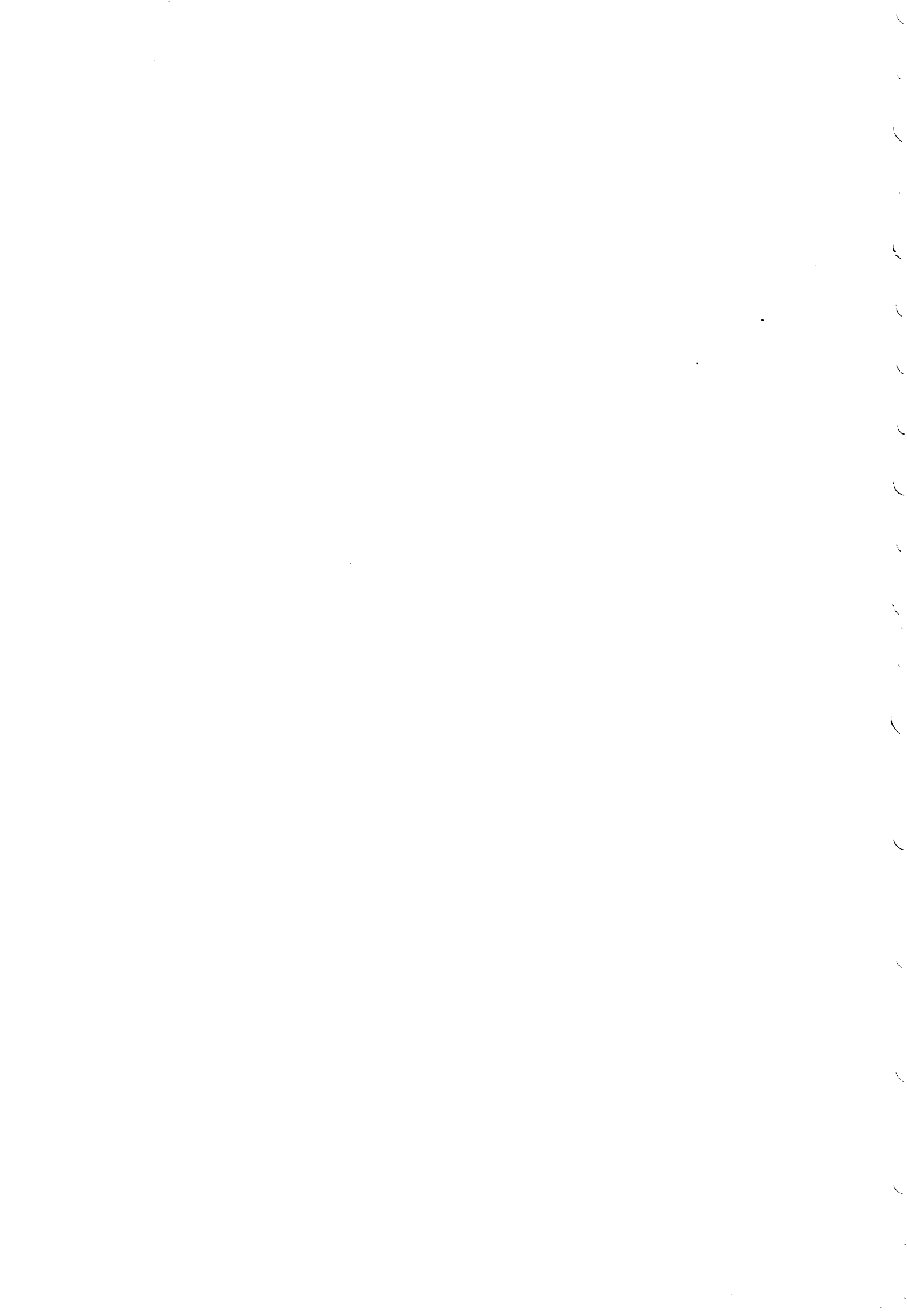




研究所報告

No.11 (1998.3)

大阪府立産業技術総合研究所
Technology Research Institute of Osaka Prefecture



目次

技術報告

- | | | |
|---------------------------|----------------|----|
| 1. 熱硬化性プラスチック産業廃棄物のリサイクル | 大西 均・水谷 潔・木本正樹 | 1 |
| 2. 環境とバイオテクノロジー | 浅尾勝哉・吉岡弥生・奥村俊彦 | |
| 3. 大阪府中央卸売市場における生ごみの発酵堆肥化 | 藤原信明・山元和彦・増井昭彦 | 11 |
| 4. 地球環境時代のモノ造り | 宮内修平・井本泰造・岩崎和弥 | 17 |
| | 野上良亮 | 24 |

技術論文

- | | | |
|--|-----------------|----|
| 1. 温間鍛造によるAl-Zn-Mg合金の耐応力腐食割れ性改善 | 和田林良一・木下俊行・白川信彦 | 31 |
| | 五十嵐宏明 | |
| 2. 粉末液相成形法によるアルミニウム基複合材料の製造とその特性 | 宮田良雄・白川信彦・和田林良一 | 36 |
| 3. 間伐材の木炭化(第1報) | 表原靖男・入江年優・井本泰造 | 42 |
| | 谷口正志・高橋弓弦・夏川一輝 | |
| 4. ネットワークシステムとデータベースの設計
第1報 生産管理情報のフィルタ利用による財務管理
システムの開発 | 竹田裕紀・中辻秀和・根津 修 | 47 |
| | 川崎博史 | |
| 5. ネットワークシステムとデータベースの設計
第2報 パソコンネットワークによる統合的在庫管理
システムの開発 | 中辻秀和・竹田裕紀・根津 修 | 53 |
| | 谷口健二 | |

他誌掲載論文等概要

- | | | |
|---|-----------------------------|----|
| 1. 硬ぜい材料の研削における材料端部の欠けの推定 | 山口勝己・水谷勝己・田中芳雄 | 59 |
| 2. 生地特性把握 | 増田敏男 | 59 |
| 3. DSC Studies of the Melting Behaviour of α -Form Crystallites in Wool Keratin | Jinan Cao・上甲恭平・John R. Cook | 59 |
| 4. サーモグラフィ解析によるセラミックス加工繊維の保温・温熱性 —遠赤外線放射材料としての繊維の保温性と温冷感覚の検討課題— | 石倉信作 | 59 |
| 5. セラミックス加工寝具の生体への温熱性に関する温熱生理学的検討 | 石倉信作 | 60 |
| 6. 抗菌製品の開発手法 | 高塚 正・上甲恭平 | 60 |
| 7. 粗粒ダイヤモンド砥石を用いた正面研削によるセラミックスの鏡面創成 | 水谷勝己・足立和俊・田中芳雄 | 60 |
| 8. Preparation of PbTiO ₃ Thin Films by Ion-Beam Sputtering | 橋間英和・中島貞夫・鈴木義彦 | 61 |
| | 小川倉一 | |
| 9. Pt Thin Films Prepared by Low Energy Plasma Sputtering | 鈴木義彦・岡本昭夫・吉竹正明 | 61 |
| | 小川倉一 | |
| 10. 産業廃棄物としてのフェノール樹脂廃材の有効利用 | 広畑 健 | 61 |
| 11. ZrO ₂ -Al ₂ O ₃ 系におけるZrO ₂ 固溶体粉体の合成とHIP焼結 | 山口 修・廣田 健・稲村 偉 | 62 |
| 12. Infrared Radiation Detector Using YBCO Thin Film | 寛 芳治・四谷 任・日下忠興 | 62 |
| | 鈴木義彦・小川倉一・妹川博文 | |

13. Formation and Sintering of 75mol%Alumina/25mol% Zirconia(2-3.5mol% Yttria) Composite Powder Prepared by the Hydrazine Method	後藤俊樹・廣田 健・山口 修 久米秀樹・稲村 偉・宮本大樹	62
14. 共沈超微粉によるアルミナ-ジルコニア系ナノ複合材料の作製	久米秀樹・西川義人・稲村 偉 宮本大樹・山部邦宏・前田岳志	63
15. Blends of Thermoplastic Polyimide with Epoxy Resin Part II Mechanical Studies	木本正樹・水谷 潔	63
16. 繊維状活性炭による低濃度NOの吸着除去	森 正博・青木 哲・磯田 徹 表原靖男・安保重一	63
17. 非対称アゾ色素LB膜ーベンゾチアゾリウムアゾ系色素LB膜の赤外, ラマン, X線光電子分光法による膜構造評価ー	蔵本暢浩	64
18. Fiber/Matrix Interfacial Fracture Characterization by Acoustic Emission in Fabric Polymer Matrix Composite Laminates	上野谷敏之	64
19. Electrodeposition of Ni-P Alloys from Ni-Citrate Bath	森河 務・中出卓男・横井昌幸 福本幸男・岩倉千秋	64
20. アルミニウム合金上に生成したDLC膜の摩擦・摩耗特性	出水 敬・曾根 匠・足立和俊 横山雄二郎	65
21. シリコン系セラミックスと純金属との乾燥摩擦ー摩擦特性に対する温度の影響と金属移着ー	出水 敬・石垣博行・川本 信	65
22. 種々の熱処理を施した球状黒鉛鋳鉄の耐食性に及ぼす黒鉛粒径の影響	池永 明・新田康寛・川本 信 曾根 匠・荒木弘治	65
23. プラスチック成形雰囲気中における金型の耐食性評価	上田順弘・佐藤幸弘・増井清徳 曾根 匠	66
24. 流動層によるオーステナイト系ステンレス鋼(SUS304)のほう化処理	上田順弘・佐藤幸弘・浦谷文博 曾根 匠・池永 明・川本 信	66
25. ISOにおける「カーベットの分類格付システム(案)」の最新動向	木村裕和	66
26. In Situ Failure Test of High Water Content Soft Clay Embankments Reinforced by GHDs	赤井智幸・嘉門雅史・福田光治 楠部義夫	67
27. 繊維事故原因解析について(その5)ー化学試験Ⅲー	寺嶋久史・坂口嘉人・加藤 弘	67
28. 繊維事故原因解析について(その6)ー化学試験Ⅳー	寺嶋久史・坂口嘉人・加藤 弘	67
29. 繊維事故原因解析について(その7)ー化学試験Ⅴー	寺嶋久史・坂口嘉人・加藤 弘	68
30. オートクレープ腐食試験法によるプラスチック成形金型材の耐食性評価技術	上田順弘・佐藤幸弘・増井清徳 曾根 匠	68
31. 革及び革製品のエコラベル基準値の進展	中村 蔚	68
32. 皮革製品の染色加工の実態	中村 蔚	69
33. Molecular Orbital Calculations for Acid Induced Ring Opening Reaction of Spiropyran	汐崎久芳	69
34. Conformational Analysis of Aminovinylpyrazine by Semiempirical Molecular Orbital Calculations	汐崎久芳・押田敦史 Dongfeng Hou・松岡 賢	69
35. 無水珪酸コロイドによるクロム革の再鞣し	奥村 章	70
36. リン酸化染料	佐藤恭司	70

口頭発表概要

1. 高速回転電極上の放電痕跡の観察	谷村 毅・○他	71
2. 放電加工における異常アーク面の解析とその改善(その2)	○増井清徳・佐藤幸弘・曾根 匠	71

—両極性パルスによる異常アークの回避—	他	
3. 放電加工によるTi合金の着色仕上げ	○南 久・増井清徳・北口嘉亮 大山 博・塚原秀和	71
4. 放電加工によるTi合金の着色仕上げ	○南 久・大山 博・増井清徳 北口嘉亮・塚原秀和	71
5. 放電加工によるTi合金の着色仕上げ	○南 久・大山 博・増井清徳 北口嘉亮	71
6. 脆性材料の延性/脆性遷移条件の解析—押し込みの場合—	○村田一夫・水谷勝己	71
7. 圧子押し込みによる脆性材料の延性/脆性遷移条件	○村田一夫・水谷勝己・他	72
8. Creation of Mirror Surface of Ceramics by Face Grinding	○足立和俊・水谷勝己・他	72
9. Chipping of the Work at Its Corner in Grinding of Ceramics	○山口勝己・水谷勝己・他	72
10. フランジの絞り成分を減少させた深絞り加工による深い容器の成形(角筒容器の成形)	白川信彦・○他	72
11. 側壁部に孔を有する容器の深絞り成形	○白川信彦・和田林良一	72
12. 高出力CO ₂ レーザを用いたAl ₂ O ₃ セラミックスの溶接(Ⅲ)	○野口修一・他	73
13. プリント基板のスルーホールメッキの熱サイクル特性—GFRP積層材のレーザ加工面と機械加工面の比較—	北原洋爾・野口修一・○他	73
14. 酢酸水溶液中での球状黒鉛鑄鉄の耐食性改善—土中埋設環境における高耐食性球状黒鉛鑄鉄の開発—	○武村 守・橘堂 忠・佐藤幸弘	73
15. 土壌埋設環境における高耐食性球状黒鉛鑄鉄の開発	○武村 守・橘堂 忠・佐藤幸弘	73
16. プラズマ処理羊毛の収縮性におよぼす電気的性質	○田原 充・木村裕和・他	73
17. 羊毛のプラズマ処理による防縮性	○田原 充・他	74
18. Covalent Coupling of Chitosan to the Surface of Cotton Fiber	○上甲恭平・他	74
19. 羊毛繊維の熱処理にともなう構造変化	○上甲恭平・他	74
20. 新規タンパク分解酵素による羊毛繊維の改質	○上甲恭平・高塚 正・木村和臣 他	74
21. 羊毛繊維の粉末化とその特性	○上甲恭平	74
22. 精練・染色・加工プロセスへの酵素システムの活用—綿毛布のペクチナーゼ精練を中心として—	○上甲恭平	74
23. 表面処理法による繊維の機能化	○上甲恭平	75
24. 水溶性高分子修飾セルラーゼの特性とセルロース系繊維への作用	○菅井 実・上甲恭平	75
25. 綿毛布の酵素精練	○高塚 正・山本貴則・上甲恭平 木村和臣	75
26. 道路交通振動の距離減衰パターンに関する一考察	箕輪晃男・○他	75
27. (1)布目圧痕土器の画像処理による元の布の糸のピッチの抽出に関する研究	○中谷幸太郎・森脇耕介・佐藤幸弘 酒野敏明	75
(2)ピークルの自律走行の制御実験を目的とした視覚情報処理システムの新規導入の報告		
28. 金型製造業のための統合型生産管理システムの開発	○吉野正紀・竹田裕紀	76
29. 全方向移動台車へのロボット言語の実装	○杉井春夫・浅岡武之・谷口正志 大川裕蔵・朴 忠植	76
30. 全方向移動機能を活用した無人搬送車の運用	○谷口正志・杉井春夫・浅岡武之	76

31. スラッジによる焼却排ガス中酸性ガスの吸収と飛灰の安定化について	大川裕蔵・朴 忠植 ○岩崎和弥・井本泰造・宮内修平 他	76
32. 中央卸売市場における生ごみの処理について	○宮内修平・井本泰造・岩崎和弥	76
33. 予蒸発・予混合方式小型バーナのNOx排出特性	○磯田 徹・東忠 宏・表原靖男	76
34. プラズマ重合法による粉体表面の改質	○藤島征雄	76
35. ラングミュアー・プロジェクト(LB)法による色素超薄膜の作成	○蔵本暢浩	77
36. 色素LB膜の光安定化に及ぼすNi(II)ージイソノニルジチオカルバメートの共存効果ー	○蔵本暢浩・夏川一輝・櫻井芳昭 日置亜也子	77
37. ベンゾピラン環を有する非対称型スクアリリウム色素の会合状態	蔵本暢浩・○他	77
38. 帯電防止剤としての四級塩化ポリメタクリル酸ジメチルアミノエチル	○遠藤仁子・坂本義章	77
39. 沈殿重合法によるポリイミド微粒子の調製(Ⅲ)	○浅尾勝哉・三刀基郷	77
40. 沈殿重合法によるポリイミド微粒子の調製に関する研究	○浅尾勝哉・吉岡弥生	77
41. ポリイミド微粒子の調製と形態	○浅尾勝哉	78
42. 炭素繊維/熱可塑性ポリイミド混合エポキシ樹脂複合材料におけるマトリックスの高次構造	○木本正樹・水谷 潔	78
43. FRPの硬化時における粘弾性変化	○木本正樹	78
44. プラスチック成形品の脆性破壊	○水谷 潔	78
45. 液晶高分子の急縮小・急拡大流路内の流れ	○吉川忠作	78
46. 液晶高分子の複雑形状流路内流れ	○吉川忠作	78
47. プラスチック射出成形品の安定成形性比較	○奥村俊彦・吉川忠作・他	79
48. Fracture and Development Behavior of LCP Reinforced Polymers	奥村俊彦・○他	79
49. パラフェニルフェノール/テレフタルアルデヒド樹脂の炭素化	○広畑 健・他	79
50. ジルコニア分散アルミナセラミックスの作製	○久米秀樹・西川義人・稲村 偉 宮本大樹・他	79
51. ジルコニア分散によるアルミナの高強度化	○久米秀樹・西川義人・稲村 偉 宮本大樹・他	79
52. ナノ組織制御による高強度アルミナの作製と機械的特性	○久米秀樹・宮本大樹・西川義人 稲村 偉	79
53. ZrO ₂ 分散高強度Al ₂ O ₃ セラミックスの作製(I)	○西川義人・久米秀樹・稲村 偉 宮本大樹	80
54. ZrO ₂ 分散高強度Al ₂ O ₃ セラミックスの作製(II)	○久米秀樹・西川義人・稲村 偉	80
55. ZrO ₂ 分散高強度Al ₂ O ₃ セラミックスの作製(III)	○西川義人・久米秀樹・稲村 偉 宮本大樹・他	80
56. TiN-AlN系固溶体の耐酸化性	○稲村 偉・他	80
57. セラミックスナノ複合材料の開発ージルコニ-アルミナ系超微粒子焼結体,アルミナ-ジルコニア系高強度焼結体ー	○稲村 偉・久米秀樹・西川義人 宮本大樹	80
58. Ti-Al-C混合粉末のHIP反応焼結によるTiAl基複合材料のin-situ合成	○垣辻 篤・宮本大樹・他	81
59. 燃焼合成法により作製した構造材料用金属間化合物の組織制御ーPHIPを中心にー	○垣辻 篤	81
60. HCD-IP法によるTi-TiN積層膜の形成とその耐食・	○石神逸男・三浦健一・久野正人	81

耐摩耗性について	横山雄二郎・上田順弘・浦谷文博 小川倉一	
61. HCD方式イオンプレーティング法におけるチタン窒化物皮膜の表面あらさにおよぼす被覆条件の影響	○石神逸男・三浦健一・久野正人 水越朋之・浦谷文博	81
62. HCD方式反応性イオンプレーティングにより形成したチタン窒化物皮膜の残留応力について	○三浦健一・石神逸男・久野正人 水越朋之・浦谷文博	81
63. HCD方式反応性イオンプレーティング法におけるチタン窒化物皮膜の膜質制御	○三浦健一・石神逸男・久野正人 水越朋之・浦谷文博・金田博之 小川倉一	82
64. LAを用いたLaCaMnOの作製	○四谷 任・日下忠興・寛 芳治 小川倉一・他	82
65. LaCaMnO/YBCOの超伝導特性	○四谷 任・日下忠興・寛 芳治 他	82
66. YBCOマイクロブリッジを用いた赤外線応答	○寛 芳治・四谷 任・日下忠興 小川倉一・他	82
67. YBCOマイクロブリッジによる赤外線の応答	○寛 芳治・四谷 任・日下忠興 小川倉一・他	83
68. YBCO薄膜を用いた赤外線検出器	○寛 芳治・四谷 任・日下忠興 鈴木義彦・小川倉一・他	83
69. YBa ₂ Cu ₃ O _x 薄膜を用いた赤外線の検出	○寛 芳治・四谷 任・日下忠興 鈴木義彦・小川倉一・他	83
70. 酸化物超伝導体を用いた赤外線検出器	○寛 芳治・四谷 任・日下忠興 鈴木義彦	83
71. PLD法によるSi基板上へのYBCO薄膜の作製(I)	○日下忠興・四谷 任・寛 芳治 小川倉一・他	83
72. 反応性イオンビームスパッタ法によるZr-N-O膜-ZrのGetter作用の効果-	○吉竹正明・岡本昭夫・野坂俊紀 小川倉一	84
73. 窒素酸素混合ガス雰囲気中でのZrのスパッタ(II)-低反応ガス圧領域でのZr-N-O膜の堆積-	○吉竹正明・岡本昭夫・野坂俊紀 小川倉一	84
74. 酸素窒素混合ガス中での反応性スパッタにおけるZrのGetter作用	○吉竹正明・岡本昭夫・野坂俊紀 小川倉一	84
75. 反応性スパッタリング法による酸化窒化Cr薄膜の歪み抵抗特性	吉竹正明・鈴木義彦・○他	84
76. 光電子陰極用Pd薄膜の表面観察	○野坂俊紀・吉竹正明・岡本昭夫 小川倉一	84
77. 光電子陰極にPd薄膜を用いた中真空用電離真空計の試作(III)	○野坂俊紀・吉竹正明・岡本昭夫 鈴木義彦・小川倉一	85
78. 低エネルギーイオン・プラズマの利用技術の開発と高品質薄膜形成への応用に関する研究	○岡本昭夫	85
79. 低エネルギースパッタにより作製した貴金属薄膜	○岡本昭夫・吉竹正明・野坂俊紀 小川倉一	85
80. Gold-Carbon Composite Thin Films for Electrochemical Gas Sensor Prepared by Reactive Plasma Sputtering	○岡本昭夫・鈴木義彦・吉竹正明 小川倉一	85
81. マルチキャピラリー励起線源を用いた炭素系薄膜形成の検討	○岡本昭夫・野坂俊紀・吉竹正明 小川倉一	85
82. シリコンメンブレンを用いた超音波センサの試作	○井上幸二・鈴木義彦	85
83. 窒化クロムを誘起共析したクロムめっき	○森河 務・横井昌幸	86

84. ニッケルめっき反応における水素の挙動	○森河 務・中出卓男・横井昌幸 他	86
85. 2価クロムを含む電解液からのCr-P合金の電析	○中出卓男・森河 務・横井昌幸 佐藤幸弘	86
86. 東アジアにおける大気環境と材料影響調査(I)	○佐藤幸弘・他	86
87. オートクレーブ腐食試験法によるプラスチック成形金型の耐食性評価	○上田順弘・曾根 匠・佐藤幸弘 増井清徳	86
88. オーステナイト球状黒鉛鋳鉄の流動層ほう化	○曾根 匠・上田順弘・出水 敬 他	86
89. 燃焼合成法を用いた鉄鋼へのNi-Al系金属間化合物コーティング	曾根 匠・○他	87
90. 放電加工による高融点金属の表面改質 -Tiの改質処理-	○塚原秀和・南 久・増井清徳 出水 敬・曾根 匠	87
91. 放電加工による高融点金属の表面改質 -Tiの改質処理-	○塚原秀和・南 久・増井清徳 出水 敬・曾根 匠	87
92. 放電加工によるチタンの表面改質	○塚原秀和・南 久・増井清徳 出水 敬・曾根 匠	87
93. 落下試験の現状について	○高田利夫・寺岸義春・中嶋隆勝	87
94. 実験損傷解析による織物強化積層板の繊維/樹脂界面の破壊とその強度評価	○上野谷敏之・小栗泰造	87
95. 高靱化CFRPの疲労損傷と非破壊的手法による推定	○上野谷敏之・他	88
96. 複合材料のアコースティックエミッションの基礎と計測	○上野谷敏之	88
97. Fiber/Matrix Interfacial Fracture Characterization by Acoustic Emission in Fabric Polymer Matrix Composite Laminates	○上野谷敏之	88
98. Damage Progression in Composite Laminates	○上野谷敏之	88
99. Characterization of Real Damage in Carbon Fabric Composite with Toughened Matrix Through Thermoelastic Technique	○上野谷敏之・他	88
100. Determination of Fiber/Matrix Interface Strength in Real Composite Materials with an Failure Mechanism Analysis by Acoustic Emission	○上野谷敏之	89
101. 織物CFRPにおけるメゾ損傷の非破壊的観察	○上野谷敏之・他	89
102. Preparation of Titanium Oxide Photocatalysts Dispersed on Porous Silica Glass by a Metal Ion-Implantation Method and Their Photocatalytic Reactivities for the Degradation of 2-Propanol Diluted in Water	○波多野泰弘・他	89
103. Report on the Weight Loss of Cut Pile Carpets Examined by Means of Japanese Fiber Bind Equipment	○木村裕和・小河 宏・呼子嘉博 信田尚孝・他	89
104. 減圧下熱固相重合合法により合成したポリアミドの結晶構造	○木村裕和・森田 均	89
105. GHD材の長期補強効果	赤井智幸・松本 哲・○他	90
106. GHD補強粘性土急勾配盛土実験(その1) -補強盛土と壁面工の設計の考え方-	赤井智幸・○他	90
107. GHD補強粘性土急勾配盛土実験(その2) -GHDと表面保護材の特性および盛立て状況-	○赤井智幸・他	90
108. GHD補強粘性土急勾配盛土実験(その3) -盛土の施工管理による粘性土の土質特性-	松本 哲・○他	90
109. GHD補強粘性土急勾配盛土実験(その4)	赤井智幸・○他	90

－計測結果によるGHDと盛土の挙動－		
110. In Situ Failure Test of High Water Content Soft Clay Embankments Reinforced by GHDs	赤井智幸・○他	90
111. 革製品の品質基準の現状－管理基準の目安のために－	○奥村 章・稲次俊敬	90
112. Protein Recovery from Chrome Shavings	○倉田彰夫	90
113. Influence of Hydrophobicity on Physical Properties of Chrome Leather Fatliquored with Monoalkyl Phosphates	○佐藤恭司・中村 蔚	91
114. 互変異性するナフトキノン色素の分子軌道計算	○汐崎久芳・他	91
115. チタニルフタロシアニン消色反応における分子軌道計算	○久崎久芳・櫻井芳昭・他	91

(○印は講演者，他は職員以外の共同研究者)

技 術 報 告

熱硬化性プラスチック産業廃棄物のリサイクル

Recycling of Thermoset Industrial Wastes

大西 均* 水谷 潔** 木本 正樹*
Hitoshi Ohnishi Kiyoshi Mizutani Masaki Kimoto

浅尾 勝哉* 吉岡 弥生* 奥村 俊彦**
Katuya Asao Yayoi Yoshioka Toshihiko Okumura

(1997年10月24日受理)

キーワード：プラスチック産業廃棄物，ケミカルリサイクル，不飽和ポリエステル樹脂，ウレタン樹脂，ポリ塩化ビニル，低温熱分解，分解生成物，ポリマーアロイ化

1. はじめに

大阪府においては，プラスチック関連企業の事業所数，出荷額は全国の約10%を占めているが，プラスチック産業廃棄物の回収あるいは廃棄処理にかかるコストが企業にとって大きな負担となっている。プラスチック産業廃棄物は，使用されている材料の種類が多く，それぞれの材料に対応した有効再利用法を開発する必要がある。

廃プラスチックのリサイクルとしては，図1¹⁾に示すように，マテリアルリサイクル(再使用&再利用)，ケミカルリサイクル(化学分解，モノマー回収，熱分解)，エネルギーリサイクル(焼却・熱回収利用，固形燃料化)が考えられる。

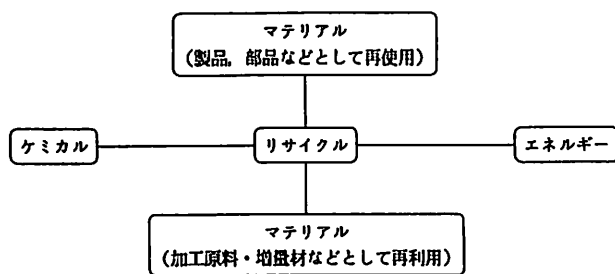


図1 廃プラスチックのリサイクル

ポリエチレンやポリプロピレン，PETなどの熱可塑性

* 材料技術部 高分子材料グループ

** 材料技術部 プラスチック技術グループ

プラスチック廃棄物の場合には，マテリアルリサイクルを中心にいずれのリサイクル方法においても対応が可能となりつつある。しかし，ポリ塩化ビニルやポリ塩化ビニリデンのような含塩素系プラスチックの場合には，熱分解によって大量の塩化水素ガスを発生し，さらに焼却条件によってはダイオキシンなど毒性の高い塩素化合物生成の恐れがあるため²⁾，大量に発生する含塩素系プラスチック廃棄物の処理に苦慮しているのが実状である。

しかし一方では，含塩素系プラスチックの熱分解によって発生する大量の塩化水素ガスには，他の樹脂の分解を促進する効果が期待できる。

他方，熱硬化性プラスチック廃棄物は不溶不融のため，リサイクルや減容化が容易でなく，現時点では粉碎による充填材としての再利用あるいは乾留，熱分解等による有効成分の回収が検討されているが，まだ実用化までには至っていないという状況にある。

今回の実験では，不飽和ポリエステル樹脂及びウレタン樹脂といった，分子内に結合としては比較的切れやすいエステル結合を有している熱硬化性樹脂と分解促進効果が期待できるポリ塩化ビニルを共存させて熱分解反応を行った。そして，マイルドな分解反応(250℃という低温で，ダイオキシンが発生しない)における，より多くの有用な分解生成物の回収並びに分析技術について検討した。さらに，分解生成物の有効利用を目的として，不飽和ポリエステル樹脂の分解生成物を用いた各種ポリマーアロイの調製を行い，その諸特性についても同時に検討したので，その結果を報告する。

2. 熱硬化性プラスチックの低温熱分解

ユリア樹脂、フェノール樹脂、不飽和ポリエステル樹脂などの熱硬化性プラスチックの場合には、分解温度を500℃以上に上げてても揮発物が約20～50%発生することから(図2)³⁾、より優れた分解技術の開発が望まれている。

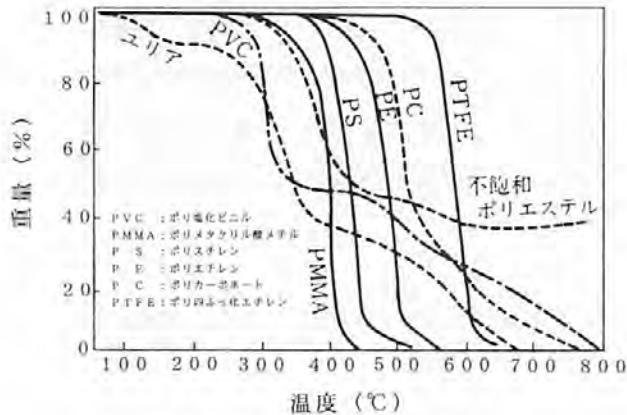


図2 プラスチックの熱分解曲線

ポリ塩化ビニルは、250～350℃で側鎖において徐々に脱塩化水素反応による二重結合が生成し、ひき続き連鎖反応による脱塩化水素が起こり、ほぼ定量的に反応が進行して最後に主鎖に基づくポリエチン構造が残るとされている。

図3及び図4に、塩化水素発生源として使用したポリ塩化ビニルの、空気中/昇温条件(10℃/min)及び空気中/定温条件(250℃)での熱重量曲線を示す。

図3より、側鎖の分解反応が276℃から始まり350℃で急激な重量減少は終了し、その時の重量減少が63.5%であることがわかる。ポリ塩化ビニルから塩素が100%脱

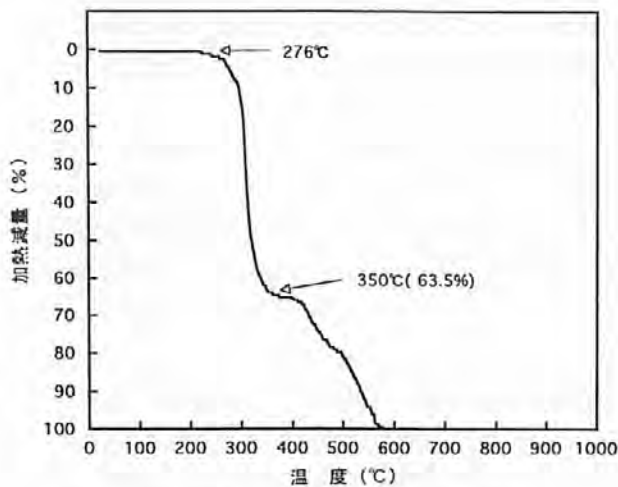


図3 ポリ塩化ビニルの熱重量曲線 (昇温)
昇温速度: 10℃/分 (空気中)

離した場合の重量減少は58.4%であることから、ポリ塩化ビニルの脱塩化水素反応は、ほぼ完了し、さらに主鎖の分解が起こっているものと考えられる。

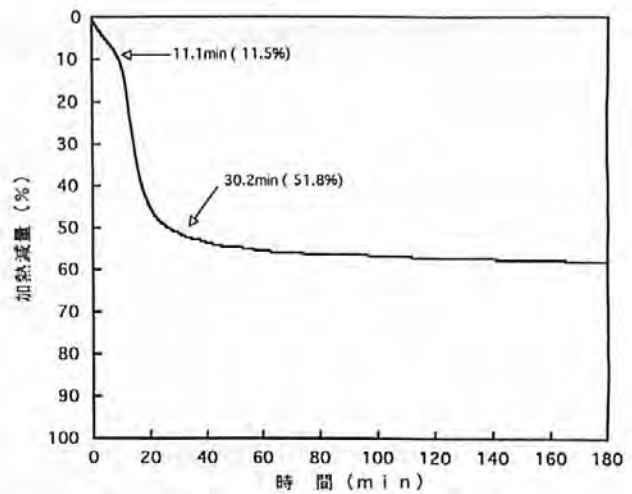


図4 250℃におけるポリ塩化ビニルの熱重量曲線(空気中)

