

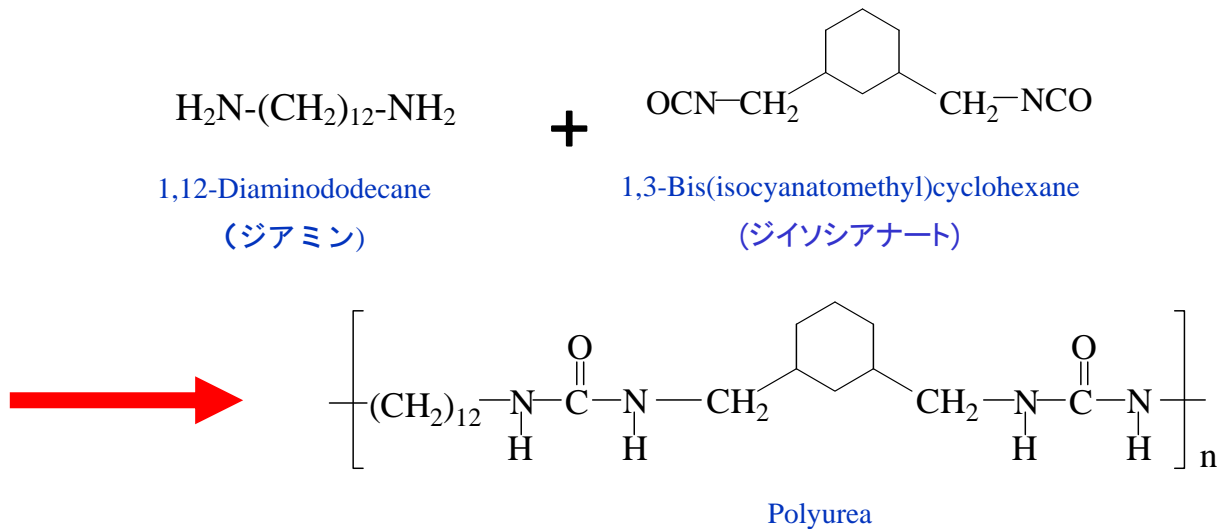
2-B-(3) 溶剤フリー塗装技術の研究開発

プロジェクトリーダー：日本金属株式会社 常務取締役 山崎 一正  
 実施企業 シルバー精工株式会社

1. 研究概要

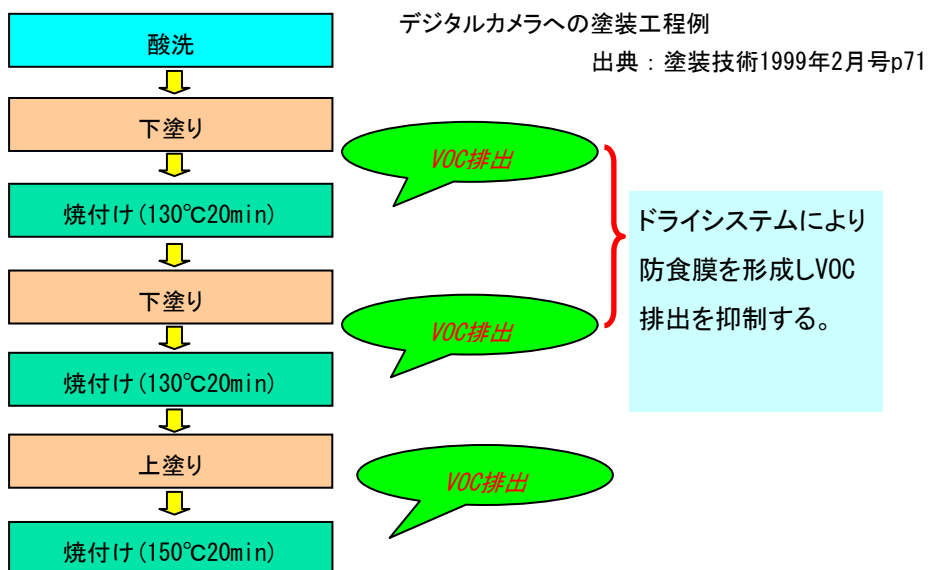
1-1. 目的

本研究テーマでは、蒸着重合法によりジアミンモノマーとジイソシアナートモノマーを合成したポリ尿素膜（図B-(3)-1に本研究で作製した膜の化学反応式を示す）被覆により、マグネシウム合金等の腐食しやすい金属製品に溶剤を使用せずに塗膜（防食膜）を形成する技術の開発を目指した。



図B-(3)-1 ポリ尿素合成の化学反応式

この技術により、現在一般的に腐食防止のためにおこなわれている塗装工程で排出される大量のVOCを削減することができる。塗装工程の一例を図B-(3)-2に示す。



図B-(3)-2 塗装工程の一例

この目標を達成するために、塗膜材料の開発と均一被覆技術を開発し、量産化技術の確立をおこなった。そのため、1年目は、膜厚数ミクロン(基板サイズ100mm×75mm×0.28mm)のサンプル合成で実用化レベルを確認、大量合成に関する研究。2年目は、大量合成技術の確立(連続生産:2~5㎡基板面積)、サンプル配布による実証、膜材料の改良。3年目は、防食膜として最適な材料の防食性能が小型実験装置および実用規模試作機で再現性良く発現できることを実証し、大量生産に向けた装置の最適条件を検討し、さらに実サンプルをニーズ業界・企業に試供することにより本塗膜技術の普及を図ることを目標とした。

## 1-2. 研究項目

### (1) 塗膜材料の開発

ジアミンモノマーとジイソシアナートモノマーの組み合わせで各種ポリ尿素膜をマグネシウム合金基板上に被覆し、耐食試験(塩水噴霧 48 時間)をおこない、数種類のモノマー組み合わせから耐食性の優れた1種に絞り込みをおこなった。

### (2) 均一被覆技術の開発

耐食性の評価および機械特性等で想定客先の要求する性能を満足する材料組み合わせを用い、複雑形状基板への均一被覆技術の確立をするため、塗膜形成条件の最適化を図った。

開発目標値: 膜析出速度 0.2 μm/min 以上となる基板温度、排気速度、壁温、モノマー蒸気圧の数値の最適化。板状基板表裏平均膜厚±20%以内、100mm×75mm 板状基板内膜厚分布±10%以内の達成。

### (3) 蒸着重合装置を用いた実証研究

これまでの研究結果を基に作製したインライン式量産装置による成膜サンプルについて評価を開始し、塗膜の品質について、実用化の見極めをおこなった。

開発目標値: 2日間の塩水噴霧試験により実用レベルの耐食性を確認

### (4) 実用化に資する導入シナリオとビジネスモデルの策定

ターゲットを世界規格の 19.7mmΦスピーカーコーンに搾り、規格適合商品使用企業へのサンプル配布による評価・現行品市場調査を踏まえたビジネスロードマップの策定を行い、スピーカー以外の用途応用(例えばノートPCやデジタルカメラ)の市場模索を実施し、立体的形状の金属基板の防食被膜形成が重要であることを確認した。

### 1-3. 研究成果

#### (1) リスク削減効果

マグネシウム合金の腐食防止として現在もっとも一般的なものが塗装であるが、図 B-(3)-3 のように、複数の工程がおこなわれ、各工程で VOC が排出されている。各工程で排出される VOC の種類は下記のとおりである。

化成処理材		
第一種指定化学物質 No.43	エチング リコル	83%
塗装下塗り (プライマー処理材)		
第一種指定化学物質 No.227	トルエン	40%
第一種指定化学物質 No.63	キシレン	5.5%
第一種指定化学物質 No.40	エチルベンゼン	5.5 %
エポキシ樹脂49%		

マグネシウム合金の防食膜として本技術を用いることにより、上記 VOC の削減が期待される。

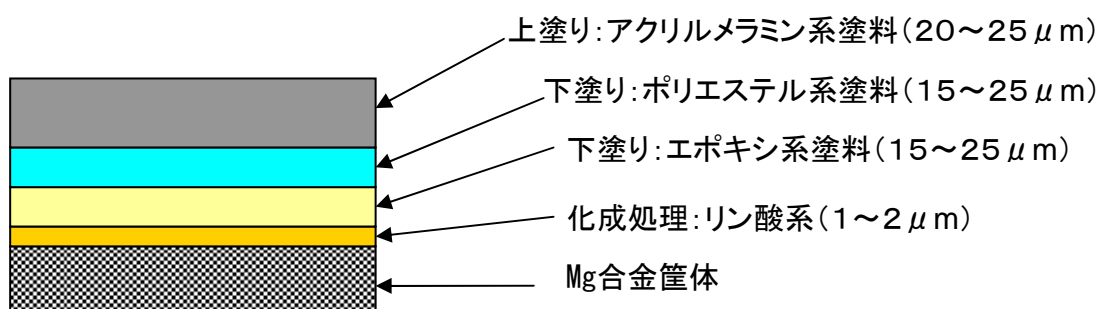
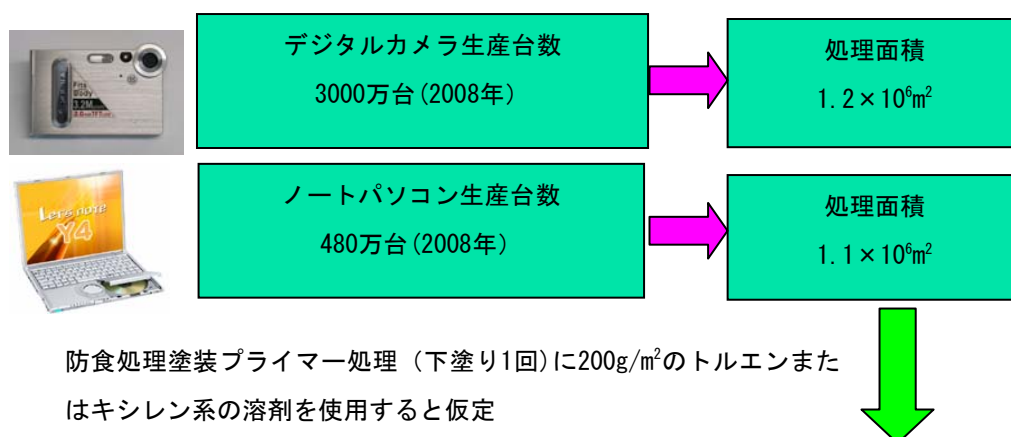
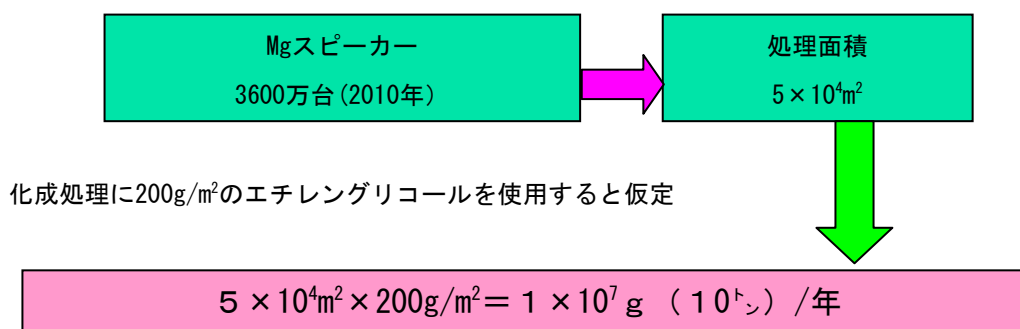


図 B-(3)-3 マグネシウム合金における現状の塗装仕様

また今後、本技術が応用されると期待されるデジタルカメラやノートパソコンの筐体への防食処理塗装により排出される VOC の量は下記のように試算される。



$$2.3 \times 10^6 \text{m}^2 \times 200 \text{g/m}^2 = 4.6 \times 10^8 \text{g} \text{ (460ト)} / \text{年}$$



## (2) 実用化

ポリ尿素被覆マグネシウムの応用製品としてスピーカーコーンの実用化を進めている。実用化に向けてはコストも重要になってくるため、生産装置のランニングコスト試算をおこなった。

以下が試算結果である。

必要電力	$11.8\text{kw} \times 10\text{時間} \times 21\text{円}/\text{kw} = 2,478\text{円}/\text{日}$
人件費(作業員2名)	36,000円/日
減価償却3000万円(5年償却)	25,000円/日
小計	63,478円/日

1日あたり12,000個生産した場合  $63,478 \div 12,000\text{個} = 5.3\text{円}/\text{個}$

1日あたり48,000個生産した場合  $63,478 \div 48,000\text{個} = 1.3\text{円}/\text{個}$

今後、実用化に向けてランニングコストの低減が必要となるため、生産能力の向上が課題となる。

### 1-4. 論文、知的財産権など

表B-(3)-1に、本開発で得られた特許などの成果件数を示す。詳細は別紙とする。

表B-(3)-1 成果件数一覧

	論文	口頭発表	特許	報道
成果件数	1件	5件	2件	3件

## 2. 研究方法

### 2-1. 塗膜材料の開発

#### ①モノマーの選定

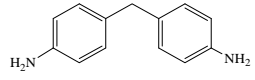

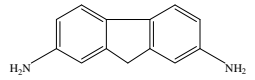
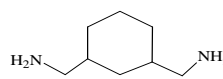
ジアミンモノマーとジイソシアナートモノマーの組み合わせで各種ポリ尿素膜をマグネシウム合金基板上に被覆した。ポリ尿素膜のモノマー構成の組み合わせは、モノマー合成の難易や、コストの観点から、実用性の高い候補材料を選定した。

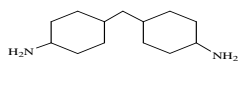
表 B-(3)-2 および表 B-(3)-3 に本プロジェクトで使用候補であった市販のジイソシアナートモノマー、と市販のジアミンモノマーを示す。

表 B-(3)-2 ジイソシアナートモノマー

	化学構造式	名称 (略号)	期待される効果	原料製造販売元
芳香族		2,6-Toluene diisocyanate (TDI)	強靱性、耐薬品性、耐熱性、低圧縮歪	三井化学ポリウレタン(株)
		1,5-Naphthalene diisocyanate (NDI)	強靱性、耐薬品性、耐熱性、低圧縮歪	三井化学ポリウレタン(株)
		Diphenylmethane diisocyanate (MDI)	強靱性、耐薬品性、耐熱性、低圧縮歪	三井化学ポリウレタン(株)
		Xylylene diisocyanate (XDI)	難黄変、高反応性	三井化学ポリウレタン(株)
脂環族		1,3-Bis(isocyanatomethyl)cyclohexane (H6XDI)	無黄変、柔軟性	三井化学ポリウレタン(株)
		4,4'-Dicyclohexylmethane diisocyanate (H12MDI)	無黄変、柔軟性	三井化学ポリウレタン(株)
		Norbornatediisocyanate (NBDI)	無黄変	三井化学ポリウレタン(株)
脂肪族	OCN-(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -NCO	Hexamethylenediisocyanate (HDI)	無黄変、柔軟性	三井化学ポリウレタン(株)

表 B-(3)-3 ジアミンモノマー

	化学構造式	名称 (略号)	期待される効果	原料製造販売元
芳香族		4,4'-Diaminodiphenylmethane (MDA)	強靱性、耐薬品性、耐熱性、低圧縮歪	三井化学ポリウレタン(株) 住友化学(株)
		1,5-Diaminonaphthalene (NDA)	強靱性、耐薬品性、耐熱性、低圧縮歪	三井化学ポリウレタン(株)
		2,7-Diaminofluorene (FDA)	強靱性、耐薬品性、耐熱性、低圧縮歪	東京化成(株)
脂環族		1,3-Bis(aminomethyl)cyclohexane (H6XDA)	無黄変、柔軟性	三井化学ポリウレタン(株)

		4, 4'-Methylenebis (cyclohexylamine) (H12MDA)	無黄変、柔軟性	三井化学ポリウ レタン(株)
脂肪族	$H_2N-(CH_2)_6-NH_2$	1, 6-Diaminohexane (DAH)	無黄変、柔軟性	三井化学ポリウ レタン(株)
	$H_2N-(CH_2)_7-NH_2$	1, 7-Diaminoheptane (DAH7)	無黄変、柔軟性	東京化成(株)
	$H_2N-(CH_2)_{12}-NH_2$	1, 12-Diaminododecane (DAD)	無黄変、柔軟性	東京化成(株)

## ②性能評価

マグネシウム合金基盤にポリ尿素を被覆したサンプルで耐食試験（塩水噴霧 48 時間）をおこない、上記モノマー組み合わせから 1 種に絞り込みをおこなった。

また、前項の各モノマー組み合わせで作製したポリ尿素膜の物性値を測定した。

## 2-2. 均一被覆技術の開発

### ①成膜装置概略

蒸着重合成膜装置の概略図を図 B-(3)-4 に示す。真空槽内に 2 種類の材料モノマー（ジアミン、ジイソシアナート）を導入する。導入されたモノマーは基板上で反応し、ポリ尿素膜となる。

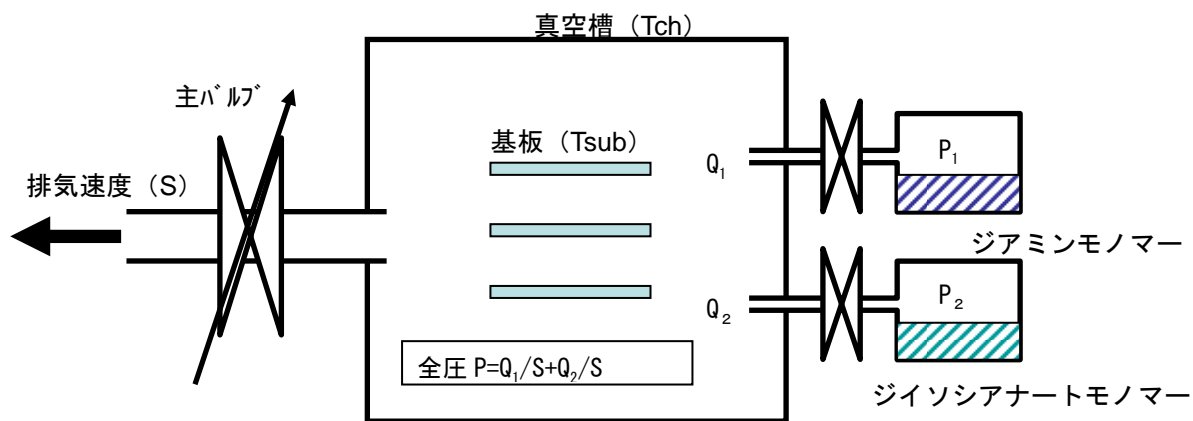


図 B-(3)-4 蒸着重合成膜装置概略図

### ②マルチチャンバー成膜装置による成膜

マルチチャンバー方式により成膜処理個数を多くし、実用化を視野にいれての成膜実験をおこなった。成膜装置の写真および概略図を図 B-(3)-5 および図 B-(3)-6 に示す。



