

鹿児島工業高等専門学校
研究報告

第45号

RESEARCH REPORTS
OF
KAGOSHIMA NATIONAL COLLEGE
OF TECHNOLOGY
Number 45

2010

鹿児島工業高等専門学校

研究報告

第45号

RESEARCH REPORTS
OF
KAGOSHIMA NATIONAL COLLEGE
OF TECHNOLOGY
Number 45

2010

鹿児島工業高等専門学校研究報告

第45号 2010

目 次

高クロム鋳鉄のリーマ加工における加工面品位の向上に関する研究

引地 力男, 油田 功二, 原田 正和, 1~9
渡邊 嘉清, 宮城 貴志

ソーラーボートの設計・製作及び地球環境に配慮した船舶の開発 に関する調査研究

小田原 悟, 岩本 才次 11~17

絶縁診断技術の精度向上に向けた部分放電信号の基礎特性

中村 格, 横根 健史, 永田 亮一, 小迫 雅裕, 19~20
西田 政幸, 小出 英延

マハラノビス距離を用いたオンライン手書き漢字認識

榎園 茂, 吉満 彩佳, アムヌエイ・グントラ・ナッスパー, 21~25
萱島 献, 田代 里奈, 長崎 晋士, 吉川 結衣

鍵盤ハーモニカ演奏ロボットの改良について

幸田 晃 27~28

回転円板と担体を用いた有機物酸化・硝化・脱窒

西留 清, 水元 愛佳, 東 拓磨, 中原 広貴, 29~38
Narumol Vongthanasunthorn, 上田 明弘, 黒住 悟

他機関研究員を受け入れたことによる学生の研究・学習意欲の向上

山内 正仁, 内田 一平, 山田 真義 39~44

**小中学生のためのものづくり・科学教室「鹿児島高専の日」における
プログラムの開発**

大竹 孝明, 山下 俊一, 有薗 俊子, 満富 昭二, 渡邊 紫, 永田 淳子, 新納 時英, 鯉坂 徹郎 45~50

暗号—歴史的観点から—

金光 滋, 熊谷 博, 白坂 繁 51~56

研究業績（2009年4月1日～2010年3月31日）

57~69

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

No. 4 5 2 0 1 0

C O N T E N T S

**Study on Improvement of Finished Surface Integrity
for High Chromium Cast Iron in Reaming**

Rikio HIKIJI, Koji ABURADA, Masakazu HARADA, 1 ~ 9
Yoshikiyo WATANABE and Takashi MIYAGI

**Design and Production of Solar Boat and Investigation on the Ship
Development in Consideration of Earth Environment**

Satoru ODAHARA and Seiji IWAMOTO 1 1 ~ 1 7

**Fundamental Property of Partial Discharge Signal for Precision
Improvement of Insulation Diagnostic Technique**

Itaru NAKAMURA, Kenji KASHINE, Ryouichi NAGATA, 1 9 ~ 2 0
Masahiro KOZAKO, Masayuki HIKITA, Hidenobu KOIDE

**On-Line Handwritten KANJI Character Recognition with
Mahalanobis' Generalized Distance**

Shigeru ENOKIZONO, Ayaka YOSHIMITU, 2 1 ~ 2 5
Amnuay Gerntra NADSUPHA, Ken KAYASHIMA,
Rina TASHIRO, Shinji NAGASAKI, Yui YOSHIKAWA

About the improvement of the keyboard harmonica performance robot

Akira KOUDA 2 7 ~ 2 8

**Organic Oxidation, Nitrification and Denitrification Using RBC
and Bio-carrier**

Kiyoshi NISHIDOME, Aika MIZUMOTO, Takuma HIGASHI, Hiroki NAKAHARA, 2 9 ~ 3 8
Narumol Vongthanasunthorn, Akihiro UEDA and Satoru KUROZUMI

**Improvement of Motivation of the 5th Year Students and Advanced
Course Students under the Influence of Researcher of Another
Organization**

Masahito YAMAUCHI, Ippei UCHIDA and Masayoshi YAMADA 3 9 ~ 4 4

**Development of an Educational Program for Manufacturing and
Scientific Experimental Classes “Kagoshima National College
of Technology Day” for Schoolchildren**

Takaaki OHTAKE, Shunichi YAMASHITA, Toshiko ARIZONO, 4 5 ~ 5 0
Shoji MITSUTOMI, Yukari WATANABE, Junko NAGATA,
Tokihide NIIRO and Tetsuro AJISAKA

Ciphers-a historical point of view-

Shigeru KANEMITU, Hiroshi KUMAGAI, Shigeshi SHIRASAKA 5 1 ~ 5 6

Extramural Activities (Apr.1,2009 ~ Mar.31,2010)

5 7 ~ 6 9

論 文 抄 錄

[原著論文]

高クロム鍛鉄のリーマ加工における加工面品位の向上に関する研究

引地 力男, 油田 功二, 原田 正和
渡邊 嘉清, 宮城 貴志

加工技術の発展に伴い、仕上げ加工が研削から切削で行われるようになってきた。また、地球環境に配慮するため、切削油剤に関するJIS法が改正され、加工現場では最適加工条件の抽出に困難を生じている。本研究の成果は、良好な仕上げ面を得るのみならず、環境に優しい加工法の抽出やランニングコストの低減に大きく貢献するものである。すなわち、穴加工における仕上げ加工として用いられてきたホーニング加工の代わりに、ランニングコスト低減を目標としてリーマ加工で仕上げを行い、その实用性について実験的に検討した。その結果、オイルホール付きでシンセティックソリュブル油剤を使用すると加工面品位が改善されることが明らかになった。

[原著論文]

ソーラーボートの設計・製作及び地球環境に配慮した船舶の開発に関する調査研究

小田原 悟, 岩本 才次

柳川ソーラーボート大会への出場および入賞を目指して模型船を作成し、抵抗実験を行った。重量の大きい船体の抵抗は大きく、重量が小さいほど抵抗は小さい。船首船尾の急な絞りは造波抵抗や造渦抵抗を増大させた。最も抵抗の小さい模型船の形状を参考にして実船の製作を行う。

環境に配慮した船舶の開発に向けた調査研究を行った。南米パタゴニアでの豊富な風力エネルギーで海水を電気分解して液体水素を製造し、日本へ輸送する計画が推進されている。液体水素の運搬技術開発として断熱構造のタンカーの設計やコスト積算などの構想段階を経て、現在、水素エネルギー利用技術の早期普及のために様々な企業によって応用研究が進められている。

[報 告]

絶縁診断技術の精度向上に向けた部分放電信号の基礎特性

中村 格, 横根 健史, 永田 亮一
小迫 雅裕, 匠田 政幸, 小出 英延

本報告では、音響的部分放電検出法（A E法）を用いた絶縁診断技術の精度向上に必要となる、部分放電信号（超音波）の基礎特性について検討を行った。モデル変圧器として、厚さ5メートルの鉄板で500ミリメートル立方の油槽を製作して用い、また、部分放電（PD）源として、棒一棒電極を用いた。検討の結果より、実際の変圧器での絶縁診断においては、変圧器側面の影響を考慮する必要があるとの、電力用変圧器の絶縁診断を行う際の指針を示している。

[原著論文]

マハラノビス距離を用いたオンライン手書き漢字認識

榎園 茂, 吉満 彩佳
アムヌエイ・グントラ・ナッスパー
萱島 献, 田代 里奈, 長崎 晋士
吉川 結衣

筆者らは北陸先端科学技術大学院大学で収集された、オンライン手書き文字データベースの α セットを対象に手書き漢字の認識実験を行っている。漢字の特徴として各画の方向と長さを採用することにし、各文字 87 文字から各画の長さと方向の平均、分散、方向と長さの共分散を求めた。これを 1016 文字種全てについて行い特徴辞書とした。認識過程にはマハラノビス距離概念を用いた類似度を使って認識実験を行った。未知文字 10,160 サンプルについて、実験を行ったところ 10,149 サンプルを正しく認識し、認識率 99.8%を得ることができたので報告する。

[ノート]

鍵盤ハーモニカ演奏ロボットの改良について

幸田 晃

本論文は、本研究室が保有する演奏ロボットの 1 台を改良することについて述べている。まず対象となる演奏ロボットの問題点を列挙している。その問題点は音楽面、形状面、運用面の 3 つである。そして問題点を検討し、改良の方向性を示している。最後に改良を加えた演奏ロボットを作製し、評価している。評価内容としては、目的に沿った演奏ロボットを作成したとしているが、自走のための動力がまだ不備であり、ステージでまだ未使用であるので、初期不良の内容が不明である。

[原著論文]

回転円板と担体を用いた有機物酸化・硝化・脱窒

他機関研究員を受け入れたことによる学生の研究・学習意欲の向上

西留 清、水元 愛佳、東 拓磨

中原 広貴、

Narumol Vongthanasunthorn

上田 明弘、黒住 悟

立体格子状回転円板反応槽内の円板間隔を大きくした場合の有機物酸化実験および活性汚泥法による硝化と担体を用いた硝化・脱窒の実験の結果に検討を加えた。結論を以下にまとめる。①円板間隔を大きくすると支持体間が生物膜で閉塞せず生物膜内への酸素供給能が低下せず、高負荷運転時における最大 BOD 除去量は高くなる。②液本体 BOD 濃度が約 20mg/l で硝化量は最大となり、担体を添加すると硝化量は約 2 倍となる。③硝化が生じている担体槽では液本体 NH₄-N 濃度が約 50mg/l、負荷量 900g/day/m³ で NH₄-N 除去量は最大となる。④水素供与体として原水を用いた担体添加槽では脱窒率は約 50%となり、T-N 除去率は約 25%得られる。

[原著論文]

他機関研究員を受け入れたことによる学生の研究・学習意欲の向上

山内 正仁、内田 一平、山田 真義

他機関研究員と共に席を置くという新しい環境が学生の学習意欲に対して変化を生じさせた。学生は他機関研究員の行いの一つ一つに興味を持ち、あらゆることを吸収しようと試みていった。初期の他機関研究員と専攻科生とのこのような関係は、縦のつながりとして卒研生に波及し、研究室内に活気を生み出した。このように、連鎖的によい結果が引き出されてきた感はあるが、

この根本には学生が「学びたい」という欲求をもって本校に在籍していることを我々も再確認する必要があると感じている。教員側が研究に関する環境整備等のバックアップに努め、さらに他機関研究員を置くなど新しいチャレンジも継続的に行っていくことが大切であると考える。

[原著論文]

小中学生のためのものづくり・科学教室「鹿児島高専の日」におけるプログラムの開発

大竹 孝明, 山下 俊一, 有薗 俊子
満富 昭二, 渡邊 紫, 永田 淳子
新納 時英, 鯉坂 徹郎

地域での創造的人材の育成と、子どもたちの理科離れを食い止めるため、鹿児島市立科学館との連携により、工作実験教室や科学実験教室及びロボットの動作説明等の各種イベントを通じて科学に対する興味や関心を高め、夢や創造性を育む機会を設ける事業を計画した。この事業は、独立行政法人科学技術振興機構(JST)の平成21年度地域の科学舎推進事業「地域活動支援」に、 “小中学生のためのものづくり・科学教室「鹿児島高専の日」” のテーマで採択され、鹿児島高専を地域へ広くPRし、科学技術者育成を行う本校への志願者増に向けた広報活動の一環とも位置づけ、科学実験教室や展示等を、平成21年9月6日（日）に鹿児島市立科学館にて実施した。

[原著論文]

暗号—歴史的観点から—

金光 滋, 熊谷 博, 白坂 繁

「暗号」とは第三者に知られないように、意志の伝達を行うこと、あるいはその方法であるが、これは、古代のカエサル（シーザー）式暗号から現代の「公開鍵方式」の暗号まで連綿と続く情報と情報伝達の安全性につながる重要な伝達方法である。

現代の情報化社会においても、本来の暗号の歴史を学び、暗号がもたらした繁栄と、それが破られたときの崩壊を知る歴史に学ぶ観点は混迷の時代にこそ重要であり、危機管理体制に必要であろう。

本報告では、上記の視座から、有名な暗号の歴史と、その構造について言及した。

高クロム鋳鉄のリーマ加工における加工面品位の向上に関する研究

引地 力男[†] 油田 功二^{††} 原田 正和^{††} 渡邊 嘉清^{†††} 宮城 貴志^{†††}

Study on Improvement of Finished Surface Integrity for High Chromium Cast Iron in Reaming

Rikio HIKIJI Koji ABURADA Masakazu HARADA Yoshiyuki WATANABE
and Takashi MIYAGI

With the improvement of accuracy in machine tools, ultra precision final machining has been carried out by cutting instead of grinding. In addition, JIS method for cutting fluids is revised in order to consider earth environment. However, it is very difficult for workshop to extract an optimum machining condition. The results of this study contribute to extraction of an eco-friendly machining method and reduction of running cost as well as the excellent surface integrity. Namely, for the purpose of reducing the running cost, instead of the honing processing that has been used for finishing it in the hole processing, the reaming processing was carried out for finishing, and its practicability was investigated experimentally. As a result, it was clarified that the surface integrity was improved with the oil hole reamer and the synthetic soluble oil.

Keywords : Reaming, Cutting fluid, Surface Integrity, Finished Surface, Eco-friendly Machining

1 はじめに

加工技術の発展に伴い、仕上げ加工が研削から切削で行われるようになってきた。また、地球環境に配慮するため、切削油剤に関する JIS 法が改正され、加工現場では最適化好条件を抽出することに困難を生じている。本研究は、穴加工における仕上げ加工として用いられてきたホーニング加工の代わりに、ランニングコスト低減を目標としてリーマ加工で仕上げを行い、その実用性について実験的に検討するものである。

リーマ加工は、精度のよい加工穴を得るために広く適用されているが、食い付き部による切りくず生成と、当たり部によるバニシ作用とが複合して作用しているためその加工メカニズムは複雑である。そして、良好な仕上げ面を得るために当たり部によるバニシ効果を有効に活用し、不水溶性油剤を用いて低速で行われていた¹⁾。一方、切削油剤は金属加工を行ううえで大き

な役割を果たしてきたが、近年、環境問題がクローズアップされ、地球温暖化に関する二酸化炭素の排出規制、廃棄物に関するリサイクル法、ダイオキシンや環境ホルモン等の環境負荷物質規制など環境を保護する法律が多数成立し、切削油剤に対する要求も変わってきており、JIS 規格 K2241 では、ダイオキシンの関係で潤滑効果に関して有効因子の一つである塩素系極圧添加剤を完全に排除するなど 2000 年に大きく改訂された。さらに、これまで金属切削加工で中心的に使用されていた鉱物油を基油としたエマルション (JIS A 1 種) の代わりに、鉱物油を用いないシンセティックが主流となりつつある。

そこで、本研究では、地球環境に配慮しながら、リーマ加工における切削油剤の性能について実験的に検討した。本研究の成果は、良好な仕上げ面を得るのみならず、環境に優しい加工法の抽出やランニングコストの低減に大きく貢献するものである。その手始めとして、ノズルリングに施される φ3.564mm 穴加工において、従来のホーニング加工の代わりにリーマ加工を用いて、仕上げ面品位として穴内面の算術平均粗さ Ra<0.8μm, 穴径精度±6μm 以内を満足するように、量

[†] 機械工学科

^{††} 技術室

^{†††} 大同精密工業株式会社

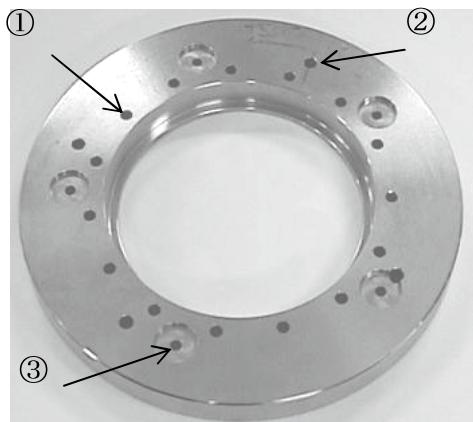


Fig. 1 Appearance of workpiece

産可能な切削条件を実験的に抽出することが本研究の目的である。前回は、シンセティックタイプを含めた3種の油剤の影響について検討した³⁾。今回は、シンセティックタイプを2種増やし、さらにオイルホール付きリーマの影響についても検討した。

2 実験方法

実験には被削材として、形状が $\phi 134.57\text{mm} \times \phi 82\text{mm} \times t12\text{mm}$ の円板状で、ブリネル硬さ HB311~353 の高クロム鋳鉄を用いた。図 1 に被削材の外観を、表 1 に成分表をそれぞれ示す。図 1 中、①は $\phi 3.564\text{mm}$ 、②は $\phi 4.0\text{mm}$ 、③は $\phi 3.18\text{mm}$ のノズル穴を示し、今回は①の穴加工について検討する。従来、ノズルリングの $\phi 3.564\text{mm}$ 穴加工は、最終的に 170 番の CBN 砥石を用いた切削速度 19m/min (1700rpm)、送り量 0.07mm/rev (120mm/min) のホーニング加工が仕上げ加工として施されており、加工時間は 1 穴に付き 150 秒を必要とした。ホーニング加工による仕上げ面品位を表 2 に示す。ホーニング加工は研削加工であるため、真円度や算術平均粗さ Ra が、切削加工の場合より精度がよくなる一方、加工時間が長くなるだけでなく、砥粒が摩耗した場合ツールメンテナンスにかかるコストも増加する。これを荒・仕上げ 2 段階のリーマ加工で行うと、加工時間は 50 秒以下となり、従来の 3 分の 1 の時間での加工が可能となる。また、リーマはマージン部より食付き部が摩耗しやすいが、摩耗カ所のみを再研磨することで再利用が可能となる。

実験は、森精機製立型マシニングセンタ Dura Vertical 5060 を用い、センタ穴加工、下穴ドリル加工、リーマ荒加工、リーマ仕上げ加工を一連のプログラム運転を行った。具体的な切削条件を表 3 に示す。下穴ドリル径が $\phi 3.555\text{mm}$ で荒加工リーマ径が $\phi 3.56\text{mm}$ より、リ

Table 1 Chemical composition

Content	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ni	Ti
Max	1.00	1.80	-	-	-	33.00	2.00	-	0.02
Min	1.40	2.10	0.60	0.04	0.06	35.00	2.50	0.50	0.08

Table 2 Surface integrity by honing

Over size [mm]	± 0.002
Roundness [μm]	0.5~1.0
Cylindricity [μm]	2.2~7.2
Ra [μm]	0.2~0.3

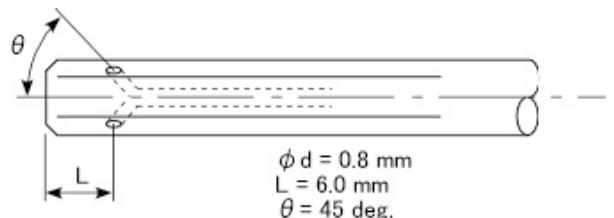


Fig. 2 Geometry of oil hole reamer

ーマ代が $\phi 0.005\text{mm}$ であり、さらに、仕上げリーマ径が $\phi 3.564\text{mm}$ なのでリーマ代は $\phi 0.004\text{mm}$ になる。この値は、通常使われている条件の 20 分の 1 に相当する。これは被削剤が高硬度材料のため切れ刃のカジリを防ぐためである²⁾。そして、仕上げリーマの切削速度や送り量などの切削条件を変化させて実験を行った。また、リーマ加工では、深穴加工での仕上げ面粗さの向上のために、オイルホール付きを用いる場合があるので、通常の場合と 2 種類で比較検討した。オイルホール付きリーマの形状例を図 2 に示す。ホール角 θ は 0 度と 45 度の 2 種、先端からの位置 L は 6mm とした。

切削加工後、触針式表面粗さ測定機で穴内面の算術平均粗さ Ra を求めた。さらに、三次元形状測定機にて、拡大代、真円度、円筒度、同軸度を求めた。そして、同じ条件で 3 回実験を行い、それぞれの項目について 3 回測定し、それらを平均したものをデータとして取り扱った。

今回、実験に使用した切削油剤はサンプル A としてシンセティックソリュブル、サンプル B としてエマルジョンの極圧添加剤無添加型、サンプル C としてエマルジョンの硫黄添加型、サンプル D としてシンセティックエマルジョン、サンプル E としてシンセティックエマルジョンのホウ素含有タイプの 5 種を用いた。ホウ素は防塵剤の役目で水溶性切削油剤中に投入される。それぞれの特徴を表 4 に示す。これらを 10 倍に希釈し

たものを切削油剤として使用した。リーマ加工など過酷な切削環境においては、潤滑重視のため塩素系極圧添加剤が不可欠であったが、JIS 改正後、極圧添加剤は塩素の代わりに主として硫黄やリンが使われるようになった。実験では表中の油剤をすべての加工において、外部ノズルより 36L/min の割合で切削点に、また、オイルホール工具では 1.5Mpa のスピンドルスルーで給油を施した。

3 実験結果および考察

図3から5は算術平均粗さ Ra に及ぼす影響を示す。図(a)は送り量 f の影響を、図(b)は切削速度 V の影響をそれぞれ示す。また、凡例の「-F」はフローティングホルダの場合を示す。図(a)より、シンセティックのフローティングホルダの場合がどの送り量の場合でも良好な仕上げ面粗さ Ra を得ることがわかる。しかし、他の場合は、送り量 f が増加するにつれて Ra の値は増加する傾向にある。また、図4(b)より、サンプル C のエマルジョンの場合は切削速度 V が増加すると Ra の値も増加する傾向にある。シンセティックのフローティングホルダの場合には、送り量 f の影響が顕著である。

イングホルダの場合は、送り量 f の影響の場合と同様に、切削速度 V が変化しても Ra は安定している。特に、シンセティックの中でもソリュブルは最も良好であった。図3と4を比較すると荒加工時の Ra は仕上げ加工後のそれより多少良好であり、仕上げ加工で粗さが改善されていないことになる。これは、リーマ代がわずか $\phi 0.004\text{mm}$ と小さすぎるため、仕上げ加工用リーマの切れ刃による一定の切取り厚さの切削が行われず、切削とバニシ作用を繰り返している可能性が考えられる。さらに、仕上げ用リーマ径が $\phi 3.564\text{mm}$ と厳密であるため、工具自体の寸法誤差も影響することも考えられる。また、荒加工用のリーマが右刃右ねじれであるのに対し、仕上げ用のリーマは直刃であり、切りくずの排出性にも関係することが考えられる。切取り厚さの安定性にはリーマ代をある程度増加させることで改善が可能である。また、図5はオイルホール付きリーマでの仕上げ加工を示すが、ホール角 θ が 45 度の場合、かなり良好な仕上げ面を得ることができる。

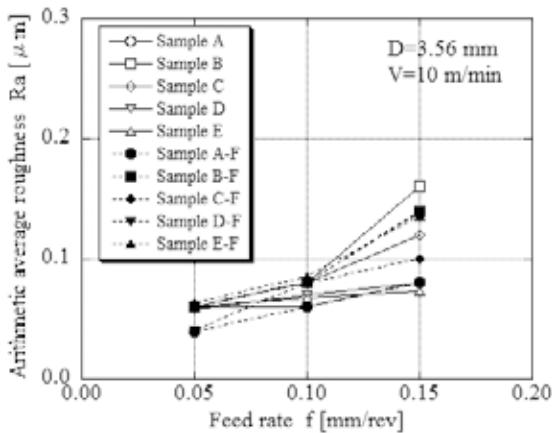
図6から8は拡大代に及ぼす影響を示す。グラフは数値がプラスの場合を拡大穴とする。送り量 f の影響については、Ra の場合と同様 $f=0.05\text{mm/rev}$ と小さい

Table 3 Cutting conditions

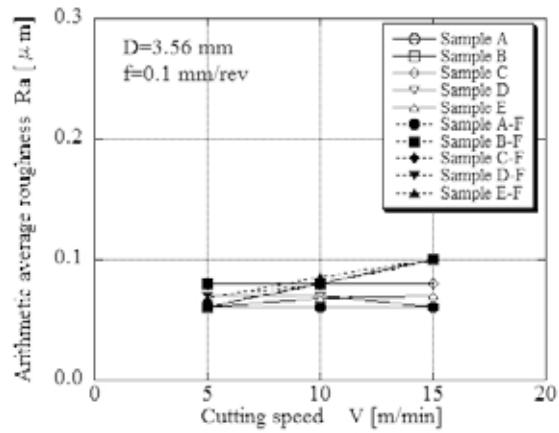
Operation	Centering	General drilling	General reaming	Precision reaming
Diameter $\phi[\text{mm}]$	2.5	3.555	3.56	3.564
Tolerance [mm]	-	-	0~0.003	0~0.001
Material	TiAlN coated carbide	Carbide	Purple coated carbide	Carbide
Shape	-	-	Right hand spiral	Straight tooth
Number of flutes	-	-	4	4
Cutting speed V [m/min]	40	42	5, 10, 15	5, 10, 15
Feed rate f [mm/rev]	0.05	0.1	0.05, 0.10, 0.15	0.05, 0.10, 0.15

Table 4 Cutting fluids

Cutting fluids	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D	Sample E
Type	Synthetic soluble	Emulsion	Emulsion	Synthetic Emulsion	Synthetic Emulsion
Density [g/cm ³ (15°C)]	0.98	0.9437	0.938	1.07	1.06
Surface tension [mN/m(25°C)]	32.9	30.5	34	30.1	40.0
S (Sulfur)	-	-	○	-	-
P (Phosphorus)	-	-	-	-	-
B (Boron)	-	-	-	-	○
pH	9.3	9.27	9.7	8.1	9.1

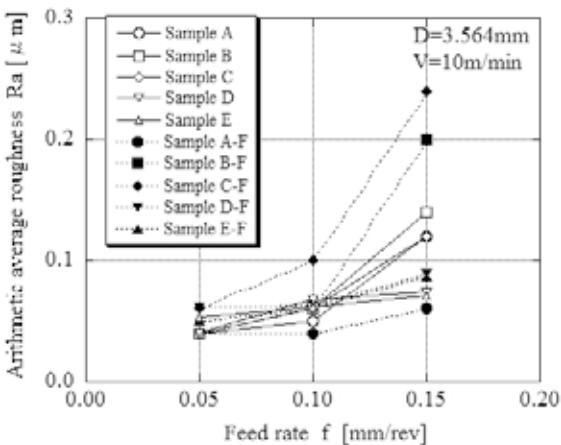


(a) Effect of feed rate

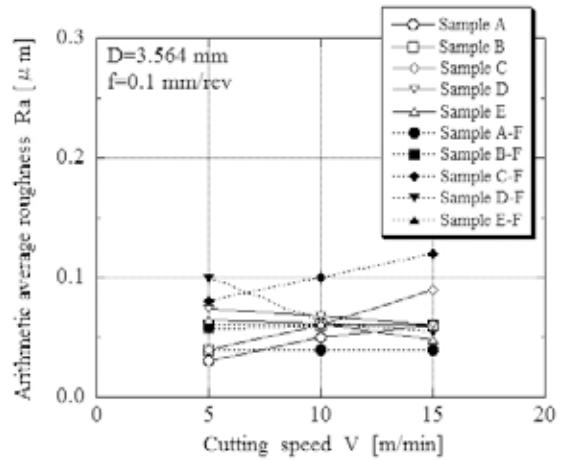


(b) Effect of cutting speed

Fig. 3. Effects of cutting conditions on Ra in the case of general reaming

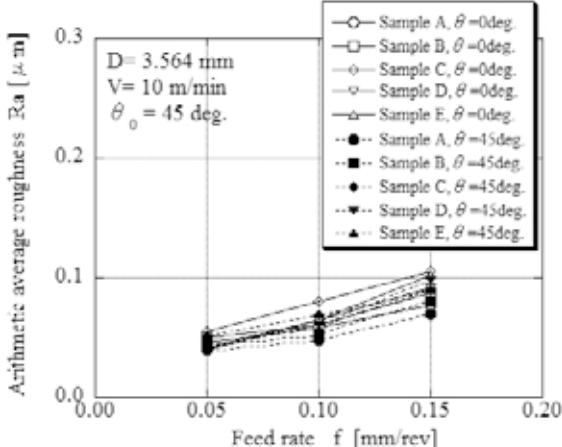


(a) Effect of feed rate

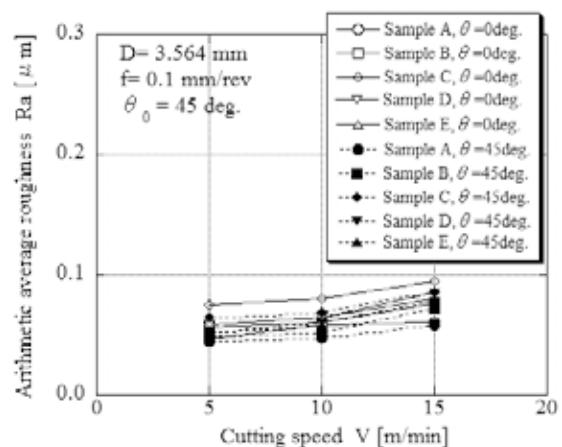


(b) Effect of cutting speed

Fig. 4 Effects of cutting conditions on Ra in the case of precision reaming



(a) Effect of feed rate



(b) Effect of cutting speed

Fig. 5 Effects of cutting conditions on Ra with oil hole reamer

ほど拡大代が小さい。切削速度の影響については、 $V=5\text{m}/\text{min}$ と低速ほど拡大代が小さい。また、今回の実験条件の範囲では、どの場合も先述した穴径精度は $\pm 6\mu\text{m}$ 以内に収まっている。図6と7を比較すると仕

上げ加工の前は拡大代が全体的に大きい状態であり、仕上げ加工によって、拡大代が多少改善されることが理解できる。また、図8よりオイルホール付きリーマを使用すると、拡大代はかなり改善されることがわか

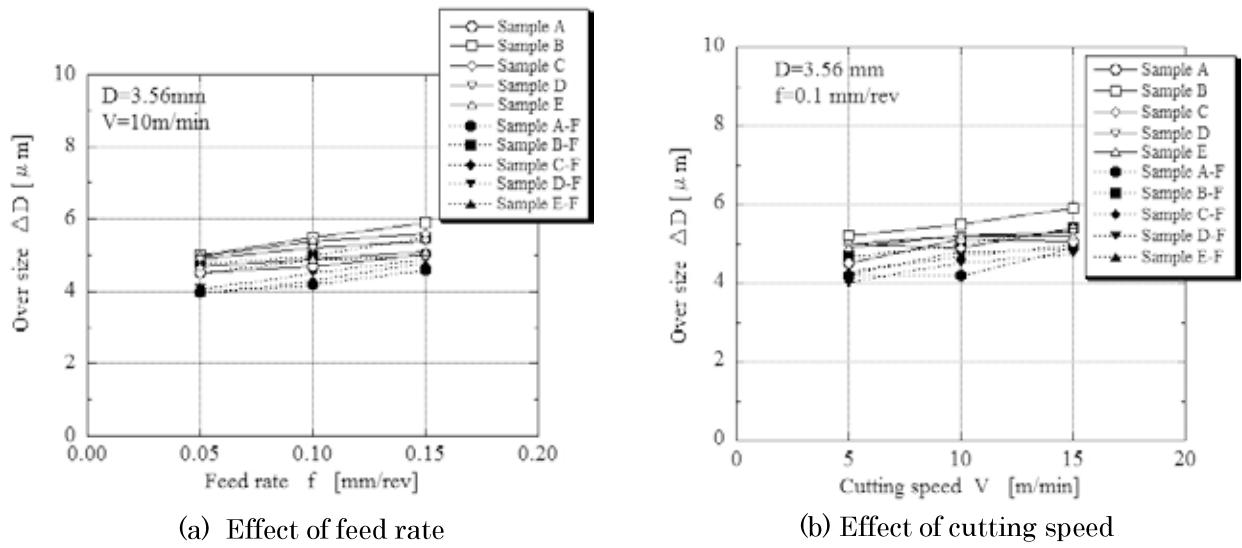


Fig. 6 Effects of cutting conditions on over size in the case of general reaming

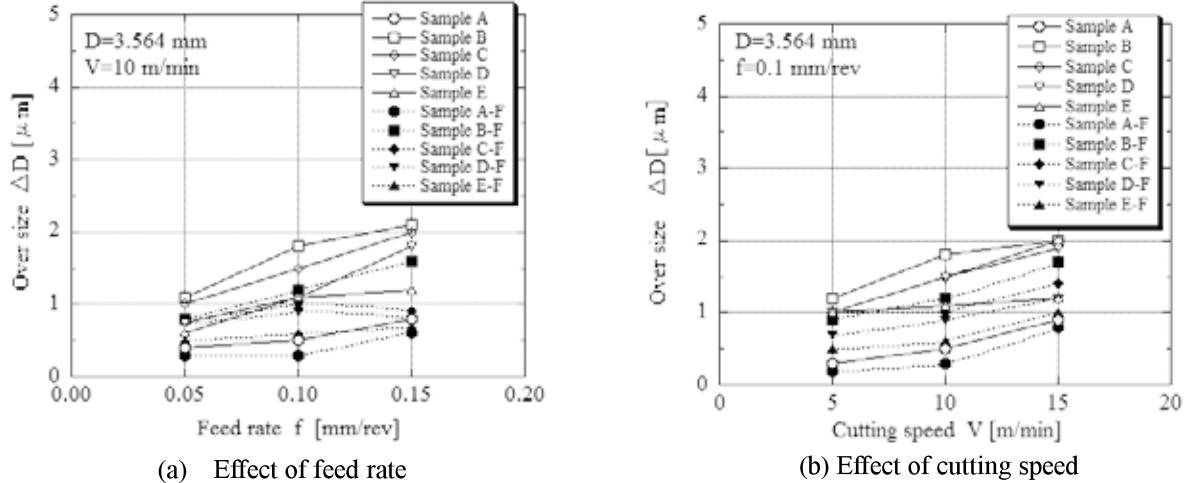


Fig. 7 Effects of cutting conditions on over size in the case of precision reaming

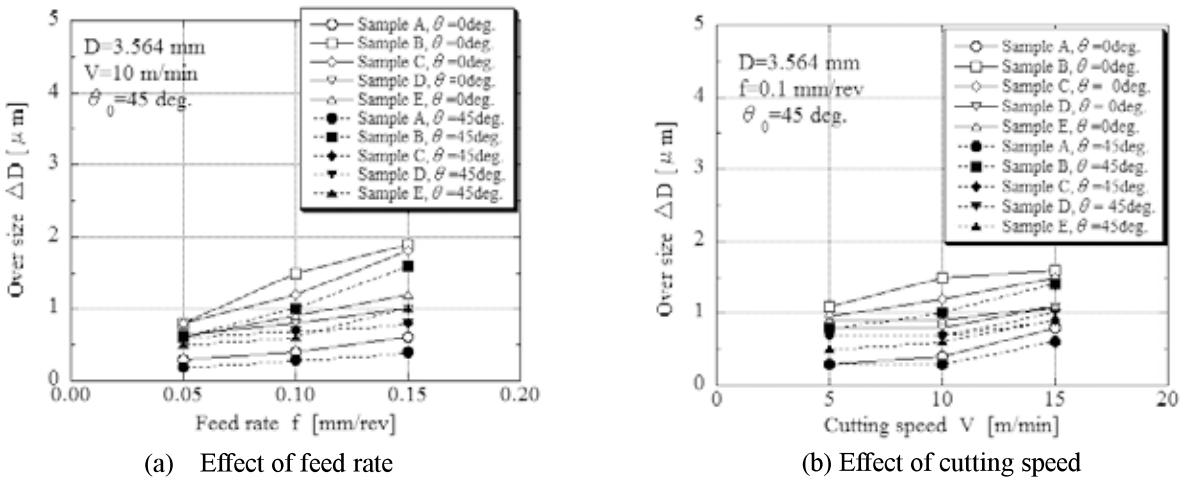


Fig. 8 Effects of cutting conditions on over size with oil hole reamer

る。そして、ホール角 θ が 0 度より 45 度の方が良好である。なお、Ra の場合と同様、サンプル A のシンセティックソリュブルを使用した場合が最も良好な結果で

