

平成 1 4 年度

研究報告書



滋賀県東北部工業技術センター

目 次

(1) 技術開発研究

環境感性高分子材料の開発研究

樹脂劣化検知材料の開発研究(2)	1
------------------------	---

環境感性高分子材料の開発研究	10
----------------------	----

廃棄タンパクを活用した複合材料の開発(2)

PVA/セリシンブレンドプラスチックの開発研究	12
-------------------------------	----

精練廃液からのセリシンの回収について	13
--------------------------	----

自動遠隔制御技術の開発に関する研究	16
-------------------------	----

機械部品材料の水環境への溶出の把握と溶出・腐食抑制技術に関する研究	20
---	----

精密機械部品の加工技術向上に関する研究	25
---------------------------	----

二酸化チタンによる水質浄化について(2)	33
----------------------------	----

時限的生分解樹脂(繊維)の製造及び評価に関する研究	35
---------------------------------	----

ワイヤ放電加工における精度向上に関する研究(2)	37
--------------------------------	----

織物表面加工法の開発	43
------------------	----

高分子量セリシンの用途開発	46
---------------------	----

ヨシ苗定着資材の実用化研究(II)	50
-------------------------	----

コンクリートのスケーリング劣化防止剤の耐候性に関する研究	54
------------------------------------	----

(2) デザイン研究

地域産業におけるデザイン創作支援	58
------------------------	----

(3) 試作研究

絹を活用した新規素材の開発	60
---------------------	----

環境感性高分子材料の開発研究

- 樹脂劣化検知材料の開発研究 (2) -

繊維・有機環境材料担当 宮川 栄一

要旨 ポリエチレンの一次構造の種類による劣化への影響と、劣化検知樹脂の実用化に向けた検知機能の高性能化を検討した。その結果、一次構造の違いが光照射に伴って起こる分子の切断・架橋に影響を及ぼし、光照射時間が 20 時間以上で結晶化に影響を及ぼす構造変化があることが示唆された。また、顔料の退色促進のため、ラジカル発生剤と増感剤を添加したが、著しい効果は認められなかった。複数顔料の混練方法は、色変化が明確で、検知時期の制御に効果的であると分かった。

1. はじめに

本研究では、光劣化による機能低下が原因で起こる事故を未然に防ぎながら、プラスチック材料の長期使用を可能にするための指標、つまり「センサー/インディケータ機能」を示す劣化検知樹脂を開発するため、ポリオレフィン材料を使用し、その可能性を検討してきた。ポリオレフィン材料は、フィルム製品のほか構造材料としても使用されており、検知技術の開発による材料の安全性・信頼性の向上が期待され、併せて地球資源の有効利用を図ることが求められている。

本年度は、劣化検知の対象となるポリエチレンの一次構造の種類による劣化進行の違いを評価するとともに、劣化検知樹脂の実用化に向け、検知機能の高性能化を図ることを目的としている。

2. 実験

2.1 試料

実験に用いたポリエチレンは、SCIENTIFIC POLYMER PRODUCTS, INC. 製無添加低密度ポリエチレン LDPE#042、高密度ポリエチレン HDPE#041、および酸化防止剤等を含む(株)東ソー製市販品 LDPE#183、LLDPE#ZF230、HDPE#4010を使用した。各ポリエチレンペレットのフィルム成形後(厚み 0.075mm)の DSC 測定による融点(吸熱ピーク温度)および融解熱を表 1 に示す。

表1 ポリエチレンの物性

種 類	厚み	熱処理	融点 ^{*1)} (^o C)	融解熱 ^{*1)} (J/g)
無添加 LDPE #042	0.075mm	急冷	110.6	101.7
LDPE #183	0.075mm	急冷	107.6	99.2
LLDPE #ZF230	0.075mm	急冷	117.3	107.3
無添加 HDPE #041	0.075mm	急冷	124.2	181.4
HDPE #4010	0.075mm	急冷	128.6	224.2

^{*1)}(株)リガク DSC8230D

2.2 試薬

顔料として、大日精化工業(株)製 A110 レッド¹⁾、セカファーストII- 2600、シアンプル- 4920G、デュポン社製 R101 チタン、ラジカル発生剤として、Aldrich Chemical Company Inc. 製 N-フェニルグリシン、増感剤として、Aldrich Chemical Company Inc. 製ピレン、東京化成工業(株)製 7-ジエチルアミノ-4-メチルキノリン、3-(2-ベンゾチアゾリル)-7-(ジエチルアミノ)キノリン²⁾、3-(2-ベンゾイミダゾリル)-7-(ジエチルアミノ)キノリン、光安定剤として、旭電化工業(株)製ヒンダードアミン系アデカタブ LA-63P³⁾、エア・ブラウン(株)製蛍光顔料アーク・IIQ- ZQ-16⁴⁾、シプロ化成(株)製紫外線吸収剤 SEESORB712、二色性色素として、三井化学(株)提供のサンプルを用いた。

2.3 フィルム成形

(株)東洋精機製作所製ミキサー R100H を使用し、温度 150^oC、10 分間 PE ペレットと顔料等添加物を熔融混練して自然冷却した後、(株)ホーライ製粉碎器 UGC-280KGS で試料を粉碎した。

フィルムは、テクノサプライ(株)製卓上型ホットプレスを使用し、圧力 20MPa、温度 150 で、余熱 2 分、プレス 3 分の条件で粉碎試料を加圧し、水冷冷却板中で急冷した。成形は、表面をエタノールで十分洗浄した東レ製 PET フィルム (75 μ 厚) で試料を挟んでプレスした。

延伸試料は、テクノサプライ(株)製フィルム延伸装置を使用し、室温で 5mm/sec の速度で作製した。

2.4 劣化試料の作製

スガ試験機(株)製スーパーキセノンウェザーメータ SX-75 を使用し、7.5kW のキセノンランプで (290 ~ 800nm, 550W/m²)、ブラックパネル温度 63、湿度 50 % の条件で光照射した。

2.5 DSC による融解熱の測定

DSC 測定は、理学電機(株) DSC8230 を使用し、5mm ϕ のアルミニウムパンに試料を入れ、昇温速度 10 /min.、測定温度：室温 ~ 150 で加熱測定を行った。融点は吸熱ピーク温度 T_p を示す。

2.6 FTIR によるカルボニル基の吸光度測定

(株)島津製作所製顕微フーリエ変換赤外分光分析装置 FTIR-8300 を使用し、透過法により 1715 ~ 1720cm⁻¹ 付近に現れるカルボニル基 (>C=O) の伸縮振動の吸光度を求めた。

2.7 紫外可視吸光度および二色比の測定

吸光度は、(株)島津製作所製紫外可視分光光度計 UV-1600PC を使用し、波長 400 ~ 800nm の範囲で測定した。二色比は、ケニス(株)製の厚み 0.2mm 偏光フィルムを延伸方向に並行および垂直方向に設置して測定した。

フィルムの延伸方向に並行な光を当てた時の吸光度を A 、垂直な時の吸光度を $A_{\perp}$ とし、二色比 D を式(1)により求めた。

$$D = A / A_{\perp} \quad \text{式(1)}$$

2.8 機械的強度の測定

応力-ひずみ測定は、インストロン・ジャパン(株)製万能抗張力試験機 5569 型を使用し、温度 23 $\pm$ 2、相対湿度 50 $\pm$ 5% の恒温恒湿室で速度 20mm/min. で実施した。

2.9 分子量分布の測定

日本ウォーターズ(株)製 Alliance GPCV-2000 を使用し、溶媒 ODCB, 140 で分析して、 M_n , M_w , M_z を求めた。

2.10 色差の測定

ミノルタ(株)製色差計 CM-3500d を使用し、 x 値 (赤味成分) の変化を測定した。

3. 結果と考察

3.1 劣化検知時期への一次構造の影響

現在ポリエチレンは、年間 329 万トン生産されており⁵⁾、その用途により種類は非常に多い。重合触媒や製法により様々な構造の PE が生産されており、代表的な構造としては、図 1 に示すような (a) LDPE、(b) LLDPE、(c) HDPE に分類される。

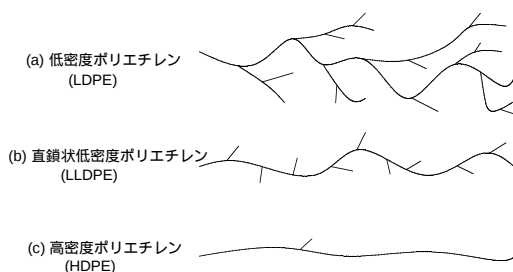


図1 ポリエチレンの構造

平成 13 年度の研究において、一次構造と機械的強度の関係について調べた¹²⁾。いずれの PE も約 4 日間の劣化誘導期間中の強度変化は小さいが、その後、程度の差はあるものの全ての PE で急激な強度低下傾向を示した。従って、光照射によって分子量分布に大きな変化があると考えられたため、分子量分布を GPC により測定した。

一次構造の異なる PE について、0, 1, 2, 4, 8, 16 日間の光照射後の分子量測定結果を表 2 に示す。また、市販品 PE の分子量分布を図 2 に示す。

表2 高温GPCによる分子量測定結果

exposure time	LDPE#042			LDPE#183			LLDPE#230			HDPE#041			HDPE#4010		
	Mn	Mw	Mw/Mn	Mn	Mw	Mw/Mn	Mn	Mw	Mw/Mn	Mn	Mw	Mw/Mn	Mn	Mw	Mw/Mn
unexposed	51,841	198,510	3.83	55,480	193,141	3.48	72,248	240,694	3.33	41,747	255,218	6.11	40,942	229,938	5.62
1day	57,717	225,128	3.90	47,022	212,708	4.52	70,741	243,464	3.44	40,960	260,529	6.36	34,311	222,512	6.49
2days	52,766	279,646	5.30	51,223	212,052	4.14	70,000	236,700	3.38	35,487	263,714	7.43	35,039	205,646	5.87
4days	46,716	408,606	8.75	42,435	304,700	7.18	62,343	222,065	3.56	38,994	205,519	5.27	34,248	226,568	6.62
8days	27,287	172,786	6.33	28,508	250,487	8.79	46,228	180,034	3.89	31,798	118,310	3.72	26,244	146,963	5.60
16days	12,987	47,597	3.66	12,271	43,931	3.58	23,715	78,294	3.30	14,027	47,934	3.42	19,796	64,225	3.24

いずれの PE も光照射によって分子量が大きく低下し、LDPE では、同時に高分子量成分が増加している。分子量低下の原因は分子の切断であり、増加は架橋によって起こると考えられる。⁶⁾ 従って、分子構造の変化が PE の機械的物性に大きな影響を与えていると考えられる。

とともに低下している。一方、Mw は、張力、耐衝撃性のような強度特性に関連する指標となるが、一次構造によって異なる。特に LDPE では、4 日間の誘導期間後⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾、架橋の進行が原因で大きく上昇している。

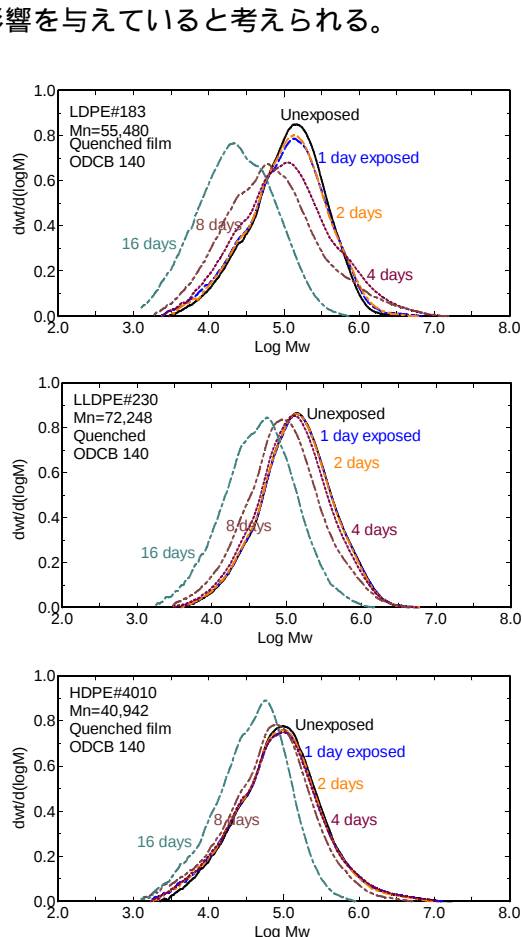


図2 光照射時間に対する分子量分布の変化

次に、光照射時間に対する数平均分子量 Mn および重量平均分子量 Mw の変化を図 3 に示す。

Mn は、脆性、流動特性、圧縮永久ひずみに関連する指標となるが、いずれの PE も光照射時間

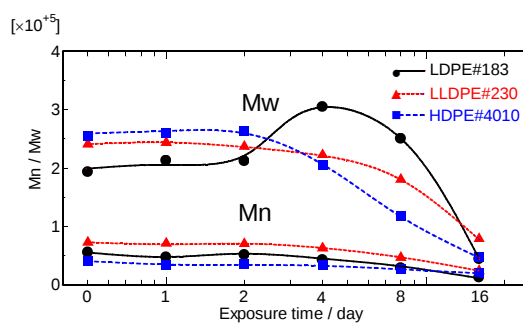


図3 光照射時間に対する Mn, Mw の変化

また、分子量分布の幅を示す多分散度 Mw/Mn を図 4 に示す。LDPE の多分散度において、Mw の上昇による影響が顕著に出ている。

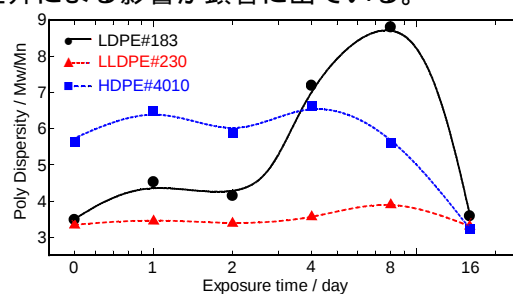


図4 光照射時間に対する多分散度の変化

3.2 光安定剤の効果

一般にプラスチックの成形加工時には、劣化を抑制して物性低下を抑えるための各種添加剤が使用されている。主たる添加剤である安定剤は、機能別にラジカル連鎖開始阻害剤、ラジカル捕捉剤、過酸化分解剤に分けられる。また、改質のため

可塑剤，難燃剤，滑剤，帯電防止剤，造核剤等が併せて用いられる場合が多い。

ここでは，図 5 に示す代表的なラジカル捕捉剤であるヒンダードアミン系光安定剤(HALS)の光劣化抑制効果を確認するため，無添加 LDPE に HALS を 0 %，0.05 %，0.1 %，0.3 %，0.5 % 添加した厚み 0.3mm のフィルムを作製して光照射し，HALS 添加量に対するそれぞれのカルボニル基吸光度の変化を比較した。結果を図 6 に示す。

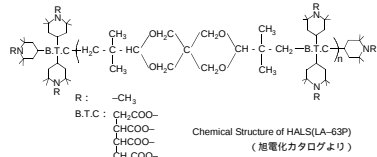


図5 ヒンダードアミン系光安定剤(HALS)³⁾

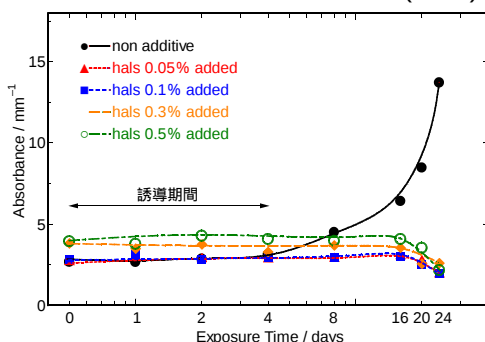


図6 光照射時間とカルボニル基吸光度の変化

無添加 LDPE が誘導期間後急激にカルボニル基吸光度が増加する一方，HALS を添加したフィルムは，24 日間光照射しても，吸光度は全く増加せず，HALS の光酸化防止効果が非常に大きいことを証明した¹¹⁾。今後さらに光照射時間を延ばし，誘導期間および添加量との関係を調べる必要がある。

次に，HALS を含むフィルムの紫外可視吸収スペクトルを測定することによって安定剤の変化を調べた。結果を図 7 および図 8 に示す。

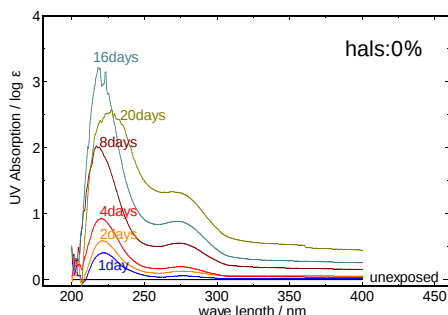


図7 光照射時間に対する紫外可視吸光度の変化

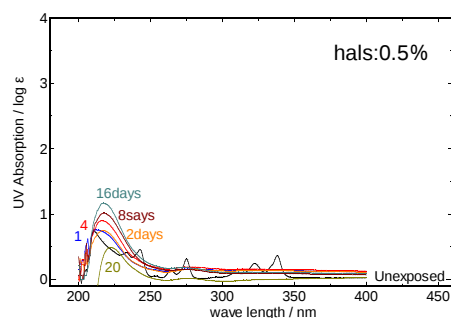


図8 光照射時間に対する紫外可視吸光度の変化

図 7 の HALS を添加しない場合，220nm をピークに 200 ～ 300nm 付近の吸光度が光照射時間とともに大きく増加している。この範囲の吸収帯は，共役性吸収帯やラジカル性吸収帯である。つまり，光照射によって構造変化を起こしていることが確認できた。この吸収帯の明確な帰属はできないが，主な化合物では，カルボン酸(R-COOH)は 208nm，エステル(R-COOR')は 211nm，ポリエン化合物(H-(CH=CH)_n-H，*n*=2)は 217nm に帰属し，これらに帰属される可能性は高い。¹²⁾

図 8 の HALS を添加した場合は，未照射時に HALS 特有の吸収が現れるが，光照射後の変化は少ない。

3．劣化再製膜の物性評価

一旦，PE 材料が製品として環境中に曝された場合，多少なりとも光劣化が進行する。従って材料のリサイクル性を評価，確認する必要がある。

無添加 LDPE に 8，12，20 日間光照射した後，再度フィルムに再製した試料の物性を測定した。

表3 再製膜の熱物性

照射時間	薄膜(0.1mm)	厚膜(0.3mm)	再製膜(0.1mm)
未照射	110.7 ()	111.4 ()	110.7 ()
	109.4 (J/g)	104.3 (J/g)	109.4 (J/g)
	38.1 (%)	36.3 (%)	38.1 (%)
8 日	110.0 ()	111.2 ()	111.1 ()
	129.4 (J/g)	104.9 (J/g)	113.3 (J/g)
	45.1 (%)	36.6 (%)	39.5 (%)
12 日	111.0 ()	110.6 ()	110.7 ()
	136.5 (J/g)	129.6 (J/g)	105.7 (J/g)
	47.6 (%)	45.2 (%)	36.8 (%)
20 日	111.0 ()	110.9 ()	111.5 ()
	141.1 (J/g)	145.3 (J/g)	126.1 (J/g)
	49.2 (%)	50.6 (%)	43.9 (%)

注) 上段：融点()
中段：DSC から求めた融解熱(J/g)
下段：DSC 融解熱から求めた結晶度(%)

表 3 に DSC による融点，融解熱の測定値，および完全結晶の融解熱を $287\text{J/g}^{13)}$ とした時の結晶度の計算値を示し，表 3 に融解熱の変化を示す。

融解ピーク温度に大きな差はなく，結晶構造そのものの変化は小さいように考えられる。しかし，通常光劣化によって結晶度は増加するが，溶融再製した場合は，12 日までの試料では結晶度は増加しないが，20 日の試料では，再製処理によって大きな結晶度を持つ試料が得られることが分かった。これは，分子切断など一次構造に変化が生じ，結晶化しやすい構造に変わっていることを示唆している。

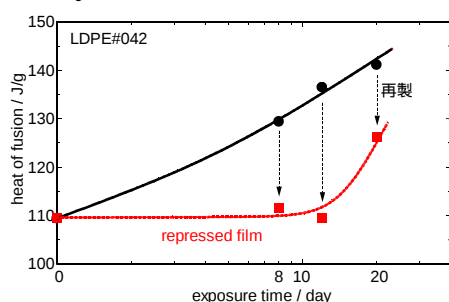


図9 光照射時間に対する融解熱の変化

図 10 に，上から 8，12，20 日間光照射後および再製膜の応力-ひずみ曲線を示す。

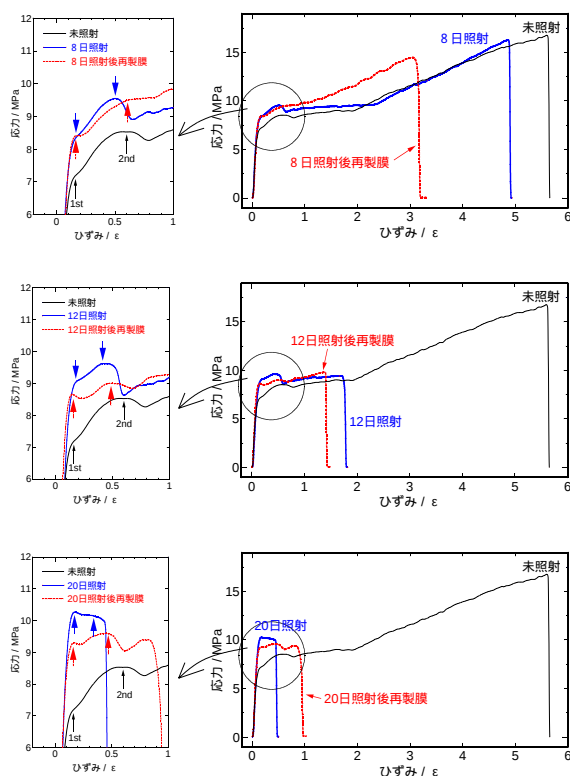


図10 光照射試料の応力 - ひずみ曲線

劣化後，破断応力および破断ひずみが小さくなっている。また，PE には2つの降伏点が観察される。第一降伏は，結晶相の微視的な崩壊(tilting)であり，それには非晶鎖はほとんど関与しないため劣化の影響を受けず，第一降伏点ひずみは変化しない。しかし，第二降伏は，規模の大きい結晶相の崩壊(twisting)であり，非晶相の分子鎖の切断が直接関与するため，劣化後の第二降伏点ひずみは小さくなる。それぞれの降伏応力が，劣化後大きくなるのは，結晶度の違い，あるいは球晶の完全性を反映したものと考えられる。¹⁴⁾¹⁵⁾

4．劣化検知の高機能化

4-1 劣化促進剤添加による退色効果

今までの研究で，顔料の退色を早めるための促進剤を種々検討してきたが，大きな効果は得られていない。このため，より効果のある促進剤となりうるラジカル発生剤と増感剤の有効な組合せについて，文献等の調査から表 4 に示す組み合わせをリストアップし，検討することとした。

表4 効果が期待される組み合わせ

No.	ラジカル発生剤	増感剤
1	N-フェニルグリシン(NPG) ¹⁶⁾¹⁷⁾	ケトマリン誘導体 ¹⁶⁾¹⁷⁾
2	N-フェニルグリシン(NPG)	3-(2-ベンゾイミダゾリル)-7-(ジエチルアミノ)マリン ²⁾
3	N-フェニルグリシン(NPG)	3-(2-ベンゾイミダゾリル)-7-(ジエチルアミノ)マリン ²⁾
4	N-フェニルグリシン(NPG)	7-ジエチルアミノ-4-メチルマリン ²⁾
5	N-フェニルグリシン(NPG)	チオサテン色素(TXD) + ジフェニルエーテル ¹⁶⁾
6	N-フェニルグリシン(NPG)	チオサテン色素(TXD) + ホリ(N-ビニルピロリドン)(PVP) ¹⁶⁾
7	3-フェニル-5-イソオキサゾール(PIO) ¹⁶⁾	メシアニン色素 ¹⁶⁾
8	2-メチル-5-ベンゾイミダゾール ¹⁶⁾	芳香族ケトン ¹⁶⁾
9	イミダゾール二量体 ¹⁶⁾	アリジン色素 ¹⁶⁾ 、アリルケトン色素 ¹⁶⁾
10	ジフェニルエーテル ¹⁶⁾	メシアニン色素 ¹⁶⁾
11	1,3-(<i>tert</i> -フェニルチオカルボニル)ベンゼン(PBIF) ¹⁶⁾	チロリウム塩 ¹⁶⁾ ，メシアニン色素 ¹⁶⁾
12	3,3',4,4'-テトラキス(<i>tert</i> -フェニルチオカルボニル)ベンゼン(BTTB) ¹⁶⁾	キリリン ¹⁶⁾ ，スリルリル系色素 ¹⁶⁾

表 4 中の No.1 ~ No.6 に示すラジカル発生剤 N-フェニルグリシンは，図 11 に示すように，多

環状芳香族炭化水素や、ケトクマリン化合物などの光増感剤と同時に用いた場合¹⁷⁾、光酸化還元反応により水素移動反応が起こり、ラジカル活性種を生み出すことが知られている。¹⁶⁾

さらに池田らの研究¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾で、ピレンを光増感剤とする2,4-位にメチル基を持つNPG(NDMPG)が、光分解性が非常に高いと報告されており、退色促進に効果が期待できる組み合わせではないかと考えられる。