また図4の場合には、250℃で約11分の加熱により側鎖の脱塩化水素による連鎖反応が開始し、約30分で連鎖反応が終了することが理解できる。その時の重量減少が52%であることから、ポリ塩化ビニルの脱塩化水素率は89%と考えられる。なお分子中には塩素が残存しているが、250℃ではこれ以上脱離しないものと思われる。

そこで今回の実験では、不飽和ポリエステル樹脂あるいはウレタン樹脂粉末50gとポリ塩化ビニル粉末50gの混合物を、300mlセパラブルフラスコに入れ、250℃で30分間加熱した後、さらにポリ塩化ビニル粉末50gを加え250℃で1時間加熱した。発生した揮発留分及び塩化水素ガスはトラップによって捕集した。図5に、不飽和ポリエステル樹脂の熱分解装置を示す。

なお、実験には一般用グレードの不飽和ポリエステル樹脂を使用した。その原料配合比は、無水フタル酸:無

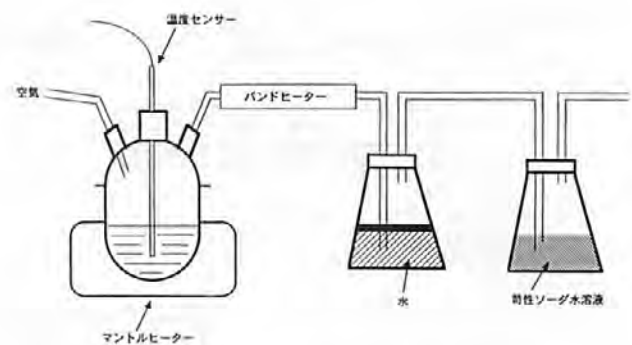


図5 不飽和ポリエステル樹脂の熱分解装置

水マレイン酸：プロピレングリコール：エチレングリコール：スチレン=1：1：1：1.5(モル比)=27.5：18.21：14.12：11.53：28.59(重量比)である。

また、ウレタン樹脂の原料の配合比は、ポリオール：MDI(ジフェニルメタンジイソシアネート)=1:1(重量比)である。

3. 分解生成物の回収及び分析

各種分解生成物については、溶媒分別法、抽出法、昇華法、再結晶法等によって分離・精製を行った。各成分については、熱重量測定(TGA)、示差走査熱量測定(DSC)、高速液体クロマトグラフィー、フーリエ変換赤外分光分析(FT-IR)、ガスクロマトグラフィー、塩素イオン分析等によって分析を行った。

(1) 不飽和ポリエステル樹脂

分解生成物の抽出・分離のステップを図6に示す。

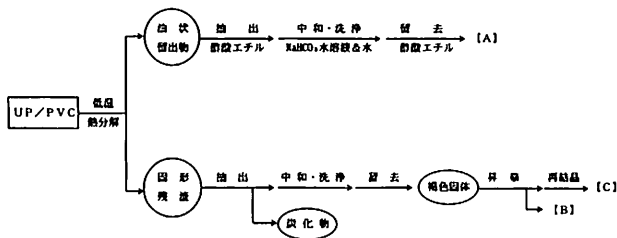


図6 不飽和ポリエステル樹脂(UP)分解生成物の分離

分離成分[A]のFT-IRスペクトル、TGA曲線及び高速液体クロマトグラムを図7～9に示す。

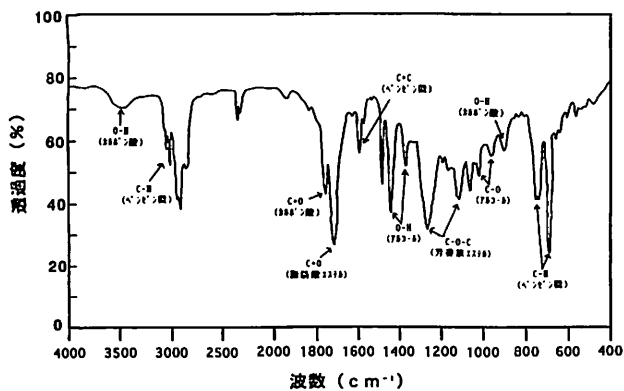


図7 分離生成物[A]のFT-IRスペクトル

FT-IRスペクトルからは、カルボン酸やアルコール、脂肪酸エステル、芳香族エステル並びにベンゼン環に基づく赤外線吸収が認められることから、カルボキシル基や水酸基を含むモノマー類や低分子量のスチレンオリゴマーが含まれていると考えられる。

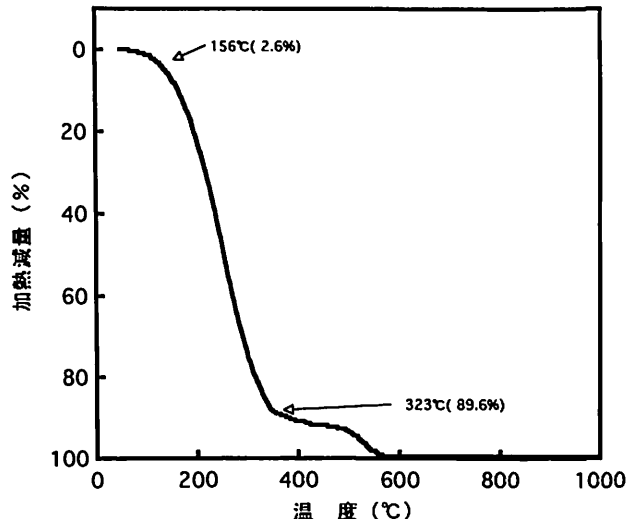


図8 分解生成物[A]の熱重量曲線

またTGA曲線では、150°C付近から揮発が始まり、320°C付近で終了しており、モノマー類や比較的低沸点のオリゴマーなどが混在していると考えられる。

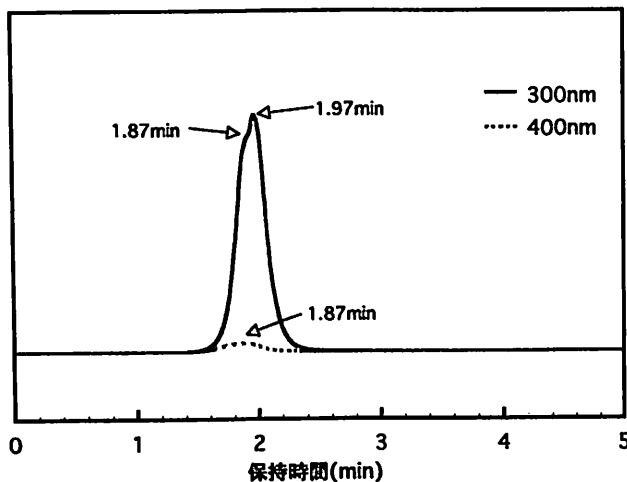


図9 分解生成物[A]の高速液体クロマトグラム

高速液体クロマトグラムの場合、紫外光である300nmの測定では、保持時間1.87分及び1.97分に完全には分離せず重なっている2本のピークが観察され、同条件での400nmの可視光領域の測定では、1.87分にブロードで小さな単一ピークのクロマトグラムが得られた。

出発原料である無水フタル酸(標準品)のクロマトグラム(図10)の場合、300nmの測定において保持時間1.85分に鋭い単一ピークが見られることから、図9の300nmの測定での保持時間1.87分のピークは、無水フタル酸によるものであり、1.97分のピークはFT-IR及びTGAの分析結果から、スチレンオリゴマーによるものであると考えられる。

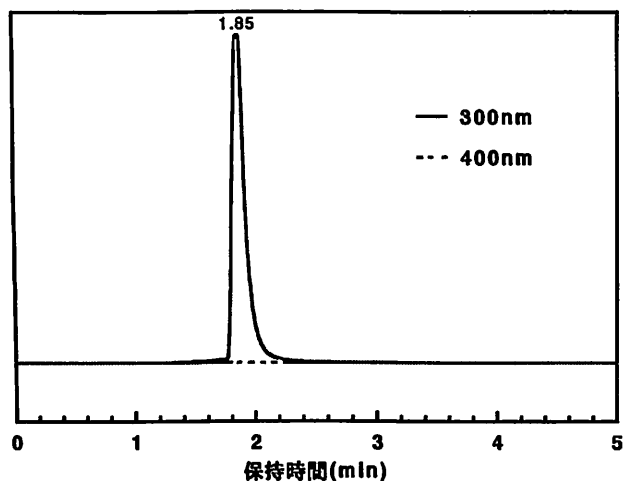


図10 無水フタル酸の高速液体クロマトグラム

以上の結果から、[A]は無水フタル酸やスチレンなどのモノマー類、末端にカルボキシル基または水酸基を有するスチレンオリゴマー及びタール成分の混合物であると考えられる。

次に、[B]についても同様の分析を行ったところ、[A]と比べて分子量の大きいスチレンオリゴマー及び無水フタル酸が主成分の混合物であることがわかった。

そして、[C]については、FT-IR、DSC及び高速液体クロマトグラムによる測定結果が、無水フタル酸(標準品)と一致することから高純度の無水フタル酸であることがわかった。

各成分の回収量及び塩素含有率を表1に示す。

表1 不飽和ポリエステル樹脂の分解生成物

回収成分	分離状態	分解生成物	回収量	塩素含有率
[A]	褐色液体	低融点のモノマー スチレンオリゴマー	4.9% (9.8%)	2.15%
[B]	褐色固体	高分子量スチレンオリゴマー 無水フタル酸等のモノマー	13.5% (27.0%)	1.45%
[C]	無色結晶	無水フタル酸 マレイン酸(微量)	1.1% (2.2%)	0.00%
残 渣	黒褐色固体	炭化物(若下の未分解物を含む)	27.5% (55.0%)	2.65%

[分離・回収操作に伴うロス分は、3g (6%)]

不飽和ポリエステル樹脂とポリ塩化ビニル共存下での熱分解は、分解温度が250℃という低温にもかかわらず不飽和ポリエステル樹脂の45%が分解生成物として回収可能であり、また減容化の観点からも有効であると思われる。

(2) ウレタン樹脂

分解生成物の抽出・分離のステップを図11に示す。

FT-IR及びTGAによる分析結果から、分離成分[D]は分子内に水酸基を多く含む化合物であり、常温から揮発が始まり280℃付近で終了することがわかった。

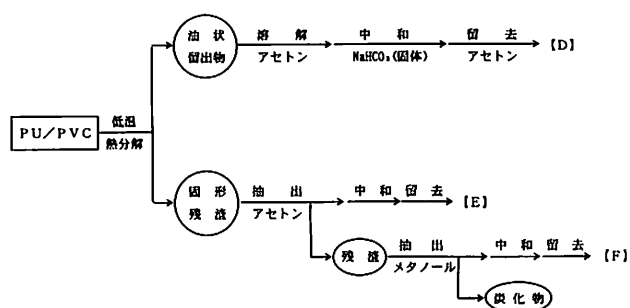


図11 ウレタン樹脂(PU)分解生成物の分離

次に、ウレタン樹脂の合成原料に用いたポリオールと[D]の熱分解ガスクロマトグラムによるパイログラムを図12及び図13に示す。

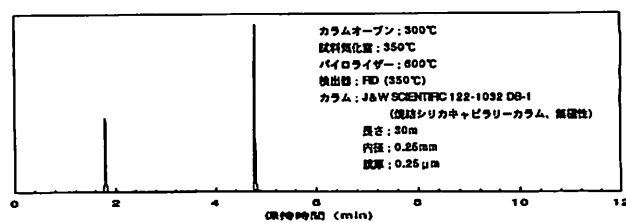


図12 ポリオールのパイログラム

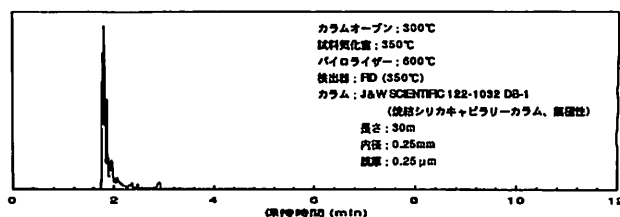


図13 分解生成物[D]のパイログラム

ポリオールの場合(図12)には、保持時間1.789分と4.783分に大きなピークが2つ検出されたことから、おもに低沸点と高沸点の2つの成分が主成分であることが理解できる。一方、[D](図13)では1.779分の大きなピークが検出された後、多数の小さなピークが保持時間3分までに殆ど検出され、ポリオールの場合に見られる様な高沸点成分は検出されなかった。これは、ウレタン樹脂の分解によって生成したポリオールがさらに分解を受け、分子量が低下したためであると考えられる。したがって、[D]はウレタン樹脂のポリオール骨格部に基づく分解生成物で、しかも水酸基を多く含む比較的低沸点のオリゴマーであると考えられる。

次に、[E]、[F]についても、FT-IR及びTGAによる分析を行ったが、[E]は主にポリオール骨格部に基づく分解生成物であり、[D]と比べると高沸点のオリゴマーで、[F]は難分解性の芳香族アミン系のオリゴマーまたはポリマー化合物で、ウレタン樹脂のイソシアネート骨

格部(MDI)に基づく分解生成物であると考えられる。

表2に各成分の回収量を示す。

表2 ウレタン樹脂の分解生成物

回収成分	分離状態	分解生成物	回収量
【D】	淡黄色液体 (透明)	低沸点オリゴマー (ポリオール骨格部に基づく)	24.7g (49.4%)
【E】	褐色固体	高沸点オリゴマー (ポリオール骨格部に基づく)	2.0g (4.0%)
【F】	黒褐色固体	芳香族アミン系オリゴマー又は ポリマー (MDI骨格部に基づく)	10.0g (20.0%)
残渣	黒褐色固体	炭化物	10.9g (21.8%)

[分離・回収操作に伴うロス分は、2.4g (4.8%)]

ウレタン樹脂の場合には、低温熱分解によって非常に効率よく分解生成物を回収することが可能で、ウレタン樹脂50gからは、24.7g (49.4%)の透明液体成分が、そして、全体としては約80%が分解生成物として回収できることがわかった。

4. 分解生成物のポリマーアロイ化技術への応用

(1) ポリプロピレン/ポリスチレン系(PP/PS)ポリマーアロイ

大量に発生するプラスチック廃棄物のリサイクルとしては、マテリアルリサイクル(特に再成形)が中心である。成形工場のように特定のプラスチックを集めて再成形できる場合は、比較的品質の良好な再生品が得られる。しかし、一般に異種のプラスチックは互いに溶け合わないため、家庭から排出されるプラスチック廃棄物のように種々のプラスチックが混ざり合って回収される場合は、再成形品の品質は悪くなる。

表3に示すように、PE, PP, PSは、廃棄物発生量が非常に多いプラスチック材料であるが、PE, PPとPSは非常に相容性が悪いために、このままでは良好な物性を有する再成形品が得られない。

そのため現在では、相容化剤を介在させることによってブレンドポリマー間の界面を安定させ、物性の向上を図ることが行われている。

因みに、異種のプラスチック同士が、ある温度範囲、組成の範囲で溶け合う場合は、“相溶”すると呼ばれ、その性質は曇り点などの方法で調べられる。一方、互いに全く溶け合わない水と油のような関係の樹脂については、樹脂を細かく分散させ、界面をなるべく安定化させる(“相容化”)ことで混ぜ合わせる方法がとられる。

ここでは、不飽和ポリエステル樹脂を塩化水素ガス存在下で分解して得られた分解生成物[B](高分子量のスチレンオリゴマーが主成分)を添加したPP/PS系ポリマーアロイを調製し、[B]の相容化剤としての効果について

表3 プラスチック製品の廃棄物発生量と再利用量

(単位:千t)

		需要量	製品寿命	廃棄物発生量	再生利用量(率)
塩ビ製品	硬質製品	1,077	1~50年	209	内農ビ 38(38%)
	軟質製品	560	1~10年	271	
	電線・その他	319	5~20年	32	
	合計	1,956		512	
発泡スチロール		221			9(4%)
PETボトル		101	3~6カ月	112	
FRP製品		423	15~20年	117	
PEフィルム		832	3年以内	805	約40(5%)
PPフィルム		234	1カ月~2年	220	
発泡スチロールトレイ		70	2~15日	70	
PEボトル		195	7カ月~5年	195	
押出發泡ポリスチレン		57	建物と同じ	全量	(1~2%)
高発泡ポリエチレン		11	建物と同じ		
ポリウレタンフォーム		29	建物と同じ		
日用品		351	3~5年	全量	(1~2%)
産業用射出成形品		735	5~20年	全量	(4~5%)
ABS樹脂		465	2~10年		
MMA樹脂		125	1~10年	107	(3~10%)
汎用エンブラ		461	6~10年	235	
フッ素樹脂		11	3~15年	11	(0.5%)

(資料:プラスチック製品廃棄物問題連絡会)

検討した。

(A) ポリマーアロイの調製

調製方法の一例として、PP/PS/[B]=70/30/5混合系の場合を示す。PS 9gと[B]1.5gを200℃,100rpmの混合槽に投入し、さらにPP 21gを投入して、トータルで約6分間混練を行った。混練により得た混合物を破碎した後、真空圧縮成形機でシートに成形した。

(B) 混練性

混練時におけるトルクの時間変化を測定した結果の一例を、図14に示す。PP/PSのPP成分が多い場合には、分解生成物[B]を加えると、PP/PSだけの場合に比べて試料投入後のトルク値が低下し、トルク値が一定に近づく時間も短いことがわかった。また、[B]を混合しない場合、成形物は不均一な部分もあるのに対して、[B]を混合した場合、成形物は均一であり、[B]の混合によって、混練性は向上するものと考えられる。

一方、PS成分が多い場合には、[B]を加えてもトルク値は低下せず、成形物は完全には均一にならなかった。

(C) SEM観察

SEM観察は、液体窒素中で冷やした試料を室温ですばやくカッターナイフにより切断し、破断面を観察した。

PP/PS及びPP/PS/[B]の破断面SEM写真の一例を、図15(PP70/PS30)及び図16(PP20/PS80)に示す。

PP成分が多い場合(図15)には、PP中にPSが島状に分

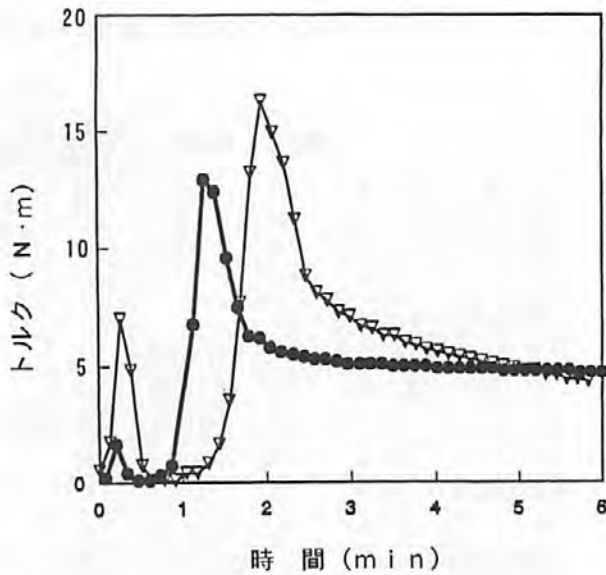


図14 PP/PS及びPP/PS/[B]の混練時におけるトルクの時間変化

(-▽-PP/PS/70/30, -●-PP/PS及びPP/PS/[B]=70/30/10)

散しており、PP/PSだけの場合に比べて分解生成物[B]を加えた場合、PSの粒子径が小さくなっており、PSが比較的分散しやすくなることがわかる。そして、PS粒子の内部はさらに小さい粒子を内包したサラミソーセージに似た構造であることがわかった。このことから、[B]成分の一部はPS相に相溶して可塑剤としてはたつき、一部はPS相内に粒子状に局在して析出しているものと考えられる。

[B]成分とPS相の相溶性については、動的粘弾性の測定からも、このことを示唆する結果が得られている。

一方、PS成分が多い場合(図16)には、PS中にPPが島状に分散しており、分解生成物[B]を添加した場合、PSマトリックス中にPPとは異なる、小さい粒子が分散しているが、PPの分散状態はほとんど変わらないことがわかる。

(D) 引張り特性

引張り試験の結果を図17～19に示す。



図15-a PP/PS=70/30の破断面SEM写真

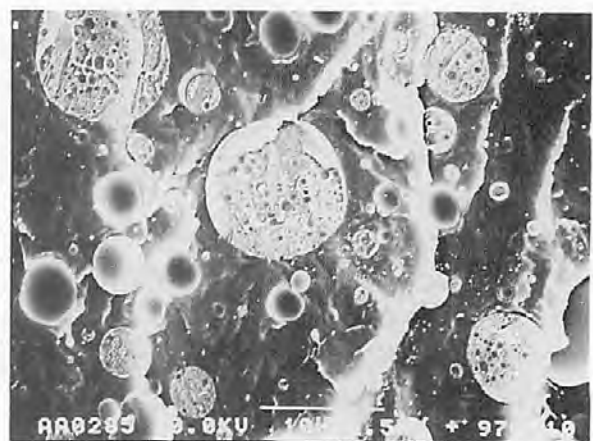
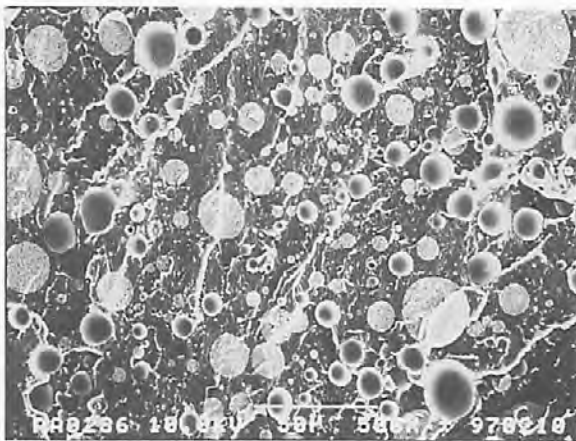


図15-b PP/PS/[B]=70/30/5の破断面SEM写真

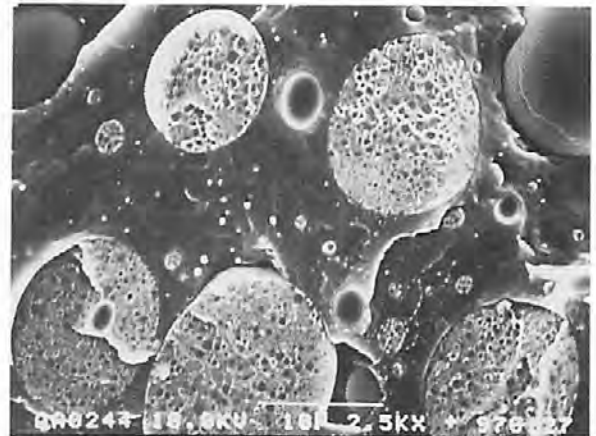
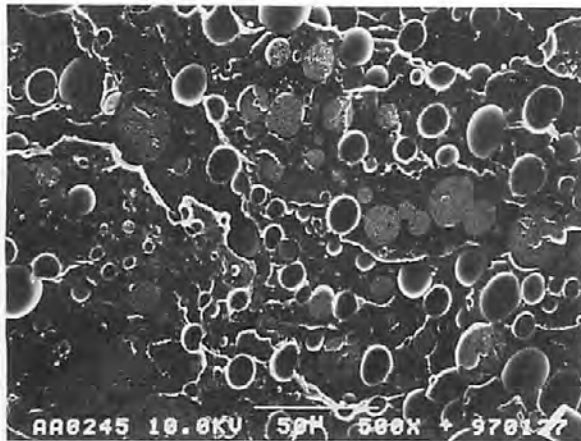


図15- c PP/PS/[B]=70/30/10の破断面SEM写真

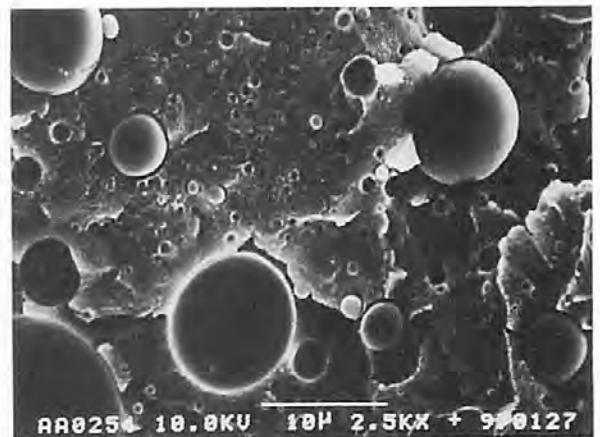
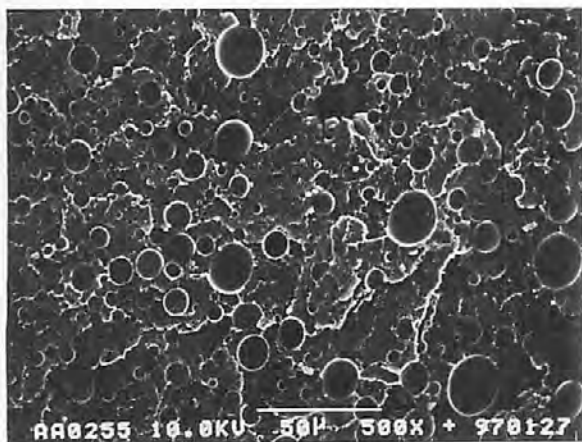


図16- a PP/PS=20/80の破断面SEM写真

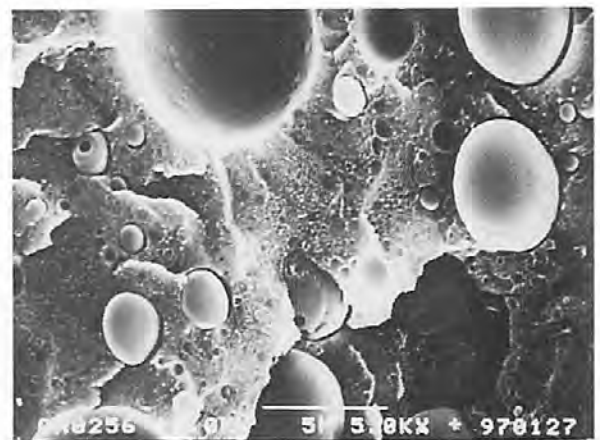
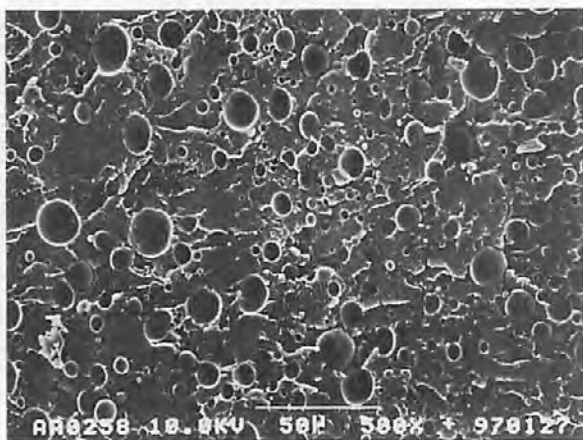


図16- b PP/PS/[B]=20/80/10の破断面SEM写真

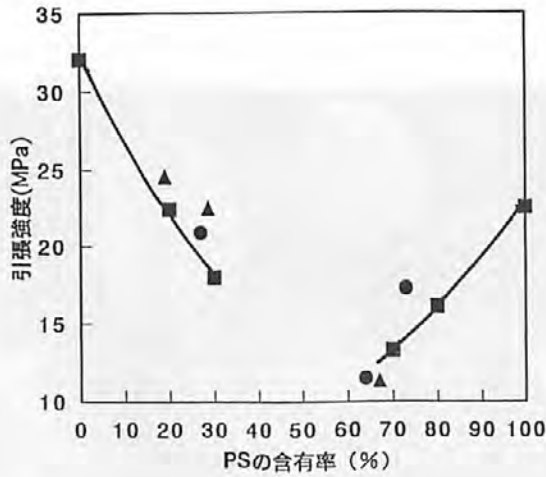


図17 PP/PSブレンド系の引張強度とPS含有率の関係

■ [B] = 0phr, ▲ [B] = 5phr, ● [B] = 10phr

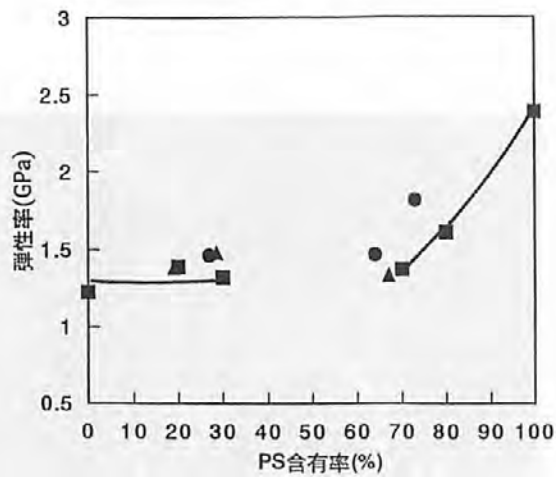


図18 PP/PSブレンド系の引張強度とPS含有率の関係

■ [B] = 0phr, ▲ [B] = 5phr, ● [B] = 10phr

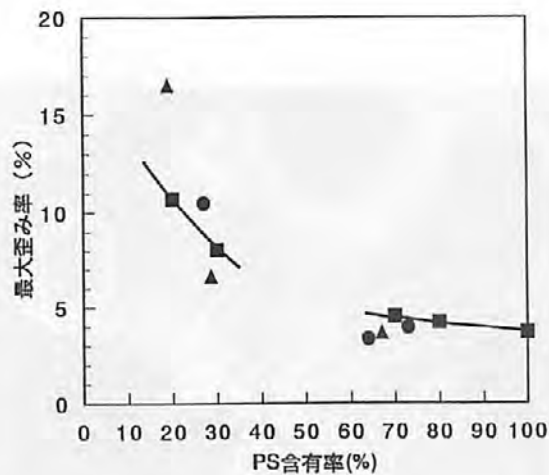


図19 PP/PSブレンド系の引張強度とPS含有率の関係

■ [B] = 0phr, ▲ [B] = 5phr, ● [B] = 10phr

[B]を添加することによって、引張り特性は、PS成分が多い場合の歪み率を除いて概ね向上していることがわかる。

以上のように、PP/PSポリマーアロイへの[B]の混合によって、混練性、機械的特性の向上が期待できることから、分解生成物[B]は、PP/PS系ポリマーアロイの相容化剤としての応用が可能であることが分かった。

(2) エポキシ系ポリマーアロイ

分解生成物[B]の主成分は、無水フタル酸(エポキシ樹脂の硬化剤としても使用される)及び末端にカルボキシル基や水酸基といった官能基を有する高分子量のスチレンオリゴマーであることから、エポキシ樹脂の硬化反応に関与し硬化物の物性を改善する可能性が考えられる。

そこで、分解生成物の有効利用を目的として、エポキシ樹脂と分解生成物[B]のポリマーアロイを調製し、その改質剤としての効果について検討した。

(A) ポリマーアロイの調製

エポキシ主剤(Ep)としてはエピコート828(油化シェルエポキシ)、硬化剤には4,4'-ジアミノジフェニルスルホン(DDS)またはメチルナジン酸無水物(MNA)/N,N-ジメチルベンジルアミン(BDMA)を用いた。エポキシ系ポリマーアロイの調整方法は以下の通りである。Ep10gと分解生成物3.5gとを室温で混合し、80°C,30分加熱した後、硬化剤がMNA(9.0g)/DMBA(0.1g)の場合は室温で溶解、混合し、100°C,2時間+150°C,15時間の条件で硬化させた。硬化剤がDDS(3.3g)の場合は130°Cで溶解、混合して、160°C,6時間+200°C,3時間で硬化させた。

