

住友化学

2003-1 技術誌



蛍光を発する高分子LED用高分子発光材料

住友化学

目次
2003-1

随 想

生命体としての企業

住友化学工業株式会社 取締役 中塚 巖 2

総説・解説

化学品のリスクアセスメント 4

顕在化する土壤汚染問題とその対応 13

機能性包装材料の開発 イージーピールフィルム 24

天敵昆虫製剤「オリスター®A(タイリクヒメハナカメムシ製剤)」の開発 ... 31

LCPフィルムの開発 37

メトキシアミンを用いる新規アミノ化反応の開発 43

化学プロセス工業化におけるコンカレントエンジニアリング手法の開発

プロジェクトの源流化度がわかれば結果が見える 54

製品紹介

高機能で環境に優しいオレフィン系機能樹脂 61

環境対応型EVAエマルジョン(スミカフレックス) 61

トピックス

会長がGSC国際会議で講演 62

韓国でカラーフィルターの工場が完成 62

大阪地区に新研究棟を建設 63

大分 コージェネシステム2号機が完成 63

外部表彰受賞紹介

第49回(平成14年度)大河内記念生産賞 64

2003年度 農芸化学技術賞 64

外部発表紹介

..... 65



住友化学 抄録

化学品のリスクアセスメント

中山 由美子、山本 圭介、中村 洋介、
岸田 文雄 4 ~ 12

化学品のリスクアセスメントは、当社において1982年に設立された化学品安全性評価システム(TASCS)の中で、レスポンシブルケアの精神に則り、当社製品の安全性の評価を通じて実施してきている。爾来、約820化合物について、科学的評価を行い、延べ4400件の報告書を作成してきた。特に本稿では、作業者の環境中濃度と感作性の関係について、モルモットを用いた感作性試験での用量相関性を利用してシミュレーションモデルを組み、実測値との関係から安全な環境中濃度を推計し、実作業との兼ね合いで、より安全な作業形態を策出し、作業環境のリスクを軽減した例や、毒性の初期評価に重要な役割を果たす毒性予測手法も簡単に紹介する。

顕在化する土壌汚染問題とその対応

大悟法 弘充、西川 浩一、三原 一優、
井上 芳夫、藤本 英治 13 ~ 23

土壌・地下水汚染による健康影響の懸念や、健康被害の防止対策の確立を求める社会的要請が強まってきた。それらの状況を踏まえて、土壌汚染の状況の把握、土壌汚染による人の健康被害の防止に関する措置等を定めた「土壌汚染対策法」が施行された。「土壌汚染対策法」の制定・施行は土壌汚染の実態調査や対策実施などについて、関連ビジネスや企業に与える影響をさらに加速すると思われる。本稿では土壌汚染の現状、土壌汚染の調査技術とその対策方法などについて述べ、併せてこれらに関する「当社の取り組み」について紹介する。

機能性包装材料の開発 - イージーピールフィルム -

黒田 竜磨、高畑 弘明、高木 康行、
三井 慎一、古田 明寛 24 ~ 30

バリアフリーの社会のニーズは包装材料の分野においても、誰にも簡単に開封できる「イージーピールフィルム」の高度成長市場をもたらした。これに対し、当社は高度な材料設計技術と押出加工技術を応用して、機能性フィルム「アシスト」を開発し、住化プラスチック(株)で製造・販売を行っている。イージーピール性の発現機構は「材料の破壊制御技術」であるが、本稿では顧客ニーズに迅速に対応できる材料設計法や、製品性能などについて紹介する。

天敵昆虫製剤「オリスター®A (タイリクヒメハナカメムシ製剤)」の開発

浮城 昇、庄野 美德 31 ~ 36

オリスター®Aは住友化学が開発した、ピーマン、なす等の野菜類に寄生するアザミウマ類防除用の天敵昆虫製剤であり、有効成分として日本国内に分布する捕食性カメムシのタイリクヒメハナカメムシ (*Orius*

strigicollis) を含有する。オリスター®Aに使用されているタイリクヒメハナカメムシは短日条件下でも非休眠であるように選抜された系統である。その結果本天敵製剤の最大の使用場面である、日本西南暖地の冬春作の施設園芸でも十分な防除効力を発揮することができる。本稿では、オリスター®Aの大量飼育、実用効果の詳細、さらには本剤を軸としたピーマンの施設園芸の総合防除モデルについても述べる。

LCP フィルムの開発

山口 登造、熊田 浩明、山下 恭弘、
松見 志乃 37 ~ 42

レオロジーやリアクティブプロセッシングの技術をベースとして、フィルム成形、ブロー成形が容易で、かつ、液晶ポリマーの機能は保持した、新しい液晶ポリマー材料の開発を行っている。該新規LCP材料から得られたフィルムは、高弾性率、高いガスバリア性、低吸水性、耐溶剤性を有し、耐熱フィルム、ガスバリア包材としての用途が期待できる。

メトキシアミンを用いる新規アミノ化反応の開発

世古 信三、三宅 邦仁 43 ~ 53

メトキシアミンがニトロベンゼン類を直接的にアミノ化し、ニトロアニリン類を与えることを見出した。銅触媒の添加により収率が大幅に向上する。メトキシアミンはニトロベンゼン類だけでなく、ニトロピリジン類、ニトロオレフィン、不飽和カルボニル化合物およびナフトキノン類も効率よくアミノ化し、それぞれアミノニトロピリジン類、ニトロエナミン、アシルエナミンおよびアミノナフトキノン類を与える。本稿ではこのメトキシアミンを用いた新しいアミノ化反応について紹介する。

化学プロセス工業化におけるコンカレントエンジニアリング手法の開発 - プロジェクトの源流化がわかれば結果が見える -

尾崎 達也、伊藤 孝徳 54 ~ 60

製品の開発期間短縮の為の実践的なCE手法の開発を行った。

① 源流化 ② 並流化 ③ 技術力をキーワードとし、源流化即ち開発初期段階での課題の形成、並流的な業務遂行が可能となる仕組み作り、基盤となる技術力、特にIT技術を融合させる事に力点を置いた。

各種の標準化シートを開発・活用して工業化プロジェクトの課題を体系的に形成する事により、源流化とともに機能的に課題が管理できる仕組みを構築した。

また、課題の抽出や解決分布及び完成度から成るOZチャートを開発して、プロジェクト運営を見える化することにより、仕事の進め方や技術力の定量的評価が可能となった。

プロジェクトを成功させるための源流化度、完成度の目安が明らかとなり、源流化度からプロジェクトの成否を予測する事が可能になった。

生命体としての企業

住友化学工業株式会社

取締役

中塚 巖

Iwao NAKATSUKA



ワトソンとクリックが20世紀最大の科学上の発見と言われているDNAの二重らせん構造を解明してから今年で50年になりますが、このことが契機となって、生命科学は20世紀の後半、ワトソン自身の予想を遥かに超えるスピードで、目覚しく進展し、人類にとって歴史的な大事業であるヒトゲノムの完全解読(2003年4月14日)を達成するまでになりました。一方、生命科学研究から生まれた新技術・知識の蓄積はバイオ産業を創出し、大きく発展させています。

このような生命科学の急速な進歩に伴い、最近では「生命とは何か」と言う自然科学の長年の、本質的な問いに対して、ある程度答えられるようになって来ました。生命体の特性としては幾つかの点が上げられますが、「自己の維持」と「自己の複製」は基本的なものです。単細胞生命体であっても、また、多細胞生命体であっても全ての細胞にはその生命体の維持と複製に必要な情報がゲノムDNAの中に詰まっています。細胞はDNAを複製し、分裂しながら増殖し、また、DNAを次世代へ遺伝していきます。このことから生命体の基本単位は細胞であると言われております。

高等生物の場合、分化した細胞が集合し、特有の機能を有する組織、臓器が形作られ、さらに、これらの組織、臓器が統合されて一つの個体が形成されます。昆虫や動物のように、個体がさらに集まって群れをつくり、また、ハチなどのように組織化された社会を形成しているものもあります。

人間の場合、個人が集まって組織や企業などが形成され、それらの集合体として社会、国家などがあります。マクロの視点からすれば、人間の集合体である企業、社会、国家も「維持」と「複製」を行うことから一つの生命体であると見なすことができ、さらに、経済、文明などもそれに含める見方もあります。

このような観点から、生命体(生物)を深く理解することによって、企業、経済、社会、環境等に関する様々な問題の新しい解決の糸口を見出すことを意図して、従来の自然科学と社会科学の枠を超えた新しい境界領域の研究が生まれてきてさかんになってきております(理論生物学、複雑系の科学、地球学など)。人の集合体である企業、社会が生命体の原理に背いて成長・発展することは困難であると考えます。

生命体の重要な特性に「進化する能力」があります。ダーウィンの進化論によりますと、「変異種」の出現と「自然による淘汰」が基本であります。DNAは複製する際に、様々な要因によってある頻度でミスが犯すことが分かっております。一方、細胞にはそのようなミスを修復する機構も備わっており、多くの場合、誤りは除去され、DNAは最終的には正しく複製されることとなります。しかしながら、稀にミス(誤ったDNA)がそのまま次世代に伝えられ、その結果、親と異なった変異種が生まれることがあります。変異種は通常生存には不利であり、淘汰されることとなります。ところが、何らかの要因で外部環境が急変し、親のDNAを正しく受け継いだ子には不利な環境となり、逆に変異種にとっては有利な環境となることがあります。この場合、変異種が生存権を得、子孫を残すこととなります。これが分子レベルで見た進化メカニズムです。

生命誕生以来、過去30数億年の間に生まれた全生物種は約1000億種と言われており、現存する生物の数は約1億種であることから、地球上に誕生した生物種の内、99.9%は進化の裏返しとして淘汰され、今日では絶滅しております。過去の生物の絶滅過程を調べてみますとその生物が生息したその当時の自然環境に最も適応した生物ほど環境変化に脆いことが分かります。ビジネスの世界において、かつての高度成長期あるいはバブル経済期に過剰に適応してきた企業の多くが最近の社会・経済環境の激変に伴って窮地に陥っている状況は生物進化と同様の現象と言えます。

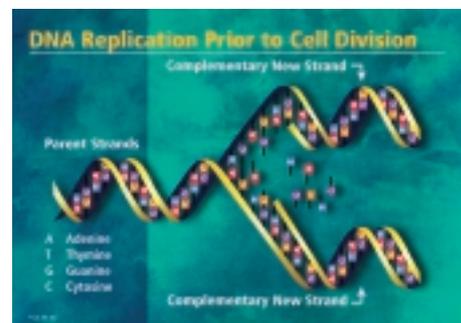
企業が遅く生存していくためには、「進化し続けること」が必須であります。企業体の場合、生物と同様に十分な「進化する能力」が備わっているかどうか重要な点となります。特に激動する外部環境の中では意識して進化するメカニズムを取り込む必要があります。既存の企業DNAを維持し、複製していくことは比較的たやすいことであり、ややもすればDNAを守ることに汲々とすることになりかねません。企業DNAに絶えず変異を起し、多様性を確保することが大切です。具体的には、1) 企業DNAに変異を起し易い環境を整える。：フラットで柔軟性のある組織、外部情報と外部との連携に貪欲な組織、自由闊達な雰囲気、失敗を恐れない挑戦の奨励など。2) 人材の多様化：変異ポテンシャルの高い人材の採用と育成。3) 変異種を許容し、育てる：個人の発想の尊重、新規事業の芽の育成など。

但し、生命体もそうであるように、企業DNAを一律に変異させるのではなく、変えずに維持すべきDNAを峻別し、保護していくことも大切です。伝統ある大企業が根幹となる創業の精神や企業の倫理を軽んじたために不祥事を招き、市場の信頼を失い、存亡の危機に陥った事例は周知の通りです。

最後に、生命の発現にかかわる「自己組織化」について述べます。30数億年前に地球の原始スープの中で、最初の生命体が誕生しましたが、そこでは多様な有機化合物が集合し、自己組織化され、単に個々の

有機化合物の集合体にはない全体として新たな秩序と機能が生まれ、それが「生命」の起源であると考えられています。これは生命誕生の神秘性を示すものではなく、条件が整うことにより生命は偶然ではなく、必然として生まれたとの考え方です。このことは多細胞生命体でより顕著であります。人間の場合、大よそ60兆個の多種多様な細胞の集合体ですが、それらが「自己組織化」され、単なる細胞の集合や組織の集合を超えた、全体として新たに、統御され、驚嘆に値する精巧なシステムとして一人の個体が出来上がっています。

重要なことは「生命」は「全体の中に生まれ、常に全体として存在してきた」ということです。瑞々しい生命の宿る組織、企業においては、ひとり一人の能力を超える素晴らしい能力が全体として発揮されることとなります。困難な状況の中で、予想を遙かに超える力が組織として発揮され、企業を危機から救った事例は多く知られております。また、歴史上の偉業にも数多くの類似の事例を見ることができます。このことは人の組織・集合体には潜在的に自己組織化力が備わっており、その能力をうまく引き出せばとんでもない生命力を発揮するという事です。グローバル競争の中で、日本の企業はますます苦しい戦いを強いられますが、個の発想を重視すると同時に、組織・集団の力の威力を再認識し、この面を強みとしてさらに磨きをかける仕組みを工夫することも大切と思います。



U.S. Department of Energy Human Genome Program (<http://www.ornl.gov/hgmis.>)

化学品のリスクアセスメント

住友化学工業(株) 生物環境科学研究所

中山 由美子

山本 圭介

中村 洋介

岸田 文雄

Risk Assessment of Chemicals

Sumitomo Chemical Co., Ltd.

Environmental Health Science Laboratory

Yumiko NAKAYAMA

Keisuke YAMAMOTO

Yosuke NAKAMURA

Fumio KISHIDA

A risk assessment system, i.e. TASCs (Toxicity Assessment System for Chemical Substances) was founded in Sumitomo Chemical Co., Ltd. in 1982, which is one of the supporting system for responsible care activities on industrial chemical. Since 1982, over 820 chemicals have been scientifically evaluated and over 4400 reports have been prepared for responsible care activities. In this system, the risk assessments for carcinogen, skin sensitizer et. al. were carried out. In a typical case of a skin sensitizer, the environmental concentrations in worker place were simulated in coupled with the measured data, and using the dose-response relationships in guinea pig study (maximization method), the risk in worker place was improved. In the early stage of chemical development, the prediction methods were applied for preliminary assessment, using database stored in Sumitomo Chemical Co., Ltd. as well as using a computer aid prediction system.

はじめに

昨今、耳にする機会の多い「リスクアセスメント」は、日本語では「危険評価」「危機評価」などと訳される。米国生まれの考え方であるため、日本語に訳するのは、難しく、決まった訳語として前述のものがあるが、一定しない。また、その意味するところが日本語訳では伝わりにくい。

化学品のリスクアセスメントは、最近その重要性が改めて認識されつつあり、市民の認識も高まっている。市場に出回る化学品は、世界で10万種類、国内で2万種類ともいわれ、世界の化学品を登録するデータベースであるREGISTRY¹⁾では、過去10年間で1000万種以上の新たな化学物質が登録されている。これらの新規化学物質がすべて安全なものと確認されている訳ではない。いかに優れた化学物質でも安全でなくてはならないのは、PCBやフロン²⁾の例でも明らかである。ここでいう安全とは、環境及びヒト健康に対して悪影響を及ぼさないことであり、その化学物質が示す毒性だ

けではなく、その化学物質に曝露する量が関係する。

本稿では、化学品を巡るリスクアセスメント手法について簡単に示し、当社製品の安全性をどのようにして確認しているかの実態について記載する。なお、生物環境化学研究所では、取り扱う物質を大きく農薬、一般化学物質、医薬の3種に分け、本稿で述べる化学品もしくは化学物質には、これら3種を含むが、一般化学物質と称す場合は、農薬、医薬を除く(但し、農薬、医薬製造の中間体は含まれる)ものとする。

化学品を巡る国内外の動き

1. 国内

化学品の規制は、往々にして事故の反省に基づき再発防止を目的に制定される。日本では、戦後の復興の中で、東京都がいち早く「工場公害防止条例(1949)」を制定し、翌年大阪府も「公害防止条例(1950)」を制定した。公害が問題となった1950年から60年代には、四日市の大気汚染による喘息の間

題、新潟での水俣病、イタイイタイ病(カドミウム)、森永砒素ミルク中毒、サリドマイド薬害、スモン病(キノホルム剤)また、カネミ油症(PCB)などが発生した。1970年代になると、これらの化学品災害を受けて、環境庁が設置(1971年)され、更に世界に先駆けて「化学物質の審査および製造等の規制に関する法律」いわゆる化審法(1973年)が制定された。化学品を生産する当社では、この化審法ならびに労働安全衛生法(以下安衛法)(1972年)が一般化学物質の規制の中では最も関連深い²⁾。

1980年代には、ハイテク産業の振興を受けて、精密機器の洗浄剤として多く用いられていたトリクロロエチレンの地下水汚染が問題になり「水質汚濁防止法」が改正されている。また、この頃からオゾン層破壊、地球温暖化が注目されるようになった。

1990年代には、その後半にPRTR法(Pollutant Release Transfer Registry：環境汚染物質排出移動登録法)(1999年)が制定され、第一種指定化学物質354物質の排出量を地方自治体に届け出ることが義務づけられ、またMSDS(Material Safety Data Sheet：製品安全データシート)の作成が法制で義務づけられた。本法で義務づけられた排出量の届出結果は、平成13年度分についてこの3月に一般に公開され、CD-ROM版で情報が入手可能である。

2. 海外

欧米、特に米国では、1958年に制定された「デラニー条項」が「発がん物質を一切含んではならない」という厳しい内容であったため、その後の分析技術の向上に伴い矛盾を来した。これを契機に発がんに関する米国の考え方の基礎固めが始まり、リスク&ベネフィット論、リスクの確率論が盛んに検討された。また、1962年に、レイチェル・カーソンが記した「Silent Spring(沈黙の春)」は、当時散布されていた農業の影響について大衆の興味を引き、1970年に米国EPA(Environmental Protection Agency：米国環境局)が設立されるきっかけの一つとなった。最近では、テオ・コルボーンら共著の「Our Stolen Future(奪われし未来)(1996年)」による内分泌かく乱物質問題も引き金のひとつとなって、子供に対するリスクに重点を置いたFQPA(Food Quality Protection Act：食品品質保護法(1996年))が制定され、登録農業、特に有機リン剤やカーバメート剤の見直しが相次いで実施されてきている。

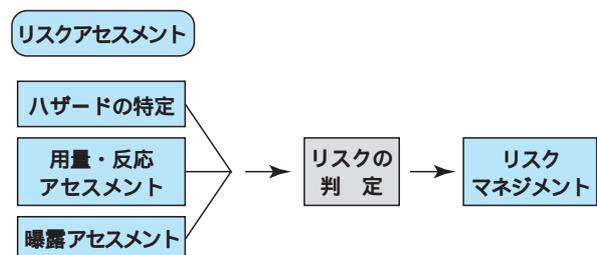
全世界的には、HPV(High Production Volume：高生産量物質)の洗い出しが行われ、米国および欧州で年間1000トン以上生産される約2800物質をノミネートし、優先順位をつけ、その安全性情報収集と評価を行っている。冒頭に記載したように、現在流通して

いる化学物質についての安全性試験は、必ずしも充分実施されていない。日本でも、化審法の既存物質について、環境関連の分解性試験、濃縮性試験が実施されているのは、1279種化合物であり、またヒトの健康に関わる毒性についての哺乳動物試験が実施されているのは、191物質に過ぎない。化審法では、新規化学物質登録時に要求される試験が、既存化学物質で必ず実施されている訳ではない。

リスクアセスメントとは

リスクアセスメントは、本来、化学物質に限らず、保険、金融、自然災害などについても行われ、その対象範囲は多岐に渡る。これらは、いずれも最終的にヒトに於ける健康影響、ヒトに於ける環境影響が指標となる点がある程度共通する。リスクアセスメントの方法論は、1983年にNAS(National Academy of Science：米国科学アカデミー)の統括するNRC(National Research Council：米国研究協議会)が出版した「連邦政府におけるリスクアセスメント：そのプロセス管理」によって提唱された³⁾。リスクアセスメントは、多くの情報の中からリスクに関する科学的なものを抽出し、まとめる為の有効な方法論である。化学品におけるリスクアセスメントを実施する要項は基本的に以下の3ステップに分けられ、その後、リスクの判定、リスクマネジメントへ進む(第1図)。

第1図 リスクアセスメントのステップからリスクマネジメントへ



一般に化学品におけるリスクアセスメントは、まず、有害性を確認するために調査し、情報を収集することから始まる。いわゆる汚染地域では、過去の記録を参照することや、実際の土壌、地下水、表層水、堆積物、大気など、汚染されていない地域も含めて測定することで、ハザードを特定する情報を得ることが可能である。ハザードとは、日本語で「有害性」と訳される。ハザードを示す原因物質が特定できた時点で、その物質に関する毒性情報を調査する。ハザードが存在して初めてリスクが生じる。ハザードをなくせば、リスクはなくなる。

ハザードが特定でき、その有害性が認識されると、その情報を基にどの程度の曝露でどのような影響が現れるかを検討する。これが用量 - 反応アセスメントであり、用量と反応(曝露と影響)の間の量的な関係を確立することになる。これは、実験室レベルの比較的高い用量での影響から求めることが多い。曝露と影響の関係が検討出来た後、ヒトへの曝露アセスメントを行う。ヒトが実際にどの程度、有害物質に曝露しているかを推定する。以上の3ステップ、「ハザードの特定」、「用量 - 反応アセスメント」、「曝露アセスメント」を経て、「リスクの判定」を行う。リスクは個人に関するものであるが、集団曝露した人口に対しても敷延される。集団曝露した人口に対する場合は、個人に対する場合よりも、その不確実性が更に大きくなる。つまり、ヒトの個体差に応じて曝露の量的な幅が生じるなど、不確定な部分が増える。リスクの判定における科学的な不確実性は、限られた動物実験や疫学調査結果から「ヒトの無作用量：影響を受けない量」を判定することの困難に由来する。種差、性差、年齢差、入手文献の多少による影響を越えてなお不偏性のある無作用量の数値を算出するのは、難しい。

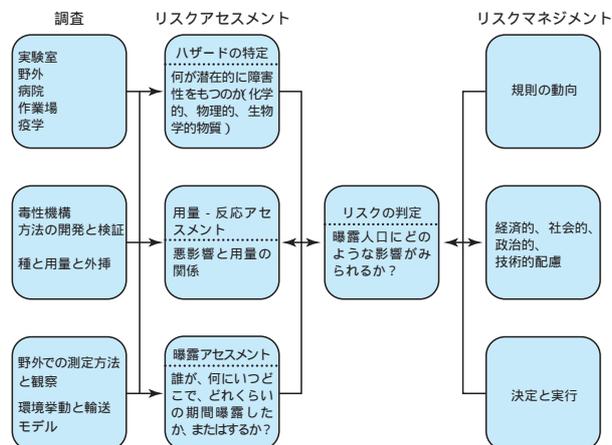
しかしながら、現実には動物実験や疫学調査結果に基づき、影響が認められなかった最大値(NOEL：No Observed Effect Level 無作用量)を、種差に10、個体差に10の係数を持たせた100の不確実性係数(UF：Uncertainty Factor)で除すことでヒトにおける摂取量や曝露量の安全性の目安としている⁵⁾。

$$\begin{aligned} \text{安全用量} &= \text{NOEL} \div (10[\text{種差}] \times 10[\text{個体差}]) \\ &= \text{NOEL} \div 100[\text{不確実性係数}] \end{aligned}$$

これらのリスクアセスメントを経て、リスクマネジメントが行われる。集団のリスクが容認出来る程度を越えている場合、合理的な管理を含む規制や、リスク削減のための諸施策、処理等が経済的な実施可能性を含めて検討され、実施される。即ち、リスクアセスメントが一連のステップを経てリスクの特徴を科学的に描き出す作業であるのに対し、リスクマネジメントは、アセスメントによって得られたクライテリア情報や勧告値を基に行う行政的な作業を実施することである(第1表)。

以上述べてきたリスクアセスメント手法は、総合的な観点からのものであるが、化学物質を取り扱う場合には、個別的観点で実施する。つまり、ハザードは対象化学物質であり既に特定された状態から始まる。対象化学物質に関連するリスクの様々な情報調査を行い、得られた情報からリスクの特徴付けを行い、リスク削減策を講じることになる。

第1表 リスクアセスメントとリスクマネジメント⁴⁾



当社の対応

新規化学品や導入品を扱う工場、研究における化学品安全についての当社内での対応は、どのようなものが、その経緯を簡単に振り返る⁶⁾。

1. 「化学品安全性評価システム(TASCS)」の確立

1980年当時、農業、医薬品は、登録申請に必要な毒性試験の詳細がガイドライン上で定められていたが、それに比べ、一般化学物質の化審法および安衛法申請で求められる毒性試験では、化学品の毒性についての情報がPL法(Product Liability：製造者責任法)やRC(Responsible Care)の精神からも不十分であると考えられた。そこで、当社で扱う化学品についての情報を収集、評価することで、新たなストラテジーの構築を容易にするため「化学品安全性評価システム(Toxicity Assessment System for Chemical Substances)」の体制が整えられた。

即ち、当社で製造および取り扱う一般化学物質の安全性データを収集、解析、評価し、得た結果を生産・販売戦略や労働安全対策に積極的かつ効果的に活用するための「化学品安全性評価システム」の体制は、1982年12月に安全性情報調査研究グループを正式に発足することで具体化した。このグループは、現在の生物環境科学研究所のリスクアセスメントチームの前身にあたる。

「化学品安全性評価システム」の目的達成のため、安全性情報調査研究グループは、各工場、各事業所、各研究所等からの依頼や要望に応じて、化学物質の安全性に関連する情報の収集、解析、評価を主たる業務とし、発足以来種々の活動を行ってきた。以下にその概要を記載する。

2. 主要化学品の化学品安全性調査報告書の作成

作業安全、労働者曝露における安全の確保のた

めには、当社取扱い製品の安全性情報を入手し評価することが第一義である。評価対象の化学物質は、各工場、各事業部等で取り扱う化合物をリストアップした当社の当時(1982年)の主要化学品約1700種(総数は約2800物質で、重複を除く)で、以下の毒性的重要度による5段階の優先順位(Priority)付けを行い、鋭意情報を収集した(第2表)。

第2表 評価対象物質の優先順位

Priority1	発がんの危険性がある物質
Priority2	変異原性物質 (除くPriority1)
Priority3	催奇形性物質 (除くPriority1、2)
Priority4	その他の毒性を有する物質 (除くPriority1~3)
Priority5	毒性に関する情報が明らかでない物質

これらについては、Priority1は1984年12月までに順次報告書を作成し、Priority2および3については、1983年12月に中間報告を作成した。その後、調査および評価作業をより効果的に推進するため、工場あるいは事業部における取扱いの重要度、取扱量の多寡および外販の有無を考慮して再度新たに3段階のランク付けを行い、最優先のAランク物質(338物質)について、総合的評価を開始した。

Aランク物質については、調査項目が毒性全般にわたることもあり、予想外の日数が必要であったが、1986年7月に安全性評価報告書全6冊(総頁数1130頁)が完成した。その後、対象物質リストを定期的に見直し、また情報の更新を年20-50化合物について実施した。1995年からは、そのうち310種の化合物について当社インターネット上でリストを公開し「化学品の健康・環境影響プロファイル販売」を行っている。これらAランク情報は、社内向けには、各事業所の化学品安全担当部門に配布し、情報の更新も適宜実施している。1998年からは、イントラネット上で公開し各担当者にアクセス権を付与しオンラインで参照可能とした。

この頃、全社社内安全データシステムの新バージョンCHEMSAFE2へのデータ移行時期と重複したため、Aランク物質の更新作業は、CHEMSAFE2収録用データの更新作業に切り替え、新たにCSレポート作成作業を行った。CHEMSAFE2に掲載する情報の収集を効率的に行うため、CSレポートは、Aランク報告書より簡易で、CHEMSAFE2にそのまま掲載できるよう情報を簡略化した報告書である。年平均約30-40物質について作成してきている。

Aランク情報とCSレポートの情報合計約820件は、2002年からリスクアセスメントチームのHP上で新た

な検索システムを導入し、IDとパスワードを関係各位に知らせて公開を開始した。

3. 随時調査依頼への対応

全社的な報告を企画した前述のAランク安全性評価報告書作成ならびにCHEMSAFE2収録のためのCSレポート作成に加えて、工場での製造プロセスの改良に伴う一部の成分の変化や、事業部・研究所等で新規に開発あるいは導入される物質の安全性情報調査及び評価対応も同様に随時行っている。

これらの随時調査依頼は、年間平均80件、物質数にして平均約100種に及ぶ。これらの随時調査依頼結果は、延べ4400件になるが、すべて電子情報化し、データベースに依頼番号、物質名、CAS番号、依頼事業部、依頼内容、作成日、作成者などの付帯情報を整理し検索可能としている。新たな随時調査依頼がある場合、依頼対象物質、依頼内容に応じて、過去の情報を利用することで調査の範囲を最小限の情報の更新に止め、迅速な対応を可能としている。

随時調査依頼される新規導入物質については、個々の物質の毒性情報に応じて、取扱い方法も考慮した毒性全般にわたる評価(リスクアセスメント)を行う必要がある。時には、作業環境中濃度測定結果に応じた曝露濃度を推定し、毒性情報との関連から、適切な保護具の設定、取扱い上の注意点などに言及した評価を行う。

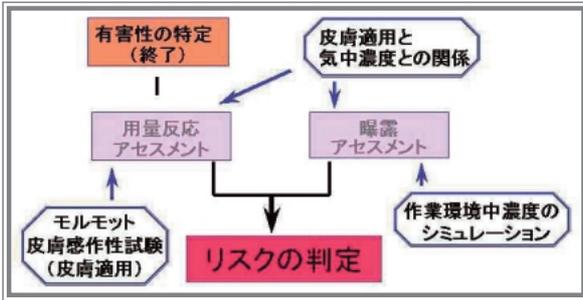
最近では、医薬中間体のサンプル製造時におけるカブレ(アレルギー性、感作性)の発生から、その物質をより安全に取り扱えるよう作業工程の見直しを行った例がある。

< 医薬中間体化合物Aのリスクアセスメント >

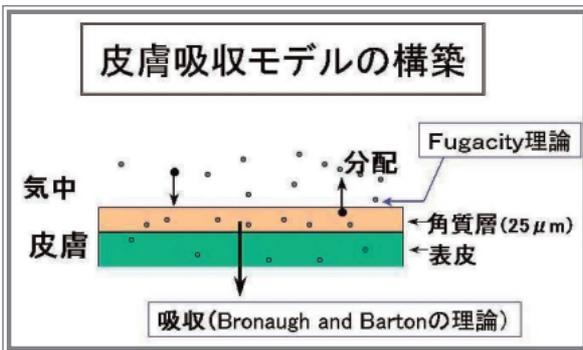
医薬中間体の化合物Aのサンプル製造時に作業者の手、大腿部などにカブレが生じ、製造中断やむなきを得た。前述のリスクアセスメントのステップに準じ、まず「ハザードの特定」を行った。この場合ハザード(有害性)は、化合物Aであることが明らかであったが、確認のため、また、次に行う「用量反応アセスメント」に必要な情報を得るためにモルモットを用いた皮膚感作性試験を実施し、最小作用濃度(0.001%)を得た。次に「曝露アセスメント」に必要な情報を得るために、気中濃度と皮膚付着量の関係を予測した。まず環境中濃度を既存のコンピュータモデルを利用して算出し、得られた気中濃度から皮膚曝露モデルを構築して、皮膚への付着量を求めた(第2図)。

皮膚吸収モデルにはFugacity理論を応用したものと、皮膚から体内への取り込み量では既存のBronaugh and Bartonの理論とを組み合わせ用いた。一方、既存のコンピュータモデルでの気中濃度の予測値と、

第2図 感作性のリスクアセスメント



第3図 皮膚吸収モデルの構築



モデル実験で得た実際の気中濃度との関係が大きく乖離した。このように、モデルで得た気中濃度に比較して、実際の気中濃度が低値を示したため、新たな解決方法が必要とされた(第3図)。

詳細な検討の結果、コンピュータシミュレーションによる予想気中濃度は、発生源からの蒸気が瞬時に拡散すると仮定しているが、化合物Aは、蒸散しにくく、また、分子量から計算して、空気より重いため拡散しにくいことが乖離の原因であることを突き止め、当該事象を考慮したシミュレーションモデルを新たに構築した。当該シミュレーションは、実際の気中濃度測定結果とよく一致し、作業時の取扱い者の皮膚への適用を考えるために必要な気中濃度を予測することができた。

この結果から、化合物Aに関わる適切な取扱い条件を見だし、より安全な条件を設定するに至った。また、当該条件下で実際の作業現場で気中濃度を測定し、皮膚付着量を求め、リスクが軽減したことを確認できた。本手法は数種の取扱い化合物に適用し、作業場環境の測定濃度結果と組み合わせることで、実作業に支障ない作業形態を確保し、また、カブレ事故を未然に防ぐことができた。

生物環境化学研究所における安全性評価法

1. 当研究所で行う試験の概要

世の中で初めて合成された物質の毒性情報は、毒

性試験が実施されていないと入手することはできない。しかしながら、動物を用いた毒性試験の実施は、時間的にも経費的にも容易ではない。当社では、通常、新規化学物質について、作業安全を重視し、基本的な毒性情報を得るためにスクリーニング毒性試験を実施する。これには、急性毒性試験、変異原性試験、皮膚および眼の刺激性試験、感作性試験が含まれ「社内安全5点セット」と称している。いずれも動物を用いる試験であり、GLP(Good Laboratory Practice：優良試験所規範：試験施設の管理運営基準)に則って実施する場合は、相当の期間と費用を要する。また、最終的な登録申請の目的に応じて、GLP試験を必要とする場合も多い。

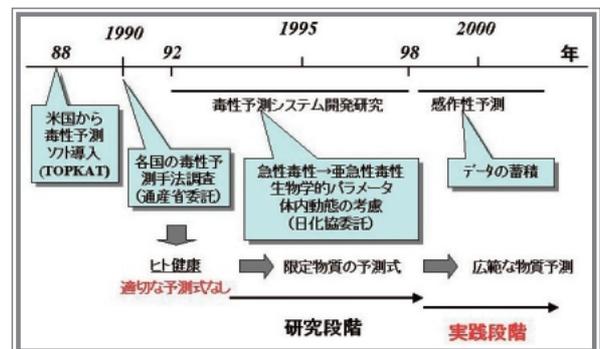
新規化学物質を実際に取り扱う前に上記の「社内安全5点セット」の動物試験を実施し情報を得るのが本来的であるが、研究や工場では、安全性情報を入手する以前に対象化学物質を取り扱わなくてはならない場合も多い。毒性情報が得られない場合は、動物実験を実施する前に、相同性の高い構造を持つ物質での毒性情報を収集し、得られた情報から新規化学物質の毒性の類推、毒性予測を行う。

新規化学物質の取扱いは、毒性情報が未知の物質として最も注意を払い、曝露を防ぐよう保護具を用いるが、実際の作業との兼ね合いで、完全に曝露を防止することが困難な場合がある。いずれの未知毒性物質も同様に毒性があるものとして取り扱うべきではあるが、現実的でない場合も多く、取扱い形態を考える上で、毒性情報を、より早く知るために、毒性予測は欠かせない手法である。

2. 毒性予測法の導入

当研究所では、化学物質の構造から毒性を予測するコンピュータシステム数種を米国から導入し、種々検討を行ってきた(第4図)。いずれも一長一短であり、一つのシステムで化学物質の示す毒性すべてを予知することは、現状ではできない。が、それぞれのシステムの特長を把握し、当研究所で得てきた実際

第4図 毒性予測システムの変遷



のデータを利用し、独自の解析を加味することで、毒性予測の精度をあげることは、可能であると考えた。そこで、感作性について、化学物質の毒性予測システムの検討を行った。