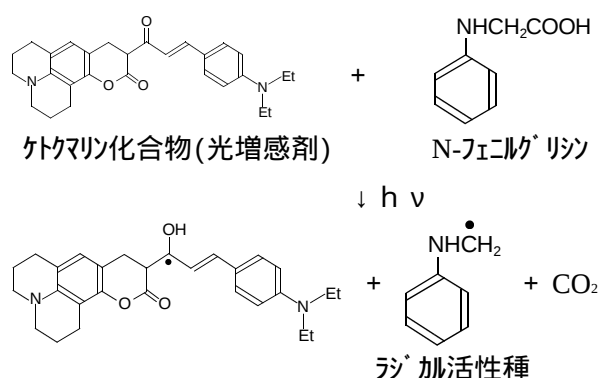


図11 ケタマリン化合物を光増感剤とするラジカル発生

本研究では、入手可能な試薬を使用し、表5に示すラジカル発生剤と増感剤を組合せたフィルム試料を作製して、光照射時間に対する顔料の退色効果を調べた。顔料層は橙蛍光顔料フィルムとTiO₂フィルムで積層し(厚み0.15mm)、0, 1, 2, 4, 8, 16日間光照射した。結果を写真1に示す。

表5 試験フィルム(1)

No.	樹脂	顔料	ラジカル発生剤	増感剤
1	LDPE #042	A110 レッド 1wt%	無添加	無添加
2	LDPE #042	A110 レッド 1wt%	N-フェニルグリシン 0.5wt%	ピレン 0.5wt%
3	LDPE #042	A110 レッド 1wt%	N-フェニルグリシン 0.5wt%	7-ジエチルアミノ-4-メチルキノリン 0.5wt%
4	LDPE #042	A110 レッド 1wt%	N-フェニルグリシン 0.5wt%	3-(2-エチルベンゾイミダゾリル)-7-(ジエチルアミノ)キノリン 0.5wt%
5	LDPE #042	A110 レッド 1wt%	N-フェニルグリシン 0.5wt%	3-(2-エチルベンゾイミダゾリル)-7-(ジエチルアミノ)キノリン 0.5wt%

外観上の色変化は、無添加フィルムに比べ大きな促進効果は認められず、退色速度はほぼ同じであった。

色差計による測定結果を図12に示す。赤味の程度を示すx値($X/(X+Y+Z)$)で評価すると、No.1 ~ No.3は、ほとんど同じ退色傾向を示したが、No.4では2日間照射後まではx値は下がらず、その後急激に低下した。これは、増感剤の色が影響していると考えられる。また、No.5は、2日~4日にかけて急激にx値が低下するという特異なパターンを示した。

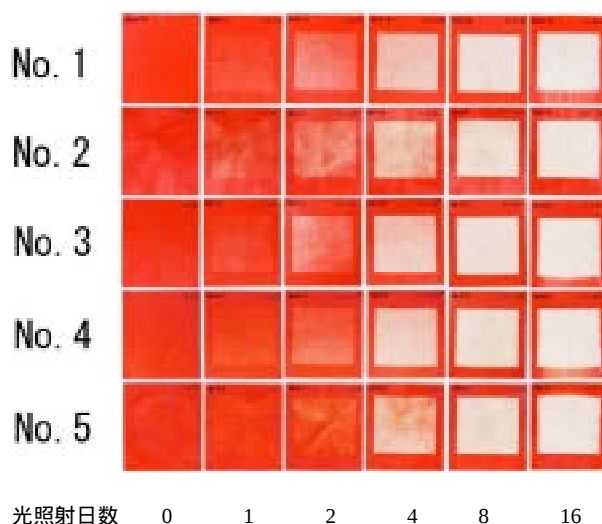


写真1 添加した劣化促進剤の退色効果

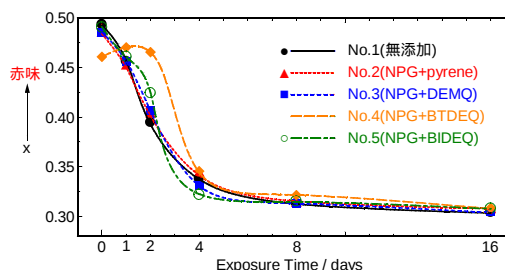


図12 x値(赤味)の変化

4-2 顔料の混合方法による退色効果

今までの研究では、フィルム中に顔料を単独に混練したが、ここでは表6に示すように、光照射によって「退色し易い顔料(赤)」と「退色し難い顔料(黄、青)」を混合混練し、劣化後に「退色し難い顔料(黄、青)」の色のみを発色させる方法での色変化を調べた。さらに、これらのフィルムに光安定剤+紫外線吸収剤(退色延長効果)を添加することによって、顔料の退色時期がどのように変化するかも調べた。フィルムの厚みは、0.15mmである。

光照射前後に測定した色差測定の結果を写真2

および図 13 に示す。

表6 試験フィルム(2)

No.	樹脂	顔料	光安定剤 + 紫外線吸収剤
1	LDPE #042	A110 レッド 1wt% IP-2600 1wt%	無添加
2	LDPE #042	A110 レッド 1wt% ブルー 4920G 1wt%	無添加
3	LDPE #042	A110 レッド 1wt% IP-2600 1wt% ブルー 4920G 1wt%	無添加
4	LDPE #042	A110 レッド 1wt% IP-2600 1wt%	HALS(LA-63P) 0.5wt% SEESORB712 0.5wt%
5	LDPE #042	A110 レッド 1wt% ブルー 4920G 1wt%	HALS(LA-63P) 0.5wt% SEESORB712 0.5wt%
6	LDPE #042	A110 レッド 1wt% IP-2600 1wt% ブルー 4920G 1wt%	HALS(LA-63P) 0.5wt% SEESORB712 0.5wt%

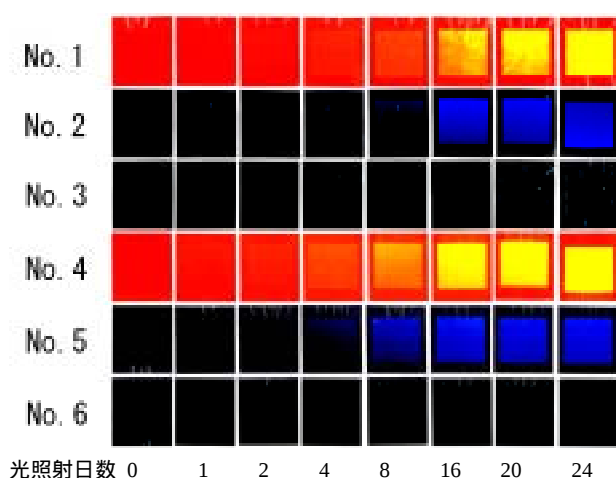


写真2 混合顔料の退色効果

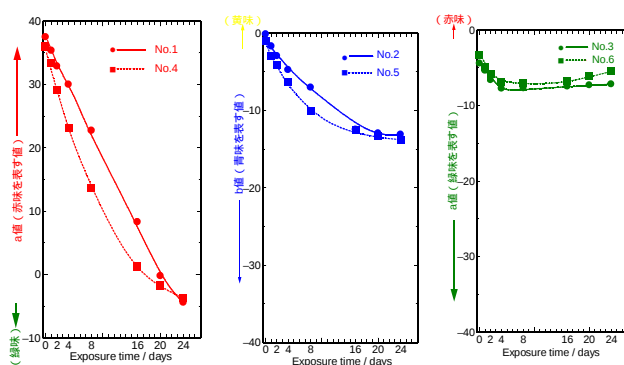


図13 色差の変化

No.1 および No.4 は、酸化誘導期間後、光照射時間とともに顔料(赤)が急激な退色傾向を示して a 値が低下したが、光安定剤を加えた No.4 の方が意に反して退色速度が速かった。No.2 および No.5 も同様に b 値が低下して青色が発色した。一方、No.3 および No.6 は、フィルムを透かして観察すると緑色が出現し、劣化検知機能として優

位な退色傾向を示した。つまり 4 日目までに a 値が小さくなり、4 日以降はほとんど変化しなかった。ただし、見た目をさらに明確にするためには厚みをもっと薄くする必要がある。

4-3 二色性色素の特性変化による検知の検討

液晶や偏光フィルムに用いられている色素の中に、二色性を示す材料がある。この色素は、アゾメチン系、アントキノ系、アゾ系、メシアン系などが知られているが、1つの振動方向の光(偏光)を選択的に吸収し、直交する偏光は吸収しないという性質を持っている。例えば PET 基材(疎水性)や PVA 基材用(水溶性)の色素¹⁶⁾が実用化され、二色比が 20 を超える製品(高性能色素の場合は、二色比が 40 ~ 50)も出ている。フィルム製品では、この二色性機能を発現させるために、色素を混練して一軸延伸加工することによって強制配向させたものが使用されている。

本研究では、この光学的異方性である二色性の変化を利用すれば、PE の劣化検知に適用できる可能性があるのではと考え実験・検討を加えた。つまり、図 14 に示すように、一方向に配向させた延伸フィルム中の二色性色素は、光照射によって分子鎖の緊張緩和と切断で配向が崩れることによって二色性を示さなくなると考えられるためである。

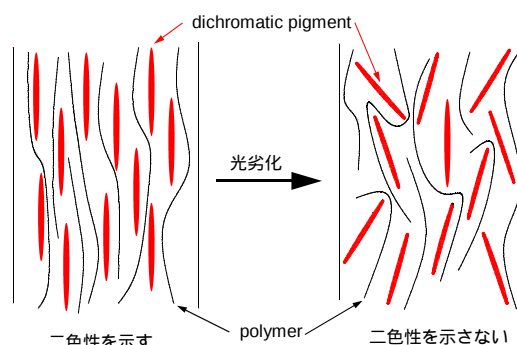


図14 劣化前後の二色性色素の配向イメージ

そこで、二色性色素を PE に混練して延伸配向させたフィルムを作製し、二色比が光照射前後で変化しないか調べた。

延伸処理によって試料中の分子を配向させるには、結晶が粘弾性となる結晶緩和温度で効率よく

行われる。この温度では、結晶の部分的回転や結晶面に沿ったすべりが起こりやすく、分子鎖の折れ置みが解けて繊維構造へ変換していくためである。センターには、恒温槽付き延伸装置がないため、写真3に示すフィルム自動延伸装置を用い常温で延伸した。作製した試料を写真4に示す。



写真3 フィルム自動延伸装置(赤外二色比測定用)



写真4 二色性色素を含む延伸前後のフィルム

図15に24日間の光照射前後の延伸フィルム(青)の可視光吸光度二色比を示す。この色素は、約647nm付近に最高の二色比を示している。光照射前での二色比が3.7、照射後が4.2を示しており、上述の考え方に反する結果が得られた。

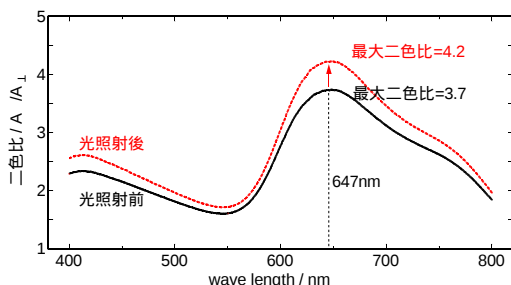


図15 光照射前後の可視光吸光度二色比

なぜ、光照射後に二色比が増加するのか、原因は不明であり、試料作製方法と併せて、さらに詳細な調査と実験を要する結果となった。

5. 今後の課題

本研究では、光照射時間に対して誘導期間後、顔料の急激な退色速度の実現を目指した。今後、さらに実用化に近づけるため、劣化検知対象としての具体的な製品ターゲットを定めて機能向上を図る必要がある。

また、退色性顔料と促進剤の選択、顔料の混合混練、厚みが色変化特性に及ぼす影響の把握と性能向上をさらに進める必要がある。

また基礎実験として赤外二色比の測定により、結晶・非晶挙動や劣化生成物の配向挙動を解明することも劣化検知を精度よくするために必要である。また、本研究をさらに進めることによって、熱履歴など環境履歴記憶(検知)材料への応用など新たな応用展開も可能となる。

6. まとめ

- (1)一次構造の違いは、光照射に伴って起こる分子の切断・架橋に影響を及ぼしている。
- (2)劣化試料再製膜のDSC測定は、光照射時間が20時間以上で結晶化に影響を及ぼす構造変化があることを示唆している。
- (3)ラジカル発生剤と増感剤の添加は、用いた顔料に対しては著しい退色促進効果は認められなかった。
- (4)顔料の複数混練方法は、膜厚等を考慮に入れば、検知時期の制御や明確な色変化に有効であり現時点では最も実用化に近い方法と分かった。
- (5)二色性色素の応用は、延伸サンプルの作製や二色比の測定に課題を残している。

謝辞

この研究を実施するにあたり、ご指導いただいた滋賀県立大学田中皓教授、徳満勝久講師に深謝いたします。

文献

- 1)大日精化工業株式会社、会社案内(プラスチック顔料)
- 2)東京化成工業(株)、ワイドカラー
- 3)旭電化工業株式会社、アデカスタック プラスチック用添加剤概要
- 4)I7・ブラウン株式会社、製品カタログ(蛍光顔料)
- 5)石油化学工業協会統計

- 6) Akira Tanaka, Hiromitsu Uno, Mitsunobu Kitamura, and Eiichi Miyagawa, *RPPP, Japan*, Vol.42 (1999)
- 7) Akira Tanaka, Eiichi Miyagawa, Koh-hei Nitta, Hisayuki Nakatani, *Polymer Preprints, Japan* Vol.47, No.2 (1998)
- 8) Akira Tanaka, Eiichi Miyagawa, Mitsunobu Kitamura, Koh-hei Nitta, Hisayuki Nakatani, *Polymer Preprints, Japan* Vol.47, No.8 (1998)
- 9) 宮川, 田中, 新田, 中谷: 高分子学会 高分子の崩壊と安定化研究討論会要旨集 (1998)
- 10) Akira Tanaka, Eiichi Miyagawa, Hiromitsu Uno, Mitsunobu Kitamura, and Koh-hei Nitta, *Polymer Engineering and Science*, Vol.40, No.9 (2000)
- 11) 宮川, 新田, 中谷: マテリアル学会 第11回研究発表会 (2000)
- 12) 宮川栄一: 平成 10 ~ 13 年度 東北部工業技術センター研究報告書
- 13) B. Wunderlich and M. Dole, *J. Polymer Sci.*, 24, 201 (1957)
- 14) Akira Tanaka, Tokuo Nakai, Eiichi Miyagawa, Koh-hei Nitta, and Hisayuki Nakatani, *RPPP*, Vol.42 (1999)
- 15) Eiichi Miyagawa, Akira Tanaka, Koh-hei Nitta, *Polymer Preprints, Japan* Vol.51, No.9 (2002)
- 16) 詫摩啓輔, わかりやすい機能性色素材料, 工業調査会
- 17) 山岡亜夫, 森田浩, 高分子新素材 One Point-8 感光性樹脂
- 18) 池田真吾, 村田滋, 多環状芳香族炭化水素を増感剤とする N-フェニル誘導体の光分解機構, 第 51 回有機反応化学討論会, L60
- 19) 池田真吾, 村田滋, ビニルを増感剤とする N-フェニル誘導体の増感光分解反応と光重合開始剤への応用, 2001 光化学討論会, 3P56
- 20) S. Ikeda, S. Murata, K. Ishii and H. Hamaguchi, *Chem. Soc.*, 73, No.12 (2000) P.2783
- 21) W. Schnabel, *Polymer Degradation*, Hanser (1981)
- 22) 大澤善次郎, 高分子の劣化と安定化, 武蔵野刊行
- 23) 大澤善次郎, 高分子の光安定化技術, シーエムシー
- 24) 大澤善次郎, 高分子材料の長寿命化と環境対策, シーエムシー
- 25) 西原一, 高分子の長寿命化技術, シーエムシー

環境感性高分子材料の開発研究

繊維・有機環境材料担当 土田 裕也

選択的吸着能を持ち、吸着物の溶出、再利用が可能である安価な吸着剤の調査研究を行った。

天然廃棄物であるビールの仕込み粕を化学修飾することにより、吸着剤の基材として利用できる可能性があることがわかった。また、精密重合法により合成した高分子を吸着剤に利用できる可能性があることがわかった。

1. 緒言

工場等から出る廃水中の無機・有機物質は種々の方法、工程により処理されているが、この処理物が新たな産業廃棄物となる問題がある。そこで、無機・有機物質を選択的に吸着し、吸着物を容易に放出、再利用可能でき且つ、安価な吸着剤が求められている。本研究ではこのような吸着剤を得る方法を調査した。

2. 考えられる吸着剤モデル

2-1. ビール仕込み粕

ビール仕込み粕は大量に産出する天然廃棄物であり¹⁾、非常に安価に入手することができる。また、繊維質やタンパク質から成っているため、化学修飾が行いやすく、吸着剤を合成する基材としての可能性が考えられる。また、現在はパルプ代用品や家畜飼料に用いてはいるが、より高い付加価値のある利用方法を模索されている。



ビールの仕込み粕（乾燥物）

ビールの仕込み粕は、原料である「もろみ」のしぼり粕である。これは「穀皮画分」「保水性画分」「高タンパク質画分」に分画でき²⁾、それぞれ、パルプ代用品、培地、家畜飼料等に利用されている。他にもバイオマスや炭化物の利用などが試みられている。吸着剤に応用した例もある³⁾が、吸着対象物が高濃度であると、十分な吸着能は得られていない。また、吸着物の回収も容易ではない。化学修飾により、吸着能の向上は期待できる。

2-2. 新規高分子吸着剤

合成高分子系の吸着剤にはイオン交換樹脂、キレートなどがあるが、選択的吸着、放出に長けているものがない。また、低コスト化、高吸着容量化が求められている。

有機物質のうち無機系の物質では、水銀のように他の物質と特性が著しく異なる場合はキレート法などで選択捕集可能である。これに対し、カドミウムなどでは、イオン交換樹脂等の選択性の低い捕集剤で捕集した後に改めて他の処理が必要である多段階プロセスが選択的吸着には必要であり、実用化には問題が多い。また、有機系物質の捕集においても、有機物質の多くは環境ホルモンのように分子中に複数の官能基を併せ持つのに対し、その捕集に単純な構造の物質を用いたのでは、選択的捕集は困難である。このような問題を解決する1つの方法として、高分子材料を分子設計（たとえば、官能基の数や位置などを自由に選ぶ）し、容易に目的物質を捕集できる選択的捕集材料を得る方法がある。この方法には、重金属キレート樹

脂、水銀専用吸着キレート樹脂に比べコストが小さく、経済的に優位性がある。

大阪大学大学院理学研究科の青島教授らは分子設計により、「自己組織化」する高分子の合成に成功している⁴⁾。この方法を応用し、選択的捕集（吸着）材料を得ることができると考えている。

このようにして得られた選択的捕集材料を例えば図1に示すような系で用いることが考えられる。

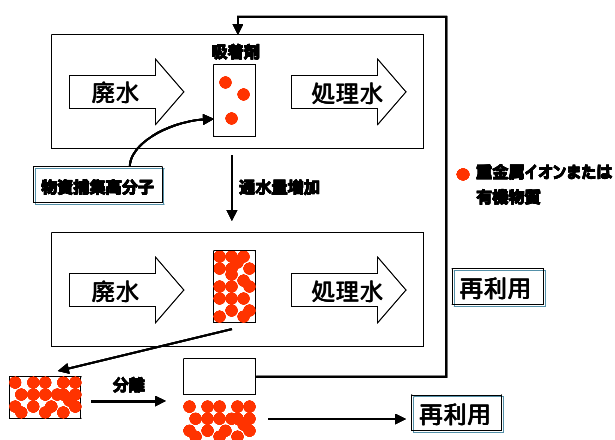


図1. 有益物質捕集高分子を用いたリサイクルシステム

3. 吸着対象物質

吸着・回収に有効な物質として、既存の吸着剤では困難なもの、希少な物質であり、回収、再利用が望まれるもの、環境ホルモンなど超低濃度の汚染物質などが考えられる。

本研究では、希少金属の選択的吸着・回収を行う予定である。

4. まとめ

大量に発生する天然廃棄物を利用できるという観点から、ビール仕込み粕は非常に興味深いものである。化学修飾により、吸着剤としての利用できる可能性がある。また、精密重合法により合成される高分子を吸着剤に利用できる可能性があることがわかった。

5. 今後の課題

大阪大学大学院理学研究科の青島教授の研究成果を元に高分子の設計・合成を行い、吸着能（吸着容量、選択吸着性、放出性、再利用性等）を評価する。

参考文献・図書

- 1) <http://cali.lin.go.jp/cali/manage/139/s-semina/139ss2.htm>
- 2) 特公平 4-31666
- 3) 特許公開 2001-25763
- 4) S. Aoshima, K. Hashimoto, *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.* **2001**, 39, 746.

廃棄タンパクを活用した複合材料の開発（２）

（ＰＶＡ／セリシンブレンドプラスチックの開発研究）

高島支所（兼）繊維・有機環境材料担当 三宅 肇

前報⁽¹⁾において、高強力高弾性で生分解性を持つポリビニルアルコール（ＰＶＡ）とセリシンのブレンドプラスチックの作成と、その構造と物性について報告した。

本報では、継続して行ってきた土中分解性について報告をする。

１．緒言

シルクタンパクの一種であるセリシンとポリビニルアルコール（ＰＶＡ）のブレンドプラスチックについて、両者のインタラクションにより機械物性が向上することは、前報において報告した。

土中分解性については、ＰＶＡが水分により溶解影響を受けることや、分解に長時間を要することから、フィールド試験を継続して行ってきた。本研究は、安価な高分子と廃棄資源（セリシン）をブレンドしたプラスチックの生分解性について考察することを目的とした。

２．実験

２．１ 試料

試料は前報において作成したダンベル型プラスチックを用いた。

２．２ 土中分解性

高島郡の糊付け工場敷地内で採取した土中に試料を埋めたプランターをセンター内の屋根下に設置し、定期的に散水を行った。

実験の様子を写真１に示す。



写真１．生分解性実験風景

３ 結果と考察

１年２ヶ月間（平成１４年２月～平成１５年３月）土中に埋没後の分解の様子を写真２に示す。セリシンのブレンドにより分解が促進していることがわかる。これは、王ら⁽²⁾が行ったＰＶＡ／セリシンゲル紡糸繊維の生分解性試験結果と一致している。すなわち、相分離している生分解性の大きなセリシンが分解されることにより、ＰＶＡ分解菌が試料内部に入り込みやすく、分解速度が大きくなると考察される。



写真２．セリシンブレンドによる生分解性（埋没期間：１年２ヶ月）：(上)セリシン含率 0wt%、(下)セリシン含率 10wt%。

参考文献

- (1)三宅肇，平成１３年度東北部工業技術センター研究報告書，滋賀県東北部工業技術センター，13-19
- (2)Wang, S.(1999) The application of the silk protein sericin to the new materials, Ph. D. Thesis, Shinshu University, Nagano, Japan.

