

ISSN 0286-3391

茨城工業高等専門学校
研 究 彙 報

第 47 号

平成24年3月

RESEARCH REPORTS
OF
IBARAKI NATIONAL
COLLEGE OF TECHNOLOGY

NO. 47
MARCH 2012

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47号

目 次

- 1 高専における英語教育のあり方に関する一考察
- スクリプト暗記の効果とクラスデザイン - 池松 峰男 (1)
- 2 有効肥料化を目指した土中における人尿の変化の追跡 - 先行調査 - 池松 基朋・池松 峰男 (5)
- 3 英語で書かれた工学系専門教科書の話彙分析 奥山 慶洋・長野 眞康 (9)
- 4 授業評価アンケート集計プログラムの開発とその運用 長本 良夫 (13)
- 5 茨城高専における数学の成績と学習到達度試験の成績との関連性について
..... 河原 永明・山本 茂樹・長本 良夫・五十嵐 浩・中川 英則 (19)
- 6 文部科学省事業「原子力人材育成プログラム・原子力研究推進プログラム」のその後
..... 富永 学・松澤 孝男 (23)
- 7 準安定オーステナイト系ステンレス鋼に生じる加工誘起マルテンサイトの評価 .. 大内 崇弘・富永 学 (33)
- 8 逆ミセル法で作製した CdSe ナノ微粒子の光学特性
..... 野上 拓真・荒木 翼・海老原 快人・鈴木 大和・森 龍男 (41)
- 9 量子論におけるBell不等式について 四王天 正臣 (49)
- 10 EPR論文と現在から見たその意義について(II) -Bohrの反論に対する再評価- 四王天 正臣 (55)
- 11 MPIを用いたコンピュータネットワーク性能評価シミュレータの開発および性能評価
..... 村田 和英・八島 亮平 (61)
- 12 遺伝的アルゴリズムを用いた魔方陣の解法 秋山 幸雄・弘畑 和秀 (65)
- 13 グラフにおける閉路の存在について 弘畑 和秀 (73)
- 14 複数の分野の混成グループによるソフトウェア設計における開発方法論の導入 滝沢 陽三 (77)
- 15 機能限定ソフトウェアシステムのフレームワーク策定および開発環境に関する考察
..... 滝沢 陽三・山田 真・土川 洋史 (81)
- 16 光合成を模倣した有機太陽電池の試作 蝦名 不二夫・大浦 北斗・砂金 孝志・佐藤 稔 (85)
- 17 H-ZSM-5触媒によるブタノールからのプロピレンの製造 山形 信嗣・川上 優 (91)
- 18 土壌含有重金属分析のための家庭用電子レンジを用いた土壌のマイクロ波加熱分解法
..... 須田 猛・桐生 真奈美 (99)
- 19 セルロースアセテートポリ乳酸系グラフト化物の合成と特性評価
..... 宮下 美晴・佐藤 夏美・寺本 好邦・西尾 嘉之 (105)
- 20 妻を詠むこと -『万葉集』巻九・一七四四、一七四五、一七四六番歌考 - 桐生 貴明 (116)
- 21 中国古代の運命論についての一考察 瀬尾 邦雄 (120)
- 22 文部科学省科学研究費助成事業(平成23年度) (121)
- 23 外部資金受入による共同研究・受託研究(平成22年度) (122)
- 24 教員事績(平成22年10月～平成23年9月) (123)
- 25 専攻科特別研究題目一覧表(平成22年度) (139)
- 26 卒業研究題目一覧表(平成22年度) (140)

高専における英語教育のあり方に関する一考察 -スクリプト暗記の効果とクラスデザイン-

池松峰男

English Education in Colleges of Technology
- On the effect of script-memorization and class-design-

Mineo IKEMATSU

Abstract: We verified effectiveness of a simple, but empirically-useful method for improving English proficiency: script-memorization on the students at Ibaraki National Colleges of Technology (INCT). The averaged TOEIC score of those students is as low as 400, which is acknowledged equivalent to those of 2nd-year high school students. To address this issue, we first analyzed the score data obtained from 1st to 3rd-year students at INCT and confirmed the trend had been the same for the past three years. Next we gave script-memorization tasks to those students and found that the task results and their scores of an English proficiency test were positively correlated (R^2 : 0.53). Given the fact that language learning should require at least 10,000 hours to complete and English classes of 4 hours per week only attain about 600 hours in 5-year education period, we concluded that the most important factor during English learning for the students is how the learning motivation could be maintained, which enables them to learn their target languages on their own. As a first step towards motivation-strengthening, we reviewed the used-to-be class design adopting mainly the grammar-translation method, and changed it to use short stories with only about 200 words in order to relieve the tedium, and instruct to memorize their scripts. A class-design based on the script-memorization results was then proposed.

1. はじめに

企業研究員を経て 2010 年 4 月より茨城高専において英語を教えている筆者が、茨城工業高等専門学校における 1 年間の授業経験の後に分かったことは以下の 3 点である。すなわち、

- 1) 学生にとっての英語の重要性が学年とともに低下する。
- 2) 学生の多くが自宅学習をほとんどしていない。
- 3) 英語学習への動機付けが困難である。

高専生の英語力の低さはこれまでも指摘されてきている¹⁾。これには高専の英語授業時間が一般の高校生が受ける授業時間の 7 割 (年間 350 時間) しかないことが原因との考え¹⁾がある。しかし一般に外国語を習得するために 1 万時間が必要である、との考えに立てばその差は「誤差」である。高専生の英語力の低さはむしろ、専門教育への重みづけが大きい故の英語学習動機の欠如によるものと考えるのが妥当である。筆者はこの考えに立脚し、高専生の英語力向上を目指し上記 3 点にアプローチした。

上記 3 点のうち、1) は既述の通り専門科目数が学年とともに増加する高専という学校の性格上不可避であり、高専における英語教育を改善していく上での焦点は 2) および 3) となる。そこで本稿では、まず茨城高専 (以後、本校と呼ぶ) における過去 3 年間の学生の英語能力の推移を分析した。そして英語学習動機向上のためには学習

法はシンプルにほどよいとの仮説をたて、シンプルでかつ経験的に有効性が認識されている「スクリプト暗記」の系統的効果検証を開始し、有効性を示す先行調査結果を得た。その後、これらの結果を踏まえた新たな授業デザインを提案した。

2. 方法

2.1. 分析

2007 年および 2008 年に本校において実施された英語検定試験 (GTEC for STUDENTS)²⁾を受験した 1 年次および 2 年次学生 (各約 400 名) のスコア、および 2006 年~2008 年に実施された TOEIC-IP を受験した 3 年次学生 (各約 400 名) のスコアを集計した。GTEC スコアは下記換算式(1) (文献 2) の換算表より導出) を用いて TOEIC スコアに換算した。

$$\text{TOEIC スコア} = 1.0453 \times \text{GTEC スコア} - 125.93 \quad (1)$$

スコアレンジは 50 点刻みで設定し、スコアがその範囲に入る学生の数を年度毎で比較した。加えて、ベネッセコーポレーションが提供する大学毎の入学学生の高校時代 (1 年次~3 年次) のスコアと

の比較を行い、さらに回帰分析によって2年後の予測スコアの比較も行った。

2.2. スクリプト暗記

2010年度入学の1年次学生43名に対し、検定教科書(CROWN English Series I(株)三省堂)の各章を構成する各節の解説が終了後、当該節(全てではない)を暗記するよう指示し、次回の授業時に暗記内容の筆記を求めた。本スクリプト暗記は通年、計10回実施した。各回の筆記時間は5~10分の間で各回の内容に応じて設定した。評価は25点(エラーなし)から5点(数行程度以下)の間で行った。

3. 結果と考察

3.1. 分析

図1に2007,2008年に実施した1年次および2年次のGTEC各スコアゾーンに入る学生数を示す。本図より、1年次より2年次のスコアが高いこと、および例年同様の傾向を示すことが分かる。また2年次には半数以上の学生が英検準2級レベル(高校2年生レベル)に到達していることも見てとれる。よって茨城高専の2年次までの英語力は一般の高校生と比べて特に劣っているわけではなく、「標準的」と考えてよいだろう。

しかしながら、3年次となると事情が異なる。図2に2006年から3年間の3年次のTOEICスコアの推移を示す。本図より、2006年に比べ2007,および2008年ではスコアが上昇傾向にあるものの、半数以上の学生が英検3級から準2級のレベルに留まっていることが分かる。これを図1と比べると、2年次と3年次では英語運用能力に差がない、すなわち3年次であっても高校2年レベルの実力しかないということが確認できる。全国の高専生の平均TOEICスコア(図3)³⁾は、高専2年次まで伸びた能力が3年次で急激に落ち込み、以後5年次にまるまで徐々に回復するものの、その実力は1年次と同等にしなければならない、という悲劇的な様相を呈している。幸い茨城高専では3年次の落ち込みはないものの、1-3年次の順調な伸びがないことは共通している。専門教科が増える3年次が伸び鈍化の境界となっていることから、英語学習への動機付けの低下がこの原因の一つであると思われる。

図4に本校1年次~3年次までの各学年3年分のTOEIC平均スコア(1,2年次についてはGTECスコアから換算)の学年推移を示した。図にはまた、大学入学者の高校時代の同平均スコアも併記した。さらに高専5年間の推移を他大学入学者と比較するため、それぞれの推移を回帰分析し、高専5年次と他大学2年次学生の予測スコアを記した。本図より本校学生のスコアが比較対象の中で最下位であることが分かる。但しTOEICがウェブサイトで公表している全国高専3年次学生約3,000人の平均スコア331点を若干上回っている(本校3年次平均:350点)。高専5年次予測値は381点となり、かつての本校専攻科入学要件(TOEIC400点)と、偶然ながらよい一致を

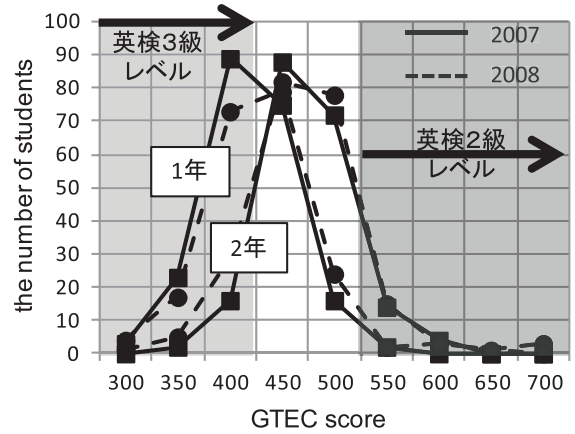


図1 第1,2学年 GTEC スコアの推移

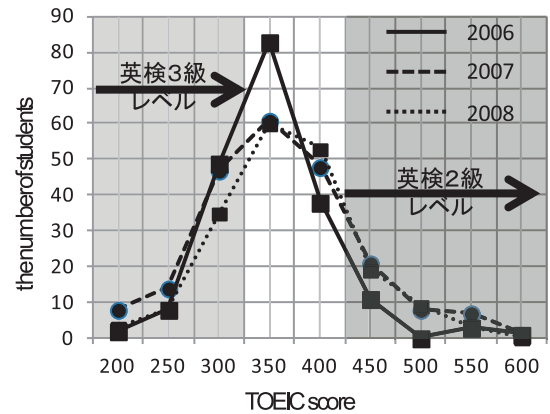


図2 第3学年 GTEC スコアの推移

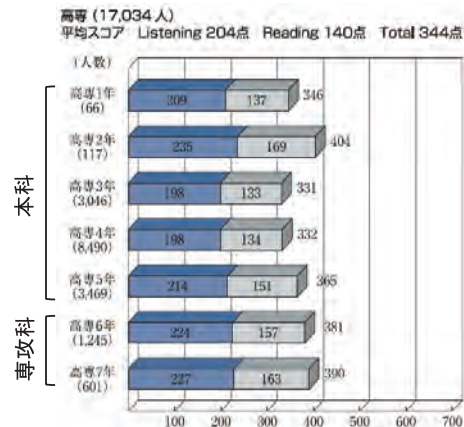


図3 全国高専生の TOEIC スコア³⁾

見た。しかしながら本予測値は、高専英語教育が抱える課題を示してもいる。本校は他高専同様、卒業生が他大学に編入学をするが、編入直後(おもに大学3年次)の英語力には学内進級者との間に大きな差が生じていることになる(地方国立大学と110点以上の差。

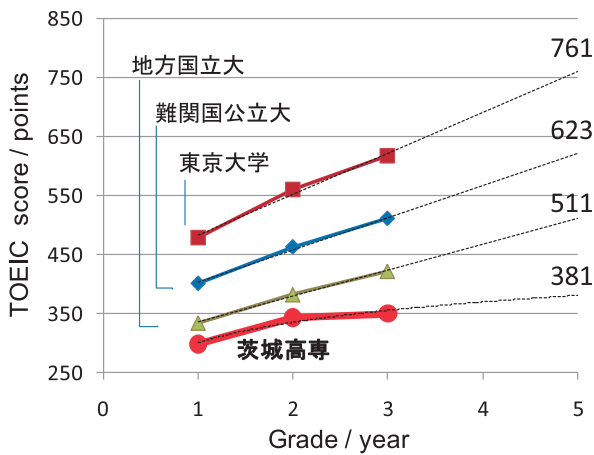


図4 TOEICスコア学年推移の比較

東京大学とは380点（2倍）の差。この状態を放置すれば編入学の門が狭くなる可能性が高まるばかりでなく、高専自体の存続にも悪影響を及ぼしかねない。

3.2. スクリプト暗記

高専における英語教育の改善が喫緊の課題であることは上述の通りである。本課題へのアプローチには以下の3点が有効であると考えている。すなわち、

- 1) 進級要件を設定する。
- 2) 動機付けを工夫・強化する。
- 3) 年間を通じて常時、課題を課す。

このうち、1) が最も有力な方法であるが、制度上の問題があるため今後検討すべき課題である。2と3がリンクして課題をこなすことができれば、高専生特有の低英語力を改善することが可能であると考えられる。そこでまず、3に関して、実施が容易な「スクリプト暗記」が課題として有効か否かを探った。スクリプト暗記の評価点の各個人年間平均値と各個人のGTECスコアとの関係を図5に示す。本図(a)より、相関は低い ($R^2=0.53$) もの、両者には正の相関があることが分かる。なお、本図(b)に示す入学時の英語得点（推薦の場合、90点に設定）との相関は見られなかった ($R^2=0.2$)。これより、総合的英語力を向上させる上では、スクリプト暗記のような単純な方法であっても有効であることが分かった。

従来の文法・訳読法やオーディオリンガルアプローチに代わる方法としてbook floods（多読）⁴⁹⁾が注目されている。言語の分析的学習や作文ドリルではなく、興味を喚起するストーリーの理解を通じて言語習得を達成する本方法はしかしながら、クラス全体が興味を抱く物語を難易度が低いものから高いものまで多数準備する必要があること、また読むこと自体に飽きてしまう学生への動機付けを個別に実施する必要があることなど、多くの学生にすぐさま適用することが困難という欠点がある。これに対し今回試行したスクリプト暗記は、興味の程度には個人差があるものの、実施が容易でかつ、強制的に課した課題の結果がすぐに分かるという利点がある。

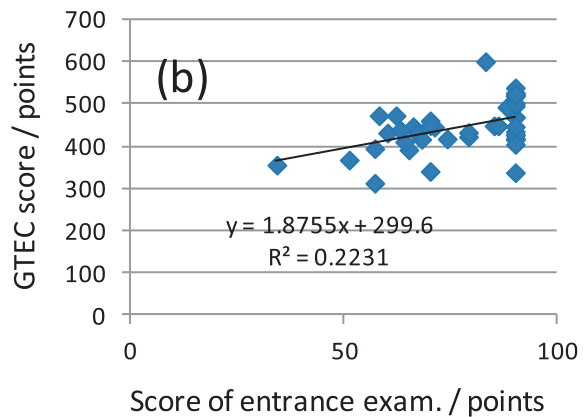
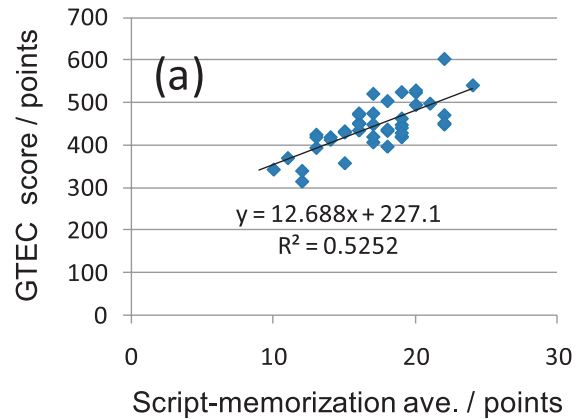


図5 スクリプト暗記と(a)GTECスコアおよび(b)英語入試得点との関係

さらに、外国語学習能力が極めて高い学習者 (exceptional learner)⁹⁾が通常の学習者に比して際立って優れているのが「記憶力」のみである、という事実は、本スクリプト暗記など単語や模範となる定型表現を記憶に蓄えることの重要性を示唆している。

4. クラスデザイン

以上、スクリプト暗記が総合英語力向上に有効であることを述べた。我々はこれを基本にクラスマテリアルの選択とデザインを立案した。立案にあたっては、スクリプト暗記に加え、book floodsを用いた授業でも採用されかつ、実施が容易な会話ロールプレイングも取り入れた。図6に平成23年度1年次学生に展開中のクラスデザインを示す。本デザインは4つの項目から構成されている。A.精読では、200~300 wordsのウェブ素材の解説（文法・訳読）を行い、解説終了後、スクリプト暗記を実施する。B.文法では、会話文から文法を学ぶことをコンセプトとする教材⁷⁾を使用し、年4回、会話文のロールプレーを課す。C.quizは英作文、D.速読⁸⁾は初見問題で実施する。これが一週間のメニューで、これを年間30週行うことになる。現在半期が経過したばかりであるが、学習動機は年度当初より高まりつつある。本結果については、年末に実施予定のGTECとの相関が得られた後に再度報告する予定である。



図6 クラスデザイン

5. おわりに

高専生の英語力が看過できないほど低いことを示し、これを比較的容易に改善できる方法、およびこれを基本としたクラスデザインについて述べた。今後、検定試験との相関を検証し、教材選択と課題開発に工夫を重ねながら、より容易でかつ、英語運用能力を高められる方法論へと発展させていきたい。

謝辞

本研究の実施、特にクラスデザインの立案においてご協力いただいた茨城工業高等専門学校人文科学科の井坂友紀先生に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 亀山太一、小澤志朗ほか「高等専門学校における英語教育の現状と課題」,平成13年度科学研究費補助金調査報告書(2002).
- 2) GTEC for STUDENTS: (株)ベネッセコーポレーションが提供する英語検定試験。Core (中2、中3レベル), Basic (高1、高2レベル), Advanced (高、高3レベル) の3タイプがあり、どのタイプも Reading, Listening, Writing セクションで構成されている。茨城工業高等専門学校では第1学年および第2学年の学生が年に一回、それぞれ Basic および Advanced を受験することになっている。
- 3) TOEIC® 2010 Data and Analysis:
<http://www.toeic.or.jp/toeic/pdf/data/DAA2010.pdf>, p.9.
- 4) Elly, W.B. & Mangubhai, F., The Impact of Reading on Second Language Learning. *Reading Research Quarterly*, 19, pp.53-67 (1983).
- 5) Elly, W.B., Acquiring Literacy in a Second Language: The Effect of Book-Based Programs, *Language Learning*, 41(3), pp.375-411 (1991).
- 6) Opler, L., Exceptional Second Language Learners in *Variation in Second Language Acquisition: Psycholinguistic Issues*, Clevedon, Avon: *Multilingual Matters*, Gass, S. et al. (eds.) (1989).
- 7) 白井恭弘, 『しゃべる英文法』, コスモピア (2009).
- 8) *Reading Gym* (標準編), 数研出版.

有効肥料化を目指した土中における人尿の変化の追跡 - 先行調査 -

池松基朋*、池松峰男

Tracing Transformation of Human Urine in Soil - A Preliminary Study toward Fertilizer Use -

Moto IKEMATSU* and Mineo IKEMATSU

Abstract: Too much chemical fertilization has known to cause eutrophication in rivers and lakes to happen. The problem can be solved with animal and human excretion reused as a substitute for a chemical fertilizer. Human urine is advantageous for this purpose because it alone contains 70% of phosphorus and 90% of nitrogen included in night soil, and nearly free from heavy metals and chemicals. Unlike phosphorus that is readily bound to soil, nitrogen easily escapes from soil as a gas form. Hence urine behavior in soil, namely how it resides in soil, is required to be investigated for urine reuse as a fertilizer. Here we evaluated a transformation of human urine (urea) in soil as a first step to address this issue and clarified how nitrate and ammonium are consumed during storage.