あった。

図 9 から 11 は真円度に及ぼす影響を示す。図(a)より、送り量 f が増加するほど真円度が悪化することが

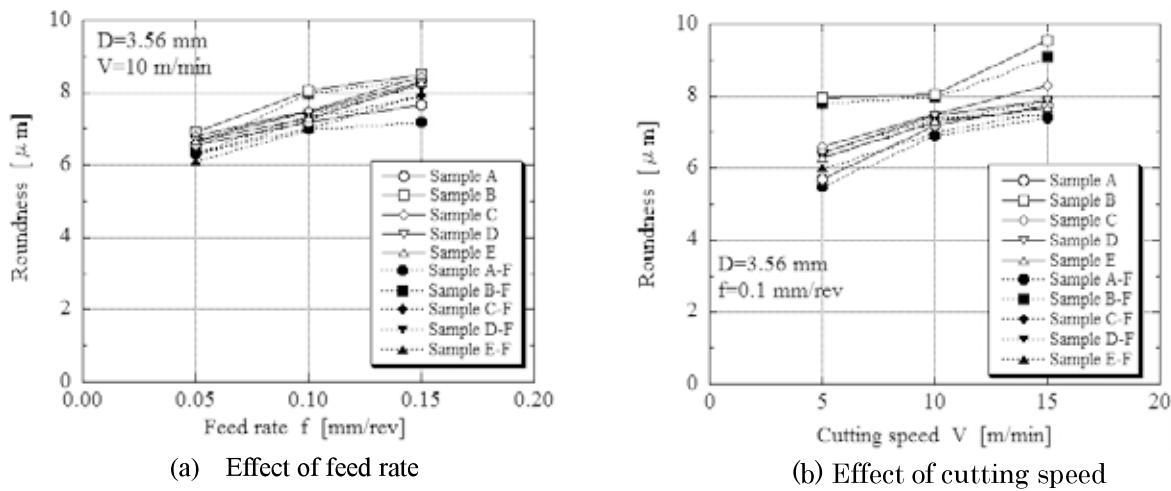


Fig.9 Effects of cutting conditions on roundness in the case of general reaming

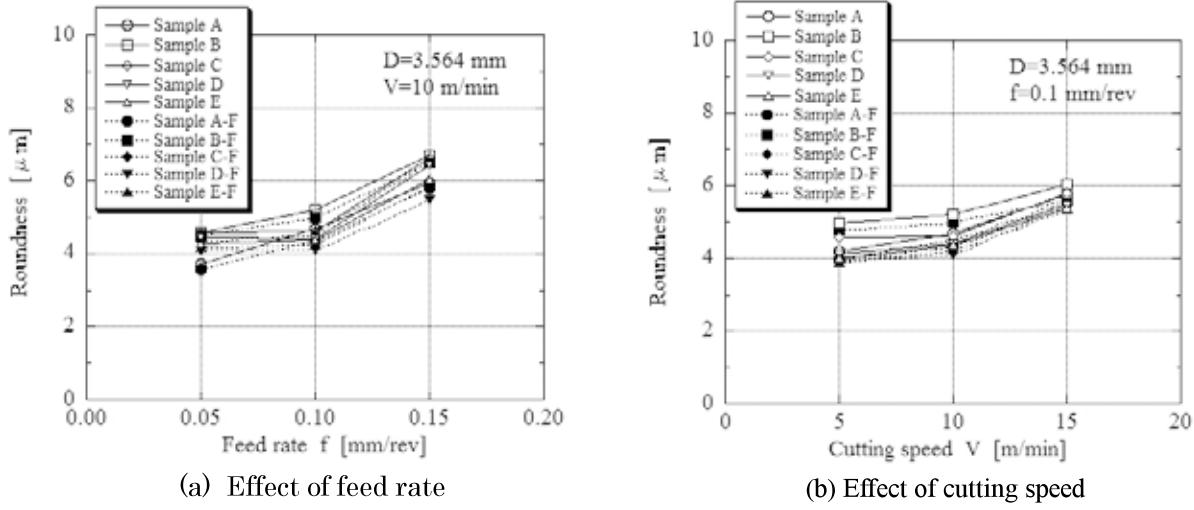


Fig.10 Effects of cutting conditions on roundness in the case of precision reaming

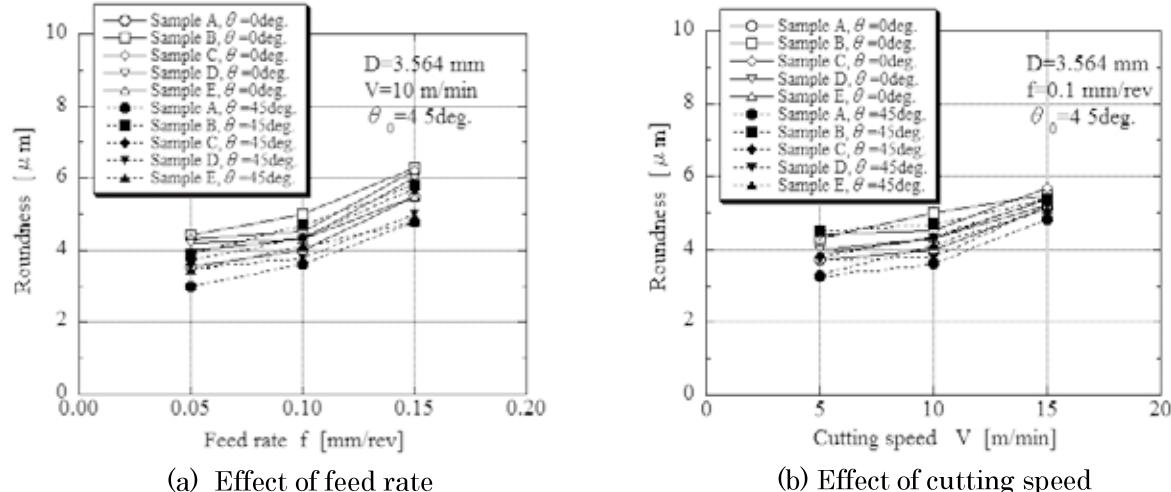


Fig.11 Effects of cutting conditions on roundness with oil hole reamer

わかる。今回の実験条件のもとでは全体的にほぼ $10\mu\text{m}$ 以下に収まる。

なお、シンセティックの場合どの場合も安定していることがわかる。また、今回のリーマ加工での仕上

げ加工は、表 3 に示したホーニング加工による真円度の値に近づくことは困難であった。これは、マシニングセンタの機械自体のコンタリング精度が $1.76\mu\text{m}$ であるので、それ以下に抑えるのは物理的に困難である。

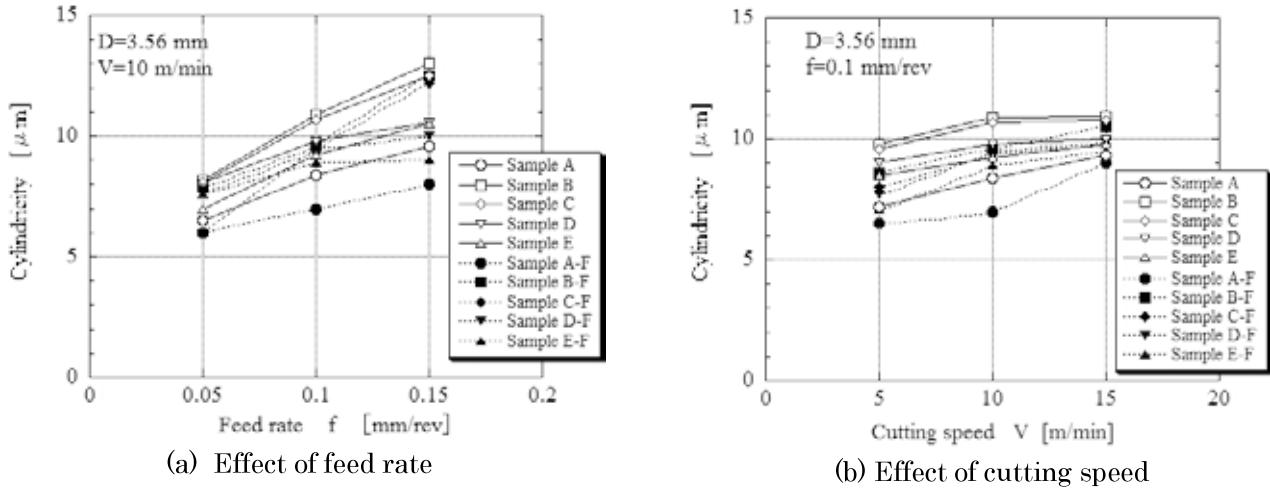


Fig. 12 Effects of cutting conditions on cylindricity in the case of general reaming

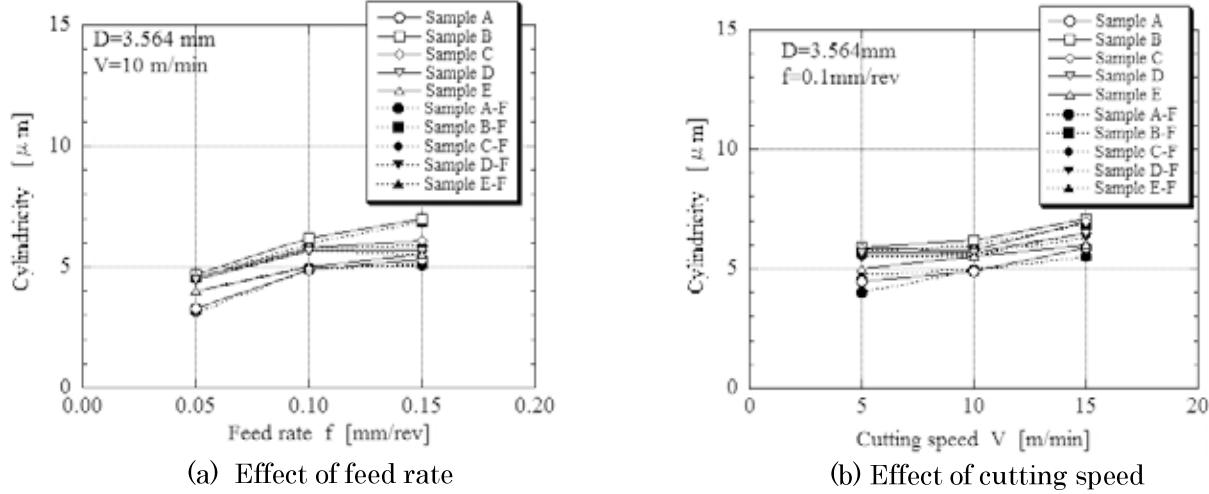


Fig. 13 Effects of cutting conditions on cylindricity in the case of precision reaming

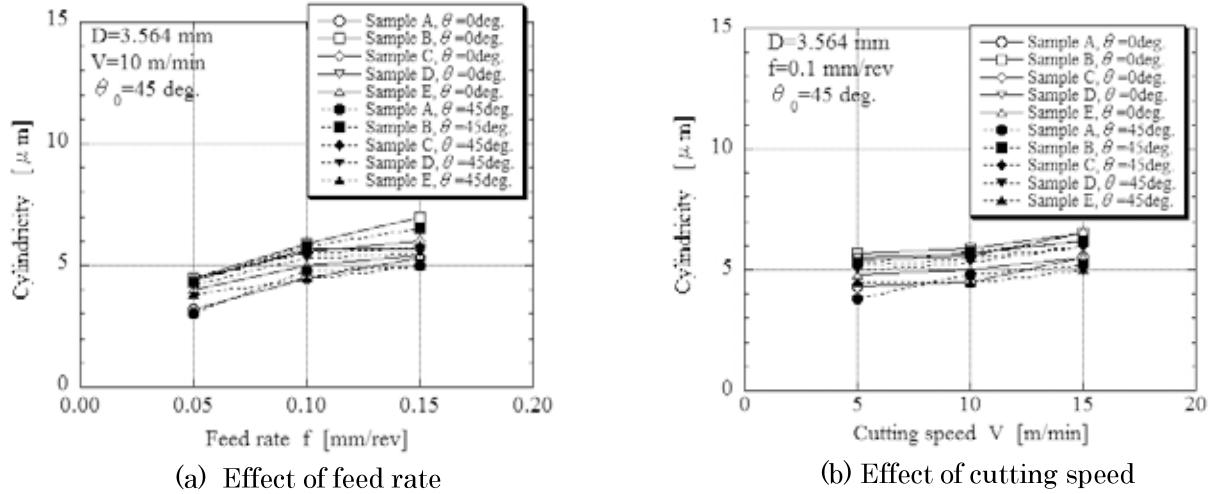


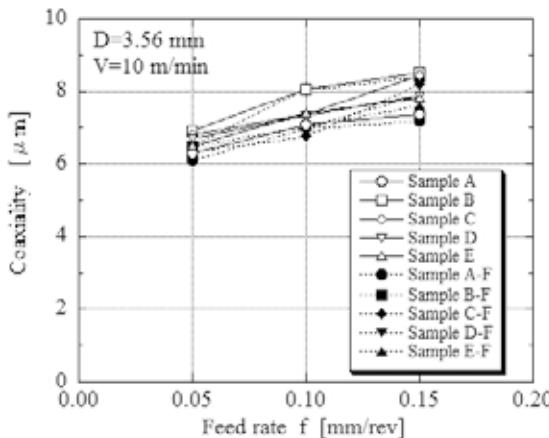
Fig. 14 Effects of cutting conditions on cylindricity with oil hole reamer

図 12 から 14 は円筒度に及ぼす影響を示す。図(a)より、送り量 f が増加するほど円筒度が悪化することがわかる。円筒度の場合もこれまでと同様に、シンセティックの方が良好な値となる。また、図(b)より、円筒度は切削速度 V よりも送り量 f の影響の方が大きい

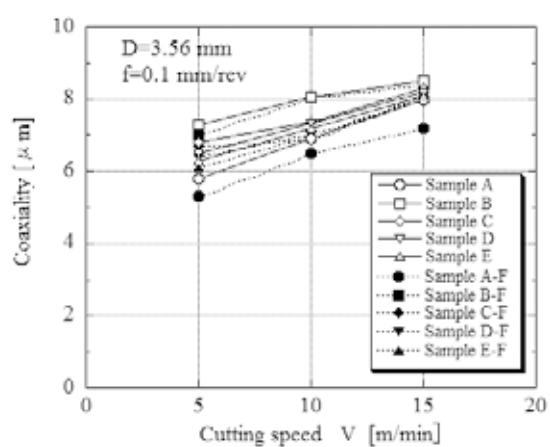
ことがわかる。

図 15 から 17 は同軸度に及ぼす影響を示す。同軸度についても円筒度と同様な結果が得られた。

これらの結果より、リーマ加工でも従来のホーニング仕上げで得られた、算術平均粗さ $R_a < 0.8 \mu\text{m}$ 、穴径

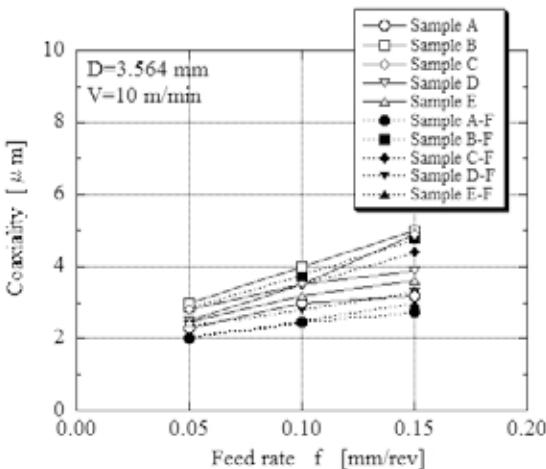


(a) Effect of feed rate

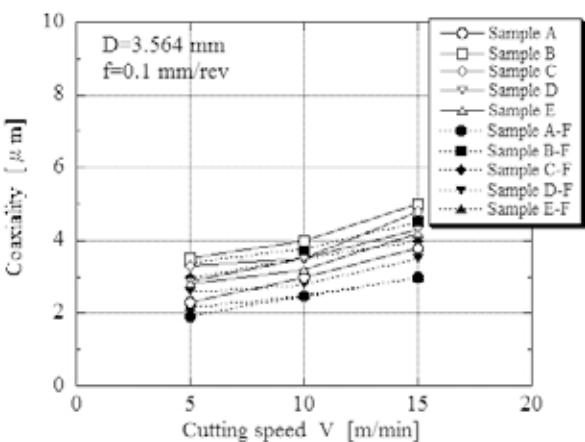


(b) Effect of cutting speed

Fig.15 Effects of cutting conditions on coaxiality in the case of general reaming

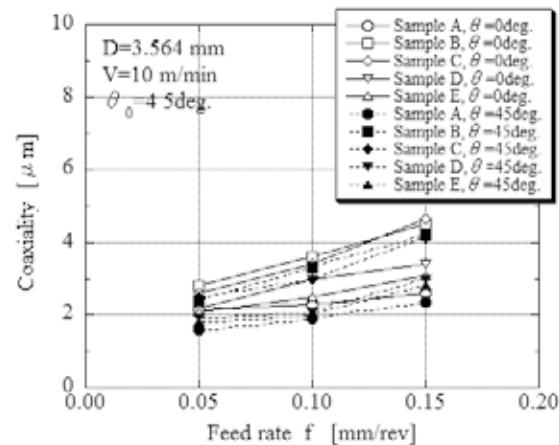


(a) Effect of feed rate

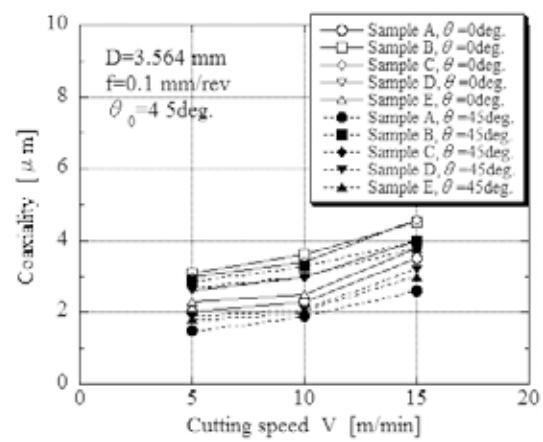


(b) Effect of cutting speed

Fig.16 Effects of cutting conditions on coaxiality in the case of precision reaming



(a) Effect of feed rate



(b) Effect of cutting speed

Fig.17 Effects of cutting conditions on coaxiality with oil hole reamer

精度 $\pm 6\mu\text{m}$ 以内の目標を満足することができた。しかし、これらの各実験条件でのデータは、切削回数が初回でのデータであるため、切削回数が増加すると加工面品位も劣化することが予想される。その、原因の一つとして工具摩耗があげられる。そこで、200回穴加工を行った後の、仕上げ加工用リーマについて切れ刃の顕微鏡観察を行った。切削距離にして、約300mほどである。

図18は仕上げ加工用のφ3.564mm オイルホール付きリーマのマージン部の切れ刃のようすを示す。図中、

工を行った後の、仕上げ加工用リーマについて切れ刃の顕微鏡観察を行った。切削距離にして、約300mほどである。

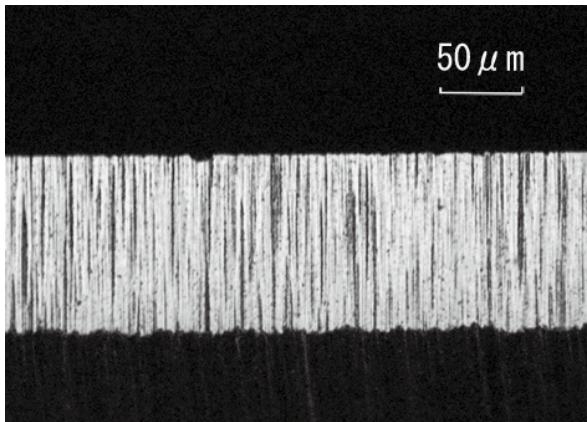


Fig.18 Chipping of cutting edge

上方部が切れ刃を示す。図より、中央より左方向に幅 $10 \mu\text{m}$ 、深さ $5 \mu\text{m}$ ほどのチッピングが確認できる。右方向にはそれよりも小規模なチッピングが確認できる。しかし、この程度のチッピングでも切削は可能であった。また、図19はオイルホールの付いていない通常の仕上げ加工用のリーマで、食付き部から 15mm 離れた部分のマージン部を示す。被削材の高クロム鉄がマージン部に凝着しているようすが確認できる。これより、オイルホールがない場合は、外部給油のみでは穴側面部への給油が十分でないために潤滑作用が機能せず、バニシ効果が得られないことが予想される。したがって、凝着対策のためにも、オイルホールは必要であることがわかる。

4 まとめ

高クロム鉄製のノズルリングにおける $\phi 3.564\text{mm}$ 穴の仕上げ加工を、従来のホーニング加工からリーマ加工に変更し、さらに、環境にやさしい切削油剤としてシンセティック、極圧添加剤を含まないエマルションを用い、算術平均粗さ、拡大代、真円度、円筒度、同軸度について、従来のエマルションと比較しながら実験的に検討した。その結果、今回使用した切削条件の範囲では、いずれの切削油剤でも、 R_a が $0.8\mu\text{m}$ 以下で、穴径精度が $\pm 6\mu\text{m}$ 以内の良好な結果が得られた。特に、オイルホール付きリーマでホール角が 45° のもので

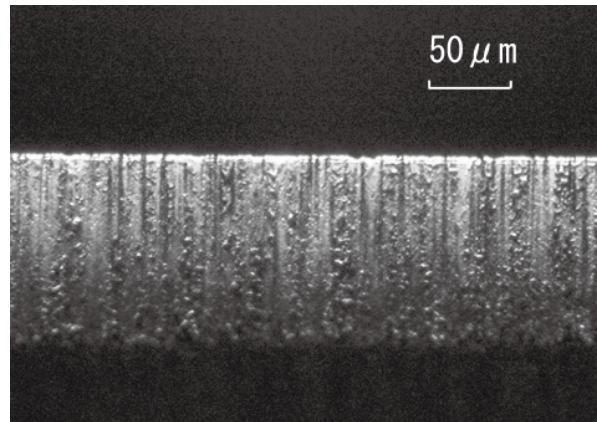


Fig.19 Adhesion on the margin

シンセティックソリュブルを用いて仕上げ加工を行った場合は従来のエマルションより、良好な結果が得られた。しかし、真円度については、ホーニング加工より多少劣る結果となったので、 $2 \mu\text{m}$ 以下の真円度を要求しない場合は、リーマ加工で十分対応できることが明らかになった。今後の課題として、適切なリーマ代の選定やオイルホール付きリーマのオイルホール位置や角度の影響について検討する必要がある。

謝 辞

本研究は、平成21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) 奥島啓式、人見勝人他2名：“リーマ加工に関する研究－切削油剤の影響－” 精密機械 30 [8] (1964) 620-628
- 2) 機械振興協会技術研究所編：“FCD材のリーマ加工－カジリによる不良対策例－” 加工技術データファイル平成6年事例集 (1994) 2262
- 3) 引地力男他：“リーマ加工における加工面品質の向上に関する研究” 鹿児島工業高等専門学校研究報告 [44] (2010) 7-12

ソーラーボートの設計・製作及び 地球環境に配慮した船舶の開発に関する調査研究

小田原 悟[†], 岩本 才次^{††}

Design and Production of Solar Boat and Investigation on the Ship Development
in Consideration of Earth Environment

Satoru ODAHARA and Seiji IWAMOTO

Designing and manufacturing of a solar boat was carried out in order to win the prize of a competition match race in Yanagawa. The small scale model ships made from wood and paper were designed and manufactured. The optimum ship shape was able to be determined according to the race of model ships at the water tank.

Investigation of the ship development in consideration of earth environment was presented. The liquid hydrogen storage and transportation technologies, from Patagonia to Japan, have been developed in Japanese shipbuilding corporations. Using abundant wind energy in Patagonia, hydrogen is able to be produced in a great bulk by electrolyzing sea water.

Keywords: Solar Boat, Ship Shape, Race, Drift Force, Ship Speed, Fuel Cell, Hydrogen, Storage, Transportation, Tanker

第1部 ソーラーボートの設計・製作

1.1 緒 言

本校の学生がものづくりを行い、成果品を披露して競争する種目はロボコンやプロコンなど様々である。一方、柳川ソーラーボート大会⁽¹⁾はものづくりの重要性のほかに、地球環境やエコを意識させるようなコンテストであり、学生に環境への取り組みを強く認識させることができ、鹿児島高専の環境に対する取り組みの情熱を地域の小・中学生にPRできる。

柳川ソーラーボート大会は、福岡県柳川市内にある1周3.1kmの堀を太陽光エネルギーとバッテリーのみで走破する競技会であり、平成21年度で15年目である。図1に示すように、この大会には毎年九州内の工業高校・専門学校・高専・大学・一般企業などが多く参加している。平成20年度の参加チームは37であった。高専からは主催校の有明高専機械工学科のほか佐世保高専や久留米高専、弓削商船高専などが毎年出場している。鹿児島県地域からは隼人工業高校と川内商工高校、吹上高校の3校が毎年出場しており、特に平成20年度は隼人工業高校が5位入賞を果たしている。

本校においても、毎年8月初旬に開催される柳川ソーラーボート大会の出場に向けて、太陽電池パネルを

搭載した小型船舶である“ソーラーボート”的設計・製作を機械工学科学生が独自に実施した。4年生までに学習した材料力学・流体力学・制御工学など機械工学の基礎知識と、船体の安定性や運動制御理論など新たな分野の知識をフル活用して設計・製作に臨んだ。

鹿児島高専チームは当面は機械工学科5年生の卒業研究のひとつのテーマ“ソーラーボートの設計・製作”として進める予定である。

平成21年度は船体設計の基礎を習得し、流体抵抗の小さい船体の形状を決定することを目的とした。大会規定には船体形状として、長さ4.0m、幅1.5m、喫水線から高さが上下方向にそれぞれ1.0mの寸法制限が

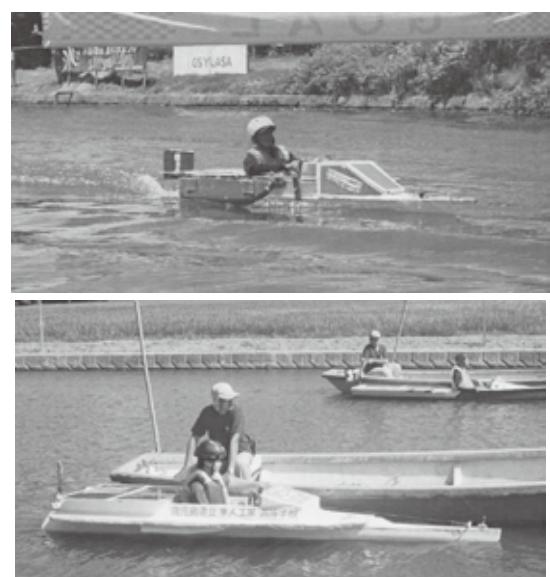
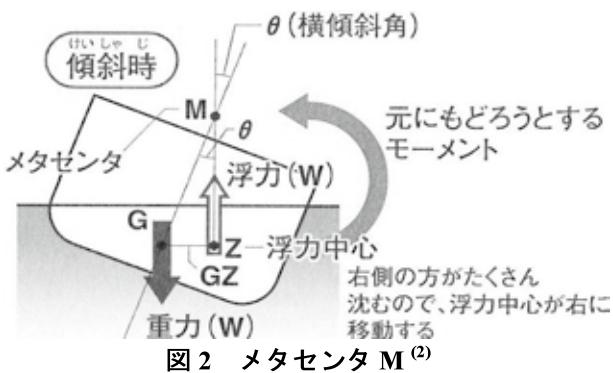


図1 ソーラーボート大会の様子

[†]鹿児島工業高等専門学校 機械工学科 准教授

^{††}鹿児島工業高等専門学校 機械工学科 教授



設定されており、できるだけ流体抵抗が小さい船体の設計・製作がポイントとなる。

21年度は船体抵抗に着目し、より速く航走するソーラーボートについての研究を行った。水から受ける流体抵抗は大別すると、摩擦抵抗と剩余抵抗に分類される。剩余抵抗は波抵抗と渦抵抗に分類されるが波抵抗が大部分を占める。波抵抗は船体形状の影響を受けやすい。また、摩擦抵抗は主に船体表面の粗度に左右される。船体形状と船体に作用する流体抵抗の関係について模型を製作して実験を行い、抵抗の少ない船体形状を決定する。また、22年度はソーラーボートの実船の製作を行い、推進機構や舵の機構について研究を進める予定である。

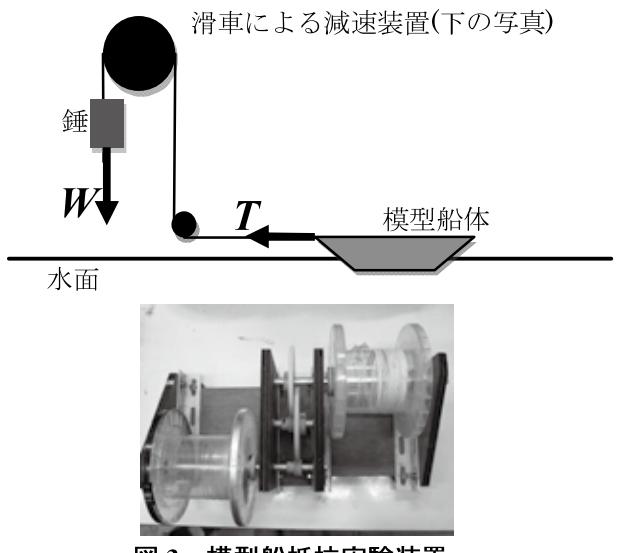
1.2 船の安定性

船の安定性には船体重心とメタセンタ⁽²⁾の位置関係が重要である。メタセンタとは図2に示すように、船の中心線と浮力の作用線との交点をいい、点Mで表される。このメタセンタMが重心Gよりも上にあれば船体の傾斜を浮力によって元の姿勢に戻そうとするモーメントが生じて安定となる。逆に、メタセンタMが重心Gよりも下にあれば、傾斜を増大させるモーメントが生じて船は転覆する。

1.3 実験方法

本校の25mプールで実験することを考慮して、模型の寸法は実船の1/10の縮尺とする。実船の長さは3.5mとする予定である。操船者の体重が65kg、ソーラーパネルが1.5kg、バッテリーが12.4kg、船体重量が30kg、その他電装や操舵に必要な諸々の部品を6kgと仮定すると、船体総重量は120kgとなる。したがって、模型船の重量は $120\text{kg} \times (1/10)^3 = 120\text{g}$ となる。

図3に実験装置を示す。模型船を任意の力で曳航し、8種類の形状の模型船について航走速度のデータを得た。船体の時々刻々の速度の変化は、実験装置ドラムに装着したタコメータの回転数から求めた。この実験



装置は曳航用錘の落下によって模型を曳引するもので、歯車減速比を1:25にすることで、曳航用錘が1.0m落下する間に模型を25m曳航することができる。このとき、図3に示すように曳航用錘に働く重力W[N]と模型を曳航する張力T[N]の間には較正実験から以下の関係式が得られた。

$$T = 0.0330W - 0.831 \quad (1)$$

図4に実験で使用した様々な形状の模型船を示す。図4の左から①標準形、②前方太形、③後方太形、④細身形、⑤丸底形、⑥二次関数断面形(紙製)、⑦浜松レース1位の船形(浜松形)と呼ぶことにする。⑥以外はすべて木製である。実験ではさらに、⑧重量形として①標準形にバラストを追加することで喫水(水面からの深さ)を増大させ、排水量を増加させたものも用いる。⑥以外の模型船は、MC加工後に粒度600の紙やすりで表面を研磨したのち、表面に乾燥ペンキを塗った。⑥の紙製の模型船は、表面をボンドで覆ったのちに粒度320の紙

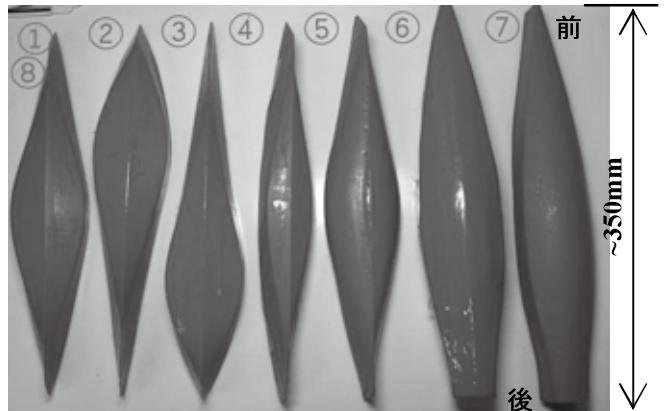


図 4 模型船体

やすりで研磨し、以降は木製のものと同様の手順で表面処理を行った。なお、船体曳航時の進路安定のために模型船の後方にさらに棒状の浮きを曳航させた。

1.4 実験結果と考察

図5に、曳航開始点から5m, 12.5m, 20mの地点における模型船の速度測定結果を示す。錘の重量は0.196N(=20gf)である。すべての模型船は同じ錘の力で曳航しているので、速度が小さいことは抵抗が大きいことを意味する。表1はこのレースの順位である。1位は⑦の浜松形であった。

まず、①標準形と⑧重量形を比較する。これらは同型船である。⑧重量形は重量を調整するためのバラストを①に追加し52.5%重量を増加させたものである。排水量を増加させた模型⑧のほうが最終到達速度は小さく、①標準形の0.824倍であった。このことから、同じ模型の場合は重量が大きいと抵抗が大きいことがわかる。排水量が増加すると浸水面積が増加し、摩擦抵抗が増加するため大きい推進力が必要となることがわかる。

一方、①標準形、②前方太形、③後方太形は、基準となるいくつかの横断面を3次元CADによって滑らかに繋いで設計したもので、断面の位置を変化させることで浮心位置を変化させたものである。浮心位置を変化させた二つの模型②と③は、①標準形と比較すると速度が少し小さい。これらの要因としては、造渦抵抗、造波抵抗が関係している^{(3), (4)}。造波抵抗とは船体が水面に波を作るとき消費されるエネルギーのために生じる抵抗⁽⁴⁾である。一方、造渦抵抗とは流体が船体から剥離するときに生じる負圧が船体を後方に引っ張ろうとする抵抗⁽⁴⁾である。③後方太形において、船首の水切り角が小さいと、水面を左右に切り裂くように走行するため造波抵抗は小さくなるが、後部は急に絞られているため水の剥離が起きやすくなり造渦抵抗は大きくなる。逆に、②前方太形は後部の絞りが緩やかなため造渦抵抗は小さいが、船首付近での造波抵抗は大きくなると考えられる。

次に、⑤丸底形について考える。この船は①標準形の船底のチャインをなくしたもので、その他の寸法はほぼ①と同じである。⑤丸底形は①標準形に比べて船速が大きいので抵抗は小さい。しかし、⑤は、曳航を終えたときにプールの端で横転してしまった。チャインとは本来、木造船の船側部と船底部の交点の取り付け部(ビルジ部)に付けられた縦通材のことであったが、今では船側部と船底部が交わる屈曲部のことである。チャインは波浪の上甲板への打ち込みを防ぐ効果があるが、復原力を確保する役割もある。復原力は船が傾斜したときの浮力中心の移動が大きいほど大きくなる

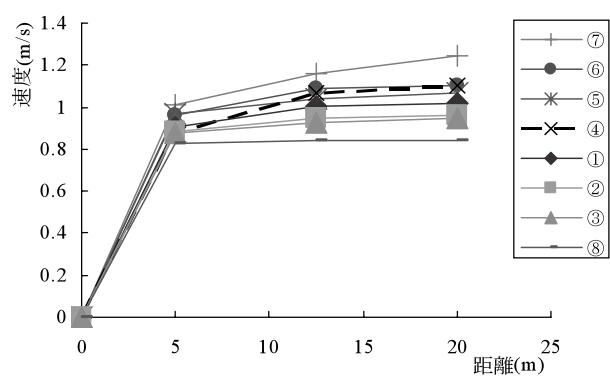


図5 模型船の速度変化

表1 模型船のレース順位

順位	模型船	5~20m間での平均速度 m/s
1位	⑦浜松形	1.14
2位	⑥紙製	1.05
3位	⑤丸底形	1.03
4位	④細身形	1.02
5位	①標準形	0.98
6位	②前方太形	0.93
7位	③後方太形	0.92
8位	⑧重量形	0.83