廃棄タンパクを活用した複合材料の開発（２）

（精練廃液からのセリシンの回収について）

繊維有機環境材料担当 脇坂 博之

絹織物製造工程時に廃棄されている廃液中からセリシンタンパク質の分離回収を行った。限外濾過による回収を試みたところ、廃液中の９０％のセリシンが回収できた。

また、回収したセリシンの分子量・機能特性の評価を行った。その結果、セリシンは精練時の加水分解により低分子量化しており、また抗酸化性、チロシナーゼ活性阻害性など多くの機能を有することがわかった。

１．緒言

絹織物に用いられる蚕由来の生糸は、フィブロインとセリシンと呼ばれる２種類のタンパク質から構成されている。

生糸の断面図から、２本のフィブロインをセリシンが被覆する形をなしていることがわかる。

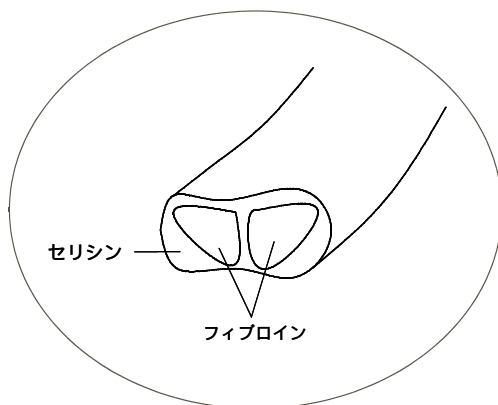


図１．生糸の断面図

通常絹織物を製造する場合、生糸の２０～２５％を占めるセリシンは精練と呼ばれる行程で、アルカリ湯浴中で、取り除かれ廃棄されている。

当県の長浜では、縮緬を主体とする絹織物製造業が古くから発達しており、その製造時にセリシンを含んだ廃液が出され、処分されている。精練廃液はセリシンを含み、窒素分が多く高 BOD である。そのため、その廃液処理にかかるコストは非常に大きな負担となっている。

セリシンは、アミノ酸構成からセリンなどの水

酸基を有するアミノ酸が多く含まれ、保湿性、生体適合性に優れている事が報告され、近年では抗酸化性や美白効果などのがあることも報告されている。

表１．セリシンのアミノ酸構成表

（単位：重量％）

Asp	19.3	Met	0.1
Thr	6.8	Ile	0.4
■	■	Leu	0.8
Glu	8.0	Tyr	3.5
Pro	0.4	Phe	0.5
Gly	11.0	Lys	4.0
Ala	3.4	His	1.3
Cys	0.9	Arg	4.2
Val	2.5		

こうした多くの機能性を有するセリシンは優れた有機材料としての利用が期待できる。

そこで、本研究では有機素材としてのセリシンの機能性に注目し、精練廃液中に含まれるセリシンの回収を目的とし、平成１３年度より研究を行ってきた。

その結果、限外ろ過法を用いセリシンを効率よく回収することができた。そこで今回得られたセリシンの分子量、また文献等で報告されている様々な機能性について検討を行った。

3 - 3 . チロシナーゼ活性阻害効果について

表3にセリシンのチロシナーゼ活性阻害効果について挙げる。

表3 . セリシンのチロシナーゼ活性阻害効果

試料	抑制効果 (%)
ブランク	0
セリシン	80

人の皮膚や毛髪の色調はその組織内に含まれるメラニン色素の割合で決定される。メラニンの合成はチロシンを基質とするチロシナーゼにより開始される (図3)。

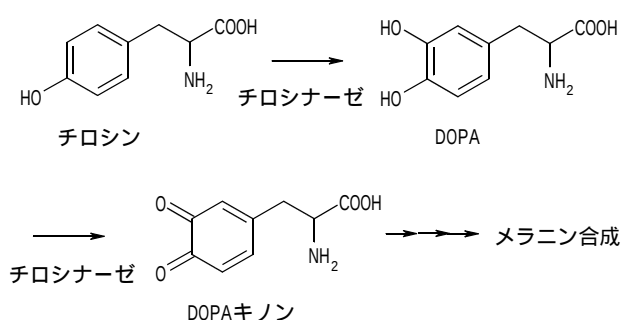


図3 . メラニン合成経路

このため、このチロシナーゼの作用を阻害することができれば、メラニン生成が抑制できると考えられている。今回セリシンを添加した溶液におけるチロシナーゼ活性の阻害効果は、平均で80%程度あり、チロシナーゼの作用を阻害することがわかった。

4 . まとめ

精練廃液からのセリシンの回収を行うために、限外ろ過による濃縮回収法を試みた。回収したセリシンの様々な機能性について測定を行ったところ、紫外線吸収特性、抗酸化性、チロシナーゼ活性阻害性など多くの機能を有することがわかった。

また、回収したセリシンは精練中に加水分解を受け、低分子量化していることが分子量の測定からわかった。

参考文献・図書

- 1) 絹の科学 皆川基 著
- 2) 続絹糸の構造 北條舒正 著

自動遠隔制御技術の開発に関する研究

～赤外線画像を用いたゴミ焼却ピットの自動火災検知・消火システムの開発～

機械電子・金属材料担当 櫻井 淳
(株) 立売堀製作所

あらまし：本研究では、大型ゴミ焼却施設でのゴミの自然発火による火災発生事故を未然防止するため、県内の消火設備開発メーカーとの共同研究により、ゴミピットの自動火災検知・消火システムの開発を進めている。

今年度は、昨年度試作した火災検知・消火システムの製品化を行うため、カメラ駆動部の小型・軽量化、火災検出精度の向上、システムの耐久性の向上などの改良・改善を行った。

1. はじめに

画像処理技術や情報通信技術を利用した遠隔制御技術は、産業・防災・福祉など様々な分野に幅広く利用できる技術である。

例えば、産業分野では、騒音、悪臭、高温などの非常に作業環境の悪い現場や、人が立ち入れない危険な場所などの遠隔監視を行うことが可能である。また、遠隔工場の製造管理や検査工程の自動化などにも利用できる。また、防災分野では、不法侵入者の監視などの防犯設備や、火災検知などの防災設備としても利用できる。

本研究では、ゴミ焼却施設のピット（ゴミの蓄積場所）内での火災事故の未然防止を行うため、県内の消火設備開発メーカーとの共同研究により、ゴミピットの火災検知・消火システムの共同開発を行っている。¹⁾

2. ゴミ焼却ピットの現状

可燃物ゴミは、図1に示すような流れで焼却処理が行われる。

収集車により集められてきたゴミは、所定の投入口からピット内に投入される。ピット内では、天井に設置された大型クレーンによりゴミの拡散作業が自動または手動で行われる。拡散作業後のゴミは、クレーンにより順次ゴミ焼却口に投入され、隣接の焼却炉により焼却処理される。

ゴミの蓄積場所であるピットのサイズは、大規模なものでは、横幅 70m 奥行き 20m 天井までの高さ 60m にも及ぶものもあり、今後建設される施設では、更に大規模になると考えられる。ピット中央側壁にはクレーン操作室があり、作業員によりクレーンの遠隔操作や火災発生の有無の確認などが行われている。

ゴミピットでは、ゴミの中に混入した火種やゴミの自然発火等により火災が発生する危険性が非常に高く、その発見が遅れると、ピットあるいは施設の全焼という大惨事を引き起こす危険性がある。そのため、これらの施設には、火災発生事故防止のため、防災設備を設置する必要性が非常に高い。

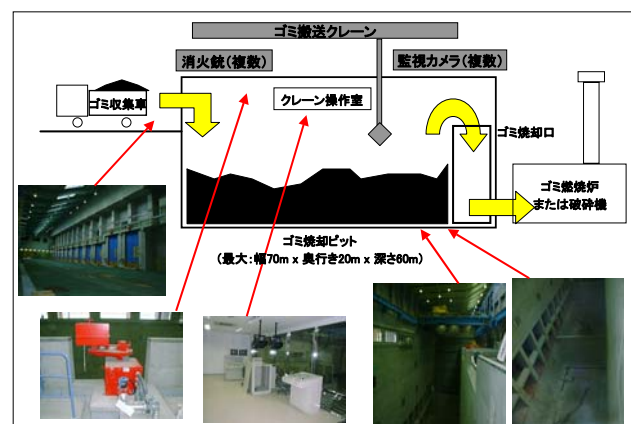


図1 ゴミ焼却処理の流れ

3. システムの改良

システムの製品化を進めるため、下記のハードウェアおよびソフトウェアの改良を行った。

3. 1 カメラ駆動部の小型・軽量化

図2に示すように、カメラと距離計を搭載するカメラ駆動部は、水平および垂直方向に駆動が可能な2軸駆動テーブルをパルスモータとギアを組み合わせて駆動させていたが、駆動部の小型・軽量化を図るため、垂直駆動用のモータをカメラ上部の固定部内に設置し、そのモータに直結した垂直軸を上下移動させることにより、カメラヘッドを垂直方向に駆動できるように改良した。

その結果、カメラ駆動部のサイズおよび重量を従来の約1/2に小型化することができた。

1)カメラ駆動部の小型・軽量化

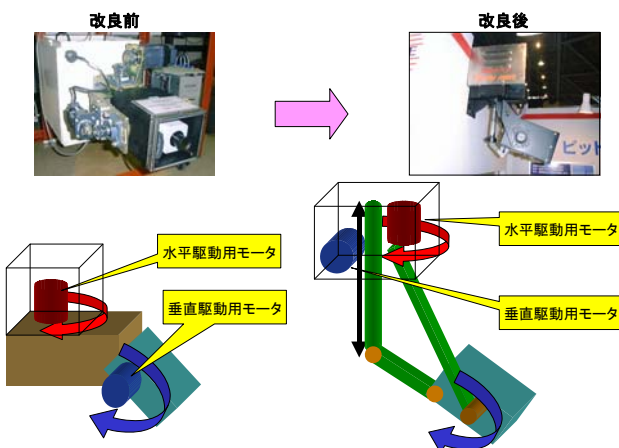


図2 カメラ駆動部の小型・軽量化

改良した垂直方向の駆動機構におけるカメラ回転角度とモータの回転数の関係を図3に示す。改良後の駆動機構では、モータの回転数とカメラ回転角度とは完全な比例関係にはならない。しかし、本システムで使用するカメラヘッドの駆動範囲（約10～60度）においては、モータの回転数とカメラ回転角度ほぼ比例関係であると仮定し垂直軸の駆動制御を行っている。

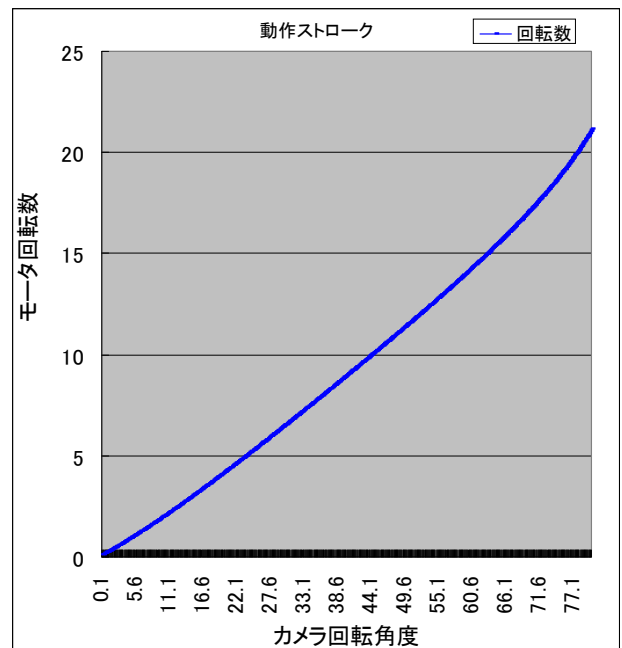


図3 モータ回転数とカメラ回転角度との関係

3. 2 中央監視盤との通信

ゴミ焼却プラント全体の監視・制御が行われる中央監視室との通信を行うため、本システムにパラレルインターフェイスの増設を行った。

そして、消火作業が完了した時には中央監視室側から本システムに指令を送ることにより、消火銃設備の停止・復帰動作や火災検知部のプログラムの復帰動作を行えるようにした。

3. 3 システムのOSの更新

システムの安定性と連続運転を実現するため、火災検知部に使用しているコンピュータのOSをWindows MeからWindows 2000(NT)に更新した。同時に、更新したOS上で、キャプチャボード用ドライバの更新およびプログラムの移植作業等を行った。

4. 温度特性の測定

物体の温度－計測距離－赤外線レベルの関係調査を調べるため、各種カメラ感度および測定距離における物体の温度と赤外線レベルとの測定実験を行った。

赤外線カメラの感度をLow（高温測定用モ－

ド) に設定し測定実験を行った結果を図 4 に示す。

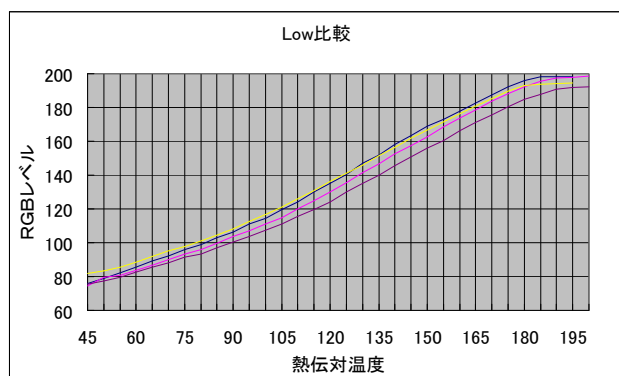


図 4 温度測定実験 (1)

実験結果より、測定物の温度と赤外線レベル (赤外線画像のデータ値) との間には、ほぼ比例関係があることが分かる。しかし、測定温度範囲が 180 度あたりまでと広く、今回の温度監視 (100 度以下) には適さないことがわかる。

次に、カメラの感度を High (低温測定用モード) に設定し測定を行った結果を図 5 に示す。

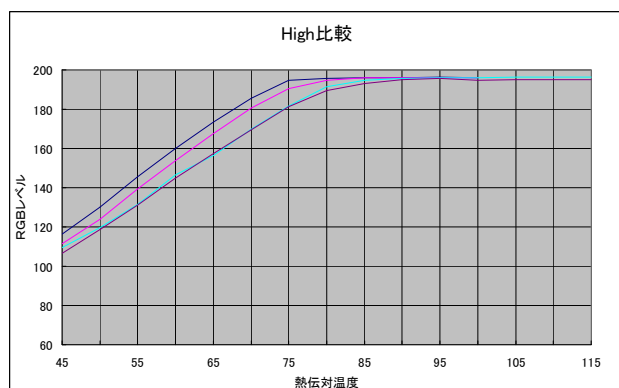


図 5 温度測定実験 (2)

この場合、逆に測定物の温度が約 75 度以上になると赤外線のレベルが飽和してしまう結果になった。

そこで、カメラの感度を今回のシステムの温度監視に最適な範囲に調整するため、カメラレンズ部に赤外線フィルタを取り付けた。その結果、図 6 に示すように約 45 ～ 105 度の温度領域で、ほぼ線形な温度特性を得ることができた。

また、今回の測定距離範囲においては、対象物の温度を極小的に測定することにより、温度と赤外線レベルの関係は測定距離に依存しないことがわかった。

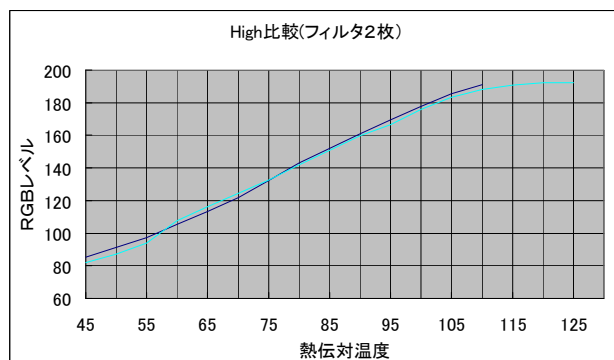


図 6 温度測定実験 (3)

この温度特性結果を用いて、火災検知部内で赤外線レベルと温度との変換処理を行うことにより、対象物の温度監視とその温度判定による火災検出が行えるようになった。

5. 画像信号および制御信号の光伝送

一般的なゴミピットでは、火災検知処理部はゴミピットの中央部に設けられたクレーン操作室に設置されるため、ピット内に設置される監視カメラや消火銃設備とシステムの本体と通信距離は 100 ～ 200 m となる。そこで、カメラの映像信号とカメラ駆動部および距離計の制御信号を光変換し、光ケーブルにより長距離の通信が行えるように改良した。

6. 火災判定処理の改良

火災判定処理では、検出した高温部の中心位置とその高温部の周辺 4 箇所の近傍位置との温度情報を用いて総合的に判断を行っている。今回更に、図 7 に示すように、高温物までの距離を考慮した近傍位置の設定機能と、高温物の面積情報を用いた火災判定処理機能を追加し、火災判定精度の向上を行った。

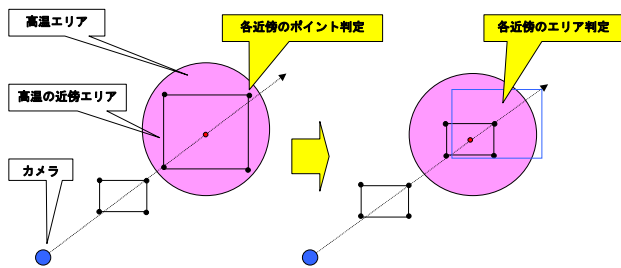


図7 火災判定処理

7. その他の改良

ユーザインターフェイスを良くするため、モニタリング画面の変更、ピット内の初期監視位置の設定機能の変更、カメラのマニュアル移動機能の追加などを行った。

8. 国際防災展 展示

本システムの製品化PRのため、IFCAA'02 京都国際防災展（2003.7.23～24）に出展した。

今回の展示では、図8に示すように3ブース分の展示スペース（5.4m×1.8m）を使い、図10のゴミピット内の火災発生位置（ゴミの写真を貼った傾斜台上の複数箇所に設置した高温物）を画像処理により自動検出し、図9の放水銃により消火するという一連の消火作業のデモンストレーションを行った。

高温物としては、安全に繰り返し操作が行えるように白熱球を使用し、白熱球の上部に取り付けた赤い布を下から送風することで炎の現実感が出るように工夫をした。



図8 展示風景



図9 カメラ・消火銃



図10 火災発生位置

9. まとめ

「成果」

・昨年度試作した火災検知・消火システムの各種改良と改善を行うことにより、カメラ駆動部の小型・軽量化、火災検出精度の向上、システムの耐久性の向上などを行うことができた。

「今後の課題」

製品化に向けたシステムの改良・改善

- 放水曲線の演算処理のシステムへの取り込み
- 光通信の実験
- カメラ座標のキャリブレーションの方法
- 非監視対象物をキャンセルする方法
- 実際のゴミピットでのシステムの性能試験・耐久試験

参考文献

- 1) 櫻井：「自動遠隔制御技術の開発に関する研究」、滋賀県東北部工業技術センター研究報告(H9～H13)

機械部品材料の水環境への溶出の把握と溶出・腐食抑制技術に関する研究 (銅合金鋳物の溶出特性と鉛レス銅合金の開発)－2

繊維・有機環境材料担当 西内廣志

機械電子・金属材料担当 那須喜一

バルブ等の給水器具材料に銅合金鋳物が広く用いられている。銅合金鋳物の多くは鋳造性、快削性、材質の安定化を図るため、鉛を添加した地金で生産（溶解・鋳造）されている。

鉛を含有することにより機械的特性は向上するが、水質等の環境面では配慮を要する。平成12年に規定された「水道施設の技術的基準を定める省令」（厚生省令第15号）では15年4月より水道施設に関する資機材等から溶出する物質の溶出基準が新しくなる。

そこで、これらの溶出新基準に対処するため滋賀バルブ協同組合及び関西大学と共同で鉛レス銅合金鋳物の開発、並びに銅合金鋳物からの溶出特性の検討を行った。

1. はじめに

給水部品材料には青銅鋳物が広く用いられているが、その大半は鉛含有青銅鋳物である。

鉛を添加する利点として、鋳造性を良好にし、鋳造欠陥を低減させる効果がある。また、析出鉛により快削性、摺動性等の機械的特性を向上させる役目がある。

しかしながら、現在、地球環境の改善から環境中に排出される鉛に対する規制が強化される傾向にあり、鉛を含有している合金を排除する動きがある。（電子部品等のはんだ中の鉛レス化等）

バルブ等の給水器具材料に於いても「水道施設の技術的基準を定める省令」（厚生省令第15号）で平成15年から鉛の溶出基準が 0.005ppm → 0.001ppm になり厳しい対応にせまられており、鉛レス銅合金の開発が急務となっている。

そこで、これらに対処するため、リサイクル可能な鉛レス銅合金鋳物の開発並びに溶出特性の検討を行った。

2. 鉛レス青銅合金鋳物の開発

鉛含有青銅合金鋳物（C A C 4 0 6）は耐圧性が良好なため、バルブ、継ぎ手等に広く用いられてきた。

しかしながら、鉛は水に溶出することから、鉛の人体に及ぼす影響が懸念され、鉛溶出に対する水質基準が厳しくなってきた。

今後、溶出基準に対する規制が更に厳しくなることから、鉛レス青銅合金鋳物の開発が急務となっている。

本研究では、平成12年度関西大学小林研究室で研究された「溶出鉛量の少ない青銅鋳物の開発」の成果を基に鉛の代替として合金元素によって生成される化合物を鉛含有銅合金の特性と同様の効果（機械的特性、鋳造性等）が得られることを目的として取り組むこととした。

2. 1 実験方法

高周波誘導電気炉を使用して表1の化学組成になるように配合して溶解実験を行った。（全溶解量 250 k g）

溶解温度は 1 4 6 3 K（1190℃）、鋳造温度

は 1 4 3 3 K (1160 °C) の条件で J I S 4 号試験片及びΦ 3 5 × 8 0 L の T P (テストピース) を金型鑄型 (No2, No4, No6) および砂型鑄型 (No1, No3, No5) で作成した。

鑄造後の試験片を切断、加工して金属組織観察、マクロ組織観察、硬さ試験、及び引張試験を行った。

表 1 鉛レス銅合金の化学成分

試料	Cu	Sn	Zn	Mn	Ni	Si	Fe	Zr	S
No1	84.0	1.3	8.2	X	Y	Z			
No2, No3	86.7	1.3	5.2	W	X	Y	Z		
No4, No5	86.3	1.5	4.0		V	W	X	Y	Z
No6	87.5	1.7	5.0	W	X	Y	Z		

2. 2 実験結果

(1) 金属組織観察

No 1 ~ No 6 を砂型および金型で鑄造した試験片の組織観察を行った。

観察試料の試料調整：エミリー紙で # 6 0 0 まで湿式研磨後、3 μ ダイヤモンドペースト、0.005 μ m アルミナでバフ研磨し鏡面仕上げを行った。その後、15 %過硫酸アンモニウムで金型鑄造試料は 5 分間、砂型鑄造試料は 3 分間それぞれエッチングした。

組織観察結果を写真 1 に示す。

C u - M n 系の N o 1 は初晶 C u (α) 相のデンドライト間隙に (M n 、 N i 、 S i) の複化合物が分散している。

このことにより鑄造特性及び機械的特性が寄与するものと考えられる。

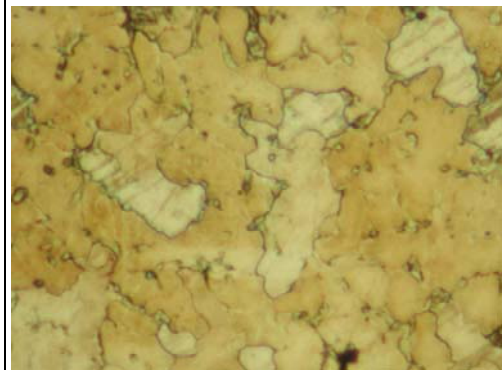
C u - M n - F e 系の N o 2 、 N o 3 は基体組織 C u (α) 相内に F e₃S i の化合物が析出している。砂型鑄造は金型鑄造と比べ凝固速度が緩やかなため、析出化合物は粗大化している。

C u - F e - S 系の N o 5 の砂型鑄造組織は切削性を考慮し S を添加もので C u (α) 相、F e₃S i 及び間隙に C u₂S 化合物が分散し

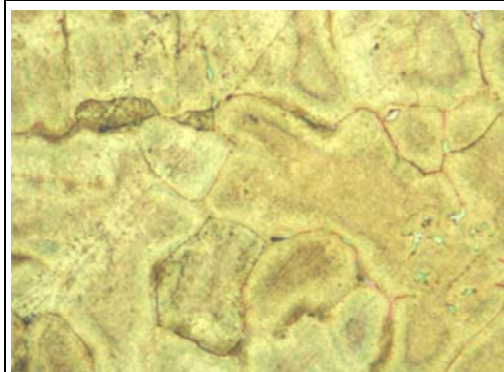
ている。



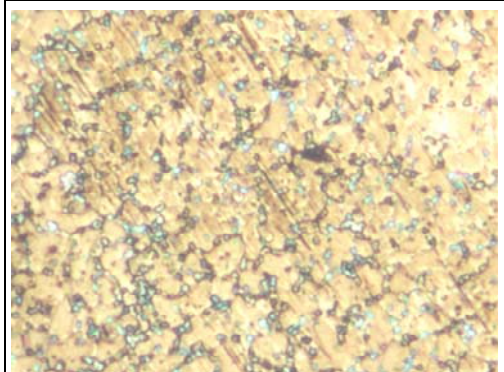
N o 1 : C u - M n 系 (砂型)



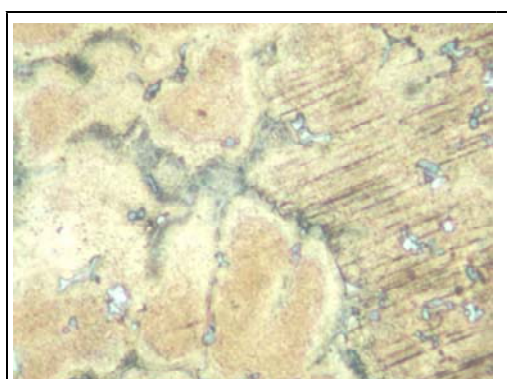
N o 2 : C u - M n - F e 系 (金型)



N o 3 : C u - M n - F e 系 (砂型)



N o 4 : C u - F e - S 系 (金型)



No 5 : Cu - Fe - S 系 (砂型)



No 6 : Cu - Mn - Fe 系 (金型)

写真 1 鉛レス青銅合金鑄物の組織写真
× 1 5 0

(2) 機械的性質

砂型、金型で鑄造した試料の切断面の硬さを測定した。試験片をエミリー紙 # 6 0 0 まで研磨後、ロックウェル B スケールで測定を行った。

試料当たり 8 点測定しその平均値を硬さとした。測定結果を図 1 に示す。

砂型について見ると No 2 は Fe の添加により高い値を示していると考えられる。また、Mn 添加の砂型 No1、金型 No4 については低い値を示している。

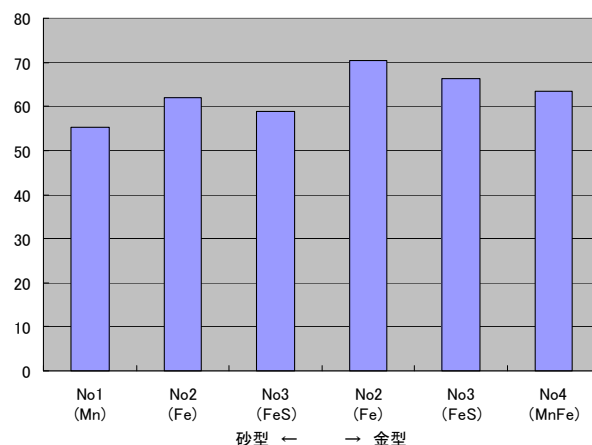


図 1. 鉛レス合金のロックウェル硬さ
砂型鑄造した引張試験片を J I S Z 2201 の 4 号試験片に機械加工し強度試験を行った。
測定結果を図 2、図 3 (2 試料の平均値) に示す。

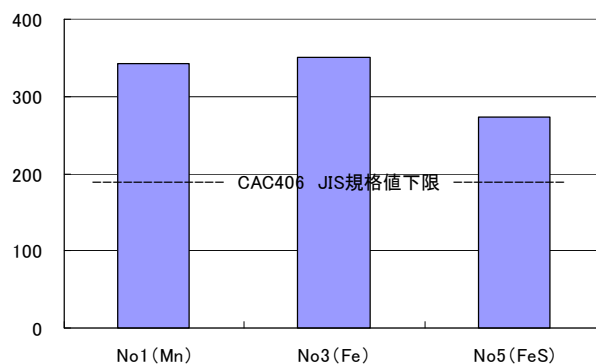


図 2. 鉛レス青銅合金鑄物の引張強さ
図 2 に示すとおり No 1、No 3、No 5 ともに C A C 4 0 6 の J I S の規格値 (引張強度 196 N/mm² 以上) を上回る強度が得られており、問題はない。