1. はじめに

湖沼などの富栄養化の原因となっている窒素やリンは、家畜糞尿の廃棄や農地への過度な施肥が原因となっている。リン施肥量は適正量の3倍と見積もられ¹⁾、流域から失われる窒素量の4割が農地への過剰施肥に由来する²⁾とされる。窒素は本来、微生物によって大気から地中へと固定化される量と硝酸態窒素が窒素ガスとして大気中に戻される量は均衡している³⁾。しかし化学肥料の生産や家畜排せつの廃棄によりこのバランスがくずれ、窒素成分の蓄積が増大している。リンは生体構成要素として極めて重要な元素であるが、原料であるリン鉱石はその埋蔵量に限りがあり、今後60~70年以内にリン資源の半分の枯渇が危惧されている⁴⁾。

窒素とリンが抱えるこの問題を解決する一つの方法は、家畜や人の排せつ物を化学肥料の代替として循環利用することである²⁾。家畜排せつ物は近年、法律⁵⁾によってその管理が義務付けられており、罰則規定が弱い難点があるものの、これによってリン回収技術⁶⁾や窒素除去技術⁷⁾の開発が進んだ。しかしながら家畜排せつ物は糞尿混合物であるため、肥料化には、糞に含まれる重金属や薬剤の処理が必須となる。その点、人の排せつ物は源流管理により尿尿を分離することが可能⁸⁾であるため、重金属や薬剤を含む可能性の高い尿を除去することができる。これにより、重金属や薬剤を含まず⁹⁾、かつ尿尿中に含まれるリン成分の70%以上、窒素成分の90%を含む¹⁰⁾という尿のみの処理が可能となる。

そこで人尿をいかに有効な肥料に転換できるか、具体的には、「人尿の農地への還元」を基本理念とし、農地散布された場合の尿の動

態変化を追跡することによりその肥効の定量的評価を行うこととした。本稿では先行調査として実施した、黒土による人尿性状変化（アンモニア転換硝酸への酸化）について述べる。

2. 実験

2.1. 人尿、土および器具

人尿は実験に先立ち筆者自身から採取し、用事使用に供した。人尿のアンモニア転換には、黒土、焼成黒土、腐葉土（ホームセンターにて購入）、畑土（筆者自宅畑より採取）および乾燥大豆を用いた。

尿pHの測定にはコンパクトpHメータ（HORIBAB-211）を用い、NO₃⁻イオン濃度測定にはコンパクト硝酸イオンメータ（HORIBAB-342）を用いた。

2.2. 土による人尿アンモニア転換

黒土、焼成黒土、腐葉土および筆者自宅の畑土10g（腐葉土のみ4.0g）を採取直後の人尿20mlに添加し、ラップフィルム（ポリビニリデン製）でシールし、室温にて放置した。その後、適宜pHおよび硝酸イオン濃度を測定した。同様の実験を3回行い、平均値を測定値とした。

2.3. 土による硝化（アンモニア-硝酸酸化）

*土浦市立神立小学校

大豆粉 0.2 g を人尿 200 ml に添加後、ラップフィルムでシールした。本試料を 4 日間放置し pH が 9.0 付近で安定した後、5 サンプルに 20 ml 分注した。この他に 10% 食塩水を 5 サンプル用意した。上記処理済み尿および食塩水の各サンプルに黒土 1.6, 3.2, 4.8, 6.4, 8.0 g を添加後、室温にて放置した。その後適宜、pH および硝酸イオン濃度を測定した。同様の実験を 3 回行い、平均値を測定値とした。

3. 結果と考察

3.1. 土による人尿のアンモニア転換

図 1 に添加する土の種類とそれに応じた尿 pH 経時変化を示す。本図より土の種類にかかわらず、pH9.0 まで単調に増加することが分かる。pH の上昇は土中に生息する微生物が産生するウレアーゼによる尿素のアンモニアへの転換、およびその後の以下の式



で示されるアンモニアの加水分解の結果であるが、その活性が密度が低く重量が他の土の 1/2 以下の腐葉土において高いことが特徴的である。また、植物の生育上好ましくない「雑菌」を死滅させるための焼成処理を行っている黒土 (焼成黒土) においても、未焼成黒土と同様の pH 上昇が得られていることも興味深い。焼成後の大気暴露によって、焼成前と菌そうが変わっていない可能性がある。尿を用いて安価な黒土を肥効の高いものに転換するという観点からは、無用に高価となっている焼成黒土は必要ないと思われる。

次にこの安価な黒土を用いて、黒土量に応じて、すなわち土中ウレアーゼ量に応じてアンモニア転換が促進されるかを調べた。結果を図 2 に示す。本図より、予想通り黒土量の増加に伴い、より早い段階で pH 上昇が生じていることが分かる。なお、黒土量が 6.4 g 以上で見られる pH 変化の大幅な上昇の理由は不明である。

3.2. 土による硝化と脱窒

尿素から転換されたアンモニアは加水分解によってアンモニウムイオンとなるのと同時に、アンモニア酸化細菌によって亜硝酸イ

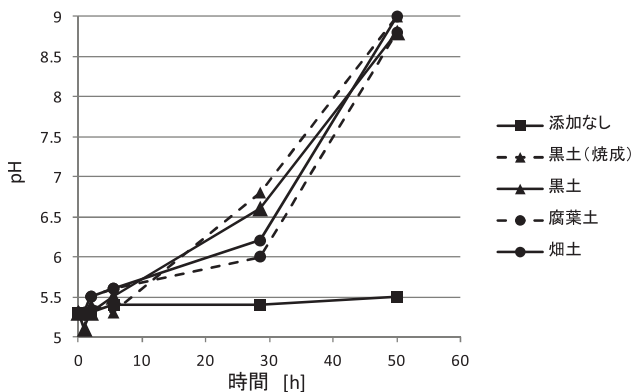


図 1 各種土による尿のアンモニア転換

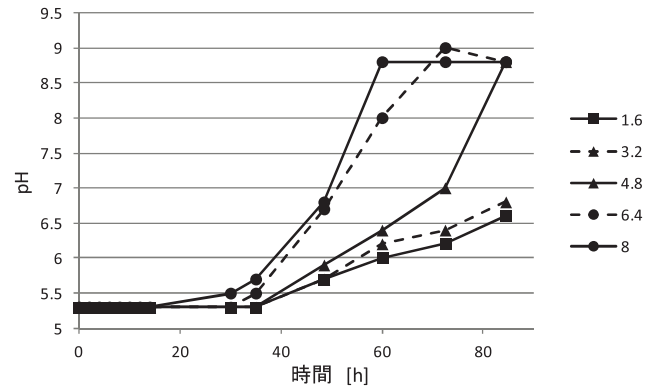
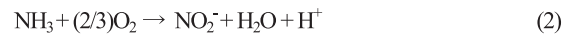


図 2 黒土量に依存した尿のアンモニア転換

オンへ変化 (式(2)) し、さらに亜硝酸酸化細菌によって硝酸イオンへと変化 (式(3)) する (両者を合わせて硝化と呼ぶ)。その後、嫌気バクテリアによる式(4)の反応によって窒素ガスへと転換され大気へ気散する (脱窒)。式(2)-(4)から明らかのように、硝化・脱窒プロセス全体での pH 変化はない。



土を添加した際の pH 変化とそれに伴う NO_3^- 濃度変化を図 3 および図 4 に示す。図 3 より pH は概ね時間とともに減少し、土量に依存した pH (土量の増加に伴い pH 値は低下) に落ち着くことが分かる。図 4 より、 NO_3^- は増減を繰り返しながら、添加する黒土の量に依存せず、初期値に収束していくことが分かる。この NO_3^- の増減を図 3 とともに詳細に見ると、土添加直後の増加時 (0~30 h) には pH が低下し、反対に減少時には pH が低下している。その後 (50 h 以降) の変化は初期とは反対に、 NO_3^- 増加時に pH が上昇し、 NO_3^- 減少時には pH が低下している。これは上記反応式より、以下のよう解釈できる。すなわち、土添加直後は NH_3 (NH_4^+) から NO_2^- 、その後の NO_2^- への転換が進行することで NO_3^- が蓄積するため、 NO_3^- の増加とともに pH が低下する。その後 NO_3^- の蓄積により NO_2^- 転換が進行するため、 NO_3^- 濃度が低下するとともに脱窒反応により pH が上昇する。その後は NH_3 (NH_4^+) の酸化により NO_3^- が蓄積しながら NO_2^- からの脱窒反応も進行するため、 NO_3^- 濃度の上昇と pH 上昇が起こり、その後脱窒反応によって NO_2^- が枯渇すると NO_3^- から NO_2^- の転換と、 NH_3 (NH_4^+) の酸化による NO_2^- の蓄積に転じ、その結果、 NO_3^- 濃度の減少と pH 低下が起こる。

では約 300 時間にわたる反応の後、尿中の土は添加時と同じように NH_3 (NH_4^+) の酸化能力があるのだろうか。そして 300 h 経過後の尿は周囲に新たな土があれば更に処理が進むのであろうか。これを確認するため、黒土 10 g を添加して 300 h 経過後のサンプルを尿画分 ($[\text{NO}_3^-]$: 730 ppm, pH: 8.6) と処理後土画分とに分け、尿画分に新しい黒土 10 g を添加し、処理後土画分に大豆処理尿 ($[\text{NO}_3^-]$: 700 ppm, pH: 8.8) を添加し、6 時間放置した。その結果、新たな土を添

加した尿画分のNO₃濃度は730 ppmから630 ppmに低下するとともに、pHも8.8から8.6に低下した。これは図3および図4における50 h以降の様子に相当している。すなわち300 h経過後の処理土を取り除いたことによりNO₂が枯渇した状態になったため、そこに添加された土内の嫌気バクテリアによりNO₃からNO₂への還元が進行したのと同時に、NH₃ (NH₄⁺)の硝化反応によりNO₂が蓄積したと考えられる。一方、処理後土画分に添加した大豆処理尿の性状は、NO₃濃度が700 ppmから900 ppmに上昇し、pHは不変、といった変化を示した。これは処理後土画分に存在したNO₂と大豆処理尿中NO₃の濃度が平衡した結果と考えられ、よって300 h反応後の黒土は硝化能力を失っていると判断できる。

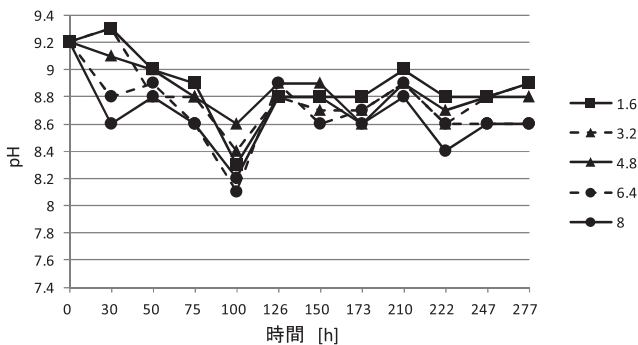


図3 黒土による人尿処理 (pH 変化)

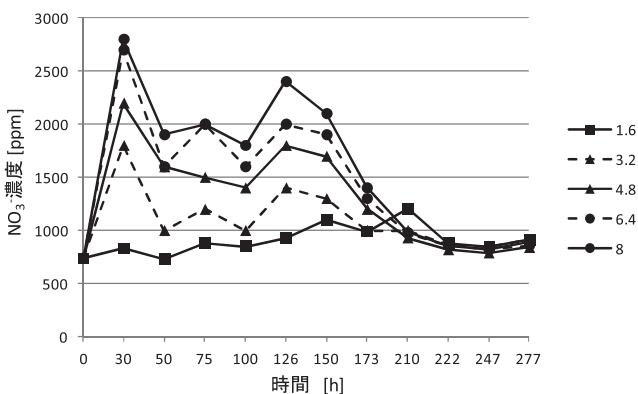


図4 黒土による人尿処理 (NO₃濃度変化)

3.3. 人尿の土中動態

人尿を土（例えば今回用いた黒土は安価で、尿を利用して肥効の高い有用資材とする上で好適である）を混合した場合土中に染込んだ尿（尿素）は始めに、微生物が産生するウレアーゼによってアンモニアへと転換される。その後アンモニアは周囲の水分によってアンモニウムイオンへと加水分解されると同時に、周囲のpHを増加させる。高pH化した部分に存在するアンモニウムイオンの一部はアンモニアへと戻り、大気中へと気散する。アンモニアおよびアンモニウムイオンの別の一部は土中の硝化細菌によって亜硝酸イ

オン、亜硝酸イオンから硝酸イオンへと酸化される。そして亜硝酸イオンは脱窒菌によって亜酸化窒素 (N₂O) あるいは窒素ガス (N₂) へと還元され、大気中へと気散する。この過程で生成・消費される亜硝酸イオンおよび硝酸イオンの濃度によって、土中pHが上下する。本研究によって得られた結果より、尿と土との接触によって最終的には尿中の尿素由来の窒素成分はガスとして大気中に気散し、pHは中性に落ち着くことになると考えられる。

一方、揮発性ではないリンは土中に滞留する。しかし尿を添加することによって肥料化した黒土のなかでリンがどのような形態をとり得るのかは不明である。今後、滞留する窒素成分とともに降雨による土中からのリン成分離脱の評価が必要である。

4. おわりに

化学肥料の代替として有望な人尿の土中での動態を明らかにするため、先ず窒素動態を調べた。その結果、尿素からアンモニアおよびアンモニウムイオンを経て硝酸へと変化する様子が確認されたと同時に、硝酸濃度が増減しながら脱窒過程を経て土中から窒素成分が抜けていく様子が確認された。これは窒素循環の観点からは全く問題ないが、肥料としての有効利用の観点からは課題となる。アンモニウムイオン、亜硝酸イオン、硝酸イオンは互いに植物による吸収を阻害することが報告されている¹⁾。よって、最終的に消失する窒素成分のうち、どのイオンをどの程度土中へ固定するかが重要となり、固定するイオンのバランスおよびタイミングまたその方法の検討が今後の課題である。また結合力が強いことから容易に土中に滞留可能なリン成分の詳細な動態の調査も同様に重要である。今後上記2点の調査を行い、安価な黒土の有効肥料化を目指したい。

参考文献

- 1) 関戸知雄、土手裕、井上雄三 畜産廃棄物の適正資源化量決定のための窒素・リンのフロー解析、*廃棄物学会論文誌*, 18(6), pp.382-391 (2007).
- 2) 波多野隆介 農林生態系複合流域における窒素循環の河川水へのインパクト 第23回環境工学連合講演会後援論文集 pp.61-68 (2009).
- 3) 環境省：平成19年度版「環境・循環型社会白書」、p.13.
- 4) Steen, I, Phosphorus availability in the 21st century, Management of a non-renewable resource, *Phosphorus & Potassium*, 217, pp.25-31 (1998).
- 5) 農林水産省HP「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t_mondai/03_about/
- 6) 高岡昌輝 下水や廃棄物を中心とするリンの循環と再資源化、第23回環境工学連合講演会講演論文集 pp.99-16 (2009).
- 7) 池松峰男ら 電解による排水中の窒素・リン除去 化学装置 2003年8月号, pp.35-38.
- 8) Hanaeus, A. et al., Conversion of urea during storage of human urine, *VATTEN*, 52, 263-270 (1996).
- 9) Binneras, B. & Joensson, H., The performance and potential of faecal

separation and urine diversion to recycle plant nutrients in household wastewater, *Bioresource Technology*, 84, pp. 275-282 (2002).

- 10) Ban Z.S. & Dave, G., Laboratory studies on recovery of N and P from human urine through struvite crystallization and zeolite adsorption, *Environmental Technology*, 25, pp. 111-121 (2004).
- 11) Criddle, R.S. et al., Nitrogen uptake by wheat seedlings, Interactive effects of four nitrogen sources: NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , and urea, *Plant Physiology*, 86, pp. 166-175 (1988).

英語で書かれた工学系専門教科書の語彙分析

奥山慶洋、長野眞康

Analysis of Vocabulary in ESP Textbooks on Engineering

Yasuhiro OKUYAMA and Masayasu NAGANO

Abstract: This study aims to analyze vocabulary in ESP (English for Specific Purposes) textbook on engineering, which is a part of a larger study of creating a database of English technical terms for Kosen (College of Technology) students. Our previous research found that both students and teachers recognized the importance of learning technical English. It also indicated that the older the students become, the more specialized English they want to learn. In this study we selected two ESP textbooks on engineering, one is mainly about ICT and the other is about technology in general. We investigated the total number and frequency of words of the two textbooks. We found that the characteristics of the textbooks can be seen from the words that appeared in each textbook.

1. はじめに

工業高等専門学校(以降高専と略す)は、当初の目的であった実践的な技術者を養成する高等教育機関から、大学・高専の専攻科等に進学し、その卒業後には国際的に活躍できる高度な技能を有した技術者あるいは研究者として活躍できる人材の育成が求められている。そのような状況の下で、研究成果等を英語でプレゼンテーションできる能力は不可欠となりつつある。しかしながら、高専では、一般の高等学校や大学の教養課程と比較して英語の授業時数が少ない。全国高等専門学校英語教育学会(2001)および奥山(2005)によると、高専3年次(高等学校3年生)までの授業時間は一般の高校生の7割、また高専5年次(大学2年生)まででは6割弱の授業時間しか確保できていないのが実状である。この背景には、修業期間の5年間で理系大学とはほぼ同程度の専門能力を修得させるため、専門科目の授業時間を削ることは困難であるということがあり、現状でもあまり改善されていない。杉浦(2009)では、高専生の英語学習のニーズ分析を実施し、その結果から、多くの高専生が語彙の不足を感じており、電気・電子工学や情報工学などの専門科目と関連した英語学習に期待していることが示唆されている。このような状況を踏まえ、高専における英語教育をより実践的なものとするを目的として、高専の学生たちに身につけさせたい英語専門用語データベースの構築とその成果に基づいた語彙リストの提供を考えた。すでに、高専生向けの単語学習教材として亀山他(2005)があるが、その内容はどちらかといえば一般的な語彙が中心であり、将来、英語論文や説明書などを読むことを想定される高専生にとって、専門的な用語についての記述はあまり十分ではなく、また専門科目との連携がなされているわけではないため、その場限りの学習になりがちであるという欠点がある。したがって、専門科目との有機的な連携による英語専門用語の学習が不可欠であると考えられる。

本論文では、高専の学生たちが学ぶべき語彙リスト、特に専

門用語についてのリスト作成のための教科書分析およびそこに表れる語彙分析について述べる。具体的には、技術英語を取り扱う教科書を対象とし、英語圏で出版されたものと日本国内で出版された教科書との比較分析を通じて学生たちに身につけさせるべき語彙の抽出方法について検討する。ただし、日本国内のものは未分析であるため、本論文では英語圏で出版されたもののみについて、その結果を報告する。

2. 先行研究の検討

2.1 これまでの研究成果

奥山他(2010)では、学生および教員の専門英語教育に関するニーズ分析を行い、両者がどのような英語教育を期待しているかについて調査した。ニーズ分析の目的は、学生が求めている英語教育と教員が考える英語教育の類似・相違点を明らかにし、より学生(学習者)に有用な語彙リストを作成するための資料とするために実施したものである。ニーズ分析のアンケートは、学生・教員とも学生・教員とも一部を除いて同じ内容について質問している。設問数は学生 30 問、教員 24 問であり、質問内容は以下の 5 項目に分類される。

- 1 専門英語教育に対する考え(必要性)
- 2 英語学習に対する興味・関心
- 3 英語学習の目的
- 4 英語の授業内容(どのような授業を望むか)
- 5 英語学習に対する信条

回答は6件法(「強くそう思う」から「全くそう思わない」まで)とし、「どちらとも言えない」という回答は設けていない。また、アンケートの不正回答(設問を読まずに、すべて同じ番号にマークする)をできるだけ防止する工夫として、学生の調査用紙にはダミー設問を3カ所設けたため、実際の調査項目に関する設問は

27 問である。このアンケートは本校の全学生(本科・専攻科)および教員を対象に実施された。結果として、まず、学生、教員共に専門英語教育の必要性を認識しており、特に専攻科生はその意識が高いということが分かった。次に、学生の内向き志向が顕著であるという傾向が明らかになった。ニーズ分析の結果によると、教員の7割以上が学生に海外経験を期待している一方で、学生は3割程度しか希望しないという結果が出ている。最後に、文法や語彙力の重要性の認識は学年が上がるにつれて高まることが分かった。これは、通じるだけでなく「正しい」英語に対する意識が高いということがいえる。

2.2 ESP 英語教育と関連する先行研究

ESP とは English for Specific Purposes (特定の目的のための英語) という意味であり、EGP (English for General Purposes: 一般目的の英語) の対となる考え方である。ESP は表1のように EAP (English for Academic Purposes: 学問目的の英語) と EOP (English for Occupational Purposes: 職業目的の英語) の大きく2つに分けられ、それぞれに下位項目が存在する。高専においては、低学年では EGP の英語教育を行い、上級生になり専門性が高まってきた段階で、主に前者に相当する英語教育を行うというのが一般的である。

表1 ESP の分類

ESP	EAP	English for (Academic) Science and Technology	
		English for (Academic) Medical Purposes	
		English for (Academic) Legal Purposes	
		English for Management, Finance and Economics	
EOP	English for Professional Purposes	English for Medical Purposes	English for Business Purposes
		Pre-Vocational English	
	English for Vocational Purposes	Vocational English	

Dudley-Evans, T., & St John, M. J. (1998)

次に、Academic Vocabulary や Technical Vocabulary といった特定目的のための語彙の特質・特徴について見ていきたい。トピックや言語使用のある限られた範囲で用いられる語を Specialized vocabulary と呼んでおり、Academic Word List (Coxhead, 1998, 2000) がその例として挙げられる。これは、最も頻度の高い 2,000 語 (general English) の中にはないが、学問的な文献(学術、科学、法律、商業)ではよく見かけられる 570 語で構成されており、sub-technical word と呼ばれるものである。Nation(2001)は専門語彙をその頻度や特徴によって、①その分野以外では滅多に見ることのない語、②その分野以外でも見ることはあるが違う意味で使われる語、③その分野以外でも見ることあるがその分野内では特定の意味で使われる語、④分野

