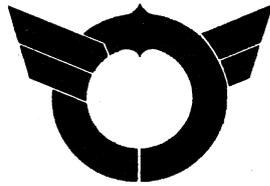


平成 10 年度

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

N P 除去に関する研究	1
リン除去に関する研究	6
捨て耳による水質浄化	8
立体化織物の開発研究 (Ⅱ)	10
農業用濁水浄化資材の開発研究	12
よし苗植栽用繊維資材の開発研究	14
汎用性吸水性材料の開発研究	16
生物活性を用いた高分子材料の開発	19
ポリオレフィン材料の環境劣化とモルフォロジーに関する研究	22
キャビテーション効果を利用した水処理技術の研究 ～その2～	31
金属製品の検査精度の向上に関する研究	34
自動遠隔制御技術の開発に関する研究 1	42
高性能圧膜材料の開発とその接合技術に関する研究	49
球状黒鉛鑄鉄の組織制御に関する研究	54
切削加工支援システムの開発研究	60
高強度材料の切削に関する研究	64
非破壊による表面硬化処理材の表面硬化層深さの計測手法に関する研究ー浸炭焼入れ材ー (予備研究)	70

2. 調査研究

ちぢみ製品の高付加価値化研究「コンニャク加工糸の撚数と強力変化」	74
----------------------------------	----

3. デザイン研究

地域産業におけるデザイン創作	76
----------------	----

4. 試作研究

絹を主体とした複合織物の試作開発	77
Newシボの開発に関する研究	83

(1)

技術開発研究

N P 除去に関する研究

高島支所 谷村 泰宏

平成9年度から環境浄化システムの開発に取り組み、平成10年度に開発したフローティングプランターの性能評価を行った。その結果、全窒素 (T-N) で $400\text{mg}/\text{m}^2\text{day}$ 、全リン (T-P) で $25\text{mg}/\text{m}^2\text{day}$ (2月～3月測定) の除去効果が得られた。また、エアレーションを行うことにより除去効果が高くなることが認められた。

1. はじめに

琵琶湖には、ほぼ毎年アオコや赤潮が発生し、その状況を改善しようと多くの研究がなされている。滋賀県内にもこれらの研究に熱心に取り組んでいる企業は多い。当研究は、高島地域等で生産される産業資材織物の用途開発と琵琶湖の水質浄化を目的に実施した。

2. 実験及び考察

2. 1 実験の方法

厚地織物で作成したプランターに水生植物を植生して実験水槽内に固定し、窒素・りん等の除去能力やバブリング、接触酸化濾材を併用した場合の効果について検討をした。

2. 1. 1 実験装置

実験に用いた水槽は、図2に示すように2つの槽をパイプで連結して一つの槽を作成し、1分間に約10ℓ排水するマグネットポンプで約250ℓの水を循環させた。また、実験槽が小さいのでフロート部を使用せず、プランター部が水面と高さになるようプランターの位置を固定して実験を行った。また、雨の影響を避けるために、実験はビニールハウス内で行った(写真3)。

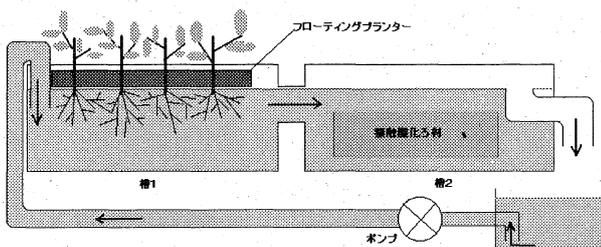


図2. 装置の概要

バブリングは1つの実験槽に対して2カ所で行い、1分間に合計約1800ccの空気を噴出させた。

2. 1. 2 プランターに植栽した水生植物

冬季の実験のため、低温に比較的強いクレソン(オランダガラシ)を用いた。

2. 1. 3 実験装置の循環水

硝酸アンモニウムとリン酸カリウムを用いて、 $T-N=2.5\text{mg}/\text{l}$ $T-P=0.5\text{mg}/\text{l}$ に調整した人工調整水を用いた。これは、水質の悪い県内河川の2～4倍に相当する。

2～4倍に濃度調整したのは、循環水中で長期に植物を栽培すると、水中の栄養塩の濃度が低下し植物が生育できなくなるので、これを回避するためである。

2. 1. 4 測定項目

T-N、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、T-P、T-OCおよび窒素の形態変化について測定を行った。

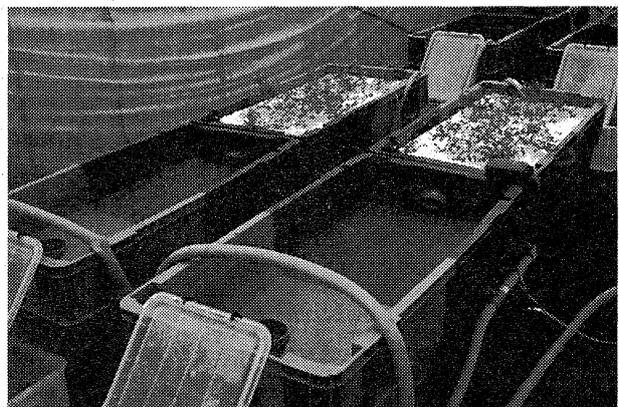


写真2. 実験装置

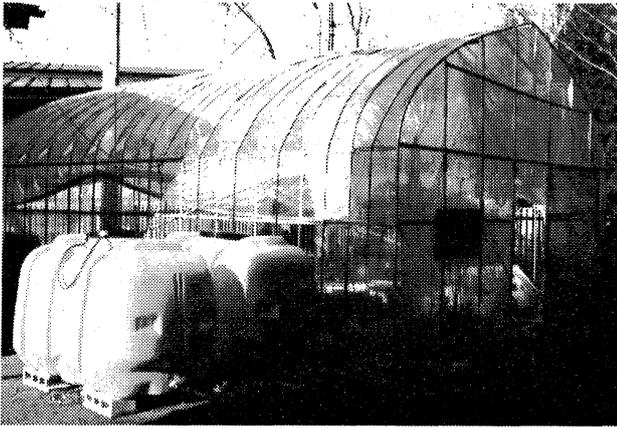


写真3. 実験に使用したビニールハウス

2. 2 実験の結果

2. 2. 1 全窒素・全りん除去効果

測定結果を測定各項目別にグラフにすると T-N, T-P で処理槽 1, 3, 5, 6 において濃度が減少しており、処理槽 7 においては、どの項目に対してもほとんど変化が認められない。処

理槽 1, 3, 5 は、バブリングをし、処理槽 7 はバブリングを行っているがプランターが装備されていない。

これらの結果から、プランターを使用する事により窒素・りんが除去されるのがわかる。また、バブリングによって窒素とりの除去が効率良く行われるが、バブリング単独では効果が認められず、プランターとの併用が必要である。これは、バブリングの酸素によって水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ が $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の形に順次変化し、最終的には植物に吸収されたためと考えられる。

また、りんの吸収量と窒素の吸収量に相関が見られることから、植物が窒素を吸収する際に同時にある一定の割合でりんを吸収するためと考えられる。

TOC については、殆ど変化が無かった。

表 1 試験条件及び結果

	1	2	3	4	5	6	7
プランター設置部	槽 1	槽 1	槽 1	槽 1	槽 2	槽 2	無
フロー-の有無	有	無	有	無	有	無	有
濾材設置部	槽 2	槽 2	無	無	槽 1	槽 1	無

(単位：mg/l)

T-N	1	2	3	4	5	6	7
2月2日	6.51	6.42	6.39	6.39	6.42	6.39	6.30
2月4日	5.58	5.97	5.67	5.37	4.26	5.04	6.42
2月8日	4.68	5.46	5.04	5.10	4.44	4.44	6.12
2月15日	4.02	4.80	4.11	4.35	3.78	3.75	6.39

(単位：mg/l)

NO ₃ -N	1	2	3	4	5	6	7
2月2日	3.967	4.158	3.969	4.057	3.988	4.023	3.972
2月4日	3.466	3.898	3.608	3.293	2.636	3.203	3.992
2月8日	3.334	3.680	3.587	3.463	3.280	3.248	3.982
2月15日	3.095	3.385	3.093	3.087	3.055	2.966	3.993

(単位：mg/l)

NO ₂ -N	1	2	3	4	5	6	7
2月2日	0.00228	0.00279	0.00258	0.00180	0.00159	0.00009	0.00285
2月4日	0.00168	0.00153	0.00123	0.00102	0.00090	0.00132	0.00147
2月8日	0.00474	0.00711	0.00687	0.00789	0.00768	0.00744	0.00540
2月15日	0.00405	0.00162	0.00864	0.00894	0.00798	0.00738	0.00645

(単位: mg/l)

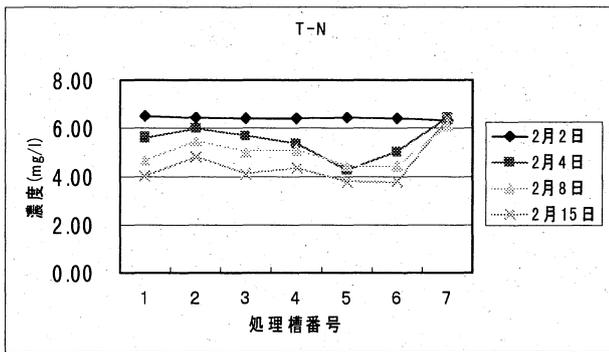
T-P	1	2	3	4	5	6	7
2月2日	1.2585	1.2723	1.2423	1.2657	1.2561	1.2468	1.2528
2月4日	1.2159	1.2558	1.2390	1.2885	1.1691	1.2171	1.2537
2月8日	1.0905	1.2384	1.1124	1.1808	1.0704	1.1124	1.1985
2月15日	1.0434	1.1160	1.0308	1.0824	0.9852	1.0287	1.2615

(単位: mg/l)

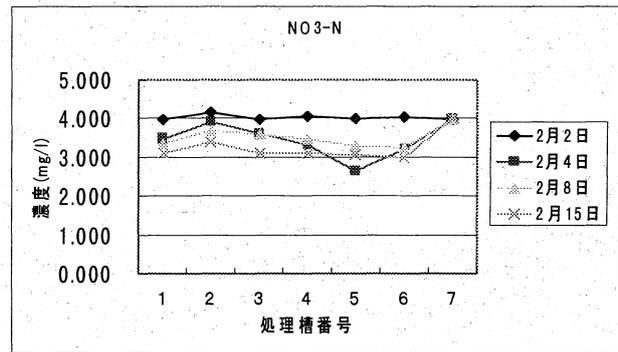
PO4-P	1	2	3	4	5	6	7
2月2日	1.2438	1.2792	1.2243	1.2837	1.2651	1.2546	1.2612
2月4日	1.1772	1.2594	1.2210	1.2531	1.1544	1.1820	1.2585
2月8日	1.1064	1.2060	1.1826	1.1718	1.0809	1.0992	1.2471
2月15日	1.0371	1.0752	1.0482	1.0842	0.9894	0.9945	1.2225

(単位: mg/l)

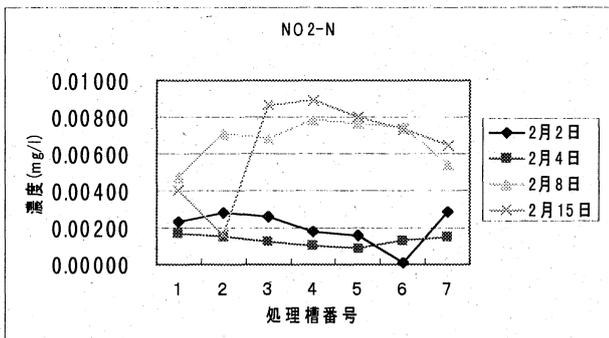
TOC	1	2	3	4	5	6	7
2月2日	0.478	0.702	0.507	0.635	0.830	0.473	0.565
2月4日	0.477	0.494	0.461	0.515	0.637	0.522	0.398
2月8日	0.385	0.488	0.553	0.422	0.577	1.176	0.697
2月15日	0.390	1.174	0.515	0.790	0.559	0.356	0.262



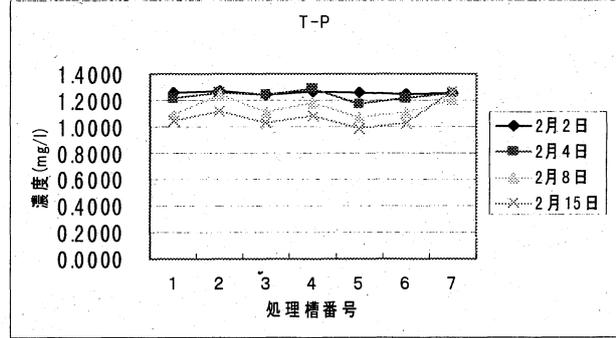
グラフ1. T-N 濃度



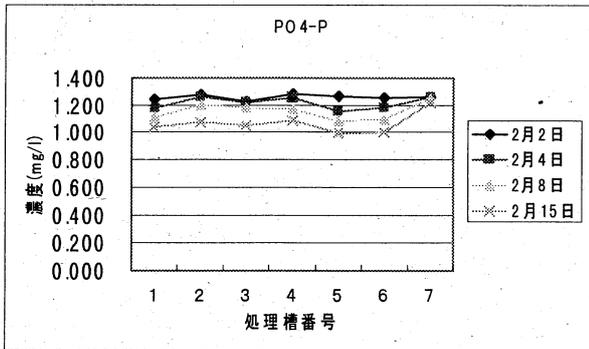
グラフ2. NO₃-N 濃度



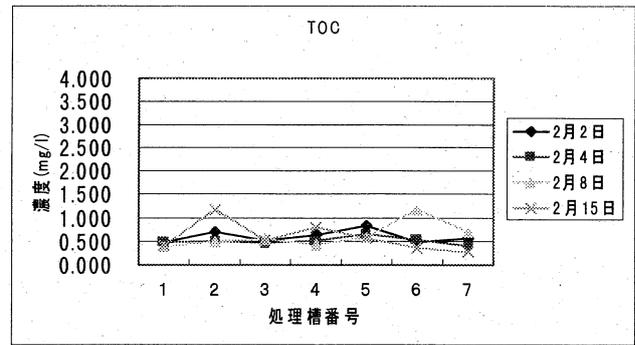
グラフ3. NO₂-N 濃度



グラフ4. T-P 濃度



グラフ5. PO₄-P 濃度



グラフ6. TOC 濃度

2. 3 窒素の形態変化について

窒素の形態別変化を調べるため NH₄-N の測定を行った。また、計算から他の窒素形態量についても算出をした。

実験の結果、表2のようにプランターを用いることによって全窒素の減少が認められ、NH₄-N の減少も認められた。

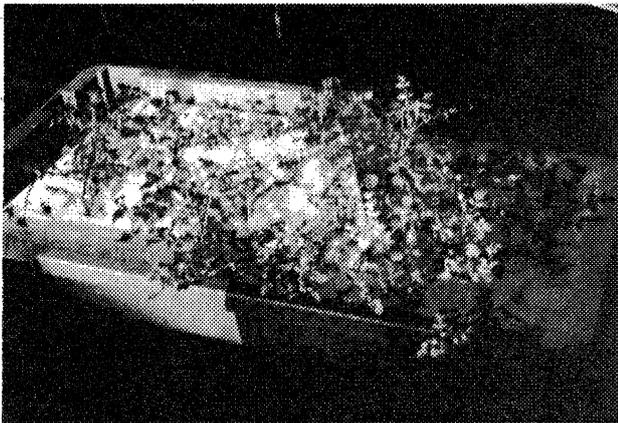


写真4. プランターでの生育状態

バブリングの有無について比較すると、バブリングを行った方が NH₄-N の減少率が大きい。濾材の有無については、濾材が無い方が NH₄-N の減少率が大きい。NO₂-N については測定開始時点ではほとんど水中には存在しないが、徐々に増加している。しかし、プランターとバブリングを行うことにより、NO₂-N の状態である時間が短くなり NO₂-N の増加が抑制されていると考える。細見正明****によると、ヨシなどの植物はもともと空気中で酸素を取り入れ、根の部分で根の周りにおける NH₄⁺ や NO₂⁻ を取り入れた酸素で酸化させ NO₃⁻ に変化させており、クレソンにおいても同じ機構であると思われる。

以上のことから、窒素は NH₄-N → NO₂-N → NO₃-N → 植物の順で変化し吸収されていると考えられる。

表2 窒素の形態変化

(単位: mg/l)

プランター有り	T-N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	other-N
1999/3/1	9.60	3.448	0.00007	4.217	1.936
1999/3/3	8.72	3.465	0.00311	3.433	1.820
1999/3/8	6.00	3.420	0.00852	1.700	0.868

プランター無し	T-N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	other-N
1999/3/1	9.38	3.443	0.00154	4.150	1.785
1999/3/3	9.29	3.528	0.00348	4.300	1.459
1999/3/8	8.84	3.548	0.00919	4.050	1.228

バブリング有り	T-N	NO3-N	NO2-N	NH4-N	other-N
1999/3/1	9.61	3.491	0.00012	4.200	1.916
1999/3/3	8.73	3.465	0.00374	3.367	1.898
1999/3/8	6.12	3.408	0.00773	1.633	1.071

バブリング無し	T-N	NO3-N	NO2-N	NH4-N	other-N
1999/3/1	9.59	3.405	0.00001	4.233	1.955
1999/3/3	8.71	3.465	0.00248	3.500	1.743
1999/3/8	5.87	3.433	0.00931	1.767	0.665

濾材有り	T-N	NO3-N	NO2-N	NH4-N	other-N
1999/3/1	9.60	3.447	0.00006	4.175	1.980
1999/3/3	8.70	3.437	0.00290	3.450	1.813
1999/3/8	5.97	3.426	0.00834	1.750	0.788

濾材無し	T-N	NO3-N	NO2-N	NH4-N	other-N
1999/3/1	9.60	3.448	0.00009	4.300	1.847
1999/3/3	8.76	3.521	0.00353	3.400	1.835
1999/3/8	6.05	3.410	0.00889	1.600	1.027

3. まとめ

今回の研究では、フローティングプランターの効果や付加機能について検討を行ってきた。人工調整水で循環しながら栽培したため途中で栄養不足が生じ、さらに寒さ厳しい頃であったにもかかわらず、プランターの効果は十分認められ、最高でプランター1㎡・1日あたりT-Nで400mg、T-Pで25mgの除去能力が得られた。さらに、植物の栽培でバブリングの効果を活用することが有効であるとのデータも得られた。

今後は、プランターに有効なバブリングについて、検討していきたいと考えている。

最後に、今回の研究についてご指導いただきました滋賀県立大学の坂本学部長、ならびに現場で研究指導いただきました湖沼環境実験施設の三田村教授とそのスタッフの皆様には謝意を表します。

—参考文献—

- 1) 平野浩二* 神奈川県環境科学センター
「浮標花壇の開発」水処理技術 Vol.38 No.2
1997、「団地浄化槽処理水による花卉の水耕栽培と栄養塩除去」用水と廃水 Vol.36 No.7 1994
- 2) 佐藤敦** 秋田県立農業短期大学
「「浮き水耕ベッド」の改善による植生の育成、養分集積量と水質浄化能」環境技術 Vol.26 No.11
1997
- 3) 尾崎保夫*** 農林水産省農業研究センター
土壌肥料部水質保全研究室
「植物を活用した資源循環型水質浄化技術の課題と展望」用水と廃水 Vol.36 No.7 1994
- 4) 細見正明**** 東京農工大学工学部
物質生物工学科 「ヨシ人工湿地による水質浄化方法」用水と排水 Vol.36 No.1 1994

リン除去に関する研究

能登川支所 山下 重和

本研究においては、緯糸に鉄線を挿入した織物および鉄の棒が挿入できる円筒状の形態を有する織物の試作を行った。試作した鉄線織物や鉄の棒を挿入した織物を水中へ浸せきすることにより、腐食による鉄イオンの溶出がおり水中のリン酸イオンと結びついて難溶性のリン酸鉄となり沈殿する。これを除去することによりリン除去が期待できる。

1. はじめに

水質浄化の一つに接触材を用いた生物処理法がある。これは接触材を水質中へ設置することにより、接触材への微生物等の付着により有機物の分解無機化を行う方法である。しかし、リン除去技術は現在でも立ち遅れており、河川や既存の簡易な浄化槽においては、リン除去技術に対応していないのが現状である。本研究においては、管理の容易さと安価な処理コストでのリン除去可能な接触材の開発を行う。

2. リンの除去原理

原理的には鉄接触材（織物）を用い、鉄材が水中で腐食をおこし溶出する鉄イオンと水中のリン酸イオンとが結合して、難溶性のリン酸鉄塩のアモルファスとなり、これが汚泥とともに沈殿する。この沈殿物を除去することにより、リンの除去ができる。

3. 接触材の構造

今回、接触材として織物を用いた。織物の表面積の増大を図るために緯糸に熱収縮糸を用い、製織後に熱処理を行い立体織物を試織した。接触材の立体織物は、織物組織と熱収縮糸の収縮力を利用して立体化された織物である。製織後の織物の形態は、平面な織物であるが、緯糸に挿入された熱収縮糸を乾式あるいは湿式で熱処理（105℃・15分）することにより収縮し、非収縮繊維で構成される部分がグループ状に浮き上がり、円筒の袋部

が形成される。処理水の流れによる袋部の変形を防ぐためには、立体織物を構成する経糸または緯糸の少なくともどちらかに曲げ剛性の大きいモノフィラメント（硬い糸）を用いる必要がある。

4. 織物設計

試作Ⅰ：鉄線入り織物接触材

経糸；ポリプロピレン24/4番（綿番手）

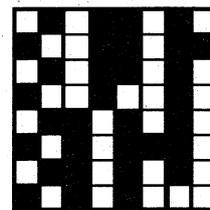
緯糸；鉄線0.3mm、ポリプロピレン1000d（デニール）（緯糸の表・裏部）、ポリエステル収縮糸1000d（緯糸の中央部）

織物構造；経2重・緯3重織物（平組織）

経・緯密度；40本／インチ・32本／インチ

総経糸本数；2576本 おさ通幅；172cm

組織図



試作Ⅱ；鉄パイプ挿入用織物接触材

経糸；ポリプロピレン24/4番

緯糸；ポリプロピレン1000d（緯糸の表・裏部）

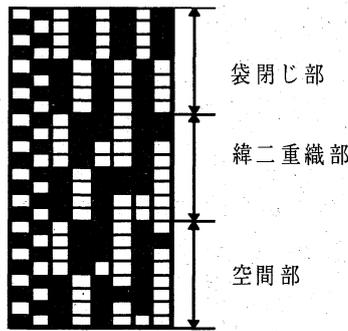
ポリエステル収縮糸1000d（緯の中央部）

織物構造；経2重・緯3重織物（平組織）

経・緯密度；40本／インチ・32本／インチ

総経糸本数；2472本 おさ通幅；167cm

組織図



5. 試作結果

図1に試作Iの経糸軸方向からみた織物模式図を示す。

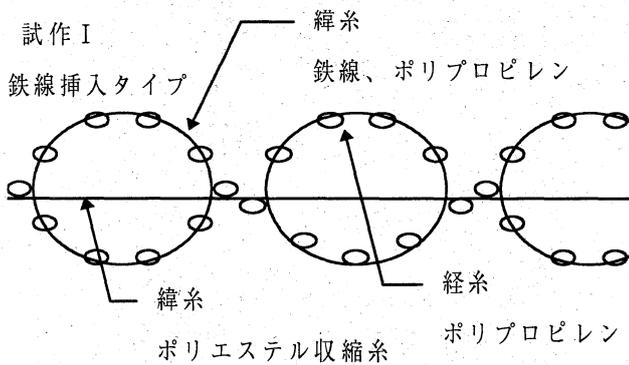


図1. 鉄線入り織物接触材

緯糸に鉄線を用いたのは、鉄線の比表面積が大きいため腐食が早く、リン除去の効率が高いと予想されるためである。また、鉄線が腐食により消失しても別な緯糸（ポリプロピレン1000d）が立体的な形態を保持するために、継続して有機物分解の接触材¹⁾として使用可能である。しかし、リン除去の機能は期待できない。

試作Iのリン除去機能の寿命予測について検討すると、京大の高橋氏²⁾の水質浄化実験のデータを見ると年間あたり430g/m²の鉄が溶出している。今回の試作織物の鉄線の量は300g/m²で約8ヶ月の効果であると予測される。現在の織機を用いて鉄線の量を増やすには困難であり、試作Iタイプは長期使用には適さない。

図2に試作IIの経糸方向から見た織物模式図を示す。このタイプは円筒状へ鉄パイプを挿入する方式である。鉄パイプの比表面積は鉄線に比べ小

さく、リンの除去効率を上げるには鉄パイプを多量に使用する必要がある。

しかし、Iのタイプと比べてm²あたりの鉄の量が多いため長期間使用ができる。また、鉄パイプが腐食により消失しても新規に鉄パイプを簡単に挿入可能で管理が容易である。

鉄接触材を実際に使用する場合に問題となるのが、鉄材の表面に難溶性のリン酸鉄の化合物による被膜の形成や生物膜の肥大化により、鉄の腐食速度が遅くなると考えられる。安定した速度を得るためには、接触材の逆洗が必要である。今回の接触材は織物を使用しているため、逆洗時に織物自体が容易に振動し、付着物の除去が容易であると考えられる。

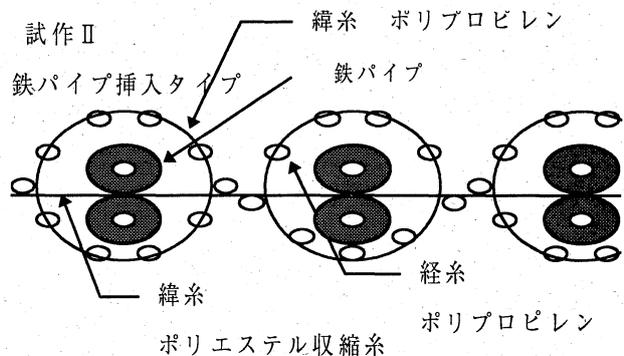


図2. 鉄パイプ挿入用織物接触材

接触材のリン除去性能については、次年度に酸化試験装置を用いて水質浄化実験を実施する予定である。

6. おわりに

織物を用いたリン除去のための接触材の試作を行った。今後、試作のリンの除去機能について試験を行う。

(参考資料)

1. 山下, 谷村; 織物接触材による河川浄化について、東北部工業技術センター研究報告書 (H9年度)
2. 高橋, 治田; PHOSPHORUS REMOVAL FROM DOMESTIC WASTEWATER USING IRON CONTACTOR PROCESS
Water Science and Technology

捨て耳による水質浄化

繊維デザイン係 専門員 吉田克己
高島支所 主任技師 谷村康宏

革新織機を使う織物で発生する”捨て耳”と言われる産業廃棄物を利用して、水質浄化用の濾材を作成し実験を行った。実験水は家庭雑排水が多く流入すると思われる琵琶湖内湖の河口から採水し、浄化実験を行った。この結果、BODは35%に低減され、透過率は20%向上した。しかし、CODは20%悪化した。

1. はじめに

革新織機で織られる織物が非常に多くなっているが、その端には必ず捨て耳が発生する。その多くは焼却処分されるので、産廃問題などからも有効利用法を至急に検討する必要がある。

今回は捨て耳の物性面を検討したが、今回はこれを水質浄化用の濾材として実験水槽で試験を行った。

2. 実験方法

2-1 試料

k社が製品として出荷している産業資材織物を織る時に発生する捨て耳を使用した。

織物 エステル4500d

27本/5cm×27本/5cm

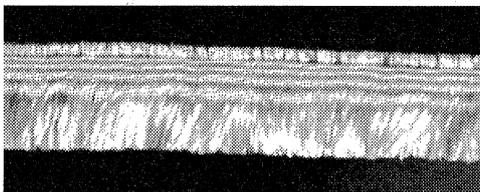
耳の形態

耳の長さ 7cm、

重量 67.3g/1m

ヒートカット、2本絡み

(写真1) 捨て耳形態

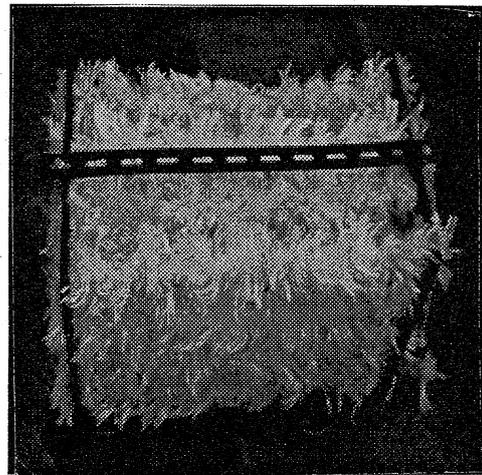


糸には油剤等が付けられているので、ワッシャによる洗濯をおこない、これ等を落とした。

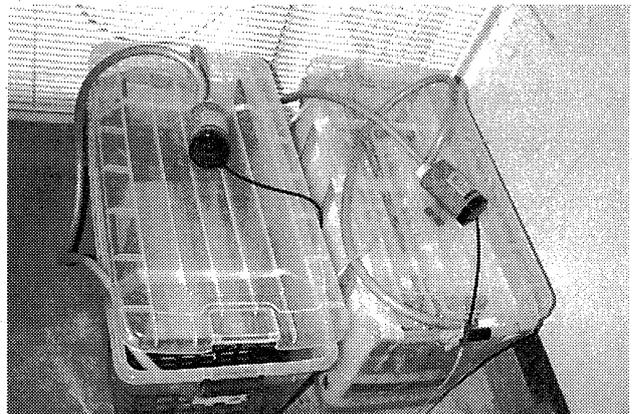
防炎試験法による前処理で、60℃で15分の洗濯、40℃で5分の3回水洗である。

2-2 装置の試作

濾材は下図のように作り、市販の衣装ケースを槽とし、この中に入れた。



(写真2) 濾材 (濾材重量230g/2本)



(写真3) 装置全体

水量 68cm * 35cm * 30cm (71L)

濾材枠の大きさ 27cm*27cm*52cm

2-3. 試験方法

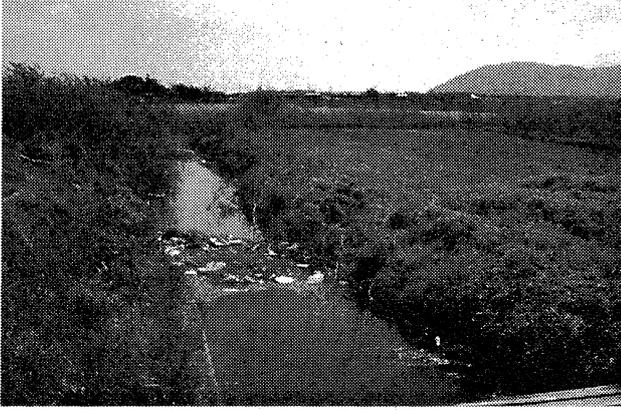
写真3を4槽を造り、河川から採取した水を実験槽に投入し、経時変化を計測した。なお、透過度は分光光時計で計測した。

A. ブランク スチール枠のみ

- B. ケース1 濾材重量 1.4 kg
- C. ケース2 濾材重量 1.6 kg
- D. ケース3 濾材重量 2.8 kg

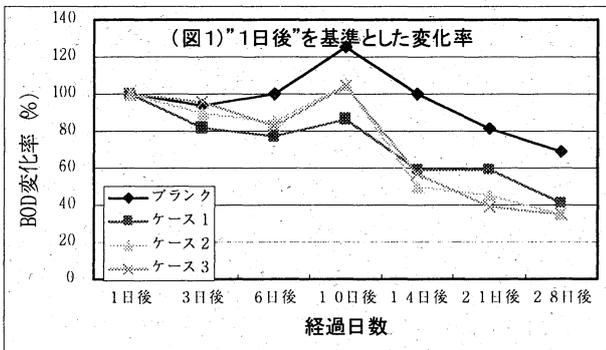
2-4. 採水場所

琵琶湖内湖に流入する河川で、生活排水が流れている水を採取した。時期は3月である。



(写真4) 採水場所

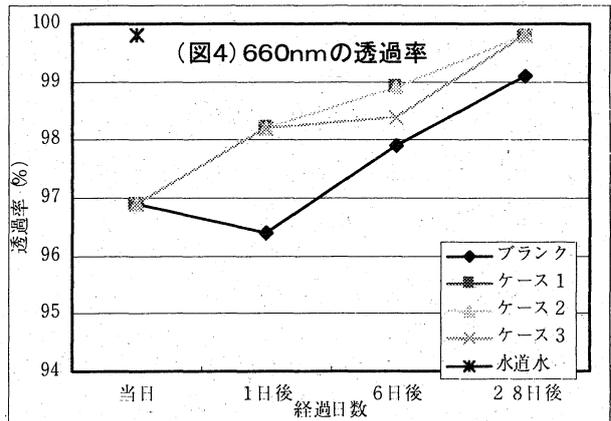
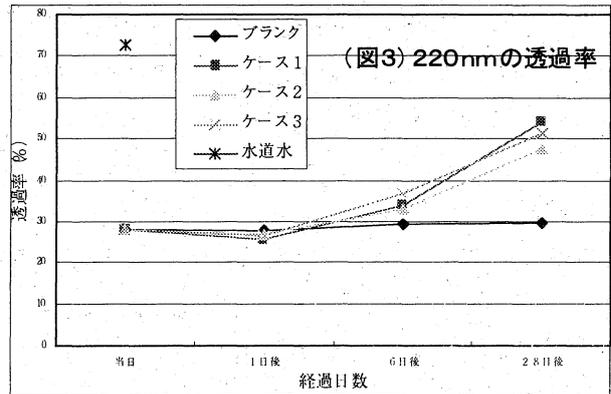
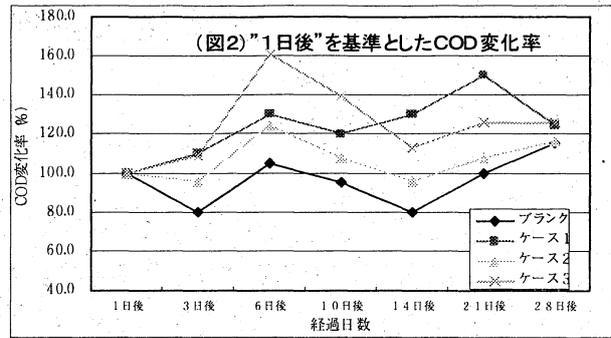
河川原水のBODは1.8 ppm、CODは2.7 ppm、透過率は200 nmで28.1%、660 nmで96.9%、(水道水は72.5%)であった。



3. 結果・考察

BODは濾材投入後、1~10日位までは悪化しており、濾材の洗浄不足によるものと思われる。しかし、14日後には濾材を投入した水質がブランクを上回り、濾材の効果が認められた。1日を基準にとると14日後には約55%、28日後には35%となり、大きな効果が認められた。10日程度で微生物が発生・定着したと思われる。

また、COD低減には効果がなく、コードを入れられないブランクの方が常に良い結果になり、28日後には約20%程度悪化した。



透過度(200 nm)は1日後は低下しているが、2日後から効果が出ている。実際、目視では1日後でもブランクと比較し透明度が向上した。また、繊維屑の浮遊は認められなかった。なお、濾材量や接触面積による差は濾材の洗浄不足などから認められなかった。

4. まとめ

まだ、十分な結果は出せていないが、透過率は20%程度の向上、BODは35%に低減し、十分効果が認められるので、引き続きフィールドテストを行い、実用化する事が重要である。

立体化織物の開発研究（II）

高島支所 浦島 開
 繊維デザイン係 吉田 克己

平成9年度の研究では、たて糸接結の手法で立体化したときの厚さを確保するため、よこ糸に水溶性ビニロンを使用した。2重織り組織で、さらにその外側に接結糸と水溶性ビニロンを交錯させた。今年度は、意匠撚糸機と水溶性ビニロンを用いて、糸段階で見かけより長い糸長を確保した。この接結糸はたてよこ双方に使用可能と考えられ、今回はよこ糸に使用して試験した。その結果シミュレーションどおりの結果を得た。

1. はじめに

今回、9年度に続きジオテキスタイルや環境資材としての展開が期待できる立体化織物の開発を行った。水溶性ビニロンを使用し、後加工により立体化を図る方法である。

2. 方法

図1のような立体化織物を得るために、9年度は4層からなる織物を製織し、最外層の部分を無くす方法を探った。

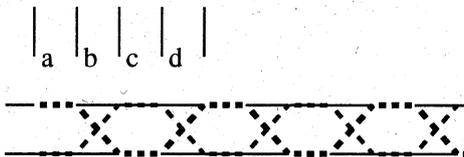


図1 製織後断面モデル

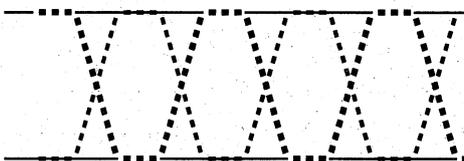


図2 加工後断面モデル

今年度は、意匠撚糸機と水溶性ビニロンにより、見かけより長い糸長を確保する糸（結節糸）を作成し、よこ糸として織り込んだ。表裏の地よこ糸複数本に1本の割合で構成することとした。

この結節糸は、以下の条件で3種類作成した。

糸①

綿糸10⁸/1を2本諸糸（324 t/m S）にする。次に、600 d水溶性ビニロン2本と綿諸糸2本を（1：2.3）の比率で意匠撚糸（403 t/m S）を実施。この糸の押さえ糸として、水溶性ビニロン600 d1本を撚糸（207 t/m Z）した。

糸②

綿糸10⁸/1を3本諸糸（324 t/m S）にする。次に600 d水溶性ビニロン2本と綿諸糸2本を（1：2.3）の比率で意匠撚糸（403 t/m S）を実施。この糸と押さえ糸として600 d水溶性ビニロン1本を撚糸（207 t/m Z）した。

糸③

綿糸10⁸/1を4本諸糸（324 t/m S）にする。次に水溶性ビニロン600 d2本と綿諸糸2本を（1：2.3）の比率で意匠撚糸（403 t/m S）を実施。この糸と押さえ糸として、水溶性ビニロン600 d1本を撚糸（207 t/m Z）した。

また、図1の a(c)と b(d) の長さにより表1のとおり厚さの変化を計算した。

表1 設計条件と厚さ（単位：cm）

	(A)	(B)	(C)	(D)
a 部	2.09	2.09	2.09	1.04
b 部	1.04	3.14	8.36	2.09
計算厚さ	5.0	9.4	20.3	5.8

2. 1 使用設備

設備は共立撚糸機械製意匠撚糸機、津田駒広幅織機（ドビー付）を使用した。

2. 2 設計

たて糸、地よこ糸は綿糸10⁸/2を使用。接結よこ糸として、前記①、②、③を使用。織物組織は、ドビー装置による変化組織。

3. 結果・考察

試織後水溶性ビニロンを溶解し乾燥後測定した。なお、結節糸が表裏の生地と結節する部分を移動しないように接着剤で固定してから溶解した。

表2 計算結果と実測値(単位：cm)

	(A)	(B)	(C)	(D)
計算厚さ	5.0	9.4	20.3	5.8
糸①	4.5	8.0	19.5	5.0
糸②	4.3	7.7	20.5	4.8
糸③	4.3	7.9	19.0	4.7

表2のとおり、おおよそ計算値と同程度の実測値であった。接着剤で固定した部分が5～10mm程度の長さを必要としたため、計算結果より小さい値であったと考えられる。

よこ糸にこのような結節糸を使用することにより表裏2枚の生地の厚さ（間隔）を変えることが可能であった。

4. おわりに

今回、前年度に続き植生用環境資材を目的に立体化織物の開発を試みた。原材料、製造コスト等よりコストの安い方法が確認できた。また、立体化の厚さもさらに任意の厚さが可能となった。今回よこ糸の結節糸として展開したが、たて糸の結節糸として設計することも可能と考えられる。

農業用濁水浄化資材の開発研究

高島支所 浦島 開

天然繊維の綿糸を使用して糸状資材開発のための試験を行った。その結果、通水性と濾過性は逆相関の傾向を示した。また、精練等の条件も水の浸透性に影響を与えていると考えられる。糸状資材の形態によっても性質が大きく変化する。

1. はじめに

琵琶湖の水質は60年代以降はほぼ横ばいの状況を示してきたが、COD等は徐々に増加傾向を示し悪化の懸念がある。

農業排水については、兼業化による耕作時期の集中化やほ場整備事業による大規模田化等により濁水の懸念がある。県においても各種の濁水対策が行われているところではあるが、今回繊維素材を用いた濁水浄化資材について検討した。

2. 繊維資材と設置方法の検討

サイフォン方式は水の浄化には効果あるが処理速度が非常に遅い。予備実験の結果800本のポリエステルスパン糸(40/1)で150 ml/hr、

1600本で380 ml/hr、2400本で575ml/hr程度であった。また、最近では濾過布は極細繊維を使用したものや表面を起毛し付着物の剥離をやすくする工夫が行われたりしている。

ほ場整備された田においては用水路と排水路が別々に設けられ直径150 mmの配水管がそれぞれ設置されている。排水路に浄化資材を設置する方法と配水管内に設置することが考えられるが、今回は発生源に近い配水管内で行う方向で検討した。

繊維資材の形態として糸状や布状資材が考えられるが、作成設備や資材コスト等から糸状資材とした。また、濁水発生懸念のある時期は2~3ヶ月程度であり、環境面からも使用する繊維素材は天然繊維である綿とした。染色用プラスチックピンに糸状素材を巻き試験した。糸状資材としてモール糸、かべ糸、諸糸、染色糸を作成し試験

試料とした。

3. 通水性能・濾過性能

配水管内に設置することから、農作業性と浄化両面から検討が必要である。そこで、通水性と濾過性能について試験した。

表1 通水量 (ml/sec.)