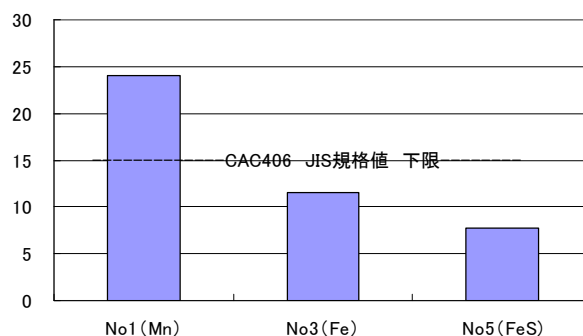


図 3. 鉛レス青銅合金鑄物の伸び

図3に示す通り、伸びについてはC A C 4 0 6のJ I Sの規格値（伸び15 %以上）の特性が得られているのは、N o 1のみであり、F e系の試料は伸びが少ないが、B i - S e青銅のASTMC89520の規格値（引張強度176 N/mm²、伸び6 %以上）には満たしている。

3. 鉛レス青銅鑄物の溶出特性

3. 1 試験片および溶出条件

試験片：鉛レス青銅鑄物の砂型は引張試験片、金型は円柱状鑄造物をそれぞれφ20に切削加工し、厚み8 mmに切断し試験片を作成した。これをN o 1～N o 6まで、3個づつを一組にした。溶出試験液については厚生省告示第45号「資機材等の材質に関する試験（平成12年2月23日）、JWWA Z 108（日本水道協会「水道用資機材—溶出試験方法」）に準拠し表2に示す条件で試験液を調整した。

コンディショニング：浸出液に14日浸漬し、その間に1回の浸漬が24時間以上になるように9回液交換を行った。

溶出試験条件：試料の接触面積比が350cm²/lになるように約97mlの浸出液の入ったビーカーに16時間浸漬し、溶出後のCu、Sn、Zn、Mn、Ni、Feの濃度をICP分析装置またはフレームレス原子吸光分析装置にて測定した。

表2. 浸出試験液条件

項目	規格値
pH	7. 1（±0. 1）
水質硬度	45（±5）mg/L
アルカリ	アルカリ度35（±5）
残留塩素	残留塩素1. 0～1. 2

3. 2 溶出試験結果

（1）溶出量について

各元素の規制値を表3に示す。

表3. 各元素の規制値

	Cu	Sn	Zn	Ni	Mn	Fe	Zr
mg/l	0.1	—	0.1	—	0.005	0.03	—

表4. 各元素の溶出量（コンディショニングなし）

mg/l	Cu	Sn	Zn	Ni	Mn	Fe	Zr
N o 1	0.05	<0.1	0.09	0.85	0.945	<0.01	-
N o 2	0.06	<0.1	0.38	0.10	<0.001	0.05	-
N o 3	0.04	<0.1	0.35	0.09	0.005	<0.01	-
N o 4	0.04	<0.1	0.31	0.12	0.001	0.05	<0.1
N o 5	0.07	<0.1	0.39	0.11	0.002	0.03	<0.1
N o 6	<0.01	<0.1	0.31	0.12	0.130	0.02	-

※太文字は基準値以下の値

溶出試験した結果を各元素について示したものが表4（コンディショニングなし）である。太文字で示しているのが基準値を下回る値を示したものであり、No1からNo6までの、どれもすべての元素で基準値をクリアしているものはない（Sn、Niについては基準がない）。実際の製品では、表面状態の違いにより接触面積が異なる場合があるため、今回の結果をそのまま基準値を満たすかどうかという判定には結びつけられないが、ここでは、今回採用した接触面積比での結果について、考察する事とする。No2とNo3、No4とNo5の様に金型と砂型での違いはあまり見られない。全体としてZnの溶出が問題であると考えられる。

コンディショニングの有無では、Mnの値が最小桁に測定誤差を含む事を考えると、Mnも含めZn、Ni、Feなど微量成分については、コンディショニングする事により溶け出してしまい、表面には残っていないのではないかと考えられる。逆にCuについては、コンディショニングする事により、微量成分が溶け出すとともに表面が洗われ、溶け出し易くなっているのではないかと考えられる。

今回の結果では、コンディショニングの有無のどちらを選んでも、元素の違いはあるが溶出する事が分かった。

(2) コンディショニングの影響について

表 5. 各元素の溶出量 (コンディショニング有り)

mg/l	Cu	Sn	Zn	Ni	Mn	Fe
N o 1	0.15	<0.1	0.0 7	0.26	0.210	<0.01
N o 2	0.13	<0.1	0.0 6	0.02	<0.001	<0.01
N o 3	0.12	<0.1	0.0 4	0.01	0.006	<0.01
N o 4	0.13	<0.1	0.0 3	0.01	0.003	<0.01
N o 5	0.09	<0.1	0.0 2	<0.01	<0.001	<0.01
N o 6	0.21	<0.1	0.0 7	0.03	0.050	<0.01

※太文字は基準値以下の値

表 4 と表 5 を比べると、コンディションなしの方が溶出量が多めになっており、コンディショニングする事により、規制をクリアする可能性はある。

4. まとめ

以上の結果を要約すると次のとおりである。

- ・ C u - M n 系青銅合金鑄物の機械的特性は C A C 4 0 6 の規格値を上回る強度、伸びが得られたが、溶出試験に於いて、M n が規制値以下の溶出をクリアすることが出来なかった。

- ・ コンディショニング処理することにより C u 以外の元素の溶出量は少なくなる傾向であるが、表面が活性化されるため、C u の溶出量がコンディショニング無しよりも増加する傾向にある。

- ・ C u - F e - S 系青銅合金鑄物はコンディショニング処理後、規制値以下の溶出特性が得られたが、機械的特性は C A C 4 0 6 より劣った。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、御指導頂いた関西大学工学部小林武教授、丸山徹助手、鑄造実験に協力頂いた(株)マツバヤシ 松林良蔵社長並びに企画段階から御協力頂いた滋賀バルブ協同組合 寺村正和専務理事に深甚なる謝意を表します。

参考文献

- (1) 小林、丸山 平成 12 年度関西大学工業技術研究所受託研究 (溶出鉛量の少ない青銅合金鑄物の開発)
- (2) 厚生省令第 1 5 号 水道施設の技術的基準を定める省令 平成 1 2 年 2 月 2 3 日
- (3) 厚生省告示第 4 5 号 資機材等の材質に関する試験 平成 1 2 年 2 月 2 3 日
- (4) 日本水道協会 水道用資機材—浸出試験方法 J W W A Z 108 : 2000
- (5) 素形材センター研究調査報告 平成 13 年度 鉛レス銅合金鑄物の開発報告書
- (6) 滋賀バルブ協同組合 特許出願 被削性に優れた鑄物用無鉛銅合金

精密機械部品の加工技術向上に関する研究

滋賀県東北部工業技術センター ○大西宏明
滋賀県立大工 中川平三郎, 廣垣俊樹, 松芳隆之

1 緒言

現在、工業製品の大量生産には様々な金型が用いられている。金型はあらゆる分野の工業製品の製造に欠くことのできない存在であり、金型の生産技術は良質な工業製品の要となっている。

金型製作では荒加工・焼き入れ・焼戻し・型彫り放電加工・磨き加工と複数の加工工程を経るため、加工に時間を要する。特に型彫り放電加工には多大な時間を要し、これが金型の生産性を妨げる要因となっている。

また、金型、及び型彫り放電用の電極加工において切削油は工具寿命の延長や加工面品質の向上などのため不可欠であるが、切削油には自然に有害な成分が含まれており、環境保全の面から出来る限り切削油を使用しない加工方法が望まれている。

金型の生産性向上と環境負荷低減の実現する加工方法として、切削油を用いない焼入れ鋼の直彫りドライ加工がある。焼入れした金型鋼を切削油不使用で切削することで、加工時間を要する型彫り放電加工、及び電極加工が不要となり、生産速度の向上が可能となる。また環境負荷となる切削油の使用量もゼロとなるため、環境に与える不可も小さくなる。近年では切削工具のコーティング技術も向上し、ドライ加工においても切削油を用いた加工と同程度の加工が行えるようになってきた。

しかし、近年は工業製品の製品開発スパンが短くなり、それに伴い金型生産のより一層のリードタイム短縮が求められている。リードタイム短縮のためには高速加工を行う必要があるが、焼入れ鋼の直彫り加工では微小切り込みでも工具に大きな負荷が生じる。工具に過大な負荷が掛かるとすぐにチッピング等の損傷を起こしてしまうため、生産性を上げるには高速切削においても工具が損傷しにくい、工具寿命の長い加工条件で切削を行う必要がある。

エンドミル加工は断続切削であり、接触している切れ刃長さによって切削抵抗は変動する。しかし、軸方向切り込みをある値に設定すれば切削抵抗の一定化が図れ、形状精度も向上する¹⁾。切削負荷の変動がなければ切削は安定し、工具寿命も向上すると考えられる。

本研究では高硬度材の直彫り加工において軸方向切り込み量の設定により工具の強制振動が発生する条件と発生しない条件が存在することに着目し、工具振動の発生メカニズムの解明、および振動が工具寿命に与える影響に浮いて調べた。

2 実験方法、及び実験装置

2.1 実験装置

グライディングセンタ :

安田工業製 YBM-850V

ストローク 800×500×450mm

分解能 0.1 μm

最大スピンドル回転数 10000rpm

工具動力計 :

KISTLER 製 Type9257B

ファイバ式放射温度計 :

チノー製 IR-FL4

測定温度範囲 350~900℃

集光部測定距離 100mm

スポット径 : φ1mm

工具 :

KOBELCO 製 VC-MDRB

超硬

6 枚刃

φ10

すくい角 14°

逃げ角 6°

コーティング(Al, Ti)N

被削材 :

SKD61 HRC53

2.2 標準加工条件

表 2.1の条件を標準条件とし、加工はすべてダウンカットで行った。条件を示さない実験は全て標準条件を用いている。

表2.1標準加工条件

軸方向切り込み	[mm]	1~15
切削速度	[m/min]	302
送り速度	[mm/tooth]	0.1
径方向切り込み	[mm]	0.5
突き出し量	[mm]	30

3 工具振動の解析

エンドミル加工は断続切削であり、切削中の工具負荷は絶えず変動している。切削抵抗の変動に

ともない、弾性体である工具も同様に变形する。軸方向切り込み A_d の設定によって、工具の強制振動の振幅が大きくなる条件と小さくなる条件が存在する²⁾。工具寿命が短くなる条件について、切削抵抗から工具刃先軌跡の運動を幾何学的に計算し、工具への負荷の原因である最大切り屑厚さ h_m と逃げ角 α を求め、強制振動の寿命に及ぼす影響を考察した。本章で用いるパラメータを次に示す。

- a_x, a_y : $F_x F_y$ 方向の切削抵抗の振幅
- c : オフセット量
- d_x, d_y : $F_x F_y$ 方向の切削抵抗の平均値
- E : 工具のヤング率
- f : 一刃あたりの送り量(=0.1mm/tooth)
- f_s : 工具送り速度(=5760mm/min)
- $h_m(Z_d)$: Z_d における最大切り屑厚さ
- I : 断面二次モーメント
- K : ばね係数
- l : はりの長さ
- $O(t, Z_d)$: t , Z_d における工具中心の位置
- $P(t, Z_d)$: t , Z_d における刃先の位置
- $P_f(t, Z_d)$: t , Z_d における一つ前の刃先の位置
- t : 時間
- $t_s(Z_d)$: Z_d の刃が切削を開始する時間
- $t_m(Z_d)$: Z_d の刃が最大切り屑厚さをとる時間
- $v(t, Z_d)$: t , Z_d における刃先の速度
- $w(t, Z_d)$: t , Z_d におけるたわみ量
- Z_d : 底刃からの位置
- $\alpha(t, Z_d)$: t , Z_d における逃げ角
- β : F_x と F_y の位相差
- ω : 工具の回転周期
- $\lambda(Z_d)$: $t=0$ のときの Z_d における X 軸から刃先までの角度
- ϕ : 工具中心から逃げ面までの角度(=84 $\pi/180$)

3.1 接触長さによる切削抵抗の変動

エンドミル加工においては工具の回転に伴い切削に関与する切れ刃長さ (切れ刃が被削材と接触している長さ) の総量に変化し、それにより切削抵抗が変化する。切れ刃のねじれ角と軸方向切り込み量の関係によるものである。

切削に伴い切れ刃長さの総量に変化し、切削抵抗が変化するしくみを図 3.1 に示す。

これより、軸方向切り込み A_d を(式 3.1)で表される Ad_{const} の定数倍に設定することで、理論上の

強制振動を無くすることができる。

$$Ad_{const} = \frac{\pi D \tan \theta}{N_e} \quad \left(\begin{array}{l} D: \text{エンドミル直径} \\ \theta: \text{ねじれ角} \\ N_e: \text{エンドミル刃数} \end{array} \right) \quad (\text{式3.1})$$

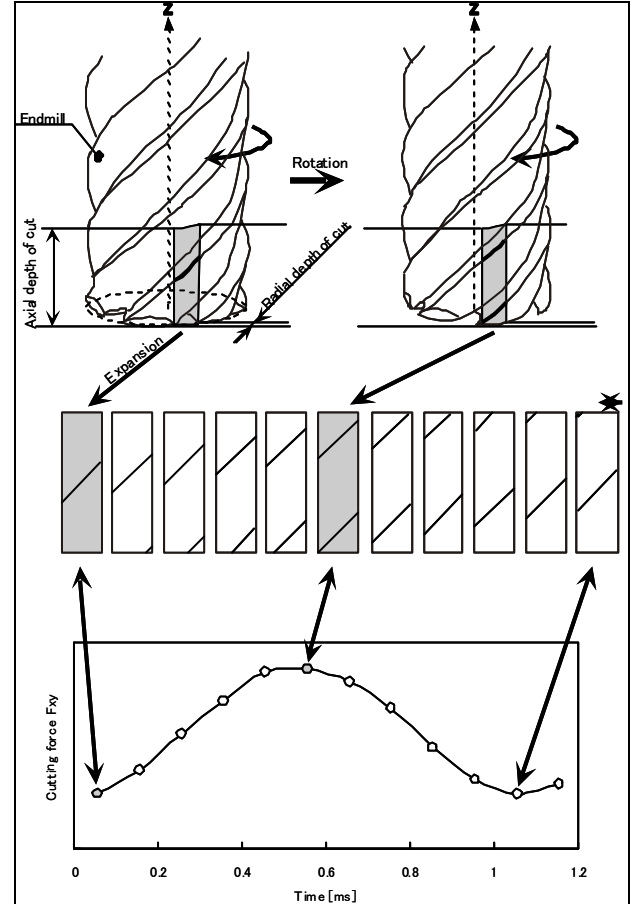


図 3.1 工具回転に伴う切れ刃長さの変化

また、軸方向切り込み A_d を (定数+0.5)倍に設定したとき、強制振動の振幅は最大となる。実際の切削抵抗の変動の様子を図 3.2 に示す。

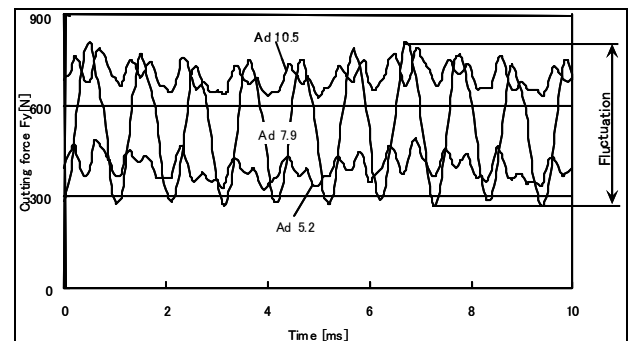


図 3.2 切削抵抗変動($Ad=5.2, 7.9$)

切削抵抗の時間関数として近似を行った。切れ刃長さと切削抵抗の関係から、底刃からの工具刃先位置 $Z_d=0$ の刃先が切削を開始する時、切削抵抗が最も少なくなる。そこで、 F_y 方向の切削抵抗

$$\begin{aligned}
x_o(t, Z_d) &= \frac{F_x(t)}{K(Z_d)} \\
&= \frac{\{3l(l-Z_d)^2 - (l-Z_d)^3\} \{d_x - a_x \cos(6\omega t + \beta)\}}{6EI} + f_s t \\
y_o(t, Z_d) &= \frac{F_y(t)}{K(Z_d)} \\
&= \frac{\{3l(l-Z_d)^2 - (l-Z_d)^3\} \{d_y - a_y \cos(6\omega t)\}}{6EI}
\end{aligned}$$

$$(l - Z_d) = l:$$

$$\begin{aligned}
x_o(t, Z_d) &= \frac{F_x(t)}{K(Z_d)} = \frac{l^3 \{d_x - a_x \cos(6\omega t + \beta)\}}{3EI} + f_s t \\
y_o(t, Z_d) &= \frac{F_y(t)}{K(Z_d)} = \frac{l^3 \{d_y - a_y \cos(6\omega t)\}}{3EI}
\end{aligned}$$

(式 3.6)

さらに工具回転を考慮すると、工具刃先軌跡 $P(t, Z_d) = [x(t, Z_d), y(t, Z_d)]$ は次のように表される。

$$0 \leq (l - Z_d) \leq l:$$

$$\begin{aligned}
x(t, Z_d) &= \frac{\{3l(l-Z_d)^2 - (l-Z_d)^3\} \{d_x - a_x \cos(6\omega t + \beta)\}}{6EI} \\
&\quad + f_s t + r \cos\{\omega t + \lambda(Z_d)\} \\
y(t, Z_d) &= \frac{\{3l(l-Z_d)^2 - (l-Z_d)^3\} \{d_y - a_y \cos(6\omega t)\}}{6EI} \\
&\quad - r \sin\{\omega t + \lambda(Z_d)\}
\end{aligned}$$

$$(l - Z) = l:$$

$$\begin{aligned}
x(t, Z_d) &= \frac{l^3 \{d_x - a_x \cos(6\omega t + \beta)\}}{3EI} \\
&\quad + f_s t + r \cos\{\omega t + \lambda(Z_d)\} \\
y(t, Z_d) &= \frac{l^3 \{d_y - a_y \cos(6\omega t)\}}{3EI} - r \sin\{\omega t + \lambda(Z_d)\}
\end{aligned}$$

(式 3.7)

3.4 幾何学的切り屑厚さの算出

工具寿命の判断の一つとしてチッピングがある。チッピングは切れ刃の一部にある値以上の切削抵抗が掛かることによって生じる。切削抵抗は切り屑厚さの影響を大きく受けるため、工具の振動により変化すると考えられる最大切り屑厚さを幾何学的に求め、それによる寿命への影響を考察する。

工具刃先軌跡から図 4.2 のようなエンドミルの切削モデルを考える。これにより、幾何学的最大切り屑厚さ h_m を求めた。

工具刃先位置 $P(t, Z_d) = [x(t, Z_d), y(t, Z_d)]$ で切削を行っているとする。時間 t における工具中心 $O(t, Z_d)$ から工具刃先 $P(t, Z_d)$ までの直線 $\overline{O(t, Z_d) P(t, Z_d)}$ 上に底刃からの位置 Z_d での刃先

が切削開始する時間 $t_s(Z_d)$ における前加工面工具刃先位置 $P_f(t_s(Z_d), Z_d)$ が存在するとき、最大切り屑厚さをとる。これは 1 刃当りの送り量 f から次式で表すことができる。

$$P_f(t_s(Z_d), Z_d) = [x(t_s, Z_d) - f, y(t_s, Z_d)] \quad (\text{式 3.8})$$

その時間を $t_m(Z_d)$ とすると、最大切り屑厚さは (式 3.9) となる。

$$\begin{aligned}
h_m(Z_d) &= \left| \overline{P_f(t_s(Z_d), Z_d) P(t_m(Z_d), Z_d)} \right| \\
&= \sqrt{\{x(t_m(Z_d), Z_d) - [x(t_s(Z_d), Z_d) - 0.1]\}^2 + \{y(t_m(Z_d), Z_d) - y(t_s(Z_d), Z_d)\}^2}
\end{aligned} \quad (\text{式 3.9})$$

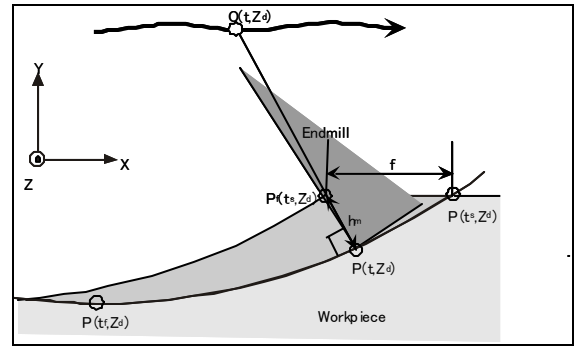


図 3.4 エンドミル切削モデル(切り屑厚さ)

刃先位置 Z_d による切り屑厚さの変化を図 4.6 に示す。工具の振動が存在しない状態を考えると、最大切り屑厚さの最大値と最小値に相当する径方向切り込み R_d は $0.45[\text{mm}]$ ($Z_d = 2.0$) と $0.55[\text{mm}]$ ($Z_d = 4.6$) に相当する。切り屑厚さは切削抵抗と比例するので、切り屑厚さが多い底刃からの位置 Z_d は少ない Z_d と比較すると負荷が大きいと考えられ、工具寿命の短縮を招き、特にチッピングの原因となると考えられる。

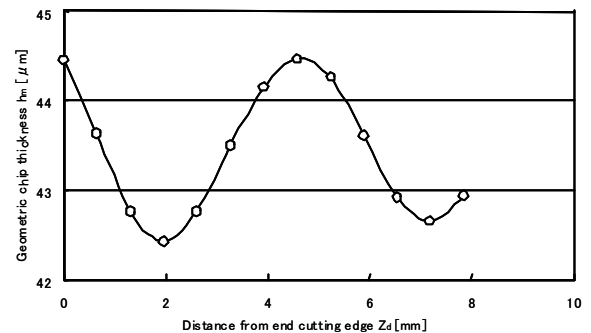


図 3.5 刃先位置による切り屑厚さ

3.5 逃げ角の算出

工具寿命の判断の一つとして、逃げ面摩耗幅がある。逃げ面摩耗は、切削によって工具逃げ面に

生じる摩耗であり，工具と被削材の接触面積の増加を招き，一般に逃げ角を少なくとる，切削温度が高くなるなどの理由で悪化する．ここでは工具刃先軌跡から，底刃からの位置 Z_d における逃げ角の違いが寿命に与える影響を調べるために，逃げ角の変化量を求めた．逃げ角は図 3.6 のモデルから工具刃先の速度ベクトルと逃げ面の角度であるので，時間 t における速度 $v(t, Z_d)$ は次式で求まる．

$$\begin{aligned}
 0 &\leq (l - Z_d) \leq l: \\
 v(t, Z_d) &= \frac{dy(t, Z_d)}{dx(t, Z_d)} = \frac{dy(t, Z_d)}{dt} \cdot \frac{dt}{dx(t, Z_d)} \\
 &= \frac{\{3(l - Z_d)^2 - (l - Z_d)^3\} a_y \omega \sin 6\omega t - E l \omega \cos(\omega t + \lambda(Z_d))}{\{3(l - Z_d)^2 - (l - Z_d)^3\} a_x \omega \sin(6\omega t + \beta) + f_s - E l \omega \sin(\omega t + \lambda(Z_d))} \\
 (l - Z_d) &= l: \\
 v(t, Z_d) &= \frac{dy(t, Z_d)}{dx(t, Z_d)} \\
 &= \frac{2l^3 a_y \omega \sin 6\omega t - E l \omega \cos(\omega t + \lambda(Z_d))}{2l^3 a_x \omega \sin(6\omega t + \beta) + f_s - E l \omega \sin(\omega t + \lambda(Z_d))} \quad (\text{式 3.10})
 \end{aligned}$$

これにより，逃げ角 α は次式となる．

$$\alpha(t, Z_d) = \frac{\pi}{2} + \phi - \{\omega t + \lambda(Z_d)\} - \tan^{-1} \frac{dy(t, Z_d)}{dx(t, Z_d)} \quad (\text{式 3.11})$$

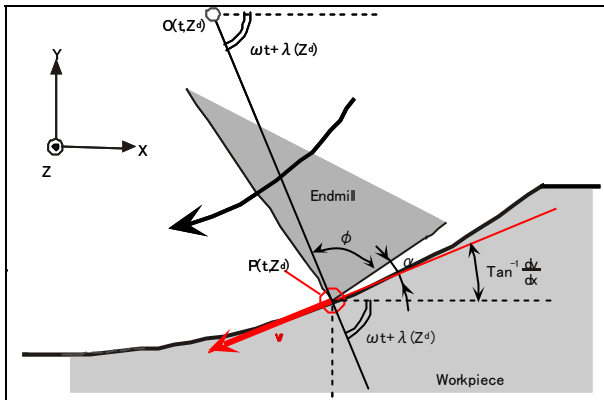


図 3.6 エンドミル切削モデル（逃げ角）

回転に伴い工具と被削材の接する位置が変化する．時間に伴い変化する切削位置とその逃げ角を図 3.7 に示す．振動による逃げ角の変化量は $5.0 \sim 7.6^\circ$ であり，振動の無い状態で逃げ角 $5.5 \sim 6.0^\circ$ を比較すると差が生じている．一般に逃げ面は $5 \sim 8^\circ$ が最適とされ⁴⁾，僅かな逃げ角の変化によって切削抵抗や切削温度が異なり，工具寿命が大きく変化する．よって，振動が発生することにより逃げ角が小さくなり，逃げ面摩耗が加速す