ので、一般には、丸い断面や深い断面形状の船の場合は復原性が低下する。

⑥の紙製は⑦とほぼ同じ形状であり、木製に比べて軽量であったので、比較的の流体抵抗が小さかった。

⑦の浜松形は他の木製の模型船とは違い、当初注目していた形状の模型であり、浜名湖のソーラーボートレースで好成績であった船⁽⁵⁾の船型を模したものである。他の模型船とは異なる系統の船型であるため形状による比較は難しいものの、8種の模型船の中で最も速かった。今後はこの⑦浜松形の形状に着目して実船(船長3.5m)の製作を行うこととする。

1.5 実船の製作

模型実験で最も抵抗の小さかった船型⑦に最も近い形状の実船を製作する。型枠からFRPなどで製作する方法⁽⁶⁾もあるが、困難な製作となるので、より簡単な方法を模索した。種々検討した結果、民間のシーカヤックを製作する個人の業者⁽⁷⁾からベニア板で簡単に製作できるキットを手に入れ、このベニア板製のシーカヤックにソーラーパネルやモーター、バッテリーを搭載してソーラーボートとすることにした。

図6に現在製作中の実船を写真で示す。実船は模型船⑦に近い形状となっている。取り付けるプロペラの

種類と取り付け姿勢、あるいはソーラーパネルの搭載方法が今後の課題である。

平成 22 年度にこの実船の製作完了を予定している。平成 23 年度には日置市吹上町さつま湖で開催される鹿児島県大会に出場する。また、平成 24 年度には福岡県柳川市の本大会に出場する予定である。学生とともに協力し、平成 25 年度の本大会入賞を期している。当初の予定より大幅に多くの時間を要しているが、鹿児島高専の PR につながるような活動に発展させることを目標に取り組む所存である。

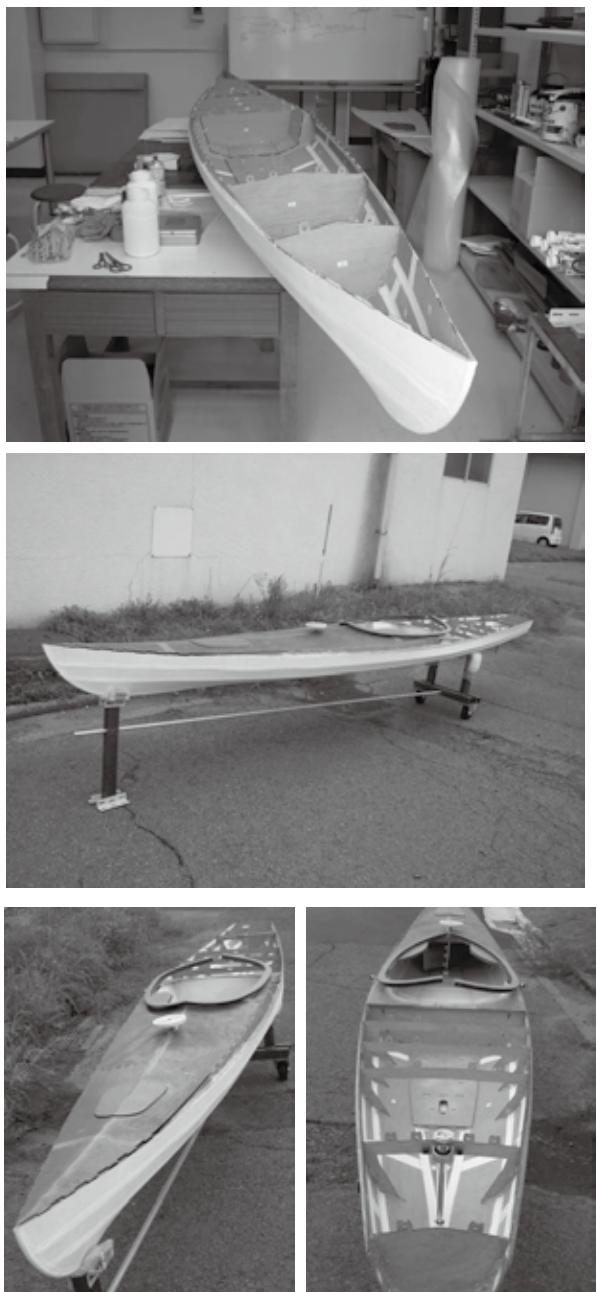


図 6 実船の写真

第 2 部 地球環境に配慮した船舶の開発に関する調査研究

2.1 緒 言

本研究の 2 つ目の目的は地球温暖化防止対策のひとつである水素エネルギー利用技術を日本国内に展開させ、CO₂排出の大幅な削減を実現することである。日本国内の不安定な風力エネルギーよりも海外の豊富な安定した風力エネルギーの方が大量の水素製造に適しており、その水素を輸入運搬するシステムの確立が重要である。

NEDO(独)新エネルギー産業技術総合開発機構 平成 17 年度報告書 05003143「南米の再生可能エネルギーを利用した水素の生産に関する調査」(調査団リーダー: 太田 健一郎 横国大教授)⁽⁸⁾によると、2030 年までにアルゼンチンのパタゴニア地方で風力発電により製造した水素を南米東海岸からアフリカ喜望峰、インド洋を経て日本へタンカー輸送することが可能であるという。太田教授らの風況調査によると日本内陸部で最も風況の優れた場所でも年平均 6.0m/s 程度であるのに対し、パタゴニア地方では年平均風速 10m/s を超えるとしている。水素を製造するための電力エネルギーは風速の約 3 乗に比例するので、南米での一定期間の水素製造量は日本の場合の $(10/6)^3 = 4.6$ 倍以上になる。しかも、日本では風向の著しい変化や台風のために風車には極めて大きい負荷がかかるが、南米では年間を通して偏西風が比較的一定なので、風車の設計やメンテナンスが容易となる。日本国内での風車の破損事故は近年社会問題となっており、強度設計の段階で過度に部材寸法が大きくなり、発電効率の低下を招いている。したがって、国内での風力エネルギーを利用した水素製造よりも南米からの輸入のほうが経済的にも割に合う時代が到来する。近い将来、パタゴニア地方は南米のクウェートと呼ばれるようになるであろう。

水素は燃焼しても CO₂ を排出せず、資源は水であり地球上に無尽蔵に存在する。したがって、地球温暖化防止および化石燃料枯渇の問題の解決法の有力な手段として、水素エネルギーの利用が近年特に注目されている。

本研究は (1) 風力エネルギーや太陽光エネルギーなど海外での格安の自然エネルギーを利用、(2) 海水の電気分解により製造される水素を液化して 20 万 t 級大型タンカーに貯蔵、の 2 点に着目して日本へ輸送するシステムの構築に向けた調査研究を行った。自然エネルギーに着目したシステムであるため、タンカー自身も化石燃料から脱却した新たな動力源で航行する構造とすることが望ましい。例えば、タンカーの甲板上に太陽光パネルを張り巡らし、ディーゼルエンジンの代わりに固体酸化物型燃料電池+バイオマスガスタービン複合システムによる電気推進

装置を搭載するための構造の技術開発について調査した。

パタゴニアでの現地調査については、現地で水素エネルギー利用技術の調査を長年実施してきた日本人商社マン 横山 稔 氏と親交を深めることができた。横山稔氏によると、現段階ではパタゴニアよりも日本国内での水素エネルギーに対する社会的認知度をより深めることが重要であるとしている。なぜなら、現地での風力発電装置や水素製造装置などのインフラ整備に日本から多額の補助金が必要であるからである。また、さらに、日本国内の大学・高専での水素利用技術の教育をより早急に推し進める必要があるとのことであった。

また、既存の LNG 船を改造して液体水素運搬船に改造する際のコストをどのように低く抑えるかにも着目し、佐世保重工業㈱(SSK)や熱工学の専門家の研究者とも討議した。

2.2 調査内容

造船技術の佐世保重工業㈱のみでなく水素供給技術の岩谷産業㈱、あるいは、国内の水素安全技術研究をリードする主要大学とともに水素利用技術の普及を早期に実現するためには、船舶工学分野の視点からどのような工夫が必要かを討議した。

NEDO 報告書⁽⁸⁾の検討課題の中のひとつに「水素輸送規模に応じた水素製造・水素の液化・輸送手段・輸送ルートの技術検討と水素供給コスト検討」がある。本研究ではこの課題をクリアするためには何が問題となるかに着目した。特に、水素運搬タンカーの動力源を燃料電池あるいは水素燃焼エンジンとするための問題点を大まかに挙げると、船舶の構造、システム制御、振動抑制、海水による腐食対策、エンジンシリンダ内部の高温強度、燃料電池の占有体積⁽⁹⁾と積載量など多く存在する。一般に、現在最新の固体酸化物型燃料電池システム SOFC の占有体積は同じ馬力を発生させるディーゼルエンジンの 5~20 倍にもなる⁽⁹⁾とされており、いかにして燃料電池のシステム全体をコンパクトにできるかが大きい問題となっている。

次に、南米で製造した水素をどのようにして日本まで運搬するかについて検討した。現在、石油は中東からペルシャ湾やインド洋を経て日本まで専用のタンカーで運搬している。そのタンカーの動力はディーゼル機関によるものであり、大量の重油を使用している。2050 年までの CO₂ 排出 50% 削減と炭素社会からの脱却のためには、すべての輸送機器が太陽光・風力や水素などクリーンエネルギーを利用したものが理想である。したがって、水素を運搬するためのタンカーに当

然ながらクリーンエネルギーによる推進設備を搭載させることが望ましい。また、必ずしも南米のみが世界で最も水素製造に適しているとはいえない。世界各地の風況調査やインフラ整備のコスト等に基づいて総合的に判断しほかの候補地域を決定しなければならない。

2.3 調査活動の成果

水素エネルギー技術の早期普及を目指した討議として以下の知見が得られた。

造船の佐世保重工業、水素製造の岩谷産業、水素利用安全技術の研究で世界をリードする九州大学の 3 者で、今後の水素エネルギー利用技術の普及についての討議を行った。

九州大学からは高圧水素ガスを貯蔵する圧力容器(700 気圧)の耐久性が重要な問題となっているという指摘があった⁽¹⁰⁾。金属が常温の水素ガスにさらされると“水素脆化”という現象により部材の強度や寿命が極端に低下する。この現象は多くの金属材料において共通して起こるので、水素利用機械要素の設計に際しては水素脆化が生じても大事故には至らないような安全設計技術の確立が重要であるとしている。ただ、一 253°C の液体の状態の水素の場合、水素脆化はほとんど生じないとしている。

岩谷産業㈱では水素製造の研究開発は数十年前から行われており、様々な水素製造技術が実証されている。今後は燃料電池自動車の 2015 年 100 万台普及を目標として、より多くの水素を供給するシステムの確立を急ぐ必要があるとの認識であった。

佐世保重工業㈱からは液体水素の新たな運搬法についていくつか提案があった。既存の LNG 船を改造して低コストで液体水素運搬を実現しようというものであった。

パタゴニアの風力水素の事業は数年前からドイツなどヨーロッパを中心に開発構想が練られている。日本では数人の野心家がすでに開拓事業計画を立てている。その中の一人で株式会社グレートスピリッツ 横山 稔 氏にパタゴニアの現状をお聞きした。横山氏は“パタゴニアと風”と題して水素エネルギー協会会誌に手記⁽¹¹⁾を寄せている。その中で「... パタゴニアには動植物の生存を脅かすほどの強い風が吹いていた... 実際、風が土を掘り起こし植物を吹き飛ばすために広大な地域は風だけとなっている...」と記している。このように、パタゴニア地域の風力エネルギーがこの地球上において極めて大きいことが分かる。

横山氏の広い人脈のなかでアルゼンチン水素エネル

ギー協会会长の見解があった。現時点では風力エネルギーで水から電気分解された水素をそのまま燃料電池の燃料として用いるのではなく、天然ガスに混入する技術に着手しているとのことであった。(図7) 水素ガスの混入率は 10~15%であり、天然ガスのパイプラインにつなぐ。また、水素用センサーを新たに設置し、水素をメタンの相から離れないようにする工夫が必要である。現地の水素エネルギー協会の担当者の話では、水素脆化によるパイプの破損は混入率 10~15%程度では大きい問題とはならないだろうとの認識である。

このほか、水素の原価について試算を行っている。風車の建設費が 16 万円/kW で 1MW 級の風車であれば 1 機当たり 1 億 6 千万円となる。寿命 20 年 \Rightarrow 8700 時間／年、設備利用率 50% とすると、定格での稼働時間は 24 時間 \times 365 日 \times 20 年 \times 0.5 = 87600 \Rightarrow よそ 80000 時間となる。したがって、16 万円/kW / 8 万 h = 2 円/kWh。このほか保守・人件費で 1 円/kWh とすると、風車からの電力にかかるコストは 3 円/kWh となる。また、水電解に 5 円/kWh、日本への運搬費等を考えるとまだまだコストは高くなるので、いかにして低成本で液体水素運搬が実現できるかを模索すべきである。

図 7 現地の新聞. 日本の調査団がアルゼンチン水素エネルギー協会と会談した内容⁽⁸⁾

一方、水素の運搬技術に関する研究はこれまでいくつか例がある。次に主な研究開発の例を挙げる。

- ① 古林 義弘：“液体水素輸送船のタンクシステムの研究”⁽¹²⁾. 液体水素の運搬技術として球形タンクで真空断熱による方法を採用している. いかにして極低温を維持するか, また蒸発を抑えるための加圧の方法などについての熱力学的解析の結果について考察している.

② 斎藤 泰和 ほか7名：“有機ハイドライドによる海

外風力水素の貯蔵輸送利用”⁽¹³⁾. 水素の運搬技術として有機ハイドライドによる方法を提案している。水素を芳香族水素化反応によりデカルンやシクロヘキサンのような物質（有機ハイドライド）に変換して常温常圧で運搬するものである。タンクに有機ハイドライドを積載した場合に取り出せる水素の量は重量で7%程度とされている。

- ③ 駒木 秀明：“燃料電池の開発状況と船舶への適用”⁽¹⁴⁾. 燃料電池の技術は自動車への搭載を目標として世界中で技術開発がなされている. 一方, 船舶への適用に関する技術開発も同時に行われている. アメリカでは探査艇として 30kW の燃料電池が搭載されている. ドイツでは潜水艦に 100kW の燃料電池が搭載されている. 日本ではまだ検討段階であるが内航船用電源として 1000kW 級の PEFC 燃料電池の搭載が見込まれている. このように中型の船舶への推進用燃料電池は適用可能であるが, タンカーなど大型船に対しては効率や耐振動, 容積, すなわち出力密度 [kW/m^3] 等の観点から適用は極めて困難である. タンカーを推進させるための動力をすべて燃料電池で賄うならば, そのタンカーにはもはや他の荷物が積めなくなるだろう.

④ 吉林 義弘 ほか3名：“水素と2次電池による電力

- ④ 古林 義弘 ほか3名：“水素と2次電池による電力



図8 IHF石川島播磨重工の液体水素タンカー 一概念設計^{(16), (17)}

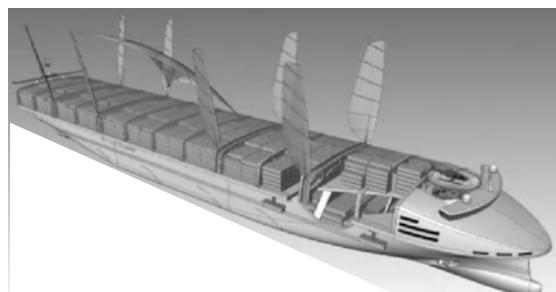


図9 日本郵船のエコシップ構想⁽¹⁸⁾

貯蔵と燃料電池による動力システム”⁽¹⁵⁾。船舶の港内排気ガス規制強化に対応するためにディーゼルエンジンに付属した動力源として燃料電池によるものを考案している。燃料水素の供給源としてディーゼル発電機に加えて航海中の太陽光エネルギー、風力エネルギーによる電気分解の水素などを主にとり挙げた。再生可能エネルギー機器の効率を高めることが重要で、個々の機器同士の安定性をはかる必要もある。

以上のように、船舶への燃料電池の導入に関する研究開発はかなり多くなされている。また、このほかにも NEDO が実施した“WE-NET 水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術サブタスク 5. 水素輸送・貯蔵技術の開発 第 II 編液体水素輸送タンカーの開発”^{(16), (17)}では液体水素の輸送時の断熱技術に関することが報告されている。断熱方式としてポリウレタンフォームや真空パネルなどの断熱効果について実験や解析の両面からアプローチしている。また、IHI は液体水素運搬船として双胴船のものを設計している（図 8）。図 9 は日本郵船のエコシップ構想⁽¹⁸⁾である。

2.4 結 論

第1部 ソーラーボートの設計製作を行い、大会への出場と入賞を目指して取り組んでいる。その途中の経過報告を行った。

- 1) 模型船の抵抗実験を行ったところ、重量の大きい船体を走行させるにはより大きい推力が必要となり、重量が小さいほど抵抗は小さくなることがわかった。
- 2) 船首、船尾付近の急激な絞りは造波抵抗、造渦抵抗を増大させる。
- 3) チャインをなくして横断面を円形に近付けると抵抗は小さくなる反面、傾斜時の浮力中心の移動が小さくなるため復原力が減少し、安定性が低下するので注意が必要である。

なお、平成 22 年度から鹿児島大学水産学部の大型回流水槽を用いたソーラーボートの抵抗試験を計画中である。

第2部 次に、環境に配慮した船舶の開発に向けた調査研究を実施した。

- 4) 船舶業界では地球環境に配慮した船舶の開発が盛んに行われている。
- 5) 特に、南米パタゴニアで風力により海水を電気分解して水素を製造し、液体水素の状態で日本まで輸送するプロジェクトが推進しつつある。
- 6) 液体水素の運搬技術開発はすでに構想段階を終え、実証段階に入っている。

謝 辞

本研究は平成 21 年度鹿児島高専校長裁量経費校内助成(教育・研究)の支援により実施した。また、本研究は平成 21 年度機械工学科の卒業研究として行った。当時機械工学科 5 年の関係学生に謝意を表す。また、第 2 部 の船舶の研究開発調査については「燃料電池推進による水素運搬用大型タンカーの開発に向けた調査研究」として平成 21 年度日本科学協会笹川科学研究助成を受けて行った。関係者各位に深く謝意を表す。

参考文献

- (1) 柳川ソーラーボート大会,
<http://www.yanagawa-solarboat.com/>
- (2) 池田 良穂: 図解雑学 船のしくみ, ナツメ社, (2006), pp. 20-21.
- (3) 面田 信昭: 船舶工学便覧(改訂版), 成山堂書店, (2002), pp. 176-178.
- (4) 大串 雅信 : 理論船舶工学, 海文堂出版, (1953).
- (5) 遠藤 真 : ソーラーボートの開発, 関西造船協会 “らん” 第 18 号, pp. 42-49, (1994).
- (6) 山口 伸哉・平田 大輔・重松 利信 : ソーラーボートの開発, 佐世保高専 電子制御工学科 平成 20 年度卒業論文.
- (7)(有)アーキ・テック,
<http://www.synapse.ne.jp/archi-tech/canoe/framepage1.htm>, (2010).
- (8) 太田 健一郎 ほか 5 名 : 平成 17 年度調査報告書「南米の再生化エネルギーを利用した水素の生産に関する調査 第 II 部 アルゼンチンの風力/水素エネルギー生産の可能性調査」, NEDO.
- (9) エネルギーシステム研究委員会 : エネルギー概論および燃料電池の舶用利用への課題, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 第 41 卷, 第 5 号, pp. 731-748, (2006).
- (10) 村上 敬宜 : 水素と材料 水素社会実現のための課題, NSK Technical Journal, No.681, pp.5-10, (2006).
- (11) 横山 稔 : 最近のパタゴニアの状況(風速計設置に関して), 水素エネルギーシステム, Vol.33, No.1, pp. 63-66, (2008).
- (12) 古林 義弘 : 液体水素輸送船のタンクシステムの研究, 日本造船学会論文集 第 178 号, pp.649-656, (1995).
- (13) 斎藤 泰和 ほか 7 名 : 有機ハイドライドによる海外風力水素の貯蔵輸送利用, 第 29 回水素エネルギー協会大会講演前刷集, A06, (2009).
- (14) 駒木 秀明: 燃料電池の開発状況と船舶への適用, 海運, pp. 66-70, (2002-2).
- (15) 古林 義弘・渡瀬 基継・立石 孝浩・中里 和博 : 水素と 2 次電池による電力貯蔵と燃料電池による動力システム, 日本船舶海洋工学会講演論文集第 2W 号, pp. 39-42, (2006).
- (16) “WE-NET 水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術サブタスク 5. 水素輸送・貯蔵技術の開発 第 II 編液体水素輸送タンカーの開発”, (2002).
- (17) 神谷 祥二 : 特集 今話題のエネルギーの生産・輸送・利用, 3.2 水素輸送技術(液体水素), 日本造船学会誌, 878 号, pp. 169-172, (2004).
- (18) 日本郵船 : NYK スーパーエコシップ 2030, <http://www.nyk.com/csr/envi/ecoship.htm>, (2010).

絶縁診断技術の精度向上に向けた部分放電信号の基礎特性

中村 格[†] 横根 健史[†] 永田 亮一^{††}
小迫 雅裕^{†††} 北田 政幸^{†††} 小出 英延^{††††}

Fundamental Property of Partial Discharge Signal for Precision Improvement of Insulation Diagnostic Technique

Itaru NAKAMURA[†] Kenji KASHINE[†] Ryouichi NAGATA^{††}
Masahiro KOZAKO^{†††} Masayuki HIKITA^{†††} Hidenobu KOIDE^{††††}

In this report, We performed study about the fundamental property of the partial discharge signal (acoustic wave) which is needed for precision improvement of the insulation diagnostic technique used the acoustical detecting method of partial discharge (the AE method). The model tank was made of iron, cube 500 mm in size, and 5 mm in thickness. Insulation oil was filled in the tank. A rod-insulator-rod type electrode configuration was used as a partial discharge source. As a result, in the insulation diagnosis with the actual power transformer, the guideline in the insulation diagnosis of the power transformer that it is necessary to consider the influence of the side of transformer was shown.

Keywords : Insulation diagnostic technique, Power transformer, Partial discharge, Acoustic wave

1 はしがき

電力用変圧器の絶縁診断技術を開発することで、設計寿命の30年を超えている経年変圧器の事故の未然防止および余寿命判定が可能となり、設備資産運用の高効率化や環境低負荷化にも大きく期待できる。絶縁診断の方法のうち部分放電検出法は、絶縁破壊事故に至る前に電気的絶縁異常を直接検知できるため、非常に有効な方法である^{[1][2]}。

本報告では、音響的部分放電検出法(AE法)を用いた絶縁診断技術の精度向上に必要となる、部分放電信号(超音波)の基礎特性について検討を行った。

2 実験方法

図1に実験回路を示す。モデル変圧器として、厚さ5mmの鉄板で500mm立方の油槽を製作した。また、部分放電(PD)源として、棒一棒電極($\phi 1\text{mm}$)を用い、

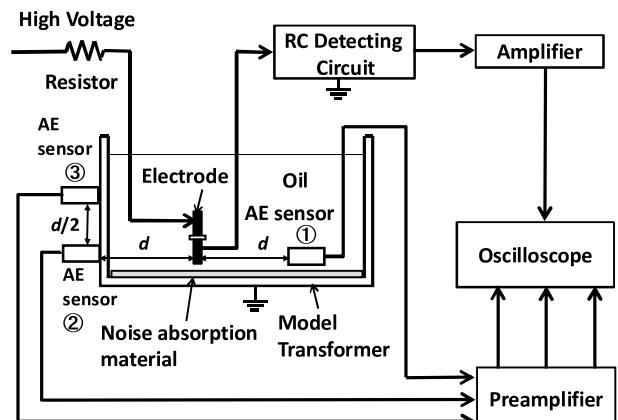


Fig. 1. Experimental setup

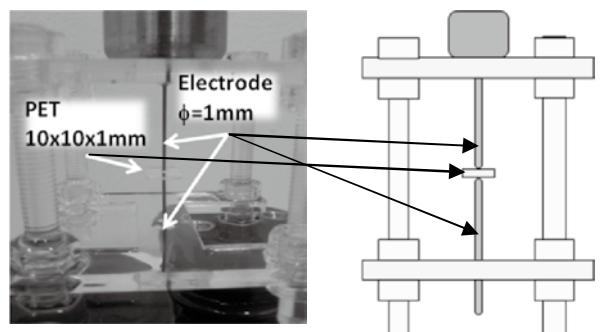


Fig. 2. Electrode system

[†] 鹿児島工業高等専門学校電気電子工学科

^{††} 鹿児島工業高等専門学校技術室

^{†††} 九州工業大学大学院工学研究院電気電子工学研究系

^{††††} (株)日本AEパワーシステムズ変圧器事業部企画部

電極間にポリエチレンテレフタレート (PET) 樹脂製板 ($10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 1\text{mm}$) を挿入した (図 2). PD 電流パルスを RC 検出回路により検出し, オシロスコープのトリガとした. モデル変圧器内の油中 1 カ所 (①), モデル変圧器の外側面 2 カ所 (②, ③) に AE センサを設置し, 部分放電を起因とする超音波信号を測定した. AE センサ①と②は, 部分放電源から同距離 ($d=200\text{mm}$) とし, AE センサ③は②から $d/2=100\text{mm}$ の距離とした. 三者の受信波形から超音波の伝搬経路について検討した.

なお, AE センサ固有の周波数特性の影響を除くため, 一個の AE センサを用いた. 1 回の PD で 1 カ所の測定となり 3 カ所の測定では 3 回の PD を要し, PD ごとの振幅にばらつきが生じる. そのため, PD 電流パルス波形の振幅値でそれぞれの波形を除することにより規格化した.

3 実験結果および考察

図 3 は, AE センサにより受信した超音波信号の波形である. オシロスコープのトリガが掛かった時刻, 即ち RC 検出回路が PD 電流パルスを検出した時刻を 0 としている. 同図上より, PD 電流パルス波形 (青), AE センサ①の信号波形 (茶), ②の信号波形 (緑), ③の信号波形 (紫) をそれぞれ表す.

図 3 より AE センサ①の第一波到達時間 $143\mu\text{s}$ であるから, 変圧器油中の伝搬速度は約 1400m/s ($\approx 200\text{mm}/143\mu\text{s}$) となり, また, AE センサ②と③の時間差 $18.5\mu\text{s}$ であるから, モデル変圧器の側面 (鉄板) の伝搬速度は約 5400m/s ($\approx 200\text{mm}/18.5\mu\text{s}$) となる. これらの値は, 変圧器油, 鉄板の理論値と合致する. AE センサ②は, ①と同一距離であるが鉄板の厚さ 5mm を含むため, ①より早く超音波を捉えている.

図 4 に, AE センサ③で測定される (部分放電源-変圧器油-鉄板) の伝搬経路を示す. 経路 A は, 変圧器油約 218mm , 鉄板 (斜め方向) 約 5.6mm である. 経路 B は, 変圧油 195mm , 鉄板 (厚み方向) 5mm , 鉄板 (長手方向) 100mm である. 変圧油中の伝搬速度約 1400m/s , 鉄板の伝搬速度 5400m/s より, 経路 A は $156.75\mu\text{s}$. 経路 B は $158.72\mu\text{s}$ で超音波が到達する. よって経路 A の超音波が先に到達する. 部分放電源と AE センサの位置関係により, 経路 A, B で同時に到達あるいは到達順序が逆になる. 実際の変圧器での絶縁診断においては, AE センサを変圧器の側面に設置することから, 変圧器側面の影響を考慮していかなければならない.

4 まとめ

本報告では, 音響的部分放電検出法 (AE 法) を用いた絶縁診断技術の開発に必要となる, 部分放電信号(超音波) の基礎特性について基礎的検討を行い, 実際の変圧器での絶縁診断においては, 変圧器側面の影響を考慮する必要があるとの, 電力用変圧器の絶縁診断における指針を示した.

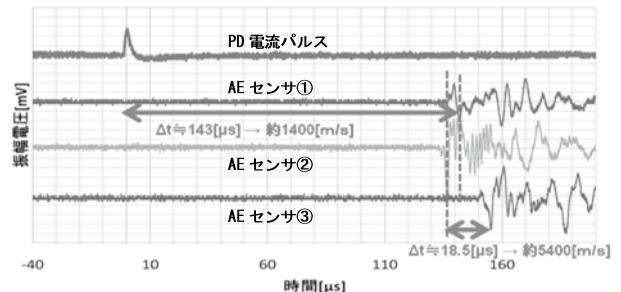


Fig. 3. Waveform Measured by AE sensor

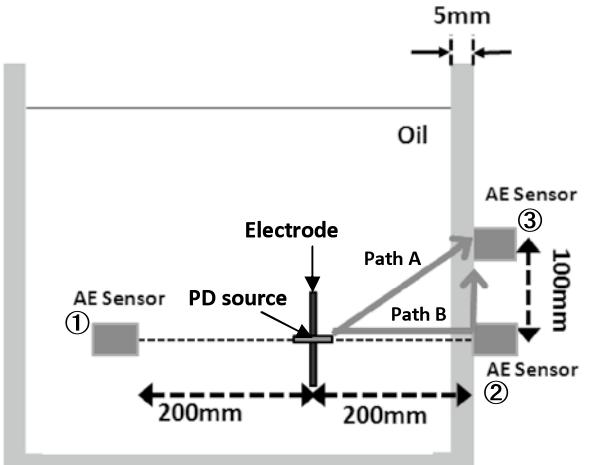


Fig. 4. Propagation Path of Acoustic Wave

謝 辞

本研究は, 共同研究((株)日本 AE パワーシステムズ), 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

- 1) 大久保仁: “電力機器診断技術の現状と今後の課題” 電気学会論文誌 B 119[4] (1999) 434-437
- 2) 小迫雅裕ほか: “ディジタルフィルタを用いた部分放電放射電磁波からの連続周期的ノイズの除去” 電気学会論文誌 B 120[7] (2000) 975-981

マハラノビス距離を用いたオンライン手書き漢字認識

榎園 茂^{†1} 吉満 彩佳^{†2} アムヌエイ・グントラ・ナッスパー^{†3}

萱島 献^{†4} 田代 里奈^{†5} 長崎 晋士^{†6} 吉川 結衣^{†7}

On-Line Handwritten KANJI Character Recognition
with Mahalanobis' Generalized Distance

Shigeru ENOKIZONO Ayaka YOSHIMITU Amnuay Gerntra NADSUPHA
Ken KAYASHIMA Rina TASHIRO Shinji NAGASAKI Yui YOSHIKAWA

In this paper, we describe experimental results of handwritten KANJI character recognition using geometrical features with Maharanobis' Generalized Distance method in which data density is considered. Therefore, many complicated data such as KANJI character images can be easily classified into categories. In this study two experiments were performed. In experiment 1, length and direction features on pen-down strokes were adopted, whereas, in experiment 2, the corresponding features on pen-up strokes were done. Experimental results for IIPL α -set Data Base which JAIST had collected demonstrated that Maharanobis' Generalized Distance method can show a recognition accuracy rate of 99.8%, and suggested that this method has more advantages than Euclidean Distance in pattern recognition.

