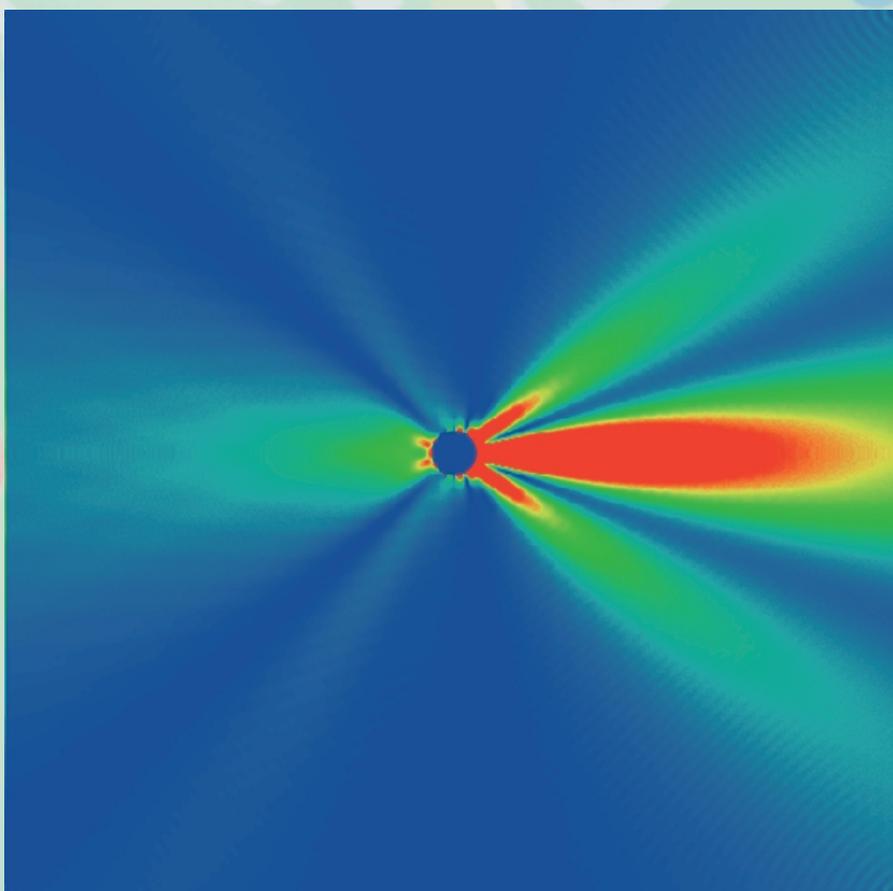


# 住友化学

2007-II 技術誌



光学フィルム用拡散粒子の散乱シミュレーション

# 住友化学

## 目次 2007-II

### 随 想

農業生産現場における技術革新 住友化学株式会社 執行役員 岡本 敬彦 .....	2
---	---

### 総説・解説

新規屋内塵性ダニ防除剤アミドフルメト(パンダック®)の発明と開発 .....	4
量子ビームを利用したポリオレフィンの構造物性研究 .....	14
遠心分離機による固液分離操作のスケールアップ .....	24
離散要素法シミュレーションによるボールミルの設計手法 .....	31
住友化学株式会社における化学物質管理と リスクコミュニケーションへの取り組み .....	39

### 技術紹介

ポリ乳酸 / ABSアロイの開発 .....	52
------------------------	----

### 製品紹介

環境にやさしい熱可塑性エラストマー ESPOLEX® .....	55
液晶モジュール搬送用トレイ FMS Sheet .....	55

### トピックス

「FPD International 2007」に出展 .....	56
Cambridge Display Technology Inc.社を完全子会社化 .....	56
「国際光触媒展 2007」に出展 .....	57

### 外部表彰受賞紹介

平成19年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 開発部門 .....	58
日本化学工業協会 / 日本レスポンシブル・ケア協議会(JRCC) 第1回レスポンシブル・ケア賞(RC賞) .....	58

### 外部発表紹介

.....	59
-------	----



# 住友化学 抄録

## 新規屋内塵性ダニ防除剤アミドフルメト (パンダック®)の発明と開発

森 達哉、松尾 憲忠、波多腰 信

田中 康順、於勢 佳子 ..... 4~13

アミドフルメト(パンダック®)は、当社が独自に発明、開発した殺虫剤であり、屋内に生息する塵性ダニ類全般に対し高い致死効力と速効性を有すると共に、既存の薬剤では防除が困難であったツメダニ類にも高い致死効果を有している。アミドフルメトは安定性に優れ、各種製剤に適用可能であり、実使用場面においても高い安全性を有していることから、既に屋内塵性ダニ防除剤の有効成分の一つとして実用化されており、今後とも屋内塵性ダニ特効剤として大きく期待されている。

## 量子ビームを利用したポリオレフィンの 構造物性研究

桜井 孝至、野末 佳伸、笠原 達也

山口 登 ..... 14~23

シンクロトロン放射光や中性子などの量子ビームを利用した散乱法は、数 から数1000 の幅広いレンジにわたる高分子の階層構造の研究をはじめ、構造と物性との相関を理解する上で有益な情報を与える実験手法である。当社では、研究開発の更なる促進を図るため、放射光施設や中性子施設など社外研究施設を活用した研究を積極的に押し進めている。本稿では、量子ビームの利用技術ならびにポリオレフィンの構造物性研究への応用について、フィルム延伸挙動の観察技術や成形加工品の構造解析などの事例を通して紹介する。

## 遠心分離機による固液分離操作のスケールアップ

高橋 邦壽、塩尻 進 ..... 24~30

医薬原薬、中間体の製造プロセスの多くは反応・後処理・晶析・ろ過・乾燥操作の流れで構成されている。ろ過操作でトラブルが発生すると品質低下、生産性低下および作業効率の大幅な低下につながる事が多く、医薬品製造プロセスにおいてろ過工程を安定化することは重要である。

本稿では遠心分離機によるろ過操作における、スラリー給液・ろ過ケーキ洗浄操作条件、ケーキ脱液操作条件を設定するための「小スケール実験から製造スケールへのスケールアップ技術」について紹介する。

## 離散要素法シミュレーションによるボールミルの 設計手法

木村 真喜男、鳴海 雅之、児林 智成 ..... 31~38

ボールミルは容器内にボールと砕料を入れ、その容器を運動させることによって粉碎を行う装置である。その装置設計や条件選定の手法は経験的な知見に依存する点が多く、装置のスケールアップも容易ではない。

本稿では、転動ミルおよび揺動ミルを対象にして、離散要素法シミュレーションと粉碎実験を組み合わせたボールミルのスケールアップ手法ならびに設計条件の最適化手法について紹介する。

## 住友化学株式会社における化学物質管理と リスクコミュニケーションへの取り組み

奈良 恒雄 ..... 39~51

住友化学(株)の化学物質管理の大きな特徴は、化学メーカーとしての幅広い技術力と広い知見をベースにした総合的な体制を組んでいるところにある。またリスクコミュニケーションの実践に向けては、「地域とともに発展することが企業の使命である」との考え方に基づき、様々なステークホルダーへの「情報公開」と「対話」を積極的に進めている。2007年2月にはこうした当社の取り組みが認められ、化学企業として初の「PRTR大賞2006」の大賞を受賞した。本稿ではこうした当社の取り組みについて概説した。

# 農業生産現場における技術革新

住友化学株式会社  
執行役員

岡本 敬彦

Yoshihiko OKAMOTO



小職は1988年にValent U.S.A. Corp.設立の時に同社に出向して以来、農業事業に携わって来ましたが、その農業事業を通じて農業と関わるようになって20年近く経ちます。一般的には保守的と考えられている農業ですが、その生産現場は近年農業生産者および一般消費者等の様々なニーズに応えるべく技術革新により国内外で大きくその様相を変えつつあります。当社を含め農業各社はこれに積極的に対応してビジネスチャンスの獲得に努めております。そういった農業生産現場における技術革新と当社の取り組みを概観したいと思います。

海外では遺伝子組換え技術によるラウンドアップ®耐性作物が登場し雑草防除が大きく変わりました。農業生産者はどの除草剤をいつ使うか考えることなくラウンドアップ®を散布すれば安価かつ簡単に雑草防除ができるわけですから、日本を中心とする一般消費者の遺伝子組換え作物に対する反対があっても急速に普及するわけですし、農業の競争力強化を考える国はその導入を積極的に考えるでしょう。

これにより既存除草剤の販売は激減し農業各社は大豆・トウモロコシ・綿用の除草剤の研究開発プログラムを見直したところが少なくないはずですが、当社も大豆・トウモロコシ・綿用除草剤の開発を第一義的に考えるというより、国内の水稲用除草剤の開

発の中から畑作用に使えるものを評価するというように研究開発の方針が変わっております。

しかしながら、多様な雑草種の中でラウンドアップ®で防除しきれない雑草が次第に増加し、最近ではこれまで防除できていた雑草の中にラウンドアップ®に対する耐性を獲得するものが現れ、増加するにつれ各社ともラウンドアップ®を補完する形で自社の除草剤を技術普及する動きが盛んになりました。当社は他社に先駆けてフルミオキサジン系ラウンドアップ®耐性作物の中で推進しております。今後は、ラウンドアップ®を補完する性能を有する新規化合物の開発や、ラウンドアップ®と組み合わせる除草剤に耐性を示す組換え作物の開発が盛んになると思われます。

遺伝子組換え作物の作付け面積は拡大しておりますが、除草剤耐性作物・Bt作物については複数の遺伝子を組換えて複数の機能を作物に持たせるなど引き続き改良が続いております。一方各社はカノーラ(なたね)における不飽和脂肪酸を増加させるなど作物そのものの改良に注力しております。バイオ・エネルギーの需要増大及び、より根本的には中国等における食料・飼料の需要増大に起因するトウモロコシ、サトウキビ、小麦などの増産がこの動きを後押しし、そういった作物の効率的な生産が求められております。その中で、遺伝子組換え技術を使って乾燥条件や低温、すなわち作物にとってストレス条件下でも収量を落とすことなく収穫できるように作物の改良が検討されております。当社は、得意とする植物生長調節剤技術を使ってストレス条件下での発芽促進や発根促進などのニーズに応えるべく研究開発を進めております。

一方国内農業は、WTO等の場における他国との自由貿易協定の議論の中で市場開放が求められており、農地の集約化など農業の競争力強化について対応が求められております。と同時に農業の担い手の高齢化問題もあり農業の生産現場では省力化をはじめとする効率的な農業生産の技術が必要になっております。

省力化の要請の中で、雑草防除や病害虫防除のための薬剤散布も育苗箱処理、播種時処理、田植同時処理のニーズが高まっております。こういった技術

は省力化のみならず、薬剤の対象作物以外へのドリフトを抑制できるので、農地の狭い日本においてポジティブリスト制に対応する有効な技術でもあります。このような薬剤の散布形式では複数の薬剤を組み合わせて複数の雑草・病害虫の防除を目指すのが主流ですが、それぞれの防除時期が異なるため初期の葉害を抑えつつ必要ときまで薬剤の効果を持続させる徐放化製剤技術が重要で当社においても重点的に研究開発に取り組んでいます。また当社では農業機械メーカーと協力して田植え機で田植えをするときに同時に薬剤が散布できるような技術の開発を進めています。

わが国においては、一般消費者の否定的な反応から遺伝子組換え作物の導入は遅れておりましたが、最近農水省は遺伝子組換え稲の導入に向けて一般消費者の反応を改善すべく積極的にパブリックコミュニケーションを開始しております。残念ながら日本の各社は遺伝子組換え作物の研究開発やビジネス化に関して、海外他社に大きく遅れをとっている上に、国内ではメーカーによる稲の種子ビジネスの素地が整っていないので、農水省のこの動きに対応するのは問題が多いと言わざるを得ません。個人的には稲作の生産性を上げるには、遺伝子組換え稲の開発よりも、今後は大規模な水田における直播技術がコスト削減から有力な技術となると思っており、これに対応した薬剤の散布技術の開発が必要になってくるかもしれません。

農業生産現場の変化のひとつとして法人経営農家の増加があげられます。法人経営農家は大規模であると同時に、農業を経営としてやっていくわけですから、従来農家ではともしれば隠れていたコスト管理、特に労務費の要素が重要になってきております。当社では独自に「農業経営支援システム」を開発し法人経営農家を始めとし大規模農家に試験的に提供し始めております。このシステムは農業経営のコスト管理に資するのみならず、薬剤の防除履歴を簡単に記録できることにより、昨今一般消費者において関心が高まっているトレーサビリティへの対応にも大いに貢献します。

消費者の食の安心、安全のニーズへの対応、農業

生産者にとっての収穫物の付加価値向上のため、変革の波は農業生産現場にとどまらず農産物の流通現場にも及んでおります。当社は日本エコアグロ(株)を通じ農産物の流通にも関与し始めております。また収穫後の作物を流過程でどう管理していくかというポスト・ハーベスト・マネジメントを専門とする米国の会社に資本参加しそのノウハウを取得し、得意とする植物生長調節剤を中心に薬剤を開発しこの事業分野に進出したいと考えております。

当社では、平成20年初から既存のピリプロキシフェン剤(ラノー<sup>®</sup>)を製剤改良した「ブルート<sup>®</sup>MC」を農業現場に提供すべく現在鋭意取り組みを進めているところです。この剤は現在問題となっている茶のカイガラムシに卓効なのですが、蚕毒のリスクが高いため、散布時の注意のみならず使用後の空容器の処理まで細心の注意を払う必要があります。このため現在、関係機関や流通業者のみならず農業生産者をも含めて購入前の農業生産者指導や空容器の回収システムの構築といった、前例のないビジネスモデルの構築に取り組んでいるところです。

このように急速に変化する農業生産者のニーズに対応して、あるいは先駆けて農業メーカー各社は技術革新を通じ、様々な商品・サービスを提供しようとしております。当社も例外ではなく、研究開発の分野だけでなく営業、技術普及、サプライチェーンにおいても今までとは違った対応が求められております。研究開発においてはもちろん安全で高性能の新規化合物の提供が引き続き重要であることは変わりませんが、ここで述べたように新製剤の開発を含めて農業生産者のニーズに合った薬剤の散布技術の研究開発も益々重要になっております。

当社は従来は国内、海外とも同業他社に原体を提供するいわゆる原体メーカーでしたが、現在は国内外において農業生産者に最終製品を提供するビジネスモデルに変わっており、これによって農業生産現場における様々な技術課題をタイムリーに把握することが可能となっております。今後ともこのような技術課題を把握・解決し、安心・安全な農産物の提供を通じて、農業生産者および一般消費者に対して貢献してまいりたいと思っております。

# 新規屋内塵性ダニ防除剤 アミドフルメト(パンダック®) の発明と開発

住友化学(株) 農業化学品研究所  
森 達 哉  
松 尾 憲 忠  
波多腰 信  
生活環境事業部  
田 中 康 順\*  
生物環境科学研究所  
於 勢 佳 子

## Discovery and Development of a New Miticide 'amidoflumet (Panduck®)' with High Lethal Activity against House Dust Mites

Sumitomo Chemical Co., Ltd.  
Agricultural Chemicals Research Laboratory  
Tatsuya MORI  
Noritada MATSUO  
Makoto HATAKOSHI  
Environmental Health Division  
Yasuyori TANAKA  
Environmental Health Science Laboratory  
Keiko OSE

Amidoflumet is a new trifluoromethanesulfonanilide compound with high house dust miticidal activity which was discovered by Sumitomo Chemical, and was registered in Japan in 2004. House dust mites and their products are known to be major household allergens to children and the elderly, and they cause asthma and atopic dermatitis. Amidoflumet shows high lethal activity against common house dust mites. In particular amidoflumet has excellent activity against predatory cheyletid mites, which often cause biting injuries to humans. These efficacies and its excellent safety to mammals can provide us with an important tool for controlling various house dust mites. This paper describes the discovery story, miticidal efficacies in various formulations, a method of synthesis and safety evaluations of amidoflumet.

### はじめに

一般の居住環境には様々なダニが生息しているが、その中でも人のフケや食物の残渣などを餌にしているヒョウヒダニ類は数として最も多く見出され、その死骸や糞がアレルギーの原因となっている<sup>1)</sup>。そのためヒョウヒダニ類の防除は、近年小児や老人で増加しているアレルギー性疾患、特に喘息やアトピー性皮膚炎の対策上重要な課題となっている。また、ヒョウヒダニ以外の重要な塵性ダニとして、時として貯蔵食品や畳などに大発生するコナダニ、さらにその捕食性のダニであるツメダニなどが知られている。代表的な塵性ダニ防除剤としては主にピレスロイド系の薬剤が使用されてきたが、屋内に生息する各種のダニ類に対する

効果は必ずしも満足出来るものではなかった。特に人を加害することもあるツメダニ類に対して高い効力を示す化合物は知られていなかった。

住友化学(株)では従来の屋内塵性ダニ剤に比べて、幅広く高い効果を示す新しい塵性ダニ防除剤を探索してきた結果、既存のダニ剤にない作用性を示す新規な化合物であるアミドフルメト(パンダック®)を見出し、開発するに至った。本剤は従来の薬剤に比べて、屋内に生息する塵性ダニ類全般に対し高い致死効力と速効性を有し、さらにこれまでの薬剤では防除が困難であったツメダニ類にも高い致死効力を示すのが特徴である。アミドフルメトは安定性に優れており各種製剤に適応可能であり、またアミドフルメトを含む殺ダニ・防ダニ製品は、実使用場面においてこれまでの製品と同等以上の高い安全性を有している。

\*現職：住化ライフテック株式会社

本稿では、アミドフルメトの発明の経緯、各種製剤での屋内塵性ダニに対する効力、物理化学的性質、製造法及び安全性について報告する。

## 発明の経緯

### 1. 研究の背景

主要な屋内塵性ダニであるコナヒョウヒダニ *Dermatophagoides farinae* やヤケヒョウヒダニ *D. pteronyssinus* などのヒョウヒダニ類の死骸や排泄物は、子供や老人の喘息、皮膚炎等を引き起こす主要なアレルゲンであると考えられている。そして、これらの発症を避けるために家庭内でのアレルゲンの除去が強く望まれており、屋内塵性ダニ防除剤として、フェノトリンなどのピレスロイド系薬剤やFig. 1に示されるサリチル酸フェニル1、安息香酸ベンジル2等のエステル系化合物が使用されてきた。

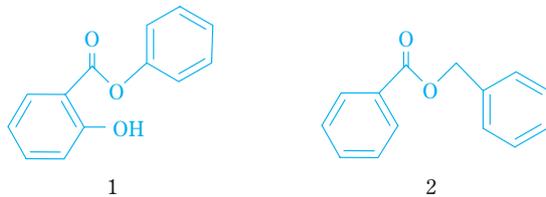


Fig. 1 Typical active ingredients for house dust mites

しかしながら、これらの薬剤は、ヒョウヒダニ類、ケナガコナダニ *Tyrophagus putrescentiae* に対する効力が不十分であるばかりでなく、人体を刺すことでより大きなダメージを与えるツメダニ類に対しては殆ど効力を示さないという問題点を抱えていた。また、このツメダニ類はいわゆる難防除害虫であり、他の殺ダニ剤を用いても十分に防除できないことが知られていた<sup>2)</sup>。筆者らは、このようなツメダニ類にも高い効力を示す屋内塵性ダニ防除剤を見出すべく、探索研究を開始した。

### 2. 殺虫化合物の発見

筆者らは、以前に、Fig. 2に示される一連のトリフルオロメタンスルホンアニリド化合物3がイエバエ、ゴキブリ等に高い致死活性を示すことを見出していた<sup>3)</sup>。

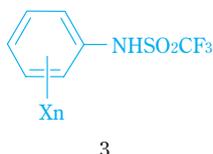
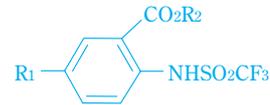


Fig. 2 Insecticidal trifluoromethanesulfonanilides

### 3. アミドフルメト(パンダック®)の発見

そこで、この化合物群の殺虫活性に着目し、サリチル酸フェニル1、安息香酸ベンジル2との構造類似性から、Fig. 3に示される2位にアルコキシカルボニル基を有する一連のトリフルオロメタンスルホンアニリド化合物4~15を合成し、屋内塵性ダニ類に対する致死活性を簡便な濾紙接触法で評価した。



- |   |   |
|---|---|
| 4 : R <sub>1</sub> =Cl, R <sub>2</sub> =Me  | 10 : R <sub>1</sub> =I, R <sub>2</sub> =Me                |
| 5 : R <sub>1</sub> =Cl, R <sub>2</sub> =Et  | 11 : R <sub>1</sub> =Me, R <sub>2</sub> =Me               |
| 6 : R <sub>1</sub> =Cl, R <sub>2</sub> =iPr | 12 : R <sub>1</sub> =NO <sub>2</sub> , R <sub>2</sub> =Me |
| 7 : R <sub>1</sub> =Cl, R <sub>2</sub> =tBu | 13 : R <sub>1</sub> =OMe, R <sub>2</sub> =Me              |
| 8 : R <sub>1</sub> =Cl, R <sub>2</sub> =Ph  | 14 : R <sub>1</sub> =CF <sub>3</sub> , R <sub>2</sub> =Me |
| 9 : R <sub>1</sub> =Br, R <sub>2</sub> =Me  | 15 : R <sub>1</sub> =H, R <sub>2</sub> =Me                |

Fig. 3 Synthetic method of 2-alkoxycarbonyltrifluoromethanesulfonanilides

試験結果をTable 1、2に示す。

その結果、ベンゼン環の4位がハロゲン原子で置換された化合物が、コナヒョウヒダニ (*Df*)、ケナガコナダニ (*Tp*) いずれに対しても高い致死活性を示すことが明らかとなった。一方、同じ電子吸引性基であるニトロ基、トリフルオロメチル基で置換された化合物12、14は、不十分な活性しか示さなかった。

また、ハロゲン原子と立体的に同程度の大きさで電子供与性基であるメチル基、メトキシ基で置換さ

Table 1 Miticidal activity of 2-alkoxycarbonyltrifluoromethanesulfonanilides against *D. farinae* (*Df*) and *T. putrescentiae* (*Tp*)

No.	Compound		Dose (mg/m <sup>2</sup> ) – Activity (%)	
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	<i>Df</i> 8 (mg/m <sup>2</sup> )	<i>Tp</i> 80 (mg/m <sup>2</sup> )
4	Cl	Me	+++	+++
5	Cl	Et	+++	+++
6	Cl	iPr	+++	+++
7	Cl	tBu	+++	+++
8	Cl	Ph	+++*	-
9	Br	Me	+++	+++
10	I	Me	+++	+++
11	Me	Me	+++*	-
12	NO <sub>2</sub>	Me	-	+++
13	OMe	Me	+	-
14	CF <sub>3</sub>	Me	-	+++
15	H	Me	+++*	-

+++ : 100% mortality, ++ : > 90% mortality, + : 70 – 90% mortality, - : Almost the same as untreated sample  
\* : 80 (mg/m<sup>2</sup>)

**Table 2** Miticidal activity of 2-alkoxycarbonyltrifluoromethanesulfonanilides against *C. moorei* (*Cm*)

Compound			Dose (mg/m <sup>2</sup> ) – Activity (%)
No.	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	<i>Cm</i> 80 (mg/m <sup>2</sup> )
4	Cl	Me	+++
5	Cl	Et	+++
6	Cl	iPr	+++
7	Cl	tBu	+++
9	Br	Me	+++
10	I	Me	+++

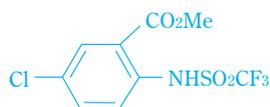
+++ : 100% mortality, ++ : > 90% mortality, + : 70 – 90% mortality, – : Almost the same as untreated sample

れた化合物11、13においても、低い活性しか見いだされなかった。

次に、ベンゼン環上2位のアルコキシカルボニル基に着目した。R<sub>2</sub>がC<sub>1</sub> ~ C<sub>3</sub>程度の低級アルキル基である化合物では、コナヒョウヒダニ、ケナガコナダニいずれに対しても高い致死活性を示した。一方、これらに比べて立体的に大きなフェニルエステル8では、活性が低下した。

さらに、コナヒョウヒダニ、ケナガコナダニに対して高活性を示した化合物4 ~ 7、9、10は、ミナミツメダニ *Chelacaropsis moorei* に対しても同様に高活性を示した。この結果から、R<sub>2</sub>としては、C<sub>1</sub> ~ C<sub>3</sub>程度の長さが最適であることが明らかとなった。

以上の各種塵性ダニに対する基礎活性、および更なる詳細な効力試験より、Fig. 4に示す化合物4が代表化合物として選抜され、新規屋内塵性ダニ防除剤アミドフルメト (パンダック®) として実用化されるに至った<sup>4)</sup>。

**Fig. 4** Structure of amidoflumet

## 物性および安定性

### 1. 物理化学的性質

アミドフルメトの物理化学的性質をTable 3に示す。アミドフルメトは微黄～白色の結晶性の粉末である。N,N-ジメチルホルムアミド、アセトニトリル、メタノールなどの極性溶剤に易溶であるが、水には難溶である。融点は82 付近であり、融解の際、ア

**Table 3** Physical and chemical property of amidoflumet

Molecular formula	C <sub>9</sub> H <sub>7</sub> ClF <sub>3</sub> NO <sub>4</sub> S
Molecular weight	317.67
Appearance	Slightly yellow or colorless crystalline solid
Melting point	81 – 85°C
Vapor pressure	ca. 1.51 × 10 <sup>-1</sup> Pa (Gas saturation method)
Acid dissociation constant	pKa = ca. 3.8
Distribution coefficient	logP = 2.13 (pH5, 24°C) (Ambient shake flask method) logP = 4.13 (pH1, 24°C) (do.) logP = -0.28 (pH9, 24°C) (do.)
Solubility	Soluble in following solvents : Acetonitrile, N,N-Dimethylformamide, Acetone, Methanol, Ethanol
Thermal analysis	Endothermy observed at ca. 82°C Weight loss by vaporization began at around 80°C

ミドフルメトの分解はない。解離定数pKaは約3.8であり、pHが低くなるにつれ非イオン型の比率が増大することから水への溶解度が低くなる。各種pH (1, 5, 9) 溶液の1-オクタノール/水分配係数については、pHが低いほど1-オクタノール層に多く分配した。示差熱分析においては、80 付近で融解による吸熱および、重量減少が認められた。

### 2. 安定性

アミドフルメトは、25 °湿度60%で36ヶ月間及び40 °湿度75%で6ヶ月間保存しても安定であった。また、温度、湿度、光照射の影響もみられなかった。又、室温で3年間保存しても安定であった (Table 4)。

**Table 4** Stability of amidoflumet

Storage conditions	25°C	40°C	
	60%RH	75%RH	
	In the dark		In the dark
Storage period	36 months	6 months	
Container	Polyethylene bag	Polyethylene bag	
	Stable	Stable	
Storage conditions	50°C	25°C	25°C
		100%RH	1000 lux
	In the dark		In the dark
Storage period	3 months	3 months	50 days
Container	Glass vial (capped)	Glass vial (open)	Petridish covered with PVDC* film
	Stable	Stable	Stable

\* : Poly vinylidene chloride

また、各種の汎用溶剤中では概ね安定であるが、エタノール中では他の溶剤中よりも安定性は劣った (Table 5)。次いで、固体担体中での安定性について

調査した。加熱蒸散剤等の発泡剤の基材として使用されるアゾジカルボンアミド中で安定であり、他の担体タルク、シリカ中においても概ね良好な安定性を示した (Table 6)。

**Table 5** Stability of amidoflumet in various solvents as 1%w/v solution

Solvent	Recovery rate (%)*
Methanol	99
Ethanol	80
2-Propanol	100
Methylene chloride	100

\* : Recovery rate of the sample which was stored at -5°C expressed as 100%

Storage condition : glass ampule, 60°C · 1 month

**Table 6** Stability of amidoflumet in various carriers as 1%w/w powder

Carrier	Recovery rate (%)*
Azodicarbonamide	100
Talc	96
Silica	98

\* : Recovery rate of the sample which was stored at -5°C expressed as 100%

Storage condition : glass ampule, 60°C · 1 month

### 3. 金属への影響

アミドフルメトの適用が考えられる塵性ダニ駆除用加熱蒸散剤や全量噴射式エアゾール等は、部屋全体の空間を処理する製剤である。このタイプの製剤は、空气中に放出された有効成分が家具等に使用される金属に付着して、悪影響を及ぼす可能性がある。よ

**Table 7** Contact compatibility of amidoflumet with metal powder

Metal powder	Appearance after storage*
Iron	NA
Lead	NA
Copper	NA
Tin	NA
Zinc	NA
Aluminium	NA
Blonz	NA

Test sample : Amidoflumet 1.53mg + metal powder 0.03mg/cm<sup>2</sup> (filter paper)

\* : Packaged in aluminium-laminated polyethylene bag at 60°C for 1 month

\*\* : NA : Not affected

ってアミドフルメトの各種金属への影響を調査した。所定量のアミドフルメトを含浸させた濾紙に各種金属粉を載せて薄く広げ、この面を内側に二つ折りにし密封し所定条件で保存後、金属への影響を観察した。その結果、いずれの金属においてもアミドフルメトの接触による影響はみられなかった (Table 7)。

### 効力および製剤

#### 1. 基礎活性

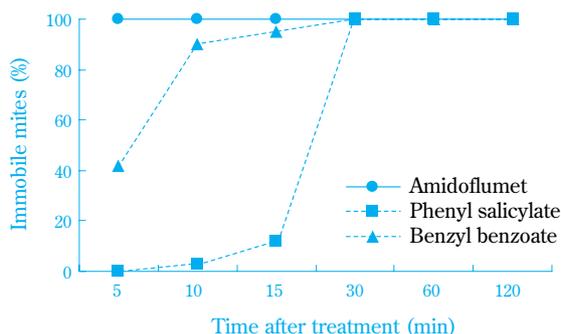
アミドフルメトの屋内塵性ダニに対するクリップ法による致死活性をTable 8に示す。この方法は薬剤を滴下処理した濾紙を袋状にし、中にダニを閉じ込め、1日後の致死活性を調べる方法で、供試ダニは必ず薬剤に接触し、また処理中に逃亡の心配もないことから、薬剤の基礎活性を計るのに適した方法である。アミドフルメトはコナヒョウヒダニに対し、いずれの処理薬量でも90%以上の高い致死率を示し、サリチル酸フェニルや安息香酸ベンジルより優れた活性を示した。一方、アミドフルメトのケナガコナダニに対する致死率は500mg/m<sup>2</sup>で100%であったが100mg/m<sup>2</sup>では約50%まで低下し、コナヒョウヒダニに対する活性に劣ったが、サリチル酸フェニルや安息香酸ベンジルとほぼ同等の活性であった。さらに、アミドフルメトはミナミツメダニに対し500mg/m<sup>2</sup>で100%の致死率を示したのに対し、サリチル酸フェニルや安息香酸ベンジルは500mg/m<sup>2</sup>でも全く致死活性を示さなかった。これらの結果から、アミドフルメトは3種の屋内塵性ダニの中ではコナヒョウヒダニに最も高い致死活性を示し、かつ防除の困難なミナミツメダニに対しても高い致死活性を有することが判明した。特に後者はアミドフルメトの屋内塵性ダニ剤としての効力面での大きな特徴である。

**Table 8** Lethal activity of amidoflumet against house dust mites at 500, 100, and 20mg/m<sup>2</sup> by filter paper contact method

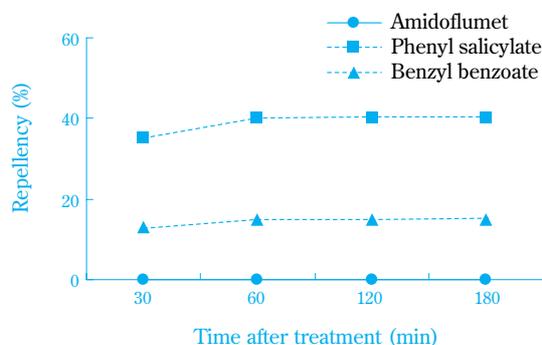
Compound	<i>D. farinae</i>			<i>T. putrescentiae</i>			<i>C. moorei</i>		
	500	100	20	500	100	20	500	100	20
Amidoflumet	100	99	94	100	47	1	100	63	18
Phenyl salicylate	100	45	28	100	51	6	0	-	-
Benzyl benzoate	100	19	6	100	69	1	0	-	-

塵性ダニによる刺咬の被害を最小限に抑えるために、薬剤の速効性は効力面から極めて重要な要因である。また、塵性ダニ剤の場合、薬剤に忌避性があ

ると薬剤処理により一時的にダニは逃避するが、薬効が切れたらまた元の場所に戻ってくる可能性があり、速効的で忌避性のない薬剤が望まれる。そこで、アミドフルメトの速効性、忌避性を、コナヒョウヒダニを用いた濾紙接触法（処理量は800mg/m<sup>2</sup>）で調べた。その結果、まず速効性については、アミドフルメトでは処理5分後には全ての個体が活動を停止した（Fig. 5）。一方、サリチル酸フェニルおよび安息香酸ベンジルでは、処理5分後では50%以上の個体が活動していたが、30分後には両剤において全ての個体の活動は停止した。次に忌避性は、処理した濾紙のまわりに塗った粘着剤にトラップされたダニを数えることにより調べた。その結果、サリチル酸フェニルが約40%の、安息香酸ベンジルが約15%の忌避性を示したのに対し、アミドフルメトは800mg/m<sup>2</sup>でも全く忌避性を示さなかった（Fig. 6）。以上より、アミドフルメトは極めて速効的に塵性ダニに作用し、高い致死活性を示すことが明らかとなった。



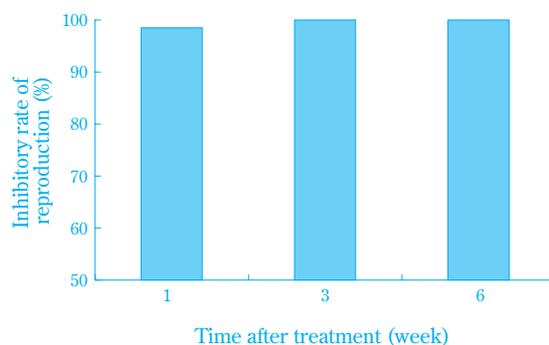
**Fig. 5** Action speed of amidoflumet against *D. farinae* by paper contact method. Application dose of each compound was 800 mg/m<sup>2</sup>



**Fig. 6** Repellency of amidoflumet against *D. farinae* by paper contact method. Application dose of each compound was 800 mg/m<sup>2</sup>