3. 感作性予測システムの構築

ヒトの曝露経路は、経口(口からの摂取)、吸入(鼻からの吸い込み、呼吸)、経皮(皮膚からの吸収)の3種に分けられる。化学物質を体内に取り込む主要経路は、その化学物質の物理化学的性状に依存する。つまり、液体でも不揮発性であれば、吸入経路からの取り込みは比較的少なく、誤って被ることが無ければ、経口や経皮で取り込む可能性は低い。細かい粉体であれば、経口よりも吸入で取り込む可能性が高い。外気を遮断してつま先から頭頂まで覆う「宇宙服」と呼ばれる作業服を着用して作業すれば、たとえ毒性が未知の物質であっても完全に曝露を避けることで影響を小さく、もしくは無くすることができる。しかしこれを着用した場合、行動が制限され作業効率が極めて悪く、また行動が制限されることで逆に危険も大きくなるというジレンマを生じる。通常の手扱いで体内に取り込む恐れが少ない場合は「宇宙服」のような保護具は過剰に防御することになり作業効率を著しく損なうことになるが、たとえ曝露が少ない場合でも感作性いわゆるアレルギー性については注意を要する。

呼吸器や皮膚から体内に侵入した感作性物質は、体内の蛋白質と結合して抗原となり、リンパ球に認識され記憶される。これは感作状態と呼ばれ、このような状態で再び同じ物質に曝露すると、同じ抗原を認識したリンパ球によりアレルギー反応が起こり、皮膚ではカブレなど接触性皮膚炎の症状が引き起こされる。感作が成立するか否かは個人差によるところが大きいが、一度感作状態になると極微量に曝露しただけでも反応が誘発され、しかも感作状態が長期に渡るため、再びその作業に従事することが困難になる。従って、取り扱う物質が感作性を示すか否かは、作業を行う上で大変重要な情報である。当研究所ではモルモットを用いた感作性の動物試験を行っているが、サンプル製造など数回しか曝露しないような毒性未知の化学物質まですべてを試験で確認することは困難であり、また動物試験には数ヶ月間程度を要することから結果を得るまでの時間的な余裕がない場合も多い。しかし1995年以降、社内で作業者のカブレ事故が相次いだため、実際の動物試験を行う前に感作性を予測して、効率よく未然にカブレ事故を防ぐこのとのできるシステムを考案し構築した。

感作性予測の基礎として次の三種類のデータベースを利用している。

- (1) 米国製の毒性予測ソフト(TOPKAT)
- (2) 社内データベース
- (3) 文献データベース

(1)は独自のデータベースを内蔵した米国製のシステムであり、毒性未知の化学物質の構造式を入力すると独特のパラメータと解析法に基づいて感作性の可能性を計算するソフトウェアである(第5図)。

第5図 米国製の毒性予測ソフト(TOPKAT)

TOPKAT(市販ソフト)

Model : Skin Sensit. (GPMT) Non vs Sensitizer (v. 3.1) Model
Submodel : Aliphatics and Single-benzene-ring Cmpds Model

SMILES : CNc1ccc(O)c1
Cmpd Id :

CNc1ccc(O)c1

Submodel : Aliphatics and Single-benzene-ring Cmpds Model
OPS Dimensions = 49
All Validation Criteria Satisfied.
Computed Probability of Sensitization = 0.952
Discriminant Score = 2.995

約300化合物のデータベースから影響する要因を抽出して重み付け → 確率的判断

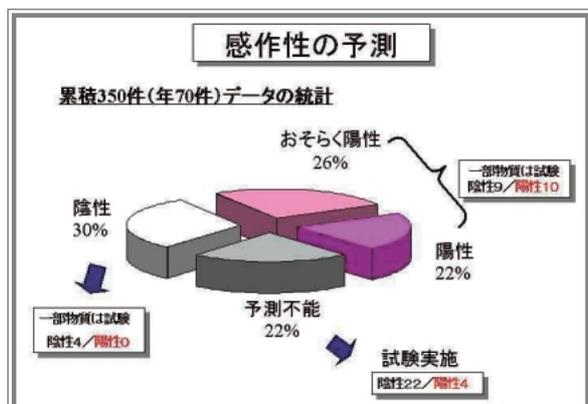
(2)はこれまでに当研究所で実施した感作性試験の情報と文献から得た情報を収集して構築したオリジナルのデータベースである。現在では社内試験実施化合物約1000種と文献から得た約750種の化合物の構造と感作性のデータを蓄積しており、部分構造の検索により類似構造化合物の情報を抽出する(第6図)。

第6図 社内データベース

被験物質名	CHEMISTRY	判定	文献 No
Metol	<chem>Oc1ccc(NC)cc1</chem>	Severe	1-001
N-Phenyl N-a-naphthylamine	<chem>Nc1ccc(Nc2ccc3ccccc3cc2)cc1</chem>	Severe	1-025
n-Octyl pyrrolidone	<chem>CCCCCCCCC1CCN1</chem>	Negative	1-033
Diethyl toluamide	<chem>CCOC(=O)c1ccc(C)cc1</chem>	Negative	1-038
(部分構造)	<chem>CCN</chem>		

(3)は一般の文献データベースより部分構造の検索と感作性についての検索を組み合わせ、類似構造化合物の感作性についての情報を抽出するものである。上記三種のデータベースより得られた結果が一致す

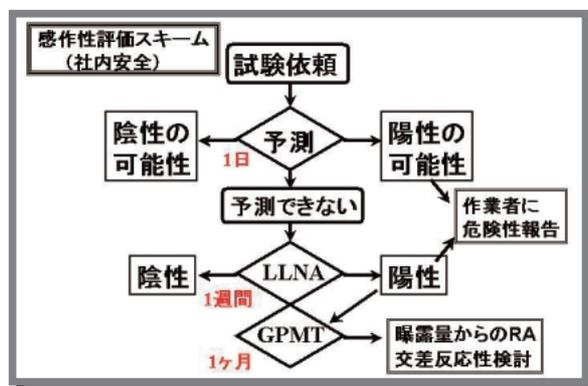
第7図 感作性の予測



るか、また情報の得られた化合物の構造との類似性はどうか、を主な基準として現在までに年間約70化合物、累積で約350化合物の化合物の感作性を予測した。予測の分類は、陽性、おそらく陽性、陰性、予測不能の4種に分けた(第7図)。次にこれまでの予測の結果と、実際に試験で確認されたものとの一致の程度を示した。類似構造化合物のデータが全く得られず予測できなかったものが予測件数全体の22%にのぼるが、そのうち26化合物中の4化合物は感作性試験で陽性であった。陽性あるいは陽性の可能性があると予測されたものは46%であり、そのうち一部について試験で確認したところ半数弱は陰性であったが半数強は陽性であった。陰性と予測されたものは30%で、試験で確認したところすべて陰性であり、陽性であったものは一件もなかった。従って、感作性陽性の化合物については少なくとも、感作性の可能性が否定できない物質、として漏れなく検知することができると考えられる。

カブレ事故を防ぐための取扱いの推奨についてのフロースキームを以下に示した(第8図)。予測の結果が陰性であれば通常の化合物としての取扱いを、陽性あるいはその可能性があると予測されれば適切な保護具の着用などの感作性対策を推奨する。予測不能で

第8図



あれば感作性があるとして取り扱うか、あるいは感作性のスクリーニング試験(Local Lymph Node Assay : LLNA)による確認を推奨する。LLNAの結果が陽性であれば感作性物質として取扱うが、陰性であれば通常の化合物としての取扱いが可能になる。さらに、最終製品や大量に曝露する可能性がある場合などは、モルモットを用いた感作性試験(Maximization Test)により感作性の有無の確認や強さについての検討を行うこともある。LLNAやMaximization Testは、依頼部門と試験実施部門の間でスケジュールなどを改めて緊密に打ち合わせた上で実施される。

曝露が少ない場合でも作業上で大きな問題となる感作性が未知の化合物に対して、以上のような予測システムにより適切な保護具の使用を的確に推奨して、効率よく未然にカブレ事故を防ぐ取り組みを続けている。

安全性調査依頼方法

新規化合物や導入化合物の安全性情報の調査は、前述の「化学品安全性評価システム(TASCS)」に準じ、依頼元から事業部、レスポンスフルケア室の承認を得て当研究所への調査依頼後実施する。従前は、調査依頼書に化学物質名、CAS番号、化学構造式などの必要事項を書き込み、社内メールで各部署の承認を得て、当研究所の窓口である技術企画チームを経てリスクアセスメントチームに情報が送付されていたが、回覧による承認に時間が掛かりすぎ、急ぐ場合には、不適である場合や、依頼の記載事項についての正確な情報の入手が困難な場合もあった。

そこで、社内インフラの整備ならびにイントラネットの普及に伴い、電子メール機能を生かし、調査依頼に必要な情報の共有化ならびに一元化を目的とし、RHINETシステム(Reinforced Hazard Information NETwork)を構築した(1998年)。

当研究所には、安全性調査依頼のみならず、毒性試験の依頼もある。通常、調査依頼が発生の後、安全性情報調査および評価の結果に応じて毒性試験実施の必要性の有無が関連部署により検討される。検討の結果、毒性試験を実施する運びとなった場合に、調査依頼書に記載された情報は、毒性試験依頼でも必要とされる。従って、調査依頼での情報を有効に生かすことができるシステムを形成している。

<安全性調査依頼>

化学品安全性調査(評価)依頼電子システムは、市販アプリケーションソフトエクセルで作成した。化合物情報の入力と調査依頼の2種からなる。まず化合物情報の入力では表示されたダイアログボックスに、依頼担当者の事業部、部署、氏名内線番号を適宜入

力する。入力必須項目である化合物名、CAS 番号、分子量、分子式、開発目的を入力し、OK を押下すると化合物情報の印刷画面に移り、構造式を書き込むことができる。入力した情報は、すべて自動的に化合物情報の書類に反映され、印刷可能となる。

次に化合物情報の印刷書類の画面のOK を押下すると、初期画面頁に戻る。調査依頼のボタンを押下すると、調査依頼のダイアログボックスが表示され、化合物情報で入力した依頼担当者の事業部、部署、氏名内線番号は、自動的に反映される。

依頼目的を入力し、調査水準、調査項目その他を選択し、OK を押下すると印刷画面に移り、安全性調査依頼書に入力した必要事項が反映され、印刷可能となる。

確認後、OK 押下で認証画面に移り、そのまま Outlook の添付ファイルとして送信し、受信者が都度承認することで、調査依頼書の承認情報が順次埋められてゆく。

入力された電子情報は、最終的に受領後の処理で RHINET のデータベースに組み込まれ管理される。現在、過去からの情報を含めて、約 15000 件の化合物情報が蓄積されている。

本電子システムは、1999 年から公開の前述のリスクアセスメントチームのHP 上の化学品安全の項に掲載し、最新バージョンをダウンロード可能で、電子システムの更新にも適宜対応可能としている(第9図)。

第9図 リスクアセスメントチームのHP (インターネット)



おわりに

当社取扱物質ならびに新規合成品、導入品などのヒトの健康影響や環境への影響を予知するには、動物を用いた試験、魚類藻類を用いた試験、細胞を用いた試験などが、現在知り得る情報を入手する手段として欠かせない。遺伝子研究の進展に伴う「トキシコゲノミクス」の概念の発展とその証左が進めば、動物試験を行うことなく、化学物質のヒト健康影響を予知できる時代が近い将来到来することも考えられる。しかし、それを待つ間にも新規化学物質は、世に送り出され、現代人の快適な社会生活を支えてゆく。新たな物質の示す良い影響、悪い影響をいち早く知り、リスク&ベネフィットを天秤に掛けて良い影響を示す物質を可能な限り選定するためにも、安全性試験ならびに毒性予測の結果を用いたリスクアセスメントは継続して実施しなければならない。時代の流れ、技術の発展とともに得られる情報は変化し更新されてゆく。その都度、必要なリスクアセスメントを繰り返し、よりベネフィットに優れた物質を世に送り出す事が、新規化学物質を生産する企業の宿命といえる。

「危険が証明されないものは安全ではなく、安全性を証明できないものは危険」という事を肝に銘じ、予測の精度の向上を更に検討し、事故を未然に防ぐ「化学品安全性評価システム(TASCS)」の充実化を今後も図ってゆく必要があると考える。

引用文献

- 1)CAS ; " Registry file ", STN online
- 2)大竹千代子他「生活と化学 - 化学物質の安全性を考える」(1995)開成出版
- 3)National Research Council/National Academy of Sciences, " Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process "(1983) National Academy Press, Washington,
- 4)「リスクアセスメントハンドブック」(1998)丸善出版
- 5)RIVM Report No.620110007, TNO Report No. V97. 880,(1997)," Assessment Factors for Human Health Risk Assessment : A Discussion Paper "
- 6)澤瀉久方, 岸田文雄, 松尾昌季: 住友化学, 1990 - I , 61
- 7)http://www.accelrys.com/products/topkat/ (2003.4 現在)



中山 由美子
Yumiko NAKAYAMA
住友化学工業株式会社
生物環境科学研究所
主席研究員



中村 洋介
Yosuke NAKAMURA
住友化学工業株式会社
生物環境科学研究所
主任研究員、理学博士



山本 圭介
Keisuke YAMAMOTO
住友化学工業株式会社
生物環境科学研究所
主任研究員



岸田 文雄
Fumio KISHIDA
住友化学工業株式会社
生物環境科学研究所
主席研究員、薬学博士



顕在化する土壤汚染問題と その対応

(株)住化分析センター

営業本部

大悟法 弘 充

西川 浩 一

三原 一 優

井上 芳 夫

環境技術センター

藤本 英 治

Countermeasures for the Soil Environmental Problems

Sumika Chemical Analysis Service
Marketing Division

Hiromitsu DAIGOBO

Kouichi NISHIKAWA

Kazumasa MIHARA

Yoshio INOUE

Environmental Technology Center

Hideharu FUJIMOTO

The social request to the concern of healthy influence and the establishment of countermeasures by soil and groundwater pollution has been strongly desired. Based on those situations, the “Soil Contamination Countermeasures Law” about grasp of the situation of soil contamination and prevention of the human healthy influence by soil pollution etc. was enforced. It makes fairly obvious that countermeasures to cope with polluted soil will be further reinforced in the future, which in turn will variously affect related businesses and companies. We introduce about investigation technology and countermeasures of soil contamination and about activities on these businesses in SCAS, Ltd.

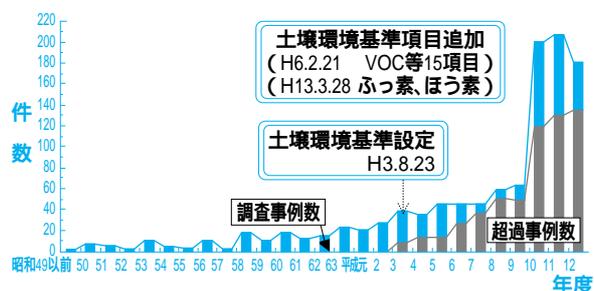
はじめに

大気と水の汚染問題の重要性は1960年代以降の公害問題を通じて広く認識されてきたが、土壤・地下水汚染は目に見えないこともありその重要性については認識がまだ十分ではなく対策が遅れていた。地上と異なり地中では汚染物質が蓄積しやすく、自然の浄化力には多くを期待できず、現実の対策工事では大きな費用と長期間を要することから深刻な問題と言える。これら土壤と地下水の両方の問題を一括して地盤環境問題と呼ばれることが多い。

国が発表している調査結果によれば2000年度（平成12年度）までに547件の土壤汚染が報告されている。これは環境省が自治体に対して行っているアンケート調査の集計結果であり第1図に示す。

最近に至り、日本では水質汚濁防止法の改正や環境マネジメントシステムの普及などにより地盤環境問

第1図 年度別の土壤汚染判明事例



出典 環境省水質保全局：
「平成12年度土壤汚染調査・対策事例及び対応状況に関する調査結果の概要」(2002)

題に対する認識が高まりつつあり、2002年5月には土壤汚染対策法が制定された。多くの先進工業国においても土壤汚染箇所が非常に多いという点では意見が一致しており、日本も例外ではないとされている。しかしながら土壤や地下水の汚染の全貌は把握されて

いないのが実情である。

本稿では土壌・地下水汚染の状況、新しく制定された土壌汚染対策法、土壌汚染の調査技術とその対策方法などについて述べ、併せて当社の取組みを紹介する。

土壌汚染とは何か

土壌汚染対策法により規定される対象物質（特定有害物質）は、これらが土壌に含まれることに起因して人の健康に係わる被害を生ずる恐れがあるものとして鉛、ひ素等の重金属等、トリクロロエチレン等の揮発性有機化合物等、合計 25 物質（アルキル水銀は総水銀に含めた）が指定されている。各物質に設定された基準値を超えて有害物質が存在すれば「汚染がある」と判断される。

第 1 表 土壌環境基準

	対象物質	基準値等	備考	
重金属等	カドミウム	0.01mg/l		
	全シアン	検出されないこと		
	鉛	0.01mg/l		
	六価クロム	0.05mg/l		
	砒素	0.01mg/l		
	総水銀	0.0005mg/l		
	アルキル水銀	検出されないこと		
	セレン	0.01mg/l	土壌環境基準	
	ふっ素	0.8mg/l		
	ほう素	1mg/l		
	農業等	有機燐	検出されないこと	
		PCB	検出されないこと	
		チウラム	0.006mg/l	
		シマジン	0.003mg/l	
		チオベンカルブ	0.02mg/l	
揮発性有機化合物		ジクロロメタン	0.02mg/l	
		四塩化炭素	0.002mg/l	
		1,2-ジクロロエタン	0.004mg/l	
		1,1-ジクロロエチレン	0.02mg/l	
		シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/l	
	1,1,1-トリクロロエタン	1mg/l	土壌環境基準	
	1,1,2-トリクロロエタン	0.006mg/l		
	トリクロロエチレン	0.03mg/l		
	テトラクロロエチレン	0.01mg/l		
	1,3-ジクロロプロペン	0.002mg/l		
含有試験	ベンゼン	0.01mg/l		
	水銀	15mg/kg		
	カドミウム	150mg/kg		
	鉛	150mg/kg		
	ひ素	150mg/kg		
	六価クロム	250mg/kg	土壌含有基準	
	ふっ素	4,000mg/kg		
	ほう素	4,000mg/kg		
	セレン	150mg/kg		
	シアン（遊離シアンとして）	50mg/kg		
	ダイオキシン類	1,000pg-TEQ/g	土壌含有基準	

現在のところ特別の規制はないが、この他にも油汚染なども見逃すことはできない。

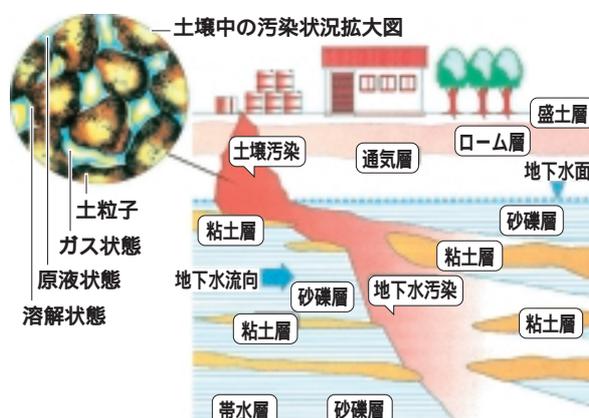
汚染のメカニズムについて

重金属による土壌・地下水の汚染は、それらの物質を保管・使用していた施設からの漏洩や、ばい煙の降下、不適正な排水の地下浸透、または廃棄物の埋立処分等により発生する。一般に地下に浸透した重金属は、水に溶けにくく土壌に吸着されやすいため、表層土壌に集積し、深部まで拡散しないことが多い。土壌の種類によっては同じ重金属でもイオンに対する吸着能は異なるが、一般的には水銀、鉛、カドミウム等、陽イオンは土壌に吸着されやすく、移動しにくい。一方、六価クロム、ひ素等、陰イオンは土壌に吸着されにくいため、移動しやすく、深部へ浸透すると考えられている。

揮発性有機化合物による土壌・地下水汚染では、使用や処理の過程での不適切な取扱いが汚染の要因のひとつとして考えられており、揮発性有機化合物を含む汚泥の不適正な埋立て処分も、土壌・地下水への浸透経路としてあげられる。また、原液状のままの廃溶剤や、ドラム缶に入れた廃溶剤が不法投棄されたことを原因とする事例も多い。

汚染源から流出して土壌中に浸透したこれらの物質は、一部は土壌間隙中に保持され土壌汚染を引き起こし、表層土壌では空気中に揮発しやすい。また、粘性が低く、比重が水より大である場合が多いため、透水性の高い地層中を浸透して地下深部に到達しやすい。不飽和帯を降下した原液は、地下水面に到達した後、一時的に地下水面付近に滞留することもあるが、地層の間隙が大きい場合は帯水層中を降下して、粘土層等の不透水層の直上に停滞して地下水中に溶出し、地下水汚染を引き起こす（第 2 図）。

第 2 図 土壌汚染のメカニズム



出典 中島 誠：「汚染地質と汚染メカニズム」、土壌・地下水汚染対策欧州視察団編「地下水問題とその解決法」環境新聞（1999）

土壤・地下水汚染の状況

1. 日本における土壤・地下水汚染問題

わが国は戦後、工業化に基づく高度経済成長を続け、景気の変動や石油ショックなどを経験しながらも急速な発展を遂げた。しかし高度成長に伴い公害問題と呼ばれる環境汚染が発生し大気や水を中心に改善が進められてきたが、土壤や地下水については日常的には我々の目に触れにくいために、関心をもたれることが一般的には少なかった。

しかし、土壤・地下水汚染問題は明治時代以降、しばしば発生し、人や農作物への被害が社会問題となり、その解決に非常に長い時間が費やされてきた事例がある（第2表）。

第2表 土壤汚染が社会問題化した事例

渡良瀬川流域	
1880年	渡良瀬川の魚は有害であるとして捕獲禁止。その後、洪水にあった流域で農作物の被害が発生（足尾鉍毒事件）。
1891年	田中正造代議士が政府に損害補償と将来の予防を要求。
1958年	銅鉍山の堆積場が決壊し主に金属イオンを含む鉍毒水が水田に流入、水田の汚染により作物の収穫が減少。
1972年	農用地土壤汚染防止法により銅が特定有害物質に指定された。
1973年	足尾銅山閉鎖
神通川流域	
1920年	神通川流域の水田で銅や亜鉛による農作物被害が発生。
1922年	奇病が発生（イタイタイ病）。
1925年	再び農作物被害が発生。
1968年	イタイタイ病の主な原因は鉍業所排水中のカドミウムが米に蓄積されたことにあるとの発表。
1970年	食品衛生法により米に含まれるカドミウムの基準が設定された。
1971年	イタイタイ病裁判で原告勝訴
土呂久地区（宮崎県）	
1920年	鉍石の採掘に伴う排煙中の砒素による健康・農作物被害が発生。
1962年	鉍山閉鎖。
1971年	砒素中毒による健康被害が発表され、農地に蓄積された砒素が問題化。
1975年	農用地土壤汚染防止法により砒素が特定有害物質に指定された。

第3表 日本における地下水の利用状況

	(水量単位: 億m ³ /年)			
	地下水量 (a)	表流水その他 の水量(b)	全水量 (c=a+b)	地下水依存度 (a/c)%
工業用	26.9	73.1	101.0	27
上下水道用	36.4	132.7	169.1	22
農業用	38.8	550.0	588.8	7
その他(建築物用)	9.6	-	-	-

また日本における地下水利用は戦前は飲料水源などとしての依存が多かったが、戦後は上水道の普及とともに、その役割が低下してきた。地下水そのものは、大都市での地盤沈下が深刻な問題となり汲み上げ規制が強化されることはあったが、地下水汚染の有無には関心が払われてこなかったのが実情である。

第3表に、日本における地下水の利用状況（平成14年版環境白書）を示す。

2. 顕在化する市街地の土壤汚染

従来は農作物への影響と食物連鎖による人の健康に被害を及ぼすという観点から、日本における土壤汚染問題は農用地における発生が中心であった。このため1970年には農用地の土壤の汚染防止等に関する法律が制定され、これに基づき対策地域（67地域、6,266ha）が指定された。計画に基づく調査対策が進められ最近では新たに汚染が判明することは少なくなっている。

しかし逆に近年問題視されているのは、むしろ市街地における土壤汚染問題である。市街地の土壤汚染は事業場等の私有地であったり、その範囲も局所的汚染であることが多いため顕在化することが少なかったとされている。生産活動過程で使用される原材料や化学物質に対する認識の高まりや、事業場の移転とその跡地の再開発あるいは土地取引などの動きとが相俟って市街地における土壤・地下水汚染に対する関心が高まりつつある。

産業活動に伴って発生したとされる土壤・地下水汚染のうち話題となった事例を第4表に示す。

第4表 市街地における土壤・地下水汚染の事例

東京都江東区 六価クロム汚染	工場が発生したクロム鉍毒を埋立てた土地を都が購入し、住宅地として開発後に土壤汚染が発覚。対策費用は200億円以上と推定され、そのかなりの部分を工場が負担したとされている。
千葉県君津市 (半導体工場)	半導体工場付近の井戸から揮発性有機化合物が検出され、調査の結果、主な原因が工場にあることが判明した。ハイテク汚染の典型的な例であり、工場側は調査・対策費の大半を負担し住民への補償金を支払った。
広島県福山市 (化学薬品工場跡地)	工場跡地を再開発計画中に汚染が発見され、再開発が中断した。主に重金属・PCBによる汚染とされており、メ-カ-は汚染修復費として100億円以上の特別損失を計上した。
東京都八王子市 (農業工場跡地)	工場を閉鎖後、跡地利用に向けた自主調査により無機水銀による土壤汚染が判明。汚染土壤に水蒸気を加えて水銀を加熱気化させ分離・回収する方法が採用された。費用は70億円と報じられ、汚染濃度や工事状況が周辺住民へ開示されている。

3. 海外における土壤・地下水汚染の状況

日本における土壤・地下水汚染問題を考える場合、

同様の問題に取り組んでいる諸外国の実態が参考になる。以下にその一部を述べる。

ドイツは環境問題の先進国と言われ土壌や地下水汚染問題への取組みが早い時期から行われた。州毎に独自の「土壌保護法」が作られ計画的な調査や修復作業が行われてきた。1998年には「連邦土壌保護法」が作られ、連邦レベルで統一された。汚染基準等、各州に委ねられる部分も多い内容とされている。また旧東ドイツに存在していた軍事施設等での汚染問題が大きいのもドイツにおける特徴の一つとされている。「連邦土壌保護法」では閉鎖された廃棄物処分場や事業所で人の健康や環境に有害な影響を与える箇所が同法での規制対象になる。飲料水の70%を地下水に依存することもあり、地下水を含め河川、湖沼等の利用は厳しく管理されている。ドイツは1997年から土壌汚染に関する全国調査を開始し1998年現在、汚染の可能性のあるサイトは238,027箇所とされている。

オランダは産業界と政府が土壌汚染問題に関する協定を結び、産業界が汚染箇所の調査や浄化対策等に自主的に取り組んでいる。同国の土壌汚染に対する取組みは、1962年に「地下水の水質保全に関する委員会」にて土壌保護の重要性が報告されたことに始まる。1982年には「暫定土壌浄化法」が制定され、その後1994年には「土壌保全法」が制定され、汚染原因者だけではなく土地所有者に対しても浄化命令が出されることになった。この「土壌保全法」は農地にも適用され、汚染の可能性のあるサイトはオランダ国内で17万箇所を超えるとされている。

フィンランドでは1988年の議会報告を端緒に、国が中心となり全国的な土壌汚染についての実態調査を行い、「サマセ・プロジェクト」と称される長期的な方針・計画を策定して取組みが進められている。この調査結果では10,400箇所に土壌汚染の可能性があると登録されたが、さらに登録されなかった小規模汚染を含めると25,000箇所に達するとされている。「サマセ・プロジェクト」は「過去の汚染は浄化すべきであり、新しい汚染の発生は防止する。過去の土壌汚染のつけを次世代に回さない」ことを基本としている。

アメリカでは「ス・パ・ファンド法」が有名である。これにより土壌汚染の原因者だけでなく有害物質の発生者や輸送者にも責任を課し、汚染浄化のための基金設立や目的税の徴収を定めている。同国における土壌・地下水汚染の半数は有機溶剤によるとされており、1980年代に表面化したシリコンバレーの半導体工場周辺での地下水汚染はハイテク汚染の典型的な例である。この他にはガソリン等が地下貯蔵タンクから漏洩したことによる汚染も多いとされている。「ス・パ・ファンド法」はラブカナル事件（廃棄された有機化合物類による汚染と健康被害の発生）を契

機として制定された。正式名称は総合環境対策補償責任法（CER-CLA/Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act of 1980, 1986年に修正）であり、連邦政府が巨額の浄化対策費用を基金として保持していることから、一般的に「ス・パ・ファンド法」と称されている。

4. 汚染サイト数の推定

水質汚濁防止法改正や環境マネジメントシステムの普及により、土壌・地下水汚染に対する関心は高まってきているが日本における汚染箇所の全貌は把握されていないのが実情である。そうした中で既存の資料や統計を用いて「土壌汚染診断が望まれる事業所・跡地数」の推定が1998年に試みられ約44万箇所と報告されている。これは産業別事業所数の合計から統計に含まれていない事業所を加え、汚染の可能性がないか、あるいは取組みが進んでいると考えられる事業所数を差し引いた結果とされている。従って、この数値が汚染事業所・跡地数ではないことは勿論である。しかしながら汚染の可能性が不明な学校、病院、基地、港湾、空港、鉄道施設などを加えると数字はさらに膨らむことになる（第5表）。

この潜在汚染箇所数の海外との比較は第6表のとおり先進工業国での汚染サイトは、かなりの数になると推定される（発表機関や時期により異なる）。

第5表 土壌汚染診断が望まれる事業所・跡地の推定

事業場の種類	事業場数	備考
全製造工場（稼動中）	387,645	産業別デ・タ集計（注1）
同上中汚染が考えられない産業の工場	90,507	食料品、衣服等、装飾品（注1）
大規模製造工場	1,850	従業員500名以上（取組みが進んでいると考えられる）〔注1〕
ガソリンスタンド	60,421	（注2）
クリ・ニング作業所	24,700	（注3）
代表的な理化学系研究所	392	（注4）
産業廃棄物中間処理施設・最終処分場	13,705	（注5）
最近閉鎖された製造工場	48,352	最近5年以内（注1）
同上大規模製造工場	100	従業員500名以上（取組みが進んでいると考えられる）〔注1〕
汚染診断が望まれる事業所・跡地	442,758	（注6）

注1；通産省調査統計部「工業統計表、同速報」従業員4名以上の産業別統計事業所数（1995）

注2；資源エネルギー庁石油部流通課資料（1994）

注3；全国クリ・ニング環境衛生同業組合連合会会員数

注4；日本の研究所・日刊工業新聞社1986年

注5；厚生白書（平成9年度）より、自社処分場は含まれていない

注6；学校、病院、基地、港湾、空港、鉄道施設は含まれていない。汚染の対象物質は土壌環境基準による

第6表 土壤汚染サイトの推定比較
(出典 JASERA*パンフレット)

国名	潜在汚染箇所数	出典
アメリカ	約217,000	アメリカ環境保護局 (今後浄化が必要なサイト)
ドイツ	約300,000	ドイツ環境庁
オランダ	約110,000	土壤保護委員会
日本	約440,000	インタ-リスク総研 (調査が望まれるサイト)

JASERA* ; 日本地盤環境浄化推進協議会
(通称JASERA、設立1998年)

土壤汚染対策法の概要

1. 従来の制度

これまで地下水汚染に対しては「水質汚濁防止法」が平成元年(1989年)に改正され、有害物質の地下浸透が禁止された。さらに平成8年(1996年)の改正では地下水汚染の浄化命令の規定が設けられた。浄化命令は基準を超える地下水汚染があるだけでは発動されず、その地域にて地下水の飲用等(災害時の水源井戸等)がある場合に限って発動されることになっている。一方、土壤については農用地を除き汚染対策を定めた法律は存在しなかったが、自治体レベルでは土壤汚染を規制する条例が増えている。「平成14年版環境白書」によれば217自治体が条例にて規制している。

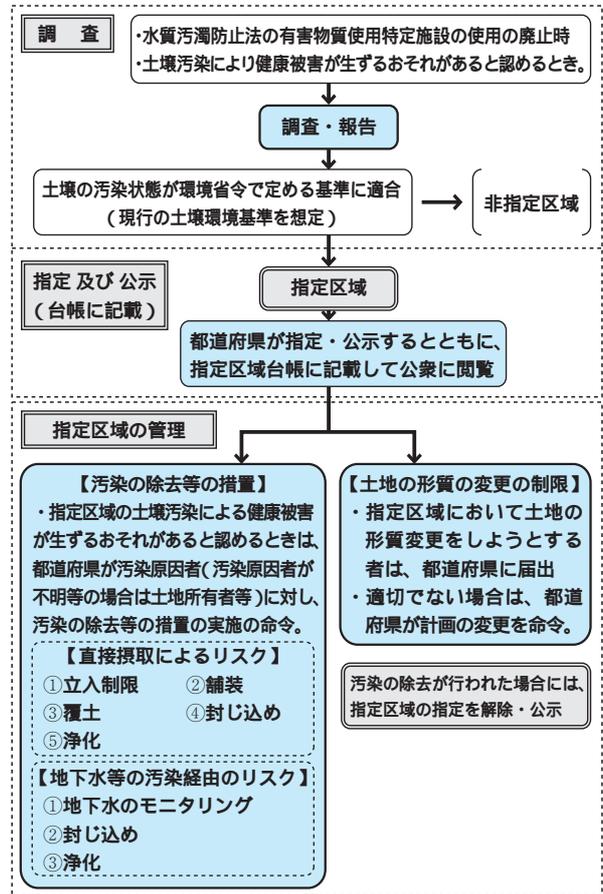
また環境省がガイドラインとして、「土壤・地下水汚染に係る調査・対策指針」を定めており、これに基づき汚染調査や対策が行われることが多かったが、調査・対策の義務を課していたわけではなかった。

2. 土壤汚染対策法の制定

以上の背景の下、我が国では2000年12月から「土壤環境保全対策の制度の在り方に関する検討会」にて検討が進められ、「土壤の含有量リスク評価検討会」が2001年8月にまとめた考え方も踏まえて同年9月に中間とりまとめを行い、10月に中央環境審議会に対し「今後の土壤環境保全対策の在り方について」の諮問が行われた。この結果、平成14年1月(2002年)に同審議会からの答申がなされ、同年2月に法案が国会に提出された。こうした経緯にて、日本では画期的と言える「土壤汚染対策法」が出来上がった。公布は平成14年5月29日(2002年)、施行は平成15年2月15日(2003年)となった。環境省によれば、『土壤汚染対策に関する法制度がないことから土壤汚染による人の健康への影響の懸念があり、対策ル-ルの確立を求める社会的要請が強まっていた』とされており、統一的なル-ルが初めて出来上がったことになる。

平成14年1月25日の中央環境審議会答申「今後

第3図 土壤汚染対策法の概要



の土壤環境保全対策の在り方について」中に記載されている全体イメージを示す(第3図)。

3. 土壤汚染対策法の特徴

土壤汚染対策法の大きな特徴として次の3点をあげることができる。

- ・ 汚染原因者ではない土地所有者にも、調査・対策義務を課した
- ・ 規制対象となる汚染地は限定される
- ・ 法の目的を人の健康保護に限定した

(1) 土地所有者責任の原則

汚染原因者ではない土地所有者に、調査・対策義務を課した点は今回の法制定での最大の特徴である。土地所有者に義務を課すことは諸外国においても例があるが、原因者が明らかである等の場合には原因者に措置命令が出されるが、それ以外は土地所有者に命令が出されることになっている。このため、原因者であることの証明が不十分なまま、原因者であるとして措置命令が出される場合が生じる。原因者とされた者が、原因者ではないとして行政訴訟を起こす事態も予測される。

諸外国では汚染が判明した段階から所有者の対策義務を課していることが多いのに対して、土壤汚染対策

法では汚染を引き起こしたわけでもない所有者が対策義務だけではなく、調査義務も負うことになる。

(2) 規制対象となる汚染地の限定

調査の契機は、a) 有害物質を使用する特定施設を廃止するとき、b) 調査命令が出されたとき、の二つに限定されている。従って汚染があれば規制するのではなく、調査契機に該当すれば規制する形となっているため、汚染があっても調査契機に該当しなければ規制対象にならない場合がでてくる。

ここで調査契機に該当した場合にとるべきステップは、① 指定調査機関が調査・報告、② 指定区域に指定(公示・台帳) ③ 措置命令あるいは土地の形質変更を規制、と定められている。