特定ではないがその分野の知識を持つ人はより詳細な意味が理解できる語という4つのカテゴリーに分類している。また Nation (2001)は academic vocabulary が有効な学習目標となることとその重要性について言及している。これらの語は専門語彙(technical vocabulary)に比べあまり知られておらず学習の難しさがある。しかし、英語教師にとっては学習者を補助しやすいという特徴が挙げられる。つまり、英語教師はその専門分野についての背景知識に乏しく、その専門分野の中身も学ばなければいけないが、実際は学習者集団内にはいろいろな分野を専攻とする学習者が混在しているため technical vocabulary は指導が困難であるという問題がある。

最後に、教科書分析による語彙の選出に関する先行研究として Mudraya (2006)を例に取り上げる。Mudraya(2006)では、タイの工学系大学の学生向けに工学英語コーパス(Student Engineering English Corpus)を作成しそれに基づいて授業を実施した。材料・機械・電気など 13 の英語で書かれた各専攻に応じて基礎工学系教科書の語彙を分析し、抽出した語彙を COBUILD と BNC コーパスとの比較で語彙の頻度分析を実施しデータ主導型の指導(solution という語(専門・非専門で意味が異なる語)を例に実施)を行った。コンコーダンサーによって出された例を利用して、使用法の違い、コロケーション、動詞 solve との比較という3つの活動を実施した。

次に、教科書分析の手順およびそれぞれの教科書に見られる語彙の特徴について検討する。

3. 教科書の語彙分析の方法

教科書の語彙分析を行うにあたって、その文字をデータ化する必要がある。まず、分析する教科書の背表紙を裁断し、ドキュメントスキャナーを用いて画像化する。その際、ソフトでの読み込みの関係から白黒2値での読み取りとしている。次に、OCRソフト(e-typist v.12)を用いてレイアウト解析とテキスト化を行った。その後、文字の読み取りミスなどを手作業で訂正しテキストファイルとして保存した。保存したテキストファイルは、図1のコンコーダンサーKWIC(KeyWord In Context)を用いて分析した。

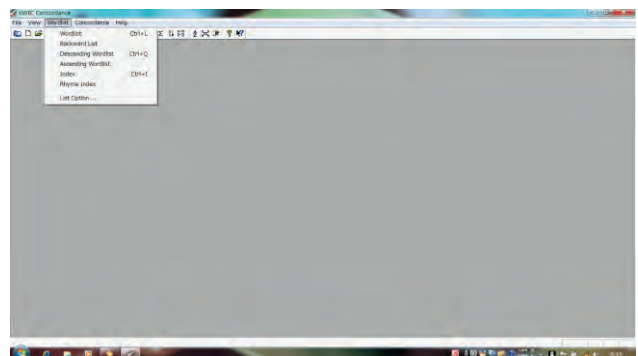


図1 KWICメニュー画面

今回の分析で取り上げたのは、英語圏で出版された2冊の工学系英語教科書である。どちらも Cambridge University Press か

い、その教材を用いた授業を一般・専門両者の英語科目を連携して実施し、その効果を指導前後の語彙テストの習得状況を調べることにより評価する。この教材は紙媒体による提供とともに e ラーニングおよびモバイルラーニングに対応できるよう加工し学生に配布することも並行して行うことを想定している。これにより、実際に多く使用されている英語のパターンやそれを用いた思考・表現を身につけることができるとともに、専門分野における英語の受容的・発信的両面での語彙力向上につながると期待される。

一般的に、一般科目を担当する英語教員の英語教育観と専門学科教員の持つ英語教育観とは大きな違いがあるが、学生に将来役に立つ英語の基礎力を身につけさせたいという点では共通していると思われる。本研究によって、国際的に活躍できる技術者養成を目的とした高等専門学校でのより効果的な英語教育を生み出す一助となれば幸いである。

※本論文は、全国高等専門学校英語教育学会第34回研究大会における口頭発表をもとに加筆・修正を加えたものである。また、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(C)「高専生の英語発進能力向上を目指した英語専門用語データベース構築に関する」(課題番号 21520651 研究代表者 奥山慶洋)の補助を受けた研究の一部である。

参考文献

- Coxhead, A. (1998). *An Academic Word List*. Wellington: Victoria University of Wellington.
- Coxhead, A. (2000). A new Academic Word List. *TESOL Quarterly*, 8, 389-400.
- Dudley-Evans, T., & St John, M. J. (1998). *Developments in English for Specific Purposes*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mudraya, O. (2006). Engineering English: A lexical frequency instructional model. *English for Specific Purposes*, 25, 235-256. The American University.
- Nation, I. S. P. (2001). *Learning Vocabulary in Another Language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 奥山慶洋. (2005). 「茨城高専英語教育新カリキュラムの現状と課題」『全国高等専門学校英語教育学会研究論集』24, 19-26.
- 奥山慶洋, 杉浦理恵, 長野真康 (2010). 「高専生および教員の英語学習・教育に対するニーズ分析」『全国高等専門学校英語教育学会研究論集』第29号.
- 加藤由香里. (2008). 『日本語eラーニング教材設計モデルの基礎的研究』. 東京: ひつじ書房.
- 杉浦理恵. (2009). 「高等専門学校におけるタスクを中心とした英語教育の可能性-ニーズ分析に基づくタスクの開発」『茨城工業高等専門学校研究彙報』第44号: 7-16.
- 全国高等専門学校英語教育学会. (2001). 『高等専門学

校における英語教育の現状と課題』(平成13年度科学研究費補助金(基盤研究(C))調査報告)

授業評価アンケート集計プログラムの開発とその運用

長本 良夫

Development and Operation of Tabulation Program on Questionnaires for Lesson Evaluations

Yoshio OSAMOTO

Abstract : In 2001, we started to accumulate questionnaires for lesson evaluations at Ibaraki National College of Technology. The accumulation process was time-consuming even with PC and OMR and hence we developed an Excel VBA-based tabulation program to reduce the process time. Here we report its design concept and how it works.

1. はじめに

茨城高専の授業評価は平成 13 年度に現在のアンケート様式に統一され、その集計処理を OMR (Optical Mark Reader) とパソコンで行うようになった。アンケート用紙には OMR 業者に作成依頼したものを使用し、これを機器で読み取り、付属のソフトウェアで CSV (Comma Separated Values) 形式のファイルに変換した。さらに、このデータを表計算ソフトに移し、個人の評価票と学科一覧表およびチャートなどの報告書を作成した。

授業評価は本科と専攻科で交互に隔年で実施されており、その評価対象となる科目数は本科においては約 200 科目に上る。1 科目につき約 40 枚のアンケート用紙とすると、全体では約 8 千枚の用紙を処理する必要がある。

従来はこのアンケート集計処理の大部分を人的作業で行っていた。具体的には、各学科から選出された計 10 名程度の委員が約 8 千枚の用紙を分担し、1 週間以上の時間をかけて集計した。この処理過程を分析すると、OMR を用いてアンケートを CSV ファイル化する作業は人手に頼らざるを得ないが、データを表計算ソフトに移す作業や評価票およびチャートなどを作成する作業は省力化可能な工程といえる。

そこで、この工程を自動化するプログラムを Excel VBA¹⁾で作成し、平成 16 年から運用している。開発当時、プログラムは専用のパソコンを用意し、表計算ソフト Excel2003 での動作を想定して作成された。この開発プログラムにより処理作業に要する人数は 1 人で十分対応可能となり、処理時間も半日程度で済み、大きな省力化が実現した。その後、高専機構の包括ライセンス契約により Office2007 以降をインストールしたパソコンが増えるにつれて、最新のもので処理したいという要望が出されるようになり、今回はそれに対応したプログラムの改訂を行った。

以下では、作成プログラムの設計と処理手順および運用における注意点などについて報告する。

2. 機器およびソフトウェアの構成

2. 1 機器構成

機器構成は OMR と PC を RS-232C ケーブルで接続した簡単なものである。OMR はセコニック製 SR-601J で平成 13 年 12 月導入の機器であるが、すでにメンテナンス期間が終了しているため、今後は USB 接続の新しい機器に更新する必要がある。

使用したパソコンは NEC Mate MY25X で、導入当時は標準的な性能の PC であった。最新の PC には RS-232C 端子が装備されていない場合が多く、その際には拡張カードを追加装着することになる。



写真 1 OMR

これらに代わるものとしてはイメージスキャナとオープンソースプログラムの組み合わせによる安価な方法²⁾もあるが、データの読み取り精度に多少の難があるために読み取り結果の訂正に余分な手間を必要とするだけでなく、これだけで閉じた使い方をするように設計されているため、今回の開発プログラムとの連携には至っていない。

2. 2 ソフトウェア構成

平成 16 年当時は Windows XP 上で動作する OMR 機器付属のマークシート読み取りソフトウェア「まるごと君クロス 21」(株教育ソフトウェアと Microsoft Office2003 で動作する Excel VBA 集計プログラムとの組み合わせであった。

「まるごと君」は、業者の作成したマークシートのレイ

アウトファイルに基づいてシートからマーク箇所を読み取り、評価点データに置き換えた CSV ファイルを作成するソフトウェアである。このファイルの各行には1枚のアンケート用紙の各問いに対する評価点がコンマで区切られて記入されており、全体で1科目分の評価データとなる。

集計プログラムは「まるごと君」の出力ファイルである CSV ファイルを科目毎に読み込み、機能ごとに分類されたメニューを選択しながら個人の評価票、学科の集計一覧表、チャートの一覧表などを作成するものである。現在は Microsoft Office の仕様変更により Excel2007 VBA として動作するプログラムに改定されている。

3. 処理手順

以下では、OMR で読み取った CSV ファイルが用意されていることを前提に、それ以降の処理手順を示す。

- (1) CSV ファイル群を特定のフォルダに保存する。
- (2) 作成したプログラムの記入された Excel マクロ有効ワークブックを起動する。
- (3) ブックの第1シート上にある集計開始ボタンを押して VBA を実行する。
- (4) フォーム上部にある年度、実施時期を選んでからタブ「1. CSV 集計」にある学科名を指定し、CSV フォルダパスを記入する。

図1 アンケート集計フォーム (CSV 集計)

この機能により1科目毎に個人票ワークシートが追加され、その中の指定されたセルに CSV ファイルの内容 (評価点) が複写される。それと同時に各問いに対する評価点の度数と平均およびレーダーチャートが作成される。

- (5) タブ「2. 集計一覧」において種別、課程、学科を選び学科内の教員評価一覧を作成する。

図2 アンケート集計フォーム (集計一覧)

ここでは(4)で作成した個人票から各評価点と教員情報が抜き出され、学科内教員の集計結果一覧用ワークシートが作成される。

- (6) タブ「3. 科別集計」において種別、課程を選び学科別の平均値一覧を作成する。

図3 アンケート集計フォーム (科別集計)

ここでは学科毎の比較を行うために、学科内教員の評価点の平均一覧、棒グラフや度数分布グラフが記入されたワークシートが作成される。

- (7) タブ「4. チャート」において種別、課程、学科を選び学科別のレーダーチャートシートを作成する。

図4 アンケート集計フォーム (チャート)

ここでは(4)で作成した個人票からレーダーチャートのみを抜き出したワークシートが作成される。これは教員や学生への公表用資料の一部となる。

- (8) タブ「5. 印刷」で個人の評価票を全員分印刷する。

上記の処理手順において注意すべき点は、(4)における学科の選び方である。「全員」を選んだ場合は CSV フォルダ内の全ファイルがブックに追加されるため、以降のタブにおいてすべての学科名を選択することが可能となる。一方、「非常勤」や学科を選んだ場合はその学科の教員用 CSV ファイルのみがブックに追加されるため、以降のタブでは他学科を選択できなくなり、作成したブックは学科専用となる。したがって、(6)で作成される科別集計を全学科分まとめた新たな集計シートを手作業で作る必要がある。

本科後期分のアンケート集計の際には後者の手順を踏むことになるが、これは1枚のワークシートに多くの情報が記述されているために1つのブックに全科目分のシートを追加することができない EXCEL の制限による。

4. シート設計

集計処理を行う前の準備として、アンケート実施科目や教員に対する各種情報の設定を行う必要があり、そのためのワークシートと、集計結果を反映した個人票・科内教員評価一覧・学科間比較の雛形ワークシートを用意した。

4. 1 教員名ワークシート

教員情報に関するワークシートであり、設定項目は以下のとおりである。(2行に折り返してある)

表 1 教員名レコード

教員コード	教員名	所属名	種別	所属名 2	職位
科目数	問 1	...	問 11	平均値 1	平均値 2

教員コード欄には学科記号 (H,N,M,E,S,D,C,P) で始まり、続く 2 文字を乱数とする計 3 文字のコードを記入する。ここで、P (part-time) は非常勤を表わす。教員コードと重複するが、種別欄には常勤・非常勤の文字をいずれか記入する。所属名 2 欄には学科名の略称を記入する。

科目数欄には、教員によって実施科目数が異なるので 1 ないし 2 の数値が入る。問 1 から問 11 までの欄には、2 科目実施の場合は平均値が入る。平均値 1 欄には問 1 と問 2 の平均、平均値 2 欄には問 3 から問 11 までの平均が入る。これらの数値は集計処理の過程でプログラムによって自動的に記入される。

4. 2 実施状況ワークシート

評価対象となる科目情報に関するワークシートであり、設定項目は以下のとおりである。(2行に折り返してある)

表 2 実施状況レコード

学科	教員コード	教員名	科目コード	科目名	
課程	必/選	学期	クラス	人数	欠席者数

学科欄と教員名欄は Excel の vLookup 関数により教員情報ワークシートからデータを取り出す仕組みになっており、教員コードのみを記入すればよい。科目コードは英字 2 文字に続く数字 4 桁の計 6 文字で構成されている。先頭の文字は専攻科 (A)、本科 (B) の区別、2 文字目は科目分類記号 (G,K,M,E,S,D,C) であり、数字 4 桁にはシラバスの科目コード下 4 桁を使用している。ここで、G は一般科目、K は学科共通科目を表わす。

科目コード例

- ・本科「地理」… BG1120
- ・本科「情報理論基礎」… BD2160
- ・専攻科「応用材料力学」… AM1201

なお、一人の教員が同じ科目コードで複数のクラスを担当している場合は科目コードの下 1 桁を変えて区別することにする。

4. 3 集計雛形ワークシート (個人票)

これは個人票の原型となるワークシートである。この中の教員情報に関する各セルには教員ワークシートから、科目情報に関する各セルには実施状況ワークシートからそれぞれの情報を抜き出すための vLookup 関数が埋め込まれている。

タブ「1. CSV 集計」の操作と同時に、作成プログラムによってこの雛形が複製され、CSV ファイルと同名の新しいワークシートが追加される。なお、CSV ファイル名は、OMR で読み取ったデータを保存する際に、教員コード (科目コード) の形で命名されているものとする。

CSV ファイル名例

- ・常勤教員「電気回路」… E99(AE3121).csv
- ・非常勤講師「ドイツ語」… P01(AG5500).csv

CSV ファイルから読み込まれた評価点データは、シートのセル範囲 A4 : O(人数分行数)に保存される。これらのデータを基に各問いに対する 5 段階評価の度数を計算する関数 (COUNTIF 関数) が各セルに埋め込まれている。

表 3 アンケート評価表

設問	5	4	3	2	1	合計人数	平均値	標準偏差
問1	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
問2	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
問 11	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
問 12	平均 1: 問 1~問 2					平均 1	0.0	
	平均 2: 問 3~問 11					平均 2	0.0	

なお、平均 1 は学生の自己評価であり、平均 2 が教員に

対する授業評価となる。この他に5段階評価の人数割合を表わす棒グラフや平均値のレーダーチャートも同時に作成される。

4. 4 一覧雛形ワークシート

学科内教員の評価一覧に関するワークシートの雛形であり、設定項目は以下のとおりである。(2行に折り返してある)

表4 学科内教員評価一覧表レコード

学科	教員名	職位	科目名	クラス	必/選
学期	受講者数	欠席者数	回答率	問1～問11	平均

この表の各行にはプログラムによって個人票から各種情報が転写されるため、回答者数と回答率に数式が入力されている以外はすべて空白である。

4. 5 科別雛形ワークシート

学科毎の比較を行うための表やグラフを作成するワークシートの雛形である。タブ「3. 科別集計」の操作により、学科毎の平均値比較表、学科毎の平均値グラフ、各問いに対する平均値グラフ、それに平均評価点を0.4刻みで分類した際の度数分布グラフがプログラムによって作成される。

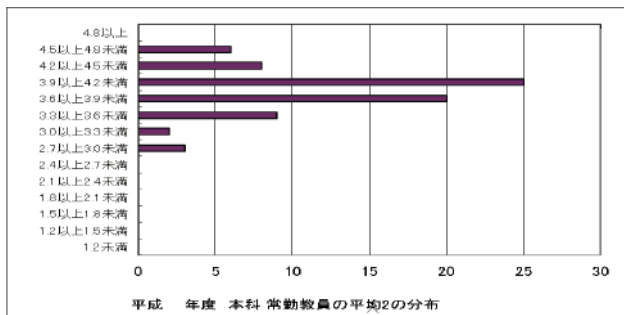


図5 平均評価点度数分布グラフ

5. 開発プログラム

集計プログラムの実装方法には、単独の Windows アプリケーションや Web アプリケーションもあるが、今回 Excel VBA で実現した理由は以下のとおりである。

- ・アンケート評価票がすでに Excel の帳票として作成されていたため、再利用が簡単となる。
- ・データの集計やグラフ化に Excel 関数が利用できる。
- ・VBA 操作の GUI を簡単に作成できる。
- ・セルを変数として利用することでプログラムの可視性がよくなる。
- ・習得が比較的容易であるため、担当者が変更になった

場合にその後の保守がしやすくなる。

集計プログラムは、3. 処理手順で示した集計フォームの各タブ内にある開始ボタンが押されたときに起動するアクションを記述したコードが集まってアンケート処理プログラムとなる。以下に、その一部を示す。

5. 1 初期設定

処理に先立って、評価点を保存するワークシート内のセルをクリアする。具体的には、教員名ワークシートの各行 G 列～T 列にある科目数、問 1～問 11、平均 1、平均 2 のセルをゼロクリアする。

`Worksheet("教員名").Range("G5:T130").Value = 0`

また、タブ 2, 4 における学科選択のフレームを使用不可な状態とする。これはタブ 1 の学科選択によって使用可に変更される。

5. 2 CSV ファイルの読み込み処理

フォルダ内に保存されたファイル群を取り出す際に、Excel2003 までは FileSerach オブジェクトを使用していたが、Office 2007 では廃止されたため、代わりに FileSystemObject³⁾を使うことにした。大まかな流れを以下に示す。

- 1.集計雛形ワークシートに mySheet という名前を付ける
- 2.検索するファイル名を*.csv とする
- 3.FileSystemObject を用いて、検索するフォルダを取得
- 4.フォルダ内のファイルを取得
- 5.ファイルが存在する間、以下を繰り返す
 - 5.1 雛形の複製をシート末尾に追加
 - 5.2 CSV ファイルをオープン
 - 5.3 アンケート評価点の記入されたセル範囲を選択
 - 5.4 そのセル範囲を複製
 - 5.5 追加したシートに貼り付け
 - 5.6 個人票作成処理
 - 5.7 次のファイルを取得

リスト1 ファイル読み込み手続き

これをコード化すると、次のようになる。

- 1.Set mySheet = Worksheets("集計雛形")
- 2.sfile = "*.csv"
- 3.Set fld = fso.GetFolder(CsvDir)
- 4.fname = Dir(fso.BuildPath(fld.Path, sfile), vbNormal)
- 5.While Len(fname) <> 0
 - 5.1 mySheet.Copy after:=Worksheets(Sheets.Count)

```

5.2 Workbooks.Open Filename:=fname
5.3 ActiveSheet.UsedRange.Select
5.4 Selection.Copy
5.5Worksheets(Sheets.Count).Paste Destination:=Range("A4")
5.6 個人票作成処理
5.7 fname = Dir()
DoEvents
Wend
    
```

リスト2 ファイル読み込みプログラム

5.3 個人票作成処理

CSV ファイル内には教員情報や科目情報が一切記録されておらず、ファイル名だけが2つの情報を知る手掛かりとなる。そのため、ファイル名から教員コードと科目コードを切り出し、それを基に教員名ワークシートと実施状況ワークシートを検索して情報を得る必要がある。

```

1.CSV ファイル名の1～3文字目を教員コード tName、
2.5～10文字目を科目コード sName とする
3.2つのコードを追加シートのセル S3 と Z3 に保存
4.実施状況ワークシートの検索範囲を指定
4.1 tName をキーに検索し、見つかった範囲を c とする
4.2 c が空でなければ、最初の行を firstRow とする
4.3 実施状況ワークシートと追加シートの tName が一致すれば、科目情報の複写を行う
4.4 一致しなければ、次の行をセット
5.c が空になるまで、上記を繰り返す
    
```

リスト3 個人票処理手続き

これをコード化すると、次のようになる。

```

1.tName = Mid(sFName, 1, 3)
2.sName = Mid(sFName, 5, 6)
3.Worksheets(Sheets.Count).Range("S3").value = tName
  Worksheets(Sheets.Count).Range("Z3").value = sName
4.With Worksheets("実施状況").Range(検索範囲)
4.1 Set c=.Find(What:=Worksheets(Sheets.Count). _
  Range("S3").Value)
4.2 If Not c Is Nothing Then
  Do firstRow = c.Row
4.3 If Worksheets("実施状況").Range("D"& firstRow). _
  Value = Worksheets("Sheets.Count").Range("Z3"). _
  Value Then
  科目情報の複写
4.4 Else Set c = .FindNext(c) End If
5. Loop While Not c Is Nothing And c.Row <> firstRow
  End If
    
```

```

End With
    
```