試料	5mm	10mm
モール糸 (1.2s)	20.4	18.2
かべ糸 (40+8)	111.1	18.7
諸糸 (10/10)	250.0	57.1
染色糸 (10/2)	148.1	76.9

表1は水の通水量であるが、試料の巻き厚さはほぼ5mmと10mmとした。モール糸は厚さに関わらず通水量が小さい。かべ糸と諸糸は巻き厚さに大きく影響された。これらの3点と染色糸は精練条件が異なったために親水性に差があるように思われる。

表2 処理水の除去率 (%)

試料	5mm	10mm
モール糸 (1.2s)	91.6	99.2
かべ糸 (40+8)	9.1	99.2
諸糸 (10/10)	7.6	27.7
染色糸 (10/2)	55.8	69.9

(原水の固形物量 0.0511(g/ml))

表2は資材で処理した水に残存した固形物重量から計算したものである。また、原水と処理水の顕微鏡観察を行った(写真1~9)。

どの資材も巻き量が増加することにより除去率もアップしている。モール糸は高度に除去している。かべ糸は巻き厚差の増加により急激に除去率がアップする。諸糸は棒状であり水との接触が少ないため除去率が低いと思われる。染色糸は比較的巻き厚さによる影響は少ない。

このことから、通水量と除去率は逆相関の傾向を示している。その中でも染色糸は比較的通水量も大きく除去率も高いと思われる。

4. おわりに

試験の結果、通水性と濾過性能両方を十分満足することは難しいと考えられるが、繊維素材の太さや量、精練等について試験を行い実用的な資材開発を目指したい。

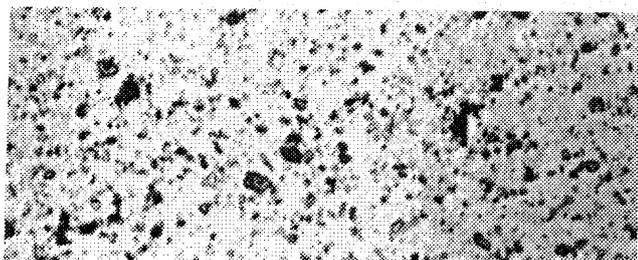


写真1 原水

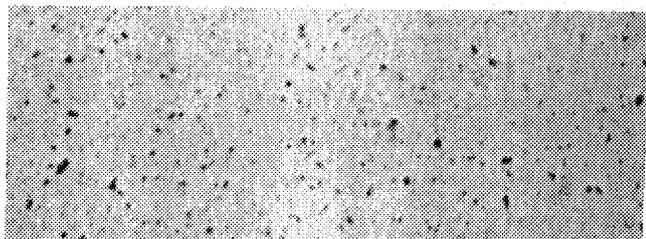


写真2 モール糸 5mm

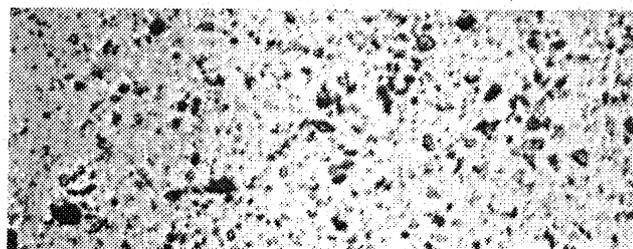


写真3 かべ糸 5mm

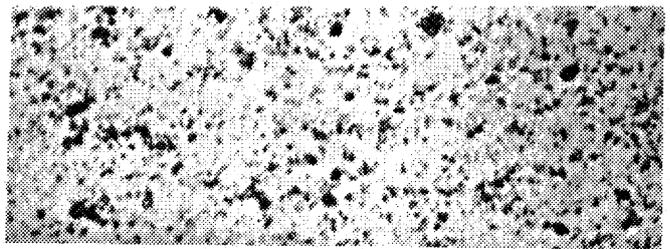


写真4 諸糸 5mm

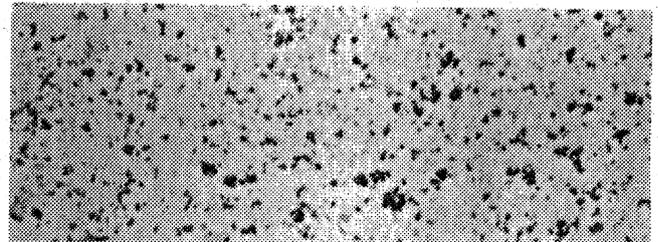


写真5 染色糸 5mm

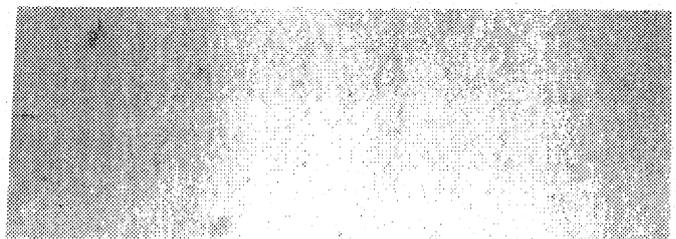


写真6 モール糸 10mm

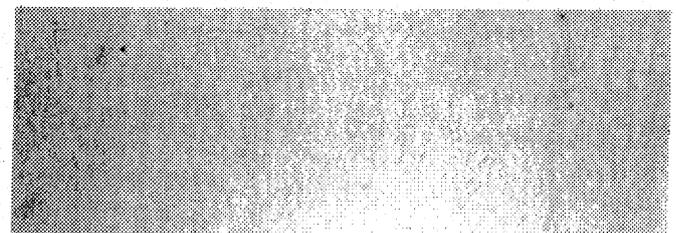


写真7 かべ糸 10mm

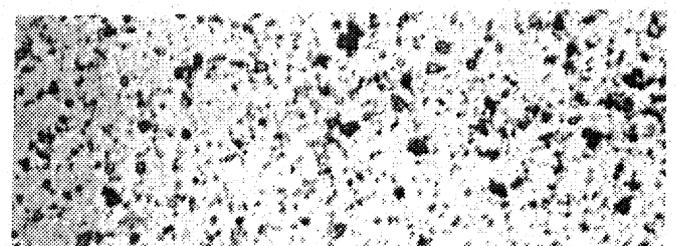


写真8 諸糸 10mm

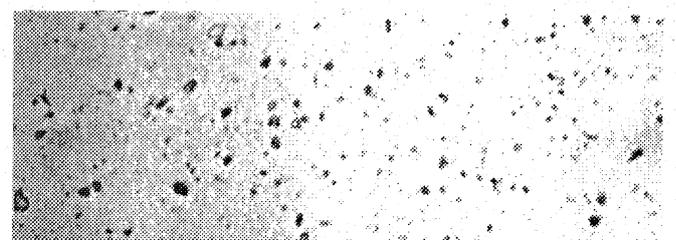


写真9 染色糸 10mm

よし苗植栽用繊維資材の開発研究

高島支所 浦島 開
〔共同研究〕 (有) 西村織布工場

ヨシ苗植栽用繊維資材の開発を行い、(財) 淡海環境保全財団の協力を得て琵琶湖でフィールドテストを行った。現在、ヨシ苗の定着について経過観察中である。また、綿織物の腐食性について実験を行ったところ、9週間で強力はおよそ1/3に低下し、伸度も少し低下した。

1. はじめに

琵琶湖岸では持続的な水環境保全を目的に、(財) 淡海環境保全財団によりヨシ苗が植栽されている。現在琵琶湖で実施されている椰子繊維製マットによるヨシの植栽方法は、

- イ. 苗運搬コストが高い。
- ロ. マットが定植中に破損する。
- ハ. 苗や資材等の在庫が多い。

などの問題が指摘されている。そのため、織物を活用した新規な定植用資材の開発を行う。

現在、琵琶湖において実施されているヨシ苗の育成・定植法は、茎を挿し木して1年間培養し、椰子繊維製マットに移植してさらに1年間圃場で育成する。定植可能に成長した苗はマットごと定植水域に運び、アンカーを打ち込み固定して定植している。このようにして植え付けても、波浪によりマットの破損やマット下の土砂を洗うなどして定着率が低下し、補修に経費を要するなど課題も多い。その対策として、防波柵を設置し対応しているが完全な解決には至っていない。また、苗植え付け済みマット等運搬費が高く、また作業がほとんど人手に頼っているなどからコストが嵩み改善の余地が多い。この開発は、定着率の向上、植栽(運搬)経費の低減を目的にした定植用資材の開発を行うものである。この資材にマットを装填し、現場でポット苗を挿入することによりコストの低減を図る。繊維素材は、天然繊維の綿等を使用するが、綿の水中での耐久性については文献が少ない。環境によって大きく変動することも考

えられるが、水中での耐久性を概略つかみ織物設計に活かしていく。

2. 方法

2. 1 繊維資材の開発

定植する現地で、カバーに覆われたマット(複合資材)にヨシ苗を装填し、定植作業を行うこととする。そのため、マットは事前に苗が入るようにくり抜いておく。カバークロスは、苗を装填できるよう織物組織やサイズを検討して制作した。カバークロスの使用素材は、自然環境で分解させるため綿を使用した。また、綿に防虫、防水、防腐、抗菌効果があると言われている天然柿渋を塗布した資材も同様に作成した。

2. 2 腐食試験

3種の綿織物を一般小河川につけ込み、織物の腐食性試験を行った。1週間毎に織物の強力と伸度を測定した。使用した試料は表1のとおりである。

表1 試料の規格

試料	A	B	C
素材	綿	綿	綿
番手 たて	10/3	20/6	20/2
よこ	10/3	20/6	20/2
密度 たて	18	23	42
よこ	19	24	41

強力と伸度の経時変化を図1、図2に示した。強力は5週間程度で半減した。伸度はなだらかに低下減少を示した。強力が低下しても目的を達成

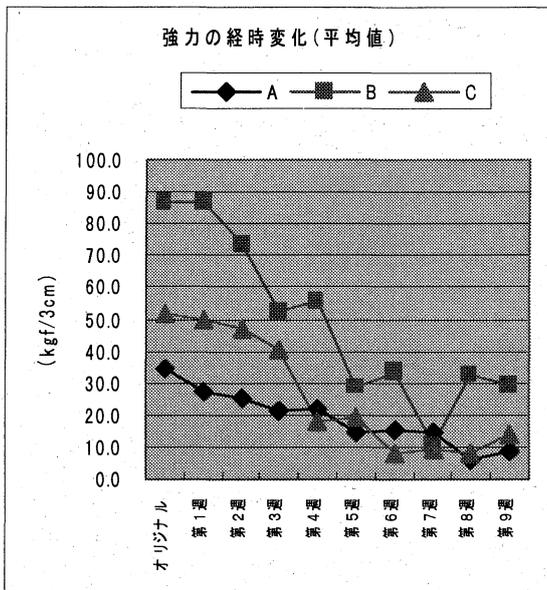


図1 強力の経時変化

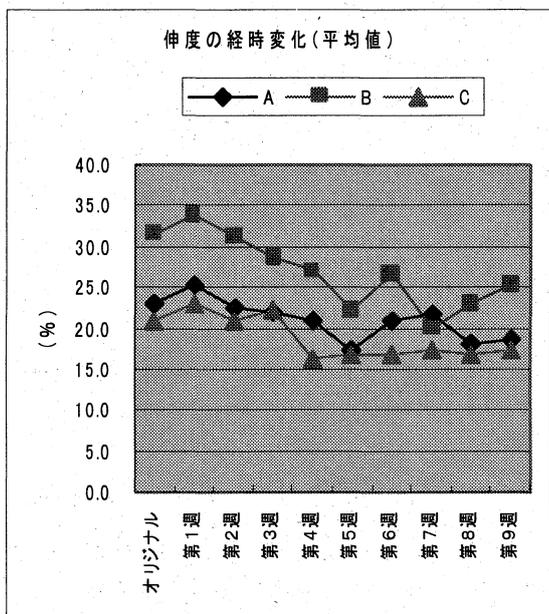
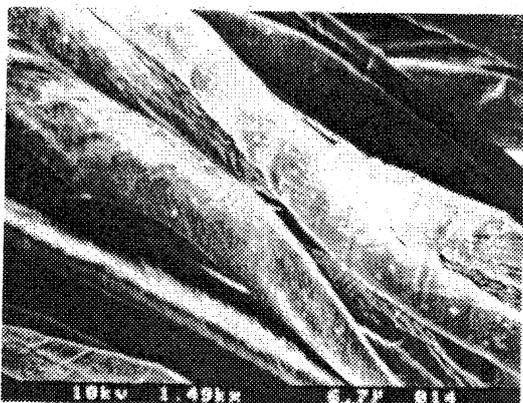
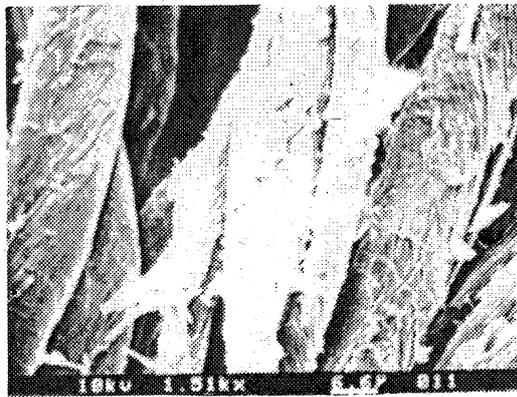


図2 伸度の経時変化



試料 (オリジナル)



試料 (水中試験後)

しないわけではないが、以外に早く腐食が進行していることが推察される。

また、試料の微細部は電子顕微鏡写真のように表面がひび割れを起こしており、微生物によるダメージを受けていると考えられる。

2. 3フィールドテスト

腐食試験の結果から、天然柿渋加工を行ったカバークロスと無処理の資材について定植実験を行った。定植場所は、新旭町針江浜の沖と今津町の湖岸で、いずれも水中と砂浜に実施した。定植時期は11月であり現在経過観察中である。

3. おわりに

現地での施行が可能な繊維資材を検討してきたところ、苗植え込み作業や運搬作業は期待どおりであった。運搬コストの低減化や苗・資材等の在庫軽減等によりコストの低下が期待できる。資材については、フィールドテストの結果から使用可能な資材を目指して研究を重ねる予定である。

汎用性吸水性材料の開発研究(1)

技術第一科 繊維デザイン係 三宅 肇

天然資源の活用および再利用を目的に、タンパク質、セルロース、でんぷんなど天然材料の吸水性高分子材料への応用を検討した。また工業材料や医療材料への展開を目的にフィルム、繊維化の検討を行った。デンプン+アクリル酸グラフト重合ポリマーは本実験でも大きな吸水性を示した。

ポリマー形態については、PVAとブレンドすることによりフィルム、繊維化する可能性を見いだした。

1. 緒言

高吸水性ポリマーは、高い吸水能とその保持性から衛生用品をはじめ農業・園芸、流通資材、土木・建築、医療、トイレタリーなど幅広い分野で活用されている。

歴史的には、企業化が始められてから僅か20年程度であるが、衛生材料を中心に大きな市場が形成されており、今後の新たな飛躍が期待されている材料でもある。現在、ポリアクリル酸やアクリル酸共重合体塩からなるポリマーが中心であり、イソブチレン+マレイン酸塩・デンプン+ポリアクリル酸塩・ポリビニルアルコール(以下PVA)+ポリアクリル酸塩・架橋カルボキシ-メチルセルロースなどが製品化されている。製品形態では一部繊維、フィルム状のものがあるが、大半は粉体状のものである[1-4]。

原材料に使われている天然材料にセルロースやでんぷんがある。しかし、同様に天然材料であるタンパク質を原材料とした吸水性ポリマーはほとんど見当たらない。セリシンは、フィブロインと共に繭糸を構成しているタンパク質で、絹を精練する際に廃液として処理されており、県内の加工場では年間数十トン以上のセリシンが廃棄されている。セリシンはフィブロインと同じアミノ酸から構成されている成分であり、環境面からも再利用が望ましい。しかし、加工時に用いられる界面活性剤や漂白剤など多くの不純物を含み、その除去方法や抽出手段が大きな課題となっている。一

方、生繭から取り出した純粋なセリシンを吸水性ポリマーに応用する研究は秋山らによって報告されており、高い吸水性が得られている[5]。

そこで本研究では、吸水性ポリマーを繊維化、フィルム化することで新たな工業材料へ展開するとともに、廃棄物再利用と環境適応材料としてセリシンなど天然物の吸水性ポリマーへの応用を検討する。

2. 実験

2.1 デンプン+ポリアクリル酸グラフト重合による吸水性ポリマーの作成

デンプン+アクリル酸(デンプン/アクリル酸モノマー=20:80wt%)10%水溶液50gに、重合開始剤としてペルオキソ二硫酸カリウム0.25gおよび架橋剤としてN,N'-メチレンビスアクリルアミド0.01gを添加し、不活性ガスで置換したフラスコ中で攪拌しながら室温から80℃まで約40分かけて昇温後、さらに2時間重合を行った。得られた粘性液を1N-NaOHで中和後、40℃で24時間真空乾燥した。乾燥物は、乳鉢上で粉碎して粉体とした。

2.2 ゲル紡糸によるPVA繊維の作成

PVAの繊維化は、大岩らの方法で行った[6]。すなわち、水/ジメチルスルホキシド(以下DMSO)=2:8溶媒により、PVA(ナカライテクス(株)製PVA、重合度2000、完全けん化型)

ゲルを作成、注射器を用いて -30°C のメタノール中に押し出して凝固、脱水を行いゲル繊維化した。

2.3 デンプン+ポリアクリル酸吸水性ポリマー-PVAブレンド繊維の作成

2.1と同じ条件で得られた溶液を、10wt% PVAゲルと1:2で加熱しながら2時間攪拌、ブレンドした。得られたゲルを2.2の方法で繊維化した後、 40°C の真空乾燥器中で乾燥した。

2.4 吸水能の測定

吸水能は式(1)を用いて、自重に対する吸水重量を求めた。

$$\text{吸水重量} / \text{乾燥重量} \quad (1)$$

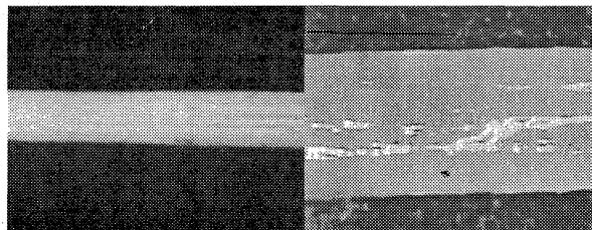
3. 結果と考察

デンプン+アクリル酸グラフト重合による吸水性ポリマーは白色の固形物であり、含水により透明ゲル化して、その吸水能は自重の約100倍であった。

吸水性ポリマーの繊維、フィルム化について、そのブレンド物としてPVAを選んだ理由は、PVA自体が反応性に富む官能基(-OH)を多く備えており、高含水ゲルや高強力繊維などを創り出す多様性、すなわち工業分野のみならず医療材料の分野などでも広く用いられている汎用高分子であるからである。また他の高分子とのブレンドに応用しやすく、フィブロインなどタンパク質とのブレンド材料も広く研究されている[7-8]。

本実験で行ったゲル紡糸では、延伸器や巻取り治具がないため無配向状態の試料しか得られず、物性や構造解析などには至っていないが、高弾性の様を呈するゲル状繊維が得られた。そこでデンプン+アクリル酸重合体とPVAのブレンドゲルについてゲル紡糸を行った。

図1に示すように、ブレンドゲル繊維は含水により著しく膨潤し、その吸水能は自重の約8倍であった。吸水能は、PVAゲル繊維の約3倍を示



(吸水前)

(吸水後)

図1 デンプン+アクリル酸吸水性ポリマー-PVAブレンドゲル繊維

し(表1)、吸水性ポリマーの効果がみられる。異形断面形状や多孔質フィルムなど表面積を広くすることにより、吸水能は増大すると思われる。また、吸水後再び乾燥したときの重量損失は見られず、高重合度のPVAは常温下では不溶である。

表1 PVA繊維およびブレンドゲル繊維の重量変化および吸水能

	乾燥時	吸水時	再乾燥時	吸水能
PVA	1.52g	3.96g	1.49g	2.6倍
ブレンドゲル	1.80g	14.54g	1.79g	8.1倍

4. まとめ

大きな市場を有し、今後もその利用性が広がると思われる吸水性高分子について、資源環境面および県内企業の活用を目的に研究を始めた。

多分野にわたる業種に活用できるように検討した、繊維・フィルム化については、PVAなどのブレンドにより工業材料に適した形状に加工できる可能性を見いだした。

資源環境面から考えている廃棄材料などからの転用実験までは至らなかったが、文献調査などの結果からその可能性も十分見いだせており、次年度の課題とした。

次年度は、本結果をもとに実用化に結びつけるため、以下の項目について実施していく予定である。

- ・デンプン+アクリル酸吸水性ポリマー-PVAブレンドゲル材料(繊維・フィルム・膜)の物性および構造解析
- ・ラボシステムを用いたフィルム製造および紡糸
- ・精練廃液中のセリシンの取出し方法と、吸水性ポリマーへの応用
- ・県内で発生する天然資源を含む廃棄物の調査と吸水性ポリマーへの応用
- ・吸水性フィルム・繊維・プラスチックの利用方法

文献

1. 小林隆俊, コンバーテック, 9, 1(1987)
2. 小林隆俊, 材料技術, 6, 361(1988)
3. 下村忠生, 表面, 29, 495(1991)
4. 下村忠生・小林博也, PETROTECH, 14, 948(1991)
5. 秋山大二郎, 日蚕誌, 62(5), 392(1993)
6. 大岩剛, (1993 繊維学会秋期発表会) 予稿集
7. 岡村誠三, “PVAの世界”, P111, 高分子刊行会(1992)
8. 伊保内賢, “ポリマーフィルムと機能性膜”, P93, 技報堂出版(1991)

生物活性を用いた高分子材料の開発

技術第一科 有機環境材料係 脇坂 博之
〔共同研究〕 滋賀県立大学 広原日出男

加水分解酵素であるリパーゼを用いて、ラクトンの開環重合を円滑に行うために加水分解反応による酵素の活性を検討した。微生物由来の3種類の酵素を用いたところ、*Pseudomonas cepacia* 由来の Lipase PS について最も加水分解能が高い結果が得られた。

1. 緒言

ラクトンは環内にエステル結合を持つ環状化合物で、香料、ビタミン C はラクトンのひとつである。

酵素は生物の生産する触媒で、生物の営むほとんどすべての反応にそれぞれ応じた酵素が存在し、それらの反応を行いそして生命の維持に役立っている。酵素の基本構成物質はタンパク質であり、その分子量は1万程度から100万程度にまで及ぶ。また酵素はその作用によって6種類に分類される。今回の研究で用いた微生物由来のリパーゼは加水分解酵素の一つで、水溶液中で用いるとこれらの酵素はラクトンのエステル結合の切断を伴う加水分解を促進する触媒として働く。

(図1)。

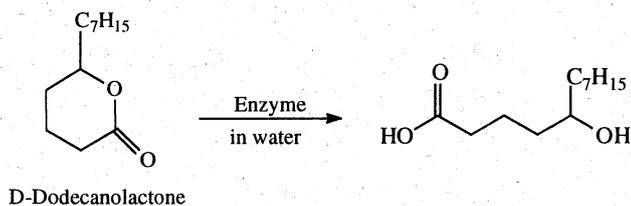


図1. δ -Dodecanolactone の加水分解機構

しかし、有機溶媒中で用いるなどの反応条件によっては、本来の触媒反応の逆反応である重合反応を促進することが可能である(図2)。

こうした酵素触媒重合によるポリエステルの合成は幾例か報告されている[1]。

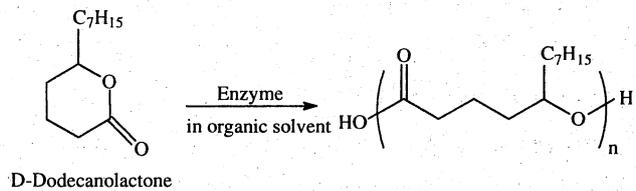


図2. δ -Dodecanolactone の酵素重合機構

本研究では、この逆反応を利用した有機溶媒中の酵素触媒によるラクトンの開環重合を行うことを目的としている[2]。開環重合によるポリエステル合成は反応系に水を増加させないので、反応を水に阻害されることなく合成が進行するものと思われる。また、酵素触媒によって重合された高分子は生分解性を有することが期待できる。なぜなら、この酵素を有する微生物が高分子を取り込み、酵素本来の触媒反応であるエステル結合を切断、加水分解する事が予想されるからである。

また、今回用いたラクトンはキラル中心を有したR、S体を持つ光学活性体である。酵素触媒を用いた場合、立体選択的に反応が進行しラクトンの重合反応を行うと、一方の異性体のみからなる高分子生成が可能で、高配向で立体選択性に優れているといった付加価値を持つ液晶材料等への利用が期待できる。また、酵素は水には溶けるが有機溶媒中には全く溶けないので、反応終了後濾過するだけで回収し、再利用することが可能である。このように多くの利点を持つ酵素触媒によって高分子を重合するために、まず最初に3種類の微生物由来のリパーゼを用いて酵素触媒による水溶液

中での加水分解反応を検討した [2]。これは水溶液中での加水分解反応の機構を知ることにより、その逆反応ともいえる有機溶媒中での重合反応を円滑に行えると予測されるためである。

2. 実験

2.1 試料

試料は東京化成(株)製の δ -Dodecanolactoneを用いて加水分解反応を行った。

2.2 酵素

本研究で用いた酵素は、天野製薬(株)製の工業用酵素である

- ① *Pseudomonas cepacia* から産出した Lipase PS
 - ② *Pseudomonas fluorescence* 産出の Lipase AK
 - ③ *Candida rugosa* 産出の Lipase AY
- の3種類である。

2.3 加水分解

今後の行う予定であるラクトンの酵素触媒重合を円滑に行うために、水溶液中での加水分解反応を行い、それぞれの酵素について反応性を検討した。反応は 20mN リン酸二水素ナトリウム-リン酸水素二ナトリウム系緩衝溶液 20ml 中に基質 1 ml、酵素量 20mg で行った。反応時の緩衝液 pH は 6.3、温度は 30℃ である。また、pH を一定に制御するために東亜電波工業(株)製自動滴定装置 AUT-501 を用いた。加水分解反応時に生成されるカルボン酸を 1N-水酸化ナトリウム水溶液を滴下する事によって中和し、その滴下量から加水分解反応量を求めた。

3. 結果と考察

図3はそれぞれの酵素を用いて24時間加水分解を行った結果である。横軸に時間、縦軸には水酸化ナトリウムによって生じたカルボン酸の濃度を示す。多くのラクトンは水溶液中では自然に加水分解をすることを考慮して酵素を加えていないものをblankとして測定し、グラフ上に掲載している。図より Lipase PS、AK では加水分解が

進行し、試料に対して活性のあることがわかる。

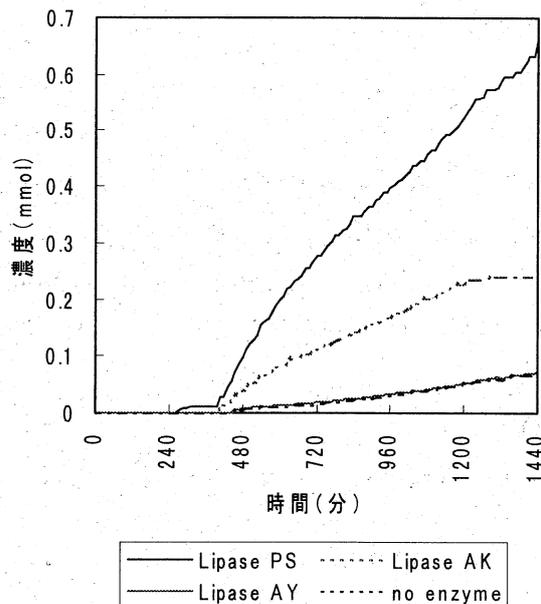


図3. δ -Dodecanolactone の酵素加水分解

一方、Lipase AYについてはblankと変わらず活性が認められなかった。従って、これらの酵素の中では Lipase PS が最も加水分解が進むことがわかる。 δ -Dodecanolactone はキラル中心を有した光学活性体で、今回用いた試料はR体50%、S体50%のラセミ体であると思われる。先にも述べたように酵素触媒による反応は立体選択的に一方の異性体のみについて反応が進むことが予想されるため、加水分解が完全に進むと分解率はその一方の異性体の存在する割合である50%に達すると思われる。今回、Lipase PSを用いた加水分解のデータから24時間当たりのラクトンの分解率を求めると12%となった。今回用いた Lipase PS は工業用酵素として市販されているものである。この酵素中に含まれるタンパク質量は牛血清アルブミン (bovine serum albumin:BSA) 標準の Bradford 法により定量した結果、約 0.006mg protein/mg enzyme であった。

今回用いた酵素はいずれも工業用酵素として市販されているもので、純度は比較的悪い。にもかかわらず、今回比較的良い分解率を得られたことは、重合反応を検討していく上で、非常に大きな意味を持つと思われる。しかし、酵素触媒反応は

通常の加水分解や重合反応と異なり、非常に長い反応時間が必要である。今後、重合を進めていく上でいかに反応時の活性を上げていくか、温度等の条件による活性向上の検討が必要になると思われる。

4. まとめ

今回用いた酵素の中で、*Pseudomonas cepacia* 由来のLipase PSが最も加水分解反応が進行した。本研究の最終目的である酵素触媒重合はこの加水分解反応の逆反応ともいえる反応であるので、この結果は今後の研究を進めていく上で大きな意味を持つものと思われる。現在、この加水分解による分解率をGC/MSを用いて別の視点からトレースする事も進めている。また δ -Dodecanolactone のR、S体どちらの光学活性体の反応が進行するかについては、旋光光度計、HPLC等を用いて求めていく必要がある。また、先にもふれたが酵素は有機溶媒中では溶けない。これは酵素を回収、再利用するという観点からは非常に優れている。しかし、それは著しく酵素の活性を低下させる。そのため、重合を行う際に酵素の活性を上げるために酵素に様々な修飾を施し、有機溶媒中に溶ける手法が報告されている [3]。今後、より酵素の活性を高め、反応率を上げるためにもこうした手法の検討も併せて行っていく必要があると思われる。

5. 謝辞

本研究については、滋賀県立大学工学部材料科学科広原日出男教授と共同研究を行ったものであり、研究に際しご指導いただいた広原日出男教授、井上吉助教教授に感謝いたします。

Reference

1. R.T.MacDonald, S.K.Pulapura, Y.Y.Svirkin, R.A.Gross, D.L.Kaplan, J.Akkara, G.Swift, S.Wolk, *Macromolecules*, 28, 73 (1995).
2. L.Blanco, E.Guibe-Jammp, G.Rousseau, *Tetrahedron Lett.*, 29, 1915 (1988).

3. (a) Y.Okahata, Y.Fujimoto, K.Ijro, *Tetrahedron Lett.*, 29, 5133 (1988).
(b) N.Kamiya, E.Murakami, M.Goto, F.Nakashio, *J.Ferment.Bioeng.*, Vol.82, No.1, 37 (1996).