図 B-(3)-5 マルチチャンバー成膜装置

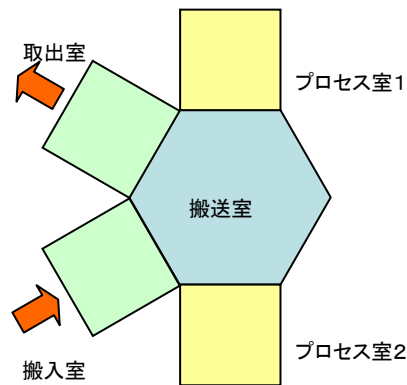


図 B-(3)-6 マルチチャンバー成膜装置概略図

搬入室と取出室を設けることにより、プロセス室での成膜中に次の試料を準備できるようにした。また、プロセス室を2つ設けることにより処理数の増加および異なる膜の成膜も可能にした。

プロセス室内には300mm×600mmスペースが3段成膜可能な構造である。プロセス室内の成膜可能範囲を図B-(3)-7に示す。

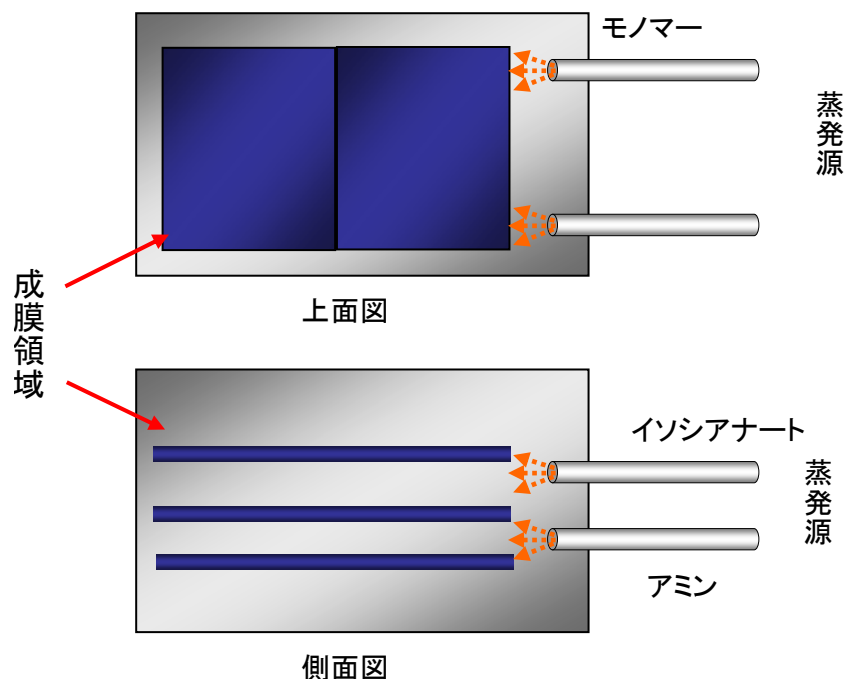


図 B-(3)-7 プロセス室内成膜領域

上記装置を使用し、膜厚分布、組成分布他、装置の信頼性等の検証をおこなった。

### ③ 実用規模試作機の予備実験

前項目までの実験結果から、マルチチャンバー方式では、成膜チャンバー内での均一膜厚分布は困難であることがわかった。そこで、均一膜厚分布および再現性を得るために、インライン装置への移行の検討をおこなった。まず、実用規模試作機を立ち上げる準備として、小型実験機で蒸着重合のインライン化が可能かの検証をした。

装置のインライン化、つまりノズルの前を基板が進行しながら成膜するために基板進行方向に垂直な方向の分布をよくしなければならない。そのためにモノマー噴出ノズルの改良をおこない、成膜実験をおこなった。

### ④ 実用規模試作機の製作

前項目での実験結果をふまえて、実用規模試作機のインライン化をおこなった。成膜装置の写真および概略図を図 B-(3)-8 および図 B-(3)-9 に示す。





図 B-(3)-8 インライン式成膜装置

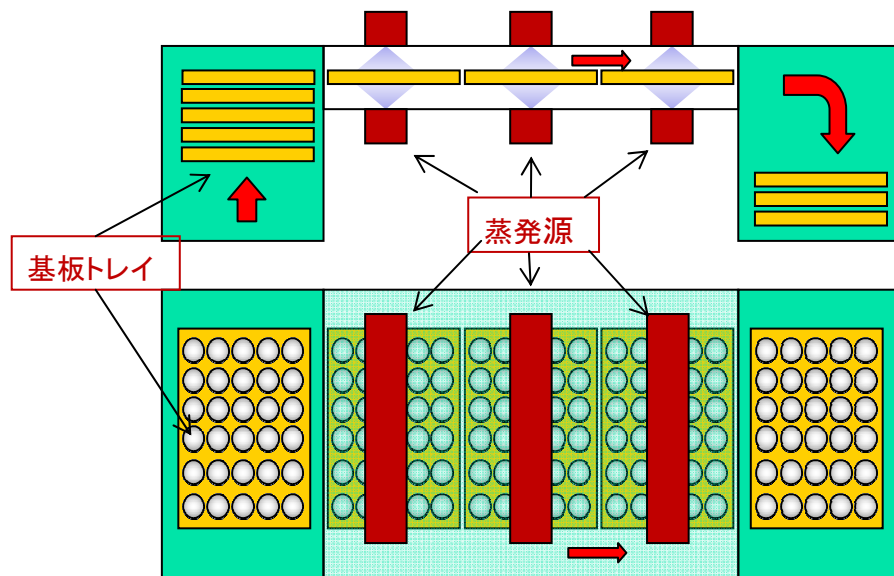


図 B-(3)-9 インライン式成膜装置概略図

成膜のプロセスは、基板ホルダーに基板（ワーク）をセットして基板ホルダーを搬送しながら成膜する。基板ホルダーは1サイクルに11枚搬送可能。搬送速度は任意に変更可能。

上記装置を使用し、マルチチャンバー成膜装置と同様に膜厚分布、組成分布他、装置の信頼性等の検証をおこなった。

### 2-3. 蒸着重合装置を用いた実証研究

#### ①耐食性評価

実際のマグネシウム製品での評価に先立って、マグネシウム板材への成膜、評価をした。これまでの実験で選定したモノマーを用い、インライン式成膜装置で、マグネシウム板材にポリ尿素を成膜し、耐食性評価をおこなった。

まず、簡易試験として1 mol/lのNaCl溶液中にポリ尿素成膜をしたマグネシウムを配置し印加電圧25Vをかけて耐食性を調べた試験概略図を図B-(3)-10に示す。

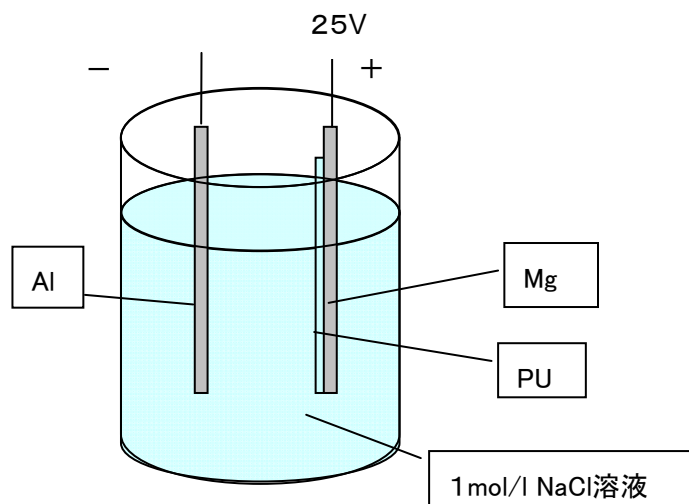


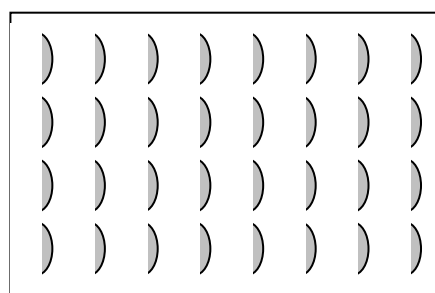
図 B-(3)-10 耐食性評価簡易試験

## ②密着性評価

耐食性と同様に、実際のマグネシウム製品での評価に先立って、マグネシウム板材への成膜、評価をおこなった。実用化の際の評価としては、塩水噴霧試験後に密着性試験をおこなうが、前評価として温水に浸漬後の密着性試験をおこなった。試験方法としては、ポリ尿素成膜をしたマグネシウム板を45℃の温水に30min浸漬し、その後、基盤目剥離試験をおこなった。

## 2-4. 実用化に資する導入シナリオとビジネスモデルの策定

マグネシウム板材に成膜しての耐食性および密着性が良好であったので、実用化が期待されるマグネシウムスピーカーにポリ尿素を成膜し、サンプル品を作製した。基板ホルダーにスピーカー800個搭載可能な治具を作製し、成膜をおこなった。治具概略図および写真を図 B-(3)-11 および図 B-(3)-12 に示す。



進行方

図 B-(3)-11 治具へのスピーカー配置図

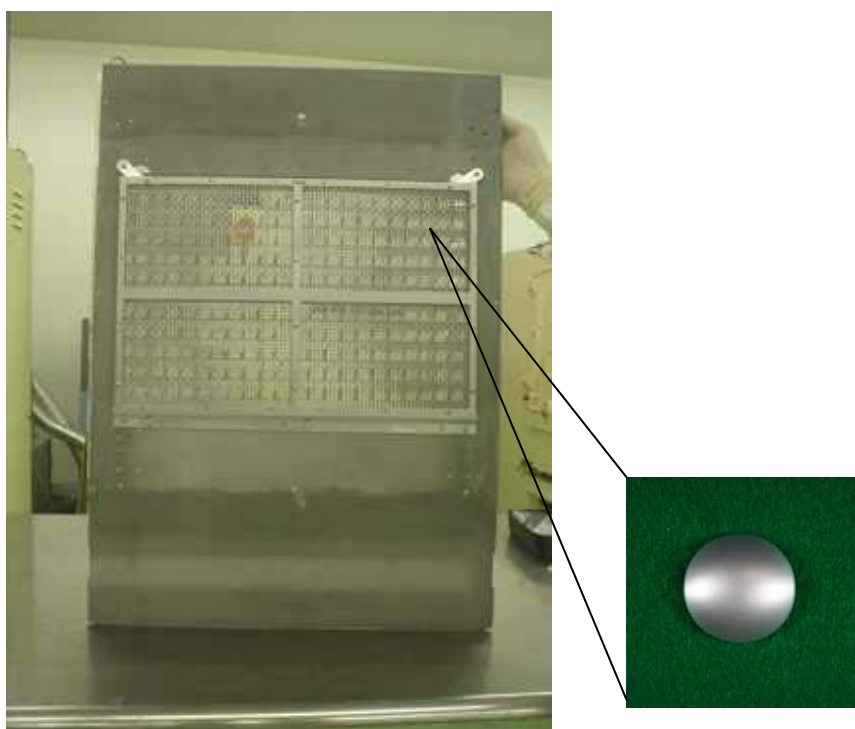


図 B-(3)-12 成膜治具

### 3. 研究結果と考察

#### (1) 塗膜材料の開発

##### ①モノマーの選定

合成実験をおこなったモノマー組合せを表 B-(3)-4 に示す。平成 18 年度は 9 種類(表 B-(3)-4 中 H18 と記載)を合成し評価し、平成 19 年度は、平成 18 年度に合成した組合せを絞り込んだ 6 種類に新たな組合せ 3 種類、あわせて 9 種類(表 B-(3)-4 中 H19 と記載)を合成した。なお斜線部は予備実験の結果、時間的な制約を考慮して中止とした。

表 B-(3)-4 ポリ尿素膜合成に使用したモノマーの組み合わせ

ジイソシアナート ジアミン		芳香族				脂環族			脂肪族
		TDI	NDI	MDI	XDI	H6XDI	H12MDI	NBDI	HDI
芳香族	MDA	H19		H18-19		H19	H19		
	NDA		H18						
	FDA	H19							H18
脂環族	H6XDA	H19			H19	H18-19			
	H12MDA				H19		H19		
脂肪族	DAH			H18-19					
	DAH7			H18-19					
	DAD	H19		H18	H18-19	H18-19	H19		

②性能評価

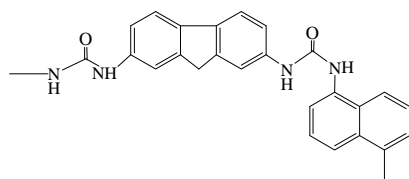
マグネシウム合金基盤にポリ尿素を被覆したサンプルで耐食試験（塩水噴霧 48 時間）をおこない、上記モノマー組み合わせから 1 種に絞り込みをおこなった。以下に各モノマー組み合わせの試験結果を示す。なお、試験結果はレイティングナンバー（RN）で表す。RN とは、試料の腐食状況の目視評価で、無欠陥は RN=10、腐食面積率 50%以上を RN=0 とする。

図 B-(3)-13 塗膜なし RN=0

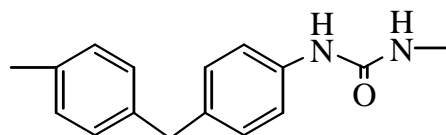




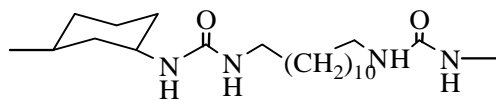
☒ B-(3)-17 FDA/NDI 0.75 μm RN=8



☒ B-(3)-18 MDA/MDI 1 μm RN=8



☒ B-(3)-19 DAD/H6XDI 1 μm RN=10



以上の結果より、ジアミン：DAD（1,12-Diaminododecane、脂肪族）＋ジイソシアナート：H6XDI（1,3-Bis(isocyanatemethyl)cyclohexane、脂環族）の組み合わせを採用した。

②モノマーの組み合わせと性能

前項の各モノマー組み合わせで作製したポリ尿素膜の物性値を測定した。下図 B-(3)-20 は各モノマー組み合わせと特性をまとめたものである。

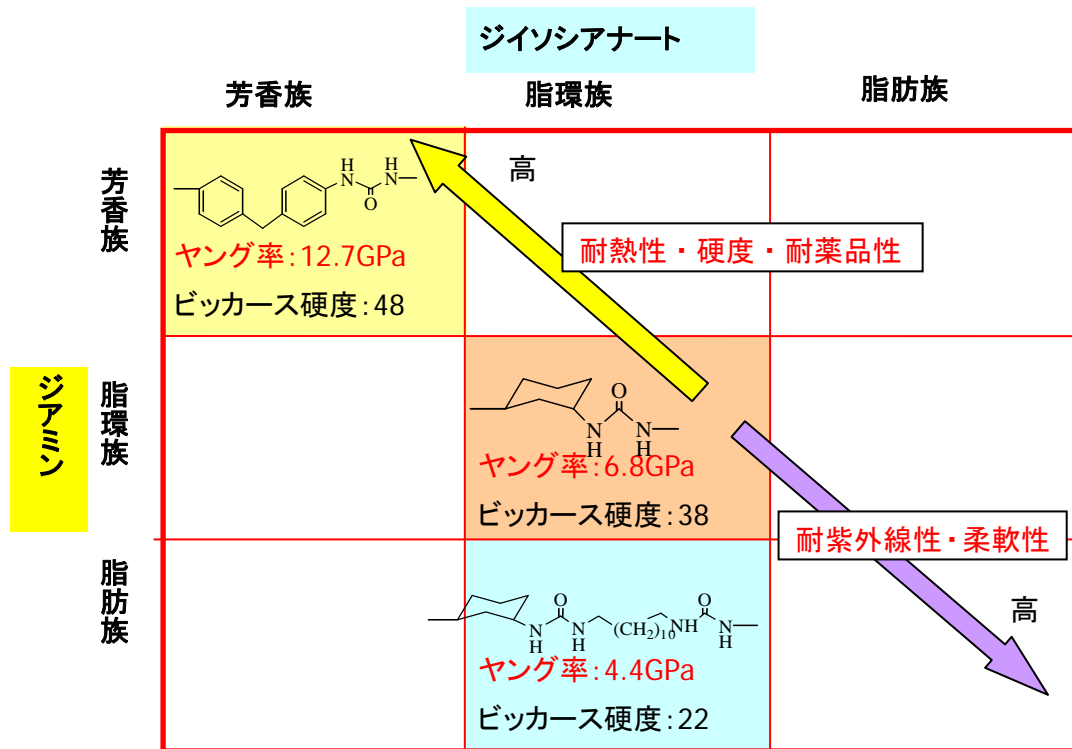


図 B-(3)-20 モノマーの組み合わせと性能

(2) 均一被覆技術の開発

①マルチチャンバー成膜装置の膜厚分布

マルチチャンバー成膜装置でポリ尿素成膜をおこない、成膜領域内での膜厚分布を測定した。モノマーは、研究開発項目①で選定した DAD と H6XDI の組み合わせで、成膜時間は 30min でおこなった。結果は、同一面内での膜厚分布が大きく、また上段、中段、下段での分布も大きいことが分かった。下段では面内分布は大きくないが、全体の膜厚が極端に薄くなっている。分布ができる原因は、モノマー導入管付近が厚くなっていることから、モノマーの流れの影響と考えられる。膜厚分布の測定結果を図 B-(3)-21 に示す。