## 2. シート剤

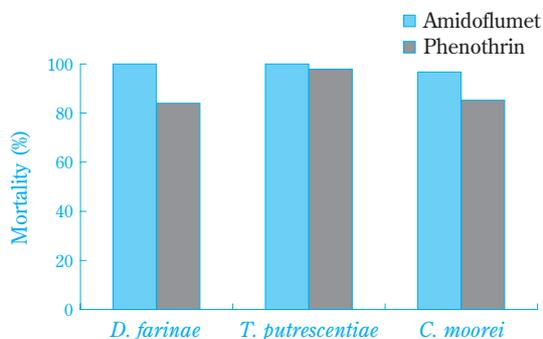
塵性ダニが生息するカーペットや畳の下に薬剤を処理したシートを敷いて塵性ダニを防除するシート剤は、長期にわたる効力持続が期待できる極めて省力的な防除法である。そこで、市販のシート剤と同じクラフト紙に薬剤を塗布したシート剤を作製し、その上にカーペット片を置き、コナヒョウヒダニを放ち、密度推移を調べた。その結果、カーペット1m<sup>2</sup>あたりアミドフルメト500mg処理で、1週間後で98.5%、3、6週間後でそれぞれ100%の増殖抑制率という極めて高い効力を示し、簡易試験ながらシート剤の有効性が証明された（Fig. 7）



**Fig. 7** Effect of amidoflumet on *D. farinae* population on carpet by sheet method. Application dose of amidoflumet was 500 mg/m<sup>2</sup>

## 3. エアゾール剤

エアゾール剤は、使用が簡便で速やかな効果が期待できる製剤である。塵性ダニ用のエアゾール剤も既に市販されており、ノズルの先端を畳にさして処理できるように工夫されているものもある。ここではアミドフルメトのエアゾール剤のコナヒョウヒダ



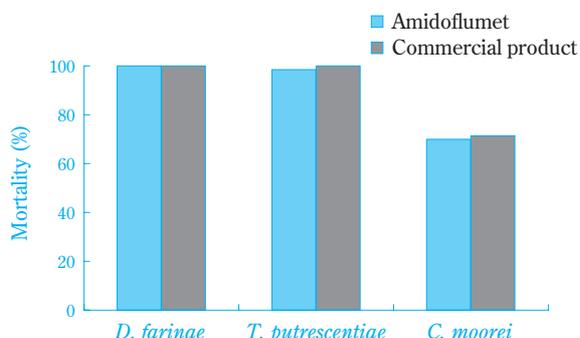
**Fig. 8** Efficacy of amidoflumet against house dust mites on glass dish by aerosol spray method. Application doses of amidoflumet and phenothrin were 62 and 65 mg/m<sup>2</sup>, respectively

二、ケナガコナダニ、ミナミツメダニに対する効力について、ピレスロイド系殺虫剤であるフェノトリンと比較した（Fig. 8）。試験用エアゾール剤は、各有効成分を一号灯油に混合し、噴射剤のジメチルエーテルを充填、有効成分を完全に溶解することで調製した。床面1m<sup>2</sup>あたり62mgのアミドフルメト処理で、コナヒョウヒダニ、ケナガコナダニ、ミナミツメダニの1日後の致死率はそれぞれ100%、100%、96.7%であり、65mg処理のフェノトリンに優る効力を示した。なお、アミドフルメトはいずれのダニに対しても忌避性をほとんど示さなかったが、フェノトリンでは忌避性が見られた。

#### 4. 加熱蒸散剤

製剤中の有効成分を一度に全量放出することで大空間を処理し、そこに生息する害虫を防除するものとして、燻煙剤、加熱蒸散剤、全量噴射式エアゾール剤（TRA）がある。前2者は燃烧熱や化学反応熱、さらに熱により発生するガスで有効成分を放出させる製剤である。後者は噴射ガスと有効成分を含む原液とを一度に全量放出する製剤である。熱分析によると、アミドフルメトは80℃近辺から重量減少が始まり、180℃までにほぼ全量が揮発する。このように比較的低い温度で効率良く揮発する特性から、アミドフルメトは、燃烧反応を伴い製剤内部が非常に高温になる燻煙剤よりも、より低い温度で有効成分を揮散させる加熱蒸散剤が適していると考えられた。そこで、アミドフルメトの加熱蒸散剤を調製し、市販の製品を対照剤として準実地試験を行った。

アミドフルメト原体0.5gを、アゾジカルボンアミドを配合した発泡顆粒に均一に含浸させて顆粒剤を調製した。この顆粒剤を、発熱材（酸化カルシウム）を外側に配した金属容器内に入れ試験用加熱蒸散剤を調製した。ラージチャンバー（縦×横×高さ：4×3×2.3m = 28m<sup>3</sup>の実験用大型チャンバー）内で発熱



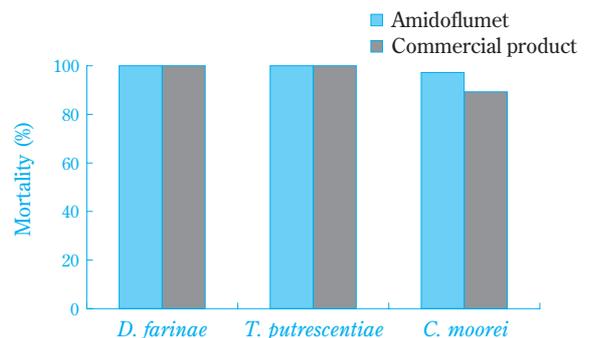
**Fig. 9** Efficacy of amidoflumet against house dust mites on a glass dish by fumigation. A commercial product contained phenothrin and methoxadiazone

材と水との反応により発泡顆粒を加熱、アミドフルメトを蒸散させ、カーペットに接種したコナヒョウヒダニに対する効力を調べたところ、市販の製品とほぼ同等の効力が得られ（Fig. 9）、アミドフルメトの加熱蒸散剤の有効性が確認された。

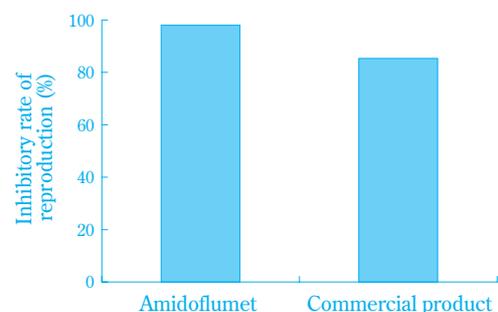
#### 5. 全量噴射式エアゾール剤（TRA）

加熱蒸散剤と同じく大空間を処理する製剤である全量噴射式エアゾール剤におけるアミドフルメトの実用効力を検討した。アミドフルメト原体0.5gをイソプロピルアルコールと一号灯油の混合液に溶解し、噴射剤としてジメチルエーテルを用いた試験用全量噴射式エアゾール剤を調製した。コナヒョウヒダニ、ケナガコナダニ、ミナミツメダニを入れたガラスシャーレ、およびコナヒョウヒダニを接種したカーペットをラージチャンバー内に設置し、試験用エアゾール剤を全量噴射し、ガラスシャーレは処理1日後に、カーペットは処理4日後にダニ数を調査した。

その結果、アミドフルメトはガラスシャーレ上のコナヒョウヒダニ、ケナガコナダニに対し100%の致死率、ミナミツメダニに対しても97%の高い致死率を示



**Fig. 10** Efficacy of amidoflumet against house dust mites on a glass dish by total release aerosol. A commercial product contained phenothrin and methoxadiazone



**Fig. 11** Efficacy of amidoflumet against *D. farinae* on carpet by total release aerosol. A commercial product contained phenothrin and methoxadiazone

した (Fig. 10)。また、カーペット内のコナヒョウヒダニに対しても98%の高い増殖抑制率を示した。これらの効力は市販の製剤とほぼ同等であり (Fig. 11) 全量噴射式エアゾール剤の有効性が確認できた。

以上のように、アミドフルメトは、代表的な屋内塵性ダニであるコナヒョウヒダニやケナガコナダニに速効的に作用して高い致死活性を示し、かつ、これまで既存化合物では防除の困難であったミナミツメダニに対しても高い致死活性を有することが明らかとなった。さらに、アミドフルメトは、シート剤、エアゾール剤、加熱蒸散剤、全量噴射式エアゾール剤など多くの剤型に調製できることから、塵性ダニ防除への寄与が期待されている。

## 製造法

アミドフルメトはトリフルオロメタンスルホンアニリド化合物であり、Fig. 12に示すように、5-クロロアントラニル酸メチルとトリフルオロメタンスルホン酸無水物との反応により製造できる。

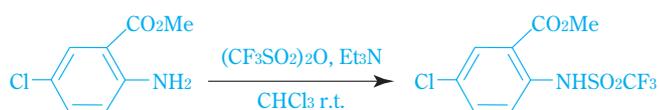


Fig. 12 Synthetic route to amidoflumet

## 代謝・薬理・毒性

### 1. 代謝

<sup>14</sup>C 標識したアミドフルメト (<sup>14</sup>C-アミドフルメト) を用いてラットにおける体内動態について検討した。

雌雄ラットに<sup>14</sup>C-アミドフルメトを5mg/kgおよび100mg/kgの割合で単回経口投与すると、投与したア

ミドフルメトは比較的速やかに吸収、代謝され、投与後7日間でほぼ定量的に体外へと排泄された (総排泄率は投与放射能量の96.1~100%)。投与した放射能の器官・組織からの消失が雄に比べて雌で緩徐であったが、投与後7日目の器官・組織中における放射能残留量は雌雄とも極めて少なかった。

アミドフルメトは、エステル加水分解により生じた安息香酸誘導体のアミドフルメト BA、そのグルクロン酸抱合体であるアミドフルメト BA glucuronide およびグルコース抱合体であるアミドフルメト BA glucoside に代謝され (Fig. 13) 糞 (胆汁) および尿中に排泄された。胆汁中に排泄されたアミドフルメト BA glucuronide は、消化管内で加水分解された後、一部はアミドフルメト BA として糞中に排泄されるが、一部は再吸収され腸肝循環していることが明らかとなった。主要排泄経路には性差が認められ、雄では尿中排泄 (投与後7日間での排泄率: 尿; 67.0~68.8%、糞; 27.5~29.7%)、雌では胆汁を経由した糞中排泄 (投与後7日間での排泄率: 尿; 35.3~49.9%、糞; 43.3~59.1%) が主要排泄経路であった。この性差は、アミドフルメト BA glucuronide を肝臓から全身循環血中あるいは胆汁中へ排泄する振り分けの性差に起因しているものと考えられた。また、投与した放射能の器官・組織からの消失が雄に比べて雌で緩徐であったのは、腸肝循環の寄与が雄に比べて雌で大きかったためと考えられた。

### 2. 一般薬理

アミドフルメトの一般薬理試験をラット、モルモット、ウサギ、イヌを用いて検討した。一般症状および行動において、自発運動低下、筋緊張低下、触逃避反応低下が発現した。中枢神経系に対し、自発運動量低下、睡眠延長、体温上昇を示し、自律神経系・平滑筋においてはヒスタミン、セロトニンおよびバリウム収縮に対し抑制作用を示した。呼吸・循環器系に対しては、呼吸数増加、心拍数増加、血流

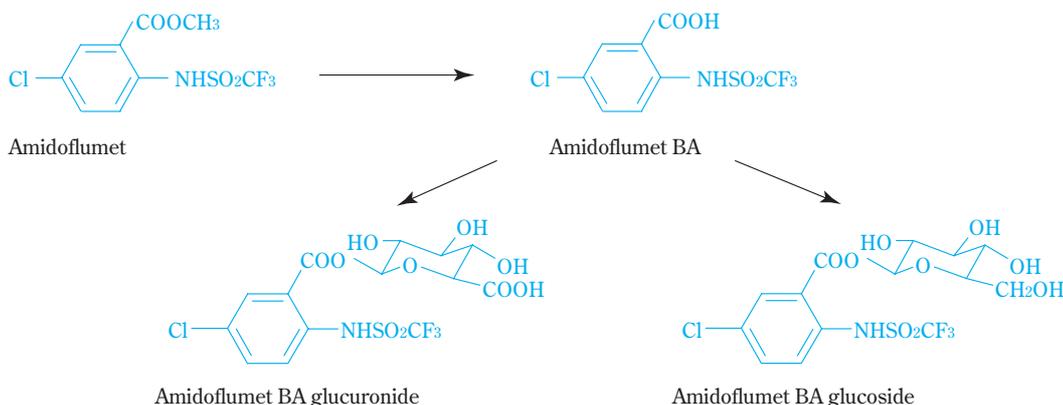


Fig. 13 Metabolic reaction of amidoflumet in rats

量増加、心電図におけるPR間隔短縮作用が認められた。水および電解質代謝に対して、尿量増加、尿中ナトリウムおよびクロール排泄量の増加が認められた。これらの作用は、いずれも低用量では認められず、また、*in vivo*試験における変化はいずれも可逆性であった。

### 3. 毒性

#### (1) 急性毒性

概略の致死量は、経口投与ではラットの雄で200mg/kg、雌で140mg/kgであった。しかし、イヌでは雌雄ともに嘔吐が認められたため概略の致死量は評価できなかった。経皮投与ではラットで雌雄ともに2000mg/kgを上回った。吸入曝露ではラットで雌雄ともに5440mg/m<sup>3</sup>を上回った（Table 9）。主な症状としてラットでは自発運動減少、失調性歩行、呼吸不規則、イヌでは振戦、痙攣などの神経症状が認められた。

**Table 9** Acute toxicity of amidoflumet

Species	Administration route	Dose	Approximate lethal dose
Rat	Oral	Male : 100–750 mg/kg	Male : 200 mg/kg
		Female : 100–540 mg/kg	Female : 140 mg/kg
Rat	Dermal	2000 mg/kg	> 2000 mg/kg
Rat	Inhalation	5440 mg/m <sup>3</sup>	> 5440 mg/m <sup>3</sup>
Dog	Oral	80, 400, 2000 mg/kg	Undetermined due to vomiting in both sexes

#### (2) 亜急性および慢性毒性

亜急性および慢性毒性試験の結果、アミドフルメトは肝臓、水・電解質代謝、骨髄および赤血球系に対して回復性のある影響が認められた。

肝臓に対する影響は、ラット、イヌともに認められ、ラットでは肝臓重量の増加、肝細胞肥大が認められた。これらの変化は化学物質の適用後にみられる薬物代謝酵素活性の誘導時に認められる組織像<sup>5), 6)</sup>とよく類似しており、代謝試験の結果、アミドフルメトは肝臓において代謝されることが明らかとなっていることから、肝臓での代謝に関連して生体の適応反応として代謝酵素の誘導が生じたものと考えられた。さらに、ラットでは肝細胞空胞化（脂肪空胞）がみられ、ラット、イヌともに血液生化学的検査において総コレステロール、リン脂質、トリグリセライドの低下が認められており、脂質代謝にも影響することが明らかとなった。なお、いずれの変化も回復性が認められた。

水・電解質代謝に対する影響として、ラットで飲

水量および尿量の増加、副腎皮質球状帯細胞肥大、尿のpH低下、クロールおよびカリウム排泄量の低下など体液平衡への影響を示唆する変化が認められ、イヌでは血清ナトリウムの低下が認められた。一般薬理試験においても、尿量増加、尿中ナトリウムおよびクロール排泄量の増加が認められており、アミドフルメトが水および電解質代謝に対する作用を有することが示唆された。いずれの毒性試験においても腎臓に器質障害性の変化は認められず、毒性学的に重篤な変化ではないと考えられた。また、これらの変化は休薬による回復性が示された。

骨髄では、ラットにおいて軽度な造血細胞の減少および脂肪細胞の増加が認められた。必ずしも循環血の変動を伴うものではなく、骨髄細胞の分化・増殖への直接的作用に起因している可能性は低く、アミドフルメト投与によって摂餌量低下を伴う体重増加抑制が認められたことから、低栄養状態に関連した二次的な変化の可能性が推察された。

血液に対する影響はラット、イヌともに認められた。ラットでは赤血球数、ヘモグロビン量、平均赤血球ヘモグロビン濃度および血小板数の軽度な低下が、イヌではヘマトクリット値、ヘモグロビン量、平均赤血球容積および平均赤血球ヘモグロビン量の軽度な低下が認められ、赤血球のヘモグロビン合成系に対し阻害作用を有する可能性が考えられた。しかしながら、その変化の程度はいずれも軽度であり、全身状態を悪化するような重篤な変化ではなく、また、休薬による回復性が認められた。

この他、反復投与吸入毒性試験の結果、喉頭に上皮過形成と角化、軟骨壊死、扁平上皮化生および皮下組織の炎症細胞浸潤が認められた。これらの変化は、刺激性を有する物質をラットに吸入曝露した

**Table 10** Subacute and chronic toxicity of amidoflumet

Species	Administration route and duration	Dose	NOAEL
Rat	Oral (in diet), 1 month	100, 1000, 5000, 10000 ppm	Male : 1000 ppm (62 mg/kg/day) Female : 1000 ppm (66 mg/kg/day)
			927 µg/m <sup>3</sup> (effects on larynx)
Rat	Inhalation, 28 days	927, 4460, 8170, 30500 µg/m <sup>3</sup>	30500 µg/m <sup>3</sup> (effects on whole body)
Dog	Oral (capsule), 90 days	1, 3, 30 mg/kg	Male : 3 mg/kg/day Female : 1 mg/kg/day
Rat	Oral (in diet), 6 months	60, 100, 1000, 8000 ppm	Male : 1000 ppm (47 mg/kg/day) Female : 1000 ppm (59 mg/kg/day)

際にしばしば認められること<sup>7), 8)</sup>、また、いずれも休業による回復性が認められたことから、刺激性による局所的かつ回復性のある影響であると考えられた。

### (3) 生殖・発生毒性

生殖発生毒性について、ラットにおける受胎能および着床までの初期胚発生への影響、ラットおよびウサギにおける胚・胎児発生への影響、ならびに、ラットにおける出生前および出生後の発生ならびに母体の機能について検討した (Table 11)。

ラットにおける受胎能および着床までの初期胚発生に関する試験では、被験物質投与に関連した受胎能および初期胚発生への影響は認められなかった。

ラットにおける胚・胎児発生への影響に関する試験では、胎児体重の減少、骨格変異（波状肋骨および腰肋骨）の増加ならびに骨化進行度の低値が認められた。ウサギにおける胚・胎児発生への影響に関する試験では、摂餌量の低下に関連した二次的な影響と考えられる流早産<sup>9)</sup>がみられたほか、早期死亡胎児の発現率の高値が認められた。しかしながら、いずれも母動物に毒性発現がみられる高用量でのみ認められた変化であった。また、いずれの試験においても催奇形性作用は認められなかった。

ラットの出生前および出生後の発生に関する試験では、母動物毒性が発現した用量におけるF1出生児の体重増加抑制がみられた以外、母動物の生殖機能ならびに出生児の成長、発達および生殖機能に影響はみられなかった。

### (4) 抗原性

モルモットを用いた皮膚感作性試験 (Maximiza-

tion法) および全身性アナフィラキシー反応について検討した結果、いずれも陰性であった。

### (5) 刺激性

ウサギを用いて皮膚および眼に対する刺激性について検討した結果、いずれも軽度の刺激性のみ認められ、実際の使用条件では問題にならないと考えられた。

### (6) 遺伝毒性

ネズミチフス菌および大腸菌を用いた復帰突然変異試験、チャイニーズハムスター肺由来の培養細胞を用いた*in vitro*染色体異常試験およびマウス骨髄細胞を用いた小核試験を実施した結果、いずれも陰性であった (Table 12)。

**Table 12** Mutagenicity of amidoflumet

Study	Study design	Results
Reverse mutation (Ames test)	<i>S. typhimurium</i> : TA100, TA98, TA1535 and TA 1537	Negative
	<i>E. coli</i> : WP2uvrA -S9 mix : 156 - 5000 µg/plate +S9 mix : 39.1 - 5000 µg/plate	
<i>In vitro</i> chromosomal aberration	Chinese hamster lung cell (CHL/IU) Short treatment : -S9 mix : 400, 600, 800 µg/ml +S9 mix : 200, 400, 600 µg/ml	Negative
	Continuous treatment (-S9 mix) : 24-hour : 20, 40, 80 µg/ml 48-hour : 10, 20, 40 µg/ml	
Micronucleus	Mouse (CD-1, 8-week old) 62.5, 125, 250 mg/kg (single oral administration)	Negative

**Table 11** Developmental and reproductive toxicity of amidoflumet

Study	Species	Administration route and duration	Dose (mg/kg/day)	NOAEL (mg/kg/day)
Effects on fertility and early embryonic development to implantation	Rat	Oral (gavage) Male : 4 weeks before mating to termination (sacrifice) Female : 2 weeks before mating to day 7 of gestation	Male : 10, 30, 200 Female : 10, 30, 100	Systemic NOAEL Male & Female: 30 Reproductive NOAEL Male : 200 Female : 100
		Oral (gavage) Days 6-19 of gestation	4, 20, 100	Developmental Maternal Systemic NOAEL : 4 Reproductive NOAEL : 100
Effects on embryo-fetal development	Rabbit	Oral (gavage) Days 6-28 of gestation	10, 30, 100	Developmental Maternal Systemic NOAEL : 30 Reproductive NOAEL : 30
	Rat	Oral (gavage) Day 6 of gestation to day 20 of lactation	4, 20, 100	Developmental Maternal Systemic NOAEL : 4 Reproductive NOAEL : 100

## (7) 魚毒性

コイを用いて止水式で48時間曝露試験を実施した。その結果、48時間のLC<sub>50</sub>値は6.0mg/lであった。

## おわりに

住友化学(株)が開発した屋内塵性ダニ防除剤アミドフルメト(パンダック®)は、既存のダニ剤にない新規な作用性を示し、従来の薬剤に比べて、塵性ダニ類全般に対し高い致死効力と速効性を有し、さらにこれまでの薬剤では防除が困難であったツメダニ類にも高い致死効力を示す。さらに、アミドフルメトは安定性に優れ、各種製剤に適用可能であり、実使用場面においても高い安全性を有している。これらの特長からアミドフルメトは、屋内塵性ダニ防除剤の有効成分の一つとして実用化されており、今後ともニーズの高まる屋内塵性ダニ特効剤として、大きく期待されている。

## 引用文献

- 1) G. W. Wharton, *J. Med. Entomol.*, **12**, 577 (1976).
- 2) 水谷 澄, *生活と環境*, **36** (6), 66 (1991).
- 3) 住友化学工業(株), 特開昭57-156407 (1982).
- 4) T. Mori, Y. Takada, M. Hatakoshi and N. Matsuo, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **68** (2), 425 (2004).
- 5) P. Greaves, "Chapter VIII, Digestive system, Liber Histopathology of preclinical toxicity studies", Elsevier, Amsterdam (1990), p.393.
- 6) 前川 照彦, 林 裕造 編, "毒性試験講座 毒性病理学", 地人書館 (1991), p.136.
- 7) D. J. Lewis, *Toxicol. Pathology*, **19**, 352 (1991).
- 8) C. J. Hardy, D. W. Coombs, D. J. Lewis and H. J. Klimisch, *Fundam. Appl. Toxicol.* **38**, 143 (1997).
- 9) T. Matsuzawa, N. Nakata, I. Goto and M. Tsushima, *Toxicology*, **22**, 255 (1981).

## PROFILE



森 達哉

Tatsuya MORI

住友化学株式会社  
農業化学品研究所  
主席研究員 農学博士



田中 康順

Yasuyori TANAKA

住友化学株式会社  
生活環境事業部  
主任部員  
(現職：住化ライフテック株式会社)



松尾 憲忠

Noritada MATSUO

住友化学株式会社  
農業化学品研究所  
シニアリサーチスペシャリスト  
農学博士



於勢 佳子

Keiko OSE

住友化学株式会社  
生物環境科学研究所  
主任研究員



波多腰 信

Makoto HATAKOSHI

住友化学株式会社  
農業化学品研究所  
主席研究員 農学博士

# 量子ビームを利用したポリオレフィンの構造物性研究

住友化学(株)

石油化学品研究所

桜井 孝至  
野末 佳伸  
笠原 達也\*  
山口 登

## Material Characterization of Polyolefins by Synchrotron X-ray and Neutron Scattering

Sumitomo Chemical Co., Ltd.

Petrochemicals Research Laboratory

Takashi SAKURAI

Yoshinobu NOZUE

Tatsuya KASAHARA

Noboru YAMAGUCHI

Synchrotron X-ray and neutron scattering are very useful methods to investigate the hierarchical structure and structure-property relationship of polymeric materials at a microscopic level. Our company makes extensive use of quantum beams such as those from synchrotron and neutron sources in cooperation with advanced research facilities for deeply understanding the nature of polymeric materials. In this paper, we introduce state-of-art experimental techniques and industrial applications of advanced quantum beam sources to polyolefin materials as part of our research activities.

### はじめに

近年、「量子ビーム」という言葉をよく目や耳にする。量子ビームとは、中性子、光子、電子、イオン、ニュートリノなど、加速器や原子炉、高出力レーザー装置等から供給される高品位のビームを表す総称であり、ソフトマテリアルをはじめとした物質科学、生命科学や医療利用など多くの分野において活用されている。これら量子ビームを利用した物質の評価法の一つに、試料に照射された量子ビームの散乱から、サブナノメートルからマイクロメートルまでの幅広いスケールの構造を解析する手法がある。量子ビームは、特殊環境や雰囲気下での物質の形態、階層的凝集構造などの計測プローブとして、機能性材料や複合材料における構造形成機構や機能発現機構の解明に大きく貢献している。また近年では、学術研究のみならず産業界からの量子ビーム利用も増加傾向を示しており、この傾向は高分子産業においても同様のものとなっている。今後の科学技術の進展

ならびに新たな科学領域創成の担い手として、また産業界での材料開発に貢献する強力な手法として、量子ビームの更なる高性能化と利用機会の拡大に大きな期待が寄せられている。

当社では、研究開発の更なる促進を図るため、シンクロトロン放射光や中性子など社外研究施設を活用した研究を積極的に押し進めている<sup>1)~8)</sup>。本稿では、量子ビームの利用技術ならびにポリオレフィンの構造物性研究への応用展開について、X線/中性子散乱を用いたフィルム延伸挙動の観察技術や成形加工品の構造解析などの事例を通して紹介する。

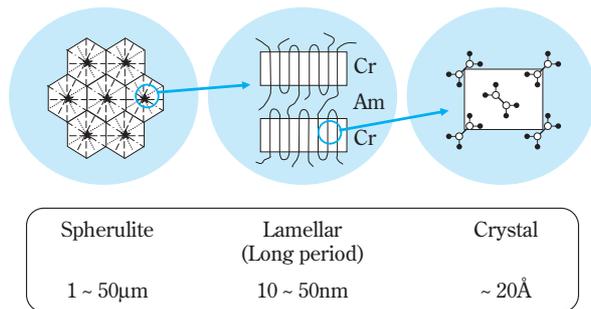
### シンクロトロン放射光利用研究

#### 1. シンクロトロン放射光によるX線散乱法<sup>9)</sup>

X線が物質に入射すると、物質中の電子によってX線が散乱され、散乱されたX線を観測することで物質の構造についての情報を得ることができる。高分子の多くは、Fig. 1に示すような結晶格子、ラメラ周期構造、球晶構造などサブナノメートルからマイクロメートルに及ぶ幅広いスケールの階層構造を形成し

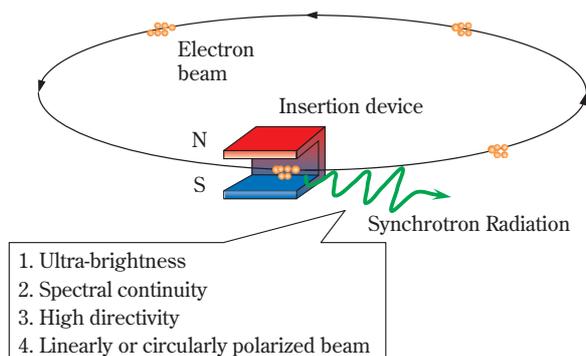
\*現職：ラビグリファイニングアンドペトロケミカルカンパニー

ており、広角X線散乱(WAXS: Wide-Angle X-ray Scattering)により結晶のパッキングや配向性、小角X線散乱(SAXS: Small-Angle X-ray Scattering)によりラメラ周期構造(結晶部(Cr)と非晶部(Am)の電子密度差に起因する散乱)のサイズや配向状態などを測定することができる。そのため、X線散乱法は高分子の構造研究において必要不可欠な手法となっているが、その中でも、シンクロトロン放射光を散乱法の線源として利用することにより、得られる構造情報の質が飛躍的に向上する。



**Fig. 1** Hierarchical structure of polyolefin material

シンクロトロン放射光とは加速器中で光速に近い速度で運動する電子が、電磁石によって加速度を受け、その進行方向を変えられたときに発生する電磁波のことをいい、Fig. 2にその原理を模式的に示す。シンクロトロン放射光の特徴としては、1) 極めて高輝度である、2) 赤外からX線までの広い波長領域にわたって連続したスペクトルを有する、3) 平行性が高く、指向性のよいX線ビームが得られる、4) 高度の偏光性を有する、などが挙げられる。輝度とは、単位時間・単位面積・単位立体角・特定の波長幅( $d / \lambda$ )あたりに存在するX線光子の数であり、シンクロトロン放射光の輝度は、通常のX線発生装置の約1億倍にも達する。



**Fig. 2** Generation of Synchrotron Radiation

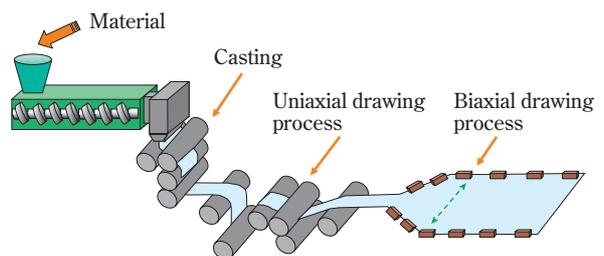
シンクロトロン放射光が高輝度であるという特徴は、とりもなおさず、通常のX線発生装置では測定に数時間を要する構造情報がミリ秒オーダーで取得できること示している。これは、フィルム延伸や流動結晶化過程などの際に生じるナノ構造の変化を追跡するのに十分な時間分解能である。また、全反射鏡やフルネルゾーンプレートなどの集光光学系を用いることにより、高輝度・高指向性X線マイクロビームの生成が実現可能となる。なお、指向性が高いという特徴は、散乱X線を、高い角度分解能でより小さな角度の散乱まで測定するのに有利であることを意味しており、薄膜の極表面(数nm)を評価する上でもその威力を発揮する。

シンクロトロン放射光によるX線散乱実験は、基本的には従来のX線発生装置を用いた実験と同様のセットアップで可能であり、光源からスリット系、試料部、検出器の順に配列された光学系をとる。また、検出器の性能は光源と同様に重要であり、実験の目的に応じてパルス計測型や積分型などを選択することができる。近年では、時分割測定が可能なCCD型X線検出器<sup>10)</sup>に代表される二次元検出器の開発ならびに実験技術の進歩に伴い、流動場などの外場下で異方性を持ったナノ構造変化とサブナノ構造変化をミリ秒オーダーで同時に追跡する二次元WAXS/SAXS同時測定も実現可能となってきている。

## 2. フィルム加熱延伸挙動のその場観察

### (1) 加熱一軸延伸挙動のその場観察<sup>3), 4)</sup>

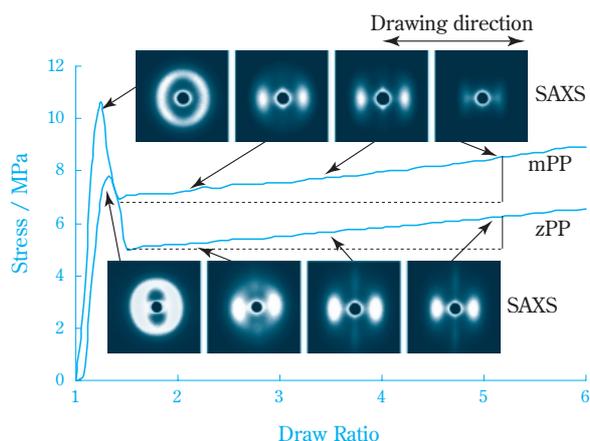
高分子の流動結晶化過程や変形挙動のその場観察は代表的なシンクロトロン放射光利用研究の一つであり、せん断流動場における結晶化過程のその場観察や、多成分系における相転移現象の動的解析、フィルム・繊維・ゴムなどの変形挙動のその場観察などに適用されている。中には、実際に熔融紡糸機や射出成形装置を放射光施設に持ち込んで、押出成形する際の結晶化過程や反応性高分子ブレンドの混練過程での相分離挙動のその場観察を行うなど、成形加工研究に応用した事例などもある。



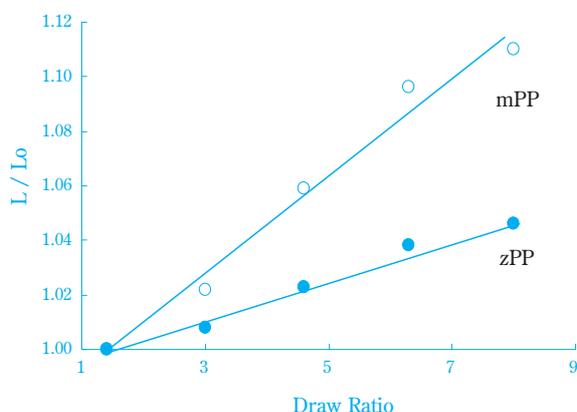
**Fig. 3** Schematic illustration of sequentially biaxial drawing process

成形加工プロセスに関して、Fig. 3に示すようなポリプロピレンの延伸方式の一つであるテンター逐次二軸延伸工程を例にとって説明する。まず、縦延伸（一軸延伸）工程では複数のロールを使用し、そのロール回転速度差を利用してフィルムが延伸され、変形機構はネッキングによる。このような場合、引張試験による変形挙動を理解することにより、成形加工時における現象をおよそ把握することができる。

Ziegler-Natta触媒系のポリプロピレン（zPP）およびメタロセン触媒系ポリプロピレン（mPP）の加熱延



**Fig. 4** Stress-strain curves and corresponding time-resolved 2D SAXS patterns



**Fig. 5** Changes of long period as a function of DR;  $L/L_0$  is normalized value by dividing long period at each DR by that obtained at the point just beyond necking

伸挙動（延伸温度120℃、延伸速度10% strain/sec）を比較検討した事例をFig. 4およびFig. 5に示す。加熱延伸挙動のその場観察は高エネルギー加速器研究機構の小角散乱ステーション（BL-15A）において実施した。また、実験で用いた試料の基本構造をTable 1にまとめた。

Fig. 4に示すように、降伏応力（DR = 1.2）やネッキング後の延伸応力の変化（DR = 1.5 ~ 6.0）が試料により異なり、延伸応力の違いがポリプロピレンの高次構造変化の違いとしてSAXS像に反映されている。mPPでは、ネッキング後の延伸領域においてスポット状のSAXS像のみが延伸方向に観測されるが、zPPでは、スポット状SAXS像以外にストリーク状のSAXS像が延伸方向とは直交する方向において観察されることがわかる。スポット状SAXS像は延伸方向に配列したラメラ構造の構造周期（長周期）に起因する散乱であり、Fig. 5に長周期変化の延伸倍率依存性を比較して示した。mPPはzPPに比べ長周期の変化が大きいことがわかる。

