

鈴鹿工業高等専門学校紀要

第42巻

目 次

新入生学力検査「国語」を実施して —10年間の結果を通してみた教科指導のあり方—	西岡 將美	1
「南方か東方、どこか遠いところの女性」—ヘンリー・ジェイムズの 『ヨーロッパの人々』における「国際テーマ」	齊藤 園子	11
英語教育における E-learning 活用状況の調査	出口 芳孝 中井 洋生	17
三リンク柔軟関節ロボットの開発と重量物キャッチング動作への適用	白井 達也 別府 勇太 富岡 巧	25
電気工事士技能試験対策とその効果	北村 登 鈴木 昌一	33
ニューラルネットワークによる積層型静電アクチュエータの特性評価	川口 雅司 山野 勝久 奥田 一雄	37
ものづくり教育のための磁石教材—反発磁石を利用した振動のリミットスイッチ の製作	西村 一寛 芝垣 寛治 川口 雅司 北村 登 井上 光輝	43
エンジニアリングデザインと創造教育—Dr. Barry の講演から—	兼松 秀行 Dana M. Barry	49
Ni フリーステンレス鋼焼結材の窒素吸収挙動と機械的特性	黒田 大介 織田 直樹 塙 隆夫	57

準安定 β 型チタン合金の加工に伴う組織と材料特性の変化	万谷 義和	63
	田島 守	
	工藤 邦男	
ニッケル電極の充放電反応機構について —コバルト添加の影響—		
	小倉 弘幸	69
	山田 太	
	森 邦彦	
	宗内 篤夫	
	村林 昌直	
	伊藤 八十四	
リン酸燃料電池におけるセル電圧の酸素分圧依存性		
	小倉 弘幸	75
	宗内 篤夫	
	森 邦彦	
	山田 太	
	城上 保	
リン酸燃料電池カソード触媒層に関する考察		
	小倉 弘幸	79
	宗内 篤夫	
	伊藤 八十四	
	山田 太	
	城上 保	
リン酸燃料電池の電流密度分布式に関する研究		
	小倉 弘幸	83
	宗内 篤夫	
	岡本 健	
	山田 太	
	城上 保	
教職員の研究活動記録		
		89

奥付

MEMOIRS of Suzuka National College of Technology

2009 Vol.42

CONTENTS

Effect of working on microstructure and mechanical properties of metastable β -type titanium alloys.....	Yoshikazu MANTANI.....	63
	Mamoru TAJIMA	
	Kunio KUDOU	
Charge/Discharge Behavior of Nickel Electrode		
—Effect of Co Additives—.....	Hiroyuki OGURA.....	69
	Futoshi YAMADA	
	Kunihiko MORI	
	Atsuo SONAI	
	Masanao MURABAYASHI	
	Yasoshi ITO	
Oxygen Partial Pressure Dependence on Cell Voltage in Phosphoric Fuel Cell.....		
	Hiroyuki OGURA.....	75
	Atsuo SONAI	
	Kunihiko MORI	
	Futoshi YAMADA	
	Tamotsu SHIROGAMI	
Study on Cathode Catalyst Layer of phosphoric acid Fuel Cell	Hiroyuki OGURA.....	79
	Atsuo SONAI	
	Yasoshi ITO	
	Futoshi YAMADA	
	Tamotsu SHIROGAMI	
Research on Current Density Distribution Display Formula in phosphoric acid Fuel Cell.....	Hiroyuki OGURA.....	83
	Atsuo SONAI	
	Takeshi OKAMOTO	
	Futoshi YAMADA	
	Tamotsu SHIROGAMI	
<hr/>		
Research Activities of the Faculty Members		89

新入生学力検査「国語」を実施して —10年間の結果を通してみた教科指導のあり方—

西岡 將美^{1*}

1:教養教育科

高専における国語教育は、学生の「生きる力」の育成が最終目標である。その目標を達成するための具体的な学習については、「読解力」、「自己表現力」の向上が一番に挙げられる。各学年にふさわしい授業を開発しながら、実際の授業の魅力度を増すことが、学生の国語力向上に繋がっていくのであろう。

Key Words : 高専国語教育、学力診断検査、読解力、授業の魅力度

(受付日 2008年9月5日； 受理日 2008年12月24日)

1. はじめに

本校では平成11年度の新入学生から、入学時に以下に示す「学力診断検査」を実施している。その目的は学生の真の「国語力」を知ることである。本研究の学力診断には、以下に示す民間会社が製作している検査問題を10年間継続的に採用している。ただし、平成15年度以降の検査問題は、学習指導要録の改訂に伴い大幅に改訂された。本校での具体的な実施形態は、入学式直後「1日3教科・各学科一斉実施」という形をとっている。また、本検査問題の特色、妥当性・信頼性の検証については、参考文献として卷末に掲載することをお断りしておく。

教研式・全国標準・平成14年新中学校学習指導要領準拠
「高校新入生学力検査 高入A II」(国語)
(財団法人応用教育研究所 学力検査部著 図書文化社)

さて、その診断結果から得られたデータの分析をもとに、低学年における国語の教科指導のあり方を探り、授業実践における改善を試みてきた。これまでの学力診断のデータおよび研究の果実は、本校の研究紀要の(2001)¹⁾、同(2002)²⁾、同(2003)³⁾、同(2004)⁴⁾、同(2005)⁵⁾、同(2006)⁶⁾、同(2007)⁷⁾、同(2008)⁸⁾に報告してきた。

本稿においては、今年度およびこれまでの「学力検査」の結果分析をさらに詳細に行い、その上で今後、高専における国語授業のあるべき姿を探求するものである。

2. 今年度の「学力検査」結果の概要

まず、平成20年度の本校学力診断結果の概要を、次の2点にまとめて報告する。その1「標準得点(学力偏差値)」、その2「大領域別集計」である。

まず、本診断検査は本校の新入学生215名(男子166名、女子49名)が受検した。その全体の偏差値平均は61.4、標準偏

差8.8、5段階評価分布は、5は82名(38%)、4は91名(42%)、3は32名(15%)、2は10名(5%)、1は0名(0%)である。なお、5段階の偏差値は次のとおりに区分されている。

5=65以上、4=64~55、3=54~45、2=44~35、1=34以下

次に、本教科の学力診断の眼目は、先に改訂された指導要録に基づき、第1部は、「話すこと・聞くこと」(実際の検査は、CD録音の設問に答える聞き取り。時間は3分30秒間)であり、新学習指導要領の一番の眼目分野である。3分30秒間の聞き取りは、かなりの集中力が必要である。第2部は、「書くこと」(この領域の「書く」は「構成や論理の展開を工夫して書く」、「文章を推敲、批評すること」についての設問)である。第3部は「読むこと」(「短歌」、「俳句」の読み解き)である。第4部は、「言語事項」の領域(「漢字の読み書き」、「表現力」、「品詞の理解」)である。

表1「大領域別」における全国比較一覧表(%および全国=100)

部	内 容	5	4	3	2	1	本校 正解率	全国 正解率	全国比
1	話す・聞く	12	42	35	9	1	83.2	74.0	113
2	書くこと	24	47	18	10	1	59.0	41.3	143
3	読むこと	29	29	31	11	0	54.3	46.5	117
4	言語事項	36	28	25	7	4	53.2	37.1	143
計	平 均	25	37	27	9	2	62.4	49.7	129

詳細は後述するが、表1でいえることは、第1部から第4部、いずれの領域においても、本校の入学生の学力は全国比を上回る結果である。特に第2部の「書くこと」と第4部の「言語事項」については、全国比を大きく上回る結果である。その一方で、第1部の「話すこと・聞くこと」は、他の各部の5評価が20%以上である。その中で第1部は12%と低い値となっている。

3. 10年間における「学力検査」結果

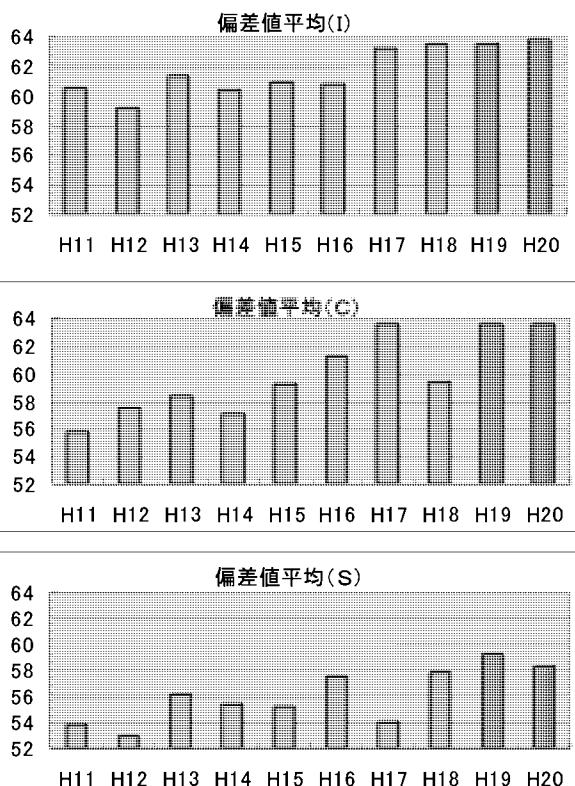
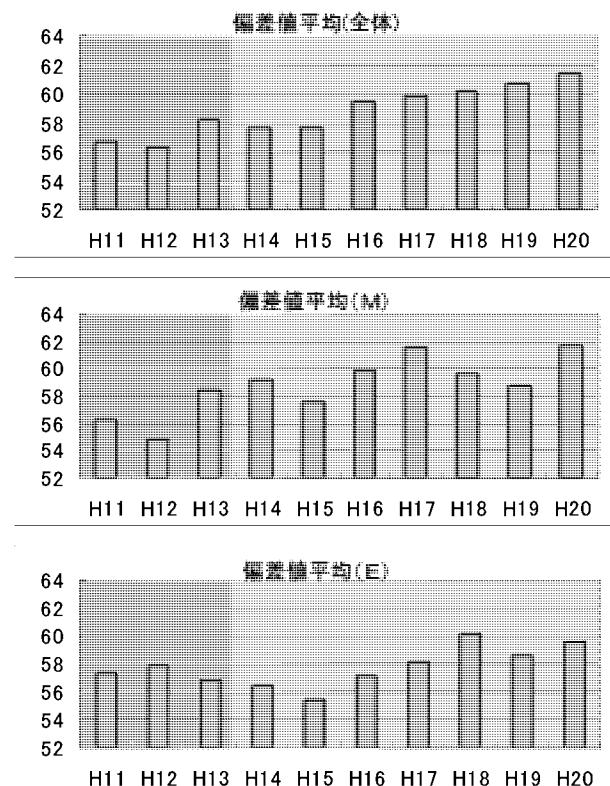
さて、本節では前述の概要を受けて、今年度を含めた10年間の結果をみることにする。10年間の偏差値平均と標準偏差は次表2、および図1、それに表3に示すとおりである。

表2 偏差値平均一覧表

	全体	M	E	I	C	S
H11	56.7	56.2	57.3	60.5	55.7	53.9
H12	56.3	54.8	57.8	59.2	57.5	52.9
H13	58.2	58.5	56.8	61.3	58.3	56.1
H14	57.6	59.1	56.4	60.4	57.0	55.4
4年間平均	57.2	57.2	57.1	60.4	57.1	54.6
H15(卒業)	57.7	57.5	55.5	60.9	59.3	55.3
H16(5年)	59.4	59.9	57.2	60.8	61.3	57.6
H17(4年)	59.9	61.5	58.1	63.2	63.5	54.0
H18(3年)	60.1	59.6	60.2	63.5	59.4	57.8
H19(2年)	60.7	58.8	58.6	63.4	63.5	59.2
H20(1年)	61.4	61.7	59.6	63.7	63.6	58.3
2年間平均	58.6	58.7	56.4	60.9	60.3	56.5
3年間平均	59.0	59.6	56.9	61.6	61.4	55.6
4年間平均	59.3	59.6	57.8	62.1	60.9	56.2
5年間平均	59.6	59.5	57.9	62.4	61.4	56.8
6年間平均	59.7	59.8	58.2	62.6	61.8	57.0

(注) M—機械工学科 E—電気電子工学科
I—電子情報工学科 C—生物応用化学科 S—材料工学科

図1 10年間の偏差値平均一覧図



上記、全体の偏差値平均を15年度生すなわち昨年度の卒業生の57.7を基点にみると。本校の入学生は昨年度の19年度生、現在の2年生が60.7、そして本年度が61.4であることからして、この6年間の伸びは3.7ポイントでレベルは着実に上昇している。一方、学科の伸びを同様にみて、M4.2、E4.1、I2.7、C4.3、Sが3.0である。

次に、学科間の偏差値の格差（最高と最低の差）をこの10年間でみてみよう。11年度、12年度IとSで6.6、以下、13年度は5.2、14年度5.0、15年度5.6、16年度4.1と格差は縮まった。しかし、17年度は9.2となり、この10年間の中でも学科間格差が一番大きな年度となっている。その後、18年度5.7、19年度4.3、20年度5.4となり、平均的な格差になった。続いて、H11からH20までの10年間の学科別の成績状況をみると、M、I、Cは20年度、Eは18年度、Sは19年度の最高点を納める結果となった。

次に「標準偏差」の分布表3でみてみよう。

表3 標準偏差一覧表

	全体	M	E	I	C	S
H11	7.8	7.2	7.4	7.3	6.9	8.5
H12	7.6	7.2	7.6	6.9	5.9	8.0
H13	7.8	8.8	7.2	6.1	7.5	8.3
H14	6.9	7.3	6.7	5.3	6.8	6.7
4年間平均	7.5	7.6	7.2	6.4	6.8	7.9
H15(卒業)	8.5	8.2	8.3	8.7	7.7	10.2
H16(5年)	8.9	8.0	8.5	9.4	9.8	7.7
H17(4年)	9.3	9.0	6.8	8.5	9.6	8.3

H18(3年)	9.4	9.4	9.9	8.2	8.6	10.0
H19(2年)	8.9	8.6	8.7	8.8	7.7	9.3
H20(1年)	8.8	7.9	8.5	8.1	8.6	9.2
3年間平均	8.9	8.4	7.9	8.9	9.0	8.7
4年間平均	9.0	8.7	8.4	8.7	8.9	9.1
5年間平均	9.0	8.7	8.4	8.7	8.9	9.1
6年間平均	8.9	8.5	8.5	8.6	8.6	9.1

いわゆる「標準偏差」とは、表れる数字の大小で学力のばらつきがわかる。表3の10年間を年度単位で概観すると、18年度は9.4となり最高値を示したが、19年度は8.9、20年度8.8となり、学力のばらつきが減少しつつある。次に学科単位の10年間をみよう。Mはばらつき大が18年度の9.4で、小は11、12年度の7.2である。Eは大が18年度の9.9で、小が13年度の7.2である。続いてIの大は16年度の9.4、小は13年度の6.1になっている。Cの大は17年度9.6、小は12年度の5.9である。最後のSの大は15年度の10.2、小は14年度の6.7である。全般的には学習指導要領の改訂以前の4年間が比較的ばらつきが少なく、改訂後の15から20年度までの6年間の入学生の方が格差大であることがわかる。最終的に、この6年間の学科の偏差（学力のばらつき）をみると、E、M、I、C、Sの順になる。

続いて、以下の表4、および付随の図2で偏差値を学年、学科別の5段階評価を6年間でみてみる。

表4 学力偏差値の5段階別割合表 (%)

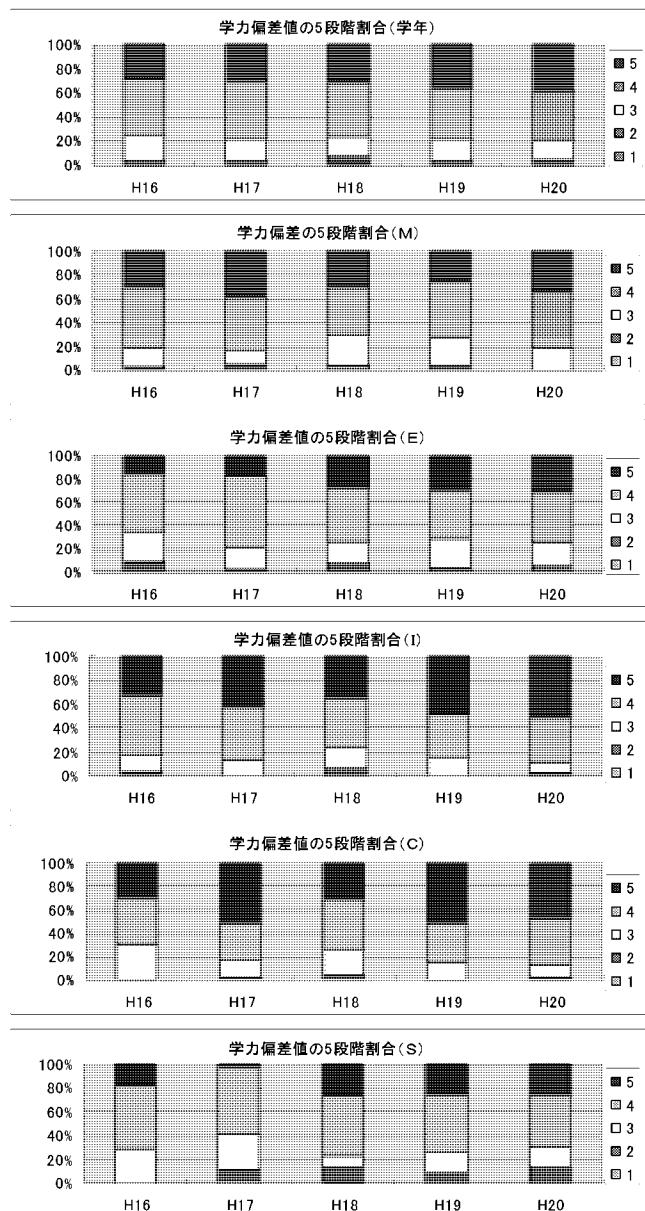
学科別	年度	5	4	3	2	1
学 年	H16	29	45	22	3	0
	H17	30	47	18	4	0
	H18	31	45	17	6	1
	H19	36	41	19	3	0
	H20	38	42	15	5	0
M	H16	31	51	16	2	0
	H17	40	44	12	5	0
	H18	30	40	26	2	2
	H19	25	48	23	4	0
	H20	35	47	19	0	0
E	H16	16	49	26	9	0
	H17	18	62	18	3	0
	H18	28	47	19	7	0
	H19	30	41	24	4	0
	H20	32	44	20	5	0
I	H16	33	49	14	4	0
	H17	43	43	14	0	0
	H18	41	48	19	7	0
	H19	49	35	16	0	0
	H20	51	37	9	2	0

C	H16	30	40	30	0	0
	H17	51	32	15	2	0
	H18	31	42	22	4	0
	H19	51	34	15	0	0
	H20	48	39	11	2	0
S	H16	19	52	30	0	0
	H17	2	56	30	9	2
	H18	26	50	10	12	1
	H19	25	48	19	8	0
	H20	25	45	16	14	0

(再掲) * 5段階の偏差値は次のとおりに区分されている。

5=65以上、4=64~55、3=54~45、2=44~35、1=34以下

図2 学力偏差値の5段階別割合図 (%)



この表ではいわゆる本校における国語の「良くできる」、あるいは「できる」、「できない」学生の各学科の分布状況がよくわかる。表からいえることは、今年度、学年評定「5」が6年間の中で最高値、「3」が最低値となり、これまでの6年間の中で一番偏差値が高いということができる。では、次に6年間の学科別をみると、Mの特徴は20年度「5」、「4」の評価が82%になり総合力は過去最高、その要因のひとつに「2」「1」が0%であることであろう。Eも「5」が16年度の2倍、「4」と合わせて76%である。Iで「5」が51%になりこれまでの最高値を示した。Cも「5」、「4」の合計が87%で過去最高値である。Sは他学科に比べると偏差値の伸び悩み傾向にあり、「2」も14%とこれまでの最高値ということになった。それに「5」も25%と低くなっている。

あらためて学年全体をみると、「5」は20年度が38%で最高値、それに対して、20年度の「3」は15%と最低値となっており、その結果が20年度の偏差値がこれまでの最高値61.4となったのである。

4. 全大領域、大領域および中領域等の学力比較検討

さて、検査問題の大領域は以下のように説明できる。

第1部は、「話すこと・聞くこと」(CD録音の題材を聞き、設問に答える聞き取り。時間は3分30秒間)であり、新学習指導要領の一番の眼目分野である。3分30秒間の聞き取りは、かなりの集中力が必要である。第2部は、「書くこと」(この領域の「書く」は「構成や論理の展開を工夫して書く」、「文章を推敲、批評すること」についての設問)である。第3部—「読むこと」(「短歌」、「俳句」の読み解き)である。第4部は、「言語事項」の領域(「漢字の読み書き」、「表現力」、「品詞の理解」)である。

さて、次に全大領域(第1部から第4部)の5段階評価を18、19、20年度の3年間を比較検討してみた。この分析を行うことにより、各年度入学生の学力傾向、各学科の特徴が分かることにある。表は、平成18年度(上段)、19年度(中段)と20年度(下段)の「全大領域」の5段階評価のすべての人数、それに百分率を加えたものである。

表5 平成18、19、20年度大領域別の評定(5段階)の学生数(%)

	学年	M	E	I	C	S
全 大 領 域	5	68(31.0)	13(30.0)	12(27.9)	18(40.9)	14(31.1)
	5	83(32.0)	12(25.0)	14(30.0)	24(49.0)	21(51.0)
	5	82(38.0)	15(35.0)	13(32.0)	22(51.0)	21(48.0)
	4	98(45.0)	17(40.0)	20(46.5)	21(47.7)	19(42.2)
	4	96(41.0)	23(48.0)	19(41.0)	17(47.7)	14(34.0)
	4	91(42.0)	20(47.0)	18(44.0)	16(37.0)	17(39.0)
	3	37(17.0)	11(26.0)	8(18.6)	4(9.00)	10(22.2)
	3	45(19.0)	11(23.0)	11(24.0)	8(16.0)	6(15.0)
	3	32(15.0)	8(19.0)	8(20.0)	4(9.0)	5(11.0)
	2	12(6.0)	1(2.0)	3(7.0)	1(2.23)	0
	2	8(3.0)	2(4.0)	2(4.0)	0	4(8.0)

	10(5.0)	0	2(5.0)	1(2.0)	1(2.0)	6(14.0)
1	2(1.0)	1(2.0)	0	0	0	1(2.0)
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

さて、この表からみて18年度、19年度、20年度と入学生的成績向上がみられ、20年度の「5」(82・35.0)と「4」(91・42.0)を合計すると173名、77%となり、18年度と比べると1%の伸び、19年度とでは4%の伸び率になっている。また、20年度の学科別の成績向上率を比較すると、Mは「5」と「4」で35名(43在籍)、82%、同様にE31名(41在籍)、76%、I38名(43在籍)、89%、C38名(44在籍)87%、S34名(44在籍)70%となっている。成績向上率は、I、C、M、E、Sの順である。

続いて、大領域4部、中領域10部構成の16、17、18、19、20年度の5年間の結果を比較してみよう。この分析によって、近年入學生の実力の中身が分かる。

分析する学力診断検査の「中領域」10部の内容は、以下の通りである。なお、「中領域」とは、指導要領の「内容」を参考に、各部を単元に近い領域に分類したものである。

大領域	中領域	内 容	全国正解率
第1部	①	構成や展開を考えて聞く	74.1
	②	構成や展開を考えて話す	74.3
第2部	③	構成や論理の展開を工夫して書く	41.7
	④	文章を推敲、批評すること	40.9
第3部	⑤	語句の効果的な用法の理解	54.8
	⑥	論理の展開や文章の特徴の把握	50.7
	⑦	短歌や俳句の特徴を読み取る	38.9
第4部	⑧	語句を理解し語彙を増すこと	42.0
	⑨	単語の活用や助詞・助動詞の理解	42.0
	⑩	漢字の読み・書きの理解	30.5

では、具体的に10分野の分野別の理解度チェックを、以下の表5で持って分析してみよう。ただし、中領域の全国比については、先に「全国正解率」に対してのものである。

表6 大・中領域別正解率(%) および全国比

大領域	H16	H17	H18	H19	H20
第1部	①84.5 (112)	83.7 (113)	82.4 (111)	84.5 (114)	82.7 (112)
H16	82.9 (112)				
H17	83.0 (112)				
H18	81.1 (110)	82.2 (111)	79.2 (107)	80.8 (107)	84.0 (113)
H19	82.8 (112)				
H20	83.3 (113)				
第2部	③ 54.7 (138)	54.9 (132)	53.0 (127)	52.2 (125)	53.0 (127)
H16	57.0 (138)				

H17 56.2 (136)	④57.8 (141)	56.6 (138)	57.9 (142)	58.8 (144)	60.5 (148)
第3部	⑤61.2 (112)	62.8 (115)	60.6 (111)	57.5 (105)	59.7 (109)
H16 52.2 (112)					
H17 53.0 (114)	⑥60.8 (120)	58.3 (115)	60.1 (119)	59.6 (118)	60.1 (119)
H18 53.3 (115)					
H19 52.5 (113)	⑦41.5 (107)	44.1 (113)	44.7 (115)	45.1 (116)	47.4 (122)
H20 54.3 (117)					
第4部	⑧57.1 (134)	57.2 (136)	57.0 (136)	55.9 (133)	54.7 (130)
H16 49.1 (132)					
H17 51.1 (138)	⑨54.4 (130)	54.2 (129)	55.4 (132)	57.9 (138)	53.7 (128)
H18 53.0 (143)					
H19 54.4 (147)	⑩41.3 (135)	45.6 (150)	49.1 (161)	50.8 (167)	52.0 (170)
H20 53.2 (143)					

まず、第1部大領域の正解率は、この5年間は全国比として、平均して110～112となっている。今年度わずかに向上した。中領域の「①構成や展開を考えて聞く」においては、18年度と同程度であり、「②構成や展開を考えて話す」では、この5年間の最高値になった。これまでの本校入学生の苦手部門からの一時脱却であろうか。後にこの成績向上の要因を小間分析でみてみよう。

第2部はこの5年間の最高値である。この大領域の全国正答率は41.3ことからして、「書くこと」の領域は全国の高校1年生年代の難問といえよう。ただし、本校のこの中領域の「④文章を推敲、批評すること」については、その平均が60.5(148)で全国比ではこれまでの最高点になった。

続いて、第3部も54.3(117)で、数値の上がり幅はわずかであるがこれまでの最高値となった。その理由として中領域の⑦「短歌や俳句の特徴を読み取る」が最高値の47.4(122)になったことに起因する。この⑦は5年前の診断では、本校の一番苦手部門であったが、全体からみてもわずかながら向上した結果といえる。後ほど、その要因を小間分析で探ってみよう。

最後は第4部である。19年度通過率54.4(147)から53.2(143)となり若干下降した。具体的には⑧、⑨がこの5年間の最低値になった。その一方で、⑩「漢字の読み・書きの理解」は19年度50.8(167)から、さらに52.0(170)になり最高点になった。

以上が、中領域の①から⑩までを5年間の推移を分析したものであるが、19年度は第3部だけが僅かながら下降、それに対して20年度は第4部が僅かながら下降したことがいえる。

次に中領域において19年度より正解率が下降した第4部の「⑨単語の活用や助詞・助動詞の理解」における小間分析をしてみよう。小間は以下の1～5である。この⑨はこの5年間の最低のランクになった。

表7 第4部中領域⑨の通過率(%)および全国通過率(%)

	内 容	H19 (全国)	H20 (全国)
第4部	1 送り仮名・短い	88 (62)	83 (62)
	2 慣用句・たなに上げる	76 (43)	67 (43)
	3 仮名遣い・つまづく	66 (43)	70 (43)
	4 語句・役不足	42 (20)	39 (20)
	5 主述の照応	63 (39)	62 (39)
平均通過率(全国率)		67 (41.4)	64.4 (41.4)

実際の設問を詳細に分析してみよう。

⑨次の各文には、表現上おかしなところが一か所ずつあります。その理由は何ですか。あとの中から適当なものを、それぞれ一つずつ選びなさい。
1 短かい休みをいなかで過ごした。 (ア)
2 自分のことはたなに上げて、人に気を使っている。 (エ)
3 石につまづいて、けがをした。 (イ)
4 そんな大任は、わたしには役不足です。 (ウ)
5 春休み中の不規則な生活が、新学期の学習意欲を失う。 (カ)
ア 送り仮名が適切でない。 イ 仮名づかいが適切でない。
ウ 語の使い方が適切でない。 エ 慣用句の使い方が適切でない。
オ 敬語の使い方に誤りがある。 カ 主語と述語とが照応していない。

設問1から5までで、正解率が最も低いものが「4 そんな大任は、わたしには役不足です。」で、答えは「ウ」の「語の使い方が適切でない。」である。この設問4の本校通過率は19年度42、本年度39であり、表現の学習および読解力診断であるといえる。本校の6割以上の学生が理解不足の実態である。余談を許されるならば、社会人としてこの程度の「言語理解」となれば、かなりの問題点である。言うまでもなく、「役不足」とこの設問の正解の「力不足」とは天と地をひっくり返すぐらいに意味を取り違えていることになる。いわゆる「読解力」が低いと、「読めないし、書けない。そして、話せない。」ということになる。

5. 今年度の学科別の特徴

学力分析の最後は、今年度の学科別特徴をみてみよう。この分析を行うことにより、上述の大領域別、中領域別の分析を、実際の各学科での学力の特徴をみることにより、それぞれの領域の分析を詳細にみることができる。

表8 平成20年度各学科中領域別の正答率(%)・全国比(全国=100)

	学年	M	E	I	C	S
1	① 82.7(112)	81.7(110)	84.8(114)	83.1(112)	85.8(116)	78.4(106)
	② 84.0(113)	84.7(114)	81.5(110)	85.0(114)	80.2(108)	88.3(119)
2	③ 53.0(127)	54.3(130)	41.5(100)	57.4(138)	53.8(129)	57.6(138)
	④ 60.5(148)	60.3(147)	57.3(140)	68.0(166)	64.6(158)	52.5(128)
3	⑤ 59.7(109)	60.5(110)	59.5(109)	57.2(104)	61.8(113)	59.5(109)
	⑥ 60.1(119)	60.1(119)	62.6(123)	58.1(115)	60.6(120)	59.1(117)
	⑦ 47.4(122)	47.0(121)	42.3(109)	50.6(130)	47.7(123)	49.2(126)

	⑧	54.7(130)	58.1(138)	52.0(124)	55.0(131)	57.6(137)	50.8(121)
4	⑨	53.7(128)	53.0(126)	58.5(139)	53.5(127)	63.6(151)	40.0(95)
	⑩	52.0(170)	54.7(179)	45.9(150)	60.1(197)	57.2(188)	42.0(138)
	平均	61.4(128)	61.7(129)	59.6(122)	63.7(133)	63.6(134)	58.3(120)
H19		60.7(127)	58.8(123)	58.6(122)	63.4(133)	63.5(134)	59.2(123)
	平均						

さて、表7を概観するに、先述の各学科の「できる」、「できない」領域が一目で分かる。具体的には中領域①「構成や展開を考えて聞く」では、Cの85.8(116)が最高である。②「構成や展開を考えて話す」では、88.3(119)のSが最高である。この第1部では、①と②で学科の最高と最低が対照的であることが認められる。続いて、③はSの57.6(138)が最高、Eの41.5(100)が最低である。学科間差が正解率で16.1、全国比は38の格差が認められた。④はIの68.0(166)が最高で、Sの52.5(128)が最低である。この④の中領域に関しても、正解率で15.5、38になっている。

第3部⑤は学科間の格差がない。続いての⑥も同様である。⑦は、⑤、⑥に比べると少々のしづかりは格差がある。最後に第4部の⑧はMの58.1(138)が最高で、Sの50.8(121)が最低である。比較的格差のない領域である。⑨の領域は「単語の活用や助詞・助動詞の理解」である。最高はCの63.6(151)で“よくできる”数値といえる。一方、Sの数値40.0(95)は10領域の中で、唯一全国比を下回っていることになる。その格差、正解率で23.5(56)となり、言い換えれば、この学科間格差は、実際の授業において、十分留意しなければならない。最後に⑩の「漢字の読み・書きの理解」については、本校の新入生の学力が一番高い数値を示している。言い換えれば「よくできる」学生が入学してきているといえる。学年の平均が52.0(170)である。最高値はCの60.1(197)で、最低値でも42.0(138)という数字である。ただし、全国正解率は30.5である。この中領域の10の中でも、一番全国の正解率が低く設定されている。言い換えれば、現在の中学校国語教育の中で、「語彙・漢字」分野において難点を抱えているといえる。

最後に、本節の分析を昨年度と比較してみよう。平成19年度と20年度を相対してみると、60.3(127)と60.8(128)、平均値にして0.5、全国比でわずかに1ポイントの向上となっている。偏差値の平均60.8は全体的にみて、5段階評価でいえば4.5の評価(4=64~55、5=65以上)になる。

続いて、学年の総合成績(全国比)を基本にして考えてみよう。学科別において、学年平均偏差値(全国比)より低いものをあげてみよう。まずMでは、①、④、⑦、⑨の4領域、Eは②、③、④、⑦、⑧、⑩の6領域、Iは⑤、⑥、⑨の3領域、Cは②の1領域、Sは①、④、⑥、⑧、⑨、⑩の6領域が低くなっている。これらのこととを以下の表にまとめてみよう。

表9 平成20年度各学科中領域別の全国比対応表(全国=100)

	学年	M	E	I	C	S
1	①	(112)	(110) ●	(114) ○	(112) △	(116) ○

	②	(113)	(114) ○	(110) ●	(114) ○	(108) ●	(119) ○
2	③	(127)	(130) ○	(100) ●	(138) ○	(129) ○	(138) ○
	④	(148)	(147) ●	(140) ●	(166) ○	(158) ○	(128) ●
3	⑤	(109)	(110) ○	(109) △	(104) ●	(113) ○	(109) △
	⑥	(119)	(119) △	(123) ○	(115) ●	(120) ○	(117) ●
	⑦	(122)	(121) ●	(109) ●	(130) ○	(123) ○	(126) ○
4	⑧	(130)	(138) ○	(124) ●	(131) ○	(137) ○	(121) ●
	⑨	(128)	(126) ●	(139) ○	(127) ●	(151) ○	(95) ●
	⑩	(170)	(179) ○	(150) ●	(197) ○	(188) ○	(138) ●
	平均	(128)	(129) ○	(122) ●	(133) ○	(134) ○	(120) ●

(注) ○印=高「できる」 ●印=低「できない」 △=同点

上記の表以外の領域は、全国比を上回っていることになる。私の第1学年国語授業においては、各学科の「できる」、「平均(同点)」、「できない」を十分に留意して行うことができる。

これらの分析は単に点数の比較を試みるだけではなく、各年度の各学科の成績状況が確認でき、非常に有効な分析結果ということができる。

6. 高専国語教育の考え方および留意点

さて、上記は本校における国語の学力診断結果について分析、検証した。その診断結果を踏まえて、本節以降は筆者の高専国語教育はどうあるべきかという課題についての考えを述べてみたいと考えている。

現に高専学生にとって国語という教科は、単なる入学試験に合格するための一教科に過ぎなかったのか。そして、なぜ入学後も「この教科を学ばなくてはならないのか」という疑問を抱きながら国語を学習していくことになっているのか。具体的には「文学作品にみる主人公の気持ちを知り、それがどうした。」「難解な説明的文章を読む必要はなぜか。」「古文の文法は日常使わない。それなのになぜ覚えなくてはならないのか。」など、国語という授業は一般的に「高専生」には厄介なものでしかないのかである。その証拠として、筆者はこの10年間、新入生に対する国語に関する「学習前アンケート」を実施しているが、10年間を総じてみると約5割強が「嫌い・苦手・興味がない」などの言葉で学習意欲が旺盛でないと答えている。それに反して、「好き・興味がある」などの肯定的に答えた新入生は約2割弱といえる。ここから、本校における国語教育は始まるのである。

その一方で、中学校では国語は「基幹」教科として位置づけられている。ただし、それは「受験」という壁を突破しなければならないという現実の「点数」を取るために他ならないことのようだ。現行の中学校の学習指導要領に示されている国語の授業時数は、第1学年が140時間、第2学年と第3学年が105時間である。各学年の「育成する言語能力」は明確であり、それを実践しておれば「言語能力」が身につく、言い換えれば、国語力が身に付いていくことになる。しかし、現実にはそうとはなっていない。

平成19年11月、第36回全日本中学校国語教育研究協議会宮城大会が開催され、実行委員長の末永精悦氏(宮城県仙台市立八木

山中学校長)⁹⁾は、大会の研究主題の一つとして、「学びがいのもてる授業」を目指してと設定した。具体的な授業者としての姿勢は、以下に提唱されている授業に尽きるとした。

- 1 ことばの学び方について、生徒の知的好奇に訴える授業
- 2 生徒に新しい発見や新しい言語技術の獲得を提供する
- 3 満足感や成就感を高める学習活動の導入
- 4 学習に目的意識と見通しをもたせ、自己や相互評価を生かす
- 5 教師の効果的な出番がある授業

これらの提唱は、どの時代のどの学校種に限らず、授業者が心得、留意すべきものであるといえる。そもそも「学びがいのある授業」とは、学生が将来の「生きる力」を身に付けるために、自らが積極的に授業に参加する授業と言い換えることができよう。平成20年1月17日の中央教育審議会答申における学習指導要領の改善においても、先にある学習要領の「生きる力」をはぐくむという基本理念を受け継いでいる。特にコミュニケーション能力や感性・情緒の基盤である言語に関する能力の育成をより重視し、学校の教育活動全体で取り組むことを強調している。

もう一点、我々、指導者が留意しなければならないことがある。それは、国際的な学力調査、PISA調査における「読解力」の低下傾向が指摘されていること、ただし、この「読解力(リーディング・リテラシー)」はいわゆる国語の読解力だけではなく、「自らの目標を達成し、自らの知識と可能性を発達させ、効果的に社会に参加するために、書かれたテキストを理解し利用し熟考する能力」と定義されている。

では、その「基幹」教科としての国語科の指導はどうあるべきか。具体的には、「読み書きなどの基本的な力を定着させた上で、記録、説明、論述、討論といった学習活動を充実」させる姿勢、指針の明確化を図る必要性がある。このように、高専学生に「読解力」を身につけさせ国語の指導はどうあるべきかを、あらゆる機会を通じて考えなくてはならない。

ところで、独立法人国立高等専門学校機構が平成18年3月、高専学生評価を企業及び卒業生に対する意識調査「高等専門学校のあり方に関する調査」を実施した。その結果、多くの企業が高専の卒業生の、特に専門知識、コンピュータ活用能力、誠実さなど技術者としての資質について満足していると答えている。その反面、多くの企業が、彼らの持つ「その場に即応した自らを表現する力」が、大学卒業生に比べると少なからず落ちる傾向にあるという。近年、就職、進学の面接や口頭試問で、いわゆるその「その場に即応した自らを表現する力」を發揮できない学生が、10年ほど前の卒業生と比べると多くなっているように感じる。つまり、先のPISA調査における「読解力」の低下傾向に他ならない。これらの意識調査からいえることは、よりもなおさず「自ら考える力」、「自ら表現する力」を向上させる、および「問題解決能力」を養うためのコミュニケーション学習の充実を目指すことである。

7. おわりに—「授業の魅力度」を増す—

おわりにあたって私見を述べておこう。高専の国語教員として高専生に何を身につけさせ、卒業後の社会人的教養を意識しながら

の「国語教育」はどのように考えなくてならないのかである。

生涯にわたって自ら学ぶ力、「生きる力」の育成は、国語の基本学習である日常の言語生活と密接に関わりをもつといえる『聞く』『話す』『読む』『書く』の力の育成であろう。千葉大学首藤久義教授¹⁰⁾によると、これは「生活国語力」と称せられ、「基礎的・基本的な知識・技能を活用して課題を探究することのできる国語の能力を身に付けることに資するよう、実生活の様々な場面における言語活動を具体的に内容に示すこと」と述べられている。

一方で、これらを身につけるには、やはり「指導力」の向上が必要であろう。「近頃の学生は勉強しない」と嘆く教師が大勢いる。その一方で、学生の多くは「勉強は大切だ」と考えているのである。学生の現状は「勉強は大切と考えながらも、やれない。できない。」と思い込んでいる場合が多い。この学習者の思い込みの奥底にある弱点は何かを再考しなければならない。教科を超えて「辯いところに手が届く」教育が、高専教育の特徴にならなければならないと思う。教師のアドバイスをしっかりと受けて克服していくという意識が、学生の中に生まれてくることが、眞の指導であり教育であると考える。

ここで問われる教師力(指導力)を二方向からみてみよう。

① 授業デザイン力（「単元学習」授業を設計する力）

学習者の実態から、この学習にどのような力をつけ（指導目標）、そのための学習目標を探る。教材、方法、形態を設計する。

② 授業における教師の行動力（見る、対話など）

学習者の示す行動に対する反応（学習の進捗状況、つまずきや意欲）、指導者との学習者の温度差、最終的には指導の有効性を確認する。

この場に及んで言うべきこと言葉でもないが、やはり、「教師が指導者であるプロ意識力を發揮する」ことが重要である。いわゆる「教師力」は、「書く力も読む力も話す力も聴かす力」も、目的や相手のある場（学生を目の前において）でことばを実際に使う中で、「力」を高めていくことが実際であろう。

本校の独自な国語教育を展開するには、毎年、全国レベルの学力診断検査の偏差値平均を勘案するべきである。ありがたいことに、本校は昨年以上の61.4と全国レベルの水準以上である。よって、この水準以上から学力向上を目指すという目標を達成するためにも、自学自習できる環境条件を整えることを第一だと考える。そうすれば、学生は学習に立ち向かうことができるようになる。その方法は各学生に対して、先に述べた「授業デザイン」教育指針に尽きる。つまり、自学自習する学生は能力が伸びるだけでなく、本当の「学ぶ」喜びを知るのである。

では、そもそも授業「デザイン」とは何か。原研哉氏はその著書「デザインのデザイン」（「岩波書店」2003年）において、「ものづくりやコミュニケーションを通して自分たちの生きる世界をいきいきと認識することであり、すぐれた認識や発見は、生きて生活を営む人間としての喜びや誇りをもたらしてくれるはずだ」と定義している。したがって、「授業をデザインする」とは、教師と学生が教室で営んでいる学びを、いきいきと教師自身が認識することである。これらの考え方を実践するために、筆者は各定期

試験後、各学生の試験の点数にかかわらず、彼らが本当の学ぶことを再確認する「百点満点レポート」を提出させるようしている。本レポートを作成することの意義を説き、個々の学生に対して積極的に取り組んでもらっている。学寮や家庭学習での自主学習の成果や努力を「褒める」、「認める」、「励ます」、そして、「アドバイス」を行う意図を持っている。

つまり、個々の学生への対応がスムーズに行き、言葉を大いにかけて、勉強意欲の促進を大いに図ることができると信じている。単元の学習内容を教えるテクニックを向上させること、つまりは、学生にとっての学習環境、それは教師の力量、「授業をデザインする力」を向上させながら、同時に一人ひとり学生の学習をよりよくするために、教師自身が努力することであろう。

References

1. 「国語、数学、英語の『新入生学力検査』を実施して一本校における低学年教科指導のあり方ー」鈴鹿工業高等専門学校紀要 第34巻 (2001)
2. 「国語、数学、英語の『新入生学力検査』を実施して (2) 一自ら学ぶ力を養成する視点からー」鈴鹿工業高等専門学校紀要 第35巻 (2002)
3. 「国語、数学、英語の『新入生学力検査』を実施して (3) 一理解度の個人差に配慮した教科指導ー」鈴鹿工業高等専門学校紀要 第36巻 (2003)
4. 鈴鹿高専における導入教育のあり方ー国語、数学、英語の「新入生学力検査」の活用ー」鈴鹿工業高等専門学校紀要 第37巻 (2004)
5. 高専国語コミュニケーションスキル教育のあり方ー国語「新入生学力検査」これまでの経過ー」鈴鹿工業高等専門学校紀要 第38巻 (2005)
6. 高専国語コミュニケーションスキル教育のあり方(2)ー「新入生学力検査」の7年間の結果を通してー 鈴鹿工業高等専門学校紀要 第39巻 (2006)
7. 高専国語で「コミュニケーション能力」を身につける方法ー「新入生学力検査」から探るー鈴鹿工業高等専門学校紀要 第40巻 (2007)
8. 高専国語教育で何を教えるかー「新入生学力検査」結果をふまえてー鈴鹿工業高等専門学校紀要 第41巻 (2008)
9. 『月刊国語教育』特集「授業をデザインする力」東京法令出版 (2008. 9)
10. 『月刊国語教育研究』特集「国語力を育てる単元学習」「生活国語力を伸ばす国語活用単元ー活用の場で探究・習得をー」日本国語教育学会編 (2008. 4)

参考文献

- 1) 『月刊国語教育』特集「国語力を育てるコラボレーション」東京法令出版 (2008. 7)
- 2) 『月刊国語教育』特集「国語教師の忙中閑」東京法令出版 (2008. 8)
- 3) 『日本語学』特集「思考力・判断力・表現力の学習活動」明治書院 (2008. 7)

- 4) 『日本語学』特集「これから求められる『読解力』～PISA調査の『読解力』とは何か～」明治書院 (2006. 6)
- 5) 月刊国語教育』特集「これからの時代に求められる国語力」東京法令出版 (2005. 9)
- 6) 『月刊国語教育』特集「国語教師のセンスを磨く」東京法令出版 (2007. 8)
- 7) 「高校新入生学力検査 高入A II」(国語)【実施と利用の手引】
教研式・全国標準・平成14年新中学校学習指導要領準拠
「高校新入生学力検査 高入A II」(国語)
(財団法人応用教育研究所 学力検査部著 図書文化社)

(1) 本検査の特色

各教科とも、中学校学習指導要領に準拠し、その主要なものを取り上げ、適切な問題を選んでいる。得点は学力偏差値に換算して、他教科との比較を容易にするとともに、同時に評定段階も求めている。各教科、領域別に基準を用意してあるので、どの領域の学力が高く、どの領域の学力が低いのかを診断できる。採点のスピード化と正確化を図るために、作問法として多肢選択法を行い、解答方式を「マーク・シート方式」にしている。

(2) 妥当性・信頼性の検証について

本検査の問題は、学習指導と教育評価の専門家による協力のもとに、中学校学習指導要領に示されている内容に従い、全国的に使用されている教科書を参照して作成された。また、各領域についての問題が特定の観点に偏ったり、ある内容に集中したりしないように注意した。また、項目反応理論による妥当性の検討を行い、識別度と困難度を算出した。次表のとおり、各教科とも高い識別度が確認できた。また、困難度の値は通過率が50%のときに0.0になるように調整している。困難度の平均は-0.57～0.14に分布しており教科によって若干の違いがみられるが、その標準偏差は比較的大きく、易しい項目ばかりではなく、難しい項目も含まれることがわかる。全体としてみた場合、適切な項目から検査が構成されていることが確認される。

国語		
識別力	平均値	0.36
	標準偏差	0.10
困難度	平均値	0.14
	標準偏差	2.01

一方、キューダー・リチャードソン法によって、すべての小問が、ただ1つの共通因子である学力を測定しているかという内部一貫性を示す、信頼性係数を求めた。それによると、次表で示すとおり、高い信頼性が確認された。また、本検査で設定された基準である平均値が、全国の生徒を母集団とする標準学力検査の基準として、どの程度正確であるかをみると、平均値の信頼区間で表される。次表がその信頼性係数である。

国語	
信頼性係数	0.36
平均値の信頼区間	31.8±0.249

Standardizing the Academic Ability Testing on “Japanese” for First Year Students at SNCT

-To Pursue Ideal Methods for Teaching and Learning “Japanese” Based on Results of Testing for 10 Years-

Masami NISHIOKA^{1*}

1: Dept. of general education

Education in “Japanese” at National Colleges of Technology has the ultimate objective to cultivate the ability to survive. The most important thing is to improve students’ “readability” and “ability in self-expression” for the achievement of the objective in class. Conducting fascinating class suited to each year level will contribute to students’ ability in “Japanese.”

Key Words: Education in “Japanese” at National Colleges of Technology, Academic Ability Test, readability, conducting fascinating class

(ノート)

“Some Southern or Eastern, Some Remotely Foreign, Woman”: The Question of “the International Theme” in Henry James’s *The Europeans*

Sonoko SAITO*

Dept. of General Education

Henry James’s *The Europeans* (1878) is a short novel that exhibits his well-known “international theme.” This theme treats the boundary between America and Europe, where the characters encounter and experience conflicts because of the differences between them. However, it should be noted that the conflicts take place not because of the differences between the two continents but rather due to the omnipresent boundaries that exist between the characters. When James tries to question and recast a boundary—the major concern in and purpose of his early writing—references to an increasing number of spaces take shape, though ambiguous. These can be called “third spaces.” This study takes up the already thoroughly discussed “international theme” in the context of *The Europeans* and points out the significance of third spaces, thereby indicating the possibility of exploring and clarifying the same issue in later stories. “Owen Wingrave” is one of these later stories, which provides us with concrete and detailed information on the various boundaries in question.

Key Words: Henry James, international theme, boundaries, identity, the Orient

(Received: September 5, 2008 ; Accepted: December 24)

The objective of the paper is to study the meaning of “the Oriental” or “the East” in Henry James’s stories. These spaces sometimes appear in novels such as *Roderick Hudson* (1875) and *The Europeans* (1878). This paper will mainly deal with *The Europeans*, James’s early novella, especially focusing on its ending. In *The Europeans*, the reference to these spaces is ambiguous. However, it seems that the spaces come to appear with more concrete background information in later stories such as “Owen Wingrave” (1892). This paper will later look at “Owen Wingrave” and indicate the focus of my further study.¹

1. James’s Purpose

James was born in America, but he became naturalized in Britain toward the end of his life. He is known as a prolific writer with an elaborate style. For the author, writing was the practice of constructing his identity both as writer and as an individual.

In the early stage of his career, James consciously aimed at establishing a new American identity. He wrote the following:

We [Americans] have exquisite qualities as a race, and it seems to me that we are ahead of European races in the fact that more than either of them we can deal freely with forms of civilization not our own, can pick up and choose and assimilate and in short (aesthetically etc.) claim our property wherever we find it. ... To have no national stamp has hitherto been a defect and a drawback, but I think it is not unlikely that American writers may yet indicate that a vast intellectual fusion and synthesis of the various National tendencies of the world is the condition of more important achievements than any we have seen. We must of course have something of our own — something distinctive and homogeneous — (*Henry James Letters* 77)

He is suggesting that the American quality can be obtained by synthesizing or consolidating “various national tendencies of the world.” Taking into consideration the fact that James regarded an engagement in art as involving “choice and comparison” (AF 23), “essentially selection” (AF 38), and as requiring “a sense of proportion and relation” (HA 144), suggests that his attempt is concerned with creating the “original” entity, which consists of copies and, yet, is still homogeneous and unique to America as a nation.

However, at the same time, James’s early concern is the boundary between Europe and America and not the concept of “various” nations.

¹ The following is the list of abbreviations for the titles of James’s works. Hereafter, they will be referred to as follows in parentheses, along with their page numbers.

AF — “The Art of Fiction”

EP — *The Europeans*

HA — *Hawthorne*

OW — “Owen Wingrave”

RH — *Roderick Hudson*

“European races” were central to his literary exploration. It appears as though dealing with the “various national tendencies of the world” is akin to destabilizing the boundary between America and Europe in order to reunite the two. Working on the boundary to recast it seems to have been important for James as it would accord him a space within which he could locate himself. Thus, James’s stories seem to help him fashion and narrate a tradition where he can secure a space for himself.

The words of Rowland Mallet in *Roderick Hudson* can explain what James is trying to achieve. Roland is an American patron of Roderick Hudson, a very early Jamesian artist. Roderick declares that he wishes to become “the typical, original, *aboriginal American artist!*” (*RH* 33). Roderick’s intention is to establish an aesthetic tradition rooted in the American nation, which is not imitative but original. Roderick adds, “I should like ... to go to Athens, to Constantinople, to Damascus, to the holy city of Benares” (33). This is instantly met with Rowland’s strikingly decisive view toward the tradition that he thinks he and Roderick ought to be engaged in. He says, “No,” and continues as follows: “if you were to go to Rome you would have to settle down and work. Athens might help you, but for the present I shouldn’t recommend Benares.” (*RH* 33-4)

The reason for his excluding “Benares” and for ambiguously adding “for the present” is not clear. In the end, Rowland’s scheme is to work solely on the boundary between Europe and America. Yet, the reference to Benares seems inevitable, Roderick’s death puts the question of national tradition to a halt, by showing the impossibility of American tradition both in Roderick’s sense and in Rowland’s sense, which is the unification of America and Europe. It is highly possible that conceiving the reunion with Europe requires still more boundaries and space that can supplement the European-American space.