リスト4 個人票処理プログラム

5.4 科別集計処理

個人の評価票から学科内教員の各設問に対する評価点を科別集計ワークシートに累積加算する。その後、この値を科目数で割り、平均値を計算する。以下に、科別集計表のみを作る部分の流れを示す。

```

1.雛形の複製をシート末尾に追加する (mySheet)
2.個人票 WS の開始番号から末尾番号まで、以下を繰り返す
2.1 教員名 WS を検索し、個人票の教員コードと一致する行を見つける
2.2 科別集計表の学科名を検索し、個人票の学科名と一致する行を見つける
2.3 教員の評価科目数が1ならば、学科の教員数を1増やす
2.4 学科の科目数を1増やす
2.5 個人票の評価点を科別集計表へ累積加算
3.設問毎の平均値と平均1、平均2を計算
    
```

リスト5 科別集計処理手続き

これをコード化すると、次のようになる。

```

1.Worksheets("科別雛形").Copy
- after:=Worksheets(Sheets.Count)
2.For i = 開始番号 To 末尾番号
  With Worksheets("教員名")
2.1 row1 = Application.WorksheetFunction.Match(
  Range("S3"), .Range("教員情報エリア"), 0)
2.2 row2 = Application.WorksheetFunction.Match(
  Range("学科名"), mySheet.Range("A7:A13"), 0)
2.3 If .Range("G" & row1) = 1 Then
  mySheet.Range("B" & row2).Value = _
  mySheet.Range("B" & row2).Value + 1
  End If
2.4 mySheet.Range("C" & row2).Value = _
  mySheet.Range("C" & row2).Value + 1
2.5 Range("個人票の平均値エリア").Copy
  mySheet.Range("D" & row2).PasteSpecial _
  Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlAdd
  End with
Next i
mySheet.Activate
3.For i = 7 To 13
  For j = 4 To 14
  Cells(i, j).Value = Cells(i, j).Value / Cells(i, 3).Value
  
```

```
Next j
Cells(i, 15).Value = Application.WorksheetFunction. _
    Average(Range("D" & i & "E:" & i))
Cells(i, 16).Value = Application.WorksheetFunction. _
    Average (Range("F" & i & "N:" & i))
Next i
```

リスト6 科別集計処理プログラム

6. 謝辞

シート設計における雛形シートの原型は、本校で授業評価アンケートが実施された当初から関わっている電子情報工学科市毛勝正教授作成によるものであり、ここに厚く感謝の意を表す。また、日頃からソフトウェア開発について有益なアドバイスを頂いている電子情報工学科滝沢陽三准教授にも謝意を表す。

参考文献

- 1) 足利谷 毅、「ExcelVBA 実戦プログラミング」技術評論社、2003
- 2) 長本 良夫、「各種校内行事でのアンケート調査におけるSQSの利用について」平成19年度高専教育講演論文集、pp. 3-6
- 3) Microsoft サポート
<http://support.microsoft.com/kb/185601>

茨城高専における数学の成績と学習到達度試験の成績との関連性について

河原 永明、山本 茂樹、長本 良夫、五十嵐 浩、中川 英則

Relevance of the results of a study achievement test carried out by Institute of National College of Technology Japan and the mathematical grades in Ibaraki National College of Technology

Nagaaki KAWAHARA, Shigeki YAMAMOTO, Yoshio OSAMOTO, Hiroshi IGARASHI, and Hidenori NAKAGAWA

Abstract: From 2008, a mathematical achievement test was given to the first and second year students of Ibaraki National College of Technology. About the third year, it has participated in the study achievement test carried out by Institute of National College of Technology Japan beginning from 2007. This paper makes a comparative analysis with the results of these investigations and the study achievement test, and the results of periodic exams.

1. まえがき

茨城高専では、平成 20 年度から 1 年生に数学の基礎学力調査を実施している。この調査の実施時期は入学直後の 4 月で調査内容は、中学校での学習範囲の基礎的知識である。また平成 21 年度より 2 年生に対して 1 年生の学習内容に関する調査を行っている。3 年生については平成 19 年度より国立高等専門学校学習到達度試験に参加しており全 10 領域で毎年受験している。本論文はこれらの調査と学習到達度試験の成績および定期試験の成績との比較分析を行い、茨城高専学生の数学の学力状況を把握し、今後の改善の方法を模索するものである。

2. 1 年生学力調査の分析

1 年生の学力調査の年度別学科別平均点は下記表 1 の通りである。(ここで M は機械システム工学科、S は電子制御工学科、E は電気電子システム工学科、D は電子情報工学科、C は物質工学科の略称である。)

表 1 年度別・学科別平均点 (100 点満点)

	M	S	E	D	C	全体
H20	82.4	83.5	80.2	86.4	88.3	84.1
H21	76.1	79.7	79	79.5	77	78.3
H22	77.3	76.7	77.7	74.3	78.9	77.1

茨城高専の 1 年生は中学校の学習内容の基礎的部分に関する理解については良好であると言える。本校では入学前の春休みに中学校の学習内容を復習するための課題を課しており入学後に提出させている。このことが好成績の大きな要

因になっていると思われる。

3. 2 年生学力調査の分析

2 年生の学力調査の年度別学科別平均点は下記の表 2 の通りである。

表 2 年度別・学科別平均点 (100 点満点)

	M	S	E	D	C	全体
H21	29.8	33.1	30.2	35.6	34.9	32.7
H22	25.6	35.7	29.3	34.4	29.2	31

試験の問題は基礎的問題であり、試験時間は 50 分である。このため 1 年生の学習内容全体に比べて出題範囲は極めて限られたものになっているが、この点を考慮しても 2 年生の 1 年次の学習内容の定着度合は著しく低いものと言わざるを得ない。年 4 回の定期試験ではある程度の成績を収めることはできても 1 年間の学習全体の理解・定着という点から見ると十分とは言えない状況である。この状況の分析については参考文献 1) を参照されたい。

4. 学習到達度試験の分析

学習到達度の年度別平均点は以下の表 3 の通りである。(500 点満点、全 10 領域選択校の平均点)

表 3 年度別平均点

	19 年度	20 年度	21 年度	22 年度
茨城高専	244.5	210.3	177.4	213.9
全国平均	235.7	215.9	173.3	213.8
10 領域 選択校数	8	6	5	3

全10領域で受験している高専は全体の割合からすると少なく、しかも年度ごとに減少の傾向にある。到達度試験の各問題は問題ごとに見れば基礎的な内容であるが問題数が非常に多いので、標準的な学生にとっては非常に厳しい試験内容となっている。90分の試験時間では全部の問題に目を通せる学生の割合は極めて少数であると考えられる。

茨城高専の平均点と全国の平均点を比較するとほぼ一致している。本校では平成22年度までは到達度試験の成績を年間成績に加味することは行っていなかったため、学生の試験に対するモチベーションが低く、試験を単に受けているだけという学生が大半であったと推測できる。学習到達度試験を目標として日常の学習に取り組んでいる学生は極めて少数であるというのが現状である。しかし全体の5%程度の学生は500点満点中400点前後の点数を取っており非常に優秀な成績を収めている。平成23年度より到達度試験の成績を3年生の学年成績に加味することとした。

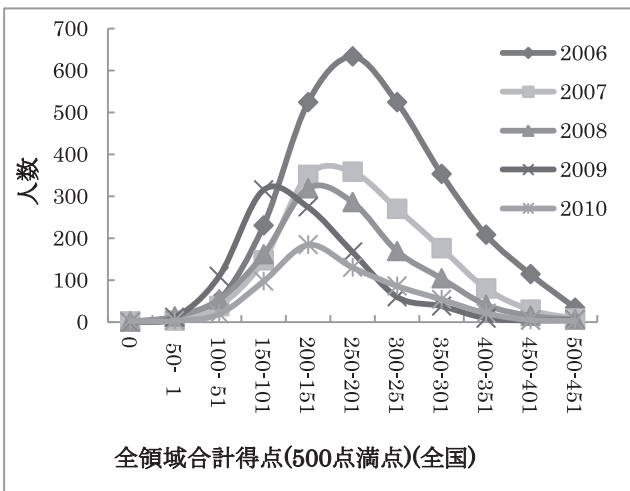


図1 学習到達度試験の全国得点分布

10領域参加校全体の得点分布は図1の様になっている。年度ごとに参加校数が減少しているため山は低くなっている。各年度ごとの分布は異なるが平均点を境にして右側の領域の面積がやや大きくなっている傾向がみられる。ここ3年間は平均点より高い点の人数の減少は比較的緩くなっている。その一方平均点より低い得点の人数分布は比較的急激な減少を示している。

茨城高専の年度別得点分布を図2に示す。各年度ごとの分布の形状は平均点を中心に単峰の分布形状を示している。得点は平均点の前後に集中しており高得点の領域の人数は急激に減少している。分布はピークの右側の方が左側より緩やかに減少しており、そこに含まれる人数も多くなっている。また、300点から350点の範囲ではグラフの傾きが緩くなっている。これらの点から見ると学習状況が良好な学生数は少

くない。

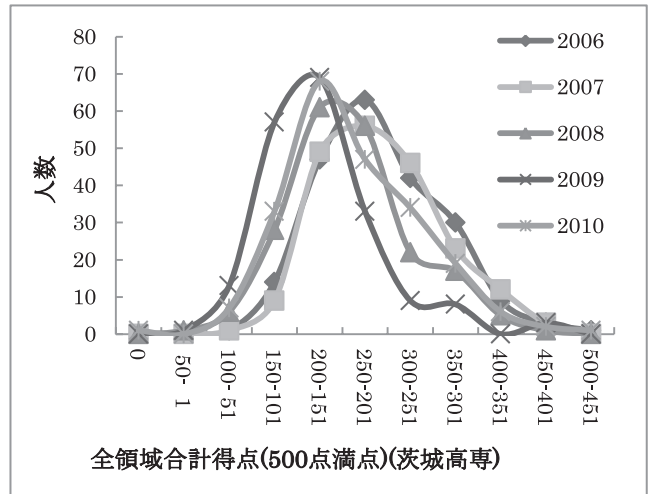


図2 学習到達度試験の茨城高専の得点分布

5. 1年生学力調査と学習到達度試験の関連

平成22年度3年生の学習到達度試験と彼らが1年生の時の学力調査の相関を図3に示す。両者の相関係数は0.25である。入学直後の学力調査の問題が基礎的な問題に限られており、大多数の学生が高得点を収めているので、学生の学力の差がこの調査では十分に反映されていないことが、相関係数が低いことの原因の一つであると考えられる。

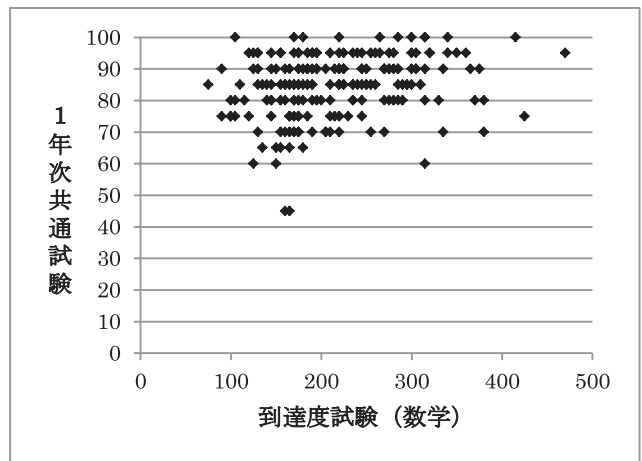


図3 1年生学力調査と学習到達度試験の散布図

図4に1年次の年間成績と学習到達度試験との散布図を示す両者の相関係数は0.63であり、1年次の成績と学習到達度試験の成績には強い相関があることが分かる。入学当初は学生の学力に大きな差はないと考えられるが、入学後の学習状況が、3年後の学習成果に大きく影響していることがこの数値より窺える。

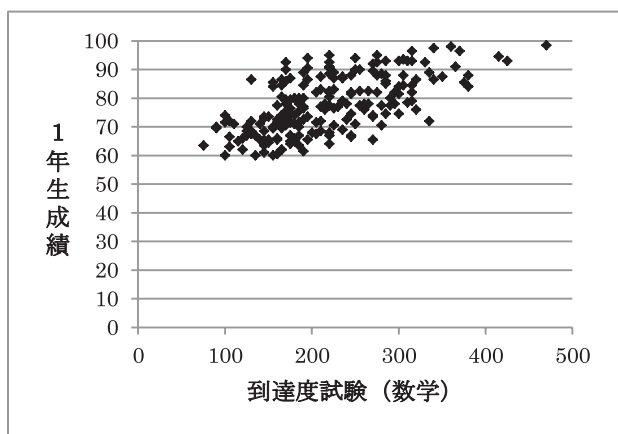


図4 1年生の年間成績と学習到達度試験の散布図

6. 2年生学力調査と学習到達度試験の関連

平成22年度3年生の学習到達度試験と彼らが2年生の時の学力調査の相関を図5に示す。両者の相関係数は0.55である。2年次の学力調査の点数分布は30点前後に集中しており成績はかなり低いが、到達度試験の成績との相関は低くはないと言える。従って2年生の学力調査は学生の学力の把握についてある程度有効な指標として機能していると考えられる。

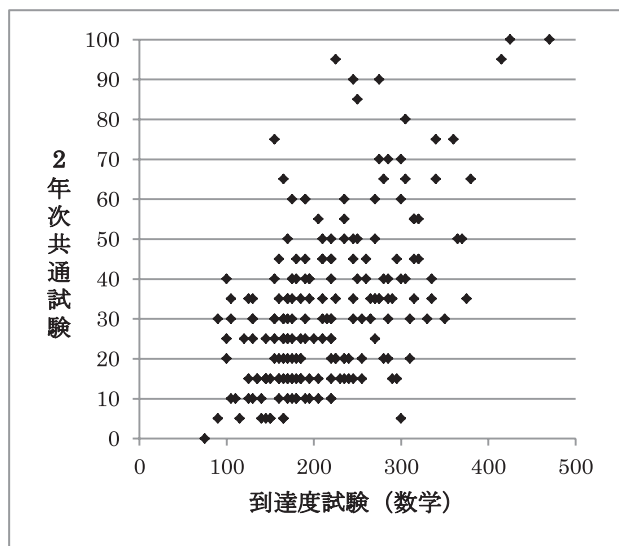


図5 2年生学力調査と学習到達度試験の散布図

図6に2年次の年間平均と学習到達度試験との散布図を示す。両者の相関係数は0.64であり、学習到達度試験との相関はかなり強く、この結果は1年次の平均と学習到達度試験の相関係数0.63とほぼ一致している。このことから2年生での学習も高専の3年間の学習全体と強い関係があることが分かる。1年生の学習内容が2年生に十分引き継がれていないという状況があるにもかかわらず、到達度試験の成績と強

い相関関係があるということはすぐには了解し難い点であるが、この原因がどこにあるかを検討するのが今後の課題である。

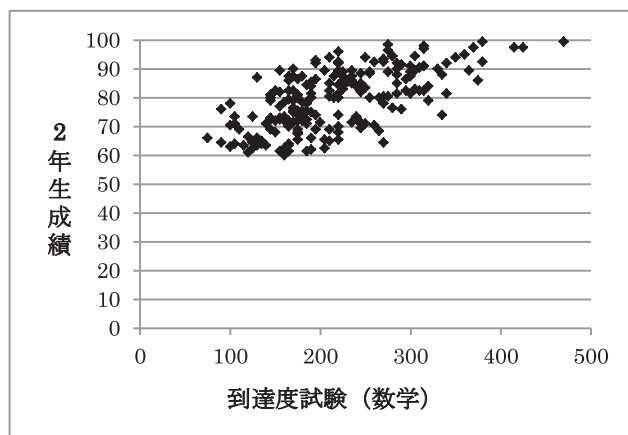


図6 2年生の年間成績と学習到達度試験の散布図

7. 3年生の年間成績と学習到達度試験との関連

3年生の年間成績と学習到達度試験の成績の相関は図7の通りであり、相関係数は0.68であった。3年生の学習内容と到達度試験の出題範囲（到達度試験の出題範囲は1年生から3年生の全範囲）には大きな差があるにもかかわらず強い相関のあることが分かる。

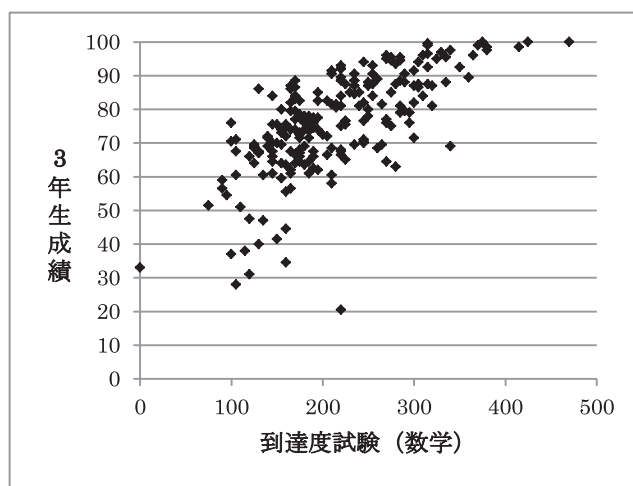


図7 3年生の年間成績と学習到達度試験の散布図

8. 3年間の通算成績と学習到達度試験との関連

3年間の通算成績と学習到達度試験の成績との相関を図8に示す。両者の相関係数は0.70であった。到達度試験の成績自体は芳しいものとは言えないが、本校での3年生までの学習達成度との相関は強いことが分かる。

2年次当初の学力調査から1年生の学習内容が十分定着していないということが明らかとなったが、このことは2年生から3年生に進級する場合でも同様であろうと推測される一

方で、到達度試験の成績との相関係数が2年次の0.64から0.70に上昇していることは注目に値する点である。3年生についても1、2年生と同様な学力調査を実施してこの点について分析することが必要であろう。

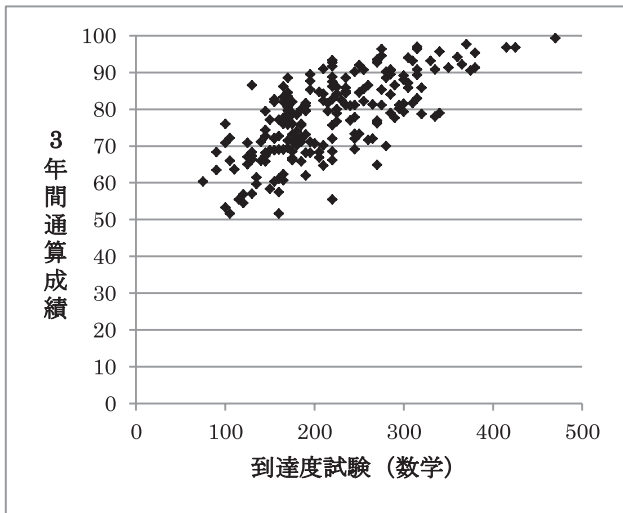


図8 3年間の通算成績と学習到達度試験の散布図

1年生、2年生および3年生の成績と到達度試験の成績との関連は上述の通りであるが、2年次、3年次の年間成績と1年生の年間成績との関連は次の図9、図10の通りである。

1年次と2年次の成績の相関係数は0.86であり、非常に強い相関がある。また、2年次と3年次の年間成績の相関係数は0.79である。以上の数値から茨城高専における数学の学習に関しては1年生の学習状況がそれ以後の学業成績に大きく影響することが分かる。

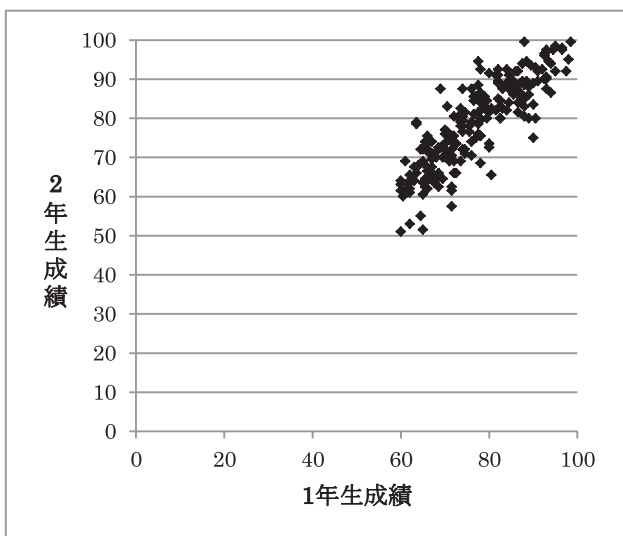


図9 1年生の年間成績と2年生の年間成績の散布図

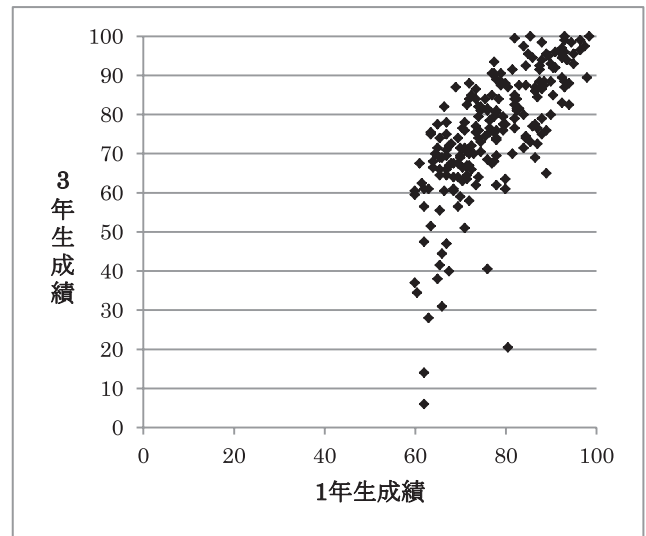


図10 1年生の年間成績と3年生の年間成績の散布図

9. まとめ

以上のことから、1年生の年間成績とその後の学年の成績との間には強い相関関係があるということが分かる。従って高専の数学の学習に関しては1年生の時期が非常に重要であり、1年生の時点でしっかりした学習習慣を身につけることが必要であると言える。

茨城高専では各学年の学習内容の次年度への移行が極めて不十分であるのが現状である。春休みに課題を課し学習内容の定着を図っているが今のところ改善はみられていない。このことが到達度試験の得点が伸びない大きな要因であると考えられる。

1年生から3年生までの年間成績と比較することにより、学習到達度試験は、高専における数学学習の成果の指標としては非常に有効なものであると言える。

参考文献

- 1) 河原永明, 山本茂樹, 長本良夫, 五十嵐浩, 中川英則: 「茨城高専1,2年生を対象とした数学共通テストの実施と分析」茨城工業高等専門学校研究彙報第46号, pp. 31-35(2011)
- 2) 河原永明, 山本茂樹, 長本良夫, 五十嵐浩, 中川英則: 「茨城高専における数学共通試験の成績と学習到達度試験の成績との比較と分析」平成23年度全国高専フォーラム教育研究活動発表概要集, pp. 369~370 (2011)

文部科学省事業「原子力人材育成プログラム・原子力研究促進プログラム」のその後

富永学¹ 松澤孝男²

“Nuclear Research Promotion Program of Nuclear Energy Human Resource Program” supported by
the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, after that

Manabu TOMINAGA and Takao MATSUZAWA

Abstract: Hitachinaka city, where Ibaraki national college of technology is, is closer to nuclear plants and research institutes. Therefore, our college students must be interested in environment and energy problems. The results of our “nuclear research promotion program of nuclear energy human resource program” supported by the ministry of education, culture, sports, science and technology verified in this paper.