る部分が存在すると考えられる．また，逃げ角が大きくなる部分ではすくい角が小さくなるので刃先に掛かる負荷が大きくなり⁵⁾，チッピングが発生しやすくなると考えられる．

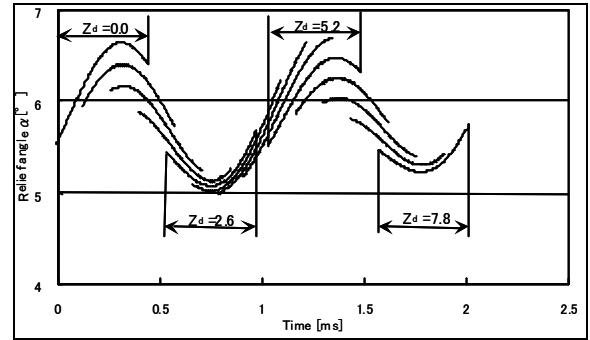


図 3.7 切削中の逃げ角変化

4 軸方向切り込みが工具寿命に及ぼす影響

4.1 工具寿命試験方法

前章での解析結果を確認するため，工具寿命試験を行った．強制振動の有無が工具寿命に及ぼす影響を調べるため，軸方向切り込み A_d を $5.2, 7.9, 10.5, 13.1$ [mm] と設定する．工具寿命試験装置外観を図 4.1 に示す．実験は寿命切削用の被削材を 18m 削った後に動力形状の被削材を削り，切削抵抗を測定する．これを工具が寿命に達するまで繰り返した．工具寿命は切削中の激しい火花の発生および切り屑の状態から判断した．

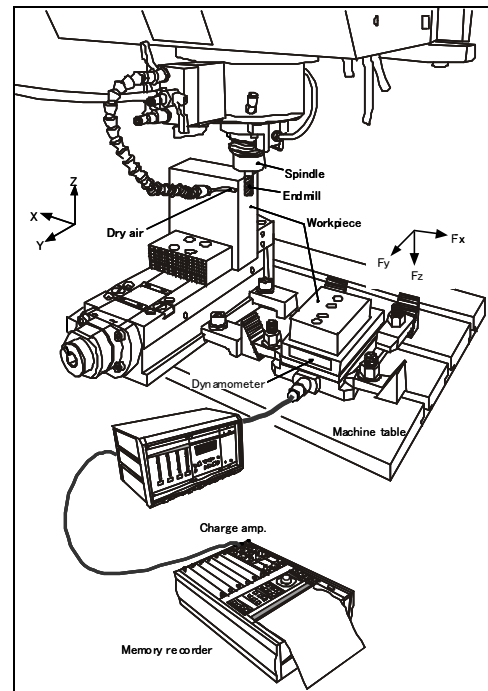


図4.1 実験装置外観

4.2 工具寿命実験結果

4.2.1 軸方向切込みによる影響

標準条件で寿命実験を行い，軸方向切り込みの

工具寿命に対する影響を調べた。図 4.2 に各軸方向切り込み Ad における工具寿命距離を示す。切削抵抗の変動が少ない $A_d = 5.2, 10.5$ [mm] では、切削抵抗の変動が大きい $A_d = 7.9, 13.1$ [mm] の条件と比較して、約 2.5 倍程度に寿命が延びている。これより、軸方向切り込みの設定が工具寿命に及ぼす影響は非常に大きいと考えられ、その傾向は図 4.2 のサインカーブのようになると考えられる。つまり、工具寿命を延ばしつつ、加工能率を向上させるには、軸方向切り込み A_d は Ad_{const} の定数倍に設定すればよいことがわかる。

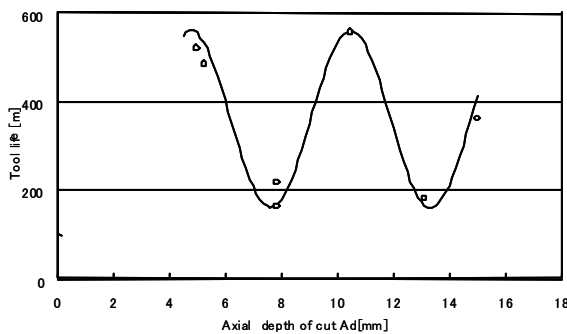


図 4.2 軸方向切り込みに対する工具寿命

また、切削距離に従う単位軸方向切り込み Ad あたりの切削抵抗を図 4.3 に示す。切削の初期では、軸方向切り込みの設定関わらず、単位長さあたりの切れ刃に掛かる負荷は等しい。しかし、切削が進むに従い $A_d = 7.9, 13.1$ [mm] では急激に切削抵抗が上昇する。これにより、工具振動の有無により工具摩耗が加速していることがわかる。

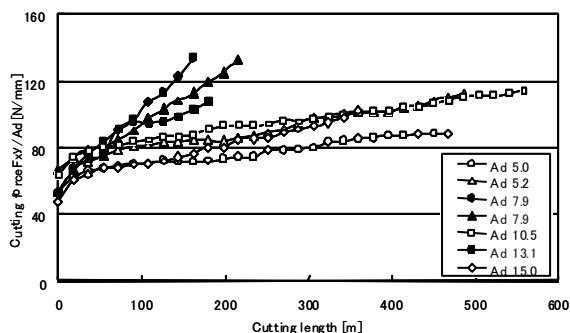


図 4.3 単位軸方向切り込みあたりの切削抵抗変化

4.2.2 径方向切り込みの影響

最大切り屑厚さの径方向切り込みの相当量による寿命への影響を調べる。径方向切り込み Rd における寿命の変化を図 4.4 に示す。工具寿命が半分以下になる条件は径方向切り込み Rd が 0.85 [mm] である。振動のため底刃からの位置 Z_d によって変化する最大切り屑厚さの最大値の径方向切り込み Rd 相当量である 0.55 [mm] と比較して大きな値であり、振動による切り屑厚さの増加による寿命に

対する影響は少ないと考えられるが、チッピングの発生位置は切り屑厚さの大きい部分である。

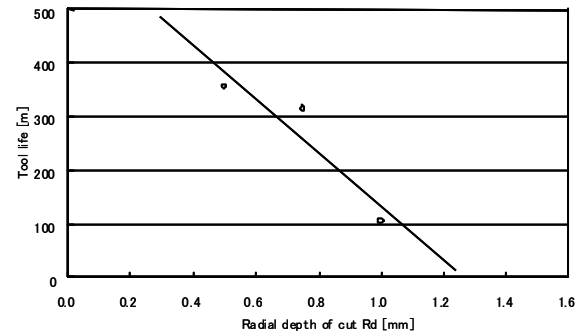


図 4.4 径方向切り込みと工具寿命

4.2.3 工具寿命時

寿命実験において寿命に至る直前にチッピングと考えられる波形の乱れが生じる。寿命原因が異なる場合でも、結果としてチッピングが生じ、切削抵抗波形が不規則になることから、工具が寿命に至る前であることを判断できる。工具寿命前の工具を走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察することによって、工具の寿命に至る原因を解析結果と共に考察する。

寿命後の工具を観察した結果、 $Ad 7.9$ では主に刃先のチッピング、 $Ad 10.42$ では主に切れ刃全体に渡る逃げ面摩耗による溶着が工具寿命原因であった。

振動の影響を調べるため、切削抵抗変動条件 $Ad 7.9$ で工具寿命前まで切削を行った工具と、切削抵抗安定条件 $Ad 10.5$ で同切削距離まで切削を行った工具の摩耗を観察した。観察した工具の SEM 写真を図 4.5 に示す。前章の解析より逃げ角が小さくなる部分の逃げ面摩耗を測定した結果を図 4.6 に示す。

$Ad 10.5$ では逃げ面・すくい面摩耗が全体に広がり、部分的な損傷は少ない。 $Ad 7.9$ については底刃からの位置 Z_d に従い観察すると、 $Z_d = 0.0$ 付近ではチッピング、 $Z_d = 2.0$ 付近で逃げ面摩耗、 $Z_d = 5.0$ 付近でチッピング、 $Z_d = 7.9$ 付近で逃げ面摩耗を確認できた。

チッピング発生位置について、図 3.6 で最大切り屑厚さが増加している Z_d 、かつ図 3.6 で逃げ角が大きい (=すくい角が小さい) Z_d である。これから、刃先に掛かる負荷が最も高くチッピング発生の原因となると考えられる。

逃げ面摩耗についても、図 3.6 の逃げ角が小さい部分であり、逃げ角の寿命に対する影響が十分にあると考えられる。

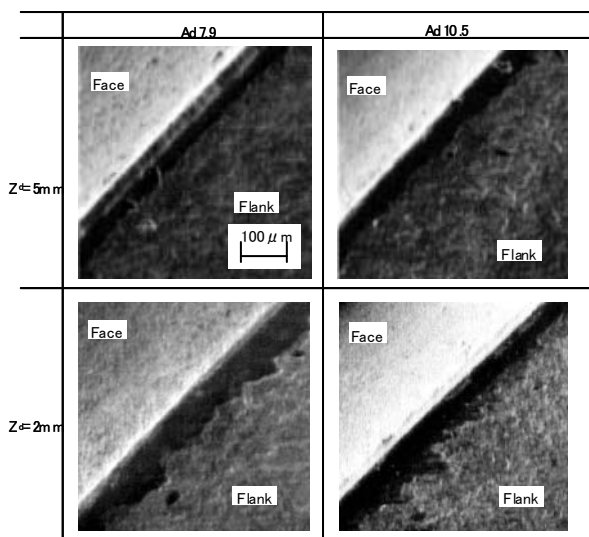
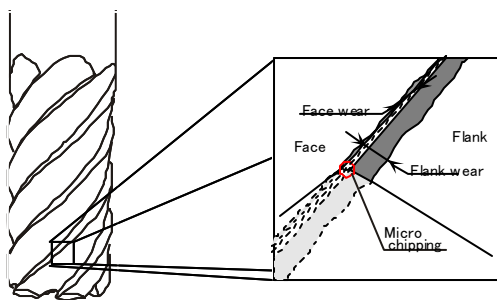


図 4.5 寿命時の工具摩耗

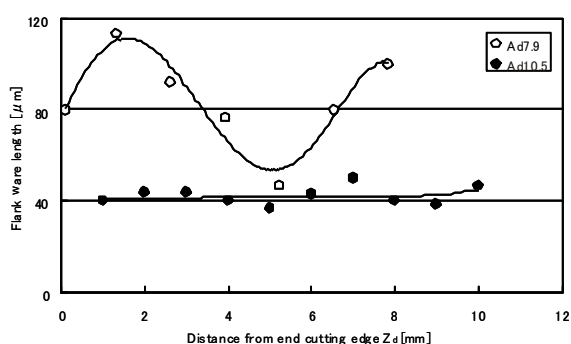


図 4.6 逃げ面摩耗

5 切削温度の影響

工具寿命に影響を与える要因には切削抵抗の他に切削温度がある。切削温度が高くなると溶着や工具コーティングの酸化による脱落等により強度が低下し、寿命が大幅に短くなる。そこで、ファイバ式放射温度計を用いて切削部の温度、特に逃げ面温度を測定し、工具の振動による寿命低下の原因が切削温度にあるのかを考察する。

5.1 逃げ面温度測定方法

逃げ面温度の測定装置を図 5.1 に示す。切削を行う面の中心に $\phi 2[\text{mm}]$ の穴をあけた被削材を用いて、その穴から切削中の工具逃げ面温度を測定する。放射温度計のスポット径はエンドミルの測定点で $\phi 1[\text{mm}]$ となる。

表 5.1 に示した実験条件で切削抵抗と温度測定を同時に行った。切削抵抗 F_{xy} と切削温度の測定結果を図 5.2 に示す。切削抵抗からエンドミルの位置が推測すると、逃げ面温度を測定している瞬間は図 5.2 の④の付近と考えられる。よって温度測定実験では切削抵抗が定常となる時間付近の最大温度を逃げ面温度とする。

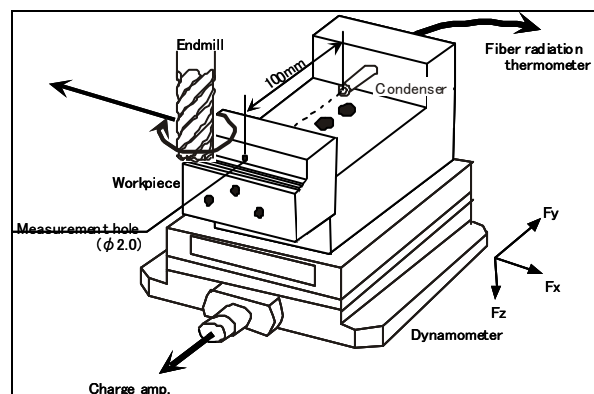


図 5.1 温度測定装置

表 5.1 温度校正用加工条件

軸方向切り込み	[mm]	7.9
Cutting speed	[m/min]	38
送り速度	[mm/tooth]	0.1
Radial depth of cut	[mm]	0.5
Free length	[mm]	30

5.2 温度測定結果

底刃からの位置 Z_d における切削温度を切削初期の切削距離の短い工具と寿命前の工具によって

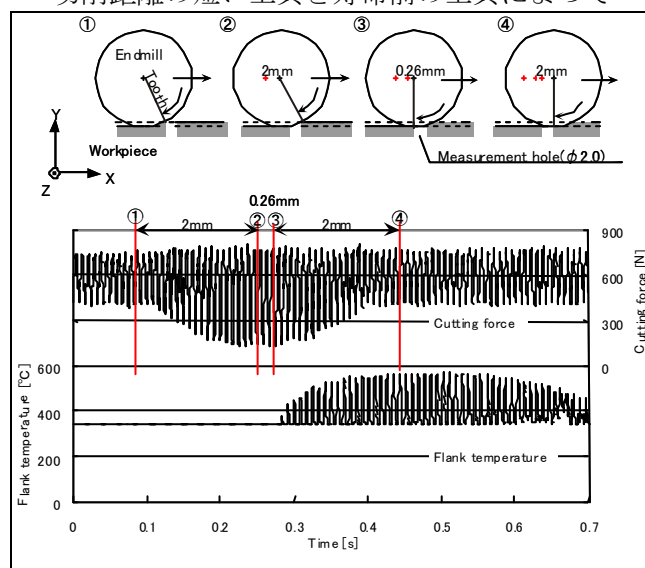


図 5.2 逃げ面温度測定

測定した。階段状に切削を行うことで、測定点を順次変更する。

底刃からの位置 Z_d における逃げ面の温度測定結果を図 5.3に示す。切削初期には工具全体で温度が低く、温度差も少ない逃げ面が寿命前になると切削温度が高くなり、切れ刃の位置によって温度差が 80°C 程度生じている。逃げ面摩耗が大きく、接触面積が大きくなり切削温度が上昇すると考えると図 5.3で示した逃げ面摩耗の長短と一致する。切削初期には摩耗の違いが生じていないことから、工具全体が低い温度で切削を行い、寿命時では摩耗の進行により接触面積が増加し、切削温度が上昇したと考えられる。

このことから、切削初期の温度は寿命の短縮には直接関与しないが、工具寿命付近では逃げ面摩耗の部分的な成長が部分的な温度上昇の原因となり、切削温度と摩耗の相互作用による摩耗の加速によって工具寿命に悪影響を与えていると考えられる。

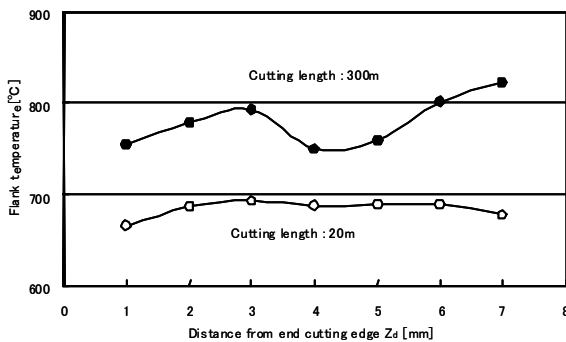


図 5.3 逃げ面温度

6 結言

本研究では、(Al, Ti)N 膜をコーティングした 6 枚刃のエンドミルを用いて、焼入れされた金型加工用の難削材である SKD61 の被削性について調べた。その結果、以下の結果が得られた。

1) 軸方向切込みが工具寿命に及ぼす影響

工具が振動しない条件と比較して振動する条件では寿命が短くなり、単位軸方向長さあたりの切削抵抗から、工具が振動する条件では摩耗が加速されると考えられる。

寿命後の工具損傷を観察すると、工具が振動しない条件では切れ刃全体の逃げ面摩耗、振動する条件ではチッピングであり、寿命原因が異なる。さらに振動条件の工具を観察すると、最大切り屑厚さが大きくすくい角が少ない部分ではチッピング、逃げ角が少ない部分で逃げ面摩耗が発生していた。

工具が振動する条件での逃げ面の温度測定を行った結果、切削初期では底刃からの位置 Z_d による逃げ面の温度差は少なく、寿命時に差が生じた。

これは Z_d により逃げ面摩耗の進行に違いがあるためであると考えられ、逃げ角が少なくなる Z_d で摩耗が加速していると考えられる。

よって、振動により工具に逃げ角が減少する Z_d が生じ、その部分が加速的に摩耗し、切削抵抗が上昇したため、すくい角が減少かつ最大切り屑厚さが増加する Z_d でチッピングが起こるために、工具寿命が短くなると考えられる。

2) 逃げ角・幾何学的切り屑厚さの算出について

工具のねじれ角と軸方向切り込み Ad により、切れ刃接触長さが一定となる条件と変動する条件があり、切れ刃長さが変動すると切削抵抗が変動し工具が振動し、工具寿命が大きく変化する。SKD61 の切削抵抗と工具のたわみから振動する工具の刃先の軌跡を求め、その軌道からエンドミルの底刃からの位置 Z_d によって最大切り屑厚さと逃げ角が異なることを求めた。

参考文献

- 1) 高松英次：金型製作の基礎知識，株式会社 技術評論社，(1995) 98-101
- 2) 中川平三郎ほか：5 軸制御マシニングセンタによる多刃エンドミル加工面の高精度化—軸方向切削幅制御による側面切削時の切削抵抗一定化—，精密工学会誌(2003) 掲載予定
- 3) 村上敬宜：材料力学，森北出版株式会社，(1994) 168
- 4) ツールエンジニア編集部：工具材種の選びかた使い方，株式会社大河出版，(1994) 25
- 5) 中山一雄：切削加工論，コロナ社，(1978) 132-133

二酸化チタンによる水質浄化について（２）

高島支所 山下 重和

糊付け機を用いて、綿糸表面に二酸化チタン粉末の固定を図った。付着系の評価として、アセトアルデヒドガス分解およびメチレンブルー水溶液の脱色実験を行ったところ、両実験ともガス分解、脱色処理に効果があることが確認できた。

１．はじめに

産業発展にともない多様な化学物質による環境汚染が問題になっており、水処理においてもより一層の高度処理技術が求められている。

二酸化チタンは、光エネルギーをもとに有害物質を無害化する方法であり、二酸化チタン自体が物質変換がないため半永久的に使用できる。利用方法によっては経済的な処理方法である。

前年度は、織物表面に酸化チタンの固定化を図り、メチレンブルー水溶液の脱色について報告を行った。本年度は、糸に二酸化チタンの固定を行い、水質浄化用資材の開発を行った。評価として、アセトアルデヒドのガス分解およびメチレンブルー水溶液の脱色実験を実施したので、その結果を報告する。

２．実験方法

2.1 綿糸表面への二酸化チタンの固定方法

今回、固定材料に綿糸を選択した理由は、比表面積が大きく、水の流れに対して抵抗が少ないからである。綿糸には 20/2 を使用した。

二酸化チタンには、粉末のタイプのアナターゼ型のアパタイト複合酸化チタンを使用した。

糸への固定方法として、糊付け機を用いてコーティングを行った。バインダーとしてアクリル樹脂と糊（コンニャク）を架橋剤にキタンサンガムを使用した。今回、コンニャク糊が分散剤の役割を果たした。試作条件として、酸化チタン濃度が 7%、5%、3% の 3 種類を試作した。

加工後の糸を直径 25mm 球状（梵天）に加工を行った。

図 2.1.1 および図 2.1.2 に加工後の綿糸の表面状態を示す。



2.1.1: 糸表面状態（酸化チタン濃度 7%）

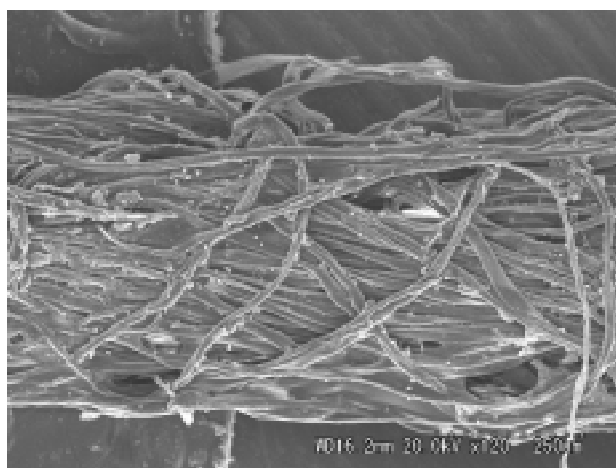


図 2.1.2: 糸表面状態（酸化チタン濃度 5%）

2.2 アセトアルデヒドのガス分解実験

5 L のテドラーバックの中に 3 L のアセトアルデヒドガスとチタン加工糸（25mm 球状、30 個）を入れ、上部に設置したブラックライト（20w × 2 本）で 1mw/cm² の光強度で照射し、2 時間および 20 時間後のガスの濃度を測定した。測定

にはガス検知管を用いた。試験には、酸化チタン 5%濃度のサンプルを使用した。

2.3 メチレンブルー水溶液の脱色実験

ガラスビーカーの中に 20mg/l 濃度のメチレンブルー水溶液を入れ、この中に加工系（25mm 球状、20 個）を入れ 24 時間放置した後、メチレンブルー水溶液を入れ替え、実験を開始した。開始から 5 時間後までは空気によるエアレーション（約 250mg/l）のみを行った。引き続きブラックライト（352nm、18w）2 本をビーカーを挟む様に平行に配置して紫外線照射を行った。脱色の評価には、吸光度を用いた。測定には、分光光度計を用いて 665nm の波長を測定した。なお、実験は暗室において実施した。

3．結果と考察

3.1 綿糸への付着作成条件と評価

二酸化チタン濃度 7%では、酸化チタン粉末の凝集が多く見られた。5%、3%ではある程度均一に分散していた。今回の条件では、二酸化酸化チタンを5%以内にすることにより均一に分布させることができる。

3.2 アセトアルデヒドのガス分解実験

酸化チタン加工系の光活性をみるために、アセトアルデヒドの分解実験を行った。図 3.2.1 に結果を示す。初期濃度はいずれも 65 mg/l であった。UV 処理では、20 時間後のガス濃度は 0 mg/l であったのに対して、UV なしでは 40 mg/l

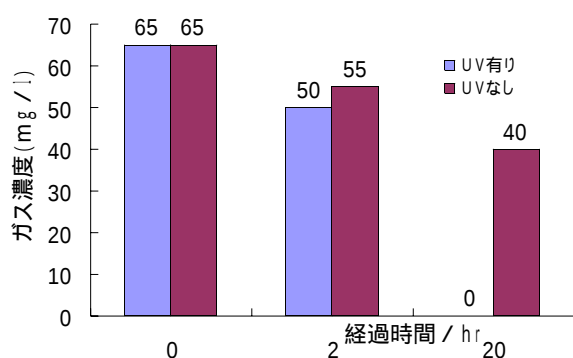


図 3.2.1 アセトアルデヒドガス分解実験

であった。UV なしでのガス濃度の減少は吸着によるものと考えられる。UV ありの方が分解効果が高く、酸化チタン加工系のガス分解効果が確認できた。

3.3 メチレンブルー水溶液の脱色実験

図 3.3.1 に実験結果を示す。

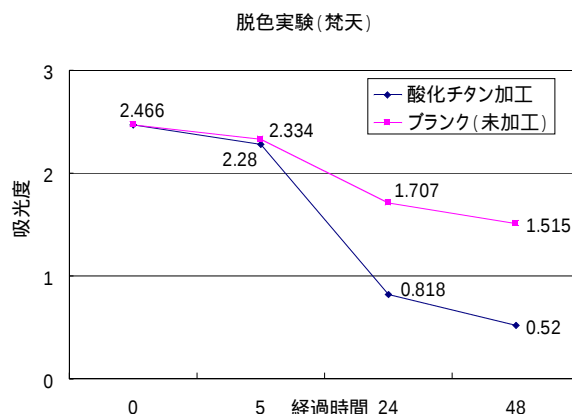


図 3.3.1 メチレンブルー脱色実験

実験開始から 5 時間経過後（エアレーションのみ実施）の吸光度は加工品、未加工品とも差がなく、梵天の染料の吸着量の影響は少ない。5 時間経過後から、エアレーションに加えて紫外線の照射を開始した。紫外線照射後は、酸化チタンを加工した梵天の方が明らかに脱色が良かった。今回の加工方法で、水中の染料（有機物）を分解が可能で有ることが確認できた。

4．まとめ

コンニャク糊を用いて、綿糸へ酸化チタンの固定を行った結果、酸化チタン濃度 5%で以下では均一に分散していた。

アセトアルデヒドガス分解実験およびメチレンブルー水溶液脱色実験いずれにおいても、酸化チタンを加工した梵天の方が除去率が高かった。今回の加工方法により、綿糸への酸化チタンの固定が可能である。