ポリオレフィン材料の環境劣化とモルフォロジーに関する研究

技術第一科 有機環境材料係 宮川 栄一

環境汚染問題による代替品や構造材料としての需要が高まっているポリオレフィン材料について、劣化深さ方向の検討と、酸化防止剤などの添加物が含まれない LDPE や HDPE の劣化評価を行った。この結果、劣化の指標となるカルボニル基は、中心部程生成量が極めて少なく、分子量分布からは光照射によって主鎖切断と架橋反応が同時に起こっていることを確認し、これは配向性によっても影響されることが分かった。また、誘導期間中の複雑な変化は応力ひずみ試験でも裏付けられ、光照射によって 220nm 付近に紫外吸収を持つ構造が増加していることが分かった。

1. はじめに

近年ポリオレフィン、ダイオキシンなどの環境汚染問題による PVC の代替品として、またガス管や水道管などの構造材料としての需要が高まっており、光・熱劣化の検討が安全性と信頼性向上のため重要な研究課題となっている。今までに、光・熱劣化の反応機構の研究は数多く行われてきた。本研究では、熱履歴や配向性の異なったモルフォロジーを持つ低密度ポリエチレン(LDPE)が、光・熱劣化に及ぼす LDPE の分子凝集状態、ひいては分子運動性の影響を明らかにすることを目的とする。

昨年度「高分子材料の光・熱劣化特性に関する研究(工業技術総合センター)」で、低密度ポリエチレン(LDPE)を用いて検討した結果、カルボニル基の吸光度から、劣化が始まるまでに数日間の誘導期間(induction period)が存在し、この誘導期間は非晶領域の分子凝集状態に大きく依存していることが分かった。しかもこの間に、非晶相領域で複雑な変化を起こしていることも分かった。

今年度は、劣化の深さ方向の検討と、酸化防止剤や熱安定剤などの添加物を含まない LDPE や HDPE を使用して検討を加えた。

2. 実験

2.1 供試試料

試料は、宇部興産(株)製の長鎖分岐した LDPE ペレット($M_n=27,000$)、および SCIENTIFIC POLYMER PRODUCTS, INC.製の添加物を含まない LDPE ペレット($M_w=50,000$)および HDPE ペレット($M_w=125,000$)を使用した。

2.2 フィルム成形

フィルム成形は、(株)神藤金属工業所製卓上用テストプレス(出力:5t、ラム径:80mm、最大使用圧:100kg/cm²、ストローク:100mm、上下ヒーター:0~400℃、加圧時間:秒単位で設定)を使用し、温度150℃、圧力30kgf/cm²以上で約10分間加圧した。

成形用の型は200mm×200mmのAl板を使用し、表面はシリコンオイルを塗布して200℃で数回加熱処理を行った。

2.3 モルフォロジーの異なったフィルム作製

熱処理時間や延伸比率などの作製条件を変えながら、異なったモルフォロジーを持つ10種類のフィルムを作製し、それぞれの密度と融解熱を表1および表2に示す。

表1 調製したLDPE試料の特性

番号	フィルム	密度 ¹⁾ (g/cm ³)	融解熱 ²⁾ (J/g)
1	急冷フィルム	0.921	127.4
2	急冷フィルムを90℃2時間熱処理	0.922	133.9
3	急冷フィルムを90℃6時間熱処理	0.921	139.8
4	急冷フィルムを40%延伸	0.925	134.4
5	急冷フィルムを420%延伸	0.935	140.5
6	徐冷フィルム	0.926	140.8
7	徐冷フィルムを440%延伸	0.961	140.3
8	空冷フィルム	0.926	133.2

*1) measured by AccuPyc Model 1330, Micromeritics

*2) measured by DSC 7, Perkin-Elmer

表2 調製した無添加PE試料の特性

番号	フィルム	密度 ¹⁾ (g/cm ³)	融解熱 ²⁾ (J/g)
9	無添加 LDPE フィルムを急冷(Mw=50,000)	0.917	77.4
10	無添加 HDPE フィルムを急冷(Mw=125,000)	0.938	150.5

*1) measured by AccuPyc Model 1330, Micromeritics

*2) measured by DSC8230D, Rigaku Co.,Ltd.

表1の 1、2、3、6、8のフィルムについては、それぞれ 1.030mm、0.523mm、0.342mm、その他のフィルムは 0.342mm のスペーサを使用した。

熱処理および延伸に使用した乾燥機は、ヤマト科学(株)製の真空低温乾燥機を用いた。

2.4 劣化試料の作製

試料は、スガ試験機(株)製 300 サンシャインロングライフウェザーメータ WEL-300LH を使用し、カーボン(株)サンシャインウルトラロングライフカーボン SLEM-V(太)、SLE-L(細)を使用して光照射し、以下の条件で行った。

・温度と湿度：ブラックパネル温度 63℃、湿度 60%

・照射時間：1日、2日、4日、8日、12日間

カーボンアークの波長の分光放射照度を図1に示す。

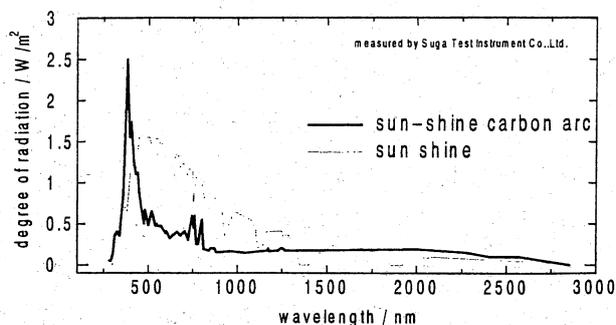


図1 サンシャインカーボンアークと太陽光の分光放射照度

2.5 劣化程度の評価

劣化程度は(株)島津製作所製顕微フーリエ変換赤外分光光度計 FTIR-4200 および FTIR-8300 を使用し、1715cm⁻¹ に現れるカルボニル基(>C=O)の伸縮振動の吸光度により評価した。

測定は透過法で行い、吸光度 A₀ は、試料の厚みを d(mm)、ベースラインの透過度を I₀、1715cm⁻¹ における透過度を I₁₇₁₅ としたとき、式(1)により求めた。

$$A_0 = - \frac{1}{d} \ln \frac{I_0}{I_{1715}} \quad (1)$$

2.6 分子凝集状態の評価

2.6.1 密度測定と結晶度

密度測定は、(株)島津製作所製アキュピック 1330 密度計を使用し、校正用鋼球(体積：3.1858cm³)を入れて補正した。

結晶度は、結晶密度を ρ_c(1.00g/cm³)、アモルファス密度を ρ_a(0.855g/cm³)、測定密度を ρ としたときの密度と結晶度の関係式(2)(3)により算出した。

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_c} X_c + \frac{1}{\rho_a} (1 - X_c) \quad (2)$$

$$\text{結晶度} = \frac{\rho - 0.855}{0.145 \times \rho} \times 100 (\%) \quad (3)$$

2. 6. 2 示差走査熱量測定(DSC)と結晶度

DSCの測定は、(株)リガク製 DSC8230D 熱分析システムを使用し、5mm φのアルミニウムパンに試料を入れ、走査速度=10 °C/min、温度範囲は10～200 °Cで加熱測定を行った。

完全結晶の融解熱はポリメチレンの融解熱を960cal/mol、メチレンの分子量を14として式(4)で求め、結晶度を式(5)により算出した。

$$\begin{aligned} \text{完全結晶の融解熱} &= (960/14) \times 4.184 \\ &= 286.9 \text{ (J/g)} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{結晶度} = (\text{融解熱}/\text{完全結晶の融解熱}) \times 100 \text{ (\%)} \quad (5)$$

2. 7 分子量分布の測定

分子量分布の測定は Waters 社製 GPC(150-C)を使用した。測定は、1、2、4-トリクロロベンゼンを使用して140 °Cで実施し、Mn、Mw、Mzを求めた。

2. 8 紫外・可視吸光度の測定

紫外・可視光の吸光度測定は(株)島津製作所製分光光度計 UV-1600PC を使用して UV スペクトルを測定した。測定は、190～400nmの波長範囲で測定した。

2. 9 熱分解GC/MSによる光劣化生成物の分析

光劣化による生成物を分析するために、(株)島津製作所製四重極型ガスクロマトグラフ質量分析装置 GCMS-QP5050A および熱分解装置 PYR-4A を使用し、電子衝撃法(EI法)によりイオン化して測定した。試料は約0.3mg、熱分解温度は500 °C、キャリアガス He:80kPa、カラムは、信和化工 HR-1(OV-1 相当)0.25mm × 30m の無極性キャピラリーカラム、温度80 °Cから250 °Cまで30 °C/minで昇温、MS 検出器 1.1kV、測定時間は30minである。

2. 10 引張試験による機械的特性の評価

インストン・ジャパン(株)製万能抗張力試験機 5569 型を使用して応力-ひずみ試験を行い、

S-Scurve を求めた。試験は、温度 23 ± 2 °C、相対湿度 50 ± 5%の恒温恒湿室で行い、試験速度 50mm/min. で実施した。試験片は図2に示すミクロダンベル型の試験片を用いた。

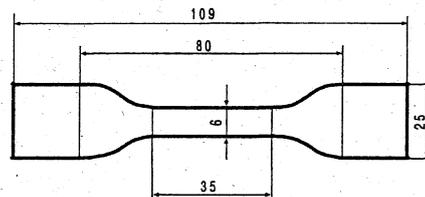


図2 試験片

3. 結果および考察

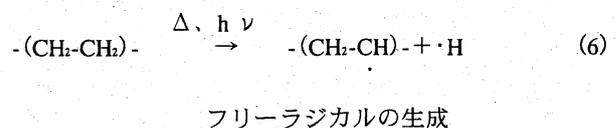
LDPE の劣化が深さ方向にどの程度進行するのか、また劣化による PE 分子の主鎖切断や架橋状態についても検討した。

さらに、成形・加工時に使用される熱安定剤、酸化防止剤等の劣化防止用添加物の有無による劣化への影響を調べるため無添加 PE を使用して検討を加えた。

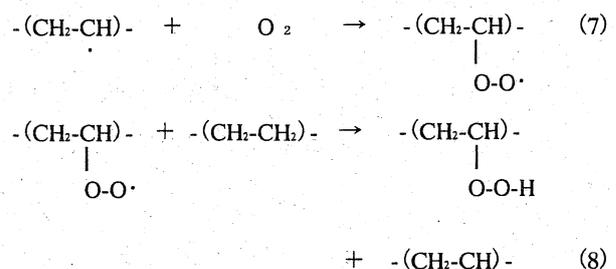
3. 1 PEの劣化反応機構

酸素存在下で起こる劣化反応は、以下のスキームに示すように通常ヒドロペルオキシラジカルによる水素引き抜き反応が連鎖的に起こる自動酸化反応が主として起こり、その結果高分子鎖が切れて分子量が低下し(主鎖切断)、主鎖間に橋架け結合(架橋)や主鎖から枝分かれした結合(分岐)ができることがよく知られている。

①開始過程

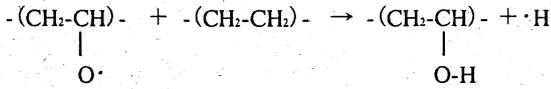
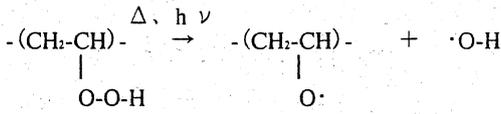


②連鎖過程



水素引き抜き反応

③停止過程



R·, RO·, ROO·, ·OH, ·H → 安定生成物 (9)

(-OO-, -CHO, >C=O, -C=C-, -COOH, -COOR など)

3. 2 劣化による深さ方向のカルボニル基生成

図3に12日間劣化させた空冷フィルム(8)の、深さ方向に対するカルボニル基の吸光度を示す。測定は、フィルムをマイクロトームを使用して50μmの厚さに切断し、顕微FTIRを使用して、フィルム表面から25μmおきに、幅21μm×長さ108μmの矩形範囲を順次測定した。

この結果、表面部と内部ではカルボニル基の生成量に著しい差の現れていることが明らかとなった。特に、中心部程急激にカルボニル基の生成量は減少している。つまり表面層で酸素が大量に消費されるため、酸素の試料内部への拡散が小さいことを示しており、中心部への酸素の通り易さが内部の劣化に大きく影響を与えることを示していると考えられる。

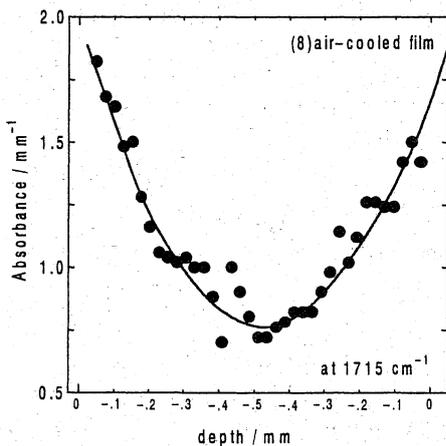


図3 空冷LDPEフィルム(8)の12日間照射におけるカルボニル基の吸光度と深さの関係

3. 3 劣化による分子量分布の変化

図4に急冷フィルム(1)のGPCによる分子量分

布を示す。光照射時間の増加とともに分子量Mの中心は低分子量側にシフトし、12日間照射後は最も低分子量側にシフトしている。これは、劣化に伴って分子主鎖が切断されることにより分子量低下を引き起こしていることを示している。

一方、12日間照射後、高分子量側において割合が増えているのは、主鎖切断と併行して、切断された分子同士の架橋反応が進行することによって、逆に高分子量の分子が増加していること示し、劣化過程で2つの反応が同時進行していることを示唆している。

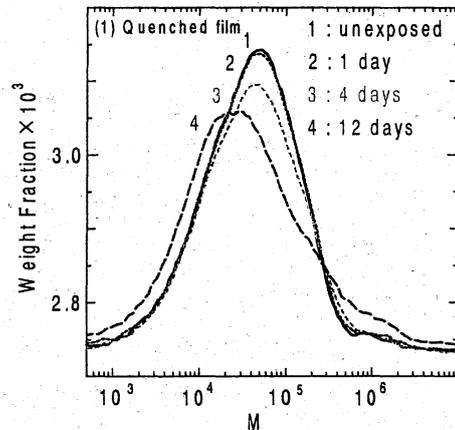


図4 急冷LDPEフィルム(1)の照射に対する分子量分布の変化

次に急冷フィルム(1)、急冷後6時間熱処理フィルム(3)の数平均分子量(Mn)および重量平均分子量(Mw)の照射時間に対する変化を図5に示す。

いずれのフィルムも先に述べたように、劣化誘導期間と考えられる約4日間を過ぎてからMnが減少傾向を示し始める。

一方でMwは増加傾向を示す。しかしながら、両フィルム間の傾向の差はあまり顕著ではない。

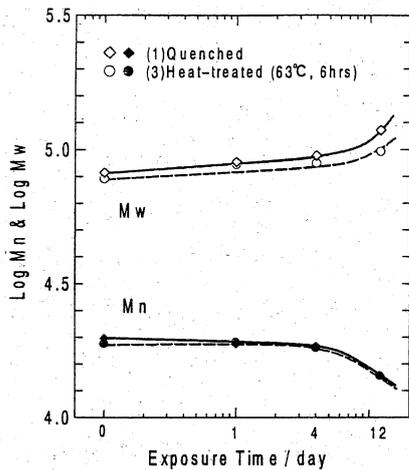


図5 急冷(1)、熱処理LDPEフィルム(3)の光照射に対する数平均分子量分布(Mn)と重量平均分子量分布(Mw)の変化

ここで、分子凝集状態の異なる8種類のフィルム(1)~(8)の12日間光照射後の分子量分布を図6に示す。

急冷(1)、徐冷(6)、空冷(8)のフィルムは主鎖切断に伴う分子量低下が比較的大きく、また、これらのフィルムおよび熱処理フィルム(2)(3)で架橋による高分子量の分子の割合が増える傾向が見られる。

一方、延伸フィルム(5)(7)は分子量低下が比較的少ない傾向を示すとともに、架橋反応も起こりにくいことを示している。

つまり、分子主鎖の切断および架橋反応の起こり易さは分子凝集状態、特に配向性に影響されるのではないかと考えられる。

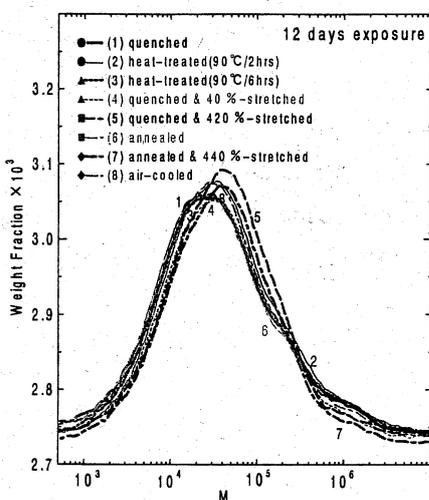


図6 種々LDPEフィルムの12日間光照射時間に対する分子量分布の変化

3. 4 劣化による機械的強度の評価

高分子材料は粘弾性を持っているため、金属とは全く異なった機械的特性を持っている。約50%以上の結晶領域を持つポリエチレンは、機械的な応力が加わった場合、非晶相で分子鎖が切断すると考えられる。このため、劣化現象の影響が最も大きく作用する非晶相の特性を把握するためには重要な評価方法である。特に、温度や時間に対して試験結果が大きく左右されるため十分な注意が必要である。

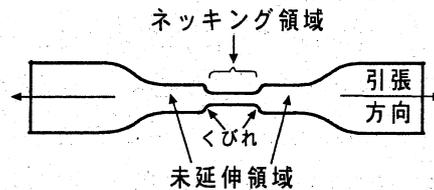


図7 引張試験における試験片の変形

ポリエチレンでは延性破壊を示し、破壊するまでに数100%の極めて大きなひずみを示した。

図7に示すように、引張方向にくびれが生じるネッキング現象が始まるまで応力が一旦立ち上がり、ネッキング現象が全領域で終了するまで応力はほぼ一定である。その後、再び脆性破壊するまで応力が上昇した。

フィルム(9)(10)の応力-ひずみ試験を行った結果を図8および図9に示す。

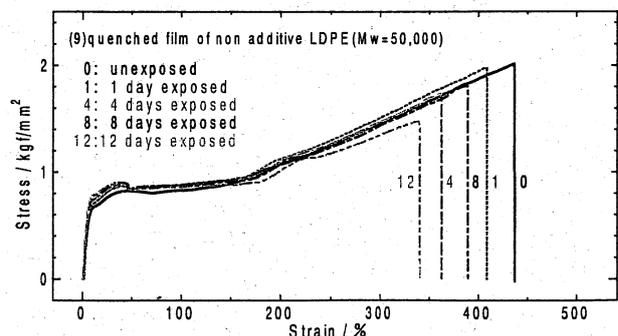


図8 無添加LDPEフィルム(9)の光照射に対する応力-ひずみ曲線

図8の $M_w=50,000$ のフィルムでは、劣化による機械的強度への影響がはっきりと現れ、未照射のフィルムが最も大きな伸びを示す一方、劣化に

伴って伸びが小さくなった。ただし、初期の誘導期間におけるフィルムでは、照射時間との単純な比例関係はなく、非晶相における分子凝集状態の変化が複雑に影響していると考えられる。

一方、図9の $M_w=125,000$ のフィルムでは、誘導期間中は大きな変化は見られないものの、照射8日目以降、急激に伸びが小さくなり、8日間照射フィルムにおいてはネッキング現象中に破断が起こった。さらに12日照射フィルムでは、もはやネッキング現象さえ起こることなく、破断した。

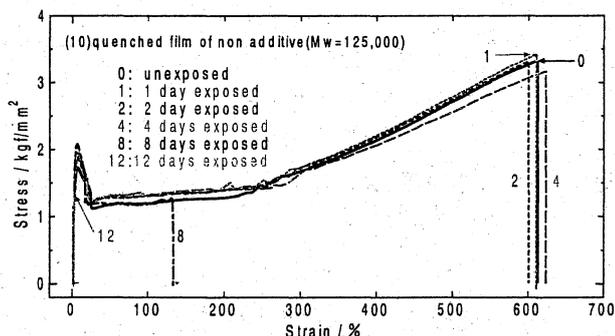


図9 無添加HDPEフィルム(10)の照射に対する応力-ひずみ曲線

図10に最大荷重時のひずみと応力の関係を示す。先にそれぞれのフィルムで述べたように、 $M_w=50,000$ のフィルムでは、照射時間が増加するとともに、ひずみは余り変化せずに最大荷重が小さくなる傾向を示した。しかし、 $M_w=125,000$ のフィルムでは、照射8日目以降破断までのひずみが急激に小さくなり、劣化の進行が、誘導期間後ある時期を境にして急激に進行するという結果を示した。これは、融解熱の変化で示されたように、非晶相で急激な変化が進行することと一致した結果を示した。

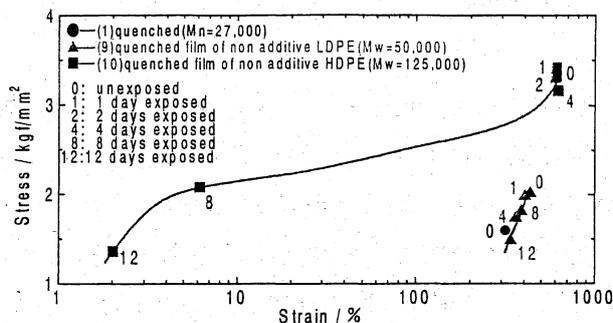


図10 無添加急冷フィルム(9)(10)の照射に対する応力とひずみの関係

3.5 劣化によるカルボニル基($>C=O$)の生成

図11に無添加LDPEフィルム(9)のIRスペクトルを示す。劣化によって生成したと考えられる 1715cm^{-1} (カルボニル基)、 888cm^{-1} (ビニリデン基)、 910cm^{-1} (末端ビニル基)、 963cm^{-1} (トランスビニル基) など二重結合特有の吸収が見られる。

これらは、添加物の含まれる市販LDPEと同様、劣化に伴って著しい増加傾向を示している。特にラジカル防止剤等が添加されていないLDPEではラジカル反応による自動酸化反応が急激に進行することによってカルボニル基や二重結合の生成が促進されているものと考えられる。

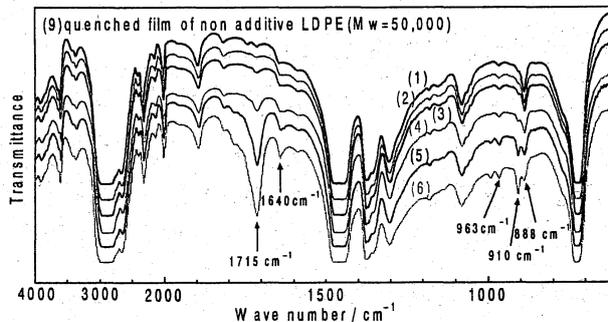


図11 無添加LDPEフィルム(9)のIRスペクトル：(1)未照射、(2)1日照射、(3)2日、(4)4日、(5)8日、(6)12日照射

次に、カルボニル基の生成に及ぼす添加物の影響をみるため、添加物を含む急冷フィルム(1)、無添加のフィルム(9)、(10)について、照射時間に対する 1715cm^{-1} に現れるカルボニル基の吸光度の変化を図12に示す。

ただし、 $M_w=125,000$ のフィルムでは、照射以前からカルボニル基の吸収がみられるが、フィ

ルム作成以前か成形時に生成したものは確認していない。

図から明らかなように、無添加のフィルムは添加物の含まれるフィルムと同様、およそ2~4日間の光照射後、急激に吸光度が大きくなり、劣化が進行するまでに誘導期間が存在することを裏付けている。吸光度の値は $M_w=125,000$ の方が $M_w=50,000$ より大きく、カルボニル基が生成しやすい結果が得られた。

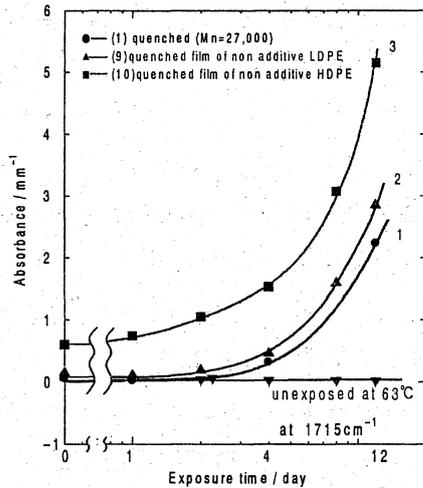


図 1 2 無添加急冷フィルム (9) (10) の光照射に対する 1715 cm^{-1} におけるカルボニル基吸光度の変化

3. 6 劣化による密度の変化

図 1 2 に劣化に伴う密度変化を示す。添加物を含むフィルムと無添加のフィルムでは、光照射の初期の段階で異なった密度増加パターンを示す。

前年度の研究では、特に延伸フィルムにおいて、光照射前は非晶の密度が異常に高く分子が緊張しているため、誘導期間中に分子凝集状態に重大な変化が起こり、密度が複雑に変化するという現象が見られた。これは、密度が結晶相と非晶相の両方の密度によって決定されるため、光照射によってその疎密状態が変化するためと考えられる。

しかし、延伸を施さない今回のフィルム (9) (10) では、急冷フィルム (1) と同様に劣化に伴って密度は増加するものの、誘導期間を過ぎた後は光照射時間に比例して緩やかな増加現象を続ける。これは、添加物がないため自動酸化反応により主鎖

切断などの劣化反応が進行し、分子鎖が短くなって結晶化しやすい状態になってると考えられる。つまり、いずれの無添加フィルムも非晶相分子鎖が結晶化しやすい条件となり、さらに非晶相の分子凝集状態がよりリラックスして疎密状態が緻密になる方向に変化し、密度の増加が起こると考えられる。

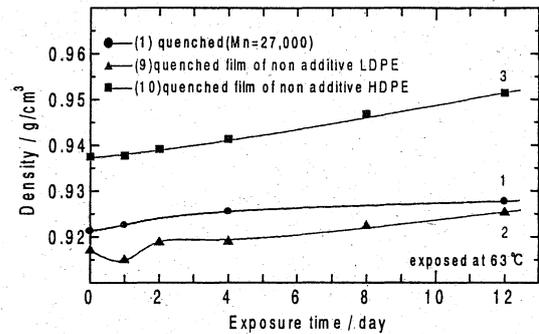


図 1 3 無添加急冷フィルム (9) (10) の光照射に対する密度の変化

3. 7 DSC測定による融解熱の変化

図 1 4 にフィルム (9) の光照射前後の示差走査熱量測定 (DSC) の結果を示す。

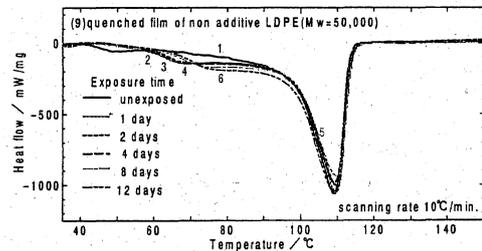


図 1 4 無添加LDPEフィルム (9) の光照射時間に対する示差走査熱量の変化

いずれのフィルムも、 $109 \text{ }^\circ\text{C}$ 付近で結晶が融解する吸熱ピークがみられ、結晶領域での変化は起こっていないと考えられる。また、1~12日間光照射したフィルムでは、劣化雰囲気温度である $63 \text{ }^\circ\text{C}$ 付近で吸熱特性を示している。これは、分子鎖がいわゆる結晶状態に配列したのではなく、非晶領域での分子凝集状態が緊張状態からリラックス状態に変化する熱処理効果のためと考えられる。

次に、図 1 5 に光照射時間に対する融解熱の変

化を示す。

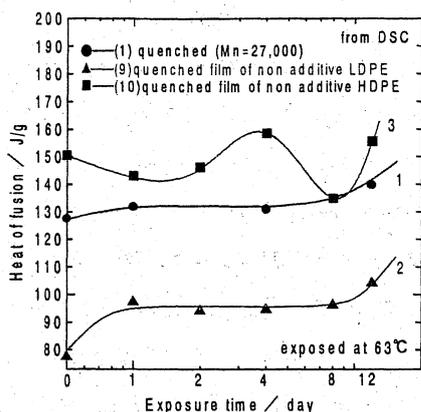


図 15 無添加急冷フィルム (9) (10) の照射時間に対する融解熱の変化

図から明らかなようにフィルム (9) の融解熱は、フィルム (1) と同様、照射時間とともに段階的に増加している。つまり、昨年得られた延伸処理以外のフィルムの特性と全く同じパターンであり、融解熱の初期の増加の段階は、劣化雰囲気である 63 °C の熱処理で引き起こされる結晶化で、第二段階は主鎖切断の結果として起こる結晶化による増加を示唆しており、無添加であるためその増加程度が大きいと考えられる。

しかしながら、フィルム (10) では照射時間に対して融解熱が複雑に変化し、いわゆる誘導期間を過ぎた直後に大きな変動を示している。

3. 8 照射と紫外吸収スペクトルの関係

図 16 にフィルム (1) の照射前後の紫外吸収スペクトルの変化を示す。ここでは、照射前のフィルムの吸収スペクトルを基準とし、それぞれの劣化フィルムにおける差スペクトルを示している。

通常スペクトルの化学構造への帰属について、紫外領域 (200 ~ 400nm) に現れる吸収は、ポリエチレンなどに起因する共役性吸収帯や、CO などの発色基に起因するラジカル性吸収帯であるとされている。

測定結果は、照射によって 220nm 付近の吸収が顕著に増加している。つまり劣化の段階で

220nm 付近に吸収を持つ構造が増加していると考えられ、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。しかし、これが赤外測定の結果得られたカルボニル基および二重結合の生成に対応しているのか、またこれに帰属できるのかは不明であり、今後検討を要する課題である。ただし、主な化合物の紫外吸収スペクトルと化学構造の関係で、カルボン酸 (R-COOH) は 208nm、エステル (R-COOR') は 211nm、ポリエチン化合物 (H-(CH=CH) n-H, n=2) は 217nm であり、帰属の可能性は濃厚であると考えられる。

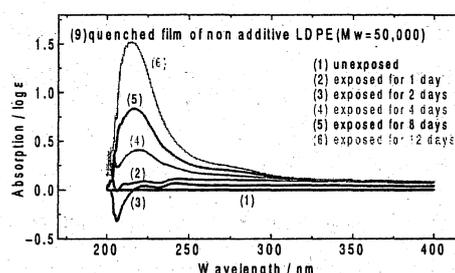


図 16 無添加LDPEフィルム (9) の照射時間に対する紫外吸収スペクトルの変化

3. 9 GC/MSによる劣化生成物の定性

図 17 に 12 日間照射したフィルム (9) の熱分解-GC/MS装置による全イオンクロマトグラムを示す。

ここでは照射により、ポリエチレンの化学構造がどのように変化しているのかを推定するために実施したものである。

測定結果は、昇温プログラムされたガスクロマト部においてほぼ完全に分離されたピークが得られたので、今後それぞれのピークについて質量スペクトルを解析し、フラグメントイオンから開裂前の構造を推定していきたいと考える。

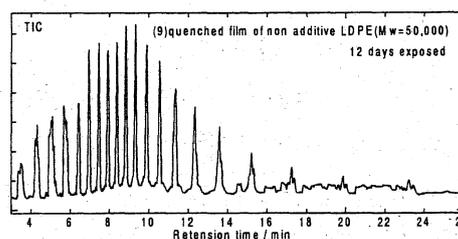


図 17 無添加LDPEフィルム (9) の全イオンクロマトグラム

4. まとめ

(1)劣化によるカルボニル基の生成量は、中心部ほど急激に生成量が減少し、表面部と内部に著しい差があることが分かった。これは、中心部への酸素の通り易さが劣化に影響を与えることを示し、非晶相での主鎖切断や架橋と結晶化の進行が関与していると考えられる。

(2)劣化後の分子量分布から、光照射によって主鎖切断と架橋反応が起こっていることを確認した。この変化は、誘導期間を過ぎてから進行していることを示す。

(3)分子凝集状態の違いによる分子量分布への影響は、延伸フィルムで切断による低下は小さく、架橋反応も起こり難いことを示し、配向性に影響されると考えられる。

(4)応力-ひずみ試験では、劣化による非晶相の変化が現れていると考えられ、誘導期間中は、光照射時間と単純な比例関係は認められなく、密度や融解熱の変化とあわせ、この間に複雑な変化をしていることを裏付けるものと考えられる。

(5)LDPEもHDPEも誘導期間中はある程度の機械的特性を有するが、これを過ぎると特にHDPEでは極端に強度低下を引き起こす。

(6)赤外吸収スペクトルから、酸化防止剤の添加有無にかかわらず、カルボニル基等二重結合特有の吸収が見られ、分子量の大きいHDPEの方が生成し易いことが分かった。

(7)紫外・可視吸収スペクトルから、光照射によって220nm付近に吸収を持つ構造が増加していることが分かった。これは共役性吸収帯またはラジカル性吸収帯と考えられるが、どのような構造に帰属できるかは不明であり、今後GC/MS測定により劣化生成物を推定し確認したい。

謝辞

本研究についてご指導いただいた滋賀県立大学工学部材料科学科田中皓助教授、および北陸先端科学技術大学院大学新素材センター新田晃平助教授、中谷久之助手に深謝します。また、GPC測定にご協力いただいた東ソー(株)の山口政之さんに

感謝します。

文献

- (1) Polymer Handbook Physical Constants of Poly(ethylene)
- (2) Handbook of Polymer Science and Technology Vol.2.14 p485
- (3) S.Halim, Ali G. Maadhah, and Mohamed B. Amin: Handbook of Polymer Degradation, Weathering Degradation of Polyethylene
- (4) 日本化学会編: 化学便覧「14.8 紫外・可視スペクトル」
- (5) 大澤善次郎: 高分子の劣化と安定化, 武蔵野刊行(1992)
- (6) 大石不二夫: 高分子材料の耐久性, 工業調査会
- (7) W Schmabel 著, 相馬純吉訳: 高分子の劣化, 裳華房
- (8) 庄野利之, 脇田久伸, 入門機器分析化学
- (9) 田中, 宮川, 新田, 中谷: 第47回高分子学会年次大会, III-6-06
- (10) 田中, 宮川, 新田, 中谷: 第47回高分子討論会, III Pc045
- (11) 宮川, 田中, 新田, 中谷: 高分子学会 1998年度高分子の崩壊と安定化研究討論会要旨集
- (12) 宮川栄一: 滋賀県工業技術総合センター 1997 研究報告

キャビテーション効果を利用した水処理技術の研究 ～その2～

技術第二科 金属材料係 阿部 弘幸

平成9年度に試作したキャビテーション発生装置¹⁾を使って各種の模擬実験水、野外実水を圧力、通過回数、ノズルモード(脱気、吸気)を変えて処理し、その処理条件と効果を検討した。現状での試験機の検討結果は以下のとおりであった。①溶存酸素について、脱気モードで処理すると溶存酸素飽和率は約80%と低下し、吸気モードで処理すると、経時的に飽和に近づく。②模擬有機汚濁水(D-グルコース水溶液、ポリビニルアルコール水溶液等)を処理したが、COD、BODの変化は殆どなく、酸化分解は確認できなかった。③彦根城堀水に見られる高濃度の懸濁物質(SS)は、同処理により約半分に減少した。④大腸菌の処理効果については、現機の仕様では、まだ、低かった。

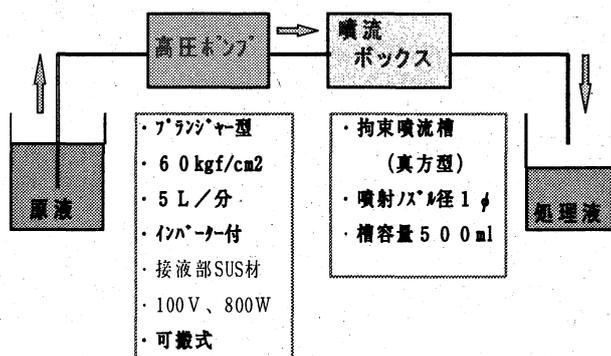
1. はじめに

キャビテーション(Cavitation)とは、液体の局部的かつ急激な圧力低下による沸騰現象で、配管・バルブ・スクリー等の流体素子の性能を低下させるため、問題とされて来た²⁾。本研究は、逆にキャビテーション効果を利用して、水処理技術に応用するため、制御付プランジャー型高圧ポンプと真方³⁾らが提案した拘束壁噴流槽を組み合わせた試験機を使って、模擬実験水および野外実水を処理し、懸濁物質(SS)、化学的酸素要求量(COD)、生化学的酸素要求量(BOD)、プランクトン、大腸菌群数等を評価項目として、条件と効果を検討した。

