴流の拡散制御(周波数の影響)	日本機械学会九州支部 第 61 期総会・講演会論文集 九州大学工学部(福岡市) pp.5~6 2008-03
福原 稔 大牟礼 智弘 池口 昌宏 片野田 洋 飯野 直子 椎 保幸	吹出し管を備えた吸込みノズルの空気輸送特性に及ぼす管径比の影響	冊子 粉体工学会誌 44 卷 11 号 pp.790~797 (8) 2007-11
吉田智 染矢聰 田畠 隆英 岡本孝司 中島 正弘	アンモニア水溶液と酢酸水溶液間ににおける化学反応が液体混合に与える影響	日本機械学会論文集B編 74 卷 739 号 pp.79~86 2008-03
田畠隆英* 中島正弘 宇宿史彦 李鹿輝	Jet Flow Issuing from Two Parallel Pipes	Pacific Center of Thermal-Fluids Engineering, The 6th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Pro Hawaii, USA 2007-05
吉田智* 染矢聰 田畠隆英 中島正弘 岡本孝司	The Effect of Chemical Reaction on the Mixing Flow between the Acetic Acid Solution and the Ammonia Solution	Pacific Center of Thermal-Fluids Eng., The 6th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Pro Hawaii, USA 2007-05
宇宿史彦* 田畠隆英 中島正弘 李鹿輝	平行におかれた 2 円管から流出する噴流	可視化情報学会 第 35 回可視化情報シンポジウム講演論文集 工学院大学新宿校舎 pp.203~204 2007-07
宇宿史彦* 田畠隆英 中島正弘 李鹿輝	平行におかれた 2 円管から流出する噴流	日本機械学会 2007 年度年次大会講演論文集(2) 関西大学(吹田市) pp.207~208 2007-09

研究業績

中島正弘 松田信吾* 田畠隆英 李鹿輝	往復振動流による噴流の拡散制御	可視化情報学会 可視化情報全国講演会（岐阜2007）講演論文集 岐阜大学（岐阜市） pp.65~66 2007-09
中島正弘 濱田廣貴* 田畠隆英 李鹿輝	柔らかいフィンをもつ円管から流出する噴流 フィン幅の影響	冊子 可視化情報学会 可視化情報全国講演会（岐阜2007）講演論文集 岐阜大学（岐阜市） pp.63~64 (2) 2007-09
田畠隆英* 中島正弘	平行におかれた2円管から流出する脈動噴流（円管設置間隔の影響）	日本機械学会九州支部 第61期総会・講演会論文集 九州大学工学部（福岡市） pp.7~8 2008-03
田崎 保興* 渡辺 劇 小林 順 大川 不二夫	機台振動を有するガントリー型リニアスライダの位置決め制御	冊子 計測自動制御学会九州支部学術講演会 鹿児島県鹿児島市 pp.253~254 (334) 2007-12
山本桂一郎 永山文子 早川幸弘	品質工学導入教育教材へ水コプターの提案	冊子 品質工学会誌 15巻 3号 pp.80~85 (6) 2007-06
早川幸弘 水谷淳之介 山本桂一郎	電力による旋削加工条件の最適化	冊子 機械技術 55巻 7号 pp.36~41 (6) 2007-07
明吉秀樹 奥定樹 小野元久 鴨下隆志 坂野進 正動寺勉 手島昌一 中島建夫 長谷川良子 矢野宏 山本桂一郎 渡邊泰行	研究論文の書き方をめぐって	冊子 品質工学会誌 15巻 6号 pp.72~78 (7) 2007-12
山本 桂一郎	品質工学の歴史化（11）—第6巻を読む—	冊子 品質工学会誌 16巻 1号 pp.33~39 (7) 2008-02
永山文子* 山本桂一郎 早川幸弘	品質工学導入教育教材へ水コプターの提案（第2報）	冊子 第15回品質工学研究発表大会論文集 東京 pp.230~233 (4) 2007-07
山本桂一郎* 引地力男	学生が工作実習に積極的に取り組むためのテーマの工夫	平成19年度教育教員研究集会 岐阜 pp.361~364 2007-08