上述のように、シンクロトロン放射光は構造と物性との相関を検討するうえで有力な手法であり、成形加工時における延伸応力の発現機構をナノ構造変化と関連付けて考察することが可能となる。mPPのような分子量分布が狭いポリプロピレンは高次構造が比較的均一であると考えられ、延伸においてラメラ構造が協同的に変形に関与し大きな延伸応力を要する一方で、zPPのように分布が広いポリプロピレンになると、あまり変形に関与しないラメラ構造から変形しやすいラメラ構造までその高次構造に分布があり、延伸に対して一部のラメラ構造が低応力でその秩序性を失う程度にまで塑性変形を起こしていることがわかってきた。

## (2) 加熱二軸延伸挙動のその場観察

ポリプロピレンのテンター逐次二軸延伸プロセスでは、Fig. 3に示すように、縦（一軸）延伸ならびに横（二軸）延伸により製品であるフィルムが製造される。そこで、縦延伸に続く延伸工程である横延伸における加熱変形挙動を検討するために、小型の加熱二軸延伸装置<sup>11)</sup>を試作し、ポリプロピレンの逐次二軸延伸挙動の観察を試みた。

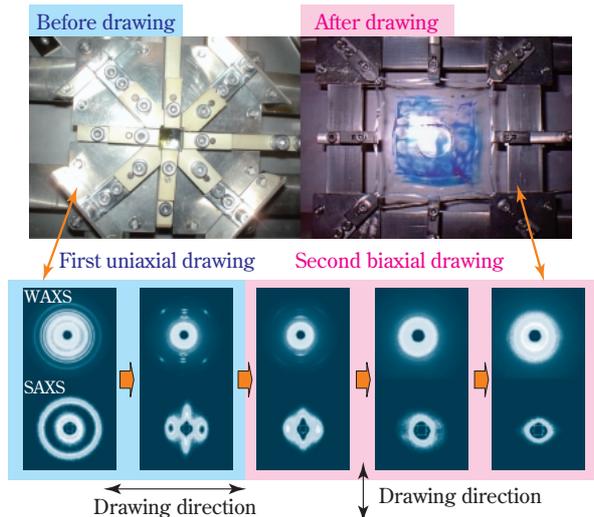
**Table 1** Characteristics of iPP samples

Sample	$M_w$	$M_w/M_n$	CXS <sup>a</sup> (wt%)	[mmmm] <sup>b</sup>	$[\eta]$	T <sub>m</sub> (°C)	Density (g/cm <sup>3</sup> )
zPP	435,000	5.1	4.0	0.91	2.1	160.9	0.901
mPP	364,000	1.9	0.1	>0.99	2.2	160.1	0.905

<sup>a</sup>Fraction soluble in *p*-xylene at 20°C

<sup>b</sup>Isotactic pentad fraction determined by <sup>13</sup>C NMR

Fig. 6に装置の概要ならびに逐次二軸延伸実験（延伸温度160、延伸速度10% strain/sec）で観察されたSAXSおよびWAXS像の一例を示す。本装置では、上下および左右それぞれ対をなした延伸バーが等しい距離だけ反対方向に移動する機構を有しており、同時二軸延伸や逐次二軸延伸などの延伸操作を行うことができる。また、延伸挙動をその場観察するために、延伸中において常に静止状態にある試験片中心部にX線が照射されるよう設計した。



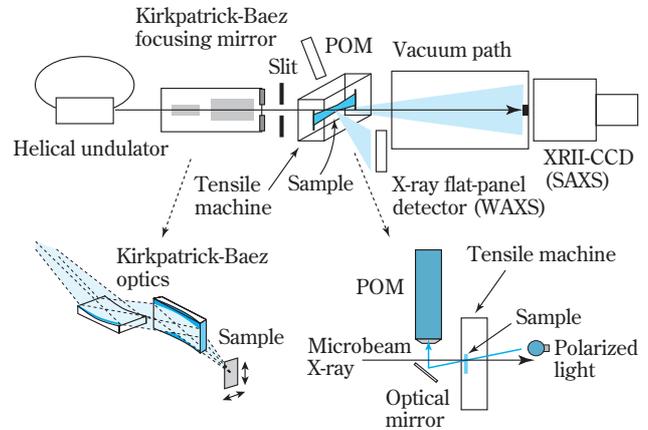
**Fig. 6** Newly designed biaxial drawing machine and changes of WAXS and SAXS patterns observed during sequentially biaxial drawing process

用いた試料はTable 1に記載のzPPであり、延伸温度は異なるものの前述と同様のSAXS像が初めの一軸延伸過程で観測されている。またWAXS像は、ポリプロピレンの $\alpha$ 晶が延伸方向に対してc軸配向していることを示している。一軸延伸に引き続いて行われる直角方向の延伸（二軸延伸）過程では、スポット状のSAXS像は比較的早い段階でアーク状に変化し、分裂したのち二軸延伸方向に移行する一方、ストリーク状のSAXS像は菱形から円形へと徐々にその形態が変化するなど興味深い結果が得られる。このようなナノ構造変化についての情報は、材料設計における設計指針を提案する上で有用な情報となる。

### 3. マイクロビームX線による局所構造解析<sup>5), 12)</sup>

ミクロンサイズに絞ったX線マイクロビームは、単繊維、人間の毛髪や高分子球晶内部の微細構造評価など、ナノ構造の空間的な不均一性の評価に応用されている。我々は、ネッキング変形について更に詳細な検討を行うために、加熱延伸過程におけるポリプロピレン球晶構造の延伸挙動のその場観察を新た

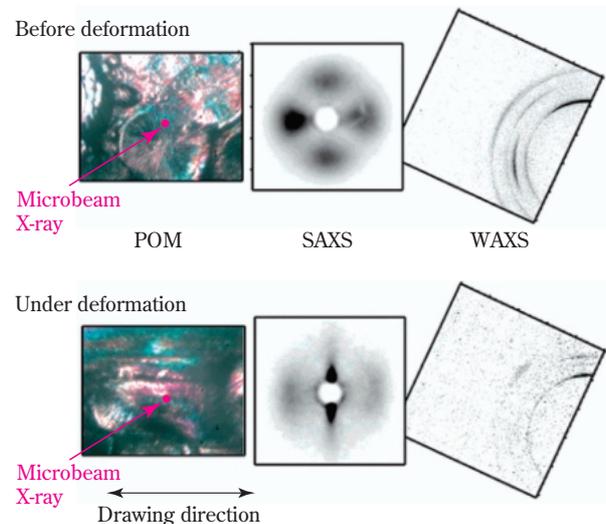
に試みた。Fig. 7にSPring-8のビームライン（BL40XU）にて実施したマイクロビームWAXS・SAXS同時測定による延伸挙動のその場観察実験のレイアウトを示す。



**Fig. 7** Experimental setup for in-situ microbeam SAXS-WAXS simultaneous measurement

本手法では、延伸中においても常に特定の観察部位にマイクロビームを照射するために、偏光顕微鏡（POM: Polarized Optical Microscope）によりマイクロビームの照射位置ならびに試料の観察部位を観察するシステムや、試料位置を $1\mu\text{m}$ の精度で移動可能な機構を有する延伸観察用引張試験機<sup>13)</sup>が適用されている。

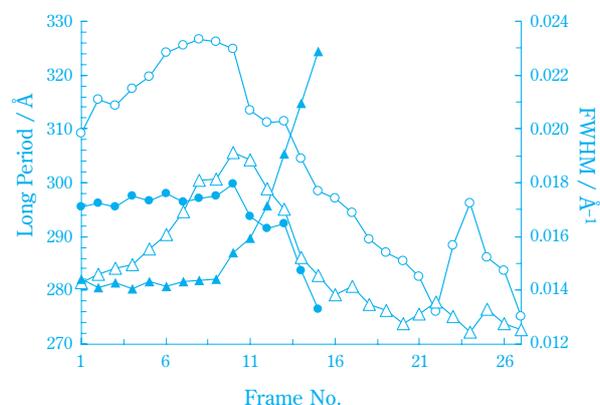
Fig. 8は、加熱延伸挙動のその場観察により得られたzPPのSAXS、WAXSならびにPOM像であり、本手法は一つの球晶内部に形成されているナノ構造の空間分布ならびにその変形挙動を評価できることが最



**Fig. 8** Representative POM-SAXS-WAXS data sets of zPP observed during hot drawing

大の特徴である。紙面左右方向のSAXS像および上下方向のWAXS像から、球晶の動径方向に成長した“親ラメラ構造”と呼ばれる構造の結晶形態や長周期に関する情報、また親ラメラ構造とは向きを異にして形成される“娘ラメラ構造”と呼ばれる構造に関する情報が紙面上下方向のSAXS像および左右方向のWAXS像から評価することができる。なお、通常のX線では、ビーム径が大きく、変形前のWAXS像およびSAXS像は多数の球晶構造に内在する全ての方向に形成されたラメラ構造が散乱体となるためにリング状パターンとして観測されるにすぎない。

Fig. 9に、延伸過程における親ラメラ構造ならびに娘ラメラ構造の長周期およびSAXSプロファイルの半値幅 (FWHM) の変化を解析した事例を示す。親ラメラ構造の長周期やFWHMはFrame No.の小さい変形初期の段階から変化している様子がわかる。これらを含めた詳細な検討から、zPPの変形挙動には少なくとも二つのステップ、すなわち 1) 初めに延伸方向に配列している親ラメラ構造が変形し、2) 親ラメラ構造の断片化が起きる変形領域で娘ラメラ構造の変形が起きることなどが明らかとなった。異なる観察部位におけるラメラ構造変形挙動の検討などにより、今後さらに機構解明が進展していくものと思われる。



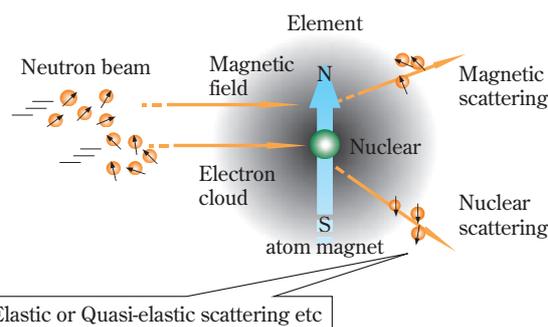
**Fig. 9** Changes in long period and FWHM in parent and daughter lamellae obtained from the sector averaged SAXS profiles of zPP; ○ long periods (parent lamellae), ● long periods (daughter lamellae), △ FWHM (parent lamellae), ▲ FWHM (daughter lamellae)

## 中性子利用研究

### 1. 中性子による散乱法<sup>14), 15)</sup>

中性子とは、電荷0、質量1u (u:1原子質量単位 =  $1.661 \times 10^{-27}$ kg)、スピン1/2のフェルミ粒子であり、特徴としては、1) 電荷0により原子核の周り

子に遮られることなく原子核まで到達し、原子核によって散乱されることや、2) スピン1/2のため原子核の周りにある電子が磁場を作る場合には、その磁場によって散乱されることであり、Fig. 10にその原理を模式的に示す。中性子による散乱現象は、弾性散乱と呼ばれる物質と中性子との間でエネルギーの交換がない散乱とエネルギーのやり取りを伴う非弾性散乱とに大別される。ナノスケールからミクロンスケールにおける構造研究で利用される中性子小角散乱 (SANS: Small Angle Neutron Scattering) や超小角中性子散乱 (U-SANS: Ultra-Small Angle Neutron Scattering)、薄膜や多層膜の表面・界面の構造評価に利用されている中性子反射率法 (NR: Neutron Reflectometry) などは前者の弾性散乱現象を計測する手法に属する<sup>16)</sup>。後者は、格子振動や高分子のセグメント運動など力学的な研究で主に取り扱われ、中性子スピンエコー法 (NSE: Neutron Spin Echo)、準弾性中性子散乱 (QENS: Quasi-Elastic Neutron Scattering) など様々な手法がある。



**Fig. 10** Schematic illustration of neutron scattering

中性子は、高分子をはじめソフトマテリアルの構造研究に極めて有効なプローブであり、中性子を線源とした散乱法は、光散乱やX線散乱とは異なる散乱起源に起因した独特の特徴を持っている。Table 2にシンクロトロン放射光を用いたSAXSとSANSの特徴を比較して示す。中性子を用いる場合も散乱の基本原理は同じであり、フラックス (輝度) や分解能の点では放射光SAXSが格段に優れている。しかしながら、Table 3に比べて示すように、中性子に対する原子核の散乱能 (Scattering length) が水素(H)と重水素(D)とで大きく異なっており、この違いがSANSにおいて散乱コントラストを与える。高分子などのソフトマテリアルはその多くが水素を持っているため、高分子凝集系中の特定の分子のHをDに置換 (重水素ラベル法) することや溶媒にD<sub>2</sub>Oを用いてD-H散乱コントラストをSANSにて計測することにより、バル

**Table 2** Comparison of SAXS and SANS features

	Flux	Scattered body	Scattering	Resolution	Wavelength	Beam size	Energy
SAXS	$\sim 10^{11}/\text{cm}^2$	Electron	Electron density	$\sim 0.1\%$	$\sim 1.5\text{\AA}$	$\sim 1\text{mm}$	$\sim 10\text{keV}$
SANS	$\sim 10^6/\text{cm}^2$	Nuclear	Scattering length	$\sim 10\%$	$\sim 10\text{\AA}$	$\sim 5\text{mm}$	$\sim 1\text{meV}$

**Table 3** Neutron scattering length of fundamental elements

	H	D	C	N	O
Scattering length/fm	-3.74	6.67	6.65	9.40	5.80

fm =  $10^{-15}\text{m}$ 

クや溶液中における高分子鎖の形態や、高分子鎖間に働く相互作用の程度を直接調べることが可能となる。その他の特徴として、SANSはSAXSに比べエネルギーレベルが低いことが挙げられ、中性子の照射による試料損傷が少ないといった点は、ソフトマテリアルはじめ生体関連物質には利点となる。

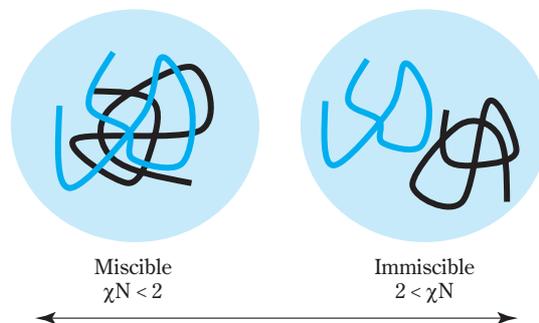
中性子の発生源には、原子炉からの $^{235}\text{U}$ 燃料の核分裂連鎖反応による定常中性子と加速器で発生するパルス中性子の主に二通りがあるが、原子炉等からの冷中性子（液体水素などの冷却剤で冷却された長波長の中性子）がSANSの線源としては主流となっている。SANS実験では、基本的には原子炉から出た波長分布を有する冷中性子を単色化するモノクロメータ、単色化された冷中性子の進行方向を高い精度で制限するピンホール型コリメータ、試料部および真空の移動管に検出器を組み込んだ検出部の順に配列された光学系をとり、調べたい構造スケールに応じてコリメータや検出器の位置調整が行われる。

## 2. 溶融状態における構造物性研究

### (1) ポリオレフィンブレンドの相溶性評価<sup>6)</sup>

1932年にChadwickによって発見された中性子は、古くは無機物質の磁気構造解析や有機物質の水素原子の位置決定などに用いられていた。高分子科学の分野で登場するのは、1970年代に入ってからであり、“バルク中の高分子鎖はGauss鎖である”というFloryの理論的予測がSANSにより実験的に検証されたことに端を発し、de Gennesによるスケール理論の構築に中性子が大きく貢献する。1980年代に入ると高分子ブレンド系における高分子鎖の形態解析やFlory-Hugginsの相互作用パラメータ( $\chi$ )の評価、ブロック共重合体の相転移挙動などの研究で多くの業績が挙げられた<sup>16)</sup>。

溶融状態における高分子鎖の形態や分子間相互作用はその後の成形プロセスならびに成形加工品の諸

**Fig. 11** Conformation of polymer chains in binary blend

物性に大きく影響するため、工業的にも注目されるようになる。相互作用パラメータ( $\chi$ )とは、混合に伴う系の自由エネルギー変化を記述する際に定義され、重合度( $N$ )との積( $\chi N$ )として相互作用の強さを示す指標であり、Fig. 11に $\chi N$ と高分子鎖の形態との関係を模式的に示す。

SANSは、オレフィン系高分子などの分子構造や電子密度、屈折率など諸物性が類似しているブレンド系においても利用でき、実際に種々のエチレン $\alpha$ オレフィン共重合体とアイソタクチックポリプロピレン(iPP)との相溶性検討などに用いられ、共重合体の分子構造（短鎖分岐の量や長さ）と結び付けた相互作用の定量的解析がなされている<sup>17)</sup>。

水素結合など特異的な分子間相互作用がないポリオレフィン系ブレンドでは、分散力が高分子鎖間に働く支配的な相互作用であると考えられているが、

**Table 4** Characterization of fractionated polymer samples

Sample name	$M_w$	$M_w/M_n$	$M_z$
d-iPP	15,000	1.44	20,000
h-iPP	16,000	1.38	21,200
aPP	35,000	1.34	44,600
a(P/B) (P/B = 80 : 20) <sup>a</sup>	32,600	1.30	42,900
a(P/B) (P/B = 60 : 40)	32,000	1.50	47,000
a(P/B) (P/B = 37 : 63)	37,000	1.34	47,000
a(P/B) (P/B = 13 : 87)	34,000	1.42	44,300
aPB	26,000	1.44	35,100

<sup>a</sup>The ratios between propylene and butene in a(P/B)s are molar ratios

ポリオレフィンブレンドの相溶性の機構はよくわかっていない。そこで我々は、アタクチック系プロピレン $\alpha$ オレフィン共重合体を新たな研究対象としてiPPとの相互作用をSANSにより評価することを試みた。Table 4にSANSで用いた試料の基本構造を示すが、1) 重水素化した試料や、2) 分子量分布が狭く共重合組成が均一である試料を用いることにより、相互作用パラメータ( $\chi$ )の定量的解析が可能となる。

Fig. 12に東京大学物性研究所の小角中性子散乱装置(SANS-U)を用いて実施したSANSの測定例を示す。ブレンド系におけるSANSでは、(Eq. 1)で記述される干渉性散乱断面積( $d\Sigma/d\Omega$ )が散乱ベクトル( $q$ )の関数として測定され、(Eq. 2)で表される構造因子 $S(q)$ を用いて実験データを再現する(実線)ことにより、慣性半径 $R_g$ ならびに $\chi$ が実験的に見積もられる<sup>18)</sup>。

$$\frac{d\Sigma}{d\Omega} = \left( \frac{b_D}{D} - \frac{b_H}{H} \right)^2 \cdot S(q) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$S(q)^{-1} = [ {}_D N_{w,D} \quad {}_D P_D(q^2 R_{g,D}^2) ]^{-1} + [ {}_H N_{w,H} \quad {}_H P_H(q^2 R_{g,H}^2) ]^{-1} - 2\chi_{DH} / 0 \quad (\text{Eq. 2})$$

ここで、 $b$ は散乱長、 $\rho$ は比容積、 $N_w$ は重量平均分子量、 $\rho$ は体積分率、 $P(q^2 R_g^2)$ は構造因子、 $q$ は散乱ベクトル、 $R_g$ は慣性半径であり、添え字DおよびHは重水素ならびに水素の表記である。

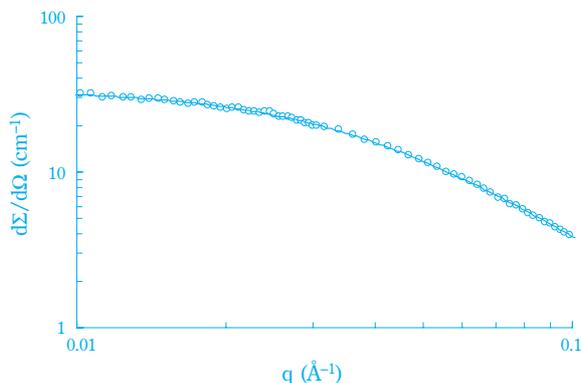


Fig. 12 SANS intensities obtained from d-iPP/a(P/B) (P : B = 60 : 40) blend at 190°C

Fig. 13に相互作用パラメータ( $\chi$ )の解析例を示す。aPBとiPPとの相互作用パラメータ( $\chi$ )が負値であることや、共重合体組成に依存して相互作用パラメータ( $\chi$ )が変化することがわかる。この結果はiPPとアタクチック系プロピレン-ブテン共重合体とのブレンドは熔融状態で“相溶系”であることを示している。また、相互作用パラメータ( $\chi$ )の温度依存性など解析

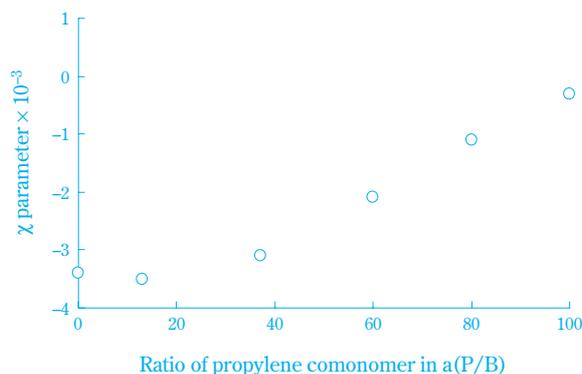


Fig. 13 Flory-Huggins interaction parameter plotted against propylene content in a(P/B)

から、オレフィン系ブレンドに働く相互作用の全貌を解明するためには、分子間相互作用の理論<sup>19)–21)</sup>を更に拡張する必要があることが本研究からも明らかになってきた。

## (2) 外部場下における高分子鎖の形態観察<sup>7)</sup>

近年は、装置開発や実験技術の進歩に伴い、流動場における高分子鎖の形態観察<sup>22)</sup>やリビング重合過程のその場観察<sup>23)</sup>など動的構造解析にSANSが適用されるようになってきている。Fig. 14に、日本原子力開発機構の中性子小角散乱装置(SANS-J)にて実施した定常流場におけるSANS像の測定例を示す。試料には重水素化高密度ポリエチレン(D-HDPE)と直鎖状低密度ポリエチレン(H-LLDPE)のブレンドならびに低密度ポリエチレン(H-LDPE)とのブレンドを用い、SANS仕様の小型加熱せん断装置を使用して得られたSANS像を比較して示した。静止場ではD-HDPEの分子鎖が等方性な形態であることを示唆するSANS像がどちらの系においても観測されるが、定

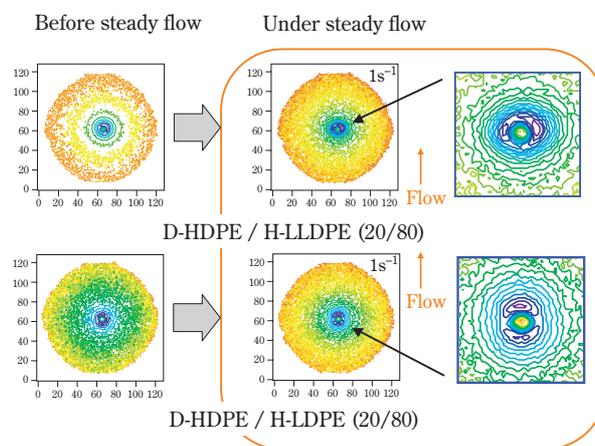


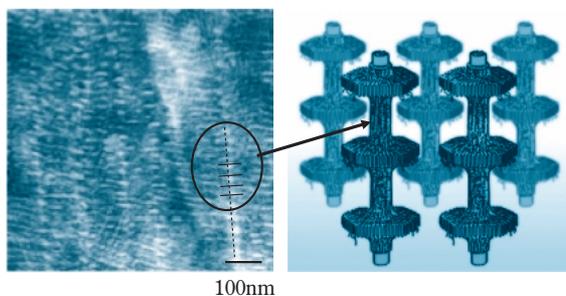
Fig. 14 2D SANS patterns before and under steady flow

常流場に対しては、D-HDPE/H-LLDPEブレンドではD-HDPEの分子鎖が流れ方向に伸長していることを示すSANS像が観測される一方、D-HDPE/H-LLDPEブレンドではD-HDPEとH-LLDPEとが流動誘起相分離を起こしていることを示唆するSANS像が観測される。

SANSは外場下における高分子鎖の形態や相溶性の評価にも極めて有効な手法であり、強度や時間分解能などの克服すべき課題が幾つか残されてはいるものの、その場観察の計測プローブとして今後も積極的に活用されていくものと思われる。

### 3. 成形加工品の固体構造評価<sup>8)</sup>

現在、高分子物理の分野において盛んに議論されている話題の一つに流動誘起結晶化があり、先に述べたような高分子鎖の伸長や流動誘起相分離などの現象がその後の結晶化過程に影響するため複雑なものとなる。紡糸や射出成形などの成形プロセスでは、“トルコ料理の串焼き”にその形が似ていることから「シシケバブ構造」と名付けられた、Fig. 15に示すような板状の構造（ケバブ構造）と針状の構造（シシ構造）からなる結晶構造が、流動誘起結晶化により形成されることがある。このシシケバブ構造は、高分子量のポリマーを追添することによりその形成が促進されることが古くから知られているが、その形成機構やその他の分子量のポリマーが流動誘起結晶化に果たす役割についてはよく理解されていない。

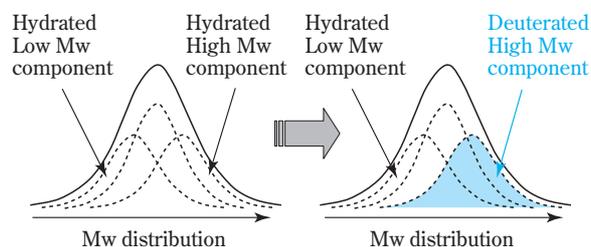


**Fig. 15** TEM image of injection molded iPP and schematic illustration of “Shish-Kebab” structure

現在のSANSでは、流動誘起結晶化をその場観察することは中性子強度の点で不可能であるが、1) 重水素ラベル法や、2) 小型の成形加工装置による少量での加工技術を駆使することにより、流動結晶化によって成形加工された試料を構成する全分子量成分のうち、注目する特定の分子量のポリマーの形態を直接評価することが可能である。

Fig. 16に高分子を対象試料とした時にSANSで用いられる重水素ラベル法の概念を模式的に示す。水

素化ポリマー（H体）に対して、特定の分子量のH体ポリマーを重水素化ポリマー（D体）に置換する、あるいは少量追添することによりD体ポリマーの形態がSANSにより観測される。D体ポリマーとH体ポリマーの量比は逆の関係になってもよい。我々は、分子量の異なるH体およびD体ポリプロピレンをそれぞれ重合し、高分子量、中分子量、低分子量成分を2：4：1の比で混合して分子量分布の広いモデルポリマーを作成し、構成している各分子量成分のうち、一つの成分のみを重水素ラベルした各種モデル試料を作成した。Table 5にSANSで用いた試料の基本構造を示す。そして特殊な小型射出成形装置<sup>24)</sup>を利用して各種モデル試料を射出成形した成形品においてSANS測定を行った。



**Fig. 16** Schematic illustration for deuterated labeling technique

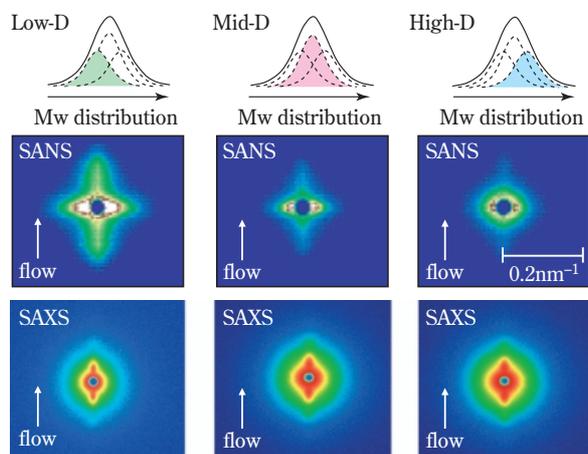
**Table 5** Weight-average molecular mass ( $M_w$ ) and polydispersity ( $M_w/M_n$ ) of the deuterium-labeled fraction and of the blend as a whole

Sample	D-labeled polymer		Blended whole material <sup>a</sup>	
	$M_w$	$M_w/M_n$	$M_w$	$M_w/M_n$
Low-D	41,000	2.4	467,000	8.3
Mid-D	197,000	3.2	486,000	7.9
High-D	1,781,000	3.1	557,000	8.6

<sup>a</sup>D-labeled polymer contents=13wt%

Fig. 17に各成形品から得られたSANS像とSAXS像を比較して示すが、試料の電子密度差に由来して観測されるSAXS像はどれも同様のパターンを示している。一方、D-Hコントラストに由来する散乱が観測されるSANS像においては、重水素ラベルしたポリマーの分子量の違いを反映して、試料間で大きく異なる散乱パターンが得られた。詳細な検討の結果、1) シシ構造に由来するSANS像が流れ方向と直交する方向に存在していることや、2) 低分子量や中分子量成分もシシ構造の形成に関与していることが確認された。この実験事実、シシ形成機構が、これまで考えら

れてきた“高分子量成分のみが凝集してシシ構造を形成する機構”ではなく、“高分子量成分が中分子量ならびに低分子量のポリマーも巻き込みながらシシ構造を形成していく機構”であることを示唆している。この知見は、シシケバブ構造の形成機構の本質を解明するうえで非常に重要なものである。



**Fig. 17** Comparison of SAXS and SANS patterns obtained from injection molded iPPs with different deuterated Mw component

## おわりに

本稿では、シンクロトロン放射光ならびに中性子をプローブとして利用したポリオレフィンの構造解析研究について、散乱法によるフィルム延伸挙動の観察技術や成形加工品の構造解析などを事例として述べてきた。これら量子ビームの利用研究は、最先端高分子科学のみならず高分子産業においても極めて有効であり、新規材料の開発や製品加工研究に今後ますます活用されていくものと思われる。また、今後の量子ビームを用いた研究は、赤外・X線自由電子レーザーをはじめ、茨城県東海村に建設予定の世界最高の陽子ビーム強度をもった加速器群によるパルス中性子源やSPring-8にて計画中の「フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン」の建設など大きな転機を迎えようとしており、更なる期待が寄せられている。

## 謝辞

本研究は、SPring-8における一般課題、また、高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究開発機構、ならびに東京大学物性研究所との共同研究により実施されたものであり、本研究を実施するにあたりご指導頂きました東京大学新領域創成科学研究科

雨宮慶幸教授ならびに篠原佑也助教、名古屋大学工学研究科 松下裕秀教授、東京大学物性研究所 柴山充弘教授、ならびに日本原子力研究開発機構 橋本竹治教授ならびに小泉智博士に深く感謝致します。

## 引用文献

- 1) 伊地知 靖人, 佐賀 祐司, 藤井 丈志, 山本 圭作, 住友化学, 1995-II, 30 (1995).
- 2) 笠原 達也, 山口 登, 水沼 考二, 藤井 丈志, 住友化学, 1999-II, 4 (1999).
- 3) 桜井 孝至, 笠原 達也, 山口 登, 高分子加工, 53 (1), 24 (2004).
- 4) T. Sakurai, Y. Nozue, T. Kasahara, K. Mizunuma, N. Yamaguchi, K. Tashiro, and Y. Amemiya, *Polymer*, **46**, 8846 (2005).
- 5) Y. Nozue, Y. Shinohara, Y. Ogawa, T. Sakurai, H. Hori, T. Kasahara, N. Yamaguchi, N. Yagi, and Y. Amemiya, *Macromolecules*, **40**, 2036 (2007).
- 6) Y. Nozue, T. Sakurai, H. Hozumi, T. Kasahara, N. Yamaguchi, M. Shibayama, and Y. Matsushita, *Macromolecules*, **40**, 273 (2007).
- 7) T. Kasahara, T. Sakurai, T. Fujii, and S. Koizumi, *JAERI-Review*, 2002-028, 77 (2002).
- 8) S. Kimata, T. Sakurai, Y. Nozue, T. Kasahara, N. Yamaguchi, T. Karino, M. Shibayama, and J. A. Kornfield, *Science*, **316**, 1014 (2007).
- 9) “シンクロトロン放射光の基礎”, 大柳 宏之編, 丸善 (1996).
- 10) 伊藤 和輝, 雨宮 慶幸, 放射光, **13**, 372 (2000).
- 11) 住友化学(株), 特開2003-207430 (2003).
- 12) 野末 佳伸, 雨宮 慶幸, 放射光, **19**, 356 (2006).
- 13) 住友化学(株), 特許申請中.
- 14) J. S. Higgins, and H. C. Benoît, “Polymers and Neutron Scattering”, Oxford University Press (1994).
- 15) 松下 裕秀, “中性子による計測と利用” 日本アイソトープ協会編, 丸善 (1999), p. 94.
- 16) 松下 裕秀, 化学と工業, **52** (1), 25 (1999).
- 17) M. Seki, H. Uchida, Y. Maeda, S. Yamauchi, K. Takagi, Y. Ukai, and Y. Matsushita, *Macromolecules*, **33**, 9712 (2000).
- 18) P. G. de Gennes, “Scaling Concepts in Polymer Physics”, Cornell University Press (1979).
- 19) F. S. Bates, M. F. Schultz, J. H. Rosedale, and K. Almdal, *Macromolecules*, **25**, 5547 (1992).
- 20) W. W. Graessley, R. Krishnamoorti, G. C. Reichart, N. P. Balsara, R. J. Butera, L. J. Fetters, and D. J. Lohse, *Macromolecules*, **28**, 1260 (1995).
- 21) K. F. Freed, and J. Dudowicz, *Macromolecules*, **31**,

6681 (1998).

22) Y. Takahashi, Y. Ukai, M. Seki, and Y. Matsushita, *Kobunshi Ronbunshu*, **62**, 23 (2005).

23) R. Motokawa, S. Koizumi, T. Hashimoto, T.

Nakahira, and M. Yasunaka, *Physica B; Condensed Matter*, **385-386** (1), 780 (2006).

24) J. A. Kornfield, G. Kumaraswamy, and A. M. Issaian, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **41**, 6383 (2002).