時限的生分解樹脂（繊維）の製造及び評価に関する研究

繊維・有機環境材料担当 谷村 泰宏

生分解樹脂の分解を時間的にコントロールする研究を行った。生分解樹脂の中に時間が来ると生分解性樹脂を分解させるための起爆剤を埋め込むことでコントロールを行う。現時点ではその時限的トリガーに、紫外線活性酸化チタンと紫外線吸収剤を用い制御することで、時限的に生分解樹脂を分解出来る可能性が見いだされた。

1. 目的

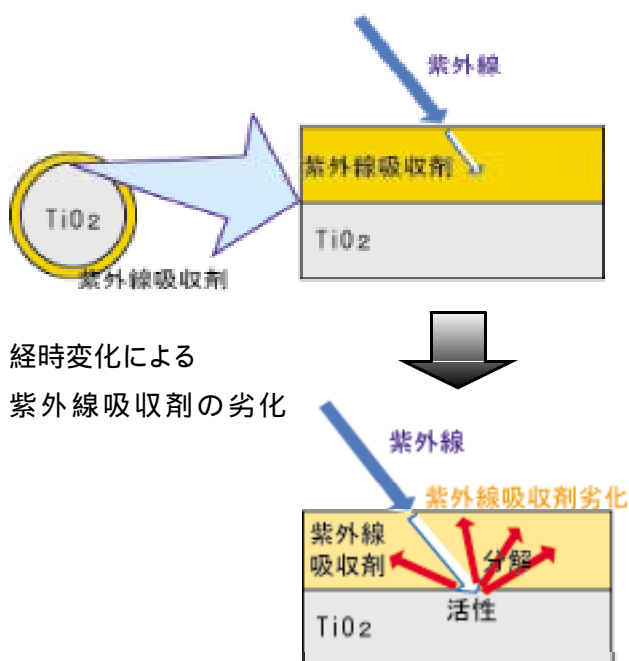
環境産業やその他の多くの産業では、生分解性樹脂（繊維等）を使用しはじめているが、それらの素材は、まだ少ない。その普及しない原因の一つが、生分解樹脂の分解時期速度の時限的な問題である。この時限的な制御が出来ればもっと多くの利用が行われる。今回の研究では、その時限的に分解を起こす機構について検討を行った。

2. 方法

2.1. 時限的分解制御方法

紫外線活性酸化チタンと、紫外線吸収剤を用い、紫外線吸収剤の劣化する速度で、分解開始時間を制御する「時限トリガー」を考案した。

構造的には紫外線活性酸化チタンの表面に紫外線吸収剤をコーティングし、その厚みで分解開始時間の調整を行う。



また、酸化チタンの活性が始まると一気に生分解樹脂の分解が始まる。

2.2. 時限トリガーの作成

時限トリガーを、以下の薬品を用い表1に従って試料調整を行い、6試料を作成した。

酸化チタン

・スーパータイタニア F-2 (昭和電工)

紫外線吸収剤

・2-ヒドロキシ-4-メトキシベンゾフェノン

・2,2,4,4-テトラヒドロキシベンゾフェノン

酸化チタン1gに対する、 紫外線吸収剤の量	2-ヒドロキシ-4-メ キシベンゾフェノン	2,2,4,4-テトラヒド ロキシベンゾフェノン
2.5 mg/g	a	A
1.0 mg/g	b	B
2.5 mg/g	c	C

表1

2.3. 時限性評価試験

2.2.で作成した6試料について、以下の条件で紫外線照射を行い紫外線吸収剤の分解を行った。今回用いた紫外線吸収剤は黄色で、この色が酸化チタンの活性により色が無くなることで評価を行った。

紫外線照射器

スガ試験機製

スーパーキセノンウエザーメーターSX75

(装置内温度63℃、湿度50%)

照射時間

1時間、5時間、20時間

3．結果および考察

それぞれの結果は、表2に示す通りとなった。

紫外線吸収剤の量が多ければ紫外線が吸収されるため酸化チタンの活性が抑えられ、量を少なくすると紫外線全てを吸収することが出来ないため、酸化チタンの活性が抑えられず、紫外線防止剤が分解され変色が起こったと推察される。

部分的に変色したのは、酸化チタンの表面に紫外線吸収剤が均一にコーティングされていなかったため、薄いところは紫外線が吸収されず変色が早く起こったものと考えられる。

表 2

	a	b	c	A	B	C
1時間	○		×	○		×
5時間		×	×		×	×
20時間	-	×	×	-	×	×

○：ほとんど変色が起こっていない。

：部分的に変色が起こっている。

×：ほとんど変色を起こしている。

-：測定せず。

4．まとめ

以上の結果から、紫外線が照射されている環境の中では、時限的に分解を制御できる可能性は見いだされたと考えている。

ただ今回の実験では、酸化チタンに紫外線吸収剤を均一にコーティング出来なかったため、どのようにして均一にコーティングするかが今後の課題と考えている。

また今回の実験では、時限的機構についてのみ実験を行ったが、今後生分解樹脂に時限トリガーを練り込み、実際に分解させ評価を行いたいと考えている。

ワイヤ放電加工における精度向上に関する研究（２）

機械電子・金属材料担当 樋口 英司

あらまし：金型加工分野をはじめとして機械部品加工に広く利用されているワイヤ放電加工の加工精度に悪い影響を与える要因を抽出、高精度加工への加工条件設定と真直度および真直度を測定した直線の傾き角度の関係を調べ加工精度の向上を図る実験を行った。実験の結果、ノズル流量、放電周期、放電エネルギーおよび電極走行速度の４因子が加工条件設定に寄与する結果を得た。

１．はじめに

放電加工は、銅などの柔らかいワイヤ（工具）で、超硬合金などの硬い材料を思いのままの形に加工（切断）できる。この時工具と被加工物のすきまは数ミクロンで、その間ワイヤ電極を巻取りながら、次々と放電を発生させ、糸鋸で二次元の輪郭を切断するように加工する。この加工方式をワイヤ放電加工方式、他方、特定形状の電極を用いて、その電極形状を投影加工する型彫加工方式がある。

ワイヤ放電加工は、金型・ジグ関連企業や微細で加工困難な形状の加工を得意とする企業などで一般的に広く用いられている。最近、開発された高精度ワイヤ放電加工機には、①加工精度±3 μm保証、②面粗さ0.6 μmRyを実現した仕上げ回路、③仕上げ加工速度の向上、④高精度仕上げ加工制御、⑤統合適応制御テクノロジー、⑥最高水準の加工条件をサポート、⑦多様な加工に対応可能な内蔵CAD/CAM、など高速化・高精度化プロセスを付加したものが、いろいろと照会され機械の価格も高くなる傾向にある。

ワイヤ放電加工機だけでなく他の工作機械も同じであるが、高精度・高機能加工機を導入すれば素人でもある程度の加工精度までは加工が可能になる。しかし、ものづくりの観点や諸般の事情から一概に新鋭機械の導入に諸手をあげることはできない。既存の設備を用いて同業他社より一歩優れた加工付加価値をつけるために各企業では日々

努力を積み重ねノウハウを取得・保持され、それぞれの企業がノウハウをさぐり合う状況がある。

このことから、地域の関係する企業数社を対象にワイヤ放電加工技術の動向を調査し、加工現場の実態に則した加工条件を制御因子に反映させるため、実験に使用したワイヤ放電加工機で加工できるMAXの加工条件範囲を被削材の加工により求めて機械的な面から最適加工条件をもとめ加工精度および形状精度との関係を調べた。

２．実験

２．１ 実験方法

１）被削材の選定

材料の硬さによる影響を把握するため硬さの違う２種類の材種を選定した。

用いた被削材のブロックは、市販されている仕上げプレートで、

幅80mm×長さ200mm×厚さ20mm・40mm

材種 生材～SS400

ブリハードン鋼～HPM2T

(HRC37～41)

２）加工形状および加工プログラム

加工形状および加工寸法は図1に示した内容である。

作成した加工プログラムはつぎとおりである。

10 G40

20 G01 X-11000 Y0

30 G03 X-1000 Y-1000
I0 J-1000
40 G01 X0 Y-6000
50 G03 X1000 Y-1000
I1000 J0
60 G01 X11000 Y0
70 G01 X0 Y-4000
80 M2

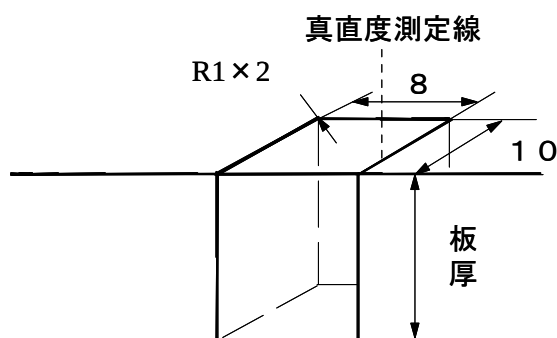


図1 加工形状と加工寸法

3) 加工精度の測定

図1に示した加工性状のC面のほぼ真ん中を厚み方向に上面・下面の5mmを除いた真直度および真直度を測定した直線の傾き角度を測定した。

測定には、(株)東京精密製 輪郭形状測定機 コンターレコード 2600E-12を用いた。

4) 使用工作機械

ワイヤ放電加工機 CONT HS-300
ブラザー工業(株)製 加工範囲 Xストローク
160mm× Yストローク 260mm を使用した。

5) ワイヤ電極

材種 黄銅ワイヤ、 ワイヤ径 0.25mmを
使用した。

6) 制御因子・水準の選定

ワイヤ放電加工の経験がないため機械メーカから提供された加工データおよび技術動向調査結果

を参考にそれぞれ小・中・大の3種類を選定した。

2. 2 制御因子

2. 1項の検討結果をもとに、それぞれの因子ごとに3水準を選定し、表1の制御因子をL¹⁸直交表に割り付け、ランダムに2回の繰り返し実験を行った。

因子 \ 水準	水準 1	水準 2	水準 3
A ノズル流量	2	6	
B テーブル送り速度	7,000	8,500	10,000
C 放電周期	28	23	18
D 放電エネルギー	8	9	10
E 電極走行速度	8	10	13
F ワイヤ張力	12	14	15
G 加工液電導度	4	5	6
H 放電率	60	70	80
誤差因子: 被削材(硬さ) SS400 HPM2T			
信号因子: 板 厚 20 40			
特性値 : 寸法測定値			

表1 制御因子と水準

3. 結果および考察

3. 1 解析

実験から得られたデータの一部を表2に示す。

SN比と感度の解析に用いた計算式を以下に示した。

(1) 全体の2乗和 (S_t)

$$S_t = y_{11}^2 + y_{12}^2 + \dots + y_{26}^2 \quad (f = 8)$$

(2) 線形式 (L)

$$L_1 = M_1 (y_{11} + y_{12})$$

$$+ M_2 (y_{13} + y_{14})$$

$$L_2 = M_1 (y_{21} + y_{22})$$

$$+ M_3 (y_{23} + y_{24})$$

(3) 有効除数 (r)

$$r = M_1^2 + M_2^2$$

(4) 比例項の変動 (S_β)

$$S_{\beta} = (L_1 + L_2)^2 / 2 \times 2$$

$$\times r$$

(f = 1)

(5) 比例項の差の変動 (S_{β × N})

$$S_{\beta \times N} = (L_1 - L_2)^2 / (2$$

$$\times 2 \times r) - S_{\beta}$$

(f = 1)

(6) 誤差変動 (S_e)

$$S_e = S_T - S_{\beta} - (S_{\beta \times N})$$

(f = 6)

(7) 誤差分散 (V_e)

$$V_e = S_e / 6$$

(8) 有害部分の大きさを表す誤差分散 (V_n)

$$V_n = (S_e + S_{\beta \times N}) / 7$$

(9) S/N比 (η)

$$\eta = 10 \log ((1 / (2 \times 2 \times$$

$$r)) (S_{\beta} - V_e)) / V_n$$

(10) 感度 (S)

$$S = 10 \log (1 / (2 \times 2 \times$$

$$r)) (S_{\beta} - V_e)$$

表2のデータを前記の計算式により計算したS/N比と感度はつぎのとおりである。

No	S/N比 (db)	感度 (db)
1	-22.28	-23.25
2	-19.46	-21.14
3	-20.91	-19.79
4	-20.06	-22.01
5	-21.92	-21.99
6	-21.42	-20.32
7	-22.60	-21.51

8	-18.92	-20.27
9	-20.19	-22.01

No.	回	M1	
		n1	n2
1	N1	2.45	2.13
	N2	1.95	2.55
2	N1	2.84	2.6
	N2	3.32	3.68
3	N1	3.05	3.15
	N2	4.34	3.61
4	N1	3.21	2.41
	N2	2.52	2.83
5	N1	2.92	2.4
	N2	2.63	2.58
6	N1	3.09	3.07
	N2	3.07	3.79
7	N1	2.66	2.64
	N2	2.68	3.15
8	N1	3.39	3.56
	N2	3.39	3.22
9	N1	2.62	2.55
	N2	2.74	3.04

表2 実験データ

3.2 最適条件

真直度を特性値として解析したS/N比の要因効果図を図2に示す。

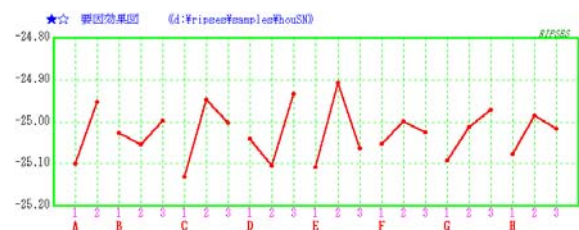


図2 S/N比の要因効果図

効果要因は ①ノズル流量 : 6
 ②放電周期 : 23
 ③放電エネルギー : 10
 ④電極走行速度 : 10

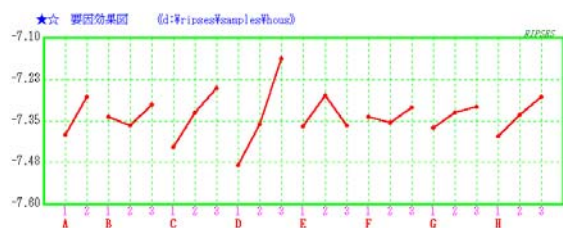


図3 感度の要因効果図

最適条件は

A 2 + B 3 + C 2 + D 3 + E 2 + F 2 + G 3 + H 2

A 2 : ノズル流量	6 l/min
B 3 : テーブル送り速度	1 0, 0 0 0 μ m/min
C 2 : 放電周期	2 3 μ sec
D 3 : 放電エネルギー	1 0
E 2 : 電極走行速度	1 0
F 2 : ワイヤ張力	1 4
G 3 : 加工液電導度	6
H 2 : 放電率	7 0

3. 3 技術動向

3. 3. 1 調査結果

ワイヤカット技術動向調査の調査項目として加工条件に関係する内容を調査対象として挙げましたが結果として加工条件の傾向やまとまった参考データを得ることができなかった。

このことは、(社) 日本金型工業会 東部支部が調査された『ワイヤカット用 NC データ比較調査WG 最終報告書(2001,04,03)』にも記載されている内容に合致するところがある。その内容は下記の部分である。

【違いの程度と意味】

まず理解しておくべきなのが、ワイヤカット用 NC データの違いを生む原因には、大きく分けて以下の三種類があるということである。

(1) 機械メーカーの持つ加工技術の違い(機能の違い)

い)

最近の機械では、加工条件をデータベースとして制御機内に格納しておき、NC データ側ではそれを呼び出すだけという手法が一般的。

(2) データ形式の違い(表現の違い)

機械上は全く同じ動作が制御機によって異なる表現。

(3) ユーザーニーズの違い(使い方の違い)

この調査は、国内メーカー8社の最新機種を対象に各機械メーカーの技術担当者に対するヒアリングおよび提供資料によりまとめたものである。

要するに、加工条件データとしてそれぞれのメーカーによって数値による表現やノッチによる表現など表現が違っている点である。

3. 3. 2 制御因子

ワイヤカット技術動向調査において企業に参考提出した制御因子一覧表および研究報告書をもとに企業から指摘を頂いた〔実験に使用する工作機械の限界加工条件を把握する〕を最重点に直交表の中から過酷な条件と考えられる制御因子の組合せ条件でまず限界加工条件をもとめて制御因子を決定した。

実験の中でも限界加工条件に近い実験ナンバーではワイヤオクリエラを生じたところもある。

これらのエラー対策として執った手段は

- ① ノズル流量を6に、
- ② 放電周期の設定を20に、
- ③ ワイヤ張力を14に、

変更したことである。

このことは、要因効果図のノズル流量(A)、放電周期(C)、ワイヤ張力(F)、から理解することができる。

3. 4 問題と対策

(1) ノズル流量

工作物の中央部付近は、どうしても加工クズなどの量が多くなると同時に、加工液の温度も一番高くなる場所になる。このことがタイコ形状の原

因にもなる。従って、ノズル流量が多い方に効果がある。

(2) テーブル送り速度

テーブル送り速度は加工電源余裕率と関連しており余裕率が50～70%程度になるように設定する方法が採られる。テーブル送り速度により加工速度と加工溝幅が変わる。

(3) 放電周期

繰り返し放電の最小周期。この値を小さくすれば、単位時間あたりの放電回数が多くなり、テーブル送り速度を速くすることができますが、瞬時放電が集中する現象が起きやすくなりワイヤ電極の断線の原因になります。

(4) 放電エネルギー

一回の放電で流れる電流のレベルです。数値が大きいかほど流れる電流は多くなり、放電電流を大きくすると一回の放電で除去される工作物の量が多くなり加工速度が向上しますが加工面品位は悪くなりワイヤ電極断線が発生しやすくなる。加工に際しては工作物とワイヤ電極が短絡しない範囲で放電エネルギーの値を小さく設定する。

(5) 電極走行速度

ワイヤ電極走行速度を速く設定すればワイヤ電極の消耗が減り、ワイヤ電極断線がおきにくくなる。しかし、ワイヤ電極の消費量は増え、またワイヤ電極の振動が増えることにより、加工溝幅が増える傾向になる。ワイヤ電極の消耗を考え、工作物の厚さが厚いときおよび高速加工は速く、薄いときおよび低速加工や仕上げ加工は遅く設定する。

(6) ワイヤ張力

ワイヤ電極の、走行時の張力を設定する。張力を上げると、ワイヤ電極の振動は減りますが、断線し易くなる。張力を下げると、ワイヤ電極の振動の振幅が増え、工作物の厚みの中央で加工溝が広がる。またワイヤ電極ガイド部の移動方向が変わる、コーナー部のダレが発生しやすくなる。

(7) 加工液電導度

加工液の電流の流れやすさを示す数値。加工液電導度が高いほど、放電が容易に起き、加工速度

は上がる。反面、漏洩電流により工作物や機械本体の電解腐食が発生しやすくなる。

中くぼみ形状(タイコ形状)の対策

① ワイヤ張力を強くする。

ワイヤ放電加工機の加工原理からワイヤ電極の進行方向に対して上下ワイヤガイドとワイヤ電極および工作物の関係は力学的に三点曲げの状態で加工が進行していることからワイヤ張力を強めにし、ワイヤの振幅を極力小さくする。また、上下ワイヤガイドのスパンを短くする。

特に、上部ガイド位置は、ワークの上と下の寸法に大きく影響する。

② 加工液の比抵抗を下げる(電導度を上げる)

電気を通しやすい状態で加工する。ワークの上下部と中央部の比抵抗差が少なくなる。

③ 加工速度を速くする。

加工進行方向の放電を主体にし、ワイヤの左右方向の放電量を相対的に減らす。

4. まとめ

本実験をとおして確認できた部分や、今後さらに検討が必要な部分等を列記する。

(1) 評価(計測)特性値に真直度を用いる。

真直度のデータによる加工条件の評価を行った結果、満足のいく解析を行うことができた。

コーナ部のダレに関する評価特性値に何がベターなのか十分な検討が必要。

(2) 信号因子として被削材の厚さを中小の2水準に設定したところ実験精度を若干上げることができた。

(3) ワイヤの振幅を極力小さくするためワイヤ張力を強くする。

(4) ワイヤガイドのスパンを極力短くする。

機械の構造上、下側のアーム形状の変更も

必要。

(5) 電導度を極力上げる。

電気を通しやすい状態にする。

(6) 加工速度を速くする。

加工進行方向の放電を主体にし、ワイヤの
左右方向の放電量を相対的に減らす。

本研究の実施に際し、制御因子等の設定に指導
助言をいただきました(有)かわはし鐵工 川橋 幸
雄 氏、ならびに実験結果の解析にご支援ご協力
を頂きました(財)滋賀県産業支援プラザ 技術
支援課 副主幹 酒井 一昭 氏には深く感謝しま
す。

参考文献

- 1) 三菱電機(株) 著、監修/斎藤辰男:『図解 放電加工
のしくみと100%活用法』
- 2) 監修 向山芳世:テクニカボックス.37形彫・ワイヤ放電加工
マニュアル
- 3) 樋口:『高強度材料の切削に関する研究(3)』滋賀県東
北部工業技術センター研究報告 (平成12年度)
- 4) (社)日本金型工業会東部支部:『ワイヤカット用NC
データ比較調査WG最終報告書』

織物表面加工法の開発

繊維・有機環境材料担当 浦島 開

正絹の浜縮緬は無地が主流で正装用着物として高い評価を得てきた。織物として模様柄を表現する手段を持たない現状である。振袖用など新しい分野素材を目標に表面加工法を検討したところ、高圧プレスを適切な条件の下で行うことにより耐久性のある加工法を開発できる見込みが分かった。

1. 目的

長浜産地の浜縮緬は、変わり縮緬や一越縮緬、古代縮緬など平織の無地縮緬が主力である。各企業は、風合いやシボと言われる表面効果に特徴を持たせ、最高級品としての浜縮緬ブランドを確立してきた。こうした一方で、おしゃれな着物や振袖用の生地に対する取り組みも最近では行われてきている。

無地の縮緬は全体として光沢はあるが、強弱がないため落ち着いた雰囲気がある反面、賑やかさに欠ける面がある。

従来から、織物などに光沢を増す方法としてカレンダー加工があり、柄や凹凸形状を付与する方法にはエンボス加工があり、またジャカードやドビー装置により光沢の変化が可能である。このような方法とは異なる方法で、振袖用として光沢に富み、模様柄のある生地を目標に表面加工法を検討した。

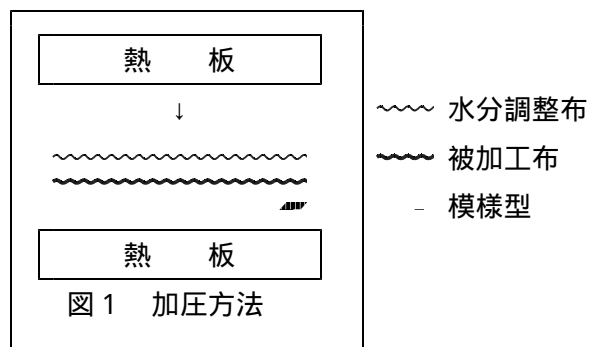
2. 方法

2.1. 浜縮緬の特徴

浜縮緬は、よこ糸に強撚糸を用いて独特のシボを表現した織物で主に正装用着物に使われ、染色性や風合いが優れている。これらの無地縮緬にプレス加工することを検討したところ、一越縮緬や古代縮緬などの強撚糸織物は、プレス後もシボの回復が大きいことや、収縮が大きい点から不向きと判断し、変わり無地縮緬を実験試料とした。

2.2. 加工方法

繊維製品は、アイロン仕上げによりシボを伸ばしたり、折り目をしっかりと付ける効果がありよく行われている。このアイロンがけを強い条件で行うと生地がアイロン光（テカリ）を生じことがある。アイロンかけの条件とは、圧力、温度、時間、あて布、布の水分率¹⁾などがある。今回の加工法は、このアイロンがけとよく似た方法である。プレス加工は、テクノサプライ（株）製の小型プレス機G-12型を用いた。プレスする方法には、ローラ捺染の方式と型紙捺染の方式が考えられる。基礎的な実験でもあり図1のような型紙捺染によく似た方式により実験を行った。同じ温度に設定した熱板と熱板の間に模様型、被加工布、水分調整布（紙、布等）を重ねてセットし、熱板によりプレスを行う。この模様型は付与しようとする柄を描いておくことにより自由に設計可能である。



2.3. 加工方法の特徴

プレスすることにより織物表面が平滑になり、光沢が増す。また、織物全面をプレスすることも可能であるが、その一部をプレスすることにより模様を表現することも可能となる。このように光

沢差で模様を表す方法として、ジャカードによる製織法があるが、本方法は後加工によることが特徴の1つである。

2.4. 加工実験の条件

前記プレス機を用いて、変わり一越縮緬の白生地（精練後）を試料として実験した。圧力、温度、時間をそれぞれ3水準とし加工した。圧力は、100、200、300 Mpa とし、処理温度は、100、110、120。また、加圧時間は30秒、1分、2分とした。また、水分の供給は金巾（染色堅牢度添付白布）を湿潤して試料と同時に加圧した。金巾の水分量は、金巾生地の約150～160%に調整したものを使用した。加圧処理後、浜縮緬工業協同組合で整理仕上げを行った。その後、京都市内の染色加工業者に依頼して無地に染色した。

3. 結果および考察

3.1. 加工効果

加圧することにより生地が圧縮され扁平になっている。加圧することにより、写真のように繊維の断面も変形している様子である。



縮緬（白生地）をプレス加工して、水洗後整理仕上げをした段階で光沢度を測定した。次に浸染（えんじ色）した後、再度整理仕上げを行い2度目の光沢度を測定した。光沢度は、ミノルタ製光沢計により60度法でたてよこ3回ずつ測定した。