This third space ambiguously appears from time to time when James situates his characters in a relevant place neither in America nor in Europe. The third space is imaginary and ambiguous in the early years of James’s career, but it seems that toward the later years of his career, his use of third spaces becomes more concrete and even powerfully threatening to his European-American space.

2. “The International Theme” in *The Europeans*

The Europeans exemplifies the concept of third spaces posing a threat to the European-American space. The spaces — “the Oriental,” “the East,” and “China” — function as empty signifiers that allow James to avoid giving a definitive answer to his irresolvable question; James can create a space within which unity between Europe and America may be obtained, or at least where the question of the unity can be left unanswered.

In the story, the Europeans — Eugenia and Felix — are placed in opposition to the provincial and “settled” American community of Mr. Wentworth. In fact, however, the origins of these Europeans are in

America. They are the children of Mr. Wentworth’s half-sister and a man from Sicily whose parents are American. However, we discover that the Wentworths consider their father to be a “foreigner” (*EP* 27). Further, Felix denies the idea that they are Sicilian. At the same time, although Felix was born in France and Eugenia in Austria, he does not declare that he is French, either. Rather, he prefers the expressions “vagabonds” (*EP* 27) or “Bohemians” (*EP* 68), and identifies himself as “European.” Eugenia and Felix peculiarly lack a place where they belong. It is not their *origins* that make them “European.”

In this sense, the story involves a conflict between different American genealogical groups, and the boundary is established on the basis of each group’s unique experiences. The story is an experiment to see what and how provincial Americans can be internationally “original,” while consolidating different national tendencies, under a shifting and transforming social system.

At the end of the story, a marriage takes place between Gertrude Wentworth and Felix Young — a couple that consists of an American native and an expatriate. This is in a sense a success of the unification of American and European cultural tendencies, which might fashion a new form of American. However, the narrator’s concluding sentences are problematic.

Gertrude left her father’s house with Felix Young; they were imperturbably happy, and they went far away.... Gertrude was for a good while a distant figure, but she came back when Charlotte married Mr. Brand. She was present at the wedding feast, where Felix’s gaiety confessed to no change. Then she disappeared, and the echo of a gaiety of her own, mingled with that of her husband, often came back to the home of her earlier years. Mr. Wentworth at last found himself listening for it; and Robert Acton, after his mother’s death, married a particularly nice young girl. (173)

In this quotation, the narrator asserts that the couple becomes “imperturbably happy” after their marriage. However, the narration sounds rather cynical and it seems that the couple does not settle somewhere that is recognizable. Gertrude literally “disappears” and the couple is suddenly displaced. Their identity is reduced to “the echo of a gaiety,” coming back to Mr. Wentworth only occasionally from somewhere unknown. The novella’s ending, that is, the two figures’ marriage, seems to be only possible in an ambiguous space, or a third space that they would inhabit.

The other marriage plot — that of Robert Acton and Eugenia — suggests the importance of other spaces than America and Europe. While their relationship is unsuccessful, both characters display various national tendencies. Acton is referred to as “a man of the world” (33) who has been to China where he acquired his present fortune. According to the narrator, his “national consciousness” has been “complicated” by the

experience (80). In fact, his experience makes him a patriotic and reserved American. Although he supposedly has a broad point of view, he still seriously considers himself to be an American, hating to witness Americans being abused (*EP* 80).

The European influence on Eugenia is obvious. However, the narrator introduces cultural complexity to her character by decisively affirming that "she was not pretty" (7). The narrator continues as follows:

Her forehead was very low — it was her only handsome feature; and she had a great abundance of crisp dark hair, finely frizzled, which was always braided in a manner that suggested some Southern or Eastern, some remotely foreign, woman. She had a large collection of earrings, and wore them in alternation; and they seemed to give a point to her Oriental or exotic aspect. (7)

Eugenia is given "remotely foreign" features or a multicultural potentiality rather than those hinting at her Europeanness, with her "crisp dark hair" and some Southern or Eastern, Oriental or exotic aspects. Her cultural identity is singularly mixed. She is regarded as a dangerous figure to the New England community, one who disturbs its calm and stable relationships. Eugenia is excluded from Acton's house and family. Singularly, Acton's house, the congregation of various identities, is firmly enclosed inside of New England, refusing to unite with the "foreign" and mixed features in Eugenia.

For one thing, James presides over the marriage of Felix and Gertrude, but the couple's union seems to only be possible in an ambiguous space. The story cannot give any reality to their marriage with regard to what sort of place can include them. The consequence of their marriage seems to be indescribable under the classification system the story is based on. On the other hand, various cultural tendencies, including ones associated with spaces other than Europe and America, are suggested in Acton and Eugenia in order to appropriate an inclusive nature for these characters. However, these various tendencies function rather as disruptions to American and European unification.

3. "Owen Wingrave" and the Threatening "East"

This obscure identity of the third space seems to appear with more concrete detail in James's later stories such as "Owen Wingrave." In this case, the third space becomes even more threatening to the construction of national and familial identity.

The story deals with the social issues surrounding war and the army. Owen's family and those surrounding him expect him to enter the "military profession" (OW 274). The Wingraves are "such a fascinating specimen of an old English home" (291) and carry "a great tradition" (296) of raising professional soldiers. Owen is the last heir of the tradition, endowed with both an ideal mind and body for military service. However, against these expectations, he refuses to join the army, which creates

conflict with others. Not only the living but also the dead, revived in the form of ghosts, object to Owen's decision. In the family house in Paramore, "strange voices seem ...to mutter at" Owen (297) and Owen says that he has "started up all the ghosts" (297).

When Owen dies, the "great tradition" is interrupted and, thus, cannot be inherited. The military tradition and his personal principle can be compatible only in death. However, ironically, Owen is found dead like "the young soldier on the gained-field" (319). As Michael Halliwell notes, quoting Leon Edel's words, "[James's] hero performs a brave soldierly act even while defying militarism" (Halliwell 223). However, his death literally puts an end to the Wingraves' long established fame for their military service, leaving only Owen's elder brother, who is described as "imbecile and vanished from view" (277).

The story provides rather concrete information concerning the cause of the tragedy. It tells us that behind the story lies a colonial experience in the East. Owen's father seems to have been killed in an Eastern war. His father, also named Owen Wingrave, died of a "death-cut" from "an Afghan sabre" (278). As for his mother, she is said to have been in India when her husband died, and she lost her third child as a result of her grief. Even Phillip Wingrave, Owen's grandfather, has a legendary "Eastern past" (279).

The cause of Owen's death is further notable. The surrounding figures lead to the death as a whole but the direct cause seems to be brought by Kate Julian, Owen's supposed fiancée. She entices Owen to enter "the White Room" (300), a haunted room in Paramore where Owen is later found dead. Kate is eighteen and is staying with her mother Mrs. Julian (279) in Paramore with Sir Philip Wingrave and his daughter Jane Wingrave, who is also Owen's aunt. Mrs. Julian is the sister of Captain Hume-Walker, who was engaged to marry Miss Wingrave. However, Miss Wingrave breaks off the engagement to him and he falls in the Indian Mutiny. With a sense of regret and atonement, Miss Wingrave takes Mrs. Julian and her daughter Kate to her estate when they have experienced hardship from "a still heavier blow" (280). Miss Wingrave seems to be determined to forge a "union" (299) between Kate and Owen to compensate for her unfulfilled engagement.

Spencer Coyle observes that Kate is more or less "a mere dependent" in Paramore, but seems to be "the most important person in the house" (292). She is "original" (304) and "extraordinary" in the eyes of Coyle (292), and Owen's friend Lechmere says that "she's a most extraordinary girl — I don't know what she's up to" (316). She is also said to have "a curious charm" (299) and is peculiarly associated with exotic elements. The narrator often mentions her "strange" (307) eyes, which are referred to as "long Eastern eyes" (303) or "Oriental eyes" (313). This association lacks origins, as her pedigree is not very clear; only Owen's ambiguous explanation is provided, that Kate's father, who was a soldier, fell in battle and "her grandfather, and *his* father, and her uncles and great-ones — they all fell in battle" (298).

Together with the lack of information on her father's pedigree, Kate's identity is indistinct. She is similar to Eugenia in *The Europeans*, but unlike Eugenia, Kate is not just mysterious but powerful enough to threaten the identity of old English pedigree and its traditional practice. Kate works at the heart of the Wingraves and finally displaces its only heir.

4. Various Boundaries

It appears as though the spaces secure a prestigious place in which irresolvable matters are brought to a halt. Toward the later years of his career, however, James's use of such third spaces becomes more concrete and powerfully threatening to the American-European space.

Recasting the boundary between the overwhelming presence of tradition in Europe and its lack in his naïve America was necessary for James as an artist and as an individual in order to narrate the legitimacy of his own presence in space and time. This process, however, conjures up still more ambiguous but powerful boundaries of unknown spaces. James's frequent use of the supernatural is inevitable because of this ambiguity. The boundary may be one that exists between the West and the ghostly figure of the East.

This may result from James's experiences of the social change during the era. In one of his last stories, "The Jolly Corner" (1908), the ghost that haunts and confronts the protagonist in America embodies his alternative life, which would have been spent in America instead of in Europe. The ghosts take shape on the cultural boundary between America and Europe; however, they contestably show a further cultural complexity. Hsuan Hsu's point in his analysis of "The Jolly Corner" seems to be correct in saying that various immigrant populations are described in the story. Hsu states that American society at the turn of the century involves features that can be attributed to the mode of globalization within the nation (Hsu 234).

This shift also explains James's writing style. It has been said that his style depicts the history of the struggle to grasp himself and the national, cultural, racial, and gendered norms in which he lived. John Carlos Rowe says as follows regarding James's style:

Jamesian style is rarely the consequence of purely aesthetic effects; he writes well because he has so much to say about the societies in which he participated. The complexity of the Jamesian sentence says less to me about James's genius as a writer than it does about the vast intricacies of the social systems he was at such pains to represent and interpret. (x)

Hsu also associates James's stylistic features within a broader context by stating that "James's lengthy and rhetorically virtuosic sentences — often seem to partake of the *abracadabrant* and illegible verbal heterogeneity

he finds among New York's immigrant community" (239).

As for James's early purpose, it seems that despite his efforts, the national tradition that he tried to construct in his early stories does not indicate the solitary identity of American culture; instead, ironically, the stories question the very possibility of the entity. Looking at *The Europeans* provides us with an early example of James's use of the East or the Orient. Read together with later stories like "Owen Wingrave," *The Europeans'* ambiguous ending and Eugenia's cultural complexity can provide further dimensions for the understanding of various spaces in James's work and how the references to these spaces are developed into more concrete images during his career and lifetime. Over the course of further research, I will especially explore the lineage of Kate Julian, a culturally obscured and threatening character in "Owen Wingrave," to trace her Eastern origin. Such an investigation may show that not only Kate but also Owen could be culturally and possibly ethnically complicated and mixed. This further research would contribute to the recent discussion on various fictional characters of the "transnational" James.

WORKS CITED

- Halliwell, Michael. *Opera and the Novel: The Case of Henry James*. Amsterdam: Rodopi, 2005.
- Hsu, Hsuan. "Post-American James and the Question of Scale." *Henry James Review* 24 (2003): 233-43.
- James, Henry. "The Art of Fiction." *The House of Fiction: Essays on the Novel by Henry James*. Ed. Leon Edel. London: Rupert Hart-Davis, 1957. 23-45.
- . *The Europeans*. Harmondsworth: Penguin Books, 1964.
- . *Hawthorne*. London: Macmillan and Co., 1879.
- . *Henry James Letters*. Vol. I. Ed. Leon Edel. Cambridge: Belknap P of Harvard UP, 1974.
- . "Owen Wingrave." *The Altar of the Dead; The Beast in the Jungle; The Birthplace, and Other Tales*. The Novels and Tales of Henry James. Vol. 17. New York: Scribner's, 1937. 269-319.
- . *Roderick Hudson*. The Novels and Tales of Henry James. Vol.1. New York: Scribner's, 1935.
- Rowe, John Carlos. *The Other Henry James*. Durham: Duke UP, 1998.

「南方か東方、どこか遠いところの女性」— ヘンリー・ジェイムズの『ヨーロッパの人々』 における「国際テーマ」

齊藤 園子*

*教養教育科

ヘンリー・ジェイムズの『ヨーロッパの人々』(1878) は、いわゆる「国際テーマ」を扱う作品である。しかし登場人物達の葛藤は、広く議論されるようにアメリカとヨーロッパの文化的背景の相違というよりも、無数の境界の上に生じている。ジェイムズが二大陸間の境界を問題にする時、作品には第三の空間と言うべき場所が登場する。この研究は、『ヨーロッパの人々』における国際関係を再考し、その空間の重要性を指摘する。そして、その他の作品、特に後期の短編「オーウェン・ウィングレイヴ」の研究への発展可能性について述べる。

Key Words : ヘンリー・ジェイムズ, 国際テーマ, 境界, アイデンティティ, 東洋

英語教育における E-learning 活用状況の調査¹

出口芳孝¹・中井洋生²

1 教養教育科

2 教養教育科

本調査の結果、コンピュータを英語教育用練習装置として用いている高専に情報環境格差(いわゆる digital divide)があることが分かった。しかし調査対象の全ての教員がコンピュータネットワークを高専教育に必要不可欠な教育装置であり、この格差は無視しうると考えている。

殆どの教員は e-learning を非常に効果的であると考えているが、CALL 専用演習室を備えている学校は非常に少ない。特定の教員が自力で開発した非常に効果的なシステムを運用している。そのような技量のない英語教員にとっては、たとえば世界中で利用されている *moodle* のように、他から支援を受けやすい汎用の LMS(Learning Management System)が望ましい。

Key Words : E-learning, 分散教育, LMS, IT 環境整備, 英語教育環境, digital divide

(受付日 2008 年 9 月 5 日; 受理日 2008 年 12 月 24 日)

0. はじめに

近年、鈴鹿高専の入学者には、学力成績の良否に関わらず、自己学習の習慣がないものが増え、基礎学力がなかなか定着していかない傾向が目立ってきている。従来は、課題、小テスト、演習などを毎時間のように課すことでこれを補ってきたが、最近では JABEE をはじめとする教育マネージメントに時間をとられてこのような手法を取ることが難しくなってきた。

このような問題に対して e-learning はひとつの有効な答であり、英語科では従来の単語テストに代えて、全国高等専門学校英語教育学会(COCET)で共同開発した英単語練習用ネットワークソフト『CO CET3300』(<http://cocet.nime.ac.jp/>)を利用させ、その成績を英語単位認定の必須条件としてきた。

一方、工業技術者を養成する学校としては意外なことであるが、高学年の学生の中にも自宅にパソコンがないものがクラスあたり 1, 2 人の割合であり、また寮生でクラブ活動に参加するものは、放課後にもパソコン演習室を利用できないという事情があり、不公平ではないかという意見があった。

そこで、この際他の高専や大学ではこの digital divide にどのように対処し、e-learning をどのように用いているか調査することになった。

1. 本研究の目的

本調査研究の目的は、高専や大学の英語教育における

e-learning の利用状況を調査研究し、直接的には英単語練習システム COCET3300、更には e-learning 全般を活用する方法を考えることである。

2. 調査方法の概要

平成 19 年 12 月 11 日(火)～平成 2 月 8 日(金)の間に、(1)メーリングリスト(ML)による照会、(2)周辺の高専や大学の英語 e-learning 担当教員への面接調査、(3)本校学生に対するアンケート調査、(4)インターネットによる e-learning の現状調査、を行なった。

(1)では、全国高専英語教育学会メーリングリスト(COCETML)を通じて、メンバーの所属高専における COCET3300 の利用規模、形態、成績評価の他、利用環境格差の有無および配慮の現状を照会した。合計 15 校から回答があり、そのうち何らかの形で利用していると答えたものが 11 校であった。

(2)では、e-learning を担当している英語教員に直接面接し、施設・設備や利用ソフトを実地に見学し、可能な場合には授業など実際の利用状況を見学し、現状・問題点・展望などについて意見を交換した。

(3)では、出口が担当する 3 年生の全クラスを対象に COCET3300 の利用に関する感想や意見、更に英語の e-learning に関する意識を調査した。

(4)では、上の調査から得た知見も利用しながら、一般的な e-learning の普及状況や、ソフトウェア的な発展状況

を、主としてインターネットにより調査した。

3. 調査結果

3.1 COCETMLによる照会結果

上記 MLを通じて利用状況を問い合わせたところ、15校から回答が寄せられ、そのうちの 11 校が「利用している」と答えた。COCET3300 上の「全国高専ランキング」ページによれば、利用高専は合計 16 校であるが、その中で、回答が寄せられなかった 5 校のうち 1 校については、別の機会に電話で確認できたので、これを含めて調査母数は 12 校である。

照会項目と回答数を表-1「COCET3300 利用状況緊急調査結果」に示す。但し、表中「△」は「部分的に該当する」を示す。「1. 利用規模」については、全学生を登録しているが、実際に利用しているのは特定の学年である場合を△とした。アンケート回答では、宮城、沼津、北九州の 3 高専が「全学年」と答えているが、現実の利用状況を見ると、利用者「登録」をしている学生の割合であって、実際に日常的に「利用」しているのは、授業の一環として強制的に利用させている一部の学年に限られているようであり、△印とした。また「2. 利用携帯、(b)印刷媒体、課外課題」では、自由課題のオプションのひとつに含めている場合、「3. 成績評価、(a)一部に算入」では利用学年もしくは担当教員により算入しないことがある場合をそれぞれ△で示した。

3.1.1 利用規模

E-learning 利用に積極的な教員の担当するクラス、学年で利用しているのが殆どであった。本校のように(外国人教員を除いて)全教員が 1-4 年生で授業の一環として利用しているような高専はなかった。

表-1 COCET3300 利用状況緊急調査結果 (2007/12/19 現在)

		該当校		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		校	%	鈴鹿	長野	東京	詫間	岐阜	大阪	富山	米子	宮城	沼津	北九州	豊田
1. 利用規模	学校全体	5	41.7	△				△			△	△	△	△	
	学年 (G:専攻科)	9	75	1・4	4,G2	1	3,G1	1,3	3,4	1,2	G1				1,2
	個別クラス	3	25			4		○			5				
2. 利用形態	(a)端末利用	一斉授業	8	66.7		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		課外課題	8	66.7	○	○	○		○			○	○	○	○
		個別自習	5	41.7					○	○		○	○	○	
	(b)印刷媒体	一斉授業	5	41.7		○					○	○		○	○
		課外課題	3	25						△	○		○		
		個別自習	1	8.3									○		
3. 成績評価	(a)一部に算入	12	100	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○
	(b)単位認定要件	1	8.3	○											
4. 利用環境格差	寮の制約	6	50	○		○		○		○		○	○		○
	演習室	2	16.7	○											○
	家庭事情	1	8.3	○											

※ △印は完全には該当しない場合を示す

3.1.2 利用形態

8 高専(66.7%)が CALL (Computer Aided Language

Lerning) 演習室もしくは PC 演習室などにおいて、一斉授業の中で利用している。プリントアウトした紙媒体を用いている学校は、当然ながらそのような演習室がないか、利用できない学校である。

3.1.3 成績評価の方法

COCET3300 による学習評価は全ての学校で、英語授業の成績の一部に含めており、その割合は 1 ~ 2 割程度である。本校のようにこれを単位認定要件に含めているところはなかった。

また、PC 演習室で一斉授業ができる学校では、定期試験などで印刷媒体での試験を行なう学校はないが、そうではない学校では印刷媒体により定期試験や小テストの形で評価しているということであった。中でも北九州高専からは、「英単語コンテスト」として、後期中間試験の日程中に全学年で単語テストを設定し、優秀者の発表、表彰なども行なう、というユニークな試みがなされている。

3.1.4 利用環境格差

丁度半数の高専が、寮生には PC 利用になんらかの制約があり、通学生と格差があると答えた。家庭における格差について本校以外には印がないのは、「格差がない」という意味ではなく、「ネット環境がない家庭があつてもおかしくないが、調べたことがない」という意味である。

各校からのコメントには、現在の時代的な背景で、高専のような学校においては、「教科書が買えない家庭、実験実習経費を負担できない家庭」と同じ質の問題で、自助努力をお願いし、それも不可能な家庭には奨学金などの手当てをするしかない、というような意見が 3 件あつた。

3.2 周辺の高専・大学担当教員への面接調査

以下の学校を訪れて、e-learning の現状を調査した。

高専：豊田工業高等専門学校、富山工業高等専門学校、岐阜工業高等専門学校

大学：中部大学、立命館大学

高校：愛知県立碧南高等学校

調査対象教員は基本的に e-learning に関わっている英語教員である。特に、富山・岐阜の 2 高専と中部・立命館の 2 大学は英語教育界では全国的な先進校であり、担当教員はその中心として活躍してこられた方々である。

但し、碧南高校の場合は、高校全体の現状を知るために、県教委勤務が長い英語科出身の校長にお話を伺った

が、ご本人には直接 e-learning に関わった経験はない。

3.2.1 先進校の現状

まず施設・設備については、富山高専が英語授業専用の CALL 専用教室を 1 つ確保しているが、岐阜高専は汎用の PC 演習室を利用している。大学では語学センター方式の語学専用演習室を持っている。中部大学で 6、立命館大学は草津キャンパスだけで 10 教室を確保しており、それ以外にも語学自習室や個人の PC のアクセスポイントを配置している。

環境格差についてはこのように施設・設備が充実しているところでは問題にならない。大学では 2 校共入学生全員に強制的にノートパソコンを購入させているのでなおさらである。

これに対して、岐阜・富山の 2 高専では、演習室そのものが当該英語担当教員の設計である。富山では機械的・電子的ケーブル配線からネットワーク構築まで手作りであったし、岐阜では仕様書の段階から立ち上げに関わっておられ、これまでの教育用コンテンツやシステムの開発から運用まで、ほとんど全てをその教員が引き受けられる。

同様に特徴的であったのはソフトの侧面である。例えば岐阜高専では、英作文・英文法・構文などの演習プログラムなどが全てオリジナルのものであったし、富山高専では米国 Duke 大学製の Authoring System を独自仕様に改変したものと最初からオリジナルに開発したものを統合して使用している。一方、大学では、moodle という LMS (Learning Management System) 上で hot potatoes などの GPL(GNU Public License) ライクなプログラムを、自分の授業形態に応じて加工利用している。その分だけ、課題提出状況、出欠状況、成績評価、連絡などが統合的に容易に利用されている。

4 校とも、既製品では自分たちのオリジナルな教育を忠実に反映させることができない、という点から出発しているが、高専 2 校ではそれをオリジナルプログラム群という形で実現させ、大学 2 校では統合的な環境の上に GNU ソフトを必要に応じて改変するという形で発展させていている。

コンテンツに関しても、やはりオリジナルなものであるが、試験の際に全ての学生の問題が異なり、不正行為も起こりようがない程に、十分な量が準備されているのが印象的であった。

以上から明らかなように、先進校におけるような e-learning は、現状では、ネットワークサーバの組み上げから、演習プログラム、コンテンツ開発までできる「英語」教員が全てのロードを超人的な努力でこなし、その積み重ねではじめて成立するものである。例えば、岐阜高専のシステムは全くオリジナルなものであるにも関

わらず、既に MySQL データベースサーバを装備し、今後の積み重ね次第では Learning Management のみならず研究・人事・会計まで載せた School Management に成長できるほどのポテンシャルがある。

これらの施設の運営経費については、4 校とも情報教育を学校のセールスポイントとみなしているため優先的な配分を受けている。例えば、岐阜高専では PC のリース料だけで一千万円ほどになるが、学校方針として合意の上研究経費から捻出している。他方大学は 2 校とも私立であるが、施設・設備費の上乗せ、駐車場収入や企業協力金などを財源に学生や非常勤職員を語学系の保守要員として採用するなど、この件に限らず全学的に非常に柔軟な経営・人事で効率的な運営を行なっており、大いに参考とすべきであると感じた。

3.2.2 「通常」校の現状

既に見たように、普通校においても、e-learning にはそれを推し進める核となる教員が必要である。このことは、CO CET3300 を利用しているのが、全国 64 高専中わずか 16 校であり、更に実質的に利用しているのは特定の教員が担当するクラスだけであることからも分かる。

豊田高専では(富山高専と同様)、授業分野によって担当教員を分けており、低学年或いは基礎英語の部分の担当者が e-learning を利用している。マルチメディア教室(旧 LL 教室)ひとつでまかなえる授業が精々 2 学年分という事情もあるが、それでも市販の NetAcademy など主として ALC の色々な演習ソフトを授業に用いている。

但し、先進校とは違い、「なりすまし」とか単純なカンニングのような不正行為に対処する方法がなく、評価のためには、本校が従来行なっていたような、年間 20 回に及ぶ紙媒体の小テストや定期試験を行なわざるを得ないということであった。

碧南高等学校長には、愛知県立高等学校の e-learning の全般的な現状をお伺いした。

県レベルで調査は行っておらず、具体的な数字は把握していないが、職業高校では、LMS も含めて何らかの形で e-learning を利用している。普通科高校においては、特定の教員の個人的努力に留まっており、内容もインターネット上の情報検索や県独自の教育ネットワークによるデータ取得が主体である。英語教育に関しては更に普及が遅れており、授業外で単語や文法の練習プログラムをスタンドアローンで用いる程度である。e-learning には教科と関係がない努力が求められるので、むしろロードが増える点で、一般の教員からなかなか支持が得られない。

一方生徒の側では、予備校や学習塾で e-learning に取り組むところが増え、その影響もあってかスタンドアロン

形式の学習ソフトや、インターネット上の学習サイトを利用するものが珍しくなくなってきた。

E-learning の評価に関しては、授業の一環として行われている場合でも、実力試験と同様に扱い、成績には含めないか、印刷媒体による通常の試験で確認し成績に含めるか、のどちらかで、独立した単位認定要件としている例は聞いたことがない、ということであった。

3.2.3 E-learning の必要性と現状認識

訪問先の3高専で、面談できた5名の英語教員との間で、(或いは学会のMLの中でも)以下のような見解で一致した。

まず、現状認識であるが、企業から高専卒業生は英語力に劣る、といわれて久しく、地方国立大卒業生に近いレベルの英語力が求められてきた。授業時間だけをとっても高校一大学のその1/3近く不足しており、これを補うだけでも大変なことである。そこへJABEEの基準に従って、教育目標が従来の努力目標から最低到達目標へと変わり、実質的に目標が切り上げられた。

一方でAdmission Policyで文言の変更はあったかもしれないが、入試制度の実態としては英語を苦手とするものも受け入れている。近年、塾でしか勉強せず、自分では勉強したことがない入学生が増加し、知識構造や規則性よりad hocな会話表現中心に移った中学英語の影響もあって、入学者の英語力も学習意欲もむしろ低下している。

更に、教員は授業以外の仕事の増加で、授業(準備)に割ける時間が激減している。

このような悪条件の中で、学生に学習習慣をつけ、学習時間を保証するには、ひとりでもクラスでも、繰り返し演習ができるe-learningは有力なオプションとなる。但し、次のような条件がある。これらは一教員、一教科が解決できるものではなく、学校全体として対処する必要がある。

- ・ 同じ授業を1学年5クラスで実施することが普通であり、それには十分な施設、設備必要である。
- ・ 専任の保守運営要員と組織的なサポートが必要である。現状では、エンドユーザーとしての技能しか期待できない英語教員に委ねられている。²
- ・ 授業準備やコンテンツを作成し、安定して運営できるまでには「紙と鉛筆」の倍の手間がかかるのが常識だが、そのための時間を保証するべきである。
- ・ 学生や教科担当教員に初步的なミスが頻発し、それへの対応が大きな負担になるので、学校全体として共通の操作性を備えたシステムを採用して、導入や保守を容易にすべきである。

更に、後発校がe-learningに取り組む際には、現在本校でも一部で利用されているmoodleのようなLMSをベー

スにするのが便利であろうという意見があった。(LMSの詳細については後述する)

3.2.4 Digital divideへの配慮

すでに、3.1.4. 「利用環境格差」でも触れたが、同じ様な見解で一致した。即ち、今日の社会情勢においては、技術者養成を目的とする高専教育を受けられるのは、教科書代や実習・実験経費を自己負担できるものに限られるのと同じ様に、ネットワーク環境も自己負担できるものに限られる、と言ってよい。

現実には、ネットワーク環境を自力では用意できない貧困学生もいるが、それに対する手当ては、他の場合と同様奨学金、授業料減免などの形で行なうべきである。このような方針を募集要項や、入学予定者のガイダンスで事前に説明する必要があろう。

一方、寮生と通学生との格差について、学校にはPC演習室利用時間の延長や寮の環境改善をはかる責任がある。現在その方向で動きつつあり、寮や図書館では既に改善策が実施されている。また、比較的負担の小さい携帯電話を利用することも考慮する価値があろう。

3.3 本校学生に対するアンケート調査

平成20年1月に、本校3年生に対するアンケート形式の意識調査を行なった。有効回答数は188であった。(調査用紙は資料1を参照のこと。)結果を表-2、3に示す。

表-2 ネット環境

A.ネット環境 (有効回答合計)	実数(人)				
	通学	寮	無答		
1. 通学生/寮生?	119	67	2		
2. 部活動参加状況	なし	<----->		毎日 無答	
	45	13	23	48	58 1
3. 自宅ネット接続PC	専用	共用	なし	無答	
	51	124	13	0	
4. 携帯電話ネット接続	接続	非	不所持	無答	
	157	23	5	3	
割合(%)					
1. 通学生/寮生?	通学	寮	無答		
	63.3	35.6	1.1		
2. 部活動参加状況	なし	<----->		毎日 無答	
	23.9	6.9	12.2	25.5	30.9 0.5
3. 自宅ネット接続PC	専用	共用	なし	無答	
	27.1	66	6.9	0	
4. 携帯電話ネット接続	接続	非	不所持		
	83.5	12.2	2.7	1.6	

3.3.1 ネット環境

表-2をみると、3年生であるにも関わらず、自宅にネット環境がないものが13名もいる。例年、新入生を担当する場合には、ネット環境を雑談の間に尋ねることにしているが、現3年生には聞いていないので、現4年生の入学時と同程度とすれば、各クラス1, 2名、多くと

も 3 名程度だったはずで、ほとんど変化していないことになる。学年が進むに従って必要に迫られて整備も進むであろうと考えていたので意外な結果である。

通学生に比して寮生は寮ではネット接続ができないので、学校の PC 演習室を放課後に利用するしかない。更に詳しく見ると、上述の「自宅にネット接続 PC がないもの」13 名中寮生は 10 名をしめていた。遠隔地に自宅があることが多い寮生は長期休業中に学校の PC 演習室を使うことは難しい。部活動に普通以上に参加している 129 名中、寮生は 48 名である。部活動、食事、入浴、点呼を終える頃には PC 演習室は閉まっている。更に部活動をし、なおかつ自宅にネット PC がないいわば「三重苦」で殆どネットワークを使う時間がないものが 9 名もいる。

PC 環境とは別に、寮生にとっては必須アイテムとも言える携帯電話でさえ所持しないものが 1 名おり、事態は深刻である。

3.3.2. COCET3300 の評価

この e-learning システムを学生はどう評価しているかについて、表-3 にまとめた。語彙力養成に有効かという間に、半分以上の学生が肯定的な回答をしたが、5 段階評価の加重平均値で 3.5 と「普通」位の低い評価である。気になるのは、このシステムの売りであるはずの工業英語学習用としての評価が 3.3 で、一般的な単語帳としての評価より低く、それが評価値 4, 5、つまり普通より良いという層の逆転に起因しているようにみえる点である。

設問 7~13 は、かねてから学生から聞いている不満点を並べており、3 以上の加重平均値や評価値は不満度を表しているとみて良い。

なお、自分個人にひきつけた主観的な評価ばかりではなく、高専学生として或いは(大学受験生のような英語学

表-3 COCET3300 の評価

		加重 平均	<----->					賛成 (%)
			反対 1	2	3	4	5	
効果がある	5. 一般的な単語力	3.5	5.3	8.5	29.3	47.3	9	0.5
	6. 工業英単語力	3.3	5.9	10.6	40.4	37.8	4.8	0.5
制限時間が短すぎる	7. 自分個人として	3.9	3.7	3.7	24.5	32.4	35.1	0.5
	8. 高専学生全体として	3.7	2.7	3.7	38.3	28.7	23.9	2.7
タイプ時間が不足	9. 自分個人として	4.1	3.7	5.3	13.8	26.6	50.5	0
	10. 高専学生全体として	4	2.1	1.6	29.8	30.3	35.1	1.1
負担が過大	11. 自分個人として	3.9	2.7	8	17	37.2	35.1	0
	12. 高専学生全体として	3.8	2.7	4.3	30.3	31.9	28.2	2.7
	13. 大学受験生と比べて	3.3	5.3	11.2	45.2	19.7	14.9	3.7
E-learning を推進すべき	14. 自分個人として	2.8	18.1	20.7	31.9	19.7	9	0.5
	15. 高専学生全体として	2.8	15.4	18.6	39.9	13.8	9	3.2

習者として)適切なロードか否かを問うために 8,10,12,13,15 を設けたが、自由記述欄でこれらの設問の意味がわからないという意味のコメントを書いたものが 9 名おり、この意図が学生にはあまり伝わっていないかったようである。

何れにせよ、7,9,11 のようないわば主観的な評価ばかりではなく、8,10,12,13 のような客観的な評価でも「不満層」が 7 割以上あるということは深刻に受け止めなければならない。

最後に E-learning 一般に対する意識であるが、加重平均が 5 段階の 3 を割っており、高専学生としては意外な結果である。勉学につきものの労苦を嫌う傾向と共にしているように思われるが、彼らに必要性を理解させる何らかの対策が必要である。

3.4. ネットワーク教育の動向

インターネット上で、一般的な LMS(Learning Management System)の現状や動向の調査を行なった。

3.4.1 CAI の動向

IT(Information Technology)を教育に活用する第一世代の CAI(Computer Aided Instruction)や CMI(Computer Managed Instruction)は stand alone PC 上で利用するものであったが、第二世代ではそれを演習室単位の LAN(Local Area Network)上で運用できるようになった。CALL(Computer Aided Language Learning)システムはその代表例である。更に第三世代では、ICT(Information and Communication Technology)の発展に応じて、WWW(World Wide Web)を含む WAN(Wide Area Net Work)を利用した WBT(Web Based Training)システムに発展し、remote class(遠隔授業)、ubiquitous learning 或いは u-learning(通信教育など非同期授業)が行なわれるようになった。

3.4.2 LMS(Learning Management System)

一方、Authoring System や Management System もそれに従って発展を続け、現在の第四世代では Learning System と Management System が統合され、LMS と呼ばれるに至っている。

代表格が WebCT(現在は BlackBoard)と、その運営に携わったものたちが新たにつくりあげた moodle である。他にも、独立行政法人メディア教育開発センターが開発した exCampus、大阪大学サイバーメディアセンター・マルチメディア言語教育研究部門開発の WebOCM を利用するグループが

ある。

同時に、教材(content)部分を LMS から独立させる動きがあり、規格 SCORM (Shareable Content Object Reference Model) が成立し、有力な LMS が準拠するようになった。

更には、LMS を CMS(Contents Management System)とグループウェアを統合した Community Ware と称する *Net Commons* (<http://www.NetCommons.org/>) や、世界各地の大学間の CMS (Course Management System) を統合しようとするミシガン大学を中心とする Sakai Project、その国内版の実証実験である名古屋大学を中心とする ULAN Project のような次世代型のシステムも現れて来ている。

このようなシステムでは、各種委員会や共同研究など、学校の教育・研究業務の殆どを取り込んだ環境を構築できる。

3.4.3 e-learning の普及状況

独立行政法人メディア教育開発センター「e ラーニング等の IT を活用した教育に関する調査報告書（2006 年度）」(<http://www.nime.ac.jp/reports/001>) (pp.46-47)、によれば、全国の高等専門学校で IT 活用教育を実施しているのは 55 校で、そのうち LMS を利用しているのが 35 校である。うち Web class 利用校が 65.7%、moodle 利用校が 25.7%、となっている。

一方、国立大学では WebCT が 33.7% だが、その発展商用版の BlackBoard は利用されていない。moodle 利用校は 19.0% とまだまだ少数派である。

3.4.5 E-learning のみによる授業の可能性

高等専門学校設置基準（第十七条の二）「…授業を、多様なメディアを高度に利用して、当該授業を行う教室等以外の場所で履修させることができる。」により、ネットワークによる分散教育だけで単位認定できる途が開かれている。

また、そのような授業の具体的な形態については、平成 13 年文部科学省告示第五十三号では「二 毎回の授業の実施に当たって設問解答、添削指導、質疑応答等による指導を併せ行うものであつて、かつ、当該授業に関する学生の意見の交換の機会が確保されているもの。」とされている。

このような条件を満たせば、現在数学、物理、英語について基礎的な学習事項の定着のために設けられている「総合基礎」科目や、他の教科の中で単位認定要件としている基礎的学習事項をひとつの科目として独立させて、e-learning や u-learning のみで開講運営でき、従つて単独で単位認定要件にする道を開くことができる。

4. まとめ

4.1 今後の COCET3300 の取り扱い

教育環境の悪化のもと、高度化した教育目標を達成す

るには不可欠で今後とも全学年で利用していくべきである。但し、それには学内の IT 環境を整備し、環境格差を解消することが大前提である。それまでの間、少なくとも単位認定要件は外すべきである。³ 同時に、独立した分散型授業として単位化することも検討するべきである。

また、成績評価の方法については、「なりすまし」などの不正行為の防止が困難な現状では、定期試験で印刷媒体により学力を確認すべきである。また「英単語コンテスト」のような形で一斉に実施し、成績優秀者を表彰すれば、動機付けとしても有効であろう。

学生に e-learning を取り入れる必要性を理解させることも重要である。従来紙と鉛筆でんだことを PC を用いて余分な負担を強いられているように感じているようと思われるからである。

4.2 全学的な資源の集中とコストの逓減について

学生の質的変化、教育環境の変化、更には u-learning (ubiquitous learning) など新たな授業形態に対応していくためにも、学校全体として LMS を積極的に導入していくべきである。

普通の教員はエンドユーザーとしての技能しか持ち合っていないので、e-learning には専任の保守要員が必要である。保守と運用の両面で、ロードやコストを効率化するには、統合され標準化されたシステムが必要である。

複数の教科で異なるシステムを利用すれば、その数の分だけコストが増える。学生の立場からも、異なる操作を要求され、単純ミスが増えるからである。

まず学内の標準 LMS を選定し、これを基準にメール、掲示板などの他のシステムとの統合をはかる。

同時に、これを達成するために、演習室利用時間の拡大、寮への PC 持込など環境を改善するべきである。

英語科としても、LL 教室のパーティションを改造前の予定どおり可動式のものに変え、PC 演習室機能を持たせるよう要望していくべきである、

5. おわりに

本稿の母体となる調査報告書を昨年 1 月に提出してから、本稿を書き上げるまでの間に、本稿で提案しているいくつもの対応策が現実に動き出しており、その状況は文中の注でも示した。

喜ばしいことに、この改善の動きは我々の報告書への直接的な反応ではなく、部会や分掌レベルのそれぞれの現状判断の結果であった。私自身も今年度から moodle を試験的に授業で利用し始め、学内有志グループの指導、支援を頂いており、その熱意とご努力に頭が下がる思いである。

Top-down 構造の本校で、このような、いわば下からの自然発生的な動きをすくい上げて、学校全体の枠組みに

据え直すような仕組みがあれば、激動する教育現場に更に敏感かつ柔軟に対応することができよう。

注

¹ 本研究は、平成 19 年度校長裁量経費を受けた「英語教

育におけるインターネット活用状況の調査」の直接的な成果である。

² この点については今年度より、かなりの部分について情報教育センターにご協力頂ける事になった。

³ 実際には、昨年度は緊急措置として単位認定要件から外している。

資料 1 「英語ネットワーク教育に関する基礎調査」用紙

英語ネットワーク教育に関する基礎調査	
<p>単語テストの形式を事情によって、ネット (OCET3300) 利用か「ペーパーテストの形式かを選択できるようにしますので、みなさんの希望や実際のIT環境を答えてください。 この資料はネットワーク教育充実のための基礎資料としても使わせてもらいます。</p>	
<p>提出先：正副室長 (室長さんはお手数ですがクラス分をまとめて英語担当専任教員に提出して下さい。)</p>	
<p>() 年 () 科 () 席 氏名 () ※該当する番号を○で印んでください。 ※番号だけの選択肢が以下のようにみなして下さい。 {1. 全く違う、2. 少し違う、3. どちらともいえない、4. まあそうだ、5. 全くその通り}</p>	
<p>A.個人的な環境をおたずねします。</p>	
<p>1. 通学生ですか、寮生ですか? {1. 通学生 2. 寒生}</p>	
<p>2. 部活動等は熱心に参加していますか? {1 2 3 4 5}</p>	
<p>3. 自宅でインターネットに接続されたパソコンがありますか? {1. 自分専用のものがある 2. 共用のものがある 3. ない}</p>	
<p>4. 携帯電話は? {1. ネット接続可 2. ネット接続不可 3. ない}</p>	
<p>B. OCET3300 の利用についておたずねします。</p>	
<p>1. 全体として単語力がつきそうですか? {1 2 3 4 5}</p>	
<p>2. 工業英語もとしても十分ですか? {1 2 3 4 5}</p>	
<p>3. テストの制限時間はもっと長くするべきだと思いますか? 自分個人としては? {1 2 3 4 5} 高専学生全体としては? {1 2 3 4 5}</p>	
<p>4. タイピング能力のわりに制限時間が短すぎると思りますか? 自分個人としては? {1 2 3 4 5} 高専学生全体としては? {1 2 3 4 5}</p>	
<p>5. OCET3300 を授業の一環として使うことは負担が大きすぎると思いますか? 自分個人としては? {1 2 3 4 5} 高専学生全体としては? {1 2 3 4 5} 大学受験生と比べては? {1 2 3 4 5}</p>	
<p>6. ネットを利用した教育が積極的に推進すべきだと思いますか? 自分個人としては? {1 2 3 4 5} 高専学生全体としては? {1 2 3 4 5}</p>	
<p>7. ネット利用を推進するにはどういう所を改善すべきだと思いますか? 考えていることを裏面に自由に書いてください。</p>	
<p>C. どちらの単語テスト形式をあなたは希望しますか? {1. OCET3300 2. ペーパーテスト}</p>	
<p>※OCET3300・教科担任・英語科・学校への意見・要望ありましたら 裏面になんでも書いて下さい。 ありがとうございました。m () m</p>	

A Research of the Ways and Circumstances of E-learning in English Education

DEGUCHI Yoshitaka¹ and NAKAI Hiroo²

1: Dept of General Education

2: Dept of General Education

Through our research, we found digital divide even in the colleges, or *kosens*, which utilize computers as a training tools for English education. But all of the teachers consider that computer network has become an essential tool in college education, and that they could neglect the digital divide in their schools.

Though most of the teachers regard e-learning very effective, a few of the schools have efficient CALL laboratories. A few teachers are running a quite effective but originally developed e-learning system. For most of the English teachers without such the skills, the system should be as universal as possible, like *moodle*, an LMS widely used in the world.

Key Words : E-learning, 分散教育, LMS, IT 環境整備, 英語教育環境, digital divide

三リンク柔軟関節ロボットの開発と 重量物キャッチング動作への適用

白井 達也^{1*}, 別府 勇太², 富岡 巧¹

1:機械工学科

2:電子機械工学専攻²

多くのロボットは動力伝達機構に高減速比の減速器を用いているためバックドライブアビリティが低く、機構的に硬い。転倒時など、大きな衝撃力を受けた時に衝撃力をモータに逃がすことができず、ギアやワイヤなどの動力伝達機構を破損する危険性が高い。もしロボットが状況に応じて機構的に関節剛性を自由にコントロールできるならば、ロボットが得意とする高速かつ正確な位置制御に加えて、衝撃力を伴うダイナミックなタスクも実現可能となるだろう。筆者らは全く新しい構造の非線形バネ要素 SAT(Stiffness Adjustable Tendon) を動力伝達機構に組み込んだワイヤ駆動式ロボットを開発した。本論文では開発した三リンク柔軟関節ロボットによる自由落下する重量対象物のキャッチングについて報告する。非線形バネ要素を用いた関節剛性調整機構を備えた三リンクロボットの手先の剛性がコントロール可能であることを実験および数値解析に示した。さらに開発した柔軟関節ロボットを用いて、自由落下する対象物を関節の粘弾性のみを用いた受動的な把握戦略によって安全なキャッチングが実現可能であることを実験的に検証した。

Key Words :関節剛性, 非線形バネ要素 SAT, ワイヤ駆動式ロボット, キャッチング動作
ロボットアーム, 自由落下対象物

(受付日 2008年9月5日; 受理日 2008年12月24日)

1. 緒言

一般的にヒトと同程度以上のサイズのロボットは、ロボットの総重量を軽減するために小型軽量のギヤードモータを動力源として使用するが、高速回転する小出力のモータからヒトと同程度のサイズのロボットが必要とする大きなトルクを得るには、高減速比の減速器を使用する必要がある。高減速比の減速器を用いたロボットは外力をモータへ逃がすことができないバックドライブアビリティの低い機構的に硬いロボットになるため、跳んだり走ったりといったダイナミックな動作が苦手である。たとえ力制御を行なうサーボ機構を備えていても、転倒時など動作限界を超える急激な外力の変化が生じた場合に動力伝達機構を損傷する恐れがある。跳躍ロボットなどのアクロバティックロボット¹のように機械的に柔軟な機構を備えていれば衝撲力を安全に吸収できるが、その反面、精密な位置制御が困難になる。一方、ヒトは作業目的に応じて無意識のうちに各関節の剛性や腕の姿勢を調整して手先の見掛けの質量や粘弾性を制御していることが実験的に明らかにされている²。正確な動作だけではなくダイナミックな動作も実現可能とするには、ロボッ

トもヒトと同様に状況に応じて機構的に関節剛性を硬くも柔らかくも調整可能な機構を持つことが望ましい。

2. 重量物のキャッチング動作

図1(a)の例のようにロボット同士が直接、瓦礫を手渡しできない場合、一方のロボットが他方のロボットの近くまで移動する必要があるため作業効率が悪い。図1(b)の例のようにロボットであっても対象物へ近付けない危険な環境の場合も、対象物を自由落下させて受け止めざるを得ない。飛来する対象物をキャッチングする動作は、静的に安定な状態での対象物の受け渡し動作に比べて受け渡しの確実性が著しく減少する。さらに対象物やロボットの破損を防ぐには、移動する対象物の運動エネルギーをロボットアームで安全に吸収して対象物とハンドとの間の相対速度および対象物の絶対速度をゼロにする必要がある。従来の機構的な柔らかさを持たないロボットで飛来する対象物を安全に捕獲するには、物体の正確な軌道を追跡してロボットアームを高速に追従させるビジュアルサーボ技術が必須である³。

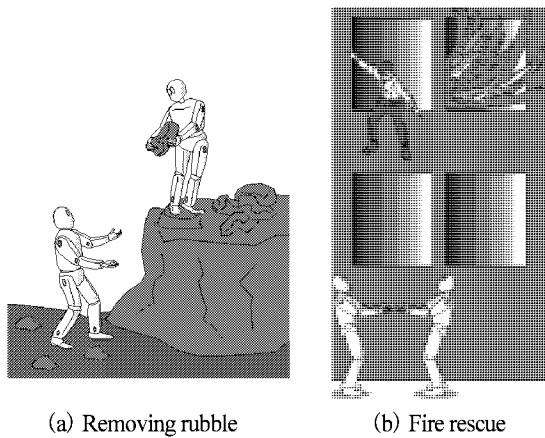


Fig.1 Examples of catching tasks

本研究の特徴は、アクチュエータとセンサを組み合わせた積極的な制御戦略で落下する対象物をキャッチングするのではなく、柔軟関節ロボットの関節粘弾性のみを利用した受動的な戦略によって安定的なキャッチングの実現を目指す点である。なお、本研究では物体の慣性力が動力伝達機構に及ぼす影響にのみ注目しているので、物体の落下軌道を重力方向への自由落下のみに限定する。

3. 三リンク柔軟関節ロボット

3.1 非線形バネ要素 SAT を用いた関節剛性調整機構

ロボットの関節を機構的に柔らかくも硬くも調整可能な機構（以下、関節剛性調整機構）を実現するために、アクチュエータや動力伝達機構の柔らかさを利用する機構が今までにも開発されてきたが、高圧エアを用いるなど構造が比較的大掛かりなものが大半である⁴⁵。それに対して本研究では構造がシンプルかつ軽量な非線形バネ要素 SAT (Stiffness Adjustable Tendon, 特許第 3769615 号「ばね装置」) を利用する⁶⁷。SAT は図 2(a)に示すような伸縮自在な編みチューブで弾性素材（シリコンゴムスポンジ製）の丸棒を覆い、両端を結束バンドで封止したシンプルな構造の非線形バネである。SAT の静力学的特性を測定した結果を図 2(b)に示す。横軸は伸び量、縦軸は張力である。理論的なバネは伸び量に関係なくバネ定数が一定であるのに対して、一般的な金属製のコイルスプリングは荷重が増すにつれて剛性が低下していき、弾性限界を超えると塑性変形してしまう。SAT も同様にバネ係数は一定ではないが、コイルスプリングとは逆に伸び量が増加するに従いバネ係数は増加して高剛性化し、ある長さより長く伸びることはない。SAT の静的な特性には、SAT 内部の弾性体として用いているシリコンゴムスポンジの変形に対する復元速度の遅さに由来するヒステリシス特性が存在する。精密な制御を行なう上では好ましくない特性だが、キャッチングのようなダイナミックな動作を行なう際には衝撃力を吸収して振動を減衰させる効果を生む。

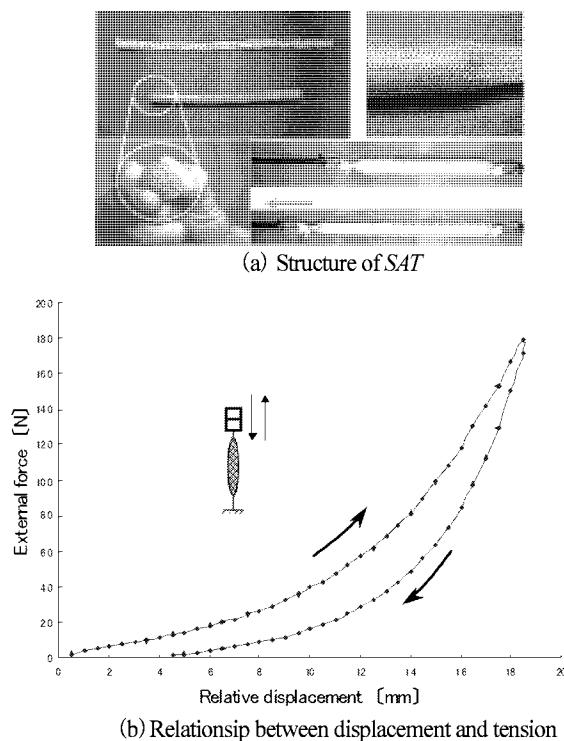


Fig.2 SAT (Stiffness Adjustable Tendon)

一般的なワイヤ駆動式ロボットは 1 関節あたり 1 個のモータを用いて関節角度を制御する。ワイヤ自体の柔らかさは微小なため、ロボットの動作に柔らかさを与えるコンプライアンス制御などの力制御を行なうには、ワイヤ張力センサや関節トルクセンサを用いてリアルタイムに関節トルクを測定しながらモータを能動的に制御し続ける必要がある。それに対し、ワイヤ駆動式ロボットの動力伝達系に非線形バネ要素を組み込むことでロボットの関節剛性を調整可能であることが知られている⁸⁹。図 3 は開発した柔軟関節ロボットに用いた非線形バネ要素 SAT を用いた関節剛性調整機構の動作原理を示した図である。1 関節あたり 2 個のモータを必要とするが、ノイズに弱いひずみゲージを用いた関節トルクセンサを用いることなく、関節角度、関節剛性、関節トルクを制御可能である。たとえば右側のワイヤを巻き取り、左側のワ

