

ISSN 0286-3392

茨城工業高等専門学校

研究彙報

第 39 号

平成16年 3 月

RESEARCH REPORTS
OF
IBARAKI NATIONAL
COLLEGE OF TECHNOLOGY

NO. 39

MARCH 2004

茨城工業高等専門学校

茨城工業高等専門学校研究彙報

第 39 号

目 次

- 1 創造性の育成を狙った新しい授業形態の導入事例とその考察 三好 章一 (1)
- 2 英語教育カリキュラム開発へ向けて —英語教育の現状と改善点— 小林 邦彦 (9)
- 3 文化的能力の評価体系 小林 邦彦 (17)
- 4 L2読解における阻害要因に関する考察 飯島 博之 (23)
- 5 コンピュータを活用した自律的英語学習者の育成 奥山 慶洋 (29)
- 6 ヤング率の相関関数形の違いが断層進展過程に及ぼす影響について
—数値解を用いたKarhunen-Loeve展開とその適用— 中川 英則 (35)
- 7 臨界事故から約130日後のJCOの敷地内および周辺の空間線量率 (JCO報告、その3)
..... 松沢 孝男 (41)
- 8 多点温度測定法による一般熱伝導物質の熱定数測定法に関する基礎研究 根本 栄治 (53)
- 9 酸化ナノ粒子の生成・成膜に関する基礎研究 加藤 文武・藤咲 克弥・清水 勲 (57)
- 10 損失のある不均一線路のTLM法による時間領域応答の解析
..... 宇津野 唯・篠崎いずみ・遠藤 勲 (61)
- 11 知的財産戦略と教育 金子 紀夫 (67)
- 12 Endocrine Disruptor Eluted from Housewares of Polycarbonate Resin
..... 富田 豊・住谷 優子・平川 克彦 (75)
- 13 二酸化炭素を酸化剤とするエタンの酸化脱水素反応(1)
—Cr₂O₃触媒へのBa添加効果とその最適化— 山形 信嗣・鈴山 祐二・藤原 紀子 (79)
- 14 A Kinetic Model for Unsteady-State Crystal Growth in the Presence of Metallic Ions
..... グスマン ルイス A・久保田徳昭 (83)
- 15 『古今著聞集』の価値における—考察— 勅撰和歌集との類似を中心に— 平本 留理 (94)
- 16 孟子の禪讓放伐に関する—考察— 瀬尾 邦雄 (100)
- 17 文部科学省科学研究費補助金 (平成15年度) (101)
- 18 教員事績 (平成14年10月～平成15年9月) (102)
- 19 卒業研究題目一覧表 (平成14年度) (119)

創造性の育成を狙った新しい授業形態の導入事例とその考察

三好章一

A Report on an Actual Example for a New Teaching Method for Enhancing the Creative Skill

Shoichi MIYOSHI

Abstract: This paper is to introduce an actual example for a new teaching method which was done for 4th and 5th grade students last summer. The original program introduced by our college of technology was well appreciated and established successfully by students.

1 はじめに

世界における技術立国の面での日本の地盤沈下は深刻である。その根底には創造性を発揮できない教育システムがあり、受験勉強の弊害による知識の詰め込み一辺倒の教育に要因の一つがあると考えられる。このことは従来からも各界で指摘されていたことであるが、社会で即戦力となり、実践に役立つ技術者を養成するためには、従来型の知識付与型の授業だけでは限界がある。

そこで筆者は、「創造性を育成する授業」とはどうあるべきかをテーマに教育現場を通じて実証を試みることにした。

そもそも創造性を高める授業とは

- 1 視野を広げ、好奇心と興味・関心を抱く、動機付けを学生に図ること
- 2 学生が主体性を持って授業に参加すること
- 3 学生が自由に発想し意見を述べられる雰囲気作りをすること
- 4 教師が学生に自ら考えさせる工夫をすることが必要であると考え。

本校では、昨年度から特色ある学校づくりと、実社会で通用する人材育成の観点から「産業社会学」という名称の講座を開設している。

この講座は、就職を控えた本科4・5年生を対象として、「学生と社会人の違い」を理解させ、「国際的に通用できる技術者」として、企業の基本的なあり方を体得させることを狙いとしている。

夏季休業期間中であるにもかかわらず、200人もの学生が参加し、5日間の集中講義で行い、昨年度は企業研修の専門家が講師となって講義形式で実施した。

本年度の前半は昨年同様に企業研修の専門家が講義形式で担当し、後半は筆者が独自に考案した「創造性を高める授業」を試みた。

2 取り組み課題—「茨城高専(株)」の生き残り戦略シミュレーション—

次のような授業の狙いなどについて、筆者が学生に説明を行った後、学生をグループに分けて自由に討議を行わせた。筆者は、必要に応じて各グループに質問をし、学生から疑問が出されればアドバイスをを行った。

①本授業の狙い

本校の教育理念である「自律と創造」の精神に基づいて、産業界や地域社会、そして国際的に貢献できる技術者に必要とされる基本的な事項を学生に理解させ、その修得と意欲の向上を目指すことを狙いとする。

②具体的な到達目標

- 1 学生と社会人の違いを理解させる
- 2 社会人としての意識と行動規範を理解させる
- 3 自己啓発の重要性を認識させる
- 4 国際人としての素養について考えさせる
- 5 世界に通用する技術者の姿を明らかにさせる

③茨城高専の位置づけと現状認識

- 1 来年4月1日より独立行政法人へと移行する
- 2 少子化など厳しい環境下における他校との競争に打ち勝つ
- 3 本校独自の改革による生き残り策を強力に推進する
- 4 即戦力となる国際先端技術者を育成する

④授業方針

学校を会社に見立て、仮想の茨城高専株式会社を設立させ、将来のビジョンをグループ単位で策定させることによって、学生に考える力を修得させる。そして、シミュレーションではあるが、そこにできるだけ現実味を持たせて、身近に感じさせつつ楽しみながら学習できるように仕向ける。そのためには、個々の学

生に現実の危機意識を植え付け、各グループごとにシミュレーションの結果をレポート形式で取りまとめさせ、学生全員の前でプレゼンテーションを行わせる。

⑤授業テーマ

茨城高専(株)の生き残り戦略シミュレーション

組織イメージ(図1を参照のこと)

茨城高専株式会社 資本金15億円

従業員150名

設立 平成16年4月1日

主要株主 50% 国

大株主 民間企業

茨城高専の財務状況

歳出		1,585百万円
内訳	1 人件費	1,190百万円
	2 旅費	20百万円
	3 校費	300百万円
	4 土地建物借料	54百万円
	5 電算機リース料	11百万円
	6 その他	
歳入		1,585百万円
内訳	国予算	1,308百万円
	授業料/検定料	266百万円
	雑収入	11百万円
	(雑収入内訳:産学連携	1.7百万円)
	:貸付料	9.3百万円)

ビジョン

- 茨城高専(株)を国際的に認知させる
- 5年後に自立し、全国高専No1の知名度と実績を挙げるようにする
- 最終的に自己完結で経営(国からの交付金を当てにしない)できるようにする

⑥具体化のための討議

グループ(G)分け、同学年同学科の学生15-20名で構成させる

- Gごとに会社組織と同様の形態を想定して、各ポストへの人選と役割の分担を行う。
- Gごとに海外姉妹校、海外企業との産学共同の相手国を選ぶ。
- Gごとに大株主及び産学連携の相手企業を選択する。

- 1 会社名または愛称名の検討と決定を行う。
- 2 Gリーダーを選出し、その者が社長となって、副社長(管理本部長、営業本部長2名)を任命する。
- 3 各部長、事業部長の人選を行う。
- 4 提携国を選定し、その選定理由(歴史、地理、宗教など基

本知識)を明らかにする。

- 5 大株主(産学連携相手)を3分野から3社選定して、その会社名と選んだ根拠を明らかにする。
- 6 会社の各部の具体的役割、運営活動方針などを具体的に列挙する。

これらの骨格の策定に当たっては、理想的または非現実的なこと、奇想天外な発想など、固定観念にとらわれず柔軟に考えることとする。

3 本授業形態導入結果に関する考察

最終日に13グループが独自の発想で設立した、茨城高専(株)の内容の発表を全員参加で行わせた。

学生は白紙から議論を始め、戸惑いもみられたが、各グループは時間を忘れ激論を戦わしていた。あるグループは意見が二つに分かれ暗礁に乗り上げ困ったと相談を持ちかけてきたが、こちらからアドバイスを与えると、一気に議論が軌道にのり、斬新なアイデアを生み出した。

各グループとも、リーダーが自然に生まれ、取りまとめ役として全員の意見を聞きながら活躍していた。自校を株式会社に見立てたことから、母校に対する愛着と誇りがベースになって、単なるゲーム感覚でない、真剣味が感じられた。学生の役割も得手不得手をわきまえて効率よく分担され、プレゼンテーションのためのレポート作りなど作業を協調しながら分担し取り組んでいた。各グループはいずれもパワーポイント(PP)にまとめ、決められた持ち時間15分を目標に発表し、学校の問題点や不満を指摘したり、さらには太陽光発電設備拡張による光熱費削減策、地域との共生、ボランティア活動、環境に取り組むなどの点で、斬新なアイデアを提案してきた。

プレゼンテーションの結果、各グループの投票による評価において、独創性の点で最優秀に選ばれたグループの具体例を紹介する。

茨城高専株式会社(仮)

～生き残りをかけて～

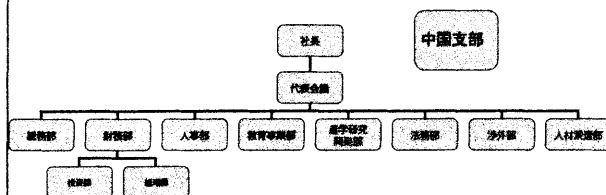
目的

教育機関として優秀な人材を輩出する
 研究機関として産業界と連携し、より実用的な技術開発を行う
 10年目までに、単独で採算を取る

人事部

教職員・学生の採用
 学力推薦選抜、帰国子女採用
 株式会社化に伴い新しくできる部署の社員の募集・採用
 監査役を配置し、良くない教師に対して研修や異動をさせ、教師の質を高レベルに維持

会社組織



教育部

3ヶ月～半年の「インターンシップ」または「海外留学」を4年次の必修とする
 インターンシップ、海外留学を終えた学生に放課後などに補習を行う
 資格や免許の取得に対する特別講義などを取り入れる
 人文科学の内容は、社会で通じる知識・教養を中心にする

5カ年計画(案)

1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
<ul style="list-style-type: none"> ・専門家チーム設置 ・ドイツ姉妹校コネクション確立 ・企業提携計画設計 ・中国支部プラン設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・中国支部現地調査 ・企業とのコネクション確立 ・交換留学開始 ・投資財源確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・中国支社設置 ・資産運用開始 ・国保有株の企業移譲開始 	<ul style="list-style-type: none"> ・国保有株式の企業移譲50%を達成 	<ul style="list-style-type: none"> ・国保有株式の企業移譲75%を達成

教育部 その2

海外留学に向けて語学力の強化をする
 留学生と在学生在でグループを作り、交流を深める(なるべく英語で)
 実用英語(TOEICなど)を中心にし、社会に出て即戦力となるような人材を育成する
 追試は有料化し、テストに対し危機感を持たせる

2-1. 知的財産

- 提携している企業、研究機関などと検討し、研究、開発に有効な特許の実施権の見直し。
- 共同研究などによって開発された特許の実施権の共有。
- 現在、保有している特許を公開し、その特許が必要な企業、研究機関に実施権を供与、または貸与し、収入をえる。

人材派遣部

インターンシップの人材を派遣(国内外)

- 留学生の受け入れと輩出
- ドイツの姉妹校と提携し、交換留学
- 海外へ人材派遣のための交渉
- 提携した企業への人材派遣

産学連携

- 研究施設を自由解放
- 科ごとに連携先を設ける
- 提携している企業とともに利益を得る

この授業を行うことによって、学生は自由な発想を駆使してユニークな考えを生み出す潜在能力を十二分に持っていることが判明した。

プレゼンテーション後に、全学生に対して本授業の狙いを整理して次のような講評を行った。

- ① シミュレーションを通じて「自ら考える力」を体感する
 - なぜかと常に疑問を持つ人になること
 - 創造性とは何か：白紙から出発し、自分で調べて

- どう問題解決を図り、どうリーダーシップを発揮するか
- 社会人とは、会社組織とは、国際人とは何か
- 海図のない海に放り出されても、自分で道を切り開いて生き抜いていける人になること
- 母校に愛着、誇りを持つこと：本校が生き残るためには卒業生の活躍が大切で、対外的にネームバリューを上げること
- 幅広い視野を持った実戦的技術者の養成を図ること
- 世界いついかなる時、どこでも働ける実力、技術力、実務、国際感覚を持ち、宗教背景など基本的な素養がないと企業からは相手にされない
- プレゼンテーションの訓練をして、自分の意見をしっかりと持つこと

② 企業が求める人物

- 弱音をはかないで何事も根気強く歯を食いしばってやり通す人
- 自律した人
- レールの上しか動けないマニュアル人間ではない人
- 発想がユニークな人
- 好奇心が旺盛な人
- 自分の意見を押し通す人
- 世界の人と英語で躊躇せずに話せる人
- 夢を持っている人

また、学生に課題「授業を通じて自分が発見したこと、目覚めたことは何か」を与え、レポートを提出させた結果、この授業形態が支持され所期の目的を達したものと考えた。

学生のナマの意見を集約すると次のとおりで、その詳細を4に記述した。

- 1 受身で話を聞く授業とは違う。自分達で自由に話し合い問題を解決していく方法は面白く楽しく、興奮を覚える時間があっという間に過ぎた
- 2 自分が如何に無知であったか見つめ直す機会となった
- 3 白紙からの企画立案能力が少しだけついた
- 4 広い視野を持ち自分で行動することの大切さを理解した
- 5 アイディアを第三者に分かり易く伝えるプレゼン能力の重要性を認識した
- 6 他のプレゼンを聞いて面白い考えがたくさんあることに驚いた
- 7 社会の厳しさと同時に企業を身近に感じた
- 8 社会に出て自ら活躍し実績をだすことが、結果的に母校の評価と生き残りにつながると痛感した
- 9 今まで興味・関心が湧かなかった経済・法律・政治・行政などの動向にもっと目を向ける必要性を実感した
- 10 会社とはどういう組織で成り立ち、各部署はどのようなことをしているのか体験で理解を深めた

4 本授業に対する学生の感想の一部抜粋

これは受講学生に課した課題「授業を通じて自分が発見

したこと、目覚めたことは何か」を順不同で抜粋したものである。多数あったが、枚数の制限でその一部を紹介する。

- 短い講義ではあったが、そこで得たものは多い。普段の専門科目の授業が退屈とは言わないが、こういったり実践的な授業のほうが楽しんで勉強することができる。高専という特異な学校の性質からいわゆる一般常識というものが決定的に不足していると痛感した
- 今までのただ受身で話を聞く授業ではなく自分たちで話し合い問題を解決していくという方法がとても面白く、班のみんなでだんだん一つのものを作り上げていく楽しさと興奮は日常生活ではなかなか味わえないものかもしれない。私が誇りを持って通っているこの茨城高専がなくなって欲しくない、そういう気持ちであのシミュレーションを母校のためにできるだけのことをしていかなければ、この先20,30年後はどうなっているか本当に分からないと思った
- 社会人になるということは、今自分がいる世界とはまったく違った世界に住むようになる。今は与えられた課題をこなしていけばよいが、社会に出れば課題を他人から与えられるものでなく、自分で見つけ解決していかなければならない。まったくのゼロから何をしてもよいといわれることはないので、最初は何をどうしたらよいか分からずしばらく何も考えられなかったのが、簡単な骨組みと方向性が見えてくるとだんだんと楽しくなった。きちんと考えれば結果はあとからついてくることを実感した
- 国際的に活躍し産業界や地域社会に貢献できる技術者は、あらゆる学術に精通し幅広い視野を持ち、幾つもの技術を自ら開発することが必要である。今まではほとんど興味・関心が湧かなかつた経済学や法律学にも興味が湧いただけでなく、少しずつでも経済や産業の現状、政治や行政の動向にもっと関心を抱く必要性を実感した
- 高専5年目によく自分が求めていた講義が受けられるようになってきた。産業社会学や知的財産論である。こういう講義は新鮮味があつてとても面白かった。こういう講義を増やしたら高専生はもっと視野が広がる。この講義を受けてからだいぶ考えが変わった。自分にはこの学校を変えていく力がある。自分の母校ですから
- 社会に入ったら自分を出していかなければ生き残れない。自分を出すには創造力・実力があつて、何よりも知識がなければならない。自分が得意とする専門知識をもっと豊かにして、自分のものにしたいと思う
- 会社のマナーで「雑用という仕事はない」という言葉が印象的。仕事というものの考え方自体変えてくれたので就職も前向きに考えられるようになった。自分の武器になるものはある。このような授業が普通の時間割に組み入れられたらいい
- みんながあれだけ団結して真剣に意見を出し合えりとは到底予想できず、エネルギーを内に秘めていると感心し

た。普段の授業ではこれだけ達成感を感じられるものはなかなかない。僕たちが科学を志す者である前に一人の人間であるからではないか、少し哲学的なことまで考えた

- 考えてみると今自分にちゃんとした目標というものがあるのか疑問に思えてきた。今は妥協の連続である。目標を妥協せずに達成し人間として大きくなれたらと思う。今より好奇心を持っていろいろなことを発想していきたい
- 会社を作るという授業はほかの教科では絶対受けることのできないもので、みんなで話し合うことや時間の大切さ、そして独創的なアイデアを怖がらず出していくことの重要性など、意外とその重要さを忘れがちなことを学ぶことのできるとてもよい機会だった
- 創造性がいかに大事かを体感した。先生に「突拍子もないことを考えるんだ！！」といわれ、みんなでどンドン話をし、たくさんの意見からピックアップした
- インターネット・パソコンの普及でSOHOというものが広まってきているが、私はSOHOは会社だと思わない。やはり何人かの違った意見を生に聞くことで、その意見の温度や早さなどが伝わってくることを感じ取ることができないからだと思う。この授業のような、学校を卒業してからもつながるような講義をもっと開講して欲しい
- 今まで受けてきた授業はフォーマットは指定されていてパーツを付け替えるだけといった形式ばかりでしたが、今回の授業はゴール(しかも漠然とした)のみが示され、白紙からスタートするものであった。課題を与えられたとき面白さ半分、不安を抱いたのも事実。始まってみればその自由度の高さに何をしたらいいのか戸惑った。しかし、今回のシミュレーションを体験して白紙からの企画立案能力が少しだけついたように感じた
- 現実味があふれる中でこういうシミュレーションができてすごく白熱した。本気で高専の今後を自分なりに考えてみんなに分かってもらいたい気持ちが強くなった。一番感じたことはこういう話し合いは一人ではできないことを実感した
- 本当に短かったけれど自分たちの会社のために一生懸命やってみる言葉では言い表せない「何か」を得た気がする。正解のない問題に取り組む為にも常に考える
- 自分と同年代の人達が自分の考えを熱心に語る姿は、まさに「漢」だった。彼らの熱意はその声ののって伝わってくる様だった。本当に彼らは自分と同じ年齢なのかと思ひ、生き残り戦略に対して、現実的に、真剣に考えられなかった自分を恥じた。シミュレーションといえども真剣に取り組む彼らの熱意によって、私は何事にも真剣に取り組むということに目覚めた気がした。「一所懸命」、私の胸に刻み込まれたこの言葉、私は生涯忘れることはないだろう。
- 今回の講義はあくまで主導権は我々学生が握り、白紙からの出発で、自分たちで創造し、問題を提起し、それを解決するという内容であった。こういった内容は社会に出て、

組織の一員になったときと同じではないかと感じた。社会人とは自ら創造性を持ち、それを生かせる技術を持ち、自分で道を切り開け、そしてなによりも素晴らしい思想を持つことで立派な社会人になることができるのであって、学生時代はその準備期間であると思う。そのために社会人としての在り方を普段からすこしずつ気にしようと思った。

—私は今年度(高専卒業)で電気の学習を終え、来年度からは大学で経営を学ぶ。今、自分は将来の夢の為にどの道の進路を選べばいいのか悩んでいる。選択肢は様々であるが、どの道が自分にとって最善の道なのかはきつと数年後振り返ったときにしか分からない。大学に合格して浮かれていた自分がこの講座を受けたことで、将来の就職までのビジョンを考えるようになった。少し焦りがでてきた。でもこの焦りをプラス思考に考え、落ち着いて、多くの知識・情報を得た上で、自分が後悔しないと思える道へ進んでいきたいと思う。

—今回の授業で一番思ったことは、チームワークの大切さ、そしてその基となる個人個人の能力を伸ばしていくことが大事だということ。自分の苦手なところや不得意なところを助けてもらったり、また、逆に他人の出来ないことで自分にやれる力があれば手伝いをしたりすることの大切さを体感した

—この講義を通じて、社会の厳しさ仕事の大切さを知り、社会にでる前にワンクッションおけた事は自分にとって必ずプラスになることだと実感した。しかし、その反面まだまだ自分は未熟な所が多く、とても社会に出て行ける人間ではないのだと痛感した。これからは社会とは、会社とはなにか？という事を意識しながら正解のない答えを見つけられる力がつくような高専生活を送ってきたい

—みんながどういう意見をもっていて、どういう人なのかということをも改めて理解することができた。話し合いのときに自分から質問ができなかったのが残念だった。質問するということはその事柄についてある程度理解は必要であると考えから、これからは好奇心を持っていろいろな事を知っていききたいと思った

—自分たちが会社の組織の一員となり、そしてその会社の将来を自分たちで切り開いてゆく、というとてもおもしろい企画で、でも実はそれは自分たち高専の抱える問題であったりして、仮想だとはいえ、とてもリアルで良い企画だと思った。今まで会社というものがいまち内部まではわからなかったが、会社は組織であり、そのつながりの大切さや、いろんな部門で会社を持ち上げて大きくしてゆくことがわかり、本当に会社にいるみたいでとてもよかった。

—会社はどのような組織で成り立ち、各部署ではどのような仕事をしているのかなど、ほとんど知らなかったことが、実際に自分達で経験することによって、理解を深めることが出来た。実際社会に出ると、今回受けた講義の内容とは違ってくる場面があるかもしれない。しかし、私にとってはこの講義を受けたことによって、会社に入ることに對して不安よりも期待が大きくなっ

た。また、会社についても、講義を受ける以前より関心を持つようになった。講義では、話を聞くばかりではなく、自分達で考えたり体験をしたりすることによって、会社でのマナーや運営に対する苦勞などもほんの少しですが味わうことができたので、とても良い経験になった。

—これらの構想を練るときに感じたのは、架空とはいえやはり普段自分たちが過ごしている高専が舞台だと、学習への興味や理解度が断然違う。これがもし普通の一般企業などを舞台としたものであったら、ここまで深い学習は期待できなかったと思われる

—このような得るものが大きい講義は、学生だけでなく教職員も受講すべきであると思った。これからはこの授業での基礎「目標達成のために何が出来るか」を常に頭に入れて行動してみる。

—この講義を受けて見えてきたのは、自己を買いかぶりすぎている自分だったように思う。自分が平均以上にできると思っていたものがごく平凡なものであったりした。これはとても恥ずかしいことだ。これから社会に出る者としては、そういった自分の姿を真摯に受け止め自己をもっともっと磨いていかなければいけないのだと思う。そのためには今回の講義で学んだことをしっかりと身に付けていきたい。

5 おわりに

上述のとおり受講者全員から大きな支持と反響を得たことは正直驚いた。これだけ問題意識をもつ学生が多数いることは、改めて教師として身が引き締まる思いがした。

授業は学生と教師が双方の情熱をもって作り上げて行くものであると認識させられた。今回の取り組みがきっかけとなり、学生主体の授業形態を導入していく大きな牽引力になったのは間違いない。これが実現できるのも基礎学力養成の教育が前提にあることは言うまでも無い。基礎学力とそれに立脚した思考力とが、うまく両輪となって進むのである。

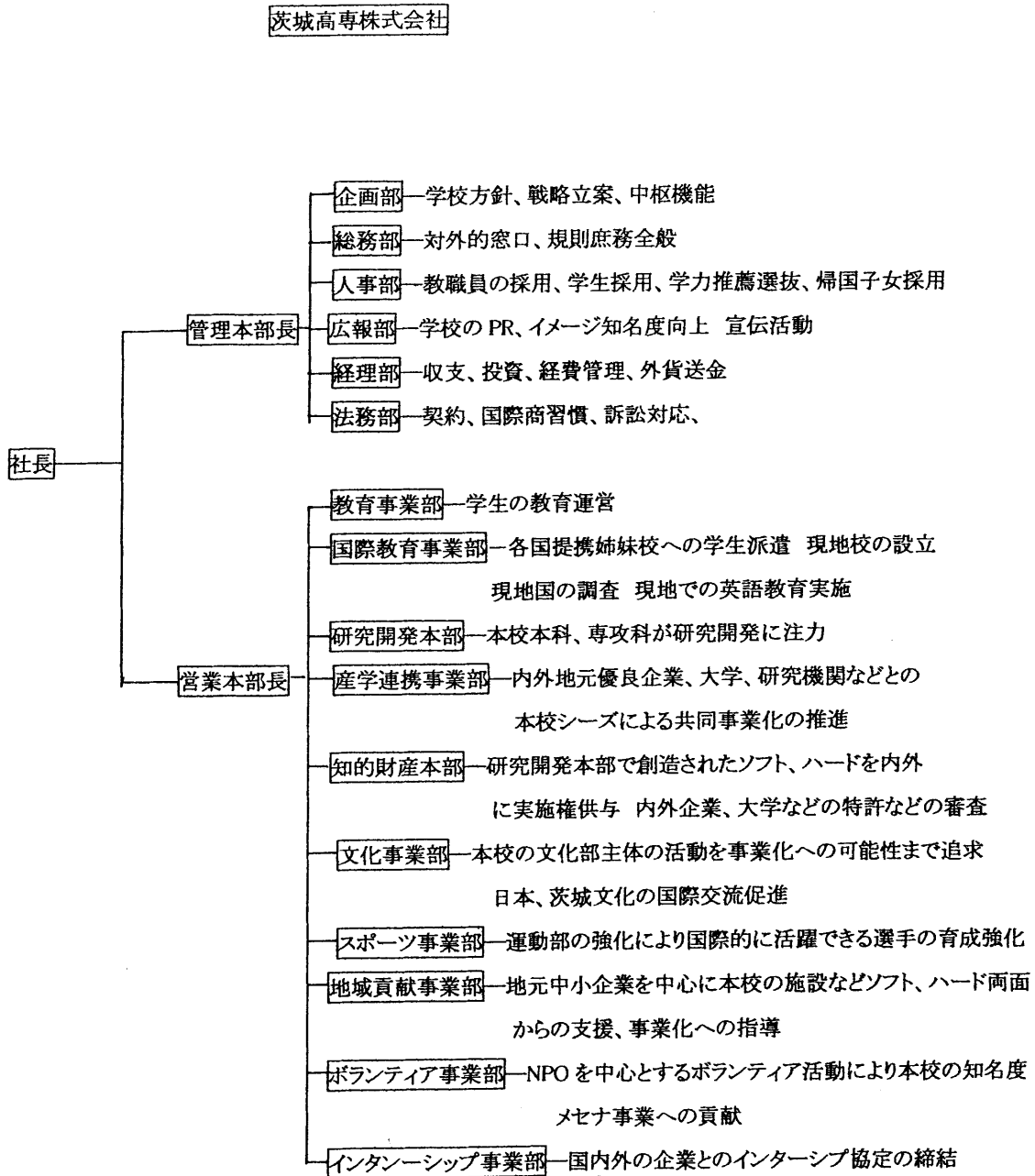
学生の出した提案の中には、我々には思いもつかないユニークな発想があり、本校改革に役立ち、直ちに導入できるものも多々あった。

最後にこの授業を担当するに当たり、「産業社会学」導入の生みの親である鈴木校長に敬意を表したい。また、本集中講義を昨年度から担当され、今回も「社会人の基本」を講義頂いた渡部総合教育研究所の渡部章所長、渡部博子副所長のご協力ご指導について厚くお礼を申し述べたい。

尚、本来、論文とは仮説を作って検証を行うものであるが、とりあえず、この「産業社会学」の授業が、一つの材料になると考えレポートとして作り上げてみた。筆者は、これを機会に、学生に負けないう、今後系統立てて仮説を立て検証を行い、論文を作成したいと考えている。本稿は、そのための萌芽であり、その切っ掛けを作ってくれた学生諸君に感謝して稿を終えたい。

以上

図 1



英語教育カリキュラム開発

－英語教育の現状と改善点－

小林邦彦

Curriculum Development in College English Education

Kunihiko KOBAYASHI

Abstract: This paper enunciates crucial factors required for curriculum design in college language education aiming at facilitating practical communicative competence advocated by the Ministry of Education by identifying problems in the current language education in college. In the college language education as the final phase, practical communicative competence relevant to the learners' occupational situations such as in business, technology, and economy, is required. Despite the fact that the latest revision of the Course of Study laid emphasis upon the practical aspect of communicative competence, it still remains unstressed that discourse competence and intercultural competence which includes values and communication style disparity among cultures, should be included as well.

0. はじめに

この研究は、現在の日本の英語教育の諸問題を概観し、文部科学省新学習指導要領の提唱する「実践的コミュニケーション能力」の育成へ向けての改善策を提案するものである。

今回の学習指導要領の改訂により、基礎的・実践的コミュニケーション能力の育成の明確化が図られた。それは前回平成元年度の学習指導要領を基に Speaking, Listening 能力の養成をさらに強調したものと言える。しかし Reading, Writing 能力とのバランス化、および基礎力の定着については強調されていないのが事実である。21世紀の英語教育を展望するに当たり重要なことは、英語教育のゴールである「実践的コミュニケーション能力」の定義の明確化と小・中・高・大学を通じた一貫性のある英語教育のカリキュラム・シラバス開発、及び具体的方法論の提示であろう。

「実践的コミュニケーション能力」に関しては、発信型の積極的コミュニケーション能力に加えてディスコース能力や価値観やコミュニケーション・スタイルの違いを含めた異文化教育を含めるべきであろう。最終段階としての高等教育・大学教育では、それぞれの分野に必要な高度なコミュニケーション能力の養成を目標とし、学部を問わず「英語を学ぶ」から「英語で学ぶ」という体制に変換していくべきであろう。これは、技術・経済等各分野で国際社会に通用する人材の育成という見地からも時代の要請でもある。この最終ゴール達成のためのシラバス・カリキュラム編成、認知学習理論と動機付け理論を導入した具体的な指導・評価モデルプラン作成、少人数制や集中講座等柔軟な学習集団の編成を可能にする指導体制への転換、そして何にもまして海外研修の機会拡充を含めた指導者養成が最大の課題である。

1. 英語教育の現状分析（社会的批判・社会的要求）

1.1 社会的要求度

(1) 企業が求める即戦力としてのコミュニケーション能力は、以下に示すように非常に高く、特に理工系希望者は、英語力が必須の時代である。昨年度の調査によると、新入社員採用時、TOEIC考慮の企業は59.2%、考慮予定が20.6%、合計79.8%と全体の8割がTOEICにおける英語力基準を要求してきている。一例を挙げれば、トヨタ・富士通は、新入社員全員の受験義務、日立・松下電器は、主任昇格基準450点・海外関連事業650点、日本IBMは、課長昇進基準600点 次長基準730点、従って、学習指導要領の改定に伴う学習内容の減少に関わらず、社会はある程度高度な英語力を要求している事実には変わりはない事が分かる。

(2) 大学が3年進級時（教養課程英語終了レベル）に求める英語力（調査大学11大学）は、英検2級レベル（10校）、準2級レベル（1校）、TOEIC 450点（2校）、500点（2校）、560点（4校）、600点（1校）となっている。

1.2 国際語としての英語

次に掲げる表1から、次のことが理解できる。TOEFL日本人の平均得点が初めて501点と上がってきている。調査21カ国中18位と下から4番目であり、下にラオス・カンボジア・アフガニスタンがある。すぐ上には台湾+9点、韓国+34点、中国+61点がある。但し、中国・インドは英語エリートを受験と見なされる。

国名	TOEFL 平均点	受験率（国民1万人あたり）
インド	583点	0.33人
中国	562点	0.56人
韓国	535点	13.5人
台湾	510点	14.9人
日本	501点	8.2人

（表1『英語教育』5月号 p.42, 2000大修館）

1. 3 英語の第二公用語化論

「21世紀日本の構想懇談会」（2000年1月18日 河合隼雄座長，義務教育3日制等を提言）において，英語の第二公用語化に関する提言が次のようになされている。

「グローバル化により，情報を瞬時に自在に入手し，理解し，意志を明確に表明できる「世界へアクセスする能力」「世界と対話できる能力」を備えていなければならない。個人がそうした「グローバル・リテラシー」（国際対話能力）を身につけているかどうか日本人の将来を決める。社会人になるまでに，日本人全員が実用英語を使いこなせるといった具体的到達目標設定が必要である。その為，自治体などの公的機関の刊行物やホームページ等を和英両語で作成することを義務化する。長期的には英語を第二公用語化を目指す，国民的議論を必用とする。まずは，英語を国民の実用語とするために全力を尽くさなければならない。」

反面，日本人全員にそこまで英語力をつける必要があるのかという議論もある。もう一方で，ほとんどの場合，海外旅行等での日常会話ができれば，あとはある一定の限られた職種の人だけが英才教育を受けるべきだという考えがあることも考慮すべきであろう。

1.4 新学習指導要領（中学校編：文部科学省）

1.4.1 改訂の概要

中学校はこの新学習指導要領を平成14年度より完全実施している。平成元年度と比較し，改定点を総合して分析すると，次の変更点が確認できる。

- (1) 自己表現を取り入れたコミュニケーション活動の必修化
 - ・ 4技能のバランスはあくまで維持されるが「実戦的コミュニケーション能力」は「聞く」「話す」ことが中心であることを明示し強調している。
 - ・ receptive skills から productive skills への焦点化
 - ・ 4技能については「話し手，書き手の意向を理解すること及び「理解しようとする積極的な態度」の養成が目標であり，そこに「正確さ」は要求されていない。（平成元年と不変）
- (2) 言語材料の学年枠の撤廃による指導順序の自由度増大（Brumfit の inverted pyramid である spiral ladder 方式：帰納法的指導の可能性を示唆），反面検定教科書への依存傾向増加
- (3) 言語材料（文法指導項目と語彙）の減少（理解にとどめる項目の増加）と文法用語は周辺の知識として扱い，文法指導中心主義から文型の活用指導中心への転換を示す。従って，Grammar Translation Method は完全に否定されたことになる。
- (4) 教材は，実際の言語使用の場面を用い，人工的なものを避ける傾向がある。
- (5) 認知学習理論に基づく学習形態の導入。相互学習の効果

等

- (6) 新教育課程では必修科目になった「英語」の授業時数は，各学年とも週3時間のみ。（現行3時間+1時間）それ以外は，「選択教科」及び「総合的な学習」の時間内で各学校の実情に応じて設定される。

高等学校の新学習指導要領においても，語彙が実質60語減になり，目標とする「実践的コミュニケーション能力」も「聞く・話す」に傾斜している。同様に，指導要領上の科目順序もオーラルコミュニケーションⅠ・Ⅱ（A・Bより変更）が先行し，次いで英語Ⅰ・Ⅱという位置付けになりオーラル・コミュニケーション（listening, speaking）の重要性が強調された。さらに，完全週5日制の施行に伴って，各学年とも全体で3単位削減され，特に大単位教科の英語は現在1年次6～5単位から平成14年度以降は5～4単位を確保しているのがやっつとであろう。

1.4.2 改訂の詳細

- (1) 目標「聞くこと」「話すこと」などの「実践的コミュニケーション能力」の基礎を養う。が新たに強調された。
- (2) 各学年の目標及び内容，目標を学年別に分けずに，3学年まとめて示された。
- (3) 内容（4技能面から）
 - ① 内容・言語活動「聞くこと」「話すこと」では，強勢，イントネーション，区切り等への配慮が示された。
 - ② 内容「話すこと」では，「つなぎ言葉」を用いる等の工夫をして話が続くようにすること。即ち，communication strategy による話の自然な流れと，discourse competence の coherence を考えた会話の維持に言及している。
 - ③ 内容「読むこと」では，文字や符号の識別力に加えて scanning や skimming による内容把握力とメッセージに対しての適切な応対まで含まれるようになった。
 - ④ 内容「書くこと」では，メモをとることから「自分の考えや気持ちを相手に正しく伝達できるようにする」という文字による「実践的コミュニケーション能力」の内容が示された。筆記体は原則として扱わない。
- (4) 内容・言語活動の取り扱いでは，
 - ① 自己表現を取り入れたコミュニケーション活動実施の明示。
 - ② 言語使用場面，言語機能の観点から，具体的事例を明示。
 - ・ 言語使用場面：挨拶，自己紹介，電話，買い物，道案内等。
 - ・ 言語機能：説明する，報告する，発表する，描写する，質問する，依頼する，約束する等。
 これらは，W.A.Wilkins(1973)の Notional Syllabuses に基づいた J.A.Van Ek & L.G.Alexander (1975)の Threshold Level English のカテゴリーを取り入れたことが明白である。

(5) 言語材料

- ①音声 「語と語の連結による音変化」が特筆された。
- ②語彙 「1000語程度まで」から「900語程度まで」に減少。必修語が507語から100語に減少する。これにより選択の自由度が増したと言えるが、ほとんどの場合、検定教科書の語彙に頼る傾向がさらに増すであろう。
- ③文法項目
- ・ S+ask/tell+0+to do → S+tell/want+0+to do : ask が削除され want が示された。
 - ・ to 不定詞の3用法を明示せず、「to 不定詞のうち基本的なもの」に変更。
 - ・ S+V+ what ..., S+V+0+ how/what to do, 関係代名詞の制限用法(主格, 目的格のみ)については、「理解の範囲にとどめること」となった。
 - ・ 文法指導に関しては、「用語や用法の区別などが中心とされないよう配慮」ということが特筆された。

(6) 指導計画の作成と内容の取扱い

- ① 音声指導の補助として、必要に応じて「発音表記」を用いて指導することもできる。(不変)
- ② 辞書指導は、「辞書の初歩的な使い方に慣れ、必要に応じて活用できるようにすること」(不変)
- ③ 教育機器の活用にコンピューター、情報通信ネットワークが明示された。
- ④ 学習形態の工夫として、ペアワーク、グループワークを適宜取り入れるよう明示された。
- ⑤ 教材の選択に当たって、「実戦的コミュニケーション」「実際の言語の使用場面や言語の働きに十分配慮」が特記された。

1.4.3 学習指導要領の変遷

(1) 語数

表2 学習指導要領における指導語彙数

改訂年度	中学校 (語)	改訂年度	高等学校 (語)
1951年	1,200~2,100	1951年	2,100~4,000
1958年	1,100~1,300	1960年	1,500/3,600
1969年	950~1,100	1970年	1,200~1,500/ 2,400~3,600
1977年	900~1,050	1978年	1,400~1,900
1989年	1,000	1989年	1,900
1998年	900	1999年	1,800

この表から必須語彙数の急激な減少傾向が明白である。

(2) 指導内容(文型・文法事項) 中学校の場合

1958年度と今回の新指導要領と比較して、消滅している事項を列挙すると次のようになる。

・ 文型

- ① S+V+ (ID) +how /if /what / when/where /whether /which/ who- clause
- ② S+V+0+現在分詞/過去分詞/Bare infinitive(toなし不定詞)
- ③ S+ think + it + (for sb) +to do
- ④ S+ 一般動詞 + 現在分詞

・ 文法事項

- ① 過去完了形
- ② 現在完了進行形
- ③ 関係副詞
- ④ 分詞構文
- ⑤ 仮定法

従って、1958年度版の指導要領においては、「英語」の基本事項は中学校の段階でほぼ完結していたということが分かる。つまり、この当時中学校の学齢であった日本人は、ある意味でかなり本格的な内容の英語教育を受けていたことになる。

1.4.4 考察

今回の学習指導要領の導入の結果として予想されるのは、評価方法、高等学校の入学試験内容がこの改訂に伴って変化しない限り、読解中心の授業が今後も展開されることである。慣用表現等を中心に口語表現が以前より多く指導されるであろうが、それはあくまで文字を通しての指導が効果的とされる。なぜなら、慣用表現も含めて、評価方法の中心は、文字によるものであるからである。しかしながら、最近の読解力の評価方法に関しては、skimmingやscanning, discourseを問う出題など研究が進んでいることが伺える。それは、「茨城県高等学校入学検査」を見ても明らかである。

リスニングに関しては、入学試験で導入されているため、授業の中に適宜導入されることが予想されるが、恐らくその中心は教科書準拠のCDを流す程度であろう。

スピーキングに関しては、外国人英語指導助手(ALT)の活用により、日常挨拶程度のコミュニケーション力や積極的な態度の定着はある程度予想されるものの、週3時間の英語の授業以外に、選択科目として英語を履修する生徒とそうでない生徒との学力差は増大することが予想される。

また、高等学校へ入学する生徒の文法力は、文法用語や文法構造の軽視される結果として、これまでの文法指導に支障をきたすことは明白である。従って、中学校の履修内容を、論理的に説明しようとするならば、高等学校入学時、あるいはそれぞれの言語材料(文法事項)の新出事項の導入の際に、充分時間を割いて指導する必用があるであろう。

総じて、英語教育の目標が、ListeningとSpeaking中心の「実戦的コミュニケーション」に置かれている限り、表面的な日常会話の流暢さは実現したとしても、話題が少し成人レベルに発展した場合(例えば政治・経済等の時事問題や歴史・文化問題等)、それまで愛想良く話していたのが、

突然” Let me see.” と言って沈黙してしまう日本人が大量発生することは否めない。確かに学習指導要領は自己表現力の訓練活動を強調しているが、授業時間が週3時間の中で目標を達成できるとは到底考えられない。ましてや職業上の専門分野のための確固とした読解力や文書作成能力、説得力のあるプレゼンテーション能力や交渉術における基礎力は、中学校卒業後の高等学校・大学レベルの英語教育の場面に頼らざるを得ないであろう。従って、社会の要求度に対して、中学校の今回の指導要領改訂は、表面上はコミュニケーション指向であっても、内実は、中学校から、高等学校、大学へと一貫したスパンの中でのカリキュラム改革でなければ、功を奏しないことは、現場を経験した教員ならば容易に認識できるはずである。

指導要領の改訂による週3時間の授業だけで、日本人の英語力（本当の意味での実戦的コミュニケーション能力）が向上する程、英語の学習は簡単ではない。しかも、各指導項目の評価基準や評価方法の明示もないまま、各県が絶対評価制を中学校に導入しはじめたことに疑念を抱かざるを得ない。

2. 改善策

2.1 個性尊重と主体性の育成

「教育は過去の価値の伝達ではなく、未来の新しい価値の創造にある。」とはアメリカの哲学者でプラグマティズムの大成者でもあるジョン・デューイの言葉である。また、フランスの思想家J. J. ルソーは、「子どもには科学を教えるべきではない。科学への興味を与えればたりる。」とも言っている。

情報化の進展、国際化の進行、経済界の再構造化等に伴う生活環境や生活意識の変化、価値観の多様化など、社会情勢の変貌の中でそれらに主体的に対応できる人間の育成という点からも現在特に強く教育改革の必要性が叫ばれている。その教育改革の根底にある個性・創造性の進展と自主性・知的探求心育成の重要性は提唱されて久しく、更に今日では、ガニエの「動機付け理論」等認知心理学の分野において理論的にも立証されてきている。

しかし日本の学校教育の現状として、まだまだ知識偏重の一方的教授に重きが置かれ、学習者に受動的学習態度を強いる教育が為されていることは否めない。筑波大学の宮澤嘉夫教授はこのような日本の学習者の受動的学習態度を、アメリカの自主的判断に基づいた主体的学習態度（自主的選好性）に対照して受動的勤勉性と呼んで批判している。具体的に言えば、アメリカの子どもは自分で納得した上で選んでそのことに力を傾ける特性を持つが、日本の子どもは与えられた課題を黙って受け取って勤勉にやる特性を持っている。これは、常に誰に対しても同じ指導法で一方的に一様に教授しようとする正当性を日本の教育者は固執してきたところに起因する。これらの姿勢は主体的学習態度や創造性・独創性を著しく阻害し、学習者の受容的勤勉性

を助長する傾向がある。

文部科学省指導要領改訂では学習者の関心・意欲・態度が焦点化されている。しかし儒教思想を歴史的背景に持つ日本の社会基盤そのものが「出る杭は打たれる」式の没個性化傾向や謙虚さのみを美德とする価値観を優先するため、個性・主体性の重要性が本質的には浸透していないのである。従って、社会全体が、特に少なくともまず教育者から個性重視・主体性の重要性について意識改革を図らねばならない。これは教育の目的に関わる重大な問題である。

2.2 動機付け理論と学習者ストラテジー

最近の認知心理学では、学習者のストラテジーに研究の焦点を置いているが、学習者は基本的にそれぞれ得意とする異なる学習パターンと指向性を有しているというのがその基調である。従って、教育者はまず学習者の動機付けを図る教授法を心がけなければならない。つまり学習者の知的好奇心を刺激することである。例えば、実物(realia)の提示であるとか、その学習分野の最先端レベルの成果を提示するといった方法がある。次に、個々の学習者の特性に応じた教授法のバリエーションを開発し、学習者の指向性・特性に応じて選択させ、教育者はその学習課程を援助するという姿勢を保つことである。学習者がある概念を得る方法には「学習」と「獲得」という2種類がある。「獲得」において、学習者は教授された内容を受動的に受け入れるのではなく、基本的に各自が考える筋道を創造し発見し獲得していくのである。その獲得こそが学習者にとって知識の単なる暗記や累積ではなく本来の意味での概念の修得になり創造性や主体性を助長することも理論的に証明されている。

ガニエのモチベーション理論では動機付けに必要な3つの要因を挙げている。第一に、目標が明確であること。第二に状況（自己理解・情報）が認知されていること。第三に目標に向かう道筋、やり方が分かっていること。

EFL(English as a Foreign Language)という特殊環境の中の（日本でしか通じない）「日本の英語」というスキーマから「世界の英語」というスキーマへの移行を促進させるため好奇心を持たせる動機付けが最重要課題である。英語の第二公用語化のように上から与えられた外的モチベーションより、潜在的な学生自身の内的な好奇心を刺激することによる、学習者のスキーマを広げる教育の方が重要であろう。従って、最適なことは大学レベルでの第二公用語化である。スキーマについてVygotskyは、次のように述べている。「子供の認知能力は、周囲とのコミュニケーションを通して第1スキーマをより大きな第2スキーマに発展させる。その過程では、子供はなぜ、どうしてという疑問を周囲に投げかけ、その答えを周りにもらうことにより疑問を解決する過程で子供の世界が広がり、認知が発達する。」

3. 実践的コミュニケーション能力育成モデル

3.1 外国語(英語)教育の目的

外国語教育の目的は、2つに大別される。第1に、確実な英語の基礎力を養成し、言語感覚を磨き、国際社会において主体的に行動するための「実践的コミュニケーション能力」の育成である。第2に、外国語学習を通して、異文化の価値体系の習得によるグローバルな感性と対人理解力の涵養、社会情勢の的確な判断能力と実行力の育成、及び情報活用能力の育成を図ることにある。

3.2 指導原理(Communicative Approach, Task-based Approach, Learner Strategies)

「実践的コミュニケーション能力」の育成については、communicative competence (Canale, 1983) の4要素 (grammatical, discourse, sociolinguistic, strategic) と異文化能力 (intercultural competence, Kobayashi 1995) を体系的に養成するために、Communicative Approach, 学習者の情意面に焦点を当てた Humanistic Approach, 学習者の自然な語学習得のための Natural Approach (Krashen & Terrell, 1983) 等を統合した Eclectic Method により、学習者主体の課題解決型学習 (Task-Based Approach, Nunan 1990) を展開する。

課題解決型学習計画設計において重要なことは、motivation theory (特に intrinsic motivation) に基づいた課題テーマの設定をし、学習者ストラテジーを考慮することにより、各学習者固有の学習パターンと指向性にに応じて課題解決を図れるように多面的な課題設定をすることである。(例えば、情報収集という課題において、listening と reading 情報の選択肢を設ける。) また、課題のレベル設定は、teacher control の強いものから弱いものまで Littlewood (1981) の4段階 (structural, quasi-communicative, functional communication, social interaction activities) をたどる。発信型のコミュニケーション能力育成という点で、意味のやりとり (negotiation of meaning) を含み、receptive のみならず productive skills 養成のための課題を組み込むことが肝要である。また、communication strategy の指導の重要性は、発話の自然さや説得力という点で、最近の語学教育の焦点のひとつでもある。

教材は、既製のものに頼らず、学生の興味関心と教育目的に応じて作成する。BBCやCNN等の録画、映画、科学雑誌や新聞記事等、実際の物 (realia) を中心に用い、インターネットによる情報収集から e-mail 交換、V-chat によるリアルタイムのコミュニケーション等も授業に導入する。(Communicative Approach の授業設計理論については、拙稿 "Aspects of Communicative Task Design" 茨城高専研究彙報 第35号, "Communicative Task Design in the Japanese EFL Context" In *The School House*. Vol.9 JALT (2001) 等に掲載した。)

3.3 課題解決学習の実際

効果的な課題解決学習例としては、プロジェクト活動がある。学生の主体的学習態度を喚起するため、学生の興味・関心をひくテーマ設定が第一の鍵である。しかしそのみならず、社会、経済、環境、福祉等の学生が今後の職業上で遭遇するであろう状況を想定したテーマ設定も「仕事に使える英語力」の育成には重要な視点である。以下に幾つかのタイプを示す。

- ①時事問題や地球環境問題をテーマ (地球温暖化と科学技術、ヒトのクローン問題、人種差別問題等) に、新聞、雑誌、テレビ、インターネット等を利用した国際的調査活動、discussion や debate 活動を通して自己主張をまとめ essay writing や presentation で完結する活動。
- ②経済問題をテーマに、3～4名を1組としてアンケート・聞き取りによる市場調査活動、それをもとにした商品開発活動。そのPR活動、他社への自社製品の売り込みといったシミュレーション活動。
- ③さらに発展させた主体的活動としては、グループごとの興味関心をもとにテーマ (例えば、ダイエット方法、ファッション、夫婦別姓問題、リサイクル問題等) を設定させ、それを司会・レポーター・解説者に役割分担して報道番組として録画してまとめるメディア活動等。
- ④児童福祉・ボランティアをテーマ (国際的飢餓問題、青少年虐待問題、地雷撤去問題等) に、グループごとに国連、UNESCO、及び各国大使館と連携し、実態調査を元に、foster parent 制度、救援活動等ボランティア活動の原動力となる国際アピールのホームページを作成し、全世界に発信していく活動。

Natural input theory により、授業は指示も含めて全て英語を通して展開される。(課題解決学習の指導原理の詳細に関しては、拙稿を明海大教授 和田稔編『Team Teaching in the Communicative Classroom』大修館書店 (1998) に掲載した。)

4 その他の視点

その他の改善のための視点として、次のものがあげられる。

4.1 早期英語教育

新学習指導要領によると「総合的な学習の時間」の中で、英語教育ではなく「国際理解教育」の一環として行われる。予想される授業は、週1回、又は月に1回程度のみ取りで4時間程度の時間で近隣中学校又は地区の教育委員会所属のALTを招いて行われるであろう。内容は、「国際交流」と題して英語のゲーム、歌、外国人の国の紹介、或いは日本の伝統的遊びの紹介等が行われる。恐らくこれは英語塾への殺到を招くだけに終わる可能性がある。又は、英語指導者のいる小学校は「裁量」即ち特色を出すという名目で会話主体の授業を組む自由度が与えられるため、ごく一部の小学校だけ突出することも

考えられる。それは中学入学時のギャップが増大することに結びつくであろう。

実際、小学校では「国語」の授業時間が、1学年 272 時間、2 学年 280 時間、3 学年 235 時間、4 学年 235 時間、5 学年 180 時間、6 学年 175 時間と学年を追うごとに減少し、6 学年では入学時に較べ年間 60 時間も少なくなるという現実を直視した場合、確固たる母国語の言語能力を犠牲にして外国語の運用能力ばかりを求める現行の教育制度に疑問を感じる専門家は少なくない。

4. 2 指導法改善

外国語を効果的に学習する際、文法は認知学習理論からも重要であるといえる。従って、英語能力の accuracy と fluency という観点から、accuracy のための文法教育の時間は充分とる、それと同時に fluency を高めるためのコミュニケーション活動の時間（潜在的な文法能力の活性化を図る）を充分確保するしか道はないと思われる。ただし、accuracy を高める方法としては、更に改善の余地があることは言うまでもない。その他指導法の改善についての視点は次の通りである。

- ① 文法訳読式から多読、要約、主張文作成へ（教材は、人工的なものから実際のものへ）
- ② 日本人の英語・コミュニケーション・スタイル・異文化教育
- ③ 完璧主義からの脱却 Janglish 積極的態度育成に重要
- ④ 文脈に頼る日本文化と言語に頼る欧米文化の差異の認識（知識・態度・スキル育成）
- ⑤ ディスコース能力（cohesion, coherence device, paragraph structure）
- ⑥ 情報機器の活用（コンピューター・インターネットによる情報収集・整理能力）
- ⑦ 英語母国語話者及びALTの活用

4. 3 指導体制改善

今回の指導要領改定は、学習内容の学年枠を撤廃し、学校裁量の時間の拡大を図っている。これは現場教師の選択の余地の拡大を示す反面、現場の教師のカリキュラム、シラバス、教材作成という負担増の改定とも認識される。また、指導者の資質に大きく依存することも否めない。従って、中学校、高等学校等の多忙な勤務形態からすると、教科書への依存度がますます拡大されることが予想される。その他の観点として、次のものが挙げられる。

- ① 教師の資質向上（実践的コミュニケーション能力・教授法のバラエティー）
- ② 教員養成・Faculty Development (FD)
- ③ 短期集中語学コース・指導事例集完備
- ④ 柔軟な学習集団の編成（加配による個別・グループ別・

少人数学習集団、習熟度別指導）

- ⑤ ALT 導入拡充と多国籍化
- ⑥ 海外留学制度の拡充（中学から各校規模で導入）

4. 4 評価方法の改善

(1) 実践的コミュニケーション能力の評価

receptive skills だけでなく productive skills の評価のために、多面的なインタビュー形式や各活動での評価方法の開発が求められる。

(2) テスティングの 3 要素

試験の 3 要素として次の 3 点は必ず満たさなければならない条件である。:

- 1) reliability (信頼性)
- 2) validity (妥当性)
- 3) feasibility (実行可能性)

また、評価方法の改善に当たり Weir(1993) の「3 部構成枠組」を考慮すべきである。

- 1) 測定すべき活動
- 2) タスクがなされる条件
- 3) 発表言語の質を評価する基準

例) writing: メモ・図表を元に 1 パラグラフの英文を書かせる。語法・内容・態度の点で評価する。

(英語教育 2000 年 4/5/6 月号筑波大 望月昭彦)

(3) 評価方法としての大学入試改善

大学入試が変われば、高校入試も変わる。従って、中学・小学の英語授業が変わる。なぜならば、現在、外国語学習の最大の動機付けおよび英語教師の究極的な評価は、入試問題でどれだけ点を取らせられるかにあるためである。

但し、現在大学入試におけるライティング問題は増加傾向であり・リスニングも導入が図られつつある。

試験の種類としては、入試前に学ぶべき内容を習得しているかを測定する achievement (到達度) と、大学で学科の特性等に応じた学業を行うのにふさわしい能力を持っているかを測定する proficiency (熟達度) がある。例えば、入学試験や学校の定期テストは前者に属し、TOEFL や TOEIC は後者に属する。

評価方法の問題点として、妥当性を欠く問題は言外であるが、

- a. 発音やアクセント問題等「頭で考えさせる問題」
- b. 会話形式であるが、実際は内容把握の読解問題は問題である。

また、テストに精通していない者が入試問題を作成していることにも問題は起因している。即ち、評価と目標は表裏一体である。当該教育機関の英語教育目標が明示されているならば、それに合致した評価問題・入試問題が規定されることは自明の理である。

(4)改善点

①外国の入試例に学ぶ

例えば、TOEFL で日本よりも30点以上も高得点を示している韓国の入試（英語教育5月号p42）の特徴は、リスニングの配点を3割にする、発音や文法語法問題はなく、10行前後の英文を読んで1つの設問に答える形式を30題以上設定する、複数の設問に短時間でほぼ同時に答えを要求する問題が出題される。しかも試験で読まされる英文の量が圧倒的に違うといった実用主義的試験傾向が見られる。実際の場面での英語力を試す形式がとられている。

②TOEFL, TOEIC の導入

客観的評価方法としての TOEIC や TOEFL を導入することにより、より質的に客観性の高い能力判定が可能になる。

5. 結語

初等・中等教育における「実践的コミュニケーション能力」育成の目標を、小学校レベルでは、「日常会話を聞く・簡単な受け答えができる。」中学校・高等学校レベルでは、「日常会話ができ、相手の意向を理解したり自分の考えを表現する実践的コミュニケーション能力の育成」とした場合、国際レベルを目指す高等教育では、「それぞれの分野に必要な高度なコミュニケーション能力の養成」を目標とする必要がある。実際、文部科学省が提示した戦略構想に「仕事に使える程度の英語力の養成が目標」と明示されている。それには、大学レベルでの第2公用語化を図ること。即ち、専門科目を含めて英語でレクチャーを聴き、英語でディスカッションし、英語でレポートを書き、英語で研究発表、質疑応答などすべてを行うようにすること。つまり、「英語を学ぶ」から「英語で学ぶ」という観点に切り替え、海外からの研究者・留学生受け入れの推進や、学術・技術交流を推進していくことが必要である。また、高専などの国内の各高等教育機関や大学の各学部、例えば、人文系学部・自然科学系学部の BA から外国大学の MA、Ph.D. コースへリンクできる能力育成もまた、カリキュラム上に組み込む必要があろう。

英語の能力を自動車の運転能力にたとえるならば、教習段階には「学科」と「実地」がある。「学科」において学習する「自動車の構造及び機能と操作」は、「英語」という自動車の構造である語彙、発音、文型、文法であり、文法用語は「自動車の部品名や構造名」であり、「交通法規」は、場面・状況に応じた運転の仕方、即ち formality を含めた発話の適切さといういわゆる社会言語学的な学習を指すであろう。また、「実地」においては、自動車教習所内での練習と路上教習とがあるが、これまで行われてきた人工的な状況におけるいわゆる予測された場面での運転練習、即ち Littlewood の structural / quasi-communicative activity から、実際場面での予測できない状況で運転者自身が瞬時に判断し交通法規に基づき適切に運転操作しなければならない「路上教習」と「高速教習」（高速道路での訓練）がある。今回の文

部科学省学習指導要領改訂は、その「実地訓練」ばかりに焦点が置かれ、交通法規や自動車各部の構造や機能も十分に理解しないまま、短絡的に路上での訓練を強制するというようなものである。実地教習の方法論を開発することも重要であるが、このような流れにある現在こそ、「学科」学習の重要性と効果のある教授法と教材を考えることを忘れてはならないと考える。理想を言えば、「学科」と「実地」の学習をそれぞれ独立した別個のものとしてとらえるのではなく、段階的な実地訓練の中に、いかに効率よく interactive に「学科」学習を組み込んでいけるかが答えのように思われる。現代の飛行機のパイロットをはじめあらゆる分野の養成過程においてシミュレーションによる訓練が必須である。職業社会に直結した状況の中で少しでも多くシミュレーションを用いた訓練により「仕事に使える程度の英語力」が養成できるであろう。

参考文献

- 望月昭彦(2000)『英語教育』年4・5・6月号, p.42, 大修館
- 新学習指導要領(中学校編)(2001)文部科学省
- 和田稔編(1998)『Team Teaching in the Communicative Classroom』大修館書店
- Canale, M. (1983). "From Communicative Competence to Communicative Language Pedagogy." In J. C. Richards and R. W. Schmidt (eds.), *Language and Communication*. London: Longman.
- Canale, M. & M. Swain. (1980) "Theoretical Bases of Communicative Approaches to Second Language Teaching and Testing." *Applied Linguistics*. Vol.1, No.1, 1-47.
- Kobayashi, K. (1995) "Designing an Intercultural Syllabus." *Bulletin of Ibaraki Univ.* 44. Ibaraki Univ.
- Kobayashi, K. (1995) "Aspects of Communicative Task Design" in *Research Reports of Ibaraki National College of Technology*. 35
- Kobayashi, K. (2001) "Communicative Task Design in the Japanese EFL Context" In *The School House*. Vol.9 JALT
- Krashen & Terrell. (1983) *The Natural Approach*. Pergamon / Alemany.
- Nunan. D. (1990) *Designing Tasks for the Communicative Classroom*. Cambridge University Press.
- Van Ek J.A.& L. G. Alexander (1975) *Threshold Level English*. Oxford. Pergamon.
- Wilkins. D. A.(1976) *Notional Syllabuses* Oxford University Press. Oxford.