電気電子工学科

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
篠原勝次 山本吉朗 本部光幸 山中克利 綾野秀樹 大山和宏 逆瀬川栄一	マトリックスコンバータの技術動向と応用	電気学会の論文誌相当 電気学会 pp.1~41 2008-03
田島大輔 佐藤逸人 平田優心 大坪昌久 本田親久 本部光幸	負荷投入時の電気二重層キャパシタの応答性に関する基礎的検討	冊子 電気学会論文誌B 127巻 10号 pp.1087~1093 (7) 2007-10
本部光幸 山本吉朗* 大山和宏	マトリックスコンバータの主回路方式、パワーデバイスとその駆動回路	CD-ROM 平成19年電気学会産業応用部門大会 大阪府 大阪工業大学 pp.29~34 (6) 2007-08
小迫雅裕* 田中祐捷	エポキシ樹脂におけるインパルス絶縁破壊強度のナノシリカ添加依存性	冊子 電気学会研究会資料（誘電・絶縁材料研究会） 東京（電気学会会議室） pp.37~40 (4) 2007-06
F.Kuwashima H.Iwasawa	Chaotic oscillations in a single-mode class A laser with long optical delayed feedback	冊子 Jpn.J.Appl.Phys. 46巻 4A号 pp.1526~1527 (2) 2007-04

Fumiyoshi Kuwashima* Hirosi Iwasawa	Characteristic periodicity of chaotic oscillations in a single-mode class A laser	冊子 5 th Asia Pacific Laser Symposium (APLS2006) Guilin Royal Garden Hotel, (China). (1) 2007-11
松岡祥平* 小迫雅裕 中村格	充填物で満たされた絶縁油における絶縁破壊電圧の予備的調査	冊子 平成 20 年電気学会全国大会 福岡 pp.261~261 (1) 2008-03
須田 隆夫* 井上 貴仁	誘電泳動力による微小流路内の赤血球の流動制御	冊子 第 55 回応用物理学関係連合講演会 千葉県船橋市 pp.1354~1354 (0) 2008-03

電子制御工学科

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
福添 孝明	親和的情報空間における人物認識の研究	冊子 (149) 2008-03
福添孝明 濱田未来 渡邊睦*	体型特徴と習慣性特徴の確率的統合認識に基づく非拘束状態下での人物同定法	CD-ROM 画像の認識・理解シンポジウム MIRU2007 広島市立大学 pp.804~809 (6) 2007-07
濱田未来* 福添孝明 福山洸太 鹿嶋雅之 佐藤公則 渡邊睦	動画像処理による人物内部状態推定の研究	冊子 火の国情報シンポジウム 2008 長崎大学 (0) 2008-03
福崎浩介* 原田治行	小型二足歩行ロボットの基礎研究	CD-ROM 電子情報通信学会九州支部第 15 回学生講演会 琉球大学工学部 (1) 2007-09
K. Yamazaki S. Hirosato K. Muramatu M. Hirayama, K. Kamata T. Onoki K. Kobayashi A. Haga K. Katada Y. Kinomura Y. Kuwayama	Open Type Magnetically Shielded Room Using Only Cancelling Coil without a Ferromagnetic Wall for Magnetic Resonance Imaging	冊子 IEEE Transaction on Magnetics 43 卷 6 号 pp.2480~2482 (3) 2007-07
広里成隆* 山崎慶太 村松和弘 鎌田清孝 芳賀昭	磁性体角筒を併用したMRI用開口型磁気シールドーム	冊子 第 22 回日本生体磁気学会大会 http://www.nips.ac.jp/biomag/biomag22th/pdf/oral_a 岡崎(愛知県) pp.128~129 (2) 2007-06
鎌田 清孝* 村松 和弘 山崎 慶太	最新のオールメタル対応 IH 調理器から発生する磁界測定	冊子 応用磁気学会 東京 pp.123~123 (1) 2007-09
芳賀昭 小林宏一郎 小野木和了* 村松和弘 鎌田清孝	磁気ノイズの空間的分布がシールドームの遮蔽率に及ぼす影響	冊子 応用磁気学会 東京 pp.109~109 (1) 2007-09
鎌田 清孝* 児玉 慶太 石堂 健二 広里 成隆 山崎 慶太 村松 和弘	磁性体角筒を併用したMRI用開口型磁気シールドームの最適構造	CD-ROM 第 60 回電気関係学会九州支部連合会論文誌 沖縄 (1) 2007-09
児玉慶太* 鎌田清孝*	磁気シールドームの遮蔽性能設計のための評価	CD-ROM 第 15 回 電子情報通信学会九州支部 学生会講演会 http://www.ieice.org/kyushu/koen-hp/index.html 沖縄 (1) 2007-09
山崎 慶太* 広里 成隆 鎌田 清孝 村松 和弘 芳賀 昭 小林 宏一郎 松浦 淳郎	磁性体角筒を併用したMRI用オープンタイプ磁気シールドームの検討	冊子 マグネットィックス 静止器・回転機 合同研究会 http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/15-research/2008/ 京都 同志社大学 pp.27~32 (6) 2008-01