2. 方法

2.1 キャビテーション発生装置

発生装置は前回²⁾報告した以下の仕様である。



尚、噴流ノズルは、流体のみが吹き出す脱気モードと、ノズル側面から空気を自給しながら流体を吹き出す吸気モードに切り替えられるものを利用した。

2.2 処理方法

試験機で、模擬実験水(340mg/l D-グルコース水溶液、0.2%ポリビニルアルコール水溶液)、彦根城堀水、彦根船溜水、水道水等を60 Kgf/cm²、5~10パス、ノズル(脱気、吸気モード)を使って処理した。

2.3 測定項目

溶存酸素(DO)、懸濁物質(SS)、化学的酸素要求量(COD)、生物化学的酸素要求量(BOD)、大腸菌群数[MPN法]、顕微鏡によるプランクトン観察を行った。

3. 結果と考察

3.1 ノズルの脱気・吸気モードによる溶存酸素の変化

一般に、キャビテーションは、流体に溶存している気体をガスとして系外に排出する作用があるため、処理後の溶存酸素は減少すると思われる。この確認のため、水道水5lを脱気及び吸気モードで循環処理し、溶存酸素(飽和率)の変化を測

定した。図1にその結果を示す。5ℓ全部が見かけ上、1循環（パス）する時間は約2.5分である。初期の溶存酸素飽和率は約95%であるが、脱気モードで処理すると1パス後には83%、2パス後には約80%となった。一方、吸気モードで処理すると1パス後には97%、2パス後には約98.5%となり、経時的に飽和に近づくことが分かった。キャビテーションでは確かに脱気現象が起こるが、吸気構造のノズルでは、噴流槽内での流体-空気の攪拌混合効果が大きいいため、結果的に飽和率が上がるものと思われる。増本、真方⁴⁾らは、同ノズルを中容量の高圧ポンプと組み合わせることにより、溶存酸素を過飽和の状態にすることが出来るとして、養魚場等への適用を提案している。

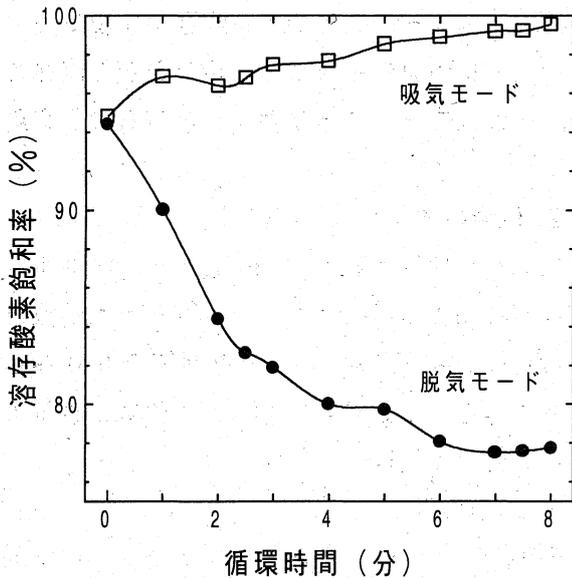


図1. ノズルモードによる溶存酸素飽和率の変化

3. 2 模擬実験水の処理効果

生分解性の非常に良いD-グルコース水溶液(340mg/ℓ液)と生分解性が中程度であるが工業界で多用されるポリビニアルコール水溶液(PVA, MW=500, 0.2%液)を脱気モードと吸気モード、圧力30と60 Kgf/cm²、循環回数(パス)2.5, 10パスで処理し、COD D-グルコース水溶液は未処理でCOD 250 mg/ℓ、BOD 203 mg/ℓであったが、どの条件の処理においても殆ど変化はなかった。

ポリビニアルコール水溶液は未処理でCOD 1

900 mg/ℓ、BOD 2100 mg/ℓであったが、どの処理条件においても、大きな変化は見られなかった。

また、食品用ヨーグルトの均一な分散液(COD 75 mg/ℓ、BOD 160 mg/ℓ)も同様に処理したが、殆ど変化は無かった。

残念ながら本試験機の上記の条件では、化学的な酸化分解までは至らないことが分かった。

3. 3 懸濁物質とプランクトンの処理効果

夏場、アオコ等のために緑色に懸濁した彦根城堀水を60 Kgf/cm²・脱気モードで10パス処理し、懸濁物質(SS)、CODの測定と顕微鏡によるプランクトンの破碎状況を観察した。

CODは変化が無かったが、SSは約半分減少した。

彦根城堀水	SS (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)
未処理	295	82
処理水	145	80

顕微鏡観察では、比較的大きな珪藻類(Melosira属)、緑藻類(主に Closteium 属)⁵⁾はほとんど破碎され、細胞内のクロロフィルもかなり抜け出していた。一方、アオコで問題となる藍藻類(Microcystis 属)は、形成されていた群体は完全に壊れた。しかし、数μmの個々の細胞については、今後、その活性を検証する必要がある。

3. 4 大腸菌の処理効果

彦根市内の船溜水(COD 6~8, BOD 6~7 mg/ℓ、大腸菌数35000個/cm³)を60 Kgf/cm²・脱気モードで10パス処理し、COD、BOD、大腸菌数[MPN法]を測定した。

COD、BODは殆ど変化がなかった。大腸菌数は、24000個/cm³となったが、効果としては現仕様では、まだ低いものと思われる。

4. まとめ

現状での試験機の処理効果についてまとめる。

(1) 溶存酸素について、脱気モードで処理する2パス後には約80%となった。一方、吸気モードで処理すると、2パス後には約98.5%となり、経時的に飽和に近づくことが分かった。キャビテーションでは脱気現象が生じるが、吸気構造のノズル・噴流槽・キャビテーション強度調整をうまく組み合わせることにより、流体中の溶存ガス濃度を調整することが可能であることが分かった。

(2) D-グルコース水溶液、ポリビニアルコール水溶液、ヨーグルト分散液を処理(脱気、吸気モード)した場合、そのCOD、BODの変化は殆ど無かった。吸気モードによる化学的および生物化学的な酸化分解は確認できなかった。

(3) 彦根城堀水に見られる高濃度の懸濁物質(SS)は、同処理により約半分減少し、珪藻類などの比較的大きなプランクトン類は破碎可能であった。アオコについては、群体の破壊のみ確認した。

(4) 大腸菌の処理効果については、現機の仕様では、まだ、効果が低いと思われる。

今後、補完データの測定と更に高圧仕様の試験機でその効果と応用分野を検討したい。

謝 辞

最後に本研究を進めるにあたり、御指導頂いた九州産業大学工学部真方勝哉教授、滋賀県立大学環境科学部坂本充学部長、安野正之教授、ノズルの設計・製作にご協力頂いた(株)YBMの増本輝男部長、田中守氏に心より謝辞致します。

参 考 文 献

- 1) 阿部弘幸、滋賀県東北部工業技術センター
研究報告書(平成9年度)
- 2) 加藤洋治、「キャビテーション」、槇書店
- 3) 真方勝哉、日本機械学会講演論文集、
No.968-3('96)
- 4) YBMパンフレット
- 5) 日本水道協会、「日本の水道生物」

金属製品の検査精度の向上に関する研究

—汎用的画像処理システムの開発—

技術第二科 機械電子係 川崎雅生

生産現場などにおいて、微細なものの感応検査や各種の寸法精度検査の分野で汎用的に利用できる学習機能と会話型マクロ処理機能をもった画像処理システムを開発した。感応検査については、検査対象となる画像と分類したい種別を入力することで、汎用的な画像処理を実現できる機能が実装できた。また、機械的な加工精度や粒子分布などの測定は、各種の前処理（ノイズ除去、凸凹強調など）とともに会話型で実行することができ、検査対象物に応じて共通する処理をマクロとして登録・実行する機能が実現できた。

1. はじめに

生産現場においては、あらかじめ決められた基準に基づく良否の判定や分類を行ったり、微小な形状を寸法管理することが多い。これらの検査を目視作業から画像処理による自動化に移行する場合、個々のケースについて作業内容を分析し、システムを開発しなければならない。

本研究は、検査対象に応じて新たな分析やプログラム作成をしなくても、目的とする検査がカスタマイズできる、汎用的な画像処理システムの検討と開発を目標としている。

2. システムの特長

2.1 システムの動作環境⁽¹⁾

本システムは、パソコンの Windows 上で動作するようになっており、基本的には BMP（ビットマップ）ファイルを処理対象としている。

BMP ファイルを作成するために、市販の画像入力ソフトや画像描画ソフトなどの起動を行うインターフェースも用意している。当所においては、技術相談などに対応するために、イメージリーダーや CCD 付き顕微鏡などを画像入力装置として使用している。

処理結果は内容に応じて、プリンターに出力したり、画像ファイルやテキストデータとして出力したり、音声出力ソフトにデータを渡したりする

ことができる。

2.2 学習機能^{(1),(2),(3),(4)}

幾何学的でない形状（文字や微生物など）の判別や分類を行う場合、検査する人の知識や経験を暗黙のうちに利用することが多い。

この分野の検査を汎用的に処理するために、学習機能を実装している。学習機能を利用して自社用の検査処理を実現するためには、次の3段階のステップが必要となる。

(1) 学習用（判定基準）データの入力

判定の基準となる見本画像とその分類区分を、各分類毎に、100個程度準備して入力する。

(2) 蓄積されたデータの学習

見本画像から抽出した特徴データと、指定された分類区分をもとに、2層ニューラルネットワーク（NN）の結合係数をBP法により求める。

(3) 検査画像の判別、分類

検査画像から抽出した特徴データと学習により求めた2層NNの結合係数を使って、画像の判別、分類を行う。

(1)と(2)の処理が、自社用のカスタマイズ

であり、一度実施すれば以降は、(3)だけで検査ができる。

2. 3 会話型機能とマクロ機能

機械部品などの形状測定を画像処理で行う場合、証明による影や反射等の影響があるので、測定処理の前に画像の改質（ノイズ・キズの除去、濃淡の調整など）を行う必要がある。

これらの処理を会話型で実行できる機能を実装したため、検査対象の形状や照明条件に応じた前処理が実現できる。

さらに、会話型で行った前処理と測定処理を繰り返して実行するのに便利なマクロ登録・実行機能を実装した。これにより、複雑な前処理を必要とする検査対象に対しても、一連の操作手順を間違えることなく実行できる。

2. 4 その他

検査対象が異なれば、検査方法も異なることが多い。そこで、処理に必要な各種パラメータやオプションを随時設定・変更する機能も含めて、各フォルダ（ディレクトリ）毎にセーブ・ロードする機能を実装した⁽¹⁾。従って、同じ処理を行う画像は同じフォルダに格納しておけば、画像を指定するだけで必要な処理が実行できる。

3. 応用事例

以下に、主な分類・統計機能を使った応用事例について紹介する。これらの機能については、現在設備使用（有料）にて測定に利用できる状態になっている。

3. 1 球状黒鉛鑄鉄の黒鉛球状化率測定⁽¹⁾

JIS G 5502⁽⁵⁾の見本画像等から、抽出し学習させた結合係数を用意してあるので、組織写真をイメージリーダで入力した画像や顕微鏡から直接入力した画像から、球状化率等を測定できる。

図1に処理の例を示す。

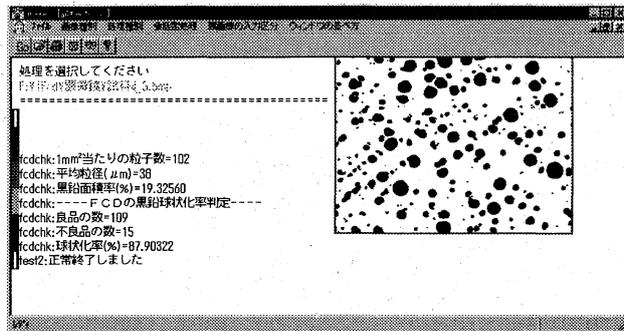


図1 球状黒鉛鑄鉄の黒鉛球状化率の測定

3. 2 微細部の角度測定

最小自乗法による直線近似により、微小部分の角度を測定することができる。

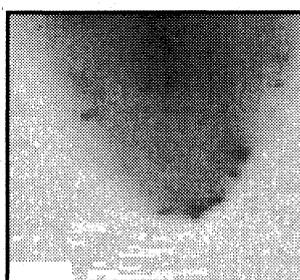


図2-1 ねじ山

図2-1は、ねじ山のひとつを CCD カメラで入力したものであり、図2-2はその角度を測定した結果である。

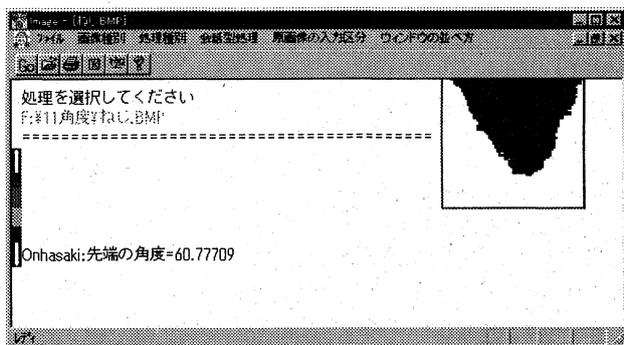


図2-2 ねじ山の角度測定結果

3. 3 真円度の測定

金属部品などの微小穴について、最小自乗法、最小領域法、最小外接円中心法、最大内接円中心法の4種類の方法⁽⁶⁾で真円度を測定することができる。

図3-1は、CCD カメラで入力した部品の穴部であり、図3-2に真円度測定用のマクロを実行した結果を示す。図3-2では、光沢のある画像のムラ等を前処理により削除している。

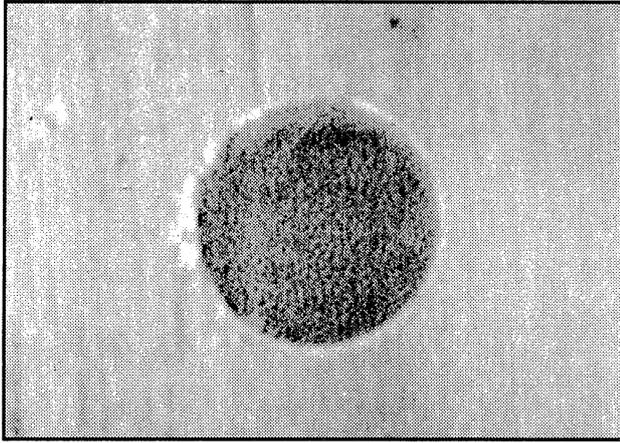


図 3-1 金属の微小穴

じと考えたときの測定誤差は、±1%以内である。

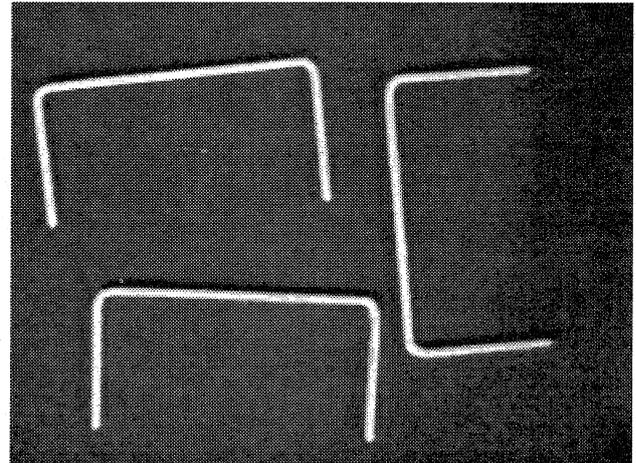


図 4-1 ホッチキスの針

滋賀県東北部工業技術センター
F: ¥6会話処理#穴の真円度 1. BMP

```

OnMacroGo: マクロ処理開始...
処理毎に結果を表示する
画像の表示
補正処理 (平均化処理)
二値化処理
点の除去 (微小面積除去)
白黒反転処理
点の除去 (微小面積除去)
白黒反転処理
真円度測定
OnSinEndo: 円形の番号=1
OnSinEndo: 最小自乗法による真円度 (μm) = 18.49874
OnSinEndo: 内接円の半径 (μm) = 102.62928
OnSinEndo: 外接円の半径 (μm) = 121.12802
OnSinEndo: 最小領域法による真円度 (μm) = 17.60420
OnSinEndo: 内接円の半径 (μm) = 106.15031
OnSinEndo: 外接円の半径 (μm) = 123.75451
OnSinEndo: 最小外接円中心法による真円度 (μm) = 20.05420
OnSinEndo: 内接円の半径 (μm) = 100.40219
OnSinEndo: 外接円の半径 (μm) = 120.45640
OnSinEndo: 最大内接円中心法による真円度 (μm) = 18.44469
OnSinEndo: 内接円の半径 (μm) = 107.56686
OnSinEndo: 外接円の半径 (μm) = 126.01155
OnMacroGo: マクロ処理終了
  
```

図 3-2 真円度測定の処理例

処理を選択してください
F:\相長き\針が3. bmp

```

=====
パラメータ設定
二値化処理
白黒反転処理
細線化処理
統計的処理
OnToukei: 番号=1, 数の長さ(細線化済みなら長さの倍)(ドット) = 1106.94042
OnToukei: 面積(ドット) = 563, 長径(ドット) = 314.02706
OnToukei: 番号=2, 数の長さ(細線化済みなら長さの倍)(ドット) = 1122.11193
OnToukei: 面積(ドット) = 558, 長径(ドット) = 315.12695
OnToukei: 番号=3, 数の長さ(細線化済みなら長さの倍)(ドット) = 1106.47521
OnToukei: 面積(ドット) = 559, 長径(ドット) = 313.05749
OnToukei: 粒子の数=3
OnToukei: 粒子の平均長 (μm) = 31766.92579
OnToukei: 粒子の平均面積 (μm2) = 457142
OnToukei: 粒子の平均長径 (μm) = 8973.44335
OnToukei: 粒子の平均面積 / 長径円の面積 = 7.22042E-3
OnMacroGo: マクロ処理終了
  
```

図 4-2 ホッチキスの針の長さ測定

3. 5 織物等の横線 (糸) 数の測定

微細な目の織物等の単位長さ当たりの横線数を計測したりする場合に、図 5 に示すような学習データ

3. 4 粒子などの長さや面積などの測定

同じような大きさの粒子などを寸法管理できる機能⁽¹⁾の他に、任意の大きさの粒子などに対して、面積や長さなどを個々に測定できる機能を実装した。

図 4-1 は、3 個のホッチキスの針を CCD カメラから入力したものであり、図 4-2 にその長さを測定した例を示す。3 個の針の寸法が全て同

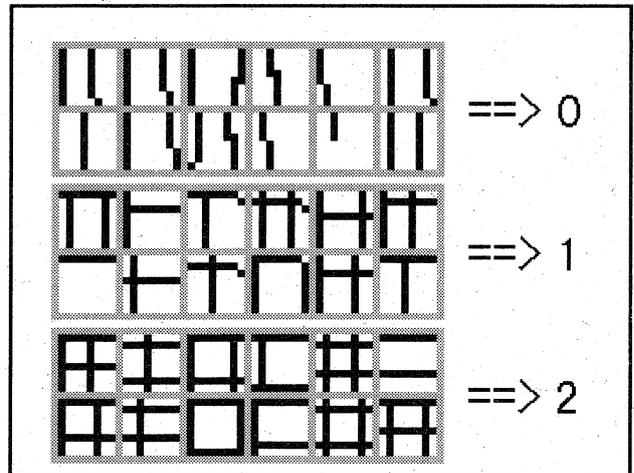


図 5 横線カウント用の学習用データ

ータを準備することにより、横線の数を選定できる。図5の特長としては、縦線の数に関係なく、横線の数だけに反応するように教示している点にある。

図6-1は、ハンカチをイメージリーダーで入力したものであり、図5のデータを使って学習させた結合係数を使って処理した結果を図6-2に示す。

なお、布等の場合は縦横が必ずしも交互になっているわけではないので、地模様の有無も指定できるようにになっている。

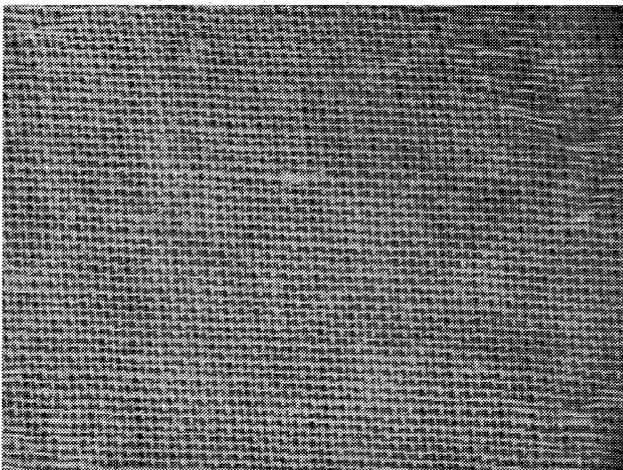


図6-1 布 (ハンカチ)

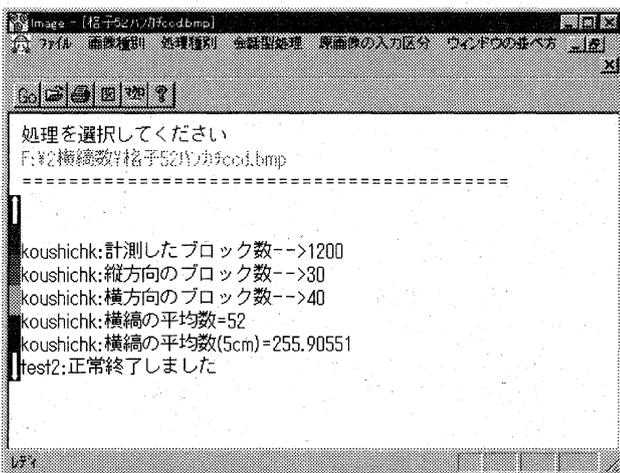


図6-2 ハンカチの横糸数測定結果

3.6 文字や記号などの判別・分類⁽¹⁾

必要に応じた学習データを準備することにより、製品や部品などに書かれた手書きや印刷の文字や記号、微生物の種類などを判別・分類するこ

ができる。分類結果を文字としておけば、音声出力することも、一部のパソコンでは可能である。

3.7 チャートデータの数値化

数値データとして出力するインターフェースを持たない測定器などから出力されたチャートを画像として入力し、(x、y)の数値データの組としてテキスト形式に変換出力することができる。

図7-1は、分析装置から出力されたチャートをイメージリーダーで入力したものであり、図7-2に処理結果の例を示す。

縦軸や横軸については、log や dB などの単位も使用でき、サンプリングのピッチ等も指定できる。

また、縦横の枠を使うことにより、読みとり時の傾きも自動で補正している。

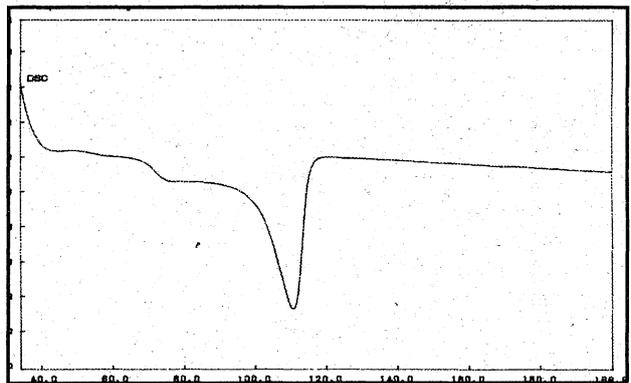


図7-1 分析器からの測定値出力

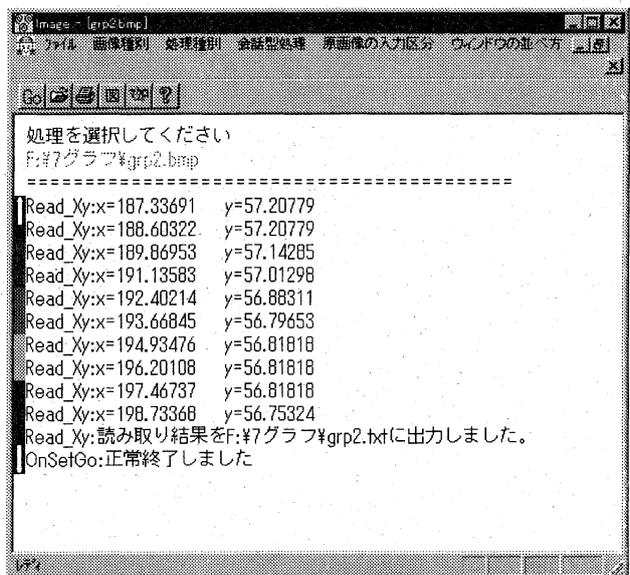


図7-2 チャートデータの処理結果

3. 8 繰り返しピッチなどの測定

比較的規則正しい格子などの繰り返しピッチやほぼ平行な2本の線分間の距離などを測定することができる。この機能を使えば、CCD カメラの視野における実寸を校正することもできる。

図8-1は、地模様のある布をイメージリーダーで入力したものであり、繰り返しピッチなどを測定した結果の例を図8-2に示す。

図8-2のイメージ表示部には、自動で抽出した模様が表示されているが、布の織りムラなどによる誤差も含まれているため、マウスを使って修正する機能を追加した。模様のパターンは、記号で印刷することもできる。

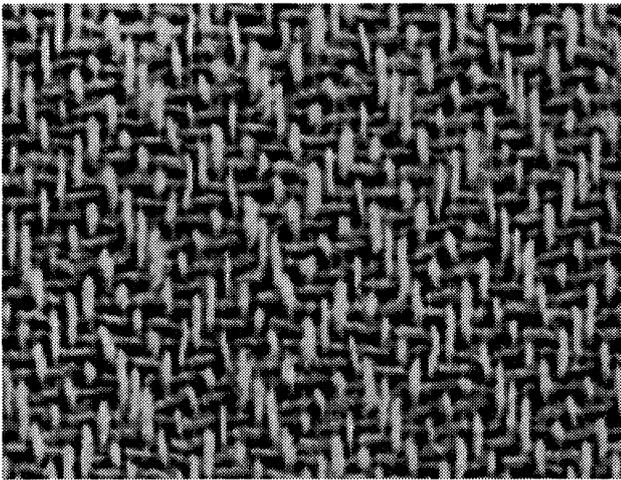


図8-1 布の地模様

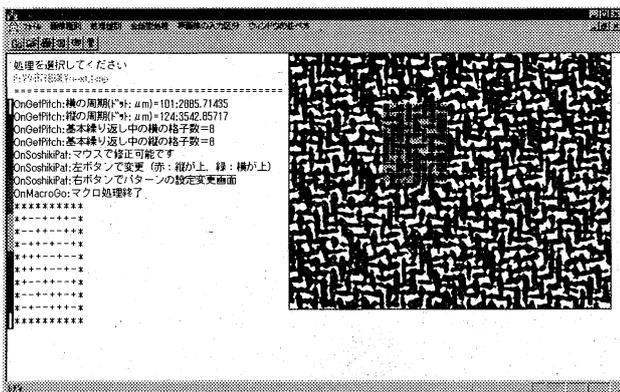


図8-2 布組織や繰り返しピッチの抽出結果

4. 会話型処理の使用方法について

3. で述べた応用事例以外にも、本システムは各種の検査や測定に使用できると考えられるが、

ここでは一般的な会話型処理とその組み合わせについて、例を使って説明する。学習機能などに関する説明は、参考文献(1)を参照されたい。

4. 1 ゴム部品の内径測定例

図9-1は、内径の直径が1mm程度のゴム部品の一部である。この部分の面積や径等を画像処理により求める。

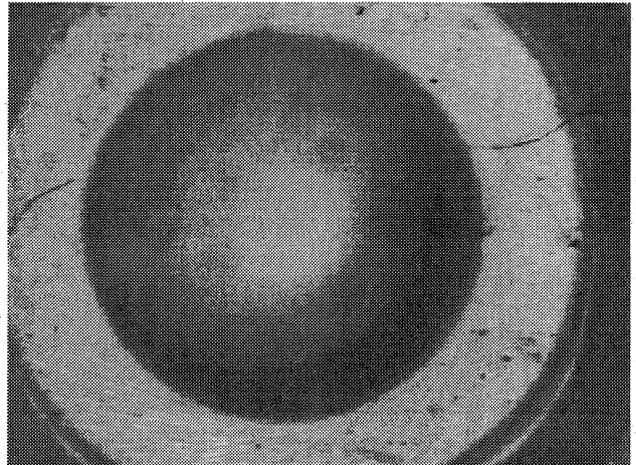


図9-1 ゴム部品の穴付近

(1) 通常 CCD カメラで入力すると、図9-1のように照明の関係でムラのある濃淡画像となる。これを二値化した画像を図9-2に示す。二値化のためのしきい値は、全体の画像の濃淡から決定しているが、パラメータを変更することにより、そのしきい値を変更することもできる。

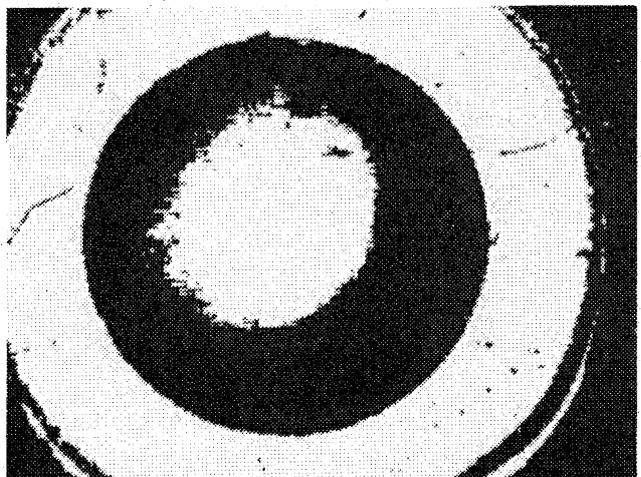


図9-2 二値化処理後

(2) 図9-2で中央の黒い部分の直径を測定するのに、端部の黒い部分などが邪魔となってくる(統計処理は、画像中に含まれる全てのクラスターを処理の対象としている)ので、端部の黒と微小な黒(大きさは指定できる)を削除する。

処理した結果を図9-3に示す。

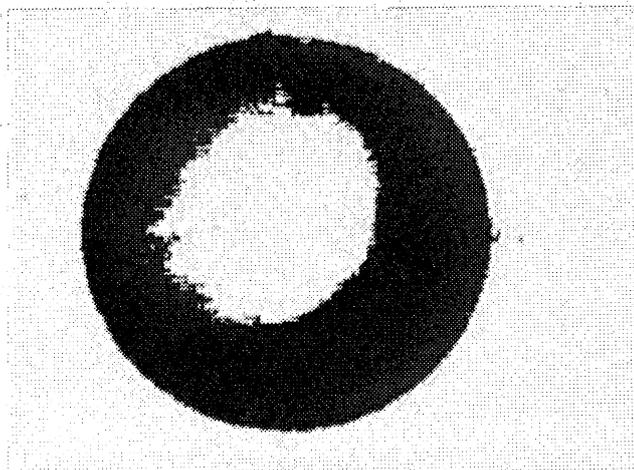


図9-3 端部と微小な黒の削除後

(3) 図9-3では、中央に白い部分が残っているのでこの部分を削除する。いろいろな方法があるが、ここでは、白黒反転して、微小な黒を削除する。

削除した結果を図9-4に示す。

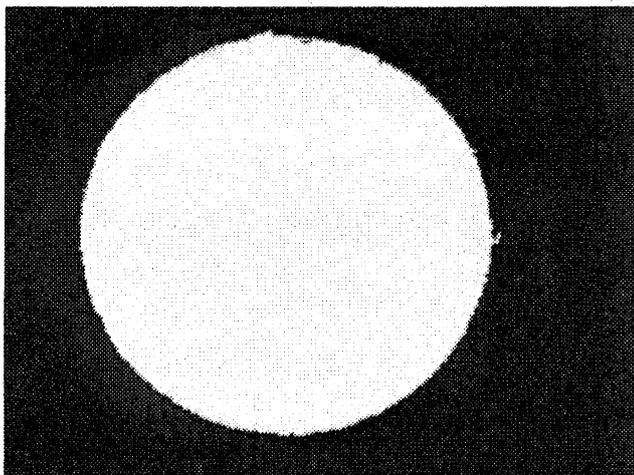


図9-4 反転と微小な黒の削除後

(4) これで必要な前処理が終了したので、反転して面積等を求める。この一連の作業を開始する

前にマクロ登録の指定を行っておくと、名前を付けて保存できるので、同じ検査を必要とする部品にも適用が容易である。登録したマクロの実行結果を図9-5に示す。

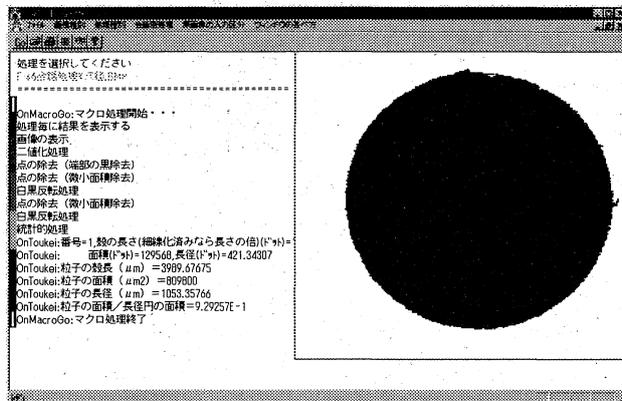


図9-5 マクロの実行結果

4. 2 プラスチック定規の間隔測定例

図10-1は、プラスチック定規の一部を拡大入力したものであり、左の黒い部分は半透明の樹脂部である。

横になっている線が目盛りであり、その白くなっているところの間隔が、1mmのはずである。いくつかの部位をサンプルとして画像入力し、目視で測定した平均は、194ドットであったので、白い部分の間隔は194ドットを1mmとして、ドットサイズの定義を行っておく。