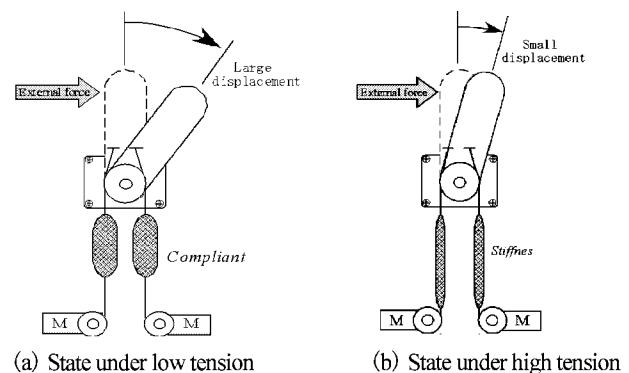


Fig.3 Wire driven system with non-linear spring devices

イヤと同じ長さだけ緩めれば、機械的な関節剛性を保ったままリンクは時計方向に回転する。図3(b)のように両方のワイヤを同じだけ引っ張れば関節角度を変えることなく関節剛性だけを高剛性化することができ、図3(a)と同じ外力を受けたとしてもリンクの変位量は減少する。また、各モータの回転角度と関節の回転角度の関係から、関節に発生しているトルクを推定できる。なお以後では、各姿勢でリンクに働く外力および関節トルクが共にゼロの状態のワイヤの巻取り量を *SAT* の初期引張り量と呼び、ワイヤ張力がゼロの時を初期引張り量のゼロとする。

3.2 三リンク柔軟関節ロボットの構造

図4に実際に製作した三リンク柔軟関節ロボットの外観を示す。本柔軟関節ロボットはアルミフレームで構成された本体に、三個の関節を持つ三リンクアームとワイヤを巻き取るためのDCギヤードモータ（タミヤ製、540K300）を六個搭載している。アームは根元から順に第一、第二、第三リンクとし、第一、第二リンクの長さはそれぞれ270[mm]、第三リンクの長さは235[mm]である。リンクとモータの間の動力伝達用ワイヤには、関節剛性を調節するための *SAT* が1関節あたり1対(2本)、組み込まれている。関節部ブーリーの直径は第一関節のみ $\phi 56$ 、第二、第三関節は $\phi 36$ 、モータに取り付けたワイヤ巻取りドラムは全て $\phi 16$ である。

使用する *SAT* は $\phi 15[\text{mm}]$ 、長さは第一リンク用が30[mm]、第二、第三リンク用が40[mm]である。各関節にはポテンショメータ、モータ軸にはロータリーエンコーダを取り付けてあり、関節およびモータの回転角度を測定可能である。先端部には重量物をキャッチするパームを取り付ける。パームは内径 $\phi 90$ のアルミ製円筒を使用し、開口部の幅は65[mm]、表面には $t=1$ のラバーシートを貼り付けた。関節角度は図4(c)に示すように根元から順

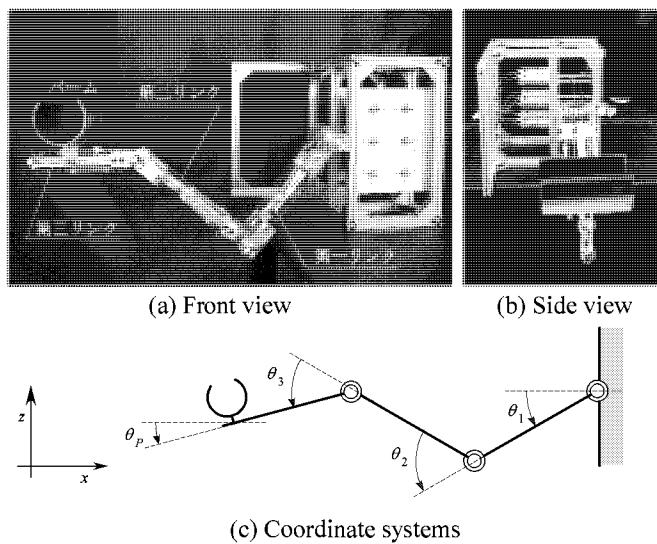


Fig.4 Overview of developed flexible joint robot

に θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、パーム部の角度を θ_p とする。各角度はCWを正とし、 θ_1 と θ_p は水平方向をゼロとする絶対角度、 θ_2 と θ_3 は前後のリンク間の相対角度とする。

3.3 三リンク柔軟関節ロボットの特性解析

三リンク柔軟関節ロボットの外力と姿勢変形の関係をシミュレーションおよび実験により解析する。作成したシミュレーションソフトウェアでは、*SAT*の特性に図2に示した実測値を用いた。ただしヒステリシス特性を無視するために、加圧時と減圧時の平均値を特性値とした。また、関節剛性とリンクに作用する外力との関係のみに着目するため重力の影響を無視して数値解析を行い、実機実験時はロボット全体を直角に倒して、リンクが水平面内を動作する水平多関節ロボットの姿勢で実験を行なった。

三リンク柔軟関節ロボットの手先剛性が調整可能であることを実験とシミュレーションによって確認した結果が図5である。図5(a)は実機実験の環境を上方から撮影した写真である。以下、水平姿勢では図5(a)に示すようにx-y軸を設定する。図5(a)に示す初期姿勢($\theta_1=0[\text{deg}]$ 、 $\theta_2=30[\text{deg}]$ 、 $\theta_3=30[\text{deg}]$)で、x軸方向に1[N]の外力をロボットの手先に印加した時に手先がどれだけx軸方向に変位するかを実験およびシミュレーションにより求めた結果が図5(b)である。横軸、縦軸はそれぞれ各関節の*SAT*の初期引張り量、x軸方向への手先の変位量である。*SAT*の初期引張り量はワイヤの張力がゼロとなる巻取り量が原点であり、巻き取るほど関節剛性は高くなる。実機による実験では0[mm]から5[mm]単位で15[mm]まで、シミュレーションでは0[mm]から0.2[mm]単位で15[mm]まで初期引張り量を変化させた。実験結果とシミュレーション結果の値は一致しなかつたが、6本の*SAT*の初期引張り量を同時に増やして張力を増やすと手先の剛性が高くなる傾向は一致した。

図6は図5の実験結果と同じ図5(a)の初期姿勢および*SAT*初期引張り量(5[mm])の条件で3[N]の外力を印加した結果である。図6(b)は図6(a)に示すように三関節ロボットの

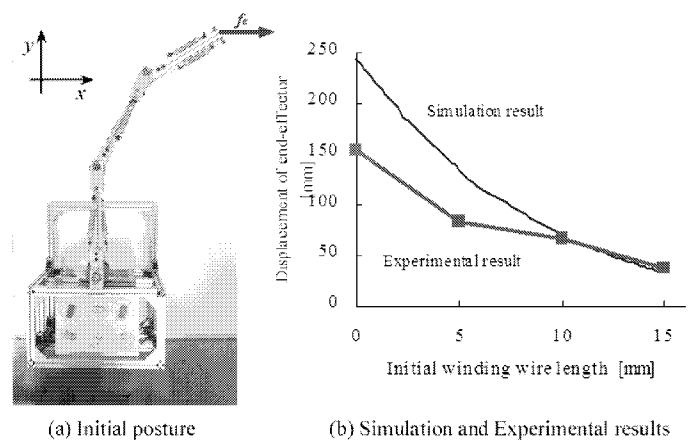


Fig.5 Relationship between initial winding wire length and displacement of fingertip

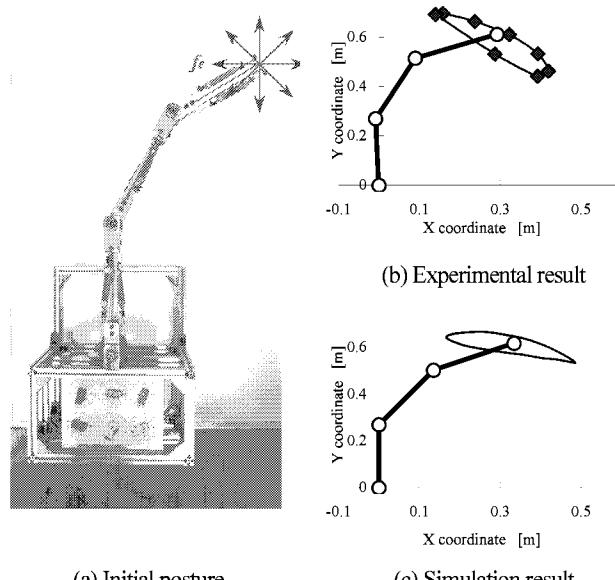


Fig.6 Comparison between experimental result and simulation result

手先に $45[\text{deg}]$ 単位で八方向に外力を印加したときの手先の変位量を測定した実機による実験結果である。図 6(c)は全く同一の条件で、 $1[\text{deg}]$ 単位で全方向に外力を印加したシミュレーション結果である。変位量の大きさは多少異なるが、手先の軌跡はほぼ同じ形の機能円を示した。

図7はロボットの初期姿勢を図5(a)と同じ姿勢に固定し、手先に印加する外力を $0[\text{deg}]$ から $360[\text{deg}]$ まで $1[\text{deg}]$ 単位で全方向に対して $1[\text{N}]$, $3[\text{N}]$, $5[\text{N}]$, $7[\text{N}]$, $10[\text{N}]$ と増やした時の手先の変位量をシミュレーションにより求めた結果である。全ワイヤの初期引張り量は $5[\text{mm}]$ である。横軸、縦軸はそれぞれ手先の変位量を表している。変位量が大きい方向は手先の剛性が低いことを表している。外力が大きくなるにつれて変位量は増加するが、手先端の描く軌跡の形状はほとんど変化しないことが分かる。

図8は各モータの初期引張り量は同一の $5[\text{mm}]$ 、姿勢のみを変えて全方向に $3[\text{N}]$ の外力を印加した時の手先の変位量をシミュレーションにより求め、グラフ化したものである。

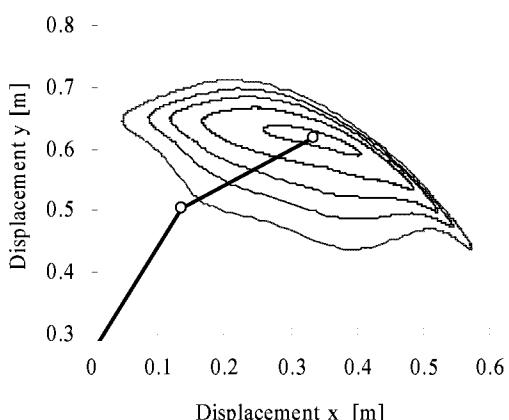


Fig.7 Simulation results (Same posture)

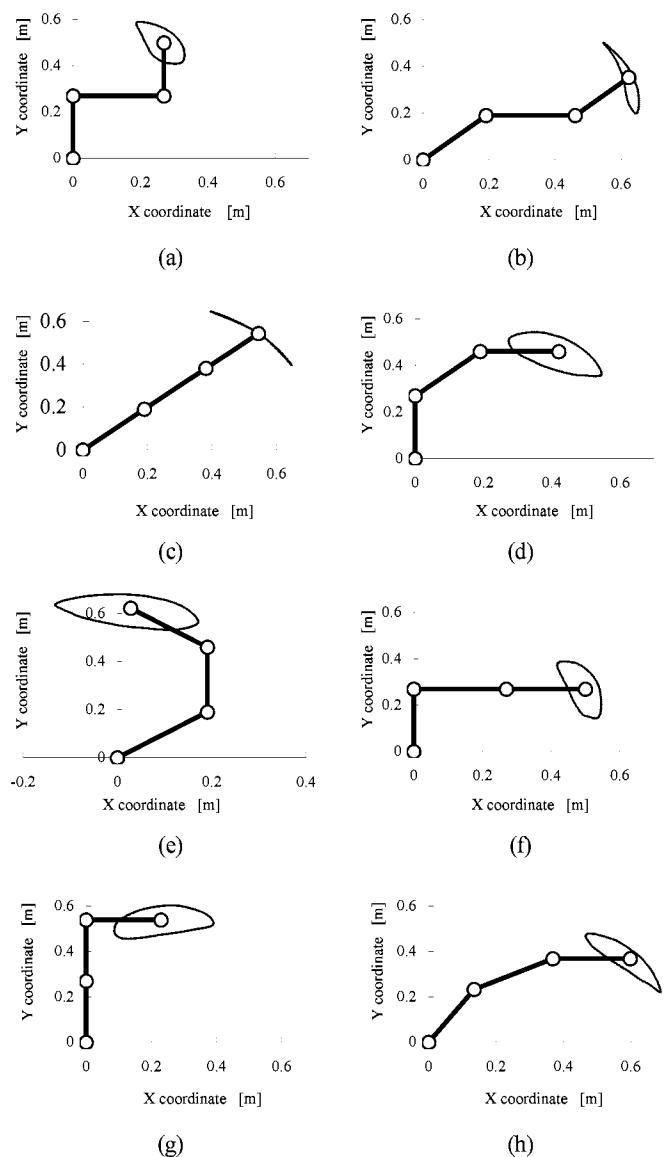


Fig.8 Relationship between posture and mechanical compliance

同じ初期引張り量であっても、ロボットの姿勢によって手先の剛性が変化することが分かる。

図9(a)から図9(h)はロボットの姿勢を図5(a)の初期姿勢に固定し、第一関節、第二関節、第三関節のSAT初期引張り量を関節ごとに変化させたシミュレーション結果である。外力の大きさは $3[\text{N}]$ である。同じ姿勢であっても、各関節の初期引張り量を調整することで、手先の剛性を特定の方向には硬く、別の方には柔らかく設定できることが分かる。例えばこの姿勢においては、図9(g)のように第一関節を柔らかく、第三関節を硬く設定すると手先は第三リンクの方向に柔らかく、鉛直方向には硬くなり、逆に図9(h)のように第一関節を硬く、第三関節を柔らかく設定すると手先は第三リンク方向には硬く、鉛直方向には柔らかくなる。

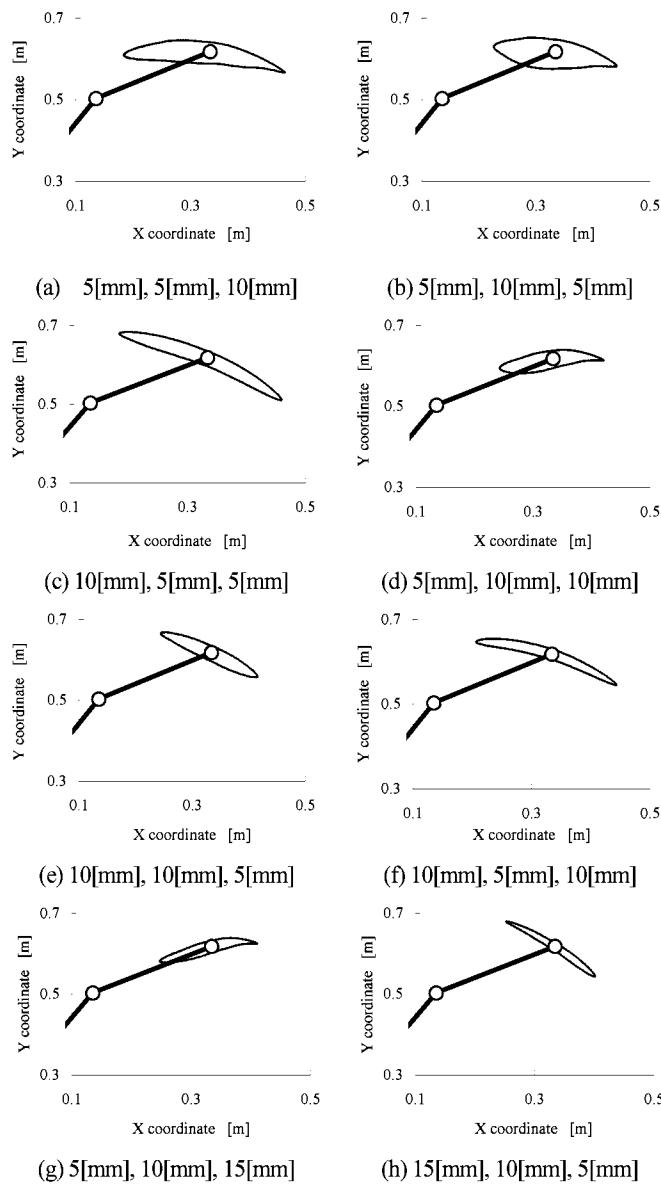


Fig.9 Relationship between initial winding length
and mechanical compliance

4. 実機による落下対象物キャッチング実験

前節のシミュレーションおよび実験結果より、開発した三リンク柔軟関節ロボットは、各関節の剛性を調整することで手先の剛性を制御可能であることが示された。この結果は自由落下する対象物をキャッチングするタスクを実現する上で重要な意味を持つ。対象物の運動エネルギーを安全に吸収するには、パーム部は水平姿勢を保ちながら重力方向にのみ運動することが望ましい。パームが傾いたり、水平方向に動いてしまうと対象物がパーム内で転がってしまい、対象物を取り落とす危険性が増えるためである。第三関節の剛性を高く設定し、第二リンク先端の水平方向の剛性を高く、垂直方向の剛性を柔らかく設定すれば、パ

ームを傾けない垂直方向の運動が実現できる。

0.3[m]の高さから質量0.52[kg]、直径 $\phi 32$ 、長さ0.083[m]の鉄製円柱対象物を落下させた際のロボットの挙動を図10に示す。ロボットの関節剛性の厳密な計測法が確立されていないので、各関節の機械的剛性は先に述べたように、第三関節は硬く、第二リンク先端は重力方向に柔らかくなるように第一、第二関節の剛性を手動で調整した。

対象物がハンド手先のパーム部に接触した瞬間を時間 $t=0$ とした。図11は時間と共に各関節およびパームの角度がどのように変化するのかを計測した結果である。駆動ワイヤを巻き取る各モータは初期姿勢および関節剛性を設定する時にのみ用い、落下対象物のキャッチング動作時には一切、動かしていない。ギヤヘッドの減速比が1/300と高減速比であるためバックドライブリバビリティが非常に低く、落下対象物から受ける衝撃力によってモータが従動的に回転していないことも確認している。

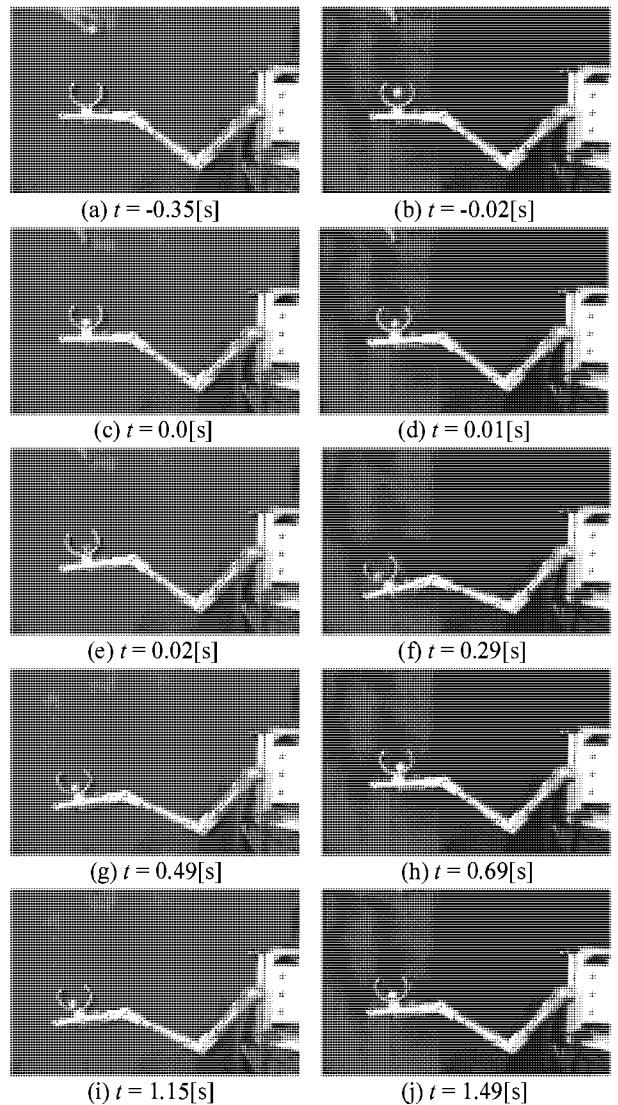


Fig. 10 Catching motion by robot arm

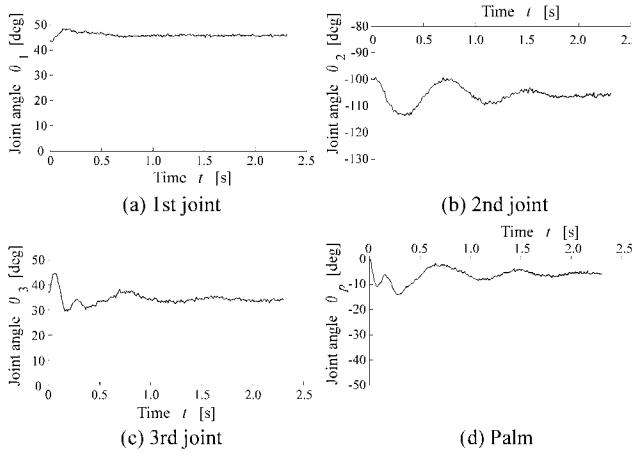


Fig.11 Experimental result of catching motion

第一関節は対象物がアームに接触した直後に少しだけ動くが、その後はほとんど動かない。第二関節は緩やかに一定の周期で振動する。第三関節は対象物が接触した直後は第二関節よりも短い周期で振動するが、その後は第二関節よりも振幅の小さな長い周期で振動する。パームの絶対角度は一時的に-10[deg]以上傾くが、その後は-10[deg]以内の角度を維持している。全体の振動は約2秒でほぼ収束する。ビデオ画像を目視で調べた範囲では、対象物はパーム内で転がりはするがバウンドしてパームから離れるることは無かった。このことから接触直後の短周期の振動は対象物の運動エネルギーを柔軟関節ロボットが受け止めた際の衝撃力によるものであると考えられる。

対象物は接触後にパーム内で転がる。転がることによる重心位置の影響がロボットアームの振動に与える影響を調べるために、パーム内に対象物を固定した場合と固定していない場合とで、パーム角度の挙動の違いを調べた。対象物は落下させるのではなくパーム内に置いた状態で、アーム先端を手で下方に引っ張り、手を離してからの挙動の違いを計測したが、パームの絶対角度の挙動の違いはグラフ上からは判別できない程度に小さかった。したがって、対象物がパームに衝突した後の長周期の振動はアーム自体の固有振動によるものであると考えられる。

5. 結言

非線形バネ要素SATを用いた関節剛性調整機構をもつ三リンク柔軟関節ロボットを開発した。実機を用いた実験により、質量0.5[kg]程度の対象物であれば能動的な関節力制御を行なわないでも受動的な粘弾性のみで落下物をキャッチング可能であることを実験的に確認した。

動的な挙動かつ衝突を伴う現象であるため、アームの初期姿勢と関節剛性、キャッチング成否の関係を解析的に調べることは容易ではない。実験的に関係を明らかにするには各パラメータを網羅的に試して、パラメータとキャッチング成否の関係性を導出することになる。関節角度と関節

剛性だけでなく、対象物の質量、落下高さもパラメータとすると実験条件は膨大な組み合わせになるため、実機の三リンク柔軟関節ロボットを忠実にモデル化した運動解析ソフトウェア(MSC-ADAM, MSC.Software Corporation 製)を用いたキャッチング動作のシミュレーションも行っている。

今後の課題は、三リンク柔軟関節ロボットの関節剛性を計測する手法を確立して実験の精度と再現性の向上を目指すこと、ロボットの強度を上げて対象物の重量を増やすことと、ダイナミクスを考慮したシミュレーション環境を完成させて、各パラメータとキャッチング成否の関係を表すマップを完成させ、そこから関係性を導き出すこと。そこから得られた知見を元にして、解析的な手法も用いてキャッチングが成功するための各関節角度と剛性の範囲を算出する関係式を得ることである。本研究の最終的な目標は、落下してくる対象物の質量と落下高さを入力として、最も安全かつ確実に対象物をキャッチングできる初期姿勢と関節剛性を算出する関係式と制御戦略を確立することである。

なお、本研究は科学研究費補助金・基盤研究(C)の助成を受けて行ったものである。

References

- 中野, 大久保, “跳躍ロボット全般について”, 日本ロボット学会誌, Vol.11, No.3, pp.40-45, 1993.
- 澄田, 大園, 辻, 金子：“仮想エアホッケーシステムを用いた人間の運動特性の解析”, ロボティクス・メカトロニクス講演会‘01, 講演論文集, 2001.
- 今井, 並木, 橋本, 石川, 金子, 亀田, 小山, “高速多指ハンドと高速視覚を用いたダイナミックキャッチング”, 第9回ロボティクス・シンポジア予稿集, pp.517-522, 2004.
- 則次, 安藤, 山中, “ゴム人工筋を用いたリハビリテーション支援ロボット”, 日本ロボット学会誌, Vol.13, No. 1, pp.141-148, 1995.
- 大島, 藤川, 熊本, “一関節筋および二関節筋を含む筋座標系によるロボットアームの機能的特性”, 日本精密工学会誌, Vol. 66, No. 1, 2000.
- 白井, 草川, 富岡：“非線形バネSATの特性の解析とロボットへの応用”, 鈴鹿工業高等専門学校紀要第39巻, p.63-68, 2006.
- 白井, 田中, 富岡：“非線形バネSATの原理と特性”, 日本ロボット学会学術講演会‘03, 2003.
- 猪俣, 小金澤：“非線形弹性要素を有するアクチュエータ(ANLES)を用いた拮抗駆動型手首関節とその剛性制御”, 日本ロボット学会学術講演会‘04.
- 小金澤, 清水：“非線形弹性システムを有するアクチュエータを用いた腱駆動多自由度関節の機械式剛性制御”, 日本ロボット学会誌, Vol. 22, No.8, pp.1043~1049, 2004.

Development of Three-Linked Compliant Joint Robot and Application for Catching Task of Free Falling Heavy Object

Tatsuya Shirai^{1*}, Yuuta Beppu², Takumi Tomioka¹

1: Dept of Mechanical Engineering

2: Advanced Engineering Faculty,

When the most of robots which has rigid joints receives the large impact force, its power transmission mechanism such as gears and wires will be seriously damaged. If the robot is able to be controlled joint stiffness, it can absorb large impact force. We had proposed a non-linear spring device named *SAT*(Stiffness Adjustable Tendon) to equip mechanical compliance for the power transmission mechanism of robots. In this study we discuss that how the robot catches a free falling heavy object. We had developed a three linked flexible jointed robot that can adjust joint stiffness as compliant and stiff. We had verified that the joint stiffness at each joint can be adjusted mechanically by using the robot. We have also verified the stiffness at finger tip can be controlled by the robot and by simulation of the robot. Finally, we had experimentally verified that flexible joint robot can catch a free falling heavy object by adjust the joint parameters of the stiffness and the damping without dynamic servo control of actuators.

Key Words : Joint compliance, Stiffness Adjustable Tendon (**SAT**),
Wire-driven robot, Capturing task, Robot arm, free falling object

電気工事士技能試験対策とその効果

北村 登¹, 鈴木 昌一²

1:電気電子工学科
2:教育研究支援室

電気系科学生にとって、資格試験としての電気工事士試験は、電気系科目の基礎知識の確認および社会での認知度の点から在学中の取得を目指したい資格試験の代表である。本校電気電子工学科では技能試験に対応した内容を実験科目のテーマの一つとしており、また受験学生の希望により試験前の自主練習をサポートしている。この報告では、それらの実施内容やその効果について過去数年間の状況を報告する。

Key Words : 資格試験, 電気工事士, 技能試験, 技能試験対策

(受付日 2008年9月5日; 受理日 2008年12月24日)

1. はじめに

非常に多くの技術系資格試験が実施されているが、電気系の中でも「電気工事士」と「電気主任技術者」は国家資格であり、産業界においてもその価値が高く認められている資格試験の代表である。本校では各種技術系資格試験の合格を単位認定することなどにより、学生の在学中における資格試験への挑戦を奨励している。また、資格試験の受験は専門科目に対する動機付けや学力の確認あるいは就職時の自己アピールのためなど、学生自ら資格取得を目指すことも見られる。

高専の電気系学科において、専門教育への動機付けやものづくり教育の一環として、電気工事実習を工学実験のテーマとして取り入れたり^{1,3}、電気工事士資格の取得を目指した指導⁴を実施していることの報告がなされている。それらによると、学生の取り組みが熱心で、動機付けとしての教育効果および資格取得において有効であることが示されている。

その様な状況をもとに、本校電気電子工学科でも電気系技術資格の第一段階としての「第二種電気工事士」の取得と専門科目への動機付けを目的として、2年生の電気電子工学実験の1テーマとして技能試験のための基礎実習を取り上げている。さらに、ここ数年電気工事士試験を受験する学生の希望に応じて、技能試験前に自主練習の形で試験対策の補講を実施している。本論文では、この電気工事士試験の受験対策の内容や受験状況などについて報告する。さらに、これまで実施してきたことにより明らかになった今後の課題とその対応策について述べる。

2. 電気工事士および電気工事士試験

電気工事士は、電気工事の欠陥による災害の発生を防止するために、電気工事士法によって一定範囲の電気工作物について電気工事の作業に従事することが可能な者であり、一般用電気工作物

の電気工事が可能な第二種電気工事士の資格と、さらに最大電力500キロワット未満の需要設備の電気工事が可能な第一種電気工事士の資格の2種類がある。実務上、大半の工事は第二種電気工事士の資格で可能である。その意味で、電気系学生がまずチャレ

表1. 第二種電気工事士筆記試験の内容

-
- ①電気に関する基礎理論
 - ②配電理論及び配線設計
 - ③電気機器・配線器具並びに電気工事用の材料及び工具
 - ④電気工事の施工方法
 - ⑤一般用電気工作物の検査方法
 - ⑥配線図
 - ⑦一般用電気工作物の保安に関する法令
-

表2. 第二種電気工事士技能試験の内容

-
- ①電線の接続
 - ②配線工事
 - ③電気機器及び配線器具の設置
 - ④電気機器・配線器具並びに電気工事用の材料及び工具の使用方法
 - ⑤コード及びキャブタイヤケーブルの取付け
 - ⑥接地工事
 - ⑦電流、電圧、電力及び電気抵抗の測定
 - ⑧一般用電気工作物の検査
 - ⑨一般用電気工作物の故障箇所の修理
-

ンジする資格として、実用上の有用性の高い資格であるとともに電気工学の基礎知識を確認するためとしても、受験し資格を取得するに値する国家資格である。

電気工事士試験⁵は、筆記試験と技能試験とに分かれている。筆記試験は6月上旬に実施され、表1の内容に関して四肢択一で答える形式で50問が出題される。技能試験は、筆記試験の合格者と筆記試験免除者に対して、表2に示す事項の全部又は一部について、持参した作業用工具により、配線図で与えられた問題を支給される材料を用いて、一定時間内に完成させる方法で行われる。なお、平成18年度から技能試験の候補問題が事前に公表されるようになり、技能試験対策が容易になった。技能試験候補問題は13題（平成19・20年度）が、（財）電気技術者試験センターからその年の1月下旬に公表される。したがって、受験者にとってはその候補問題に対する検討・対策のための時間が半年近くあり、十分な準備ができる状況である。

3. 資格試験に対するカリキュラムでの対応

電気電子工学科のカリキュラムは資格取得を目指したものではないため、受験対応と言った内容に重点を置いたものでないことは明らかであるが、例えば本校の電気電子工学科は第二種電気主任技術者の認定校となっていることなどから、現行のカリキュラムを履修修得すれば資格試験に合格できるだけの実力があると認められていることと考えられる。しかし、試験に合格するためには、それなりの合格のためのテクニックに対応しておくことはどの様な試験においても必要であり、受験対策としての特別な対応を講じることも必要である。

筆記試験の①電気に関する基礎理論、②配電理論及び配線設計、⑥配線図、⑦一般用電気工作物の保安に関する法令に関しては、電気電子工学序論、電気回路、電気磁気学、電気電子製図、電気法規などの科目においてその主要な内容は扱われている。しかし、開講学年は高学年でのものもあり、在学中の受験の場合には自学自習が必要となる。特に法令および配線図関連の内容に関しては電気工事に対応した出題であるので、それに適合した事項を学習する必要がある。

一方、技能試験は単線図で示されている問題を、与えられた材料で実現するという課題であるので、単線図を実際の配線に対応する複線図に書き換える知識とそれを実際に配線するという技能との2つの能力が必要となる。これらの能力は繰り返しの練習により、かなりの程度高めることができるものである。技能試験に対応した内容としては、電気電子工学序論、電気電子製図および電気電子工学実験のテーマで取り上げられているが、授業では時間的な制約などのために充分な対応まではできていないのが実情である。先にも述べたように、本校は技術者を育てるのが目的であり、技能試験に合格することのみを目的としているのでは無いことから、試験対策に正規の授業時間の多くを当てることは適當とは考えていない。

工学実験では2年生において、「電気工事実技実習」を2週間にわたるテーマで平成16年度から取り入れている。これは、低学年

生に対する専門科目への導入教育を目指したカリキュラムの検討の結果、新しく取り入れたテーマである²。実験での実習中の様子を写真1に示す。このテーマは学生へのアンケート結果でも「興味を持って取り組んだテーマ」であることが示されており、後でも述べるように、このテーマの導入により電気工事士試験の受験者が増加する結果となった。



写真1. 2年生の実験テーマとしての「電気工事実技実習」に取り組んでいる様子

4. 技能試験受験者に対するカリキュラム外での対応

技能試験は平成18年度から候補問題が公表されるようになり事前の試験対策が以前に比べ容易になり、練習の成果がより明確に合格に結びつくようになった。筆記試験に合格し、7月末に実施される技能試験のための練習を希望する学生が、ここ数年毎年数名程度申し出て来るようになった。そのため技能試験前の2～3週間、放課後および夏休み期間中は9時～17時の間で自主練習という形で、技能試験対策の補講を実施している。

具体的には、公表されている候補問題に対して、単線図を複線図に直す練習、その複線図を元に実際の配線を完成させる練習を行っている。指定された寸法で配線するためのケーブルの切断や絶縁被覆のはぎ取り、ケーブル接続のためのリングスリーブのサイズや圧着刻印の適正な使用など、理論だけでなく経験や慣れが重要なことが多くあるので、実際の問題に数多く当たることが技能試験対策としては一番重要なことであると思われる。そのため最も重要なことは学生が取り組む姿勢であると考えており、学生自ら取り組むことから始まる自主練習という形をしている。もちろん安全に対する注意と技術的なことなどに関するサポートは行うが、カリキュラムとしての工学実験のテーマを実施するときのような指導者の方からの細かい指示などは出さないことにしている。

この自主練習に参加している学生は、夏休みに入てもほぼ毎日熱心に練習に取り組んでいる。その結果、最近3年間の技能試験の補講に参加した学生13名中、12名が技能試験に合格してお

り、学生の積極的な試験対策への取り組みが合格につながっているものと考えている。

5. 効果

電気電子工学科の学生に対して、著者が実施している調査による第二種電気工事士試験の受験者数および合格者数を表3に示す。表に示されているように、平成16年度までは2,3名であった受験者数が平成17年度から10名近くになっている。これは、平成16年度から2年生の電気電子工学実験で「電気工事実習」をテーマとして取り上げたことにより、受験に当たっての壁が低くなつたためと考えられる。また、合格者数は平成17年度から増加している。このように、電気工事士試験の受験者数および合格者数は、平成16年度からの実験での取り組みや技能試験対策のための補講としての受験生へのサポートの結果が現れてきているものと考えられる。

表3は電気電子工学科の学生に受験状況であるが、最近3年では他学科の学生も毎年少数が技能試験対策の補講に参加しており、試験に合格している。

表3の合格者は、筆記試験および技能試験の両方に合格した学生数である。筆記試験および技能試験のそれぞれでの合格・不合格は調査のデータが統一していない年度があり、表に示していないが、不合格者の割合は筆記試験の方が高い傾向にある。また、今回の報告している補講に参加した学生は、ほぼ全員が技能試験に合格している。これは、筆記試験に合格した学生は技能試験にも合格しようという積極性が、筆記試験を受験するときの学生の受験に向けての積極性よりも高くなり、その意欲が技能試験での合格率を高くしているものと考えている。

6. 今後の課題

技能試験で使用できる工具は、現在は電動工具以外のものは何を使用しても良くなっているが、リングスリーブ用圧着工具に関してはJIS C 9711: 1982, 1990, 1997適合品であることが指定されている。この工具は電気工事専用ものであり、一般家庭で使用するものではなく、比較的高価である。そのため、工具の貸し出しを希望する学生には技能試験の前に工具一式を貸し出している。現時点では貸し出し希望者が数名であるため対応できているが、さらに受験者が増加してきた場合にはリングスリーブ用圧着工具をさらに準備しておく必要がある。また、絶縁被覆やケーブル外装の剥がしなどは学校の実験実習としては电工ナイフを用いての練習が基本であるが、現在実際の工事ではストリッパーが使われることがほとんどである。ストリッパーを利用すれば絶縁被覆に傷をつけたりすることが少なくなり、また作業効率も上がることは間違いない。さらには、ナイフによる怪我も少なくなるなど利点は多くあり、実験実習でのストリッパーの導入も検討する必要があると考えている。

先に述べたように、技能試験のためのカリキュラム外での補講に参加した学生は、ほぼ全員が技能試験に合格している。すなわち、電気工事士試験の不合格者は筆記試験で不合格となっている

のが本校での状況である。このことに関しては、これまで筆記試験受験のためには、個別に相談を受けた場合に対応するにとどまっており、本報告で取り上げた技能試験対策のように学科としての対応は行ってこなかった。電気工事士試験を受験しようという積極的な取り組みをする学生のために、筆記試験のための補講など何らかの対策を講じたい。

表3. 電気電子工学科学生の第二種電気工事士試験の受験者数、合格者数および合格率

年 度	受験者数	合格者数	合格率
平成13	2	1	50%
平成14	0	0	—
平成15	3	2	67%
平成16	2	1	50%
平成17	8	6	75%
平成18	9	6	67%
平成19	7	5	71%
平成20	8	5	63%

参考文献

1. 安藤守, 三浦靖一郎, 石田俊一, 渡辺博: ものづくり教育プログラムI——工学実験への電気工事士実習の導入と学生の意識調査——, 論文集「高専教育」, 28, 405-410 (2005).
2. 北村登, 鈴木昌一, 柴垣寛治, 花井孝明: 専門教育への動機付けを目指した電気電子工学実験のテーマおよび実施法, 工学教育 54-2, 104-109 (2006).
3. 安藤守, 三浦靖一郎, 石田俊一, 渡辺博: ものづくり教育プログラムII——工学実験への電気工事士実習の導入とその効果の検証——, 論文集「高専教育」, 30, 299-303 (2007).
4. 渡辺誠一, 峯村賢次, 大澤幸造: 第二種電気工事士資格取得のための指導方法の改善, 論文集「高専教育」, 28, 255-260 (2005).
5. (財)電気技術者試験センター, <http://www.shiken.or.jp/>

Countermeasures for an Electric Works Specialist Skill Examination and its Effects

Noboru Kitamura¹, Shoichi Suzuki²

1: Dept. of Electrical and Electronic Engineering

2: Education and Research Support Team

The electric works specialist examination is one of the qualifying examinations that are well known in society, and it confirms the basic knowledge of the subject of the electric system of students. An electric works specialist qualification is a representative of the qualifications that students should acquire while attending school. We regard contents corresponding to the technical skill examination as the one of the themes of the experiment subject in the Department of Electrical and Electronics. And we support voluntary exercises before the technical skill examination.

In this report, we present the situation of the past several years about the voluntary exercise and its effects.

Key Words : a qualifying examination, an electric works specialist, a technical skill examination, countermeasures for an electrical works specialist skill examination

ニューラルネットワークによる 積層型静電アクチュエータの特性評価

川口 雅司^{1*}, 山野 勝久¹, 奥田 一雄¹

1:電気電子工学科

将来、人工筋肉への適用を目指し、2本のリボン状フィルム電極を交互に折り込んだ構造をもつ積層型静電アクチュエータを開発するにあたり、その重要な要素として駆動域ではしなかやかで必要以上に伸びにくいという特性が求められる。それゆえにバネ特性の測定及び改善が必要となりアクチュエータの諸データを変更しての試作が幾度と要求される。

そこで、より良いバネ特性を持つアクチュエータの開発を効率よく行う為には既存のアクチュエータの諸データを元にして、あらかじめ良い特性を持つと考えられるアクチュエータを予測できるシステムの開発が望まれる。その予測を行うのに適していると考えられるのがニューラルネットワークである。

本研究では積層型静電アクチュエータの測定データから次に試作するアクチュエータの持つバネ特性の予測を階層型ニューラルネットワークを用いることによって行った。

Key Words : 静電アクチュエータ, ニューラルネットワーク, バネ特性, 積層型

(受付日 2008年9月5日; 受理日 2008年12月24日)

1. 緒言

近年多くの種類の静電アクチュエータが開発され人工筋肉などへの応用が期待されている。多数の小型駆動装置から構成された静電アクチュエータは電極間隔を狭くすることで静電気力が極めて増加するので十分大きい力を発生させることが出来る。^{1,2} 静電アクチュエータは可動電極が作動する方向の違いにより平行型と垂直型の二つのタイプがある。平行型では電極間隔が一定に保たれており、可動電極が平行に動作する。³

駆動部は2個の絶縁された薄いプラスチックフィルムが相互に折り重ねられており電極部分は厚くヒンジ部は薄い構造になっている。シミュレーションによる駆動装置のバネ特性は測定結果にほぼ一致し、バネ特性が積層型静電アクチュエータの動作解析において重要であると確認された。¹

駆動域ではしなかやかで、必要以上に伸びにくいという特性が求められる。それゆえに、バネ特性の測定及び改善が必要となり、アクチュエータの諸データを変更しての試作が幾度と要求される。

そこで、より良いバネ特性を持つアクチュエータの開発を効率よく行う為には、既存のアクチュエータの諸データを元にして、あらかじめ良い特性を持つと考えられるアクチュエータを予測できるシステムの開発が望まれる。その予測を行うのに適していると考えられるのがニューラルネットワークである。

本研究では積層型静電アクチュエータの測定データから次に試作するアクチュエータの持つバネ特性の予測を階層型ニューラルネットワークを用いて行った。

2. 静電型アクチュエータとニューラルネットワーク

アクチュエータに使用されるリボンフィルムは両面が絶縁プラスチックによってコーティングされた薄い金属フィルムで構成されている。薄いリボンフィルムから構成されたアクチュエータは非常に柔らかいためわずかな外部の力で全長を大きく変えることが出来る。³

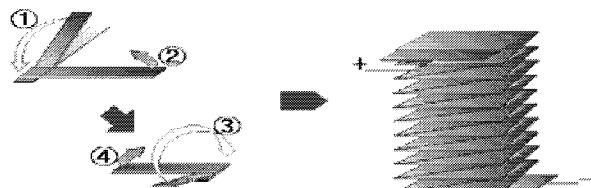


図1 アクチュエータの作製方法

図1にアクチュエータの作製方法を示す。 詳細は下記の通りである。

1. リボンの一部を固定し交互に折り重ねる
2. プラスとマイナスの電圧を引加する
3. 静電気による収縮力が発生する

積層型静電アクチュエータの理想的なバネ特性はその駆動域では柔らかく、それ以外の領域では硬い構造が望まれる。図2にアクチュエータの理想的なバネ特性の概要を示す。駆動前領域 (Before Operating Region)、駆動域 (Operating Region)、および過負荷領域 (Overload Region) の3つの領域がある。

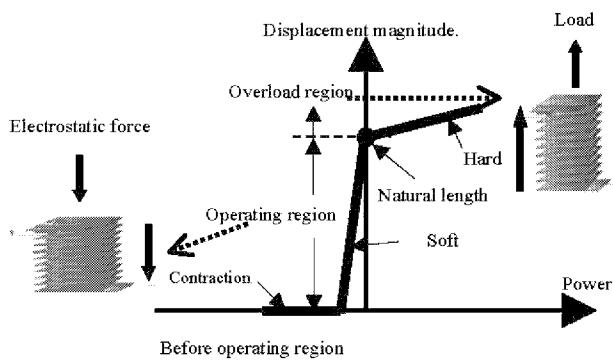


図2 理想的なバネ特性の概要

3. ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークとは、比較的単純な信号処理要素（ニューロン）が多数相互して、信号をやり取りするような形のネットワークをいう。一端から入力を入れ、他端から出力を取り出す。入力部において結合係数と入力値の積の総和を求め、しきい値を減算してシグモイド関数などの関数処理を行ったものを出力とする。個々のニューロンの動作は単純なものであっても、それらが多数集まると、全体として複雑な処理ができるようになる。ニューラルネットは全体が混然一体となって機能を果たすものであり、通常のコンピュータとは異なった並列分散形の情報処理方法である。従来のコンピュータ処理が苦手とする予測や制御、検査などが行える。また、アクチュエータの振る舞いは非線形でありまた各々のパラメータが不規則な条件である。このためアクチュエータの振る舞いを予測するために一般的なパターン分類手法や機械学習などの方法は適していないと考えられる。このため本実験ではニューラルネットワークにおける階層型ネットワークを使用した。

4. 誤差逆伝搬法（バックプロパゲーション法）について

基本的にはパーセプトロンの拡張で、出力層に正しい解答を教師信号として与えてやることで、その教師信号と出力との誤差を求めて重みを変更する。この働きが、出力層側から入力層側へ向かうためにバックと呼ばれる。バックプロパゲーションは発想から言えばパーセプトロンの連合層の素子の機能をランダムに作り出す代わりに学習によって効率的に構成しようとするものであり、教師入力として入出力関係が与えられたときにその関係を満たすように素子の接続を変えていくアルゴリズムである。⁴

図3に示すような多層の神経回路網を考える。ただし、各層の中での結合ではなく、また信号が逆方向に流れることもないとする。

この回路の入力層（第1層）に、ある入力ベクトル x が与えられたとき、出力層からベクトル z を出力するのが望ましいとする。

いま、各層の細胞の出力 y を

$$y_k^{(l)} = f(\vec{w}_k \cdot \vec{y}^{(l-1)}) = f(\sum_{j=1}^{n_{l-1}} w_{kj}^{(l)} y_j^{(l-1)}) \quad (1)$$

と決めると、同様の計算を繰り返すことによって出力層（第m層）の細胞の出力 y を求めることができる。こうして得られたシステムの出力 y と出力すべき値 z との2乗誤差を E とする。式で表せば

$$E(x) = \frac{1}{2} \left\| \vec{z} - \vec{y}^{(m)} \right\|^2 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{n_m} (z_k - y_k^{(m)})^2 \quad (2)$$

となる。系が望ましい出力を出すようにするために、 E の値が小さくなる方向に荷重 w を変化させればよい。その一つの方法として、バックプロパゲーションでは E についての最急降下法を用いて w を変化させる。すなわち

$$\Delta \frac{\vec{w}_i^{(l)}}{w_i} = -c \frac{\partial E}{\partial \vec{w}^{(l)}} = -c e_i^{(l)} \vec{y}^{(l-1)} \quad (3)$$

として w を変化させる。ここで、 e は出力層については

$$e_i^{(m)} = (\vec{z}_i - \vec{y}_i^{(m)}) f'(\vec{w} \cdot \vec{y}^{(l-1)}) \quad (4)$$

それ以外の層については

$$e_i^{(l)} = \sum_{j=1}^{n_{l+1}} w_{ij}^{(l+1)} e_j^{(l+1)} f'(\vec{w} \cdot \vec{y}^{(l-1)}) \quad (l=1,2,\dots,m-1) \quad (5)$$

である。この値の計算は、出力層から信号の流れと逆方向に進めしていくことができるところから、バックプロパゲーション（逆伝搬法）と呼ばれる。特に、出力 $f(u)$ が

$$f(u) = \frac{1}{1 + \exp(-u)} \quad (6)$$

という形をとるとときには、 e はそれぞれ

$$e_i^{(m)} = (\vec{z}_i - \vec{y}_i^{(m)}) f'(\vec{w} \cdot \vec{y}^{(l-1)}) (1 - f(\vec{w} \cdot \vec{y}^{(l-1)})) \quad (7)$$

$$e_i^{(l)} = \sum_{j=1}^{n_{l+1}} w_{ij}^{(l+1)} e_j^{(l+1)} f'(\vec{w} \cdot \vec{y}^{(l-1)}) (1 - f(\vec{w} \cdot \vec{y}^{(l-1)})) \quad (8)$$

という形に整理される。

以上のような学習をさまざまな入力に対して繰り返すことによって、この神経回路はやがてすべての入力に対して望ましい出力を出すようになるという仕組みである。

5. アクチュエータのバネ特性予測

バネ特性を予測するニューラルネットワークを構築し入力の各要素を測定した。本実験では図3のような3層のニューラルネット

トワーカシステムを構成した。各層のユニット数は入力層 8、中間層 3、出力層 3 である。入力層には測定した各データを入力信号とした。3 つの出力ユニットは駆動前領域、駆動域、過負荷領域の 3 つのバネ特性を表している。学習法はバックプロパゲーション法による。

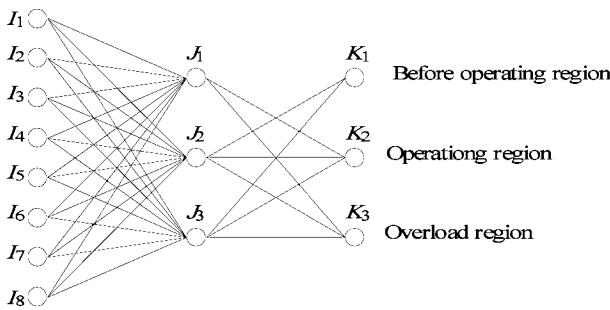


図 3 バネ特性予測ニューラルネットワークの構造

駆動前領域、駆動域、過負荷領域それぞれのバネ特性を予測する。ニューラルネットワークの学習式は式(3)～式(5)による。これは典型的な学習規則によっている。

$$W_{ij} = W_{ij} - 0.3 \sum (e_i j_j (1 - j_j) i) \quad (9)$$

w は入力層と中間層の間の荷重であり j は中間層の出力値である。i は入力値である。e は誤差である。

$$v_{ij} = v_{ij} - 0.3 \sum (e_i k_j (1 - k_j) j) \quad (10)$$

v は中間層と出力層の間の荷重であり k は出力値である。j は中間層の出力値、e は誤差である。

表 1 学習データ

	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5
リボン幅(mm)	5	5	7.5	7	7
熱処理温度(℃)	80	120	140	100	160
駆動前領域の変位量(mm)	0.521	0.112	0.143	0.170	0.082
駆動域の変位量(mm)	1.758	1.823	1.944	2.187	1.878
過負荷領域の変位量(mm)	3.311	3.755	3.161	3.583	3.052
駆動前領域の負荷(mN)	9.457	10.780	16.333	8.428	8.428
駆動域の負荷(mN)	16.072	24.010	27.440	22.148	27.440
過負荷領域の負荷(mN)	39.298	39.288	34.055	32.732	34.055

本研究ではこれまでに試作された既存のアクチュエータより測定したデータを元にしてより良いバネ特性を持つアクチュエータの予測を行う。以下に具体的方法を示す。

- ① 既存のアクチュエータより測定データ（フィルムの幅、熱処理の有無及びその温度、駆動前領域の負荷量、駆動域での負荷量、負荷領域での負荷量、駆動前領域の変位量、駆動域での変位量、負荷領域での変位量）をなるべく多く収集する。
- ② 既存のアクチュエータより測定したデータからアクチュエータのバネ特性を予測できるニューラルネットプログラムを作成する。
- ③ 測定データをニューラルネットワークへ対応した数（0～1）へ変換し、構築したニューラルネットワークで、変換した各因子のデータにより学習を行い、データを変化させたときのアクチュエータのバネ特性の予測を行う。教師信号はバネ定数を 120 で除じた数値を使用した。

表 2 教師信号としてのバネ特性

	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5
駆動前領域	19.025	97.402	117.085	54.781	103.989
駆動域	9.312	16.404	16.362	10.479	16.742
過負荷領域	11.846	10.447	10.775	9.126	11.158

表 3 ニューラルネットワーク入力層への変換式

	変換式
リボン幅	$I_1 = 0.05L (\text{mm})$
熱処理温度	$I_2 = 0.005t (\text{C}^\circ)$
駆動前領域の変位量	$I_3 = b (\text{mm})$
駆動域の変位量	$I_4 = 0.3b (\text{mm})$
過負荷領域の変位量	$I_5 = 0.14 (\text{mm})$
駆動前領域の負荷	$I_6 = 0.05F_1 (\text{N})$
駆動域の負荷	$I_7 = 0.01F_2 (\text{N})$
過負荷領域の負荷	$I_8 = 0.01F_3 (\text{N})$

ここにおけるアクチュエータの理想的なバネ特性 k は式(11)で表すことが出来る。P は負荷、 δ は変位である。

$$k = \frac{P}{\delta} \quad (11)$$

6. 実験結果

ニューラルネットワークによる予測結果を以下に示す。実験には表 1 の学習データおよび表 2 の教師信号データ等を使用した。

バネ特性は駆動前領域、駆動域、過負荷領域の 3 つの領域について予測した。電極サイズは 5mm、7mm、および 7.5mm 3 種類のデータを使用した。電極の厚さは $38 \mu\text{m}$ であり材質は PET (Polyethylene terephthalate film) を使用した。

実験結果の一例を図 4 に示す。このときの電極サイズは 7.5mm の場合である。駆動前領域、駆動域、過負荷領域の 3 つのそれぞ

れの領域において実験値および予測値を示す。また、熱処理温度は80°C、100°Cおよび120°Cの3通りである。

このニューラルネットワークに関する入力信号には表1のよう
にリボン幅、熱処理温度、各領域の変位量および負荷の大きさを
使用した。

10個のテストデータを使用したときの負荷領域および過負荷
領域での平均誤差は9.77%となった。実用可能な精度までは及ば
ないが、一定の条件内では誤差の少ない結果も見られる。本実験
では5つの学習データのみを使用しておりさらに多くの学習データ
が必要である。しかしながら測定時の誤差などで同じ熱処理温度
にもかかわらずバネ特性が大きく違うような矛盾したデータが
含まれている場合はニューラルネットワークの学習に支障が出る
ため入力データの精査も必要である。^{5,6}

駆動域においては大きな誤差が散見される。測定値が小さいた
め、予測のわずかな違いが大きな誤差となってしまう問題がある。

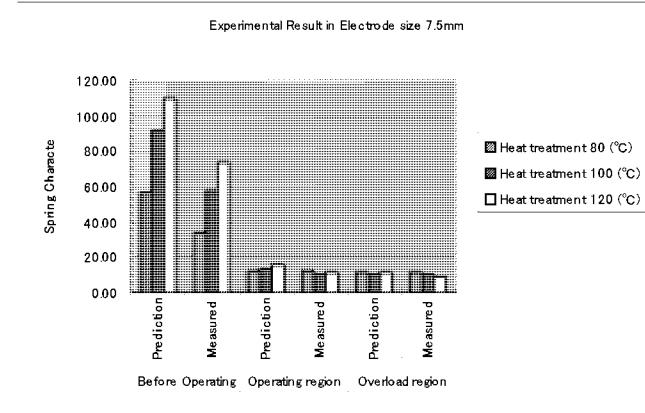


図4 実験結果

7. 考察

本研究で用いたニューラルネットプログラムで予測した予測平
均誤差は、種々の電極サイズでは負荷領域、過負荷領域では
9.77%（全体としては19.42%）、電極サイズ7mmでは7.5mm
のサイズのものを予測した場合14.22%（全体としては予測平均
誤差39.85%）となり、実用可能な精度までは及ばないが、使用
場面が多いと思われる負荷領域においては誤差の少ない結果も見
られる。以下にそれぞれのデータ誤差について詳しく述べる。まず、
種々の電極サイズのデータでは全体的に駆動前領域のデータで
駆動域、過負荷領域のそれに比べると突出した誤差が見られる。
これは値が小さくわずかな予測の違いも大きな誤差として現れる
ためで、細かい値で予測を行うことによって改善されると考えら
れる。また表3で示した0から1の範囲への変換式の改善も今後
の課題である。駆動域、過負荷領域においての突出した誤差は熱
処理温度の違いでデータに大きな変化が起こることが原因である
と考えられる。電極サイズ7mmのデータでは、平均誤差が
39.85%と非常に誤差が大きく精度が低い。この原因是電極サイズ
という要素がバネ特性に大きな影響を与えることからであると考
えられる。しかし、学習データに近い電極サイズの予測結果につ

いては比較的誤差の小さな結果が得られていることから、電極サ
イズごとに分けて予測するようなシステムを構築した方が精度の
高い予測が行えるように考えられる。

全体的な誤差の原因に考えられるものとして、試作されたアク
チュエータに含まれる誤差や、サンプル量の少なさが予測精度を
悪化させていると考えられる。

以上のことにより、サンプル量を増やしました電極サイズごとに
別々のニューラルネットワークで学習させることによって、より
正確な予測が行うことができると思われる。しかし、アクチュ
エータの要素はわずかな変化でその特性に大きな影響を与える為、
より多くの正確でさらに詳細なデータの入手や、多くのデータが
取り扱えるプログラムの改良が今後の課題として上げられる。

References

- Shutov, M. V., Howard, D. L., Sandoz, E. E., Sirota, J. M., Smith, R. L., Collins, S. D.: *Electrostatic inchworm microsystem with long range translation, Sensors and Actuators A* **114**, 379-386 (2004)
- Matsunaga, T., Kondoh, K., Kumagae, M., Kawata, H., Yasuda, M., Murata, K., Yoshitake, M.: *Fabrication of a New Electrostatic Linear Actuator, Jpn. J. Appl. Phys.* **39**, 7115-7119 (2000)
- Chu, P. B., Nelson, P. R., Tachiki, M. L., Pister, K. S. J.: *Dynamics of polysilicon parallel-plate electrostatic actuators, Sensors and Actuators A* **52**, 216-220 (1996)
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., Williams, R. J.: *Learning internal representations by error propagation, Parallel distributed processing, MIT Press*, 318-362 (1986)
- 山野勝久, 奥田一雄, 川口雅司: ニューラルネットワークに
よる静電型アクチュエータの特性評価, 電気関係学会東海支
部連合大会, P-058 (2006)
- Masashi Kawaguchi, Katsuhisa Yamano, Kazuo Okuda,
Takashi Jimbo, and Naohiro Ishii: *The Characteristics
Evaluation of Stacked-Type Electrostatic Actuators by
the Neural Network, KES 2007/WIRN 2007, Part II,
LNAI 4693-1059, pp1059-1065 (2007)*

The Characteristics Evaluation of Stacked-type Electrostatic Actuators by the Neural Network

Masashi Kawaguchi^{1*}, Katsuhisa Yamano¹, Kazuo Okuda¹

1: Dept. of Electrical & Electronic Engineering

We developed the electrostatic and layered actuator with the structure which alternately tucked 2 ribbons film electrode. The aim is for the application to the artificial muscle. We proposed the prediction system of spring characteristic which is beforehand estimated in order to develop the actuator efficiently. This system was almost completed as a system of the prediction. However, the prediction result is sometimes not suitable the practicable accuracy.