文化的能力の評価体系

小林 邦彦

Systematic Evaluation of Cultural Competence

Kunihiko KOBAYASHI

Abstract: This paper attempts to stipulate a theoretical principle for evaluating the nonnative speakers' cultural competence upon the basis of previous analyses of communicative competence. The major portion is devoted to elaboration of the nature of the cultural competence with further pedagogical insight into the intersection of socio-linguistics and cultural anthropology.

1. はじめに

「言語は文化の一部であり、文化は言語の一部である。我々が言語と文化を分けようとするれば、そのいずれかの重要性をたちどころに失ってしまうという程に、この2つは複雑に絡み合っている。第2言語の習得は第二文化の習得でもある。」 (H. D. Brown: 1980)

新学習指導要領では「国際社会に生きる日本人の育成」という主旨に沿い、外国語科においても、国際社会に生きるための必要な資質を養うという観点から、「外国語を用いて communication 能力や態度の育成と共に、言語や文化に対する関心を深めて、国際理解の基礎を培う」ことを目標としている。これは実際の社会文化的文脈の中での言語の使用能力の養成を目指す Communicative Language Teaching (以下 CLT) という新言語教授観から派生しているということを明示するものでもある。

言語の面に関しては、この教授法を支える理論的枠組みとシラバスは、Hymes, Canale・Swain 及び Halliday, Wilkins, Van Ek らの貢献により確立しているといえるが、文化的側面に関しては、価値哲学、文化人類学、社会言語学等のそれぞれの分野内で独自の研究を進めているものの、communication に直接関連する文化の本質及び言語と文化の有機的関連性についての理論的枠組みが確立していないというのが現状である。

従って、ここでの考察は、第1に新学習指導要領に於ける外国語科の評価項目の分析、第2に「言語や文化についての知識・理解」の本質、第3にその評価方法と具体的評価事例について検討することにする。

2. 「言語や文化についての知識・理解」の評価内容の分析

「言語や文化についての知識・理解」の評価内容の本質を解明するために、新学習指導要領に於ける外国語科の3つの評価内容を第一に Canale (1983) の理論的枠組みを使

って分析し、その問題点を明確にし、第二にそれを解決するために独自の理論的枠組みである Intercultural Communication Model を使って分析することにする。

尚、新学習指導要領に於ける指導目標と評価の対応関係についての議論はここでは行わないが、主要目標である communication (表現と理解) 能力と異文化理解/適応能力は、パラレルに捉える必要があるであろう。

(1) Communicative Competence (Canale: 1983) の枠組みによる分析

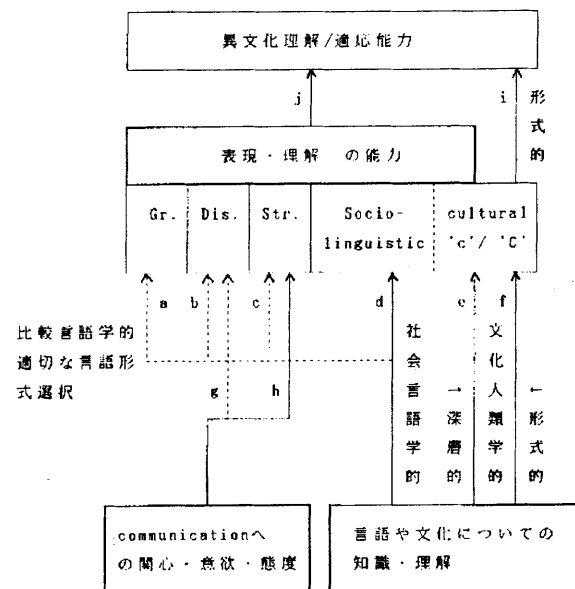


図1 Communicative Competence (Canale) による評価内容の分析

※Communicative competence に加えて 'Intercultural Competence' という概念 を提案し、それぞれの集合の交わりを Sociolinguistic Competence とする理論的枠組みも現在考案中である。

1) 表現・理解の能力

基本的には、Canale (1983) の Communicative Competence の4つの構成要素からなると考えられる。しかし実際の異文化間 communication を想定すれば、単に4つの構成要素以外に（例えば、相手が賞賛の意味で “You are young.” と言っているのに誤解して憤慨するような場合）社会言語学的能力ではカバーしきれない文化人類学的要素（異文化間に於ける価値観の違い等）の存在が不可欠になってくる。

この社会言語学的要素を越えた領域に関しては、その境界について更に議論を深める必要があるが、後述することにする。

2) communication への関心・意欲・態度

矢印 h に示されるように直接的には Strategic Competence を通していかに戦略的に言語を機能させるか（例えば、パラフレーズするとかジェスチャーを使って課題を解決するなど）によって評価され得る。

又、矢印 g に示されるように課題解決のためや communication への関心意欲が高いために相互活動を続けようとする Discourse Competence に表れ得るものである。

3) 言語や文化についての知識・理解

概括的に次の3つの構成要素に集約できる。

- ①社会言語学的/語用論的要素
- ②文化人類学的要素
- ③比較言語学的要素

各要素の内容を更に詳細に検討するために、上の図1に於ける各矢印 a. ~f. に言及することにする。それは以下の通りである：

a. 比較言語学的要素/社会言語学的適切さから言語形式の選択的要素

音韻論的、形態論的、語彙的、統語的レベルで文化間の差異の著しい点—英語に限らず Language という視点でとらえ、教授上の留意点として扱える。但し、意味論的要素は、言語文化的に重要なものもある。（語彙レベルで言えば、had better, please, will you?等の誤解等） ※注1

b. 思考パターンの違いによる談話構成能力

直線的(top-down)か螺旋的(spiral)など談話の構成順序、説得の仕方等に表れる要素。

c. 非言語表現/聞き返し等の言語的表現

レトリック、ジェスチャー等の文化的規範、聞き返し等の定型表現

d. 社会言語学的能力（上記 b. c. はここに含まれる）

社会言語学的文脈に於いての発話の（形式的/意味的）適切さを示す。

e. f. 文化人類学的要素（Storti: 1989の枠組みによる）

e. cultural anthropological aspects (deep culture)

f. human-scientific aspects (formal culture)

(2) 問題点

上述の(1) 3)に於て2つの論点について議論することは最終的に評価項目の特定化の手続きのために意義のあることである。

まず第一に d. 社会言語学的要素と e. f. の文化人類学的要素との境界線をどこに引くかということ。第二に比較言語学的要素において、「言語や文化に関する知識と理解」に属する部分と「表現・理解の能力」を支える

Grammatical Competence に属する部分との境界線をどこにするかと言うことに焦点を当てることにする。

1) 社会言語学的要素と文化人類学的要素との境界線

この議論を展開するに当たって、次の点を解明する必要がある。

- ①社会言語学的要素という集合は何か。
- ②文化人類学的要素という集合は何か。
- ③両方の集合の交わりはあるのか。

更に文化人類学的要素の中で直接/間接的に Communicative Competence に作用する要素は何か。換言すれば、評価論的レベルで「表現・理解の能力」の領域で評価され得る文化人類学的要素とは何かということ解明する必要がある。

①社会言語学的要素という集合は何か。

この問題を明確にするため、いくつかの社会言語学的能力の定義とそれについての議論を示すことにする。

—Canale の含意

社会言語学的文脈—参加者の地位、相互活動の目的、相互活動の基準または因習のような文脈的要因に左右される

もの一に於いての発話の（形式的/意味的）適切さを示す。
 (Canale: 1983)

更に Canale (1983)によると、社会言語学的能力が「社会的意味」で発話を解釈するときの重要性を強調する例として「社会的意味」が発話の文字上の意味や非言語の合図（例えば社会文化的文脈と身振りなど）から判断できない時、communication の機能と態度の持つ意味に関連していると説明している。

—Blum-Kulka (1980)の含意

ある特定の communication の機能をどの程度効果的に伝達したり解釈したりするかを決定しながらする相互活動のルールを3つのタイプに分類し論述している。

- i) 語用論的ルール
- ii) 社会的適切ルール
- iii) 言語学的実現ルール

—Savignon の含意

更に Savignon (1983)によると、「発話の適切さ」(Hymes)を判断する前提条件とは、社会的文脈の理解（参加者の役割、共有する情報、相互活動の機能）であるということを書いて述べている。加えてこの能力は状況に応じた内容と言い方以上のことを意味するというに言及しており、又それを端的に例証している。その例を以下に示す：

沈黙の意味、Savignon と同世代の女性の美德としてでしゃばり過ぎず男性に優越感を与えること、積極性のいわば hyper correction として第二言語使用者のでしゃばり・しゃべりすぎ (Saville-Troike: 1982)、または、その逆に informal な所で formal や学術的な話法で話してしまうこと（適切な resister の使用）について、native あるいは、一部の階層/共同体の dialect や slang をたとえ親しみの意味でも、無理して使用すると over-stepping of social boundaries として拒否反応を起こされることがある（ある距離を置くことの大切な状況）。

②社会言語学的要素と文化人類学的要素との比較

文化人類学的要素と社会言語学的要素との比較という視点で①を眺望してみると、各領域の定義自体が恣意的なために、その境界線が極めて曖昧であることがわかる。

従ってこの問題を解決するために、更に詳しい議論が要求されるがそれは後の章に譲ることにする。なぜならば、この Canale の枠組みではこの要素間の関係が曖昧であるため議論が迷宮入りする恐れがある。そこで communication と文化的要因との関係という概括的レベルでの問題を明確にしてからこの議論に戻るべきであると考えられるからで

ある。

※注1 (2. (1) 3) a.)

ここで残された議論は、‘maybe, had better, You look young, 「ご苦労様」’といった表現は、文化的要素の関連の性質及び度合が異なっている。どこまでを Grammatical Competence に含めるかといった境界線を明確にすることが厳密には評価及びシラバス設計に於て要求されてくる。

例えば次のような分類が語彙・音韻から統語法のレベルで考えられる。

当該言語体系固有の言語（項目）

当該言語が学習者の言語と1対1対応だが概念にずれがある場合

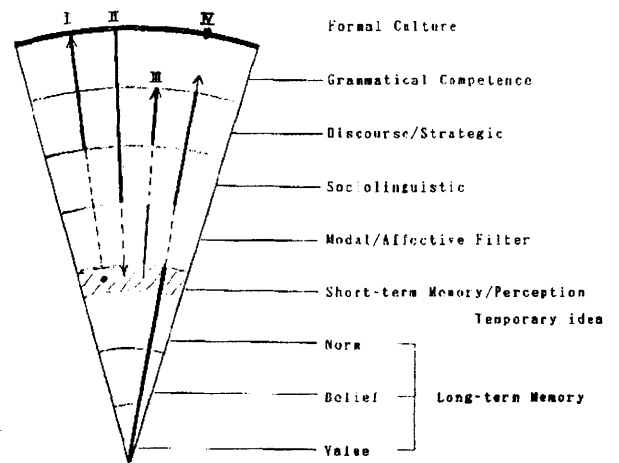
当該言語が学習者の言語と全く対応しない場合

—当該言語体系固有の場合

—文化的変数の影響による場合 (Whorf の仮説の対象)

(3)Intercultural Communication Model (Kobayashi)による分析

① Intercultural Communication Model による分析



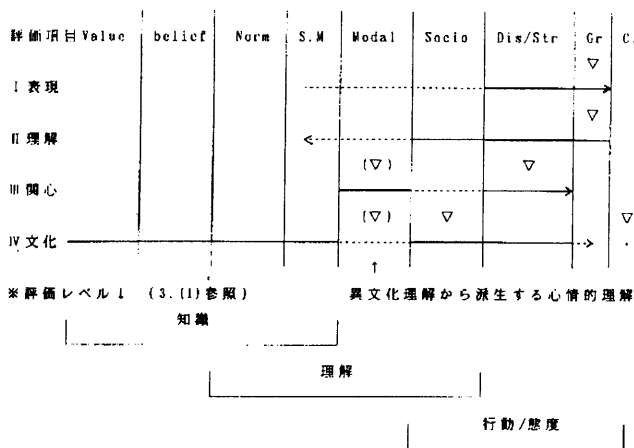
I : 表現の能力

II : 理解の能力

III : communication への関心・意欲・態度

IV : 言語や文化についての知識・理解

次に、図3を更に評価領域を明示的にするために図示することにする。



—図 4—

※Abbreviation S.M: Short-term Memory

Modal: Modal/Affectional Filter

Socio: Sociolinguistic Competence

Dis/Str: Discourse/Strategic
Competence

Gr: Grammatical Competence

C: Formal Culture

② Intercultural Communication Model による評価項目系統図 (Appendix 参照)

3. 「文化や言語についての知識・理解」の評価方法

Communication 理論を支える文化的な要素に関する能力の評価のためには、

- 教育目標を明確にすること
- 教育目標の達成度を測るための指標を定めること
- 評価基準を定めること

以上のことが最も重要と考えられる。山岸(1992)もその重要性を認めているが、同時にその困難性も認めている。(この困難性も理論的枠組みの欠如に端を発しているわけである。)

(1) 評価の指標

「文化や言語についての知識・理解」は、初歩的な外国語の学習を通して言語とその背景にあるものの考え方や文

化等についての知識を習得しそれを基準に社会文化的文脈の中で相手を理解(解釈)し、communication を可能にするための基盤を身に付けているかを評価することである。

そこで、評価の視点として①知識 ②理解 ③態度・行動という段階的観点を提案する。

何故ならば、この「知識・理解」は、単なる記憶として蓄積されるものというより、それらを積極的に活用し communication に生きて働くものとして身につけて初めて意味を為すものである。従って、積極的な意味に於いての「知識・理解」は「態度・行動」まで高め、それを「能力」として評価するのが妥当である。

又、Jarvis(1977)の分析によると「知識」「能力」「感情」という3つの視点を挙げているのが参考になる。彼の言う「感情」とは、異文化に対する共感・柔軟性・好奇心を含むもので、ここでは「理解」の中に入れて考えることにする。

ここで提案した指標の枠組みについて、川島(1992)の分析が参考になるので参照することにする。(一部筆者改編)

①知識(knowledge): 社会文化的/社会言語的情報やパターンを認識できる能力

この項目は、目標文化の選択されたパターンについての正しい情報にかかわるもので、学習者が社会文化的/社会言語学的情報を思い出し、認識し、描写できる能力を持っているかどうかに焦点を合わせる。

(学習者が複数の文化を理解できる基盤として、多くの文化に応用できる概念—即ち価値基準・信念・文化的規範のUGを含む概念—を用いることが重要である。)

②理解(understanding): 社会文化的/社会言語的情報やパターンを説明できる能力(認知的理解に加えて関心・意欲・態度に通ずる感情的理解—共感・柔軟性・好奇心等—まで含む)

学習者は、ひとつの社会文化的/社会言語的情報やパターンをその意味・起源という点から理解し、それをより広い文化的脈絡の中に位置づけて相互的関連という点に於いて理解することが必要になる。

この項目は、事実的知識を前提にするのみならず、推理力も含むことになる。学習者は、一つのパターンの「論理」をその社会文化的脈絡の中で理解しなければならない。

③行動・態度(behavior): 社会文化的/社会言語的情報やパターンを使用できる能力

この項目は、実際の或は模擬的な社会文化的場面の中で効果的に、差し出がましくなく人に不快感を与えないように行動する能力を言う。

以上のように活用され行動化・態度化されて初めて意味

を為すという性格上、他の評価の観点とのかかわりあいから総合的に評価されることが望ましい。

図4中に示された「知識」、「理解」、「行動・態度」の範囲は、ここでの①②③に対応するもので value, belief, norm, grammatical competence, 'C'-culture等の各領域に於て、どこまで高めるべきかというレベルを示すものである。

(2) 評価の方法

授業が CLT 的に進められるという前提条件と評価の必須条件である reliability, validity, practicality と backwash effect を考慮し、評価方法を検討してみる。

尚、評価方法の分類の仕方は、評価形式、評価内容、評価目的などいくつかの観点から可能である。

ここでは主に評価形式という観点から分類してみる。

① Communicative Testing の概念

(Task-oriented) Activity を課すること自体が Testing である。この概念は、communication 能力の構成要素 (Grammatical/discourse etc.) を測定するのに、それぞれの構成要素に対して評価基準を設定し、実際の interaction の中各々測定するという観点で考えれば、説明できる。つまり、図1で示したように Sociolinguistic/Cultural Competence も communication 能力の構成要素のひとつであるということである。

ただし、ここで重要なことは、評価項目に応じてテストに於ける課題の分析・焦点化及び社会文化的文脈を比較文化的観点からどう設定するかを特定化する事である。

更に社会文化的文脈設定の留意点としては、他の能力と異なり Socio-linguistic/Cultural Competence は、直接言語を媒体として表れづらい深層的要素もあるのでそういった要素の測定には performance 的・TPR 的方法を適用すること。

例えば writing test の場合、実際の社会文化的文脈の中で書くことを要求される領域（例えば、手紙の住所書き方や書中の決まり文句や形式に気を付けて実際に簡単な手紙を書かせる方法など—writing からは、離れるが低レベル又は純粋に文化的側面だけを測定するのであれば短いフレーズを書いた短冊を福笑い形式で置かせる方法も可能かも知れない。）で、それを課題にしたテストを実際にやらせるということが考えられる。

非 Communicative Testing の場合（=従来の筆記テスト）

単に「知識」を問うという目的、または Performance Test 後のフィードバックのための問題分析という目的がある場合。

直接、発話行為や相互活動との関連が薄い

human-scientific culture(formal culture)の知識、または抽象的概念（価値観）等を問う目的に於いて非 Communicative Test が使用されるかもしれない。

② 評価方法

評価方法について、下記にいくつか例をあげる。

i) Reading/Writing Test

ii) Listening/Speaking Test

Interview Test

Pair-work Test

Group-work Test

iii) Integrated Test

Simulation Test

Dramatization Test

4. 結語

「言語や文化についての知識・理解」の評価方法という課題に対して、第一に文部科学省の提示している4つの評価項目を Canale の Communicative Competence と独自の理論的枠組みを用いて分析してきた。なぜならシラバスと教授項目が曖昧では、評価と表裏一体の教授目標が確立していないという理由からである。また部分を特定化するためには、全体からの位置付けが必要でもあった。研究の成果としては、

— 文部科学省の提示する外国語教育の目標・評価と Communicative Competence との有機的関連

— 評価体系及び項目の概括的把握

などが挙げられる。今後の課題として、次のものが挙げられる：

— Communicative Competence の構成要素間の関係の体系化

— Sociolinguistic Competence の下位範疇化

— Intercultural Communication Model の下位範疇化

— Communicative Testing の理論的枠組み設計

既に 1991 年から導入され始めた指導要領による評価基準であるが、その評価体系、特に、「言語や文化についての知識・理解」については、この研究を基盤とした論理的体系化と教授項目の特定化が急務である。

Appendix: 文化的能力の理論的枠組み

Intercultural Communication Model による構成内容

Stage	Belief	Norm	Function (Van Dyke)	Language-dependent formality	Language-independent	Culture
【第1】 (個人主義)	個人主義 (個人主義の弊)	個人主義	個人主義の規範と機能			
【第2】 (個人主義)	個人主義 (個人主義の弊)	個人主義	個人主義の規範と機能			
【第3】 (個人主義)	個人主義 (個人主義の弊)	個人主義	個人主義の規範と機能			

L2 読解における阻害要因に関する考察*

飯島博之

Observations on Inhibiting Factors in L2 Reading Comprehension

Hiroyuki IIJIMA

Abstract: This paper reviews the results of previous studies to shed lights on factors that prevent L2 readers from comprehending expository texts. The results of previous experimental studies suggest that L2 learners' difficulties in lower level skills prevent them from utilizing their higher level comprehension skills. The results also suggest that affective factors also play important roles in reading comprehension. From these results, the conclusion can be drawn that the primary cause of comprehension failure in L2 is the lack of decoding skills, but at the same time, language instructors' concern for expanding readers' decoding skills should not be at the expense of motivation to read, which is so crucial in EFL reading instruction.

1. はじめに

現在、読解の過程が相互作用であることは広く受け入れられている。ここで言う相互作用とは、単にテキストの文字を理解し文を理解してゆくというボトムアップ処理と、読み手の背景的知識を活用したトップダウン処理との相互作用というだけではなく、読解を構成する様々なスキルの相互作用を意味している。読解の過程では、語彙の認知といった低次の過程からテキストの内容理解に関わる高次の過程まで、すべてのレベルで読解の構成要素が同時に相互作用するという考え方が現在の主流となっている (Grabe, 1988)。

第1言語 (L1)、第2言語 (L2) を問わず、読解の過程は相互作用であるが、この相互作用モデルに基づいて読解阻害要因を考えると、読解という複合能力に関わるすべてのスキルが阻害要因となり得る。更に、テキストの内容に関する好みや英語学習への動機付けといった学習者の情意に関わる要因も阻害要因として考慮する必要が生じる。

2. 先行研究

2.1. 理論研究

読解とは複合能力であり、読解阻害要因を考える際には読解の構成要素を理論的に考えることが必要である。Gough, Hoover, and Peterson (1996) は読解は複雑な過程であり、多くの下位プロセスから成立していると指摘した上で、読解 (reading) を解読 (decoding) と理解 (comprehension) の2つの部分に分割して考える単純なモデルを提唱している。このモデルによると、読解 (r) は解読 (d) と理解 (c) から成るものの、 $r=d+c$ ではない。なぜなら、 $d=0$ 、 $c=0$ という場合には読解 (r) に至るとは考えられないからである。このモデルでは、 d も c もゼロでなく、かつ、 $0 < d, c < 1$ という前提条件のもとに、 $r=d \times c$ という定式化を行っている。この式に従えば、読解が成

立しない事例は次の3つのケースに分類できることになる。つまり、(a) 解読に欠陥がある場合、(b) 理解に欠陥がある場合、(c) 解読と理解の両方の過程に欠陥がある場合、である。この式はL1読解にもL2読解にも当てはまるものであるが、L2読解においては特に下位レベルの解読能力に関わるスキルに問題が多いことが容易に予想され得る。また、この式に従えば、読解力上位者は解読も理解も両方とも優れていることが必要となる。この式に基づく、読解阻害要因を研究するためには、 d と c の構成要素を具体的に検討してゆくことが最低限必要である。

Carrell (1988) はテキストに基づいた処理 (ボトムアップ処理) と知識に基づいた処理 (トップダウン処理) の相互作用としての読解が阻害され、両者のうちの一方に過度に依存しなければならない状態が読解困難を生じる原因であるとして、L2 学習者の読解に問題が生じる原因を (a) 背景的知識の欠如、(b) スキーマ活性化の失敗、(c) スキルの不足 (言語スキルと読解スキル)、(d) L2 読解についての誤った考え方、(e) 認知スタイルの問題、の5つに分類している。

Perfetti, Marron, & Foltz (1996) は読解失敗 (comprehension failure) の原因をすべて挙げることはできないとしながらも、読解失敗の原因となりうる可能性が他よりも高い原因として (a) ワーキングメモリの制約、(b) 語彙プロセス、(c) 類推、(d) 理解モニタリング、(e) 単語の意味、(f) 領域知識、の6つを挙げている。これらの各部門に分類され得る具体的事例をL2学習者の場合を念頭に検討することは読解阻害要因の実像を考える助けとなる。

読解阻害の原因に関するこれらの分類の中心は解読と理解の失敗に関係するものであるが、L2読解に当てはめて考えると解読能力とはL2の熟達度そのものであり、理解力とはL1の読解力を構成する一部分であるということになる。L2読解の成否にとってL2の熟達度 (proficiency) とL1の読解力のどちらが重要であるのかという問題はAlderson (1984) によってそれまでの先行研究が整理され、

研究の方向性が示された。L2 読解を読解の問題とする仮説は“Linguistic Interdependence Hypothesis” (LIH) として知られ、L2 読解が言語の問題とする仮説は“Language Threshold Hypothesis” (LTH)として知られており (Alderson, 1984; Carrell, 1991; Bernhardt and Kamil, 1995; Taillefer, 1996)、LIH と LTH のいずれの立場が正しいかという点については様々な実験研究が実施されてきた。

2.2. L2 読解における L1 読解力と L2 熟達度の役割

L1 読解力と L2 熟達度が L2 読解に対してどの程度貢献をしているのかという研究に関して、ESL/EFL における多くの先行研究が存在する。

Perkins, Brutton and Pohlmann (1989) は日本人 EFL 学習を対象とした実験において日本語と英語の読解テストの結果を比較した。日本人学生は TOEFL の結果に基づき、3 段階に分けられ、日本語と英語の読解テストの相関を比較した結果から、L2 熟達度が L2 読解に大きく影響を与えるという結論を出している。

Carrell (1991) は ESL のスペイン語 L1 話者とスペイン語を外国語として学ぶ英語 L1 話者それぞれに、スペイン語のテキストと英語のテキストの両方を読ませ、4 者択一式の読解問題に解答させた。データを回帰分析した結果、L2 読解においては L1 読解力と L2 熟達度の両方が有意であったが、スペイン語を L1 とする ESL 環境のグループにとっては L1 読解力のほうが L2 熟達度よりも L2 読解力に関するより強い予測要因 (predictor) である一方で、英語を L1 としスペイン語を L2 とするグループにとっては、L2 (スペイン語) の言語熟達度のほうがより強い予測要因となっていた。Carrell (1991) はこの違いをもたらした可能性の一つとして L2 学習環境を挙げている。

Bernhardt and Kamil (1995) は英語を L1 とする被験者のスペイン語と英語の読解を比較した。読解テストの結果を回帰分析した結果、L2 読解には、L1 読解力よりも L2 熟達度の方がより強い影響を与えているが、L1 読解力も有意な貢献を L2 読解に対してしていることが示されたとして、L1 読解力と L2 熟達度はどちらも L2 読解に貢献する要因であると結論し、LIH と LTH を統合する必要性を指摘している。

Taillefer (1996) はフランス人大学生を対象に EFL 環境における L2 (英語) 読解について研究した。被験者は L2 の言語熟達度テスト (英語のクローズテスト及び TOEFL の語彙と文法テストを併せたもの) と読解力テスト (英語とフランス語におけるスキミングと内容読解テスト) を受験した。データを回帰分析した結果から、L2 における読解課題の認知的複雑さの程度によって L1 読解と L2 言語熟達度の果たす貢献の程度は変化すると結論している。つまり、認知的に単純な課題については L2 の熟達度は問題にならないが、内容読解など意味に関わる高次の課題を行う場合は L2 熟達度が L2 読解に大きく影響すると結論した。

Lee and Schallert (1997) は韓国人中学生・高校生を対象

として、L2 (英語) 熟達度テスト、L2 (英語) 読解テスト、L1 (韓国語) 読解テストの3つのテストを実施した。回帰分析と相関分析の結果、L1 読解力と L2 熟達度の両方が L2 読解力の予測要因であることを示す有意な結果が得られたが、(a) L2 読解力に対して、L2 熟達度の貢献の方が L1 読解力の貢献よりも大きいこと、(b) ある L2 熟達度を越えると、L2 読解に L1 読解力が転移可能になる L2 熟達度の threshold level が存在すること、の2点を確認した。

以上の実験研究の結果を総括すると、L2 読解に対しては、L1 読解力も L2 熟達度も両方とも影響を与えるが、L2 熟達度の与える影響のほうが大きいという結論が導かれる。

この結果から、日本人 EFL 学習者の読解障害要因を考えると、decoding 能力、ボトムアップ処理能力において制約が大きい日本人 EFL 学習者は L2 熟達度に関わる下位レベルのスキルの不足が読解障害要因の大きな部分を占めるであろうということが推察される。

2.3. 読解ストラテジーと読解力

L2 読解障害要因の研究に有益な知見を与えるもう一つの分野として、読解ストラテジーの研究がある。読解ストラテジーの定義については研究者によって違いがあるが、ここでは多くの研究において共通していると考えられる定義として、「読み手がテキストにアプローチし、自分が読むものを理解してゆく際の意識的、無意識的な心的操作である」と定義し、読解ストラテジーを論じることにする。

ESL における先駆的な読解ストラテジー研究として、Block (1986) は think-aloud protocol という手法を用いて読解力下位者の用いる読解ストラテジーを研究した。その結果、(a) 情報を統合し、テキスト構造を認識し、自己の理解程度を絶えずモニターしている読み手 (integrators) とテキストの情報ではなく自分の経験ばかりを利用し、要点よりも末梢的な事柄に注目する読み手 (nonintegrators) が存在すること、(b) integrators の方が nonintegrators よりも読解テストの成績が良いことを指摘した。

次に、Barnett (1988) はフランス語を外国語とする読み手を対象とした研究において、読解、ストラテジーの使用、そのストラテジーの使用が認識できることの3者間の関係を調査した結果、(a) それら3つは全て有意の相関関係があり、(b) 有効であると考えているストラテジーを自分が使用していると考えている学生は、その様なストラテジーを使っていないと考えている学生よりもより多くのことを理解していること、を指摘した。

Carrell (1989) はアンケート調査において、個々のストラテジーの有効性に対する読み手の判断を5段階評価で調査した。その結果、中・上級レベルの ESL 学習者は効果的・効率的なストラテジー、困難を生むストラテジーに対する認識において全体的かつトップ・ダウンの傾向を示すが、比較的初級レベルの ESL 学習者は局所的かつボトム・アップの傾向を示すことを明らかにした。

国内における読解ストラテジー研究では、天満他 (1992)

が日本人大学生を対象として行った Carrell (1989) の追調査がある。この研究では、因子分析を用いてデータを分析した結果、5 因子が抽出され、トップダウンかつ全体的ストラテジーに関わる因子のグループとボトムアップかつ局所的ストラテジーに関わる因子のグループに分類された。そして、優れた読み手は全体的かつトップダウンの傾向を示すのに対して、未熟な読み手は局所的かつボトムアップのストラテジーに頼る傾向があることを指摘した。

飯島(2000b)は日本人英語学習者を対象とした独自のアンケート調査用紙を開発し、日本人高校2年生を読解力に応じて3段階に分けて研究を行った。因子分析の結果、「要点把握因子」「既知情報活用因子」「構造注目因子」「感情移入因子」「工夫因子」「テキスト依存因子」の6因子が抽出された。次に、各因子について標準因子得点が算出され、各因子ごとに分散分析を行った結果、「要点把握因子」と「既知情報活用因子」において5%レベルの有意差が見られた。Duncan法を用いた多重比較の結果、「要点把握因子」においては「読解力上位者>読解力下位者」の有意な差が見られ、「既知情報活用因子」においては「読解力上位者>読解力中位者・下位者」の有意な差が示された。

「要点把握因子」に関わる質問項目を見ると、「文章の要点の整理」「具体例の区別」「新情報と旧情報の関連づけ」「内容に対する自問自答」「段落の要点の整理」「段落相互の関係の理解」「文脈を利用した未知語の意味の推測」「語形成の知識を利用した未知語の意味の推測」「和訳せずに英語のままの内容理解」「読解活動への集中」といった項目である。これらの内容から判断して、この因子はトップ・ダウン処理とボトム・アップ処理の両方に関わる因子であると考えられるが、この結果は、読解力の差を生み出す要因の一つが情報統合能力であることを示しており、Block(1986)の研究結果を裏付けている。

次に、「既知情報活用因子」に関して、読解力上位者群の標準因子得点の平均値が中位者群・下位者群両群の平均値を有意に上回ったが、この因子に関連する質問項目は「背景の知識に基づく予測」「旧情報に基づく予測」「連想の利用」「読解過程での予測や解釈の正しさの確認及び修正」「イラスト・図表などの利用」という内容である。これらは、スキーマの活性化能力、言い換えれば、トップ・ダウン処理に関わる内容であるので、優れた読み手は能動的なトップ・ダウンのアプローチをしていることが示されている。

これらの先行研究の諸結果を読解力の観点から総括すると、(a) 下位レベルのスキルと上位レベルのスキルの両方がL2読解に必要であること、(b) 情報統合能力の差が読解力上位者と下位者の違いであること、(c) 読解力上位者は上位レベルのスキルを利用できる能力的なゆとりがあること、が推察される。

2.4. 読解阻害要因アンケート

これまで、読解阻害要因という観点から、L2読解の構成要素の貢献度と、読解ストラテジーの使用と読解力の関係

について先行研究を概観してきた。しかし、読解阻害要因の研究においては読み手の動機付け、学習意欲、興味などを含めた情意面に関する視点も必要とされる。そこで、飯島(2003)は、これまでの読解ストラテジーと読解力との関係に関わる研究から発展して、日本人EFL学習者の読解阻害要因に関する研究を行った。この研究では、高校2年生が対象となり、英語論説文読解における阻害要因に関して、独自に開発された33項目から成る5段階尺度形式のアンケートが用いられた。回答は因子分析を用いて分析され、「テキスト情報統合因子」、「学習意欲因子」、「スキーマ活用因子」「抽象度因子」、「情意因子」の5因子が抽出された。

第I因子である「テキスト情報統合因子」はテキストのボトムアップ処理やテキスト構造の理解に関わる因子であるが、単にボトムアップ処理だけでなく、英文相互の関係や各段落の内容や段落間の意味的な相互関係にも関わっており、テキストから得られた情報を統合する能力に関わる因子である。

第II因子として「学習意欲因子」が抽出されたが、文法知識、英語学習へ興味、読解への集中、未知語の意味の類推などが関連項目の内容であり、地道な英語学習を支える意思に関係する因子と思われる。

第III因子の「スキーマ活用因子」はスキーマの有無やその活性化能力、文章の概要理解、話の展開の予測に関わっており、トップダウン処理能力に関わる因子である。

第IV因子の「抽象度因子」に関わる項目内容は抽象的・概念的な意味を有する単語や文の理解、そして文中の省略表現の判断であり、抽象的概念の理解力がL2読解においても重要な意味を持つことが示された。

第V因子の「情意因子」に関連した項目内容を見ると、テキストの内容に関する興味の有無、読み手がテキスト内容に反対意見を持っている場合の影響、そして読み手の先入観に関わる項目から成り立っている。

この研究結果は、日本人EFL学習者の英語論説文読解阻害要因として、下位レベルの読解に関わるスキルと上位レベルの理解に関わるスキルの他に、学習者の情意的側面に関わる因子が存在することを示しており、L2読解は単に、ボトム・アップ処理能力とトップ・ダウン処理能力の2つの側面からのみ捉えることはできないということが示唆されている。

3. 考察とまとめ

本研究で概観してきた先行研究の結果から、L2における読解阻害要因には読解の構成要素である様々な下位レベル、上位レベルのスキルに加えて、学習者の情意的側面が存在することが示された。

L2読解での阻害要因として中心を占めるのはボトム・アップ処理能力とトップ・ダウン処理能力であるが、これらの両方を使用して情報を統合する能力こそが読解力上位者と下位者の違いであることが先行研究の結果から示唆され

ている。また、読解力上位者の特徴として、テキスト処理に際してトップ・ダウン処理のアプローチができることが指摘されてきている。

つまり、ボトム・アップ処理能力において優れている読解力上位者はトップ・ダウン処理のアプローチをテキスト処理に用いるだけの余裕を有することが推察できる。すなわち、低次のスキルの処理効率が低い場合は高次のスキルの処理を行う能力的ゆとりが残されていることが示唆されている。

この点に関連して、Samuels(1994)は読み手が情報処理のために用いることができる注意力 (attention) には限りがあること、そして、解読 (decoding) には多くの注意力を必要とするため、理解 (comprehension) を阻害することを指摘している。そのため、単語を認知する解読のために用いる注意力を最小限にするために、単語解読スキルの自動性 (automaticity) が重要であることを述べている。

Samuels(1994)の自動性理論を別の角度から述べているのがワーキングメモリ (working memory) の概念である。Baddley (1999) はある情報を一時的に保持しながら情報の処理作業を同時に行うためのワーキングメモリ (working memory) のモデルを提唱している。門田・野呂(2001)はワーキングメモリのモデルと読解との関係を総括し、読解の様な高次な認知処理活動を成立させるためには、一時的に保持された情報は活性化された状態でなければならず、その活性化を行うために必要な認知資源がワーキングメモリによって得られるという Carpenter and Just (1989) のモデルを紹介している。そして、第2言語での読解作業は母語での読解と比べて低次処理に認知資源の多くを費やすため、低次処理の効率の悪さが障害となってワーキングメモリの容量に影響し、その容量が高次読解処理にも影響することを推論している。

以上の点から考えると、日本人 EFL 学習者の読解阻害要因の多くはボトム・アップ処理能力に根本的な原因があると考えられる。読解力下位者は、下位レベルのスキル不足が原因でボトム・アップ処理が非効率的になり、読み手が母語での読解においては使用可能な高次のスキルが利用できない状態に陥っていることが推察される。

同時に、飯島(2003)で示された様に、読み手の情意面も読解阻害要因になっている。学習意欲因子、情意因子の存在は L2 読解指導において学習者の意欲を喚起し、維持する工夫が必要であることを確認している。Baker and Wigfield (1999) は読解における動機付けと能力との関係の研究を行い、動機付けと読解テストの有意な相関を報告し、動機付けが高い子供ほど読書量が多いことを指摘している。動機付けに代表される情意面は、読解阻害要因としては原因であると同時に結果でもあり、読解力下位者の場合には完全な悪循環になっていると推察できる。

下位レベルのスキルを習得させるための L2 読解指導においては、指導内容や方法は単調になりがちであるが、学習者の動機付けを高める工夫と、教材内容に対する興味を

常に維持させる配慮が必要であると考えられる。学習者の動機付けを図った上で、効率的なボトム・アップ処理能力養成のための指導が必要であろう。通常の授業においては、学習意欲に関わる部分への配慮が不足がちになる傾向があるが、長期間の学習継続が必要とされる L2 読解においては、学習意欲因子、情意因子といった要因を重視しつつ、下位レベルのスキルを指導する工夫が必要である。

* 本研究は平成 15 年度科学研究費 (基盤研究(C), 課題番号 15520383) を受けて実施された研究の一部である。

参考文献

- Alderson, J.C. (1984). Reading in a foreign language: A reading problem or a language problem? In J.C. Alderson and A.H. Urquhart (eds.), *Reading in a Foreign Language*. London: Longman.
- Baddley, A.D. (1999). *Essentials of Human Memory*. East Sussex, UK: Psychology Press Ltd, Publishers.
- Baker, L., & Wigfield, A. (1999). Dimensions of children's motivation for reading and their relations to reading activity and reading achievement. *Reading Research Quarterly*, 34, 452-477.
- Barnett, M.A. (1988). Reading through Context: How Real and Perceived Strategy Use Affects L2 Comprehension. *The Modern Language Journal*, 72 (2), 150-162.
- Bernhardt, E & Kamil, M. (1995). Interpreting relationships between L1 and L2 reading: Consolidating the linguistic threshold and the linguistic interdependence hypotheses. *Applied Linguistic*, 16 (1), 15-34.
- Block, E. (1986). The comprehension strategies of second language readers. *TESOL Quarterly*, 20 (3), 463-494.
- Carpenter, P.A. & Just, M.A. (1989). The role of working memory in language comprehension. In D.Klahr and K.Ktovsky (eds.), *Complex Information Processing*, Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Carrell, P.L. (1988). Some causes of text-boundedness and schema interference in ESL reading. In P.L. Carrell, et al. (eds.), *Interactive Approaches to Second Language Reading*. Cambridge: CUP.
- Carrell, P.L. (1989). Metacognitive awareness and second language reading. *Modern Language Journal*, 73, 121-134.
- Carrell, P.L. (1991). Second language reading: Reading ability or language proficiency? *Applied Linguistics*, 12 (2), 159-179.
- Clarke, M.A. (1980). The short-circuit hypothesis of ESL reading---or when language competence interferes with reading performance. *Modern Language Journal*, 64 (2), 203-209.
- Coady, J. (1979). A psycholinguistic model of the ESL reader.

- In R. Mackay, B. Barkman and R.R. Jordan (eds.), *Reading in a Second Language*. Rowley, Mass.: Newbury House, 5-12.
- Davis, J.N. & Bistodeau, L. (1993). How do L1 and L2 reading differ: Evidence from think aloud protocols. *Modern Language Journal*, 77, 459-472.
- Dechant, E. (1991). *Understanding and Teaching Reading*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- Gough, P.B., Hoover, W.A. & Peterson, C.L. (1996). Some observations on a simple view of reading. In C. Cornoldi and J. Oakhill (Eds.), *Reading Comprehension Difficulties Processes and Intervention*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Grabe, William (1988). Reassessing the term "interactive."
In P.L. Carrell, et al. (eds.), *Interactive Approaches to Second Language Reading*. Cambridge: CUP.
- 飯島博之 (1998). 「日本人高校生学習者の英文読解ストラテジーの特徴とその学年差に関する研究：論説文の読解に関して」 『関東甲信越英語教育学会研究紀要』 第12号 1～8頁
- 飯島博之 (1999b). 「L2読解理論と日本人EFL学習者のための読解指導」 『茨城工業高等専門学校研究彙報』 第34号 49～56頁
- 飯島博之 (2000a). 「テキスト難易度が日本人EFL学習者の読解ストラテジー使用に及ぼす影響に関する研究」 『関東甲信越英語教育学会研究紀要』 第14号 93～101頁
- 飯島博之 (2000b). 「日本人EFL学習者の英文読解ストラテジーに関する研究」 国立高等専門学校協会 論文集『高専教育』 第23号 19～24頁
- 飯島博之 (2000c). 「日本人EFL学習者の読解ストラテジーに関する分析」 『茨城工業高等専門学校研究彙報』 第35号 5～11頁
- 飯島博之 (2003). 「日本人EFL学習者の読解阻害要因に関する研究」 国立高等専門学校協会 論文集『高専教育』 第26号 297～302頁
- 門田修平・野呂忠司 (2001). 『英語リーディングの認知メカニズム』 東京：くろしお出版
- Lee, J. & Schallert, D.L. (1997). The relative contribution of L2 language proficiency and L1 reading ability to L2 reading performance: A test of the threshold hypothesis in an EFL context. *TESOL Quarterly*, 31 (4), 713-739.
- Padron, Y.N. & Waxman, H.C. (1988). The effect of ESL students' perception of their cognitive strategies on reading achievement. *TESOL Quarterly*, 22 (1), 146-150.
- Perfetti, C.A., Marron, M.A., & Foltz, P.W. (1996). Sources of comprehension failure: Theoretical perspectives and case studies. In C. Cornoldi and J. Oakhill (eds.), *Reading Comprehension Difficulties Processes and Intervention*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Perkins, K., Brutton, S.R., & Pohlmann, J.T. (1989). First and second language reading comprehension. *RELC Journal*, 20 (2), 1-9.
- Rubin, J. & Thompson, I. (1994). *How to Be a More Successful Language Learner: Toward Learner Autonomy*. Boston, Mass.: Heinle & Heinle Publishers.
- Rumelhart, D.E. (1977). Toward an interactive model of reading. In S. Dornic (ed.), *Attention and Performance*, 6, New York: Academic Press.
- Samuels, S.J. (1994). Toward a theory of automatic information processing in reading, revisited. In R.B. Ruddel, et al. (eds.), *Theoretical Models and Processes of Reading*. Newark, Delaware: International Reading Association.
- Stanovich, K.E. (1980). Toward an interactive—compensatory model of individual differences in the development of reading fluency. *Reading Research Quarterly*, 16, 32-71.
- Taillefer, G.F. (1996). L2 reading ability: Further insight into the short-circuit hypothesis. *The Modern Language Journal*, 80 (4), 461-477.
- 高梨庸雄・卯城祐司 (2000). 『英語リーディング事典』 東京：研究社
- 天満美智子他 (1992). 『学習者中心の英語読解指導』 東京：大修館書店
- Yorio, C.A. (1971). Some sources of reading problems for foreign-language learners. *Language Learning*, 21 (1), 107-115.

コンピュータを活用した自律的英語学習者の育成

奥 山 慶 洋

Developing Autonomous English Language Learners by Making Use of Computers

Yasuhiro OKUYAMA

Abstract: The purpose of this study is to show the possibility of making use of computers for developing autonomous English language learners. First, the characteristics of autonomous learners are considered. Second, the merits and the shortcomings of computer-assisted language learning (CALL) are discussed. Third, an example of computer software for CALL is examined. Finally, I would like to explain the significance of using CALL for developing autonomous English language learners in everyday classes.

1 はじめに

文部科学省の諮問機関である中央教育審議会が 2003 年 10 月に発表した答申によると、各種メディアを通じて近年話題となっている「学力低下」の問題を踏まえ、「確かな学力」という表現を新たに用いている。「確かな学力」とは、「生きる力」の一部をなすものであり、「知識・技能に加え、自分で課題を見つけ、自ら学び、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力」(答申の概要より)とある。このような学力の育成のためには、やはり、基礎・基本の定着が必須であり、その徹底によって「確かな学力」に結びつけようというのが今回の答申のねらいのようである。つまり、現行の学習指導要領が主目的の一つとして掲げている「自ら学び自ら考える力」を有する「自律的学習者(autonomous learner)」の育成がさらに重要となってきたのである。

そこで、本研究では、語学(英語)教育において「自律的学習者」をどのように育成していけば良いかということを中心に次の2つの視点から考えていきたいと思う。第一に、「自律的学習者」に必要な能力・資質とはどのようなものなのかということを検討する。そして、第二に、そのような学習者を育成するひとつの手段として、コンピュータ(教材)を有効活用する方法を提示したい。

2 自律的学習者 (autonomous learner)

Remmert (1997) によると、自律的学習者とは、自分のニ

ーズや目的を決定し、学習(勉強)の計画を立て、教材を選択し、計画を実行し自分自身の進歩などを評価できる能力を習得した学習者である。このような能力を有する学習者を育成するために、次の2点について考えておきたい。

第一に、学習に対する動機付けの問題である。一般的な学習者の場合、その学習スタイルは教師(指導者)から学ぶべき情報を一方的に与えられるという受け身的なスタイルであるが、これを学習者自身が主体的に学習する能動的なスタイルに転換しなければならない。そのためにも、学習への強い動機付けが必要となってくるが、その動機付けは、最初の段階では外発的に、そして徐々に内発的なものへと移行していくのが理想的であろう。外発的動機付けとは、教師(指導者)が、学習者の興味・関心を分析した上で、課題を設定し提示することによって、学習者が積極的に活動するような動機付けであり、これによって受け身的学習からの脱却をはかる。内発的動機付けとは、学習者自らが課題を設定し、それを解決する方法を探る主体的な活動を誘発する動機付けであり、これを実現することによって、主体的学習者に転換できるのである。

第二に、考える力の育成の問題である。一人の自律した学習者として備えておかなければならない重要な能力の一つは、やはり、自分で物事を考えることができる能力だろう。現在のように、情報が氾濫している社会においては、情報をいかに自分のものとして活用できるかという情報活用能力の習得が不可欠である。文部省(1997)は、情報活用能力を、以下の4つの能力の総合であるとしている。

- (1) 情報の判断・選択・整理・処理能力および新たな情報の創造・伝達能力

- (2) 情報化社会の特質・情報化の社会や人間に対する影響の理解
- (3) 情報の重要性の認識、情報に対する責任感
- (4) 情報科学の基礎および情報手段（特にコンピュータ）の特徴の理解、基本的な操作能力の習得

上のように、学習者に対してうまく動機付けを行うこと、そして情報活用能力を習得させることが自律的学習者の育成には重要なことなのである。

3 IT技術の進展とCALL

3.1 学校教育におけるIT技術進展の影響

Microsoft社のWindows95登場以降、パソコンをはじめとするIT技術は急速に進歩している。学校教育においても、現行の学習指導要領に新たに取り入れられた「総合的な学習の時間」や教科「情報」などの影響もあり、施設の整備・拡充が進められつつある。茨城県の例を挙げると、平成14年度、県立高等学校のほぼすべての普通教室に、高速インターネット（光ケーブルによる通信）に接続されたパソコン（生徒用）とその画像を投影するためのプロジェクターおよびスクリーンが設置され、さらに、教師用として、ノートパソコンがその教室数分配備された。(表)これにより、パソコンを活用した授業が、特別教室（情報処理教室等）に行かなくても展開できるようになったのである。その一方で、それを使用する教員側の各種研修会も、校内や教育研修センター等で随時実施された。

上の例は、教科という枠を超えた学校教育全体へのIT技術進展の影響である。次に、英語教育におけるその影響について、歴史的背景とともに見ていきたい。

表 茨城県立高校のIT環境整備状況

項目	平成14年1月	平成15年3月	平成18年3月
高速専用回線	100%	100%	100%
校内LAN	45%	96%	100%
普通教室PC等整備	45%	96%	100%

※平成18年3月は見込みの数

3.2 CALLとコンピュータ教材

3.2.1 CALL

英語教育において、IT技術（コンピュータ）を活用した例としてあげられるのは、CALL(Computer Assisted Language Learning)であろう。CALLとは、コンピュータを用いることにより、学習者の個別化を進めながら学習者を支援する教育システムである。野澤(1993)によると、CALLは、「コンピュータを中心とする機械装置群からなるシステムと人間である学習者とが、相互にやりとりをしながら、教授・学習過程を進行させ、学習者の学習到達目標に導くことを目指す教育システム」である。CALLには、

その仕組みによって大きく二種類に分類できる。一つは、CL(Computer Laboratory)と呼ばれるもので、LAN(Local Area Network)を教室内で組み、CAI(Computer Assisted Instruction)とCMI(Computer Managed Instruction)の機能を持たせたものである。これは、どちらかという、各学校における情報処理教室に相当するものであるが、ヘッドホンなどを設置することによって語学教育向けに使用できるようになっている。もう一つは、CALLL(Computer Assisted Language Learning Laboratory)と呼ばれるもので、前出のCLに、従来から利用されているLL(Language Laboratory)の機能を加えたものであり、語学教育を主目的としたコンピュータ利用教室である。これらの教室は、従来のLL機能のみの教室ではできなかった多くのことを可能にしている。では、学校における英語教育にCALLを実際に導入した際、どのような利点および欠点が考えられるだろうか。授業の一環として取り入れた場合と、自学自習用として取り入れた場合とに分け、それぞれ検討したい。

まず、前者について、学習者（学生・生徒）の学習状況を教師が判断しやすいという利点がある。CALLには、成績を管理する機能（前出のCMI）が備わっており、教師側から簡単に学習状況を把握することができる。さらに、その機能をうまく利用し、各学習者への適切なフィードバックが可能になるという利点もある。一方、一人一人の学習者のペースを調整しなければいけないという欠点もある。1クラス40人規模の授業を行う場合、さまざまなペースの学習者を相手しなければいけないが、全体としてある程度のペースは維持しなければならない。しかし、遅れた学習者またはその反対に進みすぎた学習者のペースをうまく調整するというのはなかなか難しいと思われる。したがって、授業の流れに則した教材の選択または開発が必要となってくるのである。

次に、後者についてであるが、やはり各学習者のペースで学習することが可能という利点がある。上でも触れたように、学習者にはペースの早い者、その反対に遅い者とさまざまである。しかし、授業での使用とは異なり、あくまでも自主学习であるから、他人のペースを気にする必要はない。また、それぞれの学習者の興味・関心に応じた学習も可能となる。例えば、ある学習者は文法が苦手なので集中的に学習したいとか、別の学習者はリスニング力を強化したいなど、課題は学習者それぞれ異なっている。もし、これを一人の教師が対応しようとする、その手間や労力は大きなものであるが、その割に、それぞれに費やせる時間は限られてしまうため思ったほど効果は上がらない。そのような部分をコンピュータに肩代わりしてもらえば、教師は、学習者の助言などを中心とした指導で済み、より効率的に彼らのニーズに対応できるだろう。しかし、このような教室を放課後等に開放する場合、機器の管理などの面で問題が出てくる。各学校で管理者を置くなどの対応策が必要であろう。

次では、CALLで用いられる教材（コンピュータ教材）

を従来からの教材の特徴と比較し、その特性を検討していきたい。

3. 2. 2 コンピュータ教材の特徴

コンピュータ教材は、従来から使われている教育媒体や教具とは多くの面で異なっている。そこで、コンピュータ教材の利点および欠点を、他の媒体との比較を通して検討し、その特徴を明らかにしていきたい。

まず、利点であるが、主に3つあげられる。第一に、テープやビデオなどと比べ、頭出しが非常に早く、また容易であるということがあげられる。今までは、ビデオ(テープ)デッキのカウンターを頼りに、早送りや巻き戻しを繰り返し、やっと目的の場所(場面)を見せたり聞かせたりできるという状態であった。しかし、コンピュータを用いると、繰り返し見せたいシーンなどは、ソフト上で目印をつけておくだけで何度でも瞬時に戻ることができる。また、デジタルデータであるため、映像や音声の劣化がほとんどないという点も、テープなどとは違い優れている。第二に、場所をとらないということがある。紙媒体であるノートや教科書の場合、机の上いっぱいには広げなければならないが、コンピュータの場合、成績データや文字等はフロッピーディスクなどに記憶させておけば良く、必要なときにコンピュータ上に再現すれば良い。もし、文字として残したい場合には、プリントアウトすれば良く、省資源化にもつながる。第三に、インタラクティブなソフトの場合、音声などによる学習者への指示や具体的な励ましの声などがあり、強い動機付けとなるということがある。これは、今まで教授者が行ってきたことであるが、特に自主学習などの場合、それを行ってくれる人はいないので、大変有効な機能である。

以上のように、多くの利点がある一方で欠点もいくつかある。第一に、自筆の文字として学習の結果を残せないということがある。ノートを書く作業は、授業で学習した知識を自分のものとして定着させる上で大変重要である。第二に、学習者に対して、ソフトウェアやコンピュータの操作方法を、事前に十分に指導しておかなければならないということである。これをしておかないと、語学学習の時間ではなく、単にコンピュータの操作方法の練習時間になりかねない。しかし、最近では、コンピュータがより身近なものになり、また、操作面についても、マウス一つでほぼすべての作業ができるようになり、だいぶ使用方法が簡単になってきた。第三に、教師の操作能力によって指導のばらつきが生まれるということである。これについても、やはり、操作方法が容易になってきたため、操作能力によるばらつきは少なくなってきている。そして最後に、高額なソフトやハードを購入しなければならないという問題もある。購入の際には、コンピュータを授業でどのように利用していくかを慎重に検討する必要がある。

これらの利点や欠点を踏まえ、次では、実際に語学学習用に開発されたソフトの一例を分析し、導入の方法につい

て検討したい。

4 コンピュータ教材の分析

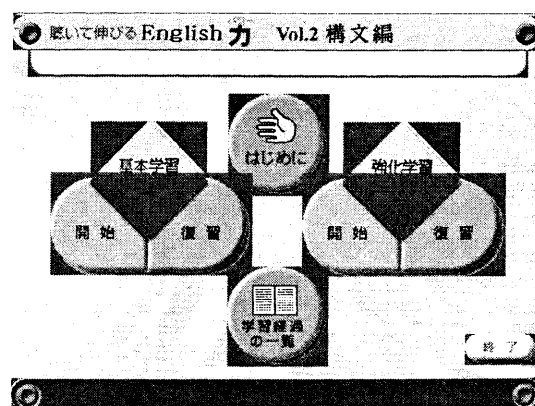
4. 1 ソフトウェア作成における目標

今回の分析に用いたのは、東海大学短期大学部が開発し、富士通静岡エンジニアリング(現 富士通インフォソフトテクノロジー)が発売した「聞いて伸びる English 力(power)」というソフトである。このソフトの開発にあたって、志村(1993)では、次の三つの目標を掲げている。第一に、コースウェアの確立である。コースウェアとは、学習の意図やその手順を重視して開発された教育補助用のソフトである。その中で、特徴的なのは、誤答検索プログラムとレファレンス機能である。前者は、単語の文字列や英文の語順の正誤を自動的に検索し、学習者に即時にその情報を提供できるようにしたものである。これにより、キーボードで打ち込んだ文にスペルミスや語順の間違いなどがあつたとき、すぐに修正することができる。後者は、学習の参考になる情報を提示する機能であり、難しい文法項目などをヒントとして教えてくれるので、特に自学自習用として用いる際には大変便利な機能である。第二に、コンピュータと音声装置の連動である。このソフトは、CD-ROMで提供されているため、音声はデジタル化されている。これにより、頭出しを容易にすると同時に、良質な音を半永久的に保持できるという利点をも生み出した。第三に、CMIシステムの開発である。学習の結果をソフト上で集計・処理し、その結果を学習者に報告するとともに、教師にも成績資料を提供できるようにした。

4. 2 ソフトの特徴

このソフトは、高校中級程度の学習者(英語検定準二級程度)を対象に作られたものである。内容は、基本学習と強化学習の2つのメニューがあり、基本学習で、基礎的な文法事項を学習し、その後強化学習で定着をはかるといった段階的な学習を可能にしている。(図1)

図1 メニュー画面



特にこのソフトが力を入れている点は、ソフト作成の目標

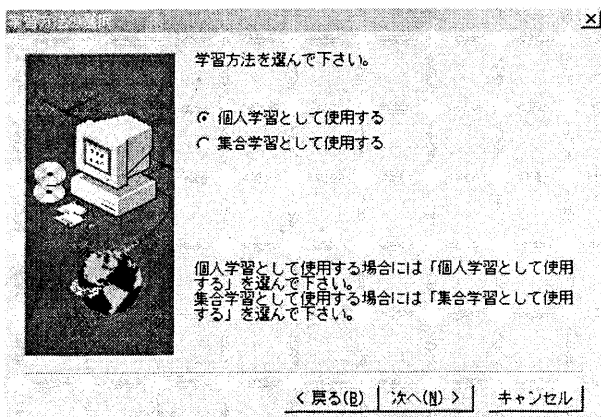
でもふれたように、詳細な成績管理システムである。各学習者の進捗や理解度が学習者にも教師にも分かりやすい形で提供できるようにし、学習者へのフィードバックをしやすくしてある。(図2)

図2 成績管理システム

レッスン名	基本	得意度	所要時間	終了日付	強化	得意度	所要時間	終了日付
1) 否定文								
2) 疑問文(1)								
3) 疑問文(2)								
4) 命令文・感嘆文								
5) 名詞・代名詞(1)								
6) 名詞・代名詞(2)								
7) 形容詞・副詞								
8) 時制								
9) 助動詞								
10) 進行形								
11) 受動態								
12) 完了形								
13) 目的語と補語								
14) 不定詞の用法(1)								

このソフトは、個別学習向けに市販されているものであるが、インストール方法により、個別学習ばかりでなく集合学習、つまり学校などでの利用もできるよう考慮されており、自学自習用にもコースウェア用にも使用できるようにしている。(図3) ただし、集合学習用として利用する場合には、使用台数分のライセンスを取得するか、またはパッケージを購入しなければならない。

図3 インストール方法



学習方法は、文字入力以外、ほぼすべての操作をマウスのみで行うことができ、前で述べたコンピュータ教材の欠点をうまく解消している。画面上にヒント・文法などのメニューもあり、解答に困っている学習者を支援するとともに、正解を出すと「良くできました」などの具体的な励ましの言葉が音声で提供されるため、学習者にとっては動機付けにもなる。(図4)

図4 学習画面



4.3 ソフトの利点と欠点

このソフトを、筑波大学大学院に在籍していた数名の院生（英語教育専攻）に実際に使用してもらい、その後口頭によるアンケートを実施した。その内容を好意的な意見と否定的な意見とに分けてそれぞれ検討し、このソフトの特徴を生かした使用法を例示したい。

まず、好意的な意見であるが、励ましの音声なども含めて、楽しく学習できるという意見があった。これは、学習者の動機付けにおいて大変有効である。また、好きなときにヒントや文法解説のページを開くことができたり、「リッスン」ボタンを押すことによって繰り返し英語の音声聞き直せたりするなど学習者支援の面での工夫が見られるという意見もあった。このようなことから、自学自習用としての機能は十分備えられているといえるだろう。

否定的な意見としては、ヒントや解説の部分の説明が簡略化されすぎているというものがあった。説明が不十分であると、特に未学習者（初めてその項目を学習する者）にとっては理解が困難である。このことから、予習用としては使いにくいということが言える。また、誤答の説明で、スペルミスや単語ミスとしか表示されないという指摘があった。例えば三人称単数の-s を付け忘れたなどの文法的なミスもスペルミスとなってしまう、誤答理由の説明としてはやや不十分である。そして、コースウェアとして使用する場合には、教師側の十分な工夫が必要であるという意見があった。つまり、上の2つのような欠点を補うためにも、コンピュータ主導による指導ではなく、教師・学習者主体の学習形態でなければならないということがいえるだろう。

以上の意見を総合し、実際に学校のカリキュラムに導入する方法を考えてみると、例えば、ある文法項目を学習・指導した後、その確認練習をするような方法で利用することができるだろう。その際、教師側は、学習者の状況を成績管理システムなどで把握し、次回以降の指導のヒントとして活用するという使い方になるだろう。つまり、学習の主体はあくまでも学習者であり、また、指導の主体は教師であるという基本的な構図は変えず、コンピュータはあくまでも補助的な役割として導入するのが良いと思われる。

5 結論

5.1 コンピュータ教材利用の意義

本研究では、自律的学習者の特徴を知り、語学（英語）教育において、その育成をはかる一つ的手段として、コンピュータをどのように活用していけば良いかということを検討してきた。自律的学習者の育成におけるコンピュータ（教材）利用の意義は以下の通りである。

第一に、コンピュータは自律的学習者の育成に必要な要素の一つである動機付けに大変有効だということである。学習を長続きさせる一つのポイントは、やはり、楽しく、飽きずに学習できるということだろう。前の教材分析で見たように、励ましの言葉などは、動機付けには大変適しているといえる。第二に、基礎的な学力を上げるのにも効果的だということである。コンピュータは多くの情報を、瞬時に、しかも大量に与えてくれる。その特性を生かし、自分に必要な情報を取捨選択できる能力、つまり基礎的な学力を養う道具として活用することができるのである。第三に、情報活用能力の一つである基礎的な能力、つまりコンピュータ操作能力も育成できるということがある。つまり、ソフトを利用したりしながら徐々にコンピュータに対する知識も深まり、やがて操作能力を身につけることができるという副次的な効果である。

5.2 コンピュータと学習者・教師の新しい関係

コンピュータを語学教育に持ち込む場合、そこに関わる人やものの関係は、従来とは少し変わってくる。コンピュータを用いた場合の、学習者、教師そしてコンピュータの位置づけとそれぞれの関係は以下ようになる。

まず、学習者であるが、今までは教師から与えられた情報を知識として記憶するという受け身の立場であった。しかし、コンピュータを活用することにより、今度は、自ら必要な情報を見つけそれを活用する能動的な立場になることができるだろう。次に、教師であるが、知識伝達型の授業では、どうしても情報を一方的に提供するという立場になってしまっていただろう。しかし、情報伝達の主体がコンピュータに移るので、教師は学習者の状況を細やかに見るようになる。したがって、情報提供者という立場から、学習者に対して適切なフィードバックを与える学習の促進者(facilitator)という立場に変わっていくものと思われる。そして最後に、コンピュータであるが、今まで教師が担っていた情報提供者としての立場を肩代わりしてくれるものとなるだろう。このようにして、それぞれの能力を十分発揮できるような関係になり、より効果的な語学教育ができるようになるのである。

6 参考文献

Benson, P. and P. Voller. (1997) *Autonomy and Independence in Language Learning*. Longman.