(3) 法の目的は人の健康保護

法の目的は国民の健康保護とされているため、人以外の生物への影響は考慮されていない。また、従来から問題とされている例として油による土壌汚染がある。これは油の中にベンゼンがあれば特定有害物質として規制の対象となるが、油そのものは対象ではないため油臭いというだけでは法による規制は行われないうことになる。

健康被害の防止の観点から有害物質の基準値設定には直接摂取(例えば子供が土を口に入れる、土ぼこりを吸う、皮膚から吸収される)と地下水摂取(汚染物質が地下水に溶け出し、その地下水を飲む)の二つの曝露経路が考慮されている。

4. 法による規制の概要

(1) 調査の契機(特定施設を廃止時)

① 調査義務

水質汚濁防止法の特定施設であって、有害物質を扱っていた施設を廃止した場合は、120日以内に指定調査機関に汚染調査をさせて、その調査結果を都道府県に報告しなければならない。この場合の調査義務者は施設設置者(工場主)であるが、土地所有者が別に存在する場合、廃止の届出を受けた都道府県は所有者にその旨を通知することになっている。この場合には通知を受けた所有者にも調査義務が生じる。

② 調査義務がない場合

有害物質使用の特定施設を廃止した場合でも以下のいずれかに該当する場合には調査をしなくても良い。

- ・ 工場・事業場をそのまま継続して使用する場合
- ・ 別の工場・事業場として利用し、一般人が立ち入ることが出来ない場合
- ・ 居住兼用であり、引き続き居住する場合
- ・ 鉱山保安法に基づく命令の対象となるサイト

これらの場合は、都道府県に申請して確認を得る

必要がある。

③ 小規模サイトの特例

周辺に地下水の飲用がない面積が300m²以下の土地の場合は曝露経路としての地下水摂取の観点から調査が不要とされる小規模サイトの特例が設けられている。これは小規模クリーニング店を想定した特例とも言われている。

④ 調査対象物質

調査が必要な物質はそこで使用されていた物質が対象であり、基準値が設定されている全ての物質ではない。ただしテトラクロロエチレンのように土中での脱塩素化により分解が進む有機塩素系化合物の場合にはその分解生成物も対象とする必要がある。

⑤ 調査方法

調査密度は、有害物質の使用履歴別に三区別されて決められている(第7表)。

第7表 調査密度

区 分	調査密度
事業に使われていない等、汚染の恐れがないと認められる土地	調査不要
有害物質を取り扱っていない等、汚染の恐れが小さいと認められる土地	900m ² に1点
上記以外の土地	100m ² に1点

重金属等、農業等は表層土壌の調査を行い判定される。揮発性有機化合物は最初に表層土壌ガス調査を行い、ガスが検出された場合は、汚染ありとして調査を終了するか、あるいはさらにボ-リングを行い基準値超過の有無を調査してもよい。

(2) 調査の契機(調査命令による)

汚染を引き起こす可能性と健康被害を引き起こす可能性の両方がある場合には調査命令が出される。その場合には次の三つの要件をすべて満たすこととされている。

① 汚染を引き起こす可能性がある

② 次のいずれかに該当すること

- ・ 溶出量基準を超える可能性がある場合は、地下水汚染が生じており、地下水の飲用があること
- ・ 含有量基準を超える可能性がある場合は、一般人が立ち入りできること

③ 汚染対策が行われていないこと(あるいは「鉱山保安法」に基づく命令の対象となるサイトではないこと)

(3) 汚染の公開

調査の結果、基準値を超過した場合は「指定区域」として指定され、都道府県の広報に掲載される。また「指定区域台帳」に記載され、一般に公開される。

その後の汚染対策の結果、基準値以下になれば台帳から削除される。この場合に封じ込めや盛土などにより対策を行ったときは、汚染物質は残っているため台帳から削除されない。

(4) 対策の措置命令

① 措置命令の要件

指定区域台帳に登録された場合であっても措置命令が出されるとは限らず、健康被害を引き起こす可能性がある場合に限定されている。

② 措置義務者

措置命令は土地の所有者等（所有者、管理者、占有者）に対して出されることになっており、次の全てに該当する場合は、命令は所有者ではなく汚染原因者に出される。

- ・汚染原因者が明確である
- ・汚染原因者が措置を講ずることが相当である
- ・所有者に異議がない

③ 実施する措置の概要

< 溶出量基準を超過する場合 >

- ・地下水汚染が生じていない場合は、地下水モニタリングだけを行えばよい
- ・地下水汚染が生じている場合は原則として次の対策を行う（第8表）

第8表 溶出量超過時の措置対策

	基準の10倍以下	基準の10倍超過
重金属等	原位置封じ込め	
揮発性有機化合物	原位置封じ込め	汚染土壤の除去
農業等	原位置封じ込め	汚染土壤の除去 または遮断工封じ込め

< 含有量基準を超過する場合 >

- ・原則として盛土
- ・盛土では居住に不都合があるときは、土壌入換え
- ・乳幼児の遊び場等であって、土地の形質変更が頻繁に行われるものは、土壤汚染の除去
- ・上記にかかわらず所有者が求めたときは立ち入り禁止や舗装でよい

(5) 指定調査機関

環境大臣は汚染調査の信頼性を確保するため、技術的能力を有し、財政的に安定した事業者を指定調査機関として認定することになっており、法に基づく汚染調査の実施は指定調査機関に依る調査に限定される。

5. 土壤汚染対策法が企業に与える影響

土壤汚染対策法は汚染地あるいは汚染のおそれがある

土地の全てに適用されるわけではないが、規制の対象外であることを理由に企業のリスクがなくなるわけではない。法で規制を受けるものは一部に過ぎず、社会規範から逸脱すれば信用の失墜など社会的制裁を受けることになる。今回は法の制定によりルールが明確となったが、法規制の対象ではない場合にも影響が出てくると思われる。従来からの流れである汚染に関する情報開示と適切な対策を取るべきという社会要請がますます強化されると考えられる。土地の売買に際しては買主が従来以上に土壤汚染を警戒することになり、売主の責任を追求する度合いが増大化する。法の対象外であっても損害賠償に関わる問題が顕在化することが予想される。

その他、企業に与える影響は次のようなことが挙げられる。

- ・汚染調査・措置費用の負担
- ・資産価値への影響
- ・民事責任の追及
- ・社会的責任の強化
- ・企業イメージへの影響

土壤汚染調査の技術

当社が汚染調査を受託実施の際には、事前に資料等調査（Phase1とも呼ばれる）を行い、土地の使用履歴、過去の有害物質等の使用履歴などを調べ、それに基づく調査計画を提案することになっている。これにより施主の調査目的と受託調査機関である当社の認識の一致を図る。汚染が発見された場合は一次調査のみでは完了せず、二次、三次と継続することも必要となるが、これらの場合には、汚染場所と非汚染場所を細かく区別して、処理対策を要する土量を最小化限定した後に対策を実施する。また、土壌に加えて、地下水の水理試験等検討も行い、総合的な汚染機構解明及び浄化検討を実施する。この場合には、調査地点数が増加あるいは追加調査が発生することとなり一時的に調査費用も増加する。しかし、対策工事の費用に比べれば調査費用ははるかに少ないため、汚染機構を解明して、対策を要する土量を最小化することは経済的にも大きな意味があり、有効かつ合理的な進め方となる。

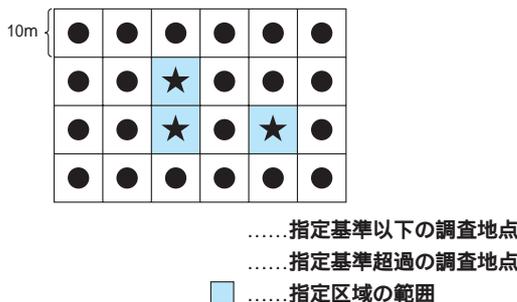
1. 調査方法の概要

次に、実際に行われる調査方法を以下に述べる。調査を行う上で重要となる調査地点の選定方法が土壤汚染対策法では詳細に規定されている。調査対象敷地の最北地点（複数ある場合はそのうち最も東にある地点）に起点を設け縦横に平行に10m間隔のグリッド線をひき、1区画が100m²となるように単位区画を設定する。この単位区画につき1地点以上調査を実施する方法は、8割以上の確率で汚染が発見できる方法であると過去の調

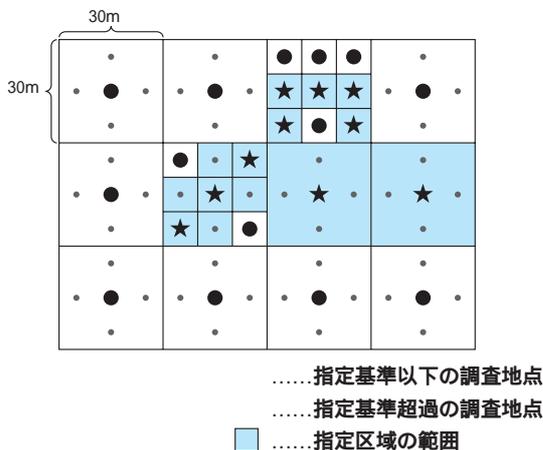
査経験 から考えられている。土壌含有量調査、土壌溶出量調査及び土壌ガス調査の各調査とも100m²に1地点以上の割合で調査地点を均等に選定することを基本としている。ただ実際には地下ピット、タンク等がある場合には先に述べた割合では調査できないケースもあり、運用面での対応が必要となる。なお、事前の資料等調査により都道府県知事が確認の上、第7表に挙げる調査密度にて調査を実施することができる。汚染の可能性が小さいと認められる土地について適用される、調査密度が900m²に1地点の割合で調査を行う場合は、対象範囲を原則として単位区画9区画(900m²)とし各区画の中央を採取地点とする。この際、揮発性有機化合物以外の物質については1調査地点につき5地点均等混合法(中心及び中心からの東西南北方向に10mの地点の5箇所)により調査を行う。なお、指定区域の指定に係る基準を超過した区画については、指定区域の範囲を更に絞り込むための他の4区画について各区画の中央を採取地点とする。第4図及び第5図にイメージ図を示す。

平成12年度土壌汚染調査・対策事例及び対応状況に関する調査結果(環境省環境管理局水環境部)

第4図 100m²の格子状にした区画面と指定区域について



第5図 900m²の格子状にした区画面と指定区域について

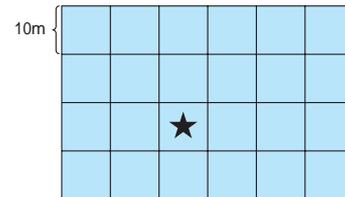


また、土壌汚染対策法では『調査対象地の単位区画又は複数の区画において指定基準を超過し土壌汚染

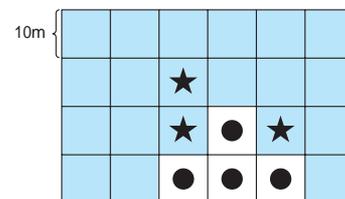
の存在が明らかとなった場合は、その時点で土地所有者等が調査していない区画を含めて指定区域として良いと希望する場合には、調査の効率化及び調査費用の低減化の観点からその選択を認める』とあるが、このようなケースは稀であり、実際には汚染区画を絞り込み指定区域はなるべく小さくすることが現実的であろう。参考に第6図に事例を示す。

第6図 土壌汚染状況調査における土地所有者の選択例

ケース1: 最初の1区画で汚染が判明して調査を終了した場合



ケース2: 何区画か調査した後に調査を終了した場合

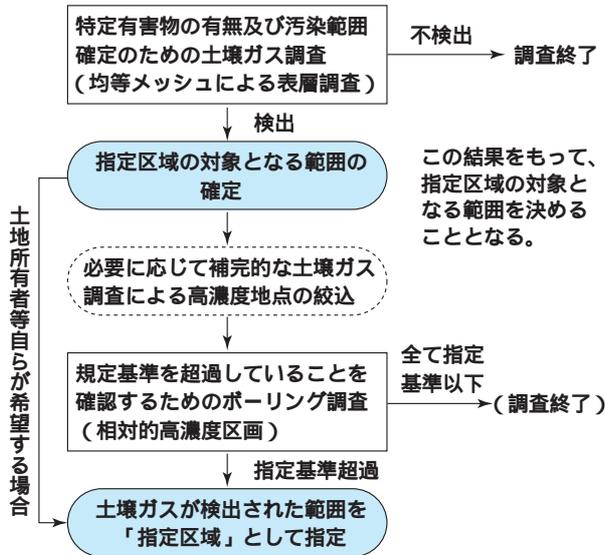


..... 指定基準以下の調査地点
 指定基準超過の調査地点
 ■ 指定区域の範囲

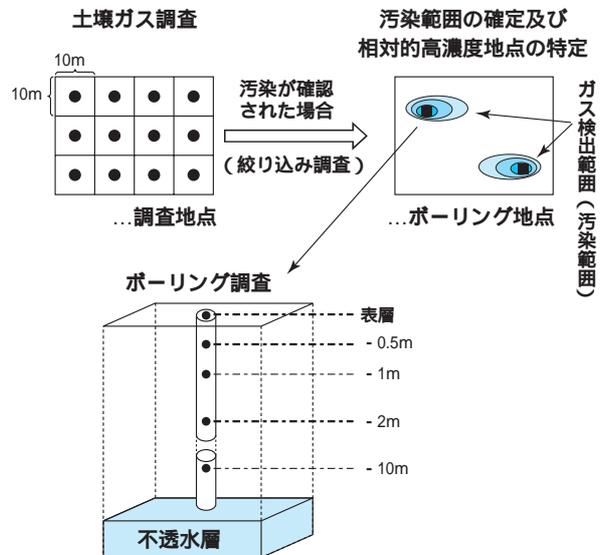
2. 揮発性有機化合物の土壌汚染状況調査と指定区域の指定

重金属等、農業等については表層土壌を採取して汚染の有無を調査する。揮発性有機化合物は第7図に示す手順フローにより調査が進められる。揮発性有機化合物の特性である揮発性を利用して、まず、表層において土壌ガス濃度を測定することにより土壌中の特定有害物質存在の有無を確認するとともに、汚染の平面的な範囲を確定する。(地下水面が浅い場合は地下水を測定する。)汚染の存在が確認された場合には、土壌ガス濃度が相対的に高い区画にてGL-10m若しくは帯水層下端部までボーリングを行い、土壌中の特定有害物質の溶出量が指定基準を超過していることを確認して指定区域として指定する。なお、表層の土壌ガス調査により特定有害物質が検出され、土地所有者等が比較的低コストでの調査を望む場合には、土壌ガス調査の結果のみで指定区域として指定することができる。ただし、表層ガスがごく微量で検出される場合でも、土壌中の特定有害物質の溶出量が指定基準を満足するケースもあり得るので注意が必要である。このように表層ガスが検出されても、溶出量が指定基準を満たしている場合には、当該地は、指定区域にはならない。調査及び汚染範囲のイメージ図を第8図に示す。

第7図 調査から指定に至る手順フロー



第8図 調査及び汚染範囲のイメージ図



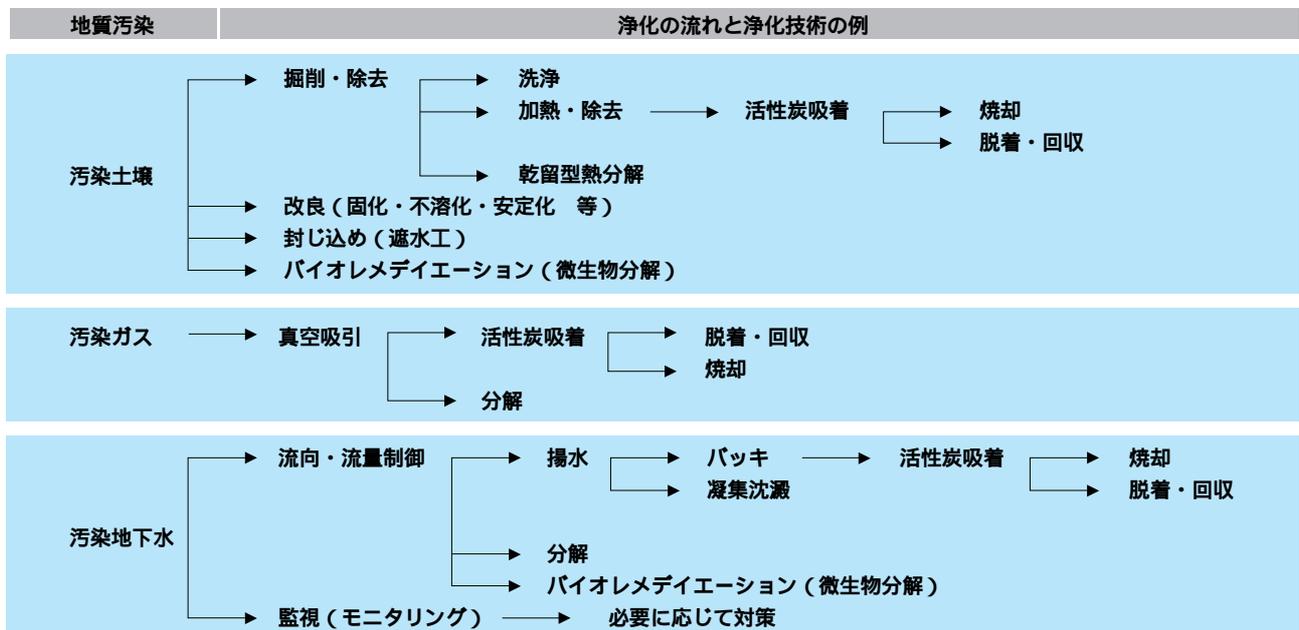
土壤汚染対策技術

汚染調査の結果として汚染土壤の処理対策が必要となる場合がある。この処理対策は一般的には浄化、修復、土壤改良などと呼ばれているが、処理すべき土量が多い場合、汚染が地下深くに存在する場合、あるいは地下水を汚染している場合などは、大規模の土木工事になってしまう。当社では調査結果に基づき複数の対策方法を提案し、要する費用と時間の両面からの比較検討を出来るように取組んでいる。ここでは紙面量の都合により、浄化技術例の概要を以下に示す。

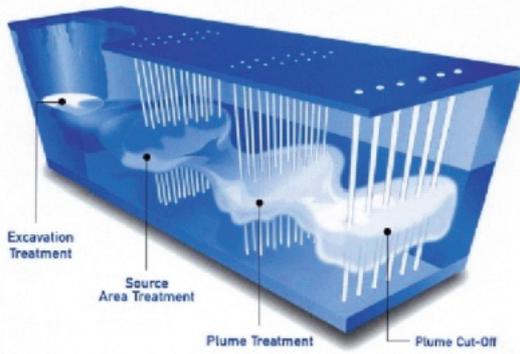
これまでのところ、浄化技術については第9図にあ

げるフローが概ね確立されているが、この中で現在、当社が特に注力している例に、揮発性有機化合物による汚染地下水に対する浄化技術としての、酸素除放剤 (Oxygen Release Compound ; ORC) と水素除放剤 (Hydrogen Release Compound ; HRC) を地下水層に注入して好気性あるいは嫌気性の自然浄化能力を高める技術がある。この手法は半年から1年の浄化期間を要するがランニングコストがかからず、一度注入すればかなりの効果が得られる。近年、アメリカでは自然減衰 (Natural Attenuation ; NA) の思想が普及しており、費用をかけ達成することが難しい浄化を無理して行うよりも、自然浄化に委ね得るものはその力を借りようというものである。先の

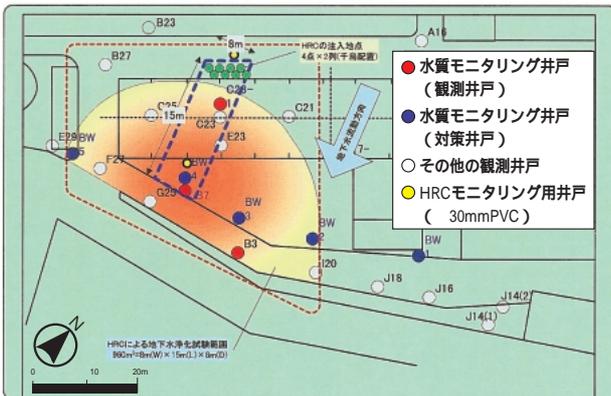
第9図 浄化フロー図



第10図 地下水汚染モデルとHRCによる汚染プルームの修復方法(例)



第11図 HRCによる地下水浄化対策の実施状況



ORC 及び HRC についてもこの NA の促進剤として利用されている。(第10、11図)

当社の取組み

当社では約10年前から土壌・地下水汚染の重要性に着目し、これまで全国約200サイトを超える土壌汚染調査に取組み、対策にも参画してきた。業務の流れとしては、有害物質等の使用履歴ヒアリング、調査計画の提案、調査の実施、報告書の作成と次ステップの提案、対策の実施、対策後のモニタリング、が一連のものとなり、これらを誠実に実施している。調査フローを第12図に示す。この間、異業種企業とのコンソ・シウムである SCSC 研究会(地層汚染診断・修復簡易化研究会、設立1993年)を立ち上げ、機械式簡易ボーリング技術を開発して国の調査・対策指針への採用を果たした。この技術は手掘りと機械ボーリングの中間に位置するもので、調査現場における作業を効率的に行える(第13図)。また当社は、土壌・地下水汚染問題の社会への啓蒙などを目的とした日本地盤環境浄化推進協議会(通称JASERA、設立1998年)の設立にも参画した。これら研究会・協議会のメンバーは当社の他、コンサル会社、建設会社、エンジニアリング会社、環境分析会社、電機会

第12図 調査フロー



第13図 SCSCボーリング



社、建設機械会社、土木工学会社、損害保険会社などから構成されている。

上述の当社調査実績の中には、1箇所の面積が10万m²に及ぶサイトも含まれている。『お客様の秘密を徹底保持する』当社の基本姿勢が、多くのお客様から高い評価を得ていることを示す例でもある。

おわりに

若干旧聞に属するが、2年半ほど前に土壌・地下水汚染による健康被害に関する訴訟を題材とした2本の米国映画が公開された。タイトルは「シビルアクション」

ン」と「エリン・プロコピッチ」であり、いずれも実際にあった事件に基づくストーリーであった。土壤汚染は国の内外を問わず重要な問題であり、汚染を後世に残さぬ取組みがますます大切となっている。今回は汚染の状況、新しく制定された「土壤汚染対策法」や当社としての取組みなどについて述べた。当社は「土壤汚染対策法」に基づく指定調査機関としての国家認定を受けており、受託調査対応場所は全国範囲としている。土壤汚染に関する各種のお問合せや相談に、きめ細かく対応し、今後とも地盤環境保全に役立ち続けたいと願っている。

参考文献

- 1) 日本地盤浄化推進協議会監修：土壤・地下水汚染の実態とその対策, オーム社 (2000)
- 2) 住友海上リスク総合研究所編：土壤・地下水汚染と企業リスク, 化学工業日報社 (1997)
- 3) 中島 誠：土壤・地下水汚染にどう対処するか, 化学工業日報社 (2001)
- 4) 環境庁：土壤・地下水汚染に係る調査・対策指針 (1999)
- 5) 環境庁：重金属等に係る土壤汚染調査・対策指針及び有機塩素系化合物等に係る土壤・地下水汚染調査・対策指針 (1994)
- 6) 環境省 土壤環境保全対策の制度の在り方に関する検討会：第1回～第9回会議録 (2000～2001)
- 7) 環境省 土壤環境保全対策の制度の在り方に関する検討会：土壤環境保全対策の制度の在り方について中間とりまとめ (2001)
- 8) 中央環境審議会：答申 今後の土壤環境保全対策の在り方について (2002)
- 9) 中央環境審議会：答申 土壤汚染対策法に係る技術的事項について (2002)
- 10) 環境省：平成14年版環境白書 (2002)
- 11) (社)土壤環境センター：MNAに関する調査研究部会報告書 (2001)
- 12) 平田 健正監修 (社)土壤環境センター編：土壤汚染と対応の実務, オーム社 (2001)
- 13) (社)土壤環境センター：最新の各種汚染土壤・地下水浄化プロセスの適用性の研究報告書 (1997)
- 14) 環境庁水質保全局水質管理課・土壤農業課監修 平田 健正編：土壤・地下水汚染と対策, (社)日本環境測定分析協会 (1996)

PROFILE



大悟法 弘充
Hiromitsu DAIGOBO

株式会社住化分析センター
営業本部 地盤環境技術室
課長代理



藤本 英治
Hideharu FUJIMOTO

株式会社住化分析センター
環境技術センター
所長



西川 浩一
Kouichi NISHIKAWA

株式会社住化分析センター
営業本部 地盤環境技術室
課長代理



井上 芳夫
Yoshio INOUE

株式会社住化分析センター
営業本部
副本部長



三原 一優
Kazumasa MIHARA

株式会社住化分析センター
営業本部 地盤環境技術室
室長 農学博士

機能性包装材料の開発 イージーピールフィルム

住友化学工業(株) 樹脂開発センター

黒田 竜磨

高畑 弘明

高木 康行

住化プラステック(株)

三井 慎一

古田 明寛

Development of Functional Packaging Materials –Easy Peel Film–

Sumitomo Chemical Co., Ltd.

Plastics Technical Center

Ryuma KURODA

Hiroaki TAKAHATA

Yasuyuki TAKAGI

Sumika Plastech Co., Ltd.

Shinichi MITSUI

Akihiro FURUTA

Public needs for “barrier free” has brought the rapid expansion of the market of Easy Peel Film that is easy to open a lid in the packaging material fields. To meet this market demand, Sumitomo Chemical Co., Ltd has been making an extensive research and succeeded in the development of “Assist[®]”, the functional film by using its sophisticated resin design technology along with its extrusion processing technology. Sumika Plastech Co., Ltd, subsidiary of Sumitomo Chemical Co., Ltd has been engaging in production and marketing of this “Assist[®]” film. Investigation of the fracture mechanism of the materials was the key to success for its product development. In this paper, several examples of product development to meet the client’s various needs along with its product performance are addressed.

はじめに

さあ、食べよう！と思って食品を手にとっても、なかなか開封できずいらしたり、開けたと思ったらどんでもない開き方をして、中身が飛び散ったりという腹立たしい経験は誰にもあることだろう。

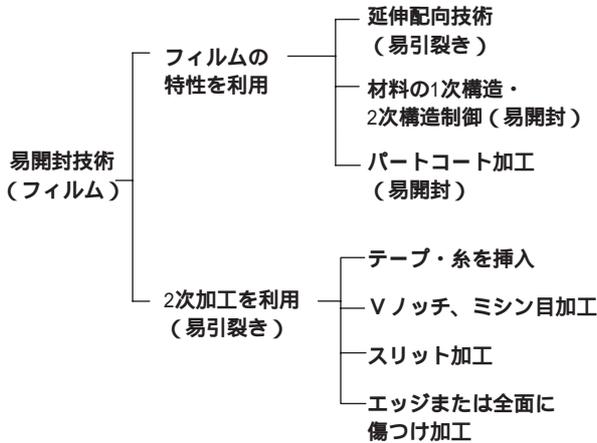
もともと「包装」は商品が消費者に届くまでの間、しっかり密封することで品質保持することが主題だが、近年より便利さを求める消費者の増加や高齢化社会の到来（バリアフリー）などにより、はさみや缶切りなどを使わずとも、手で簡単に開封できる技術「易開封＝イージーオープン」に対するニーズが強まってきている。

「しっかり密封」と「容易に開封」という一見相反する要求も、現在ではさまざまな工夫により両立さ

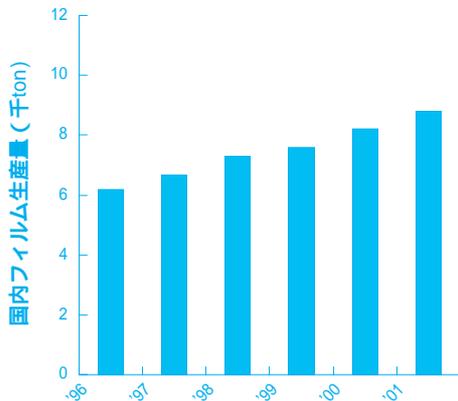
れ、ビールやジュースでお馴染みのイージーオープン缶、デザート容器など蓋が簡単に剥がせる易剥離（イージーピール）包材、フィルムに微細な傷をつけてどこからでも切れやすくした易引裂き包材、易開封キャップなど、さまざまな易開封性材料が開発されている¹⁾（第1図）。中でも材料の1次構造・2次構造などの高次構造の制御による「イージーピールフィルム」分野は当社の材料設計技術・押出加工技術が活かされると同時に、バリアフリーニーズがもたらした年率10%もの高成長市場でもある（第2図）。

本稿では当社が技術開発し、商標「アシスト」として住化プラステック(株)開発部で製造・販売を行っているイージーピールフィルムの開発の考え方と特性、その利用分野について紹介する。

第1図 易開封技術の分類



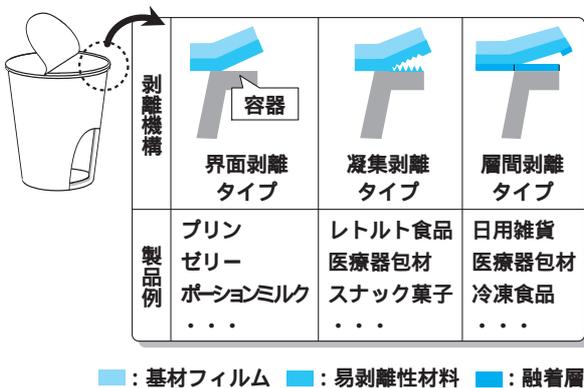
第2図 イージーピールフィルムの需要量推移 (当社調べ)



イージーピールフィルムの剥離 (開封) 機構

イージーピールフィルムの剥離機構には以下の3方式がある (第3図)。

第3図 各種剥離形態



1. 界面剥離タイプ

界面剥離タイプは、容器と蓋材と融着界面で剥離する形態をとる。例えばポリプロピレン (PP) は、

ポリエチレン (PE) とほとんど融着出来ないが、PE中にPPをブレンドしたり、特殊な分子構造を有するPEを使用するとPPと融着出来るようになる。詳しくは後述するが、この機構を適切に制御し、顧客の望む剥離強度を発現させる。

このタイプの特長は、開封後の容器の剥離された面が綺麗なことだが、内容物充填 融着の工程でしばしば発生する内容物挟み込み現象 (挟雑物シール) によって剥離強度が低下する短所を有している。

2. 凝集剥離タイプ

これに対し凝集剥離タイプは、挟雑物シールに優れることに特徴があり、プラスチック容器との組み合わせで最も広く使用されている。容器 - 蓋材の融着界面付近でフィルムが凝集破壊 (フィルム素材自身が破壊されること) を伴いながら剥離するためにこの呼び名がある。このためヨーグルトなどの蓋材で確認できるように、容器の剥離面にフィルム材料の一部が付着しているのがこのタイプの特徴である。

材料としてはエチレン - 酢酸ビニル共重合体 (EVA) とワックスを主成分とし、ロジン、テルペン樹脂などの粘着付与剤を添加した、いわゆる「ホットメルト」が一般的であり、融点が低いため冷蔵流通されるような食品には適しているが、ボイル用途など耐熱性を要求される分野には不向きである。またシール温度、圧力、時間などの条件により剥離強度が変化しやすく、剥離時にフェザリング (糸引き現象) が起こりやすいという短所を有している。

3. 層間剥離タイプ

このタイプは3つの剥離機構の中でもっとも高性能なものである。フィルムは2層以上の多層フィルムで構成され、1層は、容器と融着される層 (シール層) であり、もう1層は、シール層に隣接した層 (剥離層) である。開封するときは、他の2種のタイプと異なり容器とシール層の間でなく、シール層と剥離層との層間で界面破壊、あるいは凝集破壊を生じながら剥離される。

最大の特長は、シール層が容器と同種の材料で構成されているために完全融着可能で、挟雑物の影響が少ないこと、また剥離強度が多層フィルムの層間強度により決まるため、融着条件によらず、常に一定であるということが挙げられる。

さらに他の2つのタイプが内容物 (油などの揮発成分) によりダメージを受け、剥離強度が大きく変化してしまうのに対し、このタイプではそういった不良がほとんど見られない。

ただし短所は多層フィルム成形機が必須であり、フィルム設計も困難であるためコスト高となることである。

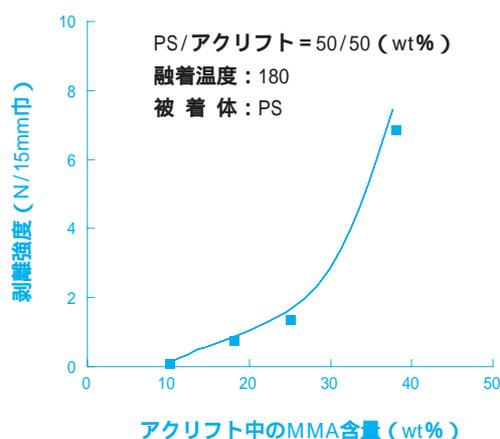
開発の考え方

当社は永年培ってきた重合技術により多様な機能性ポリオレフィンをラインナップするとともに、自動車用ポリオレフィン材料、耐熱・耐油性ポリスチレン等の開発によりポリマーアロイ技術を進展させてきた。イージーピールフィルム「アシスト」はこのような高度な材料設計技術に加え、樹脂開発センターが研鑽を積んできた押出加工技術によって生み出された高付加価値な樹脂加工製品である。

1. 機能性ポリオレフィンの活用

「機能性ポリオレフィン（機能性PO）」とはオレフィン（エチレン、プロピレンなど）と他のモノマーとの共重合体において、共重合モノマーの種類や組成の制御が、熱的性質や力学物性はもちろん、あらゆる材料との親和性など、多様な機能をもたらすためにこのように呼称されている。例えばアクリフト（エチレン-メタクリル酸メチル共重合体：EMMA）は、メタクリル酸メチル（MMA）の共重合比が多くなるとポリスチレン（PS）との親和性が高まり、PS容器の蓋材とした場合には、熱融着後の開封強度（剥離強度）が向上する（第4図）。

第4図 EMMA中のMMA含量と剥離強度



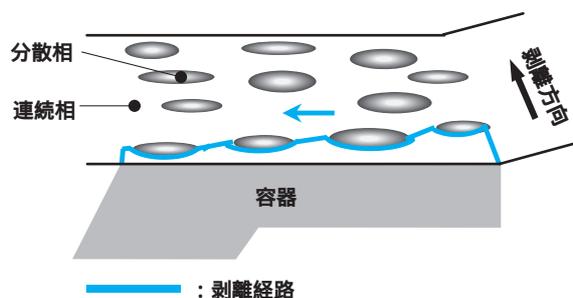
2. ポリマーアロイによる材料設計

ポリマーアロイ技術は本来、脆い材料をより強靱にするために開発された技術である。しかしその過程で材料破壊のメカニズム、さらには異種ポリマー間の界面状態の理解を深めることに大きく貢献した。

前述したようにイージーピールフィルムは剥離強度を顧客ニーズに合わせる事が要求されるが、これは強度を「より高くする」か「より低くする」かの違いはあれ、破壊現象を制御する点において技術的には源を同じくする。

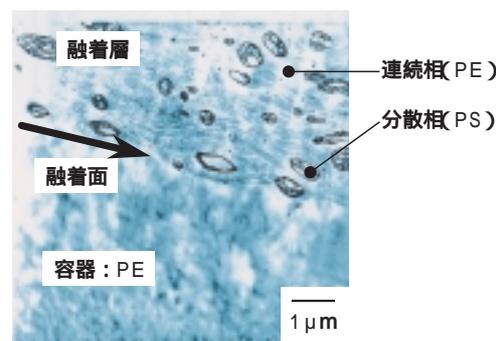
つまり当社の製品は「破壊現象の機能化」という概念で捉えられる。第5図に剥離時の状況をイメージ化した。剥離の力がフィルムにかかると、フィルムと容器の界面に応力集中が起こり、最も弱い部分に沿って破壊が進展していくが、通常それは連続相と分散相の界面となる。さらに、一つの分散相の界面が破壊された後は、つぎの分散相まで連続相が破壊される。すなわち剥離は「連続相の破壊」と「界面の破壊」の和であり、剥離強度を制御するためには両者の強度をそれぞれ制御すれば良い。