研究業績

鎌田 清孝*	磁性体角筒を併用したMR I用オーブンタイプ磁気シールドルームの実験的検討	冊子 平成20年度電気学会全国大会講演論文集 福岡(福岡工業大学) pp.176~176 (1) 2008-03
吉満俊一* 河野良弘 山下俊一 里中忍	画像撮影システムを用いた工具挙動の監視	2007年度精密工学会秋季学術講演会講演論文集 北海道旭川市ときわ市民ホール pp.577~578 2007-09
河野良弘 櫻庭肇* 山下俊一 吉満真一	工作機械構造の熱変形に関する研究(第2報)	2007年度精密工学会秋季学術講演会講演論文集 北海道旭川市ときわ市民ホール pp.581~582 2007-09
吉満真一* 河野良弘 山下俊一 里中忍	画像撮影システムを用いた工具挙動の監視(第2報)	精密工学会 2008年度春季大会学術講演会論文集 明治大学 生田キャンパス pp.75~76 2008-03
室屋光宏 四郎園啓希*	表計算ソフトによるDCモータ駆動シミュレーション	CD-ROM 平成19年電気学会産業応用部門大会 大阪工業大学 pp.47~47 (1) 2007-08
Kenji SHIMANA* Eiji KONDO Norio KAWAGOISHI Yoshihiro KAWANO	Monitoring of Machining Error Caused by Deflection of End-Mill Using Indirect Methods	CD-ROM Proceedings of The 4th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century Fukuoka, Japan (6) 2007-11
島名賢児* 近藤英二 河野良弘	エンドミルのたわみに起因する加工誤差の間接的方法による監視-直刃エンドミル加工における加工誤差の発生機構-	CD-ROM 2007年度精密工学会秋季大会 北海道旭川市 pp.573~574 (2) 2007-09
中野寛* 近藤英二 島名賢児	エンドミル加工におけるびびり振動発生限界の実験的考察	CD-ROM Dynamics and Design Conference 2007 広島 (5) 2007-09
迫田聖也* 島名賢児 近藤英二 河野良弘	エンドミルのたわみに起因する加工誤差の間接的方法による監視-エンドミルのたわみの実測値による加工誤差の推定-	冊子 2007年度精密工学会九州支部長崎講演会 長崎 pp.13~14 (2) 2007-12
島名賢児* 近藤英二 河野良弘	エンドミルのたわみに起因する加工誤差の間接的方法による監視-ボールエンドミル加工における加工誤差の発生機構-	CD-ROM 2008年度精密工学会春季大会 神奈川県川崎市 pp.67~68 (2) 2008-03
徳川 康博* 坪井 克剛	表計算ソフトを用いた汎用電磁界解析	CD-ROM 平成19年電気学会産業応用部門大会 大阪工業大学 (1) 2007-08
Shin' ichiro UEMURA* Haruyuki HARADA Kiyotaka KAMATA Shin' ichi YOSHIMITSU Shun' ichi YAMASHITA Tsukasa KAMIOKI	Our Achievement and Class Development in Creativity Education towards Fostering Problem-Solution Oriented Engineers	1st International Symposium on ADVANCES IN TECHNOLOGY EDUCATION 2007 Singapore 2007-09
河野良弘 櫻庭肇* 山下俊一 吉満真一	工作機械構造の熱変形に関する研究(第2報)	2007年度精密工学会秋季学術講演会講演論文集 北海道旭川市ときわ市民ホール pp.581~582 2007-08
吉満真一* 河野良弘 山下俊一 里中忍	画像撮影システムを用いた工具挙動の監視	2007年度精密工学会秋季学術講演会講演論文集 北海道旭川市ときわ市民ホール pp.577~578 2007-09
吉満 真一* 河野 良弘 山下 俊一 里中 忍	画像撮影システムを用いた工具挙動の監視(第2報)	精密工学会 2008年度春季大会学術講演会論文集 明治大学 生田キャンパス pp.75~76 2008-03