図10-1 プラスチック定規の一部

(1) 図10-1を見ると、全体的に明暗の差は

少ないが、とりあえず二値化を行う。

図10-2に、二値化した画像を示す。

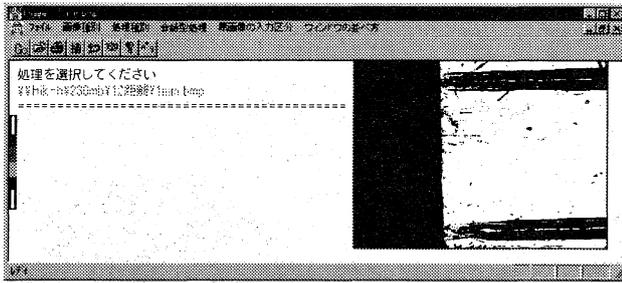


図10-2 二値化処理後

(2) 図10-2では、測定しようとする部分にかすれている部分が多いので、微小な白い部分を削除する。

全てのかすれはとれていないが、処理した結果を図10-3に示す。

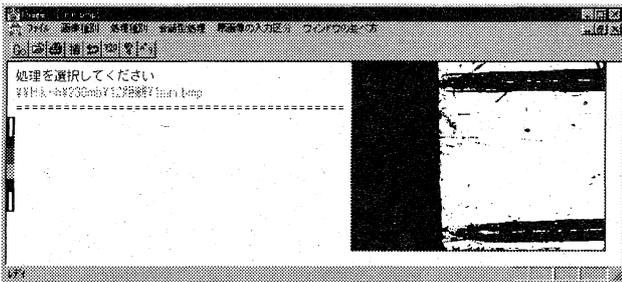


図10-3 かすれの削除後

(3) 残ったかすれを削除するために、反転した後、内部のかすれ(黒の微小な面積)を削除する。

処理した結果を図10-4に示す。

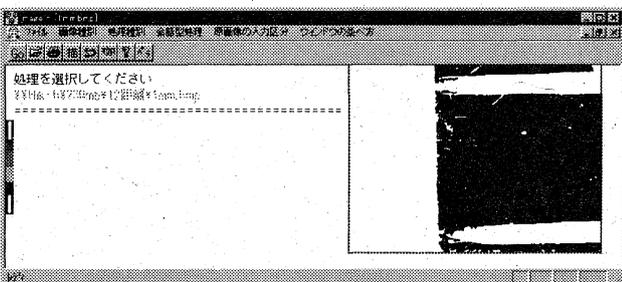


図10-4 反転して内部のかすれ削除

(4) 図10-4には、測定部以外の部分にキズが残っているので、反転して、一定の線幅以外を削除する。

処理結果を図10-5に示す。

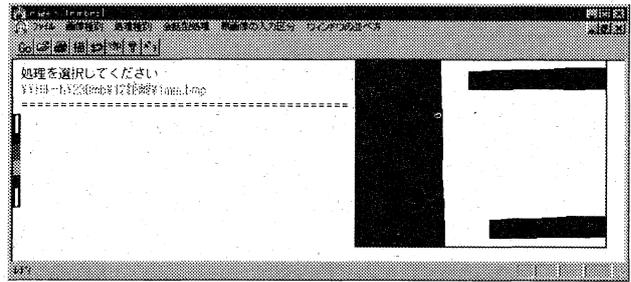


図10-5 黒線削除後

(5) 図10-5の左端の黒を削除(最大面積を除去)し、細線化処理を行う。

処理した結果を、図10-6に示す。

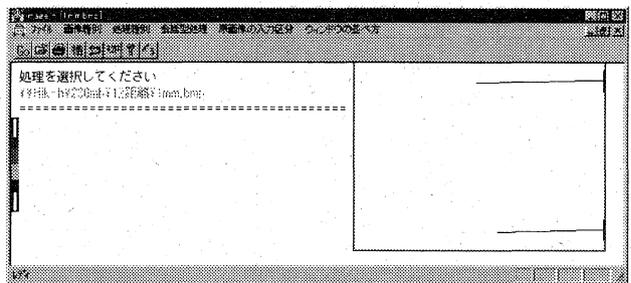


図10-6 左端の黒を削除し、細線化

(6) 以上の処理で必要な前処理が終了したので、2本の線の間隔を求めることができる。

図10-7に、マクロを実行した結果を示す。図10-7を見ると、2本の線のなす角度が0.3度以下であり、線間の距離が0.99mm程度であることがわかる。

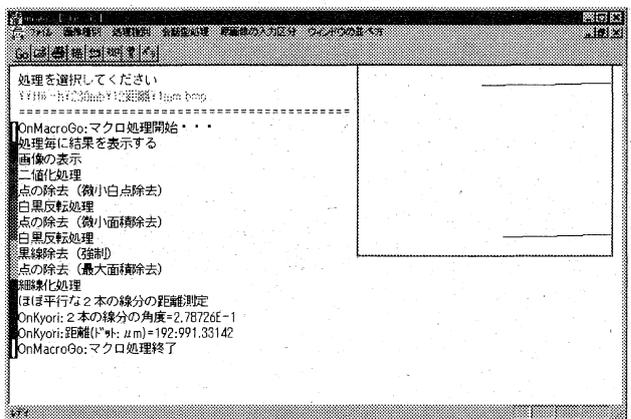


図10-7 定規の線の間隔測定の例

5. まとめ

本研究は、平成7年度から平成10年度までの4年計画で行ったものであり、以下のような学習機能と会話型処理機能をもつ、画像処理システムを開発することができた。

(1) 人の経験と感による検査(感応検査)に、汎用的に対応できる学習機能の検討開発^{(1)~(4)}。

- ・ 2層NNによる学習の効率化
 - * 学習に有効な初期値の決定
 - * 汎用的な特徴パラメータの抽出
 - * 収束のはやい学習アルゴリズム
 - * 部分空間による分割学習
 - * 追加型学習機能
- ・ 学習のための会話型教示機能
 - * 画像と分類規模に応じたパラメータ選択
 - * 追加型教示機能
 - * 教示方法の簡易化
- ・ 学習に基づく不定形状の認識、測定
 - * 方向性のあるもの(文字、記号等)
 - * 方向性のないもの(金属組織、微生物等)

(2) 検査対象に応じて、必要な前処理を会話型で確認しながら画像処理できる機能の検討開発。

- ・ 各種前処理機能
 - * 一般的汎用的な画像処理ルーチン
 - * 画像処理用パラメータの会話型設定
 - * Undo 機能
- ・ 各種寸法測定機能
 - * 長さ、角度、面積等の測定
 - * 任意個、任意位置での測定
- ・ マクロ登録、実行機能
 - * 繰り返し検査の操作性向上
 - * 画像処理のカスタマイズ

基本的には、金属製品や機械部品の検査に使用するような機能を中心としたものであるが、他の分野の検査にも利用できると考えている。

次年度以降については、さらに機能拡張を行い

ながら、システムの適用分野を拡大していく予定である。

なお、現在電子技術総合研究所で作成されたETL9 全てと、各種の活字フォントを含む文字とを使った学習を現在行っている。学習が終了次第文字認識用の結合係数として利用できる状態になっており、これを使った応用についても検討していきたい。

[参考文献]

- (1)川崎:「金属製品の検査精度の向上に関する研究(FCDの球状化率の自動測定システムの開発)」、滋賀県東北部工業技術センター研究報告(平9)
- (2)川崎:「金属製品の検査精度の向上に関する研究(FCDの球状化率の自動測定システムの検討)」、滋賀県東北部工業技術センター業務報告(平8)
- (3)川崎:「金属製品の検査精度の向上に関する研究(不定形状物の判別に関する研究)」、滋賀県立機械金属工業指導所業務報告(平7)
- (4)川崎、有木:「2次元DCTを特徴パラメータとしたニューラルネットワークによる文字認識」、情報第46回全大、7c-2(平5)
- (5)日本規格協会:JIS G 5502(1995)(球状黒鉛鑄鉄部品)
- (6)中野健一:「精密形状測定の実際」、海文堂、1992
- (7)マイクロソフト(株):「Visual C++チュートリアル」、同、1996
- (8)(社)日本強靱鑄鉄協会:新版「球状黒鉛鑄鉄品の標準顕微鏡組織写真集」、同、1996
- (9)川崎:「画像処理に対する知識処理の適用に関する研究」、滋賀県工業技術センター研究報告、1992
- (10)福村:「情報理論」、コロナ社

自動遠隔制御技術の開発に関する研究 1

技術第二科 機械電子係 櫻井 淳

所内のネットワークに接続した CCD カメラおよび放射温度計を遠隔のホストコンピュータから制御することにより、遠隔環境の画像情報と温度情報をリアルタイムに通信し自動記録することができる遠隔監視システムの開発を行った。また、システムの機能として、被測定物の温度情報を用いて監視エリア内の環境変化を画像データとして自動記録する機能や、記録した画像情報や温度情報を任意に検索表示する機能について検討を行った。

1. はじめに

インターネットを代表とするマルチメディアの利用は急速に進展してきている。特に産業分野においては、画像処理技術や情報通信技術を利用した応用用途が広く、例えば、騒音、悪臭、高温などの非常に作業環境の悪い現場の自動化、遠隔工場の製造工程や製品の管理、プラント設備の管理、検査工程の自動管理、あるいは人が立ち入れない危険な箇所のセキュリティ監視などを実現することが可能である。

そこで本研究では、画像処理技術、情報通信技術、自動制御技術を組み合わせ、工場内に分散する各種の製造機器をネットワーク (LAN) を利用して遠隔から集中制御する技術の開発を行っている。

2. 自動監視システムの構成

本研究では、ネットワークを利用して企業の工場内に分散する各種製造機器の稼働状況等を遠隔のコンピュータから自動監視し、その状況に合わせて遠隔装置の自動制御が行えるシステムを開発することを目的としている。

そこで今年度は、遠隔に設置した CCD カメラおよび放射温度計を、所内のネットワーク (TCP/IP) を用いてホストコンピュータにより制御し、監視対象物の画像データおよび温度情報の自動記録や、記録データの任意抽出表示が出来るシステムの開発を行った。

図 1 に本年度開発した自動監視システムの構成を示す。

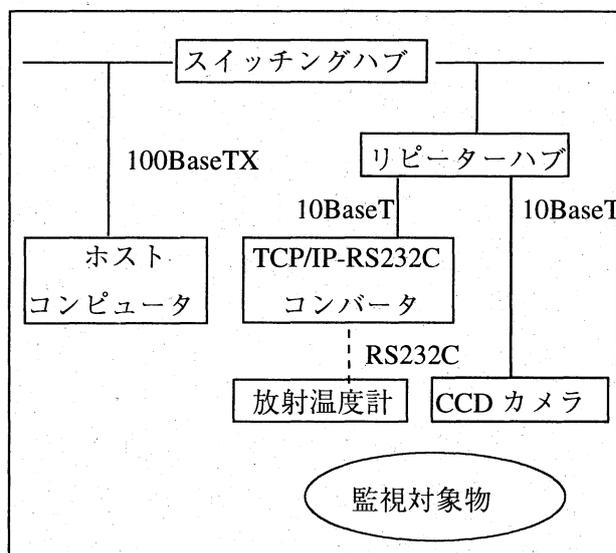


図 1 自動監視システムの構成

今回使用した放射温度計は、オートフォーカス機能を有し、測定対象物の微小エリア (直径 9mm / 測定処理 500mm) の表面温度を非接触で計測することができる。また、遠隔のホストコンピュータとの通信は、本装置の RS232C インターフェイスを TCP/IP-RS232C 変換装置 (Comm Assist) を介しネットワーク経由で行っている。

画像入力用の CCD カメラは、ネットワークに直接接続が可能なカメラ (Neteye200) を使用している。本カメラは Web および FTP サーバー機能を有し、FTP (File Transfer Protocol) や HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) プロトコルにより

画像データの通信を行うことができる。

表1に各装置の仕様を示す。

表1 システム各装置の仕様

機器名称	型式	メーカー	仕様
コンピュータ	FMV	富士通(株)	OS: Windows95 CPU: Pentium Pro Clock: 300MHz Memory: 96MByte
スイッチングハブ	FS708	Allid Telesis	10M/100Mbps 自動認識: 8ポート
リピーターハブ	MR820TR	Allid Telesis	10Base-T: 8ポート 10Base-5: 1ポート
TCP/IP-RS232C	Comm Aaaiat	石垣コンピュータシステム(株)	TCP/IPポート: 10BaseT RS232Cポート: 2ポート
放射温度計	TA-0510F	ミノルタ(株)	測定温度: -50.0 ~ 199.9 °C、200 ~ 1000 °C 測定距離: 5m ~ ∞
CCDカメラ	Neteye200	AXIS	画像データ: JPEG(704x576,352x288 画素) BMP(704x576 画素) PPM(704x576 画素)

3. 自動監視プログラム

自動監視システムのプログラムは Microsoft Visual C++6.0により開発した。図2に自動監視プログラムのアルゴリズムを示す。

本システムのプログラムは、Windows プログラミング¹⁾であるため、メニュー選択やマウス操作などの GUI(Graphical User Interface)操作で実行開始される。メインウインドウ内のメニュー画面からは、通信の開始/停止、データの記録・モニタリングの ON/OFF、記録データの再表示などを

行い、マウスクリック操作からは、記録した温度データや画像データの表示選択を行うことができる。モニタリング画面の時刻表示、温度グラフ表示、温度データや画像データの記録など、連続して実行されるプロセスはメインプロセスが呼び出した子プロセスによりマルチプロセスで実行されている。図3に自動監視プログラムのモニタリング画面例を示す。

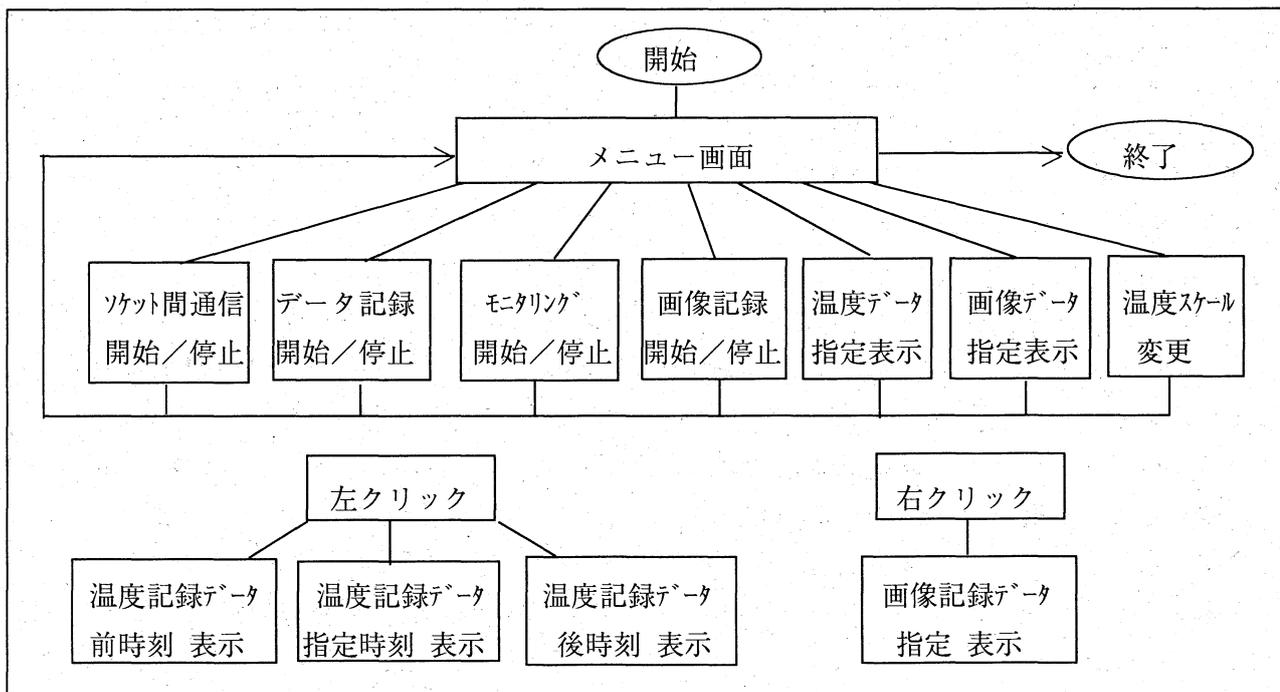


図2 自動監視プログラムのアルゴリズム

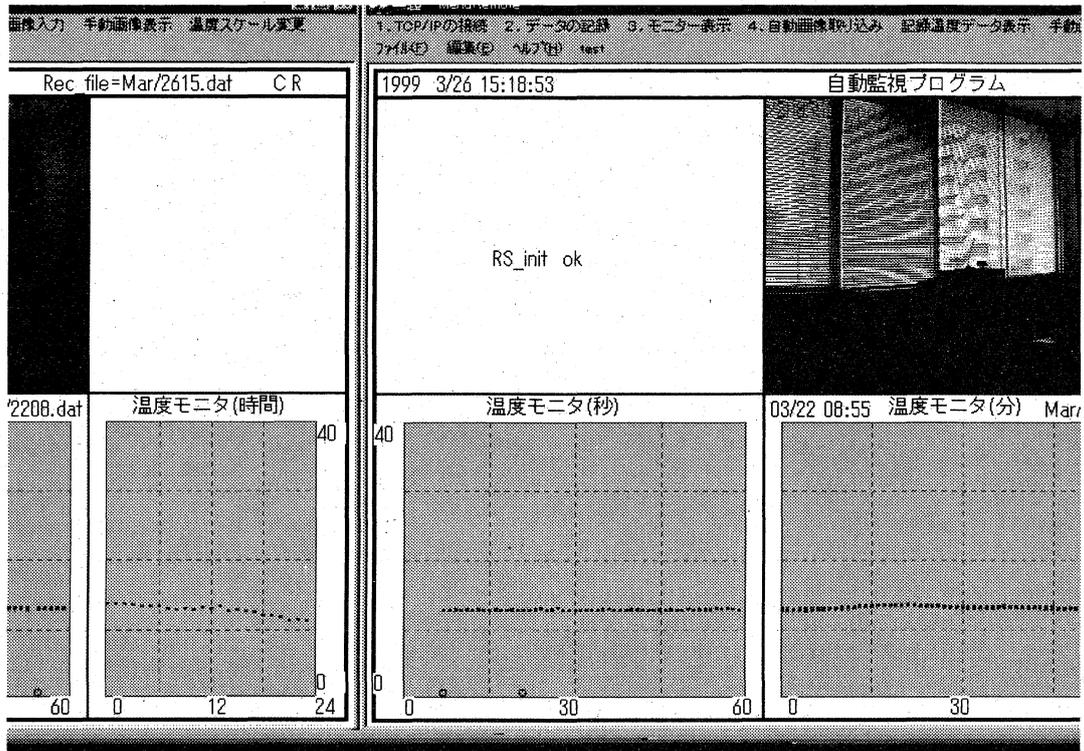


図3 自動監視プログラムのモニタリング画面

3. 1 TCP/IP-RS232Cコンバータの制御²⁾

1) ソケット間通信 (WinSockプログラム)

ネットワークを介してコンピュータと放射温度計との通信を行うため、コンピュータ (ソケット間通信のクライアント側) と TCP/IP-RS232C コンバータ: Comm Assist (ソケット間通信のサーバー側) 間のソケット間通信プログラムを作成した。

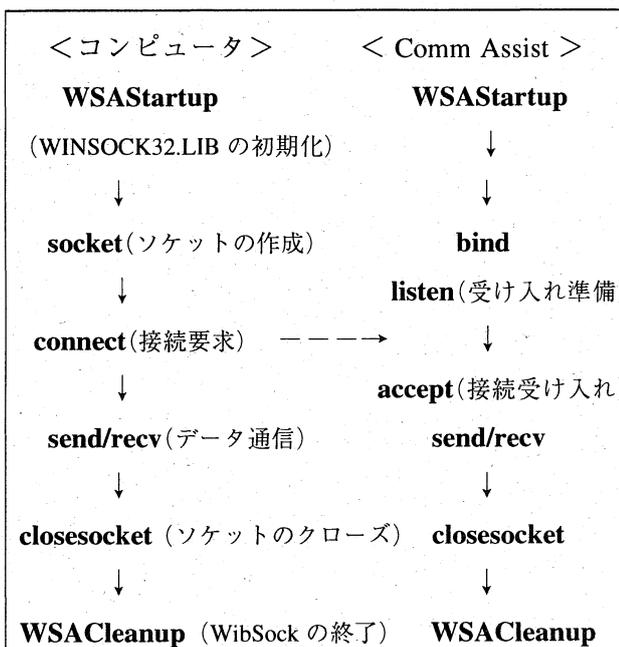


図4 ソケット通信の基本手順

図4にソケット間通信の基本手順を示す。

2) Comm Assistの初期化

Comm Assistでは、初期設定としてRS232Cからのデータの送受信を行うために以下の設定を行っている。

- ①ポートの選択および通信形式の指定
- ②送受信バッファクリア
- ③RS232C イニシャライズ

3. 2 放射温度計の制御³⁾

放射温度計の制御コマンドおよび温度データは、コンピュータと TCP/IP-RS232C コンバータ間では、TCP/IP 上のソケット間通信により行われ、TCP/IP-RS232C コンバータと放射温度計間はRS232C インターフェイスにより行われる。

また、温度計測間隔については、放射温度計の最小サンプリング時間が0.5秒であること、今回のシステムの監視対象物では状態が高速に変化しないこと、ネットワークのトラフィックの状態により送受信の時間が多少必要であることなどの理由で、1回/秒で行っている。

(a) RS232C 通信パラメータ

RS232C の通信パラメータは下記の条件に設定している。

通信速度：4800bps

スタートビット：1ビット

キャラクタ長：7ビット

ストップビット：2ビット

パリティチェック：EVEN パリティ

(b) 制御コマンド

放射温度計は十数種類の制御コマンドを有するが、今回のシステムで使用しているコマンドは以下のものである。

AF：オートフォーカスの実行

ES&x.xx：放射率 (x.xx) の設定

MS：測定の実行

3. 3 温度データの表示・記録・再表示機能

モニタ画面上への温度データの表示・再表示処理、ディスクへの保存処理は、下記の方法により行っている。

1) 温度データの表示機能

温度データのモニタリングは、図3に示すように、温度の時間変化の状態を1分間の変化履歴、1時間の変化履歴、24時間の変化履歴の3種類によりモニタ画面上にグラフ表示している。

1分間の履歴表示では1秒間隔で計測した温度データをグラフ表示し、1時間の履歴表示では1分間毎の平均温度・最高温度・最低温度を算出し、それぞれを青・赤・緑色でグラフ表示し、24時間の履歴表示では、1時間毎の平均温度・最高温度・最低温度を算出し同様にグラフ表示している。

2) 温度データの記録機能

温度データの記録方法は、1時間分の温度データを1ファイルとして保存している。また、メニュー画面およびマウス操作による時刻指定により簡易に温度記録ファイルの抽出ができるように、ファイル名に月、日、時間の情報を付けて保存している。また各記録温度データは、少数第1位までの値を持ち、それぞれ、分、秒の時刻情報を付

けている。

3) 温度データの再表示機能

温度データの再表示機能は、メニュー画面のダイアログウインドウからの指定方法とマウスクリックによる指定方法の2種類を設けている。

(a) ダイアログウインドウによる日時指定

メニュー画面ダイアログウインドウから、月、日、時間、分を指定することにより、過去に保存した温度データファイルを検索し、上記の温度表示機能で示した方法でグラフ表示することが出来る。温度データ表示の日時指定ダイアログの例を図5に示す。

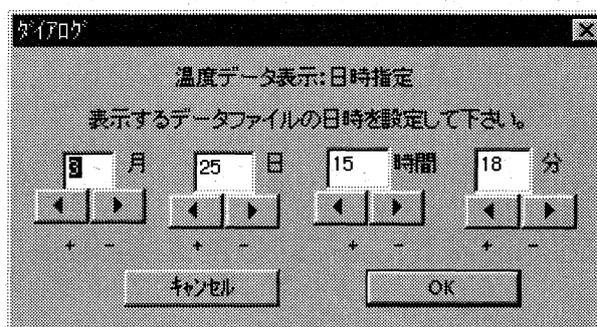


図5 温度データ表示：日時指定

(b) マウスクリックによる日時指定

マウスクリックによる温度データの表示日時の指定方法は、任意の選択時刻のデータ表示、現在の表示データの前時刻データ表示および後時刻データ表示の3種類を設けている。

任意選択時刻の表示では、温度グラフの時間軸上の時刻位置をマウスで右クリックすることにより、指定時刻に対応する温度記録データファイルを検索し、指定時刻の温度変化情報をグラフ表示することができる。

現在の表示データの前時刻データの表示、後時刻データの表示機能は、各グラフ枠の左右の位置をマウスで右クリックすることにより表示することができる。

3. 4 画像データの転送処理^{4) 5)}

本システムでは、CCD カメラからコンピュータへの画像データの伝送を FTP により行っている。また、扱える画像ファイル形式としては、

BMP、JPEG、PPM の3種類があるが、送信時間に要する時間をできるだけ短くするため、圧縮画像形式の JPEG 形式 (352x288 画素) を用いた。なお、実験画像においては、JPEG 形式は同一画像サイズの BMP 形式や PPM 形式に対して、データサイズを約 1/10 に圧縮することができていた。

3. 5 画像データ形式の変換処理

入力した画像データを用いて各種画像処理を行うためには、前処理として JPEG 形式の圧縮画像を BMP 形式などのビットマップ画像に変換する必要がある。そこで、UNIX で使用される画像ツール (xv-3.10a) のソースコードを参考にして、JPEG 形式から BMP、GIF、PPM などの各種画像形式に変換するプログラムを作成した。

3. 6 遠隔画像データの入力・表示・記録機能

1) 入力機能

遠隔画像データの入力機能として、自動入力とマニュアル入力が行えるようにした。

(a) 自動画像入力

自動画像入力では、監視対象物の状態変化を画像データとしてモニタリングおよび記録するため、同時に計測している対象物の温度データの変化量を用いて、画像入力の開始タイミングを設定している。すなわち温度データに一定以上の変化 (初期値: 5℃) が発生した時、監視対象物の状態変化が発生したと判断し、画像の入力を開始する。なお、本システムを各種の監視現場で応用する段階では、この温度条件は監視する対象の種類や温度変化の状態などに合わせて厳密に設定する必要がある。また、自動入力の再実行は、前画像データの転送完了した後に開始されるため、約3秒程度のインターバルが必要である。これは、使用するネットワークの状態により変動する。

(b) マニュアル画像入力

マニュアル画像入力は、メニュー画面からの画像入力ボタンにより行うことができる。

2) 表示機能

入力画像は、データの転送後 JPEG → BMP の画像変換を行った後、モニタリング画面上に表示される。また図3の例に示すように、過去の画像の入力履歴をモニタグラフ上で確認できるようにするため、温度グラフ上の時間軸上の対応する位置に画像入力履歴マークを表示している。

3) 記録機能

画像データのファイル名についても、温度データファイルと同様に、月、日、時間の情報を付けて保存している。保存する画像形式は JPEG 形式を用いている。

4) 再表示機能

画像データの再表示機能についても、メニュー画面のダイアログウィンドウからの指定方法と、マウスクリックによる指定方法の2種類を設けている。

(a) ダイアログウィンドウからの指定

ダイアログウィンドウからの表示画像の指定では、モニタ画面のメニューから画像ファイルオープン用ウィンドウを呼び出し行う。図6に画像データ表示: ファイル指定ダイアログの例を示す。

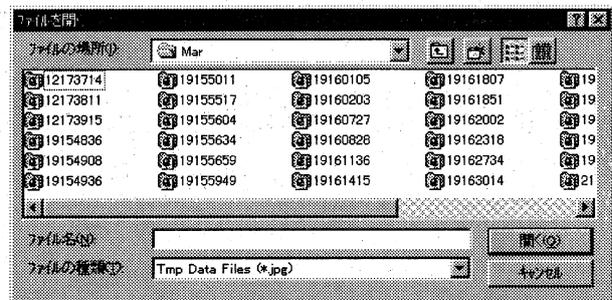


図6 画像データ表示: ファイル指定

(b) マウスクリックによる指定

マウスクリックによる表示画像ファイルの指定では、図3の例に示すように温度グラフ上に表示した画像入力履歴マークをマウスで左クリックすることにより、その時刻に対応する過去の画像データを再表示できるようにしている。本機能により、グラフ上で温度変化を確認しながら温度変化の大きい時刻の状態を画像で確認することがで

る。

4. 自動監視プログラムの実験

4.1 遠隔対象物の連続温度計測実験

本システムの温度計測機能を評価するため、遠隔に設置したコンピュータを監視対象物とし、その本体前面の表面温度を5日間連続で測定した。図7に5日間の温度変化の履歴を24時間グラフを用いて示す。

1日目および2日目は通常の勤務日であり、暖房運転の開始により室内温度が上昇し、コンピュ

ータの前面温度の変化にも温度上昇が見られる。3日目から5日目は祭日を含む休日でありコンピュータは通電状態であったが、室温の低下の伴い徐々に温度が低下していく様子が確認できる。

なお、開発初期の段階のプログラムにおいては、実行中に Windows のリソースが減少し長時間のモニタリングができないという大きな問題が発生したが、ファイル入出力関係のアルゴリズムの変更、グラフィックスおよびテキスト変換関係の関数の変更などの対策により問題を解決することができた。

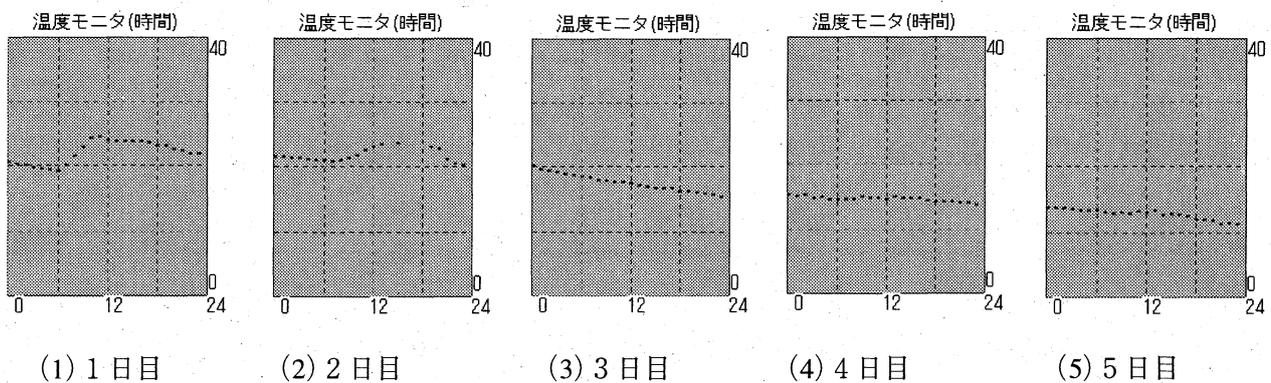


図7 連続温度計測実験の結果

4.2 監視エリアの自動画像入力の実験

監視エリアの自動画像入力の実験では、コンピュータの端末付近を監視し、エリア内への人物の侵入を自動検出し画像データとして自動記録する実験を行った。また、今回は監視エリア内での人物の検出を目的としているため、画像入力を開始する温度変化の条件は、初期設定値の5℃の設定で行った。図8に監視エリアの画像と人物の検出画像を示す。



(1)監視エリア画像 (2)検出画像例

図8 人物の自動検出 (352x288画素)

5. 今後の課題

1) 温度計およびカメラの巡回機能

- ・現在監視エリアの状況変化の検出処理はエリアの固定位置の温度情報を用いて行っている。そこで、監視対象物がエリア内のどの位置に存在しても検出ができるようにするため、巡回テーブルなどを用いて温度計測位置を自由にコントロールできる機能を追加する。

- ・温度計測点のコントロール機能を利用してエリア内のスキヤニングすることにより、計測した温度データからエリアの温度画像を生成する機能を追加する。

- ・複数エリアを監視出来るように、カメラについても巡回機能を追加する。

2) 外部LANからの運用実験

- ・本実験は所内のネットワーク内での実験であったが、今後、外部のネットワークを用いてシステ

ムの運用実験を行い、アクセスの可否や計測のリアルタイム性などについて検討を行う。

3) 遠隔装置の制御機能

・遠隔から監視・制御する具体的な対象装置を検討し、必要な制御機能の検討と制御実験を行う。

6. まとめ

・所内のネットワークに接続した CCD カメラおよび放射温度計を遠隔のホストコンピュータから制御することにより、遠隔の画像情報と温度情報をリアルタイムに通信し、自動記録する監視システムの開発することができた。

・システムの機能として、被測定物の温度情報の変化量を用いて人物などの移動物画像を自動入力する機能により、遠隔画像の自動記録が可能になった。

・温度変化履歴グラフ上での温度変化の大きい時刻の監視エリアの状態を GUI 機能により画像データとして確認することができるようになった。

・遠隔に設置した対象物の表面温度を連続で自動

計測する機能の開発により、長期間の温度自動計測が行えるようになった。

・人物検出などによる監視実験により、本システムは産業分野の遠隔機器の制御への利用以外に、セキュリティ、安全対策、福祉などの分野への応用の可能性が確認できた。

参考文献

- 1) アスキー出版局：Visual C++4.0 プログラミング入門,1997
- 2) 石垣コンピュータシステム(株)：ソケット通信プログラミングガイド,1997
- 3) ミノルタ(株)：放射温度計 TA-0510F 取扱説明書,1997
- 4) アクシスコミュニケーション(株)：AXISNetEye200 ユーザーズマニュアル
- 5) 櫻井：「自動遠隔制御技術の開発に関する研究(予備研究)」、滋賀県東北部工業技術センター研究報告(H9)

高性能厚膜材料の開発とその接合技術に関する研究

技術第二科 金属材料係 所 敏夫

WC-低 Co とステンレスとの粉末接合により高硬度かつ高靱性の厚膜材料を開発することが目的である。今回は厚膜素材および母材の各焼結をまた接合の手始めとして WC-高 Co/SUS の焼結接合を放電プラズマ焼結法にて作製しその特性を調査した。

その結果、高硬度で耐摩耗性が優れた厚膜素材(WC-2wt%Co)が作製でき、WC-高 Co(Co:60 ~ 100wt%)/ステンレス接合によりステンレス強度に匹敵する接合強度が得られた。

1. はじめに

部品・装置等の材料は、使用される環境により耐熱性・耐摩耗性・耐食性・高硬度等の特性を同時に持った材料が要求されている。そのため、単一部品の各部分において使用環境に応じた特性を付加した材料を使用することが、効率的・経済的である。

超硬材料として代表的な WC-Co 材は、一般的に Co を 10wt%程度含む材料が主流であり、Co 量が多く靱性には富むが、機械的強度(硬度・摩耗性)は満足できるものでない。一方、低 Co 材は高硬度・耐摩耗性は優れているが靱性は劣っている。

そのため本研究では、靱性のあるステンレスと高硬度・耐摩耗性材の WC-低 Co とを接合し、厚膜材料を開発し、機械的強度を従来よりも向上させることにある。

母材(ステンレス)と厚膜素材(超硬 WC-低 Co)との粉末焼結接合を考えた場合、接合部での剥離および厚膜素材の特性向上についての問題点がある。

接合部での剥離に関しては、接合部材料間の線熱膨張係数が異なるため熱応力により剥離が発生する。剥離抑制策としては、厚膜と母材の間に熱応力を緩和する中間材(組成の傾斜・緻密性の傾斜)を挿入する必要がある、中間材は厚膜素材より一般に低温・低加圧焼結である。

一方、厚膜素材の特性向上に関しては、耐摩耗性の向上および高硬度化が求められ、高温・高加圧焼結が必要となる。

したがって、母材/中間層/厚膜素材の焼結条件は相反するため、温度(焼結温度を傾斜させた黒鉛型設計)、圧力および粉末粒径の選定が重要である。

そこで、今年度は、各層の材料特性を主に評価し、来年度は厚膜粉末焼結接合を行う予定である。

2. 実験方法

2.1 WC-低Co焼結(厚膜素材)

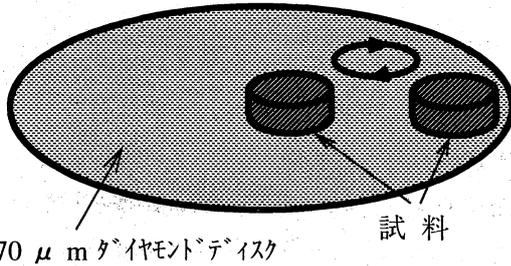
厚膜素材の原料粉末はWCおよびCoの各粉末を用い、Co:2wt%および従来材相当のCo:10wt%になるように配合し、遊星ボールミルにて湿式混合した。

なお、これらの粉末をエネルギー分散形蛍光X分析装置で分析した結果、不純物は検出されなかった。

焼結は、放電プラズマ焼結法を用い、真空度が 10^0 Paオーダーおよび加圧力を29MPaとし、焼結黒鉛型温度を1273K~1573Kに変化させて、直径30mm-厚~6mmの焼結体を作成した。

厚膜素材焼結体の評価として、アルキメデス法による密度、HRA硬度測定を行い、焼結体からワイヤ放電加工機で試験片形状に加工し、抗折力(長さ24-幅8-厚~4mm、支店間距離20mm JIS H550

1) および引張強さ(幅3-厚1.5-平行部7mmの平板)を評価した。また、図1に示す摩耗試験を表1の条件で行い摩耗特性を調査した。



70 μmダイヤモンドディスク 試料

図1 厚膜素材の摩耗試験方法

表1 厚膜素材の摩耗試験条件

相手材	回転速度	加圧力
70 μmダイヤモンドディスク	150r.p.m.	36KPa

2. 2 ステンレス焼結

ステンレスは母材としての緻密化焼結体、また熱応力緩和材としての多孔質焼結体が望まれるため、焼結条件を検討した。

原料粉末として粒径の異なる2種類(#100,#42-120)の SUS316L 粉末を用いた。焼結は放電プラズマ焼結法を用い、焼結条件は真空度が 10^0 Paオーダーで加圧力(9.8~49MPa)および焼結温度(973~1323K)を変化させた。

母材の評価としては、アルキメデス法による密度、ビッカース硬度を調査した。

2. 3 WC-高Co/ステンレス接合

WC-低Co/ステンレス接合において、その層間に熱応力を緩和する中間層を挿入する必要があり、熱膨張がWC-低Coとステンレスとの中間のWC-高Coと密度を変化させたステンレスとの接合を検討した。

粒度が異なる2種類(#100,#42-120)の SUS316L 粉末と湿式混合した WC-高 Co(60~100wt%Co)粉末を放電プラズマ焼結法を用い接合した。