PROFILE



桜井 孝至

Takashi SAKURAI

住友化学株式会社  
石油化学品研究所  
主任研究員 工学博士



笠原 達也

Tatsuya KASAHARA

住友化学株式会社  
石油化学品研究所  
主席研究員  
(現職: ラーベグリアファイニングアンドペトロケミカルカンパニー)



野末 佳伸

Yoshinobu NOZUE

住友化学株式会社  
石油化学品研究所  
主任研究員 工学博士



山口 登

Noboru YAMAGUCHI

住友化学株式会社  
石油化学品研究所  
研究グループマネージャー 主席研究員

# 遠心分離機による固液分離操作のスケールアップ

住友化学(株) 大阪工場  
高橋 邦 壽  
生産技術センター  
塩 尻 進

## Scale-up of Centrifugal Solid-Liquid Separation

Sumitomo Chemical Co., Ltd.  
Osaka Works  
Kunitoshi TAKAHASHI  
Process & Production Technology Center  
Susumu SHIOJIRI

Many manufacturing processes for active pharmaceutical ingredients (APIs) and their manufacturing intermediates consist of reaction, post-processing, crystallization, filtration and drying operations. Particularly during filtration operations, we sometimes have operational troubles which can cause product quality deterioration and a large decrease in productivity and work efficiency. Therefore, it is important to stabilize filtration operation during API manufacturing processes.

In this paper, we would like to introduce several scale-up techniques from a small experimental scale to a commercial manufacturing scale by focusing mainly on operational condition setting of key parameters in centrifugal filtration processes.

### はじめに

医薬原薬、中間体の製造プロセスの多くは反応・後処理・晶析・ろ過・乾燥操作の流れで構成されている。ろ過操作でトラブルが発生すると品質低下、生産性低下および作業効率の大幅な低下につながる事が多く、医薬品製造プロセスにおいてろ過工程を安定化することは重要である。

ろ過機としては「遠心分離機」「加圧ろ過機」「減圧ろ過機」が一般的に使用され、その中でも、処理能力が大きく、自動化が容易な遠心分離機が多く導入されている。

生産時の遠心分離機に関するトラブルを最小限にするためには、晶析工程の安定化(粒子径など)に加え、ろ過操作の「基礎物性測定技術」「実験技術」「スケールアップ技術」「設備運転技術」を向上させることが重要であると考えている。

本稿では遠心分離機によるろ過操作(以下遠心ろ過と呼ぶ)における①スラリー給液・ろ過ケーキ洗浄操作条件、②ケーキ脱液操作条件を設定するため

の「小スケール実験から製造スケールへのスケールアップ技術」について紹介する<sup>1)</sup>。

### 遠心ろ過操作に関するトラブル

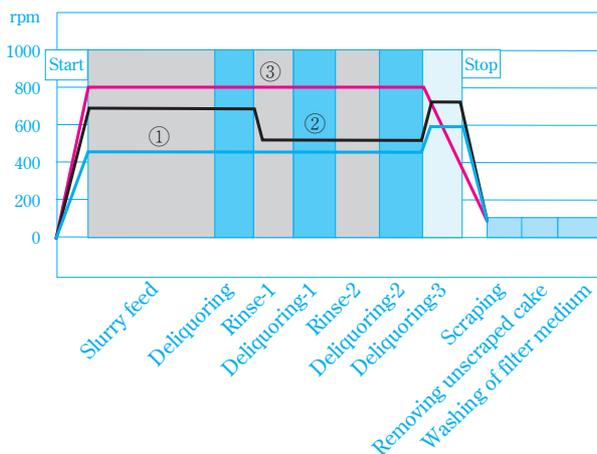
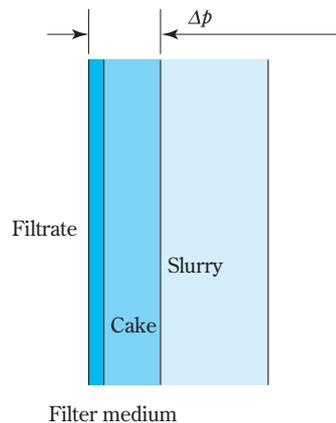
Table 1に遠心ろ過操作のトラブル内容と発生原因を示す。トラブル発生原因はろ過前の工程で生じるものと遠心ろ過で発生するものに分けられる。

### 遠心分離機の運転技術

遠心ろ過操作は給液・脱液・洗浄・脱液・(振切)・ケーキ掻取・(ろ床剥離)を1サイクルとし、スラリー全量のろ過には通常数サイクルを要す。ケーキには圧縮されやすいケーキとされにくいケーキがあり、後述するようにろ過時間に大きく影響する。ケーキの圧縮性を把握した上で、その特性に合わせた運転条件とすることで「ろ過速度安定化」「洗浄性・脱液性・ケーキ剥離性向上」を図ることができる。Fig. 1に運転パターンを示す。

**Table 1** Troubles in centrifugal filtration process

	troubles in filtration process	cause
reaction and crystallization	change in size/ size distribution of crystals	change in composition of reaction mixture change in crystallization conditions
crystallization slurry mixing/ feeding of slurry to filters	generation of finely-divided crystals increase of residual impurities	shear by slurry mixer and pump time degradation of crystallization slurry
centrifugal filtration	imbalance of filtration cake	inappropriately-oriented slurry nozzle of filters small cake filtration resistance
	overflow of slurry or supernatant	too-fast feeding vibration of filter
	increase in filtration time	lower cake filterability clogging of filter medium masking of filter medium surface with fine crystals
	increase of residual impurities	imbalance of filtration cake inappropriately-oriented rinse nozzle of filters masking of cake surface with fine crystals nonuniformly-compressed cake
	poor cake removability	high liquid content of deliquored cake filter cake compression inappropriate cake remover

**Fig. 1** Diagram of filtration, washing and deliquoring in centrifuge**Fig. 2** Cross section drawing of filtration system

### 給液・洗浄操作のスケールアップ

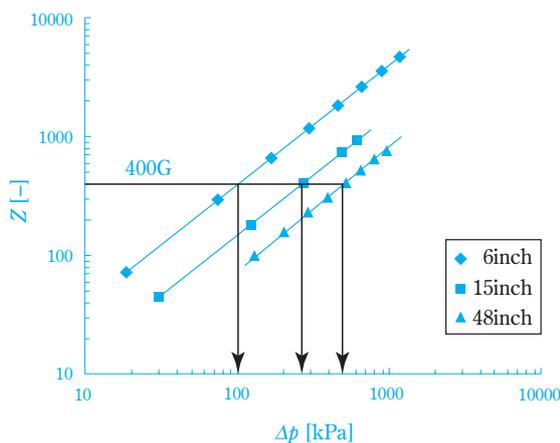
ろ過操作の基本物性である平均ろ過比抵抗 $\alpha_{av}$ 、圧縮指数 $n$ を活用することで小スケール実験データから実機へスケールアップを行う手法について説明する。

#### 1. スケールアップの考え方

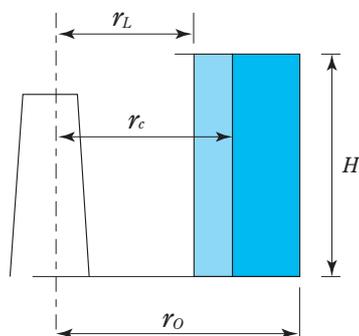
Fig. 2を使用してる過の基本理論を説明する。ろ液がろ材・ケーキ中を通過するための推進力はケーキ面のスラリー側とろ材側との圧力差 $p$ である。遠心・加圧・減圧ろ過は $p$ を与える操作が異なるだけで、同一のろ過理論が適用できる。

遠心ろ過のスケールアップを遠心分離機のバスケット半径 $r_0$ を用いた遠心効果 $Z (= r_0^2/g)$ 、ただしは回転の角速度、 $g$ は重力加速度)を一定にすることで行くと、Fig. 3に示すように、小型・中型遠心分離機(6inch径、15inch径など)から実機(48inch径など)へと $p (= L^2(r_0 - r_L))$ ただし、 $L$ はろ液の密度、 $r_L$ はろ過時の液膜半径)が大きくなり、圧縮性の高いケーキ( $n$ が大きいケーキ)ならば圧縮される。このことにより、ろ過速度低下、洗浄効率低下、ろ床剥離不良等のトラブルにつながる。

したがって、遠心ろ過は $p$ が一定になるようにスケールアップする必要がある。Fig. 4に $p$ 算出のための遠心分離機の断面を示す。



**Fig. 3** Relationship between centrifugal effect and centrifugal filtration pressure



**Fig. 4** Vertical cross section drawing of centrifuge

## 2. 給液・洗浄時間の推定

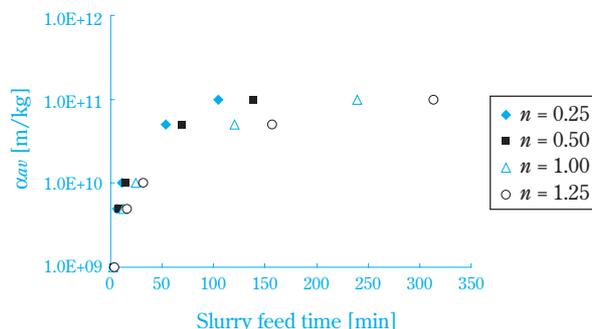
小スケール実験で  $\alpha_{av}$ 、 $n$  を測定することで、スケールアップ時のろ過時間を推算できる。スラリー給液、ケーキ洗浄液給液ともに各々のろ過時間を給液時間として設計する。給液時間  $t_1$  は  $t_1 = \mu_{L1} W V_1 \alpha_{av} / (2 p A^2)$ 、洗浄時間  $t_2$  は  $t_2 = \mu_{L2} W V_2 \alpha_{av} / (p A^2)$  で行うことができる（ただし、 $\mu_L$  はろ液の粘度、 $W$  はケーキの質量、 $V$  はろ液体積、 $A$  はろ過面積）。尚、 $\alpha_{av}$  は圧力の関数で表される ( $\alpha_{av} = \alpha_0 p^n$ )。

## 3. 平均ろ過比抵抗、圧縮指数

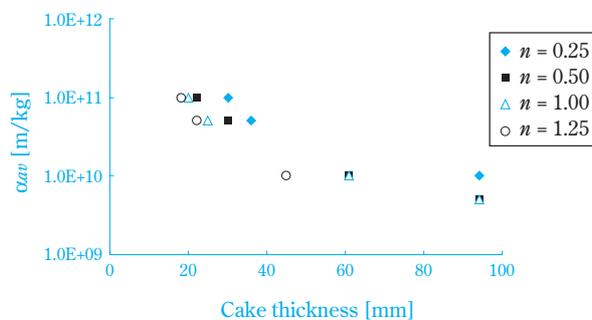
Table 2 に  $\alpha_{av}$ 、 $n$  の目安を示す。Fig. 5 は堅型遠心分離機で  $\alpha_0$  の粒子のろ過を想定し、ケーキ厚み 94mm 一定のケースで  $\alpha_{av}$  と給液時間  $t_1$  との関係を計算した結果である。 $\alpha_{av} 10^{10} \text{ m/kg}$  になると  $t_1$  が大きくなることが判る。Fig. 6 は  $t_1$  を 10 分一定として  $\alpha_{av}$  とケーキ厚みとの関係を計算した結果である。 $\alpha_{av} 10^{10} \text{ m/kg}$  になるとケーキ厚みが薄くなり堅型遠心分離機ではケーキを掻き取ることが難しい厚みになることが判る。このように、堅型遠心分離機を

**Table 2** Evaluation examples of average specific filtration resistance and compressibility of filtration cake

mean specific filtration resistance	$< 5 \times 10^8$	very fast filtration/solid sedimentation
$\alpha_{av}$	$5 \times 10^8 \sim 2 \times 10^{10}$	best filterability
	$2 \times 10^{10} \sim 10^{11}$	not good
	$> 10^{11}$	bad
compressibility index	$> 1$	serious compressibility;
$n$		$\alpha_{av}$ increases seriously according to increase of $\Delta p$
	$< 0.5$	small compressibility
		e.g. typical APIs
		$n = 0.4 \sim 0.8$



**Fig. 5** Average specific filtration resistance plotted against slurry feed time



**Fig. 6** Average specific filtration resistance plotted against cake thickness

使用してのろ過の  $\alpha_{av}$  の目安は  $\alpha_{av} 10^{10} \text{ m/kg}$  が望ましいことが判る。

## 4. 平均ろ過比抵抗測定

$\alpha_{av}$ 、 $n$  の測定には、Figs.7、8 に各々示す定圧ろ過テスト器と圧縮透過試験機が使用される。

Table 3 に定圧ろ過テスト器と圧縮透過試験機の特徴を比較している。圧縮透過試験機はケーキを測定圧力にて圧縮させ、その状態で液を透過させて部分比抵抗  $\alpha_p$  を測定し、計算により  $\alpha_{av}$  を算出する。この

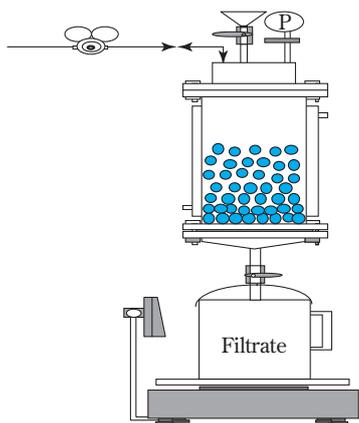


Fig. 7 Constant pressure filtration test equipment

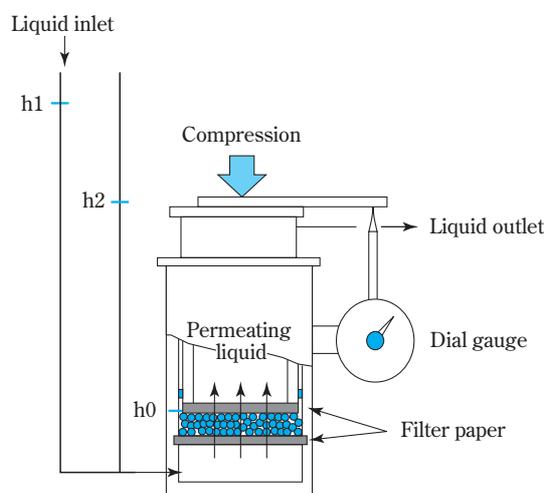


Fig. 8 Compression permeability test equipment

Table 3 Comparison of constant pressure filtration test and compression permeability test

	constant pressure filter test	compression permeability test
purpose of measurement	$\alpha_{av}$ $n$	$\alpha_p$ $n$
accuracy of results	fair	very good
cost	low	high
equipment size	small	large
handling	very easy	easy
measurement time	short	long

方法では、測定圧力に対応してケーキが確実に圧密されているために、正確な測定結果が得られる。

定圧ろ過テスト器の測定方法は、スケールアップ時に使用するろ材をセットし、スラリーを仕込んだ後、加圧して流出した液量を時間とともに測定する。この結果を、Ruthのろ過方程式で解析して $\alpha_{av}$ 、 $n$ を

算出する。加圧圧力に対応してケーキが圧密されにくいのために本法によるデータは正確さがやや劣る。

定圧ろ過テスト器で正確に $\alpha_{av}$ を測定するには、ケーキがろ過圧力に対応した圧密状態に圧縮されていることがポイントである。我々はケーキが確実に圧密状態を形成するようにろ過テスト時間を最適化した。このことで定圧ろ過テスト器により正確に $\alpha_{av}$ を測定することが可能となった。

定圧ろ過テスト器測定結果と圧縮透過試験機測定結果をFigs.9、10で比較している。

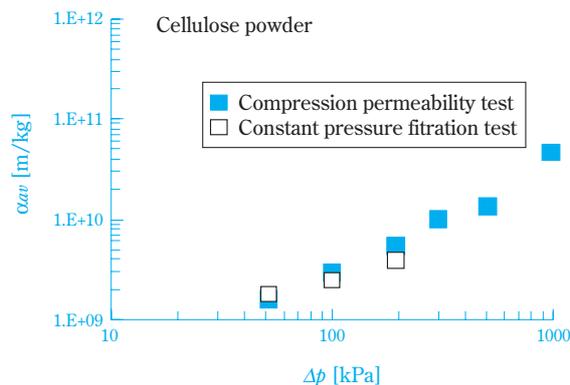


Fig. 9 Average specific filtration resistance measured in constant pressure filtration test and calculated from results of compression permeability test (cellulose powder)

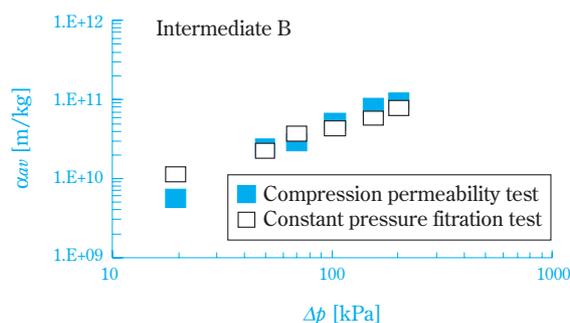
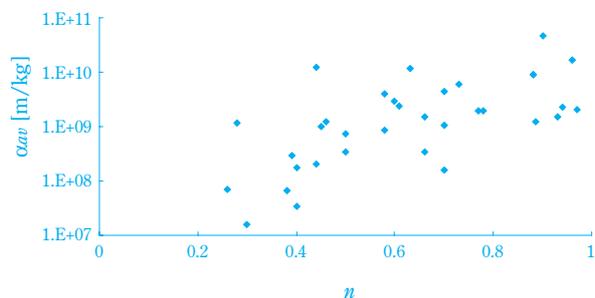


Fig. 10 Average specific filtration resistance measured in constant pressure filtration test and calculated from results of compression permeability test (intermediate B)

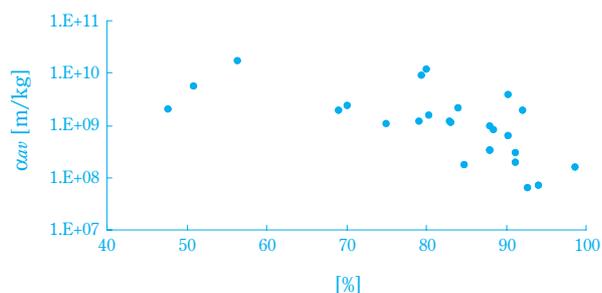
## 5. 平均ろ過抵抗と圧縮指数、ろ過ケーキの固形分含量

Fig. 11に定圧ろ過テスト器で測定した $\alpha_{av}$ と $n$ の関係を示す。 $\alpha_{av}$ が大きくなる(ろ過性が悪い)と $n$ が大きくなる(圧縮しやすい)傾向があることが判る。

Fig. 12に遠心分離機でろ過した湿潤ケーキ中の固形分含量と $\alpha_{av}$ の関係を示す。 $\alpha_{av}$ が大きくなると、湿潤ケーキ中の固形分含量が小さくなる傾向があることが判る。



**Fig. 11** Average specific filtration resistance measured in constant pressure filtration test plotted against compressibility index of cake



**Fig. 12** Specific filtration resistance measured in centrifugal filtration test plotted against solid content of cake after centrifugal deliquoring

### 脱液操作のスケールアップ<sup>2)</sup>

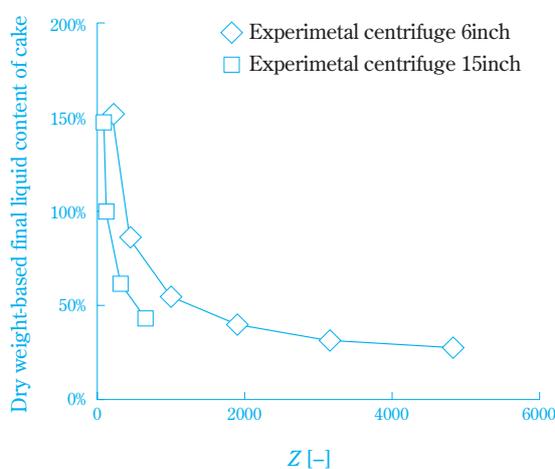
遠心分離機による脱液時間を推定するために、従来は、小型遠心分離機（6inch径）、中型遠心分離機（15inch径など）を使用して脱液後のケーキの平均含液率を求めていた。より少ないサンプル量で実験ができる方法を検討した結果、卓上遠心機（Fig. 13）を使用し含液率を簡単に求めることが可能となった。小型・中型遠心分離機と卓上遠心機の平衡含液率の測定結果比較と卓上遠心機の実験方法について紹介する。

#### 1. 平衡含液率と平均遠心効果、遠心脱液みかけ圧力

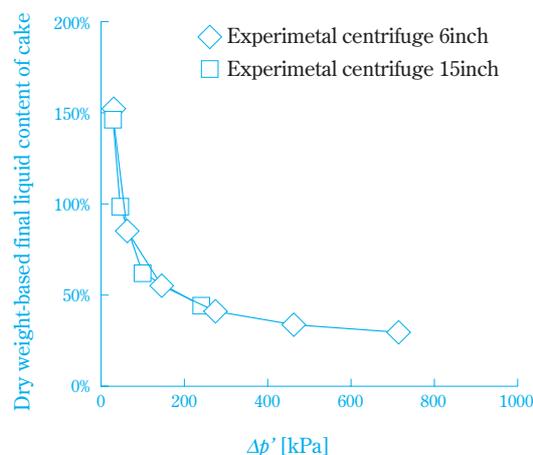
Fig. 14にケーキの平衡含液率と遠心効果 $Z$ 、Fig. 15に平衡含液率と遠心脱液みかけ圧力 $p'$ の関係を示す。小型遠心分離機は6inch径、中型遠心分離機は



**Fig. 13** Table-top centrifuge



**Fig. 14** Final liquid content of cake in centrifugal deliquoring plotted against centrifugal effect<sup>2)</sup>

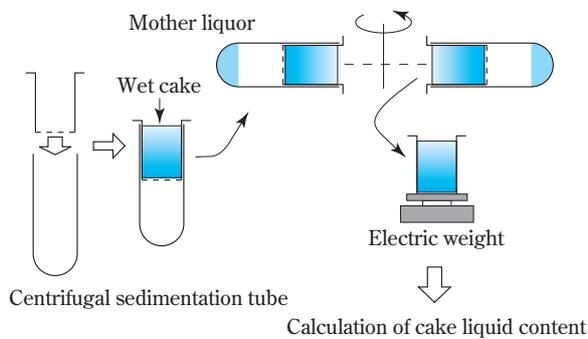


**Fig. 15** Final liquid content of cake of low compressibility in centrifugal deliquoring by experimental centrifuges of different sizes plotted against apparent centrifugal deliquoring pressure<sup>2)</sup>

15inch 径である。Zで整理した場合、両スケールで平衡含液率は一致しないが、以下に定義する  $p'$  で整理するとよく一致する。遠心脱液みかけ圧力  $p' = L^2 (r_o^2 - r_c^2)$  は湿潤ケーキ密度をろ液密度  $L$  におきかえて算出した圧力である。

## 2. 卓上遠心機による脱液実験方法

Fig. 16に卓上遠心機による脱液実験方法を示す。ろ過管に紙を敷き、湿潤ケーキを入れる。次にろ過管を遠心沈降管に挿入し、卓上遠心機にセットする。スケールアップ時の運転条件に近い  $p'$  になるように回転数を設定し、脱液時間とろ過管の重量変化を測定する。これにより、平衡含液率と  $p'$  との関係が得られる。



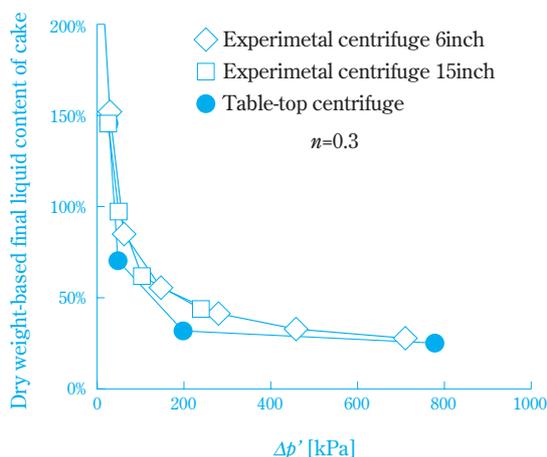
**Fig. 16** Procedure of deliquoring experiment by table-top centrifuge

## 3. ケーキの圧縮性と平衡含液率

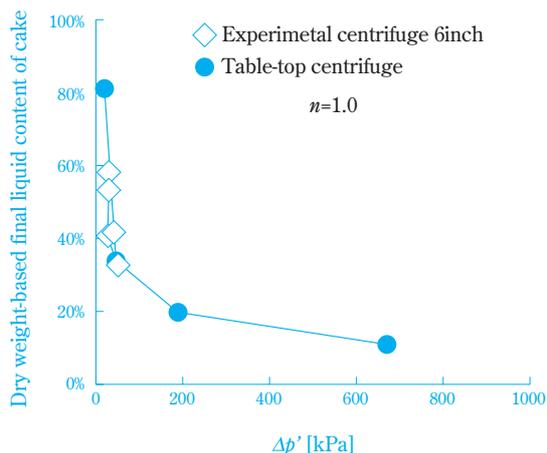
非圧縮ケーキの平衡含液率と  $p'$  との関係を図. 17に、圧縮性ケーキの平衡含液率と  $p'$  との関係を図. 18に各々示す。圧縮性ケーキも非圧縮性ケーキ同様に卓上遠心機、小型遠心分離機とで平衡含液率が一致した。小型、中型遠心分離機で行っていた平衡含液率の測定を、卓上遠心機で行うことができることを示している。

## おわりに

本稿では、遠心分離機による固液分離操作を、小スケール実験から製造スケールへスケールアップするための技術として、定圧ろ過テスト器を使用し、 $\alpha_{av}$ 、 $n$  を取得することで、給液、洗浄操作でのスケールアップ時のろ過時間の推定が可能、および卓上遠心機を使用し脱液データを取得することで、脱液時間と平衡含液率の推定が可能であることについて紹介した。小スケール実験でスケールアップデータが取得できることになったことにより、遠心分離機



**Fig. 17** Final liquid content of cake of low compressibility in centrifugal deliquoring plotted against apparent centrifugal deliquoring pressure; comparison of results of experimental centrifuges (open symbols) and those of table-top centrifuge (closed symbols)<sup>2)</sup>



**Fig. 18** Final liquid content of cake of high compressibility in centrifugal deliquoring plotted against apparent centrifugal deliquoring pressure; comparison of results of experimental centrifuge (open symbols) and those of table-top centrifuge (closed symbols)<sup>2)</sup>

による固液分離操作では、スケールアップデータ取得のための中スケールでの遠心分離機実験は省略可能となり、実験の効率化を図ることができた。

今回紹介したスケールアップ技術を、今後の工業化研究に活用していただければ幸いである。

## 使用記号

- A : ろ過面積 [m<sup>2</sup>]
- g : 重力加速度 [m/s<sup>2</sup>]

$H$ : 遠心分離機のバスケット高さ [m]	$t$ : ろ過時間 [s]
$n$ : 圧縮指数 [-]	$\rho_L$ : ろ液の密度 [kg/m <sup>3</sup> ]
$p$ : ろ過圧力 [Pa]	$\mu_L$ : ろ液の粘度 [Pa · s]
$p'$ : 遠心脱液みかけ圧力 [Pa]	$\omega$ : 遠心分離の回転の角速度 [rad/s]
$r_o$ : 遠心分離機のバスケット外半径 [m]	
$r_c$ : ケーキ内面半径 [m]	
$r_L$ : ろ過時の液膜半径 [m]	
$V$ : ろ液の体積 [m <sup>3</sup> ]	
$W$ : ケーキの質量 [kg]	
$Z$ : 遠心効果 [-]	
$\alpha_{av}$ : 平均ろ過比抵抗 [m/kg]	
$\alpha_p$ : 部分ろ過比抵抗 [m/kg]	
$\alpha_0$ : $\alpha_{av} = \alpha_0 (\bar{p})^n$ [m/kg]	

## 引用文献

- 1) 高橋 邦壽, 遠心分離機による固液分離操作, 化学工学会関西支部 医薬品製造における分離技術のフロンティア (2004. 11).
- 2) 塩尻 進, 岡橋 良徳, 高橋 邦壽, 岩田 政司, 遠心分離機における脱液操作のスケールアップ, 世界濾過工学会濾過分離シンポジウム (2001. 11).

## PROFILE



高橋 邦壽  
Kunitoshi TAKAHASHI  
住友化学株式会社  
大阪工場  
担当課長



塩尻 進  
Susumu SHIOJIRI  
住友化学株式会社  
生産技術センター  
主任研究員 工学博士

# 離散要素法シミュレーション によるボールミルの設計手法

住友化学(株)

生産技術センター

木村 真喜男

鳴海 雅之

児林 智成

## Design Method of Ball Mill by Discrete Element Method

Sumitomo Chemical Co., Ltd.

Process & Production Technology Center

Makio KIMURA

Masayuki NARUMI

Tomonari KOBAYASHI

The grinding rate of gibbsite in tumbling and rocking ball mills using fins was well correlated with the specific impact energy of the balls calculated from Discrete Element Method simulation.

This relationship was successfully used for the scale-up of a rocking ball mill, and the optimum design and operating conditions for the rocking ball mill could be estimated by the specific impact energy of the balls calculated by a computer simulation.

### はじめに

近年、表示材料、エネルギー、自動車、半導体など様々な分野において、機能性無機材料の需要が拡大している。この無機材料の性能は上記分野の製品性能に大きく影響するため、様々な組成や製造方法を検討し最適な製造条件をいかに確立するかが課題となっている。機能性無機材料を製造するに当たり、重要な単位操作として「粉碎」が挙げられる。粉碎操作は単に物を砕くだけでなく、混合、輸送、物質・熱移動の促進、有価物回収のための前処理、機能発現などを目的として活用されている。

粉碎機の一つであるボールミルは、容器の中にボールと砕料（粉碎したい原料）を入れ、その容器を運動させることによって粉碎を行う装置である。構造が単純で操作が容易であるため幅広く利用されている。

しかしながら、その装置設計や条件選定の手法は経験的な知見に依存する点が多く、十分体系化されていない。そのためスケールアップが必ずしも容易ではなく、データ採取に多大な労力とコストを要してしまう。

一方、近年のコンピュータの高性能化に伴った計算技術の向上によって、さまざまな分野においてコンピュータシミュレーションによる解析が可能となっている。粉体工学の分野においても、粒子群の運動を対象としたシミュレーション法がCundall<sup>1)</sup>らによって提案され、さまざまな現象解析に適用されて大きな成果を挙げている。この手法は離散要素法 (DEM : Discrete Element Method) と呼ばれ、個々の粒子運動を運動方程式に基づいて時々刻々追跡する手法である。離散要素法を用いたミル内ボール運動に関する研究はMishraら<sup>2)</sup>、柳ら<sup>3)</sup>などによって提案され、現在までに三次元解析や複雑なライナー形状をしたシミュレーション解析<sup>4), 5)</sup>、ミルの消費電力に関する研究<sup>6), 7)</sup>なども報告されている。

しかしこれらはいずれもミル内のボールのみの運動を対象とした研究である。実際の粉碎においては、ボールのみがミルに入っているわけではなく、砕料も共存する。より正確に粉碎挙動をシミュレーションするためには砕料の動きもシミュレーションしなければならないが、砕料の粒子個数は膨大であるため砕料を含むすべての粒子を時々刻々追跡するのは現

在のコンピュータ性能をもってしても不可能である。したがって碎料の存在をモデル化してシミュレーションに導入しなければならない。実験で碎料共存下のボール運動を観察すると、ボール表面は碎料で被覆された状態になり、あたかも碎料被覆ボール群がミル内を運動しているように見える。そこで、加納ら<sup>8)</sup>は、ボールの摩擦係数を変化させてシミュレーションを実施し、摩擦係数のボール運動への影響が大きいことを見出し、この結果から、それぞれの碎料に対して適切な摩擦係数を選択すればボール運動を精度良く再現できると報告している。

また、ボール運動のシミュレーションから得られる情報として、ボールの衝突回数、運動エネルギー、ボール間接触力、ボールの運動軌跡等が挙げられる。これらの情報は粉碎過程における碎料の特性変化を左右する重要な因子である。加納ら<sup>8)</sup>は、それらの中でも粉碎に大きな影響を及ぼしているのが、ボールの衝突エネルギーであることを見出した。

我々は、粉碎時に碎料が容器へ付着凝固するのを防止するために、揺動ミル（容器を自転させつつ揺動させるボールミル）を使用しており、そのスケールアップ検討を行っていたが、前述の通りデータ採取に苦勞を要していた。そこで離散要素法に着目し、揺動ミルのシミュレーションによるスケールアップ法の確立を目的とし、東北大学齋藤教授および加納講師との共同研究を行った。

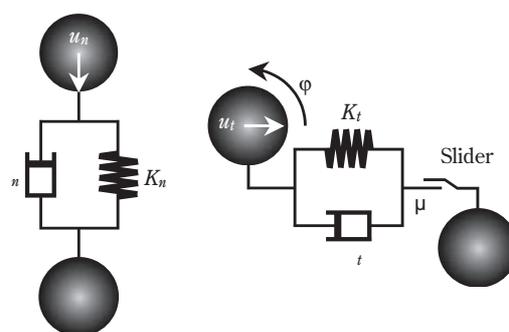
本稿では、離散要素法によるシミュレーション解析と実験検討の組み合わせにより、羽根板を有する転動ミルおよび揺動ミル内での粉碎現象を予測した結果および、それらのスケールアップ手法やボールミル設計条件の最適化手法について紹介する。

## シミュレーション

### 1. 離散要素法シミュレーション

離散要素法は、互いに接触した粒子間に働く弾性反発力や摩擦力などの接触力をモデル化し、接触力が作用する個々の粒子の運動を、それぞれの運動方程式を基にして、数値解析する方法である。ボールミル内において、2つのボールあるいはボールとミル壁との衝突は、Fig. 1に示すように物体の持つ弾性的および非弾性的性質を接触点間に挿入した弾性スプリング（弾性定数 $K$ ）と粘性ダッシュポット（粘性係数 $\mu$ ）で表現するVoigtモデルで表される。ただし、ボールの接触到付随する摩擦相互作用を表すために相互作用力の接線成分に摩擦スライダ（摩擦係数 $\mu$ ）が挿入されている。

ボール間接触力は法線方向圧縮力（ $F_n$ ）および接線方向せん断力（ $F_t$ ）として次式で与えられる。



(a) Compressive force

(b) Shear force

Fig. 1 Model of interactive forces between two balls

$$F_n = K_n \Delta u_n + \mu_n \frac{\Delta u_n}{\Delta t} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$F_t = \min \left\{ \mu F_n, K_t \Delta (u_t + r\phi) + \mu_t \frac{\Delta (u_t + r\phi)}{\Delta t} \right\} \quad (\text{Eq. 2})$$

ここで、 $u$ 、 $\phi$ はそれぞれ着目した二粒子間の相対変位、相対回転変位であり、 $K$ 、 $\mu$ 、 $r$ は、バネ定数、粘性係数、摩擦係数、粒子半径を表す。