Keywords : On-Line, Handwritten, KANJI Character, Recognition, Mahalanobis' Generalized Distance

1 まえがき

手書き文字認識は大きくオフライン文字認識とオンライン文字認識に分類できる。オフライン文字認識は文字を書く時点と認識する時点の間に差があり、文字を図形として取り扱い認識することになる。一方オンライン文字認識は文字の描かれる作業と認識する作業が並行して行われ、描き終わるのとほぼ同時に認識結果が出力されることになる。筆者の一人は過去にオフライン手書き文字認識について、一括処理法を用いて認識実験を行ってきたが、新たにオンライン手書き文字認識にも取り組んできている。オンライン手書き文

^{†1} 鹿児島工業高等専門学校情報工学科

^{†2} (株) アルファシステムズ

^{†3} タイ

^{†4} (株) ヒップ

^{†5} 伊藤忠テクノソリューションズ(株)

^{†6} ケイ・シイ・ティ

^{†7} 西日本旅客鉄道(株)

^{†2}～^{†7} は情報工学科卒業生

字認識を行うには、独自に入力装置を準備して、手書き文字のデータ作成から行う方法もあるが、今回の研究では北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) の知能情報処理講座 (IIPL) で収集されたオンライン手書き文字データベースの α セット¹⁾ を取り寄せて使用した。本データベースは、1999 年 11 月から 12 月に同大学の学生 108 人を対象にして、一人当たり 1,016 文字種の漢字を書いてもらい、各文字の各ストロークのペン先の動きの 1/100 秒毎の座標を読み取り記録したものである。漢字の書き方には筆順があるので、正しい筆順に従って書かれた 97 人分のデータのみが保存している。従って総数 $97 \times 1016 = 98,552$ 個のデータが収集されて保存されている。

本研究では、各文字 97 個のデータの内、10 個を認識実験用に残しておき、87 個のデータを使って、文字の特徴を抽出し辞書を作成した。特徴としては各画 (以後、各ストロークと表記する) の長さと方向といった物理的な形状に着目した。実験はまず第 1 段階として、ペンが筆記面のパッドに接して動いている (以後、ペンドゥンと表記する) 時の各ストロークの長さと方向

を特徴として抽出して辞書を作成し、マハラノビスの距離を用いて類似度を定義し認識実験を行った。次に第2段階としてペンダウン時のストロークの特徴のみでなく、各ストロークを書き終わってから次のストロークの始点に移動する動き、つまりペンが筆記面から離れた（以後、ペンアップと表記する）時の動きも隠れたストロークとみなして、長さと方向を抽出し追加した新たな辞書を作成して、認識実験を行った。その結果について報告する。

2 認識手法

以下に作成した認識実験の流れをフローで示す。まず全ての文字データに対して、文字図形の大きさを揃える前処理を行った。次に学習用データから、各文字カテゴリの各ストロークの長さと方向を特徴として抽出し辞書として保存した。更に未知文字と各文字カテゴリ間のマハラノビス距離計算を行う準備として、計算式の係数を事前に求めておき、これを認識辞書として作成し保存した。この辞書を使って行う認識実験の流れを図1.に示す。

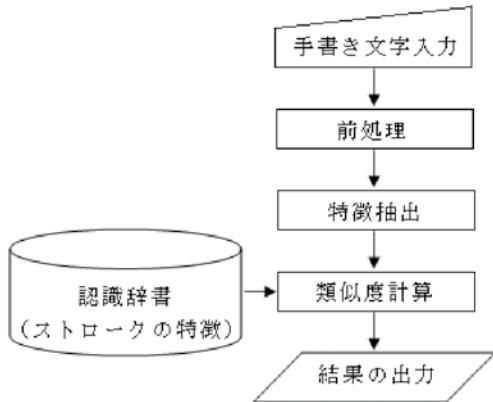


図1. 認識実験の流れ

2.1 文字の整形

α セットの文字をグラフ表示ソフトの GNU プロットで表示すると上下反転して表示される。これは α セットの座標値がスクリーン座標系であり、GNU プロットが直行座標系であるためである。このため、本研究では主な作業に入る前に、 α セットの座標を直交座標系に修正する作業を行った。また、文字図形の大きさは文字の認識処理に大きな影響を及ぼすので、文字図形を包含する矩形を求め、この矩形の縦幅、横幅を一定の大きさになるように拡大縮小を行い、文字の大きさを一定の大きさに揃える処理を前処理として行った。

2.2 特徴抽出

本研究では漢字の特徴として、ペンダウン時の各ストロークの長さと方向を用いることにした。ストロークの長さとしては、ストロークの始点と終点の2次元座標値を抽出し、ストロークを直線とみなして距離を求めて長さとした。

ストロークの方向については、漢字の各ストロークの始点から終点に向かう直線が、基準方向とのなす角度で方向を表すことにした。基準となる方向については漢字のストロークの特徴を考慮しなければならない。一般に漢字のストロークは左から右へ、上から下へ向かうものがほとんどである。もしも図2. のような一般的な角度の表示方法を用いると、x座標の正方向のストロークが上下に少しずれただけで 360 度近くの差が生ずることになり、実際の差を反映しなくなり不都合が生じる。そこで漢字のストロークではほとんど発生しない方向を基準に取ることとし、図2. の 135 度方向を基準方向とする図3. のような角度表示法を採用することにした。

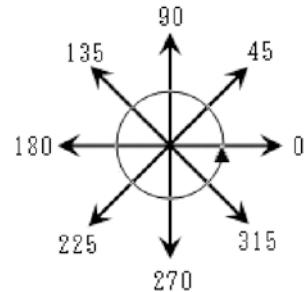


図2. 一般的な角度の表示法

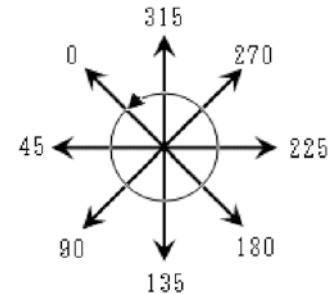


図3. 採用した角度の表示法

1 文字種当たり 87 個の学習データから、各ストロークの長さと方向を抽出し、更にその平均と分散、長さと方向の共分散を求めた。これを 1016 文字種全てについて行い、特徴辞書として保存した。このとき、最終的な認識実験は認識対象となる文字のストローク数が同じ文字種の間で類似度を計算すれば充分であるので、特徴辞書はストローク数毎に 1 から 20 までのフォル

ダ名に分けて保存し、抽出しやすくなった。

2.3 マハラノビスの距離

パターン認識における重要な問題の一つは、如何にして認識対象となる未知パターンと識別カテゴリ間の類似度を定義して評価するかという点である。手書き文字認識においても同様である。いま特徴空間上に学習データを表す特徴点を多数分布させている状態で、認識対象となる未知データの特徴点をプロットしたとき、それがどの集団に属しているかを判定することを考えよう。今、1変量xについてA、Bグループに属するいくつかの値をプロットしたとき、図4。²⁾に示すような分布であったとする。ここで、新しいデータがどのグループに属するかを判定するのに、各グループの平均値（重心）と、新しいデータとの間のユークリッド距離を計算して、その距離の最小の文字種に属すると判断する方法がある。この方法を使って判定すると未知データはBグループに属していると判定されることになる。



図4. 変量xの分布

しかし、この方法は学習データの分布の密度を考慮していないという難点がある。本研究ではマハラノビスの距離概念を使った類似度の尺度を採用することにした。マハラノビスの距離概念では、それぞれのグループがどの程度固まって分布しているかも考慮した距離概念である。図5.示すように、Bグループは分布の広がりが狭く、密に分布しているのに対して、Aグループはまとまりが弱く粗い分布をしている。これより新しいデータの位置はAグループの範囲に含まれることが分かる。このようにマハラノビス距離概念を使うと、より精密な判別が可能となることが予想される。

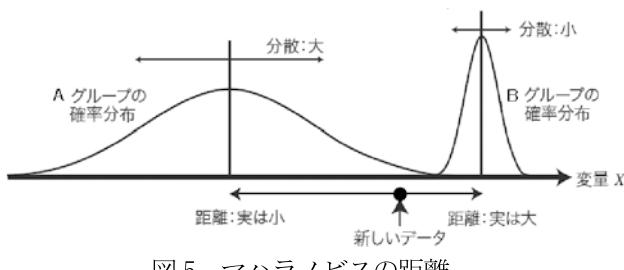


図5. マハラノビスの距離

2.4 認識辞書の作成

今回、特徴としてストロークの長さと方向の2つの変量を用いてマハラノビスの距離を計算することにした。一般に2変量 x_1, x_2 のマハラノビス距離 D^2 は次式(1)で求められる。³⁾

$$D^2 = \begin{bmatrix} x_1 - \bar{x}_1 & x_2 - \bar{x}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1^2 & s_{12} \\ s_{12} & s_2^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 - \bar{x}_1 \\ x_2 - \bar{x}_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

但し、 \bar{x}_1 : x_1 の平均 \bar{x}_2 : x_2 の平均
 s_1^2 : x_1 の分散 s_2^2 : x_2 の分散
 s_{12} : x_1 と x_2 の共分散

式(1)で x_1, x_2 は認識対象となる未知文字データの各ストロークの長さと方向であり、 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, s_1^2, s_2^2, s_{12}$ は学習データから求めた値である。式(1)を整理すると

$$D^2 = ax_1^2 + bx_2^2 + cx_1x_2 + dx_1 + ex_2 + f \quad (2)$$

と表すことができる。ここで式(2)の係数 $a \sim f$ は

$$\begin{aligned} a &= \frac{s_2^2}{s_1^2 s_2^2 - s_{12}^2} & b &= \frac{s_1^2}{s_1^2 s_2^2 - s_{12}^2} \\ c &= \frac{-2s_{12}}{s_1^2 s_2^2 - s_{12}^2} & d &= \frac{2\bar{x}_2 s_{12} - 2\bar{x}_1 s_2^2}{s_1^2 s_2^2 - s_{12}^2} \\ e &= \frac{2\bar{x}_1 s_{12} - 2\bar{x}_2 s_1^2}{s_1^2 s_2^2 - s_{12}^2} & f &= \frac{\bar{x}_1^2 s_2^2 - 2\bar{x}_1 \bar{x}_2 s_{12} + \bar{x}_2^2 s_1^2}{s_1^2 s_2^2 - s_{12}^2} \end{aligned} \quad (3)$$

となる。あらかじめ各文字の学習データから各ストロークの方向と長さを抽出し、その平均と分散、共分散を計算して保存しておいた特徴辞書から必要な値を取り出し、更に式(3)より $a \sim f$ の値を求めて認識辞書として保存した。

2.5 類似度の定義

文字認識においては、認識対象の未知文字がどの文字カテゴリに、どの程度類似しているかを数値化して表す必要がある。前節述べたように、本実験ではマハラノビスの距離を用いることにしたので、マハラノビス距離が小さいほど、類似していることを意味していることになる。これより次式で類似度を定義することにした。逆数をとったのは、分母の距離が小さいほど、類似度が大きな値となるようにしたためである。

$$s(x, c) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n D(x, c)_i^2} \times 1000 \quad (4)$$

但し、 x : 未知文字

c : 認識結果となる文字カテゴリ

$D(x, c)_i^2$: x と c の間の i 番目のストローク

のマハラノビス距離
 n : x の総ストローク数

3 認識実験

今回の研究では 2 つの実験を行った。まず実験 1 としては、2.2 節で述べた通り、ペンダウン時のストロークの特徴のみを抽出して作成した認識辞書を用いて認識実験を行った。次に実験 2 としてペンダウン時のストロークの特徴の他に、ペンダウン時のストロークの終点から次のペンダウン時のストロークの始点に移動する間の、ペンアップ時の動きも隠れたストロークとみなして、直線で近似しその長さと方向を抽出して、特徴辞書と認識辞書を作成し直して認識実験を行った。また実験 2 においては、ペンアップ時のストロークは右から左へ、また下から上へ動く場合が大部分であることを考慮して、ペンアップ時のストロークの方向の基準方向は、図 3 の 180 度方向を新たに 0 度とする表示法を用いた。

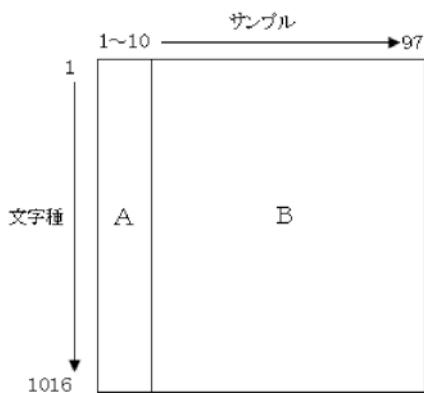


図 6. α セットの学習データと実験データ

実験 1 と実験 2 では共にデータベース α セットを用い、図 6. に示すように、B の部分を学習データとして用い、特徴辞書と認識辞書を作成するのに使用した。学習データの総数は $87 \times 1016 = 88,392$ 個である。また、A を実験データとして用い認識実験に使用した。各文字種の先頭からの 10 個、総数 $10 \times 1016 = 10,160$ 個のデータを対象にして認識実験を行った。認識実験の手順を次に示す。

- ①データベース α セットから未知文字のデータを 1 個取り出し、ストローク数、各ストロークの長さと方向を抽出する。
- ②認識辞書の対応したストローク数のフォルダから、比較対象の文字のマハラノビス距離計算に必要な係数式(3)の $a \sim f$ を順に取り出す。

③式(2)を使って比較対象となる文字との各ストロークのマハラノビス距離 D^2 を計算し、全てのストロークのマハラノビス距離の合計を求める。

④式(4)で類似度を求める。

⑤類似度の大きい順に並べ替え、上位の 10 件について、認識結果の文字と類似度を表示する。

4 実験結果と検討

4.1 認識実験 1 の結果

認識実験の結果を表 1. に示す。同表中の認識文字数の欄は、その順位までに正解が含まれる実験データ数を示す。従って認識実験 1 では 10,160 個の実験データの中で 10,103 個を正しく認識しており、1 位認識率が 99.4% であることを示している。筆者らは今回の実験の前段階として、過去にストロークの長さと方向を特徴に用い、類似度として文字カテゴリの分布の重心と未知の文字との間のユークリッド距離を用いた認識実験を行ったが、その場合の認識率は 95.5% であった。従ってマハラノビス距離概念による類似度を用いた結果、約 4% 認識率を改善することができた。

表 1. 実験 1 の認識結果

順位	認識文字数	累積認識率(%)
1	10,103	99.4
2	10,154	99.9
3	10,155	99.9
4	10,156	99.9
5	10,157	99.9
6	10,157	99.9
7	10,157	99.9
8	10,158	99.9
9	10,159	99.9
10	10,159	99.9

4.2 認識実験 2 の結果

次にペンアップ時のストロークも隠れたストロークとみなして、その長さと方向を特徴として抽出し、新たにその特徴も追加した認識辞書を作成して認識実験を行った。この実験 2 では 1 位認識率が 99.8% となり、実験 1 に比べて更に 0.4% 上昇した。誤認識された文字を調査したところ、実験 1 で正しく認識されている文字は、実験 2 でも全て正しく認識されており、実験 2 で誤認識された文字は全て実験 1. で誤認識された文字の一部であった。実験 1 で誤認識されたデータのうち 16 個のデータが実験 2 でも誤認識されていた。これよ

り、ペンアップ時の筆のストロークの特徴も認識に効果的であることがわかった。表2.に実験2の結果を示す。

表2. 実験2の認識結果

順位	認識 文字数	累積認 識率(%)
1	10,149	99.8
2	10,157	99.9
3	10,158	99.9
4	10,158	99.9
5	10,158	99.9
6	10,158	99.9
7	10,158	99.9
8	10,158	99.9
9	10,159	99.9
10	10,159	99.9

表3. 誤認識した文字

文字	No	誤認識 結果
央	5	史
貝	7	見
牛	1	午
九	3, 5	人
見	8	貝
工	2	士
士	10	子
失	9	矢
主	1	民
中	6	午
入	6	人
八	2	入
夫	4, 5	天
力	7	刀

表3.に実験2で誤認識された文字の一覧を示す。同表中の第1行目は文字「央」の5番目の文字を「史」と間違って認識したことを示す。これらの誤認識された文字を確認のために、GNUPLOTで表示してみたところ、人間が見ても認識が困難であったり、認識が不可能な文字がみられた。例えば「主」、「中」、「牛」、「士」であった。その文字を図7.に示す。これらの文字は正しく書かれた文字に比べて、ストロークの一部が極端に短く、人間が見ても判別が困難である。



図7. 誤認識した漢字の例

5 あとがき

今回作成したシステムでは、全ての未知文字を何らかの文字に識別するようにしておらず、図7.のような未完成の文字を無理に判別した結果、誤認識してしまった。このような文字は無理に認識するのではなく、認識不可能な文字としてリジェクトするのが望ましいと思われる。今後のシステム構築に際して考慮していくたい。

他の誤認識例としては「夫」を「天」に2例、「九」を「人」に2例、「貝」を「見」に、「工」を「土」に、「八」を「入」に、「力」を「刀」に誤っていた。このような誤った文字を精査してみると、やはり、ゆがみの程度の強いものもあったが、人間の目から見ると、区別がつく程度のゆがみである文字も見受けられた。今後はこれらの誤認識文字を更に正しく認識できるシステムの構築に向けて改良を加えていきたい。また、学習データと実験データの組み合わせを種々変えながら、全てのデータについての認識実験も行いたいと考えている。

本論文は筆者が2004年度から卒業研究で学生諸君と一緒に取り組んできた研究をまとめたものである。著者に掲載した学生の外に、元吉大介君、栗元沙織さんにも取り組んでもらった。研究に協力してくれた諸君に感謝します。最後に本研究では北陸先端化学技術大学院大学(JAIST)の知能情報処理講座(IIPL)で収集されたオンライン手書き文字データベースのαセットを利用させていただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- JAIST IIPL 手書き文字データベース の解説 HP
<http://ipl.jaist.ac.jp/research/moji/db/>
- 浅野晃：応用統計学(2008年前期)
<http://laskin.mis.hiroshima-u.ac.jp/Kougi/08s/AS/AS08pr.pdf>
- 有馬哲、石村貞夫：「多変量解析のはなし」、東京図書株式会社、1993.
- 吉満彩佳、アムヌエイ・グントラ・ナスパー：「オンライン手書き文字認識手法の検討」、鹿児島工業高等専門学校卒業論文、2003(H15).
- 萱島寛、田代里奈：「マハラノビス距離を用いたオンライン文字認識に関する検討」、鹿児島工業高等専門学校卒業論文、2006(H18).
- 長崎晋士、吉川結衣：「オンライン手書き文字認識の研究」、鹿児島工業高等専門学校卒業論文、2008(H20).
- 榎園茂、長田一興、日高達：「一括処理法による手書き漢字の認識実験」、電子通信学会論文誌D, Vol. J71-D, No. 9, pp. 1883–1886, 1988.

鍵盤ハーモニカ演奏ロボットの改良について

幸田 晃[†]

About the improvement of the keyboard harmonica performance robot

Akira KOUDA

This thesis describes the improvement of one of the performance robots that this laboratory has. First of all, the problem of the performance robot that becomes an object is enumerated. The problem is three on the music side and the shape side and the operation side. And, the problem is examined, and the directionality of the improvement is shown. The performance robot that added the improvement at the end is made, and evaluated. The power for self-propelled is still incomplete, and because it is a stage and still unused, the content of the initial malfunction is uncertain though it is assumed that the performance robot along the purpose was made as a content of the evaluation.

Keywords : Keyboard, Robot, Music, Performance

1 はじめに

本研究室において、演奏ロボットを数台保有している。その1台に鍵盤ハーモニカを演奏するロボット(以下、旧ロボットと称する。) 旧ロボットを図1に示す。旧ロボットは、ロボットの演奏が人の演奏をサポートできるかどうかを調べる目的で製作されたものである。このため、当初旧ロボットに抱いていたイメージとはかけ離れた形状となり、またステージ演奏を念頭に作製されていないため種々の問題を含んでいた。

本論文では、旧ロボットの問題点を検討し、改良した新しいロボット(以下、新ロボットと称す。)について述べる。

2 問題点の検討

旧ロボットについて、音楽面と形状等について述べる。

2. 1 音楽面からの検討

出てくる音のピッチが不安定で悪く、特にピッチが下がる傾向にある。原因は、①鍵盤ハーモニカが安物であること、②送られる空圧の制御が不適当である、

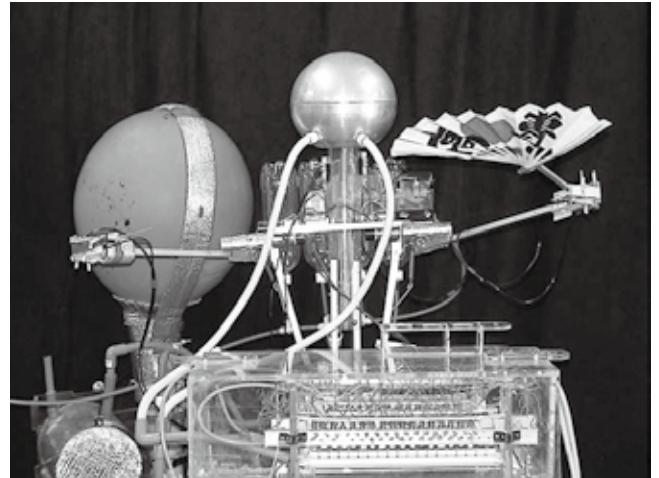


図1 旧ロボット

③リズムに合わせた動きができていないの3つと考えられる。①についてはピッチがしっかりとしたり高級な楽器購入で解決できる。②について、旧ロボットは風船で一定の空圧を得るよう作り上げられている。しかし風船は使用と共に、または温度とともに伸縮が均一でなく、破裂した場合、同じ型の風船でも同じ特性を得ることは困難である。そこで新ロボットにおいてはアコーディオンに使用されている紙製の蛇腹を縦に使用することにした。これにより空気量に影響されることなく常に同じ重さで蛇腹に圧を加えることが可能

[†]鹿児島工業高等専門学校 情報工学科

となる。③において、旧ロボットはリズムの動きに合わせて腕を振ることが可能であった。しかし一般的に奏者の動きは楽器を持ってリズムに合わせるためやや不自然な場合もあった。そこで新ロボットにおいては、楽器を持って、体を左右に振ることとした。

2. 2 形状面からの検討

旧ロボットの形状は特にロボットの姿をイメージして作製したものではない。このため人に対するアピール度が不足しているように感じられた。鍵盤ハーモニカを演奏するロボットの形状は、旧ロボットを作製する前から蜘蛛形を考えており、新ロボットは迷うことなく蜘蛛型とする。

3. 3 運用面からの検討

旧ロボットにおいては、鍵盤ハーモニカ部分が厚さ10mmのアクリルで覆われており、非常に重い。そのため運搬は一苦労であった。新ロボットにおいては、軽車両で運搬することを考え、分解でき、できるだけ軽量化を考える。

3 新ロボットの作製結果

作成した新ロボットにおいては、ピッチ等に関しほぼ満足すべき結果を得ている。軽量化においては、旧ロボットに比し軽くなっているが、脚の部分の動力が未完成であるため、最終的な結論には至っていない。

4 今後の課題

今後は出前講座のPRを本格化し、更にロボット数を増やしていく考えである。

回転円盤と担体を用いた有機物酸化・硝化・脱窒

西留 清¹ 水元 愛佳¹ 東 拓磨¹ 中原 広貴¹

カセサート大学工学部環境工学科 Narumol Vongthanasunthorn²

積水アクアシステム(株) 上田 明弘³ 黒住 悟³

Organic Oxidation, Nitrification and Denitrification Using RBC and Bio-carrier

Kiyoshi NISHIDOME, Aika MIZUMOTO, Takuma HIGASHI, Hiroki NAKAHARA,
Narumol Vongthanasunthorn, Akihiro UEDA and Satoru KUROZUMI

Bridging was reported as the cause of lower efficiency of BOD removal when a space between disks of the cubic latticed contactor is 10 mm and BOD concentration is higher than 300 mg/l. Objective of this study is to examine removal efficiency of organic matter and nitrogen by the cubic latticed contactor and the fluidized-bed carrier, respectively. Oxidation efficiency of organic matter was compared between a five-disk contactor with a space of 20 mm and a six-disk contactor with a space of 10 mm. Nitrification-denitrification by the fluidized-bed carrier was compared with an activated sludge system. It was found that the wider space between disks of the cubic latticed contactor (20 mm) increased the efficiency in organic removal as it could prevent bridging and promote oxygen transfer into biofilm. Nitrification rate of the fluidized-bed carrier was two times higher than that of the activated sludge system. The removal efficiency of NH₄-N of the carriers reached its maximum when NH₄-N loading was 900 g/m³/day and decreased drastically when NH₄-N concentration exceeded 50 mg/l. Using raw wastewater as a hydrogen donor, removal efficiency of NO₂-N and NO₃-N in the fluidized-bed carrier tank was about 50% while T-N removal efficiency of around 25% was achieved.

Keywords: Rotating biological contactor, Bio-carrier, Organic oxidation, Nitrification, denitrification

1 はじめに

1.1 研究の背景

昔から河川には浄化作用があることはわかっていた。この原理を応用し、人工的に微生物を増殖させ多量の汚水を浄化するプラントを設置し、運転し始めたのは、20世紀初頭である。その後、曝気方法の改良が進み、アメリカ合衆国を中心にして1940年代、50年代とつづつに改善された活性汚泥法が開発されるようになった。この結果、活性汚泥法による下水処理は、団地の小プラントから大都市の大処理場、または一部の産業廃水の処理など幅広く使用されるようになった¹⁾。我が国では1930年から活性汚泥法による処理が名古屋で開始され、現在も排水・汚水

の浄化手段として下水処理場、し尿処理場、浄化槽などで広く使用されている。

しかし、活性汚泥法では、当初の設計と比較し活性汚泥処理場へのBOD流入負荷量が設計値より高くなると、処理後の公共用水域への放流水水質基準値を達成できなくなる場合がある。また、生物学的脱窒処理において、アンモニアを硝酸に酸化する硝化細菌は、独立栄養細菌で成長が遅い。このため、活性汚泥だけで窒素を硝化・脱窒処理しようとすると、硝化細菌の保持のため、反応槽を十分大きくしなければならない²⁾。用地取得や処理槽の増設をすることでこの問題は解決できるが、多額の費用を必要とする。

このような問題の対策のひとつとして、生物を付着保持する担体を活性汚泥槽に投入する処理法や活性汚泥槽の前処理または後処理に回転円板槽を設けて処理を行う研究が行われてきた。

¹ 土木工学科

² カセサート大学工学部環境工学科

³ 積水アクアシステム(株)

1.2 研究の目的

このような背景のもと、これまでに筆者らが実験に用いた流動担体は、ソフトロンキューブと呼ばれるS社が開発した担体である。本担体を用いた有機物酸化・硝化・脱窒の回分実験や立体格子状回転円板による処理効率が報告されている^{3), 4), 5)}。そこで本研究は立体格子状回転円板(図1)と流動床担体を用いた生物学的有機物酸化・硝化・脱窒を連続流で行い、円板性能と硝化性能、脱窒性能を評価し、高度処理施設の実用化への一助とすることを目的とした。立体格子状回転円板実装置の円板間隔は10mmであり、円板槽内BOD濃度が300mg/l以上になると閉塞(ブリッジング、図2)の影響によりBOD除去量が低下すると報告されている³⁾。



図1 立体格子状回転円板

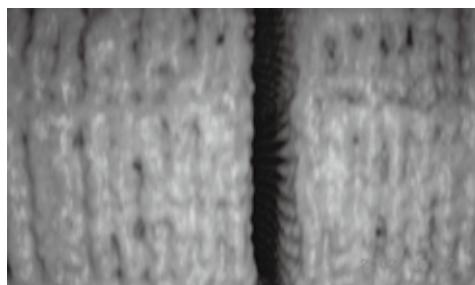


図2 ブリッジングした支持体

このため反応槽内の円板間隔を大きくした場合(円板5枚:円板間隔20mm)と従来型の場合(円板6枚:円板間隔10mm)の排水処理能についての有機物酸化実験を行い、その結果を比較し検討を加えた。

活性汚泥に担体(ソフトロンキューブ)を添加することにより排水処理能(有機物酸化・硝化速度)は高くなるが、連続流での処理性能の定量化が行われていない。そこで、システム1の実験では硝化槽を2槽に分け、それぞれ活性汚泥に担体を添加する槽(汚泥返送なし)と担体を添加しない槽(汚泥返送あり)とし、システム2の実験では硝化槽を2槽に分け、どちらも活性汚泥に担体を添加する槽(汚泥返送なし)として、排水処理能について硝化実験を行いその結果に検討を加えた。脱窒槽においては、担体添加と水素供与体として原排水を用いた脱窒性

能の回分実験による処理性能の確認は行っている⁵⁾。しかし、連続流による反応槽内の担体浮上問題と脱窒性能の定量化が行われていない。そこで、担体添加(汚泥返送なし、反応槽攪拌)による排水処理能について脱窒実験を行い、その結果に検討を加えた。

3 実験装置と実験方法

生物学的有機物酸化・硝化・脱窒を行うため、実験装置は主に有機物酸化を行う回転円板槽、主に硝化を行う担体を添加した槽(担体添加槽)と担体を添加しない槽(担体無添加槽)、担体を添加した脱窒槽を用いた。担体の諸元を表1に示す。硝化槽・脱窒槽の緒元を表2に示す。立体格子状回転円板装置を図5に、緒元を表3に示す。

表1 担体(ソフトロンキューブ)諸元

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

表2 硝化・脱窒槽実験装置諸元

	担体槽	脱窒槽
容積	26300cm ³	56000cm ³
担体添加率	容積の 20% (5260cm ³)	容積の 15% (8400cm ³)
攪拌方法	エアーポンプを使用	水中ポンプ使用

表3 立体格子状回転円板実験装置諸元

	円板6枚	円板5枚
円板槽容積(1槽)	8.12L	8.12L
円板材質	ポリプロピレン	ポリプロピレン
円板枚数	6枚	5枚
円板間隔	10mm	20mm
円板投影面積	0.848m ²	0.707m ²
突起直径	4mm	4mm
突起長さ	5mm	5mm
格子形状	一辺14mmの正方形	一辺14mmの正方形
格子空間	10mmの正方形	10mm正方形
円板直径	0.3m	0.3m
円板体長さ	7.8cm	10.5cm
円板体容積(1槽)	0.00551m ³	0.00742m ³
円板槽形式	直列2槽	直列2槽

本研究は回転円板槽の円板に立体格子状回転円板を使用している。立体格子状回転円板は、運転時表面積が大きい、突起物構造物により酸素供給量が高い、接触効率がいいなどの特徴がある¹⁾。また本装置は5槽に分割されている。中心槽を流入原水槽と

として用い、右槽が円板5枚（円板間隔20mm）の2槽、左槽が円板6枚（円板間隔10mm）の2槽として用いた。円板5枚の2槽目処理水を担体添加槽に流入させ、6枚の2槽目処理水を担体無添加槽に流入

させた。流入原水は、し尿を主体とする鹿児島高専校内排水を用いた。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。

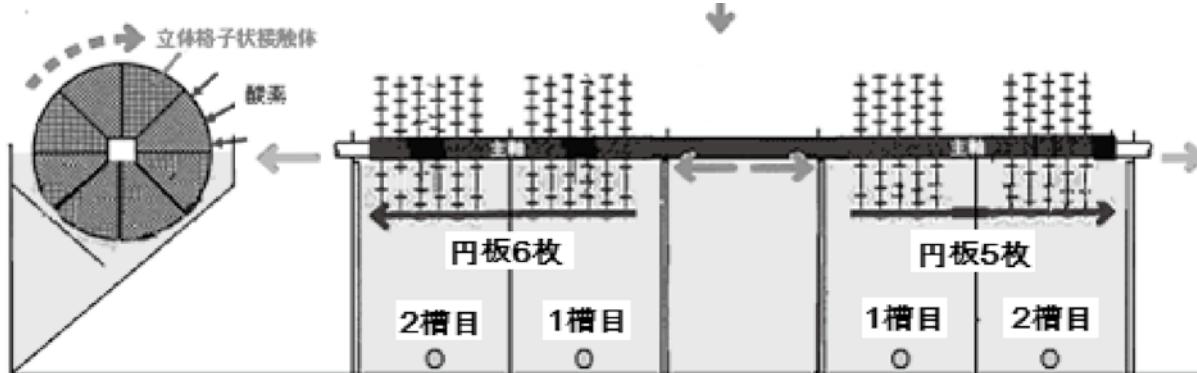


図5 立体格子状回転円板実験装置³⁾

3.1 実験装置(システム1)

硝化槽には担体を容積の20%添加した槽と担体無添加槽の2つを用意し、それぞれエアーポンプで曝気を行った。流入水は回転円板槽である程度有機物が処理された処理水を使用し、担体無添加槽には円板6枚槽の、担体添加槽には円板5枚槽の処理水をそれぞれ流入させた。担体を添加した硝化槽流出水は脱窒槽に流入させ、担体無添加槽からは返送汚泥槽（汚泥沈殿槽）に流入させ、通常の活性汚泥法とした。また、返送汚泥量は流入水と等量（返送率100%）とした。脱窒槽には担体を容積の15%添加した。脱窒槽内の攪拌が弱いと、担体が上部に浮き、強すぎると担体に生物が付着しなかつたため、ポンプ水量の調節により攪拌を行った。攪拌に伴う大気中のDO流入を防ぐために、表面を発泡スチロールで覆った。また、水素供与体として排水中の原水を添加した。本実験の原水流入水量は、回分式で行

った脱窒の実験⁵⁾から経験的に脱窒槽流入水量の約25%とした。実験装置(システム1)の全体図を図6に示す。

3.2 実験装置(システム2)

2009年9月より実験装置を一部変更して実験を行った。担体無添加槽と返送汚泥槽（汚泥沈殿槽）を取り外し、硝化槽には担体を容積の20%添加した槽を2つ用意し、担体槽1、担体槽2としてそれぞれ曝気を行った。また、原水にグルコースを添加することにより流入BOD面積負荷量を平均350(g/日/m²)と高負荷で運転を行った。硝化槽の流入水は回転円板槽の円板6枚槽である程度有機物が処理された処理水を流入させ、流出水は担体槽1から担体槽2へ、担体槽2から脱窒槽へ流出させた。脱窒槽の造りはシステム1と同じである。実験装置(システム2)の全体図を図7に示す

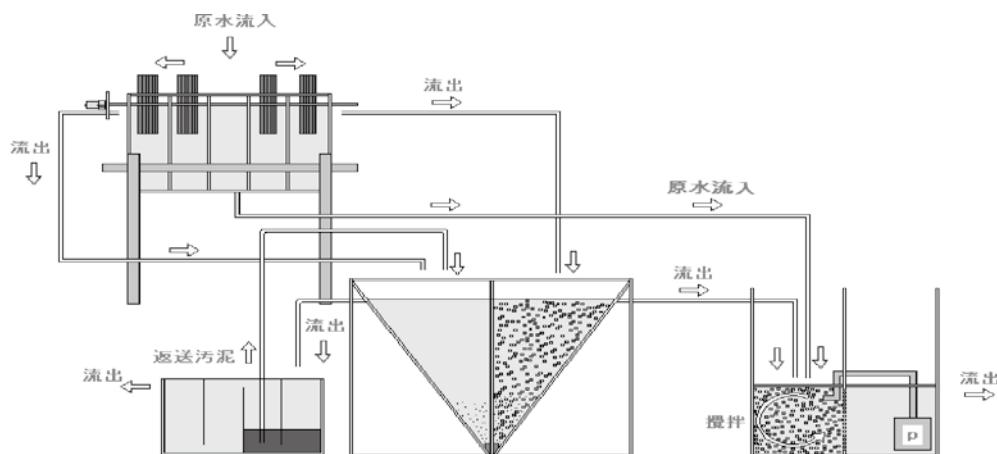


図6 実験装置(システム1)の全体図

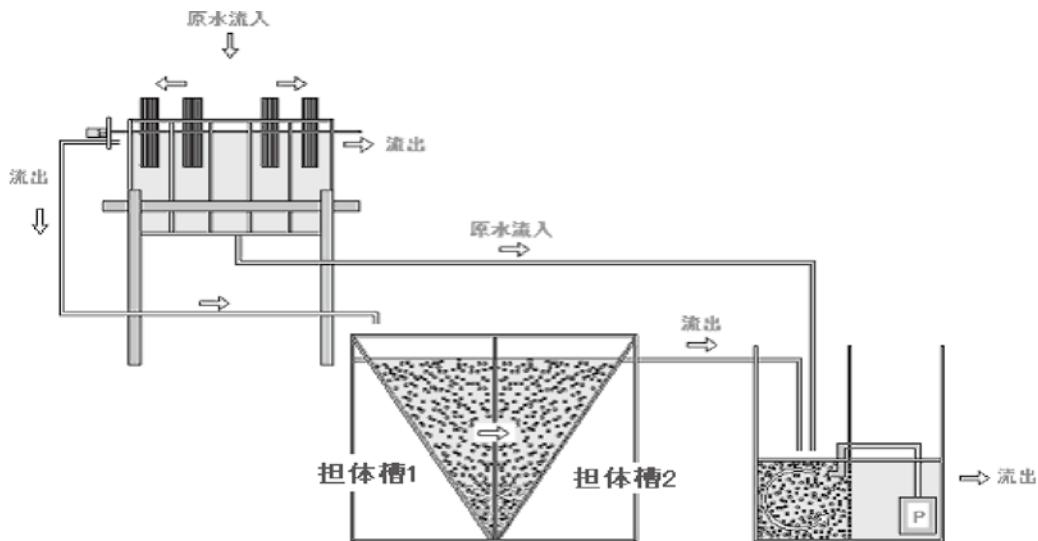


図7 実験装置(システム2)の全体図

4 実験結果

4.1 回転円板法による有機物酸化

4.1.1 システム1における有機物酸化

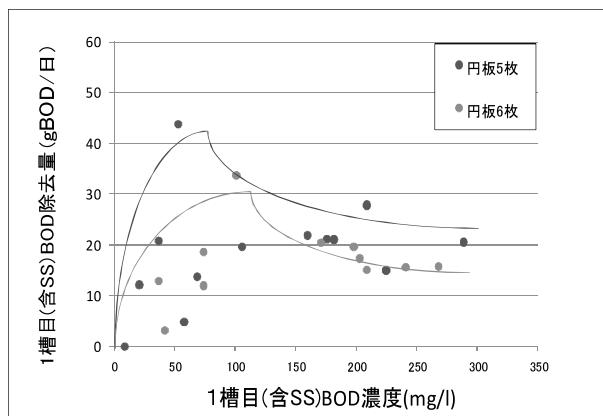


図8 円板1槽(含SS)によるBOD除去量

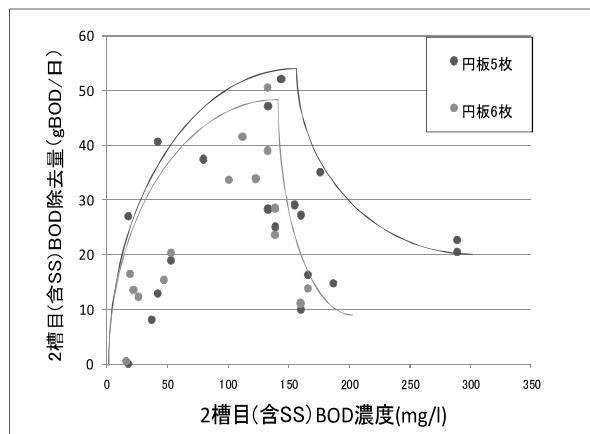


図9 円板2槽(含SS)によるBOD除去量

回転円板槽における有機物酸化実験を行い、図9にSS成分を含んだ円板1槽BOD濃度と円板1槽BOD除去量(流入水量×(円板1槽目流入BOD濃度-円板1槽目流出BOD濃度))との関係を示す。同様に図9に2槽目によるBOD除去量(流入水量×(円板1槽目流入BOD濃度-円板2槽目流出BOD濃度))を示す。図11と図12には、SS成分を含まない(ろ液)BOD濃度と円板1槽、2槽によるBOD除去量を示す。また、それぞれの図中に最適条件でのBOD濃度に対するBOD除去量の線(青線:円板5枚、赤線:円板6枚)を示す。反応槽BOD濃度が高くなると円板枚数の少ない5枚のほうが最大BOD除去量は高い。このことは、円板6枚は円板間隔(円板面と円板面が10mm)が小さく、円板間が生物膜で閉塞(ブリッジング)し、酸素供給能が低くなり(生物膜へ溶存酸素が充分供給されなかった)、BOD除去量が低下したものと考えられる。一方、円板5枚は円板間隔(円