Key Words : Electrostatic Actuator, Neural Network, Spring Characteristic, Stacked-type

ものづくり教育のための磁石教材

－反発磁石を利用した振動のリミットスイッチの製作－

西村 一寛^{1*}, 柴垣 寛治¹, 川口 雅司¹, 北村 登¹, 井上 光輝²

1:電気電子工学科

2:豊橋技術科学大学・工学部

ものづくり教育のための教材として反発磁石を利用した振動のリミットスイッチの製作を紹介する。振動を与えるとその距離が変化する反発磁石の間に鉄など挿入したもので、振動による鉄の着磁状態の変化を利用して、オン／オフするスイッチである。教材では、安全で安価で扱いやすくなるようにアクリルや小さいネオジム磁石、球状の鋼を使用し、目視でオン／オフを確認するスイッチを製作する。この製作よりこの現象が体験でき、この体験よりこの原理が理解でき、さらに、振動のスイッチとしての応用についても学ぶことができる。

Key Words : 振動のリミットスイッチ, 反発磁石, 着磁, ものづくり教育, 磁石教材

(受付日 2008年9月5日; 受理日 2008年12月24日)

1. 緒言

ものづくり教育¹とは、動くおもちゃ、ロボット工作の他、伝統工芸や農林作業体験など、特に決まりはなく、学校での公開講座、日常的な授業、クラブ活動、研修旅行、学外でも科学館、博物館、企業などで様々なところで実施されている。ものづくりは、人間の意志でこういうものを作りたいという目的からなされるもので「アート」と同じ目的対象である²。これは、何故・どうしてという自然現象を学問として体系的に明確化する教育とは異なり、産業的であり、何のためにという工学教育である。このようなものづくり教育が注目される背景には、理科離れ・電気離れ³などの我が国のものづくりに対する強い危機感があり、工学教育には今後ますますものづくり教育が求められるであろう。しかしながら、学校教育現場においては、時間的・経済的な制約とその題材などが不足しているのが現状であり、本報では、ものづくり教育のための新しい題材として、反発磁石を利用した振動のリミットスイッチ⁴⁻⁶の製作を紹介する。

2. 原理と教育内容

2.1 振動のリミットスイッチの原理

図1(a)のように、同極を向かい合わせた永久磁石（これを反発磁石と呼ぶ）とその間のどちらかの磁石に鋼などの磁性体を吸着させたもので構成する。このときの磁性体が反発磁石間の間隔によって磁化状態が変化するため、図1(a)の反発から図1(b)の吸着への構造変化を引き起こす現象を利用する。身の回りに存在する振動を受けて、この構造変化を引き起こし、吸着させたときに導通させることによってスイッチとなる。

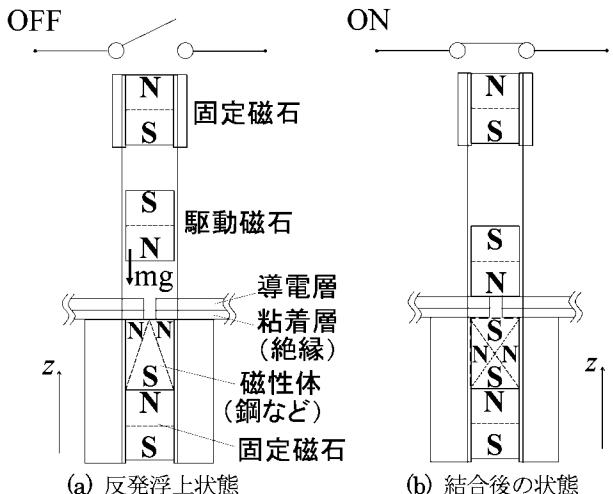


図1 反発磁石を利用した振動のリミットスイッチの概観

2.2 導入教育

磁石を利用する教材であるため、磁石に関する知識を説明しておく必要がある。小中学校の理科で学ぶ程度の基礎知識から電気と関連付けて、身近にあるテレビや携帯電話などの電磁波のことも含めて説明を行うことで、電気と磁気、そして、電磁気学を紹介することができる。

特に、磁気については、材料を磁性と非磁性とに分ける分類や、磁場を与えることによって磁化される着磁について説明を行い、磁石や鉄（鋼など）の着磁後の状態の違いや、磁石の性質と

磁石と鉄の吸着について説明をすることで、反発磁石間に鉄を挿入すると鉄を仲介にして反発しあった磁石が結合する現象が説明できる。このときの鉄は図1(b)のように複雑に着磁している。着磁については、方位磁針が北ではなく南を示す実験が効果的である。ネオジム磁石などの強力な磁石を磁針と同極(反発する)方向に急速に近づけることで、南を指す方位磁針となる。もう一度、ネオジム磁石を磁針が反発する方向に急速に近づけることで元の北を示す方位磁針に戻る。

この振動のリミットスイッチの応用については、身の回りの振動、例えば、地震、風や交通による構造物のゆれ、手を振ることや居眠りで首が揺れる人間の動作などで、その振動が設定値以上になれば動作することから、異常振動を検出する防犯／災害対策／医療福祉／検査システムへの応用が期待できる。劣悪な環境化でも動作し、判別機能を付すため、センサのように出力信号をパソコンなどの識別装置や配線が不要で、駆動のための電池を必要としないため環境にも優しいシステムを構成することができる。製品としては、電気のブレーカーのように、振動の大きさ、例えば、重力加速度を基準にすると1G、2G、3Gの振動を加えたときに動作する振動のヒューズのような商品をイメージしている。

3. 教材の検討と実施例

3.1 振動のリミットスイッチの種類と試作例

図2に示した振動スイッチは、図1で示した原理図を基に試作したものである。図2(a)は、外径10 mm 内径3.2 mm 厚み6 mmのリング状のネオジム磁石を3つ同極になるように配置し、外形10 mm 内径9 mm 厚み15 mmの鋼のパイプを図1のように磁石と共に配置して、直径3 mmのアクリルの丸棒とアクリルの板で構成したものである。図2(b)は結合後にLEDが発光するようにしたものである。ネオジム磁石は、株式会社二六製作所⁷

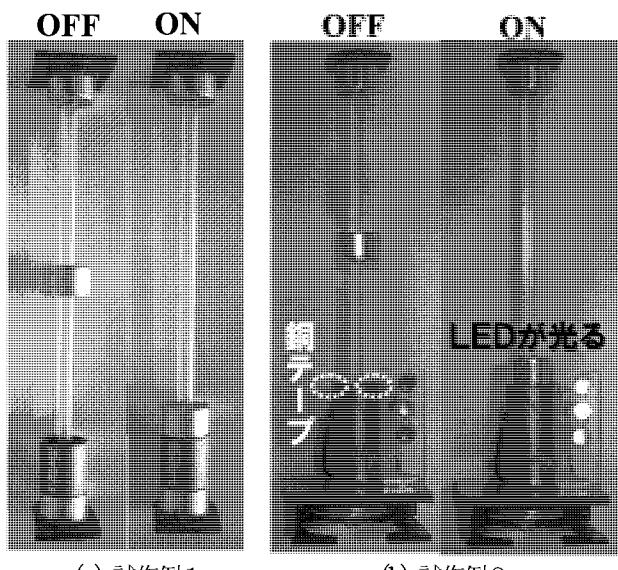


図2 振動のリミットスイッチの試作例 (ONスイッチ)

で購入したものであり、この程度の大きさでも指などを挟むと血豆ができるので注意が必要である。この振動のリミットスイッチは、設定値以上の振動によってオフ状態からオン状態になるオンスイッチである。

図3には、オン状態からオフ状態になるスイッチの原理と試作例を示した。同じ形状の磁石を同様に反発させて配置し、同じ鋼のパイプで厚みを10 mmとしたものを2つ用いて構成している。図3のようにオン状態では、これら2つの鋼のパイプを下部の固定磁石に吸着させておき、オフ状態ではこれらのパイプが離れる現象を利用する。反発磁石間ではその中心で磁場が打ち消し合うので引き合わなくなる。

図2や図3のように設定値以上の振動で導通するONスイッチや、遮断されるOFFスイッチを構成することができる。しかしながら、これらの大きさのスイッチをものづくり教育で製作する場合、磁石が強力であることや鋼のパイプを切断する作業など危険を伴う。

安全な作業のために、小さい磁石と加工しなくてもよいような磁性体を利用することがものづくり教育の教材では重要となる。このことを踏まえて、図4(a)の原理図の配置になるよう、駆動磁石には、直径3 mm 厚み10 mm の円柱状のネオジム磁石、上下の固定磁石には直径4 mm 厚み2 mm の円柱状の丸型ネオジム磁石、磁性体にはペヤリングなどに用いる鋼真球(直径3.5 mm)を用いて、外径6 mm 内径4 mm のアクリルパイプ内に閉じ込めた試作例である(図4(b))。磁石を小さくすることで費用を抑えることができ、さらに、鋼真球を用いることで結合したオン状態からオフ状態に、指で弾くだけで簡単に戻すことができる。このようにオン状態での安定性は磁性体の形状に依存することを詳細に調査・報告している^{5,6}。このスイッチでは、オン・オフ状態は目視によって確認する。ここではオンするスイッチを示したが、上下に鋼真球を2つずつ配置することでオフするスイ

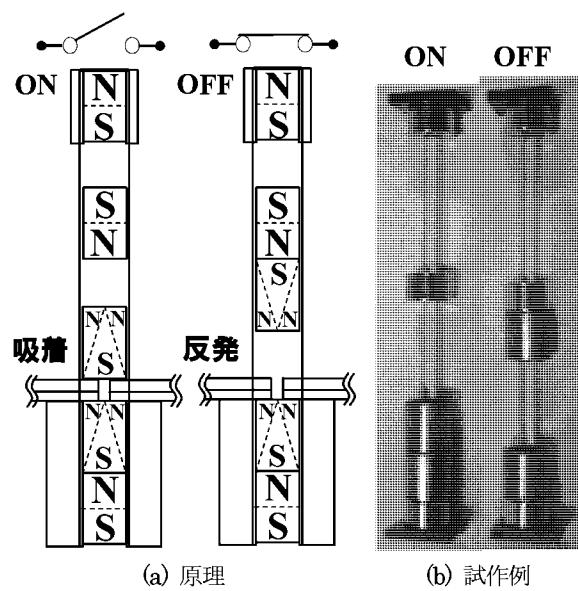


図3 振動のリミットスイッチ (OFFスイッチ)

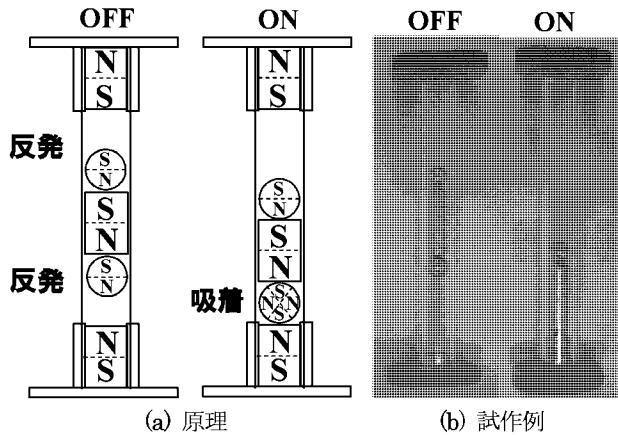


図4 教材用の振動のリミットスイッチ (ONスイッチ)

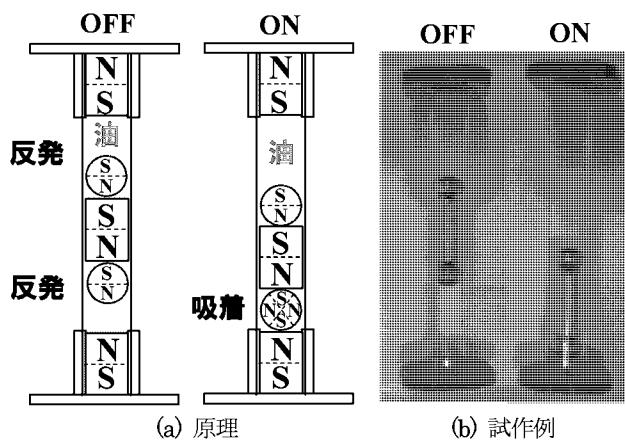


図5 油を充填した振動のリミットスイッチ (ONスイッチ)

スイッチとすることもできる。

また、アクリルパイプ内に閉じ込めた振動のリミットスイッチでは、図5のようにアクリルパイプ内へ、シリコンオイルなどの粘性溶液を充填することができる。粘性溶液の粘度に依存し、駆動部の動きが抵抗を受け、大きな振動を与えない状態とならないスイッチとすることができる。

以上、ものづくり教育のための教材には、安全でかつ安価で扱いやすい図4のスイッチが適している。図2、3、5で試作したもののは、ものづくり教育を実施するときに見本として動作させると効果的である。

3.2 実施例

これまでに、この振動リミットスイッチの製作は、地元の中学校において出前授業／実験、本校において7月末頃に実施される中学生を対象とした公開講座やオープンカレッジにおいて実施している。また、授業（本学電気電子工学科の5年次電気電子材料）のオンラインコンテンツ⁸としても取り上げられている。

実施に当たり、図4に示した磁石、鋼真球、アクリル板とパイプの材料と、アクリル板とパイプを接着させるアクリル用接着

表1 小学生（79人）、中学生（19人）のアンケート結果

質問		工作は面白かったですか？	内容は理解できましたか？
評価	小学生	52人 大変面白かった。 26人 面白かった。 1人 あまり面白くなかった。 0人 全く面白くなかった。	22人 良く理解できた。 43人 理解できた。 12人 あまり理解できなかった。 2人 全く理解できなかった。
		12人 大変面白かった。 6人 面白かった。 0人 あまり面白くなかった。 1人 全く面白くなかった。	3人 良く理解できた。 12人 理解できた。 4人 あまり理解できなかった。 0人 全く理解できなかった。

剤、それを使用するためのスポット、アクリル板と磁石の仮止めに使用する多用途ボンド(3M製)とその接着に使用するつまようじ、磁極を確認するための方位磁針などの道具が必要となる。アクリル用接着剤や多用途ボンドが垂れるのでティッシュを用意するか新聞紙などの上で作業するとよい。

小学校において実施した際は、原理を理解させることよりも製作して動作して楽しんでもらうことを心がけ、疑問を抱いてもらうことで電気や磁気に関する興味を持つことを期待した。動作を楽しんでもらうために、見本である図2、3、5の試作品で遊んでもらうことが効果的であった。特に図5の油を充填したものは相当強い振動を与えると動作しないため、動作させるために必死になって挑戦していた。

また、中学生に対しても原理を理解することは難しいと思われるが、表1のアンケート結果より、理解できたとアンケートへ記載した学生が多かった。ものづくりを通じて、各個人の様々な作品を比較することで、早く作るには、綺麗に作るには、頑丈に作るにはなどのよい作品を作製したいという意識を持ち、ボンドの使い方などの作製方法の工夫を議論するなどの進展もあった。高専生に実施した磁気に関する授業のオンラインコンテンツでも、今回の試作品を見せてすることで磁気に関して理解が増すことがわかった。これは、実際に起こる現象を体験することで、受け入れやすくなり、理解しやすくなると考えられる。このように難しい原理のものほど、ものづくりすることやものづくりしたものを見せる効果は大きい。

4. まとめ

ものづくり教育のための磁石教材として、反発磁石を利用した振動のリミットスイッチの製作を提案した。通常反発し合う磁石同士が吸着することはないが、磁性体がその仲介となり、振動

を与えることで反発から吸着へと変化する意外性のある現象を体験することができる。また、その原理を考えることで、電気や磁気に興味を持つことも期待できる。さらに、振動のスイッチとしての応用についても学ぶことができる。材料にアクリル、小さい磁石、球状の鋼真珠を使用することで、安全で安価で扱いやすい教材となる。

謝辞 本研究の一部は、財団法人マツダ財団第22回(2006年度)マツダ研究助成、科学研究費補助金(若手研究(B)20760050)の助成を受けたものである。また、ものづくり教育について有益なご助言を賜った本校卒業生(昭和53年度電気工学科卒)の酒井善樹氏(Pearl White Music Publishing LLC代表)に厚く御礼申し上げる。

References

1. 宮本恭：ものづくり教育の課題と振興
<http://sociosys.mri.co.jp/stuff/2005/0203.html>
<http://sociosys.mri.co.jp/stuff/2005/0215.html>
2. ニール・ガーシェンフェルド：ものづくり革命、ソフトバンククリエイティブ(2006)。
3. 理科離れ・電気離れにどう対処(座談会), 電学誌 128, 377-381(2008)。
4. 西村一寛, 井上光輝: 加速度評価装置, 特開2007-205844。
5. 西村一寛, 内藤範紀, 平野豪大, 井上光輝: 磁気反発型振動スイッチの原理とその特性, 電気学会マグネットィックス研究会資料 MAG-07-70, 31-34(2007)。
6. Nishimura K., Inoue M.: Repulsive-Magnets-Type Acceleration Limit Switch, *Sensors & Transducers Journal*, 97, 170-175 (2008).
7. <http://www.26magnet.co.jp/>
8. <http://www.suzuka-ct.ac.jp/elec/kanji/2007/5Ematerial/4.htm>

Educational Tool Using Magnets for *Monodukuri* —Fabrication of Repulsive-magnets Type Vibration Limit Switch—

Kazuhiro Nishimura^{1*}, Kanji Shibagaki¹, Masashi Kawaguchi¹, Noboru Kitamura¹,
Mitsuteru Inoue²

1:Dept. of Electrical and Electronic Engineering

2: Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Toyohashi Univ. of Technology

We introduce to fabricate repulsive-magnets type vibration limit switch as an educational tool for *monodukuri*. This limit switch employs the magnetic switching phenomenon of repulsive-magnets and magnetic material between the magnets by effecting a change in the magnetization of the magnetic material. Through the fabrication, they experience the phenomenon and then understand the principle. Furthermore, they learn their applications as a vibration limit switch.

Key Words : Vibration limit switch, Repulsive magnets, to magnetize, *Monozukuri*, Educational tool using magnets

エンジニアリングデザインと創造教育

-Dr. Barry の講演から-

兼松秀行^{1*}, Dana M. Barry²

1: 材料工学科

2: Center for Advanced Materials Processing, Clarkson University

平成 20 年度 6 月 22 日～29 日までクラークソン大学の Barry 博士が来日し、創造教育、エンジニアリングデザイン教育についての講演、実践を鈴鹿高専、沼津高専、奈良高専において行った。Barry と兼松はこの 10 年近くの長きにわたり、創造教育に関する国際共同研究を遂行してきた。最近新しいエンジニアリングデザイン教育に関するコンポーネントを加えているが、これは創造教育を包含するより大きな工学の根幹に関わる概念である。本稿では Barry の講演内容を中心として、共同研究者の兼松がその内容をかみ砕き概説した。

Key Words: 創造教育、エンジニアリングデザイン、ケミカルセンセーション、ミステリー、宇宙探検プロジェクト

(受付日 2008 年 9 月 5 日；受理日 2008 年 12 月 24 日)

1. 緒言

平成 20 年 6 月 22 日から 29 日まで、クラークソン大学の Dana.M.Barry が来日し、鈴鹿高専をはじめ、鈴鹿市役所、沼津高専、奈良高専において、講演、演習等を行った。兼松はこの活動のすべてにおいて、補佐してその円滑な進行を助けたのであったが、今回その活動の中心課題であった創造的エンジニアリングデザイン教育について、総括をしてみたいと思う。ベースとなるプロジェクトは、ここ数年 Barry と兼松の間で遂行された国際的な創造教育プログラムである。これらは常に Barry によってリードされており、その本質は米国流の創造教育、エンジニアリングデザイン教育であり、それに補佐として協力して日本の高等教育の中に根付かせようという願いを持つ兼松の日本人としての観点からの修正が入って、そのプロジェクトはこれまで進行してきた。

Barry が行ってきた創造教育の目的は大きく分けて二つある。一つは、すべての年齢の学生（小学生から大学院生、社会人学生を含む。）を科学技術分野へ誘うことである。これは理科離れ、工学離れが深刻なアメリカ合衆国や我が国において、必要とされる教育施策としても重要な問題であり、そのための一つのヒントとなる可能性をも有している。二つ目は、こういった学生・生徒たちすべてについて、クリティカルシンキングとよばれる、深く物事を掘り下げる能力を高めさせ、創造的に問題を解決させる人材へと鍛え上げることである。これはイノベーションを可能とする人材育成を必要としているアメリカ合衆国や我が国の教育施策にもつながる問題である。兼松は Barry と出

会い、それらの目的が学生・生徒に受け入れられやすい方法で伝わっていく手法を間近に見て、その手法を高く評価すると同時に自身の創造教育活動に積極的に取り入れていくことを決意したのであった。Barry の手法は、身の回りの品物を使ってグループを組んで実験をして楽しみながら科学の原理を学ばせる手法である。これによって、科学は数学と密接に関わっている難しい学問であるというイメージから、日常の世界と密接につながっている学問であり、より親しみの持てるものであるというイメージへの転換が可能となり、また科学技術は日常生活をよりよく変えることができる効果を持つ学問であることを学生・生徒が肌で感じることができるようになる、という効果を有している。理科離れ、工学離れが深刻なアメリカ合衆国や我が国において、こういった若者への科学技術の形を変えたプロモーション、いわば一般大衆とのコミュニケーションの形態変化は今後ますます重要となるであろうと考えられる。

創造教育は、今やエンジニアリングデザイン教育は工学教育の重要なキーワードとなりつつある。その背景には、先進国における製造業のグローバリゼーション（オフショアリング）に伴う産業構造の変化と工学の役割の変質、若者の間での工学離れ、我が国においては特に少子高齢化とそれによって考えられる産業構造の変化などがあげられる。しかしながら、いずれにせよ、創造性を発揮して新しい問題解決法をデザインしていくことがこれから時代に求められていることは確かである。本稿では、このような時代背景の中で必要とされるエンジニアリングデザイン教育に対する著者らの創造教育的なアプローチについて、今回來日した Barry の講演での実践例を中心に解説

し総括する。

2. 國際創造教育プログラムとそのコンポーネント

Barry と兼松との出会いは、アメリカ化学会のオンライン会議, Chemconf (現在 Confchem) ⁽¹⁾であった。Barry⁽²⁾の論文に対して兼松が質問する形で共同研究は始まったが、このあたりのいきさつについては、著者の別の論文に詳しく記述されている⁽³⁾。共同研究の開始にあたって、Barry は創造教育に関していくつかのアイデアを持っていた。二人の間で online brainstorming が始まった。どのようなトピックで国際共同研究を始めるか、そしていつ、どこで、どのように、二人が最初に選んだ創造教育のトピックはケミカルセンセーションであった⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾。そしてこのプロジェクトが最初の著者らの国際創造教育プロジェクトのコンポーネントとなつたのであった。ケミカルセンセーションプロジェクトは五感を使って化学教育を行う試みであり、Barry の作曲した“化学の歌”を聞き、絵画をみたあと、学生・生徒たちは日常手近にある物品を使っての関連する化学実験を行った。このプロジェクトには日米とも、一つの高等教育機関と二つの中等教育機関がそれぞれ加わったが、いずれの学校の学生・生徒たちもプロジェクトに対して強い関心を示したことが、アンケート結果から明らかとなった。このプロジェクトは Barry の 2002 年の来日につながり、そしてプロジェクトに対して、2004 年アメリカ化学会全米大会に於いて、ChemLuminary Award が授けられることとなつたのであった。

二つ目の国際創造教育プロジェクトはサイエンスフェアである⁽⁷⁾⁻⁽¹⁰⁾。2002 年 Barry が来日した際に、構想を練りテキスト作りが始まった。サイエンスフェアは学校やコミュニティーで開かれる、青少年自身によって開催される科学ショーである。ここでは、青少年が個人あるいはグループとして、自分たちが関心を持って選んだテーマについて、問題を提起し、仮説を立てて、その仮説の証明のために必要な実験資材をあつめ、実験手順を組み立て実験し、その結果を解析し、発表する。その結果を審判が評価し優秀な結果を納めた個人あるいはグループが表彰される。テキスト作りが開始された 2002 年の時点で我が国において、サイエンスフェアはそれほど知られておらず、似たイベントとして、“青少年のための科学の祭典”が先行していたのみであった。Barry はすでに米国その他の国々に於いてサイエンスフェアのマニュアル本とでも言うべき “Science Fair Projects” ⁽¹¹⁾の著者として米国においてはすでに著名であった。今回はその著作を、日本の青少年向けにわかりやすく、また日本の実情に応じて修正したものであった。著作は 2005 年 5 月末に現代図書から “初めての科学の祭典 (Science Fair Fun in Japan)”⁽¹²⁾と題して発刊され、今まで数多くの方々に利用されている。著者らはこのテキストに於いて、仮説を立てることの重要性を強調し、問題解決モデルの修得とクリティカルシンキングの能力を高めることに重点を置いた。同時に本書はサイエンスフェアの簡易的なマニュアルとして使用可能である。本テキストを用いて、著者らは出前授業、公開講座、学内の正規カリキュラムにおける実験科目においてサイエンスフェアを実行し、現在に至っている。

三つ目のコンポーネントは、ミステリーを用いた創造教育である。このプロジェクトの基本的アイデアは、“ミステリーを解くプロセスは、科学技術の問題解決に通ずるものがある”とする考え方である。これを教育手法として実践するために、著者らはまずテキストを製作した。当初日本語と英語の対訳として一つの本にまとめる考えたが出版の都合上、それらは二つの別の書籍として、日本と米国に於いて別々に出版されることになった。日本語の書名は、“ミステリーを解いて科学を学ぼう！・クリティカルシンキングの能力向上を目指して”⁽¹³⁾であり、英語版の書名は “Develop Critical Thinking Skills, Solve a Mystery, Learn Science”⁽¹⁴⁾である。この本の中には二つのオリジナルなミステリーが含まれており、それらに付随する演習問題が物語のあとに配置されている。読者はミステリーを読んで、そのあととの問題を解くことにより、問題解決モデルの学習を効率的に行うことができるよう工夫された。演習問題作成の際に用いた教育理論は図 1 に示す Bloom の Taxonomy である⁽¹⁵⁾。Bloom は人の認知レベルを 6 段階に分類し、それをピラミッド型の三角形に配置し、下層から上層へと直線的にレベルを上げていき学習が行われるとしているものである。図 1⁽¹⁶⁾では当初の Bloom の Taxonomy から修正された最近の新しい Taxonomy が示されており、ピラミッド型の配置は意識的にさけているのであるが、これをご覧いただければわかるように、もっとも低位のレベル（知識レベル）では、記憶を呼び起こすことが中心となっている。上位に進むに従って、理解レベル、応用レベル、分析レベル、統合レベル、評価レベルと進展し、単なる知識の反復繰り返しではなく、そこから自分で新しい考え方を作り出す、創造的段階へと進歩している。著者らのミステリーの本では、この考え方へ従って、最初は理解レベルの

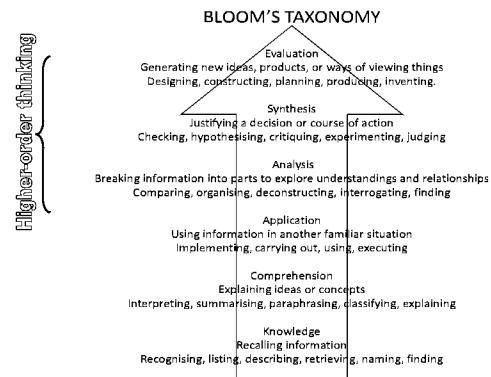


図1 修正されたBloomのTaxonomy

問題、例えば、ミステリーの中に出てきた登場人物をリストアップせたり、登場人物の性格描写をさせたりする低位の問題から、最終的にはストーリーが終わったあとどのような展開となつただろうか、というような解答が一義的に決まらないような問題へと、認知レベルを段階的にあげていき、読者が問題を解きながら、次第に創造力が培われ、また問題解決能力が向上するよう工夫されている。なお 2002 年以降引き続いてのサイエンスフェア及びミステリープロジェクトの国際協力の努力に対して、再びアメリ

化学会全米大会に於いて 2006 年 ChemLuminary Award にノミネートされ二位の評価を獲得していることを付記しておく。

これら三つのプロジェクトのコンポーネントはすべて青少年の創造性向上のためのツールである。創造性は独自の仕事や考え方を生み出す能力である。創造的に青少年を教育するために、教師は創造的な思考を促し、革新的な考えを表現するよう常に青少年を励まし続けなければならない。そのためには、教師は常に心を開き、独自性を評価し、問題に対する想像力に富んだ解決法を求めなければならない。こういった創造的な教師とツールが組み合わさったときに、効率的な創造教育が行われると、著者らは考えている。

3. エンジニアリングデザイン教育への展開

さて、上記の三つのコンポーネントに加えて、最近二つの新しいコンポーネントを加えて現在国際プロジェクトは進行している。宇宙探検プロジェクト(Space Explorer Project)⁽¹⁶⁾とエンジニアリングデザインプロジェクトである。これら二つのコンポーネントはいずれもある程度重なり合っていて、エンジニアリングデザイン能力を培う教育手法の開発・実践という共通の性格を強く持っている。

前者、宇宙探検プロジェクトは、宇宙開発という青少年が夢を持って取り組みやすい題材を使っている。これに関して現在著者らが行っている取り組みは二つに分けられる。一つは火星探査プロジェクト(Mars Explorer Project)であり⁽¹⁷⁾、もう一つは月面における温室設計(Lunar Greenhouse Project)⁽¹⁸⁾である。

火星探査プロジェクトは基本的には PBL(Problem Based Learning)授業である。授業の冒頭で、教師は火星と地球のポスターを学生に見せ、“火星と地球の違いは何だろうか？”という問題を提起する。その後、学生はこれらの二つの星の違いについて、資料を収集して議論レポートを書く。次の段階として、今度は教師から次の課題、“あなたの気に入った仮想的な惑星を説明しなさい”が提起される。

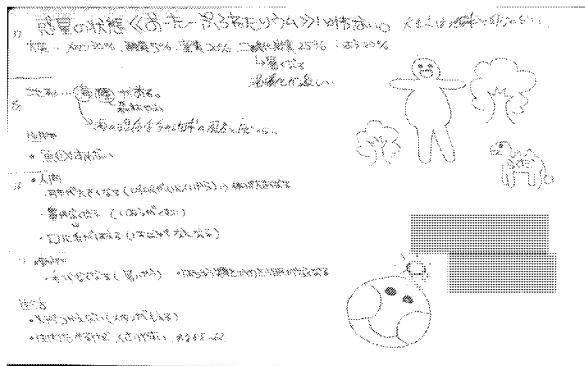


図2 鈴鹿高専材料工学科1年生グループの仮想的な惑星案

学生は最初の質問とその後の資料収集・議論を通して学んだ惑星の諸条件等を勘案しながら、自分たちの気に入った仮想的な惑星を作り上げ、スケッチを描く。このプロジェクトで、最初の段階での地球と火星の違いについての問題は、上述の Bloom の

Taxonomyにおいては、知識レベルなど、比較的下位の認知レベルに関する問題であり、次の段階での質問は、より高位の認知レベルに関する問題であることが容易に見て取れることであろう。

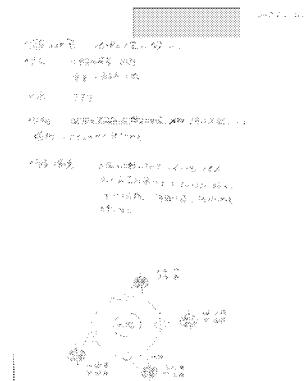


図3 専攻科1年生のグループによる仮想的惑星案

図2に鈴鹿高専材料工学科1年の1グループの提案した惑星のスケッチを示す。平成19年度のクラスにおける結果の一例である。これは4名からなるあるグループの結果であるが、その想像力にあふれたスケッチをお楽しみいただければと思う。一方図3においては鈴鹿高専応用物質工学専攻1年生のグループ(2名から構成)の発案による仮想的惑星のスケッチを示す。本科1年生は高校1年生年限、専攻科1年は大学3年生年限に相当する。これらの結果から、年齢差による違いについての一般化はできないが、これらの例から受ける印象としては、本科学生の方が、基礎的な知識に劣る分だけ、想像力に富み、議論が活発であったように思われる。一方、専攻科学生の結果はどちらかというと、より論理的であり、科学的な知識の裏付けに基づいていたと思われるが、その分想像力と情熱に欠けていたように思われるが、その傾向が果たして一般的に成立するものなのか、また創造性とどのように関係するのか、といったことは現時点ではよくわからない。しかしながら、一義的に決まらない解答を求めての創造性教育のためのPBLにおける格好のプロジェクトとして本プロジェクトを用いることができると著者らは考えている。

一方月面における温室設計プロジェクトは火星探査プロジェクトと同様、PBL形式の創造教育である。このプロジェクトにおいても、最初は Bloom の Taxonomy における下位の認知レベルであるところの知識レベルに相当する問題が学生に対して提起される。月面温室設計の場合は次の二種類の質問がこれに該当する。一つは“月の環境について調べなさい。”であり、もう一つは“地球上における通常の温室について調べなさい。”である。学生はこれらを図書館やインターネットを通じて調査し、資料収集し、グループごとに議論して解答をレポートにまとめ上げる。その作業を通じて学生は月と温室についての基礎的な知識を習得できる。その後、“月面において使用可能な温室を仮想的に設計しなさい”という問題を提起する。図4⁽¹⁸⁾に平成20年度鈴鹿高専材料工学科1年生の1グループが提案した月面上の温室のスケッチを示す。

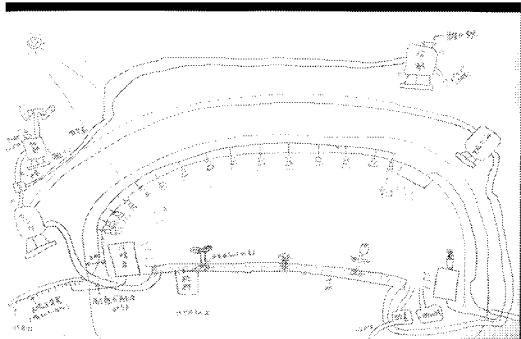


図4 鈴鹿高専材料工学科1年生のグループによる月面上の温室のスケッチ

一方図5⁽¹⁸⁾は米国ニューヨーク州の小学生が同様のプロジェクトを遂行して提案した月面上の仮想温室である。この例では、日米二つのグループとも、奇しくもいざれも似たようなドーム型の温室を考案している。米国の小学生グループ（11歳から12歳）は、さらに引き続き、もっとも最適なアイデアについて、プロトタイプの模型を作製し、実際に実験を行った。その一例を図5に示す。これはアメリカ合衆国国家航空宇宙局(NASA)との連携によ

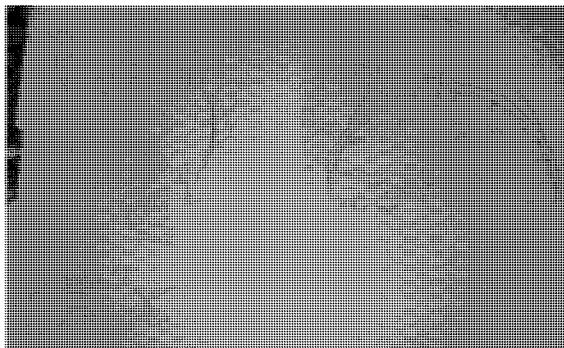


図5 米国の小学生グループの作成した月面上の温室のスケッチ

って行われたプロジェクトであり、米国の小学生たちは、スペースシャトル（エンデバー号、STS-118ミッション）によって地球の周回軌道を何度も回った後地球に戻ってきたシナモンベイジルの種を作製したプロトタイプのミニ温室の中で育成し、宇宙空間を体験していない同種の種の生育状態との比較を行ったのであった。時間等の関係で、鈴鹿高専の学生に関してはプロトタイプ模型の作製はできなかったが、やはり実際のものづくりとそれに続く実験を行うことは意義深いと考えている。次回の機会には是非これを取り入れたいと考えている。

本節においてご紹介した二つの新しいコンポーネントはいざれもエンジニアリングデザイン能力の向上を目指したものである。ここで著者らのエンジニアリングデザイン能力と創造性についての関係を簡単にまとめておきたい。ABET (The Accreditation Board for Engineering and Technology in the US) によると、エンジニアリングデザインは、“要求されるニーズにあうようにシス

テム、要素、プロセスを考案する方法” (Method of devising a system, component, or process to meet desired needs) である⁽¹⁹⁾。また我が国の JABEE の基準によると⁽²⁰⁾，“社会ニーズを満たす人工物的事物を創造し管理するために、種々の技術学問を統合して、必ずしも正解のない問題に取り組み、実現可能な解を見つけ出していくこと” である。そのために必要とされる能力は問題発見力、課題探求力、専門知識の総合力、解決能力（判断力）リーダーシップ力、チームワーク、実務能力、創成能力、コミュニケーション力等多岐にわたっており、エンジニアリングデザイン能力は工学の根幹に関わる総合力であることがわかる。米国と我が国の定義に関して本質的な違いはないものと思われるが、我が国の定義の方がより問題解決との関連を前面に出しているようと思われるが、著者らがこれまで遂行してきた創造性を培う青少年のための創造教育は、まさに問題解決能力の向上のためのものであり、その意味で、エンジニアリングデザインは創造性を必要とする日常の問題についての問題解決法の発展形であると言うことができる。したがって、エンジニアリングデザインは創造性の概念を強く含むものであり、著者らのプロジェクトの新しい二つのコンポーネントは上記の ABET, JABEE の定義から考えると、まさにエンジニアリングデザイン能力の向上を狙ったものであることがおわかりいただけると思う。正解が一つでない問題の解決を図ることがエンジニアリングデザインであるならば、まさにこれらのプロジェクトコンポーネントはその涵養を計っている。

4. 実践例-Barry の講演から

前節までにご紹介した内容は Barry による鈴鹿高専、奈良高専、沼津高専において、講演の中で形を多少変えたとしてもおよよそこの内容で伝えられたと思うが、それに加えて、これらの各高専において、いわゆる hands-on experiment が行われたので、その内容を本節においてご紹介する。

Barry が日本で今回行った実践的な実験(hands-on experiment)は二種類である。一つはインターネットと PC を用いた火星上の探査機ローバーのバーチャル探査である。これは米

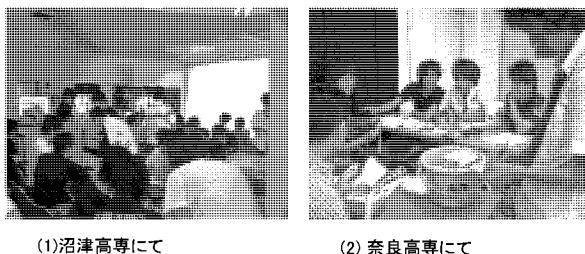


図6 鈴鹿高専における火星探査シミュレーションの一こま

国の Space Explores Inc. という宇宙探索を題材とする各種教材を提供する企業が開設しているインターネット上の火星探査機ローバーの探査シミュレーションを用いて、遠隔地にて火星探

検を疑似体験する試みである。学生はこのシミュレーションを使って、各自の火星探査をデザインし、思い思いの探査を行うことができ、一つのエンジニアリングデザイン教育となる。図6に本校における専攻科向けのシミュレーション演習の一こまを示す。同様のシミュレーションの演習は沼津高専においても行われた。

もう一つの *hands-on experiment* はアルミフォイルを使った貨物船作製プロジェクトである。図7に沼津高専、奈良高専において行われた同プロジェクトの一こまを示す。このプロジェクトについては、上述のミステリーの本^{(13), (14)}にその内容が詳しく書かれている。水槽、一定の長さに切ったアルミフォイルと米国の



(1)沼津高専にて
(2)奈良高専にて

図7 アルミフォイルを使ったボート作製実験

1ペニー硬貨を数多く用意して、アルミフォイルを自由に折り曲げて貨物船を作製する。これに沈まないで可能な限り多くの硬貨を載せることのできる貨物船のデザインを、繰り返し実験をして見つけ出す。このプロジェクトはもともと米国初であるため1ペニー硬貨を用いているが、実際我が国で大量に用意するのが難しいのと、実際にお金を使って教育的な実験を行うことに様々な問題があるため、通常同じ重量を持つ座金が使われる。図7の沼津高専、奈良高専においてもボート実験においては座金が用いられた。実験終了後、多くの“貨物”を積載させることができた設計者にインタビューをし、その“デザイン”の方針を参加者全員に公表させ共有させることで、参加者全員のデザイン能力向上をはかることができる。ボート実験は日常身近な品物を用いて、しかもエンジニアリングデザイン能力の格好の訓練となる *hands-on experiment* であるといえる。

5. 結言

以上 2008 年度の Barry の来日とその際の講演・実践演習の総括をかねて、新しいエンジニアリングデザイン能力向上への国際プロジェクトの展開について、概観し解説を加えた。21 世紀は変化の激しい時代となることが予想されている⁽²¹⁾。既存の知識は新しい知識へと急ピッチで置き換わっていくことであろう。よりよく生きるために、また自分の所属するコミュニティが持続的発展を重ねて行くためには、工学の持つ意味はますます大きくなり、以前にも増して、創造性、エンジニアリングデザイン能力が必要とされる。著者らが一連の教育プロジェクトの中で提案してきた創造性教育と、新しく付け加えた創造的エンジニアリングデザイ

ンコンポーネントが、新しい時代のためのエンジニアリングデザイン教育の理解と議論につながれば幸甚である。

謝辞

Barry 来日に際してご支援をいただいた鈴鹿高専高橋誠記校長をはじめ鈴鹿高専の皆様、沼津高専の柳下福蔵校長、望月孔二教授および沼津高専の皆様、奈良高専冷水佐壽校長、福田和廣教授および奈良高専の皆様に深く感謝申し上げます。

References

1. Online 化学会議（アメリカ化学会コンピューターを用いた化学教育分科会(CCCE)：
<http://www.ched.ccce.org/confchem/>
2. Dana M. Barry:
<http://www.clarkson.edu/~dmbarry/envir01don.doc>
3. 兼松秀行, Dana M. Barry, 下古谷博司, 小林達正：までりあ第 42 卷第 7 号, p.529-p.532(2003)
4. Dana M. Barry, Hideyuki Kanematsu, Tatsumasa Kobayashi, Hiroshi Shimofuruya: Science Teacher, Vol. 70, No. 5, p. 66 (2003)
5. Dana M. Barry & Hideyuki Kanematsu: he Science Education Review, vol. 2 (2), p. 2-p. 6 (2003)
6. Dana M. Barry, Hideyuki Kanematsu, Tatsumasa Kobayashi and Hiroshi Shimofuruya: The Chemist, Number 80, Volume1, p. 13-p. 16 (Summer 2003)
7. 兼松秀行, Dana M. Barry: 平成 17 年度教育教員研究集会講演論文集, 独立行政法人国立高等専門学校機構, 平成 17 年 8 月 25 日伊勢文化会館 p. 227-p. 228 (2005)
8. 兼松秀行, Dana M. Barry: 日本金属学会報までりあ第 4 5 卷第 5 号 p. 380-p. 384 (2006)
9. Hideyuki Kanematsu & Dana M. Barry: Collected Papers for 2006 ASEE Annual Conference & Exposition, Chicago, USA, June 18-21, paper No. 2006-455, p. 1-p. 7 (2006)
10. Dana M. Barry & Hideyuki Kanematsu: The Education Resources Information Center (ERIC) online paper, ED 491740, The Institute of Education Science, The US Department of Education (2006)
11. Dana M. Barry : Science Fair Projects. Teacher Created Materials, California, USA (2000)
12. Dana M. Barry と鈴鹿高専材料工学科教員チーム：初めての科学の祭典, 現代図書(2005)
13. Dana M. Barry, 兼松秀行: ミステリーを解いて科学を学ぼう！ -クリティカルシンキングの能力向上を目指して- プレアデス出版 (2007)
14. Dana M. Barry, Hideyuki Kanematsu: Develop Critical Thinking Skills, Solve a Mystery, Learn Science, Tate Publishing & Enterprises, (2007)

15. B. S. Bloom: *Taxonomy of Educational Objectives Handbook I “The Cognitive Domain”*, David McKay Co Inc. New York (1956)
16. Denise Tarlinton:
<http://www.kurwongbss.qld.edu.au/thinking/Bloom/bloomspres.ppt> から修正して転用
17. 兼松秀行, 柴垣寛治, Dana M. Barry: 東海工学教育協会高専部会報告 No. 2, “エンジニアリング・デザイン教育の事例集”, p. 31-p. 32 (2008)
18. Hideyuki Kanematsu, Dana M. Barry: International Session Proceedings of 2008 JSEE Annual Conference, August 2nd, 2008, Kobe, Japan, p. 16-p. 19 (2008)
19. ABET の定義
20. JABEE: Engineering Design in Engineering Education, Minutes of JABEE Symposium/Workshop 2004, P. 163-p. 165 (2004)
21. National Academy of Engineering: “The Engineering of 2020 Vision of Engineering in the New Century”, The National Academies Press, p. 7 (2004)

Engineering Design and Creative Education

- From Dr. Barry's Talks -

Hideyuki Kanematsu^{1*}, Dana M. Barry²,

1: Dept. of Material Sciences and Engineering

2: Center for Advanced Materials Processing, Clarkson University, USA,

Dr. Barry in Clarkson University visited Japan from June 22 to 29 and carried out seminars and workshops about creative education and engineering design education in Suzuka, Numazu and Nara National College of Technologies. In these 10 years, Barry and Kanematsu have pursued international collaboration about creative education each other. In recent years, we added some new components for engineering design education to the collaboration project. The idea contains creative education and is related to the essential part of engineering education. In this paper, Kanematsu summarized the contents of Barry's seminars here in Japan and gave explanations about them.

