ISSN 1349-2608
No.3（2006）

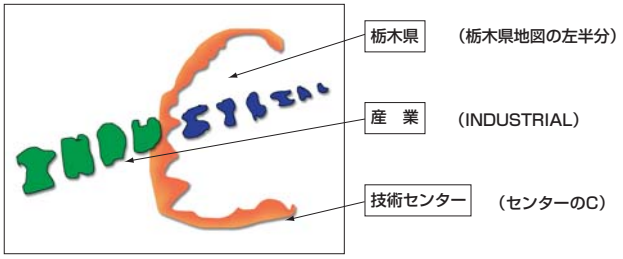
平成17年度

研　究　報　告

Reports of Industrial Technology Center of Tochigi Prefecture

栃木県産業技術センター

表紙デザイン（元栃木県産業技術センター　高津戸光雄）



Ⅰ　共同研究

ハイドロフォーミング細管磁気研磨品の信頼性評価（第２報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
〔文部科学省受託事業（都市エリア)〕
移動ロボットの航行・誘導システムの開発（第２報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・6
－Web 遠隔制御システムの開発－
〔とちぎコンソーシアム事業〕
難削材の高効率切削・・11
－チタンのエンドミル加工－
地盤調査機におけるデータ収集装置の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14
電波吸収材料の特性評価技術（第１報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・18
EMI 計測の効率化と実証試験（第１報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22
細管内面の超精密磁気援用研磨技術の開発（第３報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・26
－ガスアトマイズ磁性工具による細管内面の精密磁気研磨加工－
〔文部科学省受託事業（都市エリア)〕
木製サッシの製造技術（第３報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・30
燕下・咀嚼等に配慮したゲル化食品の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・35
トウガラシカプサイシノイドの迅速高感度分析法の確立・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・39
美容健康タオルの硬さ評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・43
トーションレースの編成時の糸の振動の分析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・47
益子以外の新しい粘土の開発と応用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・51
多重織物強化 COPNA 樹脂複合材料の摩擦特性（第１報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・55
めっき廃液の無害化処理に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・60
ホース用結合金具の設計開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・65
難削材料の平面研削加工における研削特性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・67
－メタルボンド CBN 砥石を用いた SUS304 の研削－
電動義手制御システムの開発（第１報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・71
〔とちぎコンソーシアム事業〕

（機械電子技術部関係　　2 テーマ非公開）
（材料技術部関係　　8 テーマ非公開）
（食品技術部関係　　4 テーマ非公開）
（繊維技術支援センター関係　　1 テーマ非公開）
（県南技術支援センター関係　　2 テーマ非公開）

Ⅱ　受託研究

古紙を利用した積層紙による立体成型技術の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・75
アルミニウムを分離したスチール缶ペレットの鋳鉄用原材料への適用・・・・・・・・・・・・・・・・77
チタン板の微細穴開け加工・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・83
（機械電子技術部関係　　2 テーマ非公開）
（食品技術部関係　　1 テーマ非公開）

ネットワークを活用した分散計測・制御技術に関する研究（第３報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 87
アモルファス炭素膜の構造制御（第３報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 91
－プラズマ CVD 法により成膜した a-SiC:H 膜の特性－
高齢者用食品の改良開発と機能性評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・94
醸造用食品微生物の改良開発（清酒醸造用優良酵母の選択）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・100

Ⅳ　経常研究

マシニングセンタの精度補償（第２報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・103
－工作物測定結果に基づく５軸制御マシニングセンタの精度補償－
組み込み機器の開発手法の構築（第２報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・106
独立気泡を有する軽量建材の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・109
栃木県産酒造好適米を用いた酒造技術の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・112
造林木に対する獣害防止資材の開発（第３報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・114
織物、ニット・レース、二次製品の開発 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・119
－ニット製品(丸編)の試作－
織物、ニット・レース、二次製品の開発 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・122
－トーションレースによる帽子の試作－
小径工具による高能率高精度加工・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・123
－セミドライ加工システムによるエンドミル加工－
生分解性プラスチックの耐久性評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・126
－屋外耐久性評価－
織り組織の変化による結城紬の試作・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・132
新品種繭を用いた本場結城紬の試作開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・135

本研究報告における研究区分については、次により分類したものとなっております。

※　研究区分

Ⅰ　共同研究

企業、大学等と課題を分担して行うもの。

Ⅱ　受託研究

企業や団体等からの委託を受けて行うもの。

Ⅲ　重点研究

県内産業の振興のため県が単独で特に重点的に行うもの。

Ⅳ　経常研究

上記以外にて実施したもの。

Ⅰ Cooperative Research

Reliability assessment of Hydro-forming minute tube magnetic polishing products (2nd Report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

—Reliability assessment of Hydro-forming tube products—

〔Supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (CITY AREA)〕

Development of Navigation System for a Mobile Robot (2nd Report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・6

—Web-based Remote Control System for a Mobile Robot—

〔Fully Supported by Tochigi Prefecture (Tochigi Consortium Project)〕

High efficient cutting of Hard Cutting Materials ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11

—End Milling of Titan—

Develop a Data-Collect-Device For Sounding-Test ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14

Measurement Technology for Electro-Magnetic Wave Absorber (1st Report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・18

Speedup and Proof Examination of the EMI Measurement (1st Report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22

Development of New Ultra-precision Machining process in Magnetic Field and Applications (3rd Report) ・・・・・・・・・・・26

—Precision Cylindrical Magnetic Abrasive Finishing of Gas-atomized Magnetic Tools —

〔Supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (CITY AREA)〕

Manufacturing Process and Performance of the Wooden Windows (3rd Report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・30

Development of Gelled Food Considered Swallowing, Mastication, Etc. ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・35

The Establishment of a Method of the Rapid and Sensitive Analysis Capsaicinoid of *Capsicum annuum* ・・・・・・・・・・・・39

The hardness evaluation of a cosmetic health towel ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・43

Analysis of Vibration of the Thread at the Time of Organization of a Torchon Lace ・・・・・・・・・・・・・・・・・・47

Development and application of new clay other than the clay in Mashiko ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・51

Friction Property of Multi-Layer Interlocked Fabric Reinforced COPNA Resin Composite (1st Report) ・・・・・・・・・55

Development of Pollutants Removing System from Refuse Plating Solution ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・60

Development of Hose Joint ・・・65

Study on Surface Grinding of Difficult-to-Machining material ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・67

—Surface Grinding of SUS304 using Metal bonded CBN wheel—

Development of Electric Arm Control System (1st Report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・71

Ⅱ Contract Research

Development of 3D mold technology by piling up Old Papers ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・75

Utilization of Steel Can Pellets after Removing Aluminum as Raw Material for Cast Iron ・・・・・・・・・・・・・・・・77

Micro-hole processing of Titan plate ・・83

Ⅲ Selected Research

Distributed Measurement and Control with Network Communications (3rd Report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・87

Structural Control of Amorphous Carbon Film (3rd Report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・91

—Properties of Hydrogenated Amorphous SiC Films by Plasma CVD Method—

Improvement, Development and Functional Study of the Food for the Elderly ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・94

Improvement of Microorganisms for Brewing Foods (Selection of Excellent Yeast for Brewing Sake) ・・・・・・・・・・・・100

Ⅳ General Research

Accuracy Compensation of Machining Center (2nd Report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 103

－Accuracy Compensation of 5-axis Controlled Machining Center Based on Measurement Results of Workpiece－

Building of Development Technique for Embedded Systems (2nd Report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 106

Development of Light Construction Materials with Unconnected Porosities ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 109

Development of Brewing Technology Using Original Sake Rice of Tochigi Prefecture ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 112

Development of tree-shelters for planted trees (3rd report) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 114

The trial production of knitwear (circular knit) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 119

The Trial Production of Torchon Lace Crochet hat ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 122

High Efficiency and High Precision Milling Using Small End Mill Tool ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 123

－End Milling of Semidry Cutting System－

Study on Durability Assessment of biodegradable plastics ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 126

－Outdoor exposure test－

Trial Production of Yuki-Tsumugi by a Various Weave ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 132

Trial Production and Development of the Yuki-Tsumugi by “Sasamayu” ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 135

Ⅰ　共同研究

共同研究

ハイドロフォーミング細管磁気研磨品の信頼性評価（第２報）

柏崎親彦*　宇賀持和仁　*大橋利仙　*田村昌一*

Reliability assessment of Hydro-forming minute tube magnetic polishing products

—Reliability assessment of Hydro-forming tube products—　(2nd Report)

Chikahiko KASHIWAZAKI, Kazuhito UGAMOTI, Toshinori OOHASHI, Shouiti TAMURA

複雑形状の中空品は，溶接や機械加工によって接続されているため，加工工程数が多くなり，コストアップとなっている。この工程を一体成形する技術としてハイドロフォーミング技術があるが細管加工に関しては十分確立されていない。そこで，宇都宮大学の基礎研究結果を踏まえて共同で本技術を確立し，中小中堅企業へ技術移転することを目的に，ハイドロフォーミングによるチューブ成形品の信頼性評価を行い可能性を検討したので，この結果を報告する。

Key words : ハイドロフォーミング，チューブ，信頼性評価

１　はじめに

自動車や家電品のように大量生産，大量消費されるものは，要求を満たす強度・機能と安全性を有するだけでなく，安価であることが普及の鍵である。このため，試作あるいは開発初期段階では機械加工されていた製品・部品でも，大衆・大量生産化するにつれプレス品化と溶接･ろう接構造化されるのが一般的である。

一方，液体や気体等が内部を移動する部品あるいは高耐圧・高強度が要求される部品では，接合部を有すると強度・機能面やデザイン面で不具合を生じる製品もある。

このような部品，製品には接合部がない成形方法が希求されているが，一般的にはこのような成形方法は従来工法よりも時間を要したり，技術的にも困難を伴うため，開発と普及が遅れている。

しかしながら，ここに来て，前述のような用途に対して信頼性と再現性において改善が進みかつコスト面でも従来工法と遜色ないハイドロフォーミング技術が将来性の高い技術として，急速に脚光を浴びるようになってきた。

そこで，このような技術を宇都宮大学と共同で転用・展開可能な細管磁気研磨技術として確立し，県下の中小・中堅企業へ技術移転することを目的に実施する。近い将来的には県下の各業種の部品・製品への適用・応用と新用途開発，新産業創出を最終目標として取り組む。

本年度は，ハイドロフォーミング成形品の信頼性評価を実施したので，この結果を報告する。

２　研究の方法

２．１　研究分担

宇都宮大学が保有するハイドロフォーミング技術の成果を踏まえて，県下の中小・中堅企業が転用・展開可能な細管加工技術を開発すると共に本技術による製品・部品化に必須な信頼性・安全性の評価を実施する。

研究の分担は以下のとおりである。

(1)　宇都宮大学工学部

ア ハイドロフォーミング細管の加工

イ ハイドロフォーミング細管の成形評価

(2)　産業技術センター

ア ハイドロフォーミング成形品の表面性状評価

イ ハイドロフォーミング成形品の信頼性・安全性評価

それぞれの項目について詳細な測定データを収集し，解析する。

具体的には，光輝焼鈍されたφ8.0-t1.0及びφ6.35-t1.0 のSUS316Lシームレスチューブのハイドロフォーミング成形技術を，県内中小・中堅企業への技術移転が可能なように，詳細な表面性状評価を実施し，信頼性・安全性の基礎資料とする。

＊ 栃木県産業技術センター　機械電子技術部

２．２　研究手順

各段階において，以下のような評価を実施する。

（1）外観検査

（2）板厚分布測定

（3）硬さ分布測定

（4）表面粗さ分布測定

３　結果及び考察

本研究で使用したSUS316Lシームレスチューブの化学成分を表１に示す。

表１　SUS316Lの化学成分（%）

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0.019	1.06	0.44	0.027	0.003	17.26	12.78	2.24

３．１　φ8.0チューブ

３．１．１　外観検査

SUS316Lφ8.0-t1.0をハイドロフォーミング加工した外観を図１に示す。成形条件は，軸押量：片側14㎜（両端で28㎜），成形保持内圧：180MPaである。

成形後の外径は，8.0㎜であり，クロス方向の全長は26.2㎜であった。

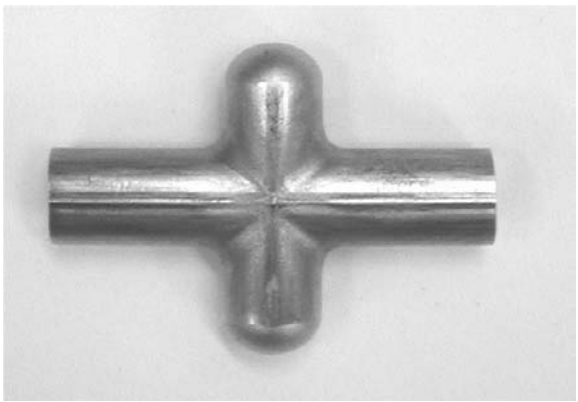


図１　成形品の外観

３．１．２　板厚分布測定

レーザデジタイザを使用して成形後の板厚分布を測定した。アイソメ方向の測定結果を図２に示す。

板厚の最大値は1.76㎜，最小値で0.65㎜であり，板厚の変化が２倍以上になることがわかる。

３．１．３　素管の硬さ分布測定

ビッカース硬度試験機を使用して，素管断面の硬さ分布を測定した。測定箇所はクロスの４カ所であり，測定方向は，内から外方向に0.1㎜ピッチ，試験荷重4.903Nで測定した。その結果を表２に示す。

数値は安定しており，140前後で推移していることがわかる。

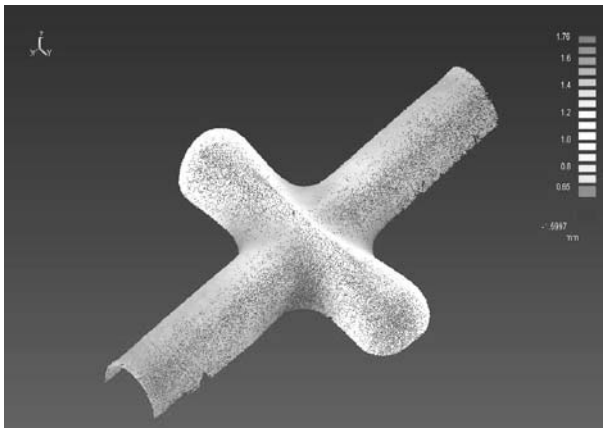


図２　板厚分布

表２　硬さ分布

内↓外	135	—	135	138
	140	138	138	140
	139	144	132	138
	145	137	135	140
	137	136	144	140
	146	140	136	137
	135	142	137	137
	137	134	129	137
	136	133	—	129

３．１．４　成形後の硬さ分布測定

同様に，成形後の断面の硬さ分布を測定した。測定方向は，内から外方向に0.1㎜ピッチ，試験荷重4.903Nで測定した。その結果を表３に，測定箇所を図３に示す。

硬さは，素管に比べ，２倍以上に上がっていることがわかる。参考までに宇都宮大学様で解析して頂いたコンピュータシミュレーションによる相当ひずみ分布を図４に示す。硬さ分布の傾向は，ひずみ分布と一致しており，硬さ上昇は加工硬化によるものと考えられる。

表３　硬さ分布

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
内↓外	351	339	306	329	294	345	314	316	298	295
	314	340	324	313	313	325	325	311	305	287
	331	332	311	304	318	325	312	268	339	307
	315	338	318	322	314	334	298	272	325	282
	307	323	293	296	332	329	298	275	318	301
	306	319	308	319	333	326	306	305	332	279
	328	309	299	296	346	349	319	342	309	289
	328	332	306	305	365	354	338	338	301	
	329	320	295	314	353	337	343	349		
	330	307	348	356	362	328	368	358		
	334	324	315	293	389	353	354	350		
	317	292	328	321	362	373				
	316	300	290	290	375	369				
					365	376				
					382	385				

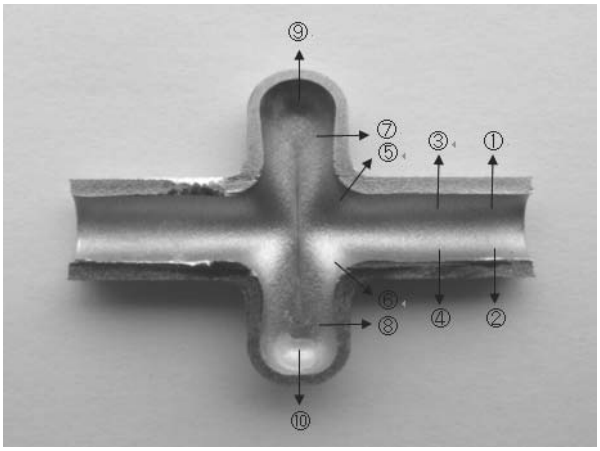


図３　硬さ測定箇所

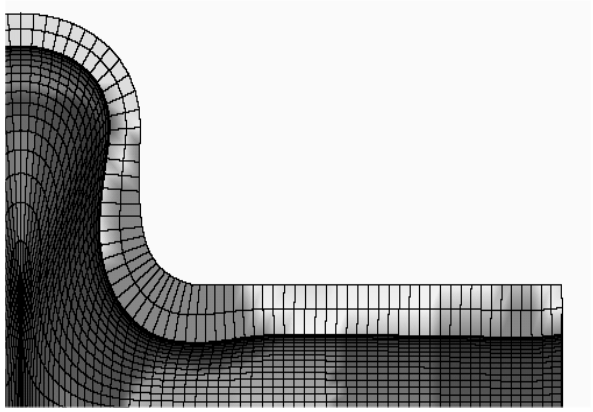


図４　相当ひずみ分布（宇都宮大学による）

３．１．５　素管内面の表面粗さ分布測定

表面粗さ測定機を使用して，素管内面の表面粗さを軸方向の２カ所について測定した。その結果を表４に示す。Raが0.2μm，Rzが２μm程度であることがわかった。

評価長さ4.0㎜，基準長さ0.8㎜，触針先端半径2μm，低域フィルタ2.5μm，高域フィルタ0.8㎜である。

表４　表面粗さ

Ra	0.1449	0.2451
Rz	2.0716	3.0485
Rz(jis)	0.9694	1.5872
Rz1max	4.1576	3.5401

３．１．６　成形後の表面粗さ分布測定

同様に，成形後の内面の粗さ分布を測定した。その結果を表５に，測定箇所を図５に示す。加工によって，Raが３μm，Rzが20μm程度であることがわかった。

測定箇所の③と④については，評価長さ5.0㎜，基準長さ2.5㎜，⑤と⑥については，評価長さ，基準長さとも2.5㎜である。いずれも低域フィルタ8.0μm，高域フィルタ2.5㎜である。測定箇所⑤の粗さ曲線を図６に示す。

表５　表面粗さ

	③	④	⑤	⑥
Ra	2.9959	3.6905	3.2289	2.2654
Rz	20.3198	24.4969	23.3611	16.9031
Rz(jis)	15.4803	18.8028	16.7895	10.7420
Rz1max	24.3491	28.8901	－	－

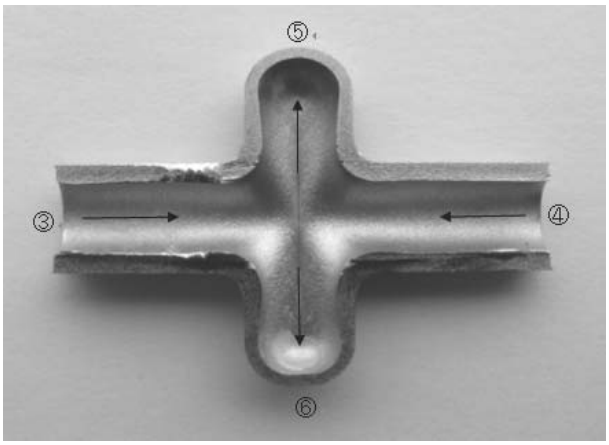


図５　測定箇所

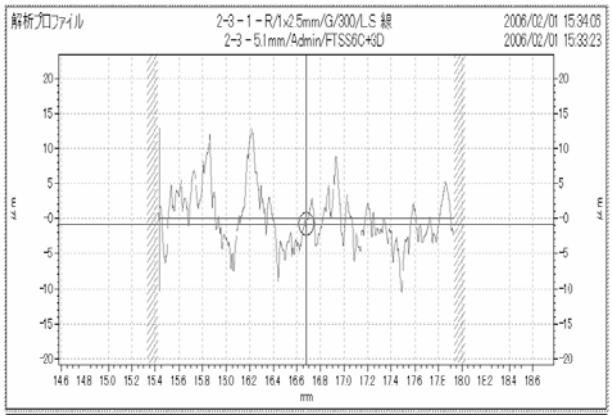


図６　粗さ曲線

３．２　φ6.35チューブ

３．２．１　外観検査

SUS316Lφ6.35-t1.0をハイドロフォーミング加工した外観を図７に示す。成形条件は，軸押量：片側12㎜（両端で24㎜），成形保持内圧：180MPaである。

成形後の外径は，6.5㎜であり，クロス方向の全長は18.8㎜であった。

図７　成形品の外観

３．２．２　板厚分布測定

φ8.0と同様にレーザデジタイザを使用して成形後の板厚を測定した。アイソメ方向の板厚分布を図８に示す。

板厚の最大は1.876㎜，最小で0.795㎜であり，板厚の変化が２倍以上になることがわかる。

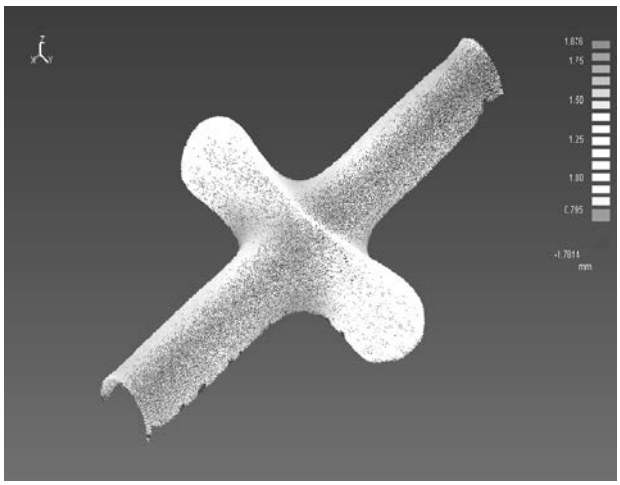


図８　板厚分布

３．２．３　成形後の硬さ分布測定

成形後の断面の硬さ分布を測定した。測定方向は，内から外方向に0.1㎜ピッチ，試験荷重4.903Ｎで測定した。その結果を表６に，測定箇所を図９に示す。

硬さは，素管に比べ，２倍以上に上がっていることがわかる。

表６　硬さ分布

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
内↓外	355	355	356	350	352	342	325	322	297
	352	317	326	339	317	338	296	335	312
	348	355	351	371	340	341	328	351	297
	333	336	346	332	321	342	344	330	291
	337	320	343	322	341	320	349	334	301
	310	338	328	311	333	349	356	328	289
	330	301	343	317	339	358	332	340	275
	318	318	313	329	329	344	369	333	282
	359	305	333	302	329	350	342	356	
	332	315	319	323	355	363	360	342	
	335	328	308	314	344	377	368	358	
	327	308	330	328	345	368	345	329	
	325	331	334	313	370	390			
	337	312	317		369	381			
	324				396	361			
					376	412			
						366			

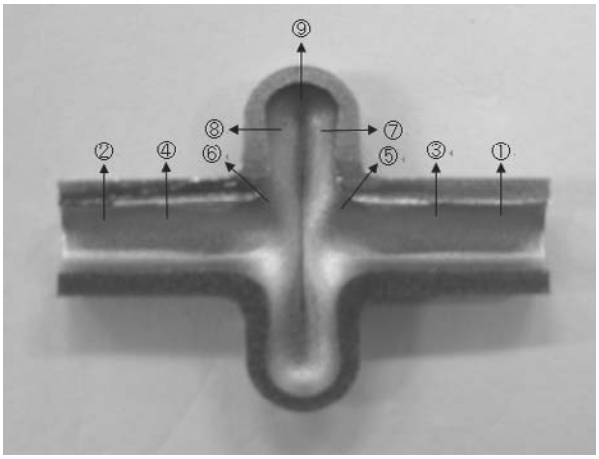


図９　硬さ測定箇所

３．２．４　素管内面の表面粗さ分布測定

同様に，素管内面の表面粗さを軸方向の２カ所について測定した。その結果を表７に示す。Raが0.2μm，Rzが２μm程度であることがわかった。

評価長さ4.0㎜，基準長さ0.8㎜である。触針先端半径2μm，低域フィルタ2.5μm，高域フィルタ0.8㎜である。

表７　表面粗さ

Ra	0.1462	0.2047
Rz	1.3486	1.8428
Rz(jis)	0.9357	1.2542
Rz1max	1.9474	2.3117

３．２．５　成形後の表面粗さ分布測定

同様に，成形後の内面の粗さ分布を測定した。その結果を表８に，測定箇所を図10に示す。加工によって，Raが３μm，Rzが20μm程度であることがわかった。

測定箇所の③と④については，評価長さ5.0㎜，基準長さ2.5㎜，⑤と⑥については，評価長さ，基準長さとも2.5㎜である。いずれも低域フィルタ8.0μm，高域フィルタ2.5㎜である。測定箇所⑤の粗さ曲線を図11に示す。

表８　表面粗さ

	③	④	⑤	⑥
Ra	3.096	2.8603	4.3788	5.6504
Rz	21.1803	17.7592	27.7194	33.0207
Rz(jis)	15.9909	14.4198	15.7734	12.9856
Rz1max	21.5254	18.8316	－	－

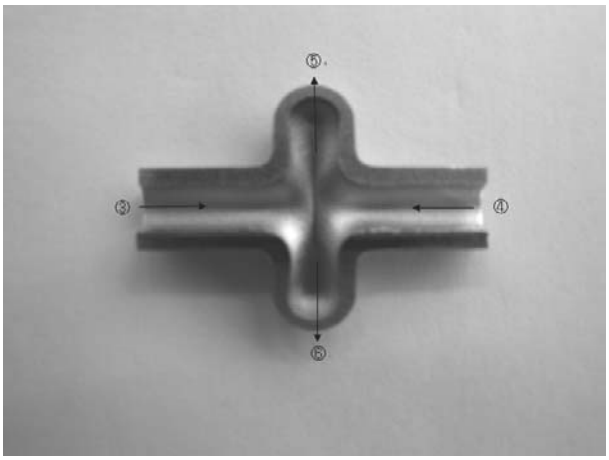


図 10　測定箇所

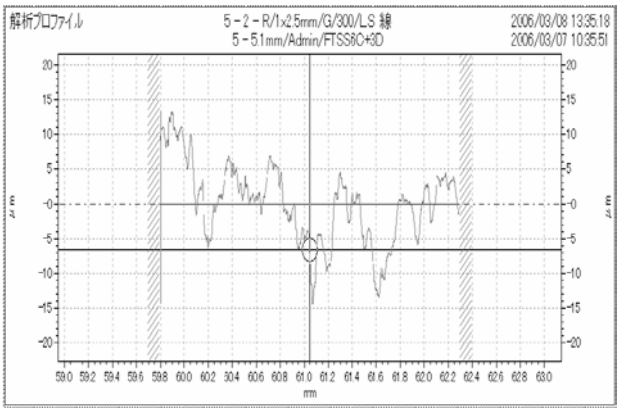


図 11　粗さ曲線

4　おわりに

以上の試験研究結果から，以下のような知見が得られた。

(1) SUS316Lφ8.0-t1.0をハイドロフォーミングのクロス加工（軸押量：片側１４㎜，成形保持内圧：１８０ＭＰａ）で，クロス方向に２６．２㎜加工できることがわかった。

(2) SUS316Lφ6.35-t1.0をハイドロフォーミングのクロス加工（軸押量：片側１２㎜，成形保持内圧：１８０ＭＰａ）で，クロス方向に１８．８㎜加工できることがわかった。

(3) 成形条件によっては，板厚の変化割合が２倍以上になることがわかった。

(4) 成形条件によっては，硬さの変化割合が２倍以上になることがわかった。

(5) ハイドロフォーミング加工によって，Raが３．０μm，Rz２０μm程度になることがわかった。

謝　辞

本研究を実施するにあたって，宇都宮大学淵澤定克教授及び白寄篤助手には多大なる支援を受けたので，ここに感謝の意を表する。

KEIRIN

この事業は，競輪の補助金を受けて実施したものです。

共同研究

移動ロボットの航行・誘導システムの開発（第２報）
ーWeb遠隔制御システムの開発ー

島田　智*　　岡　英雄*　　坂本　憲弘*　　佐藤　達男**　　鈴木　智博**　　土屋　周平**

Development of Navigation System for a Mobile Robot (2nd Report)
- Web-based Remote Control System for a Mobile Robot -

Satoshi SHIMADA，Hideo OKA，Norihiro SAKAMOTO
Tatsuo SATO，Tomohiro SUZUKI，Syuhei TSUCHIYA

人件費削減や衛生管理の必要性から，近年様々な分野にロボット技術が応用されようとしている。民生用ロボットの商品化には，安定した，安全な無線通信が必要であり，幅広い世代に受け入れられる，簡単で分かりやすい操作環境が必要となる。そこで本研究では，昨年度作成した試作版を基に，一般ユーザにも導入や維持管理，操作が比較的容易で，かつ安全な，Webベースの移動ロボットの通信・遠隔制御システムの開発，実装を行った。

Key Words ： 移動ロボット，ユーザインタフェイス，PHP，Java Applet，Web制御

１　はじめに

人件費削減や衛生管理，少子高齢化に伴う労働力の不足など複数の要因から，これまで産業，特に工業用というイメージの強かったロボット技術は，近年様々な方面に応用されようとしている。[1)2)] これまで約5000億円程度で頭打ちになっていたロボット産業は，2010年には約3兆円，2025年には約8兆円の市場規模が見込まれており，今後は，炊事・掃除・洗濯などの家事や，介護・育児・教育など，我々により身近で，より複雑な作業にも関わって行くことが期待されている。

しかしロボットが対象とする作業が複雑なものになればなるほど，その操作や設定は複雑なものとなりがちで，導入や管理に多くの手間と知識を必要とするようになる。一方で，これらのロボットの商品化にあたっては，対象とする利用者を，これまでの高度な知識を持った技術者から，一般ユーザへとシフトして行く必要に迫られる。先の市場予測も，技術の更なる発展が前提とされており，ロボットを，より簡単に，わかりやすく，少ない手間で使えるようにすることが求められる。

ロボット産業は自動車と同じく，材料・機械・電子・情報など，様々な分野を包括する総合産業である。こうした点から，ロボットが一般に受け入れられるものとする事は，産業全体にとって重要な課題であり，県内においてこうした産業の育成を計ることは，ものづくり全体のレベル向上に繋がり，産業の振興を行う上において，非常に有効な策

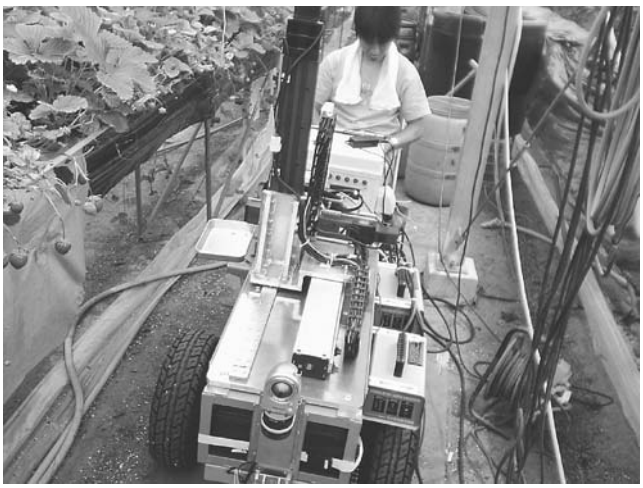


図１　ターゲット移動ロボット

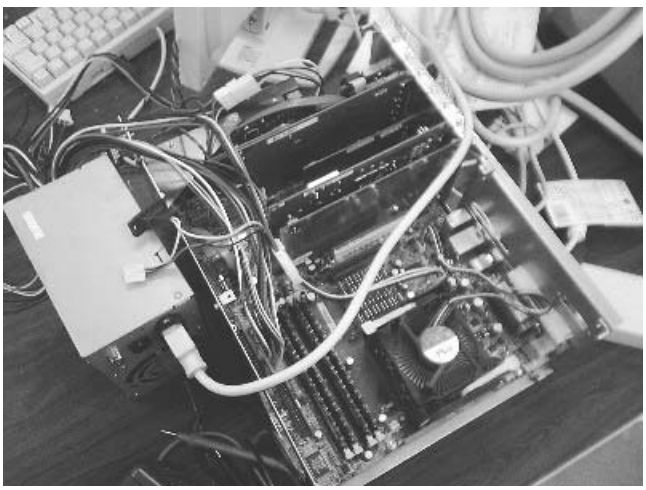


図２　ターゲット移動ロボット（制御用ＰＣ）

＊　栃木県産業技術センター　機械電子技術部
＊＊ 富士エアロスペーステクノロジー株式会社

と思われる。

そこで本研究では，このように複雑な作業をこなす，多機能なロボットとして，農作業ロボットを対象とし，より安全で，簡単に導入・設定・操作するための通信および遠隔制御システムの構築を行い，より多機能なロボットの商品化に向けた基礎を築くことを目的としている。

2　研究の方法

本研究におけるターゲットシステムは，車輪型の自律型移動ロボットであり，左右二つの駆動輪につながる二つの独立したモーターと，二つのフリーキャスター，制御用と駆動用それぞれに二つずつ，計４つのバッテリー，制御用基盤とPCから構成される。フレームと車輪の構成を図１に，制御用PCを図２に示す。制御用PCにはRed hat Linux[3]ベースのFedora Core[4]がインストールされ，移動ロボットの航行制御，および移動ロボットの上部に載せる作業ロボットの制御に用いられる。

しかし，実際のターゲットとなるロボットは，農作業タスクの研究で使用中のため，ユーザインタフェイスの開発は，このロボットに搭載された環境を模した開発環境を独自に構築し，この上において行った。また，コンソール側にはWindowsがインストールされたノートPCを用いている。これらの開発環境，およびソフトウェア構成を表1～3に示す。

次に，この開発環境を用いて，移動ロボットの遠隔制御システムの構築を行った。このシステムは，コンソールから次に挙げるR1～R3を行うことを目的とする。

R1: ロボットからの映像を見ることができる。
R2: ロボットの状況を表示することができる。
R3: ロボットの基本的コントロールが行える。

また，次のような機能が望まれる

R4: ほとんどの設定を行うことができる。
R5: 導入・メンテナンスが容易である。

そこで，次のような３つの部分に分割して，それぞれの部位について開発・実装を行った。

E1: ロボットーコンソール（遠隔制御端末）間通信
E2: ロボット側サーバ群（ロボット側ソフトウェア）
E3: 情報表示クライアント（コンソール側ソフトウェア）

これらの関係を示したのが，システム構成図（図３）である。なお図中の，△で示したインタフェイス及びアクセスポイントがE1に，Robot PC内の各プログラムはE2に，Console PC内の各プログラムがE3に相当する。

このような構成にすることで，例えば携帯電話やPDA，携帯ゲーム機など，遠隔操作側にはどんなマシン，どんなOSを持ってきても，Webの閲覧さえ出来る環境であれば，基本的な情報を得る事ができる。また，Webで使用されているアクセス制限機構や認証機構，ファイアーウォールなどのセキュリティを高める技術，Flash，Java applet等の表現技術を，そのまま利用することができる。

なお，今年度の研究においては，昨年作り上げたWeb遠隔監視システムをベースに，①手動遠隔操作の実現，②通信途

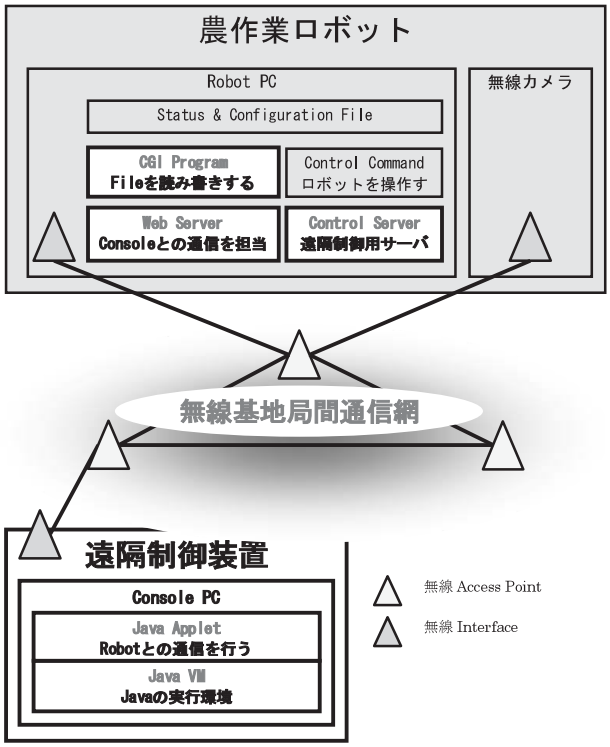


図３　システム構成図

図中太枠太字がセンター開発・実装担当部分。

表1　実験環境（ハードウェア）

サーバPC（Vine Linux[5]）	×１
コンソールPC（Windows）	×１
無線カメラ	×１
無線ルーター	×１
無線アクセスポイント	×３

表2　実験環境（サーバ側ソフトウェア）

OS	Vine 3.1 Kernel 2.4.27
Web server	Apache-1.3.33
開発言語	PHP 5.1.2

表3　実験環境（コンソール側ソフトウェア）

OS	Windows XP Home
実行環境	JRE1.4.2_05[6]
ブラウザ	Internet Explorer 6

絶時の原因検知によるフェイルセーフの実現，③遠隔操作端末画面の改良，④携帯電話による状態監視機能の実現，を行い，これらとは別に，⑤通信や航行技術に関する基礎研究を行った。

２．１　手動遠隔操作の実現

昨年度の研究においては，ロボット側の状態をコンソール側に送る事のみを行ったが，今年度の研究において，ロボットの簡易的な手動操作を，カメラ画像を見ながら，コンソールからボタンで行えるようにした。

２．２　通信途絶時のフェイルセーフ

手動による遠隔操作を行う場合には，通信途絶によりロボットの暴走，コントロール不能状態を引き起こす恐れがあり，自律型ロボットにおいては，手動操縦の際にも，このような事態を避ける為の手段が取られるべきである。ところで，今回開発したシステムにおける障害は，ロボットーAP間，APーAP間，コンソールーAP間，の障害に分けられ，何処で障害が起こっているのかによって，ロボットが取るべき対処は異なる。

例えば，手動操縦中に，コンソール側PC，またはAPの障害が発生した場合には，緊急停止するか，ロボットを自律運行に切り替えるしかない。一方，ロボットーAP間での通信が途絶えたのであれば，ロボットがAPの通信可能範囲を出た事が考えられ，通信状態回復の為に，通信が可能であった場所までを自動で運転する事も考えられる。

実際にどのような対処を行うのかは，状況や運用方針によるものであるが，こうしたフェイルセーフ機構設計の基本となる，ロボットーコンソール間の障害位置を特定するためのシステムを構築した。また，具体的なフェイルセーフの実装として，手動操縦時の通信途絶への対応を行った。

２．３　遠隔操作端末画面の改良

昨年度作成した遠隔操作画面には，位置を表示するグラフィカルな部分はあるものの，ロボットの状態を，文字や数値で表示するだけで，直感的な判断を行いにくい。そこでロボットの傾きやモーターの回転数など，イメージ化しやすい部分についてこれを行うと共に，位置表示機能についても拡大縮小機能や，進行方向を画面の上に向けるヘディングアップなどの機能追加と強化を行った。

２．４　携帯電話による状態監視機能の実現

今回Webベースで遠隔制御システムを構築した理由の一つに，端末を選ばないというものを挙げたが，実際にはPCとPDAや携帯電話などでは，処理能力や画面サイズ，操作性に違いがあるため，双方に同じサービスを提供する事は観察する側にとって効率的でない。そこで携帯端末専用の遠隔監視システムをPC用とは別に用意し，動作確認を行った。

２．５　通信・航行技術に関する基礎研究

今回のロボット開発では，通信には無線LAN（TCP・UDP/IP/IEEE802.11）を，航行には赤外線センサーを用いた。しかし通信や航行に有用と思われる手段は他にも多数存在する。そこで，ここまでの遠隔制御システムの構築と平行して，簡単な自立型ロボットの構築を行い，通信および航行技術を研究するための基礎を構築した。

３　結果及び考察

３．１　手動遠隔操作の実現

手動遠隔操作システムの構築にあたり，Control Serverをロボット側に，Control Appletをコンソール側に配置した。まず，これらのプログラムから，ロボット側に用意された基本的な操作コマンド（前進，後進，右旋回，左旋回）を呼び出して，ボタンを一度押す毎に，10cm，30°動かすシステムを構築した。しかしこの方式では，微調整が効かない上に，直感的でなく，操作性が悪い。

そこで，現在の動作指令（Go Forward，Turn Right，Stop等）をApplet側から200ms間隔で常に送り続け，Server側は，命令に変更があった場合にはそれに対処し，また，命令が途切れた場合にはStopをかけるようにした。

これにより，遠隔地からゲーム感覚で手動操作を行う事ができ，操作性が向上すると共に，通信途絶時の暴走を避ける事が出来る。

３．２　通信途絶時のフェイルセーフ

昨年度作成した，コンソールからの状態監視プログラムが起動している時，コンソール側プログラムからロボットに対しては，一定間隔で状態報告の要求を送っている。そこで，ロボット側では，この要求の間隔を見ることで，またコンソール側では，応答の有無を見ることで，互いに通信路の障害を検出する事が出来る。

通信路における障害を検出すると，次に障害箇所の特定プロセスに入る。まず，ロボット・コンソール双方から，登録された無線アクセスポイントに対してアクセスを試みる。この結果から，双方で障害箇所を推定する。

コンソール側には，応答が途切れた段階（HTTPのGET要求に対する応答にTimeoutが発生）から障害発生の注意を促す。また，更に連続して応答が無い場合には，通信途絶の警報を発すると共に，障害発生場所の推定結果を表示するよう，システムを構築し，動作の確認を行った。

ところが，ロボット側について，手動操作時には上記の

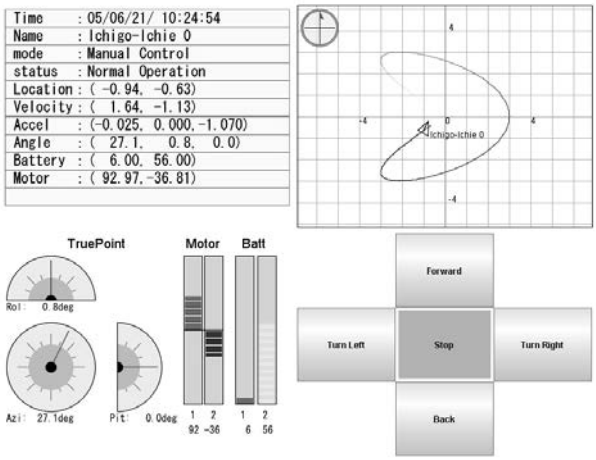


図４　コンソール情報表示画面

左上にステータス，右上に走行履歴・現在位置とロボットの向き，左下に方位・傾きとモーター回転数・バッテリーの状態，右下には手動操作用のボタンを配している。左上のステータス表示プログラムがロボットとの通信を行い，このプログラムとの通信により，走行履歴や現在位置のマップ，傾きや方位角を表示している。通信障害が発生すると，手動操作画面の中央に警告を表示する。

方法が利用できるものの，自動操作時には，コンソールからの要求そのものが無いため，別の手段を取る必要がある。そこで自動操縦時には，アクセスポイントとの間の通信状態を能動的に監視させる事で対応する事とした。

３．３　遠隔操作端末画面の改良

昨年度作成した遠隔操作画面のうち，カメラ画像については別画面とすることになったため，これを省いた。一方で，通信用のAppletから情報を受け取り，傾きやモーター回転数，バッテリー残量をグラフィカルに表示するディジタル計器板Appletと，手動操作時に使うアプレットを設置した。今回開発したコンソール情報表示画面を図４に示す。

また，SSLによる暗号化とWeb Serverのパスワード認証機構を用いて，今回のシステムが何処からでもアクセスできる事によるセキュリティの問題に対応した。

３．４　携帯電話による状態監視機能の実現

携帯電話用に作った情報監視システムの動作結果を図５に示す。携帯電話には，ロボットからの画像と共に，通信アプレットが入手するものと同等の情報（文字と数値）を表示する事ができ，緊急停止を行う事ができる。

今回開発したシステムでは，Java Appletを利用しておらず，自動更新や手動での制御を行うことができない一方，キャリアや機種を選ばず，Webにアクセスできる携帯端末であればどんなものでも利用することができる。

３．５　通信・航行技術に関する基礎研究

図５　携帯電話での情報表示画面

時刻とロボットからの画像，現在の状況を文字列で得る事ができる。また，非常時に緊急停止をかけることも可能。ただし，リロードは手動行う必要があり，遠隔操作などに関しては未対応。

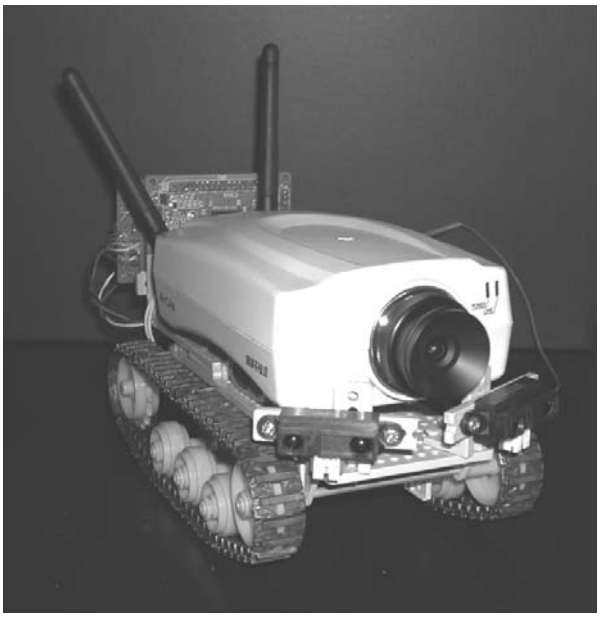


図６　試作した自立型ロボット

前方左右に二つ付いているのが距離計。無線 LAN カメラによる画像監視も可能。カメラから出る二本のアンテナの後方に見えるのは H8 マイコンのボード。

今回，通信・航行技術に関する基礎研究として作成した自立型ロボットを図６に示す。このロボットは，H8マイコン，リチウムポリマーバッテリー，左右二つのモーターとこれを制御するためのモータードライバー，左右二つの距離センサー，三軸加速度センサー，4bit無線通信モジュール，無線LANカメラから構成されている。

このロボットは，センサーからの入力をH8マイコンで処理しながら，リモコンからの指示により，①通常の手動操縦，②二つの赤外線距離計を用いて壁までの距離を測定しながら一定間隔を保ちながら走行，③同じく赤外線距離計

を用いて対象までの距離を一定に保つように移動する事ができる。

4　おわりに

本年度は，昨年度作り上げたWeb遠隔制御システムをベースに，提案時に挙げた5つの要求を満足するシステムの開発・実装・検証を行った。また，通信や航行，制御技術の基礎として簡単な自立型ロボットの構築を行った。

謝　辞

本研究を実施するにあたって，とちぎコンソーシアムのメンバーである，富士エアロスペーステクノロジー㈱，加持金属工業㈱，宇都宮大学，また，管理法人である栃木県産業振興センターの皆様にお世話になりました。特に，宇都宮大学大学院工学研究科尾崎助教授，同じく鹿内さん，出雲産業㈱原さんには，多大なる支援を受けたので，ここに感謝の意を表します。

参考文献

1)　総務省 ネットワーク・ロボット技術に関する調査研究会資料10-3 http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/policyreports/chousa/netrobot/
2)　経済産業省 ロボット政策研究会配布資料 http://www.meti.go.jp/committee/materials/g50128bj.html
3)　redhat.com　http://www.jp.redhat.com/
4)　Fedora Project　http://fedora.redhat.com/
5)　Vine Linux Home Page　http://vinelinux.org/
6)　Sun Microsystems - Java テクノロジ http://jp.sun.com/learnabout/java/

本研究は平成１７年度とちぎコンソーシアム事業（平成１６年度から継続分）「農作業ロボットの開発研究」にかかる共同研究である。

共同研究

難削材の高能率切削
ー チタンのエンドミル加工 ー

宇賀持和仁*，大橋利仙*，柏崎親彦*，田村昌一*，関山　隆雄**，横山　達生**，塩谷　達郎**

High efficient cutting of Hard Cutting Materials
- End Milling of Titan -

Kazuhito UGAMOCHI,Toshinori OHASHI,Chikahiko KASHIWAZAKI,Shoichi TAMURA,
Takao SEKIYAMA,Tatsuo YOKOYAMA,Tatsuro SHIOYA

付加価値の高い材料として様々な材料が使用されている。そのような材料には被削性の悪い難削材と呼ばれる材料が多く，加工費のアップする原因となっている。

本研究では，後付けの高速スピンドルを用いてチタン合金の切削実験を行い，高速切削の適用の可能性を確認した。

Key words ：高速加工，エンドミル，チタン合金，マシニングセンタ，増速スピンドル

1　はじめに

機械加工は人件費の安い海外に流出している。その中で生き残るためには，人件費の安い海外とコスト・量で競争するより，より付加価値の高い材料の加工を安定して行うことが今後も必要になると考えられる。難削材としては多くの難削材が上げられるが，金属材料として代表的なの材料を挙げると，

・超耐熱鋼ー加工硬化が大きい，高温での機械的強度が大きい

・チタン合金・ｽﾃﾝﾚｽー熱伝導性が小さく，工具との親和性が高い

と，加工が困難な材料である。難削材の切削を行う際にはこれらの特性のため，工具摩耗が激しく工具費がかさみ，また切削速度を上げることができないためリードタイムが増大するなど，コストがかかっているのが現状である。難削材は高機能性材料でもあり，今後幅広い用途が期待される。

Ｈ１３年度までの，焼き入れ材等の高硬度材の切削の研究については一定の成果を得た[1)]。振れの少ない主軸（工具刃先の振れで１μｍないしそれ以下）を持つ工作機械で切削することにより，切削抵抗が少なく，結果切削送りを上げられるため高能率（送り4,800mm/min，周速 200m/min）での加工が可能となった。また小径の刃物（φ２）が使用できるため高精度の加工が粗加工から仕上げまで１種類の工具で可能となった。この研究で得たノウハウを各種難削材に生かそうと考えた。

そこで，本研究では高速スピンドルを用い，切削条件の検討を行い，加工データの集積を図ることを目的とした。

2　チタン合金の切削

2．1　切削条件

チタンの被削性を調査するため，表１の条件で切削を行った。

表１　共通切削条件

機種	横型マシニングセンタ
被削材	チタン合金 Ti-6Al-4V
切削方法	側面切削，ダウンカット
工具	エンドミル　コーティング超硬
主軸	高速スピンドル
切削油	水溶性（エマルジョン）

高速スピンドルによる切削状況を写真１に載せた。

通常マシニングセンターの主軸はモーターにより駆動されるが，大径のエンドミルでの切削を想定しているため，トルクは大きいが，高速回転はできない。（当該マシニングセンターは4,000min^{-1}）

本研究で使用する高速スピンドルはマシニングセンターに後付けし，スピンドル内蔵のモーターを外部コントローラーにて制御することにより最高 50,000min^{-1}

＊　栃木県産業技術センター　機械電子技術部

＊＊ 出雲産業㈱

の回転数を実現している。機械的に増速するスピンドルと比べ，回転精度が良く，熱の影響が少なく，高精度な加工が可能である。

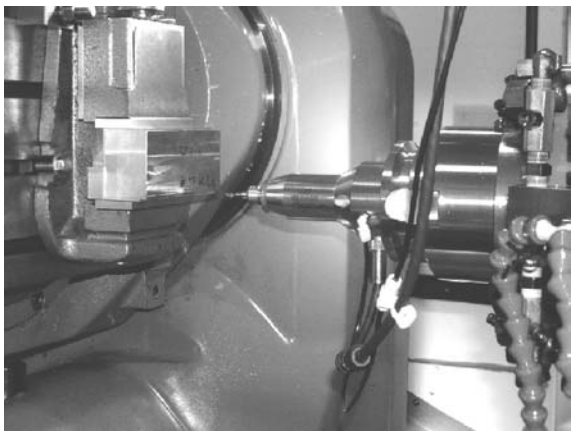


写真１　高速スピンドルによる切削

従来の汎用マシニングセンタでのチタン合金の切削速度は 30m/min 程度が目安となるが，今回の実験では高速スピンドルを用い、高速切削（小さい切り込みで高速回転）になる。切削条件は工具メーカーの推奨条件である切削速度約 200m/min（32,000min^{-1}），スピンドルの最高回転数である約 300m/min（50,000min^{-1}）及び約 200m/min（32,000min^{-1}）で切り込み量を変えたもの，の３条件で比較することとした。（表２）

表２　切削条件

条件	1	2	3
クーラント	水溶性	水溶性	水溶性
工具径	2	2	2
軸方向切り込み(mm)	2	2	2
径方向切り込み(mm)	0.05	0.05	0.1
１刃あたり切り込み(mm)	0.012	0.012	0.019
回転数(min^{-1})	32,000	50,000	32,000
切削速度(m/min)	201	314	201
送り速度(mm/min)	1,500	2,400	2,400
時間あたり切削量(mm^3/min)	150	240	480

チタンは化学的に活性で，条件によっては発火の恐れがあるため，水溶性の切削液を使用することとし，ドライでの切削は見送った。

切削後の工具観察・摩耗量の測定はキーエンスのデジタル顕微鏡 VHX-100 にて行った。

２．２　結果及び考察

結果を図１に示す。すくい面にはほとんど摩耗は発生せず，逃げ面に摩耗が出た。摩耗の様子を写真２に示す。１０μｍ前後の摩耗量は，摩耗とコーティングの変色の判別の難しさ，測定誤差などがあるため，一律１０μｍとした。

磨耗量自体は最大３０μｍが観察された。磨耗量としては少なく，工具としてはまだ使用可能ではあるが，細かいチッピングが発生しつつあり，切削速度・工具寿命ともにひとつの指標となるかと思われる。

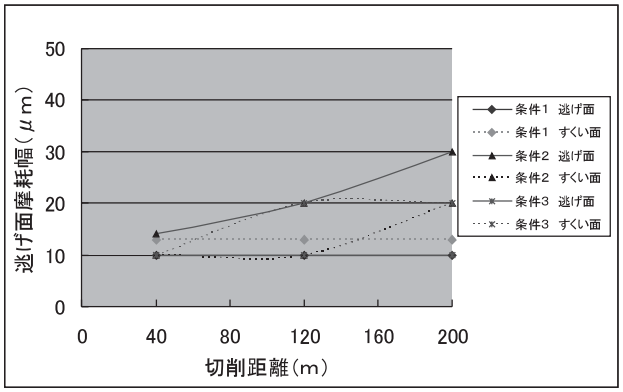


図１　工具摩耗進行線図

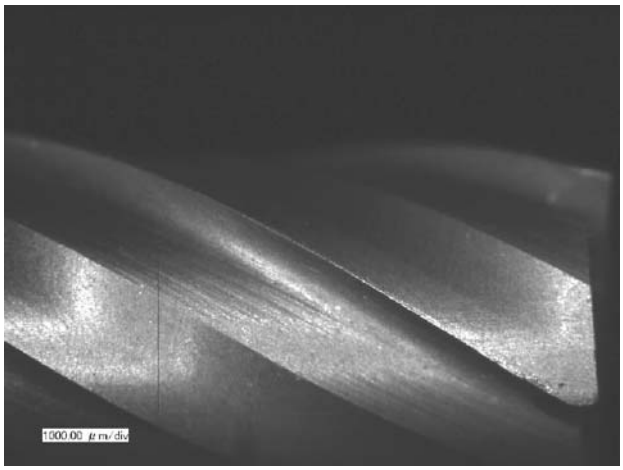


写真２　逃げ面摩耗の様子

条件２，３に関しては，時間あたりの切削量が増大しているにもかかわらず，確認された摩耗量は逆に少なくなった。適正な条件下では，高速切削による工具寿命の伸びることが確認された。

ただし，チッピングについては条件１ほどではないが，同様な現象が確認できた。水溶性切削油のため，熱衝撃の影響があるものと考えられる。

また，高速切削では細かい切り屑が標準のフィルターではほとんど除去されず，機械への影響が懸念される。切り屑処理を検討材料として課題を残すこととなった。

３　おわりに

難削材であるチタン合金について切削を行った。

１）増速スピンドルが一般的なマシニングセンターに比較的簡単に後付け出来，小径工具での高速加工が可能であることを確認できた。

２）チタンについては切削速度 300m/min においても切削が可能であることを見いだせた。

謝　　辞

本研究を実施するにあたって，ダイヤチタニットテクニカルサポート㈱狩野勝吉氏には多大なる支援を受けたので，ここに感謝の意を表する。

参考文献

1)宇賀持和仁,横塚勝：クーラントレスに関する加工（第３報）,平成 13 年度栃木県工業試験研究機関研究集録,228-231 (2002)

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

共同研究

地盤調査機におけるデータ収集装置の開発

坂本 憲弘*，岡　英雄*，仁平　悦雄**

Develop a Data-Collect-Device For Sounding-Test

Norihiro SAKAMOTO, Hideo OKA, Etsuo NIHEI

スウェーデン式サウンディング試験方式の地盤調査機において、ＰＩＣマイコンで構成した計測／通信回路とパソコンを組み合わせたデータ収集装置の開発を行った。

Key Words : スウェーデン式サウンディング試験，PIC，Excel-VBA，EasyComm

１　はじめに

本研究は，仁平製作所㈲との共同研究により，地盤調査機におけるデータ収集装置の開発を実施するものである。

地震や耐震強度に対する関心の高まりにより，地盤の調査が今まで以上に重要視されてきた現在，本研究に係る地盤調査機へのニーズも高まりつつある。

また，これらのニーズに対応するためには従来機の高機能化，利便性向上が必須であり，研究課題でもあるデータ収集装置の開発はその最たるものであると共に，研究により得られるノウハウは同様な機器への転用が可能であるので，開発のメリットは大きい。

２　地盤調査機の構造と調査方法

本開発に係る地盤調査機はスウェーデン式サウンディング試験方式（ＪＩＳ Ａ１２２１に規定される）と呼ばれる小規模建築物の地盤調査として，最も実績があり経済的な方法に基づいて調査を行う装置である。

構造はスクリューポイント，ロッド，載荷・回転・引き抜き装置からなっている。

調査方法はスクリューポイントにロッドを介して荷重を徐々に載荷したときロッドが下方に沈むかどうかを観察し，この時の荷重（Ｗｓｗ）kgと貫入量（Ｄ）cmとの関係を記録する。次に荷重を１００ｋｇまで載荷し，ロッドの沈み込みがなく静止している場合には，ロッドを回転させ，スクリューポイントで土を掘進しながら強制的にロッドを貫入させ，ロッドを２５ｃｍ貫入させるのに要した半回転数（Ｎａ）と貫入量（Ｌ）cmとの関係を記録する。貫入量（Ｌ）に対する半回転数（Ｎａ）は，式①を用いて貫入量１ｍあたりの半回転数（Ｎｓｗ）に換算する。なお，貫入量１ｍあたりの値は最も近い整数に丸める。

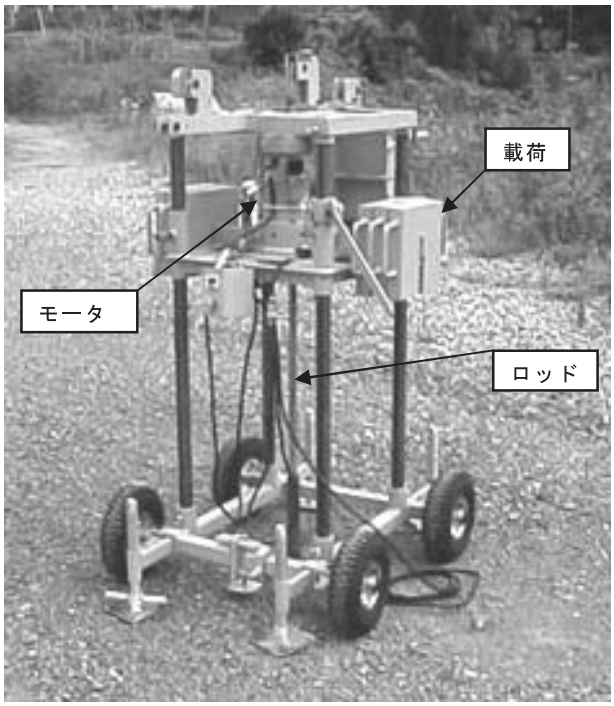


図１　地盤調査機：仁平製作所ＨＰより

Ｎｓｗ＝１００／Ｌ×Ｎａ　…①

（Ｌが特に２５ｃｍの場合は，Ｎｓｗ＝４Ｎａ）

地盤の強さを判定するには，その評価手続きがある程度認知されている「Ｎ値」を目安にすることが一般的に行われている。Ｎ値は，本来ビルなどの重量構造物向けの地盤調査として普及しているボーリング標準貫入試験の測定値だが，スウェーデン式サウンディング試験においても，本来のＮ値に準じる「換算Ｎ値」を算出する換算式が提案されている。現場で記録された実測値（Ｗｓｗ，Ｎｓｗ）を基にして地盤工学的な数値に変換し，解析の基準とするため換算Ｎ値を

*栃木県産業技術センター，**仁平製作所㈲

下記の式により算出する。

換算Ｎ値を算出するには大別して粘性土用と砂質土用の式②，③（稲田式）があり，土質分類に基づいてそれぞれの式に実測値を代入することによって得られる。

【砂質土】Ｎ＝0.02Ｗｓｗ＋0.067Ｎｓｗ　…②

【粘性土】Ｎ＝0.03Ｗｓｗ＋0.050Ｎｓｗ　…③

地盤判定の目安としては平成１３年７月２日国土交通省告示第１１１３号第二から，地表面下10ｍまでの地盤に次のような土層の存在が認められる場合としている。有機質土・高有機質土（腐植土）粘性土で，スウェーデン式サウンディング試験において１００ｋｇ以下の荷重で自沈するもの（換算Ｎ値２以下）。砂質土で，スウェーデン式サウンディング試験において半回転数（Ｎｓｗ）が５０以下のもの（換算Ｎ値５以下）としている。

３　データ収集装置の開発方法

現在のデータ処理フローを見ると，ロッドの沈み込みを２５ｃｍ毎に目視で確認し，荷重やカウンタに表示される半回転数を手書きで記録し，そのデータを報告書作成用ソフトに入力する作業が行われている。

そこで，データ収集装置としては貫入量２５ｃｍ毎のデータをＥｘｃｅｌ及びＣＳＶ形式でパソコンに取り込むことで，報告書作成ソフトへのデータ入力を容易にすると共に，データをパソコン画面上で表示し地盤の状態を視覚的に把握できるような，ハードとソフトの開発を行う。

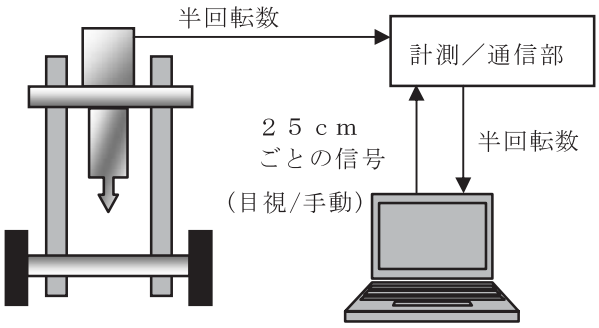


図２　システム概要

３．１　計測／通信部の作成

貫入量２５ｃｍ毎のデータとしては荷重のみによるものか，回転によるものかを判別しなければならないが，荷重のみの場合は回転を伴わないので“０”という扱いをすることで判別が可能となる。

よって，必要なデータは貫入量２５ｃｍ毎の半回転数となるので，計測部は貫入量２５ｃｍ毎の半回転数をカウントし，通信部は２５ｃｍ毎にパソコンから送られてくる信号を受信し，それに併せてカウントした半回転数のデータをパソコンに送信する機能を持たせることが必要となる。

以上を踏まえて検討の結果，コスト，電源（DC5V）の確保等の観点から，計測／通信制御にはＰＩＣ（PIC16F84）を用い，パソコンとの通信はＲＳ－２３２Ｃ（シリアル通信）で行うこととした。

今回，対象となる地盤調査機は半回転ごとにＯＮ／ＯＦＦする接点の状態をカウントして半回転数を取得しているので，接点のＯＮ／ＯＦＦを０Ｖと５Ｖの信号に変換する回路を付加することで，ＰＩＣへのデータ取り込みが可能となる。この他の外部回路（IC等）としてはＰＩＣとパソコン間の通信における電圧レベルの変換を行う，ＩＣ（MAX232CPE等）を必要となる。

また，取り込んだ半回転数のカウントや２５ｃｍ毎の割込処理，データのシリアル変換とパソコンとの送受信に関してはＰＩＣにアセンブラでプログラムを組むことでソフト的に処理することができる。

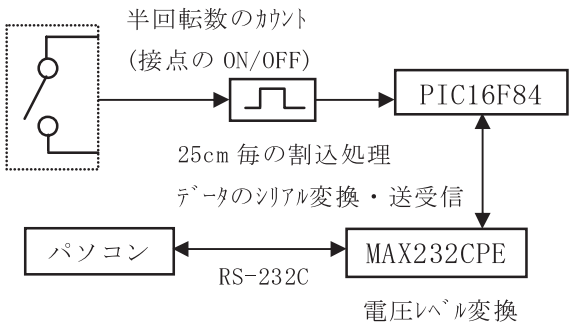


図３　計測／通信部概要

３．２　表示／データ処理部の作成

パソコン上で行う操作は，まず貫入量２５ｃｍ毎（目視による確認）に計測／通信部に対してカウントした半回転数を送信するよう命令し，受信した半回転数を画面上に表示する。次に，受信した半回転数からグラフの作成や前述の式②，③から換算Ｎ値を算出してＥＸＣＥＬのデータとして保存できる機能を持たせることが必要となる。

以上を踏まえて検討の結果，Ｅｘｃｅｌ－ＶＢＡを用いてプログラムを行うこととした。プログラムとしては，計測／通信部との通信（RS-232Cによる）を行う部分，グラフ等の表示を行う部分，データの保存等を行う部分から構成されている。ここで，グラフ等の表示，データの保存を行う部分に関しては，Ｅｘｃｅｌ－ＶＢＡのシリーズ（Officeの各バージョン）を通して動作するプロ

グラムとなっている。パソコンの画面上では，図４に示すようなコマンドボタンを配して，測定の開始，２５ｃｍ毎の操作，コメントの選択，終了（終了時にファイルにデータを保存する）等をマウスによる操作で実行できるようになっている。また，図５に示すように２５ｃｍ毎の半回転数と各パラメータからＮ値を算出すると共に，図４のように２５ｃｍ毎の半回転数をグラフ化することで視覚的に地盤の様子を確認できるようにしている。

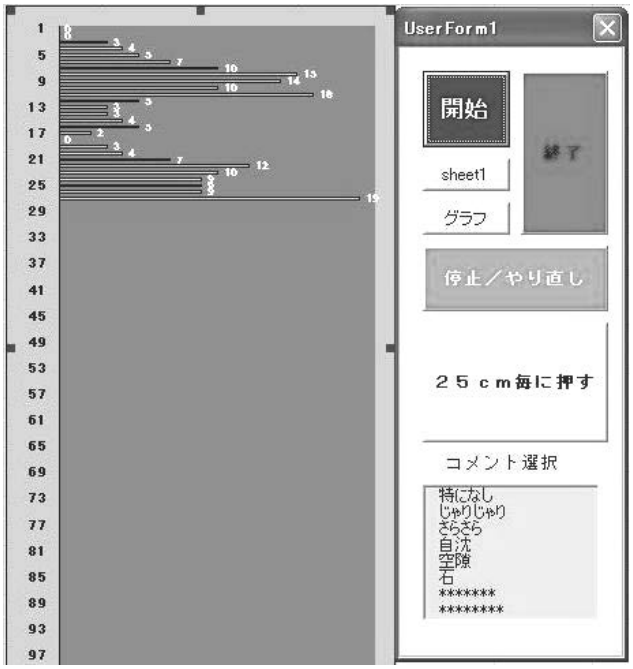


図４　パソコン画面の表示①

	25cm	半回転数	コメント	Nsw	Wsw(kg)	土質	N値
2	1	0	自沈	0	100	粘性土	3
3	2	0	自沈	0	100	粘性土	3
4	3	3	さらさら	12	100	粘性土	3.6
5	4	4	さらさら	16	100	粘性土	3.8
6	5	5	さらさら	20	100	粘性土	4
7	6	7	さらさら	28	100	粘性土	4.4
8	7	10	じゃりじゃり	40	100	粘性土	5
9	8	15	じゃりじゃり	60	100	粘性土	6
10	9	14	じゃりじゃり	56	100	粘性土	5.8
11	10	10	じゃりじゃり	40	100	粘性土	5
12	11	16	じゃりじゃり	64	100	粘性土	6.2
13	12	5	じゃりじゃり	20	100	粘性土	4
14	13	3	さらさら	12	100	粘性土	3.6
15	14	3	さらさら	12	100	粘性土	3.6
16	15	4	さらさら	16	100	粘性土	3.8
17	16	5	さらさら	20	100	粘性土	4
18	17	2	さらさら	8	100	粘性土	3.4
19	18	0	自沈	0	100	粘性土	3
20	19	3	さらさら	12	100	粘性土	3.6
21	20	4	さらさら	16	100	粘性土	3.8
22	21	7	さらさら	28	100	粘性土	4.4
23	22	12	じゃりじゃり	48	100	粘性土	5.4
24	23	10	じゃりじゃり	40	100	粘性土	5
25	24	9	じゃりじゃり	36	100	粘性土	4.8
26	25	9	じゃりじゃり	36	100	粘性土	4.8
27	26	9	じゃりじゃり	36	100	粘性土	4.8
28	27	19	じゃりじゃり	76	100	粘性土	6.8

図５　パソコン画面の表示②

しかし，ここで問題となるのが計測／通信部との通信を行う部分である。Ｗｉｎｄｏｗｓ９５～２０００をＯＳとしていた時期のパソコンではＲＳ－２３２Ｃのコネクタ（9pin）がほぼ標準で装備されており，ＭＳＣｏｍｍ（VisualBasic4.0以降に内蔵されたOCX型のカスタムコントロールで，このOCXを使えばVisualBasicでフォームにMSCommコントロールを貼り付けるだけでシリアルポートへの送受信プログラムを作成することができ，Windows95/98/NT/2000共通で使用可）という命令を使って，通信部分のプログラムを作成できたが，ＷｉｎｄｏｗｓＸＰ以降はＥｘｃｅｌ－ＶＢＡ上でＭＳＣｏｍｍが使用不可であると共に，パソコンもＵＳＢのコネクタが主流となりＲＳ－２３２Ｃのコネクタが装備されない状況となっている。