情報工学科

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
横山祐樹* 榎園 茂	USB カメラ画像による魚種名判別の 一手法	冊子 電子情報系高専フォーラム講演論文集 熊本電波工業高等 専門学校 pp.103~106 (4) 2007-11
松葉瀬朋之* 榎園 茂	視覚の代行器に関する基礎研究	冊子 電子情報系高専フォーラム 熊本電波工業高等専門学校 pp.107~110 (4) 2007-11
大浦寛 濱川恭央	高次神経回路網における連想記憶の パラメータに関する研究	冊子 電子情報系高専フォーラム講演論文集 熊本電波工業高等 専門学校 pp.111~114 (4) 2007-11
入江 智和* 勝田 真佑子 菌田 由	既知の優先順位に基づいたアドレス 割当制御を実現する DHCP 拡張の提 案一下方互換性の検証	CD-ROM 平成 19 年度電気関係学会九州支部連合大会(第 60 回連合 大会) 講演論文集 琉球大学工学部(千原キャンパス) pp.330 ~330 (1) 2007-09
加治佐 清光	JPEG-LS 可逆符号化への情報埋め 込み方式の考察	冊子 画像電子学会誌 Vol.36 巻 No.4 号 pp.481~491 (11) 2007-07
加治佐 清光	学習ソフト：2 値算術符号化シミュ レータ BACS の試作	冊子 鹿児島工業高等専門学校研究報告 第 42 号巻 pp.9~ 16 (8) 2007-10
加治佐 清光	情報を埋め込んだ誤差拡散画像のブ ロック符号化の評価	冊子 画像電子学会誌 Vol.37 巻 No.2 号 pp.133~142 (10) 2008-03
福田祐貴* 加治佐清光	JPEG-LS 拡張版の 2 値算術符号化の 評価	CD-ROM 電気関係学会九州支部・電気関係学会九州支部連合大会 講演論文集 琉球大 pp.364~ (1) 2007-09
大迫奏枝* 加治佐清光	予測符号化における予測係数の最適 化に関する考察	CD-ROM 電気関係学会九州支部・電気関係学会九州支部連合大会 講演論文集 琉球大 pp.365~ (1) 2007-09
Kojiro Shiba* Tamotsu Furuya Kunihiro Mori	Accurate Detection of an Arbitrary n-polygonal Figure using Genetic Algorithm	CD-ROM Proceedings of the 2008 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing Gold Coast, Australia pp.37~40 (4) 2008-03
小川洋平* 玉利陽三 湯ノ口万友	生体磁気刺激における誘導電流分布 制御アプリケーションの開発とその 評価	CD-ROM 電気関係学会九州支部連合大会 沖縄県中頭郡西原 町 (1) 2007-09

土木工学科

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
小松利光 杉尾哲 疋田誠 大本照憲 押川英夫 橋本彰博	2006 年豪雨による川内川流域の洪水 災害ならびにダム操作の見直しにつ いて	CD-ROM 水工学論文集(土木学会) 52巻 pp.805~810 (6) 2008-02
H. Takaoka* H. Hashimoto M. Hikida	Simulation of landslide-induced debris flow - The Atsumari debris flow disaster in Minanata City, Japan	冊子 The Fourth International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and As Chengdu, China pp.31~31 (0) 2007-09
M. Hikida* M. Moriyama Y. Nagai	Warning system for debris flow hazards at Sakurajima Volcano, Japan	冊子 The Fourth International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and As Chengdu, China pp.31~31 (0) 2007-09
疋田誠* 八反田周吾 石塚浩一 鮫島幸一	携帯電話を利用した土石流の検知警 報システムについて	冊子 砂防学会研究発表会概要集 福井市 pp.8~9 (0) 2007-05
小林優一* 上井基彰 疋田誠 橋本晴行 高岡広樹	平成 18 年鹿児島県北部豪雨におけ る川内川の水位上昇とその考察	CD-ROM 平成 19 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 長崎市 pp.171~172 (0) 2008-03
丸野宏暢* 永野拓也 疋田誠 森山聰之	桜島野尻川における土石流の検知警 報システムの構築	CD-ROM 土木学会西部支部研究発表会講演概要集 長崎市 pp.179~180 (0) 2008-03