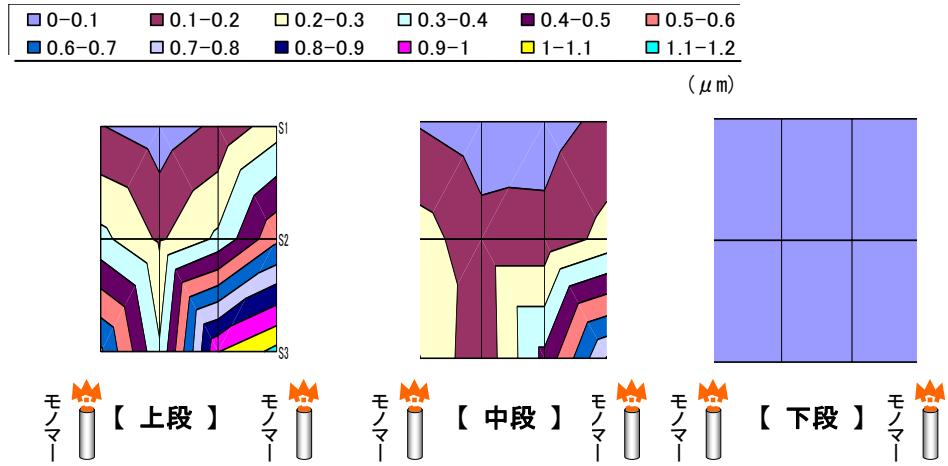


図 B-(3)-21 成膜領域内格段の膜厚分布

以上より、マルチチャンバー方式では、均一な膜厚分布を得ることが困難であることが判明した。

## ②マルチチャンバー成膜装置の組成分布

均一被覆にあたって、膜厚分布と同時に組成分布も重要な要素である。合成したポリ尿素膜のモノマー組成比は、FT-IR（赤外分光光度計）を用いて  $2270\text{cm}^{-1}$  付近に現れる未反応イソシアナートのピークを基準に判断する。成膜領域内の場所ごとの FT-IR 測定結果を図 B-(3)-22 に示す。

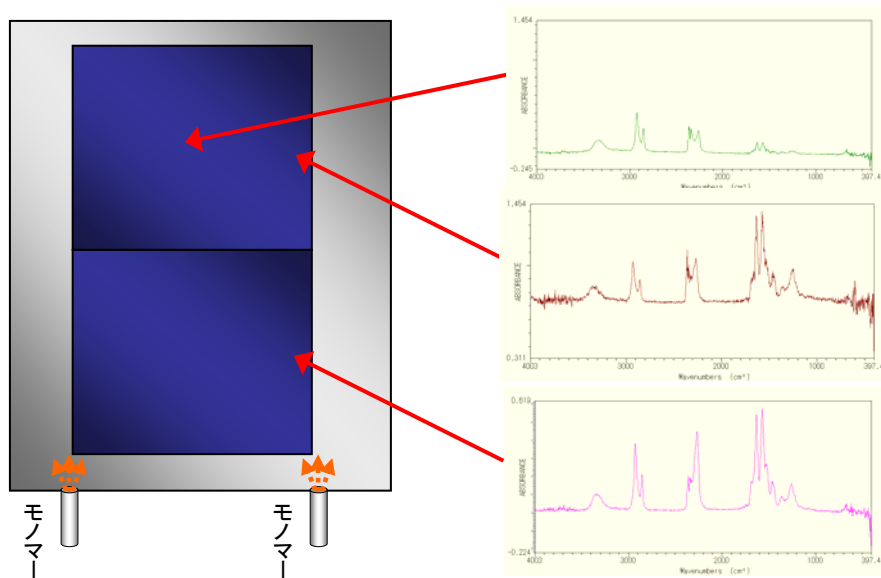


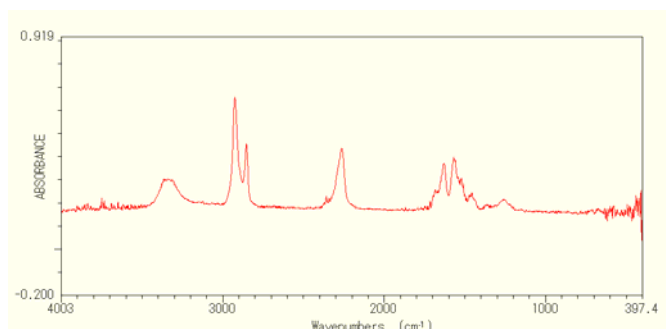
図 B-(3)-22 成膜領域内（同一面内）組成分布



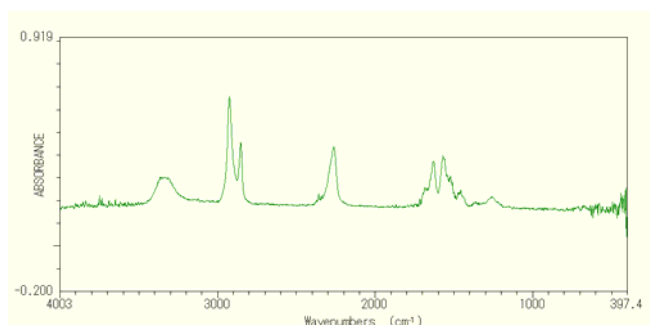
膜厚分布同様に成膜領域内での組成分布もできてしまう。原因は、膜厚分布同様にモノマー導入口の位置と考えられる。

### ③マルチチャンバー成膜装置の再現性

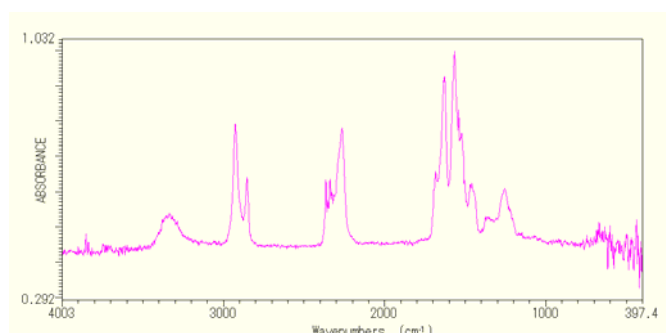
膜厚分布および組成分布の測定を繰り返した結果、組成分布のばらつきが試行ごとに違っていた。そこで、再現性をみるため同条件で成膜を数バッチおこない、同一位置の組成をFT-IR測定した。3バッチ分の測定結果を図B-(3)-23に示す。



1バッチ目



2バッチ目



3バッチ目

図B-(3)-23 バッチごとのFT-IR測定結果

1バッチ目と2バッチ目のピーク形状はほぼ同じであるが、3バッチ目のピーク形状は明らかに他の2つと異なる。原因としては、成膜中の圧力が高いため、2種類のモノマ

一が均一に拡散せずに、試行ごとに拡散の仕方が異なってしまうからだと考えられる。

#### ④成膜装置のインライン化に向けての予備実験

インライン化への予備実験として、改良したノズルを使用しての成膜実験を行った。基板進行方向に垂直な方向の分布を測定した結果を図 B-(3)-24 に示す。基板はノズル前に固定。ノズル-基板間距離は 30mm。成膜時間は 3min でおこなった。

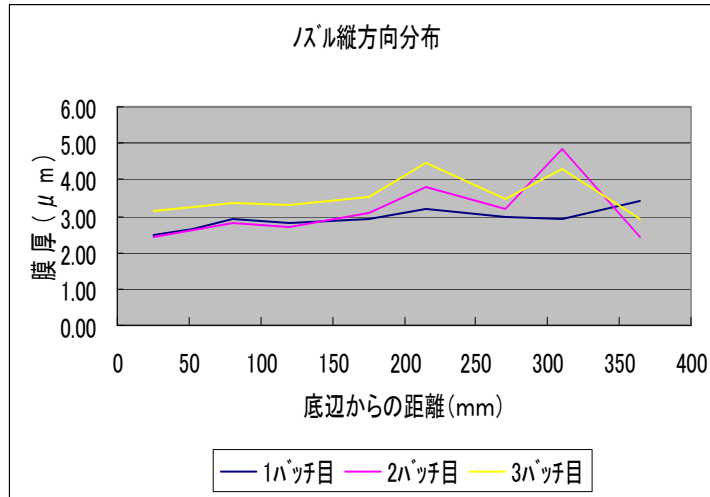


図 B-(3)-24. ノズル縦方向分布

ノズル縦（インラインでは進行方向に垂直）方向の分布は、モノマー導入部（底辺からの距離 200mm 付近）で若干変動はあるが、導入部から下の部分ではほぼ均一となった。また、上部はチャンバー天井に近いので、基板が温度の影響を受けている。

また、ノズル横方向分布を図 B-(3)-25 に示す。

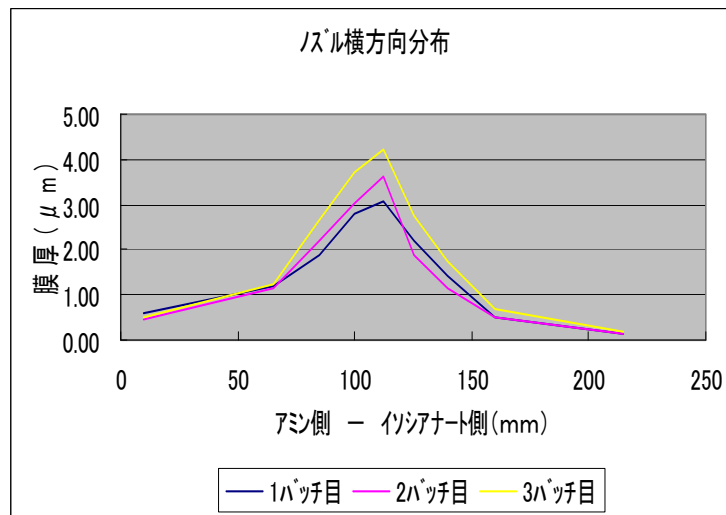


図 B-(3)-25. ノズル横方向分布

ノズル横（インラインでは進行）方向ではノズル中心から  $\pm 50\text{mm}$  の範囲で  $1\mu\text{m}$  以上 (3min) 成膜される。

以上から、この成膜条件では成膜範囲は約 100mm、平均成膜レートは  $1\mu\text{m}/\text{min}$  で成膜可能であると計算される。(図 B-(3)-26)

これにより、開発目標値である膜析出速度  $0.2\mu\text{m}/\text{min}$  よりも 5 倍の速度で成膜が可能

であることが確認できた。

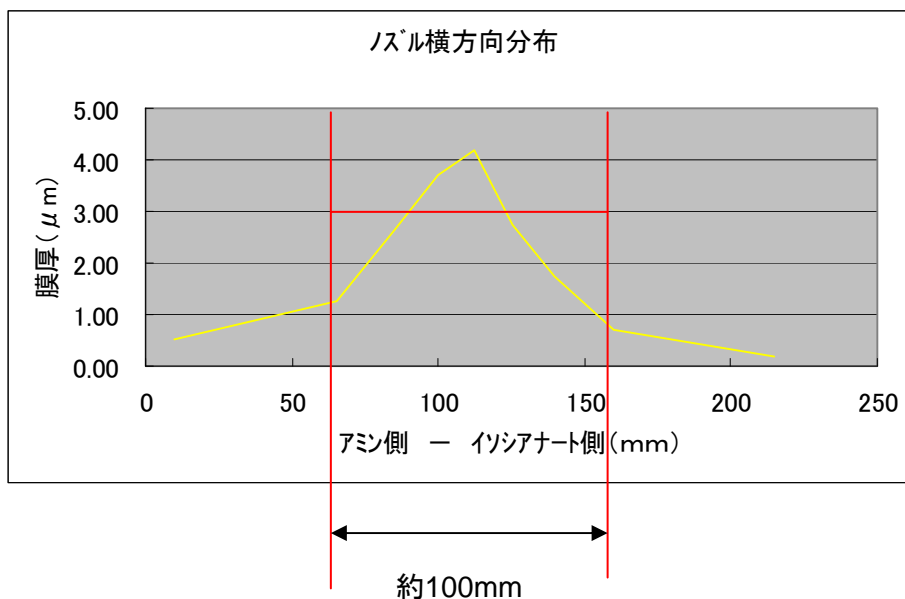


図 B-(3)-26. ノズル性能

以上の結果から、インライン式成膜装置を作製し、成膜実験をおこなった。

#### ⑤インライン式成膜装置の膜厚分布

インライン式成膜装置でポリ尿素成膜をおこない、成膜領域内での膜厚分布を測定した。モノマーは、研究開発項目①で選定した DAD と H6XDI の組み合わせでおこなった。また、成膜条件の調整がしやすいように、蒸発源を1つのみ使用し、ワークの代わりに Al 箔を設置し片面のみ成膜をおこなった。

結果は、有効成膜領域内で±10%以内の膜厚分布を達成した。図 B-(3)-27 に有効成膜領域および膜厚を示す。図の赤点線枠内が有効成膜領域、膜厚の単位は  $\mu\text{m}$  である。

Al 箔での分布が良好であったため、実際にマグネシウム板(100mm×75mm)へ成膜をおこない、膜厚分布測定をした結果、Al 箔同様、開発目標値である±10%以内の膜厚分布を達成した。

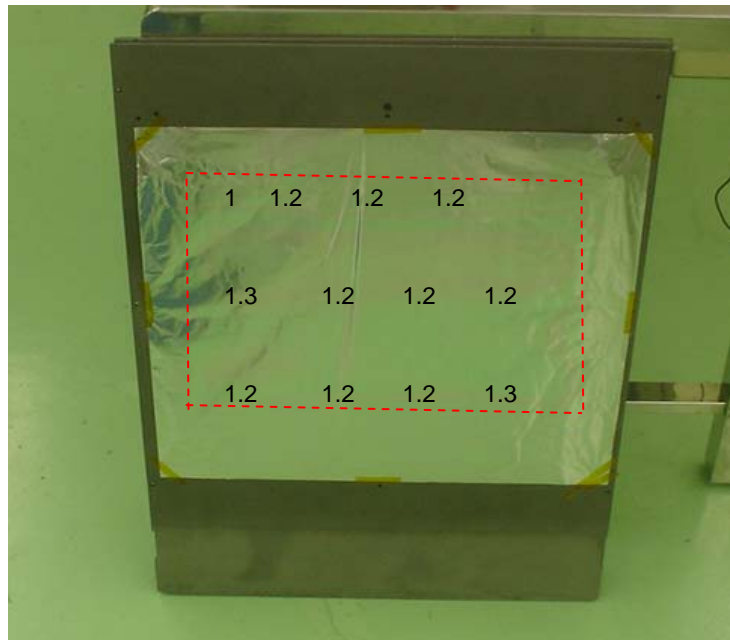


図 B-(3)-27 有効成膜領域内の膜厚分布

⑥インライン式成膜装置の組成分布

インライン式成膜装置でポリ尿素成膜をおこない、成膜領域内での組成分布を測定した。合成したポリ尿素膜のモノマー組成比は、前記と同様に FTIR（赤外分光光度計）を用いて  $2270\text{cm}^{-1}$  付近に現れる未反応イソシアナートのピークを基準に判断した。有効成膜領域内の場所ごとの FT-IR 測定結果を図 B-(3)-28 に示す。

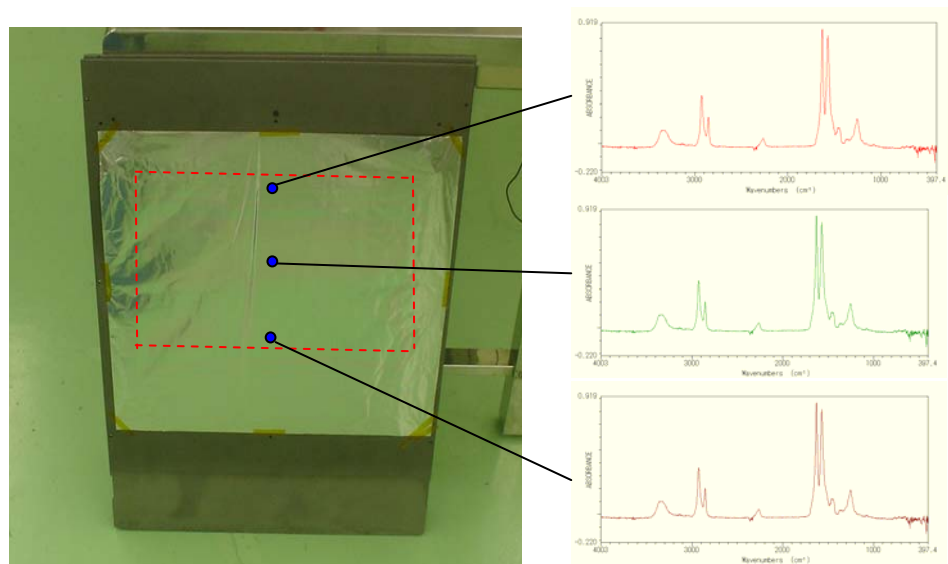
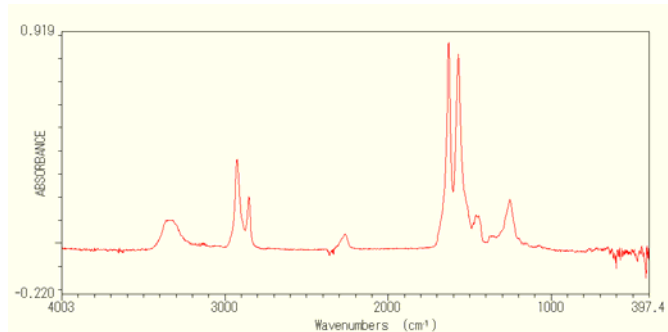


図 B-(3)-28 インライン式成膜装置の組成分布

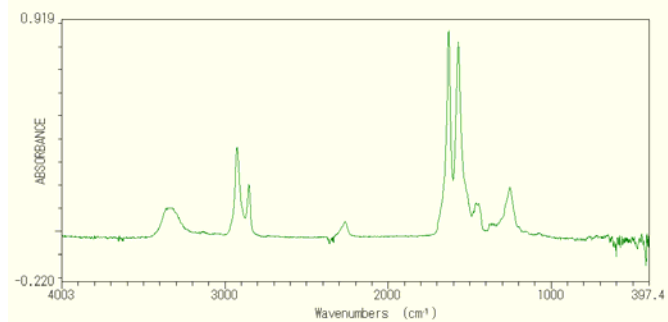
FT-IR 測定したピーク形状は、有効成膜領域内のどの部分でも一致している。以上より、インライン式にしたことにより組成分布が改善されたことがわかる。

### ⑦インライン式成膜装置の再現性

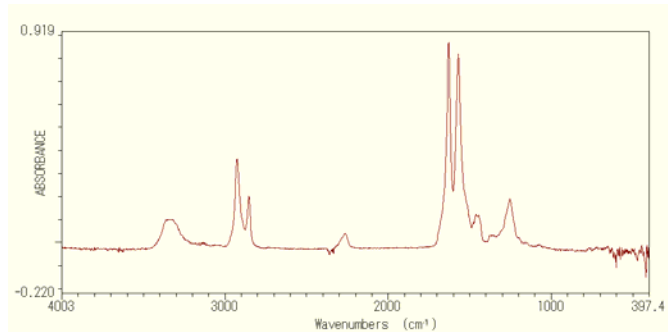
これまでの実験で、マルチチャンバー成膜装置では膜組成の再現性がとれていないことがわかった。そこで、インライン式成膜装置での再現性をみるため同条件で成膜を数回おこない、同一位置の組成をFT-IR測定した。3回分の測定結果を図B-(3)-29に示す。