(B) SEM観察

Ep/DDS/[B]及びEp/MNA/[B]の破断面SEM写真を図20及び図21に示す。

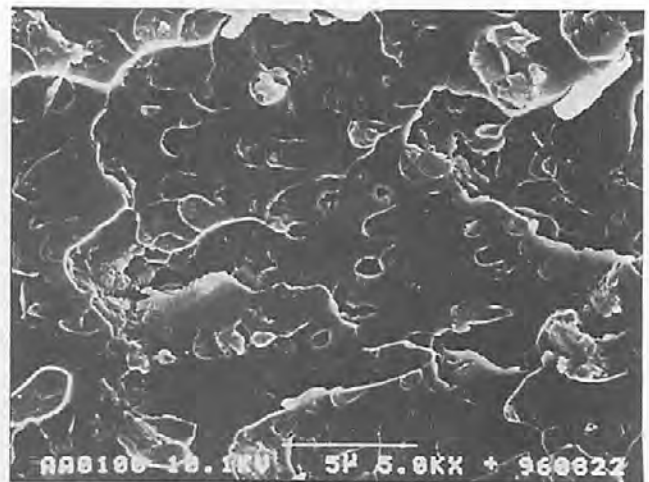


図20 Ep/DDS/[B]の破断面SEM写真

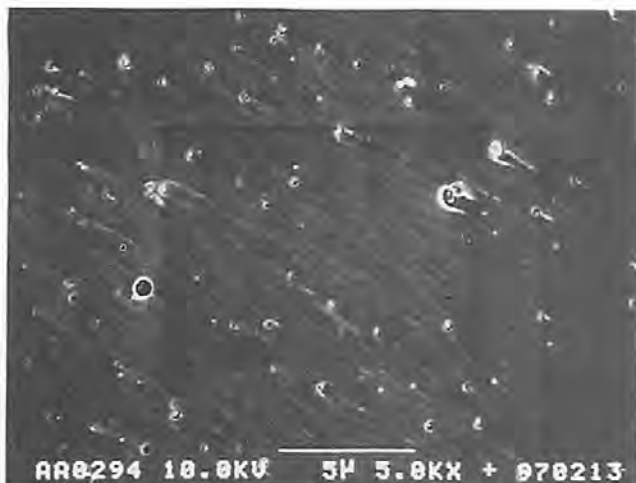


図21 Ep/MNA[B]の破断面SEM写真

どちらもエポキシ相にスチレンオリゴマー粒子が島状に分散した構造が認められるが、硬化剤にMNAを用いた方が粒子径は小さかった。このことから、Ep/MNA/[B]の方がEp/DDS/[B]よりも、Epとスチレンオリゴマーとの相容性が高いと考えられる。

(C) 破壊じん性

Ep系硬化物の破壊じん性試験の結果を図22に示す。

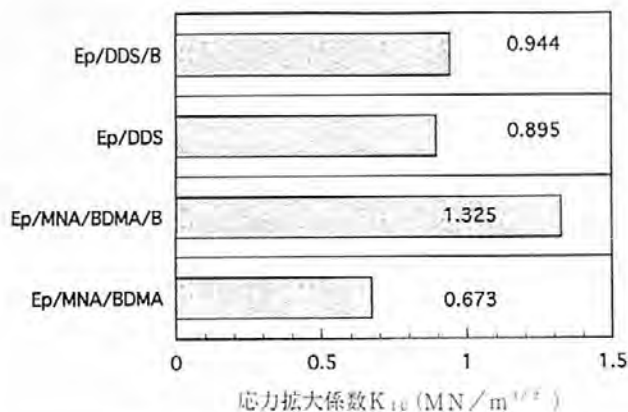


図22 Ep系硬化物の破壊じん性試験の結果

硬化剤がDDSの場合には、[B]の添加効果は認められなかったが、MNA硬化物では[B]の添加によって、破壊時における材料の粘り強さの目安となる応力拡大係数 K_{Ic} が約2倍になった。

破壊じん性試験後の破断面SEM写真を図23及び図24に示す。

Ep/MNA/[B] (図23) の場合には、Epマトリックス相がわずかに引き延ばされて塑性変形しているのに対して、Ep/DDS/[B] (図24) では破断面がやや荒れているが、塑性変形の痕跡は認められなかった。このことが応力拡大係数 K_{Ic} の差となって現れていると考えられる。

以上のように、エポキシ樹脂と分解生成物[B]のポリマーアロイ化によって、得られた硬化物の破壊じん性が

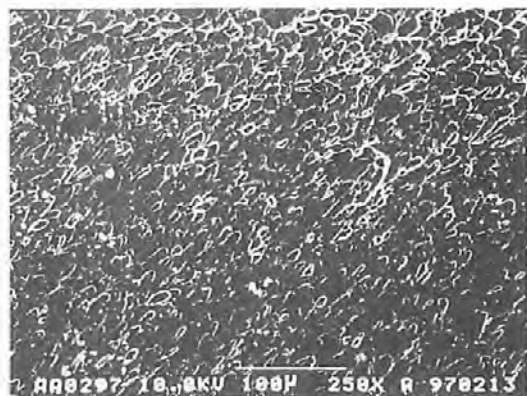


図23 Ep/MNA[B]の破壊じん性試験後の破断面SEM写真

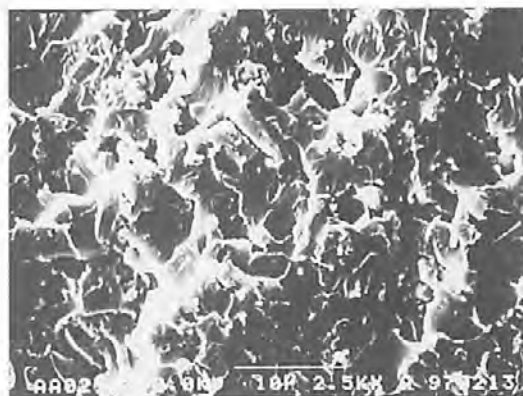
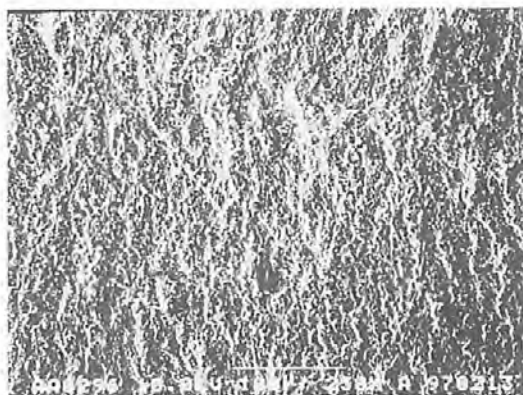


図24 Ep/DDS[B]の破壊じん性試験後の破断面SEM写真

向上することから、硬化剤をうまく選択することによって、分解生成物[B]をエポキシ樹脂の脆さを改善するための改質剤として応用できることがわかった。

5. おわりに

リサイクルが非常に困難な熱硬化性プラスチック廃棄物及び含塩素系プラスチック廃棄物を同時に分解することによって、《熱硬化性プラスチックの分解促進》と《含塩素系プラスチック廃棄物を活性炭や固形燃料として再利用するための前処理》を同時に行うという、大変欲ばった考えで進めてきた研究であるが、無水フタル酸、スチレンオリゴマー、ポリオール等の有用な分解生成物を回

収することができ、さらに分解生成物の一部については、相容化剤や改質剤としての有効性について良好な結果を得ることができた。今後は、より実用的な装置の開発に向けて、さらに検討を進めていく必要があると考えている。

参考文献

- 1) 中西洋一郎, 燃料及び燃焼, 60(7), 32(1993)
- 2) 田中 勝, 化学, 52(10), 26(1997)
- 3) 伊藤公正 編, プラスチックデータハンドブック, 工業調査会, 1980, p.110
- 4) 秋山三郎, 工業材料, 44(1), 65(1996)

環境とバイオテクノロジー

Environment and Biotechnology

藤原 信明* 山元 和彦* 増井 昭彦*
 Nobuaki Fujiwara Kazuhiko Yamamoto Akihiko Masui

(1997年11月5日受理)

キーワード：環境，バイオテクノロジー，ライフサイエンス，地球環境保全，酵素，微生物，廃棄物，微生物制御

1. はじめに

新素材や新機能性素子とともに次世代の新しい技術として期待されているバイオテクノロジーは、図1で示すように自然破壊・公害への反省から1970年代に生まれた「ライフサイエンス」にその起源を辿ることができる。理念である「ライフサイエンス」を具体化した技術がバイオテクノロジーであり、生物体および生物体の持つ機能を解明し、その成果を保健医療、環境保全、農林水産業、化学工業等に役立てようとする技術の総称として、健康で豊かな国民生活の実現に大きく寄与するものと期待されている。技術そのものは味噌・醤油の製造に昔から利用されている古い歴史を持つが、近年、特に注目されるようになったのは、1970年代初め、BoyerとCohenによって開発された遺伝子操作技術により、その応用範囲が飛躍的に拡大したことによる。バイオテクノロジーは既に多くの分野で活用されているが、最近特に注目されているのは、環境保全への利用である。近年、地球を取り巻く環境は、オゾン層の破壊、炭酸ガスの増加による地球温暖化、あるいは廃棄物の増加など厳しいものがあり、それらの問題解決のために行政的には種々の規制あるいは保護・保全を促進するための法律が施行されているが、それ自身が環境に優しい技術であるバイオテクノロジーに大きな期待が寄せられている。

われわれの研究グループは、微生物あるいは微生物が生産する酵素の工業的な利用など、いわゆるバイオテクノロジーについての研究を行っているが、本稿ではそれらの中から環境保全への活用事例について紹介するとと

もに、今後、企業がバイオテクノロジーを導入あるいは活用する方法についても述べることにする。

2. 厨芥処理への利用

国民生活の向上に伴い、排出される廃棄物も増加の一途をたどり、大きな社会問題となっている。その対策には、Reduce(減量)、Recycle(再利用)、Reuse(再使用)の3つのRが有効とされ、特に、リサイクルについては、1991年にリサイクル法が、そして、1996年には容器リサイクル法の2つの法案が施行されている。それらの法案には、企業あるいは行政についてリサイクル促進への責務が明記されているが、個人的なレベルでの3Rへの努力も、足元からの環境保全への試みとして重要である。

	社会現象	科学技術	具体的な技術
↓			・脱炭工業
1970年	自然破壊・公害などの表面化	ライフサイエンス (第Ⅰ段階)	・公害防止技術 ・人間工学 ・医療工学 ・福祉工学
	73年 オイルショック 72-73年 遺伝子操作技術	バイオテクノロジー (第Ⅱ段階)	・バイオエレクトロニクス ・バイオメカニクス ・バイオマテリアル ・ケミカルバイオニクス
1980年		ニューバイオテクノロジー (第Ⅲ段階)	・農産化技術 ・新環境物質の創出 ・固定化技術

図1 バイオテクノロジーの進展

こうした社会的な背景から、台所から排出される厨芥(生ごみ)を家庭で簡単に処理できれば、廃棄物の減量化に寄与できるとして、処理装置の開発を企業と共同で行うことになった。当研究所では、厨芥の微生物分解について基礎的な検討を担当し、これらの結果を基にして

* 材料技術部酵素応用グループ

処理装置が製作され、さらに、その装置を用いて実証化実験を行った。当時、家庭用の厨芥処理装置としては、プラスチックの容器を土中に埋めた装置が農村部で散見されていた。それらは上部から厨芥を投入し蓋をして醗酵させるバッチ型の装置であるが、醗酵が遅いことや、蛆や蠅の発生、あるいは悪臭などの問題を抱え、広く普及するまでには至っていなかった。こうした現状を踏まえ、処理速度を促進させ、悪臭の発生を抑えるには好気的な醗酵方法が適しているとして、攪拌により酸素を供給する小型の家庭用厨芥処理装置を開発の目標とした。

醗酵実験には、実験の再現性と、実際の処理に即すことから、大阪市と箕面市が行った市中のごみ分析を参考にして、畜肉、魚肉、米飯、パン、野菜による厨芥のモデル系を調製して用いた。水分、温度、pHなどの醗酵条件を変えて処理実験を行ったところ、分解は図2で示すように特に水分含量に大きく影響され、水分過多の場合は通気不良から嫌気醗酵となり悪臭が生じ、良好な処理には65~70%の水分を保持することが必要であった。微生物によるモデル厨芥の分解経過を図3に示すと、主醗酵は約5日で終了した。これらの基礎データを基にして、容量120リットルの小型処理装置を設計・製作した。使用に際しては発生した厨芥を水切りした後、装置に投入し、数回攪拌するだけでよい。標準世帯の1日の排出量である厨芥1kgを毎日、処理装置に投入しても、約3ヶ月間、醗酵残渣を取り出すことなく連続して使用できる。醗酵残渣は重金属の含有量、摂取による安全性、植物への生育阻害など特に問題もなく、土壌改良剤として園芸などに利用できる。

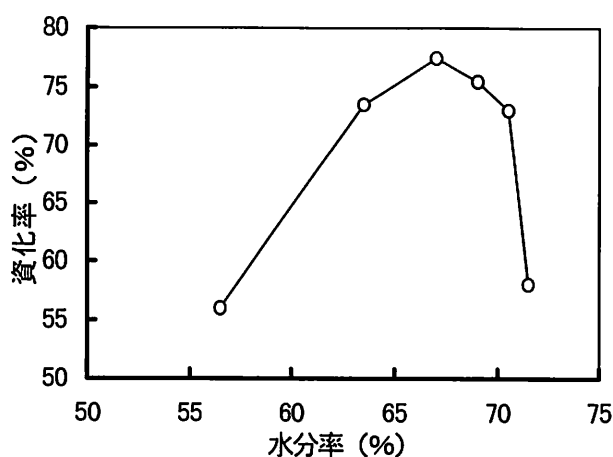


図2 厨芥の微生物分解に及ぼす水分の影響

本装置は日本で初めて量販された家庭用厨芥処理装置となり、現在では、家庭用の小型厨芥処理機が家電メーカーを始め多くの企業により開発・販売されている。当時は、コスト面でバッチ型処理装置に対抗するために、

装置の機構は手動による攪拌とし、温度制御も微生物自身による醗酵熱だけで特に加温もしなかったが、今では、自動攪拌で温度制御機構を持つのが一般的であり、今後、システムキッチンへの組み込みなどにより大きな普及が予測されている。また、家庭用小型装置がスケールアップされ、学校や給食センターなどの大規模施設に設置されるようになり、この学校現場への厨芥処理装置の設置は、処理による廃棄物減量の効果だけでなく、廃棄物を身近な問題として考え、微生物の不思議な力を身をもって体験し、科学する心を育てる教育的な効果も持っている。

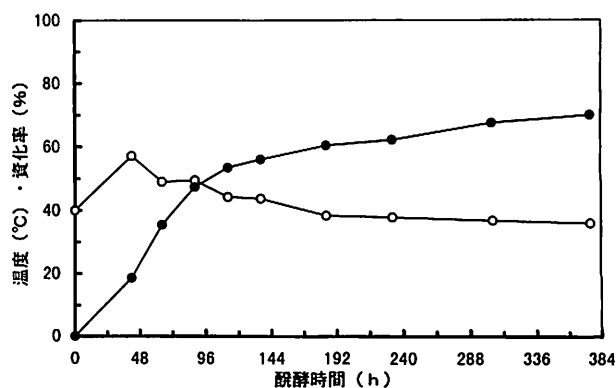


図3 厨芥の微生物分解の経時変化
○；温度，●；資化率

3. 繊維糊剤PVA分解への利用

ポリビニルアルコール (PVA) は弾性や耐摩耗性などの物理的性質に優れていることから、繊維加工用の経糸糊剤として多量に使用されている。しかしながら、PVAは合成高分子一般に言えることであるが、天然高分子に比べて難分解性であり、短時間で分解することはできず、必ずしも効率の良い廃水処理が行われているとは言えない。微生物によるPVA分解は、いくつかの研究例があるが、何れも共生系の微生物群によるものであり、PVA分解は酸化・脱水素酵素活性を持った菌と加水分解酵素を持った菌の菌叢によって大きく左右される。こうした背景から、PVAの効率的な分解を目指して、新しい分解菌の検索を試みた。図4に集積培養におけるPVA分解の経時変化を示すが、分解には約1週間が必要である。従来報告されている菌が何れも *Pseudomonas* に属する菌であるのに対し、本研究で分離した菌は *Alcaligenes* に属する新しい菌であった。本菌は、従来のPVA分解が共生する微生物による相互扶助によるのに対して、単独でPVAを分解できる。ただ、その微生物の酵素生産はわずかであり、工業的に使用するには、突然変異や遺伝子操作技術により酵素生産能力の大幅な増強が必要で

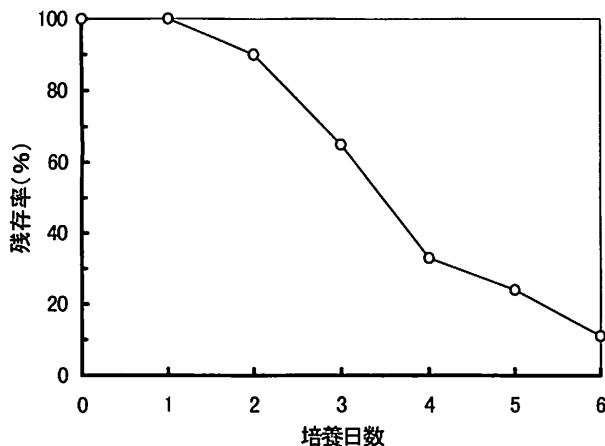


図4 PVAの集積培養

あり、今後の課題である。本酵素の分子量はSDS-ポリ
 アクリルアミドゲル電気泳動分析(SDS-PAGE)から約4.
 1万であり、PVA分子の内部をだまかに切断するEndo
 型の酵素であった。また、本分解菌は核外遺伝子である
 プラスミドを持ち、そのPVA分解能力は図5で示すよ
 うな形質転換の実験から、プラスミドに依存しているこ
 とがわかった。自然界に存在する微生物が合成高分子を
 分解できる能力を進化の過程で獲得したことも考えられ、
 今後、酵素遺伝子について研究を行う予定である。

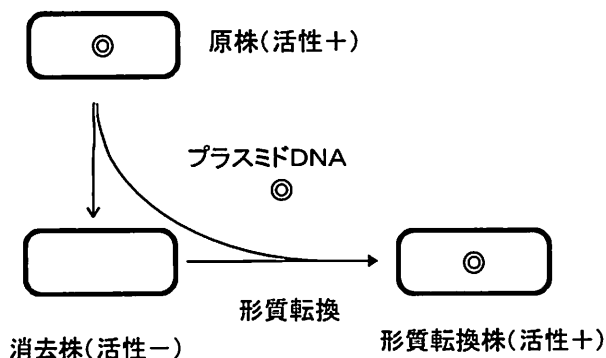


図5 *Alcaligenes* sp.No.6のプラスミド消去、形質転換実験によるPVA分解活性の変化

4. 写真フィルムのリサイクルへの利用

医療技術の進歩あるいは情報化社会の進展に伴い、医
 療用直接撮影X線フィルムや印刷製版フィルムの使用量
 は、当初の予測に反してむしろ増加している。医療用直
 接撮影X線フィルムは図6のように厚さ175 μ mのポリ
 エステル(PET)ベースの上に非常に薄い下塗り層が塗布
 され、次いで感光材である銀を含む乳剤層、そして最上
 部に保護層が両面に塗布された構造を持つ。印刷製版用
 フィルムはPETの厚さが100 μ mと薄く、かつ片面だけ

に塗布されている点異なるだけで、基本的には医療用
 直接撮影X線フィルムと同じ構造である。フィルムの乳
 剤層および保護層の支持体はいずれもゼラチンと呼ば
 れるタンパク質であり、感光材の銀はこの乳剤層中に医療
 用直接撮影X線フィルムの場合約1.2~1.5%、印刷製版
 用フィルムの場合約1%含まれる。ただし、最近では省
 銀技術の進歩により、その含有量は低くなっている。

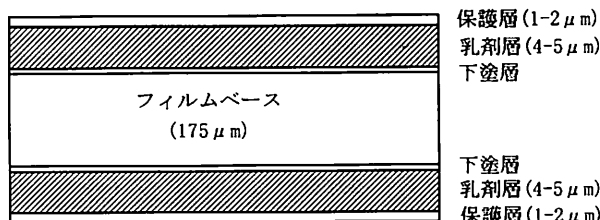


図6 X線フィルムの構造

写真フィルムのリサイクルは、現在、医療用X線フィ
 ルムから銀だけを対象に回収が行われているだけであり、
 印刷製版用フィルムの場合は銀含量が低いことから廃棄
 物として焼却あるいは埋め立てにより処分されている。
 写真フィルムから銀あるいはPETの回収方法を表1に示
 すが、現在行われているのは焼却による方法である。こ
 の方法は簡便ではあるものの、炭酸ガスの排出あるいは
 ダイオキシン発生の恐れなど地球環境の点から多くの問
 題を抱え、特にPETの回収が不可能であることからリサ
 イクル社会に適合した技術ではない。酵素を用いる方法
 そのものは既に数十年前から知られていたが、酵素使用
 によるランニングコストの高さや、分解力などの問題か
 ら広く普及するまでに至らなかった。

表1 写真フィルムから銀とPETの回収方法

方法	原理	特徴
焼却法	フィルムベースであるPETの自然を利用して焼却し、灰の中から銀を回収する	<ul style="list-style-type: none"> ・手軽に回収できる ・悪臭・粉塵対策が必要である ・灰の維持費が高い ・PETの再利用が不可能である ・銀の回収率、純度が低い
化学法	カセイソーダ、ヒドラジン、次亜塩素酸ソーダなどでゼラチン膜を剥離し、銀を回収する	<ul style="list-style-type: none"> ・刺激臭が発生する ・劇薬への安全対策が必要である ・薬品が高い ・PETの再利用が不可能である(ただし、品質は劣化している)
酵素法	ゼラチン膜を酵素(プロテアーゼ)で分解し、処理液から銀を回収する	<ul style="list-style-type: none"> ・悪臭、粉塵対策が要らない ・排水処理が必要である ・PETの再利用が可能である ・反応液のpH、温度管理が必要である ・酵素が高価である

こうした背景から、ランニングコストの軽減化には酵
 素を繰り返して使用でき、しかも、連続して処理でき
 ることが有利であると考え、銀とPETの連続分別回収シ
 ステムの開発を試みた。まず、連続的な処理に必要なゼラ

表2 開発酵素(B21-2)と市販酵素とのゼラチン膜分解の比較

酵素	起源	分解所要時間
プロレザー	<i>Bacillus</i> sp.	>20分
プロチンA	<i>Bacillus subtilis</i>	17分
ビオブラーゼ	<i>Bacillus subtilis</i>	>20分
B21-2	<i>Bacillus</i> sp.	7分

カゼイン分解活性を 100 U/ml (pH10.5, 40 °C)として、pH 10.5, 40 °Cの条件で行なった。

チン膜の分解にすぐれたプロテアーゼを開発したところ、得られた酵素は表2で示すように、非常に早くゼラチン膜を分解することができた。このことはゼラチン膜分解反応において滞留時間を短くでき、コンパクトなシステム設計が可能であることを示している。フィルム上のゼラチン膜分解について、pH、酵素濃度、温度などの反応条件を詳細に検討したところ、pHは10から11の間で最も高いゼラチン膜分解活性を示し、酵素濃度と温度の影響は図7で示すように、分解に要する時間は酵素濃度の増加に伴って短くなり、また、反応温度が高くなるほど短くなった。ただ、反応温度を上げると反応速度は大きくなるが、酵素は熱により失活することから、反応温度は40°Cぐらいが適当であり、この場合、酵素濃度は約11mg/l(酵素活性にして100U/ml)が適当であった。これらの結果をもとに、共同研究者である企業によって図8のような連続処理装置が設計・製作され、工業化された。現在、これらの成果を踏まえて、印刷製版フィルムについて完全な再利用を可能にする新規な処理システム

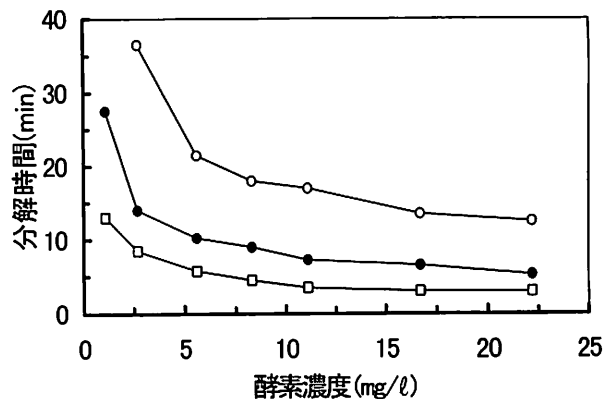
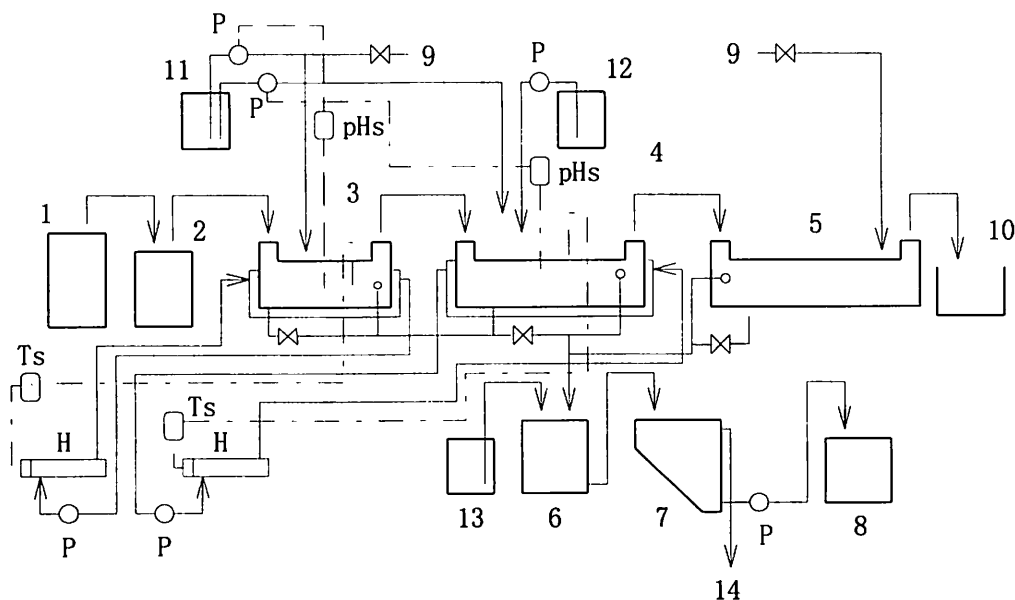


図7 ゼラチン膜分解への酵素濃度と温度の影響
○; 30°C, ●; 40°C, □; 50°C

の開発研究を、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)・中小企業事業団から委託されて、平成9年度から3ヶ年の計画で企業と大学とで共同して行っている。医療用直接撮影X線フィルムには年間500トン、印刷製版用フィルムには年間250トンの銀が使用されていることから、新しい処理システムの完成により、多量の銀が印刷製版フィルムから新たに回収されることになる。もちろん、PETも医療用直接撮影X線フィルムと印刷製版用フィルムの両方から新たに回収されることになり、特に、印刷製版用フィルムの場合は透明であることから、X線フィルムの青色のPETに比べると付加価値が高く、リサイクルはさらに有利となる。



1:フィーダー, 2:シュレッダー, 3:アルカリ槽, 4:リアクター, 5:洗浄槽, 6:中和槽
7:凝集沈澱・沈降槽, 8:スラッジ排出, 9:市水, 10:PET排出, 11:カゼインソーダ, 12:酵素液, 13:塩酸,
14:排水, pHs:pHセンサ, Ts:温度センサ, P:ポンプ, H:ヒータ

図8 連続処理装置の構成

5. 殺菌剤としての利用

微生物の制御には正と負がある。正の制御は、微生物をできるだけ多く培養し、醗酵生産物を多く得るための技術あり、負の制御は静菌、殺菌など微生物をできるだけ生育させない技術である。負の制御は、病原性大腸菌 O-157 のように衛生面だけでなく、産業界においても食品製造物の腐敗や金属材料の腐食など品質管理の面で重要な課題である。殺菌は加熱のような物理的な殺菌と殺菌剤を用いる化学的な殺菌に大別され、後者の場合、第4級アンモニウム塩など化学合成された薬剤を用いるのが一般的であるが、人体への影響など労働衛生の面、あるいは地球環境への配慮から、その使用をできるだけ少なくするか、あるいはそれらに代わる環境に優しい新規な殺菌方法の開発が期待されている。その一つとして、植物や微生物が生産する抗菌物質の利用あるいはリゾチームのような溶菌酵素による殺菌などがある。バイオテクノロジーの活用による殺菌の実用化の例は少ないが、今後、期待されている技術分野である。

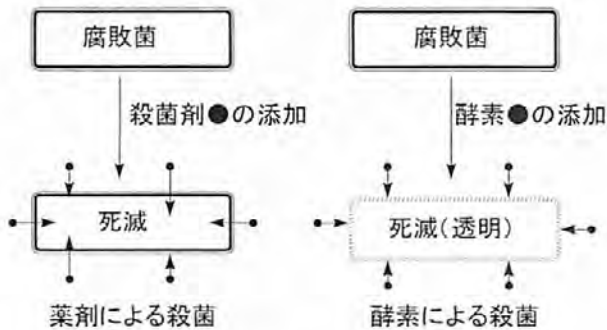


図9 薬剤による殺菌と酵素による殺菌の違い

われわれは特定の腐敗菌を酵素によって溶菌させ殺菌することを目標に、溶菌酵素の新たな開発を試みた。薬剤による殺菌と酵素による殺菌の違いを図9に示すが、薬剤による殺菌は、薬剤が菌体の細胞壁を透過してタンパク合成系、あるいは膜透過を阻害することにより菌を死滅させるのに対し、酵素の添加は腐敗菌の細胞壁を溶解させ死滅させる点で大きく異なる。酵素による腐敗菌の溶解を図10に示すが、酵素作用により菌の細胞壁は分解され白濁していた溶液は完全に透明になる。現在、実用化に向けて、酵素生産性の増大を図っており、また、酵素活性が安定して長期間維持できるように、酵素を固定化させたり、あるいはマイクロカプセルに封じ込め徐放性を持たせるなど利用形態について検討している。

6. 水道管腐食の微生物制御

バイオテクノロジーの活用には、上記のような微生物の

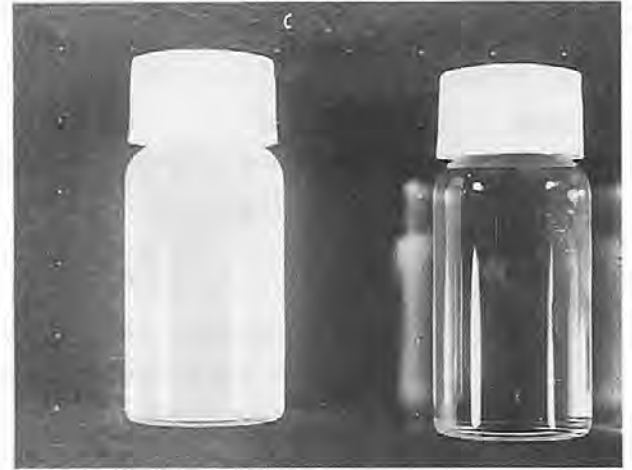


図10 酵素による腐敗菌の溶菌

左：酵素処理なし、右：酵素処理あり

持つ機能を利用するだけでなく、微生物そのものを制御する技術も含めることができる。大阪府企業局は千里ニュータウンに続き、泉北ニュータウンの開発を行ったが、建設事業の完成に伴い、道路、公園、上下水道などの公共施設は、大阪府からおおのの地元自治体に引き継ぐことになっていた。しかしながら、上水道施設については昭和52年頃から水道管の破損やそれによる漏水などの事故が相次いで発生し、自治体への引継ぎの妨げになっていた。そこで、大学、大阪府、企業からなるプロジェクトチームが組織され、現地掘削調査を行うとともに、腐食部の各種分析あるいは土壌分析などから、水道管の腐食原因を解明することになった。

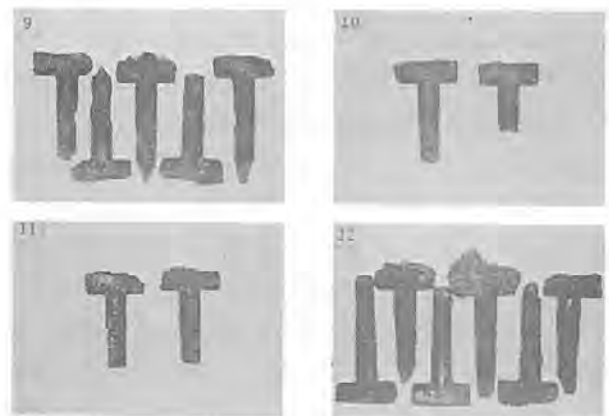


図11 腐食した水道管

水道管の接合部のボルトおよびナットは、図11で示すように、腐食し、原形をとどめないものもあり、腐食の進行が異常に早く起きていたことを示していた。採取土壌による強制酸化の腐食試験は、海水中での腐食と同程度かそれ以下であり、したがって、現場での大きな腐食速度には、その他の要因の関与、例えば微生物学的な腐食

による促進が考えられた。採取した土壌から一般に金属の微生物腐食の原因とされる硫酸還元菌の存在が認められ、またその他の嫌気性菌も検出された。腐食生成物は炭酸鉄が最も多く、次いで硫化鉄であったことから、腐食は酸化に加えて炭酸ガスを発生する嫌気性菌と硫酸還元菌により、促進されたと結論づけた。

さて、その腐食対策であるが、微生物の生育は、一般に栄養源、温度、水、pHなどに依存することから、腐食の防止はこれらの因子を制御することにより可能となる。そこで、新しく埋設した水道管の周囲の土壌を砂に置き換えることにより、微生物による腐食を防ぐことにした。なお、現在では、水道管そのものをポリエチレン樹脂でコーティングすることにより微生物の接触を防いだり、更により抜本的な防錆の対策として水道管の鋳鉄そのものが腐食されにくい材料にするなどの研究も行われ、当研究所でよい成果が得られている。