Dunkel, P.(ed) (1991) *Computer-assisted language learning and testing*. Newbury House.

McDevitt, B. (1997) Learner autonomy and the need for learner training. *Language Learning Journal (LLJ)*, 16,34-39.

McDonough, J. and C. Shaw. (1993) *Materials and Methods in ELT*. Blackwell.

Remmert, D. (1997) Introducing autonomous learning in a low ability set. *LLJ*, 15, 14-20.

Scrimshaw, P. (1993) *Language, classrooms and computers*. Routledge.

茨城県 I T 戦略会議(2002)「学校教育の情報化と人材育成」『茨城県 I T 戦略推進アクションプラン』茨城県教育委員会ホームページ。

奥山慶洋(1997)「自律的学習者の育成とコンピューター教材」筑波英語教育学会第 18 回大会口頭発表。

北尾謙司監修(1993)『コンピュータ利用の外国語教育— C A I の動向と実践—』英潮社。

志村義樹(1993)「T E L P—C A I システムの開発と実践」(北尾 1993, 114-124)

実教出版(1996)『パソコン活用大百科』実教出版。

野澤和典(1993)「C A I / C A L / C A L L / C A L L L とは何か」(北尾 1993, 2-10)

堀口六壽(1998)「C A L L 授業がもたらしたもの～東京国際大学の場合～」『語学ラボラトリー学会関東支部平成 10 年度第 1 回研究大会発表要項』 10-11.

文部省(1997)『体系的な情報教育の実施に向けて (情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議)』文部省ホームページ。

文部科学省(2003)『初等中等教育における当面の教育課程及び指導の充実・改善方策について (答申)』文部科学省ホームページ。

ヤング率の相関関数形の違いが断層進展過程に及ぼす影響について ～ 数値解を用いた Karhunen-Loeve 展開とその適用 ～

中川 英則

Influence on Surface Earthquake fault processes
by the difference in correlation function types of Young's modulus

Hidenori NAKAGAWA

Abstract In order to provide quantitative estimate of hazards due to surface earthquake fault, the author have developed a numerical simulator based on the Non-Linear Spectral Stochastic Finite Element Method (NL-SSFEM) which was developed by Maciej & Hori in 1999. In the previous research, the particular type of probability function was used, which has analytic solutions for its correlation function as an eigen value problem. In the first part of this paper, the out line of SSFEM, which can be applicable to some problems including some probabilistic parameters, is explained. In the second part, analysis using the numerical solution is performed to more general probability distributions, and the influence by the difference of probability distributions is considered on the Surface Earthquake fault process.

1. はじめに

著者はこれまでに、地表面付近数十メートル以内に堆積する未固結層と呼ばれる柔らかい地盤を通して、地中内部に生じた地震断層のずれが果たして地表面上に達するか否か、さらに、達するとすれば何処に現れるのか、という問題に関する研究に携わってきた。断層のずれが地表面上に達したものを地表地震断層と呼ぶ。この地表地震断層の出現には大きなばらつきがあることが知られており、個々の地震における地表地震断層の出現の違いには、震源断層の規模の違いとそのずれ方向の違いが大きく関係している。さらに、同じ震源断層のずれが原因であったとしても地表地震断層の出現は場所ごとに大きく異なる場合がある¹⁾。それは、このようなばらつきが、局所的な地盤構造の違いと地盤物性の非線形性に起因した分岐現象に起因することによるためである²⁾。このため、地表地震断層の出現予測は非常に厄介となる。

そこで、地盤を確率モデルとして表現し、ここに、Hori & Maciej (1999) によって開発された非線形スペクトル確率有限要素法 (NL-SSFEM)³⁾ を適用することで、数値シミュレーションによる予測を行い解決を図ってきた^{4,5,6)}。地盤を確率モデルとして表現する理由は、地盤物性の非線形性に起因して起こる分岐現象の分岐解を効率よく探し、また、実際の地盤構造に対して計測できるデータの量と質は限られるため、その曖昧さを取り入れるためでもある。

実際に、地盤を確率モデルとして構築する際には、ボーリングデータから得られる地盤物性の分布をもとに確率的に補間する必要がある。これまでの研究では、

地表地震断層シミュレーターのプロトタイプを構築することを念頭に置いてきたため、地盤の確率モデルに関しては、非常に簡単な確率分布を仮定してきた。地盤物性が地点毎に同様な正規分布をもっており、異なる二点間の物性の相関関係はその距離が離れるに従い薄れてゆく、といった性質を持つ、分散と相関距離を2つのパラメーターとする確率関数である。また、この関数は、解析的にスペクトル分解可能である特別な形のものであるため、スペクトル確率有限要素法に簡単に取り込むことができる利点を有している。トレンチ調査などによる詳細な地盤データがあり、比較的均質な層からなる地盤に対しては、この確率分布関数を用いることで、地表地震断層の挙動をある程度再現することは可能である⁶⁾。しかし、多くの場合、実際の地盤物性の確率分布は非常に複雑な分布をしており、確率的に補間しても統一的な関数を用いて記述できるものではない。従って、地表地震断層シミュレーターには、より一般的な確率関数を数値的にスペクトル分解し、解析できるプログラムを構築しておくことが必要となる。

本報告では、ヤング率の相関関係として2つのタイプの確率関数を取り上げる。一つは解析的にスペクトル分解可能な関数であり、もう一方は数値的にのみスペクトル分解が得られるものである。確率関数を数値的にスペクトル分解し、解析できるプログラムを構築し、非線形スペクトル確率有限要素法に組み込むことが当面の目的である。また、このヤング率の相関関数の違いが、断層の進展過程に影響を及ぼす可能性があるかどうかを、数値解析を通して考察する。

2. 確率場の固有関数展開の概要

本研究で用いるスペクトル確率有限要素法 (SSFEM) は、2種類のスペクトル分解 (Karhunen-Loeve 展開, Polynomial Chaos) を用いて、確率過程を離散的に表現することで有限要素法に適用する、R.G. Ghanem & P.D. Spanos(1991) によって考案された手法⁷⁾である。その概略を述べるため、本研究で用いる確率モデルを一例にとる。

本研究では、地盤の硬さの指標であるヤング率を確率関数とする。すなわち、ヤング率 E は、連続体 B 内の任意点 \mathbf{x} と確率事象 ω を用いて $E(\mathbf{x}, \omega)$ と記述できる。地点毎のヤング率は平均値 \bar{E} とそこからの確率変動を表す関数 $\alpha(\mathbf{x}, \omega)$ を用いて、

$$E(\mathbf{x}, \omega) = \bar{E}(1 + \alpha(\mathbf{x}, \omega)) \quad (1)$$

と書けるものとする。ここに、確率変動 $\alpha(\mathbf{x}, \omega)$ は、平均がゼロであり、分散 (σ)、そして相関距離 L というパラメータで記述されるガウス分布であると仮定する。そして連続体内の2地点 \mathbf{x}_1 と \mathbf{x}_2 における相関関係は、 $C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \int_{\Omega} (E(\mathbf{x}_1, \omega) - \bar{E})(E(\mathbf{x}_2, \omega) - \bar{E})P(d\omega)$ で与えられる。

ここで、連続体 B として有限領域をとり、その中で相関関数 $C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2)$ は連続であるとすれば、

$$\int \int_B |C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2)| dx_1 dy_1 < \infty \quad (2)$$

が成り立つ。このとき、

$$\int_B C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) \phi^{(n)}(\mathbf{x}_2) d\mathbf{x}_2 = \lambda_{(n)}^2 \phi^{(n)}(\mathbf{x}_1) \quad (3)$$

$$(n = 1, 2, 3, \dots)$$

を満足する規格直交性をもつ固有関数系 $\phi^{(n)}(\mathbf{x})$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) によって、相関関数 $C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2)$ は、

$$C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_{(n)} \phi^{(n)}(\mathbf{x}_1) \phi^{(n)}(\mathbf{x}_2) \quad (4)$$

と離散スペクトル分解される (Mercer の定理)^{8,9)}。

さらに、

$$\xi^{(n)}(\omega) = \frac{1}{\lambda_{(n)}} \int_B \alpha(\mathbf{x}, \omega) \phi^{(n)}(\mathbf{x}) d\mathbf{x} \quad (5)$$

$$(n = 1, 2, 3, \dots)$$

と定義される規格直交性をもつ確率変数 $\xi^{(n)}(\omega)$ と、固有関数系 $\phi^{(n)}(\mathbf{x})$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) を用いることで、確率過程 $\alpha(\mathbf{x}, \omega)$ は、

$$\alpha(\mathbf{x}, \omega) = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_{(n)} \phi^{(n)}(\mathbf{x}) \xi^{(n)}(\omega) \quad (6)$$

と平均2乗収束の意味で展開 (Karhunen-Loeve 展開) できる^{7,9)}。なお、確率変数 $\xi^{(n)}(\omega)$ は、平均値がゼロのガウス分布となる。

さて、連続体 B の材料物性が上記のようにガウス分布をもつとしても、一般的に境界値問題の解である変位 $u_i(\mathbf{x}, \omega)$ の確率分布がガウス分布になるとは限らない。このため、ガウス分布を持つ確率変数系 $\xi^{(n)}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) の重ね合わせによって、変位 $u_i(\mathbf{x}, \omega)$ の確率分布を十分に表現することはできない。変位 $u_i(\mathbf{x}, \omega)$ の表現には、ガウス確率変数系 $\xi^{(n)}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) によって構成される空間よりも広い関数空間が必要となる。そこで、有限個の基底 $\xi^{(n)}$ ($n = 1, 2, \dots, N$) のみを使って、Hermite 多項式環 Ψ^m ($m = 1, 2, 3, \dots$) を作る。この Hermite 多項式環を用いることによって、確率空間 Ω に属する任意の確率過程は、

$$u_i(\mathbf{x}, \omega) = \sum_{m=0}^{\infty} u_i^m(\mathbf{x}) \Psi^m(\omega) \quad (7)$$

と記述できる (Polynomial-Chaos)⁷⁾。ここに、 $\{\Psi^m\}$ は直交性を有しており、変位の Polynomial-Chaos 展開は確率空間での固有関数展開とみなすことができる。

3. スペクトル確率有限要素法の概要

確率境界値問題の近似解を求める際に、それと等価な確率変分問題を解くことで簡単に近似解を見つけることができる。実際、境界 ∂B で0となる確率変数 $\delta u_i(\mathbf{x}, \omega)$ を使うと、弱形式は

$$\int_{B \times \Omega} \delta u_i(\mathbf{x}, \omega) [\{E(\mathbf{x}, \omega) c_{ijkl}(\mathbf{x}) u_{k,l}(\mathbf{x}, \omega)\}_{,i}] d\mathbf{x} P(d\omega) = 0 \quad (8)$$

となる。ここで、部分積分を施すことによって左辺を与える汎関数を見つけることができる。すなわち確率変数 u_i に対する次の汎関数 J を定義することができる。

$$J = \int_{B \times \Omega} \frac{1}{2} E(\mathbf{x}, \omega) c_{ijkl}(\mathbf{x}) u_{i,j}(\mathbf{x}, \omega) u_{k,l}(\mathbf{x}, \omega) d\mathbf{x} P(d\omega) \quad (9)$$

ヤング率 E が正値でありまた c_{ijkl} が正定値テンソルであることから、この J の停留値は最小値をとる。すなわち、 J を最小とする確率関数が確率境界値問題の解である。また右辺から明らかのように、汎関数 J の最小値は連続体 B に蓄えられる全ひずみエネルギーの期待値を与えている。

式 (6) や式 (7) に現れる確率空間 Ω の確率変数 $\{\xi^{(n)}(\omega)\}$ や $\{\Psi^m(\omega)\}$ は抽象的ではあるが、 Ω 上で積分をすることは可能であり値を計算することができる。実際、式 (6) と式 (7) を式 (9) に代入することで、汎関

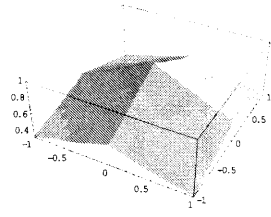


Fig.1 相関関数の形状 (Type1)

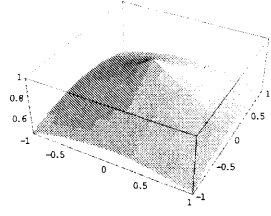


Fig.2 相関関数の形状 (Type2)

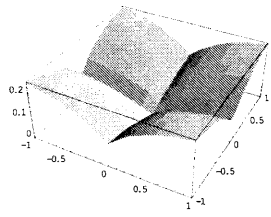


Fig.3 相関関数の相対差

数 J は次のようになる.

$$J = \sum_{m,m'} \int_B \frac{1}{2} E^{mm'}(\mathbf{x}) c_{ijkl}(\mathbf{x}) u_{i,j}^m(\mathbf{x}) u_{k,l}^{m'}(\mathbf{x}) d\mathbf{x} \quad (10)$$

ここで $\int_{\Omega} (...) P(d\omega)$ という平均を $\langle (...) \rangle$ として表すと, $E^{mm'}$ は

$$E^{mm'}(\mathbf{x}) = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda^{(n)} \phi^{(n)}(\mathbf{x}) \langle \xi^{(n)} \Psi^m \Psi^{m'} \rangle \quad (11)$$

として与えられる. 上式の汎関数は複雑であるが, 物理空間の関数である Polynomial-Chaos 展開の係数 $u_i^m(\mathbf{x})$ を離散化することで数値計算によって解を見つけることは簡単である. スペクトル確率有限要素法ではこの離散化に有限要素法の形状関数を適用する. 形状関数を $\{N^\alpha | \alpha = 1, 2, \dots, N\}$ とすると各 $u_i^m(\mathbf{x})$ は

$$u_i^m(\mathbf{x}) = \sum_{\alpha} u_i^{m\alpha} N^\alpha(\mathbf{x}) \quad (12)$$

として離散化される. したがって, 上に示された $\{u_i(\mathbf{x}, \omega)\}$ の汎関数の変分問題から $\{u_i^{m\alpha}\}$ に対する次の線形方程式が導かれる.

$$\sum_{m'} \sum_{\beta} k_{ij}^{mm'\alpha\beta} u_j^{m'\beta} = 0, \quad \text{for } (i = x, y); \alpha = 1, \dots, N \text{ and } \beta = 1, \dots, N \quad (13)$$

ここで $k_{ij}^{mm'\alpha\beta}$ は $E^{mm'} c_{ijkl} N_k^\alpha N_l^\beta$ を物理空間で積分して得られる定数である. なお, 実際の数値計算では, 式

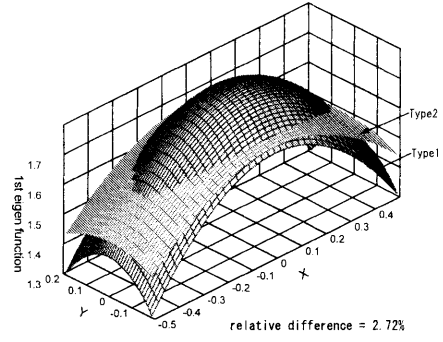


Fig.4 固有関数の相対差 (1st-Mode)

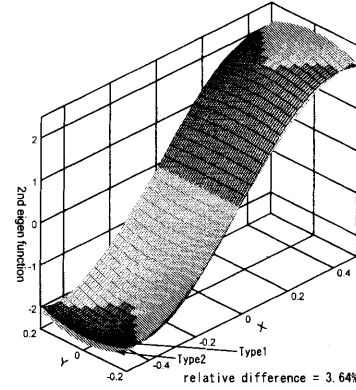


Fig.5 固有関数の相対差 (2nd-Mode)

(6) の Karhunen-Loeve 展開に現れる添え字 n についての無限和, および, 式 (7) の Polynomial-Chaos に現れる添え字 m についての無限和を, 有限で打ち切る必要がある. 考慮する Karhunen-Loeve 展開の展開項数 N に因んで, これを N 次の Karhunen-Loeve 展開と呼ぶ⁷⁾. Polynomial-Chaos についても同様に, 展開項数 M に因んで, これを M 次の Homogeneous-Chaos と呼ぶ⁷⁾.

4. ヤング率の相関関数形の違いと断層進展挙動の相違

2章および3章で, 確率場の固有関数展開とそれに基づくスペクトル確率有限要素法の概略を示した. 本章では, ヤング率の確率分布の違い, すなわち, 式 (3) に現れる相関関数 $C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2)$ の違い, によって, 未固結層内の断層進展にどのような違いが生じるかを数値解析を通して考察する. 断層挙動としては, 2次元問題となる縦ずれ逆断層を取り上げる.

(1) ヤング率の相関関数形状

式 (3) に現れる相関関数として, 以下の2種類を考察対象とする.

$$C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \sigma^2 \exp\left(-\frac{|x_1 - x_2|}{L_x} - \frac{|y_1 - y_2|}{L_y}\right) \quad (14)$$

$$C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \sigma^2 \exp\left(-\frac{\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}}{L}\right) \quad (15)$$

Table.1 解析モデルの物性

弾性係数の平均値 [kN/m ²]	20000
密度 [g/cm ³]	1.6
ポアソン比	0.3
内部摩擦角 [deg]	40
粘着力 [kN/m ²]	38
初期最大圧縮強度 [kN/m ²]	150
初期最大引張り強度 [kN/m ²]	33
弾性係数の分散 σ [%]	10
弾性係数の相関距離 L_x, L_y [m]	1

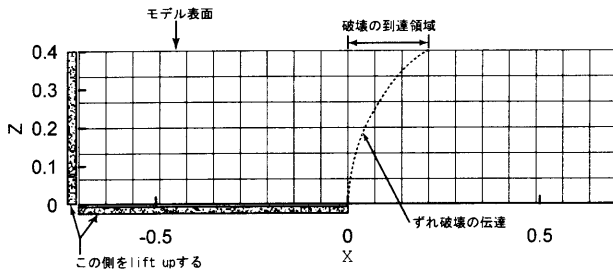


Fig.6 解析モデル (逆断層)

ここに、 $\mathbf{x}_1 = (x_1, y_1)$, $\mathbf{x}_2 = (x_2, y_2)$. また、 $L = \sqrt{L_x^2 + L_y^2}$ とする.

これまでの著者の研究では、1 地点でのヤング率のばらつき方は分散 σ を持つガウス分布であり、2 地点 $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2$ でのヤング率のばらつきの相関が式 (14) で表されるものを考察対象としてきた。地盤内のヤング率のばらつきの分布をこのような形で仮定することは、確認されたものではない。あくまでも、実際の計測に限界がある未固結層に対する一つの確率モデルである。その確率モデルに対して、まずは断層シミュレーターのプロトタイプを構築することを念頭としてきたため、確率モデルとしては既存の簡単なものを用いてきた。特に、式 (14) を積分核にもつ Fredholm 積分方程式は、固有関数として解析的な解を持ち得るため、確率モデルとしてしばしば取り上げられる^{7,10)}。また、2 地点間の距離が増加するにつれその相関関係は減少する、という物理的に自然な性質を表しているためでもある。この場合、地盤の詳細なデータがあり、比較的均質な層からなる地盤に対しては、この確率分布関数のパラメータを適当に設定することで、地表地震断層の大まかな挙動を再現することは可能である^{5,6)}。

さて、Fig.1~Fig.3 に、式 (14),(15) で表される 2 つのタイプの相関関数形とその相対差を示す。Type1 とは式 (14) で表される相関関数を指し、Type2 とは式 (15) で表される相関関数を指す。二つの相関関数の相対差は、分散 σ および相関距離 L_x, L_y によって変わる。この 2 つの相関関数を積分核として、式 (3) の Fredholm 積分方程式を解いた場合に得られる 1 次・2 次固有関数の相対差が、Fig.4 と Fig.5 である。Type1 と Type2 における 1 次固有関数の相対差は 2.7%、2 次固有関数の

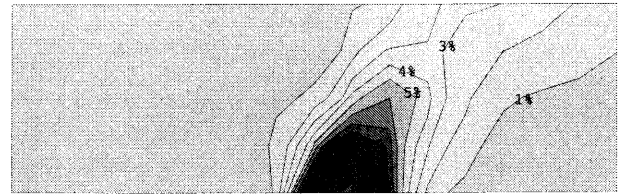


Fig.7 最大せん断歪の伝達の様子 (Type1)

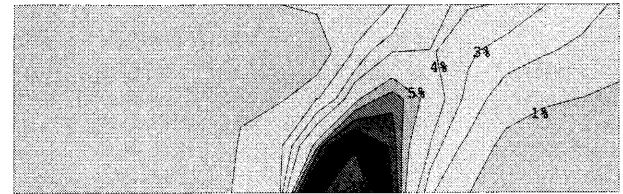


Fig.8 最大せん断歪の伝達の様子 (Type2)

相対差は 3.6% となっている。

(2) 2 種類の相関関数形状に対する断層進展挙動

ヤング率の相関関係として Type1 と Type2 をとる 2 種類の確率場 $\alpha(\mathbf{x}, \omega)$ に対して、未固結層内の断層進展にどのような違いが生じるかをシミュレーションする。縦ずれ断層のモデルは、二次元の平面ひずみ状態を仮定した逆断層とし、底盤中央より片側に強制変位を与える。地盤の物性および相関関数のパラメータを Table.1 に、解析モデルとずれ破壊の伝達の様子を Fig.6 に示す。解析モデルの幅については、側方応力の影響が無視できる程度に定めている。

Fig.4, Fig.5 に示す Type1 と Type2 の 2 種類の固有関数 $\phi^{(n)}(\mathbf{x})$ ($n = 1, 2$) を基に、式 (6)、式 (7) のような確率場 $\alpha(\mathbf{x}, \omega)$ の 2 次の Karhunen-Loeve 展開と、変位場 $u_i(\mathbf{x})$ ($i = x, y$) の 2 次の Polynomial Chaos を構成する。これを非線形スペクトル有限要素法に組み込むことで、解析モデル Fig.6 に対する確率境界値問題を解く。

Fig.7 と Fig.8 は、Type1 と Type2 の相関関係をもつ地盤モデルに対し、縦ずれ断層のシミュレーションを行った際の、最大せん断ひずみの平均値の分布である。最大せん断ひずみの進展具合に差が出ており、塑性域に入り地盤の応力 ~ ひずみ関係が非線形性を強く示すようになると、最大せん断ひずみの進展具合の差は徐々に大きくなる結果となった。また、破壊の到達範囲に関しては、最大せん断ひずみの違いほど大きな差が出ていない。しかし、相関関数の相対差によっては大きな差が出る可能性も考えられるため、この点に関しての更なる考察が必要である。

(3) まとめ

本報告では、確率関数を数値的にスペクトル分解し、解析できるプログラムを構築し、非線形スペクトル確

Table.2 固有値の解析解と数値計算解の比較.

	解析解	数値計算解
1st	0.24561	0.24562
2nd	0.045878	0.045881
3rd	0.018140	0.018146
4th	0.014989	0.015003

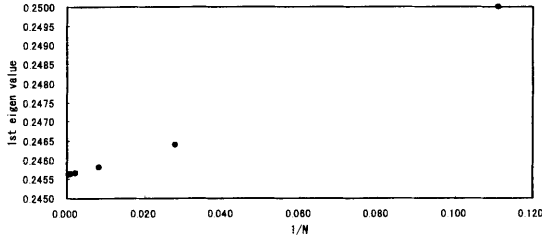


Fig.9 要素分割数に対する数値計算解の収束の様子 (1st-Mode)

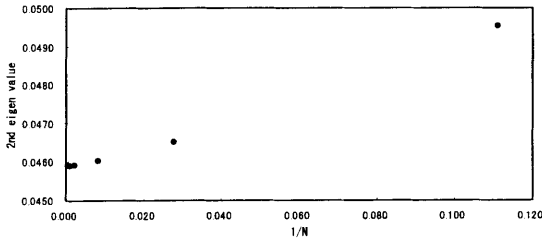


Fig.10 要素分割数に対する数値計算解の収束の様子 (2nd-Mode)

率有限要素法に組み込むことが当面の目的であったため、ヤング率の相関関数の違いが断層の進展過程に及ぼす影響については、簡単な数値解析例を示すだけとなった。断層の進展過程の違いについて、破壊の進展状況を示す最大せん断ひずみに差が見られる結果となった。相関関数の相対差によっては大きな差が出る可能性が当然考えられるため、この点に関しての更なる考察が必要となる。また、Type1の相関関数とトレンチに基づく良質なデータをもとにシミュレーションを行った以前の結果⁶⁾と比べ、Type2の相関関数を用いた場合に、より現実に近い予測が可能かどうかなどの検討が必要である。将来的には、ボーリングデータから得られる地盤物性の分布をもとに確率的に補間して得られた3次元情報を用いて解析可能なツールの構築を行う必要がある。

5. Appendix

(1) Fredholm 積分方程式の数値解法

式(3)で示されるFredholm積分方程式の固有関数を解析的に求めることは、積分核 $C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2)$ が特別な形でない限りほとんど不可能であり、数値計算で求めざるを得ない。一次元のFredholm積分方程式問題に関しては、関数の積分区間を N 個に細分割して積分を加算

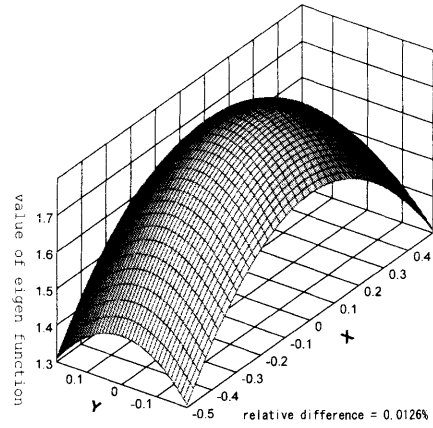


Fig.11 解析解と数値計算解の比較 (1st-Mode)

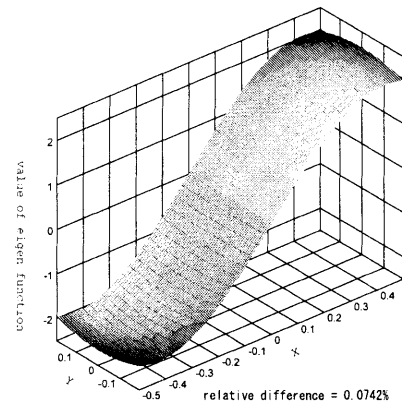


Fig.12 解析解と数値計算解の比較 (2nd-Mode)

で表すことで、式(3)を N 次元 Euclid 空間の固有値方程式

$$\sum_{j=1}^N R_{ij} u_j^{(n)} = \lambda_{(n)}^2 u_i^{(n)} \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (16)$$

で近似する。ここに、添え字 (n) は、固有モードの次数である。この際、分割数 N としては数十～百分割もとれば十分であり、収束の微妙な問題も現れない^{7,11)}。しかし、二次元以上のFredholm積分方程式問題に関しては、必要精度で固有値を求めることは分割数の増加も含め非常に面倒となる。一般的に、Rayleigh-Ritz法や有限要素法が数値解析手法として用いられるが、領域全体をまとめて扱うRitz法では、基底関数の取り方によって分割数もさることながら、解の収束具合も大きく変わるため、Galerkinタイプの有限要素法を採用した。以下、弱形式に基づく定式化を示す。

式(3)の両辺の残差に重み関数 $v(\mathbf{x}_1)$ を掛け、積分核の定義域 B 上で積分する。

$$\int_B v(\mathbf{x}_1) \left\{ \int_B C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) \phi_{(n)}(\mathbf{x}_2) d\mathbf{x}_2 - \lambda_{(n)}^2 \phi_{(n)}(\mathbf{x}_1) \right\} = 0 \quad (17)$$

ここで、積分領域 B を有限個の小領域 B_e に分割する。各小領域 B_e 内で、固有関数を $\phi_{(n)}(\mathbf{x}) =$

$\sum_j \bar{\phi}_j^{(n)} N_j(\mathbf{x})$ のように, 重み関数を $v(\mathbf{x}) = \sum_j \bar{v}_j N_j(\mathbf{x})$ のように, 同じ形状関数 N_j を用いて表すと, 式 (17) は以下のように書ける.

$$\begin{aligned} \bar{v}_k & \left[\int_{B_e} N_k(\mathbf{x}_1) \left\{ \sum_e \int_{B_e} C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) N_j(\mathbf{x}_2) d\mathbf{x}_2 \right\} d\mathbf{x}_1 \right] \bar{\phi}_j^{(n)} \\ & = \lambda_{(n)}^2 \bar{v}_k \left[\int_{B_e} N_k(\mathbf{x}_1) N_j(\mathbf{x}_1) d\mathbf{x}_1 \right] \bar{\phi}_j^{(n)} \end{aligned} \quad (18)$$

式 (18) に現れる添え字 k, j には, 見易さのため総和規約を用いている. さらに, 式 (18) をマトリックス表記すると以下ようになる.

$$\mathbf{A} \bar{\phi}^{(n)} = \lambda_{(n)} \mathbf{B} \bar{\phi}^{(n)} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} A_{kj} & = \left[\int_{B_e} N_k(\mathbf{x}_1) \left\{ \sum_e \int_{B_e} C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) N_j(\mathbf{x}_2) d\mathbf{x}_2 \right\} d\mathbf{x}_1 \right] \\ B_{kj} & = \left[\int_{B_e} N_k(\mathbf{x}_1) N_j(\mathbf{x}_1) d\mathbf{x}_1 \right] \end{aligned}$$

ここに, 式 (19) の両辺に現れる行列 \mathbf{A}, \mathbf{B} は正定値な対称行列となる. 式 (19) の行列 \mathbf{A}, \mathbf{B} に現れる積分については数値積分を用いる. 行列 \mathbf{A} に現れる積分は, 小領域 B_e での積分毎に全体領域での積分が含まれるため, 計算効率を考慮しガウス積分を用いる. また, 行列 \mathbf{B} の積分に関しては, 積分誤差が次元に殆どよらずに済む優良格子点法を適用する.

(2) 数値計算例

式 (14) の積分核 (Type1) をもつ Fredholm 積分方程式に対して得られる固有値, 固有関数の解析解を, 数値計算解と比較する. 積分領域 $B = [-l_x/2, l_x/2] \times [-l_y/2, l_y/2]$ ($l_x = 1, l_y = 0.375$), $L_x = 1, L_y = 1$ に

対し, 4 次までの固有値を解析的に求めると, $\lambda_{(1)} = 0.245612$, $\lambda_{(2)} = 0.045878$, $\lambda_{(3)} = 0.018140$, $\lambda_{(4)} = 0.014989$ となる. これらの値を, 上述の定式化に基づく数値計算で求めた解と比較したものが Table.2 である. その際の要素分割数 N は, x 軸方向に 40 分割, y 軸方向に 40 分割である.

また, 要素分割数 N に対して, 1 次・2 次固有値の数値計算解をプロットしたものが Fig.9 および Fig.10 である. 要素分割数 N は, x 軸と y 軸ともに, 2 分割, 5 分割, 10 分割, 20 分割, 30 分割, 40 分割とした.

数値計算で得られた 1 次, 2 次の固有関数を, 解析解と比較したものが, Fig.11~Fig.12 である. その際の数値計算解と解析解の相対誤差は, 1 次の場合で 0.0126%, 2 次の場合で 0.0742% である.

参考文献

- 1) 山崎晴雄: 地震断層の出現形態とその形成条件, 地質調査所月報 第 32 巻 第 10 号, pp.574-575
- 2) M. Hori, M. Anders, H. Gotoh: Model experiment and numerical simulations of surface earthquake fault induced by lateral strike slip, *Journal of Structural Eng./ Earthquake Eng.*, JSCE, Vol. 19, No. 2, [Special Issue], pp. 227s-236s, 2002.
- 3) M.S. Anders, M. Hori: Stochastic Finite Element Method for Elasto-Plastic Body, *Int. J. Num. Meth. Eng.*, Vol. 46, pp.1897-1916, 1999.
- 4) 中川英則, 堀宗朗, M. Anders: 地表地震断層シミュレーションのための弾塑性確率有限要素法とその計算例, 土木学会 応用力学論文集 Vol. 4, pp. 453-458, 2001(8).
- 5) 中川英則, 堀宗朗: スペクトル確率有限要素法を用いた横ずれ断層運に伴う地表地盤の変状とその確率分布に関する研究, 土木学会 応用力学論文集 Vol. 5, pp. 573-580, 2002(8).
- 6) 中川英則, 堀宗朗: スペクトル確率有限要素法の地表地震断層問題への適用, 土木学会 応用力学論文集 Vol. 6, pp. 693-700, 2003(8).
- 7) R.G. Ghanem, P.D. Spanos: *Stochastic finite elements: a spectral approach*, Springer, Berlin, 1991.
- 8) 藤田宏, 黒田成俊, 伊藤清三, 関数解析, 岩波基礎数学選書 (1992).
- 9) 小倉久直, 物理・工学のための確率過程論, コロナ社.
- 10) 本田利器: スペクトル確率有限要素法によるランダム場の波動伝播解析, 土木学会論文集 Vol. 689, 1-57, pp. 321-331, 2001.
- 11) 小倉久直, 確率過程入門, 森北出版 (1998).

臨海事故から約130日後のJCOの敷地内および周辺の空間線量率（JCO報告、その3）

松沢孝男

Gamma dose rates in the vicinity of JCO Tokai plant about 130 days following the criticality accident (JCO Report Part 3)

Takao MATSUZAWA

Abstract: Measurements were taken of the gamma dose rates in the vicinity of JCO Tokai plant following the criticality accident. The government and local government had announced that environmental radioactivity of JCO Tokai plant was at safe levels. However, the JCO Tokai plant was under close security by officials, so we, common citizens have no access to verify the safety of the place for ourselves. I served as a member of the research group, studying the criticality accident, organized by Monbusho, Ministry of Education. With a GM survey meter[1] and two types of survey meters, HAKARUKUN, the author measured all the monitoring points of the JCO Tokai plant, and checked them against JCO's data. All the data proved to show background level only. And all the data among different kinds of survey meters corresponded to a reasonable level of satisfaction.

1. 緒言

1999年9月30日のJCOの臨海事故の際、筆者はGMサーベイメーターで勤務先の茨城高専とJCOの周辺の γ 線の空間線量率を測定した[1-6]。翌10月1日朝には臨海状態も終息した。しかし公民館に避難した350m圏の住民の避難解除がなかなか許可にならなかったため、10月2日の16時頃JCO社南西側の県道62号線に沿って、再度事業所周辺の空間線量率の測定を行った[1-2]。この時点では既に県道62号線の封鎖は解除になっていた。9月30日に $510\mu\text{Sv/h}$ の γ 線の線量率を検出した付近(F)(最近接地点)では若干の残留(誘導)放射線を検出したが、最強時の1/1,000程度の値であった([1]の図6)。

その後、新聞やテレビ等の報道によれば、JCO社の転換棟の周囲には土嚢が積み、更にコンクリートの遮蔽ブロックも運びこまれ遮蔽は強固のものになったという。これも報道によればJCOの転換棟の反応槽のウラン溶液も回収され反応の虞も、汚染の拡大の虞も無くなり、周辺の空間線量率も下がったという。但し、科学技術庁やマスコミの報道は、地元ではほとんど信用されていない。いくら専門家がきちんと測定しても、だめのようなものである。また、東海村が行った村民(成人)へのアンケートでは、臨海事故の際誰の言を信じたかの項に、学校の教員を挙げたのは僅か0.4%であった。教員の知識・情報は地域住民から殆ど当てにされていないということである。事故当日および原研創設以来40余年のそれ迄の地元の教育関係者(大学関係者も含む)のしてきたこと・してこなかったこと(不作為)を見ればある意味で当然という気もする。

このような状況の中で、現場付近の学校の一教員にできることは何か考えてみた。念頭には1986年の旧ソ連のチェルノブイリ原発事故の際のハンガリーの高校の物理の教員グループ(Toth先生[7]等)の行動のことがあった。それに先立つ1984年の同国の教育改革で国民は16歳までに文科系の学生も含め

「原子物理」が必修になったという。現在の理科離れを放任する日本の理科教育とは逆方向の対応である。このような事情は、JCOの事故のほぼ1年前の平成10年12月の放射線教育国際シンポジウム(ISRE'98)でToth先生の講演で聞いたことである。この1998年のシンポジウムは有馬朗人先生が大会委員長となって準備されていたところ、文部大臣に就任されたため、伏見康治先生が委員長を引き受けられたものであった。

有馬先生は、大臣の激務の間を縫ってシンポジウムに出席され講演[8]をされ招待講演等も聴かれ、先生を囲む懇親会にも出席されている。但しJCOの臨海事故の際、ハンガリーのToth先生および物理学会会長のMarx教授の講演の内容を思い出されたかどうかは詳らかではない。JCOの臨海事故への対応を見る限り文部大臣だけでなく参加したほとんどの学校関係者に影響を与えなかったのではないかと惜しむものである。

今回のJCOの臨海事故は、JCOの事業所の外の一般社会の現象だけで考えれば、日本の従来の放射線教育や原子力教育がどの程度のものであったかを測るバロメーターの役割を果たしたのではないかと考えられる。従来の様々な、放射線教育・原子力教育が不毛で、現実の放射線災害・原子力災害に直面したとき、特に教育者集団が何の行動も自発的にできず、また文部大臣、文部省、教育委員会等も何らの確かな指示を出すこともできなかったのではないかと密かに思っている。

筆者が「茨城県での環境中のラドン測定」のテーマで平成5年度の東レ理科教育賞に応募した際[9]、最終選考の審査委員面接の場面で、『ポリカーボネート(CR-39)のエッチングを外注に出してでも生徒全員が環境放射線のラドンをCR-39のプラスチック板で測ることが原子力施設直近の学校で自然放射線の認識を涵養する一番簡便な方法だ』という主張は、審査委員長の伏見康治先生はじめ審査委員の理解を得られず、実験目的の意義の有無という入り口の議論のところで伏見委員長との議論のみで持ち時間の20分を使い尽し肝心の実験デ

ーターの発表に入ることができなかった(佳作)。世間や賞の審査員が、放射線教育を「物理」あるいは「理科」「教育」の一部として矮小化したり趣味的にしか考えられない固定観念が出来上がっていたと思われる。原子力事故は起こらないというのは思い込みに過ぎないと思う。

『ラドン測定は1教科の1単元ではなく本校のような原子力事業所林立地帯で、生徒・学生・教職員に原子力事故(災害)の際も安全に生き延びる為のたくましい生きる力をつける本質的な生存のための学習・教育だ』と思う筆者の考えは理解されないまま終わった。筆者は、茨城の学校におけるラドン測定を、原子力事故の可能性を念頭に置いた平時の環境放射線測定と考え、研究費は、平成3年度以来10年間連続の文部省科学研究費のほか上記東レ理科教育賞の賞金、日産科学振興財団、住友財団、日本原子力発電、常陽銀行のエコー茨城、東京工業大学の理工学振興会等の研究助成を受け続け続けてきた。学生に放射線の利用に興味を持ってもらうきっかけにと原研の「黎明研究」という受託研究も受け密封線源の購入にも充てている。今回のJCOの臨界事故が筆者の平成11年度からの科学研究費「原子力災害時の避難所に指定された学校における平時のPA教育と事故時の為の対策」(基盤研究、(B)(2)、3年)という、前例の無い原子力事故による災害の可能性を前提としたタイトルの研究の開始初年に起きたことは、象徴的というか、不安が当たってしまったという感慨がある。

大臣や政府の言う臨界の継続に思いが至らなかったとか、中性子の測定を指示するのが遅れたとの釈明は言い訳に過ぎないとこれも密かに思っている。素人が臨界継続中に現場周辺(JCO社の敷地の外)の公道(国道6号線、県道62号線)のγ線の空間線量率をGMのサーベイメーターで車中から測るだけで容易に異常に高い空間線量率が得られ、臨界継続(中性子の存在)も容易に推定できることであった[1-6]。

また事故後、事故時の対応および平時の準備に関し茨城県内の教育関係者から一言も反省の声があがらないことを訝るものでもある。自分の学校の環境放射線強度を果たしていくつの学校が臨界継続中に測定し安全を確認したか知りたいものである。平素、安全とか責任という言葉をレトリックとして多用する教員集団であるだけに興味を感じる。

風評被害にしても、茨城県は放射線および放射性物質の及ぶ範囲を公表せず、9月30日深夜突然法令にも、地域防災計画にも基づかない10km圏30万人の屋内待避勧告を発した。

誰も言わないが、その唐突な対応による世間の驚きに由来する風評被害に対する茨城県の責任は重い。自己の対応を棚上げにして風評被害に対する調停をしているのは滑稽でもある。臨界継続中、GMサーベイメーターによる環境放射線の測定では、事故による放射線の広がり範囲は、JCO社の転換棟の反応容器からの距離が高々1~2km以内であった[1,2]。

臨界終息後の上記「安全」との情報はいずれも伝聞であり、報道機関(記者)は自ら測定して確認したわけでもなく科学

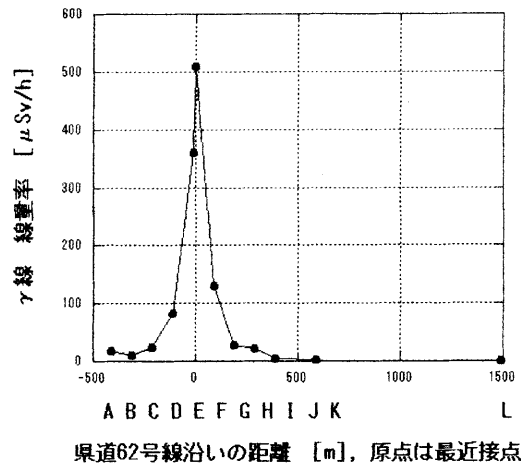


図1 臨界継続中の公道(県道62号線)のγ線線量率[1]

技術庁や茨城県の発表の受け売りであり、第三者による確認がなされていない。

その科学技術庁だけでなく地元茨城県の公害技術センターも、1999年9月30日のJCOの臨界事故の際、事故発生当日放射線の情報を握っていただけで肝心の『緊急モニタリング』の結果を市民(他省庁にも問い合わせた東海村の隣接自治体にも)に開示しなかった[1]。これで、真の情報に基づかない危うい情報しか存在しないことになった。

その上、現場に蟻集したマスコミの取材人は独自の線量率の取材(測定)を行わなかった(記者は自分用の線量計は携帯していたが)。彼らは、唯不安を煽るだけの存在で、必要な情報の収集も報道も行っていない。報道記者としての資質を疑わざるを得ない。放射線事故の場合、空間線量率の分布を測定し状況を把握することが先決である。事故から100日以上たってもこの情報・報道の本質的な状況は変わっていない。

拙い方法であれまた僭越でも中立的な立場の地元の教員が自分で現場周辺の線量率分布を測定し実態を確認する責任を感じた。それにより、専門家の測定結果もマスコミ報道も保証(confirmあるいはcertify)され、住民も安心して専門家やマスコミのデータを受け入れるのではないかと考えた。

環境放射線の報道に関して、筆者は昭和50年代の隣国の大気中核実験(ロプノール)以来のマスコミ(政党の機関紙も含め)の報道姿勢に非常な不信感を抱いている。いわゆる「放射能雨」(フォールアウト)の実態を報道しなかったことである。当時、雨水の水溜りにサーベイメーターを向けると指針が振り切れる状態の時である[10]。但し、今回に限ってはマスコミだけを責めるのは酷な面もある。事故後、JCOの事業所は科学技術庁と茨城県警の管理下にあり部外者が立ち入って放射線の強度を測定し安全を確認する手段は無かった。ただし報道機関が写真撮影以外の環境放射線強度の測定のための取材の努力をしたかははなはだ疑わしい。

筆者は地元の好事家の教員として(?)事故直後文部省のJCOの臨界事故における緊急学術調査団(環境調査班)に参加

を誘われた。当初は筆者等の臨界継続中のJCO社周辺の線量率測定[1-2]のことは知られていなかったが、この機会に、自分の使用したGMサーベイメーターと放射線計測協会から借用した2台（2種類）のシンチレーション式サーベイメーター「はかるくん」、「はかるくんII」でJCO社の敷地内外のJCO社の測定定点を測定しJCO社の測定データと直接比較することを計画した。手元にシンチレーション式のサーベイメーターを持っていなかったためでもあるが、高価な測定器で専門家と同じ測定をすることが目的ではなく、地元の一市民（教員）として安価で簡便な測定器でどの程度現場を測定して的確な情報を把握できるかを演示することに意義があると考えた。専門的な機器を用いず「その気になれば誰でもできる」範囲で調査活動を行った。JCOの臨界事故発生当日、臨界継続中に何も動かなかった（放射線の状況調査と情報発信を行わなかった）地元茨城県内の教育界全体（大学も含む）に対する失望観を具現化したものでもある。立ち入り調査の申し込み後、紆余曲折のあとやっと調査は実現した。以下その結果と、測定の過程で気が付いた問題点について述べる。

2. 経緯

1999年9月30日の臨界事故の際、臨界継続中に筆者らがGMサーベイメーターで測定したJCO社周辺のγ線の空間線量率について補正しておく。線量率yと線源(反応容器)からの距離rの関係について図2に示す。

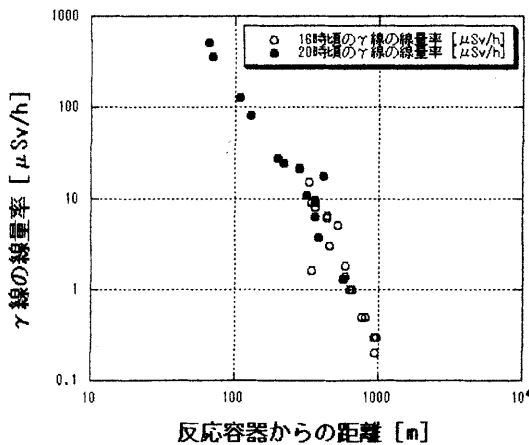


図2 臨界継続中のJCO社周辺のγ線空間線量率[1]

当初、図2の両対数グラフの傾きから、 r^{-2} 依存性が強く示されたと判断した。それならば、点線源のモデルで扱えるか検討した。線源の強度A、反応容器と道路との最短距離Γ、転換棟の反応容器と測定点との距離rとすれば、測定点の線量率yは、

$$y = A \Gamma^2 / r^2$$

となるはずである。Lorentz型関数を想定した(補遺2)。

われわれ部外者がJCO社の敷地の外の公道で測定する状況を考えれば、点線源モデルは、

$$y = A / (1 + (x/\Gamma)^2) = A \Gamma^2 / (\Gamma^2 + x^2) = A \Gamma^2 / r^2$$

となり、上の式となる（分子の定数に Γ^2 が含まれる）。

この仮定が正しければ、各測定点について、

$$y r^2 = A \Gamma^2 \text{ (一定)}$$

となることが想定される。両辺の対数をとった

$$\log(y r_i^2) = \log(A \Gamma^2)$$

を片対数グラフ用紙に、縦軸を $\log(y r_i^2)$ 、横軸を r_i にしてグラフを描いた(図3)。

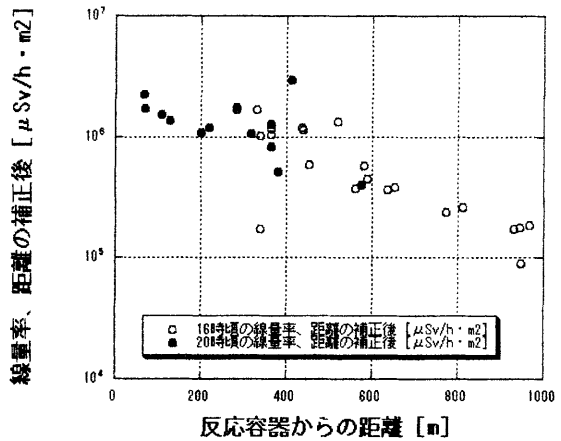


図3 点線源を仮定して距離で補正した線源の強さ

図3を見ると、 $\log(y r_i^2)$ の値は一定にならず、rの増加とともに減少している。臨界反応によるFP(核分裂生成物)線源は混合物で、放射される放射線の線質もエネルギーもわからず、壁、塀、空気の遮蔽効果の程度がわからないが、形式的に平均的な線吸収係数μを求めてみた。

$$y = A \cdot \Gamma^2 \cdot \exp(-\mu \cdot r) / r^2$$

と関数の形を仮定し、

$$y r^2 = A \cdot \Gamma^2 \cdot \exp(-\mu \cdot r)$$

と書き直した上で両辺の自然対数をとると

$$\log(y r_i^2) = \log(A \Gamma^2) - \mu \cdot r_i$$

となる。図3のグラフの傾きを○(16時)、●(20時)を区別せず読み取ると、 $\mu = 0.005 [1/m]$ になった。

この形式的な線吸収係数μの値の評価を行った。

$$y \cdot r^2 / \exp(-\mu \cdot r) = A \Gamma^2$$

と式を変形すると、左辺の値は一定値になるはずである。片対数グラフ用紙に $\log(y r_i^2 / \exp(-\mu \cdot r_i))$ と r_i をプロットしたものが図4である。残念ながら、グラフは水平にならずやや右上がりの様相を示した。吸収係数を実際より大きめに(図3の傾きを実際より大きめに)に見積っている可能性がある。16時前後の○印、20時前後の●印は、線源の強度が変われば同一直線には乗らない。線種・線質が変わらず線量のみ変わった場合は傾きは同じでy切片のみ異なる

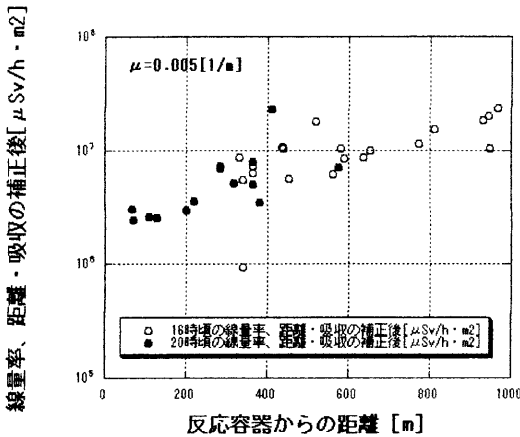


図4 距離および吸収を補正した線源の線量率 $\mu=0.005[1/m]$

平行な2本の直線になるはずである。そのため、○、●混合のデータの時より勾配は小さくなる。線吸収係数 $\mu=0.004[1/m]$ および、 $0.003[1/m]$ について $y^2/\exp(-\mu \cdot r)$ を試算し、図4と同じグラフを描いてみた。図5の線吸収係数 $\mu=0.003[1/m]$ の時、グラフはほぼ水平（線量率の方位依存性無し）になった。ビルドアップは考慮していない。

このようにしつこく放射線の強度にこだわるのは、測定した線量率のデータから異方性が認められるか否かがJCO社近隣の一般住民の被曝線量の評価の際のモデルの妥当性の評価に直接強く影響するからである。2003年の現在でもこの議論はホットに続いている[11,12]。異方性を認めれば、大部分の被曝住民の被曝線量は低くなるはずである。

距離で補正した線量率のグラフ（極グラフ）を図6に示す。図6は点線源モデルに対応した $y^2/\exp(-\mu \cdot r)$ のグラフであり、図7は、線量率を距離と線吸収係数 $\mu=0.005[1/m]$ で補正した $y^2/\exp(-\mu \cdot r)$ のグラフである。極グラフはいずれも北を 0° 、角度は時計廻りに $0^\circ \sim 360^\circ$ とした。

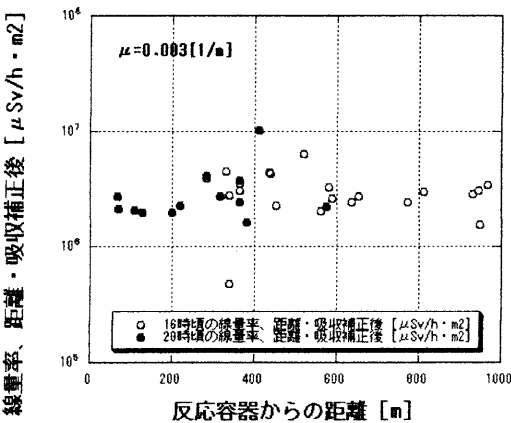


図5 距離および吸収を補正した線源の線量率, $\mu=0.003[1/m]$

点線源を仮定し距離の補正をした場合は、南西、北西方向に強度のピークが見える（図6）。図5のように片対数の

グラフが水平になる吸収まで考えれば異方性は目立たなくなるが、サーベーターでの測定時には、現場の測定者には吸収の程度は原理的にわからないため、サーベーターの針は大きく振れ、「異状」を感じるはずである。今回のJCOの臨界事故時の中性子の線吸収係数については、

原研労組 $\mu=3.2 \times 10^{-3}[1/m]$ [13]

小藤ら、 $\mu=6.0 \times 10^{-3}[1/m]$ [14]

小藤ら、 $\mu=8 \times 10^{-3}[1/m]$ [15]

を測定により導いている。

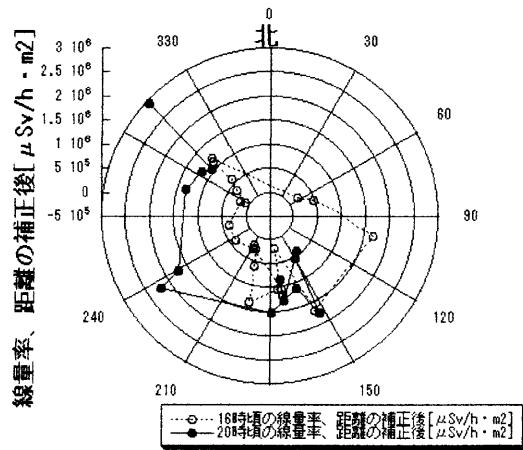


図6. 点線源を仮定した距離の補正を加えた場合

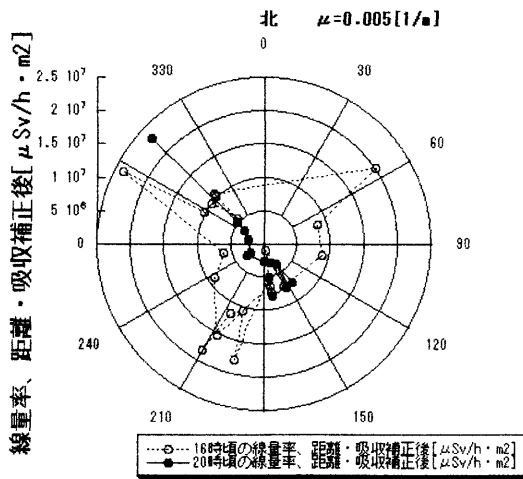


図7 吸収係数 $\mu=0.005[1/m]$ に対応した、距離および吸収の補正を加えた場合、 $y^2/\exp(-\mu \cdot r)$ のグラフ

[13]は中性子モニターでの測定である。[14-15]は、採取した放射化試料の測定によるもので、核種も明確で信頼できるデータであり、臨界終息後、時間をかけ、かつ高度な測定器を用いての実験データで、本報告の「臨界継続中」「測定器は、 γ 線用のGMサーベーターしかない」という、緊急時の、迅速測定とは趣を異にする。私の測定データはガンマ線測定で中性子とは線種が異なるが偶然か中性子の線吸収係数 μ とほぼ同じ値となった。

このような、放射線強度の異方性の有無の問題を明らかにするには、JCO社の塙の外からの測定だけでは不十分でどうしてもJCO社の敷地内の線量率の自分自身での測定と現場の建物等の位置確認が必要であった。

3. 実験

2000年2月11日及び12日の文部省の第6次学術調査団のJCO立ち入り調査に参加した。測定器は、臨界事故当日筆者が使用したGMサーベイメーター(富士電機製、NHJ110)と放射線計測協会から借用した2台のシンチレーション式サーベイメーター「はかるくん」(堀場製)、「はかるくんII」(富士電機製)である。JCO社員に案内してもらいJCO社の敷地内外の空間線量率の測定定点の位置と目印を確認しながら測定しJCO社の当日(両日)の測定データと比較した。

4. 結果

JCO社の建物の配置測定定点を図8に示す。1から44の数字は、JCO社の臨界事故の臨界継続中から事故後の定期測定定点の識別番号で、転換棟に近い敷地境界線の両側には、向かい合って一部同一の番号がある。はじめから44箇所の測定定点が決まっていたのではない。同社が官庁へ報告した膨大な測定データの綴りを読むと、事故発生から1999年10月31日までの測定で243回、測定頻度の減った2000年2月12日の時点で通算538回になる。綴りのはじめのほうを見ると、測定地点への番号の割り振りの順番から、同社が敷地外のどの方向

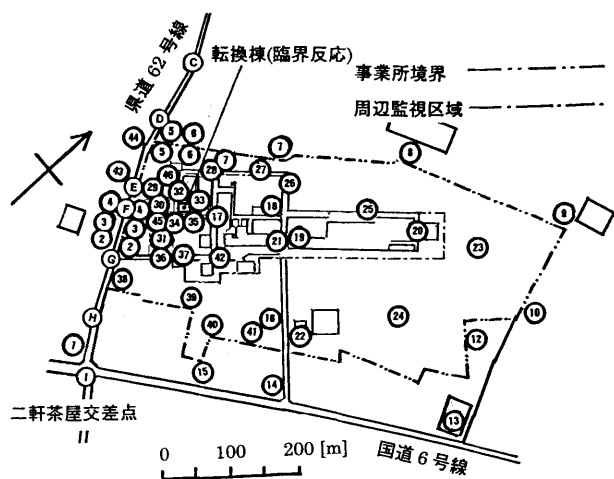


図8 JCO社敷地内および周辺の環境放射線測定定点

の放射線漏洩を重要視していたかはっきり現れている。民家に近い、1桁の識別番号の地点であり、その中でも、南西④と北西⑥の方向(筆者の前報[1]の表2のFとAの2つの方向)について、頻繁に測定を繰り返している。『臨界事故に動転し会社は何もできなかった』という世間に流布しているイメー