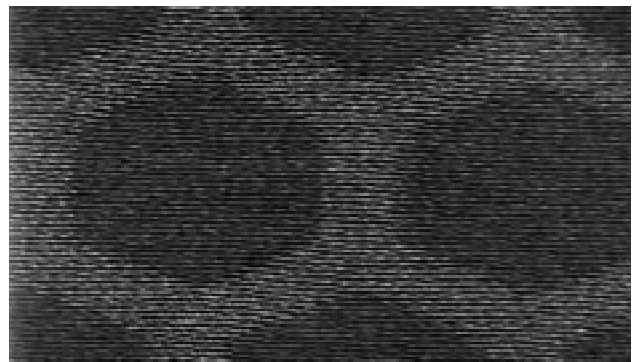


表1 加工条件と光沢度

番号	温度	圧力	時間	白生地		染色生地	
				たて	よこ	たて	よこ
1	100	100	0.5	3.4	2.4	0.5	0.4
2		200	0.5	3.6	2.5	0.5	0.4
3		300	0.5	3.8	2.6	0.5	0.4
4		100	1	3.5	2.4	0.5	0.4
5		200	1	3.7	2.5	0.5	0.4
6		300	1	3.8	2.6	0.5	0.4
7		100	2	3.5	2.4	0.5	0.4
8		200	2	3.7	2.6	0.5	0.4
9		300	2	3.9	2.6	0.6	0.4
10	110	100	0.5	3.6	2.5	0.5	0.4
11		200	0.5	3.8	2.6	0.6	0.4
12		300	0.5	3.8	2.6	0.5	0.4
13		100	1	3.7	2.6	0.5	0.4
14		200	1	3.9	2.6	0.6	0.5
15		300	1	3.9	2.7	0.6	0.5
16		100	2	3.7	2.6	0.5	0.4
17		200	2	4.2	2.8	0.7	0.6
18		300	2	4.2	2.8	0.6	0.5
19	120	100	0.5	3.8	2.6	0.6	0.5
20		200	0.5	4.1	2.8	0.6	0.5
21		300	0.5	4.2	2.8	0.7	0.5
22		100	1	4.0	2.7	0.6	0.5
23		200	1	4.1	2.8	0.6	0.5
24		300	1	4.2	2.9	0.6	0.5
25		100	2	4.2	2.9	0.6	0.5
26		200	2	4.2	2.9	0.7	0.6
27		300	2	4.2	2.9	0.7	0.6
28	無加工部			2.7	1.9	0.3	0.2

（温度： 圧力：Mpa 時間：分）

加工温度が高くなると、光沢度も高くなる傾向がある。圧力も高くなるほど効果は大きい。加圧時間の効果は明瞭でないが同じ傾向を示すと考えられる。このように光沢度はよく似た数値であるが、目視判定による模様の鮮明さはかなり異なる様子を示している。表中太字で示した 5, 6, 8, 9, 12, 15, 18 は無加工部との境界が明瞭で模様柄が鮮明である。これらは圧力が大きいグループで、温度は 100 と 110 である。120 のグループは光沢度は高いが、境界部が不鮮明になっている。このことは水分が大きく影響しているものと考えられる。すなわち境界部は水分の蒸発が激しく、想定した処理ができていないものと思われる。水分は絹繊維を柔軟にする効果と繊維内部の水素結合を再配置する効果を果たしている。以上のことからプレス加工の時間内に湿潤状態から乾燥状態にシフトさせる必要がある。また、その供給する水分量を充分確保するため、被加工布によって水分調整布も選択する必要がある。

3.2. 模様柄の耐久性

耐久性を測定するため予めプレス加工した (100、140 Mpa、5 分) 絹縮緬を、J I S L 0844 A - 1 法により洗濯試験を繰り返した。その後、所定の幅長さに仕上げ光沢度を測定した。

着物をこのような過酷な条件で洗濯することはないが、上記方法は染色堅牢度を測定する方法としてよく使われている。

表 2 試験回数とたて方向光沢度 (60 度法)

洗濯回数	通常部	プレス部
0	2.7	3.7
1	2.4	3.0
2	2.4	3.0
3	2.3	2.8
4	2.3	2.8
5	2.3	2.7

光沢度が通常部でも落ちているのは、繊維自体

の変化、水洗、仕上げ等の影響と考えられる。これらのことからプレス部において大きく落ちているとは言えず、プレス効果が維持されていると思われる。

3.3. モアレ効果

モアレ加工は、織物に波形または雲のような模様をつけることで、通常特別に彫刻されたローラーでプレスする方法や 2 枚の織物を重ねる方法で行われている。

前記 2.4 で記した条件でモアレ効果を確認した。今回使用した生地のご密度は、次のとおりである。

・金巾の密度 26 本 / cm

・変わり一越縮緬の密度 23 本 / cm

モアレを発生するにはこの密度が重要である。モアレ縞の鮮明さは、光沢度と同じ傾向を示している。また、被加工布 (縮緬) と水分調整布 (金巾) との設置角度により、モアレ縞の現れ方も異なり斜線が見えてくる。設置角度が 6°、9°、17° の場合、モアレ縞の斜線角度は、それぞれ約 40°、60°、80° となった。また、織物が部分的に角度がつくことから、木目調ができることもある。

4. まとめ

今回、絹の縮緬に模様を付与することを目的に取り組んできた。高圧のプレス加工を行うことにより可能となった。

今回は、白生地で加工を行って実験したが、染色後の生地加工すれば、後の工程が軽易に済むことからさらに効果的と考えられる。また、製織後の生機で行うことも可能である。高圧精練などにより光沢模様の付与が明瞭ではないが不可能ではない。

ジャカードによる紋織りとは雰囲気の違い表現方法が開発できた。今後、実用化の方法を探りたい。

高分子量セリシンの用途開発

(高分子量セリシンフィルム開発)

高島支所(兼)繊維・有機環境材料担当 三宅 肇

医療、健康福祉分野への利用を目的に、保湿性や抗酸化作用などの生理的效果を有するセリシンのフィルムを作成して、その構造や水分特性について検討した。

加水分解セリシンおよび架橋セリシンフィルムは、結晶構造がランダムであるのに対して、高分子量セリシンフィルムは主に結晶性が高いβシート構造を有しており、耐水性や強度など優れた物性を有することが示された。

また、高分子量セリシンの吸湿特性は分子結合力が大きな単分子層吸着が多く、架橋セリシンに比べて放湿に時間を要し、保湿性が高いことが示された。

高分子量セリシンは、他の物質を含まずに耐水性を持つフィルム化が可能であることから、主に医用材料としての利用が期待できる。

1. 緒言

セリシンは保湿性や紫外線吸収性、抗酸化作用など生理的效果を有するシルクタンパクの一種である(1-6)。

セリシンはフィブロインタンパクと強固に接着をしている。大きな分子量を有することから常温には不溶であり、工業的には高温水やアルカリで加水分解によって除去される(精練)。精練後のセリシンは、低分子量化され水溶性を示すことから、これにより得られたフィルムや膜などのセリシン材料は耐水性に乏しい。

我々は以前に、DMUにより架橋を行ったセリシン膜の物性に関する研究を行った結果(7)、優れた機械的物性を有する膜が得られている。

しかし、医用材料などへの転用を考えると、毒性を有する架橋剤を使用することは望ましくない。我々はこれまでに開発した高分子量セリシン(8-9)を用いることにより、架橋処理を行わずに耐水性の高いフィルムが得られることを明らかにしている。

本研究では、高分子量セリシンの用途開発の一つとして注目をしている医用材料への転用を目的に、高分子量セリシンフィルムの基本物性および水分特性について検討を行った。

2. 実験

2.1 分子量

分子量は、ゲルろ過クロマトグラム(日立製作所製 D-7000)を用いて測定した。測定条件は以下である：溶液，0.05 mol phosphoric acid buffer + 0.3 mol NaCl；ゲルカラム，Shodex Asahipak 520HQ；温度，35℃；流速，0.6 ml/min。

2.2 試料

高分子量セリシンは、カシロ産業(株)から提供頂いたものをそのまま用いた。平均重量分子量は 3.88×10^5 である。

2.3 高分子量セリシンフィルム

高分子量セリシンフィルムは、セリシン 2wt %水溶液をオートクレーブにより105℃、3分間加熱溶解後、テフロンシャーレを用いてキャストして得た。

2.4 加水分解および架橋セリシンフィルム

加水分解セリシンフィルムは、高分子量セリシンを 2wt %炭酸ナトリウム水溶液で加水分解(105℃ 5分)後、キャストして得た。

架橋セリシンフィルムは、加水分解セリシンをジメチロールエチレン尿素(DMU)により架橋して得た。

2.5 FT-IR

(株)島津製作所製 FT-IR (AIM8000) を用いて、ATR 法により分解能 1 cm^{-1} 、積算回数 100 回、波数範囲 $1400 \sim 1800\text{ cm}^{-1}$ で測定を行った。

2.6 X線回折

X線回折パターンは、理学電機(株)Rint2000、CuK α 管球を使用して、ステップ角度 $1^\circ (2\theta) / \text{min}$ 、回折範囲 $2\theta = 5^\circ - 50^\circ$ で測定した。測定にはフィルムを粉碎した微粉末を用いた。

2.7 引っ張り試験

引っ張り試験は、インストロン試験器 (インストロンジャパン(株)製) を用いた。試料は標準状態で (25 R.H.55%) に 48 時間放置後、実験に供した。引っ張り速度は 20 mm/min である。

2.8 溶出量

セリシンフィルムを各種温度の水中に 8 時間浸せき後の溶出量を求めた。溶出量は紫外可視分光光度計 UV-1600PC (島津製作所(株)社製) を用いて、ブラッドフォード法により測定した。標準試料には牛アルブミン (BSA) を用いた。

2.9 膨潤率

含水フィルムの膨潤率は、次式から求めた。

$$\text{膨潤率}(\%) = V_w / V_d \times 100$$

ここで、 V_w は膨潤フィルムの体積、 V_d は乾燥フィルムの体積である。

2.10 吸放湿測定

吸放湿は、図 1 に示す装置により測定した。乾湿下における重量の変化は 3 分間隔で PC に取り込んだ。

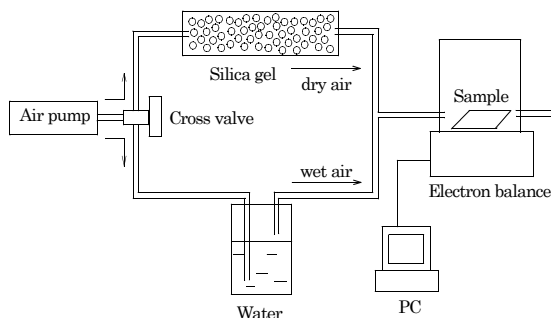


図1 吸放湿試験装置

3 結果と考察

図2に、高分子量、加水分解および架橋それぞれのセリシンフィルムのFT-IRスペクトルを示す。高分子量セリシンには、 β シート構造によるアミド およびアミド に起因する 1645 cm^{-1} ショルダーピークおよび 1514 cm^{-1} ピークが観察される(10)。これに対して、加水分解、架橋フィルムは、 1645 cm^{-1} ショルダーピークは新たなピークに変化しており、さらに 1527 cm^{-1} にショルダーピークが発生している。これらはランダムコイル構造に起因するピークであることから、高分子量セリシンの結晶は、加水分解や架橋により β シート構造からランダムな構造に変化することが予想される。

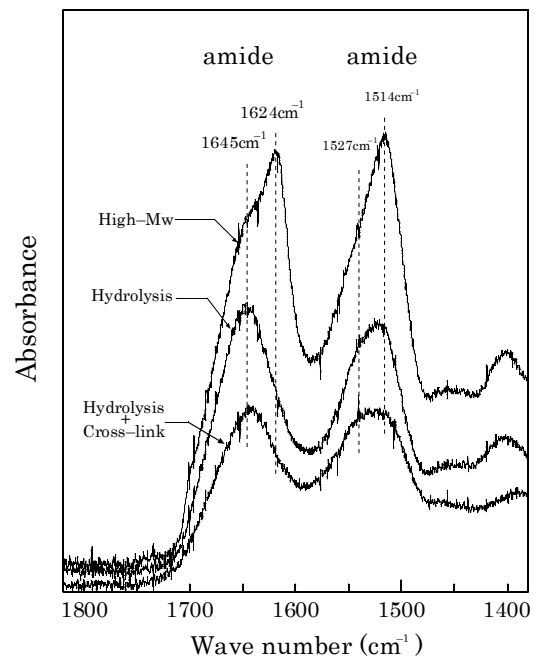


図2 FT-IRスペクトル

図3は各フィルムのX線回折図を示す。小松(4)は熱水抽出したセリシンの結晶面間隔から計算を行い、結晶ピークが $2\theta = 12.1^\circ, 19.6^\circ, 21.2^\circ, 26.9^\circ, 44.6^\circ$ に現れることを示している。高分子量セリシンは、 $2\theta = 20^\circ$ および $12^\circ, 28^\circ, 43^\circ$ 付近にピークおよびショルダーが観察されており、計算値とよく一致する。これに対して、加水分解セリシンは 20° 付近のピークがブロードなピークに変化しており、架橋セリシンはより顕著である。これは、高分子量セリシンは加水分解や架橋によ

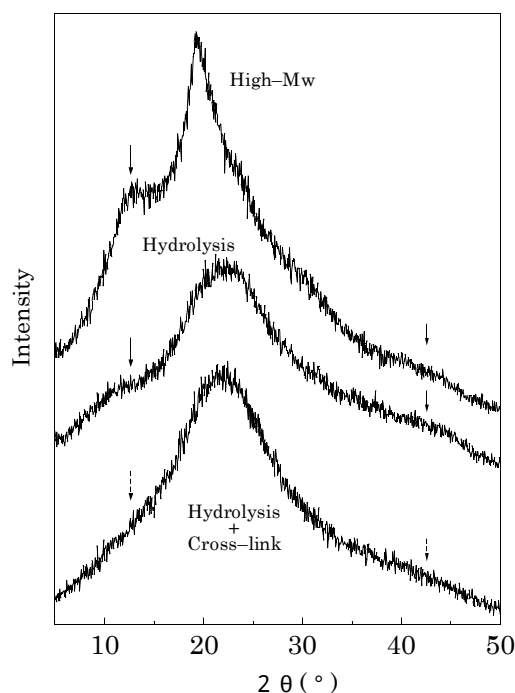


図3 X線回折図

表1 機械物性

	High-Mw	Cross-link
Stress/MPa	65.1	42.8
Strain/%	2.1	3.7
Young's modulus/MPa	4060	1670

り結晶がランダムな構造に変化をしていることを示しており、FT-IRの結果による考察を支持している。

高分子量セリシンフィルムの引っ張り強度は、表1に示すように架橋セリシンフィルムに比べて大きい。このことは上述のように、結晶部分が多いことを示している。

図4は、高分子量セリシンフィルムと架橋セリシンフィルムの水中におけるセリシン溶出量と水温の関係を示す。両フィルムとも僅かな溶出が見られるが、これは低分子量部分や未架橋部分が溶出していると考えられる。ここで、高分子量セリシンフィルムは架橋セリシンフィルムに比べてさ

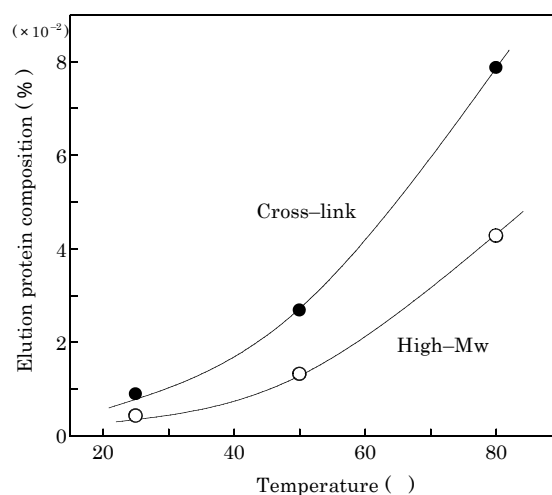


図4 水中のセリシン溶出率

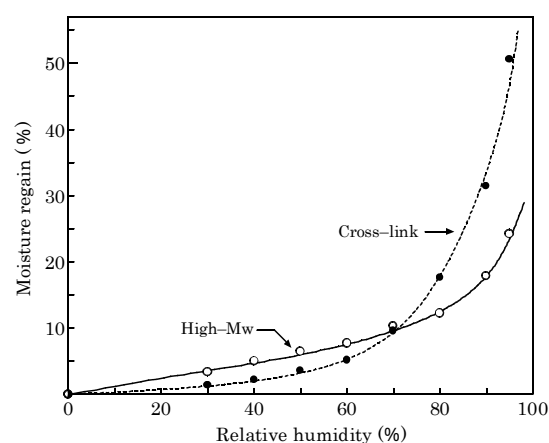


図5 等温吸着曲線

らに溶出量が少なく、常温水に対する耐水性が大きいことがわかる。

図5は両フィルムの吸着等温曲線を示す。BET型の曲線を示すことから、セリシンフィルムは多分子層で吸着することが予想される。湿度70%以下の低湿下では、架橋フィルムは高分子量セリシンフィルムよりも吸湿量は低い。しかし、高湿下においては吸湿量は反対に高くなる。セリシンは多くの親水基(例えば、-OH, -NH, -COOH)を有する。これらは、フィルムの親水性に大きな影響を及ぼすが、架橋フィルムはこれらの官能基が架橋反応に寄与していることから少なく、低湿下における単分子層吸着量が低くなると考えられる。これに対して、高湿下においては架橋フィルムは表2に示すように大きな膨潤がおこるため、

表2 含水率と膨潤率

	High-Mw	Cross-link
Water regain / %	166.7	193.3
Swelling ratio / %	122	180

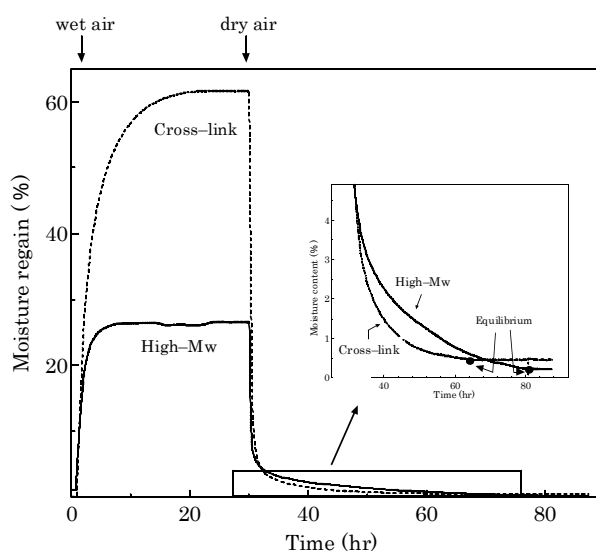


図6 吸放湿曲線

多分子層吸着量は大きくなる。図6は両フィルムの吸放湿の様子を示している。高分子量セリシンフィルムの方が、高湿下において吸湿量が低いにもかかわらず、放湿に長い時間を要している。これは、化学結合力が大きな単分子層吸着量が多いことを示しており、等温吸着曲線の考察を支持している。

本内容の詳細は、高分子学会誌「*Polymer Journal*」の vol.11 (2003) に掲載されています。

参考文献

- (1) Katoh, N., Satoh, S., Yamanaka, A., Yamada, H., Fuwa, N., and Nomura, M. (1998a) Silk, protein, sericin, inhibits lipid peroxidation and tyrosinase activity. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **62**, 145-147
- (2) Katoh, N., Shoji, A., and Yamada, H. (1998b) Silk protein sericin as a new biomaterial. *Bio Industry* **15**, 15-20 (in Japanese).
- (3) Katoh, N., and Sasaki, M. (2000) New physiological functions of sericin and its application for cosmetic and food. *Fragrance J.* **4**, 28-33 (in Japanese).
- (4) Komatsu, K. (1980) Chemical and structural characteristics of silk sericin. In *Zoku Kenshi no Kohzo* (N.Hojyo, ed.), Shinshu University, Nagano, 379-415 (in Japanese).
- (5) Tsukada, M., Magoshi, J., and Miyauchi, K. (1977) Glass transition and crystallization of amorphous silk sericin. *Kobunshi Ronbunshu* **34**, 71 (in Japanese).
- (6) Sakurada, I. (1985): "Polyvinyl Alcohol Fibers", p170, Marcel Dekker, Inc., New York and Basel.
- (7) Ishikawa, H., Nagura, M., and Tsuchiya, Y. (1987) Fine structure and physical properties of blended film composed of silk sericin and poly(vinyl alcohol). *Sen'i Gakkaishi*, **43**, 283-287 (in Japanese).
- (8) H. Miyake, S. Otu, and H. Wakisaka, Japan Patent Open 265498(2002)
- (9) H. Miyake, S. Otu, and H. Wakisaka, Japan Patent Open 265499(2002)
- (10) Nakanishi, K., Solomon, P. H., and Furutachi, N., "Infrared Absorption Spectroscopy", Nankodo, Tokyo, 1993, P45

ヨシ苗定着資材の実用化研究（ ）

繊維・有機環境材料担当 浦島 開

平成13年度、生分解性繊維を使った植栽用資材の開発を行い、（財）淡海環境保全財団の協力を得て琵琶湖岸において植栽実験を行った。今年度は、昨年度のヨシ苗の定着状況を把握するとともに、新たな資材の開発を試み引き続き植栽実験を行った。

1. 目的

昨年度、椰子繊維のマットと繊維資材を組み合わせる方法と同マットを使わず繊維資材のみで植栽する方法についてフィールド実験を行った。今年度は、これら昨年度に実施した方法を引き続き検証するとともに、新たな渇水場面を想定した繊維資材を開発した。この新規繊維資材を用いてフィールド実験を行いヨシ苗の定着効果を確認することとした。

2. 昨年度からの経過状況

2.1. ヨシ苗の定着状況

昨年度、椰子繊維製マットと繊維資材を使用した方法を用いて琵琶湖岸の彦根市と今津町で実施した。繊維資材は、ポリ乳酸繊維や天然繊維である綿糸を使用し6点を作成した。1資材にヨシ苗4株を植えた。芽出し株数は、1資材あたり新芽を出した株の数とし、本数は新芽の平均本数とした。ヨシの太さは、細いヨシで3～4mm、太いヨシは7～8mmであった。

表1 資材の種類と新芽の数（今津町）

	素材（マット併用）	芽出し株数と本数
1	ポリ乳酸繊維、綿糸	4：17
2	ポリ乳酸繊維、綿糸	4：20
3	ポリ乳酸繊維、綿糸	4：14
4	ポリ乳酸繊維	4：12
5	ポリ乳酸繊維	4：29
6	ポリ乳酸繊維	4：17
	平均	4.0：18.2

また、繊維資材のみによる方法は、1資材あた

り3株を装填し4資材（12株）を植栽設置した。その結果、今津町においては12株とも新芽を出し、新芽本数は平均12本であった。

彦根市における状況としては、表2のように1部の株が新芽を出さない状況であった。また、繊維資材のみによる方法でも、同じ状況が見られ、平均新芽本数は13本であった。新芽の太さも、2～3mmから6～7mmである。

表2 資材の種類と新芽の数（彦根市）

	素材（マット併用）	芽出し株数と本数
1	ポリ乳酸繊維、綿糸	3：14
2	ポリ乳酸繊維、綿糸	4：12
3	ポリ乳酸繊維、綿糸	4：19
4	ポリ乳酸繊維	3：14
5	ポリ乳酸繊維	4：15
6	ポリ乳酸繊維	4：18
	平均	3.7：15.3

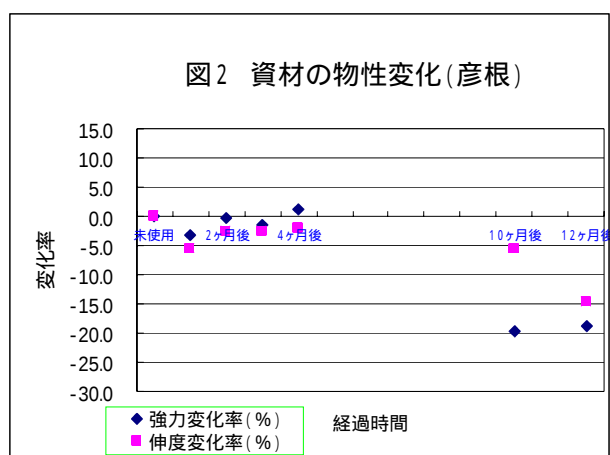
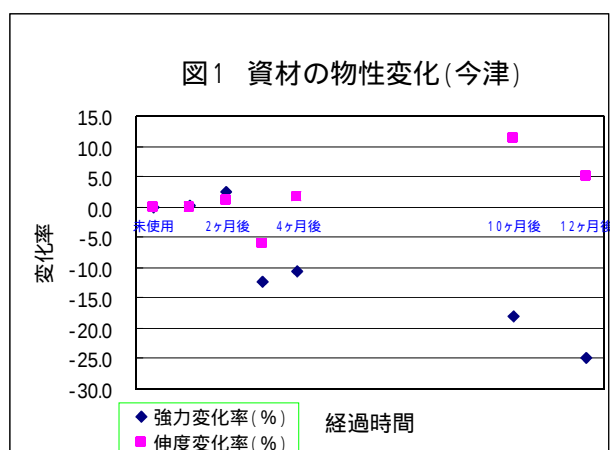


今津町の植栽地は波よけが設置され一定の水深に造成されているが、彦根市の植栽地は波よけ等

の施設がない。また、冬の北西風の条件も彦根市の方が厳しく波も荒い。彦根市の NO. 1、4（沖側で波の寄せる先端）の一部が芽出ししなかった理由と考えられる。新芽の本数や太さに少し差があるようにみえることも、このような自然環境の違いと考えられる。