接合条件は図2に示す温度傾斜型(厚膜部黒鉛型の温度は接合部のそれに比べ30~50K高い)を

用い、加圧力29MPaおよび接合部黒鉛型温度1327K一定のもと行い、直径30mm厚~8mm(母材厚5mm, 中間層厚3mm)の接合焼結体を作成した。

接合材の評価としてワイヤ放電加工機により図3のように加工した試験片を用い、剪断試験により接合強度を評価した。また接合面の組織を村上試薬によりエッチングし観察した。

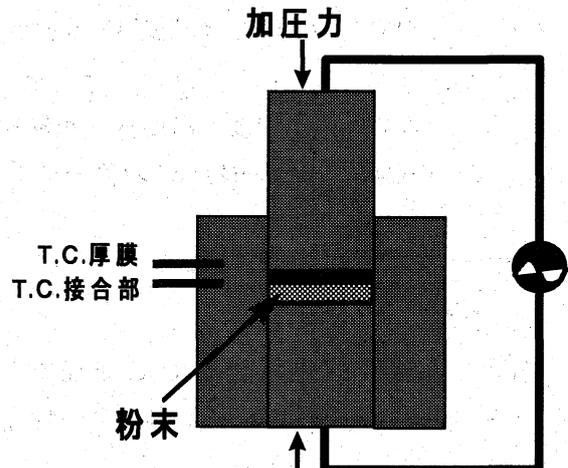


図2 温度傾斜接合黒鉛型

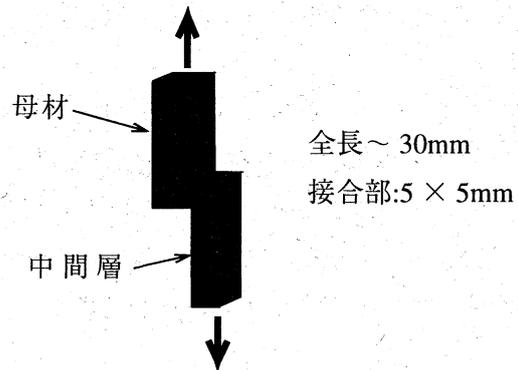


図3 接合強度試験

3. 結果および考察

3. 1 WC-低Co焼結(厚膜素材)

図4に焼結黒鉛型温度を変化させたときの WC-2, 10wt%Co 焼結体の密度を示す。

当然ながら密度は焼結黒鉛型温度が高いほど高密度化した。WC-2wt%Co 材において、1473K 以上では密度変化がなくほぼ一定となり、一方、WC-10wt%Co 材においては 1473K 以上の型温度で溶解した。

以上のことより、1473Kの型温度において各配合比の焼結体は緻密化ができることがわかった。

図5に焼結黒鉛型温度を変化させたときの厚膜素材の硬度変化を示す。硬度は密度変化と類似の傾向を示し、型温度が高いほど高密度化したため硬度は増加した。WC-2wt%Co材において、1473K以上では硬度変化がなくHRA90程度(HV:約1650)でほぼ一定となった。また、硬質粒子のWCの配合比が多いWC-2wt%Co材の方がWC-10wt%Co材に比べ硬度は高くなった。

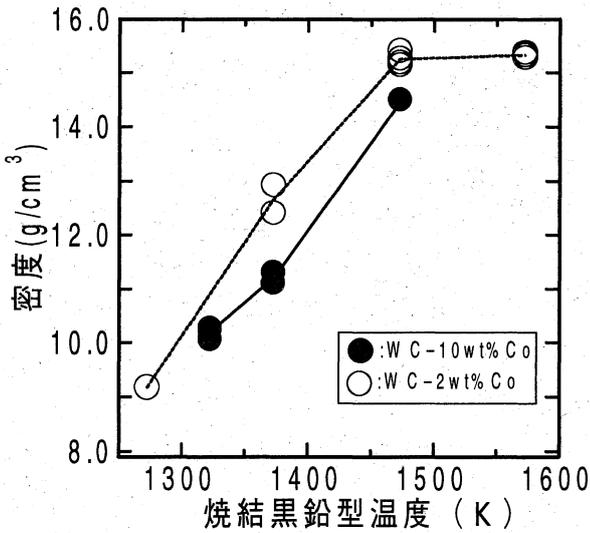


図4 厚膜素材密度に及ぼす型温度の影響

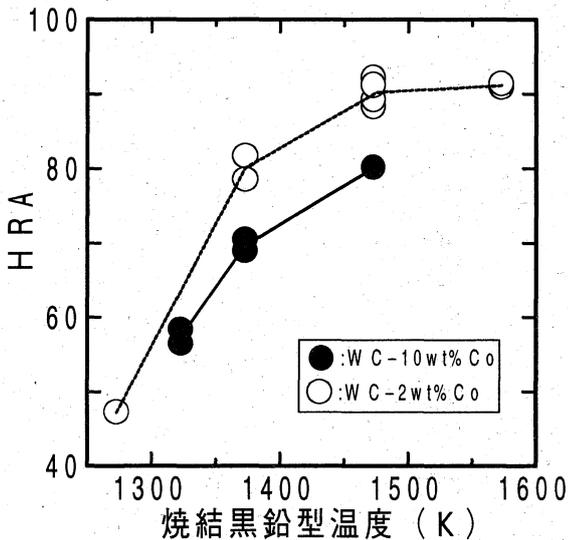


図5 厚膜素材硬度に及ぼす型温度の影響

図6に焼結黒鉛型温度を変化させたときの厚膜素材の抗折力および引張強さの変化を示す。

従来材のWC-10%Co材では型温度が高くなるほど抗折力は増加した(MAX1800MPa)。一方、

WC-2%Co材の場合は10%Co材に比べて抗折力は低く、温度に対し極大値をもち1473KでMAX1200MPaであった。また、各組成での最大抗折力は従来から報告されている値とほぼ同等な結果であった¹⁾。

引張強さは、抗折力の推移とほぼ同様な傾向であり、従来材のWC-10%Co材ではMAX700MPaであり、一方WC-2%Co材の場合は1473KにおいてMAX400MPaであった。

WC-2wt%材において抗折力および引張強さに極大値を持つのは、型温度が高温になると粒成長が生じるためと推定される。

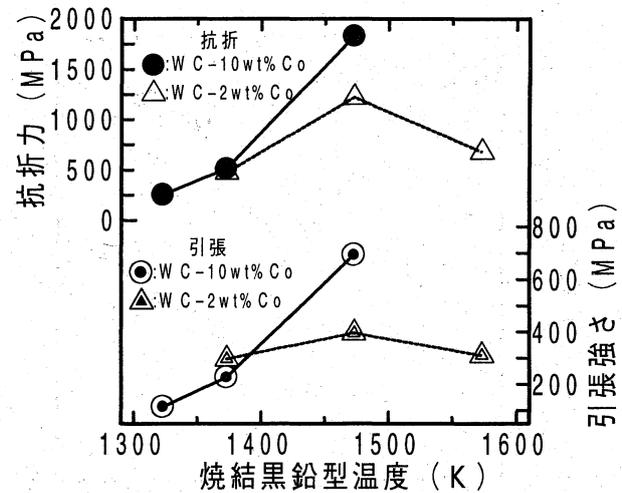


図6 厚膜素材の抗折力および引張強さ

図7に焼結黒鉛型温度を変化させたときの厚膜素材の摩耗試験結果を示す。

従来材のWC-10%Co材では焼結温度が高くな

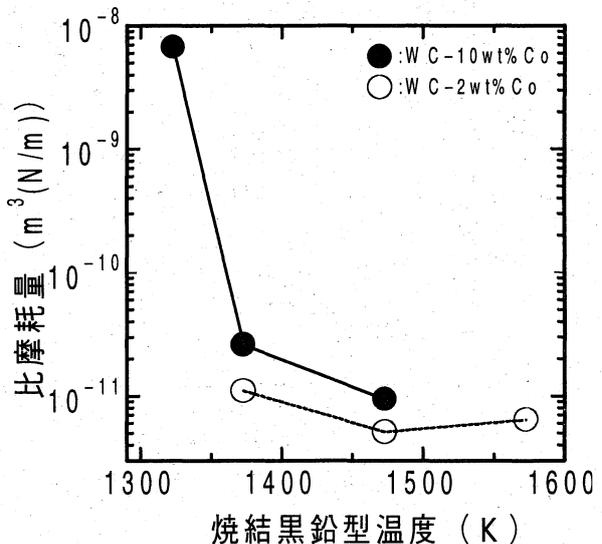


図7 厚膜素材の摩耗特性

るほど比摩耗量が低下した。一方、WC-2%材では従来材のWC-10wt%材より比摩耗量が低下し摩耗特性が向上し、1473Kまでは比摩耗量が低下し、それ以上の高温でも比摩耗量が変化しなかった。

この場合、材料硬度が増加するほど比摩耗量は低下し摩耗特性が向上するため、摩耗特性は材料硬度に起因するものと考えられる。

3. 2 ステンレス焼結

図8に加圧力および型温度を変化させたときのステンレス焼結体密度の一例を示す。高温・高加圧焼結ほど、また粉末粒径が小さいほど密度が高くなった。

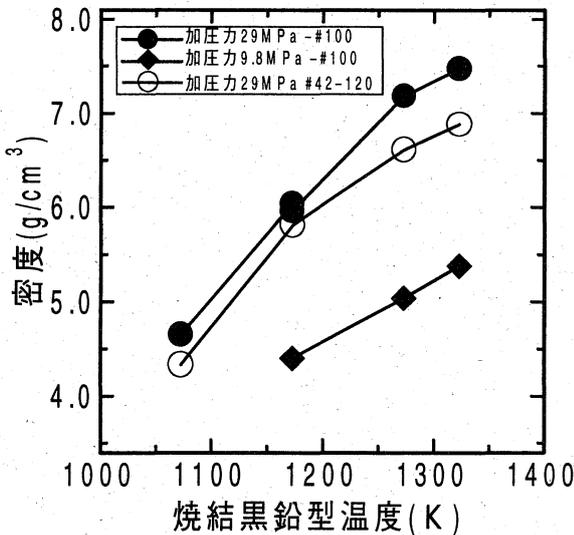


図8 ステンレス焼結体密度に及ぼす焼結条件の影響

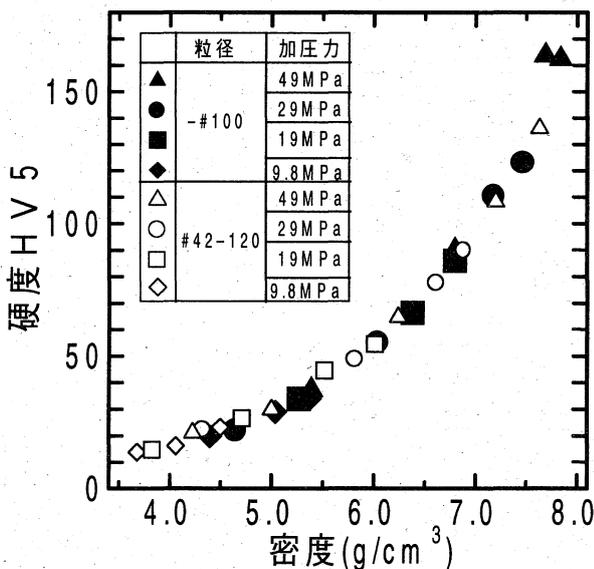


図9 ステンレス焼結体硬度に及ぼす密度の影響

図9にステンレス焼結体密度と硬度との関係を

示す。硬度は密度と相関があり、密度が上昇するに従い硬度が増加した。

粉末粒径および焼結条件を任意に選択することにより多孔質～緻密体までの焼結ができることがわかった。また、多孔質体は熱応力を緩和できるため、粒度・温度・圧力を選定することにより、ステンレス多孔質体を中間層に適用できる可能性がある。

3. 3 WC-高Co/ステンレス接合

図10にステンレス粒径・WC-Co配合量を変化させたときのWC-高Co/ステンレス材の接合強度を示す。また、写真1に村上試薬によりエッチングした接合面組織を示す。

相対密度が高い#100ステンレスを母材とした場合、WC量が増加するに従い接合強度は減少した。一方、相対密度が低い#42-120のステンレスを母材とした場合、WC量が増加すると若干接合強度が低下するが#100ステンレス材に比べ変化は少なかった。

また、組織観察からWC-60,80wt%Co/SUS材において接合界面に黒い層が生成されており、100wt%/SUSにおいてはそれが生成されていない。宮腰ら²⁾によればWC-Co/低炭素の鋼接合界面において同じく黒い層が生成し、この相は主に脆い η 相(C_3W_3C および Fe_3W_3C)であり

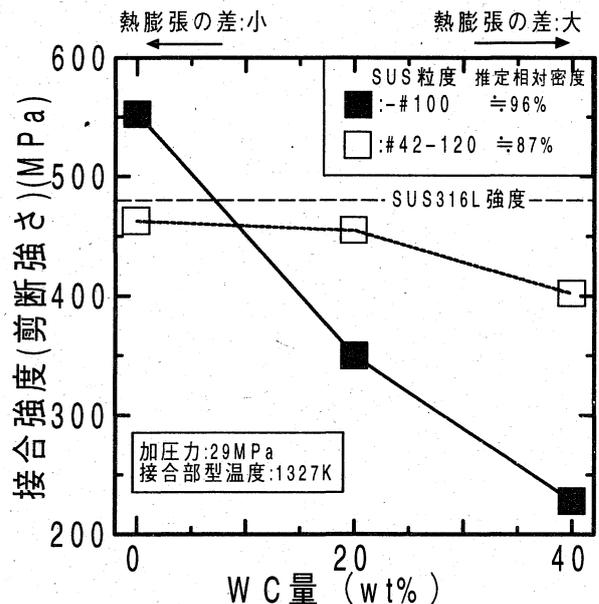


図10 WC-高Co/ステンレス接合強度

接合強度を低下させていると考えている。したがって本接合で生成した黒い層は η 相であると推定される。

本実験接合材において WC 量の増加と共に接合強度が低下したのは、熱膨張差および η 相による可能性がある。#42-120 ステンレス接合材と#100 ステンレス接合材をくらべると、#100 ステンレス接合材の方が接合強度の低下が大きくなっていった。また2種類の粒径を変えたステンレスとも相手材に WC を含む層との接合の場合、 η 相は観察されたため、#100 ステンレス接合材の接合強度低下は主に接合間の熱膨張差が起因しているものと推定される。

また、#42-120 ステンレス接合材の場合、100%Co との接合では、有効接触面積が減少したため#100 ステンレス材より強度が低下し、20%WC 程度以上では、ステンレスの多孔性による応力緩和効果のため、#100 ステンレス材より接合強度が高くなったものと推定される。

緻密体であるステンレス溶製材の強度は JIS 規格では 480MPa 程度であるため、接合強度としては 480MPa 程度あれば良いと考えられる。そのため #100 ステンレス接合材の場合は直上の層を 100%Co に、#42-120 ステンレス接合材の場合は 20wt%WC まで増加させても概ね問題がないと推定できる。

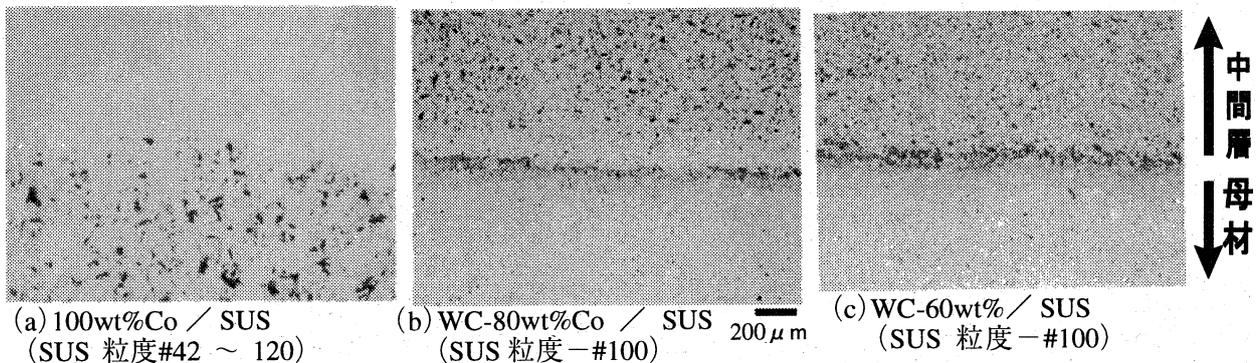


写真1 WC-高 Co /ステンレス接合界面組織

4. まとめ

WC-低 Co /ステンレス接合による厚膜材料の開発のため、今回は、WC-低 Co の厚膜素材およびステンレスの焼結技術また、接合の手始めとして WC-高 Co/SUS の焼結接合技術を検討した。

(1) 厚膜素材の WC-2wt%Co の焼結体は 1473K の型温度でほぼ緻密化した。その特性は従来の WC-10wt%Co 材に比べ、抗折力および引張強度は低下したが、硬度が高く耐摩耗特性が優れていた。ステンレスとの接合により抗折力等の改善がされることを期待している。

(2) ステンレス焼結体は、焼結加圧力、温度および粉末粒度を変えることにより、多孔質体～緻密化までの焼結体を得られた。

(3) WC-高 Co /ステンレスの接合において#100 ステンレス接合材の場合は直上の層を 100%Co に、#42-120 ステンレス接合材の場合は 20wt%WC まで増加させてもステンレスの強度に匹敵する接合強度が得られた。

参考文献

- 1) 日本金属学会編：金属データブック改訂3版
- 2) 宮脇ら：粉体および粉末冶金,44(1997)958

球状黒鉛鑄鉄の組織制御に関する研究

技術第二科 西内 廣志

球状黒鉛鑄鉄の基地組織を強化する方法として焼ならし処理、ADI処理（オーステンパ熱処理）等がある。これらの改質材は高強度・高靱性等の物性が優れているため、機械部品としての利用が期待されている。機械部品は機械的強度のほかに耐摩耗性が要求される場合が多い。

そこで、球状黒鉛鑄鉄材の基地組織をパーライト化、ベイナイト化し、硬さを変化させた炭素鋼（S45C調質材）と擦過する場合の耐摩耗性について調べた。

その結果、調質鋼と擦過するADIの乾式摩耗は焼ならしFCDよりも少なく、高硬度のADIになるほど摩耗量が減少する傾向になった。

1. はじめに

球状黒鉛鑄鉄は強靱性、被削性、耐摩耗性、減衰能などに優れた性質を有するので、種々の機械部品に多く用いられてきた。しかしながら、鋼類に比べ機械的強度や靱性などの面で劣っている。

一方、機械の軽量化、耐久性等のニーズに対し、従来の球状黒鉛鑄鉄（FCD）と比べ、高強度・高靱性を有する改質材としてADI（オーステンパ球状黒鉛鑄鉄）が開発された。

機械部品は機械的強度の他に耐摩耗性が要求される場合が多いが、ADIの耐摩耗性に関する研究は、転がり疲労摩耗、エロージョン摩耗などであり、すべり摩耗については、報告が少ない。

このため、本実験では相手材として一般的な炭素鋼に対するADIの耐摩耗性を明らかにするために、ADIが硬さを変化させた炭素鋼調質材（S45C焼入れ・焼きもどし）と擦過する場合の無潤滑下でのすべり摩耗を実施し、摩耗量と組織および硬さの関係について調べた。

2. 実験方法

2.1 供試材および熱処理

供試材として市販の連続鑄造材の球状黒鉛鑄鉄

：FCD400相当を使用した。その組織を写真1に示す。

硬さは185HV0.2でフェライト基地に微細な黒鉛粒子（平均粒径30 μ m、球状化率93%、基地に対する黒鉛面積率17.3%）を有するものである。

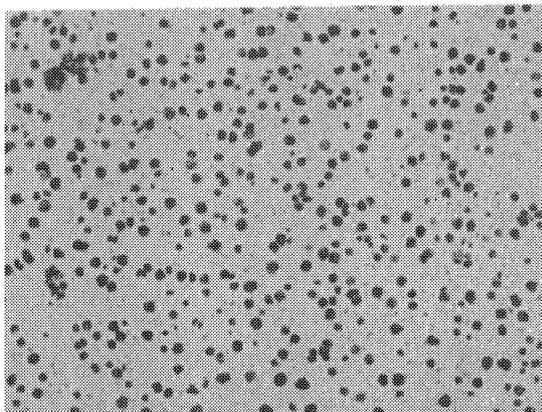


写真1 FCD400の組織

上記のFCD400を切削加工により図1に示すような外周部に平面を有するリング状摩耗試験片（リング：外径 ϕ 30×内径 ϕ 16、外周部：長さ12×幅8mm×4平面）に仕上げた後、強化を図るため、焼ならしおよびオーステンパ熱処理を施したものである。

焼ならし熱処理条件は図2のとおりで、摩耗試験材料FCD400を流動層加熱炉で1173K-7.2Ks加熱保持後、すみやかに空冷処理を行った。オーステンパ熱処理条件は図3のとおりで摩耗試験材料FCD400を流動層加熱炉で1173K-3.6Ks加熱保持後、すみやかに流動層恒温炉に移動しオーステンパ温度(673K、553K)でHeガスで急冷却(1~3min)後、恒温変態処理を3.6Ks行った。

それぞれの処理後の組織および硬さについては写真2、3、4に示す。焼ならし処理材は基地組織の改良によりフェライト組織からパーライト組織に変化しており、硬さはHRC25程度(基地硬さ:280HV0.3)でFCD700相当する。

一方、オーステンパ処理材についてはオーステンパ温度673Kの場合、基地組織が羽毛状の上部ベイナイト組織で硬さはHRC30程度(基地硬さ:330HV0.3)でFCAD900に相当する。オーステンパ温度553Kの場合、基地組織が針状の下部ベイナイト組織で硬さはHRC45程度(基地硬さ:500HV0.3)でFCAD1200に相当する。

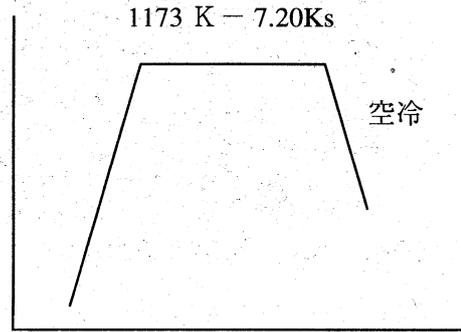


図2 FCDの焼ならし熱処理条件

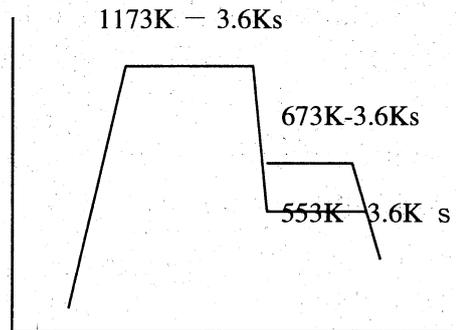


図3 オーステンパ熱処理条件

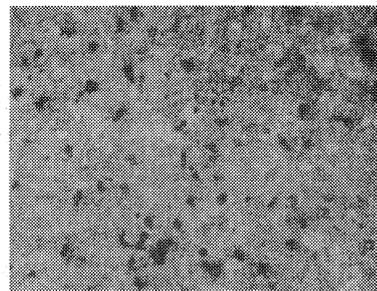


写真2 FCDの焼ならし組織

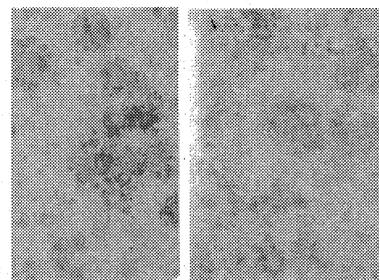


写真3 AD1 (FCAD900) の組織

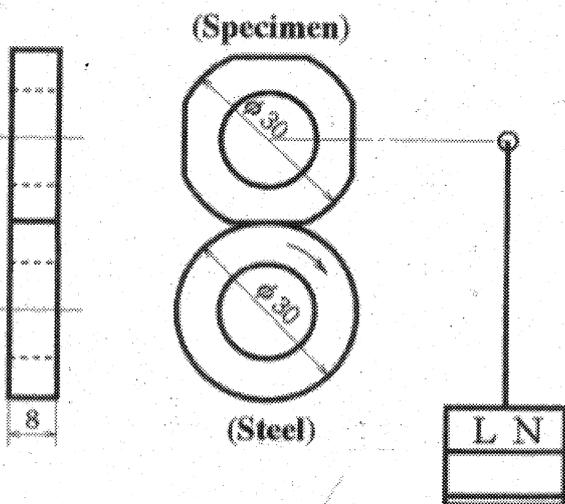


図1 摩耗試験片の形状および原理図

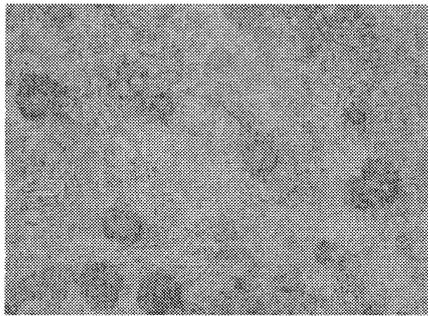


写真4 ADI(FCAD1200)の組織

2. 1 試験方法

試験機は一部改造した西原式摩耗試験機を用いた。この試験機の原理は図1に示すように平面-円筒方式によるものである。上側の試験片の平面が試料面で固定され、この試料面に円筒リングが所定荷重で接触回転するものである。

回転側の円筒リングには硬さを変化させた炭素鋼調質材 (S 4 5 C 焼入れ・焼もどし、HRC 2 5 ~ 5 4) を用いた。焼もどし温度と硬さの関係を図4に示す。

試料および炭素鋼の摩擦面は# 4 0 0 エミリーペーパーで研磨したもので、表面粗さはいずれも $R_{max} 3 \sim 5 \mu m$ である。表1に示す条件で無潤滑で摩耗試験を行った。摩耗量は感度 0. 1 mg の電子天秤で測定し摩耗試験における摩耗減量の平均値を用いて表した。

摩耗後の表面状態についてはビデオマイクロスコープおよびEPMA (電子線マイクロアナライザー) で観察および面分析を行った。

表1 摩耗試験条件

擦過荷重	14.7 N
擦過速度	0.94 m/s
擦過距離	1 Km

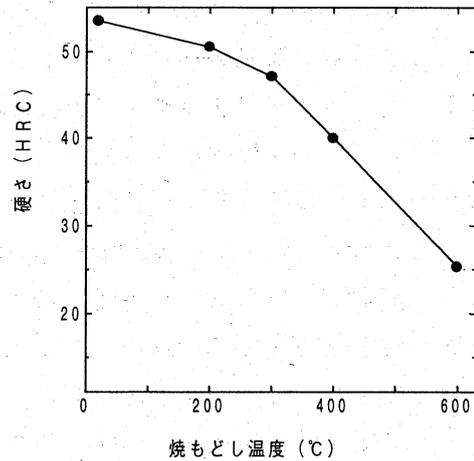


図4 焼もどし温度と硬さ (S 4 5 C)

3. 実験結果および考察

3. 1 擦過速度の影響

図5に供試材がS 4 5 C 焼入鋼と擦過する場合の速度特性を示す。

一般的に球状黒鉛鑄鉄の乾式すべり摩耗の極大点 (凝着部の機械的破壊摩耗) は低速度側 (0.5 ~ 1.0 m/s) に存在し、その両側の擦過速度域では、酸化摩耗により摩耗が少ないと云われている。処理していないFCD 400材は低硬度であるため、凝着の初期状態において酸化皮膜が破られ写真5に示すような輝面状の重摩耗となった。

一方、ADI処理材の場合、低速度域で酸化皮膜の保護作用によりFCDに見られるような極大点はみられなかった。写真6にADIの摩耗状況を示す。

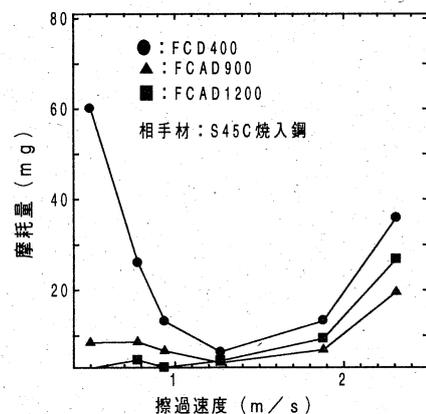


図5 擦過速度の影響

(擦過荷重: 14.7 N、擦過距離 1 Km)

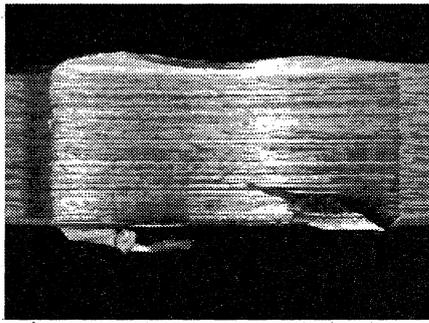


写真5 FCD400の摩耗状況

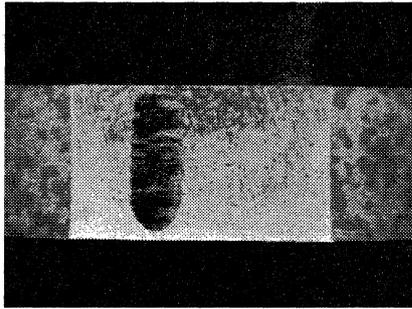


写真6 ADI (FCAD1200)の摩耗状況

3.2 FCDの組織制御材および相手材 (S45C調質鋼)の摩耗

図6はFCDの組織制御材 (パーライト化、ベイナイト化) が硬さを変化させたS45C調質鋼 (HRC25~54) と擦過した場合の乾式摩耗について示したものである。摩耗条件は3.1の実験結果 (S45C焼入鋼に対する擦過速度の影響) を参考にして擦過荷重: 14.7N、擦過速度: 0.94m/s、擦過距離: 1Kmとした。

基地硬さがADIと比べ、比較的軟らかいFCD焼ならし材 (パーライト地、HRC25) については、相手材との硬さが近似した場合、凝着摩耗になり摩耗量は大きくなる。相手材である回転側の低硬度のS45C調質材 (HRC25) も写真7のBSE像に示すとおり凝着摩耗の兆しが見られる。更に、擦過距離を長くすると酸化皮膜が破壊され、重摩耗 (機械的破壊摩耗) に至ると推察される。

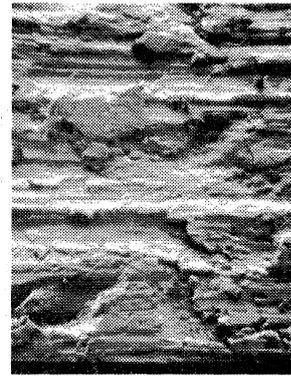
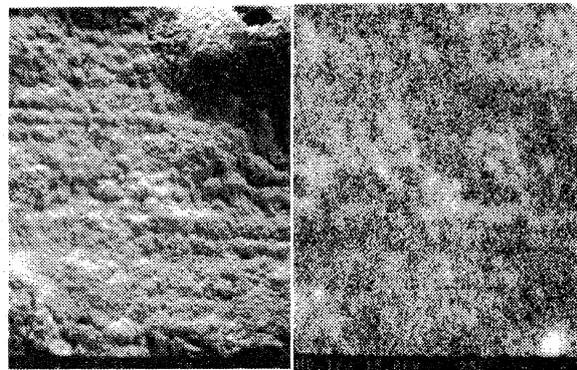


写真7 回転側S45C調質材(HRC25)の摩耗状況

次にADIの場合、接触する回転側の相手材の硬さの影響は少なく、基地硬さおよび黒鉛潤滑、摩擦熱による表面酸化物 (Fe_3O_4) 等の影響により、FCD焼ならし材と比べ軽摩耗になった。写真8にS45C調質材 (HRC40) と擦過した場合のFCAD900材のEPMA測定結果を示す。写真8のEPMA測定結果からFCAD900材の表面酸化の生成、黒鉛の塑性流動がわかる。

ADIの摩耗がFCD焼ならし材と比べ非常に少ないのはパーライト基地280HV (0.3) と異なり、ADIはベイナイト基地の硬さ (FCAD900: 330HV (0.3)、FCAD1200: 500HV (0.3)) が高いため、回転側のS45C調質材による凝着部の機械的破壊摩耗を受けにくいと考えられる。

ADIの中でもFCAD900よりも硬さが高いFCAD1200の方が摩耗量が少なくなる。



ADI900 BSE像 ADI900 C K α 像

写真8 ADI900材の面分析

一方、相手材である硬さを変化させた回転側の

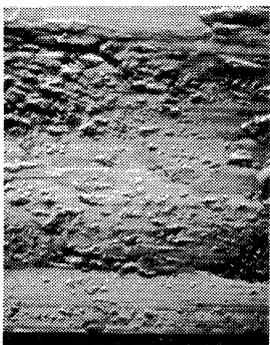
S45C調質材については、図7に示すとおり、硬さの上昇に伴い摩耗量は減少する傾向にある。

写真9にFCAD900と擦過したS45C調質材（HRC40）の摩耗状況および写真10にEPMAによる面分析結果を示す。

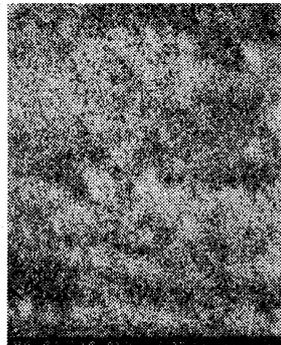
写真10の摩耗面の面分析の結果からFCAD900の基地組織中の黒鉛の付着による潤滑効果および接触摩擦熱による酸化皮膜の影響（酸化摩耗）により回転側のS45C調質材の摩耗量が減少したと考えられる。



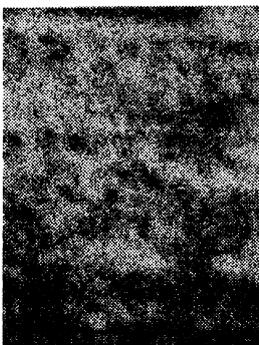
写真9 回転側S45C調質材(HRC40)の摩耗状況



S45C(HRC40) BSE像



C K α



O K α

写真10 S45C調質材（HRC40）の面分析

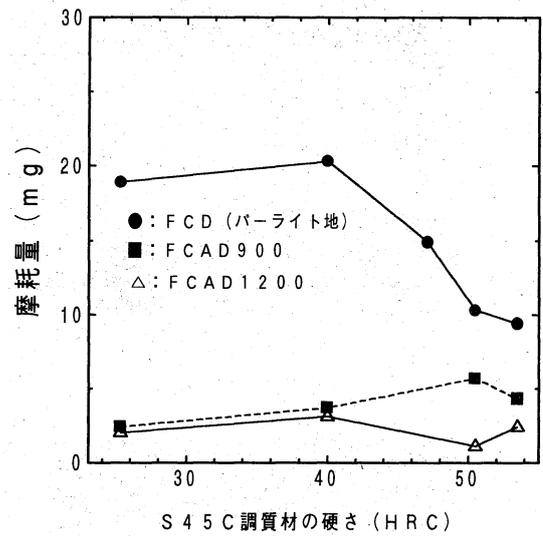


図6 ADIおよび焼ならしFCDの摩耗

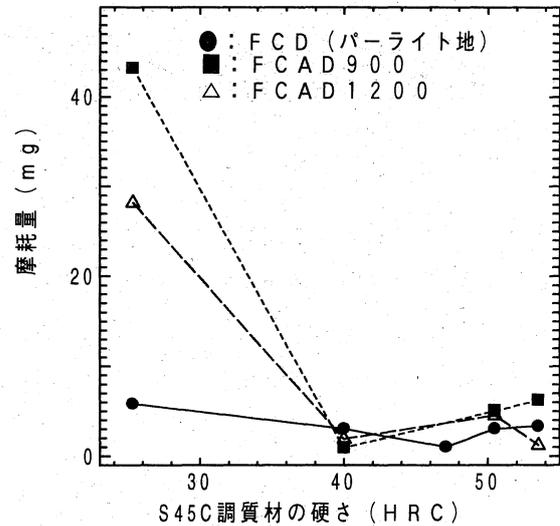


図7 S45C調質材の摩耗 (回転側)