研究業績

上井基彰* 小林優一 疋田誠	川内川流域における洪水ハザードマップの課題とその考察	CD-ROM 土木学会西部支部研究発表会講演概要集 pp.243~244 (0) 2008-03 長崎市
西留 清*	多機能性立体格子状回転円板法による廃水処理方法の開発	平成18年度シーズ発掘試験研究報告会 鹿児島市 (0) 2007-04
西留 清*	多機能性立体格子状回転円板法による廃水処理方法の開発	シーズ発掘成果報告会 in かごしま 鹿児島市 (0) 2007-11
中原広貴* 西留清 Narumol Vongthanasnthon 上田明弘	ソフトロンキューブを用いた有機物酸化と硝化	冊子 日本水環境学会九州支部研究発表会講演概要集 pp.21~22 (0) 2008-03 熊本市
上 俊二 岡林 巧 鬼塚 信弘 久保井 利達 桑嶋 啓治 小堀 慶久 佐野 博昭 澤 孝平 友久 誠司 福田 誠 松下 英次 水野 和憲 山下 典彦 吉村 洋 吉村 優治	新土質実験法	鹿島出版会 pp.1~189 2007-04
Myo Khin E. Okabayashi M. Tanaka T. Okabayashi	POROUS CONCRETE BLOCKS AS NATURAL CLEANSING SYSTEM IN COASTAL ENVIRONMENT	冊子 RECENT ADVANCES IN MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY,2006 1巻 1号 pp.81~90 (165) 2007-06
堤 隆*	Correlation between Scores at P. E. JAPAN Pre-Examination and Records from 1st Grade to 3rd Grade at College of Technology	CD-ROM Proceedings of the 1st International Symposium on Advances in Technology Education 2007 Singapore (4) 2007-09
Y. Tokushige* T. Tsutsumi	Displacement Analysis due to Shallow Tunneling using Constraint Release Technique	冊子 Proceedings of the 4th International Structural Engineering and Construction Conference Melbourne pp.733~736 (4) 2007-09
R. Kamihoriuchi* T. Tsutsumi	Analysis of orthotropic rock specimen under diametrical loadings	冊子 Proceedings of the 4th International Structural Engineering and Construction Conference Melbourne pp.737~740 (4) 2007-09
Yamauchi, masahito* Yamada, Masayoshi Kihara, Masato Harada, Hideki	Property of edible mushrooms using sweet potato shochu lees.	冊子 Proceedings of the 8th International Symposium the 21st Century 's COE Program "Global Renaissance" Nagaoka, Japan pp.129~ (1) 2008-01
Yamauchi, masahito* Yamada, Masayoshi Kihara, Masato Harada, Hideki	Fertilizer effect of nitrogen in pots using paper made of sweet potato shochu lees.	冊子 Proceedings of the 8th International Symposium the 21st Century 's COE Program "Global Renaissance" Nagaoka, Japan pp.130~ (1) 2008-01
Yamada, Masayoshi* Yamauchi, masahito Ohashi, Akiyoshi Harada, Hideki	Performance of high rate thermophilic novel UASB reactor for treatment of alcohol distillery wastewater.	冊子 Proceedings of the 8th International Symposium the 21st Century 's COE Program "Global Renaissance" Nagaoka, Japan pp.131~ (1) 2008-01
Yamada, Masayoshi* Tagawa, Tadashi Takahashi, Masanobu Nagano, Akihiro Yamaguchi, Takashi Yamauchi, masahito Araki, Nobuo Uemura, Shigeki Yamazaki, Shinichi Harada, Hideki	Process performance of lab-scale UASB/DHS system treating dye wastewater and phenol-containing wastewater.	Proceedings of the 8th International Symposium the 21st Century 's COE Program " Global Renaissance" Nagaoka, Japan pp.132~ 2008-01