これらの対策として，プログラム面ではＥａｓｙＣｏｍｍ（単体で販売すること以外は自由に使用し，また内容を閲覧・引用することが可能）と呼ばれるフリーツールを使用することとした。ＥａｓｙＣｏｍｍはＥｘｃｅｌ－ＶＢＡ，ＶＢでシリアルポート（複数のポートを使用可能）を利用することを目的としたモジュールで，二つの標準モジュールをインポートするだけで使用できる。さらに，Ｗｉｎｄｏｗｓ９５～ＸＰまで対応可能であり，ＭＳＣｏｍｍのようなライセンスに関しての制限もないのが特徴である。これにより，Ｗｉｎｄｏｗｓのバージョンによる制約なしに計測／通信部との通信が可能となった。次に，ハード面での対策としては，ＥａｓｙＣｏｍｍによりＷｉｎｄｏｗｓのバージョンが変わってもＲＳ－２３２Ｃの通信形態を使用することが可能となったので，現時点ではＵＳＢのコネクタのみのパソコンに対してアダプタ（RS-232C／USB変換）を使用することによって対応させることとした。

４　結果と考察

１．地盤調査機の構造及び実際の調査手順を精査のうえ，データ収集装置のシステムにおけるデータの収集から転送，加工及び保存に必要な回路，通信方式，ソフトウェアについて検討し仕様を決定した。

２．パソコンとのインターフェイス（RS-232Cによる通信）を考慮した、データの取得・蓄積・送受信を行う、計測／通信部の回路をＰＩＣ（PIC16F84）とＰＩＣとパソコン間の通信における電圧レベルの変換を行うＩＣ（MAX232CPE等）を中心に作成した。

また，取り込んだ半回転数のカウントや２５ｃｍ毎の割込処理，データのシリアル変換とパソコンとの送受信に関してはＰＩＣにアセンブラでプログラムを組むことで制御している。この時見逃しては

ならない点としては,地盤調査機からの半回転数が接点のＯＮ／ＯＦＦによる信号となるのでチャタリングの防止が必須となることである。

よって,この計測／通信部では回路素子によりハード的に,ＰＩＣのプログラムによりソフト的にこれらを防止している。

３．計測／通信部にデータの収集・送信を命令し、それに応じて受信した地盤調査機からのデータを画面上に表示すると共に、それらを調査結果としてまとめ、ＥＸＣＥＬのデータとして保存を行うパソコンの表示／データ処理部のプログラムをＥｘｃｅｌ－ＶＢＡにて作成した。プログラム的にはＥａｓｙＣｏｍｍと呼ばれるフリーツールを使用することにより，Ｗｉｎｄｏｗｓ９５～ＸＰまで対応可能となり，ＭＳＣｏｍｍのようなライセンスに関しての制限も解消されている。これにより，Ｗｉｎｎｄｏｗｓのバージョンによる制約なしに計測／通信部との通信が可能となっている。

本研究で使用したパソコンはＯＳがＷｉｎｄｏｗｓＸＰでＲＳ－２３２ＣとＵＳＢ両方のコネクタを装備しているので、通信はアダプタ（RS-232C／USB変換）を介さずに行っている。また今回はＵＳＢの出力（DC5V／500mA:MAX）を計測／通信部の電源として使用している。

以上の内容で完成した図６のようなデータ収集装置を用いて実証試験を行った結果，問題なく動作することを確認することができた。しかし，実際の調査現場は電子機器に対して良い環境ばかりとは限らないので，一般に販売する際には防水・防塵，耐振動・衝撃等を考慮したパッケージングまた操作性についても更なる検討が必要であると考える。

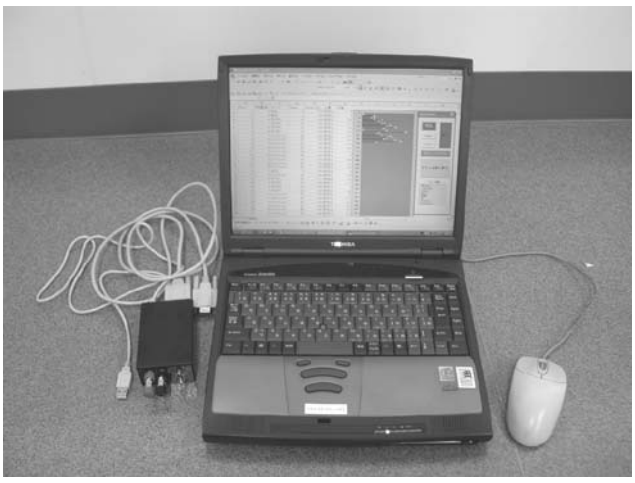


図６　データ収集装置外観

５　おわりに

本研究の対象となった地盤調査機において，手書きで帳簿にデータを記録し，報告書作成用ソフトにデータを手入力するなど，一連の作業の大部分を自動化できたことで、現場でリアルタイムに状況確認とデータの整理が可能となり、従来機の高機能化、利便性の向上を果たすことができた。これにより，データ収集装置については，当初の目的どおりに開発を終えることになるが，地盤調査におけるすべての工程において自動化された訳ではなく，ロッドが２５ｃｍ貫入量する毎にデータを取得する部分や掘削点の状態把握（音や振動により感覚的に判断）については手動で行わなければならない部分がある。コスト及び費用対効果，販売台数，価格などを考慮した上で可能であれば，更なる自動化とインテリジェント化を行っていきたい。

謝　　辞

この研究にあたり，スウェーデン式サウンディング試験方式の地盤調査について、現場資料等の提供他、アドバイスをいただいた仁平製作所（有）の仁平悦雄氏及び関係者に深く感謝いたします。

参考文献と資料

1)システムサイエンス研究所：“Ｅｘｃｅｌ２０００／９７ＶＢＡ基本例題３５０”技術評論社(2000年)

2)木下隆：”トランジスタ技術２００１年６，７，８月号 短期連載 ＥａｓｙＣｏｍｍ ｆｏｒ ＥＸＣＥＬの制作と応用“ＣＱ出版社

3)木下隆：“ＥａｓｙＣｏｍｍ（フリーソフト）について”ホームページ　http://www.activecell.jp/

共同研究

電波吸収材料の特性評価技術（第１報）

黒内　利明*　清水　暁*　岡　英雄*　地主　啓一郎**

Measurement Technology for Electro-Magnetic Wave Absorber (1st Report)

Toshiaki KUROUCHI, Akira SHIMIZU, Hideo OKA and Keiichiro JINUSHI

ユビキタスネットワーク社会に向けてワイヤレスを中心とした狭域通信技術の用途が急速に拡大している。それに伴い，電磁波の干渉や誤動作問題，セキュリティ対策など電磁環境を保全するため電波吸収技術の重要性が益々高まっている。そこで，電波吸収材料や電磁波抑制材料の開発支援を目的として，既存の電波暗室等を活用して「自由空間法」及び「マイクロストリップライン法」を用いて吸収や抑制の特性評価を可能にする簡易システムを開発した。

Key Words ：電波吸収体，自由空間法，マイクロストリップライン法

１　はじめに

ＥＴＣ（自動車自動料金支払システム）や自動改札機，無線ＬＡＮ，ＲＦＩＤなどを代表とするＤＳＲＣ（狭域通信）は，ユビキタス社会に向けて，その用途が急速に拡大している。

それに伴い電波の干渉や誤動作問題，セキュリティ対策など電磁環境を保全するための電波吸収技術の重要性が高まっている。最近では，ゴムやプラスチック，カーボン，紙，その他の材料を用いて薄型・軽量・難燃・加工性等に優れた様々な素材の電波吸収材料の開発が進展している。

本研究では，既存の電波暗室や計測器等を活用して電波吸収材料の特性評価を可能とする簡易システムを開発したので報告する。

２　研究の方法

２．１　電波吸収体

物質中に電波が入射すると図１に示すように，材料の表面付近で反射（反射量）が生じる。その残りは，材料の内部で吸収（吸収量）されて内部反射を繰り返しながら熱エネルギーに変化する。最終的に残りが，材料を通過（透過量）する。よって，以上の概念から次式の関係が成立する。

入射電力＝反射量＋吸収量＋透過量 ‥‥ (1)

一般に，(1)式に示す吸収量の割合が特に大きくなるように作られた電気材料が「電波吸収体」と呼ばれている。電波吸収体は，シェルクノフ(Schelkunoff)の多重反射理論に基づいて設計開発される。

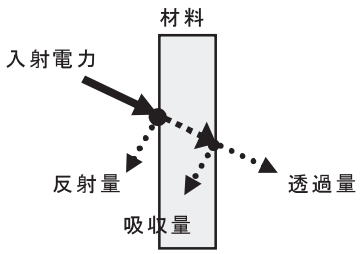


図１　電磁波の反射と吸収の概念図

また，最近では簡易なノイズ対策のデバイスとしてシート状あるいは塗布型の電波抑制材料が注目されている。ＩＣ上や配線路，筐体内等に直接あるいは近接させて付設し磁気損失効果をはかる対策手法として定着しつつある。

しかし，近傍界領域の対策は，その効果を合理的に判断することが難しく定量的な評価方法は確立されていない。

２．２　電波吸収量の評価

一般に，１ＧＨｚ以上の高周波領域では「自由空間法」，それ以下の低周波領域では「マイクロストリップライン法」（以下，ＭＳＬ法という）が使われている。以下に，その測定原理を述べる。

２．２．１　自由空間法

本測定法は，自由空間上の試料に対し，図２の構成により送受アンテナを配置して，その反射量から吸収量を求める方法である。

吸収効果は，試料と同一の形状や大きさを持つ基準反射板の反射電圧Ｖｍと試料に電波を照射したと

*栃木県産業技術センター，**フルヤ金属㈱

きの反射電圧Ｖsの比から吸収量Ｒ(dB)として次式が定義される。

$$R(dB) = 20\log|Vs/Vm| \quad \cdots\cdots (2)$$

(2)式は，送受信アンテナ間のカップリングや壁からの散乱波の影響，基準反射板のゆがみ，試料の大きさや厚み，試料とアンテナ間の距離，偏波成分等の誤差が含まれるので，こうした要因を排除することが重要である。

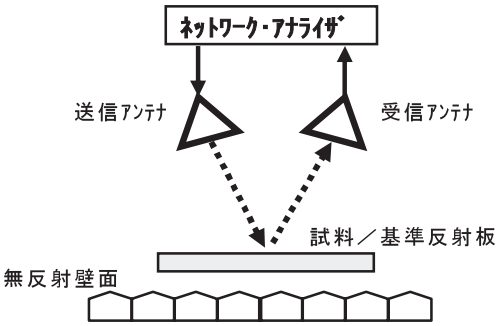


図２　自由空間法

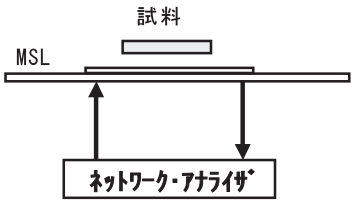


図３　ＭＳＬ法

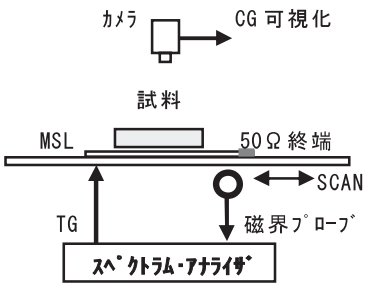


図４　ＭＳＬ法の可視化適用例

２．２．２　ＭＳＬ法

本測定法は，マイクロストリップ線路上に試料を付設し，図３の構成によりネットワーク・アナライザを用いて，反射量Ｓ11と通過量Ｓ21から損失量を求める方法である。

抑制効果は，反射係数Γ(S11=20log|Γ|)と透過係数Ｔ(S21=20log|Ｔ|)から伝送損失Ｌ(dB)として次式が定義される。

$$L(dB) = 1 - (|\Gamma|^2 + |T|^2) \quad \cdots\cdots (3)$$

(3)式の伝送損失Ｌは，その変化量が極めて少ないことや抑制効果との因果関係，性能予測が難しいなどの欠点がある。

そこで，図４に示す構成によりマイクロストリップ線路上の一端を５０Ωで終端し，他方からはキャリアを注入して近傍磁界可視化解析法（「ノイズファインダー装置」特許2769472号）を適用した。

近傍磁界は，距離の３乗に反比例して磁界強度が減衰する領域である。基板近傍における現象は，磁界強度の変化として感度良く検出できることが知られている。

３　結果及び考察

３．１　自由空間法

測定環境は，写真１に示す４０ＧＨｚ対応の小型電波暗室内（Ｗ４ｍ×Ｈ３．５ｍ×Ｄ７ｍ）とし，無反射壁面として有効活用する。

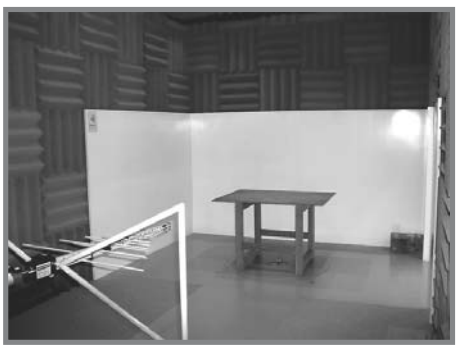


写真１　電波暗室・内部

測定器は，ネットワーク・アナライザ（Ｅ８３６２Ｂ，アジレントテクノロジー製）及びダブルリッチド･ガイドホーンアンテナ(ＢＢＨＡ９１２０Ｃ，シュワルツベック製）を用いる。

アンテナの据付は，床面に対して水平に配置し角度５～３０度に対向させる。試料は，非金属製の衝立に貼付する簡易な方法で固定する。測定距離は，０．５～２ｍで任意である。また，基準０ｄＢを与えるための基準反射板は，厚さ２ｍｍのアルミ製で一辺の長さが１λ以上の３００ｍｍと５００ｍｍの

正方形及び校正用の全反射壁を備える。測定冶具類の設置状況を図５に示す。

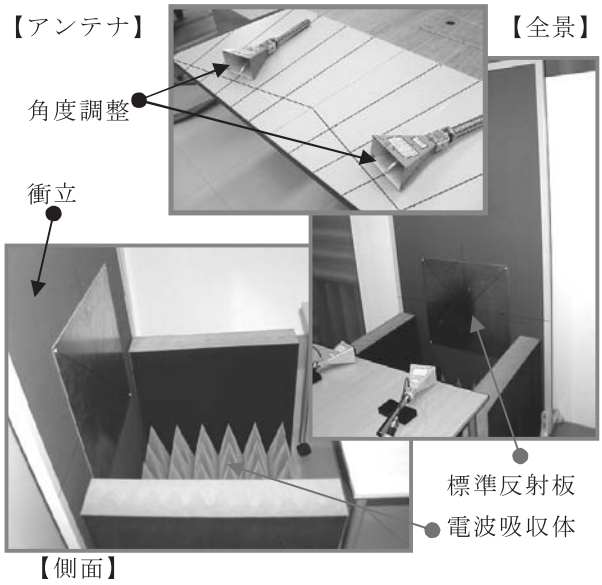


図５　自由空間法

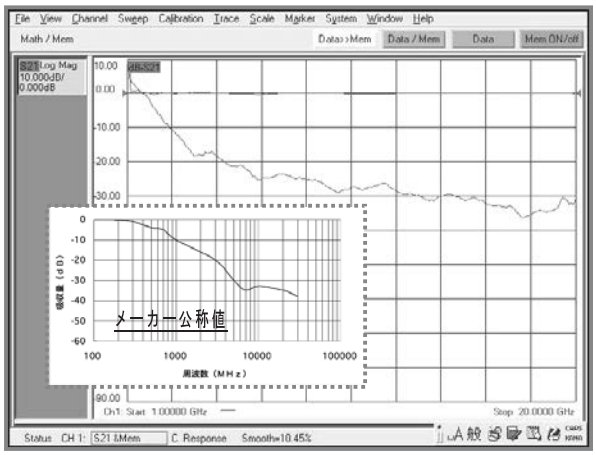


図６　電波吸収性能の測定例
（図中のグラフは，メーカー公称値である）

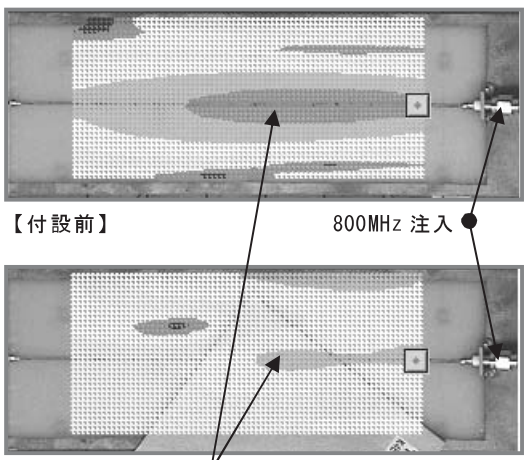
当該システムを用いて，市販のマイクロ波帯用ウレタン製電波吸収体を距離１ｍで測定した結果である。図６に示すグラフの横軸は，周波数１～２０ＧＨｚ，縦軸は電波吸収量(dB)を表している。ここでは，１０％のスムージング処理及び１６回の平均化処理を施している。図よりメーカー公称値と良く一致していることがわかる。測定値は，５～２０ＧＨｚでは概ね３０ｄＢの吸収効果があり，その最大値は３７ｄＢ程度であった。

３．２　ＭＳＬ法

測定器は，写真２に示すような電磁波可視化装置（㈱ノイズ研究所製･ＥＳＶ－３０００）を活用し，マイクロストリップラインの磁界分布を視覚表現する。

写真２　電磁波可視化装置

図７は，マイクロストリップラインの一端より８００ＭＨｚのＣＷ波を注入し電磁波抑制シートの磁気損失効果を可視化した例である。図中の表現色・１色当たりの磁界強度レベル差は５ｄＢとして色差表現としている。



成分：Ｘ方向磁界，間隔：２ｍｍ，１色当たり５ｄＢ
分布：（強）赤→橙→黄→緑→水色→青→透明（弱）

図７　電磁波抑制シートの測定例

この方法によると付設前の磁界分布は，ストリップラインに沿って一様な分布状況を示すが，電磁波抑制シートを付設すると何らかの磁気現象が生じて分布状況に大きな変化が現れる。

この例では，ストリップライン上の最大ノイズ発生源が，シート付設後，赤色から橙色に１段階の色差に縮小変化していることから－５ｄＢ程度のノイ

ズ抑制効果が認められる。

３．３　考察

現有設備を活用して電波吸収材料及び電磁波抑制シートの評価を試みた。その結果，「自由空間法」では，最大４０ｄＢ程度までの吸収効果を測定可能とする計測システムを開発した。しかし，測定の不確かさレベルの把握については，定量的に明確化できないため改善の余地がある。

次に，「ＭＳＬ法」では，電磁波抑制シートの磁気損失効果を電磁波可視化装置により解析した。その結果，抑制効果は５ｄＢ程度と僅かであるが，ストリップライン近傍の磁界分布から周辺への影響までも判り易く，かつ良好な感度で測定できた。

また，筆者らの経験によれば，近傍磁界分布と遠方電界との関係が明白なので将来的には，シート付設による抑制効果との関係も解明できるものと考える。

４　おわりに

この研究では，電波吸収材料の特性評価に「自由空間法」及び「ＭＳＬ法」を適用した。

次に，その成果を要約すると

1)　１ＧＨｚ以上の高周波領域では，「自由空間法」を実現した。

2)　市販の電波吸収体を測定したところ吸収効果特性の傾向が良く一致した。

3)　１ＧＨｚ以下の低周波領域では，「ＭＳＬ法」を適用して電磁波の可視化表現を行った。

4)　市販の電波抑制シートを測定したとこ抑制効果を解り易くかつ感度良く可視化表現できた。

今後は，「自由空間法」及び「ＭＳＬ法」について当センターのアプリケーションルールに基づき測定用ソフトウェアを構築したいと考えている。

謝　辞

この研究にあたり，電波吸収体の製造及び測定法について指導をいただいた材料技術研究所の渡辺聡志氏に深く感謝いたします。

参考文献

1)　“電波吸収体の技術と応用”橋本　修

2)　“電磁波の吸収と遮蔽”日経技術図書

3)　“電波吸収体”内藤喜之

4)　“ＥＭＣ”ﾐﾏﾂｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ №206 P41 小野祐司

5)　“電子通信情報学会誌”Vol.88 P943 西方敦博

5)　Noise Technical Report ㈱ノイズ研究所
Vol 21 No3～5

共同研究

ＥＭＩ計測の効率化と実証試験（第１報）

黒内　利明*　清水　暁*　岡　英雄*　吉澤　好美**

Speedup and Proof Examination of the EMI Measurement (1st Report)

Toshiaki KUROUCHI, Akira SHIMIZU, Hideo OKA and Yoshimi YOSHIZAWA

電気・電子機器には，国際的な電磁波規制が発効されており電磁的安全適合が義務づけられる。この合否判定には，事前にプリ・コンプライアンス計測が行われるが，１回の試験時間が長いことから慢性的なサイト不足やノイズ対策作業の非効率化の原因となっている。そこで，スペクトラムアナライザの「可変掃引ポイント法」に着目して１回の掃引周波数スパンを拡張する手法によって，従来法の約１／９まで計測時間を短縮し，これを第３者機関の小型電波暗室に適用して実証試験を試みたところ最短２分３０秒，測定分散誤差－１．３ｄＢと良好な結果を得た。ＥＭＩ計測の効率化に寄与する実用化アプリケーションの開発及びシステム構築を実現した。

Key Words ： EMI，放射性エミッション，プリ・コンプライアンス計測，電波暗室

１　はじめに

電気・電子機器からは，不要な電磁波が放射されており，関連機器メーカーでは法令に基づく安全適合宣言が義務づけられている。この合否判定には，「電波暗室」と呼ばれる環境を用いるが，１回当たりの試験時間が長いことから慢性的なサイト不足に陥っている。また，迅速な製品開発が迫られる中，この電磁波対策に長時間を要することが，新製品開発のネックとなっている。

そこで，スペクトラムアナライザの「可変掃引ポイント法」に着目して１回の掃引周波数スパンを拡張する手法によって放射性エミッション適合試験（以下，「ＥＭＩ計測」という）の効率化を第３者機関の小型電波暗室に適用して実証試験を行ったので報告する。

２　研究の方法

２．１　研究の目的

本報は，電気製品のＥＭＩ計測に係る試験時間の短縮に関する研究であり，慢性的なサイト不足の解消及びノイズ対策作業の効率改善をはかることを目的とする。

２．２　ＥＭＩ計測システム

実証試験に用いる設備は，共同研究者所有の電波暗室及び計測器をターゲットとした。電波暗室は，全無響型簡易仕様の寸法Ｗ３ｍ×Ｈ３ｍ×Ｄ７ｍの小型暗室である。機構は，高さ２ｍのアンテナ昇降機及びターンテーブルを有する。暗室内部には，周波数特性の改善を図るため写真１に示すような電波整合体を壁面部分に拡張してある。

計測器は，ポータブル型スペクトラムアナライザ（アジレント・テクノロジー社製，Ｅ７４０２Ａ）を用いた。

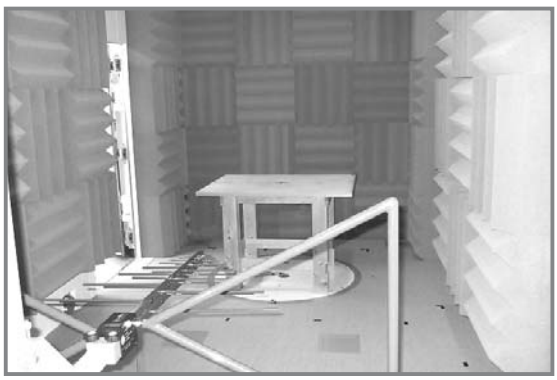


写真１　電波暗室及び内部機構

２．３　可変掃引ポイント法

ＥＭＩ計測の規定では，周波数３０～１０００ＭＨｚの範囲を分解能バンド幅１２０ｋＨｚ間隔で８０８４個の周波数ポイントを測定することとなっている。

しかし，８０８４個の周波数をレシーバで個々にチューニングし手動計測することは容易なことではない。通常は，スペクトラムアナライザのピーク検波を利用して高速掃引による自動計測が行われている。これを，一般にプリ・コンプライアンス計測と呼んでいる。

ところが，従来のスペクトラムアナライザによる計測では，１回の掃引によって得られる周波数ポイ

*栃木県産業技術センター，**㈱ナカニシ

ント数が通常１０００個程度と測定器の仕様によって決められており，８０８４個の周波数を測定するには，述べ9回も周波数スパンを分割しながら測定する必要がある。ここが本測定において最も非効率的なところである。具体的には，１サイクル当たりの分割測定に約４分（アンテナ昇降を４回，試料テーブルの回転を４回とした時の場合）の時間がかかるので，これを９サイクル繰り返すと合計３６分の試験時間が必要である。

写真２　測定室
（スペクトラムアナライザ）

このため通常では，分解能バンド幅を規格外の３００ｋＨｚに設定するなどして測定の効率化を試みるが，それでも約４４％程度の短縮効果が得られるものの，こうした方法ではデータ値の信頼を損なうなどの欠点がある。

そこで，スペクトラムアナライザの掃引データ数の拡張機能に着目して，１回の掃引データ数を８０８４個まで拡張し，周波数スパンを放射性エミッション規格の規制帯域幅である９７０ＭＨｚまで拡大する。これによってアンテナ昇降やテーブル回転の操作を僅か１サイクルに省略して計測時間を原理上１／９程度まで短縮する手法（「可変掃引ポイント法」という）を開発するものである。

２．４　検証の方法

「可変掃引ポイント法」の有効性を検証するため，第３者機関の電波暗室に対応したＥＭＩ全自動計測アプリケーションを開発する。

このアプリケーションには，掃引データ数を標準の１０００個から最大８０８４個まで周波数スパンを拡張できる機能を付加する。

実験の方法は，標準の１０００ポイントを基準とし，掃引データ数を上げて測定の時間短縮率及び精度誤差を検証する。

比較検証用として用いるＥＵＴ（供試体）は，繰り返し精度に優れたスィーパの利用が望ましい。ここでは，確度±２ｄＢの広帯域ノイズ発生器・ＣＮＥⅢ（york社製）を用いることとした。

また，アンテナの昇降回数は，２回及び４回とし昇降動作の都度，試料テーブルを毎分０．８２５ｒｐｍの速度で回転させる。使用するアンテナは，広帯域のバイログ型・ＣＢＬ６１１１Ｂ（chase社製）を選定した。

３　結果及び考察

３．１　計測アプリケーションの開発

開発したソフトウェアは，図１に示すようなWindows ベースの「ＥＭＩ全自動計測アプリケーション」である。このソフトウェアは，当センターで

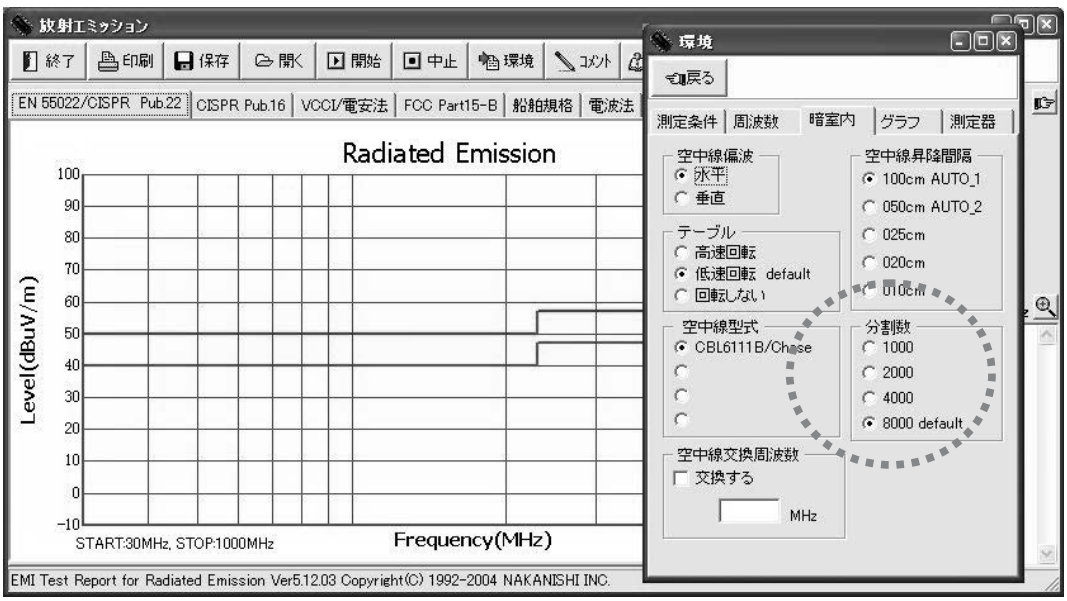
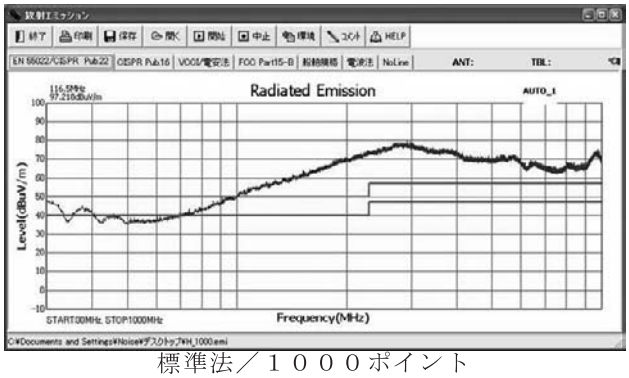
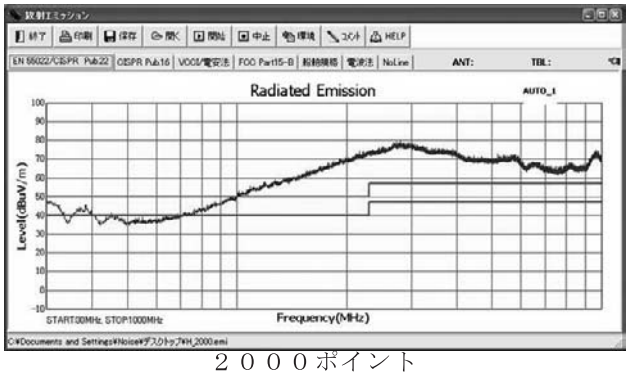


図１　ＥＭＩ全自動計測アプリケーション

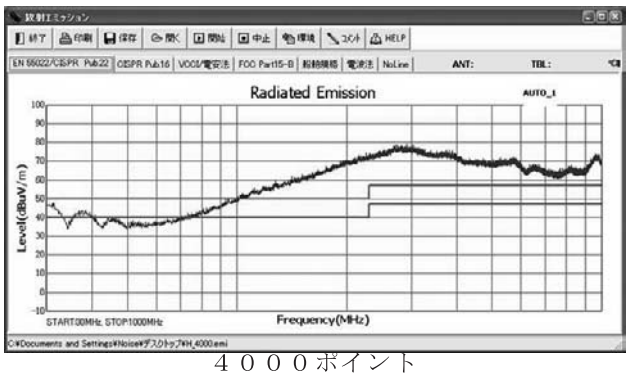
開発している電波暗室系アプリケーションの作成ルールに従って記述し移植性や操作性に配慮した設計としている。



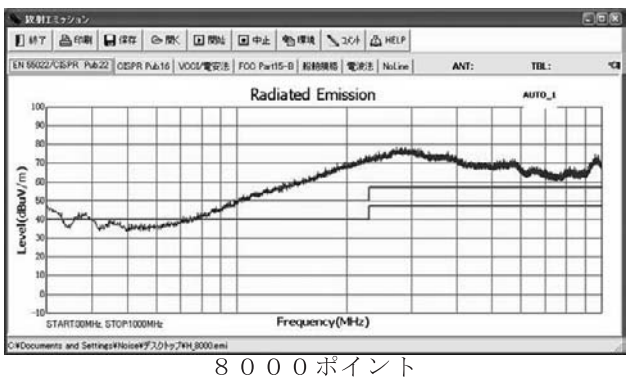
標準法／１０００ポイント



２０００ポイント



４０００ポイント



８０００ポイント

図２　可変掃引ポイント法による測定

３．２　測定結果

開発したＥＭＩ全自動計測アプリケーションを用いて測定したＥＵＴの輻射状況を図２に示す。図では，掃引データ数を１０００，２０００，４０００及び８０００ポイントに設定して比較した例である。図中の横軸は周波数，縦軸は電界強度値を表している。次に，その結果を要約する。

３．２．１　時間短縮率

標準法（１０００Ｐ）の測定時間を基準とする時間短縮率を求めた。ここでは，標準の３６分に対して８０００ポイント法では，４分にまで時間短縮した。このときの時間短縮率は１１％である。また，昇降回数が２回の場合は２分３０秒まで短縮した。その他の短縮率を表１に示す。

表１　時間短縮率及び計測誤差

ポイント数	試験時間 昇降4回	試験時間 昇降2回	時間 短縮率 (%)	誤差 平均 (dB)
1000P	36’00	22’30	100	0
2000P	16’00	10’00	44	-0.23
4000P	8’00	5’00	22	-0.91
8000P	4’00	2’30	11	-1.31

３．２．２　測定誤差

標準法（１０００Ｐ）の測定データ値を基準とする散布誤差の平均を求めた。標準法に対して８０００ポイント法では，最大－１．３１ｄＢの誤差が生じた。その傾向は，表１に示すとおりでありポイント数に応じて誤差も増大する。なお，８０００ポイント法の誤差分布を図３に示した。

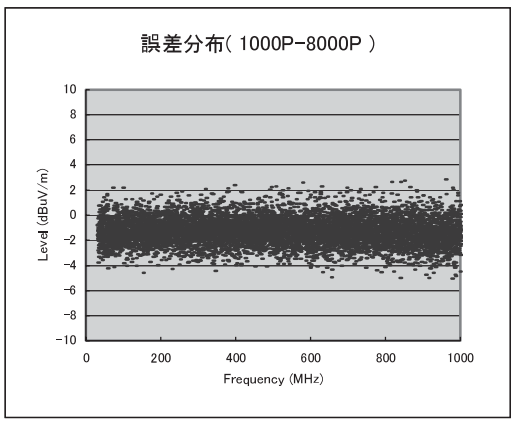
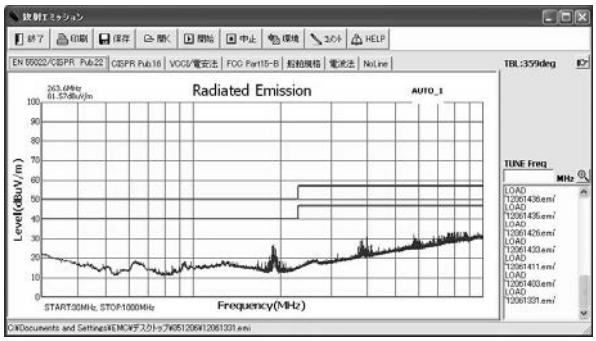


図３　８０００ポイント法の誤差分布

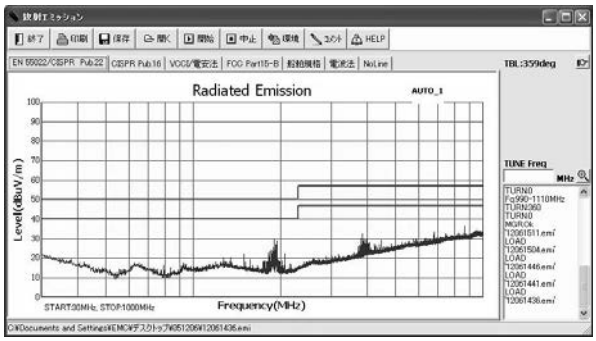
３．３　製品モデルの評価例

実機の製品モデルを使って標準法と８０００ポイント法で測定比較した。標準法では，周波数６００

ＭＨｚ以上からノイズが多いことがわかる。これは，分割測定をすることによって測定開始から２０分以上も経過し，そのリアルタイム性を失っていることが原因である。測定の初期と終盤において，何らかの動作に変化が生じたものと推測される。８０００ポイント法では，測定時間が短いため，こうした現象は起きにくいと考えられる。



標準法



８０００ポイント

図４　製品モデルのＥＭＩ評価例

３．４　考察

以上の結果から考察すると，ＥＭＩ計測に「可変掃引ポイント法」を適用することにより試験時間を最短１／９・約４分にまで短縮できた。このときの誤差平均の程度は－１．３ｄＢと充分に小さくプリ・コンプライアンス計測として実用上の許容範囲内と考える。

次に誤差の要因については，ポイント数を上げると掃引に時間がかかるので，試料テーブルの１掃引当たりサンプル角度が大きくなることやサンプル数そのものの減少が原因である。

４　おわりに

ＥＭＩ計測の効率化に「可変掃引ポイント法」を適用すると標準法と比較し試験時間の大幅な短縮が期待できる。

次に，その成果を要約すると

1)　「可変掃引ポイント法」によるＥＭＩ全自動計測アプリケーションを開発した。

2)　ＥＭＩ計測の試験時間を従来法の１／９・約４分まで短縮した。

3)　計測誤差は－１．３ｄＢ程度である。

4)　標準法と比較し計測のリアルタイム性を確保できる。

5)　製品開発に寄与する。

今後は，「ダブルアンテナ法」と本研究で開発した「可変掃引ポイント法」を集積一元化する。また，試料テーブルの最適速度制御を行う「ヒストグラム制御法」を新たに開発し，３手法を組み合わせた統合型アプリケーションを実用化する。これにより国内最速の電磁波高速計測システム技術の開発を構築したいと考えている。

謝　辞

この研究にあたり，スペクトラムアナライザの高速制御について指導をしていただいたアジレント・テクノロジー㈱の池原司益氏に深く感謝いたします。

参考文献

1)“研究報告”栃木県工業技術センター
89(1990)，73(1991)，32(1992)，1(1993)，1(1994)
12(1994)，101(2002),91(2004)
黒内，清水，島田，坂本，大根田，荷見，山崎

2)電子情報通信学会
Vol.94 No82，EMCJ94-12(1994-06)

3)“成果普及講習会”中小企業庁，静岡県，栃木県
2-1(1993) 技術開発研究費補助事業

4) Noise Technical Report ㈱ノイズ研究所
Vol 21 No3～5

共同研究

細管内面の超精密磁気援用研磨技術の開発（第３報）
ーガスアトマイズ磁性工具による細管内面の精密磁気研磨加工ー

齋藤　哲男*　　小池　勝美*　　大和　弘之*　　大森　和宏*　　山口　ひとみ**　　桑名　朗***

Development of New Ultra-precision Machining process in Magnetic Field and Applications
-Precision Cylindrical Magnetic Abrasive Finishing of Gas-atomized Magnetic Tools (3rd Report)

Tetsuo SAITO，Katsumi KOIKE，Hiroyuki YAMATO，Kazuhiro OMORI
Hitomi YAMAGUCHI and Akira KUWANA

磁気援用加工法は磁力と機械加工を複合させた加工法で，磁力線が物体を透過する現象を利用し，加工工具の運動を遠隔操作できる。このため，目に見えない箇所，工具を挿入できない細管内面の鏡面仕上げ，複雑形状部品のバリ取り等従来技術では加工できない精密部品の加工に適用できる。この加工法を実用化するためには加工性に優れた磁性研磨工具の開発が不可欠であることから，ガスアトマイズ法による新しい磁性研磨工具の開発を行った。その結果，既存の工具よりも加工性能に優れた磁性研磨工具を開発することができた。

Key Words ： 磁気援用加工，磁性研磨工具，精密部品，ガスアトマイズ法，加工性能

１　はじめに

近年，次世代半導体や医療分野の製造プロセスに用いられるスーパークリーンパイプ等の内面にはより高精度な表面が求められ，磁気を用いた磁気援用加工法が提案されてきた[1)－5)]。磁気援用加工法とは磁場に感応する磁性工具に磁力を介して加工に必要な加工力と運動を与え，工作物表面を精密研磨する技術であり，この加工法においては，精度の高い加工を可能にする工具の開発が強く求められている。

現在，国内で市販されている磁性研磨工具は鉄と酸化アルミニウムの２成分から構成されている工具であるため錆を発生しやすく，工具の大きさと形状が不均一であり細管への充填が困難で，細管内面の研磨加工には不向きである。

本研究では，加工力が大きく高精度な研磨加工が行えるガスアトマイズ磁性研磨工具を開発するために，工具の組成や表面形状，金属組織等が加工性能に及ぼす影響について検討を行った。その結果，既存の磁性研磨工具よりも加工性能に優れ，錆の発生もなく真球に近い形状で細管に充填しやすく，既存の工具では困難であった細管の精密加工が行えるガスアトマイズ磁性研磨工具を作製することが出来たので，その加工特性について報告する。

＊　栃木県産業技術センター　材料技術部
** 宇都宮大学　工学部　　*** 桑名商事株式会社

２　研究の方法

２．１　ガスアトマイズ磁性工具用母合金の作製

ガスアトマイズ磁性工具の原材料となる母合金を日新技研㈱製真空溶解装置を用いて作製した。本装置は高周波電源を用いた真空溶解方式により活性な元素の酸化を防止してそれらの元素を含む鉄合金を安定して作製する装置で，本実験ではFe-0.9wt％V合金を鋳込み温度1600℃で作製した。

２．２　ガスアトマイズ法による磁性工具の作製

図１に本実験に用いたガスアトマイズ法の原理を示す。ガスアトマイズ法は容器底部の細孔から重力により落下する金属溶湯の細流に対して適当な角度の高圧ジェットガス流を衝突させて球状の微細粒子を得る方法で，噴霧ノズルの径やガス流の速度を変化させることにより粒子の大きさを変えることができる。

磁性工具の作製は日新技研㈱製超小型ガスアトマイズ装置により行った。この装置は高周波電源を使用した外熱溶解方式により，真空または不活性ガス雰囲気中で溶解を行うため，高温材料の溶解が可能で金属微粒子の酸化も防止することができる。この装置を用いて，ガスアトマイズ工具の組成がFe-0.9wt％V合金となるよう溶湯成分を調整して，アルゴンガス噴霧圧を６MPa，溶解温度を1665℃～1730℃，噴霧ノズル径を1.5mm及び2.0mmに設定して，ガスアトマイズ磁性砥粒を作製した。得られた砥粒を㈱セイシン企業製

音波式篩い分け機を用いて分級して研磨加工実験に用いた。

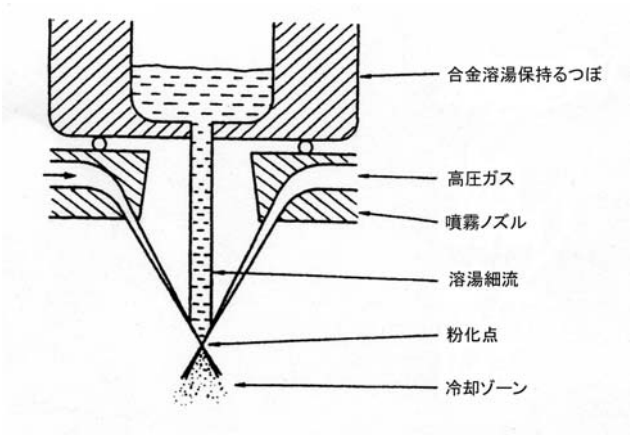


図１　ガスアトマイズ法粉化機構

２．３　ステンレス鋼細管内面の磁気援用加工

ガスアトマイズ法により作製した磁性工具を用いて，内径 1.8mm の SUS304 ステンレス鋼内面の磁気援用加工を行った。工作物を加工旋盤の主軸にチャックし，細管の外部に磁極を設置し，内部に磁性工具を供給して，細管を高速回転することにより細管内面の研磨加工を行った。磁極には磁力の大きい Nd-Fe-B 永久磁石を用い，表１に示す条件で磁気援用研磨加工実験を行った。次に、粒径が 63 ～ 106 μ m のガスアトマイズ磁性工具の再分級を行い，工具に強く付着している微粒子を分離後，表２に示す３種類の工具を用いて内径 18mm の SUS304 ステンレス鋼内面の研磨加工実験を行い，この工具の加工のメカニズムについて検討を行った。

表１　内径 1.8mm の細管内面の磁気援用加工条件

工作物	SUS304 ステンレス鋼円管 外径 2.0mm,内径 1.8mm,長さ 60mm
磁極回転数	7653 回転／分
磁性工具粒径 供給量	100 ～ 200 μ m 0.02g
磁極	Ｎｄ－Ｆｅ－Ｂ永久磁石 寸法：18 × 12 × 10mm
磁極振動	振幅幅:2.5 ｍｍ 振動周波数:0.8 Ｈｚ
磁極と工作物 間のすき間	0.5 ｍｍ
水溶性研磨液	0.04ml
工具の飽和磁 束密度	2.2T

表２　内径 18mm の細管内面の磁気援用加工条件

工作物	SUS304 ステンレス鋼円管 外径 20mm,内径 18mm,長さ 100mm
磁極回転数	1800 回転／分
磁性工具粒径 及び供給量	①再分級前 63 ～ 106 μ m 1g ②再分級後 63 ～ 106 μ m 1g ③再分級後 63 ～ 106 μ m 0.7g 63 μ m ＜ 0.3g
磁極	Ｎｄ－Ｆｅ－Ｂ永久磁石 寸法：18 × 12 × 10mm
磁極振動	振幅幅:5 ｍｍ 振動周波数:0.8 Ｈｚ
磁極と工作物 間のすき間	1 ｍｍ
水溶性研磨液	0.12ml
工具の飽和磁 束密度	2.2T

３　結果及び考察

３．１　真空溶解装置で作製した磁性工具母合金

真空溶解装置を用いて作製したガスアトマイズ磁性工具の母合金の化学組成を表３に示す。母合金中の酸素，窒素含量は各々 6.2ppm，9.3ppm と大気溶解で作製した合金に比べ低い値である。また，合金の組成はバナジウムがやや低い値であるが，目標とする化学組成に近い合金を得ることができた。図２には作製したガスアトマイズ磁性工具用母合金の金属組織を示す。金属組織はフェライトとパーライトから構成されている。パーライトはフェライトに比べて生成量が少なく，低炭素鋼に類似の金属組織となっている。また，この母合金は鋳放し状態なのでフェライトやパーライトが僅かにデンドライト状に分布している傾向も観察される。非金属介在物は図３に示すようにこの合金中にはほとんど生成してないことがわかる。これは合金中の酸素及び窒素含量からも明らかなように真空溶解することにより，大気溶解に比べて酸化物や窒化物の溶湯中への混入が少なかったためと考えられる。

表３　真空溶解装置で作製した母合金の化学組成

（ｗｔ％）

	C	Ｓｉ	Ｍｎ	V	O ppm	N ppm
母合金	0.29	0.29	0.39	0.81	6.2	9.3
目標値	0.30	0.30	0.40	0.90		

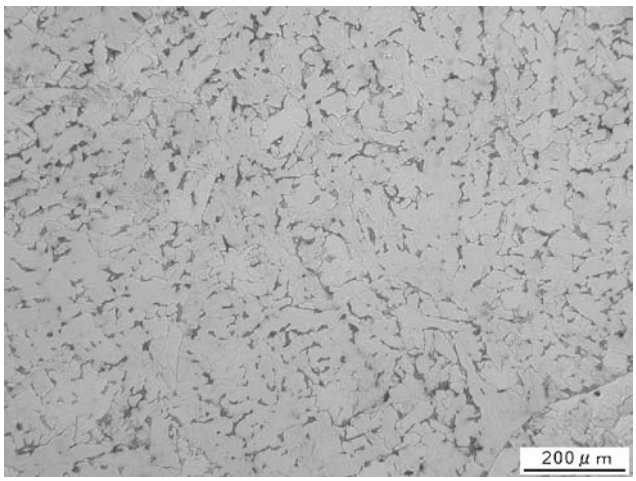


図２　真空溶解 Fe-0.8wt％V 合金の金属組織

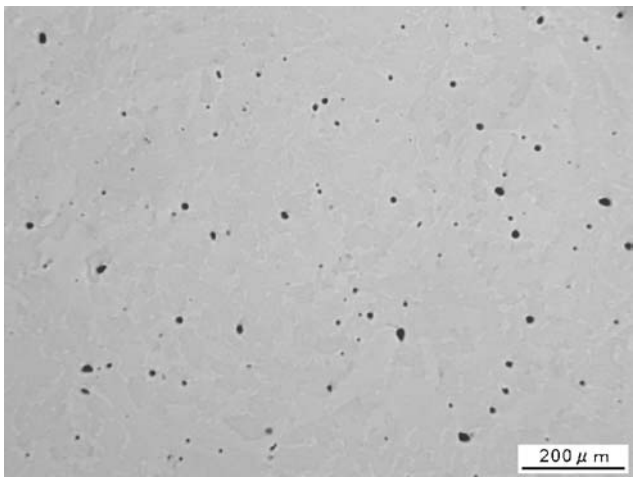


図３　真空溶解 Fe-0.8wt％V 合金中の非金属介在物

３．２　ガスアトマイズ法で作製した磁性工具

作製したガスアトマイズ磁性工具の形状は，図４に示すように真球に近い形状で，工具表面には微細な凹凸状のヒダが多数観察される。また，ほぼ均一な粒径の砥粒の他に微細な径の砥粒が僅かに混在していることが観察されている。

本法で作製したガスアトマイズ砥粒の平均粒径は溶湯温度の上昇にともない大きくなり，2.0mm の噴霧ノズル径を用いて作製した砥粒の平均粒径は 1.5mm のものに比べ大きくなることがわかった。このことは，噴霧ガス圧が一定の条件ではガスアトマイズ砥粒の平均粒径は容器底部から落下する溶湯の流量に比例して大きくなることを示しており，小比賀等が行った実験結果（ガスアトマイズ粉末の平均粒径は溶湯流量とガス流量比で表されている）と一致する[6]。

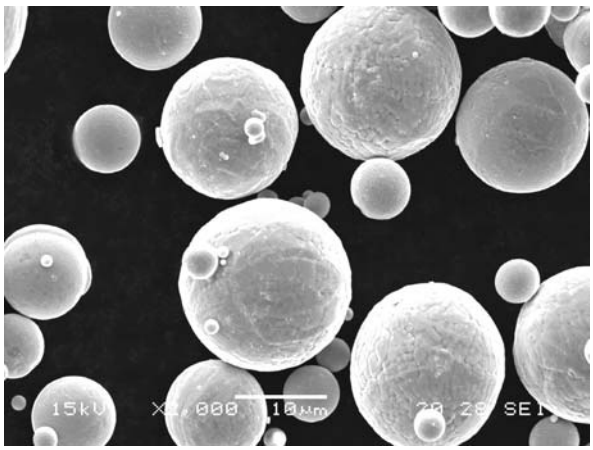


図４　ガスアトマイズ磁性工具の形状

３．３　SUS304ステンレス鋼細管内面の研磨特性

ガスアトマイズ法で作製した磁性工具を用いて，表１に示す加工条件で内径 1.8mm の SUS304 細管内面の磁気援用加工を行った結果を図５に示す。本工具を用いて加工を行うと，加工時間の経過にともない加工量は比例的に増加し，面粗さも向上して８分間の磁気援用加工により 0.030 μ mRa の仕上げ面が得られる。磁気援用加工法は加工物（細管）の外部に磁極を設置し細管内部に磁性工具を供給して磁極に振動と高速回転を与えることにより研磨加工を行う方法で，加工力は磁性工具の体積と磁化力に比例して大きくなる。体積が一定の場合，工具の加工力は磁化力に比例して大きくなる。この工具では鉄をベースとした組成であるために，飽和磁束密度が 2.2T と大きく，細管内面の加工に必要な加工力が得られたものと思われる。また，既存の工具は大きさと形状が不均一であるため細管内面に供給することが困難であるが，この工具は真球に近い形状であるため既存の工具に比べて細管内に充填しやすく，細管内面の磁気援用加工には適した磁性工具であると考えられる。

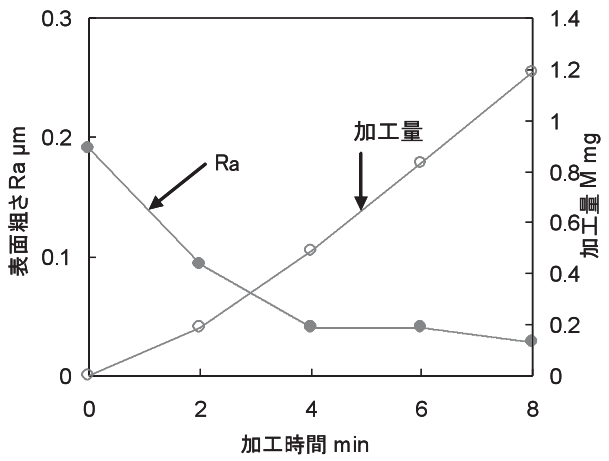


図５　内径 1.8mm の SUS304 内面の磁気援用加工結果

図６には粒径が 63 ～ 106 μ m のガスアトマイズ磁性工具を再分級し，工具に強く付着している微粒子を分離後磁気援用加工を行った結果を示す。再分級を行うことにより，粒径が 63 ～ 106 μ m の工具と 63 μ m アンダーの工具とに７：３の割合で篩い分けられた。再分級前の 63 ～ 106 μ m の工具を用いて加工を行った場合，加工時間の経過にともない加工量は比例的に増加し，面粗さも向上し 20 分間の磁気援用加工により 0.086 μ mRa の仕上げ面が得られている。これに対し，再分級後の 63 ～ 106 μ m の工具を用いた場合，加工時間の経過にともなう加工量も再分級前の工具に比べ極端に少なく，面粗さの向上も僅かである。また，再分級後の 63 ～ 106 μ mの工具と 63 μ m アンダーの工具を７：３の割合で混合した工具を用いて磁気援用加工を行った場合にも分級前の 63 ～ 106 μ m の工具に比べ加工量は少なく，面粗さの向上も僅かであった。

これらの結果から，ガスアトマイズ磁性工具では微粒子が切れ刃となり，切れ刃となる微粒子が加工力の大きい粗大粒子に強固に付着することにより，加工力が大きく向上すると推察できる。

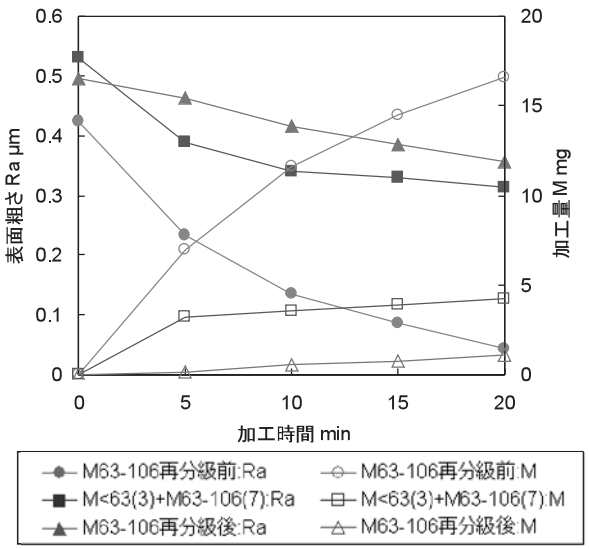


図６　SUS304 内面加工に及ぼす工具再分級の影響

４　おわりに

従来の加工技術では加工が困難な細管内面の鏡面仕上げ，複雑形状部品のバリ取り等の超精密加工技術の創出と活用を目的に，ガスアトマイズ法により新しい磁性工具の開発を行い，次のことが明らかとなった。

（１）　開発した磁性工具により，従来は加工ができなかった内径 1.8mm のステンレス鋼細管内面を 0.030 μ mRa の面粗度で加工を行うことができた。

（２）　開発した磁性工具では微粒子が切れ刃となり研磨加工を行うことができた。

（３）　開発した工具の加工性能は切れ刃となる微粒子が加工力の大きい粗大粒子に強固に付着することにより向上した。

謝　　辞

本プロジェクト研究を行うにあたり，熱心に御指導を頂きました研究統括者の宇都宮大学大学院工学研究科進村武男教授に心から感謝申し上げます。また，本研究の実施に際し，多大の御支援を頂きました関係者の皆様にお礼申し上げます。

参考文献

1）山口ひとみ, 進村武男, 日本機械学会論文集, 61,591 (1995)
2）山口ひとみ，進村武男，砥粒加工学会誌，44, 7 (2000)
3）進村武男，　山口ひとみ，科学と工学，74，169 (2000)
4）進村武男, 日本機械学会論文集(C), 53,485 (1987)202
5）進村武男, 精密工学会誌, 54,5 (1988)928
6）小比賀基治，　濱荻健司，福田匡，阿佐部和孝，粉末および粉末冶金，48, 11 (2001)

共同研究

木製サッシの製造技術（第３報）

常盤　茂*，　芝崎優光*，　伊澤光晴*，　渡邉明典**

Manufacturing Process and Performance of the Wooden Windows(3rd Report)

Shigeru TOKIWA* Masamitsu SHIBASAKI* Mitsuharu IZAWA* and Akinori WATANABE**

建具産地が保有する技術を基盤にして，次世代住宅に適合する木製サッシを開拓するため，設計に必要な製品部位の強度試験を実施し，開き窓を試作して性能評価を行った。

木ねじの保持力は，外枠の固定に高密度材料を使用すれば，薄板形状の木質材料であっても充分な保持力が得られることが確認できた。また，雇い核に高密度な広葉樹材を用いることにより，接合部の補強が可能であることが示唆された。

木製の戸と樹脂製外枠で構成される縦すべり出し窓を試作し，性能試験を実施したところ,断熱性の指標となる熱貫流抵抗値が H-5 等級の値を示し，省エネルギー効果の高さを示した。気密性は A-4 等級を満たす値が得られた。

Key Words：木製建具,断熱サッシ,製造技術,性能評価

１　はじめに

高断熱住宅に対応する開口部品は，欧米の例に見られるように木製サッシの適用が有効と考えられるが，普及には至っていない。住宅建設において高断熱・高気密化が進展する中では，省エネルギー性能に影響するサッシにも断熱性や気密性などの性能表示が求められる。そこで，これらの性能を付与するための設計・試作・試験を実施し，木製サッシの普及に必要な技術開発を進めた。

木製サッシの普及には，施工性の向上と強度保持が不可欠となるため，木ねじによる締結の可能性を検討するとともに，框接合部の強度について調べた。

昨年度に実施した引き違いサッシの性能把握に引き続き，今年度は開き窓タイプのサッシを対象に試作・試験を実施した。

２　研究の方法

２．１　試験体

２．１．１　木ねじ試験とＬ形接合

木ねじの保持力は，窓台やまぐさに多用されるスギ材を使用して測定した。外枠を住宅躯体に固定する際の保持力は，マカンバの積層材を作製して頭部貫通試験を行い評価した。

框の接合部を想定したＬ形接合の試験体は，ほぞ接合と雇い核による留めほぞ接合の２種類を比較した。試験体の寸法を図１に示す。

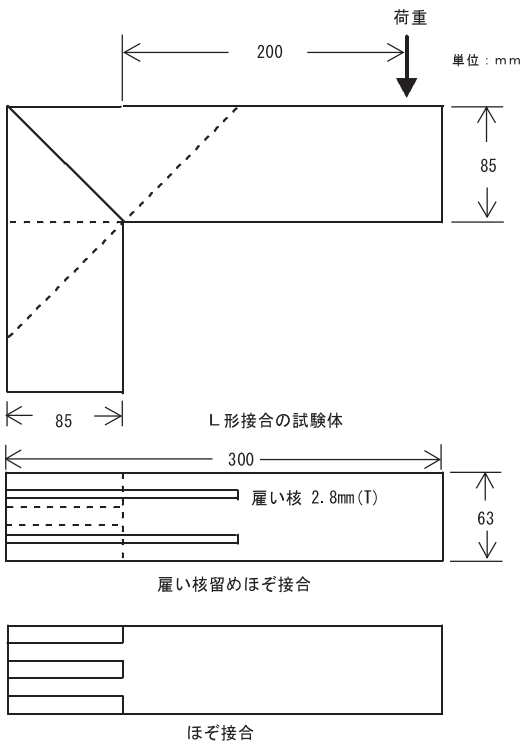


図１　接合部試験体の形状と寸法

＊　栃木県産業技術センター　材料技術部
＊＊　有限会社サン加工

接着には水性高分子ーイソシアネート系接着剤（㈱オーシカ製ピーアイボンド 6000）を用いた。試験体に用いた材料の物性を表１に示す。

表１　供試材一覧

用途・樹種		平均密度 g/cm3	平均含水率 %	平均年輪幅 mm
木ねじ保持力	スギ	0.47	13.6	4.8
頭部貫通試験	マカンバ（単板積層材）	0.73	12.9	―
L形接合試験	スギ	0.36	15.3	3.1
〃	ヒノキ	0.50	15.4	3.7
〃	ラジアータパイン（単板積層材）	0.57	12.2	―
〃 雇い核	ミズナラ（単板積層材）	0.71	10.9	―

２．１．２　木製サッシ

試作したサッシの縦断面図を図２に示す。試験体は縦すべり出しタイプで半外付け型の開き窓である。サッシ寸法は 640(W)× 1370(H)mm である。ガラスは厚さ３ mm で空気層 12mm の透明複層ガラスを使用した。サッシ障子はヒノキ材を使用し，カムラッチハンドルによる施錠とした。サッシ枠は躯体への取り付けを容易にし，サッシ下部の排水処理を可能とするため，合成樹脂製の型材を使用した。障子と枠の気密性を高めるため，タイト材を二重に押し当てる構造とした。試験体の外観を図３に示す。

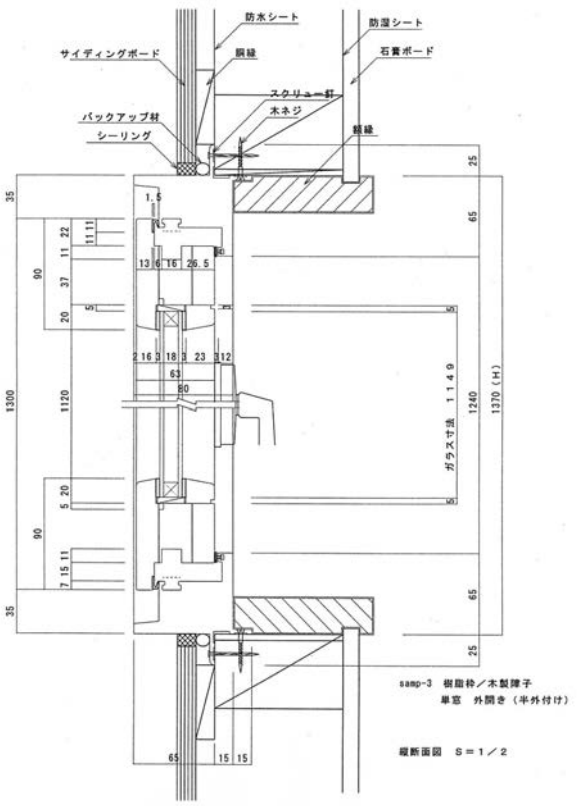


図２　サッシの断面図

また，性能比較のため，同一寸法のアルミサッシ（トステム㈱製 DuoPG　G-6013R-ABAE），樹脂サッシ（㈱シャノン製 E6-06013R）を用いて実測を行った。

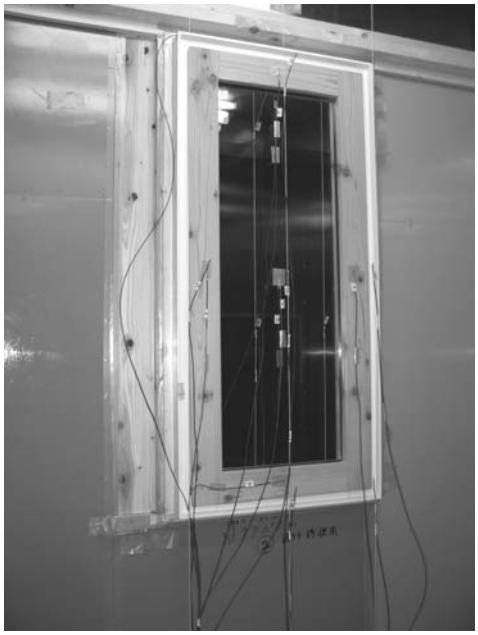


図３　試作したサッシの外観

２．２　試験方法

２．２．１　木ねじ保持力と静的曲げ試験

木ねじ保持力試験は，JIS A 5905-1994　繊維板の木ねじ保持力試験の方法に準じて行った。使用した木ねじを表２に示す。呼び径 3.1 φ～ 3.5 φ，長さは 20 ～ 32mm のものを選択した。

表２　木ねじの種類

種類	皿木ねじ	
	呼び径(Φmm)	長さ(mm)
1	3.1	20
2	3.1	25
3	3.5	25
4	3.5	32

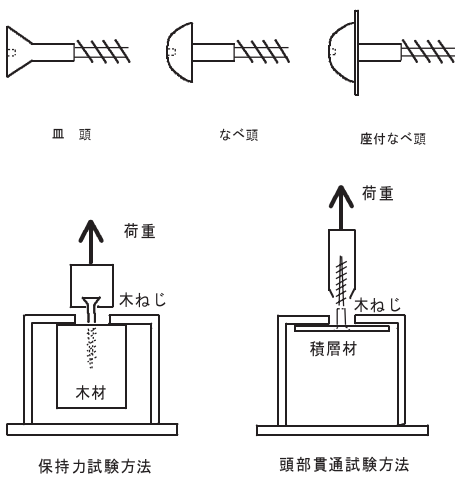


図４　保持力試験

頭部貫通試験は，ASTM　D1037　NAIL-HEAD PULL-THROUGH TEST の方法に準じて行った。使用した木ねじは，呼び径 4.0 φ，長さ 45mm で，頭部形状と試験方法を図４に示す。

Ｌ形試験体の接合強度は，胴付きから 200mm の位置で静的曲げ試験を行った。荷重速度は 2mm/min の低速載荷とした。

２．２．２　サッシ性能試験

恒温恒湿室，加熱箱，低温室で構成する試験装置を用いて，JIS A 4710-1996　建具の断熱性試験方法に基づく断熱性試験，JIS A 1514-1993　建具の結露防止性能試験方法に基づく防露性試験を行った。圧力箱方式の試験装置を用いて，JIS A 1516-1998　建具の気密性試験方法に基づく気密性試験，JIS A 1517-1996　建具の水密性試験方法に基づく水密性試験を行った。

断熱性試験は，試験体であるサッシの一方の側を 20 ℃に，他方を 0 ℃に設定をして，低温側は 0 ± 1 ℃に保ち，20 ℃に設定した側を加熱装置を用いて 20 ± 1 ℃に保つ。このとき，試験体を通過する熱量の大小（加熱と撹拌に要する電力の和）を求めることにより，断熱性能を評価した。

防露性試験は，試験体の一方を 20 ℃，40 %の恒温恒湿に保ち，他方を低温室側とし 20 ℃の平衡状態に保った後，５℃から５℃間隔で-15 ℃まで変化させ，各段階で恒温恒湿槽の湿度を 40 %から 50 %に変化させて結露の発生を観察した。

気密性試験は，試験体の室外側に加圧・減圧する箱を取り付けて室内外に圧力差が生じるようにし，図５に示すように、通過する空気量を測定して評価した。

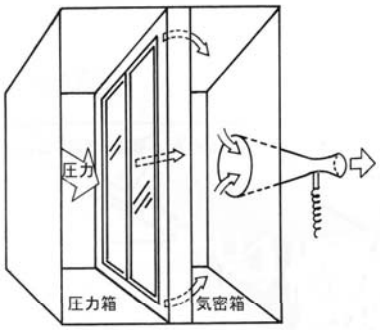


図５　気密試験

水密性試験は，気密性と同様に内部圧力を 250Pa から± 125Pa の脈動圧を 10 分間加えながら，図６に示すように、水噴霧ノズルから毎分４ l/㎡の水量を試験体表面に噴霧し漏水の状況を観察した。

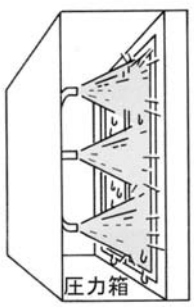


図６　水密試験

３　結果及び考察

３．１　木ねじ保持力と静的曲げ性能

サッシ枠を躯体にビス止めできると，現場施工性は格段に向上する。このため，木ねじ頭部が密度の高い広葉樹積層材を貫通する抵抗力と窓の支持に使われるスギ材の木ねじ保持力を比較した，。図７に結果を示す。頭部形状の別では，皿，なべ，座付なべの順に大きく，頭部直径が大きくできる方が有利である。座付きねじを用いた頭部貫通抵抗は，多用される呼び径 3.1mm 長さ 20mm の木ねじ保持力の２倍以上の値を示した。このため，枠部材に密度の高い材料を使用できれば，厚さの薄い板状の部材であっても保持力を確保できる。

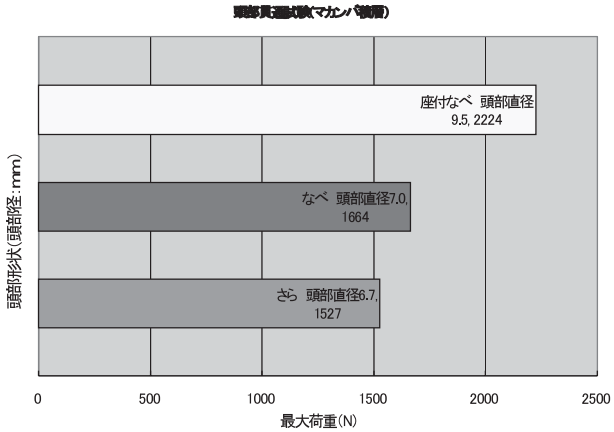


図７　頭部形状別貫通抵抗

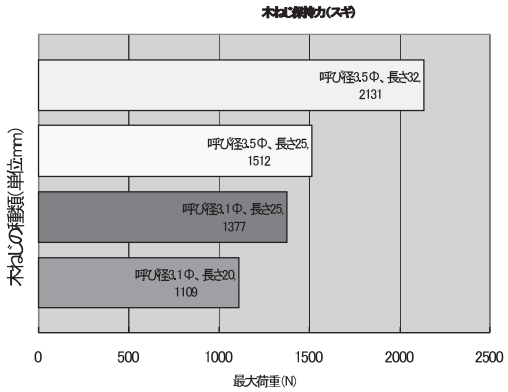


図８　呼び径・長さ別木ねじ保持力

呼び径と長さの違いによる木ねじ保持力は，長さが 1.5 倍長い木ねじを使用すると２倍の保持力が得られ

る。図８に試験の結果を示す。このため，要所に長い木ねじを配置することにより，サッシ枠の保持力はさらに高まることがわかる。

障子，枠の接合に高密度材を用いた補強の可能性を検討した。雇い核に広葉樹材を用いた留めほぞ接合と一般的なほぞ接合を比較した。図９に試験の結果を示す。

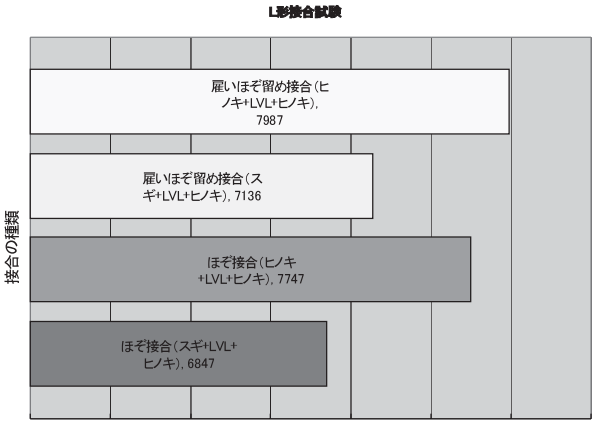


図９　Ｌ形接合試験

雇い核を挿入した留めほぞ接合では，高密度な広葉樹（ミズナラ）の雇い核が破断するまで強度を保持し，ほぞ接合と同等の曲げ強さを示した。建具製造で使用されるほぞ取り盤は，カッタ径が小さいため 90mm を越える長い寸法のほぞ加工が困難である。既存加工機を用いて接合強度を得る際には，高密度材を利用した接合強度の改善が有効である。

３．２　サッシ性能

断熱試験の結果を表３に示す。断熱性は JIS　A 4706-2000　においてサッシの等級が５段階に分けられ，数字が大きいほど断熱性が高い。次世代省エネルギー基準（1999 年）の中で推奨される関東周辺の断熱基準のランクは，H-3 等級と H-4 等級の断熱性能に相当するため，断熱サッシは３と４のランクを得て市販されるものが多い。

表３　サッシの性能比較

種類	水密性	気密性	断熱性	熱貫流抵抗 m²･K／W
木 製	等級外	A−4	H−5	**0.563**
樹脂製	W−3	A−4	H−4	**0.357**
アルミ製	W−3	A−4	等級外	**0.197**

性能（等級）表示：性能項目を表す英字と等級を表す数字で表す。数字は大きいほど性能が高い。最高値はW−5、A−4、H−5。

今回の試験結果では，試作したサッシの熱貫流抵抗値は 0.430 ㎡･K/W 以上となり，H-5 等級の断熱性となった。結露の発生状況を表４に示す。

結露の発生は，湿気を含んだ空気が冷えた表面にふれて飽和状態になり水滴を生じるが，アルミニウムやガラスは熱が伝わりやすいため，外気で冷やされた室内表面は露点に達することがしばしば起こる。アルミサッシでは熱伝導率の高い材料で構成されているため，アルミ製の内枠と外枠の部分に結露が発生し，続いてガラス周囲へと結露の発生が拡大した。これに対して，樹脂製は熱伝導率の低い材料で構成されているため，低温側の温度が－５℃まではどの部位にも結露は見られなかった。木製では，－５℃の設定でくもり状態がガラス下部に発生した。ガラスと枠のコーキングに改善が求められた。

表４　結露の発生状況

	発生状況		
温度	木　製	樹脂製	アルミ製
５℃	―	―	○
０℃	○	―	×
－５℃	×	○	―
－１０℃	×	○	―
－１５℃	―	×	―

注）　○結露なし　×結露あり　－測定なし

気密性能は，障子・枠の隙間からどの程度の空気の移動があるか，すなわち隙間風が入るかを定量的に把握するもので，気圧差を与えて，面積１㎡につき１時間あたりに漏れる空気量（$m^3/h\cdot m^2$）で表す。与える気圧差は統一され，予備加圧を行い段階的に 100Pa まで加圧後，圧力差０ Pa まで減圧する。通気量の大小により，４等級に区分される。市販の断熱サッシは，最も気密性の高い A-4 等級である。比較した３種類のサッシとも A-4 等級を満たすものであった。木製とアルミ製は同等の値であったが，樹脂製は 10Pa の圧力差で１$m^3/h\cdot m^2$以下の通気量となり，良好な気密性能を示した。

水密性能は，アルミ製，樹脂製とも W-3 等級の圧力設定で枠外への流れだし，しぶき等は確認されなかった。木製サッシは W-１等級の圧力設定で，ほぞ部とガラス溝に水の浸み出しが見られた。内枠下部に水が溜まるため，気圧と水圧の両方の影響でガラス溝を通して水が浸入しやすい。内枠内周は傾斜を取ることにより水が溜まらないこと，枠の縁に浸み込んだ水の排水路を設けることなど改良すべき点が明らかとなった。木造住宅用サッシの水密性能は W-3 等級の出荷が大半を占めるため，有効な改善が求められた。

４　おわりに

木製サッシの性能を把握するため，木ねじ保持力，框接合及び試作した開き窓について性能試験を実施し

た。その結果，以下の点が明らかとなった。

（１）木ねじ保持力の比較により，外枠の固定に密度の高い材料を使用すれば，薄い板状の部材でも十分な保持力が得られることが確認できた。

（２）雇い核に広葉樹材を用いた留めほぞ接合と一般的なほぞ接合の強度を比較した結果，同等の値を示した。高密度な木質材料の適用により，接合部の補強が可能であることが示唆された。

（３）断熱性の指標となる熱貫流抵抗値が H-5 等級の値を示した。木製化は住宅の省エネルギー効果に有効であることがわかった。

（４）防露性は低温側温度が－５℃で結露が見られ，内枠とガラスの気密処理による影響であることが確認できた。

（５）気密性は A-4 等級を満たす値が得られたが，水密性は W-1 等級の圧力差で水の浸み出しが発生した。水密性の改善には排水路の確保が必要で，断面形状の影響が大きいことわかった。

参考文献

１）常盤茂，伊澤光晴：栃木県産業技術センター研究報告,No.1，p.103-107（2004）

２）常盤茂，伊澤光晴，渡邉明典：栃木県産業技術センター研究報告,No.2，p.43-45（2005）

３）（財）日本規格協会：”ＪＩＳハンドブック⑨建築Ⅱ（試験･設備）”，(2003)

４）ＡＳＴＭ：”ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS VOLUME 04.10 WOOD”，(1995)

５）鴛海四郎：木材工業　VOL.54,No.2,p.91-94（1999）

６）（社）日本サッシ協会：”「ＢＡＳＩＳ」わかりやすいサッシ・ドアの性能”，(2003)

７）大熊幹章，日本木材学会編：”木材の利用・２木材の工学”文永堂出版㈱，(1991)

共同研究

嚥下・咀嚼等に配慮したゲル化食品の開発

渡邊　恒夫*　　大山　高裕*　　阿久津智美*　　菅田　　修**　　草間　三郎**

Development of Gelled Food Considered Swallowing, Mastication, Etc.