成膜 1 回目



成膜 2 回目



成膜 3 回目

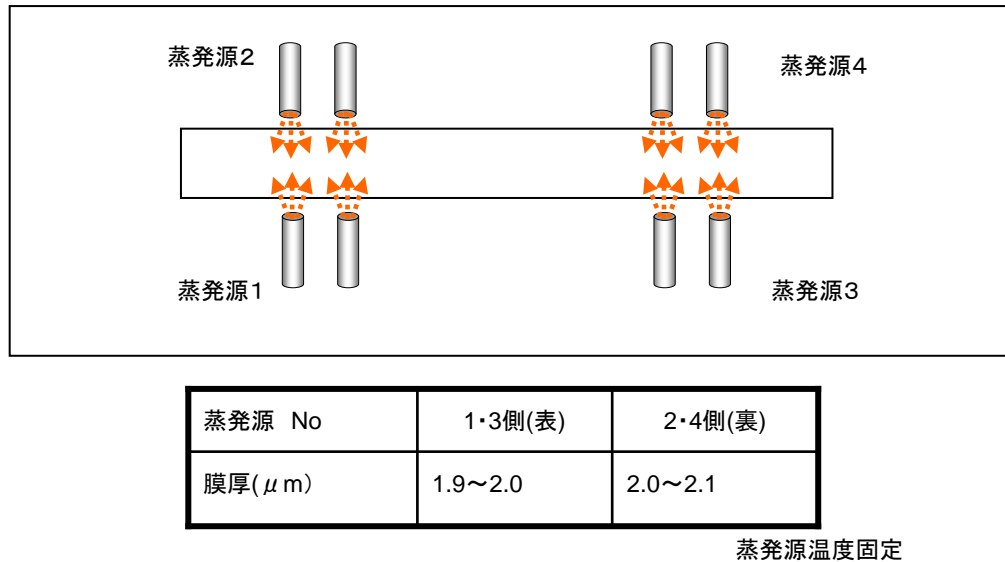
図 B-(3)-29 成膜回数ごとの FT-IR 測定結果

1~3 回目とも、FT-IR 測定結果のピーク形状は同じである。このことから、インライン式にしたことにより成膜の再現性が改善されたことがわかる。

以上より、インライン式成膜装置で成膜することによってポリ尿素膜の均一被覆ができることを示せた。

⑧基板両面成膜

前項までは、蒸発源を1つのみ使用し、基板の片面のみの成膜検証をおこなった。片面での均一被覆が確認できたので、次に、インライン装置の各蒸発源を4つ同時に使用し、両面成膜をおこなった。成膜したポリ尿素膜の膜厚を図B-(3)-30に示す。測定および評価がしやすいように、基板ホルダーの両面にAl箔を設置し成膜を行った。



図B-(3)-30. 表面および裏面の膜厚

以上より、板状基板表裏平均膜厚±5%での成膜が確認でき、開発目標値±20%をクリアすることができた。

(3) 蒸着重合装置を用いた実証研究

①耐食性評価

研究方法の項で記した耐食性評価簡易試験をおこなった。試験の結果、マグネシウムに腐食はなく、成膜したポリ尿素膜に耐食性があることが示せた。上記試験をおこなったポリ尿素成膜マグネシウム板とマグネシウム素材板の比較写真を図B-(3)-31に示す。



ポリ尿素成膜 Mg                      Mg 素材

図 B-(3)-31 耐食性の比較

簡易試験で耐食性の確認ができたので、日本金属㈱にて塩水噴霧試験をおこなった。試験時間は 48 時間でおこなった。試験結果は RN=10 と良好であった。図 B-(3)-32 は試験結果である。



図 B-(3)-32 塩水噴霧試験結果

## ②密着性評価

試験結果は、剥離がなく、45℃での密着性は良好であった。試験結果を図 B-(3)-33 に示す。

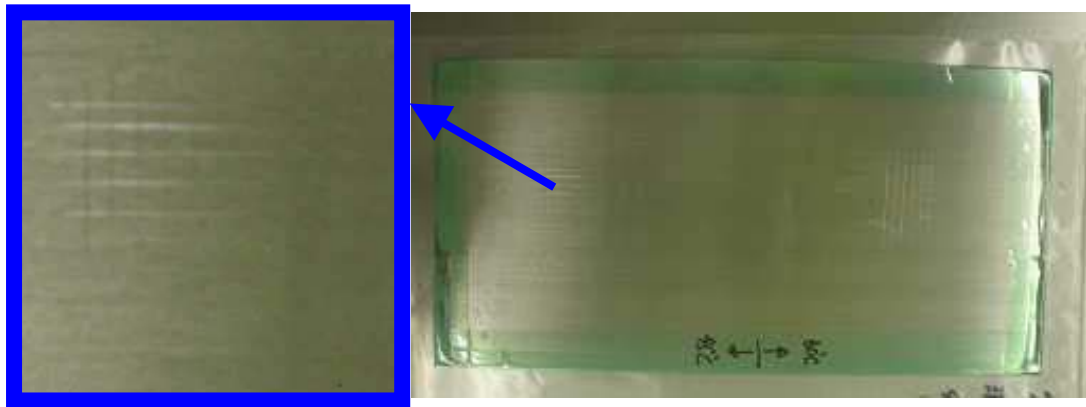


図 B-(3)-33 基盤目試験結果

前評価の結果が良好であったので、耐食性と同様に日本金属㈱にて密着性評価もおこなった。評価結果は100中1マスも剥がれる事がなく、100/100だった。

### ③サンプル成膜

インライン装置を使用し、マグネシウムスピーカーに成膜したポリ尿素膜の FT-IR 測定結果を図 B-(3)-34 に示す。ポリ尿素のピーク形状が確認でき、スピーカーサイズではあるが、立体形状に成膜できることが実証できた。

また、インライン式成膜装置の試運転を繰り返し、開発目標である16バッチ/日、20日間連続運転の可能性を見極めた。

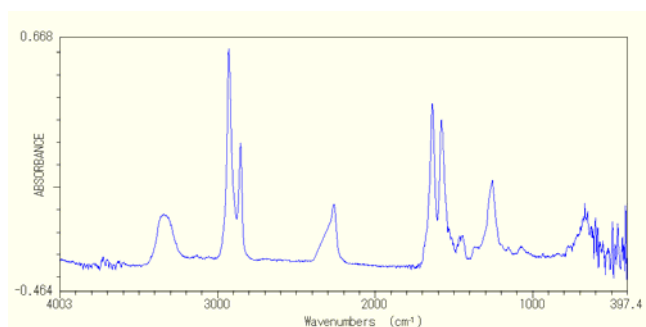


図 B-(3)-34 スピーカーに成膜したポリ尿素の組成

### (4) 実用化に資する導入シナリオとビジネスモデルの策定

図 B-(3)-35 にマグネシウムスピーカーにポリ尿素成膜したサンプルの耐食性評価結果を示す。48時間の塩水噴霧試験で腐食しないことから、マグネシウムスピーカーへの塗膜として実用化の可能性を示せた。





ポリ尿素被覆



化成処理品（腐食発生）

図 B-(3)-35 サンプル品の評価結果

また、客先にマグネシウムスピーカーサンプルを提出し、マグネシウムスピーカーの音質評価をしていただいた。表 B-(3)-5 は、ポリ尿素成膜マグネシウムスピーカーの客先(A社)での音質評価である。この評価結果からも実用化の見通しができた。

従来品(PP,Al合金)	Mg合金
<ul style="list-style-type: none"> <li>・全体的に曇った感じ</li> <li>・奥行き感や表現力は若干弱い</li> <li>・声の透明度が低い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分解能が高く明瞭なサウンド</li> <li>・低歪</li> <li>・透明度高い</li> </ul>

表 B-(3)-5 従来スピーカーとマグネシウムスピーカーの比較(A社)

#### 4. まとめ

以上をまとめると、次のようになる。

- ① 材料モノマーを選定し、マグネシウムの防食膜として必要な耐食性を有するモノマー組合せとして、ジアミン：DAD (1,12-Diaminododecane、脂肪族) + ジイソシアナート：H6XDI (1,3-Bis(isocyanatemethyl)cyclohexane、脂環族) を採用した。
- ② 実用規模試作機としてインライン式成膜装置を作製し、マグネシウム材への成膜実験をおこない、膜析出速度  $1\mu\text{m}/\text{min}$  となる各成膜条件を確立した。また、板状基板表裏平均膜厚  $\pm 5\%$  以内、 $100\text{mm} \times 75\text{mm}$  板状基板内膜厚分布  $\pm 10\%$  以内を達成した。
- ③ ポリ尿素を成膜したマグネシウム板に対し2日間の塩水噴霧試験をおこなった。試験結果は  $\text{RN}=10$  と良好であった。
- ④ 客先(A社)にポリ尿素成膜のマグネシウムスピーカーサンプルを提出し、音質評価で良好な結果が得られた。これにより、実用化への見通しが得られた。

以上の研究成果から、VOC を使用せずにマグネシウム材料の防食膜を成膜するという技術の実用化という本研究目的においては、ポリ尿素によるマグネシウム合金の腐食防止という世界初の成果が得られ、マグネシウムスピーカーへの適用がされる見通しがなされた。

今後の課題としては、本研究期間ではサンプル成膜の段階のため、大量生産をおこなった

際の品質の安定性の確立が要求される。課題解決のために、装置構造および成膜条件の最適化をはかり、量産化に対応可能とする。

また、今回の研究ではマグネシウムスピーカーへの成膜をおこなったが、現在、ノート PC の筐体としてポリ尿素成膜マグネシウムのサンプル製作依頼も受けており、立体的形状の金属基板の防食被膜形成の重要性を感じている。今後は、さらに様々な形状のマグネシウム材料への適用を検討し、対応可能な成膜条件を見出し、本塗膜技術のさらなる普及を目指す。

本塗膜技術のさらなる普及により、現在の課題になっている塗装工程の多さによるコストの問題が解決され、マグネシウム合金の用途拡大がなされると期待できる。

## 2-B-(4) テーマ名：有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発

### — (有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセスの開発) —

プロジェクトリーダー：所属 ケミクレア 氏名 三浦 偉俊

実施企業 株式会社ケミクレア

独立行政法人産業技術総合研究所

## 1、研究概要

### 1-1 背景

エステル類はそれ自体で香料、工業用殺菌剤などのコモディティ薬品として広く利用されているが、また医農薬や太陽電池用増感色素に代表される機能性材料の中間体としても重要な化合物である。

機能性材料の中間体として重要な機能性エステル類の一般的な製造法は1) DCC (ジシクロロヘキシルカルボジイミド) 等の高価な脱水縮合剤を使ってカルボン酸とアルコールを直接反応させる方法や2) カルボン酸をいったん塩化チオニル等のハロゲン化剤で活性な酸クロライドに変換し、塩基の存在下でアルコールを反応させる方法が広く使われている (図 B-(4)-1)。

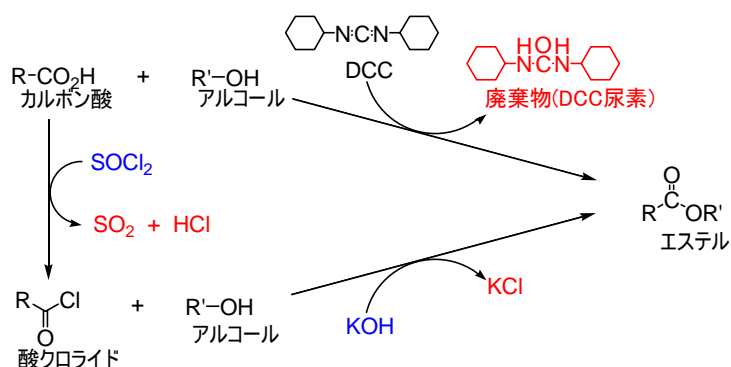


図 B-(4)-1：エステル類の一般的製造法

1) の方法は縮合剤に起因する多量の産業廃棄物が副生し、また 1)、2) 両方法ともに縮合剤やハロゲン化剤の製造に多量の有害化学薬品が使われている。このような理由で機能性エステル類の製造はトータルで見ると、環境負荷が非常に大きく、かつ E ファクター (化学合成反応で副生成物量を目的生成物量で除した値) が高いプロセスであるため、その多くは中国やインドなど環境規制の緩い外国に生産が委託されているものと推測される。しかしながら、これらの国でも規制強化により製造法の改善や変更が強く求められているのが現状である。

コモディティエステル類の生産量は機能性エステルに比べ、PET (Polyethylene Terephthalate の略) などのポリマーを除いても桁違いに多く、その製造は遥かに E ファクターの低い方法が使われている。ポリマー型エステル類の製造はエステル交換法が主であるが、大半はカルボン酸とアルコールを直接反応させるフィッシャー法 (図 B-(4)-2) によるのが一般的である。

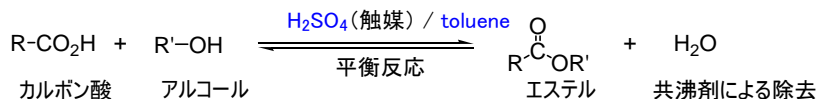


図 B-(4)-2：フィッシャー法反応式

しかしながらこの方法にも 1) 硫酸などの腐食性の高い有害薬品を触媒として使うこと、2) 平衡をずらし収率を向上させる目的で共沸剤を多量に使うこと、3) 反応時間が長く、エネルギーコストや人件費が高いこと、などの欠点がある。

このようにエステル製造のプロセスには、反応溶剤を兼ねてトルエンや四塩化炭素等の PRTR (Pollutant Release and Transfer Register の略、化学物質排出移動量届出制度) 規制物質が多量に使用されているのが現状であり、環境負荷低減のネックにもなっている。多量の有機溶剤の使用は VOC (Volatile Organic Compounds の略、揮発性有機化合物) 削減という社会のニーズにも合致しないために、製造プロセスの改善は早急に解決されるべき重要課題の一つである。

以上のような理由で有害廃棄物や有害化学薬品、特に VOC が大幅に削減でき、E ファクターと環境リスク、エネルギーコストの低いクリーンな新規エステル合成プロセスの開発と実用化が近年強く望まれている。

## 1-2 本研究の目的

本研究は、有害化学物質リスク削減プロジェクトのインプラント対策技術開発の一環として、上記の欠点を克服した工業的な「有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセスの開発」を目的とした。

具体的には機能性エステル類のうちから将来増産が期待される 1) ハロゲン化酢酸エステル類と、2) アミノ酸エステル類をターゲットとして選び、有害化学薬品と VOC、副生廃棄物が大幅に削減でき、かつ省エネ化も同時に実現できる「高効率・低リスク型エステル合成プロセス」を確立することである。

## 1-3 研究の方法

上記目的達成のために、コモディティエステル類の製造に広く利用されているフィッシャー法を、エネルギー利用効率の高いマイクロ波加熱を利用して、有機溶剤や硫酸などの有害化学物質を使わず、水以外の廃棄物の副生しないクリーンで汎用なエステル合成プロセスに再構築することを目指して研究開発を行った。

## 1-4 開発課題と実施計画

ブromo酢酸とベンジルアルコールのエステル化をモデル反応として選び (モデル化合物の選択理由は後述)、無触媒・無溶剤条件という単純化された系でマイクロ波加熱 (マイクロ波を選択した理由は後述) を使って、装置設計を含むエステル化の基本プロセスを確立する。

上記モデル反応では基質の構造特異性により触媒は添加しなくても良いが、プロセスの汎用化には基質の適応範囲を大幅に拡大することが必要であり、そのためには高性能触媒の開発が必須である。その目的で、新規高性能触媒を分子設計の手法を駆使してテーラーメイドで開発する。これにマイクロ波加熱を組み合わせて形成される、新規反応場の複合効果を利用して、反応の効率化による高速化と選択性の向上を図る。これと並行してマイクロ波反応装置の設計と安全性確保のために必要な誘電データなどの物性測定を行い、基礎データを集積する。また、適応範囲拡大及び基本プロセスの水平展開として、アミノ酸エステル製造のための最適条件設定の基礎検討も行う。更に、新規プロセスの早期実用化と普及を図るために、中国や国内のメーカーのヒアリングも含む市場調査を実施し、これらの結果をもとに技術の導入と普及のためのビジネスモデルを策定する。

この戦略をもとに以下の4項目の開発課題を設定し、株式会社ケミクレアと独立行政法人産業技術総合研究所が分担・協力して研究を行った。また、触媒開発等の基礎検討の一部は国立大学法人岐阜大学工学部への再委託で実施した。

#### ① 実用化エステル大量合成プロセスの開発（ケミクレア）

自己触媒能の期待できるプロモ酢酸ベンジルの製造をモデル反応（選定理由は後述）として、マイクロ波加熱による無触媒・無溶剤のクリーンな工業的製造プロセスを開発し、装置設計を含む基本システムを構築し効果を実証する。

#### ② マイクロ波加熱による高効率・低リスク型エステル合成法の開発（産総研）

効率的でかつ安全性の高いマイクロ波反応装置の設計とシステム化に必要な基礎データを集積するための基盤研究を行う。また、汎用化の目的で、①の基本システムの水平展開としてアミノ酸エステルの製造に適した最適条件設定のための基礎検討を行う（マイクロ波反応装置設計の重要性は後述）。

#### ③ 新規反応場によるエステル合成の開発（ケミクレア、再委託先：岐阜大学工学部）

当該エステル化プロセスの汎用化のために、分子設計の手法を用いてテーラーメイド型新規触媒の開発を行う。次に、新規触媒とマイクロ波加熱の組み合わせで形成される新規反応場の複合効果を有効に利用するための基礎検討を行う。

#### ④ 実用化に資する導入シナリオとビジネスモデルの策定（ケミクレア）

当開発エステル化プロセスの早期実用化と普及のためのビジネスモデルを策定する。ビジネスモデルはプロジェクトの方向性のチェックと事業化見通しを判断する材料とする。

上記4項目の検討で開発された技術の有機的な結合とブラッシュアップによって、当該エステル化プロセスの汎用化が図られ、普及により国内市場に貢献できる。さらに国際競争力強化などの波及効果も期待される。

#### プロモ酢酸ベンジルをモデル化合物に選んだ理由

この化合物は医農薬やファインケミカルの重要な中間体であるが、ケミクレアで製造実績があり、従来法と新規開発技術の比較が正確にできるのが最大の理由である。また、ブ

ロモ酢酸は酸性度が高く自己触媒能が期待され、触媒の添加が不要になり反応システムと装置設計が簡単になることが予測されたためである。

### マイクロ波加熱選択の理由

マイクロ波は有史以来の伝統的な加熱とは異なり、被加熱物を直接・均一に高速加熱できる新しいエネルギー源であり、食品やセラミックスの加熱、乾燥、焼成、ゴムの加硫、樹脂の架橋等に広く用いられ、近年ナノ微粒子等の機能性材料の製造等にも顕著な効果が認められる。