Key Words : creative education, engineering design, chemical sensation, mystery, space explorer project

Ni フリーステンレス鋼焼結材の窒素吸収挙動と機械的特性

黒田 大介^{1*}, 織田 直樹², 堀 隆夫³

1: 材料工学科

2: デンツプライ三金株式会社

3: 東京医科歯科大学生体材料工学研究所

固相窒素(N)吸収処理と金属粉末射出成形法(MIM)を組み合わせた Ni フリーステンレス鋼製の小型部品の製造技術を検討するために, Fe-24Cr-2Mo (mass%) の N 吸収挙動および機械的特性を評価した。MIM 原料として Fe-24Cr-2Mo の金属粉末を使用した。MIM プロセスによりミクロ組織観察および引張試験に使用する板状およびダンベル型の試験片を作製し, 得られた試験片と N₂ ガスを 1473 K で 86.4 ks および 129.6 ks 接触させることにより試験片形状を変化させることなく N を吸収させた。N 吸収により Fe-24Cr-2Mo の焼結材の引張強さおよび伸びなどの引張特性は大幅に改善された。したがって, 本研究で検討した製造プロセスにより厚さあるいは直径が 3 mmまでの Ni フリーステンレス鋼製の MIM 製品の製造が可能である。

Key Words: Ni フリーステンレス鋼, 金属粉末射出成形, 窒素吸収, ミクロ組織, 引張特性

(受付日 2008年9月5日; 受理日 2008年12月24日)

1. 緒言

Ni フリーステンレス鋼とは, ニッケル (Ni)のかわりに窒素 (N)を添加することにより耐食性, 力学的強度, 生体適合性などを改善したオーステナイト(γ)系ステンレス鋼である。N は Ni と同じ γ 安定化作用を有し, かつ γ 系ステンレス鋼の韌性および延性を損なうことなく力学的強度および耐食性を飛躍的に向上させる侵入型元素である。近年, Ni に起因すると考えられる金属アレルギーの発症が増加しており^{1,2}, さらに Ni, Pt, W などが資源枯渇の懸念される希少金属として元素戦略プロジェクトの対象となっていること³から, Ni を含まず信頼性に優れた Ni フリーステンレス鋼の医療および民生品分野での応用が期待されている。しかしながら, 1 mass%程度の高濃度の N を含む Ni フリーステンレス鋼の製造には特殊な溶解設備や技術^{4,5}が必要であるため, その素材価格は既存の γ 系ステンレス鋼よりも高価である。また, N の固溶強化により素材自体も既存のステンレス鋼よりも硬くなるため, 小型, 複雑形状の製品を製造することが非常に困難である。これらの問題が Ni フリーステンレス鋼の実用化の障害となっている。

上記の問題を解決するために, 筆者らは化学熱処理法の一つである“固相 N 吸収処理”を利用した Ni フリーステンレス鋼の製造技術について検討を行ってきた。これは, N を含まない軟らかいフェライト(α)系ステンレス鋼の状態で目的とする形状に塑性加工あるいは機械加工し, その

後に N₂ ガス雰囲気中で製品を熱処理することにより力学的強度, 耐食性などを改善するものである。この製造技術により厚さあるいは直径が最大 4 mm の Ni フリーステンレス鋼製品を製造できることが明らかになっている^{6,7}。また, これまでに固相 N 吸収処理により試作した Ni フリーステンレス鋼において優れた耐食性⁸, 力学的特性⁹, 細胞および生体適合性^{10,11}が確認されている。しかしながら, 切削あるいは塑性加工により成形が困難な小型の Ni フリーステンレス鋼製品を製造するためには, 固相 N 吸収処理と金属粉末射出成形 (MIM) 技術とを組み合わせた製造技術の検討が必要である。

そこで本研究では, 固相 N 吸収処理と MIM プロセスを組み合わせた Ni フリーステンレス鋼製の小型部品の製造技術を検討するために, 板状およびダンベル型に成形した Ni フリーステンレス鋼焼結材の N 吸収挙動と機械的特性を評価した。

2. 実験方法

2.1 供試材および試験片作製

高周波真空溶解法により溶製した Fe-24Cr-2Mo (mass%) の鋳塊から MIM に使用する合金粉末を作製した。溶製後の Fe-24Cr-2Mo の化学組成を Table 1 に示す。得られた鋳塊に熱間および冷間鍛造を施し, 直径(Φ) 20 mm の丸棒材を作製した。さらに, 機械加工により丸棒材からペレット状の合金粉末素材を作製した。合金粉末素材の粉末化は水噴

霧法 (Water jet spray method)によるアトマイジングにより、平均粒径 30 μm 以下の合金粉末を作製した。合金粉末と樹脂バインダーを混練し、MIM プロセスにより Fig. 1 に示す形状および寸法の引張試験用試料および X 線回折用試料を作製した。

Table 1 Chemical composition of Fe-24Cr-2Mo before nitrogen absorption in mass%.

C	O	N	Ni	Cr	Mo	Fe
0.002	0.016	<0.001	<0.01	25.80	2.04	Bal.

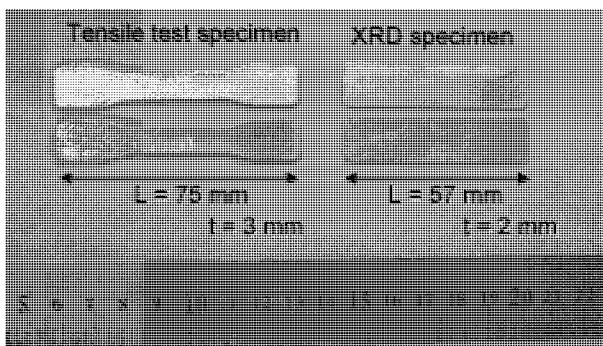


Fig. 1 Geometries of specimens for tensile test and XRD diffraction.

2.2 固相N吸収処理

固相N吸収処理は、試料表面から内部に向けてNを拡散吸収させる化学熱処理である。したがって、試料表面に付着している汚染物質などを熱処理前に十分に除去する必要がある。そこで、MIM プロセスにより得られたそれぞれの試料に対してアセトン中で 300 ks の超音波洗浄を施し、十分に脱脂、洗浄した。試料を十分に乾燥させた後に、Fig. 2 に示す固相N吸収処理装置を使用して、試料と N₂ガスを 1473 K で 86.4 ks および 129.6 ks 接触させることにより試料に N を吸収させた。

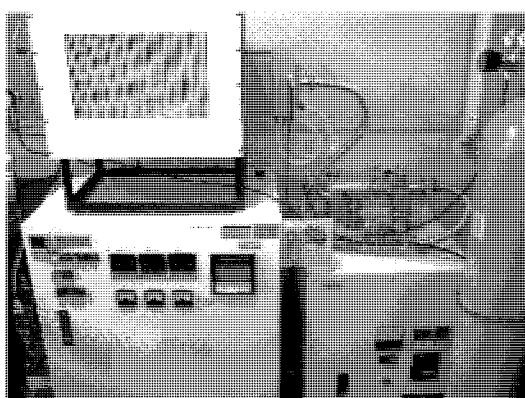


Fig. 2 Nitrogen-absorption furnace.

なお、N 吸収により γ 化したミクロ組織を室温まで残留させるために熱処理後は試料を固相 N 吸収処理装置から速やかに取り出し、氷水中にて急冷した。

2.3 構成相の同定

固相 N 吸収処理によるミクロ組織変化を観察するために、熱処理前後の引張試験用試料の標点間部から機械加工によりミクロ組織観察用試料を切り出した。試料表面から内部に向けてのミクロ組織変化を観察するために、引張方向と垂直な切断面が研磨面となるように試料をエポキシ系樹脂に包埋した。観察面を #600 までの SiC 研磨紙およびバフ研磨により鏡面仕上げし、光学顕微鏡(OM)の微分干渉機能を使用してミクロ組織観察を行った。

長さ方向と垂直になる面から機械加工により X 線回折用試料を切り出し、回折面を #600 までの SiC 研磨紙により湿式研磨した。なお、試料は板材の中央部より切り出した。構成相の同定には X 線回折装置(XRD)を使用した。X 線源として単色化した Cu-K α 線を用い、回折条件は管電圧 40 kV、管電流 300 mA、回折範囲 $2\theta=40\sim75^\circ$ および回折速度 $2\theta=1^\circ/\text{min}$ とした。

2.4 硬さ試験

ミクロ組織観察用試料の表面から内部に向けての硬さ分布を評価した。マイクロビッカース硬さ試験機を用いて、負荷荷重 1.96 N、保持時間 15 s の条件で試料表面から内部に向けて 0.2 mm 間隔で硬さ測定を行った。また、得られた硬さの最小値および最大値を除いた平均値を試料全体のビッカース硬さとした。

2.5 引張試験

容量 100 kN のインストロン型引張試験機を用いた引張試験により得られた 0.2%耐力、引張強さ、伸びおよび断面減少率によりそれぞれの試料の引張特性を評価した。なお、クロスヘッド速度は 0.5 mm / min 一定とし室温大気中で引張試験を行った。また、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて引張試験後の試料の破面観察を行った。

3. 実験結果

3.1 固相 N 吸収処理による構成相の変化

固相 N 吸収処理前後の Fe-24Cr-2Mo 焼結材の XRD パターンを Fig. 3 に示す。固相 N 吸収処理前の試料では α (110) および α (200) の回折ピークのみが認められたが、86.4 ks および 129.6 ks の固相 N 吸収処理を行った試料においては γ (111), γ (200) および γ (220) の回折ピークが認められた。これらの結果から、Fe-24Cr-2Mo 焼結材のミクロ組織は固相 N 吸収処理により α から γ へ変化したと考えられる。また、86.4 ks および 129.6 ks の固相 N 吸収処理を行った試料においては、 $2\theta=42^\circ$ 附近に少量ではあるが Cr₂N の回折ピーク

が認められた。このような窒化物の形成は力学的特性低下の要因となるため、本研究においても固相 N 吸収処理による引張特性の低下が予想される。

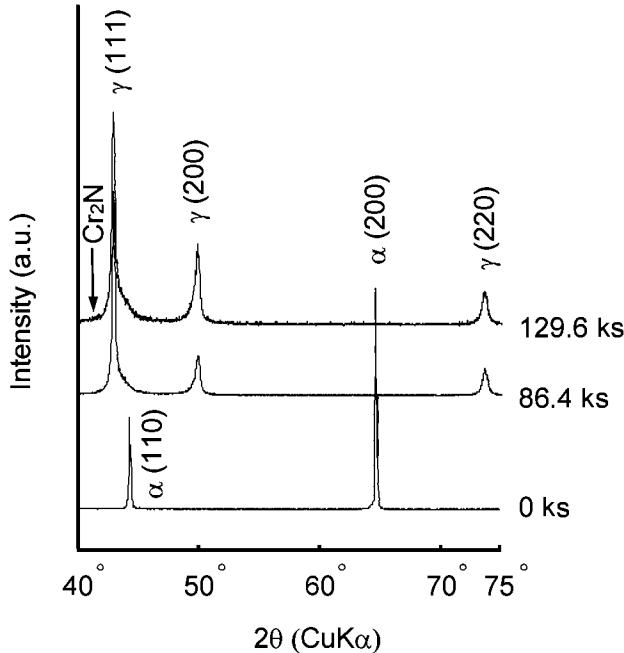


Fig. 3 X-ray diffraction profiles of Fe-24Cr-2Mo compacts with and without nitrogen absorption.

3.2 表面から内部に向ての硬さ分布

固相 N 吸収処理前後の Fe-24Cr-2Mo 焼結材の試料表面から内部に向てのビッカース硬さ分布を Fig. 4 に示す。前述したように、固相 N 吸収処理では試料表面から内部に向て N が拡散固溶するため、処理時間が短い場合には α から γ へのミクロ組織変化および硬さの増加は試料表面部のみ行われる。したがって、固溶した N の濃度および硬さは試料表面から内部に向て傾斜的に減少する。試料表面から内部に向ての N 濃度および硬さの傾斜は処理時間の増加にともない消失し、試料全体に N が均一拡散固溶した場合には試料表面および内部ともにほぼ一定の N 濃度および硬さとなる。Fe-24Cr-2Mo においてはおよそ 1 mass% で拡散固溶される N 濃度が飽和する^{12, 13}。86.4 ks および 129.6 ks の固相 N 吸収処理を行った試料においては試料内部のビッカース硬さが試料表面よりもやや低くなる傾向が認められた。また、固相 N 吸収処理前、86.4 ks および 129.6 ks の固相 N 吸収処理を施した試料のビッカース硬さの平均値はそれぞれ Hv 195, Hv 317 および Hv 333 であり、処理時間の増加にともない試料のビッカース硬さが増加する傾向が認められた。しかしながら、86.4 ks および 129.6 ks の固相 N 吸収処理を施した試料のビッカース硬さに大きな差は認められなかった。これは、86.4 ks の固相 N 吸収処理を施すことにより Fe-24Cr-2Mo 焼結材の γ 組織化がほ

ぼ完了したことを見ている。これらの結果から、86.4 ks 以上の固相 N 吸収処理を施すことにより厚さ 3 mm の Fe-24Cr-2Mo の焼結材をほぼ中心部まで γ 組織化できることが明らかになった。

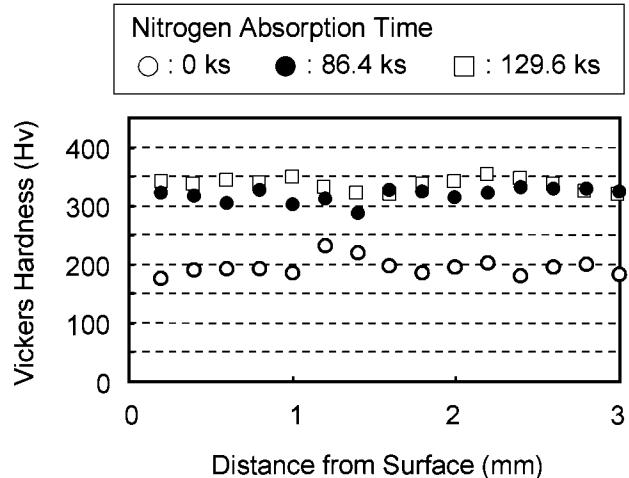


Fig. 4 Depth profiles of hardness of Fe-24Cr-2Mo compacts with and without nitrogen absorption.

3.3 引張特性

固相 N 吸収処理前後の Fe-24Cr-2Mo 焼結材の 0.2% 耐力、引張強さ、伸びおよび断面減少率を Fig. 5 にあわせて示す。

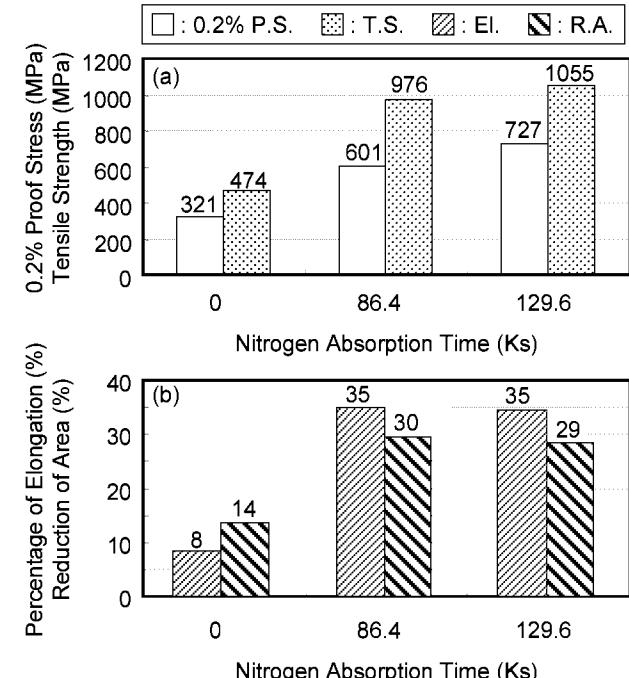


Fig. 5 (a) 0.2% proof stress (0.2% P.S.) and tensile strength (T.S.) and (b) percentage of elongation (El.) and reduction of area (R.A.) of Fe-24Cr-2Mo compacts with and without nitrogen absorption.

固相N吸収処理前のFe-24Cr-2Mo焼結材の引張強さおよび伸びはそれぞれ474 MPaおよび8%であった。一方、固相N吸収処理を施した試料では0.2%耐力、引張強さ、伸びおよび断面減少率の増加が認められた。0.2%耐力および引張強さは処理時間の増加にともない増加する傾向が認められた。86.4 ksの固相N吸収処理を施した試料の伸びおよび断面減少率はそれぞれ35%および30%であり、129.6 ksの固相N吸収処理を行った試料についても同等の伸びおよび断面減少率が得られた。129.6 ksの固相N吸収処理を施した試料の0.2%耐力および引張強さはそれぞれ727 MPaおよび1055 MPaであった。また、固相N吸収処理を施すことにより試料の0.2%耐力と引張強さの差が大きくなる傾向が認められた。これは侵入型強化元素であるNの固溶による加工硬化能の増加を示している。固相N吸収処理を施した試料において比較的高い伸びが得られているのは、降伏点以上の荷重において引張試験片の評点間部分が加工硬化しながら均一変形しているからである。引張試験後のSEM観察において、固相N吸収処理を施したFe-24Cr-2Mo焼結材では局部変形を生じることなく引張試験片の標点間部分の断面積が均一に減少する傾向が認められた。

3.4 破面観察

固相N吸収処理前後のFe-24Cr-2Mo焼結材の引張試験後の破面のSEM写真をFig. 6(a), (b)および(c)にそれぞれ示す。いずれの破面においてもディンプルが観察されており、その破壊形態は典型的な延性破壊であった。1273 Kで86.4 ksおよび129.6 ksの固相N吸収処理を施した試料(Fig. 6(b)およびFig. 6(c))のディンプル径はほぼ同じであったが、それら試料のディンプル径は固相N吸収処理前の試料(Fig. 6(a))よりも大きかった。このことから、Fe-24Cr-2Mo焼結材のミクロ組織は固相N吸収処理により粗大化するが、86.4 ks以上の熱処理を施しても顕著なミクロ組織の粗大化は生じないことは明らかである。固相N吸収処理を施したFe-24Cr-2Mo焼結材のミクロ組織粗大化の抑制機構の1つとして、粒界および粒内に拡散固溶したNによるピン止め効果が考えられる。また、固相N吸収処理を施した試料では、ディンプルの底部に介在物あるいは析出物と考えられる第二相粒子が観察された。これらの第二相粒子はFig. 3に示したXRDの結果から、Cr₂Nなどの窒化物であると考えられる。しかしながら、引張試験の結果(Fig. 5)ではFe-24Cr-2Mo焼結材において固相N吸収処理による顕著な引張特性の低下は認められなかった。また、XRDにより得られた回折ピークからも明らかなように生成したCr₂Nは少量であると考えられる。したがって、本研究で得られた結果のみで考察すれば、固相N吸収処理により生成した少量のCr₂NがFe-24Cr-2Mo焼結材の力学的特性におよぼす影響は少ないと言える。

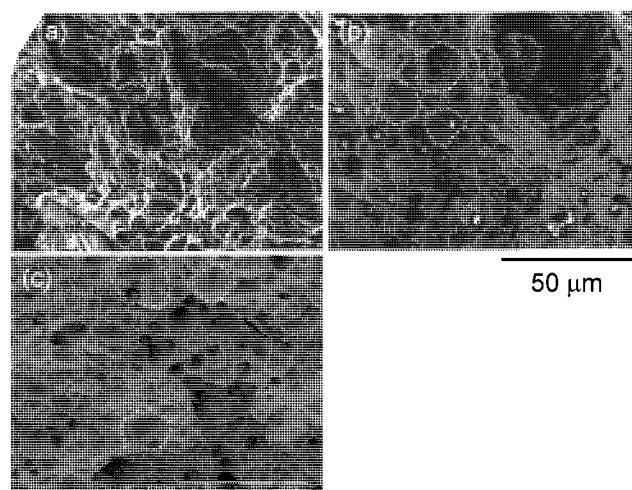


Fig. 6 Morphology of fracture surfaces of Fe-24Cr-2Mo compacts heated at 1473 K for (a) 0 ks, (b) 86.4 ks and (c) 129.6 ks in nitrogen atmosphere.

4. 結 言

1. 固相N吸収処理により、厚さ3 mmのFe-24Cr-2Moの焼結材をほぼ中心部まで γ 組織化できる。
2. 固相N吸収処理したFe-24Cr-2Mo焼結材において少量のCr₂Nの生成が認められた。
3. 固相N吸収処理とMIMプロセスを組み合わせることにより、厚さあるいは直径が3 mmまでのNiフリーステンレス鋼(Fe-24Cr-2Mo)製のMIM製品を製造することができる。

References

1. Menzel J., Kirschner W., and Stein G.: High nitrogen containing ni-free austenitic steels for medical applications, *ISIJ Int.*, **36**, 893-901 (1996).
2. Uggowitzer P. J., Magdowski R., and Speidel M. O.: Nickel free high nitrogen austenitic steels, *ISIJ Int.*, **36**, 901-908 (1996).
3. 希少金属の代役求む「元素危機」回避へ国家戦略: 朝日新聞18面(2007年5月4日)。
4. 片田康行: 高窒素鋼の創製と諸特性 1-物性、加工性及び機械的特性-, ふそらむ, **9**, 2, 18-20 (2004)。
5. 成田修二, 濱野修次, 清水哲也: 加圧溶解高窒素オーステナイト鋼の特性, 電気製鋼, **77**, 171-178 (2006)。
6. Kuroda, D., Hanawa, T., Hibaru, T., Kuroda, S., Kobayashi, M., and Kobayashi, T.: New manufacturing process of nickel-free austenitic stainless steel with nitrogen absorption treatment, *Mater. Trans.*, **44**, 414-420 (2003).
7. Kuroda, D., Hanawa, T., Hibaru, T., Kuroda, S., and Kobayashi, M.: Mechanical properties and microstructures

- of a thin plate of nickel-free stainless steel with nitrogen absorption treatment, *Mater. Trans.*, **44**, 1363-1369 (2003).
- 8. Kuroda D., Hiromoro S., Hanawa T., and Katada Y.: Corrosion behavior of nickel-free high nitrogen austenitic stainless steel in simulated biological environments, *Mater. Trans.*, **43**, 3100-3104 (2002).
 - 9. Kuroda, D., Hanawa, T., Hibaru, T., Kuroda, S., and Kobayashi, M.: Torsion and tensile properties of thin wires of nickel-free austenitic stainless steel with nitrogen absorption treatment, *Mater. Trans.*, **45**, 112-118 (2004).
 - 10. Okuda-Shimazaki J., Yamamoto A., Kuroda D., Hanawa T., and Taniguchi A.: The effect of metal materials on heat shock protein70B' gene expression, *The Japan Society for Artificial Organs*, **9**, 61-66 (2007).
 - 11. Yamamoto A., Kohyama Y., Kuroda D., and Hanawa T.: Cytocompatibility evaluation of ni-free stainless steel manufactured by nitrogen adsorption treatment, *Materials Science & Engineering C-Biomimetic and Supramolecular Systems*, **24**, 737-743 (2004).
 - 12. Nakamura N., Takaki S., and Tokunaga Y.: Effect of pores on nitriding behavior of 12 mass% Cr ferritic steel compacts, *J. Jpn. Soc. Powder and Powder Metallurgy*, **41**, 468-473 (1994).
 - 13. Anson D. R., Pomfret R. J., and Hendry A.: Prediction of the solubility of nitrogen in molten duplex stainless steel, *ISIJ Int.*, **36**, 750-758 (1996).

Nitrogen absorption behavior and mechanical properties of nickel-free stainless steel sintered parts

Daisuke Kuroda ^{1*}, Naoki Oda ², Takao Hanawa ³

1: Dep. of Materials Science and Engineering, Suzuka National College of Technology

2: Dentsply Sankin Co., Ltd.

3: Institute of Biomaterials and Bioengineering, Tokyo Medical and Dental University

Nitrogen absorption behavior and mechanical properties of nickel-free stainless steel, Fe-24Cr-2Mo (mass%), sintered parts were evaluated to investigate a manufacturing process of small products which combine nitrogen absorption treatment for solid state and metal injection molding (MIM) process. Metal powder of Fe-24Cr-2Mo was used for MIM feedstock. Plate and dumbbell shape specimens for microstructural observation and tensile test were fabricated by MIM process. The specimens were also heat treated at 1473 K for 86.4 ks and 129.6 ks in N₂ gas atmosphere for nitrogen absorption. The shape of each specimen was not changed with nitrogen absorption. Tensile properties such as tensile strength and percentage of elongation of the Fe-24Cr-2Mo sintered parts were sharply increased with nitrogen absorption treatment. Therefore, it is possible to fabricate the nickel-free stainless steel MIM products with maximum thickness and diameter 3 mm by manufacturing process investigated in this study.

Key Words: nickel-free stainless steel, metal injection molding, nitrogen absorption, microstructure, tensile property

準安定 β 型チタン合金の加工に伴う組織と材料特性の変化

万谷 義和^{1*}, 田島 守², 工藤 邦男²

1: 材料工学科
2: 神奈川大学・工学部

チタンニオブ二元合金を用い、ニオブ量と熱処理条件（焼入れ、焼なまし）によるヤング率および内部摩擦の違いを調べ、各材料特性値の相関関係を組織の観点から検討した。また、準安定 β 型 Ti-(25~40)Nb 合金焼なまし材の冷間加工に伴う材料特性の変化を調べた。得られた結果から、Ti-30Nb および Ti-35Nb 合金において加工誘起 ω 相の形成・増加が、加工に伴う材料特性の変化および β 相の格子ひずみ増加を緩和させていることを示唆した。

Key Words : チタン合金, ω 相, ヤング率, 内部摩擦, 加工誘起相変態

(受付日 2008年9月5日; 受理日 2008年12月24日)

1. 緒言

従来、チタンおよびチタン合金は高い比強度を持つことや耐食性の良さから構造材料としての視点で研究開発が行われてきた¹。しかしながら近年、チタン合金の持つ生体適合性の良さや低ヤング率、超弾性、形状記憶特性などの特長に注目して、チタン合金の機能性を向上させることに焦点を当てた研究が盛んに行われている^{2,4}。そのためのアプローチとして合金化元素を制御する組成制御が広く行われているが、材料のリサイクル性なども考慮した場合、同一組成合金において多様な性質が発揮できる、組織因子を制御した組織制御によるアプローチが重要な位置付けになってくる。通常、チタン合金は安定な α 相と β 相を構成組織として用いられているが、機能性向上に関しては準安定相を積極的に活用した組織制御が重要な役割を果たすと考えられる。チタン合金では準安定相として α' および α'' マルテンサイト相や ω 相が熱処理により形成されることが知られている^{5,6}。チタン合金のマルテンサイト相は鋼のマルテンサイト相のように熱処理形成による硬化を示さないことで、時効により形成される熱的 ω 相は成長すると脆化の原因となることから、構造材料を構成する組織因子としては利点が少なく、これまで用いられてきていない。しかし、機能性を向上させるという視点では、これらの準安定相が機能性向上に寄与する可能性は大いにあり、これらの準安定相を積極的に利用した組織制御により、チタン合金の機能性向上させることができることが今後の重要な課題であると考えている。

本研究ではその基礎となる研究を行うため、チタンニオブ二元合金を用いて熱処理による相構成、ヤング率およ

び内部摩擦の違いを調べた。その中で特に準安定 β 型チタン合金に注目して、加工誘起 ω 相が組織と材料特性に与える影響について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

実験にはチタンニオブ二元合金（ニオブを 5mass% 間隔で 40mass% まで含有した 8 種の合金）を用いた。以下、合金の表記は、例えば Ti-25mass%Nb 合金なら T25N のように記す。試験片は幅 3mm、長さ 45mm、厚さ 1.2mm の短冊状に切り出した。各合金を石英管内に真空封入し、1223K で 1 時間の高温保持したのち、炉内で冷却した試験片を焼なまし材とした。また、同様の高温保持後、石英管を氷水中で破碎することによって冷却した試験片を焼入れ材とした。各試験片表面の酸化皮膜を研磨して取り除いたのち、ヤング率および内部摩擦を測定した。ヤング率および内部摩擦は自由共振式ヤング率測定装置（日本テクノプラス）を用いて測定し、内部摩擦は半価幅法により求めた。各試験片の相構成を同定するために X 線回折装置（Rigaku RINT-UltimaIII）を使用し、Cu ターゲットを用いて 40kV-40mA の条件で測定した。加工に伴うヤング率および内部摩擦の変化を調べるため、冷間圧延を行い、圧下率の増加に伴う各材料特性の変化を測定した。各材料特性の変化については、同一組成・熱処理条件に対して 3 試験片を作成し、各 3 回ずつ測定を行った。また、圧下率の増加に伴う組織の変化についても X 線回折により調べた。X 線の入射方向は試料の圧延面に対して垂直とし、検出器の走査方向が圧延方向に対して垂直になるよう試料を固定した。

3. 実験結果および考察

3.1 チタンニオブ二元合金の材料特性と組織

Fig.1 にチタンニオブ二元合金のニオブ量増加に伴うヤング率(a)および内部摩擦(b)の測定結果を示す。熱処理による各値の差も示しており、図中の■が焼なまし材、●が焼入れ材の値になっている。また、Fedotov ら⁷による焼なまし材(□)および焼入れ材(○)のヤング率測定データも図中に示す。ヤング率の変化(Fig.1(a))については、文献データでは焼なまし温度が873K、焼入れ温度が1123Kであるのに対して本実験ではともに1223Kとなっている。熱処理温度は異なるが、焼きなまし材ではニオブ量増加に伴いヤング率は減少するのに対してT30N, T35N付近で少し高い値を示す点、焼入れ材ではT15N付近で極小、T30N付近で極大を示す点において、本実験結果でも同様な傾向が得られた。相構成の観点からみれば、焼なまし材ではニオブ量増加に伴う β 相の増加に対してヤング率は減少することが報告されている⁷。また、焼入れ材では、ニオブ量の増加に伴い α' マルテンサイト単相組成で極小を示し、 α'' マルテンサイト相および ω 相の形成に伴い増加して極大を示し、 ω 相の形成がなくなれば減少に転じていることが報告されている^{7,8}。

一方、内部摩擦(Fig.1(b))については、文献データがなく、ヤング率と対応させて検討する。内部摩擦は一般に格子欠陥が多い方が高くなるため、同一組成の合金においては焼なまし材の方が内部摩擦は高くなっていた。また、同一組成合金では内部摩擦の低い焼なまし材の方が、ヤング率は高くなっていた。ニオブ量の増加に対しては、焼なまし

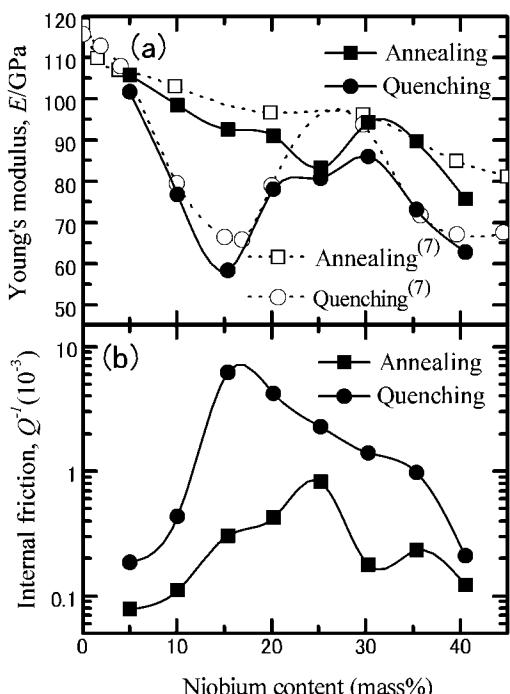


Fig.1 Change of material properties with niobium content and heat treatment condition. (a) Young's modulus, and (b) Internal friction.

し材の内部摩擦はT25Nまで増加し、その後減少傾向にあった。T30NよりもT35Nの内部摩擦の方が高くなっているが、T30Nが極小あるいはT35Nが極大のどちらかになるが、ヤング率ではT30Nが極大値になっているため、T30Nで極小を示していると考えられる。一方、焼入れ材の内部摩擦はT15Nで最大を示し、その後T35Nまで徐々に減少した後にT40Nで急激に減少して最小値を示した。T15Nでヤング率が極小の時に内部摩擦は最大となっているが、ヤング率が極大のT30N以降も内部摩擦は減少した。焼なまし材と焼入れ材との材料特性値の差はT25N付近で小さくなり、それを境に変化していた。これらの結果において、T25Nニオブ量増加に伴うヤング率および内部摩擦の変化で特徴的な組成はT15N付近とT30N付近になるが、本研究では準安定 β 型チタン合金に相当する後者のT30N付近の組成に注目するため、以下はT25NからT40Nの組織と材料特性の変化について検討する。

T25NからT40Nにおける、X線回折の結果を**Fig.2**に示す。焼入れ材(Fig.2(a))のT25Nでは 110β の回折ピークは確認できず、斜方晶 α'' マルテンサイト相のみの回折ピークが現われている。T30NおよびT35Nでは 110β の回折ピークが最も強く、 110β と重なる弱くブロードな回折ピークのため同定は難しいが、異なる斜方晶性をもつ α'' マルテンサイト相の回折ピークが存在し、 β 相と α'' マルテンサイト相の二相組織であることが分かる。一方、T40Nは β 単相組織であることが分かる。また、焼なまし材のX線回折がFig.2(b)である。T25Nでは α 相と β 相の二相組織になっていることが分かる。T30NおよびT35Nでは 110β の回折ピークの根元部分が広がっており、 α'' マルテンサイト相もわずかに残留しているとみられる。T40Nでは β 相のみになっていることが明らかである。X線回折における相構成の同定からは、どの熱処理材についても ω 相の存在は確認で

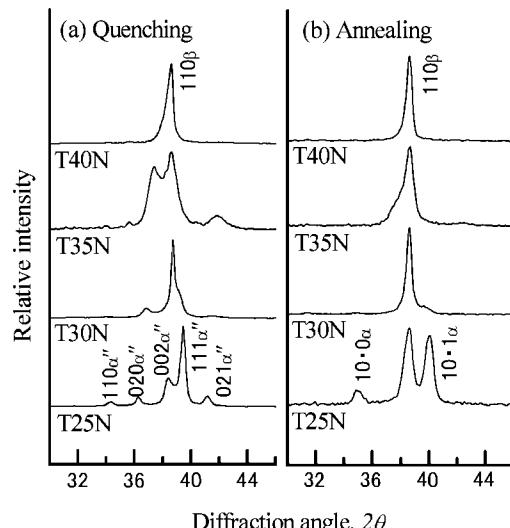


Fig.2 XRD profiles of Ti-(25~40)Nb alloys with different heat treatment. (a) Quenching, and (b) Annealing.

きなかった。

α'' 単相組織の T25N 焼入れ材と $\alpha+\beta$ 二相組織の T25N 焼なまし材ではヤング率はほとんど変わらず、焼入れ α'' マルテンサイト相の形成はヤング率に大きな影響を与えないといみられる。しかしながら焼なまし材についてみれば、T30N および T35N ではヤング率が高い値を示している点は α'' マルテンサイト相の形成では説明がつかない。また、T30N で低い内部摩擦を示している点についても、 α'' マルテンサイト相の残留の影響ではないようと思われる。これらは X 線回折の結果のみからは明確に区別できないが、熱処理によりわずかに ω 相が形成されているか、あるいは加工や時効により ω 相が容易に誘起・増加する不安定な組織状態の影響があると考えられる。本研究では、加工因子として組織の状態を検討するため、以下、焼なまし材の加工に伴う材料特性と組織の変化挙動を調べた。

3.2 加工に伴う組織と材料特性の変化

冷間圧延による圧下率の増加に伴うヤング率の変化を Fig.3 に示す。 $\alpha+\beta$ 組織の T25N では、圧下率増加に伴いヤング率は減少していった。わずかに α'' マルテンサイト相が残留している、 β 組織の T30N および T35N では、圧下率が増加してもヤング率はほとんど変化しなかった。一方、 β 単相組織の T40N では、ヤング率は増加傾向にあった。

Fig.4 に圧下率の増加に伴う内部摩擦の変化を示す。T25N の内部摩擦値は、圧下率の増加に対してほとんど変化しなかった。一方、T30N、T35N および T40N については、圧下率 10% の段階で内部摩擦は増加した。加工前は T30N よりも T35N の方が高い内部摩擦値を示していたが、10% 圧下後には逆転して T30N の方が高い値を示している。さらに圧下率が増加していくと、T30N と T35N では微増あるいは減少に向かったが、T40N ではさらに増加する傾向にあった。

加工に伴うヤング率の変化については試料圧延面の回転や相変態挙動の影響を受けていると考えられ、内部摩擦の変化については加工による格子欠陥の増加や相変態挙動の影響を受けていると考えられる。これらの観点から加工に伴う材料特性の変化を検討するため、X 線回折により加工に伴う組織の変化を調べた。Fig.5 に圧下率増加に伴う X 線回折の変化を示す。T25N(Fig.5(a))では、加工に伴い α 相と β 相以外の回折ピークは確認できなかった。一方 T30N(Fig.5(b))では、焼なまし状態で存在した 110β の根元部分の、残留 α'' マルテンサイト相の回折ピークが 10% 圧下後には消滅した。また、加工前には検出されなかった ω 相の回折ピークが新たに形成され、圧下率増加に伴い ω 相の形成量は増加していった。この結果より、T30N 焼なまし材は特に加工誘起 ω 相が容易に誘起・増加する不安定な組織状態にあることが分かり、この組織状態が加工前に内部摩擦が低かったことに大きく影響していると考えられ

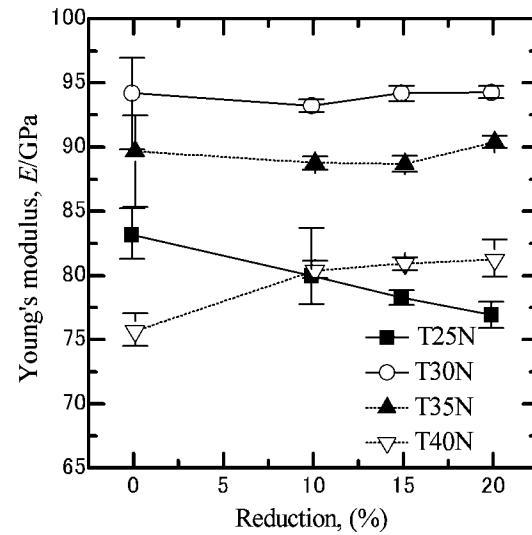


Fig.3 Effect of cold working on Young's modulus of annealed Ti-(25-40)Nb alloys.

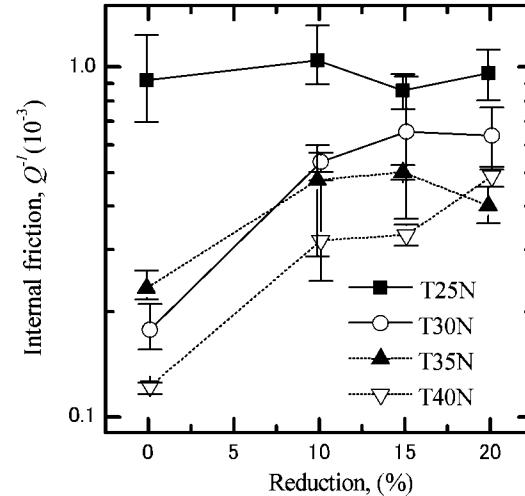


Fig.4 Effect of cold working on internal friction of annealed Ti-(25-40)Nb alloys.

る。 β 相の回折ピークに関しては、圧延により 112β の強度比が大幅に増加し、圧延面に 112β が多く配位しているとみられる。T35N(Fig.5(c))も T30N と同様で、加工初期の残留 α'' マルテンサイト相は消滅し、T30N ほど多くはないけれども加工に伴い ω 相が形成され、また圧延面に 112β が多く配位しているとみられる。これに対して、焼なまし状態で T30N および T35N と同じ β 相を主体とする T40N(Fig.5(d))では、圧延に伴い 112β よりも 200β の回折ピークが強くなる傾向にあり、さらに 200β の回折ピークはブロードになっていた。X 線回折ピークがブロードになるのは、圧延に伴う格子ひずみの増加や結晶粒径の変化が原因になると考えられる。圧延に伴う結晶粒径の変化についても検討の必要性はあるが、加工により ω 相が励起される

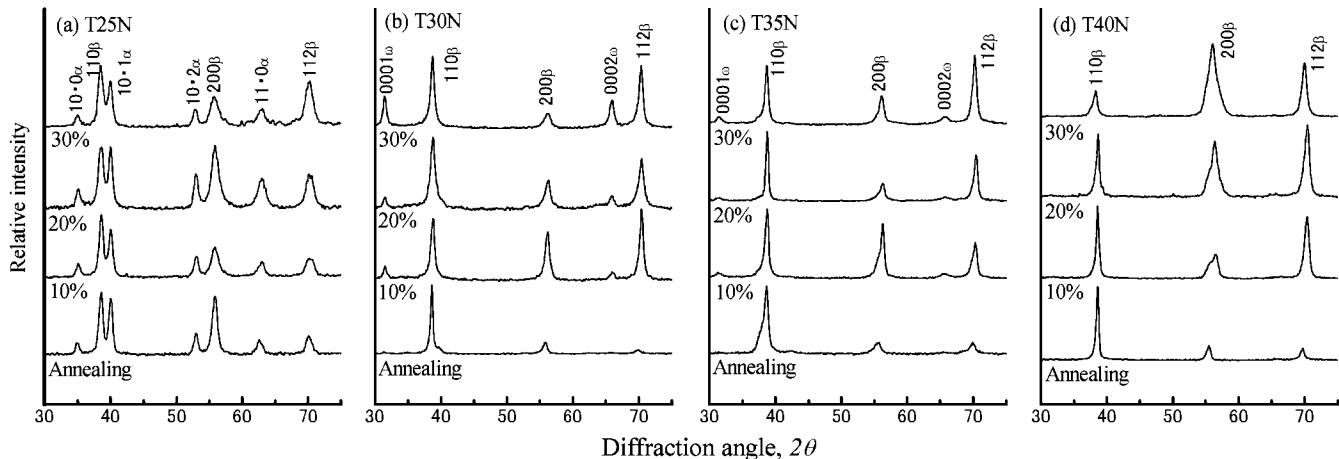


Fig.5 Change of XRD profiles of annealed Ti-(25~40)Nb alloys with cold working. (a)T25N, (b) T30N, (c)T35N, and (d)T40N.

場合の T30N と T35N では、焼きなまし状態から圧下率の増加に対してこのような大きな増加は生じていないことから、T40N では格子ひずみの増加が原因で 200β の回折ピークがブロードになっていると考えられる。

以上の結果から、圧下率増加に伴う組織と材料特性の変化について検討する。T25N では、圧下率の増加に伴いヤング率は減少したが、内部摩擦はほとんど変化しなかった。ヤング率の減少に関しては、本研究の X 線回折の結果からは相の量に関する定量的な評価はできないが、一般に α 相より β 相の方がヤング率が低いとされ、加工により β 相の量が増加したために生じた可能性がある。一方、 β 単相組織の T40N では、圧下率の増加に伴いヤング率は増加し、また内部摩擦も増加傾向にあった。これは試料圧延面が $(110)_\beta$ 主体から $(200)_\beta$ 主体に変化していること、加工による格子ひずみの増加に起因するものと考えられる。次に加工誘起 ω 相が形成される、T30N および T35N の材料特性の変化について考察する。圧延 10%程度でのわずかなヤング率の減少は、残留 α'' マルテンサイトの β 逆変態によるものであるとみられる。その後、T40N のようにヤング率の増加を示さなかったのは、試料圧延面が $(110)_\beta$ 主体から $(200)_\beta$ ではなく、 $(112)_\beta$ 主体に変化した影響が起因していると推測される。また、T30N および T35N では T40N の 200β ように X 線回折ピークがブロード化していないことから、圧下率増加に伴う加工誘起 ω 相の形成が、 β 相の加工ひずみ増加を緩和していると考えられ、このことが試料圧延面の回転を抑制した要因として挙げられる。このことは内部摩擦が圧下率 15%以降増加していない結果とも一致する。著者らは同一合金焼入れ材において 523K での等温時効処理により時効 ω 相が形成された場合、ヤング率の大幅な増加と内部摩擦の急激な減少が生じることを報告している⁹。時効により熱的 ω 相が形成される場合には溶質元素の拡散を伴い、熱的 ω 相の形成が脆化をもたらす¹⁰。本研究に

おいて形成された加工誘起 ω 相は、冷間加工なので溶質元素の拡散は少ないと考えられ、また材料特性の変化からも顕著な脆化にはつながらないと考えられる。今後さらに加工誘起 ω 相が形成された試験片の強度や延性などの材料特性についての検討も必要があるが、本結果からは加工に伴う材料特性の変化を加工誘起 ω 相が抑制していることが示唆され、チタン合金の機能性向上に寄与する組織因子として注目できる。

4. 結言

チタンニオブ二元合金を用いて、焼入れ材および焼なまし材の組織とヤング率および内部摩擦の関連性を調べた。また、冷間圧延を行い、組織と材料特性の変化について調査・検討した結果、以下の知見が得られた。

1) 焼なまし材のヤング率はニオブ量増加に伴う β 相の増加により単純減少を示すが、T30N および T35N ではわずかに高い値を示した。また、内部摩擦値は $\alpha+\beta$ 組織の T25N 以降ニオブ量の増加に伴い減少したが、T30N では極小を示した。これらは X 線回折では検出できないわずかな ω 相が存在するか、あるいは加工や時効により ω 相が容易に誘起・増加する不安定な組織状態の影響によると考えられる。一方、焼入れ材ではニオブ量の増加に伴う相構成の影響によりヤング率は T15N で極小、T30N で極大を示し、内部摩擦は T15N で極大を示したのちに減少した。

2) 焼なまし材について冷間圧延を行った結果、 $\alpha+\beta$ 組織の T25N では β 相量の増加によりヤング率の減少が生じたと考えられる。 β 単相組織の T40N では、加工による格子ひずみの増加と試料圧延面の変化により、ヤング率と内部摩擦は増加した。一方、T30N および T35N では、ヤング率はほとんど変化せず、また内部摩擦は圧下率が増加しても停滞あるいは減少する傾向にあった。これらの試料では圧延に伴い加工誘起 ω 相が形成されており、加工誘起 ω

相の増加が、加工による β 相の格子ひずみ增加を緩和させる働きをしていることを示唆した。

References

1. 西村孝、大山英人：軽金属, **36**(1986), 778-787.
2. 黒田大介、新家光雄、福井壽男、森永正彦、鈴木昭弘、長谷川二郎：鉄と鋼, **86**(2000), 602-609.
3. 倉本繁、西野和彰、斎藤卓：軽金属, **55**(2005), 618-623.
4. J-I Kim, H-Y. Kim, H. Hosoda, S. Miyazaki : Mater. Trans., **46**(2005), 852-857.
5. D.L. Moffat, D.C. Larbalestier : Metall. Trans., **19**(1988), 1677-1694.
6. 飛田守孝、助台榮一：日本金属学会会報, **26**(1987), 887-895.
7. Fedotov, F.G, Belousov, P.K.: The phy. met. metall **17**(1964), 83-86.
8. H. Matsumoto, S. Watanabe, N. Masahashi, S. Hanada : Metall. Mater. Trans. A, **37A**(2006), 3239-3249.
9. Y. Mantani, M. Tajima : Mater. Sci. and Eng. A, **442**(2006) 409-413.
10. 竹元嘉利、飛田守孝、榎原精：日本金属学会誌, **59**(1995), 780-787.

Effect of working on microstructure and mechanical properties of metastable β -type titanium alloys

Yoshikazu MANTANI^{1*}, Mamoru TAJIMA², Kunio KUDOU²

1: Dept. of Material Sciences and Engineering

2: Dept. of Mechanical Engineering, Kanagawa Univ.

In titanium–niobium binary alloys, the differences of Young's modulus and internal friction with niobium content and heat treatment condition (quenching or annealing) were investigated, and discussed about the correlation from the view point of the structure. The change of material properties of annealed metastable β -type Ti-(25~40)Nb alloys with cold working was also investigated. From these results, it was pointed out that the deformation induced ω phase of annealed Ti-30Nb and Ti-35Nb alloys caused the relaxation of lattice strain of β phase and change of material properties.