第5図 剥離強度発現機構



第6図に製品のモルフォロジ - の一例を示す。分散相がPS、連続相がポリエチレン（PE）であるが、アロイ化技術により本来、数十 μm の分散状態であるものを1 μm 以下に制御している。

第6図 融着部付近のTEM写真



次に両者の強度決定の実際について紹介する。

(1) 連続相の破壊強度の決定

連続相の破壊強度は、素材の引張破断強度を指標とすることができる。機能性POとしては、分散相（PS）との親和性を考慮して、コモノマー含量が30wt%以上であるEVA、EMMA、EMA（エチレン-アクリル酸メチル共重合体）の3種を選択したが、破壊強度は第1表のようになる。

第1表 引張破断強度

材 料	EMMA	EVA	EMA
引張破断強度 (M Pa)	6.4	3.7	7.3

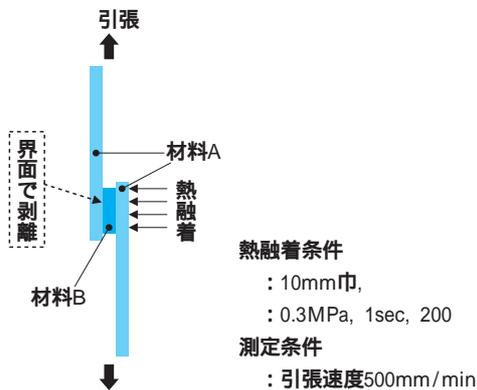
(JISK6730)

(2) 界面強度の決定

連続相 / 分散相の界面強度は第7図の方法で測定²⁾した。

第2表に結果を示す。機能性POの種類により両相の親和性は変化し、界面強度を制御できることが分かる。

第7図 界面強度測定

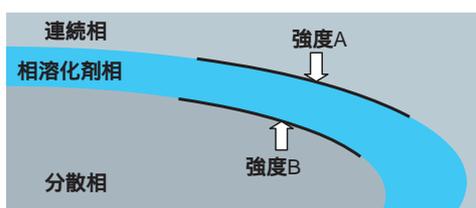


第2表 PS / 機能性POの界面強度

材料A	材料B	界面強度 (M Pa)
PS	EMA	1.0
	EMMA	1.3
	EVA	1.5

また、実際の製品にはさらに相溶化剤を加えた多元系を採用しているので、3元系の際の考え方についても言及する。第8図のように連続相 / 分散相界面には連続相 / 相溶化剤相 / 分散相という、二つの界面が存在し、破壊挙動を論ずる際には強度の弱い方を採用する必要がある。

第8図 3元系の相界面



連続相 / 分散相の界面強度 = Min (強度A, 強度B)

実際に各相間の界面強度を第3表に、見かけの連続相 / 分散相の界面強度と剥離界面を第4表にそれぞれ示した。

第9図は連続相(PE) / 分散相(PS)のモルフォロジーの例である。相溶化剤Aにより界面強度が増大するとともに、分散相が微分散化していることが分かる。

第3表 各相の界面強度

材料A	材料B	界面強度 (M Pa)
PS	EMMA	1.3
	相溶化剤A	5.7
	PE	1.0
EMMA	相溶化剤A	2.0 <
	PE	2.2

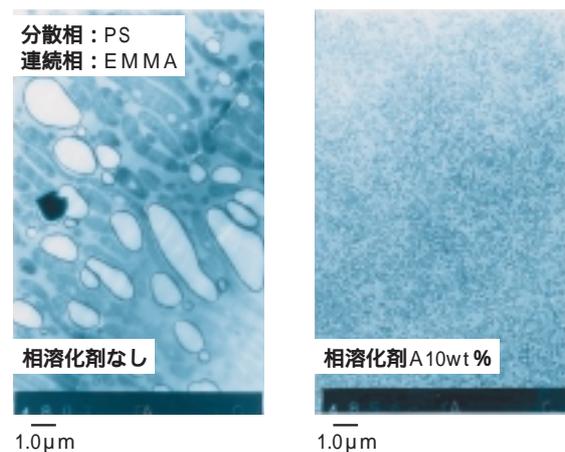
相溶化剤A : スチレン系エラストマー-St含量65wt%

第4表 界面強度と剥離界面

	界面強度 (M Pa)	剥離界面
PS/EMMA/PE	1.3	PS/EMMA間
PS/相溶化剤A/PE	2.2	相溶化剤A/PE間
PS/PE	1.0	



第9図 相溶化剤によるモルフォロジー変化



(3) 剥離強度の制御方法

前述したように、剥離強度は「連続相の破壊強度」と「界面強度」で決まるが、その定量的な理解にはLeiderらの理論³⁾を援用できることを見出している。Leiderらは、ガラスビーズなどの充填材をプラスチックに混合した時の破壊強度を充填量や界面強度との関係において理論的・実験的に検証し、第1、2式のように示した。

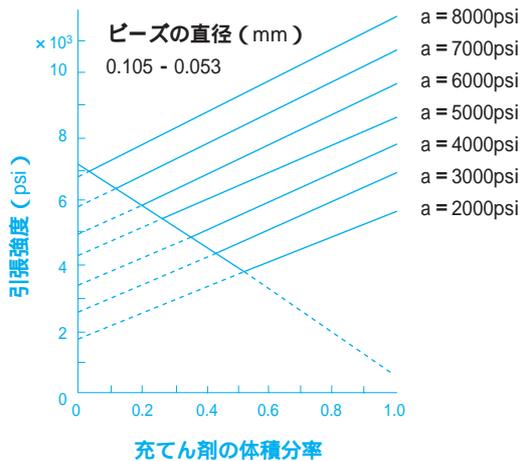
式

$c = 0.83P + K u_m(1 -)$第1式 充填量が少ないとき
 $c = (a + 0.83 s) + a(1 -)$...第2式 充填量が多いとき

c : 複合材料の引張強度 u_m : 連続相の極限強さ
 P : 界面の摩擦力 s : 連続相のせん断強度
 K : 定数 充填材粒子径の関数 a : 界面強度 S : 定数 濃度因子

すなわち、材料の強度は連続相の強度や界面強度などによって決まるが充填量によって二つのパターンがある。充填量が少ないとき、第1式のように複合材料の強度に界面強度が関与しないのは、界面への応力集中が全体の材料強度を支配していないことを示している。ただし、第1式で表される領域から第2式で表される領域への移行ポイント（臨界充填量）は、界面強度によって決まる。この事情を示したのが第10図⁴⁾である。材料強度 - 充填量のカーブはV字を示し、臨界充填量までは充填量に伴い強度が低下するが、それ以上では逆に向上する。また、界面強度の上昇とともに臨界充填量は小さくなり、材料強度は向上する。界面強度が非常に小さい場合には、材料強度は充填量とともに単純に減少するのみである。

第10図 第1、2式より計算した連続相/充填材間の界面強度によるポリエステル/ガラスビーズの引張強度の変化

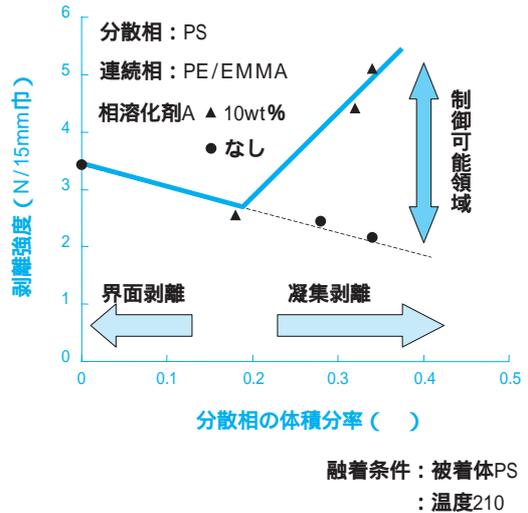


当製品の系では分散相を充填材とみなすことにより同様な理解が可能である。第11図は連続相(機能性PO)/分散相(PS)系における剥離強度の分散相の体積分率依存性を調べたものである。挙動はLeider型を示し、相溶化剤の配合により剥離強度を2~5N/15mm巾で制御できることが分かる。また臨界充填量以下であると、界面剥離タイプとなることも分かった。

以上のように連続相強度と界面強度を制御することにより包材機能である開封（剥離）強度を制御することができる。

この技術の基盤には、あらゆる被着体材料（容器）との親和性をもたらす機能性PO（連続相）技術や、界面強度を制御するポリマーアロイ技術があることを再度強調しておきたい。

第11図 分散相の体積分率と剥離強度

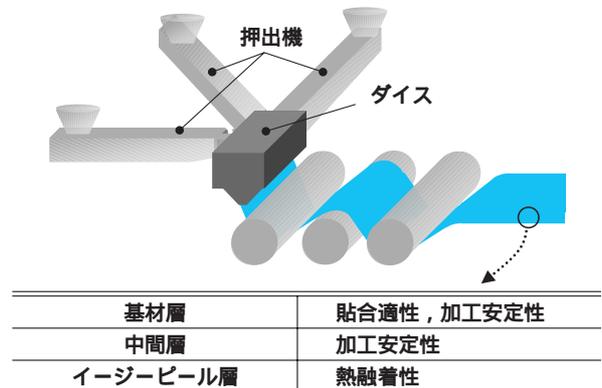


3. フィルム化技術

これまでイージーピール機能発現のための材料設計方法について紹介したが、素材はもともと破壊されやすく単独でフィルムとすることは難しい。流過程や2次加工（アルミ基材や印刷基材の貼合）で破れたり、デラミネーションと呼ばれる基材との剥離現象が起こるからである。このため他の素材と多層フィルムとして製品とするが、これには、第12図のような装置による共押し出フィルム成形技術を用いている。

多層フィルム（3層フィルム）の各層の役割も例示した。多層化によって本来の目的のイージーピール性が失われてはならず、容器との融着界面付近に応力集中するように各層の構成を決定する必要があることや、フィルムの腰（剛性）やカール、ブロッキング（フィルム面同士の互着現象）など、顧客での扱い易

第12図 加工機概略と各層の役割



さを考慮した層構成を選択しなければならないことが製品設計上重要である。また、製品幅1mあまりにわたって層構成のパラツキがないこと、長さ4000mで安定していることなどが生産上重要である。

開発例

1. 代表グレード

第5表に、これまでに開発した代表的なイージーピールフィルムの基本性能を示す。被着材である容器材質は、主にPS, PE, PP, A-PET（非晶性ポリエチレンテレフタレート）である。容器材質の他、使用用途によって要求性能（剥離強度、透明性、耐熱性等）が異なる為、製品は目的に合わせて使い分けられる。PS, PE 容器用は、標準的なグレードとしてラインナップし、特に冷凍食品（冷菓等）、冷蔵食品（飲料等）などの蓋材に好適に使用されている。PP 用では主に耐熱性と広いシール温度巾に特長があり、A - PET 用では剥離強度の安定性に特長がある。

第5表 代表グレード性能

容器材質	アシスト	剥離タイプ	低温融着	剥離安定性	透明	ボイル
PS	AE410	凝集				
	MS200	層間				
	MS430	"				
PP	P200	層間				
PE	AE300	凝集				
	MZE	凝集				
	ME200	層間				
A-PET	MT200	層間				

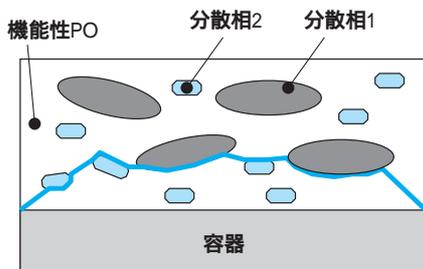
2. 特殊グレード

(1) 医療用途

食品用途では、一般に開封後の容器外観が綺麗であることが望まれるが、医療用では密封状態であったことを積極的に証明するために、剥離痕跡を容器側に残すことが要求されることがある。

この用途は上記剥離痕跡が残ることに加えて、患者が容易に開封できるために非常に軽剥離（約0.3N /

第13図 バイモーダルな分散相による2段階破壊



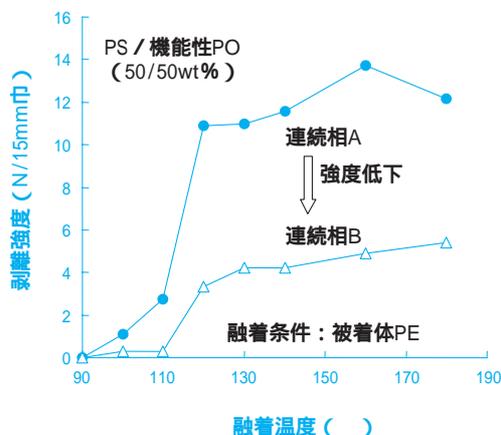
15mm巾)であることを要求された。第11図から分かるように軽剥離のためには界面強度を下げ、分散相の体積分率を大きくする設計であるが、この方向は分散相サイズの肥大化を伴い、美しい剥離痕跡を発生させることが難しいのである。筆者らは第5図の考え方をさらに展開し、第13図のように分散相のサイズをバイモーダルにすることでこの課題をクリアした。

すなわち、連続相の中に、小さな分散相を配置した。このことにより、大きな分散相が全体の剥離痕跡を受け持ち、小さな分散相が連続相の強度制御を受け持つこととなる。

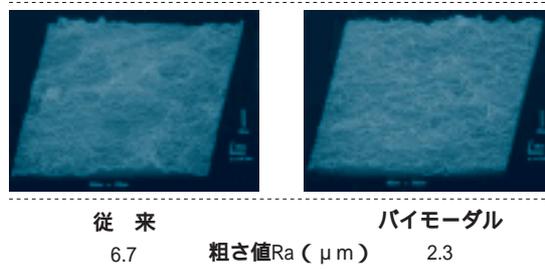
第14図に剥離強度を示す。ミクロな分散相により、連続相は強度低下し(A B)、軽剥離が可能となった。

また第15図にPE 容器の剥離表面状態を示す(レーザーキャン顕微鏡)。表面粗さ値が小さくなることは、ケバ立ちが抑制され、被着材剥離表面の外観が綺麗で良好であることを示している。

第14図



第15図 剥離痕跡

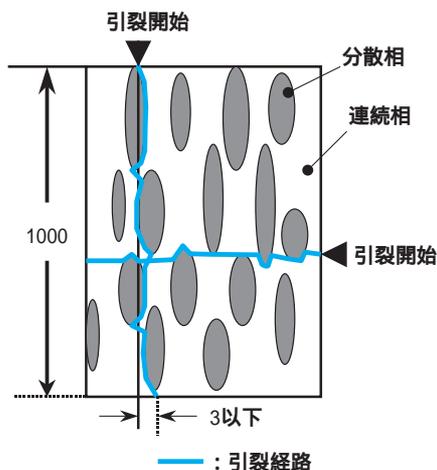


(2) 易引裂性フィルム

イージーピールフィルムでの開発の考え方は易開封性材料である易引裂性フィルムにも応用できる。易引裂性フィルムとは、袋状の包装形態で、直線的に引裂くことで開封機能を高めたものである。分散相を、高アスペクト比のロット状に制御することによ

り、連続相と分散相の界面部分に引裂くための道筋を作る。一般のフィルムとは異なり、フィルムの流れ方向（MD）とその垂直方向（TD）の二方向にのみ引裂くことができ、さらに直線引裂き性（引裂く距離に対するズレの比が3 / 1000 以下）に優れたフィルムである（第16図）。

第16図 直線引裂き性



おわりに

本稿で紹介したイージーピールフィルムは、ポリマー材料の破壊現象を機能化した高付加価値加工製品である。その設計思想の柔軟さから多くのニーズに対応できる製品群となった。

今後も社会ニーズはめまぐるしく変化しながら、より多様化・高度化していくであろう。それに取り残されず、むしろチャンスとしていけるよう、技術を一層研鑽し、躍動感ある製品開発を行っていきたい。

引用文献

- 1) 吉井 隼二, コンパーテック, 5, p112 (2002)
- 2) 高薄 一弘: 「接着及び粘着試験と評価技術」, 技術情報協会, p65 (1992)
- 3) J. Leidner, R. T. Woodhams : *J. Appl. Polymer Sci.*, 18, 1639 (1974)
- 4) 佐藤弘三: 「充てん高分子の物性」, 理工出版社, p133 (1978)

PROFILE



黒田 竜磨
Ryuma KURODA
住友化学工業株式会社
樹脂開発センター
主席研究員



三井 慎一
Shinichi MITSUI
住化プラスチック株式会社
開発部
主任部員



高畑 弘明
Hiroaki TAKAHATA
住友化学工業株式会社
樹脂開発センター
主任研究員



古田 明寛
Akihiro FURUTA
住化プラスチック株式会社
開発部



高木 康行
Yasuyuki TAKAGI
住友化学工業株式会社
樹脂開発センター

天敵昆虫製剤「オリスター®A (タイリクヒメハナカメムシ製剤) の開発

住化テクノサービス(株)

浮城 昇

住友化学工業(株) 農業化学品研究所

庄野 美徳

Oristar®A, as a New Natural Enemy Insect Formulation for Thrips Control

Sumika Technoservice Co., Ltd.

Noboru UKISHIRO

Sumitomo Chemical Co., Ltd.

Agricultural Chemicals Research Laboratory

Yoshinori SHONO

Oristar®A is a natural enemy insect formulation, which contains a predatory bug *Orius strigicollis* (Heteroptera, Anthocoridae) mainly distributed in Japanese main islands except Hokkaido, for thrips control. Oristar®A contains selected strain of *O. strigicollis* with non-diapause under short day period. Based on this character of Oristar®A, it shows more consistent efficacy than former *Orius sauteri* formulation in greenhouse cultivation in south-west Japan from autumn to spring, which provides the most important market for Oristar®A.

In this paper, mass-production and detail of efficacy of Oristar®A are described and IPM (Integrated Pest Management) model including Oristar®A is also introduced.

はじめに

天敵昆虫を野外の農耕地に放虫し、自然界に定着させ害虫を長期的に防除する、古典的天敵利用の試みは1900年代の前半から世界各国で行なわれてきた。1970年代に入り欧米、特にオランダを中心に施設園芸の害虫防除を目的として、商業的に大量生産された天敵昆虫を限られた栽培期間の害虫防除に利用する、いわゆる天敵農薬的使用が本格的に開始された。現在では、北ヨーロッパを中心に施設園芸の主要害虫防除手段として、その利用法が完全に確立されている¹⁾。

一方、日本では天敵昆虫の農薬的利用の試みは欧米に比較して大きく遅れていた。しかしながら近年の消費者の農産物に対する安全指向や殺虫剤に対する害虫の抵抗性発達問題等により、化学農薬一辺倒の作物保護から多様な防除手段を効率的に併用する総合防除 (IPM : Integrated Pest Management) への関心が国内でも急速に高まってきた。「虫によって虫を駆除する」、天敵昆虫製剤は生物的防除手段の代表格として注目をあつめ、1990年代になって、オンシツツヤコバチやチリカブリダニ等天敵農薬の登録が行な

われた。しかしながらこれらの天敵農薬はいずれも海外の天敵会社からの海外種天敵の輸入品であった。

住友化学は、1993年度 - 1997年度の5年間にわたり実施された、農林水産省プロジェクト「昆虫利用産業技術の開発事業」に「国産天敵ハナカメムシ類による微小害虫の制御」のテーマを掲げて参画した。そして難防除害虫であるミナミキイロアザミウマやミカンキイロアザミウマの有力天敵として注目されていた、在来種のヒメハナカメムシ類の大量生産技術を確立した²⁾。その結果1998年9月にナミヒメハナカメムシ製剤「オリスター®」を発売した。プロジェクト終了後もさらに社内で検討を継続し、休眠特性等に特徴があり天敵としての性能がさらに優れるタイリクヒメハナカメムシ製剤「オリスター®A (第1図)」を2001年1月に発売した³⁾。第1表にオリスター®Aの適用作物、適用害虫及び使用方法を示した。本稿では、ヒメハナカメムシ類の大量飼育技術の確立、オリスター®Aの休眠特性と圃場における効果、さらにはオリスター®Aを組み込んだ総合防除体系について述べる。正確に言えば、オリスター®Aとは有効成分としてタイリクヒメハナカメムシを含有す

第1表 適用害虫範囲及び使用方法

作物名	適用病害虫	10アール当り使用量	使用時期	使用回数	使用方法
野菜類 (施設)	アザミウマ類	0.5~2L* (500~2000頭)	発生初期	-	放飼

* ; 250mLボトル2 - 8本相当

第1図 オリスター®A製品ボトル(250頭/250mL)



る天敵農業製剤の名称であるが、本稿では本来の意味の他に、製剤中の有効成分である当社で大量飼育を行っている選抜されたタイリクヒメハナカメムシの意味としても用いる。

タイリクヒメハナカメムシの生物学的位置及び効力の発現様式

タイリクヒメハナカメムシ(学名 *Orius strigicollis*)は半翅目のハナカメムシ科(Anthocoridae)に属する昆虫で体長約2mmの微小な捕食性カメムシである(第2図)。分布は関東以南の日本本土及び沖縄、小笠原諸島、台湾、中国大陸である⁴⁾。他のヒメハナカメムシ類と同様に、アザミウマ類を中心に、ハダニ類、アブラムシ類、鱗翅目の卵及び若令幼虫等の微小節足動物を好んで捕食する。第2表にこれまで捕食が確認された、昆虫及びダニ類を示した。タイリクヒメハナカメムシ成虫を圃場に放虫した場合アザミウマ類を直接的に捕食する効果も期待できるが、

第2図 ミカンキイロアザミウマを捕食するタイリクヒメハナカメムシ



第2表 タイリクヒメハナカメムシの捕食の範囲(住友化学で確認された種及びステージ)

昆虫名	卵	幼虫	成虫
ミカンキイロアザミウマ			
ミナミキイロアザミウマ			
ヒラズハナアザミウマ			
ネギアザミウマ			
ダイズウスイロアザミウマ			
カキクダアザミウマ			
ナミハダニ			
カンザワハダニ			
チャノホコリダニ			
ワタアブラムシ			
モモアカアブラムシ			
シルバーリーフコナジラミ			
オンシツコナジラミ			
ヨトウムシ			

主たる防除効果は放飼成虫が産み出す次世代以降の幼・成虫によるアザミウマ類の捕食に拠るところが大きい。

大量飼育技術の確立

昆虫の大量飼育を行なう場合、飼料の選択は極めて重要な要素である⁵⁾。捕食性天敵の場合、自然界で捕食している微小昆虫類を大量飼育の餌として用いることは、供給の安定性やコスト面から問題が多い。従って有効な代替餌の選択が必要となる。我々は海外において捕食性カメムシ類の代替餌として用いられている、入手が容易な貯穀害虫スジコナマダラメイガの卵を本種の飼育に使用し好結果を得た。

本種のような捕食性昆虫の場合、狭い飼育容器の中で高密度飼育を行うと、飼育昆虫同士の共食いが頻繁に起き、飼育効率が著しく低下する。共食い防止のために有効な飼育資材の選択は必須であった。我々は飼育容器内に微小な飼育虫の相互の干渉を防ぐシェルターを入れることにより、共食いを防止し成虫回収率を高めることに成功した。このシェルターを使用すると飼育容器内にカビの発生も無く、かつ飼育作業時の操作性にも非常に良好であった。

産卵効率を高めることは、次世代の確保という点で大量継代飼育の成功にとって重要である。本種の雌成虫は植物組織内産卵する習性をもっている。従って

産卵場所として適当な基材を提供する必要があった。これについては準備が容易な豆類の幼苗の利用を試み、十分な量の卵を得ることができた。第3表に卵の接種数を変え、小型の容器内でタイリクヒメハナカメムシの飼育を行った結果を示した。飼育効率は1容器あたり約700卵接種のときに最も良好であり1カップあたりの平均成虫回収数は357頭であった。

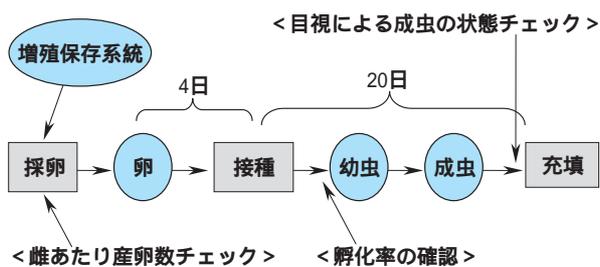
第3表 容器あたりの接種卵数を変えた場合のタイリクヒメハナカメムシの飼育結果

平均接種卵数 / 容器	平均成虫回収数 / 容器	平均成虫回収率(%) ¹⁾
404	194	48
504	241	48
612	304	50
703	357	51
802	334	41
1014	331	33

1) (平均成虫回収数 / 平均接種卵数) × 100

大量増殖のフローチャートを第3図に示した。生産及び品質管理上のチェック項目としては、雌あたり産卵数、孵化率等が挙げられる。室温25℃、湿度50～60%、14L10Dの条件下で接種から成虫回収まで約3週間を要する。

第3図 オリスター®Aの生産工程図



最後にオリスター®Aの冷蔵保存性について述べる。天敵昆虫製剤は常温に放置しておく急速に劣化(昆虫の死亡)が起こる。劣化を防止する手段としては3-10℃程度での冷蔵保存法が通常用いられる。冷蔵保存可能期間を確認しておくことは生産出荷の際の保管、輸送あるいは品質保証期間を定める上で極めて重要である。

オリスター®Aの3℃及び8℃冷蔵条件下での保存性を第4表に示した。

その結果⁸⁾における保存7日後の平均生存率は94.2%、14日後では88.4%であった。すなわち良好な状態で冷蔵保存された場合、生産後約1週間

第4表 オリスター®Aの冷蔵保存性

初期値 / 容器 ¹⁾	保存温度 ²⁾	保存期間 (日)	平均生存数 (頭)	平均生存率 (%)
300	3	7	282.3	93.5
300	7	7	282.7	94.2
		14	265.2	88.4

1) 250mLポリエチレン製ビンにパーミキュライト200mLを入れ、水10mLを添加

2) 全暗の低温恒温器を使用

以内であればほぼ問題なく使用可能であることが判明した。

オリスター®Aの休眠特性

ハナカメムシ類の天敵農薬としての主たる使用場面は高知、宮崎等の西南暖地及び茨城における、冬春作のピーマン、なすのアザミウマ類防除である。冬春作の主たる日長条件は夜間が長い短日条件となる。日本など温帯地域を主分布域とする昆虫類の多くは、短日条件(秋、冬の日長条件)になると越冬のため生殖等の活動を停止し、休眠状態に入る種類が多い。我々が農水プロジェクトで取り組み開発したナミヒメハナカメムシは、短日条件で幼虫期を過ごす成虫は生殖休眠状態に入る⁶⁾。生殖休眠とは雌成虫が産卵を行わず、次世代を産出できない状態である。この場合、防除効果は放飼成虫の捕食のみであるため、持続期間が極めて短く当該作期での使用は困難であった。短日下で生殖休眠を行わない種の選択や系統の選抜は極めて重要な課題であった。

タイリクヒメハナカメムシは生殖休眠を行うものの休眠が誘起される臨界日長が他の国内産ヒメハナカメムシ類に比べて短く、休眠が比較的浅い種であるとされている⁷⁾。我々は野外から採集したタイリクヒメハナカメムシに独自の淘汰を加えることにより、短日条件下で非休眠である系統の選抜に成功した。

第5表にタイリクヒメハナカメムシの選抜系統、すなわちオリスター®A、タイリクヒメハナカメムシ非選抜系統、及びナミヒメハナカメムシの2種3系統を①飼育温度25℃、明期16時間、暗期8時間の長日飼育条件下及び②飼育温度25℃、明期10時間、暗期14時間の短日条件下で飼育を行い、羽化した雌成虫に産卵基材を与え、同一条件下で15日間産卵を行わせた結果を示した。またオリスター®Aについては冬季の高知ピーマン栽培の実地条件により近い③夜温18℃、昼温30℃、明期10時間、暗期14時間の短日条件下でも同様な実験を行った。

非選抜系及びナミヒメハナカメムシの産卵数は、短日条件では長日条件に比べ大幅に低下し、特にナミ

第5表 異なる日長、温度条件下で飼育されたのタイリクヒメハナカメムシ2系統及びナミヒメハナカメムシの産卵数の比較

日長条件	温度条件	種(系統)	平均産卵数 ¹⁾ /雌	産卵雌率(%)	
長日条件 明期16時間 暗記8時間	25 一定	オリスター®A (タイリクヒメハナカメムシ:選抜系)	99.5	100	
		タイリクヒメハナカメムシ (非選抜系)	90.6	100	
		ナミヒメハナカメムシ	45.3	80	
短日条件 明期10時間 暗記14時間	25 一定	オリスター®A (タイリクヒメハナカメムシ:選抜系)	90.3	100	
		タイリクヒメハナカメムシ (非選抜系)	10.4	40	
		ナミヒメハナカメムシ	1.0	20	
短日条件 明期10時間 暗記14時間	変温条件		オリスター®A (タイリクヒメハナカメムシ:選抜系)	92.8	100
	30 10時間	18 14時間			

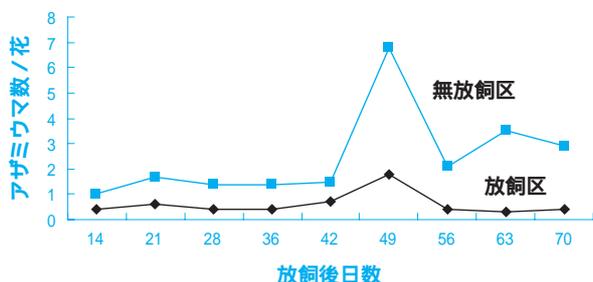
1) 産卵期間15日間

ヒメハナカメムシでは殆ど産卵は行なわれなかった。一方、オリスター®Aについては産卵数及び産卵雌率は短日条件下でも殆ど低下せず、実用場面に近い短日で夜温昼温が異なる変温条件下でも、殆ど産卵数の減少が起こらなかった。以上の結果より、オリスター®Aは秋季から冬季にかけての短日条件下の温室内でも十分増殖が可能であり、次世代以降の防除効果が期待できることが判明した。

実用場面での効力

高知県内の試験場において、ピーマン栽培施設内にオリスター®Aを1平方メートルあたり1頭、1週間間隔で2回(1999年10月19日及び10月26日)放飼し、アザミウマ類に対する防除効果の検討を行った。

第4図 オリスター®Aのピーマン寄生アザミウマ類に対する防除効果(施設内試験)

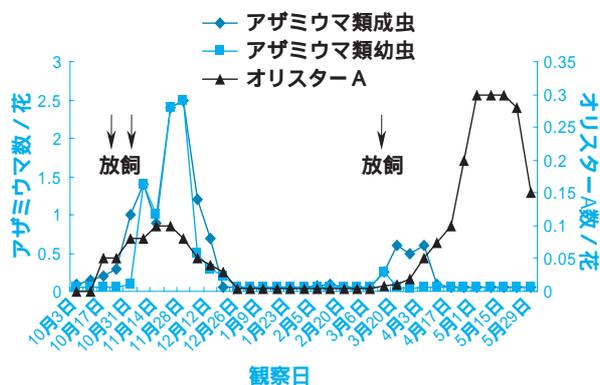


試験地: 日本植物防疫協会研究所・高知試験場内施設
 (1区 40m² 50本植栽)
 定植日: 1999年10月6日
 天敵放飼日: 1999年10月19、26日
 天敵放飼数: 成虫1頭/m²/回
 害虫発生状況: ミナミキイロアザミウマ(少発)
 ヒラズハナアザミウマ(多発)

その結果、第4図に示す通り、オリスター®A処理区では放飼後70日間にわたり、ミナミキイロアザミウマ及びヒラズハナアザミウマの発生をほぼ完全に抑える事ができた。

次に実用場面での効果について示す。実施したのは高知県安芸郡半利町のピーマン農家で冬春作のアザミウマ類防除の場面である。オリスター®Aの処理は、成虫0.5頭/m²の放虫密度、1週間間隔で秋季2回(1回目: 2001年10月26日、2回目: 11月2日)翌早春期1回(2002年3月11日)行った。試験に用いた施設の面積は2000m²(約2000株植栽)であった。観察は約1週間間隔でハウス内5ヶ所、合計200花に寄生するアザミウマ類の幼虫、成虫数を目視ま

第5図 ピーマン栽培農家におけるオリスター®Aのアザミウマ類に対する効果



場所: 高知県安芸郡半利町の農家施設
 作物名: ピーマン(品種: 土佐ひかりD)
 定植日: 2001年9月13日
 面積: 2000m²
 放飼日: 2001年10月26日、11月2日、2002年3月11日
 放飼密度: 1回あたり 0.5頭/m²

たはルーベを用いて行い、10月の放虫直後から翌年5月末まで経時的に行った。発生したアザミウマ類の種類はミナミキイロアザミウマが大部分を占め、ミカンキイロアザミウマ、ヒラズハナアザミウマが混在する状況であった。

結果を第5図に示した。オリスター®Aを実際の施設園芸で使用する場合 ①放飼適期の判定、特に散布時のアザミウマ類の密度 ②アザミウマ類以外の害虫が発生した場合の対策 ③気象条件等の関係でアザミウマ類の増殖に天敵追いつかなかった場合の追加放飼の判断等が必要となってくる。本試験においてオリスター®A放飼時点では既にアザミウマ類は増殖傾向にあったため、11月中旬には花あたりのアザミウマ類幼虫+成虫数は5頭程度まで増加した。放飼されたオリスター®Aは順調に増加し、併用したククメリスカブリダニとともにその効果を発揮し、12月に入ってからアザミウマ類をほぼ完全に抑制した。しかし翌春の密度調査の結果、アザミウマ類の増加に比べオリスター®Aの増殖が遅れ気味であると判断されたため、3月11日にオリスター®Aを追加放飼した。オリスター®Aは3月下旬より急激に増加し、4月以降～収穫最後までオリスター®A単独でアザミウマ類の被害を抑えることができた。

マ類の被害を抑えることができた。

この作型のピーマンにとっての最大の害虫はアザミウマ類であるが、この他に発生した害虫はアブラムシ類、ハスモンヨトウ、オオタバコガ等であった。これら害虫の防除については、オリスター®Aに影響が少ない天敵昆虫、化学農薬、微生物農薬及び物理的防除資材等を用いた。具体的にはアブラムシ類の防除には天敵であるアブラバチを使用し、ハスモンヨトウ、オオタバコガについては黄色蛍光灯やハウスサイドへにネットを張って侵入を防止し、それに加えて化学農薬やBt剤を用いて防除した。

以上の結果より、ピーマン定植直後にオリスター®Aを0.5頭/m²を1週間間隔で2回処理し、春季にアザミウマ類及びオリスター®Aの密度を調査しながら必要に応じて追加放飼すれば、作期を通じてアザミウマ類防除用の化学農薬の散布を全くせずに、ピーマンを収穫できることが明らかになった。

オリスター®Aを組み込んだ総合防除体系

第6図に高知県におけるオリスター®Aを中心とした冬春作・促成栽培ピーマン、ししとうの総合防除

第6図 オリスター®Aを用いた施設ピーマン、ししとうのIPMモデル

害虫 病害	9月上旬		9月中～下		10月	11月	12月	1月	2月	3月～6月	備考
	苗床	定植	収穫期								
アザミウマ類			ククメリスカブリダニ		オリスター®A				オリスター®A		<ul style="list-style-type: none"> ・オリスター®Aの効果が低い場合：クロルフェナビルFL(2000倍)散布 ・翌年1～3月のオリスター®A放飼は状況に応じて ・ハウス温度35℃以下で使用
アブラムシ類		ヒメトロジン	コレマンアブラバチ							コレマンアブラバチ	
ハスモンヨトウ オオタバコガ		エスマルク®DF フローバック®DF Bt剤	黄色蛍光灯		開口部、サイド/ネット被服						<ul style="list-style-type: none"> ・ハスモンヨトウ若令幼虫期防除 ・オオタバコガ若令幼虫期防除
ハダニ類		フェンピロキシメートFL ヘキシチアゾクスWP チリカブリダニ									
ホコリダニ類		クロルフェナビルFL ケルセンEC ミルベメクチンEC									
病害		灰色かび病：スミレックス®WP、スルフェン酸系WP 斑点病：スルフェン酸系WP、ミクロブタニルWP うどんこ病：トリフルミゾールWP 菌核病：スミレックス®WP									

示す。

(IPM)モデルを示した。

オリスター®Aはアザミウマ類の最有力の天敵昆虫であるが、真冬や低温時にはその活動がやや低下する。そこで、オリスター®Aに影響が少なく、各種害虫密度を低下させることのできる防除資材との組み合わせが必要であり、それらを総合的に活かす利用方法を各主要地域ごとに検討中である。

アザミウマ類防除に関し、オリスター®Aと併用できる資材としては、天敵昆虫としてはククメリスカブリダニ、住友化学の化学農薬としてはラノ-®乳剤がある(現在なすに既登録、ピーマンには申請中)。

アブラムシ類の防除は、定植時粒剤処理及び天敵昆虫アブラバチ、クサカゲロウ、テントウムシ等がある。現在最も使用されているものはアブラバチであるが、アブラバチはヒゲナガアブラムシ類には効果がなないことから、新しい化学薬剤や天敵昆虫の開発が求められている。

ハスモンヨトウ、オオタバコガ類には、黄色蛍光灯、ハウスサイドネットの利用の物理的防除法、エスマルク®DFやフローバック®DF等のBt剤が有効である。なお、現在住友化学が開発中のプレオ®FLは天敵昆虫に影響が少なく、アザミウマ類、ハスモンヨトウ、オオタバコガ類に効果が高いことから、オリスター®Aとの併用が可能であり、早期上市が期待されている。

ハダニ防除剤及び殺菌剤は、天敵昆虫に影響のないものが多いが、一部に天敵昆虫に影響がある薬剤も存在するので、使用する前には影響を調査する必要がある。

オリスター®Aをはじめとする天敵昆虫を有効に利用するためには、天敵に影響の少ない各種防除資材を適所に使い、害虫密度、病害を要防除水準以下に保つ総合防除(IPM)技術を確立する必要がある。

おわりに

オリスター®Aは、なす、ピーマン等の施設園芸分野で最大の難防除害虫であるミカンキロアザミウマ及びミナミキロアザミウマを中心としたアザミウマ類に対する有力な防除資材として、その利用が急速に拡大しつつある。住友化学は、今後とも環境、天敵に優しい化学農薬、微生物農薬、天敵農薬等の開発を通じ、各種作物のIPM体系の確立に寄与していきたいと考える。

本稿を終えるにあたり、本天敵の開発に関しご指導、ご助言を賜った、独立行政法人中央農業総合研究センター 矢野栄二室長(前農業環境技術研究所)、独立行政法人果樹試験場 村井保生産環境部長(前岡山大学)、岡山県農業総合センター 永井一哉室長、高知県農業技術センター 高井幹夫室長及び高知県安芸農業改良普及センター和田敬専門改良普及員、岡林改良普及員に深い感謝の意を表します。

引用文献

- 1) J. C. ファン・レンテレン：植物防疫 47(6), 261 - 265(1993)
- 2) 浮城昇, 庄野美德：研究ジャーナル 21(6), 12 - 16(1998)
- 3) 土屋亨：農業時報(臨時増刊)平成13年6月25日発行(2001)
- 4) T. Yasunaga：Appl. Entomol. Zool. 32(2), 379 - 386(1997)
- 5) 庄野美德：遺伝 48(7), 76 - 79(1994)
- 6) K. Ito, T. Nakata：Appl. Entomol. Zool. 33(1), 115 - 120(1998)
- 7) 高井幹夫：第40回応動昆大会講演要旨集 209p (1996)

PROFILE



浮城 昇
Noboru UKISHIRO
住化テクノサービス株式会社
応用生物部 昆虫チーム
課長



庄野 美德
Yoshinori SHONO
住友化学工業株式会社
農業化学品研究所
主席研究員、農学博士

LCP フィルムの開発

住友化学工業(株) 筑波研究所

山口 登 造
熊田 浩 明
山下 恭 弘
松見 志 乃

Development of Liquid Crystalline Polymer Film

Sumitomo Chemical Co. Ltd.