1. はじめに

平成 19 年度から平成 21 年度に実施した文部科学省事業「原子力人材育成プログラム・原子力研究促進プログラム」の取り組みについては、論文集「高専教育」の第 34 号¹⁾で報告した。この論文の別刷りを 2011 年 4 月 1 日に受け取った。この時、再び東京電力福島第一原子力発電所（以下、福島第一原発と略記）の事故のことが頭をよぎり、本プログラムの実施内容が適切であったのかどうかや、本プログラムに参加し、福島第一原発や日本原子力発電所に就職した卒業生や修了生が無事かどうか非常に気になった。また、毎日、新聞やテレビで報道されている福島第一原発の状況は注意深く見聞きし、本校に講演に来られた先生方がテレビや新聞記事等で報道された時には、特に注視していた。このような状況は、震災の 3 月 11 日（以下、3.11 と略記）以降、継続している。

3.11 以降の釈然としない気持ちを整理する意味でも、実施した文部科学省事業について、成果というより、検証という視点で見直す必要があると感じるようになった。また、2011 年 10 月 17 日以降の朝日新聞朝刊に連載されている福島第一原発事故関連のコラムも非常に興味深く、このことも本論文を執筆する動機付けになっている。

以上、個人的なことも含めて、執筆の背景をやや詳しく述べた。本論文では、本事業の文部科学省（以下、文科省）側の目的（募集要項）やそれに対する本校の目標設定（申請書）、そして同省の成果評価などを見直し、今後の原子力人材育成について考えてみたい。

2. プログラムの検証

原子力促進プログラムは、年度によって多少の違いはあるものの、事業内容に直接関わる基本的な業務の流れは、公募申請（事業提案書）、審査委員のコメント等が付いた申

請の結果通知、補助金交付申請、実施状況調査（進捗調査）、実績（成果）報告、成果評価（審査委員のコメント付き）、成果評価のコメントへの対応、となっている。本節では、これらの 7 つのステップを公募申請から補助金交付までと、実施状況（進捗調査）から成果評価とその対応の 2 つに分けて、文科省に提出した文書や通知された文書に基づいて、本プログラムで目標とした内容とそれに対する文科省のコメントなどを列記し、その内容を検証する。

2.1 公募申請から助成金交付申請まで

原子力人材育成事業は、大学および高等専門学校における原子力の人材育成の充実を図るため、平成 19 年度より文科省と経済産業省が連携して策定した提案公募方式のもので、文科省分が 4 プログラム、経産省分が 3 プログラムを用意している。茨城高専は文科省の原子力関係専攻・学科等における学生の創造性を活かした研究・研修活動の取組みを講座などの小単位で支援する「原子力研究促進プログラム」に応募し、3 年連続で採択された。

表 1 は公募要綱に記載されている原子力人材育成事業プログラム公募の背景と目的である。平成 19 年度と 20 年度はプログラム別に事業内容に対する制約が記載されていたが、平成 21 年度にはその記載がなかった。

表 2 は 3 年間の本校採択プログラムの申請事業、事業タイトル等を示したものである。事業タイトルはどの様な点に重点を置いた内容であるかが記載されているため、全て異なっているが、クラブ活動を主とした低学年での取組とインターンシップや卒業研究・特別研究を通じた高学年での取組に大別できる。

表 3 は補助金交付申請の事業概要とこの申請に対する審査委員の評価とコメントの概要である。上述したように、本校の低学年と高学年の 2 つに分けた取組体制は、文科省

側が目指している父兄や一般市民向けの活動などの学校全体としての取組、あるいは事業内容のカリキュラムへ導入とその単位化などの点において、乖離しているところが少なくない。これは、本プログラムをスタートする以前から原子力に関連する学内の共通認識や議論と我々の準備が十

分なされていなかったことに起因するものであると考える。また、カリキュラムのような規則に関わる部分は、学内の合意や諸手続きが必要となるため、事業期間中の対応は困難である。

表1 文部科学省事業プログラム公募の背景と目的

平成19年度 ・ 平成20年度	<p>近年、原子力分野においては、原子力産業の低迷や職業・研究対象としての魅力が乏しいとのイメージから、進学・就職を希望する学生は減少傾向にある。また、近年の学部及び大学院の改組・大括り化の動きの中で、原子力の体系的な専門教育のレベルは一般に低下し、教授人材の関連他分野への流出も進展した。このため、原子炉物理学、放射線安全学、核燃料サイクル工学等原子力特有の基礎分野に関する十分な専門知識を持ち、実習等を通じて実践的な技術・技能を習得した人材の育成が困難となっている。</p> <p>こうした現状を踏まえ、文部科学省において、大学及び高等専門学校における、原子力の研究教育基盤の整備を図ることを目的としている。</p> <p>【原子力研究促進プログラム】</p> <p>○平成19年度：学生の創造性を生かした研究・研修活動の取組を、講座単位などの小単位で支援する事業。</p> <p>○平成20年度：学生の創造性を生かした研究・研修活動や教員養成の取組を支援する事業</p>
平成21年度	<p>将来の原子力エネルギーの研究・開発・利用を支える人材を育成するため、原子力の研究教育基盤の充実・強化を図ることを目的とする。</p>

表2 補助金交付申請の事業タイトル

事業年度・担当者	申請事業・受付番号	事業タイトル
平成19年度・ ○富永、松澤	原子力研究促進プログラム・文1-23	自然放射線の簡易測定、原子力関係施設の見学、原子力プラント構造材料の強度評価に関する卒業研究・特別研究の実施（申請書にタイトルはなかった。後に、文部科学省側で概要を要約したもの。）
平成20年度・ ○松澤、富永	原子力研究促進プログラム・08 文1-11	原子力発電所に隣接する当高专における低学年の学生に対する原子力・放射線への興味の喚起・涵養と高学年（本科5年卒業研究生および専攻科特別研究生）に対する原子力分野の専門教育の実施
平成21年度・ ○富永、松澤、池田	原子力研究促進プログラム・09 文1-11	低学年の学生に対する放射線・エネルギー・原子力への興味の喚起、および高学年の学生のインターンシップや研究活動を通じた原子力分野の専門教育

（注）事業年度・担当者の欄の○は、代表者を示す。

表3 補助金交付申請書の事業概要と審査委員の評価とコメントの概要

事業年度	概 要
平成19	<p>【事業概要】</p> <p>本プログラムは、2つの柱からなる。1つ目は、課外活動を通じた原子力及びエネルギーに関する教育と、身のまわりの自然放射線の簡易観測に関する草の根的な研究教育である。2つ目は、学生の卒業研究や特別研究を通じた原子力プラント構造材料の強度評価に関する研究教育である。</p> <p>1つ目の取り組みは、原子力の町東海村に隣接する高等教育機関であるという認識から10年以上にわたり地道に取り組んできたテーマで、教員はもとより、近年では学生の各種シンポジウムや学会での発表など、その成果が出始めている。今回計画している内容は、現状の活動を発展させるもので、各種環境における放射線観測と見学会や講演会等により原子力とエネルギーに関する実践的な研究教育を目指すものである。</p> <p>2つ目の取り組みは、原子力プラント構造材料の強度評価に関するテーマで、材料の劣化診断等に応用可能な光学的手法による新規計測手法の開発を目指していて、磁気探傷法やX線、あるいは中性子線による従来評価法との比較検討もあわせて行う。</p> <p>以上の取り組みにより、直接原子力関係の学科を有していない本校においても、学生の原子力に関する基礎的分野への実験・実習を通じた主体的で課題発見型の研究教育を実現する。このことにより、原子力産業に就職する学生及び原子力分野の研究者を目指す学生の育成を図ることができる。</p>

表3 補助金交付申請書の事業概要と審査委員の評価とコメントの概要（続き、その1）

事業年度	概 要
平成 19	<p>【審査委員からのコメントの概要】</p> <p>○意欲的な内容の計画である。父兄や市民に向け、学生の成果発表会を行うのも地域との交流として大切である。</p> <p>○ただし、自然放射線の測定、臨界計算、ステンレス鋼の変態誘起塑性の調査という課題に脈略がなく、全体として原子力エネルギーの基礎を併せて教える必要があると思う。○臨界計算と原子炉高経年化に関する試算については、学生の基礎的な知識を習得させたいという点で、課題発見・解決及び原子力産業への興味、関心促進となるような工夫が必要と考える。○事業計画にある磁気探傷センサーの新規開発はオーステナイト系ステンレス鋼変態誘起塑性を取扱う事業計画であるが、これが、本プログラムの基本的な考え方である原子力産業への学生お興味、関心を促すものとなるよう工夫が必要である。</p>
平成 20	<p>【事業概要】</p> <p>本プログラムは、2つの柱からなる。1つ目は、課外活動を通じた低学年の学生への原子力及びエネルギーに関する興味の喚起・涵養教育と、身のまわりの自然放射線の簡易観測に関する草の根的な研究教育である。2つ目は、学生のインターンシップや研究活動を通じた原子力分野の専門教育の実施である。</p> <p>1つ目の取り組みは、原子力の町東海村に隣接する高等教育機関であるという認識から20年以上にわたり地道に取り組んできたテーマで、教員はもとより、近年では学生の各種シンポジウムや学会での発表など、その成果が出始めている。今回計画している内容は、現状の活動を発展させるもので、各種環境における自然放射線観測と見学会や講演会等により原子力とエネルギーに関する実践的な研究教育を目指すものである。</p> <p>2つ目の取り組みは、(i)本科4年生の企業実習および専攻科1年生の実務研修として原子力関連企業や原子力の設備を有する大学での研修ならびに実験、(ii)卒業研究と特別研究での原子力プラント構造材料の強度評価に関する研究である。</p> <p>これらを通して、原子力分野の実務ならびに研究を経験させることによって、専門教育の導入から専門までの教育を図る。さらに、卒業研究と特別研究では原子力プラント構造材料であるオーステナイト系ステンレス鋼の機械的性質を光学的手法や磁気的手法による計測と評価の研究を行い、精度と確度の高い評価技術の確立を目指す。また、得られた成果を学内と学会での発表を通してさらなる教育の深化を図る。</p> <p>以上の取り組みにより、直接原子力関係の学科を有していない本校においても、学生の原子力に関する基礎的分野への実験・実習を通じた主体的で課題発見型の研究教育を実現する。このことにより、原子力産業に就職する学生及び原子力分野の研究者を目指す学生の育成を図ることができる。</p> <p>【審査委員からのコメントの概要】</p> <p>○クラブ活動の活用は異質なもので面白いが、体系的な人材育成教育という観点で見ると、不十分なものとならないよう、日常の教育と実験・研究とのつながり及び産業界での技術活用などが理解できるような工夫が欲しい。</p> <p>○対象の学生はラジオ部が主体であり、より広く一般学生を対象としたカリキュラム導入の検討が必要と考える。</p>
平成 21	<p>【事業概要】</p> <p>本事業は以下の2つの柱からなる。</p> <p>(I)低学年の学生に対して、講演会、見学会、実習、簡易実験の実施、作文・論文応募への指導を通して行う放射線・エネルギー・原子力への興味の喚起。</p> <p>(II)高学年の学生に対しては、インターンシップや卒業研究・特別研究を通じた原子力分野の専門教育の実施。</p> <p>具体的な取り組みとしては、下記のとおりである。</p> <p>(i)講演会、見学会、実習、簡易実験の実施、作文・論文応募への指導を通して行う。</p> <p>低学年の学生に対する放射線・エネルギー・原子力への興味の喚起と基礎教育</p> <p>(ii)実際に稼働中の東京電力福島原子力発電所の同一県内にある福島高専との合同見学会と、予め学生が調査・研究した福島原子力発電所に対する様々な小研究に対し、当該原子力発電所の担当者に原子力発電に関する疑問に直接答えていただく勉強会</p> <p>(iii)福島工業高等専門学校を訪問し、福島工業高等専門学校の学生や教員と、茨城高専の学生が行っている放射線・エネルギー・原子力への調査・研究の発表交流会</p> <p>(iv)高専シンポジウムでの本事業参加学生の発表</p>

表3 補助金交付申請書の事業概要と審査委員の評価とコメントの概要（続き、その2）

事業年度	概 要
平成 21	<p>(v) 本科高学年の学生の企業実習及び専攻科学生の実務研修として原子力関連企業や原子力の設備を有する大学での研修ならびに実験</p> <p>(vi) 卒業研究と特別研究での原子力プラント構造材料の強度評価，原子力に関連する熱流体現象の計測，および原子炉シミュレーションに関する研究教育</p> <p>(vii) 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻および原子力専攻の取り組みを通してみた原子力の現状と将来に関する連続講演会</p> <p>(viii) 原子力関連分野の最前線で活躍する本校卒業生による講演会</p> <p>また，得られた成果を学内と関連学会で発表することにより，さらなる研究教育の深化を図る。</p> <p>(ix) X線・放射線関係の国家資格の受験指導</p> <p>以上の取り組みにより，原子力関係の学科を有していない本校においても，原子力に関する基礎的分野への実験・実習を通して主体的で課題発見型の研究教育を実現する．このことにより，原子力産業に就職する学生及び原子力関連分野の研究者を目指す学生の育成を図ることができる。</p> <p>【審査委員評価】</p> <p>○低学年，高学年での取組，他高専との交流，産業界，研究機関，大学の設備を活用した実習・実験は研究促進プログラムに則したものであり，また，計画が具体的であることから，成果が期待できる．特に，高学年に対する事業が実現できることを期待したい。</p> <p>【審査委員からの要望・アドバイス】</p> <p>○広範な活動は評価できるが，計画が総花的で目標設定と方法としての活動計画が明確に区分されて示されていない．○本プログラムは，主に放課後，夏季・冬季休暇期間に行おうとしているが，卒業研究は当然所定の単位修得に関するものであろうし，所定の授業として義務付けても良いのではないか．また，外部講師による講演が多過ぎる感があるので検討願いたい．○原子力に関する教育に熱心に取り組み，成果も挙げており，評価できるが今後は，近隣に専門家が多いという立地を活かして，原子力分野の卒業研究，特別研究の幅を広げるプログラムにして行って欲しい．また，今までの活動により，学生にどのように原子力産業に興味を抱かせることができたかを示して欲しい．○低学年向けの講演会の目的が学生の興味関心を促進する事であれば，事業提案書の記載内容からは少し専門的なテーマになっており，低学年向けの講演テーマと見学会・実習を検討願いたい．○福島高専との交流会予算見積りもりの妥当性は評価できないので再考願いたい。</p>

2.2 実績（成果）報告と成果評価（審査委員のコメント付き）

補助金交付申請と実績（成果）報告の間には実施状況調査（進捗調査）の提出を求められる。しかし、この文書は途中経過報告であるため、実績（成果）報告書と重なる部分が多いので、ここでは割愛する。

表4は年度毎に、講義・講演会、見学会・交流会、実験・実習・研究、発表等、インターンシップで実施項目を分類したものである。実験・実習・研究を除くそれぞれの総数は、講義・講演会が29回、見学会・交流会が14件、発表等が57回、インターンシップが31名である。

インターンシップや卒業研究・特別研究を通じた高学年での取組以外は全て放課後、休業期間などの課外活動として取り組んだものである。特に、ラジオクラブのからの参加学生は、殆ど全ての項目について関わり、科学的・技術的興味に基づき実験・実習・研究を重ねると共に、外部での発表会等にも積極的に取り組んだ。

以上の取組内容は、論文集「高専教育」の第31号²⁾で発表した“文部科学省支援事業「高校生のための地域の原

力・エネルギー学習プログラム」の受入による文化系クラブの活性化の試行”を敷衍したものである。この背景には、JCO 臨界事故当時は放射線や原子力に興味を持った学生や地域住民も、福島第一原発事故が起こる前までは、臨界事故への関心が薄れてきたことがある。我々はこのような状況を憂い、これまでにクラブ活動をベースにした文科省教育支援事業や、卒業研究・特別研究とインターンシップを加えた文科省事業による取り組みを実施しているつもりだった。ところが、3.11の福島第一原発事故以降、我々の原子力に関する認識不足を思い知らされた。すなわち、我々には、エネルギーや環境を考える上での根幹となる科学技術基本法等の知識や経験が不足していて、それを補うための勉強会や十分な議論する機会を設けていなかったのである。学生と教員にとって、このために必要な時間を放課後や休日・休業中だけで確保するのは困難である。そのためにも、後述（表6）する原子力と関連する科目との連携や強化を目指した学内議論が必要であるとする。