法線方向の弾性係数 $K_n$ は、Hertzの弾性接触理論により、ボールおよびミル壁のヤング率 $E$ 、ポアソン比の値を用いて次式で与えられる。添字 $i$ 、 $j$ および $w$ は、それぞれボール $i$ 、 $j$ およびミル壁を表す。

$$K_{nij} = \frac{4}{3} \left[ \frac{1}{i+j} \right] \sqrt{\frac{r_i r_j}{r_i + r_j}} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$K_{niw} = \frac{4}{3} \sqrt{r_i} \frac{1}{i+w} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$i = \frac{1 - \nu_i^2}{E_i} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$j = \frac{1 - \nu_j^2}{E_j} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$w = \frac{1 - \nu_w^2}{E_w} \quad (\text{Eq. 7})$$

接線方向の弾性係数 $K_s$ は物質のせん断率とヤング率の関係を表す（Eq. 8）に示すラメ定数の定義式に基づいて得ることができる。

$$K_s = \frac{K_n}{2(1 + \nu)} \quad (\text{Eq. 8})$$

また、弾性スプリングと粘性ダッシュポットを有する一自由度の振動方程式において、もっとも減衰が速いのは、

$$= 2\sqrt{m \cdot K} \quad (\text{Eq. 9})$$

のときである。Cundall<sup>1)</sup>は、この決定にあたり、要素間の衝突によって生じる跳ね返り現象を出来るだけ

速やかに減衰させる (Eq. 9) の関係を考慮することを提案しており、本シミュレーションでも同決定法を採用した。

今回の計算に用いた物理定数を Table 1 に示す。

**Table 1** Physical properties for DEM simulation

Young's modulus	[Pa]	$3.5 \times 10^8$
Poisson's ratio	[-]	0.23
Frictional coefficient	[-]	0.8
Density of balls	[kg/m <sup>3</sup> ]	3452
Time step	[μs]	10.0

ボールミル内の離散要素法シミュレーションにおいては、ボールの摩擦係数が最も重要な因子であり、ヤング率およびポアソン比から算出される弾性係数および粘性係数はボール運動に大きな影響を及ぼさないことが報告されている<sup>9)</sup>。摩擦係数については、砕料との間に相関性があり、水酸化アルミニウムの場合はおおむね0.3 ~ 0.8である<sup>8)</sup>と報告されていることからここでは0.8とした。

## 2. ボールの衝突エネルギー

離散要素法によるシミュレーションによって、ボールの衝突回数、運動エネルギー、ボール間接触力、ボールの運動軌跡等ミル内ボールの運動情報を時間的、空間的に任意に得ることができる。加納ら<sup>8)</sup>は、前述の通りその中でも粉碎に大きな影響を及ぼしているのが、(Eq. 10) で定義されるボールの衝突エネルギー ( $E_w$ ) であることを見出した。

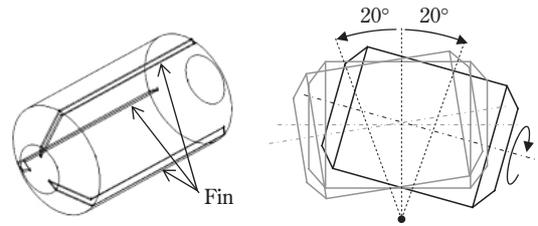
$$E_w = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^n \frac{1}{2} m_j v_j^2 \quad (\text{Eq. 10})$$

ここで、 $W$ は砕料重量、 $n$ は衝突回数、 $m$ はボールの質量、 $v_j$ は他のボールまたは壁面と衝突する時の相対速度である。

## 実験方法

砕料には水酸化アルミニウム ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、平均粒子径30 ~ 50 μm、住友化学(株)、CHP-340S) を使用した。

Fig. 2には、本研究で用いた揺動ミル(愛知電機(株)製)の概略を示す。揺動ミルは、一般的な転動ミルの転動回転軸とそれに直交する揺動回転軸を有しており、容器を自転させつつ揺動させることが可能な粉碎装置である。ミル内部には三枚の羽根板(フィン)が設置されており、ポット容積が60Lおよび300Lの二種類のミルを使用した。



**Fig. 2** Schematic diagram of the rocking ball mill

ミル内には直径15mmのナイロン被覆鉄球を充填し、ミルの回転速度 $N$ は(Eq. 11)で定義される臨界回転速度 $N_c$ を基準とし、その40% ~ 100%の範囲で変化させた。臨界回転速度 $N_c$ とは、遠心力によりボールがミル内壁に張り付いて共廻りする時の限界速度である。

$$N_c = \frac{60}{\pi} \sqrt{\frac{g}{2D_m}} \quad (\text{Eq. 11})$$

ここで、 $D_m$ はミルの内径、 $g$ は重力加速度である。

粉碎は180分間行った。その間の特定時間にミルを停止して少量サンプリングを実施し、砕料の粒子径を測定した。砕料の粒子径はマスターサイザー2000(シスメックス(株)製)で測定した。実験の詳細条件はTable 2に示す。

**Table 2** Mill configuration and experimental conditions

		60L mill	300L mill
Pot diameter	[mm]	344	590
Pot depth	[mm]	690	1185
Height of fin	[mm]	20	40
Swing speed	[spm]*	12	12
Critical rotational speed	[rpm]	72	55
Number of balls	[-]	7870	39120
Weight of gibbsite	[kg]	10.2	51

\* spm : frequency of swing per minute

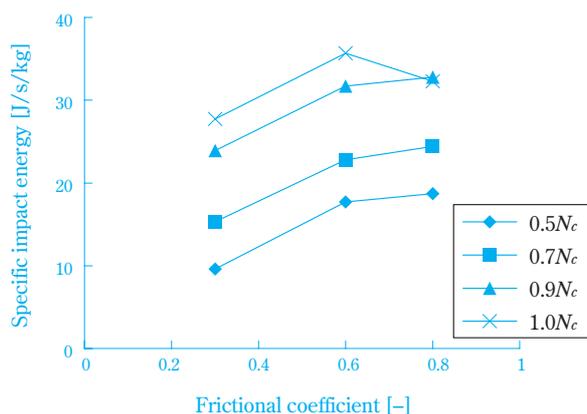
## 結果および考察

1. ミル内ボール挙動に及ぼす羽根板の影響について  
離散要素法を用いてボールミル粉碎挙動を予測するためには、まず実際のミル内ボール挙動をシミュレーションで再現する必要がある。

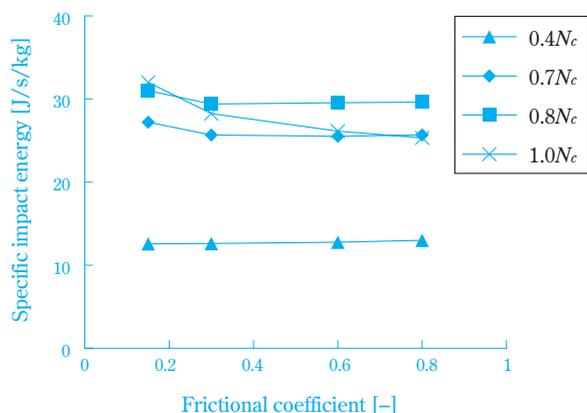
加納ら<sup>8)</sup>は、羽根板を有しない転動ボールミルにおける砕料共存下のボール挙動が、適切なボールの摩擦係数を与えてシミュレーションを行うことによって再現できることを明らかにしている。その適切な摩擦係数は、ボールのみの場合は0.17、水酸化アルミ

ニウム共存下の場合はおおむね0.3～0.8の範囲であることが示されている。

本稿では、ボールの摩擦係数を0.15～0.8の範囲で変化させてシミュレーションを行い、その結果得られるボールの衝突エネルギーを比較することによって、ボール挙動に及ぼす摩擦係数の影響を確認した。羽根板がない60L転動ミルの場合の摩擦係数とボールの衝突エネルギーの関係を図. 3に、羽根板を有する60L転動ミルの場合を図. 4に示す。



**Fig. 3** Relation between specific impact energy and frictional coefficient of 60L tumbling mill without fin



**Fig. 4** Relation between specific impact energy and frictional coefficient of 60L tumbling mill with fin

羽根板がない場合、摩擦係数が変化すると衝突エネルギーも大きく変化していることがわかる。一方、羽根板を有する場合は転動回転数が1.0Ncの場合に摩擦係数が変化すると衝突エネルギーも変化していく傾向がみられるものの、転動回転数0.8Nc以下の場合にはほぼ同じ衝突エネルギーの値となっていることがわかる。羽根板のないミルの場合、摩擦係数が変化するとミル壁との摩擦によって持ち上げられるボ-

ールの高さも変化するため、同じ転動回転数であってもボールの挙動に違いが現れる。しかし羽根板が設置されたミルの場合、ボールは羽根板によって持ち上げられることになるため、摩擦係数の影響は極めて小さくなると考えられる。以上のことから、羽根板を有する転動ミルの場合、臨界回転数より小さな転動回転数においては碎料の有無にかかわらずミル内ボール挙動はほぼ同じになると考えられる。

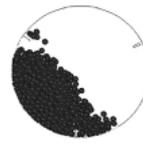
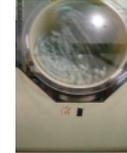
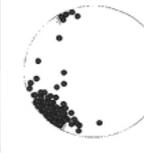
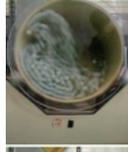
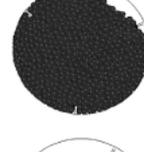
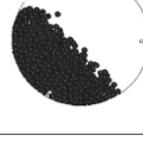
そこで、羽根板を有するミル内ボール運動の可視化観察実験を行いシミュレーション結果との比較を行った。Table 3には転動ミルの結果を、Table 4には揺動ミルの結果を示した。

本実験では、可視化観察を可能にするためミル蓋として透明アクリル板を用い、ミル始動後ボール運動が十分に安定したところで、転動回転数0.4Nc～1.0Ncの条件におけるボール運動をビデオカメラで撮影した。碎料を投入すると、透明アクリル板に碎料が付着してミル内ボール挙動の可視化が困難となるため、ここではボールのみ充填した場合の結果を示している。一方、シミュレーションは摩擦係数を0.8

**Table 3** Snapshots of the motion of balls in the tumbling mill (Experiment and DEM simulation results)

	Experiment	Simulation
0.4Nc		
0.6Nc		
0.8Nc		
1.0Nc		

**Table 4** Snapshots of the motion of balls in the rocking mill (Experiment and DEM simulation results)

0.4N <sub>c</sub>		0.6N <sub>c</sub>		0.8N <sub>c</sub>		1.0N <sub>c</sub>	
Experiment	Simulation	Experiment	Simulation	Experiment	Simulation	Experiment	Simulation
							
							
							
							
							

として実施した結果を示している。その結果、いずれの条件においてもミル内ボール挙動は、シミュレーション結果と良好に一致しており、ボール挙動をシミュレーションで再現できることが確認できた。

2. 粉砕速度定数と転動回転数の関係

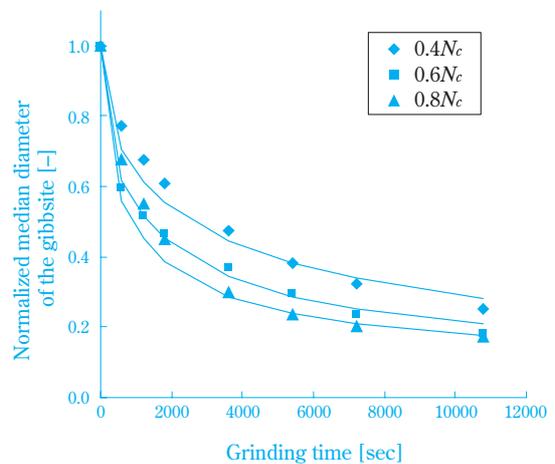
Fig. 5に60L転動ミルにおける転動回転数を変化させて粉砕実験を行ったときの碎料粒径比 ( $D_t/D_0$ ) の時間変化を示す。ここで、 $D_0$ は初期平均粒子径、 $D_t$ は $t$ 秒粉砕後の平均粒子径である。粒径比は時間とともに指数関数的に減少していることがわかる。この過程は実線で示されているように (Eq. 12) で近似できる。

$$\frac{D_0 - D_t}{D_0 - D_l} = \exp(-K_p t^{0.5}) \quad (\text{Eq. 12})$$

ここで $K_p$ を粉砕速度定数と定義する。また $D_l$ は粉砕限界粒子径を表し、実測値より $D_t/D_0 = 0.135$ とした。

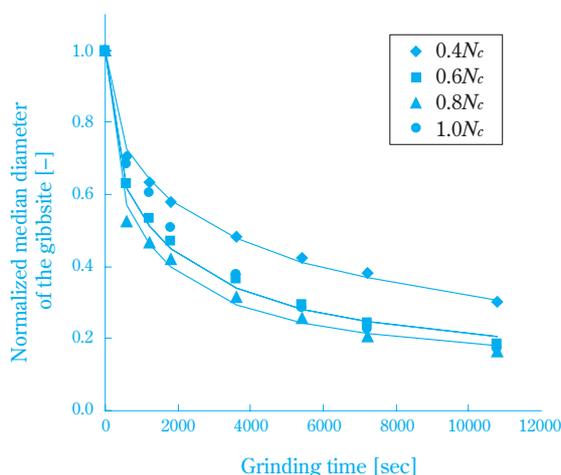
同様に、60L揺動ミルにおける碎料粒径比 ( $D_t/D_0$ ) の時間変化をFig. 6に示す。

Fig. 7に、(Eq. 12) で定義される粉砕速度定数と転動回転速度比 ( $N/N_c$ ) の関係を示す。0.8 $N_c$ 以下の転動回転数においては、転動ミルおよび揺動ミルの粉

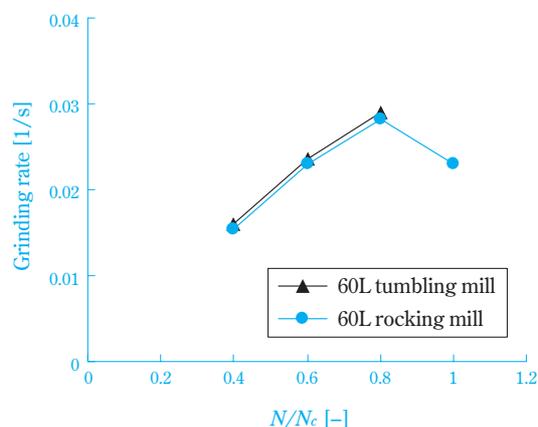


**Fig. 5** Relation between normalized median diameter of the gibbsite and grinding time at 60L tumbling mill

砕速度はほぼ同じ値を示していることがわかる。また揺動ミルにおいて、粉砕速度定数はミルの転動回転数の上昇とともに増加し、転動回転数が1.0 $N_c$ になると急激に減少するという傾向が見られた。これは、転動回転数の上昇に伴ってボールの運動が激しくなり粉砕が進行するが、転動回転数が1.0 $N_c$ に達すると



**Fig. 6** Relation between normalized median diameter of the gibbsite and grinding time at 60L rocking mill

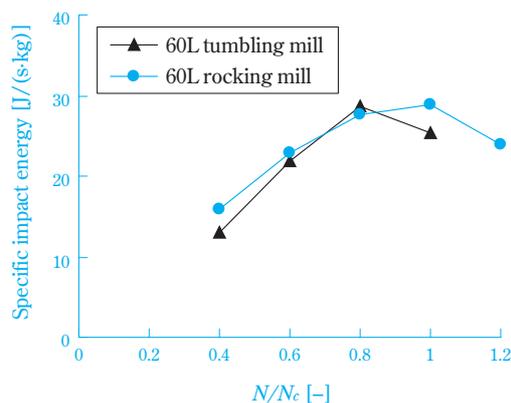


**Fig. 7** Relation between grinding rate and relative rotational speed

遠心力の影響でボールが壁面に張り付く共廻り状態となってボール間の衝突が著しく減少するため、粉碎速度定数が急激に減少したと考えられる。

### 3. ボールの衝突エネルギーと転動回転数の関係

Fig. 8にシミュレーション結果より算出されたボールの衝突エネルギー ( $E_w$ ) と転動回転速度比 ( $N/N_c$ ) の関係を示す。転動ミルの場合は  $0.8N_c$  付近で極大値を示し、揺動ミルの場合は、 $1.0N_c$  付近で極大値を示す傾向にあることがわかる。この理由は、粉碎速度定数と転動回転速度比の関係と同様、転動回転数の上昇とともにボールの運動が激しくなるため、それによってボールの衝突エネルギーも大きくなると考えられる。そして、転動回転数が  $1.0N_c$  付近になると遠心力によってボールが共廻り状態となりボール間の衝突が著しく減少するため、ボールの衝突エネルギーも減少すると考えられる。

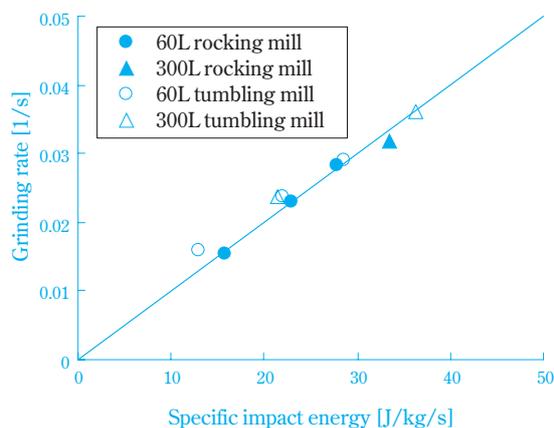


**Fig. 8** Relation between specific impact energy and relative rotational speed

### 4. 粉碎速度定数とボールの衝突エネルギーの関係

粉碎速度定数とミルの転動回転速度比の関係 (Fig. 7) ならびに離散要素法を用いて粉碎実験と同様の条件下でボール運動をシミュレーションして算出したボールの衝突エネルギーとミルの転動回転速度比の関係 (Fig. 8) を比較すると、臨界回転数より小さな回転数においてはおおむね類似した傾向となっていることがわかる。

そこで、臨界回転数より低い回転数における粉碎速度定数と、シミュレーションによって求めたボールの衝突エネルギーの関係を Fig. 9 に示す。



**Fig. 9** Relation between grinding rate and specific impact energy

この図中には、300L 転動ミルおよび300L 揺動ミルにおける粉碎速度定数およびボールの衝突エネルギーの結果も合わせてプロットした。

プロットした点には良好な相関関係が認められ、この関係はミル容量および揺動の有無にかかわらず成立していることがわかる。

この関係を用いれば、離散要素法シミュレーションによりボールの衝突エネルギーを求めることで粉碎速度定数が求まり、(Eq. 12) にその粉碎速度定数の値を代入することで実際の粉碎における平均粒子径の時間変化を予測することが可能になる。

5. 転動ミルおよび揺動ミルのスケールアップ手法

Fig.9より、実験によって求められる粉碎速度定数とシミュレーションによって算出されるボールの衝突エネルギーとの間には、ミル容量および揺動の有無にかかわらず相関関係が認められることから、この関係を用いて転動ミルおよび揺動ミルのスケールアップを行うことが可能となる。

その手順を以下に示す。

- ① 最適なボールの摩擦係数を設定し、実際のボール挙動をシミュレーションで再現する。
- ② 小スケールの転動ミルにおいて、碎料の種類ごとに数回の実験とシミュレーションを行う。
- ③ 碎料の種類に応じた粉碎速度定数とボールの衝突エネルギーの相関関係を求める。
- ④ スケールアップした転動ミルもしくは揺動ミルのシミュレーションを行って、ボールの衝突エネルギーを算出する。
- ⑤ ③の相関関係を用いて揺動ミル粉碎時の粉碎速度定数を予測する。

以上のような実験とシミュレーションを組み合わせたスケールアップ手法を用いれば、これまで試行錯誤的に行ってきた実験の回数を最小限に抑えることが可能となり、スケールアップ検討に要する労力とコストの削減に貢献できる。

6. ボールミル設計条件の最適化手法

シミュレーションであればミル形状等さまざまな条件を自在に変化させることが可能となる。さまざまな条件でシミュレーションを行い、その結果算出されるボールの衝突エネルギーを比較することにより、転動ミルおよび揺動ミル設計条件の最適化を行うことも可能となる。ここでは60L転動ミルにおいてボール径および羽根板高さの影響について検討した例を示す。

(1) ボール径の影響

Fig. 10に転動回転数 $0.8N_c$ におけるボール径とボールの衝突エネルギーの関係を示した。ボール個数はボール重量が等しくなるように設定し (Table 5)、碎料量は10.2kgで一定とした。

ボールの衝突エネルギーは径の小さなボールの方が大きくなる傾向となっており、粉碎速度定数も同様の傾向を示すと推測される。ボール重量および碎

料量を一定とした条件においては、ボール径が小さくなるほど粒子個数が増えて衝突回数が増加するため、このような傾向になると考えられる。

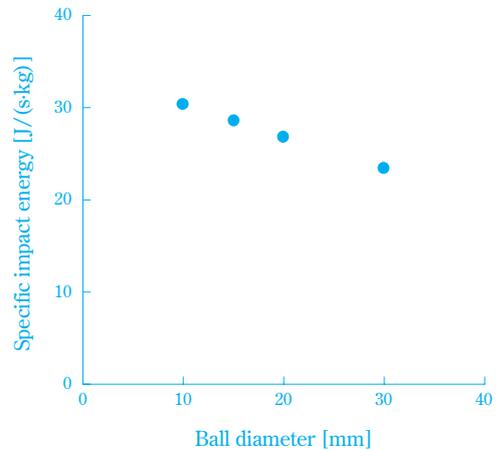


Fig. 10 Relation between ball diameter and specific impact energy

Table 5 Calculation conditions

Ball diameter	Number of balls
10mm	26560
15mm	7870
20mm	3320
30mm	984

(2) 羽根板高さの影響

Fig. 11には転動回転数 $0.6N_c$ および $0.8N_c$ の条件での羽根板高さとの関係を示した。羽根板を設置することによりボールの衝突エ

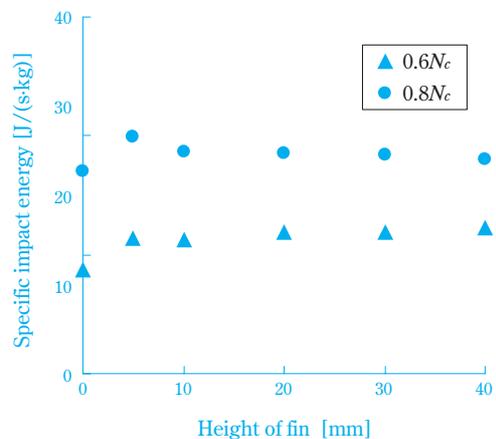


Fig. 11 Relation between the height of fin and specific impact energy

エネルギーは大きくなることわかる。また、転動回転数が $0.8N_c$ の場合、羽根板高さが5mmの時にボールの衝突エネルギーが最も大きくなる傾向を示した。このような結果から、最適な羽根板高さを推測することが可能となる。

## おわりに

離散要素法によるシミュレーション解析と実験検討の組み合わせにより、揺動ミル内での粉碎現象を精度良く再現、予測できる手法を確立した。臨界回転数より小さな回転数において、揺動の有無ならびに装置サイズにかかわらず、粉碎速度定数とボールの衝突エネルギーの間には良好な相関関係が成立することが明らかとなり、この関係を用いれば最小限の実験回数でスケールアップ、最適な操作条件や設計条件を求めることが可能となる。

今後は湿式媒体攪拌ミルや振動ミル等の粉碎機器への水平展開を図っていきたいと考えている。実現できれば、この手法を用いて粉碎機器の機種選定も可能となり、粉碎プロセス開発の高度化と迅速化が実現できると考えている。

さらに、近年注目されているメカノケミカル反応にも同様のアプローチ手法を適用できることから、その方面にも展開を図っていききたい。

## 謝辞

本研究は、共同研究として東北大学 多元物質科学研究所の齋藤文良教授、加納純也講師より多岐に渡るご指導を頂戴いたしました。ここに付記して感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) P.A. Cundall and O.D.L. Strack, *Geotechnique*, **29**, 47 (1979).
- 2) B. K. Mishra and R. K. Rajamani, *KONA*, **8**, 92 (1990).
- 3) H. Ryu, H. Hashimoto, F. Saito and R.Watanabe, *Shigen-to-Sozai*, **108**, 549 (1992).
- 4) P. W. Cleary, *Minerals Engineering*, **11**, 1061 (1998).
- 5) R. K. Rajamani, B. K. Mishra, R. Venugopal and A.Datta, *Powder Technology*, **109**, 105 (2000).
- 6) A.Datta, B. K. Mishra, and R. K. Rajamani, *Canadian Metallurgical Quarterly*, **38**, 133 (1999).
- 7) M. A. van Nierop, G. Glover, A. L. Hinde and M. H. Moys, *International Journal of Mineral Processing*, **61**, 77 (2001).
- 8) J. Kano, N. Chujo and F. Saito, *Advanced Powder Technology*, **8**, 39 (1997).
- 9) 粉体工学会編, “粉体シミュレーション入門”, 初版, 産業図書 (1998), p.74.

## PROFILE



木村 真喜男

Makio KIMURA

住友化学株式会社  
生産技術センター  
主席研究員



児林 智成

Tomonari KOBAYASHI

住友化学株式会社  
生産技術センター  
研究員



鳴海 雅之

Masayuki NARUMI

住友化学株式会社  
生産技術センター  
研究員

# 住友化学株式会社における 化学物質管理と リスクコミュニケーションへの 取り組み

住友化学(株) レスポンシブルケア室  
奈良 恒雄

## Sumitomo Chemical Company Limited's Efforts towards Chemical Management and Risk Com- munication

Sumitomo Chemical Co., Ltd.  
Responsible Care Office  
Tsuneo NARA

The greatest feature of Sumitomo Chemical's chemical management system is comprehensiveness based on our broad knowledge and technical ability as a chemical manufacturer. Furthermore, in order to practice risk communication, we are proactively holding dialogue with, and releasing information to, our diverse range of stakeholders, keeping in mind our motto "It is a mission for enterprises to grow together with the local community". In February 2007 such efforts were finally acknowledged, when Sumitomo Chemical received the 2006 PRTR Grand Prize, the first time for a chemical company. Our company's approach to chemical management and risk communication will be outlined in this document.

### はじめに

住友化学(株)は、製品の全ライフサイクルにわたって「環境・安全・健康・品質」を確保し、社会からの信頼と理解を深めていく事業者による自主的活動であるレスポンシブル・ケア(RC)を、当社CSR経営の最も重要な柱のひとつとして位置づけ、国内の全ての工場、研究所はもとより、国内外のグループ会社を含めてグローバルに展開している。

とりわけ化学物質管理については、リスク管理とリスクコミュニケーションの推進を、当社RC活動方針の中心に据えて、その実現に向けた具体的な取り組みを計画的かつ効果的に進めている。一方で、こうした「RC活動」に加えて「社会的活動」「経済性の追求」にも十分な配慮をしつつ、当社が目指すサステナブルケミストリーの実践から生まれた新しい有用な技術や製品によって、企業価値を向上させ、人々の豊かなくらしづくりや、私たちの社会や地球環境が抱える問題の解決に貢献することを通じて、より一層CSR経営を推進し、持続可能な社会の構築にも寄与していきたいと考えている。

本稿は、「化学経済 2007年6月号 P.53～60 (発行:(株)化学工業日報社)」に掲載されたものに加筆したものです。

### 化学物質の適正管理の継続的向上

#### 1. 化学物質のリスクマネジメント

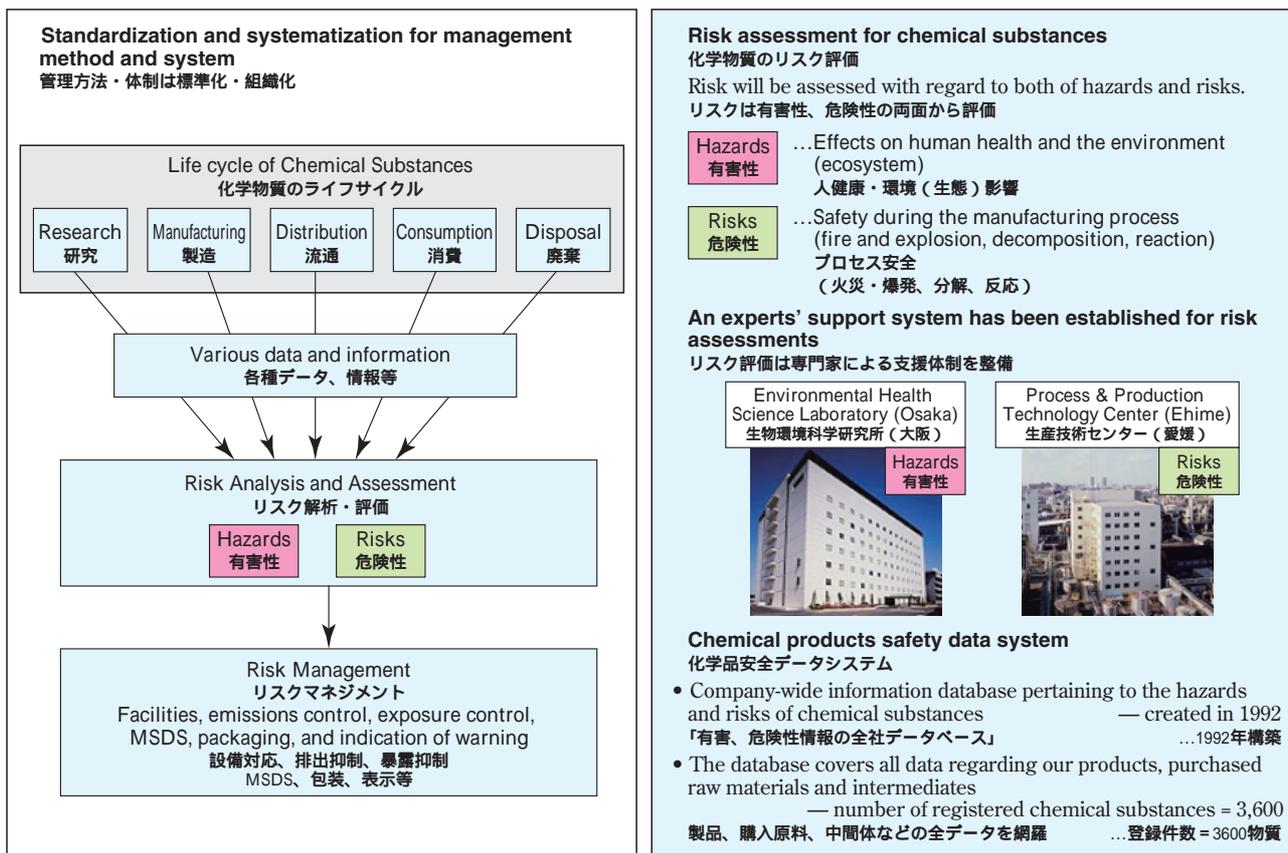
化学製品の研究開発から、製造、流通、消費、廃棄にいたるまでの全ライフサイクルにわたり、定められた方法・手順で各種化学物質のデータ・情報を入力し、必要なリスク管理を徹底している (Fig. 1)。

#### 2. コーポレート研究所によるRC活動の補完

RC活動の領域は「環境保全」「保安防災」「労働安全衛生」「化学品安全」「品質保証」など極めて多岐にわたっている。こうした広い分野での化学物質管理に確実に対処するためには、科学技術に裏づけされた高い技術力、専門性が必要とされる。このため当社では危険性・有害性の両面から化学物質および化学プロセス等の安全性試験・評価を行う「生物環境科学研究所」「生産技術センター」の2つの全社共通研究所を設置している。これらの研究所では、当社全ての製品、プロセス、設備について高度な専門的見地からRC活動をバックアップし、環境の保全や安全性の確保を支援している (Fig. 1)。

#### 3. 全社化学品安全データベースシステムの構築

1992年、製品(自社販売品、リセール品) 購入原



**Fig. 1** Risk Management for Chemical Substances  
化学物質のリスクマネジメント



**Fig. 2** Flow of Chemical Substance Management and Product Development  
化学物質管理と製品開発の流れ

料、中間体などの危険・有害性情報の基本データベースとして、全社的なオンラインシステムである「化学品安全データベースシステム」を構築し、運用を開始した。現在、本システムには約3600物質のデータが登録され、社内における迅速かつ正確な情報提供に大きく貢献するとともに、製品安全データシート（MSDS）作成のための基礎資料あるいは社内教育資料などにも有効に活用されている（Fig. 1）

#### 4. 事前審査システム（開発工業化の各ステージでの化学物質管理）

化学物質管理の具体的な対応の仕組みとして、事前審査システムを構築している（Fig. 2）。本システムの適用範囲は、新製品の研究開発および工業化ならびに既存品の製法改良・合理化（以下「開発工業化」という）であり、社内規則で定められた総括責任者、工業化責任者、プロジェクトマネージャーが開発工業化の一切の責任を担っている。当社は製品開発の基礎研究から本格的な製造が実施されるまでの各ステージで、物質の特性や危険・有害性の評価、法規制・基

準への対応検討、その他さまざまな視点での調査・評価を実施して、化学物質管理の徹底に努めている。

なお、作業安全・環境影響に係わる「火災爆発等の危険性」および人への健康影響や生態影響等を評価する「有害性」の各リスクアセスメントの詳細な実施方法・手順については全て標準化・文書化され、社内規則として運用している。リスクアセスメントを踏まえてのリスクマネジメントの方法・手順についても同様の処置がなされている。

#### 5. 新規化学物質の二段階評価

新規化学物質の人、健康ならびに生態、環境影響のリスクアセスメントは、最初に定性的な評価を行い、その後、一定以上の影響が確認された物質について、さらに詳細な定量的評価を実施する二段階評価の仕組みを採用している。具体的には初めに毒性の有無を評価し、毒性のあるものについては、社内の判断基準と比較し、詳細評価が必要とされたものについて、毒性の強さと暴露される量を評価し、最終的にリスクの程度を評価している（Fig. 3）