Tsukuba Research Laboratory

Takanari YAMAGUCHI
Hiroaki KUMADA
Yasuhiro YAMASHITA
Shino MATSUMI

Tsukuba research laboratory successfully developed the novel liquid crystalline polymer (LCP) materials for easily film and bottle moldings. These materials were developed from studies based on rheological and synthetic technologies for LCPs. The film obtained has high heat resistance, high modulus, high gas barrier, high solvent resistance, and so on. On the other hand, studies on reduction of anisotropy of the properties are now on progress.

はじめに

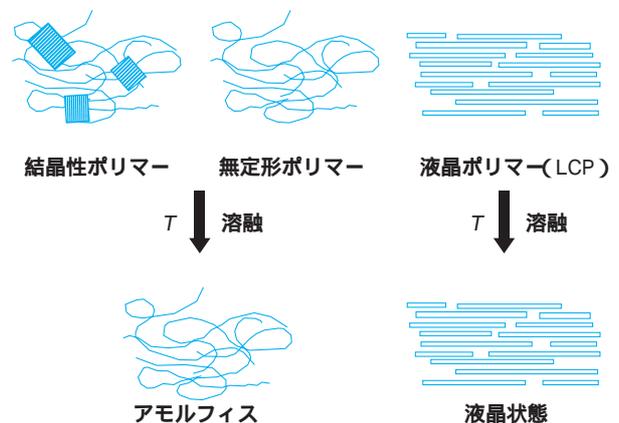
液晶相とは、結晶、(等方性)液体、気体の3態(相)につづく第4の相として認識され、固体(結晶)が3次元の秩序性を持ち、液体が等方的(対称性が高い)であるのに対し、エネルギー的に安定な1次元、または、2次元の秩序性を持つ状態を言い、一般的には流動性と光学的異方性を有する状態として認識される。

液晶ポリマー(LCP)とは上記の液晶相を発現しうる高分子の総称で、熔融時、または、溶液の状態では光学的異方性を呈する。溶液の状態では液晶相を示すものとしては、芳香族ポリアミドがよく知られるが¹⁾ここでは、熔融時に光学的異方性相を呈する熱変性の液晶ポリマー(thermotropic liquid crystalline polymer、以下単にLCPと略称する)について述べる。LCPは、1975年にde Gennesによって理論予測されたのち²⁾、1980年代から本格的に市場展開され³⁾、近年、射出成形用材料として主にエレクトロニクス分野など、耐熱性、低吸水性、高弾性率など高い機能、性能を必要とされる分野で活用され、その需要量は堅調な増加傾向で推移している。

LCPはその分子構造においては、一般的には芳香族ポリエステルに分類され、高次構造においては、溶

融時にも剛直な分子が分子長軸方向に配向し、固化時もほとんどの部分でその構造が保持される。したがって、熔融時にはエンタングルメント(entanglement: 絡み合い)を有する通常の無定形高分子、結晶性高分子とはまったく異なる挙動を示す(第1図参照)。一般的には、①熔融粘度の温度依存性、せん断速度依存性が非常に大きい、②メルトテンション(melt tension: 熔融時のストランドが切れる時の張力)が低い、③(観察できる現象として)熔融

第1図 高分子材料の固化時、熔融時の分子集合形状



時の冷却固化速度が速い、などが挙げられる。以上の高次構造、溶融挙動から、薄肉流動性、低成形収縮率、低バリ発生、高サイクル性、低ヒケなどの利点を活かして主にエレクトロニクス分野の小型精密部品の射出成形に多く利用され、樹脂合流部での強度低下（ウエルド強度）さえ克服すれば比較的大きな部品でも非常に成形しやすい樹脂といえる。一方、フィルム（シート）成形、ボトル成形など低速での大変形が必要とされる成形技術への適応は困難とされてきた⁴⁾。

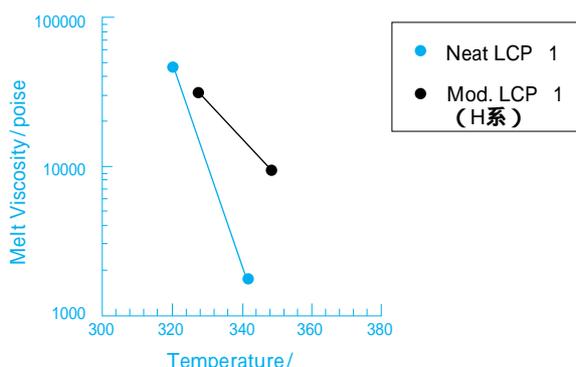
われわれは、LCP 材料の設計に分子レベルからアプローチし、フィルム成形、ボトル成形が容易であり、かつ、分子配向を保持して上記の高性能、高機能を発現する新しいLCP 材料の開発を目指した。

新しいLCP 材料

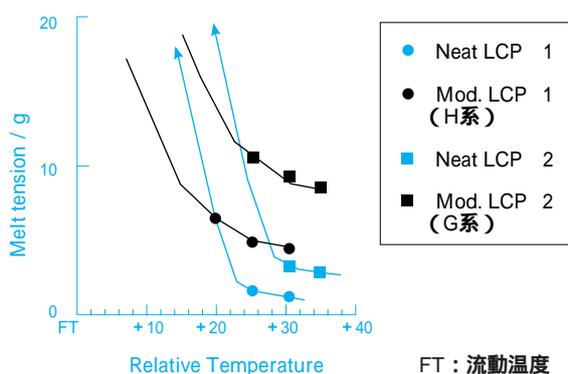
本研究で得られた新しいLCP 材料の溶融粘度の温度依存性、メルトテンションの温度依存性をそれぞれ第2、3図に示す。

LCP の溶融挙動は、温度とせん断速度への強い依存性、また、それら因子に対する履歴依存性の大ききから通常の高分子材料とは異なり、非常に複雑なことが多いが、以下せん断速度が一定と仮定して議

第2図 LCPおよびフィルム成形用LCPの粘度挙動



第3図 LCPおよびフィルム成形用LCPのメルトテンション



FT : 流動温度

論を進める。溶融粘度の温度依存性が既存のLCP並に大きいと、比較的低せん断域で変形を受けるような押出機を用いた加工では、熱の伝達の不均一性が顕著に反映され、吐出される樹脂内で粘度ムラが生じ、結果としてフィルム成形やボトル成形の際の大変形印加時に、延伸ムラが大きくなり成形品の外観や機械強度の均質性が不良となる。本研究で得られたLCP 材料は、溶融粘度の温度依存性が小さくなっており、実際の成形でも大きな改善が認められた。また、この挙動は、固化速度の鈍化にも貢献し、実際の延伸には有利に働いている。

さらに、LCP は溶融状態において先述したように剛直で比較的重合度の低い分子が分子長軸方向に配向しており、その配向方向が外力に沿うため、メルトテンションが非常に低い。また、伸張粘度については、通常の高分子材料で認められるいわゆる立ち上がりはほとんど認められない。実際の成形ではメルトテンションが低いと、Tダイやブロー成形用のリングダイから樹脂を押し出した場合、非常に早いネッキングやバリソンのドロウダウンという結果を招く。この点も本研究で得られたLCP 材料では大幅に改善されている。

以上のように、本研究で得られた新しいLCP 材料は、フィルム成形、ブロー成形に対し、通常のLCPよりは、加工の条件許容範囲が広がっている。

フィルムの基礎物性

我々は、得られた新しいLCP 材料を用いて、LCP フィルムとして、ESPEX HシリーズとGシリーズの2種類のフィルムを開発した。前者は、ハンダ耐熱性を有する高耐熱タイプで、主に工程フィルム、耐熱ラベル、耐熱絶縁フィルム、耐熱防湿フィルムなど

第1表 Hシリーズフィルム(耐熱グレード)の一般物性

	H125	PET	PI
厚み	25	25	25
引張強度	kg/mm ²	25/5	25/27
伸び	%	1/25 - 30	130/130
弾性率	kg/mm ²	3000/50	400/400
引裂伝播抵抗	g/mm	80/160	780
線膨張率	ppm/	-20/30	17
熱伝導率	10 ⁴ cal/cm ² ·sec	7.0~9.0	3.4
耐熱温度 (40000hr)		165~170	105
吸水率	%/75%RH	0.05	0.4
吸湿膨張係数	ppm/%RH	-0.9/1.6	12
絶縁破壊抵抗	kV/mm	250	300
体積固有抵抗	·cm	3.5 x 10 ¹⁵	1 x 10 ¹⁸
誘電率 (1GHz)		2.95	3.1
水蒸気透過度	g/m ² ·24hr	0.6	21.3

表中斜線は MD/TD

第2表 包材用 LCP フィルムの一般物性

		G110	H110
厚み		10	10
引張強度	kg/mm ²	40/10	25/7
伸び	%	3/8	1/10
弾性率	kg/mm ²	3500/300	3000/150
引裂伝播抵抗	g/mm	120/220	80/160
線膨張率	ppm/	- 30/40	- 20/30
熱伝導率	10 ⁴ cal/cm ² ·sec·	8~9	7~9
耐熱温度	(40000hr)	145	165
吸水率	%/75%RH	<0.05	<0.05
吸湿膨張係数	1/%RH	- 1.0/2.0	- 1.2/2.3
酸素透過度	cc/m ² · 24hr atm	1.5	9~10
水蒸気透過度	g/m ² · 24hr	0.3	0.9

への展開を行っている。また、後者については、そのガスバリア性、防臭性、易引き裂き性などを活かした、包装材料への展開を考えている。フィルムの形態としては、現在500mm幅程度、8 μ m ~ 50 μ m厚みフィルムの巻物サンプルの供試が可能である。実用評価などを経て、良好な結果を頂いている用途もあり、今後も積極的な市場紹介を行いたいと考えている。第1表にHシリーズの簡単な物性表を、また、第2表には、Gシリーズ、Hシリーズの包装材料向け10 μ m厚みフィルムの物性表を示す。以下、フィルムの基本的な特性、物性について述べる。

1. 機械強度

ハンドリングにあたっては縦横の強度が等しいことが好ましいが、Hシリーズ、Gシリーズとも、長手方向(MD)の引張強度が大きく横手方向(TD)のそれは小さい、いわゆる異方性が顕著である。加えて、破断伸びは厚み、シリーズにより異なるが、MD:1~3%程度、TD:8~30%程度とTD方向が大きい。したがってMD方向に弾性率が高く、TD方向に弾性率の低いフィルムである。同じように線膨張率なども異方性が認められ、たとえば、MD方向には温度を下げると縮むなどの特異な物性が認められる。

また、ノッチが入るとMD方向には簡単に真っ直ぐ裂ける性質も持っており、引き裂き伝播強度は小さい。二軸延伸によるフィルムとはいえ、もともとの分子配向能、MD方向への初期配向の影響が強く残っている結果であると考えられる。一般的には上述の異方性はフィルム材料には好ましくないが、MD方向の弾性率の高さ、手切れ性のよさを利用した特殊な粘着テープ、異方性、低い引き裂き強度を利用した易引き裂き包材などの用途では利点となることも有り得、実際、LCPフィルムをベースとしたラミネーションフィルムにおいては、一方向に引き裂き易くなるこ

とが分かっている。

2. 耐熱性など

耐熱性に関し、その温度で40000時間放置するとMDの引張強度が半減する温度で定義した常用耐熱は、Hシリーズで165 ~ 170、Gシリーズで145 ~ 150である。常用耐熱の低いGシリーズであっても、包装材料としての耐熱性は十分と考えられる。Hシリーズの場合、290で10秒程度はハンダ浴浸漬に耐えることを確認しており、ハンダリフロー炉用の耐熱ラベル基材などへの使用が可能である。

熱伝導性は方向によって異なるが、PETなどよく知られるエンジニアリングプラスチックのほぼ2倍程度あり、近年放熱性が重要視される耐熱絶縁フィルムとしての用途が期待できる。

難燃性という観点では、UL94 VTM 燃焼試験に準拠した社内評価を行っており、GシリーズはVTM - 0、HシリーズはVTM - 2に相当する難燃性を有している。もちろん、リン系、ハロゲン系の難燃剤は一切含まれていない。

射出成形の分野では、LCPは一般的に難燃材料として認識されているが、新しいLCP材料によるフィルムもその特性を保持している。

3. 吸水性

吸水率は非常に小さく、75%RH、40 雰囲気下で、0.05%以下であり、非常に優れている。吸湿膨張係数も、絶対値はPET、ポリイミドの1/10と優れているが、線膨張率と同様、MDとTDで符合が異なるという異方性が認められる。

4. 電氣的性質

電氣的性質においては、体積固有抵抗が他のフィルムに比べ若干小さい、高周波での比誘電率が小さいなどの特徴がある。

5. ガスバリア性

・酸素透過度

LCPフィルムを包装材料に展開するに当たってもっとも期待されるのはガスバリア性である。以下、酸素バリア性、水蒸気バリア性、有機溶剤バリア性の順で述べる。

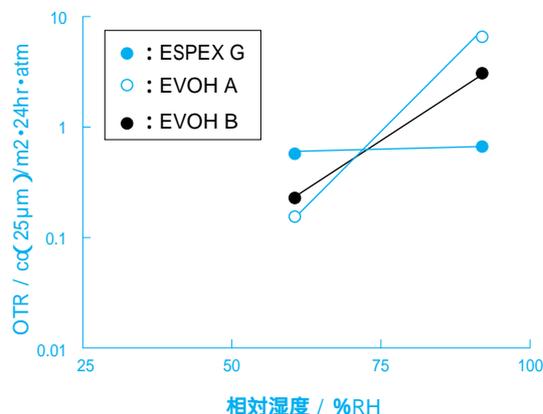
Gシリーズの酸素透過度は、0.7cc / m² · 24hr · atm (25 μ m、25) 1.5cc / m² · 24hr · atm (10 μ m、25) である。第3表に示したように、LCPの優れた酸素バリア性には溶解度係数の寄与が比較的大きい。拡散係数支配的であることが知られるPAN(ポリアクリロニトリル)や、MXD6では、拡散係数(D)が小さく、極性の高い置換基(前者ではニトリル基、

後者ではアミド基)が酸素の拡散を阻害することで酸素バリア性を発現していることが良く理解できる。そのようなバリア材は、高湿度下でのバリア性低下が認められることがあるが、極性基が水分子と相互作用し、酸素の運動阻害因子として働かなくなるためと理解できる。また、PETに、HBA (p - ヒドロキシ安息香酸) を配合した系では、通常のPETに比べ、溶解度係数 (S) が大きく低下 (改善) していることがわかる。これは、運動の自由度が大きいエチレン鎖を含むPETに、直線性、凝集性に富むHBAの連鎖が導入されることで、液晶性が発現され、分子運動が拘束されると共に、液晶相で見られる高次構造が発現した結果と考察されている⁵⁾。したがって、表中、「Vectra®」とある、HBA / HNA (ヒドロキシナフトエ酸) の共重合体である液晶ポリエステルは、更に優れたD、Sを持ち、結果として酸素バリア性は高い。溶解度係数が小さいバリア材の場合、フィルム表面への酸素分子溶解がバリア性を発現させる因子として強く働くため、厚みを小さくしてもバリア性が発現し得るといえる点が期待ができる。本研究に用いたGシリーズも芳香族液晶ポリエステルであるが、D、S共に良好な値を示す。液晶を発現する分子に、

第3表 各種ポリマーフィルムの透過係数

sample	$P \times 10^{15}$	$D \times 10^{10}$	$S \times 10^3$
	$\frac{\text{cm}^3(\text{STM}) \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{cmHg}}$	$\frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$	$\frac{\text{cm}^3(\text{STM})}{\text{cm}^3 \cdot \text{atm}}$
PET (amorphous)	11000	95	88
PET (42% cryst.)	5300	65	61
PAN	54	0.14	290
EK60 (PET/PHB =40/60mol%)	1100	83	10
EK60 (PET/PHB =40/60mol%)	500	41	9
Vectra	47	7	5
	以上 ref.(5) から抜粋		
ESPEX G114	18.6	7.4	1.9

第4図 LCPフィルムの酸素透過度の湿度依存性



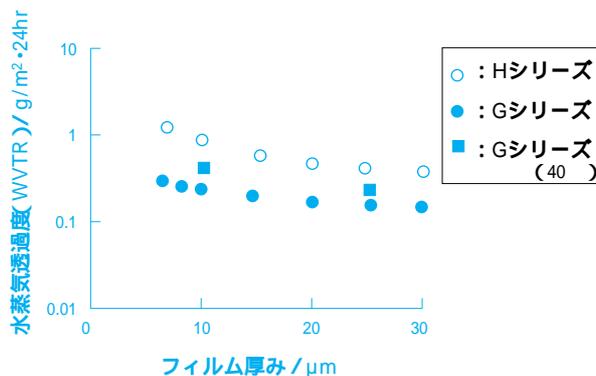
極性基を導入して拡散係数を小さくし酸素バリア性をあげることも可能であるが、その場合、高湿度下では、酸素バリア性が若干低下する現象が認められ、今後の検討課題である。

また、D や、特にS を支配する因子が、特定の置換基によらず高次構造に由来するため、高湿度下においてもガスバリア性が殆ど変化しないという特徴をもつ (第4図)。酸素透過度 (OTR) 自体の値は、際立ってよいものではないものの、この特徴は高温多湿の環境にある日本、東南アジアなどで用いられる包装材料のバリア材として期待できるものであると考えている。さらに、後述の優れた水蒸気バリア性も考慮すると、乾燥条件下では極めて優れた酸素バリア性を有するものの、高温高湿度でバリア性が低下する恐れがあるとされるEVOHなどとの積層により、新しい展開も考えられる⁶⁾。

・水蒸気透過度

ESPEX Gシリーズの最大の特徴が優れた水蒸気バリア性である。水蒸気透過度はカップ法 (JIS Z0208) の測定で、 $0.2 \sim 0.3 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot 24 \text{ hr}$ ($10 \mu\text{m}$, 25) と、 $0.3 \sim 0.4 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot 24 \text{ hr}$ ($10 \mu\text{m}$, 40) と、非常に良い値を示す。また、JIS K7129 準拠の試験によっても同等の値が得られる。また、第5図に示したように、水蒸気透過度のフィルム厚み依存性は小さく、より溶解度係数支配的なバリア機構をもつものと考えている。

第5図 LCPの水蒸気バリア性 (23)



6. 耐溶性、耐薬品性など

有機溶剤についてはガソリンを含むほとんどすべての有機溶剤に耐性をもっており、膨潤、溶解しない。各種アルコール、ヘキサン、トルエン、酢酸、酢酸エチル、アセトンなど一般的に使われる有機溶媒であるが、膨潤、溶解 (重量変化) は認められなかった。また、ハロゲン酸 (HF、HCl)、有機酸への耐性は高いが、酸化力の大きい、クロム酸、硫酸などへの耐性は

通常のエンジニアリングプラスチックフィルムより若干良い程度である。一方、構成分子の基本骨格がポリエステルなので、アルカリ条件下で加水分解が進行するため、2N程度以上の濃度の水酸化ナトリウム水溶液に浸漬させると一週間程度で重量減少を起こす。

第4表にESPEX Gシリーズ、Hシリーズ、およびEVOHに対して行った、ガソリン透過度試験の結果を示す。試験条件は60℃とEVOHには過酷な条件ではあるが、自動車の使用環境を勘案した条件とした。各溶媒（イソオクタン、エタノール、トルエン）とも、H、G両シリーズとも非常に良好な値を示している。バリア性が高次構造に由来するため、対象となる分子が大きくなればなるほど、他のバリア材に対する優位性は大きくなると考えられる。

第4表 LCPフィルムのガソリン透過度

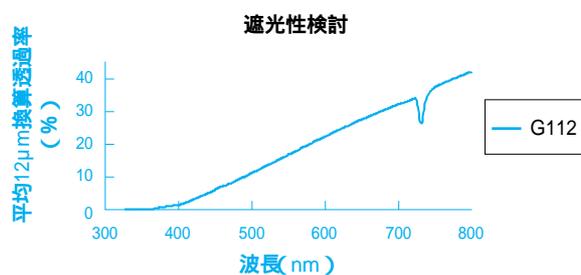
	ガソリン透過度 (60℃) g/m ² ・24hr・atm・25μm		
	Iso-Octane	Ethanol	Toluene
G110	8.68 × 10 ⁻⁵	0.208	1.54 × 10 ⁻³
H125	6.42 × 10 ⁻⁵	2.32	3.54 × 10 ⁻³
EVOH(F20)	1.40 × 10 ⁻²	128	2.70 × 10 ⁻¹

ヤナコ分析工業(株)製 ガソリン透過度測定装置GTR-GASOLINE

7. 光学的特性

Hシリーズ、Gシリーズとも透明性は無く、10μm厚みで、波長500nmにおいて透過度10 - 15%、700nmにおいて30 - 40%程度である。一例としてGシリーズ12μm厚みフィルムの光透過度を第6図に示す。一方で、370nm以下の紫外領域では透過率はほぼ0%であり、紫外線カットの特性がある。

第6図 Gシリーズフィルム(12μm)の光透過度



フィルムとしての加工性、積層体としての特徴

1. 貼合、接着

ESPEX Hシリーズ、Gシリーズの表面張力は、表面未処理の状態では40 - 42dyne/cm程度であり、表面処理などを行うことで50dyne/cm近くにまで上昇する。溶媒浸透性が悪いこと、また、弾性率が他の

フィルムに比べて高いことにより、接着容易とはいえないが、市販の接着剤による貼合が可能である。ただし、高い接着性が得られた場合でも、180°ピール強度測定のように、LCPフィルムそのものの表面に強い応力集中があるような場合には、LCPフィルムの極表面が薄皮のように剥がれしまう現象が見られ、取り扱いには注意を要する。もちろん、接着剤、シーラントについて適切なものを選定することで、実使用に耐え得る袋の製造は可能である⁷⁾。

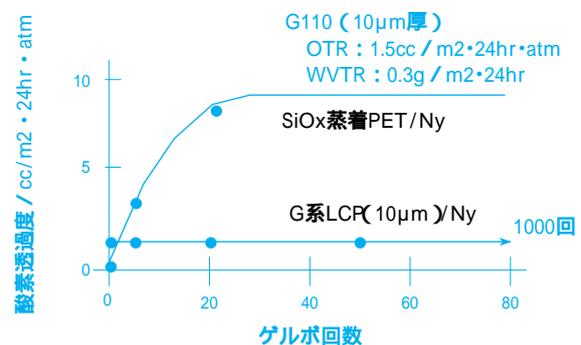
2. 積層加工、スリットなど

LCPは先述したように、非常に異方性の高い材料であり、本報告で述べたESPEX Hシリーズ、Gシリーズも異方性の改良には到っていない。したがって、特に10μm前後の薄いフィルムを扱う場合、ロール間を通るような貼合、積層、スリットなどの加工においては工夫が必要となる。材料設計の観点、フィルム成形の観点から更なる改良も進めている。

3. ゲルボ特性、折り曲げ試験

さまざまな変形を与えられた場合のピンホールの発生をチェックする方法の1つとして、ゲルボ特性試験がある。A4大のフィルムを丸めて両端をチャックに挟み、捻りながらチャック間距離を変化させる試験であるが、残念ながらLCPフィルム単独では、金属製のチャック部でフィルムが破損する場合があります。一方、Ny、PE、CPPなどとLCPフィルムの貼合品においての試験では、無機化合物(SiO_x)蒸着フィルムなどでは、5~20回の変形でガスバリア性の低下が認められるのに対し、1000回の繰り返し変形においてもガスバリア性の低下は認められないという特徴を有している(第7図参照)。

第7図 LCPフィルムのゲルボ特性



廃棄、環境問題など

ESPEX Hシリーズ、Gシリーズの構成元素は、炭素、水素、酸素のみであり、灰分、金属分、塩素な

どのハロゲンを全く含まず、廃棄時には通常の燃焼ゴミとしてヒートリサイクル可能である。難燃性材料であるものの、通常の焼却炉で焼却は可能で、燃焼時の熱量も、LDPE 程度と報告されており、特殊な焼却炉などは必要ない。

また、フィルムそのもの、さらには、積層体、ラミネーションフィルムにまで範囲を広げ、材料としてのリサイクルの方法などについても検討している。基本的には熱可塑性樹脂であり、部分的なリサイクルは可能と考えている。

おわりに

以上、我々が開発しているLCP フィルム、ESPEX H シリーズ、G シリーズについてその概要を述べた。ここで述べたLCP フィルムの機能、性能、さらに、今

後あらたに見出されるであろう特性が、プラスチックフィルムの新しい用途、市場を創り得ると信じている。

引用文献

- 1) S. L. Kmolek, US Patent, No. 3671542
- 2) P. G. de Gennes, C. R. Acad. Sci., Paris, B281 101 (1975)
- 3) Nikkei New Materials, 32 (1987)
- 4) 末永 純一 成形・設計のための液晶ポリマー シグマ出版 (1995)
特開昭 53-86798, 特公平 3-29245
- 5) D. H. Weinkauf, et al., Macromolecules, 25 788 (1991)
- 6) 特開 2001-80004, 特開 2002-36454
- 7) 特開 2001-315267

PROFILE



山口 登造
Takanari YAMAGUCHI
住友化学工業株式会社
筑波研究所



山下 恭弘
Yasuhiro YAMASHITA
住友化学工業株式会社
筑波研究所



熊田 浩明
Hiroaki KUMADA
住友化学工業株式会社
筑波研究所



松見 志乃
Shino MATSUMI
住友化学工業株式会社
筑波研究所

メトキシアミンを用いる 新規アミノ化反応の開発

住友化学工業(株) 有機合成研究所

世古信三
三宅邦仁

Development of Novel Aminations with Methoxyamines

Sumitomo Chemical Co., Ltd.

Organic Synthesis Research Laboratory

Shinzo SEKO

Kunihito MIYAKE

Methoxyamine was found to directly aminate nitrobenzenes under basic conditions to give nitroanilines. The yield of nitroanilines was highly enhanced by the addition of a copper catalyst. In the course of our studies on the amination with methoxyamine, we also found that the amination of nitropyridines, nitroolefins, α , β -unsaturated carbonyl compounds and naphthoquinones gave aminonitropyridines, β -nitroenamines, β -acylenamines and aminonaphthoquinones, respectively. We describe here the novel aminations with methoxyamine.

はじめに

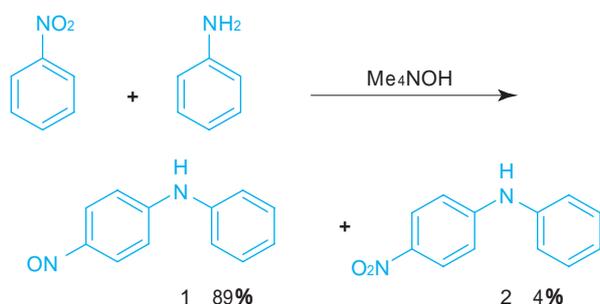
芳香族アミンの合成法として、芳香族化合物に直接アミノ基を導入する反応は、古くから多くの研究がなされているが、現在でもなおチャレンジングな研究の一つである¹⁾。1992年、Sternらはアニリンとニトロベンゼンの酸化的な直接アミノ化反応により4-ニトロソジフェニルアミン¹および4-ニトロジフェニルアミン²が得られることを報告している(第1図)²⁾。従来、4-ニトロジフェニルアミンは、p-クロロニ

トロベンゼンとアニリンとの置換反応によって得られていた。この直接アミノ化法は、ハロゲンフリープロセスであり、1998年に米国のPresidential Green Chemistry Challenge Awardを受賞している。本反応は酸化防止剤の中間体である4-アミノジフェニルアミンの工業的製造法として現在採用されている。

一方、芳香族ニトロ化合物の芳香族水素を置換する反応の一つとしてVicarious Nucleophilic Substitution of hydrogen (VNS反応)が知られている。この反応は、脱離基を求核中心に有する求核剤を用いることを特徴とし、アミン求核剤を用いた場合には芳香族ニトロ化合物に対して直接アミノ化反応が進行する。しかしながら、これまで実用的なVNS反応のアミノ化剤は知られていなかった。

我々は本反応に着目し、工業的な観点から独自に研究を行なったところ、メトキシアミンがVNSアミノ化剤として優れていることを見いだした。また、メトキシアミンは芳香族ニトロ化合物に限らず、ニトロオレフィンや、 α , β -不飽和カルボニル化合物などの電子不足オレフィンもアミノ化し、エナミン誘導体を与えることを見いだした。本稿ではこのメトキシアミンを用いる新しいアミノ化反応について紹介する。

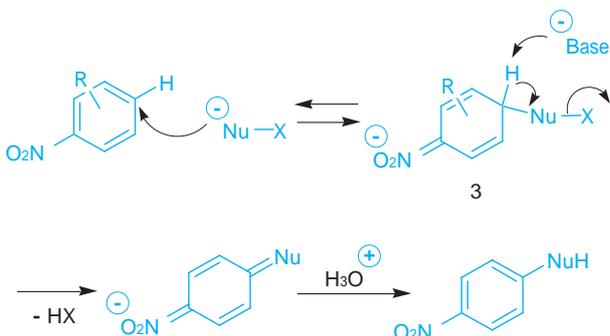
第1図 アニリンとニトロベンゼンの直接カップリング反応



VNS 反応とは

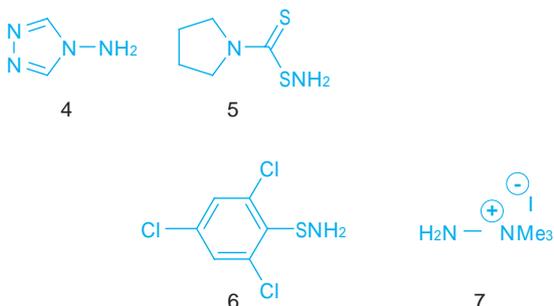
1978年、Makoszaらはニトロベンゼンとクロロメチルフェニルスルホンとの反応において本置換反応を見だし、Vicarious Nucleophilic Substitution of hydrogen (VNS 反応、身代わり求核置換反応)と名付けた³⁾。その後、アルキル化の反応例を数多く報告している⁴⁾。一般的な芳香族求核置換反応(S_NAr)は、芳香環に結合した脱離基(X)と求核剤(Nu)との置換であるが、身代わり求核置換反応では、脱離基(X)が求核剤のアニオン中心に結合している(第2図)。その求核剤が芳香環に付加し、^H-錯体3を形成した後、ヒドライドイオンの身代わりとなってXが脱離することから「身代わり求核置換反応」(Vicarious Nucleophilic Substitution of hydrogen)と名付けられた。反応機構としては、1,2-ヒドリドシフトを経てX⁻が脱離すると考えられていたが、その後の研究によって、現在では、塩基による脱離という考え方が有力である⁵⁾。

第2図 VNS反応の反応機構



VNS 反応におけるアミノ化剤としては、4-アミノ-1,2,4-トリアゾール⁴⁶⁾、スルフェンアミド類⁵⁷⁾および⁶⁷⁾、また我々とほぼ同時期にヨウ化1,1,1-トリメチルヒドラジニウム⁷⁸⁾が報告されている(第3図)。しかしながらこれらのアミノ化剤は高価であり、脱離基の分子量も大きく、生成物と脱

第3図 従来のVNSアミノ化剤



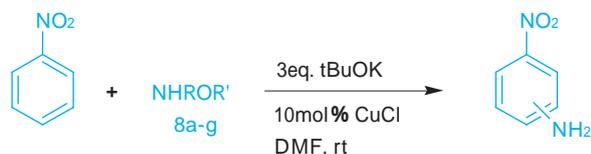
離化合物の分離操作が必要であることなどから工業的な利用は難しい。

芳香族ニトロ化合物の直接アミノ化反応

1. メトキシアミンの有用性

我々は、VNSアミノ化剤の候補化合物として、N-N、N-O、N-SおよびN-ハロゲン結合を有する化合物を中心にスクリーニングしたところ、ヒドロキシルアミンの水酸基をアルコキシ基に変換したO-アルキルヒドロキシルアミンがVNSアミノ化剤として優れていることを見いだした(第1表 entry 1~5⁹⁾)。O-アルキルヒドロキシルアミンの中でも最もシンプルなメトキシアミン^{8a¹⁰⁾}が高い反応性を示し、ニトロベンゼンとの反応では銅触媒存在下93%の高収率でニトロアニリンを与えた(第1表 entry 1)。アミノ化の配向性は、銅触媒の有無では変化なく、ほぼ非選択的である。このことは、既知の4-アミノ-1,2,4-トリアゾール⁴やスルフェンアミド類^{5, 6}ではパラ選択的であった事とは対照的であり、メトキシアミンのアニオンが、4, 5, 6のアニオンよりも求核性が高く、kinetic controlで反応していることを示唆している。メトキシアミンは比較的安価に入手でき、反応後の脱離生成物がメタノールであるため後処理も容易である。使用の際はメトキシアミンの塩酸塩もしくは硫酸塩を系内で中和処理しても良いが、別途中和し、フリー体として用いる方が好ましい。エトキシアミン^{8b}、ベンジロキシアミン^{8c}では収率が低下し、t-ブトキシアミン^{8d}では立体因子が支配的となりパラ選択的となった。N,O-ジメチルヒドロキシルアミン^{8e}ではメチルアミノ化も進行するが、低収率であった。無置換のヒドロキシルアミン^{8f}や、ニトロキノリンを若干アミノ化することが知られ

第1表 NHROR'によるニトロベンゼンのアミノ化



entry	NHROR' 8	R	R'	yield (%)	o/p
1	a	H	Me	93(60) ^{a)}	71/29(65/35) ^{a)}
2	b	H	Et	68(38) ^{a)}	68/32(61/39) ^{a)}
3	c	H	Bn	41	76/24
4	d	H	tBu	40	27/73
5	e	Me	Me	22	0/100
6	f	H	H	0	
7	g	H	SO ₃ H	0	

a: No CuCl

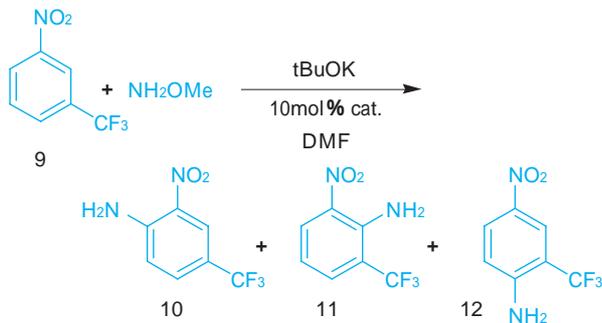
ているヒドロキシルアミン - O - スルホン酸^{8g11)}では全く反応しなかった。

2. 銅触媒の添加効果

本反応は銅触媒に収率向上効果が見られ、ニトロベンゼンとメトキシアミンの反応では塩化銅 (I) 触媒を加えることによって、60 % から 93 % まで大幅に収率が向上した (第1表、entry 1)⁹⁾。

反応基質を *m*-トリフルオロメチルニトロベンゼンとし、メトキシアミンとの反応における種々の金属塩触媒の添加実験を行なった (第2表)。金属塩無添加では26 % (第2表、entry 1) と極めて低収率であるのに対し、塩化銅 (I) 触媒を添加すると93 % まで収率が向上した (第2表、entry 6)。銅以外の金属塩には殆どそのような効果は見られず、銅触媒に特異的に添加効果が観察された。銅触媒は1価でも2価でもよく、特にハロゲン化銅、酢酸銅、硝酸銅、銅アセチルアセトネートなどに顕著な活性が見られた。触媒量は1mol % まで削減できることを確認している^{9d)}。銅触媒の添加は収率のみに影響し、位置選択性には全く影響しない。

第2表 金属塩触媒の添加効果



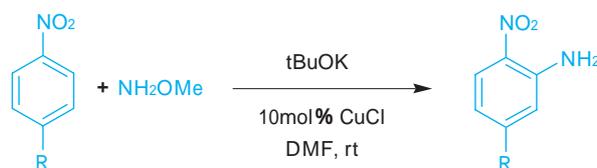
entry ^a	cat.	yield (%)	ratio of products (10/11/12)
1	none	26	48/31/21
2	ZnCl ₂	35	51/28/21
3	NiCl ₂	28	54/25/21
4	FeCl ₃	29	51/27/22
5	MnCl ₂	57	47/29/24
6	CuCl	93	50/26/24
7	CuBr	91	49/28/23
8	CuI	89	50/27/23
9	CuCl ₂	83	49/29/22
10	Cu(acac) ₂	83	50/27/23
11	Cu(OAc) ₂	95	50/27/23
12	Cu(NO ₃) ₂	90	49/27/24
13	CuCN	52	50/28/22
14	CuSO ₄	37	48/30/22

^a Reactions of 1-nitro-3-trifluoromethylbenzene with NH₂OMe (1.25 equiv.) were performed in the presence of tBuOK (3.0 equiv.) and cat. (0.1 equiv.) in DMF at room temperature for 1-24 h.