4. まとめ

以上の結果を要約すると次のとおりである

(1) ADI (FCAD900、FCAD1200) および焼ならしFCD (基地組織：パーライト地) の乾式摩耗では、相手材が高硬度の調質鋼ほど軽減される。

供試材のなかでは、ADIの摩耗は焼ならしFCDの摩耗より少なく、ADIのなかでは高硬度のFCAD1200の方がFCAD900より摩耗が少ない。

(2) この場合、ADIは主として酸化摩耗であり、焼ならしFCDおよびFCD400 (基地組織：フェライト地) の場合は凝着部による機械的摩耗が生じやすい。

(3) ADIおよび焼ならしFCDと相手材(回転側)との組み合わせは相手材が高硬度(HRC40~55程度)で両者の硬度差がHRCで5~10程度が適している。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり御指導並びに実験に協力頂いた滋賀県立大学工学部助教授 田中他喜男 先生に感謝いたします。

参考文献

- (1) 西内、田中：「オーステンパ球状黒鉛鋳鉄 (ADI) の実用化に関する研究」 東北部工業技術センター研究報告 (平成9年度)
- (2) 田中、西内、藤森：「ADIの炭素鋼に対する耐摩耗性」 日本鋳造工学会講演概要集 P56 (1998. 5)
- (3) 岡林邦男ほか：鋳物30 (1958) 11, 866

切削加工支援システムの開発

技術第二科 機械電子係 大西 宏明

切削加工はその設定条件によって加工の良否が変化するが、最適な条件設定をするためには異なる条件による切削実験を多数回繰り返し行う必要があり、またその良否の判断にも切削加工に対する経験が必要とされる。本研究では切削条件の設定をより簡便に行えるようなシステムを構築することを目的とし、今年度は測定した切削抵抗より加工中の状態を定量化することを試みた。加工条件の切削に要する切削抵抗への影響力を評価することで、加工条件の改善を図る可能性が得られた。

1. はじめに

近年、工業製品が高機能・多機能化してくるに伴い、その構成部品にもより高品質が求められている。加工手段の1つである切削加工においても同様にこれまで以上の高精度加工や焼き入れ鋼、セラミックといった難削材の加工の需要が高まっている。しかし、これらを行うための条件設定は難しく、切削加工の熟練者が経験を頼りに行っているのが現状である。また、切削可能な条件がわかっている素材であっても実際には使用する加工装置の剛性や出力、使用工具などの状態が異なる場合には最適条件は新たに調整する必要がある。本研究ではこれらの条件設定をより簡便に行えるようなシステムを構成することを目的とする。今回、旋削加工において加工中の切削抵抗を測定し、加工条件との関係を調べる手法についての検討結果を報告する。

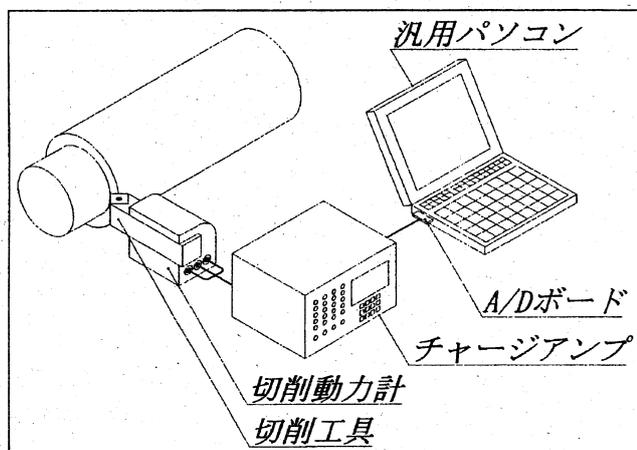


図1. システム構成

2. システム構成

切削抵抗の測定には3成分切削動力計を用いた。切削動力計により切削抵抗は電荷へ変換され、更にチャージアンプへ入力して電圧へ変換した後にA/Dボードを介して汎用パソコンへ取り込んだ。システムの概要図を図1へ示す。また、切削動力計、チャージアンプの仕様、及び測定条件を表1に、A/D変換器の仕様、及び測定条件を表2に示す。

表1. 切削動力計及びチャージアンプ仕様

切削動力計			
	主分力	送り分力	背分力
測定方式	piezoceramic type		
測定範囲[N]	± 6000	± 3000	
感度[pC/N]	-7.9	-3.8	
固有振動数	1000Hz		
チャージアンプ			
出力[V]	± 10		
感度[N/V]	300	600	
ローパスフィルタ[Hz]	300		

表2. A/D変換器仕様

入力レンジ[V]	± 5
分解能[bit (2^{bit})]	14 (16384)
サンプリング周波数[Hz]	2000

3. 切削実験

3.1 切削条件

切削抵抗の測定のため、S45Cを様々な条件で被削材の軸方向へ10mm切削することとした。切削抵抗に影響を与える要因はNC旋盤、切削工具、被削材の種類それぞれについて考えられるが、今回はNC旋盤の要因のみを対象とし、それぞれ表3のように設定した。また、これらの条件を組み合わせた場合、 $2 \times 3^3 = 162$ 通りの条件が考えられるが、そのうち表4に示した18種類の条件を選んだ。

表3. 条件設定

冷却法	無		エアブロー
切り込み量 [mm]	0.50	1.75	2.00
送り速度 [mm/rev]	0.2	0.4	0.6
切削速度 [m/min]	200	300	400

表4. 切削条件

No	冷却	切込み量 [mm]	送り速度 [mm/rev]	切削速度 [m/min]
1	無	0.5	0.2	200
2	無	0.5	0.4	300
3	無	0.5	0.6	400
4	無	1.75	0.2	200
5	無	1.75	0.4	300
6	無	1.75	0.6	400
7	無	2	0.2	300
8	無	2	0.4	400
9	無	2	0.6	200
10	エアブロー	0.5	0.2	400
11	エアブロー	0.5	0.4	200
12	エアブロー	0.5	0.6	300
13	エアブロー	1.75	0.2	300
14	エアブロー	1.75	0.4	400
15	エアブロー	1.75	0.6	200
16	エアブロー	2	0.2	400
17	エアブロー	2	0.4	200
18	エアブロー	2	0.6	300

3.2 評価方法

切削抵抗は主にその平均値や比切削抵抗などを評価されることが多いが、実際には加工中の切削抵抗は変動を繰り返している。切削抵抗の変動は加工精度や表面粗さに影響を及ぼすと考えられるため、平均切削抵抗の他に切削抵抗の標準偏差を用いて変動の評価を行う。実験番号 $i(i:1 \sim 18)$ におけるサンプリング数 j の切削抵抗の測定値を f_{ij} とした場合、その平均切削抵抗 \bar{f}_i と標準偏差 σ_i を次式で求めた。

$$\bar{f}_i = \frac{1}{n} \sum_j f_{ij}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_j (f_{ij} - \bar{f}_i)^2}$$

表4に示した各実験を実験番号1~9と10~18でグループ分けした場合、冷却の項目は冷却無しとエア・ブローとに分かれるが他の項目では同一の条件が3回ずつ含まれている。他の項目についても同様に各項目の条件でグループ分けした場合に他の項目の条件が各グループに同頻度で含まれる。このような場合、グループに含まれる実験の平均切削抵抗 \bar{f} と標準偏差 σ の逆数のデシベル平均 S 、 η はそれぞれ切削抵抗、変動の大きさへの影響力の強さを表す。例えば、冷却法をエア・ブローとした場合の S 、 η は次に $r=9$ 、 $i=9 \sim 18$ 、切り込み量 0.5mm とした場合の S 、 η は $r=6$ 、 $i=1,2,3,10,11,12$ を代入することで求まる。

$$S = \frac{1}{r} \sum_i 10 \log \frac{1}{\bar{f}_i}$$

$$\eta = \frac{1}{r} \sum_i 10 \log \frac{1}{\sigma_i}$$

⊙ r : グループに含まれる実験数

S の値は切削抵抗を大きくする効果が強いときに、 η の値は切削抵抗の振動が小さくする効果が強いときに大きくなる。

3. 3 切削抵抗への効果

各切削条件の平均切削抵抗、変動への効果を求めると図2のようになる。

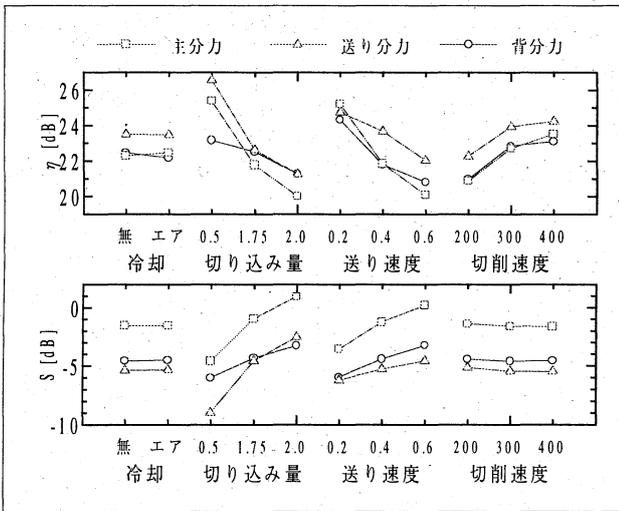


図2. 切削抵抗への効果

図2より切り込み量、送り速度を小さくした方が切削抵抗も振動も小さくなり、その効果は切り込み量の方が大きいことがわかる。また、切削速度は切削抵抗には影響しないが振動を小さくする効果がある。しかし、冷却条件に関しては切削抵抗にも振動にも殆ど影響が見られなかった。

3. 4 切削エネルギーへの効果

主分力の切削抵抗から次式によって切削エネルギー E_{ij} を求め、主分力に対する切削条件の効果を切削抵抗の場合と同様に計算する。計算結果を図3に示す。

$$E_{ij} = f_{ij} \cdot v_i$$

冷却法、切り込み量、送り速度に関しては切削抵抗の場合とほぼ同様の傾向がある。標準偏差 η が大きい場合には変動が小さくなっており、切削が円滑に行われているために切削面の仕上がりが向上すると考えられる。また、切削抵抗への効果 S が大きいときは工具刃先への単位時間当たりの負荷が大きくなっていることから、主に工具摩耗が激しくなると考えられる。これらより、今回設定

した切削条件においては切り込み量 0.5mm、送り速度 0.2mm、切削速度 400mm に設定すれば、製品の仕上がりが向上し、工具摩耗の進行が遅くなると考えられる。

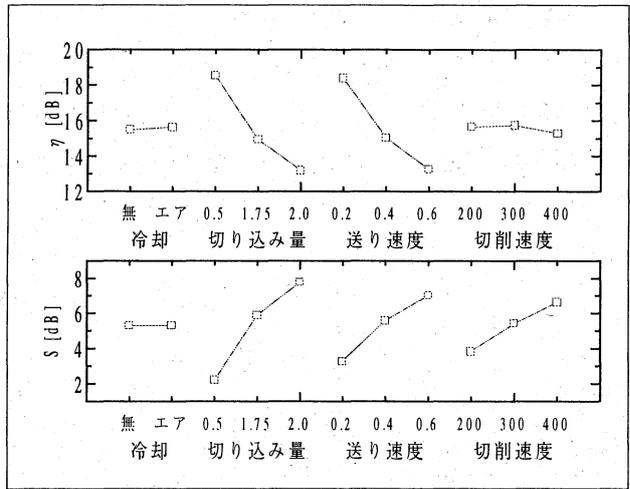


図3. 切削エネルギー

3. 5 消費エネルギーへの効果

切削エネルギー E を時間積分して消費エネルギーを求め、これに対する各条件の影響を求める。消費エネルギーを評価することはエネルギーの時間的な使われ方を評価することである。

切削エネルギーは時間に対して全く変動がないことが理想的であり、その様な切削エネルギー E_{const} を時間積分した場合、消費エネルギー W_{const} は次式の様になる。

$$\begin{aligned} W_{const} &= \int E_{const} \cdot v dt \\ &= \alpha_{const} \cdot t \end{aligned}$$

しかし、実際には切削エネルギーは時間に対して変動しており、消費エネルギー W は時間と比例関係にはならない。そこで評価単位として時間当たりの消費エネルギーへの効果 S と理想的な消費エネルギー W_{const} との差の2乗平均 σ を求める。

$$\begin{aligned} S &= \alpha \cdot t \\ \sigma &= \frac{1}{n} \sum (f - \alpha \cdot t)^2 \end{aligned}$$

ただし、 α は消費エネルギー W を1次式で最小二乗近似した場合の比例係数である。これらを前回と同様に各切削条件ごとの効果を求めると図4の様になる。

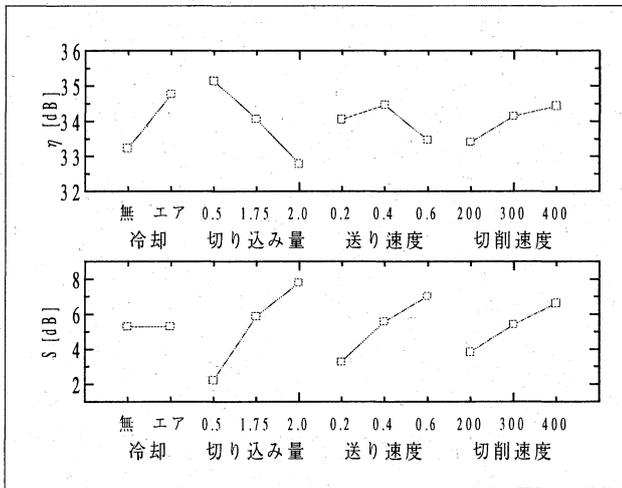


図4. 切削エネルギーへの効果

切削エネルギー＝単位時間当たりの消費エネルギーであるため、 S は切削エネルギーの場合と同じである。しかし、 η に関しては切り込み量を除く各条件の効果の傾向が切削エネルギーの場合とは異なる。これは切削エネルギーを平均化した場合には時間的に対しする緩やかな変化は平均化されることで評価が薄れてしまうのに対し、消費エネルギーでは切削エネルギーの緩やかな変化も積分により失われていないためである。今回の結果はこれまで見られなかったエアブローによる冷却の効果が現れていることから、主に切削熱による影響と考えられる。これより、送り速度が遅い場合の η が下がっているのは切削エネルギーが多少大きくなっても短い時間で切削した方が発熱量が小さく、消費エネルギーの変化率が小さくなるためと考えられる。また、切削速度が速い場合の η が上がっていることも同様に、短時間切削の効果であると思われる。

4. まとめ

動力計を用いて測定した切削抵抗、切削エネルギー、消費エネルギーの平均値、及び変動を元に

切削加工の状態を評価を行った。

(1) 切削抵抗は切り込み量と送り速度、すなわち切削面積に対して増減し、冷却、切削速度は殆ど影響しなかった。

(2) 切削エネルギーは切り込み量、送り速度、切削速度に対して増減するが、その変動は切削面積に対して増減し、切り込み量の影響は見られなかった。切削エネルギーによる評価は切削の瞬間の状態を評価していると考えられ、主に短時間の切削の指標に適していると考えられる。

(3) 消費エネルギーも切削エネルギーと同様に切削量に対して増減するが、その変動を小さくするには切り込み量を少なくし、高速切削した方がよい。消費エネルギーによる評価は時間に対するエネルギーの使い方評価していることから、切削距離が長い加工や複数の下降を連続して行う場合の指標に適していると考えられる。

評価の指標として何を用いるかで多少の違いがあるが、全体的には切削面積は小さく、切削速度は速いほうが工具への負荷が小さく、加工が改善できる傾向が見られた。しかし、実際には切り込みを極端に小さくすると表面粗さは悪くなる。また切削速度を上げるにも機械の剛性や出力の影響により限界があるため、消費エネルギーに対する送り速度の効果 σ に見られたような極値が存在すると思われる。これを探るために今回のような実験を条件設定を変えて数回繰り返すことで、最適な加工条件が見つかると思われる。

また、今回は時間に対するエネルギーを中心に評価を行ったが、実際に切削条件を設定するには加工能率も重要な評価基準であるため、今後これの評価方法を検討していく。

参考文献

- 1) 「データで見る切削加工の最先端技術」, 狩野勝義, 工業調査会
- 2) 「品質設計のための実験計画法」, 田口玄一, 横山巽子, 日本規格協会

高強度材料の切削に関する研究

技術第二科 金属材料係 樋口 英司

難削材の中で一般的なステンレス鋼鋼材の加工条件改善の方向を見出すことを目的として、電力を用いた評価実験を行った。加工条件の一つの有効な評価手段として利用できることが確認できた。

1. はじめに

日常業務の技術指導の中に、難削材で一般的なオーステナイト系ステンレス鋼 (SUS 304) の加工条件に関する質問 (加工方法は異なる) を数多く受ける。更には被削材が変わった時、被削材に合った加工条件の設定法として各工具メーカーの作成している製品カタログ内の加工条件データを参考に用いるが、企業側の体験としてカタログデータ値を100%利用することはできない。では一般の中小企業で活用可能な加工データはカタログ値の何パーセントが適当なのか工具メーカーも教えてくれないため、公設試で調べてほしいと言った要望を受け、これらの要望に応えられる裏付けデータを得ることと実験の手軽な評価手段を調べる目的から本実験を実施した。

2. 実験方法

2.1 旋削加工と計測

実験に用いた被削材は、測定する電力値や切削抵抗の3分力値に悪影響を与えないよう、図1の形状に加工したものをを用いてランダムに切削を行った。

電力による評価として、工作機械側で加工に必要な電力の測定方法および測定個所の選定と電力値や切削抵抗の3分力値のパソコンへの収集を検討。

電力の測定は、日置電機(株)製 クランプオン電力計 3161型を用いて、配電盤の中や主動力モータの結線部等いろいろな箇所測定を行い、

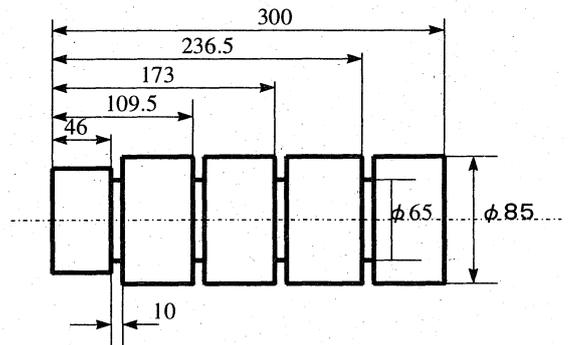


図1. 被削材の形状

一番電力の反応に敏感な部分として機械側のメインスイッチ部分で測定した。

CNC旋盤 LB25Cの刃物台にキスラー製3成分切削動力計 9121をセット、シャンク25角のバイトホルダー3本 (横切れ刃角の違った3種類)、刃先冷却ノズル2種類 (水溶性切削油用および圧縮空気用) を準備、

表1の制御因子を取り上げ、直交表L¹⁸に割り付けて実験を行った。

因子	水準	水準 1	水準 2	水準 3
Aバイト突出量		適正(30)	大	
B刃先冷却		無し	エア-	水溶性油
C横切れ刃角		15°	30°	45°
Dコーティング材種		AC304	AC1000	AC3000
E切削速度		100	200	300
F送り量		0.1	0.2	0.3

表1. 制御因子

誤差因子：被削材 SUS304
SUS420J2

被削材を誤差因子としたのは、材料が違っても同じように切削できる加工条件を調べる目的から選定した。

信号因子：設定切込み量 (mm) (直径)
2、4、6

出力：電力 (Kw)
(特性値) 切削抵抗 (主分力、送り分力 (N) 背分力)
切削量～切削できた寸法 (mm)

2. 2 基本機能

切削加工条件の最適化で重要な基本機能は、

①指示寸法どおりに被削材の寸法が仕上げられること。(転写性の良否)

切削加工の目的機能は、切削後の被削材の仕上がり寸法を y 、指示寸法を M とすれば、つねに y と M は 1 対 1 の関係が理想機能である。

②使用電力および切削抵抗が少なく指示寸法どおりに仕上げられること。

使用電力および切削抵抗を y 、設定切込み量を M とすれば、つねに $y = M$ なり、 $y = \beta M$ (β : 定数) が理想機能である。

3. 結果および考察

3. 1 電力を特性値とした場合

図 2・図 3 に SN 比と感度の要因効果図を示す。

有意差が認められる制御因子は、横切れ刃角 (C)、切削速度 (E)、送り量 (F)、の 3 因子で、中でも切削速度と送り量に特に大きな有意差がある。

切削速度や送りが速くなれば当然使用する電力が上がることは感度の要因効果図からも判断できる。

刃先冷却や横切れ刃角に特異な結果が出ている

が、その原因は切削時の長い切り屑の巻き込みが起因していると考えられる。

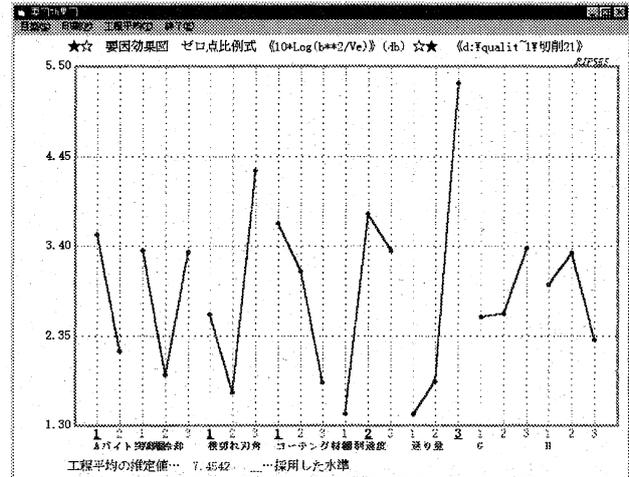


図 2. 電力 (SN 比) 要因効果図

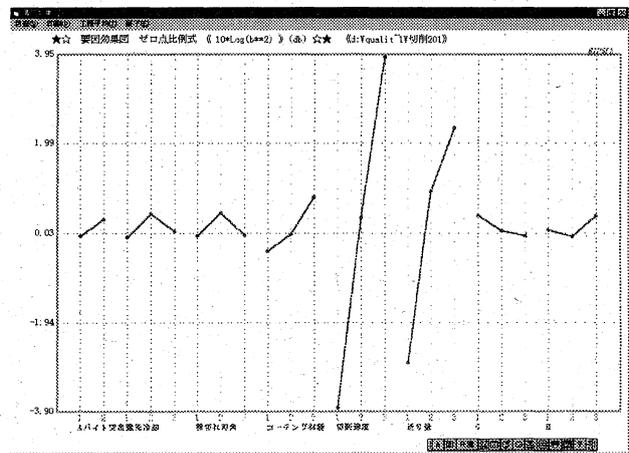


図 3. 電力 (感度) 要因効果図

3. 2 切削量を特性値とした場合

図 4・図 5 に SN 比と感度の要因効果図を示す。

この場合、有意差が認められる制御因子は、横切れ刃角 (C)、コーティング材種 (D)、切削速度 (E)、送り量 (F)、の 4 因子である。

横切れ刃角と切削速度および送り量に大きな有意差が生じている。

横切れ刃角については、切れ刃の角度が被削材に対して直角に近いほど切削抵抗が減少する傾向がある。このことは、切屑の厚さと刃幅との関係から切削面積が少なくなることに起因しているためと考えられる。

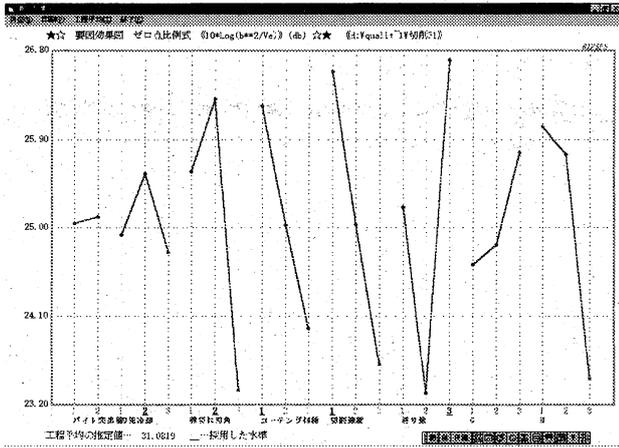


図4. 切削量 (S N比) 要因効果図

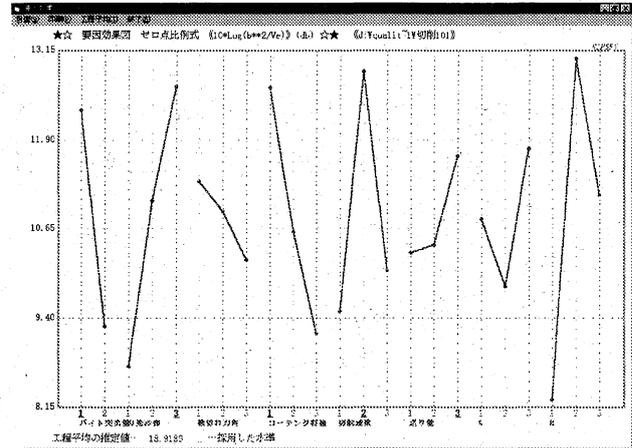


図6. 主成分 (S N比) 要因効果図

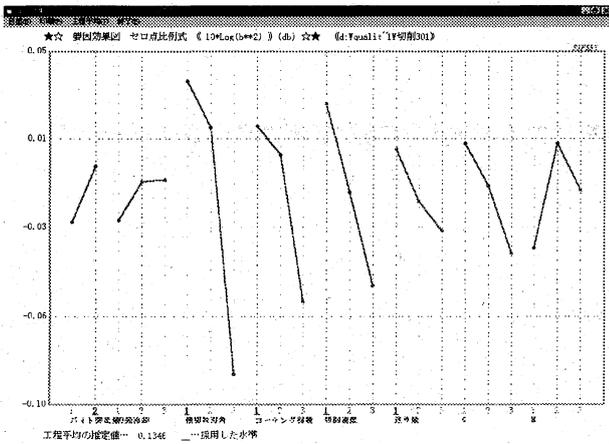


図5. 切削量 (感度) 要因効果図

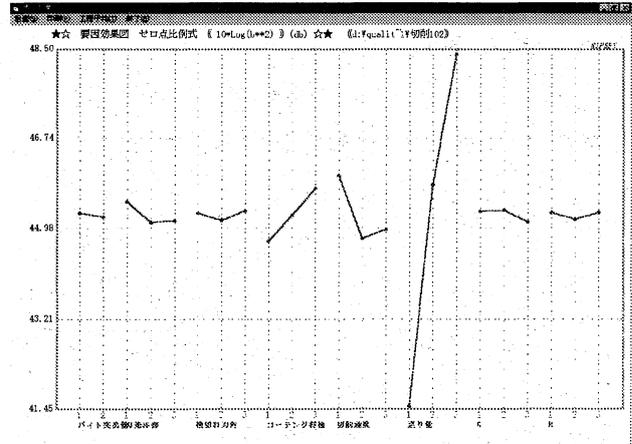


図7. 主成分 (感度) 要因効果図

3. 3主成分を特性値とした場合

図6・図7にS N比と感度の要因効果図を示す。

切削抵抗を増加させそうな制御因子に有意差が大きく表れている。前項および前々項と同様に、刃先冷却 (B)、横切れ刃角 (C)、コーティング材種 (D)、切削速度 (E)、送り量 (F)、の5制御因子で刃先冷却とコーティング材種および切削速度に大きな有意差がある。

送り量の有意差が少ない原因は誤差列の交互作用による影響を受けていると考えられる。

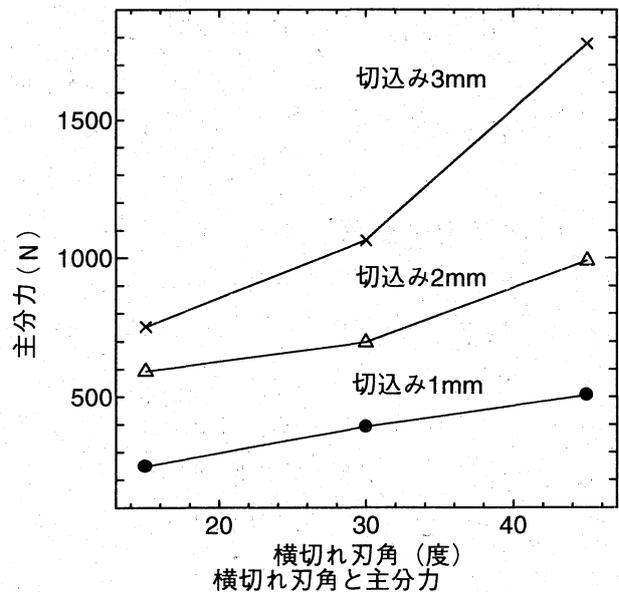


図8. 横切れ刃角と主成分

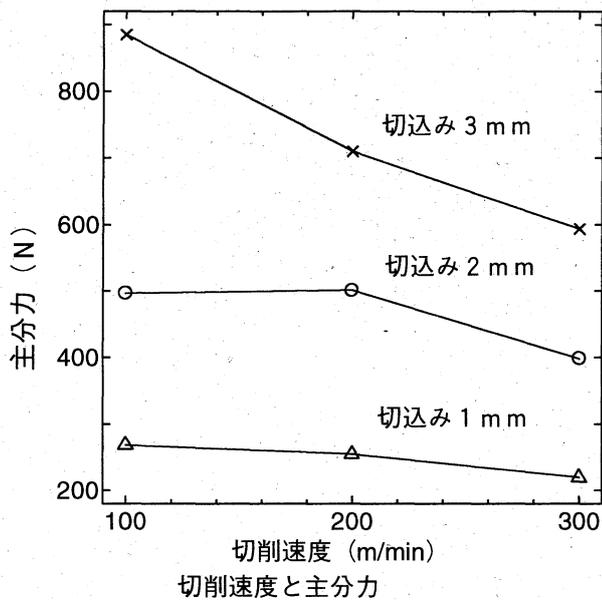


図9. 切削速度と主分力

図8に横切れ刃角と主分力、図9に切削速度と主分力の結果を示す。

3. 4 最適条件

特性値ごとの最適条件は、次のとおりである。

①電力が特性値の初期条件と最適条件

$$A 1 + B 3 + C 3 + D 1 + E 2 + F 3$$

②切削量が特性値の最適条件

$$A 2 + B 2 + C 2 + D 1 + E 1 + F 3$$

③主分力が特性値の最適条件

$$A 1 + B 3 + C 1 + D 1 + E 2 + F 3$$

④初期条件

$$A 1 + B 3 + C 1 + D 1 + E 1 + F 2$$

⑤共通の最適条件

$$A 1 + B 3 + C 3 + D 1 + E 2 + F 3$$

いずれの最適条件においても共通する制御因子は、バイト突出量 小 (A 1) コーティング材種 A C 3 0 4 (D 1) 切削速度 (E 2) および送り量 (F 3) となっている。

バイトの突出量 については、刃物台とバイトとの間に切削動力計を使用している関係から剛性の大きな突出量の少ない優位性がでている。

コーティング材種については、工具メーカーがステンレス鋼材 S U S 3 0 4 の切削用に開発した新製品のコーティング材種である。

切削速度と送り量の関係は、切削に大きく影響する。切削速度と送り量が遅い条件では、ビビリ現象や切屑の巻込みおよびバイト等への巻付きが多く加工面の性状が悪くなる。

切込みや送り量が少ないとステンレス鋼 (S U S 3 0 4) の場合、加工硬化層の影響を受けると云われている。加工硬化層は加工表面から 0. 2 mm程度といわれ、切込みや送り量は加工硬化層以上が妥当と考えられている。

3. 5 確認実験

電力を特性値とした最適条件について初期条件との S N比および感度をもとに再現性の確認実験を行った。

確認実験の結果を解析したところ利得の推定値と確認値の差が 4. 3 6 と若干再現性の悪い結果を得た。

確認実験の結果を表 2 に示す。

	S N比 (db)		感度 (db)	
	推定値	確認値	推定値	確認値
最適条件	9.61	9.36	1.59	2.97
初期条件	2.12	6.23	-3.98	-0.46
利 得	7.49	3.13	—	—

表 2. S N比と感度の比較

確認実験の結果をもとに再現性を上げる方法について種々検討、確認値の S N比および感度の計算内容の再確認、出力値の再検討を行い最終的に電力値を電力量に計算することに決定、電力の波形データから電力量を算出するため波形の測定時間を波形毎に読取り、電力量 (電力量 = 電力 × 時

間)を算出。

実験結果の解析および確認実験の結果を再計算した。

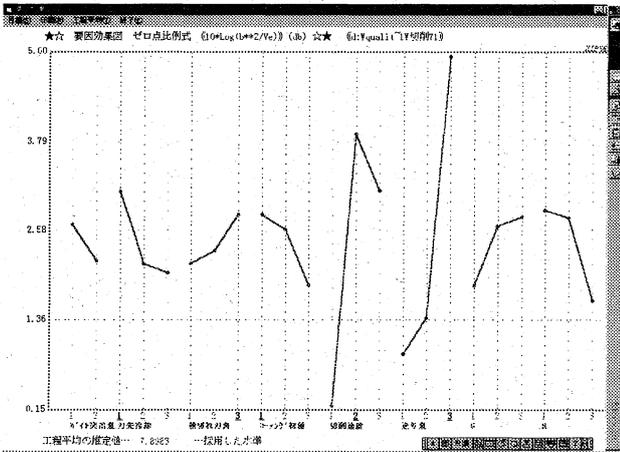


図10. 電力量 (SN比) 要因効果図

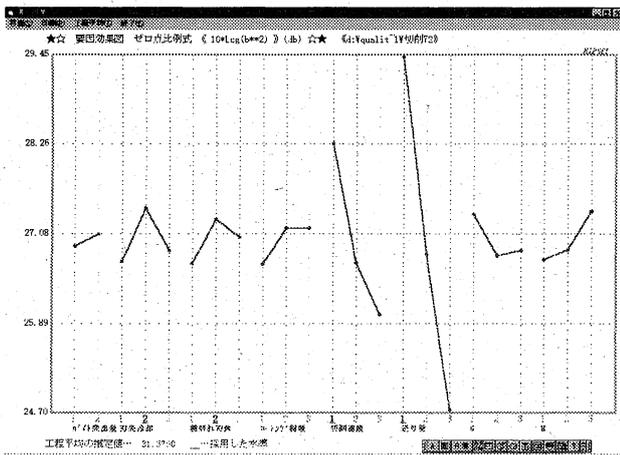


図11. 電力量 (感度) 要因効果図

図10に電力量 (SN比) の要因効果図を図11に電力量 (感度) の要因効果図を示す。

SN比と感度の比較を表3に示す。

	SN比(db)		感度(db)	
	推定値	確認値	推定値	確認値
最適条件	7.03	8.92	23.95	23.79
初期条件	-0.88	4.96	27.23	26.27
利得	7.91	3.96	—	—

再確認の結果、利得の推定値と確認値の差を3.95と若干向上することができた。

4. まとめ

本実験を通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) 被削材に切削性の対照的なSUS304とSUS420J2を選定したが、難削材と呼ばれるSUS304では切込み設定値に対して実際の切削量はいずれの場合も約5%ほど細くなっている。

(2) 電力ではSUS304が総平均で1%大きな値である。

(3) 切削抵抗 (主分力) ではSUS304が総平均で約10%少ない値である。

(4) 最適条件 (特性値~切削量) とメーカーのカタログ推奨条件を比較すると、ほぼ同じ条件といえる。

①実験値
 切削速度 200m/min
 送り 0.3mm/rev
 横切れ刃角 45°
 コーティング材種 AC304
 刃先冷却 水溶性油

②カタログ値
 切削速度 150m/min
 送り 0.25mm/rev
 切込み1.5or2.0mm
 コーティング材種 AC304
 刃先冷却 Wet/Dry

(5) 横切れ刃角が大きくなれば主分力も大きくなる。

(6) 切削速度を上げれば主分力は小さくなる。

(7) 切削条件の判定に特性値として電力量を取り上げたが、有効な結果を得ることができた。

参考文献

- 1) 狩野 勝吉: 切削加工のトラブルシューティング
- 2) 樋口: 「切削加工支援システムの開発研究」 滋賀県東北部工業技術センター業務報告
(平 9)
- 3) 中山: 「QE ステップ°改訂版」第 2 回品質工学研究発表大会論文集(1994)
「QE ステップ°概要」の事例を滋賀県工業技術センターの事例に置き換えて編集したものである。

非破壊による表面硬化処理材の表面硬化層深さの計測手法に関する研究—浸炭焼入れ材—（予備研究）

技術第二科 金属材料係 井上 栄一

浸炭焼入れ材の硬化深さの非破壊評価については、従来の研究から超音波による手法の有効性が明らかである。今回、現場で容易に実施するための計測手法を確立するため、設備コスト等の現状も考慮しそれ以外の手法を中心に現在評価手法として実施されている手法の文献調査並びに既存装置で実施可能な非破壊検査手法を用いて試験し、システム構築の可能性を調べた。その結果、用途によっては電気特性等などの応用が有効であることが分かった。