7. おわりに

わが国においては、昭和46年に科学技術会議がライフサイエンス振興の重要性を答申で指摘して以来、その基本計画に基づき、着実な推進が図られ、当研究所においても昭和54年以降、バイオテクノロジーの広範囲な活用を目指して、酵素の新規開発やその利用あるいは微生物そのものの利用などの研究を行ってきた。現在では、こうした微生物、酵素の開発・利用とともに、遺伝子操作を用いたタンパク工学的手法による工業用酵素の耐熱性の向上や作用最適pHの変換など、酵素の改変も行っている。本稿では当研究所で行ったバイオテクノロジー研究の中から、環境保全への活用例として、厨芥処理への微生物利用、PVA分解への微生物の利用、写真フィルムリサイクルへの酵素の利用、殺菌剤としての酵素の利用、鋳鉄水道管の腐食原因の解明とその防錆対策、などを紹介した。バイオテクノロジーは生物が持つ機能の利用であることから基本的には環境に優しい技術であり、今後は各種のリサイクルやごみ処理など廃棄物対策への利用とともに、環境汚染改善への利用などバイオレメディエーションの研究が盛んになると思われる。最後に、実際にバイオテクノロジーをいかにして取り組むかであるが、導入・活用に際しては、まず、身近にある課題や問題の解決にバイオテクノロジーの利用・適用を考えてみ

るのがよく、その方が成功の可能性も大きくなる。また、バイオテクノロジーを導入するまでに至らなくても、それらに関する知識を持つことにより、従来とは違った視点・観点で事柄を眺めることが可能となり、新しい問題解決の糸口を探し出せるかもしれない。バイオテクノロジーについての基礎技術習得のために、研究所では技術講習会、研修生制度、ORTなど種々の研修を行っており、これらの積極的な利用を勧めたい。

参考文献

厨芥処理への微生物の利用

- 1) 受託研究報告「厨芥の微生物処理に関する研究」(昭和63年)
- 2) 受託研究報告「微生物による厨芥組成物の分解と効率的な処理に関する研究」(平成元年)

繊維糊剤PVA分解への利用

- 1) 大阪府先端技術共同研究開発事業「ニューバイオテクノロジーによる新規酵素の創成と繊維素材の改良・開発に関する研究」成果報告書(最終報告, 平成5年3月)
- 2) 藤原信明, 山元和彦, 増井昭彦, 坂井拓夫: ポリビニルアルコール分解菌の分離とその性質, 産業技術総合研究所報告, 9-13, No. 9, 1996

写真フィルムのリサイクルへの利用

- 1) 藤原信明, 山元和彦, 好アルカリ *Bacillus* sp. 産生アルカリプロテアーゼによるX線フィルムのゼラチン膜の分解, 醗酵工学会誌, 65, 531-534 (1987)
- 2) 藤原信明, 都宮孝彦, バイオリクターによるフィルムからの銀の回収, Bio Industry, 5, 21-27 (1988)
- 3) Nobuaki Fujiwara, Takahiko Tsumiya, Tsutomu Katada, Takeshi Hosobuchi and Kazuhiko Yamamoto, Continuous Recovery Process of Silver from Used X-ray Films Using a Proteolytic Enzyme, Process Biochemistry, 155 (1989)

殺菌剤としての利用

大阪府産学官共同研究開発事業「新規殺菌剤の開発とその利用に関する研究」成果報告書(最終報告, 平成8年9月)

水道管腐食の微生物制御

泉北丘陵住宅地区水道の水道管腐食対策に関する調査・研究結果報告書, 大阪府企業局, 社団法人 大阪府技術協会(昭和60年2月)

大阪府中央卸売市場における生ごみの発酵堆肥化

Composting of Garbage at Osaka Prefectural Central Wholesale Market

宮内 修平* 井本 泰造* 岩崎 和弥*
Shuhei Miyauchi Taizo Imoto Kazuya Iwasaki

(1997年12月4日受理)

キーワード：中央卸売市場，生ごみ，発酵槽，堆肥化，減量化，資源化，発熱量，肥料

1. はじめに

大阪府中央卸売市場は，昭和53年5月，北大阪地域の400万人を越える消費者に対して，生鮮食料品等を円滑かつ安定的に供給することを目的に茨木市南部に設置された。北大阪地域の消費人口の増加に伴い，同市場の取扱量も順調に増加し，平成6年度には約43万トンにも達している。しかし，同市場から排出する廃棄物も年々増加し，平成6年度には12,400トンにも達しており，人口3万人規模の市町村に匹敵する膨大な量となっている。

市場から排出される廃棄物には生ごみ，発泡スチロール，段ボール等がある。生ごみは可燃性ゴミとして都市清掃工場で焼却処分されている。また，生ごみ以外の廃棄物の内，発泡スチロールは溶融固化された後，文房具等の原料として年間200トン程度がリサイクルされ，段ボール等についても，リサイクル可能なものについては，ほぼ全量が再生されており，生ごみ以外の廃棄物の減量化はほとんど望めない。

一方，市場から排出されるごみの内，その約7割が野菜屑，果物屑，魚アラ等のいわゆる「生ごみ」であり，これを減量化することがはるかに効果的である。その方法の一つである，生ごみ高速堆肥化は，このような生ごみの大幅な減量化と製品堆肥の資源循環が可能なることから，このたび，これら生ごみの100%減量を目指したシステムを開発することとした。

本報告では，現在一般的に行われている生ごみの堆肥化処理について，その概要を焼却処理と比較した利点，堆肥化反応における支配因子，堆肥化装置および堆肥化

における熱収支の各項目について述べる。

つづいて，大阪府中央卸売市場内で実際に発生する生ごみを対象に，今回新たに開発した生ごみ高速発酵堆肥化装置を紹介し，実用化に向けた取り組み，主として減量化を目的とした実験結果について報告する¹⁾

2. 堆肥化処理について

(1) 堆肥化処理の利点²⁾³⁾

生ごみの堆肥化処理は廃棄物の資源化の一方法として古くから利用されてきた技術である。しかし，発生ごみの種類と量の増加により，現在そのほとんどが焼却処理されており，堆肥化処理は全発生量のわずか0.1%程度にすぎない。すなわち，一見有効と思われる堆肥化処理には，

- ①処理速度が遅い
- ②減量率が小さい
- ③プロセス前後において選別操作が必要
- ④製品堆肥の安定した需要先の確保難
- ⑤製品堆肥の品質や安全性の確保

等の問題があり，十分普及していないのが現状である。

他方，わが国農業は化学肥料による収量拡大のもとで地力低下が著しく，さらに，環境問題や有機質農法の見直しが大きく取り上げられ，資源リサイクル，農産物の安全性ともからんで堆肥が見直されつつある。さて，一般的に行われている焼却処理については次のような問題点がある。

- ①高温燃焼処理のため炉内および機器の損傷が激しく，維持管理費が高く，また，運転管理も難しい
- ②集塵機の設置および飛灰の無害化が必要
- ③ダイオキシンに代表される有害物質の発生の可能性

* システム技術部 環境システムグループ

④排ガス中に含まれるNO_x, HClの洗浄が必要

⑤焼却灰の最終処分場の確保難

現在、焼却処理場の建設コストは、処理能力トン当たり5,000万円前後と急激に上昇しており、焼却経費はトン当たり1~2万円にもなっている。そこで、生ごみの処分にあたって、先に述べた問題点はあるものの、今一度堆肥化処理を焼却処理と比較すると、次のような利点がある。

①低温処理(60℃前後)のため、運転管理が容易で維持管理費が低い

②60℃前後で発酵が進行するため、数日間で病原菌は死滅し衛生的

③生物処理であるので排ガス中にはCO, NO_x等の発生は皆無

④ダイオキシン等の有害物質の発生がない

⑤通常、発熱反応であるため、熱源が不要

⑥堆肥化反応は湿り状態で進むため粉塵はなく、集塵機は不要

⑦排ガス処理はアンモニアを主体とする臭気処理のみで十分

⑧製品堆肥は農地還元により資源循環が可能となり、最終処分場を必要としない

以上、焼却処理されている生ごみも堆肥化することで、より安全、安価に処理される可能性があり、資源循環にも役立つ。

(2) 堆肥化反応における支配因子⁴⁾

堆肥化反応は微生物による有機質の分解反応で、通常は好氣的条件下で短時間で生物的に安定化することであるが、原材料の物理・化学的性状により反応時間や処理方法が異なるのが普通である。好気性堆肥化反応を進める上で考慮しなければならない代表的な支配因子を次に示す。

(A) 水分

微生物が活性を維持するためには水分の確保が不可欠であるが、固形物を対象とする好気性堆肥化にとって、過剰水分は嫌氣的条件を招き、微生物活性を著しく損なう。従って、水分は濡れたり乾いたりする状態ではなく、ある程度湿っている状態が望ましく、水分量は一般的に30~70%程度が適当である。

(B) 温度

反応速度は60℃前後で最大となり、2~3日続けば病原菌や雑草種子が死滅する。また、この温度は露点を高く保ち水分蒸発にも適当な温度である。

(C) 通気

微生物の要求酸素量に見合った通気を行えばよいが、この通気により水分蒸発や温度制御も行うために、通気量は一般的に0.05~0.2m³N/min程度が適当である。

(D) 切り返し

切り返しは発酵槽の種類と発酵状態にもよるが、1日に数回行われ、発酵状態の良いものほど回数を多くする必要がある。

(E) 微生物

高温性のバクテリアと放線菌が主に反応を受け持ち、難分解性の発酵が始まる反応後期になると、糸状菌が支配的となる。

(3) 堆肥化装置⁴⁾⁵⁾

堆肥化装置には、受入、破碎、選別、調整、堆肥返送、発酵、後処理、貯留、搬出、脱臭等、多くの設備が必要となる。ここでは、堆肥化装置の中心となる発酵設備について述べる。発酵設備は通気、移送、切り返しの工程からなっており、これには図1に示す多くの形式があり、また、これらを組み合わせた方式もよくみられる。以下に代表的な発酵槽の構造を示す。

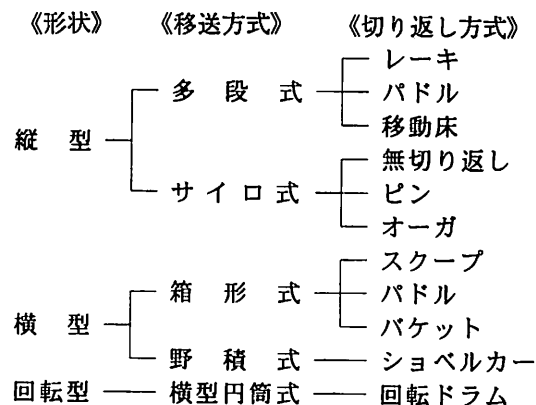


図1 発酵槽の形式⁴⁾

(A) 縦型多段式発酵槽(図2)

上下方向に数段の発酵室があり、最上段に投入された原料が下段に落下していく過程で発酵が進む。従って、各段個別に送気が可能なため、発酵状態に応じた送気量が確保される。通常、円形が多く、回転アームに取り付けられたレーキやパドルで切り返しが行われる。方形の場合には、移動床等によって切り返しが行われる。装置が大がかりであるが、各段の堆積厚みが1m以下と薄いため有効容積が小さい。

(B) 縦型サイロ式発酵槽(図3)

縦型多段式発酵槽と外観は変わらないが、発酵室は一つで構造は簡単であり、上部から原料が投入され、製品は下部から排出される。送気は全体に見合った量を下部に入れ上部から排気することが多く、多段式発酵槽に比べて堆積厚みが数mと厚いため、送気の圧力損失が大きい。しかし、構造が簡単なため、畜産関係で多く用いられている。

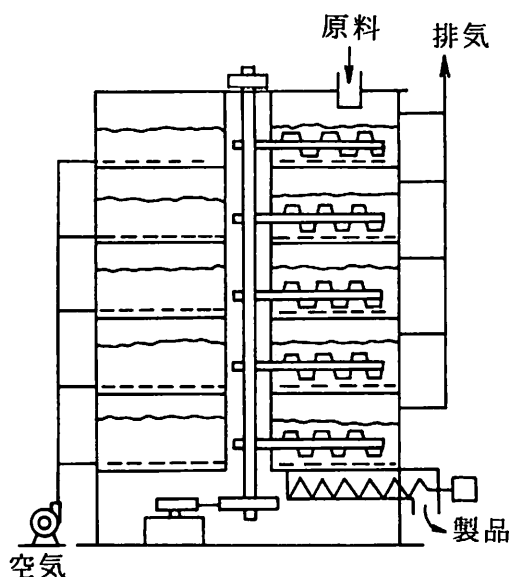


図2 縦型多段式発酵槽(バドル式)

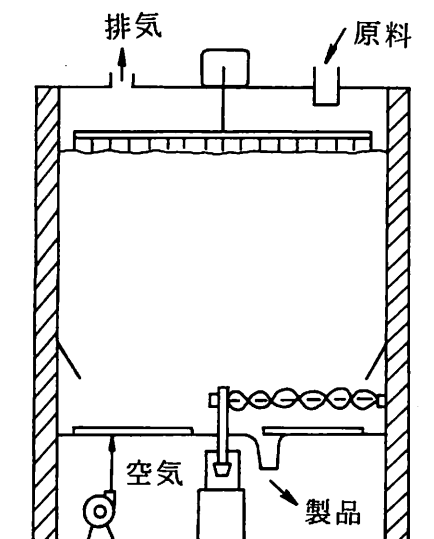


図3 縦型サイロ式発酵槽

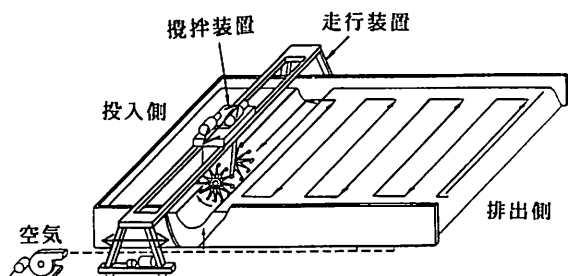


図4 模型箱式発酵槽

(C) 横型箱式発酵槽(図4)

1 m前後の厚みで平面的に広げられた発酵槽で、堆肥化物は機械式切り返し装置によって一方向へ移動する。送気は下部から行うが、開放型であるため切り返しで十分な場合もあり、設置されない場合もある。開放型であるために設備機器の維持管理は容易であるが、設置面積が広く、排ガスの臭気対策が困難である。大型畜産団地等で採用されているケースがある。

(D) 横型野積式

いわゆる自然放置の状態に最も近い方法で、底部より送気したり、一定期間でショベル等により切り返しを行ったりしている。一般に機械式は、切り返しによって、発酵の進行方向に沿って堆肥が移動されるが、この方式はショベル等により全体が切り返されるため、完全なバッチ運転となる。畜産廃棄物の水分調整用、または、二次発酵等の熟成用によく用いられる。

(E) 回転型円筒式発酵槽(図5)

横型回転円筒内で堆肥化する発酵槽で、都市ごみ堆肥化施設に古くから用いられている。切り返しは円筒の回転により、堆肥が持ち上げられ落下する時に行われる。移送は、円筒の回転により円筒内のレベルが平準化すること、または円筒を下流方向に傾斜することで行われる。送気は円筒の一方から反対方向へ行われる。構造的に簡単なこと、回転落下のさいに堆肥化物の破碎が期待できることから、発酵の前処理として利用されることが多い。

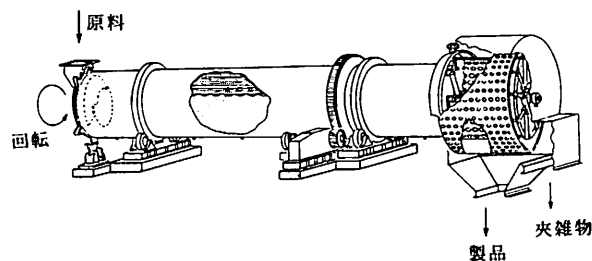


図5 回転型円筒式発酵槽

以上、各種の発酵槽を紹介したが、処理量およびごみの性状により、採用可能な形式が決まってくる。なお、同一形式であっても、詳細についてはメーカー各社のノウハウがあり、細かなところで構造および運転方法が異なるのが普通である。

また、一般に、堆肥の滞留日数(N)は発酵槽の有効容積(V₀)、投入量(V₁)、排出量(V₂)から次式であらわされる。

$$N = \frac{2 V_0}{V_1 + V_2}$$

(4) 堆肥化における熱収支²⁾³⁾

発酵堆肥化過程は微生物による有機物の酸化反応であり、緩慢な燃焼反応ともいえる。従って、好気的な条件下で進行する堆肥化過程は熱の発生を伴い、この発生熱量をいわゆる燃焼熱と考えればよいことになり、生ごみはその燃料になっていると考えられる。そこで、生ごみの発熱量は元素分析による各元素の重量割合をもとに、次に示す固体燃料の発熱量を求める Dulongの式(6)を用いて、総発熱量Hgおよび真発熱量Hnを推定する。

$$H_g = 34,000C + 143,000(H-O/8) + 94,500S \quad (\text{kJoule/kg})$$

$$H_n = H_g - 2,500(9H+W) \quad (\text{kJoule/kg})$$

今回の試験における生ごみ組成を表1に示す。表1から、この生ごみの総発熱量は $H_g = 19,300 \text{ kJoule/kg}$ で、真発熱量は $H_n = 1,720 \text{ kJoule/kg}$ となる。しかし、発酵は高温燃焼と異なり、有機物に含まれる可燃成分の全てが酸

表1 生ごみ組成

水分 %	乾物当たり (%)				
	炭素	水素	酸素	その他	灰分
89	49.06	6.62	37.55	1.97	4.8

化するのではなく、酸化分解の度合いにもよるが、一般に生ごみの有機物分解率は約80%と言われている。従って、残りの約20%に相当するものは、微生物の死骸、有機物の未分解物等と考えられ、これらを総称して、一般に堆肥(コンポスト)と称している。ここでは、簡単のために有機物の20%がそのまま堆肥として残ると仮定すると、堆肥の排出率M(%)は次式で表される。

$$M = (100 - H_1) \times (100 - F) / (100 - H_2) \times 100$$

H_1 : 原料(生ごみ)の水分率(%)

H_2 : 製品堆肥水分率(%)

F : 有機物分解率(%)

ここで、 $H_1 = 90$, $H_2 = 50$, $F = 80$ とすると堆肥の排出率Mは4.4%と非常に小さな値となり、堆肥化により大幅な減量化が可能であることが想定できる。

一方、生ごみの有機物分解率を80%と仮定したことから、発酵による総発熱量 Q_1' も同様に80%と想定できる。

$$Q_1' = H_g \times 0.8 \quad (\text{kJoule/kg})$$

この値をもとに、一日の生ごみ処理量を100kgとした場合の発酵堆肥化について熱収支の検討を行った。従って生ごみの発酵による総発熱量 Q_1 は

$$Q_1 = Q_1' \times 100 \quad (\text{kJoule/日})$$

堆肥化によって系外に排出される水分量Wは次式で表される。

$$W = a + b - c \quad (\text{kg/日})$$

a : 生ごみの持ち込み水

b : 有機物の分解(80%)により発生する水

c : 堆肥が持ち出す水

この式から、堆肥化により系外に排出される水の量は、生ごみの重量の約90%にもなることが分かる。この水は発酵排ガスとともに水蒸気となって、湿りガスの状態で発酵槽の系外に排出される。そのための蒸発必要熱量 Q_2 は次式となる。

$$Q_2 = W \times 2,520 \quad (\text{kJoule/日})$$

この時、水の絶対湿度(100%湿り)Hは、排気温度(発酵温度)Tによって次式³⁾で表される。

$$H = 0.0048 \times \exp(0.0576 \times T) \quad (\text{kgH}_2\text{O/kgAir})$$

この絶対湿度と空気の比重(1.28)から発酵用空気量Vが決定される。

$$V = W/H/1.28 \quad (\text{m}^3\text{N/日})$$

図6は発酵用空気量を生ごみ処理量100kg、排ガス相対湿度95%、空気余剰率を10%として計算した結果を示したものである。

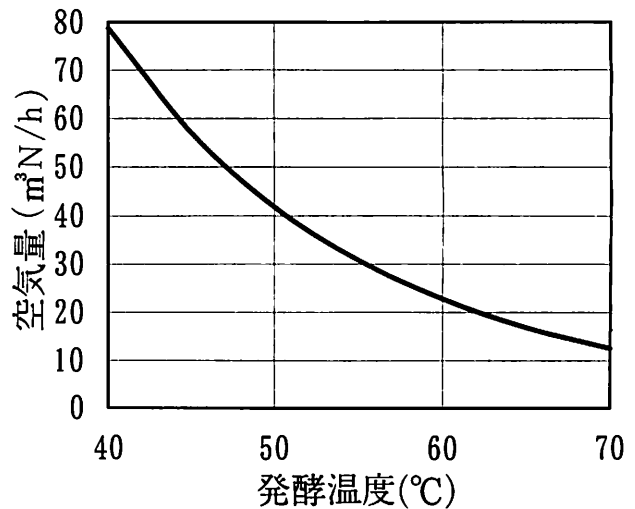


図6 生ごみ100kg当たりの発酵温度と空気量

また、この発酵用空気も堆肥化過程での Q_2 の熱を奪い系外に出る。

$$Q_3 = V \times (T - \text{外気温}) \times \text{比熱} \quad (\text{kJoule/日})$$

同様に、排出堆肥も Q_3 の熱を奪い系外に出る。

$$Q_4 = M/100 \times (T - \text{外気温}) \times \text{比熱} \times 100 \quad (\text{kJoule/日})$$

さらに、投入生ごみも発酵槽内で Q_4 の熱を奪う

$$Q_5 = (T - \text{外気温}) \times \text{比熱} \times 100 \quad (\text{kJoule/日})$$

次に、発酵槽からの放熱量 Q_6 は発酵槽本体(外径1.1m, 長さ3m)の外壁面積S, 総括伝熱係数N, 対数平均温度差 ΔT とすると次式で与えられる。

$$Q_6 = S \times N \times \Delta T \times 24 \quad (\text{kJoule/日})$$

従って、発酵堆肥化による熱収支Qは

$$Q = Q_1 - (Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6)$$

- Q₁ : 有機物分解による総発熱量
- Q₂ : 水分蒸発熱量
- Q₃ : 空気持ち出し熱量
- Q₄ : 堆肥持ち出し熱量
- Q₅ : 原料加温熱量
- Q₆ : 発酵槽放熱量

となり、この値が、正である場合には、発酵熱のみで円滑に堆肥化が進行するが、負になった場合には、灯油等の補助熱源を使用しなければ円滑に堆肥化は進行しないことになる。今回の試験では、生ごみ水分量が高いため補助熱源として灯油を用いた。

また、実際の堆肥化設備から排出するガスには多量のアンモニアが含まれ、脱臭設備が必要となる。このため脱臭効果として、最も確実な焼却脱臭を採用した場合に

ついて検討した。なお、焼却脱臭の熱効率は95%と設定している。

図7は、発酵用、脱臭用に必要な灯油消費量を示したものである。図6、図7から、発酵槽内温度を高くすることで、発酵用空気量および灯油使用量を大きく減少することが可能となり、大幅な省エネルギー効果が期待できる。

3. 実験装置および方法

(1) 実験装置、実験方法

今回の研究では、横型回転円筒式発酵槽を用いて実験を行った。この方式は、多段式に比べて有効容積が大きく構造が簡単であり、サイロ式に比べて投入材料の圧密がなく好氣的条件が得やすく、かつ送風圧が低くできる。また、箱形、野積式と比べて開放型でないため排ガス対策が容易である等の理由から本方式を採用した。

図8に試験装置の概要を示す。原料は破砕機により破砕されて供給機に投入され、タイマーに連動した定量切出しが行われる。定量切出しされた原料はスクリュウフィーダーにより発酵槽(有効容量約1,200ℓ)に運ばれ、発酵槽の中で9分に1回転という回転を与えられながら排出側に進み、堆肥化が進行する。排出側から出た堆肥はコンベヤにより振動篩機に送られ、ここで0.5mm以下の製品堆肥が篩い分けられる。10mmを越える夾雑物は再度破砕され0.5~10mmの中間篩物とともに返送コンベヤにて再びスクリュウフィーダーに戻され、原料と混ざって、水分調整材としての役割を果たしながら再び発酵槽に進む。

また、発酵槽内温度を約50℃に保つため、排ガス温度に連動しON、OFF制御が可能なバーナを発酵槽入口側

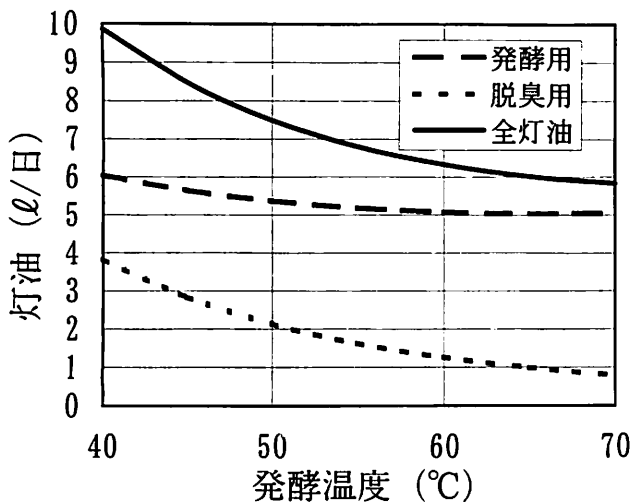


図7 生ゴミ100kg当たりの発酵温度と灯油消費量

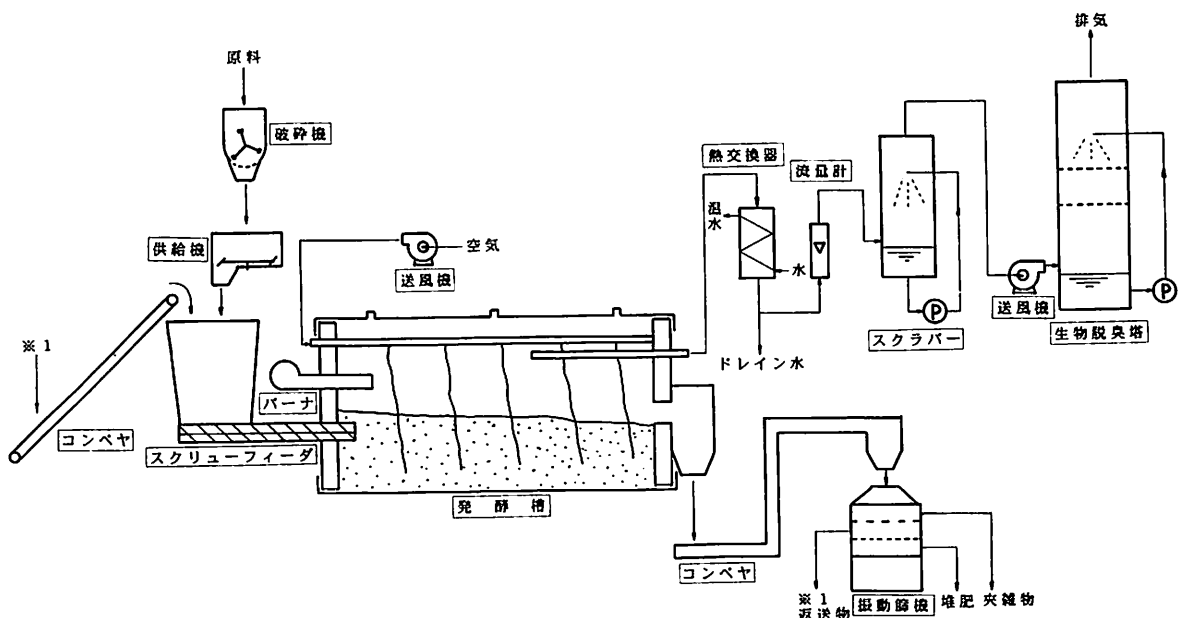


図8 堆肥化試験装置の概要

に設置した。バーナにより余分に加えた熱量は、実験終了時の灯油消費量から求めた。

実験に際しての測定項目として、排ガス中の酸素濃度、と二酸化炭素濃度は連続排ガス分析器により測定し、発酵槽内温度と発酵槽内堆肥温度は熱電対にてデータロガーを介して打点記録計およびパソコンに取り込んだ。排出堆肥の水分、pH、アンモニアおよびかさ比重は必要に応じて手分析にて測定した。

また、原料となる生ごみは、中央市場から発生するものを使用し、発生割合に応じて、野菜：果物：魚アラ＝2：2：1の比率で投入した。

(2) 生ごみ投入実験

(A) 予備運転

機器の調整・改造を行うとともに、水分調整材(オガ屑)および種堆肥を適宜追加しながら、定常運転になるまでの準備期間で、生ごみ投入量も一定していない。この間に投入されたオガ屑は262kg、種堆肥は63kg、生ごみの投入量は1,095kgであった。また、発酵用に送られる空気量は、初期のオガ屑の水分が約20%と乾いているために、12m³N/hと小さな値であった。

(B) 定常運転Ⅰ(日量100kg処理)

安定した運転状態がほぼ継続できることを確認したので、初期の目的である日量100kg投入処理に入るとともに、発酵槽内温度を一定の約50℃に保つため、バーナのON、OFF制御運転を始めた。発酵槽内堆肥の水分は徐々に上昇してきたので、水分蒸発の促進をはかるため、空気量は予備運転の12m³N/hから漸次増加させ、最終的には計算上の目標値である42m³N/hにした。この間に投入した生ごみ量は2,800kgであった。

(C) 定常運転Ⅱ(日量150kg処理)

実用プラントを設計するにあたり、初期投資の低減化が償却期間に与える影響が大きいため、できるだけ設備の小型化を図ることが求められた。そこで、それらを検討する目的で、現状の誘引送風機の最大能力に近い63m³N/hの空気量を与え、一方生ごみの処理量を日量150kgとした。この間に投入した生ごみ量は4,800kgであった。

4. 実験結果

実験結果を表2に示す。この表の値から、投入生ごみの減量化率および乾物(有機物)分解率を計算できる。

なお、オガ屑は分解困難物、種堆肥は分解完了物として扱い、両者ともに減量化に寄与しないものと仮定した。

計算の結果、投入生ごみ減量化率 η_1 は

$$\eta_1 = 100 - \frac{\text{堆肥}-\text{オガ屑}-\text{種堆肥}}{\text{投入物}} \times 100$$

$$= 95.7\%$$

有機物分解率 η_2 は

$$\eta_2 = 100 - \frac{\text{堆肥乾物}-\text{オガ乾物}-\text{種乾物}}{\text{投入乾物}} \times 100$$

$$= 82.9$$

となり、大幅な減量化と有機物分解率が得られた。

また、この時の灯油消費量は528ℓで、生ごみ投入物1kg当たりに換算すると、0.061kgとなった。

また、実験終了後の排出堆肥を篩いにかけて、2mm以下のものについて成分分析を行った結果を表3に示した。

表2 生ごみ投入結果

運転状態	オガ屑	種堆肥	生ごみ	排出堆肥
A	262	63	1,095	0
B	96	30	2,800	85.5
C	0	0	4,800	735.9
計	358	93	8,695	*821.4
有機物重量	286.4	37.2	956	486.7

*：発酵槽内より全量排出

表3 排出堆肥の成分(%)

水分	50.5
pH	(-) 8.2
EC (mS/cm)	11.5
C/N	(-) 10.6
窒素	2.13 (4.30)
リン	1.26 (2.55)
カリウム	1.80 (3.64)
ナトリウム	0.69 (1.39)
カルシウム	1.71 (3.45)
マグネシウム	0.25 (0.50)
灰分	11.9 (24.0)

* () 内は乾物当たり

以上のように、実験そのものは当初の目的である生ごみの減量化と堆肥化が十分可能であることを実証したものであったが、実験期間が短いことや、運転中に不具合が生じて、定常状態にできるだけ装置を維持する必要から、装置に適切な改良が加えられなかったことが、問題点としてあげられる。具体的には次のような不具合が生じた。

①破砕機的能力不足から、生ごみの破砕が粗くなっ

た。

- ②供給機にタイマーを連動させたが、定量供給が十分できなかった。
- ③返送コンベヤの持ち帰りによる堆肥の落下で、返送堆肥量の平準化が困難であった。
- ④振動篩の目詰まりが激しく、製品堆肥の円滑な取り出しができなかった。
- ⑤発酵槽内空間にバーナを設置し槽内温度を制御したため、燃焼ガスが槽内上部をショートパスし、熱効率の低下を招いた。

しかしながら、これらの問題点はほとんどが機械的に解決できることから、現在実用プラントに向けて改良中である。

5 おわりに

生ごみの発酵堆肥化実験を行ったところ、投入生ごみ減量化率は約96%、有機物分解率は約83%となり、予め試算した値とほぼ一致した。この結果から、生ごみの堆肥化は減量化の上からも非常に有効な処理方法と思われる。

また、排出堆肥の成分は通常の堆肥と変わらない値を示した。重金属の含有についても、カドミウム0.41ppm、水銀0.67ppm、砒素3.49ppmで、土壌改良材等の特殊肥