3. 種々の置換ニトロベンゼン類のアミノ化

パラ置換ニトロベンゼンとの反応では、高収率で *o*-アミノ体のみを選択的に与えた (第3表)。*p*-クロロおよび *p*-ブロモニトロベンゼンは、パラ位のニトロ基によってハロゲンが活性化され極めて求核置換を受けやすくなっているにもかかわらず、S_NAr 生成物は得られず、*o*-アミノ化が進行した。このことは、本アミノ化反応が通常の芳香族求核置換反応よりも優先的に進行していることを示唆している。

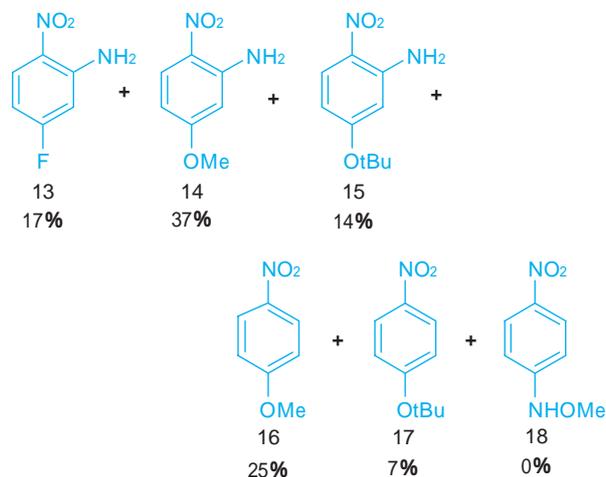
第3表 パラ置換ニトロベンゼンのアミノ化



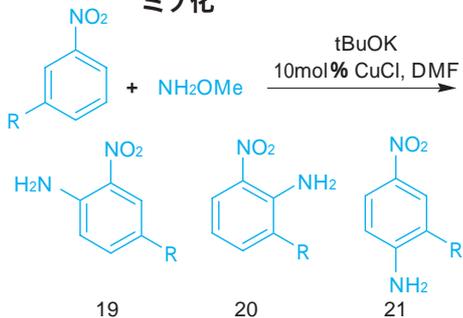
R	yield (%)
CF ₃	76
tBu	91
OMe	69
OPh	70
SMe	92
Cl	86
Br	71
	70

一方、*p*-フルオロニトロベンゼンでは、その反応性の高さから多くの生成物の混合物となった (第4図)。期待する13は17 %にとどまり、13がさらにメトキシ基や、塩基由来の *t*-ブトキシ基に置換された14、15がそれぞれ37 %、14 %で得られた。低収率ではあるものの14はアミノ化反応後に脱離したメトキシアニオンがさらにフルオロ基を置換した化合物であり

第4図 *p*-フルオロニトロベンゼンとの反応生成物

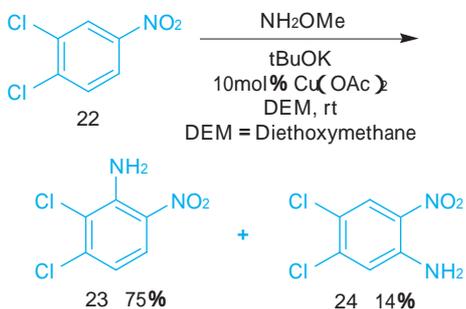


第4表 メタ置換ニトロベンゼンのアミノ化



R	yield (%)	ratio (19/20/21)
CF ₃	93	50/26/24
Cl	85	18/48/34
OMe	94	15/61/24
NMe ₂	99	10/75/15

第5図 3,4-ジクロロニトロベンゼンのアミノ化

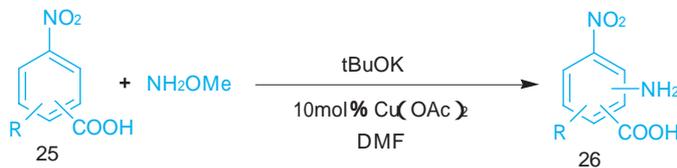


興味深い。その他、アミノ化される前にメトキシ基やt-ブトキシ基に置換された16、17がそれぞれ25%、7%で得られた。従来のアミノ化剤4、5、6および7では、アミノ化後の脱離基アニオンの求核性は低いため、さらに置換反応に関与することはなかったが、メトキシアミンでは、アミノ化後のメトキシアニオンの求核性が比較的高くフルオロ基の置換に関与し、14、16の副生につながった。また、このように高反応性を示すp-フルオロニトロベンゼンであってもメトキシアミンとのS_NAr生成物18は全く得られなかった。

メタ置換ニトロベンゼンとの反応では、孤立電子対を有する置換基 (Cl, OMe, NMe₂) の場合、立体的に最も込み合った20が優先的に生成した (第4表)。例えばジメチルアミノ基の場合では、75%の選択率で20 (R = NMe₂) を与えた。

他の反応例として、メタ、パラ位が置換された3,4-ジクロロニトロベンゼン22

第5表 ニトロ安息香酸類のアミノ化



entry ^a	substrate	products, yields (%) ^b
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

^a The reactions were performed with NH₂OMe (2.0 equiv.), tBuOK (7.0 equiv.) and Cu(OAc)₂ (0.1 equiv.) in DME at room temperature for 2–4 h. ^b Unless otherwise noted, all isomers were isolated. ^c 26d and 26f could not be separated. ^d Calculated on consumed substrate. ^e The structure could not be fully determined.

のアミノ化では、高い選択性で2位がアミノ化された2,3-ジクロロ-6-ニトロアニリン23を与えた (第5図)^{9b,12}。このような興味深い位置選択性は銅触媒の有無には影響されないため置換基の銅に対する配位によるものではないと考えられる。また、電子密度および軌道計算だけでこの選択性を説明することは困難であった。

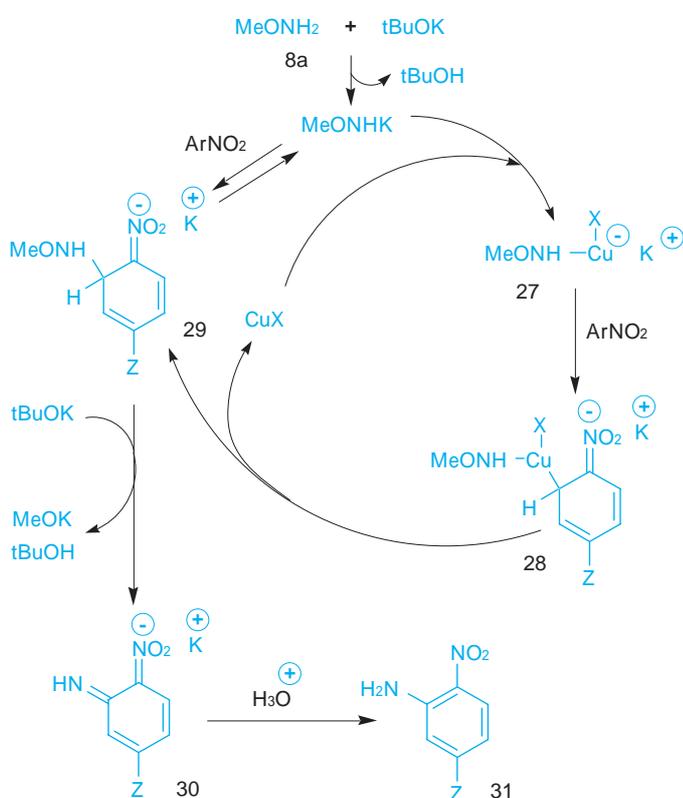
ニトロ安息香酸誘導体のアミノ化では、塩基が7当量と過剰に必要であるが、第5表に示すようなアミノニトロ安息香酸誘導体が比較的良い収率で得られた^{9b,13}。2-クロロ-4-ニトロ安息香酸

25eのアミノ化においては、22のアミノ化の場合と同様に、ニトロ基とクロロ基の間の3位が選択的にアミノ化され26hを与えた。

4. 推定反応機構

推定される反応機構を第6図に示した。銅触媒の役割は、ニトロ基への配位による活性化¹⁴⁾ではなく、メトキシアミン8aに作用し、銅アミドアート錯体27の形成に関与しているものと推察される。銅触媒が存在しなくてもある程度反応進行することから、銅触媒が関与せずにH⁻錯体29が生成する経路と27がニトロベンゼンに酸化的付加し28を与え、次いで還元脱離を起こし29が生成する経路の二つが存在すると考

第6図 推定反応機構



えられる。29はVNS反応と同様に塩基による脱離を経て30を与え、酸処理でニトロアニリン誘導体31を与える。反応溶液は濃い赤色となるが、これは30の色であり、酸処理により赤色が消え黄色の31となる。銅アミドアート錯体27の生成はNMRにより推定した。メトキシアミンのメチル基のシングレットは3.34ppmであるが、CuClおよびtBuOKを共存させると3.35と3.32に二つのシングレットが観察され、27の生成を示唆した。銅触媒は1価でも2価でも効果を示すが、2価の銅は反応系中で小過剰用いているメトキシアミンなどに1価に還元されていると推察している。しかしながら、銅触媒の反応促進作用に関する詳細についてはまだ不明点が多い。

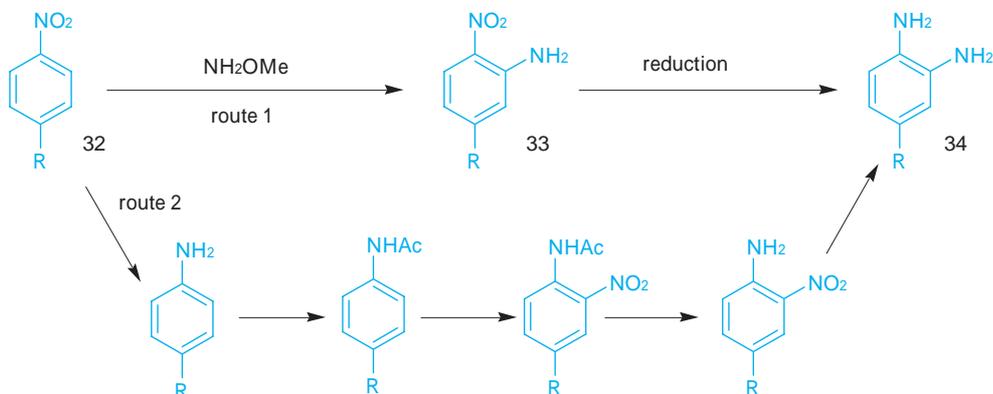
5. o-フェニレンジアミン誘導体合成への応用

メトキシアミンは、バラ選択的な従来のアミノ化剤4、5、6とは異なりオルトアミノ化が進行するため、バラ置換ニトロベンゼン類のアミノ化ではo-アミノ体単一生成物を与える。このことを利用すれば、o-フェニレンジアミン誘導体34の高效率合成が可能となる。34の合成には一般にいくつかの方法が考えられるが、例えば第7図 route 2に示すようにバラ置換ニトロベンゼンから還元-アセチル化-ニトロ化-加水分解-還元と5工程を経て合成される。しかしながらメトキシアミンによる直接アミノ化反応を利用するとバラ置換ニトロベンゼン32から2工程で34が得られ、大幅な工程数短縮となる(第7図 route 1)。o-フェニレンジアミン誘導体34は医薬中間体として重要なベンズイミダゾール誘導体の前駆体として有用である。

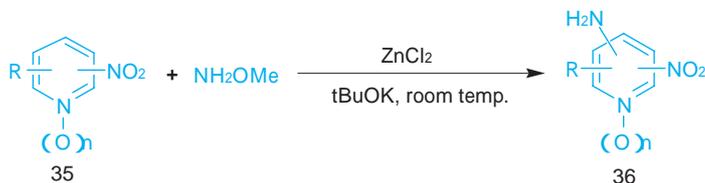
6. ニトロピリジン類のアミノ化

メトキシアミンはニトロピリジン類もアミノ化し、アミノニトロピリジン類を与える¹⁵⁾。ニトロピリジン類の場合は銅触媒ではなく当量の塩化亜鉛の添加が必要であった。種々のニトロピリジン類をアミノ化し

第7図 o-フェニレンジアミン誘導体合成への応用



第6表 ニトロピリジン類のアミノ化



entry ^a	R	n	position of NO ₂	solv.	position of amination	products 36	yields(%) ^b of 36
1	6-MeO	0	3	DMSO	2	a	87
2	6-MeO	0	3	DEM	2	a	62(70) ^c
3	6-MeO	0	3	THF	2	a	59(63) ^c
4	6-MeO	0	3	DME	2	a	43(50) ^c
5	6-MeO	0	3	Toluene	2	a	19(24) ^c
6	6-MeO	0	3	DMF	-	-	0
7	H	0	4	DMF	3	b	25
8	H	1	4	DMF	3	c	38
9	3-EtO	0	2	DMSO	5	d	7(10) ^c
10	2-Cl	0	3	DME	4	e	34
11	2-Cl	0	3	DMSO	4/6	e/f	28/8
12	2-Cl	0	3	DMF	-	-	0
13	6-Cl	0	3	DEM	2/4	g/h	9/13
14 ^d	2-NH ₂	0	3	DMSO	6	i	58(85) ^c
15 ^d	2-NH ₂	0	3	DMF	6	i	53
16 ^d	2-NH ₂	0	5	DEM	6	i	17(26) ^c
17 ^d	2-OH	0	5	DEM	6	j	9(17) ^c

^a Unless otherwise noted, the amination of 35 was carried out with methoxyamine (1.5 equiv.), zinc (II)chloride (1 equiv.) and potassium *tert*-butoxide (3 equiv.) in solvent at room temperature for 1 ~ 10 h. ^b Isolated yields. ^c Yields in parentheses are based on the conversion of 35.

^d 4 Equiv. of potassium *tert*-butoxide was used.

た結果を第6表にまとめた。

概してニトロベンゼン類より低収率であるが、6 - メトキシ - 3 - ニトロピリジンのアミノ化ではDMSO 溶媒中87%と高収率で2 - アミノ - 6 - メトキシ - 3 - ニトロピリジン36aを与えた(第6表、entry 1)。このケースでは溶媒効果が著しくニトロベンゼンのアミノ化で最適であったDMF溶媒では0%であった(第6表、entry 6)。最適溶媒は基質に依存するが、DMSOが一般的に好結果を与えた。亜鉛はピリジン環の窒素に配位することにより基質を活性化していると推察される。塩化亜鉛の添加効果は、我々の報告を参考にしてBakkeらも報告している¹⁶⁾。

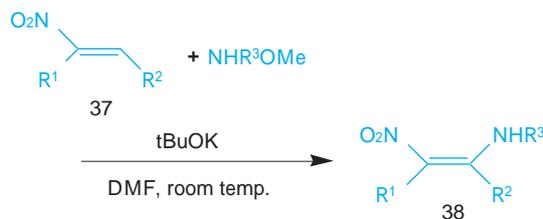
ニトロオレフィンのアミノ化反応

1. -ニトロエナミンの一段階合成

我々はメトキシアミンが芳香族ニトロ化合物だけでなくニトロオレフィン37も効率良くアミノ化し、-ニトロエナミン38を与えることを見出し、初めてVNSアミノ化をニトロオレフィンへ展開した¹⁷⁾。本反応では金属触媒は不要である。代表的反応例を第7表にまとめた。

得られた -ニトロエナミンの立体化学は、その

第7表 ニトロオレフィンのアミノ化



entry ^a	R ¹	R ²	R ³	yield(%) ^b of 38	
1	a	Me	H	61 ^c	
2	b	Me	Me	78 ^c	
3	c	- -(CH ₂) ₄ - -	H	91	
4	d	H	hexyl	87 ^c	
5	e	H	Ph	94	
6	f	H	Ph	Me	51
7	g	H	3-NO ₂ C ₆ H ₄	H	75
8	h	Me	3-ClC ₆ H ₄	H	56
9	i	Me	3-MeOC ₆ H ₄	H	59
10 ^d	j	Me	3-HOC ₆ H ₄	H	31
11 ^d	k	Me	2-furyl	H	30 ^c

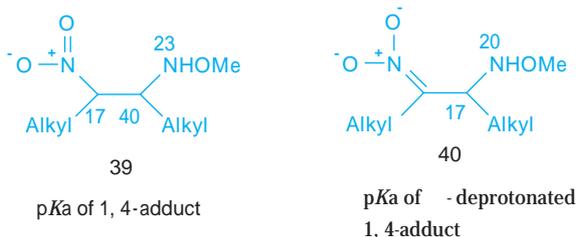
^a Unless otherwise noted, the amination of 37 with NHR³OME (1.25 equiv.) was performed in the presence of tBuOK (3.0 equiv.) in DMF at room temperature for 0.1 ~ 3 h. ^b Isolated yields. ^c After completion of the reaction, the reaction mixture was applied to a silica gel short column directly without general work-up because of the instability of the product. ^d Five equivalents of tBuOK were used.

^1H -NMR スペクトルにおいて、アミノ基のプロトンがニトロ基との分子内水素結合により非等価に観察されたことから、基質の立体に依存せず、全てZ体であることが判明した。また、*N,O*-ジメチルヒドロキシルアミンを用いることによりメチルアミノ化も進行した(第7表、entry 6)。 α -ニトロエナミンはPush-Pull アルケンとして反応性に富み、種々の複素環合成に重要な化合物である¹⁸⁾。

2. 推定反応機構

塩基無しでニトロオレフィンとメトキシアミンを反応させると一旦1,4-付加物が得られ、それに塩基を作用させることによって α -ニトロエナミンが得られるが、その塩基量は2当量以上必要であり、1当量では収率50%となり原料が残存する。CAMEO¹⁹⁾を用いて1,4-付加物39の位と位の pK_a を予測したところ、その値は、それぞれ40、17となり、塩基は当然先ずニトロ基で活性化された位のプロトンを引き抜くと予想される(第8図左)。次いで位が脱プロトン化された40の pK_a を予測したところ、位の値が40から大きく低下し17となり、2当量目の塩基が位のプロトンを引き抜くことを示唆した(第8図右)。

第8図 1,4-付加物のCAMEOによる pK_a の予測

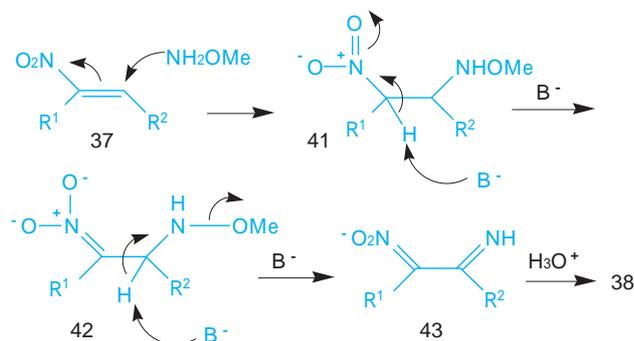


この結果は、 α -ニトロエナミンの生成には位のプロトン引き抜きに伴うメタノールの脱離を経ねばならず、そのためには2当量の塩基が必要であることを示している。以上の結果から反応機構は次のように考えられる(第9図)。

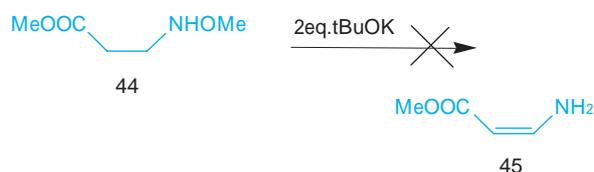
先ず1,4-付加物41が生成し、最初の塩基は位プロトンを引き抜き42を与える。次いで2当量目の塩基が位プロトンを引き抜きメトキシアニオンが脱離し43となり、酸処理で α -ニトロエナミン38を与えると推定できる。

このような1,4-付加物の位の pK_a の変化は、ニトロオレフィン特有であり、アクリル酸エステルについて同様の予測をCAMEOで行なっても、位の pK_a の変化は見られない。事実、アクリル酸エステルにメトキシアミンは1,4-付加するが、得られた1,4-付加物44に塩基を2当量以上作用させてもエナミノエステル45は生成しない(第10図)。

第9図 推定反応機構



第10図 アクリル酸メチルとメトキシアミンの1,4-付加物の反応

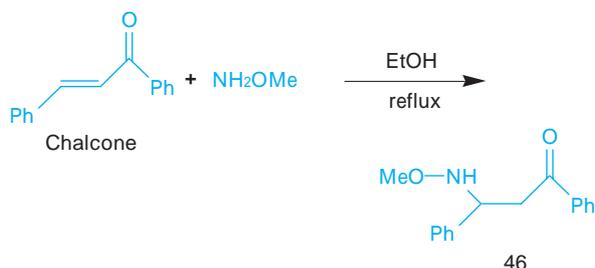


3. α -不飽和カルボニル化合物のアミノ化

1. チャルコンのアミノ化

我々は更にメトキシアミンが、いくつかの α -不飽和カルボニル化合物をアミノ化し、対応する α -アミノエノン誘導体を与えることを見出した。本反応では、中間体の1,4-付加物を一旦生成させてから、塩基を作用させた方が好収率を与えた。チャルコンとメトキシアミンはエタノール中、4~5時間還流することによって1,4-付加物である α -メトキシアミノケトン46を定量的に与える(第11図)。

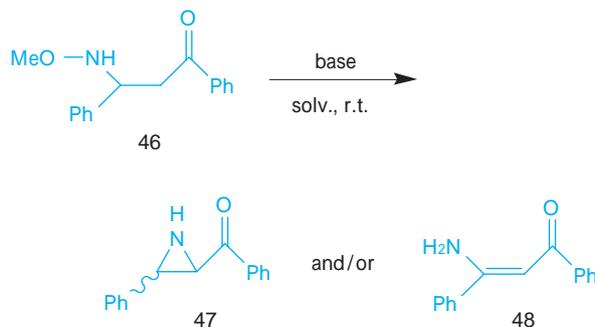
第11図 チャルコンとメトキシアミンの反応



得られた46に塩基を作用させる際、塩基および溶媒種の組み合わせなどの条件によりアジリジンケトン47または α -エナミノケトン48を選択的に合成できることを見出した(第8表)²⁰⁾。非プロトン性極性溶媒中、過剰のtBuOKなどの強塩基を作用させると48が生成し(第8表、entry 4、5)、低極性溶媒もしくはプロトン性溶媒の条件やtBuOKよりも塩基性が低

いKOH やNaOMe を用いた場合にはアジリジンケトン47が選択的に生成した(第8表、entry 1~3、7~9)。エナミノケトン48の立体構造は、¹H、¹³C-NMR、COLOC、NOE 解析および加水分解生成物の同定により決定した。

第8表 アジリジンケトン47と α -エナミノケトン48の選択的合成

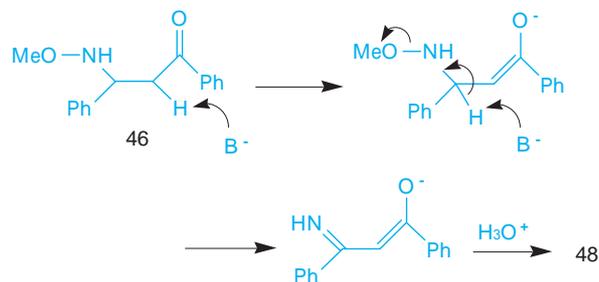


entry ^a	base	equiv.	solv.	yield(%) ^b 47	yield(%) ^b 48
1	tBuOK	2.2	PhCl	67	0
2	tBuOK	2.2	nBuOH	94	0
3	tBuOK	2.2	PhMe	74	26
4	tBuOK	2.2	THF	8	83
5	tBuOK	2.2	DMF	0	55
6 ^c	tBuOK	1.0	DMF	53	0
7	KOH	2.2	THF	92	0
8	KOH	2.2	DMF	52	0
9	NaOMe	2.2	DMF	93	0

^a Unless otherwise noted, to a solution of the base in the solvent was added a solution of 47 in the same solvent, and the mixture was stirred for 15 min ~ 48 h at room temperature. ^b Isolated yields. ^c To a solution of 46 in DMF was added tBuOK.

tBuOK およびDMF の組み合わせであっても、基質に対して塩基が過剰に存在しない条件(46に塩基を分割仕込み)ではアジリジンケトン47が選択的に生成した(第8表 entry 6) このことは、 α -エナミノケトンの生成には、カルボニルの位に先ずアニオンが生成した後、アジリジンに環化する前に位(ベンジル位)のプロトンが引き抜かれることが必要であり、そのためには系内が極めて強い塩基性条件にあり、過剰量(2当量以上)の塩基が必要であることを示している(第12図)。46の場合、ニトロオレフィンの1,4-付加物39の場合に観察されたメトキシアミノ基が結合した位置のpKaの変化がないため、 α -エナミノケトン48の生成にはベンジルアニオンを容易に発生できる条件が必須であり、よりmildな条件では環化反応が優先しアジリジンケトン47が生成する。48の生成には、1,2-ジアニオンの発生が必要であることから極めて強い塩基性条件が必要であることは容易に理解できる。

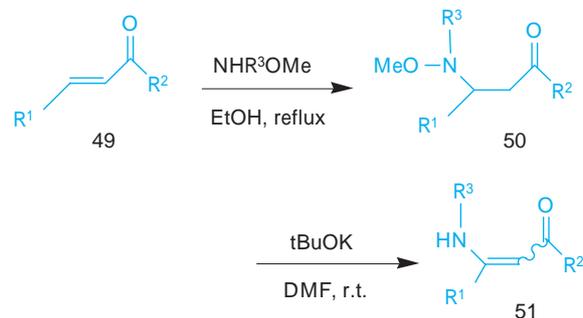
第12図 推定反応機構



2. 種々の α -不飽和ケトンのアミノ化

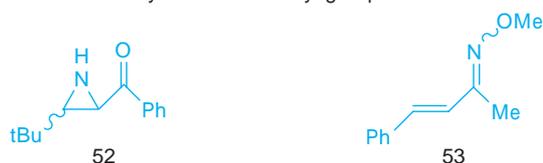
種々の α -不飽和ケトン49とメトキシアミンとの1,4-付加脱離による α -エナミノケトン51の合成例を第9表にまとめた。R¹、R²が芳香族の場合、1,4-付加は定量的に進行、続く脱離反応も中程度の収率で進行し α -エナミノケトン51を与えた。R¹がtBuの場合は1,4-付加物50fの位の酸性度が低く、アジリジンケトン52の生成が優先した。このことは51

第9表 種々の α -エナミノケトン51の合成



entry ^a	R ¹	R ²	R ³	yield of 50 (%)	yield of 51 (%)	
1	a	Ph	Ph	Me	99	64 ^b
2	b	Ph	Ph	H	99	55
3	c	2-furyl	Ph	H	90 ^c	82
4	d	<i>m</i> -NO ₂ C ₆ H ₄	Ph	H	99	36
5	e	Ph	<i>p</i> -MeOC ₆ H ₄	H	99 ^d	63
6	f	tBu	Ph	H	97	0 ^e
7	g	Ph	tBu	H	79	0 ^f
8	h	Ph	Me	H	0 ^g	-

^a Unless otherwise noted, the first reaction was carried out with 2.2 equiv. of methoxyamine and the second reaction was carried out with 2.2 equiv. of tBuOK. ^b The reaction was conducted at 50 °C for 5h. ^c 4.4 Equiv. of methoxyamine was used. ^d 3.5 Equiv. of methoxyamine was used. ^e Aziridinone 52 was obtained in 70% yield. ^f Retro-aldol reaction took place to give benzaldehyde etc. ^g Oxime ether 53 was obtained by 1,2-addition of methoxyamine to carbonyl group.



の生成はメトキシアミノ基が結合した位置の酸性度に依存することを示している。R² がtBu の場合、50g を塩基処理するとレトロアルドール反応を起こし、ベンズアルデヒドを与えた。R² がMe の場合は1,2 - 付加が優先し、オキシムエーテル53を与えた。このように本反応はR¹ だけではなくR² の種類にも影響を受ける。

3. α,β - 不飽和 - ジカルボニル化合物のアミノ化

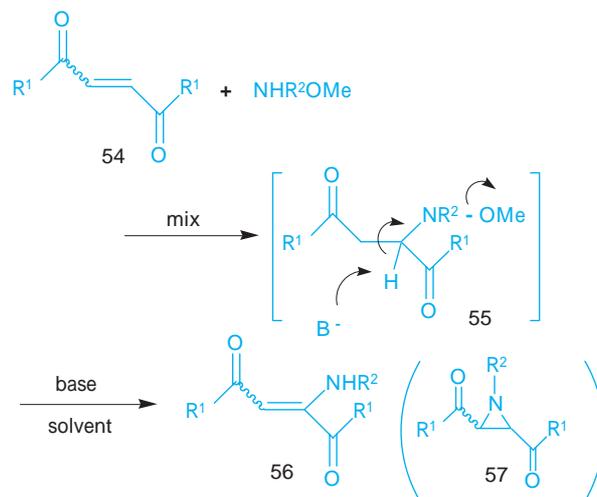
メトキシアミンとの1,4 - 付加物が α - エナミノカルボニル化合物を生成する基質としては、1,4 - 付加物におけるメトキシアミノ基の結合した位置の酸性度が高く、塩基によるメタノールの脱離が容易である化合物が適している。従って、α,β - 不飽和 - ジカルボニル化合物54 は容易に反応し、エナミン誘導体56 を生成する²¹⁾。いくつかの反応例を第10表に示した。この場合、1,4 - 付加物55 を一旦生成させることは必要ではあるが、その単離は不要でありワンポットで56 を得ることができる。脱離反応の条件としては、これまでのような極めて強い塩基性条件は不要であり、プロトン性溶媒やNaOMe が使用できる。また、ジアニオンを経ないため塩基は1当量で充分であり、アジリジン誘導体57 は生成しない。N,O - ジメチルヒドロキシルアミンを用いることによってメチルアミノ化も高収率で進行した(第10表、entry 2、4)。

4. ナフトキノンのアミノ化

メトキシアミンは、ナフトキノンのアミノ化し、アミノナフトキノンを与えることを見出した(第13図)²²⁾。我々とほぼ同時期にBittnerらはO - ベンジルヒドロキシルアミンを用いて同様の反応を報告している²³⁾。本反応では塩基も不要であり、エタノール溶媒中、メトキシアミンを作用させるだけでよい。1,4 - ナフトキノンのように1,2 - ナフトキノンのアミノ化も

アミノ化され、それぞれ2 - アミノ - 1,4 - ナフトキノンの58a、4 - アミノ - 1,2 - ナフトキノンの60a を与えた。また、N,O - ジメチルヒドロキシルアミンを用いることによって、メチルアミノ化も高収率で進行し、58b、60b をそれぞれ89%、95% で与えた。

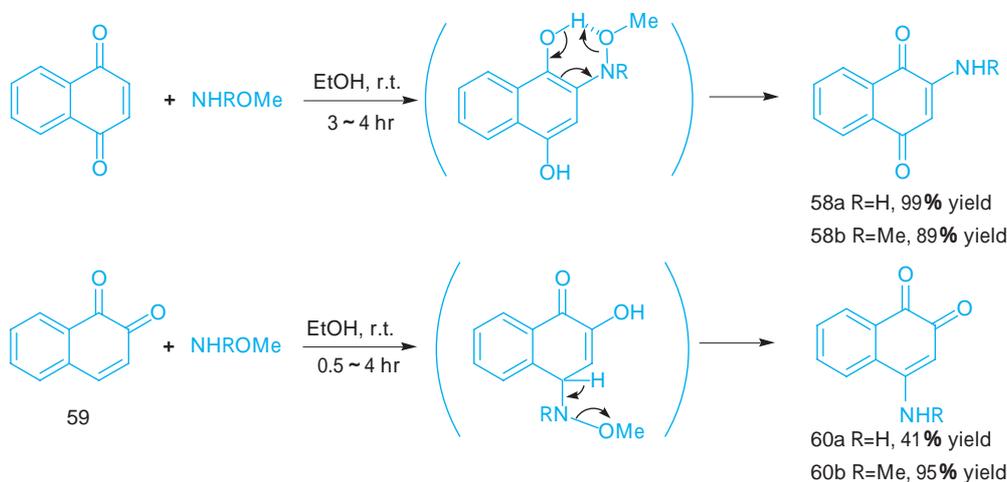
第10表 α,β - 不飽和 - ジカルボニル化合物54のアミノ化



entry ^a	R ¹	R ²	base	solvent	yield of 56 (%) ^b	
1	a	Ph	H	NaOMe	MeOH	83 ^c
2	b	Ph	Me	NaOMe	MeOH	86 ^c
3	c	OMe	H	NaOMe	MeOH	54 ^d
4	d	OMe	Me	NaOMe	MeOH	68 ^d
5	e	ON ⁿ Bu	H	DBU	dioxane	71
6	f	-N- Ph	H	NaOMe	EtOH	54 ^c

^a Unless otherwise noted, after Michael-adduct 55 was once obtained by neat reaction of 54 with NHR²OMe (1.5 equiv.) at room temperature for 1 h ~ 10 d, the base (1 equiv.) in the solvent was added to the reaction mixture. ^b Isolated yield. ^c In the first step, 1.0 equivalent of NHR²OMe was used in methanol solvent. ^d The Michael-adduct 55 obtained in the first step was added to the base in the solvent.