その一方で、有機反応への応用は遅れていたが、近年デスクトップ型マイクロ波合成装置の普及により、多くの合成反応が報告がされるにいたっている。これらの例からは、反応の高速化（数十倍～千倍）や選択性の向上や無溶媒化が認められる。

加熱手段をマイクロ波に変えることにより、製造設備の小型・簡略化、反応工程の削減、低環境負荷化、省エネ化による炭酸ガス排出量の削減、低コスト化、品質向上等の効果が期待される。これらのうち特にエネルギーコスト削減効果が期待され、製造プロセスへのマイクロ波技術の適応の必要性は高まっているが、これまで実用化された案件は、分子内転移反応に代表される分子内反応が主であり、エステル合成など分子間反応への応用は極めて少なく、クリアすべき技術的課題も多い。

### マイクロ波反応装置設計の重要性と課題

マイクロ波反応装置設計における問題点は、液相の分子間反応に適した設計指針が未確立なことであった。本検討で解決すべき重要課題の一つは、マイクロ波照射装置の設計と、それに効果的な脱水法を組み合わせた新規システムの構築にあった。

開発課題 4 項目の目標スペックは以下の通りである。

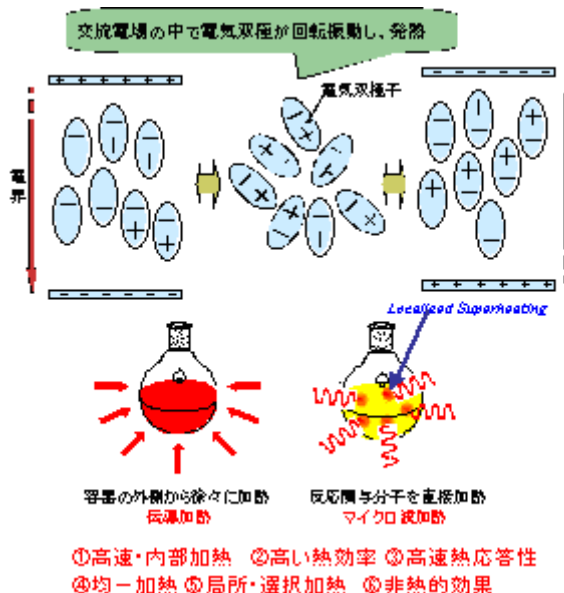
#### ① 実用化エステル大量合成プロセスの開発

- ・ E ファクター 5 以下
- ・ 反応時間 6 時間以内
- ・ 収率 80% 以上
- ・ 年産数トンレベルの製造装置の設計と実証

#### ② マイクロ波加熱による高効率・低リスク型エステル合成の開発

- ・ プロセス実用化に必要なマイクロ波利用のための要素技術の確立。
- ・ 効率的なエステル合成に必要な反応条件の検討(既存の触媒の利用など)

図 B-(4)-3 : マイクロ波加熱概要



- ・ アミノ酸エステル合成プロセスの基盤研究
- ③新規反応場によるエステル合成の開発
  - ・ 開発プロセスの高効率化と汎用化のための新規高性能・高選択性触媒の開発
  - ・ マイクロ波加熱と新規触媒の組み合わせで形成される新規反応場を有効に利用するエステル合成プロセスの基礎検討
- ④実用化に資する導入シナリオとビジネスモデルの策定
  - ・ 本開発技術導入のための市場調査
  - ・ リスク削減効果の自己評価と導入シナリオの策定
  - ・ ビジネスモデルの作成

## 1-5 本研究の意義

上に述べたように、マイクロ波反応装置を使う化学反応プロセスの早期実用化の要望は国内外を問わず非常に高いが、コスト削減対策に迫られる国内の民間企業では新規プロセス開発が必要とされる基礎的研究は後回しになっている。高効率で低リスクのエステル化プロセスが開発できれば、国内の環境リスク低減に留まらず、海外に依存している E ファクターの高いエステル類などの化学物質の国内での製造も可能となり、国際競争力の強化につながる。このような基盤的研究は国家プロジェクトで実施することが好ましく、開発要素と学術的検討内容のバランスを考慮すると産官学による共同開発が好ましく、最も効果的であると考えられる。

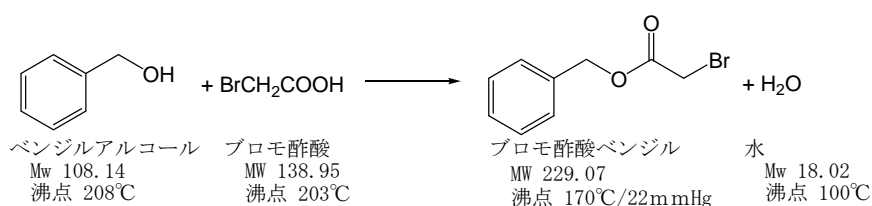
## 2、研究結果

### 2-1 実用化エステル大量合成プロセスの開発（ケミクレア）

#### 《要約》

ブロモ酢酸ベンジルをモデル化合物に選び、マイクロ波加熱と物理的脱水法を組み合わせたベンチ式モデルプラントを設計・製作した。この方式の採用により、トルエン（PRTR 規制物質）を全く使用しないで、年間トンレベル（年産 14 トン）のエステルの製造が可能であり、更に、廃棄物処理費を 7 割以上削減できることが実証された。E ファクターは目標 5 以下に対して 0.86（リスク削減効果）を達成した。

図 B-(4)-4 モデル反応（ブロモ酢酸ベンジルエステルの合成）



#### 《検討の詳細》

モデル化合物のブロモ酢酸ベンジルは、現在、共沸溶媒としてトルエンを多量に使う E



ファクターの高い方法によって生産されている。これをクリーンなエステル化プロセスに再構築するために、以下の順番で検討を行った。

### ① 反応の無溶媒・無触媒化の検討

ブロモ酢酸は強酸であり、自己触媒反応が期待される。そこで無溶媒・無触媒条件での反応を行い、化学平衡時のエステル転換率をチェックした。反応はオイルバス加熱でも、マイクロ波でも概ね同様に進行し、副生する水を除去しない条件では60%で停滞した。

### ② 脱水法の検討

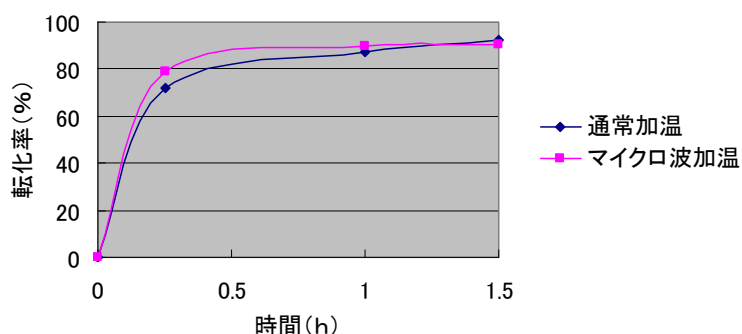
水の除去が重要なファクターであることが解った。そこで、この系に組み込む最適の脱水法を探すため、以下の3つを検討した。

- 1) 脱水剤を使う方法：通常の脱水剤の効果は極めて低く、モレキュラーシーブ以外は実用性が低かった。また、装置設計の際にシステム化が難しく、採用に至らなかった。
  - 2) 膜分離による脱水法：ゼオライト膜を検討した。反応促進効果は確認されたものの能力不足のために断念した。
  - 3) 物理的脱水法：適度の減圧条件下で、水を系外に留去する方法が効果的であった。
- 以上の結果から、減圧下の水の留去プロセスをシステムに組み込むこととした。

### ③ マイクロ波反応装置の基本設計（マルチモード照射の採用）

ブロモ酢酸ベンジルの製造において、図B-(4)-5に示したようにマイクロ波加熱のほうが従来の加熱法よりも効果的であることが分かった。エネルギー利用効率と装置設計の容易さから当該エステル化反応装置にはマイクロ波加熱を採用した。また、マイクロ波の照射法二種を検討した結果、シングルモードおよびマルチモード照射の差は少なく、装置設計の自由度の高いマルチモード照射を採用した。なお表中の転化率とは、残存原料量を使用原料量にて除した値である（注：ここでシングルモードとは一方向からのマイクロ波照射法であり、マルチモードとは多方面からの乱反射様のマイクロ波照射法である。通常、大スケールに適しているのは後者であることが知られている）。

図B-(4)-5:通常加温vsマイクロ波加温



### ④ 反応温度（多段階昇温の効果）、減圧度の設定

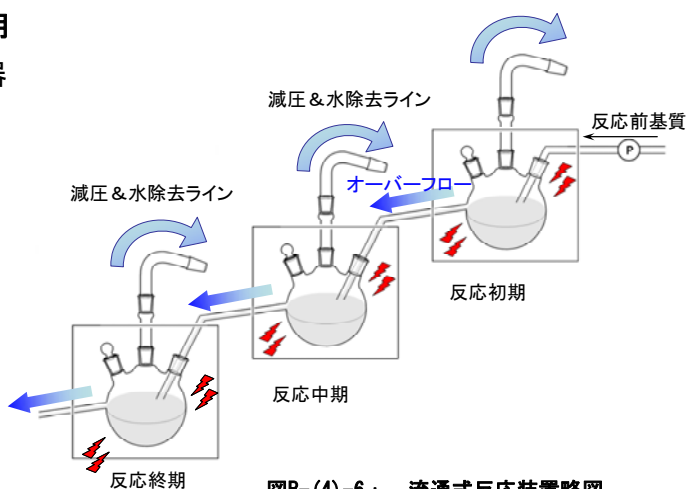
詳細な検討の結果、反応温度は125~150℃、減圧度は100mmHg前後が好ましい事が分かった。また、初期の反応温度が高いほど、不純物が生じやすい傾向にあることも明らかとなり、



段階的昇温が有効であることが分かった。以上のような理由で連続釜型反応方式を検討した。

### ⑤【多段階昇温—流通式（CSTR）】の採用

スケールアップにおいて、1つの反応器でバッチ式生産をくりかえすよりも、反応器の直列連結で構成される流通式の連続釜型反応装置（CSTR）が有利な場合が多い。とりわけマイクロ波加熱反応にはこの方式が適していると考えられる。図B-(4)-6にシステムの概念を示す。



図B-(4)-6： 流通式反応装置略図

### ⑥ マイクロ波加熱を用いたエステル化反応装置の設計

連続釜型反応装置（CSTR）の設計のために必要な基礎データの集積を行った。

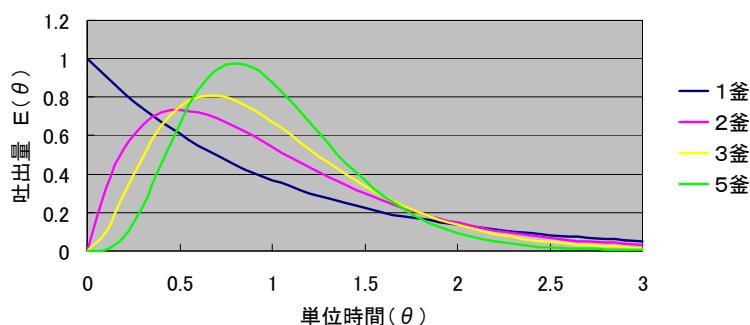
流通式では、滞留時間分布関数を考慮した設計が必要である。

$$N=1 \text{ (反応器 1つ)} \quad E(\theta) = \exp(-\theta)$$

$$N \geq 2 \text{ (反応器 2つ以上)} \quad E(\theta) = [N^N / (N-1)!] * \theta^{N-1} \exp(-N\theta)$$

シミュレーションの結果は以下の通りである（図B-(4)-7）。

図B-(4)-7： 滞留時間分布図



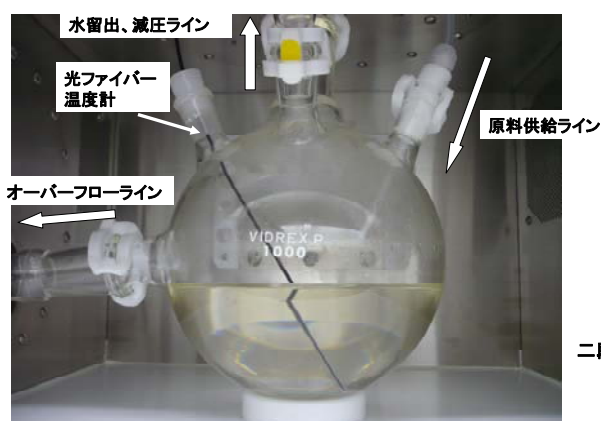
この図の解析で滞留時間分布が正規分布に近い形となるために3つ以上の反応器の連結が必要であり、滞留分布関数と反応速度式  $x=kt / (1+kt)$  ( $x$ : 転化率、 $k$ : 反応速度定数、 $t$ : 時間) を組み合わせて予測すると、3段階昇温（一段あたりの熟成時間15分）で転化率は75%以上に達するはずである。

上記の検討を踏まえて、マイクロ波加熱反応容器を3段に連結した段階的昇温装置を選択した。基本設定は以下の通りである。

- ・ 反応器のサイズは1L（反応溶液量は500mL：流速最大33mL/分）。
- ・ 3つの反応器を直列に繋ぎ、低温、中温、高温の3段階にて反応させる。（総反応時間は15分×3台=45分）最大流速33mL/分で、エステル生産量は3kg/hとなる。

- ・ 水の留去は減圧で行う。そのため反応器上部に水の留出ラインを取り付ける。
- ・ マイクロ波の出力は最低でも 500 ワットから 1,000 ワットの能力が必要。
- ・ 原料タンクから反応容器への反応基質のフィードは、チューブ式送液ポンプで行い、残りはオーバーフロー送液で行う。非常時に緊急停止ボタン一つで停止する安全性システムの導入が必要。
- ・ 温度計は光ファイバ温度計を使用する。
- ・ 反応容器の材質：オーバーフィード部はガラス、それ以外は PTFE (Polytetra fluoroethylene の略) 製とする。

図B-(4)-8： 一段目装置内部



図B-(4)-9： 装置全体図



### ⑦実証試験

上記設計に基づき試作したモデルプラントを使って、実証試験を行った。次表に従来法と新規開発プロセスの比較を挙げた。

表 B-(4)-1 従来法と新規開発プロセスの比較

	従来法 (バッチ式スチーム加温)	新規開発プロセス (マイクロ波、GSTR ラボ実験)
使用溶媒	トルエン (PRTR 対象物質)	なし → VOC 削減効果
容器サイズ	2000L	1L × 3
E ファクター	3.12	0.83
廃棄物処理費	171 円/ kg	40 円/ kg
収率	97%	80%
単位時間得量	14.7kg/ 時間	3.0kg/ 時間
発生 CO <sub>2</sub> 量 (消費電力より)	0.62kg / kg	0.26kg / kg → CO <sub>2</sub> 削減効果
エネルギーコスト	22 円/ kg	14 円/ kg
長所	収率が高い 単位時間当りの得量多い	迅速加熱 エネルギーコスト低い 人件費・産廃処理費が低い
短所	反応時間が長い トルエンの使用 濃硫酸の使用	単位時間当りの得量が少ない

## 《成果と課題》

### 【成果】

- ・マイクロ波を使用したモデル反応装置を試作し、連続生産が可能であることを実証した。また炭酸ガス排出量とエネルギーコストの削減に成功した。エステルの収率は80%、年生産能力14トン。(目標達成)
- ・無触媒・無溶剤による新規エステル合成プロセスを構築し、Eファクター0.8と大幅な廃棄物処理費削減(7割以上削減)を達成した。(目標達成)

### 【課題】

- ・単位時間あたりの得量を上げるためのスケールアップ検討。
- ・スケールアップ検討に必要な基礎データの集積と整備。

## 2-2 マイクロ波加熱による高効率・低リスク型エステル合成法の開発(産総研)

### 《要約》

マイクロ波加熱を利用したブromo酢酸のエステル化反応プロセスの開発をめざし、最適反応条件や装置の設定、さらに安全性確保のために必要な要素技術の基礎検討を行った。また、当該エステル化反応プロセスの適応可能な基質の範囲を広げるため、水平展開としてアミノ酸のエステル化反応プロセスを取り上げ、その反応条件設定のための基礎検討を行った。

### 《検討の詳細》

#### ① ブromo酢酸ベンジルエステル合成における反応物質の誘電特性評価とエステル化反応への効果

マイクロ波加熱の加熱効率は物質が電氣的絶縁体(誘電体)の場合、その物質の誘電特性に依存する。物質の誘電特性 $\hat{\epsilon}$ は誘電率 $\epsilon'$ 、誘電損失 $\epsilon''$ を係数とした複素式

$$\hat{\epsilon} = \epsilon' + i\epsilon'' \quad (1)$$

であらわされる。マイクロ波を誘電体に照射すると、物質がマイクロ波と相互作用し加熱される。その発熱量は

$$P = \omega \epsilon_0 \epsilon'' E^2 V \quad (2)$$

として表わされる。 $\omega$ は角周波数、 $\epsilon_0$ は真空の誘電率、 $E$ は電界強度、 $V$ は被加熱物の体積であり、式(2)からマイクロ波で効率良く加熱するには誘電損失が高い材料が有利であることがわかる。

一方、マイクロ波高吸収物質はマイクロ波エネルギーを内部浸透させ難く、マイクロ波低吸収物質は内部加熱可能であるが急速加熱させ難い。マイクロ波電力が半減する距離を電力半減深度 $D$ といい、

$$D = 3.32 \times 10^7 / \omega \sqrt{\epsilon'} \tan \delta \quad (3)$$

であらわすことができる。ここで、 $\tan \delta$ は損失角と呼ばれ、 $\tan \delta = \epsilon'' / \epsilon'$ である。この

電力半減深度の2~2.5倍の距離がマイクロ波の内部加熱深度と考えられている。マイクロ波による加熱および内部浸透を考察していくにはこれらの値を考えなければならない。

物質の誘電特性はマイクロ波の周波数や反応温度に大きく依存することがあり、マイクロ波加熱プロセスを安全に操業するにはこれらの依存性を正確に把握する必要があるが、これまで物質の温度依存性についてはほとんど報告がない。

我々は、本プロジェクトのターゲットであるブロモ酢酸とベンジルアルコールによるエステル化反応において、反応状態下での反応溶液の誘電特性を測定し、誘電特性がエステル化反応にどのように影響しているかを検討した。