Tsuneo WATANABE, Takahiro OHYAMA, Satomi AKUTU
Osamu SUGATA and Saburou KUSAMA

高齢化社会の進展に伴い，加齢等により低下した嚥下・咀嚼能力などに配慮した高齢者用食品の開発が求められている．そこで，りんごゼリーを対象として，「かたさ」・動的粘弾性など物性を把握するとともに，離水抑制による誤嚥予防を主眼にした嚥下性の改善について検討した．その結果，市販のゲル化剤に増粘剤を加えることにより，若干の「かたさ」上昇はみられたが，離水量が減少し，離水抑制が可能であることが分った。

Key Words : りんごゼリー，かたさ，嚥下，粘度

1　はじめに

高齢化社会の進展に伴い，21 世紀なかばには 3 人に 1 人が 65 歳以上という超高齢化社会の到来も予測されている．一方，加齢に伴い，嚥下・咀嚼，消化吸収能力などの身体機能が低下してくる．75 才以上の高齢者のほぼ 30 %は嚥下機能低下者であると言われており，今後嚥下障害者は急増することが予想される[1]．こうした状況下で嚥下・咀嚼等に配慮した高齢者用食品の開発が求められている．平成 6 年に厚生省（現厚生労働省）は高齢者の医学的・栄養学的特性に配慮して，高齢者用食品を特殊栄養食品の一つとして加え，栄養成分等の条件の他に食品のかたさや粘度など食品物性を基準として設けた[2]．具体的には，咀嚼を容易に（噛みやすく）し，または咀嚼が不要な（噛まなくても食べられる）ような「そしゃく困難者用食品」と，さらに嚥下（えんげ）が容易で誤嚥（ごえん）を防ぐことのできる「そしゃく・えん下困難者用食品」が含まれる[3]．また，平成 14 年には民間業界団体である日本介護食品協議会も組織され、厚生労働省の基準に基づき，より細分化した独自基準を設けている[4]．県内においても，医療食販売業者が関連製品の販売をしており[5]，県内食品製造企業もその対応に動きはじめている．

そこで，県内企業と共同でゼリーを対象として，「かたさ」・動的粘弾性など物性を把握し，離水抑制による誤嚥予防を目的として検討した．

2　研究の方法

2．1　原料

ゲル化剤及び増粘剤は市販品を用いた．ゲル化剤はゼリーミックスF-40（かたい，アイコク産業），ユニアガー Max（やや柔らかい，アイコク産業），KC-101（柔らかい，コウシン化学）の 3 種を用い，増粘剤はキサンタンガム系の KG-200（アイコク産業）を用いた．ゲル化剤の組成を表 1 に示す．

表 1　ゲル化剤の組成 (%)

成　分	ゲル化剤 F-40	Max	KC-101
ローカストビーンガム	—	—	7.70
カラギーナン	33.00	20.80	—
カロブビーンガム	28.00	8.00	—
ジェランガム	—	5.00	7.00
キサンタンガム	—	2.50	1.40
乳酸カルシウム	11.00	9.00	4.20
クエン酸三ナトリウム	5.00	8.00	7.00
リン酸二水素ナトリウム	4.00	—	—
食品素材（デキストリン）	19.00	46.70	72.70

2．2　ゼリーの試作

ゲル化剤濃度を 0.8, 1.0（メーカー推奨標準使用量），1.2 %とし，直径約 6 cm, 高さ約 4 cm, 容量約 90 ml のプラスチック容器でりんごゼリーを試作した．配合を表 2 に示す．また，増粘剤を 0.2（メーカー推奨標準

*　栃木県産業技術センター　食品技術部
**　フタバ食品株式会社　マロングラッセ事業担当

使用量），0.4, 0.6 %添加し試作した．ゼリーは全て，屈折糖度 21.0 ± 1.0, pH 3.80 ± 0.05（クエン酸で調整）に調整した.ゼリーはフタバ食品株式会社が試作した．

表２　りんごゼリー配合

原材料	配合量(%)
砂糖	17.0
ゲル化剤	0.8 ～ 1.2
クエン酸	適量*
クエン酸 Na	0.05
アップル混濁濃縮果汁	5.00
りんごピューレ	15.00
カルバドスブランデー	1.00
アップルフレーバー	0.10

＊ pH 調整用

２．３　物性測定

２．３．１　「かたさ」の測定

食品機能研究法[3]及びユニバーサルデザインフード自主規格[4]に準じて測定した．

測定容器として直径40 mm，深さ15 mmのステンレス製円形容器に，ゼリーが入りやすいように端から5 mmの位置に直径3 mmの円形の穴を開けたものを作製し使用した．この測定容器を試作ゼリーの上から載せて試料を採取し，測定面を新しいカッターの刃で平らにして測定した．試料は20 ℃の水浴中で30分以上保持し，テクスチャーアナライザーTA-XT2i(Stable Micro Systems社製）で直径20 mmの円柱状アクリルプランジャーを用い，室温20 ℃，圧縮距離10 mm，圧縮速度10 mm/sで測定した.同一条件の試料について5回測定し，最大値と最小値を除き3点の平均値を「かたさ」とした．

２．３．２　動的粘弾性測定

Haake社（現Thermo Electron社）製レオストレスRS600を使用し，直径35 mmパラレルプレートセンサーを用いた．試作ゼリーを薄く採取し，測定プレート上に置き，センサーを測定ギャップ(1.000 mm)へ移動後，余分な試料のトリミングを行った後,温度20±0.1 ℃，周波数1 Hz，せん断応力0.1～100 Paで測定した．各サンプルについて5回測定し，線形範囲のせん断応力0.886 Paにおける貯蔵弾性率（弾性）：G’［Pa］，損失弾性率（粘性）：G″［Pa］，損失正接：tanδ［-］(＝G″／G’)の最大および最小値を除いた３つの値の平均値を求めた．

２．３．３　粘度測定

レオストレスRS600でダブルコーンセンサー(直径60 mm)を用い，測定ギャップ0.051 mm(試料量 5.200 cm^3)，20±0.1 ℃，せん断速度0.1～1000［1/s］（回転数0.01668～166.8［1/min］）で段階的に36ポイントで粘度を測定した．

２．４　離水量測定

直径８cmのビフネルロートあるいは小型のステンレス製ザルを載せたガラスロート上にゼリー全量を形を崩さないように静かに置き，水分の損失が少なくなるようにサランラップで周りを覆い,20 ℃10分間放置後，受器（200 ml 三角フラスコ）に溜った液重量を測定し，離水量とした．

２．５　強制的な離水の粘度測定

試作ゼリーをサランラップに包んで手で軽く破砕して，10,000 rpm，10分間遠心分離し，その上清を採取して粘度を測定した．

３　結果及び考察

３．１　ゲル化剤の種類と濃度による物性への影響

３種のゲル化剤について配合量による「かたさ」と動的粘弾性への影響について検討した．

「かたさ」測定結果を図１に示す．厚生労働省高齢者用食品のゲルの「かたさ」基準はそしゃく困難者用が5×10^4 N/m² 以下（ユニバーサルデザインフード区分2相当)、そしゃく・えん下困難者用が1×10^4 N/m² 以下であり[2]、日本介護食品協議会のユニバーサルデザインフード自主規格では，区分1: 5×10^5 N/m² 以下，区分3: 2×10^4 N/m² 以下、区分4: 5×10^3 N/m² 以下が設定されている[3]．全ての試作ゼリーの「かたさ」は，そしゃく困難者用の基準以内であった．また，0.8，1.0 % MAXおよびKC-101は，そしゃく・えん下困難者用の基準以内であった．さらに，0.8，1.0 % KC-101はユニバーサルデザインフード区分4の基準以内であった．

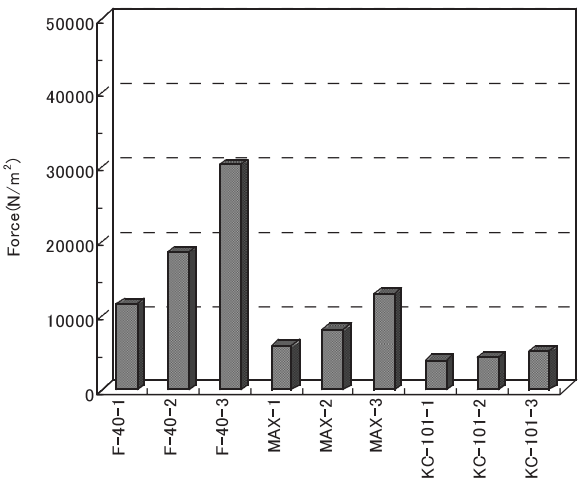


図1　ゲル化剤によるゼリーかたさ
末尾の数字はゲル化剤の濃度を示す。-1: 0.8 %, -2: 1.0 %, -3: 1.2 %

一方，動的粘弾性については貯蔵弾性率G’（弾性

要素），損失弾性率G″（粘性要素）とも，かたいゼリーほど大きくなる傾向はみられたが，差が判然としないものもあった．損失正接tanδは飲込み易さの指標とされ0.1～1の値であれば飲込み易いとされている[6]．

今回の測定では全てのゼリーが0.1～0.2の値であり，ほとんど差はみられなかった．動的粘弾性では必ずしもゲル化剤の種類，濃度に依存するデータは得られなかった．また，供試したゼリーのゲルは柔らかく，一定厚のサンプルを調整することが困難であり，データのバラツキが大きかった．

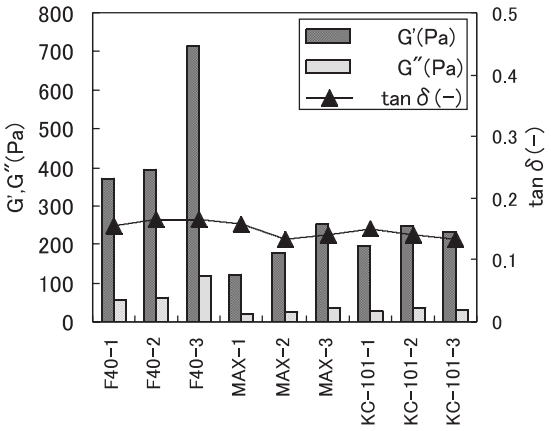


図2　ゲル化剤配合による粘弾性の変化
末尾の数字はゲル化剤の濃度を示す。-1: 0.8 %, -2: 1.0 %, -3: 1.2 %
G':貯蔵弾性率，G":損失弾性率，
tan δ:損失正接

「かたさ」の値は比較的再現性がよく、ゲル化剤の種類、濃度の違いをよく反映していたので，以後「かたさ」を主に物性測定をした．

また，柔らかいKC101のゼリーでは離水が多く，誤嚥の可能性が大きいと思われたため，離水について検討した．

３．２　ゲル化剤の種類と離水量

1 %(標準使用濃度)の3種のゲル化剤と0.2 %(標準使用濃度)の増粘剤KG-200とでゼリーを試作し，離水量を測定した．かたいF-40に比べ，柔らかいKC-101の離水量が多いことが分かった．また，KG-200を添加することにより離水を抑制できる可能性が示唆された（データは示していない）．

当初，ビフネルロートを用い，離水量の測定をおこなったが，離水粘度が高くなると，ロート上の残留量が多くなり，正確な離水量が測定できないことが分かった．そこで，ガラスロート上に目の粗い小型ステンレス製ザルを載せて測定することとした．

以上の結果より，離水量の多い1 % KC-101 ゼリーについて増粘剤の添加量を変えてゼリーを試作し，離水量，かたさへの影響を検討した．

３．３　増粘剤の添加による離水防止

通常の離水はゼリーを開封し，ほとんど外力を加えない状態で遊離している水分であるが，摂食する場合には咀嚼により，外力を与えることになる．そこで，外力を加えた場合に出てくる離水を強制的な離水として考え，粘度を測定した．

健常者では通常，水のように粘度の低い液体のほうが最も飲みやすいが，加齢等により嚥下機能が低下したような場合には粘性のある液体が誤嚥防止の観点から，好ましいとされている．高齢者用食品の基準でも粘度値の下限値が 1,500　mPa･s(中濃ソース程度)に設定されている[2]．

図3に3種の1　%ゲル化剤調製ゼリーと，MAX及びKC101に0.2　%の増粘剤KG-200を添加した場合の強制的な離水の粘度を測定した結果を示す．増粘剤を添加することにより，粘度が約3倍に上昇した．また，増粘剤を添加した場合にはせん断速度が上がると粘度が低下する傾向が見られた．そこで，せん断速度 72 [1/s](回転数 12 rpm)の値で比較することとした．

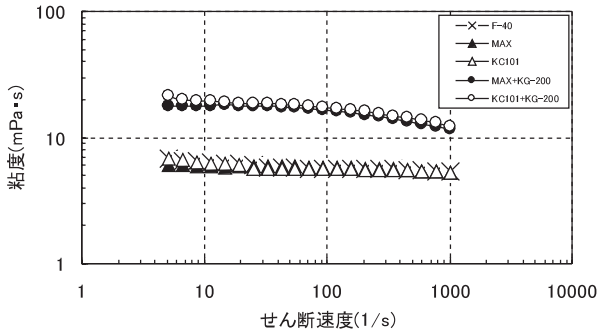


図3　増粘剤(KG-200)0.2%添加による強制的な離水の粘度変化
ゲル化剤濃度は1 %

最後に1 % KC-101 ゼリーに増粘剤KG-200を0.2, 0.4, 0.6 %添加し，離水への影響を検討した．図4に添加量と「かたさ」，離水量の変化を示す．添加量が増

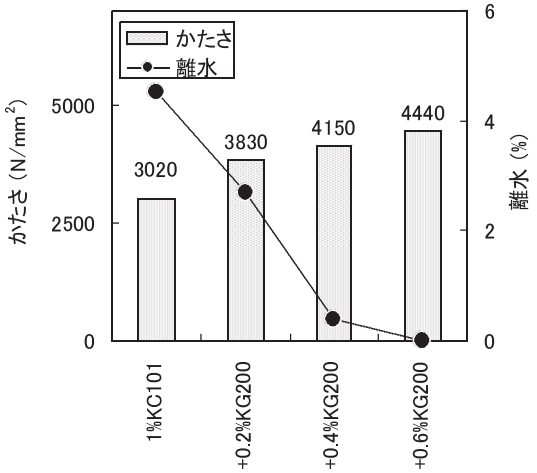


図4　増粘剤添加によるかたさと離水への影響

えるに従って,若干「かたさ」は上昇したが, 離水量は低減し，0.6 %添加では 0 となった.

また，強制的な離水の粘度も上昇し，添加しない場合に比べ 20 倍の粘度上昇がみられた(図 5)．離水量の減少に加えて強制的な離水の粘度も上昇したことから，咀嚼による外力で口腔内で離水が生じた場合にも誤嚥の予防効果が増し，離水抑制による誤嚥予防など嚥下性の向上に寄与できるものと思われる.

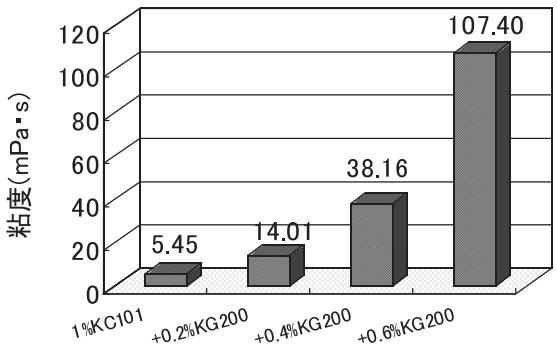


図5 増粘剤添加による強制離水液粘度への影響

4　おわりに

りんごゼリーについて，ゲル化剤の種類と濃度による物性等を把握し，増粘剤を添加した離水抑制による嚥下性の改善を検討した．その結果，下記のことが分った.

(1) 供試したゼリーは全て，物性的には高齢者用食品の基準を満たすものであったが，柔らかい物性のゲル化剤では離水が多く，誤嚥予防の観点から離水抑制を検討する必要があった.

(2) 供試したゲル化剤のうち最も柔らかく離水量の多いKC-101について，増粘剤添加による離水防止について検討した結果，添加量により若干の「かたさ」上昇がみられたが，離水量は減少し，KG-200の場合 0.6 %添加で離水はなくなった．また，強制的な離水の粘度も上昇し，咀嚼による外力で口腔内で離水が生じた場合にも誤嚥の予防効果が増し，嚥下性の向上が期待できる.

参考文献

1) 渡瀬峰男：New Food Industry, **41**(2), 71-78(1999)
2) 厚生省生活衛生局新開発食品保健対策室：高齢者用食品の表示許可基準の策定について(1994)
3) 篠原和毅，他：食品機能研究法（光琳）p66-72 (2000)
4) 日本介護食品協議会：ユニバーサルデザインフード自主規格第一版(2003)
5) ㈱療食サービス：ケアフーズカタログ(2006)
6) 渡瀬峰男：New Food Industry, **41**(11), 1-11(1999)

共同研究

トウガラシカプサイシノイドの迅速高感度分析法の確立

伊藤　和子*　　吉岡　航平**　　山﨑　公位*

The Establishment of a Method of the Rapid and Sensitive Analysis Capsaicinoid of *Capsicum annuum*

Kazuko ITOH, Kohei YOSHIOKA and Kimii YAMAZAKI

トウガラシカプサイシノイドの含有量の把握は，味覚上，また機能性成分としても，品質管理上重要なものとなっている．従来法では，前処理が煩雑であることと，分析の安全性に問題があった．そこで，より安全で迅速かつ高感度に分析する方法を検討した．その結果，前処理はメタノールを用い，超音波で30分間抽出する方法で，分析の迅速化が図れることがわかった．また，HPLCの移動相と検出器を変更することにより，より高感度な分析法を確立することができた．

Key Words : トウガラシ，カプサイシノイド，HPLC

1　はじめに

トウガラシは香辛料としてはもとより，医薬品等の原材料としても使われており，その辛味成分，効能成分であるカプサイシノイド含有量の把握は，品質管理上必要不可欠である．現在，品質管理として実施しているカプサイシノイドの定量は，ジエチルエーテルで一昼夜ソックスレー抽出したものをメタノール転溶後，HPLCにより測定している．しかし，前処理が煩雑であることと，ジエチルエーテルは比較的高価で，また極めて揮発性・可燃性が高い物質であるため，健康や安全上，他の有機溶剤への変更を検討することが問題となっている．また，トウガラシを使用した食品が増えていることから，妨害物質の影響を少なくし，選択性の高い分析法の確立が望まれている．

以上のことから，カプサイシノイドの抽出・分析条件について検討を行い，より迅速及び高感度に分析する方法を確立したので報告する．

2　研究の方法

2．1　試　薬

カプサイシン，ジヒドロカプサイシンは，長良サイエンス㈱製の純度99％以上の製品を使用した．ノルジヒドロカプサイシンは，長良サイエンス㈱製の純度95％以上の製品を使用した．

抽出に用いたジエチルエーテル及びメタノールは，関東化学㈱製の特級品を使用した．HPLCの移動相に用いたメタノール，アセトニトリルは，関東化学㈱製のHPLC用試薬を用いた．

2．2　試　料

トウガラシを荒切（10mmのスクリーン通過物），20−50mesh，60mesh pass（以下60meshと表記）の3段階の粒度に調製したものを試料とした．ただし，カプサイシノイドが最も多く含まれると考えられる，トウガラシの胎座部分[1)]は，非常に細かくなりやすいため，60mesh の粒度では，他の粒度よりもカプサイシノイドが多く含まれると考えられる．また，高水分試料（塩蔵品）の分析法についての検討も行った．

2．3　抽出方法の検討

従来法と超音波抽出法，浸け置き抽出法で検討を行った．従来法ではジエチルエーテル，超音波抽出法と浸け置き抽出法ではメタノールで抽出を行った．

2．3．1　従来法

試料約3gを円筒ろ紙に正確に量り取り，脱脂綿を上から軽く詰めた．ジエチルエーテル約200mlで，ソックスレー抽出器（約70℃に加温）を用い，約20時間抽出した．溶媒を還流にて除去し，さらにロータリーエバポレーターにかけて乾固させた．時々超音波をかけながら，HPLC用メタノールを用いて残留物を洗い込み，50mlに定容した．その後，HPLC分析を行った．

2．3．2　超音波抽出法

試料約2gをサンプルびんに正確に量り取り，メタノール25mlを加えた．超音波洗浄機（シャープ製）で0, 10, 20, 30, 40, 50, 60分間それぞれ抽出し，上澄液についてHPLC分析を行った．

＊　栃木県産業技術センター　食品技術部
＊＊ 吉岡食品工業株式会社

２．３．３　浸け置き抽出法

試料約 2g をサンプルびんに正確に量り取り，メタノール 25ml を加えた．0, 4, 8, 16, 24, 48時間，20℃遮光条件でそれぞれ抽出を行い，上澄液についてHPLC分析を行った．

２．４　HPLC条件の検討

従来はＵＶ検出器で分析を行っていたが，より選択性の高い蛍光検出器での分析を検討した．また，従来の分析法ではピークが重なっている可能性がある，カプサイシンとノルジヒドロカプサイシンを分離するために，移動相の検討を行った．従来法と新法の分析条件を表１に示した．

表１　ＨＰＬＣ分析条件

分析条件	従来法	新法
HPLC System	日本分光　PU-980	
検出器	UV-970	821-FP
カラム	Mightysil RP-18 GP 4.6 × 150mm, 40 ℃	
移動相	ﾒﾀﾉｰﾙ：水=75:25	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ：水=1:1 水の 1%酢酸を加える
流　量	1ml/min	
サンプル量	10 μ l	
波　長	280nm	Ex:280nm Em:325nm

２．５　GC-MS分析方法

GC-MS による分析は，以下のとおり行った．

GC：HP5890 SERIES Ⅱ

MS：日本電子 GCMate

カラム：HP-5MS 0.25mm × 0.25 μ m × 30m

ガス：He 1ml/min

昇温条件：60 ℃ 1 分→ 10 ℃/min 昇温→ 280 ℃

スキャン測定

注入量：1 μ l スプリットレス注入

２．６　乾燥方法

真空凍結乾燥機は共和工業製のものを用い，棚温40℃で１昼夜乾燥を行った．減圧乾燥機は，Isuzu製を用い，60℃で18時間乾燥を行った．常圧乾燥はSANYO製を用い，高水分試料は105℃で4.5時間，他の試料は105℃で3時間乾燥を行った．

３　結果及び考察

３．１　抽出条件

３．１．１　抽出溶媒

価格，安全性の面から，ジエチルエーテルに替わる抽出溶媒としてアセトンかメタノールが良いと考えられた．２つの溶媒での抽出率を比較すると，メタノールの抽出率を100%とすると，アセトンでは約90%であるという報告[2)]があるため，メタノールで検討することとした．

３．１．２　抽出方法

３種類の粒度の試料について，それぞれ３種類の抽出法で抽出を行い，従来法の結果を１として抽出効率を比較した（図１，２）．その結果，試料の粒度によって抽出効率が異なる傾向がみられた．20-50meshでは，超音波抽出より浸け置き抽出の方が抽出効率が高かった．また，60meshでは，反対に超音波抽出の方が抽出効率が高かった．荒切は変動係数が高く（図３，４），分析の試料としては適さないと考えられた．超音波抽出法では 30 分以上，浸け置き抽出法では８時間以上で，従来法と同等またはそれ以上の抽出が可能と考えられた．分析の迅速化を考慮し，超音波 30 分を新しい抽出法として採用することとした．

３．１．３　高水分試料の抽出方法

水分含有量が60%以上のトウガラシ塩蔵品を新しい抽出法で分析すると，試料中の水分も抽出され，分析値に影響を与えると考えられる．そのため，分析値を補

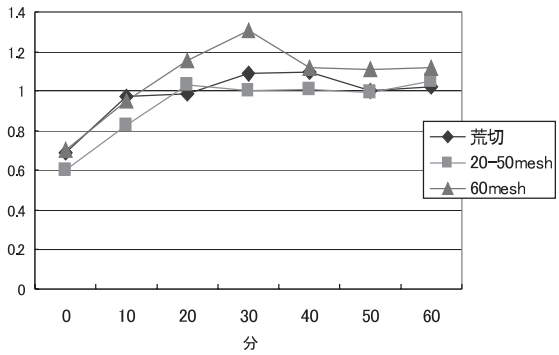


図1　超音波抽出効率

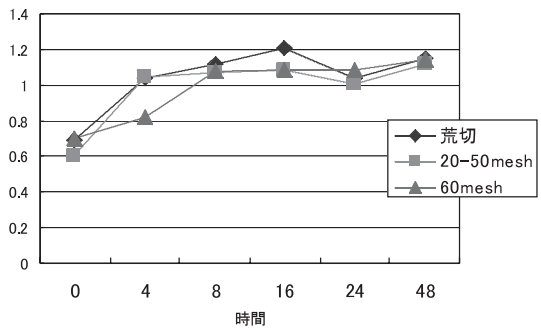


図2　浸け置き抽出効率

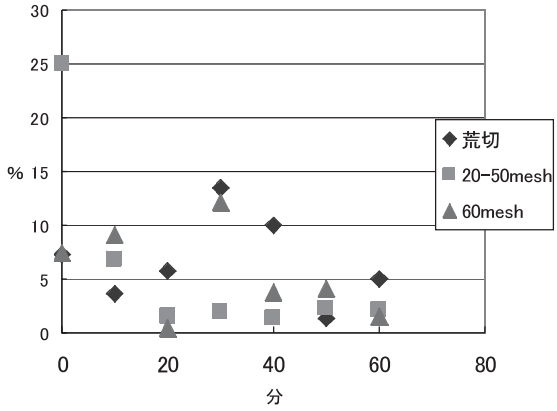


図3　超音波抽出変動係数

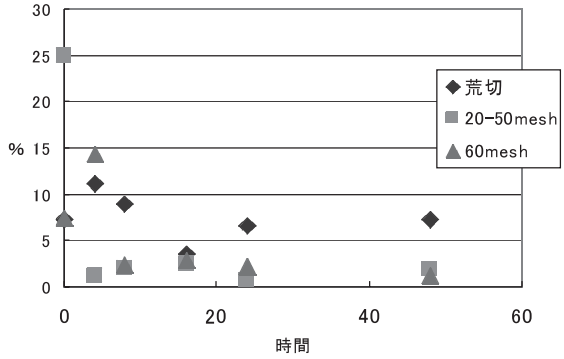


図4　浸け置き抽出変動係数

正する方法を以下のとおり検討した．抽出液をメタノール溶液と考え，試料中の水分量からメタノールの重量%を計算する．その値を用い，化学便覧からメタノール溶液の密度を求める．密度からメタノール溶液の容量を求め，分析値を補正することとした．

３．２　HPLC分析条件

３．２．１　移動相

従来法ではピークが重なっている可能性がある，ノルジヒドロカプサイシンとカプサイシンを分離するため，移動相の変更を検討した．従来のメタノール：水＝７５：２５をアセトニトリル：水＝１：１（水の1%酢酸を加える）に変更したところ，ノルジヒドロカプサイシンと考えられるピークが分離したので，GC-MSでの定性を試みた．その結果，GC-MSにおいて，ノルジヒドロカプサイシンのピークを確認できた（図５）．また，HPLCにおいてもノルジヒドロカプサイシン標準品とリテンションタイムが合致することを確認した．そのため，移動相はアセトニトリル使用のものに変更することとした．

３．２．２　検出器

カプサイシノイドは，280nm 付近の励起波長により，強い蛍光発色を 320nm 付近に示し，その感度は従来のＵＶ法よりも高く，また，トウガラシ抽出物中にはカプサイシノイド以外にこのような蛍光発色を示すものがほとんどないので，選択的に検出できるという報告[1)]がある．そこで，従来のＵＶ法（280nm）と蛍光法（Ex:280nm　Em:325nm）を同時に行い，感度，選択性を比較した（図６）．その結果，感度は７倍以上となり，選択性も上昇した．そのため，検出器は蛍光検出器に変更することとした．

トータルイオンクロマトグラム

カプサイシノイド特有のピーク
（質量数：１３７）
カプサイシン特有のピーク
（質量数：３０５）
ジヒドロカプサイシン特有のピーク
（質量数：３０７）
ノルジヒドロカプサイシン特有のピーク
（質量数：２９３）

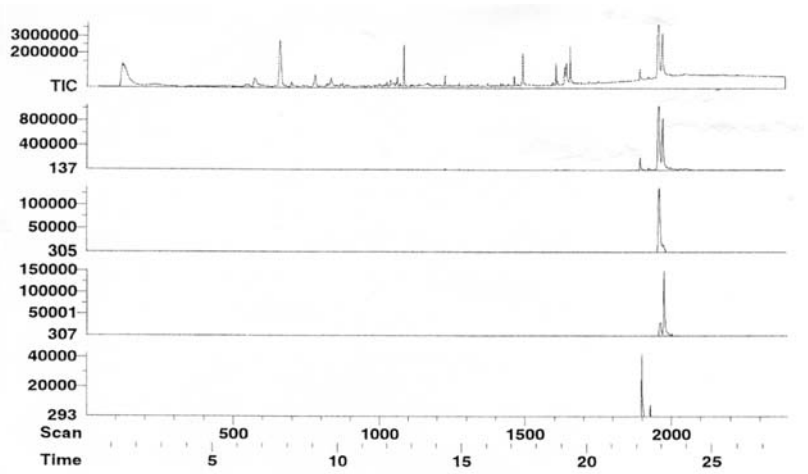


図５　ＧＣ－ＭＳによるカプサイシノイドの定性

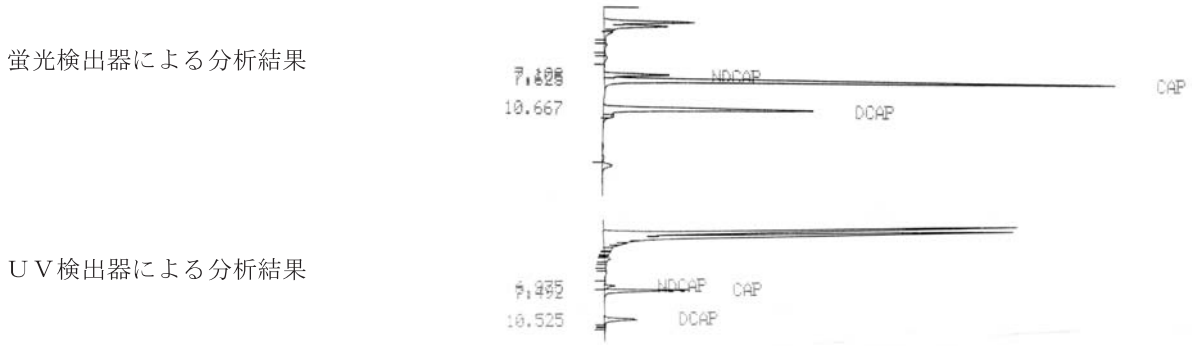


図６　ＨＰＬＣの検出器による感度の相違

注）NDCAP：ノルジヒドロカプサイシン
CAP：カプサイシン
DCAP：ジヒドロカプサイシン

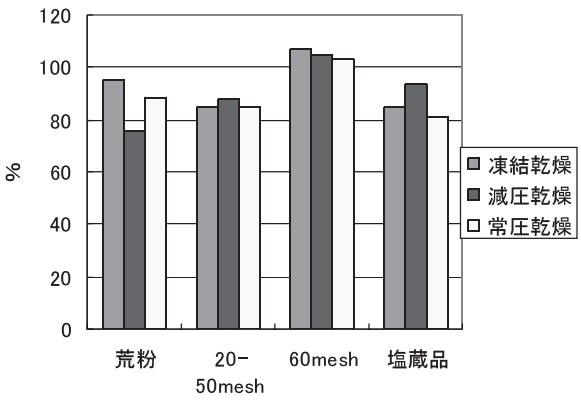


図7　乾燥によるカプサイシノイドの減少割合

３．３　乾燥によるカプサイシノイドの減少

各粒度のトウガラシと高水分試料（塩蔵品）について，３種類の方法で乾燥を行った後分析し，乾燥前のカプサイシノイド含有量に対する割合を示した（図７）．60mesh の試料以外は，乾燥によって最大で25％のカプサイシノイドの減少が認められた．105℃で６時間乾燥した際，5.8 ～ 12.4％減少したという報告[2]，また，カプサイシノイドは加熱による分解が生じやすいという報告[3]もあるため，分析する際は，乾燥試料を分析するのでなく，未乾燥の試料を分析後，水分含量を別に測定して乾燥物に換算する必要があると考えられた．60mesh の試料では減少がみられなかった原因としては，60mesh の試料を調製するのが分析用粉砕機では困難だったため，工場で調製・殺菌した試料を用いたので，その時点ですでに揮発してしまっていたことが考えられた．

４　おわりに

トウガラシカプサイシノイドの迅速高感度分析法を検討した．その結果，前処理は，メタノールを用いて超音波で 30 分間抽出する方法が有効であることがわかり，従来法に比べて，前処理時間の大幅な短縮とコスト削減が図れた．また，HPLC 分析では，移動相をアセトニトリルに，検出器を蛍光検出器に変更することで，高感度に分析できることがわかった．

また，試料によっては，乾燥することによってカプサイシノイドが減少することがわかったので，分析は未乾燥試料で行い，乾燥物含量に換算する方法が良いと考えられた．

参考文献

1）岩井和夫他：＂トウガラシ＂ 幸書房，(2000)
2）岡澤仁ら: 第 29 回生薬分析シンポジウム　講演要旨, 54-70, (2000)
3）伊藤光男ら: 神戸市環境保健研究所報 No32, p.47-55(2004)

共同研究

美容健康タオルの硬さ評価

佐瀬　文彦*　田部田　一成**　落合　和夫**

The hardness evaluation of a cosmetic health towel

Fumihiko SASE,　Kazunari TABETA,　Kazuo OCHIAI

美容健康タオル（垢擦りタオル）は，使用者の好みに応じていくつかの硬さが生産されている。使用者に与える硬さは感覚（官能）によるものが主であり，定義が曖昧であるため生産上これを相対的かつ客観的に目安となるものが必要となる。そこで美容健康タオルにおける硬さの評価を行い，数値による比較・相関を図るための検討を行った。

Key Words : 美容健康タオル，硬さ，数値化

1　はじめに

近年の健康志向や製品の多様化により，美容健康タオル（垢擦りタオル：以下垢擦りタオル）も多くの機能性や嗜好性に合わせた物が生産されている。その中で一般的に垢擦りタオルは，その硬さ（肌触りや垢落ち感）の指標が消費者の製品選択のポイントの一つとなっている。しかし，それは人間の触覚（官能）によるところが大きく，例えば鉱物のように硬度などの指標も無い。実際の生産では概ね３段階，すなわちかため，ふつう，やわらかめの設定はしているものの，相対的にこれを評価する指標が存在しない。そこで，垢擦りタオルの硬さの評価方法について，数値による比較を可能とするための検討を行った。

2　研究の方法

繊維製品の主として人間の官能に関わる測定方法として，ＫＥＳ官能試験機（(株)カトーテック社製：以下ＫＥＳ）による評価方法がある。試料を物性から多角的に分析し硬さ感に相関があるかどうか検討する。

次に，他の既存の試験機を用いた摩擦に関する評価を行い，最後に使用感による評価方法について検討を行う事で新たな評価手段を模索する。

3　結果及び考察

3．1　硬さに対する定義

この研究を行うにあたり，いくつかの垢すりタオルを実際に使用して硬さについて考察した結果，つぎのような要素に分解する事とした。すなわちここで問題とする硬さは，単純な鉱物などの硬度とは異なり，いくつかの要素で成立していると考えられる。極端な例では，例えば素材としては硬い鉄などの金属でも滑らかに磨き，かつ球状または箔状のものであったとすると，人がこれで体を摩擦しても，本研究で問題にしている”硬い”とは感じない筈である（当然垢を落とす能力も少ない)。素材としては柔らかくても例えば歯ブラシ状の短い針状にして使用すれば痛い（＝硬い）と感じるかも知れない。すなわち垢すりタオルでは硬い（以下硬さ感）という事は押しつけまたは擦った場合の痛みの感覚によるものであると考えられる。そこでまず製品状態での厚さ方向の固さ，摩擦面の表面の状態，主として摩擦感に寄与する繊維方向の剛柔性。以上の３要素の相乗効果であると今回は捉えることとし，製品からこういった要素を個別に評価する方法をまず検討し，この他のアプローチの方法として，製品

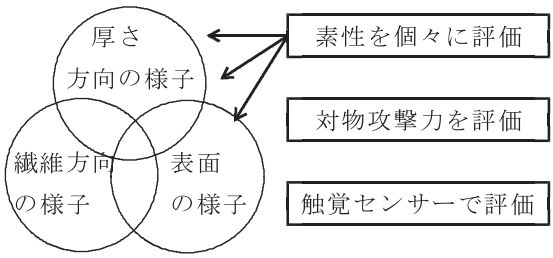


図１　硬さの３要素と，評価のアプローチ方法

が皮膚を摩擦する事で起きる擦り落とす能力を評価する方法や製品が皮膚を摩擦することで生じる触覚で評価する方法など，結果的に起きている現象（受け手側の影響）で評価する考え方にも併せて検討した。

＊　栃木県産業技術センター繊維技術支援センター
＊＊ タツネ株式会社

評価対象商品はナイロン製垢擦りタオルであり，製造上の硬さ感の違いは，繊糸の繊度（構成糸太さ，フィラメント数）と，織密度，熱処理の違いによって変化を持たせている。他試料として市販されている各種垢擦りタオルなどについても評価用として使用する。今回用意した試料の概要は表１のとおりである。

表１　試料一覧

分類	試料名	素　材	かたさ表記（相対評価）	備　　考
検討対象	かため	ナイロン	かため	垢すりタオル
	ふつう	ナイロン	ふつう	垢すりタオル
	やわらかめ	ナイロン	やわらかめ	垢すりタオル
評価生地	サテン	PE	比較的かたい	サテン生地
	チュール	PE	やわらかい	チュールレース
評価試料	A	ナイロン	かため	垢すりタオル
	B	ナイロン	かため	垢すりタオル
	C	ナイロン, PE	ふつう	垢すりタオル
	D	ナイロン	ふつう	垢すりタオル
	E	ナイロン, PE	ふつう	垢すりタオル
	F	ナイロン、綿	ふつう	垢すりタオル
	G	綿	ふつう	垢すり（経編）
	H	PP, アクリル	ふつう	垢すりタオル
	I	PP, PE, ナイロ	ふつう	垢すり（経編髪状）
	J	アクリル、レーヨ	やわらかめ	垢すり（経編）
	K	PE, ナイロン	やわらかめ	垢すり（経編）
	L	レーヨン	表記無し（かため）	垢すり（楊柳開織物）
	M	綿	表記無し（やわらかめ）	垢すり（パイル）
	N	ナイロン	表記無し（やわらかめ）	垢すり（クリンプ状）
	O	綿	表記無し（やわらかめ）	一部カットパイルタオル
	P	綿	表記無し（ふつう）	タオル
	Q	綿	表記無し（やわらかめ）	カットパイルタオル
	R	綿	表記無し（ふつう）	ガーゼタオル

内訳は評価検討する 3 種類の試料の他に，14 種類の市販垢擦りタオル，及び通常のタオル，さらに衣料用生地の中から手触りがしなやかかつ滑らかなサテン生地と反対に剛直でざらざら感のするチュールレース生地も用意した。すなわち素材，製法（ニット・織物），その他の工夫が異なる試料を揃えた。

３．２　ＫＥＳ官能試験機による評価

最初の要素評価については，ＫＥＳにそれぞれ前述の３要素を評価する試験機があるためこれを用いる。

表２　機器名及び測定条件

①圧縮弾性試験（ＦＢ３）

速度 50sec/min　行程 5mm/10V　範囲 2cm^2

②摩擦・表面粗さ試験（ＦＢ４）

摩擦静荷重 50g　粗さ静荷重 10g　張力 400g

③純曲げ試験（ＦＢ２）

サイズ 20cm　B K=0.5 ~ 1.5cm　2HB K=1.0cm

表３　測定値と硬さ感への因果関係の仮定

測定機器	計測値	略称	値の概略	値→大の時の硬さ感への関与（仮
FB2	曲げ剛性	B	曲がりにくさ	→大（正の関与）
FB2	回復性	2HB	回復しやすさ	→大（正の関与）
FB3	圧縮仕事量	WC	圧縮しやすさ	→小（負の関与）
FB4	摩擦係数	MIU	表面の粗さ	→大（正の関与）
FB4	摩擦係数変動	MMD	粗さの変動	→大（正の関与）
FB4	表面凹凸変動	SMD	表面の凸凹	→大（正の関与）

今回は，これらの試験結果と硬さ感との因果関係について，圧縮仕事量以外は測定値が大きくなる事で，硬さ感を助長する関与の仕方をすると仮定した。すなわち，曲がりにくい，曲げられても回復（抵抗）しやすい，圧縮されにくい，表面が粗い，粗さの変動が大きい，凸凹している，関与の度合いは異なるがこれら

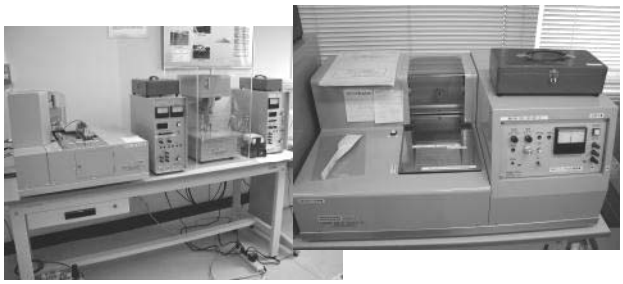
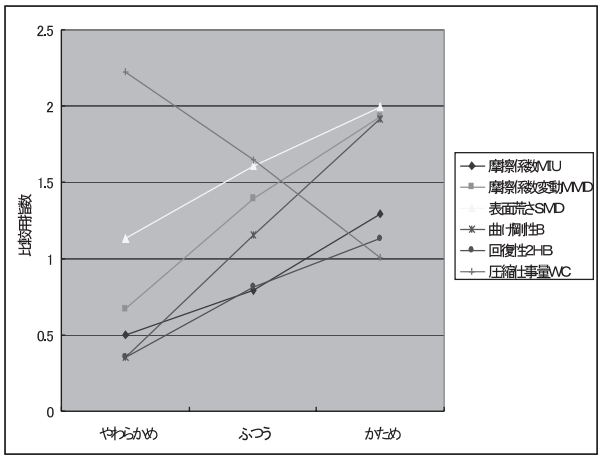


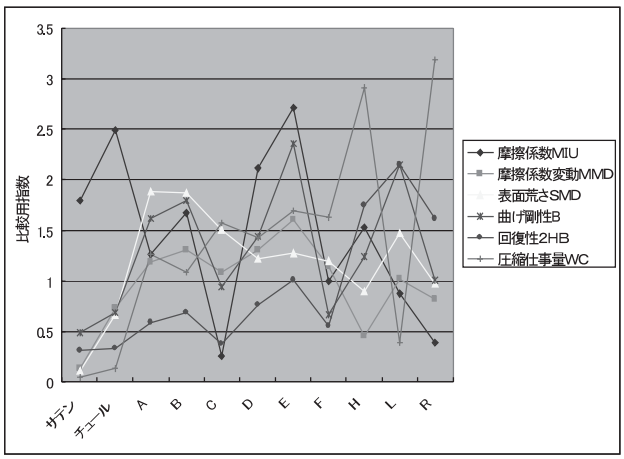
図２　KES　FB3 及び 4（左）と FB2（右）

の相乗効果によるものという仮定である。これら以外にも，ＫＥＳによる値は測定可能だが，予備試験により測定不可能や不安定，意味の無いと考えられる値は除外した。また，値を複合する事で得られる，コシやハリなどの表現も，服地を設定して評価するものなので今回は使用を控えた。ＫＥＳによる測定値測定結果を図３及び図４に示す。



※グラフの値は比較用に各測定項目毎定数（正数）を乗じている

図３　ＫＥＳ測定結果（検討対象）



※測定不能な項目のある試料は除外し図３同様定数を乗じている

図４　ＫＥＳ測定結果（その他）

これによると，検討対象試料３つの間では，全ての項目で仮定した相関（圧縮弾性率の値そのものでは負の相関）の傾向があると考えられる。しかし，素材や組成などが異なる試料間では，全てに同様の傾向があるとは言えない。当然，値による硬さ感への関与の度合

いは異なり，例えばサテンなどは圧縮仕事量は低く，摩擦係数は大きいが手触りは明らかに硬さ感は少ない。当然厚さや滑らかさなどの傾向が多様な比較試料を用意したので当然ではあるが，全て又はこれらのいくつかの値を複合させて一般式を導けるかが課題となった。これについてはさらに多様な試料での試験と，これに伴う官能（人間の）評価が統一してなされる必要がある。少なくとも今回の検討対象については，最終的に評価した6つの値の傾向が一致していれば全てまたはいくつかの値を用いて相対的評価を行って良いと考えられる。

３．３　引張試験機による評価

次に表面摩擦による評価について，引張試験機（INSTRON 社製 5565）の測定項目の一つとして測定可能であるので図５のような条件で計測を行った。結果，最大静止摩擦力については図６下段のグラフのように，相関性については直線性を欠き，値が若干不安

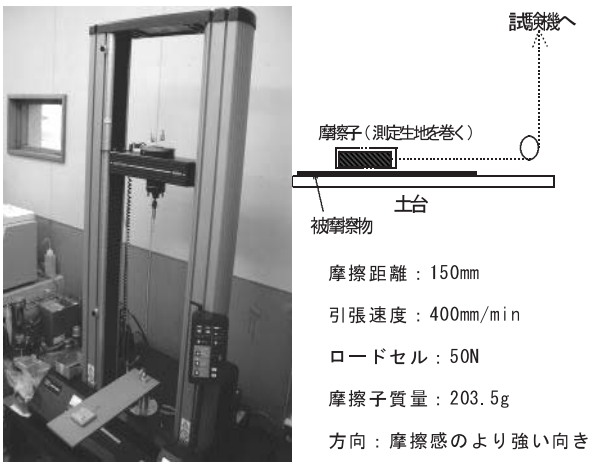
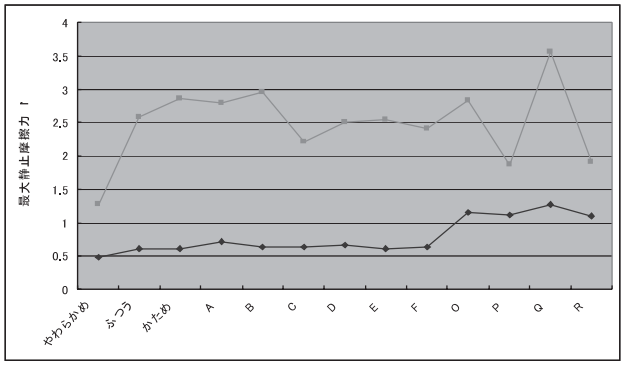


図５　引張試験機及び測定条件



上段：被摩擦物は同一　下段：被摩擦物は土台金属

図６　測定結果　※測定可能だったもののみ

定なものとなった。被摩擦物を金属から発泡ゴム（皮膚に類似させて）等変化させても値は多少変化するものの傾向は変わらなかった。また，この測定では摩擦係数については値の相違が少なく有効な比較材料にならなかった。そこで別な方法として，試料同士の摩擦による相乗的な表面の粗さや摩擦力を評価する事とし，摩擦子，被摩擦面を同じ試料の摩擦感の強い方向同士による擦り合わせにより表面摩擦を測定したところ図６グラフの上段のような結果となった。相互に摩擦しあう事で特徴が顕著になったがやはりこの値だけでは有効性に欠いた結果となった。動摩擦力及び最大静止摩擦力そのものは硬さ感を左右する１要素ではあり，また測定条件等見直しによって検討の余地はあるが，今回検討の範囲では引張試験機による表面摩擦試験のみでは評価が困難な事が判明した。

３．４　垢擦効果の評価

本来は人体を用いて評価する事が望ましいが，条件が標準化しにくい事や測定の困難さなどから，他の摩擦対象物と試験機を模索する。一般的に垢擦りタオルは往復運動で使用する事から既存の試験機器の中で，染色堅牢度試験に用いる，学振型摩擦試験機（スガ試験器（株）製）を利用し，摩擦子として，いくつかの予備試験の結果，入手し易さ，価格，安定性，硬さなどによる評価のしやすさから白墨（日本白墨工業(株)製　天神白墨きぬごし製白色）を用いる事とした。当

図７　摩擦試験機を利用した試験

然これは元々試験用の素材ではないため，均一性及び試験の再現性により，厳密な試験には使用出来ないが，白墨の製造上のばらつきや，試験の再現性について予備試験を行いその程度を確認した。白墨の均一性については寸法（長さ，先端・中央・元の直径，質量），再現性については垢すりタオルの代わりに耐水サンドペーパー（#400）を用いた試験にて評価した。評価は無作為に抽出した 10 サンプルにて行った。その結果重さで約 3%，寸法で約 0.4%程度ばらつきがあった。再現性については測定値が約 5%程度のばらつきがあった。この中で白墨の重さについては摩擦子作成事に調整するので問題とはならないと考えられ，その他については誤差の範囲として考慮した。

この試験は，白墨を摩擦子として本来染色摩擦試験する側の生地として試料をセットし（下に使用時の手に相当する発泡ゴムを敷く），規定回数（予備試験により 200 回に設定）摩擦後の摩擦子の摩滅による質量

の減少を電子天秤にて測定する方法で，いわゆる対物摩滅性を評価することで間接的に，皮膚（垢）を摩擦される事で感じる硬さ感（痛覚）と垢落とし効果について評価を行った。計測手順と結果を以下に示す。

①摩擦子の金属ヘッドを白墨セット用にゴムで製作した物に変更する（今回は質量 32.4g に調整）。

②白墨を元から切り出す形で断面を水平に調整して質量 2.50g の摩擦子を作成する（湿度に注意）。

③試験機摩擦台に発泡ゴムシートを敷いてから，試験片をセットする。摩擦子ヘッドに白墨を削らないように差し込み試験片に乗せる。

④回数を 200 回として摩擦試験機を動作させる。

⑤白墨を抜く時に白墨を削らないように注意して質量を測定して，減少量を算出する。

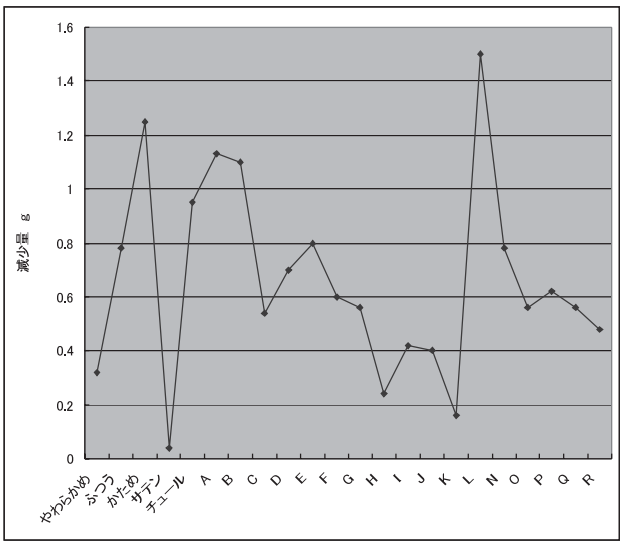


図８　摩擦試験結果　※測定可能だったもののみ

結果からまず判ることは，評価対象が直線性をもつ正の相関が得られている事で，さらにその間隔が広く理想的な形になっている事である。また今回一番なめらかかつしなやかなサテン生地をはじめとして，その他の試料も概ねかたさ表記や硬さ感に相関する傾向が見られるが，評価対象以外のものは硬さ表記の統一性が証明出来ないため，類似の傾向程度の評価に留まった。試料Ｌについては楊柳風の薄い織物生地であるが表面がヤスリ様になってかなりの硬さ感があるが，他の試験ではあまり顕著な結果が出なかった点から相対的に有効な評価法であると考えられる。またこの方法では全ての試料で摩擦回数を 50 回，100 回，150 回と変化させても回数にほぼ比例した結果が得られた。これは相対評価を行う時には評価しやすい回数で試験が行えることを意味する。

３．５　刺激の評価

垢擦りタオルを使用する場合，肌に押しつけ擦る事で硬さを感じている。これを直接評価するならば，触覚（痛覚）センサを用意出来れば良い。今回は相対的評価である事で簡易に，擦られたときに生じる衝撃を評価する事を考慮してフレキシブルかつ鋭敏性があり，比較的安価なピエゾ系のセンサによる評価を試みた。これは，発泡ゴム（人間に見立てた）上にセンサを貼り付け（または埋め込み），その上を引張試験機等にて定速で引く摩擦子が通過する時のセンサの波形を増幅，ＡＤ変換を行ってパソコンで記録・観察を行うものだが，センサの特性によりノイズの影響を受けやすく，今回行った測定環境ではシールド等のノイズ対策が十分に施せず，外来ノイズの影響が大きく評価を断念した。

４　おわりに

人間の官能による評価を数値化するには，大元となる官能評価値の絶対性が重要であり，現段階では厳密性を求める事は難しかった。

物性試験による評価は，一定の条件下において相対比較を行う場合については，いくつかの評価方法が有効である事が確認できた。ＫＥＳによるものは，現段階では有効性が見られた個々の値が全て同じ傾向であれば問題ないが，今後はこれらを複合して数式化し，評価できれば普遍性が出てくると考えられる。それには数多くのサンプルと，先に述べた官能評価値が必要となる。

対物摩滅性による評価は垢擦りの能力評価としてはかなり有効であるが，硬さ感との相関については証明が不十分な結果となった。また，触覚による評価については，計測方法が今後の課題となった。

いずれにしても人間の触覚をはじめとする官能に関わる計測は特にセンサ工学（ロボット分野）において最先端の分野であるが，昔から繊維製品は手触りによる評価が基本だっただけに，評価方法については今後も検討を進める必要があると思われる。

参考文献

1）ダーヴィット・カッツ： 触覚の世界　新曜社，(2003)
2）増田良介：はじめてのセンサ技術　工業調査会，(1998)
3）飯田健夫 他： 感じる　オーム社，(1995)
4）今井秀孝： 計測の信頼性評価　日本規格協会，(1996)
5）チャールズ・ベル： 手　医学書院，(2005)

共同研究

トーションレースの編成時の糸の振動の分析

堀江　昭次*　　和田　光永**　　植木　恵**

Analysis of Vibration of the Thread at the Time of Organization of a Torchon Lace

Shouji HORIE, Kouei WADA and Megumi UEKI

トーションレース編成時には糸振動が発生しているが，この振動の特徴，糸種類，張力の違いによる振動の特徴について高速ビデオカメラで撮影した画像を基に分析を行った。その結果，糸振動がどの時点で大きく発生したか，糸の種類による糸振動の特徴，張力の違いによる糸振動の特徴について把握することができた。

Key Words：トーションレース，糸振動

１　はじめに

トーションレース機はボビンを装着したスピンドルが左右静止移動しながら糸を供給しレースを編成する装置であるが [1)]，その編成時にはスピンドルやリードナイフの激しい動きから多くの糸振動が常時発生している。そしてその振動はレース生地の形や風合い等に多くの影響を与えていると考えられる。そこで本研究ではレースに影響を与えているかもしれない糸振動について，その特徴，糸種類や糸張力の振動に対する影響，振動が多く発生する編成過程等について分析を行った。

２　研究の方法

２．１　高速度ビデオによる撮影

トーションレース機の稼動状態で高速度ビデオにより糸振動発生状況の撮影を行った。撮影位置により分析時に差が出ると考えられるので，いくつかの方向から撮影するようにした。なお，㈲ワダノブテックスの工場で 実際の生産に使われているトーションレース機の稼動状態で撮影を行った。

２．２　使用した糸とスプリングの物性値測定

撮影時のレース編成に使用した糸について，その物性の測定を行った。表１に測定項目を示す。測定条件としては，ＪＩＳ－Ｌ１０９５一般紡績糸試験方法により行い，試験回数は５０回とした。初期引張抵抗度については，測定回数を１０回として計算を行った。

表１　測定項目

①引張強さ
②伸び率
③繊度
④初期引張抵抗度

２．３　撮影ビデオの検討

撮影された糸振動の映像について，振動の種類や特徴，糸の種類や張力についての要因を考慮しながらの分析を行った。また，糸の振動状態を検討し，どの種類に該当する振動であるかの検討を行った。

３　結果及び考察

３．１　高速ビデオ映像の分析

高速ビデオ映像の連続写真を図１に示す。

糸振動を発生させる要因の中で最も大きな振動を発生させているのはリードナイフの開閉により発生する振動である。ナイフが開くときに交差している糸をナイフの先端が引っ掛けることにより最も大きな振動が発生している。その他の要因として，スピンドルの移動に伴う振動やスピンドルの移動が終わったときの衝撃による振動，稼動による機械そのものの振動も考えられる。さらに、スピンドルの移動により，現在使用しているスピンドルの機構的特徴によって糸張力に変化が生じ，これが振動の要因の一つになっていると考えられる。

*　栃木県産業技術センター繊維技術支援センター
**　有限会社　ワダノブテックス

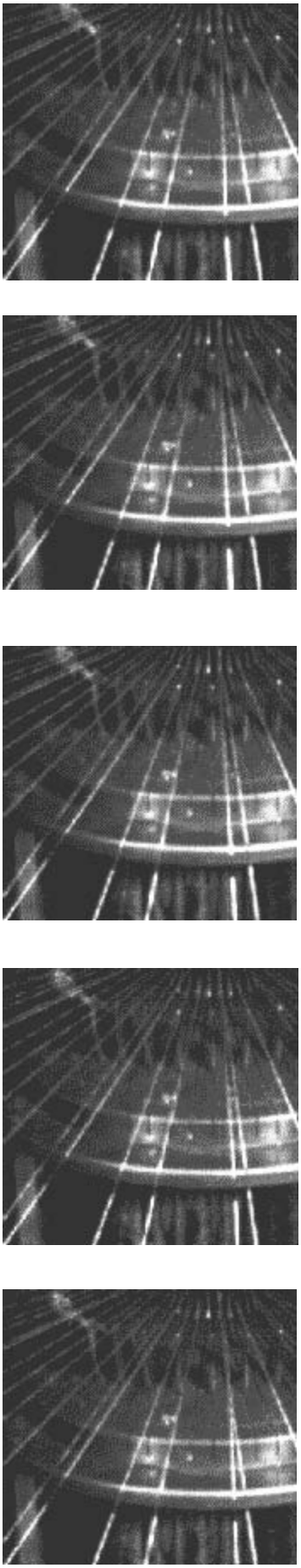


図１　糸振動ビデオ映像

３．２　糸振動の要素について

糸振動の要素は多岐にわたっていると考えられる。３．１で述べたようにリードナイフが糸を引っ掛けることにより最も大きな振動が発生しているが，引掛け作用による強制振動であるということができると考えられる。強制振動と考えた場合，リードナイフによる引掛け作用が起こるとそこを起点として波動形で振動が伝わる。ビデオ映像からも波動系で振動が伝わる様子が見られる。リードナイフの開閉により一定の間隔で強制力が与えられる。振動は空気抵抗による減衰作用を受けるが，すぐにリードナイフの戻りによる糸との接触が起こり，それによりほとんど振動は減衰してしまい，そのままブッシュ側に糸が引き込まれている。リードナイフが完全に閉じたとき，その衝撃により新たな糸振動が発生しているように見える。さらに，スピンドルの移動による振動も確認できるが，これはスピンドルの移動による位置的変化による振動と考えられると共にスピンドルの移動による張力変化も振動に係っていると考えられる。

糸振動に影響を与える要素として，張力変化，支点間の長さ変化，糸のすべり，糸の線密度，糸の物性，糸の構造等が挙げられる。このうち，張力変化と支点間の長さ変化，糸のすべりはトーションレースの編成機構に起因していると考えられる。スピンドルにおいて，ボビンストッパーが外れる瞬間が最大の張力となる位置で[2]，スピンドルが内側に位置するときが最小の張力となる。この張力変化により振動数に変化が生じることになる。また，指定された柄を編成するためにスピンドルが回転運動しながら左右静止移動しているが，回転の内側と外側では支点間の長さに差があり，このため糸振動の振動数や振幅に変化が生じることになる。さらに糸は常に巻き込まれており，スピンドルから糸が送り出されることになる。このため振動の両端は固定されておらず，常に糸のすべりがある状態となっている。このことが糸振動に影響を与えていると考えられる。糸構造については，紡績糸とフィラメント糸では振動に差があると思われ，特にフィラメント糸では分析に理想的な振動に近い状態の振動であると考えられるが，紡績糸の場合は材料の物性よりも撚りの強さ等の要因に大きく影響される振動になると思われる。また，毛足の長い糸と短い糸ではビデオ映像から差が確認され、毛足の長い糸のほうが振動の自然収束が速くなっている。これは，糸に長い毛先があるほうが空気抵抗の影響を受けやすいのと，他の糸との毛先の接触があることが直接の原因と考えられる。図２に毛足が長い糸のビデオ映像連続写真を示す。

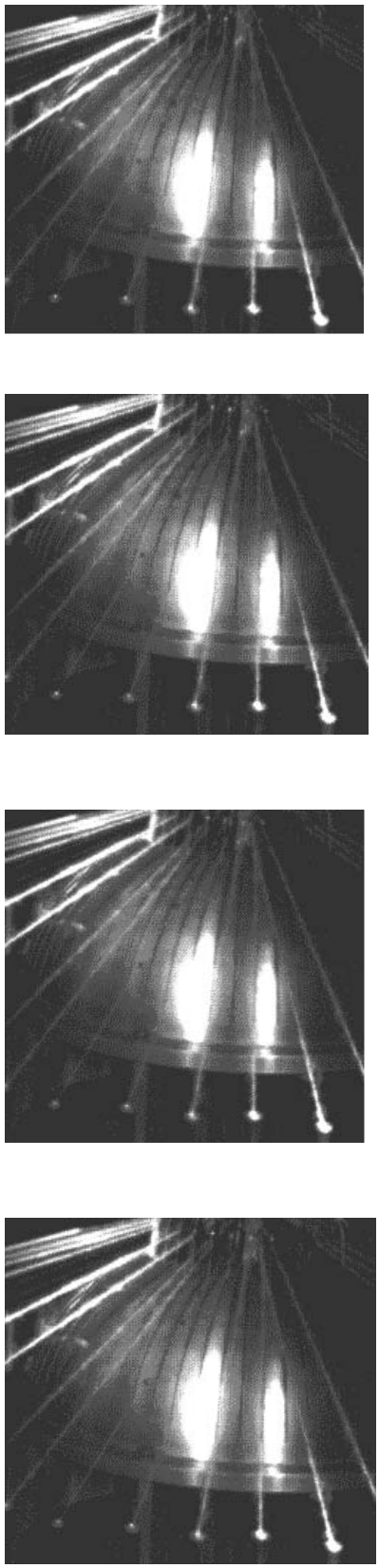


図２　モヘア糸連続映像

３．３　糸の物性との関係

トーションレース編成時の糸振動を弦の振動に近似して考えた場合，微小長さΔｘを問題にすると，線密度σを掛けたものが質量となり，それに振動の変位の加速度を掛けたものが張力となる[3)]。弦の振動の場合は張力は弦の両方向に等しくなり、弦は左右の支点がずれないが、糸振動の場合は糸の送りによるずれがあるのでこの両方向の張力に差があることになる。

振動数に係る要素として、糸の張力と長さ、線密度が係って来る。撮影に使用した糸の物性を表２に示す。物性が振動のかかわる要因としては、張力の違いにより振動数に差が生じる。高張力では高い振動数となり低張力では低い振動数となる。これらの影響はビデオ映像でも確認できる。

表２　糸の物性

	糸Ａ	糸Ｂ
①繊度　（tex）	97.2	30.5
①引張強さ（Ｎ）	13.7	4.5
②伸び率　（%）	39.5	5.7
③初期引張抵抗度（N/mm）	0.265	0.216

３．４　バネの物性との関係

表３にトーションレース用スピンドルに使用する糸張力用のバネの物性を示す。トーションレース編成中のスピンドルの動きによる糸の出具合を表４に示す。

表３　バネの物性

項目 / 公称張力	バネ定数 (N/mm)	105mm伸長時張力 (N)
５０ｇ	０．００９３	０．４８
６０ｇ	０．０１０８	０．６７
８０ｇ	０．０１５１	０．７６
１００ｇ	０．０２０５	０．９９
１５０ｇ	０．０２９８	１．４３
２００ｇ	０．０３７５	１．８７