第13図 ナフトキノンのアミノ化



おわりに

以上のように、我々はメトキシアミンが芳香族ニトロ化合物だけではなく、幾つかの電子不足オレフィンもアミノ化することを見出し、メトキシアミンのVNS型アミノ化剤としての広い応用性を明らかにした。メトキシアミンはこれまでオキシムエーテル合成程度の用途しかなかったが、本反応を通じて、今後様々なファインケミカルズ合成に利用されることが期待される。メトキシアミンは一般に塩酸塩もしくは硫酸塩の水溶液として用いられることが多いが、今後は無水溶媒系での安全な取り扱いが重要となる。

本稿でご紹介したメトキシアミンによる種々のアミノ化反応の中でも、前半のVNSアミノ化は芳香族化合物の求核的な直接アミノ化法として重要な方法である。位置選択性はまだ不十分であるものの、基質を選択すればベンズイミダゾール誘導体の高効率合成法となり得る。しかしながら塩基が2当量以上必要である上、基質にニトロ基が必須であり、他の電子吸引性置換基ではうまく反応しないなどまだ制約も多い。さらに芳香環からみると“直接”ではあるが、アミン側からみると、脱離基が必要であり、真に“直接”とは言い難い。今後は、やはり、酸化的な真の直接アミノ化法で、かつ適用範囲の広い反応が望まれる。芳香族化合物の直接アミノ化反応は、古くて新しい研究課題であり、今後の発展が期待される。

引用文献

- (a) L. Schmerling: *USP*, 2 948 755 (1960); (b) E. N. Squire: *GBP*, 1 327 494 (1971); (c) P. Kovacic: “*Friedel Crafts and Related Reactions*” ed. By G. A. Olah, John Wiley and Sons, Inc., New York, Vol. III, Part 2, 1493(1964); (d) 吉田 善一, 大串 恒夫, 小田 良平: *工業化学雑誌*, 67, 76 (1964); (e) H. Takeuchi, T. Adachi, H. Nishiguchi, K. Itou, K. Koyama: *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 867(1993); (f) H. Mitchell, Y. Leblanc: *J. Org. Chem.*, 59, 682 (1994); (g) 原 靖: *特開平*6-293715; (h) N. I. Kuznetsova, L. I. Kuznetsova, L. G. Detusheva, V. A. Likhoboy, G. P. Pez, H. Cheng: *J. Mol. Cat. A: Chem.*, 161, 1 (2000) 等
- M. K. Stern, F. D. Hileman, J. K. Bashkin: *J. Am. Chem. Soc.*, 114, 9237 (1992)
- J. Golinski, M. Makosza: *Tetrahedron Lett.*, 19, 3495 (1978)
- (a) M. Makosza, J. Winiarski: *Acc. Chem. Res.*, 20, 282 (1987); (b) M. Makosza, K. Wojciechowski: *Liebigs Ann. /Recueil* 1805 (1997); (c) M. Makosza, Z. Owczarczyk: *J. Org. Chem.*, 54, 5094 (1989)
- (a) M. Makosza, T. Glinka: *J. Org. Chem.*, 48, 3860 (1983); (b) M. Makosza, A. Kwast: *J. Phys. Org. Chem.*, 11, 341 (1998); (c) M. Makosza, T. Lemek, A. Kwast, F. Terrier: *J. Org. Chem.*, 67, 394 (2002)
- A. R. Katritzky, K. S. Laurenzo: *J. Org. Chem.*, 51, 5039 (1986)
- M. Makosza, M. Bialecki: *J. Org. Chem.*, 57, 4784 (1992)
- P. F. Pagoria, A. R. Mitchell, R. D. Schmidt: *J. Org. Chem.*, 61, 2934 (1996)
- (a) S. Seko, N. Kawamura: *J. Org. Chem.*, 61, 442 (1996); (b) S. Seko, K. Miyake, N. Kawamura: *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 1437 (1999); (c) 世古 信三: *特開平*7-196587; (d) 世古 信三: *特開平*7-300446
- T. C. Bissot, R. W. Parry, D. H. Campbell: *J. Am. Chem. Soc.*, 79, 796 (1957)
- 長谷川 稔, 岡本 敏彦: *薬学雑誌*, 93, 1024 (1973)
- 世古 信三: *特開平*9-227469
- 世古 信三, 三宅 邦仁: *特開平*9-176098
- O. Haglund, M. Nilsson: *Synthesis*, 242(1994)
- (a) S. Seko, K. Miyake: *Chem. Commun.*, 1519(1998); (b) 世古 信三, 三宅 邦仁: *特開平*9-216869
- J. M. Bakke, H. Svensen, R. Trevisan: *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 376(2001)
- (a) S. Seko, I. Komoto: *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 2975(1998); (b) 世古 信三: *特開平*8-127558; (c) 世古 信三: *特開平*8-81420; (d) 世古 信三: *特開平*8-81432
- S. Rajappa: *Tetrahedron*, 55, 7065 (1999)
- A. J. Gushurst, W. L. Jorgensen: *J. Org. Chem.*, 51, 3513(1986)
- (a) S. Seko, N. Tani: *Tetrahedron Lett.*, 39, 8117 (1998); (b) 世古 信三, 三宅 邦仁: *特開平*8-225502; (c) 世古 信三: *特開平*8-176103
- (a) S. Seko, K. Miyake: *Synth. Commun.*, 29, 2487 (1998); (b) 世古 信三, 三宅 邦仁: *特開平*9-25260
- 世古 信三, 三宅 邦仁: *特開平*8-325214
- S. Bittner, D. Lempert: *Synthesis*, 917(1994)

PROFILE



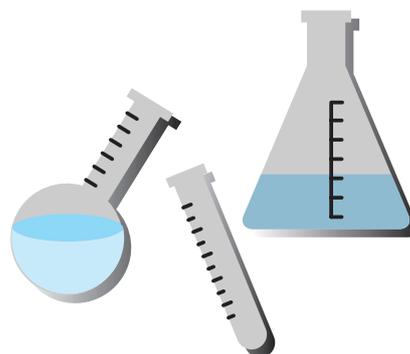
世古 信三
Shinzo SEKO

住友化学工業株式会社
有機合成研究所
主席研究員、工学博士



三宅 邦仁
Kunihiro MIYAKE

住友化学工業株式会社
有機合成研究所
主任研究員



化学プロセス工業化における コンカレントエンジニアリング 手法の開発

プロジェクトの源流化度が わかれば結果が見える

住友化学工業(株) 愛媛工場
尾崎 達也
住友化学工業(株) 生産技術センター
伊藤 孝徳

Development of the Practical Concurrent Engineering Technique for Chemical Plant Industrialization

—The result of a project is predictable with the measurement of GEN-RYU-KA index—

Sumitomo Chemical Co., Ltd.
Ehime Works
Tatsuya OZAKI
Process & Production Tech. Center
Takanori ITOH

In order to overcome global competition and to keep continuous growth, it is indispensable to shorten the development period of products. Accordingly the practical CE technique was developed.

In developing this technique, the following keywords were thought as the most important, "GEN-RYU-KA", "running parallel" and "technological power" ; 1)GEN-RYU-KA, i.e., formation of the subject in the initial stage of development, 2)making the system which enables simultaneous task execution, 3)harmonizing several technological power that is the basis of the developing.

The subject of an industrialization-project was formed systematically by using various kinds of standardization sheets, the system which can manage a subject functionally with GEN-RYU-KA.

By expressing of the project-progress-condition using the OZ-chart which consists of formation, solution distribution and completeness of the subject, it is able to evaluate quantitatively how to do work or the level of technological power

The standard level of the degree of GEN-RYU-KA and degree of completeness for making project successful becomes clear, and it becomes possible to predict the results of the project.

This technique was applied to the project, following achievements were obtained, i.e., 25% shortening of the total developing period, full achievement of the target and innovation of stuff-section business.

はじめに

住友化学工業(株)愛媛工場では、1995年にTPMを導入してEPP(愛媛・プロフェッショナル・プロダクション)活動をスタートさせた。現在、特別賞を目指してパートⅡステージ2活動に取り組んでいる。

開発管理活動においては、パートⅠでは垂直立上げを狙いとしてエンジニアリング業務の効率化、高度化に取り組んだ。パートⅡでは、活動対象を研究開発部門の一部にも拡大し、コンカレントエンジニアリング(以下CE)手法を採り入れて、開発工業化業務全体の高度化に取り組んでいる。その中で、プロジェクトマネジメント(以下PM)の領域にも踏み込んでプロジェクト(以下PJ)運営を定量化、見える化

するための実践的な手法を開発し、実PJ(D起業)での検証を行なった。

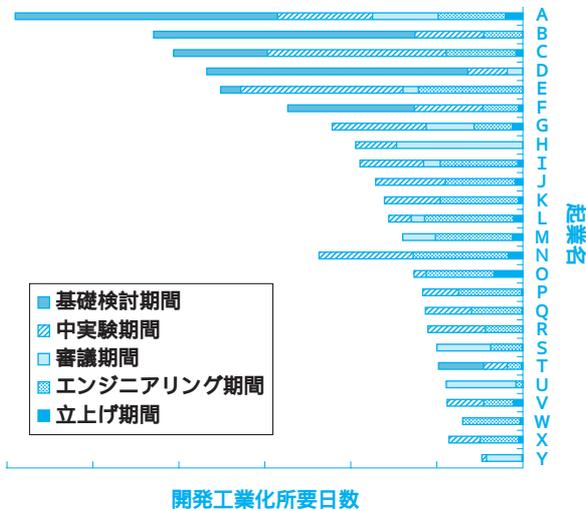
対象起業で理想的な形での垂直立上げとともに、Q(品質)、C(コスト)、D(納期)目標を完全に達成することができ、開発した手法の有効性が確認されたので、ここに紹介する。

当工場における開発管理活動の実態

まず初めに、開発管理活動の課題をブレイクダウンするために現状を調査し、実態を明らかにした。

1. 開発リードタイムの解析と「あるべき姿」の設定
当工場において過去5年間に実施した主要起業につ

第1図 開発リードタイムの実績



いて基礎検討からプラント立上げまでの期間を調査し、解析した。(第1図)

本来、化学プラントの起業は固有性、独自性があり、単に平均化することには大きな意味は無いが、新技術・新製品開発から既存技術の改良・増強まで、プロセスを幾つかの層別、規模別に分類することにより、ある程度の標準的なパターンが見えた。

新技術・新製品開発における基礎検討を開始してから本格運転を確立するまでの平均的な期間は5.2年であり、その内訳はプロセス開発が3.7年、エンジニアリングが1.4年、立上げが0.1年である。

開発リードタイムを短縮するためには、その主たるプロセス開発を如何にスピーディーに進めるかがキーであり、よりコンカレントな業務遂行に改革することとし、「開発期間の30%短縮」を目標とした。

2. CEレベルの現状分析

CE化に取り組むに当たり、強みと弱みを知るべく様々なジャンル、階層を対象にアンケート調査を実施した¹⁾。

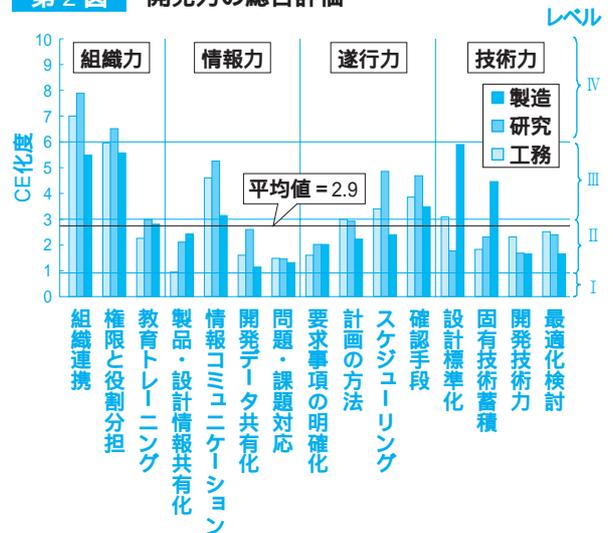
CEの4つの要件、15項目における自己評価では、組織力・情報力は一定の水準にあるが、遂行力・技術力で劣り、特に技術の共有化・課題対応・要求事項の明確化等は低水準で、総合的には全IV段階中IIの段階であった。(第2図)

実践的なCE手法の開発

1. CEの概念とキーワード

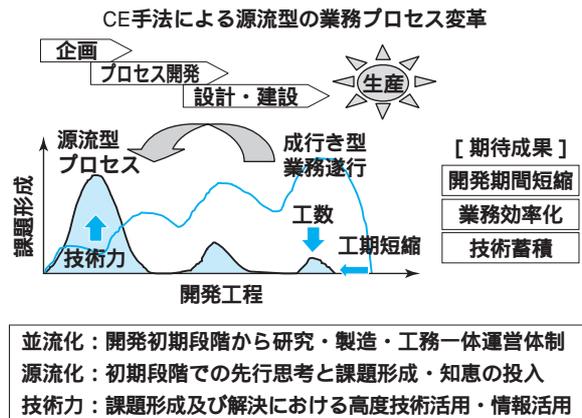
CE手法は、開発初期段階～プロセス開発～エンジニアリング～製造までの一連の業務を同時並行でシステマティックに進める仕事のやり方であり、特に開発初期段階での課題の抽出、形成に力点を置き、コンカ

第2図 開発力の総合評価



レントな業務遂行ができる組織形態、情報の共有化、ベースとなる技術力が重要である。つまり、並流化 (Concurrent) 源流化 (Front End Loading) 技術力 (Technology) の3つのキーワードで表現することができる。イメージとしては第3図のように先読み、先回り、攻めの発想であるが、この概念を定量化し、見える化するための実践的な手法を開発することとした。

第3図 源流型業務プロセス



2. 課題形成と共有化

一般的に、工業化PJでは技術水準、生産能力、経済性、開発期間等の明確な目標が設定される。

その目標を達成するためには、開発初期の段階で課題を網羅的、体系的に、より詳細にブレークダウンした課題毎の目標の設定、課題を解決するためのアプローチ方法、担当者、解決期限等、役割分担の明確化とPJ内での課題の共有化による源流化が重要である。

第1表は大阪生産技術センターが開発したPT (Process Technology) シートの例であり、プロセス開発に関する課題リストである。開発の初期段階

第1表 PTシート

D自製化 工業化研究検討項目					開発担当
工程	操作	課題	達成目標	検討方針・方法	結果
原料		回収Aの品質規格の決定	不純物の特定	連続実験回収マスの分析	GC-MSで分析済み
			反応成績への影響評価	実液および添加実験で影響度の確認	回収A使用で選択率約1%低下。低沸分、***、M成分を添加すると反応率低下。**処理では問題なし。
			リサイクルによる不純物蓄積量の確認	蓄積量計算	リサイクル試験では、**、水分の蓄積傾向なし。低沸成分、M成分は蓄積量計算
原料加熱	予熱器	材質の選定	材質の選定	材質試験実施	反応系の材質テスト(***℃)でC.S問題なし。反応系で***℃での確認試験を実施中。
		基本設計	熱回収システムの最適化	机上検討	基本設計完了
		基本設計	***焼却設備と一体化	ムカ技術調査	ムカヒリツクを実施。排ガス**濃度制御面より、**焼却排ガスで原料加熱する方式で採用可能。
反応	液相均一反応	**の処理法、腐食など	プロセス簡素化	連続実験で確認	不採用(固定床法より設備費高くなる)
反応	固定床反応	触媒のライブ試験	平均Conv.***% (****hr) ***% (****H)	連続実験で確認	LHSV=***では***H・Conv.***%を達成する可能。LHSV=***も実施。SV下げると劣化速度早くな
		触媒の再生処理検討	触媒の再生使用 (再生回数up)	触媒ムカヒリツク、再生ムカヒリテスト依頼	N社で処理実施。**触媒は、N回再生品まで使用可能。
		反応条件	温度、圧力、水、**の影響	連続実験で確認	****: 温度、圧力は気相条件下で成績大きく低下、**添加で反応率低下。 Conv.***%/***℃では圧***KGの方が良い。
			LV、SVの影響	連続実験で確認	現行の範囲内ではLVの影響はない。***℃以上では劣化速度が速いため、今後はSVを下げて低温反応を検討する。
			液加の確認	連続実験、バックウォッシュをもとにシミュレーションで確認	沸騰条件下ではUp Flowが優位。バックウォッシュが戻りで、実機の1/2以下の流速では逆混合が発生する危険性があることがわかった。PSEでシミュレーション実施中。

で、過去の多くの技術情報をベースにPJメンバー間でプロセスを想定し、ブレンストーミング等によって課題を掘り起こすとともに目標や解決へのアプローチ手法を設定する。

以降、新たに発生した課題等を本シートに登録し、技術データベースとして一元的に管理、運用するとともに月次で進捗状況を管理する。設備、技術が完成した段階では、技術伝承の中心的な資料となる。

3. PM 指標

前記課題リストによって、何が解決し、どの課題が未解決で残っているかを掌握することができるが、実際のPJ運営においては、何千という全ての詳細課題の解決状況までを把握することはなかなか困難である。そこで、課題をマクロ的に捉えて定量化、見える化することを検討し、指標化した。第4図は、プロ

セス開発におけるPTシートで管理された課題件数と課題完了件数の推移を月次ベースで表したものであり、この数値を基に以下のように指標化した。

課題摘出率 = 課題件数 / 総課題件数

課題解決率 = 解決件数 / 課題件数

完成度 = 課題摘出率 × 課題解決率

総課題件数は、開発完了時点で確定する。途中段階では飽和カーブから予測した件数である。

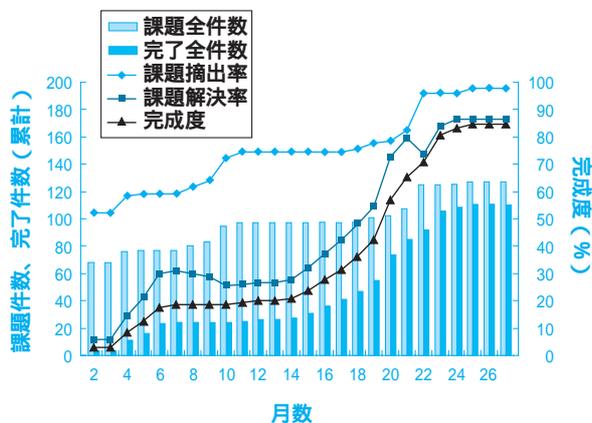
完成度は岩淵先生が提唱²⁾されたPQラインと呼ばれるもので、課題摘出度合いを織り込むことにより、右上がりのカーブとして絶対的な完成度合いを指標として表現することができる。

4. OZチャートの開発

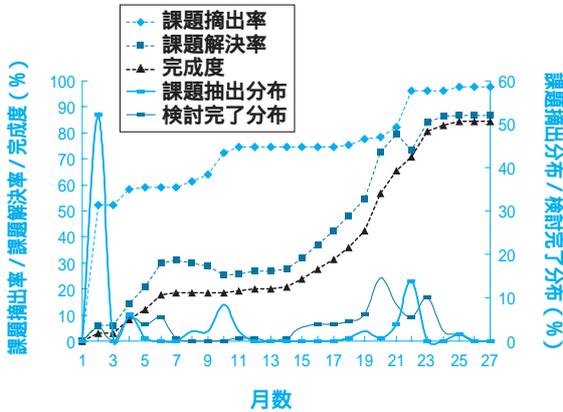
我々は、さらに課題摘出率、課題解決率を微分し、頻度分布で表現することによって課題摘出分布および課題解決分布に展開した。第5図はその一例で、このチャートをOZチャートと言う。

本事例におけるプロセス開発の源流化度(初期課題摘出率)は50%であり、課題の半分は先読みできたことを示している。残り半分については、PJの進展に合わせて走りながら考えたということになる。また、完成度は目標100%に向けて課題を着実にブレークスルーしていったことが読み取れる。このような指標によってCEの考え方をイメージ通りの数値で表現することが可能となり、PJ運営における目標管理は勿論、課題を確実に把握、管理することができるようになった。さらには、業務遂行方法の評価とともに、問題発生が予測される場合のリソースの再配分等、PJのダイナミックな進捗管理ツールとして活用できた。

第4図 プロセス開発における課題と対策分布



第5図 OZチャート



5. その他の課題抽出リスト

開発から工業化にかけて、前述のPTシート以外にも

- ・ CT (Construction Technology) シート
- ・ HT (HAZOP Technology) シート
- ・ OT (Operation Technology) シート

等、ジョブ毎に課題リストを作成し、源流化と課題の管理を行った。

CTシートでは基本設計、詳細設計、工事施工等に関する課題を体系的に整理して十分に事前検討することにより、澁みの無い起業工程の推進とともに追加変更工事や試製造における諸トラブルを極少化することができた。

HTシートは、基本設計がほぼ固まった段階でのEFD (Engineering Flow Diagram) をベースに、HAZOP手法を用いたプロセス全般のチェック&レビ

ユー結果を記入するものであり、ハード、ソフト両面から設計全般の問題を洗い出して課題を形成するためのシートである。この時点での完成度の高さで追加変更の多寡が支配されることになる。HTシートの時点では、問題の抽出とともに間髪を容れないコンカレントな問題の解決と方針の決定が重要である。

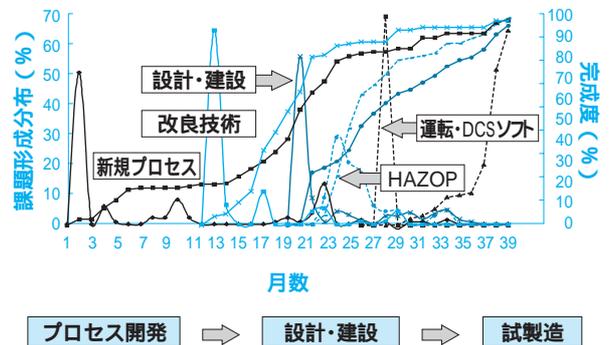
OTシートは、製造ソフトに関する課題リストであり、自動化におけるDCSソフトの構築、運転基準書の作成や教育訓練、試製造計画、ISO9000、14000システムへの対応等を包含するものである。(第2表)

6. OZチャートによるPJ運営の見える化

全ての課題とその解決状況を指標化してOZチャートにまとめることにより、PJ全体の進捗状況を見える化することができる。(第6図)

ダイナミックなPJ運営を行うことを目的としてOZチャートを作成するが、本事例では工程毎の源流化

第6図 OZチャートの事例



第2表 OTシートの事例

No.	検討課題		目標・手法・要領	検討状況・結果
	大項目	小項目		
I-1	製造技術基準 運転基準書	製造技術基準書	規定に基づいて製造標準を網羅	成検以降の技術成果を集大成し作成。
I-2		運転基準書体系	全基準書を体系化し明確化する	基準書/手順書体系作成完了
I-3		通常運転基準書	各工程別にDCS・SEQの流れに沿って自動制御/MAN操作相互関連	制御概要とSEQフローに基づいた基準書作成。SEQブロック構成図、制御ロジックをSet。
I-5	HAZOP	スタート・ストップ基準書	DCS・SEQ工程別スタート・ストップ基準	スタートアッププログラム作成。
I-6		緊急処置基準書	停電、用役停止、火災、地震他	インターロックシステムをベースに基準書作成。
I-8		トラブルシューティング手順書	品質、能力、コスト、設備故障他	
II-1	HAZOP	HAZOP検討	保安・防災・操作・品質・コスト他	9/4 回答完了。加熱炉反応器見直し完了。
II-3		HAZOP指摘対応	改善項目をSEQ・基準書他反映	DCSが構築に合せ対応策折込み完了。
III-1	DCSソフト	全体SEQ構成、制御の考え方	全体構成、SEQ間関連系統図	SEQ全体構成図による基本構想作成。***連続工程スタート&ストップを含めた全システムの自動化。
III-2		工程別SEQブロックフロー	工程別詳細フローとその考え方	SEQブロック構成によるSEQ間関連の明確化。
III-3		SEQ P&ID又はフローチャート	詳細工程	SEQフローチャート→サイン展開→SEQL変換
III-4		SEQ コパイル、デバッグ		SEQLチェッカー/デバッガー総合水運転チェック
III-5		インターロック関係 (SEQソフト)		ロジックチャート方式各工程別一括緊急停止可能。
III-6		高度制御関係	FF予測制御、Dynamic Monitoring	***加熱炉・反応器及び蒸留塔関係ダイナミックシミュレーションによる定常運転制御システムの最適化、及びスタート&ストップシミュレーションによる自動運転システムの構築。
III-7		スキマ全体画面構成と考え方	運転監視調整/SEQ進捗管理対話	画面展開、SEQ対話、解析データ表示他
III-8		スキマ画面作成	情報集中、操作性、監視性	基本画面/解析データ/画面展開の一体化
VI-1	技術基準書整備	成検資料技術考察参照	制御Simulation検討他	並行実施中。
VI-6		HAZOP O-Tスタートでの課題体系的整理	HAZOP課題・対策一覧表	
VII-1	運転者教育訓練	教育訓練計画		運転基準作成/ソフト構築/相互教育
VII-2		製造技術基準、運転操作基準他全般	マニュアル作成等と連動させて教育	概要、基本設計、運転操作法、HAZOPフロー他第一次教育完了。

度が50～80%、製造開始前の完成度は95%であった。この水準は、29時間での垂直立上げや追加変更率0.4%の実績から考えれば、ベンチマーキングとしては十分に満足できるものと思われる。

7. スケジューリングシートによる工程管理

エンジニアリングおよび製造ソフト構築の一連の業務をWBS手法によって体系的に整理し、役割分担やスケジュールを明確化した。CS (Construction Technology Scheduling) シート、OS (Operation Technology Scheduling) シートを作製して管理するが、本シートでは業務毎に着手時期や所要工数を標準化することによって、完成期日を設定するだけで工程表を自動作製するシステムとしており、汎用的に適用できる。

さらに、これらの業務の進捗度を見える化する観点から、標準ソフトでグラフを自動生成、進捗線を書き入れることにより稲妻チャートに展開させた。(第7図)

これらの定量化、見える化により、PMのダイナミックな運営に留まらず、業務の効率化やメンバーの意欲の向上にも繋がった。

IT活用によるプロセス開発

新規製品プロセスの開発研究期間を短縮するには、可能な限り小さな装置、少ない実験数でプロセスを

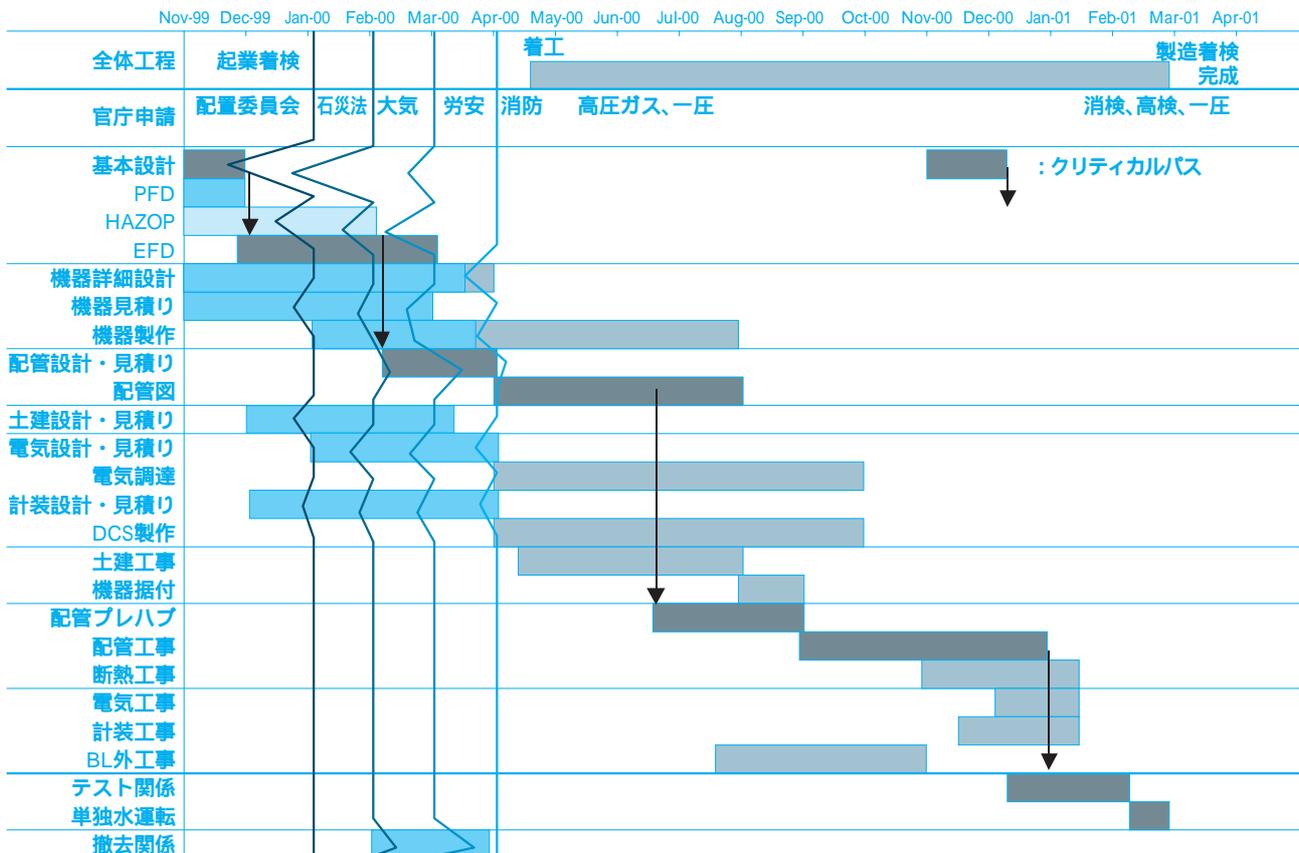
完成させることに尽きる。全く実験を行わずに、机上検討のみでプロセスを確立できるならば、それが目指すべき究極の姿である。しかし、実際にはプラントがうまく動いていない例を見ると、実験不足のために自然現象を見抜けていないことが多い。この自然現象と戦うには、「実験で確認しなければならないこと」、「実験で確認する必要がないこと」、「実験で確認できないこと」を開発初期の段階で明確にし、実験とシミュレーションをバランスよく組み合わせることでプロセス開発の精度を上げることが重要である。

今回我々がCE手法を適用したプロセスは、反応器と精留塔群から成立する連続プロセスである。成果として、反応器スケールアップ比17万倍を達成するとともに、連続プロセスのスタートアップで一般的に見られる後工程からの立上げではなく、最上流の反応からいきなり立上げていくドライスタートアップを実現した。これらの成果は、ITを活用してのバーチャルプラントを念頭においた研究開発と、そのためのPJメンバー間の情報共有化によるところが大きい。

1. バーチャルプラント

最終目標は「ちゃんと動くプロセス開発」であるが、過去の施設プラント立上げ時のトラブル事例として、プロセス制御がうまくいかなかった例も見受けられる。プロセス制御は、「実験で確認できないこと」の

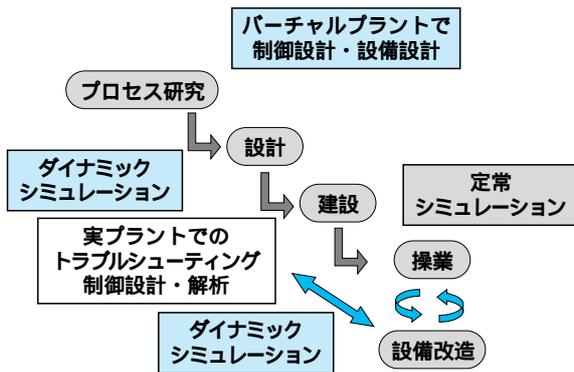
第7図 CSチャートによるスケジュール管理の事例



一つであり、これを解決するための手段としてダイナミックシミュレーター（以下DS）および3次元CADを活用し、バーチャルプラントの構築を行なった。

DSの適用は、第8図に示すように、今までは既設プラントの制御改善に用いられることが多く、新設プラントにおいて適用される例は稀である。これは、既設プラントでは既に装置があるため直接的に動特性を測定することができるが、新設プラントでは様々な条件を設定し計算する過程で、その前提条件が違つと全く違つた答えが出てくることによる。

第8図 工業化におけるDSの活用

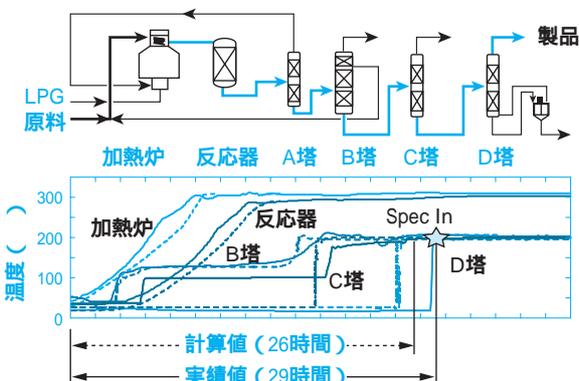


しかし、本PJではCE手法を用いた課題の形成と事前検討を十分に行なうことによって、幅広い角度から動特性の検証ができ、満足すべき結果を得ることができた。

代表的な成果は、第9図に示すように、シミュレーション26時間に対して実績29時間で連続プロセスを立上げることができたことである。他にもDSを用いたバーチャルプラント上では、実際にはできないような危険な条件や、ミスオペをした時の挙動等について予め机上で検討することもできる。このようにDSには色々な使い方があり、以下に示すような効果が確認できた。

- ・プロセスの非定常状態の再現と安全性評価
- ・制御系の設計とPID制御パラメータの事前選定

第9図 垂直立上げの実績



- ・運転トラブルの再現と原因究明
- ・トレーニングシミュレータとしての利用

もう一つ、バーチャルプラントに威力を発揮したのは3次元CADである。例えば管の長さや曲がり方等も3次元CADを用いると視覚的に理解できる。

それにより、ダイナミックシミュレーションで重要になる配管の溜まり量を把握したり、制御遅れや詰まりの起こる可能性を予知することができ、プロセスエンジニアがメカニカルエンジニアと共同で「ちゃんと動くプラント」を設計することが可能になる。その結果、完成後の不具合も激減し、追加変更工事を殆ど無くすることができた。

2. 電子ファイルを利用した情報の共有化

PJを円滑に遂行していくためには、情報の最新版管理と共有化が不可欠である。このPJではシート類や各種情報を電子ファイル化し、共通のサーバーで管理した。これにより、常に設計データの最新版管理ができ、またスムーズに部門間でのデータの受け渡しができた。

さらに、試製造において運転データをDCSからデータ収集システム(PI)に取り込むことにより、運転状況のタイムリーな解析および製造への的確なフィードバックが容易になり、多大なる成果を上げることができた。

現在はまだ工場内におけるデータの共有化に留めているが、社内工場間、さらには社外とも情報の共有化を進めていくことを検討している

CE手法による成果

1. PJ(起業)目標の達成

並流化、源流化、技術力をキーワードにその実践的CE手法の開発と検証を同時に進めてきたが、その最大の成果は、対象PJの開発リードタイムが3.8年となり、25%短縮することができたことである。

その他、Q、C、D全ての起業目標値を完全に達成できた。特に、29時間一発ドライスタートは、当工場での立上げ最短記録を樹立した。(第3表)