1. はじめに

X線試験等に代表される非破壊試験は、材料を破壊することなく調べることができるため、破壊試験に要する手間や試験分のコストが削減できると言われている。

しかしこれらの非破壊試験は、物理現象を応用し間接的に材料の物性特性を調べるため、試験結果から本来の評価したい値との関連づけが困難であることが多いこと。また、複数の計測方法を組合せたり、部材毎に個別対応をとる場合が多い。

今回は、県内企業A社より技術相談のあった浸炭焼入れ部材の有効浸炭硬化層深さの非破壊評価をテーマにその可能性について県内公設試が所有する非破壊試験装置での調査、検討を加えた。

2. 対象試験体

2.1 試験体

対象としたのは浸炭焼入れした試験体である。試験体は母材がSCM417であり①生材②浸炭しただけの材料（以下、「浸炭焼無」と記す）③浸炭処理後に焼入れした材料（以下、「浸炭焼有」と記す）材の3種類を用意した。

2.2 浸炭焼入れ

今回の事例における焼入れ硬さについての特性要因について図1にまとめる。一般に焼入れ硬度は鋼中の炭素濃度に依存するものの、JISで規定

されている有効浸炭層硬化層深さと便宜上0.4% Cとされる有効浸炭深さが必ずしも一致するも

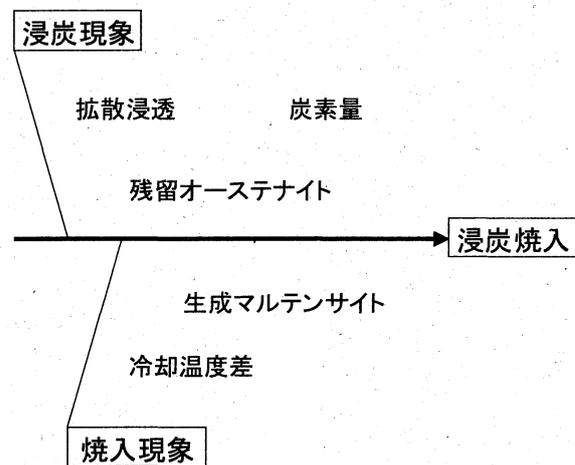


図1 焼入れ硬さ特性要因図

のではないため、単純に炭素量の評価だけでは十分ではないことになるが、今回は予備実験でもあり、どのような傾向を示すか調べるため取りあえず実物を用いて予備実験をすることにした。

3. 予備実験方法

3.1 非破壊試験方法

非破壊試験はX線、磁力線、超音波等の物理現象を応用して試験体を破壊せずに試験する手法である。今回は予備実験であるため最初から可能性が低いと思われるものも含め、下記の当県の公設試に既存設置されている関連機器を用いて試験をすることにした。

3.1.1 X線

島津製作所(株)のX線テレビ検査システム(FI-30)を使用した。

3.1.2 磁気特性

電子磁気工業(株)の直流磁化特性自動記録装置(Model BH5300UV)を使用し、試験体の入力側に21巻、出力側に11巻を行って実施した。

3.1.3 電気特性

ヒューレット・パッカード社のマルチメータ(HP-3458A)で錫メッキ編み目線を台にし4端子法による抵抗値測定を行った。また横河・ヒューレット・パッカード社のL・C・Rメータ(YHP4274A)によるインダクタンス測定及びインピーダンス測定も行った。

3.1.4 その他

基本データ蓄積の観点から材料の表面の残留応力を測定するためエルフィーズ社(仏) SET-X型のX線応力測定装置にて実施した。

4. 予備実験結果

4.1 X線

は生材を基準画像として再度生材を差分画像としたものと浸炭焼入材を差分画像としたものの比較したが、目視で見ると両者に大差は確認できなかった。

4.2 磁気特性

磁気履歴曲線を図2に示す。生材、浸炭焼無、

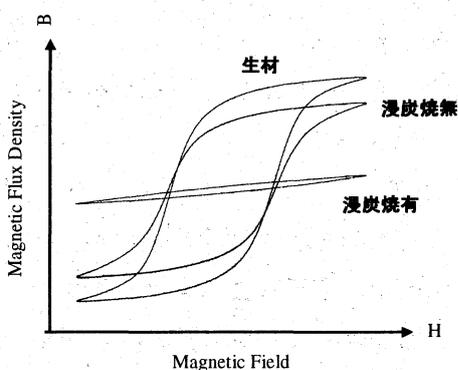


図2 磁気履歴曲線

浸炭焼有の順に同一保磁力における残留磁束密度が小さくなっているのが分かる。

4.3 電気特性

4端子法による抵抗値測定の結果を表1に示す。今回の測定では有効な差は見いだせなかった。

表1 4端子法による抵抗 (mΩ)

生 材	浸炭焼無	浸炭焼有
0.6	0.5	0.6

次に、インダクタンス測定の結果を図3に示す。この測定では3者に若干の差が認められる。

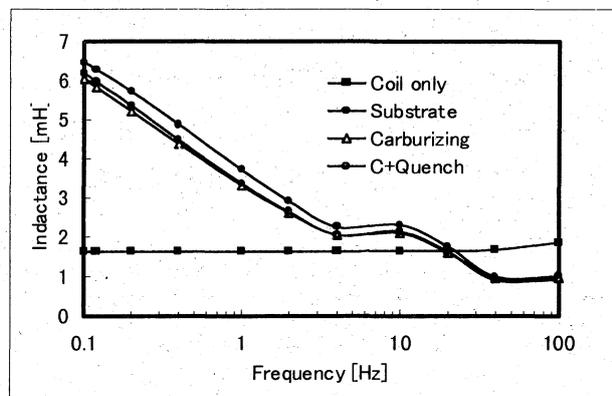


図3 インダクタンス測定

インピーダンス測定及び位相測定の結果をそれぞれ図4と図5に示す。これらについても3者に若干の差が確認できる。

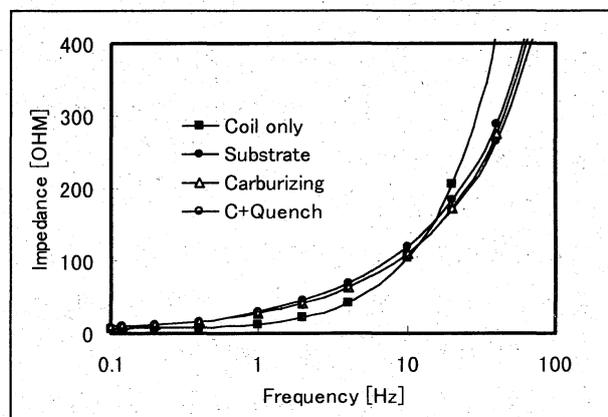


図4 インピーダンス測定結果

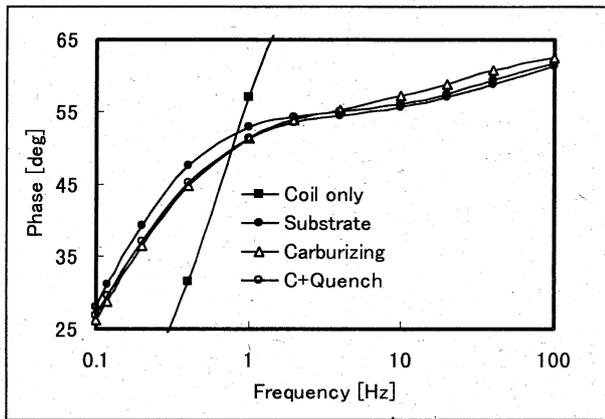


図5 位相測定結果

4. 4 その他

表面近傍の残留応力は表2のとおりで、加工された母材は圧縮状態、浸炭後にややその圧縮状態が緩和され、焼入れが入った状態では引っ張り状態になっていたが、このままで評価は困難。

表2 残留応力 (MPa)

Axis	母材	浸炭	浸炭+焼入
0	-384	-82	155
45	-428	-85	33
90	-398	-32	30

5. 文献調査

本研究に際し、関連特許等の調査を同時に実施した整理した。

5. 1 特許調査

表面層の厚さ測定として、非破壊手法毎に分類すると下記のように超音波を応用したものがかなり多く提案されている。

5. 1. 1 磁気特性

磁石の吸引力を測定する方法 (N社)、透磁率を測定する方法 (K社)、ホール起電圧を測定する方法 (K社)、ホール素子を応用した方法 (K社)、磁束密度の変化率を測定する方法 (K社)

5. 1. 2 電気特性

電位差を測定する方法 (F社)、電圧測定によ

る方法 (K社)、誘導電圧ベクトルの合成と位相差による方法 (NS社)

5. 1. 3 超音波

反射エコー高さを測定する方法 (N社)、表面波速度を測定する方法 (H社)、VZ曲線から表面波速度を求める方法 (I社)、VZ曲線から減衰および速度を求める方法 (HK社)、表面波と横波を同時併用して音速を測定する方法 (H社)、群遅延時間及び群速度変化率を応用する方法 (H社)、異なる周波数の反射波形から目的とする部分の波形を分離して表面層音速を測定する方法 (NK社)、一定距離離れた探触子を回転させて表面波速度を測定する方法 (H社)、複数の横波を応用する方法 (M社)、後方散乱波の応用 (HHK社)

5. 2 JICST調査

以下にJICSTでの調査結果を列挙する。

5. 2. 1 X線

ガンマ量子ビーム照射の光子吸収率の応用

5. 2. 2 磁気特性

磁気バルクハウゼンノイズの応用、誘電体磁気特性のシュミレーション、保磁力変化の測定

5. 2. 3 電気特性

渦電流によるインピーダンス変化測定、表面電位差測定、高感度4点測定法

5. 2. 4 超音波

超音波V透過法、散乱確率分布の応用、AE波、漏洩表面波、ファイバーチップ干渉計の応用、超音波スペクトロマイクロコピー法、後方散乱波、レーザー超音波、レイリ波の減衰測定

5. 2. 5 その他

熱拡散率を応用したものなどがある。

6. まとめ

現状の文献調査及び実験結果から、超音波法の他にも磁気や、電気特性により、硬化層と非硬化層の体積関係を考える場合等には、用途によってはある程度の評価が可能な指標であることが確認できた。しかし、形状に寄らず硬化層深さを測定

するには硬化層深さを変化させた試験片等による確認等も必要であり、今後は要望している企業の技術ニーズの方向性から研究対象に超音波法を中心としながらも、磁気や電気特性といった方法についても適用範囲等を適宜調査、研究をしていきたいと考えている。

7. 謝辞

電気、磁気特性の測定についての多くのアドバイスを滋賀県工業技術総合センターの電子情報係の木村係長、並びに山本技師にいただいた。またX線による残留応力測定では滋賀県立大学工学部の田邊助手にお世話になった。ここにその謝意を表します。

なお、参考文献については、JICST 等での文献調査数だけでも百報程となるため本報告では省略し、来年以降の本研究で掲載する。

(2)

調査研究

「コンニャク加工糸の撚数と強力変化」

高島支所 木村忠義

クレープ・綿ちぢみ織物、揚柳等と呼ばれている高島ちぢみ織物の付加価値を高め市場性のある高級カジュアル製品の開発を図るため、収縮性・強力・光沢性・染色性などの消費性能の向上やちぢみ織物の凹凸（シボ形状）を発生させるための撚糸の検討が望まれる。今回、コンニャク加工糸を試料としてシボを発生させる撚数と強力の関係について試験した。

1 目的

高島ちぢみ織物（クレープ織物）は、江戸天明年間（1781～1789年頃）より農家の副業として生産されたのが始まりである。綿繊維素材として、吸湿性や表面の凸凹したシボ形状の特徴を有し、クレープ肌着・カジュアル用アウター衣料として愛用されている。最近の消費者は、清潔性や快適性を付加した衣料品や環境に配慮した安全性の高いリサイクル型の製品を望んでいる。

高級なカジュアル製品の開発を行うため、コンニャク加工糸を使用したときの撚数と強力の関係やクレープ織物の収縮性について検討した。

2. 試験・評価方法

2-1 試料

◇綿糸 40/1

◇加工糸 コンニャク加工糸

◇強力・伸度試験装置

「USTER TENSORAPID 3」 ツェルベガーウスター（株）

◇撚数と試験試料

NO-1 原糸

NO-2 コンニャク加工原糸

NO-3 撚糸（300 T/M）

NO-4 撚糸（600 T/M）

NO-5 撚糸（900 T/M）

NO-6 撚糸（1200 T/M）

《リング撚糸機械使用》

2-2 強力・伸度の評価

コンニャク加工糸を使用し各種の撚数と強伸度

の物性変化については図1のとおりである。

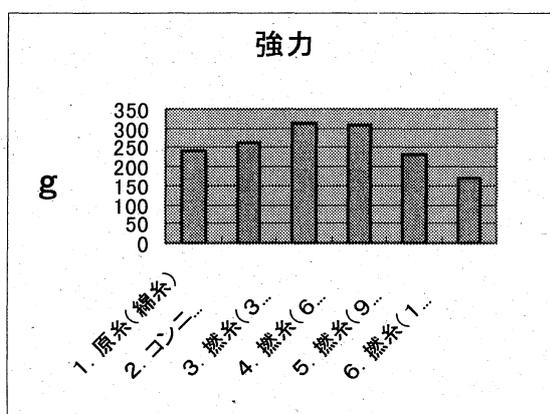


図1 撚数と強力

ちぢみ製品の特徴である表面形状の変化は、織物の風合いに大きく影響を与える。適度な硬さ、シャリ感、柔軟性などが好まれるし、凹凸状態が衣料としての快適感を与える面もある。

強力について、撚数600 t/m付近より低下が認められ、伸度は逆に高くなる。撚数600 t/mでは約25%高く、撚数1,200 t/mでは約30%の低下であった。

撚数と伸度は、図2のとおりである。撚糸は糸を縮ませているために伸度が高くなる。

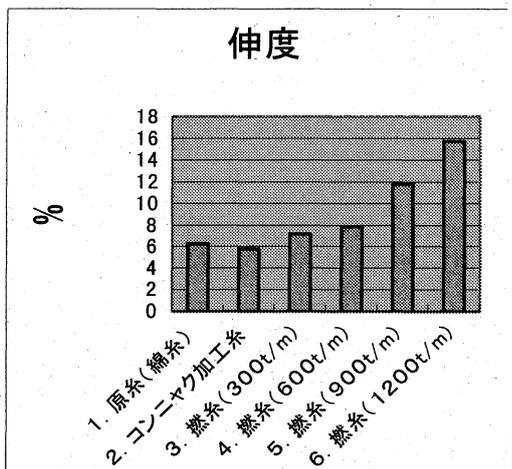


図 2 撚数と伸度

2-3 ウォッシュアンドウェア性 (w&w) について

ちぢみ製品で市場性のある高級なカジュアル製品を開発するためには、最終織物での形態安定性を向上する必要がある。現在、工場レベルでの実用加工についての条件検討を実施している。収縮率の目安として、タテ、ヨコ収縮率 3.0 % 以下を望んでいる。ちぢみ製品 (波シボ、ピッケ) の測定した収縮率については、図 3 である。

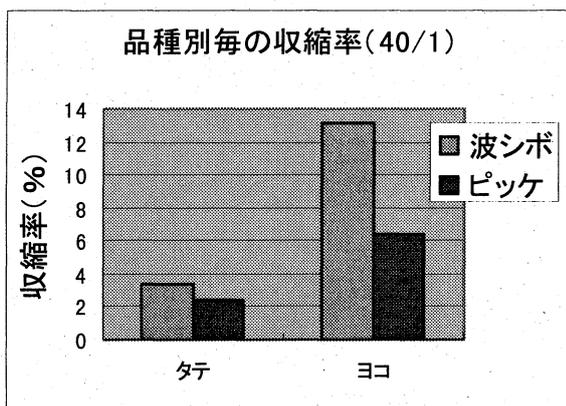


図 3 収縮率

3. おわりに

今回、コンニャク加工糸を撚糸した場合の強力と伸度変化について検討したところ、撚数 600 t/m 付近より強力低下がみられ、伸度については高くなった。

シボは撚数によって変化し、着用時の織物の風合いに大きく影響する。特に、収縮性やシャリ感、柔軟性などの特性を与えている。

綿ぢみ織物の付加価値を高めるため、今後は形態安定加工による収縮性の改善や光沢性、染色性の改善などについて検討を行い、高級なカジュアル製品の開発をはかる。

4. 参考文献

- ◇高島クレープについて、高橋志郎，滋賀県立安曇川高校 流通経済 体験学習 テキスト，1998
- ◇日本代表織物集，編集・発行：全国繊維工業技術協会，昭和37年8月5日

(3)

デザイン研究

地域産業におけるデザイン創作

能登川支所 小谷 麻理

地域産業におけるデザインの必要性は、生産物や規模、形態や人材等様々な要因からその必要性や内容が異なる。デザイン創作を支援する事により企業の創造性を育成をし、内外の人材や情報を活用して独自に、デザインの提案や情報収集を行えるようにする。

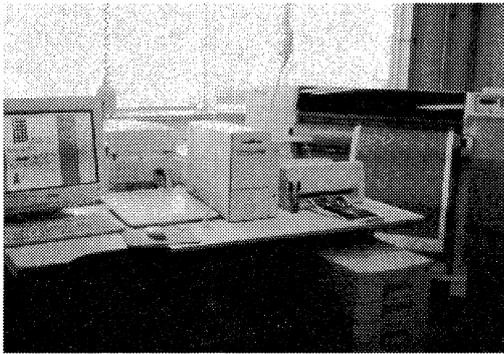
1. はじめに

情報の発達により生産者は必要に応じて、必要な情報を安易に入手することが出来るようになった。しかし、その情報を必要に応じて活用するには幅広い見地と技術が必要である。

2. 内容

デザイン創作システムの導入

製品はその機能的価値だけではなく、形や色も製品の価値として評価されている。さらに飽和状況の市場に対して、差別化を図るために企業イメージや宣伝が価値としてさらに付け加えられている。このような状況に対して製品その物のデザイン性の向上だけでなく、生産から市場提案まですべての面においてデザイン性が求められている。



<デザイン創作システム>

テキストデザインシステムの他にグラフィック的効果をも高める機器を導入する事により企画設計を容易にし、創造性の幅を広げた。生産物を効果的に市場や消費者に提案できる知識と技術を育成するために、色彩や視覚効果を活用したDMやポスター、製品パンフレットのサンプルを作成し、その重要性和ノウハウを企業へ提案指導した。

情報収集および提供

地域産業は、市場の変動に影響されない安定した生産活動が課題である。しかし、即効性、時代性、トレンド性を全く無視して市場へ参入することは困難である。企業の特徴を踏まえ、市場動向やトレンド情報の収集を行い、有効な情報を集約し、企画へのアドバイスやコンセプトの作成、作成支援を行った。



<コンセプトおよび

作成支援したコンセプトマップ>

グループ支援

日々の生産活動だけにとらわれず、異業種や同業種による企画や人材交流のサポートを行った。直接運営を行うのではなく、グループのレベルや情報を把握し、課題を抽出、資料提供や企画の提案、問題提起を行った。この事により、個々の人材の自主性や創造性の育成を推進した。

3. おわりに

地域産業にとって必要なデザイン創作とは、製品開発ではなく、人材開発にある。企業の未発達部分を代行するのではなく、未発達部分の改善と育成にある。確実に育成しつつある企画担当者により次年度、新たな活動に継続する。

(4)

試作研究

絹を主体とした複合織物の試作開発

技術第一科 鹿取 善寿

長浜産地等和装業界を取り巻く環境は厳しい現状である。特に当産地製品のちりめんは女性用フォーマル商品が主力であり、今後絹を活かした幅広い商品開発をすすめる必要がある。今回正絹にこだわることなく新たな付加価値を付与した新商品開発を考慮し、衣料分野および非衣料分野への応用を視野に入れ織物開発を行った。

1. 目的

①野蚕糸の併用による着尺地

野蚕糸の種類は柞蚕糸をはじめ数多くあり、近年洋装分野において脚光を浴びている素材である。今回、エリ蚕を併用し光沢と腰のある着尺の試作。

発を行ったが、用途が限られることや産地に設備が少ない等課題はある。しかし消費者の個性化や多様化したニーズに応えるためには過去にこだわることなく新たな展開が必要と考える。今回の試作は着尺地ではなく服地や健康衣料、寝具等への応用もできる生地。

②ハイブリッドシルクを応用した着尺地およびゆかた地

キュプラと生糸で構成されたハイブリッドシルク糸は、輝きのあるキュプラの光沢と奥深い光沢とドレープ性のある生糸の特性を活かした着尺地およびゆかた地の試作。

④シルバー世代およびベビー用シーツ地

シルクの成分は高級なタンパク質であり、人間の肌に触れる素材には非常に良く、現在衣料以外の分野においてシルクタンパクは食品や化粧品、医療器材等近年脚光を浴びている素材である。今回シルバー世代およびベビー用の肌に優しい吸湿性の高いシーツ地。

③ドビー組織応用生地

ドビー組織を応用した着尺地は以前にも試作開

これらをコンセプトとして試作を行った。

2. 試作概要

設計概要

- | | | |
|----|---|--|
| たて | A | 生糸 27 d // 4本
箆 100羽 / 3.78cm 2本入 |
| | B | 絹紡糸 72 / 2
箆 60羽 / 3.78cm 2本入 |
| | C | キューブシルク 60 d (芯: キュプラ 20 d 鞘: 生糸 40 d)
箆 80羽 / 3.78cm 2本入 |
| | D | シルクロン 60 d
箆 100羽 / 3.78cm 2本入 |

No	経糸	よこ糸	組織	配列	打込 /3.78cm
1	A	① 450t/m·z └─ 600t/m·s····生糸 27 d*7 本 └─ 野蚕糸 (エリ蚕) 44/1 ② ①の逆撚	平	①②	7 8
2	A	① 450t/m·s ┌─ 1000t/m·z └─ 2000t/m·s··キュー°シルク 60 d*1 本 └─ 生糸 27d*1 本 └─ 1000t/m·z └─ 2000t/m·s··キュー°シルク 60 d*1 本 └─ 生糸 27d*1 本 ② ①の逆撚	平	①②	8 0
3	A	① 500t/m·s ┌─ 1000t/m·z └─ 2000t/m·s··生糸 27 d*3 本 └─ 生糸 42d*1 本 └─ 2600t/m·z ·····生糸 27 d*7 本 ② 300t/m·z └─ 500t/m·s····キュー°シルク 60d*3 本 └─ 500t/m·s····キュー°シルク 60d*3 本 ③ ①の逆撚	平	①②③②	7 7
4	A	① 500t/m·s ┌─ 900t/m·z └─ 1500t/m·s··キュー°シルク 60 d*2 本 └─ キュー°シルク 60 d*1 本 └─ 2600t/m·z ·····生糸 27 d*7 本 ② ①の逆撚	平	①②	7 7
5	D	① 450t/m·s ┌─ 1000t/m·z └─ 2000t/m·s··キュー°シルク 60 d*1 本 └─ 生糸 27d*1 本 └─ 1000t/m·z └─ 2000t/m·s··キュー°シルク 60 d*1 本 └─ 生糸 27d*1 本 ② ①の逆撚	平	①①②②	7 8
6	C	① 450t/m·s ┌─ 1000t/m·z └─ 2000t/m·s··キュー°シルク 60 d*1 本 └─ 生糸 27d*1 本 └─ 1000t/m·z └─ 2000t/m·s··キュー°シルク 60 d*1 本 └─ 生糸 27d*1 本 ② ①の逆撚	平	①②	8 0

No	経糸	よこ糸	組織	配列	打込 /3.78cm
7	C	① $500t/m \cdot s$ <ul style="list-style-type: none"> $1000t/m \cdot z$ <ul style="list-style-type: none"> $2000t/m \cdot s \cdot \cdot$ 生糸 27 d *3 本 生糸 42d*1 本 $2600t/m \cdot z \cdot \cdot \cdot \cdot$ 生糸 27 d *7 本 ② ①の逆撚	平	①②	7 7
8	B	① $500t/m \cdot s$ <ul style="list-style-type: none"> $900t/m \cdot z$ <ul style="list-style-type: none"> $1500t/m \cdot s \cdot \cdot$ キューブ°シルク 60 d *2 本 キューブ°シルク 60 d *1 本 $2600t/m \cdot z \cdot \cdot \cdot \cdot$ 生糸 27 d *7 本 ② $300t/m \cdot z$ <ul style="list-style-type: none"> $500t/m \cdot s \cdot \cdot \cdot \cdot$ キューブ°シルク 60d *3 本 $500t/m \cdot s \cdot \cdot \cdot \cdot$ キューブ°シルク 60d *3 本 ③ ①の逆撚	平	①②③②	8 0
9	B	① $500t/m \cdot s$ <ul style="list-style-type: none"> $1000t/m \cdot z$ <ul style="list-style-type: none"> $2000t/m \cdot s \cdot \cdot$ 生糸 27 d *3 本 生糸 42d*1 本 $2600t/m \cdot z \cdot \cdot \cdot \cdot$ 生糸 27 d *7 本 ② ①の逆撚	I	①②	7 7
10	A	① $500t/m \cdot s$ <ul style="list-style-type: none"> $1000t/m \cdot z$ <ul style="list-style-type: none"> $2000t/m \cdot s \cdot \cdot$ 生糸 27 d *3 本 生糸 42d*1 本 $2600t/m \cdot z \cdot \cdot \cdot \cdot$ 生糸 27 d *7 本 ② $300t/m \cdot z$ <ul style="list-style-type: none"> $600t/m \cdot s \cdot \cdot \cdot \cdot$ 綿糸 80/2 *2 本 綿糸 80/2 ③ ①の逆撚	平	①②③②	7 3
11	A	① $500t/m \cdot s$ <ul style="list-style-type: none"> $1000t/m \cdot z$ <ul style="list-style-type: none"> $2000t/m \cdot s \cdot \cdot$ 生糸 27 d *3 本 生糸 42d*1 本 $2600t/m \cdot z \cdot \cdot \cdot \cdot$ 生糸 27 d *7 本 ② 綿糸 10/1 ③ ①の逆撚	平	①②③②	7 3
12	A	① $500t/m \cdot s$ <ul style="list-style-type: none"> $1000t/m \cdot z$ <ul style="list-style-type: none"> $2000t/m \cdot s \cdot \cdot$ 生糸 27 d *3 本 生糸 42d*1 本 $2600t/m \cdot z \cdot \cdot \cdot \cdot$ 生糸 27 d *7 本 ② 綿糸 10/1 ③ ①の逆撚	II 緯 二 重	①②③②	1 5 6

No	経糸	よこ糸	組織	配列	打込 /3.78cm							
13	A	① 350t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>600t/m·s····生糸 42d·4 本</td> </tr> <tr> <td>600t/m·s····生糸 42d·4 本</td> </tr> </table> ② 綿糸 10/1	┌	600t/m·s····生糸 42d·4 本	600t/m·s····生糸 42d·4 本	II 緯 二 重	①②	1 5 6				
┌	600t/m·s····生糸 42d·4 本											
	600t/m·s····生糸 42d·4 本											
14	A	① <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: none;">2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本</td> </tr> </table> ② ①の逆撚	┌	1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table>	┌	2000t/m·s··生糸 27 d *3 本	生糸 42d*1 本	2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本		III	①②	7 8
┌	1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table>	┌		2000t/m·s··生糸 27 d *3 本		生糸 42d*1 本						
	┌		2000t/m·s··生糸 27 d *3 本									
生糸 42d*1 本												
2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本												
15	A	① <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: none;">2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本</td> </tr> </table> ② ①の逆撚	┌	1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table>	┌	2000t/m·s··生糸 27 d *3 本	生糸 42d*1 本	2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本		IV	①②	7 8
┌	1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table>	┌		2000t/m·s··生糸 27 d *3 本		生糸 42d*1 本						
	┌		2000t/m·s··生糸 27 d *3 本									
生糸 42d*1 本												
2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本												
16	A	① <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: none;">2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本</td> </tr> </table> ② ①の逆撚	┌	1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table>	┌	2000t/m·s··生糸 27 d *3 本	生糸 42d*1 本	2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本		V	①②	7 8
┌	1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table>	┌		2000t/m·s··生糸 27 d *3 本		生糸 42d*1 本						
	┌		2000t/m·s··生糸 27 d *3 本									
生糸 42d*1 本												
2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本												
17	A	① <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: none;">2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本</td> </tr> </table> ② ①の逆撚	┌	1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table>	┌	2000t/m·s··生糸 27 d *3 本	生糸 42d*1 本	2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本		VI	①②	7 8
┌	1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table>	┌		2000t/m·s··生糸 27 d *3 本		生糸 42d*1 本						
	┌		2000t/m·s··生糸 27 d *3 本									
生糸 42d*1 本												
2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本												
18	A	① <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: none;">2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本</td> </tr> </table> ② ①の逆撚	┌	1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table>	┌	2000t/m·s··生糸 27 d *3 本	生糸 42d*1 本	2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本		VII	①②	7 8
┌	1000t/m·z <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; padding: 0 5px;">┌</td> <td>2000t/m·s··生糸 27 d *3 本</td> </tr> <tr> <td>生糸 42d*1 本</td> </tr> </table>	┌		2000t/m·s··生糸 27 d *3 本		生糸 42d*1 本						
	┌		2000t/m·s··生糸 27 d *3 本									
生糸 42d*1 本												
2600t/m·z ·····生糸 27 d *7 本												
19	A	① 2650t/m·s····生糸27 d *5本 ② 野蚕糸 (エリ蚕) 44/1 ③ ①の逆撚	平	①②③②	8 4							

No	経糸	よこ糸	組織	配列	打込 /3.78cm
20	A	① 2650t/m・s・・・生糸27d*5本 ② 野蚕糸（エリ蚕）44/1 ③ ①の逆撚	8 枚 梨 地	①②③②	8 4
21	A	① $500t/m \cdot s \begin{cases} 1000t/m \cdot z \begin{cases} 2000t/m \cdot s \cdot \text{生糸} 27d * 3\text{本} \\ \text{生糸} 42d * 1\text{本} \end{cases} \\ 2600t/m \cdot z \cdots \cdots \text{生糸} 27d * 7\text{本} \end{cases}$ ② 野蚕糸（エリ蚕）44/1*3本（甘撚S撚） ③ ①の逆撚	8 枚 梨 地	①②③②	7 7
22	A	① $500t/m \cdot s \begin{cases} 1000t/m \cdot z \begin{cases} 2000t/m \cdot s \cdot \text{生糸} 27d * 3\text{本} \\ \text{生糸} 42d * 1\text{本} \end{cases} \\ 2600t/m \cdot z \cdots \cdots \text{生糸} 27d * 7\text{本} \end{cases}$ ② 野蚕糸（エリ蚕）44/1*3本（甘撚S撚） ③ ①の逆撚	平	①②③②	7 7
23	A	① $500t/m \cdot s \begin{cases} 1000t/m \cdot z \begin{cases} 2000t/m \cdot s \cdot \text{生糸} 27d * 3\text{本} \\ \text{生糸} 42d * 1\text{本} \end{cases} \\ 2600t/m \cdot z \cdots \cdots \text{生糸} 27d * 7\text{本} \end{cases}$ ② $420t/m \cdot z \begin{cases} 770t/m \cdot s \cdots \cdots \text{柞蚕糸} 35d * 9\text{本} \\ \text{柞蚕糸} 35d * 1\text{本} \end{cases}$ ③ ①の逆撚	平	①②③②	7 7
24	A	① $420t/m \cdot z \begin{cases} 770t/m \cdot s \cdots \cdots \text{柞蚕糸} 35d * 9\text{本} \\ \text{柞蚕糸} 35d * 1\text{本} \end{cases}$ ② 野蚕糸（エリ蚕）44/1*3本（甘撚S撚） ③ ①の逆撚	平	①②③②	7 7
25	A	① $420t/m \cdot z \begin{cases} 770t/m \cdot s \cdots \cdots \text{柞蚕糸} 35d * 9\text{本} \\ \text{柞蚕糸} 35d * 1\text{本} \end{cases}$ ② 野蚕糸（エリ蚕）44/1*3本（甘撚S撚） ③ ①の逆撚	8 枚 梨 地	①②③②	7 7

3. 結果

- ①エリ蚕の光沢を生かした腰のある着尺の開発ができた。
- ②キュプラと生糸で構成されたハイブリッドシルク糸は、輝きのあるキュプラの光沢と奥深いシルクの光沢およびドレープ性の高い絹の特性を活かした着尺地、服地およびゆかた地向けの織物が開発できた。
- ③ドビー組織を応用することによってより変化のある洋装分野へのジーズ織物ができた。
- ④シルクの特性を生かしたシルバー世代およびベビー用の肌に優しい吸湿性の高いシート地が開発できた。

4. おわりに

これらの試作織物は、平成11年3月23日技術普及講習会を長浜で開催し、関係企業に成果発表を行った。また、試作品の一部は平成10年10月24日から3日間、丹後地域地場産業振興センターで開催された「全国繊維技術展」への出品や平成11年2月16日から3日間、蚕糸会館で開催されたハイブリッド絹展「シルクの良さは、健康と自然」へも出品し好評を得た。

Newシボの開発に関する研究

能登川支所

山下 重和

小谷 麻理

従来、強撚糸織物は平織りが主体であるが、本研究においては、ドビー織機を用いてNewシボの開発を実施した。特に二重織物の組織を用いてオパール加工との組み合わせにより、従来にない強撚糸織物の開発を行った。

1. はじめに

強撚糸織物は滋賀県の織物業が得意とする製品である。しかし、最近では他産地や海外においても製織されるようになり、製品の差別化がなくなりつつある。将来、海外からの安い製品の輸入増大が予測される。このような状況を克服するためにも、強撚糸織物の新商品開発を図り、製品の差別化をはかる必要がある。

2. 織物設計および試作結果

従来から、強撚糸織物は夏用の素材が中心であるが、今回の試作織物の対象は婦人用で秋・冬物用である。そのため、組織に二重織を用い素材として綿麻の他にウールを使用した。

表1に試作織物の概要を示す。

表1. 試作織物

試作名	経糸素材	緯糸素材	加工方法
a-1	①	②	I
a-2	①	②	I + II
b-1	①	②	III + IV
b-2	①	②	III
b-3	①	②	III + II
c-1	①	③	IV
c-2	①	③	IV + II
c-3	①	③	IV + V + II

①:綿ボイル糸80/2 ②:綿麻30/1 ③:ウール1/30

I:シケット II:オパール III:縮緬 IV:縮絨 V:起毛

て、一方の素材を溶解させてスケ感のある素材を作るのが普通である。しかし、今回はオリジナル性をもたすためにすべての素材をドット状(点)で溶解させ、ドットによるデザイン性をもたせた。

その他に含浸加工や起毛した生地にもオパール加工を施し、従来にない風合いの強撚糸織物を試作した。

今回の試作から、シボの大きい織物等へのドットによるオパール加工は、溶解した部分がシボとシボの間(谷側)に隠れたりして、スケ感やデザインが甘くなった。

また、試作品の中から1点を選びワンピースへ仕上げた。

今回の試作品については、所内の研究発表において地元の織物業界に情報の提供を行う。

3. おわりに

今回は強撚糸織物とオパール加工の組み合わせによるNewシボの開発を実施したが、さらにその他の後加工との組み合わせによるシボ形状の開発を今後実施する。

従来のオパール加工は2種類以上の繊維を用い

平成10年度 研究報告書

発行日：平成11年8月

編集兼発行：滋賀県東北部工業技術センター
管理課・技術第一科

〒526-0024 長浜市三ツ矢元町 27-39

TEL 0749-62-1492、FAX 0749-62-1450

技術第二科

〒522-0037 彦根市岡町 52

TEL 0749-22-2325、FAX 0749-26-1779

能登川支所

〒521-1213 神崎郡能登川町神郷 1076-1

TEL 0748-42-0017、FAX 0748-42-6983

高島支所

〒520-1522 高島郡新旭町新庄 487-1

TEL 0740-25-2143、FAX 0740-25-3799

印刷所：有限会社 森田印刷

〒529-1535 滋賀県蒲生郡蒲生町上南313-1

TEL 0748-55-0159、FAX 0748-55-2734



古紙配合率100% (表紙70%)再生紙を使用しています