内木場正樹* 山田真義 大橋晶良 射手園章吾 山内正仁 原田秀樹	焼酎蒸留粕のバイアル実験による嫌気性分解特性の基礎研究	土木学会全国大会第 62 回年次学術講演会 広島大学 (広島県東広島市) 2007-09
射手園章吾* 山田真義 内木場正樹 山内正仁 大橋晶良 原田秀樹	高濃度 SS 含有廃水を対象とした可逆流嫌気性バッフルドリアクター (RABR) による連続処理実験	土木学会全国大会第 62 回年次学術講演会 広島大学 (広島県東広島市) 2007-09
山田真義* 山内正仁 大橋晶良 原田秀樹	MS-UASB 反応器による焼酎廃液 (季節稼働型廃水) からの高速メタン回収パイロット試験	第 10 回日本水環境学会シンポジウム講演集 熊本大学 (熊本県熊本市) pp.41~ 2007-09
山田真義* 山内正仁 大橋晶良 原田秀樹	新規高温 UASB 反応器による焼酎廃液のオンラインパイロット処理実験	第 10 回日本水環境学会シンポジウム講演集 熊本大学 (熊本県熊本市) pp.246~251 2007-09
山内正仁 今屋竜一 山田真義 増田純雄 木原正人 米山兼二郎 原田秀樹	甘藷焼酎蒸留粕を利用した高付加価値のこ (エリンギ) の実用化に関する研究	土木学会環境工学研究論文集 44 卷 pp.481~490 2007-11
Masahito Yamauchi* Masayoshi Yamada Sumio Masuda Megumi Mihara Kaori Tukazaki Hideki Harada	The Utilization of Sweet Potato Shochu Lees for Sawdust Cultivation of Pleurotus Eryngii	CD-ROM ISWA world environment congress and exhibition Amsterdam,Nederland (6) 2007-09
Yamada Masayoshi* Yamauchi masahito Ohashi Akiyoshi Harada Hideki	Property of edible mushrooms using sweet potato shochu lees	冊子 Proceedings of the 8th International Symposium the 21st Century's COE Program "Global Renaissance" Nagaoka, Japan pp.129~ (1) 2008-01
Yamauchi masahito* Yamada Masayoshi Kihara Masato Harada Hideki	Fertilizer effect of nitrogen in pots using paper made of sweet potato shochu lee	冊子 Proceedings of the 8th International Symposium the 21st Century's COE Program "Global Renaissance" Nagaoka, Japan pp.130~ (1) 2008-01
Yamada Masayoshi* Tagawa Tadashi Takahashi Masanobu Nagano Akihiro Yamaguchi Takashi Yamauchi Masahito Araki Nobuo Uemura Shigeki Yamazaki Shinichi Harada Hideki	Process performance of lab-scale UASB/DHS system treating dye wastewater and phenol-containing wastewater.	Proceedings of the 8th International Symposium the 21st Century's COE Program "Global Renaissance" Nagaoka, Japan pp.132~ 2008-01
山内正仁 木原正人* 山田真義 山下拓也 増田純雄	コマツナ発芽試験による焼酎粕廃菌床の土壤還元評価	CD-ROM 土木学会全国大会第 62 回年次学術講演会 広島大学 (広島県東広島市) (2) 2007-09
増田純雄* 安井賢太郎 後藤洋規 山内正仁	養豚廃水処理水のオゾン処理に関する研究	CD-ROM 土木学会全国大会第 62 回年次学術講演会 広島大学 (広島県東広島市) (2) 2007-09
寺田圭介* 斎藤泰男 増田純雄 山内正仁 安井賢太郎	オゾン処理における亜硝酸性窒素の影響	冊子 平成 19 年度土木学会西部支部発表会講演概要集 長崎大学(長崎市) pp.907~908 (2) 2008-03

研究業績

小島与弥* 増田純雄 斎藤泰男 山内正仁 安井賢太郎	嫌気性消化液のオゾン処理に関する基礎的研究	冊子 平成 19 年度土木学会西部支部発表会講演概要集 長崎大学 (長崎市) pp.911~912 (2) 2008-03
牧野祥子* 増田純雄 山内正仁	焼酎廃液の蒸留液を用いた生物学的脱窒	冊子 平成 19 年度土木学会西部支部発表会講演概要集 長崎大学 (長崎市) pp.947~948 (2) 2008-03
福元雄大* 木原正人 増田純雄 山田真義 山内正仁	焼酎粕廃菌床の土壤還元特性	冊子 平成 19 年度土木学会西部支部発表会講演概要集 長崎大学 (長崎市) pp.937~938 (2) 2008-03