第3表 PJ(D起業)の目標と評価

項目	BM	目標	成果	評価
開発リードタイム	5.2年	3.6年	3.8	
起業目標		Q・C・D	>目標	
エンジニアリング期間	17月	16月	15月	
立上げ期間	20日	15日	7日	
起業費削減		10%	16%	
設計変更(金額)	1%	0.5%以下	0.2%	
工事変更(金額)	1%	0.5%以下	0.1%	
初期故障件数	7件	3件以下	0件	

これらの成果は、プロセス・設備・人の総合的な成果であり、当然のことながらムダ・ロスの極小化によって15%以上の予算削減にも繋がった。

2. 定量化と可視化によるPMの指標化

PJ運営は往々にして担当者の感性に依存する部分が多く、過去には問題が生じて初めて認知する等の不手際も見受けられた。しかし、課題リストやOZチャートおよび稲妻チャート等による定量化、見える化によって随時、PJの全体を掌握してリアルタイムで軌道修正することが可能になり、PJ運営のダイナミズム化ができた。

3. 課題管理手法によるスタッフ部門の業務革新

開発初期の段階で課題を形成すること、および課題の共有化を通じて全体の中でのその課題の位置付けを認識し、自らマネージメントし解決することによって、責任意識の向上とも相俟って定量的な仕事の進め方が定着し、技術力強化のベースともなった。

課題形成力は技術力+創造力+経験則であり、源流化度によって仕事の進め方や技術力の自己評価も可能である。

源流化のB.M.としては、『課題形成率は新技術の場合50%、改良技術の場合70%。完成度は新技術の場合95%』が垂直立上げに繋げる一つのバロメーターとなることがわかった。

4. 課題の標準化と応用展開

PJの課題や手順を標準化したり体系化することは、その固有性、独自性のために本来困難であるとされてきたが、業務としての共通性を相当有していることもまた事実である。PT、CT、OTシートやOZチャート等によって標準化することにより、他のPJへの応用も十分可能となった。プロセス開発における化工単位操作別の標準化等も進めている。こうしたことによって、リソースを共通化できる分野から独創的な分野にシフトさせることも重要である。

5. 完成技術の伝承と教育効果

各シートによって纏められた課題は、途中段階では検討状況の進捗把握や方向付けに役立てられるが、完成後には体系化された技術・設計・運転の基本ソフトとして、そのまま技術伝承のベースとなる。また、設計者の発想、活動、成果が凝縮されることとなり、新たな事象への展開における教育的効果も大きい。

6. 高度技術の活用とバーチャルプラント構築

17万倍にスケールアップし、何の問題もなく垂直立上げができたが、その基盤技術である高度解析ツール等を駆使したモデリングとシミュレーターによるバーチャルなプラントの構築が、プロセス開発や機器設計だけでなく、オペレーションを確立していく途上でも極めて有効に機能することを再確認した。そして、化学プラントのプロセス開発の方向性が一層明確になった。

おわりに

幸い、開発した実践的なCE手法により、モデルPJにおいて全ての面で目標を達成することができたが、本手法が如何なるPJに対してもその有効性を発揮できるか否かが重要である。経験則や標準化がPJ推進には本来成り立ち難いという観念を払拭するためにも、是非とも普遍的な体系とすべく一層の磨きを掛けて仕上げたい。そのためにも、数多くの起業での実践トライを通じ、起業パターンを幾つかに層別して標準化を推進するとともに、課題形成のモデル作りを根気よく継続していきたい。

引用文献

- 1) D. E. カーター「コンカレントエンジニアリング」JMAC (1992)
- 2) 「FF (フィードフォワード) プロセス革新手法」, JMAC (1995)

PROFILE



尾崎 達也
Tatsuya OZAKI
住友化学工業株式会社
愛媛工場



伊藤 孝徳
Takanori ITOH
住友化学工業株式会社
生産技術センター

高機能で環境に優しいオレフィン系機能樹脂

オレフィン系熱可塑性エラストマー「住友TPE」

高機能で経済性に優れ、リサイクルが可能な「住友TPE」はお客様の多様な要求に応える環境に優しい材料として期待されています。

住友TPEの特徴

1. 軽くて柔らかい
2. 熱に強く、低温でも柔らかく使用可能温度範囲が広い。
3. PP、PE等との二色成形が可能。
4. 塗装や顔料配合により自由に色づけ可能

用 途

自動車部品、家電部品
 オフィス家具、文具(ペングリップ)
 電線ケーブル、土木建材、工業部品

経 済 性

コストダウン 振動吸収



高 機 能

安 全 低温強度



環 境 対 応

オフィス クリーン



コンタクト先：

ポリオレフィン機能樹脂事業部 エラストマーチーム

〒104-8260 東京都中央区新川 2-27-1 TEL 03-5543-5452 FAX 03-5543-5277

環境対応型EVA エマルジョン(スミカフレックス)

住友化学は食品添加物由来の触媒を使用することで、ホルムアルデヒドを全く含まないEVA(エチレン-酢酸ビニル共重合)エマルジョンの新たな重合技術確立しました。

EVAエマルジョンは、溶剤や可塑剤に代表される有機の揮発成分を含まない環境にやさしい製品として各種接着剤原料、塗料、エコロジー壁紙などの多くの分野で活用されています。

近年、屋内住環境においてホルムアルデヒドを代表とする化学物質が原因とされるシックハウス症候群対応の製品開発が求められていました。

住友化学はいち早くホルムアルデヒドフリーのEVAエマルジョンを開発販売していましたが、今般開発した適用範囲の広い新重合技術により、当該全製品の対応が完了しました。

また、PRTR(環境汚染物質排出移動登録)法の対象化学物質であるノニルフェノールエトキシレートに代わる新たな界面活性剤を開発し、既に全グレードで使用しています。

住友化学は今後も、更にお客様に満足頂ける様、環境面、性能面で最先端のEVAエマルジョンを提供いたします。



コンタクト先：

機能材事業部

〒104-8260 東京都中央区新川 2-27-1

TEL 03-5543-5652

FAX 03-5543-5917

住化ケムテックス(株)

機能樹脂事業部エマルジョングループ

〒554-8558 大阪市此花区春日出中 3-1-98

TEL 06-6466-5454

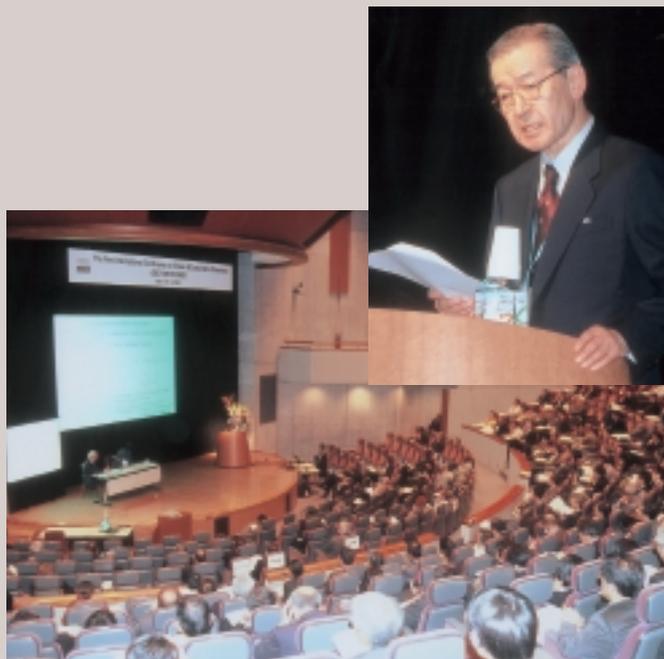
FAX 06-6466-5457

会長がGSC 国際会議で講演

3月13日、化学工学会、日本化学工業協会など10団体で構成する「グリーン・サステイナブル ケミストリー（GSC）ネットワーク」主催の「第1回GSC国際会議」が東京の早稲田大学で開かれ、香西会長が講演しました。

会長はセッション「経営者のビジョンとGSC」の中で「住友化学と持続可能な発展」と題して、当社のレスポンシブル・ケアの取り組みや、低環境負荷製品・プロセスの開発実例を紹介し、好評を博しました。

GSCネットワークは2000年に設立され、化学技術の革新を通して「人と環境の健康・安全」を目指し、持続可能な社会の実現に貢献する活動を推進しています。



韓国でカラーフィルターの工場が完成

当社は液晶ディスプレイ部材の生産設備を積極的に増強していますが、このほど韓国の東友ファインケム平沢工場内に、現地子会社東友STIの第五世代カラーフィルターの大規模工場を完成させ、2003年3月に量産を開始しました。

これは韓国市場のみならず、今後伸長が予想されるアジア市場での一層のプレゼンスの向上を目指すものです。



東友STI 平沢工場

大阪地区に新研究棟を建設

全社的な研究効率化・強化のため、大阪地区に新研究棟(研究10号館)が建設され、2003年4月22日に竣工式が行われました。

研究10号館は、延べ床面積15,000m²、地下1階～地上7階の建屋であり、安全性と省エネの両立を実現するVAV(可変風量)ドラフトシステムを導入した有機合成実験施設、粉体実験施設、ゲノム関連研究施設など最先端の設備を備えた研究棟です。

ここには、有機合成研究所、生産技術センター、生物環境科学研究所が入居し、研究者の交流の活性化と相互連携強化によるシナジー効果が期待されています。



竣工式

大分 コージェネシステム 2号機が完成

大分工場では、コージェネレーション(熱電併給)システム2号機が完成し、2002年11月8日に晴天の下で竣工式が行われました。

従来のシステムに比べて、蒸気供給量と電気供給量を調整する範囲が広いことと、燃料に都市ガスを使用しているため環境に優しいことが特長で、経済産業省資源エネルギー庁および新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)の進める新エネルギー利用等の推進事業に採択されました。

この2号機の本格運転で、既存の1号機と合わせて大分工場の使用電力量の80%を賄えるため、工場の更なる安全・安定操業を支えることが期待されます。



外部表彰受賞紹介

第49回(平成14年度)大河内記念生産賞

住友化学工業(株)

業績

「昆虫成長制御剤ピリプロキシフェンの開発」



従来のジベノイドと異なり、害虫に対し極めて高い羽化阻害活性、孵化阻害活性を持つとともに野外でも安定な化合物を見出し、各種害虫に対する国内外における基礎的な開発研究を通してピリプロキシフェンとして上市した。本剤は従来の殺虫剤とは全く作用性が異なり、安全性も高いことから、主に農業害虫防除剤として当社農業化学品事業に大きく貢献した。また、農業の処理方法の概念を変えた非散布型製剤であるラノーテープ(コナジラミを誘引する黄色テープにピリプロキシフェンを含ませた合成樹脂テープ)を開発し、温室での害虫防除で先駆的な役割を果たした。

2003年度 農芸化学技術賞

農業化学品研究所

波多腰 信

農業化学品研究所
(現職:有機合成研究所)

西田 寿美雄

住友化学工業(株)農業化学品研究所
(現職:シンク・ケミカル(株))

岸田 博

住友化学工業(株)
国際アグロ事業部開発業務部
(現職:(株)イージーエス)

大内 晴

業績

「新規昆虫成長制御剤ピリプロキシフェンの開発」



Makoto HATAKOSHI



Hiroshi KISIDA

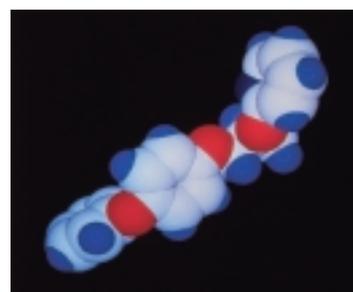


Sumio NISHIDA



Haruka Oouchi

これまで世界中で非常に多くのジベノイドが合成および効力評価されながらもなかなか実用化できていなかった。しかし、効力が高く、なによりも野外でも安定なピリプロキシフェンの発見により実用化が可能となり、個々の害虫に対する作用とその感受期を抑えていくといった開発手法の特異性とも相俟って、当該分野の研究に先駆的な役割を果たした。本剤は従来の殺虫剤とは全く作用性が異なり、安全性も高く、主に棉や野菜のコナジラミ、カンキツのカイガラムシ防除剤として当社農業化学品事業に大きく貢献している。



ピリプロキシフェン立体構造

主な投稿論文・口頭発表

(2002年7月1日～2002年12月31日)

高分子材料

高分子OLED用材料の開発状況

土居 秀二(筑波研究所)

第5回月刊ディスプレイ技術セミナー(東京) 2002年9月6日

ポリマー材料の新規解析技術

山口 登(石油化学品研究所)

高分子学会 第11回ポリマー材料フォーラム(東京) 2002年10月29日 - 30日

CAO手法を用いたプラスチック衝撃吸収部品の最適設計

東川 芳晃, 広田 知生(樹脂開発センター)

高分子学会 第11回ポリマー材料フォーラム(東京) 2002年10月29日 - 30日

New Optimum Design Method of Injection Molded Part for Impact Energy Absorption Using Integrated CAO Technique with CAE

東川 芳晃, 広田 知生(樹脂開発センター)

The polymer processing society, Asia/Australia meeting of year 2002(台湾) 2002年11月4日

需要家ニーズから見た, EPDM特性の現状と将来

小柴 淳一(石油化学品研究所)

建築ガasket工業会(群馬) 2002年11月14日

高分子LEDの開発動向

土居 秀二(筑波研究所)

高分子学会 第27回茨城地区活動講演会(つくば) 2002年11月15日

無機・金属材料

酸化チタンナノチューブの電子構造

長谷川 彰, 吉澤 一成^{*1}, 平尾 一之^{*2} (筑波研究所, ^{*1}九州大学, ^{*2}京都大学)

分子構造総合討論会(神戸大学) 2002年10月4日

Sn or Hf Doped InSbO₄ Films Deposited by RF Magnetron Sputtering

P. K. Song^{*}, 嶋田 祐介^{*}, 重里 有三^{*}, 服部 武司,

石田 雅也, 三枝 邦夫(筑波研究所, *青山学院大学)
4th International Conference on Coatings on Glass
(ドイツ) 2002年11月3日 - 11日

精密化学関連製品

酸化防止剤

児島 史利(有機合成研究所)

プラスチック, 53(9) 34 - 38(2002)

熱可塑性エラストマーの安定化

福田 加奈子(有機合成研究所)

ポリマーダイジェスト, 54(9) 69 - 79(2002)

高分子用安定剤の機能と特徴

児島 史利(有機合成研究所)

ポリファイル, 39(464) 28 - 33(2002)

酸化防止剤の基礎と配合技術

児島 史利(有機合成研究所)

高分子学会 高分子の崩壊と安定化研究会(工学院大学) 2002年7月4日

New Generation Phosphite for Single Additive System

菊池 武利(有機合成研究所)

MODEST 2002(ハンガリー) 2002年6月30日 - 7月4日

こんなところにも新製品『高分子安定剤の開発』

岡村 春樹(情報電子化学品研究所)

近畿化学協会「研究開発リーダー実務講座2002(大阪) 2002年8月7日

Sumilizer GP New Generation Processing Stabilizer for Single Additive System

三宅 邦仁(有機合成研究所)

Addcon World 2002(ハンガリー) 2002年10月22日 - 23日

農業化学関連製品

Abiotic Hydrolysis of Pesticides in the Aquatic Environment

片木 敏行(生物環境科学研究所)

Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 175, 79 - 261(2002)

Aerobic Aquatic Metabolism of Fenitrothion and its Oxon Analog in Water-Sediment Systems

小高 理香, 菅野 輝美, 片木 敏行, 瀧本 善之(生物環境科学研究所)

J. Pesticide Sci., 27(3), 235 - 241(2002)

Mathematical Model of the Uptake of Non-Ionized Pesticides by Edible Root of Root Crop

藤澤 卓生, 一瀬 桂子, 福島 雅雄, 片木 敏行, 瀧本 善之(生物環境科学研究所)

J. Pesticide Sci., 27(3), 242 - 248(2002)

Synthesis and Fungicidal Activity of α -Cyanoacetamide Derivatives : Discovery of a New Rice Blast Fungicide, Diclocymet (S-2900)

真鍋 明夫, 前田 清人^{*1}, 榎本 雅行^{*2}, 高野 仁孝^{*1}, 加藤 次裕^{*3}, 山田 好美, 小栗 幸男(農業化学品研究所, ^{*1}アグロ事業部, ^{*2}大阪工場製造部, ^{*3}農業化学業務室)

J. Pesticide Sci., 27(3), 257 - 266(2002)

Synthesis and Fungicidal Activity of 1-(α -tert-Butylcinnamoyl)imidazoles

真鍋 明夫, 高野 仁孝^{*1}, 古沢 久仁彦, 柳 和則^{*2}, 久田 芳夫^{*3}, 田中 鎮也^{*4}(農業化学品研究所, ^{*1}アグロ事業部, ^{*2}生物環境科学研究所, ^{*3}ヤシマ産業(株), ^{*4}(財)工業所有権協力センター)

Biosci. Biotechnol. Biochem., 66(10), 2243 - 2246 (2002)

農薬の植物による取り込みモデル

藤澤 卓生(生物環境科学研究所)

J. Pesticide Sci., 27(3), 279 - 286(2002)

平成14年度論文賞対象論文の概要とその研究背景

都築 学(生物環境科学研究所)

日本農薬学会, 27(3), 320 - 321(2002)

シラミ駆除剤「スミスリン[®]Lシャンプータイプ」について

木村 正昭^{*}, 青木 保彦^{*}, 庄野 美徳(農業化学品研究所, ^{*}住友製薬ヘルスケア(株))

アレルギーの臨床, 22(9), 48 - 53(2002)

ピリダリルおよび関連化合物の合成と殺虫活性

坂本 典保, 斎藤 茂, 広瀬 太郎, 鈴木 雅也, 梅田 公利, 対馬 和礼, 松尾 憲忠(農業化学品研究所)

10Th IUPAC International Congress on the Chemistry of Crop Protection Basel 2002(スイス), 2002年8月4日 - 9日

コナガにおけるBt剤の感受性推移と防除効果の関連性 神戸市岩岡における事例

諫山 真二, 小川 正臣, 笠松 紀美(農業化学品研究所)
第5回昆虫病理研究会シンポジウム・平成14年度BT研究小集会(山梨), 2002年9月26日 - 28日

マイクロカプセル製剤の散布後の挙動解析

竹林 禎浩(農業化学品研究所)

日本農薬学会 第22回農薬製剤・施用法シンポジウム(静岡), 2002年10月24日 - 25日

アルギン酸を利用した農薬放出制御剤の粒子設計

井上 雅夫, 大坪 敏朗(農業化学品研究所)

日本農薬学会 第22回農薬製剤・施用法シンポジウム(静岡), 2002年10月24日 - 25日

29th Annual Meeting of the Controlled Release Society in collaboration with the Korean Society for Biomaterials 学会報告

伊勢 英利子(農業化学品研究所)

日本農薬学会 第22回農薬製剤・施用法シンポジウム(静岡), 2002年10月24日 - 25日

FAO/WHO/CIPAC Meeting 学会報告

古田 リツ子(生物環境科学研究所)

日本農薬学会 第22回農薬製剤・施用法シンポジウム(静岡), 2002年10月24日 - 25日

リード創出からの新規殺虫剤の探索

坂本 典保(農業化学品研究所)

第18回農薬デザイン研究会(大津) 2002年10月31日 - 11月1日

d, d-T - シフェノトリン(ゴキラートS)の各種不快害虫に対する効力

西部 勲, 久保田 俊一, 庄野 美徳(農業化学品研究所)
日本環境動物昆虫学会第14回年次大会(関西大学)
2002年11月1日 - 2日

ヒソップオイルの蚊に対する空間忌避活性

石渡 多賀男^{*1}, 渡辺 敬介, 岡本 央, 対馬 和礼, 川田 均^{*2} (農業化学品研究所, ^{*1}生活環境事業部, ^{*2}長崎大学)

日本環境動物昆虫学会第14回年次大会(関西大学)
2002年11月1日 - 2日

Pyridalyl; A Novel Insecticidal Agent for controlling Lepidopterous Pests

齋藤 茂, 諫山 真二, 坂本 典保, 梅田 公利, 笠松 紀美(農業化学品研究所)

BCPC Conference 2002(イギリス) 2002年11月18日 - 21日

Indoor Behavior of an Insecticide Associated with Application of an Electric Vaporizer

的場 好英, 瀧本 善之(生物環境科学研究所)

23rd SETAC Meeting(カナダ) 2002年11月16日

子宮肥大試験およびHershberger試験における合成ピレスロイド d-phenothrin のエストロゲン作用および(抗)アンドロゲン作用の欠如

山田 智也, 植田 真司, 吉岡 薫, 国松 武史, 川村 聡, 関 高樹, 奥野 泰由, 三上 信可(生物環境科学研究所)

環境ホルモン学会第5回研究発表会(広島) 2002年11月25日 - 26日

半 導 体 関 連 製 品

High Quality GaN Grown by Facet-Controlled ELO(FACELO)Technique

三宅 秀人^{*1}, 竹内 亮^{*1}, 平松 和政^{*1}, 直井 弘之^{*1}, 家近 泰, 前田 尚良, T. Riemann^{*2}, F. Bertram^{*2}, J. Christen^{*2} (筑波研究所, ^{*1}三重大学, ^{*2}マクデブルク大学)

International Workshop on Nitride semiconductors(IWN 2002)(ドイツ) 2002年7月22日 - 25日

High Quality GaN Grown by Raised-Pressure HVPE

坊山 晋也^{*}, 吉川 兼司^{*}, 直井 弘之^{*}, 三宅 秀人^{*}, 平松 和政^{*}, 家近 泰, 前田 尚良(筑波研究所, ^{*}三重大学)

International Workshop on Nitride semiconductors(IWN 2002)(ドイツ) 2002年7月22日 - 25日

有 機 合 成

マイクロリアクタ・システムの生産プロセスとしての可能性

岡本 秀穂(有機合成研究所)

化学装置, 44(9) 35 - 41(2002)

界面活性剤の特性を活用するフラン誘導体の効率的な新合成法の開発と工業化

鈴鴨 剛夫^{*1}, 濱田 和彦^{*2}, 吉原 博(住化テクノサービス(株), ^{*1}GSC 技研, ^{*2}ピラス技研(株))

オレオサイエンス, 2(12) 757 - 766(2002)

生産プロセスとしてのマイクロリアクタの可能性

岡本 秀穂(有機合成研究所)

ケミカルエンジニアリング, 47(11) 835 - 842(2002)

Cubic Phase of 4'-n-Alkoxy-3'-nitrobiphenyl-4-carboxylic Acid(ANBC-n)

沓水 祥一^{*1}, 森田 紘史^{*1}, 市川 達也^{*1}, 矢野 紳一^{*1}, 野島 修一^{*2}, 山口 登造(筑波研究所, ^{*1}岐阜大学, ^{*2}東京工業大学)

Liquid Crystals, 29(11) 1447 - 1458(2002)

セルロース及びアミロース誘導体をキラル固定相に用いる菊酸類の光学分割

顕谷 忠俊, 神谷 勇一郎^{*}, 山本 智代^{*}, 岡本 佳男^{*} (有機合成研究所, ^{*}名古屋大学)

第9回国際会議 BOSS-9(ベルギー) 2002年7月8日 - 12日

Total Synthesis of Velamone, a trans-Clerodane Diterpene

氏原 一哉, 渡辺 秀典*, 北原 武* (農業化学品研究所, *東京大学)

The 224th ACS National Meeting(アメリカ) 2002年8月21日

Novel Amination with Methoxyamine

世古 信三, 三宅 邦仁(有機合成研究所)

Tateshina Conference on Organic Chemistry(長野) 2002年11月15日 - 17日

マイクロリアクタの有機合成・高分子合成への展開, および生産プロセスとしての可能性

岡本 秀穂(有機合成研究所)

石油学会 触媒分科会第11回シンポジウム(工学院大学) 2002年11月26日

生産手段としてのマイクロリアクタ

岡本 秀穂(有機合成研究所)

触媒学会マイクロリアクター研究会第1回講演会(大阪大学) 2002年12月17日

環境と化学の調和を目指して グリーンケミストリーへの挑戦

岩倉 和憲(有機合成研究所)

第7回 野依フォーラム(東京) 2002年12月19日 - 20日

触 媒

硫安を副生しない -カプロラクタム製造プロセスの工業化 気相ベックマン転位

市橋 宏(基礎化学品研究所)

化学と工業, 55(12), 1324 - 1327(2002)

Reaction Path to Phenol Coupling with Copper Complex

窪田 雅明, 東村 秀之, 志賀 昭信*¹, 藤澤 清史*², 宇山 浩*³, 小林 四郎*³ (筑波研究所, *¹技術・経営企画室, *²筑波大学, *³京都大学)

TOCAT4(東京) 2002年7月14日 - 18日

可視光線応答型酸化チタン光触媒の開発

石谷 能彰, 奥迫 顕仙, 小池 宏信, 安東 博幸(基礎化学品研究所)

日本学術振興会「透明酸化物光・電子材料」第22回研究会(青山学院大学) 2002年10月11日

Vapor Phase Beckmann Rearrangement over a High Silica MFI Zeolite

市橋 宏(基礎化学品研究所)

Fourth Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology(東京) 2002年7月14日 - 19日

ゼオライト中でのシラノールの水素結合によるシクロヘキサノンオキシムの活性化

志賀 昭信(技術・経営企画室)

第90回触媒検討会(浜松) 2002年9月18日 - 21日

酸化物触媒繊維の開発と触媒バグフィルターへの適用

沖 泰行(基礎化学品研究所)

第13回廃棄物学会研究発表会(京都) 2002年11月28日 - 30日

バイオプロセス

マイクロキャリアを用いた微生物の高密度固定化と排水処理技術の開発

青井 正廣, 中村 洋介(生産技術センター)

化学工学会中四国支部 中国地区化学工学懇話会(新居浜) 2002年7月5日

硝化菌高密度化技術

中村 洋介(生産技術センター)

第132回一水会環境管理研究会(大阪) 2002年7月5日

造粒化硝化細菌のバイオオーグメンテーション

中村 洋介, 青井 正廣(生産技術センター)

日本生物工学会 平成14年度大会(大阪) 2002年10月27日 - 30日

Penicillium citrinum由来の -ケトエステル還元酵素と補酵素再生系酵素の共発現系による光学活性アルコールの生産

伊藤 伸哉*, 坂野 公紀*, 朝子 弘之, 脇田 龍平, 清水 将年(有機合成研究所, *富山県立大学)

第6回生体触媒化学シンポジウム(奈良) 2002年12月12日 - 13日

化学工学

FBRM を用いた晶析条件の検討

原 仁, 石橋 和久(生産技術センター)

分離技術, 32(6) 2 - 6(2002)

ファインケミカル製品を早く市場に出すために

当麻 正明, 今村 英司(生産技術センター)

化学工学, 66(11) 689(2002)

DEM Analysis on Flow Patterns of Geldart's Group A Particles in Fluidized Bed

児林 智成, 辻 裕*, 田中 敏嗣*, 川口 寿裕*(愛媛工場, *大阪大学)

World Congress on Particle Technology 4 (シドニー) 2002年7月21日 - 25日

Geldart-A 粒子の流動層内流動挙動のDEM 解析

児林 智成, 辻 裕*, 田中 敏嗣*, 川口 寿裕*(愛媛工場, *大阪大学)

日本機械学会 2002 年度年次大会(東京大学) 2002 年9月25日 - 27日

実プロセスへの制御技術の適用

轡 義則(生産技術センター)

化学工学会関西支部セミナー(大阪) 2002年12月10日

気液混合時の危険性評価

宮田 栄三郎, 田中 則章(生産技術センター)

第35回安全工学研究発表会(横浜国立大学) 2002年12月5日 - 6日

高分子合成

“Radical-Controlled” Oxidative Polymerization of Phenols

東村 秀之, 藤澤 清史*¹, 志賀 昭信*², 窪田 雅明, 諸岡 良彦*³, 宇山 浩*⁴, 小林 四郎*⁴ (筑波研究所, *¹筑波大学, *²技術・経営企画室, *³常盤大学, *⁴京都大学)

Forth Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology(東京) 2002年7月14日 - 19日

Synthesis of Functionalized Styrene-Butadiene

Copolymers with Well-Defined Structures by Means of Living Anionic Polymerization

林 真弓, 間部 誠一, 稲垣 勝成, 中辻 淑裕, 今井 昭夫(石油化学品研究所)

224th ACS National Meeting(アメリカ) 2002年8月18日 - 22日

2,6-ジメチルフェノールの酸化重合機構(Ⅲ) 技術の体系化を目指して

東村 秀之, 藤澤 清史*¹, 志賀 昭信*², 小林 四郎*³ (筑波研究所, *¹筑波大学, *²技術・経営企画室, *³京都大学)

第51回高分子討論会(九州工業大学) 2002年10月4日

Reaction Mechanism of Oxidative Polymerization of 2,6-Dimethylphenol

東村 秀之, 藤澤 清史*¹, 志賀 昭信*², 窪田 雅明, 小林 四郎*³ (筑波研究所, *¹筑波大, *²技術・経営企画室, *³京都大学)

IUPAC Polymer Conference 2002(京都) 2002年12月5日

新規な高分子量エチレン/イソプレン共重合体の合成と加硫ゴム特性

今井 昭夫, 常法寺 博文, 西山 忠明, 小川 敦子(石油化学品研究所)

エラストマー討論会(愛知工業大学) 2002年12月5日 - 6日

高分子成形加工

成形加工材料(19) PES / PEEK

前田 光男(情報電子化学品研究所)

成形加工学会誌, 14(10) 639 - 644(2002)

ANTEC2002(自動車 + 製品設計 + 興味があったところプラス)

広田 知生(樹脂開発センター)

成形加工, 14(7) 452 - 453(2002)

“Sumitomo TPE” and “Espolex” for Automobile Interior Applications

富永 武史(石油化学品研究所)

SPE Automotive TPO Global Conference 2002(アメリカ) 2002年9月30日 - 10月2日

The Characteristics of Liquid Crystalline Polymer Film Obtained from Solvent Casting Method

岡本 敏, 平川 学(情報電子化学品研究所)

IUPAC Polymer Conference 2002(京都) 2002年12月2日 - 5日

最近の高分子複合材料の設計とポリマーアロイ・ブレンド理論の応用

今井 昭夫(石油化学品研究所)

技術情報協会セミナー(東京) 2002年12月18日

分析物性関連

Crystal Structure Study on Defective Silicalite by Neutron Diffraction

鈴木 達也, 杉田 啓介, 石井 慶信*(基礎化学品研究所, *日本原子力研究所)

JAERI-Review, 28, 91(2002)

マイクロビームX線散乱による高分子結晶構造研究

野末 佳伸, 西 敏夫*¹, 栗田 玲*¹, 川崎 直彦*¹, 雨宮 慶幸*¹, 飯田 厚夫*²(石油化学品研究所, *¹東京大学, *²高エネルギー研究所)

第51回高分子討論会(九州工業大学) 2002年10月2日 - 4日

新規収束光顕微鏡を用いたPEインフレーションフィルム形態解析

内海 晋也, 美濃部 正夫*, 山口 登(石油化学品研究所, *技術・経営企画室)

高分子学会 第11回ポリマー材料フォーラム(東京) 2002年10月29日 - 30日

in Situ Observation of Heat/Draw Deformation Behavior of Isotactic Polypropylenes by SAXS Measurements

桜井 孝至, 笠原 達也, 山口 登, 田代 孝二*¹, 雨宮 慶幸*²(石油化学品研究所, *¹大阪大学, *²東京大学)

Photon Factory Activity Report 2001, 19, PartB 150(2002)

Reversal of Elution Order During the Chiral Separation in High Performance Liquid Chromatography

岡本 昌彦(生物環境科学研究所)

Current Topics in Analytical Chemistry, 3, 193 - 204(2002)

コンピュータ利用・情報関連

組織力を活かした企業内データベースの構築 戦略的コミュニケーションの重要性

岡 紀子(有機合成研究所)

情報管理, 45(7), 497 - 499(2002)

情報化学の体系化 情報解析・合成経路設計・合成自動化を統合した次世代戦略

岡本 秀穂(有機合成研究所)

日本化学会情報化学部会機関誌CICSJ Bulletin, 20(5) 124 - 127(2002)

自動合成を志向した反応条件最適化手法の開発

松本 努(有機合成研究所)

ロボット合成研究会 第8回公開講演会(大阪) 2002年8月2日

有機合成研究所におけるエンドユーザ検索とSciFinder

岡 紀子(有機合成研究所)

化学情報協会 CAS ユーザミーティング(大阪) 2002年11月21日

クライアント・サーバ型有機合成設計システムの開発
船津 公人*¹, 六本木 一人*¹, 能勢 容幸*¹, 竹内 雅志*², 藤井 三穂子(有機合成研究所, *¹豊橋技術科学大学, *²富士写真フイルム(株))

日本コンピュータ化学会2002秋季年会(山形大学) 2002年11月2日 - 3日

生物環境安全評価

A Simple Prediction of the Tissue Partition Coefficients Needed for the TK/TD Theory

中山 由美子, 岸田 文雄, 中塚 巖, 松尾 昌幸(生物環境科学研究所)

Environmental Sciences, 9(5) 343 - 353(2002)

Evaluation of Anti-androgenic Effects of Flutamide by Sex-Reversal in Medaka (Oryzias latipes) S-rR Strain

萩野 哲, 籠島 通夫*, 芦田 昭二*, 細川 俊治* (生物環境科学研究所, *住化テクノサービス(株))
Environmental Sciences, 9(6) 475 - 482(2002)

母動物の哺育期における制限給餌のF1児への影響
 岡橋 典子, 河野 恵美子, 中岡 政直, 樋口 敏浩, 紙田 祐介, 関 高樹(生物環境科学研究所)
 第42回 日本先天異常学会(浜松) 2002年7月10日

ラットF1児における性分化パラメーターの解析
 河野 恵美子, 岡橋 典子, 中岡 政直, 樋口 敏浩, 紙田 祐介, 関 高樹(生物環境科学研究所)
 第42回 日本先天異常学会(浜松) 2002年7月10日

雄ラットの性成熟期における生殖器の経時的変化
 中岡 政直, 岡橋 典子, 宮田 かおり, 樋口 敏浩, 紙田 祐介, 関 高樹(生物環境科学研究所)
 第42回 日本先天異常学会(浜松) 2002年7月10日

学習・記憶と最初期遺伝子 - c-fos を中心として
 吉岡 孝文(生物環境科学研究所)
 第96回海馬研究会(京都) 2002年8月31日

IFN-gのI型コラーゲン遺伝子の転写抑制機構解析
 東 清史, 稲垣 豊*¹, 鈴木 紀之, 中尾 篤*², 金子 秀雄, 中塚 巖(生物環境科学研究所, *¹東海大学,

*²順天堂大学)
 第75回日本生化学会(京都) 2002年10月14日 - 17日

光ストレス誘導型転写因子RHL41による強光耐性の付与
 飯田 朝子, 白石 年範, 小川 育三(農業化学品研究所)
 第20回バイオテクノロジーシンポジウム(東京) 2002年11月5日

メダカの各発育段階におけるピテロゲニン量
 萩野 哲, 原 匠* (生物環境科学研究所, *住化テクノサービス(株))
 第5回環境ホルモン学会(広島) 2002年11月25日 - 26日

設備材料工学

熱交換器管端部の非破壊による検査
 末次 秀彦, 森 久和, 石丸 裕(生産技術センター)
 メインテナンス, 234, 65 - 71(2002)

リスク・ベースド・インスペクション
 政友 弘明, 石丸 裕(生産技術センター)
 安全工学, 41(6) 379 - 386(2002)

化学工業におけるリスク評価
 石丸 裕(生産技術センター)
 日本金属学会誌, 66(12) 1 - 41(2002)

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、
お送りくださいますよう、お願いいたします。

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。

	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									
トピックス									
製 品 紹 介									
外部表彰受賞									
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ください。

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
(住友化学工業株式会社 技術・経営企画室)



新研究棟 研究10号館(大阪地区)

住友化学 2003-1 発刊にあたって

住友化学2003-1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あります。

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、なにとぞご批判賜わりたく、今後ともよろしくご指導下さるよう、お願いいたします。

2003年5月

(無断転載を禁ず)

住友化学 2003-1

発行 平成15年5月30日 印刷 平成15年5月26日

発行所 住友化学工業株式会社・編集兼発行人 河内 哲

住友化学

住友化学工業株式会社

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)5543-5271 Fax:(03)5543-5908

Telex:222-4751 SUMIKA J

〒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)6220-3497

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