ジと異なり、少なくとも同社の現場の放射線管理者は、自己あるいは放射線量測定グループの危険も顧みず、必死で事業所境界間際の民家周辺の空間線量率の測定を集中的に行っていた。彼らは現場での測定からγ線の強度の異方性を認識し、特に強いγ線の漏洩方向の存在を認識していたと読み取れる。中性子の測定開始はずっと遅れる。事故当日、筆者のGMサーベイメーターによるγ線空間線量率の測定でA地点(西端のバリケード内側)の測定値が距離的に他の測定点より遠いにもかかわらず大きな値となり、測定当初はデータのばらつきあるいは測定ミスかと思ったものが、JCO社員の臨界当日の測定データによるγ線の強い漏洩方向⑥と一致することも分かった。

現場の踏査の成果として、事故当日γ線の強かった方向は、転換棟の廊下の方向と、建物と建物の隙間の方向であることを確認した。ともに、遮蔽物の少ない方向に当たる。

γ線の異方性に関しては、科学技術庁やその配下の研究機関等の報告書や説明では、口を揃えたように異方性は無かった旨の報告になっている。現場周辺の被曝者の正確な線量評価のためには本当にそうであったか検証する必要がある。

筆者が2000年5月に広島で開かれたIRPA-10のSatellite Symposium, 日本保健物理学会主催の「The Criticality Accident at Tokai-mura」でJCO事故の事故当日のJCO周辺のγ線空間線量率の発表したところ[4]、質疑の際原研の方から「今ごろそんな発表をされては“困る”」という、叱責を受けた。それも静かにではなく、かなり興奮された口調(国際会議のため英語で)であったため出席者はその異様さにびっくりしていた。田舎の学校の教員がGMサーベイメーターで測定したJCOの敷地外の公道のγ線の空間線量率を発表した位でなぜそれほど専門家が興奮する必要があるか不思議に思った。

私たちのJCOへの立ち入り調査の時にはまだ発表されていなかったが、2000年夏および秋に発表された事故当時の原子力安全委員で現在日本原子力学会会長の住田健二先生の概要報告[16]と単行本[17]には、『さらに遅れた避難の解除は、沈殿槽からのγ線ビームがちょうど周辺の人家方向に向かっており、事故発生建物に立ち入り不可能な状態では、外部から多量の遮蔽体を積み上げる以外の方法が無かった。』『さし当たり、周辺の人家に向かって出ているガンマ線を遮蔽したい。ところがまったく皮肉なことだが、ちょうどその方向には放射線を遮ってくれるコンクリートの建物がなく、まさに狙い討ちのように、人家の方向へビームが走っているのだ。』と、はっきりJCOの事業所周辺で実感されたγ線の「ビーム」と異方性を示唆する言葉が記されている。しかし、その後も科学技術庁関係の研究所の報告等では異方性の議論を避ける慎重な言い回しが徹底している。

γ線空間線量率の測定結果を表1に、また測定器毎、JCOの敷地内と事業所周辺に分けて線量率の平均値と標準偏差を表2に示す。測定器の識別記号A,B,C,D,Eは、

- A 持参したGMサーベイメーター (富士電機)
 - B 放射線計測協会の「はかるくん」
 - C 放射線計測協会の「はかるくんII」
 - D JCO社のサーベイメーター (2月11日測定)
 - E JCO社のサーベイメーター (2月12日測定)
- である。

各測定器毎の現場での線量率の測定値の平均値および線量率の分布を表2および図9～図13に示す(横軸の単位は $\mu\text{Sv/h}$)。

図9は測定器毎、JCOの敷地内と事業所周辺に分けて線量率の平均値と標準偏差を表示したものである。

図10は「はかるくん」による、図11は「はかるくんII」による線量率の測定結果の強度分布である。図10、図11の強度分布の形は似ているが線量率の値が異なる(線量率の平均は夫々、 $0.036\mu\text{Sv/h}$ と $0.063\mu\text{Sv/h}$ であった)。

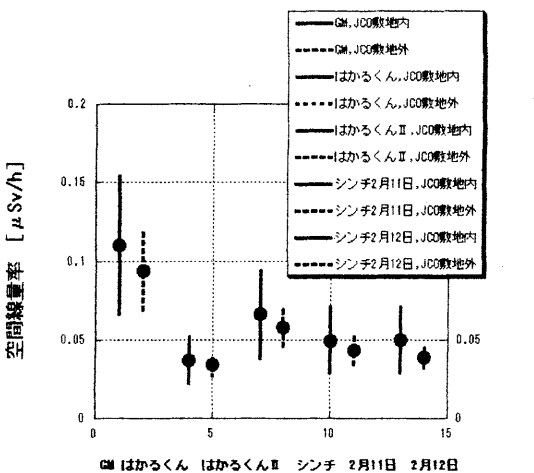


図9 測定器毎、JCOの敷地内と事業所周辺に分けて線量率の平均値と標準偏差

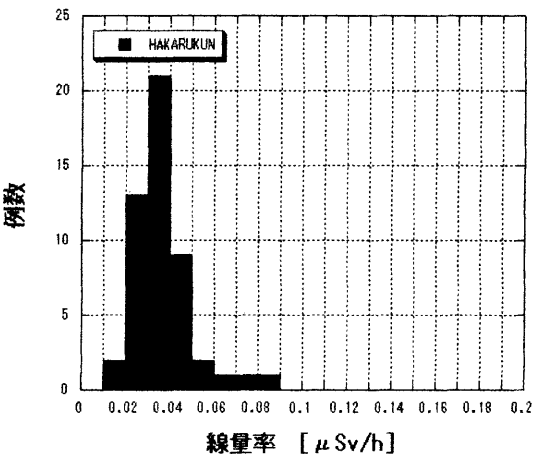


図10 「はかるくん」による線量率の測定値の分布

図12、図13は、JCO社による当日の空間線量率の測定データの頻度分布である。図10、図11の関係と異なり、分布の形も平均も一致している。図12はJCO社の第584報(2月11日、

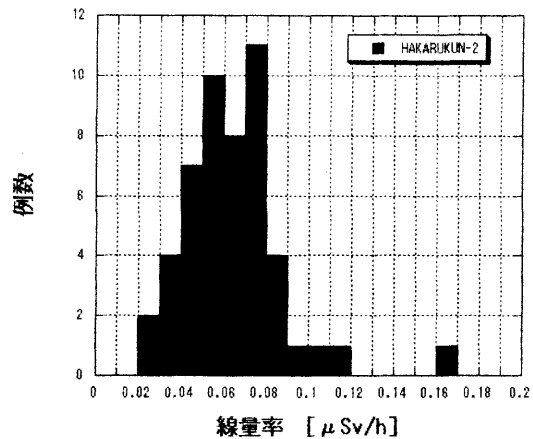


図11 「はかるくんII」による線量率の測定値の分布

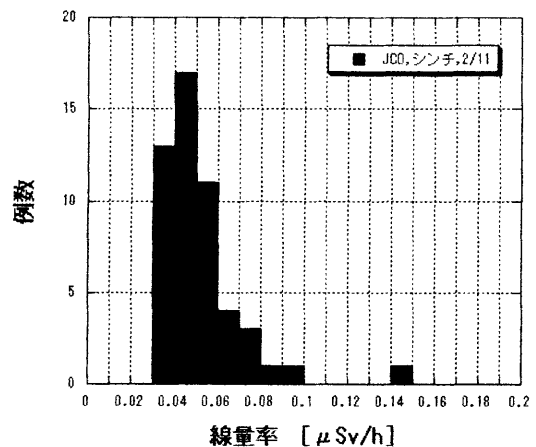


図12 JCO社による線量率の分布(2月11日) 第584報

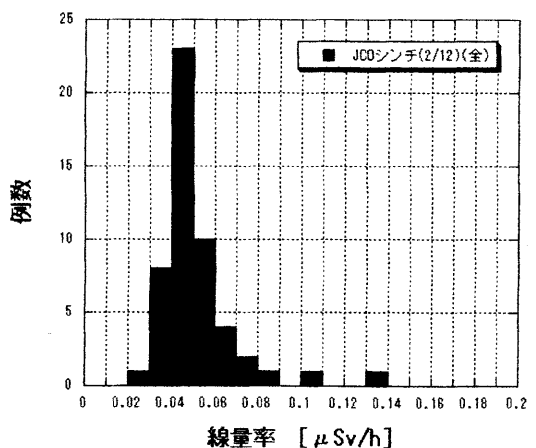


図13 JCO社の測定による線量率の分布(2月12日) 第588報

平均 $0.047\mu\text{Sv/h}$)、図13はJCO社の第588報(2月12日、平均 $0.046\mu\text{Sv/h}$)の線量率を夫々ヒストグラムにしたものである。

JCOの敷地内のいずれの場所も、空間線量率は、通常のバックグラウンド (BG)のレベルであることが確認できた。図8の地図に表示していない場所も建物外はすべて調査した。事故を起した転換棟の外壁も、コンクリートの遮蔽ブロックの

内側に入り測定した。遮蔽用の土嚢の表面の測定も行った。表やグラフの比較的線量率が高い地点は、臨界事故に関係の無い核燃料物質の保管場所（周辺監視区域内）である。事業所境界の外の測定も行ったが、外壁表面、空間ともいずれのサーベイメーターでも残留放射線は検出できなかった

5. 討論

JCO社の臨界事故から約130日後の2000年2月11日、12日にJCO社の敷地の空間線量率の測定を行った。しかし、サーベイメーターによる測定で残留放射線は検出できなかった。すべての測定点がバックグラウンドのレベルであった。

使用した測定器の、現場での性能の比較を行なった。

(1) 使用したGMサーベイメーターの特徴

放射線計測協会がCs-137で較正したものであるが、バックグラウンドレベルの環境放射線を測るには、低線量率の分解能が粗いことを示している。この分解能（0.1 $\mu\text{Sv/h}$ ）でも、事故時の高線量率の場合は測定に不自由しなかった。メーカーの保証する表示値の上限は300 $\mu\text{Sv/h}$ であった。F点（最近接点）ではこの上限値を超えていた。メーカーに確認すると上限（公称）の10倍、3000 $\mu\text{Sv/h}$ までは表示するようである。

(2) 使用したシンチレーター式サーベイメーターの特徴

「はかるくん」は堀場製作所の製品、「はかるくんII」は富士電機の製品である。いずれも同じシンチレーターCsI+シリコンフォトダイオードの検出器を使用したもので、放射線計測協会がCs-137で較正したものを借用し使用した。図10、図11を比べると分布の形は似ているが平均が異なる。

図14に、同一測定点毎の機種による表示値の関係を示す。「はかるくん」と「はかるくんII」の指示値が線形の対応をし、図14ではその傾きは2になった。

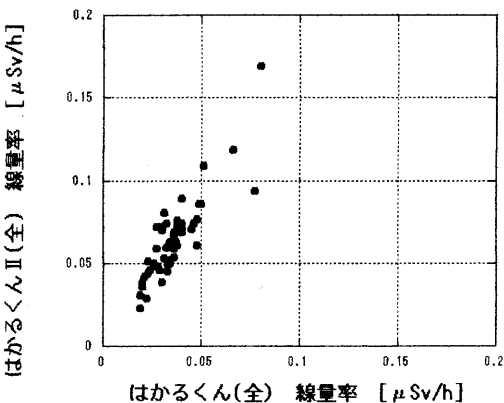


図14 「はかるくん」、「はかるくんII」で測り比べたJCO社内外の線量率の表示の比較

(3) JCO社で使用しているサーベイメーターは、おそらくアロカ社のシンチレーター式のサーベイメーターと思われる。

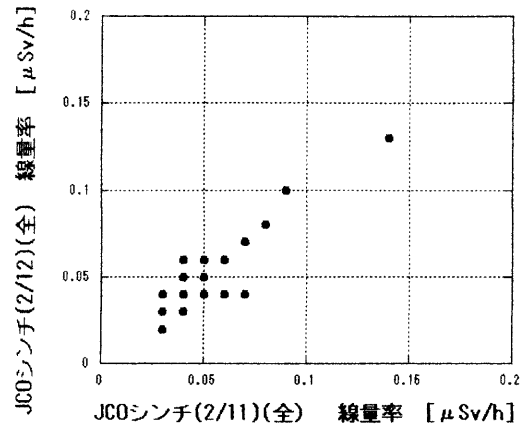


図15 JCO社の測定の再現性（2月11日と2月12日）

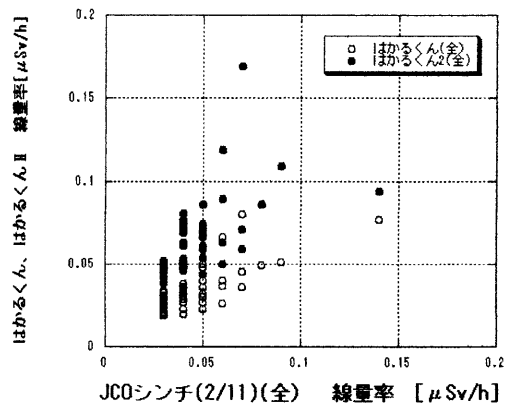


図16 2月11日のJCO社の測定データと「はかるくん」、「はかるくんII」の線量率の表示値の比較

2月11日と2月12日の測定結果を図15に測定点毎に示す。2種類の「はかるくん」同士の場合と異なり、2月11日、2月12日の2回の測定結果が非常に良い一致を示している。

(4) JCO社の測定データと、(2)の2種類の「はかるくん」の測定結果の関係を図16に示す。○印が「はかるくん」、●印が「はかるくんII」の測定結果である。両方で傾きが異なる。縦軸が「はかるくん」および「はかるくんII」のデータ、横軸がJCO社のデータである。

(5) なぜ「はかるくん」と「はかるくんII」は、線量率の表示値が2倍異なるか

測定データを添えて放射線計測協会に問い合わせると、「ともにCs-137で較正し出荷しておりそれぞれに正しい」といわれた。1つの地点について計測器により2種類の測定値が存在し、かつ専門的にはともに正しいとの説明であった。測定手段まで指定すれば再現性もあるが、素人には分かりにくい。

問い合わせを2000年の2月に行ったが、5か月後の2000年の7月に放射線協会のニュース[18]に、2種類の「はかるくん」の γ 線のエネルギーに対する感度がCs-137に対する相対感度としてグラフで表示されただけであった。放射線計測協会のニュース[18]の図1から筆者がデータを読み取り作図

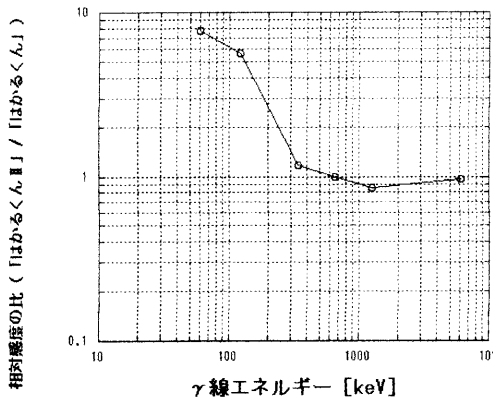


図17 「はかるくん」、「はかるくんII」の相対感度の比の
γ線エネルギー依存性 ([18]の図より筆者が計算)

しなおしたものを図17に掲げる。計測協会がテストに用いた標準線源は、Am-241(59.5keV)、Co-57(122keV)、Ba-133(340keV)、Cs-137(662keV)、Co-60(1250keV)、N-14(6130keV)である。

検出感度の比はJCO構内で今回体験した2倍どころか、低エネルギー側では、8倍にもなる。(4)で、JCO社の測定データを基準(x-軸)に、「はかるくん」、「はかるくんII」によるγ線線量率のx測定値を表示したのは、JCO社のサーバイメーターが、事業所境界の線量率測定用の業務用(高価な専用機)のため、エネルギー感度依存性を含め $\mu\text{Sv/h}$ に換算しなおしたエネルギー補償型のはずのためである。

放射線の講習会等で初心者に計器を渡すと動作概様を理解しようとせず、デジタル表示の末位の桁の数値の変動や、同一機種同士の表示値の僅かの差にこだわる人が多い。ネーミングの段階から、別の機種だと強調をしておいたほうが良かったのではないと思う。どのような意図で、2号機「はかるくんII」の開発を行ったかの発表が無いが、発注先が1社に偏らないためときいた。

説明書でエネルギー依存性をグラフで表示しても、唯 $\mu\text{Sv/h}$ 表示のみのため、一点補正のCs-137換算の線量率 $\mu\text{Sv/h}$ であることをはっきり説明する必要を感じた。上述のように、末尾の1桁にのみ目が行く初心者には、場合によっては、線量率の値が2~8倍も違うということを理解させるのは大変である。折角の啓蒙用の器具がかえって放射線測定への不信感を増幅する器具になることを恐れる。「はかるくん」を2種類同時に借り出す「マニア」はそういないかもしれないが、「はかるくん」は一般市民が線量率を手軽に測れる唯一の測定器であるだけに、放射線計測協会には「はかるくん」の開発コンセプトと表示される数値($\mu\text{Sv/h}$)の意味を今まで以上に丁寧に説明(情報開示)していただくことを期待している。

6. まとめ

JCO社の臨界事故から約130日後の2000年2月11日、12日の

両日、JCO社の敷地内に入り、臨界事故発生日使用したGMサーバイメーターと放射線計測協会から借用したシンチレーション式のサーバイメーター「はかるくん」、「はかるくんII」で、敷地内および周辺のJCO社の定期測定定点のγ線空間線量率を測定した。

JCOの敷地内外の空間線量率がバックグラウンドレベルで、測定結果はJCO社の報告する測定と一致することを確かめた。

筆者はこのような事故時および事故後の安全確認の測定も地元の教員の責務だと考えている。平素地元の他の教員が(大学も含め)自校周辺の環境放射線強度に無関心(敬遠ぎみ)であることを不思議に思う。中学高等学校で理科教育振興法で購入が保障されている放射線測定機器と、放射線計測協会が無料で貸し出す「はかるくん」で誰でも測定もできることであるのにである。原研の創立以来40余年の準備期間があったのに大学等に放射線測定機器が準備されていなかったとしたら問題外である。何のための「地域の大学」であるかである。事故時もJCOの敷地内へ入るのが躊躇れたら、JCOの事業所の外周を上記測定機で測りバックグラウンドとの差の有無を発表すればそれだけでも周辺の住民の不安感も解消できるはずであったのに、自らは測定をせずハンストをしたり集会や講演会を開くパフォーマンスだけで、現実を自分の目で見ようとしていないように思える。科学を放棄している感じがする。大事故の時にこそ何故自分で測ろうとしないのだろうか。今回のJCOの事故程度で「萎縮」していたら、旧ソ連のチェルノブイリ原発級の事故の際ハンガリーの高校の物理教員が測定により国土の汚染地図を詳細に作成し無用な人工妊娠中絶の防止に果たしたような行動はできないであろう。

事故後文部省が緊急に予算化した「原子力安全教育設備費」も測定器の較正用の維持費(後年度負担分)の手当てと地域の学校の教員との連携を考えに入れていないと次の原子力事故の際には放射線情報の収集の役にはたさないであろう。

事故調の最終報告書[19]の141ページに、「原子力災害対策補正予算、文部省、RI施設の安全管理強化、50億円」と記載があるが、高専の場合、全高専一律の金額で、当該高専周辺の原子力事業所の数・距離、学内のRI施設の有無、RI取扱主任者免状所持者数等に無関係であった。本校の近隣の大学でも、必ずしも教育関係の学部はこの予算が回っているわけではない。予算の存在も知られていなかった。また、茨城県内の中学、高等学校に、同類の支援がなされた形跡も無い。予算総額50億円に対しては1高専への配分額は僅かその1/1,000であった。全国で約55校としても金額的には全体の僅か6%弱に過ぎない。残りの94%は大学に手厚く配分したのか、RI施設に特別に配分したのであろうか。配分に当たっては、事故発生日、現場周辺の環境放射線の測定をしたこと[1-2]も何ら考慮されていない。唯、事故直後に文部省から放射線教育にどのような機器・機材が必要か問い合わせがあっただけである。忙しい中で、JCOに最近接の国立学校として、最低限

必要な20,000,000円程の機器を選定し見積りもとって提出したが後日「1校だけ特別扱いはしない」との連絡があった。

私見であるが地域防災計画で原子力災害時コンクリート屋内避難所になりうる原子力事業所周辺の小中学校、高等学校、公民館、体育館、図書館等にはサーベイメータ程度は常備させ、平時の測定も行い科学技術庁とは無関係に文部省独自の情報網を構築する必要があると感じている。原子力事故時に肝心の放射線情報が現場の学校に届き難いことは筆者の科学研究費の申請書にも示したし、JCOの事故の際も事実が実証している[1-2]。収容される避難者の安全以前に、在校生である生徒・学生の安全確認のためにも必要な機材である。中央からの情報連絡を待つ数時間の内に放射性雲は学校の上空を通過してしまうからである。原子力安全教育設備費で全国の国立大学と国立高専に放射線測定器を配置することも必要であるが、原子力事業所から指呼の間にある（少なくともEPZ内の）学校には、国立・公立・私立にかかわらず広口サーベイメータと環境放射線測定用のサーベイメータを配備し、単に事故対策としてではなく、ハンガリーの教育改革のように、明確な教育的見地から教育と器機の保守管理を行うべきだと考える。平成13年よりの省庁統廃合とは無関係にである。少なくとも、従来から科学技術庁を除けば、文部省は放射線測定機・器の保有台数では、最大の省庁のはずであるからである。JCOの事故時それを全く生かせなかったことが惜まれる。事故時、周辺の学校で現有する既存の教育用の放射線測定器機を生かせなかったことに対する指導の不備（欠如）を反省する文部省や教育委員会等の関係者の言辭を一度も見たことも聴いたこともない。

今回の筆者の測定で、派生的に「はかるくん」のエネルギー特性の機種による違いが明らかになった。「はかるくん」は、一般民衆が手にすることのできる較正がなされた実質的に唯一の放射線測定器であるだけに、機種及びエネルギーによる線量率の違いに8倍の開きが生じることがわかったら広く公表、周知させる必要がある。科学技術庁や放射線計測協会は今回の2種類の「はかるくん」による表示値の2倍の開きなどは些細なずれと認識しているのかも知れない。少なくとも計測協会の対応者の口調はそうであった。

しかし、今後も平常時および事故時に原子力事故現場周辺的环境放射線のデーターを、市民が「はかるくん」で測定する可能性があるため、「はかるくん」の開発コンセプトと表示される線量率の数値の意味を明確にする必要がある。教室内用（Cs-137線源使用）か、本当に、開発初期の環境測定（現場使用）を念頭に開発するかである。屋外・現場の核種（エネルギー）不明の放射線の測定に、非エネルギー補償型の測定器を開発したのはなぜか。開発当初、用途のコンセプトが不明確（曖昧）なまま開発したのではないかと考えられる。

原子力施設周辺の住民は放射能に過敏になっており、上のJCOの発表数値が1桁丸められているのは、住民がデジタル表

示の数値を末位（尾）まで正しいものと信じてしまいバックグラウンドの存在やその時間的変動を理解してくれないときいた。

測定数値は発表されるとひとり人歩きする虞がある。現場では、このように慎重に対処しているときに、検出器と同じシンチレータを用いながら異なるエネルギー特性の2種類の同名（「はかるくん」）の教育用の測定器を開発し、そのエネルギー依存性について広報を怠って（避けて）きた放射線計測協会の放射線教育やPA教育に関する認識は甘いと思われる。PAをPublic Acceptance と考えるのは傲慢のような気がする。それより、一歩下がってPublic Awareness とする程度の謙虚さが必要ではないかと考えている。

測定値の数値の末位の変動でなく今回のように数値が2倍、核種によっては8倍もずれたら、「はかるくん」は放射線教育でなく、放射線に対する不信感を拡大させる機械になる。

筆者が測定したのは、物理量に近い線の空間線量率だけであるが[1]以来の測定で、過去40余年の放射線教育・原子力教育や学校教育の欠点を顕わにしまったような気がする。社会の制度に対してもそうである。危機というものは社会に対し材料試験の「破壊試験」に相当する強烈な効果があると感じた。JCO事故による貴重な生命、財産を含む損失に対し、事件を風化させず、事実と問題点を広く明らかにし改善していく必要を感じている。

平成11年度の補正予算で文部省についた臨時の「原子力安全教育設備費」で各種サーベイメータ（GM、シンチ、電離箱式）が本校にも揃ったので、再度JCO社敷地内の空間線量率の測定を行おうと計画し、文部省の学術調査団として正式の申し込みを行って見たが婉曲に断られてしまった。このような測定でも詳しく測られるとどこかに何らかの差し障りがあるのであろうか。

臨界事故の当日から気になっていたことであるが、測定データーの公表の可否と方法についてである。従来いわれたい「情報の一元管理」の制約から、「情報を人に洩らし・伝えてはいけない」と心理的なブレーキになっていた。臨界事故のとき、東海村に入った情報を村の職員が隣接市町村に伝えなかつたことも、この「情報の一元管理」の呪縛による。

事故後、「事故時、私たちの測定データーを公表して良いか、またその方法は」と、科学技術庁核燃料規制課の課長に直接口頭で質問した所、「発表してよい。インターネット等で一般公衆に直接発表することも差し障りはない」との回答を得た。今までの自己規制の制約は何であったかと思うくらい意外な回答であった。RI主任者の免状を持っていること、現に主任者に任命されていること、放射線測定器は定期的に公的な機関で校正を受けていること、JCOの臨界事故時には、公道の空間線量率の測定をおこなったことを述べたあとの質問であり、事故時必ずしも誰でも勝

手に測定値を公表してよいと言われたことにはならないかもしれないが、少なくともわたしたちは堂々と測定し測定値を一般にも公表できるとのお墨付きを科学技術庁から得たと思っている。何時あるかわからない次の原子力災害にも対処できるよう、平時よりの測定およびインターネットを含むデータの公表の手段を構築してゆく所存である。

補遺1 2002年8月、第2回放射線教育シンポジウムがハンガリーのDebrecenで開催された。JCOの臨界事故時の紹介をするとともに、Toth先生、Marx教授に再会し、ハンガリーの教育改革のこととチェルノブイリ原発事故の際のハンガリーの高校の物理の教員の活動について直接状況を聞いた。同国の自由化、政権の交代は、国民一律の放射線教育を困難にしている状況を知った。一緒に高ラドン地帯へのエクスカージョンを楽しんだ。彼らは私の報告を同国の fizikai szemle (直訳すればPhysical Review, 但し物理学会

報?) にハンガリー語訳で即座に掲載してくれた(2002/9)。その後、Marx 教授の訃報をTothからのメールで知った。

7. 謝辞

本研究の一部は、文部省科学研究費補助金(基盤B)「原子力災害時の避難所に指定された学校における平時のPA教育と事故時のための対策」(代表松澤孝男、1999~2002年度、No. 11558064)および、文部省の「臨界事故の環境影響に関する緊急学術調査」(代表小村和久金沢大学教授、1999~2000年度、No.10480024)に拠る。JCO社および地元自治体、放射線計測協会には資料や調査で多大の便宜をはかっていただいた。文部省の緊急学術調査のメンバーの方々には調査の準備、調査、討論等すべての面でお世話になった。厚く感謝する次第である。(起草が2000年のため、省庁の統廃合の前の名称で示されたままになっている。)

表1 JCO周辺の γ 線空間線量率(単位はすべて μ Sv/h)

Point	A	B	C	D	E
	GM	はかる	はかる	JCO	JCO
		くん	くんII	2月	2月
敷地内				11日	12日
2	0.1	0.027	0.059	0.05	0.05
3	0.1	0.031	0.053	0.04	0.04
4	0.1	0.028	0.048	0.03	0.04
5	0.1	0.026	0.049	0.03	0.04
6	0.2	0.024	0.046	0.03	0.04
7	0.1	0.023	0.044	0.05	0.05
16	0.1	0.02	0.039	0.03	0.03
17	0.1	0.027	0.072	0.04	0.04
18	0.1	0.04	0.074	0.05	0.04
19	0.1	0.032	0.074	0.04	0.05
20	0.2	0.077	0.094	0.14	0.13
21	0.2	0.05	0.086	0.05	0.04
22	0.1	0.029	0.046	0.04	0.04
23	0.1	0.022	0.029	0.03	0.02
24	測定洩			0.03	0.04
25	0.2	0.08	0.169	0.07	0.07
26	0.1	0.036	0.066	0.05	0.04
27	0.1	0.04	0.069	0.05	0.04
28	0.1	0.032	0.06	0.05	0.04
29	0.1	0.036	0.059	0.07	0.04
30	0.1	0.04	0.089	0.06	0.06
31	0.1	0.03	0.07	0.04	0.05
32	0.2	0.051	0.109	0.09	0.1
33	0.1	0.049	0.086	0.08	0.08

34	0.1	0.048	0.061	0.05	0.06
35	0.1	0.045	0.071	0.07	0.07
36	0.1	0.031	0.081	0.04	0.05
37	0.1	0.038	0.061	0.04	0.06
38	0.1	0.03	0.039	0.03	0.03
39	0.1	0.019	0.023	0.03	0.03
40	0	0.019	0.031	0.03	0.03
41	0.1	0.021	0.042	0.03	0.04
42	0.1	0.066	0.119	0.06	0.06
45	0.1	0.036	0.069	0.04	0.05
46	0.1	0.046	0.074	0.04	0.05
敷地外					
1	0.1	0.033	0.052	0.04	0.04
2	0.1	0.034	0.05	0.03	0.03
3	0.1	0.033	0.05	0.04	0.04
4	0.1	0.036	0.054	0.05	0.04
5	0.1	0.04	0.071	0.05	0.04
6	0.1	0.038	0.072	0.04	0.05
7	0.1	0.048	0.077	0.04	0.03
7	0.1	0.038	0.076		
8	0.1	0.03	0.072	0.05	0.05
9	0.1	0.037	0.063	0.06	0.04
10	0.1	0.02	0.036	0.04	0.03
12	0.1	0.033	0.045	0.03	0.04
13	0	0.026	0.05	0.06	0.04
14	0.1	0.033	0.052	0.03	0.03
15	測定洩			0.04	0.05
43	0.1	0.023	0.051	0.04	0.04
44	0.1	0.034	0.063	0.04	0.04

表2 γ 線空間線量率の測定器毎の平均および標準偏差（単位はすべて $\mu\text{Sv/h}$ ）

	測定器	JCO社	敷地内	JCO社	敷地外周
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
			34箇所		16箇所
A	GMサーベーター	0.11	0.044	0.094	0.025
B	はかるくん	0.037	0.015	0.034	0.007
C	はかるくんII	0.066	0.028	0.058	0.012
D	JCO社測定データ、2月11日	0.049	0.022	0.043	0.009
E	JCO社測定データ、2月12日	0.05	0.021	0.039	0.007

8. 参考文献

- [1] 松澤孝男, 飯岡邦彦, 河井義春, 臨界状態が続く1999年9月30日20時頃のJCO社周辺の γ 線の空間線量率(その1) 茨城工業高等専門学校研究彙報 第35号31-39 (2000) .
- [2] Takao Matsuzawa, Kunihiro Kawai, Gamma dose rate in the vicinity of JCO as of approximately 8:00 pm on September 30, 1999, Journal of Environmental Radioactivity, 50 [1-2] 27-36 (2000).
- [3] 松澤孝男, 飯岡邦彦, 河井義春, 臨界事故当日のJCO社周辺の γ 線の空間線量率—情報の無いJCOの敷地の外の公衆と警備の警察官の放射線防護の為に—, 原子力学会2000年(第38回) 春の年会要旨集, (2000年3月28~30日, 愛媛大学), p. 722 (2000) .
- [4] T. Matsuzawa et al., Abstracts of Workshop on The Criticality Accident at Tokai-mura, 19 May 2000., International Conference Center, Hiroshima, Japan., pp. 9-11. (2000)
- [5] 松澤孝男, 原子力災害時の地元教員の役割—JCO事故当日の経験から、第2回環境放射能・放射線夏の学校ワークショップ報告書「核災害時における専門家のとりくみ」(JCO臨界事故における文部省緊急調査班の活動を中心に)、平成12年7月22日、金沢大学辰口研修センター, pp. 10-12. (2000).
- [6] 松澤孝男, 界状態が続く1999年9月30日20時頃のJCO社周辺の γ 線の空間線量率(その2), JCO事故から学ぶ, 茨城工業高等専門学校研究彙報 第36号 (2001) (掲載予定) (結局掲載されず).
- [7] Esther Toth, Nuclear Literacy, Abstracts of International Symposium on Radiation Education (ISRE 98), December 11-14, 1998, International Productivity Center, Shonan International Village, Hayama, Kanagawa Japan. 65 (1998).
- [8] 有馬朗人, 理科教育の問題点に関する考察, ISRE98, Proceedings of International Symposium on Radiation Education, December 11-14, 1998. pp. 9-14.
- [9] 松澤孝男ほか, 環境中ラドン濃度の測定を通して放射能への理解を深める, 平成5年度東レ理科教育賞受賞作品集 第25回, pp. 30-33.
- [10] 放射性降下物 1955-1999, 気象研究所, 1999
- [11] 高田純, 「世界の放射線被曝地調査」2001年1月刊, 講談社
- [12] 高田純, 「科学」2003年, 岩波書店.
- [13] The Central Executive Committee of Japan Atomic Energy Research Institute Labour Union, Estimation of the integral dose of neutrons using monitoring data, Journal of Environmental Radioactivity, 50[1-2] (2000), pp. 37-41.
- [14] Kofuji, K. Komura, Y. Yamada, M. Yamamoto, An estimation of fast neutron flux by $^{35}\text{Cl}(n, \alpha)^{32}\text{P}$, ibid., 50[1-2] (2000), pp. 49-54.
- [15] 小藤久毅, 小村和久, 山田芳宗, 佐々木研一, 山本政儀, ^{32}P 生成量から速中性子束の推定, 第28回放射線環境セミナー, ウラン加工工場臨界事故に対する環境測定・線量推定, 平成12年12月7日-8日, 予稿集, pp. 15-16.
- [16] 住田健二, JCO事故の経過と反省, 日本原子力学会誌, 42 [8] (2000) .
- [17] 住田健二, 資料「JCO事故の経過と反省」, 『JCO 臨界事故体験, 原子力とどうつきあうか』, ちくまプリマーズックス140, 筑摩書房, 2000年, p.112, p. 193.
- [18] 佐々木幸男, 「はかるくん」, 「はかるくんメモリータイプ」, および「はかるくんII」の γ 線エネルギー依存性, 放射線計測協会ニュース, No.26 (2000・7) pp. 6-7.
- [19] 原子力安全委員会ウラン加工工場臨界事故調査委員会, 「ウラン加工工場臨界事故調査委員会報告」, 平成11年12月24日, p. 141.

補遺2 臨界事故時事業所の塀の外から臨界事故の発生場所と線源の強さを現場で推定する

臨界事故時、事業所の職員、科技庁、原研・動燃等の関係者は事業所の地図、図面や担当者等の説明で事故の概要、規模等把握できる。しかし、塀の外の一般市民には情報は何も知らされなかった。このような場合、2本の道路に沿って線量率を測るだけで臨界の発生個所、線源の強さ、放射線の広がりほぼ把握できる。『臨界事故時の線源位置、線量の見積もり』などという本はないから、現場で簡単なモデルを考えた。

直交するx軸、y軸を考える。第1象限に線源(臨界反応容器)があるが、JCOの事業所は、塀で囲まれており外から内部の建物の配置はわからない。臨界反応の発生個所の座標を(a,b)とする。原点(0,0)は、二軒茶屋交差点のイメージである。この状況で、位置座標a,bと線源の強さAを求める。

方法 x軸(国道6号線)に沿って空間線量率を測る。同じようにy軸(県道62号線)に沿って空間線量率を測る。図1、図2のグラフを描き、線量率の最大値の1/2の高さの線幅を求める。これを2Γ_a、2Γ_bとする。図1の線量率の最大値をα、図2の線量率の最大値をβとする。

座標: a=Γ_a b=Γ_b (常識、紙面の都合で証明略)

線源: A1=α・b² A2=β・a²

臨界継続中の線源の強さは、ガンマ線としてA1=A2=A
中性子まで含めれば、その10倍、約10Aとなる。

説明 一番簡単な、点線源モデルでは、線源から距離rの点の線量率yは(極座標系では)、 $y=A/r^2$ (1)

これを直交座標系で考えると、点(x,y)の線量率は、

$$y=A/((x-a)^2+(y-b)^2)$$

(a,b)は線源の位置。

この表現は、教科書あるいは論文にはよいが、臨界事故時、事業所の外の公道でしか放射線の測定ができないときには使えない。一般市民は、道路X(国道6号線)、道路Y(県道62号線)に沿って線量率を測定できるだけであった。権限もなく、危険もありJCOの事業所にも、付近の民家にも立ち入れない。

式(1)は、x軸、y軸に沿った2つの式、

$$y=A1/(b^2+(x-a)^2) \quad (2a), \quad y=A2/(a^2+(y-b)^2) \quad (2b)$$

の形で整理する。x軸に沿って測った線量率のデータ、y軸に沿って測った線量率のデータを図1、図2のように描き、それぞれの線量率の最大値の1/2の高さの水平線を書き込み、グラフとの交点から、それぞれの線幅2Γを読み取る。

図1の線幅が2Γ_a、図2の線幅が2Γ_bである。

$$a=\Gamma_a=550[m]/2=275[m], \quad b=\Gamma_b=120[m]/2=60[m]$$

図1の線量率の最大値αは(2a)よりx=aの時、 $\alpha=A1/b^2$ (3a)、

図2の線量率の最大値βは(2b)よりy=bの時、 $\beta=A2/a^2$ (3b)

これらより、 $A1=\alpha \cdot b^2$ (3a)、 $A2=\beta \cdot a^2$ (3b)

モデルが実態に合っていればA1≒A2となるはずである。

評価 $A2/A1=(\beta/\alpha)(a/b)^2$ で、モデルの適合度を評価する。

実際の測定データで確認を行うと(16時と20時だが)、

$$A2/A1=(510/20.8)(60/275)^2=1.167$$

となった。ほぼ1.0に等しい。大雑把には点線源モデルで扱えるといえる。

結論 このとき、臨界継続中の反応容器の線源のγ線強度は、

$$A1=\alpha \cdot b^2=20.8[\mu Sv/h] \cdot (275[m])^2=1.57[Sv/h \cdot m^2]$$

$$A2=\beta \cdot a^2=510[\mu Sv/h] \cdot (60[m])^2=1.83[Sv/h \cdot m^2]$$

平均A≒1.70[Sv/h・m²]となった。中性子の線源強度はA≒17.0

[Sv/h・m²]となる。ここではn/γ比を約10と仮定した。

臨界継続中の線源の位置は(60[m]、275[m])と推定した。

補足説明 このデータの処理の仕方は、データをLorentz型関数で処理したことに相当する。強度をA、線幅をΓとして、

$$y=A/[1+((x-a)/\Gamma)^2]$$

$$y=A\Gamma^2/[\Gamma^2+(x-a)^2]=A\Gamma^2/r^2$$

として扱う。本稿で関数の形が、 $y=A/r^2$ でなく、 $y=A\Gamma^2/r^2$

と線源と道路の距離Γ²が入ってくる理由である。

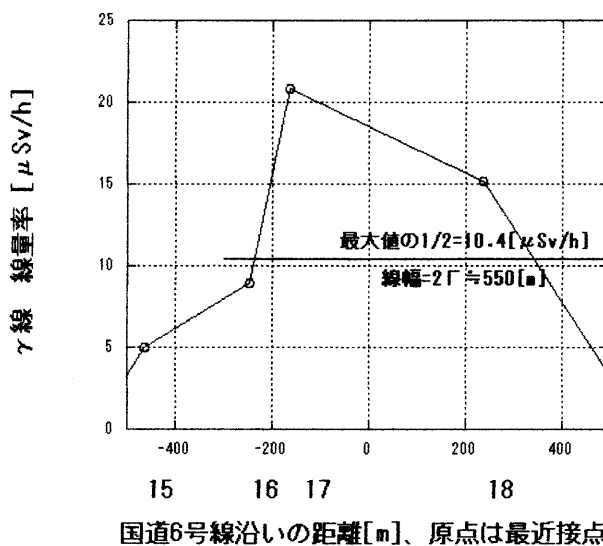


図1 x軸(国道6号線)沿いのγ線線量率(9月30日16時)

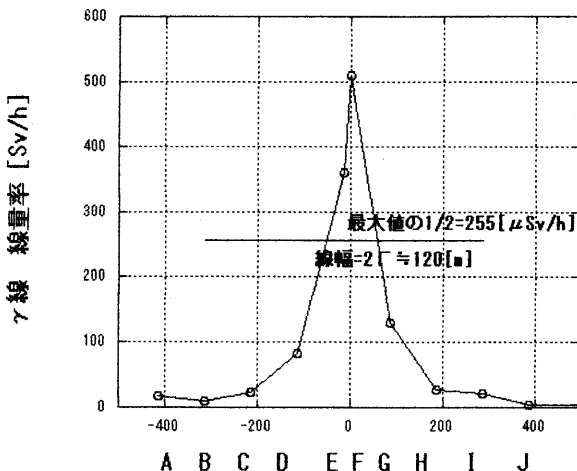


図2 y軸(県道62号線)沿いのγ線線量率(同日20時)

多点温度測定法による一般熱伝導物質の熱定数測定法に関する基礎研究

根本 栄 治

Fundamental research of thermo-physical properties measurement of the general heat conductive materials by using the multi-points transient temperature measuring method

Eiji NEMOTO

Abstract: We are proposing a new measuring method for the thermo-physical properties (thermal conductivity, thermal diffusivity and heat capacity) of materials by using the multi-points transient temperature measuring method. The measuring principle is based on the approximation method of the transient heat conduction equations. In general, the heat conduction equations can be approximate the differential terms about time and coordinates using the approximation formula of the Taylor expansions. This measuring method can simultaneously determine the thermo-physical properties of the general and new heat conducting materials.

1. 緒 言

最先端未知物質の熱定数測定（熱伝導率、熱拡散率、および比熱など）を測定することは、熱工学の分野においては、極めて重要な基礎的研究の課題[1-5]であり、関連物質の測定データに関するデータベースを集積、構築することは今後の日本の工業界にとって、最も重要な課題である。ここで、熱物性測定法について概説すると、次のようになる。材料の熱物性測定とは、日進月歩する現代工業材料について基本的物理的である密度、体積膨張率、熱伝導率、電気抵抗率などを高精度に測定できる実用的、有効な測定法を確立することである。しかしながら、これらの熱物性を高精度で測定することは、極めて困難な場合が多いことが良く知られている。

本研究では、これらの熱物性を測定する方法として、多点温度測定法による新たな熱定数測定法を開発したので、その測定法の内容、原理を提案、提示するものである。

2. 熱伝導率および熱拡散率の測定理論

一般に、固体における熱伝導現象は、フーリエによる熱伝導方程式を用いて、正確にその熱伝導現象

を表現できる。よって、本法則を熱の流動現象に効率的に利用し、未知材料の熱伝導率、および熱拡散率を高精度で測定できる測定方法の確立を目指すこととする。

今、被測定物質の中に、一次元の熱伝導状態を作り出すことができるものとしよう。この時、この熱伝導系には、次のフーリエの一次元非定常熱伝導方程式に基づく方程式が成立することになる。

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 λ ：熱伝導率、 T ：温度、 t ：時間、 c ：比熱、 ρ ：密度、 x ：一次元座標である。

そこで、熱定数を測定すべき物体の中に一次元解析モデルを仮定できる場合、その熱伝導系内に熱方程式に従った熱流の流れる系ができるため、これらの熱の偏微分方程式を、次のような差分近似式で近似できることになる。

次に、その差分近似式の代表的例を示す。

$$\frac{\partial T}{\partial t} \cong \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j}}{\Delta t} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} \cong \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j-1}}{2\Delta t} \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} \cong \frac{T_{i,j} - T_{i,j-1}}{\Delta t} \dots\dots\dots(4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} \cong \frac{\mp 3T_{i,j} \pm 4T_{i,j\pm 1} \pm T_{i,j\pm 2}}{2\Delta t} \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} \cong \frac{\mp 11T_{i,j} \pm 18T_{i,j\pm 1} \mp 9T_{i,j\pm 2} \pm 2T_{i,j\pm 3}}{6\Delta t} \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} \cong \frac{T_{i,j-2} - 8T_{i,j-1} + 8T_{i,j+1} - T_{i,j+2}}{6\Delta t} \dots\dots\dots(7)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} \cong \frac{-3T_{i,j-1} - 10T_{i,j} + 18T_{i,j+1} - 6T_{i,j+2} + T_{i,j+3}}{6\Delta t} \dots\dots\dots(8)$$

同様に、一次元座標の二次微分として、次の各近似式を考えることができる。

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cong \frac{T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}}{(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(9)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cong \frac{T_{i,j} - 2T_{i\pm 1,j} + T_{i\pm 2,j}}{(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(10)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cong \frac{2T_{i,j} - 5T_{i\pm 1,j} + 4T_{i\pm 2,j} - T_{i\pm 3,j}}{(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(11)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cong \frac{-T_{i-2,j} + 16T_{i-1,j} - 30T_{i,j} + 16T_{i+1,j} - T_{i+2,j}}{12(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(12)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cong \frac{11T_{i-1,j} - 20T_{i,j} + 6T_{i+1,j} + 4T_{i+2,j} - T_{i+3,j}}{12(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(13)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cong \frac{10T_{i-1,j} - 15T_{i,j} - 4T_{i+1,j} + 14T_{i+2,j} - T_{i+3,j} + T_{i+4,j}}{12(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(14)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cong \frac{-7T_{i,j} - 8T_{i\pm 1,j} - T_{i\pm 2,j}}{(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(15)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cong \frac{-85T_{i,j} - 108T_{i+1,j} - 27T_{i+2,j} + 4T_{i+3,j}}{12(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(16)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \cong \frac{-415T_{i,j} - 576T_{i+1,j} - 216T_{i+2,j} + 64T_{i+3,j} - 9T_{i+4,j}}{12(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(17)$$

これらの時間に関する一次の差分近似式、および座標に関する二次の差分近似式を用いると、式(1)の一次元非定常熱伝導方程式が近似できるので、これらの関係式を、効率よく組み合わせ、熱伝導方程式として用いれば、熱定数である熱伝導率、熱拡散率等を実験を通して効率的に決定することができる。

3. 熱定数測定系の構成方法

3.1 熱拡散率の測定系

熱定数測定のための熱伝導方程式の差分近似式の構成は、時間微分に関して、式(2)から(8)を、また座標に関する二次微分式として、式(9)から(17)を組み合わせる用いることによって、熱拡散率κの測定系を構成できる。ここで、熱拡散率κは、次式で定義されるものとする。

$$\kappa = \frac{\lambda}{c\rho} \dots\dots\dots(18)$$

よって、熱拡散率測定系に等間隔で設置された各温度測定点の測定温度の差分形で求めると、次のようになる。

(1) 測定系1 (式(2)と(9))

$$\kappa = \frac{(\Delta x)^2}{\Delta t} \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j}}{T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}} \dots\dots\dots(19)$$

(2) 測定系2 (式(3)と(9))

$$\kappa = \frac{(\Delta x)^2}{2\Delta t} \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j-1}}{T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}} \dots\dots\dots(20)$$

(3) 測定系 3 (式(3)と(11))

$$\kappa = \frac{(\Delta x)^2}{2\Delta t} \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j-1}}{2T_{i,j} - 5T_{i\pm 1,j} + 4T_{i\pm 2,j} - T_{i\pm 3,j}} \dots(21)$$

(4) 測定系 4 (式(3)と(12))

$$\kappa = \frac{6(\Delta x)^2}{\Delta t} \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j-1}}{-T_{i-2,j} + 16T_{i-1,j} - 30T_{i,j} + 16T_{i+1,j} - T_{i+2,j}} \dots(22)$$

(5) 測定系 5 (式(7)と(13))

$$\kappa = \frac{2(\Delta x)^2}{\Delta t} \frac{T_{i,j-2} - 8T_{i,j-1} + 8T_{i,j+1} - T_{i,j+2}}{11T_{i-1,j} - 20T_{i,j} + 6T_{i+1,j} + 4T_{i+2,j} - T_{i+3,j}} \dots(23)$$

3.2 熱伝導率の測定系

熱伝導率についても、同様に測定系を構成することができる。その構成概要について説明する。

一般に、固体内においては、フーリエの法則、

$$q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \dots(24)$$

が成立する。ここで、q は固体中をながれる単位面積あたりの熱流を示す熱流束を表す。

ゆえに、熱伝導率は、基本的な関係式であるフーリエの法則より求められる。その算出方法は以下のとおりである。

(1) 測定系 1 (式(24)と(3))

$$\lambda = \frac{2q\Delta x}{T_{i-1,j} - T_{i+1,j}} \dots(25)$$

(2) 測定系 2 (式(24)と(5))

$$\lambda = \frac{2q\Delta x}{\pm T_{i\pm 2,j} \pm 4T_{i\pm 1,j} \mp 3T_{i,j}} \dots(26)$$

(3) 測定系 3 (式(24)と(6))

$$\lambda = \frac{6q\Delta x}{\mp 11T_{i,j} \pm 18T_{i\pm 1,j} \mp 9T_{i\pm 2,j} \pm 2T_{i\pm 3,j}} \dots(27)$$

(4) 測定系 3 (式(24)と(8))

$$\lambda = \frac{6q\Delta x}{-3T_{i-1,j} - 10T_{i,j} + 18T_{i+1,j} - 6T_{i+2,j} + T_{i+3,j}} \dots(28)$$

4. 結 論

本研究では、多点温度測定法による一般熱伝導物質の熱定数測定法の基礎的研究として、熱伝導率、及び熱拡散率の測定原理、および関連基礎式の構成方法を示した。これらの測定原理は、先端物質である半導体、超伝導体、機能性セラミックス等の熱物性を測定するために最も重要な測定方法であることを考慮し、実用的な一つの実験的手法として研究してきたものであり、次の結論を得たものである。

- (1) 多点温度測定法による熱定数である熱伝導率、および熱拡散率の高精度測定原理を示した。
- (2) 本測定法によれば、熱定数を測定すべき熱伝導物質の中に、等間隔の温度測定点を数点設定し、温度測定点の非定常温度変化を同時に測定することにより、熱伝導率、および熱拡散率が高精度で測定できることを明らかにした。
- (3) 測定試料の密度が一定の測定系では、熱拡散率、および熱伝導率の関係式 $c = \lambda / (\rho \cdot \kappa)$ を用いて比熱を求めることができる。

参考文献

- [1] 齋藤武雄: “数値伝熱学”, (1986), 養賢堂, pp.1-85.
- [2] G. D. Smith: “Numerical Solution of Partial Differential Equations (Third edition)”, (1984), pp.1-136.
- [3] 齋藤彬夫、岡田昌志、一宮浩市: “例題演習伝熱工学”, (1991), pp.44-48.
- [4] 藤井哲、片山功蔵、齋藤彬夫、服部賢、戸田三朗: “伝熱工学の進展”, Vol.3, (1976), 養賢堂, pp.111-209.
- [5] Eiji NEMOTO, Hiroshi HARIGAE and Takeshi NEMOTO: “Spontaneous High Precision Measurement of Thermal Conductivity, Thermal Diffusivity and Specific Heat of Solids Using 3-Points Temperature Measuring Method”, No.020-3, 関東支部 茨城講演会講演論文集, (2003), pp.179-180.

酸化ナノ粒子の生成・成膜に関する基礎研究

茨城高専 機械工学科 加藤文武, 藤咲克弥, 清水勲

The developmental research for the generation and the deposition of oxidized nano particles

Fumitake KATO, Katsuya FUJISAKU and Isao SHIMIZU

Abstract:

The developmental research for generating oxidized nano-particles and depositing thin film made of nano-particles has been carried out. In this research, generation of oxidized nano-particle by using a laser ablation under atmosphere pressure has been attempted. The nano-particles and the thin film structure have been observed by Scanning Election Microscope (SEM). The composition of the material has been investigated by Energy Dispersive X-ray (EDX) analysis. The feasibility of developing a new method for making thin film of nano-particles by using a laser ablation/break down under the atmospheric pressure could be obtained by the research.

1.はじめに

近年、新たな機能材料を開発する分野において、その構造をナノオーダーで制御・製膜する技術の要請が高まっている。新機能材料を作成するにあたって、サブミクロンからナノオーダーの微粒子（ナノ粒子）を発生させ、その積層によりこれまでにない薄膜の作成が行われるようになってきている。このナノ粒子は従来のバルク材とは物性が全く異なるなど新しい研究例も報告されており、現在産業および科学技術分野において注目度が高まっている。

従来のナノ粒子の生成法にはコロイドやゾル・ゲル法などの化学的な手法、電子ビーム、アーク放電プラズマ法などの電気的な手法などがある^{1,2)}。これらの手法に加え、新たにレーザーアブレーションを用いた手法が、最近高い注目を浴びている。レーザーアブレーションを用いる手法は、従来の手法に比べて(1)不純物の混入が少ない、(2)ターゲット材料の選択の自由度が大きい、(3)生成プロセスの諸条件の制御が柔軟に行えるなどの長所がある。レーザーアブレーションによる手法では、チャンバー内において高い真空度

かアルゴンなど特定の雰囲気ガスを封入した低圧条件下で行うのが一般的である。このような手法とは異なり、大気圧下でレーザー誘起プラズマを行い、ナノ粒子や薄膜を作成するという研究例が最近報告されている^{3,4)}。これまでの研究において大気圧下でナノ粒子の生成及び成膜を行う例は稀であり、今後の新しい手法として大きな可能性が期待されている。

本研究ではこのような国内外の研究動向を背景とし、酸化ナノ粒子の生成および膜作成を大気圧下で行った。具体的にはシリコンを対象の材料としレーザーアブレーションで酸化させながら酸化ナノ粒子を発生させ、基板上への積層を行った。酸化シリコン薄膜は、コーティング材料として用いられるだけでなく、パターニングしてセンサなどの機能薄膜への応用が期待されている。本稿では、大気圧下でのシリコンの酸化ナノ粒子の生成および膜作成の基礎的な試みについて報告する。

2.パルスレーザーを用いた大気圧下レーザーアブレーションによるナノ粒子生成

本研究では、パルスレーザーを用い、大気圧下レーザーアブレーションによるナノ粒子の生成を試みた。その実験装置概略図を Fig. 1 に示す。レーザー光源として、パルス YAG レーザーの三倍波 ($\lambda=355\text{nm}$ 、出力 $30\sim 70\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、パルス幅 10ns) を用いた。出力されたレーザー光は凸レンズで後焦点上に集光される。使用したレンズの焦点距離 $f_1=60\text{mm}$ で、スポット径は約 $2\mu\text{m}$ であることより、エネルギー密度は約 $1.56\times 10^6\text{J}/\text{cm}^2$ であると算出される。Fig. 1 に示すように、集光部分にバルクの Si のタブレットを設置し、それより発生するナノ粒子を 3mm 離れたガラス基板上に成膜させた。ナノ粒子の生成とそれによる成膜を試みるため、レーザーパルス照射時間を 20 分とした。ナノ粒子の積層の状態を明確にするため、ナノ粒子が最も積層する領域の一部を別なガラス基盤で半分ほどマスクし、積層が完了した後マスク用のガラス基盤を取り去った。これにより、積層した部分と積層されなかった部分の境界部を観察でき、積層状態を知ることができる。

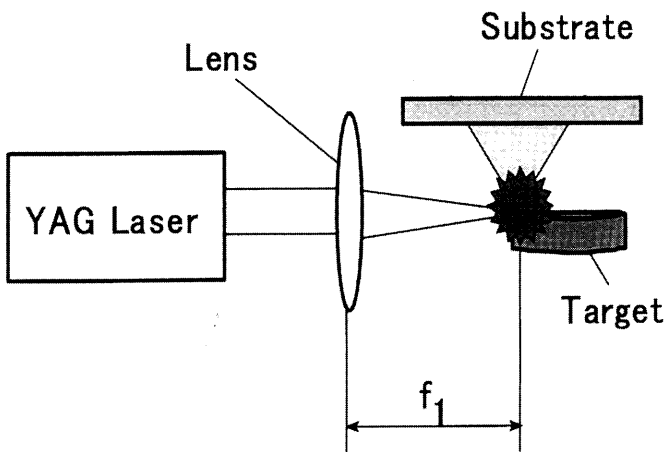
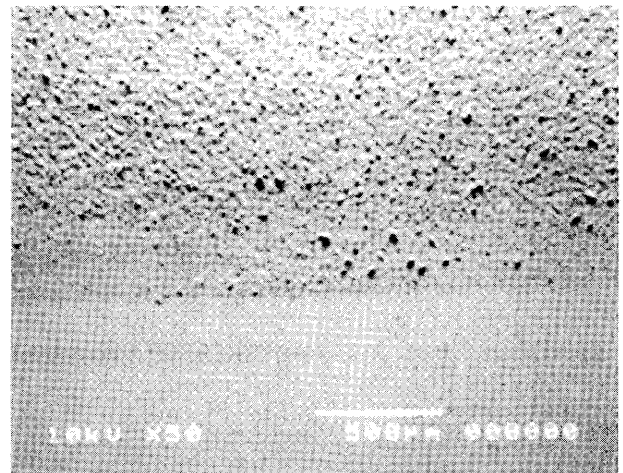


Fig. 1 Schematic diagram of experimental set up

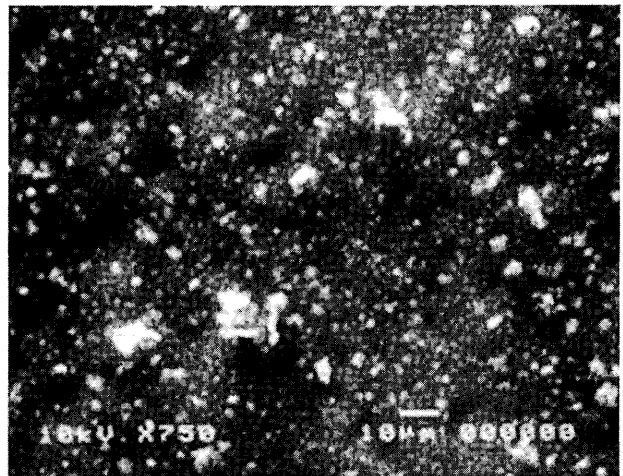
3. 電子顕微鏡 (SEM) を用いたナノ粒子の観察および組成分析

3.1 発生粒子の積層状態

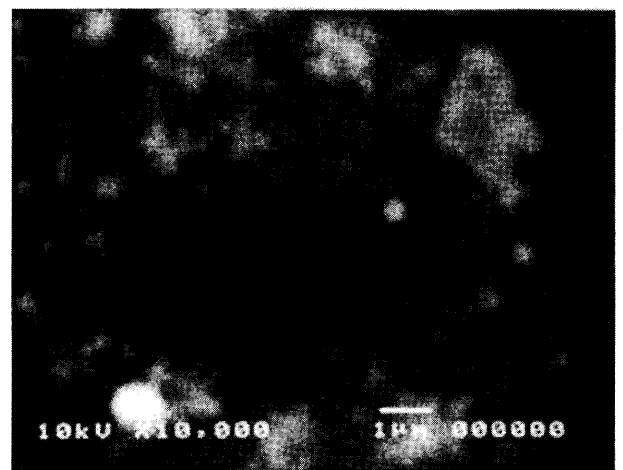
ガラス基板表面に積層したナノ粒子を電子顕微鏡 (SEM) で観察し、粒径および積層膜の構造を調べた。Fig. 2 に SEM 画像を示す。Fig. 2(a) (b) は低倍率の画像である。マスクに



(a)



(b)

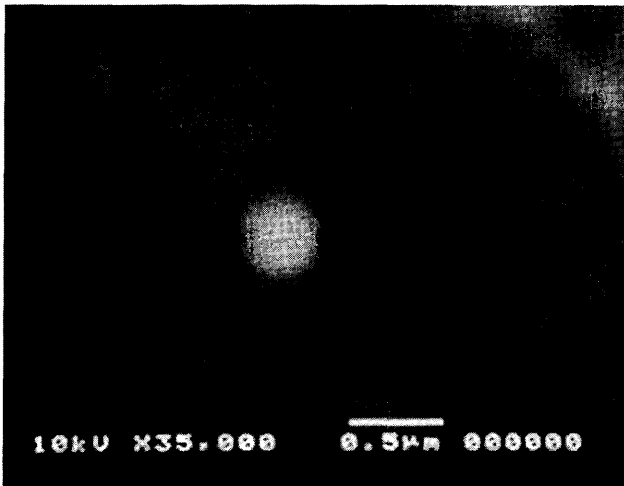


(c)

Fig. 2 SEM (scanning electron microscope) images of the surface of the sample

(a), (b) low magnification image

(c) high magnification image



(d)

Fig. 2 SEM (scanning electron microscope) images of the surface of the sample

(d) high magnification image

より積層しなかった部分（図中下部）と積層した部分（図中上部）の明確な違いが確認できる。このことから、大気圧中でもレーザーアブレーションにより Si 由来の粒子が発生し、基板の上に積層していることが明らかとなった。しかし、写真中のスケールと比較して数十ミクロン程度の巨大なデブリ粒子が発生・積層していることが分かった。

Fig. 2(b)はそれを拡大した画像である。デブリ粒子以外に、

極めて小さな粒子が多く積層し凹凸のある表面を形成していることが観察できる。更に拡大したものを Fig. 2(c)に示す。(c)は(b)の中央付近を拡大したものであり、スケールよりサブミクロンオーダーの粒子が存在していることが分かる。その周辺にはぼやけているものの、ナノオーダーの粒子からなる組織状の積層状態があることが分かった。

3.2 発生粒子の組成分析

レーザーアブレーションにより発生・積層したナノ粒子の詳細な表面状態および組成を調べる目的で、高精度の SEM 観察とエネルギー分散型 X 線分析 (EDX) を行った。同計測では、基板上に積層した比較的大きな粒子とその周囲に堆積したナノオーダーの粒子状物質の精細な SEM 画像と対応するそれぞれの部位の組成をスペクトルとして表示した。Fig. 3 にその高精度の SEM 画像を示す。先に示した SEM 画像ではそれぞれの粒子の形状や寸法は確認できたが、Fig. 3 では粒子上にナノオーダーの綿状の積層した様子が基板表面と画像中央の粒子表面に確認できる。このような綿状の積層状態が作られたのは大気圧中での Si にレーザーアブレーションを行ったことによるものと思われる。Fig. 3 の図中央の粒子とその粒子の周囲の積層物の組成を分析し、その組成の比率をスペクトル表示したものを Fig. 4 に示す。黒の線

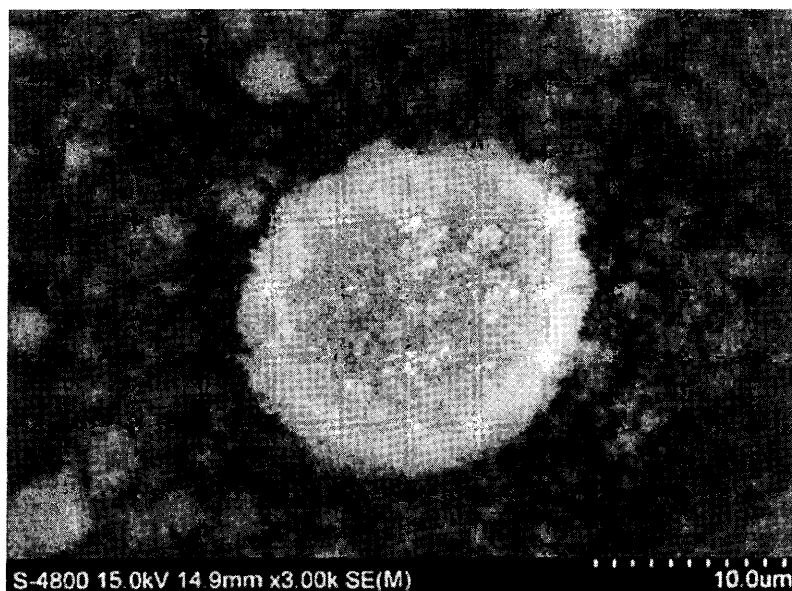


Fig. 3 High resolution SEM image

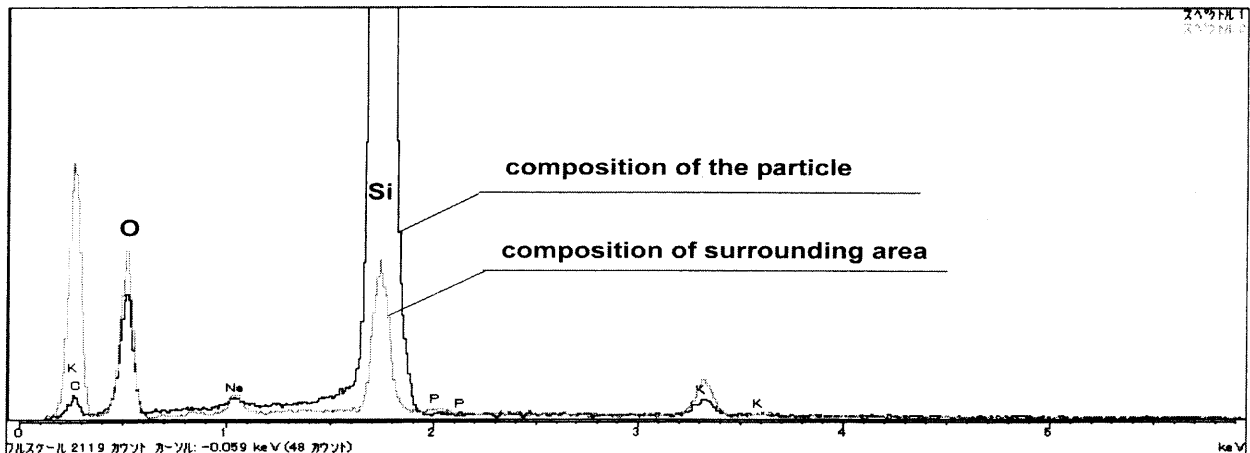


Fig. 4 Spectrum of the composition of the particle and the surrounding area

が粒子の組成、灰色の線が周辺部分のスペクトルである。図中左端の急峻なピークは、炭素(基板)によるものである。図中の0の部分酸素、Siがシリコンを示す。Fig. 4より、粒子および周囲の積層物いずれも主成分がシリコンと酸素によるものであることがわかる。このスペクトルでは、その組成比等については未知の部分があるものの、レーザーアブレーションによってバルク材(Si)からはぎ取られた Si 粒子が空气中で酸化し、ガラス基板上に SiO あるいは SiO₂ として積層したことが確認できた。

4. まとめ

本研究では、大気圧下でレーザーアブレーションを行い、Si の酸化ナノ粒子の生成および積層膜の作成を試みた。以下に研究成果をまとめる。

- (1) 積層の度合いを確認するため、積層領域の一部をマスクしたところ、積層部の状態を顕在化することができた。
- (2) 大気圧下でレーザーアブレーションを行うことにより、デブリ粒子も含め、大小さまざまな粒子が発生していることが明らかとなった。
- (3) 高倍率の SEM 画像を調べるとナノオーダの粒子が存在し、組織状に積層していることが分かった。また、SEM の高精度画像より、ミクロンオーダの粒子表面にナノオーダの綿状の構造が形成されていることが明らかとなった。
- (4) EDX を用い、積層した粒子および基板上に薄く積層した部分の組成分析を行った。その分析結果より、レーザ

アブレーションによりバルクのシリコンからはぎ取られた Si 粒子が空气中で酸化しながら基板上に積層していることが分かった。

- (5) ナノオーダの綿状の構造を有する粒子が確認された。このような構造により、これまでとは異なる活性を示す新機能材料の開発が期待でき、Si だけでなくその他の金属や半導体材料についても同様な手法の適用が考えられる。

References

- 1) 電気学会レーザーアブレーションとその産業応用調査専門委員会編:レーザーアブレーションとその応用, コロナ社(1999)
- 2) 佐々木毅, 越崎直人:レーザーアブレーションによる金属酸化物ナノ微粒子の調製, レーザー研究, 28(6), 348-353 (2000)
- 3) V. I. Konov, et al., "CO₂ laser-induced plasma CVD synthesis of diamond", Appl. Phys. A 575-578 (1998)
- 4) 折井, 平澤, 瀬戸, 綾:気相中レーザーアブレーションにより作成された半導体ナノ粒子における機能発現, 第 20 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 65-66, (2003)

損失のある不均一線路の TLM 法による時間領域応答の解析

宇津野 唯 篠崎 いずみ 遠藤 勲

Transient Analysis of Lossy Nonuniform Transmission Line Using the Transmission-line Modeling Method

Yui UTSUNO, Izumi SHINOZAKI and Isao ENDO

Abstract: For the purpose of the high precision and high-speed time-domain analysis of the lossy nonuniform transmission line, this paper describes how to apply TLM method to the analysis of the lossy and finite line length nonuniform transmission line. The TLM method is applied to the parabolic tapered transmission line and step responses are calculated. Dependency of the wave forms of step responses to the series resistance and parallel conductance of primary constants are investigated. For the specific value of resistance and conductance, the wave form of response become a step wave, it could confirm that such fact had possibility of the application to the matching network design.