Key Words : titanium alloy, omega phase, Young's modulus, internal friction, deformation induced phase transformation

ニッケル電極の充放電反応機構について —コバルト添加の影響—

小倉 弘幸^{1*}, 山田 太², 森 邦彦², 宗内 篤夫¹, 村林 昌直³, 伊藤 八十四⁴

1:材料工学科

2: 教育研究支援室

3, 応用物質工学専攻科

4:電子情報工学科

ここでは、ニッケル電極への Co(OH)_2 添加が及ぼすニッケル電極の充放電反応への寄与について考察した。電解含浸法により製膜した $\text{Ni(OH)}_2\text{-Co(OH)}_2$ 共沈膜電極の C-V 特性（キャパシタンス-電位特性）の C 値は充電が始まると増加し、放電により減少した。この現象は反応活性種として例えば KO_2^- を仮定し、これの充放電での共沈電極結晶中の侵入、離脱により説明できた。共沈電極の充放電流ピーク電位は Ni(OH)_2 と Co(OH)_2 との中間に位置することから、 Ni(OH)_2 結晶中の Ni と Co とが置換しているものと考えられた。共沈電極の ESCA スペクトルに出現した K_{2p} スペクトル強度は、充電により増加し、放電により減少し、また、共沈電極中の Co 濃度が高いほど、強度は大きな値となった。充放電状態の電極の 0_{1s} のスペクトルは 2 つに分離された。この分離ピークのうち、高エネルギー側のピークは KO_2^- 由来の、低エネルギー側ピークは共沈電極結晶由来の酸素原子であると考えられた。高エネルギー側のピーク強度は充電が進むに伴い増加し、放電進行により減少した。また、共沈電極中の Co 濃度が高くなるほど高い値となった。これらから、充電により共沈電極結晶中へ KO_2^- が侵入し、放電で離脱が起こるとする充放電機構は無理なく説明できるように考えられた。また、共沈電極中の Co/Ni モル比が高いほど、高濃度の KO_2^- 量が充電で取り込まれ、Co 添加は放電容量の増加に寄与すると思われた。この理由は、 Ni(OH)_2 中の Ni と Co とが置換することにより Ni(OH)_2 構造がやや変形し歪み、 KO_2^- の取り込み、放出をより円滑にし、放電容量の増加をもたらしているのではないかと推定された。

Key Words : $\text{Ni(OH)}_2\text{-Co(OH)}_2$ 共沈膜電極, C-V 特性, 0_{1s} ESCA ペクトル, Co/Ni モル比, KO_2^- アニオン

(受付日 2008 年 9 月 5 日; 受理日 2008 年 12 月 24 日)

1. 緒言

平成9年12月の京都における「気候変動枠組み条約第3回締約国会議・COP3」の合意による温室効果ガス削減の国際公約達成のため、我が国においても国を挙げてその対策に取り組んでいる。特に、電力や自動車産業において CO_2 削減のための様々な研究開発が急ピッチで行われている。その中で、究極のエコカーとして燃料電池車が注目を浴びているが、高コストの問題が解決されず、現在リース販売は行われているものの、一般への普及は先送りにされている。そこで次善策として、ハイブリッドカーが現在市販されており、そのエネルギー効率は 32% と云われ、ガソリン車の 14% に比べると高く、しかも現在の燃料電池車 (FCHV) の 29% を超えている。のことから、エコカーとして当面はハイブリッドカーが主流となるものと予測されている。ハイブリッドカーには電源用電池として、リチウムイオン電池、スーパーキャパシター等、各メーカーで様々なタイプのものを搭載しているが、現在のところニッケル水素蓄電池が主に用いられている。このタイプの電池は安全性、性能安定性、耐久性に優れ、使い勝手のよい二次電池

として知られている。

1899 年に T. de Michalowski がニッケル亜鉛電池の特許を得て以来、今までの百有余年の間に様々な様式の二次電池が考案され世に送り出されているが、ニッケル水素蓄電池のように正極には未だニッケル極が用いられているものが多数ある。

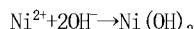
しかしながらこのニッケル極の充放電挙動について十分に解明できたとは言い難く不明確な点も少なくない。

たとえば、高压型ニッケル水素蓄電池のニッケル極には、電解含浸法により活物質をニッケル多孔体に含浸した電極が使用されている。ニッケル活物質 Ni(OH)_2 に Co(OH)_2 を添加すると放電電圧が少し低くなるものの、放電容量が増えると言われ、 Co(OH)_2 添加のものを使用されることが多い。 Co(OH)_2 は充電中酸化され CoOOH となり、これがニッケル活物質中に安定に存在し、電子電導のネットワークを形成するとの説や、過充電で生ずる $\gamma\text{-NiOOH}$ の生成を抑制するとの報告¹もあるが、統一した見解はなく充放電に伴うニッケル活物質中の Co(OH)_2 の挙動は十分に明らかにされていない。

ニッケル極は安価なペースト式とは別に、化学含浸法、電解含浸法等により製造されたものが高品位ニッケル極として使用に供され、とくに電解含浸法によるニッケル極は宇宙開発用ニッケル水素蓄電池にも用いられている。電解含浸法は多孔質ニッケル焼結体を硝酸ニッケル水溶液中に漬け、これを負極として分極すると、次式のように孔内部に Ni(OH)_2 が生成される。すなわち、硝酸イオンが電気化学的に還元されアンモニアと水酸化物イオンとを生ずる。



次いで、ニッケル焼結体近傍にあるニッケルイオンと水酸化物イオンとが反応して水酸化ニッケルが焼結体内に生成する。



これらの水酸化ニッケルは $\alpha\text{-Ni(OH)}_2$ であり、電池の活物質とはならない。そこで、化成処理を行い正極活物質となる $\beta\text{-Ni(OH)}_2$ に変化させる。化成処理とは $\alpha\text{-Ni(OH)}_2$ を NaOH 水溶液中に浸漬したり、この液中で強制的に充放電させながら $\beta\text{-Ni(OH)}_2$ に変化させる方法である。 $\beta\text{-Ni(OH)}_2$ は六方晶型に属し、Natta ら²の報告によれば、 $a_0 = 3.07\text{\AA}$ 、 $c_0 = 4.61\text{\AA}$ が報告されており、一方、Greaves ら³によると $a_0 = 3.119\text{\AA}$ 、 $c_0 = 4.686\text{\AA}$ とされ、いずれも c_0 は a_0 に比べ大きく c 軸方向に伸びた構造をしている。

さて、ニッケル極には性能向上のため Co(OH)_2 の添加されたものが実際に多く用いられており、ハイブリッドカー用ニッケル水素蓄電池も例外ではない。ここでは、添加 Co(OH)_2 はニッケル電極の充放電反応にいかなる影響を及ぼし、放電容量の増加をもたらす機構について考察した。

2. 実験方法

2.1 膜電極の作製とi-V, C-V特性測定

ガラス管に封入した0.5mmφの白金線断面を#800のエメリーペーパーで湿式研磨した白金微小電極の上に電解含浸法により膜電極を付与させた。ここでは、次の3種の膜電極を調製した。すなわち A) Ni(OH)_2 膜、B) $\text{Ni(OH)}_2\text{-Co(OH)}_2$ 共沈膜、C) Co(OH)_2 膜電極である。

A) の電極は3%アンモニア水でpH6.2に調整した1M- $\text{Ni(NO}_3)_2$ 中で白金微小電極を60μA、40秒間カソード分極して Ni(OH)_2 膜を付与した。B) は $\text{Ni(NO}_3)_2$ と $\text{Co(NO}_3)_2$ 濃度比を様々に変化させた混合水溶液 (pH6.0にアンモニア水で調整、 $\text{Ni(NO}_3)_2 + \text{Co(NO}_3)_2$ の全濃度は1Mとした) 中で微小電極を60μA、40秒間カソード分極して共沈膜を調製した。C) は電解質に1M- $\text{Co(NO}_3)_2$ のみを用い、調製条件はB) と同一である。

これらの膜電極について電流-電圧 (i-V) 特性、キャパシタンス-電圧 (C-V) 特性を測定した。対極には大面積の白金を、参照電極にはHg/HgO/1M-KOHを使用して、1M-KOHの電解質溶液中、30mV/secで電位走査させながら各特性を測定した。測定温度は室温とした。i-V特性はポテンショスタットを用いて、C-V特性は150Hz、5mV_{pp}の三角電圧波を電位走査信号に重畠し、その応答交流電流からキャパシタンス成分Cのみを抽出した後、フィルタ回路を経由して出力させた⁴。測定に先立ち、電位走査させながら充放電を数回行い、それぞれの特性が十分安定した後、測定を開始した。

2.2 Ni(OH)_2 と $\text{Ni(OH)}_2\text{-Co(OH)}_2$ 共沈膜電極のESCAスペクトル測定

ESCA分析用試料として5mm×10mmのAu板上に2.1と同一電解液組成にて Ni(OH)_2 および $\text{Ni(OH)}_2\text{-Co(OH)}_2$ 共沈膜電極を調製した。下地Au電極はフラグ状の形態にし、電解条件はいずれの膜電極でも30mA、80sec秒間とし、室温にて調製した。

充放電に先立ち膜電極を1M-KOH中で数回充放電した後、いろいろな充電状態、放電深度での試料を調製した。これらをESCA(X線光電子分光分析装置: ULVAC PHI-5450LC, アルバック製)測定用試料とした。

2.3 Ni(OH)_2 活物質粉末を用いたペレットニッケル電極の作製

ニッケル極の充放電効率を調べるために、市販のニッケル活物質粉末1gにテフロン粉末(ダイキン工業製IP4KR41043)0.1gを加え混合したものを20kg/cm²で加圧し8mmφのペレット状にした。このとき、中心部に100メッシュのニッケルガーゼを配置し、これを集電体に用いた。この電極を3M-KOH中で100mA(0.3C放電に相当)の定電流で充放電を繰り返した。対極には市販のニッケル・カドミウム蓄電池用の大面積 Ni(OH)_2 含浸多孔質ニッケル焼結体を用い、参照電極にはHg/HgO/3M-KOHを用いた。測定温度は室温とした。

3. 実験結果および考察

ニッケル極は次の $\text{Ni(OH)}_2 \rightarrow \text{NiOOH}$ 間での充放電反応式に従うとされている。

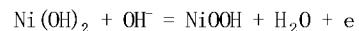


Fig.1にペレット状ニッケル電極の放電データから、上式に基づいて算出した放電効率(充電は酸素発生が十分起こるまで過充電した)と充放電サイクル数との関係を示す。上の充放電反応式を適用すると、所定のニッケル量について100%以上の放電効率が認められ、一般に上式の正当性は疑問視されている。これまで、ニッケル電極の充放電反応機構について多くの研究が行われているが、100%以上の放電効率が得られることから、その大多数は充電完了時に3価以上のニッケル水酸化物もしくは酸化物が生成するとしている⁵。ここでは、ニッケル極の充放電過程は上式の $\text{Ni(OH)}_2/\text{NiOOH}$ の充放電反応式に従うのではなく、電解液中に存

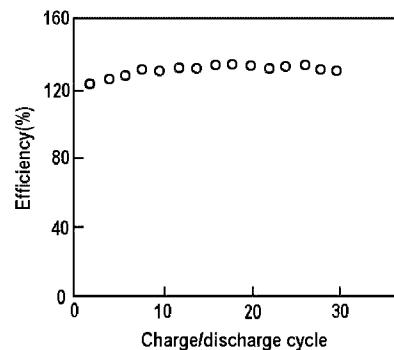


Fig.1 Discharged efficiency evaluated from $\text{Ni(OH)}_2/\text{NiOOH}$ reaction scheme.

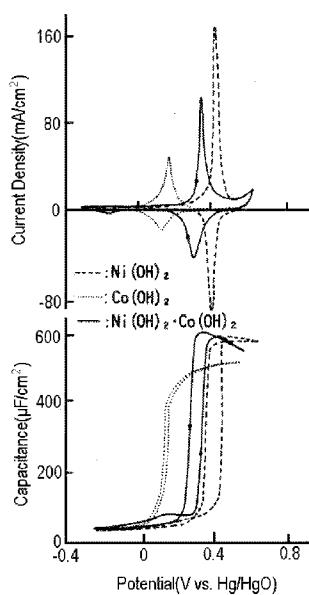


Fig. 2 V, C-V characteristics on $\text{Ni}(\text{OH})_2$, $\text{Co}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2\text{-Co}(\text{OH})_2$ co-deposited film electrode in 1M-KOH

在するカリウムを含む酸化物イオン例えば、 K_2^- アниオンの $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 結晶内への侵入、離脱のプロセスを伴って電荷移動が行われていると仮定し、この仮定の妥当性と、この過程におけるCo添加効果について調べた。Fig. 2に充放電過程における $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ni}(\text{OH})_2\text{-Co}(\text{OH})_2$ 共沈、 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 電極のi-V特性と、同時に測定したC-V特性と併せて示す。

まず、 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 電極に注目する。i-V特性では0.4V付近から電流が立ち上がって充電が開始し、電位をさらに正側に走査すると充電電流のピークが現れる。0.65V付近から電位を負側に折り返すと0.34V近傍で放電電流ピークが出現する。このi-V特性をC-V特性と対比すると、キャパシタンス成分Cは充電が始まると劇的に増加し、充電完了と同時に一定値となる。この数値は電解液中のKOH濃度に依存して増加し、高濃度KOH液中では数千 $\mu\text{F}/\text{cm}^2$ に及び異常に大きな数値となった。一方、充電完了の電位から負側に電位走査すると放電開始と同時にCは急激に低下し、充電前のC値となる。このC値の充放電による変化、充電状態での数値の異常な大きさは $\text{Ni}(\text{OH})_2$ と NiOOH との間の充放電反応式からだけでは十分に説明できないと思われる。

Corrigan⁴はガラス板上に透明ネサ膜を付与し、その上に $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 薄膜を製膜して透明セル中で750nmの光を照射しながら、KOH水溶液を電解質に用いて電位走査しその吸収度を測定した。その結果、充電開始と共に吸収度は急激に増加し、充電が完了するとそのまま一定値となる現象を見い出した。この吸光度の電位による変化はここで得られたC-V特性と良く一致している。

吸収度の変化は $\text{Ni}(\text{OH})_2$ の誘電率の変化すなわち、C成分の変化に対応する。

このことから、Cの充放電による変化から推定すると、 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ の誘電率は充電で増加し、放電で減少すると思われる。この現象

は、たとえば、充電での反応活性種の $\text{Ni}(\text{OH})_2$ への侵入、放電での離脱により説明できると思われる。

すなわち、充電で $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 活物質中への反応活性種の侵入によりその結晶構造に歪みが生じ誘電率が増加する。放電では活物質からの反応活性種の離脱により構造の歪みが解放され誘電率、すなわちCが減少するものと思われる。

侵入、離脱する反応活性種として、上で仮定した K_2^- アニオンは、充電状態で正にチャージしたニッケル極中への侵入は可能であるし、放電状態で負にチャージした活物質からの離脱も説明しやすい。すなわち、充電により活物質である $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 結晶中へ例えば、反応活性種として K_2^- が侵入し、そこで電荷移動が起こり K_2^- に変化し、一方、放電過程では電荷移動により K_2^- となり活物質中結晶から離脱すると推定される。

$\text{Ni}(\text{OH})_2\text{-Co}(\text{OH})_2$ 共沈膜、 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 膜電極のi-V特性、C-V特性も $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 電極とほぼ同様の形状を示し、その充放電反応も活物質結晶中への K_2^- の侵入、離脱の過程が含まれると思われる。ただし、 $\text{Ni}(\text{OH})_2\text{-Co}(\text{OH})_2$ 共沈電極でのi-V特性の充放電ピーク電流の出現電位およびC-V特性の立ち上がり、立ち下がり電位は $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 電極に比べ負側に移行し、 $\text{Co}(\text{OH})_2$ ではさらに負にシフトしている。

すなわち、共沈電極の充放電流ピーク電位は $\text{Ni}(\text{OH})_2$ と $\text{Co}(\text{OH})_2$ との中間に位置し、明らかにそれぞれが単離した状態にあるのではなく、 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 結晶中のNiとCoとが置換して存在しているものと予想される。

Fig. 3は充放電前の $\text{Ni}(\text{OH})_2\text{-Co}(\text{OH})_2$ 共沈電極のESCAスペクトルの一例でスパッタ時間を変えて測定した Ni_{3p} 、 Co_{3p} のスペクトルピークを示す。これらのピークを積分し、この積分値をCoについてはその感度1.81の数値で、Niについては同じく2.06で除した値との比は、共沈電極中のCo/Niのモル比 $[\text{m}(\text{Co})/\text{m}(\text{Ni})]_{\text{SOLID}}$ の大まかな数値を与える。Fig. 4に製膜用電解水溶液中の $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ と $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ とのモル比 $[\text{m}(\text{Co})/\text{m}(\text{Ni})]_{\text{SOLN}}$ を種々変えながら得られた共沈電極中の $[\text{m}(\text{Co})/\text{m}(\text{Ni})]_{\text{SOLID}}$ とスパッタ時間との関係を示した。

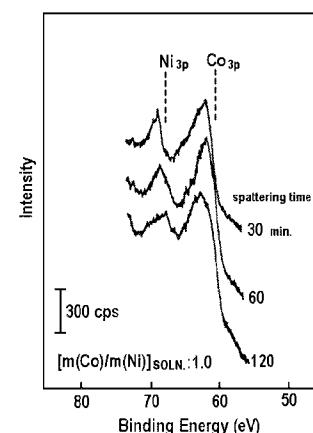


Fig. 3 ESCA spectra of co-deposited electrode before charge/discharge at various sputtering time.

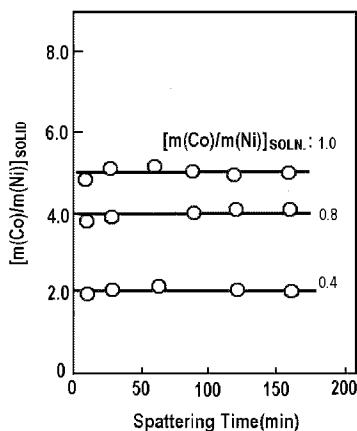


Fig.4 Evaluated Co/Ni mole ratio in co-deposited electrode vs. sputtering time.

この図から明らかに、 $[m(\text{Co})/m(\text{Ni})]_{\text{SOLN}}$ はスパッタ時間に対して一定となっている。このことから、共沈電極中のCo/Niモル比は深さ方向に対して均一になっており、その値は製膜用电解液中のCo/Niのモル比 $[m(\text{Co})/m(\text{Ni})]_{\text{SOLN}}$ に依存する。

$[m(\text{Co})/m(\text{Ni})]_{\text{SOLN}}$ に対する $[m(\text{Co})/m(\text{Ni})]_{\text{SOLID}}$ の変化は直線関係となり、その勾配はほぼ5と得られた。すなわち、共沈電極中のCo/Niモル比は电解液中のそれの5倍となっている。これはCo(OH)₂の溶解度積(2.0×10^{-18})がNi(OH)₂のそれ(1.0×10^{-16})に比べ2桁ほど小さいことに起因するのかもしれない。

Fig.5は充電状態100%の共沈電極についてワイドスキャンにより測定したESCAスペクトルである。

出現したスペクトルのうち、ここではNi_{2p}, Co_{2p}, O_{1s}, K_{2p}のスペクトルに注目した。K_{2p}のスペクトルはK_{2p1/2}(高エネルギー側)とK_{2p3/2}とに分離した。

ここで、K_{2p3/2}に注目し、このスペクトル強度をK_{2p3/2}の感度2.67で除した数値と、Fig.5に示すNi_{2p3/2}のスペクトル強度をNi_{2p3/2}の感度13.92で除した値とCo_{2p3/2}強度をその感度12.20で除した値との比、I(K_{2p})/I(Ni_{2p}+Co_{2p})を求めた。 $[m(\text{Co})/m(\text{Ni})]_{\text{SOLN}}$ を変えながら製膜したNi(OH)₂-Co(OH)₂共沈電極のI(K_{2p})/I(Ni_{2p}+Co_{2p})値と、それぞれの充電状態、放電深度とをプロットしてFig.6に示す。I(K_{2p})/I(Ni_{2p}+Co_{2p})値は、充電により増加し、充電完了時に最大値を示し、放電進行により減少する。また、共沈電極中のCo濃度の高いほど、この数値は充放電に伴い大きな値のまま充電で増加、放電で減少する。

先に仮定したように、充電で活性物質結晶中へ反応活性種KO₂⁻が侵入し、放電でその離脱が起こるならば、Fig.6の結果はこの仮定を立証するように思われる。またこの図から判断すると、電極中のCo濃度が高いほど、充電で取り込まれるKO₂⁻量が多く、Coの添加は

放電容量の増加に有利であろうことが示唆される。Fig.7に共沈電極の100%充電状態、100%放電深度でのO_{1s}のスペクトルを対比して示した。

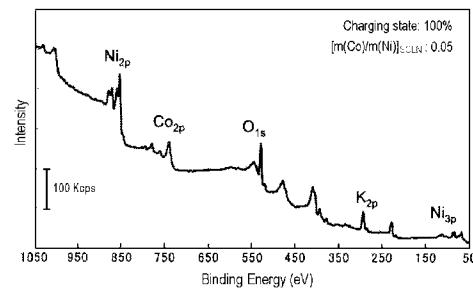


Fig.5 ESCA spectrum of co-deposited electrode at fully charged state.

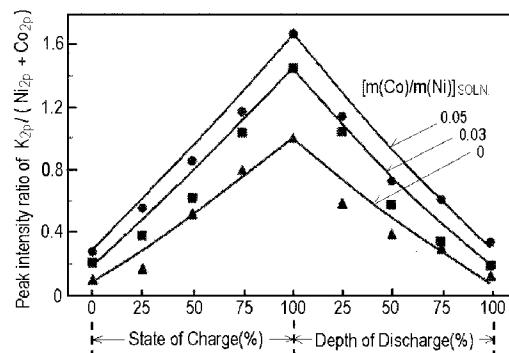


Fig.6 K/(Ni+Co) mole ratio in co-deposited electrode at various charge/discharge state with variation of deposition condition.

これらのO_{1s}スペクトルはいずれも歪んだ形状になっている。これらのスペクトルピークをMulti Pak V 7.0.1の解析ソフトを用いて分離すると、図中点線で示すように533eVと531eVに極大をもつ2つのピークに分離される。充電状態では533eVのピーク強度は531eVのものに比して高く、放電状態では逆に533eVのピーク強度は低くなっている。

このO_{1s}の2つの分離ピークの1つは共沈電極Ni(OH)₂-Co(OH)₂結晶の酸素原子に由来し、他の1つは反応活性種KO₂⁻由來の酸素原子を反映していると思われる。仮定した反応活性種KO₂⁻の酸素は-1価であり、一方共沈電極の酸素は-2価である。したがって、共沈電極由來のO_{1s}は低エネルギー側の531eVに、KO₂⁻由來のO_{1s}は高エネルギー側の533eVに出現すると思われる。そこで、分離されたO_{1s}スペクトルのうち、533eVのO_{1s}スペクトル強度と531eVのスペクトル強度との比I(O_{1s}(533eV))/I(O_{1s}(531eV))の値を求め、充電状態、放電深度に対してプロットするとFig.8のようになる。この図には異なる[m(Co)/m(Ni)]_{SOLN}で得られたNi(OH)₂-Co(OH)₂共沈電極についてのスペクトル強度比も併せて示した。

I(O_{1s}(533eV))/I(O_{1s}(531eV))値は充電が進むに伴い増加し、充電完了時で最大となり、次いで放電進行により減少する。また、共沈電極中のCo濃度が高くなるほど、この比は高い値で推移して変化する。この結果は、Fig.6のI(K_{2p})/I(Ni_{2p}+Co_{2p})の充放電に伴う変化と一致している。

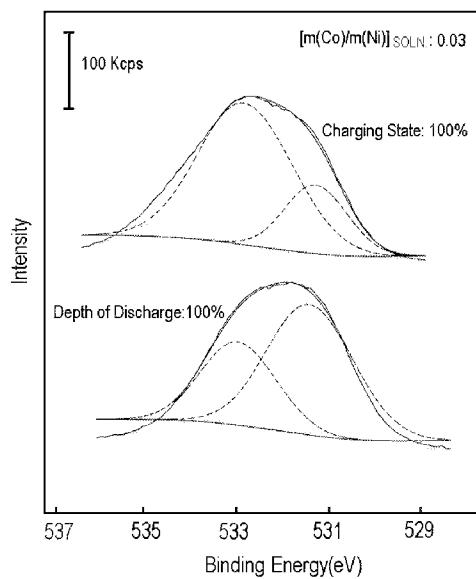


Fig.7 O1s ESCA spectra on co-deposited electrode at fully charged and discharged state.

従って、Fig. 6 およびFig. 8の結果を併せて考えると、充電により活性物質結晶中へ反応活性種 KO_2^- が侵入し、放電で離脱が起こるとする充放電機構は無理なく説明できるように考えられる。

また、共沈電極中のCo/Niモル比が高いほど、高濃度に KO_2^- 量が充電で取り込まれ、 $Ni(OH)_2$ 電極中へのCo添加は放電容量の増加に寄与すると思われる。

この理由についてはここでの実験データだけから深く考察することはできないが、 $Ni(OH)_2$ の結晶構造は六方晶型、一方、 $Co(OH)_2$ は正方晶型である。このことから $Ni(OH)_2$ 中のNiとCoとが置換することにより $Ni(OH)_2$ 構造がやや変形するのではないかと思われる。実際にCo添加により $Ni(OH)_2$ 結晶のc₀が増加したとの報告もある。この $Co(OH)_2$ 添加による $Ni(OH)_2$ の結晶構造の変形がむしろ充放電による反応活性種 KO_2^- の取り込み、放出をより円滑にし、放電容量の増加をもたらしているのではないかと推定される。

4.まとめ

電解含浸法により製膜した $Ni(OH)_2$ や $Ni(OH)_2-Co(OH)_2$ 共沈膜電極でのC-V特性は充電が始まると増加し、放電により減少した。この現象は反応活性種として例えば KO_2^- を仮定し、充放電過程における $Ni(OH)_2$ 結晶中への侵入、離脱により説明できると思われる。共沈電極の充放電流ピーク電位は $Ni(OH)_2$ と $Co(OH)_2$ との間に位置することから、 $Ni(OH)_2$ 結晶中のNiとCoとが置換しているものと思われ、また、結晶中のCo/Niモル比は製膜電解液中のそれの約5倍となっている。

共沈電極のESCAスペクトルに出現した K_{2p} スペクトル強度は、充電により増加し、放電により減少し、共沈電極中のCo濃度が高いほど、強度は大きな値のまま変化した。

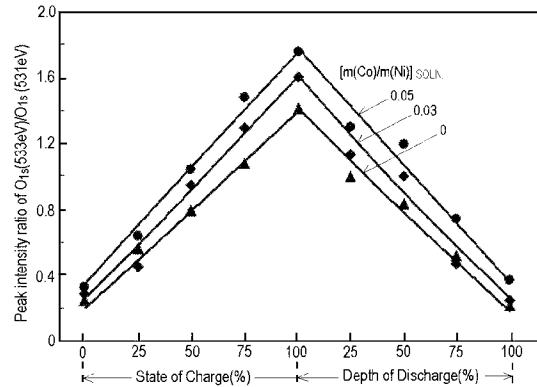


Fig.8 Ratio of O1s peak intensities observed at 533eV and 531eV in co-deposited electrode vs. charge/discharge state with variation of deposited condition.

充放電状態の共沈電極のO_{1s}のスペクトルは533eVと531eVと2つに分離される。このO_{1s}の分離ピークのうち、高エネルギー側のピークは KO_2^- 由来の酸素、低エネルギー側ピークは共沈電極 $Ni(OH)_2-Co(OH)_2$ 結晶の酸素に由来するものであると考えられた。高エネルギー側のピーク強度は充電が進むに伴い増加し、放電進行により減少する。また、共沈電極中のCo濃度が高くなるほど高い値で変化する。この結果は、K_{2p}ピーク強度の充放電に伴う変化と一致している。

従って、これらの結果を総合すると、充電により活性物質結晶中へ KO_2^- が侵入し、放電で離脱が起こるとする充放電機構は無理なく説明できるようと考えられる。また、共沈電極中のCo/Niモル比が高いほど、高濃度の KO_2^- 量が充電で取り込まれ、Co添加は放電容量の増加に寄与すると思われる。この理由は、 $Ni(OH)_2$ 中のNiとCoとが置換することにより $Ni(OH)_2$ 構造がやや歪み、 KO_2^- の取り込み、放出をより円滑にし、放電容量の増加をもたらしているのではないかと推定された。

References

1. M. Oshitani, T. Takayama, K. Takashima, S. Tsuji, *J. Appl. Electrochem.*, **16**, 403 (1986)
2. G. Natta, *Gazz. Chim. Ital.*, **58**, 344 (1928)
3. C. Greave, M. A. Thomas, *Acta Crystallogr., Sect. B*, **42**, 51 (1986)
4. 小倉弘幸, 伊藤八十四, 城上保, 電気化学, **61**, 1310 (1993)
5. D. A. Corrigan, *J. Electrochem. Soc.*, **135**, 885 (1988)

Charge/Discharge Behavior of Nickel Electrode —Effect of Co Additives—

Hiroyuki OGURA^{*1}, Futoshi YAMADA², Kunihiro MORI², Atsuo SONAI¹,
Masanao MURABAYASHI³, Yasoshi ITO⁴

1: Dept. of Material Sciences and Engineering

2: Education and Research Support Team

3: Advanced Engineering Faculty

4: Dept. of Electronic and Information Engineering

The effect of Co additives in Ni(OH)_2 on the charge/discharge reaction of nickel electrode was investigated. $\text{Ni(OH)}_2\text{-Co(OH)}_2$ codeposited membrane electrode on Au substrate was formed by the electrolysis impregnation method. In the C-V characteristics of codeposited electrode in KOH solution, C values increased with charge proceeding, and decreased by discharge procedure. The phenomena were able to be explained by invasion and desorption of reactive species such as KO_2^- to the electrode inside. In i-V characteristics, current peak potentials of charge/discharge on the electrode were between that of Ni(OH)_2 and Co(OH)_2 , and then, Ni atom in the codeposited electrode crystal seemed to be replaced with Co atom. K_{2p} ESCA spectral intensity appeared on the electrode increased and decreased by charge and discharge processes, respectively, and the spectral strength was large at high Co concentration in the electrode. O_{1s} ESCA spectra of the electrode in charge/discharge states were splitted into two peaks. Within these peaks, the peak in high energy side was considered KO_2^- derivation, and low energy oxygen peak was seemed to be $\text{Ni(OH)}_2\text{-Co(OH)}_2$ origination. The high energy O_{1s} peak intensity strengthened with the advance of the charging, and weakened by the discharging procedure, and, the peak intensified at higher Co concentration. The high-dense KO_2^- quantity was taken in the electrode on charging at large Co/Ni mole ratio of the deposited electrode, and the Co additives seemed to contribute to improve in the discharged capacity. By the strain of the Ni(OH)_2 structure with the substitution between Ni and Co, the uptake/emission of KO_2^- in/from the electrode occurred smoothly, and therefore, the high discharge capacity of the nickel electrode was gained.

Key Words : $\text{Ni(OH)}_2\text{-Co(OH)}_2$ Codeposited Electrode, C-V Characteristics, O_{1s} ESCA Spectra, Co/Ni Mole Ratio, KO_2^- Anion

Oxygen Partial Pressure Dependence on Cell Voltage in Phosphoric Fuel Cell

Hiroyuki OGURA¹*, Atsuo SONAI¹, Kunihiko MORI², Futoshi YAMADA²,

Tamotsu SHIROGAMI³

1:Dept. of Materials Science and Engineering

2: Education and Research Support Team

3: Formerly belonged to Dept. of M.S.E.

Cell Voltage shifts with change in partial pressure of oxygen gas in cathode chamber of a phosphoric acid fuel cell being operated at 197 °C and ambient conditions were investigated. Oxygen gas partial pressure related to cathodic reaction was expressed as a mean value of partial pressure between cathode chamber entrance and exit. On the voltage shifts with average oxygen partial pressure changes, it was confirmed that the cell characteristics can be formulated by current density and parameter b which shows catalysis performance and resistance component of structural materials under cathodic reaction. And also, it was proven that this equation could be also applied to the pressurization operation cell to 7atm as a cathode gas in case of the air use. On pressurization operation test cell ($b = 0.2$) by this experiment, current density voltage characteristics which showed the high cell voltage even under the condition of high ratio of oxygen utilization was observed. And, the empirical formula on the dependence of utilization factor of the cathode gas on the cell voltage change was deduced, and the relationship between gas utilization factor and cell voltage was clarified.

Key Words : Phosphoric Fuel Cell, Voltage Shift, Oxygen Partial Pressure, Gas Utilization Factor

(Received : September 5, 2008; Accepted : December 24)

1. Introduction

On the phosphoric-acid fuel cell, many test operation have already been made from small-scale power generation of several W to large one of several MW. In the fuel cell development procedure, many researches have been made on electrode materials, electrode catalysts and cell structures as the elements controlling the cell performance and life. The measurement of current density-cell voltage characteristics (i-V characteristics) is the most general evaluation method of the fuel cell performance.

It was reported that the cell characteristics differ by the phenomenon of the O₂ gain (oxygen utilization factor), even under the condition of identical power generation current density. So, the i-V characteristics on the cell should be influenced by the supplied reaction gas utilization factor. However, there were the large number of reports without the display of the gas utilization factor on the fuel cell performance. In these reports, the gas utilization factor has not sufficiently been recognized on the importance in the expression of the cell performance. This cause is not to be clarified the relation between the gas utilization factor and the cell

performance. Then, we manufactured the small phosphoric acid fuel cell, and the cell performance was evaluated. Here, we tried the formulation (empirical formula) of the effect of oxygen gas utilization factor of the cathode on cell voltage which greatly controlled the cell performance. As the result, the cell voltage was able to be expressed by the equation which combined oxygen partial pressure of the cathode gas with the utilization factor.

In the meantime, the large phosphoric acid fuel cell of the close-at-hand practical application has also adopted the system operating at 7-9 atm by impressing reactant gas. To formulate the changes in the cell voltage by impressing reactant gas pressure was only by Fret et al.¹. Then, we arranged measured data between cell voltage and oxygen gas partial pressure concerning cathodic reaction. From the consideration of the arranging result, the cell voltage was comparatively simply expressed by current density and logarithmic value of oxygen partial pressure.

2. Experimental

Anode and cathode were also used 100mm × 100mm electrode

with the ribs. At the anode surface, catalyst powder (about 1g per electrode of 1 sheet) supported 5wt% Pt at the carbon powder (Cabot Co., VulcanXC-72R) was given with PTFE binder. On the cathode electrode surface, new catalyst powder (about 2g per electrode of 1 sheet) supported Pt system alloy 2.5wt% at the carbon powder was coated. The SiC matrix layer was applied on the cathode catalytic layer at the thickness of about 0.2mm. The 85% phosphoric acid was impregnated in the matrix layer, and was used for the electrolyte. Phosphoric acid was impregnated at the volume corresponded to about 30% of the void division of anode and cathode substance. The catalytic layer of the anode and the cathode was faced each other, after the electrolyte impregnation. Carbon blocks were placed for top and bottom of the combination, and these were fixed in the support. The supply of the reactant gases was adopted the crossflow system. The stainless manifold for the four quarters plane of the cell was installed, and supply of reactant gases, and discharge of excess gases and generated water were carried out with the gas exit. In this study, first of all, normal pressure test with gas outlet of the cell at atmosphere was carried out. High-pressure hydrogen and carbon dioxide gases were converted into low pressure and mixed by mixing vessel in the necessary composition.

The mixed gas was humidified, and then supplied to the anode.

In this experiment, gas composition of the anode entrance was hydrogen 72%, carbon dioxide 18%, water 10% , simulating steam reforming of methane as a standard fuel gas. The cathode was supplied by air with a small compressor. Still, the cell was supplied, after adjusting by the mixing of pressurization air and oxygen or nitrogen including the high-pressure bomb via the simple gas mixing vessel in the necessary partial pressure. At constant load current by the electron loading device, i-V characteristics of the cell were measured.

3. Results and discussion

Using the methane steam reforming simulation gas for the fuel gas and air for the oxidation gas at normal pressure and 197 °C, measured i-V characteristics are shown in Fig.1 under the following conditions: ① Gas utilization factor was fixed with 15 % at each current density. ② Gas utilization factor was fixed with 70 % (however, the anode side gas utilization factor was set at 25 % or less when the current density is 50 mA/cm² or less) . ③ The cell was always supplied in gas volume calculated from the utilization factor (50% in this experiment) for rated power generation current density (300mA/cm²) of the practical cell operation. In the measuring conditions of ① and ②, the cell voltage decreases in proportion to current density in 100-300 mA/cm² region. And, this gradient is bigger, as the gas utilization factor is higher. On the other hand, the data under condition ③ became a convex curve, and is greatly different from the results of ① and ②. Clearly, i-V characteristics observed on the identical cell are different with the gas utilization factor. With setting of various gas utilization factors, the different i-V characteristics were measured.

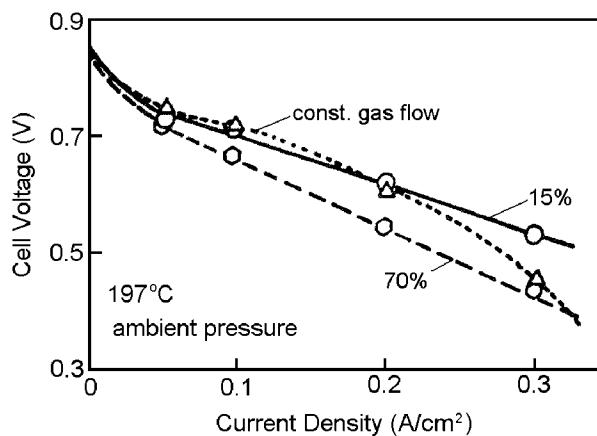


Fig.1 Typical current density-voltage curves on different gas supply conditions. The dotted line presents the data of being provided the constant amount of gases equilibrated to 50 % utilization at 0.3 A/cm², the real line and the broken line shows the data of 15 % gas utilization, and 70 %, respectively.

All of the formed water by the electrochemical reaction of power generation in cathode were discharged with the exhaust gas from the cathodic side. By calculating theoretical oxygen consumption and formation of the water by the power generation, the oxygen partial pressure in the gas of the cell exit was obtained. By considering the arithmetic mean value between oxygen partial pressure of the cell exit and one of the cell entrance related to cathodic reaction, the obtained data was arranged (Fig.2).

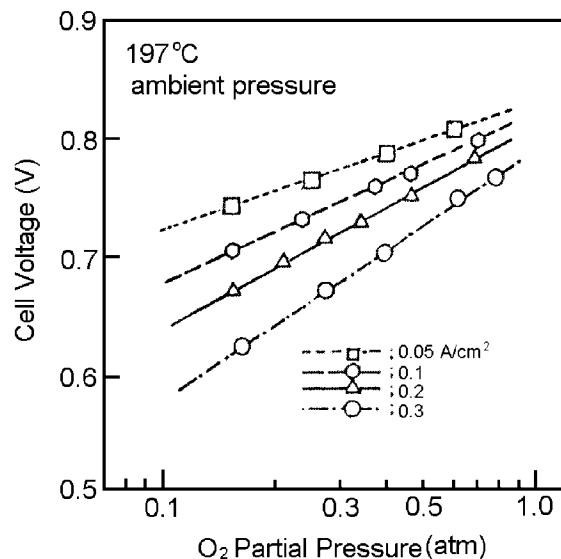


Fig.2 Voltage shifts with change in average oxygen partial pressure in the cathode gas chamber. The cell was operated at current density of 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 A/cm².

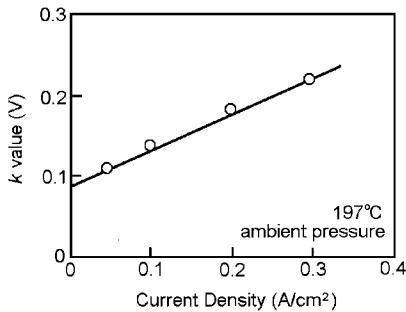


Fig.3 Relationship between k value and current density of the test cell operated at 197 °C and ambient pressure conditions.

In Fig.2, the cell voltage at the constant current density may change in proportion to logarithm value of oxygen partial pressure. This proportional connections were established for the high oxygen partial pressure by oxygen gas addition.

The cell voltage shift ΔV_{O_2} is shown by following equation, when the average oxygen partial pressure changes from $P_{O_2}^*$ to P_{O_2} , as it is clear in Fig.2.

$$\Delta V_{O_2}(V) = k \log(P_{O_2}/P_{O_2}^*) \quad (1)$$

Here, k is the proportion constant. When current density i against proportion constant k were plotted, the linear relationship shown in Fig.3 was obtained, and following empirical formula was established.

$$k = a + bi \quad (2)$$

Cells with various characteristics were assembled, and by changing oxygen partial pressure under constant current density, the cell voltages were measured. It was proven that constant a was 0.09 (V) regardless of the cell characteristics, when the i - k plotting was earned out on the basis of the i-V characteristics. In the meantime, constant b had the unit of the resistance, and is dependent on the cell characteristics. Therefore, constant b reflected catalysis performance of the electrodes and resistance component of structural materials on the electrode reaction, and it seems to be the parameter which expresses the cell performance.

Then, the cell voltage shift by the oxygen partial pressure change ΔV_{O_2} is given by the following equation.

$$\Delta V_{O_2}(V) = (a + bi) \log(P_{O_2}/P_{O_2}^*) \quad (3)$$

The average partial pressure P_{O_2} of the oxygen gas related to cathodic reaction in operation pressure P is shown by the following equation at oxygen utilization factor s % and oxygen partial pressure $P_{O_2(entr)}$ of the cell entrance, because the formed water in power generation can be considered including for cathode exhaust gas in gas phase all.

$$P_{O_2} = P_{O_2(entr)} \{ [2 - (s/100)(1 - P_{O_2(entr)}/P)] / [2[1 + (s/100)(P_{O_2(entr)}/P)] \} \quad (4)$$

From equation (3) and (4), following is obtained.

$$\Delta V_{O_2}(V) = (0.09 + bi) \log(P_{O_2(entr)}/P_{O_2}^*) \{ [2 - (s/100)(1 - P_{O_2(entr)}/P)] / [2[1 + sP_{O_2(entr)}/100P]] \} \quad (5)$$

In normal pressure operation ($P = 1$), this equation is converted into equation(6), when $P_{O_2}^*$ is made to be standard pressure 1 atm.

$$\Delta V_{O_2}(V) = (0.09 + bi) \log \{ (P_{O_2(entr)}) [2 - (s/100)(1 - P_{O_2(entr)})] / [2[1 + sP_{O_2(entr)}/100P]] \} \quad (6)$$

Therefore, $\Delta V_{O_2}(V)$ is given in oxygen utilization factor, constant k , and oxygen partial pressure of the cell entrance.

Now, the average partial pressure of hydrogen P_{H_2} of the anode is given in the following equation.

$$P_{H_2} = P_{H_2(entr)} \{ [2 - (t/100)(1 + P_{H_2(entr)})/P] / [2[1 - tP_{H_2(entr)}/100P]] \} \quad (7)$$

Where, $P_{H_2(entr)}$ is partial pressure of hydrogen gas in the cell entrance, P the operation pressure, and t the hydrogen utilization factor. Anodic cell voltage shifts ΔV_{H_2} with change in hydrogen partial pressure at 197 °C is shown in equation (9) by substituting equation (7) in Le equation (8)², because there is no effect of current density on ΔV_{H_2} .

$$\Delta V_{H_2} = (RT/2F) \log(P_{H_2}/P_{H_2}^*) \quad (8)$$

The validity of this equation has been confirmed by Shirogami et al.³.

$$\Delta V_{H_2}(V) = 0.047 \log(P_{H_2(entr)}/P_{H_2}^*) \{ [2(t/100)(1 + P_{H_2(entr)})/P] / [2[1 - tP_{H_2(entr)}/100P]] \} \quad (9)$$

Therefore, the difference of the voltage at 15 % and at 70 % of hydrogen utilization factors is about 18 mV in this experiment of $P = 1$ atm and $P_{H_2(entr)} = 0.75$ atm. In the meantime, in the cathode of the cell with $b = 0.2$, it was calculated that voltage difference between air (oxygen) utilization factor 15 % and 70 % were 88 mV at 200 mA/cm² and 100 mV at 300 mA/cm², and then, these numerical value agreed with the data of Fig.1. Naturally, this voltage difference increases, as b value increases. Therefore, the data without the display of the utilization factor of the oxygen seems to be meaningless, when the quality of the cell performance is judged from current density-voltage characteristics.

Practically, the equipment which operates 7-9 atm by impressing the reactant gas, is also developed.

Then, pressurization operation of $b = 0.2$ cell was carried out, and current-voltage characteristics were measured. In the operation cell at 197 °C, voltage fluctuation $\Delta V_{p.c.}$ of the cathode by the change of average partial pressure P_{O_2} of the oxygen is shown by the following.

$$\Delta V_{p.c.} = k \log(P_{O_2}/P_{O_2}^*) = (0.09 + 0.2i) \log(P_{O_2}/P_{O_2}^*) \quad (10)$$

Following equations are obtained on change ΔV_p by the pressurization, when Le equation is applied to this expression.

$$\Delta V_p = 0.047 \log(P_{H_2}/P_{H_2}^*) + 0.09 \log(P_{O_2}/P_{O_2}^*) + 0.2i \log(P_{O_2}/P_{O_2}^*) \quad (11)$$

For operation pressure P , the above equation is transformed to the following, because of $P_{H_2} = \alpha P$, $P_{O_2} = \beta P$

$$\Delta V_p = 0.137 \log(P/P^*) + 0.2i \log(P/P^*) \quad (12)$$

References

- J.M.Feret,"Gas Cooled Fuel Cell System Technology Development" Final report, NASA CR-17047 (1985)
- M.T.Le, Proc. 27th IECEC, 3, 570 (1992)
- T.Shirogami, H.Ogura, K.Yokota, Y.Sato, M.Maeda, Denkikagaku, Syuki-taikai, 33(1996)

リン酸燃料電池におけるセル電圧の酸素分圧依存性

小倉 弘幸¹, 宗内 篤夫¹, 森 邦彦², 山田 太², 城上 保³

1:材料工学科

2:教育研究支援室

3:前材料工学科

197°C, 常圧で動作のリン酸燃料電池について, カソード室内の酸素ガス分圧に依存したセル電圧変化について考察した。ここではカソードの反応に与かる酸素ガス分圧を, カソード室の入口と出口との分圧の平均値とした。平均酸素分圧が及ぼすセル電圧変化から, 電池性能は電流とパラメーター b で数式化できることが確認された。 b はカソード反応の触媒性能と電極構造材料との抵抗成分を表す。併せて, この実験式は, カソード反応ガスに 7atm の空気を用いた場合に動作させた電池にも適用されることが判った。さらに, 高圧試験用セル ($b=0.2$) について, 高い酸素利用率においても, 高いセル電圧の電流密度・電圧特性が得られた。また, セル電圧変化についてのカソードガス利用率依存性についての実験式が導かれ, したがって, ガス利用率とセル電圧との関係が明らかとなった。

Key Words : リン酸型燃料電池, 酸素分圧, 電位シフト, 酸素ガス利用率

(ノート)

リン酸燃料電池カソード触媒層に関する考察

小倉弘幸^{1*}, 宗内篤夫¹, 伊藤八十四², 山田 太³, 城上 保⁴

1: 材料工学科

2: 電子情報工学科

3: 教育研究支援室

4: 前材料工学科

リン酸燃料電池は実用に最も近い燃料電池としてその開発が期待されている。本論文の目的は燃料電池動作時におけるカソード触媒層の表面状態に関する知見を得ることにある。実際に4万時間以上動作したリン酸燃料電池のカソード触媒層のESCAスペクトルを測定し、これらを詳細に分析した。カソード触媒層の起電反応側の表面はPTFEによって覆われており、一方、Pt-Co-Niのような触媒組成は触媒層表面より深い部位で観察された。また、触媒層の担持Ptは燃料電池の動作中PtCに変化していることを確認した。

Key Words : リン酸燃料電池, カソード触媒層, PTFE, ESCAスペクトル

(受付日 2008年9月5日; 受理日 2008年12月24日)

1. 緒言

エネルギー資源の大半を輸入に依存する我が国にとっては、エネルギー消費を最大限に抑制すると共に化石燃料依存度を低減し、新しいエネルギー源への依存性を向上させることがエネルギーセキュリティ確保のためにも急務となっている。また化石燃料をエネルギー資源として使用すると、燃焼に伴い排出される炭酸ガスなどによる温暖化、窒素や、硫黄の酸化物などによる酸性雨などの対策の必要性が地球環境保全の上から必要となっており、高いエネルギー効率でかつ環境を汚染する排出物の少ないエネルギー機器の必要性が高まってきている。このような背景から、環境性に優れた高効率なエネルギーシステムとして燃料電池が注目され開発が進められてきた。燃料電池には使用する電解質によっていくつかの種類があるが、リン酸を電解質にする燃料電池は約200°Cで運転され、化石燃料やバイオガスなどの燃料を改質して得た水素ガスを炭酸ガス混在のまま燃料として使用でき、また入手しやすいカーボン材料を主要材料として使用すること可能であることなどから、実用に最も近い燃料電池としてその開発が期待され、多くの研究がなされてきた。ここでは、実際に4万時間以上動作したリン酸燃料電池のカソードを入手したので、この試料を分析して燃料電池動作時ではカソード表面、特に触媒層はどのような状態にあって酸素還元反応が進行しているのか、その知見を得ることを目的とした。

2. 実験方法

カソードの構造は米国のUT社が提案した二種類の方式、すなわちリブ付セパレータ型およびリブ付電極型が広く検討されてきた。前者のリブ付セパレータ型は当初広く採用されたが、セル内に多くのリン酸を保有できず数千時間しか運転出来なかったこと、さ

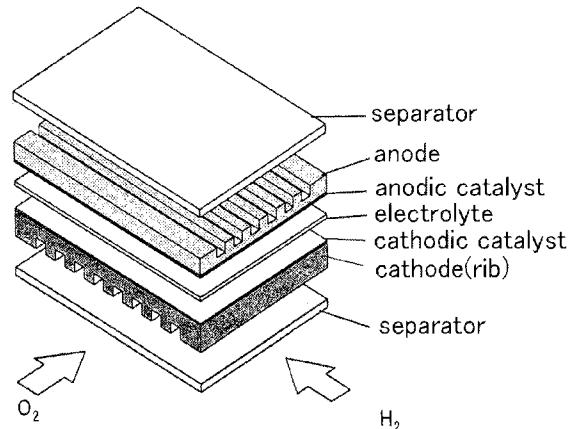


Fig.1 Phosphoric fuel cell electrodes assembly.

らに、保管中にリン酸がセパレータなどのセル部材に吸収され、有効リン酸量が減少する等の課題があった。そこで、電極内に前もってリン酸を貯蔵しておくことができる多孔質リブ付電極構造が開発された。これはマトリックス中からリン酸が消失したとき、リブ部にあらかじめ保持されているリン酸を毛管作用により電極界面に供給される方式で、現在広く採用されている¹。リブ付電極構造のセル構造はFig. 1に示すようにアノード、カソード共に、2~3mm厚さの多孔質カーボン板の片面に触媒層を形成し、反対側にガス流路のリブ(溝)を形成した電極を、マトリックス層(SiC微粉末に濃厚リン酸を含侵したもの)を挟んで一体化する。

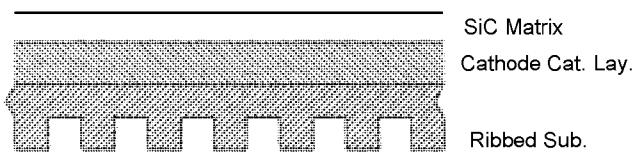


Fig.2 The sectional view of cathode.

この単セルを0.5-1mmの平滑なセパレータを介して順次積層する。ここで、溝を形成している残部の土手にリン酸を保持させることができる。カソード断面を拡大して示すとFig.2のようになる。カソードの触媒層は、カーボンブラックに担持した触媒(Pt-Co-Ni系触媒)をポリテロラフルオロエチレン(PTFE)微粒の懸濁液と混合し、スクリーン印刷により触媒層支持体である多孔質カーボンペーパーに塗布して、ローラーにて加圧、圧着し、PTFEの融点(327°C)以上で熱処理して形成する²。

ここでは、4万時間以上安定に動作した後の燃料電池の多孔質リブ付電極構造をもつカソード、特にその触媒層について、主としてESCAスペクトルの測定を行い解析した。

電極系からカソードを取り外して4cm角に切り出し、そのリブ付電極表面に付与してあるSiCマトリックス層をピンセットにて剥ぎ取って露出させた触媒層を測定試料に供した。測定では、触媒層のマトリックス(電解質)側の面を表面としてスパッタしながらスペクトルの測定を行った。

3. 実験結果および考察

燃料電池でのカソードにおける電極反応は酸素ガス/液体(電解質)/固相(触媒)が共存した三相界面で進行すると考えられている(Fig.3)。

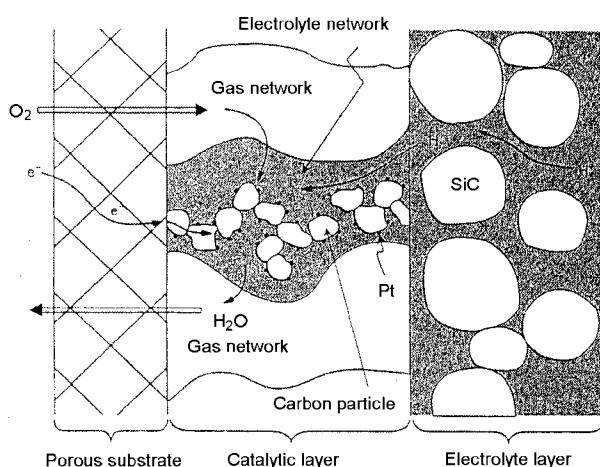


Fig.3 The three phases zone model in cathode.

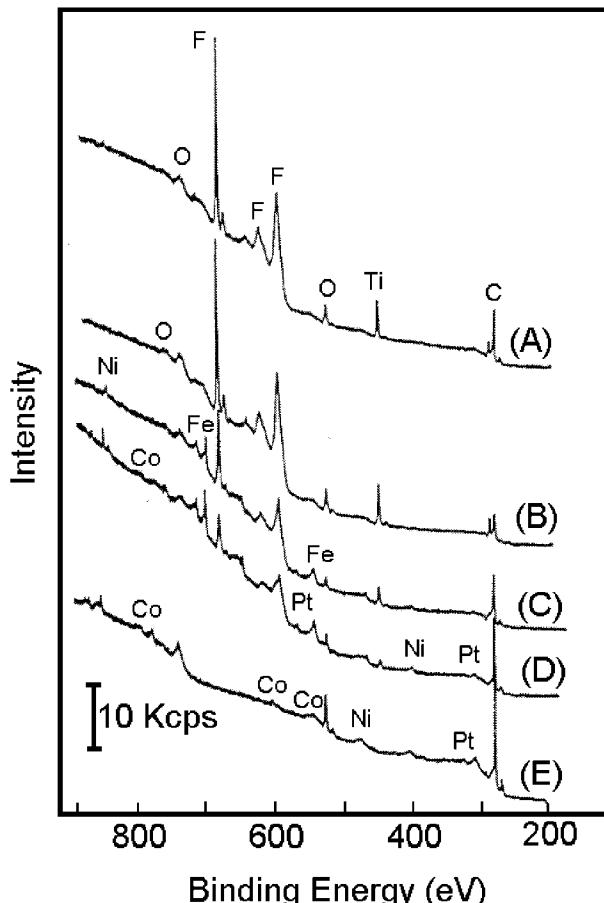


Fig.4 ESCA spectra of cathode catalytic layer in the region of 200-800 eV; Sputter time (A)0, (B)60, (C)90, (D)160, (E)180min.

したがって、高性能の電極とすべく三相界面がより多く存在するような電極のミクロ構造が要求され、その基本的な考え方として、(1)ガスの触媒までの拡散距離を最短にするよう十分細い電解液ネットワークを無数に作りその中に触媒粒子を分布させる、(2)それに十分なガスネットワークを分布させる、(3)触媒担持カーボン粒子を密に接触させるなどがあげられる。これまでこのような考え方に基づいて、触媒層形成の研究がなされてきた。

一方、触媒層に用いられるPTFEの働きは重要であり、触媒担持カーボン相互の結合材として作用するとともに、触媒が過度にリン酸に濡れてガスの透過を阻止しないようリン酸を撥じく機能を有している。逆に、カーボンに対してはリン酸は濡れ易い性質を持ち、これらの相反する性質によって三相界面が維持され、そこで起電反応が進行すると言われている。

Fig.4はカソード表面の200-900eVの結合エネルギーの範囲で、スパッタ時間を変えながら測定したESCAスペクトルを示す。これより、カソードの元素の成分比は、深さ方向に対して不均一な状態にあることがわかる。すなわち、表面に近いほど(電解質に近いほど)F成分が多くなっている。このF成分はPTFEに由来していることは明らかである。このことから燃料電池カソードは、その表面

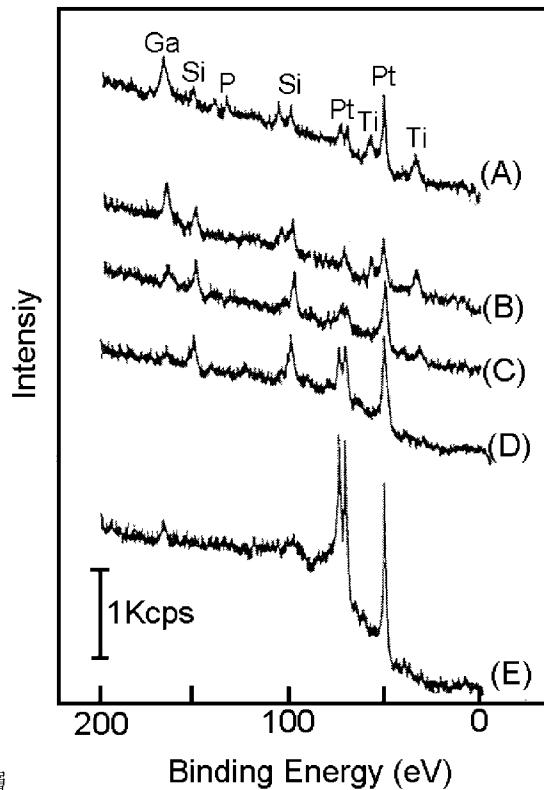


Fig.5 ESCA spectra of cathodec atalytic layer in the region of 0-200eV; ISputter time(A)0, (B)60, (C)90, (D)160, (E)180min.