表４　糸の出具合

糸の出方（単位：mm）

０　→　－２　→　＋３　→　＋１
→　－３　→－１　→　＋３　→
＋１　→　－２　→　－２→　＋３
→　＋１　→　－２

編成するトーションレースの種類や使用目的に応じ

て糸張力を変更するが，糸張力の差が振動に影響を与えていると思われる。

表４に示す糸の出具合はスピンドル側を基準としているのでスピンドルとブッシュ間の糸の長さの差となリ，最大で３㎜の差となる。この長さの差はスプリングが吸収しているので，－３㎜のときが最もスピンドルが内側になっており，スプリングの最大伸長時（スプリング長105㎜）から３㎜短くなっている。表３に示すバネの物性からバネ張力が最も弱いバネで約0.28Ｎとなり最も強いバネで約5.6Ｎの差が生じることになる。つまり，同じバネを使用していても編成中に張力差が生じることになる。この差が糸張力の差となり糸振動の振幅振動数に影響を与えていると考えられる。

４　おわりに

トーションレース編成時の糸振動について，その特徴に付いて把握することができた。トーションレース機はその編成の機構上，スピンドルの移動により柄を表現しているので，編成中に比較的大きな糸振動が発生している。この振動がレース生地に対して与える影響の把握とその抑制あるいは利用，振動の数式化といった問題の解決は今後の課題であると考える。

参考文献

1）　松島四郎：トーションレース工業Ⅱ　トーションレース工業技術図書刊行会（1982）
2）　堀江昭次：トーションレース機用スピンドルの開発に関する研究　栃木県繊維工業試験場（2002）
3）　鹿児島誠一：振動・波動入門　サイエンス社（2000）

共同研究

益子以外の新しい粘土の開発と応用

小口武雄*　村沢清*　塚本準一*　仁平淳史*　片見通夫**

Development and application of new clay other than the clay in Mashiko

Takeo Koguchi , Kiyoshi Murasawa , Junichi Tsukamoto , Atsushi Nihei , Michio Katami

陶磁器原料は全国的に枯渇化の傾向にあり、良質な原料を確保することが年々厳しい状況になりつつある。益子焼業界においても陶磁器原料である良質な粘土は減少傾向にあり、品質低下による欠陥なども心配される。今後業界にとって大きな問題とも考えられる。そのような状況の中、栗山村土呂部地区から産出する未利用原料を粘土原料として利用できないかと考え、配合調整を行ない新しい粘土の開発や釉の調合試験も併せて行った。

開発した粘土は、野焼用（以下低火度と記す）及び高火度用の２種類で両者とも実用に耐える成果を得た。また、釉薬についても応用できることが判明した。

Key words ：未利用原料、粘土、釉薬

１　はじめに

栗山村土呂部地区から産出する未利用原料（以下栗山土）は、火山灰がこの地に堆積し形成されたものと推測される。その層厚は５０ｍに達することがボーリング調査によって確認されている。この栗山土を主原料とし、そこに萩砂やシャモット,中国黄土等の原料を加え、低・高火度用粘土の開発を行った。

２　研究の方法

２．１　使用原料・配合割合

栗山土を基礎粘土として、低火度用粘土は木節粘土，シャモット，黄土等を、高火度用粘土は木節粘土，シャモット，萩砂等を使用して調製した。

栗山土は水簸して精製し、シャモットは５０メッシュ以下に調製したものと、ふるいをかけない未調製なもの２種類を使用し、総量が１㎏になるように配合してボールミルで１０分間撹拌後、粘土とした。なお、前試験で低火度用粘土の焼成色が劣ることから、中国黄土を１５％添加した。

２．２　栗山土の化学組成分析

栗山土を水簸精製し、蛍光Ｘ線分析装置（（株）リガク製３２７０型）により行った。また試料の調整は耐火レンガ及び耐火モルタルの蛍光Ｘ線分析方法通則(JIS R2216)に準じて行った。

２．３　試験体の成形

試験体の成形は金型で６０×３０×７㎜に成形し自然乾燥した。

２．４　焼成

焼成には電気炉を使用し、酸化雰囲気で行った。低火度粘土は７００～１１００℃で、高火度粘土は１２００～１３００℃の温度範囲で行った。

２．５　収縮率　（乾燥収縮・全収縮）

収縮率は試験体５個について、乾燥収縮率（成形直後から乾燥後の収縮）、全収縮率（成形直後から焼成後の収縮）を求めた。

２．６　吸水率

吸水率は各々の温度で焼成した試験体５個について「陶磁器質タイル」（JIS A5209）に準じて実施し、その平均値を求めた。

２．７　曲げ強度・耐火度

曲げ強度は各々の温度で焼成した試験体５個について実施しその平均値を求めた。耐火度の測定は東工式耐火度試験装置を用いて「粘土質耐火レンガ」（JIS R2304）に基づいて実施した。

２．８　陶磁器製品の試作

成形は手びねり、型物成形、ロクロ成形で行い、焼成は野焼とガス炉，電気炉を使用した。

２．９　栗山土の釉薬への応用

栗山土、釜戸長石、合成土灰による三成分の釉調合試験を実施した。

３　結果及び考察

３．１　化学組成分析

栗山土の化学組成分析値を表１に示す。

３．２　試験体の成形

低火度用粘土の配合割合を表２に、高火度用粘土の配合割合を表３に示す。試料の成形は金型を用い

*窯業技術支援センター
**国際薪窯研究所

表１　栗山土の化学組成　(%)

成分名	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	TiO_2	合計
Mass	63.4	18.6	6.83	0.159	1.77	3.29	2.15	2.21	0.111	0.505	99.03

表２低火度用粘土の配合割合(%)

使用原料	栗山土	木節粘土	萩砂	中国黄土	ベントナイト	シャモット
L-1	８０	－	－	１５	5	－
L-2	７０	－	－	１５	5	１０
L-3	６０	－	－	１５	5	２０
L-4	４５	２０	２０	１５	－	－
L-5	４５	１５	１５	１５	5	－

表３　高火度用粘土の配合割合(%)

使用原料	栗山土	木節粘土	シャモット	萩砂	珪砂	水酸化アルミナ	蝋石	ベントナイト
H-1	４５	２５	１０	１０	－	１０	－	－
H-2	４２	２１	１０	１２．５	－	９．５	－	5
H-3	４２	２６	７．５	１５	－	９．５	－	－
H-4	４２	２６	７．５	１５	－	－	９．５	－
H-5	４２	２６	９．５	６．５	６．５	９．５	－	－

て作成した。低火度、高火度用粘土の成形能は全ての配合比で良好であり、また型離れや試料の変形など特に問題はなかった。

写真１　栗山つりセンター（栗山土採取場所）

３．３　試料の焼成

試料の焼成は電気炉による酸化焼成で、低火度粘土の温度範囲は７００～１１００℃、高火度粘土は１２００～１３００℃の範囲で焼成を行った。

低火度粘土の試験体にキズや割れなどの発生は見られなかった。また焼成呈色は７００～１０００℃までは大きな差異はなくキャラメル色（４ＹＲ５．５／６．５）、１１００℃ではレンガ色（４ＹＲ４．０／６．０）であった。

高火度粘土の試験体もキレや割れ、変形は認められなかったが、１２８０℃で各粘土とも膨張した。焼成呈色は１２００～１３００℃で茶ネズミ色（４ＹＲ５．０／１．０）である。焼成呈色の表示は標準色カード２３０による。

なお、栗山土の焼成性状は焼成温度１２００℃で２０．７％の収縮になり、１２５０℃で膨張し１２８０℃で溶融した。

３．４　収縮率（乾燥・全収縮）

低火度粘土の乾燥収縮率は７．４～８．８％の範囲である。可塑水量は２８～３８％で大きく異なった。これは原料の配合割合によるものと推定できる。焼成温度１０００℃で１０％以下の収縮を求めたがやや上回るものもあった。

高火度粘土は乾燥収縮率や可塑水量は従来の益子並土と大差のないことが分かった。全収縮率を１５％以下にすることを目標としたが、各配合粘土は最大で１４．０～１５．２％であった。並土（１２．０～１３．０％）より僅かに大きい。

３．５　吸水率

吸水率は焼成温度によって左右されるが、低火度粘土L-４，L-５の試料は７００～１０００℃の範囲に変化は見られないが、１１００℃では各配合粘土の吸水率は少なくなった。

高火度粘土は１２５０℃で従来の並土(６～７％)と比較すると２．１～３．５％の少ない値である。

表４ 低火度粘土の含水率・収縮率・吸水率（%）　耐火度（SK）　曲げ強度（MPa）

No		L-1			L-2			L-3			L-4			L-5		
含水率		38.0			36.4			32.5			28.5			30.3		
乾燥収縮率		8.8			8.4			7.6			7.4			8.0		
耐火度								10～11								
焼成温度		全	吸	曲	全	吸	曲	全	吸	曲	全	吸	曲	全	吸	曲
OF	700	9.0	27.3	1.4	8.5	24.2	1.0	7.8	25.5	1.1	7.2	21.7	0.2	7.9	21.6	0.7
	800	9.2	27.4	2.1	8.9	26.3	1.9	8.0	25.6	1.4	7.5	22.1	0.3	7.8	21.9	0.9
	900	9.8	26.1	6.0	9.7	25.2	5.6	8.3	24.6	5.2	7.5	21.8	2.4	8.5	21.3	3.4
	1000	12.2	22.1	12.1	11.2	21.6	11.0	9.7	21.8	8.5	8.6	20.2	4.7	9.6	19.0	5.3
	1100	18.9	6.6	29.2	17.3	8.5	25.2	14.1	12.1	21.9	12.2	12.5	5.9	13.1	11.4	5.9

表５ 高火度粘土の含水率・収縮率・吸水率（%）　耐火度（SK）　曲げ強度（MPa）

No		H-1			H-2			H-3			H-4			H-5		
含水率		26.0			26.8			26.8			28.1			25.9		
乾燥収縮率		6.2			6.9			6.1			6.0			6.3		
耐火度								14								
焼成温度		全	吸	曲	全	吸	曲	全	吸	曲	全	吸	曲	全	吸	曲
OF	1200	13.7	8.9	15.3	14.4	7.7	14.9	13.4	7.8	14.2	13.8	3.7	16.2	13.6	8.8	14.5
	1230	–	–	–	–	–	–	14.4	4.4	15.7	14.0	1.8	18.8	–	–	–
	1250	15.0	2.8	18.6	15.2	2.1	18.3	14.8	2.7	17.1	12.0	3.5	15.1	15.1	3.5	18.5
	1280	13.2	2.7	17.8	13.7	5.2	16.7	13.9	3.5	16.4	9.6	9.1	14.0	14.0	3.1	17.2
	1300	13.1	3.8	17.4	13.3	6.5	15.2	13.0	5.2	15.2	–	–	–	13.7	3.7	16.8

全・全収縮率　　吸・吸水率　　曲・曲げ強度

写真２ 低火度粘土（手びねり）

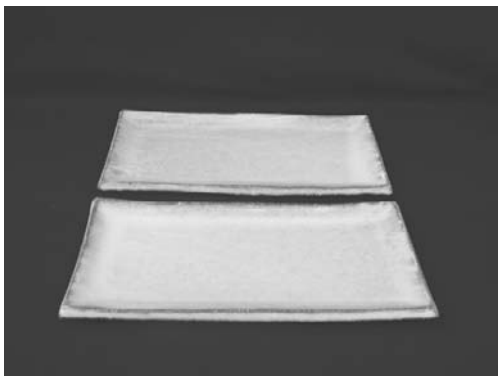


写真３　高火度粘土（押型）

写真４　高火度粘土（機械ロクロ）

写真５　高火度粘土（ロクロ）

３．６　曲げ強度・耐火度

低火度粘土の曲げ強度は焼成温度１０００℃において収縮率を１０％以下、曲げ強度１０ＭＰａ以上を目指したが、目標達成には至らなかった。

高火度粘土の曲げ強度は、並土と比較しても大差はないが、耐火度がＳＫ１４（１４１０℃）と弱いため温度管理が重要なポイントになることが分かった。低火度粘土用の耐火度はＳＫ１０～１１（１３００～１３２０℃）であった。

なお、耐火度の測定は試作用粘土について実施した。低火度及び高火度粘土の収縮率，吸水率，耐火度，曲げ強度を表４と表５に示す。

３．７　陶磁器製品の試作

低火度粘土はL-３、高火度粘土はH-３の配合割合で試作用粘土を精製した。低火度用粘土は手びねり成形、高火度用粘土はロクロ成形等を実施した。

低火度粘土で花器などを成形したが、成形性も良好で野焼による焼成も特に問題はなかった。

高火度用粘土はロクロ成形，押型，機械ロクロ成形を行った。押型と機械ロクロ成形の一部で亀裂も認められたが成形は可能で型離れも良い。

なお高火度粘土は通常の素焼温度（８００℃）では焼結性が低いため、素焼温度を高めることが望ましいことも判明した（写真２～５）。

３．８　釉薬への応用

栗山土，釜戸長石，合成土灰の３成分調合について、酸化焼成及び還元焼成で焼成温度は１２５０℃で行った。並土の還元焼成については、栗山土２０～１００％の範囲，釜戸長石４０～５０％，合成土灰１０～２０％で鉄釉の発色である。栗山土５０～７０％，長石１０～３０％，土灰３０～６０％では、伊羅保釉となった（写真６）。

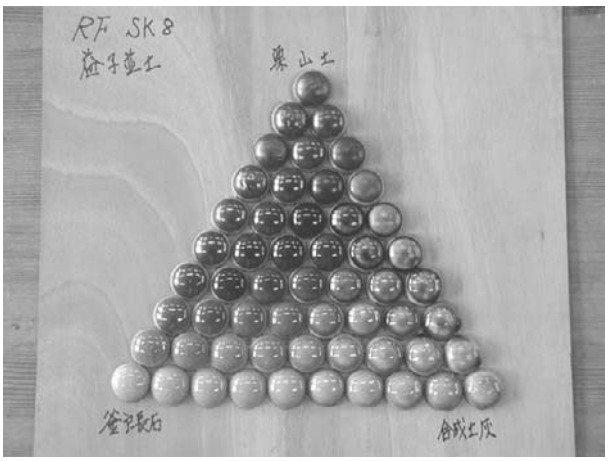


写真６　還元焼成（１２５０℃）

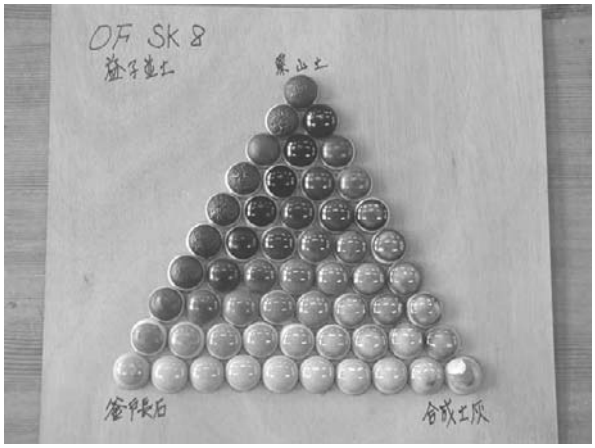


写真７　酸化焼成（１２５０℃）

一方、酸化焼成では栗山土６０～９０％，長石１０～４０％，土灰２０％の範囲では黒釉の発色を呈し、また栗山土５０～７０％，長石１０～３０％，土灰３０～５０％で伊羅保釉になった（写真７）。

その他の範囲には、鉄半失透釉や灰釉，透明釉，長石釉などの色調が得られた。

４　おわりに

低火度用と高火度用２種類の粘土を開発するため、栗山村土呂部地区から産出する未利用原料を用い、そこに粘土や石英，シャモットなどの原料を加え新粘土として活用するため配合調整を行った。いずれの配合粘土も可塑性や成型性など劣ることはなく、益子粘土とは異なるユニークな材質感の粘土となった。また釉薬としても使用できることが分かった。

なお、今後においては粘土精製等の技術支援や粘土調整などが予想される。

謝辞

本研究を実施するにあたり（有）大滝　山越祐慶氏には原材料の提供など多大なご支援を受けましたので、ここに感謝の意を表します。

共同研究

多重織物強化COPNA樹脂複合材料の摩擦特性(第１報)

諏訪浩史*　小島昭**

Friction Property of Multi-Layer Interlocked Fabric Reinforced COPNA Resin Composite (1st Report)

Hiroshi SUWA and Akira KOJIMA

多重織物で強化された COPNA 樹脂複合材料の摩擦特性について検討した。COPNA 樹脂とﾋﾟｯﾁ系炭素繊維で製織した多重織物を複合化し，多重織物強化 COPNA 樹脂複合材料を作製した。作製した材料の熱伝導率と限界 PV 値を測定し，基材織物の構造的な特徴が摩擦特性に及ぼす影響について検討した。結果は以下のとおりである。多重織物強化 COPNA 樹脂複合材料は樹脂単体に比べ極めて高い熱伝導率と自己潤滑性による低い摩擦係数を示し，限界 PV 値が高い値を示した。基材織物の組織は，表面に位置する繊維を均一に配置した構造とすることで，炭素繊維による自己潤滑性が効果的に発現されることが明らかとなった。多重織物を基材にすることで COPNA 樹脂の摩擦特性が向上することが明らかとなった。

Key Words :多重織物，熱伝導，CFRP，COPNA，摩擦，摺動，炭素繊維

１　はじめに

機械部品の高性能化・高機能化に伴い耐熱性を有する軽量な高分子材料が様々な分野で利用され始めている。一般的に高分子材料は熱伝導性が低く部材が局所的に過熱される状況では，その部分の温度上昇が顕著となり実質的な耐熱性が低下する。例えばすべり軸受けに高分子材料を使用する場合，摩擦熱による摺動性の低下が問題となることがある。

大谷，小島，太田らによって発明研究された縮合多環多核芳香族（Condensed Polynuclear Aromatic：COPNA）樹脂は，ナフタレン，ピッチ等の多環芳香族を，Ｐ－キシレン基で架橋した３次元構造を有する熱硬化性樹脂である[1-3]。COPNA 樹脂は熱分解温度が 400 ℃以上であり，フェノール樹脂よりも高くポリイミド樹脂に比肩する耐熱性を示す[4]。さらに濡れ性の悪い炭素材料との接着性に優れ[5]，自己潤滑材として黒鉛を添加することで高い摺動性を示す[6-7]ことが知られている。

一方，炭素繊維は軽量・高強度・高弾性率を持つ強化材として，その多くが炭素繊維強化プラスチック（CFRP）に使用されている。また炭素繊維は繊維方向には極めて高い機械特性や熱伝導性を示すが，繊維に垂直方向のこれら特性は高くない。そのため、平織りや一方向材を積層した CFRP は、面方向と厚さ方向で特性の大きく異なる異方性を示す。我々はこれまでの検討により、炭素繊維の方向性を制御した多重織物を CFRP の基材にすることで、CFRP の機械特性の異方性改善[8-13]並びに熱伝導性が向上[14]することを明らかにした。

本研究では COPNA 樹脂に炭素繊維の方向性を制御した多重織物基材を複合化することで，その熱伝導性を高め，実質的な耐熱性を向上させるとともに，炭素繊維自体が黒鉛構造を有することから，自己潤滑性も併せ持った摺動材料となる可能性について検討したので報告する。

２　研究の方法

２．１　試験片

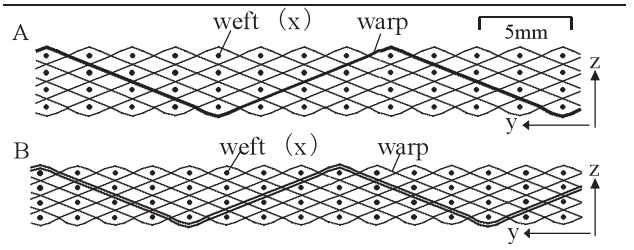
試験片の作製に使用した材料特性を表１に示す。樹脂にはナフタレン系 COPNA 樹脂（SKR-N，エアウォーターケミカル）を用い，繊維にはピッチ系炭素繊維（XN-50-3S，日本グラファイトファイバー）を用いた。この繊維の熱伝導率は繊維軸方向で 130W/m･K，繊維に直角方向でおよそ 2W/m･K であった。実験に使用した基材織物の構造を図１に示す。A と B はたて糸

*　栃木県産業技術センター　材料技術部
**　群馬工業高等専門学校　物質工学科

が材料の厚さ方向に貫通する構造の多重織物である。A に対して B はたて糸を２本引き揃え（隣あった２本のたて糸を同じ動きとする）とすることで厚さおよび糸密度（単位長さ当たりの糸本数）を変化させたものでより緻密な構造となる。試験片はこれらの織物を樹脂とともに金型内に入れ図２に示す条件で圧縮成型により 120mm × 70mm の平板試験片を作製した。型から取り出した後，空気中で 180 ℃で 8 時間ついで，

表１　材料特性

Fiber	
Pitch based carbon fiber (Nippon Graphite Fiber XN-50-3S)	
Tensile strength(MPa) : 3380	
Tensile modulus(GPa) : 524	
No. of filament : 3000	
Thermal conductivity (W/m･K) : 130(//)，≒2(⊥)	
Matrix	
COPNA resin (Air Water Chemical SKR-N)	
Graphite(TIMCAL Japan, TIMLEX KS10)	
Density(g/cm^3) : 2.26	
Particle size (μm) : 6.2	



	A	B
warp(/cm)	28.4	28.4
weft(/cm)	17.8	20.8
Thickness(mm)	3.6	3.0

図１　基材織物

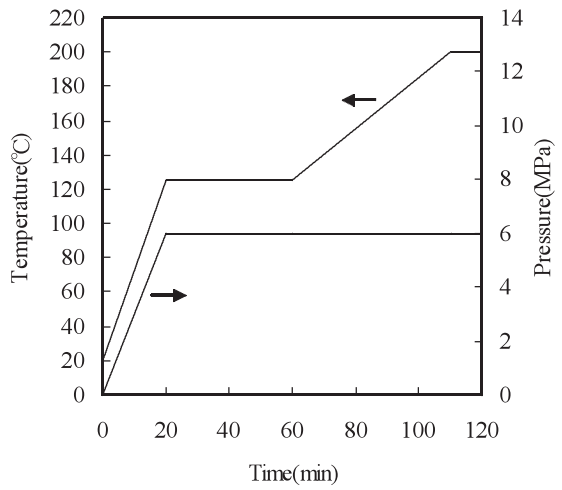


図２　成型条件

表２　試験片の特性

	C0	CA	CB	CA20
Volume fraction of fiber(%)	0	38.2	47.1	38.2
Thickness(mm)	2.88	2.94	2.57	2.92
Density(g/cm^3)	1.12	1.45	1.52	1.54
Bending strength (MPa)	62.7	206	193	210
Bending modulus (GPa)	3.51	33.5	33.7	32.1

210 ℃で 12 時間の熱処理を行った。樹脂のみで成型した試験片を C0, A の織物を基材とした試験片を CA, B の織物を基材とした試験片を CB，A の織物を基材とし樹脂に対し 20wt %の黒鉛（KS10，ティムカル・ジャパン）を添加して成型した試験片を CA20 とした。作製した試験片の体積繊維含有率（Vf），厚さ，密度，曲げ強さ・弾性率を表２に示す。

２．２　熱伝導率の測定

試験片の熱伝導率は定常熱流計法および非定常細線加熱法の２つの方法で測定した。定常熱流計法による熱伝導率（λ_G）の測定はアルバック理工GH-1Sにより行った。本機器は24℃の温度差をつけた上部ヒーターと下部ヒーターの間に試験片を挟み込み，ガードヒーターによって面方向への熱漏れを防ぐことで，厚さ方向だけの一次元の熱流になるよう調整する。この際の熱流速から熱伝導率を求める。この方法で得られた値は，厚さ方向の熱伝導率を示す。試験片形状は50×50㎜，試験片温度100℃の条件で３回の測定を行った。

非定常細線加熱法による熱伝導率（λ_T）は京都電子工業 QTM-500 の薄板測定モードで測定した。本機器は熱線の配置されたプローブを試験片に押し当て，熱線に一定電力を加えることで加熱し，その際の熱線の温度上昇から熱伝導率を求める。この方法は伝熱方向について全く感知しない，つまり測定面から材料全体へ伝わる熱伝導率を示す。試験片形状は 110 × 130mm とし，３回の測定を室温で行った。

２．３　摩擦摩耗試験

摩擦摩耗試験は円筒／平板型摩擦摩耗試験機（EFM-Ⅲ-F，オリエンテック，すべり速度 0.04m/s ～ 4m/s，荷重 20N ～ 5kN）を使用した。円筒試験片（外径 25.6mm，内径 20mm，高さ 15mm）は炭素鋼（S45C）で，平板試験片（30 × 30mm）は前記した C0, CA, CB, CA20 から作製した。各試験片の前処理として円筒試験片は＃ 240 の耐水研磨紙で研磨した後エタノールで洗浄し，平板試験片は＃ 600 で研磨した後ベンゼンと

メタノールで洗浄した。試験はすべり速度一定で段階的に荷重を増加させるステップロード法により，限界PV値（限界荷重時の面圧力P×すべり速度V)，摩擦係数（摩擦力／荷重)，試験片温度を測定した。試験片温度は円筒試験片の摩擦面からおよそ 1mm の位置に埋め込まれた熱電対により測定した。試験条件は，すべり速度 0.5m/s および 1.0m/s，開始荷重 300N，ステップ荷重 100N/2min，無潤滑，室温下，試験数３とした。限界荷重は摩擦が急増し摩擦力が 500N を超えところ，または円筒試験片の温度が 400 ℃を超え正常な摺動運動が不可能となったところとした。

３　結果及び考察

３．１　熱伝導率

繊維強化複合材料は熱的特性において異方性を示し，通常，面方向の熱伝導性に比較し厚さ方向の熱伝導性が低い。試験片の熱伝導率は定常熱流計法および非定常細線加熱法で測定した。定常熱流計法で測定された熱伝導率（λ_G）は材料の厚さ方向の熱伝導率を示し，非定常細線加熱法で測定された熱伝導率（λ_T）は面から材料全体へ伝わる熱伝導率を示す。例えば円筒型のすべり軸受けのような閉鎖型の機構を考えた場合，摩擦により発生した熱は軸受けの厚さ方向に伝わると考えられλ_Gがより実際の使用状況に近い値となる。また板面上を往復運動するような開放型の機構の場合はλ_Tがより実際の使用状況に近い値となる。表３に各試験片のλ_Gおよびλ_Tを示す。樹脂単体である C0 に対して多重織物を基材とした CA,CB,CA20 は高い熱伝導率を示した。またλ_Gは C0 ＜ CA ＜ CB ＜ CA20 との関係を示しλ_Tも同一の関係を示した。これらの関係は基本的に Vf による影響と考えられる。

表３　試験片の熱伝導率

	C0	CA	CB	CA20
Thermal conductivity λG (W/mK)	0.21	1.55	1.78	2.05
Thermal conductivity λT (W/mK)	0.20	3.20	3.63	3.91

ただし CA20 の Vf38.2%に樹脂に混入した黒鉛の体積分(7.0%)を加えると Vf45.2%となり CB の Vf47.1 より若干低い値である。CA20 の場合黒鉛による樹脂の熱伝導性改善の効果と多重織物基材による熱伝導性改善の効果が相乗的に作用したと考えられる。多重織物基材により樹脂の熱伝導率を大幅に向上した。加えて樹脂に黒鉛を添加することで効果的に熱伝導率が向上することが明らかとなった。

３．２　限界荷重・限界PV値

摺動面において，面圧力（P）とすべり速度（V)の増加により摩擦熱が増大し，面温度＞材料の耐熱限界温度となった時点（限界 PV 値）で正常な摺動運動が不可能となる。山口らの理論的考察[15]によれば，

発熱量(cal/s)=P V μ a k ・・・・・・・・・・(1)

放熱量(cal/s)=H A（t - t0）・・・・・・・・・(2)

発熱量＝放熱量となった時点で摺動面温度 t は一定になるので，

$t = \mu / H \cdot a k / A \cdot P V + t0$ ・・・・・・・・・(3)

但し，μ ：摩擦係数，a：摺動面積，k：仕事の熱当量，H：平均総括熱伝導率，A：放熱面積，t0：外気温度

式(3)から PV と摺動面温度 t の関係は傾きがμ/H の直線となる。つまりμが小さく H が大きければ材料の限界 PV 値が高くなる。

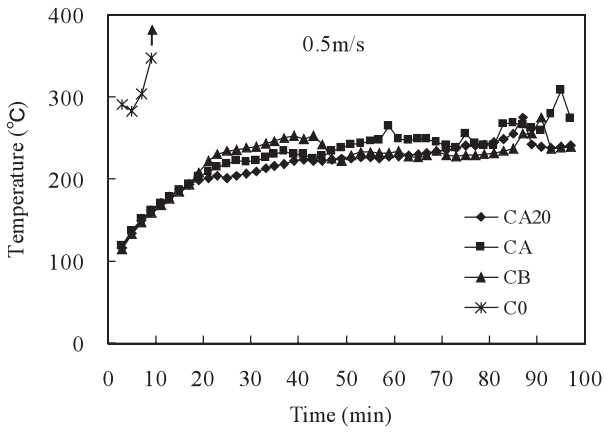


図３　摩擦摩耗試験における試験片の温度変化
（すべり速度 0.5m/s)

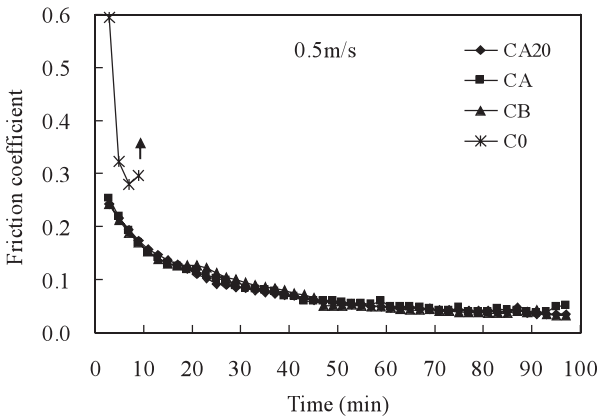


図４　摩擦摩耗試験における摩擦係数の変化
（すべり速度 0.5m/s)

図３および図４にすべり速度 0.5m/s で行った摩擦摩耗試験における試験片の温度変化と摩擦係数の変化を示す。すべり速度 0.5m/s の摩擦摩耗試験により C0 は限界荷重 0.63kN，限界 PV 値 1.6MPa･m/s の結果を得たが，CA，CB および CA20 は試験機の最大荷重に至っても試験片温度並びに摩擦力に急激な変化は見られず限界荷重に達しなかった。

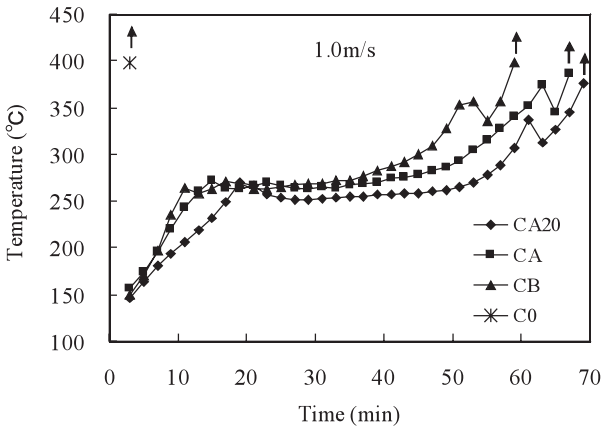


図５　摩擦摩耗試験における試験片の温度変化
（すべり速度 1.0m/s）

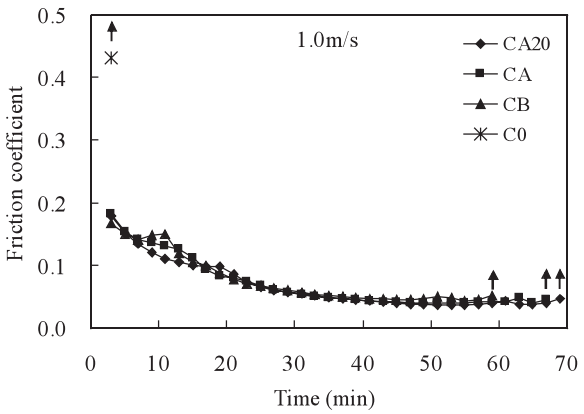


図６　摩擦摩耗試験における摩擦係数の変化
（すべり速度 1.0m/s）

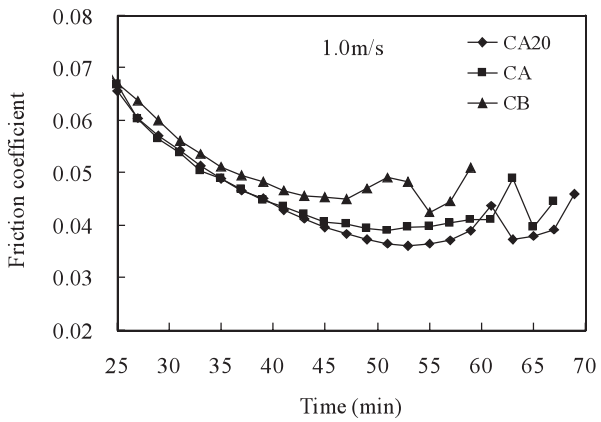


図７　摩擦摩耗試験における摩擦係数の変化
（すべり速度 1.0m/s）

図５，図６および図７にすべり速度 1.0m/s で行った摩擦摩耗試験における試験片の温度変化と摩擦係数の変化を示す。なお図７は図６の一部を拡大して示したものである。表４にすべり速度 1.0m/s の限界荷重および限界 PV 値を示す。C0，CA および CB は試験片温度が規定値を超え限界に達し，CA20 は摩擦力が規定値を超え限界に達した。この結果から，樹脂単体に比

	C0	CA	CB	CA20
Limiting load (kN)	0.30	3.37	2.87	3.33
Limiting PV value (MPa･m/s)	1.5	16.7	14.4	16.5

表４　試験片の限界 PV 値（1.0m/s）

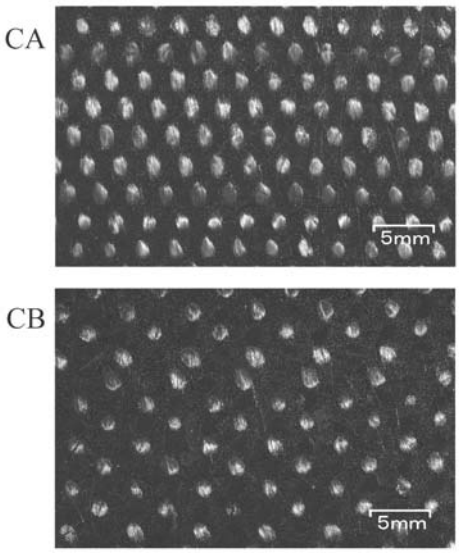


図８　試験片表面の実態顕微鏡写真

較し多重織物を基材とした試料が高い限界 PV 値を示すことが明らかとなった。またこの結果はグラファイト粉を 40wt %（体積で約 25 %）含有した COPNA 樹脂の限界 PV 値 6.1MPa･m/s より高い値だった[4,16]。この材料の熱伝導率は 1.12W/m･K であり，これに比較し CA，CB および CA20 が高い熱伝導率を持つことが結果の一因である。

CA20 は CA に比較して，グラファイトを添加したことにより高い熱伝導率を有するが，限界 PV 値は同じ値を示した。図５の CA20 の温度変化は CA に比較し明らかに低い温度で推移した。図６および図７の CA20 の摩擦係数の変化は CA とほぼ同じ値で推移した。これらの結果は CA20 が高い限界 PV 値を示す可能性を示唆しているが，CA20 は摩擦力で限界に達し，CA は試験片温度で限界に達したことから，CA20 の摩擦面の機械的な強度が CA よりも低いため，より早

い段階で摩擦面に破壊が発生しこのような結果を得た。強度低下は黒鉛の添加により相対的な樹脂量が不足したことが原因と考えられる。

CB は CA および CA20 に比較し低い限界 PV 値を示した。CB は CA に比較し高い熱伝導率を持つが，図５の温度変化を見ると CA より高い試験片温度で推移した。これは図７から明らかなように CB の摩擦係数が CA よりも高いため摩擦熱がより多く発生したためである。図８に CA および CB 表面の実態顕微鏡写真を示す。CA および CB のたて糸本数は同数であるにもかかわらず，CA は基材織物を構成するたて糸が全体的に配置されているのに対して，CB のたて糸の配置は荒くなっている。CB の基材織物は高い Vf に適した構造とするため，たて糸を２本引き揃えとしたことで，このような表面形態となった。CA は CB に比較し表面部分の繊維と樹脂の配置が比較的均質なため，高い限界 PV 値を示した。基材織物の摩擦面に位置する炭素繊維を均一に分散させることで，自己潤滑性が効果的に発現されることが明らかとなった。

４　おわりに

COPNA 樹脂とﾋﾟｯﾁ系炭素繊維で製織した多重織物を複合化し，多重織物強化 COPNA 樹脂複合材料を作製した。作製した材料の熱伝導率と限界 PV 値を測定し摩擦特性に及ぼす基材織物の影響を検討した。結果は以下のおりである。

（１）多重織物強化 COPNA 樹脂複合材料は樹脂単体に比較し極めて高い熱伝導率と自己潤滑性による低い摩擦係数を示し，限界 PV 値が高い値を示した。

（２）多重織物強化 COPNA 樹脂複合材料の熱伝導率は黒鉛を添加することで向上することが明らかとなった。ただし限界 PV 値の向上には作用しなかった。

（３）基材織物の組織は，摩擦面に位置する繊維を均一に分散した構造とすることで，炭素繊維による自己潤滑性が効果的に発現されることが明らかとなった。

参考文献

１）大谷杉郎，小林裕子，井上斉，太田悦郎，V.Rosckovic，干洪按，太田道也：日本化学会誌，No.9（1886），1220-1228

２）太田道也，太田悦郎，大谷杉郎，小島昭：日本化学会誌，No.1（1888），106-114

３）S.Otani，V.Rosckovic，A.Oya，A.kojima: Journal of Materials Science，21，（1986），2027-2032

４）曽根嘉久：繊維学会誌，Vol.51，No.11（1995），456-460

５）H.Kakegawa:　Carbon Conference，（1989），231

６）広中清一郎，高松周一，甲本忠史，佐々木雅美，大谷杉郎，曽根嘉久：材料技術，Vol.13，No.1（1995）14-20

７）佐々木雅美，大谷杉郎，甲本忠史，曽根嘉久，広中清一郎：日本ﾄﾗｲﾎﾟﾛｼﾞｰ学会ﾄﾗｲﾎﾟﾛｼﾞｰ予稿集，（1995），637-640

８）諏訪浩史，小嶋一夫，早乙女康人，大谷杉郎：炭素，No.154（1992），238-243

９）諏訪浩史：繊維機械学会，Vol.47，（1994），203-206

10）星井進介，小島昭，大井宏志，諏訪浩史，大谷杉郎：炭素，No.168（1995），164-168

11）諏訪浩史，沖泰，赤羽輝夫，廣田昇，鶴谷勝正，大谷杉郎：炭素，No.172（1996），71-76

12）諏訪浩史，高橋淳，劔持潔：日本複合材料学会誌，Vol.25,No.6（1999），219-224

13）諏訪浩史，劔持潔：日本複合材料学会誌，Vol.27,No.3（2001）

14）諏訪浩史，小島昭，石川信幸，太田道也：繊維学会誌，Vol.61，No.10（2004），98-102

15）山口章三郎：潤滑，Vol.19，（1974），833

16）住友金属工業㈱，住金加工㈱：技術資料「熱効果性樹脂 SK レジン」，（1989）

KEIRIN　この事業は，競輪の補助金を受けて実施したものです。

共同研究

めっき廃液の無害化処理に関する研究

伊藤　繁則*　細井　栄*　大和　弘之*　桑名　朗**　島津　義政**　三柴　由江**
鈴木　亜矢**　鷹觜　勲**　鈴木　松雄***　安野　光則***　宮本　真考***

Development of Pollutants Removing System from Refuse Plating Solution

Shigenori ITO，Sakae HOSOI，Hiroyuki YAMATO，Akira KUWANA，
Yoshimasa SHIMAZU，Yukie MISHIBA，Aya SUZUKI，Isao TAKANOHASHI，
Matsuo SUZUKI，Mitsunori YASUNO and Masataka MIYAMOTO

無電解ニッケルめっき液を対象とした無害化処理装置の開発を目的に，電解処理，沈殿処理及び化学的酸化反応を利用した金属イオン，有機，無機塩類の除去を試みた。その結果，電解処理により，Niイオンが除去され，次亜リン酸の殆どが亜リン酸に酸化されるとともに，Ni-P合金が有価物として回収された。また，その後の塩化カルシウムと塩化アルミニウムを使用した沈殿処理により，ホウ酸を含む無機塩類と一部の有機酸が除去された。しかし，これではBOD成分の除去が十分ではなく，紫外線，過酸化水素，酸化チタンを組み合わせた酸化反応を試みたが，効果は無かった。

結果として，電解によるNiイオンの回収除去装置を試作したが，その他の成分の除去を試作機に組み入れるためには，大量に発生する沈殿の処理やBODの低減策が課題として残った。

Key Words：無電解ニッケルめっき，廃液，無害化，電解処理，沈殿処理，BOD

1　はじめに

めっき液は使用を重ねるうちに次第に劣化して使用不能となるため，通常は一定程度使用した後廃棄されている。

めっき等の表面処理加工業者は一般に水洗水等の排水処理設備を備えており，一定程度以下の濃度の重金属等は自社で処理して河川等へ放流しているが，めっき廃液は重金属等の濃度が高く自社の排水処理設備では処理しきれないため，高いコストを掛けて廃棄物処理業者に委託している場合が殆どである。

そこで，劣化しためっき液からNi等の重金属や有機酸塩類等を除去し，自社の排水処理設備での処理を可能にすれば，廃棄物処理コストを削減して企業の生産性を向上させると同時に環境への負荷を低減することができる。

筆者らはこれまで，無電解ニッケルめっき液から，めっきを阻害する成分とされる亜リン酸を除去し，再生利用する方法を実用化した[1)]。また，このほかにもめっき液を再生処理する方法や無害化する方法が提案されている[2)]。しかしながら，めっき処理に対する品質基準の厳格化により再生液の利用範囲が制約されたり，無害化処理に於いて重金属やリン成分は除去できても，有機酸等のＢＯＤ成分が除去できない，処理コストが見合わないなど，問題点も多い。

本研究では，無電解ニッケルめっき液を対象とし，劣化しためっき液に含まれるNi等の重金属を有価物として回収したうえ，各種有機酸，硫酸，亜リン酸，次亜リン酸等の塩類を取り除く方法について検討し，通常の排水処理設備での処理が可能な水質まで無害化する装置を開発することを目的とした。

平成15年度から17年度までに，重金属の電解除去装置の試作機を作製し，Niイオンの除去効率を検証するとともに，電解後に，沈殿処理及び化学的酸化反応[3)]を利用した有機，無機塩類の除去を試みたので報告する。

＊　栃木県産業技術センター　材料技術部
＊＊ 桑名商事株式会社　　＊＊＊ パルシステム株式会社

２　研究の方法

２．１　めっき廃液の電解処理予備実験

本検討には実際に約 1.5 ターンのめっき処理に使用した無電解 Ni-P めっき廃液を 500mL 用いた。この溶液を水酸化ナトリウムで pH 調整し，オイルバスで 70 ℃に加熱した。電解処理はアノードに Pt/Ti，カソードに SUS304 を用い，5A/dm^2 一定とした。

２．２　無電解めっき廃液電解処理装置の試作

予備実験の結果を踏まえて作製した試作機の概要を図 1 に示す。カソードに SUS304 電極，それを挟むように 2 枚の白金チタンアノードを配置して定電流電解を行い，Ni-P 合金をカソードに析出させる仕組みである。また，処理液をフィルターを通して循環させる構造とした。

さらに，pH 測定精度を向上させるため，処理液の一部を電解槽外に導き出し，そこで測定した pH 値により，水酸化ナトリウム水溶液を添加するための電磁弁の ON/OFF を切り替える機構とした。　図 2 に，pH 測定部の写真を示す。

この試作機に，約 2.5 ターンのめっき処理に使用した後の無電解 Ni-P めっき廃液を 34L 投入し，液性を 50 ℃ pH8.5 に調整して，電流密度 6.7 または 10A/dm^2 で 6 時間処理した。pH 調整液として，10%水酸化ナトリウム水溶液を用いた。比較のため，pH 自動調整機能を使わずに同一条件での処理も行った。

２．３　ニッケル除去後の廃液の沈殿処理

系を単純にするため，電解処理によるニッケル除去後の廃液を想定し，表 1 に示す人工廃液を調整し，沈殿処理実験に供した。

沈殿処理実験は，人工廃液 50ml を予め 80 ℃に加熱し，600g/L $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 水溶液（以下 Al 液）及び 250g/L $CaCl_2$（以下 Ca 液）水溶液を所定量攪拌しながら滴下した。

薬剤投入後約 1 時間攪拌し，3000rpm で 10 分間遠心分離を行って沈殿と上澄を分離した。

上澄はさらに 0.3 μ m のメンブランフィルターで濾過して各種成分の分析に供した。

２．４　化学的方法によるBOD成分の除去

２．３同様，表 1 に示す人工廃液を実験に供した。

図 3 に示した実験フローチャートに従い，二酸化チタン，過酸化水素及び紫外線を組み合わせた酸化反応により，有機物の分解を試みた。

触媒として白金線を反応系に入れた実験も併せて行った。

２．５　各処理における析出物及び処理液中の成分分析

電解によりカソードに析出した金属の組成は，エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置（日本電子　JSX3201A 型）及び硝酸で分解し，プラズマ発光分析装置（島津製作所　ICPS-8000）で分析した。

処理液中のニッケル，ホウ素及び全リン濃度はプラズマ発光分析装置（島津製作所　ICPS-8000 またはセイコーインスツルメンツ SPS7800）で定量した。

処理液中のリン成分濃度は，イオンクロマトグラフ（ダイオネクス　DX-300）により亜リン酸イオン濃度を定量し，全リン濃度との差分を次亜リン酸濃度とした。有機酸イオン濃度はイオンクロマトグラフ（ダイオネクス　DX-300）により定量した。

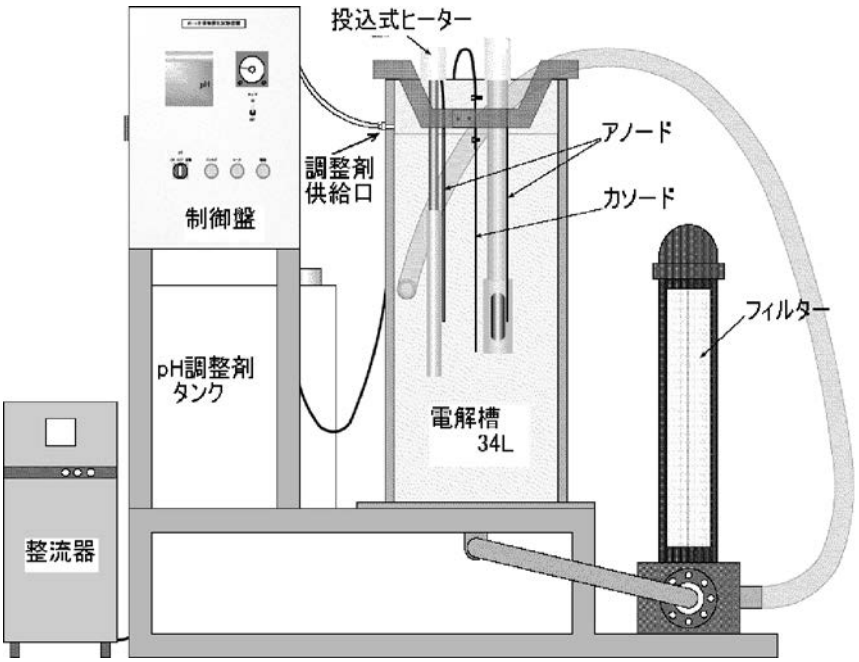


図 1　試作しためっき廃液電解処理装置の概要

図 2　無害化処理試作機の pH 測定部
上：正面、　下：側面

表１　人工無電解めっき廃液組成

成　分	濃　度
HBO_3	0.06mol/L（B として 0.65g/L）
$NaHPHO_3$	0.9mol/L （P として 27.9g/L）
H_2SO_4	0.1mol/L （S として 3.2g/L）
有機酸 A	20g/L
有機酸 B	1.2g/L
有機酸 C	2.0g/L
p H	6 ～ 10（by　NaOH）

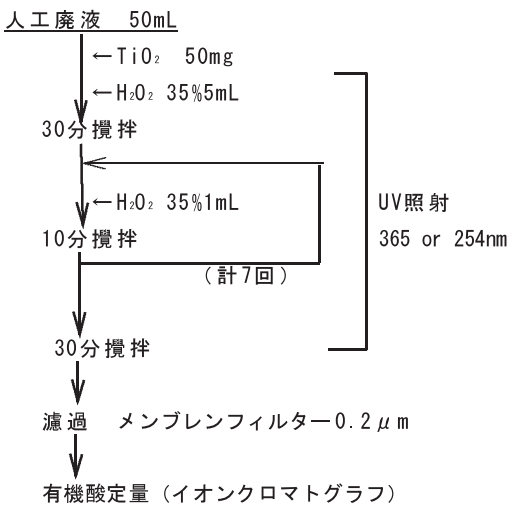


図３　BOD 除去実験フローチャート

３　結果及び考察

３．１　めっき廃液の電解処理予備実験結果

電解処理によりカソードに析出した金属組成をプラズマ発光分析法により分析した。その結果を**表2**に示す。通常の無電解 Ni めっきとほぼ同様の組成の Ni-P 合金が得られた。NiP 回収率は pH8 での処理の方がやや高く，夾雑物の少ない Ni-P 合金であった。

次に，電解処理液中の Ni 濃度変化を**図4**に示す。pH10 よりも pH8 の方がニッケルの除去効率は高かった。２時間の処理により，ppm オーダーまで濃度を下げることができた。これは，めっき工場に通常設置されている排水処理設備で十分処理できる濃度である。

また，電解処理液中の全リン，次亜リン酸イオン及び亜リン酸イオン濃度変化を**図5**に示す。全リン濃度は電解処理によりわずかに減少した。２時間の処理で，次亜リン酸イオンはほとんどが亜リン酸に酸化されたものと思われる。亜リン酸はカルシウム塩の溶解度が小さく，電解処理後にカルシウム成分を添加することにより，リン成分をほとんど除去できるものと思われる。

表２　カソード析出金属の組成

処理液 p H	NiP 回収率 (%)*	P 含有率 (%)**
8	97.0	9.59
1 0	95.2	7.87

*秤取り量に対する（Ni ＋ P）の重量％
**（Ni ＋ P）に対する P の重量％

３．２電解処理装置試作機によるNi除去

試作した電解処理装置により無電解ニッケルめっき廃液を処理したときの，処理液の Ni 濃度及び pH の経時変化を図６，７にそれぞれ示す。

pH 調整をしない場合，電流密度 10A/dm^2，6.7A/dm^2 とも，初期 pH8.5 から次第に低下し，6 時間の電解処理で 7 以下となった。これに対して pH 自動調整機能を作動させ

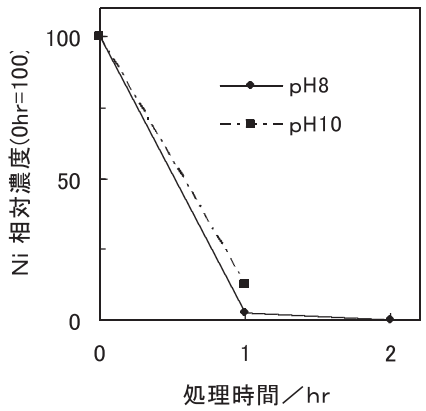


図４　電解処理によるニッケル濃度変化

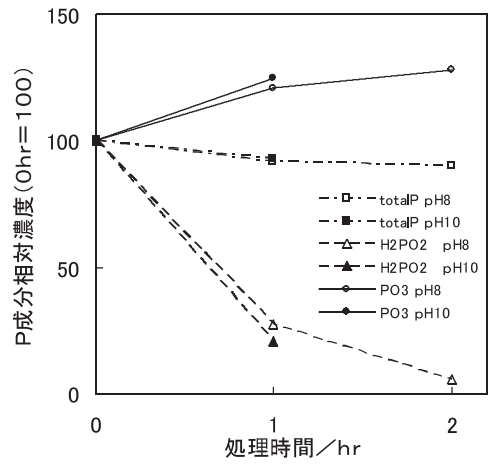


図５　電解処理による全リン及び各リン成分濃度変化

ることにより，電解処理の間，終始 8.5 ± 0.2 の範囲内で制御することができた。　一方，廃液中の Ni 濃度は，同じ電流密度で比較した場合，pH 調整をすることでより低下させることができた。特に，10A/dm^2 の条件では，pH 調整しない場合，処理の前半は急速に Ni 濃度が低下したが，後半は不安定な変化を示したのに対し，pH 調整することにより安定して Ni 濃度が低下し，4.5 時間の処理で 10mg/L を下回った。また，電流密度 6.7A/dm^2 で pH 調整したほうが，10A/dm^2 で pH 調整しないよりも最終 Ni 濃度は低く抑えられた。

回収された Ni 合金は有価物として売却可能であり，処理コストの削減に寄与すると考えられる。

３．３　沈殿処理による亜リン酸，硫酸，ホウ酸除去

電解処理により，Ni の殆ど及び P の一部を回収し，次亜リン酸の殆どが亜リン酸に変化していることがわかったため，Ca イオンの添加により，SO_4^{2-} 及び HPO_3^{2-} が沈殿除去できることが容易に予想される。しかし，この方法ではホウ酸イオンを除去できない。そこで，Al^{3+} イオンを加えることにより，エトリンガイト（3CaO・Al_2O_3・3$CaSO_4$・32H_2O）を生成させ，硫酸イオンとホウ酸イオンとの置換反応によりホウ酸イオンを除去する方法[4]を試みた。

Ca 液及び Al 液の添加量と沈殿処理後の人工廃液中の P，S 及び B 濃度の関係を図 8 に示す。

P は亜リン酸イオン，S は硫酸イオン，B はホウ酸イオンの濃度を，それぞれ反映していると考えてよい。

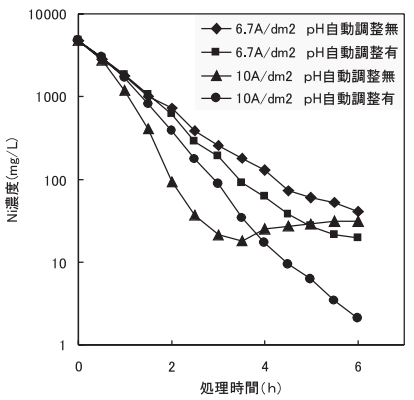


図 6　電解処理による Ni 除去効率に及ぼす電流密度と pH 調整の影響

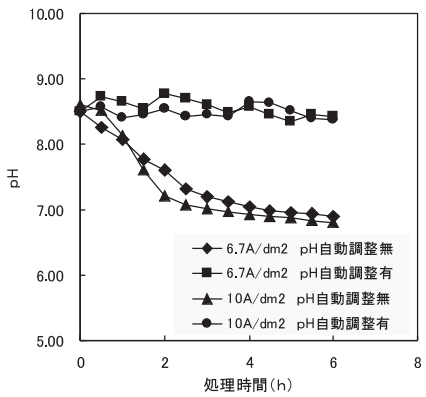
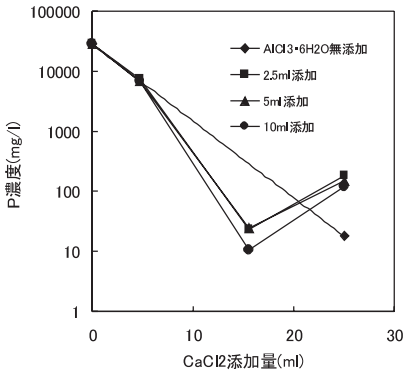
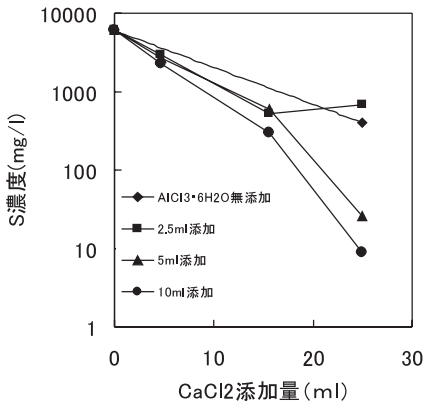


図 7　電解処理中の廃液 pH の経時変化

(a)



(b)



(c)

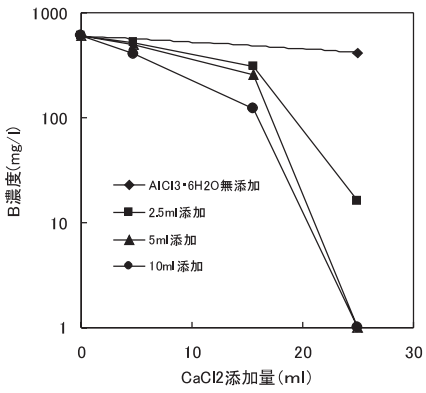


図 8　$AlCl_3$・6H_2O 及び $CaCl_2$ 添加による人工廃液からの各無機成分除去効果（初期人工廃液量：50mL）
（a）：P，（b）：S，（c）：B

Ca液及びAl液の添加量が多いほど，亜リン酸，硫酸，ホウ酸の各イオンとも減少する傾向が認められた。

特に，ホウ酸イオンはAl液5mL，Ca液25mLで1mg/L程度まで減少し，排水基準（10mg/L）をクリアできることがわかった。

スラッジ量を軽減する必要性も考慮し，廃液50mLに対するAl液及びCa液の添加量はそれぞれ5～10mL及び20～25mLと設定するのが最適と考えられる。

一方，沈殿処理における3種類の有機酸の挙動は，Ca塩の添加により初濃度の10%～50%程度まで低減するが，Al液の添加による除去効果は殆どなかった。

３．４　電解処理後廃液からのBOD成分除去

電解処理後を想定した人工無電解めっき廃液（表1）中の3種類の有機酸を，二酸化チタン，過酸化水素，紫外線を組み合わせた酸化反応で分解・除去することを試みた。その結果を図9に示す。紫外線の波長を365nmと254nmの2種類で行ったが有機酸Cが20%減少した他は殆ど低減は図られなかった。

電解処理後の廃液には，亜リン酸等の還元性の無機酸も含まれることから，３．３に記した方法によって沈殿処理を行い，殆どの無機イオンと有機酸の一部を除去した上で同様の酸化処理を試みた。365nmの紫外線照射で3種類の有機酸とも濃度が増加しているが，実験中に水分が蒸発して濃縮されたためと考えられる。254nmの紫外線照射では有機酸Aが20%，有機酸Bが10%ぞれぞれ減少した。

また，酸化反応の触媒として白金線を用いて同様の実験を行った結果でも，殆ど有機酸濃度の低減は見られなかった。廃液を100倍希釈して行った場合も，3種類の有機酸濃度がそれぞれ20%程度減少するにとどまった。

以上の結果より，今回試みた一連の方法ではBOD成分の低減は期待できないことがわかった。今後は，膜分離による濃縮や，生物学的処理をシステムに組み入れることを検討する必要がある。

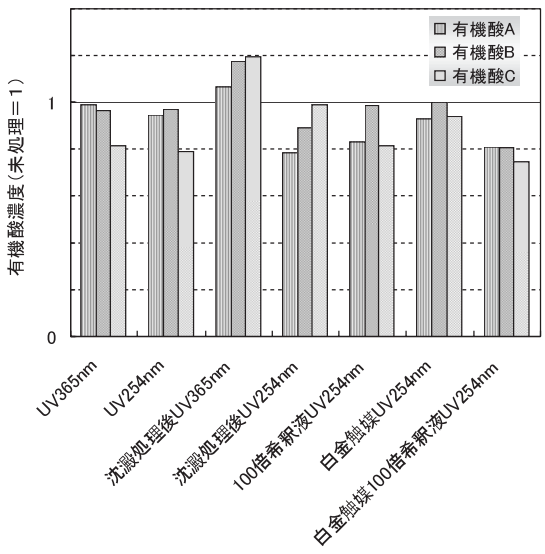


図9　電解処理後廃液中の有機酸除去実験結果
TiO_2 1g/L、H_2O_2 35g/L、処理時間2時間

４　おわりに

無電解ニッケルめっき液を対象とした無害化処理装置の開発を目的に，電解処理，沈殿処理及び化学的酸化反応を利用した金属イオン，有機，無機塩類の除去を試みた。その結果，電解処理により，Niイオンが除去され，次亜リン酸の殆どが亜リン酸に酸化されるとともに，Ni-P合金が有価物として回収された。また，その後の塩化カルシウムと塩化アルミニウムを使用した沈殿処理により，ホウ酸を含む無機塩類と一部の有機酸が除去された。しかし，これではBOD成分の除去が十分ではなく，紫外線，過酸化水素，酸化チタンを組み合わせた酸化反応を試みたが，効果は無かった。

結果として，電解によるNiイオンの回収除去装置を試作したが，その他の成分の除去機能を試作機に組み入れるためには，大量に発生する沈殿の処理やBODの低減策が課題として残った。

今後，本無害化処理装置を実用化するにあたってはBOD成分成分の除去方法として，生物学的方法等を検討していく必要がある。

参考文献

1）斉藤哲男，戸室康二：平成5年度栃木県工業技術センター研究報告，163（1994）
2）例えば，伊藤 靖彦ら：特開平6-29936（1994）　など
3）男成妥夫ら：＂最新高度水処理技術＂エヌ・ティー・エス，(1999)
4）工藤聡，坂田正弘：日本化学会誌,2002,No.2,265（2002）

KEIRIN
この事業は，競輪の補助金を受けて実施したものです。

共同研究

ホース用結合金具の設計開発

柏崎　親彦*　　田村　昌一*　　堀本　章**　　玉田　和之**　　川崎　哲治**

Development of Hose Joint

Chikahiko KASHIWAZAKI, Shouichi TAMURA, Akira HORIMOTO , Kazuyuki TAMADA and Tetsuharu KAWASAKI

本研究は，ホース用の結合金具（ホースジョイント）を設計開発する。この研究は，消防用ホースや結合金具を製造している櫻護謨株式会社との共同研究である。解析に使用したＣＡＥシステムは，米国EMRC社が開発したNISAという汎用有限要素法(FEM)プログラムである。有限要素法という解析手法により，結合金具に作用する荷重，素材の物性データ等から，製品の応力分布や変位を解析した。

Key Words : 配管，継手，設計，開発，解析

１　はじめに

本研究は，ホース用の結合金具（ホースジョイント）を設計開発する。有限要素法という解析手法により，結合金具に作用する荷重，素材の物性データ等から，製品の応力分布や変位を解析する。

本研究は，消防用ホースや結合金具を製造している櫻護謨株式会社との共同研究である。

２　研究の方法

結合金具の候補材料の物性データ等を利用して，有限要素法による応力分布や変位を解析する。

２．１　研究分担

２．１．１　産業技術センター

(1)解析モデルデータ作成

(2)応力，変位の解析

(3)解析結果の評価，検討

２．１．２　櫻護謨㈱

(1)金具のモデルデータ作成

(2)解析結果に基づくモデルデータの修正

(3)解析結果の評価，検討

２．２　解析システム

今回の解析に使用するCAEシステムは，米国EMRC社が開発したNISAである。汎用有限要素法(FEM)プログラムで，適用可能な分野は以下のとおりである。

モジュール：

対話型プリ/ポストプロセッサー(DISPLAY4)

非線形構造解析及び動解析(NISAII)

熱伝導解析(HEAT)

流体解析(非圧縮性，圧縮性)3D-FLUID

疲労・破壊解析(ENDURE)

電磁場解析(EMAG)

最適化解析(NISAOPT)　等がある。

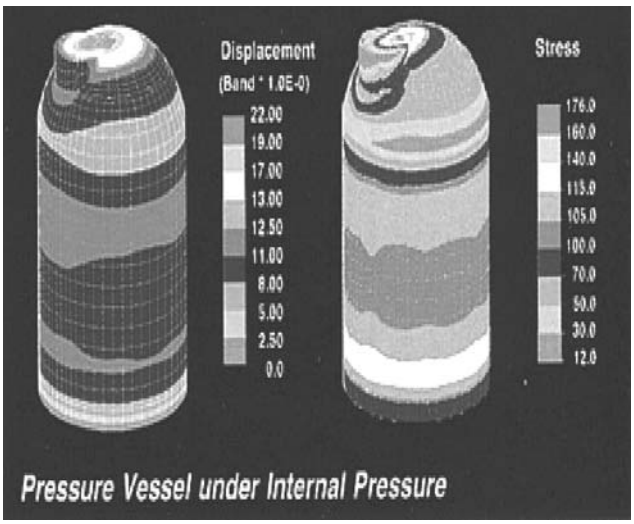


図１　CAEシステムによる解析例

＊　栃木県産業技術センター　機械電子技術部

＊＊　櫻護謨株式会社大田原製作所　技術部

3　結果及び考察

3．1　モデルデータの確認

CADシステム（Solid Works）を使用して，櫻護謨㈱で作成したモデルデータの確認を行った。モデルデータのフォーマットはIGESデータである。CADの出力図を図２に示す。

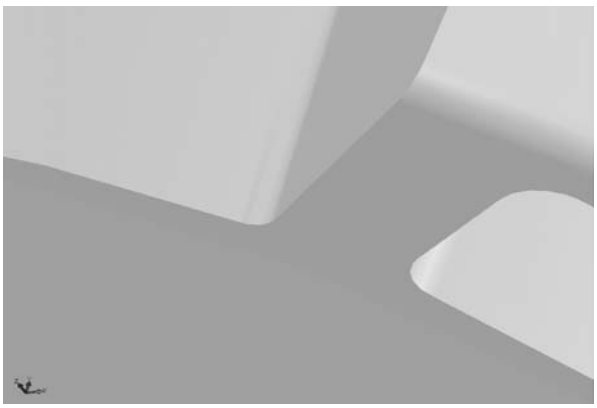


図２　モデルデータ確認

3．2　解析モデルデータ作成

IGESデータ等を利用して解析用モデルデータを作成した。作業の流れを図３に示す。

ワイヤーモデル作成
↓
面モデル作成
↓
立体モデル作成
↓
メッシュ分割
↓
荷重条件，境界条件の設定
↓
材料物性値の設定
↓
解析モデル作成

図３　解析モデルまでの作業フロー

解析モデルデータの出力図を図４に示す。

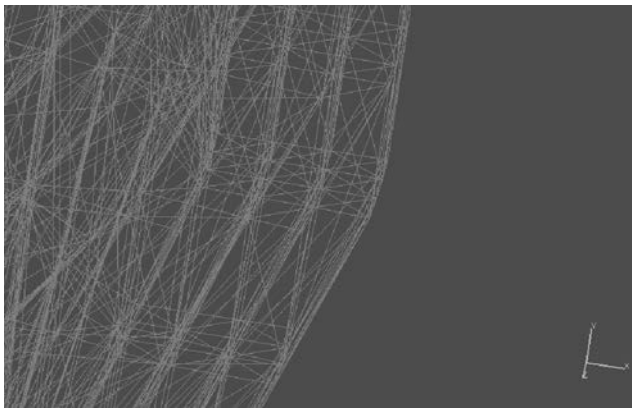


図４　解析モデルデータ

3．3　解析結果

解析モデルデータを利用して解析を行った。応力分布を図５に，変位分布を図６に示す。

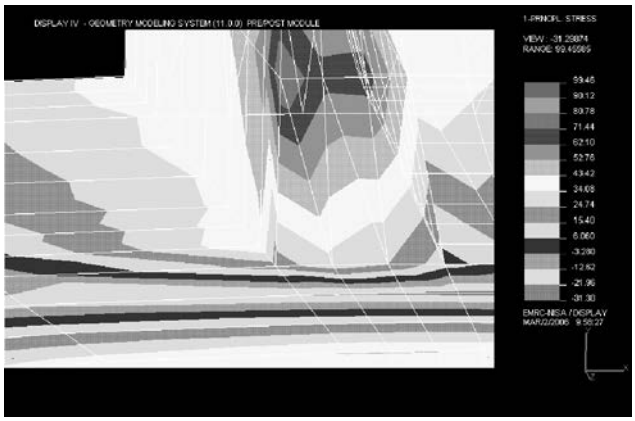


図５　応力分布

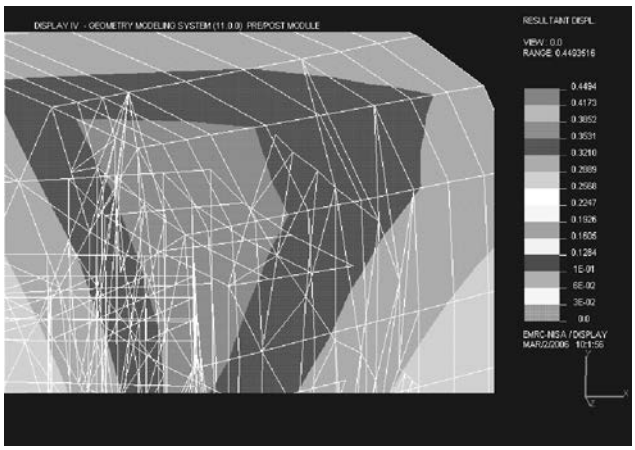


図６　変位分布

4　おわりに

有限要素法という解析手法により，結合金具に使用する候補材料の物性データ等から，その金具に作用する応力分布や変位の解析を行い，以下の点が明らかとなった。

(1)　結合金具の形状において、試作モデル形状の適正化が図られた。

(2)　結合金具に作用する最大荷重時における最大応力値の解析ができた。

(3)　結合金具に作用する最大荷重時における最大変位値の解析ができた。

KEIRIN
この事業は，競輪の補助金を受けて実施したものです。

共同研究

難削材料の平面研削加工における研削特性
－メタルボンドＣＢＮ砥石を用いたＳＵＳ３０４の研削－

大橋利仙*　赤羽輝夫*　本田竜未*　飯野敏明*　蓮田裕一**　田所裕貴**　鈴木康史**　大友徹***

Study on Surface Grinding of Difficult-to-Machining material
-Surface Grinding of SUS304 using Metal bonded CBN wheel-

Toshinori OHASHI, Teruo AKABA, Tatsumi HONDA, Toshiaki IINO,
Yuichi HASUDA, Yuki TADOKORO, Yasushi SUZUKI and Toru OHTOMO

ステンレス鋼の研削加工に，耐摩耗性に優れるメタルボンドCBN砥石を適用して研削試験を行った。その結果，適切な加工条件を求めることができ，その加工条件での砥石の摩耗経過や仕上げ面性状を明らかにすることができた。研削量7000mm^3/mmまで研削した場合でも，砥石半径摩耗は3μm，仕上げ面の算術平均粗さは0.5μm以下であった。研削比は3000程度の良好な値となり，工作物の寸法管理が容易な長寿命研削が実現できたことを報告する。