1. まえがき

近年のデジタルシステムにおける信号の高速化に伴い、配線を伝送するパルスの動作を時間領域で正確に知ることが重要になっている。回路配線は伝送線路としてモデル化されるが、線路幅は一般に不均等であるし、ICと外部配線接続部分などを考慮する場合は不均一線路として取り扱うことが実際的である。不均一線路は線路定数が線路に沿って変化する微分方程式で記述されるが、特別な場合を除き解析解を求めることは困難である。したがって数値的に解を得るために TLM 法 [1], [2]、ラプラス変換を利用する方法 [3], [4], [5]、FDTD 法 [6], [7]などが考えられている。

FDTD 法は3次元電磁界解析のために提案された手法であり、対象とする方程式を時間と空間で直接差分して解くものである。ラプラス変換を利用する方法は無損失線路にも損失のある線路にも適用できるが、ギブス現象のため正確な応答が得られないことが多い。

本報告は不均一線路の精度の良い時間領域解析を目的として、TLM法を損失のある放物線形線路のパルス応答の計算に適用した結果について述べる。TLM法は回路シミュレータ SPICE や EMTP に用いられている方法で、伝送線路を遅延時間の等しい均一線路の多段縦続接続に近似して計算する方法である。この方法では、線路上で遅延時間が部分的に異なるような線路を取り扱う場合は線路分割の方法を修正しなければならない。しかし有限長線路を取り扱う場合、FDTD 法では外部回路との接続点、すなわち電源端と負荷端、における境界処理が問題となるのに対し、TLM 法では非線形な負荷を取り扱うことも容易である。

ここでは 具体的に伝送線路の始端および終端の特性インピーダンス、負荷抵抗、および線路損失の変化がステップ応答波形にどのように影響を与えるかを求めてみることにする。

2. 損失のある不均一線路の TLM 法による解析手法

TLM 法 (Transmission-line Modeling Method) は、伝送線路をそれぞれが伝播時間 (遅延時間) の等しい微小線路の多段縦続接続で近似し、時間ステップ k ごとの入射電圧と反射電圧に着目して時間応答を求める方法である。したがって、解析対象とする線路が不均一線路であっても、分割数を増やすことにより精度を上げることができるし、解が発散することもなく有力な方法である。

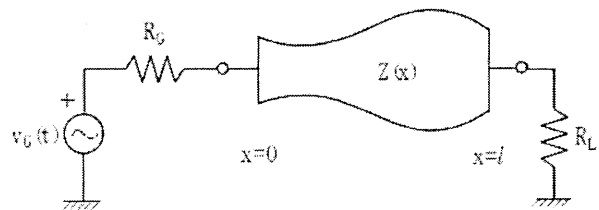


図1：電源と負荷を接続した損失のある不均一線路

Fig.1 A terminated lossy nonuniform transmission line.

図1に示す不均一線路の線路方程式は

$$-\frac{\partial V(x,t)}{\partial x} = R(x)I(x,t) + L(x)\frac{\partial I(x,t)}{\partial t} \quad (1)$$

$$-\frac{\partial I(x,t)}{\partial x} = G(x)V(x,t) + C(x)\frac{\partial V(x,t)}{\partial t} \quad (2)$$

で表される。ここで $V(x, t)$ 、 $I(x, t)$ はそれぞれ線路上の場所 x 、時刻 t における電圧、電流である。また $R(x)$ 、 $L(x)$ 、 $G(x)$ 、 $C(x)$ は不均一線路の一次定数であり、線路上 x での単位長さ当たりの抵抗、インダクタンス、コンダクタンス、キャパシタンスを与える。

いま線路長を l とし、これを N 分割することにより微小区間の長さを Δx 、信号伝搬時間を Δt とすると信号速度 v_0 は

$$v_0 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{\sqrt{L(x)C(x)}} \quad (3)$$

となる。また線路に沿っての特性インピーダンスの変化は

$$z(x) = \sqrt{\frac{L(x)}{C(x)}} \quad (4)$$

で与えられる。損失のある線路を分割した第 n 番目の微小区間を図2の TLM モデルで取り扱う。

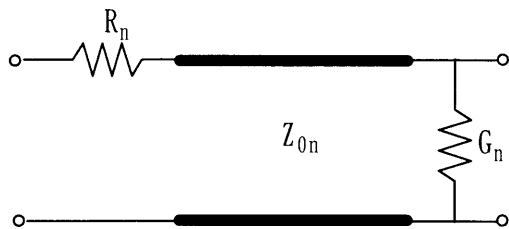


図2：微小区間の TLM モデル

Fig.2 TLM model of lossy transmission line.

Z_{0n} は第 n 番目の微小区間の特性インピーダンス、 R_n 、 G_n は損失を表す直列抵抗と並列コンダクタンスである。不均一線路を図3のように N 分割し、接続点にそれぞれ $n=1, 2, \dots, N, N+1$ と番号を付ける。 $n=1$ は電源端、 $n=N+1$ は負荷端である。図3の接続点 n には時間ステップ k で左向きの入射電圧波 ${}_kV L_n^i$ と右向きの入射電圧波 ${}_kV R_n^i$ が到達する。この二つの電圧波の和が接続点 n の全電圧 ${}_kV_n$ である。電圧波 ${}_kV L_n^i$ は第 $n-1$ 番線路左側の電圧波 ${}_kV R_{n-1}^r$ (これは接続点 $n-1$ からの反射電圧波) が単位時間ステップ遅れたものである。また ${}_kV R_n^i$ は接続点 $n+1$ からの反射波 ${}_kV L_{n+1}^r$ が単位時間ステップ遅れたものである。

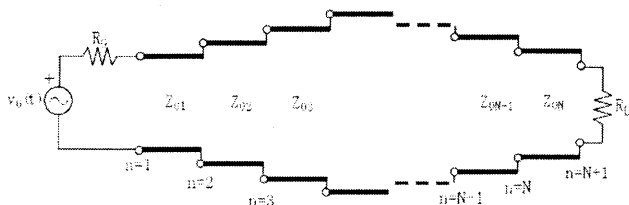


図3：不均一線路の多段縦続接続近似

Fig.3 Approximation of lossy nonuniform transmission line.

時間ステップ k において、接続点 n の右側と左側の線路をテブナンの等価回路で置き換えると図4となる。

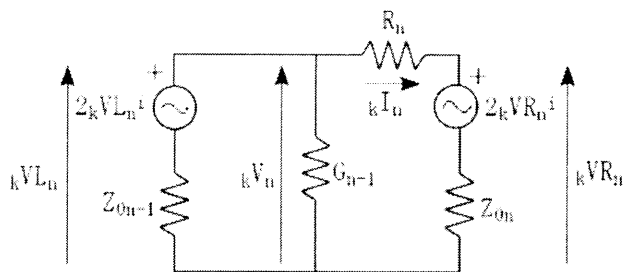


図4：接続点 n の等価回路

Fig.4 Equivalent circuit of node n .

したがって、図4における接続点 n の電圧 ${}_kV_n$ 、電流 ${}_kI_n$ はミルマンの定理により次の式で求められる。

$${}_kV_n = \frac{\frac{2{}_kV L_n^i}{Z_{0n-1}} + \frac{2{}_kV R_n^i}{Z_{0n} + R_n}}{\frac{1}{Z_{0n-1}} + \frac{1}{Z_{0n} + R_n} + G_{n-1}} \quad (5)$$

$${}_kI_n = \frac{{}_kV_n - 2{}_kV R_n^i}{R_n + Z_{0n}} \quad (6)$$

この電圧と電流は以下の式(7) - (10)および式(11) - (12)によって、時間ステップ k から $k+1$ の電圧、電流に順次更新される。

$${}_kV L_n = {}_kV_n \quad (7)$$

$${}_kV R_n = 2{}_kV R_n^i + {}_kI_n Z_{0n} \quad (8)$$

$${}_kV L_n^r = {}_kV L_n - {}_kV L_n^i \quad (9)$$

$${}_kV R_n^r = {}_kV R_n - {}_kV R_n^i \quad (10)$$

$${}_{k+1}V L_n^i = {}_kV R_{n-1}^r \quad (11)$$

$${}_{k+1}V R_n^i = {}_kV L_{n+1}^r \quad (12)$$

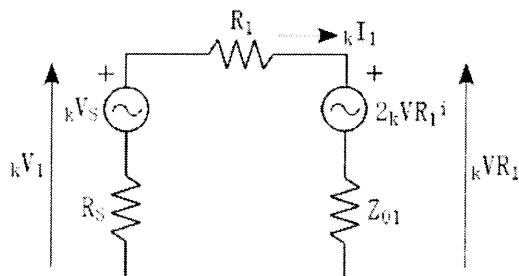


図5：電源端の等価回路

Fig.5 Equivalent circuit of generator terminal.

つぎに、電源端の等価回路は図5となるから、電圧、電流の更新は次の式(13) - (17)によって行われる。

$$kV_1 = \frac{\frac{kV_G + \frac{2_kVR_1^i}{R_1 + Z_{01}}}{\frac{1}{R_G} + \frac{1}{R_1 + Z_{01}}}}{\frac{1}{R_G} + \frac{1}{R_1 + Z_{01}}} \quad (13)$$

$$kI_1 = \frac{kV_1 - \frac{2_kVR_1^i}{R_1 + Z_{01}}}{R_1 + Z_{01}} \quad (14)$$

$$kVR_1 = 2_kVR_1^i + kI_1Z_{01} \quad (15)$$

$$kVR_1^i = kVR_1 - kVR_1^i \quad (16)$$

$$k_{+1}VR_1^i = kVL_2^i \quad (17)$$

負荷端の等価回路は図6となるから、負荷の電圧 kV_{N+1} と電流 kI_L は次の式(18) - (19)である。

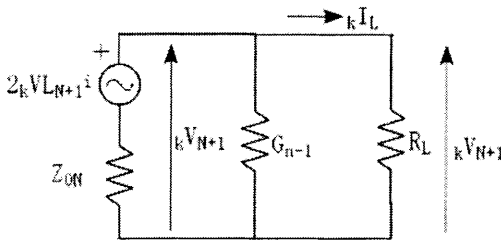


図6：負荷端の等価回路

Fig.6 Equivalent circuit of load terminal.

$$kV_{N+1} = \frac{\frac{2_kVL_{N+1}^i}{Z_{0N}}}{\frac{1}{Z_{0N}} + G_{N+1} + \frac{1}{R_L}} \quad (18)$$

$$kI_L = \frac{kV_{N+1}}{R_L} \quad (19)$$

3. 放物線線路の解析

具体例として、不均一線路の一つである放物線線路にステップ入力を加えた場合の応答について、TLM法を適用して解析した結果を示す。

ここで取り扱う、損失のある放物線線路の一次定数は次の式で与えられるものとする。

$$L(x) = L_0 \left(1 + \frac{1}{a} \cdot \frac{x}{l}\right)^2 \quad (20)$$

$$C(x) = C_0 \left(1 + \frac{1}{a} \cdot \frac{x}{l}\right)^{-2} \quad (21)$$

$$R(x) = R_0 \left(1 + \frac{1}{a} \cdot \frac{x}{l}\right)^2 \quad (22)$$

$$G(x) = G_0 \left(1 + \frac{1}{a} \cdot \frac{x}{l}\right)^{-2} \quad (23)$$

ここで a は定数、 l は線路長である。

一般に損失の分布 $R(x)$ 、 $G(x)$ はインダクタンスとキャパシタンスの分布 $L(x)$ 、 $C(x)$ とは独立であると考えられるが、ここでは $R(x)$ と $L(x)$ は同じ放物線形の分布式、 $G(x)$ と $C(x)$ は $R(x)$ と $L(x)$ の逆数の分布式に従うものとする。このような不均一線路は、周波数域において解析的に伝達関数を求めることができる[8]。

式(20)、(21)から、特性インピーダンスの分布 $Z(x)$ は次式となる。

$$Z(x) = \sqrt{\frac{L_0}{C_0} \left(1 + \frac{1}{a} \cdot \frac{x}{l}\right)^2} = Z_0 \left(1 + \frac{1}{a} \cdot \frac{x}{l}\right)^2 \quad (24)$$

式(24)における $Z(0) = Z_0$ は $x=0$ における線路の特性インピーダンスである。またこの式から線路出力端 $x=l$ の特性インピーダンス $Z_l = Z(l)$ とすれば、定数 a は

$$a = \frac{1}{\sqrt{Z_l/Z_0} - 1} \quad (25)$$

と決まることが分かる。また伝播速度 $v(x)$ は

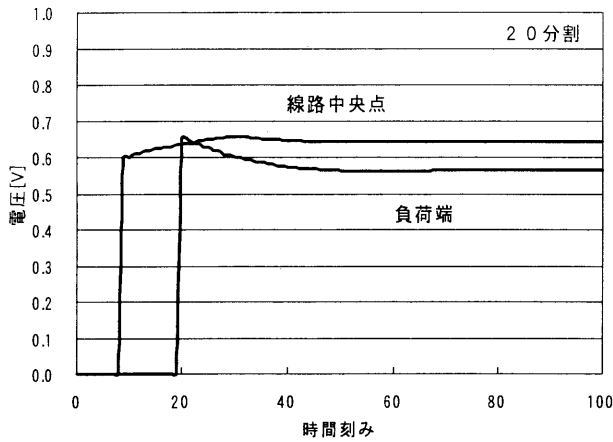
$$v(x) = \frac{1}{\sqrt{L(x)C(x)}} = \frac{1}{\sqrt{L_0C_0}} \quad (26)$$

と一定になるから、線路の分割長は平等でよい。以下解析結果を示す。

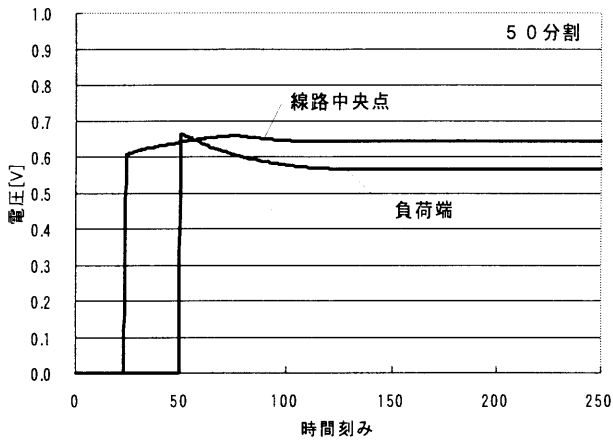
解析にあたり電源起電力は単位ステップ電圧 $v_c(t) = u(t)$ とし、内部抵抗は $R_c = 50[\Omega]$ 、負荷抵抗は $R_l = 200[\Omega]$ とした。また不均一線路の形状は線路長 $l = 0.5[\text{m}]$ 、 $Z_0 = R_c$ 、 $Z_l = R_l$ として入力端、出力端とも整合を取ることにした。したがって式(25)から $a=1$ となる。

解析はまず(1)分割数の影響を調べ、次に(2)線路損失の影響について調べることにした。

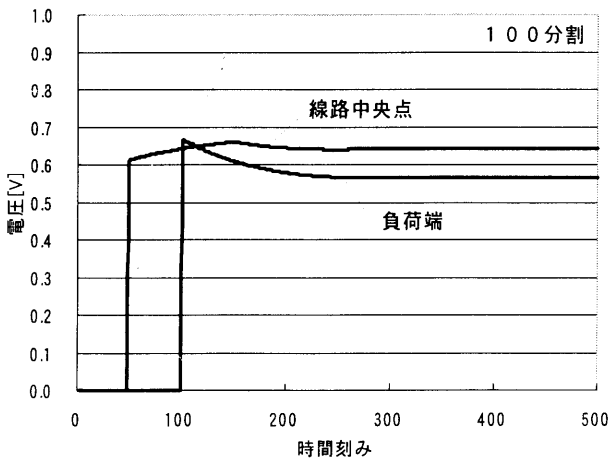
図7は線路分割数 N を 20, 50, 100 と順次増加した場合の、線路中央点と負荷端のステップ応答を比較したものである。横軸は、ステップ応答が立ち上がる時間が一致するように合わせてある。計算に使用した線路損失は $R_0 = 30[\Omega]$ 、 $G_0 = 0.02[\text{S}]$ である。分割数が少ない場合には、応答波形に階段状になる部分が見られるが3者ともよく一致しており、分割数をむやみに大きくする必要がないことがわかる。したがって、以後の計算においては線路分割数はすべて 100 とすることにした。



(a) $n = 20$



(b) $n = 50$

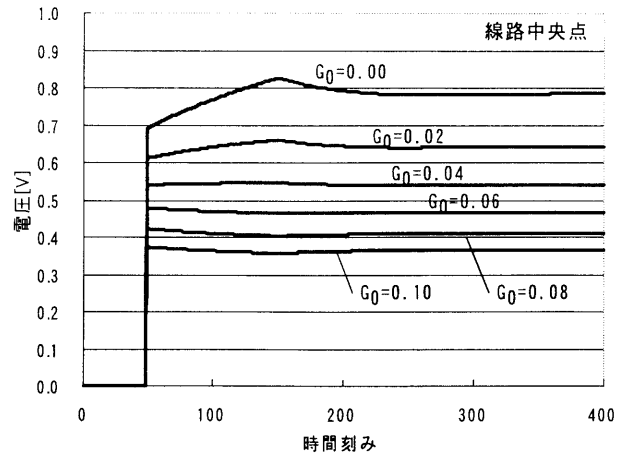


(c) $n = 100$

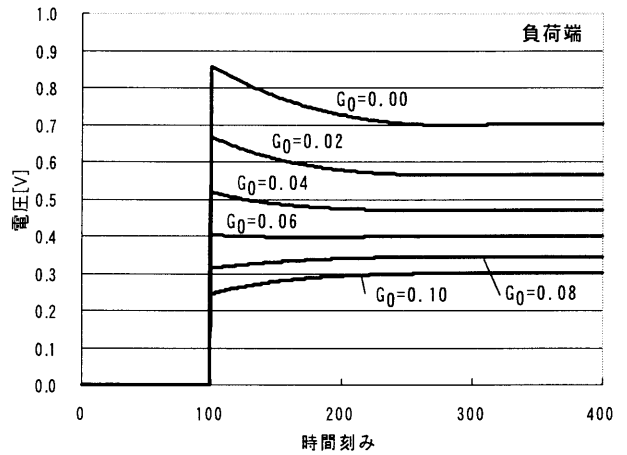
図7：線路分割数を変えた場合のステップ応答の比較

Fig. 7 Comparison of step response.

次に線路損失を変えた場合の応答の変化を調べることにする。まず直列抵抗の分布を変えずに、並列コンダクタンス分布 $G(x)$ を変えた場合について調べることにした。す



(a) center of transmission line.



(b) far end of transmission line.

図8：並列コンダクタンスを変えた場合のステップ応答の変化

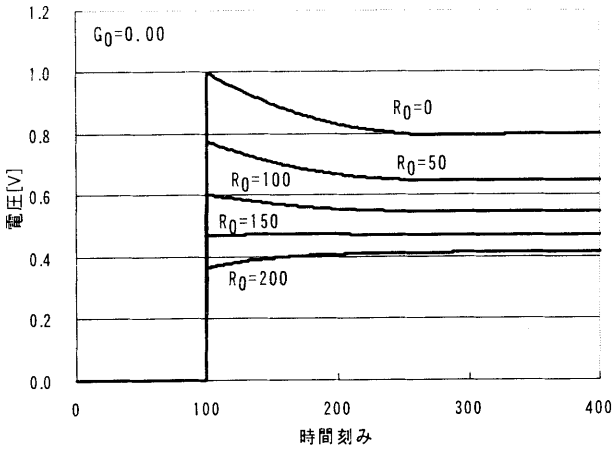
Fig. 8 Step response of lossy parabolic transmission line when the parallel conductance of G_0 is taken as a parameter.

なわち、 $R_0=30[\Omega]$ とし、 $G_0=0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10[S]$ と変化させた場合の線路中央点と負荷端のステップ応答を図8に示す。

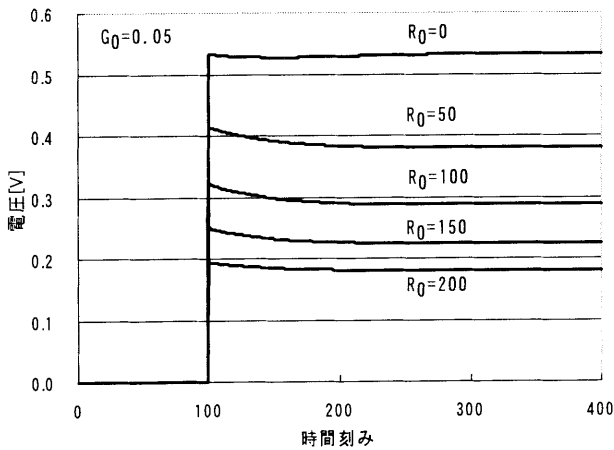
$G_0=0.06[S]$ 付近で非常にステップ波に近い応答が得られている。これがどのような理由によるのかについては、物理的に簡単な説明をすることは困難である。しかし、この現象については、他の解法によって既に報告されており[7]、分布定数線路を用いた整合回路の設計に対して注目すべき結果である。

入出力ともステップ波に近いということは、無ひずみ伝送が達成されていることになる。しかし、ここで取り扱っている線路は半無限長ではなく必ず終端が存在する。接続

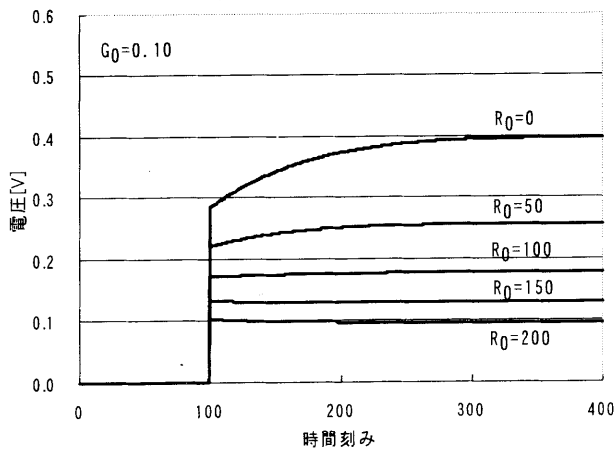
された終端抵抗が変化すれば、応答波形は当然変化することになる。このことについては後に述べる。



(a) $G_0 = 0.00$



(b) $G_0 = 0.05$



(c) $G_0 = 0.10$

図9：直列抵抗を変えた場合のステップ応答の変化

Fig. 9 Step response of lossy parabolic transmission line when the series resistance of R_0 is taken as a parameter.

次に、 G_0 を一定(0, 0.05 および 0.10[S])とし、直列抵抗の分布を変化させた場合の応答を図9に示す。 G_0 を増加させると線路内の損失が増加するので、当然のことながら出力の初期立ち上がり電圧は低下する。直列抵抗 R_0 についても同じことが言える。

以上の計算は、全て入出力端が整合している場合に行ったものである。この整合の条件が取られていない場合には、ステップ応答にどのような変化が現れるかを計算したものが図10である。ここでは $R_0=30[\Omega]$ とし、ステップ波に近似した応答が得られる $G_0=0.06$ の場合に、終端抵抗を変化させている。この図から負荷抵抗が $R_L=200[\Omega]$ の場合にはステップ波に近似した応答であるが、これよりも大きくなっても小さくなくてもステップ波から外れてくることがわかる。

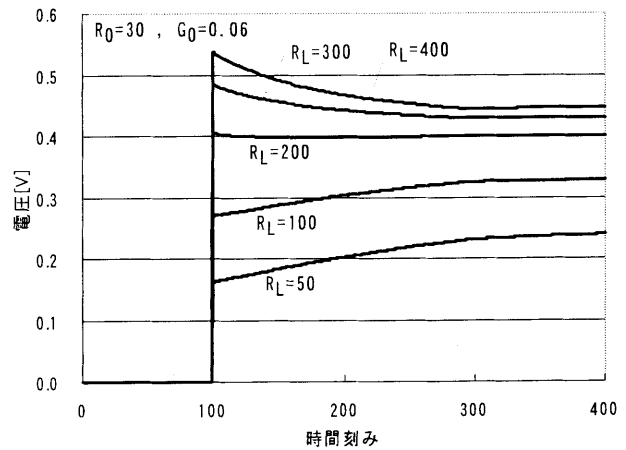


図10：負荷抵抗を変えた場合のステップ応答の変化

Fig. 10 Step response of lossy parabolic transmission line when the load resistance of R_L is taken as a parameter.

4. あとがき

損失のある不均一線路の高精度な時間領域解析の一つとしてTLM法を用いた解析結果について述べた。損失のある不均一線路を特性インピーダンスの異なる微小線路の多段縦続接続回路で近似し、損失分は直列抵抗と並列コンダクタンスで表現した。

計算の結果、TLM法は数値ラプラス変換を用いる方法に比べて、ギブス現象が生じることはなく線路のパルス応答の解析には有効な計算法であることが分かった。また整合回路の設計に応用できる知見も得られた。今後ステップ波に近い応答が現れる現象について更に検討を加える必要がある。

参考文献

- [1] C. Christopoulos (加川幸雄訳), "T L M伝達線路行列法入門," 培風館(1999).
- [2] 加川幸雄, 吉田則信, 土屋隆生, 佐藤雅弘, "等価回路網法入門," 森北出版(2000).
- [3] 市川 哲, 山口誠一郎, "不均一パルス伝送線路の過渡解析についての考察," 信学論(A), vol. J78-A, no.5, pp. 602-609, May 1995.
- [4] 遠藤 勲, "結合不均一線路の過渡応答について," 茨城高専研究彙報第35号(2000).
- [5] 遠藤 勲, 金沢拓朗, 鈴木秀史, "非線形負荷を接続した放物線結合不均一線路のパルス応答について," 平成13年度電気関係学会東北支部連合大会, 212, p. 295(2001).
- [6] 関根敏和, 小林邦勝, 横川泉二, "F D T D法を用いた不均一線路の時間領域解析," 信学論(A), vol. J83-A, no.9, pp. 1062-1070, Sept. 2000.
- [7] 関根敏和, 小林邦勝, 横川泉二, "損失のある不均一線路のF D T D法を用いた時間領域解析," 信学論(A), vol. J84-A, no.8, pp. 1018-1025, Aug. 2001.
- [8] I. Endo, Y. Nemoto, and R. Sato, "Equivalent representation of lossy nonuniform transmission lines," IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., vol. MTT-31, no. 6, pp.457-462, June 1983.

知的財産戦略と教育

金子 紀夫

Strategy and Education of the Intellectual Properties

Kaneko, Toshio

Abstract

In June 2002, the national strategy of intellectual properties was announced after the study for about six months under the prime minister's leadership. Four subjects were proposed i.e. the creation of ideas, its protection, the application of the rights, and the training of talent. The background of the strategy and some educational trials at Ibaraki National College of Technology are described in this paper.

1. はじめに

2002年3月20日、小泉首相の第一声で11名の有識者から成る知的財産(以下、知財と略)に関する戦略会議が始まった。冒頭の首相挨拶のあらましは、以下の通りである。「知的財産戦略は国の産業の国際競争力を高め、経済の活性化のために欠かせず、国家戦略として取り組むべき課題。“知的財産立国”を目指すために必要な施策と、国として取り組むべき具体策をまとめる。」

その後、毎月の審議を重ね2003年7月3日政府は「知的財産戦略大綱」を発表した。内容は知財の「創造」、「育成(保護)」、「活用」、そして「人的育成」の四項目に関する具体的な活動計画に及んだ。

筆者は、2003年4月、茨城工業高等専門学校(以下、茨城高専と略)に赴任するまで約10年間、電機企業で知財管理の責任者として経験を重ね、そのノウハウを、教育現場で学生に伝承しようと試みている。

本論文はまず、一連の国策の背景を米国と比較して述べ、次に上記四項目のうちの「人材育成」に注目して、茨城高専で実施している知財教育の試みについて述べる。

2. 知の世紀

21世紀は「知の世紀」である。アイデアの保護概念は15世紀のイタリアに遡る。18世紀後半に英国で勃発した「産業革命」に端を発する大量生産時代を経て、知財の権利化意識が急速に進んだ。その結果、「特許制度」の整備が欧米で促進された。明治維新の約100年前である。

ともあれ、全世界がモノの生産に追われ、人類は豊富なモノの文化を享受して、豊かな生活を獲得した。それから約二世紀の間、経済恐慌や多くの戦争の苦い経験も味わったが、科学技術はその用途を問わず、確実に拡大の一途を辿った。

21世紀を迎えるおよそ10年前、特に日本では、相変わらない生活環境の貧しさと、豊富なモノの氾濫のちぐはぐな環境の中でバブルの時代に入り、需要の多様性とそれに対応する供給のアンバランスが甚だしくなった。バブル崩壊後の現在も、その後遺症に悩んでいる。

最早、モノづくり一辺倒では生きていけない時代に入っている。モノづくりには多大な投資リスクを伴い、その回収ため、「モノは作らないけれど種々なアイデア、つまり“知”を事業とする」とい

う、新たな考えが認識されて来た。

今世紀を「知の世紀」と呼ぶ所以である¹⁾。

3. 米国のプロパテント政策

1985年に発表され、後にレーガン大統領のプロパテント(特許重視・保護)政策の基礎となった「ヤングレポート」は、特に、我が国に大きなインパクトを与えた。

米国は1930年代の世界大恐慌回避策の一つとして、アンチパテント政策を実施した。特許に代表される知的財産の使用を緩和し、産業の振興と雇用の拡大を目指した。1945年の第二次世界大戦後も、特に我が国の国力復興のために、その政策を継続した。その結果、我が国は生活必需品を中心に、歴史上類を見ない驚異的な経済復興を遂げた。「安かろう、悪かろう」のレッテルを貼られた時代から、大量生産技術の改革により、安定した製品を輸出できるようになり、1960年代の「岩戸景気」の時代を迎えた。

米国では1980年代初め、「鉄鋼」「自動車」「半導体」に代表される基幹産業製品の殆どを、日本産業に奪われ、国内産業の衰退と、国力の低下が懸念された。当時のレーガン政権は、ヒューレット・パッカド社の会長 J.A.ヤング氏を委員長とする「産業競争力委員会」を設置、約1年半を掛けて「世界的競争、新しい現実」と題する報告書(ヤングレポート)を大統領に提出した。内容は①新技術の創造・実用化・保護、②資本コストの低減、③人的資源の開発、④通商政策からなる。主に我が国で通常化していた「コピー天国」に対し、法的な制裁を施すためのプロパテント政策は、以上の背景から生まれた²⁾。

4. 我が国の対応

我が国は、米国に遅れること約20年後の2002年、冒頭に述べたように小泉首相の指導による、

国策として知財戦略の見直しが始まった。

表1に日米の知財政策の小史を示す。全てにおいて20年余の遅れが明らかである。また、米国では常に大統領自らが、強力なリーダーシップを発揮しているのが特徴的である。米国の施策が一段落した1990年前後から、日米特許紛争が激化、日本企業の敗訴が相次いだ。この間、一部の識者によって、政策の転換が訴えられたが、残念ながら実を結ぶには至らなかった。

表1 知財政策の日米比較

米国	日本
1979 産業技術革新政策に関する教書(カーター大統領)	1997 プロパテント宣言(荒井特許庁長官)
1980 バイオ・メトリック法	1999 日本版バイオ・メトリック法(産業活性化再生特別措置法)
1982 ITC、CAFC(連邦巡回控訴裁判所)	2002 知的財産基本法
1985 ヤングレポート、通商産業プログラム、プロパテント宣言(レーガン大統領)	2003 知的財産戦略本部
1988 包括貿易法(通商法301、関税法337)	2005 知的財産高裁

知財に関する貿易収支の日米比較を、図1に示す³⁾。米国のプロパテント政策の成功が伺える。我が国の「物売り貿易」は黒字であるが、「技術貿易」は赤字の状態が依然として続いている。

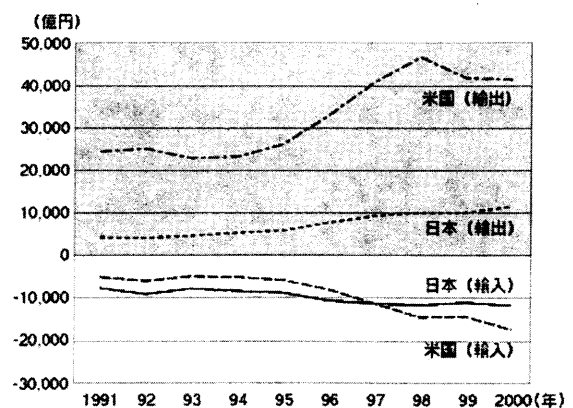


図1 日米技術貿易の推移

また、1980年後半から、米国の海外特許出願数も急速に伸びた。2000年の統計によれば、外国出

願の割合は米国、日本でそれぞれ 95%、65%である。だいぶ改善されて来たが、先進諸国のなかでは最低である⁴⁾。

さて、前述した我が国の、四つの知財戦略大項目のうち、「創造」、「育成(保護)」、「活用」はいわゆる「知的創造サイクル」の要素で、これらの確立は「富」を生み出す原動力で、企業にとって当然である。今回、これを中小企業や大学、高専など教育・研究の場に拡大しベンチャー産業を振興することが重要課題である。教育機関における「知財本部」や大学等と民間産業界との間を仲介する TLO (Technology Licensing Organization) の設立が加速されている現状にある。特に高専においては、規模が小さく独自で知財権を確保・保持することは困難で、地域にある大学と共に、産学官連携のもとで体制の整備が必須である。特に 2004 年 4 月からの独立法人化後、教員の発明が原則的に、「職務発明」として取り扱われることになり、一層の意識改革が望まれている。

最後の項目、「人材の育成」は、21 世紀を担う創造的な技術者の教育が狙いで、最も重要な問題であり、我が国が立ち後れている部分でもある。以下、政策一般をレビューし、茨城高専における取り組みと、将来の課題について述べる。

5. 知財教育政策と高専教育

我が国の特許は、その 76%が改良特許で占められている⁵⁾。技術立国として欧米との競争に勝つには、独創性の高い発明が多数必要であり、そのためには、義務教育から高等教育に至るまで一貫した、総合的な創造性教育が急務である。創造性の高い発明とは、「人が欲しがらるもの」であり「それが無くてはビジネスが成り立たないもの」を指す。

我が国は著作分野でアニメやゲームソフトなど、また産業分野ではナノテク、環境、エネルギー、医療、農林水産などで世界をリードする卓越した技術を持っている。問題はこれら基盤技術の継続

的な維持である。一方教育では、とりわけ知財の創造を担う人材の育成と、良い発明を生み出す環境の整備が重要である。小学校低学年から、自由な発想、創意工夫、ディベート技術を涵養し個性を伸ばす教育が必要である⁶⁾。

高専は5年から専攻科を含む7年間の一貫高等教育機関として、アイデアの創成と試作、地元産業での事業化、そして権利化から技術料収入へと恰好な立場にある。しかしながら、産学連携・知財管理・国際交流等の高度な専門性を必要とする教職員が不足しているのが実情である。

特許庁では1998年工業所有権標準テキストを発行し、知財権に関する正しくかつ実践的な知識の普及に取り組んだ⁷⁾。そして工業高校と高専を対象にした知財教育実験協力校を募り、2003年度で第3回目を迎えている。

6. 茨城高専の取り組み

茨城高専では、知財教育に関する時代の要請と、事の重要性を早くから感じ取り、1998年から非常勤体制で特許教育に取り組み、2003年からは常勤体制に切り替えた。また2003年度から上記「実験協力校」に参加をしている。筆者は現在まで、一貫してその任に当たっている。

2003年度から、講義を二つに分け、基礎編を本科4、5年生の選択科目、応用編を専攻科1、2年生の必修科目としている。共に全学科を対象とし毎週2時限、半期講座としている。

基礎編では、特許制度の意義、特許と産業、日米欧の制度の違いと背景、特許紛争、将来の展望などを中心に、「今、なぜ知財なのか？」を理解させるようにしている。先述した特許庁編纂の各種テキストを活用している。

- * 産業財産権標準テキスト 特許編
- * 「特許から見た産業発展史」教科書では語りきれないもう一つの産業史
- * 「ドクタースランプ んちゃ! あられの

おしおき！ アイデア泥棒をやっつけちゃえ！」(ビデオ)

* 「がんばれ！コボちゃん牛乳」(ビデオ)

しかし、これでは不十分であり、自前のテキストを作成している。放送、新聞・雑誌記事は日進月歩の話題性と視聴覚の面で大切な要素であり、積極的に利用をしている。例えばセガ・ミノルタ・青色ダイオード事件、キャノンのコピー機開発、ミッキーマウスの著作権紛争など、また行政の動きの中からもなるべくホットな話題を集めている。

応用編では、アイデアの創成、育成から明細書執筆までの実務の訓練を試みている。5名から10名単位で仮想会社を設立させ、会社毎に新製品開発計画を提案、その技術の権利化を目指している。利益を得るための市場調査、公知例調査、アイデアのブラッシュアップなど臨場感の醸成に努力している。学生の自由発想のなかには、ビジネスモデル特許も含まれる。使用している特許庁編纂の特許ワークブックは下記の通りである。

* 書いてみよう特許明細書出してみよう特許出願 — 創造的研究成果を特許に —

また、「実験協力校」活動の一環として、学生ベンチャー同好会の特許創成活動を支援し、出来るだけ実現可能なアイデアを育て、試作品の作成を計画している。

7. 学生レポートから

基礎編では中間試験、期末試験に課題を与えて小論文形式のレポートを提出させている。課題を与えてから1週間の期限内で、2,000文字程度のまとめを求めているが、今年度期末試験からは、集中力の訓練を兼ねて、課題を与えてから50分間で800文字のまとめに切り替えている。

課題は、中間試験では、「技術者にとって知的財産は如何に大切か?」「20年以上遅れた日本の特許制度の挽回策は?」の中から選択とし、期末試験では「この講義を受けて“知的財産”に関する認

識がどう変わったか?」とした。学生総数は約150名、以下、各レポートの中から幾つかを紹介したい⁸⁾。

1) 技術者にとって知的財産は如何に大切か?

- * 技術者は「国の産業、経済を担っている」という誇りと責任感が大切、その具体的な武器が知財だ。
- * 特許を出す技術者や研究者は真の実力者だ。優秀者は学位(博士)と同等だ。
- * 頭脳労働は多大な努力とリスクが伴う。その結果としての技術開発、それを権利化して、新たな意欲を沸かせることは美しいことだ。技術を“Art”と呼ぶ欧米の文化を見習おう。
- * 特許明細書は法律文書である。解釈上の問題、日米法律の違いと歴史的背景など、技術者には法律の勉強が不可欠だが、現状は全くの別世界に見える。
- * 技術の独占権と産業の独占権を、履き違えたら大変だ。特許権利者は弱小企業には無料開放を、海外企業には毅然として権利行使をすべきだ。
- * 技術は高等教育を授かった人にあるだけではない。身近なアイデア、工夫にビジネスチャンスがあることを知るために、権利化の成功感を若い世代が持てる環境が欲しい。
- * 日本の保有特許数は世界一、「死滅」に近い休眠特許数も世界一、維持費も世界一。技術者は現状を知っているのだろうか?
- * 利益を生み出す気概が大切だ。コスト意識がないと、たとえアイデアが優れていても産業に役立たない。
- * 新製品開発をする前に特許の調査があるべきで、後で抵触や侵害が発見されたときには手遅れである。

2) 20年以上遅れた日本の特許制度の挽回策は？

- * まず意識改革だ。特に小学生などの低年齢層を対象とした意識改革が大切、20年の差は認識の甘さにある。知財の話は本講義で始めて聞いた。危機感を持つのはほんの一握りの人達だ。知財教育は文科系、理工系を問わず必須だ。
- * キャッチアップ型からフロンティア型思考への舵きり<文末；付録参照>と、独創性思考の継続的な訓練が欠かせない。
- * 特許出願費用の低減と国民が誰でも親しめる環境の整備が大切だ。特に外国出願は急務、数を増やさないと聞えない。
- * 法律、裁判制度の積極的な情報開示と啓蒙。ディベートを基本としたとプレゼンテーション技法の訓練を教育の現場で欲しい。
- * 権利化までの期間短縮と強力な救済措置。
- * 学校の休みの集約し、長期化して才能を伸ばせる機会を作る。
- * 更なる国家戦略の強化。少ない資源、技術立国を政治家はもっと真面目に考えよ。
- * 知の時代に対応した行政や司法、産業界などのインフラの整備。学校の遅れは酷い。
- * ロースクールの拡充。高専に地域や産業と連携して「知財専攻科」を新設。特許権利の取得は実践的技術教育の最終目標だ。JABEEプログラムに組み込むべきだろう。
- * パイオニア精神の増強。やる気向上には、特許報酬制度の整備と金額アップが必要。
- * 国際特許論争に耐える、サバイバル英語の教育。目的を持たない英語教育では困る。
- * 弁理士の超大量育成、および特許ITインフラの強化と、超高速化。
- * 高専教育での社会教育が足りない。教員の資格も学術に走りすぎている。企業人のスキルをもっと盛んに導入すべきだ。
- * 日本版ITC (国際貿易委員会・・・事実上米国産業保護の出先機関) の早期立ち上げで、欧

米と対等の関係に立ちたい。権限も米国版以上に欲しい。

- * 知財専門学校を設立、技術者の再教育をしてキャリアパスとする。弁護士・弁理士・コーディネータを擁し国策の提言も行う。

3) この講義を受けて「知的財産」に関する認識がどう変わったか？

- * 特許制度とは、人間の知的活動を正しく評価するための倫理に、国策を加えたものだ。
- * オリジナルはただひとつ、知財は誇り高いものと感じた。芸術作品だ。
- * 社会を感じた。「産業社会学」⁹⁾とのジョイント講義を望む。共に必修科目とすべきだ。また、教員の受講も必要ではないか。学校全体の活気も期待できる。
- * 新聞記事、テレビ番組で知財問題に対する注意力が養われた。街を歩いたり、買い物をする時も、気にするようになった。
- * 150名のマンモス講義。出欠席管理や相互対話など、きめの細かさが欲しい。
- * 活用の出来ない特許は意味がない。発明投資や一件当たり500万円から1,000万円掛かる維持費など、コスト意識が大切だ。
- * 特許出願は、誰でも出来る。ただ意識の継続が必要だ。出願のための訓練が欲しい。
- * 知財制度は金儲けのためと思っていた。産業界と社会の限らない発展のためにあるのだ。
- * もっと早く知りたかった。小学生からの一貫教育が日本経済の礎になる。
- * アニメ、ゲームソフトなど日本の誇る産業が著作権保護されているのか、心配になった。
- * 中国の模倣問題は深刻、戦後の日本とは国際環境やITの環境が、まるで違う。
- * 弁理士を目指す。天下国家のためにこんなに重要、かつ高取得とは知らなかった。
- * 技術翻訳は外国出願を助け、国家を助ける。

重要な任務だ。外国で修行したい。

- * 日本企業の90%は中小企業、この知財戦略は最重要で大学・高専・大企業の責任は重い。また一部の大企業が、特許権を排他的に独占することは「社会悪」に等しい。
- * 米国に勝つのは難しい。相手の知財制度を研究し、弱点を探ることが第一歩だ。実践的な国際感覚も養うことができる。
- * 米国における著作権訴訟では、利害関係が剥き出しで、健全な文化の発展を阻害していて、悪いイメージを持った。
- * フロントティア型の思考は、「教育の現場」にこそ取り入れるべきではないか。
- * 知財に限らず、行政のスピード感の欠如が目につく。民間企業との50%程度の人事交流が必要ではないか。
- * 危機感の無さを痛感した。学校も経営のための知財と位置づけて、教員と学生の特許出願を評価したら意識が上がるだろう。
- * 教育方法もビジネスプロセス特許になる。法人化後のためにも検討を要する。
- * 教育は意識改革の原点。知財講義はこまめに分けて5~7年間通年、必修科目で行い、産学官の研究テーマにしたらどうか。
- * 「戦略」の意味が理解できた。リーダーの強い意志と優しい心、そして良き参謀が必須。
- * 発明の中には他人の特許を逃げて、逃げて、逃げ回って辿り着くものもある。
- * 特許庁を第三セクターに移し、埋もれた特許による日本の産業再生と、外国からのロイヤルティ獲得を活発化したらどうか。
- * 講義で、特許で得をした人、損をした人の具体例を聞いたかった。身近に感じてインパクトが期待できる。愉しくやるために、失敗の歴史に学ぶことも大切だ。
- * 知財戦略は「守り」から「攻め」への転換期に差し掛かっている。
- * 日本の技術が伸びない原因のひとつに「変

人」をいじめ、平均的かつ従順な人を育てる風潮が挙げられる。

- * ベンチャーを支える社会制度において、日米の差が明らかになった。法律の整備が大切だ。
- * 米国の陪審員制度を知り、歴史と文化の違いを感じた。新設される特許高裁に市民の参加が欲しい。
- * 「職人」のスキルを権利化し、技術の伝承と商機に役立てることが出来ないか。
- * ホームページの自作で、知らず知らず著作権を侵害していたことに気がついた。どうすべきか、詳細が知りたい。

8. 考察と課題

学生レポートの抜粋は基礎編講義のみが対象である。3つの課題はアンケート形式でなく自由作文形式にしたため、回答内容には共通点も多い。また、意見・主張をジャンル分けや、ランク付けは、重要な意味を持たない。要は20歳前の学生が、どんな意識を持ち、また持ったかということが大切である。

全体を通して得た感想は、以下の通りである。

- * 「産業発展」という知財の概念をほとんど知らない。単なる金儲けの手段、または技術の登録手段との認識しか無い。
- * スポンジのような勢いで、知識を吸収する意欲がある。
- * 抽象的な小論文課題にも関わらず、インターネットや文献を良く調べている。ただし自分の意見・主張と引用内容の区別が曖昧で、訓練を要する。50分限定の試験の場合には、自己主張が良く出ている。
- * 教育の関する記述が多いが、学生自身の問題だけでなく、教員、学校、システムの提案も多い。

今後の課題として、次の項目が考えられる。

- * 特許庁テキストの見直し。特に国家の特許戦略について別冊が必要。
- * 他の高専、大学との連携によるテキストや講義内容の平準化。
- * 半期だけでは時間的にきつく、低学年からの一貫したカリキュラムの検討。
- * 必修科目への移行。
- * 産業社会学や経済学と連動した講義内容。
- * 弁理士や、企業の前線に立つ人材による講義支援。
- * 専攻科を対象としている「特許出願プロセス」講義の評価。
- * 学生ベンチャー研究同好会を対象としている「モノづくりを通じたアイデアの権利化」実践指導の評価。

ケーション 日本政策投資銀行 2001.12

http://www.dbj.go.jp/japanese/research/download/pdf/industry_report/r03.pdf

3) 岩崎 靖 大和総研 2002.12

<http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/200212/03.html>

4) 平成 15 年版科学技術白書 文部科学省

<http://www.wp.mext.go.jp/kag2003/index-28.html>

5) 日本テクノマート調査 1996

6) 知的財産戦略大綱 知的財産戦略会議 2002.7

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki/kettei/020703taikou.html#1-1>

7) 知的財産意識の啓発 特許庁 2001.11

http://www.jpo.go.jp/shiryoutoushin/nenji/nenpou2002_pdf/1-6-1.pdf

8) 2003 年前期 講義レポート

9) 「産業社会学」茨城高専 人文科学科

三好章一教授 担当 4、5 年共通(選択)

9. おわりに

本論文では、米国に20年以上遅れを取ったわが国の知的財産戦略、その中で人材の育成を取り上げた。茨城工業高等専門学校における、萌芽期にある知的財産教育の内容を紹介し、学生の意識向上の状況と、学生意見を参考にしながら、今後の課題を述べた。受講学生に感謝の意を表したい。

実践的な技術者を養成する工業高等専門学校にとって、知的財産教育は今後、ますます重要となることは明らかである。教育内容を充実し、知的財産研究室の立ち上げを目指して行きたい。

付録 成長パターンと保護スタンス <7.2> 参照

項目	キャッチアップ形	フロンティア形
基本技術	欧米からの導入が主体	独創性が必要
産業化	需要や製品イメージが明確	不明確
開発リスク	一般的に小	大
開発マインド	横並び意識	独創性 得意分野開発
知的財産権	改良発明の保護重視	基本発明の保護重視

参考文献

- 1) 金子 SEMI News 2001.8、2001.12、2002.10
http://www.semi.org/web/japan/wsemi.nsf/url/semi_news_index
- 2) 『ヤングレポート』以降の米国競争力政策と我が国製造業空洞化へのインプリ

Endocrine Disruptor Eluted from Housewares of Polycarbonate Resin

Yutaka TOMITA, Yuko SUMIYA ^{*1} and Katsuhiko HIRAKAWA ^{*2}

^{*1}The student graduated in 2002.

^{*2}The student graduated in 2003

Abstract : Convenient determination of Bisphenol A (BPA) and its elution pattern from polycarbonate resin were investigated. A standard addition method as convenient determination indicated that low concentration of BPA was able to be measured with good precision, for example, the correlation coefficient of 0.9978 at 25 ppb. Elution pattern of BPA from polycarbonate resin showed the results as follows : in case of organic solvents surface area was the major parameter for elution amount, but in case of water temperature and time were major parameters for it.

1. Introduction

Polycarbonate resin is a very useful material for many kinds of containers since it has superior characteristics such as thermal resistance, for examples melting points of 220 to 230°C and glass transition temperature of 150°C (1). Then, containers for housewares made from this resin are able to be used in refrigerators and also in microwave ovens. This resin is usually manufactured by the interaction of 2,2-bis(4-hydroxy-phenyl)propane (so called bisphenol A, hereafter referred to as BPA) and phosgene (or carbonic ester). Ordinarily the reaction is not completed and eventually BPA as an unreacted material remains in the resin. Toxicity of BPA is not so high, that is, LD50 is about 3,250 mg/kg for a rat and 2,500 mg/kg for a mouse (2). The amounts of BPA remained in and eluted from the resin are provided by the regulation in which the upper limits are less than 500 μ g/g and 2.5 μ g/g, respectively (2). BPA, however, was recently recognized as one of the endocrine disruptors so called environmental hormones. It is well known that the endocrine disruptors show estrogenic activity for animals and humans at extremely low concentrations, so called a low dose effect. Many kinds of analytical techniques have been applied to determination of BPA, for example, GC/MS (3,4), LC/MS (5,6), LC with coulometric detection (7), LC with fluorescence detection (8), LC with argon laser-induced fluorescence detection (9) and so on.

In our previous report (10), determination methods of BPA were described, in which 3,5-dinitrobenzoyl chloride was used as a labeling reagent for increasing a molar absorption coefficient of BPA. The detection limit was about 10 ppb under the conditions used in the report. Also in the same report, the method was applied to determination of BPA eluted from inner coatings of canned drinks that were commercially available. The concentration ranges from 70 to 230 ppb were founded in those samples.

In this paper, we investigated elution of BPA from polycarbonate resin used as a material of containers for housewares. Preliminary tests indicated that concentrations

of BPA in the eluate were not so low, more than several ppb. According to these results, BPA in the eluate was determined by using HPLC with a standard addition method, without the labeling reagent.

2. Experimental

2.1 Reagents

A stock solution of 40 ppm BPA was prepared by dissolving analytical grade of BPA (Kanto Chemical Co., Inc.) in acetonitrile (analytical grade, Kanto Chemical Co., Inc.). Cyclohexane and ethanol used for tests of elution were analytical grade (Kanto Chemical Co., Inc.). Sodium chloride for salting-out was analytical grade (Kanto Chemical Co., Inc.). In all procedures, water used was purified by distillation after deionization.

2.2 Apparatus

The HPLC used in this work consisted of a PU-980 pump (Jasco Co.), a Model 7125 loop injector (Rheodyne Co., USA) with a sample loop of 20 μ l, a CO-965 column oven (Jasco Co.) at 40°C, a UV-970 spectrophotometric detector (Jasco Co.) at 227 nm, a 807-IT integrator (Jasco Co.), and an analytical column (150 mm x 4.6 mm i.d.) packed with Crestpak C18S (ODS, 5 μ m in particle size, Jasco Co.). A mobile phase (eluent) was a mixture of acetonitrile and water (40:60, in V/V %) and a flow rate was 1.0 ml/min. The amount of 20 μ l sample solution was injected into HPLC.