一般科目理系

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
Shingo Kameda Ichiro Yoshikawa Junya Ono Hiromasa Nozawa	Time variation in exospheric sodium density on Mercury	冊子 Planetary and Space Sience 55巻 11号 pp.1509~1517 (9) 2007-09
Ichiro Yoshikawa Shingo Kameda Kenko Matsuura Kentaro Hikosaka Go Murakami Kazuo Yoshioka Hiromasa Nozawa David Rees Shoichi Okano Hiroaki Misawa Atsushi Yamazaki Oleg Koralev	Observation of Mercury's sodium exosphere by MSASI in the BepiColombo mission	冊子 Planetary and Space Science 55巻 11号 pp.1622~1633 (12) 2007-09
Hiromasa Nozawa Hiromasa Yamamoto Kazuo Makita Nelson J. Schuch Damaris K. Pinheiro Samara Carbone Ricardo Montreal Mac-Mahon Alberto J. Foppiano	GROUND-BASED OBSERVATIONS OF SOLAR UV RADIATION IN JAPAN, BRAZIL AND CHILE	冊子 Revista Brasileira de Geofísica 25巻 2号 pp.17~25 (9) 2007-10
Akira Morioka* Hiromasa Nozawa Hiroaki Misawa Fuminori Tsuchiya Yoshizumi Miyoshi Tomoki Kimura William Kurth	Rotationally Driven Quasi-Periodic Emissions in the Jovian Magnetosphere	冊子 Magnetospheres of the Outer Planets 2007 http://mop.space.swri.edu/ San Antonio, USA pp.12~12 (1) 2007-06
Tomoki Kimura* Fuminori Tsuchiya Hiroaki Misawa Akira Morioka Hiromasa Nozawa	Occurrence and Source Characteristics for the High Latitudinal Component of Jovian Broadband Kilometric Radiation	冊子 Magnetospheres of the Outer Planets 2007 http://mop.space.swri.edu/ San Antonio, USA pp.33~33 (1) 2007-06
土屋史紀* 野澤宏大 他	TOPS の科学目標：惑星オーロラのダイナミックス／衛星イオと木星磁気圏プラズマ環境	冊子 2007 年地球惑星科学関連学会合同大会 幕張メッセ国際会議場 (千葉市) (0) 2007-05
野澤宏大* 吉川一朗 亀田真吾 他	Development of Mercury Sodium Atmosphere Spectral Imager (MSASI)	2007 年地球惑星科学関連学会合同大会 幕張メッセ国際会議場 (千葉市) 2007-05
土屋史紀* 佐藤毅彦 野澤宏大 他	小型宇宙望遠鏡 TOPS による惑星オーロラ・電磁圏観測の科学目標	冊子 日本天文学会 2007 年秋季年会 岐阜大学(岐阜市) (0) 2007-09
亀田真吾* 小野淳也 野澤宏大 吉川一朗	水星大気ナトリウム密度の時間変化と大気放出過程	冊子 第 122 回地球電磁気・地球惑星圈学会講演会 名古屋大学、名古屋市 (0) 2007-09

土屋史紀* 寺田直樹 山崎敦 今井一雅 深沢圭一郎 二穴喜文 鍵谷将人 亀田真吾 笠羽康正 三澤浩昭 森岡昭 野澤宏大	小型宇宙望遠鏡 TOPS による惑星電磁圏領域の観察	冊子 第 122 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 名古屋市 (0) 2007-09 名古屋大学、
野澤宏大* 亀田真吾 吉川一朗 他	Development of Mercury Sodium Atmosphere Spectral Imager (MSASI)	第 122 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 名古屋市 2007-09 名古屋大学、名古屋
大竹孝明 岡林巧 木原正人 下園広喜 藏菌有佑 馬場秀二 岡林悦子 吉田昌弘 幡手泰雄 佐藤祐一	微生物を固定化した竹炭および軽石等の自然物を利用した水質浄化技術の開発	冊子 鹿児島工業高等専門学校研究報告 ～23 (7) 2007-10 第 42 号号 pp.17
大竹孝明* 岡林巧 下園広喜 藏菌有佑 馬場秀二 岡林悦子 吉田昌弘 幡手泰雄 佐藤祐一	微生物を固定化した竹炭および軽石等の自然物を利用した水質浄化技術の開発	冊子 化学工学会九州支部他、第 44 回化学関連支部合同九州大会講演予稿集 北九州市 pp.74～74 (1) 2007-07
大竹孝明* 窪崎拓也 丸田大地 平田登基男 前田滋	都市ゴミ焼却灰中の飛灰の粒径分布及び含まれる重金属元素について	冊子 化学工学会九州支部他、第 44 回化学関連支部合同九州大会講演予稿集 北九州市 pp.75～75 (1) 2007-07
大竹孝明* 芝浩二郎 河野良弘 中原義毅 二石 章 磯田信一 桐野弘城 村上幸司 伊藤 茂 堀中直子 豊廣さつき 吹留博実	鹿児島県における環境にやさしい農水工連携支援自動化機器システムの開発技術者育成事業について	冊子 独立行政法人国立高等専門学校機構、第 5 回全国高専テクノフォーラム予稿集 奈良市 pp.47～47 (1) 2007-08
大竹孝明* 岡林巧 下園広喜 藏菌有佑 馬場秀二 岡林悦子 吉田昌弘 幡手泰雄 佐藤祐一	微生物を固定化した竹炭および軽石を用いた水質浄化	冊子 (社)化学工学会 東京大会実行委員会、化学工学会東京大会研究発表講演要旨集 東京都 pp.4～4 (1) 2007-11
大竹孝明* 岡林巧 下園広喜 藏菌有佑 岡林悦子	竹炭等の自然物を利用した水質浄化	冊子 高専シンポジウム in 久留米 実行委員会、第 13 回高専シンポジウム in 久留米講演要旨集 久留米市 pp.39～39 (1) 2008-01