Key Words : 研削，ステンレス鋼，SUS304，CBN，寿命，メタルボンド

1　はじめに

ステンレス鋼は優れた耐熱性・耐食性を有し，化学工業や火力発電・航空宇宙産業などの広範囲な産業分野で使用されている。ステンレス鋼を構造用材として使用するには，表面精度に優れた研削加工技術の確立が必要であるが，その卓越した機械的性質の為，精密研削加工が極めて困難である[1,2]。

ステンレス鋼の加工ではレジンボンドのCBN砥石が実用されているが，砥粒保持力に劣るため砥石摩耗が多く，加工能率の低下は否めない[3－5]。本研究ではステンレス鋼の中でも展延性・加工硬化性の高いオーステナイト系のSUS304を耐摩耗性に優れるメタルボンドのCBN砥石を用いて精密研削加工を行い，加工条件と砥石摩耗や仕上げ面性状の関係を明らかにした。

2　研究の方法

研削条件は表１に示すように平面研削盤を用いて，SUS304を下向きプランジ研削（図１参照）で実験した。ステンレス鋼の研削に一般的に多く使われる＃60の粒度のCBN砥石を使用した。研削除去率Z=50mm^3/min一定の条件で比較検討するため，二つの条件①砥石切込みt=5μm・工作物送り速度v=10m/min，②砥石切込みt=10μm・工作物送り速度v=5m/minで加工した。

研削除去量(Vw)の進展に伴う，表面粗さ(Rz,Ra)，砥石摩耗(ΔR)，研削比(Gr)を測定し，デジタル顕微鏡

表１　研削条件

研削方法	下向き方向・プランジ研削
研削砥石	CBN60N100M 形状 200mm×10mm×50.8mm
工作物送り速度	v=5,10m/min
切込み	t=5,10μm
研削油剤	エマルジョンタイプ ５％水溶液
工作物	SUS304：100mm×5mm×40mm

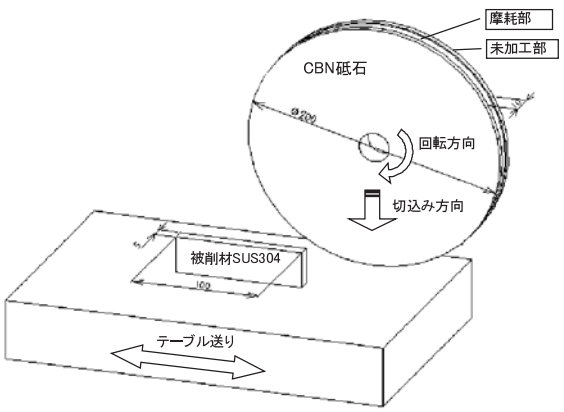


図１　研削方式

＊　栃木県産業技術センター　機械電子技術部
＊＊ 栃木県立宇都宮工業高等学校　＊＊＊ 有限会社重原精機

（㈱キーエンス製 VHX-100）を用いて砥石面性状を詳細に観察した。また，メタルボンド砥石の適切な砥粒突き出し高さを得るため，ドレッシング方法についても検討し，表２に示すドレッシングを施すことにより，砥粒突き出し高さ H ≒ 40μm に揃えて実験に供した[6]。

表２　ドレッシング条件

ドレッシングスティック	WA220G
切込み	切込み 40μm/回 総切込み 10mm
テーブル速度	2m/min

３　結果及び考察

研削除去量 Vw の進展に伴う砥石半径摩耗量ΔR の変化を図２に示す。研削除去率 Z=50mm³/min を一定にし，条件①及び条件②で研削した場合，条件①の方が砥石摩耗が少なくなる。条件②で研削した場合，特に，研削初期の摩耗が大きく，研削量の増加に伴う摩耗量もやや大きくなる傾向を示した。

また，研削除去量 Vw の進展に伴う研削比 Gr の変化を図３に示す。条件①では研削初期の砥石摩耗が少ないため，Gr=4000 から 6000 の高い研削比が得られ，その後も Gr=3000 前後の良好な研削比を維持している。一方，条件②では，初期の砥石摩耗が大きく，Gr=2000 以下の研削比を示している。

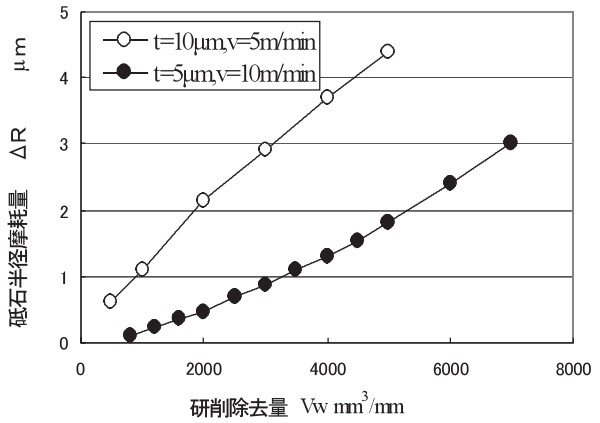


図２　砥石半径摩耗量ΔR の変化

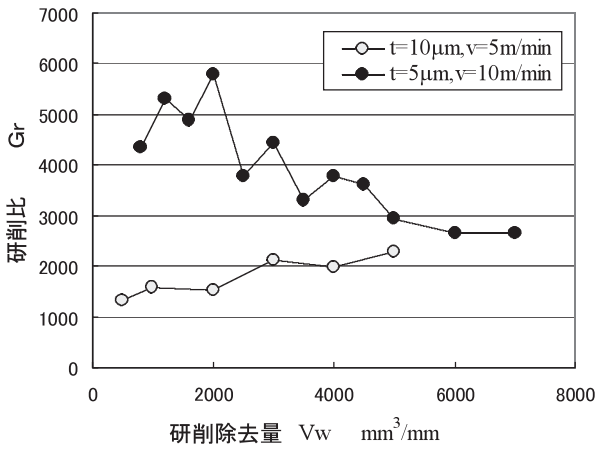
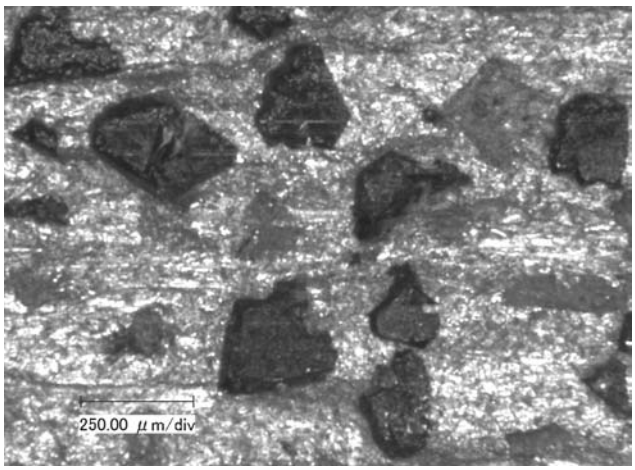


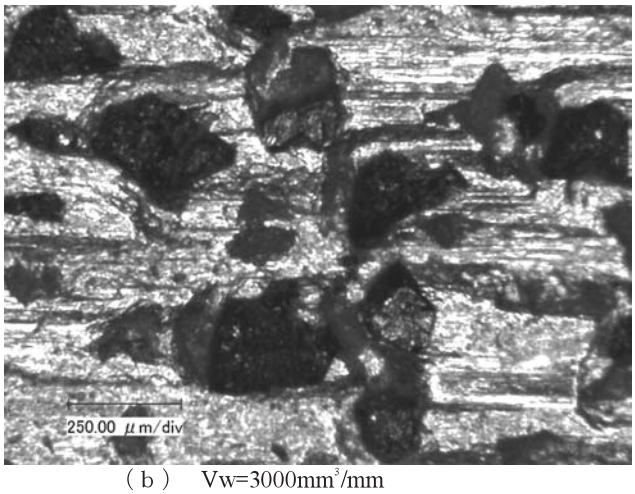
図３　研削比 Gr の変化

条件①における研削除去量の増加に伴う砥石作用面の変化について，顕微鏡観察したものを図４に示す。

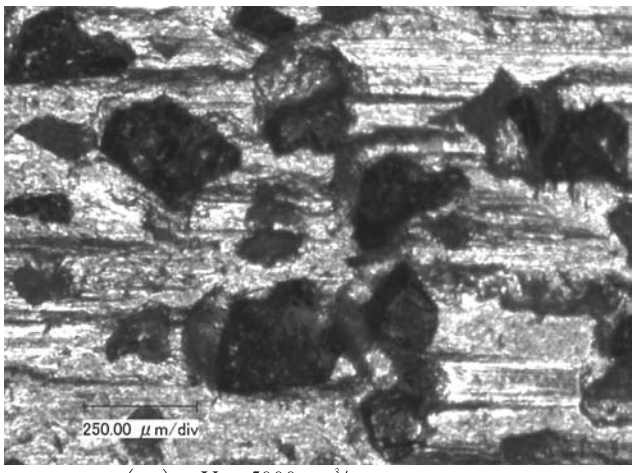
同図(a)のドレッシング後の砥石作用面はボンド面



（ａ）　Vw=0mm³/mm　　←研削方向



（ｂ）　Vw=3000mm³/mm



（ｃ）　Vw=5000mm³/mm

図４　砥石作用面の観察例

がなだらかで砥粒突き出しも良好である。研削除去量の増加に従い,研削方向に対して砥粒両側に切り屑による引っかき条痕（トレンチ）や砥粒前面の溝状のえぐれ（クレータ）が生成し，砥粒後方に明瞭なボンドテールが形成されていくことが分かる(同図(b)・同図(c)参照)。

このように，研削量の増加に伴いボンド面の凹凸が明瞭になるなど様相を変化させていくが，一般に広く用いられている＃60のやや大きめの砥粒であるため，砥粒が大きく破砕したり脱落するような砥粒自体の大きな形状変化は見受けられない。

研削除去量の増加に伴う工作物の表面粗さの変化を図5に示す。ドレッシング後の砥粒は鋭利な刃を有するため，研削初期において表面粗さはやや大きい値を示している。条件①の方が表面粗さはRa及びRz共に良好である。研削除去量の増加と共に工作物の表面粗さは次第に増加していくが，いずれの研削条件においても，研削焼けが発生することはなかった。

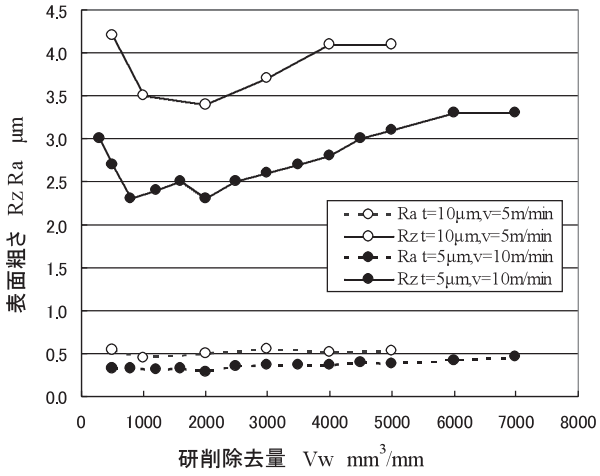
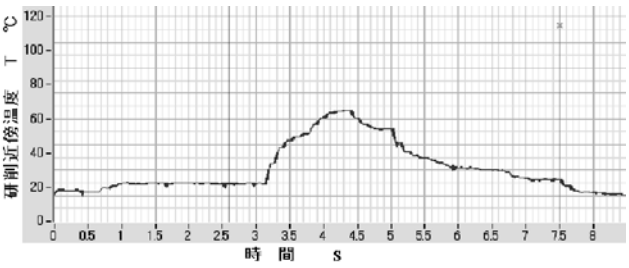


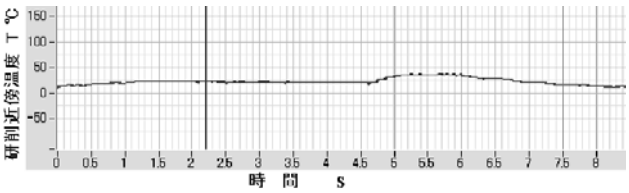
図5　加工表面粗さの変化

砥石摩耗・研削比・工作物の表面粗さの全てにおいて，条件①の方が良好である。この原因について研削熱から検討してみた。工作物に直径1mmの小径穴を空け，熱電対を装着し，サンプリング収録時間が2μsの高速・高精度測定を実施した。計測に用いた条件は砥石切込みを10μmと20μmとし，工作物送り速度を5～15m/minに変化させ，研削液を与えて行った。図6に研削近傍温度の測定例を示す。同図(a)は砥石切込み t=20μm・工作物送り速度 v=5m/min，同図(b)は砥石切込み t=10μm・工作物送り速度 v=5m/min 条件における測定例を示している。

図7に工作物送り速度と研削の近傍温度の関係を示した[7]。研削温度は切込みが大きくなるほど，工作物の送り速度が遅くなるほど,高くなる傾向が得られた。



(a) t=20μm，v=5m/min　　研削近傍温度　65.7 ℃



(b) t=10μm，v=5m/min　　研削近傍温度　36.5 ℃

図6　研削近傍温度の測定例

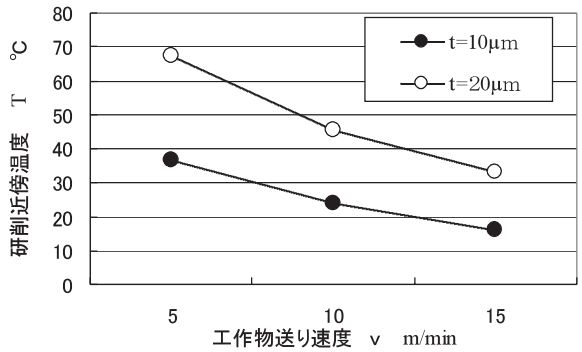


図7　工作物送り速度と研削近傍温度の関係

同じ研削除去率では，切込みを少なくし，工作物送り速度を速くした方が研削熱の発生が抑えられることが分かった。

本研究で砥石摩耗・研削比・工作物の表面粗さの全てにおいて，条件①の方が条件②よりも良好であることの一つの説明になると思われる。

4　おわりに

ステンレス鋼の研削加工に，耐摩耗性に優れるメタルボンドCBN砥石を適用した場合の研削試験を行い，以下の結論を得た。

1)　研削除去率を一定にして実験を行った結果，条件①(t=5μm・v=10m/min)が砥石摩耗・工作物の表面粗さともに良好となり，その条件での研削量7000mm³/mmにおける砥石半径摩耗は3μm，仕上げ面の算術平均粗さは0.5μmであった。

2)　条件①では研削初期の砥石摩耗が少なく，研削比Gr＝4000から6000となり，その後もGr＝3000前

後の良好な研削比が維持される。

謝　辞

本研究を実施するにあたって，帝京大学理工学部古澤利明助教授には多大なる支援を受けたので，ここに感謝の意を表する。

参考文献

1) 田中秀穂，熊谷信男：精密工学会誌，58,4,601-603,(1992)
2) T.Matsuo, Y.Ohbuti, Y.Fukui& H.Shibata : Tech. Paper S.M.E., The Third Int. Grinding Conf, Oct. 4-6, (1989) 1.
3) 能登谷久公, 米谷茂, 高辻雄三：日本金属学会誌，52,2,217-222,(1988)
4) Y.Hasuda & K.Kishi：International Conference on Precision Surface Finishing and Burr Technology, 110-115, (1994)130.
5)松尾哲夫他：精密工学会誌，58,4,571-612,(1992)
6) 井上誠, 鎌仲成雄他：1995年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 2,681-682(1995)
7) 横川和彦, 細谷修一郎他：1996年度砥粒加工学会学術講演会講演論文集,186-187,(1996)

KEIRIN
この事業は，競輪の補助金を受けて実施したものです。

共同研究

電動義手制御システムの開発（第1報）

長嶋一晋＊　坂本憲弘＊　上野貴明＊　福田晴行＊＊　大木　伸＊＊

Development of Electric Arm Control System (1st Report)

Kazuyuki NAGASHIMA, Norihiro SAKAMOTO, Takaaki UENO, Haruyuki FUKUDA and Shin OOKI

本研究は，平成17年度とちぎコンソーシアム事業である「障害者自身の手の形と触感・運動能を持つヒューマノイド電動義手」の研究開発における電動義手の制御システムを担当する㈱三和電機と，共同で義手制御システムを研究開発するものである。

本年度は，電動義手制御システム構成を決定し，モータコントローラのハードウェア及びソフトウェアの開発を行ったので報告する。

Key Words：電動義手，DCモータ，マイコン，PWM

1　はじめに

義手には，従来のロボットのような義手ではなく，人間の生体に近い，人間らしいものが求められている。

こうしたことから，「障害者自身の手の形と触感・運動能を持つヒューマノイド電動義手」の研究開発にとちぎコンソーシアム事業として着手することとなり，当センターでは，電動義手制御システムの開発に㈱三和電機と共同で取り組むこととなった。

本研究は，宇都宮大学の「各人の日常生活動作で求められる手の運動は，限られた数にパターン化できる」という研究成果を基にし，そのパターン化した運動を選択して動作させるといった補助的動作に主眼を置いた義手制御システムを研究開発するものである。

本年度は，電動義手制御システムの構成を決定し，モータコントローラのハードウェア及びソフトウェアの開発を行った。

2　研究の方法

コンソーシアム事業での実施目標及びハード系の前提条件は以下のとおりである。

- 電動義手は小型軽量を目標としているため，制御システムのハードウェア構成も義手内部への搭載又は体への装着が容易となる小型軽量であること。
- 電動義手の5本各指はそれぞれ個別に動作制御ができるものとすること。
- 電動義手駆動用に義手内部に搭載されるアクチュエータは，外径がφ10～φ16mmで，出力2W程度の減速機付DCブラシモータが選ばれている。
- 今回開発する義手は，登録された特定の動作パターンを再現できるもので筋電センサを用いない。
- 電動義手の指部動作機構（コンソーシアム事業の電動義手骨格構造開発：第一化成㈱が担当）は，ギアタイプとリンクタイプの２種類の機構がある。前者は，指の曲伸駆動に要する動作角が最終ギア入力軸において81度回転であるのに対し，後者は，指の曲伸駆動に要する動作ストロークが最終リンク末端部において3mmとなっている。
- 義手装着者と義手間のインターフェイスは，動作パターン選択・調整ボタン，微調整ボタン及び義手ステイタスの表示機能を持たせる。
- 義手の動力源は，リチウムポリマーバッテリ定格7.4Vの使用が予定されている。

以上の項目を考慮して，電動義手制御システムの構成を決定し，モータコントローラのハードウェア及びソフトウェアの開発を行う。指部駆動系モデルを図１に示す。

図１　指部駆動系モデル

＊ 栃木県産業技術センター　＊＊ 株式会社三和電機

２．１　制御システムの構成

制御システムの構成は，義手装着者と義手間のインターフェイスとして，義手の操作ボタンと動作状態や動作パターン等が表示できる機能を有する動作指示パネルが必要となる。次に，この動作指示パネルの状況を監視し，特定動作信号を受けてモータコントローラを一括制御する義手コントローラが必要となる。最後に，義手コントローラから各指制御指令を受けて，DCモータを動作制御させるモータコントローラ等が必要となる。

各システムの数量は，動作させる指部動作機構等を考慮して決めるものとする。

２．２　モータコントローラのハードウェア

モータコントローラは，義手各指の位置制御を考慮すると，PWM（Pulse Width Modulation）制御ができるシステムが必要となる。また，義手コントローラとの通信も考慮する。

DCモータ動作用回路は，数量が義手各指分となるために，コンパクトにする必要がある。

２．３　モータコントローラのソフトウェア

モータコントローラのソフトウェアは，パソコンでプログラムをシステムへ書込み可能な開発環境とする。動作確認のため，モータの回転方向・速度を制御するプログラムを作成することとする。

なお，効率的に共同開発が行えるように当センターと㈱三和電機にそれぞれ開発環境を作る必要がある。

３　結果及び考察

３．１　制御システムの構成

前述した実施目標及びハード系の前提条件を踏まえ，全体構成を決定した。概要を図２に示す。

動作指示パネルは，義手の操作ボタンと動作状態や動作パターン等を表示する小型液晶ディスプレイ等を配置する。このディスプレイは，16文字×2行表示LCDモジュール又は20文字×4行表示LCDモジュールを予定している。

義手コントローラは，動作指示パネルの状況を監視し，複数のモータコントローラを制御する必要があるため，多数の入出力ポートを有し高機能なシステムであることが必要とされる。そこで，入出力ポートが多いH8：3664F及び3694F（ルネサステクノロジ社）マイコンチップを選定した。このマイコンは，プログラム書換え可能なフラッシュＲＯＭを３２Ｋワード内蔵している。

モータコントローラは，小型化に有利でプログラム書換え可能なPIC：16F877（マイクロチップ・テクノロジー社）マイコンチップを選択した。このマイコンは，フラッシュＲＯＭ８Ｋワード，PWM処理するレジスタを２セット内蔵している。また，シリアル通信が可能な通信モードであるI^2C（Inter IC Communication）モジュールを有し，これを義手コントローラとの通信用に用いる。モータコントローラは，各指のモータドライバを制御するので５個必要となる

DCモータ駆動回路は，正・逆転切替え用のフルブリッジモータドライバIC:TA8440H(東芝製）を選択した。このICは，出力電流が最大3Aと大容量である。PWM信号入力端子があり，速度制御をするのに適している。DCモータ駆動回路は，各指モータ制御するので５個必要となる。

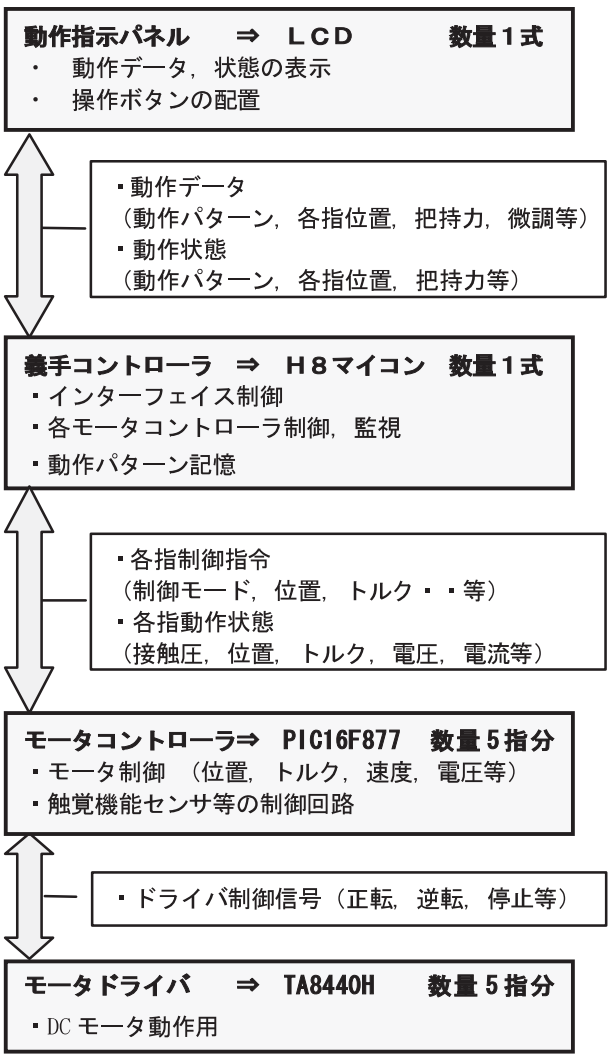


図２　電動義手制御システム構成図

３．２　モータコントローラのハードウェア

モータコントローラは，パソコンとシリアル通信可能な市販の PIC:16F877 マイコン開発用基板を用いた。また，モータコントローラとモータドライバ等のデバイスを容易に接続するため，PIC マイコンの入出力ポート毎に接続コネクタを設けた中継ボードと操作用押しボタン５個，ポートデータ表示用ＬＥＤ８個，１０進法表示対応の回路構成を持った７セグメントＬＥＤ４桁を有する簡易インターフェイスボードを製作した。

これらモータコントローラのハードウェアを図３に示す。

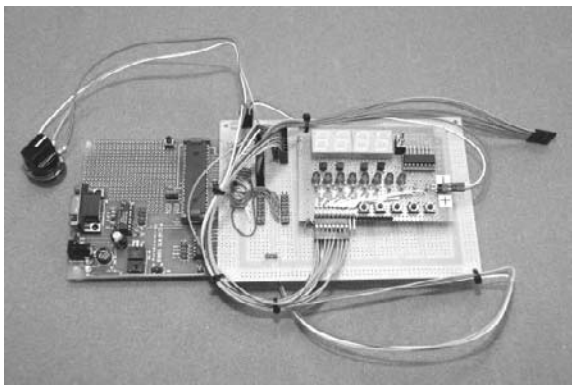


図３　モータコントローラ（中継ボード接続）

モータドライバは，図４に示すように，ユニバーサル基板にモータドライバIC:TA8440Hを搭載し，周辺素子（保護回路）を配置した。

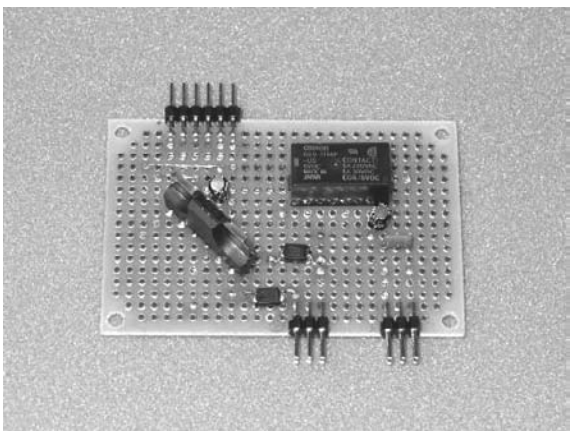


図4 モータドライバ

３．３　モータコントローラのソフトウェア

モータコントローラのソフトウェア開発環境を図５に示す。パソコンで作成したプログラムは，PIC マイコン用プログラムライターで PIC のフラッシュＲＯＭへ書き込みを行う。

ソフトウェアの統合開発環境は,ＭＰＬＡＢ　ＩＤＥ 7.31（マイクロチップ・テクノロジー社）とした。

図５　制御ソフトウェア開発環境

本年度は，モータコントローラ動作確認のために，図６に示す動作試験機及び図７に示す指部動作試験機を製作した。図６の動作試験機は，モータ減速機出力軸とポテンショメータをタイミングベルトで連結し，出力軸の回転角が直読できるよう指針と分度器を取り付けたものである。図７の指部動作試験機は，モータ減速機出力軸とポテンショメータをタイミングベルトで連結し，減速機出力軸にギアタイプの指部動作機構（第一化成㈱製作）を取り付けたものである。以下に示すプログラムを作成し，これらの試験器を用いて動作を確認した。

- DC モータを回転制御（正転，逆転，停止）
- DC モータを PWM 信号入力により回転制御
- DC モータを PWM 信号入力により速度制御
- 指令値とポテンショメータ値が等しくなるように，DC モータを PWM で位置制御

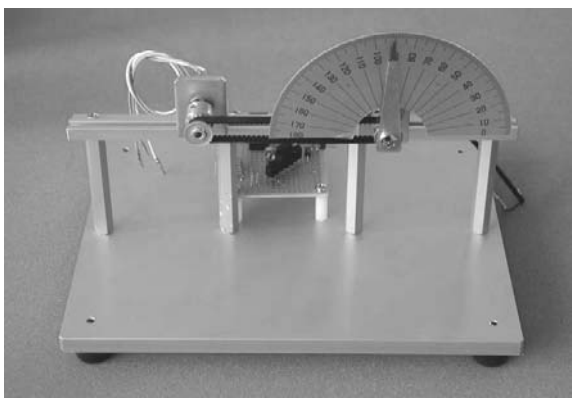


図６　動作試験機

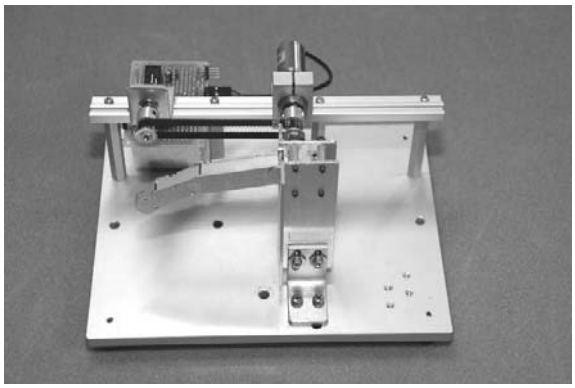


図７　指部動作試験機（ギアタイプ）

４　おわりに

今年度は，電動義手制御システムの構成を決定し，モータコントローラのハードウェア及びソフトウェアの開発を行った。

次年度は，動作指示パネルと義手コントローラのハードウェアを設計製作し，義手装着者とのインターフェイスと５指の特定動作パターン制御するためのソフトウェア開発を行う。操作性やステップ応答等による各指の動作特性評価を行い，高機能な電動義手を目指したい。

参考文献

1）谷腰欣司：〃ＤＣモータ活用の実践ノウハウ〃ＣＱ出版社（2001年）
2）神崎康弘：〃作りながら学ぶＰＩＣマイコン入門〃ＣＱ出版社（2005年）
3）高橋直人：〃ＣによるＰＩＣ活用ブック〃東京電機大学出版局（2003年）
4）島田義人：〃Ｈ８/Tiny マイコン完璧マニュアル〃ＣＱ出版社（2005年）
5）本田昭：〃サーボ制御技術入門〃日刊工業新聞社（2004年）

Ⅱ　受託研究

受託研究

古紙を利用した積層紙による立体成型技術の開発

柏崎　親彦*　　田村　昌一*

Development of 3D mold technology by piling up Old Papers

Chikahiko KASHIWAZAKI, Shouichi TAMURA

本研究は，古紙を積層した紙を立体的に成型する技術を開発する。有限要素法という解析手法により，立体成型した積層紙に作用する荷重，素材の物性データ等から，製品の応力分布や変位を解析する。本研究は，古紙を利用した積層紙による立体性成型品を製造している株式会社イシバシによる受託研究である。解析に使用したＣＡＥシステムは，米国EMRC社が開発したNISAという汎用有限要素法(FEM)プログラムである。古紙を利用した積層紙による立体性成型品について，有限要素法による応力分布や変位の解析を行い，最大応力値と最大変位値がわかった。

Key Words : 古紙，成型，設計，開発，解析

１　はじめに

本研究は，古紙を積層した紙を立体的に成型する技術を開発する。有限要素法という解析手法により，立体成型した積層紙に作用する荷重，素材の物性データ等から，製品の応力分布や変位を解析する。

本研究は，古紙を利用した積層紙による立体性成型品を製造している株式会社イシバシによる受託研究である。

２　研究の方法

前年度に測定した積層紙の物性データ等を利用して，有限要素法により立体成型品の応力分布や変位を解析する。

２．１　解析システム

今回の解析に使用するCAEシステムは，米国EMRC社が開発したNISAである。汎用有限要素法(FEM)プログラムで，適用可能な分野は以下のとおりである。

モジュール：

対話型プリ/ポストプロセッサー(DISPLAY4)
非線形構造解析及び動解析(NISAII)
熱伝導解析(HEAT)
流体解析(非圧縮性，圧縮性)3D-FLUID
疲労・破壊解析(ENDURE)
電磁場解析(EMAG)
最適化解析(NISAOPT)　等がある。

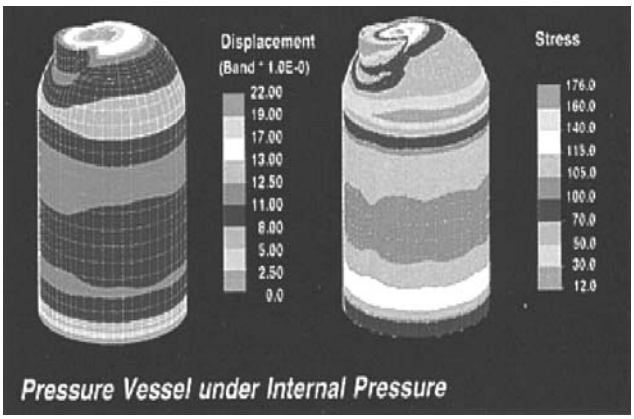
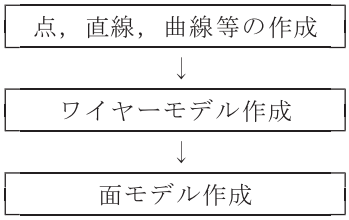


図１　CAEシステムによる解析状況

３　結果及び考察

３．１　解析モデルデータの作成

CAEシステムを使用して，解析用モデルデータを作成した。作業の流れを図２に示す。



＊　栃木県産業技術センター　機械電子技術部

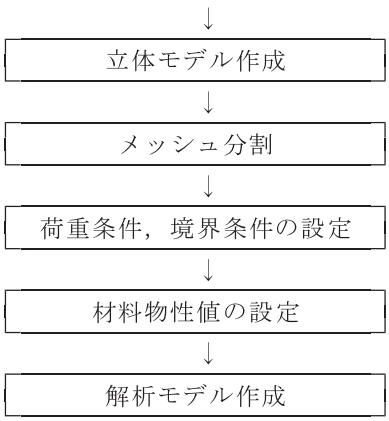


図２　解析モデルまでの作業フロー

解析モデルデータの出力図を図３に示す。

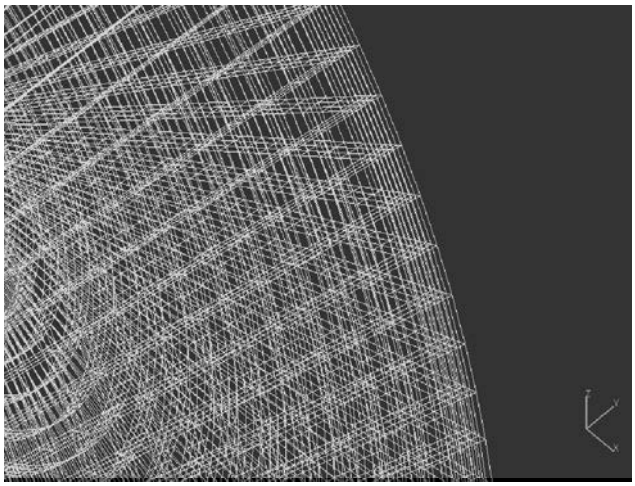


図３　解析モデルデータ

３．２　解析結果

解析モデルデータを利用して解析を行った。主応力分布を図４に示す。最大主応力値の解析ができた。

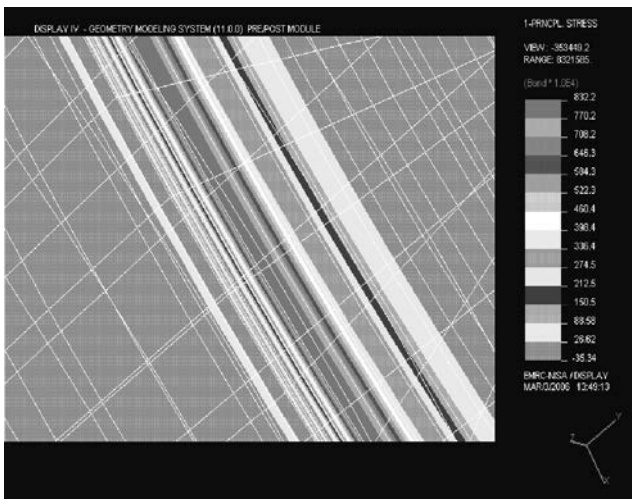


図４　主応力分布

最大せん断応力分布を図５に示す。最大せん断応力値の解析ができた。

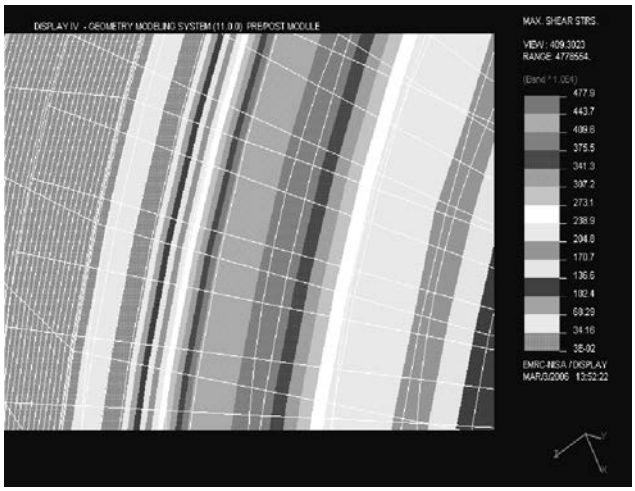


図５　最大せん断応力分布

変位分布を図６に示す。最大変位値の解析ができた。

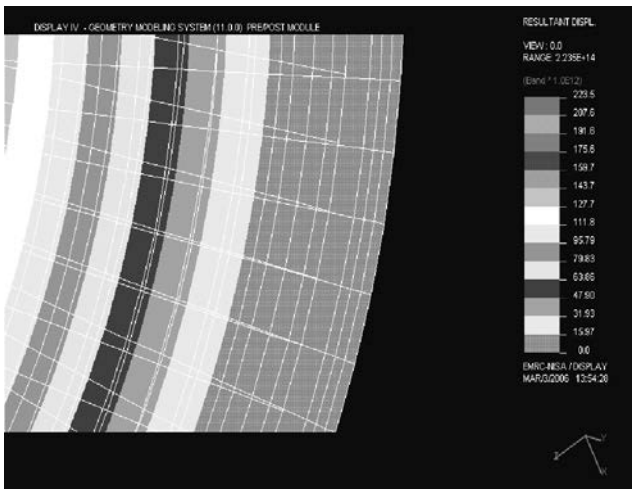


図６　変位分布

４　おわりに

古紙を利用した積層紙の立体成型品について，有限要素法による応力分布や変位を解析し，以下の点が明らかとなった。

(1)　古紙積層紙の物性データを利用して、立体成型品の最大応力値の解析ができた。

(2)　古紙積層紙の物性データを利用して、立体成型品の最大変位値の解析ができた。

KEIRIN　この事業は，競輪の補助金を受けて実施したものです。

受託研究

アルミニウムを分離したスチール缶ペレットの鋳鉄用原材料への適用

小池　勝美*　　阿部　雅*　　秋田　哲**

Utilization of Steel Can Pellets after Removing Aluminum as Raw Material for Cast Iron

Katsumi KOIKE, Masashi ABE and Satoshi AKITA

鋼とAlの融点差を利用して缶キャップ部のAl-Mg系合金を除去したスチール缶ペレット材を使用して，高周波誘導炉により片状黒鉛鋳鉄と球状黒鉛鋳鉄を溶製し，鋳造した試験片の引張強さや硬さ等の機械的性質と金属組織の変化を調査した。鉄源として使用した銑鉄のうち，重量割合で60%までをスチール缶ペレット材に置き換えたところ，引張強さ，硬さ及び金属組織中のパーライト量が増加する傾向を示したが，むしろ材質を向上させる結果であった。これらの結果から判断すると，本実験で使用したスチール缶ペレット材は，片状黒鉛鋳鉄と球状黒鉛鋳鉄の原材料として使用できるものと考えられる。

Key Words : スチール缶スクラップ，鋳鉄，片状黒鉛，原材料

1　はじめに

使用済みスチール缶は缶ボディー部が良質な鉄鋼材料であることや,缶キャップ部のAl-Mg系合金が脱酸剤として働くことにより，現在では高炉メーカや電炉メーカで主に利用されている。しかし，多量に使用するとAlが製品中へ残留してしまうので，従来の鉄スクラップにブレンドして使用されているのが現状である。特に，精錬効果の少ない溶解方法を用いている鋳物メーカでは，欠陥防止対策からAlの混入を特に嫌う傾向にある。このように，缶キャップ部のAl-Mg系合金がリサイクルを妨げているので，このAl-Mg系合金を除去する方法がいくつか考案されている。一つは，使用済みスチール缶をシュレッダ処理し，磁選によりある程度Al-Mg系合金を除去する方法と,もう一つは，鋼とAlの融点差を利用してAl-Mg系合金を除去する方法である。前者は，処理設備費が安いという特徴があるが,完全に鋼とAl-Mg系合金とを分離することは不可能である。後者は，前者よりも鋼とAl-Mg系合金とを分離することができるが，処理設備費が高価になる欠点がある。しかし，スチール缶スクラップの品質向上のためには，後者の方法が今後の主流になるものと考えられる。

そこで,本研究では,鋼とAlの融点差を利用して缶キャップ部のAl-Mg系合金を除去して得られたスチール缶ペレット材を使用し，このスチール缶ペレット材から片状黒鉛鋳鉄と球状黒鉛鋳鉄を溶製する実験を試みた。そして，スチール缶ペレット材を使用して鋳造した試験片の引張強さ，硬さ及び金属組織の変化を調査したので，その結果を報告する。

2　研究の方法

2．1　片状黒鉛鋳鉄の鋳造

3.0mass%C(以下 mass%は%と記す)，2.2%Si，0.6%Mnを目標化学組成とし，銑鉄と図1に示すスチール缶ペレット材(以下ペレット材と記す)を主な鉄源として高周波誘導炉で溶解を実施した。ペレット材を用いない基準溶湯は，銑鉄7kgのみを鉄源として溶解した。ペレット材の溶解は，銑鉄7kgのうち重量割合で10，20，40及び60をペレット材に置き換えて実施した。なお，成分調整には，電解鉄，加炭材，電解Mn，Fe-75%Si合金を用いて実施した。

溶解に当たっては，先に銑鉄を溶解してからペレット材と電解鉄を添加し，加炭の必要がある溶解試験では，ペレット材と加炭材とを交互に添加する方法を用いた。1450℃で電解Mnと Fe-75%Si 合金を添加し，除滓後 1500℃で Fe-75%Si 合金の接種材を投入した取鍋に出湯した。温度測定は，φ0.3-R 熱電対を石英管で保護し，溶湯中に挿入する方法により実施した。取鍋へ出湯後は，CO_2法で造型した引張試験片用鋳型(φ30×300mm)に注湯した。なお，本実験で溶解した

＊　栃木県産業技術センター　材料技術部
＊＊ 日下部建設株式会社　開発事業部

試験片の名称と原材料の使用量を表１に示す。

２．２　球状黒鉛鋳鉄の鋳造

3.8%C，2.5%Si，0.3%Mn を目標化学組成とし，銑鉄とペレット材を主な鉄源として高周波誘導炉で溶解を実施した。ペレット材を用いない基準溶湯は，銑鉄 9kg のみを鉄源として溶解した。ペレット材の溶解は，銑鉄 9kg のうち重量割合で 10，20，40 及び 60%をペレット材に置き換えて実施した。なお，成分調整には電解鉄，加炭材，電解 Mn，Fe-75%Si 合金を用いて実施した。

溶解に当たっては，先に銑鉄を溶解してからペレット材と電解鉄を添加し，加炭の必要がある溶解試験では，ペレット材と加炭材とを交互に添加する方法を用いた。1450℃で電解 Mn と Fe-75%Si 合金を添加し，除滓後 1550℃で Fe-45%Si-6.5%Mg 合金を黒鉛球状化処理材として用いて，サンドイッチ法で準備した取鍋に Fe-75%Si 合金の接種材を投入し，その中に出湯した。取鍋へ出湯後は，CO_2 法で造型した Y 型ブロック (JIS B 号試験片)にそれぞれ注湯した。

なお，本実験で溶解した試験片の名称と原材料の使用量を表２に示す。

３　結果及び考察

３．１　片状黒鉛鋳鉄の機械的性質

C と Si の片状黒鉛鋳鉄への効果を一元化した炭素飽和度を(3.1)式より求め，試験棒の鋳放し直径 30mm の基準引張強さを(3.2)式により計算する [1]。そして，実際に測定した引張強さと基準引張強さとの相対比を(3.3)式により計算し，この値を成熟度(RG)とする [2]。RG が 100%以上ならば良好な材質，それ以下であれば好ましくない材質として判定することができる [2,3]。

試験片の引張強さは，引張試験片用鋳型に注湯した丸棒試験片を JIS の８号試験片に加工して測定した。

$$Sc = C\%(4.23-Si\%\cdot 3.2^{-1}) \quad \cdots(3.1)$$

$$\sigma_n = 1000-809\cdot Sc \quad \cdots(3.2)$$

$$RG = 100\cdot \sigma_t/\sigma_n \quad \cdots(3.3)$$

〔Sc：炭素飽和度，σ_n：基準引張強さ(MPa)，σ_t：引張強さの実測値(MPa)，RG：成熟度(%)〕

引張強さ(σ)と同様に，ブリネル硬さ(HB)も片状黒鉛鋳鉄の主要成分である C と Si 量に大きく支配されている。そこで，(3.4)式に示す HB と試験棒の鋳放し直径 30mm の σ との関係式用い，硬さのばらつきを比較するために，(3.5)式の比較硬さ(RH)を使用して材質評価を試みる [2]。ある引張強さのときの硬さの基準値として計算する(3.4)式の値に比べて，実測する HB の値は低い方が良い材質として好まれる。

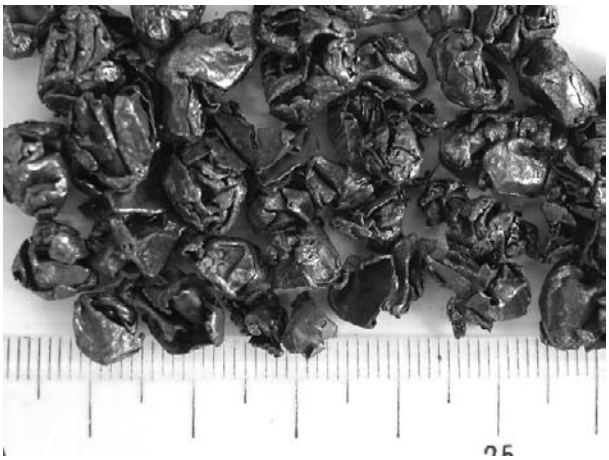


図1　スチール缶ペレット材の形状

表1　片状黒鉛鋳鉄溶解の原材料とその使用量(g)

試験片名	銑鉄	ﾍﾟﾚｯﾄ材	成分調整*
基準溶湯	7,000	0	2,800
配合率 10%	6,300	700	1,821
配合率 20%	5,600	1,400	840
配合率 40%	4,200	2,800	200
配合率 60%	2,800	4,200	292

＊電解鉄，加炭材，電解 Mn 及び Fe-75%Si の合計

表2　球状黒鉛鋳鉄溶解の原材料とその使用量(g)

試験片名	銑鉄	ﾍﾟﾚｯﾄ材	成分調整*
基準溶湯	9,000	0	350
配合率 10%	8,100	900	394
配合率 20%	7,200	1,800	436
配合率 40%	5,400	3,600	523
配合率 60%	3,600	5,400	608

＊主に電解鉄，加炭材，電解 Mn 及び Fe-75%Si の合計

試験片のブリネル硬さは，引張試験終了後の破断面近傍を測定した。

$$HB = 100+0.44\cdot \sigma_n \quad \cdots(3.4)$$

$$RH = HB_t/HB \quad \cdots(3.5)$$

〔σ_t：引張強さの実測値(MPa)，HB：基準ブリネル硬さ，HB_t：ブリネル硬さの実測値，RH：比較硬さ〕

(3.3)式により計算した成熟度と(3.5)式により計算した比較硬さを表３に示す。RG の値は，配合率を増やすに従い上昇しているので，材質が良い方向に向上していることがわかる。また，RH の値は，全ての配

合率で 0.9 以下になり，硬さの評価からも良い材質に鋳造できていることがわかる。

３．２　球状黒鉛鋳鉄の機械的性質

井川が提唱している球状黒鉛鋳鉄の材質判定方法である成熟度という概念を適用する。井川が報告している回帰式によれば，同一硬さの肉厚 25mm の Y 型 B 号試験片は次の式により標準的なσとδが求まるとしている[4,5]。

$$\sigma_B = 47.1 + 2.7 \cdot HB \quad \cdots(3.6)$$

$$\ln \delta = 5.02 - 0.013 \cdot HB \quad \cdots(3.7)$$

〔σ_B：標準的な引張強さ(MPa)，δ：標準的な伸び(%)，HB：ブリネル硬さの実測値〕

また，(3.6)と(3.7)式から求められる値と実測値との相対比を球状黒鉛鋳鉄の成熟度として，片状黒鉛鋳鉄の成熟度と同様な評価を実施する。成熟度の計算式は次のとおりとする。

$$RG(\sigma_B) = 100 \cdot \sigma_t / \sigma_B \quad \cdots(3.8)$$

$$RG(\delta) = 100 \cdot \delta_t / \delta \quad \cdots(3.9)$$

〔$RG(\sigma_B)$：引張強さで判定した成熟度(%)，$RG(\delta)$：伸びで判定した成熟度(%)，σ_t：引張強さの実測値(MPa)，δ_t：伸びの実測値(%)〕

本実験で得られたσ，δ及び HB を用いて，(3.8)と(3.9)式により計算した $RG(\sigma_B)$と $RG(\delta)$を表４に示す。判定の基準は 100%以上の値となれば良好な材質としている。なお，引張強さは，引張試験片用鋳型(Y型ブロック)に鋳造した試料の肉厚25mm平行部から JIS の５号試験片を加工して測定した。また，ブリネル硬さは，引張試験後の試験片破断部近傍を測定した。

$RG(\sigma_B)$の値は，全ての配合率で 100%以上となり概ね良好な材質と判断できる。一方，配合率 40%で $RG(\delta)$の値が 90 になっている。これは他の試験片と比べて伸びていないことを示している。しかし，最も一般的に使用されている材質の FCD450-10($\sigma_{0.2} \geqq$ 280MPa, $\sigma \geqq$450MPa, $\delta \geqq$10%)の JIS 基準は満たしているので，この原因は溶解実験のバラツキにあると考えられる。

３．３　片状黒鉛鋳鉄の金属組織

ペレット材を使用して鋳造した引張試験片の金属組織を図３に示す。金属組織は，引張試験後の破断部近傍を現出させたものである。配合率を変化させて鋳造した全ての試験片で黒鉛形状は A 型に生成しており，異常は認められない。しかし，配合率を増やすに従いパーライト化が促進されている傾向も見られる。この金属組織の変化は，機械的性質のσや HB の増加に影響を及ぼしている。

表3　片状黒鉛鋳鉄の成熟度と比較硬さ

試験片名	成熟度 RG, %	比較硬さ RH
基準試験片	83	0.88
配合率 10%	81	0.82
配合率 20%	90	0.87
配合率 40%	85	0.85
配合率 60%	99	0.84

表4　球状黒鉛鋳鉄の引張強さと伸びの成熟度

試験片名	成熟度 RG(σ_B), %	成熟度 RG(δ), %
基準試験片	110	109
配合率 10%	112	103
配合率 20%	112	107
配合率 40%	116	90
配合率 60%	114	112

表5　球状黒鉛鋳鉄の黒鉛分布形態

試験片名	黒鉛球状化率, %	黒鉛粒数 (個/mm²)	黒鉛平均粒径, μm
基準試験片	90	153	13
配合率 10%	90	122	13
配合率 20%	88	136	14
配合率 40%	84	115	12
配合率 60%	90	126	13

※外接円直径 15μm 以上を測定対象とする。

３．４　球状黒鉛鋳鉄の金属組織

ペレット材を使用して鋳造した引張試験片の金属組織を図３に示す。金属組織は，引張試験後の破断部近傍を現出させたものである。配合率を変化させて鋳造した全ての試験片で，黒鉛形状に異常は認められない。

金属組織の黒鉛球状化率(%)，黒鉛粒数(個/mm²)及び平均黒鉛粒径(μm)を画像処理装置により測定した結果を表５に示す。黒鉛球状化率は，全ての試験片で80%を超えており概ね良好である。黒鉛粒数は，基準試験片に比べて全ての配合率で減少する傾向を示している。しかし，その数量の差はわずかである。

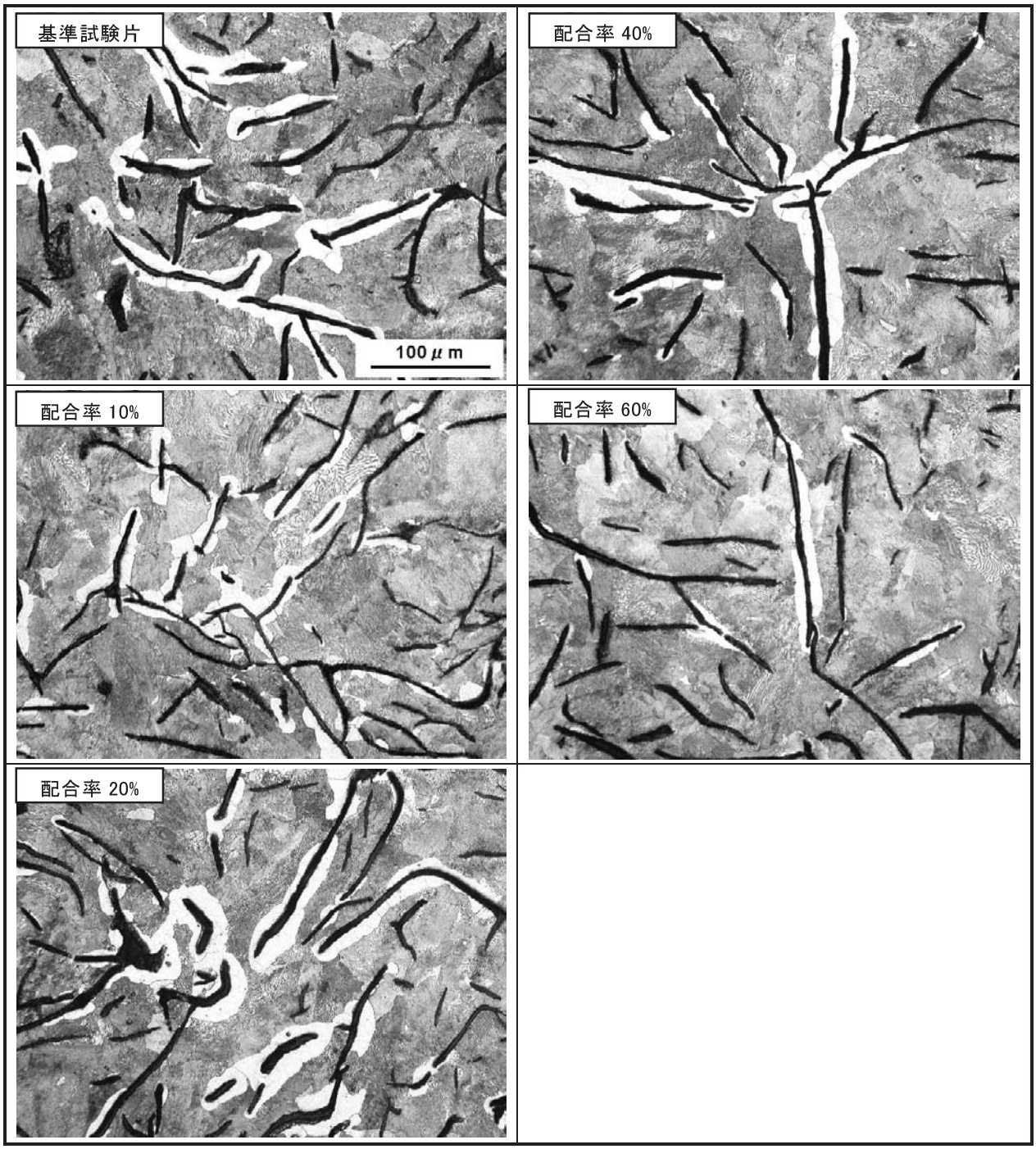


図2　スチール缶ペレット材配合による片状黒鉛鋳鉄の金属組織

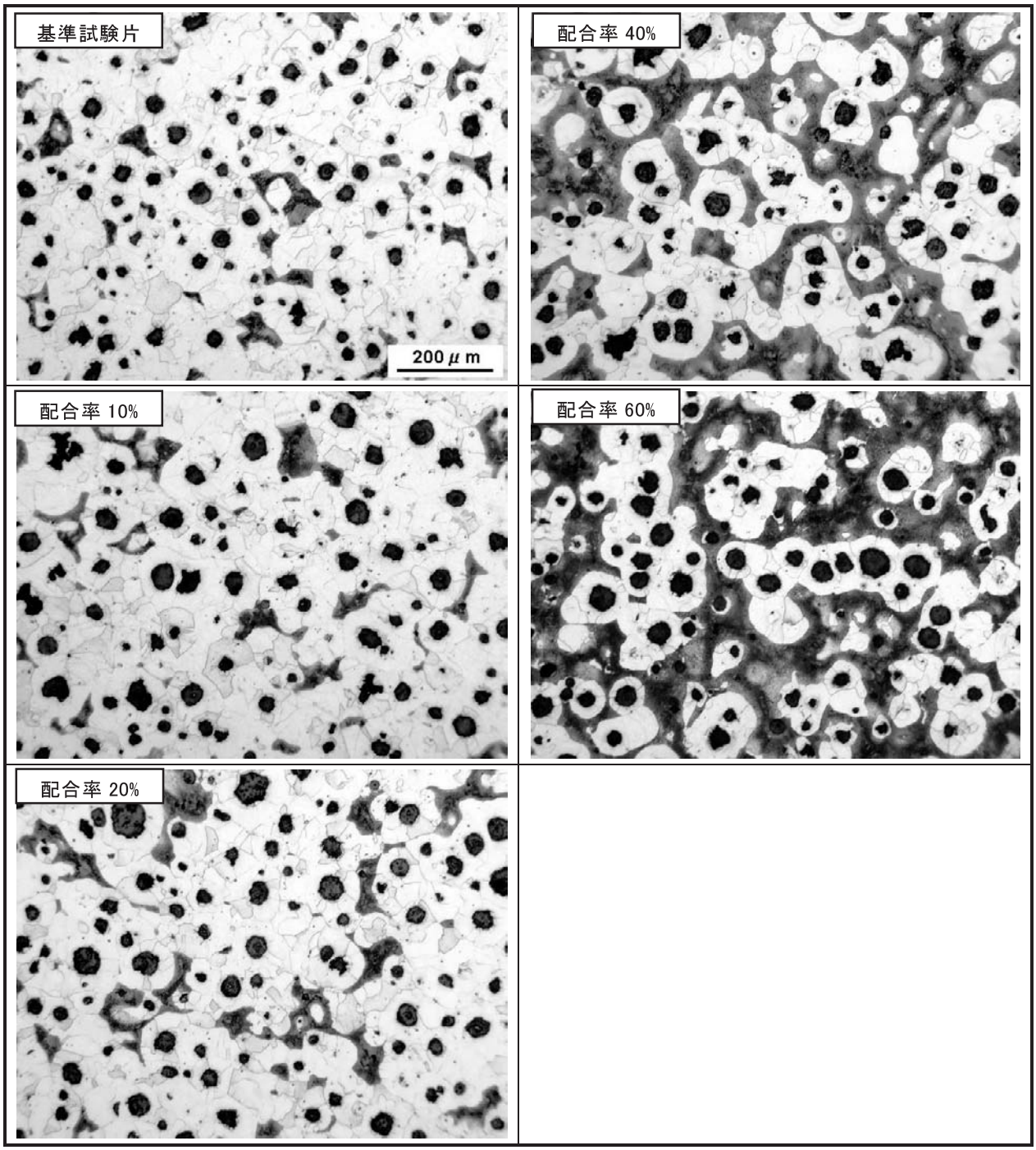


図3　スチール缶ペレット材配合率による球状黒鉛鋳鉄の金属組織

4　おわりに

スチール缶ペレット材を鉄源として溶解し，片状黒鉛鋳鉄と球状黒鉛鋳鉄を鋳造したところ，スチール缶ペレット材の使用量を変化させた全ての試験片で鋳鉄材質に異常は認められなかった。このことは，本実験で使用したスチール缶ペレット材は，鋳鉄用鉄源として有望な鉄スクラップであることを示している。

なお、得られた結果は次のとおりである。

4．1　片状黒鉛鋳鉄

(1) スチール缶ペレット材の配合率を増加させて鋳造した試験片は，配合率増加に比例して引張強さとブリネル硬さが増加した。成熟度や比較硬さで評価すると，材質を向上させる傾向に働いていることがわかった。

(2) スチール缶ペレット材の配合率を変化させて鋳造した全ての試験片で，黒鉛形状はA型に生成しており，異常は認められなかった。しかし，配合率を増やすに従い，パーライト化が促進されている傾向も見られた。この金属組織の変化は，引張強さやブリネル硬さの増加にも現れていた。

4．2　球状黒鉛鋳鉄

(1) スチール缶ペレット材の配合率を増加させて鋳造した試験片は，配合率増加に比例して，引張強さ及びブリネル硬さが増加した。一方，伸びは低下した。球状黒鉛鋳鉄の成熟度で評価すると，配合率60%までは材質に悪影響を及ぼさないことがわかった。

(2) スチール缶ペレット材の配合率を変化させて鋳造した全ての試験片で，球状黒鉛形状に異常は認められなかった。

参考文献

1) H.Jungbluth and P.A.Heller：Giesserei 42（1995）10,255
2) W.Patterson：Giesserei 46(1959)11,289
3) 加山延太郎：鋳鉄鋳物教本（共立出版）（1966）38
4) 井川克也：鋳物 67（1995）56
5) 井川克也：鋳物 68（1996）883

受託研究

チタン板の微細穴開け加工

宇賀持和仁*，本田竜未*

Micro-hole processing of Titan plate

Kazuhito UGAMOCHI, Tatsumi HONDA

現在小径穴の加工は，ドリルによる機械加工，放電加工機による加工が主で行われている。一般的に，小径でアスペクト比（深さ／径）が１５を超えるような穴加工は困難であり，脆性材料や難削材では更に難しい。

今回の研究では難削材であるチタン合金の板に，直径20μｍの貫通穴を多数個開けることを目標とし，電極成形条件・加工条件を抽出する。

Key words ：放電加工，微細穴，難削材，アスペクト比

１　はじめに

現在微細穴（0.1ミリ未満）の加工は，ドリルによる機械加工，放電加工機による加工が主で行われている。しかし，市販の小径ドリルの溝長さ／直径は６～１２程度でありアスペクト比（深さ／径）が１５を超えるような穴加工は困難であり，直径20μｍ以下の工具に関しては一般には市販されていない[1)]。

放電加工による深穴加工は、市販の長い電極を用いることにより、直径50μｍ程度の穴に関しては深さ1000μｍ以上が可能となっている。

当所ではＨ１５年度に超微細放電加工機（写真１）を導入し，様々な微細穴加工を行ってきた。例を挙げれば，ステンレス・モリブデン等の板に穴径10μｍ，深さ100μｍの穴加工の実績を持っている。

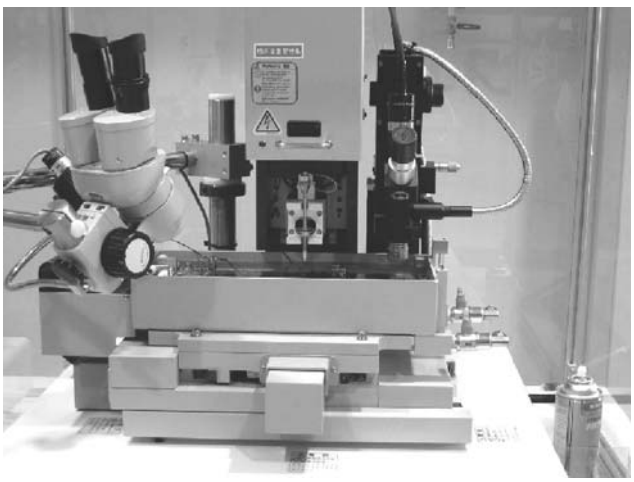


写真１　松下電器産業㈱ＭＧ－ＥＤ８２

今回の研究ではこれまでのノウハウをもとに，難削材であるチタン合金の板（厚み500μｍ）に，直径20μｍの貫通穴を多数個開けることを目標とし，電極成形条件・加工条件を抽出する。

これによって，医療・航空宇宙などの最先端の分野において，差別化が可能な加工技術を得ることが期待できる。

２　研究の方法

手順としては以下の通りである。

①直径20μｍ以下の電極の成形条件を作る。

②チタン板に穴開けを行い，電極の摩耗長さを測定する。また，加工穴径を測定。

２．１　電極加工条件

まず最初に，電極成形条件を作成する。過去の成形条件を参考に，表１の加工条件で電極を成形した。加工深さは500μｍであるが，電極が摩耗するため，余裕を持った長さとした。

表１　電極成形条件

	STEP1	STEP2
径　μｍ	50	18
長さ　μｍ	1500	1400
電圧　Ｖ	100	80
ｺﾝﾃﾞﾝｻ容量　pF	3300	220

備考：直径125μｍの電極を複数のステップを経て順次（50→18μｍ）細く加工する

＊　栃木県産業技術センター　機械電子技術部

穴径が20μｍを目標としているため，電極径についても，18μｍ程度を成形目標とした。その場合，表１の成形条件では電極が曲がったり，仕上がりの径が安定しないことがあるため，条件を見直し表２の条件で成形することとした。

表２　電極成形条件

	STEP1	STEP2	STEP3
径　μｍ	40	22	18
長さ　μｍ	1150	1100	1050
電圧　V	100	80	80
ｺﾝﾃﾞﾝｻ容量　pF	3300	220	10

この条件により，径18μｍ，長さ1050μｍの電極が成形できた。Ｌ／Ｄ＝５８となった。

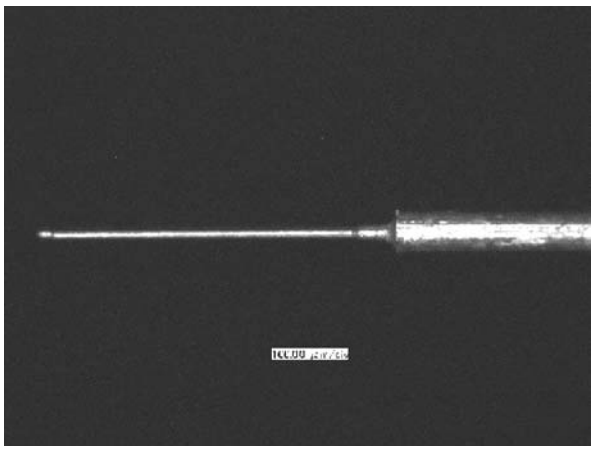


写真２　成形した電極

２．２　加工条件検討

次に，各種加工条件の加工時間，加工条件による加工穴径の関係を見いだす。

電極を成形し，加工を行った。

表３　加工条件と結果

	電極径	電圧	ｺﾝﾃﾞﾝｻ容量	摩耗長さ	穴径	加工時間
	μｍ	V	pF	μｍ	μｍ	min
1	20	100	220	200	45	40
2	15	110	100	720	37	146
3	20	70	220	60	29	55
4	17	70	10	240	23	120

備考：振動テーブル使用（超音波により，発生したスラッジの排出を助ける）

加工穴の観察・測定：ミツトヨSQV202PRO

摩耗長さ：加工前の電極長さ－加工後の電極長さ

穴径：貫通穴は出口径

加工中観察された状況としては，加工において放電が非常に不安定なことである。短絡検出が激しく加工が進まない現象が時々観察される。

加工条件を強く（電圧大，コンデンサ容量大）にすれば，加工時間は短く，加工穴径は大きく，電極摩耗が大きくなる。今回の結果はそれを裏付けるものとなった。

目標としている穴径が20μｍのため，加工時間が長く生産性には劣るものの，加工条件は電圧70Ｖ，コンデンサ容量10pFとした。

表３の４の条件について，再度実験を行ったが，ほぼ同じデータが得られたため，この条件で加工することとする。

２．３　穴加工

以上の結果を基に電極成形，穴加工を行う。手順としては以下のとおり。

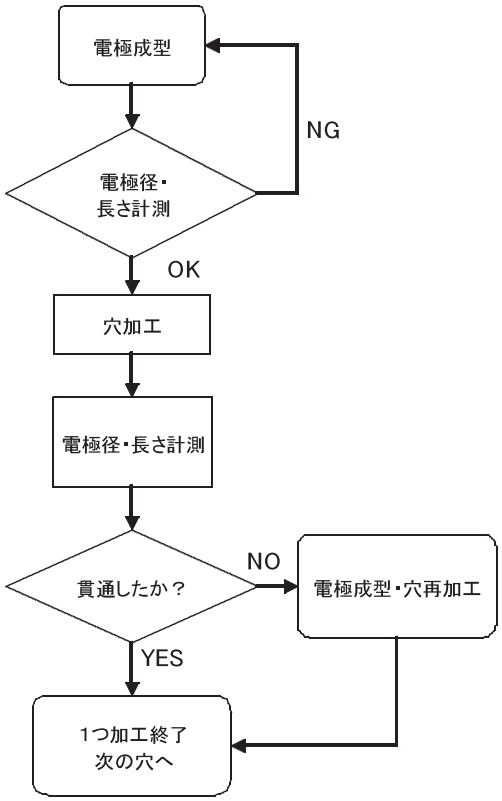


図１　加工手順フロー

成形される電極径はその都度多少変動するため，加工条件は適宜微調整している。

一度全ての穴加工が終わった後，貫通しているかどうか，貫通穴についてはその径も調べた。一部貫通していない穴については再加工を行った。

また，貫通穴を加工する際の電極の摩耗は，130～320μｍとばらつくことが確認された。

摩耗状況にもよるが，電極１本で１個～２個の穴を加工できた。

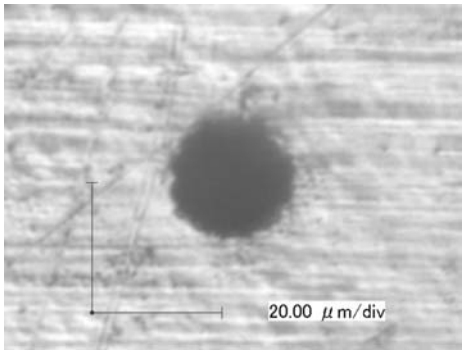


写真３　加工した貫通穴

２．４　結果

加工した穴を観察測定したところ，出口径で１６～２７μｍ，平均20.7μｍの貫通穴が確認できた。

また，それぞれの座標値も放電加工機の位置決め機能を使うことにより，設計値の範囲に収めることができた。

３　おわりに

１）アスペクト比の大きな小径穴を加工するために必要な電極を作成する条件を見出せた。

２）またその電極を用い，貫通穴を多数個あけるノウハウを獲得することができた。

謝　辞

本研究を実施するにあたって，松下電器産業㈱正木健氏には多大なる支援を受けたので，ここに感謝の意を表する。

参考文献

1)鬼鞍宏猷：機械と工具，Vol.49，No.3，P10(2005)

Ⅲ　重点研究

Ⅳ　経 常 研 究

重点研究

ネットワークを活用した分散計測・制御技術に関する研究（第３報）

三好　徹哉*　　島田　智*

Distributed Measurement and Control with Network Communications (3rd Report)

Tetsuya MIYOSHI, and Satoshi SHIMADA

RS232C のインターフェースを持つ既存の機器に RS232C とイーサネット（Ethernet）のインターフェースを持つ所謂マイコンボードないしボードコンピュータを接続する形態を念頭に置き，RS232C インターフェースを持つ機器に対しインターネットプロトコル（IP）を介して通信するプロトコルを TCP 上に定義し，実装する。同プロトコルは UNIX のシリアル通信のシステムコールを模し，同プロトコルの命令（コマンド）はシステムコールと１対１に対応する。また，同プロトコルの応用例として，無線タグを利用した所在検知システムを構築する。