2.3 Procedure

A small piece of a container for housewares made from polycarbonate resin was sliced and a 1.0 g or 3.0 g of sliced pieces was transferred into a flask. A solvent for elution was poured into it. In case of ethanol or cyclohexane, 10 ml of a solvent was used for the test. Then, the solution including the sliced piece of the resin was stirred for a definite period. After a definite period for elution, 5 ml of the solution was purged to dryness with nitrogen gas, and the residue was dissolved with 5 ml of a carrier solution. On the

other hand, in case of water as the solvent, 100 ml of water was poured into the flask, which was heated with a microwave oven for a definite period. After cooling down the solution to room temperature, the solution in the flask was transferred into a volumetric flask of 100 ml and then it was made up with water. A 10 ml of the water solution was shaken with 2 ml of cyclohexane and 3 g of sodium chloride. After solvent extraction, 1 ml of the organic layer was purged to dryness with nitrogen gas, and the residue was dissolved with 5 ml of a carrier solution followed by a standard addition method described below.

2.4 Standard addition method

HPLC with a standard addition method was applied to determination of BPA in the eluate. The standard solutions were added into the sample solutions mentioned above. Pure water was added into the first sample solution. To the second sample solution, 25 ppb of the standard solution was added, and then in the same manner, 50, 100, 200, and 400 ppb were added into the sample solutions, respectively. Those solutions were analyzed with HPLC.

Total flow scheme is shown in Fig.1-A for organic solvents (ethanol and cyclohexane) and in Fig.1-B for water.

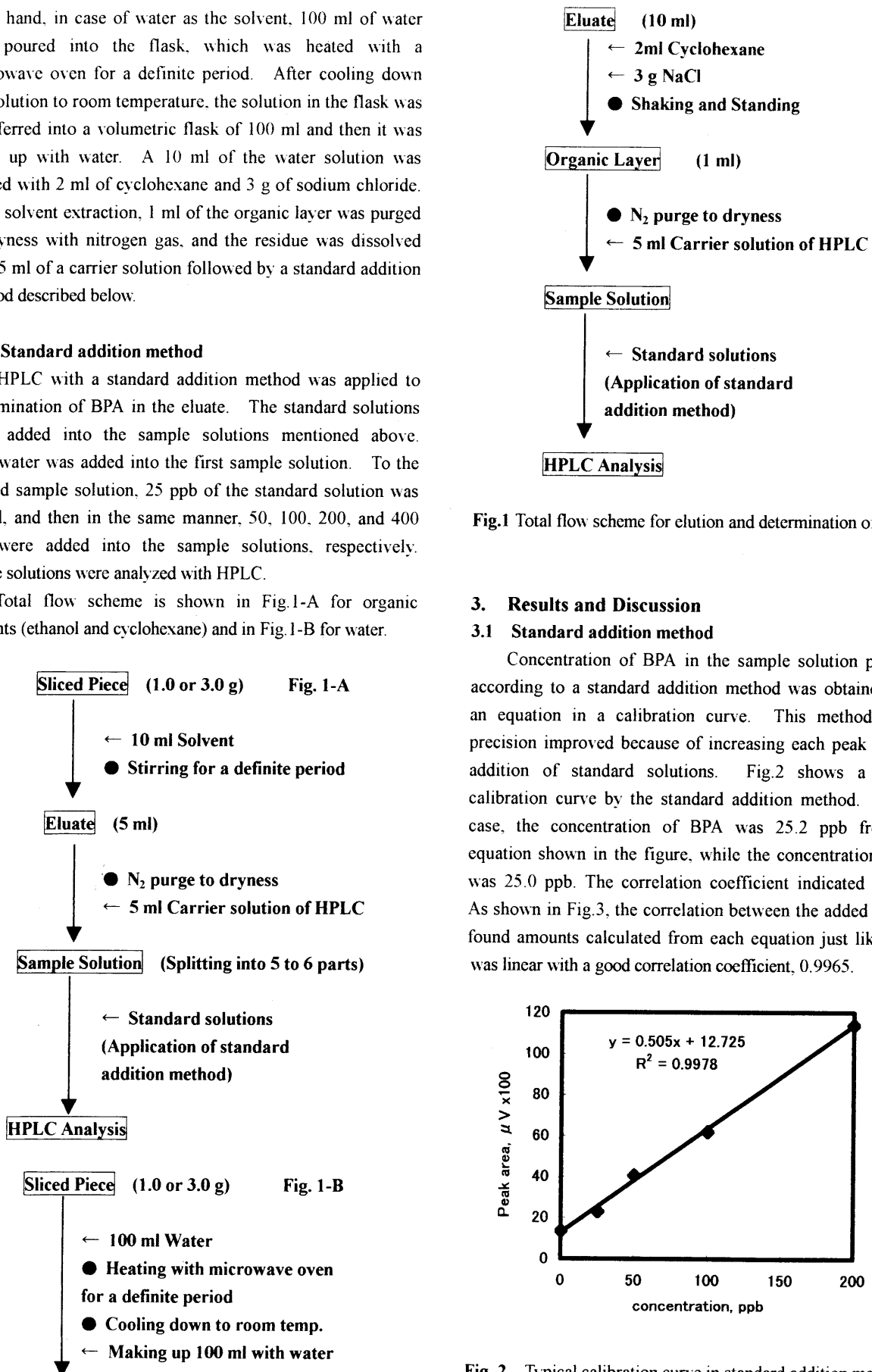


Fig.1 Total flow scheme for elution and determination of BPA

3. Results and Discussion

3.1 Standard addition method

Concentration of BPA in the sample solution prepared according to a standard addition method was obtained from an equation in a calibration curve. This method makes precision improved because of increasing each peak area by addition of standard solutions. Fig.2 shows a typical calibration curve by the standard addition method. In this case, the concentration of BPA was 25.2 ppb from the equation shown in the figure, while the concentration added was 25.0 ppb. The correlation coefficient indicated 0.9978. As shown in Fig.3, the correlation between the added and the found amounts calculated from each equation just like Fig.2 was linear with a good correlation coefficient, 0.9965.

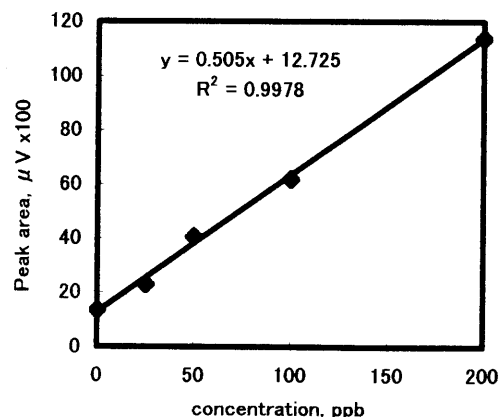


Fig. 2 Typical calibration curve in standard addition method

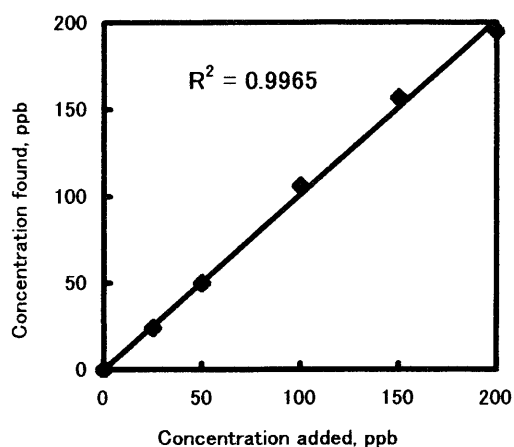


Fig. 3 Correlation between the added and the found concentration of BPA in standard addition method

3.2 Elution of BPA with solvents

When ethanol and cyclohexane were used as solvents for elution at room temperature, high concentrations of BPA eluted was observed. These results are shown in Table 1. The large scatter in measured values was based on differences in surface area of sample pieces.

Table 1 Elution of BPA with solvents

Solvent	eluted amount (ppb)		
	Trial 1	Trial 2	Trial 3
Ethanol	26	14	17
Cyclohexane	14	16	58

3.3 Salting out for solvent extraction

When water was used as a solvent for elution, no elution of BPA was observed at room temperature. Therefore heating with a microwave oven was applied to elution as shown in Fig. 1-B described above. In the process of solvent extraction mentioned in Fig. 1, addition of sodium chloride (NaCl) is well known as "salting out". In this work, the salting-out indicated the extremely large increase in the recovery of BPA, as shown in Table 2. The saturated amount of NaCl added in the eluate showed the best result, which was about 3 g.

Table 2 Effect of salting-out on extraction of BPA

Concentration(ppm)	Recovery(%)	
	without NaCl	with NaCl
0.25	14.2	95.9
0.50	18.0	90.0
1.0	32.0	98.0

3.4 Elution pattern of BPA in water

A sliced piece of 3 g was used for observation of elution pattern from water under the condition of heating. The result is shown in Fig.4. The elution pattern indicated that elution into 100 ml of water was saturated after about 10min.

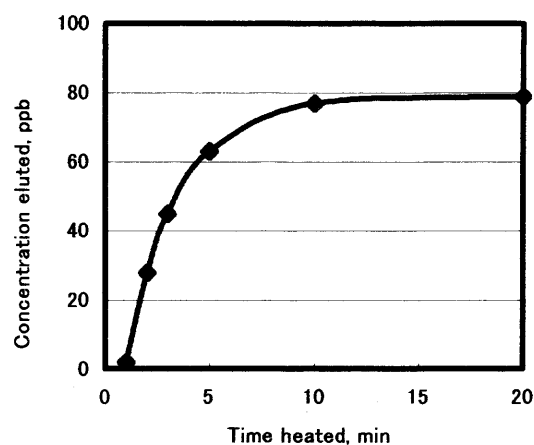


Fig. 4 Elution pattern of BPA in water

3.5 Chromatographic separation

Fig.5 shows a chromatogram of BPA which was obtained from a result of heating for 5 min in water. A peak of BPA had the retention time of about 7.2 min with good separation and shape.

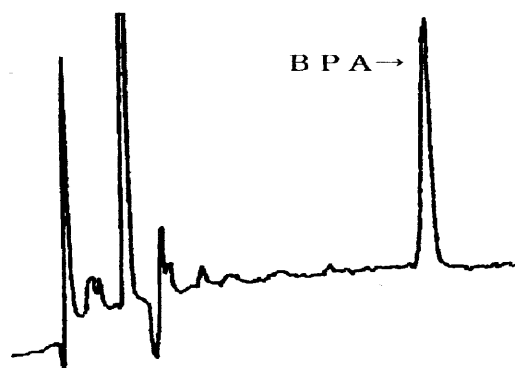


Fig. 5 Typical chromatogram of BPA eluted from polycarbonate after heating for 5 min

4. Conclusion

In case of elution with organic solvents such as ethanol and cyclohexane, the sliced shape of sample species (therefore the surface area) was one of serious parameter which affected the eluted amount of BPA. An uniform shape of sample species should be necessary for more precise measurements. On the other hand, reasonable results were obtained with good repeatability in case of water as a solvent of elution. The eluted amount of BPA was saturated after about 10 min. under the condition of 100 ml water and heating with a microwave oven. The maximum amount observed was about 80 ppb of BPA. This amount may be considered to be not safe for human health if intake would be done for long time.

References

- 1) “*Rikagaku-jiten(Dictionary for Science and Chemistry)*”
5th ed., p.1319, Iwanami-shoten, Tokyo (2000)
- 2) “*Standard Methods of Analysis for Hygienic Chemists*”,
1990 version, Edited by the Pharmaceutical Society of
Japan, p.1702, Kinbara-shuppan, Tokyo (1998)
- 3) Y. Yoshimura, et al., *Anal. Chim. Acta*, **458**, 331 (2002)
- 4) Y. Takano, et al., *Bunseki Kagaku*, **48**, 589 (1999)
- 5) J. Yonekubo, et al., *Bunseki Kagaku*, **48**, 571 (1999)
- 6) M. Horie, et al., *Bunseki Kagaku*, **48**, 579 (1999)
- 7) T. Toyo'oka and Y. Oshige, *Anal. Sci.*, **16**, 1071 (2000)
- 8) Y. Sun. et al., *Anal. Sci.*, **17**, 697 (2001)
- 9) H. Fujino et al., *Anal. Sci.*, **16**, 975 (2000)
- 10) Y. Tomita and S. Kakehi, “*Research Report of Ibaraki
National College of Technology*”, No.37, p.95 (2002)

二酸化炭素を酸化剤とするエタンの酸化脱水素反応(1)

~Cr₂O₃触媒へのBa添加効果とその最適化~

山形 信嗣, 鈴山 祐二*, 藤原 紀子*2

Oxidative Dehydrogenation of Ethane with Carbon Dioxide (1) ~Addition Effect of Barium to Cr₂O₃ Catalysts and Its Optimization~

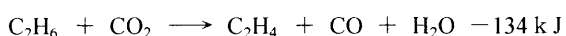
Nobutsugu YAMAGATA, Yuji SUZUYAMA*1, and Noriko FUJIWARA*2

Abstract : The oxidative dehydrogenation of ethane with carbon dioxide was carried out at 700°C over various Cr₂O₃ catalysts. The catalysts were prepared by mixing Cr(NO₃)₃·9H₂O with various alkali and alkaline earth metal hydroxides that act as neutral reagents, followed by washing and heating. Only chromium oxide catalyst prepared with barium hydroxide octahydrate was found to produce C₂H₄ and CO in a molar ratio closer to 1:1. The optimum conditions for the catalytic performance were also investigated.

1. はじめに

エタンからエチレンを製造するには、これまで慣習的に熱分解法が採られてきた。熱分解法では、830°C以上の高温と多量の水蒸気を必要とすることから、これに代わる方法として、触媒を用いて酸素でエタンを酸化脱水素する方法が提案され、種々の触媒が検討されている^{1,2)}。しかしながら、酸素の反応性が高く、生成したエチレンがさらに酸化されるために、エチレンへの選択性が低く、現在のところ有効な触媒を得るには至っていない。

このような反応に対して、最近、酸素の代わりに酸化力の弱い二酸化炭素を用いる反応が検討されている^{3~8)}。この反応は、下式に示すように、吸熱反応である。



Nakagawaらは、種々の金属酸化物触媒上でこの反応を行い、Ga₂O₃触媒が最も有効であり、650°Cにおいてエチレン収率18.6%、その選択率が94.5%であることを報告している³⁾。また、Cr₂O₃系触媒の報告も多い⁵⁻⁹⁾。Wangらによると、Cr₂O₃を担持した触媒では、SiO₂に担持した触媒が最も活性が高く、650°Cにおいてエタン転化率61%、エチレン収率55.5%などの値が得られている⁵⁾。

また、この反応は、天然ガス(主成分、メタン)の化学的利用を図るために開発されたメタンの酸化カップリングによるエチレン製造においても注目されている¹⁰⁾。メタンの酸化カップリング反応ではエチレンの生成と共に大量の熱とエタンおよび二酸化炭素が副生するが、これら副生品同士をメタンの酸化カップリングで生成する熱で反応させ、プロセス全体のエチレン収率を上げようとするものである。また、この反応は地球温暖化の原因物質である二酸化炭素の化学的利用の観点からも有意義と思われる。

しかしながら、これらの触媒の大きな問題点は、炭素析出による触媒劣化であり、触媒反応で重要な触媒寿命が極めて短い点にある。恐らく触媒表面の酸点でエタンあるいは生成したエチレンが分解し、炭素が析出するものと考えられる。

本研究では、この反応に対して比較的高活性が知られている酸化クロム触媒に注目し、この触媒の改良を図ることにする。通常、酸化クロム触媒は硝酸クロムや酢酸クロムあるいはクロム酸のカリウム塩やナトリウム塩を適量アルカリあるいは酸でそれぞれ加水分解して水酸化クロムとした後、これを焼成することによって調製される。一般にアルカリは高温で飛散し易く、触媒の安定性に問題がある。そこで、酸化クロム触媒の調製において、中和剤としてアルカリの代わりにアルカリ土類金属の水酸化物を用いることにし、それぞれの中和剤が本反応にどのような影響を及ぼすかについて調べた。その結果、Ba(OH)₂·8H₂Oを用いて調製したものが、他の触媒と比較し炭化が少なく、さらに、COとC₂H₄の生成比が次第に1:1の化学量論比に近づくという興味ある事実を見出したので報告する。

しかし、その後、触媒を再調製し活性試験を試みたが、同じ結果を得ることは出来なかった。本研究では、その原因を明らかにするために、酸化クロム触媒の調製条件と触媒活性との関係を調べることにした。

2. 実験

2.1. 触媒調製

本実験で主として用いた酸化クロム触媒の調製法は、まず、所定量のCr(NO₃)₃·9H₂Oとこれを中和するのに必要な塩基性の水酸化物(LiOH, NaOH, KOH, Mg(OH)₂, Ca(OH)₂、

*1 茨城工業高等専門学校物質工学科第一回生

*2 茨城工業高等専門学校物質工学科第二回生

$\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ をメノウ乳鉢にそれぞれ取り、これらの試薬を乳棒で練り合わせながら中和した。ついで、このように混練したものを 1000ml の水に分散して $\text{Cr}(\text{OH})_3$ を沈殿させた。その後、傾斜法による洗浄を重ね、その操作が困難になった段階で沈殿物をろ過し、これを 120°C で乾燥し保存した。なお、洗浄中は液温を 70°C 前後に保つようにし、水の蒸発を防ぐためにラップで簡単なシールをした。さらに、触媒として使用するには、電気炉中 700°C で 3 時間焼成処理を行った。

$\text{Ba}(\text{OH})_2$ で中和した酸化クロム触媒の調製法については、結果の項で詳細に述べる。なお、用いた試薬は、関東化学(株)の試薬特級あるいはそれに準ずるものを使用した。

2.2. 活性試験

反応は、石英ガラス製流通式固定床反応器を用いて行った。反応管中央に触媒 0.5g を充填し、これにエタンおよび二酸化炭素、窒素の混合ガス(混合比は順にモル比で 45:45:10 とした)を 40ml/min の速度で供給することによって行い、反応温度は通常 700°C とした。また、反応に先立ち、触媒を充填した後、室温で約 1 時間反応ガスを 40ml/min の速度で流し反応管内の空気を充分置換した。その後 700°C まで昇温し、700°C に達した時点を実験開始時刻とした。反応開始 10 分後、1 時間後、2 時間後、3 時間後にオンラインの六方コックで反応生成ガスを採取し、ガスクロマトグラフ(株日立製作所製 663-50 型)で分析した。反応ガスおよび生成ガスの分離定量には、Porapak Q 4m カラム(エタン、二酸化炭素、エチレン、メタンの分離)と Molecular Sieve 13X-S 4m カラム(水素、窒素、メタン、一酸化炭素の分離)を用いた。

2.3. キャラクターゼーション

触媒の比表面積は、液体窒素温度 (-196°C) での窒素吸着実験を行い、BET 法により算出した。

触媒の構造は、粉末 X 線回折装置(理学電気(株)製 RINT 2000)を用いて Cu 管球、40 kV、20 mA の条件で測定し、その結果を解析した。また、化学分析には、蛍光 X 線分析装置(理学電気(株)製 X-Ray Spectrometer Assembly)を用いた。

3. 結果および考察

3.1. 種々金属酸化物の触媒活性

本研究で用いた反応条件(反応温度 700°C, $\text{C}_2\text{H}_6/\text{CO}_2$ の混合比 1:1, 希釈ガス N_2 10%)は、他の研究者が用いたものとはかなり異なるため、目的の実験に入る前に、種々の金属酸化物が本反応条件下でどのような触媒活性を示すかを調べた。反応開始後 3 時間における各触媒のエタンおよび二酸化炭素の転化率ならびにエチレン、一酸化炭素、メタンの選択率の時間変化を図 1 に示す。NiO や CoO では一酸化炭素の生成と共に、図には示されていないが多量の

水素が生成した。このような活性な触媒は、反応温度が 700°C に達する前にも反応はかなり進行しているものと考えられる。特に NiO は、反応温度が 700°C に達してまもなく炭化のために反応管が閉塞した。一方、MgO や CeO_2 等では二酸化炭素の還元があまり進行していないことが分かる。これに対して、 Cr_2O_3 や Fe_2O_3 、 Mn_2O_3 の触媒では、エチレンの生成と共に、二酸化炭素が還元され一酸化炭素が生成することが分かった。これらの結果は Nakagawa らが示した活性序列³⁾と類似するものであった。しかしながら、本研究の反応温度が Nakagawa らの 650°C に比べ 50°C も高いために、炭素析出による触媒劣化が激しく、 Cr_2O_3 触媒では 1 時間もしない内に二酸化炭素の還元能が完全に失われた。

このように二酸化炭素を酸化剤とするエタンの酸化脱水素反応に対して高活性を示した Cr_2O_3 触媒について、以下、触媒改良を図ることとした。

3.2. 酸化クロム触媒調製時の中和試薬の影響

硝酸クロム水溶液を一連の塩基性物質で中和して調製された酸化クロム触媒で得られた活性試験の結果を図 2 に示す。図に見られるように、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ を用いて調製した酸化クロム触媒とその他の触媒との間に大きな差が見られる。すなわち、後者は、反応開始直後、エタン転化率、二酸化炭素転化率共に高い値を示したものの、時間経過とともに急激に活性が低下した。触媒によって多少の差はあるが 1、2 時間の間に、二酸化炭素に対する還元能が全く失われた。なお、エタンの方は 6%ほどが転化しており、これは熱分解によるものと考えられる。また、この間の変化を選択率でみると、最初は一酸化炭素の割合が圧倒的に高いが、二酸化炭素の還元能の低下とともに、エチレンの割合が高く

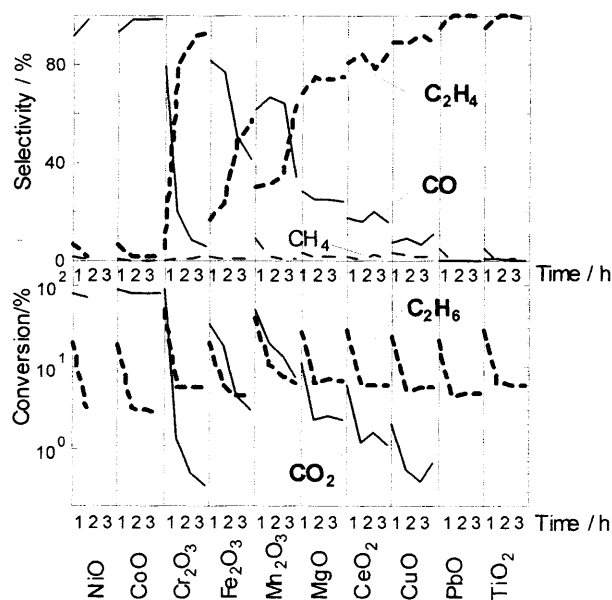


図 1 種々の金属酸化物の触媒活性

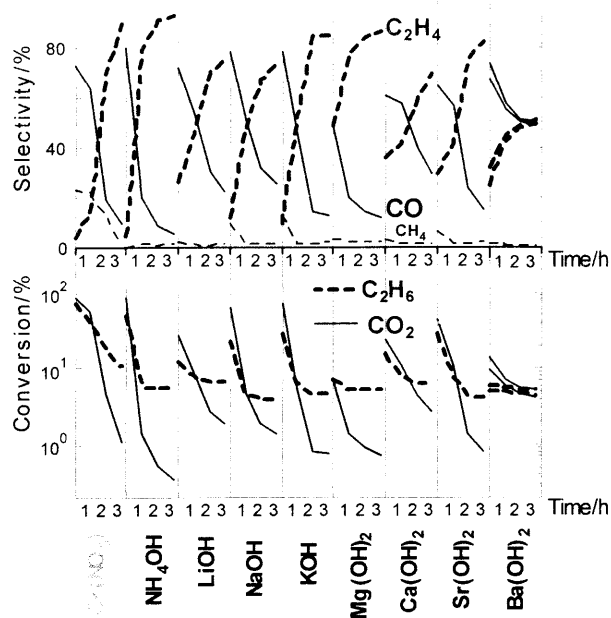


図2 触媒調製時に用いた塩基性中和試薬の触媒活性に対する影響

なり、これらの中で逆転が見られる。メタンの生成は比較的小さいことが分かる。

これに対して Ba(OH)₂ で調製した触媒では、反応開始直後の二酸化炭素の転化率は 14.0%、エタンについては 6.1% と低い。しかし、その後の二酸化炭素の還元に対する活性低下は他のものに比べて少なく、さらに、二酸化炭素の転化率がエタン転化率のほぼ 6% に近づく傾向が見られる。選択性においてもエチレンと一酸化炭素の選択率がそれぞれ 48%、50% とほぼ 1:1 に近づいている。また、図に示すように、同じ触媒ではほぼ再現性が見られた。

そこで、このような Ba(OH)₂ で調製された触媒の特異性の原因を明らかにするために、各触媒に残っている塩基性成分の化学分析および X 線回折、比表面積の測定結果を表 1 にまとめた。なお、比較のために硝酸クロムを熱分解して得た酸化クロム触媒の結果も示した。表より、アルカリ

で調製した触媒は、いずれも Cr₂O₃ (Eskolaite) からなり、残っているアルカリ成分も痕跡程度であることから、これらの触媒が活性においても硝酸クロムを熱分解したものと大差がなかった理由が分かる。

一方、アルカリ土類金属の水酸化物で調製した触媒には、各塩基成分が若干残っており、CaCrO₄、SrCrO₄、BaCrO₄ のような 6 価クロムの塩として存在することが分かった。しかし、これらは反応後の試料にはいずれも認められなかった。また、各触媒の比表面積にも大きな特徴は見られなかった。

緒言で述べたように、この Ba(OH)₂ を添加した触媒の活性を、その後、色々な形で再現しようと試みたが、同様の結果は得られず、他の触媒と変わらない結果であった。そこで、この触媒の調製条件について調べることにした。

3.3. 触媒調製条件の影響

塩の加水分解で金属水酸化物の沈殿を得る場合、一般に当量よりやや過剰の中和試薬が加えられるが、その過剰の成分が触媒に残り、触媒活性に影響することがよく知られている。当然ながら触媒の洗浄回数も触媒中に残る過剰成分の量を左右する。そこで、これらの調製条件が触媒寿命（炭素析出により二酸化炭素還元能がなくなるまでの時間と考え、エチレンの選択率が一酸化炭素の選択率を超える時間を目安とした）に与える影響を調べた(表 2)。表には、キャラクターゼーションの結果も合わせて示した。表より、当量の Ba(OH)₂ で中和した場合にはデータにバラツキが見られるが 7 回洗浄した時に、また、洗浄回数を 10 回と固定した場合には 5% 過剰に加えた時に、それぞれ触媒寿命が最も長くなっており、中でも、後者の調製条件の方がより最適と考えられる。また、このような条件で調製された触媒には、バリウムが多く残存しており、しかも 6 価クロムの BaCrO₄ として存在していることが分かる。このことから、Ba(OH)₂ を用いて調製した触媒の活性種として、BaCrO₄ が何らかの形で関係していることは明らかである。

3.4. クロム酸バリウムの触媒作用

表 1 種々の中和試薬で調製された Cr₂O₃ 触媒の化学組成と比表面積

No.	中和試薬	M/Cr モル比	XRD	比表面積 /m ² g ⁻¹
1	Cr(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O ^{a)}	-	Cr ₂ O ₃	4.4
2	NH ₄ OH	-	"	12.4
3	LiOH	-	"	8.7
4	NaOH	Tr	"	15.0
5	KOH	Tr	"	9.2
6	Mg(OH) ₂	0.014	"	11.8
7	Ca(OH) ₂	0.187	Cr ₂ O ₃ + CaCrO ₄	12.6
8	Sr(OH) ₂ ·8H ₂ O	0.017	Cr ₂ O ₃ + SrCrO ₄	4.0
9	Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O	0.057	Cr ₂ O ₃ + BaCrO ₄	14.4

a) 700°C で熱分解した触媒

表2 調製条件による触媒寿命および触媒性質への影響

調製条件	寿命 /時間	Ba/Cr モル比	比表面積 /m ² g ⁻¹		BaCrO ₄ /Cr ₂ O ₃ XRD ピーク高さ比
			反応前	反応後	
デカンテー ション回数 ^{a)}	3	0.024	15	11	0.070
	5	0.012	26	12	0.040
	7	0.007	21	17	0.024
/回	10	0.004	21	16	0.019
Ba(OH) ₂ 過剰量 ^{b)}	0	0.005	21	21	—
	1	0.021	31	31	0.030
	2	0.042	25	19	0.071
/%	5	0.086	20	21	0.364
	10	0.001	14	11	0.027
図2のBa(OH) ₂ 添加触媒	4<	0.057	30	14	0.136

a) Ba(OH)₂量 当量 b) デカンテーション回数 10回

そこで、市販のクロム酸バリウム 0.5 g を触媒として反応させた結果、反応開始直後から、エタン転化率、二酸化炭素転化率共に約 6%程度の値を示し、比較的長時間持続した。エチレンと一酸化炭素の生成比もほぼ 1:1 であった。しかしながら、触媒量を少なくすると触媒寿命は短くなり、使用後の触媒には BaCrO₄ は既に存在せず、Cr₂O₃ と BaCO₃ に変化していた。さらに、酸化クロムにバリウムイオンを多く含浸担持することによって、BaCrO₄ の担持量を多くすることも試みて見たが、触媒寿命は必ずしも長くはならずかえって短くなる場合もあった。このことより、酸化クロム上にバリウムイオンが高分散した触媒が有効であり、さらに、クロム酸バリウムに由来する何らかの構造によって、エチレンと一酸化炭素がほぼ 1:1 の割合で生成したものと考えられる。

そのような活性点では、恐らく、バリウムイオンに由来する強い塩基作用によって二酸化炭素は触媒表面により強く引き寄せられていると考えられる。このような二酸化炭素はエタンの熱分解による水素によって容易に還元され、一酸化炭素となると思われる。また、炭素析出は酸点によって進行すると考えられるが、バリウム添加触媒においてそのバリウムの強い塩基性によりその酸性は弱められ、炭素析出が押さえられたことも、エチレンと一酸化炭素の生成比がほぼ 1:1 となった一因であろう。

謝辞

本研究を進めるにあたり、著書らの実験結果の他、本研究室の小林優君、鴨志田昌志君、米沢航太郎君らの卒業研

究を大いに参考にした。また、茨城県工業技術センターの小島均氏（茨城工業高等専門学校工業化学科第三回生）には、試料の蛍光 X 線分析を快く引き受けて頂いた。この場を借りてお礼申し上げます。

引用文献

- 1) F. Cavani and F. Trifiro, *Catal. Today*, **24**, 307(1995).
- 2) W. Ueda, S. W. Lin, and I. Tohmoto, *Catal. Lett.*, **44**, 241 (1997).
- 3) K. Nakagawa, M. Okamura, N. Ikenaga, T. Suzuki, and T. Kobayashi, *Chem. Commun.*, **1998**, 1025
- 4) K. Nakagawa, C. Kajita, Y. Ide, M. Okamura, S. Kato, H. Kasuya, N. Ikenaga, T. Kobayashi, and T. Suzuki, *Catal. Lett.* **64**, 215 (2000).
- 5) S. Wang, K. Murata, T. Hayakawa, S. Hamakawa, and K. Suzuki, *Chem. Lett.*, **1999**, 569.
- 6) S. Wang, K. Murata, T. Hayakawa, S. Hamakawa, and K. Suzuki, *Catal. Lett.*, **63**, 59(1999).
- 7) S. Wang, K. Murata, T. Hayakawa, S. Hamakawa, and K. Suzuki, *React. Kinet. Catal. Lett.*, **1999**, 265.
- 8) S. Wang, K. Murata, T. Hayakawa, S. Hamakawa, and K. Suzuki, *Appl. Catal. A*, **196**, 1(2000).
- 9) S. Wang, K. Murata, T. Hayakawa, S. Hamakawa, and K. Suzuki, *Catal. Lett.*, **73**, 107(2001).
- 10) L. Xu, S. Xie, S. Liu, L. Lin, Z. Tain, and A. Zhu, *Fuel*, **81**, 1593(2002).

A Kinetic Model for Unsteady-State Crystal Growth in the Presence of Metallic Ions

Luis A. GUZMAN and Noriaki KUBOTA

Abstract: A kinetic model explaining the unsteady state growth behavior in the presence of metallic ions (added as impurities) is presented. The unsteady state behavior, which is related to the gradual decrease of crystal growth rate with time in the presence of a metallic ion, is attributed to the non-equilibrium adsorption kinetics of the impurity. The slow adsorption process is described by the non-equilibrium Langmuir adsorption mechanism. Equations for theoretical growth rate and growth length of crystal are developed. Literature growth data for various systems are qualitatively analyzed by the model. The model reduces to the equilibrium adsorption model, if the impurity adsorption proceeds rapidly to reach equilibrium state. In the equilibrium adsorption model, the equilibrium adsorption of impurity is assumed. Finally, effects of supersaturation and temperature on the impurity action are assessed in the light of an impurity effectiveness factor, α .

1. Introduction

A small amount (ppm level) of metallic ions sometimes retards the crystal growth dramatically. Chromium (III), for example, suppresses the crystal growth of potassium sulfate [1], ammonium dihydrogen phosphate [2] and ammonium sulfate [3], etc. in aqueous solutions. Other metallic ions, such as iron (III) and aluminium (III) are also effective impurities [4].

In some cases, the crystal growth rate in the presence of metallic ions decreases gradually over several tens minutes after a metallic ion is introduced as an impurity into the system, and finally reaches a steady state value or zero value. Experimental data of this unsteady state impurity action have been reported fragmentarily in the literature [2, 3, 5]. But no theoretical explanation has been given so far.

In this paper, a kinetic model (non-equilibrium adsorption model) will be presented to explain the unsteady state impurity action of metallic ions. Literature data of the unsteady state impurity action [1, 2, 3, 5] will be also shown and compared with the model.

2. Non Equilibrium Adsorption Model

The relative face growth rate, G/G_0 , is assumed to be written by the following linear function of the surface coverage, θ , of crystal surface by impurity species,

$$\frac{G}{G_0} = 1 - \alpha\theta \quad (1)$$

where α is the impurity effectiveness factor [6] and G_0 the growth rate for pure system. The factor, α , is a parameter accounting for the effectiveness of an impurity under a given growth condition (temperature and supersaturation). It does not change with time, while the surface coverage is assumed to change.

If the Langmuir (non-equilibrium) adsorption mechanism applies, the net adsorption rate, i. e., the increasing rate of the surface coverage, is given as the difference between the adsorption and desorption rates by the following equation,

$$\frac{d\theta}{dt} = k_1(1-\theta)c - k_2\theta \quad (2)$$

where t is time, k_1 and k_2 are adsorption and desorption rate constants, respectively. Under the condition of constant impurity concentration, c , integrating Equation (2) with the initial condition of $\theta = 0$ at $t = 0$ gives the following equation,

$$\theta = \theta_{eq} \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right) \quad (3)$$

The surface coverage increases exponentially with time and reaches a final equilibrium value θ_{eq} , which is given by the Langmuir adsorption isotherm,

$$\theta_{eq} = \frac{Kc}{1 + Kc} \quad (4)$$

where K is the Langmuir constant ($=k_1/k_2$). The rate of adsorption is governed by time constant, τ , which is given by

$$\tau = \frac{1}{(k_1c + k_2)} \quad (5)$$

time changes of the relative surface coverage, in theoretical adsorption processes, are shown in Figure 1 for two cases of $\tau = 1$ min and 30 min.

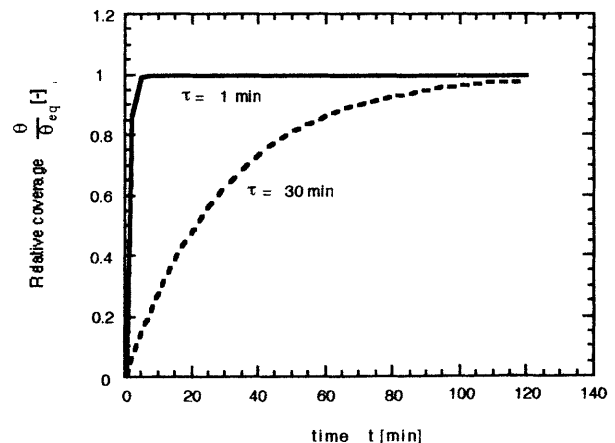


Fig. 1 Fast and slow adsorption processes

The adsorption is seen to proceed very slowly for the case of $\tau = 30$ min.

Inserting Equation (4) into Equation (1), the relative growth rate, G/G_0 , is given as

$$\frac{G}{G_0} = 1 - \alpha \theta_{eq} (1 - \exp(-\frac{t}{\tau})) \quad (6)$$

If the time constant τ is large, the relative growth rate decreases slowly. The slow adsorption process is the cause of the slow growth rate change (slow unsteady state impurity action). Figure 2 shows theoretical growth rates as a function of dimensionless time, t/τ for different values of $\alpha \theta_{eq}$.

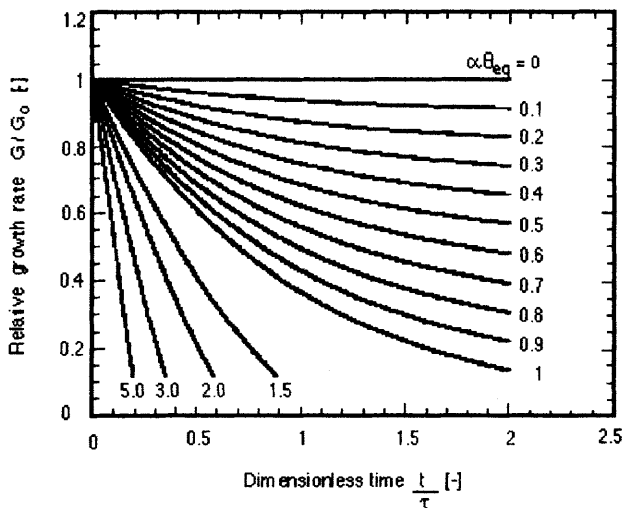


Fig. 2 Theoretical relative growth rates as a function of dimensionless time for different $\alpha \theta_{eq}$.

For weak impurities ($\alpha < 1$), the relative growth never reaches zero since θ_{eq} is not larger than unity. It approaches zero asymptotically at $t = \infty$ when $\alpha = 1$. For strong impurities ($\alpha > 1$), the relative growth rates is able to reach zero at the characteristic time, t_c , if $\alpha \theta_{eq} < 1$. The characteristic time, t_c , is given by θ

$$t_c = \ln\left(\frac{\alpha \theta_{eq}}{\alpha \theta_{eq} - 1}\right) \tau \quad (7)$$

Integration of Equation (6) gives growth length of crystal, ΔL ,

$$\frac{\Delta L}{G_0 \tau} = (1 - \alpha \theta_{eq}) \left(\frac{t}{\tau}\right) + \alpha \theta_{eq} [1 - \exp(-\frac{t}{\tau})] \quad (8)$$

In this equation the growth length, ΔL , is given as a dimensionless form. Figure 3 shows Equation (8) with different $\alpha \theta_{eq}$ values. Equation (8) is always valid if $\alpha \theta_{eq}$ is not larger than unity. While, if $\alpha \theta_{eq} > 1$, it is valid only up to the characteristic time t_c . After that, the dimensionless growth length becomes constant and its value is given as

$$\frac{\Delta L}{G_0 \tau} = 1 - \frac{\exp(-\frac{t_c}{\tau})}{1 - \exp(-\frac{t_c}{\tau})} \left(\frac{t_c}{\tau}\right) \quad (9)$$

Equation (9) gives the locus line of the characteristic time, t_c (see Figure 3).

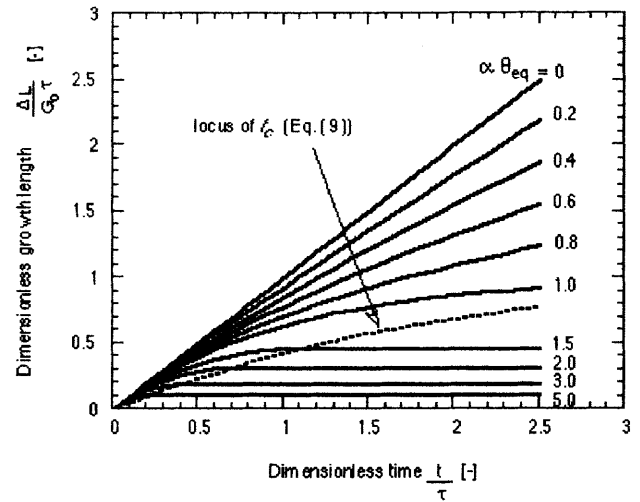


Fig. 3 Dimensionless growth length as a function of dimensionless time for different values of $\alpha \theta_{eq}$

3. A Qualitative Comparison with the Literature Growth Data

The reported data on impurity action of metallic ions are scattered. There is no generalized unified approach to assess the effect of impurity on growth. Here, three of them are introduced and qualitatively analyzed with the aid of the model described above. On the other hand, an example of the impurity action different to a metallic ion is also introduced and compared with the model. This case is introduced to show that the kinetic model developed can be also successfully applied to crystals showing unsteady state growth behavior in the presence of non-metallic ions.

3.1 Growth Rate of Potassium Sulfate Crystal in the Presence of Chromium (III) [1].

The growth length of the {110} faces of potassium sulfate was measured in the presence of chromium (III) in a flow cell, where the flow rate of the solution was adjusted to a level in surface-integration-controlled regime. Chromium (III) was added as $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. [The hydration number x was 9.] The results are shown in Figure 4, where the normalized growth length is plotted with growth time for different (impurity) chromium (III) concentrations. The normalized growth length is defined as the ratio of actual growth length in a contaminated solution, ΔL , with the total growth length in the chromium (III)-free solution during the whole growth time, $G_0 t_G$. It reaches unity for a chromium (III)-free system at the end of run.

The trivalent metallic ion chromium (III) is a very strong impurity. Five ppm (molar ratio to sulfate) of chromium (III) is sufficient to completely stop the growth process of potassium sulfate crystal. Typical unsteady state characteristic of chromium (III) can be seen at 2 ppm concentration. On the whole, the

empirical growth length behavior is similar to that of model predictions as demonstrated in Figure 3. [Note: The parameter, $\alpha \theta_{eq}$, in Figure 3 correspond to the impurity concentration, since θ_{eq} is given as a function of the impurity concentration by Equation 4 while α is constant for the given system at a given growth condition as given by Equation 11 later.]

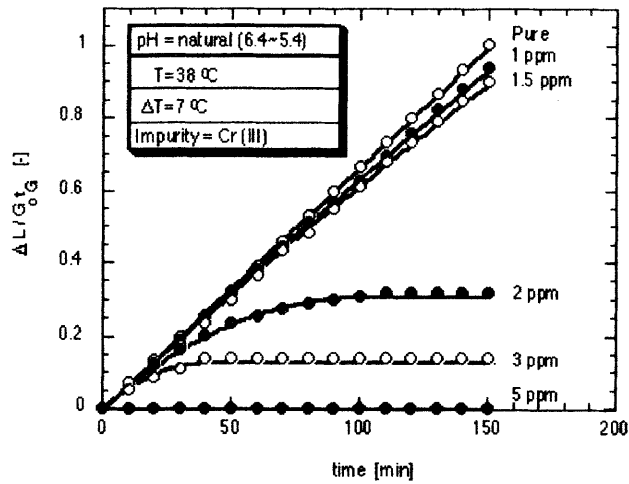


Fig. 4 Normalized growth length of potassium sulfate crystal as a function of time (chromium (III) is added as an impurity)

3.2 Growth Rate of Ammonium Sulfate Crystal in the Presence of Chromium(III) [3].

The growth rate of ammonium sulfate crystal was measured in the presence of chromium (III) in a flow cell. Chromium (III) was added as $Cr_2(SO_4)_3$ [the number of water of the hydrate was not indicated in the original paper] [3]. The results are shown in Fig. 5, where the growth length, ΔL , was directly plotted as a function of growth time for different impurity concentrations.

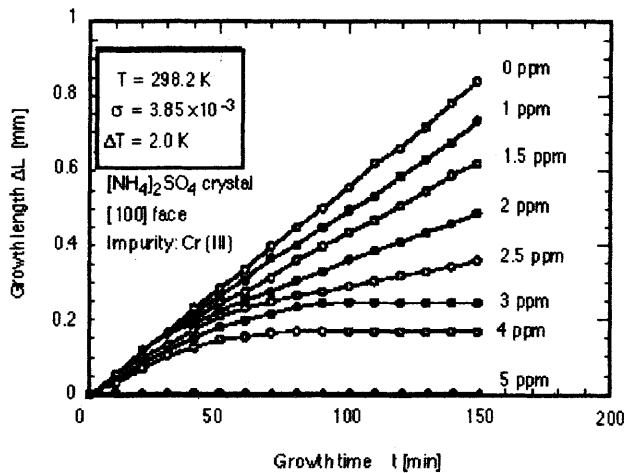


Fig. 5 Growth length of ammonium sulfate crystal as a function of time (chromium (III) is added as an impurity)

As manifested in the growth of potassium sulfate (Figure 4), here also chromium (III) is very effective in suppressing the growth rate of ammonium sulfate crystal. The unsteady state impurity action is evident at various chromium (III) concentrations.

3.3. Growth Rate of Ammonium Dihydrogen Phosphate (ADP) Crystal in the Presence of Chromium (III) [2].

An ADP crystal exhibits the unsteady state growth behavior in the presence of chromium (III) added as $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ (Figure 7). The relative growth rate (not the growth length as in the previous figures) decreases gradually with time. The theoretical equation for the relative growth rate (Equation (6)) was fitted to the data by using a non-linear least squares method (solid line in the figure). There is a close match between data points and theoretical curve. The parameter obtained by fitting is shown in the figure.

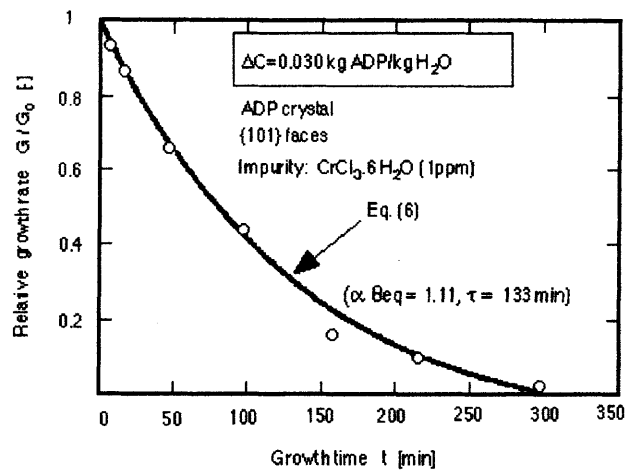


Fig. 7 The relative growth rate of ADP crystal as a function of time.

3.4 Growth Rate of Urea in the Presence of Biuret [5].

Fig. 6 shows the unsteady state growth behavior of urea crystal in the [001] direction in the presence of biuret as an impurity. The growth rate (slope of the lines) decreases with time and reaches zero in 1200 s (20 min). This is also an example of unsteady impurity action

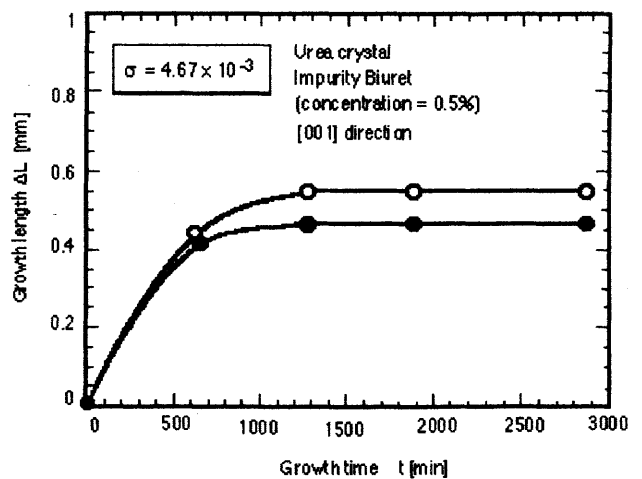


Fig. 6 Growth length of urea crystal as a function of time (Plots for two crystals growing under the same condition)

4. Condition for the Unsteady State Impurity Action

Four cases of the unsteady state growth behavior have been shown. Every case was for strong impurity ($\alpha > 1$), since the characteristic time t_c was existing for all the cases. Strong impurity would be one of the necessary conditions. Meanwhile, it is theoretically concluded that the time constant for the adsorption of an impurity, τ , should be large for unsteady state to occur (see Equation (3)). According to Equation (5), a large time constant, τ , can be realized only when the impurity concentration, c , is low. This requirement from the theory corroborates the above speculation that large effectiveness factor, α , is a necessary condition, since θ_{eq} could be small for that case and, hence, the impurity concentration, c , could be low. Measurements of adsorption kinetics are necessary to clarify the condition for the unsteady state impurity action.

5. Physical Significance of Impurity Effectiveness Factor, α [6].

The impurity effectiveness factor, α , plays an important role in the assessment of impurity action. Its physical meaning is discussed here briefly.

The non-equilibrium adsorption model, mentioned above, reduces to a model proposed previously by Kubota and Mullin [6], where equilibrium adsorption of an impurity is assumed. [It is named equilibrium adsorption model.] If τ approaches zero, Equation (6) reduces to,

$$\frac{G}{G_0} = 1 - \alpha \theta_{eq} \quad (10)$$

This is the equation for the equilibrium adsorption model [6]. As discussed in the previous paper [6], if impurity species adsorb only on the step lines and the pining mechanism of Cabrera and Vermilyea [7] applies for the impurity action, the following simple equation is derived [6].

$$\alpha = \frac{f\gamma a}{kT\sigma L} \quad (\sigma \ll 1) \quad (11)$$

where f is a factor to take into account for stereochemical effect of an impurity, γ the edge free energy, a the size of crys-

tallizing species, k the Boltzmann constant, T the temperature, σ the supersaturation and L distance between the active sites for impurity to adsorb on the step line. In Fig. 8, the effect of supersaturation on the effectiveness factor, α , for raffinose (impurity) in the growth of sucrose from aqueous solution is shown. Data points in the figure were calculated from growth data reported by Albon and Dunning [8]. The effectiveness factor, α , is seen to be inversely proportional to the supersaturation, as it is predicted by Equation (11).

References

- [1] Guzman, L. A.; "Master thesis (Iwate University)", March (1995)
- [2] Mullin, J. W. and R. Davey; *Journal of Crystal Growth*, 1974, 23, pp. 89-94
- [3] Kitamura, M., Ikemoto, K., Kawamura, Y. and T. Nakai *Kagaku kogaku Ronbunshu*, 1990, 16, 232-238
- [4] Mullin, J. W.; *Crystallization*, 3rd ed., (Butterworths-Heinemann, London 1993 p. 255
- [5] Davey, R., W. Fila and J. Garside; *Journal of Crystal Growth*, 1986, 79, 607-613
- [6] Kubota, N. and J. W. Mullin; *Journal of Crystal Growth*, (1995), 152, pp. 203-208
- [7] Cabrera, N. and Vermilyea, D. A.; in *Growth and Perfection of Crystals*, Doremus, R. H., Roberts, B.W; Turnbull, D., Ed.; Wiley, New York, 1958, p. 393-410
- [8] Albon, N. and Dunning, W. J.; *Acta Cryst.*, 1962, 15, pp. 474-476

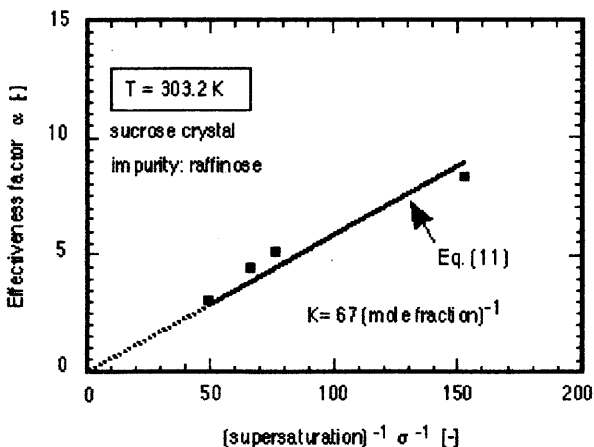


Fig. 8 Impurity effectiveness factor vs. supersaturation (K is the Langmuir constant.)