表 4 取組内容

事業年度	大項目	項 目
平成 19	講義 講演会	①放射線育種場（ガンマフィールド）・中川仁所長：放射線育種場について．②JAEA 高崎研究所・杉本雅樹氏：SiC の開発， γ 線・電子線および粒子線照射による化学反応・新物質の合成．③埼玉大学名誉教授・山田興治先生：微小磁界から 40T に至る精密磁気工学．④茨城大学・友田陽先生：中性子散乱と回折の材料工学への応用．⑤日本原子力研究開発機構(JAEA)原子力研修センター・小室雄一氏（本校卒業生）：原子力関連連続講義（○原子炉概論，○中性子実験，○臨界事故と臨界安全）．⑥札幌医科大学・高田純先生：核爆発災害（文部科学省教育支援事業）．⑦東京大学農学部放射線生物研究室・田野井慶太郎先生：植物の中性子写真（文部科学省教育支援事業）．
	見学会 交流会	①放射線育種場（ガンマフィールド）の見学．②JAEA 高崎研究所の γ 線照射施設，電子線加速器，粒子加速器の見学．③JAEA の一般公開を利用した東海地区の旧原研および動燃の見学．④JAEA 大洗地区の研究原子炉（HTTR:高温ガス実験炉，JMTR:材料試験炉）の見学．
	実験 実習 研究	①簡易放射線測定器「はかるくん」による身の回りの放射線，2 台の GM 管による 2 次宇宙線，および ^3He 比例計数管による身の回りの自然中性子線の測定．②富士山頂測候所内での 2 次宇宙線の測定．③JRR-1 原子炉シミュレータの操作実習．④オーステナイト系ステンレス鋼の変態誘起塑性に関する磁気および X 線を用いた評価に関する卒業研究（3 件）：○マルテンサイト変態評価のための磁気センサに関する基礎的研究，○フェライトスコープによるマルテンサイト変態誘起塑性の評価，○X 線回折によるマルテンサイトの定量分析．
	発表会 等	①ステンレス鋼の強度評価に関する学術論文，学会等での発表（3 件）：○低ひずみ速度域における SUS304 ステンレス鋼の特異な変形挙動の全視野観察，○Dynamic ESPI to Investigate Martensitic Transformation Induced Plasticity on Austenitic Stainless Steel，○汎用金属における不均一変形挙動の ESPI 観察．②ステンレス鋼の強度評価に関する卒業研究発表（3 件）．③茨城県高等学校文化連盟（茨城県高文連）天文・科学部会での研究発表（3 件）：○茨城高専ラジオ部の活動紹介（1） 環境関係花力発電～持続可能な社会を目指して～，身のまわりの色素を用いた色素増感型太陽電池の試作，○茨城高専ラジオ部の活動紹介（2） 原子力エネルギー，放射線利用，原子力災害時の避難計画，その他，○茨城高専ラジオ部の活動紹介（3） 富士山を自由研究・自然観察の場に．④学生のキックマン米国進出 50 周年記念論文応募，最優秀賞受賞：米国と日本における原子力エネルギーの将来，経年変化に伴う原子炉の延命・建て替えと電力安定供給．⑤新聞報道（朝日新聞茨城版平成 19 年 8 月 22 日）「富士山頂の放射線量はどのくらい？登って測定してみよう」．
インター シップ	①本科高学年の学生の 1 週間以上の原子力関連企業および研究所等での企業実習（4 名）：○JAEA（3 名），○日本原子力発電（1 名）．②専攻科学生の原子力関連企業、研究所に加えて，原子力の設備を有する大学等において 3 週間以上の実務研修（2 名）：○東京大学大学院新領域創成科学研究科．	
平成 20	講義 講演会	①近畿大学原子力研究所・鶴田隆雄先生：放射線入門（10 時間）（放射線管理区域での放射線業務従事者に必要な始業前教育と放射線取扱主任者試験対策も兼ねる）．②埼玉大学名誉教授・豊岡先生：技術者と環境問題．③江戸川大学・土器屋由紀子先生（NPO 法人富士山測候所を活用する会副理事長）：富士山から見た地球の大気環境．④東京大学・小佐古敏荘先生：日本のエネルギー事情と原子力開発．⑤JAEA 原子力研修センター・小室雄一氏（本校卒業生）：原子力関連連続講義（○原子炉概論，○中性子実験，○臨界事故と臨界安全）．⑥茨城高専の文化祭（茨香祭）で一般来客向けに原子力の日記念講演会を企画・実施．○JAEA 東海（旧動燃）・虎田真一郎氏：高レベル廃棄物と大深度地下研究，○JAEA 東海 J-PARC・鈴木國弘氏：J-PARC の紹介．⑦北海道大学・佐藤正知先生：物質の創成とエネルギー資源・地球環境の形成（文部科学省教育支援事業）．
	見学会 交流会	①東京電力常陸那珂（石炭）火力発電所の見学．②東京大学大学院原子力専攻原子炉「弥生」の見学．③東北大学金属材料研究所量子科学国際研究センターの見学．④文部科学省高校生のための教育支援事業交流会参加．⑤運用開始直前の J-PARC 特別見学会に参加．⑥JAIF による九州電力玄海原子力発電所（PWR 型原子炉）の見学．
	実験 実習 研究	①環境放射線の測定を通じた原子力の理解，および平常時の各種自然放射線の測定．②航空機内の放射線（2 次宇宙線）の測定．③国内原子力発電施設の設定容量変化等の近未来予測（原子炉の高経年化の影響の見積）．④簡易放射線測定器を用いた実験および研究．⑤磁気探傷法理解のための渦電流

表4 取組内容（続き、その1）

事業年度	大項目	項 目
平成 20	実験 実習 研究	磁気センサの基本原理に関する PBL (Problem Based Learning) 実験. ⑥オーステナイト系ステンレス鋼の強度評価に関する卒業研究 (1 件) および特別研究 (1 件): ○温度測定による不均一な変態誘起塑性の簡易計測法に関する研究, ○準安定オーステナイト系ステンレス鋼における特異な変形挙動のひずみ速度依存性と力学的性質.
	発表会 等	①平成 20 年度電気学会主催高校生懸賞論文コンクール, 入賞・佳作: 核燃料廃棄物量の推移からみる今後のエネルギー. ②高等専門学校プログラムコンテスト 2008, 自由課題部門: 電脳原子炉「my 原子炉」の試作. ③平成 20 年度簡易放射線測定器「はかるくん」研究作品募集, 高校生の部ははかるくん大賞 (1 位): オーストラリア語学研修時の環境測定. ④文部科学省高校生のための教育支援事業: ○壁新聞発表会予選東日本大会, ○壁新聞発表会全国大会. ⑤茨城工業高等専門学校研究彙報第 44 号に学生の論文掲載: オーストラリア語学研修時の環境測定. ⑥第 14 回高専シンポジウム in 高知で発表 (2 件): ○2030 年頃の日米の原子力発電量の簡易予測, ○文部科学省事業高校生のための地域の原子力・エネルギー学習支援事業および原子力人材育成事業参加による文系クラブの活性化の試行—富士山を環境研究・自然学習の場の一—. ⑦第 10 回「環境放射能」研究会 (2 件): ○学生による飛行機・富士山における宇宙線測定の試行, ○富士山での環境放射線測定と測定データの遠距離・超微小電力無線送信の試行, 高専の学生のクラブ活動を通じた環境放射線の測定. ⑧茨城県高文連天文・科学部会での研究発表 (2 件): ○核燃料サイクルの定量的試算—発電により生じる使用済み核燃料の量, 生成する放射性ガスの量, 発電に必要な冷却水の量, および内陸発電所の可能性の検討—, ○紫外線の調査とその活用—オーストラリアでの紫外線測定・色素増感型太陽電池開発. ⑨学術論文発表: 低ひずみ速度域における SUS304 ステンレス鋼の特異な変形挙動と加工誘起マルテンサイト変態. ⑩学会発表: 低ひずみ速度域における SUS304 ステンレス鋼の特異な変態誘起塑性. ⑪専攻科特別研究学生の学会発表: 準安定オーステナイト系ステンレス鋼における特異な変形挙動のひずみ速度依存性と力学的性質 (日本非破壊検査協会, 応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム). 優秀発表賞受賞. ⑫原子力人材育成シンポジウム: 原子力発電所に隣接する当高専における低学年の学生に対する原子力・放射線への興味の喚起・涵養と高学年生に対する原子力分野の専門教育の実施.
	インター シップ	①本科高学年の学生の 1 週間以上の原子力関連企業および研究所等での企業実習 (8 名): ○日本原子力発電 (5 名), ○日立エン지니어リング・アド・サービス (1 名), ○ニュークリア・デベロップメント (1 名), ○JAEA (1 名). ②専攻科学生の原子力関連企業、研究所に加えて, 原子力の設備を有する大学等において 3 週間以上の実務研修 (4 名): ○JAEA (1 名), ○東京大学大学院工学系研究科 (2 名), ○筑波大学大学院システム情報研究科 (1 名)
平成 21	講義 講演会	低学年の学生に対する放射線・エネルギー・原子力への興味の喚起のための講演会. ①日本原子力研究開発機構高速増殖炉研究開発センター・鳥居建男氏: 「もんじゅ」で観測した環境放射線、宇宙線、そして雷. ②神戸薬科大学・安岡由美先生: 地震・放射線・原子力. ③理化学研究所・大竹淑恵先生: 中性子で見えるもの宇宙線, 原子炉, 加速器から冷中性子まで. ④京都大学原子炉実験所・山名元先生: 原子力発電と将来の核燃料. ⑤東京大学大学院工学系研究科原子力専攻の取り組みを通してみた原子力の現状と将来に関する連続講演会. ○長崎晋也先生: 高速増殖炉と核燃料サイクル, ○石渡祐樹先生: 原子力発電のしくみと安全性, 将来展望, ○工藤久明先生: 放射線の応用, ○鈴木晶大先生: 核融合エネルギーの開発. ⑥原子力関連分野の最前線で活躍する本校卒業生による講演会. ○JAEA J-PARC センター・直江崇氏: 核破砕中性子源水銀ターゲットにおける圧力波抑制技術の開発, ○高エネルギー加速器研究機構 J-PARC センター・鳥居周輝氏: 超高分解能粉末中性子回折装置 SuperHRPD の現状報告.
	見学会 交流会	①JRR-1 原子炉シミュレータ実習: 原子力研修センターによる原子炉の講義, 運転実習. ②放射線被ばく線量管理会社の見学: 放射線被ばく線量管理会社 (千代田テクノ大洗研究所) 見学. ③福島高専との教員及び学生の発表交流会. ④東京電力福島第 1 原子力発電所の見学 (原子炉シミュレータや放射線測定の実習も含む).
	実験 実習 研究	①2 次宇宙線の簡易測定: GM 管 2 台の出力を AND 回路に入れ, 簡易同時計数回路にし, 測定した頂角依存性の測定. ②花力発電・オールインワンキット研究用による再生可能エネルギー開発研究の体験学習. ③オーステナイト系ステンレス鋼の機械的性質についての卒業研究 (2 件) および特別

表 4 取組内容 (続き, その 2)

事業年度	大項目	項 目
平成 21	実験 実習 研究	研究 (1 件) : ○オーステナイト系ステンレス鋼に生じたマルテンサイト変態の分析, ○くびれの伝播によって塑性変形したステンレス鋼の形状測定, ○準安定オーステナイト系ステンレス鋼における変態誘起塑性の変形挙動と力学的性質. ④熱流動における熱の分布, 流動の分布を同時に計測する手法, および流動の計測手法の高精度化を目指す卒業研究 (3 件) と特別研究 (1 件) : ○偏光位相シフト法を用いた高精度 PIV (Particle Image Velocimetry) の開発, ○ステレオ位相デジタル HPIV (Holographic Particle Image Velocimetry) の開発, ○教育用 PIV システムの開発, ○光による流体計測に関する研究. ⑤原子炉を理解するためのソフトウェアを試作する卒業研究およびラジオ部としての研究 (1 件) : ○原子炉シミュレータの試作. ⑥磁気探傷法理解のための渦電流磁気センサの基本原理を理解するための PBL 実験.
平成 21	発表会 等	①物理チャレンジ (物理オリンピック国内予選) 6 名応募 (1 名は 1 次選考突破 100 位以内). ②「朝永振一郎記念科学の芽」応募, 奨励賞受賞. ③電気学会高校生懸賞論文コンテスト 2 名応募. ④平成 21 年度パテントコンテスト応募 1 件: 保温の温度を 1℃刻みで設定でき富士山でも使える電気ポット. ⑤高等専門学校プログラムコンテスト, 敢闘賞受賞: my 原子炉. ⑥茨城県高文連天文・科学部会研究で発表 (5 件) : ○公開データを用いた原子炉シミュレータの試作, ○富士山頂を青少年の「科学教育の場」に, ○身のまわりの色素を用いた色素増感型太陽電池の試作と内部抵抗・負荷電力の測定, ○公開資料を用いた使用済み核燃料の貯蔵量の半定量的試算, ○ピーカーのお湯の冷め方. ⑦学生および教員の第 15 回高専シンポジウム in いわきでの発表 (7 件) : ○日本の原子力発電所の設備容量の近未来予測と使用済み核燃料廃棄物量の試算, ○四則演算と Excel Basic でつくる原子力発電プラントの原子炉諸元推定機, ○富士山頂での「ろうそく」の燃焼実験, ○富士山頂における「科学教育」の試行, ○保温温度を 1℃刻みで調整でき, 富士山頂でも使える電気ポットの試作, ○準安定オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の特異な変形挙動と力学的性質, ○マイクロ領域におけるステレオデジタルホログラフィック PIV. ⑧日本原子力学会 2010 年春の年会での発表 (1 件) : 生徒と四則演算だけで作る原子炉シミュレータープログラム. ⑨学内での発表: 卒業研究および特別研究に関する学内発表 (7 件). ⑩国際会議 PIV' 09 での発表: Phase Shifting Digital Holographic Particle Image Velocimetry. ⑪放射線取扱主任者試験 (2 級) 2 名が受験, 内 1 名合格. ⑫エックス線作業主任者試験 1 名受験, 合格. ⑬原子力産業新聞インタビュー記事掲載: Fresh Power Person 6 茨城工業高等専門学校 3 年森脇滉「原子力は宗教ではなく教養」第 2479 号. ⑭研究会「原子力人材育成における高専-技科大の連携」: 茨城高専の取組.
	インター シップ	①本科高学年の学生の 1 週間以上の原子力関連企業および研究所等での企業実習 (11 名) : ○日本原子力発電 (1 名), ○JAEA (6 名). ②専攻科学生の原子力関連企業, 研究所に加えて, 原子力の設備を有する大学等において 3 週間以上の実務研修 (3 名) : ○JAEA (1 名), ○東京大学大学院工学系研究科 (1 名), ○筑波大学大学院システム情報研究科 (1 名).

表 5 は, 各年度の実績 (成果) 報告書に対する文科省の成果評価 (審査委員のコメント付き) である. 平成 19 年度は, 成果評価の通知はなかった. 平成 20 年度は, 改善・要望の記載のみであったが, 平成 21 年度は, 評価結果のランクと審査委員の推奨意見や要検討・要反省事項の記載も含まれている. 個々の取り組みの中には評価の高いものもあるが, 学校全体としての取り組みが弱いので検討が必要である, あるいは改善が必要だとのことである. すなわち, 学生の興味に基づく取組内容を厳選し, 他高専との連携や立地条件のような学外のことも充分考慮し, 体制を整えた事業を立案実施するべきだとの指摘である. 原発に関する議論が深まっている今, 原発立地県にある福島高専, 仙台高専, 茨城高専が連携を深めて, 原子力関連の教育を推進することは大きな意義がある. 原子力を専門とする学科が

ない高専にとっては専門教員の不足が問題となるが, 三つの高専の協力体制を確立すれば, 原子力人材育成のみならず, 地域が求めている社会貢献にもなると考えている.

3. おわりに

表 6 は平成 23 年度のシラバスから原子力と関連する科目の内容から講義項目を抜粋したものの一覧である. 化学, 物理, 応用物理などの基礎系科学科目に原子力関連の内容が含まれている. また, 専門科目に原子力の応用に関する内容がある. これらは, 高専機構の平成 22 年度文部科学省原子力人材育成等推進事業 (機関横断な人材育成事業) 事業報告書³⁾によれば, 他高専にも見られる内容である. 他方, 現代社会と放射化学は他高専には見られない茨城高専

表 5 成果評価

事業年度	成 果 評 価
平成 19	通知されず。
平成 20	<p>【改善・要望等】</p> <p>○学生の成果，教官の成果，どう育成したのかという評価が全く分からない。クラブ活動の部分が多い(ラジオクラブ)。○成果報告書では計画した内容を実施したということだけしか分からないため，今後どうつながっていくのかが見えず，評価ができない。○個別バラバラのものを実施するのではなく，体系的な計画の下に実施する必要がある。大事な，得られた成果をどのように今後につなげていくかという点。○いろいろやっていることを一覧にしているが，これらは添付資料に示せば済むことであり，それらをどう総合的に位置づけて自分で評価するかといったことの評価が必要である。この成果を次年度以降につなげていくためにどうしたら良いかを評価として含めて欲しい。○熱心な先生がいらっしゃることで，クラブ活動ということで学生を引っ張ってきているが，学校全体としての評価がほしい。</p>
平成 21	<p>【評定結果】</p> <p>実施方針の基本方針に沿った当初の目的が達成できた。（プログラムの継続性を期待したい。）</p> <p>【推奨意見】</p> <p>○熱心な教員による低学年から放射線・原子力への興味の喚起，教育が多角的に行われ，また，高学年ではインターンシップ，卒業研究等が的確に実施されている。これらの成果は，各種コンテストでの受賞，原子力関連企業等への就職者数の着実な増加，東大等の大学院への進学に結実している。○他の高専との連携を始め，積極的に外部機関との連携を図った点は評価できるが，高学年での実施内容が専門的であるため，その間を埋める教育の検討が必要ではないかと考える。原子力学会での発表などの学外での活動やIAEA元職員との懇談会などの活動が実施されている。朝永振一郎記念第4回「科学の芽」で奨励賞受賞，高専プログラミングコンテストで敢闘賞を受賞していることは特筆すべき成果であると考え。福島高専との教員・学生の交流は教育実態の情報交換の場として有効であり，また，卒業生の講演会は原子力産業を目指す意識付けになり，今後継続願いたい。原子力産業への就職者も増加傾向にあり，地域の特長を活かした原子力分野の人材育成を継続していただきたいと考える。○講演会等の座学による基礎教育と，実験・実習を主体とした実践教育の2つで構成したカリキュラムは学生の関心を高め，理解を深める方法として効果的と評価。○当初計画したプログラムを実施し，その成果は研究レポート等に結果として出されており，当初目標を達成したと評価できる。インターンシップ，他高専との交流，学会発表など3年間工夫しながら活動を続けてきたことは評価できる。一方，全体のプログラム体系，最終目標を可視化すると，個々の活動の位置づけや過不足が明確になり，改善していく点が見えやすくなると思われる。今後の活動に期待したい。○エネルギーとしてのバックグラウンド，既存制度が弱い中での広範な取り組みは評価できる。エネルギー施設集積地域に立地するという特色を活かして，継続的な取り組みを期待する。</p> <p>【要検討・要反省事項】</p> <p>○様々な取り組みがなされているが，全体として体系化されているとは言い難い。学校全体として組織だって取り組んでほしい。今後，継続的に進めていくためには取捨選択が必要になると思うが，既存のカリキュラムや教育資源とも整合性がとれ，かつ，めざす原子力人材像の育成に十分なプログラムとして欲しい。○低学年の学生の教育がどのような範囲，体制で行われているのか明確にされていない。かなりの数の受講生がいるが，ラジオ部員を中心とした課外教育ではなく，正規のカリキュラムに基づいた教育とすべきである。エネルギー一般を背景とした原子力の理解ができるようなカリキュラムの整備を期待したい。○放射線・原子力に関する教科が教務的制約から単位として認められないのは，原子力立地地域に所在する高専として検討を要する課題である。○座学がすべて外部講師による講演会に頼っているが，体系的な構成となっているか，今後とも継続できる体制となっているか整理しておく必要がある。学校教育であることを考えると，一部でも学内講師で講義が実施できるよう準備を進めていくことが望ましい。</p>

の特徴である。

各種のメディアにおいては，福島第一原発事故における科学者・技術者の役割と責任についての議論が盛んになっている。日経サイエンス 2011 年 7 月号の記事には「科学者の思考停止が惨事を生んだ」との指摘もある。また，今年度からの科学技術基本法にも福島第一原発事故の国民的議論の必要性が盛り込まれている。

高専機構は 23 高専が参加する文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ事業「機関連携による防災・安全教育を重視した実践的原子力基礎技術者育成の実施」を実施している。これは，原子力関係機関が有する人材育成資源を活用し，産学官の関係機関が連携することにより，企業や国際社会から求められる人材像をよりの確に把握し，効果的・効率的・戦略的に人材育成を行う機関横断的な事業に

表6 原子力と関連する科目の茨城工業高等専門学校シラバス（平成23年度版）

学年, 講義名, 選択・必修	対象学科・コース	講義項目
1年, 化学, 必修	全学科	物質の構成粒子 (2週)
1年, 基礎化学演習, 必修	物質工学科	物質の構成粒子 (2週)
2年, 現代社会, 必修	全学科	資源・エネルギー問題 (1週)
2年, 化学, 必修	全学科	元素の分類と周期律表 (1週)
2年, 無機化学I, 必修	物質工学科	原子構造と周期律 (2週)
4年, 応用物理II, 選択	機械システム工学科	原子核, 周期律表と原子の構造, 宇宙線・放射線, 原子力エネルギー (4週)
4年, 応用物理II, 選択	電子制御工学科	原子の構造, 原子核・放射線, 核エネルギー (3週)
4年, 応用物理II, 選択	電子情報工学科	原子核の構成要素・崩壊と放射能, 原子核の結合エネルギー・核分裂と核融合 (2週)
5年, エネルギー工学, 選択	全学科	核反応, 原子力発電 (2週)
5年, エネルギー変換工学, 選択	電気電子システム工学科	原子力発電 (1週)
5年, 放射化学, 選択	物質工学科	放射化学全般 (半期14週)
専1年, 現代化学, 必修	全コース	身の回りの物資, 元素と周期律表 (2週)
専2年, エネルギー工学概論, 選択	全コース	エネルギーの科学と工学, エネルギー供給システムの将来 (3週)

対して、補助金を交付するものである。本校もこの事業に参加している。この事業に当たっては、各高専、あるいは全国の高専の集合体としての高専機構の体制が整えられようとしているので、社会に送り出す高専出身技術者像について、十分な議論が期待できる。

補遺

本事業の東日本大震災による福島第一原発事故に対する対処への効果

(1) 学生および関係教員は、初期の原子炉の耐久性の低下に対する問題点を認識していた。いわゆる原子炉の高経年化の問題である。原子炉の高経年化の問題を知り、国内55基の発電用原子炉について寿命30年の場合、40年の場合、60年の場合等について、総設備容量の予測を行った。その結果、現在稼働中の原子力発電所の建て替えが行われなければ、30年の寿命の場合2045年頃には多くの国内の原子力発電所が重度の劣化状態になること、仮に30年の延命措置を講じて個々の原子力発電所の稼働期間を延命しても、2075年頃には同じく国内の原子力発電所がすべて重度の劣化状態になることを認識していた⁴⁾。

(2) 国内の発電用原子炉は、大別すればGE系統（東芝、日立）の沸騰水型原子炉（BWR）、およびWestinghouse系（三菱）の加圧水型原子炉（PWR）に分けられる。その双方の原子炉のうち、建設年代の早い福島第一原発（BWR、福島県）、および九州電力玄海原発（PWR、佐賀県）の見学を行った。東京電力は、当初福島原発の見学ではなく、最新鋭の柏崎刈羽原発の見学を提案してきた。我々は原子炉の高経年化の問題に興味があるため、建設年代の早い福島原