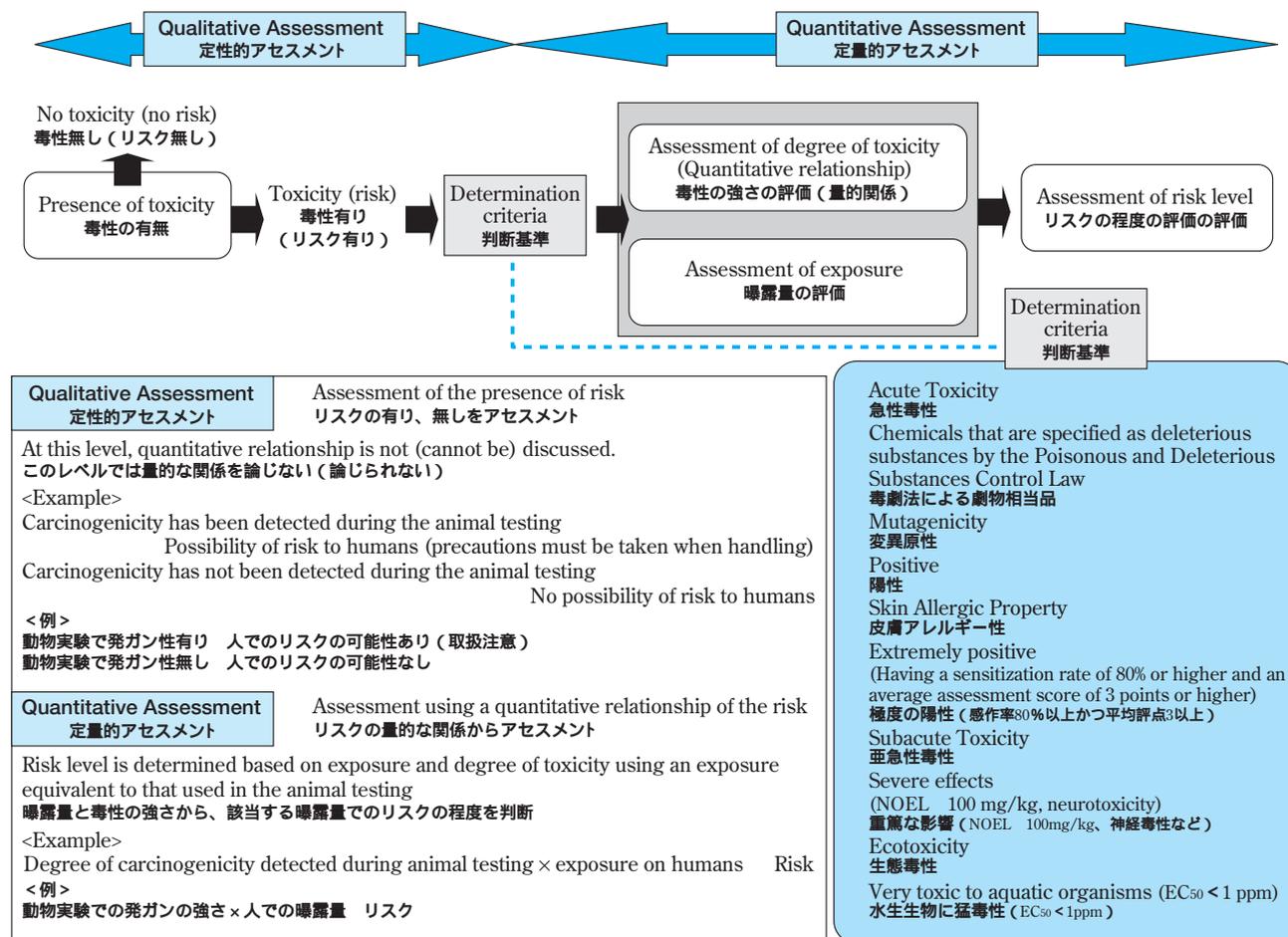
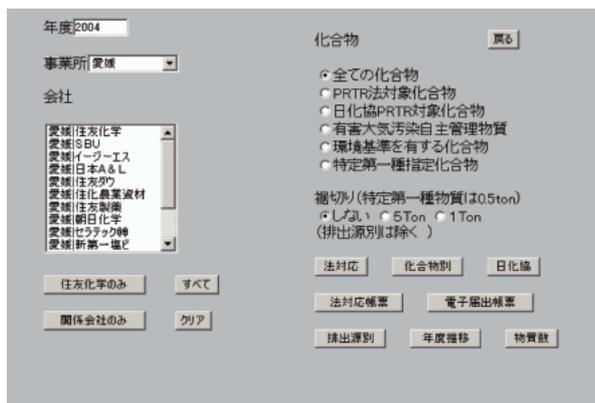
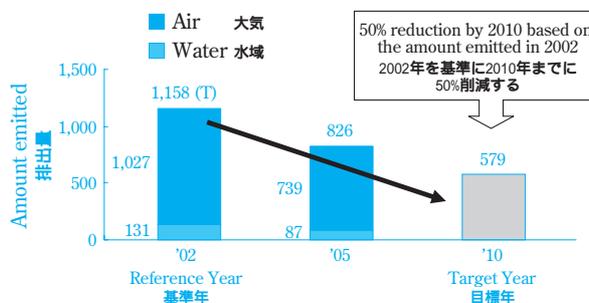


Fig. 3 Management of New Chemical Substances (Two-Step Assessment)  
新規化学物質管理（二段階評価）



**Fig. 4** Example Display of Company-Wide PRTR Calculation System  
全社PRTR集計システムの画面表示例

1. Risk management based on environmental risks  
環境リスクに基づくリスク管理
2. Emissions management based on the emission amount ranking assessment  
排出量ランキング評価に基づく排出量管理
3. Emissions management conducted in collaboration with the industry and local community  
業界・地域と連携した排出量管理
4. Emissions management using the integrated environmental load method  
環境負荷統合手法を活用する排出量管理



**Fig. 5** PRTR Strategy and Target Values  
PRTR戦略と目標値

**Table 1** Details of the PRTR Strategy  
PRTR戦略の詳細

The company-wide policy to thoroughly undertake the emission reduction measures by specifying chemical substances for which the amount emitted should be reduced with consideration for both the amount emitted and environmental risks

環境リスクと排出量の両面から、優先的に削減対象物質を定めて、重点的に対策を実施するための全社方針

Item 項目	Purpose 目的	Details 内容	Results 実績
Risk management based on environmental risks 環境リスクに基づくリスク管理	To avoid risks to human health and the ecosystem 人健康・生態影響のリスク回避	<ul style="list-style-type: none"> <li>Our own target concentrations for all chemical substances handled will be set. 取扱全物質の環境目標濃度を独自に設定</li> <li>The amount to be reduced by will be estimated using simulation data. Results will be confirmed by measurements. 削減量はシミュレーションのデータで予測し、結果は実測で確認</li> </ul>	Completion of risk assessments of all chemical substances 全物質のリスク評価完了 ↓ The results will be reflected in the emission reduction plan. 削減計画に反映
Emissions management based on the emission amount ranking assessment 排出量ランキング評価に基づく排出量管理	To ease the anxiety of residents in areas near factories by improving the emission amount ranking assessment 排出量ランキングの評価を改善し、工場周辺の地域住民の方々の不安感の低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>Our own determination criteria have been devised in order to assess the emission amount ranking of each chemical substance classified into two categories: nationwide and by prefecture. 物質ごとの全国・各県別の排出量ランキングを評価するために独自の判断基準を策定</li> </ul>	Implementing the ranking assessment of all chemical substances (annual) 全物質のランキング評価実施（毎年） ↓ The results will be reflected in the emission reduction plan. 削減計画に反映
Emissions management conducted in collaboration with the industry and local community 業界・地域と連携した排出量管理	To contribute to achieving environmental quality standards values (environmental indicators) by accomplishing the “Reduction Targets for Self-Managed Hazardous Air Pollutants” and the “Reduction Targets for Benzene Emissions” 「有害大気汚染物質削減目標」「ベンゼン排出削減目標」を達成し、環境基準値（環境指針値）の達成に寄与	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hazardous air pollutants (total of 9 chemical substances) Our voluntary reduction plan will be devised. (In collaboration with the Japan Chemical Industry Association) 有害大気汚染物質（全9物質）自主削減計画策定（日本化学工業協会と連携）</li> <li>Our voluntary benzene reduction plan will be devised. (In collaboration with 12 iron, chemicals and petroleum businesses in the Tokyo and Chiba coastal central region) ベンゼン自主削減計画策定（京葉臨海中部地区の鉄・化学・石油の全12事業所と連携）</li> </ul>	Accomplishing our voluntary reduction plans (achieving the targets) 自主計画完遂（目標達成） ↓ The results will be reflected in the emission reduction plan. 削減計画に反映
Emissions management using integrated environmental load method 環境負荷統合手法を活用する排出量管理	To promote a comprehensive environmental load reduction plan by devising a cost effective action plan through the selection of high priority chemical substances having high environmental loads 優先度の高い環境負荷物質をピックアップし、費用対効果に優れた行動計画を策定し、総合的な環境負荷削減を推進	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integration of various environmental loads will be examined. 各種環境負荷の統合化を検討</li> <li>Factory-by-factory relationship between “production efficiency” and “environmental efficiency” or “cost efficiency of reducing environmental loads” 工場単位での「生産効率」と「環境効率」あるいは「環境負荷削減の費用対効果の効率」との関係性を評価</li> </ul>	Continuing the assessment 評価継続 ↓ Now examining the quantification of the “Targets for improving the environment efficiency” (The result will be reflected in the emission reduction plan.) 「環境効率の改善目標」の数値化を検討中（削減計画へ反映予定）

## PRTR対応

## 1. 全社PRTR集計システム

2002年、入力データの正確さの向上および集計の効率化・迅速化を目的に本社と各事業所をネットワークした全社PRTR集計システムを開発し、運用を開始した。本システムには排出量・移動量算出のために必要な物質収支等のデータが排出源別に網羅的に収録され、データの解析・検討などにも幅広く利用されている。システムの画面表示例をFig. 4に示す。

## 2. PRTR戦略と削減目標

同年、PRTR法対象物質の適正管理の強化に向けて、「住友化学のPRTR戦略」を策定し、以来今日まで本戦略に基づき、中長期にわたるこれら物質の環境への計画的な排出削減を実現してきた。

戦略は4つの検討項目から構成され、その中心をなすものが環境リスクに基づくリスク管理である。そしてそれを補完するものとして、排出量管理の仕組みを取り入れている。排出量管理は排出量ランキング評価、業界・地域との連携、さらには環境負荷統合手法の活用を評価項目としている。そしてこれらの評価結果をもとに、「PRTR法対象物質の総排出量（大気・水域）を2010年度までに2002年度比で50%削減」という具体的な数値目標を定めている（Fig. 5）。目標達成の推進力は、PRTR戦略そのものといえる。

## 3. PRTR戦略の詳細（Table 1）

環境リスクに基づくリスク管理は、排出量の多少にかかわらず取り扱いのある全物質について自主的な環境目標濃度（大気、水域の排出の別）を定め、モニタリングやシミュレーションのデータと比較することで、有害性を評価し、その結果を削減計画に反映させている。なお必要なリスク評価の作業は全て終了している。排出量ランキング評価では毎年度、全ての工場で排出ワーストのランキングを評価し、社内判断基準にしたがってその結果を同様に削減計画に反映させている。

また業界・地域と連携した排出量管理は、有害大気汚染自主管理物質などについて、自主的な排出削減目標を定め、大幅な削減を実現した。更に新しい概念である環境負荷統合手法を活用する排出量管理では、現在様々な検討・評価作業を継続中で、今後さらに検討内容を掘り下げることで削減量を数値化し、削減計画への反映を予定している。

## (1) 環境リスクに基づくリスク管理

製造、使用している全物質について、大気・水域の排出の別に自主管理基準として、環境目標濃度を設定している。大気については、工場敷地境界の大気濃度、水域については排水口最終出口の排水濃度を管理ポイントとして、そこでの環境目標濃度の達成を目指している（Fig. 6）。

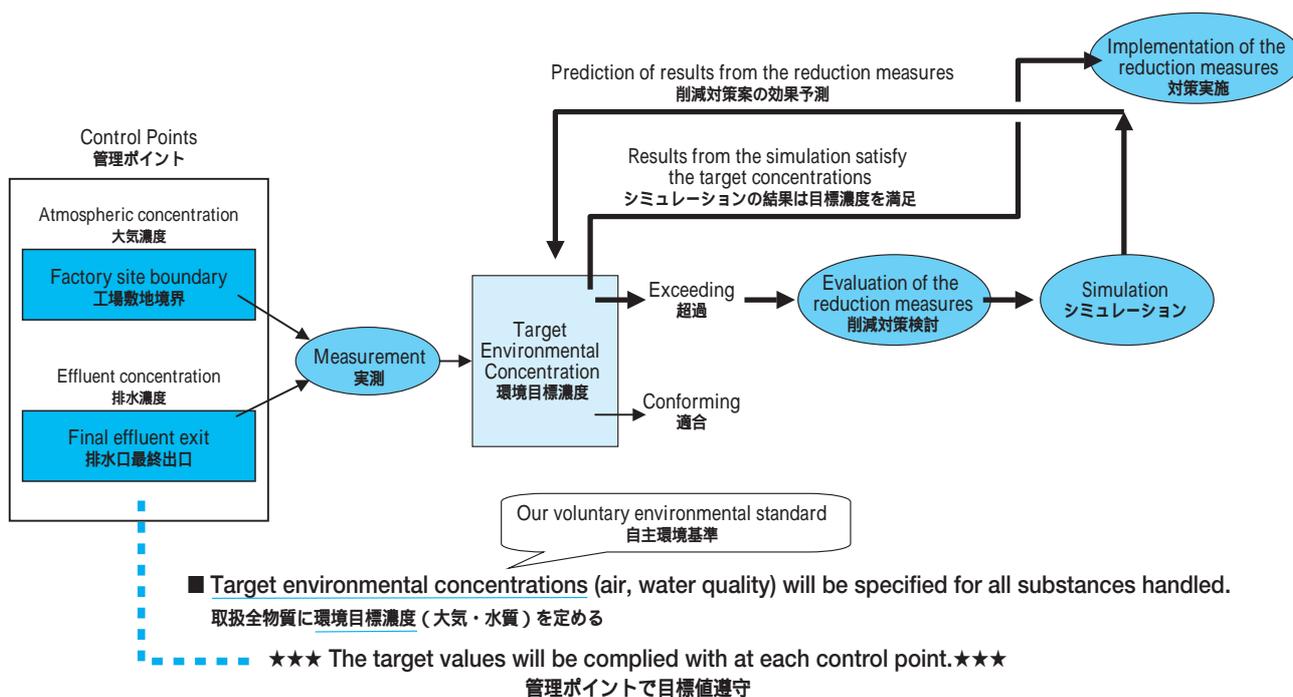
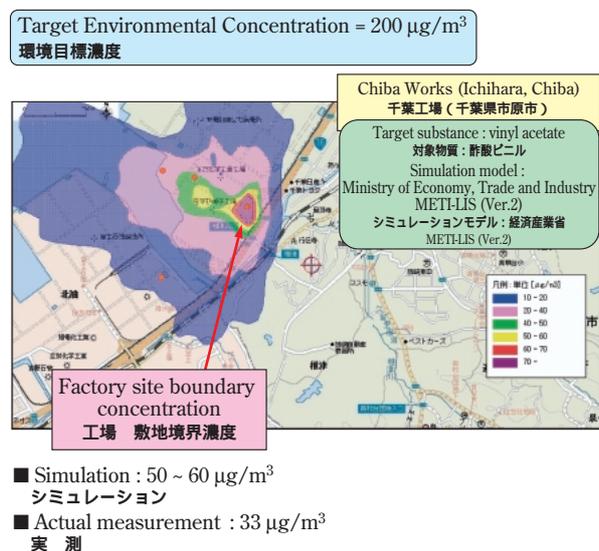


Fig. 6 Risk Management Based on Environmental Risks  
環境リスクに基づくリスク管理

**Table 2** Setting Target Environmental Concentrations  
環境目標濃度の設定

1. Air 大気	… Target concentrations will be specified by evaluating reliable toxicity data pertaining mainly to the effects against human health. 人への健康影響を中心に信頼できる毒性データの評価を行い、目標濃度を設定
Calculation Method 算出方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Japanese standards exist → The Japanese reference values will be adopted. 日本の基準がある → 日本の基準値を採用</li> <li>• No Japanese standards exist → Of the reference values stipulated by the World Health Organization (WHO) and US safety standards, the stricter value will be adopted 日本の基準がない → 世界保健機関 (WHO)、米国の基準のうち、より厳しい基準値を採用</li> <li>• No standards exist in Japan, the US or the WHO → Paying attention to labor reference values in both Japan and the US, target values will be calculated by multiplying the safety factor by the stricter reference value of that stipulated by the US and that stipulated by the Japanese standards 日本・WHO・米国のいずれにも基準がない → 日本、米国の労働基準値に着目し、より厳しい基準値に安全係数を乗じて算出</li> </ul>
2. Water Quality 水質	… Target concentrations will be specified by evaluating reliable toxicity data for aquatic organisms. 水生生物に対する信頼できる毒性データの評価を行い、目標濃度を設定
Calculation Method 算出方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Of the reference values stipulated by the Japanese standards and that stipulated by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), the stricter value will be adopted. 日本あるいは経済協力開発機構 (OECD) の基準値のうち、より厳しい基準値を採用</li> </ul>



**Fig. 7** Example of Air Simulation  
大気シミュレーション実施例

環境目標濃度は、日本ならびに海外の信頼できる国や機関の基準値をもとに決めている。具体的には大気では人の健康影響を中心に毒性評価をもとに、水域では水生生物に対する予想無影響濃度をもとに設定している。なお環境目標濃度の設定は、当社のリスク評価の専門家が責任を持って検討・対処している (Table 2)。

シミュレーションについては様々なコンピュータソフトを活用して、排出削減による環境改善効果の予測などに役立てている。一例として、工場を排出源とする酢酸ビニルの大気拡散濃度分布のシミュレーションの実施事例を Fig. 7 に示した。工場敷地境界

の管理ポイントでの大気濃度は、環境目標濃度以下に抑制されている。

#### (2) 排出量ランキング評価に基づく排出量管理

全社共通の「排出量ランキング評価 (国、県単位) の判断基準」を策定している。判断基準は Table 3 に示す 4 つの考え方 (A ~ D) からなり、基準の適用には優先順位付けを行い、順位のより高いものを優先して処置している。

#### (3) 業界・地域と連携した排出量管理

当社は日本化学工業協会の削減方針を踏まえ、有害大気汚染自主管理物質 (全 9 物質) について、意欲的な削減目標を策定し、大幅な削減を実現した。同様に国の通達、指針を受け、京葉臨海中部地区の鉄、化学、石油といった異業種 (全 12 社) が連携して取り組んだベンゼンの排出削減についても、当社は独自にベンゼンの排出量のミニマム化という目標を立て、それを達成した (Fig. 8)。

#### (4) 環境負荷統合手法を活用する排出量管理 (Fig. 9)

2004 年度から JEPIX (環境政策優先度指数日本版) 手法に基づく環境負荷の統合化を試行し、「環境効率」を算出し、「生産効率」や「環境負荷削減の費用対効果」他との関係について詳細な検討を継続している。本手法を今後有効に活用することにより、PRTR 対象物質のみならず、様々な環境負荷物質の排出削減をより効果的かつ効率的に推進することが期待できる。

#### 4. 排出削減の取り組み事例 (Fig. 10)

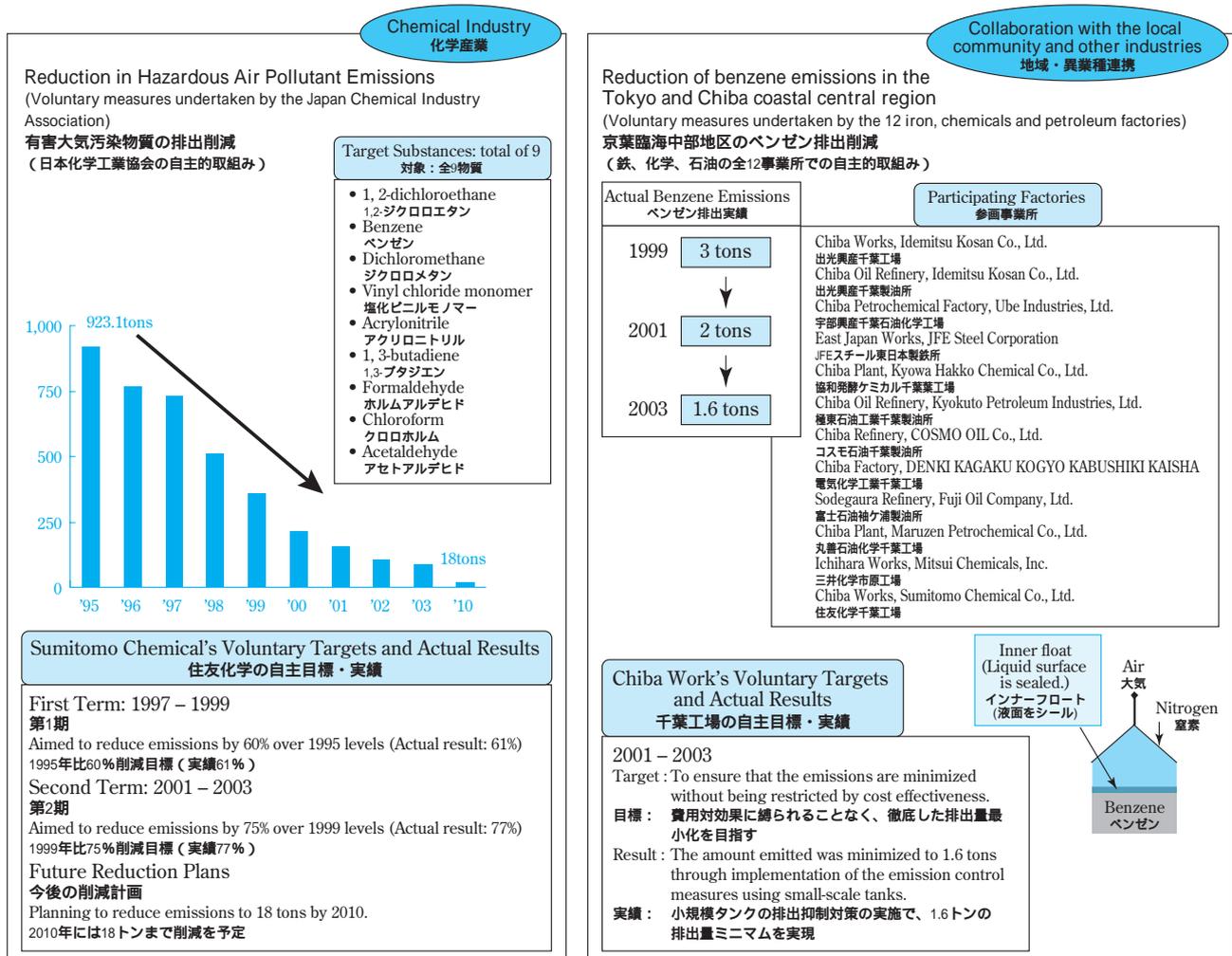
大気、水域への排出削減は、設備の密閉化や運転

**Table 3** Emissions Management Based on Emission Amount Ranking Assessment  
 排出量ランキング評価に基づく排出量管理

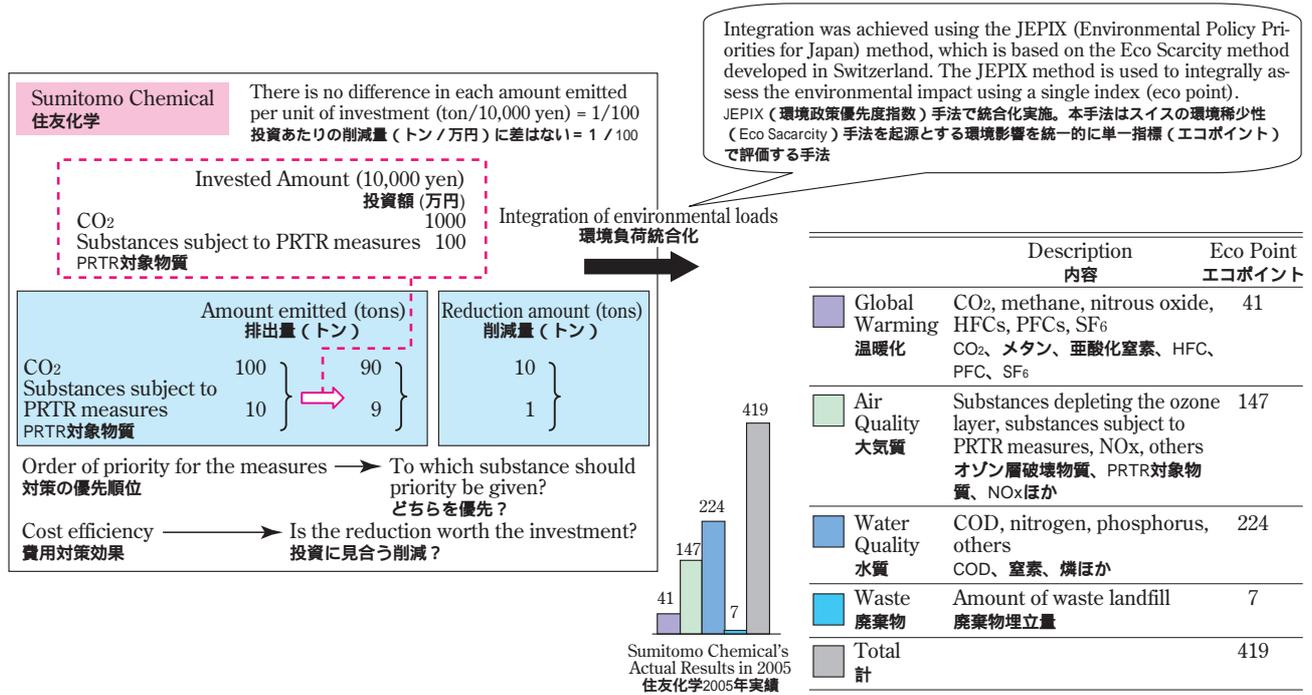
- Measures will be undertaken based on the determination criteria for emission reductions  
 排出量削減の判断基準に基づき対応  
 Order of Priority : A > B > C > D  
 優先順位

Determination Criteria 判断基準

- A. The substance has been ranked as one of the worst 10 by the all-Japan emission ranking assessment  
 全国排出ランキング評価でワースト上位10位以内
- The amount emitted and the number of companies handling the substance shall not be taken into account.  
 取扱事業者数、排出量は勘案しない
- B. The amount emitted is over 100 tons and the substance has been ranked as one of the worst 10 by the prefectural emission ranking assessment  
 排出量100T以上で全県排出ランキング10位以内
- The number of companies handling the substance shall not be taken into account.  
 取扱事業者数は勘案しない
- C. The amount emitted is more than 1 ton and less than 100 tons, and the substance has been ranked as one of the worst 10 by the prefectural emission ranking assessment.  
 排出量1T以上100T未満で全県排出ランキング10位以内
- However, the number of companies handling the substance must be at least 2.  
 但し、2社以上の事業所で取り扱いがあること
- D. The amount emitted is less than 1 ton, and the substance has been ranked as the worst by the prefectural emission ranking assessment.  
 排出量1T未満で全県排出ランキング1位
- However, the number of companies handling the substance must be at least 10.  
 但し、10社以上の事業所で取り扱いがあること

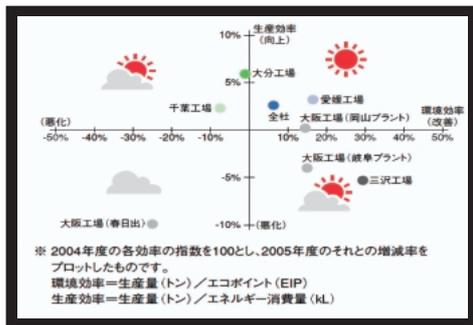


**Fig. 8** Emissions Management Conducted in Collaboration with the Industry and Local Community  
 業界・地域と連携した排出量管理

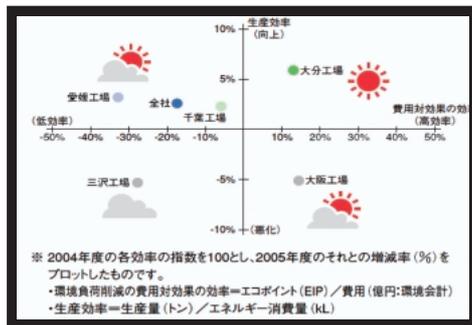


Current Situation 現状 ...The relationship between “production efficiency” and “environmental efficiency” or “cost efficiency of reducing the environmental loads” (eco point per cost) will be analyzed and assessed in each factory.  
工場別に「生産効率」と「環境効率」あるいは「環境負荷削減の費用対効果の効率 (費用あたりのエコポイント) との関係を解析・評価

Production Efficiency and Environmental Efficiency 生産効率と環境効率



Production Efficiency and Cost Efficiency of Environmental Load Reduction 生産効率と環境負荷削減の費用対効果の効率



Future 今後 ...The reduction target for each substance will be clarified by representing the improvement goal for environmental efficiency in a numeric form. The results will be reflected in the emissions reduction plan.  
環境効率の改善目標を数値化し、個別物質の削減ターゲットを明確化。結果は削減計画へ反映

Fig. 9 Emissions Management Using the Integrated Environmental Load Method  
環境負荷統合手法を活用する排出量管理

方法の改善といった排出口の削減の取り組みを基本に、吸着剤や洗浄剤の使用およびガス冷却強化などによる回収強化、貯蔵タンクのインナーフロート化による排出抑制、さらには燃焼・活性汚泥処理等による分解処理など、費用対効果に優れた諸策を積極的に講じている。

サステナブルケミストリーの実践

当社は化学メーカーとしての強み・特質を生かし、高機能性の触媒開発や生産に関わる基盤技術の開発、

すなわちプロセスイノベーションを通じて、社会にとって有用なものを、より少ない環境負荷のもとに、経済的にもより効率的 (省エネルギー、省資源) な形で提供し続けるサステナブルケミストリー (グリーンプロセスの開発およびクリーンプロダクトの生産) の実践に努めている。グリーンプロセスの開発事例を Fig. 11 に示した。

本取り組みは、化学物質の適正管理の推進に大きく寄与するとともに、持続可能な社会の構築に向けた大きな推進力として貢献することが期待できる。

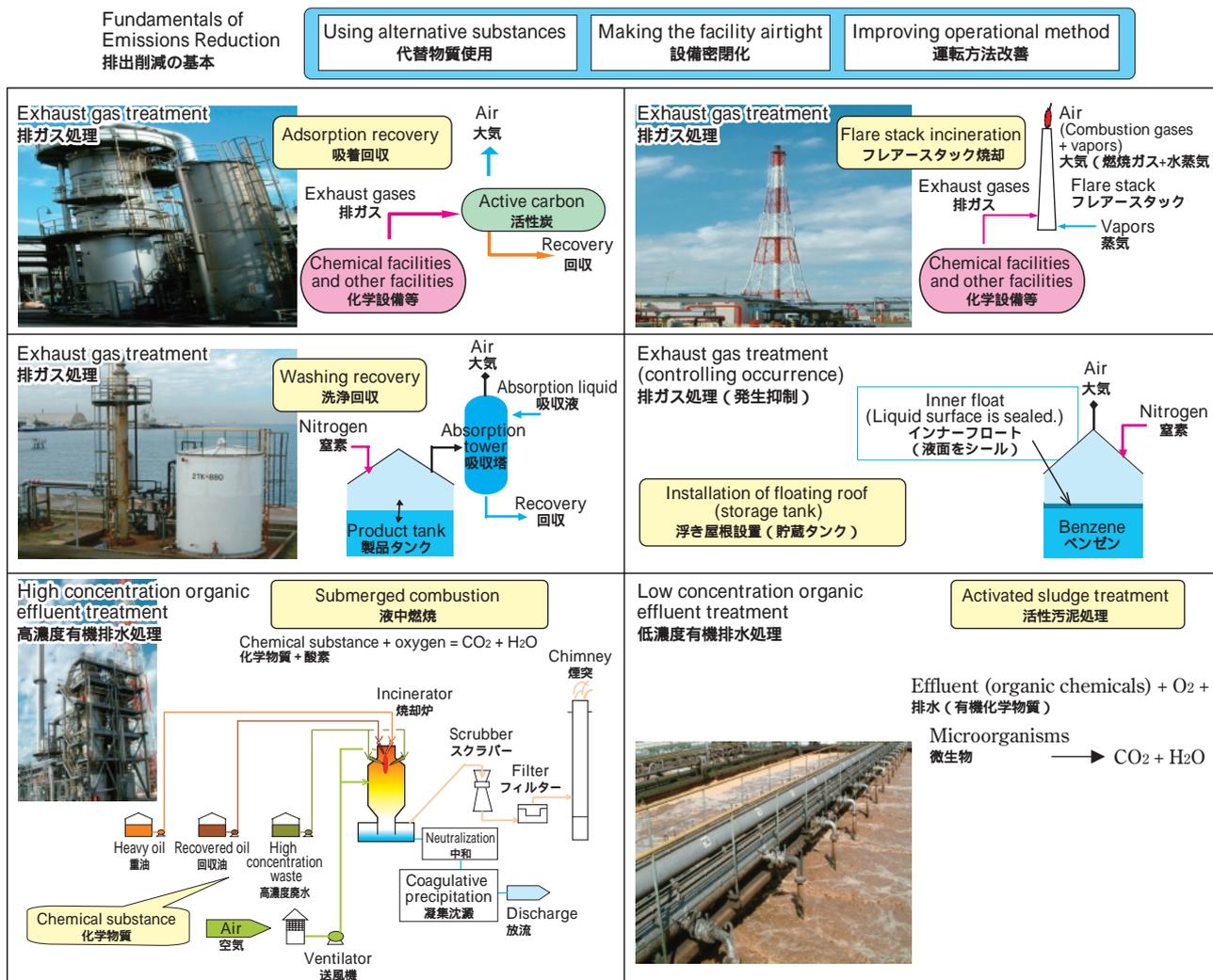


Fig. 10 Examples of Emissions Reduction Efforts  
排出削減の取り組み事例

- Caprolactam Manufacturing Process Using the Gas Phase Method**  
 気相法カプロラクタム製造プロセス  
 The world's first manufacturing process that does not generate by-products has been developed through a combination of our proprietary gas phase Beckman rearrangement catalyst and ammonium oximation developed by EniChem (Italy).  
 (Plant construction was completed and operations began in February 2003)  
 自社開発した気相ベックマン転位触媒とEniChem社（伊）が開発したアンモオキシメーションを組合せることで、副生物のない世界初のプロセスを開発。  
 （2003年2月～プラント完成・運転開始）
- Propylene Oxide Single Manufacturing Process**  
 プロピレンオキシド単産製造プロセス  
 A compact and energy-efficient manufacturing process using our proprietary catalyst has been developed. In this process, only the target product is manufactured, with no production of styrene monomer.  
 (Plant construction was completed and operations began in December 2002)  
 自社開発の触媒により、スチレンモノマーを併産せず、目的製品のみを生産する、コンパクトでエネルギー効率の良いプロセスを開発。  
 （2002年12月～プラント完成・運転開始）
- Chlorine Manufacturing Process Using Oxidation of Hydrogen Chloride**  
 塩化水素の酸化による塩素製造プロセス  
 A highly efficient Hydrogen chloride oxidation process using our proprietary catalyst has been developed. In this process, hydrogen chloride, which is a by-product of the process, is recovered in the form of chlorine.  
 (Plant construction was completed and operations began in January 2003)  
 自社開発の触媒により、プロセスから副生する塩化水素を塩素として回収する高効率の塩素酸化プロセスを開発。  
 （2003年1月～プラント完成・運転開始）