がPTFEリッチな状態で動作していると予測される。PTFEリッチな状態は電導性等の観点からすると不利な状態と考えられるが、燃料電池が良好に動作していることを考えると、先に報告したようにPTFE自体が触媒として機能し、上に述べた三相界面がバランス良く維持され、酸素還元反応が円滑に進行するのかもしれない³。カソード表面層がPTFEリッチとなっている理由は、触媒層を付与する工程で、触媒とPTFE懸濁液との混合物をカーボンペーパーに塗布してローラーにて加圧、圧着した際、PTFEが表面に押し出されたものと考えられる。また、Fig.4をみるとカソード表面層は深部になるほどC成分が増加し、やがて触媒のPt, Ni, Co成分が現れるようになる。このことより、燃料電池はカソード表面の触媒層の各成分組成が極めて不均一な状態のままで動作していることが判った。Fig.5にFig.4と同じ試料の0-200eVの結合エネルギーの範囲で、スパッタ時間を変えながら測定したESCAスペクトルを示す。カソード触媒層表面にSiが認められるが、これは僅かに試料表面に付着しているマトリックスのSiCに由来する。このSiCは触媒層深部においては認められなくなる。

一方、触媒層表面には触媒に使用したPt成分が僅か存在しているのが認められるが、深部ではPtが明瞭に出現している。すなわち、カソード触媒層の極く表面はPTFEで覆われており、Pt, Co, Ni等の触媒成分が少なく、深部においてこれらの触媒成分の増えた状態で存在していることが判った。さて、Fig.5に示す70-80eV範囲

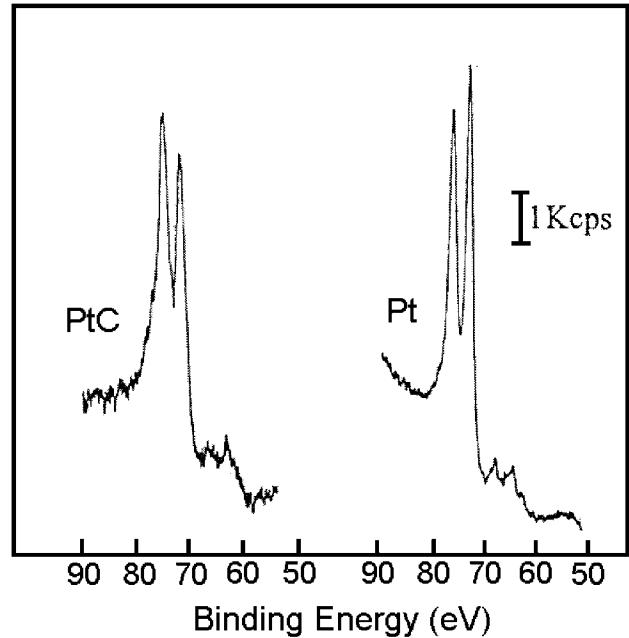


Fig.6 ESCA patterns of Pt and PtC.

のPtのESCAスペクトルはスプリットして現れているが、このうち高エネルギー側のスペクトル強度の方がやや大きめになっている。純粋なPtではこの関係は逆で、むしろ低エネルギー側のスペクトルの方が強く現れるのが通常である。実際の測定結果をFig.6に示す。明らかに、純粋なPtのスペクトルは低エネルギー側で強く出現している。

一方、同図には市販試薬のPtCのスペクトルを併せて示したが、その強度は純粋なPtとは逆で高エネルギー側の方に強く現れている。

この結果とFig.5のスペクトルとを比較すると、カソード触媒層中のPtは燃料電池動作中、PtCに変化していることが明らかとなつた。

4.まとめ

実際に4万時間以上動作したリン酸燃料電池のカソード触媒層をESCAにより分析して燃料電池動作時での触媒層の状態に関する知見を得ることを目的に実験を行った。その結果、カソード触媒層の表面はPTFEで覆われており、深部にPt, Co, Ni等の触媒成分の存在していることが判った。また、カソード触媒層中のPtは燃料電池動作中PtCに変化していることが明らかとなつた。

文 献

- DOE/ER/30060-TI, Assessment of Research Need For Fuel Cell, Nov., 39(1985)
- Goller, GP., U.S.P. 4185131(1980)
- 上野三司, 小倉弘幸, 城上保, 電気化学, 65, 390(1997)

Study on Cathode Catalyst Layer of phosphoric acid Fuel Cell

Hiroyuki OGURA¹, Atsuo SONAI¹, Yasoshi ITO², Futoshi YAMADA³, Tamotsu SHIROGAMI⁴

1:Dept of Material Sciences and Engineering

2:Dept of Electronic and Information Engineering

3:Education and Research Support Team.

4:Formerly belonged to dept of M.S.E.

The purpose of this note is to obtain the knowledge on the surface state of catode catalytic layer in the phosphoric fuel cell operation. The layer of the fuel cell operated for about 40,000 hour was analyzed by measuring the ESCA spectra. The surface at the cathode catalytic layer was covered by PTFE, and catalyst compositions such as Pt,Co, Ni were observed in the deep direction of the layer. And, Pt in the catalytic layer changed in PtC during the fuel cell operation.

Key Words : Phosphoric acid fuel cell, Cathode catalytic layer, PTFE, ESCA spectra

リン酸燃料電池の電流密度分布式に関する研究

小倉 弘幸^{1*}, 宗内 篤夫¹, 岡本 健², 山田 太³, 城上 保⁴

1:材料工学科

2: 専攻科卒業生

3:教育研究支援室

4:前材料工学科

1m² 以上の電極表面積を有する大型のリン酸燃料電池では、電極表面の温度は均一ではなく、電流密度分布が発生する。ここでは、リン酸燃料電池電極上の電流密度分布を推測するため、温度をパラメータとして、小型セルについて電流密度を変えながら電池電圧と酸素分圧との関係を測定した。得られた結果を解析したところ、電池電圧の温度依存性は次の実験式により表現された。この式より、大型燃料電池電極の温度分布データから、電流密度分布を推測することが可能となった。

$$\Delta V(V) = (0.09 + bi) \log \left\{ \frac{(P(O_2)/P(O_2)^*)}{[2 - (s/100)(1 - P(O_2)_{ent}/P)]} \right\} - 0.09 \log(i) + (1.1 \times T \times 10^{-3} + 0.18)$$

Key Words : リン酸燃料電池, カソード反応, 温度分布, 電流密度分布

(受付日 2008年9月5日; 受理日 2008年12月24日)

1. 緒言

リン酸燃料電池はガス拡散電極であるため、電極面積が大きい場合、同一電極面上で部分的にガス分圧が異なり、反応速度が不均一となって、発電の電流密度に分布が生じていると考えられている¹。燃料電池の高性能化を図るためにには、電極面上の電流密度分布の知見を得て、最適な動作条件と電極系の最適設計条件とを求めることが必要である。特に、カソード反応に与かる酸素ガスのセル電圧に与える影響は大きい。

電流密度分布を推測する関係式として、カソード反応に関わる平均酸素分圧が $P(O_2)^*$ (基準値, 1atm) から $P(O_2)$ に変化した際のセル電圧の変化分 ΔV が、見掛けの電流密度 i (A/cm²) と、セル固有の定数 b (Ωcm^2) をパラメータとする式

$$\Delta V(V) = (0.09 + bi) \log \left(\frac{P(O_2)}{P(O_2)^*} \right) \quad (1)$$

で表現されることが確認されている²。

なお、平均酸素分圧とは、発電による理論酸素消費量と生成水ガス量とを計算してセル出口ガス中における酸素分圧を求め、この値とセル入口の酸素分圧を単純に算術平均した値である。

ところで、60cm角を越える大型セルでは同一電極面上で温度分布が生じ、セルの出入口部分と中心部分では最大30°Cも温度差があるために、電流密度分布が存在していることが報告されている。

本研究では、大型セルの電流密度分布をモデル化するための実験式を導出することを目的とし、カソード反応に与かる平均酸素分圧、およびセル温度が、セル電圧に及ぼす影響を調べ、電流密度分布をモデル化する式を提出した。

2. 実験方法

2. 1 試験セル

アノード、カソードとも100mm×100mmのリブ付電極を使用し、アノードには、Vulcan XC-72にPt粉末を5wt%担持させた触媒を電極1枚当たり約1g、PTFEで接着させて付与した。カソードには、高温処理をした炭素粉末にPt系合金を2.5wt%担持させて製作した触媒粉末を電極1枚当たり約2g付与した。電解質層はカソード触媒の上に塗着した厚さ約0.2mmのSiCマトリックスに市販の85wt%濃度のリン酸を含浸させて構成した。なお、含浸リン酸液量はアノード基体およびカソード基体の空隙部の約30%に相当する体積のリン酸量(100%換算)とし、マトリックスのみならずアノード基体およびカソード基体にも含浸した。電解液を含浸した後、アノードとカソードとを対向させて組み合わせ、上下二個のカーボンブロックの間に挟み込み、支持具で固定して供試セルを構成した。

Fig. 1に供試セルの概要を示す。アノード、カソード反応ガスの供給はクロスフロー方式を採用した。また、反応ガスの供給ならびに余剰ガス、生成水の排出のため、カーボンブロックの四方にステンレス製のマニールドを取り付けた。さらに、セルの温度はカーボンブロックに差し込んだ棒状ヒーターで加熱して設定値を維持した。

2. 2 試験方法

セルへの反応ガス供給方法は既報と同様である³。セルへのガス供給圧力は、セル出口を大気開放としたので、ほぼ大気圧と等しい。アノードの反応ガスは高圧ボンベ入りの水素ガスおよび炭酸

ガスを降圧して使用し、両者を簡易ガス混合装置(小島製作所製、PMG-1)を経由させて必要な組成に混合した後、加湿してセルに供給した。本実験では、アノード入口のガス組成は、水素77%、炭酸ガス18%、水分9%を標準として用いた。カソードへは小型の実験用コンプレッサー(東京理科学製、ERATION-ITMAU-2)で加圧(1~2kg/m²)した空気を供給した。なお、カソード供給ガスの酸素濃度を変える際には、加圧空気と高圧ボンベ入りの酸素あるいは窒素を簡易ガス混合器を経由させて混合し、必要な組成に調整してからセルに供給した。

セルの電流密度-電圧特性は、電子負荷装置(菊水電子社製、PLZ152UA)を使用してセルに一定の負荷電流をかけながら、そのときのセル電圧を測定して求めた。なお、セル電圧の測定リードは、カーボンブロックと電極との接合部より引出した。

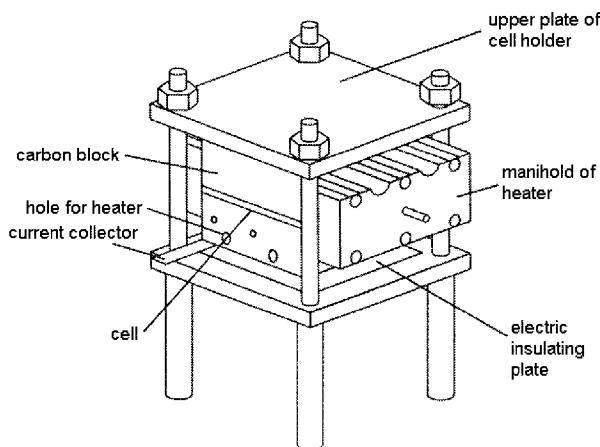


Fig.1 Schematic configuration of test cell.

3. 実験結果および考察

水素利用率ならびに酸素利用率をそれぞれ50%に設定し、見掛けの電流密度を一定にして発電させながら、セル温度を変えていくと、Fig. 2に示すように170°C以上においてセル電圧は温度に対し直線的に変化することが確認できた。

次に、170°Cを超える実用温度域に着目し、見掛けの電流密度0.1、0.2(A/cm²)で発電させながら、平均酸素分圧を変化させた。

Fig. 3に示すように、セル電圧は、平均酸素分圧の対数値に比例して変化し、どの温度もほぼ同じ挙動を示した。この図から、平均酸素分圧がP(O₂)^{*}からP(O₂)に変わるとセル電圧は、

$$\Delta V(V) = k \log(P(O_2)/P(O_2)^*) \quad (2)$$

で示す変化をすることが確認できた。

これらの図で、見掛けの電流密度を、0.1A/cm²から0.2A/cm²にすると、その傾斜k(V/dec.)は異なる、種々の条件で得られた傾斜k値と電流密度とを、温度をパラメータにしてプロットした(Fig. 4)。

k値は電流密度i(A/cm²)に比例して変化し、次の関係式

$$k = 0.09 + bi \quad (3)$$

が得られた。なお b値はセル固有の定数である。

したがって(2)式は

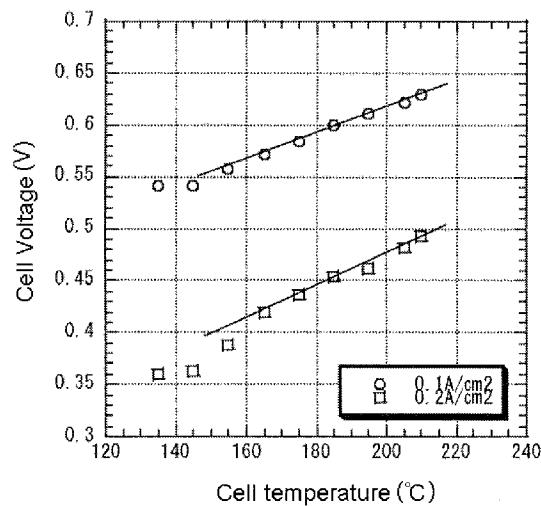


Fig.2 Temperature dependency of cell voltage at current density of 0.1 and 0.2 A/cm².

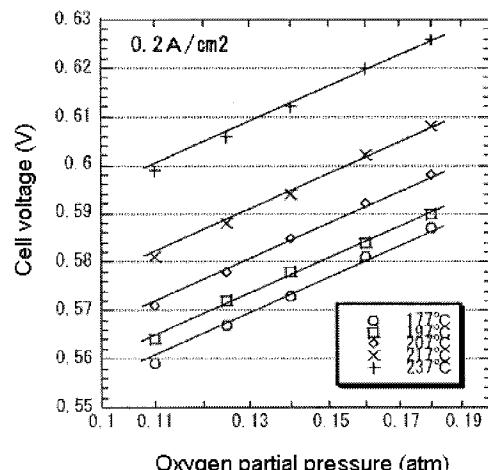
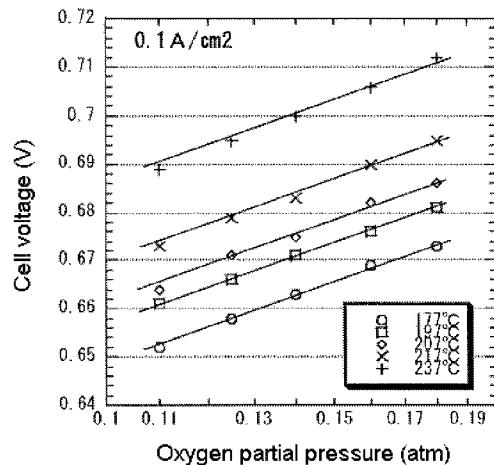


Fig.3 Relations between oxygen partial pressure and cell voltage at temperature.

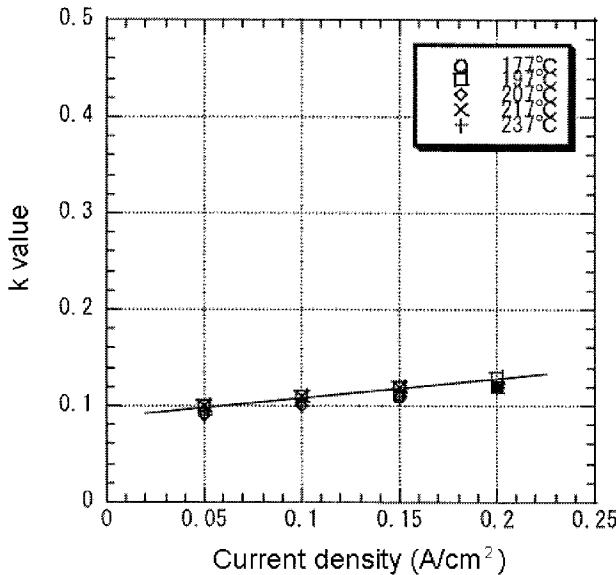


Fig. 4 Current density dependence of k values at various temperature indicated.

$$\Delta V(V) = (0.09 + bi) \log(P(O_2)/P(O_2)^*) \quad (4)$$

で与えられる。

さらにFig. 3で、各電流密度において平均酸素分圧が1atmでの電圧値を外挿して求め、セル電圧と電流密度の対数値をプロットすると、Fig. 5に示すようにほぼ平行した直線群が確認でき、その変化分は次式で示された。

$$V(V) = -0.09 \log(i) \quad (5)$$

Fig. 5の直線関係は、温度が高いと、ほぼ同じ傾きで高い電圧側へ移向し、温度が低いと、逆に移動する。いま、電流密度1A/cm²での電圧の温度変化に注目し、得られた結果をFig. 6に示す。

セル電圧は温度に比例して変化し、1°C温度が上がると、およそ1.1mV増加することがこのグラフから読み取れた。

したがって、図7の関係を式化すると、酸素分圧が1atmで、見掛けの電流密度が1A/cm²の条件下で、温度T(K)の電圧変化V(V)は、

$$\Delta V(V) = 1.1 \times T \times 10^{-3} + 0.18 \quad (6)$$

と表すことができる。よって(5), (6)式より平均酸素分圧が1atmのときのセル電圧の表示式は次式

$$V(V) = -0.09 \log(i) + (1.1 \times T \times 10^{-3} + 0.18) \quad (7)$$

で表現される。

そこで、温度T(K)で平均酸素分圧が1atmからP(O₂)atmに変化したときのセル電圧の表示式を求める

$$\Delta V(V) = (0.09 + bi) \log(P(O_2)/P(O_2)^*) - 0.09 \log(i) + (1.1 \times T \times 10^{-3} + 0.18) \quad (8)$$

と得られる。ここで、P(O₂)^{*}は基準値を示し、1atmとする。

ところで、運転圧力P_{atm}における酸素出入口平均酸素分圧P(O₂)は、酸素利用率s(%)とセル入口の酸素分圧P(O₂)_{ent}とにより

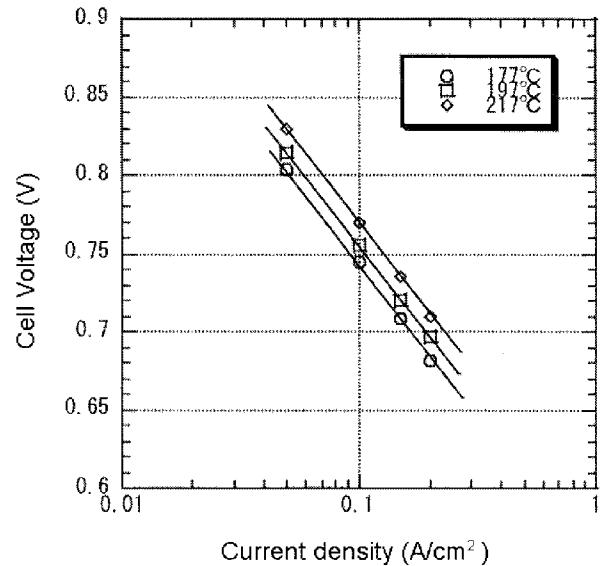


Fig. 5 Current-voltage characteristics derived from Fig. 3.

$$P(O_2) = P(O_2)_{ent} \{ [2 - (s/100)(1 - P(O_2)_{ent}/P)] / 2[1 + (s/100)(P(O_2)_{ent}/P)] \} \quad (9)$$

と与えられているので³、(8)式は

$$\Delta V(V) = (0.09 + bi) \log \{ (P(O_2)/P(O_2)^*) \times [2 - (s/100)(1 - P(O_2)_{ent}/P)] / 2[1 + s(P(O_2)_{ent}/100P)] \} - 0.09 \log(i) + (1.1 \times T \times 10^{-3} + 0.18) \quad (10)$$

となる。

さて、大型セルの電流密度分布を推測するためには、これを小型セルに細分化して各電流密度を評価すればよい。

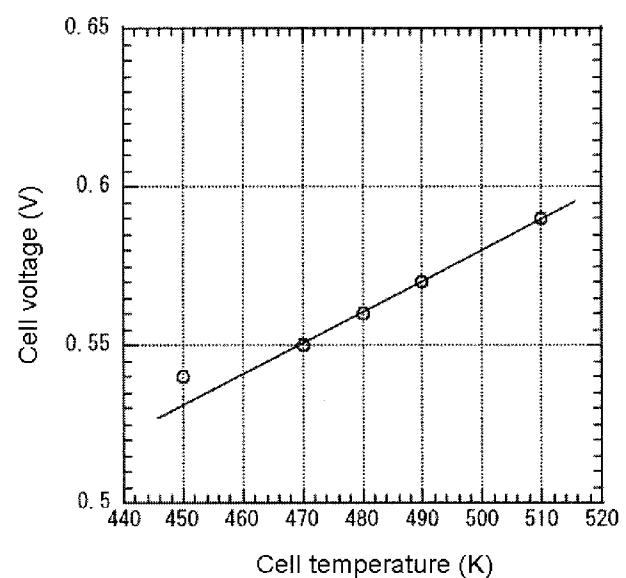


Fig. 6 Effect of cell temperature on cell voltage: P(O₂)=1atm, 1 A/cm²

ここでは、カソード固有の値 b として $0.4(\Omega\text{cm}^2)$ をもつ大型セルを単純に 3×3 の9分割することにより推測し、電流密度分布についての考察を行った。

小型セルについて、セル温度 197°C 、酸素利用率50%、水素利用率60%に設定し、空気を $380\text{ml}/\text{min}$ 、燃料ガスを $126\text{ml}/\text{min}$ 流して、電流密度 $0.2\text{A}/\text{cm}^2$ で発電させたところ、セル電圧は 0.585V であった。

そこで、大型セルを9分割した個々のセルを、セル温度 197°C 、セル電圧 0.585V に設定し、大型セル全体として小型セルで測定したとき流したガスの9倍量を供給して、電流密度を求めた(Fig. 7)。

図に示す方向で、空気および燃料ガスを流したとすると、A1セルの空気および水素の入口分圧がわかるので、まず、このセルの電流密度を測定して電流密度を求める。得られた電流密度から、ここで消費された酸素ガスと水素ガスを理論的に求めて出口の分圧を求める。これらの分圧を隣のセルの入口分圧として、同じように電流密度を求め、9ヶ所のセルの電流密度を測定した。

図から明らかなように、空気入口部の電流密度は大きく、空気出口部に向かうにつれて小さくなっていくことがわかる。

次に、(10)式を利用して電流密度分布を計算して求めた。

はじめに、A1セル入口の酸素分圧は 0.2atm であるので、式に $P(O_2)_{\text{ent}}=0.2\text{ (atm)}$, $V=0.585\text{V}$, $b=0.4(\Omega\text{cm}^2)$, $P(O_2)^*=1\text{ (atm)}$, $s=50\text{ (\%)}$, $P=1\text{ (atm)}$, $T=470\text{ (K)}$ を代入して電流密度を算出した。

次に、得られた電流密度から、このセルで消費された酸素ガスを理論的に求めて、出口の分圧を求めた。この分圧を隣のセルの入口分圧として、同じように電流密度を算出し、9ヶ所のセルの電流密度を求めた(Fig. 8)。図からも明らかなように、空気入口部の電流密度は大きく、空気出口部に向かうにつれて小さくなり、測定値の電流密度分布の挙動とほぼ同じであった。

この結果から、(10)式は、電流密度分布をモデル化する実験式として妥当であると考えられる。

しかし、大型セルでは温度分布の生じることが報告されている。すなわち図10に示すように、電極面の各所に熱電対をつけて温度を測ると、中心部の温度は高くて、ガス出入口部に向かって低くなっている。

そこで、このデータを9つに分割して平均温度を求め、その値をFig. 8の電流密度分布図に割り付けて、(10)式を使って計算したところ、Fig. 10に示す分布図が得られた。

このように、実機の大型セルにおいても、電流密度分布は温度分布を測定さえすれば、(10)式を適用することにより容易に求めうることが可能であることを提出した。

4. 結言

電流密度分布が起る要因として、セルの入口と出口でガス分圧が異なることが考えられている。しかし、大型セルでは、場所によって温度が異なり、電流密度分布が存在していることが報告されている。そこで、大型セルの電流密度分布を推測するために、セル電圧の酸素分圧依存性について温度の効果を調べたところ、次式が与えられた。

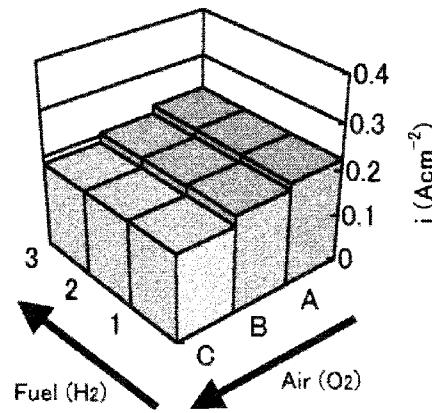


Fig.7 Current density distribution on the electrode by actually measured.

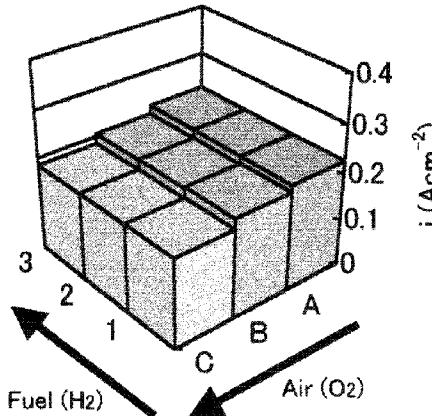


Fig.8 Current density distribution on the electrode by calculated from equation (9).

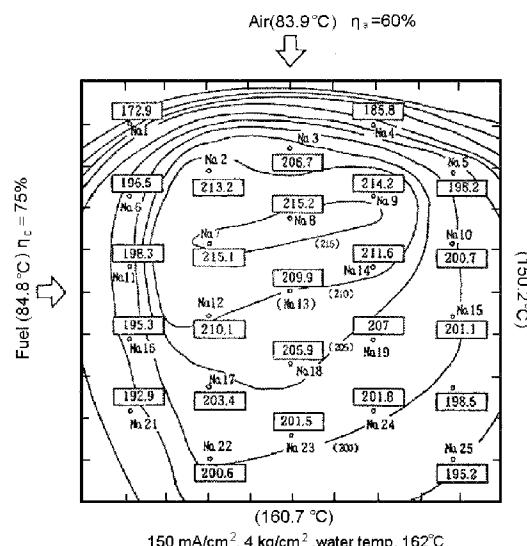


Fig.9 Actually measured temperature distribution on large cell electrode surface.

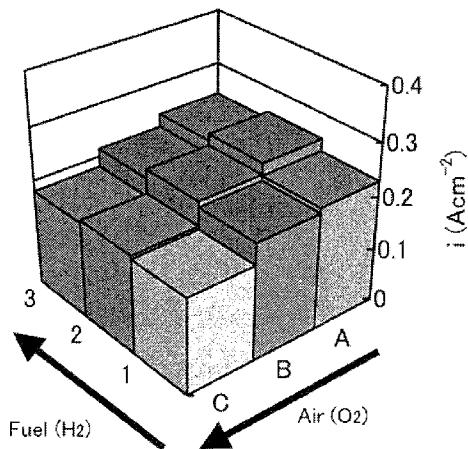


Fig.10 Current density distribution on the electrode by adapting actually measured temperature distribution to equation (10).

$$\Delta V(V) = (0.09 + bi) \log \left\{ \frac{(P(O_2)/P(O_2)^*)}{[2 - (s/100)(1 - P(O_2)_{ent}/P)] / 2[1 + s(P(O_2)_{ent}/100P)]} \right\} - 0.09 \log(i) + (1.1 \times T \times 10^{-3} + 0.18)$$

したがって、セルの温度分布が与えられさえすれば、上式を用いて電流密度分布を推測することが可能であることを確認した。

References

1. 浅野明彦, 須藤業, 西原啓徳, 第2回燃料電池シンポジウム
講演予稿集(燃料電池開発情報センター, May, 18~19, 1995)p.
48
2. 上野三司, 城上保, 小倉弘幸, 横田邦彦, 佐藤穎生, 前田真理子,
技術・教育論文誌(電気化学会), 16, 63(1997).
3. 上野三司, 小倉弘幸, 城上保, 電気化学および工業物理化学(電
気化学会), 67, 979(1999)
4. 上野三司, 小倉弘幸, 城上保, 技術・教育論文誌(電気化学会)
7, 7(1998)

Research on Current Density Distribution Display Formula in phosphoric acid Fuel Cell

Hiroyuki OGURA^{*1}, Atsuo SONAI¹, Takeshi OKAMOTO², Futoshi YAMADA³,

Tamotsu SHIROGAMI⁴

1: Dept. of Material Sciences and Engineering

2: Education and Research Support Team

3: Advanced Engineering Faculty

4: Formerly belonged to dept. of M.S.E.

In large sized fuel cell with the electrodes over the 1 square meter, the temperature is not uniform over the electrode surface, and the current density distribution arises on the electrode. Temperature dependencies of voltage oxygen partial pressure characteristics at each current density were measured in order to estimate the distribution of current density on the electrode in a phosphoric acid fuel cell. As a result of analyzing measured temperature characteristic, temperature dependency of cell voltage were expressed in the following equation. Using this equation, it was possible to estimate the current density distribution on the electrode.

$$\Delta V(V) = (0.09 + bi) \log\left(\frac{(P(O_2)/P(O_2)^*)}{(P(O_2)^*/P)}\right) \times [2 - (s/100)(1 - P(O_2)_{ent}/P)] \\ / 2[1 + s(P(O_2)_{ent}/100P)] - 0.09 \log(i) + (1.1 \times 10^{-3} + 0.18)$$

Key Words : Phosphoric acid fuel cell, Cathodic reaction, Temperature distribution, Current density distribution

教職員の研究活動記録（平成 20 年 1 月～平成 20 年 12 月）

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
教養教育科 奥 貞二	倫理道徳の必要性と最初の成立 現場	単著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第 41 卷, pp.1-6 (2008).	
奥 貞二	三木清「人生論ノート」の覚書	単著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第 41 卷, pp.7-14 (2008).	
西岡 将美	高専国語で何を教えるか—「新入 生学力検査」結果をふまえて—	単著	鈴鹿工業高等専門学校紀要 第 41 卷, pp.15-22 (2008).	
久留原 昌宏	(研究発表) 芥川徳郎・人と作品	単著	三重近代文学研究会 (2008, 3).	
安富 真一	総合基礎数学問題集	共著	鈴鹿工業高等専門学校, 2008 年度版, 全 62 頁(2008, 9).	伊藤清, 大貫洋介, 川本正治, 篠原雅史, 堀江太郎, 安富真一, 横山定晴
安富 真一	連分数展開の高次元化について	共著	整数論小研究会 (名城大学) (2008).	安富真一, 田村純一
安富 真一	Algebraic Jacobi-Perron algorithm	共著	準周期タイリングの数理と その応用 (金沢大学) (2008).	安富真一, 田村純一
伊藤 清	総合基礎数学問題集	共著	鈴鹿工業高等専門学校, 2008 年度版, 全 62 頁(2008, 9).	伊藤清, 大貫洋介, 川本正治, 篠原雅史, 堀江太郎, 安富真一, 横山定晴
川本 正治	数学的モデリングの考え方を援 用した教材の導入	単著	日本数学教育学会高専・大学 部会, 福島 (2008, 8).	
篠原 雅史	Uniqueness of maximum planar five-distance set	単著	Elsevier, Discrete Mathematics, 308 (14), pp. 3048-3055 (2008).	Masashi Shinohara
篠原 雅史	On locally two-distance sets with large cardinalities	共著	Young seminar on Algebra and Combinatorics 2008, Kyushu University (2008, 9).	Hiroshi Nozaki, Masashi Shinohara
田村 陽次郎	『新編 熱物性ハンドブック』	共著	15.2.1 章 (b) タンパク質の部 分比容と部分圧縮率, 養賢 堂, pp. 593-597 (2008).	日本熱物性学会編
細野 信幸	鈴鹿高専剣道部員の卒業後進路 におけるクラブ活動の意義の一 考察	共著	平成 20 年度高等専門学校教 育教員研究集会講演論文集, pp. 229-232 [2008].	細野信幸, 川口雅司
Michael E. Lawson	鈴鹿高専における国際化教育へ の取り組み	共著	工学教育, Vol.56, No.3, pp.68-73 [2008].	Michael E. Lawson, 花卉孝明, 桑原裕史, 近藤邦和, 篠浦弘人, 伊藤明, 近藤一之, 江崎尚和, 川口雅司, 井上哲雄
船越 一彦	『運動と健康の科学』	共著	鈴木製本所, pp.175-187 [2008].	伊藤道郎, 他 10 名

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
日下 隆司	英語コミュニケーション能力の育成に向けた少人数制授業の導入	共著	独立行政法人国立高等専門学校機構『高専教育』第31号, pp.541-546 [2008].	日下隆司, 松林嘉熙, 出口芳孝
日下 隆司	英語コミュニケーション能力の育成に向けた少人数制授業の試み:『英語特講』における課題と展望	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第41巻, pp.23-30 [2008].	日下隆司, 松林嘉熙, 出口芳孝
齊藤 園子	(学術論文) The Question of Identity in the Work of Henry James: Writing on Ghosts and Writing of Ghosts (博士論文)	単著	大阪大学 (2007).	Sonoko Saito
齊藤 園子	Manuscripts and Printed Texts as Textual Representations of the Author: The Question of Identity in the Works of Henry James	単著	日本アメリカ文学会中部支部, Chubu American Literature, No.11, pp.1-26 (2008).	Sonoko Saito
齊藤 園子	“Owen Wingrave” and Oriental Eyes	単著	The Fourth International Conference of the Henry James Society, New Port (2008, 7).	Sonoko Saito
齊藤 園子	In the Cage における作者と読者—Henry James の作品におけるアイデンティティの問題	単著	日本アメリカ文学会第47回全国大会, 福岡, 日本アメリカ文学会会報 ALSJ, 第46号, p. 31 (2008, 10).	

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
機械工学科 打田 元美	Dynamic Tensile Behavior of Aramid Fiber Reinforced Plastic (AFRP) Using Split Hopkinson Bar Method	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第 41 卷, pp. 31-36 (2008).	Yutaka Sawaki, Jun Watanabe, Eitoku Nakanishi, Masahiro Suetsugu, Katsumi Tao, Motomi Uchida
堺 克己	鈴鹿高専における実践的燃料電池技術者の育成	共著	論文集「高専教育」, 第 31 号, pp. 171-176 (2008, 3).	小倉弘幸, 宗内篤夫, 堀克己, 伊藤八十四, 森邦彦, 山田太, 中村勇志, 西森睦和, 河野純也, 板谷年也, 浅沼美宝
堺 克己	Dynamic Tensile Behavior of Aramid Fiber Reinforced Plastic (AFRP) Using Split Hopkinson Bar Method	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第 41 卷, pp. 31-36 (2008).	Yutaka Sawaki, Jun Watanabe, Eitoku Nakanishi, Masahiro Suetsugu, Katsumi Tao, Motomi Uchida
佐脇 豊	Dynamic Tensile Behavior of Aramid Fiber Reinforced Plastic (AFRP) Using Sprit Hopkinson Bar Method	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第 41 卷, pp. 31-36 (2008).	Yutaka Sawaki, Jun Watanabe, Eitoku Nakanishi, Masahiro Suetsugu, Katsumi Tao, Motomi Uchida
富岡 巧	非線形バネマットレスを用いた介護ベッドの開発	共著	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス学術講演会'08 講演論文集, CD-ROM (2008, 6).	中野主翼, 白井達也, 富岡巧
富岡 巧	柔軟関節ロボットによる自由落下する重量のキャッ칭	共著	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス学術講演会'08 講演論文集, CD-ROM (2008, 6).	別府勇太, 白井達也, 富岡巧
末次 正寛	Dynamic Tensile Behavior of Aramid Fiber Reinforced Plastic (AFRP) Using Sprit Hopkinson Bar Method	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第 41 卷, pp. 31-36 (2008).	Yutaka Sawaki, Jun Watanabe, Eitoku Nakanishi, Masahiro Suetsugu, Katsumi Tao, Motomi Uchida
近藤 邦和	鈴鹿高専における国際化教育への取り組み	共著	日本工学教育協会, 工学教育, Vol. 56, No. 3, pp. 54-59 (2008).	花井孝明, 桑原裕史, 近藤邦和, 篠浦弘人, 伊藤明, 近藤一之, 江崎尚和, 川口雅司, 井上哲雄, Michael E. Lawson
近藤 邦和	A Comparative Study on Near-field Flow Jet and a Square Free Jet	共著	Proceedings of the 6th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, pp. 73-76 (2008, 10).	Yoshihiro Inoue, Kunikazu Kondo, Shintaro Yamashita

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
近藤 邦和	水破碎式家庭用ミストサウナの効率改善に関する研究(給湯ノズルの形状変化による影響)	共著	日本設計工学会、平成20年度秋季大会研究発表講演会講演論文集、熊本、pp. 101-104 (2008, 10)	藤松孝裕、近藤邦和
近藤 邦和	自吸式渦巻きポンプの性能改善に関する研究(楕円形側自吸孔の影響)	共著	日本設計工学会、平成20年度秋季大会研究発表講演会講演論文集、熊本、pp. 105-108 (2008, 10)	藤松孝裕、塩地弘基、近藤邦和
民秋 実	竹繊維強化複合材料の疲労特性評価	共著	日本材料学会東海支部第2回学術講演会 講演論文集、pp. 13-14 (2008, 3).	伊藤慎人、民秋実
藤松 孝裕	液浸法による水噴霧の粒径測定	共著	微粒化、17卷 58号、pp. 52-58 (2008).	藤松孝裕、林田和宏、鈴木孝司、齊藤朗
藤松 孝裕	簡易粒径計測システムの開発(第2報、測定例および精度や適用可能範囲の検討)	共著	微粒化、17卷 58号、pp. 44-51 (2008).	鈴木孝司、齊藤朗、藤松孝裕、林田和宏
藤松 孝裕	自吸式渦巻きポンプの性能改善に関する研究(楕円形側自吸孔の影響)	共著	社団法人日本設計工学会平成20年度秋季大会研究発表講演会講演論文集、熊本、pp. 105-108 (2008, 10).	藤松孝裕、塩地弘基、近藤邦和
藤松 孝裕	水破碎式家庭用ミストサウナの効率改善に関する研究(給湯ノズルの形状変化による影響)	共著	社団法人日本設計工学会平成20年度秋季大会研究発表講演会講演論文集、熊本、pp. 101-104 (2008, 10).	藤松孝裕、近藤邦和
白井 達也	非線形バネマットレスを用いた介護ベッドの開発	共著	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス学術講演会'08 講演論文集、CD-ROM (2008, 6).	中野主翼、白井達也、富岡巧
白井 達也	柔軟関節ロボットによる自由落下する重量のキャッ칭	共著	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス学術講演会'08 講演論文集、CD-ROM (2008, 6).	別府勇太、白井達也、富岡巧
白木原 香織	セラミックの結晶方位ならびに分域・分域反転のEBSP観察	共著	日本機械学会論文集A編、74卷 739号、pp. 335-341 (2008).	來海博央、恒川卓也、白木原香織、田中啓介
白木原 香織	顕微ラマン分光法によるサブミクロン領域の応力のマッピング測定	共著	日本材料学会東海支部第2回学術講演会講演論文集、pp. 67-68 (2008, 3).	太田航、山本真司、來海博央、白木原香織、藤田雄一
白木原 香織	顕微ラマン分光法を用いたサブミクロン領域の応力成分のマッピング測定	共著	日本材料学会第57期学術講演会講演論文集、pp. 297-298 (2008, 5).	太田航、山本真司、來海博央、白木原香織、藤田雄一
白木原 香織	繰返し疲労荷重を受ける圧電セラミックの微視観察	共著	日本材料学会第57期学術講演会講演論文集、pp. 445-446 (2008, 5).	畫河和希、水谷健介、白木原香織、來海博央、田中啓介

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
白木原 香織	顕微ラマン分光法を用いたサブミクロン空間分解能での局所応力マッピング	共著	日本材料学会第43回X線材料強度に関するシンポジウム講演論文集, pp. 80-85 (2008, 7).	山本真司, 來海博央, 白木原香織, 太田航, 藤田雄一
白木原 香織	顕微ラマン分光法によるサブミクロン空間分解能での応力成分マッピング	共著	日本機械学会2008年度年次大会講演論文集(6), pp. 283-284 (2008, 8).	來海博央, 山本真司, 太田航, 白木原香織, 藤田雄一
白木原 香織	Niフリーステンレス鋼の機械的特性におよぼす冷間加工の影響	共著	日本高専学会第14回年会講演会講演論文集, pp. 57-58 (2008, 8).	岡村一伯, 中村晃規, 三浦一真, 白木原香織, 黒田大介
白木原 香織	TiNi形状記憶合金における相変態のEBSD観察	共著	日本機械学会M&M2008材料力学カンファレンス講演論文集, OS1010, CD-ROM (2008, 9).	中西崇文, 來海博央, 白木原香織, 岩澤克敏
白木原 香織	冷間圧延したNiフリーステンレス鋼の機械的特性変化	共著	日本金属学会2008年秋期(第143回)大会, 日本金属学会講演概要集, p. 237 (2008, 9).	黒田大介, 中村晃規, 岡村一伯, 白木原香織, 三浦一真, 大澤康暁
白木原 香織	L-605耐熱合金の窒素環境中劣化挙動の解析	共著	日本金属学会2008年秋期(第143回)大会, 日本金属学会講演概要集, p. 389 (2008, 9).	黒田大介, 鈴木拓哉, 白木原香織, 御手洗容子, 小野嘉則, 香河英史, 後藤大亮
白木原 香織	Niフリーステンレス鋼のミクロ組織と耐食性	共著	第52回日本学術会議材料工学連合講演会演論論文集, pp. 151-152 (2008, 10).	黒田大介, 中村晃規, 岡村一伯, 白木原香織, 三浦一真, 大澤康暁
白木原 香織	高温窒素雰囲気中でのL-605合金の機械特性変化	共著	第52回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集, pp. 171-172 (2008, 10).	鈴木拓哉, 黒田大介, 白木原香織, 御手洗容子, 小野嘉則, 香河英史, 後藤大亮

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
電気電子工学科 鈴木 昭二	Examination of electric characteristics of Hoku and Yintang acupuncture points	共著	Journal of international society of life information science (ISLIS) , Vol. 26 No. 1, pp.82 – 88(March 2008).	Shoji SUZUKI, Yoshinori ADACHI*, Takashi AOKI*, Masaaki OKUNO, Junki YONEKAWA and Kota KISIDA (*)Chubu University
鈴木 昭二	Influence of periodically flashing light stimulation on heartbeat fluctuation and Ryodoraku electrodermal activities	共著	Journal of international society of life information science (ISLIS) , Vol. 26 No. 1, pp.89 – 98(March 2008).	Takashi AOKI*, Yoshinori ADACHI*, Toshikatsu KITADE** and Shoji SUZUKI (*)Chubu University, (***)Meiji Univ. of Oriental Medicine.
鈴木 昭二	Influence of three kinds of stimuli on pulse wave shape – music, flashing light, and perfume –	共著	Journal of international society of life information science (ISLIS) , Vol. 26 No. 1, pp.99 – 104(March 2008).	Yoshinori ADACHI*, Takashi AOKI* and Shoji SUZUKI (*)Chubu University
鈴木 昭二	Development of indoor walking training machine with real-time physical condition monitor using stress controlling effect of music and image	共著	Journal of international society of life information science (ISLIS) , Vol. 26 No. 1, pp.112 – 116(March 2008).	Kazuhide UESUGI**, Takahiro HATTORI***, Daisuke IWATA**, Kimiyasu KIYOTA**, Yoshinori ADACHI* and Shoji SUZUKI (*)Chubu University (**)Kumamoto National College of Technology, (***)NTT DATA Nets Co.
鈴木 昭二	正規化されたイミタンス変換器が作る群の物理的性質による分類	共著	平成 20 年度電気関係学会 東海支部連合大会 P-069 (2008 年 9 月 愛知県立大学)	佐藤裕明, 鈴木昭二
鈴木 昭二	高専生の弱点を克服するために	単著	日本高専学会第 14 回年会 講演論文集 G4-2 大阪府立高専 (2008 年 8 月)	
北村 登	校内 LAN の現状 —構成変更についての報告—	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要 第 41 卷, pp.71-74 (2008).	板谷年也, 石原茂宏, 渥美清隆, 北村登
北村 登	専門導入科目におけるチームティーチング	共著	平成 20 年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.396-397(2008).	北村登, 奥野正明
花井 孝明	鈴鹿高専における国際化教育への取り組み	共著	工学教育, Vol.56, No.3, pp.68-73	花井孝明, 桑原裕史, 近藤邦和, 箕浦弘人, 伊藤明, 近藤一之, 江崎尚和, 川口雅司, 井上哲雄, Michael E. Lawson
近藤 一之	鈴鹿高専における国際化教育への取り組み	共著	日本工学教育協会「工学教育」	花井孝明, 桑原裕史, 近藤邦和, 箕浦弘人, 伊藤明, 近藤一之, 江崎尚和, 川口雅司, 井上哲雄, Michael E. Lawson
近藤 一之	スイッチトキャパシタ A/D 変換器を用いた容量測定回路	共著	計測自動制御学会中部支部 教育工学研究会・シンポジウム	伊藤啓, 近藤一之

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
奥田 一雄	Simulation of Relation between Electrode Thickness and Spring Characteristic of a New Stacked-type Electrostatic Actuator	共著	XVIII International Conference on Electrical Machines (ICEM2008) Vilamoura, Portugal 6-9 September 2008	K. Okuda and K. Saneyoshi
奥田 一雄	積層型静電アクチュエータの開発	共著	第19回マイクロマシン展、東京(2009) 同GUIDE BOOK	実吉敬二*, 奥田一雄 (*): 東京工業大学
川口 雅司	鈴鹿高専における国際化教育への取り組み	共著	工学教育, Vol.56, No.3, pp.54-59 (2008)	花井孝明, 桑原裕史, 近藤邦和, 篠浦弘人, 伊藤 明, 近藤一之, 江崎尚和, 川口雅司, 井上哲雄, Michael E. Lawson
川口 雅司	鈴鹿高専剣道部員の卒業後進路におけるクラブ活動の意義の一考察	共著	平成20年度高等専門学校教育教員研究集会講演論文集, p229-232, 2008	細野信幸, 川口雅司
川口 雅司	Analog VLSI Layout Design and the Circuit Board Manufacturing of Advanced Image Processing for Artificial Vision Model	共著	KES 2008, Part II, LNAI 5178-0895	Masashi Kawaguchi, Takashi Jimbo, Naohiro Ishii
川口 雅司	ニューラルネットワークを利用した掌紋による個人認証の研究	共著	電気関係学会東海支部連合大会, P-062	樋口拓真, 川口雅司
川口 雅司	生体の視覚系による動き検出アナログ電子回路モデルとその集積化	共著	JASAG2008年秋季全国大会, pp103-104 (2008年10月)	川口雅司, 神保孝志, 石井直宏
西村 一寛	Repulsive-Magnets-Type Acceleration Limit Switch	共著	Sensors & Transducers Journal 97 (Issue 7) 170-175 (2008)	K. Nishimura, M. Inoue
西村 一寛	Self-generation vibration sensor using levitated magnet	共著	Electrical Engineering in Japan 165 (2) 1-8 (2008)	K. Nishimura, M. Inoue
西村 一寛	Repulsive magnets type limit switch of acceleration	共著	International Workshop on Nano-structured Materials & Magnetics, Poster-8, Abstracts p.28, 琉球大学, 2008年2月11日	K. Nishimura, M. Inoue
西村 一寛	反発磁石の急峻な磁束変化を用いた無給電・振動センサの開発とその応用	共著	平成19年度高専卒業研究発表会, p.37-38, 中央電気俱楽部, 大阪, 2008年3月8日	角屋侑宜, 田中健太, 西村一寛
西村 一寛	磁気反発型振動スイッチの原理とその特性	共著	平成20年電気学会全国大会 B45-B2, 2-149, p.172, 福岡工業大学, 2008年3月20日	西村一寛, 内藤範紀, 平野豪大, 井上光輝
西村 一寛	磁気反発型振動センサの特性解析・応用計測	共著	平成20年電気学会全国大会 B45-B2, 2-150, p.173, 福岡工業大学, 2008年3月20日	田中健太, 西村一寛

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
西村 一寛	反発磁石を用いた振動センサ・リミットスイッチとその応用例について	単著	電気学会ナノスケール磁性体の構造・組織制御と機能・応用調査専門委員会 NMM_5_5, 2pages, 東京, 2008年4月24日	
西村 一寛	鈴鹿工業高等専門学校～磁気反発型振動リミットスイッチの紹介～	単著	第7回産学官連携推進会議、展示ブース、国立京都国際会館, 2007年6月14日, 15日	
西村 一寛	磁気反発型振動リミットスイッチにおける動作時の振動パラメータの導出	共著	第32回日本磁気学会学術講演会 14a1PS-77(E), p.327, 東北学院大学 多賀城キャンパス, 2008年9月13, 14日	西村一寛, 平田絵梨, 井上光輝
西村 一寛	磁気反発型振動スイッチ	単著	(財)中部科学技術センター 産業クラスター計画支援室 平成20年度技術シーズ発表会(招待講演), ミッドランドスクエア, 名古屋, 2008年10月16日	
西村 一寛	磁気反発型振動リミットスイッチの紹介	単著	リーディング産業展みえ 2008 G-20, p.40, 四日市ドーム, 三重, 2007年11月7日, 8日	
西村 一寛	超低周波対応の磁気反発型振動遮断器～無給電・自己判別機能と耐衝撃性を併せ持つ～	単著	J S T イノベーションプリッジ研究発表会 A-9, p.43-46, キャンパス・イノベーションセンター東京, 2008年11月18日	
西村 一寛	動磁型振動センサの特性改善とその応用	共著	電気学会マグネティックス研究会 MAG-08-134, pp.1-4, 東京工業大学 百年記念館フェライト会議室, 2008年11月25日	田中健太, 西村一寛
柴垣 寛治	理科離れ・電気離れにどう対処：一カギの一つは小学校の理科環境－	共著	電気学会誌, Vol. 128, No. 6, pp.377-381 (2008).	藤田吾郎, 根本陽子, 柴垣寛治, 木村克行, 江田和起子, 木村彩華, 久保元氣, 後藤康徳
柴垣 寛治	Negative ion densities in high-density, low-temperature recombining hydrogen plasmas	共著	J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 41, 195204 (7pp) (2008)	Kanji Shibagaki, Koichi Sasaki
柴垣 寛治	Dramatic Enhancement of OH(A2Σ+) Density in a Recombining Hydrogen Plasma	共著	Plasma and Fusion Research, Vol. 3, 055 (2008)	Kanji Shibagaki, Renge Asakawa, Daiyu Hayashi, Koichi Sasaki

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
柴垣 寛治	Mass spectroscopic analysis of carbon cluster ions synthesized by laser ablation in vacuum	共著	Workshop on Basic Aspects of Nanocluster Formation by Laser Ablation Processes, Nagoya, Japan(2008)	Kanji Shibagaki, Koichi Sasaki
柴垣 寛治	Optical emission spectrum from molecular hydrogen in a high-density recombining hydrogen plasma	共著	19th Europhysics Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases, Granada, Spain(2008) 1-91	Koichi Sasaki, Renge Asakawa, Kanji Shibagaki, Daiyu Hayashi
柴垣 寛治	Diagnostics of high-density, low-temperature recombining hydrogen plasmas produced by helicon-wave discharge	共著	International Congress on Plasma Physics 2008, Fukuoka, Japan(2008) FFP2-067	Kanji Shibagaki, Renge Asakawa, Koichi Sasaki
柴垣 寛治	液中レーザーアブレーションによるターゲット表面上のエッチピット形成プロセスの考察	共著	平成 20 年度電気関係学会東海支部連合大会, 愛知県立大学(2008) O-002	高田昇治, 中野哲太郎, Soliman Wafaa, 柴垣寛治, 佐々木浩一