Key Words : IP, Ethernet, RS232C, 無線タグ, RFID

１　はじめに

本研究では，安価で柔軟な分散計測・制御システムの構築技術の開発を目的とし，マイコンボードないしボードコンピュータを用いて計測データや制御信号をネットワーク上でやり取りする計測制御システムを構築する。平成１７年度は３年間の研究期間の第３年度であり，本稿でその研究結果を報告する。

近年のインターネットの急速な普及とともに，情報系ローカルエリアネットワーク（LAN）の事実上の標準プロトコルとしてイーサネット（Ethernet）およびインターネットプロトコル（IP）が定着した。Ethernet/IP 関連機器の価格は劇的に低下し，技術者の数も多い。また，インフラとして Ethernet が整備されている建物や設備も増えている。

一方，ファクトリーオートメーション（FA）等の計測制御系においては，ある程度以上の規模の設備ではネットワーク化が進んでいる。ただし，情報系とは異なり唯一の標準プロトコルは存在せず，多種のプロトコルの乱立状態にある。産業設備の更新間隔が大きく機器の製品寿命が長いことなどを考えると，急速に少数の標準に収束することはなさそうに思われる。他方，小規模な設備の場合等ではネットワーク化がなされていない部分が多くある。例えば，上位コンピュータと制御機器との間を RS232C で接続する形態や，それぞれのセンサおよびアクチュエータ毎に（すなわち共有せずに）信号線を制御機器やコンピュータへ接続する形態が多く見られる。

そこで本研究では，Ethernet/IP を計測制御系に利用することを考える。Ethernet/IP というネットワーク技術の趨勢に従うことによる利点は，機器の急激な低価格化や技術者の確保の容易さ等の恩恵にあずかれることである。初年度は，RS232C のインターフェースを持つ既存の機器に RS232C と Ethernet のインターフェースを持つ所謂マイコンボードないしボードコンピュータを接続する形態を念頭に置き（図１参照），RS232C インターフェースを持つ機器に対し IP を介して通信するプロトコルを TCP[1] 上に定義した[2]。同プロトコルは UNIX のシリアル通信のシステムコール（アプリケーションインターフェース（API））[3),4),5)]を模し，同プロトコルの命令（コマンド）はシステムコールと１対１に対応する。第２年度は同プロトコルのサーバ（プロトコルの命令を受け応答を返すシステム）を PC/AT 互換アーキテクチャ上およびマイコンボード上に実装した[6]。また，本年度に構築する応用例としての無線タグを利用した所在検知システムに向け，同プロトコルを利用して無線タグの通信試験を行った[6]。本年度は，同プロトコルの応用例として，無線タグを利用した所在検知システムを構築する。

なお，Ethernet と RS232C の変換機という観点から眺めると既に市場に先行する機器はある。例えばオムロン社の SerialGateBox ITNC-SGB01 があるが，同機器の場合，Windows 上に仮想シリアルポート（COM ポート）を構成する製品付属ソフトウェア

* 栃木県産業技術センター　機械電子技術部

を使用する形を取る必要がある。あるいはトライステート社の PICNIC の場合，高次の機能が Windows や Linux のライブラリとして提供され，それを利用することになる。Windows や Linux 以外のプラットフォーム（例えばパーソナルコンピュータより小さなシステム）で利用したい場合など，用途によっては使いにくい。

節の構成は以下の通りである。RS232C への IP を介したアクセスを実現するプロトコルの概要を２．１で述べ，無線タグを利用した所在検知システムの機器構成を２．２で述べる。無線タグを利用した所在検知システムの詳細について３で述べる。

２　研究の方法

２．１　RS232C インターフェースを持つ機器への IP を介したアクセス

本節では，初年度に提案した RS232C インターフェースを持つ機器に対し IP を介して通信するプロトコルの概要について述べる。

RS232C のインターフェースを持つ既存の機器に RS232C と Ethernet のインターフェースを持つ所謂マイコンボードないしボードコンピュータを接続する形態を念頭に置き（図１参照），RS232C インターフェースを持つ機器に対し IP を介して通信するプロトコルを TCP[1] 上に定義する。同プロトコルは UNIX のシリアル通信のシステムコール（アプリケーションインターフェース（API））[3),4),5)]を模し，同プロトコルの命令（コマンド）はシステムコールと１対１に対応する。

制御用とデータ用で別々の通信路を用いる。制御用の通信路（以下，制御接続と呼ぶ。）は命令（コマンド）とそれに対する応答（リプライ）をやり取りするための経路であり，データ用の通信路（以下，データ接続と呼ぶ。）はデータを送受信するための全二重通信路である。前述のようにプロトコルの命令は UNIX のシリアル通信のシステムコール（端末入出力とファイル入出力のシステムコールの一部）に対応する。システムコールの引数ないし引数の指し示す変数に対応する引数を取る命令もある。一般にシステムコールは呼び出されると引数の指し示す変数に何らかの値を格納する場合があり，また返り値を返すが，本プロトコルでは変数に格納された値や返り値そのものあるいはそれに対応する符号を応答として伝送する。ここで，「変数に格納された値や返り値」という表現を用いたが，命令を受け応答を返す側（以下，サーバと呼ぶ。また命令を発行し応答を受ける側をユーザと呼ぶことにする。）が UNIX のシリアル通信のシステムコールを実装していることはもちろん必須ではないので，この表現はあくまで比喩的表現である。write システムコール および read システムコールに対応する命令では，RS232C の Transmit Data (TxD) 信号線および Receive Data (RxD) 信号線上のデータが，本プロトコルの制御接続上の命令の引数や応答としてではなく，データ接続上で送受される。

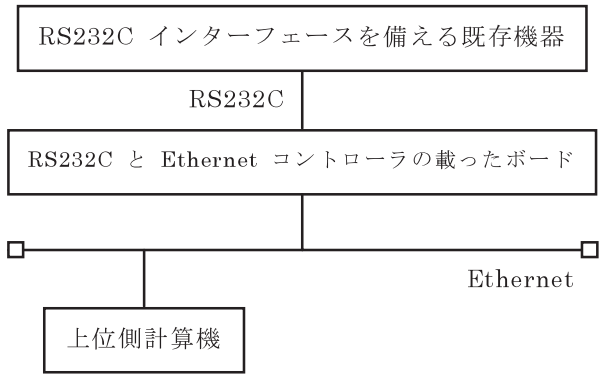


図１　RS232C インターフェースを持つ機器への IP を介したアクセスにおける典型的な接続形態

利用形態としては例えば図１に示す接続形態が考えられ，その場合，RS232C と Ethernet コントローラの載ったボードに本プロトコルを解釈するサーバが実装され，上位側計算機が本プロトコルに基づいて RS232C インターフェースを備える既存機器にアクセスする。もちろん，ボードにはサーバを実装するだけでなく別の仕事を並行して行わせてもよい。また，上位側計算機もマイコンボードに類するようなものである場合もあるだろう。

命令は表１に示す15個から成る。

表１　プロトコルの命令

名称	機能
open	シリアルポートをオープンする
close	シリアルポートをクローズする
read	シリアルポートの受信データを読む
write	シリアルポートにデータを送信する
fcntl	read/write のブロッキングの制御
tcgetattr	属性の取得
tcsetattr	属性の設定
cfgetispeed	受信速度の取得
cfgetospeed	送信速度の取得
cfsetispeed	受信速度の設定
cfsetospeed	送信速度の設定

tcdrain	全ての出力が送信されるまで待つ
tcflow	送信・受信を休止する
tcflush	保留中の入力・出力をフラッシュ
tcsendbreak	BREAK 文字を送信する

２．２　無線タグを利用した所在検知システムの機器構成

RS232C インターフェースを持つ機器に対し IP を介して通信するプロトコルの応用例として，無線タグを利用した所在検知システムを構築する。本節では同システムの機器構成について述べる。

２．１で述べたように，本プロトコルは RS232C のインターフェースを持つ既存の機器に RS232C と Ethernet のインターフェースを持つ所謂マイコンボードないしボードコンピュータを接続する形態を念頭に置いている（図１参照）。本節で説明するシステムにおいては無線タグ読取機が，図１上に示す RS232C インターフェースを備える既存機器に該当する。機器は以下のように構成する。

無線タグ読取機および無線タグは以下に挙げる２つの機器群を用いる。

(1) 125kHz システム：オムロン社 形 V700 シリーズ 電磁誘導方式 RFID システム（V700-CD1D-V3, V700-H02, V700-A41, V700-D23P41）

(2) 13.56MHz システム：日本アビオニクス社 VicPro シリーズ RFID システム（RD4921B, AN4001, TG3103）

いずれのシステムも読取機に対して RS232C を介して接続した上位コントローラが命令を発行し，それに基づいて無線タグと読取機の間で通信がなされるという仕様である。読取機はそれぞれ４機ずつ用いることとする。

これらの無線タグ読取機と RS232C で接続し，かつ Ethernet に接続するボードとして，アイ・ピイ・アイ社製マイコンボード NET/AT128 を用いる。同ボードはマイコンとして ATMEL 社の Atmega128 を搭載する。Atmega128 上に 128 KB のフラッシュ ROM と 4KB の SRAM が，ボード上に 32KB の SRAM が備えられている。また，Ethernet コントローラとして Realtek 社の RTL8019AS を搭載する。

Ethernet に接続する上位側計算機として，PC/AT 互換アーキテクチャ計算機を１台用いる。

３　結果及び考察

２．２で述べた機器構成のもとで，無線タグを利用した所在検知システムを以下のように構築した（図２参照）。

無線タグ読取機の交信モードは，アンテナの交信領域内に複数のタグが存在しても交信が可能になるモード（125kHz オムロン社システムにおいてはマルチリピートモードと呼ばれ，13.56MHz 日本アビオニクス社システムにおいては同時 R/W モードと呼ばれる。）に設定した。

マイコンボード NET/AT128 上には，RS232C インターフェースを持つ機器に対し IP を介して通信するプロトコル（以下，本プロトコルと呼ぶ。）のサーバが，昨年度に実装されている。

PC/AT 互換アーキテクチャ計算機には OS として Windows2000 Professional を導入した。本プロトコルを利用して無線タグリーダを制御し無線タグ所持者の所在検知を行うプログラムを，同計算機に作成した。

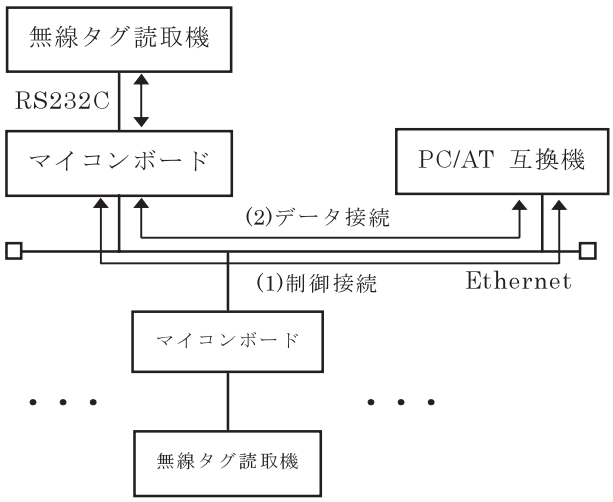


図２　無線タグを利用した所在検知システム

図２において PC/AT 互換機上のプログラムは本プロトコルの命令を (1) の通信路で発行する。無線タグ読取機への送信信号は (2) の通信路で送信する。マイコンボード上のサーバは，命令を受け取りそれに基づいて（ア）自身のシリアルポート（RS232C ポート）を制御し（イ）無線タグ読取機との間で信号の送受を行う。そしてその結果を PC/AT 互換機に応答として (1) の通信路で返し，無線タグ読取機からの受信信号を (2) の通信路で送信する。（本プロトコルのサーバを実装することでこのような動作が自動的になされることに注意されたい。）PC/AT 互換機上のプログラムは，同様のことを全てのマイコンボードに対し継続的に行う。無線タグ読取機との間接的な通信によって得られた情報（各無線タグの固有 ID 番号を読み取れたか否か。読み取れた場合のその番

号。）に基づき，無線タグ所持者の位置をディスプレー上に表示する（図３参照）。

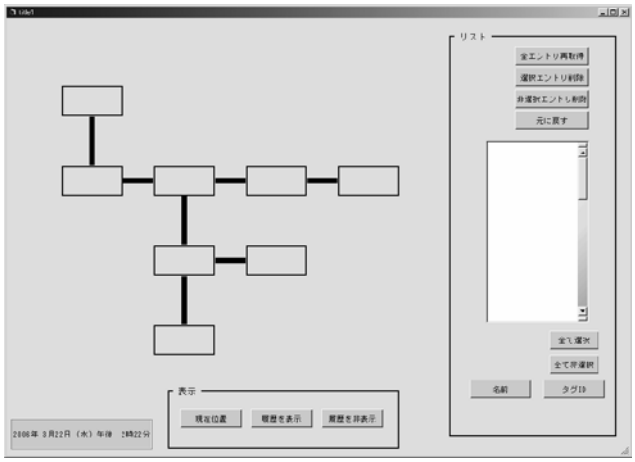


図３　所在検知システムのスクリーンショット（起動画面）

４　おわりに

本研究では，RS232C のインターフェースを持つ既存の機器に RS232C と Ethernet のインターフェースを持つ所謂マイコンボードないしボードコンピュータを接続する形態を念頭に置き，RS232C インターフェースを持つ機器に対し IP を介して通信する TCP 上のプロトコルを定義しマイコンボード上に実装した。同プロトコルは UNIX のシリアル通信のシステムコールを模し，同プロトコルの命令（コマンド）はシステムコールと１対１に対応する。同プロトコルの応用例として，無線タグを利用した所在検知システムを構築した。

参考文献

1) Information Sciences Institute, University of Southern California: "Transmission Control Protocol -DARPA Internet Program Protocol Specification-", http://www.ietf.org/rfc/rfc0793.txt, 15-44, (1981)

2) 三好 徹哉, 植竹 大輔, 稲見 智, 坂本 憲弘： 栃木県産業技術センター研究報告, (No.1), 51-54, (2004)

3) The Austin Group, a joint working group of the IEEE, The Open Group, and ISO/IEC JTC 1/SC22: “The Open Group Technical Standard, Base Definitions, Issue 6, 2004 Edition”, The Open Group, (2004)

4) The Austin Group, a joint working group of the IEEE, The Open Group, and ISO/IEC JTC 1/SC22: “The Open Group Technical Standard, System Interfaces, Issue 6, 2004 Edition”, The Open Group, (2004)

5) W. Richard Stevens: "Advanced Programming in the UNIX(R) Environment", Addison-Wesley Pub. Co., (1992)

6) 三好 徹哉, 稲見 智, 島田 智： 栃木県産業技術センター研究報告, (No.2), 61-64, (2005)

重点研究

アモルファス炭素膜の構造制御（第３報）

ープラズマCVD法により成膜したａ-SiC:H膜の特性ー

佐伯　和彦*　，大和　弘之*

Structural Control of Amorphous Carbon Film (3rd Report)
-Properties of Hydrogenated Amorphous SiC Films by Plasma CVD Method-

Kazuhiko SAEKI, Hiroyuki YAMATO

プラズマCVD法を用いてテトラメチルシランを水素で希釈して得られるａーSiC:H膜について，赤外吸収特性による構造解析，組成，硬度特性，屈折率特性，表面形状ついて検討した。その結果，水素ガスの希釈率が大きくなるにつれて，メチル及び水素で終端されていた構造がネットワークに組み込まれ，膜の緊密化が進むことを見出した。その結果，膜の硬度の増加が確認できるとともに，表面形状の平滑化も促進されることから，トライボロジー特性に優れた膜が得られることがわかった。

Key Words: プラズマCVD，テトラメチルシラン，アモルファス炭化ケイ素

１　はじめに

プラズマCVD法で作製される炭素薄膜は水素を含んだアモルファス構造で，ダイヤモンド構造のsp^3結合とグラファイト構造のsp^2結合が混在している。高硬度，低摩擦係数の材料で，化学的に安定で高い電気絶縁性を有するなど興味深い特性を示す。現在では，ハードディスクの保護膜として利用されている。最近になり，窒素ドープアモルファス炭素膜において，電気伝導性の向上[1)]や内部応力の低下[2)]が報告されている。また，硫黄ドーピングによる内部応力の低減効果も報告されている[3)]。

このように，異元素を含有する炭素薄膜の合成技術の確立は，今後の多様な応用展開を図る上で重要な検討課題となっている。

有機シランであるテトラメチルシランは，シランガス等の危険性がなく安全な原料であること，及び内部にケイ素を含有していることから，ケイ素ドープの原料として用いられ，ケイ素含有アモルファス炭素膜の検討がされている。

本テーマでは，自己バイアス法によるプラズマCVD法を用いて，テトラメチルシランを水素で希釈した膜を作製し，水素希釈が膜質に及ぼす影響を赤外吸収特性による構造解析，組成，硬度特性，屈折率特性，表面形状などから検討した。

２　研究の方法

２．１　　薄膜作製

本研究では，平行平板型のプラズマCVD装置を用いて薄膜を作製した。マスフローコントローラーにより原料であるテトラメチシランを水素ガスで希釈し反応容器に導入した。表１に成膜の条件を示した。

基板には，シリコンウエハ(100)を用いて成膜を行った。

表１　プラズマCVDによる成膜条件

rf 電力	100W
反応圧力	20Pa
基板温度	150℃
全ガス流量	10SCCM
TMS流量	1～10SCCM
水素ガス流量	1～ 9SCCM

２．２　評価

シリコン基板をマスキングして成膜し，マスキングと膜との段差を触針式表面粗さ計により測定することで成膜速度を求めた。膜の組成(Si/C比)はX線光電子分光測定装置により求めた。また，赤外吸収分光測定にはシリコン基板に膜を１μｍ堆積した試料を用いた。屈折率は分光エリプソを用いて測定した。表面粗さはプローブ顕微鏡を用いて，５μｍ×５μｍの範囲を走査して求めた。膜の硬度はナノインデンタ(エリオニクス製ENT-1100a)を用いて，荷重100gfの条件の下５点の測定値の平均により求めた。

３　結果及び考察

３．１　水素希釈率と自己バイアスの関係

自己バイアス法は基板側の電極に負のバイアスが発生し，イ

*栃木県産業技術センター　材料技術部

オン衝撃を成膜に積極的に利用した成膜法である。自己バイアスの大きさはrf電力，圧力に大きく影響される。本実験では，rf電力及び反応圧力は一定であり，自己バイアス電圧も図１に示したように水素希釈により大きな変化は起きていない。このことから，後述するように膜質に大きな変化を及ぼす要因は，水素希釈による別の成膜機構によると考えられる。

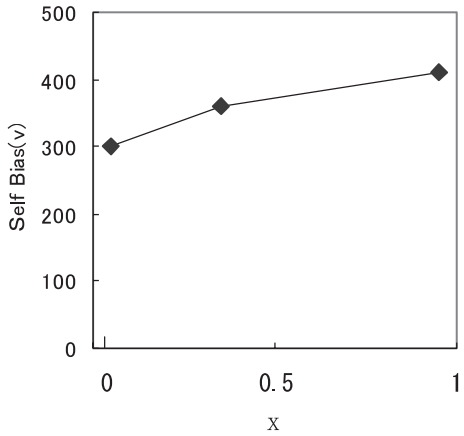


図１ TMS(1-x)とH_2(x)の混合ガスと自己バイアス電圧の関係

３．２　成膜速度

水素ガスの希釈に対する成膜速度の結果を図２に示した。水素ガスの希釈率が大きいほど，膜の原料となるテトラメチルシランの原料供給が少なくなるので，成膜速度は小さくなった。TMSの供給割合の減少に比べ，成膜速度の減少は小さくなっているが，水素ガスで希釈することによって，成膜の機構がTMSの単体供給とは異なっていると考えられる。

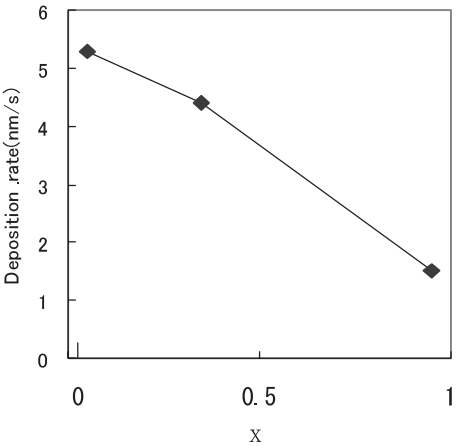


図２ TMS(1-x)とH_2(x)の混合ガス組成比と成膜速度の関係

３．３　膜組成

図３にX線光電子分光測定により求めたTMSと水素の希釈割合とSi/C比の関係を示した。水素ガスの供給割合が増加するにしたがいSi/C比が増加する傾向にある。原料全体の供給量に対するTMSの割合が減り，TMSの分解が進んだためと考えられる。

３．４　赤外吸収特性

水素ガスの希釈が及ぼす赤外吸収スペクトルの影響を図４に示した。また，図５に赤外スペクトルピーク 1250cm^{-1}及び2100cm^{-1}の吸光度の変化を示した。水素ガス希釈の割合が大きくなるにつれて，$-CH_n-$伸縮振動由来の 2900cm^{-1}～3000cm^{-1}の吸収，及びSi-CH_3曲げ振動由来の1250cm^{-1}付近の吸収が小さくなっている。これらのことから，水素ガス希釈によりポリマー的な膜から無機質な膜に変化していることが確認できる。また，図4に示したように水素ガス希釈の割合が増加するにしたがい，ネットワークの末端のSi-CH_3由来の1250cm^{-1}及びSi-H由来の2100cm^{-1}の吸収が大きく減少していることから，それぞれメチル基及び水素で終端されていた部分が減少し，ネットワークに組み込まれたと考えられる。このことは，後述する膜の硬度や屈折率の増加に影響していると考えられる。

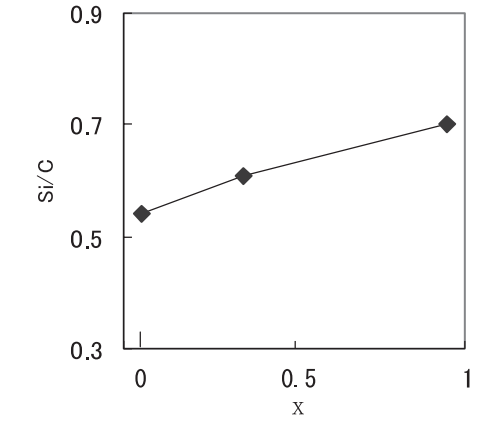


図３　TMS(1-x)とH_2(x)の混合ガス組成比とSi/Cの関係

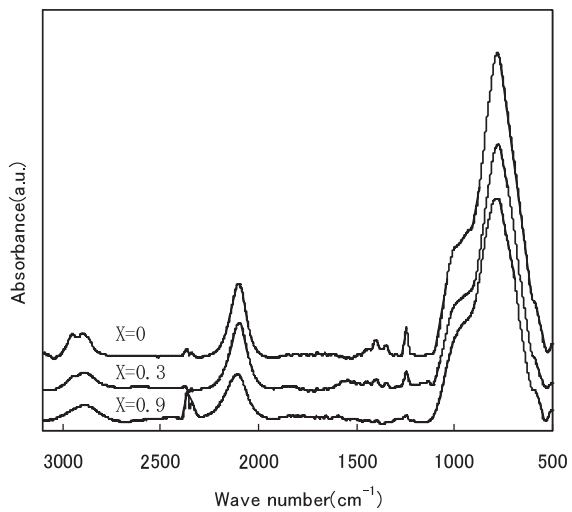


図４ TMS(1-x)とH_2(x)の混合ガス組成比と赤外吸収の関係

３．５　硬度特性

得られた薄膜の水素ガス希釈による硬度への影響につて図６に示した。この結果から水素ガスの希釈率が増加するにしたがい硬度の増加が確認できる。X=0.9ではTMS単独に比較して約2倍の硬度が得られた。赤外吸収による構造解析において，水素ガスの希釈率が増加するにしたがい，薄膜のネットワーク化が

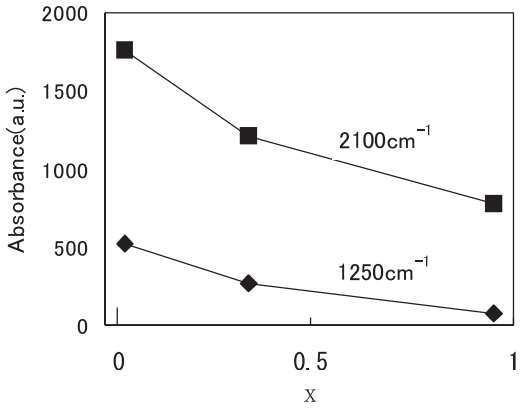


図５　1250cm^{-1}及び2100cm^{-1}赤外吸収変化

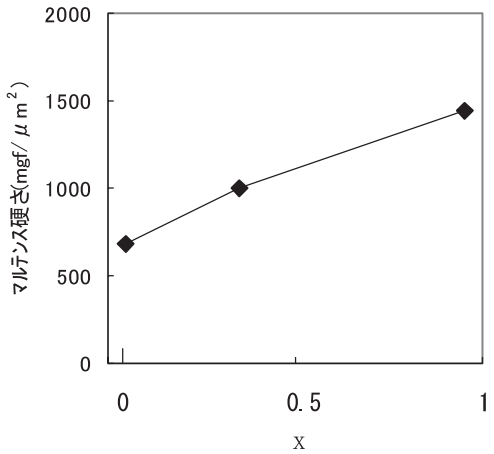


図６　TMS(1-x)とH_2(x)の混合ガスと硬度の関係

促進されていることから，膜の硬度が増加したと考えられる。

３．６　屈折率特性

図７に水素希釈による薄膜の屈折率の結果を示した。水素ガス希釈率が増加するにしたがい，膜の屈折率が増加した。このことは，硬度特性と同様に膜の構造変化による結果より，薄膜のネットワーク化による膜の緊密化が起こったためと考えられる。

３．７　表面形状

プローブ顕微鏡において測定した表面粗さRaは，TMS単独で0.3nmであるが，X=0.9のときは0.1nmであった。このことより水素ガス希釈により成膜した膜は表面が平滑になる結果が得られた。このことから，水素ガス希釈は膜のネットワーク構造の緊密化を促進し　硬度の高硬度化及び表面平滑化を引き起こす。磨耗特性等のトライボロジー特性の向上が期待できることがわかった。

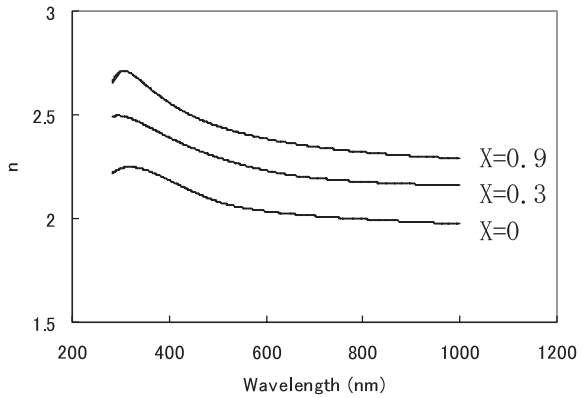


図７　TMS(1-x)とH_2(x)の混合ガスと屈折率の関係

４　おわりに

テトラメチルシランを水素で希釈し，自己バイアス法により得られる膜特性について検討した。

その結果，水素ガスの希釈率が大きくなるにつれて，メチル及び水素で終端されていた構造がネットワークに組み込まれ，膜の緊密化が進んだ結果，膜の硬度の増加が確認できた。また，表面形状の平滑化も促進されることがわかった。

参考文献

1) P. Wood, T. Wydeven, O. Tsuji: Thin Solid Films, 258, 151-158, (1995)

2) 山田秀雄，辻　理: 炭素, 191, 24-31, (2000)

3) 平出孝夫，小野章夫．伏木　徹，竹澤信隆，黒田真一，吉本護，山田秀雄: 日本セラミックス協会学術論文誌, 111, 133-136, (2003)

4) J. Vilcarromero, F. C. Marques, F. L. Freire, Jr.: J. Appl. Phys., 84, 174-180, (1998)

重点研究

高齢者用食品の改良開発と機能性評価

阿久津　智美*　　大山　高裕*　　伊藤　和子*　渡邊　恒夫*

Improvement, Development and Functional Study of the Food for the Elderly

Satomi AKUTSU ,Takahiro OHYAMA ,Kazuko ITO and Tsuneo WATANABE

健康な高齢者の食の実態を把握するため，アンケート調査，市販ゼリー及び漬物の官能評価・物性評価等を行い，若年者とは嗜好が異なること及び咀嚼状態や味覚等に違いがあること等がわかった．

Key Words ： 高齢者用食品，ゼリー，漬物，物性評価，官能評価

1　はじめに

高齢化社会の進展に伴い高齢者用食品の市場も拡大すると予測され，食品業界においては高齢者に配慮した食品の開発等が課題となっている．加齢に伴い健康な高齢者であっても，歯の喪失・消化吸収能力の低下等身体的な変化がみられる．このため高齢者に適した食品の物性等は，若年者のものとは違っていると考えられる．また，若年者と高齢者では食嗜好も異なっていると思われる．

そこで，高齢者用食品の改良開発を目的として，今年度は栃木県内の健康な高齢者をパネルに，アンケート調査や官能評価・物性測定等を実施し，実態や問題点等の把握を行った．対象はゼリーと漬物とした．

ゼリーなどのゲル化剤を用い栄養や咀嚼・嚥下等を考慮した製品は，介護食の１つの形態として販売されているが，健康な高齢者をターゲットにした場合，どのような製品が好まれるのか，市販品を用い調査した．また，漬物は高齢者が好きな食べ物のひとつであるが，塩分やかたさ等の理由で施設などでは敬遠されているようである．このため漬物の種類により高齢者の咀嚼や感覚等が若年者とどのように違っているのかを検討した．

2　研究の方法

2．1　アンケート調査

官能評価実施の前に，家族構成・歯や咀嚼の状態・漬物やゼリーの嗜好等について，アンケート調査を行った．調査票を表１に示す．

高齢者パネルは栃木県在住の健康な高齢者で，60歳以上82歳まで，平均年齢66歳の31名（民生委員12名，産業創造プラザ職員６名，職員家族13名）で実施した．若年者パネルは18歳から29歳，平均年齢21歳の38名（県立農業大学校学生28名，当センター職員10名）で行った．

2．2　試料

2．2．1　ゼリー

介護食として販売されているゲルの特徴が異なるリンゴゼリー３製品を購入し試料とした．

2．2．2　漬物

たくあん・なす浅漬・らっきょう甘酢漬・しょうが酢漬（新しょうが）について，製品を購入し試料とした．試料は一般的に食されていると考えられる形状にカットし供試した．たくあんは１本の両端5cmをカットした後，4mmを目標にスライス（輪切り）した．なすはへた部5cm，下部3cmをカットし除いた後，6mmにスライス（輪切り）した．らっきょうはそのままの形状で供試し，ショウガは長さ5cm厚み3mmの短冊状で，しょうがの繊維に対し平行になるようカットした．

2．3　官能評価

2．3．1　ゼリーの官能評価

リンゴゼリー３種類の嗜好について，試料をランダムに与え，順位法により官能評価[1)]を行った．

パネルは高齢者パネル29名，若年者パネル38名．評価項目は外観(香りを含む)・味・やわらかさ・口どけ・飲み込みやすさ・総合で，同順位を許さないものとした．得られた結果については，ケンドールの一致性係数の検定及び順位和の検定を行った．

2．3．2　漬物の官能評価

１人のパネルに４種類の漬物をランダムに供試し，かたさ・歯切れ・塩味・噛みやすさ・口腔内でのまと

＊　栃木県産業技術センター　食品技術部

表1　アンケート調査票（一部省略）

試験 No ＿＿＿＿　　実施日　　年　　月　　日
男・女　　年齢＿＿＿＿

アンケート
以下の質問について、記載又は当てはまるところに○を付けてください。

Ⅰ　家族について
(1)　同居家族の人数及び構成をお答え下さい。
(2)　家族の中で主に食事を作る人は誰ですか？

Ⅱ　歯の状態について
(1)　義歯（入れ歯）はありますか（１つだけ選んで○を付けてください）
1.ある(総入れ歯)　2.ある(部分入れ歯)　3.ない
(2)　現在の歯の状態についてあてはまるところ○をつけてください。(複数選択可)
1.歯を治療中　2.入れ歯があわない　3.歯が痛い　4.歯ぐきが痛い　5.その他の状態(　　)　6.特になし

Ⅲ　噛むこと、飲み込むことについて
(1)　噛むことについて、あてはまる番号に○を付けて下さい。
1.かたい食べ物は噛めない　2.かたい食べ物で噛みにくいものもある
3.かたい食べ物ではないが噛みにくいものもある　4.何でも普通に噛める
(2)　噛みにくい食べ物がありましたら記入して下さい。(　　)
(3)　飲み込みについて、あてはまる番号に○を付けて下さい。
1.水やお茶が飲み込みにくいことがある　2.食べ物によっては、飲み込みにくいものもある　3.普通に飲み込める
(4)　飲み込みにくい食べ物や飲み物がありましたら記入して下さい。(　　)

Ⅳ　漬物について
(1)　漬物は好きですか。(１つだけ選んで○を付けてください。)
1.好き　2.やや好き　3.どちらでもない　4.やや嫌い　5.嫌い
(2)　好きな漬物の種類に○を付けて下さい。(複数選択可)
1.たくあん　2.きゅうり古漬(醤油漬)　3.たまり漬　4.らっきょう甘酢漬　5.生姜酢漬(新生姜)　6.生姜甘酢漬(ガリ)
7.梅漬　8.みそ漬　9.ぬか漬　10.粕漬　11.なすの浅漬　12.白菜浅漬　13.きゅうり浅漬　14.キムチ　15.その他　(　)
(3)　普段好きであるが、食べにくいと感じている漬物がありましたら、その漬物の番号を選択し、その理由を下より選んで下さい。　食べにくい理由：　a.かたいので　b.1つのカットが大きいので　c.酸味が強いので(むせる)
d.しょっぱいので　e.においがきついので　f.その他　(複数回答可)
(4)　漬物はどのくらいの頻度でたべますか。(１つだけ選んで○をつけてください)
1.毎食食べる　2.ほぼ毎日食べる　3.たまに食べる　4.ほとんど食べない　5.食べない
(5)　ご自宅では、漬物を購入しますか、それとも自家製（家庭で手作り）ですか。
1. 購入する　2.購入するほうが多い　3.自家製のほうが多い　4.自家製　5.わからない
(6)　健康のために漬物の塩分を気にしていますか。(１つだけ選んで○をつけてください)
1. 塩分を気にしている　2.塩分をやや気にしている　3.気にしていない

Ⅴ　ゼリーについて
(1)　ゼリーは好きですか。(１つだけ選んで○を付けてください)
1.好き　2.やや好き　3.どちらでもない　4.やや嫌い　5.嫌い

Ⅵ　高齢者向け食品について
(1)　高齢者向け食品（高齢者用食品「そしゃく困難者用食品」「そしゃく・えん下困難者用食品」やユニバーサルデザインフードなど）を知っていますか。あてはまるところに○をつけて下さい。
1.利用したことがある　2.知っている　3.名前は聞いたことがある　4.知らない
(2)　高齢者向け食品は、噛む力が弱くなった高齢者に噛みやすく、また噛まなくても食べられるようにかたさを調整した食品や、飲み込む力が弱くなって気管に入ってむせることの多くなった高齢者のためにかたさととろみ（粘度）を調整した食品です。このような高齢者向け食品を今後、自分又は家族に利用したいと思いますか。
あてはまるところに○をつけて下さい。
1.利用したい　2.時々利用したい　3.機会があれば利用したい　4.必要ない

ありがとうございました。　次に数種類の漬物を４種類を食べて頂き、その後ゼリーを食して頂きます。
かたすぎる等で食べられないものがありましたら、遠慮なく申し出て下さい。

表2　漬物の官能評価票（一部省略）

試験No ＿＿＿＿　　実施日　　年　　月　　日
男・女　　年齢＿＿＿＿

Ⅰ　食べる前にお答えください。
(1) ○○漬は好きですか。(5.好き4.やや好き3.どちらでもない2.やや嫌い1.嫌い)

Ⅱ　試料を食し、あてはまるところに○を付けてください。
(1) かたさは次のどれにあてはまりますか。(5.かたい4.ややかたい3.普通2.ややわらかい1.やわらかい)
(2) 歯切れは次のどれにあてはまりますか。(5.歯切れよい4.やや歯切れよい3.普通2.やや歯切れ悪い1.歯切れ悪い)
(3) しょっぱさ(塩味)は次のどれにあてはまりますか。(5.しょっぱい4.ややしょっぱい3.ちょうどよい2.やや薄い1.薄い)
(4) 噛みやすさは次のどれにあてはまりますか。(5.噛みやすい4.やや噛みやすい3.普通2.やや噛みにくい1.噛みにくい)
「2.やや噛みにくい」または「1.噛みにくい」と答えた方に質問します。その理由は何ですか。
(5) 口腔内でのまとまりやすさは次のどれにあてはまりますか。(5.まとまる4.ややまとまる3.普通2.ややばらける1.ばらける)
(6) 飲み込みやすさは次のどれにあてはまりますか。(5.飲み込みやすい4.やや飲み込みやすい3.普通2.やや飲み込みにくい1.飲み込みにくい)　「2.やや飲み込みにくい」または「1.飲み込みにくい」と答えた方に質問します。その理由は何ですか。

まり・飲み込みやすさ等の強弱について評点法[1]（５段階）で評価した．評価票を表２に示す．パネルは高齢者31名，若年者33名で，アンケート回答の若年者のうち，漬物が食べられない人や嫌いな人等を除いた．結果より平均値の差の検定及び分散分析を行った．

２．４　咀嚼時間・回数の測定

漬物１片を口に含んでから飲み込むまでの回数と時間を計測した．

２．５　成分分析

漬物分析法[2]に基づき，pH・屈折糖度・塩分・滴定酸度・全糖の測定を行った．全窒素はケルテックオートサンプラーシステム（Foss Tecator 社製）を用い測定した．

２．６　色調の測定

表面色について日本電色工業㈱製色差計 SZ-Σ 90 を用い測定した．

２．７　物性評価

高齢者食品の「かたさ」の測定法[3]に準じテクスチャーアナライザー TA.XT.Plus（Stable Micro Systems 社製）を用い測定した．

すなわち，ゼリーは直径 40mm 深さ 15mm の容器に成型し，その中央を直径 20mm の円筒状プローブを用い 10mm/秒の速度で圧縮した（圧縮距離 10mm）．この時の最大力をプローブの断面積で割り「かたさ」とした．

漬物は，直径 3mm の円筒状プローブで，試料の中央部を 10mm/秒の速度で圧縮した．クリアランスは試料の高さの 30%，試料温度は 20 ± 2 ℃で測定した．

３　結果及び考察

３．１　アンケート調査

健康な高齢者パネルは男性 14 名女性 17 名の構成で，家族人数は 3.6 人（本人含む，最頻度 2 人），配偶者のいる割合が 87.1%，子と同居している割合が 51.6%，親と同居している割合が 19.4%で，96.8%の人が本人又は配偶者が食事の用意をすると回答した．

若年者パネルは男性 23 名女性 15 名で，家族人数は 4.9 人（最頻値 6 人），親と同居が 84.2%，祖父又は祖母との同居が 55.3%で，比較的家族人数が多かった．また，食事を主に作る人が母と回答した人は 78.9%いた．

入れ歯については高齢者の 64.5%の人が部分入れ歯であった．また，現在の歯の状態については高齢者の 74.2%は特に悪い症状はないと回答しているが，16.0%は歯ぐきが痛い等の歯ぐきに関する症状があった．若年者は歯の治療中や虫歯の人がいたが，79.0%は特に悪い症状はないと回答した．

噛むことについて図１に示す．高齢者の 35.5%は噛めない又は噛みにくい食べ物があり，若年者の 5.3%と比較し高い割合であった．噛みにくいものとしたあげられたものはスルメ（４名）・ピーナッツ（２名）・イカ・カリカリ梅・たくあん・堅焼きせんべい・ゴボウ・鶏のもも肉・こんにゃく等であった．飲み込みについては，高齢者で飲み込みにくいものがあると回答した人は２名のみで，パンや粉っぽいものが飲み込みにくいとの回答だった．

漬物の嗜好について図２に示す．高齢者は好きの割合が 80.6%と高く，やや好きが 9.7 %で，これらをあわせてると 90.3%であった．また，嫌いと回答した人がいなかった．若年者は好きが 52.6%と高齢者より低く，やや好きが 26.3 %であわせて 78.9%であった．

好きな漬物の種類を図３に示す．高齢者の 70%以上が好きと答えた漬物は，らっきょう甘酢漬・ぬか漬・なす浅漬・白菜浅漬・たくあん・たまり漬と種類が多かったが，若年者の 70%以上が好きと答えた漬物はたくあんとキムチのみであった．高齢者と若年者で好きな割合が同程度の漬物はたくあんときゅうり浅漬であり，両者間で好きの割合が 40%以上違い，好みが別れたものはたまり漬・らっきょう甘酢漬・ぬか漬・なすの浅漬・みそ漬であった．

図４に好きであるが食べにくい漬物の割合を示す．高齢者で好きであるが食べにくいと回答した漬物で 10%を越えたものは，たくあん・きゅうり古漬・梅漬・粕漬・なすの浅漬・キムチであった．特にたくあんは若年者では食べにくいと答えた人はいなかったが，

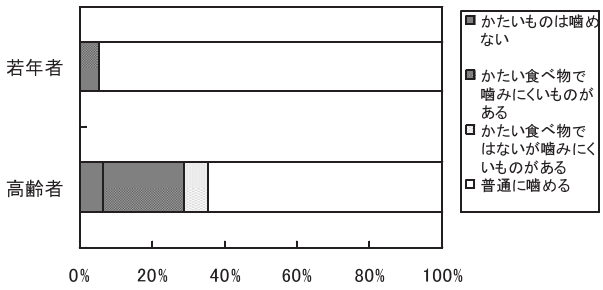


図１　噛むこと

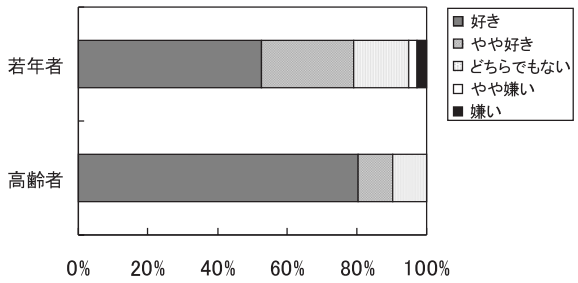


図２　漬物の嗜好

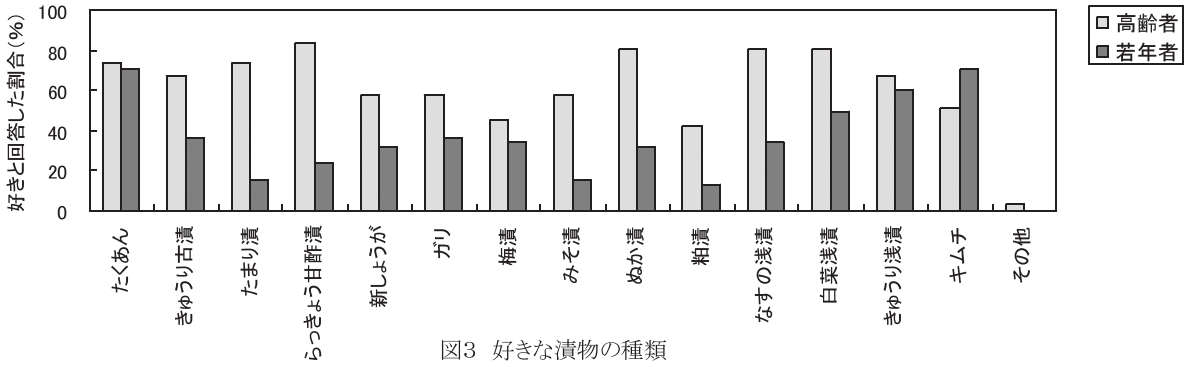


図3　好きな漬物の種類

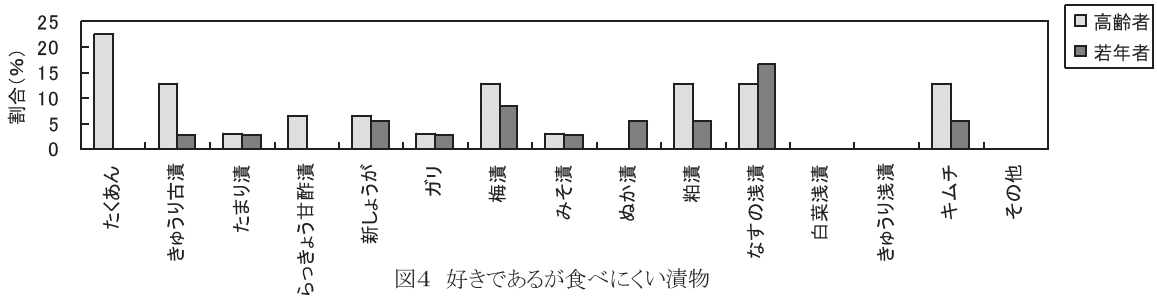


図4　好きであるが食べにくい漬物

高齢者では高い割合だった．たくあんの食べにくい理由は，かたい，かみ切りにくいなどテクスチャーに関することがほとんどだった．梅漬・なすの浅漬・きゅうり古漬もこれらの理由が多く，全体的にみても漬物の食べにくい理由の約半数は，テクスチャーに関わる回答であった．これに比べ若年者では，匂いがきついことや味に関する理由が多かった．

漬物を食べる頻度は，高齢者では毎食またはほぼ毎日食べると回答した人は80.7%で，若年者の39.5%と比べ高い割合であった．

高齢者の61.3%が健康のために塩分を気にしていると回答し，やや気にしているを含めると87.1%と高く，多くの人が塩分を気にしていた．これに対し，若年者では気にしていない人が55.3%と，気にしている・やや気にしている人を上回っていた．

ゼリーを好むかどうかについては，漬物の好みとは逆に若年者の84.2%が好きまたはやや好きで，嫌い・やや嫌いと回答した人はいなかった．高齢者の61.3%は好きまたはやや好きと回答したが，嫌い・やや嫌いが22.6%を占めた．

３．２　介護食用市販ゼリーの成分・物性等と官能評価

官能評価に供試した試料の特徴を把握するため，成分・物性等の測定を行った．

表３に介護食用市販ゼリーのpH・屈折糖度・酸度と特徴を示す．試料Ａはカロリー摂取を目的に製造されている製品で甘味のわりには屈折糖度が高かった．酸度は試料Ｃがやや低かった．

表３　供試ゼリーのｐＨ等と特徴

試料	pH	屈折糖度(Brix%)	酸度(g/100g)	特徴
A	3.91	48.1	0.25	ハイカロリー
B	3.88	27.2	0.27	食物繊維高含有
C	3.61	25.8	0.21	食物繊維高含有

表４　供試ゼリーの色調とかたさ

試料	L*	a*	b*	かたさ(N/m^2)
A	50.13	−2.32	12.93	2.58×10^4
B	39.25	3.37	25.84	1.00×10^4
C	46.77	−2.15	22.28	5.84×10^3

表５－１　ゼリーの高齢者による官能評価

評価項目	順位和			順位一致性係数	
	試料A	B	C	W	F_0
外観	73a	43b	58b	0.268	10.227*
味	62a	42b	70a	0.247	9.201*
やわらかさ	69	52	53	0.108	3.397*
口どけ	73a	51b	50b	0.201	7.042*
飲み込みやすさ	70a	54	50b	0.133	4.302*

t=3，n=29，$F(\Phi_1, \Phi_2:0.05)=3.199$
*はP＜0.05でその評価項目の順位選択に有意に規則性がある。
アルファベットは同一行の違うアルファベットに対してP<0.05で有意な差がある。

表５－２　ゼリーの若年者による官能評価

評価項目	順位和			順位一致性係数	
	試料A	B	C	W	F_0
外観	70	86	72	0.053	2.056
味	72	71	85	0.042	1.632
やわらかさ	91a	87a	50b	0.354	20.265*
口どけ	97a	71b	60b	0.250	12.333*
飲み込みやすさ	97a	67b	64b	0.231	11.090*

t=3，n=38，$F(\Phi_1, \Phi_2:0.05)=3.147$
*はP＜0.05でその評価項目の順位選択に有意に規則性がある。
アルファベットは同一行の違うアルファベットに対してP<0.05で有意な差がある。

表４に色調とかたさの測定結果を示す．試料Ｂは Ａ，Ｃと比較し，L*値（明度）が低いがa*値が高く，赤みがやや強く彩度も高かった．試料ＡはＣと比較し，b*値が低く黄色の度合いが弱かった．かたさの値は試料Ａが最も高く，次いでＢで，Ｃが最も低かった．その他，職員による官能検査ではＢが最もリンゴの香りが強い製品であった．

この３種類の市販ゼリーを用いて官能評価を行い，結果より求めた高齢者の順位和と順位一致性係数を表５－１に，若年者の順位和と順位一致性係数を表５－２に示す．順位一致性係数より，高齢者は「外観」「味」「やわらかさ」「口どけ」「飲み込みやすさ」について有意水準５％で判定に一致性があった．また，若年者では「やわらかさ」「口どけ」「飲み込みやすさ」について一致性がみられた．順位和より，「外観」（香りを含む）の評価は黄色の度合いが低い試料Ａが高齢者に有意に好まれず，香りが強いと考えられるＢが最も好まれた．「味」は，酸度がややある試料Ｂが高齢者に有意に好まれた．「やわらかさ」は物性測定値のかたさが最も低かった試料Ｃが，他の試料と比較し若年者に有意に好まれたが，高齢者では最もやわらかい試料Ｃと中間のかたさの試料Ｂがほぼ同程度であった．「口どけ」「飲み込みやすさ」の評価では，高齢者・若年者とも最もかたい試料Ａが好まれない結果であった．

以上から，高齢者はリンゴの特徴がより強い外観や味のものを好む傾向であった．加齢に伴い味等の閾値が変化して行くと言われている[4]が，これらも要因の一つとして考えられた．また，「やわらかさ」については，最もかたいものを好まない傾向ではあったが，若年者のように最もやわらかいものを有意に好む傾向ではなかった．よって，単にやわらかい製品が良いということでなく，ある程度のかたさを持った製品が好まれると考えられたが，これにはゲル化剤やかたさ等の詳細な検討がさらに必要であると考えられた．

３．３　市販漬物

表６に供試漬物の重さ及び形状を示す．供試漬物１片の重さはたくあんが最も重く，次いでなす浅漬，らっきょう甘酢漬，しょうが酢漬であった．形状から計算により算出した体積もこの順番であった．

表７に成分等を示す．しょうが酢漬は市販漬物の平均値[5]と比べ，やや酸度が低めの製品であったが，他は平均的な製品だった．

表８に物性測定値を示す．圧縮強度はたくあんとらっきょうが高く，なすが最も低かった．圧縮強度最大時の歪みは，なす・たくあんが大きく，らっきょうが小さかった．なすは破断されずに押し潰されていた．

図５に咀嚼回数と時間を示す．咀嚼回数・時間とも高齢者と若年者では5%水準で有意に差があった．高齢者では入れ歯の人とそうでない人の間，男女間で咀

表６　供試漬物の重さ及び形状（n=42）

漬物	重さ(g)	厚み(mm)	直径又は長さ(mm)	幅(mm)
たくあん	9.72±0.94	4.33±0.39	46.42±1.52	－
なす	5.17±0.99	6.14±0.45	30.56±2.14	－
らっきょう	4.48±0.80	16.44±1.12	23.28±2.30	－
しょうが	2.53±0.38	3.00±0.32	50.07±0.87	13.39±1.67

表７　供試漬物の成分等

漬物	pH	屈折糖度	酸度*	塩分	全糖	全窒素
		(Brix%)	(g/100g)			
たくあん	4.9	17.7	0.10	3.68	10.17	0.19
なす	4.9	8.7	0.16	2.17	1.49	0.22
らっきょう	3.3	29.4	0.59	2.21	22.50	0.12
しょうが	3.9	8.5	0.55	3.71	0.10	0.17

* たくあん・なすは乳酸換算,らっきょうは酢酸,しょうがはクエン酸換算

表８　供試漬物の物性（n=50）

漬物	圧縮強度（かたさ,MPa）	歪み
たくあん	2.31±0.25	0.59±0.06
なす	0.40±0.08	0.69±0.01
らっきょう	2.30±0.31	0.22±0.04
しょうが	1.00±0.12	0.41±0.04

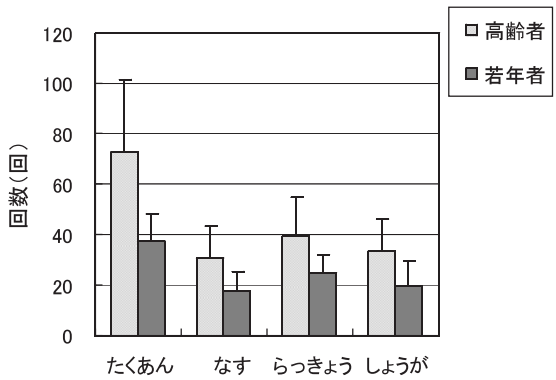


図5－1　漬物の咀嚼回数

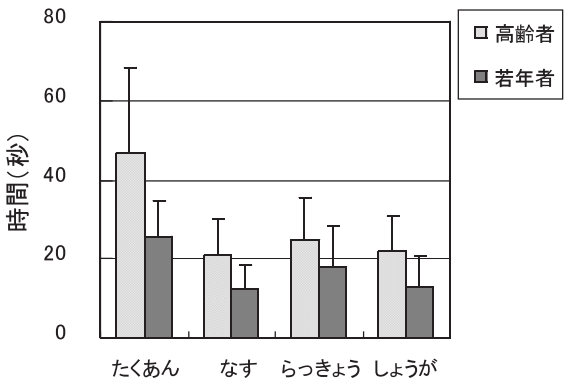


図5－2　漬物の咀嚼時間

表 9-1　高齢者の漬物官能評価結果（n=31）

漬物	好きか	かたさ	歯切れ	塩味(しょっぱさ)	噛みやすさ	口腔内でのまとまり	飲み込みやすさ
たくあん	4.45±0.85	3.65±0.71 a	4.06±1.32	3.68±0.70 a	3.48±1.26	3.45±1.12	3.74±1.03*
なす	4.48±1.03*	2.39±0.92*b Ⅰ	3.39±1.15a	2.90±0.60*b	3.87±1.06	3.68±1.17	4.10±0.98
らっきょう	4.71±0.59*	2.97±0.66 bⅡ	4.13±1.09b	3.00±0.37 b	4.03±1.02	3.71±1.10*	4.19±1.05*
しょうが	4.29±1.10	2.84±0.78 b	3.68±1.22	3.48±0.63	3.74±1.09	3.55±0.96	4.10±0.91*

表 9-2　若年者の漬物官能評価結果（n=33）

漬物	好きか	かたさ	歯切れ	塩味(しょっぱさ)	噛みやすさ	口腔内でのまとまり	飲み込みやすさ
たくあん	4.33±0.92 a	3.70±0.73 a	3.79±0.99a	3.52±0.94 a	3.39±1.11	3.12±0.96 a	3.21±0.99*a
なす	3.58±1.37*b	1.91±0.84*b	3.09±1.07b	3.30±0.73* Ⅰ	3.79±1.17	3.42±1.00	3.94±1.12 b
らっきょう	3.36±1.25*b Ⅰ	3.09±0.63 c	3.97±0.95a	3.12±0.74 bⅠ	3.67±1.02	3.00±1.09*a	3.42±1.00*
しょうが	4.12±1.05 Ⅱ	2.70±0.88 c	3.64±1.06	3.70±0.77 Ⅱ	3.97±1.08	3.76±0.97 b	3.55±1.12*

*は高齢者と若年者の間で有意差がある（P<0.05）。アルファベットは同一列の違うアルファベットに対してP<0.05で有意な差がある。
ローマ数字は同一列の違うローマ数字に対してP<0.05で有意な差がある。

嚙回数・時間に差はなかった．若年者男女間でたくあんとなすの咀嚼時間に差があったため，男女構成を考慮し再解析を行ったが，やはり高齢者と若年者では有意な差があった．各試料の咀嚼回数・時間はたくあんが最も多く，次いでらっきょう，しょうが，なすであった．咀嚼回数・時間は，漬物の圧縮強度や形状等が影響しているものと考えられた．各試料間の平均値の差の検定したところ，高齢者ではたくあんと各試料間の咀嚼回数と時間及びなすとらっきょうの咀嚼回数に，若年者ではなすとしょうが間以外の試料間において咀嚼回数・時間に有意な差があった(p<0.05)．

表 9 に官能評価を示す．高齢者と若年者の平均値の差の検定を行ったところ，なすとらっきょうの好ましさの評価に有意な差があった(p<0.05)．また，なすの「かたさ」と「塩味」の評価に高齢者と若年者では有意差があり，高齢者は若年者よりなすをかたく，塩味が低いと評価した．「歯切れ」や「噛みやすさ」の評価に有意な差はなかった．「口腔内でのまとまり」はらっきょうで差があり，高齢者のほうがまとまると評価した．「飲み込みやすさ」も，たくあん，らっきょう，しょうがで高齢者がより飲み込みやすいと答えていた．

なすは破断強度が低いが歪みが大きく，かみ切りにくいと考えられ，より高齢者にはかたいと感じられるのではないかと思われた．また，「塩味」の差は，高齢者の閾値の変化などが理由として考えられた．アンケートでは，好きであるが食べにくい漬物をあげていたが，「噛みやすさ」等の官能評価には反映されていないようであった．「口腔内のまとまり」と「飲み込みやすさ」は，咀嚼回数と時間の値が高い高齢者でまとまりやすい・飲み込みやすい評価だった．これらは，高齢者がより漬物が好きであること，普段食べているものが普通と感じているので相対的にそれほど食べづらいと感じない等の理由で，若年者より飲み込みやすい等と評価したのではないかと考えられた．

高齢者および若年者についてそれぞれ分散分析を行った．高齢者も若年者も「かたさ」「歯切れ」「塩味」について試料間に差があった。「かたさ」はたくあんが最もかたく感じ，次にらっきょう，しょうが，なすの順で，「歯切れ」の良いものは，らっきょう，たくあん，しょうが，なすの順序であった．若年者は「嗜好」「口腔内でのまとまり」「飲み込みやすさ」においても試料間に差があった．また，「嗜好」「かたさ」「歯切れ」「口腔内でのまとまり」について若年者ではパネル間に差はなかったが、高齢者では「かたさ」以外の評価項目でパネル間に差があった。高齢者は若年者と比較し，試料間の差がややつきにくく，評価者により差があるという結果であり，今後高齢者による漬物の官能評価等を行う際には考慮する必要があると考えられた．

4　おわりに

アンケート調査，市販介護用ゼリー及び漬物の官能評価等を行い，高齢者と若年者の咀嚼・嗜好及び感じ方の違い等を把握した．この結果を用い，高齢者に適した食品の開発をさらに進めて行きたいと考えている．

本研究を進めるにあたり，官能評価でご協力をいただいた宇都宮市清原地区民生委員，県立農業学校の方々等に深く感謝致します．

参考文献

1) 古川秀子："おいしさを測る" 幸書房（1994）
2) 栃木県食品工業指導所：漬物分析法（1996）
3) 神山かおる："食品の機能性評価マニュアル集" 農林水産省農林水産技術会議事務局・農林水産省食品総合研究所,140-142 （1999）
4) 畑江敬子：日本栄養食糧学会誌,vol58,157-160（2005）
5) 伊藤和子，齊藤康司，山﨑公位：栃木県食品工業指導所研究報告,第16号, 39-40 (2002)

重点研究

醸造用食品微生物の改良開発
（清酒醸造用優良酵母の選択）

岡本　竹己*　　小坂　忠之*　　古口　久美子*　　宮間　浩一*

Improvement of Microorganisms for Brewing Foods
(Selection of Excellent Yeast for Brewing Sake)

Takemi OKAMOTO, Tadayuki KOSAKA, Kumiko KOGUCHI and Kouichii MIYAMA

清酒もろみ中や酒造場内より過去に分離し，当センターで保存している酵母菌株の中から、新規な特徴を有する株の選択を行った．

小規模発酵試験による醗酵液の分析，官能評価を繰り返し実施し，香味に特徴を有する清酒の醸造が期待される株を選択した．本酵母による発酵液はワイン様の香りと爽やかな酸味を有していた．

本酵母を用いて県内酒造メーカーにおいて試験醸造を実施し，発酵力，アルコール生成能に問題はないことを確認した．

Key Words : 清酒，酵母，特徴，選抜

1　はじめに

現在，新規の清酒需要層開拓のため各地で特色ある酒造りが行われており，その中で酒質への寄与が大きい酵母に関して特徴ある形質を持つものの選抜，育種が盛んに行われている．

本県においても酒造業界からの要望により独自の清酒酵母を開発し業界に技術移転を行ってきたが[1]，近年の消費者嗜好の変化に対応するため，新たな特徴を有した清酒酵母を開発することを目的とし研究を実施した．

今回は，前回の研究[2]においてスクリーニングを行った株の中より改めて選抜を行った．

2　研究の方法

2．1　酵母の選抜試験

昭和６３年から平成３年にかけ県内清酒製造場の特徴ある醪，蔵内より分離し，実用化に至らなかったが，継代培養あるいはＬ乾燥法[3]により当センターで保有，保存されていた株より新たに選抜を行った．

一次選抜は総米60ｇ（α米、精米歩合70%)の小仕込試験（一段仕込)，イソアミルアルコール利用によるアルコール耐性試験[4]，麹エキス培地（Brix １２）による３０℃微好気条件による増殖能試験を併用し実施した．二次選抜，三次選抜，最終選抜は総米200g（五百万石、精米歩合59%)の小仕込試験（三段仕込）による醗酵性確認及び醗酵液の成分分析等により実施した．仕込配合は前報[2]によった．なお，比較対照には本県酵母及び協会酵母を用いた．

2．2　炭素源の資化性試験等

炭素源２%，YNB0.6%，寒天２%の培地上で３０℃，３日間培養後の生育の有無で炭素源の資化性を判断した．炭素源にはグルコース，スクロース，マルトース，ガラクトース，ラクトース，ラフィノース，メレジトース，αメチルＤグルコシドを用いた．TTC染色性は国税庁所定分析法[5]によった．

2．3　醗酵液の成分分析等

一般成分は国税庁所定分析法[5]により，香気成分は吉沢[6]のヘッドスペースガスクロマトグラフィー法に準じて測定した．

香味の確認は当センター職員により実施した．

2．4　実地仕込試験

＊　栃木県産業技術センター　食品技術部

県内酒造メーカーにおいて総米600kgで実地醸造試験を実施した. 仕込配合を表１に示す. 原料米には月の光（精米歩合65％）を用い，添14℃，仲11℃，留9℃，最高温度１７℃の経過とした.

表１　仕込配合(kg)

	酒母	添	仲	留	追水	合計
総米	36	97	184	283		600
蒸米	24	73	148	235		480
麹米	12	24	36	48		120
汲水	43	117	220	430	60	870

３　結果及び考察

３．１　酵母の選抜試験

当センター保存酵母７６株より，小仕込試験（総米６０ｇ）において順調な醗酵（重量減少）を示し，かつ0.6%イソアミルアルコール含有YM寒天プレート上で良好な生育を示した２８株を選抜した（一次選抜）. これら全ての株は高泡を形成したが，落泡後の皮膜形成は認められなかった．これらの株についてさらに小仕込試験を行い，醗酵能に優れ，かつ香味に特徴を有することが期待される７株を選抜した（二次選抜）.

３．２　炭素源の資化性等

二次選抜により選択された７株についての炭素源資化性等の試験結果を表２に示す.

表２　糖資化性試験結果

No.	GL	SU	MA	GA	LA	RA	ME	α D	TTC
1	＋	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	R
2	＋	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	WR
3	＋	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	R
4	＋	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	R
5	＋	＋	＋	＋	－	＋	－	W	R
6	＋	＋	W	－	－	＋	－	W	R
7	＋	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	WR
K9	＋	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	R
A	＋	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	R
B	＋	＋	W	＋	－	＋	－	＋	R

GL:ｸﾞﾙｺｰｽ，SU:ｽｸﾛｰｽ，MA:ﾏﾙﾄｰｽ，GA:ｶﾞﾗｸﾄｰｽ，LA:ﾗｸﾄｰｽ，RA:ﾗﾌｨﾉｰｽ，ME:ﾒﾚｼﾞﾄｰｽ，α D：αﾒﾁﾙDｸﾞﾙｺｼﾄﾞ，＋:生育，W:弱生育，－:非生育，TTC:TTC染色性，R:Red，WR:Weak Red，K9:醸造協会９号酵母，A:県酵母T-δ，B:県酵母T-S

多くの株が協会９号と同様の糖資化性を示したが，マルトースやαメチルDグルコシドの資化性が弱い株も存在した．また，TTC染色性はRedであるが染色に比較酵母より長い時間を要する株もあった（WRで区別して表示）.

これらの中で，No.5株，No.6株は，それぞれ前報のK-18、K-22に相当し、糖資化性結果が前回と同一であることから，長期間の継代培養等によっても形質が保たれていることが確認できた.

３．３　醗酵液の成分分析等

再度小仕込みにより３次選抜を実施し，No.3株およびNo.5株を選択した．これら２株の醗酵液の分析結果等を表３に示す．No.3株による醗酵液は，爽やかな酸味と白ワイン様の香りを有しており，特徴ある香味を持つ新タイプの清酒製造への利用が期待できると考えられた．また，No.5株は特徴を有するものの香りが重く、現在の消費者ニーズには適していないと考えられた.

以上の結果より、No.3株を新酵母として選択することとした.

表３　分析結果等

No.	酸度	ｱﾙｺｰﾙ	EtCp	i-AAc	短　評
	(ml)	(%)	(ppm)	(ppm)	
3	3.45	17.10	1.2	5.7	特徴あり、爽やか
5	3.30	17.00	0.9	3.2	香重い、特徴弱い
K9	3.10	17.45	0.7	6.9	まとまる、無難
A	2.89	17.70	1.0	7.4	ｴｽﾃﾙ系香、きれい

酵母Noは表２と同様
EtCp:カプロン酸エチル，i-AAc:酢酸イソアミル
短評は集約したもの

３．４　実地仕込試験

県内清酒製造メーカーの協力により，最終選抜した新酵母（No.3：NCA-1988-43）を用いた総米600kgの仕込試験を実施した. 本酵母は醪において高泡を形成し、醗酵全期間を通して経過は順調であり，高泡から落ち泡にかけ特徴ある白ワイン様の爽やかな芳香が感じられた．きき酒による酒質も良好であり，酸味に独特の特徴を有していることも確認できた．上槽酒の一般成分分析結果を表４に示す.