誘電率の測定は、温度調節器を備えた同軸プローブを用いて行った。ブロモ酢酸は強酸性で金属を腐食するのでステンレスなどの通常の金属からなる測定プローブは使用できないため、金メッキすることにより腐食対策とした。

ブロモ酢酸とベンジルアルコール、1:5（モル比）の混合物の温度を変えて誘電測定を行った。図B-(4)-10に誘電正接（ $\tan \delta$ ）と反応温度の相関関係を示す。誘電正接は80°C付近で最大値を示し、さらに温度上昇につれて大きく低下した。この結果は、実機での想定反応温度（125~160°C）領域ではマイクロ波の注入しすぎによる反応の暴走は起こらない結果を示しており、ブロモ酢酸ベンジル合成の反応系では実用装置の安全性が確保できることが判明した。

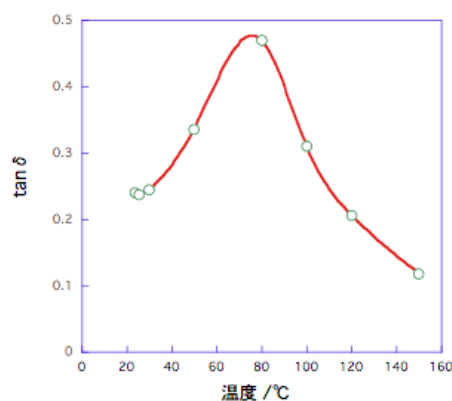


図 B-(4)-10 ブロモ酢酸ベンジル反応状態での誘電特性  
ブロモ酢酸：ベンジルアルコール=1:5

## ② アミノ酸エステル合成プロセスの検討

アミノ酸の直接エステル化反応では、アミノ基がカルボキシル基と容易に反応することから、エステル化に際してはこれを保護しておくことが必要となる。アミノ基の保護には Fmoc (9-fluorenylmethoxycarbonyl) などの共有結合性基が良く使用されるが、反応試薬が高価であることに加え、反応前の保護および反応後の脱保護反応工程が必要である。本プロジェクトでは、実用化の観点から、より安価で簡便に保護-脱保護が可能なブレンステッド酸による保護法を用いて反応条件等を検討した。ブレンステッド酸を保護基とすることにより、アミノ酸がイオン性化合物となるため、マイクロ波照射条件下では導電加熱による発熱効果も期待できる。

アミノ酸エステル的一般的合成法は、反応中に生成してくる水をトルエン等の共沸溶媒を使って除去するものである。基質と共沸溶媒と兼用するアルコールの使用を検討した。アルコールには沸点がトルエンに近く、水と分離の良い1-ブタノールを選択した。また触媒と塩形成のためにp-トルエンスルホン酸を使った。反応は、マイクロ波の吸収効率の向上から予想されたように短時間で進行することがわかった。

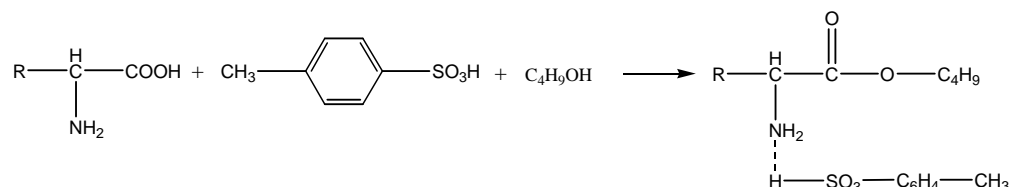


図 B-(4)-11 アミノ酸ブチルエステル p-トルエンスルホン酸塩の合成

この反応では、マイクロ波照射が従来のオイルバス加熱に比べて効率的であり、加速が認められる（表 B-(4)-2 および図 B-(4)-12a）。詳細な温度測定の結果、マイクロ波照射は内部温度が急激に上昇するだけでなく、還流温度も油浴よりも高いことが明確になった（図 B-(4)-12b）。この局所加熱効果が、マイクロ波による反応促進の理由だと考えられる。

表 B-(4)-2： マイクロ波及び油浴でのアミノ酸のブチルエステル化

No.	アミノ酸	収率	
		マイクロ波	油浴中
1	グリシン	93%	37%
2	L-アラニン	83%	49%
3	L-フェニルアラニン	91%	67%
4	L-ロイシン	59%	20%
5	L-アスパラギン酸	72%	33%

触媒：p-トルエンスルホン酸、アルコール：1-ブタノール 20ml、反応時間：10分

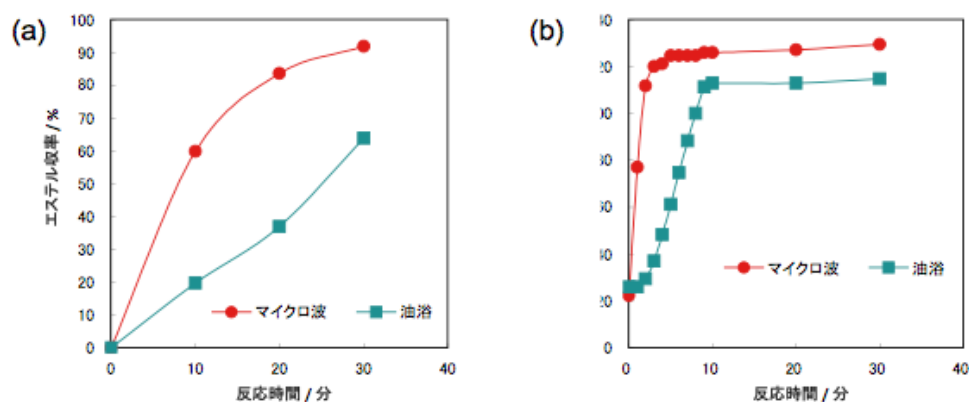


図 B-(4)-12 L-ロイシンのブチルエステル化反応  
(a) 反応時間と収率の関係 (b) 反応時間と反応温度の関係

## アミノ酸エステル合成反応状態下での誘電特性の評価

今回の測定では、触媒 ( $p$ -TsOH) を添加しているため、加温するとエステル化が進行し系内の組成が変化する結果、誘電特性に影響することが考えられる。そこで一定温度で加熱しながら誘電測定を行い、その時点での溶液を分取しエステル化率を核磁気共鳴スペクトル ( $^1\text{H-NMR}$ ) を用いて評価した。

ロイシン : BuOH :  $p$ -TsOH = 1 : 12 : 1.2 のモル比で反応を進行させた時の誘電データを図 B-(4)-13 に示す。100°C に到達した時点で測定を開始し、このときエステル化は 18.4% 進行していた。この時点から 60 min の間に反応は 57.6% まで進行したが、比誘電率および誘電損失に変化はなかった。今回の組成をもつ反応溶液では、反応進行度に対して誘電特性の変化がないことが明らかとなった。

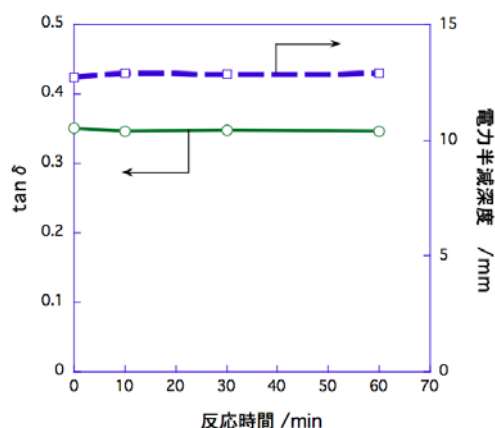


図 B-(4)-13 ロイシン-ブタノール溶液の誘電特性の経時変化

誘電特性に関して、以上の検討に加え、アミノ酸—アルコール溶液のアミノ酸濃度依存性、アミノ酸の種類による依存性、エステル化率の依存性等を検討した。その結果、アミノ酸濃度 19 mol% までは、アミノ酸の種類やエステル化率による誘電特性への影響は小さく、初期の誘電特性値を反応終始の考察材料として利用できることがわかった。また、実際の反応条件で誘電特性を評価した結果、反応温度が最適値を超えるあたりで最大を示すことから、マイクロ波の局所集中等の原因で異常過熱が起こる場合でもマイクロ波の吸収は低下し、反応の暴走は回避されることを示しており、このような場合でも安全性が確保できたと考えられる。

### 《成果と課題》

#### 【成果】

- ・室温～180°Cでの実反応条件での誘電特性評価法を確立した。(目標達成)
- ・エステル化反応のマイクロ波電力半減深度測定を実施した。(目標達成)
- ・マイクロ波利用アミノ酸エステル合成プロセスに適した反応装置を選定した。(目標達成)

#### 【課題】

- ・マイクロ波利用エステル合成法が適用できるアミノ酸の種類の拡張。
- ・アミノ酸エステル合成の反応速度解析とそのスケールアップ化。



## 2-3 新規反応場によるエステル合成の開発（ケミクレア、再委託：岐阜大学工学部）

### 《要約》

リサイクル使用が可能な酸性イオン液体型の新規触媒を開発した。シリカゲルに吸着することにより回収と再利用が容易になり、廃棄物はさらに減少することが期待される。また、従来の触媒ではまったく反応が起こらなかった立体障害の大きい基質でもエステルが合成可能な新規フッ化リン酸モノエステル型触媒も開発した。これらの新規触媒の開発によって本エステル合成プロセスの適応範囲は大幅に拡大した。さらに、マイクロ波加熱との併用により形成される新規反応場の複合効果を検討した。

### 《検討の詳細》

ブromo酢酸ベンジルをモデル化合物として確立した基本エステル化プロセスでは、ブromo酢酸の酸性度の高さにより、触媒の添加は必要なかった。しかしながら基質の適応範囲を拡大し、プロセスを汎用化するためには高性能触媒の開発が必要となる。分子設計の手法を駆使して、マイクロ波吸収効率を高めたイオン液体型触媒を新規に開発した。図 B-(4)-14 にこの触媒の効果を要約した。保護型アミノ酸 (5ca) に適用したときの収率は良好であり、この触媒をシリカゲルに吸着して使用することにより、回収・再利用がさらに容易になる。また、リサイクル使用が可能であることも分かった。

### ① イオン液体型固体触媒・無溶媒系（適応範囲の拡大検討：図 B-(4)-14）

#### 置換基検討 1

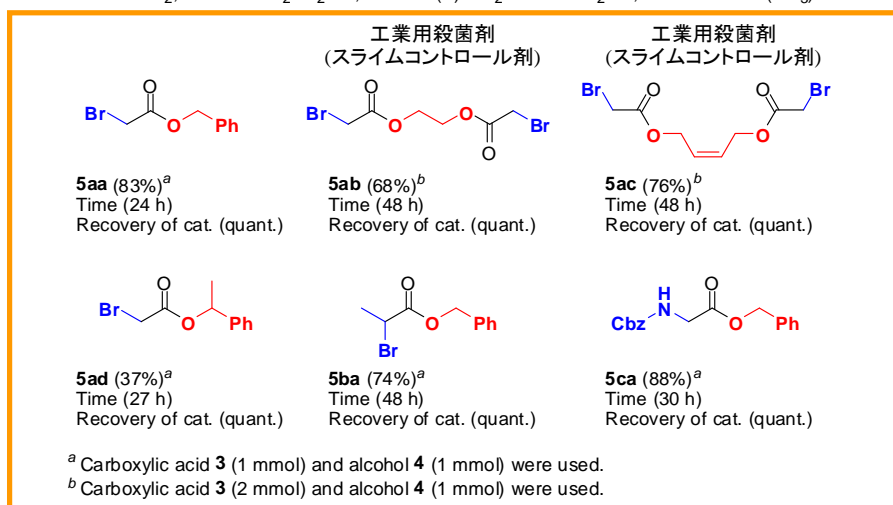
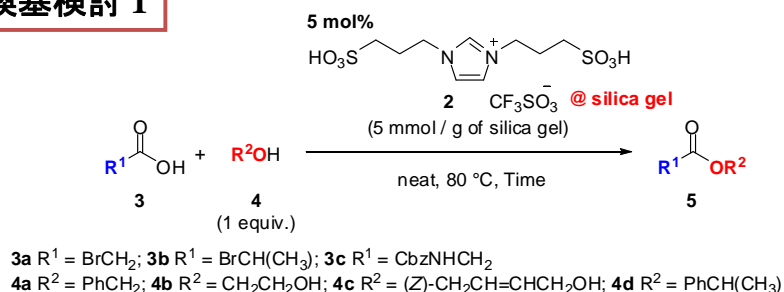


図 B-(4)-14：イオン液体型固体触媒・無溶媒系（適応範囲の拡大検討）

## ② フッ化リン酸モノエステル型触媒の開発

エステル化反応における基質の選択性を高める目的で、分子内に疎水場を持つフッ化リン酸モノエステル型触媒を開発した (図 B-(4)-15)。

この触媒は基質の選択性が非常に高く、硫酸ではまったく反応が起こらなかった基質でも、生成物エステル (a) を得ることができた (Entry1 vs Entry3)。

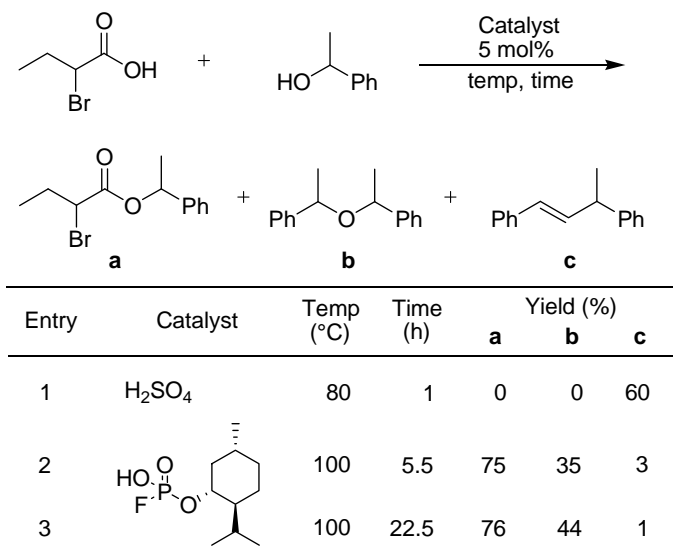


図 B-(4)-15 : フッ化リン酸モノエステル型触媒によるエステル合成

## ③ マイクロ波との併用による複合効果の検討

新規触媒とマイクロ波加熱の併用により形成される新規反応場の複合効果を有効に利用する目的で基礎検討を行った。

前述のプロモ酢酸ベンジルをモデル化合物とする基本プロセスに、これらの新規開発触媒を添加して、マイクロ波加熱との併用効果の検討を行った。無溶媒条件でのエステル化反応において、イオン液体型触媒もフッ化リン酸モノエステル型触媒も加速が認められ、小さいながらもエネルギーコストの削減効果が確認された。これに対して有機の保護基でブロックされたアミノ酸のエステル化では、イオン液体型触媒がより効果的であった。さらに塩保護型のアミノ酸のエステル化では、スルホン酸系触媒の利用により、非常に大きな併用効果が観測された。その原因はアミノ基の保護に使う有機酸によって、極性の高い塩が形成され、マイクロ波吸収効率が極端に増加したものと推察している。これらの検討結果から、新規反応場を有効に活用するためには、マイクロ波の吸収効果なども考慮した触媒の分子設計などが重要であることが示唆された。

### 《成果と課題》

#### 【成果】

- ・プロセスの汎用化と効率向上のために必要な新規触媒を開発した。 (目標達成)
- ・マイクロ波加熱と高性能触媒の併用による新規反応場の複合効果が確認された。 (目標達成)



- ・マイクロ波加熱の基質依存性効果を確認し、触媒の分子設計に利用できる知見を得た。  
(目標達成)

#### 【課題】

- ・マイクロ波加熱と併用による、複合化による相乗効果が少ない基質への対策。

## 2-4 実用化に資する導入シナリオとビジネスモデルの策定（ケミクレア）

### 《要約》

文献調査および企業のヒアリング等により中国における化学物質規制と進出日系企業の動向を調査した。さらに当該「有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセス」に係るビジネスモデル構築のための調査研究も実施し、本開発技術の導入によるリスク削減効果と波及効果を見積もった。また、早期実用化に関する導入シナリオを策定しビジネスモデルを完成した。

### 《検討の詳細》

ファインケミカルの製造では E ファクターは 20~100 以上とされている。国内における環境規制の強化に加えてコストダウン要求もあり、これらの E ファクターの高い反応の多くは環境規制がゆるく人件費の安い中国やインド、東南アジアに流出しているものと考えられる。機能性エステル類の製造も例外ではない。しかしながら中国では環境規制が強化されつつあり、さらに人件費の高騰などあって、これらの化合物の製造を日本国内に戻す動きも一部にはでてきている。国内で製造する場合においても、当然従来の E ファクターの高いプロセスを使うことは許されず、国際競争力を強化する意味においてもクリーンなエステル化法の開発が強く望まれてきた。

中国における規制強化の状況、それに対応する進出日系企業の動向のヒアリングを含む調査を行い、これにケミクレア独自の調査結果と国内市場調査も加えて、当該新規エステル化プロセスの効果と波及効果を見積もり、技術の早期実用化と普及を図る目的でビジネスモデルを策定した。

### ① 外部調査

平成 19 年度にヒアリングも含む「中国における化学物質規制と進出日系企業の動向調査」を、そして平成 20 年度には「有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセスに係るビジネスモデル構築に関する調査」を実施した。これにケミクレア独自の調査結果も組み合わせてビジネスモデル策定のための基礎データとした。

#### ○ 中国市場

外部調査の結果とケミクレアの中国の子会社からの情報を総合すると、規制強化で環境リスク削減を強く求められている日系進出企業の状況が明らかになった。要約すると、製薬関係の企業は主に中国沿岸部に進出しており、今後さらに規制強化が厳しくなること

が予想される地域に集中している。医薬品の日本国内の市場は横ばいであるのに対して、中国市場は毎年 15~20%程度の高い伸び率（金額にして約 3000 億円／年）を示しており、さらに成長が見込め非常に魅力のある市場であることも解った。市場獲得のために中国に生産拠点を移管している日系製薬企業のヒアリング調査の結果を総合すると、省ごとに「化学物質規制」が乱立しており、対策も「どこから手をつけたら良いのか定まらない状態」にある。中国でのビジネスの継続には、早急な環境負荷削減の対策が必要であるとの意見が大半を占めていた。医薬品製造プロセスの E ファクターは一般的には 20~100 とされており、そのなかには重要中間体であるエステル化プロセスも多く含まれているものと考えられる。エステル化工程だけを請け負うオンデマンドビジネスの可能性も示唆された。