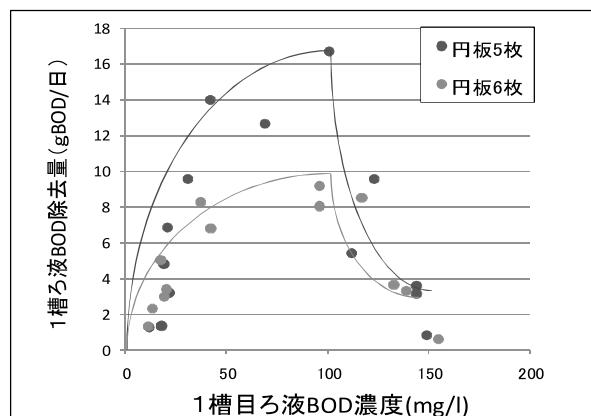


図10 円板1槽(ろ液)によるBOD除去量

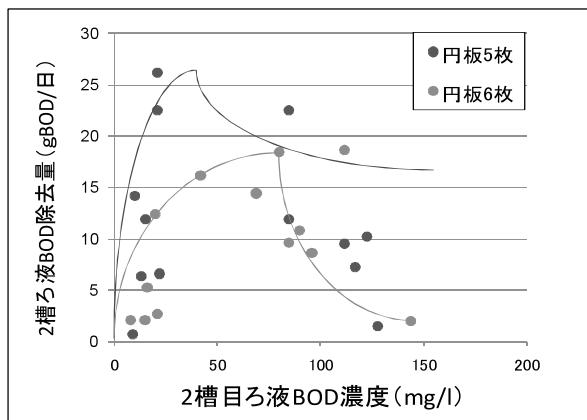


図 11 円板 2 槽(ろ液)による BOD 除去量

板面と円板面が 20mm) が大きいため、円板間が生物膜で閉塞されず、生物膜への溶存酸素が充分供給され、BOD 除去量が高くなったものと考えられる。平板を用いた一般的な回転円板の間隔は 10~40mm であり、平均 20mm である⁷⁾。本研究に用いた実装置は、10mm に設定されており、高負荷運転を行う場合、円板間隔を大きくする必要があるものと思われる。

4.1.2 システム 2 における有機物酸化

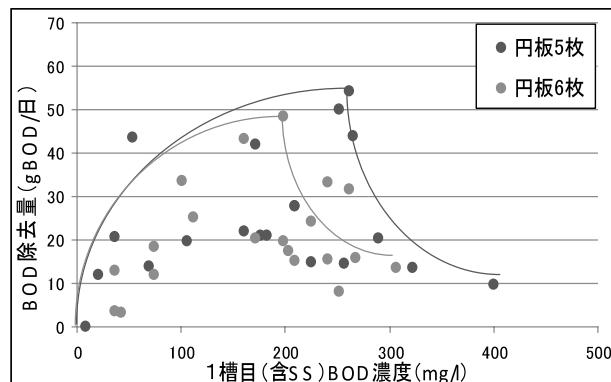


図 12 円板 1 槽(含 SS)による BOD 除去量

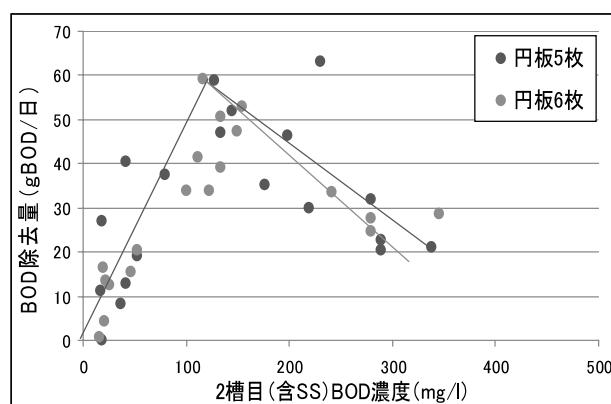


図 13 円板 2 槽(含 SS)による BOD 除去量

図 12 に SS 成分を含んだ円板 1 槽 BOD 濃度と円板 1 槽 BOD 除去量の関係を示す。同様に図 13 に 2 槽目による BOD 除去量を示す。高負荷運転を行っているシステム 2 とシステム 1 の 1 槽目を比較すると、システム 1 は円板 5 枚と 6 枚でそれぞれ BOD 濃度が 80mg/1, 110mg/1 をピークに減少したが、システム 2 では BOD 濃度が 300, 200mg/1 付近で除去量が最大となり、それ以降の濃度で除去量は減少した。いずれも、円板 5 枚のほうが BOD 濃度が高い領域でも除去量が高いことが分かる。2 槽目では、円板 5 枚と 6 枚とも液本体 BOD 濃度が約 120mg/1 付近で BOD 除去量はいずれも最大となり、さほど変わらない。

図 14 と図 15 には、SS 成分を含まない(ろ液) BOD 濃度と円板 1 槽、2 槽による BOD 除去量の関係を示す。1 槽目の円板 5 枚と 6 枚を比較すると、液本体 BOD 濃度が約 50mg/1 付近で BOD 除去量はいずれも最大となるが、円板枚数の少ない円板 5 枚の方が BOD 除去量が高く、BOD 除去量はシステム 1 の約 2.5 倍になった。2 槽目は円板 5 枚と 6 枚とも液本体 BOD 濃度が約 25mg/1 付近で BOD 除去量はいずれも最大となり、さほど変わらない。円板 1 槽目で円板 5 枚が円板 6 枚よりも BOD 除去量が高いということは、円板間隔を大きくすることで、支持体間が生物膜で閉塞せず生物膜内への酸素供給能が高くなるためと思われる。円板 2 槽目で BOD 除去量がさほど変わらないということは、円板間隔の小さい円板 6 枚の 2 槽目は支持体間が生物膜で閉塞せず生物膜内への酸素供給能が高くなつたためと思われる。

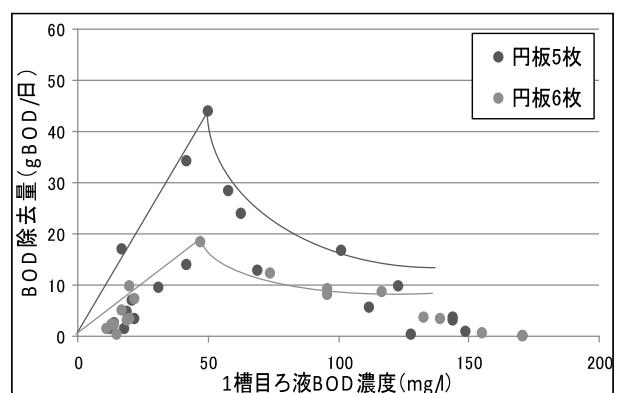


図 14 円板 1 槽(ろ液)による BOD 除去量

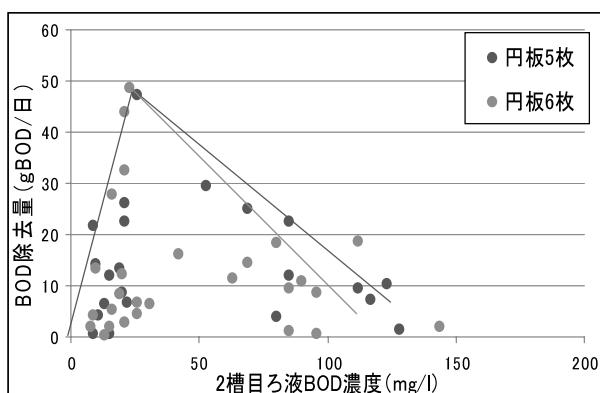


図 15 円板 2 槽(ろ液)による BOD 除去量

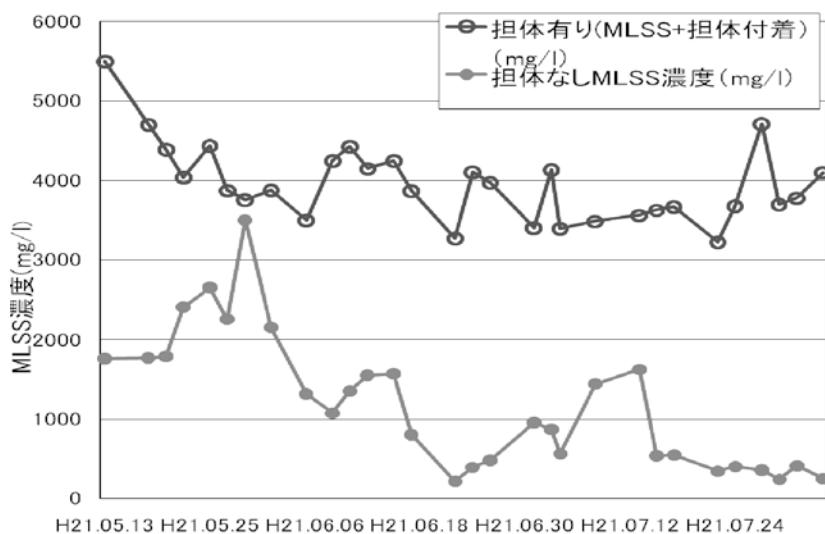


図 16 担体添加槽と担体無添加槽による硝化特性

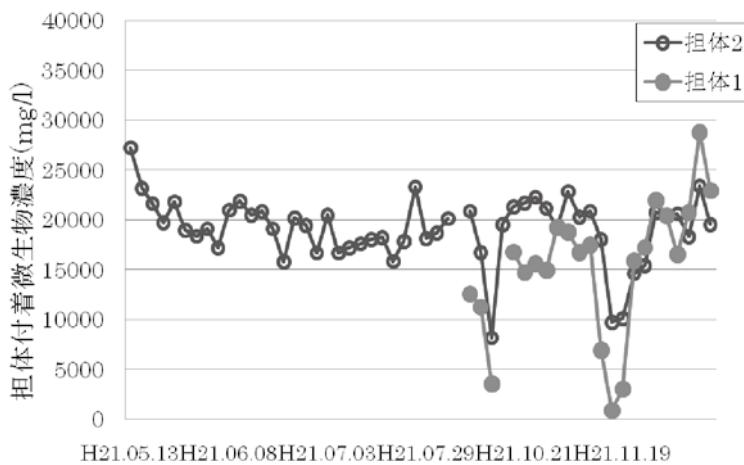


図 17 硝化槽担体付着微生物濃度

4.2 担体法による硝化

図 16 はシステム 1 における担体付着生物を MLSS 濃度に換算した場合の担体槽の MLSS 濃度と、担体無添加槽の MLSS 濃度を示している。換算した担体槽 MLSS 濃度は 3500–5500mg/l(平均 4000mg/l)となり、担体無添加槽の MLSS 濃度は 200–3500mg/l(平均 1200mg/l)と比較して、高濃度である。図 17 に担体付着微生物濃度の変化を示す。担体 1 は 2009 年 9 月から馴養開始し、担体 2 は 2009 年 4 月より馴養を開始した。平均濃度が担体 1 は 18,000 (mg/l)、担体 2 が 18,500 (mg/l) と高濃度に付着していることがわかる。

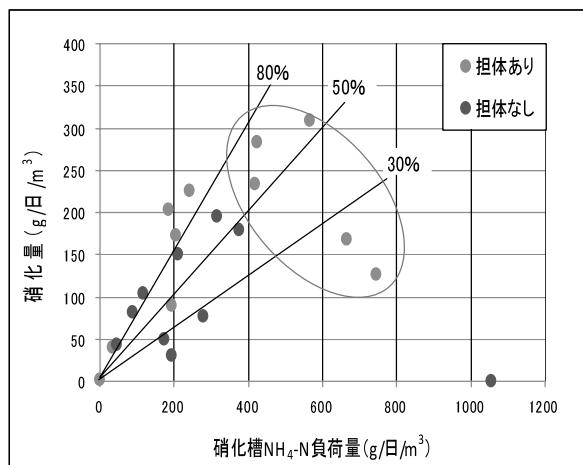


図18 アンモニア負荷量と硝化量（システム1）

図18はシステム1の担体添加槽と担体無添加槽における、単位容積あたりのNH₄-N負荷量と単位容積あたりの硝化量を示している。担体を添加することによりNH₄-N負荷量が高い領域で、さらに硝化量が高くなることがわかる。単位容積当たりの硝化量は以下のようにして求めた。

(担体槽内の硝酸体窒素濃度-担体槽流入硝酸体窒素濃度)*流入水量/担体槽容積

また、単位汚泥量あたりの硝化量は、担体添加槽が平均0.05(NO₂-N+NO₃-N)g/MLSSg/日となり、担体無添加槽が平均0.09(NO₂-N+NO₃-N)g/MLSSg/日となり担体無添加槽が担体添加槽より高い値となった。な

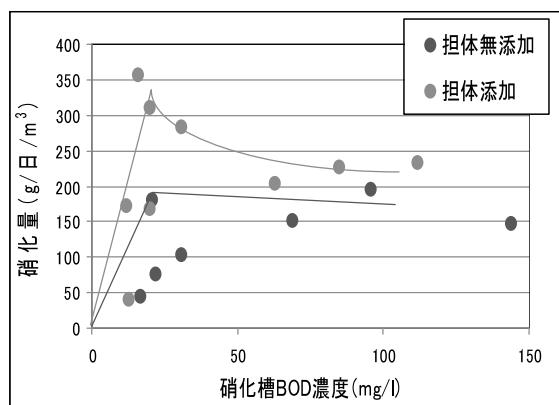


図20 硝化槽BOD濃度に対する硝化量（システム1）

図20は担体添加槽と担体無添加槽における、BOD濃度に対する単位容積あたりの硝化量を示している。反応槽のBOD濃度が約20mg/lで硝化量が最大となり、担体を添加することにより最適条件での単位反応槽容積当たりの硝化量は担体無添加槽の約2倍となる。反応槽のBOD濃度が約20mg/l以上になると、増殖速

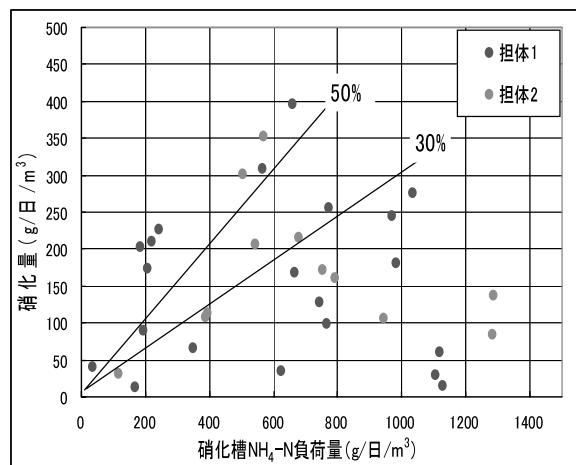


図19 アンモニア負荷量と硝化量（システム2）

お、単位汚泥量あたりの硝化量は、平均硝化量を平均MLSS濃度で除した値である。図19はシステム2におけるNH₄-N負荷量と単位容積あたりの硝化量を示している。担体槽1、2ともにNH₄-N負荷量が600g/日/m³で硝化量が最大となるが、負荷量がさらに高い領域でも硝化は起こっている。単位汚泥量あたりの硝化量は、担体槽1が平均0.03(NO₂-N+NO₃-N)g/MLSSg/日となり、担体槽2が平均で、0.05(NO₂-N+NO₃-N)g/MLSSg/日となった。また、担体1槽目のみの硝化率は24%、2槽目も合わせると硝化率は54%となり、2槽目でさらに硝化が生じていることがわかる。

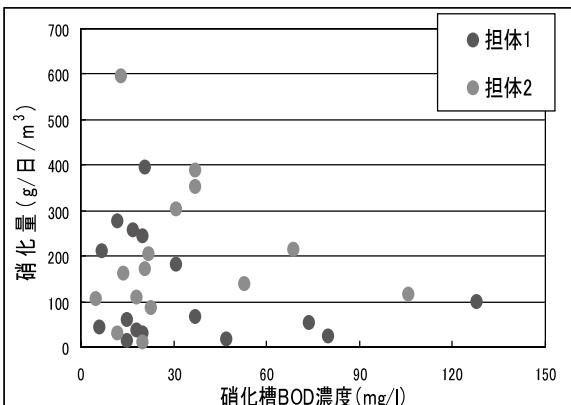


図21 硝化槽BOD濃度に対する硝化量（システム2）

度の速い有機物除去の生物種の反応が優占するものと思われ、硝化量は低下している。図21は、システム2における硝化槽担体1槽と2槽のBOD濃度に対する硝化量を表している。システム1と同様にBOD濃度が20mg/l付近で硝化量が最大となり、BOD濃度が高い領域では硝化量が減少する傾向にある。

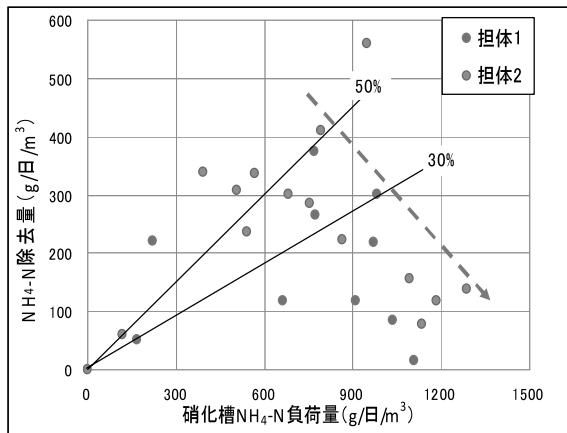


図22 アンモニア負荷量と硝化量
(システム2)

図22は、システム2による担体添加1槽目と2槽目のNH₄-N除去量と負荷量との関係である。NH₄-N負荷量を徐々に上げて900g/日/m³でNH₄-N除去量は最大となった。負荷量が900g/日/m³以上になると液本体の硝酸体もNO₂-N濃度が高くなり、NH₄-N除去量は低下した。図23はシステム2による担体添加1槽目と2槽目のNH₄-N除去量と液本体BOD濃度との関係である。BOD濃度が高い領域での測定が困難

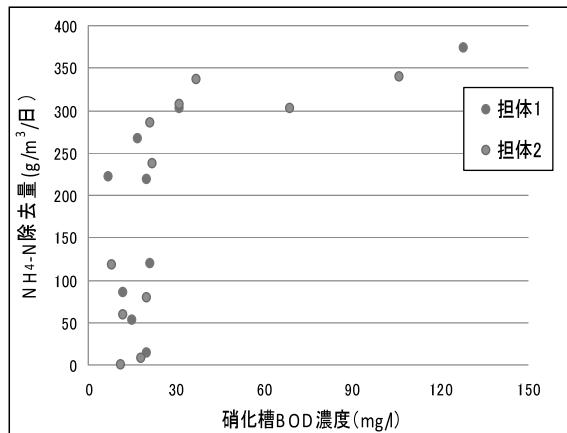


図23 BOD濃度に対するNH₄-N除去量
(システム2)

であったが、液本体BOD濃度が約40mg/lでNH₄-N除去量は最大となり、担体1,2槽目とも同程度のNH₄-N除去量が得られた。図24はシステム2による担体添加1槽目と液本体NH₄-N濃度との関係である。液本体NH₄-N濃度が約20mg/l以上でNH₄-N除去量は低下した。図25はシステム2による担体添加2槽目と液本体NH₄-N濃度との関係である。液本体NH₄-N濃度が約50mg/l以上でNH₄-N除去量は急激に低下した。

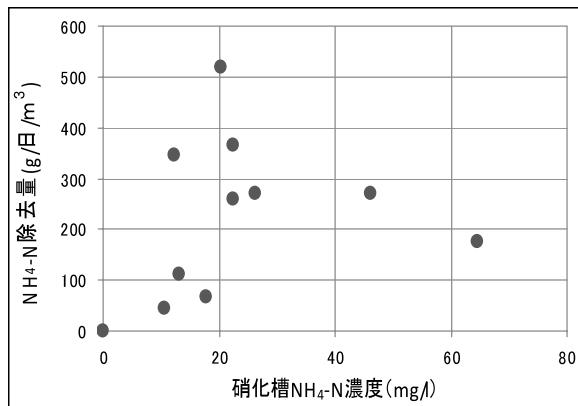


図24 液本体NH₄-N濃度と除去量の関係
(システム2 硝化槽1槽目)

4.3 担体法による脱窒

図26は、脱窒槽における担体付着微生物濃度とSS濃度の関係である。実験を開始して1ヶ月余りで担体付着菌濃度は1000~7000mg/lまで徐々に増加し、平均10000mg/lまで増加している。脱窒槽流出SS濃度は負荷量を高くしているので平均275mg/lとシステム1での平均60mg/lと比較してやや高めだが、担体付着微生物濃度を脱窒槽SS濃度に換算した場合のSS濃度は平均1500mg/lとなった。図27に硝酸

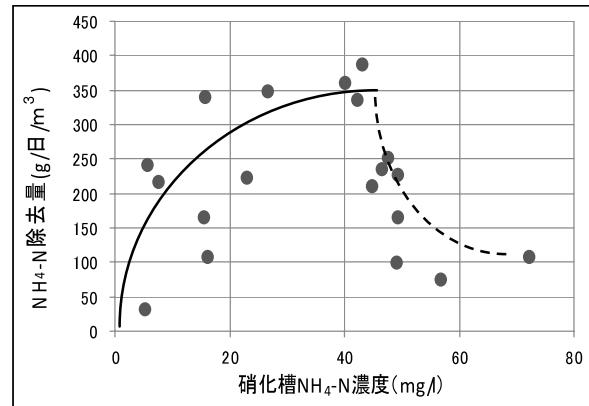


図25 液本体NH₄-N濃度と除去量の関係
(システム1,2 硝化槽2槽目)

体(NO₂-N+NO₃-N)の除去量と負荷量との関係を示す。水素供与体として原水を用いていたため安定した脱窒は得られないが、平均して50%は脱窒されている。単位汚泥量あたりの脱窒量は、最高で0.13 (NO₂-N+NO₃-N) g/MLSSg/日となった。図28脱窒槽におけるT-N除去量と負荷量との関係である。硝化槽からのT-Nに加え水素供与体として原水を脱窒槽に添加しているため、高いT-N濃度が添加されT-N負荷量は高くなるが、T-N除去率は約20%が得られている。

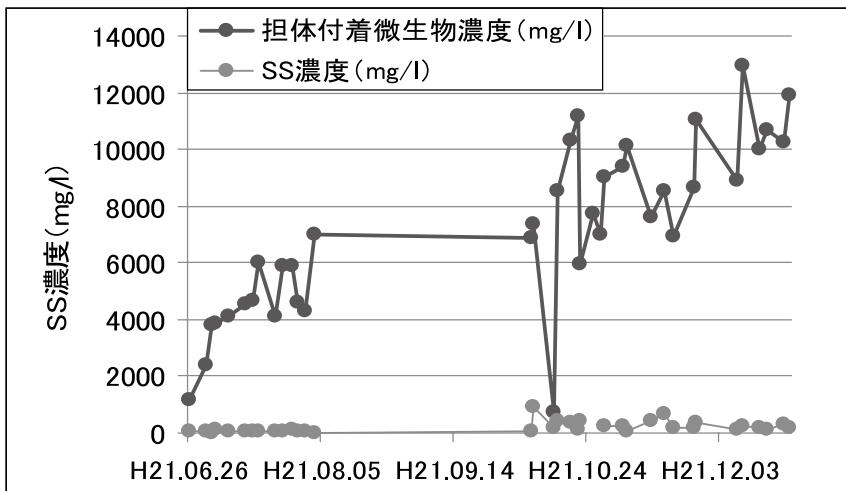


図26 脱窒槽担体付着菌濃度とSS濃度

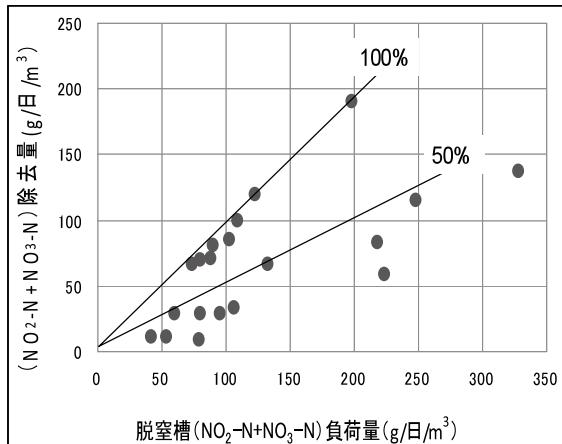


図27 担体添加による脱窒特性

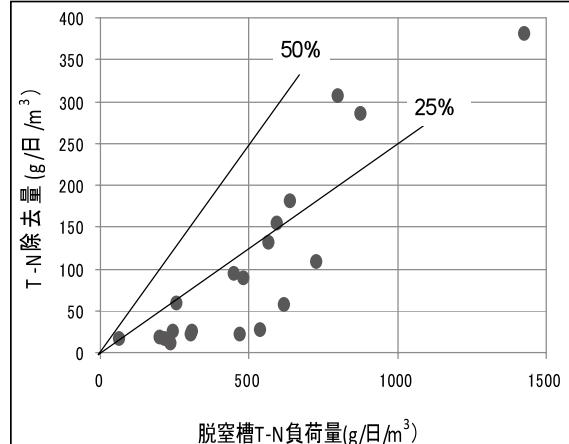


図28 T-N 負荷量による T-N 除去量

第5章 総括

5.1 結論

本研究は回転円板と担体を用いて、有機物酸化・硝化・脱窒を行った。本研究の結論を以下に要約する。

- ① 立体格子状回転円板の円板間隔を広く(20mm)するとBOD負荷量が高い領域でも閉塞が生じ難くなり、従来の円板間隔(10mm)の円板体より反応槽BOD濃度が高い領域、低い領域ともBOD除去量が増大する。また、高負荷運転時も同様の結果が得られる。
- ② システム1における硝化槽担体付着菌濃度は16000–27000mg/l(平均20000mg/l)と安定しており、流出MLSS濃度は10–130mg/l(平均70mg/l)と低濃度である。担体無添加(活性汚泥のみ)硝化槽のMLSS濃度は200–3500mg/l(平均1200mg/l)と不安定である。システム2における

担体槽担体付着菌濃度は担体槽1が平均18000mg/l、担体槽2が18500mg/lと高濃度に付着している。また、流出MLSS濃度はそれぞれ平均170mg/lと190mg/lとなり、低濃度である。

- ③ システム1における担体付着生物量を硝化槽MLSSに換算した濃度は3500–5500mg/l(平均4000mg/l)と高濃度である。システム2における担体付着生物量を硝化槽MLSSに換算した濃度は平均で担体槽1が3700mg/l、担体槽2が3800mg/lと高濃度である。
- ④ 担体を添加すると硝化槽アンモニア負荷量が高い領域でも硝化が生じる。
- ⑤ 最適条件化下では、反応槽のBOD濃度が約20mg/lで硝化量が最大となり、担体を添加すると単位反応槽容積当たりの硝化量は担体無添加槽の約2倍となる。
- ⑥ 主に硝化が生じている担体槽ではNH₄-N負荷量

900g/日/m³でNH₄-N除去量は最大(除去率50%)となり、それ以上になるとNH₄-N除去量は低下する。

- ⑦ 液本体NH₄-N濃度が約50mg/l以上でNH₄-N除去量は急激に低下する。
- ⑧ 原排水を水素供与体として用いた脱窒槽担体付着菌濃度は10000mg/l付近で安定し、担体付着微生物濃度を脱窒槽SS濃度に換算した場合のSS濃度は平均1500mg/lとなった。脱窒槽流出SS濃度は30-140mg/l(平均60mg/l)と低濃度である。システム2での脱窒槽流出SS濃度は平均275mg/lとやや高めの値であったので、高負荷運転を行う場合は余剰有機物酸化槽と最終沈殿池を設ける必要がある。
- ⑨ 水素供与体として原水を用いた担体添加槽ではNO₂-N+NO₃-Nの脱窒率は約50%となる。
- ⑩ 水素供与体として原水を脱窒槽に添加すると高いT-N濃度が添加され、T-N負荷量は高くなるが、T-N除去量は20%得られる。

5.2 今後の研究課題

今回の実験結果をふまえて、今後行う予定である研究を以下に示す。

- ① 一般的に回転円板法の設計は単位円板面積当たりの基質(BOD、アンモニア等)除去量で表される。立体格子状回転円板は単位円板体積(一枚の円板面積×円板体の長さ)当たりの基質(BOD、アンモニア等)除去量で評価すると、活性汚泥法や円板間隔が異なる場合の評価が可能となる。今後、円板間隔を数種変化させ、単位円板体積当たりの基質除去量を求める予定である。
- ② 脱窒に原水中の水素供与体(有機物)を用いると、初槽の有機物酸化槽の容積が小さくなり、図29の例に示すように担体を活性汚泥槽に添加することにより、有機物酸化・硝化・脱窒の合理的設計法(施設)が可能になるものと思われる。

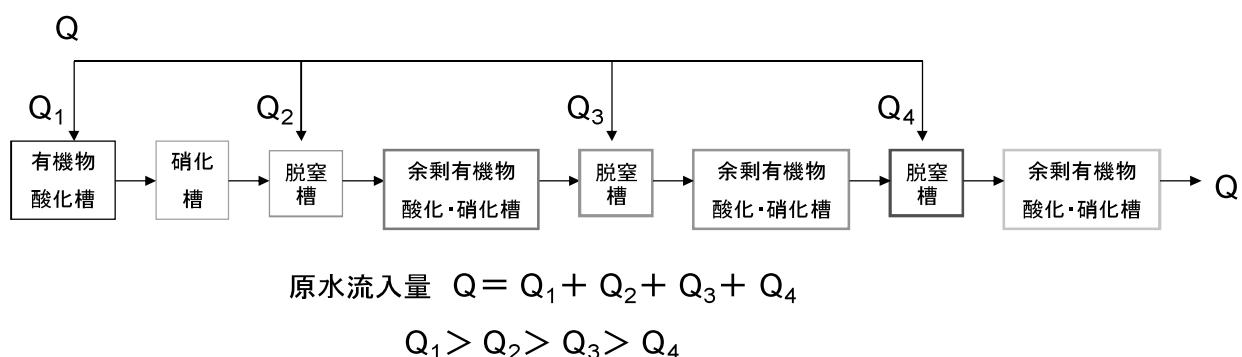


図29 担体法による有機物酸化・硝化・脱窒システム

謝辞

本論文は、積水アクアシステムとの共同研究で平成21年度鹿児島高専土木工学科の環境衛生工学研究室の本科の5年次から専攻科2年次生が行った研究成果をまとめたものである。ここに深謝します。

参考文献

- 1) 西留清、竹之内孝嗣他：多機能性立体格子状回転円板による廃水処理、平成18年度社団法人日本水環境学会九州支部研究発表会、講演概要集 pp. 21~22 (2006)
- 2) 中原広貴、西留清他：ソフトロンキューブ(担体)を用いた有機物酸化と硝化、平成19年度社団法人日本水環境学会九州支部

研究発表会、講演概要集 pp. 21~22

(2008)

- 4) 中原広貴、西留清他：担体を用いた硝化・脱窒、平成20年度社団法人日本水環境学会九州支部研究発表会、講演概要集 pp. 49~50 (2009)
- 5) 松本順一郎：水環境工学 pp. 145~146 (1994)
- 6) 西留清：回転円板法の浄化機構の解明とその効率化に関する研究、佐賀大学大学院工学系研究科システム生産科学専攻学術論文、pp. 6、10~12、17 (1998)
- 7) 老江邦雄・芦立徳厚：衛生工学演習、pp. 213 (1992)

他機関研究員を受け入れたことによる学生の 研究・学習意欲の向上

山内 正仁^{*1} 内田 一平^{*1} 山田 真義^{*1}

Improvement of Motivation of the 5th Year Students and Advanced Course Students under the
Influence of Researcher of Another Organization

Masahito YAMAUCHI, Ippei UCHIDA and Masayoshi YAMADA

The purpose of this paper is to describe the influence of graduate students from other university on fifth-year and advanced course students' motivation. The authors have accepted students of the doctoral program at Nagaoka University of Technology. They stayed at Kagoshima National College of Technology for some time and conducted research with our students. Meanwhile, our students watched the graduate students conduct experiments by themselves, check literature eagerly and study for qualification tests.

As a result, our students were motivated to study and do research on their own and achieved some goals. For example, some of the students passed both the first-step test for professional engineer and the test for pollution prevention management. Moreover, their respect for the graduate students enabled them to grow up both socially and humanly.