表４　実地仕込試験酒の一般成分

No	ｱﾙｺｰﾙ分	日本酒度	酸度	ｱﾐﾉ酸度	ｱﾙｺｰﾙ収得量
	(%)		(ml)	(ml)	(Liter/ton)
新酵母	18.8	＋5	2.2	1.1	351
K9	19.1	＋5	1.8	1.1	358

4　おわりに

今回の再スクリーニングにより，当センターで保有していた酵母菌株の中より、新規の特徴を有する株を選抜することができた。

今後は、本酵母の特徴を生かした新商品の開発につなげていきたいと考えている。

最後に実地規模の仕込試験に御協力いただきました第一酒造㈱及び力石杜氏様に深謝申し上げます。

参考文献

1）岡本竹己, 榊原伸一, 田代道夫：栃食指研報 , 6, 1(1992)

2）岡本竹己，榊原伸一，田代道夫：栃食指研報 ，5，51 (1991)

3）池澤和美，岡本竹己，湯田定利：栃食指研報，10, 4(1996)

4)秋田修：醸協，85，252(1990)

5)注解編集委員会編：第四回改訂国税庁所定分析法注解, 日本醸造協会 (1993)

6）吉沢　淑：醸協，68，１，59(1973)

経常研究

マシニングセンタの精度補償（第２報）
－工作物測定結果に基づく５軸制御マシニングセンタの精度補償－

大橋　利仙*　　宇賀持　和仁*　　赤羽　輝夫*

Accuracy Compensation of Machining Center (2nd Report)

－Accuracy Compensation of 5-axis Controlled Machining Center Based on Measurement Results of Workpiece－

Toshinori OHASHI, Kazuhito UGAMOCHI and Teruo AKABA

５軸制御マシニングセンタで加工した曲面形状を三次元測定機で測定し,３次元 CAD の設計曲面と比較した値に基づいて精度補償する手法を提案し,その妥当性の検証を行った。検証のための加工実験により得られた曲面の形状精度や位置精度，標準誤差などを評価し精度補償の効果を確認した。その結果，精度補償により加工した曲面は，精度補償しなかった場合に対して 70 %程度の精度向上が認められ，本手法の妥当性が確認できたことを報告する。

Key Words ： ５軸制御，マシニングセンタ，精度補償，三次元測定機，高精度加工

１　はじめに

同時５軸制御マシニングセンタは，複雑な工作物でも１回の段取りで様々な方向からの加工ができるため，多様な製品をフレキシブルかつ効率的に製造する設備として，中小機械加工業者にも普及し始めた。日本国際工作機械見本市に出展されるマシニングセンタの５軸制御の割合も 30 %程度となり，より一層増加する傾向にある[1)]。５軸制御加工により付加価値の高い製品の受注にシフトし，諸外国との競争を勝ち抜こうとする国内企業の事情も窺える。

しかし，５軸制御加工では，制御軸が多数重なり合うことによる誤差の拡大や，回転案内の精度が問題となり，その普及を促進するためには，それらの誤差を小さくするための精度補償方法や加工方法の開発が切に望まれている[2)]。本研究では，同時５軸制御マシニングセンタによる曲面等の複雑形状の加工精度向上を目的とし，工作物を測定した結果に基づき精度補償する手法を確立することを目標とした。

２　研究の方法

同時５軸制御マシニングセンタ（㈱牧野フライス製作所製 MC56-5XA）で加工した曲面形状を三次元測定機（㈱ミツトヨ製 H503）で測定し，CAD/CAM システム（日立造船情報システム㈱製 GRADE-Cube）の設計データと比較した値に基づいて精度補償する実験を行った。工作物の形状及び加工状況を図１に，加工条件を表１に示す。送り速度(64mm/min)が極端に遅いのは，送りを高速にすると各軸の位置決め制御が間に合わずに結果的に崩れた形状が加工されてしまうためである[3)]。それに伴い，切削速度も極めて低速とした。

表１　加工条件

被削材	アルミニウム合金　A2017
工具	φ10ボールエンドミル　ハイス２枚刃
	加工面法線から送り方向へ15°傾斜
切削速度	6m/min　(回転数320rpm)
送り速度	64mm/min
切削油	なし

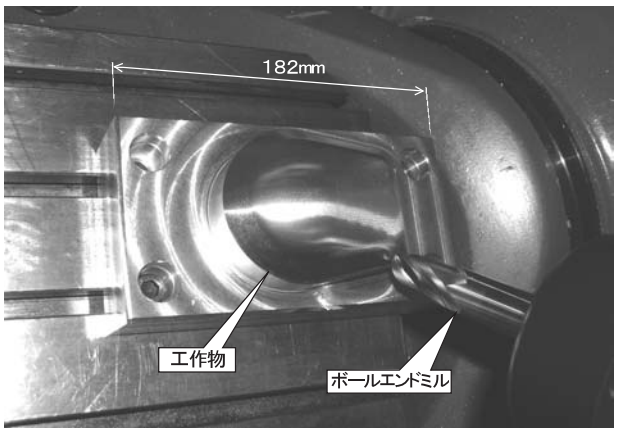


図１　工作物形状と加工状況

＊　栃木県産業技術センター　機械電子技術部

２．１　精度補償の方法

精度補償の方法は，先ず，測定した点群データに合わせてCADの設計曲面を移動（ベストフィット）する。次に，測定点群を設計曲面を基準としてその反対側にオフセットし補正点群を生成する。更に，その点群に合わせて元の設計曲面の形状を自動修正し補正曲面を生成する。これらのデータ処理には曲面形状評価ソフトウェア（UGS社製 Imageware)を使用し，補正点群の自動生成は拡張機能として開発した。

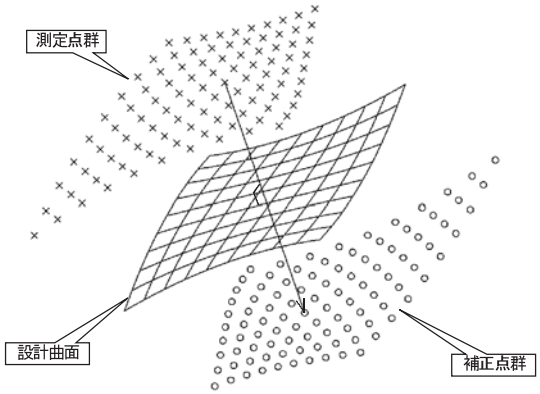


図２　補正点群の生成方法

２．２　精度補償の効果の検証方法

生成した補正曲面からCAD/CAMにより同時５軸NCデータを再計算しマシニングセンタで再加工を行い，精度補償の時と同じように三次元測定機で測定し，測定点群と元の設計曲面を３次元的に比較し，位置精度や形状精度の変化を評価した。また，誤差の総合的な評価として標準誤差の値により精度補償の効果を確認した。

３　結果及び考察

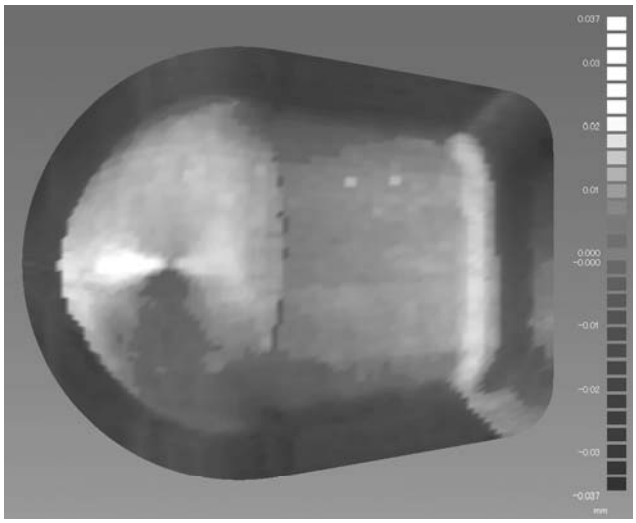
３．１　位置精度の評価

位置偏差を最小限に抑制するベストフィット処理によって，位置精度を評価した。精度補償により加工した工作物と精度補償せずに通常の加工を行った工作物の測定点群を，設計曲面にベストフィットした時の移動量を比較した。その結果，精度補償無しの場合24μmであったのに対し，精度補償有りでは8μmとなり，位置精度が向上していることが分かった。

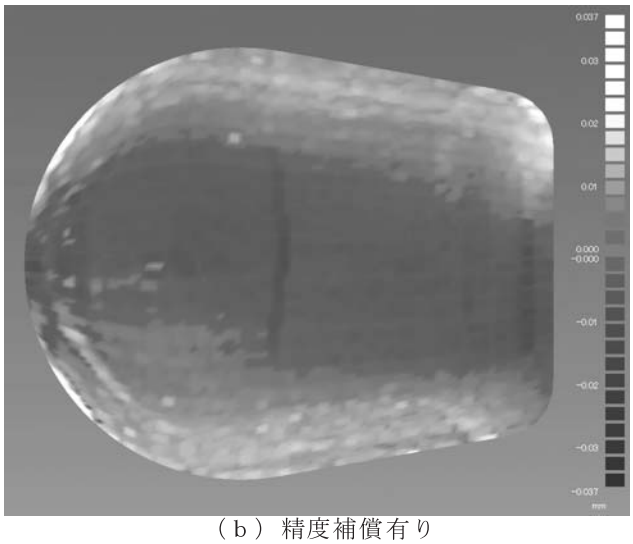
３．２　形状精度の評価

工作物の誤差分布の比較結果を図３に示す。誤差の値を白黒の諧調表示で表現している。黒が設計値に対して凹んだ部分であり，白がその逆に凸部である。誤差が小さい部分はグレーとなる。

同図(a)の精度補償無しでは，全体的に黒い部分と白い部分のコントラストが明確となっており，曲率が



（ａ）精度補償無し



（ｂ）精度補償有り

図３　工作物の誤差分布

変化する部分で諧調が変化していることが分かる。その結果として，立体的に見える画像となっている。誤差の最大値及び最小値は，それぞれ21μm，-37μmであった。それに対し同図(b)の精度補償有りでは，全体的にグレーの部分が多く諧調の変化が少ない。その結果，平面的に見える画像となっており，形状精度が向上していることが分かる。最大値最小値は，それぞれ26μm，-13μmとなった。

３．３　標準誤差の評価

測定点群と設計曲面を比較したときの誤差について標準誤差を求めた結果，精度補償有りの場合の標準誤差は6μmとなり，精度補償無しの場合の標準誤差21μmに対して70％程度精度が向上する効果が確認できた。このことは，提案した精度補償の手法の妥当性を示すものと考えられる。

４　おわりに

同時５軸制御マシニングセンタによる曲面等の複雑

形状の加工精度を向上させるために，工作物を測定した結果に基づく精度補償の手法を提案し，その効果の検証を行い以下の結論を得た。

1)　精度補償により加工した工作物は，形状精度及び位置精度ともに向上していることが確認できた。

2)　標準誤差を比較した結果，提案した精度補償の効果は，70 %程度となることが分かり，この手法の妥当性が確認できた。

謝　辞

本研究を実施するにあたって，宇都宮大学市田良夫教授及び森本喜隆助教授には多大なる支援を受けたので，ここに感謝の意を表する。

参考文献

1）清水信二 他 6 名： 機械と工具 工業調査会，1,22-29,(2005)

2）青山英樹： 型技術 日刊工業新聞社，20,2,28-31,(2005)

3）佐藤隆太 横堀祐也 堤正臣： 精密工学会誌 精密工学会，72,1,73-78,(2006)

KEIRIN この事業は，競輪の補助金を受けて実施したものです。

経常研究

組み込み機器の開発手法の構築（第２報）

植竹　大輔*　　島田　智*　　岡　英雄*

Building of Development Technique for Embedded Systems(2nd Report)

Daisuke UETAKE，Satoshi SHIMADA，and Hideo OKA

今後需要を増すと考えられる組み込みシステム開発に於いて、現在普及の進むT-Engineを主対象としてその開発手法の構築を行う。

現在、ユビキタスという言葉が世間に広まっており、それにつれて組み込みシステム開発の要求も急増している。しかしながら、現在熟練した組み込み技術者は不足している状況であり、また、製品サイクルの短期化や競争の為の低廉化が求められており大きくコストを低減する必要がある。

そこで本研究では、利用できるリソースの活用や、GUIで利用可能な"開発環境"の開発をおこない、開発環境を整備することにより、開発負荷の低減を目指す事とした。本報告では、フリーで提供されているライブラリの活用についての手法についての報告を行う。

Key Words ： 組み込みシステム，T-Engine，開発環境

１　はじめに

ユビキタスコンピューティングの提唱者であるマーク・ワイザー氏がinvisible（不可視）と強調していたように、今後ユビキタス社会の到来においては、我々の生活空間へ見えない形でコンピュータが浸透してくると予想されている。その為、いわゆる組み込みシステムの需要も高まると考えられる。

組み込みシステムとは、一般には製品に組み込まれるコンピュータシステムという広範な対象を指すとされており、最近では家電の高機能化を受け、洗濯機や電子レンジ、冷蔵庫などにもコンピュータシステムが内蔵されることが多く、すなわち、ユビキタスコンピューティングという概念の実装とも言う事が出来る。すなわち、今後飛躍的な発展が望める市場とも考えられている。

しかしながら、実際に組み込み機器開発を行うに当たっては、様々な障害が存在している。一つは開発コストの増大である。国際競争が激化する中、製品サイクルの短縮化もあり、短納期・高機能化・コスト低減という一見矛盾する命題を同時にこなさなければならない現状がある。

また、技術者の不足も問題である。2005年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書によると、組み込みシステム開発の需要に対応しきれず、推定１７万５千人の組み込み技術者に対して、実に七万人が不足していると推定されている。

これら複数の要求を同時に満たす為には、幾つかのアプローチが考えられる。例えば、プロジェクト管理の手法の確立であり、またソフトウェア開発そのものの手法確立なども有効な手段であろう。

そういった中で、ハードウェアとOSの標準化を目指したプラットフォームT-Engineが注目を集めている。これは携帯電話や産業機器などで高いシェアを持っていたOS、TRONをベースにしたもので、組み込みシステムの生産性向上を目的としている。T-Engineフォーラムには数多くの企業が参画し、普及が進められている。

本研究ではこのT-Engineを主対象として、開発環境の整備・検討・開発を行い、簡単にアプリケーションを構築可能な開発環境を整備すること目的とし、組み込みシステムの開発負荷低減を実現したいと考えている。

２　研究の方法

本研究では、開発環境の構築を目的としており、その為の様々な手段を整備する。前年は開発環境の選定

＊　栃木県産業技術センター　機械電子技術部

と T-Engine 開発への習熟を行ったが、それを受け、今年度はその T-Engine 上で利用可能なリソースについての調査・整備を行うこととした。具体的には、web 上なのどで自由に利用可能な形で公開されているソフトウェアやライブラリのコンパイルや、動作検証、動かない場合はソースの改造なども行った。

２．１　開発対象

図１に今回対象とした T-Engine/SH7751R 開発キットを示す。これは、SH-4 プロセッサを搭載した T-Engine 開発機である。

開発は T-Engine/SH7751R 開発キットに付属していた Gnu コンパイラを用い Linux（VineLinux）上で行った（図２）。

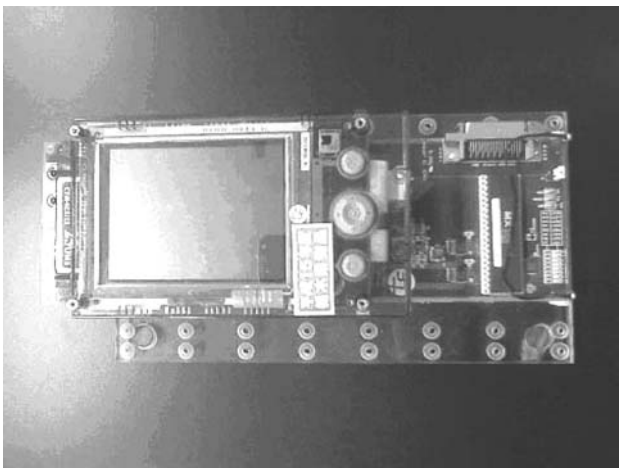


図１　開発環境

T-Engine/SH7751R 開発キット

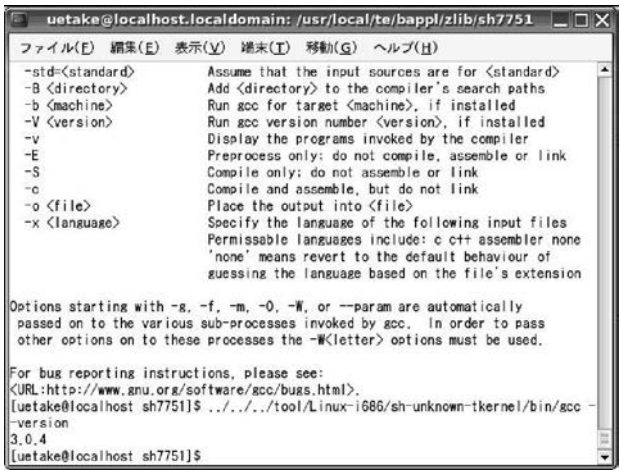


図２　コンパイル環境

実際の開発においては、機能や性能が充実したこの開発キットを用いてアプリケーションを開発し、プロダクトとして生産する際に必要な機能を取捨選択して生産を行うこととなる。

２．２　ソフトウェア・ライブラリ

現在、ソースが公開された形で配布されているソフトウェアが無数に存在している。それらは、利用許諾に基づき、自由に利用や再配布が出来るものが多い。これらは、ソースが公開されて広く利用されることにより、信頼性の検証も進んでいる。

それらのソフトウェアは分野も多岐に渡り、様々な領域で"既にあるもの"を利用することにより、開発規模の低減が可能となり、独自開発によるバグの発生を防ぐことも出来る。

プラットフォームに依存しているものもあるが、多くがマルチプラットフォームに対応したビルド方法を提供しており、プロセッサや OS の違いを吸収している。提供されていないプラットフォームの場合でも、当該プラットフォームに依存する部分のソースを書き換えなどの方法を用いることによりコンパイル可能とすることが出来る。この、独自に行った手直しを加えたソースとオリジナルのソフトウェアやライブラリのソースとの差分をパッチと呼び、オリジナルソースにパッチを適用するソフトウェアは既に存在している。

一般にソフトウェアは提供者と利用者との間で結ばれる利用許諾により利用を許可される。ソースを公開して配布されているソフトウェアのライブラリには、かなりの種類のライセンス（利用許諾）が存在するが、それぞれの制限と利点を把握し、適切に利用する必要がある。

これらの利用可能なソフトウェア・ライブラリのソースをダウンロードし、対象の T-Engine 上で利用出来る形式へとコンパイルを行い、必要であればソースの改造を行った。

３　結果及び考察

実際に公開されている様々なソフトウェアやライブラリのソースをダウンロードし、T-Engine/SH7751R 上でコンパイルを行い、動作の確認やソースの改造を行った。対象としたものは zlib（ファイルの圧縮伸張ライブラリ）をはじめとする一般的なシステムで使われているライブラリ群である。

３．１　コンパイルと動作検証

C の標準ライブラリのみを利用している場合は殆どの場合そのままコンパイルが可能である。しかし、POSIX 準拠という訳ではないので、例えばプロセス/スレッドの扱いに関しては、task などで単純に置き換えるだけではなく適切な方法で代替させなければならない。

また、X Window（またはその他の GUI ライブラリ）を利用する UI を持つアプリケーションに関しては、当然ながら相当の手直しが必要になる。これは、UI 周辺を作り直す事になるため、相当の手間を要する。そのため、GUI ライブラリを開発または選定し、対応または変換という方法で自動化することが出来れば、かなりの工数削減に繋げられると考えられる。

３．２　パッケージ管理

今回はコンパイルからソースの修正まですべて手作業で行ったが、毎回この作業を行っているのは効率が悪い。そこで、既存のパッケージ管理システムと呼ばれるもののソースや定義ファイルを読み調査を行った。これはアプリケーションやライブラリをシステムにインストールする為に用いられるもので、依存性の解決などを適切に処理する為のものである。

大きく分けて、予めコンパイルしたバイナリをインストールするものと、ソースからコンパイルしてインストールするものがある。前者の代表は rpm/apt-get であり、後者には FreeBSD の Ports や GentooLinux の Potage などが存在している。

これらそのものは汎用システムを対象としているため、そのまま利用するはあまり適切ではないが、コンパイルの自動化という点では利用できる方法論を習得できたと考える。

３．３　考察

既に世界中のプログラマによって開発されたリソースを利用することにより、開発工数を費やすことなく高機能化を実現できると考えている。そのため、利用可能なライブラリやアプリケーションの活用法の確立と、その手順の自動化についての道筋を付けることが出来た。今回の成果を最終的に開発する開発環境に組み入れることにより、一層の開発負荷軽減の達成を実現したい。

また、今回対象にした T-Engine に限らず、もっとハードウェアリソースの小さい開発の場合においても、適用しライブラリ等を利用することは可能である。

４　おわりに

組込システムの開発は限られたリソース（CPU パワーやメモリ、OS 仕様など）で行う事となる。その為、PC の世界においては様々なソフトウェアが様々な立場の人々により開発され、利用されているが、そのまま組込システムへ持ってきて適用することが難しい。しかしながら、それを達成することにより、ソフトウェア部品の開発を行うことなく利用でき、開発負荷が低減出来る。

今回はライブラリの拡充を目指したが、次年度は、いよいよ開発環境を開発していきたいと考えている。それが、最終的に組込システムの開発の手助けとして、様々な製品開発の助力となることが出来れば幸いである。

参考文献

1）植竹、岡、島田、稲見：　"平成１６年度研究報告" 栃木県産業技術センター，100-102，(2005)

経常研究

独立気泡を有する軽量建材の開発

見目　誠造*

Development of Light Construction Materials　with Unconnected Porosities

Seizou Kenmoku

アルミニウム再生工場から排出されるアルミドロスは大量のガスを内包している。またゴミ焼却灰はカルシウム,ナトリウム等の金属を含み1200℃以上で焼成すると溶融する。さらに葛生地区から排出される砕石排泥には珪酸分を大量に含むものがあり[1], 陶磁器の素地の原料となりうる。本研究はこれら３種の原料を用いて低吸水率で軽量な建材を開発することを目的としたが, 本年度は実際の製品を試作して耐寒性,表面状態の観察 , 欠陥発生の有無等について検討した。

Key Words : アルミドロス , 焼却灰, 砕石排泥

１　はじめに

従来, 軽量建材を作るには素地内部におが屑等の有機物を混入させ焼成させて内部に空間を持たせ軽量化していた。しかしながらこの方法では製品が変形をおこし、また, 雨水等の影響で空間内に水分を含有し凍害の原因になるものであった。また表面にヒビを生じて,欠陥の原因となり歩留まりが悪く[2], エネルギーコストの点からも好ましい方法ではない。

本研究はアルミドロスが内包するガスを利用して内部に互いに独立した（繋がりの無い）気泡を有する焼結体を作り, また 表面をガラス質（釉薬状）で覆い吸水性を低く抑えたタイル（建材）の試作を目的として実施した。　本研究に当たり原材料のコストを最小限に抑えるため, 産業廃棄物を積極的に活用し, またエネルギーコストにも配慮し, 可能な限り低温での焼成と成型時の能率を考慮した。

具体的にはアルミドロス , 砕石排泥 , 焼却灰を重量比で1:7:2 で配合しポットミルで20分程度攪拌して素地を作り , 成形→乾燥→焼成の工程により試作品を作製した。

２　研究の方法

アルミドロス, 焼却灰（Ｎ町焼却施設）, 砕石排泥（Ｓ社）の３つの原料を重量比で1:7:2 で配合し素地を作り, 酸化雰囲気 , 還元雰囲気で1280 ℃（SK9 番）で焼成した。焼成には１５ｋＷの電気炉及び, ０．２ｍ^{2}ガス窯を用い, それぞれ酸化, 還元雰囲気で実施した。焼成時間はいずれも１５～１６時間程度とした。

また各々の試作品について外観の観察と吸水率について測定した。

２．１　原料の配合

アルミドロス, 砕石排泥, 焼却灰を重量比 1:7:2 で配合させた。混合には７ｋｇ磁性ポットミルを用い, 全重量を２ｋｇとし , 攪拌時間は 30 分とした。

２．２　成形試験と乾燥

成形は湿式で配合・攪拌した後, 泥状で焼成用鞘の中に紙を敷き その中に注ぎ込み可塑水量が残る状態まで脱水した後 カッターナイフで切断して成形した。

乾燥は木製の板上に乗せ, 陰干し状態で１週間ほど放置し乾燥させた。

２．３　焼成試験

焼成は酸化雰囲気（15kW 電器炉）及び還元雰囲気（1m^2 ガス窯）で 1280 ℃（SK9 番）で焼成した。焼成時間は約 16 時間程度で実施した。また一部の配合については酸化雰囲気で 1250 ℃で実施した。

２．４　吸水率試験

試験体を沸騰水に浸し, 3 時間煮沸して前後の重量差によって測定した

２．５　分析試験

焼成体の変化部位（主に表面）と内部の成分分析をエネルギー分散型蛍光Ｘ線分析で調べた。

２．６　凍害試験

試作した試験体についてＪＩＳ　Ａ５２０９「陶磁器質タイル」に基づく凍害試験を実施した。

＊　栃木県産業技術センター　材料技術部

3　結果及び考察

3．1　原料の配合試験

原料の配合にはポットミルを用いた。この際，ガスの発生の可能性が有るため一昼夜ほど水中に浸漬してから攪拌した。この結果１時間程度の攪拌でもガスの発生は見られなかった。

3．2　成形試験と乾燥

攪拌後泥状のままで焼成用鞘の中に移し，可塑水量まで脱水した後ナイフでカットし，さらに乾燥させて試験体とした。肉厚は 35mm 程度であったが乾燥割れ等の欠陥は発生しなかった。ただ乾燥強度は若干弱いので，取り扱いには注意を要した。

3．3　焼成試験と焼結体の性状及び物理的特性

焼成は 1280 ℃（SK9 番）の酸化焼成雰囲気及び還元焼成雰囲気で実施した。以下その結果を表１に示す。

表１　焼成後の性状と物理的特性

焼成雰囲気と厚さ / 項目	酸化焼成 13mm	酸化焼成 31mm	還元焼成 13mm	還元焼成 31mm
表面状態	茶色灰釉調	茶色 裏面は白色マット釉調	茶色灰釉調	白色マット釉調
吸水率（%）	7.2	9.2	6.8	6.2
焼成後の割れや変形等	無	無	無	無
凍害発生の有無	無	無	無	無

この様に表面状態は成形品の厚さの状態によって大きく影響を受けることが分かる。すなわち肉厚状態であれば表面の色は白色状態になり，肉薄状態であれば茶色の灰釉調となる。これは素地中に存在する酸化鉄が還元作用で二価の鉄に変わり，融剤の作用をして主にアルカリ成分を表面に析出させる作用をしたことによるものと推察される[3]。

吸水率については，6.2 ～ 9.2%と若干高めであったが，素地の粒度をさらに細粒にすることにより焼結性を高めれば小さくできるものと思われる。また現状でもさらに高温での焼成の可能性を示唆している。

凍害試験についてはいずれの焼成条件でもその発生は見られなかった。これは原料の粒度が一定していること，またポットミルでの攪拌が30分程度可能であり，（アルミドロスが10%と少ないのでガス発生が少ない）焼成後の素地のラミネーション現象が生じにくいこと等がその理由であると思われる。

3．4　分析試験

焼成後の表面の白色マット釉部分と内部素地の主な元素についてエネルギー分散型蛍光Ｘ線分析で調べた。その結果を表２に示す。

表２　白色マット釉と内部素地の元素分析結果

単位；wt%

成分 / 試料	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O
白色マット釉	72.1	11.9	3.0	9.7	1.6	0.9
内部素地	70.7	15.9	3.8	4.8	2.5	0.9

この結果から明らかなように，Ｃａの量が白色マット釉と内部素地では前者の方が後者と比較して約２倍程度多い。一方他の元素については各々若干低くなっている。このことから，素地中のＣａが表面に移動し表面が白色マット化したことが分かる[4]。

4　おわりに

今回の試験では焼成雰囲気を酸化・還元雰囲気で実施した。灯油窯，穴窯等の焼成については今後の課題としたい。また可塑性及び焼結性をより良好な素地とするため，ベントナイトの添加や，木節粘土（小名田３～４級木節等の高珪酸質のもの）の使用を検討する必要がある。

表面状態の色調の変化については成形品の厚さによることが判明した。今回の結果では，肉薄状態では表面状態がいずれの焼成条件でも灰釉調になったが，さらに高温で焼成した場合，或るいは冷却時の温度変化を徐冷（1200 ～ 1100 ℃を 3 ～ 5 時間程度で下げる）した場合の表面変化を検討してみる事としたい。

吸水率は想定より若干高い値であったが，ほぼ従来の陶板と遜色無い範囲であった。

凍害試験については，10 回の凍結融解試験の結果，凍害の発生は認められなかった。これは吸水率が 10% 以下に抑えられたこと，また焼成素地自体がポーラス

であること等がその理由と推察される。なお嵩比重は1.4 ～ 1.7 程度であった。

謝辞

最後に本研究を進めるにあたり, 焼成, 成形 , 凍害試験等でご協力頂いた窯業技術支援センターの小口武雄氏、仁平淳史氏に深く感謝いたします。

参考文献

1）平成 7 年度：栃木県試験研究機関研究集録 306-307
2）高嶋廣夫：実践陶磁器の化学,8,2,191（1996）
3）高嶋廣夫：実践陶磁器の化学,8,2,199-203（1996）
4）高嶋廣夫：趣向の陶磁器その技法 13,4,101-104（2000）

経常研究

栃木県産酒造好適米を用いた酒造技術の開発

小坂　忠之*　　岡本　竹己*

Development of Brewing Technology Using Original Sake Rice of Tochigi Prefecture

Tadayuki KOSAKA, Takemi OKAMOTO

栃木県で育種された新酒米「とちぎ酒１４」の特性を把握するため千粒重，精米歩合，砕米率，吸水率，粗タンパク質などの分析，評価を行った．粗タンパク質やアミロース分析の結果から，蒸米のさばけが良く，雑味の少ない清酒に仕上がることが示唆された．官能評価により香味は淡泊であり熟成は比較的遅いことが分かった．

Key Words : 酒米，とちぎ酒１４，試験醸造

１　はじめに

近年，酒造業界から栃木県オリジナル酒米を使った酒造りを行いたいとの要望が強くなっており，品質的かつ経済的に優れた酒造好適米の開発が急務となっている．このような状況のなか，農業試験場では新酒米品種の育成に取り組み，酒造好適米として可能性の高い品種を選抜しているところである．本研究は，この新酒米を清酒醸造に利用するため酒米特性を把握し，それに合った酒造技術を開発することを目的とした．今年度は品種登録された「とちぎ酒１４」の酒造適性を把握するため酒米分析，及び試験醸造した清酒の官能評価を行ったので報告する．

２　研究の方法

２．１　酒米試料

農業試験場圃場で栽培された「とちぎ酒１４」のほか，大田原市産と栃木市産のものを使用した．また，対照試験のため同試験場圃場の五百万石，若水，及びあさひの夢を用いた．

２．２　酒米分析

酒米分析は酒造用原料米全国統一分析法[1)]の方法により，アミロース分析は，大坪[2)]の方法により行った．

２．３　試験醸造酒の評価

平成１６酒造年度における４社の試験醸造酒について，初呑み切り研究会（平成１７年８月２日）の実施に併せ６人の審査員により官能評価（香味，熟度）を行った．また，４社に対して酒造状況の調査を行った．

３　結果及び考察

３．１　酒米分析

表１－１および表１－２に酒米分析の結果を示す．

表１－１　酒米分析結果

	玄米千粒重（g）	見掛精米歩合（%）	真精米歩合（%）	無効精米歩合（%）	砕米（%）
栃木酒14（農試）	26.5	69.5	72.4	2.9	13.2
あさひの夢（農試）	22.3	70.3	71.8	1.5	3.0
若水（農試）	26.2	69.0	72.5	3.5	5.6
五百万石（農試）	26.2	69.5	71.6	2.1	4.9
栃木酒14号（大田原市）	27.4	69.9	72.2	2.3	12.4
栃木酒14号（栃木市）	26.4	69.5	72.0	2.5	12.1

表１－２　酒米分析結果

	20分吸水率（%）	120分吸水率（%）	Brix（%）	F－N（ml）	粗タンパク質（%）
栃木酒14号（農試）	28.3	30.0	9.5	0.6	5.0
あさひの夢（農試）	25.5	29.9	9.2	0.8	6.3
若水（農試）	27.9	29.3	10.7	0.8	5.8
五百万石（農試）	27.0	27.9	9.8	0.8	6.0
栃木酒14号（大田原市）	27.4	29.8	9.9	0.7	4.9
栃木酒14号（栃木市）	29.5	30.1	9.7	0.7	4.6

＊　栃木県産業技術センター　食品技術部

70％精米の「とちぎ酒１４」では，真精米歩合は対照の五百万石，若水と比べてほとんど差がなかったが，砕米率は10％を越えた．吸水率については対照の酒米と同等であった．消化性の試験では，Brix，フォルモール窒素（F-N）では低い値を示し，粗タンパク質でも産地に関わらず低い値を示した．

粗タンパク質含量とアミロース含量との関係を図１に示す.「とちぎ酒１４」は粗タンパク質が低いうえアミロース含量は高い値となった．このことから蒸米のさばけが良く，雑味の少ない清酒に仕上がることが示唆された．

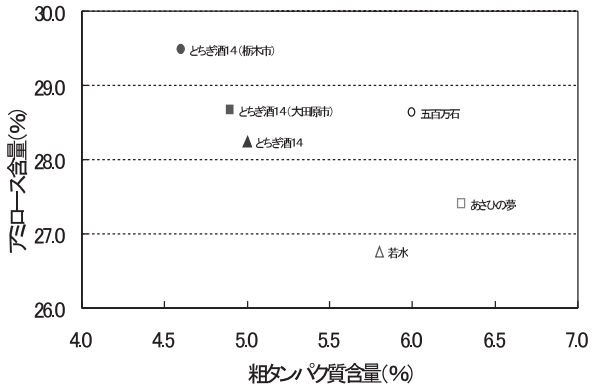


図１　粗タンパク質とアミロースの含量

３．２　「とちぎ酒１４」の官能評価

４社の試験醸造酒の官能評価を表２に示す．香味は良好で熟度は若いものもあったが,「淡麗」,「ソフト」という好ましい特徴の指摘が多かった．好ましくない特徴では,「あらい」や「渋」といった指摘が多く，熟成があまり進んでいないことが考えられた．

表２　試験醸造酒の官能評価

	香味	熟度	好ましい特徴	好ましくない特徴
A社	2.0	2.5	吟醸香、若い、上品、まるい、軽い	あらい
B社	2.5	1.8	吟醸香、淡麗	あらい、酸、渋、苦
C社	2.7	2.0	軽い、ソフト	あらい、うすい、酸、渋
D社	2.3	1.8	上品、淡麗、軽い	うすい、渋

３．３　試験醸造の状況

表３に４社の酒造状況の結果をまとめた．60％の精米でも砕米が多く，比較的硬質米であることが予想された．吸水はやや遅く，蒸米はさばけはよいものの，弾力性が少ないという指摘があった．製麹では老化しやすく，ハゼ込みがやや悪い結果であった．酒母，もろみの特徴として，溶けても味はきれいであるため，最終的にきれいな酒質に仕上がるが，一方で味にふくらみが少ないといった見解もあった．

表３　酒造状況のまとめ

外観	大粒。心白発現率少ない（小さい）。 腹白多い。
精米	硬質米 60％でも砕米多い。
吸水	普通～遅い
蒸し	さばけがよい。 弾力性やや少ない。
麹	老化しやすい。（ハゼ込みやや悪い）。 弾力性やや少ない。 味は淡泊。
酒母	きれいな味。
もろみ	溶けても味はきれい。
貯蔵	15℃でビン貯蔵し8月にきき酒。 熟度は若い。（熟し方は遅い）
酒質	雑味が少なくきれい。 味にふくらみが少ない。

４　おわりに

「とちぎ酒１４」は精米が良好でないことから高精白には適さず，６０％までの精米が適当であり，蒸米が硬く老化しやすいことから限定吸水を行わずに十分に吸水をさせることが，その後の製麹工程に有効であると思われる．また，香味が淡泊であることから，濃醇タイプを意識した酒造が必要であり，火入れ後の熟成期間も検討する必要がある．

参考文献

1）酒米研究会編：酒造用原料米全国統一分析法（1996）
2）大坪研一：農業研究センター研究資料 No.30，46-48（1995）

経常研究

造林木に対する獣害防止資材の開発（第３報）

田中武*・嶋田和正*・丸山哲也**

Development of tree-shelters for planted trees(3rd report)

Takeshi TANAKA ,Kazumasa SHIMADA and Tetsuya MARUYAMA

近年造林木に対する獣害（枝や幹に対する食害や角とぎなど）が多発し，林業経営上大きな問題となっている。獣害防止資材としては様々なものが開発され，一部市販化されているものもあるが，施工性がよくかつ安価なものがないため，一般の森林所有者にはほとんど使われていないのが現状である。そこで，本研究では編物を利用して低コストの新たな獣害防止資材の開発，提案を行うものである。

key words ：**造林木，獣害防止資材，編物**

１　はじめに

近年造林木に対する獣害（枝や幹に対する食害や角とぎなど）が多発し，林業経営上大きな問題となっている。獣害防止資材としては様々なものが開発され，防鹿柵のほかに忌避剤や，苗木を一本ずつ覆う資材（以下，ツリーシェルターと記述），成木の幹巻き資材があり，一部市販化されているものもある。しかしながら，施工性がよくかつ安価なものがないため，一般の森林所有者にはほとんど使われていないのが現状である。

現在市販されている商品は成型プラスチックや織物を利用しているものがほとんどである。編物による資材の製品化はほとんど見られないようであるがコストの面から考えると編物による獣害防止資材の開発はひとつの足がかりとなるものと考えられる。第２報[1)]において，第１報[2)]で試作し設置試験を行ったツリーシェルターの問題点が明らかになり，改善策として組織，素材等を再検討し，改良ネットツリーシェルターの設置試験を再度実施した。今回は，その結果を踏まえた上で編物による低コストツリーシェルター利用の可能性について検討したので報告する。

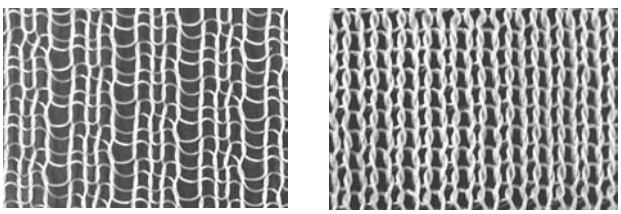
２　研究の方法

２．１　ツリーシェルター改良の流れ

第１報においてツリーシェルターの素材として芯鞘タイプのポリプロピレンモノフィラメントを使用し，組織は表目，裏目を格子状に配置したやや凹凸感のある編組織でツリーシェルターを試作した。しかし，ネットの設置状況において芽の飛び出しや，主軸巻き込みなどいくつかの問題点が見られた。そこで第２報では第１報においての実験素材として使用した芯鞘タイプのポリプロピレンモノフィラメント糸(300d)に加えポリエステルフィラメント糸（150d×3)を引き揃えて編成し，組織についてもネット内部の表面がなめらかになるように，平編み（天竺編）で編成し，ネット内部が表目になるようにツリーシェルターを改良した。

改良したツリーシェルターの形状は基本的には改良前と同じである。ただ，苗木と接する内側の面をなめらかさのある表目とし，外側を裏目となるようにした。

また，糸を引き揃えることにより，糸の強度が増し袋編み組織の編成が可能になったことから，筒状組織である袋編み組織による編地製編を行った。さらに立体形状の保持のために改良前と同様に両サイドを超音波ミシン（超音波溶接機SU－３５０－SMセイコーミシン㈱）で接着縫製した。使用編機は㈱島精機製作所ＳＥＳ１２２ＦＦ（８Ｇ）である。写真１は改良前後のツリーシェルター本体の編組織を表したものである。



改良前のネット　　改良後のネット

写真１　改良前後のネット組織

＊　栃木県産業技術センター　繊維技術支援センター
＊＊栃木県県民の森管理事務所

２．２　風速に対するツリーシェルター内の影響

ツリーシェルターにあたる風はツリーシェルターを通過しツリーシェルター内部の温湿度や苗木に影響を及ぼすものと考えられる。今回はツリーシェルターにあたる風がツリーシェルターの内部ではどのように変化しているか，ツリーシェルターの外側と内側の風速の変化を測定した。測定方法はスライダック式に風速を調節できる扇風機を用いて，ツリーシェルターに正面から風を送りネット外部とネット内部での風速の変化を測定した。風速測定についてはアメニティメーターＡＭ－１０１（写真２　アメニティーメーター　京都電子工業㈱製）を用いた。

アメニティーメーターは”暑い”，”寒い”といった温熱的快適性を簡便に測定・演算・表示するポータブルタイプの測定機である。この機器の風速測定機能を利用して，ツリーシェルターに風をあてツリーシェルター内外ではどの程度風速に変化が見られるのか，風速の変化を風速の減少率（％）として評価した。

測定方法は図１の風速試験測定の概略図のとおりである。

風速は約１．０～３．５ｍ／ｓの間で測定した。

なお，風速測定試験の概略図にはアメニティーメーターが２台設置されているように作図されているが，実際には１台しかないため，ツリーシェルター内外の風速変化は同時測定ではなく，別々に測定した。

２．３　ツリーシェルターの使用資材と方法

今回ツリーシェルターに使用した資材の仕様は表１のとおりである。なお，本体のサイズは幅40cm，高さ150cmとした。支柱としては，ダンポール径7.5mmを利用した。ダンポールはＦＲＰを芯とし，周囲を特殊樹脂でコーティングしたものであり，弾性を持った素材である。ネット１枚につき支柱は２本使用し，支柱の上下２カ所を事務用クリップ（クラウンダブルクリップ小）にて固定した。アンカーは利用しなかった。

ネットの重量は前回施工したものよりも130g重くなった。また，ネットの価格も175円増加しており，合計の資材費も前回施工したものより高くなった。

設置試験地は，塩谷町の高原県有林に設定した。ここは，平成15(2003)年にスギとヒノキを植栽した場所である。標高は570～620m，スギ植栽箇所はほぼ水平で，ヒノキ植栽箇所は25～30度の南向き斜面である。資材の設置は平成17(2005)年4月8日に，スギとヒノキの苗木各20本ずつ，計40本に対して行い，評価を約6ヶ月後の平成17(2005)年10月13日に行った。

写真２　アメニティーメーター

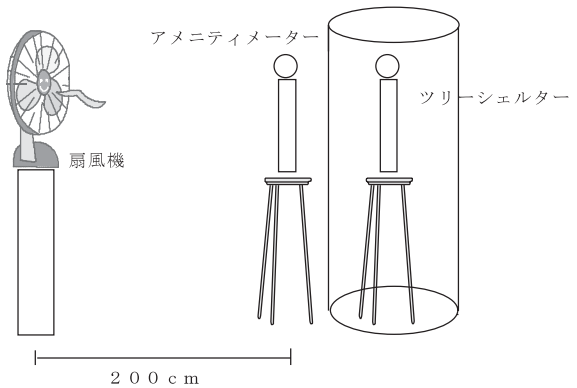


図１　風速測定試験の概略図

表１　各資材の仕様等

試験区分	支柱 名称	径	略号	長	重量/個	価格/個	クリップ 名称	重量/個	価格/個	ネット 重量	原料価格	総重量	資材費計
前回報告	ﾀﾞﾝﾎﾟｰﾙ	5.5mm	DP5.5	1800mm	65g	43円	ダブルクリップ小	4g	15円	80g	57円	222g	203円
	ﾀﾞﾝﾎﾟｰﾙ	8.5mm	DP8.5	1900mm	100g	150円						292g	417円
	いぼ竹	16mm	IBT16	1800mm	245g	93円						582g	303円
今回報告	ﾀﾞﾝﾎﾟｰﾙ	7.5mm	DP7.5	1800mm	86g	120円				210g	232円	398g	532円

＊総重量、資材費計は支柱２本＋クリップ４個＋ネットで計算。価格は税込み。

３　結果と考察

３．１　風速に対するツリーシェルター内部の影響について

ツリーシェルターにあたる風がツリーシェルター内では，どのように変化するか，ツリーシェルターの外側と内側の風速の変化を測定した。図２はツリーシェルター外側の風速とツリーシェルター内の減速された風速の関係を表したものである。風速の減少率（%）は次式で求めている。

$$Wd = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

ここに　Ｗｄ：風速の減少率（%）
　　Ａ　：ツリーシェルター外側の風速（m/s）
　　Ｂ　：ツリーシェルター内側の風速（m/s）

なお，ツリーシェルターは改良前後のツリーシェルター２点（ツリーシェルター１，ツリーシェルター３）に加え，改良タイプに引き揃え糸として使用したポリエステル糸（150d×３）の太さを細くしたツリーシェルター２（ポリエステル糸　７２ｄ×３）の３点の試料について風速の変化を測定した。各試料の性能比較は表２のとおりである。

その結果，ツリーシェルターのカバーファクターがツリーシェルター内部への風速の減少に影響していることが確認できた。カバーファクターが大きいほど，つまり単位面積当たりの空間が小さいほど風速に対する減少率が大きいことが判明した。また，各試料とも風速が強くなるほど風速の減少率が小さくなる傾向があることも確認できた。

さらに，ツリーシェルター２とツリーシェルター３の傾きは同じようであるが，ツリーシェルター１の傾きとは異なっている。これはツリーシェルター２及びツリーシェルター３の編組織が平編みであるのに対してツリーシェルター１は表目・裏目使いの格子柄組織であるため，風の通り抜け方に違いがあり，そのために風速の減少率（傾き）に違いが出たものと思われる。このことから組織によって風速の減少率の割合に差がでるものと思われる。

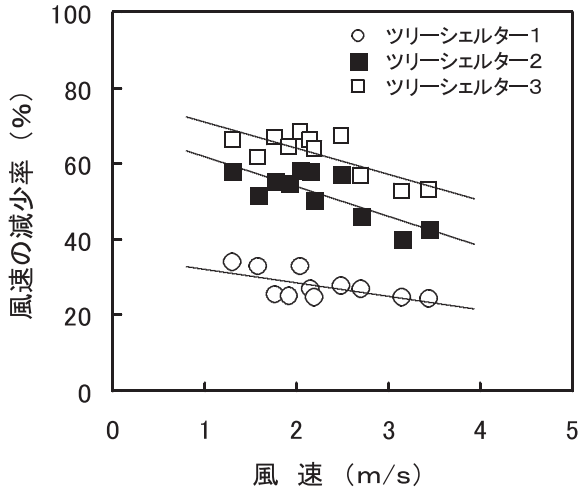


図２　ツリーシェルター内外の風速変化

３．２　ネット設置状況及び温湿度の測定

３．２．１　ネット設置状況

資材設置前の樹高と，6ヶ月後の苗木の状況を，表３に示した。調査開始時の樹高は，ヒノキが107.0±12.6cm（平均±標準偏差，以下同じ），スギが69.3±18.1cmであった。ヒノキに設置したもののうち２本と，スギに設置したもののうち１本に，下刈り実施の際の誤伐が発生した。

スギについてはツリーシェルター装着時の樹高が前回は40～50ｃｍ程度であったのに対し，今回は植栽後２年が経過していたことから60～80ｃｍ程度に達しており，より芽の飛び出しやすい条件ではあったと考えられるが，飛び出しは全く発生していなかった。このことからスギに対しては実用化が可能であると考えられる。

表２　風速試験試料の比較

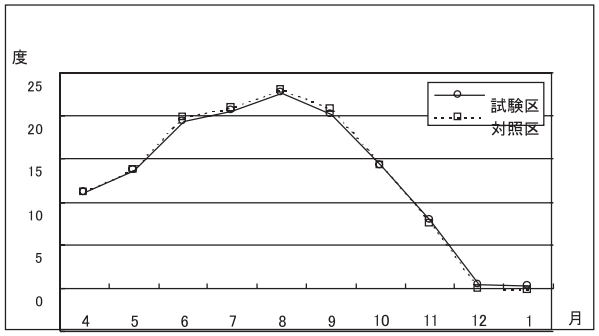
	ツリーシェルター１ （改良前，設置試験実施）	ツリーシェルター２ （改良ﾀｲﾌﾟ，設置試験なし）	ツリーシェルー３ （改良ﾀｲﾌﾟ，設置試験実施）
密　度	１３．７ｃ／inch ７．２ｗ／inch	１４．６ｃ／inch ９．５ｗ／inch	１２．５ｃ／inch １０．０ｗ／inch
厚　さ	１．７１ｍｍ	０．７９ｍｍ	１．００ｍｍ
目　付	５５．３ｇ／㎡	１０７．５ｇ／㎡	１５７．６ｇ／㎡
ｶﾊﾞｰﾌｧｸﾀｰ	３４．０％	３９．２％	４４．９％
使用素材	ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ　300d	ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ　300d ﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ 72ｄ×3	ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ　300d ﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ 150ｄ×3
組　織	表目・裏目使いの格子柄	袋編み組織（平編み）	袋編み組織（平編み）
度目値	４２	４０	４０

表３　ネット設置状況

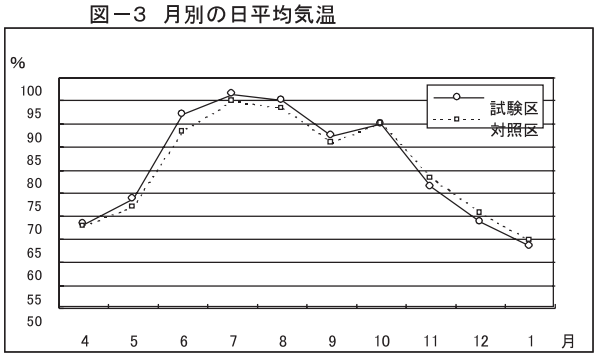
樹種	支柱	樹　高　(cm)	芽の飛び出し数	その他
		2005.4.8	2005.10.13	
ヒノキ	DP7.5	100	14	
		88	6	
		115	16	
		103	23	
		85	23	
		120	18	
		117	39	
		90	53	ササや他の草が高く茂っている
		112	13	
		121	25	ツル植物がシェルター上から出ている
		115	誤伐	
		118	127	上部で主軸巻き
		100	57	上部で主軸巻き、ササが飛び出す
		98	誤伐	
		125	37	
		124	107	
		115	34	
		95	4	
		100	39	
		98	19	
スギ	DP7.5	67	誤伐	
		56	0	雑木あり
		75	0	枯れ雑木が同じ高さになっている
		45	0	
		67	0	
		64	0	
		70	0	雑木が同じ高さになっている
		113	0	
		68	0	
		81	0	
		84	0	
		40	0	
		80	0	
		66	0	
		47	0	
		59	0	
		48	0	
		76	0	
		100	0	
		80	0	

３．２．２　温湿度の測定

月別の平均気温と平均湿度を図３，図４に示した。平均気温は試験区と対照区の差がほとんどみられず，最も開いた月で0.6度の差であった。平均湿度については，夏は試験区の方が高く，冬は対照区の方が高い傾向がみられたが，その差は大きくても4%であった。ネット内部環境は外気との温湿度の差は小さく，自然に近い状態を保つことができていた。根張りや肥大成長を考えると，温室的な環境よりも外気に近い方が好ましいといえるため，今回の資材は内部環境の面では問題がないと考えられる。



図－３　月別の日平均気温



図－４　月別の日平均湿度

（ネット設置状況及び温湿度の測定の詳細については（丸山：編物による低コストツリーシェルターの現地適用試験Ⅱを参照））

３．３　ツリーシェルターの低コスト化について

価格に関しては支柱，ネット本体の原材料費，支柱，クリップなどの価格に加え，ツリーシェルター本体の編工賃や超音波ミシンによる縫製工賃が必要であるが，具体的な発注量等が確定しないため工賃の設定ができなかった。

ネットについては原料価格としての計上であるが，市販のものが800円から1000円以上となっているのに比べ，500円程度とコストダウンが図られた。

改良したツリーシェルターは組織を変え使用素材を追加したことにより価格的には，改良前に比較し高くなってしまったが，ネット本体の生産性の向上や使用素材の低価格化も可能と思われることから，市販されているツリーシェルターの価格よりもさらに廉価に抑えられる可能性がある。

４　おわりに

編物によるツリーシェルターの獣害防止資材としての可能性については，スギに関しては苗木の生長の面でも問題がなく，実用化可能であると考えられる。ヒノキに関しては芽の飛び出しが発生する可能性があるため，植栽直後の苗木を用いた現地適用試験の実施と継続観察が必要であるものと考えられる。

また，改良したツリーシェルターの内部環境については自然環境に近かった。

コスト的には使用編機の再検討，使用素材の太さの再検討によりさらなる低コスト化が図れるものと思われることから，既存の資材より安価にすることが可能である。

参考文献

1)田中武：造林木に対する獣害防止資材の開発（第2報），平成16年度研究報告No.2：栃木県産業技術センター
2)田中武：造林木に対する獣害防止資材の開発，平成15年度研究報告No.1：栃木県産業技術センター
3)丸山哲也：森林所有者の獣害防止資材に対する意識調査，平成13年度野生鳥獣研究紀要no28(2002)栃木県県民の森管理事務所
4)丸山哲也：ツリーシェルター内部の気温および湿度調査，平成13年度野生鳥獣研究紀要no28(2002)栃木県県民の森管理事務所
5)丸山哲也：ツリーシェルターの現地適用試験－生分解ネットと生分解ﾁｭｰﾌﾞｰ，平成14年度野生鳥獣研究紀要No.29(2003)：栃木県県民の森管理事務所

経常研究

織物，ニット・レース，二次製品の開発
ーニット製品（丸編）の試作ー

佐瀬　文彦*

The trial production of knitwear (circular knit)

Fumihiko SASE

消費者ニーズの個性化・多様化に伴い，あらゆる面から繊維製品には高付加価値化を模索する時代となっている。この事を踏まえ，丸編（ダブルニット）による多色ジャカードニットの開発を行った。これは主に視覚による高付加価値化を狙ったものであり，併せて先染めジャカードニットの表現力の検証を兼ねたものである。

Key Words : ダブルニット，ジャカード，付加価値

1　はじめに

近年の消費者ニーズの多様化は目覚ましく，極端な例では，生産者側では不具合と判断される状態や本来使用しない裏側に相当するものがデザイナー，ひいては消費者に好評となる事も少なくない。特に視覚に関するものはこの傾向が顕著である。

通常は丸編機による色柄表現は，ボーダーやポイント的なもの，もしくは幾何学柄を除いては，後染め（主に捺染）によるものが多く，一般的にはこちらの方が表現力に優れている。また，丸編機による先染の多色ジャカード（本研究での多色ジャカードはコース毎に使用している全ての色糸を使用するジャカードの事を指す）は生地が重くなる事や，裏表のバランスが悪くなるデメリットがある。従ってボーダー柄のように同一コースにおいては単色使用で十数色程度の色糸を切り替えて多色使用する事はあるが，同一コース内に5色以上使用する事はあまり例が無く，デザインシステムによっては柄の自動処理（コンバイン）を行う事が出来るのは6色までとしている（ボーダーなど切り替えならば多色コンバイン機能で十数色まで処理可能）。

しかしニット独特の風合いを兼ね備えた先染めによるジャカード柄は後染めとは異なる雰囲気を持っており，なおかつ比較的ファインゲージの丸編生地は並置混色効果が期待出来る事がこれまでに行った試作などによって経験的に明らかとなっている。

そこで本研究では表現力に優れた，先染ジャカード丸編地を編成し，試作品を製作する事で，丸編生地の多色表現の可能性を検討する。

2　研究の方法

2．1　柄の検討

素材，柄，二次製品案について検討する。今回は，ジャカードによる多色表現をテーマとしているのでこれに合わせた原画を用いて柄作成を行う。色糸は同時8色使用を試みる。

2．2　編成

編成に関しては，丸編機（福原精機製作所製ダブルニット機ＬＥＣ６）を用いる。

図１　丸編機（ダブルニット用）

2．3　二次製品化

編成した生地は，整理の後にカット・ソーにより二次製品として試作を行う。

＊　栃木県産業技術センター繊維技術支援センター

３　結果及び考察

３．１　柄の検討と処理

今回の試作では丸編地による多色表現を行う事が目的であるので，写真及び絵画を素材に用いる事とした。これを８色の色糸で表現を行う。原画は画像処理ソフト（Adobe 社製 Photoshop）にて，指定色インデックスカラーによる減色処理を行う。またこれに先立って使用する色糸の測色を編立性試験機（LowsonHemphill 社製 FAK）を用いて編成を行い編地状態で測色し，

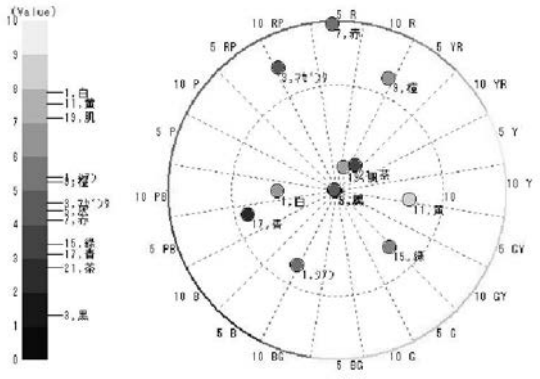


図１　使用色糸のＦＡＫ編成後の測色結果

（使用機器　MINOLTA CM-3700 d / Core Science Limited 彩ﾁｪｯｸ）

その色を基準に用いる。今回使用する色糸は白，黒以外の６色については，表現方法が類似する印刷の３原色であるＣＭＹ（シアン，マゼンタ，イエロー）に，これらの色の色相環での２次色であるＲＧＢ（赤緑青）を補した６色を基本に，処理する画像の色構成の傾向に合わせて，橙，紫，灰色，茶色，肌色の各色を主としてＣＭと入れ替えて使用した。これはニットの混色では綺麗に表現しにくい色を補うためであり，例えばこの考え方を用いて白～黒までのモノトーンの糸で段階的に色糸を構成すればかなり滑らかな白黒表現が可能となる。測色結果は赤系色糸が若干彩度が高い傾向にあるが，入手出来る色糸は極力彩かなものを選んでいるためあえて他の色に合わせて彩度を下げる選択はしない事とした。ニットにすることによりカバーファクター（面の被覆率）の関係や糸の影などによってどうしても彩度が下がってしまうがこれは織物も含めある程度避けられない現象である。

原画の減色処理の後はこれを編成データに変換するが，自動処理（コンバイン）出来るのは６色までであるため，デザインシステムの機能を活用して８色処理を手動にて行った。また試編にて事前にループの縦横比を調査して原画の縦横比は事前に調整している。

３．２　編成結果

３．１で作成した柄を用いて編成を行う。素材は，一般的に先染糸の中でも比較的発色性，編成性が良好で入手しやすいアクリル糸を使用した。編成条件と結果を表２に示す。

表１　編成条件と結果

使 用 糸	アクリル先染糸（1/52）
給糸方式	ＳＦＴ方式
口　　数	48 口（60 口を 8 色 6 セットに減口）
編成速度	10rpm 以下
巻取張力	35（指示値）
目　　付	245g/㎡
密　　度	15 ｺｰｽ/inch　　26 ｳｪｰﾙ/inch

シングルニットと比較するとかなり重い生地に仕上がったが，その重厚感も生かした二次製品検討を行うこととした。

柄については，表現ドット（ループ）が大きいため間近で見た場合は並置混色効果が無いが，離れることによって柄が浮き出るように見えてくる。丁度印象派の画家ジョルジュ・スーラなどに代表される点描の効果と同じ独特の表現となる。従って写真は元より点描のような油絵調の絵画を柄として用いた場合も効果的な柄表現ができた。

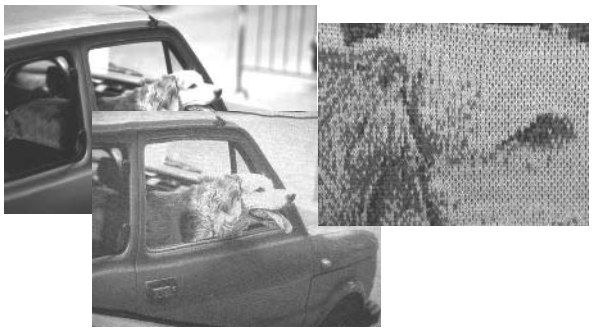


図２　原画及び距離の違いでの編地の見え方

（左：写真　中：編地全体　右：編地近接）

今回は，この並置混色効果を踏まえて，縦横２ループの４ループでの四角形を基本組織として，８色の組み合わせで表現可能な編成パターン全てを升見本合計

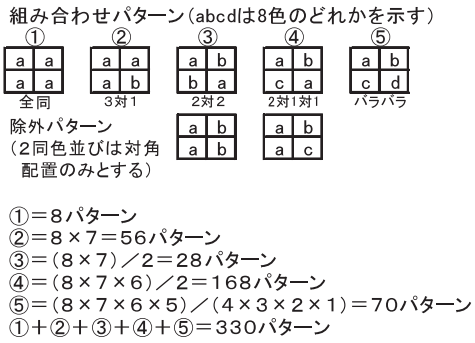


図３　升見本基本パターンの作成

330 パターンとして編成し，測色を行った。なお，同

一色選択にて異なる配置については整理した。

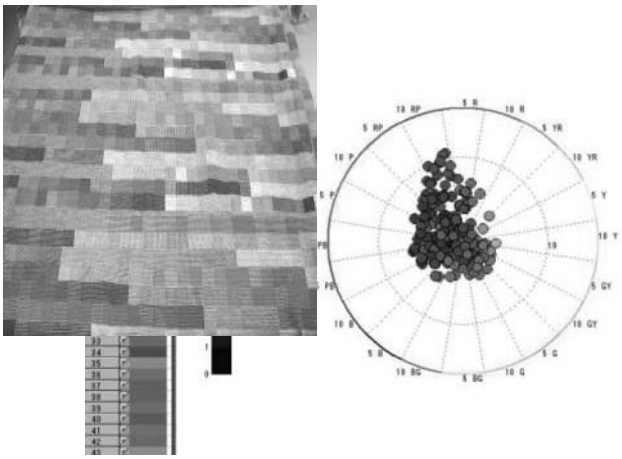


図４　升見本編成生地と測色結果画面

（使用機器　MINOLTA CM-3700 d / Core Science Limited 彩チェック）

測色結果についてはＦＡＫによる編成時や，見た目よりも彩度の減少は加味するとしてもパターンによる類似色が含まれるため，8 色による表現色は 330 色とは言えないものの観察においては写真調表現を可能とする表現色を有する事は確認できた。また彩度の低下は 8 色ダブルニット生地におけるカバーファクターのさらなる低下により，後ろにまわる色糸や影の部分が多くなった生地を平均化して測色するために起きる。実際生地を離れて見ると測色結果よりも彩やかに見えるのは，より表面に近いニットループの色が測色時よりも強調されるためと考えられ，若干斜め方向から見た場合に顕著となる。至近距離で強力な光線によって部分平均を測定する測色機の結果とは異なるイメージとなる。従って，今回の測色結果よりも実際の表現力は優れていると考えられる。

３．３　二次製品試作

今回の編成によって得られた編地により，二次製品試作を行った。衣料用では大きな柄を生かし，シンプルなラインのロングドレス調のワンピースを試作した。

さらに，インテリアも兼ねたスクリーン（日よけ）の提案も行う。これはシングルニットに比べてダブルニットは重く厚いために適度な遮光性を持ち，編地裏面が外光にさらされるために，表面の紫外線による退色は表面影響を受けにくいという点でも編地を生かした使用例であると考えられる。

図５　試作品（日よけとドレス）

いずれの柄についても通常見る位置になった場合には見た目の表現能力は高まり，接近するとニットループの点の集合体と判る点描と同様の現象が現れた。

４　おわりに

丸編によるダブルニットの先染ジャカード生地は一般衣料として地場でも昭和中期頃に一時人気を博したが，現在では主としてスポーツウェア，トレーナーなどのカテゴリーで先染の場合は２～３色程度のジャカード柄に限られ，先染のカラフルなジャカード生地はセーターなどの横編機が主流と言える。しかしながら丸編機であっても，シングルニットのようにタック留めや裏糸のわたりをすること無くジャカード柄を編成出来るダブルニットは近年，両面切替両面選針機なども登場（当センターでは未導入）し，さらに工夫した編成が可能となっている。

今回は適切な測色方法や，素材，色選択，柄処理，後加工などに検討の余地があるため，特に以下の点について検討を要すると考えられる。

・アイテムの型紙に合わせて柄作成を行う事で，ダーツやフレアー，切り替え部分について編成時から生地に型紙に合わせた柄を加工して設計する事でアイテム作成時に柄が切れたり変形することを防ぐ。

・測色については，厳密性よりも離れた時の見た目に近い評価，例えばデジタルカメラでの撮影画像による簡易評価などを検討する。

・薄起毛などの後処理により，編表のカバーファクターを改善させて発色性の向上を図る。特にこの点は以前に検討したフルカラーゴブラン織物よりも起毛ムラなどが起きにくい表面構造であるため効果的であると考えられる。

・多色の場合はダイヤル側が通常のバーズアイ組織では高密度になりすぎるため，ダイヤル側もハーフゲージにするなどして編成性の向上が図れるかどうか検証する（両面電子選針機構であればさらに工夫可能）。

参考文献

1）佐瀬文彦，田中武，堀江昭次： 栃木県工業試験研究機関研究集録，Vol18 121-122，(2003)

2）相原英勝： 丸編の編成，繊維研究会出版局，(1970)

経常研究

織物，ニット・レース，二次製品の開発
－トーションレースによる帽子の試作－

堀江　昭次*

The Trial Production of Torchon Lace Crochet hat

消費者ニーズの個性化・多様化に伴い、繊維製品のファッション性や機能性など付加価値の高い製品が求められている。これらのことを踏まえ、県内特産のトーションレースによる帽子の試作を行い、企業への指導資料とする。

１　はじめに

本研究は，色，デザイン及び機能性などを先取りした試作品を開発し，ニット・レース業界の製品開発の参考にすることを目的とするものである。

今年度は，９６／４５スピンドルのトーションレース機を使って帽子の試作を行った。

２　研究の方法

２．１　糸使い及び生地の編成

1)糸使い　ポリエステル糸　５０番４本引き揃え（夏物）
　　ウール糸　2/30　２本引き揃え（冬物）
2)組　　織　ジャカード組織
3)巻取速度　０．６㎜／枚
4)編　　機　SKM96/45-NC（日本マイヤー㈱製）

２．２　製作方法

編成したトーションレースを所定の形状に裁断して、縫製を行い帽子を製作した。

３　結果及び考察

３．１　トーションレースの編成

夏物は，トーショングラウンド組織を連続して組織設計を行い，ポリエステルミシン糸を使用して張力を100ｇにしてトーションレースを編成した。その結果，適当な大きさに孔のある風通しがよくなるようなトーションレースが仕上がった。

冬物は，平織のような密なトーションレース組織に設計を行い，ウール糸を使用して風を通さないような組織になるようにトーションレースを編成した。その結果温かくて柔らか味のあるトーションレースに仕上がった。

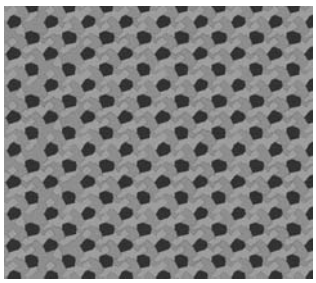


図１　夏物組織

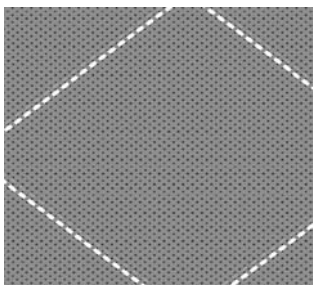


図２　冬物組織

３．２　帽子の製作

編成したトーションレースを使用して帽子の製作を行った。トーションレースを所定の形状に裁断して縫製を行い帽子を製作した。形状はクロッシェ帽子となり，トーションレースの特徴を生かした仕上がりとなった。

４　おわりに

トーションレースの特徴を生かしたものを試作することができた。今後は、この試作品をもとに業界指導を行っていく予定である。

＊栃木県産業技術センター繊維技術支援センター

経常研究

小径工具による高能率高精度加工
ーセミドライ加工システムによるエンドミル加工ー

関口　康弘*　　渡部　篤彦*

High Efficiency and High Precision Milling Using Small End Mill Tool
-End Milling of Semidry Cutting System-

Yasuhiro SEKIGUCHI, Atsuhiko WATANABE

セミドライ加工システムを用いたエンドミル加工技術の蓄積を目的として，ＳＵＳ３０４の側面切削加工を試み，エアブロー，水溶性切削油との比較及び適正な油量について検討した。セミドライ加工は，エアブロー，水溶性切削油と比べて，切削抵抗が減少し，工具摩耗を抑制した。また，形状誤差も少なかった。今回の切削条件におけるセミドライ加工の適正な油量は，切削抵抗，工具摩耗の測定結果から，８～１６ml／hの間である。

Key Words : セミドライ，エンドミル，ＳＵＳ３０４，切削，データベース

１　はじめに

切削加工において切削油剤の効用は一般に知られているが，環境問題，加工能率向上の対応策として，セミドライ加工が注目されている[1)]。セミドライ加工は，微量の油剤をミストにして加工点に供給する加工方法であり，現在，普及率の高い加工としては切断，旋削加工，ドリル加工等がある。一方，県南地区に占める割合の多い金型業界では，エンドミル加工が主であり，セミドライ加工に注目はしているものの導入する企業はあまり見あたらない。その理由としては，装置導入のコスト以前に，加工点の変わるエンドミルに少量の切削油で従来と同様の加工ができ，効果を上げられるかという加工そのものの問題点がある。

本研究では，セミドライ加工システムを用いたエンドミル加工における高能率高精度な加工技術の蓄積を目的として，ステンレス鋼の側面切削加工を試み，エアブロー，水溶性切削油との比較及びセミドライ加工の適正な油量について検討したので報告する。

２　研究の方法

２．１　実験装置と加工方法

切削実験に使用する被削材は，ステンレス鋼SUS304で，３軸たて形マシニングセンタに固定し，側面切削加工（底付き）を行った。実験装置を図１に示す。工具はハイスエンドミル２枚刃を使用した。切削加工中は，外部ノズルによるエアブロー，水溶性切削油，セミドライ加工システムの３種類で各実験を行った。なお，エアブロー，セミドライ加工の供給方向については，逃げ面側のみとした。実験装置の仕様及び切削条件を表１に示す。

図１　実験装置

２．２　各加工方式及び適正油量の評価

評価は，切削抵抗，工具摩耗，形状精度について行った。切削抵抗の測定は，圧電型三成分切削動力計（日本キスラー㈱）を使用した。工具摩耗は，エンドミル切削部分を各刃ごとに２箇所（刃先から１ｍｍ，５ｍｍの位置），逃げ面に直角な方向に測定し，平均を摩耗量とした。形状精度の測定は，輪郭形状測定機（㈱ミツトヨ）を使用した。

＊　栃木県産業技術センター　県南技術支援センター

表１　実験装置の仕様及び切削条件

工作機械	ﾏｼﾆﾝｸﾞｾﾝﾀ V55　㈱牧野ﾌﾗｲｽ製作所
被削材	ステンレス鋼 SUS304　170HBW
工　具	ハイスエンドミル（不二越 ｽｰﾊﾟｰﾊｰﾄﾞ２枚刃）外径 10mm　突き出し l=35mm
切り込み量	軸方向 Ad=10mm　半径方向 Rd=2mm
切削方式	Down-cut　側面切削（底付き）
切削速度	S=400min^{-1}　（カタログ推奨値）
送り速度	F=30mm/min　（カタログ推奨値）
ｴｱﾌﾞﾛｰ方式	外部ﾉｽﾞﾙ１本 圧力 0.6MPa 流量 150l/min
ｾﾐﾄﾞﾗｲ加工システム	ブルーベ外部給油機 FK ﾀｲﾌﾟ（ﾌｼﾞ BC 技研） 切削油ﾌﾞﾙｰﾍﾞ ＬＢ－１　外部ﾉｽﾞﾙ２本 エア圧力 0.75MPa 油量約 8ml/h
水溶性切削油	出光ｱﾙﾌｧｸｰﾙ EW　外部給油

３　結果及び考察

３．１　切削抵抗と工具摩耗

切削油剤には潤滑，冷却，切り屑排出といった機能があり，切削抵抗を減少するには潤滑の影響が大きい。各方式の切削抵抗測定結果を図２に示す。エアブローは，潤滑性はほとんどないため，切削力の最大瞬時値が３方式中最も高い値となった。水溶性切削油とセミドライを比べると，セミドライが低い値を示した。一般に水溶性切削油は，冷却，切り屑排出の効果をもたらし，ある程度の潤滑効果も期待できる。一方，セミドライの油剤は，潤滑機能を重視したものである。そのため，切削力の差は油剤の性能の違いによる影響を無視できないが，少量の切削油で潤滑効果を発揮するセミドライ加工システムは，有効であり，エンドミル加工においても効果があるといえる。

図３に工具摩耗測定結果を示す。切削抵抗の減少が工具摩耗に直接影響を及ぼし，セミドライの摩耗量が少ない結果となった。図４に１０ｍ切削後の工具先端の摩耗状態を示す。エアブローは，刃先の切れ刃に軽微なチッピングが見られた。これは，加工中に切り粉が刃先に付着している様子がしばしば見受けられたことから，切り粉の噛み込みが原因ではないかと思われる。水溶性切削油は，先端の刃先が欠けてしまい，切れ刃にチッピングが生じた。切削油剤の冷却作用により，切れ刃に切り粉が凝着し，生成と脱落が繰り返されたためではないかと考えらる。今回の切削条件では水溶性切削油を用いないほうがよいと思われる。セミドライ加工は刃先摩耗が進行しているものの，安定した摩耗が生じた。