## ○ 国内市場

本プロジェクトの①実用化エステル大量合成プロセスのモデル化合物に選定したプロモ酢酸エステル類は年間 200 トン以上が国内で製造されており、増加傾向にある。またアミノ酸エステル類も、最も構造が単純なグリシン・エチルエステル（塩酸塩）だけでも農薬・殺虫剤ピレスロイドの原料として年間 2000 トン~3000 トンの生産量がある。

アミノ酸エステル類は、色素増感太陽電池（DSC）の中心素材である増感色素や液晶材料、さらに不斉反応触媒等の機能性材料の重要な中間体である。太陽電池の調査報告によれば、2010 年には 3000 億円以上の市場規模である。現在はシリコン系太陽電池が主であるが、仮に DSC がこのうちの 10%のシェアを獲得すると仮定すると、年間に消費される増感色素は赤色色素一種類だけでも 1t を越える。その出発原料であるアミノ酸エステル類は色素の 100 倍以上の生産量が必要になると見込まれる。このように 10 年後にはアミノ酸エステルを含む機能性エステルの生産量はそれぞれ 10 倍以上の伸びが期待される。機能性エステルの市場規模拡大と国際競争力の強化に対応するためには、有害化学物質の使用量・廃棄量の削減が可能なエステル化プロセスの開発と導入、普及が不可欠になってくる。

## ② ビジネスモデル

### ○ 中国市場

本開発技術の中国市場への導入シナリオとして医薬品製造プロセス（E ファクター：20~100 以上）を選び、導入によるメリットを勘案した。本技術により、廃棄物と有害薬品の削減目標は容易に達成されるが、それに加えて医薬品に特有な残留溶媒対策（例えばトルエンの濃度限界値は 890ppm）も同時に可能である。この理由で医薬品製造プロセスでも、E ファクターが高いエステル化工程だけでも改善されれば導入の効果は大きいものと考えられる。エステル化工程だけを受注するオンデマンド合成ビジネスも成り立つことが期待できよう。中国市場の法規制の強化とコスト削減要求等が追い風となり、製薬を中心とした進出日系企業の本技術の導入によるメリットは大きく、その波及効果も大きいものと考えられる。

## ○ 国内市場

本開発エステル化プロセスは、①有害廃棄物フリーであること、②廃棄物処理設備への投資削減が可能であること、③医薬品に於ける残留溶媒対策（例えばトルエンの濃度限界値は 890ppm）が可能であること、④溶媒回収精製コストの削減が可能であること等の多くの利点がある。国内市場調査で明らかになった機能性エステル類の生産量拡大へむけて、有害化学物質の使用量と廃棄物の大幅な削減が不可欠となってくる。そのうえ地球温暖化の一因となる二酸化炭素の排出量の削減も要請がある。上記の利点を有する本技術の導入は、国際競争力の強化という点においても有効であると考えられる。

## ③ 波及効果

以上述べてきたようにファインケミカル分野だけに限定してもエステル化反応の潜在市場は日々拡大傾向にある。当該技術の導入は、これらのニーズに充分対応できるものと考えられる。また、本技術の水平展開としてコモディティエステル分野や PET に代表されるエステル型ポリマー製造への適用、更に、一連の合成のエステル化工程に限定したオンデマンド合成ビジネスの創成も視野に入れると、種々の波及効果が期待できる（図 B-(4)-16）。

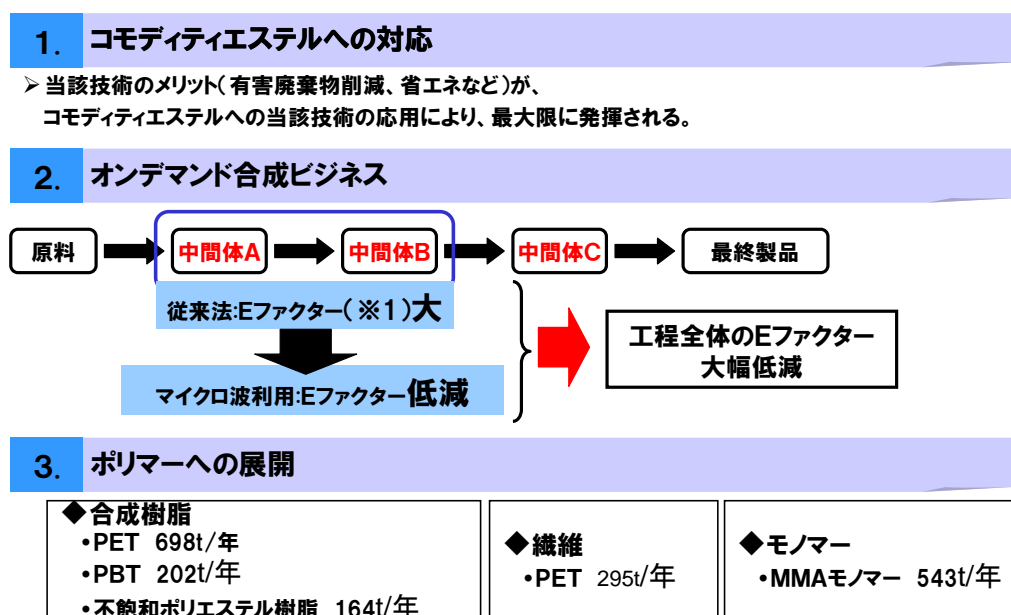


図 B-(4)-16 : 本技術における波及効果

## 《成果》

企業のヒアリングを含む調査を実施し、中国における化学物質規制と進出日系企業の動向と当該有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセスの導入によるリスク削減効果と波及効果を見積もった。さらに早期実用化に関する導入シナリオを策定し、ビジネスモデルを完成し、事業化のための今後のプロジェクトの方向決定のための指針とした。

(目標達成)

### 3、目標の達成度と課題

本プロジェクトは、医農薬品や太陽電池用増感色素に代表される機能性材料の中間原料として重要なハロゲン化酢酸エステル類およびアミノ酸エステル類の工業的規模の製造に利用できる新規エステル化プロセスの開発にターゲットを絞り、1) 副成廃棄物や製造に使用する有害薬品の大幅な削減と 2) 反応プロセスの高速化による省エネ化を実現することを目的として実施した。

#### 《達成度》

目標の達成度は以下の通りである。

##### ① 実用化エステル大量合成プロセスの開発

・ブromo酢酸エステルの大量合成に必要なマイクロ波加熱、効果的脱水法や反応器設計等の要素技術を開発して、これらを複合化した有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセスを構築した。ベンチモデルプラントを製作して、連続生産等の実証試験によるプロセス改良等を行い、大量合成に適応可能なスケールアップの指針を得た。 (目標達成)

目標	実証試験結果	
Eファクター：5以下	0.83	(目標達成)
反応時間 6時間以内	45min	(目標達成)
収率 80%以上	80%	(目標達成)
年産数トンレベルの製造装置の設計	年産 14 トン	(目標達成)

##### ② マイクロ波加熱による高効率・低リスク型エステル合成法の開発

・マイクロ波加熱を利用したブromo酢酸のエステル化反応プロセスの開発をめざし、最適反応条件や装置設計、さらに安全性確保のために必要な要素技術の検討を行った。また、当該エステル化反応プロセスの適応可能な基質の範囲を広げるため、水平展開としてアミノ酸のエステル化反応プロセスを取り上げ、その反応条件設定のための基礎検討を行った。

→室温～180℃での実反応条件での誘電特性評価法を確立した。マイクロ波反応におけるプロセス安全性指針や装置設計指針を取得した。 (目標達成)

→マイクロ波利用によるアミノ酸のエステル化条件や反応装置の基礎検討を実施して、マイクロ波利用の有効性を確認した。 (目標達成)

##### ③ 新規反応場によるエステル合成の開発

・エステル合成反応に適したイオン液体や高効率触媒の開発を行い、マイクロ波との併用による新規反応場の複合効果を利用するための基礎検討を行った。

→プロセスの汎用化と効率向上のために必要な新規触媒としてイオン液体型触媒、フッ化リン酸モノエステル型触媒を開発した。 (目標達成)

→マイクロ波加熱と高性能触媒の併用による複合効果を確認した。 (目標達成)

#### ④ 実用化に資する導入シナリオとビジネスモデルの策定

・本プロジェクトで開発した技術によるリスク削減効果と波及効果を見積もり、実用化に関する導入シナリオを策定した。さらに周辺分野への本開発技術の利用拡大を目的として、本開発技術の将来適応可能な製品や市場等を調査し、ビジネスモデルの作成を行った。

→本開発技術の導入によるリスク削減効果と波及効果を見積った。 (目標達成)

→実用化に関する導入シナリオを策定し、ビジネスモデルを作成した。 (目標達成)

→本開発技術の将来適応可能な製品や市場等を調査した。 (目標達成)

#### 《課題》

本開発プロセスの早期実用化と事業化のためにはスケールアップ検討が重要である。単位時間あたりの得量を上げるためには、反応速度を上げる必要があり、高性能触媒の開発が重要である。一方、マイクロ波反応装置の大型化には、反応速度の詳細な解析等の基礎データの集積が必要である。また、安全性評価も重要となる。上記の検討課題 4 項目の有機的な結合と、ノウハウも含む一層の技術のブラッシュ・アップが必要である。

#### 《まとめ》

本開発研究は、有害化学物質リスク削減インプラント対策技術であり、クリーンなエステル合成プロセスの構築を目的とするものであり、有害化学薬品、特に VOC と副生廃棄物の大幅な削減に加え、省エネ化の実現も目的としている。具体的には、コモディティエステル類の製造に広く利用されているフィッシャー法を、エネルギー利用効率の高いマイクロ波加熱を利用して、有機溶剤と硫酸などの有害化学物質を使わず、水以外の廃棄物の副生しないクリーンで汎用なエステル合成プロセスに再構築することを目指して研究を行った。この基本プロセスを完成させ、汎用化することによって普及させるためには、より性能の高い新規触媒の開発とマイクロ波の組み合わせで形成される新規反応場の複合効果の利用が重要な課題である。当該新規プロセスの普及を図るために、ビジネスモデルを策定し、将来増産が期待できる機能性エステルを予想し、現在はその開発・事業化を推進している。開発ターゲット商品の決定とマイクロ波反応装置の大型化を中心とするスケール・アップ技術の確立が最重要であるが、それは上記の方法の有機的な組み合わせとノウハウを含む技術のブラッシュ・アップで充分実現可能と思われる。

#### 《特許の取得、成果の普及》

新規触媒については特許による権利化が重要であるが、当該プロセス開発技術はノウハウ部分が多く、プロセスの普及のためにできる限り公開の方針をとっている。

・触媒に関する特許 1 件 (準備中 1)

- ・ 研究発表・講演 5 件（発表予定 3 件）
- ・ 発表論文 1 報
- ・ 総説 1 報
- ・ 化学工業日報 3 件
- ・ CHEMICAL ENGINEERING1 件

## 2-B-(5) 革新的塗装装置の開発

プロジェクトリーダー：加美電子工業株式会社 代表取締役社長 早坂 裕  
実施企業 加美電子工業株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所

### 1. 研究概要

#### 1-1 塗装工業界における VOC 排出削減対策の必要性

塗装業界における主要な塗装方法である有機溶剤系塗料によるスプレー塗装は、高い塗装仕上げ品質（塗膜均一性、平滑性、鮮映性など）を保有することから、各産業分野に幅広く採用されている。特に、高い意匠性を要求されるプラスチック塗装（全塗装市場の約 10%）においては、必須の塗装方法として活用されている。そのため、塗装工業は、下図に示すとおり、平成 12 年度の全産業（固定発生源）VOC 排出総量、約 150 万トンのうち、33%の 50 万トンの VOC を排出しており、全産業の中で最大の VOC 排出業種である原因となっている。現在、VOC は光化学オキシダントや浮遊粒子状物質の原因物質であり、2010 年度までに VOC を 3 割削減する目標を決定しており、代替技術の開発が急務となっている。

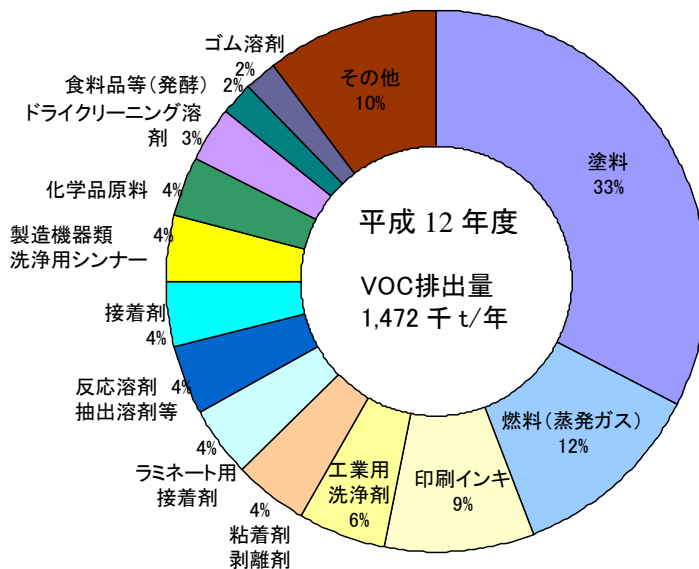


図 B-(5)-1 平成 12 年度業種別 VOC 排出量割合

（「揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリについて」（報告）揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ検討会（平成 20 年 3 月））

#### 1-2 有機溶剤系塗装の VOC 発生量

有機溶剤系塗料によるスプレー塗装は、スプレー塗装時、塗料の低粘性化を図り、微細な粒径を得るために、多量の希釈溶剤（ポリマーの 2 倍量）を用いており、塗料原料（ポリマー＋真溶剤）に含まれる真溶剤（ポリマーと同量）と合わせると、塗料ポリマーの 3 倍量の有機溶剤を使用しており、塗装工業が、最大の VOC 発生業種となる原因となっている。

### 1-3 本研究開発が目指す塗装装置

本研究開発は、従来の有機溶剤系塗装装置における塗料スプレー装置部分を、二酸化炭素スプレー装置[塗料供給装置+混合器+定圧スプレーガン]に置き換える、小規模改造で、VOC排出量を 1/3 以下に抑制することが実現可能な装置の開発を目標としている。また、従来の塗装技術において使用されている多量の希釈溶剤を、少量の二酸化炭素（塗料ポリマーの 1/3 量）に置換することにより、溶剤コストを 1/3 以下に低減可能な、低ランニングコストの塗装システムの開発を目指すものである。

### 1-4 スプレー塗装の原理

スプレー塗装は、塗料樹脂が含まれた塗料をスプレーガンから吐出し、霧化状態にした上で塗装対象物に付着させ、その後膜にして硬化させるものである。塗料樹脂は一部の例外を除き、粘度が高いため、溶剤で充分希釈し粘度を下げた上でスプレーガンから吐出することになる。また、霧化して粒子が塗装対象物に接触後、隣の粒子と合一して膜となる際にもある程度の流動性が必要である。造膜時に粘度が低すぎる場合は、たれとなって塗膜の意匠性が低下し、造膜時の粘度が高すぎる場合はユズ肌の原因となる。このことから造膜時の最適粘度が存在するといえる。この造膜時に必要な粘度は、霧化に必要な粘度より大きく、有機溶剤スプレー塗装では、溶剤による希釈で低粘度化をはかった塗料をスプレーガンから放出した後、霧化状態で多くの溶剤が気化し粒子の粘度が造膜に必要な粘度になったところで塗装対象物に接触するよう調整する。これを図示すると図 B-(5)-2 のようになる。

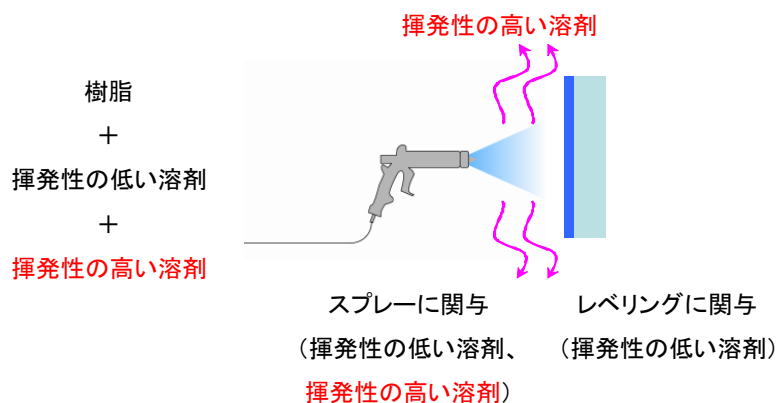


図 B-(5)-2 スプレー塗装と溶剤の関係

### 1-5 二酸化炭素の性質

有機溶媒などの液体に二酸化炭素などの気体を圧力をかけて接触させると、気体が液体に溶けて液体の体積が膨潤する現象が観測される。これをガス膨張液体と呼ぶ。

中をくり貫いた円筒形のサファイア容器に塗料を入れ、二酸化炭素を上部から加圧導入した場合の液面の様子を図 B-(5)-3 に示す。圧力の増加に伴い気相の二酸化炭素が液相側に溶解し、液面が上昇する現象が見られる。この状態で、サファイア円筒容器内でステンレス球を落下させると、液面が上昇した膨張液体の方が落球速度が速く、粘度が低下していることがわかる。このように、高圧をかけた二酸化炭素は、液体を膨潤させ、粘度を下げる働きが



ある。この働きは、スプレー塗装の希釈溶剤（シンナー）の働きそのものである。

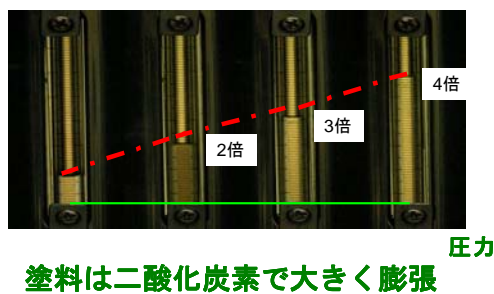


図 B-(5)-3 塗料の膨張の様子

このように希釈溶剤の働きを持つ二酸化炭素であるが、二酸化炭素の溶解量は圧力により大きく変化する。また、二酸化炭素の溶解には高圧が必要であり、噴霧環境が常圧の場合、溶解しきれなくなった二酸化炭素が直ちに液相から排出され、それに伴い粘度の上昇が起きる。常圧の環境下でのスプレー塗装の場合、造膜は大部分の二酸化炭素が抜けた状態で行われる。即ち、二酸化炭素は図 B-(5)-2 でいうところの「揮発性の高い溶剤」に該当する。