KEYWORDS : exchange among organizations, regionality of research, education and research activity support

1. はじめに

高等専門学校(以下 高専)は、我が国の高度経済成長を背景として、産業界からの強い要望に応えるべく、実践的技術者の要請を目指し、中学校卒業者を入学対象とした5年制の高等教育機関として昭和37年設置の12校を先頭に全国的に設置された¹⁾。その設置目的は、学校教育法第70条の2に記載されているように、「深く専門の学芸を教授し、職業に必要な能力を育成すること」である。つまり、産業界において即戦力となりうる実践的能力を育成することに重点をおいた教育がなされてきた²⁾。

しかしながら、バブル経済期以降の社会的な背景の変化に対応して社会・産業界は、単なる実戦的技術者のみならず、「優れた研究開発能力を備えた技術者」、「学際的かつ複合的な視点から国際的な場で活躍できる技術者」の育成を高専に対して必要としているように窺われる。

のことから、教員の博士号取得が推奨され、多

くの高専では専攻科が設置されるに至る。さらに、平成14年以降には、工学系の高等教育機関の教育プログラムに対して国際水準を満たしていることを認定する「日本技術者教育認定制度(JABEE)」を受審し、教育プログラム認定を受ける高専・専攻科が多くなった。すなわち、高専も大学に相当する教育・研究活動が必要とされるようになったということである。特に専門教育においては、専門の基礎を教授するだけでなく、日々進歩している最新技術や地域性を取り入れた研究（本科の卒業研究、専攻科の特別研究）も要求される。

また、数年前より高専・技科大建設系教員交流集会では、高専教員にも修士課程学生の指導資格の取得とそれに伴う修士論文作成を出身高専で行うということについて議論がなされており、高専・技科大間の教育・研究連携の形が模索され、①技科大による高専への出前授業の実施、②高専と技科大間の共同研究に関する研究助成金の設置・拡充、③高専-技科大間の教員交流が実施されている。高専および技科

*1 鹿児島工業高等専門学校都市環境デザイン工学科 (Dept. of Urban Environmental Design and Engineering, Kagoshima National College of Technology)

〒899-5193 鹿児島県霧島市隼人町真孝 1460-1 E-mail : yamauti@kagoshima-ct.ac.jp

大の独立行政法人化により、高専と技科大の関係は他教育機関ではあるものの、技科大の設置経緯から考えると高専との連携は強化されると考えられる。

そのような中、筆者(山内)の研究室(以下 当研究室)では、平成 14 年 7 月に経済産業省の地域新生コンソーシアム研究開発事業に採択されたことを機に、他機関研究員が常駐し、本校の卒業研究生(本科 5 年生、以下 卒研生)および特別研究生(専攻科生)とともに研究を行った。

本論は、”高専内に他機関研究員が常駐する”という、これまでにない環境の下で、学生たちが研究及び資格試験に対して、姿勢を大きく変えていった点に注目し、その状況を報告する。

2. 研究員の受け入れと教育・研究への参画

当研究室では、表 1 に示すように平成 14 年 12 月から平成 21 年 3 月までの 8 年間に 4 名の他機関研究員を迎えてきた。この期間、当研究室には 1 名以上の他機関研究員が常駐している。最初の受け入れとなった A は、長岡技術科学大学大学院修士 1 年生である。次の B は、長岡技術科学大学の大学院博士後期課程の学生であり、鹿児島県特有の研究テーマで博士論文を執筆していた。3 人目の C および 4 人目の D は、長岡技術科学大学の COE 研究員および長岡技術科学大学出身の企業研究員である。それぞれ、当研究室の地域性を生かした研究テーマに関連した研究を行った。

他機関研究員は、それぞれ着任当初より卒研生や専攻科生と同室にて席を並べ(図 1)、日々の研究活動や論文作成を行った。また、他機関研究員は、研究活動の合間の時間を活用して資格試験対策や国内外の文献読み込みなど自己を磨くために活動を行っていた。加えて、他機関研究員は研究室のゼミにも卒研生・専攻科生と共に参加し、学習内容の高度化や活発な討議を行った。また、研究発表などの学会活動時には各自が所属する研究機関の方と卒研生・専攻科生を引き合わせ、学会中の行動を共にし、情報交換まで発展させている。なお、この活動は学会終了後も継続している。

表 1 各他機関研究員の常駐期間

	H14度	H15度	H16度	H17度	H18度	H19度	H20度
A (修士課程)		▲					
B (博士課程)			↔		↔		
C (COE研究員)				↔		↔	
D (企業研究員)					↔		↔



図 1 研究室(解析室)風景

3. 研究設備の充実

学生の学習意欲、特に卒業研究に対する意欲の向上のため、筆者らは施設・設備面での教育研究環境の整備を行った。

平成 12 年以前の当研究室には、大学および大学院で扱うような精度の高い分析機器類は設置されていなかった。そのため、筆者らは比較的近隣にある県の工業技術センターを始めとした研究施設や近辺の大学に足を運び、研究活動を行っていた。しかし、他機関に対する分析機器使用申請手続きや日程調整、また外部施設への移動時間など、研究費の出費および研究時間の拘束が大きな悩みであった。

また、本校では平成 12 年度に専攻科が設置されたことを機に、筆者は「学生に高度な教育・研究を教授するためには、研究室を整備する必要がある。そのためには、教員が努力をし、外部資金獲得へ積極的に行動を起こすことが必須」と考え、特別研究の実施環境を整備すべく、外部資金獲得を軸として実

験設備の充実を図っていった。

その後も、十分な研究指導体制がとれる研究環境を作りだすために、大型の外部資金獲得や民間企業との共同研究を繰り返し行うことに努め、実験室内の機器整備に力を注いだ。その結果、表2に示すような外部資金等から得た分析機器を設置するに至った。現在では、比較的充実した研究環境の中で研究活動がスムーズに進められている。

表2 研究室の設備一覧

導入年度	施設・設備名	購入資金 ^{※3}
平成12年	エバポレーター	①
平成12年	凍結乾燥器	②
平成13、17年	電子天秤	③、⑤
平成13、19年	イオンクロマトグラフィー	②、③
平成13年	原子吸光光度計	③
平成13年	分光光度計	③
平成14、17年	冷凍庫	④、⑤
平成14、19年	ガスクロマトグラフ	②
平成14年	105℃乾燥器	④
平成14年	全窒素・全炭素計測装置	④
平成14年	高速冷却遠心器	④
平成14年	大型電気マッフル炉	④
平成14年	プレハブ冷蔵庫	④
平成14年	多項目迅速水質土壌分析DR4000	④
平成14年	ウォーターバス	②
平成15年	インキュベータ	①
平成15、19年	電子水分計ザルトリウス	④、⑧
平成15、19年	pH・EC計	①、⑧
平成17年	発生室	⑥
平成18年	培養室	⑦
平成20年	アミノ酸分析装置	⑨
平成20年	位相差生物顕微鏡	⑨

※3 ①:科学研究費補助金

②:共同研究

③:即効産業技術研究助成(NEDO)

④:地域新生コンソーシアム研究開発事業(経済産業省)

⑤:研究開発委託授業費((財)九州産業技術センター)

⑥:研究開発助成事業((財)鹿児島産業支援センター)

⑦:鹿児島県産業廃棄物排出抑制・リサイクル等促進事業費

⑧:地域資源活用型研究開発事業(経済産業省)

⑨:廃棄物処理等科学研究費補助金(環境省)

前述した研究設備の充実に伴い、当研究室の研究成果も蓄積され、更なる研究活動へ発展させることができた。

4. 他機関研究員常駐がもたらす効果

4-1. 他機関研究員常駐以前の学生と教員の関係

他機関研究員が常駐する以前、卒研生・専攻科生にとって卒業研究・特別研究は単にカリキュラム上の1科目であり、時間割に記されている時間以上に研究活動を実施するとは捉えられていなかった。このことは、学生を取り巻く環境が多様化し、学生の思考が他方面に向き、勉学に対する意欲が低下していたことによると考える。

一方で、我々教員の校務および職責の観点からみた場合、高等学校教員のようなきめ細かな学生指導と、大学教員のような研究活動を同時に行わなければならぬ状況に置かれている³⁾。しかし、日常的な授業、学生指導、会議等に加え、放課後にはクラブ指導教員として部活動の指導に従事する必要があり、卒研生・特別研究生に対して十分に時間をかけて接することが困難な状況にある。

本来の教職員の責務は、学生の資質を見抜き、やる気を促し、それを発揮できる環境を整え、将来の技術者として大成させる土壤を構築することである。しかし、時間と質の両面で十分に学生の要望に応えきれていないのが実状であった。

4-2. 学生の気持ちの変化

表3に平成12年度以降、当研究室に配属された卒研生、専攻科生の学生数を示す。

平成14年度から20年度までに毎年平均6名の学生が配属され、卒業研究、特別研究に取り組んだ。毎年2名には他機関研究員の研究テーマに近い課題を与え、研究を実施させた。

他機関研究員が常駐して約3ヶ月が経過する頃、まず専攻科生の研究に対する取り組みに変化がみられ始めた。同室に机を並べる他機関研究員が、日々自己のポテンシャルを高めているのを目の当たりにし、それに学び、質の高い教育研究活動に励むようになった。結果、技術力のアップにもつながり、その他のいろいろな点で成果を生み出している。

表3 研究室配属の学生数の推移

	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
卒研生	5	4	4	2	4	4	4	4	7
専攻科生	0	0	3	3	3	1	3	2	2
合計	5	4	7	5	7	5	7	6	9

単位:人

表4 他機関研究員と活動を共にした学生の意見

専攻科修了生A君の場合	本科卒業生B君の場合
<p>専攻科の2年間、長岡技術科学大学の大学院生と共に特別研究の一環として実験・研究を行いました。実験設備として霧島市の国分酒造協業組合にパイロットスケール多段型高温UASBリアクターを設置させて頂き、このリアクターを用い国分酒造より排出される焼酎蒸留粕液画分の廃水処理の研究を行いました。リアクターはパイロットスケールのものであり、運転管理も容易なものではありませんでしたが、大学院生より様々な指導・助言をいただき1人でこのリアクターを運転管理できるようになりました。</p> <p>また、研究に対する考え方や姿勢も教えて頂き、研究に対する意欲も向上し積極的に様々な学会へも参加しました。学会の要旨作成や特別研究論文など研究文の書き方も細かく教えて頂き非常に大きな力となりました。自分の研究以外の事なども教えて頂きいろいろな事を様々な観点から捉える事ができ自分の視野が大きく広がりました。</p> <p>私は現在、長岡技術科学大学大学院 環境システム工学専攻に入学し、環境分野の研究を行っております。学生としての研究生活を送っている中で、鹿児島高専専攻科で学んだ様々な事がとても役にたっており、充実した学生生活が送っています。博士課程の学生の方と実験研究を行う事は大変な部分もありましたが、その後に自分にとってかけがえのないものになり、共に研究ができたことは非常に貴重な経験がありました。</p>	<p>私が高専の卒業研究を行う際に、研究の指導などを長岡技術科学大学の大学院博士課程の方にしていただきました。実際のところ卒業研究生は大学院生の下について大学院生の研究の補佐をするような形でしたが、大学院の研究ということで実験は高専では出来ないようなものでした。たとえば実験装置はラボスケールのもので、高専では普通作れないようなもので、分析機器も大学のほうから高度な分析が出来るものを借りていましたのでより詳細なデータを得ることが出来ました。研究テーマ自体も高専レベルだけではなく大学院にも通用するテーマを扱うことが出来たので良い経験になったと思います。</p> <p>担当教員は授業やその他の用事などがあり時間の都合が合わないといったことがありました。大学院生の方は研究を中心いて生活している為、私が高専にいる間はほとんど研究室に在室しており、こちらとしても研究がしやすかったです。また、実験などについても方法や意図等を懇切丁寧に教えていただきました。大学の研究スタイルで研究を行ったということもあります。ある程度私達が実験に慣れてくると実験を任せもらえるようになってきました。実験装置はRABR(Reversible-flow Anaerobic Baffled Reactor)というものでリアクターの液有効容積は1.4m³近くと大きなものでしたが、最終的には高専生だけでこのリアクターのメンテナンスを行えるようまでになりました。また実験もほとんどができるようになり機材のメンテナンス、実験溶液の製作も出来るようになりました。ここまで出来るようになったのは大学院生が一緒に実験をしたり細かく教えてくれたおかげであるし、問題点等は一緒に解決してくれたからだと思います。</p> <p>このほか論文検索やデータ整理等も教えてもらいました。また論文制作の際にも論文の書き方や添削をして頂きました。特に添削に至っては熱心にして頂きよい論文が出来たのではないかと思います。また学会発表時にも様々な面で大変お世話になりました。感想として大学院生と共に出来たからこそ、ここまで中身の濃い研究をすることが出来ましたし、自分にとってよい経験となつたのではないかと思います。</p> <p>最後になりますが私は高専卒業後に長岡技術科学大学に編入し同研究室に仮配属をしましたが、ここまでこられたのは高専時代の卒業研究によるものが大きいと思います。また、大学の実験内容も高専時代にやったものが多く、研究室にも入りやすかつたと思います。</p>
専攻科修了生C君の場合	
<p>外部の研究員から学んだこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高いレベルの研究に容易に挑戦できた。 ・もちろん自分自身より、この研究分野に詳しいので、日常会話をしているだけで、いろんな研究に関する知識を得れた。 ・その研究員を取り巻く環境から、いい刺激、あるいは高い目標を目指すことが出来た。 ・資格取得にも積極的であり、資格勉強の時も助かった。 ・目上の方なので、ありとあらゆる経験話ができた。 ・生まれて初めて、尊敬する人に出会えた。 <p>以上です。</p>	
本科卒業生D君の場合	本科卒業生E君の場合
<p>研究室に大学院生の方がいてくださったお陰で、器具の使い方や試験方法など色々なことを教えてもらえて、すごくよかったです。卒研だけでなく、進路の話などについても意見を頂きとても参考になりました。</p> <p>悪かった点というのは特に思い当たりません。</p>	<p>良かったこと</p> <ul style="list-style-type: none"> ・学校のカリキュラムに縛られることなく研究に打ち込めること。 ・先生と学生の間みたいな感じで先生より質問しやすいこと。 ・高専にいながら、大学レベルの研究が行えること。

例えば、他機関研究員が自ら使用する分析機器を使いこなすため、マニュアルの熟読・適切な操作・定期的なメンテナンス作業などに打ち込む姿を研究室配属の学生らが目の当たりにすることにより、刺激を受け、その取り組みが変化していった。日々の実験作業に努力するようになり、現在では機器の操作や管理、メンテナンスまでできる能力を習得するに至っている。このことは、本校卒業・専攻科修了後、大学・大学院への進学や企業への就職と多様な進路を学生がとった場合においても、自ら研究を発

展させていくことや、問題解決に対して適切な対応が出来ることに繋がると考える。さらに、前述したように当研究室の機器が充実したことにより、以前とは逆に、企業が分析をするため当研究室を訪問するようになり、学生らにとっては学外の情報を知り得るよい機会が創出され、それに伴い学外に視野を広げ、各自が行っている研究は社会的に貢献しているという自覚を促すことに役立っている(表4参照)。

また、他機関研究員が常駐することによる研究活動の活性化は、研究室配属の人数、特に専攻科に進学し、同一研究テーマで研究を継続する学生を増加させた。

4-3. 学生の研究および資格試験に対する意欲の向上

学生の気持ちの変化が、研究に対する考え方および取り組み状況に変化をもたらした。

他機関研究員が常駐する以前、卒研生・専攻科生の研究に対する活動(特に実験)は、常に教員の指示待ちであった。指導した一つの実験が終了すると全てがストップしてしまい、学生らが既存研究の調査や更なる研究展開を自ら行うような状態ではなかった。

しかし、他機関研究員が常駐し、実験の合間に文献を読む姿に出会い、学生らもそれに習い読むことをはじめた。それまで文献や論文についての理解が浅かったが、検索方法や形式・書式等の基本について教わり、以降、積極的に文献・論文を手にするようになった。その結果、各自が行う研究分野の理解が深まり、研究の次のステップを教員に提案するまでに至った。また、この活動は、国内論文・文献に止まらず、現在では英語論文にも挑戦し、海外の学会にも関心を示している。

また、論文執筆にも熱心になり、他機関研究員に細かな助けをもらいながら、自らの力で仕上げられるようになった。論文発表会前には研究室内で模擬発表を重ねて、特に質疑応答については我々教員や他機関研究員の厳しい指摘をクリアできるまで研究に理解を深めるよう努力させた。その結果、全国規模の学会での発表においても高い評価を受けている。

研究に対する考え方の変化と同様、資格取得についての考え方・態度にも変化がみられた。授業以外に目が向かなかった学生が、資格取得のために努力するようになった。合格すれば自らの実績作りになり、就職や進学にも当然有利な項目となる。それと同時に、彼らは喜びや達成感を持ち、その勉強を楽しみながら行っていたようである。この事例も他機関研究員が早朝や深夜に日々行っている事を手本として始めたもので、授業の合間の短い時間等を利用して授業以外の勉強にも励んでいた。

表5 他機関研究員を受け入れることによって得られた結果

年度	資格試験	表彰名	学会発表(件)	
			国 内 学 会	国 際 会 議
H12			1	0
H13			1	0
H14		土木学会西部支部優秀講演者賞(H14.5)	4	2
H15		土木学会西部支部優秀講演者賞(H15.5)	4	1
H16			4	3
H17		卒業研究最優秀賞(H18.3)	3	1
H18	技術士一次試験合格 公害防止管理者試験 (水質関係第1種合格)	卒業研究最優秀賞(H19.3)	2	1
H19		卒業研究最優秀賞(H20.3)	3	0
H20	国家I種最終合格	卒業研究最優秀賞(H21.3)	12	0

さらに、他機関研究員A、B、Dが高専出身者ということもあり、他高専の卒研生、専攻科生の状況を知ることが可能になった。学生が学外に関心を向けるということは、競争心、向上心を揺さぶられ、新たな目標を起こすことになり、自分は今なにをすべきかを熟慮する時間を作り出している。また、他機関研究員を尊敬できる先輩として、進学や就職の相談をするなど、以前と比べ学生らが社会的にも人間的にも成長するよい機会が増えたといえる。

4-4. 他研究室の学生に対する波及効果

最後に、他機関研究員常駐が他研究室の学生に与える影響について述べる。

他機関研究員の常駐する研究室の活動が徐々に活発になるのを意識しながらも、他研究室の卒研生・専攻科生の感覚は「あの研究室は厳しい(きつい)研究室だ」というネガティブな捉え方であった(この考えは大多数を占めていた)。

しかし、当研究室に在籍する卒研生・専攻科生の「勉学に対する姿勢」や「実験に対する取り組み」が変わり、実績を積み上げていく状況に触れ、他研

究室の中にも前向きな考え方を持つ卒研生・専攻科生が現れ始めた。そのような専攻科生の一人が、内田研究室所属の専攻科生である。

その専攻科生は、卒研生の当時こそ上記であげた多くの学生と同様の考え方をしており、研究室配属後、半年ほどは研究に対する意識の低さに筆者らが頭を抱えたほどである。その後、顔を合わせる度に指導教員から「研究に対する姿勢」や「考え方の観点」で言葉をかけ、他研究室ではあったがレベルの高い研究活動を行っている研究室を観察させるように促した。

その専攻科生は、他機関研究員が常駐する研究室の同級生と日々の学校生活を共に過ごしていく中で、何事にも前向きに取り組む姿勢に触れ、日々開いていく実力差を認識し、自ら研究に対する認識の低さに気づいたようであった。その結果、他機関研究員が常駐する研究室所属の学生と同様の効果(研究に対する意欲の向上・研究に対する姿勢)が得られるようになった。

この一連の過程をみた時、教員が学生の意識を変えるべく言葉を尽くしても、その事を想像する学生的感覚が欠如している場合、学生の意識の変化はもたらされなかつたと推測される。意識を変化させるには、①自分の状況を比較対照できる観察対象と②向上の可能性を自ら認識する作業が必要であると窺える。その点でレベルの高い研究活動を学生の間近で行う他機関研究員が存在したことは、本学生にとって大きな手本であり、意識を変えるきっかけ的存在であったと考えられる。

また、学生が他機関研究員と個人的に関係を持つことにより、教員と学生間では年齢が近いとはいえ構築できない独特の関係を築いたように感じられる。この関係は、教員と学生の関係にとって他機関研究員が潤滑油的な存在になったものと思われる(図3)。

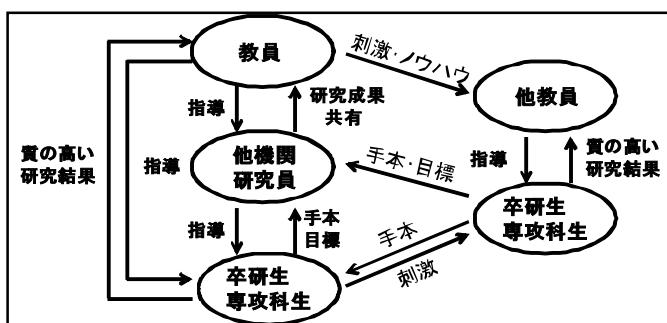


図3 他機関研究員の周囲に与える影響

5. おわりに

近年、中高生の学力低下が言われている。高専も例外ではなく、特に学習意欲に関しては、その意識の低さに筆者らも困惑させられてきた。

しかしながら、他機関研究員と共に席を置くという新しい環境が学生の学習意欲に対して変化を生じさせた。学生は他機関研究員の行いの一つ一つに興味を持ち、あらゆることを吸収しようと試みていった。初期の他機関研究員と専攻科生とのこのような関係は、縦のつながりとして卒研生に波及し、研究室内に活気を生み出した。また、学習を重ねながら、これまで蓄積してきた知識を最大限に活用して自分なりに考え、さらに高度な課題にも挑戦していった。最終的に、この事象は他研究室の学生にもつながり、その関係は広く波及した。

このように、連鎖的により結果が引き出されてきた感はあるが、この根本には学生が「学びたい」という欲求をもって本校に在籍していることを我々も再確認する必要があると感じている。教員側が研究に関する環境整備等のバックアップに努め、さらに他機関研究員を置くなど新しいチャレンジも継続的に行っていくことが大切であると考える。

少しのヒントを与えることで学生らは本来持つ意欲と能力を如何なく発揮し、自らの力でこの高専の掲げる、「創造力を持った実践的技術者」をまとうできる人物に発展していくことを証明してくれたと考える。

参考文献

- 1) 国立高等専門学校機構 HP 「概要- 沿革」 : <http://www.kosen-k.go.jp/outline2.html>
- 2) 鹿児島工業高等専門学校, 「鹿児島工業高等専門学校四十年誌」, (2003.12)
- 3) 高等専門学校設置基準 第二条 : <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S36/S36F03501000023.html>

小中学生のためのものづくり・科学教室「鹿児島高専の日」 におけるプログラムの開発

大竹 孝明[†] 山下 俊一^{†2} 有薗 俊子^{†3} 満富 昭二^{†4} 渡邊 紫^{†3} 永田 淳子^{†4}
新納 時英^{†5} 鯉坂 徹郎^{†5}

Development of an Educational Program for Manufacturing and Scientific Experimental Classes
“Kagoshima National College of Technology Day” for Schoolchildren

Takaaki OHTAKE, Shunichi YAMASHITA, Toshiko ARIZONO, Shoji MITSUTOMI,
Yukari WATANABE, Junko NAGATA, Tokihide NIIRO and Tetsuro AJISAKA

Kagoshima National College of Technology (KNCT) offers various manufacturing and scientific experimental classes for elementary and junior high school students in Kagoshima in order to develop creative human resources in the region and to raise children's interest in science. KNCT initiates community support activities, in partnership with educational institutions in the region, by holding open lectures on topics such as robot making and operation experience.

This paper reports the results of manufacturing and scientific experimental classes held in collaboration with Kagoshima Municipal Science Hall as one of the regional cooperation activities. This event is regarded as a part of KNCT's PR activity.

Keywords : Schoolchildren, Manufacturing, Scientific Experimental Class, Regional Cooperation,
Kagoshima National College of Technology, Kagoshima Municipal Science Hall

1 緒 言

鹿児島高専では、地域での創造的人材の育成と、子どもたちの理科離れを食い止めるための方策として、県下の小中学生を対象としたものづくり・科学講座を毎年多数開講している。これまでに、ロボットの製作・操作体験等の公開講座等、地域の教育界等と様々な形での連携による地域支援活動を実施してきた。

鹿児島市立科学館とも、共催事業である「鹿児島高専のロボットがやってきた」という行事等を行っている。

このようにして、平成 21 年度、鹿児島市立科学館と

の連携（共催）により、工作実験教室や科学実験教室及びロボットの動作説明等の各種イベントを通じて科学に対する興味や関心を高め、夢や創造性を育む機会を設ける事業を計画し、独立行政法人科学技術振興機構(JST)の平成 21 年度地域の科学舎推進事業「地域活動支援」に、「小中学生のためのものづくり・科学教室「鹿児島高専の日」」のテーマで採択された。

本企画を、鹿児島高専を地域へ広く PR し、科学技術者育成を行う本校への志願者増に向けた広報活動の一環とも位置づけ、科学実験教室や展示等を計画し、平成 21 年 9 月 6 日（日）に鹿児島市立科学館にて実施した^{1), 2)}。

2 本企画の目的、周知活動と各機関の役割

本企画の目的を、次のように設定した。

[†] 鹿児島工業高等専門学校 一般教育科理系

^{†2} 技術室

^{†3} 学生課

^{†4} 総務課

^{†5} 鹿児島市立科学館

地域での創造的人材の育成と、子どもたちの理科離れを食い止めるための方策として、小中学生の多い鹿児島市に立地する鹿児島市立科学館との連携（共催）により、工作実験教室や科学実験教室及びロボットの動作説明等の各種イベントを通じて科学に対する興味や関心を高め、夢や創造性を育む機会を設ける。

また、本企画により、工学系の高等教育機関となる鹿児島高専を地域へ広くPRし、科学技術者育成を行う鹿児島高専への志願者増に向けた広報活動の一環に位置づける。

これらの目的を達成するために、展示・実験及び科学実験教室等の企画を次のような事業内容で実施した。
事業名：独立行政法人科学技術振興機構（JST）平成21

年度地域の科学舎推進事業地域活動支援採択

小中学生のためのものづくり・科学教室

「鹿児島高専の日」

主催：鹿児島工業高等専門学校、

鹿児島市立科学館

開催日時：平成21年9月6日（日）10:00～16:00

実施場所：鹿児島市立科学館（鹿児島市）

対象者：小中学生、一般

担当者：鹿児島高専教職員他30名、学生25名、

鹿児島市立科学館職員10名

周知活動としては、次のような事柄を行った。



図1 開催案内のポスター

イベントの開催日や実施内容及び工作教室等の応募方法については、鹿児島市立科学館により、新聞や市民広報誌への掲載、報道各社への開催案内文の投稿及び鹿児島市小中学生全員に対するパンフレットの配布によって広く案内し、より多くの参加者を募る広報を行った。鹿児島高専は、図1及び図2に示すようなポスター、チラシを作成し、学校近隣の霧島市内及び姶良郡内の中学校へ配布し広く案内した。また、鹿児島市立科学館及び鹿児島高専とも、それぞれのホームページ上にイベント開催の案内を掲載し、広く一般に周知した。

なお、当日使用するテキスト、パンフレット類も、学内の各学科及び技術室で検討、作成して当日配布した。

鹿児島高専は、平成15年に日本技術者教育認定機構（JABEE）の認定審査「教育プログラム名：環境創造工学」に合格し、JABEEの認定校となっている。その中で国際性を持った教養豊かな人間を育て、個性的で創造性に富んだ開発型技術者を育成している。また、産業と社会を持続的に発展させていくために、地域での創造的人材の育成と、子どもたちの理科離れを食い止めるための方策がぜひとも必要であり、地域の産業界や教育界などと様々な形での連携による公開講座や人材育成事業を実施している。今回の事業については、科学実験教室等の講師や助手等、企画及び運営全般を担当

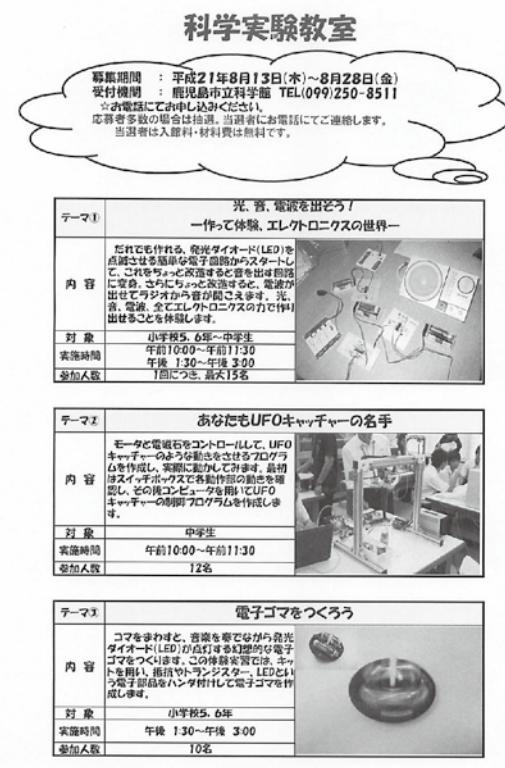


図2 科学実験教室受講者募集チラシ

した。

鹿児島市立科学館は、各種展示物や特別イベント、工作教室、実験教室を通じて、科学に対する青少年育成を行っており、会場や設備の提供及び学校への周知活動を担当した。

3 科学実験教室等の活動内容と成果

活動内容(対象者、時間帯)については、表1に示すように、科学実験教室とロボットによる演奏・紹介や各科の科学実験、学校紹介等を企画した。

I の科学実験教室では、事前応募した小・中学生に対して、電子工作、ロボット制御プログラム操作等の三つのテーマを設定した。

なお、図3に示したように、三つのテーマをまとめて、「科学実験教室テキスト」を作成し配布した。

II の高専ロボコン展示と演奏ロボットによる音楽会や各学科の展示・実験、紹介等については、鹿児島市立科学館の一般来館者を対象とし自由見学・体験操作としたが、高専で製作した音楽ロボットによる演奏会、学生が製作した高専ロボコン大会参加のロボットの展示・紹介並びに学内の6学科による科学実験や展示と学校紹介のパネル展示や資料配付の三つの企画を実施した。

一般来館者の内訳は、大人213名、子供352名の合計565名であった。

表1 活動内容と対象者及び実施時間帯

I 科学実験教室	小学校5,6年生33名及び中学生16名 (事前応募) 計49名
①「光、音、電波を出そう！」 -作って体験、エレクトロニクスの世界-	小学校5,6年生及び中学生 10:00～11:30, 14名 13:30～15:00, 14名
②「あなたもUFO キャッチャーの名手」	中学生11名 10:00～11:30
③「電子ゴマをつくろう」	小学校5,6年生10名 13:30～15:00
II ロボットによる演奏・紹介や各科の科学実験、学校紹介	鹿児島市立科学館の一般来館者 大人213名、子供352名、計565名
①演奏ロボットによる音楽会	10:30～11:10 13:30～14:10
②高専学生が製作したロボットの展示 および紹介	10:00～16:00 ロボコン参加ロボット
③機械、電気電子、電子制御、情報、 土木、一般教育科(物理)による科学 実験および学校紹介展示	10:00～16:00 皆既日食と天体、燃料電池、太陽電池、電気カート、 ロボット制御機器、ネットロボ等

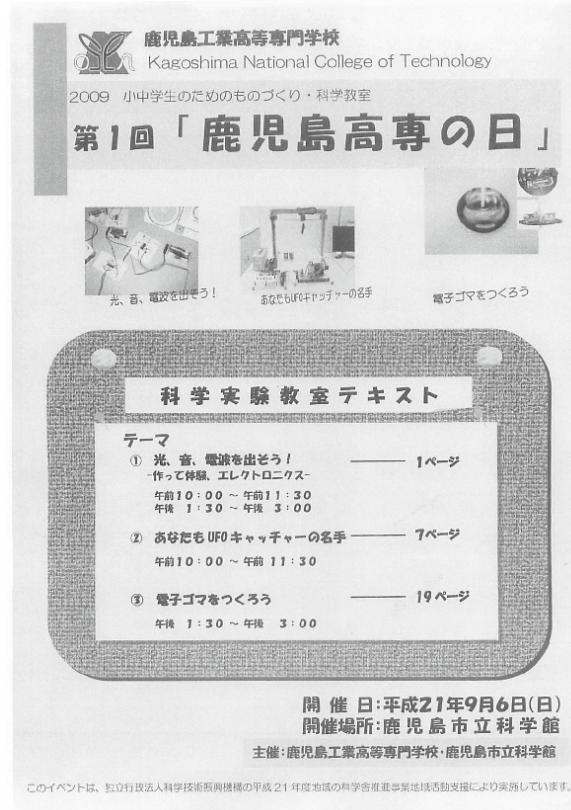


図3 科学実験教室テキスト

一方、三つの科学実験教室は、公開講座の形式で小学校5,6年及び中学生の応募者に対して実施した。49名の受講者があり、小学校5,6年が33名、中学生が16名であった。

イベント終了時（16時）に565名の入館者、三つの科学実験教室の受講者が49名であり、市立科学館及び本校の担当教職員等各方面の協力により、計画していたイベントは全て予定通り無事に終了することが出来た。図4には科学実験教室の「電子ゴマをつくろう」の受講風景、図5には演奏ロボットによる音楽会、図6には各専門学科による実験及び紹介、図7には皆既日食実験と天体の紹介の様子を示した。来場者も多く、小中学生ばかりではなく引率の保護者等も興味を示し、また、本校学生による説明等も有意義なものとなり、科学技術教育の推進及び理科離れ対策に貢献できたと思われる。

受講者及び一般来館者へのアンケートでも、良い企画であり、来年度の継続を希望するという意見が多かったが、参加者へのアンケート用紙が小学生以下と中学生以上で若干異なっていたので、それぞれについて集計し検討した。総数が120名（4名は年齢が不明）で、小学生以下が57名、中学生が23名で高校生以上が36名であった。本事業が「小中学生のための」ものであり、数の多い小学生の結果について検討した。

なお、中学生以上のアンケート結果については、設問がやや異なっているため正確には比較できないが、



図4 科学実験教室「電子ゴマをつくろう」



図5 演奏ロボットによる音楽会

本事業の満足度等やや厳しい結果が出ているものの、ほぼ同じような結果が得られた。

小学生以下の場合は、アンケートの中で重要と思われる「参加した感想」、「また参加したいか」、及び「誰から聞いたか」について検討を行った。

まず、図8に示したように、「活動が楽しかったか」については、「とても楽しかった」と「まあまあ楽しかった」を合わせると94%となり、ほとんどの児童が楽しいと感じているようである。ただし、5%が「あまり楽しくなかった」と回答しており、その原因を検討することが必要である。

次に、「また、参加してみたいか」については、図9に示したように、「とてもやってみたい」と「まあやってみたい」を合わせると約96%となり、ほとんどの参加者が今回の催し物に満足し、来年度の開催を楽しみにしているようであるが、4%は「あまりやりたくない」あるいは「ぜんぜんやりたくない」となっており、どのような面が興味を引かなかったか等その原因究明が必要である。

最後に、図10に示したように、「今日の活動のことを誰から聞いたか」との質問に対しては、「家人から」

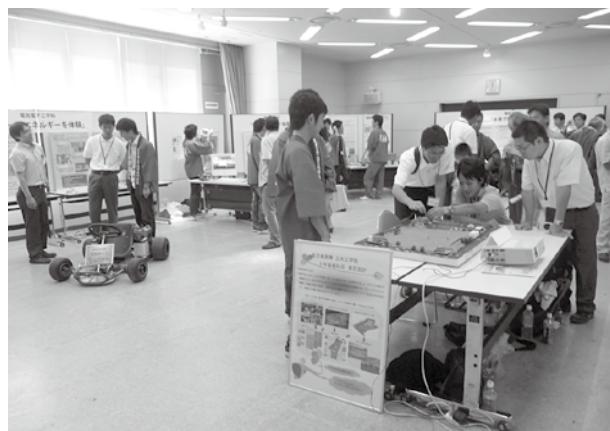


図6 各専門学科による実験及び紹介



図7 皆既日食実験と天体の紹介

が48%、「先生（学校）」が14%、「お友達が」11%、「その他」が27%で内訳は、「プリント」が12%、「学校の資料」が9%、「科学館」が4%及び「雑誌」が2%であった。

このように、大部分が何らかの方法で開催を知り参加しており、県内の小中学校などへのチラシ・ポスターの配布や掲示などのPR活動の成果が出たようである。

次に、やってみたいことや気づいたことについての自由記述では、特にロボット等の制作希望が多かったが、実験を行いたいとの意見もあり、工作及び科学教室の要望が強いようである。科学教室として可能であるか疑問であるが、化石の教室やスポーツをするロボットの要望があった。また、演奏ロボットがすごかつたなど、十分に手応えを感じてもらえたようであるが、回路のつなげ方がとても難しかった等の意見もあり、学年に応じた対応等再検討の必要もあると思われる。

市立科学館等の公設の施設との連携により、それぞれの特徴を補い合いながら、お互いの強みを十分に發揮することができ、それが理科離れや科学技術教育の推進に大きく寄与できたことを実感した。

4 今後の課題

今回が初めての試みであり、先に述べた参加者のアンケートや担当者の意見などからも、進行方法や展示・実験内容等改善すべき点が多い。今後、担当者間で十分に検討し、さらに創意工夫することにより充実した内容にすることが必要であるが、今回課題となつた幾つかの項目について以下に述べる。

まず、開催時期については、鹿児島高専の前期期末試験等やお盆休みの関係で9月上旬に設定したが、小中学生の自由課題とするため、夏休み期間中の開催を希望する意見が多かった。次年度からは、夏休み期間中の開催の再検討が必要である。

本事業の広報に関しては、市立科学館を通して小中学校へポスター等を配布することにより新たな伝達手段を確保できたが、周知が遅くなり、範囲が限定されてしまった。広報時期を早めると共に、さらに広く案内を行う手段が必要と思われる。

市立科学館内のイベント会場の位置等については、初めての試みでありわかりにくかったようである。入り口等への案内板の設置等が必要である。

科学実験教室（工作教室）の対象者については、小中学生のみであったが、大人あるいは親子で楽しめる企画の要望があった。しかし、一方では、小中学生と対象者が幅広く、実験教室の進め方が難しいとの意見

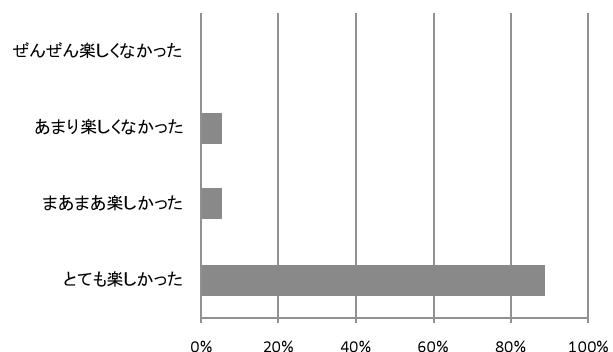


図8 参加した感想（小学生以下）

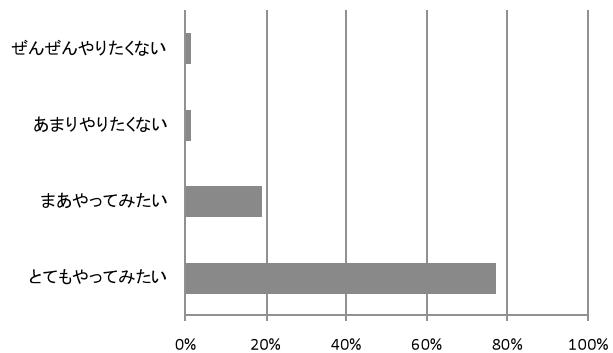


図9 また、参加したいですか（小学生以下）

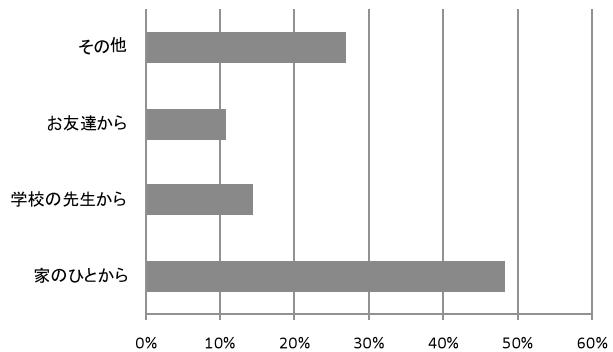


図10 誰から聞きましたか（小学生以下）

もあり、調整が難しい面がある。

本事業を進める上で、実行委員会を立ち上げたが、準備期間が短く、担当者も60名近くと多くなり、担当者への説明が十分でなかった面がある。他の機関（今回は市立科学館）との共同開催でもあり、早い段階での準備態勢の確立が重要である。

開催場所としての鹿児島市内の市立科学館は、利便性も良く、小中学生の数も多く、多数の参加者を集めることが出来た。しかしながら、本校からの機材の搬

入等で問題があり、共同開催機関（市立科学館）の備品等のより多くの活用が必要であると思われる。

ためのものづくり・科学教室「鹿児島高専の日」について”，第15回高専シンポジウム in いわき講演要旨集，(2010)229.