料としてそれぞれの規制値5ppm, 2ppmおよび50ppmに対して1/3から1/10と十分低く、使用に際して問題のないことが分かった。

以上のことから、中央卸売市場のように大量に生ごみが発生し、しかも重金属の混入の恐れがほとんどない小さい事業所においては、堆肥化は生ごみの大幅な減量化を図ると共に、堆肥として資源循環を可能とする有効な手段であることが判明した。

参考文献

- 1) 飲食店等動植物性残渣リサイクルモデル推進事業調査検討報告書、大阪府動植物性残渣リサイクルモデル事業協議会、1997
- 2) 宮内修平、ゴミコンポストについて、配管技術、35(7),56(1993)
- 3) 井本泰造、宮内修平他、事業系厨芥の堆肥化について、大阪府立産業技術総合研究所報告技術資料、1994,No.4
- 4) (社)全国都市清掃会議編、ごみ処理施設構造指針解説、1992、p532-537
- 5) 環境機器活用事典編集委員会、廃棄物処理・リサイクルの技術と機器、産調出版、1988、p402
- 6) 辻正一、燃焼機器工学、日刊工業新聞社、1987、p20

地球環境時代のモノ造り

Manufacture with Minimum Environmental Impact

野上 良亮*

Ryosuke Nogami

(1997年2月20日受理)

キーワード：地球環境，製造業，地球環境対策，環境マネジメントシステム，ISO14000シリーズ，リサイクル，ライフサイクルアセスメント

1. はじめに

モノ造りの原点は「人に役立つモノ」，「人から求められるモノ」を造ることである。造り込まれた性能や品質は，それを使う人に喜ばれ，同時に造り手の達成感を満足させることになる。近年，安全性が望まれる性能の上位に位置するようになってきた。

品質の安定した製品を安価に提供する大量生産方式は一方で使い捨て文化につながり，消費された大量の製品は一般廃棄物として排出されている。同時に，産業構造の高度化等による産業廃棄物の増大も著しく，最終処分場(埋め立て地)の不足が問題となっている。

先進国を中心とする大量生産・大量消費に支えられた経済の発展と生活水準の向上に加え，開発途上国における人口の急増や都市集中，さらに工業化等を背景とした大気・水質・土壌汚染，森林破壊，砂漠化等，世界中のいたるところで環境問題が顕在化してきた。また，化石燃料からの炭酸ガス等による地球温暖化や酸性雨，フロン類によるオゾン層の破壊，熱帯雨林の減少等の地球環境問題が地球の未来に影を落としている¹⁾。

このような問題の回避手段として，資源の保護と，循環型社会の形成による持続可能な発展の維持が必須条件となる。このためには自らの生産と消費のパターンを環境に優しいものに変えていくことが求められている²⁾。

地球環境時代のモノ造りは製品の品質や安全性の他に企業活動の全てにわたる環境への配慮が重要となる。欧米を中心にこの問題への対応は大きな流れとなっており，モノ造りの発想は原点から切り替えるべき時期にきたと

いえる。

地球環境に配慮したモノ造りは，コストの上昇や消費の減少を招くとの懸念が一部にあるが，省資源や省エネルギーの追求はコストダウンにつながるし，今までにない新しいビジネスチャンスの到来も期待できる。一方，配慮を怠り環境汚染に至った場合，その修復には莫大な費用と時間を費やすことになる。

消費者や自治体は環境優先の商品選択である「グリーン調達」を強めており，環境対策への早期の取り組みが競争力の強化と企業イメージの向上に貢献する。また，そこで必要とされる手法については，日本企業が得意とするものが多く，積極的な取り組みが大きな効果をもたらすことになる。

本報では地球環境時代のモノ造り指針の参考にするために，企業の地球環境対策を支援する環境マネジメントシステムと国際規格ISO14000シリーズ，および関連する国内法や国際的なルールの概要について述べる。

2. ISO14000シリーズ制定の背景

(1) 地球環境問題の動向

1972年，ローマクラブが発表した報告書「成長の限界」が契機となり，地球環境問題が国際的に意識された。同年6月，スウェーデンのストックホルムで国連人間環境会議が開かれ，国連環境計画(UNEP)が設立された³⁾。

経済界の取り組みも古く，1974年には，国際商工会議所(ICC)が「世界の産業のための環境ガイドライン」を発表した。企業が実施する最善の環境保全・負荷軽減策は，個々の企業の自主的な規制と基準の制定，理念と実施プログラムによってなされるべきであるとしている⁴⁾。

1980年，米国のカーター大統領の報告書「西暦2000年

* 生産技術部

の地球」の発表により地球環境問題が国際社会で本格的に認知された³⁾。

1987年4月、環境と開発に関する世界委員会(WCED)の報告書「我ら共有の未来」で南北問題を踏まえた上で、いわゆる”持続可能な開発”(Sustainable Development)の考え方を明確にした³⁾。

1989年、タンカーの座礁事故を契機に投資家や環境保護団体のグループ(CERES)が、企業の環境保全規範としてシリーズ原則(当時バルディーズ原則)を発表した⁴⁾。

1992年6月、ブラジルのリオデジャネイロで開催された地球サミットで、環境保全と経済発展の調和に関する国際的な原則として「環境と開発に関するリオデジャネイロ宣言」および、それを具体化するための世界レベルの行動計画として「アジェンダ21」が採択された³⁾。

1995年に廃棄物の国際間移動を規制する「バーゼル条約」、1996年には廃棄物の海洋投棄を規制する「ロンドン条約」、オゾン層の破壊物質に関する「モントリオール議定書」などの環境関連の条約が次々と締結された⁴⁾。

(2) 環境関連規格制定の背景

1990年10月、「持続的発展のための産業憲章」(ICC憲章)が発表され、今日の環境管理・監査が始まった。

環境管理の原則は、健康、安全、環境を企業の経営管理の最重要課題の一つと位置づけ、企業における優先的配慮、統合管理、従業員教育、事前評価、製品およびサービス、消費者への助言、施設と操業、研究、予防策、請負業者と納入業者、緊急時のための準備、技術移転、共同努力への貢献、懸念に対する開放的姿勢、遵守と報告の16視点(章)からこれを整理している⁴⁾。

一方、ヨーロッパでは、1990年、EU理事会において環境管理・監査スキーム(EMAS:Eco Management and Audit Scheme)の草案が起草された。イギリスの規格協会は、EU理事会の動きに合わせて、1992年3月に環境管理システムに関する規格として、BS7750の素案を発表した。この規格に基づき、EMAS草案の見直しを行い、1993年に規格案がまとめられた⁴⁾。EMASはEUが定めた環境マネジメント・監査制度であり1995年4月から発効した。

日本では、1967年制定の「公害対策基本法」が見直しにより、1993年「環境基本法」に改正された。環境庁は「環境への負荷の低減、再生資源の利用等環境負荷の少ない原材料等の使用」への配慮をうたった「環境にやさしい企業行動指針」により企業活動の環境マネジメントを提唱した⁴⁾。

通産省は1992年10月に主要87業界団体に「ボランタリープラン」(環境に関する行動計画)を要請した。

1991年7月、「持続可能な発展のための産業界会議」(BCSD:Business Council for Sustainable Development)

が国際標準化機構(ISO)に環境管理の規格化を要請した。

ISOは国際電気標準会議(IEC)と共同で「環境に関する戦略諮問グループ」(SAGE:Strategic Advisory Group on Environment)を設立し、環境に関する標準化の検討を開始した。検討が一定の進展を見たところで、1992年9月にISO内部に環境マネジメント専門委員会(TC207)を設置し、経過を引き継いで、ISO14000シリーズの具体的な検討を開始した⁴⁾。

1996年9月に環境マネジメントシステム(ISO14001,14004)が制定され、同年10月に環境監査(ISO1410,14011,14012)が制定された。日本ではこれを受け、同時に、ISO規格を翻訳したJIS Q14000シリーズが制定された。

(3) ISO/TC207専門委員会⁴⁾

国際標準化機構(ISO)は、International Organization for Standardizationの略称で、1947年に、世界共通規格の設定を目的に設立された任意団体である。加盟は国ごとに1つの標準化機関に限られ、日本からはJISC(日本工業標準調査会)が加盟している。現在までに、約10,000を越える規格が制定されている。

ISOの環境マネジメントシステム専門委員会「TC207」は次のように5つの分科委員会(SC)とその下に作業部会(WG)が設置されている。

【TC207：環境管理専門委員会】

- SC1：環境マネジメントシステム(ISO14000～14009)
- SC2：環境監査(ISO14010～14019)
- SC3：環境ラベリング(ISO14020～14029)
- SC4：環境パフォーマンス(ISO14030～14039)
- SC5：ライフサイクル・アセスメント(ISO14040～14049)
- SC6：用語と定義(ISO14050～14059)
- WG1：製品規格の側面評価(ISO14060)



日本のエコマーク



ドイツのブルーエンジェルマーク



EUのエコラベル



アメリカのエナジースター

図1 環境ラベル²⁾

ここで検討される環境ラベリングは環境への影響が少ない商品に付けるラベルの規格で、3つのタイプがある。タイプ1は図1に示すエコラベルのように各国で実施されている第三者認証の環境ラベルであり、タイプ2は製品の環境影響に関する自己主張型ラベル、タイプ3は製品の環境負荷を定量的に表示するラベルである¹⁾。

環境パフォーマンス評価は、企業などの組織が自主設定した環境基準の達成度を計るための規格である。

ライフサイクル・アセスメントは、原料の調達から生産、販売、廃棄までの全ライフサイクルを通じての環境への影響を少なくするための手段等に関するガイドラインの規格である。

(4) ISO14000シリーズの体系

ISO14000シリーズは、組織(企業)の活動及び提供する製品やサービスが環境に与える負荷を常に低減するように配慮し、継続的に改善を続けるためのシステムISO14001(環境マネジメントシステム)とこれを支援するための監査システム14010(環境監査)、環境への影響を明示するための14020(環境ラベル)、環境への影響度を測る14030(環境パフォーマンス)、素材の生成から、最終的な廃棄・自然化をトータルに管理する14040(ライフサイクルアセスメント)から構成されている⁵⁾。

(A) 環境マネジメントシステム

ISO14001環境マネジメントシステム(EMS: Environmental Management System)は環境方針を定め、それを実施して目標を達成し、結果を見直し、その組織を維持するための組織の構成、活動計画、責任、手続き、手順、プロセスおよび経営資源を含む組織の全体のマネジメントシステムの一部と定義している。

環境マネジメントの基本思想は、環境パフォーマンスを向上させる経営の仕組みである。

環境マネジメントシステムは、現在の経営システムが環境へ与える影響を洗い出した上で、環境への影響を軽減するための方針と目標を明らかにし、これを実現するための仕組みを作り、環境負荷を軽減するための活動を行ってその結果を反省・評価し、さらに環境負荷を軽減するための新たな活動を進めるもので、図2のように表される。構造的には目標管理制度と同じである。

目標管理制度とは、業務目標を掲げてこれを実現するための目標達成計画を作成し、目標統合を行いながら目標連鎖と目標と行動結果の評価の仕組みをつくり、目標達成に向けて諸活動を行い、より高い次元の経営目標の達成を目指す経営管理手法である¹⁾。

環境マネジメントシステムの導入は、ISO14001に適合した規格を導入し、ISOの認証を得なければならない。ISO14001には、次の5つの基本構成要素があり、これを遵守することが、認証取得の必須要件となっている。

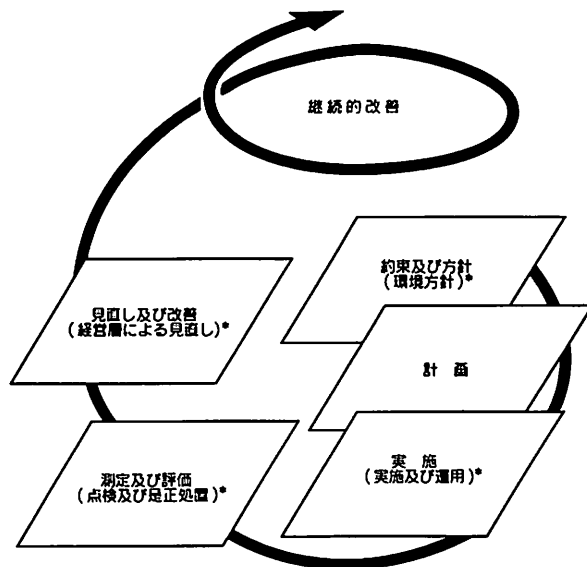
①誓約と方針：経営者は、環境方針として「組織活動や製品サービス」、「継続的な向上及び汚染の予防」、「法規制やこれに準ずるもの」、「環境目的や目標」などを定める必要がある。また、方針は関係者への周知と一般への公開が必要である。

②計画：経営諸活動や製品やサービスの環境への影響を与える原因を明確にし、法規制等を遵守した上で、目的・目標を立て、これを実現させるための手段とスケジュールを調整する。

③実施：目的や目標を実現させるためには、組織に役割、責任、権限等を明確にし、能力開発を行い、意志疎通を円滑にし、これを明文化する。

④測定と評価：環境目的や目標が実現されたかどうかは、この測定と評価の段階で実現する。そして、不適合があれば、是正と予防措置をとり、これらをすべて記録する。これらは、組織の中でも独立した機関(環境マネジメントシステム監査)が担う。

⑤見直しと改善：組織、システム、外部環境などは、時とともに変化するものであり、常に状況を見直す必要がある。見直しは経営者自らの責任となっている。



注・ JIS Q 14001で使用される用語

図2 環境マネジメントシステムモデル⁶⁾

(5) 認証の仕組み

環境マネジメントシステムには EMAS, BS7750 などさまざまな形態があるが、ISOはISO14001のみを加盟国共通のマネジメントシステムとして公平、透明な仕組みの中で認定している。

ISOは国ごとに一つの認定機関を定め、この機関が環境審査登録機関を認定する多段階構造となっている。日本ではJAB(財)日本適合性認定協会)の環境マネジメント

システムの審査登録制がその代表となっている。

ISO14001は国際規格であるから、外国の認定機関の認定取得も可能であり、認定効力はJABと同等である。(株)日本環境認定機構(JACO)などの審査登録機関は、イギリスのUKAS(イギリスの認定機関)からも認定を受けているため、JACOの認証を受けた場合は、イギリスの認定機関に登録することもできる。

JABでは、①審査登録機関、②審査員研修機関、③審査員評価登録機関の3つの機関により認定を行っている。

一般に企業の認証は審査登録機関が担当する。現在、審査登録機関としては、(財)日本品質保証機構(JQA)や家電・電子業界大手の出資によるIACOなど17機関がある。

審査員研修機関は審査登録機関で審査業務に従事する審査員や企業の内部監査人を養成する機関であり、審査員評価登録機関は、審査員を登録する機関である。

(6) 審査の流れ

ISO14001の認証を取得したい企業は、審査登録機関に認証の審査を依頼し、審査登録機関は、当該企業がISO14001の規格に適合した環境マネジメントシステムを導入しているかどうかを審査し、適格と判断できるものを認証し、これをJABのような認定機関に登録する。

(7)ISO9000シリーズとの違い

ISO14000シリーズと比較される国際規格として、1980年代に規格化され、既に多くの企業で導入されている品質管理システムISO9000シリーズがある。

両者の根本的な違いは図3に示すように、14001が企業の経営システム全体の「環境」面を対象領域とするのに対し、9000シリーズは、企業が造る製品の「品質」面を対象領域としている点である。従って、システムとしては類似しているが、対象領域の違いから企業が受ける影響と効果は大きく異なる。

3. 環境マネジメントシステムの利点と導入⁷⁾

企業経営の基本は、活動方針、製品やサービスの品質を顧客のニーズに合わせることである。

企業が自社に適合した品質管理システムを維持管理していることを、第三者機関の認証・登録を受けて、広く一般の顧客層に知らせ、国内・外の未知の顧客にも取引上の保証を行うことで、有利な企業活動を展開できることがISO14000シリーズの役割の一つである。

一方、環境マネジメントシステムの規格適合の認証を取得することは、企業の経営方針に環境への配慮を取り込み、企業体質を革新するとともに、顧客を含む多くの利害関係者(政府行政機関、株主、保険機関、消費者、地域住民、環境団体や自社の従業員など)の新しい期待に応じることになり、法規制の遵守、市場の拡大、企業

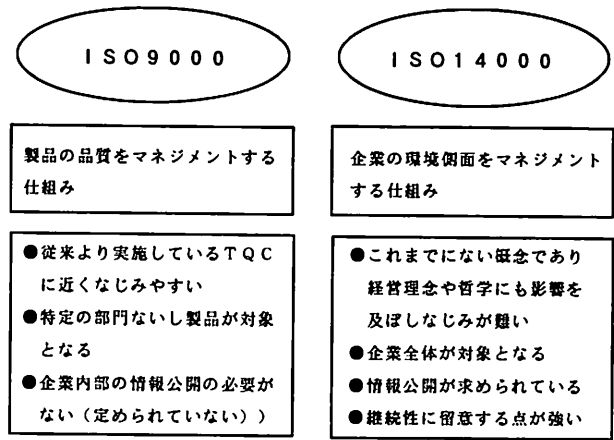


図3 ISO9000シリーズとISO14000シリーズの比較⁸⁾

イメージの向上を引き出すことができる。

我が国では品質管理に多くの実績があり、企業のトップから現場まで、その目的、内容、責任と役割をよく理解しているので、品質管理システム(ISO9000シリーズ)の導入を先行するのが望ましい。

すでにISO9000に基づく品質管理システムを導入している企業では、環境マネジメントシステムへの拡張は比較的スムーズに行われる。いずれにしても、導入の可否はその企業への内外の要求や企業が当面用意できる人的・物的・財政的資源を考慮して決定すべきである。

以上より環境マネジメントシステム構築の利点¹⁾をまとめると次のようになる。

- ①根本的な企業体質の改善であるから、原材料やエネルギーの低減、廃棄物の減少等によるコストダウンが期待できる。
- ②ヨーロッパ等への輸出の際には環境パスポートとなる。
- ③環境対策企業の製品を優先購入するグリーン調達に対して認証取得企業は有利である。
- ④環境対策を推進する親企業や製品・部品納入先からの認証取得の要請に対応できる。
- ⑤地球環境保全への社会的倫理観に対し企業イメージの向上が期待できる。
- ⑥緊急時も含めて徹底した対策を講じるので環境リスクからの回避効果が大きい。

次に環境マネジメントシステムの導入手順について述べる。

(1) 企業経営者の意志決定と周知

まず企業トップが企業活動の環境側面を改善し、次世代の地球および地域環境の維持に貢献する固い意志を表明することから始まる。

企業トップが自らの判断で決定した意志であることを従業員をはじめ多くの利害関係者に周知徹底し、揺るぎないものとしての印象を与えることで、好意と期待をもって受け入れられる。その場合、環境マネジメントシステムの成否を決める重要なポイントは、その企業が

実現可能なレベルの構築を行うという点である。

(2) システム導入計画の策定

① システム構築を推進するキーパーソンの選任

環境マネジメントシステムの構築と実施の全責任と権限を与えるキーパーソン(司令塔)を選任する。

② システム構築の方針を明確にする

環境マネジメントシステムの国際規格(ISO14001)の適用範囲は次の通りである。

- ・環境マネジメントシステムを実施し、維持し、改善する。
- ・表明した環境方針とその適合を保証する。
- ・その適合を他者に示す。
- ・外部組織による環境マネジメントシステムの審査登録を求める。
- ・この規格との適合を自己決定し、自己宣言する。

③ 導入計画の第一段階

次の項目について大枠を決めて、企業内での承認と合意を取り付ける。

- ・採用する規格・システムの適用範囲等をリストアップする。
- ・およその達成目標(日時)を定める。

4. 環境マネジメントシステムの構築

環境マネジメントシステム構築のポイントの重点項目は次の通りである。

(1) 環境方針

環境方針の設定は企業トップの役割で、自らの事業活動の全ての面で環境影響を最小にするものでなければならない。地域の環境汚染防止に止まらず、広く地球環境問題にも貢献するような配慮が必要である。

現在の事業活動を通じて実現可能な内容を企業自らが決めることであって、規格は内容や程度(数値)を要求していないが、国際規格の要求事項への適合は必須条件であり、内容は公開が可能なものでなければならない。

(2) 方針に含まれる内容の例

- ① 新規の開発に伴う環境への影響を総合的な管理方法や計画を用いて最小化する。
- ② 環境パフォーマンスを評価する方法とその指標を開発する。
- ③ ライフサイクルの考え方を具体的に適用する。
- ④ 製品の設計にあたっては、製造・消費・廃棄の全ステップでの環境影響が最小になるように配慮する。
- ⑤ 汚染の予防、廃棄物の削減と資源(原材料・燃料とエネルギー)消費の抑制を行い、資源の回収・再利用を図る。
- ⑥ 環境配慮の教育・トレーニングを行う。
- ⑦ 環境に有効な技術の移転を行う。

⑧ 内外の利害関係者との効果的な相互関係とコミュニケーションを維持する。

⑨ 持続可能な発展をめざして業務を展開する。

⑩ 資材等の供給者や請負契約者にも環境マネジメントシステムを採用することを奨励する。

(3) 環境マニュアル

企業の経営管理システムの一つとして日常的に機能するもので、企業の管理運営が隅々まで統一のとれた形で実施されるようにするための環境マネジメントシステム文書(環境管理マニュアル)が必須のものとなる。

環境マネジメントシステム文書の内容

- ① 企業の環境方針や環境目的・目標を確立する。
- ② 環境管理の対象となる法規制の要求事項や著しい環境側面を整理する。
- ③ 環境管理の組織体制を作る。
- ④ 運営管理の対象となる製造・サービスのプロセス情報を整える。
- ⑤ 運営の手順と社内標準(規格)緊急時計画などの関連文書を引用する。
- ⑥ 環境管理記録に関する情報を整理する。

(4) システム構築の初期

環境管理マニュアル(初期ドラフト)を作成するために、個々の現場・プロセス・製品・サービス等における手順書・作業指示書・記録類を整備し、要求事項に適合するように見直し(すり合わせ)を行う。

ここでは企業の実態・方針に合わせる事が重要で、システムは現場で実施して検証される必要がある。

検証結果は全社レベルで集約し、再度環境マニュアルの見直しを行う。プロジェクトチームがキーパーソンを中心に外部の専門家等の支援を受けながら数回は行い、システムの完成度を高めることが重要である。

(5) 環境目的・目標

環境マネジメントシステムが環境方針に従って有効に機能し、十分な環境パフォーマンスを達成するためのものでなければならない。具体的な目標となっているか。目標は数量化されているか。可能性も含めて何がどの程度環境に影響を与えているのか環境側面を把握する。

環境側面とは、環境に著しい影響を与える活動、製品またはサービス上の要因をいう。法規制にのみ対応しているような部分的な対応の場合は、環境側面の抽出と分析から始めなければならない。

具体例

環境目的：製造工程で使用するエネルギーの削減

指標：生産原単位当たりの燃料と電力量

環境目標：1998年中に10%の削減を達成

(6) 環境マネジメントシステムプログラム

環境目的、目標がきまれば、この目標の達成のために

環境マネジメントシステムを具体的に動かすプログラムを作成する必要がある。

またこのプログラムは、それぞれの目標ごとに関連する職務、レベルに合わせて実施の日程や成果を評価するインデックス(評価の項目や単位)を付けて示す必要がある。

(7) 教育・訓練

- ①管理職・従業員の教育は、環境マネジメントシステムの導入の段階に応じて、きめ細かくそれぞれの段階が効率よく進むように計画して実施する。
- ②品質教育や安全教育のプログラムにも、関連する環境管理の項目を取り入れて統一のとれたものとし、従業員が実感をもって受け入れられるようにする。
- ③システムが機能するための決め手は、全社員がシステム作りへ関心を持ち積極的に関与することである。
- ④また、システムの運営上要求される各種の資格の取得や認定の手段も準備しなければならない。

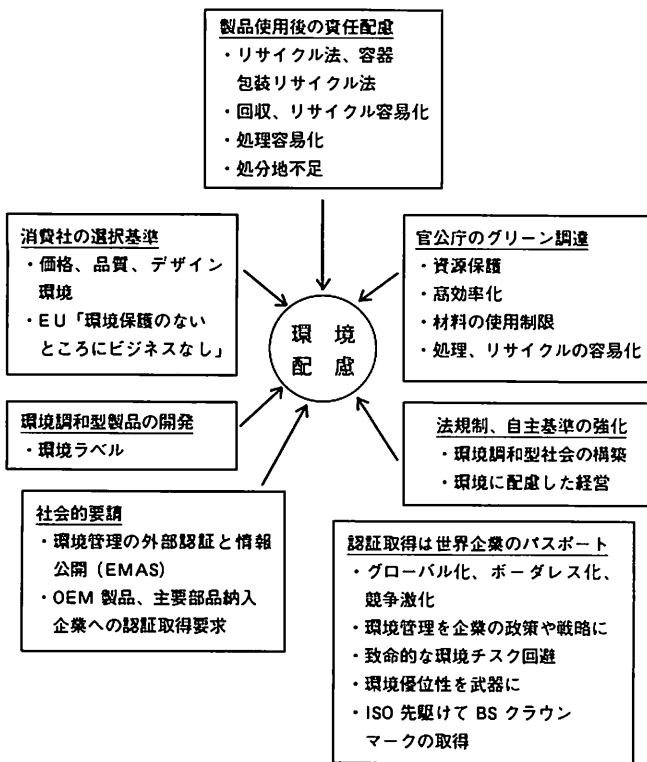


図4 環境配慮の現状²⁾

5. おわりに

- ①日本では大企業を中心にEMSに対する取組が進んできているが、中小企業ではこれからの問題である。
- ②日本では再生資源利用促進法(リサイクル法)、廃棄物処理法の改正、容器包装リサイクル法の施行など一連の法的強化によりリサイクル時代が本格化しつつあり、時代の要請に合ったモノ造りが不可欠である。
- ③図4にモノ造りに関わる環境配慮項目の例をあげた。

参考文献

- 1) 環境管理の新しい潮流, エターナルNo.23(三井海上火災保険株), (1997)
- 2) 環境管理, (社)大阪工業会地球環境問題専門委員会編, 日刊工業新聞社
- 3) 荒井直樹, 環境マネージメント・監査入門, (財)日本規格協会), (1995)
- 4) ISO14001's導入最短コース, 国際環境マネジメント研究会, 日刊工業新聞社
- 5) 吉澤正, 環境マネジメントシステムと実際(財)日本規格協会), (1997)
- 6) 環境マネジメントシステムと環境監査~ISO14000シリーズへの対応~, 中小企業事業団, 中小企業環境管理・監査制度対応講習会テキスト, (1997)
- 7) ISO14000シリーズへの取組み-基礎編-, (財)大阪中小企業情報センター, 1997.9改訂版
- 8) 椿広計, 環境に配慮したISO・IEC製品規格ガイド(日本規格協会), (1996)
- 9) 吉田敬史, 環境マネジメントの監査と認証, 品質月間テキスト258(品質月間委員会), (1995)
- 10) 適合性評価(品質システム・環境マネジメントシステム), JISハンドブック(財)日本規格協会)

技 術 論 文

温間鍛造によるAl-Zn-Mg合金の 耐応力腐食割れ性改善

Improvement of Resistance to Stress Corrosion Cracking of Al-Zn-Mg Alloy by Warm Forging

和田林良一*	木下 俊行*
Ryoichi Wadabayashi	Toshiyuki Kinoshita
白川 信彦*	五十嵐宏明**
Nobuhiko Shirakawa	Hiroaki Igarashi

(1997年10月30日受理)

Al-Zn-Mg alloy requires a special heat treatment (T6 treatment) after forging to secure the best mechanical strength, but the products from this process have high susceptibility to stress corrosion cracking. This paper deals with reducing the susceptibility of the alloy by application of warm forging. The T6 pretreated material was forged at warm temperature range, which caused the material good forgeability at the temperatures over 200°C. Resistance to stress corrosion cracking of the products from this process was remarkably improved, and also the strength of the products was higher than that from the usual process. These originate in the effect of over aging and the work-hardening simultaneously occurred during warm forging.

キーワード：Al-Zn-Mg合金，応力腐食割れ，温間鍛造，鍛造性，機械的特性

1. 緒言

機械構造物の軽量化指向とともに高強度アルミニウム合金の使用が増大している。特に、Al-Zn-Mg系(JIS-7000系)合金は適当な熱処理によって抗張力が500MPa以上に達するものもあり、その需要増が見込まれている。しかしこの合金の欠点は、強度を高めるために施される通常の時効処理(T6処理)状態で海水などの腐食環境にさらされた場合に応力腐食割れが生じやすいことである。この応力腐食割れ特性を改善するため、いろいろな熱処理法が試みられている¹⁾が、いずれも処理工程が複雑であり厳密な管理を要するなど制約が多い。

近年、塑性加工の分野では加工時に組織を制御することによって、優れた特性を有する素形材を得る試みが活発に行われており、「加工熱処理法」はその一種である。

鋼の精密鍛造などで有効に利用されている温間鍛造も加工熱処理法として種々の材料に応用され、その効果が報告されている²⁾。本研究では、温間鍛造による加工熱処理を代表的なAl-Zn-Mg合金であるA7075材に適用して、耐応力腐食割れ性の改善を試みた。

2. 供試材料とその熱処理

用いた材料は、JIS規格のアルミニウム合金中最も高強度を得ることのできるA7075材で、その組成は表1のとおりである。この材料は現在、航空機部品やスポーツ用品などに使用されているが、さらに自動車部品などへの需要拡大が見込まれている。この材料の鍛造は一般に385~435°Cの熱間温度域で行われる。そして強度を上げるための標準的な熱処理として、460~470°Cに加熱後水冷する溶体化処理と115~125°Cで24時間以上保持する時効硬化処理が施される。この熱処理を施された素材あるいは加工品をT6(処理)材と呼ぶ。これに対し、T6材における応力腐食割れ特性を改善する方策として過時効処

* 生産技術部塑性加工グループ

** 草川鉄工 (株)

理が行われるが、この場合はT6材に比べ強度の低下が避けられない。過時効処理は種々の条件で実施されており、例えば溶体化処理後に110~115°Cで6~8時間と175~180°Cで8~10時間保持する処理法はT73処理と称されている。また、RRA処理³⁾という特殊な処理で強度をT6材と同等に維持したまま応力腐食割れ特性を改善する方法も提案されている。これは、T6処理されたものをさらに180~240°Cで数分間保持(還元処理)した後、再度、標準の時効処理を施す少し複雑な処理となる。

本実験は、過時効処理やRRA処理における還元処理がいずれも200°C前後の温度で行われることに着目し、予めT6処理を施した素材を温間鍛造することによって過時効処理やRRA処理と同じ効果をもたらせることをねらったものである。従来行われている工程、および本実験で行った温間鍛造工程における加工および熱処理の流れを図1に示す。

なお、T6素材としては、A7075の押し材で溶体化処理後引張り加工により1~3%の永久ひずみを与えて残留応力を除去し、さらに標準の時効処理を行った市販のT6511材の丸棒を用いた。

3. 実験方法

(1) 鍛造性試験

T6材の種々の温度における鍛造性を明らかにするために、直径14mm×高さ21mmの円柱状試験片を用いて、常温から400°Cまでの温度における掘込み加工限界および圧縮変形抵抗を端面拘束圧縮試験法⁴⁾により求めた。比較のために、素材を410°Cで2時間焼なまし処理を行ったO材の冷間鍛造性についても同様の方法で求めた。使用した加圧装置は1.5MN油圧プレスで、加圧速度は7.5mm/secで一定とした。試料の加熱は電気炉で行い、炉内保持時間は所定の温度までの昇温時間と均熱時間を

表1 供試材の化学成分 (mass%)
Chemical composition of the material used

材質・質別	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Ti+Zr	Al
A7075-T6511	0.12	0.25	1.6	0.24	2.5	0.20	5.6	0.02	0.03	bal.