発の見学を希望した。文部省の原子力人材育成事業による自主研修の行為であることを文部科学省から東京電力の関係者に説明してもらい、福島第一原発の「見学」が実施された。

(3) 学生は発電所における冷却水の重要性を十分認識していた。参加学生たちは、「²³⁵Uの1原子の核分裂エネルギー≒200MeV」という記述だけを頼りに、発電用原子炉の発電機の設備容量から発電時の消費U燃料を見積もった。また、各発電用原子炉の熱効率を調査し、発電時に除去しなければならぬ熱量を計算した。発電効率（各原子炉の熱出力と電気出力の比）のBWRとPWRの熱出力に対する実験式を求め導いた。電気出力100万kWの原子炉では、正常運転時冷却能力は電気出力の倍の200万kWの冷却能力が必要であることを理解していた^{5, 6)}。残念ながら緊急停止時の冷却水の必要量の見積もりには思いが至らなかった。

(4) 同じ視点の「²³⁵Uの1原子の核分裂エネルギー≒200MeV」という記述だけを頼りに、電気発生（発電）量と使用済み核燃料の発生量が比例することを見出し、各原子炉の発生させる使用済み燃料の発生量と貯蔵施設の必要貯蔵容量を見積もった。現在の状況では、たとえ六ヶ所村の使用済み核燃料の再処理施設が正常に稼働（処理能力800t/年）しても、処理しきれず滞貨する使用済み核燃料の敷地内一時保管量が増大し続けることを定量的に導いた⁵⁾。

(5) 前項(3)で述べたように、国内の55基の発電用原子炉全てについて、公表されている原子炉の設計パラメータ約80項目について、炉型、原子炉の電気出力、給電地域の周波数のみの関数として解析し、実験式を導いた。その結果、現行のBWRおよびPWRの発電用原子炉は、任意

の電気出力の発電用原子炉の原子炉諸元の予測が行えるようになった⁶⁾。改良型沸騰水型原子炉（ABWR）と改良型加圧水型原子炉（APWR）が BWR と PWR の単なる巨大化の延長線上にはない基本的な設計変更であることを理解した⁶⁾。

（6）高専プロコンでの前項（5）の内容の発表の際、今回の東日本大震災で問題になっている福島原発や近隣の原発の非常用電源の必要性を見出し、原子炉が停止した際の外部電源 2 系統と所内のディーゼル発電機を想定した非常用電源への自動切り替えのシーケンスを電磁リレーの組み合わせのモデルを作り参考展示した。我々は原子炉冷却用の電気の必要性は理解し、無人で 3 系統までの非常用電源の自動切り替え供給体制は思いついたが、津波による全電源喪失の危機の可能性には思い至らなかった。

（7）我々には、GM 管式簡易放射線測定器の使用の経験があったため、東日本大地震の際は、地震直後（3 月 13 日）から環境放射線強度の測定を始めた。このことにより、原子炉爆発に伴う FP（Fission Products, 核分裂生成物）到達前の「平常時」から現在までをリアルタイムで観察することができている。国・県の測定データが公表される前に、要望のあった関係者には生データを発信し続けてきた。図 1 に平成 23 年 3 月 13 日から 18 日まで GM 管による環境放射線の測定結果を示す。この図は、1 号機爆発による FP が 3 月 15 日に、3 号機爆発による FP が 3 月 16 日にひたちなか市上空を通過したことを示している。



図 1 ひたちなか市内の民家の居間で GM 管式の簡易放射線測定器で観測した福島第一原発の核分裂生成物の到来

さらに、福島高専の布施雅彦先生への緊急支援として、同じ簡易放射線測定器を寄贈し、茨城高専と福島高専で同じ測定器で同時に測定することにより、放射線の強度を相互比較できる体制を構築した。現在は、同じ簡易放射線測定器だけで福島県内各地および関東・東北各県（北海道から静岡県）にボランティアの放射線モニタリングスポスト

を配置し、常時、インターネットで公表し続けている。インターネットからアクセスすると、マッピングとトレンドと全観測点の同時表示を選択できる。較正もしていない簡易的な放射線測定器であるが、すべて同一の機種のため比較用として機能している。また、リアルタイムで公表されるため、データの加工の疑いもなく、被災地では信頼され、アクセス数も数十万件に及ぶ。URL は <http://bousai.maechan.net/nuclear/> である。

次に GPS を付けた移動測定用放射線測定器を開発し、列車や自動車 で日本国内を縦横に広域汚染調査をしている。URL は、<http://bousai.maechan.net/nuclear/gps/> である。

政府の航空機モニタリングについては、新潟県・群馬県の 10 月発表データが我々の GM 管データと合わないことを関係者に連絡した。翌月、11 月 11 日、政府は新潟県等の航空機モニタリングの結果を大幅に下方修正し、発表し直した。

このように、原子力人材育成事業の本校への適用は、学生・教員への自主的な研究推進を促し、福島第一原発事故の経過の理解、自主的な環境放射線の測定、測定データの公表、政府発表の測定データの吟味などに大いに役立っている。（文責 松澤）

謝辞

本事業は多くの方の協力と支援により実施された。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 富永学, 松澤孝男, 池田耕: 茨城高専における文部科学省事業「原子力人材育成プログラム・原子力研究促進プログラム」の取り組み, 論文集「高専教育」, 第 34 号, pp. 659-664 (2011)
- 2) 松澤孝男他 19 名: 文部科学省教育支援事業「高校生のための地域の原子力・エネルギー学習プログラム」の受け入れによる文化系クラブの活性化の試行, *ibid.*, 第 31 号, pp. 659-664 (2008)
- 3) 平成 22 年度文部科学省原子力人材育成等推進事業(機関横断的な人材育成事業)「機関連携による実践的原子力技術者育成のフェジビリティスタディの実施」事業報告書, 独立行政法人国立高等専門学校機構, 平成 23 年 3 月
- 4) 松澤孝男, 奥山慶洋, 富永学, 関根恵, 会澤雄基, 大沼侑司, 松田理絵, 斎藤史靖: 原子炉の寿命を考慮した原子力発電の設備容量の将来予測と原子炉建て替えの試案, 茨城工業高等専門学校研究彙報, 第 43 号, pp. 23-34 (2007)
- 5) 森脇滉, 田島圭一郎, 斎藤慶太, 矢野倉伊織, 奥山慶洋: $\Delta T = 1$ 年程度の時間で見た原子炉内の反応, ^{235}U の核分裂エネルギーから見た核燃料廃棄物量の半定量的試算, *ibid.*, 第 45 号, pp. 33-40 (2010)
- 6) 松田理絵, 川上悠里, 森脇滉, 斎藤慶太, 矢野倉伊織, 八重樫拓也, 松澤孝男: 学生による原子炉シミュレーターの試作 (PWR), *ibid.*, 第 45 号, pp. 41-56 (2010)

準安定オーステナイト系ステンレス鋼に生じる加工誘起マルテンサイトの評価

大内 崇弘¹、富永 学²

Evaluation of strain induced martensitic transformation in metastable austenitic stainless steels

Takahiro OUCHI and Manabu TOMINAGA

Abstract: Metastable austenitic stainless steel is transformed to martensitic phase from austenitic phase by strain of cold working. This phenomenon is called strain induced martensitic transformation and brings high ductility, high strength. In this study, we performed quantitative analysis of strain induced martensitic transformation by X-ray diffraction. In addition, we did to investigate the relation between volume fraction of martensite and crystal lattice plane. The present result suggested that quantitative analysis is involved two Bragg peaks that were used for the analysis, and provided that the two surface directions of crystal lattice planes resulting from the Bragg peaks are near, the volume fraction of martensite is large. It is surmised that rotation of the crystal grain accompanied by strain is related to this result.

1. はじめに

ステンレス鋼は耐食性や強度に優れ、家庭用品から車両、建築物、原子力関連まで、幅広く用いられている。そしてこの鋼は、その内部に含む元素の種類と含有量、及び組織の違いによって様々な優れた性質を示す。特に組織の違いが機械的性質にどのような影響をあたえるのかを知ることは、ステンレス鋼の新たな可能性を見出す上で重要なことである。

ステンレス鋼の一種である準安定オーステナイト系ステンレス鋼には加工誘起マルテンサイト変態という現象が起こることが知られている。オーステナイト (γ) とは鋼の組織の一つで、結晶構造は面心立方格子で常磁性を示す。この準安定オーステナイト系ステンレス鋼は塑性変形などの冷間加工によりオーステナイト相が硬くて脆い組織であるマルテンサイト相へと変態する。このマルテンサイト相の鋼は体心立方構造で強磁性を示す。このようにオーステナイト相が加工によってマルテンサイト相へと変態することを加工誘起マルテンサイト変態と呼んでいる。この現象を伴う塑性を変態誘起塑性といい、変態誘起塑性の生じる鋼は高強度、高靱性、高延性等の優れた機械的性質を示す。また、鋼を変形させる際の雰囲気温度及びひずみ速度によって機械的性質が変化する。これらの特性を有効に利用で

きれば、強度の向上によって板厚を薄くするなどのステンレス鋼の高度化につながる。

本研究室では、動的電子スッペクルパターン干渉法[1]を用いて、準安定オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の変形挙動の調査を行ってきた。また、Cu 管球による X 線回折[2][3]を用いて、SUS304 の低ひずみ速度域における変形挙動について、加工誘起マルテンサイトの観点から調査を行ってきた。これらの研究によって、低ひずみ速度における塑性変形の後半では、X 字型の局在ひずみが試験片上を繰り返して伝搬することによって変形が進展する現象が起こることが明らかにされた。そして、その局在ひずみが試験片の上端あるいは下端に到達した時に、応力ひずみ曲線上に突起状の応力変動が現れることも明らかにされた。また、局在ひずみが試験片上を伝搬しながら変形が進展することによって起こる特異な変形挙動は、くびれが発生した部分が加工誘起マルテンサイトによって強化され変態量が少ない部分にくびれが移動していることが原因であると明示された。

X 線回折による定量分析では、多数の X 線回折ピークを用いることで、生成されるマルテンサイト相と結晶面との関係や測定精度向上が期待できる。しかし、既報の Cu 管球を用いた X 線回折の報告[2][3]では、観測できた回折ピークの数が多かったため、多数の回折ピークを用いた定量

1 産業技術システムデザイン工学専攻

2 機械システム工学科

分析が行えない。観測される回折ピークの数、より波長の短い X 線を用いれば増やすことができる。Cu 管球よりも波長の短い X 線を発生させる管球には、Mo 管球 (波長 $\lambda=0.71075\text{\AA}$) や W 管球 (波長 $\lambda=0.21203\text{\AA}$) が挙げられる。ただし、波長が短くなるほど回折ピークの数が増えるが、広角側のピークは強度が弱くなるため、定量分析が困難となる。従って、Cu 管球の次に波長の短い Mo 管球を用いるのが適当である。

本研究では、多数の X 線回折ピークを用いた定量分析を行うことを目的として、Mo 管球を用いた波長の短い X 線回折の実験を行った。本論文では、マルテンサイト相の定量分析の結果、及び定量分析の結果がピーク回折面によって特定の傾向を持つことを示す。また、変形が進んで行く段階で形成される集合組織との関連性について検討する。

2. 実験方法

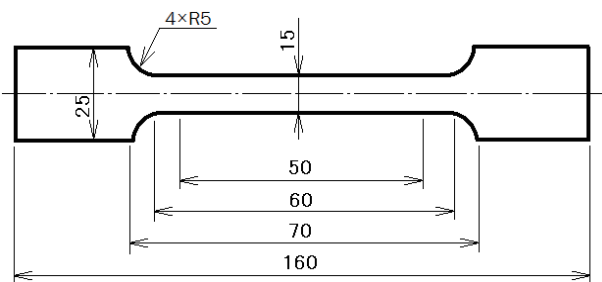
2.1 引張試験

2.1.1 使用機器

引張試験には INSTRON 社の引張試験機 55R1125 (床置き型・荷重容量 10t) を用いた。また、NEC 社の赤外線サーモグラフィ TH5104R によって引張試験中の試験片の温度変化を観察する。引張速度はパーソナルコンピュータ (PC) で制御されており、荷重やデータ採取時間の測定は PC 上で行われる。ここでいう引張速度とは、あくまで PC 上で設定したクロスヘッドの移動速度である。それに対して、ひずみ速度は実際の試験の時の伸びと試験時間から算出したものである。Table 2.2 に実験時の引張速度とそれに対応するひずみ速度を示す。

2.1.2 実験条件

実験に使用した試験片の形状と寸法を Fig.2.1 に示す。平行部の長さが 60mm、幅が 15mm、板厚が 2.05mm のもので、標点間距離は 50mm である。試験片はオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 を用い、その化学成分を Table 2.1 に示す。実験では試験片を 12 本用意し、Table 2.2 に



Thickness : 2.05, Unit : mm

Fig.2.1 Shape and dimension of a tensile test specimen.

示す 3 種類の引張速度で、それぞれについて破断させるも

の、20mm、40mm、45mm から 60mm の間の何れかの伸びで停止させるものに分けて試験を行った。ここで、指定の伸びで停止させた試験片は、X 線回折の測定を行うためのサンプルとして用いられる。

2.1.3 応力-ひずみ曲線

引張試験によって得られた荷重を試験片の平行部の変形前の断面積で割ることで単位面積当たりの内力が求められる。これを公称応力という。荷重を W、試験片の初期の断面積を A_0 とすると、公称応力 σ は、

$$\sigma = \frac{W}{A_0}$$

で求められる。また、変形により生じた標点間距離の伸びを、標点間距離で割った値が公称ひずみである。試験片の標点間伸びを λ 、標点間距離を L_0 とすると、公称ひずみ ε は、

$$\varepsilon = \frac{\lambda}{L_0}$$

と表せる。これらの式により、公称応力ひずみ曲線を求める。

Table 2.1 Chemical compositions of the SUS304 austenitic stainless steel specimens. Unit : wt%

Material	C	Si	Mn
SUS304	0.06	0.28	0.98
P	S	Ni	Cr
0.38	0.09	8.2	18.12

Table 2.2 Condition of the tensile test.

Tensile speed [$\mu\text{m/s}$]	Strain rate [1/s]	Elongation [mm]
5	7.9×10^{-5}	Rupture
		20
		40
		60
20	3.3×10^{-4}	Rupture
		20
		40
		55
50	7.3×10^{-4}	Rupture
		20
		40
		45

2.2 X線回折

2.2.1 測定サンプル

測定サンプルは Table 2.2 に示す破断していない条件の 9 種類と無変形のサンプル 1 種類の合計 10 種類である。引張試験を終えた変形後の試験片の中央部を、10mm の長さで切り出して測定サンプルとした。サンプルの表面は研磨などの処理は行わず、試験片から切り出したままの状態での測定を行った。

2.2.2 使用機器

X 線回折装置は理学電機株式会社製ディフラクトメータ RINT2000 を用いた。また、使用した X 線は Zr フィルタにより単色化した波長 $\lambda=0.71075 \text{ \AA}$ (40kV, 40mA) の $\text{MoK}\alpha$ 線である。ここで、 $\text{K}\alpha$ 線とは $\text{K}\alpha_1$ 線 ($\lambda=0.70932 \text{ \AA}$) と $\text{K}\alpha_2$ 線 ($\lambda=0.71361 \text{ \AA}$) からなる X 線で、波長 $\lambda=0.71075 \text{ \AA}$ は $\text{K}\alpha_1$ と $\text{K}\alpha_2$ の強度比から算出したものである。

2.2.3 定量分析

X 線回折装置によって得られた回折図形から積分強度を求めて、定量分析を行う。積分強度は、理学電機株式会社の積分強度計算ソフトにより算出する。積分強度の計算を行う上で、波形の凹凸の影響の少ない安定した積分強度を得るため、平滑化及びバックグラウンド除去の前処理を行う必要がある。波形の平滑化は加重平均法 (平滑化点数 13 点) を使用し、バックグラウンド除去は Sonneveld 法を用いた。

定量分析は、オーステナイト相 (γ 相) とマルテンサイト相 (α' 相) の回折ピークから、一組の積分強度を比較することで、 α' 相の体積分率が算出できる。 γ 相と α' 相の積分強度を I_γ 、 $I_{\alpha'}$ 、回折角やミラー指数、そして相の種類に依存する定数を R_γ 、 $R_{\alpha'}$ とすれば α' 相の体積分率 $f_{\alpha'}$ は、次式により求められる。

$$f_{\alpha'} = \frac{1}{\frac{I_\gamma R_{\alpha'}}{I_{\alpha'} R_\gamma} + 1}$$

ただし、

$$R_\gamma, R_{\alpha'} = \left(\frac{1}{v^3}\right) \left[|F|^2 p \left(\frac{1+\cos^2 \theta}{\sin^2 \theta \cos \theta}\right)\right] e^{-2M}$$

である。ここで、 v は単位胞の体積、 F は結晶構造因子、 p は多重度因子、 θ はブラッグ角、 e^{-2M} は温度因子である。Table 2.3 に本実験で使用した値を示す。

定量分析に用いる回折ピークは、波形同士がよく分離していて、かつある程度以上の強度が必要である。例として、Fig.2.2 にひずみ速度 $7.9 \times 10^{-5} [1/s]$ 、ひずみ 48% の時の X 線回折図を示す。この図より、枠内のピークは前述の条件を満たしていて、それ以外のピークはピーク同士が重なっているか、十分な強度がないことがわかる。従って、定量分析には枠内の 5 つのピークを用いる。 γ 相による回折ピ

ークは $\gamma(200)$ 、 $\gamma(220)$ 、 $\gamma(311)$ 、 α' 相による回折ピークは $\alpha'(200)$ 、 $\alpha'(211)$ である。そして、隣り合った回折ピーク同士である $\gamma(220)\text{-}\alpha'(200)$ 、 $\gamma(220)\text{-}\alpha'(211)$ 、 $\gamma(200)\text{-}\alpha'(200)$ 、 $\gamma(311)\text{-}\alpha'(211)$ の 4 種類の組み合わせで α' 相の体積分率を算出した。この組み合わせ以外に $\gamma(200)\text{-}\alpha'(211)$ と $\gamma(311)\text{-}\alpha'(200)$ があるが、比較するピークの回折角の差が大きくなると、ピーク強度の差が大きくなってしまいうため評価の対象としなかった。

3. 結果および考察

3.1 応力-ひずみ曲線

まず、サーモグラフィによる引張試験中の試験片の温度分布の観察結果を従来のスペックル干渉法による変形観察 [1] と比較することによって、以下のことがいえる。ひずみ速度が $7.9 \times 10^{-5} [1/s]$ の場合、ひずみが 80% から 90% の間に試験片下部に局在ひずみが発生し、ひずみ 100% 付近で局在ひずみが下部から上部へ移動、その後ネッキングが発生し破断している。それに対して、ひずみ速度が $3.3 \times 10^{-4} [1/s]$ の場合は、局在ひずみが発生しないまま破断した。そして、ひずみ速度が $7.3 \times 10^{-4} [1/s]$ 場合は、ひずみが 70% 付近で試験片の中央部に局在ひずみが発生し、その

Table 2.3 The parameters which were used for quantitative analysis.

Crystal lattice plane	$1/v^3$	F	p	e^{-2M}
$\alpha'(200)$	0.042461	30.6427	6	0.915
$\gamma(220)$	0.02196	56.1021	12	0.898
$\alpha'(211)$	0.042461	26.3719	24	0.882
$\gamma(200)$	0.02196	69.8878	6	0.944
$\gamma(311)$	0.02196	49.3936	24	0.865

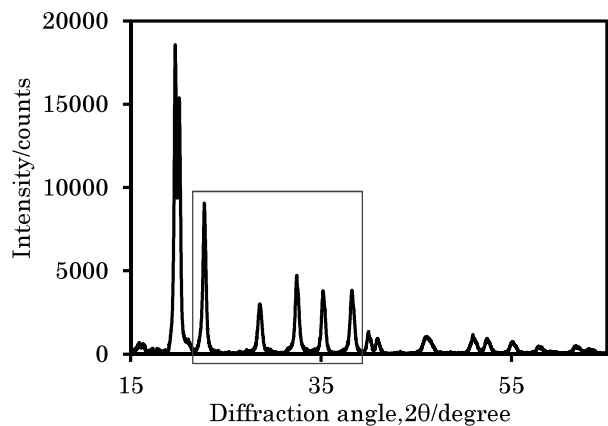


Fig.2.2 X-ray diffraction profiles of the specimens cut out from the tensile specimen under plastic strain $\epsilon=48\%$ of the tensile test of the strain rate $7.9 \times 10^{-5} [1/s]$.