5 結 言

平成21年度より新たに鹿児島市立科学館との共催事業として取り組んだ「鹿児島高専の日」については、平成21年9月6日（日）、鹿児島市立科学館にて開催し、学内及び市立科学館等、各方面的協力で無事に終了することが出来た。イベント終了時の16時で565名の入館者、三つの科学実験教室の受講者が49名で、報道機関については、鹿児島市のBTVケーブルテレビ、毎日、読売及び南日本新聞の取材があった。本事業は、JSTの地域活動支援の「地域の科学舎推進事業」に採択されたこともあり、各科と技術室の広報委員会委員、総務係及び入試広報係で実行委員会を立ち上げ、準備段階から各科、技術室及び事務部にご協力を頂き全学的に取り組むことが出来た。

鹿児島市立科学館からの依頼もあり、来年度以降も、今回支援を受けたJSTへ申請をしながら、開催の準備を進めていくつもりである。今回初めての試みということで問題点もあり改善すべき点も多いが、今後も学内及び市立科学館の協力を得ながら検討しさらに改善していく予定である。

謝 辞

本事業については、本学の校長を初め、各科の実行委員（広報委員会委員）を中心とした科学実験教室、演奏、実験ならびに展示等の多くの担当者の協力、技術長を初めとした技術室の全面的な協力、総務係及び入試広報係の事務部門の協力、本学の学生並びに鹿児島市立科学館の協力、更にJSTからの財政的面等多くの支援を頂いた。ここに、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大竹孝明、山下俊一、有菌俊子、満富昭二、渡邊紫、永田淳子、新納時英、鯉坂徹郎：“小中学生のためのものづくり・科学教室「鹿児島高専の日」による地域連携活動”，平成22年度全国高専教育フォーラム・教育教員研究集会 講演要旨集，(2010)245—246。
- 2) 大竹孝明、山下俊一、有菌俊子、満富昭二、渡邊紫、永田淳子、新納時英、鯉坂徹郎：“小中学生の

暗号—歴史的観点から—

金光滋[†] 熊谷博^{††} 白坂繁^{†††}

Ciphers-a historical point of view-

Shigeru KANEMITU Hiroshi KUMAGAI Shigeshi SHIRASAKA

For those this rhyme is penned who are interested in the cultural and historical aspects of ciphers. Upon the page, enwrapped from every reader, search narrowly the lines! - they hold a treasure of enlightenment. The words - the syllables! Do not forget the most trivial point, or you may lose your labor!

Main contents are written by first author, and other authors added amendment. Especially, last author added his lecture content in Kagoshima National College of Technology, and Kinki University.

Developing the network of computer, it is the most important point to defend the information. Therefore it is necessary that we study the ciphers in historical point of view.

Keywords: Cipher, Substitution, Transposition, Code

§ 1. 研究の動機

本論文の内容は、主に、金光が、平成 15 年度 福岡県立新宮高校で課題研究として行なった「暗号の謎」、平成 15, 17 年度福岡県立修猷館高校で行なった出前講義「和歌の折句から暗号へ」、「暗号—その歴史的側面」の内容を拡大発展させて作成した、平成 16 年度九州工業大学大学院修士過程特別講義の草稿、および白坂が鹿児島高専で行った講義「論理のしくみ」、近畿大学での集中講義「暗号学概観」(2004 年) の内、歴史的な部分を著者達でまとめたものである。

史上最も有名な暗号の一つは、「史上最大の作戦」で、連合軍が、ノルマンディー上陸を、フランスのレジスタンスに知らせるために、ラジオで繰り返し流しとされる、ヴェルレーヌの詩（上田敏訳）

秋の日のヴィオロンの

ためいきの身にしみて

ひたぶるにうらがなし

であろう。西洋では、§ 2, § 5 でも述べるように、聖書、カエサルの頃から暗号の例には事欠かない。

† 近畿大学産業理工学部

†† 鹿児島工業高等専門学校

††† 鹿児島工業高等専門学校

我が国では、§ 5 に述べるように、多く分置式暗号が、暗号としてよりむしろ文章の技法として用いられた。次の例は、実用された稀な例の一つである。

今から 300 年前の天和・貞享の頃の、京、問屋町五条下ル三丁目で呉服や小間物類の仕入れ販売をおこなっていた、柏屋三右衛門は、今でいう、多角経営に当たる、多店舗経営を遂行し、「江戸店持ち京商人」とよばれる豪商になった¹⁾。京に本店を据えて、江戸の諸店を集中管理したのであるが、商品相場や市場の情報を届けるには、「仕立便」を用いることを厳命している。当時の江戸・大阪間の飛脚便には、並便（25 日程度）、幸便（10 日）、仕立便（3.5-5 日）の 3 種類があったが、最速の三日半の便では、百匁の重量の書状で七両二分もしたそうである。柏屋は、現代を先取りして、「情報は商人のいのち」という信条をもっていたから成功したのである。

通信文の金額や日時などの数字には、「きやうのね江とてみる（=京の値江戸で見る）」を一から十までに対応させる「符丁（暗号）」を用いていたそうである。

このエピソードは、正に現代の「情報と情報伝達の安全性」の重要さを 300 年先取りしているものであり、情報伝達の安全性を高める「暗号」に興味をもって調べ始める契機となった。

元禄期には、大名貸しをして、幕府や大名達と癒着していた特権商人達は、まさにその大名貸しのために急速に没落していったそうである²⁾。こちらの方は、現代のバブル崩壊、金融自由化等の社会構造の変化に対応していると思われる。

このような歴史に学ぶ観点は混迷の時代こそ重要であると考え、主として暗号研究の歴史的側面を追求した。

§ 2. 導入—暗号と信号ー

「暗号」とは、「第三者に知られないように、意思の伝達をおこなうこと、あるいはその方法」と定義される³⁾。

また、「文字は、それが発明された時点では、関係者だけの秘密の通信に用いられていた」と H. G. ウェルズがその「The Outline of History—世界史大全」で述べているとしている⁴⁾。正確には、

At first and for long ages it (=writing) was the interest and the secret of only a few people in a special class, a mere accessory to the record of pictures. But there were certain very manifest advantages, quite apart from the increased expressiveness of mood and qualification, to be gained by making writing a little less plain than straightforward pictures and in conventionalizing and codifying it. One of these was that so messages be sent understandable by the sender and receiver, but not plain to the uninitiated.⁵⁾

「文字は、それが発明された時点では、関係者だけの秘密の通信に用いられていた」正しくは、「(文字は) 発明されてから長い間、特権階級の利権兼秘密であり、絵による記録の附隨品でしかなかった。しかし、雰囲気や品質を次第にうまく表せるようになってきたことの他に、伝達文を、絵そのものより間接的なものにし、さらに簡素化、コード化することによって明らかになってきた大きな利点があった。その一つは、伝達文を送り主と受取人のみに分かるようにし、その文字を知らないものには分からないように送るということであった。」となっている。

たとえば、まったく、英語を知らない人が英語圏に行けば、当地の人がなにを話しているかまったくわからないであろうから、その人にとっては、英語は暗号であるという事態になる。

経済性、迅速性、注意を引くため、等の理由から、語句や文をコードとよばれる別の形で表現することは暗号以前から行なわれて来た⁶⁾。たとえば、交通信号の「青」＝「ゆっくり進め」、「黄」＝「進め」「赤」＝「(なるべく大勢で) 早く進め」は、「社会的公認公用の信号(?)」なのである⁷⁾。英語なら 26 (i と j を同一視すると 25—映画『インディージョーンズ/最後の聖戦』の一コマにあった) 文字、日本語なら 50 (いろはなら、47 あるいは 48) 文字を別の特殊な文字体系に置き換える方式を定め、それが第三者に知られないようにすれば、文字の変換による、「換字式暗号」になる。以下の例 3.1

にあるように、推理小説に出て来る暗号は、興味を深めるために、エキゾティックな記号を使うものが多い⁸⁾。

§ 3. 換字式暗号・転置式暗号

原文の一定長の文字列を一定長の他の文字列に変換する方式をサイファー(cipher)、換字(かえじ)式暗号(substitution)という。文字、言葉の順序を入れ替える方式—転置式暗号(transposition)もこの内に含める。フランス語(その影響を受けてロシア語)等では、サイファーはデジットの意味である。§ 4 の数値化の項参照。

例 3.1. 換字式暗号の例

エドガー・アラン・ポウ著「黄金虫」⁹⁾に出て来る、海賊の財宝の場所を記した絵文字とか、コナンドイル著「踊る人形」¹⁰⁾に出て来る「踊る人形」の形をした文字等が有名であり、これらの効果的な使用により、謎解きの興味を深めている。

厳密には、換字式ではないかも知れないが、コナンドイルは、初めて「図書利用式」の暗号を用いた者としても名高い¹¹⁾。

534	C2	13	127	36	31	4	17	21	41
Douglous		109	294	5	37	Birlstone			
26				9	47	5	171		

例 3.2. 転置式暗号の例

●アナグラム(anagram)とは、語や句のつづり入れ替えて別の(有意義な)文にすることばの遊びで、次のようなものがある:

- murder→Redrum (映画『シャイニング』で有名)
- Doracula→Alucardo
- Morarity (道徳) →Moriarty (ホームズの敵役)
- a typical particle→a typicle partical
- a well-oiled bicycle→a well boiled icicle
- ice-cream→I scream (for icecream)
- anagrams→Ars magna (偉大な技法)

歴史的に有名なものとしては、シェイクスピアのテンペスト(ベートーベンのピアノ協奏曲のタイトルにもなった)に出て来る、半獣人(?) Caliban は、Cannibal のアナグラムである¹²⁾。

数年前話題になった「ダヴィンチコード」¹³⁾(映画化)の冒頭のソフィーの祖父のソニエールの dying message に出て来る次のようなアナグラムは、伝奇的な要素を深める働きをしている。西欧圏では、ドラゴンの代わりにドラコン、ドラコーンということが多い。

13-3-2-21-1-1-8-5
 0, Draconian devil! → Leonardo da Vinci
 Oh, lame saint! → The Mona Lisa
 P.S. Find Robert Langdon → P.S=Princess Sophie プリンセスソフィー ロバートラングドンを見つけよ。

この最後の行はアナグラムではなく、単にヒロインへの呼び掛けの言葉であるところ、ヒロイン プリンセス

ソフィー（しかも、このプリンセス ソフィーという呼び掛けは、ソフィーの祖父とソフィーの間のみの合図のようなもの、しかし、後にこの呼び掛けが当を得たものであることが判明する）以外には、postscript (=P.S. 追伸)と読めるということばの遊びになっているところが事件の鍵になって、ロバートラングドンが犯人扱いされるという展開である。

ちなみに最初の数列は、大きさの順に並べ変えると、1-1-2-3-5-8-13-21となり、フィボナッチ数列の最初の8項になっている。この数列の順序も暗号の一部に使おうと思えば使えた筈である。

●アトバシュ暗号

また「ダヴィンチコード」¹⁴⁾では、アトバシュ暗号が使われて、謎解きの興味を深めている。ヘブライ語の字母は22文字あり、次のようにある。

A	B	G	D	H	V	Z	Ch	T	Y	K	L
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

M	N	S	O	P	Tz	Q	R	Sh	Th
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

(読み方は、Alef, Beit, Gimel, Dalet, Hei, Vav, Zayin, Chet, Tet, Yud, Kaf, Lamed, Mem, Nun, Samech, Ayin, Pei, Tzadik, Kuf, Reish, Shin, Tav)

これを半分に区切って、逆向きに並べると、

A	B	G	D	H	V	Z	Ch	T	V	K
Th	Sh	R	Q	Tz	P	O	S	N	M	L

となる。最初の4文字を、上下、上下のように読むと、A-Th-B-Sh (Atbash—アトバシュ) となり、これから、アトバシュ暗号とよばれるようになった。

歴史上最も有名な「聖書の暗号」(この名前は、M. ドロズニンの書を指すものではない)は、「シェシャフ」である。これは、聖書の「エレミア書」25章26節および51章41節に出て来る「Sheshach」という地名が何を表すか謎であったが、51章41節に、「Sheshach」と「Babel」が平行に現れることから、「Sheshach」=「Babel」は疑いないものとされている。この対応は(ヘブライ語では、母音を略すため)、上述の表から、Sh-Sh-K →B-B-Lとなつており、アトバシュ暗号である。

しかし、このようにいちいち字母で表すのは面倒であり、数字で置き換えるのがよい。§3のように、原字をP、暗字をCで表せば、

P	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11

という対応になつており、式で表せば、

$$C = 21 - P \quad (3.1)$$

となる。もちろん、復号化の式も同じ形。

さて、「ダヴィンチコード」¹⁵⁾では、Baphometという、異教の神の名前が暗号になつており、

C:BaPVoMeTH	→	B	P	V	M	Th
P		1	16	5	12	21

である。(2.1)式から、

P	1	16	5	12	21
	20	5	15	6	9
	Sh	V	P	Y	A
	S	0	F	I	A

となって、ヒロイン ソフィーの名が出て来る。

●ゲマトリア

A	B	G	D	H	V	Z	Ch	T	V	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20

L	M	N	S	O	P	Tz	Q	R	Sh	Th
30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400

Neron Caesar (NRWN QSR → NRVN QSR) をゲマトリアで表すと

$$50+200+6+50+100+60+200=666$$

となり、悪魔の数字 666 が Neron を指す。

●ガリレオの暗号¹⁶⁾

$$D=500, C=100 \text{ (century), II}=2$$

$$DCII=500+100+2=602$$

Galileo's segno (sign) 503

$$503=500+3=DIII$$

ガリレオ著作 Dialogo, Discorsi, Diagramma (della Verità)

Four elements: Earth, Fire, Air, Water lead to The path of illumination (Illuminati)

§ 4. カエサル式暗号

問 4.1. カエサル (=ジュリアスシーザー) の名前は至る所に出て来る。例えは、月の名前にも出て来る。それは何月か? mono, di, tri,...を10まで述べ、それと、月の名前との不整合性を論ぜよ。

解

Mono	di	tri	tetra	penta	Hexa
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.

		hepta	octa	nona	deca
July	August	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.

ローマ数字に対応する月の名前は、本来は、7月から順に September (=hepta), October (=octa), November (=nona), December (deca) になるべきところ、カエサルの名前である Julius をとつて、July, 同様に、Augustus の名前をとつて、August としたから、2ヶ月ずれたのである。

カエサル (=ジュリアスシーザー) 式暗号は、アルファベットを3文字ずつずらした「スライド式 (translation)」のものである¹⁷⁾。一方、アウグストスのそれは、1文字ずらしたものである。

以下、原字 P(=plain text)を小文字で、暗字 C(=cipher)を大文字で表す。つまり、aは、Dと書き換え、xは、Aと書き換える...という風におこなう。

A-Z の 26 文字に 0-25 の 26 個の数字を対応させる(なぜ 0 を入れるか考えよ). この操作を数値化(enumeration)という. 数値化によって、計算をもついて暗号を能率的に作成解読できるようになる.

原字 P を表す数字をまた P で、暗字 C を表す数字をまた C で表すとき、

$$\begin{cases} C = P + 3 & (P < 22) \\ C = P - 23 & (P \geq 23) \end{cases} \quad (4.1)$$

を計算して、その数値をまた対応するアルファベットに置き変えれば、暗字 C が得られる. この計算法は、26 を法とする剩余類の計算であり、高等代数の言葉でいえば、 $\mathbf{Z}/26\mathbf{Z}$ の加法群の中で計算をしていることになる. 合同式の記号を使えば、(3.1)式は、

$$C \equiv P + 3 \pmod{26} \quad (4.2)$$

のように簡明に表される.

問 4.2. 以下の暗号は、実際にあった、香港の地下銀行組織の暗号である。解読せよ。ただし、9 は、クーリエ(運び屋)の番号であることが分かっていたとする。

PLVWH · 9 · IOLJ · KWVLF · NDQQ

解 misse 9 flig htsic kann → missed Courier No. 9
flight sick ann? となる。

問 4.3. 彼女の愛車は何か？

僕の愛車は、TVCBSV、彼女の愛車は、CFOA、僕が仕事で使っているのは、IPOEB の自動車です。

ヒント。一応、日本車と仮定して、まず、5 文字の会社名を思い出すとよい。

解 一応、日本車と仮定して、まず、5 文字の会社名を思い出すと、HONDA 位しかることがわかる。そうすると、IPOEB → HONDA と読み替える方式である、つまり、これは、スライド型で、逆アルファベット順に 1 字ずらしたものである。したがって、TVCBSV → SUBARU、CFOA → BENZ(ベンツ)となる。

§ 5. ヴィジュネル式暗号

ヴィジュネル式暗号は、鍵文字 K(=key)とよばれる、第三者に知られてはならない、秘密のずらしを使うのがポイントである。「暗号」では、BUCKINGHAM という、10 文字を鍵語を使っている。そのため、鍵数字に直すと、1 19 2 9 8 12 6 7 0 11 となる¹⁸⁾。the dice is cast. を暗号に直すと、UBW...となる。暗号器を使って、実際にやってみると以下になる。

B	U	C	K	I	N	G	H	A	...
1	19	2	9	8	12	6	7	0	...
T	h	e	d	i	C	e	i	s	...
U	B	W							...

一方、キッペンハーンの表¹⁹⁾では、mod 25 で、鍵語が ONCE の 4 文字になっている。

ヴィジュネル式暗号は、一見、カエサル式暗号より、はるかに複雑で、解読は難しいように思われるが、暗号としての強度は、カエサル式のそれと殆ど変わらない。その理由は、文字の個数 q と鍵の文字数 K が、その内判明するだろうから、傍受したメッセージを K 個の文字のブロックごとに分けて、カエサル式の場合と同じく、頻度を調べることによって破ることができるからである。

問 5.1. 50 音を、5 行 10 列の表に並べて、文字を座標 (k, l) で表わし、そのままでは、すぐわかつてしまうから、(k, l) を (k², 2l) と置換して、暗号通信をするというアイデアは、座標方式である²⁰⁾。しかし、そのまま、数字の列として送ると、たとえば、(4, 10), (9, 8), (25, 8) などからでも何となくパターンが見えてしまいそうである。そこで、これを、再び、5 行 10 列の表のどれかの文字に対応するように、x 座標は、5 で割った余りで置き換える、y 座標は、10 で割った余りで置き換えることが考えられる。しかし、この方法では、暗号としてはうまく機能しない。うまくいかない例を挙げ、その理由を説明せよ。

解 たとえば、う = (2, 0) → (4, 0) → お。え = (3, 0) → (4, 0) → お となって、別の文字を同じ文字「お」で表示してしまうことになり、暗号としては機能しない。

注意 5.1. ポリビュオス (201?-120? BC) の座標方式²⁰⁾は、アルファベット 25 文字を正方形に並べて、縦横の座標の組みでそれらを表示するというものであり、デカルトが座標幾何学を創始する上でのヒントを与えたのではないかとも想像される。

座標方式という観点からは、ヴィジュネル式暗号(およびそのヴァリエーション)もいろいろ歌を 7×7 の表に並べるものと同じものと考えられる。

§ 6. 分置式暗号

一見普通(のように見える)文章(これを偽文—cover text という)の中に秘密の通信文を秘匿する方法を分置式(acrostic)という。分置式には、規則的分置と不規則的分置がある。偽文の各語、各句、また、文字(単語)系列とみなした場合の規則的な位置に通信文が隠されているものを規則的分置という。

不規則な分置式の例は、捨て取り式(兵法書では、入不入字傍字の法と記されているものもある)として、我が国では、物名歌に既に見られる。

秋近う 野はなりにけり 白露の おける草葉も 色変わりけり (古今集十, 紀 友則)
は、次のように書いてよく見ていくと、

あきちこうのはなりにけり しらつゆのおけるくさば もいろいろかわりけり
下線部の「きちこうのはな=桔梗の花」が読み込まれていることが分かる。

これらは、同音異義語の使用による、いわばモジリであり、日本語は、「同段通音」の原則によって、いくら

でも言語遊戯のできる言語である。

問 6.1. 以下のモジリの元歌を述べよ。

千早振る 神代も聞かず 竜田川 からくれないに
水くぐるとわ (在原業平朝臣)

七屁八屁 花は咲けども山伏の 味噌一樽に 鍋と
釜敷き (太田道灌に山伏の花を差し出した賤女が引用した)

この度は ぬたも取りあえず間抜け山 みみずが二
匹 蟹のぱりぱり (菅家=菅原道真)

規則的分置は、和歌の技法の一つとして「折句」と呼ばれ、平安前期によく使われた。各句の最初に分置するものを「冠」、末尾に分置するものを「沓」といい、両方同時に用いたものを「沓冠」という。

問 6.2. 次の例に読み込まれていることばを述べよ。

小倉山 峯立ち鳴らし なく鹿の へにけむ秋を
しる人ぞなき (紀貫之、古今集十)

から衣 きつつなれにし つましあれば はるばる
きぬる たびをしづおもふ (伊勢物語一東下り)

あふさかも はては行き來の せきもみず たづね
て訪ひこ きなば返さじ (光孝天皇または村上天皇)

よもすずし ねざめのかりほ たまくらも まそで
も秋に へだてなきかぜ (兼好法師から頓阿法師へ)

よるもうし ねたく我せこ はては来ず なおざり
にだに しばし問い合わせ (頓阿法師から兼好法師への返
歌)

解 最初の2つは、冠の例であり、それぞれ、「おみ
なへし=女郎花」、「かきつばた」が読み込まれている。
3番目は、沓冠であはせたき、ものすこしが読み込まれ
ている。4番目は、冠が「よねたまへ=米給え」、沓が逆順で「ぜにもほし=錢も欲しい」。5番目は、冠が「よ
ねはなし=米は無し」、沓が逆順で「ぜに少し=錢少し」。

例 6.1. いろは歌の暗号?

ゑ	あ	や	ら	よ	ち	い
さ	ま	む	た	り	ろ	
き	け	う	れ	ぬ	は	
ひ	ゆ	ふ	み	そ	る	に
も	め	こ	の	つ	を	ほ
せ	み	え	お	ね	わ	へ
す	し	て	く	な	か	と

このように、いろは 47 (んを入れて 48 文字とするこ
ともある) 文字を並べて、最後の行を右から左に向かつ
て読むとどういう文章が浮かぶか? (参考 TBS 系「日
立世界不思議発見」 2003 年 3 月 21 日 (土) 21:00~)

にあった「暗号」のように見える。ビッグコミック 37 卷 25 号 (通算 1034 号) (2004) に掲載の漫画「花縄」にも引用されて、弘法大師の作とされている。しかし、弘法大師説は、音韻の面から完全に否定されており、源為義説がある。

「咎無くて死す」と読めることから、恨みを呑んで刑死した柿本人丸のことを述べた 7 文字づつに区切った「規則的分置の暗号」であるという根拠は薄弱であり、7 文字づつに区切ってかくと偶然こう読めてしまうというというのが真相であろう。それを暗示するものとして、「金光明最勝王教音義」には、7 文字づつ書かれていることがあげられる。ちなみに、「金光明最勝王教」は、聖武天皇が国分寺に納めるよう命じて筆写させたものとして記録にある。

仏教の教理 (涅槃経の偈) としての解釈は、

いろはにほへと ちりぬるを	=	色は匂へど 散りぬるを	諸行無常
わかよたれそ つねならむ		我が世誰ぞ 常ならむ	是正滅法
うゐのおくやま けふこえて		有為の奥山 今日越えて	生滅滅已
あさきゆめみし ゑひもせず		浅き夢見し 酔ひもせず	寂滅為樂

しかし、さすがの練達の作者も濁音を使わずに済ませることはできなかった。それも道理で、百人一首でさえ、濁音無しの歌は、蟬丸太夫の

これやこのいくもかへるもわかれではしるもしらぬ
もあふさかのせき
があるのみである。

問 6.4. 以下の暗号文では、単語系列とみなした場合の何字目ごとを読めばよいか?

ナイトショウミタシ ヨキバショヲ タテカエ カエ
→ ナイトショウを観たし。 良き場所を 立て替え、
買え

解 以下で下線を引いた 3 字目ごと。
ナイトショウミタシヨキバショヲタテカエカエ

問 6.5. 敵群の上陸地点を示す以下の暗号文が入手で
きた。上陸地点はどこか?

All we need is friendship. It is like an umbrella.
Don't be skeptical. You and I are spokes and a rim.
Friendship is a consolation like good music. And it's
encouragement, too. Why aren't we aware of this idea?
Let's be frank and make friends. Or, we will see how
much we have been lost .

解 これは、telestich と呼ばれる末尾の語を読んで

いく例である。palmcoast → Palmcoast (椰子の木海岸)

問 6.6. 次のポウの詩には、ある女性への献辞が隠されている。その名前は？

A Valentine

To — — — (この献辞の部分が隠されている)

For her this rhyme is penned, whose luminous eyes,
Brightly expressive as the twins of Leda,
Shall find her own sweet name, that, nestling lies
Upon the page, enwrapped from every reader
Search narrowly the lines ! - they hold a treasure
Divine - a talisman - an amulet
That must be worn *at heart*. Search well the measure

The words - the syllables! Do not forget
The triviallest point, or you may lose your labor!
And yet there is in this no Gordian knot
Which one might not undo without a sabre,
If one could merely comprehend the plot.
Enwritten upon the leaf where now are peering
Eyes scintillating soul, there lie *perdus*
Three eloquent words oft uttered in the hearing
Of poets, by poets - as the name is a poet's, too.
Its letters although naturally lyng
Like the knight Pinto - Mendez Ferdinando -
Still form a synonym for Truth. - Cease trying !
You will not read the riddle, though you do the best
you can do.

この詩の1行目の1番目の文字、2行目の2番目の文字、...のように読んで行くと、

For her this rhyme is penned, whose luminous eyes,
Brightly expressive as the twins of Leda,
Shall find her own sweet name, that, nestling lies
Upon the page, enwrapped from every reader
Search narrowly the lines ! - they hold a treasure
Divine - a talisman - an amulet
That must be worn *at heart*. Search well the measure
The words - the syllables! Do not forget
The triviallest point, or you may lose your labor!
And yet there is in this no Gordian knot
Which one might not undo without a sabre,
If one could merely comprehend the plot.
Enwritten upon the leaf where now are peering
Eyes scintillating soul, there lie *perdus*
Three eloquent words oft uttered in the hearing
Of poets by poets - as the name is a poet's, too.
Its letters although naturally lying
Like the knight Pinto - Mendez Ferdinando -
Still form a synonym for Truth. - Cease trying !
You will no tread the riddle, though you do the best
you can do.

Frances Sargent Osgood という、ポウが敬愛した女性詩人の名前が読み込まれている。従って、この詩は、To Frances Sargent Osgood という献辞が付いていると解される。本²¹⁾の解説によると、最初の書いた 1846 年版の詩では、献呈する女性詩人のスペルを間違え、Sergeant としていたため、かき直しを余儀無くされ、1849 年に後半部分を完全に書き換えた改訂版を出しているということである。つまり、ポウは、アクロスティックを 2 編書いたことになる。

参考文献

- 1) 神坂次郎：「今昔お金物語り」 新潮社 (1996)
pp. 132-133
- 2) 神坂次郎：「今昔お金物語り」 新潮社 (1996)
pp. 137
- 3) 長田順行：「暗号」 現代教養文庫 社会思想社 (1985) p. 32
- 4) 長田順行：「暗号」 現代教養文庫 社会思想社 (1985) p. 142
- 5) H. G. Wells: "The Outline of History (Being a plain history of life and mankind)", the third edition, The Macmillan Co. (1921)
- 6) 長田順行：「暗号」 現代教養文庫 社会思想社 (1985) p. 168
- 7) 長田順行：「暗号」 現代教養文庫 社会思想社 (1985) p. 141
- 8) 長田順行：「暗号」 現代教養文庫 社会思想社 (1985) p. 147
- 9) "Selected Writings of Edgar Allan Poe", Penguin English Library, (1967), Penguin Books (Edgar Allan Poe, The gold-bug, 1843)
- 10) Sir Arthur Conan Doyle : "The adventure of the dancing men" (1903) (The return of Sherlock Holmes)
- 11) Sir Arthur Conan Doyle : "The valley of fear" (1915) (A Sherlock Holmes mystery)
- 12) W. Shakespear : "The tempest" Bantam Books (1988)
- 13) Dan Brown : "The Da Vinci Code" Random House (2003)
- 14) 渋沢龍彦：「ドラコニア綺談集」 河出文庫(1989)
- 15) Dan Brown : "The Da Vinci Code" Random House (2003) pp. 344-345
- 16) Dan Brown : "Angles and Demons" Corgi Books (2001)
- 17) 長田順行：「暗号」 現代教養文庫 社会思想社 (1985) p. 154
- 18) 長田順行：「暗号」 現代教養文庫 社会思想社 (1985) pp. 194-195
- 19) R. キッペンハーン:「暗号攻防史」 文藝春秋(2001) p. 417
- 20) 長田順行：「暗号」 現代教養文庫 社会思想社 (1985) p. 148
- 21) "Selected Writings of Edgar Allan Poe", Penguin English Library, (1967), Penguin Books (Edgar Allan Poe, The gold-bug, 1843) p. 525

研究業績

2009年4月1日～2010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
宮沢千頃 赤坂 裕 伊丹清 田代達一郎	窓と躯体の間の熱移動に関する数値解析と船熱還流率について	冊子 日本建築学会技術報告集 Vol.15 卷 No.31 号 pp.789～792 (4) 2009-10

機械工学科

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
引地力男 精松伸二	キャリア教育を目指した離島中学校へのものづくり教育支援	平成21年度高専教育講演論文集 pp.231～234 2009-08
引地力男 精松伸二	出前授業を利用した中学生のものづくり力の向上	冊子 鹿児島工業高等専門学校研究報告 44号 pp.1～6 (6) 2010-02
引地力男 油田功二 原田正和 渡邊嘉清 宮城貴志	リーマ加工における加工面品の向上に関する研究	冊子 鹿児島工業高等専門学校研究報告 44号 pp.7～12 (6) 2010-02
引地力男 精松伸二	キャリア教育を目指した離島中学校へのものづくり教育支援	論文集「高専教育」 33号 pp.917～922 2010-03
Rikio HIKIJI* Eiji KONDO Minoru ARAI	Effect of Cutting Edge Roundness on Work Hardened Surface Layer in Metal Cutting	冊子 Proceedings of the 9th International Conference on Progress of Machining Technology(ICPMT'2009) Kunming, CHINA pp.440～443 (4) 2009-04
引地 力男*	学校の安全	冊子 日本機械学会産業・化学機械と安全部門講演会 2009 東京 pp.13～14 (2) 2009-11
原田正和* 引地力男 油田功二 渡邊嘉清 宮城貴志	リーマを用いたノズルリング穴の精密加工に関する研究	2009年度精密工学会九州支部佐賀地方講演会講演論文集 佐賀 pp.45～46 2009-12
引地力男* 新井実	キャリア教育を目指した離島中学校へのものづくり教育支援の検討	CD-ROM 2010年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 さいたま市 pp.683～684 (2) 2010-03
趙放 山口富子 池田英幸 西尾一政	連続冷却過程における $\gamma \rightarrow \alpha$ 相変態のモンテカルロ・シミュレーション	冊子 日本金属学会 73卷 7号 pp.495～501 (7) 2009-07
山田孝行* 池田英幸 塚本公秀 岡林巧	積層粒子の崩壊に及ぼす底面摩擦の影響	粉体工学会 2009年度春期研究発表会講演論文集 東京都千代田区神田駿河台3-2-11 総評会館 pp.5～6 2009-05
岩本才次 小田原悟	操縦性指數を利用したゲイン設定による保針制御シミュレーション	日本船舶海洋工学会講演会論文集 9W号 pp.45～48 2009-11
岩本才次*	操縦性指數を利用したゲイン設定による保針制御シミュレーション	日本船舶海洋工学会平成21年西部支部秋季講演会 熊本県荒尾市 pp.45～48 2009-11
Mitsuishi, Akihiko Sakai, Akira Kitamura, Kenzo Misumi, Toshiyuki	Fluid flow and heat transfer of mixed convection adjacent to vertical heated plates placed in uniform horizontal flow of air	冊子 Heat Transfer & Asian Research vol.38 卷 no.6号 pp.347～360 (14) 2009-05
岩本才次* 小田原悟	操縦性指數を利用したゲイン設定による保針制御シミュレーション	日本船舶海洋工学会西部支部秋季講演会論文集 熊本県荒尾市 pp.45～48 2009-11