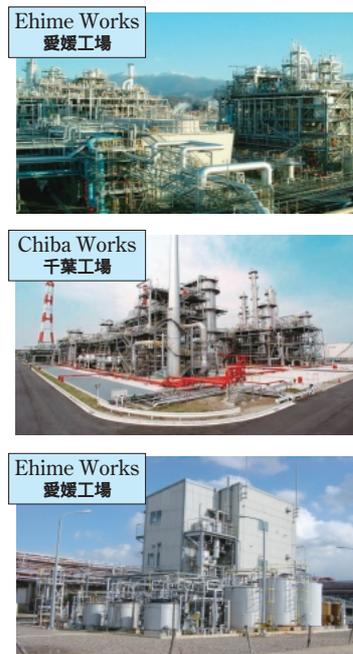
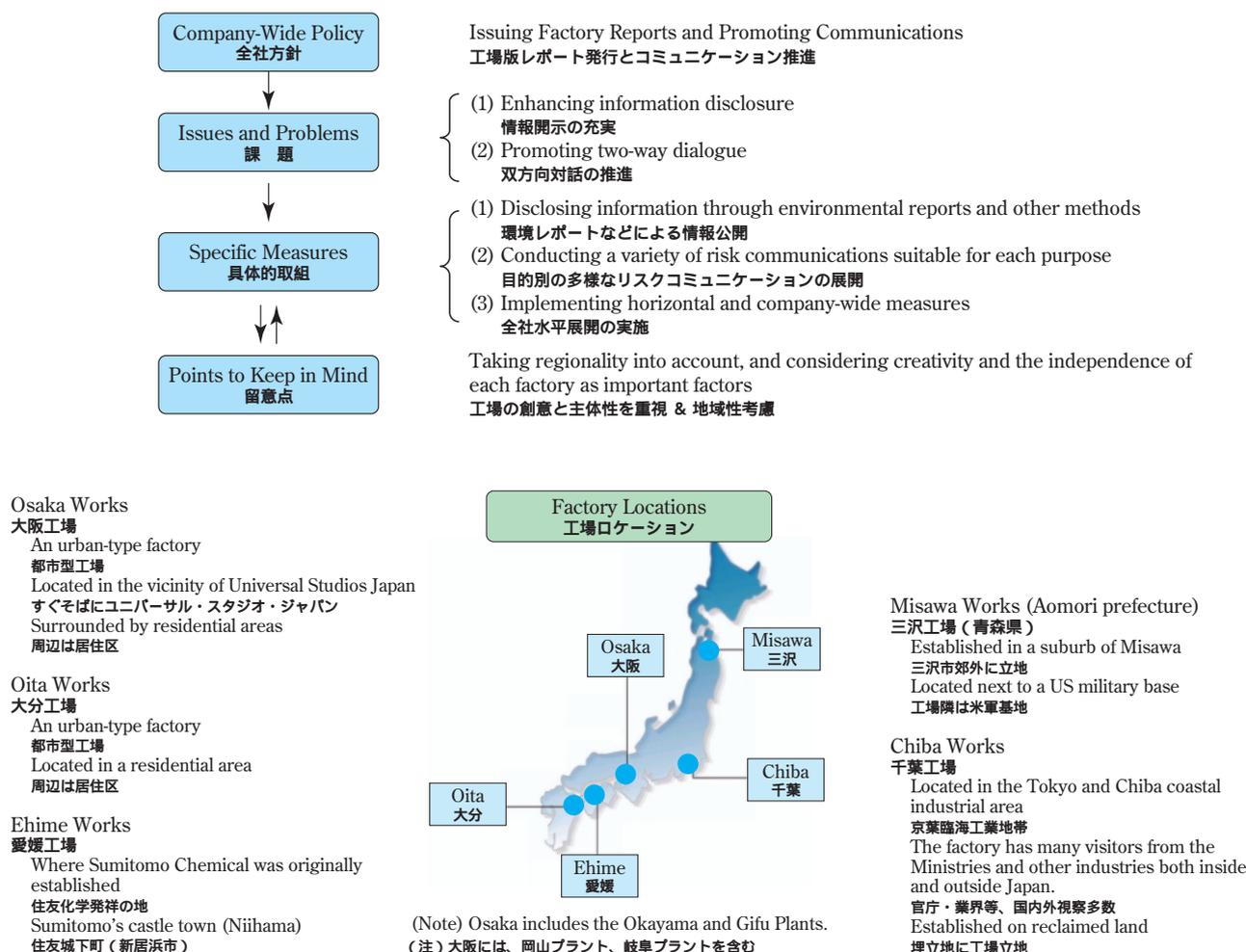


Fig. 11 Examples of Green Process Development  
グリーンプロセスの開発事例



**Fig. 12** Risk Communication  
リスクコミュニケーション

### 情報開示とリスクコミュニケーションの推進

リスクベースでの適正な化学物質管理を維持・強化していくうえで、社会とのコミュニケーションの推進は欠くことができない。当社は「地域とともに発展することが企業の使命である」との事業精神に基づき、「サイトレポートの発行継続」と「コミュニケーションの推進」を全社方針に掲げ、各工場では工場自らの「創意と主体性」を重視し、かつ「地域性」にも考慮した様々な「情報開示」とユニークな「双方向対話(リスクコミュニケーション)」(Fig. 12)に取り組んでいる。

また、各工場の優れた取り組みについては、その都度、社内への水平展開を図り、全社的なレベル向上に努めている。

#### 1. 情報開示 (Fig. 13)

当社ホームページ上で、環境・安全をはじめとした多様な情報について幅広く公開している。また毎

年「CSRレポート(全社)」および「環境・安全レポート(各工場)」を刊行し、RC活動などの詳細な報告を行っている。「環境・安全レポート」は地域の取り組みについて、全社版の内容を補完する性格を持っているが、紙面の企画・構成は工場ごとに千差万別で、それぞれ特徴的な冊子づくりを目指している。さらに攻めの情報開示の一つの手段として、新聞への折り込みによる地域広報紙の刊行をいくつかの工場で行っている。

広報紙は地域住民の方々の評判も良く、地域との親睦・信頼関係の向上に大きな役割を果たしている。また講演会やセミナーといった様々な社外での発表の場を活用して、化学物質管理やリスクコミュニケーションなどの取り組み事例についても、積極的な情報発信を心がけている。

#### 2. リスクコミュニケーション

リスクコミュニケーションの最も大きな目的は、お互いの相互理解にある。それだけにこうした取り

### Issuing the Factory-Base Environment Report

事業所版環境レポートの発行

Each factory creates its own unique booklet.

各工場で特徴ある冊子づくり



All factories issue environmental reports.  
全工場で発行

### Issuing Community Bulletins

地域広報紙の発行

Contributing to the improvement in trusting relationships with local residents

地域の皆様との信頼関係の向上に寄与

Community bulletins are currently issued by 3 factories - Ehime, Osaka and Oita.

愛媛、大阪、大分の3工場で発行



The community bulletin is issued a few times a year in a form of newspaper insert.  
新聞折込で年数回発行

### Giving lectures

講演・講義活動

Making the most of opportunities to release reports outside the company

様々な社外発表の場を活用

Theme	Attendees	Date and Place
テーマ	聴講者	年月、場所
Sumitomo Chemical's Environment Report 住友化学の環境レポート	Corporations 企業	Dec., 2006 Tokyo and Osaka 06/12、東京都・大阪市
Chemical industry's environmental measures 化学工業の環境対応	Students 学生	Dec., 2006 Sagamihara 06/12、相模原市
Sumitomo Chemical's chemical substance measures 住友化学の化学物質対応	Free フリー	Sep., 2006 Osaka 06/9、大阪市
Chiba Works' risk communication examples 千葉工場のリスクコミュニケーション事例	Free フリー	Apr., 2006 Chiba 06/4、千葉市
Ehime Works' chemical substance management 愛媛工場の化学物質管理	NPOs, local residents, government organizations NPO、地域住民、行政	Dec., 2005 Niihama 05/12、新居浜市
Corporate chemical substance measures 事業者による化学物質対策	Government organizations 行政	Dec., 2005 Tokorozawa 05/12、所沢市
Osaka Works' risk communication examples 大阪工場のリスクコミュニケーション事例	Corporations 企業	Jan., 2005 Osaka 05/1、大阪市

Examples of Released Reports Classified by Themes Such as Chemical Substance Management, Risk Communication and Environment Report  
化学物質管理、リスクコミュニケーション、環境レポートなどのテーマでの発表事例

**Fig. 13** Information Disclosure  
情報開示

組みは非常に根気がある地道なものといえるが、相互理解を深めていくことで、社会から住友化学(株)についての確かな信頼を得ることが何よりも重要なことと考える。当社のリスクコミュニケーションは、RC活動分野を対象に、様々なステークホルダーに対し、実施目的を明確にしたうえで、多様な切り口を駆使して行っている。一方で、当社製品の大半は産業向けということもあり、いまだに消費者や地域住民の方々からは「何を作っている会社かわからない。

顔が見えない。関心・興味が薄い。大気や水を汚染しているイメージがある」というような声をときどき聞くことがある。

当社は、「双方向での持続的かつ継続的な対話」「形にとられないお互いの心が通じ合う対話」の実現に向けて、今後とも試行錯誤を繰り返しながら、取り組みを着実に前進させていきたいと考えている。

特徴的なリスクコミュニケーションの実施事例を Table 4 に示した。

**Table 4** Examples of Implementation of Our Unique Risk Communications  
 特徴的なリスクコミュニケーションの実施事例

Objective (Intention) 目的(ねらい)	Activity 活動内容	Points to Keep in Mind 留意点
Considering environmental risks on a community basis 環境リスクを地域で考える	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participating in municipal risk communication model projects 自治体リスクコミュニケーションモデル事業参画</li> <li>Environmental communication in Chiba (environmental dialogue meeting) (Chiba) 環境コミュニケーション in ちば(環境対話集会)(千葉)</li> <li>Seino district chemical substance risk communication (Gifu) 西濃地域化学物質リスクコミュニケーション(岐阜)</li> </ul>	Commitment to information sharing and mutual understanding 情報共有と相互理解の基本に徹する
Environmental conservation in collaboration with local communities 地域一体となった環境保全	<ul style="list-style-type: none"> <li>A dialogue system between local residents and environmental monitors (Oita) 地域住民による環境モニターとの対話制度(大分)</li> <li>Requesting local universities and technical colleges to conduct research into environmental issues (Ehime) 地元大学・高専への環境問題委託研究(愛媛)</li> </ul>	Making most of the community power based on trusting relationships with local communities 地域との信頼関係に基づく地域パワーの活用
Supporting environmental conservation measures undertaken in overseas countries 海外の環境保全を支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supporting Korea's first area-wide total pollutant load control for water quality (Chiba) 韓国初の水質総量規制導入支援(千葉) Providing full cooperation to the Korean Environment Agency's surveys and creation of their PR DVD 韓国環境庁の調査・広報DVD作製に全面協力</li> <li>Providing education regarding air pollution measures to trainees from foreign countries (Osaka) 各国研修生に大気汚染対策の教育実施(大阪)</li> </ul>	There are no borders in environmental conservation. (We will provide support as much as possible.) 地球環境保全に国境なし(できる支援は惜しまない)
Enhancing safety through communications with the US military base 米軍基地との交流による安全強化	<ul style="list-style-type: none"> <li>Creating a cooperative system with the fire brigade at the Misawa US Air Base (Misawa) 三沢米軍消防隊との協体制構築(三沢)</li> </ul>	Promoting international exchange by making most of the territorial connections 地縁を活かした国際交流の勤め
Fulfilling our accountability 説明責任を果たす	<ul style="list-style-type: none"> <li>Periodical briefing sessions regarding repairs 工場定期修理説明会</li> <li>Briefing sessions regarding the construction of buildings (Conducted by each factory) 建家建設工事説明会(各工場)</li> <li>Briefing sessions regarding electromagnetic interference 電波障害対策説明会 ほか</li> </ul>	Building trusting relationships with local communities by providing thorough explanations prior to production activities 徹底した事前説明で、地域との信頼を醸成
Maintaining dialogues with local communities in collaboration with other companies 企業連携による地域との対話	<ul style="list-style-type: none"> <li>Having local community dialogues in collaboration with the chemical industry (Chiba, Osaka, Oita) 化学産業連携による地域対話(千葉、大阪、大分)</li> <li>Having mini local community dialogues in collaboration with neighboring companies (Oita) 近隣企業連携でのミニ地域対話(大分)</li> </ul>	Having a collaborative relationship with local communities contributes to improvements in the performance of the entire community. 地域連携は地域全体のパフォーマンス向上に寄与

## おわりに

2007年2月、当社は総合化学メーカーとして初めて、社団法人 環境情報科学センター主催の「PRTR大賞2006(化学物質管理とリスクコミュニケーションに関する表彰制度)」の大賞を受賞した。本賞は、PRTR制度の趣旨を理解し、率先して化学物質管理を行い、市民の理解を得るためのコミュニケーションを積極的に実践している企業・事業所を顕彰するために、同センターが創設した表彰制度で、今回が第3回目の開催となった。

当社の大賞受賞は、「全社をあげてリスクベースに基づく化学物質管理が徹底され、かつ具体的な取り組み計画の策定とその実践がなされていること、加えて各工場が主体的かつ多様なリスクコミュニケーションを積極的に推進している」ことが高く評価されたものである。当社の受賞は、言い換えれば「基本に忠実な取り組み」が広く社会に認められたことを意味するものと受けとめ、今回の受賞を契機に、今後とも科学に裏づけされた適切な化学物質管理の推進と、社会とのコミュニケーションの充実に全力をあげて取り組んでいきたいと考えている。



奈良 恒雄

*Tsuneo NARA*

住友化学株式会社  
レスポンシブルケア室  
主席部員

# ポリ乳酸 / ABSアロイの開発

日本エイアンドエル(株) 研究所 ABS研究グループ  
 矢野 克典 伊藤 雅典 吉田 治一郎

## はじめに

現在、地球上では、干ばつ、集中豪雨、豪雪、竜巻等の異常気象・災害が頻発しており、さらには北極・南極の氷河、氷床の減少、動植物の生態系の変化等が、地球温暖化による影響と考えられている。

地球温暖化の原因としては諸説あるが、「温室効果ガス」説が有力であり、石油資源の利用により、多量の炭酸ガス等の温室効果ガスが大気中に放出されて、地球温暖化が引き起こされる。産業革命以前の炭酸ガス濃度が280ppm程度に対し、現在380ppmで、約36%の上昇率である。そのため、0.3~0.6（日本では、1）の気温の上昇が確認され、10~35cm海面上昇が報告されている。その状況下、各国により京都議定書が採択され、日本においても6%の炭酸ガス削減が課せられている。

一方、炭酸ガス発生の原因である石油も限りある資源であり、将来の枯渇時に備えて、石油を原料としないプラスチックの製造と、石油に代わるエネルギー源の獲得は人類にとって避けられない問題である。最近では、石油に代わるエネルギーとして、植物であるとうもろこし由来のバイオエタノールが脚光を浴び、その急激な需要により経済にも影響を与える程となっているが、石油を原料としない材料としても、太陽エネルギーと大気中の炭酸ガスを吸収して成長する植物を原料とした材料（バイオマスプラスチック）が注目されつつある。

バイオマスプラスチックは、廃棄焼却時に炭酸ガスが発生しても、もともと大気中に存在していた炭酸ガスを植物が吸収したものであり、その発生量はゼロと見なされる（カーボンニュートラル理論：Fig. 1）。加えてその成型品を長期使用することで、炭酸ガスの固定化にも繋がる。

このように京都議定書における炭酸ガス6%削減を達成する政府の国家戦略として、バイオマス利用技術の開発・導入の促進が挙げられている。

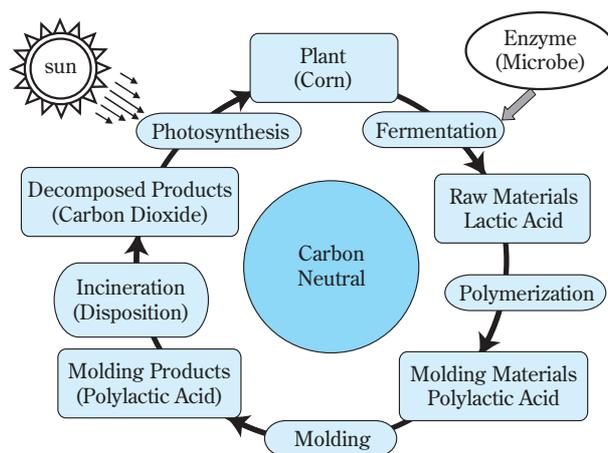


Fig. 1 Carbon Neutral

バイオマス材料の中でもポリ乳酸（PLA）は、とうもろこし、イモ類から得られるでんぷん等の糖質を発酵させて高収率で得られる乳酸を原料とし、すでに米国ネイチャーワークス社が量産化を開始しており、価格も汎用樹脂と競合するレベルまで下がつつあるため、家電・自動車メーカー等の注目を集めている。

日本における汎用プラスチックの年間の生産量は1,400万トン（世界2位）であり、これに対し、アメリカでは年産24,000万トンのとうもろこしがあり、そのほとんどが家畜、家きんの飼料であるが、ネイチャーワークス社はその余剰とうもろこしからPLAを製造している。また中国でも14,000万トンのとうもろこしを生産しており、その利用法としてPLAの製造が検討されている。

生産収率は、とうもろこし粒1トンから、PLAは600kg製造でき、日本におけるプラスチック生産量である1,400万トンのPLAを製造するためには2,333万トンのとうもろこしが必要になるが、これはアメリカと中国のとうもろこしの数%程度である。

最近では、バイオエタノールの需要の伸びにより、バイオエタノールと同原料であるとうもろこしが不足し、価格高騰しているが、将来的には、木屑、もみ殻、麦わら等のセルロースを原料とする試みも検討されている。

#### 環境対応材料としてのPLA

前述のように、PLAは、とうもろこしのでんぷんを原料としており、微生物の発酵で得られた乳酸を重合して得られる（Fig. 1）。つまりは、太陽エネルギーによる光合成と微生物による発酵過程において、バイオエネルギーを利用しており、石油系樹脂より化石燃料の使用は比較的低くなる。その分、化石燃料使用時の炭酸ガス発生量は低減される。また分子構造上、低炭素含有率であることより、廃棄焼却時の炭酸ガス発生も少ない上に、カーボンニュートラルの観点から、ゼロとみなされるので、LCA（ライフサイクルアセスメント：資源の採掘から原材料、加工組立、製品の使用、そして廃棄段階にいたるライフサイクル全体の炭酸ガス発生量）は他の石油由来の汎用樹脂よりも低く（Fig. 2）、炭酸ガス削減材料としては、最適な材料と言える。

#### PLA/ABSアロイ“テクニース®”TLシリーズ開発

PLAは結晶性樹脂であり、単独の利用においては、その結晶化速度が極めて遅いため、延伸操作を伴わない射出成型等の加工法では結晶化が進行せず、通常の成型条件では成型サイクルが長くなるとともに、十分な耐熱性が得られない。

さらには脆く（耐衝撃性に劣る）、加水分解しやすい（耐久性に劣る）という欠点があり、実用化の範囲は限定されている。

そのためPLAの使用において、耐熱性を向上する手段として、無機鉱物、ケナフ、竹等の繊維、造核剤等を利用する方法が開発されているが、いずれも100以上の金型温度が必要であり実用性が劣る。

またPC（ポリカーボネート）、PMMA（ポリメチルメタクリレート）のような耐熱性に優れる石油系樹脂

とのアロイ材の開発も検討されているが、PMMAにおいては、耐熱性向上効果は低く、またPCにおいては、LCAが高く、環境負荷低減効果が低い。

そこで、当社では、PCより低LCAであるABS（アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン樹脂）とのアロイに注目し、ABSを主要構成成分とするPLAとのアロイにより、ABSと同等の物性を有するアロイ材を開発した。言い換えれば当社開発のPLA/ABSアロイを用いることにより、従来のABSに比べ、LCAを14%低減することが可能となる。

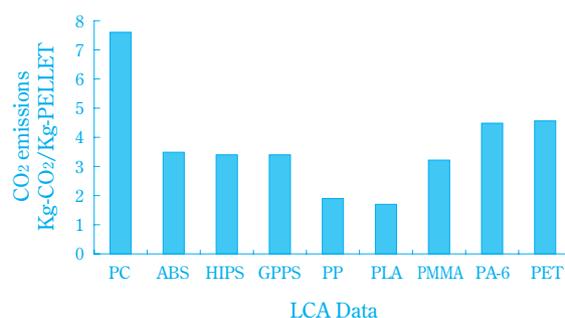


Fig. 2 LCA Data

PLAとABSは、適度な相溶性があり、当社開発のPLA/ABSアロイでは、主要成分であるABSがマトリックス部となる海島構造を取るため、ABSの耐熱性を維持可能な組成である。ただし植物度が50wt%以下となりLCA削減効果は低くなるが、成形性、基本物性に関して実用性を重視する上では妥当な比率と言える。

また、2006年から運用されているバイオマスプラ識別表示制度において、25wt%以上のバイオマス材料の使用でバイオマスプラ認定を受けることが可能となり、当社のPLA/ABSアロイでは25wt%以上のPLAを使用しているため、バイオマスプラ認定が可能である。

当社開発のPLA/ABSアロイにおいては、PLA/ABSアロイ用の新規な相溶化剤の開発に成功し、数wt%の相溶化剤の添加で無添加時の3～5倍の耐衝撃性向上を達成している。さらに耐久性向上に関しても、

**Table 1** PLA/ABS Alloy “Techniace®” TL Series

Properties	Test method	Test condition	Unit	Standard	Heat resistance	High colour development	ABS Standard
Melt index	ISO 1133	220°C 10kg	cm <sup>3</sup> /10min	38	25	16	20-60
Tensile modulus			MPa	2000	2200	2400	1800-2300
Tensile stress at yield	ISO 527	23°C	MPa	50	59	63	40-50
Tensile strain at break			%	6	27	8	10-20
Flexural modulus			MPa	2400	2660	2700	2200-2600
Flexural strength	ISO 178	23°C	MPa	70	86	88	65-80
Charpy notched impact strength	ISO 179	23°C	kJ/m <sup>2</sup>	55	31	19	15-35
Temperature of deflection under load	ISO 75	1.8MPa	°C	75	86	68	78-81
		0.45MPa	°C	92	-	87	90-92

既存の耐加水分解抑制剤に加えて、ABSとして塊状重合法による極めて不純物の少ないABSを使用することにより、乳化重合法によるABSと比較して、以下のような改善が可能となった。①70、95%RHでの湿熱条件下でのライフ（機械的強度保持時間）を3倍以上に延長させることが可能となった。②成型時に発生するガスが少なく、金型汚染や成型品外観不良といった問題を回避でき、そのため、通常の汎用ABSと同様に成型加工することが可能である。

用途としては、基本性能において、ほぼ汎用ABSと同等であるが、耐久性（耐加水分解性）の面で、汎用ABSには及ばないのが現状であり、消耗品を始めとする比較的耐久性を必要としない部材（常温使用で、5～10年程度）に展開中である。

なお、PLA/ABSアロイの銘柄として、汎用、耐熱の2タイプに加えて、発色性を改良したタイプの3銘柄を揃えている（Table 1）。

### おわりに

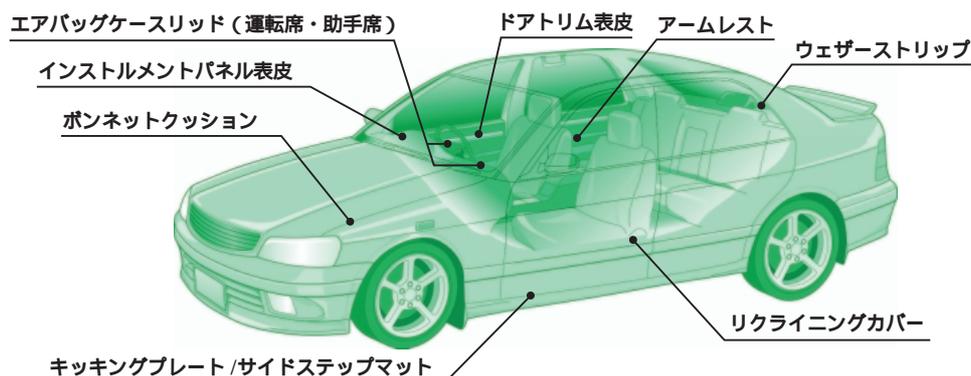
当社のPLA/ABSアロイはABSのLCAを14%削減した環境負荷低減材料で、またABSの一部を植物材料に置換した石油枯渇時対応材料でもあり、各家電、自動車メーカー等を中心に環境への配慮の意識が高まっている中、その需要の増加が予想される。また、難燃性（V-0相当）を付与、耐加水分解性の向上等で用途展開をはかり、さらなる需要が期待できる。

お問い合わせ先 / 日本エイアンドエル(株)  
 研究所 ABS研究グループ  
 TEL : 072-268-3552

## 環境にやさしい熱可塑性エラストマー

# ESPOLEX®

今春、熱可塑性エラストマーの商品名を「住友TPE」から「ESPOLEX®（エスポレックス®）」に変更しました。熱可塑性エラストマーは低比重でリサイクルが可能なため、環境にやさしく、成形加工が容易な高付加価値材料として多くの自動車部品をはじめ、家電ホース、文具・工具グリップなど多くの用途に使用されています。



コンタクト先：住友化学株式会社  
機能樹脂事業部 エラストマー部  
〒104-8260 東京都中央区新川2-27-1  
TEL：03-5543-5452 FAX：03-5543-5277

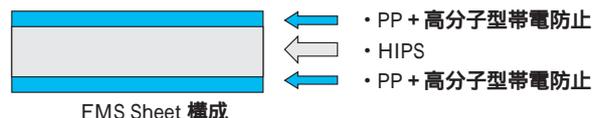
ESPOLEX®は米国でも製造・販売を実施するなどグローバルに事業展開しています。  
URL <http://www.sumitomo-chem.co.jp/polyolefin/> (JPN)  
<http://www.espolex.com> (ENG)

## 液晶モジュール搬送用トレー FMS Sheet

抜群の「耐摩耗性」「高衝撃性」「耐薬品性」  
FMS Sheetは、液晶モジュール、光学製品、電子部品の搬送用トレーをターゲットに、従来のコーティングでは得られなかった耐摩耗性能に優れた持続性帯電防止シートです。

FMSの持つ様々な特徴とその高性能をご紹介します。

- ・PPを両表層に多層化することによって、PPが持つ抜群の耐摩耗性能を表面に付与し、**摩耗粉の発生を飛躍的に解消**
- ・帯電防止剤に高分子タイプを使用し、**カーボン脱落を回避**
- ・HIPSの成形加工性を維持し、PPとの補強効果で成形加工品の破損が減少
- ・帯電防止層は加工品の**コーナーR部にも追従**し、帯電防止性能も保持
- ・PPは耐薬品性能が良くIPA等の洗浄にも対応可能
- ・表面固有抵抗値は  $1 \times 10^8 \sim 10^{12}$  で制御
- ・従来のHIPS用金型で成形可能



FMS Sheet 製品仕様

グレード	表面固有抵抗値 ( )	厚み (mm)	幅 (mm)
FMS-as	$10^{11} \sim 10^{12}$	0.4 ~ 1.5	500 ~ 1,000
FMS-sd	$10^9 \sim 10^{10}$	0.4 ~ 1.5	500 ~ 1,000
FMS-pro	$10^7 \sim 10^8$	0.4 ~ 1.5	500 ~ 1,000



コンタクト先：住化プラステック株式会社 開発部  
〒104-8260 東京都中央区新川2-27-1  
TEL：03-5543-5437 FAX：03-5543-5935

# 「FPD International 2007」に出展

10月24日～26日の3日間、パシフィコ横浜にて「FPD International 2007」(主催：日経BP社、共催：SEMI)が開催されました。本展示会は、大手フラットパネルメーカーを始め、部品・部材、製造・検査装置メーカーなど、フラットパネルディスプレイ関連各社が出展する業界最大の総合展示会です。

当社も、例年同様、液晶ディスプレイ部材のトータルサプライヤーとしての技術開発力と、日本、韓国、台湾、中国、ポーランドに製造・研究拠点を展開するグローバルネットワーク、有機ELをはじめとする新技术をアピールすべく、出展いたしました。情報電子化学部門に属する4事業部のほか、東友ファインケム(株)、サメイション(株)、CDT社(下記参照)などの国内外の関係会社の出展協力を得て、住友化学グループとしての大規模な展示を行いました。



## Cambridge Display Technology Inc.社を完全子会社化

当社はこのほど、高分子有機ELのデバイス開発のパイオニアであるCambridge Display Technology Inc.社(以下「CDT社」)を買収し、完全子会社といたしました。

当社は、表示材料を重点事業領域の一つとして位置付け、液晶表示装置用部材の事業拡大を進めるとともに、高分子有機ELを始めとする次世代表示材料の開発に注力しています。

有機ELデバイスは、高精細で視認性が高く、自発光であるため高速応答性に優れ動画が美しく、また、低消費電力で環境に優しい表示デバイスです。特に高分子有機ELは、発光層の形成方法として溶液系での印刷法が適用できるため、低コスト高生産性で大型パネルが製造でき、次世代のディスプレイとしての大型テレビ、あるいは照明などを中心に今後市場が急速に成長するものと予測されています。

CDT社は、有機ELに関するデバイスおよび材料の基本的な知的財産を多数保有しており、一方、当社は、材料開発に関する高度な知見に加え、化学素材全般にわたる豊富な技術や人材を有しております。当社は、両社の経営資源を融合させることにより、実用化技術開発を一段と加速させ、「材料からプロセスまでのトータルソリューション」の顧客への提供を行っていくとともに、本格的有機ELディスプレイの早期事業化に向けて一層注力してまいります。

# 「国際光触媒展 2007」に出展

10月17日から19日までの3日間、東京ビッグサイトにて「国際光触媒展2007」が開催され、当社も出展いたしました。今回は「アスベスト対策環境展」との併設だったこともあって、昨年の約2倍の24,285名が来場し、当社ブースへは631名が来訪されました。

光触媒とは、光があたることにより、VOC（揮発性有機化合物）やカビ、菌類など種々の有機物を分解したり、また超親水性を発揮して水洗いで簡単に油汚れを取り去ることができるなど環境にやさしい触媒です。10年程前から、ドアミラーの曇り止めなど親水化機能を利用した商品が世の中に出始め、その名前と機能が徐々に知られてきました。

今回の国際光触媒展では、屋外を中心に使用される紫外光型光触媒に加え、屋内でも効果を発揮する可視光型光触媒の開発品や上市品が各社から発表され、当社が他社に先駆けて開発、上市を進めてきた可視光型光触媒の市場開拓がいよいよ本格的に始まったことを印象付ける展示会となりました。

当社は、これまで自社で開発及び商品化を進めてきた可視光型光触媒に加え、チタン工業(株)から紫外光型光触媒の事業を引き継ぎました。そして、可視光型と紫外光型の技術のハイブリッド化により、より高性能品の開発を目指しています。今回の光触媒展では、蛍光灯照射下のアセトアルデヒド分解において、当社現行品の約5倍の活性を持つ画期的な新規可視光型光触媒ゾルを発表し、来場者の高い関心を呼びました。この新規開発品は来年度の商品化を目指しています。

現在、当社可視光型光触媒は、カーテン、ブラインド、その他インテリア用品に採用されています。今後は譲渡を受けた紫外光型も加え、屋内外装部材、車輛部材など、より幅広い用途への実用化を図ってまいります。

### （出展内容）

- ・可視光型光触媒粉末、水分散ゾル、無機バインダー入りコーティング剤、紫外光触媒粉末、水分散ゾルを展示
- ・新規開発の高性能水分散ゾル（現行品の約5倍の活性）を発表
- ・可視光型光触媒を用いた蛍光灯下での焼肉臭の脱臭実験を実施
- ・現在実施中の実用環境下（低濃度、低照度、 $1\text{m}^3$ ）でのVOC分解性能実験結果を報告



# 外部表彰受賞紹介

平成19年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰  
科学技術賞 開発部門

住友化学株式会社

業 績

「気相ベックマン転位プロセスの開発」

- カプロラクタム（以下ラクタム）は従来、発煙硫酸を用いた液相法により主として製造され、大量の硫酸アンモニウム（以下硫安）を副生するのが特長であった。ラクタム製造の収益性はこの硫安の副生量に依存すること、さらに環境負荷低減の観点からこの副生を減らすことが最大の課題であった。

本開発では、長年ハイシリカゼオライトの特異な性質についての研究を重ね、ラクタム合成用として非常に高反応率・高選択率・長寿命な触媒を開発した。さらにこの触媒を使用した気相ベックマン転位プロセスの技術開発に成功し、世界初めての硫安を副生しないプロセスを工業化した。

2003年より年間6万トン規模の商業運転を開始し、今後のラクタム製造法のグローバルスタンダードな技術としてグリーンサステナブルケミストリーの発展にも寄与している。



Tsuneo NARA

日本化学工業協会 / 日本レスポンシブル・ケア協議会（JRCC）  
第1回レスポンシブル・ケア賞（RC賞）

レスポンシブルケア室

奈良 恒雄

業 績

「化学業界をリードする先進的RC活動の推進」

「液中燃焼炉の排ガス（CO濃度）規制適用除外の実現」、「京葉臨海中部地区での異業種（鉄・化学・石油）連携によるベンゼン濃度排出削減の推進」、「環境パフォーマンス指標ガイドライン（環境省）策定への参画」、「国・大学での継続的な教育（講演・講義）支援の実施」さらには「化学物質等法規制便覧（化学工業日報社）の共同執筆」など、企業の枠を超えた幅広いRC活動を積極的に推進した。

本活動は一定の成果をおさめただけでなく、今後の化学産業におけるRC活動の一層の普及・活性化が期待できる。

## 主な投稿論文・口頭発表

(2007年1月1日～2007年6月30日)

### 高分子材料

#### Retrograde Behavior in Syndiotactic-PMMA / CO<sub>2</sub> System and its Nanofoams

A. Victoria Nawaby<sup>\*1</sup>, Y. Paul Handa<sup>\*2</sup>, Xia Liao<sup>\*1</sup>, 山本 佳孝<sup>\*3</sup>, 水本 智裕 (基礎化学品研究所, <sup>\*1</sup>National Research Council of Canada, <sup>\*2</sup>Pactiv Corporation, <sup>\*3</sup>(独)産業技術総合研究所)  
*Polymer International*, 56, 67(2007)

#### 新規完全非晶質ポリオレフィン「タフセレン®」

永井 理子, 藤田 晴教 (石油化学品研究所)  
接着の技術, 26(4) 6(2007)