まま中央部から破断した。

つぎに、局在ひずみの伝搬と公称応力ひずみ曲線上での応力変動との関係を示す。ひずみ速度が 7.9×10^{-5} [1/s]、 3.3×10^{-4} [1/s]、 7.3×10^{-4} [1/s]の時の引張試験で得られた公称応力ひずみ曲線を Fig.3.1 に示す。ひずみ速度 7.9×10^{-5} [1/s] を実線、 3.3×10^{-4} [1/s] を破線、 7.3×10^{-4} [1/s] を一点鎖線とした。Fig.3.1 から、ひずみ速度が速い場合よりも遅い場合の方が、破断するまでの応力とひずみが大きくなることがわかる。また、ひずみ速度 7.9×10^{-5} [1/s] の曲線を詳しく見てみるとひずみが 93% のところに 1 つの突起状の応力変動があることがわかる。これは、試験片上を局在ひずみが伝搬する際に発生する応力変動である。

以上のことから、スペックル干渉法による変形挙動観察、サーモグラフィによる試験片の温度分布観察、公称応力ひずみ曲線の間には、局在ひずみの発生や伝搬に関して整合性があることがわかる。また、サーモグラフィによる試験片の温度分布観察は定量的な局在ひずみの測定には向かないが、スペックル干渉法に代わる簡便な観察手法であることが確認できた。

3.2 X線回折

3.2.1 X線回折図形

X線回折の実験により得られた回折図形を Fig.3.2 の(a)、(b)、(c)に示す。それぞれのグラフのひずみ速度は(a)が 7.9×10^{-5} [1/s]、(b)が 3.3×10^{-4} [1/s]、(c)が 7.3×10^{-4} [1/s] である。Fig.3.2 の(a)はひずみが 0% から 78% の間の 4 つのサンプル、(b)はひずみが 0% から 72% の間の 4 つのサンプル、(c)はひずみが 0% から 62% の間の 4 つのサンプルから得られたデータである。それぞれの図において、ひずみ量の違いによるピーク形状の変化を見やすくするため、強度を一定量オフセットして図示している。

γ 相による回折ピークと α' 相による回折ピークのの違いを比較してみると、 γ 相によるピークはひずみが大きくな

るほど強度は小さくなっていることがわかる。逆に、 α' 相によるピークはひずみが大きくなるにつれて強度が大きくなっている。これには、多相状態の多結晶材料による X線回折図形のピークの強度は、回折ピークに対応した相の体積比に依存するということが関係している。本サンプルのように γ 相と α' 相の 2 相から成るサンプルの場合、 γ 相と α' 相の体積比の合計は常に 1 となり、回折図形のピークの強度もそれに従った強度となる。従って、変形が進展するにつれて γ 相が α' 相へと変態するので、ひずみが大きく

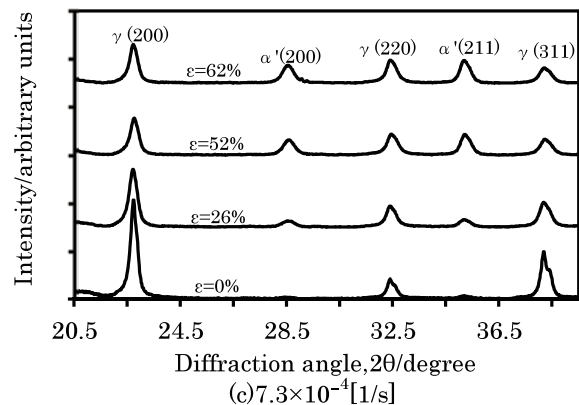
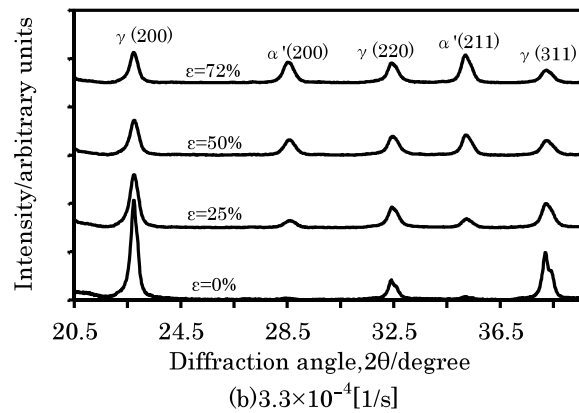
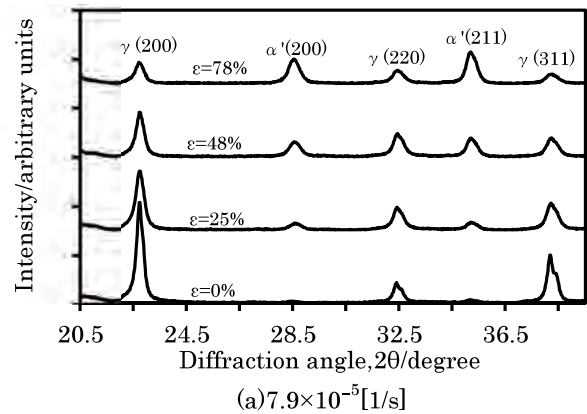


Fig.3.2 X ray diffraction profiles of the specimens cut out from the tensile specimen under different strain values of the tensile test of the strain rate (a) 7.9×10^{-5} [1/s], (b) 3.3×10^{-4} [1/s] and (c) 7.3×10^{-4} [1/s].

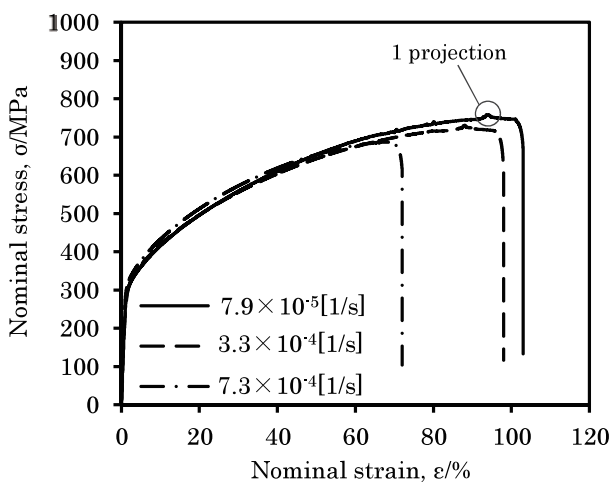


Fig.3.1 Nominal stress-strain curves.

なると γ 相の体積比が小さくなり、 α' 相の体積比は大きくなる。よって、前述のようなひずみの違いによるピーク強度の変化が起こる。

また、ひずみ速度の違いによる回折図形の変化に着目すると、ひずみ速度が 7.3×10^{-4} [1/s] の場合よりも 7.9×10^{-5} [1/s] の場合の方が、同じひずみ量に対しての α' 相の回折ピークは大きくなっていることがわかる。それに対して、 γ 相の回折ピークは小さくなっている。このことより、ひずみ速度が遅い場合の方が α' 相は生成しやすいということがいえる。

3.2.2 定量分析

X線回折図形から算出した積分強度を用いて定量分析を行うと、無変形のサンプルからも10~20%程度の α' 相が検出された。この α' 相は、板材の製造過程で試料の表面付近のみに生成しているものであり、表面を $20 \mu\text{m}$ 程度研磨することで存在しなくなることが既報の研究によりわかっている[3]。従って、無変形のサンプルの α' 相のバルクとしての体積分率は0であると考えてよい。本研究では、ひずみに対する α' 相の生成量の増加成分を議論するため、サンプル表面の研磨は行わず、無変形のサンプルの α' 相の体積分率が0となるようなオフセット処理をした。例として、ひずみ速度の 7.9×10^{-5} [1/s]時のオフセット処理前の定量分析の結果をFig.3.3に、オフセット処理後の結果をFig.3.4(a)に示す。図中の4組のデータは、定量分析に用いたピークの組み合わせの違いによるもので、黒丸のデータが $\gamma(220)-\alpha'(200)$ 、黒い四角形のデータが $\gamma(220)-\alpha'(211)$ 、白丸のデータが $\gamma(200)-\alpha'(200)$ 、白い四角形のデータが $\gamma(311)-\alpha'(211)$ を示している。他のFig.3.4(b)、(c)の図も同様の処理と記号としてある。

Fig.3.4(a)、(b)、(c)はそれぞれ 7.9×10^{-5} [1/s]、 3.3×10^{-4} [1/s]、 7.3×10^{-4} [1/s]のひずみ速度に対して、ひずみを0%から70%前後まで与えた時の α' 相の体積分率の変化を示した

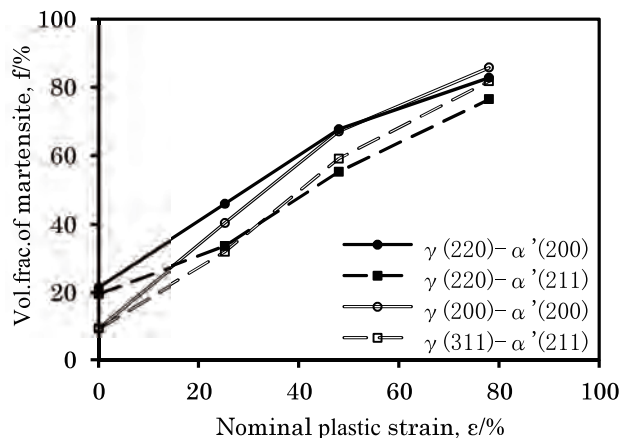


Fig.3.3 Volume fraction of martensite depending on nominal plastic strain under different strain values of the tensile test of the strain rate 7.9×10^{-5} [1/s].

図である。3つの図に共通していることは、ひずみが50%まではほぼ直線的に加工誘起マルテンサイト相が増加するが、さらにひずみが大きくなると加工誘起マルテンサイト変態は起こりづらくなり、直線の傾きが小さくなるということである。また、ひずみ速度が速い場合よりも遅い場合の方が、試験片破断時の α' 相の体積分率が大きくなってい

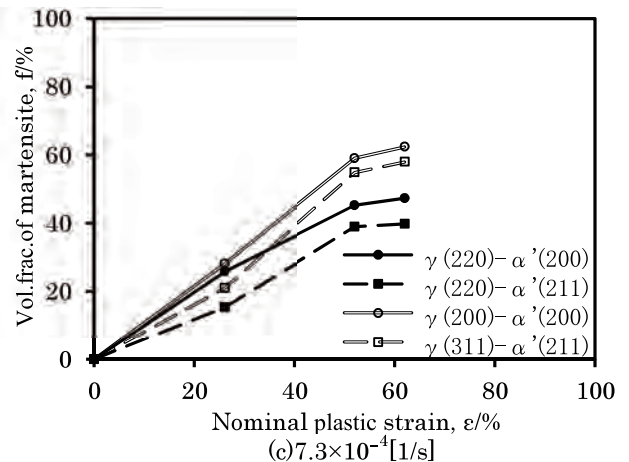
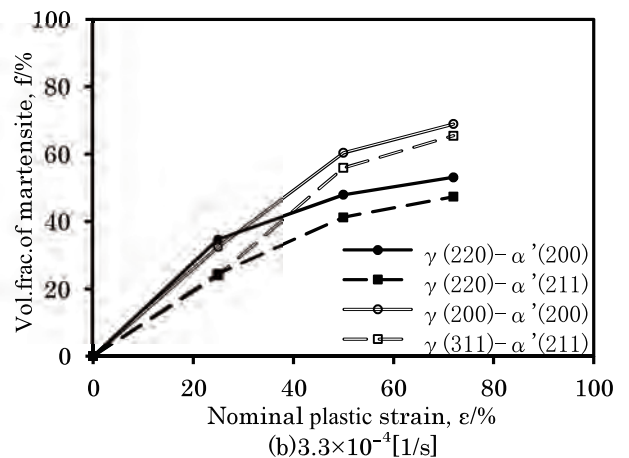
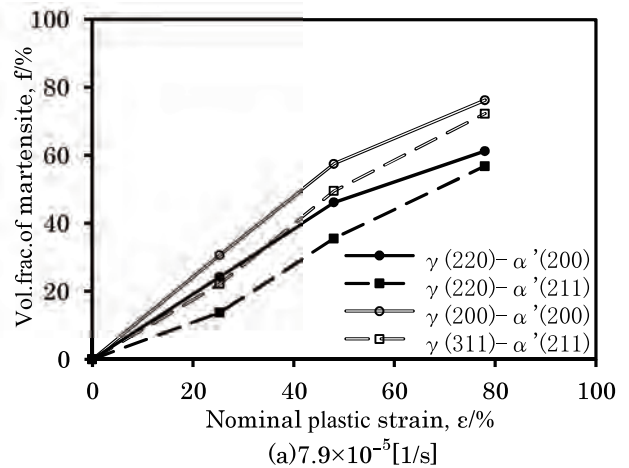


Fig.3.4 Volume fraction of martensite after the compensation depending on nominal plastic strain under different strain values of the tensile test of the strain rate (a) 7.9×10^{-5} [1/s], (b) 3.3×10^{-4} [1/s] and (c) 7.3×10^{-4} [1/s].

る。以上のことより、変態誘起塑性によって生じる α' 相には飽和量があり、ひずみ速度を速くしていくとその飽和量は小さくなっていくということがわかる。

Fi.3.5 は、Fig.3.4(a)、(b)、(c)それぞれのひずみ速度ごとに 4 種類のピークの組み合わせのデータの平均をとり、同一の図に重ねて示したグラフである。この図から、 α' 相の生成量は、ひずみが 50%程度まではひずみ速度ごとに大きな違いはないように見受けられる。しかし、ひずみが 50%以降では前述と同様の違いがみられ、ひずみ速度が速いほど α' 相の生成量が少なくなっていることがわかる。これを Fig.3.1 の応力ひずみ曲線と比較してみる。応力ひずみ曲線上に突起のない 7.3×10^{-4} [1/s] 及び 3.3×10^{-4} [1/s] ではひずみが 50%を境に α' 相は生成しづらくなり、傾きが小さくなっている。それに対して、突起のある 7.9×10^{-5} [1/s]最後まで直線的に α' 相の体積分率が増加し最終的には 70%程度になっている。

3.2.3 定量分析に用いる回折ピークの検討

本節では、定量分析に用いる回折ピークの組み合わせと算出される α' 相の体積分率の関係について検討を行う。

まず、比較する回折ピークの組み合わせ方によって、 α' 相の体積分率の結果にどのような違いが出るのかを考察する。Fig.3.4(a)、(b)、(c)において、 α' 相の体積分率の値が大きく出ている組み合わせと、小さい値となっている組み合わせの傾向が一致していることがわかる。例えば、 γ (200)- α' (200)の組み合わせによる α' 相の定量分析結果では、どの図でも高めの値が出ているが、 γ (220)- α' (211)の組み合わせでは、どの図でも低めの値が出ていて、双方には常に 20%程度の差がある。同様に、 γ (311)- α' (211)の組み合わせでは α' 相が大きい値となり、 γ (220)- α' (200)の組み合わせでは小さい値となる。そして、両データには 10%程度の差がある。もともと 1つのサンプルの回折図形から 4つの回折ピークの組み合わせを選択しているため、そのサンプルにおける α' 相の生成量はある定まった量である。

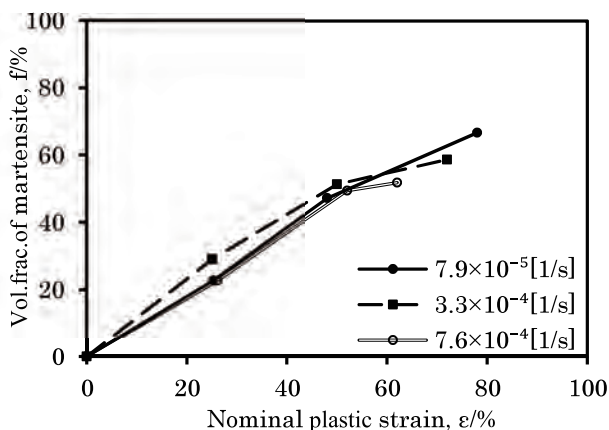


Fig.3.5 Mean volume fraction of martensite depending on nominal plastic strain under different strain values.

しかし、定量分析を行うピークの組み合わせによって α' 相の体積分率が特定の傾向を持つということは、 α' 相の体積分率が大きく算出されやすい組み合わせと、小さく算出される組み合わせがあると考えられる。

これについて回折面の結晶格子面の観点から考察してみたい。Fig.3.6(a)、(b)、(c)、(d)は定量分析に使用した回折面を図示したもので、(a)が(200)、(b)が(211)と(311)、(c)が(200)と(220)、(d)が(220)と(211)である。 α' 相の体積分率が多く算出された組み合わせの結晶格子面は、Fig.3.6(a)の γ (200)- α' (200)と Fig.3.6(b)の γ (311)- α' (211)の組み合わせである。これらの組み合わせは、組み合わせた互いの結晶格子面の面方向が同じような方向であることがわかる。そして、 α' 相の体積分率が小さく算出されやすかった組み合わせの結晶格子面は、Fig.3.6(c)の γ (220)- α' (200)と Fig.3.6(d)の γ (220)- α' (211)の組み合わせである。これらの場合は、Fig.3.6の(a)、(b)の場合のように面方向が同じ方向を向いていないことがわかる。以上のことから α' 相の定量分析は、使用する 2つの回折ピークの結晶格子面の面方向の類似度に依存しているといえる。そして、その類似度が高ければ α' 相の体積分率の値は大きくなり、逆に類似度が低ければ α' 相の体積分率の値は小さくなることをわかる。

つぎに、 α' 相のみに着目して考察を行う。そのため、 α' 相の純粋な比較ができるよう、同じ γ 相を用いている γ (220)- α' (211)と γ (220)- α' (200)の定量分析の結果に着目する。この 2つの定量分析結果を見てみると、どのひずみ速度でも常に α' (211)よりも α' (200)の方が大きな値を示している。同じ γ (220)の回折ピークと比較を行っているの

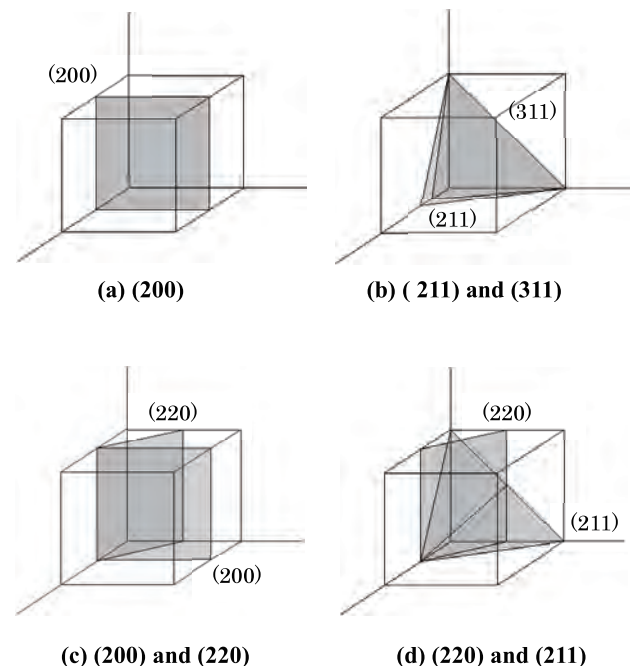


Fig.3.6 Schematic illustrations of the crystal lattice plane which was used for quantitative analysis.

で、単純に α' (211)よりも α' (200)の方が検出されやすいということになる。この要因としては、引張試験によって変形を与えたことにより結晶粒が回転したということが考えられる。本サンプルの変形初期の段階ではランダムな方位を持つ多結晶体である。それを引張試験によって一軸方向に変形させると結晶粒が回転し、特定の方向に配向して集合組織を形成する。X線回折による測定ではランダムな方位の試料であれば、試料に入射したX線は円錐状に散乱される。しかし集合組織を持つ試料では、入射したX線は一樣な円錐状に散乱されず、散乱されるX線の強度が不均一になってしまう。従ってこの場合、集合組織の形成により、 α' (200)によって回折されるX線の強度が強まり、 α' (211)によって回折されるX線の強度が弱まったのではないかと考えられる。

このことは、 γ 相についても同様のことが言え、 γ (200)- α' (200)と γ (220)- α' (200)では γ (220)が検出されやすく、 γ (311)- α' (211)と γ (220)- α' (211)では γ (220)が検出されやすいということがわかる。

4. まとめ

準安定オーステナイト系ステンレス鋼である SUS304 を用いて、 7.9×10^{-5} [1/s]、 3.3×10^{-4} [1/s]、 7.3×10^{-4} [1/s]の3種類のひずみ速度で引張試験を行った。そして、応力ひずみ曲線の挙動を調査すると共に、既報の研究結果との比較を行った。さらに、Mo管球を用いたX線回折によって加工誘起マルテンサイトの定量分析を行い、加工誘起マルテンサイトとひずみ速度との関係や、分析に用いる回折ピーク

と α' 相の体積分率との関係を調査し、以下の結論を得た。

(1) 局在ひずみの伝搬が生じる変形では、試験片が破断するまで、ひずみに比例して加工誘起マルテンサイトが生成される。それに対して、伝搬が生じない変形では、ひずみが50%を境に加工誘起マルテンサイトが生成されにくくなる。

(2) 定量分析は、比較する回折ピークの組み合わせが、算出される α' 相の体積分率の大きさに影響する。そして、比較する回折ピークのお互いの結晶格子面の面方向が類似した方向を向いていると α' 相の体積分率の値が大きくなる。逆に、それらの面方向が類似した方向を向いていなければ、 α' 相の体積分率は小さな値となる。

(3) 同じ相の回折ピークであっても、変形に伴う回折強度の変化が異なる。これは変形の進行に伴い結晶粒が回転することによって集合組織が形成され、ランダムな配向を持つ試料ではなくなるためだと考える。

参考文献

- [1]富永学、豊岡了、門野博史、低ひずみ速度域における SUS304 ステンレス鋼の特異な変形挙動の全視野観察、日本金属学会誌 第71巻 第8号(2007) p565-570
- [2]富永学、豊岡了、低ひずみ速度域における SUS304 ステンレス鋼の特異な変形挙動と加工誘起マルテンサイト変態、日本金属学会誌 第72巻 第8号(2008) p620-628
- [3]成井章記、X線によるマルテンサイト変態誘起塑性変形の検討、茨城工業高等専門学校特別研究論文(2007)