３．２　形状精度の比較

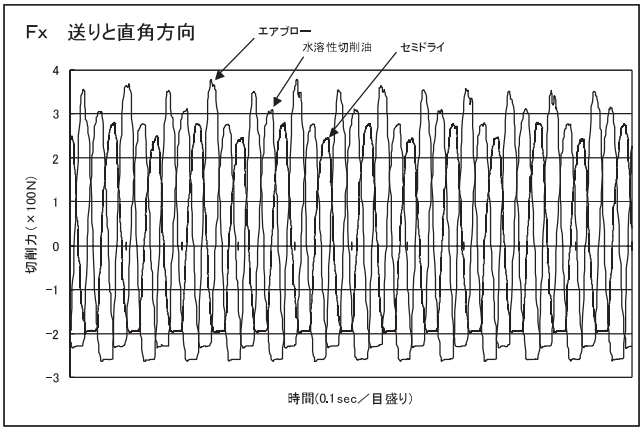


図２　切削抵抗測定結果

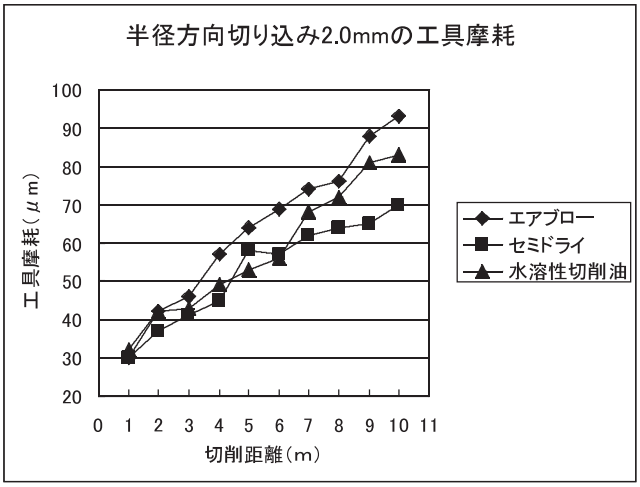


図３　工具摩耗測定結果

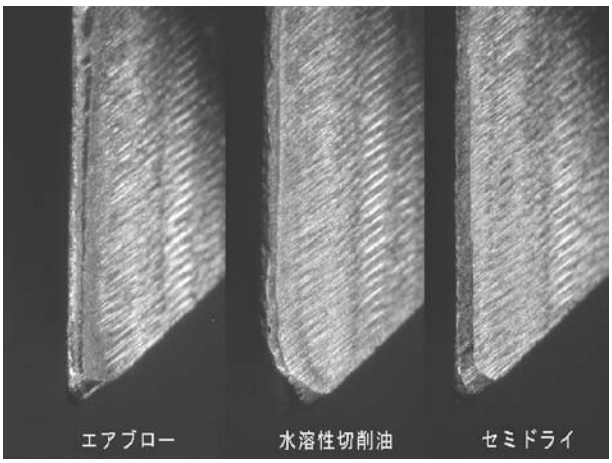


図４　工具外観（切削距離：10m）

形状精度の測定結果を図５に示す。形状誤差は，粗さ，うねり，エンドミルのたわみ，基準位置のずれなどの総和として考えるのが一般的である[2)]。今回の結果では，基準位置のずれを示していないが，明らかに水溶性切削油の半径方向の誤差が大きくなった。加工面に光沢があり，あらさ曲線が不規則なことから推測して，切り粉の凝着が原因ではないかと考えられる。

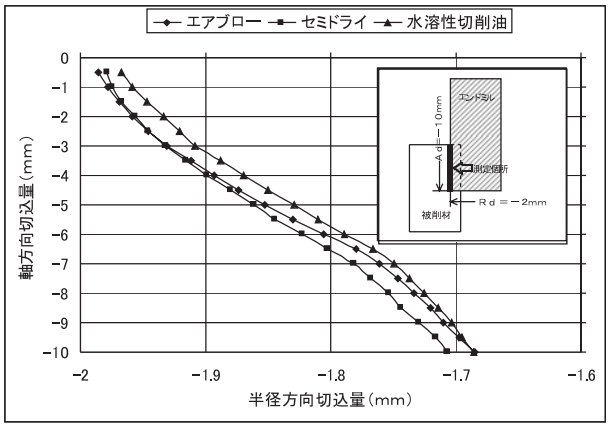


図５　形状誤差測定結果

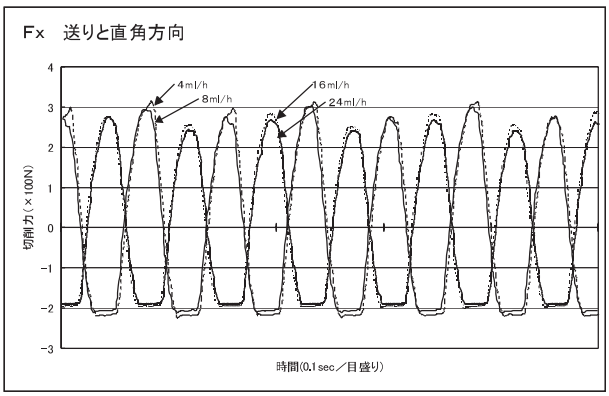


図６　切削抵抗測定結果

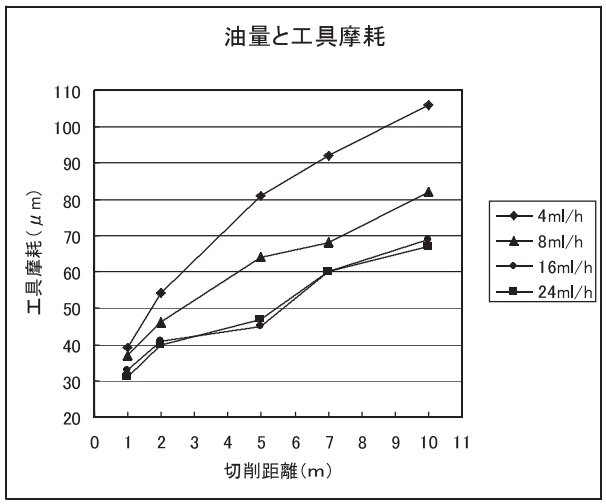


図７　工具摩耗測定結果

エアブローとセミドライを比較すると，エアブローの加工面は，軸方向切込が深くなると半径方向の誤差が大きくなった。刃先の潤滑性の影響によるものと思われる。

３．３　セミドライ加工の適正油量

セミドライ加工において，油量を変化させた時の切削抵抗結果を図６に示す。油量が増すことにより，最大瞬時値は減少する傾向を示し，４ ml/h で３１９Ｎの最大瞬時値は，２４ ml/h で２７４Ｎとなった。しかしながら，周期する波形から，４ ml/h と８ ml/h，１６ ml/h と２４ ml/h をそれぞれ比較すると，切削力に大きな違いはないことがわかる。では実際に油量の違いが，工具摩耗にどの程度影響するのか調べた結果を図７に示す。４ ml/h と８ ml/h は切削力に大きな違いは見られなかったものの，工具摩耗では大きな違いが見られた。また、１６ ml/h と２４ ml/h は，切削力，工具摩耗ともに大きな違いは見られなかった。これらのことから，１６ ml/h より油量を増やしても，潤滑効果に影響はなく，４ ml/h では，潤滑効果をあまり期待できないといえる。すなわち，今回の切削条件での適正油量は，８～１６ ml/h の間にあるのではないかと考えられる。なお，本実験での油量の測定は，オイルポット中のオイル目減り量から計算で体積を求めた値である。

４　おわりに

セミドライ加工システムを用いたステンレス鋼の側面切削加工を試み，エアブロー，水溶性切削油との比較及び適正な油量について検討した。結果は以下のとおりである。

(1)　少量の切削油で潤滑効果を発揮するセミドライ加工は，エンドミル加工においても有効であり，エアブロー，水溶性切削油と比べて，切削抵抗が減少し，工具摩耗を抑制した。

(2)　セミドライ加工は，エアブロー，水溶性切削油と比べて，形状誤差が少なかった。

(3)　今回の切削条件におけるセミドライ加工の適正油量は，切削抵抗，工具摩耗の測定結果から，８～１６ ml/h の間である。

謝　辞

本研究を実施するにあたって，フジＢＣ技研㈱森口義一様及び産業技術センター大橋利仙様には多大なる支援を受けたので，ここに感謝の意を表します。

参考文献

1）井上勤："機械技術"53 43-47（2005）

2）（財）機械振興協会技術研究所"加工技術データファイル"

経常研究

生分解性プラスチックの耐久性評価
－屋外耐久性評価－

小野　章夫*　　伏木　徹*　　星　佳宏*

Study on Durability Assessment of biodegradable plastics
-Outdoor exposure test-

Akio ONO, Toru FUSEGI and Yoshihiro HOSHI

平成１５年度，「生分解性プラスチックの耐久性評価に関する研究」[1]の中で，生分解性プラスチックの耐久性評価を，キセノンウェザーメーターを使用した促進暴露試験により行った。今回は，同じ樹脂を使って，屋外暴露試験を行い，その結果がまとまったので報告する。生分解性プラスチックは，ポリ乳酸系とコハク酸系ポリエステルを選定，比較対照する汎用性プラスチックとしてＡＢＳ樹脂を選び，試験を行った。屋外暴露試験は，県南技術支援センター（栃木県佐野市）の敷地内，暴露方向南向き，水平角から仰角26度の条件で行った。暴露期間は２年間で，評価項目として，引張強さ，曲げ強さ，硬さ，衝撃値，表面色などの評価を行った。その結果，生分解性プラスチック，ＡＢＳ樹脂ともに３カ月ないし１２カ月で引張強さなどの物性値の低下が見られた。

Key Words : 生分解性，プラスチック，耐久性，促進暴露，屋外暴露

１　はじめに

生分解性プラスチックは，一般には微生物などの働きで自然に分解するプラスチックとして理解されているが，それ以外にも，生分解性プラスチックの原料がトウモロコシやサイツマイモ等の植物や微生物由来のものが多いことから，最近は，「植物由来プラスチック」，「バイオプラスチック」とも呼ばれ，化石燃料枯渇後のプラスチックに替わる材料として，また，石油を原料とする現在のプラスチックよりは，地球温暖化の原因となる炭酸ガス排出量の少ない材料として注目されている。[2]

そのため，生分解性プラスチックは，その生分解性から農業用フィルムなど比較的寿命の短い製品を中心に今までは用途開発が進められてきたが，最近では製品寿命の長い製品でも研究開発が行われており，電子機器の一部では筐体として実際に採用[3]され，自動車部品としても検討[2),4)]がおこなわれている。

しかし，生分解性プラスチックは，成形加工後の物性値及び生分解性に関してのデータは豊富にあるものの，使用環境における耐久性にかんしてはデータが少ない。

そこで，平成１５年度は，生分解性プラスチックの中から，デンプン等の乳酸発酵から生産されるポリ乳酸系と，原料として古紙の利用が検討されているコハク酸系ポリエステルを選定，比較対照する汎用性プラスチックとしてＡＢＳ樹脂を選んで，試験片を作成し，キセノンウェザーメーターを使用した促進暴露試験を行いその評価を実施した[1]。今回は，引き続き，同じ樹脂を使い，屋外暴露試験を行い，その結果がまとまったので報告する。

２　研究の方法

２．１　原材料

生分解性プラスチックは，市販されている樹脂の中から，ポリ乳酸系はラクティ（島津製作所製 9010），コハク酸系ポリエステルはビオノーレ（昭和高分子製 #1020），ＡＢＳ樹脂はトヨラック（東レ製 100）を選んで試験に用いた。

２．２　試験片の作成方法

評価に用いた試験片は，ＩＳＯ金型タイプＡ[5]を使用して，射出成形機ファナック製 ROBOSHOT α-100iA（型締力 1,000kN）を用いて，ポリ乳酸（ラクティ）は成形温度 185 ℃，金型温度 25 ℃の成形条件で，コハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）は成形温度 180 ℃，金型温度 25 ℃の成形条件で，Ａ

＊　栃木県産業技術センター　県南技術支援センター

ＢＳ樹脂は成形温度 240 ℃，金型温度 60 ℃の成形条件で，それぞれ多目的試験片[6]を成形した後，必要な形状に機械加工することにより作成した。

２．３　屋外暴露試験

屋外暴露試験は，県南技術支援センター（栃木県佐野市）の敷地内において，暴露方向南向き，水平角からの仰角 26 度（試験場所の緯度マイナス 10 度）の暴露条件で実施した。暴露期間は，平成 15 年 11 月から平成 17 年 11 月までの最長２年間である。

２．４　評価方法

試験片の引張試験や曲げ試験は，島津製作所製オートグラフ AG-M1 により，引張試験の場合はつかみ具間距離 110mm，試験速度 50mm/min で，曲げ試験の場合は支点間距離 64mm，試験速度 2mm/min で測定を行った。

試験片の衝撃試験は，東洋製作所製 DG-UB により，振り子重量 2.75J でアイゾット衝撃強さを測定した。試験片の硬さは，アカシ製 ATK-F3000 により，Ｌスケールでロックウェル硬度を測定した。

荷重たわみ温度は，東洋製作所製 熱変形温度試験機 S3-MH（一部改造）により，試験荷重 0.45MPa ないし 1.80MPa で測定した

試験片の色調は，その表面色を日本電色工業製ＳＺ－Σ 90 型を用いて測定した。測定項目は，「ＪＩＳ Ｚ ８７３０－１９９５ 色の表示方法－物体色の色差」で規定されている色差⊿E^*_{ab}である。また，ポリ乳酸（ラクティ）に関しては，日立製作所製 U-3500 により 340nm から 850nm までの光線透過率を測定した。

３　結果及び考察

３．１　外観，質量，寸法変化

屋外暴露試験では，３カ月，６カ月，１２カ月，２４カ月経過時点でそれぞれ試験片を屋外暴露試験装置より取り出して，その評価を行った。評価項目の中で質量及び寸法変化について測定した結果を表したのが図１及び図２である。寸法変化については試験片中央の幅と厚さを掛けた断面積の変化で評価している。また，図では試験開始時を 100 %とした保持率でそれぞれ示してある。

ポリ乳酸（ラクティ）では暴露期間６カ月で試験片全体に加水分解によると思われる白濁がみられ２４カ月で透明な樹脂が半透明になった。前報[1]で実施した促進暴露試験では膨潤による幅及び厚さ寸法の増加が見られた（参考図１）が，屋外暴露試験においては図

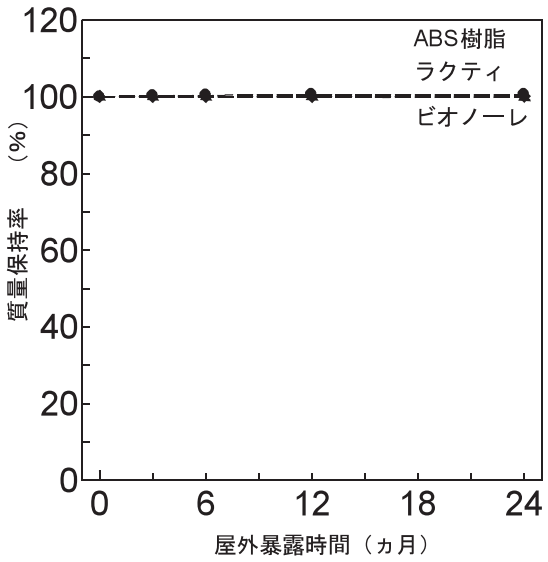


図１　屋外暴露試験　質量保持率

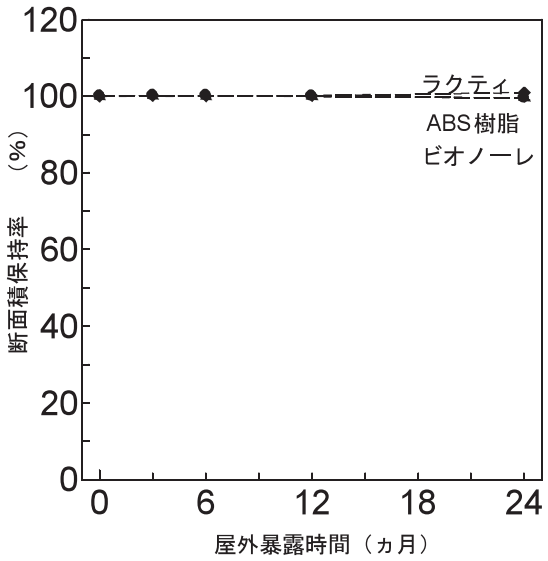
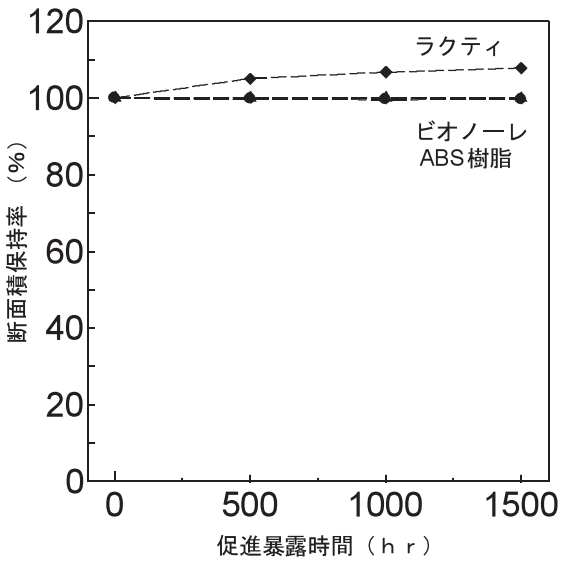


図２　屋外暴露試験　断面積保持率



（参考図１）促進暴露試験　断面積保持率

２に示すとおり，寸法や質量に大きな変化が見られなかった。

コハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）では大きな外観の変化はなかった。促進暴露試験では黄変が見られたが屋外暴露試験では目立たない。今回の屋外暴露試験と同じ敷地内で過去実施した土壌埋設試験[7]では，質量の減少（２０カ月で約２０％）が認められた（参考図２）が，屋外暴露試験では質量や寸法の大きな変化はなかった。屋外暴露試験において生分解による質量減少が予想されたがそのようなことはなかった。今回の屋外暴露試験装置では，地表から５０ｃｍの高さに試験片を設置することになるため，土壌分解菌の影響を受けにくかったためと思われる。

ＡＢＳ樹脂は，促進暴露試験と同様に暴露時間が進むにつれ，褐変が見られたが，寸法や質量には大きな変化は認められなかった。

３．２　引張強さ

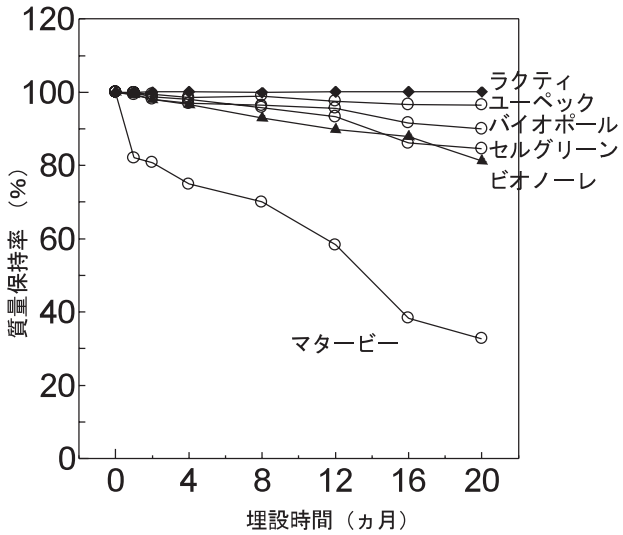
屋外暴露時間と引張強さ保持率の試験結果を図３に，比較データとして促進暴露時間と引張強さ保持率の試験結果を参考図３に示す。

屋外暴露試験では，ポリ乳酸（ラクティ），コハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）ともに６カ月まで試験開始時の強度をほぼ保持しており引張強さの低下が見られたのは１２カ月目であった。６カ月まで強度保持が可能だったのは，試験開始時が１１月であり，最初の半年は冬季を含み，気温の高い夏季を経験してないことも要因のひとつかと思われる。しかし，比較対照のＡＢＳ樹脂では３カ月で既に引張強さの低下が明らかに認められたことからすると，生分解性プラスチックの方が耐久性が優れているという結果になった。

促進暴露試験では，ポリ乳酸（ラクティ）の劣化がＡＢＳ樹脂より早く，促進暴露試験 500 時間の保持率比較ではポリ乳酸（ラクティ）はＡＢＳ樹脂より約 12 ％下回っている。促進暴露試験 1,000 時間では，ポリ乳酸（ラクティ）にオートグラフのつかみ具でつかむことができないほど，試験片のつかみ部分の劣化と変形が進んだ。

促進暴露試験は，スーパーキセノンウェザーメーター（スガ試験機㈱製 SX-75）を使用し，紫外線照射強度 60W/m^2（300 ～ 400nm），試験槽内温度 43 ± 3 ℃，試験槽内湿度 50 ± 10 ％ＲＨ，１サイクル２時間（内，降雨 18 分）の試験条件でアウターフィルターには屋外環境用を用いて試験を行っている。一般的なプラスチックを評価するには標準的な条件である。

屋外暴露試験結果と促進暴露試験結果が異なった理



（参考図２）土壌埋設試験　質量保持率

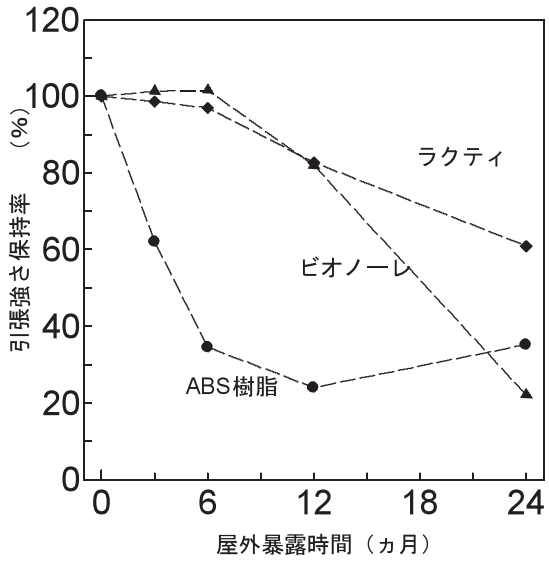
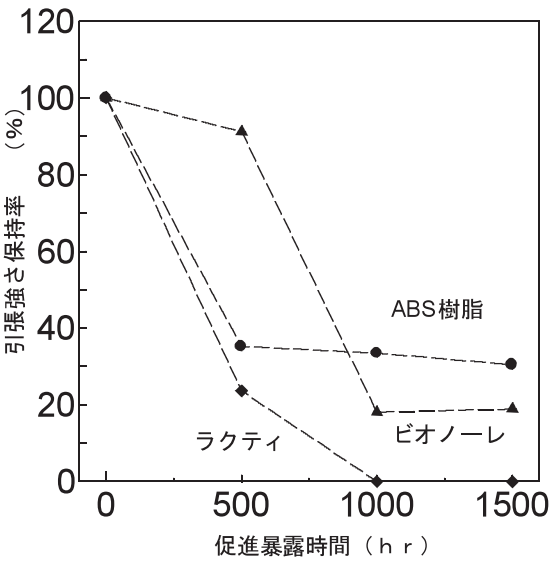


図３　屋外暴露試験　引張強さ保持率



（参考図３）促進暴露試験　引張強さ保持率

由は，加水分解の影響を強く受けると言われているポリ乳酸（ラクティ）に対しては，必ずしも促進暴露試験に使ったスーパーキセノンウェザーメーターの温度条件や降雨条件などの条件が適切ではなかったためと思われる。高分子量ポリ乳酸では微生物作用よりは非酵素的加水分解が優勢といわれている[8]。実際の環境ではありえない高温下（試験槽内温度 43 ℃）での降雨条件がエステル結合を持つポリ乳酸（ラクティ）の加水分解を進め，強度低下を引き起こしたものと思われる。生分解性プラスチックの耐用期間を促進暴露試験から推定するためには，樹脂の性質に応じて，通常のプラスチックとは違った温度条件や降雨条件などの検討がさらに必要である。

ＡＢＳ樹脂の引張強度保持率は，屋外暴露試験６カ月，促進暴露試験 500 時間でともに 35 %前後まで低下したが，他機関で実施した屋外暴露試験や促進暴露試験データ[9),10)]等と比較して，ほぼ説明ができる範囲の物性の低下である。

過去実施した土壌埋設試験[7)]結果を参考図４に示す。今回の屋外暴露試験と過去実施した土壌埋設試験の樹脂のグレードは必ずしも同一ではないので比較はできないが，今回の屋外暴露試験結果と比較すると，ほぼ似た経過を示している。

３．３　曲げ強さ

屋外暴露時間と曲げ強さ保持率の試験結果を図４に示す。曲げ強さの測定は，降伏点を示すか，もしくは破壊するまで行った。ポリ乳酸（ラクティ）とＡＢＳ樹脂の曲げ強さ保持率は，引張強さの場合とほぼ同じ傾向で低下した。コハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）では引張強さの低下に比較するとその低下は少ない。後述するが，コハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）では暴露時間とともに表面が硬化することが分かっている。表面硬化の影響を受けているものと思われる。

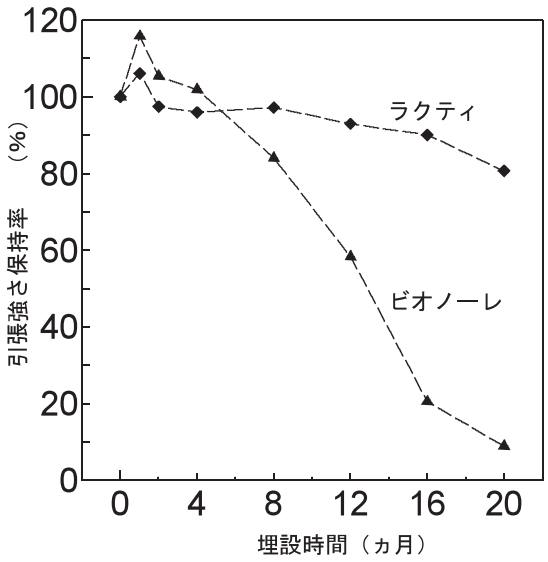
３．４　硬さ

屋外暴露時間と硬さ保持率の試験結果を図５に示す。ＡＢＳ樹脂及びコハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）は暴露時間ともに表面硬度が増している。特にコハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）で顕著である。これは，促進暴露試験でも見られた挙動である。

ポリ乳酸（ラクティ）でも同様に表面硬化の傾向は見られるが，促進暴露試験の場合では，樹脂の加水分解による劣化が優先し硬度は暴露時間と共に低下している。

３．５　衝撃強さ

屋外暴露時間と衝撃値保持率の試験結果を図６に示



（参考図４）土壌埋設試験　引張強さ保持率

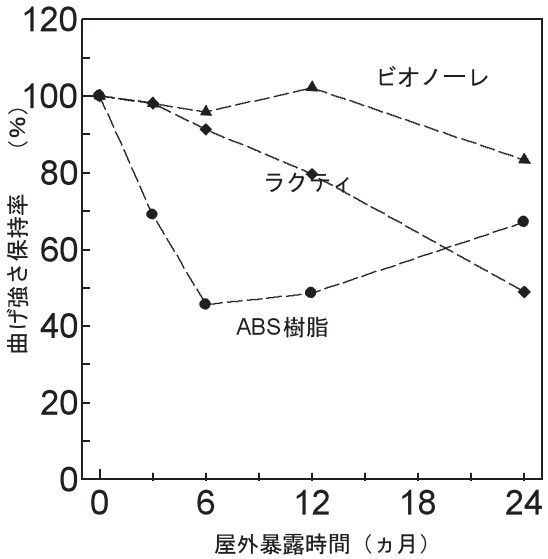


図４　屋外暴露試験　曲げ強さ保持率

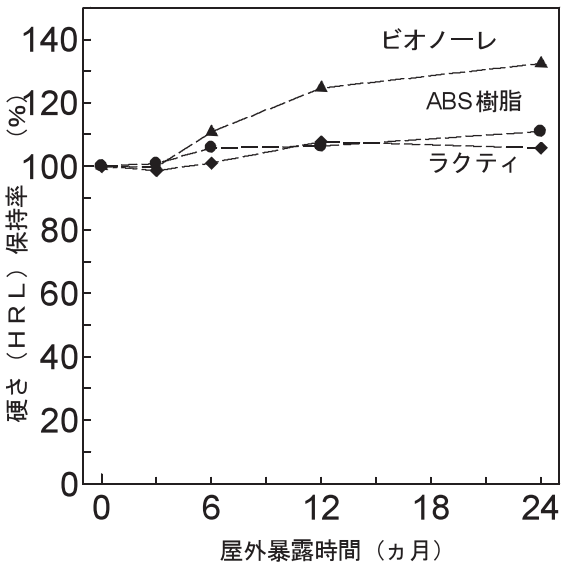


図５　屋外暴露試験　硬さ保持率

す。ＡＢＳ樹脂及びコハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）では屋外暴露により衝撃値の低下が見られた。ポリ乳酸（ラクティ）では低下が見られず，暴露時間に関わらずほぼ同じ値となった。これらは，促進暴露試験でも見られた挙動である。試験開始時のポリ乳酸（ラクティ）の衝撃値は2.36kJ/m^{2}であり，他の樹脂に比べるとその衝撃値は低い。測定に使用した試験機の関係から振り子重量2.75Jのものを使ったが，ポリ乳酸（ラクティ）の衝撃値を測定するには1.0J程度の振り子を使用するのが適切であったかもしれない。

３．６　荷重たわみ温度

屋外暴露時間と荷重たわみ温度の結果を図７に示す。図に示したものは試験荷重1.8MPaのものであるが，ＡＢＳ樹脂及びコハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）では暴露時間ともに荷重たわみ温度が上昇している。硬さの挙動と類似しており，表面硬さがたわみ量に影響しているものと思われ興味深い。なお，試験荷重0.45MPaでも測定は行っているが，暴露時間による変化は少なく，ほぼ一定（ポリ乳酸（ラクティ）：58℃，コハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）：80℃，ＡＢＳ樹脂：91℃）であった。

３．７　色差と光線透過率

屋外暴露時間と色差の試験結果を図８に示す。ポリ乳酸（ラクティ）とＡＢＳ樹脂では暴露時間とともに変色が認められる。ポリ乳酸（ラクティ）では加水分解により白濁し不透明になった。ＡＢＳ樹脂では褐変した。コハク酸系ポリエステル（ビオノーレ）では大きな変化はなかった。

ポリ乳酸（ラクティ）の屋外暴露時間と光線透過率の関係を図９に示す。使用したラクティのグレード9010は，成形直後は褐色がかった透明の樹脂である。

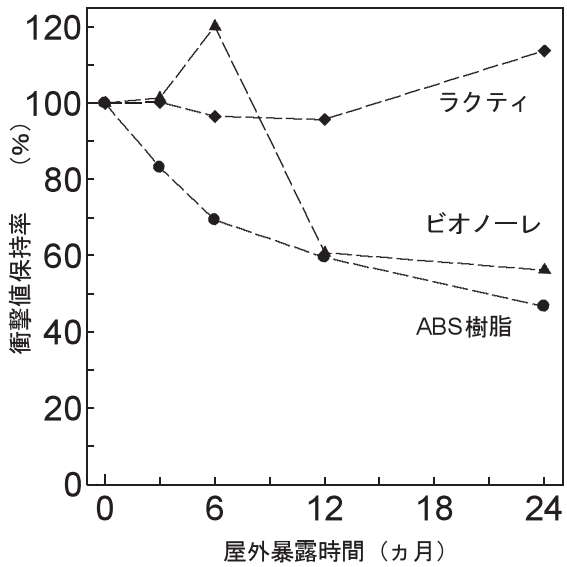


図６　屋外暴露試験　衝撃値保持率

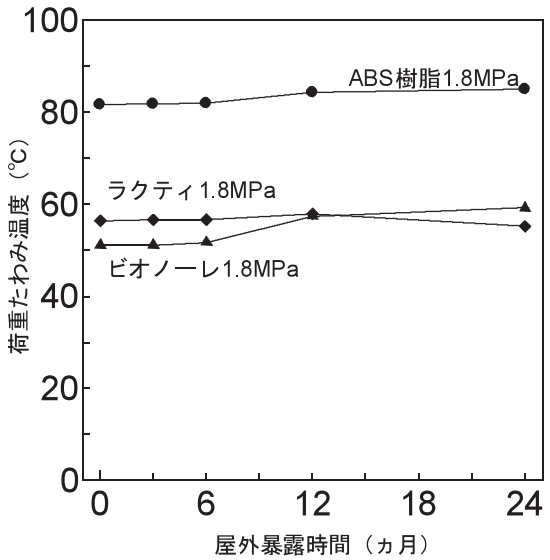


図７　屋外暴露試験　荷重たわみ温度

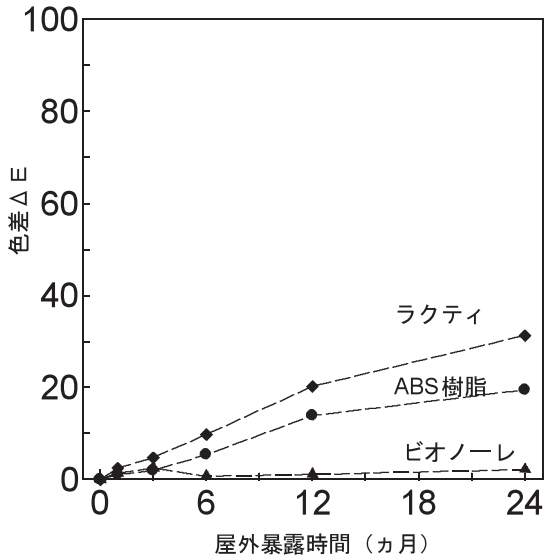


図８　屋外暴露試験　色差

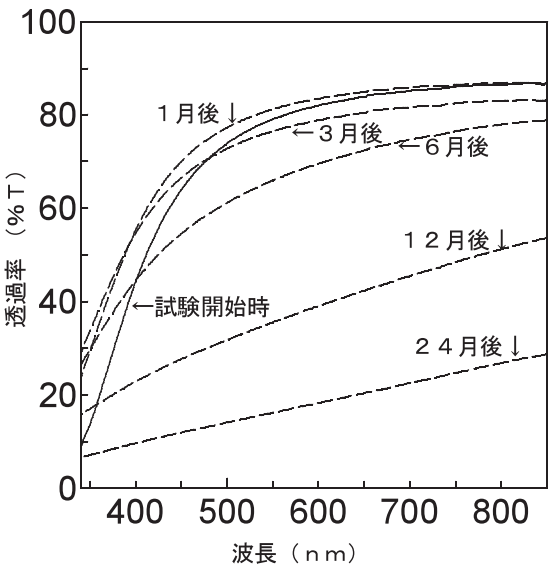


図９　屋外暴露試験　光線透過率（ラクティ）

それが，暴露時間とともに無色透明になり，次に白濁し半透明になる様子が図からも分かる。

３．８　促進暴露試験と屋外暴露試験

促進暴露試験と屋外暴露試験，それぞれの評価項目について，暴露時間との直線回帰分析を行い，相関係数が高く，傾き（回帰係数）がある程度ある評価項目について，傾きの比から，屋外暴露試験１年に相当する促進暴露時間を求めた結果が表１である。

表１　屋外暴露１年に相当する促進暴露時間（hr）

評価項目	ラクティ	ビオノーレ	ＡＢＳ樹脂
引張強さ	１３６	５０３	１１７３
曲げ強さ	５７６		
硬　さ		１１９０	１１３３
衝撃値		１１９７	１１４２
色　差	４７９		７９０

評価項目により違いはあるが，促進暴露においてはポリ乳酸（ラクティ）の劣化がより促進されているのがわかる。

なお，促進暴露試験の 1,500 時間は，積算照度だけで換算すると 324MJ/m^2 になる。これは千葉県銚子市の屋外における紫外線の放射露光量のほぼ１年分（321.74MJ/m^2）[11] に相当する。

４　おわりに

生分解性プラスチックは，化石燃料枯渇後のプラスチックに替わる材料として，また，現在のプラスチックよりは地球温暖化の原因となる炭酸ガス排出量の少ない材料として，注目されており，製品寿命の長い製品でも利用できないか検討が行われている。しかし，生分解性プラスチックは，成形加工後の物性値及び生分解性に関してのデータは豊富にあるものの，使用環境における耐久性にかんしてはデータが少ない。

そこで，生分解性プラスチックの中から，ポリ乳酸系とコハク酸系ポリエステルを選定，比較対照するプラスチックとしてＡＢＳ樹脂を選び，生分解性プラスチックの屋外暴露試験を行った。

その結果，ＡＢＳ樹脂，生分解性プラスチックともに３カ月ないし１２カ月で物性値に変化が見られた。しかし，生分解性プラスチックの方がＡＢＳ樹脂に比べ物性の低下が大きいということはなく，評価項目によっては生分解性プラスチックの方が耐久性が良い結果も得られている。

前報[1] で実施した促進暴露試験結果からは，1,000 時間でポリ乳酸（ラクティ）にかなりの物性低下と色差の変化が認められ，その結果からＡＢＳ樹脂より耐久性が劣ると予想された。

屋外暴露試験結果と促進暴露試験結果が違ったのは，非酵素的加水分解の影響を強く受けると言われているポリ乳酸（ラクティ）では，促進暴露試験に使ったスーパーキセノンウェザーメーターの諸条件が厳しすぎたためと思われる。実際の耐用期間を促進暴露試験から推定するためには，樹脂の性質に応じて，通常のプラスチックとは違った降雨条件や温度条件の検討が必要であると思われる。

また，屋外暴露試験において生分解による質量減少が予想されたがそのようなことはなかった。今回の屋外暴露条件では，地表から50cmの高さに設置したため，土壌分解菌の影響を受けにくかったためと思われる。

参考文献

1）小野章夫,伏木徹：栃木県産業技術センター研究報告, No.1, 115-118, (2004)
2）プラスチックエージ, vol.52 Jan, 75-101, (2006)
3）工業材料, 51, 3, 66-69, (2003)
4）Ｄ＆Ｍ日経メカニカル, 575, 65-70, (2002)
5）日本工業規格 JIS K 7152-1:1999 プラスチック－熱可塑性プラスチック材料の射出成形試験片－第１部：通則並びに多目的試験片及び短冊形試験片の成形
6）日本工業規格 JIS K 7139:1996 プラスチック－ 多目的試験片
7）竹澤信隆: "物質工学連合部会高分子分科会共同研究「生分解性プラスチックのフィールドテスト」栃木県県南工業指導所分担研究"（未発表）, (2000)
8）中山敦好: "産業技術連携推進会議物質工学部会高分子分科会資料", (2003)
9）伊藤公正： "プラスチックデータハンドブック" 工業調査会, (1980)
10）"産業技術連携推進会議物質工学部会高分子分科会資料", (2004)
11）日本工業規格 JIS K 7219:1998 プラスチック－ 直接屋外暴露，アンダーグラス屋外暴露及び太陽集光促進屋外暴露試験方法

経常研究

織り組織の変化による結城紬の試作

小嶋　一夫*　　金子　優*　　永田　順子*

Trial Production of Yuki-Tsumugi by a Various Weave

Kazuo KOJIMA，Masaru KANEKO and Junko NAGATA

結城紬の新しい製品作りを支援するため，地機を使用して製織できる平織を基本とした変化組織の結城紬への適用について検討した。その結果，地機の機仕掛けの修正や製織条件，糸使いを織り組織に適合させることで紬織物の製織を可能とすることができた。また，試織生地による見本帳を作成した。

Key Words：結城紬，変化組織，うね織

１　はじめに

本場結城紬の生産においては，国重要無形文化財の指定要件技術をはじめとするこれまで産地において培われてきた生産技法の伝承が重要である。

その一方で結城紬を購入する着物愛好家は，常に目新しいもの，新鮮な感覚のもの，他にない製品を求めており，こうした顧客のニーズを満足させる商品を伝統的な技法を生かしながらいかに製作するかが産地の課題となっている。

こうしたことから，本研究では結城紬の新製品開発を支援するため，結城紬の製織に使われている地機を使用して製織することができる平織を基本としたその変化組織の結城紬への応用等について検討し，数種の色糸による生地見本を作製したので報告する。

２　研究の方法

２．１　織上りシミュレーション

紬織物デザインシステム（両毛システムズDcats）を用いて生地の織上りをシミュレーションし，その結果を基に製織する織物の織り組織及び使用糸の太さ，色を決定した。シミュレーションの例を図１に示す。

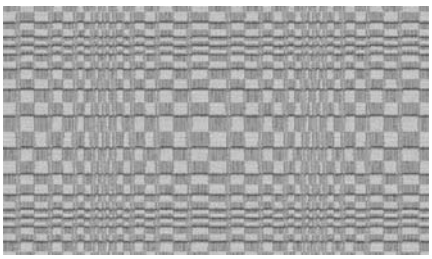


図１　織上りシミュレーション

２．２　織り組織

結城紬の地機で製織でき，かつ，平織の変化組織であることから，織り組織をよこうね織とした。たてうね織は，変化平織のひとつで１本のよこ糸が２本以上のたて糸の上（下）を渡ることからたて糸の方向に畝状を表した組織である。（図２）

また，この組織はたて糸の開口を行うためのかけ糸を組織に合わせて掛けることにより地機での製織が可能である。

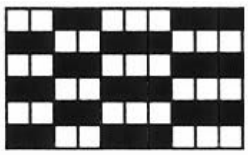


図２　よこうね織の組織図

本研究での製織には，よこうね織を基にこれと平織を組合せたたて糸の一完全が118本から成る５種類の組織を採用し，製織途中で順次織り組織を変えながら製織した。

２．３　使用糸

たて糸は本場結城紬で使われている真綿からつむいだ平均繊度180ﾃﾞﾆｰﾙの手紬糸とした。

よこ糸には平均繊度150ﾃﾞﾆｰﾙの手紬糸を使用するとともに，今回取り上げたよこうね織に対するよこ糸の変化を持たせるため，真綿を両手で引き伸ばして細くした糸（真綿引伸糸（まわたひきのばしいと））を用いた。真綿引伸糸の最も太いものの繊度は約3000ﾃﾞﾆｰﾙであった。

２．４　製織条件

製織条件は次のとおりとした。

筬　：63羽／寸（3.8㎝）

＊　栃木県産業技術センター　紬織物技術支援センター

通　幅：10.8寸（41cm）
羽　数：680羽
整経長：　5m
織　機：地機

２．５　織縮み率

平織とよこうね織のたて糸織り込みの違いを調べるため試織生地から糸を解し，次式により織縮み率を求めた。

$$\text{織縮み率}(\%) = \frac{(\text{ほぐした糸の長さ}) - (\text{織物の長さ})}{(\text{織物の長さ})} \times 100$$

織物の長さ：50 mm

２．６　配色

生地見本としてたて・よこ糸の色組合せを見るためたて４色、よこ５色の配色とした。

たて糸の染色は結城紬産地で通常行われている手紬糸の染色方法により行った。よこ糸は真綿の状態で染色することから，接触した真綿の間に染液が浸透しないことで生じる染むらに注意して染色した。

たて・よこ糸各々の染料使いは次のとおりである。

たて糸	①	赤系	ｶﾔｶﾗﾝ ｽｶｰﾚｯﾄGL	0.8 %o.w.f.
			ｲﾙｶﾞﾗﾝ ﾎﾞﾙﾄﾞｰEL	0.4
			ﾗﾅｸﾛﾝ ﾌﾞﾛﾝSGL	0.13
	②	黄系	ｲﾙｶﾞﾗﾝ ｲｴﾛｰGL	1.9
			ﾗﾆｰﾙ ｵﾘｰﾌﾞBG	0.1
	③	緑系	PM ｸﾞﾘｰﾝ GL	0.65
			ﾗﾆｰﾙ ｵﾘｰﾌﾞBG	0.48
			ｲﾙｶﾞﾗﾝ ｲｴﾛｰGL	0.07
	④	青系	ﾗﾆｰﾙ ﾌﾞﾘﾘｱﾝﾄﾌﾞﾙｰG	0.56
			PM ｸﾞﾘｰﾝ GL	0.16
			ﾗﾆｰﾙ ｵﾘｰﾌﾞBG	0.08
よこ糸	①	赤系	ﾗﾅｼﾝ ﾚｯﾄﾞBL	0.3 %o.w.f.
	②	黄系	ｲﾙｶﾞﾗﾝ ｲｴﾛｰGL	0.3
	③	緑系	ｶﾔﾉｰﾙｻｲﾔﾆﾝｸﾞﾘｰﾝ5G	0.3
	④	青系	ﾗﾆｰﾙ ﾌﾞﾘﾘｱﾝﾄﾌﾞﾙｰG	0.3
	⑤	橙系	ｲﾙｶﾞﾗﾝ ｵﾚﾝｼﾞRL	0.3

２．７　測色

染色した糸（真綿）及び製織した生地を分光測色計（ミノルタCM1000）を用いて10°視野、D_{65}光源により測色した。

３　結果及び考察

３．１　試織生地の製織性

今回試織した生地の一部を写真１に示す。

これを見ると完全ではないが図１に示したシミュレーション結果に近いものとなっている。これはよこ糸として太繊度の真綿引伸糸と通常の手紬糸を併用していることによるものと思われ，真綿引伸糸の繊度管理をより精度良く行うことができればシミュレーションしたものと同様の生地が製織可能である。

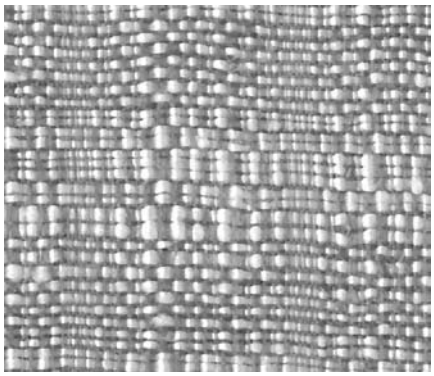


写真１　試織生地見本

織上り生地の長さ等は次のとおりである。

長　さ：4.93m
幅　：37.9cm
目　付：182 g / m²

これらを製織条件の値と比べると長さ，幅は手紬糸を使用した結城紬と大きな差はない。しかし，目付は通常の結城紬が120 g / m²程度であるのに対し，今回の生地は約40%重くなっており，真綿引伸糸の太さとその柔らかさによる打込増が影響していると思われる。

また，製織中の問題として，よこうね織部分のたて糸が織り進めるにつれ平織部に比べ弛む傾向が見られた。これは製織時の上糸，下糸の織り込み長さのアンバランスによるものと思われたため，あや棒の位置を通常時より下方に修正し，できるだけ上糸，下糸の織前までの長さを揃えるようにした。

この修正前・後のたて糸織縮み率を表１に示す。よこうね部の織縮み率は修正後も変わっていないが平織部は２%減少し，あや棒位置の修正によって平織部とよこうね部の糸長差が縮まっていることが分かる。

表１　たて糸の織縮み率（%）

	修正前	修正後
平　織　部	7.6	5.6
よこうね織部	1.8	1.7

地機による結城紬の製織ではたて糸の開口をするために下糸にかけ糸を使用し，通常の平織の場合にはたて糸１本ごとにかけ糸を結ぶのではなく，連続した長い糸が使われる。しかし，よこうね織を基本とした織り組織では，かけ糸を掛けるたて糸が２本以上（今回は最大10本）並ぶこと，製織の途中で織り組織が変わ

ることなどから通常の方法ではかけ糸掛けができないため，今回は長さ20㎝のかけ糸を予め用意して，組織図に合わせてたて糸を拾い，１本ずつかけ糸を結んだ。その結果，平織のかけ糸掛けに比較してかなりの労力を必要とするとともに，織り組織が平織のような２本単位のくり返しではないためたて糸拾いに間違いが生じやすく，より簡便な工夫が必要であることが分かった。

また，よこうね織では，開口時に隣り合ったたて糸の下糸が数本一緒に上下動することから，織り進めるにつれてたて糸に毛玉が生じ，かけ糸もまとまってしまう傾向が見られ，今後，かけ糸の材質や形状について検討しなければならないと考えられる。

３．２　色柄効果

物体色の数値による表示には種々の方法があるが，今回は色の３属性である明度，彩度，色相を直読できるＬＣＨ表色系により測色値を表した。この表色系では，明度，彩度は値が大きいほど明るく，あざやかなことを示している。色相は図３に示すような円上の角度で表され，赤は０°，黄は90°などとなる。

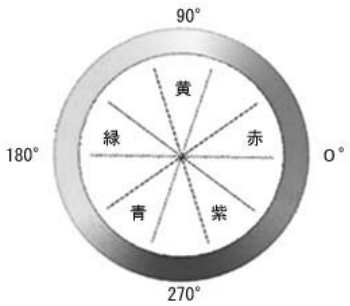


図３　色 相 環

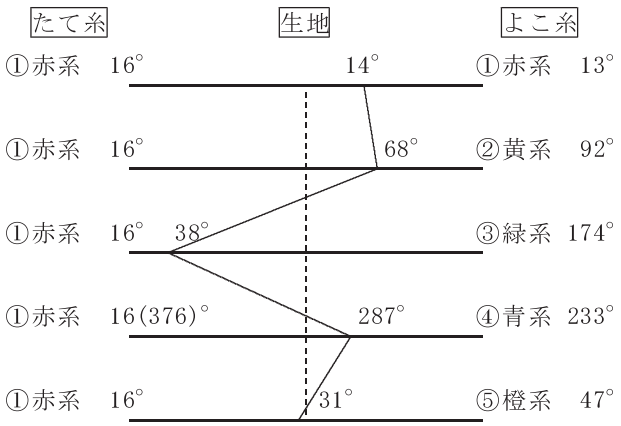


図４　たて糸・よこ糸・生地の色相角度

今回の試織では，４配色のたて縞に５色のよこ糸を段状に製織したため20種類のたて・よこ糸の組合せとすることができ，使用糸と同様に試織生地についても測色を行った。一例として，赤系のたて糸に５色のよこ糸を製織した時の織物の色相角変化を図４に示した。図の左側がたて糸の，右側がよこ糸の色相角で，その間にある数値が織り上がった生地の色相角である。また，生地の色相角がたて・よこ糸に対してどの位置に相当するかを折れ線で示してある。

これを見るとよこ糸に緑系を使ったもの以外は，生地の色相がよこ糸に近いか，たて・よこ糸の中央となっている。織り組織から考えるとよこうね織も平織を変化させたものであることから，たて糸とよこ糸の織物表面への出方は同じであり，糸使い等が同じであれば生地の色相はたて・よこ糸の中間値になると思われる。しかし，今回はよこ糸として手紬糸より太い真綿引伸糸を使用しているため，生地の色相にたて糸より大きく影響し，よこ糸寄りの色相となったものと考えられる。一方，緑系のよこ糸で織った部分の色相は，赤系であるたて糸の方に近い値となっている。印刷物などでは黄色と青色の混色によって緑色を出していることから測色値が赤系にシフトしやすいことも考えられるが原因は明らかではない。

また，色相の他，明度，彩度についても測定したが，試織生地は色相同様たて糸よりよこ糸の影響を大きく受ける傾向にあった。

４　おわりに

平織を基本とした変化組織による結城紬の生地見本を作成することにより，産地における新しい織物作製の参考資料とすることができた。

しかし，製織上の問題も多いことから，今後はこうした課題の解決を図り，技術を確立することにより紬織物業者への技術移転，結城紬の製品開発，需要開拓につなげたいと考えている。

参考文献

1)　嶋田和正, 金子幸一, 永田順子：栃木県紬織物指導所業務報告, (2002)
2)　吉田紘三：″手織りの実技工房″ 染織と生活社, (2003)
3)　日本繊維機械学会繊維工学刊行委員会：″繊維工学Ⅳ″ 日本繊維機械学会, (1988)
4)　一見輝彦：″繊維素材辞典″ ㈱ファッション教育社, (1974)
5)　ミノルタ技術資料：″測色機器による色管理″ ミノルタカメラ㈱, (1992)

経常研究

新品種繭を用いた本場結城紬の試作開発

金子　優*　　小嶋　一夫*　　永田　順子*

Trial Production and Development of the Yuki-Tsumugi by “Sasamayu”

Masaru KANEKO, Kazuo KOJIMA and Junko NAGATA

新品種繭「笹繭」（以下笹繭という）からつむいだ手紬糸を用いた高付加価値紬織物の試作開発について検討した．従来から原料として使われている繭（以下従来繭という）と笹繭の２種類の手紬糸と真綿について，物性及び風合いを調べたところ，笹繭の手紬糸の引張強さが従来繭の糸と比して，物性値及び風合いの評定共に有意に大きい（t-検定）ことがわかった．

また，原料の繭の耐光堅牢性について検討したところ，20時間経過時で笹繭の耐光堅牢度が低かったものの，全体として色差ΔE*a*b*は笹繭と従来繭でほとんど差はないことが明らかとなった．

さらに，笹繭を原料にした手紬糸を用いて本場結城紬160亀甲飛柄の試作を行ったところ，細かい絣柄の絣糸として活用できることがわかった．

Key Words : 結城紬，笹繭，官能評価，手紬糸，引張強さ

１　はじめに

本場結城紬の生産量はここ２，３年横ばい状況が続いている．こうした中，産地が生き残っていくためには継続的な高付加価値製品開発への取組が不可欠である．今回は，結城紬の特徴のひとつである手紬糸の原料に新品種繭を使用して，高付加価値製品の試作を行い，産地における新品種繭の利用促進及び新製品開発を支援することとした．本研究で用いた新品種繭「笹繭」は，従来繭に比べて蛍光性が大きく，強い抗酸化活性を持つなど新規性が高い[1]．

新規開発の繭からの織物試作に関する最近10年内の研究としては，次のようなものがある．①カラー繭から各種製品製作（群馬県蚕試）[2] ②太繊度繭「さきがけ」による製品試作（蚕糸・昆虫農技研及びグンゼ，京都府）[3),4)] ③極細繊度繭「はくぎん」による製品試作（群馬県繊工試，栃木県紬織指）[5),6),7)] ④黄色繭「黄白」・黄金生糸による製品試作（茨城県蚕業研及び繊工指[8),9)] ⑤埼玉県産繭（緑色繭）「いろどり」生糸による製品試作（埼玉県蚕試）[10] ⑥黄色繭「鐘光黄玉」による製品試作（栃木県紬織指）[6]

また，茨城県ブランド繭「大鷲」による結城紬の製品開発[11]（年間100反～200反）が栃木県及び茨城県の生産者・卸商の有志により進められており，当センターを含む栃木・茨城両県の公設試及び国の研究所が技術支援を行っている．

笹繭の手紬糸は細く，強度があり，市場ニーズが高まっている 160 亀甲飛柄など細かい絣柄の絣糸用として実用化出来る可能性が高い．

そこで，笹繭の物性や風合い等の性能評価を行うとともに，絣柄の本場結城紬の試作を行った．

２　研究の方法

本研究では，笹繭と従来繭の２種類の繭及びそれを原料とした真綿，手紬糸を使用した．なお，手紬糸は同じ取り手によって紡がれた糸を使用した．

２．１　原料繭の耐光性

繭の紫外線による耐光性について検討した．試料を切り開き，蛹を取り除いたものを使用した．

耐光試験は，耐光堅牢度試験方法（JIS L-0842）の第三露光法の処方により，7,20,40時間照射を行い，耐光性を評価した．その後，分光測色計(ｺﾆｶﾐﾉﾙﾀ社製CM1000)により測色し，L*a*b*表色系表示で評価した．

２．２　手紬糸及び真綿の性能評価

２．２．１　手紬糸の物性評価

笹繭及び従来繭からつむいだ手紬糸の引張強度を評価するため，（株）オリエンテック（現（株）エーアンドディー）製小型引張試験機を用いて，試験速度 50mm/minの条件で測定した．

２．２．２　手紬糸及び真綿のＳＤ法による官能評価

笹繭と従来繭の真綿と手紬糸の風合いについて，紬

*栃木県産業技術センター　紬織物技術支援センター

織物技術交流会参加企業及び紬織物技術支援センター職員を評定者として，ＳＤ法[13),14),15),16),17),18)]による官能試験を行った．

ここで，ＳＤ法（Semantic Differential Method）とはイリノイ大学の心理学者オスグッド(1957)が提案した方法である．服装などの対象に対して抱く印象やイメージなどの測定に用いられている[13),14)]．例えば，服飾や繊維，デザインが被験者の感情に及ぼす効果やイメージについて，「派手な/地味な」など相反する複数の形容詞対で構成される評定尺度を用いて，被験者に5～7段階で評価してもらう．そして得られたデータを統計的に解析すると，人がその刺激（服飾やデザインなど）に対してどのように感じるかといった情緒・感性的な印象を明らかにすることができる[13),15)]．

なお，今回は評価者の負担を軽減するため，真綿や手紬糸の強度や手触り風合いに関わる形容詞は対にせずに，表１に示した評価項目とその形容詞について，「そう思う」を1，「どちらとも言えない」を3，「そう思わない」を5とする5段階評価とした．

表１　ＳＤ法による評定項目

評価項目	形容詞
手紬糸の引張特性	強い
	突っ張る
	伸びやすい
手触り感覚	密な
（暖かさ）	なめらかな
（柔らかさ）	あたたかい
	やわらかい
	ふわふわした

２．３　手紬糸性能評価に関する因子分析

２．２で得られたデータを因子分析の手法を用いて分析し，手紬糸の性能評価に関する基本因子を抽出した．

また，因子分析には，Excelアドインソフト「多変量解析」（㈱エスミ），及び統計ソフトフェア簡易版「SPSS.ver.8」（㈱エスピーエスエスジャパン)を用いた．

２．４　本場結城紬の試作

２．４．１　使用糸・染色条件

全て笹繭の真綿からつむいだ手紬糸を使用した．

たて，よこそれぞれの糸の大きさは次のとおりである．

たて地糸：　平均　111デニール
たて絣糸：　平均　128デニール
よこ地糸：　平均　90デニール
よこ絣糸：　平均　112デニール

また，染色条件を表２に示す．

表２　　試作の染色条件

糸	染料づかい	
絣たて 地たて	ｲﾙｶﾞﾗﾝｲｴﾛｰGL PMｸﾞﾘｰﾝGL ﾗﾆｰﾙｵﾘｰﾌﾞ	0.24% 0.03% 0.03%
絣よこ 地よこ 生よこ 地たて	ｲﾙｶﾞﾗﾝｲｴﾛｰGL PMｸﾞﾘｰﾝGL	0.18% 0.10%
絣たて 地たて	ﾗﾆｰﾙｶｰｷG ﾗﾅｸﾛﾝﾌﾞﾛﾝGL	0.18% 0.02%

２．４．２　設計・デザイン

設計条件は，以下のとおりである．

筬　：　63羽／寸
通　幅：　10.8寸
羽　数：　680羽
整経長：　38尺
織　機：　地機

160亀甲飛柄の設計図案を図１のとおりデザインして，製織した．

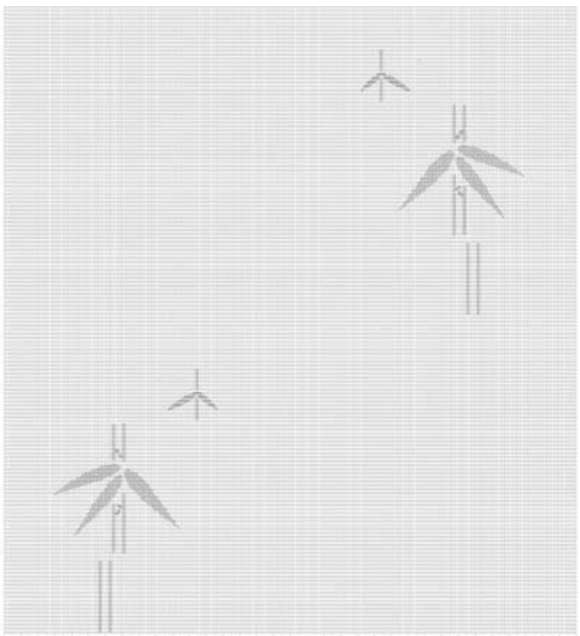


図１　160亀甲飛柄

３　結果と考察

３．１　原料繭の耐光性

笹繭と従来繭の耐光試験による色差変化を図２に示す．

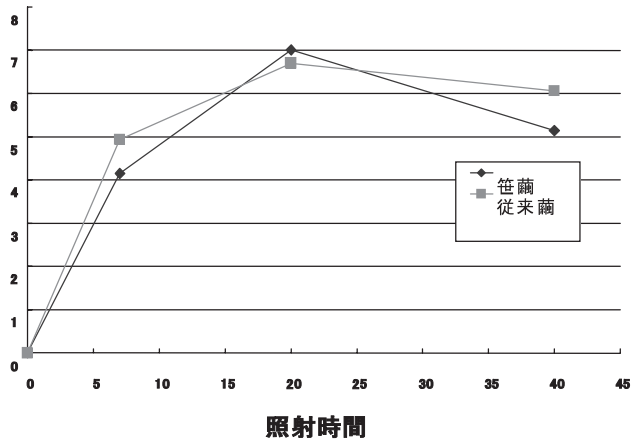


図２　耐光試験による繭の色差

色差は紫外線２０時間照射のときに笹繭，従来繭共に最大となった．笹繭の全体としての耐光性は，従来繭とほぼ同じレベルであり，実用性に問題はないと考えられる．

次に原料繭の耐光堅牢度試験の結果を表３に示す．

表３　原料繭の耐光堅牢度

	７時間	２０時間	４０時間
従来繭	３級以上	４級以上	４級未満
笹　繭	３級以上	４級未満	４級未満

表３から，２０時間経過のとき，笹繭は黄色色素の後退に伴い，従来繭より堅牢度が低下するが，４０時間経過後では，色差の変化が従来繭と同程度になるなど，堅牢度に大きな差は見られなくなっている．

３．２　手紬糸の物性評価

笹繭及び従来繭の引張強度を測定した結果を表４に示す．従来繭と笹繭の手紬糸の引張強度の平均値には差が存在し，笹繭の方が引張強度が大きいとの結果を得た．

表４　手紬糸の引張性能評価

	従来繭（錦秋鐘和）	笹繭
平均値(N)	1.802	2.192
標準偏差	0.0564	0.6635
観測数	30	30
分散	0.259	0.422

３．３　ＳＤ法

図３に評定者のSD法評価点の平均スコアを示す．

a-1からb-4までのそれぞれの評価項目の平均評定値に差があるかどうかについて，笹繭と従来繭を一対の標本に見立てて，評定平均値に差がないという帰無仮説を立てて，t-検定を行った．その結果は表５のようになった．そして，有意水準5%の両側検定では，a-1（強い），a-3（なめらかな），b-1（強い），b-3（ふわふわした），b-4（あたたかい）の４項目で，平均値に差がないという仮説は棄却された．つまり，手紬糸の強さ及びなめらかさでは，笹繭と従来繭に違いが認められ，真綿では，強さ，ふわふわした，あたたかいの各評価項目で両者に差が認められた．

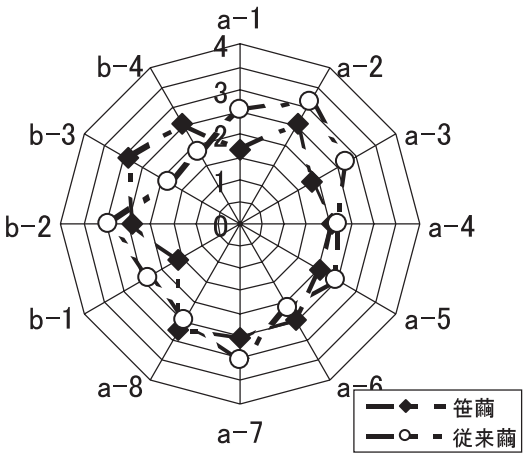


図３　ＳＤ法による手紬糸の平均評定値

表５　評定値の差の検定（t－検定）

	P（両側検定）	有意水準
a-1　強い	0.00328	１％
a-3　なめらかな	0.0143	５％
b-1　強い（真綿）	0.01068	５％
b-3　ふわふわした（真綿）	0.00152	１％

３．２と３．３の結果から，笹繭から紡いだ手紬糸は，従来繭のものよりも，物性並びに官能評価のいずれにおいても引張強度が優れていることがわかった．

また，引張特性における物性と官能評価の「強い」はかなり大きな相関があることがわかった．

表６　因子分析の結果

	形容詞	因子１	因子２	因子３	因子４
a-1	強い	0.97	-0.14	0.05	0.00
b-1	強い	0.82	0.06	0.01	0.14
a-2	密な	0.41	0.19	-0.43	0.05
a-3	なめらかな	0.39	0.44	-0.08	0.21
a-4	ふわふわした	-0.12	0.94	0.06	-0.20
a-5	やわらかい	0.36	0.75	0.03	0.00
a-8	伸びやすい	-0.15	0.51	0.54	0.23
b-4	あたたかい	-0.07	0.15	0.74	-0.04
a-6	あたたかい	0.27	0.01	0.71	-0.46
b-3	ふわふわした	-0.03	-0.02	0.70	0.40
a-7	突っ張る	0.11	0.03	-0.10	0.61
b-2	突っ張る	0.11	-0.12	0.19	0.72
回転後の負荷量平方和（a）		2.85	2.98	2.68	1.60

３．４　因子分析による性能評価因子の抽出

官能評価で得られた評定に因子分析（主成分分析，プロマックス回転）を適用して，統計ソフトにより解析した．その結果得られたパターン行列を表６に示す．表６から，因子１は引きが強いなどの力量性を示し，因子２はなめらか・ふわふわした・柔らかいなどの柔和性を，因子３があたたかくふわふわした温和性を，そして因子４は突っ張るなどの伸長性を示していることがわかる．表７は，因子を構成する形容詞群と負荷量平方和（絶対値 0.4以上），因子の解釈の関係を示したものである．

表７　因子と形容詞，負荷量，因子の解釈の関係表

因子	形容詞	回転後の負荷量平方和(a)	因子の解釈
1	強い×２，密な	2.85	力量性
2	なめらかな，ふわふわした，伸びやすい，やわらかい	2.98	柔和性
3	あたたかい×2，伸びやすい，ふわふわした，密な（マイナス）	2.68	温和性
4	突っ張る×２，ふわふわした，あたたかい（マイナス）	1.6	突張性

また，笹繭と従来繭のそれぞれについて因子の寄与度を計算すると，表８のようになる．笹繭が0.43，0.24など従来の繭（-0.43，-0.24）と比べて強度を示す因子の寄与度が大きいことがわかる．

表８　原料繭における各因子の寄与度

因子名	力量性	柔和性	温和性	突張性
従来繭	-0.43	-0.17	0.37	-0.24
笹繭	0.43	0.17	-0.37	0.24

３．５　本場結城紬の製織

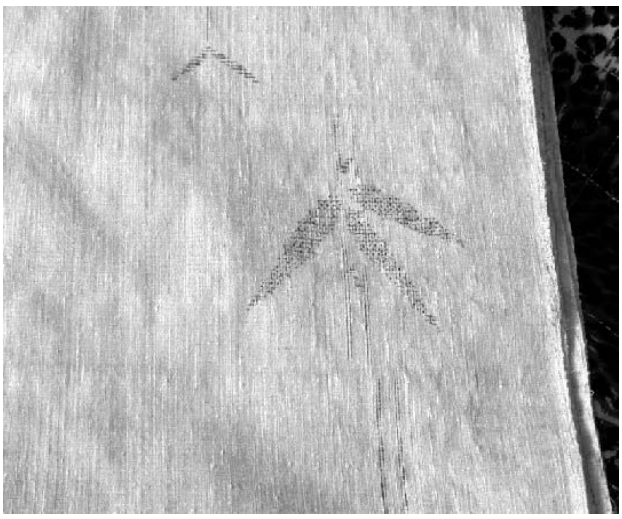


図４　１６０亀甲飛柄試作品

今回製織した１６０亀甲飛柄の試作品を図４に示す.
織り上がりの結果は次のとおりである.

長　さ　：１２．９ｍ
幅　　：３８．５ｃｍ
重　さ　：５０３　ｇ
密　度　：３６本/ｃｍ

絣糸の絣模様もくっきり現れており，縞のパターンや絣柄を替えることで，多様な柄の表現が可能である.また，従来の手紬糸を主に用いる場合でも，笹繭を絣糸として活用することで精緻な織物が製織できるものと思われる.

4　おわりに

笹繭と従来繭の２種類の繭の手紬糸・真綿について，物性試験及び官能評価により比較検討したところ，従来繭よりも笹繭の方が，物性値及び官能評価ともに優れている結果となった．また，繭の耐光堅牢性については，笹繭と従来繭の色差ΔE*a*b*　の差はほとんどなく，実用上問題ないことがわかった．笹繭からつむいだ手紬糸は，細くてしかも引張強度が従来繭と比べて強いことから，より細かい絣柄の絣糸への活用が可能となる．そこで，本場結城紬 160 亀甲飛柄を試作したところ，糊付けで若干工夫を要するものの特に問題となる課題はなかった.

現在，農林水産省所管の独立行政法人農業生物資源研究所では，笹繭の機能性を併せもつ繭粒の大きい品種の開発が進められている．今回の研究成果が，新たな試作品開発に取り組んでいる結城紬産地の有志により検討され，新製品開発へと発展していくことを期待している.

謝　　辞

最後に，本研究の図案の企画から手紬糸の性能評価，製織工程等，試作の各段階で，御協力をいただいた紬織物技術交流会参加企業をはじめ，関係者の方々に御礼申し上げます.

参考文献

1)　山崎昌良, 中村直子, 栗岡聡：大日本蚕糸会研究報告, No. 49, 43-48, (2001)
2)　岸弘子, 清水治ら：群馬県蚕業試験場研究報告, 5-10, 8(2002)
3)　野崎稔, 永易健一ら：研究成果情報（蚕糸・昆虫機能）, 2000, 2-3 (2001)
4)　大江尚夫, 安田昌洋，浜村洋：京都府織物指導所研究報告, 33-42, 25(1991)
5)　清水浩二, 小松秀和ら：群馬県繊維工業試験場
6)　金子幸一, 飯沼友英, 永田順子：栃木県紬織物指導所業務報告, 2000, 19-22, (2001)
7)　清水浩二, 中里晃ら：群馬県繊維工業試験場業務報告, 1998, 23-25, (1999)
8)　小林敏弘, 本庄恵美, 遠井光子：茨城県工業技術センター研究報告, 62-63, 24(1996)
9)　野口敬命, 中西洋, 富田健夫：茨城県農業総合センター蚕業研究所研究報告, 1-8, 4(1996)
10)　近達也, 小林明ら：埼玉農総研中山間営農試験研究成績書, 2001, 23-32, (2002)
11)　地域づくり研究会：結城紬の里づくり実践プロジェクト～歴史と手づくりのまち～説明資料, (2005)
12)　栗原章, 篠崎ヨネ, 永田順子：栃木県工業試験研究機関研究集録, 1992, 281-284, (1993)
13)　藤原康晴, 伊藤紀之, 中川早苗：服飾と心理, 放送大学教育振興会, 38-52, 2005
14)　加藤幸恵　：被服心理学演習ノート, 日本繊維機械学会被服心理学研究分科会, 4, 33-39, (2002)
15)　福田忠彦監修：人間工学ガイドー感性を科学する方法ー, サイエンティスト社, 125-173, (2004)
16)　操利一, 古川郁子ら：鹿児島県工業技術センター研究報告, 17-24, 11(1997)
17)　南風原朝和，市川伸一, 下山晴彦：心理学研究法, 放送大学教育振興会, (2003)
18)　藤原康晴, 伊藤紀之, 中川早苗：服飾と心理, 放送大学教育振興会, 53-66, (2005)

平成17年度

栃木県産業技術センター研究報告

第3号

Reports of Industrial Technology Center of Tochigi Prefecture

No.3（2006）

発　行　平成18年9月
発行所　栃木県産業技術センター

〒321-3224　栃木県宇都宮市刈沼町367-1
ＴＥＬ（028）670－3391
ＦＡＸ（028）667－9430