下村哲也* 椎 保幸	管オリフィスを流れる微細気泡流に関する研究	冊子 日本混相流学会年会講演会 2009 熊本 講演論文集 熊本 pp.202~203 (2) 2009-08
Satoshi Someya Satoshi Yoshida Takahide Tabata Koji Okamoto	The effect of chemical reaction on the mixing flow between aqueous solutions of acetic acid and ammonia	冊子 International Journal of Heat and Mass Transfer 52巻 pp.4236~4243 (8) 2009-05
田畠 隆英* 増田 広豊 李鹿 輝	5角形ダクトから流出する噴流のウェーブレット解析	冊子 可視化情報学会第37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(東京都) pp.175~176 (2) 2009-07
田畠 隆英* 増田 広豊	5角形ダクトから流出する噴流	日本機械学会2009年度年次大会 岩手大学(盛岡市) pp.199~200 2009-09
田畠 隆英* 増田 広豊	5角形ダクトから流出する噴流	日本機械学会九州・中国四国支部合同企画長崎講演会講演論文集 長崎大学(長崎市) pp.55~56 2009-10
田畠 隆英* 李鹿 輝	平行におかれた2円管から流出する脈動噴流	冊子 可視化情報学会全国講演会(米沢2009)講演論文集 山形大学工学部(米沢市) pp.57~58 (2) 2009-10
田畠 隆英* 増田 広豊 李鹿 輝	5角形ダクトから流出する噴流	可視化情報学会全国講演会(米沢2009)講演論文集 山形大学工学部(米沢市) pp.135~136 2009-10
田畠 隆英* 増田 広豊	5角形ダクトから流出する噴流	日本機械学会第87期流体工学部門講演会講演論文集 名古屋工業大学御器所キャンパス(名古屋市) pp.55~57 2009-11
田畠 隆英* 増田 広豊	5角形ダクトから流出する噴流	日本機械学会九州支部第63期総会・講演会講演論文集 熊本大学工学部(熊本市) pp.221~222 2010-03
田畠 隆英* 春園 健太郎	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第63期総会・講演会講演論文集 熊本大学工学部(熊本市) pp.223~224 (2) 2010-03
塙本 公秀 大渕 慶史 坂本 英俊	楽器製作を通した創造性教育の試み	冊子 日本工学教育協会 57巻3号 pp.28~33 (6) 2009-05
上野 孝行 塙本 公秀 山本 桂一郎 坂本 英俊	教員・技術員・学生と共同での4輪バギーを用いた実習教材開発	冊子 日本工学教育協会 57巻3号 pp.78~83 (6) 2009-05
塙本 公秀 大渕 慶史 坂本 英俊	A Study of Creative Engineering Education by Making Musical Instruments	CD-ROM International Network for Engineering Education and Research (6) 2009-08
K. TSUKAMOTO* T. UENO K. YAMAMOTO Y. OHBUCHI H. SAKAMOTO	Developing the Teaching Material for Practical Work by Student Dismantling and Assembly using All Terrain Vehic	冊子 Asian Conference on Engineering Education 2009 Busan, Korea pp.108~109 (2) 2009-10
塙本 公秀* 大渕 慶史 坂本 英俊	楽器製作を通した創造性教育の試み 第3報	冊子 日本工学教育協会平成21年度講演会講演論文集 名古屋 pp.366~367 (2) 2009-08
上野 孝行* 塙本 公秀 山本 桂一郎	教員・技術員・学生と共同開発したもののづくり教育のための実習	冊子 日本工学教育協会平成21年度講演会講演論文集 名古屋 pp.238~239 (2) 2009-08

電気電子工学科

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
町野 真吾* 本部光幸 逆瀬川栄一	高電圧化インバータの昇圧チョッパ制御法	CD-ROM 平成21年度電気関係学会九州支部連合大会 九州工業大学 飯塙キャンパス s pp.1~ (1) 2009-09
村山大樹* 本部光幸 逆瀬川栄一	多重式昇圧チョッパ付高電圧化インバータ	CD-ROM 平成21年度電気関係学会九州支部連合大会 九州工業大学 飯塙キャンパス pp.1~ (1) 2009-09
太崎巧* 本部光幸 逆瀬川栄一	中性点クランプインバータ用新昇圧チョッパの回路構成と制御法	CD-ROM 平成21年度電気関係学会九州支部連合大会 九州工業大学 飯塙キャンパス pp.1~ (1) 2009-09

研究業績

逆瀬川栄一 篠原勝次 山本吉朗 本部光幸	タワーシャドウ効果抑制に対する巻線形誘導発電機の制御法の比較について	CD-ROM 平成 21 年度電気関係学会九州支部連合大会 九州工業大学 飯塚キャンパス pp.1~ (1) 2009-09
南出雅裕* 田島大輔 本部光幸 大坪昌久	燃料電池モジュールのモデル化とシミュレーション	CD-ROM 平成 21 年度電気関係学会九州支部連合大会 九州工業大学 飯塚キャンパス pp.7~ (1) 2009-09
片地秀蔵* 伊豆雄太郎 中田 高 田島大輔 高庄幸孝 本部光幸 大坪昌久 奥 将俊	ガスエンジンコーチェネレーションシステムの空気流量測定及び空燃比算出	CD-ROM 平成 21 年度電気関係学会九州支部連合大会 九州工業大学 飯塚キャンパス pp.7~ (1) 2009-09
外薗裕仁* 逆瀬川栄一 本部光幸	電圧・電流転流の組合せ方式を用いたマトリックスコンバータのシミュレーション	CD-ROM 平成 22 年電気学会全国大会 明治大学 駿河台キャンパス pp.44~45 (2) 2010-03
永井翠 大塚俊幸 王鋼	大脑皮質における内因性光学的反応のダイナミクスの解析法	冊子 生体医工学 47 卷 2 号 pp.176 ~ 183 (0) 2009-06
Midori Nagai Gang Wang	Extraction of Stimulus-Selective Intrinsic Optical Signals from the Cat Visual Cortex	冊子 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering 4 卷 6 号 pp.696~703 (0) 2009-07
Masahiro Kozako* Kyohei Yamada Akinori Morita Shinya Ohtsuka Masayuki Hikita Kenji Kashine Itaru Nakamura Hidenobu Koide	Fundamental study on Partial Discharge Induced Acoustic Wave Propagation	CD-ROM The 9th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials Harbin, China pp.477~480 (4) 2009-07
Kyohei Yamada* Akinori Morita Masahiro Kozako Shinya Ohtsuka Masayuki Hikita Kenji Kashine Itaru Nakamura Hidenobu Koide	Identification of Propagation Path of Acoustic Wave Signals in Simulated Transformer using Wavelet Analysis	CD-ROM 2009 Korea-Japan Joint Symposium on Electrical Discharge and High Voltage Engineering Busan, Korea pp.79~82 (4) 2009-11
山田恭平* 森田明宜 小迫雅裕 大塚信也 匹田政幸 中村格 樺根健史 小出英延	変圧器用絶縁油における棒 - 棒電極を用いた部分放電超音波信号の伝搬特性	CD-ROM 電気学会電力・エネルギー部門大会 東京 pp.5~6 (2) 2009-08
丸山幸輝* 土橋大起 中村格 樺根健史 永田亮一 小迫雅裕 匹田政幸 小出英延	電力用変圧器を構成する各材料の超音波伝搬特性の基礎的検討	CD-ROM 電気関係学会九州支部連合大会 福岡 pp.4~4 (1) 2009-09
黒江拓也* 勝又進一 樺根健史 永田亮一 中村格 小迫雅裕 匹田政幸 小出英延	モデル変圧器内の油中における超音波伝搬特性の検討	CD-ROM 電気関係学会九州支部連合大会 福岡 pp.5~5 (1) 2009-09

山田恭平*	変圧器用絶縁油における棒・棒電極を用いた部分放電超音波信号の波源周波数の評価	CD-ROM 電気関係学会九州支部連合大会 (1) 2009-09	福岡 pp.15～15
山田恭平*	油入変圧器内における有限要素法を用いた部分放電放射超音波伝搬特性の基礎的検討	CD-ROM 電気学会静止器研究会 2009-12	東京 pp.51～56 (6)
山田恭平*	油・鉄板における超音波透過特性の基礎的検討	CD-ROM 電気学会全国大会 2010-03	東京 pp.209～209 (1)
須田 隆夫* 岩元 あゆか 井上 貴仁	孤立導体配置によるマイクロ流路内での誘電泳動力の制御	冊子 第 70 回応用物理学会学術講演会 pp.1195～1195 (1385) 2009-09	富山県富山市

電子制御工学科

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等	
前園正宜* 堂込一秀 玉利陽三 福添孝明	地域の高専・大学間連携と統合教育のための環境構築	冊子 第 29 回 情 報 处 理 教 育 研 究 発 表 会 http://www.cc.nagano-nct.ac.jp/senjoui2009/ 長野市生涯学習センター (3) 2009-08	
北原謙次* 原田 治行	小型二足歩行ロボットのフィードバック制御に関する研究	CD-ROM 電子情報通信学会九州支部第 17 回学生会講演論文集 九州工業大学飯塚キャンパス (0) 2009-09	
S. Hirosato K. Yamazaki Y. Haraguchi K. Muramatsu A. Haga K. Kamata K. Kobayashi	Design and Construction Method of an Open-Type Magnetically Shileded Room for MRI Composed of Magnetic Square Cylinders	冊子 IEEE Transaction on Magnetics pp.4636～4639 (4) 2009-10	45 卷 10 号
Odawara, Shunya* Muramatsu, Kazuhiro Shogo Komori Kamata, Kiyotaka Yamazaki, Keita Yamaguchi, Takao Sakakibara, Mitsuru Shinnoh, Toshifumi Simokawa, Masao Ishikawa, Noboru Meguro, Takashi	Method for evaluating shielding factor of magnetically-shielded rooms for uniform magnetic field using exciting coils	CD-ROM 11th Joint MMM/Intermag Conference ワシントン DC pp.1105～1105 (1) 2010-01	アメリカ
K. Kamata K. Yamazaki K. Hirosato A. Haga K. Kobayashi	Optimal elevator shaft shielding method to reduce magnetic field fluctuations due to movement of elevator for MRI	CD-ROM 11th Joint MMM/Intermag Conference ワシントン DC pp.1776～1776 (1) 2010-01	アメリカ
S. Hirosato K. Yamazaki Y. Haraguchi K. Muramatsu A. Haga K. Kamata K. Kobayashi H. Sasaki	Realization of Open-Type Magnetically Shielded Room Combined with Square Cylinders Made of Magnetic and Conductive Materials for MRI.	CD-ROM 11th Joint MMM/Intermag Conference ワシントン DC pp.1773～1773 (1) 2010-01	アメリカ

研究業績

山崎慶太 小田原 峻也 村松和弘 鎌田清孝 山口孝夫 榎原 満 新納敏文 下川眞男 石川 登 目黒 卓	励磁コイルを用いた磁気シールドルームの	冊子 第 23 回 日本生体磁気学会大会 http://1514749666651234256-a-1802744773732722657-s 金沢大学 pp.36~37 (2) 2009-05
広里 成隆 山崎 慶太 村松 和弘 鎌田 清孝 小林 宏一郎	磁性体角筒を用いた開放的なMRI室用シールドルームにおける角筒の最適な寸法と構成方法	冊子 2009 年度日本建築学会大会（仙台）学術講演会 仙台 pp.555~556 (2) 2009-08
山崎 慶太* 村松 和弘 鎌田 清孝 榎原 満 新納 敏文 石川 登 目黒 卓	励磁コイルによる磁気シールドルームの一様磁界遮蔽性能の推定法に関する検討 —2層磁気シールドルームにおける実験的検証—	冊子 2009 年度日本建築学会大会（仙台）学術講演会 仙台 pp.553~554 (2) 2009-08
広里成隆 山崎慶太 原口優* 村松和弘 鎌田清孝	磁性体角筒を用いたMRI用オーブンタイプ磁気シールドルームの実現 その2 磁性体角筒の遮蔽設計	冊子 第 33 回 日本磁気学会学術講演会 http://www.wdc-jp.biz/msj/conf2009/sub/msj_program 長崎大学 (1) 2009-09
小田原 峻也* 小森 祥悟 村松 和弘 鎌田 清孝 山崎 慶太 山口 孝夫 榎原 満 新納 敏文 下川 真男 石川 登 目黒 卓	扉の影響を考慮した磁気シールドルームの遮蔽性能評価法の検討	CD-ROM 第 33 回 日本磁気学会学術講演会 http://www.wdc-jp.biz/msj/conf2009/sub/msj_program 長崎大学 文教キャンパス pp.13~ (0) 2009-09
小森 祥悟* 小田原 峻也 村松 和弘 鎌田 清孝 山崎 慶太 山口 孝夫 榎原 満 新納 敏文 下川 真男 石川 登 目黒 卓	磁界解析を用いた扉の影響を考慮した磁気シールドルームの遮蔽性能評価法の検討	冊子 第 62 回 電気関係学会九州支部連合会論文 福岡 (1) 2009-09
佐野 和成* 鎌田 清孝	方向性磁性体角筒を用いた開口型MRI用磁気シールドの最適設計	CD-ROM 第 17 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/program/tb_kai 福岡県飯塚 九州工業大学 (1) 2009-09
広里 成隆 山崎 慶太 原口 優 村松 和弘 芳賀 昭 鎌田 清孝 佐々木 仁望 小林 宏一郎	磁性体角筒を用いたMRI用オーブンタイプ磁気シールドルームの実用化設計と性能評価	冊子 電気学会マグネットックス研究会 https://workshop.iee.or.jp/sbtk/cgi-bin/sbtk-showp 金沢 (5) 2009-11
鎌田清孝* 広里成隆 山崎慶太 小林宏一郎	MRI のためのエレベータに起因する変動磁場を低減するシャフト壁の遮蔽方法の検討	CD-ROM 平成 21 年度電気学会全国大会講演論文集 http://www.gakkai-web.net/gakkai/iee/program/2010/ 東京 (0) 2010-03

小森洋悟* 小田原峻也 村松和弘 鎌田清孝 山崎慶太 山口孝夫 榎原 満 新納敏文 下川眞男 石川 登 目黒 卓	磁気シールドルームの遮蔽性能評価における励磁コイルの設定条件	CD-ROM 平成21年度電気学会全国大会講演論文集 http://www.gakkai-web.net/gakkai/iee/program/2010/ 東京 (0) 2010-03
芝 健一* 宮田 千加良	倒立振子の制御に関する研究	CD-ROM 第17回電子情報通信学会九州支部学生会講演会 九州工業大学 飯塚キャンパス (1) 2009-09
児島諒昭* 室屋光宏	表計算ソフトによるDCモータ駆動シミュレーションの工学実験への応用	CD-ROM 平成21年電気学会産業応用部門大会 三重大学 pp.97～97 (1) 2009-08
Kenji SHIMANA* Eiji KONDO Masahira KUMAMOTO Shunichi YAMASHITA Norio KAWAGOISHI Yoshihiro KAWANO	Estimation of Machining Error Caused by Deflection of Tool in Ball-End Milling of Hemisphere Surface	3rd International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology(ASPEN2009) Fukuoka, Japan 2009-11
島名 賢児* 芝 浩二郎 河野 良弘 室屋 光宏 山下 俊一 町田 衣里	自動車・電子関連産業が求めるメカトロニクス技術者の育成	第19回九州沖縄地区高専フォーラム 福岡県北九州市 pp.34～2009-12
島名 賢児* 近藤 英二 隈元 政比良 山下 俊一 河野 良弘 松尾 征一郎	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・半球面加工における切削抵抗による加工誤差の推定	2010年度精密工学会春季大会 埼玉 2010-03
吉満真一* 河野良弘 山下俊一 里中忍 岩本千尋	Image Processing and Two Dimensional Monitoring of Tool Behavior in End Milling with Small Diameter Tool	ASPEN2009 3rd International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology 小倉ステーションホテル(北九州市) 2009-11
河野良弘 山下俊一 松尾征一郎* 吉満真一 島名賢児 櫻庭肇	工作機械構造の熱変形に関する研究(第4報)一送り駆動系(Z軸)の熱変位補正	CD-ROM 精密工学会 2009年度精密工学会秋季大会論文集 神戸大学大学院工学研究科(神戸市) pp.635～636 (2) 2009-09
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4報)	精密工学会 2009年度精密工学会秋季大会論文集 神戸大学大学院工学研究科(神戸市) pp.637～638 2009-09

情報工学科

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
久木原 賢治* 入江 智和	外部インターフェースで受信したローカルブロードキャストを内部側インターフェースに転送するNAT拡張の提案	CD-ROM 平成21年度電気関係学会九州支部連合大会(第62回連合大会) 講演論文集 九州工業大学(飯塚キャンパス) (1) 2009-09
入江 智和* 川路 寛隆	アドレス解決パケットの転送による通信相手の生存確認法の提案	CD-ROM 平成21年度電気関係学会九州支部連合大会(第62回連合大会) 講演論文集 九州工業大学(飯塚キャンパス) (1) 2009-09
加治佐 清光	可逆色変換の縮退に関する考察	冊子 電子情報通信学会論文誌A Vol.J92-A 卷 No.6号 pp.444～450 (7) 2009-06
中村博文* 加治佐清光 淵田孝康	テキストデータの圧縮効率を高める前処理の可能性について	冊子 電子情報通信学会・技術研究報告(情報理論研究会) 信州大学 pp.337～342 (6) 2010-03

研究業績

村橋喜満 赤坂 裕 武田和大 川上寛明 曾我和弘 福留伸高	鹿児島市に建設した2棟の実証棟の測定結果に基づく遮熱・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3）	冊子 日本建築学会環境系論文集 (10) 2009-07	641号 pp.883~892
福留伸高 赤坂裕 二宮秀與 武田和大 村橋喜満 川上寛明	2棟の実証棟での測定に基づく外壁・屋根への遮熱技術の導入効果の確認 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4）	冊子 日本建築学会環境系論文集 (10) 2010-02	648号 pp.139~148

都市環境デザイン工学科

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等	
前野 祐二	地盤環境および防災における地域資源の活用－副産物・廃棄物の新たな利用技術－	CD-ROM 2010-01	社団法人地盤工学会九州支部 pp.1~205
西留清 Narumol V. 上田明弘	回転円板と担体を用いた有機物酸化・硝化・脱窒	冊子 2010-03	鹿児島高専研究報告 44号 pp.19~25 (7)
西留清* 水元愛佳 上田明弘 Narumol V.	立体格子状回転円板法による高負荷運転に関する研究	冊子 2010-03	第44回日本水環境学会年会講演集 福岡市 pp.623~623 (1)
水元愛佳* 西留清 上田明弘 Narumol V.	回転円板法と担体を用いた有機物酸化・硝化・脱窒	冊子 2010-03	平成21年度に本水環境学会九州支部研究発表会 北九州市 pp.15~16 (2)
荒牧憲隆* 清松潤一 岡林巧	火山灰質粗粒土をモデル化した粒状体の力学特性	冊子 2009-08	第44回地盤工学研究発表会論文集 関東学院大学(横浜) pp.697~698 (1456)
清松潤一* 荒牧憲隆 岡林巧	火山灰質粗粒土の土粒子密度特性に及ぼす粒子内空隙の影響	冊子 2009-09	土木学会第64回年次学術講演会 福岡大学 pp.333~334 (1022)
堤 隆 岩下 寛	理論解を用いた異方性円柱に対する圧裂試験の変位解析	CD-ROM (6) 2010-01	第39回岩盤力学に関するシンポジウム講演集
吉田誠 内田一平	地方都市の市街地上流部集落における農地管理状況と将来抱える問題点の提起	冊子 2010-01	第15回高専シンポジウム in いわき講演要旨集 pp.209~ (1)
長瀬碧 内田一平	未利用・放置一戸建て住宅の分布状況と分布特性に関する研究～霧島市隼人町の用途地域及びその縁辺を調査対象として～	CD-ROM 2010-03	土木学会西部支部研究発表会 pp.603~604 (2)
高尾野真嗣 内田一平	地方都市における商店街の実態変化に関する研究	CD-ROM (2) 2010-03	土木学会西部支部研究論文発表会 pp.615~616
梶原誠 内田一平	平成の大合併における国の方針と合併状況に関する一考察～鹿児島県内21市町村の人口規模に着目して～	CD-ROM 2010-03	土木学会西部支部研究発表会 pp.645~646 (2)
松永健吾 小野寺崇 上村繁樹 山田真義 山内正仁 高橋優信 久保田健吾 原田秀樹	下水処理 UASB 後段の DHS における余剰汚泥量の抑制要因の評価	土木学会環境工学研究論文集 46巻 2009-11	pp.623~628
大田智也* 野元雄介 山内正仁 山田真義 増田純雄	食品廃棄物（さつまいも残渣）を用いた食用きのこ栽培に関する研究	土木学会第64回年次学術講演会 2009-09	福岡大学 pp.81~82
射手園章吾* 山田真義 高橋優信 原田秀樹 山内正仁 小松俊哉	甘藷焼酎粕廃水を対象とした可逆流嫌気性バッフルド反応槽によるアルカリ剤削減効果に関する研究	土木学会第64回年次学術講演会 2009-09	福岡大学 pp.95~96

津曲謙太*	フェノール含有廃水を処理対象としたUASBリアクターのグラニュール汚泥の性能評価	土木学会第64回年次学術講演会 福岡大学 pp.105～106 2009-09
野元雄介*	焼酎粕の高付加価値化を目指した用途拡大型循環システムの開発	冊子 第46回環境工学研究フォーラム講演集 群馬県高崎市 pp.22～24 (3) 2009-11
大田智也*	焼酎粕廃培地の飼料化に関する研究	平成21年度土木学会西部支部研究発表会 熊本県熊本市 pp.833～834 2010-03
野元雄介 山田真義 山内正仁 小村洋美 長野京子 山内正仁		
大田智也*	ヤマブシタケ栽培によるでん粉粕、焼酎粕中の悪臭成分の消去	第44回日本水環境学会年会講演集 福岡県福岡市 pp.704～ 2010-03
松元皓隆*	ヤマブシタケ廃培地中の酵素活性の挙動	第44回日本水環境学会年会講演集 福岡県福岡市 pp.704～ 2010-03
大田智也*	高濃度フェノール廃水を対象としたUASB-DHSプロセスの処理性能評価	第44回日本水環境学会年会講演集 福岡県福岡市 pp.699～ 2010-03
小丸哲斎*		
山田真義 黒田恭平 山内正仁 山口隆司 高橋優信 長野晃弘 田中秀治		
平賀祐朝*	嫌気性バッフルド反応器(ABR)による芋焼酎蒸留廃水の連続処理特性	第44回日本水環境学会年会講演集 福岡県福岡市 pp.695～ 2010-03
黒田恭平*	高温メタン発酵槽からの高温乳酸菌の分離の試み	第44回日本水環境学会年会講演集 福岡県福岡市 pp.275～ 2010-03
山田真義 上渴口知世 山内正仁 山口隆司 八木史郎		
山内正仁 山田真義 八木史郎 増田純雄 山口隆司	食品廃棄物(焼酎粕・でん粉粕)を用いたヤマブシタケの栽培条件の確立とその成分特性	土木学会環境工学研究論文集 46巻 pp.117～127 2009-11
山内正仁 内田一平 山田真義	他機関研究員を受け入れたことによる学生の研究・学習意欲の向上	論文集「高専教育」 33巻 pp.577～582 2010-03
宮原清*	オゾンによる養豚排水処理水の連続実験に関する一考察	土木学会第64回年次学術講演会 福岡県福岡市 pp.135～136 2009-09
増田純雄 斎藤泰男 山内正仁 山田真義 安井賢太郎		
大田智也*	食品廃棄物(さつまいも残渣)を用いた食用きの栽培に関する研究	土木学会第64回年次学術講演会 福岡県福岡市 pp.81～82 2009-09
野元雄介 山内正仁 山田真義 増田純雄		

研究業績

山内 正仁*	きのこ生産による焼酎粕の多用途再生技術の確立	(社)鹿児島県産業廃棄物協会 産業廃棄物排出抑制・リサイクル講習会 鹿児島 pp.1~8 (8) 2009-10
八木史郎* 松元皓隆 松里大樹 山内正仁 山田真義 西田圭祐 南雄二	デンプン粕、焼酎粕培養によるヒラタケなどのきのこの菌体外酵素の挙動	冊子 日本農芸化学会西日本支部合同大会 琉球大学 (1) 2009-10
山内正仁* 山田真義 八木史郎 増田純雄 山口隆司	食品廃棄物（焼酎粕・でん粉粕）を用いたヤマブシタケの栽培条件の確立とその成分特性	土木学会環境工学研究論文集 群馬県高崎市 pp.117~127 2009-11
松永健吾* 小野寺崇 上村繁樹 山田真義 山内正仁 高橋優信 久保田健吾 原田秀樹 山口隆司	下水処理 UASB 後段の DHS における余剰汚泥量の抑制要因の評価	土木学会環境工学研究論文集 群馬県高崎市 pp.623~628 2009-11
野元雄介* 大田智也 山田真義 小村洋美 長野京子 山内正仁	酎粕の高付加価値化を目指した用途拡大型循環システムの開発	冊子 第 46 回環境工学研究フォーラム講演集 群馬県高崎市 pp.22~24 (3) 2009-11
淵上高志* 増田純雄 斎藤泰男 山内正仁 山田真義 後藤洋規	消化液のオゾン処理に関する研究	平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会 熊本県熊本市 pp.821~822 2010-03
上山幸雄* 増田純雄 斎藤泰男 山内正仁 山田真義 後藤洋規	オゾンによる養豚排水処理に関する研究	平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会 熊本県熊本市 pp.823~824 2010-03
宮原清* 増田純雄 山内正仁 山田真義	焼酎粕乾燥固体物を用いた高付加価値きのこの量産化技術開発と廃培地の有効利用に関する研究	平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会 熊本県熊本市 pp.831~832 2010-03

一般理系

氏名	課題	雑誌、講演会、または発行所等
Futoshi Hayasaka Eero Hyry	A note on the Buchsbaum-Rim multiplicity of a parameter module	冊子 Proc. Amer. Math. Soc. 138 卷 2 号 pp.545~551 (0) 2010-02
早坂 太*	The Buchsbaum-Rim function of a parameter module	冊子 The 5th Japan-Vietnam Joint Seminar on Commutative Algebra Institute of Mathematics Hanoi (Vietnam) (0) 2010-01
Ichiro Yoshikawa Oleg Koralev Shingo Kameda David Rees Hiromasa Nozawa Shoichi Okano Victor Gnedykh Vladimir Kottsov Kazuo Yoshioka Go Murakami Fukuhiko Ezawa Gabriele Gabriele	The Mercury sodium atmospheric spectral imager for the MMO spacecraft of Bepi-Colombo	冊子 Planetary and Space Science 58 卷 1-2 号 pp.224~237 (14) 2010-01

大竹孝明 芝浩二郎 河野良弘 植村眞一郎 椎保幸 室屋光宏 山下俊一 中原義毅 桐野弘城 村上幸司 町田依里	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	鹿児島工業高等専門学校研究報告 44号 pp.31～36 2010-02
大竹孝明* 山下俊一 有薗俊子 満富昭二 渡邊 紫 永田淳子 新納時英 鰯坂徹郎	小中学生のためのものづくり・科学教室「鹿児島高専の日」について	高専シンポジウム in いわき 実行委員会、第15回高専シンポジウム in いわき 講演要旨集 福島県いわき市 pp.229～229 2010-01
篠原 学	月刊天文ガイド連載記事「宇宙天気」	雑誌連載記事 誠文堂新光社 pp.1～1 2009-04
篠原 学	月刊天文ガイド連載記事「宇宙天気」	雑誌連載記事 誠文堂新光社 pp.1～1 2009-05
篠原 学	月刊天文ガイド連載記事「宇宙天気」	雑誌連載記事 誠文堂新光社 pp.1～1 2009-06
篠原 学	皆既日食ー黒点とコロナの形	新聞の解説記事 西日本新聞社 pp.1～1 2009-07
篠原 学	九州王国 記事「日食って何だ？」	雑誌の記事 エー・アール・ティ pp.1～2 2009-07
篠原 学	月刊天文ガイド記事「2009年7月22日皆既日食 コロナ予想」	雑誌記事 誠文堂新光社 pp.1～2 2009-07
篠原 学	月刊天文ガイド連載記事「宇宙天気」	雑誌連載記事 誠文堂新光社 pp.1～1 2009-07
篠原 学	月刊天文ガイド連載記事「宇宙天気」	雑誌連載記事 誠文堂新光社 pp.1～1 2009-08
篠原 学	宇宙天気 宇宙の天気予報はできるのか	書籍 誠文堂新光社 pp.1～168 2009-09
篠原 学	月刊天文ガイド連載記事「宇宙天気」	雑誌連載記事 誠文堂新光社 pp.1～1 2009-10
篠原 学	月刊天文ガイド連載記事「宇宙天気」	雑誌連載記事 誠文堂新光社 pp.1～1 2009-11
篠原 学	月刊天文ガイド連載記事「オーロラ予想」	雑誌連載記事 誠文堂新光社 pp.1～1 2009-11
白坂 繁*	三つの三角関数の求値問題	冊子 第91回全国算数・数学教育研究(京都)大会 http://www.sme.or.jp 京都市 pp.490～490 (0) 2009-08

一般文系

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』(5)－体験を堤喻にする小連作(1)	冊子 高専ドイツ語教育 12号 pp.20～28 (9) 2010-03
保坂 直之*	トラークルの連作構造——共有語を通して見た「夢の中のセバスティアン」詩篇	冊子 トラークル協会 2009年度春期例会 勤労福祉会館(東京都豊島区) (0) 2009-05

研究業績

野口ジュディー 深山晶子 青山晶子 太田伸子 大谷浩 奥村信彦 小澤志朗 鞍掛哲治 高桑潤 武田淳 富永和元 中村俊昭 中村謙光 村井三千男 森和憲	ESPにもとづく工業技術英語	書籍 講談社 pp.1~95 2009-09
鞍掛 哲治*	UPO-NET の英語教材を取り入れた e-learning の授業実践と可能性	発表のレジュメ CIEC(コンピュータ利用教育協議会 2009 PC Conference 研究大会 愛媛大学 pp.1~ (0) 2009-08
松田 信彦	日本書紀「区分論」の新たな展開	冊子 青木周平先生追悼記念論文集 (0) 2009-11
仲正昌樹、関良徳、伊藤泰、吉良貴之、橋本裕子、伊藤克彦、三本卓也、足立英彦、野崎亜紀子、石田慎一郎、中村隆文	叢書アレティア 11 近代法とその限界	書籍 御茶の水書房 pp.1~369 2010-02
中村 隆文*	「道徳的運のもとでの責任概念について—道徳において偶然性は解消されるべきか?」	冊子 日本哲学会 一般研究報告 慶應大学 三田キャンパス (8) 2009-05
中村 隆文*	ヒューム情念論再考——道徳的行為へとわれわれを動機付ける「理由」はどこにあるのか?——	ヒューム研究学会第 20 回例会 日本大学理工学部駿河台校舎 5 号館 pp.1~16 (0) 2009-09
中村 隆文*	ヒュームは契約論者でありうるのか?——ゴティエのヒューム分析を通じて——	冊子 日本法哲学会 関西大学(千里山キャンパス第一学舎 5 号館 5 階 E502) (12) 2009-11
Mariko SAKAMOTO, Kiyomi WATANABE*	An Analysis of Tense and Aspect in Japanese Learners' Interlanguage: based on high school and national collage of technology students' written English	冊子 ICTATLL University of Peloponnese, Corinth, Greece (0) 2009-09
山田真義 原田秀樹 山内正仁 山口隆司 大橋晶良 Noriko ABE, Koji UENISHI, Mariko SAKAMOTO	A quantitative analysis of primary school EFL textbooks of Thailand and Japan: Focusing on Be-Verbs and General Verbs	冊子 ICTATLL University of Peloponnese, Corinth, Greece pp.5~16 (12) 2009-09
GGG 田中 智樹	「仁徳記」丸邇臣口子の機能—「服著_紅紐_青褶衣上」「青皆変_紅色_」の解釈を中心に—	冊子 朱 53 号 pp.124~132 (0) 2010-03
GGG 田中 智樹*	大国主神の成長と完成—須佐之男命の発話の解釈を中心に—	冊子 美夫君志会全国大会 中京大学(愛知県名古屋市) (0) 2009-07

技術室

氏 名	課 題	雑誌, 講演会, または発行所等
引地 力男 油田 功二 原田 正和 渡邊 嘉清 宮城 貴志	リーマ加工における加工面品位の向上に関する研究	冊子 鹿児島工業高等専門学校研究報告 44 号 pp.7~12 (6) 2010-02
原田 正和* 引地 力男 油田 功二 渡邊 嘉清 宮城 貴志	リーマを用いたノズルリング穴の精密加工に関する研究	2009 年度精密工学会九州支部佐賀地方講演会講演論文集 佐賀市(佐賀大学) pp.45~46 2009-12

河野良弘 山下俊一 松尾征一郎* 吉満真一 櫻庭肇	工作機械構造の熱変形に関する研究 (第4報)-送り駆動系の熱変位補正-	2009年度精密工学会秋季大会講演会 神戸大学大学院工学研究科 (神戸市) pp.637～638 2009-09
Kenji SHIMANA* Eiji KONDO Masahira KUMAMOTO Shunichi YAMASHITA Norio KAWAGOISHI Yoshihiro KAWANO	Estimation of Machining Error Caused by Deflection of Tool in Ball-End Milling of Hemisphere Surface	3rd International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology(ASPEN2009 Fukuoka, Japan 2009-11
島名 賢児* 芝 浩二郎 河野 良弘 室屋 光宏 山下 俊一 町田 衣里	自動車・電子関連産業が求めるメカトロニクス技術者の育成	第19回九州沖縄地区高専フォーラム 福岡県北九州市 pp.34～ 2009-12
島名 賢児* 近藤 英二 隈元 政比良 山下 俊一 河野 良弘 松尾 征一郎	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・半球面 加工における切削抵抗による加工誤 差の推定	2010年度精密工学会春季大会 埼玉 2010-03
吉満真一* 河野良弘 山下俊一 里中忍 岩本千尋	Image Processing and Two Dimensional Monitoring of Tool Behavior in End Milling with Small Diameter Tool	ASPEN2009 3rd International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology 小倉ステーションホ テル(北九州市) 2009-11
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4報)	精密工学会 2009年度精密工学会秋季大会論文集 神戸大学大学 院工学研究科(神戸市) pp.637～638 2009-09
大竹孝明 芝浩二郎 河野良弘 植村眞一郎 椎保幸 室屋光宏 山下俊一 中原義毅 桐野弘城 村上幸司 町田依里	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	鹿児島工業高等専門学校研究報告 44号 pp.31～36 2010-02
大竹孝明* 山下俊一 有薗俊子 満富昭二 渡邊 紫 永田淳子 新納時英 鶴坂徹郎	小中学生のためのものづくり・科学 教室「鹿児島高専の日」について	高専シンポジウム in いわき 実行委員会、第15回高専シンポジウム in いわき 講演要旨集 福島県いわき市 pp.229～229 2010-01
Akio NAGAYAMA	Park Spatial Design and Teaching Material Development that Used 3DCAD	Proceedings of the 4th International Symposium on Advances in Technology Education 2010
長山昭夫 谷山昌弘 川上弘次 浅野敏之	知林ヶ島陸繫砂州の年間を通じた変 動過程に関する研究	土木学会論文集B2(海岸工学)
大田昌孝 .前野祐二 .長山昭夫	都市ごみ焼却灰等各種廃棄物を原料 とした環境低負荷型エコ混合セメン トの開発	土木学会第65回年次学術講演会 pp.285～286
前野祐二 .長山昭夫 大田昌孝	エコ混合セメントで作製した硬化体 の重金属類の溶出特性	土木学会第65回年次学術講演会 pp.283～284
長山昭夫 .前野祐二	しらすセメントを活用したパドック簡 易舗装に関する研究	土木学会第65回年次学術講演会 pp.453～454

研究業績

長山昭夫 ・前野祐二 金子和久 岡部圭子 ・三原めぐみ 平瑞樹	しらすのセメント安定処理工法を活用したパドック簡易舗装	地盤環境および防災における地域資源の活用に関するシンポジウム pp.29-32
大田昌孝 ・前野祐二 ・長山昭夫	ごみ焼却灰などの各種廃棄物焼却灰を主原料としたエコ混合セメントの化学特性について	地盤環境および防災における地域資源の活用に関するシンポジウム pp.111-114
長山昭夫 中村和夫 浅野敏之	デジタルカメラ観測による指宿知林ヶ島陸繫砂州の形成・消滅過程に関する研究	土木学会西部支部

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

玉利陽三	地域共同テクノセンター研究促進部門長 (情報工学科)
中村 隆文	一般教育科文系
大竹 孝明	一般教育科理系
江崎秀司	機械工学科
今村成明	電気電子工学科
岸田一也	電子制御工学科
加治佐清光	情報工学科
前野祐二	都市環境デザイン工学科
今村成明	専攻科(電気電子工学科)
栗田耕	総務課長
小田原正享	総務課長補佐(総務担当)
有川博幸	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45号

平成23年(2011) 2月23日印刷

平成23年(2011) 2月23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

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

Kagoshima-ken 899-5193 Japan