『語治聞集』には八五話もの説話を提供している。『昔物語語治聞集』とは貞享元年(一六八四年)に刊行された七巻から成る改編説話集であり、『宇治拾遺物語』と『著聞集』から説話を採録して作られているものである。さらに、『古今妖魅考』においては、江戸期における『著聞集』受容の方法の一例として見ることができるといふ志村氏の指摘もある。⁽¹⁵⁾

その他、軍記、謡曲、狂言などさまざまな作品に影響を与えていると思われる、『著聞集』の影響は他分野にわたっている。これは『著聞集』が広く人々の中に受け入れられていったことを示すものと言えよう。

6 まとめ

以上のことから、『著聞集』の価値について再確認する。

『著聞集』は序文・跋文を置くその形態や語り口において、勅撰集との類似を多く持つ書である。このことは、『著聞集』が一文学として整った形態を有したことを意味する。さらに、「竟宴の儀」を執り行うことにより、その存在を知らしめ、説話集のよくなるものが、文学となり得るのだということを知らしめた。

また、貴族社会の在り方や文化を伝える貴重な資料としての性格を持ちあわせる一方で、ただ単に王朝時代をしのんだ懐古的な部分ばかりが目立つ説話集とは一線を画し、当代に受け継がれた「よきこともあしきことも」含めたあらゆる話を編纂した。それにより、当代の人々の姿なども描き出す、多彩な内容を持つ説話集になったのである。

そして、このような説話集の形態が、さらに他の作品の手本となり、後代のさまざまな作品に影響を与えることとなった。内容の豊富さから、分野を越えて狂言や謡曲などにまで影響を及ぼすなど、広く人々に受け入れられる説話集となったのである。

《注》

- (1) 志村有弘『中世説話文学研究序説』(一九七四年一月/桜楓社)の第四章『古今著聞集』研究序説』による。
- (2) 本文は『新潮日本古典集成 古今著聞集上・下』(西尾光一・小林保治校注/一九八三年/新潮社)によった。以下、同様とする。
- (3) 本文は『新日本古典文学大系5 古今和歌集』(小島憲之・新井栄蔵校注/一九八九年一月/岩波書店)によった。以下、同様とする。
- (4) 本文は『新日本古典文学大系11 新古今和歌集』(田中裕・赤瀬信吾校注/一九九二年一月/岩波書店)によった。以下、同様とする。
- (5) 詳細は、『古今著聞集』巻一、序から第二話訳注(大分大学教育福祉科学部研究紀要 第二巻第二号/一九九九年一月)に記す。
- (6) 本文は『新日本古典文学大系30 日本霊異記』(出雲路修校注/一九九六年一月/岩波書店)によった。以下、同様とする。
- (7) 本文は『校本十訓抄』(泉基博編著/一九九六年/右文書院)における宮内庁書陵部蔵『十訓抄』によった。以下、同様とする。
- (8) 本文は『日本古典文学大系85 沙石集』(渡邊綱也校注/一九六六年/岩波書店)によった。以下、同様とする。
- (9) 本文は『新日本古典文学大系42 宇治拾遺物語 古本説話集』(三木紀人・浅見和彦・中村義雄・小内一明校注/一九九〇年一月/岩波書店)によった。
- (10) 『説話文学の世界』(池上洵一・藤本徳明編/一九八七年一月/世界思想社)第四章による。
- (11) 長野晋一『説話文学概説』(『説話文学辞典』長野晋一編/一九六九年三月/東京堂出版)。
- (12) 市古貞次『日本文学全史 3 中世』(一九七八年七月/學燈社)。
- (13) 浅見和彦『古今著聞集』『研究資料日本古典文学 第三巻 説話文学』(一九八四年一月/明治書院)。
- (14) 『日本古典文学大系84 古今著聞集』(永積安明・島田勇雄校注/一九六六年三月/岩波書店)の解説における永積氏の論による。
- (15) 注(11)の論文と同。
- (16) 『古今著聞集』における「不思議」(『国語の研究』第二十七号/二〇〇一年一月)参照。
- (17) 注(14)と同書。
- (18) 志村有弘『古今著聞集』覚書「武士説話と芸道説話」(『相模国文』平成五年三月)。

は分らぬが)のおもしろさを満喫させてくれる話も少なくはないが、「事実」を語るといふ説話の基本路線からは、急速に遠去かつてゆかざるを得ない。(中略) 虚構を生命とする物語には別の名称とジャンルが用意されていることゆえ、こゝいう「作り説話」が大量に進出してくる時代は、決して説話の全盛期とはいえない。遠き過去を詠嘆的に語る説話の整備と合わせて、あの盛んなりし説話時代にもようやく終焉がおとずれたことを象徴するものであろう。(註)

と述べ、著者が「事実」を語るといふ説話の基本路線から離れたということをおげ、「説話時代の終焉」を物語るものだと言っている。たしかに、人の噂は信憑性の薄いものも多々ある。しかし、『著聞集』における著者の語り口を見ると、「事実」であることを強調する記述がいたるところに見受けられる。例えば、巻第二〇の六九八の説話では、猿が如法経の助成をしようとした話をあげた後、

この事さらにうきたる事にあらず。「まさしくその猿見たりし」とて語り申す人侍り。この事は、畠山庄司次郎がうたれし年の事になん侍りける。

というように、この話が根も葉もない嘘ではないことを著者はわざわざ強調している。同様に「事実」であることを強調する文はその他多く見受けられる。「これさらにうきたる事にあらず。(六〇四)」「この事更にうける事にあらず。法深房語り申されしうへ、三位の入道、この事を記したる状に判を加へて法深房のもとへ送りたる状を書き侍るなり。(二九一)」などは、いずれも著者が「事実性」を保つためにあえて記したものと見えよう。特に信じがたい篇にほどこの「事実」の強調がなされていることは、すでに拙稿で述べている。(註)

このように、たとえそれが「事実」とは信じがたいような話であっても、著者はあえて「事実」を語るといふ姿勢を保とうとしているのであって、『著聞集』が事実を語るといふ説話の在り方を離れた説話集であるとは言えないのである。

その他、『著聞集』の価値を示すものはいくつも見受けられる。その一つが、著者の「隨身」という立場である。先にも述べたように、「隨身」が著者となる例は珍しい。市古貞次氏が

隨身はその多能や機智によつて説話に登場頻度の高い職掌であり、貴人に近侍する消息通の彼らが集う場は説話の集散地の一つであつたと思われるが、説話集の作者となつたのは成季が最初で最後である。(註)

と述べているように、隨身は、説話の中には登場しても説話集の著者になることは珍しいのである。このように、まず他の説話集の著者と『著聞集』の著者との間には立場の違いがある。「隨身」という立場にある者から見た世相やものの考え方などが説話集の中に反映されるということが期待でき、中世に生きた人々の思想を探る上でも注目される説話集といふことができよう。

また、『著聞集』は貴族社会の生活、芸術などを伝える資料としての価値も持つ。『著聞集』には宮中での様々な行事や、管絃詩歌、画図についてなど、多くの分野における記録的要素を持つている。例えば、

内宴は弘仁年中にはじまりたりけるが、長元より後、絶えて行はれず。保元三年正月二十一日に、興し行はるべきよし沙汰ありけるほどに、その日は雨降りて、

二十二日に行はれけり。次第のことども古きあとを尋ねて行はれけり。法性寺殿、閑白にておはしましけるをはじめて、人々おほく参りあひたりけるに、前の太政大臣はかならず詩を奉るべき人にておはしけり。太政大臣は管絃の座に必ず候ふべき人にておはしけるに、座敷うちなかりければ、いかにあるべきと、かねて沙

汰ありけるに、太政大臣、しもとつくべきよし、進み申されけれども、殿下ゆるし給はざりけり。つひに前の太政大臣、まづ参りて詩を奉る。披講はていで給ひて後、太政大臣かはりて座につき給ひけり。(後略)(九八)

などというように、いつどのような行事がどこで行われたか、またそのような行事や諸事の説明などを記しており、前代における貴族の日記のような記録的役割や、百科事典のような説明的役割を果たしているのである。これは古き世を語る資料として、当時においても珍重され得るだけの価値を有していると言えよう。

このように、貴重な価値を持つ『著聞集』であるが、それゆえか、後に成立する多くの文学作品に影響を及ぼしている。『体源抄』や『沙石集』には多く説話を提供しており、特に『沙石集』においては、新出説話が多い中で他の文献から引用していると思われる説話の多くが『十訓抄』かこの『著聞集』によるものであることが確認できる。また、『沙石集』の巻頭説話は「国土創生神話」であり、「神祇」の篇で始まる『著聞集』との類似点とも言えるところである。これは『沙石集』の著者が『著聞集』からの影響を強く受けていることを物語るものと考えられる。

そして、『著聞集』の及ぼす影響は中世にとどまらない。近世に成立する『犬著聞集』『逸著聞集』『猿著聞集』などといういわゆる「著聞集もの」の先駆でもあり、『昔物

竟宴はもともと祭事や宮廷の漢籍進講に続いて行われるものであったらしいが、要するに晴の席と日常的な褻の場との架橋のような意味あいのものであるろう。すると、成季における説話の収集・記録という仕事は、単なる個人的感興を超えた、公的な事業ということになり、さらには、本来「体制に即した価値体系ではとらえられない外なる世界に生きているもの」(大隅和雄「古代末期における価値観の変動」『北海道大学文学部紀要』一六の一、昭43・3)であった説話をそのような事業の対象としてはじめて扱った、その意味では非伝統的な企てということにもなるろう。⁽¹⁾

つまり、長野氏や市古氏はこれを説話文学の社会的地位や価値を高めようとしたものとしているのである。

成季がこのような前代未聞の祝宴を催した背景には、彼の並々ならぬ説話集編纂への思いがあったのであろう。しかし事態は、そのような著者の思いという私的なものに留まらなかったのである。竟宴を行うことでその説話集の存在は多くの人の知るところとなり、説話集は著者個人だけのものではなくなる。つまり、公的事业の様相を呈することとなったのである。この儀を執り行ったことで、即説話に対する人々の価値観が変わるとも思われないが、話題性を獲得するには充分だったのではないか。

著者が価値を高めようという明確な意思を持っていたかどうかは正直なところ断言しがたい。しかし、これは著者が単なる暇つぶしの「すさび」ではなく、並々ならぬ編纂意欲のもとにこの説話集を編纂したことを物語るものであり、そのような一仕事を終えた晴れがましさを示したものと見える。このような儀を執り行ったことにより、結果として人々にこの説話の存在を広く知らしめ、公的行事の様相を持つこととなり、このような話を集めたものでも竟宴の対象となり得ることを示すこととなったのではなからうか。こう考えると『著聞集』の文学史上の位置づけはいちだんとその重要度を増すのである。

このように、『著聞集』は勅撰集にその書の形態を模し、その完成にあたって勅撰集と同様の儀式を執り行うことにより、一文学としての体裁を整えた書となったのである。

5 『著聞集』の価値とその後

このように、成季は説話集の編纂を一大事業として成し遂げ、ここに文学としての体裁を整えた書の完成をみた。しかし、だからといってそれが説話集の地位向上に即つなげたとは言いがたい。説話集に対する評価が低かったのは、どうやら『著聞集』が成立した当時はかなりではないようである。『著聞集』は、多彩な内容を含み、百科事典的な要素も持ち合わせてはいるが、一方で世間話・噂話の類を多く含んでいる。これは現代における『著聞集』の評価をも下げてしまうという性質を含んでいた。特に一部に集中する卑俗性の強い説話に対して、以前は低い評価しか得られず、中には成季の手によるものではないとの見方までされてきたほどである。しかし現在では、このような話を含めて『著聞集』の魅力とする見方が一般的になってきたように思われる。浅見和彦氏は

興言利口の篇を中心に集められた当代、鎌倉時代の話の中には物語の過半にわたるみやびな王朝時代の説話とは大きく趣を異にし、卑俗、鄙猥に墮するものも多く、それらの中には王朝的美意識や価値観が大きく揺らいでいった中世初頭の社会相をうかがわせるものも少なくない。「中略」これらの説話の占める役割は重要で、『著聞集』を単純な王朝貴族説話集にとどまることを救ったといえる。さらには「只今知^二日域古今之際^一、有^二街談巷説之諺^一焉」という序文、及び「古今著聞集」の書名に見られるごとく、「古」から「今」にいたるまでの説話を網羅するという著者自身の編輯方針をも満足させるものであったのである。⁽²⁾

と述べており、これら「街談巷説」の類があるからこそ、『著聞集』が単なる王朝貴族説話集ではない新たな一面を持ち得たのだとしている。現在では同様の主張が多くの研究者の間でなされており、『岩波古典文学大系 古今著聞集』の解説においても、これら「うける事」を取り入れることにより、「王朝文学の単なる末流であることをまぬかれた」としている。⁽³⁾

一方、このような話が多くの編纂されるという傾向を、「貴族説話の終焉」であると捉える見方もある。さらには長野普一氏が、

衰退期には、作為による「そら物語」が流行することも避けがたい。だれもが嘘と承知しつつ、一場の笑いをあがなうために語られる話が多くなる。『古今著聞集』の「興言利口」編には、かかる説話ははなはだ多い。それはエロチックで、一座の笑いを招くには事欠かないが、そうしてまた「作り説話」(作者はだれか

竹の声をあはせて、呂律の曲をとらふ。次に詩を講ず。題に云はく、「冬は来たる文学の家」^一。次に和歌を講ず。題に云はく、「朝の残菊」「夕の落葉」「鶴に寄する祝」、おのおの披講畢りて朗詠あり。「嘉辰の令月」、次に「泰山は土壌を譲らず」、次に「今生世俗」の句等なり。予、みなこれをいたす。人々声をたす。この三ヶの邪曲の心をもて竟宴の旨趣とするものなり。次に一献の盃を勧む。二献に箸をたつ。三献にまた邪曲あり。そのち数献におよぶ。冬の夜、漸くあけなんとして人々座をたつ。今、多年收拾の功をとげて、一部竟宴の儀をいたす。今日の綺、^二ころざしのゆくところなり。

この「竟宴の儀」も、勅撰集と『著聞集』との関連性を物語るものである。『新古今集』よりも前に成立した勅撰集においては、このような儀の記録は見えないことから、これは勅撰集の中でも『新古今集』の場合を模したものとされている。

当時は説話というものに対する文学的価値は低かったと考えられる。この時期に高い価値を得ていたのは和歌や管絃、漢詩などである。世間の噂話程度を収集したものが文学として認識されていたかどうかは疑問である。しかし、成季が説話集のようなものの完成に際して勅撰集の完成に匹敵するような「竟宴の儀」を執り行ったことは、人々を驚かせたに違いない。このような祝宴を催したのは説話集の著者の中でも成季くらいのものである。しかも、成季は「隨身」という立場の人物であった。「隨身」とは貴人の護衛にあたる役職で、近衛府の舍人であるが、さして身分のある地位ではない。いくら文才に優れているとはいえず、このような立場の人間が、人々を集めて「竟宴の儀」を執り行うなどというのは、異例のことなのである。

4 勅撰集との類似点を持つことの意味

ここまで『著聞集』における勅撰集との類似点を確認してきた。『著聞集』においては、数々の類似を見出すことができる。もちろん、勅撰集を模して序文や跋文を置く説話集は、『著聞集』に限ったものではなく、他の説話集においても何らかの形で勅撰集の影響はあったものと推測できる。ただ、『著聞集』の場合、その勅撰集によるところが他の説話集よりも目立つのである。

このような『著聞集』の在り方は、「王朝志向の表われ」として捉えられることが多かった。しかし、勅撰集との類似点を持つことは、別の意義を持つものと考ええる。こ

こではその意義について考えてみたい。

先にも述べた通り、当時文学的地位を獲得していた分野は、和歌や管絃、漢詩などである。その中で和歌は、すでに奈良時代に『万葉集』が成っているように、古くから日本人に慕われていた文芸の一つである。勅撰集とは文字通り、帝の勅命によって編纂される和歌集であり、言うなれば当時の朝廷の威厳がかかっている。そのため、当代きつての文才の持ち主がその撰者に選ばれる。漢籍などに比べ、書の形態などがまだ十分に整っていない和書の分野において、勅撰集は形式の整った書を執筆する際の手本となつたはずである。したがって、あらゆる書において、漢籍とともに勅撰集の影響が見受けられるのである。

では、『著聞集』が勅撰集を模することにはどのような意味があるのだろうか。和書の分野において、最も形式の整った書である勅撰集に倣つて自らの説話集を編纂することは、その説話集も整った形式を持ち、公の目に耐え得る書となることを意味しているのである。成季は『著聞集』について、

只今知^二日域古今之際^一有^二一街談巷説之諺^一焉。猶愧^二浅見寡聞之疎越^一。偏^二招^一博識宏達之盧胡^一。努^二不^レ出^二蝸廬^一。謬^二比^二鴻宝^一。(序文)

そもそもこの集においては、他見をゆるすべからず。若し子孫の中に、この鑑誠をそむきて闇外にいだすものあらば、我が子孫たるべからず。氏の明神かならず照罰を加へ給ふべきものなり。但し人によりて許否あるべし。事にしたがひて思惟をいたすべし。緘芥のへだてなく、等閑の儀あさからむには、問これをゆるすべし。(跋文)

などと述べているが、「竟宴の儀」まで執り行ったことから推測しても、少なからず書の出来栄えには満足していたものと思われる。

「竟宴の儀」を執り行うことの意味については、長野晋一氏が次のように指摘している。

『古今著聞集』の作者橘成季が、自己のかかる著作をすべて「勅撰集」の体裁に模して整然と編成し、功終えて竟宴の儀まで整えていることは、説話集の文芸的地位、というよりも社会的地位を高めんとする努力のあらわれとして、特筆大書すべき事であらう。^①

さらに、市古貞次氏も次のように述べている。

世に、宇治大納言物語といふ物あり。此大納言は隆国といふ人なり。西宮殿西宮殿の孫、俊賢大納言の第二の男なり。⁽⁹⁾

となつており、「序文」というよりは、説話の第一話といった様相を呈している。

このように見てくると、説話集の序文や跋文の形態はある程度似通つてはいるものの、それぞれに特色があることがわかる。説話集同士の間には、さらに影響関係が見取れるものもあるのだが、それについてはまたの機会に改めて述べたい。要は、説話集の序文・跋文が必ずしも勅撰集のような文体で統一されているわけではないということである。そのような中であつて、『著聞集』においては、勅撰集と似通つた語句を使用し、それらと同じような順で並べ、表現しており、このことは勅撰集と『著聞集』との影響関係を指摘するのに足るものと考えられる。

2 『著聞集』の篇目と勅撰集の部立との類似

次に、『著聞集』の篇目と勅撰集の部立との関連について述べる。序文や跋文は、編者の編纂意図を知る上で重要な記述となるが、説話集における篇目もまた、編者の考えと深く係わるものである。編者が何を基準に個々の説話を集めたのか、その目的が篇目に表れる場合が多いからである。

『著聞集』の篇目は、次にあげる三〇篇である。

神祇 釈教 政道忠臣 公事 文学 和歌 管絃歌舞 能書 術道 孝行恩愛
好色 武勇 弓箭 馬芸 相撲強力 画図 蹴鞠 博奕 偷盜 祝言 哀傷
遊覧 宿執 鬪諍 興言利口 恠異 变化 飲食 草木 魚虫禽獸

これらにおいては、さまざまな文献との類似が指摘されている。『和名抄』や『和漢朗詠集』、『古今和歌六帖』、『白氏文集』など、和漢さまざまな書との類似が指摘され得るのである。その中で、『新古今集』の部立との類似も確認することができる。『新古今集』の部立と『著聞集』の篇目とを比較してみると共通するものがあり、その例は次に挙げた通りである。

『新古今和歌集』の部立

『古今著聞集』の篇目

卷第八 哀傷歌

卷第一三 哀傷第二一

卷第一九 神祇歌

卷第一 神祇第一

卷第二〇 釈教歌

卷第二 釈教第二

わずか三篇ではあるが、『著聞集』では『新古今集』とまったく同名の篇目が立てられていることがわかる。しかもここで注目されるのは、共に「釈教」に先立って「神祇」が置かれているという点である。当代の宗教観はどのようなものだったのであるか。藤本徳明氏は、「中世Ⅰ——説話文学の黄金時代」⁽¹⁰⁾の中で『撰集抄』の巻頭説話にふれ、

巻頭説話に限定して、この作に言及するならば、主人公はここでは西行ではなく、中世仏教説話の人氣者増賀である。ただ他の作品と異なり、「天台山の根本中堂に千夜籠りて」「道心を発さん」と祈つたが、得られず、「伊勢大神宮」の夢告によつて、それを確かなものとなしえた、という点に、深まりつつあつた神仏習合——というより、仏に対する神の優越という思潮の反映を見て取ることができると述べている。『撰集抄』の成立についてははつきりしたことはわからないが、一二五六年ころまでに成つたと言われている。とすると、『著聞集』とほぼ同時期ということになる。それでは、当代は「神」と「仏」とにおいて、「神」が優先される世であつたのだろうか。当代は鎌倉時代である。鎌倉時代といえ、数々の鎌倉仏教が興つてきた時期でもある。そして、まだまだ仏教説話と言われる仏教的思想の強い作品が生まれ出される時期でもある。神仏習合の思想が見られるようになったとはいへ、世の情勢としては仏教色が濃い時期だったのでないか。このような情勢にあつて、『著聞集』が「神祇」を先に置く、しかもそれを巻の第一に持つてくるという点は注目できる。『新古今集』の部立の並びが少なからず影響しているように思われるのである。

3 「竟宴の儀」

『著聞集』を完成を見るに至つて、成季は「竟宴の儀」を催している。「竟宴の儀」とは、本来勅撰集の完成時に宮中で執り行われる祝宴のことである。このような祝宴を成季は『著聞集』の成立時に執り行つていたのである。その様子は跋文の中で次のように詳しく述べられている。

建長六年十月十六日、終りの宴にならずらへて、詩歌管絃の興をもよほす。かつはこの集、かの三つの道よりおこれるによりて、白楽天・人丸・廉承武の画影をかけて、そのまへまへに色々の供物をそなへ、また酒脯菜菓の尊をまうく。

まづ序よりはじめて三十篇のはしがきならびに物語一段をよみあぐ。次に、糸

ける全体の序文とほぼ同じ役割を担っていると見えよう。この上巻の序文を見てみると、その書き出しは次のようになっていた。

原夫内経外書、伝_二於日本_一、而興始代、凡有_二二時_一、

【原夫（たづねみれば）内経外書の日本に伝わりて興り始れる代におほよそ二時有り。】⁽⁶⁾

著聞集という種や和歌についての直接の説明から入る『著聞集』や先にあげた二つの勅撰集とは、やや違っているようである。また、成立時期に関する記述は、この序文の中には見受けられない。さらに、この書の書名に関しては次のように述べられている。

故聊注_二側聞_一、号曰_二日本国現報善悪霊異記_一。作_二上中下参卷_一、以流_二季集_一。

【故に聊側に聞くことを注し、号けて日本国現報善悪霊異記と曰ふ。上中下の参巻と作て、季の葉に流ふ。】

これについては『著聞集』の記述と似通つてもいるが、上中下の三巻にまとめた点などを見ると、やはり勅撰集とは趣を異にしている。著者自身の名乗りについては、序文の始めと説話集の最後に、「諾衆の右京の薬師寺の沙門景戒録す」とあり、序文・跋文の文中において、成立年とともに語る文体とは異なっている。序文全体を通してみると、やはり漢文的な要素が強いから、『著聞集』の跋文や勅撰集に見られるような「枕詞」による装飾性の強い文体は見受けられなかった。

次に、『著聞集』とほぼ時を同じくして成立した『十訓抄』の序文と跋文を見てみる。

『十訓抄』の書き出しは、次のようになっている。

夫世中ニアル人コトワサシケキ振舞ニツケテ高キ賤キ品ヲワカス賢ナルハ得多ク愚ナルハ失多シ⁽⁷⁾

この書き出しは、『日本霊異記』と同様、直接説話・説話集等の説明から入るものではなく、その点では勅撰集とやや違う。しかし、『十訓抄』の場合は、その使用語句において、『古今集』との関係が指摘できる。

例えば先にあげた書き出しの一文であるが、「世中ニアル人コトワサシケキ振舞ニツケテ」のくだりは『古今集』仮名序の「世の中にある人、ことわざ繁きものなれば」を意識したものと思われる。その他、類似する点をいくつかあげてみる。(十)とは『十訓抄』のことである。

① (十) 昔今ノ物語ヲタネトシテ万ノコトノハノ中ヨリ聊其_二一ノ跡ヲ取テ

『古今著聞集』の価値における一考察 — 勅撰和歌集との類似を中心に —

(古) やまとうたは、人の心を種として、万の言の葉とぞなれりける

② 試二十段ノ篇ヲ別チテ十訓抄ト名ク

(古) 部類所奉之歌。勅為二十卷。名曰古今和歌集。

③ (十) 秋ノホタルノヒカリヲアツメシテ風月ノ望ニクラク春ノ鶯ノサエスリヲマナハサレハ

(古) 春鶯之囀花中。秋蟬之吟樹上。

④ (十) 依之建長四トセノ冬神無月ノ半ノ比ヲノツカラ暇ノアキ心閑ナル折節ニアタリツヽ草ノイホリヲ東山ノフモトニシメテ蓮ノ台ヲ西土ノ雲ニソム翁念仏ノヒマニ是ヲシルシオハル事シカリトナシヘリ

(古) 時に延喜五年、歳の乙丑に次る四月十八日、臣貴之等、謹みて序す。これらの例を見ていくと、『著聞集』と同じような箇所類似点を確認することができる。

また、『十訓抄』においては、「モシホ草カキアマレルコトノハモ数ツモリアツサユミヒキミン人ノアサケリモハツレカタク覚エナカラ」というように、枕詞を使った装飾的な文も見受けられ、これは勅撰集の序文とも同様の傾向である。

さらに、『著聞集』よりやや後の一二七九年に成立した『沙石集』の書き出しは、次のようになっている。

夫能言軟語ミナ第一義ニ歸シ、治生産業シカシナガラ實相ニ背ズ。⁽⁸⁾

また、書名とその成立年、編者名については、その序文で次のように述べている。

彼金ヲ求ル者ハ、沙ヲ集テ是レヲ取リ、玉ヲ翫ブ類ハ、石ヲヒロイテ是レヲ磨ク。

仍沙石集ト名ク。卷ハ十二滿、事ハ百ニ餘レリ。于レ時弘安第二之曆、三伏夏之天集_レ之。林下之貧士無住。

書名を記し、その著者名を記す形態はほぼ同じであるが、これらも『著聞集』と勅撰集の間に見られるほど、文体の類似は確認できない。しかし、序文には「難波江ノヨシアシヲモ撰ズ、藻鹽草手ニ任セテ、書キ集侍リ。」というように、やはり枕詞を使った装飾的な文も見受けられ、この点では勅撰集との類似が見られる。

ちなみに『日本霊異記』と『著聞集』の間に成立し、『著聞集』とともに三大説話集と称される『今昔物語集』や『宇治拾遺物語』を見てみると、これらはここにあげた説話集とは少し趣が異なっている。まず、『今昔物語集』には序文や跋文が存在しない。『宇治拾遺物語』には序文があるが、その書き出しは

【註編して三十篇となす。編次すること二十卷、名づけて古今著聞集と曰ふ。】

これも、勅撰集において、次のように語られている部分と類似している。

(古) 部「類所」奉之歌。勅為二十卷。名曰古今和歌集。

【奉る所の歌を部類し、勅して二十卷と為す。名づけて古今和歌集と曰ふ。】

(新) 裁成而得二千首、類聚而為二十卷。名曰新古今和歌集。矣。

【裁成して二千首を得、類聚して二十卷と為す。名づけて新古今和歌集と曰ふ。】

和歌を集めて二十卷にまとめあげ、それに名をつけるという点で、これらの勅撰集の形態は一致しており、『著聞集』もこれに倣ったものと思われる。特に、『著聞集』の巻数が「二十卷」というように勅撰集と同じであることは、勅撰集からの影響として指摘されることである。

さらに、勅撰集の序と『著聞集』の序文、跋文とを詳細に見ていくと、次のような表現が見受けられる。

① (著) 春鶯之轉^ウ花下^ハ秋鴈之叫^コ月前^ノ暗感^ス幽曲之易^ク和^ス。

【春の鶯花の下に轉り、秋鴈の月の前に叫ぶ、暗に幽曲の和し易きことを感ず。】

(古) 春鶯之轉^ウ花中^ノ秋蟬之吟^ン樹上^ニ。雖^レ無^ク曲折^ト。各發^シ歌謠^ト。

【春の鶯の花の中に轉り、秋の蟬の樹の上に吟ふは、曲折無しと雖も、各歌謠を發す。】

② (著) 猶愧^シ淺見寡聞之疎越^ト。偏招^キ博識宏達之盧胡^ト。

【なほ淺見寡聞の疎越を愧づ。偏へに博識宏達の盧胡を招く。】

(古) 進恐^シ時俗之嘲^ト、退慙^シ才芸之拙^ト。

③ (著) 于^レ時建長六年^ニ應鐘中句^ニ散木^ノ橘南^ノ哀愁^ト課^シ小童^ノ猥^ニ叙^シ大較^ト。

而已^シ。

【時に建長六年應鐘中句、散木の橘南哀、愁ままに小童に課せて、猥がはしく大較を叙ぶるのみ。】

(古) 于^レ時延喜五年、歲次乙丑^ニ四月十八日^ニ臣貫之等^ノ謹序^ス。

【時に延喜五年、歳の乙丑に次る四月十八日、臣貫之等、謹みて序す。】

④ (著) たまほこの道のみちゆきずりの語らひ、あまさかるひなのでぶりのならひにつけて

(新) たまほこの道のべに別れを慕ひ、天さかる鄙の長路に都を思ひ、

⑤ (著) いそのかみふるきむかしのあとより、淺茅がす多の世のなさけにいたるまで、ひろく勘へ、あまねくしるすあまり

(新) 昔今、時を分たず、高き賤しき、人をきらはず、目に見えぬ神仏の言の葉も、うば玉の夢に伝へたることまで、広く求め、あまねく集めしむ。

①は、『春鶯轉』を踏まえたものともとれるが、『古今集』においてこれと似た表現がなされていることは注目できる。②は、使用する語こそ違うが、内容は共に、自らの著者・撰者としての未熟さを謙遜して述べ、人々の嘲りを恐れるものとなっている。

③は、締めくくりの一文であるが、時と名を明らかにするその形態は同じである。④は、枕詞の用法における類似点である。「たまほこの」は「道」の枕詞、「あまさかる」は「ひな」の枕詞であり、それぞれ単独ではよく用いられる語である。しかし、これらを一文の中に並べて使用した④の表現は、『著聞集』と『新古今集』との両者の関連を推測させるところである。⑤は、傍線部の類似を示したものである。「ひろく、あまねく」というこの表現が、慣用表現であるかのごとく、双方で使用されている。

これら①から⑤の例は、個々の語句の類似というよりは、一文の流れの類似と言え

る。ここで、他の説話集においてはどのような序文・跋文になっているのかを確認しておく。まず七〇〇年代後半に成立したと言われる『日本国現報善惡靈異記』(以下、『日本靈異記』とする)の場合を見てみる。『日本靈異記』は、上巻・中巻・下巻の三巻から成っており、それぞれの最初に序が見える。これは『著聞集』が篇ごとに小序をおくのと似ている。特に上巻の序文は、全体の序とも言える内容であり、『著聞集』にお

はじめに

『古今著聞集』（以下『著聞集』とする）は建長六年（一二五四年）橘成季の手によって編纂された説話集であり、二〇巻三〇篇から成っている。説話集の始めと終わりに序文と跋文とがあり、三〇に分けた篇目ごとに小序が置かれている。全説話数は七〇〇話を超えており、説話集というジャンルにおいて、その規模は『今昔物語集』に次ぐものである。そのため、『今昔物語集』や『宇治拾遺物語』と並び、三大説話集の一つと称されている。志村有弘氏が「話の内容の豊富さにおいて、鎌倉期成立の説話集の随一と評し得る」⁽¹⁾としているように、編纂される説話の内容も多彩である。また、成立年月日や著者名も序文と跋文に明記しており、各説話は篇ごとに年代順、および類話関係に従って配列されている。中世の説話集においては、このように序文や跋文を置き、著者が自ら名乗りをあげる形態も見られ、ある程度は形式が整ってきているように見受けられるが、この『著聞集』ほど整然としたものは少ない。『著聞集』は、その規模と整然さにおいて、他の中世の説話集とは一線を画すものである。しかしながら、『著聞集』のような説話集は、当代必ずしも高い価値を認められるものではなかった。このような状況下で『著聞集』の果たした役割は何だったのだろうか。

本稿では、『著聞集』が勅撰和歌集—中でも『古今和歌集』と『新古今和歌集』—との類似点を持つことに着目し、そのことが『著聞集』の文学的価値を認識させる上でどのように影響したのかについて考察する。そして、『著聞集』の後世への影響をも含め、『著聞集』の価値を再確認していくことにする。

1 序文と跋文の語り口における勅撰集との類似

前述した通り、『著聞集』には序文と跋文とが存する。これらを見ると、序文は真名で、跋文は仮名で記されている。これは、勅撰集において、真名序と仮名序とが置か

れるその形態と類似しており、ここから勅撰集と『著聞集』との影響関係が論じられている。しかし、類似点はこればかりに留まらない。真名と仮名という形態もさることながら、その文体・語り口においても勅撰集との類似が指摘できる。まずはその類似点のいくつかをあげてみる。以下にあげるのは、『著聞集』および『古今和歌集』（以下『古今集』とする）、『新古今和歌集』（以下『新古今集』とする）の序文における書き出しである。類似が指摘され得る最も顕著な例である。（著）は『著聞集』を、（古）は『古今集』を、（新）は『新古今集』を表している。

（著）夫著聞集者宇泉^{トイ}亜相巧語之遺類江家都督清談之余波也。

【それ著聞集といふは、宇泉の亜相が巧語の遺類、江家の都督が清談の余波なり。】⁽²⁾

（古）夫和歌者。託^ニ其根於心地^一。發^ニ其華於詞林^一者也。

【夫れ和歌は、其の根を心地に託け、其の花を詞林に発くものなり。】⁽³⁾

（新）夫和歌者、群徳之祖、百福之宗也。

【夫れ和歌は、群徳の祖、百福の宗なり。】⁽⁴⁾

これらを比べてみると、その文体が実に似通ったものであることがわかる。「そもそも和歌というものは」という和歌の説明から入る『古今集』『新古今集』の二つの勅撰集と同じく、『著聞集』においても、「そもそも著聞集というものは」の書き出しが用いられている。ここでいう「著聞集」とは、『古今著聞集』というこの説話集のことを示しているのではなく、「一般的に著聞集というものは」という意味であると思われる⁽⁵⁾。この中で、『新古今集』において、和歌を「群徳の祖、百福の宗」と語る文体と、『著聞集』において著聞集を「宇泉の亜相が巧語の遺類、江家の都督が清談の余波」と語る文体とは酷似していると言えよう。

また、その編纂と説話集の名について、『著聞集』では次のように述べている。

チラシコトニ
註緝為三十篇^ト。編次^{スルコト}二十卷、名曰古今著聞集^ト。

六.

孟子の掲げる禪讓放伐思想に客観的理論を与えたものは次の二つであろう。一つは、夏王朝の交代劇と殷周革命である。この歴史的事実は禪讓放伐思想に蓋然性の高い法則性を賦与した。二つ目は従来から存在した天命観・尚古主義・循環思想等であろう。この伝統的思想は哲学的論理性の精緻さから、孟子の理論的根拠となっていた。孟子の王道論は「文王民を視ること傷つくがごとし」と述べたが、これは君主としての宣誓である。故に、貴民思想であり、王道政治なのである。ここに孟子が王道政治を説く根拠が成立するのである。

注

注1 禪讓による王朝革命の特質(東方学十一号・昭和三十年)

注2 中国の革命思想(小島祐馬・筑摩書房・一九六七年)

注3 中国学術思想論叢(呉錫澤撰・台湾商務印書館)

注4 中国古代哲学史(胡適撰・台湾商務印書館・民国七十年)

注5 「孟子は武力抵抗のラシナリゼーションを行い中国革命史上、革命に一つの拠点を与えはしたものの、そしてその点は見のがしてはならぬとしても「人民の権利の保障宣言」を行った例はないようである。〔補〕

「人民の権利」を問題にするのなら人民の一定の支配領域が社会的に承認されてくる過程を歴史的にとらえて来なければならない」(『中国法制史』仁井田陞・岩波全書)

（『孟子』梁惠王下）

胡適は孟子に対し「他所主張的『仁義』只是最大多數的「最大樂利」であるとし、革命の理想、目的は絶対多數の絶対幸福にあると説いている。こうして民中心の政治は「王政」「不忍人之政」とも称され、王道論の基調となっていくのである。

五.

孟子の王道の根幹は民本思想にある。「民為社稷次之」（『孟子』尽心下）と直裁的に表現する貴民思想である。

弔其民若時雨降（『孟子』梁惠王下）
視民如傷（『孟子』離婁下）

に至っては民主主義の極みである。しかし、言葉の極みは逆説の極みでもある。逆説の極みは儒家の持つ現実重視に起因する。また、現実重視とは現実対応ということでもある。

得天下有道、得其民、斯得天下矣、得其民有道、得其民心、斯得民矣、得其心有道、所欲與之、聚之、所惡勿施爾也（『孟子』離婁上）

胡適は「孔子的『爸爸政策』Paternalism或譯父性政策、孟子的『媽媽政策』Maternalism或譯母性政策、爸爸政策要人正經規矩要人有道德、媽媽政策要人快活安樂、要人享受幸福」と述べている。孔子を「爸爸政策」、孟子を「媽媽政策」と定義し、孔子には父性の厳格さ理性的規範を認め、孟子には母性のような暖かみ寛容さを認めている。しかし、言葉の持つ響きは美しく、その美しさは言葉の逆説である。孟子に比べ孔子の政策は素朴であり、直裁的であり、理性的である。

天之生此民也（『孟子』万章上）

民は天より生じたものであり、天に近い存在と認められている。しかし、民が天に近ければ君主もまた天に近いのである。故に、民意尊重は逆説の極みでもある。

愛人不親、反其仁、治人不治、反其智（『孟子』離婁上）

天子不仁、不保四海（同）

となると天下は民中心であるかの如き観がある。しかし、「不保四海」は愚王のときだけの限定付きである。愚王は民を統治できないが、賢王は可能であるのである。賢王であれば「得其民心、斯得民矣」が可能であり、ここに、「賢王―天より生じ

た民」の構造が出来上がる。また、天より命を受けた天子と、天より生じた民は共に天という共通項によって括られる。則ち天（賢王―民）の図式となる。しかし、この図式の共通項である「天」は受命の王が天に悖るような行為を行ったとき、天（王―民）の関係を「支配者―被支配者」に置換することになる。天を媒介として、王と民とが対等の地位にあった図式が天の乖離を招くと共に「支配者―被支配者」の力関係に変化してしまう。当時の人々はこの図式を信じた。

元来、「支配者―被支配者」であったものを「賢王―天より生じた民」の関係に変化させたのは王道論であった。王道論により「支配者」が「賢王」と置換され、民の不満が解消した。現実の社会構造である「支配者―被支配者」が、観念的な天（賢王―民）とされたことにより、観念的な理想政治が現出した。しかし、王道論は賢者が民を直接支配するとは説かない。「帝力何有於我哉」である。支配を感じさせないところに賢君の賢君たる所以がある。「帝力何ぞ我にあらんや」は「指導者―被指導者」の関係で、「支配者―被支配者」の関係ではない。指導原理と支配の原理双方に厳格さは存在するが、前者のそれは客体の尊重であり擁護である。また、賢君と民との調和であり同居である。後者のそれは圧迫であり束縛である。王道は民主主義というより民主主義的というべきである。だが、主権在君^きである。この一線は越えていない。民を慰撫するが搾取はしない。故に対立がない。調和による幸福感がある。だからといって民主主義とはいえない。君主政治に則った幸福感である。民は「天之生此民也」を教えられたが、それで満足した。現状における幸福、君主政治下における幸福を選んだ。

使民如承太祭（『論語』顔淵）

民為貴、社稷次之、君為輕、是故得平丘民（『孟子』尽心下）

太祭や社稷より重いとされる民であるが、「王―民」という図式の反転に終始している。この反転は恣意的である。文意は民のために政治を行うということであるが、君主政治が根幹であり、君主政治の悪弊を警戒するために貴民を強調するのである。君主の反省すべき動因としての民意尊重である。客体の尊重は事実が先行した。故にそうした、事実先行の矛盾克服のために「民を貴となす、社稷これに次ぐ」と直裁的な表現になった。手段は常に一方通行である。王と民との関係も一方通行である。そのため、王の民に対する敬意はそうした関係を回避のための表現となったのである。

「知古、古今一也」のように「古今一也」と捉えるからである。しかし、この点を以て循環主義と尚古主義が同一であるという根拠にはなり得ない。何故なら、「今を察すれば則ち以て古を知るべし」は現実との対決を以て過去を引き出すという繰り返しの波長を持つからである。

この、循環思想が社会政策の俎上に乗ると、この繰り返し発展するという論理は希望の理論になる。この希望は停滞していたものが取り除かれたときに清浄になるという考え方になる。停滞しているものが取り除かれたとき清浄になるという考え方は、時代の弊を取り除くべきだとする積極的な生き方を教えることになる。悪王の出現は除去すべきものであり、除去できるといふ確信を植え付けることになる。

ここに循環思想の革命是認の発想を生む土壌ができあがる。そして、更に独特の思想基盤の上にまた中国独特の革命思想が醸成されていくことになる。

四.

中国の革命思想には発生時点から根底的な矛盾を有する。『史記』儒林列伝の

黄生曰湯武非受命、乃弑也、轅固生曰不然、夫桀紂虐乱、天下之心皆歸湯武、湯武與天下之心而誅桀紂、桀紂之民不為之使而歸湯武、湯武不得已而立、非受命為何、黄生曰冠雖敝、必加於首、履雖新、必闕於足、何者、上下之分也、今桀紂雖失道然君上也、湯武雖聖、臣下也、夫主有失行、臣下不能正言匡過以尊天子、反因過而誅之代立踐南面、非弑而何也、轅固生曰必若所云、是高帝代秦即天子之位、非邪、於是景帝曰食肉不食馬肝、不為不知味、言学者無言湯武受命、不為愚、遂罷、是後学者莫敢明受命放殺者

と景帝の面前における黄生と轅固生との革命論議である。黄生は湯武を暗殺者とするのに対し、轅固生は受命の君であると反論する。両者決着が不可能と見た景帝は「馬肝喰わずとも味を知らずとなさず」と二人の論議を妥協させ、革命論議を中止した。しかし、この妥協は成立を見ていない。景帝、黄生、轅固生の三者の意見が対立状態のみならず、黄生は漢王朝維持のために革命を否定する立場であり、轅固生は受命、漢王朝正当化のために革命は認の立場に立脚している。湯武革命が立場の違いにより、否定と肯定とに退治してしまうことになる。西漢の一史実ではあるが、この一史実は革命観の未確立を意味する。こうした矛盾こそが中国的革命の特

徴であり、王朝維持の革命思想たり得るのである。黄生は「今桀紂雖失道然君上也」といい、轅固生は「湯武與天下之心而誅桀紂」と主張して激しく対立するが、黄生のように秩序維持を願うものにとつて、革命は「弑」に映じ、轅固生にとつては「非邪」に映じ受命を主張することになる。この根底的矛盾こそ中国的な弁証法的革命といえよう。「放伐」は「禪讓」つまり理想を求めるための「放伐」である。故に、「弑」ではなく、真の意味での理想への前進と悪弊の除去、そして理想的革命の追求である。

取之而燕民悦、則取之（『孟子』梁惠王下）

東面而征、西夷怨、南面而征、北狄怨（中略）誅其民、弔其民、如時雨降、民大悦（『孟子』梁惠王下・滕文公下）

民の理想革命の歓迎と、順うべき価値のあるものには存在を傾注する姿が描かれている。常に称賛に値するものへの願望と、反面無価値なものへの随順の多犠牲がのべられる。

以供道使民、雖勞不怨、以生道殺民、雖死不怨殺者（『孟子』尽心上）

民は理想的な王朝交替のためであれば命を奪われても悔いはないという。そのためには、自らの命さえも提供する。しかし、革命は矛盾するものである。「雖死不怨殺者」とはいえ、事実としての犠牲は伴う。孟子はこの矛盾を「仁政」において克服した。「仁政」とはいえ事実としての犠牲は伴うため、「禪讓放伐」によって真に民の称賛を受ける理想革命へと進展させた。政治にとつて禪讓が本来あるべき姿なのであるが、禪讓が行われない場合、つまり仁政が破綻してしまった場合は放伐が必要になってくる。これは仁政の改新である。反面、仁政が行われている場合は放伐は生じない。これは、仁政を中心として禪讓と放伐が表裏一体であることを意味する。呉錫澤氏は「仁政是（中略）達到理想国唯一的途径、故仁政也可以说是现实国和理想国間的桥梁」³⁴と述べている。禪讓は仁政のことであり理想である。放伐は悪化のことであり、現実である。人々は現実に生きながら放伐によつて理想に達しようとする。その唯一の道が仁政である。呉錫澤氏は孟子の政治における仁政を（一）反功利主義（二）為政的動機在於愛人（三）為政的目的在於保（四）革命的動機在於求人（五）王道（六）用人的方法―尊重輿論等々と捉えて孟子に民中心の政治を見ている。

樂民之樂者、民亦樂其樂、憂民之憂者、民亦憂其憂、樂以天下、憂以天下

尚古主義が伝統に捕らわれると、それ自身弊を惹起する。そして、時代が、尚古主義の弊に耐え難くなったとき、即ち時代が尚古主義の弊を拒絶したとき、尚古主義が自身に内在させている革新性と尚古主義自身を対立させ、その耐え難い時代を切り開いていくといえる。尚古主義自身から分離した革新性それ自身は惹起した弊を除去していく。しかし、尚古主義の内在から分離した革新性との対立とはいえ全体の流れは尚古主義それ自身であり、全体の流れは尚古主義それ自身における弁証法である。

禪讓放伐の理想政治を標榜する革命理論は尚古主義の流れ自体に包括され、尚古主義という緩慢な大河の流れの中に身を置くことになる。そして、大河の流れに身を横たえながらも、尚古主義の惹起した弊に時代が耐えられなくなったとき、素早く革新的なものを並立させ、時代変革の様相を呈示せしめる。伝統性と革新性とを並列させゆく弁証的構造を持つものは尚古主義だけであると断定しがたいが、しかし、尚古主義ほど弁証法を顕著に表出する歴史概念はないであろう。尚古主義は中国思想において最も本質的な思想で、それは、拭おうとしても絶対に拭いきれない「先王」を擁立するからである。先王つまり伝統的な古代理想を絶対基準とする思想は『論語』に起こった。孔子は述而篇において「述而不作」と説くが、こうした姿勢は「先王之道」「成人之道」を前提とし、自らもこれに服従しようとするのである。孟子も孔子と同様こうした姿勢を貫く。こうした動きは儒家と激しく対立した墨家においても見られた。墨家が堯舜禹湯を称えたという点において、墨家も「先王之道」を免れ得ないであろう。さすがに老子は「先王之道」等とは唱道しなかった。それは、老子の現実否定の論理は過去の理想像といえども現実を象徴したものであるとらえるからである。しかし、莊子以降になると老子が否定した現実、即ち現実を象徴した黄帝を祭り上げるといふ矛盾を生ずる。これは、現実を肯定したことであり、結局、道家といえども尚古主義の流れの中に巻き込まれたということになる。

第三に戦国末期から漢代にかけて流行した陰陽説、五行説を包含し体系化した循環主義についてであるが、時空間の変化の説明を陰陽二元を以て説明したのが易であり、宇宙の五元素により政治交代の説明をしようとしたのが五行思想である。五行説は孟子の影響を受け鄒衍が体系化したとされるものだが、その原理は木火土金水の五行の消長により、過去未来を予測しようとしたもので、その後、五行相勝説

・五行相生説の二説が発生した。戦国末期に成立した五行相勝説は

黄帝曰、土氣勝、土氣勝、故其色尚黃、其事則土、乃禹之時、天先見草木、秋冬不殺、禹曰、木氣勝、木氣勝、故其色尚青、其事則木、乃湯之時、天先見金、刃生於水、湯曰、金氣勝、金氣勝、故其色尚白、其事則金、乃文王之時、天先見火赤鳥衛舟書集于周社、文王曰、火氣勝、火氣勝、故其色尚赤、其事則火、代火者必將水、天且先見水氣勝、水氣勝、故其色尚黑、其事則水

(『呂氏春秋』応同)

とある如く、黄帝は土徳で色は黄を尚ぶから、秦の始皇帝は水徳でなければならぬとして王朝交代劇を説明している。漢初においては五行相勝説が流行し、平和時には五行相生説が流行した。

陰陽説も五行説も共に循環運動を基底に持つ。無限の循環運動は現象世界、現実世界を分析・解釈する理論である。分析性・解釈性とは論理的能動性といふことができる。この論理的能動性は後世、歴史観的法則性を賦与され、一歴史観として発展してきた尚古主義とは一線を画す。なぜなら、五行思想、陰陽思想共に、それ自身中国思想を形成し得る歴史観たる型を持っているからである。陰陽は六十四卦三百八十四爻の理論で史観を形成するが、六十四卦三百八十四爻の自然秩序と合致しない場合は「天地革まって四時成る」の乱れが生じる。この時が革命の生起である。そして、この循環こそが政治革命である。五行思想は宇宙の根源を五要素に集約し、最終的に太一太極に還元されるが、すべての運動はこの範疇において循環する。小島祐馬氏は孟子の「放伐」は五行生勝説に当たり、「禪讓」は五行相生説に当たると論究されたが²²、これらの循環史観は循環的に行われる政治革命を是認することになる。循環史観は繰り返して発展するが、繰り返して発展するということは、現実を基盤にした論理ということである。現実を重視しながら繰り返して発展し、そして方向性と未来を決定していく理論である。また、循環史観は波長を具有する。現実との対決が「古」を引き出し、中国思想はこの「古」から「温故知新」を引き出す。また、過去への回帰が「新」即ち未来への方向性を引き出す。その未来への方向性は再び現実を招来する。一見循環主義と尚古主義は似ているようであるが、「古」に回帰し、そこから未来性・発展性を帯びるか否かが両者の分岐点といえよう。確かに、現実重視の視点は共に持ち合わせている。『呂氏春秋』察今篇「察今則可以

・素朴な事実を抽象理論にまで押し上げた。理論の純化は伝説における「禪讓」「放伐」が、共に中国的革命の意に達することを容易にした。孟子を始めとする儒家の政治理論の確立は戦国末期に出現する『易経』(下条伝)の「天地革りて四時成る、湯武命を革め、天に順ひて人に応ず」という、明確な革命思想を形成する上で多大な影響を与えた。

三.

禪讓放伐思想には様々な思想が混在している。第一に、伝統的天命観、第二に尚古主義、第三に循環主義である。第一の天命観については、『詩経』(小雅・鶴鳴篇)に「鶴九臯に鳴ひて、聲天に聞こゆ」とある。天は蒼天と解釈されるが、天帝・上帝にも解釈される。大雅・烝民篇になると「天烝民を生ず、物有れば則有り、民之れ彝に秉ひ、是の懿徳を好めり」の如くに天の主宰的要素が濃厚になつてくる。更に、『書経』湯誓篇になると

夏氏罪有り、予上帝を畏るるに、敢へて正せずんばあらず、今汝其ち曰く、夏の罪其ち如何と、夏王率に衆力を過し率に夏邑を割ふ、有衆率に怠みて協せず、曰く時の日曷か喪びん、予汝と皆に亡びんと、夏徳茲の若くなれば、今朕必ず往かむ、爾尚くば予一人を輔けて、天の罰を致せ、予其に大ひに汝に責へんとす、爾信ぜざること無かれ、朕言を食らず、爾誓言に従はざれば、予則ち汝を撃斃して赦す汝有ること罔しと

のように天の主宰的傾向が極みに達する。天子の位にある夏の桀王が天意に反逆し罪を犯している。吾湯は天命を奉じてこれを正さなければならぬ。そして天の下す罪を桀王に致すべきであると。ここに天の命により天子交代が為されるのである。

『詩経』に息づく天命観は『書経』において急に政治性を帯びてくる。『書経』が周の支配の正当性や主権の交代を儒家の政治性と結びつけたからである。しかし、その政治性も受命の原理、即ち中国の伝統天命観が基礎になっているため革命を直截に表現するまでに至っていない。革命を直截に表現するようになったのは『易経』「湯武革命」においてであった。特に「象伝」は、元來保有する天命観を革命肯定の原理に据え、易思想の一断面である弁証法において革命を説明している。つ

まり、陰と陽との矛盾対立を媒介としながらも、矛盾によつて事実を否定することなく、矛盾するものの調和を追求しようとする。だが、この調和に対し調和を妨げようとする動きが生ずる。そこで調和妨害の動きに対し、調和維持及び妨害排除の動きが生じる。この調和妨害及び排除の動きが否定であり、その理念を現したものが「革」である。そして、人間社会もこの「革」により新生していくのである。伝統的天命観と易思想を論拠とした革命理論は否定の厳しさを欠くようにみえるが、それは、天命が受命の維持を本分とするからである。易の矛盾対立といつても、相關関係におけるそれであり、そこには真の意味での否定が欠如しているからである。真の意味での否定とは、否定による自己反省が無いといえよう。例えば、老子における否定は根本的な弁証法的否定の論理といえる。老子の「道の道とすべきは常道に非ず」とは、道が自己否定を経て初めて真の道になるということである。そして、自己否定を重ね合わせていく中に、真の存在を呈示していく。厳しい弁証法的否定の論理である。確かに、伝統的天命観と易思想を論拠とした革命理論の否定は、老子の持つ根本的な否定ほどの激しさを持たない。だが、論理を超えた事実としてのそれは持ち合わせていた。事実としての弁証法を天命それ自身が具有していた。逆に、事実であるだけに、事実の持つ厳しさを持ち合わせていた。それは、ヘーゲルのような直線的弁証法ではなく、中国的弁証法であるといつてよい。天命は常に天命であり続けようとする。しかし、天命が天命自身を維持することが不可能に陥つたとき革命は発生する。天命の継続に対し、天命の継続不可能になったときに受命を帯びた革命が自己打開の行動を起こすのである。それは、天命の保持と受命との弁証法的発展である。故に、天命は自己限定を続けながらも弁証法的に自己進展していくという運動性を有している。

第二の尚古主義であるが、これは中国の一般的歴史観であるともいえるが古典的理想、即ち「先王」を絶対基準とする考え方であるから伝統回帰の思想ともいえるであろう。尚古主義も革命理論の基軸である弁証法的構造を有する。革命の「革」は「命、革まる」の放伐を意味し、「命」は「受命を捧持する理想政治」即ち禪讓のことである。特に中国の革命は「革」と「命」の性向がはっきりし、弁証法的構造が明瞭である。中国の革命は禪讓(理想政治)と受命との止揚により理想国家を確立することである。尚古主義は伝統回帰の思想であるが故に、それ自身伝統を負っている。伝統を負っているが故に、その伝統に捕らわれるという結果が生ずる。

瀬尾 邦雄

一

孟子の王朝交代劇の説明原理「禪讓放伐」思想は中国古代社会における夏王朝の交代・殷周革命の存在により、蓋然性の高い法則性と論理性が賦与された。しかし、一王朝の興亡には前王朝を革命したが後王朝に革命されたという矛盾をはらむ。しかも、孟子はこの「禪讓放伐」思想という理想政治に王道をもってし、「文王は民を視ること傷つくがごとし」と民に仁愛を施すことを怠らなかつた。王道の根底に貴民があることを捉えていたからである。しかも、孟子は「その民を得れば斯に天下を得」とまで断言している。では、なぜ孟子は王朝交替の説明原理「禪讓放伐」思想に王道論を据え、その王道論に貴民思想をもって説明しなければならなかつたのであろうか。本稿では、こうした点に着目し、「禪讓放伐」思想に貴民思想が混在した根拠を明らかにすると共に、その成立過程、思想構造を中国伝統思想に基づき考察することにする。

二

「禪讓放伐」の語源は周初の『書経』泰誓篇「武王殷を伐つ」に始まる。次に、泰誓篇より時代が下るといわれる召誥篇に「皇天上帝、厥の元子を改めて大国殷の命を茲ふ」、多士篇に「殷夏命を革る」、仲虺之誥篇に「成湯桀を南巢に放つ」との語が現れる。更に、戦国期には「湯桀を放ち、武王紂伐つ」（『孟子』梁惠王下）、「周公武王を相け、紂を誅し奄を伐ち、三年其君を討つ」（『孟子』滕文公下）、「堯老ひて舜摂す」（『孟子』万章上）、「堯天下を以て舜に與ふ」（『孟子』万章上）、「唐虞禪り、夏后、殷、周継ぐ」（『孟子』万章上）等のように

「禪讓」「放伐」が語上において明確化してくる。しかし「放」は『日知録』において「上古以来、無弑君之事、湯之於桀也放之而使紂自焚」とされ、『書経』仲虺之誥篇においても「成湯桀を南巢に放つ」と解釈されている。このことから

「放」は単なる放逐の意味に留まり、「放伐」の意義・成語にまでは至っていない。同様に「禪」にも「摂」「與」が充當されているところから、「禪る」の意に解され、未だ「禪讓」の語義は帯びるまでにはなっていないようである。つまり「禪る」「放つ」は、「禪讓放伐」として成語化される過渡期段階であったことを示している。「禪讓放伐」の未成熟は中国的革命概念の未成熟であり未体系化を意味する。しかし、中国的革命概念が未成熟であっても「禪讓放伐」が即中国的革命概念でないと断定するとは適切ではない。「放伐」の中に微意を汲み取るだけでも、概念の存在は十分であると認識すべきであろう。何故なら、現実には生きている人間にとつて現実が理想に反するものであるならば、現実の变革を願うからである。「放伐」とは悪政改革の願望であり、現実変革への願望である。そして、現実には常に理念を要求する。理念とは理想であり、理想の裏付けである。「禪讓」とはその理想であり、現実の变革は理想を追求する。故に、「放伐」は必然的に「禪讓」を求め、「放伐」即「禪讓」となり得る。「即」は意味上における「一而不二」のような、静的で「一」「不二」の関係性を超え、動的・弁証法的な関係を意味する。故に「禪讓放伐」は中国的革命の意義を見いだすことができるのである。

中国的革命概念の不明確化は孟子における事実の先行に由来する。革命が思想化される以前に周の武王が殷の紂王を放伐したという殷周革命、堯が有徳の君、舜に位を讓渡したという堯舜の禪讓が事実として存在していた。仮に伝説としても、伝説という事実として存在していた。伝説の淵源が、宮川尚志氏の説く「原始民族の選挙王制の反映」「婚姻による相続性に基づくもの」「春秋時代以降、親親主義が行われなくなった時に賢才に国政を委ねべきであると説いた墨家達が創造したものである」とであろうと、事実は事実として存在していたのである。

実際、事実の有無は理論の強弱を左右する。そこで、儒家達はこの事実を利用して政治理論化した。事実の持つ強さを教典としての『書経』に託した。そして、周の正当性を主張する様に至ったのである。孟子も『書経』の事実優先の思想を継承している。しかし、孟子は禪讓放伐を素朴で伝説的な事実として放置しなかつた。孟子はその事実を王道論により克服し、価値体系化し、伝説を論理化し、具体的事実

文部科学省科学研究費補助金(平成15年度)

研究種目	学科(目)名	職名	氏名	研究課題	備考
基盤研究(C)(2) [継続]	自然科学科	講師	松久隆	認識論理による相互意志決定定理 論基礎論の研究	
基盤研究(C)(2)	人文科学科	助教授	飯島博之	EFL読解における読解阻害要因 とその学年差に関する研究	
基盤研究(C)(2)	機械工学科	助教授	鯉渕弘資	分子の内部自由度と溶液の存在 を考慮したモデルによる脂質分子 膜の形状変動相転移	
基盤研究(C)(2)	人文科学科	助教授	瀬尾邦雄	東北における祖徠学の継承と変 化について一庄内藩学を中心と して	
萌芽研究(2)	人文科学科	講師	箱山健一	バイエルンの産業革命ー先進 農業地域の工業化・ポスト工業化 ・高度福祉社会への展開	
若手研究(B)(2) [継続]	電子情報工学科	助手	弥生宗男	干渉パターンニング光アシスト成膜 法による2次元磁性フォトニック結 晶の作成	
若手研究(B)(2)	電子情報工学科	助手	弘畑和秀	K連結グラフの指定した頂点集合 を通る長い通路の存在性とハミル トン閉路に関する研究	
基盤研究(A)(2)	機械工学科	助手	池田耕	Dynamic PIVとデジタルスペック CTによる過渡密度変動流解明	研究分担者 研究代表者 斑目春樹 東京大学 (採択不明)
萌芽研究(2)	機械工学科	教授	谷山久法	不錆高強度鋼の炭化物適用のマ イクロファブリケーションの萌芽 研究	研究分担者 研究代表者 江田弘 茨城大学
基盤研究(C)(2)	電気工学科	助教授	若松孝	有機超薄膜のナノ界面構造制御 と多重表面プラズモン励起を利用 した高効率光電変換素子	研究分担者 研究代表者 加藤景三 新潟大学
基盤研究(B)(2)	機械工学科	助教授	富永学	電子スペックル干渉カメラによる 新しい材料劣化診断技術の確立	研究分担者 研究代表者 豊岡了 埼玉大学

教員事績 (平成14年10月～平成15年9月)

人文科学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
瀬尾 邦雄	水野元朗における荻生徂徠と太宰春台の思想的受容について	新しい漢字漢文教育第34号・ 全国漢文教育学会(2002.11)	
瀬尾 邦雄 辺 冬梅	中日茶文化交流の一考察	東北公益文科大学総合研究論集・ 東北公益文科大学(2002.11)	
瀬尾 邦雄 辺 冬梅	儒家文化と教育について	中国関係論説資料・論説資料保存会(2002.12)	
平本 留理	『古今著聞集』巻十六「興言利口」篇の一特色	『国語の研究』 第28号(平成14年11月)	
田畑 千秋 ¹⁾ 平本 留理 三宅 聡子 ²⁾	『古今著聞集』巻三、第七六話から第八八話訳注 - 「村上天皇、政道を年長けたる下部に問ひ給ふ事」から「(序)年間の公事の典礼一に非ざる事」-	『大分大学教育福祉科学部研究紀要』 第25巻第1号(平成15年4月)	¹⁾ 大分大学教育福祉科学部教授 ²⁾ 大分県立佐賀関高等学校講師
飯島 博之	日本人EFL学習者の読解阻害要因に関する研究	国立高等専門学校協会 論文集「高専教育」 第26号 pp.297-302 (2003.3.21)	
飯島 博之	高専生のEFL読解における阻害要因に関する研究	平成15年度高専教育講演論文集 pp.49-52 (2003.8.28)	
飯島 博之	EFL学習者の読解阻害要因に関する研究	第29回全国英語教育学会南東北研究大会 要綱pp.61-64	
飯島 博之	高専生のEFL読解における阻害要因に関する研究	平成15年度高等専門学校教育教員研究集会	
奥山 慶洋	英語語彙サイズ測定テスト作成に関する一考察 - 実用性と信頼性のあるテストづくりを目指して -	関東甲信越英語教育学会 第27回栃木研究大会発表要項p.40 (2003.8)	
小林 邦彦	Perspectives on Intercultural Communication	英語学論説資料第34号第6分冊(英語教育) 論説資料保存会pp.45-49(英文)(2003.8)	
小林 邦彦	Aspects of Communicative Task Design	英語学論説資料第34号第6分冊(英語教育) 論説資料保存会 pp.50-52(英文)(2003.8)	

教員事績（平成14年10月～平成15年9月）

自然科学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号（年、月）	備考
松久 隆	Core Equivalence in Economy for Modal Logic	P.M.A.Sloot et al (Editors): Computational Sciences-ICCS 2003, Part II, Springer Lecture Notes in Computer Science Vol. 2658, pp.74-83. (2003年6月)	学術論文(査読付)
松久 隆	Rational Expectations Equilibrium in Economy for Modal Logic	Abstracts of Stony Brook Summer Festival on Game Theory, SUNY, Stony Brook, NY (USA), pp.43. (2003年7月)	国際会議研究発表論文(査読付)の要旨
松久 隆 石川竜一郎 ¹⁾ 星野 良明 ²⁾	Core Equivalence in Economy under Generalized Information	丸山 徹(編著)「経済の数理解析」 京都大学数理解析研究所講究録No.1337, pp.210-223. (2003年8月)	国内研究集会報告論文(査読付) ¹⁾ 一橋大学経済学研究科 日本学術振興会PD研究員 ²⁾ 香川大学経済学部
松久 隆	Communication Leading to Nash Equilibrium without Acyclic Condition	Abstracts of the Third International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis NACA 2003, Tokyo (Japan) pp.104, (2003年8月)	国際会議研究発表論文(査読付)の要旨
松久 隆 石川竜一郎 ¹⁾ 星野 良明 ²⁾	Core Equivalence in Economy under Generalized Information	Abstracts of the Third International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis NACA 2003, Tokyo (Japan) pp.105, (2003年8月)	国際会議研究発表論文(査読付)の要旨 ¹⁾ 一橋大学経済学研究科 日本学術振興会PD研究員 ²⁾ 香川大学経済学部
松久 隆	No Speculation under Rational Expectations in Economy: A Modal Logic Approach.	S. Vannucci (Editor): Logic, Game Theory and Social Choice (LGS 3) pp.58-64, University Press of Siena. (2003年9月)	学術論文(査読付)
松久 隆	人間の行動と合理性に関する認識論理とゲーム理論基礎論の研究	文部科学省・科学研究費補助金研究成果報告書(2003年4月)	平成12年度～平成13年度科学研究費補助金基礎研究C(2) 「課題番号1264045」
T.Watanabe ¹⁾ K.Ohkawa ²⁾ S.Kasai ²⁾ S.Ebara ³⁾ Y.Nakano ³⁾ Y.Watanabe	The effects of dietary vitamine B12 deficiency on sperm maturation in developing and growing male rats.	Congenital Anomalies, Anomalies, Vol.43,pp.57-64,(2003)	¹⁾ 姫路工大 ²⁾ 山形大 ³⁾ 大阪府大
K.Kamiyama	“An Argument against Skepticism,” Knowledge and Belief: Papers of the 26th	International Wittgenstein Symposium, Austrian Ludwig Wittgenstein Society, 2003, pp.167-168	
神山和好	懐疑論者の不安—帰納法の問題の解消主義的解決再論	『科学基礎論研究』第100号2003年, pp.55-60	
神山和好	閉包原理と懐疑論	科学基礎論学会2003年度年会, 2003年6月	
中川 英則 堀 宗朗 ¹⁾	スペクトル確率有限要素法の 地表地震断層問題への適用	土木学会 応用力学論文集, Vol.6, pp.693-700, (2003年8月)	学術論文(査読付) ¹⁾ 東京大学地震研究所

教員事績 (平成14年10月～平成15年9月)

機械工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
I. Shimizu F. Kato	Optical Analogue Image Processing of Shape and/or Sizes of Particles	Journal of Flow Visualization and Image Processing, Vol.9, pp115-122, 2002(10)	
清水 勲 佐藤 貴也 ¹⁾ 工藤 重樹 ²⁾ 興津 伸彦 ²⁾ 織田 賢治 ³⁾	ナノ粒子群の大視野迅速計測の開発	日本空気清浄協会、 第21回空気清浄とコンタミネーションコントロール 研究大会講演論文集、 21, pp203-205, 2003(4)	¹⁾ 平成13年度専攻科修了 ²⁾ 三菱化学㈱ ³⁾ 茨日本錬水㈱
清水 勲 大橋 慶勘 青野 光 ¹⁾	スギ花粉群の自動計測法の開発	日本空気清浄協会、 第21回空気清浄とコンタミネーションコントロール 研究大会講演論文集、 21, pp189-191, 2003(4)	¹⁾ 平成13年度卒業
I. Shimizu K. Ikeda F. Kato	Technique for Making Hologram Easily and for Measuring Behaviour of Particles in Each Shape and/or Size Simultaneously	Proc. of the Intern. Workshop on Holographic Metrology in Fluid Mechanics, pp145-148, 2003(5) (Invited Paper)	Edited by J. Coupland, (Loughborough University in England)
清水 勲 黒田麻衣子 ¹⁾ 加藤 文武	浮遊ナノ粒子群のレーザ光による 大視野迅速定量可視化計測と捕捉法 の開発研究	日本エアロゾル学会、 第20回エアロゾル科学・技術研究討論会講演 論文集、20, pp61-62, 2003(7)	¹⁾ 平成15年度卒業
清水 勲 大橋 慶勘	浮遊スギ花粉粒子群の大視野実時間 測定システムの開発研究	日本エアロゾル学会、 第20回エアロゾル科学・技術研究討論会講演 論文集、20, pp89-90, 2003(7)	
清水 勲 大橋 慶勘 加藤 文武 砂金 孝志	形状・サイズ別ミクロンサイズ粒子群の 大視野迅速識別システムの開発研究	日本エアロゾル学会、 第20回エアロゾル科学・技術研究討論会講演 論文集、20, pp169-170, 2003(7)	
清水 勲 大橋 慶勘 加藤 文武	微粒子の核生成・成長過程連続 測定法の開発	粉体工学会、秋季研究発表会論文集、 2003年度, pp85-86, 2003(10)	
清水 勲 大橋 慶勘 砂金 孝志	光回折パターンによる形状ごとの 粒子の空間分布実時間測定法の開発	粉体工学会、秋季研究発表会論文集、 2003年度, pp50-51, 2003(10)	
根本 栄治 張替 寛司 ¹⁾ 勝部 領 ²⁾	Zr _x Y _{1-x} Ba ₂ Cu ₃ O _y 超伝導体の相転移 温度近傍における磁化率の温度依存 性測定	Proceedings of the 23th Japan Symposium on Thermophysical Properties, Tokyo Univ., pp.99-101, 2002(11)	¹⁾ 平成15年度専攻科2年生 ²⁾ 平成12年度卒業
根本 栄治 益子 公教 ¹⁾ 張替 寛司 ²⁾	スタンプ接触加熱プローブ法による異方 性固体の主軸熱伝導率および主軸熱 拡散率の測定法	Proceedings of the 23th Japan Symposium on Thermophysical Properties, Tokyo Univ., pp.220-2221, 2002(11)	¹⁾ 平成14年度専攻科卒業 ²⁾ 平成15年度専攻科2年生
根本 栄治 張替 寛司 ¹⁾ 梅原 辰徳 ²⁾	ヒーター型点熱源加熱法を用いた二次 元異方性物質の主軸熱伝導率、主軸熱 拡散率および主軸角の同時測定	Proceedings of the 23th Japan Symposium on Thermophysical Properties, Tokyo Univ., pp.235-237, 2002(11)	¹⁾ 平成15年度専攻科2年生 ²⁾ 平成13年度卒業