2.2. 資材の物性変化

資材に使用したポリ乳酸繊維は、生分解性繊維で、徐々に分解されていくことが予想される。この分解過程で繊維の物性がどのように低下していくかを追ってきた。その結果が図1、図2である。一般的にポリ乳酸繊維は強度が低下し、伸度が増加する傾向といわれている。今津（図1）の場合は、強力が低下し伸度が増加している。一方、彦根（図2）の場合は強力も伸度も低下傾向を示し

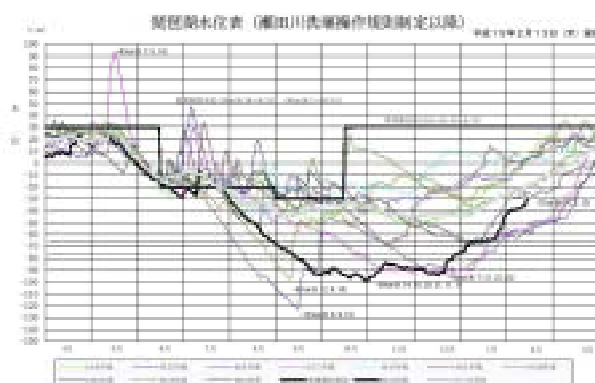


ている。1年経過して今津、彦根の両地区とも強力は20%強低下した。伸度が両地区で異なる傾向を示しているが、実験場の水深や水環境が異な

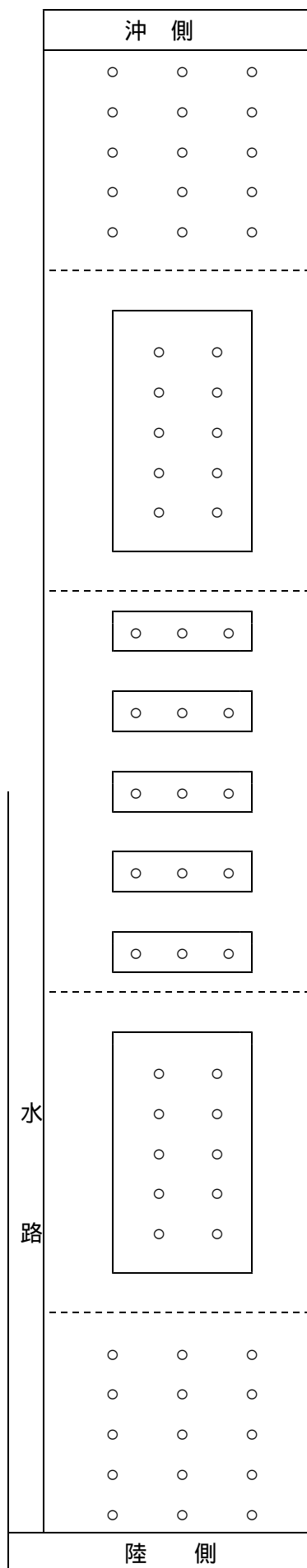
ることによるものと考えられる。両実験場の資材は、現段階でいずれも十分な強さを保持している。耐久性の面から見て、初期の目的を達している。

3. 今年度の実施状況

平成14年は例年になく降水量が少なく図のように琵琶湖の水位もマイナス1m近くにまで達した。



干上がった状態が長く続き、根が伸張して地面に固定するほどであればヨシ苗を直に植栽することも可能と思われる。しかし、通常それほどの期間がないことや植栽の時期が冬に向かって成長の止まる時期でもあることからヨシ苗だけを植えることは難しい。そこで干上がった状態であるが、数ヶ月後には浸水すると思われる位置に植栽することとした。そのための繊維資材を検討するとともに昨年度開発した袋型資材を使ってフィールド実験を行うこととした。実験場は昨年度とほぼ同じ位置で行うこととし今津町は12月6日、彦根市においては12月4日に植栽した。彦根市における植栽図面は次のとおりとし、今津町においてもほぼ同じように植栽した。このときの水位はマイナス88cmであり、植栽した位置の水位は、今津町でマイナス30cm、彦根市はマイナス70cm位のところと考えられる。その後予想より早く水位が回復し3月半ばにはプラスに改善されたため、いずれも水中に埋もれた状態になっている。3月現在ではまだ新芽がでていない。



今津町（２００２年１２月６日 植栽）

資材無し直植え（１５株）

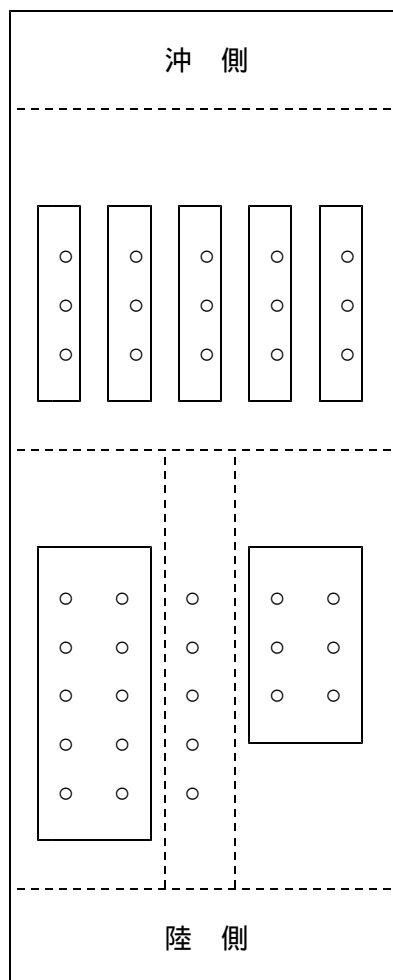
苗縦置きカバー（１０株）

たて型３連袋（３株×５）

苗横置きカバー（１０株）

資材無し直植え（１５株）

彦根市（２００２年１２月４日 植栽）



たて型３連袋（３株×５）

苗縦置きカバー（１０株）

資材無し直植え（５株）

苗横置きカバー（６株）



今年度検討した資材はヨシ苗を写真のようにカバーする資材とした。杭を打つところは、平織とし、苗をカバーするところはよこ糸を無くしたすだれ状とした。また、使用素材はポリ乳酸繊維の10s/4とした。

4. まとめ

昨年度開発した植栽資材を用いて実験して、その経過を観察してきたところ資材の耐久性も問題ない状態で推移している。また、ヨシの芽出しの状況もほぼ順調であったが、ヨシの太さや高さは一般地のヨシに比べて細く低い状況である。湖底に根を張っている状況が充分とはいえないかもしれない。

また今年度は、新たに干上がった状態で植栽するための資材を開発しフィールド実験を行った。今後、植栽状況を観察しさらに改良を加えていく予定である。

文献

- 1) 浦島 平成10年度研究報告 P14 ~ 15
- 2) 浦島、谷村 平成13年度研究報告 P 25 ~ 27

コンクリートのスケーリング劣化防止剤の 耐候性に関する研究（共同研究）

滋賀県東北部工業技術センター 宮川 栄一
八戸工業大学工学部 庄谷 征美
株式会社日興 玉置 利治

要旨 コンクリートのスケーリング劣化を防止するコーティング剤として、従来は、エポキシ等の有機塗料が使用されているが、有機塗料は、環境汚染を生ずる原因とされ、耐久性に劣る傾向があると報告されている。本研究では、新しく開発された無機浸透型のコーティング剤の長期耐久性を、メタルハライドウェザーメーター促進試験により、評価した。試験は、有機塗料を塗布した供試体 3 種類と無機コーティング剤塗布の 3 種類について行った。試験結果は、有機塗料が短時間で変色したのに比し、無機浸透型コーティング剤は、1,000 時間照射で、変色なし、光沢率の低下も良好な結果を示した。

1. はじめに

第二次世界大戦後の我が国では、経済復興のため多くの土木工事、建築工事が行われ、コンクリート構造物が重要な社会資本として蓄積された。コンクリートは、半永久的な耐久性があるものと考えられ、近代国家に欠かせない建設材料となった。しかし乍ら、作業能率を優先させるため、コンクリートの品質よりも流動性の良い、打設し易いコンクリートが志向された。この弊害の 1 つが、コンクリートのスケーリング劣化であり、これを防止することがコンクリートの外観を保つと共に長寿命化に繋がる為、スケーリング防止用コーティング剤の耐候性試験を行うこととした。

2. 共同研究内容

2.1 共同研究の目的

産学官連携により、コンクリートのライフサイクルコストを下げる工法の開発を最終目的とする。コンクリートを打設すると、ブリーディングや材料分離などと必然的に発生する欠陥等の変状に加え、エントラプトエアや粗大な毛細管空隙を生じ、これが表面劣化であるスケーリングの一

要因となる。この影響を軽減する方法として、コンクリート面へのコーティング法があり、何種類かのコーティング剤の耐久性を調べることにした。

2.2 劣化防止剤の開発

常識的に、有機物の塗布剤より無機の塗布剤が、耐候性に優れていることは、分かっている。しかし乍ら、無機コーティング剤は、接着性に劣るため、長期間の紫外線による負荷に耐えるものを作る必要がある。この趣旨に沿って接着力の問題が発生しない浸透型のスケーリング劣化防止剤を開発するのがベストと考えた。

2.3 コンクリートスケーリング劣化防止剤の長寿命化

コンクリートの凍結融解と、塩化物の複合作用によるコンクリートの表層剥離現象であるスケーリングを防止するため、従来は、コンクリート表面に塗料等の有機物を塗布してきた。共同研究では、コンクリートに浸透し、スケーリング劣化を防止できる無機、浸透型のコーティング剤につい

て、その塗布されたものを長期暴露試験を実施して、その耐久性の評価をする。

2.4 コンクリート劣化防止剤の評価試験

スケーリング劣化を防止する従来の塗布剤と前述の 2.2 で開発した劣化防止剤について、メタルハライドウェザーメーターによる促進劣化試験を実施し、その耐候性の評価を行った。

3. 共同研究の内容

3.1 スケーリング劣化防止剤

コンクリートのスケーリングを防止するには、コンクリートが水を吸収する細孔を少なくすることが有効である。この細孔を塞ぐため、(株)日興では、常温でガラス化するシリコンが原料の塗膜型テリオスコートを、浸透型に改造したテリオスシーラーを開発した。

表1 テリオスシーラー性能試験一覧表

項 目	試験方法	試験結果
付 着 強 さ	JIS A 6909-6.10.2 N/mm ² (鋼板)	1.5(0.3 以上合格)
塗 膜 硬 度	JIS A 5400-6.14(鋼板)	H
耐 洗 淨 性	JIS A 6909-6.14	異常なし
耐 水 性	JIS K 5668-5.9 浸漬 1 ヶ月	異常なし
耐 酸 性	JIS K 5400-8.22/ 6%塩酸水溶液 24 時間	異常なし
耐 アルカリ性	JIS K 5400-8.21 飽和消石灰水溶液浸漬 1 ヶ月	異常なし
吸 水 性	JIS A 1409-9g/m ² 24h	0.01
促 進 耐 候 性	サンシャインウェザーメーター 2,000 時間	異常なし

3.2 テリオスシーラーの品質試験結果

以上に見られる通り、耐酸性、耐アルカリ性、耐水性、耐湿性、耐塩水性については問題無い結果が得られている。

3.3 メタルハライドウェザーメーターによる耐候性評価試験

促進耐候性試験をメタルハライドウェザーメーターにより行い、光沢率の測定と目視による変色(黄変から褐変)を観て、判断の資料とした。

供試体は、スレート版に従来の有機塗料を塗布したもの3枚と、同じくスレート版常温ガラスコーティング剤を塗布したもの3枚を作成し、下記の通り促進化耐候試験を行った。

・試料名：1 アクリル，2 ウレタン，3 エポキシ樹脂，4 テリオスシーラー

・塗布量：1 - 3 は、ウェットで360g/m²，4 は、50g/m²

・試験項目：光沢率測定(デジタル変角光沢計，日本電色工業VP-1D)

・試験機：メタルハライドウェザーメーター(スガ試験機M-6T)

・試験条件：1,000W/m²(300-400nm)，照射時ブラックパネル温度63℃，照射時湿度範囲50%

・試験期間：平成14年5月21日～7月31日

写真1 メタルハライドウェザーメーターへの供試体の設置

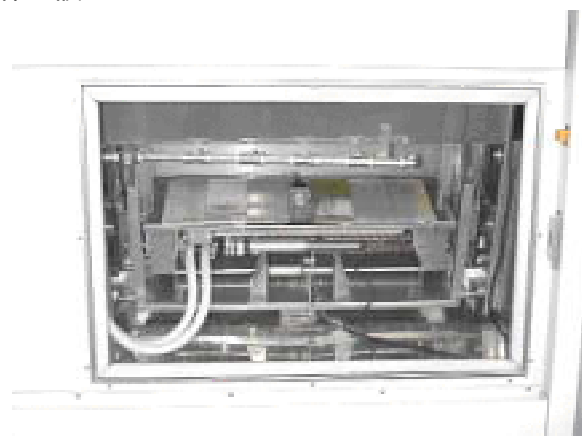


表2 メタルハライドウェザーメーターによる促進耐候性試験結果

塗料 曝露	アクリル	ウレタン	エポキシ	テリオスシーラー①*1	テリオスシーラー*1	テリオスシーラー③*3
0時間	51.1	55.9	49.8	73.0	78.0	74.9
200時間	37.4	55.0	2.9	62.8	64.9	61.2
目視*4	黄変小	黄変大	褐変と40% 消滅	変化無し	変化無し	変化無し
400時間	31.0	13.9	2.1	57.5	49.6	54.2
目視	茶色に変わる	黄変と一部 消滅	褐変と70% 消滅	変化無し	変化無し	変化無し
600時間	11.6	14.1	2.1	57.5	50.8 黄変無し	60.7
目視	濃い茶に変 色	黄変が進む	消滅が進む	変化無し	光の分散反射 有り	変化無し
800時間	取り下げ	12.9	取り下げ	53.9	取り下げ	56.3
目視		50%褐変， 消滅が進む		変化無し		変化無し
1000時間		12.4		49.3		55.2
目視		消滅が進む		変化無し		変化無し

(測定は、滋賀県東北部工業技術センターによる)

：基材に直接テリオスシーラーを塗布した。

：基材に水性プライマーを敷き，その上にテリオスシーラーを塗布した。

：基材に油性プライマーを敷き，その上にテリオスシーラーを塗布した。

注1：目視は，黄変，褐変の度合いを観た。塗料は，全部クリアーを使用した。

4. 研究結果

先に示した表2中に，各資料の時間経過と光沢度の測定値を記載した。エポキシ塗料は，200時間経過で，約50%塗料が焼け落ち，光沢度も1/20となった。(光沢度は，弱い部分の数値を表示してある)。アクリルは，600時間で褐色に変色が起こり，光沢度も1/5近くにまで落ち，既に塗料特性を失っている。ウレタンは，400時間で光沢度が1/4強まで落ち，以後そのまま保持しているが，目視では，黄変から褐変に進み，塗料の焼け落ちが連続して起こり塗料特性を失っている。400時間以降は，劣化が激しい。テリオスコートは，3種類とも光沢保持率が70%近くで安定しており，黄変も褐変も起こっていない。は，600時間でプライマーが，一部に剥離現象を起こし，光の分散現象がでたので，取

り下げた。目視の状態を，200，600，1000時間で写真撮影し，写真2～4に表示した。

写真2 メタルハライドウェザーメータ200時間経過結果

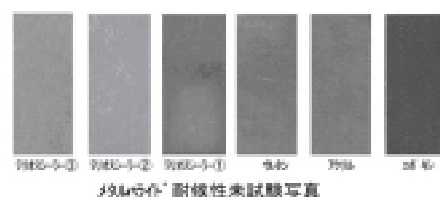
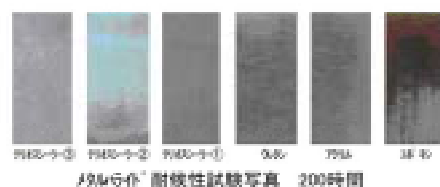
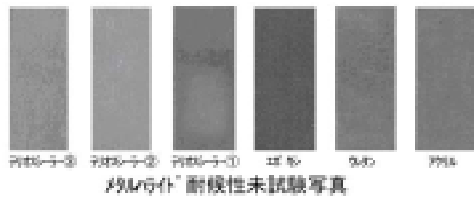
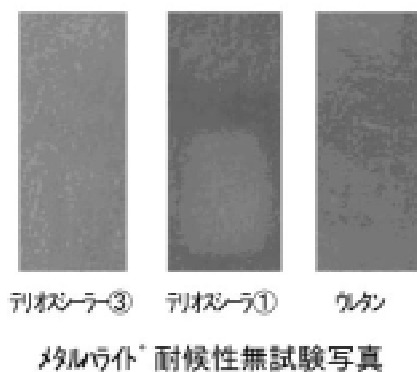
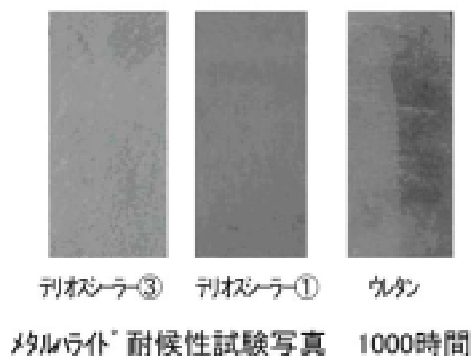


写真3 メタルハライドウェザーメータ600時間
経過結果



黄変，褐変を起こさなかった。コンクリートでは無機のテリオスシーラーは，細孔の中に入り込むため，今回のスレート版に塗布した耐候性試験の様に，全面負荷は掛からない。従って，実際の環境の中では，耐候性試験の数分の1となり，著しく優れた耐久性があるものと考えられる。

写真4 メタルハライドウェザーメータ1000時間
経過結果



5．まとめ

メタルハライドウェザーメーターによる促進化耐候性試験では，有機物は，紫外線により劣化，分解を起こし，無機のテリオスシーラーは，変色，

地域産業におけるデザイン創作支援

能登川支所

小谷 麻理

製品の企画開発からコンセプト作り、提案ができる企業の育成を目的に技術、情報、感性の三つの視点から支援をおこなった。

1．はじめに

性能的な差が殆ど見られない成熟市場では製品の差別化は重要な販売戦略となっている。ユーザーは情報の発達により製品に関する知識が豊富になり、製品に対する要望も高まり、企業は成熟化したユーザーにあわせ、成熟した製品を提案しなければならない。デザインは形態的な意匠開発にとどまらず様々なセクションで活用しやすいツールである。コンセプトの作成から提案、プレゼンテーションまで、さらに現在では製品そのものの機能から、使い心地やユーザーの気持ちまで満足させる仕掛けのツールとして、多角的にデザインを活用できるよう、技術、情報、感性の三つの視点から支援を行った。

2．内容

デザイン創作のための研究、支援

主にデザイン創作のための機器や書籍類を活用し支援を行った。



<デザイン創作支援システム・テキストデザインシステム>

相談・依頼を、それぞれのテーマや課題に基づき機器操作や資料閲覧だけを目的とせず、ミーティングを繰り返し、検討プロセスに重点を置いて支援した。その過程で企業は、コンセプトの絞り込みをより明確に行えるようになり、会社関係者以外への説明能力も向上することに繋がった。また、様々な情報交換、意見交換を繰り返すことが

発想的な効果をもたらし、新しい発想や斬新なアイデア開発となっている。特に最近では企業からのパンフレットや展示発表用のパネル等のPR媒体への企画相談が増加傾向にあり、ユーザーと生産現場がより近づいているだけでなく、ユーザーが製品にまつわる知識や情報、開発の背景やエピソードを価値として重要視して始めていることが考察される。今後、意匠開発だけの意味のないデザインではなく、このようなコンセプトや製品開発のストーリーなど魅力的、効果的に提案する重要性、理由のあるデザインの質が求められることが予想される。



<パネルと展示発表風景>

一方、当センターの業務や企業の利用状況、産地の生産現場を撮影し、変貌しつつある生産現場の記録をおこなっている。これらの記録収集は、湖東繊維工業（協）と連携し、写真展／産地からのメッセージ「繊維の現場」展として県内3カ所で発表した。今後も収集、分類、発表を継続させ、画像を使用することで誰が見ても分かりやすく、効果的なPR媒体に活用する他、継続する過程で産地の特徴の掘り起こし素材として新たな活用方法を検討する予定である。



<写真展>

情報収集

タウンウォッチング等の市場調査の他、企業に有効と思われるデザインに関する書籍や資料等幅広い分野の情報を収集し、提案や指導に活用、企画担当者が必要に応じ自由に利用できるようデザイン検討室にて閲覧開放している。



<デザイン検討室>

デザインに関する支援

デザインを活用できる人材の育成を目的として支援している。個々の企業やグループの生産物、販売先、問題点など様々なこと例に合わせ大学（成安造形大学）や他機関の協力を得て、年間支援、課題別支援、技術支援と3段階に分けている。

<支援事例>

湖東繊維工業（協）女性部

平成10年度に設立し、5年間に渡り様々なグループ支援のモデルケースとしても継続支援している。当初は色柄やトレンド情報等の勉強会からスタートし、イベントへの参加や異業種交流等を経て現在にいたる。その間、メンバーは事業を通して特に興味を持った技術、カラーコーディネーター資格やパタンナー、縫製、フラワーアレンジメント等の資格を取得し各々の業務にも活用している。今年度は、いかに魅力的な産地を提案するかを目的に、小規模産地にどのような可能性があるかを検討する課題に取り組んだ。企画書の作成か

らディスプレイ演習、展示会での提案を通して「検討」～「考えを具体的な形にまとめる」～「相手に伝わるよう表現する」を一連としたのプロセスを習得した。また、それぞれのイベント毎に担当責任者を決め、グループ間の連絡や外部との交渉、記録などグループリーダーとしての育成支援も行った。



<近江の麻・のれん展>

3. おわりに

デザインに関する設備や情報を充実させても「どのようにデザインを使うか」が企業にとっては重要な課題である。

人材、コストすべてが揃っていても有効な活用方法がわからなければ、デザインは無駄なツールになってしまう。当センターでもより多くの企業、人材に「デザイン」を活用しやすい環境提供が重要であると考え、様々な手法で「デザイン」を地域産業へ提案してきた。創造を形へ、形を製品へ、製品を提案するためにはやはり優れた「使い手」が必要と考え、人材の育成に重点をおいて支援を行っている。

製品の差別化により企業の個性化が求められる背景で、自分たちに何が出来るかを見つめ直し企業にとって必要なデザイン、地域産業にとって必要なデザイン、そしてその地域を支援するセンターは、模倣や受け売りではない「デザインの使い手」にならなくてはならない。

絹を活用した新規素材の開発

鹿取 善壽

絹は主に和装や洋装分野の衣料として全体の 95% が消費されている。しかし、近年絹は優れた保温性や吸湿性、放湿性など機能性にも優れている素材であり、また皮膚疾患に対して効果が確認されるなど、注目される素材となってきた。

衣料分野は勿論のことバイオテクノロジーの進展とともに医療、化粧品等非衣料分野への活用や研究開発も盛んに行われている。

今回、絹の良さを活かした新規素材の活用を支援するためのシーズとして、試作を行った。

1. 目的

野蚕系（柞蚕系）を活用した男物着尺地
家蚕系（生糸）にはない深みのある光沢と、軽くて「はり」のある男物着尺の試作。

ハイブリッドシルクを活用した医療用副資材
芯糸に超弾性糸のスパンデックス 7 d、鞘糸に生糸 35 d からなるハイブリッドシルク糸は、製織後精練によって芯糸が収縮する特性を持った糸

である。その収縮力を活かすことによって、織物に伸縮性を持たし、膝や関節等のサポーターとしての素材の試作。織物の設計規格を変化させることにより他への商品展開も考えられる。

ハイブリッドシルクを活用した健康関連素材
ハイブリッドシルクと浜ちりめんの技術を融合した健康タオル地等への素材の試作。

2. 試作概要

設計概要

-1 野蚕系（柞蚕系）を活用した男物着尺地
たて糸

柞蚕糸・・・35 d / 2

箆 60 羽 / 3.78cm

引込数 3 本 / 羽

よこ糸

柞蚕糸 100% による変り緯糸（オール乾式撚糸）

一越

-2 野蚕系（柞蚕系）を活用した男物着尺地
たて糸

柞蚕糸・・・35 d / 2

箆 100 羽 / 3.78cm

引込数 2 本 / 羽

よこ糸

柞蚕糸 100% による変り緯糸（湿式撚糸併用）

柞蚕糸 100% による変り緯糸（平糸）

一越、変り三越

、 ハイブリッドシルクを活用した素材開発

たて糸

生糸・・・42d / 4 / 2 (変りちりめん用平糸)

箆 20羽 / 3.78cm

引込数 2本 / 羽

よこ糸

：本一越ちりめん用緯糸

二越

：本古代ちりめん用緯糸

二越

3 . 結果と考察

No	緯 糸	製品重量	考 察
- 1	一越織	110g/m ²	光沢にも優れ、軽くて ” はり ” もある
- 2	一越織	137g/m ²	軽くて光沢は優れているが、風合いがやや硬い
- 3	変り三越織	124g/m ²	軽くて光沢は優れているが、風合いがやや硬い
- 1	二越（一越用緯）	-	ソフトでさらっとした感触と伸縮性に富む
- 2	二越（古代用緯）	-	伸縮性はあるがやや剛性が強い

4 . おわりに

絹の良さを着尺だけに留まらずその有効性を十分発揮できる商品開発に活かせるようそのシーズとして提案を行った。