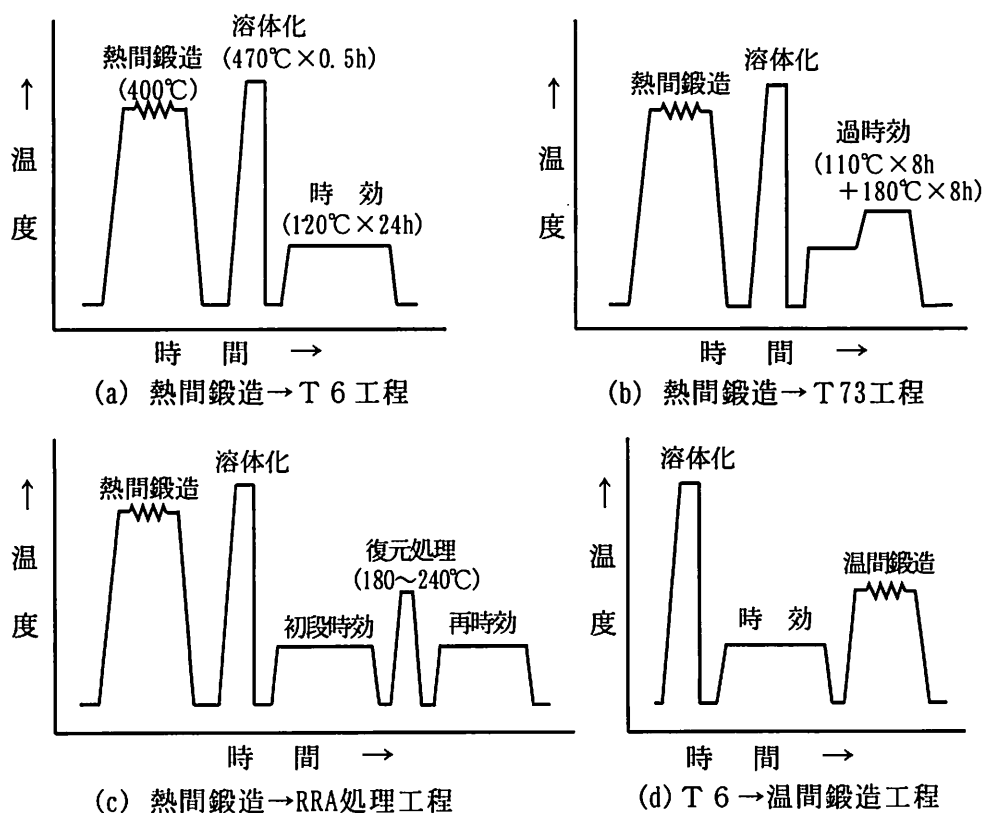


図1 各加工と熱処理工程の流れ図

Schematic diagrams showing a sequence of forging and heat treatment process
 (a) Hot forging → T6 treatment (b) Hot forging → T73 treatment
 (c) Hot forging → RRA treatment (d) Warm forging of T6 pretreated material

考慮して20~30分とした。また、金型の加熱は行っていないが、鍛造中の温度降下は変形熱による温度上昇に比べて小さいと考えられるのでこの影響は無視した。

(2) 応力腐食割れ試験

試験片の加工は後方せん孔押し鍛造によるものとし、直径20mm、長さ20mmの素材を用いて外径20mm、内径17mmのカップ状に成形した。このときの断面減少率は72.25%である。T6材を200℃で温間鍛造したままのもの、400℃で熱間鍛造後T6処理およびT73処理したものの3種を取り上げ、これらについて応力腐食割れ試験を行った。

試験方法はJIS H8711の「アルミニウム合金材料の応力腐食割れ試験方法」にもとづいた。試験片寸法およびジグの形状を図2に示す。各鍛造品の押し部から19mm長さの管を切り出して60°の開口部を作り、その開口部が閉じるまでジグのねじを締め付けることによって応力を負荷した。これを3.5%の塩化ナトリウム溶液に浸せきして割れ発生の状況を調べた。割れの発生の有無は24時間ごとに試験片を溶液から取り出し、目視により観察した。また、溶液は1週間ごとに交換した。各条件で作製した鍛造品についてそれぞれ3個ずつ試験し、割れ発生が認められた時までの経過時間の平均値で耐力腐食割れ性を評価した。試験は2400時間まで継続して行った。

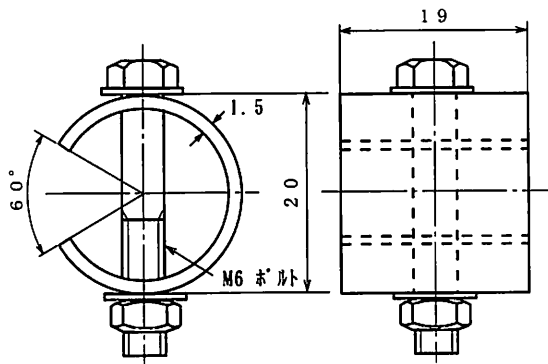


図2 応力腐食割れ試験の試験片およびジグ形状
Geometry of test piece and jig for the stress corrosion cracking test

(3) 鍛造材の機械的特性の評価

直径14mmの丸棒素材を半径方向に圧縮し、厚さ7mmの板状に成形して機械的特性を試験するための鍛造材とした。鍛造温度および熱処理の条件は前項の後方せん孔押し鍛造の場合と同一とした。また、比較のために熱間鍛造のままのものやO材の冷間鍛造後にT6処理したものについても試験を行った。各鍛造材から幅10mm、標点距離20mmの引張り試験片(JIS5号相似形試験片)を

ワイヤカット放電加工によって作製した。同一条件の試験片各3個について、ロックウェル硬さおよび引張り試験による引張り強さと破断伸びの測定を行い、その平均値によって機械的特性の評価を行った。

4. 実験結果と考察

(1) T6材の各温度における鍛造性

図3は、常温から400℃までの各温度における据込み加工限界を示す。T6材は常温では据込み率25%程度までしか据込み加工が出来ないが、200℃以上に加熱すれば、据込み率75%以上すなわちO材の常温加工と同程度の加工が可能であることがわかる。

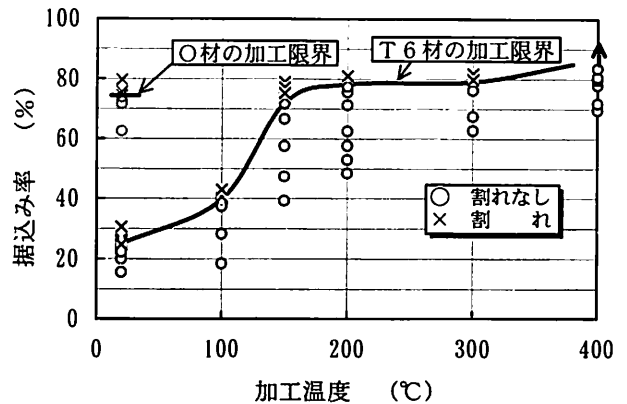


図3 各温度における加工限界
Upsetting limits at different temperatures

図4は、端面拘束圧縮試験で求めた平均対数ひずみと変形抵抗の関係である。200℃以下の加工では、ひずみの小さい範囲で加工硬化による変形抵抗の上昇が見られるが、ひずみが0.2~0.25(据込み率にして15%程度)以上になると変形抵抗が下がる傾向となる。この傾向は、O材の常温加工やT6材の300℃以上の加工ではわずかで

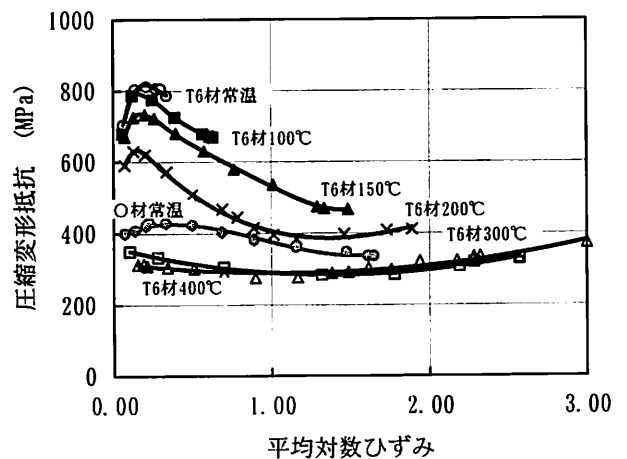


図4 各温度における変形抵抗
Flow stress curves at different temperatures

あるが、T6材の200°C以下での冷・温間加工では比較的大きく認められることから、変形の進行にともなう変形熱の発生によるものと考えられる。

(2) 鍛造品の耐応力腐食割れ性

応力腐食割れ試験のための押出し鍛造品および試験で発生した割れの状況を図5に示す。また、図6は各鍛造品の割れ発生までの時間を示す。鍛造後にT6処理を施した試験片はすべて220~520時間で割れが発生し、他のものより極端に耐応力腐食割れ性が劣ることがわかる。T73処理材は3試験片のうち1個が2200時間前後で割れがみとめられたが他の2個は2400時間経過後も割れは発生しなかった。なお、T6材で発生した割れはいずれも図5のように明確な貫通割れであったが、T73材の割れ

は表面荒れから微細なクラックに発達したものであった。これらに対し、温間鍛造品は3試験片とも2400時間の試験範囲内で割れは見られなかった。

図7は、鍛造および熱処理を施した各試験片のマイクロ組織である。200°Cで温間鍛造したものはT73材と同様に、T6材に比べて析出物が粗大化している。応力腐食割れ特性とマイクロ組織との関係については明確に解明されていないが、一般的に、T6処理では微細であった析出物が、過時効処理あるいは復元処理によって凝集粗大化し、特に粒界析出物の適当な粗大化が耐応力腐食割れ性の改善に寄与すると言われている¹⁾。このことから、本実験で行った温間鍛造プロセスによる耐応力腐食割れ性の改善は、過時効または復元処理と同様の微視的組織



図5 応力腐食割れ試験用の鍛造品と試験によって生じた割れの状況

Forged product and crack occurred during the stress corrosion cracking test

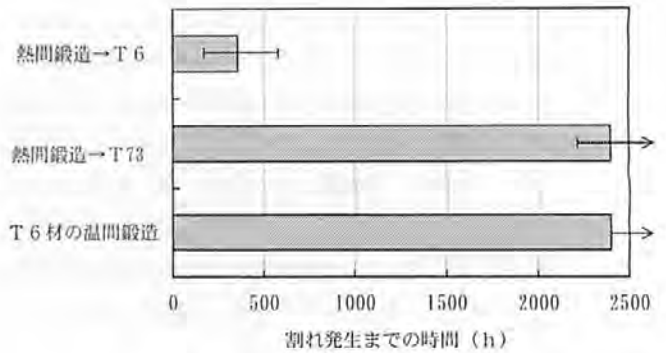
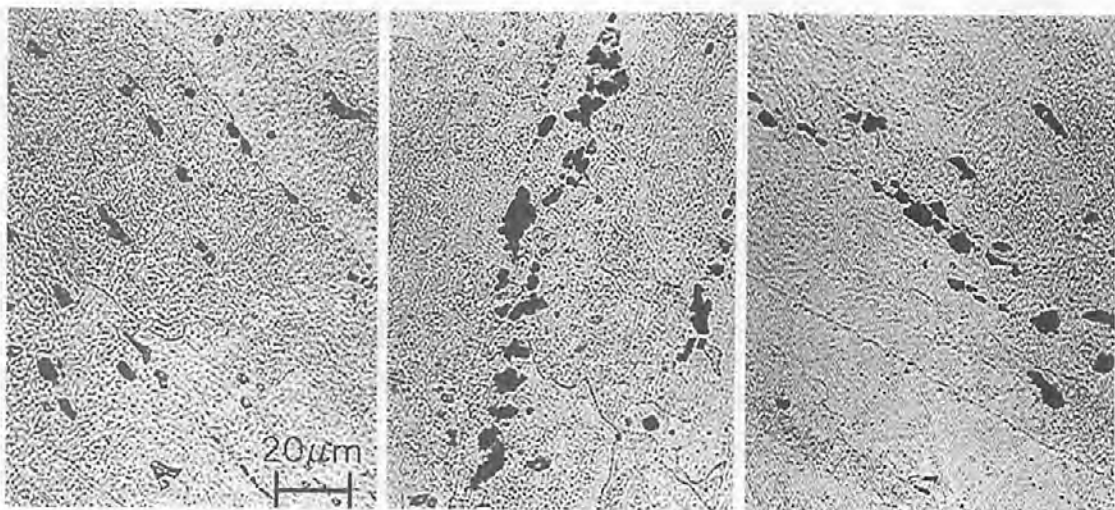


図6 各加工品の応力腐食割れ寿命

Stress corrosion cracking life of products from different processes



(a) 鍛造後T6処理材

(b) 鍛造後T73処理材

(c) T6材の温間鍛造品

図7 各加工および熱処理材のマイクロ組織

Microstructures of the samples from different processes

(a) Hot forging → T6 treatment

(b) Hot forging → T73 treatment

(c) Warm forging of T6 pretreated material

がもたらされたことに起因すると考えられる。

(3) 鍛造材の機械的特性

図8は、素材および各鍛造品の硬さおよび引張り強さと破断伸びの測定結果である。T6処理をすることによって鍛造品の強度が著しく向上することは明らかである。またT73処理はT6処理より強度をわずかに低下させている。一方、T6処理された素材を温間鍛造したものは、鍛造後にT6処理した従来のプロセスのものよりも強度が高い。これは前項で述べたように、温間鍛造時の熱的効果によって過時効あるいは復元処理と同様の組織的な変化が生じるが、同時に鍛造でもたらされる加工硬化の現象が重畳されるためと考えられる。

5. 結言

Al-Zn-Mg合金の耐応力腐食割れ性を改善するために、予めT6の熱処理を施した材料を温間鍛造するプロセスの適用を試みた。T6材の限界据込み率は、200℃の加工温度でO材の冷間鍛造と同程度となるので、温間鍛造が充分可能であることがわかった。そして温間鍛造品の耐応力腐食割れ性は、熱間鍛造後にT6処理を施す通常のプロセスのものに比べ大きく改善された。これはマイクロ組織の観察から、温間鍛造によって過時効状態あるいは復元処理状態と同様の析出物の凝集粗大化が生じたことに起因すると推察された。また、このプロセスでの鍛造品は過時効処理を施した場合のような強度低下がなく、

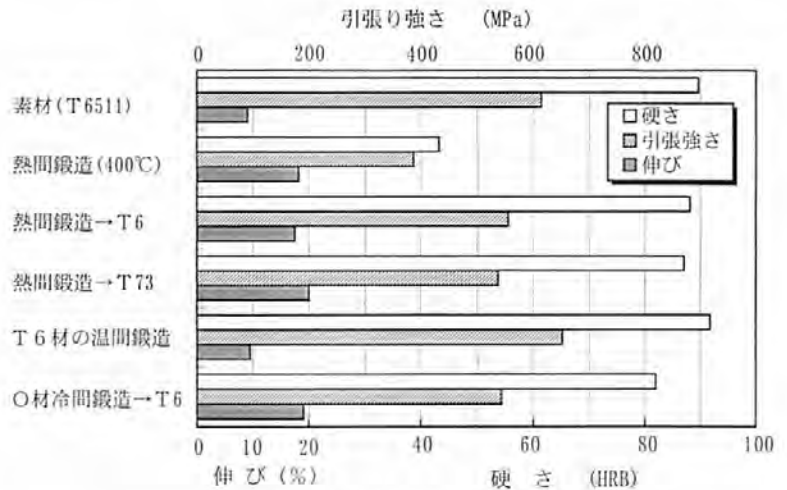


図8 各加工品の機械的特性

Mechanical properties of products from different processes

逆に温間鍛造による加工硬化が加わるため素材のT6材よりも強度は上昇する傾向が見られ、従来のプロセスより有利であると考えられる。

本報で試みたプロセスは、面倒なT6処理が予め材料メーカーで施された素材を使用することで代替でき、成形後の熱処理によるひずみ発生を抑えることができることなど、実用性が非常に高いと思われる。

参考文献

- 1) 大西忠一, 塩田秀昭, 軽金属, 36, 647 (1986)
- 2) 関口秀夫, 宮川松男, 塑性と加工, 27, 45 (1986)
- 3) 大西忠一, 熱処理, 32-2, 83 (1992)
- 4) 日本塑性加工学会編, 鍛造, コロナ社, 1995, P.154

粉末液相成形法によるアルミニウム基複合材料の 製造とその特性

Fabrication and Properties of Aluminum Matrix Composite by Powder Liquid Forming Technique

宮田 良雄* 白川 信彦* 和田林良一*
Yoshio Miyata Nobuhiko Shirakawa Ryoichi Wadabayashi

(1997年11月6日受理)

The powder liquid forming (PLF) technique is one of the composite processing technologies and has come to be paid attention. This technique has both some advantages of the powder metallurgy and those of the liquid metal forming.

In this study, the silicon carbide (SiC) particle/pure aluminum metal matrix composite was fabricated using this technique, and the formability and deformability and mechanical properties were investigated.

At first, the aluminum powder (#150) and SiC powder (#180, #400, #1000, amount (mass%) 10, 20, 40) were mixed, and then compressed at room temperature. The obtained green compacts were put in the die, and heated up to the forming temperatures (723K, 923K, 953K, 973K). After that, they were compressed at the same temperatures.

The distribution of SiC powder was almost uniform regardless of the forming temperature or the amount or the particle size. When the obtained green compacts were formed, for instance, at the temperature below the melting point and at the forming pressure of 150MPa, the relative density did not reach to 1.0. When the obtained green compacts were formed at the temperature above the melting point and at the forming pressure of 58MPa, regardless of the amount or the particle size of SiC powder, the relative density reached to 1.0.

As for the ductility, it was found that the influence of the amount of SiC powder was larger than that of the particle size. As the amount of SiC powder increased, the strength of PLF products increased but the ductility decreased.

キーワード：粉末液相成形法，粉末冶金法，溶湯法，複合材料，複合加工技術，強化材，粉末粒度

1. はじめに

近年，金属加工技術の複合化が注目され，今後の素材産業の展望を開く技術として期待されている。複合材料の製造法として粉末冶金法と溶湯法が広く用いられているが，粉末冶金法では密度が低く，溶湯法では複合材

の不均一な分布等，両者ともに短所を有している。

そこで粉末冶金法と溶湯法の特徴を合わせ持った複合加工技術である粉末液相成形法^{1)~4)}を用いて，アルミニウム基に複合強化材として炭化珪素(SiC)粒子を分散させた複合材料を作成し，その成形性と性状を調査したので報告する。

* 生産技術部 塑性加工グループ

2. 実験方法

(1) 供試粉末と粉末予備成形条件

供試粉末は、純アルミニウム(-150メッシュ) (以後、純アルミニウムをアルミニウムと称し、-XXXメッシュを#XXXにて表示する)と炭化珪素(SiC) (#180, #400, #1000)で、図1にそれらの粒形写真を、表1にアルミ

(0.8)になるように成形荷重を調整して圧粉体を成形した。これを粉末液相成形用素材として使用した。なお相対密度は試料の測定密度を理論密度(アルミニウム:2.70 g/cm³, SiC: 3.17g/cm³)で除した値で示した。

粉末液相成形には粉末予備成形と同じ30トン万能試験機を使用し、金型は、粉末予備成形用金型と同様の円柱形状(φ25.4mm)で、コイニング形式で密閉型成形でき

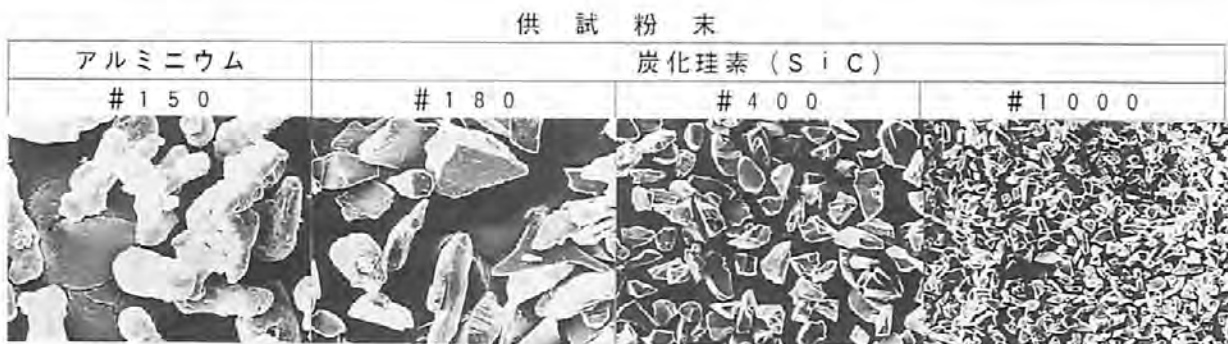


図1 供試粉末の粒形写真
Scanning electron micrograph of powder used

表1 化学組成と粒度分布

Chemical composition and particle size distribution

化学組成 (mass%)					
Fe	Cu	Si	Mn	Mg	Al
0.004	0.001	0.003	Trace	0.001	>99.9
粒度分布 (mass%)					
-44 μ	+44~ -63 μ	+63~ -74 μ	+74~ -105 μ	+105~ -149 μ	+149 μ
2.4	27.4	37.3	28.8	3.9	0.2

ニウム粉末の化学組成と粒度分布を示す。粉末粒子の形状は、アルミニウム粉末は丸みを帯び、SiC粉末は粒度に関係なく角張った形状を呈している。

アルミニウム粉末に対するSiC粉末の添加割合は、0.10,20,30,40mass% (以後massの表示は省く)の5種類とした。両粉末を秤量後、超小型V型混合機で乾式にて3.6ks混合し、粉末予備成形に供した。

粉末予備成形は、30トン万能材料試験機を使用し、混合粉末20gをダイ・キャピティ内に入れ、常温でそれぞれ19.6, 29.4, 49.0, 78.4, 117.6kNの加圧力で円柱形状(φ25.4mm)に圧縮成形した。この時の潤滑は、エチルアルコールに分散させたステアリン酸亜鉛を型壁に刷毛塗りした。

(2) 粉末液相成形条件

まず、粉末予備成形の実験において各添加粉末粒度における粉末成形品の相対密度に及ぼすSiC添加量と成形圧力の関係を求めた。その結果を参考にして、添加粉末粒度と添加量を変化させた場合でも相対密度がほぼ同一

る構造とした。

成形時の加熱は、水性黒鉛潤滑剤を塗布した金型内に試料を挿入し、金型ごと箱形加熱炉に入れて、大気雰囲気中にて行った。成形温度はアルミニウムの融点(933K)を境に723,923,953,973Kの4段階とし、この温度で1.8ks保持した後、29.4,49.0,78.4,98.0,117.6kNの荷重にて成形を行った。

(3) 粉末液相成形品の性状

粉末液相成形品の性状を明らかにするため、953Kでの成形品についてその変形能、機械的性質および板材としての二次成形性を調べた。

変形能は、特殊鍛造試験機(ボードドロップハンマ)を用いて鍛造温度923Kにて自由据え込みを行い、試料側面での割れの有無で判断した。また、機械的性質と板材としての成形性を見る目的で、添加量10,20%の成形品

表2 深絞りおよび張出し試験条件

Examination condition of deep drawing and bulging

深絞り試験条件		張出し試験条件	
ボ ン チ	φ40×R4, R8	張出し速度	5mm/min
ダ イ ス	φ45×R10	プランク	
潤 滑	白色ワセリン	締め付け荷重	10KN
絞 り 速 度	11~12mm/min	潤 滑	白色ワセリン
しわ押さえ力	1.0KN		

を圧縮・圧延加工にて直径約60mm、板厚約2.3mmの円板に成形した。この円板からワイヤーカット放電加工機にて標点間距離20mm、巾7.5mmの引張試験片を切り出し、インストロン万能試験機を用いて引張試験を行った。深絞り、張出し用試料は円板をそのまま使用した。表2に深絞り試験および張出し試験条件を示す。なお、張出し試験にはエリクセン試験工具を用いた。

3. 結果および考察

(1) 粉末予備成形

図2にSiC添加量と添加粉末粒度を変化させたときの相対密度と成形圧力の関係を示す。

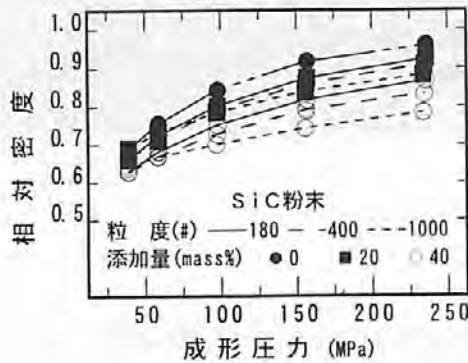


図2 相対密度と成形圧力の関係
Relation between relative density and compacting pressure

添加量および添加粉末粒度が同じ場合、成形圧力の増加にともなって相対密度は上昇した。また同一成形圧力で比較すると、添加粉末粒度に関わらず添加量の増加にともなって相対密度は低下した。これは、SiC粉末の変形抵抗がアルミニウム粉末に比べて高いためであると考えられ、添加量の増加によりその傾向が顕著に表れていることと対応する。

一方、添加量および成形圧力が同じ場合の添加粉末粒度の影響は、成形圧力が低い時は添加粉末粒度が細かい

ほど相対密度は多少高くなる傾向を示している。これは混合粉末の金型充填時にアルミニウム粉末間の隙間に細かな添加粉末が入り込み、見掛密度が粉末成形加圧前に上昇したためと考えられる。しかし、成形圧力が上昇するにしたがい添加粉末粒度が細かいほど相対密度は低い値を示した。このことから混合粉末の成形性は、添加粉末粒度が細かいほど劣っていることがわかる。

図3に圧粉体成形品のSiC粉末の分布状態を顕微鏡組織写真で示す。添加粉末の分布状態は添加量および添加粉末粒度に関わらずほぼ均一であった。

(2) 粉末液相成形

図4に相対密度と成形圧力の関係を示す。

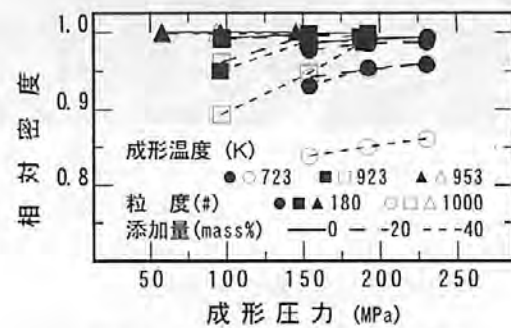


図4 相対密度と成形圧力の関係
Relation between relative density and forming pressure

成形温度がアルミニウムの融点以下の723K,923Kでは、添加量および添加粉末粒度が同じ場合成形圧力の増加にともなって相対密度は上昇したが、融点以下での成形では相対密度は1.0に達することは極めて困難であった。しかし融点以上953Kでの成形では、添加粉末の量および粒度に関係なく、低い成形圧力(57.8MPa)で相対密度は1.0まで上昇した。また融点以下での成形において同一成形圧力で比較するとSiC粉末の添加量の増加にともなって相対密度は低下する傾向が認められた。これは、アルミニウム粉末とSiC粉末の変形抵抗の差に起因する

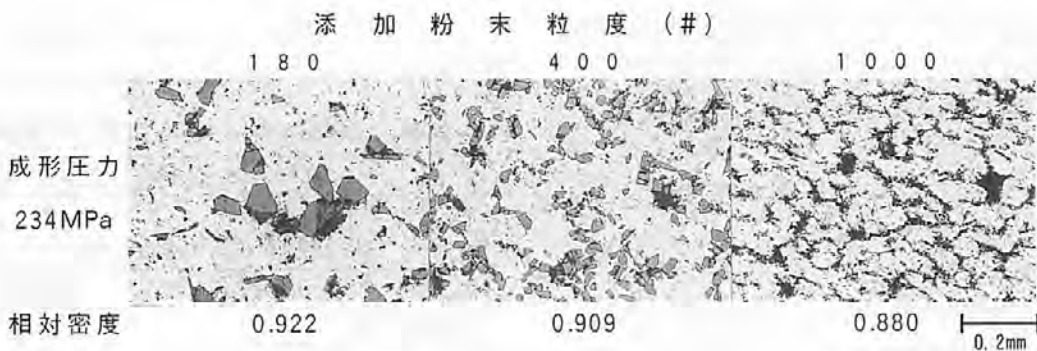


図3 顕微鏡組織写真 (添加量20mass%)
Microstructures of SiC particle dispersed Al after compacting (mass=20%)

ものと考えられる。添加粉末粒度が細かいほど表面積は大きくなるため、これが密度上昇の差として表れたものと考えられ、アルミニウムの融点以下では添加量に関係なく、添加粉末粒度の細かい方が相対密度は低い値を示した。

図5に同一成形圧力で成形した場合の相対密度と成形温度の関係を示し、図6に成形温度923Kと953Kで成形した粉末液相成形品のSiC粉末の分布状態を示す。

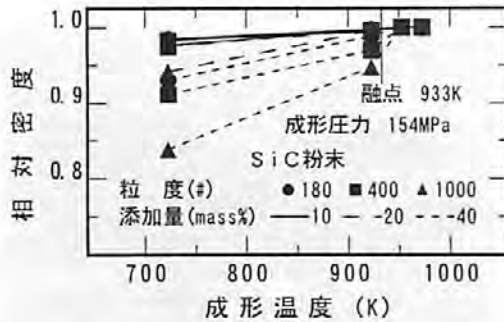


図5 相対密度と成形温度の関係
Relation between relative density and forming temperature

図5に見られるように、通常のアルミニウムの加工温度723Kでは相対密度は低い値を示し、特に添加量40%、添加粉末粒度#1000では相対密度は0.84程度と低い値であり、アルミニウムの融点以下での成形では、添加量の増加および添加粉末粒度が細くなるにしたがって相対密度は低下する傾向が認められた。これは図6に見られるように内部に気孔が存在していることと対応する。し

かし、融点以上の成形では添加粉末の量および粒度に関係なく相対密度は1.0まで上昇した。この温度域では液相状態での成形となるため、アルミニウムの変形抵抗の一段の低下とともにアルミニウムとSiC粉末間の濡れ性が向上し、高密度化につながったものと考えられる。なお、図6に見られるように添加粉末の分布状態は、コイニング方式による成形のため添加量および添加粉末粒度に関わらずほぼ均一であった。

(3) 粉末液相成形品の性状

図7に変形能に及ぼす添加粉末粒度の影響を示す。添加粉末粒度#180で添加量10%と40%を比較すると、その変形能は対数歪で0.46と大きな差を示している。また、添加粉末粒度が変化してもその傾向は同じであり、添加量の増加にともない変形能は低下する傾向を示した。

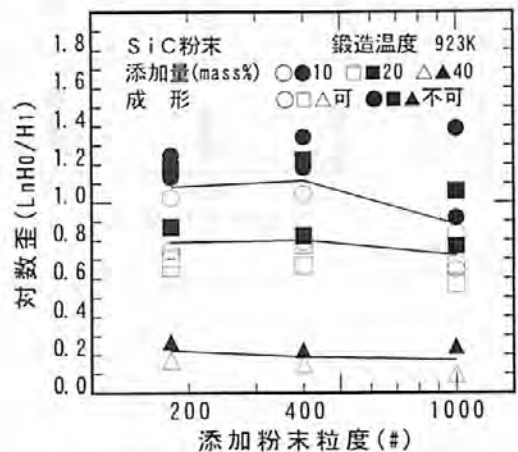


図7 変形能に及ぼす添加粉末粒度の影響
Influence of addition particle size on deformability

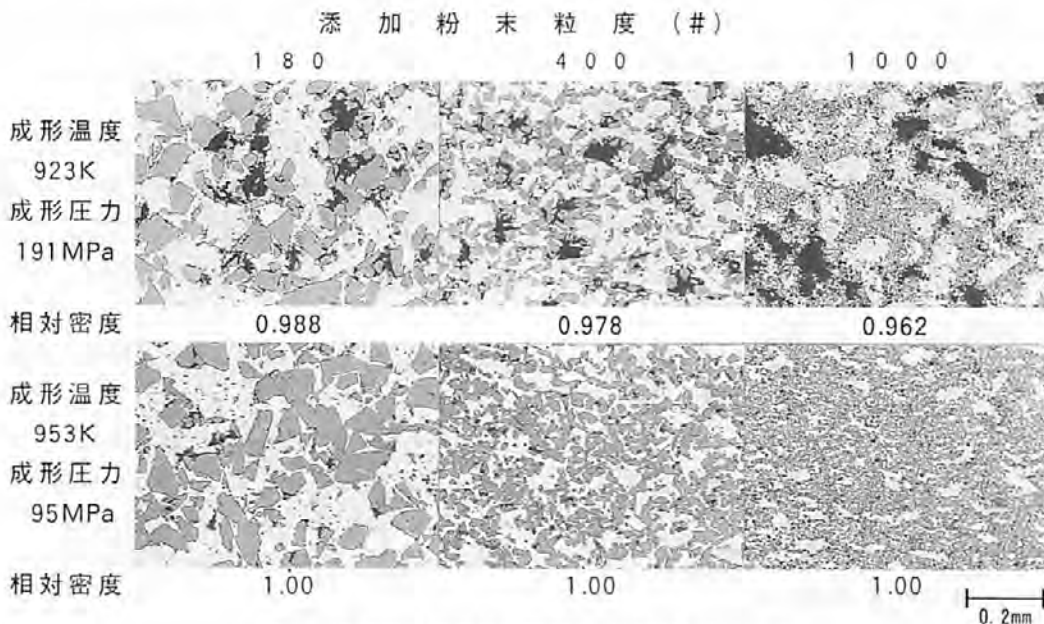


図6 成形品の顕微鏡組織写真 (添加量40mass%)
Microstructures of SiC particle dispersed Al after forming (mass=40%)

これは、変形能の低いSiC粉末の増加により変形能が低下したものと考えられる。しかし、変形能に対する添加粉末粒度の影響は添加量の影響よりは少なく、添加量40%の場合に粉末粒度#180と#1000で比較すると、その変形能の差は対数値で0.03と僅かであった。なお変形能の試験結果から、いずれの添加粉末粒度でも添加量40%では薄板に成形できなかったため、機械的性質および深絞り性・張出し性は添加量10%と20%についてのみ調査した。

図8に機械的性質に及ぼす添加粉末粒度の影響を示す。

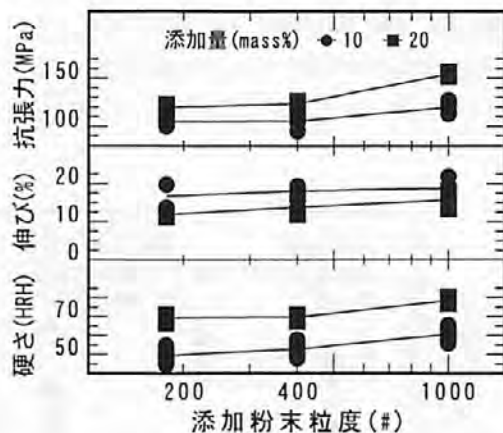


図8 機械的性質に及ぼす添加粉末粒度の影響

Influence of addition particle size on mechanical properties

添加粉末粒度を一定として添加量で比較すると、添加量の増加にともない抗張力と硬さは増加し、伸びは低下した。また、添加量を一定として添加粉末粒度で比較すると、添加粉末粒度が細くなるにともない抗張力、硬さ、伸びは増加する傾向を示した。

図9に深絞り性に及ぼす添加粉末粒度の影響を、図10に深絞り試験後の外観の一例を示す。深絞り試験ではポンチ肩半径が8mmの場合は添加粉末の量、粒度に関係なく、すべての試験片で成形は可能であった。しかし、ポンチ肩半径が4mmの場合は添加量20%では添加粉末粒

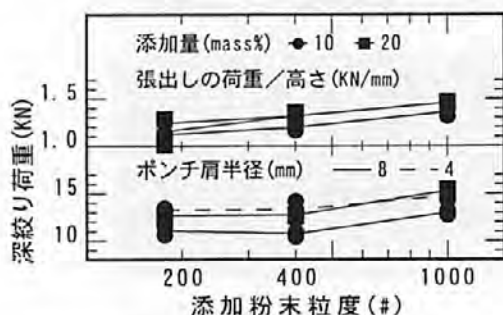


図9 深絞り性に及ぼす添加粉末粒度の影響
Effect of particle size on deep-drawability

度に関係なくポンチ頭部から肩部において破断した。最大深絞り荷重は添加量が多いほど、また添加粉末粒度が細かいほど大きい値を示し、ポンチ肩半径が小さくなると最大深絞り荷重は増加した。張出し試験では、粉末粒度に関係なく添加量が少ないほど張出し成形性は良好であった。最大張出し荷重は張出し量に大きく左右されるので絶対値の比較は出来ないが、単位張出し量(高さ)あたりの荷重は、添加量が多いほど、また添加粉末粒度が細かいほど高い値を示した。



図10 深絞り試験後の外観写真

Externals photographs after deep drawing

4. 結論

アルミニウム粉末に粉末強化材(SiC粉末)を添加して粉末成形と粉末液相成形を行い、次のような結論が得られた。

- (1) 混合粉末の常温圧縮成形では、添加粉末粒度や添加量に関係なく、成形圧力の増加にともなって相対密度は上昇したが、真密度には達しなかった。また、同一成形圧力で比較すると添加量が多くなるほど相対密度は低下した。
- (2) アルミニウムの融点以下での成形では相対密度は1.0まで達しなかったが、融点以上での成形では添加粉末粒度や添加量に関係なく相対密度は1.0になった。
- (3) 粉末強化材の分布状態は、成形温度、添加量および添加粉末粒度に関係なくほぼ均一であった。
- (4) 変形能は添加粉末粒度よりも添加量の影響の方が大きいことがわかった。
- (5) 粉末液相成形品の性状は、添加量の増加または添加粉末粒度が細かいほど抗張力、硬さ、深絞り荷重および単位張出し量あたりの荷重は増加した。また、張出し成形性は添加粉末粒度に関係なく添加量が少ないほど良好であった。
- (6) 粉末液相成形は粒子分散複合材料を成形するために有効な加工技術としての一手段であることがわかった。

参考文献

- 1) 渡部英雄, 斉藤 洋, 軽金属, 39,255(1986)
- 2) 渡部英雄, 斉藤 洋, 軽金属, 39,262(1986)
- 3) 友田 陽, 大貫貴久, 黄 明, 一瀬裕司, 太田弘道,
竹内 庸, 軽金属, 43,213(1993)
- 4) 友田 陽, 太田弘道, 大西孝喜, 吉田 純, 磯野光永,
竹内 庸, 茨城大学工学部研究集報, 42,57(1994)

間伐材の木炭化(第1報)

Carbonization of the Logs from Thinning (1st Report)

表原 靖男* 入江 年優* 井本 泰造**
Yasuo Omotehara Toshimasa Irie Taizo Imoto

谷口 正志*** 高橋 弓弦**** 夏川 一輝*****
Masashi Taniguti Yuzuru Takahashi Kazuki Natukawa

(1997年11月28日受理)

For the effective use of the logs from thinning of cryptomeria and Japanese cypress etc., we research the carbonization of the logs.