研究業績

一般科目文系

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
保坂 直之	連作構造としての『夢の中のセバスティアン』(3)一断片的表現を支える人物形象	冊子 高専ドイツ語教育 10号 pp.49~59 (11) 2008-03
保坂 直之*	トラークルとヘルダーリン—比喩表現での比較	冊子 トラークル協会 東京都(北沢タウンホール) (0) 2007-06
保坂 直之*	ドイツで英語に触れる…(ドイツ工場見学旅行報告)	冊子 九州地区高専ドイツ語研究会 霧島市(鹿児島高専) (0) 2008-03
松田 信彦	「本書」と「一書」の関係—『日本書紀』の構成と編纂の謎を解く鍵となる、本書と一書—	冊子 歴史読本 52巻 12号 pp.84~91 (8) 2007-11
松田 信彦	赤心—あかきこころ—	冊子 朱 51号 pp.198~207 (10) 2008-02
松田 信彦	日本書紀の葬送記事から見た日本古代の葬送儀礼	冊子 万葉古代学研究所年報 6号 pp.69~82 (14) 2008-03
松田 信彦*	『日本書紀』講読 卷四「孝元天皇・開化天皇条」	古事記学会分科会7月例会 早稲田大学文学部(戸山キャンパス) (0) 2007-07
田中 智樹*	「安康記」雄略即位前記の構想—被殺者の「心」を中心に—	日本文学協会 日本文学 中京大学 (0) 2007-07
塚崎 香織	学習者に応じた多読指導—大学生の場合	冊子 九州英語教育学会 35号 pp.1~7 (7) 2007-07
塚崎 香織*	A Teacher-Training Program on Extensive Reading	冊子 外国語教育メディア学会第38回九州・沖縄支部研究大会 鹿児島大学 (0) 2007-06

技術室

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
原田 正和 引地 力男	共削り加工における切削抵抗と仕上げ面粗さとの関係	鹿児島工業高等専門学校研究報告 42号 pp.25~28 2007-10
原田 正和 引地 力男	共削り加工における加工面品位に関する研究	鹿児島工業高等専門学校研究報告 42号 pp.29~33 2007-10
原田 正和* 引地 力男	共削り加工における加工面品位に関する研究	2007年度精密工学会九州支部 長崎地方講演会講演論文集 長崎市 pp.11~12 2007-12
原田 正和*	最新ものづくり共削り加工の最適条件を導き出す工作実習の検討	冊子 第30回生理学技術研究会 愛知県岡崎市 (0) 2008-02
山下俊一* 河野良弘 吉満真一 櫻庭 肇	工作機械構造の熱変形に関する研究(第1報)	2007年度精密工学会秋季学術講演会講演論文集 北海道旭川市 pp.579~580 2007-09
河野良弘 櫻庭 肇* 山下俊一 吉満真一	工作機械構造の熱変形に関する研究(第2報)	2007年度精密工学会秋季学術講演会講演論文集 北海道旭川市 pp.581~582 2007-09

研究・知財委員会委員

委員長

芝 浩 二 郎 地域共同テクノセンター長
(情報工学科)

委 員

中 村 格	地域共同テクノセンター研究促進部門長 (電気電子工学科)
塚 崎 香 織	一般教育科文系
大 竹 孝 明	一般教育科理系
塚 本 公 秀	機械工学科
本 部 光 幸	電気電子工学科
岸 田 一 也	電子制御工学科
堂 込 一 秀	情報工学科
内 谷 保	土木工学科
原 田 治 行	専攻科(電子制御工学科)
栗 田 耕	総務課長
二 石 章	総務課長補佐(総務担当)
川 崎 勇 二	総務課長補佐(財務担当)

鹿児島工業高等専門学校研究報告 第43号

平成21年(2009) 2月25日印刷

平成21年(2009) 2月25日発行

発行人

赤坂 裕

発行所

鹿児島工業高等専門学校

Kagoshima National College of Technology

〒899-5193 鹿児島県霧島市隼人町真孝 1460番1号

1460-1 Shinko,Hayato-cho,Kirishima-shi

Kagoshima-ken 899-5193 Japan