機械工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
根本栄治 益子公教 ¹⁾	細線加熱法による液体比熱の測定法	Proceedings of the 23th Japan Symposium on Thermophysical Properties, Tokyo Univ., pp.286-288, 2002(11)	¹⁾ 平成14年度専攻科卒
根本栄治 益子公教 ¹⁾ 大中紀之 ²⁾	非定常細線加熱による液体の比熱、熱伝導率および熱拡散率の同時測定法	Proceedings of the 23th Japan Symposium on Thermophysical Properties, Tokyo Univ., pp.286-288, 2002(11)	¹⁾ 平成14年度専攻科卒 ²⁾ 日立協和エンジニアリング(株)
根本栄治	変物性体における非線形熱伝導現象の解析	熱物性,17-1, pp.24-36, 2003(1)	
根本栄治	熱物性学会の将来に期待するもの	熱物性,17-3, pp.191, 2003(7)	巻頭言
根本栄治 張替寛司 ¹⁾ 根本剛至 ²⁾	3点温度測定法による固体の熱伝導率、熱拡散率および比熱の高精度同時測定	日本機械学会茨城講演会講演論文集 pp.179-180, 2003(9)	¹⁾ 平成15年度専攻科2年 ²⁾ 平成15年度専攻科1年
周立波 ¹⁾ 福田勇夫 ¹⁾ 清水淳 ¹⁾ 江田弘 ¹⁾ 加藤明彦 ²⁾ 谷山久法	熱・電・磁場附加による工具改質に関する研究	砥粒加工学会誌, Vol.46, No.10, p506-509, 2002(10)	¹⁾ 茨城大学工学部 ²⁾ エイペックス(株)
H.Taniyama H.Eda ¹⁾ L.Zhou ¹⁾ J.Shimizu ¹⁾ J.Sato ¹⁾	Experimental Investigation of Micro Scratching on the Two-Phase Steel : Plastic Flow Mechanisms of the Ferrite and Cementite Phases	Key Engineering Materials Vols.238-239 p15-18,(2003)	¹⁾ 茨城大学工学部
谷山久法 江田弘 ¹⁾ 清水淳 ¹⁾ 周立波 ¹⁾ 中沢由加里 ¹⁾	金属粒子適用マイクロファブリケーションの基礎的研究 第1報:鋼の微小引っかけに及ぼす第2相合金の影響	砥粒加工学会誌, Vol.47, No.5, p263-268, 2003(5)	¹⁾ 茨城大学工学部
佐藤潤一 ¹⁾ 谷山久法 清水淳 ¹⁾ 江田弘 ¹⁾ 周立波 ¹⁾	層状・球状セメンタイトのマイクロスクラッチングに関する研究	日本機械学会茨城講演会講演論文集, 2003(9)	¹⁾ 茨城大学工学部
柴田裕一 押久保武	微小流体制御方法および微小流体制御装置	特許国際出願 PCT/JP03/10272	
Y. Shibata K. Ikeda T. Hanari ¹⁾	Study on Two-Phase Through a Micro T-Junction	4th ASME-JSME Joint Fluid Engineering Conference Honolulu, CD-ROM, FEDSM2003-45385, (2003-7)	¹⁾ 茨城高専専攻科
Peter Chung ¹⁾ M. Kawaji ¹⁾ M. Kawahara ²⁾ Y. Shibata	Two-Phase Flow Through Square and Circular Microchannels: Effect of Channel Geometry	4th ASME-JSME Joint Fluid Engineering Conference Honolulu, CD-ROM, FEDSM2003-45377, (2003-7)	¹⁾ トロント大学 ¹⁾ トロント大学 ²⁾ 熊本大学

機械工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
伊藤 技 ¹⁾ 鯉渕 弘資 ¹⁾ 茅野 勇 ¹⁾ 山縣 進一 ¹⁾	ブランチドポリマー液膜の相転移に関する研究	日本機械学会関東支部第9期総会講演会 講演論文集 pp.445--446 (2003年3月)	¹⁾ 平成14年度卒業生
草野 宣幸 ¹⁾ 鈴木 崇倫 ²⁾ 鯉渕 弘資 ¹⁾ 鈴木 孔明 ¹⁾ 仁平 敦士 ¹⁾	分子動力学法を用いた液膜モデルの相転移に関する研究	日本機械学会関東支部第9期総会講演会 講演論文集 pp.443--444 (2003年3月)	¹⁾ 平成15年度専攻科2年 ²⁾ 平成14年度専攻科卒業
鯉渕 弘資 ¹⁾ 鈴木 崇倫 ¹⁾ 草野 宣幸 ²⁾ 鈴木 孔明 ²⁾ 仁平 敦士 ²⁾	水溶液の存在を仮定した膜モデルの形状変動相転移	第58回 日本物理学会年次大会 講演概要集第2分冊 p.333 (2003年3月)	²⁾ 平成14年度専攻科卒業 ²⁾ 平成15年度専攻科2年
鯉渕 弘資 ¹⁾ 森田 拓実 ¹⁾ 仁平 敦士 ²⁾ 鈴木 孔明 ²⁾	結晶界面界面モデルのランジュバンシミュレーション	日本機械学会論文集B編69巻681号 pp.160-166 (2003年5月)	¹⁾ 平成13年度卒業 ²⁾ 平成15年度専攻科2年
草野 宣幸 ¹⁾ 鯉渕 弘資 ¹⁾ 鈴木 孔明 ¹⁾ 仁平 敦士 ¹⁾	Monte Carlo Simulations of Branched Polymer Surfaces without Bending Elasticity	Physical Review E68, 011804 (2003年7月)	¹⁾ 平成13年度卒業 ²⁾ 平成15年度専攻科2年
草野 宣幸 ¹⁾ 鯉渕 弘資 ¹⁾ 鈴木 孔明 ¹⁾ 仁平 敦士 ¹⁾	脂質分子膜モデルの分子動力学シミュレーション	日本流体力学会年会2003講演論文集 pp.444--445 (2003年7月)	¹⁾ 平成15年度専攻科2年
鯉渕 弘資 ¹⁾ 草野 宣幸 ¹⁾ 仁平 敦士 ¹⁾ 鈴木 孔明 ¹⁾ 鈴木 崇倫 ²⁾	Monte Carlo simulations of tensionless membranes	Physics Letters A 314 (2003) pp.1--9, (2003年7月)	¹⁾ 平成15年度専攻科2年 ²⁾ 平成14年度専攻科卒業
仁平 敦士 ¹⁾ 草野 宣幸 ¹⁾ 鈴木 孔明 ¹⁾ 鯉渕 弘資 ¹⁾	表面張力を持たない膜モデルの形状変動相転移	2003年度 日本機械学会年次大会講演論文集 pp.223--224 (2003年8月)	¹⁾ 平成15年度専攻科2年
鯉渕 弘資 ¹⁾ 草野 宣幸 ¹⁾ 仁平 敦士 ¹⁾ 鈴木 孔明 ¹⁾	表面張力を持たない膜モデルのモンテカルロシミュレーション	京大基礎物理学研究所研究会 「ソフトマターの物理学2003」,物性研究掲載予定 (2003年8月)	¹⁾ 平成15年度専攻科2年
鯉渕 弘資 ¹⁾ 草野 宣幸 ¹⁾ 鈴木 孔明 ¹⁾ 仁平 敦士 ¹⁾	水溶液の存在を仮定した膜モデルの分子動力学シミュレーション	日本物理学会 2003年秋季大会講演概要集 第2分冊 p.322 (2003年9月)	¹⁾ 平成15年度専攻科2年
鈴木 孔明 ¹⁾ 草野 宣幸 ¹⁾ 仁平 敦士 ¹⁾ 鯉渕 弘資 ¹⁾	液体-ゲル相転移を持つ液膜の形状変動相転移に関する研究	日本機械学会茨城講演会講演論文集 pp.43--44 (2003年9月)	¹⁾ 平成15年度専攻科2年

機械工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
坂本 輝夫 ¹⁾ 富永 学 谷山 久法 豊岡 了 ¹⁾ 古谷 涉 ²⁾ 高原 健二 ¹⁾ 白石 知久 ³⁾	ダイナミック電子スペックルパターン 干渉法(DESPI)による炭素鋼の引張り 試験の動的観察	日本非破壊検査協会応力・ひずみ測定と強度強化 シンポジウム講演論文集, 第32回, p.97-102, (2003, 11)	¹⁾ 埼玉大学 ²⁾ 茨城高専専攻科 ³⁾ 埼玉県工業技術 センター
富永 学 品川 昭吉 ¹⁾ 豊岡 了 ¹⁾ 山田 興治 ¹⁾	SUS304鋼の加工誘起マルテンサイト変態下 におけるひずみ場のDESPI観察と漏洩磁束 測定	日本金属学会講演概要, 2003年春期(第132回) 大会, p.285, (2003, 3)	¹⁾ 埼玉大学
富永 学 古谷 涉 ¹⁾ 佐々木嗣音 ¹⁾ 谷山 久法 豊岡 了 ²⁾	金属材料における不均一変形の動的ESPI 観察	日本実験力会講演論文集2003年度年次講演会, No.3 (2003年), p.173-176, (2003, 7)	¹⁾ 茨城高専専攻科 ²⁾ 埼玉大学
富永 学 成井 章記 ¹⁾ 豊岡 了 ²⁾	SUS304鋼の変態誘起塑性における局在 変形帯の動的観察	日本機械学会茨城講演会講演論文集, No.030-3, p.99-100, (2003, 9)	¹⁾ 茨城高専本科 ²⁾ 埼玉大学

教員事績 (平成14年10月～平成15年9月)

電気工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
本田 泉 ¹⁾ 吉成 偉久	セルオートマトン法を用いた共通鍵暗号の提案	第10回電気学会東京支部茨城支所研究発表会 P31, p161(2002.12)	¹⁾ 平成14年度専攻修了
鈴木 寛人 ²⁾	電子透かしを用いたデジタル静止画像配信システムの提案	第10回電気学会東京支部茨城支所研究発表会 P32, p162(2002.12)	²⁾ 平成14年度専攻修了
青木 智博 ¹⁾ 安細 勉 小林 邦勝 ²⁾	画像変換に耐性のある電子透かし	INFORMATION, International Information Institute, Vol.5, No.4, pp.469-480 (2002.10)	¹⁾ 富士通ビーエスシー ²⁾ 山形大学工学部
T. Ansai T. Hayata ¹⁾ K. Kobayashi ¹⁾	A Factoring Algorithm Using Jacobi's Symbol	Asian Information-Science-Life, Nova Science Publishers, Inc., Vol.1, No.2, pp.207-210 (2002.7)	¹⁾ Faculty of Engineering, Yamagata University 前年度未記載分
山本 信雄 大内 等	時間差で比較する機能を導入した2自由度PID制御	電気学会論文誌D, Vol. 123, No. 3, pp. 247-256 (2003)	
増田 治哉 ¹⁾ 大内 等 山本 信雄	Dead-Beat Effect of LQ Optimal Control with the Use of Time-Difference Comparison Compensation in Process System	SICE Annual Conference 2003 in Fukui, WPI-7-5 (2003年8月).	¹⁾ 平成14年度専攻科学生
K. Kato ¹⁾ H. Tsuruta ¹⁾ T. Wakamatsu 他3名 ¹⁾	Enhancement of optical absorption and photocurrents in solar cell of merocyanine Langmuir-Blodgett films utilizing surface plasmon excitations	Materials Science & Engineering C, Vol.22 (2002) pp.251-256	¹⁾ Niigata University
Y. Kikuchi ¹⁾ T. Wakamatsu H. Takahasi ²⁾ I. Endo	Analysis of TOF transient currents affected by circuit time constants	Electrical Engineering in Japan, Vol.143, No.1 (2003) pp. 1-7	¹⁾ H12年度卒業生 ²⁾ H11年度卒業生
K. Shinbo ¹⁾ S. Miyabayashi T. Wakamatsu 他5名 ¹⁾	Fabrication and Surface Plasmon Excitation Properties of Polystyrene Submicron and Micron Sphere Thin Films	Japanese Journal of Applied Physics, Vol.42, No.4B (2003.4) pp.2506-2510	¹⁾ Niigata University
F. Kaneko ¹⁾ T. Sato ¹⁾ T. Wakamatsu 他5名 ¹⁾	Emission Light and Multiple Surface Plasmon Excitations at Prism/Ag/Merocyanine LB Films	Japanese Journal of Applied Physics, Vol.42, No.4B (2003.4) pp.2511-2515	¹⁾ Niigata University
渡辺 慶太 ¹⁾ 若松 孝 斎藤 和裕 ²⁾	H会合体による低屈折率有機薄膜	電子情報通信学会技術研究報告、OME2002-82 (2003.10) pp. 19-23	¹⁾ H14年度専攻科修了生 ²⁾ 産総研
加藤 景三 ¹⁾ 新保 一成 ¹⁾ 金子 双男 ¹⁾ 若松 孝	表面プラズモン励起による有機超薄膜のナノ界面構造評価とデバイス応用	平成15年度電気学会全国大会シンポジウム, 2-S7-7	¹⁾ 新潟大学

電気工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
会澤 見斗 ¹⁾ 若松 孝	コンピューター制御による薄膜物性測定装置の開発	第10回電気学会東京支部茨城支所研究発表会、P6,p.154 (2002.12)	¹⁾ 専攻科2年
渡辺 慶太 ¹⁾ 若松 孝	スピロピラン分子超薄膜の光学的特性	第10回電気学会東京支部茨城支所研究発表会、P27,pp.155-156 (2002.12)	¹⁾ H14年度専攻科修了
新田 光広 ¹⁾ 橋本 茂男 ²⁾ 谷内 利明 ³⁾ 関口 直俊 幸地 保秀 ⁴⁾ 谷 辰夫 ⁵⁾	風力発電機の負荷特性による蓄電池システムの評価	平成14年度日本太陽エネルギー学会日本風力エネルギー協会合同研究発表会、No.123, (2002.11)	¹⁾ 東京理科大学大学院院 生 ²⁾ 東京理科大学学生 ³⁾ 東京理科大学教授 ⁴⁾ 日の出建設 ⁵⁾ 諏訪東京理科大学教授
二川 剛 ¹⁾ 澤村 賢二 ¹⁾ 関口 直俊	季節変化を考慮した太陽光発電システムの年間出力と経年変化特性	平成14年度電気学会東京支所茨城支所研究発表会講演予稿集、P58, P.211~212,(2002.12)	¹⁾ 平成14年度卒業
岡部 真明 ¹⁾ 関口 直俊	METPV2データを使用した住宅用太陽光発電システムの設計	平成14年度電気学会東京支所茨城支所研究発表会講演予稿集、P59, P.213~214,(2002.12)	¹⁾ 平成14年度卒業
新田 光広 ¹⁾ 橋本 茂男 ²⁾ 谷内 利明 ³⁾ 関口 直俊 幸地 保秀 ⁴⁾ 谷 辰夫 ⁵⁾	ECaSSを介した水素製造用小型風力発電システムの評価	平成15年電気学会全国大会、7-155(2003.3)	¹⁾ 東京理科大学大学院院 生 ²⁾ 東京理科大学学生 ³⁾ 東京理科大学教授 ⁴⁾ 日の出建設 ⁵⁾ 諏訪東京理科大学教授
Y.Hirata ¹⁾ N.Sekiguchi T.Tani ¹⁾	Output of PV Array on Dynamic Condition	3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 7P-B3-05(2003.5)	¹⁾ Tokyo University of Science, Suwa

教員事績 (平成14年10月～平成15年9月)

電子制御工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
金子 紀夫	知的財産と企業戦略について(続2)	SEMI Semiconductor Equipment & Materials International News Vol. 18-5 Index (2002 Sep-Oct)	
関口 洸介 ¹⁾ 飛田 敏光	複数のモードを考慮した構造物の振動抑制	日本機械学会, 精密工学会茨城講演会講演論文集 p245, (2003.9)	¹⁾ 平成14年度MS専攻科
榎村 俊彦 ¹⁾ 菊池 誠	異種制御系間の移行方式に関する研究-航空機における最適制御系と手動制御系について-	2003年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, p.605, (2003.3)	¹⁾ 平成14年度MS専攻科 修了
菊池 誠 白石 昌武 ¹⁾	力帰還型マイクロマニピュレータの安定性(第1報, 操縦・把握状態に対応可能なモデルの提案)	日本機械学会論文集(C編), 69巻680号, pp.1019-1023, (2003.4)	¹⁾ 茨城大学
菊池 誠	Automatic Identification of Control Parameters in Stance Posture Control System	Proceedings of the IASTED International Conference on Intelligent Systems and Control, Salzburg, pp.140-144, (2003.6)	
佐々木 涼 ¹⁾ 檜山 菜月 ²⁾ 金成 守康	銅電解メッキ膜のナノインデンテーション	日本機械学会茨城講演会講演論文集p17	¹⁾ 機械電子制御専攻科 ²⁾ 平成14年度卒業
高根澤大松 ¹⁾ 大内 直樹 ²⁾ 田山 裕介 ²⁾ 金成 守康	変位制御型ナノインデンテーション試験機の開発に関する研究	日本機械学会茨城講演会講演論文集p19	
伊藤 伸英 ¹⁾ 長谷川勇治 佐々木 崇 ²⁾ 大森 整 ³⁾	ELID両面ラップ研削システムの構築	2002年度精密工学会秋季講演論文集, 175, pp396, (H14.10)	¹⁾ 茨城大学 ²⁾ 2年MS専攻科生 ³⁾ 理化学研究所
長谷川勇治 佐々木 崇 ¹⁾ 伊藤 伸英 ²⁾ 大森 整 ³⁾	ELID両面ラップ研削特性(初期電解ドレッシング特性)	日本機械学会山梨講演会論文集, 404, pp121-122, (H14.10)	¹⁾ 2年MS専攻科生 ²⁾ 茨城大学 ³⁾ 理化学研究所
長谷川勇治 佐々木 崇 ¹⁾ 伊藤 伸英 ²⁾	ELID両面ラップ研削特性 -ELID研削特性-	2002年度精密工学会春季大会講演論文集, G03, (H15.03)	¹⁾ 2年MS専攻科生 ²⁾ 茨城大学 ³⁾ 理化学研究所
伊藤 伸英 ¹⁾ 根本 昭彦 ²⁾ 加藤 照子 ³⁾ 堀切川一男 ⁴⁾ 佐々木哲夫 ⁵⁾ 長谷川勇治	環境調和型ELID研削用砥石の開発 第2報 RBセラミックスボンド砥石の開発	2003年砥粒加工学会学術講演会講演会論文集, A11, (H15.09)	¹⁾ 茨城大学 ²⁾ 日本工業大学 ³⁾ 理化学研究所 ⁴⁾ 日本工業大学 ⁵⁾ 東北大学

電子制御工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
岡本 修	VRS方式RTK-GPSの測位精度評価	日本航海学会GPS研究会GPSシンポジウム2002 テキスト, pp.157-162 (2002.11)	
岡本 修	基準点ネットワーク方式RTK-GPSの応用	電気学会産業システム情報化技術委員会 次世 代位置情報技術研究会資料, pp.17-20 (2003.5)	

教員事績 (平成14年10月～平成15年9月)

電子情報工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
菅谷 俊文 ¹⁾ 畠山 巖	空間光変調器による位相共役光の発生	第10回電気学会東京支部茨城支所 研究発表会講演予稿集p.11(2002.12)	¹⁾ 平成14年度専攻科 1年生
古橋 彬 ¹⁾ 森野なつ子 ²⁾ 畠山 巖	位相シフト媒体を通過した光波の 横断面観測	第10回電気学会東京支部茨城支所 研究発表会講演予稿集p.157(2002.12)	^{1),2)} 平成14年度電子 情報工学科卒業生
井ノ上渚左 ¹⁾ 山形 定子 ²⁾ 畠山 巖	光硬化樹脂による自動モード整合 結合回路の形成	第10回電気学会東京支部茨城支所 研究発表会講演予稿集p.158(2002.12)	¹⁾ 平成14年度電子情報 工学科卒業生 ²⁾ 平成14年度専攻科 1年生
須田 祥生 ¹⁾ 菅谷 俊文 ²⁾ 畠山 巖	位相共役光を用いたデジタル ホログラフィ	第10回電気学会東京支部茨城支所 研究発表会講演予稿集p.159(2002.12)	¹⁾ 平成14年度電子情報 工学科卒業生 ²⁾ 平成14年度専攻科 1年生
菅谷 俊文 ¹⁾ 須田 祥生 ²⁾ 畠山 巖	位相共役光を用いたデジタル ホログラフィ	第8回電子情報通信学会東京支部 学生会研究発表会p.51(2003.3)	¹⁾ 平成14年度専攻科 1年生 ²⁾ 平成14年度電子情報 工学科卒業生
柴田 尚志	課外活動としての創作活動推進の 取り組み	工学教育、vol.51、no1、p157(2003.1)	
柴田 尚志	茨城高専におけるFDへの取り組み	平成15年度 工学・工業教育研究講演会講演 論文集 p.123-126、(2003.9)	
四王天正臣 ACFA JHEPC KEK	JLC Project Executive Summary Linear Collider for TeV Physics	ACFA LC Symposium 公表レポート(2003.1) Asian Committee for Future Accelerators Japan High Energy Physics Committee High Energy Accelerator Research Organization	Contributor として
佐藤 宏昭 ¹⁾ 石崎 正規 ¹⁾ 北川 葉子 ¹⁾ 野内 英幸 ¹⁾ 弥生 宗男 山口 一弘 井上 光輝 ²⁾	光アシスト溶液プロセスによる 金属酸化物薄膜の作製	第10回電気学会東京支部茨城支所 研究発表会、P25(2002.12)	¹⁾ 平成14年度卒業 ²⁾ 豊橋技術科学大学

教員事績（平成14年10月～平成15年9月）

物質工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著者名	発表機関・出版社等 巻,号(年,月)	備考
斎藤 保夫 笠原 文聡 ¹⁾	四塩化炭素及びフロンの水素化分解用 パラジウム触媒における担体効果	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究 交流会プログラムp.8 (2002.11)	¹⁾ 平成15年度専攻科修了
斎藤 保夫 永山 朋絵 ¹⁾ 笠原 文聡 ²⁾	四塩化炭素水素化分解およびメタノー 水蒸気改質用環境触媒の調製と活性	化学系7学協会連合東北地方大会および東北 地区化学教育研究協議会講演予稿集p.55 (2002.10.5,6)	¹⁾ 平成13年度卒業 ²⁾ 平成15年度専攻科修了
富田 豊 菅野 信二 ¹⁾ 住谷 優子 ²⁾ 岡田 美咲 ²⁾	生活用品から溶出するビスフェノールA の測定	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究 交流会プログラムp.38 (2002.11)	¹⁾ 平成14年度専攻科修了 ²⁾ 平成13年度卒業
蝦名不二夫 藤田 幸 ¹⁾	エチレンのポルフィリンへの付加反応 ³⁾	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究 交流会プログラムp.50 (2002.11)	¹⁾ 平成13年度卒業
古田弘幸 ¹⁾ 森本 樹 ¹⁾ 大須賀篤弘 ¹⁾ 谷口 昭三	非対称型N-混乱ポルフィリンの合成	日本化学会第81春季年会講演予稿集2F1-25 (2003.3)	¹⁾ 京都大学大院理学部
吉澤 真一 ¹⁾ 谷口 昭三	3+1'型反応による5,10-ジフェニルN- 混乱ポルフィリン合成の検討	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究 交流会プログラムp.58 (2002.11)	¹⁾ 平成14年度専攻科修了
須田 猛 中村 貴朗 ¹⁾ 山崎 大輔 ¹⁾ 大曾根義幸 ²⁾	吸光光度分析法のための活性炭を用 いた8-キノリノール錯体の固相抽出	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究 交流会プログラムp.30 (2002.11)	¹⁾ 平成12年度卒業 ²⁾ 平成13年度卒業
須田 猛 森 龍男 大坪 友信	グループウェアソフトの導入による情報 共有化と事務IT化の推進について	情報処理教育研究発表会論文集第23号p.30 (2003.8)	
下山田光成 ¹⁾ 後藤 聡 ²⁾ 間島 卓也 ¹⁾ 荒木 一義 原 嘉昭 砂金 孝志	高活性で均質透明な光触媒薄膜の 開発	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究 交流会プログラムp.68(2002.11)	¹⁾ 平成14年度専攻科修了 ²⁾ 平成15年度専攻科修了
川井雄輝 ¹⁾ 鈴木康司	海水微生物のスクリーニングと有用 酵素の解析	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究 交流会プログラムp.77 (2002.11)	¹⁾ 平成14年度専攻科修了
黒澤泰佑 ³⁾ 村上智史 ¹⁾ 吉澤敦志 ²⁾ 鈴木康司	<i>Pseudomonas putida</i> 由来リパーゼの 解析	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究 交流会プログラムp.76 (2002.11)	¹⁾ 平成11年度卒業 ²⁾ 平成12年度卒業 ³⁾ 平成14年度専攻科修了

物質工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
島田 明夫 小松崎秀人 木本 憲 ¹⁾ 高橋 早樹 ¹⁾ 鈴木 康司	抗菌性チタン錯体の合成とその評価系の確立	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究交流会プログラムp.69 (2002.11)	¹⁾ 平成13年度卒業
木村 尚貴 ¹⁾ 佐藤 稔	トリフェニルホスフィンを軸配位子として持つZn(II)ポルフィリンカチオンラジカルの電子状態	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究交流会プログラムp9 (2002.11)	¹⁾ 平成14年度専攻科修了
谷津田伸一 ¹⁾ 大林 正明 ²⁾ 佐藤 稔 鶴野 純一 ³⁾ 大野 修 ³⁾	溶液内で形成されるポルフィリン-フタロシアニン二量体および三量体の磁気的性質	錯体化学会・日本化学会主催、第53回錯体化学討論会 要旨集p144 (2003.9)	¹⁾ 平成15年度専攻科修了 ²⁾ 平成12年度卒業 ³⁾ 茨城大学工学部物質工学科
木村 尚貴 ¹⁾ 佐藤 稔 大庭 裕範 ²⁾ 山内 清語 ²⁾	トリフェニルホスフィンを軸配位子として持つ亜鉛(II)ポルフィリンカチオンラジカルの電子状態	錯体化学会・日本化学会主催、第53回錯体化学討論会 要旨集p180 (2003.9)	¹⁾ 平成14年度専攻科修了 ²⁾ 東北大学多元科学研究所
小松崎秀人 用田 章義 ¹⁾ 引地 史郎 ²⁾ 穂田 宗隆 ²⁾ 諸岡 良彦 ²⁾	マンガン酸素錯体の構造に及ぼす水素結合の影響	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究交流会プログラムp.66 (2002.11)	¹⁾ 平成11年度卒業 ²⁾ 東工大資源研
豊島 恵介 ¹⁾ 小松崎秀人 引地 史郎 ²⁾ 穂田 宗隆 ²⁾ 諸岡 良彦 ²⁾	マンガン(II)チオレート錯体の合成と性質	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究交流会プログラムp.67 (2002.11)	¹⁾ 平成15年度専攻科修了 ²⁾ 東工大資源研
島田 明夫 小松崎秀人 木本 憲 ¹⁾ 高橋 早樹 ¹⁾ 鈴木 康司	抗菌性チタン錯体の合成とその評価系の確立	日本化学会第13回関東支部茨城地区研究交流会プログラムp.69 (2002.11)	¹⁾ 平成13年度卒業
Y.Miyashita T.Suzuki Y.Nishio	Miscibility of Cellulose Acetate with Vinyl Polymers	Cellulose, Vol.9, pp.215-223, (2002)	
Y.Miyashita S.Murase M. Teramoto H.Furukawa K.Horie	Photochemically Induced Fluorescence Control with Intermolecular Energy Transfer from a Fluorescent Dye to a Photochromic Diarylethene in a Polymer Film	Macromolecules, Vol.36, pp.964-966, (2003)	
Y.Miyashita S.Murase K.Shibata H.Furukawa K.Horie	Large Photoinduced Refractive Index Increase in Polymer Films Containing Phenylazide Maintaining Their Transparency and Thermal Stability	Polymer Journal, Vol.35, pp.203-207, (2003)	

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
Y.Miyashita R.Chiba Y.Nishio	Electrooptical Behavior of Liquid-Crystalline (Hydroxypropyl)cellulose/Inorganic Salt Aqueous Solutions	Macromolecules, Vol.36, pp.1706-1712, (2003)	
Y.Miyashita T.Suzuki T.Ohno Y.Nishio	Miscibility Characterization of Cellulose Ester Blends with Vinyl Polymers: (I) Cellulose Acetate Blends	Preprints of 1st International Cellulose Conference, p.89, (Nov. 2002)	
Y.Miyashita T.Ohno M.Yoshioka Y.Nishio	Miscibility Characterization of Cellulose Ester Blends with Vinyl Polymers: (II) Cellulose Acetate Butyrate Blends	Preprints of 1st International Cellulose Conference, p.90, (Nov. 2002)	
Y.Miyashita E.Yoshinari H.Furukawa K.Horie	Dynamics and Network Structure of Rapidly Shrinking Polymer Hydrogels	Preprints of IUPAC Polymer Conference 2002, p.83, (Dec. 2002)	
Y.Miyashita N.Tan H.Furukawa K.Horie	Light Scattering Study of Network Structure in Polyimide Gels	Preprints of IUPAC Polymer Conference 2002, p.84, (Dec. 2002)	
Y.Miyashita M.Teramoto S.Murase H.Furukawa K.Horie	Studies on Materials for Photochemically- Induced Fluorescence Control by the Combination of a Photochromic Diarylethene with Fluorescent Dyes	Preprints of IUPAC Polymer Conference 2002, p.338, (Dec. 2002)	
宮下 美晴 吉成 悦子 古川 英光 堀江 一之	グラフト鎖をもつポリ(N-イソプロピル アクリルアミド)ゲルの高速収縮と 動的な光散乱[III]	高分子学会予稿集, 51巻, (2002年10月)	
宮下 美晴 丹 紀子 古川 英光 堀江 一之	末端架橋型ポリイミドゲル[IV]	高分子学会予稿集, 51巻, (2002年10月)	
宮下 美晴 丹 紀子 古川 英光 堀江 一之 横田 力男	末端架橋型ポリイミドゲル[V] 剛直鎖PMDA/PDA系の光散乱	高分子学会予稿集, 52巻, (2003年5月)	
宮下 美晴 東 奈緒 古川 英光 堀江 一之	セルロースのゲル化過程における ナノ構造形成ダイナミクス—走査型 顕微光散乱による網目構造形成の 観察—	高分子学会予稿集, 52巻, (2003年5月)	

物質工学科

研究彙報記載分を除く

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
宮下 美晴 吉成 悦子 古川 英光 堀江 一之	グラフト鎖をもつポリ(N-インプロピル アクリルアミド)ゲルの高速収縮と 動的散乱[III] 蛍光測定との比較	高分子学会予稿集, 52巻, (2003年5月)	
宮下 美晴 古川 英光 東 奈緒 堀江 一之	走査型顕微光散乱によるセルロース溶液 およびゲルの特性解析	セルロース学会第10年年次大会講演要旨集, (2003年7月)	
宮下 美晴 東 奈緒 古川 英光 堀江 一之	セルロースのゲル化過程における ナノ構造形成ダイナミクス[II] ゲル化過程のセルロース濃度依存性	セルロース学会第10年年次大会講演要旨集, (2003年7月)	
H. Kanenaga ¹⁾ L. A. Guzman E. Suzuki ²⁾ L. Li ²⁾ Y. Mitobe ²⁾ K. Shimizu ²⁾	Relationship between Supersaturation and Morphology of Natural Organic Crystal	The Sixth International Symposium on Separation Technology Japan-Korea, Waseda University, 2002 (10)	¹⁾ Maruzen Pharma- ceuticals ²⁾ Iwate University
B. Zhao ¹⁾ L. A. Guzman E. Suzuki ¹⁾ K. Ogawa ²⁾ K. Sugawara ¹⁾ K. Shimizu ¹⁾	Effect of Magnetic Field on Growth Rate of L-alanine	The Sixth International Symposium on Separation Technology Japan-Korea, Waseda University, 2002 (10)	¹⁾ Iwate University ²⁾ Iwate Center for Cooperative Research and Development
K. Ogawa ¹⁾ F. Yagi ²⁾ E. Suzuki ²⁾ L. A. Guzman K. Shimizu ²⁾	Effect of Magnetic Field on Orientation of Diamagnetic Crystals	The Sixth International Symposium on Separation Technology Japan-Korea, Waseda University, 2002 (10)	¹⁾ Iwate Center for Cooperative Research and Development ²⁾ Iwate University
朝日 聖 ¹⁾ 鈴木 映一 ¹⁾ L. A. Guzman 水戸部 祐子 ¹⁾ 清水 健司 ¹⁾	チタン酸バリウム合成におけるメカノ ケミカル効果について	化学系7学協会連合東北地方大会 弘前大学, 2002 (10)	¹⁾ 岩手大学
千葉 与基 ¹⁾ 鈴木 映一 ¹⁾ L. A. Guzman 清水 健司 ¹⁾	高粘性溶液での粒子分散と攪拌環境 の関係について	化学系7学協会連合東北地方大会 弘前大学, 2002 (10)	¹⁾ 岩手大学
李 利新 ¹⁾ 兼永 洋希 ²⁾ L. A. Guzman 鈴木 映一 ¹⁾ 水戸部 祐子 ¹⁾ 清水 健司 ¹⁾ 小川 薫 ³⁾	有機結晶形態と溶媒濃度および過 飽和度の関係	化学系7学協会連合東北地方大会 弘前大学, 2002 (10)	¹⁾ 岩手大学 ²⁾ 丸善製薬 株式会社 ³⁾ いわて産振センター

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
今井 潤 ¹⁾ 本城 幸 ²⁾ L. A. Guzman 鈴木 映一 ²⁾ 小川 薫 ³⁾ 清水 健司 ²⁾	表面分析による有機結晶成長機構の 検討	化学系7学協会連合東北地方大会 弘前大学, 2002 (10)	¹⁾ 岩手大地共センター ²⁾ 岩手大学 ³⁾ いわて産振センター
小川 薫 ¹⁾ L. A. Guzman 鈴木 映一 ²⁾ 清水 健司 ²⁾	磁場による付着微結晶の配向制御と 発生成長ステップのAFM による観察	化学工学会 第68年会、東京大学、2003 (3)	¹⁾ いわて産振センター ²⁾ 岩手大学
今井 潤 ¹⁾ 小川 薫 ²⁾ 本城 幸 ³⁾ L. A. Guzman 清水 健司 ³⁾	X線光電子分光法によるL-アラニン 結晶成長への添加物効果の検討	化学工学会 第68年会、東京大学、2003 (3)	¹⁾ 岩手大地共センター ²⁾ いわて産振センター ³⁾ 岩手大工
E. Suzuki ¹⁾ K. Ogawa ²⁾ L. A. Guzman K. Shimizu ¹⁾	Crystal Growth Rate of a Fixed K- Alum Crystal in Suspended Solution of MSMPR Crystallizer	Journal of Chemical Engineering of Japan Vol. 35-11, 1050-1054, 2002 (11)	¹⁾ Iwate University ²⁾ Iwate Center for Cooperative Research and Development
K. Ogawa ¹⁾ F. Yagi ²⁾ L. A. Guzman E. Suzuki ²⁾ K. Shimizu ²⁾	Magnetic Orientation of Amino Acids Crystals	Journal of Chemical Engineering of Japan Vol. 35-11, 1123-1132, 2002 (11)	¹⁾ Iwate Center for Cooperative Research and Development ²⁾ Iwate University
L. A. Guzman K. Ogawa ¹⁾ E. Suzuki ²⁾ K. Shimizu ²⁾	Effect of a Magnetic Field on the Surface Topography of L-alanine Crystal	Journal of Crystal Growth Vol. 249 /1-2, 335-340, 2003 (2)	¹⁾ Iwate Center for Cooperative Research and Development ²⁾ Iwate University

特別研究題目一覧表(平成14年度)

題 目	学 生 名	指 導 教 員
機械・電子制御工学専攻		
DME-空気予混合気の圧縮着火燃焼に関する研究	大和田 祐一	池田 耕
航空機における制御系の整合に関する研究	檜村 俊彦	菊池 誠
デジタルスペックル法によるエンジン内噴霧可視化手法の開発	加藤木 幸夫	池田 耕
環状のノルマロシムにおいて変動週心度関数を用いた場合の回転研究の半角	児玉 航也	荒川 臣司
無人測深船の研究	齊藤 信介	岡本 修
超純水中の微小粒子の大視野迅速計測法	佐藤 貴也	清水 勲
結晶界面の分子動力学シミュレーション	鈴木 崇倫	鯉渕 弘資
複数形状の実時間並列識別法の研究	関 博行	加藤 文武
光熱変換分光法を用いた微小粒子群計測法の開発	中島 雄太	加藤 文武
光導電プラスチックの粒子画像流速計への適用に関する研究	檜山 清史	池田 耕
細線加熱法を用いた熱伝導率、熱拡散率および比熱測定法の研究	益子 公教	根本 栄治
情報・電気電子工学専攻		
時間差をもって比較する機能を導入したサーボ系におけるLQ最適制御に関する研究	河原 章憲	山本 信雄
分散コンピューティングを用いた並列処理システム	小室 正樹	野村 實
高負荷モードにおけるWebサイト評価のための多端末シミュレータ(MTSLW)	信太 晃司	杉村 康
電子透かしを用いたデジタル静止画像配信システムの提案	鈴木 寛人	吉成 偉久
電磁力線による電磁波放射の可視化について	永井 亮	柴田 尚志
仮名文字の自動変換機能を持った検索システムの開発	根本 良明	滝沢 陽三
フラクタル画像圧縮技術に関する研究	馬場要一郎	野村 實
逆ミセル法により作成した超微粒子の物性研究	広瀬 純	森 龍男
セルオートマトン法を用いた共通鍵暗号に関する基礎的検討	本田 泉	吉成 偉久
有機色素分子LB膜の光学特性	渡辺 慶太	若松 孝
物質工学専攻		
酸化状態分別定量法によるCr(III)とCr(VI)の同時分析	菅野 信二	富田 豊
'3+1'型反応による5,10-ジフェニル-N-混乱ポルフィリン合成の検討	吉澤 真一	谷口 昭三
陽極溶出ポテンシオメトリー法による金属イオンの定量	黒澤 友二	富田 豊・須田 猛
TiO ₂ -SnO ₂ 系光触媒薄膜の作製とその性質	下山田 光成	砂金 孝志
TiO ₂ -SiO ₂ -B ₂ O ₃ 系光触媒薄膜の作製とその超親水性	間島 卓也	砂金 孝志
海水微生物由来有用酵素の解析	川井 雄輝	鈴木 康司
Pseudomonas putida 由来リパーゼの解析	黒澤 泰佑	鈴木 康司
トリフェニルホスフィンを軸配位子として持つZn(II)ポルフィリンカチオンラジカルの電子状態	木村 尚貴	佐藤 稔
Ni/Ti-Sr-MgO触媒のTPR・TPOによるキャラクタリゼーション	佐野 信	斎藤 保夫

卒業研究題目一覧表(平成14年度)

機械工学科

題 目	学 生 名	指導教員
マイクロチャンネル内の磁性流体の研究	荒原 一登	柴田 裕一
マイクロヒートパイプの研究	會澤 真	柴田 裕一
製氷技術の研究	山本 淳史	柴田 裕一
超撥水面を利用した流路の研究	堀越 悟史	柴田 裕一
マイクロリアクターの研究	宇佐美 直之	柴田 裕一
非定常燃料噴霧の着火に及ぼす雰囲気条件の影響	酒井 章太	小堀 繁治
	豊田 真人	
急速圧縮膨張装置の性能予測	新堀 昌人	小堀 繁治
キャビティを有する流路の流体抵抗	大塚 悟司	勝山 昭夫
スパイラル流路の流体抵抗	根本 剛至	勝山 昭夫
	大久保武利	
小型高速ターボポンプの開発研究	大津 剛	勝山 昭夫
	舘 孝明	
液膜の弦張力と界面張力に関する数値的研究	茅根 勇	鯉淵 弘資
表面張力を持たない液膜の形状変動相転移	山縣 進一	鯉淵 弘資
ブランチポリマー液膜の相転移	伊藤 技	鯉淵 弘資
ステンレス鋼の高温腐食	高丸有紀子	谷山 久法
	藤田 裕之	
炭素鋼の3相焼入れ	櫻井 卓	谷山 久法
過共析鋼のセメント粒径におよぼす熱処理温度の影響	大嶺 誠	谷山 久法
	綿引 俊介	
金融データの特徴抽出に関する研究	桜井 貴史	池田 耕
PPHの特性を利用したHPIV手法の開発	南原 慶孝	池田 耕
レーザースペックルによる結晶成長の計測手法開発	森山 孝平	池田 耕
超伝導体の沸騰熱伝達に関する研究	八百 学	根本 栄治
新高温酸化物超伝導体の合成・開発に関する研究	小室 幸義	根本 栄治
冷凍機溶液の熱物性測定に関する研究	茂木 宣之	根本 栄治
温度観察による疲労特性の評価	和久 隼人	押久保 武
	大沼 達也	
赤外線応力測定法に関する研究	設楽 和宏	押久保 武
金属箔接着部の応力分布の測定	杉村 徹	押久保 武
	鈴木 啓司	
炭素鋼におけるリューダース帯の動的ESPI観察	古谷 涉	富永 学
アルミニウム合金におけるセレーション変形の動的ESPI観察	千葉 智史	富永 学
オーステナイト系ステンレス鋼における変態誘起塑性変形の動的ESPI観察	佐々木嗣音	富永 学
X線回析による加工誘起マルテンサイトの定量分析	小川 真	富永 学
加工誘起マルテンサイト変態したSUS304鋼の漏洩磁束分布測定	角田 哲治	富永 学
レーザによる電子基板の外観検査法の開発研究	下平 学	清水 勲
光アナログ画像処理法の開発研究	河西 啓至	清水 勲
光波の位相制御と超光解像技術に関する研究	雨貝 輝生	清水 勲

卒業研究題目一覧表(平成14年度)

電気工学科

題 目	学 生 名	指 導 教 員
学生実験用誘導電動機の回転磁界測定装置の開発	鈴木 従義	皆藤 新一
CVDダイヤモンドの二次電子放出率に関する研究	檜山 太一	皆藤 新一
各種トランジスタ増幅回路のコンピュータによる図式解析	柴田 智	皆藤 新一
AGCを付加した発振回路の製作と検討	鈴木 崇士	渡部 磯雄
帯域通過、帯域阻止アクティブフィルタの構成	飯塚 大輔	渡部 磯雄
OPアンプによるインダクタンス・シミュレータの構成	田所 秀崇	渡部 磯雄
長距離伝搬性光学モードの解析	鈴木 貴博	渡部 磯雄
銅フタロシアニン蒸着膜の作製・評価とその応用	筒井 智秀	木村 隼人
メロシアニン色素LB膜の作製と光学的評価	佐々木紀之	木村 隼人
エバネッセント場検出用の金属プローブの作製	高安 聡	木村 隼人
同じ接地抵抗棒で埋設深度が違う場合における接地抵抗の季節変動と	洪谷 祐介	木村 隼人
土壌水分、温度の関係の調査検討	溝田 英俊	若松 孝
損失のある不均一線路のTLM法による時間領域応答の計算	有吉 平良	若松 孝
放物線形不均一線路の縦続接続によって構成される回路の伝送特性	益子 弘識	若松 孝
LQ最適プロセス制御において時間差で比較する機能を用いた特性改善	小林 秀紀	若松 孝
に関する研究	金井 智史	若松 孝
2自由度PID/PIサーボ制御における外乱応答の最小化に関する研究	菅谷 裕彦	若松 孝
2自由度PID/PIプロセス制御における外乱応答の最小化に関する研究	バダルサン	大内 等
グループウェアによる学生向け情報発信に関する研究	宇津野 唯	遠藤 勲
組み込み向けLinuxの構築に関する研究	篠崎いずみ	遠藤 勲
ライントレーサーの教育的利用に関する研究	木田 裕太	遠藤 勲
化学気相輸送法による β -FeSi ₂ バルク結晶の成長過程	安達 光	山本 信雄
LabVIEWを用いた抵抗率測定自動化と β -FeSi ₂ の電気特性	芳賀 祐介	山本 信雄
逆ミセル法における超微粒子の生成機構	河合 文哉	山本 信雄
逆ミセル法によるAs-S系超微粒子の物性	笹島 明紘	山本 信雄
逆ミセル法による多元系硫化物超微粒子の物性	小森 康行	山本 信雄
逆ミセル法によるPb, Fe-S系超微粒子の物性	新島 裕和	吉成 偉久
太陽電池アレイの最大出力点における温度特性	長谷部桂太	吉成 偉久
METPV2データを利用した住宅用太陽光発電システムの設計	四元 雅人	吉成 偉久
固体高分子型燃料電池の各セルにおける出力特性	武藤 直之	吉成 偉久
太陽電池モジュールによる水素製造の基礎研究2	鈴山 駿行	吉成 偉久
	草野 大輔	原 嘉昭
	郡 昌志	原 嘉昭
	檜崎 修	森 龍男
	平澤 拓哉	森 龍男
	竹内 隆	森 龍男
	荒巻 紀子	森 龍男
	澤村 賢二	関口 直俊
	二川 剛	関口 直俊
	岡部 真明	関口 直俊
	田中 佑樹	関口 直俊
	鈴木 涼太	関口 直俊
	角 陽介	関口 直俊

卒業研究題目一覧表(平成14年度)

電子制御工学科

題 目	学 生 名	指 導 教 員
2足歩行ロボットの製作	片桐 要祐	平澤 順治
強化学習に関する研究 -シミュレーションと実機との比較-	増測 裕介	軍司 光一
壁面走行ロボットの研究	大塚 和宏	平澤 順治
壁面移動ロボットの研究	橘川 仁	軍司 光一
高分子材料による衝撃緩和特性に関する研究	小池 健	軍司 光一
二物体間の衝突に関する研究	中島 厚志	平澤 順治
移動体の位置姿勢計測及び制御	熊谷 克宏	軍司 光一
GPSによる速度計測の研究	白土 祐作	平澤 順治
地図情報を利用したアシストGPSの開発	柿原 裕介	竹内 公生
SIMULINKによる内燃機関サイクル機構のシミュレーション	渡邊 将大	竹内 公生
画像情報を用いたカメラの制御	狩野 洋逸	竹内 公生
音声認識における特徴抽出に関する研究	篠崎 洋輔	竹内 公生
シンクロトロン放射を考慮した加速器モデルの検証	太田 光紀	岡本 修
時変安定微係数を考慮した航空機モデルの構築	小池 孝史	滑川 英世
DCTの高速アルゴリズムの比較	寺山ひかる	岡本 修
MATLABを用いたデジタル変調システムの設計とシミュレーション	岩間 健二	滑川 英世
演算回路およびカウンタのVHDL設計とFPLDへの実装	岡本 良太	菊池 誠
DSPによる適応フィルタの設計と実装	安藤 司真	菊池 誠
PSpiceを用いた演算増幅器のマクロモデル化とシミュレーション	澤島 公則	菊池 誠
遺伝的アルゴリズムを用いた移動体の制御	田辺 誠	菊池 誠
ナノインデンテーション試験による電解銅メッキ膜の力学的特性評価に関する研究	武藤 愛	滑川 英世
変位制御型ナノインデンテーション試験機の開発研究	西中 勇	滑川 英世
金属の摩擦特性に関する基礎的研究	河野 壮人	滑川 英世
陽極酸化を援用したELID研削用メタルレス導電性砥石の開発	清川 幸哉	滑川 英世
高速度鋼(SKH51)におけるクライオ処理の効果	アニタ アルムガム	滑川 英世
EEGパターンとPCA解析による固有ベクトルの比較	木村 秀敬	飛田 敏光
EEGデータとラプリアンデータのPCA解析比較	鈴木 章裕	飛田 敏光
音呈示条件におけるβ波の解析	檜山 菜月	金成 守康
左右への意識変化の解析	大内 直樹	金成 守康
1/fゆらぎを用いた画像作成	田山 祐介	金成 守康
ニューラルネットワークによる連想記憶の主要構成部に関する検討	横山浩一朗	金成 守康
GAにおける変動適応度に関する検討	古矢 匠	長谷川勇治
GAにおける遺伝子操作が個体の収束に及ぼす影響	須貝梨英子	長谷川勇治
	山下 俊介	住谷 正夫
	佐川 雄樹	住谷 正夫
	鈴木 賢昭	住谷 正夫
	沼田 哲郎	住谷 正夫
	粕谷 貴司	住谷 正夫
	山口 遼佑	荒川 臣司
	鈴木 貴之	荒川 臣司
	蘭部亜沙美	荒川 臣司

卒業研究題目一覧表（平成14年度）

電子情報工学科

題 目	学 生 名	指 導 教 員
4色ボールによる高信頼符号化・復号化の一手法	池田 俊介 牛木 康文 小松崎洋輔	杉村 康
MPIによる並列処理プログラミングに関する研究	田上 真 チュー ブンヒェン	村田 和英
マルチプロセッサによる並列処理アルゴリズムに関する研究 -全解探索問題について-	石川 貴光 永井 英幸	村田 和英
位相シフト媒体を通過した光波の横断面観測	古橋 彬 森野なつ子	畠山 巖
光インターコネクション用有機光材料のホログラム特性	山形 定子	畠山 巖
位相共役光を用いたデジタルホログラフィ	須田 祥生	畠山 巖
C言語によるタイピングソフト	榎本 正太	野村 實
Visual C++ によるゲームプログラミングの作成	磯崎 寛之 蕎麦田光一 西野 拓也	野村 實
ハードウェアの支援による高速な大域照明レンダラーの開発	蜂須賀恵也	野村 實
万化時計	萩野 康之	野村 實
Max/MSP によるデジタルピアノの作成	相田 守 水野 直也	弘畑 和秀 村田 和英
ディスコーンアンテナの製作とその特性	川越 信和 鈴木 大輔	弘畑 和秀 杉村 康
最小全域木問題に関する研究	磯崎 真介 平松 信洋	弘畑 和秀 野村 實
LabVIEW による磁気特性評価システムの開発	木村 あゆみ	山口 一弘
暗号を用いた電子メール通信の安全化に対する考察	加藤 公久	滝沢 陽三
オブジェクト指向による効率的なゲームプログラミング法	田中 学	滝沢 陽三
グループウェア応用に関する提案	小野 幸子	滝沢 陽三
-運動会管理支援システムの開発-	萩谷 麻美	
型チェックによる安全なXML文書生成の保証	須藤 優	滝沢 陽三
光アシスト溶液プロセスによる酸化亜鉛薄膜の作製	石崎 正規 佐藤 宏昭	弥生 宗男 山口 一弘
光アシスト溶液プロセスを用いた酸化イットリウム作製における溶液pHの影響	北川 葉子 野内 英幸	弥生 宗男 山口 一弘
高エネルギー加速器におけるエネルギー増強についての比較と検討	阿部 浩士 竹内 大輔	四王天正臣
μ -粒子検出器における一考察	浅野 聡志	四王天正臣
家庭向け風力発電機の導入に関する支援システムの開発	大久保佳美	四王天正臣
読話プログラムの作成	浦田美樹奈	市毛 勝正
DSPを用いた母音の合成	小野 宏一	市毛 勝正
音源情報と感情の関係に関する検討	竹迫 晃 伏見 秀勝	市毛 勝正
円形ループアンテナからの電磁波放射の可視化	相川 郁美	柴田 尚志
遺伝的アルゴリズムを用いた多層媒質構造物の物質定数評価法	松本 啓紀	柴田 尚志
MININECを用いたアンテナシミュレータの開発	吉田 貴則	柴田 尚志

卒業研究題目一覧表(平成14年度)

物質工学科

題 目	学 生 名	指 導 教 員
実用的なメタノール水蒸気改質用Pd触媒の調製と活性	鹿志村睦美	斎藤 保夫
金属担持活性炭を用いたNO _x の吸着除去	菊池 千尋	斎藤 保夫
ペロブスカイト酸化物担持Ni触媒によるメタンの炭酸ガス改質反応	和田 彰太	斎藤 保夫
環境ホルモンの分析法開発(11)	舛井 直人	富田 豊
—種々の缶飲料に含まれるビスフェノールA—		
環境ホルモンの分析法開発(12)	三角 康子	富田 豊
—固相抽出法によるビスフェノールAの前処理—		
環境ホルモンの分析法開発(13)	平川 克彦	富田 豊
—ポリカーボネートからのビスフェノールA溶出量—		
環境ホルモンの分析法開発(14)	横堀 典子	富田 豊
—校内における水道水中のノニルフェノール分布—		
環境ホルモンの分析法開発(15)	船橋 朗	富田 豊
—竹炭によるノニルフェノールの吸着条件—		
人口サンゴモデルによるCO ₂ 削減法に関する一考察	萱森 能之	蝦名不二夫
ポルフィンの合成化学的研究(19)	園部 秀平	蝦名不二夫
～マイクロフィーダーを用いたポルフィン合成の試み～		
ポルフィンの置換反応を用いた単純ポルフィリンの合成	椎根 翼	蝦名不二夫
～ポルフィンのハロゲン化の試み～		
アルケン類のポルフィリン化合物への付加反応	佐藤 啓人	蝦名不二夫
～金属ポルフィリン錯体を用いた付加反応系の検討～		
拡張ポルフィリン合成の検討(2)	阿部 泉	谷口 昭三
— Dipyrrolylmethaneおよびそのジメチロール体合成の検討 —		
ポルフィリンポリマー合成の検討(2)	石田 光	谷口 昭三
— Dipyrrolylmethane類合成の検討 —		
β, β —縮合型ポルフィリン合成の検討	田谷 幸一	谷口 昭三
— 無水フタル酸からの試み —		
エタンの脱水素による二酸化炭素還元用触媒の開発(7)	舘 典之	山形 信嗣
～Fe-Cr ₂ O ₃ 触媒へのアルカリ金属イオンの添加効果～		
二酸化炭素を酸化剤とするプロパン脱水素触媒の開発	大嶋 優輔	山形 信嗣
光触媒によるエタン存在下での二酸化炭素還元(4)	菊池 健太	山形 信嗣
～Pt/TiO ₂ 触媒における前処理の影響～		
メソ孔を有する多孔物質の調製と光触媒への応用	伊吹 浩志	山形 信嗣
XAD樹脂による水溶性金属錯体の吸着濃縮について(2)	石川 真之	須田 猛
～Al,Fe—モーダントブルー錯体の吸着濃縮条件の検討～		
ビスマス薄膜電極を用いた溶出ポテンシオメトリー法による金属イオンの定量	桑島 尚子	須田 猛
XAD樹脂による水溶性金属錯体の吸着濃縮について(3)	田山 遊	須田 猛
～金属イオン—PAR錯体の溶離条件の検討～		
XAD樹脂による水溶性金属錯体の吸着濃縮について(4)	野崎 篤	須田 猛
～金属イオン—クロムバイオレット錯体の吸着・溶離条件の検討から		
Ta ₂ O ₅ 系光触媒薄膜作製の試み	江幡 淳	砂金 孝志
無極性溶媒を使ったTiO ₂ 系光触媒薄膜の作製とその性質	中島 淳子	砂金 孝志
逆ミセルへの可溶化を利用したアミラーゼの抽出(1)	久野 周一	鈴木 康司
レジオネラ菌を用いたTi錯体殺菌効果評価系の構築(2)	佐々木香里	鈴木 康司
Bacillus由来グリセロールオキシダーゼ遺伝子のクローニング(1)	篠崎 優美	鈴木 康司
ファイトレメディエーションの研究 ～植物中における銅イオンの存在形態～	吉岡 絵莉	佐藤 稔
微生物における銅(II)イオンの蓄積作用と存在形態の解析	阿彦 智之	佐藤 稔

卒業研究題目一覧表(平成14年度)

物質工学科

題 目	学 生 名	指 導 教 員
トリフェニルホスフィンを軸配位子としてもつコバルト(II)ポルフィリンへの酸素付加反応	阿部 愛	佐藤 稔
β 位が塩素置換されたポルフィリンカチオンラジカルの電子状態における軸配位子の効果	横須賀高志	佐藤 稔
コバルト(II)チオレート錯体による酸素活性化	小松崎 哲	小松崎秀人
コバルト(II)ヒドロスルフィド錯体の合成と性質	高野倉知枝	小松崎秀人
新規水溶性三座配位子を用いた遷移金属錯体の合成と性質	塩田 明彦	小松崎秀人
ニッケル(II)ヒドロキソ錯体の生物無機化学的挙動	富沢 美紀	小松崎秀人
マンガン錯体による系統的酸素活性化	齋藤 知佳	小松崎秀人
Pb触媒によるアリルエステルのカルボニル化反応	西 美紀	植村久美子
Pb錯体触媒によるアリルアルコールのカルボニル化反応	飯村 康二	植村久美子
パラジウムカチオン錯体によるCOとプロパルギルアルコール	濱岡 貴子	植村久美子
誘導体からの β -ラク톤の合成		
プロパルギルアルコール類と二酸化炭素からの環状カーボネートの合成	菊地 秀行	植村久美子

平成16年3月16日 発行

編集兼
発行者 茨城工業高等専門学校

〒312-8508 茨城県ひたちなか市中根866
TEL 029 (272) 5201

印刷所 いばらき印刷(株)

CONTENTS

A Report on an Actual Example for a New Teaching Method for Enhancing the Creative Skill	Shoichi MIYOSHI (1)
Curriculum Development in English Education	Kunihiko KOBAYASHI (9)
Systematic Evaluation of Cultural Competence	Kunihiko KOBAYASHI (17)
Observations on Inhibiting Factors in L2 Reading Comprehension	Hiroyuki IJIMA (23)
Developing Autonomous English Language Learners by Making Use of Computers	Yasuhiro OKUYAMA (29)
Influence on Surface Earthquake fault processes by the difference in correlation function types of Young's modulus	Hidenori NAKAGAWA (35)
Gamma dose rates in the vicinity of JCO Tokai plant about 130 days following the criticality accident (JCO Report Part 3)	Takao MATSUZAWA (41)
Fundamental research of thermo-physical properties measurement of the general heat conductive materials by using the multi-points transient temperature measuring method	Eiji NEMOTO (53)
The developmental research for the generation and the deposition of oxidized nano particles	Fumitake KATO, Katsuya FUJISAKU, Isao SHIMIZU (57)
Transient Analysis of Lossy Nonuniform Transmission Line Using the Transmission-line Modeling Method	Yui UTSUNO, Izumi SHINOZAKI, Isao ENDO (61)
Strategy and Education of the Intellectual Properties	Toshio KANEKO (67)
Endocrine Disruptor Eluted from Housewares of Polycarbonate Resin	Yutaka TOMITA, Yuko SUMIYA, Katsuhiko HIRAKAWA (75)
Oxidative Dehydrogenation of Ethane with Carbon Dioxide (1) ~Addition Effect of Barium to Cr ₂ O ₃ Catalysts and Its Optimization~	Nobutsugu YAMAGATA, Yuji SUZUYAMA, Noriko FUJIWARA (79)
A Kinetic Model for Unsteady-State Crystal Growth in the Presence of Metallic Ions	Luis A. GUZMAN, Noriaki KUBOTA (83)
A Study on the Literary Evaluation of <u>Kokonchomonju</u>	Ruri HIRAMOTO (94)
The Consideration on Mencious ' <u>Zenjoyou Houbatsu</u> '	Kunio SEO (100)