#### 分岐ポリオレフィンの構造制御とその特性

細田 覚, 川島 康豊 (石油化学品研究所)  
高分子, 56(5) 342(2007)

アフィニティー樹脂：創薬標的タンパク質を“直接”釣りあげる古くて新しいツール ～親水性スパーサーを組み込んだ非特異的タンパク質吸着が少なく化学的に安定な樹脂の開発～

高橋 晃樹, 田中 明人<sup>\*1</sup>, 細矢 憲<sup>\*2</sup> ((株)リバース・プロテオミクス研究所化学部門 (現 住友化学(株)有機合成研究所), <sup>\*1</sup>(株)リバース・プロテオミクス研究所化学部門 (現 兵庫医療大学), <sup>\*2</sup>京都工芸繊維大学 (現 東北大学))  
化学と生物, 45(2) 81(2007)

#### Magnetic Field Effect and Reaction Yield Detected Magnetic Resonance on Electroluminescence for a Poly-p-phenylenevinylene Derivative

岩崎 洋平<sup>\*1</sup>, 鈴木 智之, 坂口 喜生<sup>\*2</sup>, 松村 道雄<sup>\*3</sup> (筑波研究所, <sup>\*1</sup>キヤノン, <sup>\*2</sup>(独)理化学研究所, <sup>\*3</sup>大阪大学)  
*Spin Chemistry Meeting 2007 (イタリア)* 2007年6月18日 - 21日

#### Interaction between Radical Ions in an Organic Electroluminescent Material

坂口 善生<sup>\*</sup>, 沖見 宏<sup>\*</sup>, 鈴木 智之 (筑波研究所, <sup>\*</sup>(独)理化学研究所)

*Spin Chemistry Meeting 2007 (イタリア)* 2007年6月18日 - 21日

#### ナノコンポジットガスバリア材料

阪谷 泰一 (生産技術センター)  
化学工学会第72年会 (京都) 2007年3月19日 - 21日

#### 色素ドーブによる高分子発光材料の電気特性への影響

安立 誠 (筑波研究所)  
有機EL 討論会第4回例会 (東京) 2007年6月8日 - 9日

### 無機・金属材料

#### A Crystallographic Study on the Deactivation Temperature of Crystal Nucleating Agents for Super-cooled Sodium Acetate Trihydrate

才田 健二, 後藤 文郷, 石田 雅也, 濱松 浩 (筑波研究所)  
*Journal of Chemical Engineering of Japan*, 40, 36 (2007)

#### Sol-gel法による架橋ポリシルセスキオキサンへの2核Mn錯体の固定化

堀川 雄平<sup>\*</sup>, 石曾根 明<sup>\*</sup>, 菅原 義之<sup>\*</sup>, 石山 武, 東村 秀之 (筑波研究所, <sup>\*</sup>早稲田大学)  
日本化学会第87春季年会 (大阪) 2007年3月25日 - 28日

### 精密化学 (有機ファイン) 関連製品

#### ビスアゾメチン色素蒸着膜への蒸着速度の影響

土田 大祐<sup>\*1</sup>, 平山 雅人<sup>\*1</sup>, 松本 真哉<sup>\*1</sup>, 田中 利彦, 小林 隆史<sup>\*2</sup>, 青山 哲也<sup>\*3</sup>, 和田 達夫<sup>\*3</sup> (筑波研究所, <sup>\*1</sup>横浜国立大学, <sup>\*2</sup>大阪府立大学, <sup>\*3</sup>(独)理化学研究所)  
第54回応用物理学関係連合講演会 (神奈川) 2007年3月27日 - 30日

### 農業化学関連製品

U.S.Laboratory and Field Trials of Metofluthrin (SumiOne®) Emanators for Reducing Mosquito Biting Outdoors

J.R.Lucas \*<sup>2</sup>, 庄野 美德, 岩崎 智則\*<sup>1</sup>, 石渡 多賀男\*<sup>1</sup>,  
N.Spero \*<sup>3</sup>, G.Benzon \*<sup>4</sup> (農業化学品研究所, \*<sup>1</sup>生活  
環境事業部, \*<sup>2</sup>VBC, \*<sup>3</sup>ICR, \*<sup>4</sup>Brnzon Reserch Inc.)  
*Journal of the American mosquito Control Association*  
(Mosquito News), 23(1), 47(2007)

The Efficacy of Yellow Tape Formulation of Pyriprox-  
yfen against the Sweet Potato Whitefly, *Bemisia tabaci*  
(Homoptera: Aleyrodidae)

中村 知史, 井上 雅夫\*, 藤本 博明, 笠松 紀美 (農業  
化学品研究所, \*農業化学業務室)

*Journal of Asia-Pacific Entomology*, 10(1), 75(2007)

Control Efficacy of Validamycin A against Fusari-  
um wilt Correlated with the Severity of Phytotoxic  
Necrosis Formed on Tomato Tissues

石川 亮, 白水 健太郎\*<sup>1</sup>, 仲下 英雄\*<sup>2</sup>, 寺岡 徹\*<sup>1</sup>, 有江  
力\*<sup>1</sup> (農業化学品研究所, \*<sup>1</sup>東京農工大学, \*<sup>2</sup>(独)理  
化学研究所)

*Journal of Pesticide Science*, 32(2), 83(2007)

タバココナジラミ成虫によりテープ製剤から運搬され  
たピリプロキシフェンの殺卵効果

中村 知史, 井上 雅夫\*, 藤本 博明, 笠松 紀美 (農業  
化学品研究所, \*農業化学業務室)

日本応用動物昆虫学会誌, 51(1), 58(2007)

非散布型害虫防除製剤 ピリプロキシフェン含有テー  
プの開発

井上 雅夫\*, 中村 知史, 藤本 博明, 笠松 紀美 (農業  
化学品研究所, \*農業化学業務室)

PHARM TECH JAPAN, 23(3), 518(2007)

家庭防疫薬を指向した含フッ素化合物の合成研究  
森 達哉, 松尾 憲忠 (農業化学品研究所)

有機合成化学協会誌, 65(6), 620(2007)

兵庫県における MBI-D 剤体制いもち病菌の発生状況  
岩本 豊\*, 長田 靖之\*, 木村 教男 (農業化学品研究  
所, \*兵庫県立農林水産技術総合センター)

関西病害虫研究会報, 49, 17(2007)

New Aspects of Fluorine-containing Insecticides

森 達哉 (農業化学品研究所)

233rd ACS National Meeting (米国), 2007年3月25  
日 - 29日

Termiticidal Efficacy of Bistrifluron to the Japanese  
Subterranean Termites

久保田 俊一, 庄野 美德, 松永 忠功 (農業化学品研究  
所)

第4回環太平洋シロアリ研究グループ会議 (台湾),  
2007年2月26日 - 27日

Evaluation of Bistrifluron as an Above-ground Bait  
against the Asian subterranean Termite, *Coptoter-  
mes gestroi* (Wasmann) in Malaysia

Chow-Yang Lee \*, 久保田 俊一 (農業化学品研究所,  
\*マレーシア理科大学)

第4回環太平洋シロアリ研究グループ会議 (台湾),  
2007年2月26日 - 27日

にら栽培の特性を考慮した施肥法について

大野 佳織 (農業化学品研究所)

第16回全国にら生産者宮崎大会 (宮崎), 2007年2月  
20日 - 21日

アブラナ科野菜軟腐病に対するキチンの発病抑制効果  
門田 育生\*<sup>1</sup>, 石川 亮, 豊田 真司\*<sup>2</sup> (農業化学品研究  
所, \*<sup>1</sup>(独)農業・食品産業技術総合研究機構 東北農  
業研究センター, \*<sup>2</sup>焼津水産化学工業(株))

平成19年度日本植物病理学会大会 (栃木), 2007年3  
月28日 - 31日

現地圃場におけるクモヘリカメムシの警報フェロモン  
物質による斑点米抑制効果

山下 賢一\*<sup>1</sup>, 長田 靖之\*<sup>1</sup>, 三浦 一芸\*<sup>2</sup>, 小澤 理香\*<sup>3</sup>,  
高林 純示\*<sup>3</sup>, 赤山 敦夫 (農業化学品研究所, \*<sup>1</sup>兵庫  
県立農林水産技術総合センター, \*<sup>2</sup>(独)農業・食品産  
業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター,  
\*<sup>3</sup>京都大学)

日本応用動物昆虫学会 (広島) 2007年3月27日 - 29日

新規殺虫剤ピリダリルの創製 - リード化合物の発見  
と検証を中心に -

坂本 典保（農業化学品研究所）  
第22回農薬デザイン研究会（東京）2007年4月3日

アミド系殺菌剤の探索研究  
阪口 裕史（農業化学品研究所）  
日本農薬学会第32回大会（東京）2007年4月1日 - 4日

メトフルトリンを含有した常温揮散剤の蚊に対する空間忌避効果に関する検討(8)タンザニア・バガモヨの民家におけるハマダラカ群を対象とした新樹脂製剤の残効性試験

川田 均\*<sup>2</sup>, Temu Emmanuel A.\*<sup>2</sup>, Minjas Japhet N.\*<sup>3</sup>, 松本 修, 岩崎 智則\*<sup>1</sup>, 都野 展子\*<sup>2</sup>, 高木 正洋\*<sup>2</sup>（農業化学品研究所, \*<sup>1</sup>生活環境事業部, \*<sup>2</sup>長崎大学, \*<sup>3</sup>Muhimbili University College of Health Science）  
第59回日本衛生動物学会大会（大阪）2007年4月2日 - 4日

イエバエ成虫に対するジノテフランのペインティングベイト用散剤の殺虫効果

深瀬 徹\*<sup>1</sup>, 土屋 輝美\*<sup>2</sup>, 谷尾 知治, 宮口 純一（生活環境事業部, \*<sup>1</sup>明治薬科大学, \*<sup>2</sup>住化エンピロサイエンス(株)）  
第59回日本衛生動物学会大会（大阪）2007年4月2日 - 4日

ジノテフランのイエバエに対する食毒効果

千保 聡（農業化学品研究所）  
第59回日本衛生動物学会大会 殺虫剤研究班研究集会（大阪）2007年4月2日 - 4日

## 半 導 体 関 連 製 品

位相シフトマスクを用いたi線露光装置によるレジスト微細加工試験

福原 昇, 山本 武継（筑波研究所）  
2006年度ナノテクノロジー・パートナーシップ・プログラム成果報告書

Tailoring Surface Properties of ArF Resists Thin Films with Functionally Graded Materials (FGM)  
武元 一樹（情報電子化学品研究所）

*SPIE Advanced lithography 2007*（米国）2007年2月25日 - 3月2日

Tailoring Surface Properties of ArF Resists with Functionally Graded Materials (FGM)

武元 一樹（情報電子化学品研究所）  
第24回フォトポリマーコンファレンス（千葉）2007年6月26日 - 29日

## 光 学 ・ 表 示 関 連 製 品

Influence of Rubbing Conditions of Polyimide Alignment Layer on Optical Anisotropy of Immobilized Liquid Crystal Film

山原 基裕, 中村 真理子, 佐々木 健夫\*, 小出 直之\*（情報電子化学品研究所, \*東京理科大学）  
*Liquid Crystals*, 34(3) 381(2007)

Relationship between Molecular Orientation of Rubbed Polyimide Alignment Layer and That of Liquid Crystalline Film Coated on the Alignment Layer

山原 基裕, 中村 真理子, 小出 直之\*, 佐々木 健夫\*（情報電子化学品研究所, \*東京理科大学）  
*Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 466, 39(2007)

Solution Processable White PLED Materials for Displays and Lighting

Thomas Pounds\*, Richard J.Wilson\*, Ilaria Grizzi\*, 山田 武（筑波研究所, \*Cambridge Display Technology）  
*SID2007*（米国）2007年5月22日

高分子有機EL材料の開発

大西 敏博（筑波研究所）  
日本化学会第87春季年会 アドバンスド・テクノロジー・プログラム（大阪）2007年3月25日 - 28日

## 触 媒

Practical Copper-Catalyzed Asymmetric Synthesis of Chiral Chrysanthemic Acid Esters

板垣 誠, 末信 克浩\* (有機合成研究所, \*筑波研究所)  
*Organic Process Research & Development*, 11(3) 509  
 (2007)

**Polymer Incarcerated Ruthenium Catalyst for Oxidation of Alcohols with Molecular Oxygen**  
 松本 努, 上野 正晴\*, 小林 重太\*, 宮村 浩之\*, 森 雄一朗\*, 小林 修\* (有機合成研究所, \*東京大学)  
*Advanced Synthesis & Catalysis*, 349(4-5), 531  
 (2007)

**New Improved Hydrogen Chloride Oxidation Process**  
 岩本 浩二 (基礎化学品研究所)  
*233rd ACS National Meeting (米国)*, 2007年3月25日 - 29日

**Ni-Catalyzed Suzuki-Miyaura Coupling**  
 浅海 拓, 神川 卓 (有機合成研究所)  
*A \*STAR-Noyori Forum Joint Symposium (シンガポール)*, 2007年5月14日 - 15日

**Development of Highly Efficient Catalysts for Asymmetric Cyclopropanation**  
 板垣 誠 (有機合成研究所)  
*Novel Chiral Chemistries Japan 2007 (東京)*, 2007年4月16日 - 17日

**プロピレンオキサイド新製法の開発と工業化 (化学技術賞受賞講演)**  
 瀬尾 健男\*<sup>1</sup>, 堅尾 正明\*<sup>2</sup>, 石野 勝, 辻 純平\*<sup>3</sup>, 山本 純 (石油化学品研究所, \*<sup>1</sup>技術・経営企画室, \*<sup>2</sup>千葉工場, \*<sup>3</sup>石油化学業務室)  
 日本化学会第87春季年会 (大阪), 2007年3月25日 - 28日

**アルコールの酸素酸化反応を指向した高分子カルセラノイド型ルテニウム触媒の開発**  
 松本 努, 上野 正晴\*, 小林 重太\*, 宮村 浩之\*, 森 雄一朗\*, 小林 修\* (有機合成研究所, \*東京大学)  
 日本化学会第87春季年会 (大阪), 2007年3月25日 - 28日

## 化学工学

**Artificial Neural Network Model to Predict Compression-Permeability Characteristics of Solid-Liquid Systems**

岩田 政司\*, Mohammed Saedi Jami\*, 塩尻 進 (生産技術センター, \*鈴鹿工業高等専門学校)  
*FILTRATION*, 7(4) 337(2007)

ニューラルネットワークを用いた圧縮・透過特性の推定 - 入出力パラメタの影響 -

岩田 政司\*, Mohammed Saedi Jami\*, 塩尻 進 (生産技術センター, \*鈴鹿高等工業専門学校)  
 化学工学会第72年会 (京都), 2007年3月19日 - 21日

気泡塔内気泡流予測手法の開発 (受賞記念講演)

島田 直樹 (愛媛工場)  
 化学工学会第72年会 (京都), 2007年3月19日 - 21日

## 高分子合成

**Chain-Growth Polymerization for the Synthesis of Polyfluorene via Suzuki-Miyaura Coupling Reaction from an Externally Added Initiator Unit**

横山 明弘\*, 窪田 祐大, 大内 一栄, 東村 秀之, 横澤 勉\* (筑波研究所, \*神奈川大学)  
*Journal of the American Chemical Society*, 129(23), 7236(2007)

種々の金属触媒を用いた2-ナフトール誘導体の不斉酸化カップリング重合

青柳 秀治\*, 村上 総一郎\*, 幅上 茂樹\*, 東村 秀之 (筑波研究所, \*山形大学)  
 第56回高分子学会年次大会 (京都), 2007年5月29日 - 31日

## 無機化学

**Sn(II) Formation by Galvanostatic Electrolysis and Dissolution from Hydrochloric Acid Solution Containing High Concentrations of In(III) and Sn(IV)**

小山 和也\*<sup>2</sup>, 田中 幹也\*<sup>2</sup>, 藤原 進治\*<sup>1</sup>, 三枝 邦夫  
(筑波研究所, \*<sup>1</sup>基礎化学品研究所, \*<sup>2</sup>(独)産業技術  
総合研究所)

2007 TMS Annual Meeting & Exhibition (米国) 2007  
年2月25日 - 3月1日

## 高分子成型加工

射出成形における材料物性値の標準偏差を考慮した金  
型の口バスト設計

丹羽 康仁, 広田 知生, 筒淵 雅明, 東川 芳晃 (樹脂開  
発センター)

第18回プラスチック成形加工学会年次大会 (東京),  
2007年6月6日 - 8日

## 分析物性関連

Molecular Basis of the Shish-Kebab Morphology in  
Polymer Crystallization

木全 修一, 桜井 孝至, 野末 佳伸, 笠原 達也, 山口 登,  
狩野 武志\*<sup>1</sup>, 柴山 充弘\*<sup>1</sup>, Julia A. Kornfield\*<sup>2</sup> (石  
油化学品研究所, \*<sup>1</sup>東京大学, \*<sup>2</sup>California Institute  
of Technology)

*Science*, 316, 1014(2007)

Investigation of Miscibility between iPP and Propy-  
lene-Butene Random Copolymer by Small-Angle  
Neutron Scattering

野末 佳伸, 桜井 孝至, 穂積 英威, 笠原 達也, 山口 登,  
柴山 充弘\*<sup>1</sup>, 松下 裕秀\*<sup>2</sup> (石油化学品研究所, \*<sup>1</sup>東  
京大学, \*<sup>2</sup>名古屋大学)

*Macromolecules*, 40(2), 273(2007)

Deformation Behavior of Isotactic Polypropylene  
Spherulite during Hot Drawing Investigated by  
Simultaneous Microbeam SAXS-WAXS and POM  
Measurement

野末 佳伸, 篠原 祐也\*<sup>1</sup>, 小川 恭男\*<sup>1</sup>, 桜井 孝至, 堀  
英明, 笠原 達也, 山口 登, 八木 直人\*<sup>2</sup>, 雨宮 慶幸\*<sup>1</sup>  
(石油化学品研究所, \*<sup>1</sup>東京大学, \*<sup>2</sup>(財)高輝度光科  
学研究センター)

*Macromolecules*, 40(6), 2036(2007)

マイクロビームX線小角散乱を用いた高分子材料の構  
造研究

野末 佳伸 (石油化学品研究所)  
放射光, 20(2), 133(2007)

1. Small Scale Collaborative Study of Fenitrothion
2. CIPAC Peer Validation of S-Methyl Fenitrothion
3. Amendment of CIPAC draft method of d,d-trans-  
Cyphenothrin

浅田 泰 (有機合成研究所)

CIPAC Meeting (南アフリカ) 2007年6月13日

マイクロビームX線小角散乱法を用いた高分子材料の  
構造解析

野末 佳伸 (石油化学品研究所)

第20回日本放射光学会学会年会・放射光科学合同シ  
ンポジウム (広島) 2007年1月12日 - 14日

On-Line SEC/ESIMSを用いた合成高分子の構造解析  
土田 好進 (情報電子化学品研究所)

日本分析化学会 高分子分析研究懇談会 第336回例会  
(東京) 2007年2月7日

総合化学企業における分析科学の役割 - 弊社有機合成  
研究所を例として

田中 浩三 (有機合成研究所)

日本分析化学会 東北支部主催 第10回機能構造と分析  
化学シンポジウム (宮城) 2007年2月16日

1. Small Scale Collaborative Study of Fenitrothion
2. CIPAC Peer Validation of S-Methyl Fenitrothion
3. Amendment of CIPAC draft method of d,d-trans-  
Cyphenothrin

浅田 泰 (有機合成研究所)

日本農薬分析法部会 (東京) 2007年5月11日

EF-TEMの高分子材料の構造解析への応用

本多 祥晃 (筑波研究所)

日本顕微鏡学会第63回学術講演会 (新潟) 2007年5  
月20日 - 22日

## コンピュータ利用・情報関連

## Practical Application of Computational Materials Science of Optical Materials

善甫 康成 (筑波研究所)

Workshop "Theory Meets Industry" The impact of density-functional calculations on materials science (オーストリア) 2007年7月12日 - 14日

## CAEとCAOの統合技術を用いたプラスチック製品設計

東川 芳晃, 広田 知生 (樹脂開発センター)  
(株)日本総研ソリューションズ主催 樹脂部品の構造強度解析セミナー (愛知) 2007年1月24日

## Optical Properties of Materials by TDDFT

秋野 喜彦, 善甫 康成, 石田 雅也 (筑波研究所)  
ナノ分野グランドチャレンジ研究開発 第一回公開シンポジウム (愛知) 2007年3月5日 - 6日

## 計算材料科学の取り組みと不斉合成反応機構の解析

末信 克浩 (筑波研究所)  
触媒学会 コンピュータ利用研究会・企業見学会 (千葉) 2007年1月12日

## 座談会 学術図書館はなくなるか - 学術情報の電子化と図書館をとりまく環境の変化 -

梶川 裕矢<sup>\*1</sup>, 井上 修<sup>\*2</sup>, 早川 行男<sup>\*3</sup>, 横山 利男, 辻 秀人<sup>\*4</sup> (石油化学品研究所, <sup>\*1</sup>東京大学, <sup>\*2</sup>東京工業大学, <sup>\*3</sup>(独)産業技術総合研究所, <sup>\*4</sup>(株)三菱化学科学技術研究センター)  
ペトロテック, 30(3), 156(2007)

## 生物環境安全性評価

## Optimization of an Animal Test Protocol for Toxicogenomics Studies (I); Requirement Study of a Protocol

住田 佳代, 斎藤 幸一, 大江田 憲治<sup>\*1</sup>, 大塚 雅則<sup>\*2</sup>, 辻村 和也<sup>\*2</sup>, 宮浦 英樹<sup>\*2</sup>, 関島 勝<sup>\*3</sup>, 中山 光二<sup>\*3</sup>, 河野 友紀子<sup>\*3</sup>, 河上 裕紀<sup>\*3</sup>, 朝元 誠人<sup>\*4</sup>, 白井 智之<sup>\*4</sup> (生物環境科学研究所, <sup>\*1</sup>生物環境科学研究所 (現 内閣府), <sup>\*2</sup>(財)化学物質評価研究機構, <sup>\*3</sup>(株)三菱化学安全科学研究所, <sup>\*4</sup>名古屋市立大学)

Journal of Toxicological Sciences, 32(1), 19(2007)

## Optimization of an Animal Test Protocol for Toxicogenomics Studies (II); A Cross-Laboratory Gene Expression Analysis

住田 佳代, 斎藤 幸一, 大江田 憲治<sup>\*1</sup>, 大塚 雅則<sup>\*2</sup>, 辻村 和也<sup>\*2</sup>, 宮浦 英樹<sup>\*2</sup>, 関島 勝<sup>\*3</sup>, 中山 光二<sup>\*3</sup>, 河野 友紀子<sup>\*3</sup>, 河上 裕紀<sup>\*3</sup>, 朝元 誠人<sup>\*4</sup>, 白井 智之<sup>\*4</sup> (生物環境科学研究所, <sup>\*1</sup>生物環境科学研究所 (現 内閣府), <sup>\*2</sup>(財)化学物質評価研究機構, <sup>\*3</sup>(株)三菱化学安全科学研究所, <sup>\*4</sup>名古屋市立大学)

Journal of Toxicological Sciences, 32(1), 33(2007)

## Increased Susceptibility to Hepatocarcinogenicity of Nrf2-deficient mice exposed to 2-amino-3-methylimidazo [4,5-f] quinoline

北村 泰樹<sup>\*1</sup>, 梅村 隆志<sup>\*1</sup>, 神吉 けい太<sup>\*1</sup>, 児玉 幸夫<sup>\*1</sup>, 西川 秋佳<sup>\*1</sup>, 広瀬 雅雄<sup>\*1</sup>, 北本 幸子, 斎藤 幸一, 伊東 健<sup>\*2</sup>, 山本 雅之<sup>\*2</sup>, 柵木 利昭<sup>\*3</sup> (生物環境科学研究所, <sup>\*1</sup>国立医薬品食品衛生研究所, <sup>\*2</sup>筑波大学, <sup>\*3</sup>岐阜大学)

Cancer Science, 98(1), 19(2007)

## MelQx誘発大腸発がんに対するエタノールの影響

串田 昌彦, 魏民<sup>\*1</sup>, 木下 アンナ<sup>\*1</sup>, 尾崎 圭介, 須方 督夫, 宇和川 賢, 福島 昭治<sup>\*2</sup>, 鶴淵 英機<sup>\*1</sup> (生物環境科学研究所, <sup>\*1</sup>大阪市立大学, <sup>\*2</sup>日本バイオアッセイ研究センター)  
第23回日本毒性病理学会総会及び学術集会 (東京) 2007年1月30日 - 31日

ダイオキシンレセプターを利用したバイオアッセイ系  
松永 治之, 斎藤 幸一, 大江田 憲治<sup>\*</sup> (生物環境科学研究所, <sup>\*</sup>生物環境科学研究所 (現 内閣府))  
日本化学会第87春季年会 (大阪) 2007年3月25日 - 28日

## 殺菌剤バリダマイシンAのラットにおける代謝

松井 正義, 味方 和樹, 冨ヶ原 祥隆, 川村 聡, 金子 秀雄 (生物環境科学研究所)  
日本農薬学会第32回大会 (東京) 2007年4月1日 - 4日

植物成長調整剤ユニコナゾールPのラットにおける代謝の性差

永堀 博久, 冨ヶ原 祥隆, 金子 秀雄 (生物環境科学研究所)

日本農業学会第32回大会 (東京) 2007年4月1日 - 4日

化学品の法規制と環境生物保全

齋藤 昇二 (生物環境科学研究所)

第34回日本トキシコロジー学会学術年会 (東京), 2007年6月27日 - 29日

## 設備材料工学

リスク評価と検査有効度

政友 弘明 (生産技術センター)

検査技術, 2007年6月号, 7(2007)

経年設備のメンテナンス

政友 弘明 (生産技術センター)

FOOMA 技術ジャーナル, 2007年通巻第1号, 13 (2007)

Results of an Investigation into the Localized Hydrogen Embrittlement of Titanium Heat Exchanger Tubes in a Waste Water Environment

大西 浩三, 矢野 昌也, 星加 貴久, 春名 匠\* (生産技術センター, \*関西大学)

NACE Corrosion Conference 2007 (米国) 2007年3月11日 - 15日

粉体定量排出器の回転羽根と底板とのギャップ監視技術の開発

森 久和, 田坂 嘉隆, 小松 孝廣 (生産技術センター)

日本非破壊検査協会 平成18年度第10回表面探傷シンポジウム (東京) 2007年1月25日 - 26日

化学プラント設備の腐食損傷と対応事例

矢野 昌也 (生産技術センター)

化学工学会第9回プラント保全研究会 (広島), 2007年3月15日

Corrosion Behavior of Heat-Exchanger Materials in Singapore Seawater

藤田 和夫, 大西 浩三, D.J.Blackwood\*, Liu Qiping\* (生産技術センター, \*National University of Singapore)

腐食防食協会 材料と環境2007 (東京), 2007年5月9日 - 11日

## ライフサイエンス

The Population Genetic Structure of *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) in Northern Hokkaido, Japan, as Estimated using Microsatellite Polymorphism

西村 慎哉, 日本 典秀\*<sup>1</sup>, 高藤 晃雄\*<sup>2</sup> (農業化学品研究所, \*<sup>1</sup>(独)農業生物資源研究所, \*<sup>2</sup>京都大学)

日本ダニ学会誌, 16(1), 11(2007)

Hepatocyte Growth Factor Suppresses Type-I Collagen Gene Transcription via Nuclear Export of Smad3 with Galectin-7

稲垣 豊\*<sup>1</sup>, 櫛田 美和\*<sup>1</sup>, 汐田 剛史\*<sup>2</sup>, 伊藤 丈夫\*<sup>1</sup>, 東山 玲一\*<sup>1</sup>, Yun Yu Hong\*<sup>1</sup>, 中尾 幸江\*<sup>1</sup>, 岡崎 勲\*<sup>1</sup>, 桑原 一郎\*<sup>3</sup>, 三上 寿幸\*<sup>4</sup>, 木村 徹\*<sup>4</sup>, 東 清史 (生物環境科学研究所, \*<sup>1</sup>東海大学, \*<sup>2</sup>鳥取大学, \*<sup>3</sup>カリフォルニア大学, \*<sup>4</sup>大日本住友製薬(株))

Professor E. Carwile LeRoy Memorial International Workshop on Scleroderma (東京) 2007年5月18日 - 20日

A Novel Inhibitor of Smad-dependent Transcription Activation Suppresses Tissue Fibrosis in Model Mice of Systemic Sclerosis

松下 幸世\*, 堀川 まゆか\*, 石田 清\*, 白崎 文朗\*, 長谷川 稔\*, 藤本 学\*, 竹原 和彦\*, 東 清史, 冨ヶ原 祥隆, 金子 秀雄 (生物環境科学研究所, \*金沢大学)

Professor E. Carwile LeRoy Memorial International Workshop on Scleroderma (東京) 2007年5月18日 - 20日



高分子有機ELの英国研究拠点、  
Cambridge Display Technology Inc.社

---

## 住友化学 2007-II 発刊にあたって

住友化学2007-IIをお届けいたします。

本誌は住友化学グループが常々お世話いただいている方々へ、最近の新製品、新技術を紹介申し上げ、より一層のご理解とご協力をいただくよう編集したものです。

本誌の内容につきましては、さらに充実するよう努めたいと考えますが、なにとぞご批判賜りたく、今後ともよろしくご指導くださるようお願いいたします。

2007年11月

---

(無断転載を禁ず)

住友化学 2007-II

発行 平成19年11月30日

発行所 住友化学株式会社・編集兼発行人 河内 哲

# 住友化学

## 住友化学株式会社

技術・経営企画室

〒104-8260 東京都中央区新川2丁目27番1号

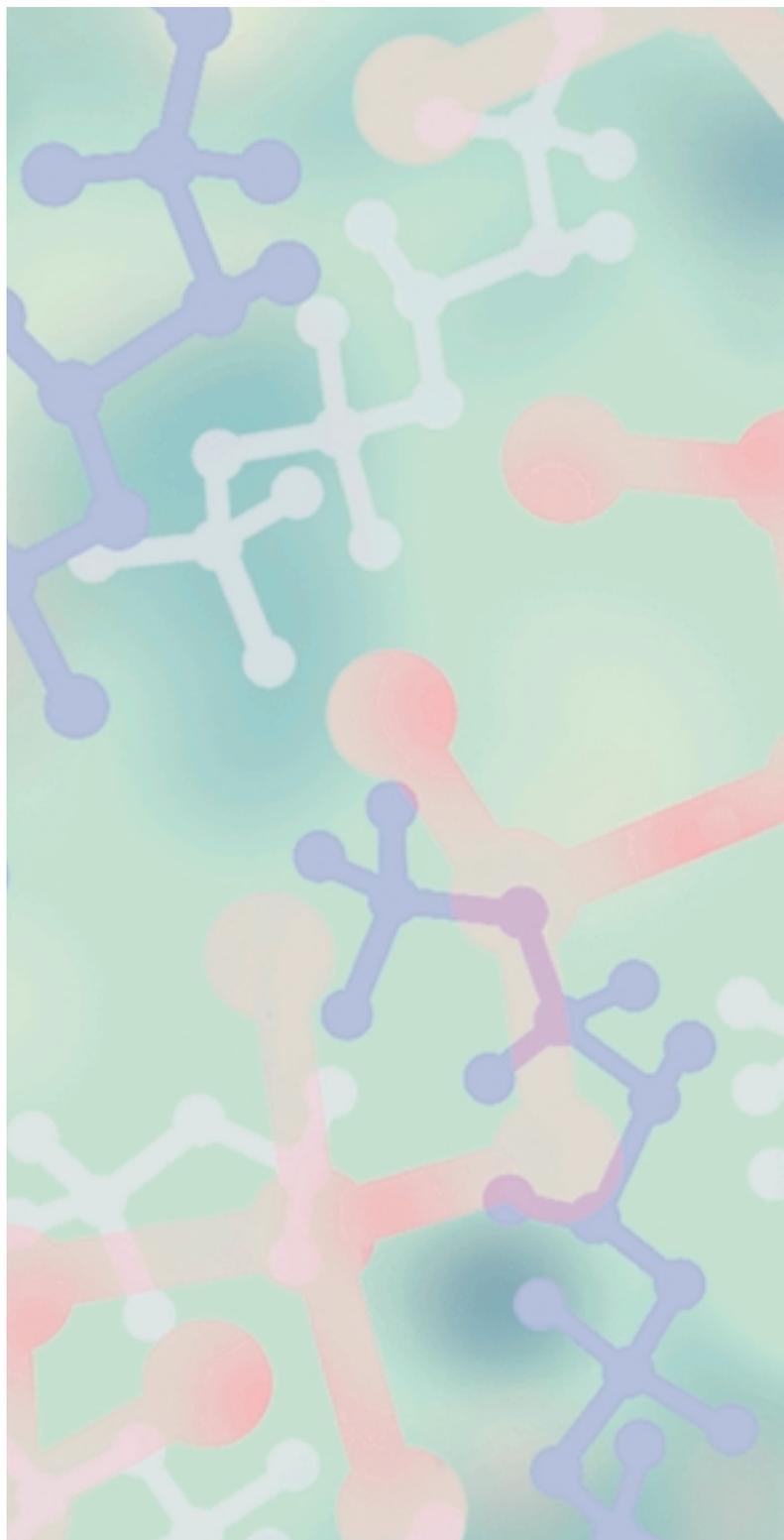
東京住友ツインビル(東館)

Phone:(03)5543-5272 Fax:(03)5543-5909

〒541-8550 大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友ビル

Phone:(06)6220-3396 Fax:(06)6220-3494

URL <http://www.sumitomo-chem.co.jp>



# ご愛読者アンケート

ご愛読ありがとうございます。今後の企画・編集資料といたしますので  
ご意見、住所・部署等変更あるいはご不要の場合がございましたら、  
お送り下さいますよう、お願いいたします。

ご提供いただいた個人情報の取り扱いについては、厳正に管理し、第三者に提供することはありません。

お名前

ご住所

お電話

1. 本号をお読みになって、関心、興味、参考になった記事をご記入下さい。

2. 記事の構成・内容等についてお聞かせ下さい。

2007-II	記事構成について			記事のボリューム			今回のテーマについて		
	よく読む	普通	ほとんど 読まない	多い	適当	少ない	興味あり	普通	なし
随 想									
総説・解説									
技術紹介									
製品紹介									
トピックス									
外部表彰									
外部発表紹介									

3. 本号についてのご感想等なんでもご記入下さい。

4. 今後の企画、掲載記事について、ご興味・関心のある分野や、ご要望をご記入下さい。

ご協力ありがとうございました。

FAXにて下記までご返送下さい。

ご送付先 FAX 06 - 6220 - 3494  
住友化学誌発行事務局  
(住友化学株式会社 技術・経営企画室)