In this paper, we report the effect of various carbonization conditions on properties of the charcoal obtained by the carbonization test of logs with the combustion tube type furnace.

The results are as follows;

1. The characteristics of the charcoal produced is influenced significantly by the heating pattern of the furnace
2. It is necessary to raise the furnace temperature over 600°C to graphitize the charcoal completely.

キーワード：間伐材，製炭，熱分析，収炭率，かさ比重，精錬度

1. はじめに

戦後の積極的な拡大造林の推進により、現在、大阪府内の人工林は約26,800haとなっているが、その内約6割は下刈、間伐等の手入れを行う対象の林齢(35年生以下)にある。特にこの内約5,700haは、緊急に間伐を実施する必要のある森林で、不健全な状態にある。

大阪府では、昭和56年度から間伐の計画的推進をねらった国庫補助事業である間伐促進強化方針書に基づいて、間伐の推進を図っているが、表1に示すとおり、近年の間伐実施量は、約550ha程度であり年々減少傾向にある。さらに、この約550haの間伐実施により年間約10,000m³の間伐材が発生するが、その利用率は1割程度にとどまっている。

このように間伐が推進できないのは、

- ①長期にわたる木材価格の低迷や林業経営費の高騰による林業の悪化から、森林所有者の経営意欲が減退している。
- ②府内の産地部は総じて急峻であるといった地形的な制約もあり、間伐作業の効率的な実施に不可欠である林道、作業道等の路網整備が十分でないことや機械装備の高度化が立ち後れている。
- ③林業従事者の高齢化、後継者不足とともに、作業を担

表1 府下の間伐実施面積、材積と利用率
Thinning Area, volume and Utilization Rate
of Log from Thinning in Osaka Prefecture

	平成4年	平成5年	平成6年
間伐実施面積 ha	502	562	509
素材換算材積 m ³	11,647	11,045	8,481
素材利用材積 m ³	3,729	2,551	1,068
利用率 %	32	23	13

* システム技術部 熱熱焼グループ
** システム技術部 環境システムグループ
*** システム技術部 ロボティクスグループ
**** 材料技術部 環境関連材料グループ
***** 材料技術部 有機材料グループ

う森林組合等で作業員が不足している。といったことに起因しているものと思われる。

このような背景を受けて、大阪府研究総合調整事業として、間伐材を木炭に加工することにより付加価値を高め、木炭や木酢液の用途開発を図ることにより、間伐の促進、森林の保全に寄与することを目的に本研究を開始した。当研究所は

- ①製炭条件と木炭性状との関係の把握
 - ②間伐材の製炭に適した可搬型製炭炉の開発
- を目的に研究を実施した。

一般に製炭する温度や炉内の酸素濃度により、空消し状木炭(消し炭)や高級の燃料炭(一般にはクヌギ炭)になったり、その性状が大きく変化することがいわれている¹⁾⁻³⁾。そのため、製炭の基礎的事項の把握を目的として、燃焼管式実験炉により、種々の木種や昇温パターン等における製炭の基礎実験を行い、スギ、ヒノキなどの間伐材の炭化に及ぼす製炭温度の影響等について検討した。

2. 実験装置及び実験方法

実験試料としては河内長野森林組合から入手した間伐材のスギ、ヒノキと和歌山産ウバメガシ(高級燃料炭として市販されている備長炭の原木)を、1cm×1cm×5cmの寸法に裁断したものを使用した。

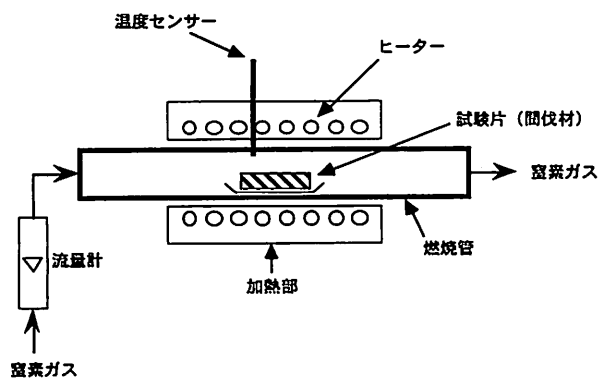


図1 燃焼管式実験炉の概略

Figure of Combustion Tube Type Furnace

製炭化は図1に示す燃焼管式電気炉を用い、空気中の酸素濃度の影響を除くために5 l/minの流速の窒素気流中で製炭実験を行った。また、パラメーターとしては、炭化温度を300, 400, 500, 600, 700, 800℃に変化させ、また炭化温度における保持時間は2時間一定とした。

加熱部(内径 30mm, 長さ約 600mm)に挿入される高温部は透明パイレックスガラスチューブ製のもので、間伐材の試料片を磁性ポートに乗せて挿入した。

3. 実験結果

(1) 木材(スギ, ヒノキ, ウバメガシ)の熱分析

図2は、スギ、ヒノキ、およびウバメガシの空気中における示差熱分析および熱天秤分析の結果である。

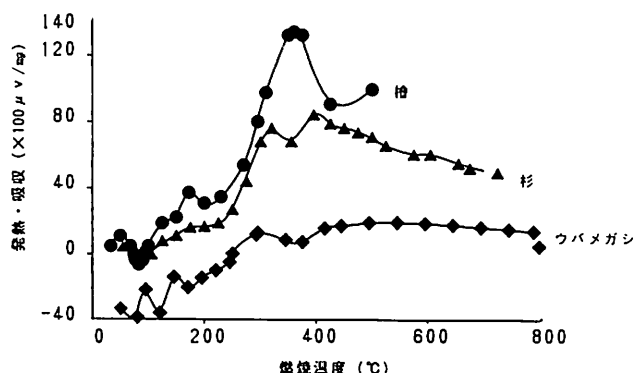


図2 木炭の熱分析結果

Thermal Analysis of charcoals

350℃からセルロースの分解による発熱が、400℃からリグニンの分解による発熱ピークが観察される。ウバメガシは組織が緻密で発熱が少なく、水分が多いためか、200℃以下で吸熱ピークが観察された。ヒノキが最も多く発熱していた。

木材を炭化する過程で温度が高くなっていくが、セルロースは約 275℃で最も激しく熱分解し、リグニンは約 370℃で熱分解し、400℃で分解が終わる。この温度が上がり炭化していく過程を煙のようすでみると、当初は白い水蒸気があがり、それからヘミセルロースが熱分解した刺激臭のある煙がでて、その後セルロースが激しく熱分解してから味のある煙となり、最後にリグニンが熱分解して青煙になり、炭化が終わる。酢酸等の有機酸やアルコール類等は、セルロースやヘミセルロースの熱分解成分でありフェノール類等はリグニンの熱分解成分である。さらに、温度が高くなると、リグニンの熱分解成分の中には3・4ベンズピレン、1・2・5・6ジベンズアンスラセン・メチルコランスレンなどの発ガン性物質とされるものも発生する。これらの発ガン性物質は、炭化温度が425℃以下では発生しないと言われている³⁾。

(2) 収炭率

図3は炭化温度と収炭率の関係を示す。300℃で35~40%の炭が得られ、800℃では17~20%程度の炭が得られた。今回の実験ではヒノキの収炭率がスギより悪く800℃で17%程度であった。製炭温度が高くなるにつれて、収炭率は下がる傾向が認められた。

(3) 木炭のかさ比重

メスシリンダーに適当量の水を入れて秤量した炭の塊を針金で体積全体が水面下になるように沈め、その時の体積増加量を炭の重量で割った値をかさ比重として求め

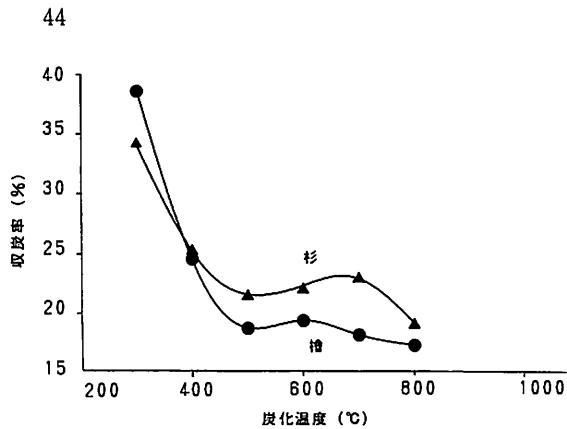


図3 炭化温度と収炭率の関係

Relationship between Yield of Charcoal and Furnace Temperature

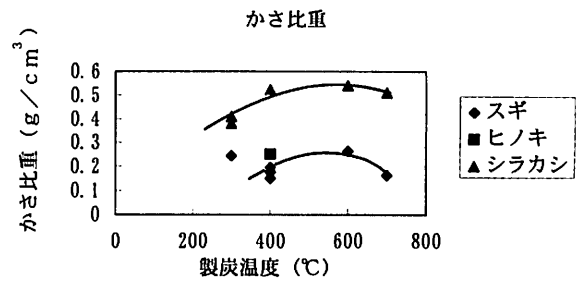


図4 炭化温度と木炭のかさ比重の関係

Relationship between Bulk Density of Charcoal and Furnace Temperature

たが、木炭の細孔中に保有している空気が少しずつ出てくるので体積増加量は徐々に減少する。本実験ではこの減少の度合いがほぼ安定する15秒前後の時の体積増加量を採用した。図4にこの関係を示す。備長炭をつくるウバメカシと同種のシラカシが最もかさ比重が高く、ついでヒノキ、スギの順に低下している。このようにスギやヒノキの場合では、条件をいろいろに変えて実験を行ったが備長炭のような硬い木炭とはならず、いわゆる消し炭風の木炭しか得ることができなかった。スギ材の場合では、300°Cから温度を上げていくと急速に減少し、400°Cあたりから逆に増大している。これは製炭の段階で重量減よりも木炭の収縮のほうが大きいと思われる。

(4) 電気抵抗値

炭の基本構造は小さい炭の結晶が不規則に並んだ無定形炭素であるが、炭化温度が上がるにつれて結晶化が進み大きな結晶に成長する。これはグラファイト構造と呼ばれ、電気が伝わりやすくなる。この性状を利用して炭化の進み具合を知ることができる。これは炭の表面に電極をおいて電気を通し抵抗を測定し、この抵抗の大きさを精練度を表している。

スギおよびヒノキの炭化温度による電気抵抗の変化を図5に示す。炭化温度の低い600°C以下では電気抵抗が大きく測定できなかったが、600°C以上では、ヒノキは100 kΩ/cmであり、スギでは2 kΩであった。800°Cでは3Ω/cm程度にまで低下し、グラファイト化が進んでいることがわかる。すなわち、完全にグラファイト化するためには製炭温度を600°C以上に上げる必要がある。

(5) 発熱量

ヒノキおよびスギの各炭化温度による高発熱量を図6に示す。300°Cでの炭化温度では、7,200cal/gであり、発熱量のピーク値はヒノキで500°C程度、スギで600°C程度であった。発熱量はそれぞれ8,000cal/g および 7,400 cal/gと幾分、スギのほうが少なかった。図中ではウバメカシ(備長炭)の結果も示した。一般的に、製炭温度が

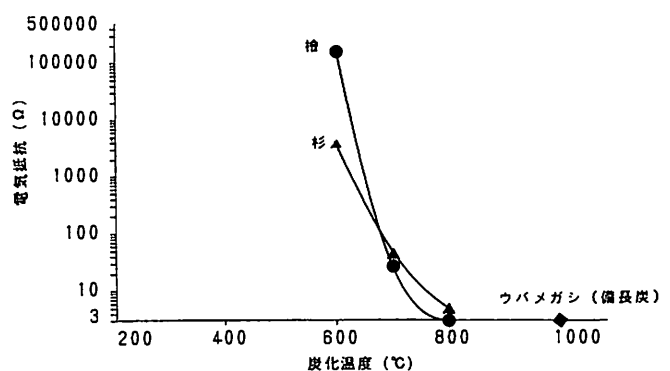


図5 炭化温度と木炭の電気抵抗値の関係

Relationship between Electrical Resistance of Charcoal and Furnace Temperature

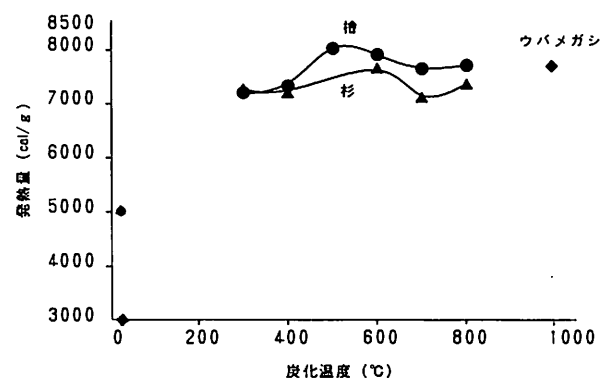
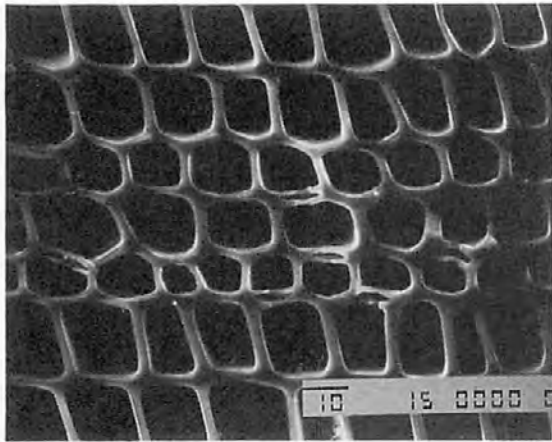


図6 炭化温度と木炭の発熱量(高位)の関係

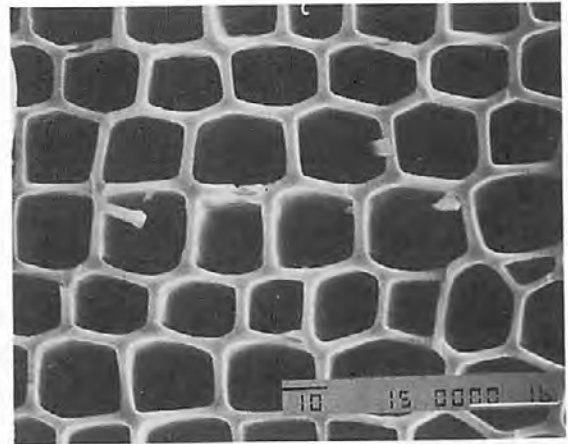
Relationship between Carlotific Value of Charcoal and Furnace Temperature

上昇するにつれ発熱量は増大し、約600°Cで最高値を示す。このように温度が600°C程度以上の高温で発熱量が低下するのは、炭素の割合が増加する以上に水素が減少するためと考えられる。

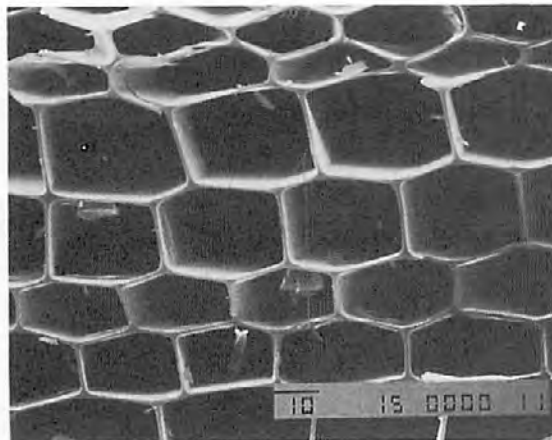
なお、実験に先立ち測定した原木の発熱量(高位)は次



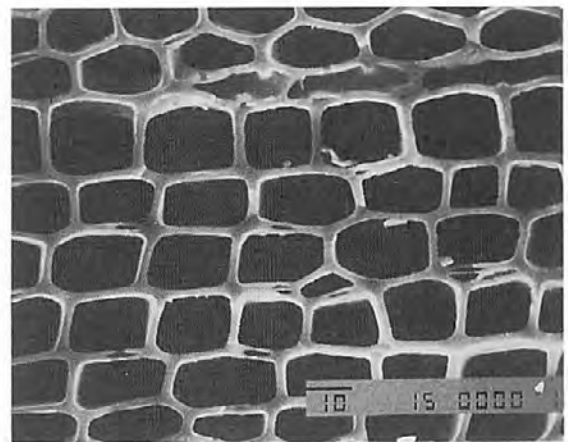
炭化温度; 350°C



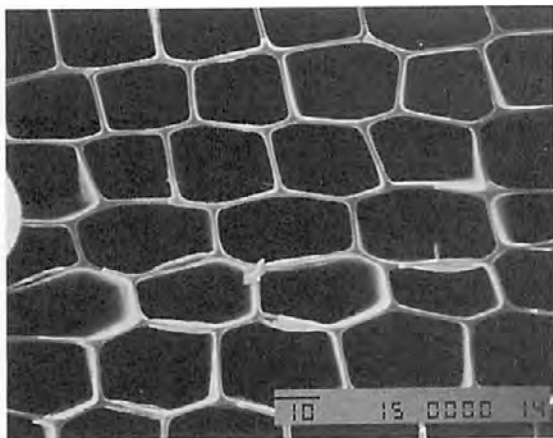
炭化温度; 350°C



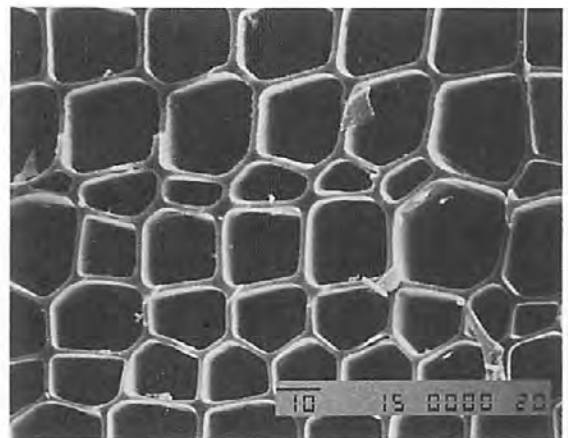
炭化温度; 650°C



炭化温度; 650°C



炭化温度; 1000°C



炭化温度; 1000°C

図7 スギ木炭の組織
アルゴンガス雰囲気
昇温時間; 1°C/min
保持時間; 2時間
倍率; 1000倍

SEM micrograph (x1000) of Cryptomeria Charcoal
(Furnace Temperatures are 350°C, 650°C, and 1000°C)

図8 ヒノキ木炭の組織
アルゴンガス雰囲気
昇温時間; 1°C/min
保持時間; 2時間
倍率; 1000倍

SEM micrograph (x1000) of Japanese cypress Charcoal
(Furnace Temperatures are 350°C, 650°C, and 1000°C)

のとおりである。

ヒノキ ; 4,222cal/g

スギ ; 4543cal/g

(6) 組織

各炭化温度による組織を走査型電子顕微鏡で観察した。炭化温度の増加と共に仮導管(マクロ径)、細胞膜(ミクロ径)とも減少する傾向にあった。代表的なスギおよびヒノキの組織写真を示したのが図7, 8である。

細孔容積については、今回は測定していないが、安部⁽¹⁾⁻⁶⁾によると原木がポーラスであるミツマタ炭が極端に大きい、ついで針葉樹のスギ炭が大きい。カシ炭では、炭化温度が高くなるほど小さくなる。また、アカマツ、カラマツ、スギなどの針葉樹はマクロの孔の径が大きく軟質の炭となり、燃料として使用するとき、酸素が炭の内部に進入しやすく、反応してできた炭素ガスの拡散も良いので火付きが良く、すぐに高温が得られる。クヌギ、カシ等の広葉樹はマクロの孔が小さくて硬質の炭となり、燃焼速度が遅く、一定温度で燃焼を持続して火もちがよいという特徴がある。

表面積は先述の安部によると、どの木炭でも約300m²/gから400m²/gで、備長炭はかなり小さいがスギやヒノキは比較的大きい。

4. まとめ

今までは炭焼き職人の勘に頼っていた製炭技術を少しでも解明し、だれでもが簡単に合理的な製炭を行えることと、間伐材に適した製炭技術を見いだすことを目的に

種々の実験を行った。まず、製炭の基礎的事項を把握するため、電気炉で材種や製炭温度を変えた基礎実験を行い、次のようなことがわかった。

- ①木炭の組織やかさ比重、発熱量などの性状は材種と製炭温度によって影響を受ける。
- ②製炭温度によって木炭の精練度は決定される。木炭がグラファイト化するためには、600℃以上の温度履歴が必要である。
- ③スギやヒノキなど針葉樹の間伐材では、カシやナラなどの広葉樹で生産される燃料に適した性状、すなわち、硬くて火持ちのする木炭の製造は困難である。しかし、土壌改良材や水質浄化材、調湿材として利用するならば、スギなどの間伐材でつくられる木炭でも気孔率、比表面積の観点から十分適応は可能である。

参考文献

- 1) 日本木質成形燃料工業協同組合編, 木炭の新用途とその現況, (1991)
- 2) 杉浦銀治編著, 炭焼革命, 牧野出版(1992)
- 3) 炭焼きの会編, 環境を守る炭と木酢液, 家の光協会(1994)
- 4) 安部郁夫他, 多孔性炭素材料の吸着性能評価法(第2報), 炭素, No.156, 22(1993)
- 5) 安部郁夫他, 多孔性炭素材料の吸着性能評価法(第3報), 炭素, No.160, 247(1993)
- 6) 安部郁夫他, 吸着剤として見直される木炭, 科学と工業, 68, (4), 161(1994)

ネットワークシステムとデータベースの設計

第1報 生産管理情報のフィルタ利用による財務管理システムの開発

Design of Network System and Database

1st Report; Development of Financial Management System by Using Filter of Production Management Information

竹田 裕紀* 中辻 秀和* 根津 修*
 Hiroki Takeda Hidekazu Nakatsuji Osamu Nezu

川崎 博史**
 Hiroshi Kawasaki

(1997年12月1日受理)

This series of studies is concerned with designing network system and database of total production management system. The production management system is usually considered to be different from the financial management system. In this system, financial data formed by the production management system is transferred to the financial management system through re-input or filing. But this may cause input of wrong data or double-input.

In this report, to avoid these mistakes these two systems will be unified by making use of the idea of "filter". The "filter" is to select data of database concerning with financial data formed by the production management system. Using this filter, various financial reports can be published on the financial management system.

キーワード：ネットワークシステム，データベース，生産管理，財務管理，フィルタ，パソコン

1. はじめに

生産管理システムは、受注業務から納品業務に至る物と情報の流れの管理とそれらに関連する財務・会計処理の業務を管理するためのシステムである。ところでこれらの管理業務の中で、図1に示すように財務管理だけが狭義の生産管理と別立てに考えられることが通常である。これは財務管理が年間あるいは期末ごとに収入と支出に関連する財務データをまとめて整理し、貸借対照表のような財務関連の帳票を作成する業務が中心で、会計管理も含めた狭義の生産管理の業務が日常的なものであるのに対して性格を異にするのと、財務に関する専門知識を必要とするためである。また、生産管理システムが各企業の特徴を反映した仕様を必要とするのに対して、財務

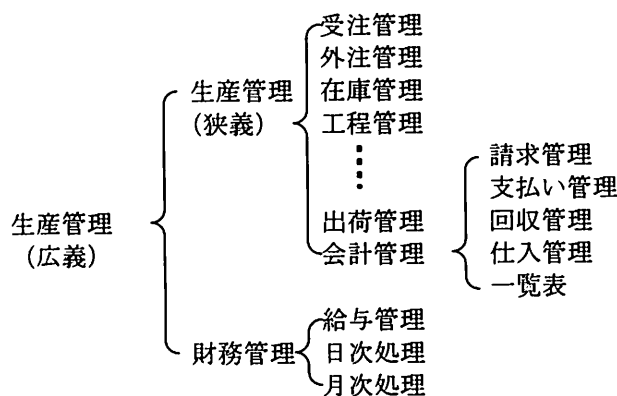


図1 生産管理システムにおける管理業務の分類
 Classification of Production Management System

管理は一般化しやすい管理であることも、両者を別立てにした理由と考えられる。

会計管理は、財務管理と混同されがちであるが、ここでは明白に区別して次の業務とする。つまり、納品後の

* システム技術部情報処理グループ
 ** 有限会社ホロニック

請求処理や回収処理，各種物品の購入に伴う支払い処理などの管理で，日常的に発生する金銭の出入りに関する管理とする。

中小企業の多くで財務関連の帳票作成を専門の業者（税理士，会計士など）に依頼するのも，上述のように生産管理システムで財務管理が別立てになっているのが大きな理由である。その場合，納品伝票や回収，支払い伝票などを振替伝票と共に専門の業者に委託し，業者が作成した財務帳票を受け取るのが普通である。やがて生産

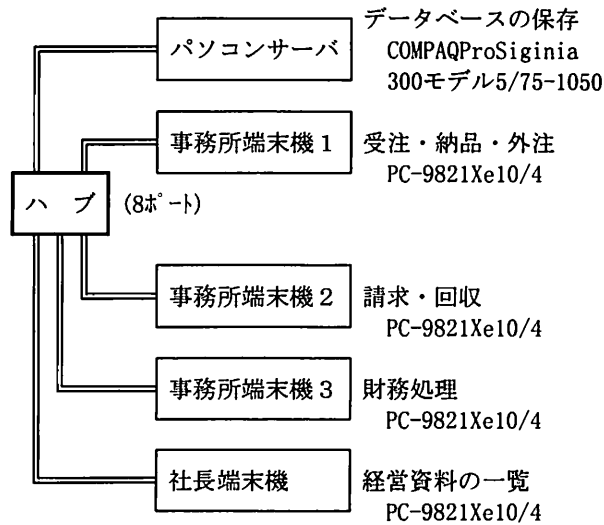


図2 ネットワーク構成図

Structure of Personal Computer Network System

管理業務がコンピュータ化され，フロッピーで財務データを渡すようになり，専門業者向けの財務管理ソフトもだんだんと整備，特化されて市場に出回るようになった。こうして財務管理ソフトを企業内でも利用するようになってきたが，その場合でも生産管理システムから財務管理システムにデータを転送するか，振替伝票のデータの再入力という手順を必要としなければならない。このため二重転送による重複ミスやデータの欠如などの発生する恐れがたえずつきまとっている。

本報では，このような生産管理システムと財務管理システムが別々に処理されることからくる問題を解決するために財務実績データベースとフィルターという考えを用いることにより両者を統合するシステムを開発したので報告する。また，市販の財務管理ソフトの多くが日次，月次，半年，年次の順番で処理しなければならないとか期間に指定があるのに対して，本システムにはそのような制約はなく，任意の期間で随時処理を行うことができる。

2. システムの概要

本システムは図2に示すようにコンパック製のパソコンをファイルサーバにし，NEC社製のパソコン4台を端末としたネットワークシステムである。またOSとしてWindows95とNetware3.12J，開発ソフトにはリレーショナル型データベースソフトdBASEIVを用いる。システム全体の概要を図3のメニュー構成で示す。

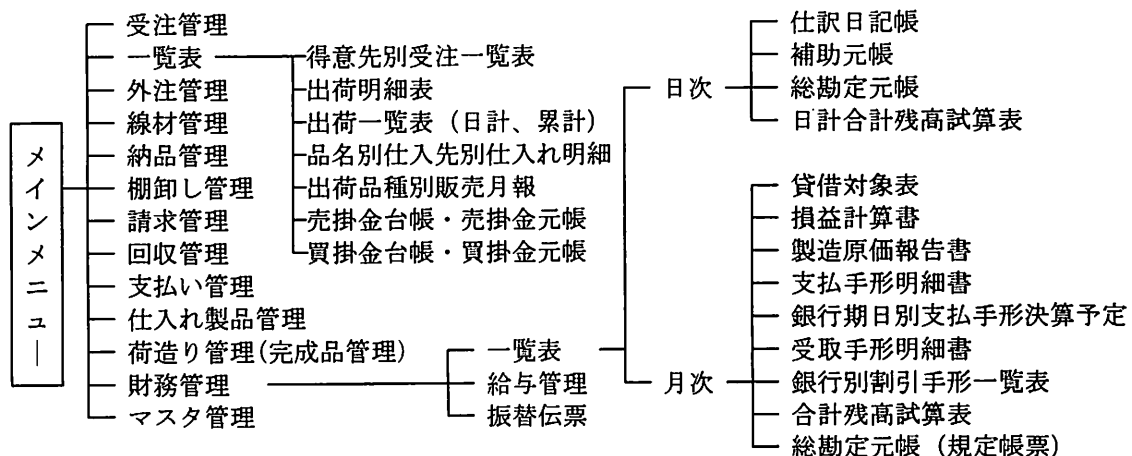
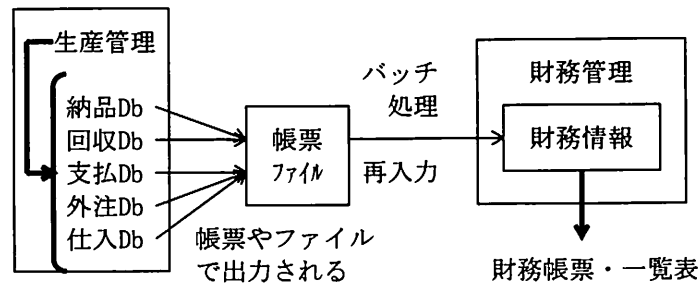
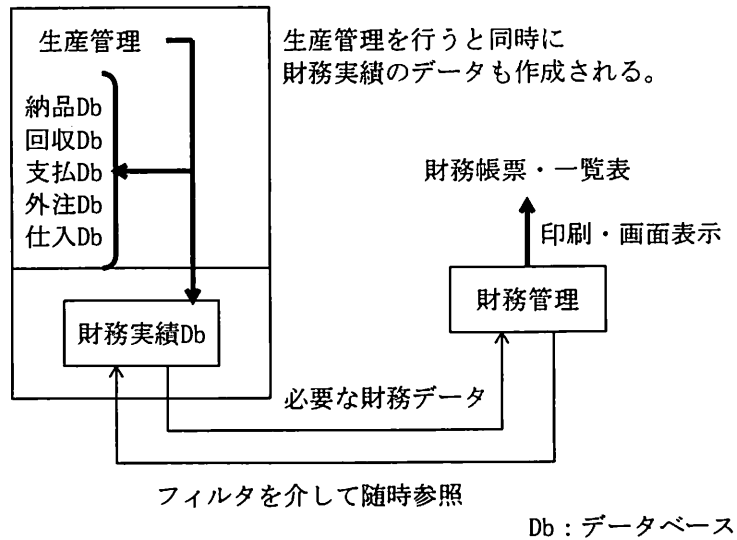