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
電子情報工学科 桑原 裕史	小中学生を対象とした公開理科実験「魅せます電子情報工学科」の実施	共著	計測自動制御学会中部支部、教育工学論文集, Vol. 30, pp. 16-18 (2007).	伊藤明、桑原裕史
桑原 裕史	鈴鹿高専における国際化教育への取組	共著	工学教育第 56 卷 3 号 pp. 68-73	花井孝明、桑原裕史、近藤邦和、箕浦弘人、伊藤明、近藤一之、江崎尚和、川口雅司、井上哲雄、M. E. Lawson
井瀬 潔	pin フォトダイオードの光応答電流モデルの研究	共著	平成 20 年度計測自動制御学会, 第 146 回教育工学研究会・シンポジウム (2008)	打田恭平、井瀬潔
井瀬 潔	網膜におけるエッジ検出モデルの研究	共著	平成 20 年度計測自動制御学会, 第 146 回教育工学研究会・シンポジウム (2008)	荻田拓、井瀬潔
渥美 清隆	情報化社会に係る内容の試験方法と設問や答案の共有について	単著	第 27 回高専情報処理教育研究発表会, 2008. 8	
渥美 清隆	鈴鹿高専の 1 年生に対する情報教育について	単著	平成 20 年度東海工学協会高専部会シンポジウム, 2008. 12	
箕浦 弘人	鈴鹿高専における国際化教育への取り組み	共著	工学教育, Vol. 56 no. 3, pp. 68-73, (2008).	花井孝明、桑原裕史、近藤邦和、箕浦弘人、伊藤明、近藤一之、江崎尚和、川口雅司、井上哲雄、Michael E. Lawson
箕浦 弘人	日加共働実践型 Co-op プログラムの構築	単著	海外インターンシップ・COOP 教育フォーラム, 愛知, (2008, 1)	近藤邦和、箕浦弘人
箕浦 弘人	カナダ・ジョージアンカレッジとの海外 Co-op の取り組み	共著	東海北陸地区国立高等専門学校教員研究集会, 石川, (2008, 9).	箕浦弘人、川口雅司
箕浦 弘人	画像中の平面抽出のための辺の交点の検出	共著	第 145 回教育工学研究会・シンポジウム, 三重, (2008, 12)	中林敦、箕浦弘人
青山 俊弘	病原性発現に関わる真菌のクオラムセンシング(Quorum Sensing)機構	共著	日本臨牀, 第 66 卷, 12 号, 2008	長環、青山俊弘
青山 俊弘	<i>Candida albicans</i> の quorum-sensing 分子 farnesol	共著	Jpn J Med Mycol, 49, 281-286, 2008	長環、青山俊弘、豊田美香、中山浩伸、知花博治、上西秀則、Richard A Calderone
青山 俊弘	病原性真菌研究に役立つ分子生物学実験法	共著	日本医真菌学会誌, 49, 131-136. (2008)	中山浩伸、青山俊弘,
青山 俊弘	<i>Candida glabrata</i> における RNA5' 末端塩基配列の解析	共著	第 5 回真菌分子細胞研究会	青山俊弘、上野圭吾、三谷宏樹、田渕史晃、中山浩伸、知花博治
青山 俊弘	アブストラクトを用いた SVM による文献分類	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 41, pp. 43-48, 2008	青山俊弘、松本昇吾

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
青山 俊弘	<i>Candida glabrata</i> のステロール トランスポータ CgAUS1 のアゾー ル系薬剤の耐性への寄与,	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 41, pp. 49-53, 2008	竹森大樹, 青山俊弘, 中山浩 伸
青山 俊弘	カンジダ酵母における網羅的発 現制御株の構築と応用 -病原性 ゲノム機能学-	共著	平成 20 年度特定ゲノム 4 領 域・領域横断微生物研究会	知花博治, 宇野潤, 青山俊 弘, 中山浩伸
森 育子	E S D ガンの較正用電流 検出変換器への気中放電で 生ずる放電電流の広帯域測定に 基づく特性解析	共著	H2O 電気学会 A 部門大会, VI-9	森 育子 藤原 修

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
生物応用化学科 富澤 好太郎	アミロライド誘導体の合成と好アルカリ性バチルスのナトリウムイオン駆動型べん毛モーターに対する阻害効果	共著	日本エネルギー研究会第34回討論会、東京、要旨集 p.93(2008, 11).	渥美龍男、濱田茜、佐藤理絵、山下恵美、吉村文信、富澤好太郎
生貝 初	Morphological and mechanical and studies of cholesterol monolayer on aqueous solution of <i>Vibrio cholerae</i> hemolysin	共著	Colloids and Surfaces A, Vol.321, pp.196-200, 2008.	Shou Anai, Yasunobu Tagami, Takayuki Narita, Hajime Ikigai, and Yushi Oishi
生貝 初	HACCP 対応抗菌エコプレーティングとバイオフィルム	共著	日本鉄鋼協会会報“ふえらむ”, Vol.13, pp.27-34, 2008.	兼松秀行、生貝 初、吉武道子
生貝 初	Alloying of a tin plated film with silver for antibacterial effects by the combination of multistage plating and heat treatment	共著	J. App. Surf. Finishing, 3(3), pp.114-118, 2008.	Hideyuki Kanematsu, Hajime Ikigai, Michiko Yoshitake
生貝 初	コレステロール依存性コレラ菌溶血毒の膜侵入	共著	第81回日本細菌学会、平成20年3月（京都） 日本細菌学雑誌, 63巻, p.112	生貝 初、中山浩伸、大石祐司、山本耕一郎、島村忠勝
生貝 初	マイカのシラン化処理による広範囲平坦性を有する疎水性基板の作製	共著	日本化学会第88回春季年会、平成20年3月 講演抄録, 4PC-086	田上安宣、成田貴行、生貝初、大石祐司
生貝 初	Alloy Plating And Biofilm Formation	共著	Proceedings of 14th International Congress Marine Corrosion And Fouling (ICMCF), The Japan Institute of Marine Engineering, July 28-31, Kobe Convention Center, 29A-2-3, 2008. Proceedings, p.38.	Hideyuki Kanematsu and Hajime Ikigai
生貝 初	Membrane insertion of <i>Vibrio cholerae</i> hemolysin	共著	平成20年度日米医学協力研究会 コレラ・細菌性腸管感染症専門部会総会（大阪），平成20年8月。抄録なし	Hajime Ikigai, Hironobu Nakayama, Akiko Suganami, Yutaka Tamura, Tomoko Matsuzaki, Ken-ichi Iimura, Yasunobu Tagami, Yushi Oishi, and Tadakatsu Shimamura
生貝 初	熱処理合金化による鉄鋼材料上のすず-銀合金めつき皮膜形成とそのバイオフィルム形成抑制能	共著	材料とプロセス, Vol.21, pp.1244-1246, 2008.	兼松秀行、生貝 初、黒田大介、吉武道子、柳生進二郎
生貝 初	シャクヤクに含まれるガロイルグルコースの抗菌作用	共著	日本防菌防黴学会第35回年次大会、平成20年9月（浜松）要旨集, p.120	生貝 初、一条真理子
生貝 初	Tin-Cobalt Alloy Film Formation Through Heat Treatment and Its Antibacterial Property	共著	Extended Abstract of 17th IFHTSE Congress 2008, Kobe International Conference Center, Kobe Japan, October 27-30, 2008, Proceedings, p.210.	Hideyuki Kanematsu, Hajime Ikigai, Daisuke Kuroda, Michiko Yoshitake, and Shinjiro Yagyu

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
生貝 初	Membrane insertion of Vibrio cholerae hemolysin	共著	43rd Annual Joint Panel Meeting, Cholerae and other bacterial enteric infections, Fukuoka, November 17 to 19, 2008. Proceedings, p.184	Hajime Ikigai, Hironobu Nakayama, Akiko Suganami, Yutaka Tamura, Tomoko Matsuzaki, Ken-ichi Iimura, Yasunobu Tagami, Yushi Oishi, and Tadakatsu Shimamura
岩田 政司	Theoretical analysis of centrifugal dewatering of superabsorbent hydrogels using Terzaghi-Voigt combined model	共著	European Polymer Journal, Vol. 43, pp. 5026-5033(2007)	M. Iwata, M. S. Jami
岩田 政司	A New Method for the Theoretical Analysis of Electroforced Sedimentation Using Terzaghi-Voigt Combined Model	共著	Separation Science and Technology, Vol. 43, pp. 979-995(2008)	M. S. Jami, M. Iwata
岩田 政司	Effect of Operating Parameters on the Effectiveness of Electric Field-Enhanced Separations	共著	Drying Technology, Vol. 26, pp. 1068 - 1078 (2008)	M. S. Jami, M. Iwata
岩田 政司	化学工学 改訂第3版 一解説と演習—	共著	化学工学会監修 多田豊編, 朝倉書店(2008) (全355頁 担当部分 第8章 粉粒体操作, pp.214-242)	入谷英司, 岩田政司, 岡野泰則, 加藤禎人, 須藤雅夫, 田川智彦, 多田豊, 成瀬一郎, 二井晋, 橋本芳宏, 本多裕之, 森秀樹 他
岩田 政司	Comparative Analysis of Electro-osmotic Dewatering and Electroforced Sedimentation	共著	Proceedings of the 10th World Filtration Congress, Vol.1, pp.301-305, Leipzig, Germany (2008)	M. S. Jami, M. Iwata
岩田 政司	Osmotic Dehydration of Difficult-to-Filter Slurry Using Hypertonic Polymer Solution	共著	Proceedings of International Congress on Membranes and Membrane Processes (ICOM) 2008, Honolulu, USA, III-109 (2008)	N. Katagiri, H. Tsuchiya, E. Iritani, M. Iwata
岩田 政司	Comparative Study on Electro-osmotic Dewatering and Mechanical Expression of Solid-Liquid Systems	共著	Proceedings of 8th International Conference on Separation Science and Technology (ICSST08), EO-05, 8 pages, Karuizawa (2008)	M. Iwata, M. Maegawa, M. S. Jami
岩田 政司	Analysis of Osmotic Dehydration Based on Filtration and Consolidation Theory	共著	Proceedings of 8th International Conference on Separation Science and Technology (ICSST08), EP-08, 4 pages, Karuizawa (2008)	N. Katagiri, H. Tsuchiya, E. Iritani, M. Iwata
岩田 政司	Modeling and Analysis of Operating Parameters in Electro-Osmotic Dewatering of Various Solid-Liquid Systems	共著	Proceedings of International Conference on Environment 2008 (ICENV 2008), Paper No.192, 9 pages, Penang, Malaysia (2008)	M. S. Jami, M. Iwata

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
岩田 政司	タブレット PC の導入によるパソコン利用授業の改善	単著	平成 20 年度国立高等専門学校機構主催教育教員研究集会 講演論文集, pp.201-204, 学術総合センター (2008)	
岩田 政司	コロイド包括法を用いた水系および非水系懸濁液の清澄化処理	共著	化学工学会 第 73 年会講演要旨集, C124, 静岡大学 (2008)	岩田政司, 鈴木利佳, 羽田清香, 岩田淳, 藤牧大輔
岩田 政司	コロイド滴定の定量性に関する一考察	共著	化学工学会 第 40 回秋季大会講演要旨集, V103, 東北大学 (2008)	岩田政司, 松田かえで, 中川智貴, 宮崎理恵
岩田 政司	電気浸透脱水における戴荷時および極性反転時の固体圧縮圧力分布	共著	化学工学会 第 40 回秋季大会講演要旨集, V107, 東北大学 (2008)	岩田政司, 前川真希, M.S. Jamil
澤田 善秋	BDF 燃料・簡易反応設備におけるエステル交換反応率の向上に関する研究	共著	計測自動制御学会中部支部, 教育論文集, 第 28 号, pp19-22(2007)	淀谷真也、澤田善秋
澤田 善秋	金属超微粒子を触媒とする機能性カーボンナノチューブの作製	共著	計測自動制御学会中部支部, 教育論文集, 第 28 号, pp23-26(2007)	水野 聰、澤田善秋
中山 浩伸	<i>Candida albicans</i> の quorum-sensing 分子 farnesol	共著	Jpn J Med Mycol, 49, 281-286, 2008	長環, 青山俊弘, 豊田美香, 中山浩伸, 知花博治, 上西秀則, Richard A Calderone
中山 浩伸	病原性真菌研究に役立つ分子生物学実験法	共著	日本医真菌学会誌, 49, 131-136. (2008)	中山浩伸, 青山俊弘,
中山 浩伸	Clinically significant micafungin resistance in <i>Candida glabrata</i> requires mutations in both <i>FKS1</i> and <i>FKS2</i> .	共著	9th <i>Candida</i> and <i>Candidosis</i> New Jersey USA March 24-28, 2008	Kyoko Niimi, Katsuyuki Maki , Kazuaki Hatakenaka, Masakazu Niimi, Hironobu Nakayama, Hiroji Chibana, Brian C Monk, Richard D Cannon
中山 浩伸	Characterization of sterol transporter <i>AUS1</i> in <i>Candida glabrata</i> .	共著	The 8th Awaji International Forum on Infection and Immunity, p. 126, Awaji, Sep 7-11, 2008.	Hironobu Nakayama, Koichi Tanabe, Makoto Okano, Toshihiro Aoyama, Hiroji Chibana, Yoshitsugu Miyazaki, Masakazu Niimi
中山 浩伸	Target prioritization and lead generation for development of antifungal drug based on <i>Candida glabrata</i> genome project	共著	The 8th Awaji International Forum on Infection and Immunity, p. 111, Awaji, Sep 7-11, 2008.	Hiroji Chibana, Keigo Ueno, Kaname Sasamoto, Hiroki Mitani, Yutaka Tamura, Toshihiro Aoyama, Sachiko Kinoshita, Naoko Kato, Jun Uno, Hironobu Nakayama, Yuzuru Mikami

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
中山 浩伸	Membrane insertion of <i>Vibrio cholerae</i> hemolysin	共著	43rd Annual Joint Panel Meeting, Cholerae and other bacterial enteric infections, Fukuoka, November 17 to 19, 2008. Proceedings, p.184	Hajime Ikigai, Hironobu Nakayama, Akiko Suganami, Yutaka Tamura, Tomoko Matsuzaki, Ken-ichi Iimura, Yasunobu Tagami, Yushi Oishi, and Tadakatsu Shimamura
中山 浩伸	<i>Candida glabrata</i> のステロールトランスポーター CgAUS1 のアゾール系薬剤の耐性への寄与,	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 41, pp. 49-53, 2008	竹森大樹, 青山俊弘, 中山浩伸
中山 浩伸	カンジダ酵母における網羅的発現制御株の構築と応用 -病原性ゲノム機能学-	共著	平成 20 年度特定ゲノム 4 領域・領域横断微生物研究会	知花博治, 宇野潤, 青山俊弘, 中山浩伸
中山 浩伸	<i>Candida glabrata</i> ステロールトランスポーターによるアゾール剤耐性化.	共著	第 31 回日本分子生物学会年会・第 81 回日本生化学会大会合同大会 (BMB2008) 12 月 神戸	田辺公一, 名木 稔, 中山浩伸, 山越 智, 臺 由紀, 知花博治, 新見昌一, 宮崎義継
中山 浩伸	過熱蒸気を用いた滅菌法の確立	共著	日本防菌防黴学会第 35 回年次大会 9 月浜松 要旨集 p. 75 (11Pp-38)	中山浩伸, 川崎照幸, 藤田満
中山 浩伸	<i>Candida glabrata</i> のステロールトランスポーターのアゾール剤耐性化における役割.	共著	第 52 回日本医真菌学会総会 9 月長崎 日本医真菌学会雑誌 49 suppl 1 p.79 P-16 (SII-04)	田辺公一, 中山浩伸, 山越智, 知花博治, 新見昌一, 宮崎義継
中山 浩伸	<i>Candida glabrata</i> を用いた抗真菌薬の標的的選出 -真菌のステロール恒常性のメカニズム の解明からのアプローチ-	共著	第 2 回真菌ワープ研究会 8 月 千葉 要旨集 p.30	中山浩伸, 田辺公一, 新見昌一
中山 浩伸	病原酵母 <i>Candida glabrata</i> の GDP-mannose 合成遺伝子の機能解析	共著	第 5 回真菌分子細胞研究会 8 月 千葉 要旨集 p.2	中川元斗, 上野圭吾, 岩田哲郎, 青山俊弘, 知花博治, 中山浩伸
中山 浩伸	コンピュータシミュレーションによるペプチド性リード化合物の設計	共著	第 5 回真菌分子細胞研究会 8 月 千葉 要旨集 p.4	上野圭吾, 田村裕, 中山浩伸, 三上 裕, 知花博治
中山 浩伸	<i>Candida glabrata</i> における RNA5' 末端塩基配列の解析	共著	第 5 回真菌分子細胞研究会 8 月 千葉 要旨集 p.6	青山俊弘, 上野圭吾, 三谷宏樹. 田渕史晃, 中山浩伸, 知花博治
中山 浩伸	病原真菌ステロールトランスポーターの酵母での発現.	共著	第 5 回真菌分子細胞研究会 8 月 千葉 要旨集 p.13	田辺公一, 名木 稔, 中山浩伸, 知花博治, 宮崎義継, 新見昌一
中山 浩伸	病原真菌 <i>Candida glabrata</i> のステロール輸送機構の解明.	共著	第 5 回真菌分子細胞研究会 8 月 千葉 要旨集 p.14	中山浩伸, 田辺公一, 青山俊弘, 岡野 誠, 知花博治, 新見昌一
中山 浩伸	<i>Candida glabrata</i> のステロールトランスポーター AUS1 を制御する転写因子の検索	共著	第 5 回真菌分子細胞研究会 8 月 千葉 要旨集 p.15	岡野 誠, 田辺公一, 青山俊弘, 知花博治, 新見昌一, 中山浩伸

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
中山 浩伸	Membrane insertion of <i>Vibrio cholerae</i> hemolysin	共著	平成 20 年度日米医学協力研究会 コレラ・細菌性腸管感染症専門部会総会（大阪），平成 20 年 8 月。抄録なし	Hajime Ikigai, Hironobu Nakayama, Akiko Saganami, Yutaka Tamura, Tomoko Matsuzaki, Ken-ichi Iimura, Yasunobu Tagami, Yushi Oishi, and Tadakatsu Shimamura
中山 浩伸	病原真菌 <i>Candida glabrata</i> のステロールトランスポータの発現機序	共著	第 2 回細菌学若手コロッセウム 8 月 葉山	中山 浩伸, 田辺公一, 知花博治, 新見昌一
中山 浩伸	カンジダフェノームプロジェクトにおける網羅的遺伝子組換え株の構築	共著	日本微生物資源学会第 15 回大会 6 月 千葉 ポスター賞受賞	知花博治, 上野圭吾, 笹本要, 木下妻智子, 三谷宏樹, 小暮高久, 加藤直子, 宇野潤, 青山俊弘, 中山浩伸, 三上襄
中山 浩伸	コレステロール依存性コレラ菌溶血毒の膜侵入	共著	第 81 回日本細菌学会, 3 月 京都 日本細菌学雑誌, 63 卷, p.112	生貝 初, 中山浩伸, 大石祐司, 山本耕一郎, 島村忠勝
中山 浩伸	病原真菌 ABC タンパク質の抗真菌薬耐性との関わり	共著	第 81 回日本細菌学会, 3 月 京都 日本細菌学雑誌, 63 卷, p.62	田辺公一, 中山浩伸, 宮崎義継, 知花博治, 新見昌一
中山 浩伸	<i>Candida</i> フェノームプロジェクトによる標的の選定とコンピューターによる抗真菌剤の設計	共著	第 81 回日本細菌学会, 3 月 京都 日本細菌学雑誌, 63 卷, p.167	上野 圭吾, 中山浩伸, 三上襄, 知花 博治
中山 浩伸	病原真菌 <i>Candida glabrata</i> のステロールトランスポータの発現機序	共著	第 6 回感染症沖縄フォーラム 2 月 沖縄 要旨集 p.18	中山浩伸, 田辺公一, 青山俊弘, 竹森大樹, 知花博治, 新見昌一
中山 浩伸	<i>Candida</i> フェノームプロジェクトからなる抗真菌剤の設計へ -コンピューターを利用した抗真菌剤の設計-	共著	第 6 回感染症沖縄フォーラム 2 月 沖縄 要旨集 p.21	上野 圭吾, 田村 裕, 中山浩伸, 三上襄, 知花 博治
山本 智代	Enantioseparation using urea- and imide-bearing chitosan phenylcarbamate derivatives as chiral stationary phases for high-performance liquid chromatography	共著	Chirality, 20, pp.288-294 (2008).	Chiyo Yamamoto, M. Fujisawa, Masami Kamigaito, Yoshio Okamoto
山本 智代	Synthesis and Chiral Recognition of Novel Regioselectively Substituted Amylose Derivatives	共著	Chem. Lett., 37, 558-559 (2008).	Shunsuke Kondo, Chiyo Yamamoto, Masami Kamigaito, Yoshio Okamoto
山本 智代	Immobilized-type chiral packing materials for HPLC based on polysaccharide derivatives	共著	J. Chromatogr. B, 875, pp.2-11(2008).	Tomoyuki Ikai, Chiyo Yamamoto, Masami Kamigaito, Yoshio Okamoto
山本 智代	多糖けい皮酸エステル誘導体の光学分割能に関する研究	共著	第 57 回高分子年次大会（横浜）予稿集 p.1647 (2008, 5)	Yuri Sugiura, Chiyo Yamamoto, Masami Kamigaito, Yoshio Okamoto

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
山本 智代	セルロース誘導体とケイ素アルコキシドを用いた光学分割用有機-無機ハイブリッドビーズの開発	共著	第 57 回高分子年次大会（横浜）予稿集 p.1648 (2008, 5)	Tomoyuki Ikai, Chiyo Yamamoto, Masami Kamigaito, Yoshio Okamoto
山本 智代	位置特異的に置換した新規アミロース誘導体の合成と不斉識別機能	共著	第 57 回高分子年次大会（横浜）予稿集 p.1649 (2008, 5)	Shunsuke Kondo, Chiyo Yamamoto, Masami Kamigaito, Yoshio Okamoto
高倉 克人	Population Study of Sizes and Components of Self-Reproducing Giant Multilamellar Vesicles	共著	Langmuir 24, pp. 3037-3044 (2008)	T. Toyota, K. Takakura, Y. Kageyama, K. Kurihara, N. Maru, K. Ohnuma, K. Kaneko, T. Sugawara
高倉 克人	疎水末端にマレイミド基を有する両親媒性分子の合成と性質	共著	第 88 回日本化学会年会予稿集(2PB114)	高倉克人, 倉田学
淀谷 真也	ポリアミノ酸ランダム共重合体の合成と酵素加水分解	共著	鈴鹿高専紀要 (2008)	淀谷真也, 林 隆紀
淀谷 真也	合成ポリペプチド設計と生体材料としての応用（第 1 報）荷電型コポリペプチドの合成と <i>in vitro</i> 酵素加水分解	共著	日本接着学会誌, Vol.44, No.4, pp.118-123 (2008)	林 隆紀, 淀谷真也, 古田雅一, 林 壽郎
淀谷 真也	合成ポリペプチド設計と生体材料としての応用（第 2 報）荷電型コポリペプチド膜の性能と <i>in vitro</i> 酵素加水分解	共著	日本接着学会誌, Vol.44, No.6, pp.200-206 (2008)	林 隆紀, 淀谷真也, 古田雅一, 林 壽郎
淀谷 真也	单一脂肪酸からなるトリグリセリドの合成	共著	第 13 回高専シンポジウム予稿集, P 109 (2008)	淀谷真也, 村山味佳, 西尾優希, 澤田善秋
小川 亜希子	ほ乳類動物細胞を用いた医薬品生産における低コスト生産の実現に向けた研究	単著	2008 異業種交流・産学官連携フォーラム中部 in 三重 (2008.1.20)	
小川 亜希子	抗体精製工程で生じる廃液を利用したハイブリドーマの無血清培養	共著	日本農芸化学会 2008 年度大会愛知 (2008.3.28)	小川亜希子、高田直樹、寺田聰
小川 亜希子	討論会：若手研究者のキャリアパス 生物工学における学生の進路	共著	日本生物工学会若手会夏のセミナー2008 愛知 (2008.6.6-8)	桂原充宏、水月ゆう子、長森英二、富田秀太、小川亜希子
小川 亜希子	学生と番組制作のプロとのコラボレーションを通じて～高専学生のやる気を地域に知つてもらうために～	共著	第 6 回全国高専テクノフォーラム広島 (2008.8.21)	小川亜希子、桑原裕史
小川 亜希子	Improvement in antibody productivity of mammalian cells with reuse of spent medium	共著	7th European symposium on biochemical engineering Spain (2008.9.7-10)	小川亜希子、高田直樹、寺田聰

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
小川 亜希子	人類の健康への貢献、バイオ産業への寄与を目指した細胞工学研究	単著	学生さん対象の講演会(ものづくり教育推進経費、福井大学) 福井 (2008.10.31)	
小川 亜希子	Enhancement of antibody productivity by using solution after antibody purification	共著	JAACT 2008 福岡 (2008. 11.24-27)	小川亜希子、高田直樹、寺田聰
小川 亜希子	動物培養細胞を利用した金属・めつき加工品の生体毒性評価	共著	第18回学生による材料フォーラム愛知 (2009.12. 4)	奥田直明、小川亜希子

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
材料工学科 国枝 義彦	マイクロ波加熱法によるデキストランの酸加水分解	共著	電気化学会 技術・教育研究論文誌, Vol.15, No.1, pp.19-22 (2008).	下古谷博司, 松井一直, 前田恵祐, 国枝義彦, 高木康之, 林征雄, 鈴木郁功
国枝 義彦	ナガイモを用いたカオリン懸濁液の凝集沈殿	共著	第13回高専シンポジウム講演要旨集, p.272, 久留米, (2008).	下古谷博司, 大河内理美, 国枝義彦, 鈴木郁功, 林征雄
国枝 義彦	植物系廃棄物を用いた色素吸着に関する基礎研究	共著	第13回高専シンポジウム講演要旨集, p.273, 久留米, (2008).	下古谷博司, 加藤拓路, 岩寄文宏, 国枝義彦, 鈴木郁功, 林征雄
国枝 義彦	シングルモードマイクロ波反応装置による有機系廃棄物の液状化に関する基礎研究	共著	第13回高専シンポジウム講演要旨集, p.275, 久留米, (2008).	下古谷博司, 内田享佑, 加藤大樹, 国枝義彦, 鈴木郁功, 林征雄
国枝 義彦	電子レンジを用いたオカラの液状化	共著	第13回高専シンポジウム講演要旨集, p.275, 久留米, (2008).	下古谷博司, 国枝義彦, 奥地智之, 鈴木郁功, 林征雄
国枝 義彦	エキスパートのスキルと感性を導入した創造工学プログラムの構築	共著	第6回全国高専テクノフォーラム, p.21(2008).	国枝義彦, 斎藤正美, 江崎尚和
井上 哲雄	鈴鹿高専における国際化教育への取り組み	共著	工学教育, Vol.56, No.3, pp.68-73 (2008).	花井孝明, 桑原裕史, 近藤邦和, 篠浦弘人, 伊藤明, 近藤一之, 江崎尚和, 川口雅司, 井上哲雄, Michael E. Lawson
井上 哲雄	高専教員連携による村おこしへの取り組み	共著	教育工学研究会・シンポジウム計測自動制御学会中部支部, (2008.11) 鈴鹿市	井上哲雄, 大成博文, 加田謙一郎, 渡辺利勝
井上 哲雄	高専間連携におけるBITの役割とその展望	単著	日本高専学会第14回講演論文集, pp63-64,(2008.9), 寝屋川	
井上 哲雄	高専教員連携による村づくり	共著	第6回全国高専テクノフォーラム, (2008.8) 呉, 国立高専機構	井上哲雄, 大成博文, 加田謙一郎, 渡辺利勝
井上 哲雄	東海工学教育協会高専部会の活動とその成果	共著	工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp244-245, (2008.8) 神戸, 日本工学教育協会	井上哲雄, 稲葉盛基, 森井宣治, 後田澄夫, 大石哲男, 高橋誠記
宗内 篤夫	鈴高専における実践的燃料技術者の育成	共著	高専教育, 31号(2008)	小倉弘幸, 宗内篤夫, 伊藤八十四他8名
宗内 篤夫	リン酸ドープ膜を用いた150°C作動の中温PEFCにおける酸素還元反応の研究	共著	電気化学会 第75回大会 3B24 (2008.3)	宗内篤夫, 小倉弘幸, 堀 美知朗

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
江崎 尚和	鈴鹿高専における国際化教育への取り組み	共著	工学教育, Vol.56, No.3, pp.68-73 (2008).	花井孝明, 桑原裕史, 近藤邦和, 箕浦弘人, 伊藤明, 近藤一之, 江崎尚和, 川口雅司, 井上哲雄, Michael E. Lawson
江崎 尚和	エキスパートのスキルと感性を導入した創造工学プログラムの構築	共著	第6回全国高専テクノフォーラム, p.21(2008).	国枝義彦, 斎藤正美, 江崎尚和
兼松 秀行	HACCP 対応抗菌エコプレーティングとバイオフィルム	共著	ふえらむ, Vol.13 (No.1), pp.27-34 (2008).	兼松秀行・生貝初・吉武道子
兼松 秀行	International Program Promotes Creative Thinking in Science	共著	The Education Resources Information Center (ERIC) online paper, ED 500317, The Institute of Education Science, The US Department of Education (2008).	Dana M. Barry, Hideyuki Kanematsu
兼松 秀行	材料工学科小中学生向け公開講座におけるサイエンスフェアー	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要 第41巻 pp.63-69 (2008).	兼松秀行, 小林達正, 下古谷博司, 宮崎みよ, Dana M. Barry
兼松 秀行	Space Explores Project とエンジニアリングデザイン	共著	東海工学教育協会 高専部会報告 No.2, “エンジニアリング・デザイン教育の事例集”, pp.31-32 (2008).	兼松秀行, 柴垣寛治, Dana M. Barry
兼松 秀行	Analyses and Discussion of Human Sensation/Reaction to Glossy Surfaces	共著	2008 Sur/Fin Proceeding, National Association for Surface Finishing (NASF), Indianapolis, Indiana, USA, June 16-18, Research Fundamental Session, CD-ROM (2008).	Hideyuki Kanematsu, Dana M. Barry, Jake Benham
兼松 秀行	Sn-Zn Alloy Films Produced by HSSL and Their Environmental Characteristics	共著	2008 Sur/Fin Proceeding, National Association for Surface Finishing (NASF), Indianapolis, Indiana, USA, June 16-18, Research Fundamental Session, CD-ROM(2008).	Hideyuki Kanematsu, Kazufumi Murata, Akiko Ogawa, Yasuyuki Miyano
兼松 秀行	研究人生—そのデモニッシュなる旅	単著	生物工学会誌, 第86巻, 第7号, pp.357-358 (2008).	

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
兼松 秀行	Alloy Plating And Biofilm Formation	共著	Proceedings of 14th International Congress Marine Corrosion And Fouling (ICMCF), The Japan Institute of Marine Engineering, July 28-31, Kobe Convention Center, 29A-2-3, p.38 (2008).	Hideyuki Kanematsu, Hajime Ikigai
兼松 秀行	Creative Space Exploration Project for Engineering Design	共著	International Session Proceedings of 2008 JSEE Annual Conference, August 2nd, 2008, Kobe, Japan, pp.16-19 (2008).	Hideyuki Kanematsu, Dana M. Barry
兼松 秀行	Antibacterial Tin-Silver Plating by the Combination of Multistage Plating and Heat Treatment	共著	Journal of Applied Surface Finishing, Vol.3, No.3, pp.114-118 (2008).	Hideyuki Kanematsu, Hajime Ikigai, Michiko Yoshitake
兼松 秀行	熱処理合金化による鉄鋼材料上のすず-銀合金めつき皮膜形成とそのバイオフィルム形成抑制能	共著	日本鉄鋼協会第 156 回秋季講演大会, CAMP-ISIJ, pp. 1244-1246(2008).	兼松秀行, 生貝初, 黒田大介, 吉武道子, 柳生進二郎
兼松 秀行	Tin-Cobalt Alloy Film Formation Through Heat Treatment and Its Antibacterial Property	共著	Extended Abstract of 17th IFHTSE Congress 2008, Kobe International Conference Center, Kobe Japan, October 27-30, 2008, p.210 (2008).	Hideyuki Kanematsu, Hajime Ikigai,
		共著	Daisuke Kuroda, Michiko Yoshitake, Shinjiro Yagyu	
下古谷 博司	マイクロ波加熱法によるデキストランの酸加水分解	共著	電気化学会 技術・教育研究論文誌, Vol.15, No.1, pp.19-22 (2008).	下古谷博司, 松井一直, 前田恵祐, 国枝義彦, 高木康之, 林征雄, 鈴木郁功
下古谷 博司	材料工学科小中学生向け公開講座におけるサイエンスフェアー	共著	鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第 41巻, pp.63-68 (2008).	兼松秀行, 小林達正, 下古谷博司, 宮崎みよ, Dana M. Barry
下古谷 博司	ナガイモを用いたカオリין懸濁液の凝集沈殿	共著	第 13 回高専シンポジウム 講演要旨集, p.272, 久留米, (2008).	下古谷博司, 大河内理美, 国枝義彦, 鈴木郁功, 林征雄
下古谷 博司	植物系廃棄物を用いた色素吸着に関する基礎研究	共著	第 13 回高専シンポジウム 講演要旨集, p.273, 久留米, (2008).	下古谷博司, 加藤拓路, 岩寄文宏, 国枝義彦, 鈴木郁功, 林征雄
下古谷 博司	シングルモードマイクロ波反応装置による有機系廃棄物の液状化に関する基礎研究	共著	第 13 回高専シンポジウム 講演要旨集, p.275, 久留米, (2008).	下古谷博司, 内田享佑, 加藤大樹, 国枝義彦, 鈴木郁功, 林征雄
下古谷 博司	電子レンジを用いたオカラの液状化	共著	第 13 回高専シンポジウム 講演要旨集, p.275, 久留米, (2008).	下古谷博司, 国枝義彦, 奥地智之, 鈴木郁功, 林征雄

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
南部 智憲	Analysis of hydrogen diffusion coefficient during hydrogen permeation through pure niobium	共著	International Journal of Hydrogen Energy, Vol.33, pp. 4419-4423 (2008).	G. X. Zhang, H. Yukawa, N. Watanabe, Y. Saito, H. Fukaya, M. Morinaga, T. Nambu, Y. Matsumoto
南部 智憲	Alloy Design of Nb-Based Hydrogen Permeable Membrane with Strong Resistance to Hydrogen Embrittlement	共著	Materials Transactions, Vol. 49, pp. 2202-2207 (2008).	H. Yukawa, T. Nambu, Y. Matsumoto, N. Watanabe, G. X. Zhang, M. Morinaga
南部 智憲	Alloying effects on hydrogen solubility and resistance to hydrogen embrittlement for Nb-based hydrogen permeable membranes	共著	10th International Conference on Inorganic Membranes (ICIM10), Tokyo, Japan, ISBN-978-4-904353-01-1 (2008).	H. Yukawa, M. Morinaga, N. Watanabe, G. X. Zhang, T. Nambu, Y. Matsumoto, I. Yasuda
南部 智憲	Resistance to hydrogen embrittlement and hydrogen permeability of Nb-Ru and Nb-W hydrogen permeable alloys	共著	2nd Nagoya Univ.-Tsinghua Univ.-Toyota Joint Symposium, Materials Science and Nanotechnology for the 21st Century, Nagoya, Japan, p. 64 (2008).	N. Watanabe, H. Yukawa, T. Nambu, Y. Matsumoto, G. X. Zhang, M. Morinaga
南部 智憲	Nb-W 系水素透過膜合金の耐水素脆性と水素透過能に及ぼす Ta の添加効果	共著	日本金属学会講演概要 (第 143 回・熊本) , p. 444 (2008).	渡邊 直, 和田 巧, 張 国興, 湯川 宏, 森永正彦, 南部智憲, 松本佳久
南部 智憲	水素環境その場破壊試験によるニオブの水素脆性の定量評価	共著	日本金属学会・日本鉄鋼協会九州支部共催平成 20 年度合同学術講演大会, 九州大学筑紫地区,(2008).	森迫和宣, 都甲紘千, 渡邊 直, 南部智憲, 湯川 宏, 森永正彦, 松本佳久
南部 智憲	ニオブ合金の水素透過能のその場解析と合金設計への展開	共著	日本金属学会講演概要 (第 142 回・東京) , p. 440 (2008).	張 国興, 渡邊 直, 深谷容明, 斎藤良裕, 南部智憲, 松本佳久, 湯川 宏, 森永正彦
南部 智憲	水素透過その場破壊試験装置の開発と水素脆性の定量評価	共著	日本金属学会講演概要 (第 142 回・東京) , p. 172 (2008).	松本佳久, 佐藤翔平, 森迫和宣, 都甲紘千, 渡邊 直, 南部智憲, 湯川 宏, 森永正彦
南部 智憲	高い水素透過能と耐水素脆性および耐久性に優れたニオブ系水素透過膜合金の設計方法	共著	日本金属学会講演概要 (第 142 回・東京) , p. 173 (2008).	南部智憲, 松本佳久, 渡邊 直, 湯川 宏, 張国興, 森永正彦
南部 智憲	Nb-Ru 合金の耐水素脆性と水素透過能	共著	日本金属学会講演概要 (第 142 回・東京) , p. 173 (2008).	渡邊 直, 深谷容明, 斎藤良裕, 張 国興, 湯川 宏, 森永正彦, 南部智憲, 佐藤翔平, 森迫和宣, 都甲紘千, 松本佳久

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
南部 智憲	高固溶水素濃度状態における水素透過能の解析法	共著	日本金属学会講演概要 (第 142 回・東京), p. 174 (2008).	湯川 宏, 張 国興, 森永正彦, 渡邊 直, 南部智憲, 松本佳久
南部 智憲	N b 膜からなる水素分離膜による水素分離法	共著	特願 2008-072607 出願日: 平成 20 年 3 月 19 日	黒川英人, 常木達也, 白崎義則, 安田 勇, 森永正彦, 湯川 宏, 南部智憲, 松本佳久
南部 智憲	N b - W 系合金膜からなる水素分離膜及び水素分離法	共著	特願 2008-072609 出願日: 平成 20 年 3 月 19 日	黒川英人, 常木達也, 白崎義則, 安田 勇, 森永正彦, 湯川 宏, 南部智憲, 松本佳久
和田 憲幸	Optical properties of organic dyedoped spherical particles of polyorganosiloxane derived from methyltrimethoxysilane using a reaction field of W/O emulsion	共著	Journal of Materials Research Vol. 23, No. 5, pp. 1443-1451 (2008)	Taichi Matsumoto, Masahiro Miki, Kazuo Kojima, Noriyuki Wada
和田 憲幸	Photocatalytic degradation of methylene blue by TiO ₂ film and Au particles-TiO ₂ composite film	共著	Thin Solid Films, Vol. 516, No. 17, pp. 5881-5884 (2008)	Chihiro Yogi, Kazuo Kojima, Noriyuki Wada, Hiroshi Tokumoto, Tomoo Takai, Tadashi Mizoguchi, Hitoshi Tamiaki
和田 憲幸	Fabrication of glasses with low softening temperatures for mold-processing by ion-exchange	共著	Journal of the Ceramic Society of Japan, Vol. 116 No. 8, pp. 875-879 (2008).	Naoto Kobayashi, Toshiharu Mori, Tatsuya Suetsugu, Noriyuki Wada, Junji Nishii, Takashi Wakasugi, Kohei Kadono,
和田 憲幸	Eu ³⁺ 含有 HfO ₂ 薄膜の作成と光学特性	共著	日本化学会第 88 春季年会 (2008), 講演要旨集, 2PA-040 東京・池袋 (2008, 3).	小林稔明, 田中岳志, 眞田智衛, 和田憲幸, 小島一男
和田 憲幸	ゾル-ゲル法による Mn ²⁺ , Eu ³⁺ 含有 ZnO-GeO ₂ ガラス・セラミックスの作製と発光特性	共著	日本化学会第 88 春季年会 (2008), 講演要旨集, 3L5-03 東京・池袋 (2008, 3).	瀬戸久和, 小島一男, 和田憲幸, 真田 智衛
和田 憲幸	SPAN85 を界面活性剤として用いたゾル-ゲル法による HfO ₂ 球状粒子の作製と評価	共著	日本化学会第 88 春季年会 (2008), 講演要旨集, 4L5-16 東京・池袋 (2008, 3).	河合雅士, 小島一男, 眞田智衛, 中下宏, 和田憲幸, 松本太一
和田 憲幸	ホウ酸塩ガラス中の Tb ³⁺ の局所構造	共著	平成 19 年度文部科学省ナノテクノロジー・ネットワーク/重点ナノテクノロジー支援放射光利用研究成果報告会ナノテクノロジー放射光利用研究の最前線 2007 要旨集, pp. 43-44 大阪 (2008, 5).	和田 憲幸, 片山 真祥, 小堀 和彦, 小島 一男

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
和田 憲幸	B ₂ O ₃ -CaO ガラス中の Tb ³⁺ の凝集状態	共著	第3回 日本セラミックス協会関西支部 学術講演会, 講演予稿集, p. 58, 京都(2008, 7).	和田 憲幸, 片山 真祥, 小堤 和彦, 小島 一男
和田 憲幸	Dispersion and Fluorescence of Tb ³⁺ in B ₂ O ₃ -CaO Glass	共著	BORATE 2008, The 6th International Conference on Borate Glasses, Crystals and Melts, Programme and Abstracts, p. 114, Hyogo, Japan (2008, 8).	Noriyuki Wada, Misaki Katayama, Kazuhiro Ozutsumi, Kazuo Kojima
和田 憲幸	省エネルギーと CO ₂ 削減を図る加熱炉へのコーティング材料	共著	SURTECH 2008, ポスター セッションアブストラクト集, p. 15, 9月, 幕張	和田憲幸, 小倉豊史, 兼松秀行
和田 憲幸	B ₂ O ₃ -CaO ガラスにおける Tb ³⁺ の凝集状態と蛍光特性	共著	第49回 ガラスおよびフォトニクス材料討論会, 講演要旨集, pp. 94-95, 仙台(2008, 11).	和田 憲幸, 片山 真祥, 小堤 和彦, 小島 一男
黒田 大介	窒素雰囲気中で熱処理した L-605 合金の機械的特性変化	共著	日本金属学会・日本鉄鋼協会 東海支部第17回学生による材料フォーラム, 特別講演会資料ポスターセッション概要集, p. 50 (2007, 12).	鈴木拓哉, 黒田大介
黒田 大介	Ni フリーステンレス鋼のミクロ組織と耐食性	共著	第52回日本学術会議材料工学連合講演会, 材料工学連合講演会講演論文集, pp. 151-152 (2008).	黒田大介, 中村晃規, 岡村一伯, 白木原香織, 三浦一真, 大澤康暁
黒田 大介	高温窒素雰囲気中での L-605 合金の機械的特性変化	共著	第52回日本学術会議材料工学連合講演会, 材料工学連合講演会講演論文集, pp. 171-172 (2008).	鈴木拓哉, 黒田大介, 白木原香織, 御手洗容子, 小野嘉則, 香河英史, 後藤大亮
黒田 大介	冷間圧延した Ni フリーステンレス鋼の機械的特性変化	共著	日本金属学会 2008年秋期(第143回)大会, 日本金属学会講演概要集, p. 237 (2008).	黒田大介, 中村晃規, 岡村一伯, 白木原香織, 三浦一真, 大澤康暁
黒田 大介	L-605 耐熱合金の窒素環境中劣化挙動の解析	共著	日本金属学会 2008年秋期(第143回)大会, 日本金属学会講演概要集, p. 389 (2008).	黒田大介, 鈴木拓哉, 白木原香織, 御手洗容子, 小野嘉則, 香河英史, 後藤大亮
黒田 大介	Ni フリーステンレス鋼の機械的特性におよぼす冷間加工の影響	共著	日本高専学会第14回年会講演会, 第14回年会講演会講演論文集, pp. 57-58 (2008).	岡村一伯, 中村晃規, 三浦一真, 白木原香織, 黒田大介
黒田 大介	熱処理合金化による鉄鋼材料上のすず—銀合金めつき皮膜形成とそのバイオフィルム形成抑制能	共著	日本鉄鋼協会第156回秋季講演大会, CAMP-ISIJ, pp. 1244-1246(2008).	兼松秀行, 生貝 初, 黒田大介, 吉武道子, 柳生進二郎

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
黒田 大介	Tin-Cobalt Alloy Film Formation Through Heat Treatment and Its Antibacterial Property	共著	Extended Abstract of 17th IFHTSE Congress 2008, Kobe International Conference Center, Kobe Japan, October 27-30, 2008, p.210 (2008).	Hideyuki Kanematsu, Hajime Ikigai, Daisuke Kuroda, Michiko Yoshitake, Shinjiro Yagyu
黒田 大介	生体用 Ni フリーステンレス鋼	単著	熱処理, Vol. 48, No. 1, pp. 18-25 (2008).	
黒田 大介	Weldability of Nickel-Free AusteniticStainless Steel Thin Sheet by Small-Scale Resistance Spot Welding	共著	Materials Transactions, Vol. 49, No. 12, pp. 2844-2849 (2008).	Shinji Fukumoto, Taichi Matsuo, Daisuke Kuroda, Tsushi Yamamoto
万谷 義和	アークメルト法を用いたシリコン添加 NbB 化合物の合成	共著	日本化学会第 88 春季年会	高橋秀樹, 工藤邦男, 万谷義和, 岡田繁, 宮戸統悦
万谷 義和	チタン合金マルテンサイト組織の 時効に対する相安定性	共著	第 52 回日本学術会議材料工学連合講演会 講演論文集, pp.129-130 (2008).	万谷義和, 工藤邦男

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
教育研究支援室 森 邦彦	鈴鹿高専における「高専等を活用した中小企業人材育成事業」の活動報告	共著	平成 19 年度 実験・実習技術研究会報告集, pp.555-558 (2008,3).	森邦彦, 中村勇志, 鈴木昌一, 板谷年也, 谷川義之, 山田太, 澤辺昭廣, 猿渡盛久, 河野純也, 西村吉弘, 西森睦和, 宮崎みよ
森 邦彦	ニッケル電極の充放電反応機構について ヨコバルト添加の影響—	共著	鈴鹿高専紀要第 42 号	小倉弘幸, 山田太, 森邦彦, 宗内篤夫, 村林昌直、伊藤八十四
森 邦彦	Oxygen Partial Pressure Dependence on Cell Voltage in Phosphoric Fuel cell	共著	鈴鹿高専紀要第 42 号	Hiroyuki OGURA, Atsuo SONAI, Kunihiko MORI, Futoshi YAMADA
澤辺 昭廣	鈴鹿高専における「高専等を活用した中小企業人材育成事業」の活動報告	共著	平成 19 年度 実験・実習技術研究会報告集, pp.555-558 (2008,3).	森邦彦, 中村勇志, 鈴木昌一, 板谷年也, 谷川義之, 山田太, 澤辺昭廣, 猿渡盛久, 河野純也, 西村吉弘, 西森睦和, 宮崎みよ
鈴木 昌一	鈴鹿高専における「高専等を活用した中小企業人材育成事業」の活動報告	共著	平成 19 年度 実験・実習技術研究会報告集, pp.555-558 (2008,3).	森邦彦, 中村勇志, 鈴木昌一, 板谷年也, 谷川義之, 山田太, 澤辺昭廣, 猿渡盛久, 河野純也, 西村吉弘, 西森睦和, 宮崎みよ
猿渡 盛久	鈴鹿高専における「高専等を活用した中小企業人材育成事業」の活動報告	共著	平成 19 年度 実験・実習技術研究会報告集, pp.555-558 (2008,3).	森邦彦, 中村勇志, 鈴木昌一, 板谷年也, 谷川義之, 山田太, 澤辺昭廣, 猿渡盛久, 河野純也, 西村吉弘, 西森睦和, 宮崎みよ
西村 吉弘	鈴鹿高専における「高専等を活用した中小企業人材育成事業」の活動報告	共著	平成 19 年度 実験・実習技術研究会報告集, pp.555-558 (2008,3).	森邦彦, 中村勇志, 鈴木昌一, 板谷年也, 谷川義之, 山田太, 澤辺昭廣, 猿渡盛久, 河野純也, 西村吉弘, 西森睦和, 宮崎みよ
谷川 義之	鈴鹿高専における「高専等を活用した中小企業人材育成事業」の活動報告	共著	平成 19 年度 実験・実習技術研究会報告集, pp.555-558 (2008,3).	森邦彦, 中村勇志, 鈴木昌一, 板谷年也, 谷川義之, 山田太, 澤辺昭廣, 猿渡盛久, 河野純也, 西村吉弘, 西森睦和, 宮崎みよ
山田 太	鈴鹿高専における「高専等を活用した中小企業人材育成事業」の活動報告	共著	平成 19 年度 実験・実習技術研究会報告集, pp.555-558 (2008,3).	森邦彦, 中村勇志, 鈴木昌一, 板谷年也, 谷川義之, 山田太, 澤辺昭廣, 猿渡盛久, 河野純也, 西村吉弘, 西森睦和, 宮崎みよ
板谷 年也	多層角丸方形コイルの磁界解析	共著	電気学会計測研究会 IM-08-25(2008-5)	板谷年也, 石田浩一, 田中章雄, 武平信夫
板谷 年也	二層移動平板導体に対向した方形フォーク形コイルの特性解析	共著	非破壊検査協会表面探傷分科会(2008-11)	板谷年也, 石田浩一, 田中章雄, 武平信夫

所属 氏名	著書、学術論文等の名称	単著、 共著 の別	発行所、発表雑誌等又は 発表学会等の名称	著者名
板谷 年也	鈴鹿高専における「高専等を活用した中小企業人材育成事業」の活動報告	共著	平成 19 年度 実験・実習技術研究会報告集, pp.555-558 (2008,3).	森邦彦, 中村勇志, 鈴木昌一, 板谷年也, 谷川義之, 山田太, 澤辺昭廣, 猿渡盛久, 河野純也, 西村吉弘, 西森睦和, 宮崎みよ
宮崎 みよ	鈴鹿高専における「高専等を活用した中小企業人材育成事業」の活動報告	共著	平成 19 年度 実験・実習技術研究会報告集, pp.555-558 (2008,3).	森邦彦, 中村勇志, 鈴木昌一, 板谷年也, 谷川義之, 山田太, 澤辺昭廣, 猿渡盛久, 河野純也, 西村吉弘, 西森睦和, 宮崎みよ

編 集

図 書 館 主 事	富澤好太郎 (生物応用化学科)
紀要発行部会長	長原 滋 (生物応用化学科)
紀要発行部会員	小倉 正昭 (一般科目)
"	齊藤 園子 (一般科目)
"	白木原香織 (機械工学科)
"	中野 莊 (電気電子工学科)
"	青山 俊弘 (電子情報工学科)
"	黒田 大介 (材料工学科)

Chief Editor

Kohtaro TOMIZAWA Dept. of Chemistry and Biochemistry

Editors

Shigeru NAGAHARA	Dept. of Chemistry and Biochemistry
Masaaki OGURA	Dept. of General Education
Sonoko SAITO	Dept. of General Education
Kaori SHIRAKIHARA	Dept. of Mechanical Engineering
Tohru NAKANO	Dept. of Electrical and Electronic Engineering
Toshihiro AOYAMA	Dept. of Electronic and Information Engineering
Daisuke KURODA	Dept. of Materials Science and Engineering

査 読 者 所 屬 機 関

八戸工業高等専門学校 舞鶴工業高等専門学校
津山工業高等専門学校 呉工業高等専門学校
岐阜工業高等専門学校 仙台電波工業高等専門学校
長野工業高等専門学校 木更津工業高等専門学校
宮城工業高等専門学校 大分工業高等専門学校
大阪府立高等専門学校
神奈川大学 立命館大学 早稲田大学
住友金属工業(株)研究開発センター

鈴鹿工業高等専門学校紀要 第42巻

MEMOIRS of Suzuka National College of Technology
Vol. 42

発 行 平成21年2月28日
発行者 鈴鹿工業高等専門学校
三重県鈴鹿市白子町
〒510-0294
TEL 059-386-1031
FAX 059-387-0338

Published February 28, 2008
by Suzuka National College of Technology
Shiroko, Suzuka, Mie 510-0294, Japan

印 刷 阿竹印刷工業株式会社
ISSN-0286-5483