図3 生産管理システムの構成

Structure of Production Management System



(a) 通常の財務処理の流れ



(b) 本システムの財務処理の流れ

図4 生産情報と財務情報の関連図

Relationship between Production Information and Financial Information

(a) Flow of Financial Processing as Usual

(b) Flow of Financial Processing of Developed System

3. 生産情報と財務情報の関連

生産管理システムで発生した生産情報を財務管理システムの財務情報として利用する方法について、通常の財務ソフトを利用する場合と本システムの場合の比較を図4に示す。

図4(a)の通常の財務処理では、次のような手続きで処理される。生産管理システムで日常的に発生する生産情報は、処理ごとに納品データベース、回収データベース等々に格納される。財務処理が必要になった時に、生産管理システムから財務に関連した生産情報が一括して帳票あるいはファイルの形で出力され、バッチ処理で財務管理システムに再入力あるいはファイルの読み込みを行い、財務帳票などを出力する。これに対して図4(b)に示すように、本システムでは、生産管理システムで日常的に発生する生産情報を、処理ごとに納品データベース等々に格納すると同時に振替伝票と似たような形の財務実績データベースに格納する。財務処理の必要時に自動的にフィルタを介して財務実績データベースから必要

なデータを選択し、財務情報として出力する。こうした方法で両者のシステム間で情報の共有化を図る。なおフィルタについては5章で詳述する。

4. 財務実績データベースの設計

(1) 項目の設定

企業に必要な財務関係の帳票類は、振替伝票があれば、すべて作成できるので、財務実績データベースの構造も表1に示すようにこれに近い項目で設計する。

通常使われている振替伝票との相違は、財務実績データベースの項目に、①計算区分、②業務分類、③対応番号、④対応枝番号、⑤赤黒フラグの5項目を付加していることである。これらの項目は、生産情報と関連付けるものや、生産情報を訂正/削除する場合の赤伝処理用の目印として設ける。次にこれらの項目について簡単に説明する。

①計算区分

該当企業が、内税か外税かあるいは計算しないかを区別するための項目である。

表1 財務実績データベースの構造
Structure of Financial Database

	項目名	フィールド名	型	桁数	備考
1	伝票日付	DEDA	日付	10	1995,11,22
2	伝票番号	DENO	数値	7	1~9999999但し1桁目は西暦の下1桁
3	計算区分	KEKU	文字	1	0 計算なし、1 内税、2 外税
4	補助コード	HOCO	文字	3	得意先コード
5	借方科目コード	KRKC	文字	3	
6	借方金額	KRMO	数値	10	
7	貸方科目コード	KSKC	文字	3	
8	貸方金額	KSMO	数値	10	
9	数字1	SUJ1	文字	6	
10	数字2	SUJ2	文字	9	
11	摘要	TEKI	文字	30	
12	業務分類	GYBU	文字	1	0:ハンド処理 1:納品 2:回収 3:線材仕入 4:支払い 5:外注在庫 6:副資材仕入れ 7:給与 8:返却品 9:決算
13	対応番号		文字	6	使用業務を管理する管理番号
14	対応枝番号	TANO	文字	2	〃 枝番
15	赤黒フラグ	TAED SFLG	文字	1	赤黒相殺用で集計対象外は1 対象は0

②業務分類

該当レコードが生産管理システムのどの管理業務によって作成されたのかを記録するための項目である。具体的には、0:ハンド(例外)処理、1:納品、2:回収、3:線材仕入、4:支払い、5:外注在庫、6:副資材仕入、7:給与、8:返却品、9:決算である。

③対応番号

②の業務分類に該当する各生産情報でのデータベースのレコードには、すべて管理番号が付いている。この番号を対応番号にする。

④対応枝番号

③と同様に業務分類に該当する各生産情報でのデータベースのレコードには管理番号と枝番で管理している場合がある。この時の枝番号を対応枝番号とする。

⑤赤黒フラグ

本システムでは、訂正や削除処理の場合、誤データのあるレコードを訂正せず、それに対応する相殺レコードを作成し、新たに正レコードを登録する手法を採用している。この時に、正レコードとそれ以外のレコードを区別するのにこのフラグを設ける。この項目をフィルタで利用することにより、一覧表からの、不要レコード(相殺レコード)の非表示やふるい落としを容易に行うことができる。

(2) 振替伝票

一般的な振替伝票は、図5に示すようなものであり、借方、貸方別にそれぞれの勘定科目と、双方の金額を個別に記入し、最終的に借方と貸方の合計金額が一致する

ように記載する。図5の例では、4月分の運賃の請求が12,850円であった場合、その支払いの内訳は、現金で10,000円、小切手で2,500円、振込手数料として350円(振込手数料の値引き)となる。

通常、振替伝票に記載されないで直接売掛金/買掛金台帳に記入される納品や回収、外注在庫、支払などの財務処理も、このような形式の振替伝票に記載することは可能である。こうしてすべての財務に関連する情報を一元的に財務実績データベースに格納できるようになる。

(3) 勘定科目

勘定科目とは財務管理を行うときに、分類の基となる項目であり、図5に示すように、借方科目、貸方科目の項に記載されているのが勘定科目である。表2に本システムで使用する勘定科目の例を示す。これらの項目は、金銭や資産の出入りがどのような分類項目で行われたかを分類するものであり、図3の生産管理システムの中の財務管理や一覧表の作成などに利用される。

(4) 例外処理

以上は、生産管理や財務管理を行うことで作成される財務データについて述べたが、企業活動ではそれら以外にも金銭や資産の移動が行われる。たとえば、製品の配達に要した燃料費やトラックの通行料金などであり、そのような財務データのための例外処理を行うシステムを作成する必要がある。図6に例外処理を行う場合の画面例を示す。

1997年12月11日					No 123456														
金 額		借方科目	摘 要	貸方科目	金 額														
	1	2	8	5	0	運賃	1	1	月分運賃	現金			1	0	0	0	0		
								トリベール運送分	小切手					2	5	0	0		
									振込手数料							3	5	0	
	1	2	8	5	0	合 計									1	2	8	5	0

図5 振替伝票の例
Example of Transfer Ship

借方科目		金 額	貸方科目		金 額
[001][運賃]		[12,850]	[004][現金]		[10,000]
数字1 []	数字2 []		摘要 []		
[006][]		[]	[111][小切手]		[2,500]
数字1 []	数字2 []		摘要 []		
[] []		[]	[122][振込み手数料]		[350]
数字1 []	数字2 []		摘要 []		
[] []		[]	[] []		[]
数字1 []	数字2 []		摘要 []		
[] []		[]	[] []		[]
数字1 []	数字2 []		摘要 []		
[] []		[]	[] []		[]
数字1 []	数字2 []		摘要 []		
[] []		[]	[] []		[]
数字1 []	数字2 []		摘要 []		
[] []		[]	[] []		[]

伝票番号は123456番です

図6 例外処理を手入力で行う場合の画面例
Example of Monitor Display for Hand Input in the Exception Processing

5. フィルタの設計

これまで述べてきた生産管理システムと財務管理システムを統合化したシステムの構築の方法をまとめると図7のようになる。

ところで財務実績データベースに蓄積される情報は、

物理的には処理が行われた日時順に並んでおり、このままデータベースから取り出しても帳票データとして使えない。財務帳票、一覧表を作成するには、不要レコードをふるい落とし、必要なレコードだけを取り出して並べ替え、集計などを行うフィルタが必要となる。

財務関連の帳票作成に使用するフィルタの設計では、

表2 勘定科目例
Example of Financial Items

コード	勘定科目	コード	勘定科目	コード	勘定科目
111	現金	186	仮払金	673	租税公課
152	売掛金	229	減価償却累計額	713	賞与
312	買掛金	242	出資金	723	法定福利費
511	製品売上高	259	貸倒引当金	725	退職引当金繰入
512	副産物	291	繰延資産	726	旅費交通費
521	売上値引	321	短期借入金	727	通信費
181	前渡金	669	交際費	188	生命保険
184	未収入金	671	旅費交通費	350	債権償却特勘定
185	前払費用	672	通信費	551	仕入値引

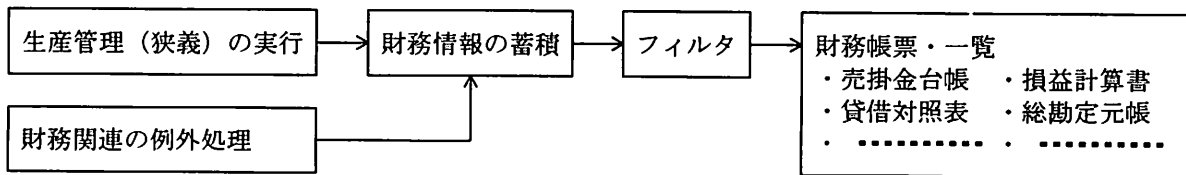


図7 財務帳票を作成するまでの流れ
Making Flow of Financial Note

その処理(納品や回収, 仕入など)がなされた年月日とそのときにどの勘定科目で処理したか, どの得意先・仕入先かを区別する3つの項目が重要になる。

この3項目で財務実績データベースのレコードを分類・選択する(フィルタを介する)ことによって目的に応じた表形式で集計処理を行い, 財務関連の帳票を容易に作成できる。次にこれらの項目について述べる。

(1) 期間指定

財務関連の帳票の作成に当たっては, 月単位や任意の日時などのいつからいつまでという期間指定が必要になる。この項目は表1の財務実績データベースの伝票日付(DEDATA)で, これをフィルタにすることによって膨大な実績データの中から指定期間内のレコードを取り出すことができる。

(2) 得意先・仕入先指定

得意先ごとの売上高や仕入高の分析に用いる売掛台帳や売掛元帳, 買掛台帳, 買掛元帳の作成は, 前節の期間指定のフィルタを介したあと, 得意先情報が格納されている補助コード(表1参照)を用いて集計処理を行うことにより, 得意先ごとの売上高や入金状況, 支払い状況などの帳票を作成できる。

(3) 勘定科目指定

得意先の指定と同様に, 表2に示す勘定科目ごとに集計することができる。作業の流れは(2)の得意先・仕入

先指定の場合と同様である。

(2), (3)の帳票類はプログラムを用いて作成されるが, その他企業の要望に応じた帳票やグラフをExcelのような市販の表計算ソフトを利用して作成することができる。たとえば, 期間内の得意先別の売上げ高のベスト10などのグラフ作成などである。

6. おわりに

本報では生産管理システムと財務管理システムを統合化する方法を中心に財務管理システムの開発について述べた。また財務実績データベースの構造は, 市販の表計算ソフトから容易にアクセスできるように設計した。これによって今後必要に応じて利用者が希望する一覧表や視覚化されたグラフを容易に作成できる。しかし表計算ソフトでは, 一部のマクロ機能を除けば, 単純な集計やグループ化, 並び換えなどの機能が主であるため複雑なレコード検索や集計ができないが, これらのことも市販アプリケーションソフトを利用することによって可能なデータベース構造になっている。

なお, 本研究はパソコン, ネットワーク, データベースを基本としたコンピュータ利用技術についての長期的な研究の一部である。今後続けて一連の研究成果を報告する予定である。

ネットワークシステムとデータベースの設計

第2報 パソコンネットワークによる統合的在庫管理システムの開発

Design of Network System and Database

2nd Report ; Development of Total Inventory Control System by Using Personal Computer Network System

中辻 秀和* 竹田 裕紀* 根津 修*
Hidekazu Nakatsuji Hiroki Takeda Osamu Nezu

谷口 健二**
Kenji Taniguchi

(1997年12月1日受理)

The inventory control system takes one of the most important parts in the production management system as well as in the progress management system for the cost-down and saving materials. We have been developing the production management system in a lithographing company. In this report, the inventory control system is developed in order to use materials efficiently. As a result, main materials like ink, sub materials like maintenance parts of machine and furnishing materials like tin plate can be managed totally. This developed personal computer network system can be applied to other types of industry.

キーワード：生産管理システム，在庫管理システム，ネットワークシステム，パソコンネットワーク，データベース

1. はじめに

資材在庫，仕掛品在庫，製品在庫のどれであれ，コストアップ要因となる在庫はなるべく少なく，できれば「ゼロ」にもっていきたい。しかし，現在の多品種・少量生産・短納期の状況に対応するには，在庫を「ゼロ」にはできない。したがって納品と経理の両面から在庫状況の把握は非常に重視される。

一般に在庫の利点・機能として次の4つがある。

- ・ロット効果：生産数量(ロット数)を上げることにより生産性の向上が期待できる。
- ・誤差緩和：生産計画，販売計画などの予測誤差の緩和ができる。
- ・納期促進：在庫により納期を早めることができる。
- ・負荷調整：在庫を持つことで計画生産が可能になり，

生産能力の負荷の軽減になる。

このような在庫の機能を発揮しながら，適正在庫を維持するためには高度な管理が必要となる。

当グループでは金属印刷企業においてパソコンでのネットワーク型生産管理システムの構築を進めているが，ここでは主資材(インク)，副資材，預かり資材(ブリキ板)等を統合的に管理し，資材活用を図る在庫管理システムの開発方法について報告する。

2. ネットワークシステム

本在庫管理システムは，構築中のパソコンネットワークシステムによる統合型生産管理システムの一環として開発した。今回の在庫管理システム開発に伴い，peer to peer 型のネットワークから，図1に示すようなサーバ機を導入したサーバクライアント型ネットワークに変更し，クライアントコンピュータであるパソコンの台数も3台から8台に増設した。この変更によって，生産ライン，資材庫を除くすべての部署にパソコンを設置し，

* システム技術部情報処理グループ

** (株) 神光鋳力印刷工場

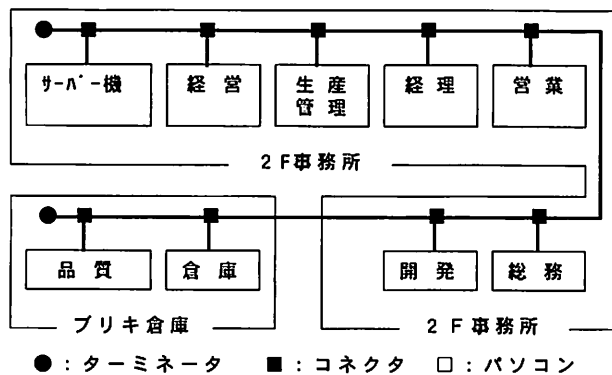


図1 ネットワーク構成

Structure of Personal Computer Network System

ネットワーク環境を整備した。またソフトウェアについては、開発に着手した時は、まだ Microsoft Windows が普及しておらず、OSとして MS-DOSを使用し、ネットワークOSは、NetWareを使用した。また、システム開発には、構築中の生産管理システムとの接続を考慮して、生産管理システムと同じ リレーショナル型データベースソフトdBASEIVを用いる。

3. 資材の分類

各種資材の発注仕入・使用実績の状況を適時把握し、効率的な在庫管理を行うためには、すべての資材を同じように管理することは時間・費用の点で無駄であり、資材によって管理するレベルを変えることが必要である。ここでは、経費に占める重要度、管理効率を考慮して、資材を表1に示すように4種類に分類し、それぞれ別々に管理を行う。

①「インキ・塗料・溶剤」(以下インキ等と呼ぶ)は、金属(ブリキ)板上に文字・絵を印刷するために必要不可欠であり、使用量も多く、経費にしめる割合も大きい。したがって、徹底した管理を行う。発注し納品されたインキ等は資材庫で保管され、必要に応じて工場へ出庫される。資材庫でのインキ等の在庫管理は缶単位で行う。

これは、工場でのインキ等の使用は、ほぼ缶単位で使用されること、一度開封したインキ等の保存・再使用は一般に品質上問題が多いためである。工場へ出庫されたインキ等はその時点で使用完了とみなし、その後の処理についてはコンピュータ処理は行わない。残ったインキ等の処理に関する管理はコンピュータ管理とは別に行う。

②「電気・機械資材」は備品となる設備機器と、消耗品である補修部品、ならびに蛍光灯、フィルタなどの通常生産作業において消費される消耗品に大きく分けられる。補修部品や消耗品は資材庫へ入れられ、①のインキ等と同様に処理される。それに対して設備機器は、その導入設置から廃棄処理されるまで、その機器に関する情報(たとえば、設置場所、発注者、管理者)が管理される。これは時系列的に変更がある度に情報が追加されていく。

③「その他」については、①、②以外の費用支払いのみ(例えば、通信費、電気料金)の項目と、経費に占める比率の少ない事務用品などについて、費用の支払いに関してのみ管理する。

④「ブリキ」は、原則的に得意先からの預かり品であり、棚卸時に得意先への在庫枚数の報告を行わなければならないので、①のインキ等と同じく、預かった枚数と、印刷、検品後、出荷された枚数についての管理を行う。管理レベルからいえば、預かり品である④が最も重要度が高く、次に①、②、③と重要度が順次低くなる。

4. システムの設計

(1) データベースの設計

発生したデータを保存しておくデータベースの構造はシステムの使いやすさ、将来の拡張性などに大きな影響を及ぼすため、慎重に設計する必要がある。我々は各処理(発注、仕入など)ごとにそれぞれのデータベースを作成し、その処理で発生するデータ(一次データ)はすべてそのデータベースに格納し、そのデータを使用して作成する情報(2次データ)は、その情報が必要な時点で初めて作成することを提案している¹⁾。そうすることで、訂

表1 資材の分類
Classification of Material

	分類名	特徴	区分*
①	インキ・塗料・溶剤	主材料であり、経費にしめる割合が大きいので、徹底した管理を行う。	消耗品
②	電気機械資材	設備機器やその補修部品などで、設備機器は運用管理を行う。補修部品は在庫管理まで行う。	設備：備品 部品：消耗品
③	その他	費用の支払いのみを把握すれば良い。	消耗品
④	ブリキ	顧客からの預かり品であり、数量管理を行う。	消耗品

*) 区分の消耗品：在庫は数量変化で管理
区分の備品：廃棄時点で在庫から除外されるまで、1つ1つの運用情報を管理

表2 データベース例 (発注データベース)

Example of Database (Order Database)

No	項目名	フィールド名	型	桁数	備考
1	発注No	HANO	文字	5	自動採番
2	発注行番	HGOB	文字	1	1~8
3	発注日	HADA	日付	10	例 1996. 05. 31
4	仕入先コード	SRCD	文字	3	
5	インキ塗料コード	INCD	文字	4	
6	季節区分	KISK	文字	2	(インキのみ)
7	個数	KOSU	数値	3	
8	発注者	HTSA	文字	3	
9	ラインNo	LINO	文字	1	
10	仕入完納	KNFL	文字	1	"0": 仕入未納 "1": 仕入完納

正削除のプログラムが単純化でき、信頼性が向上する。今回もその方針でデータベース設計を行う。たとえば発注に関するデータベースは、表2に示すように発注に関する入力データのみを格納する。ただし、コンピュータの能力の問題で処理時間が多くかかる場合には一部2次データについても格納する。たとえば、発注したインキの仕入が完了しているかどうかは、仕入に関するデータベースを検索することで分かるが、発注1回に対して、納品が複数回になる場合があり、その場合の検索には時間がかかる。このため、表2の発注データベースに「仕入完了」項目を作成して仕入が完了した時点でこの項目に完了データ(フラグ)を格納する。コンピュータの能力が向上し、合理的な時間で検索ができるようになれば、この項目は必要ない。これは在庫数の計算などにもあてはまる。表2のように作成したデータベースはサーバ機のハードディスク内に置き、各パソコンで入力されたデータはネットワークによって、サーバ機のデータベースへ送られている。データ処理時に一時的に作成され、その処理が終了すると削除されるデータベースや、データを保存する必要のない一時的に使用するデータベースは、パソコン内のハードディスクに置かれる。

(2) 機能設計(メニュー構成)

データベースの設計に続いて、分類した資材別に、各々の資材の動きを管理するのに必要な機能をどのようなものにするかについて管理項目ごとに設計する。このシステムでの最も重要な管理項目は、消耗品(①インキ等、②電気・機械資材のうちの補充部品、④ブリキ)では数

量であり、備品(②電気・機械資材)では運用情報である。ユーザにとってコンピュータの使い勝手を良くするには、これらの管理項目のメニュー構成と画面構成の設計を十分に考える必要がある。入力者にとって入力したい項目が間違いなく選択できるような画面構成が必要になる。メニュー構成を図2に示す。ここで第2、第3階層は第1階層の電気・機械資材の場合のみを示す。まず第1階層において、4つに分類した資材を選択する。次にその資材について何をするのか、発注・仕入・返品等から選択する。資材の使用は、消耗品の場合は使用実績を、備品の場合は運用実績を選択する。最後に第3階層で入力目的を選択する。新規に入力作成するのか、訂正・削除をするのか。あるいは過去のデータの照会、さらには過去のデータについて一覧表を作成するのを選択する。以上のメニュー項目の選択が終了すると、それぞれに対応した入力画面が表示され、データ入力が可能になる。メニューでの項目選択はそれぞれの項目の前につけられた数字を入力すれば次々にメニューが変わる方式である。

(3) 画面設計

確実な管理ができるためには、入力データが正確でなければならない。このため、それぞれの入力画面について、間違いなく・早く入力できるように工夫する。たとえば、インキの場合はコードを入力した時に、そのコードで間違いがないか確認できるように、入力したコードに対応しているインキの名前、容量、単位が表示される。コードに間違いがないことを確認の上で個数を入力するだけで事足りるようにする。コードがわからない場合は、コードとして「0」を入力すると、コードやインキの名前等、コードが確定できる情報を、ウインドウを開けて表示し、その中から選択できるようにも考慮している。この場合、コードの手入力を許さずに、最初からウインドウ内から選択させるという方法もある。この方法の利点は、登録されているコード以外は選択できないので、入力データのチェックが簡単になることである。しかし、入力を行う人は、入力を繰り返すうちにコードを自然と覚えるものであり、ウインドウ内からコードを探すより、手入力の方が入力が速くできるようになる。データの入力にもリズムがあり、それを壊さずに入力できることは、

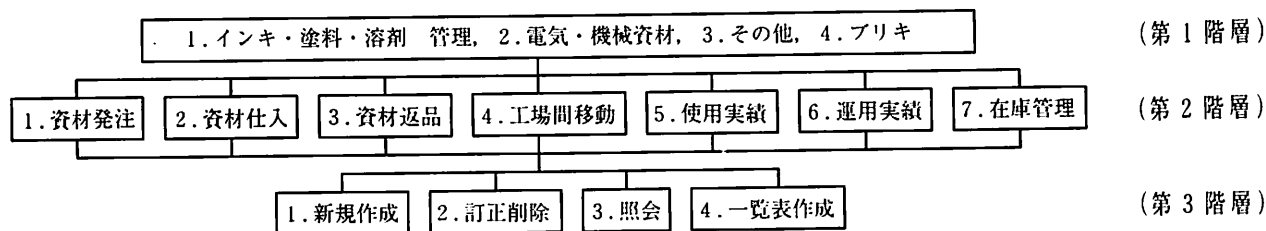


図2 メニュー構成例

Example of Menu Structure

発注 No[00102]		発注日[97]年[11]月[21]日	
仕入先[123]産技研インキ		ライン[005]	
発注者[111]中辻秀和			
[インキ塗料]			
コード	インキ塗料名	季節	容量
[0002]	[CP555]	[夏]	[20.0]
[0005]	[XA100]	[夏]	[10.0]
[]	[]	[]	[]
[]	[]	[]	[]
[]	[]	[]	[]

図3 インキ発注入力画面

Example of Monitor Display for Input of Ink Date

入力の正確さを増す上でも重要である。当然、コードの手入力を許すことにより、データの妥当性(コードに対応するインキが登録されているか等)を検査するためのプログラムは必要になる。また訂正・削除したデータは復活させることはできないので、実行する場合は再度確認を取り、間違いが起こらないように設計した。図3にインキ発注入力の画面例を示す。

(4) 運用

コンピュータへの入力がいくら正確でも、元のデータに誤りがあっては、コンピュータからの出力情報は当然間違ったものとなる。したがって、データ発生時に正確なデータを帳票に確実に記録することが必要である。作業者は本来の業務に加えてデータの記録も行わなければならないので、記録作業はできるだけ簡単確実に済ませるようにしなければならない。こうして正確な記録、確実な入力という運用があってはじめて、コンピュータはその機能を発揮することになる。ここでは、インキの処理についての例を示す。

(A) 発注処理

発注者は資材庫に備え付けの資材在庫票(図4)に発注個数などの必要事項を記入して、在庫票回収箱に入れる。事務所は回収箱から回収した資材在庫票をコンピュータに発注入力する。入力後、まとめて発注書をプリンタ出力し、FAXにて発注先に送信する。

(B) 仕入処理

発注先から納入された資材について、発注データをもとに納入日などの仕入データを追加入力する。入荷したインキ塗料は資材庫に入れられて資材在庫票と資材在庫クリップで管理する。資材在庫クリップとは、在庫インキ塗料の種類ごとに、その品名を記入した市販のクリップ1つを割り当てたもので、品名、単価、缶容量、管理コードなどを記入した資材在庫票(図4)をそれにはさみ、在庫品棚などに掲示してその数量を管理するためのものである。

資 材 在 庫 票		
塗料コード:	仕入先:	重量:
資材名:		
使用ライン: M-1・M-2・M-3・M-6・M-7	ライン長:	
S-1・S-3・S-5 (いずれかに○)	個数:	
使用日: 年 月 日	使用オーダーNo:	
<input type="checkbox"/> 返品処理	<input type="checkbox"/> 他工場移動 ()工場へ	<input type="checkbox"/> 廃棄処理
<input type="checkbox"/> 注文処理: 重量 × 個 = (個)	納期	年 月 日

図4 資材在庫票

Material Inventory Sheet

(C) 資材を資材庫から搬出する時

資材庫から資材を搬出する場合、該当する資材在庫クリップから資材在庫票を引き抜き、日付、ライン、責任者、使用オーダー、使用個数などを記入して、資材庫出入口に置く在庫票回収箱に入れる。事務所では回収した在庫票にしたがいコンピュータ入力を行う。

(D) 未使用の資材を資材庫に戻す時

備え付けの資材在庫票に返却チェックなど必要事項を記入して、在庫票回収箱に入れる。事務所では回収した在庫票に従い返却のコンピュータ入力を行う。

(E) 仕入先へ返品する時

返却資材を仕分け後、資材在庫票に返却個数などの必要事項を記入して在庫票回収箱に回収し、コンピュータで返品入力を行う。

(F) 他工場へ移動する時

移動資材を仕分け後、資材在庫票に移動個数などの必要事項を記入して在庫票回収箱に回収し、コンピュータで移動入力を行う。

(G) 廃棄

資材庫から蔵出しする前のインキ塗料を廃棄する時には、廃棄資材を仕分け後、資材在庫票に廃棄個数などの必要事項を記入して在庫票回収箱に回収し、コンピュータで廃棄入力を行う。なお蔵出したインキ塗料は、その時点で使用完了とみなし、その後で廃棄しても特別なコンピュータ処理はしない。以上のような資材庫を中心とした資材(インキ)と情報の流れを図5に示す。

5. 棚卸し

実績データの精度と正確さは在庫管理のみならず、生産管理システム全体の基本となる。しかし、実際にはいろいろな原因で間違いの発生は避けられない。このため間違いをすばやく発見し、迅速に対応できるシステムを作ることが必要である。

(1) コンピュータ上での数値と実棚との相異

一番多く起こる問題は、在庫数量においてコンピュータから出された値と実際に数えた値が異なる場合である。この原因としては、次の3つがあげられる。

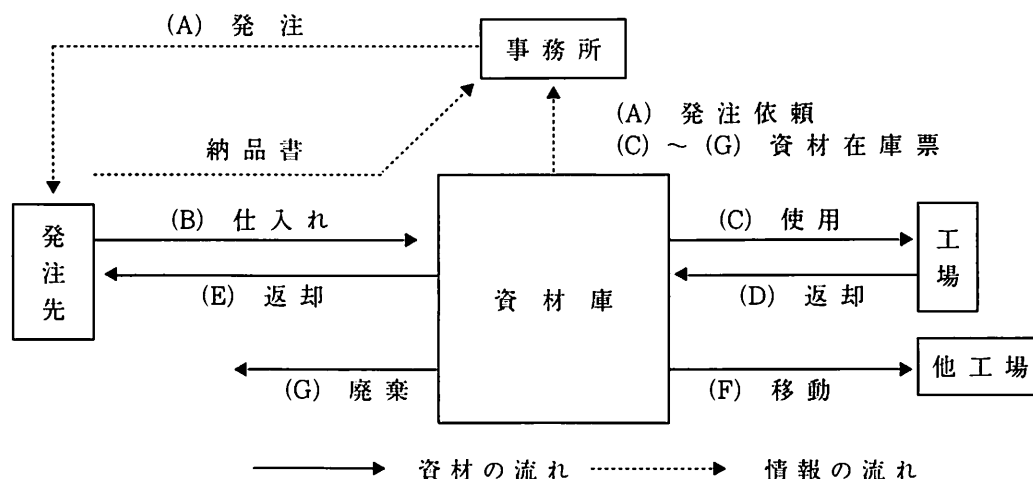


図5 資料の流れ

Flow of Materials and Information

(a) コンピュータのプログラムミス

(b) コンピュータへの入力ミス

(c) 在庫の数えとときのミス

(a)のプログラムミスは、本稼働までに修正しておくべきであるが、本稼働になって出た場合は速やかに修正すべきで、またそれで解決する。問題になるのは(b), (c)の場合で、(b)では入力ミスを防ぐ工夫をコンピュータプログラム上でも取りいれている。それでも(c)のような間違いは出るのであるから、逆に出了場合にその発生場所の特定、また訂正ができるように考えるべきである。

(2) 補正

実際の棚卸し数(実棚数)とコンピュータによる棚数が異なった場合の追跡方法として次の方法を用いている。

棚卸し方法として次の手順で行う。

- ①コンピュータ上での、在庫数を算出する。
- ②倉庫の実棚を計数し、その数量をコンピュータに入力する。
- ③コンピュータの棚数と実棚数が異なる部品のリストを出力する。
(出力項目：部品名、コンピュータ棚数、実棚数)
- ④③のリストに基づいてもう1度倉庫を調べ、実棚のカウントが間違っていないかを調べる。
- ⑤②に戻り、実棚の間違いを再入力する。
- ⑥コンピュータの棚数と実棚数が異なる部品について、部品ごとに入庫、出庫のデータを出力する。
(出力項目：年月日、仕入先・出庫先、数量、担当者)

⑦担当者毎に次の点に注意して検査する。

- ・同じ資材が別の名称で入力されていないか
- ・数量の記載内容は正しいか(入力間違いがないか)

⑧⑦の作業で判明したミスを訂正する。

⑨在庫管理のデータ処理を再度行う。

この処理の要点は、何らかの理由で出入庫処理が正しく行われなかった部品についての情報が、一覧表に作成される点である。こうすることで、調査する範囲が限定され、時間的・人的費用が少なくなる。

6. まとめ

今回開発した在庫管理システムは、すでに1年以上安定して稼働中である。正確な判断(意思決定)を行うためには、必要な情報が必要なレベルで、いつでも引き出せることが重要である。このシステムにより、製造業にとって必要不可欠である各種資材の数量管理を、また重要な資材については、重要度によって管理レベルを変化させることで、正確な情報を引き出せるようになった。

以上のような在庫管理に関するデータベースの設計から機能設計、画面設計、運用の方法などに関する考え方は、他の業種における在庫管理についても同様に適用可能である。

参考文献

- 1) 吉田総夫・吉野正紀著、dBASE III PLUSによる生産管理システムの開発手法、共立出版、1991