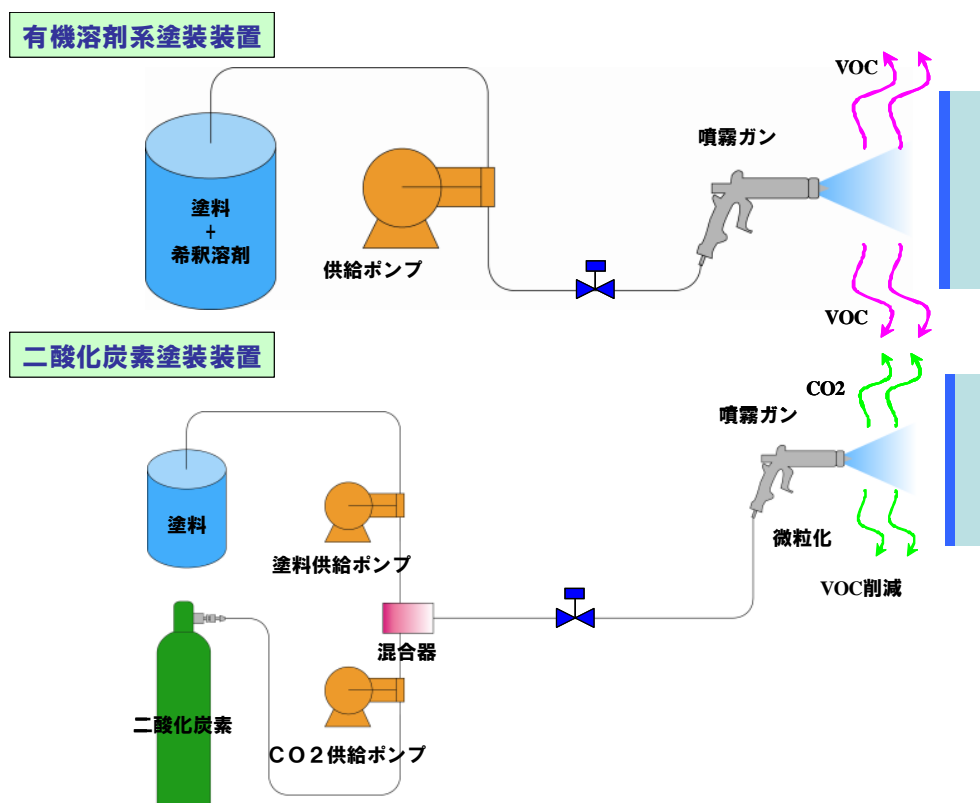


図 B-(5)-4 有機溶剤系スプレー塗装と二酸化炭素スプレー塗装の比較

### 1-6 有機溶剤系スプレー塗装と二酸化炭素塗装の比較

本研究開発が目指す二酸化炭素塗装は、有機溶剤系スプレー塗装の希釈溶剤を二酸化炭素に置き換えたものである。図 B-(5)-4 に有機溶剤系スプレー塗装と二酸化炭素スプレー塗装

の比較を示す。有機溶剤系スプレー塗装の場合、塗料と希釈溶剤を霧化出来る粘度になるように混合し、混合液をポンプで塗装ガンに送って噴霧する。このときの塗料と希釈溶剤の混合比は、塗料に依存するが、樹脂用の塗料の場合は概ね1:1である。一方、二酸化炭素塗料の場合は、二酸化炭素を希釈剤として使用するので、通常の常温常圧下で事前に混合調整することが出来ない。そこで、後述する高压容器内での事前混合（バッチ式）か、図 B-(5)-4 に示したような配管内での混合（連続式）を行う必要がある。このようにして、塗料と二酸化炭素の混合物を塗装ガンに送ることで、霧化を行う。有機溶剤系スプレー塗装の場合は、霧化後溶剤の揮発が始まり、塗料中に含まれている溶剤と希釈溶剤の成分が VOC となって大気中に放出される。一方、二酸化炭素塗装の場合は、VOC の排出は塗料中に含まれている溶剤にとどまり、代わりに二酸化炭素が排出される。なお、二酸化炭素の使用量は、有機溶剤系の希釈溶剤の 3 分の 1 という少量で済むことが実験より明らかになっている。VOC の排出量を比較したグラフを図 B-(5)-5 に示す。

### 従来法(有機溶剤塗装)



### 提案法(二酸化炭素塗装)



図 B-(5)-5 有機溶剤系スプレー塗装と二酸化炭素スプレー塗装の VOC 排出量の比較

## 1-7 バッチ式塗装と連続式塗装

二酸化炭素塗装を実現するための方法として、大きく分けてバッチ式塗装と連続式塗装の 2 つの方法が考えられる。バッチ式塗装は、高压容器の中であらかじめ塗料と二酸化炭素を混合しておき、背圧をかけながら塗料と二酸化炭素の混合液を塗装ガンに送り塗装する方法である。それに対し、連続式塗装法は塗料と二酸化炭素を別ラインで供給して配管内で混合して噴霧する方法である。バッチ式塗装法は、あらかじめ塗料を入れた圧力容器に二酸化炭素をポンプで導入したのち、二酸化炭素を充分溶解させてから噴霧する方式である。この方式の利点は、ポンプが二酸化炭素導入用ポンプ 1 台で済むこと、使用する塗料が少量で済むことである。欠点は、容器内に気相と液相の 2 相状態にした場合は二酸化炭素の飽和溶解に

条件が限定されてしまうことと、高圧容器内であらかじめ調合するため調整用の高圧容器が必要となること、その関係で連続噴霧には向かないことである。なお、高圧容器内に気相を設けず 1 相状態を実現すれば、二酸化炭素の飽和溶解以外の条件での調整が可能であるが、気相を設けない場合は温度の変化により容器内の圧力が急上昇する可能性があるため、定圧で容器の内容積を変化させる機構を設ける必要があるなど、装置に工夫が必要である。一方、連続式塗装方法は、塗料用と二酸化炭素用にそれぞれポンプを用意する必要があるものの、ポンプの流量調節による任意の混合比での試料調整を行うことが出来、かつ連続運転にも向いた方法である。本プロジェクトでは、開発途中の塗料のスクリーニングでは少量での試験が出来るバッチ式塗装法を用い、有望と判定された塗料に関しては実用機として組み上げた連続式塗装装置で塗装条件出しを行って、それぞれの装置の特長を生かした研究開発を効率化した。

#### 1-8 二酸化炭素塗装の利点

二酸化炭素塗装の一番の利点は、高い意匠性である。実績のある溶剤系塗料の樹脂を使用し、かつ微粒化が進むため、高レベルの密着性、耐摩耗性、光沢性の実現が可能である。特に、樹脂部品の塗装に関しては、水系塗装に対して高い優位性を有する。また、希釈剤としての VOC を使用しないため、環境負荷が低減するとともに、希釈剤コストの低減が見込まれる。環境負荷という点では、VOC 排出の抑制だけではなく、二酸化炭素の排出という点でも有利である。これは、希釈剤の有機溶剤を原油から製造するエネルギーに比べ、火力発電所や化学工場から排出する二酸化炭素をコンプレッサーで圧縮して製造できる液化炭酸ガスの製造エネルギーが圧倒的に少ないため、希釈剤として塗装で使用する二酸化炭素の排出を考慮しても、有機溶剤系塗装と比べ二酸化炭素の総排出量は低減されるためである。競合技術である水系塗装が空調負荷のため有機溶剤系塗装と比べ二酸化炭素の排出量が激増することを考慮すれば、二酸化炭素塗装は二酸化炭素を使って二酸化炭素の排出を減らす最良の方法であるといえる。また、不燃性の二酸化炭素を使用することで安全性向上の効果がある。なお、使用する二酸化炭素は少量であるため、通常的环境であれば排風機後の二酸化炭素濃度が 0.1%の増大でしかなく、窒息等の危険は皆無である。このように、二酸化炭素塗装は、塗膜の性能に妥協することなく、大幅な VOC 削減と、二酸化炭素排出の削減を実現する画期的な塗装であるといえる。

## 2. 研究方法

### 2-1 二酸化炭素塗装用塗料の開発

#### 2-1-1 噴霧に必要な要件

塗料原液に二酸化炭素を溶解した状態で噴霧するためには、二酸化炭素が溶解した状態で、一相でなければならない。一般に二酸化炭素を溶解させると樹脂の溶解性が低下するので、二酸化炭素を添加した状態での相状態を塗料開発時に充分把握しておく必要がある。

また、塗料原液に二酸化炭素を溶かして噴霧するわけであるが、噴霧時において十分粘度が低下していることが重要である。加えて、噴霧時の粘度は微粒化にも影響を与えており、低い粘度の方が霧化が良好になる。そのためには、二酸化炭素の溶解量に関係なく粘度が低い塗料を作る、もしくは二酸化炭素の溶解により劇的に粘度が下がるという設計をしなくてはならない。二酸化炭素の溶解により粘度が劇的に下がる塗料は二酸化炭素との親和性が高く二酸化炭素を多く溶かす溶剤を使用したものである。二酸化炭素との親和性は、二酸化炭素の溶剤に対する溶解量の検討から類推出来る。

#### 2-1-2 造膜過程に必要な要件

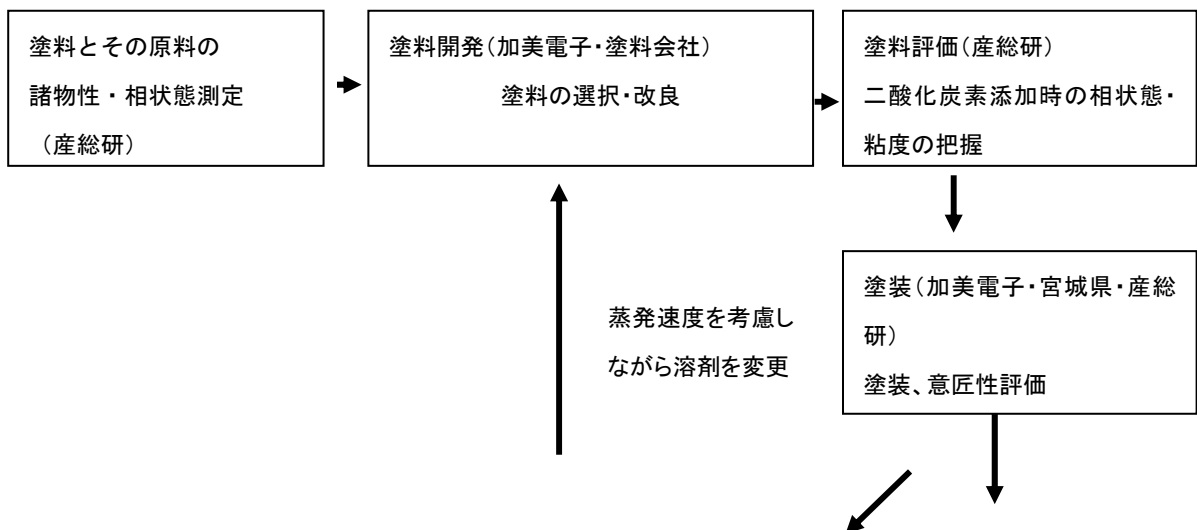
二酸化炭素は常温常圧で気体であるため、ノズルから噴霧された後に、塗着前に大部分が抜けてしまう。その結果、造膜過程は塗料原液だけで行うことになる。塗料原液に揮発性の高い溶剤を使用した場合、塗着前にそれらの溶剤も一部は揮発するため造膜性能が低下することになる。以上のことから、希釈溶剤が造膜過程で残っていることを前提に設計した塗料は二酸化炭素塗装には通用しないことになる。すなわち、塗料原液だけで十分造膜することが必要条件である。

噴霧のために溶解した二酸化炭素の大部分は、噴霧時に大気中に放出されるものの一部は塗着後まで残り、気泡の原因となる。気泡を取り除くことが出来るかどうかは、塗膜の硬化速度と脱泡速度の関係で決まる。塗膜面の泡を抑えるためには、造膜速度より脱泡速度が速いことが必須である。

#### 2-1-3 二酸化炭素塗装用塗料の開発手法

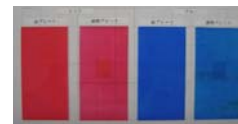
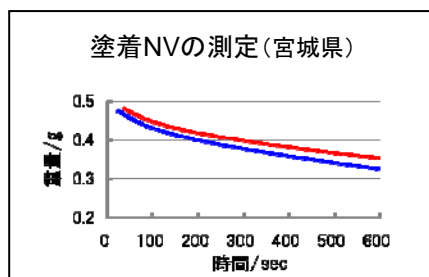
二酸化炭素適合塗料の設計にあたり塗料の樹脂成分（ポリマー・モノマーなど）、樹脂成分を溶解する真溶剤、助溶剤、希釈溶剤などが高圧下の二酸化炭素とどのような挙動を示すかを調査した。加えて、樹脂とこれらの混合物である塗料についても、二酸化炭素存在下の諸物性について評価した。必要な情報としては、二酸化炭素の溶解量、粘度の低下、相状態（混合物である塗料の場合）である。更には、バッチ式の塗装装置や連続塗装装置を利用し塗料の評価、塗装実験を行い、塗料と高圧下の二酸化炭素の混合時に於ける塗料の粘性低下などが確認出来、塗料設計指針とするデータが採取出来た。

開発時における研究協力体制を図B-(5)-6に示す。なお、19年度のクリア塗料開発に関しては加美電子工業が塗料会社に調合指示を出して開発を行う方法で行い、20年度のカラー塗料開発に関しては塗料会社への委託契約成立後は、塗料設計指針を塗料会社に公開して、研究開発を加速させた。



塗装不良の原因の一例

- ・二酸化炭素添加で相分離
- ・粘度低下不足
- ・二酸化炭素の抜けが悪い
- ・造膜と硬化速度のミスマッチ
- ・塗装むら



完成

図 B-(5)-6 開発スキーム

2-1-4 塗料とその原料の諸物性・相状態測定

塗料及び塗料原料の二酸化炭素存在下における評価には、次に示す 3 つの装置を用いて行った。

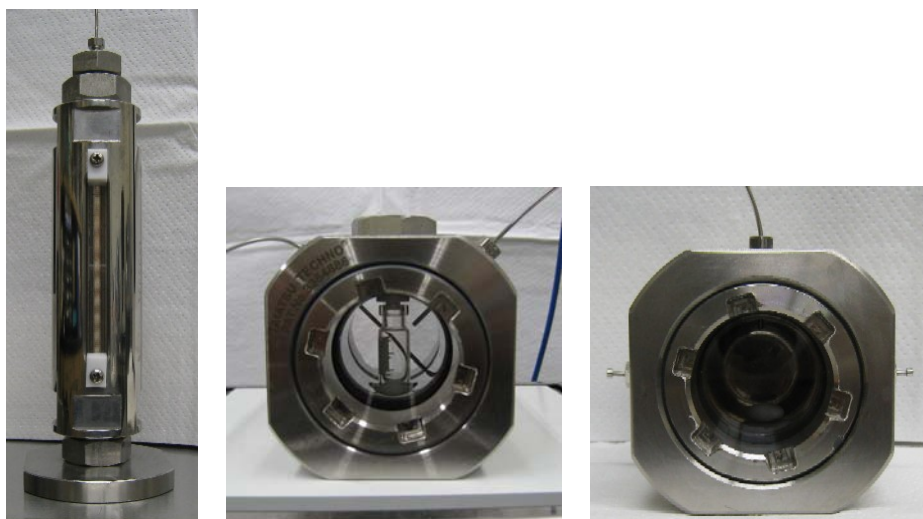


図 B-(5)-7 塗料状態観測容器 3 種

図 B-(5)-7 左の観測容器は、円筒のサファイアをくり貫いたものを上下で挟んだ容器である。この容器の全面には目盛りがついており、液面の観測が可能となっている。また、本容器内に金属球を入れて落下速度を観測することで動粘度を求めることが可能となる。ただし、本装置は落球速度をビデオカメラにて観測する手法をとるため、クリア塗料には有効であるが、カラー塗料には適用出来ない。

図 B-(5)-7 中央の観測容器は、カラー塗料解析用に 20 年度に新規に開発した観測容器である。両窓タイプの高圧容器の中心にバイアル瓶を設置した観測容器であるバイアル瓶には目盛りがついており、塗料の二酸化炭素による膨張が観測出来る。また、バイアル瓶は安価であり簡単に交換出来ることから、カラー塗料や硬化のおそれのある塗料の評価には、このタイプの容器を用いて評価した。

図 B-(5)-7 右の観測容器は、片窓タイプの高圧容器である。内径 35mm の大きさをほこり、マグネチックスターラーの攪拌子を入れて攪拌が容易である。加えて洗浄が容易という特徴を持つ。ただし、二酸化炭素添加による膨張を評価することには不向きなので、塗料のポリマー析出の有無など、相状態の把握を重視する場合にのみ使用した。

実験の方法であるが、評価する試料を選択した観測容器に所定量導入した後に、観測容器を密閉し、二酸化炭素を二酸化炭素導入口から導入する。攪拌出来る容器の場合は攪拌を行い、攪拌が出来ないものに関しては長時間静置し、平衡に達した頃を見計らって、写真撮影、ビデオ撮影、目視等の手法を用いて観測した。

### 2-1-5 塗膜の平滑性評価

クリア塗料による塗膜においては、塗膜表面の平滑性の程度により「ユズ肌（オレンジピール）」と呼ばれる塗膜性状が現れる。このような塗膜性状の評価は、熟練者の目視判定、あるいは、標準サンプルとの比較によるものである。しかし、塗装条件の違いによる塗膜形成の変化を捉えるためには、得られた塗膜の状態を記録し、その状態を定量的に評価する必要がある。ここでは、塗膜の表面状態（平滑性）を定量的に表すため、塗膜評価方法の検討を行った。

クリア塗膜の状態を観察するために蛍光灯を映し込んだ硬化塗膜の写真を図 B-(5)-8 に示す。この写真のような「ユズ肌」は塗膜表面の形状により現れていることから、塗膜の表面形状によりユズ肌の程度を表現できると考え、塗膜表面粗さの測定を行った。



図 B-(5)-8 ユズ肌が現れている塗膜の外観

## 2-2 二酸化炭素塗装装置の開発

### 2-2-1 実験室レベルの流通式塗装試験装置の設計・製作



本装置は、流通式塗装方式（連続式塗装）を主体に構築したが、従来行われてきた知見を活用すべくタンク式塗装方式（バッチ式塗装）も考慮し、両方式が試験できる装置として設計・製作した。具体的には、塗料タンク、低圧フィルター、CO<sub>2</sub>供給ポンプ、塗料供給ポンプ、ユニットクーラー、1次圧調整弁、CO<sub>2</sub>冷却器、CO<sub>2</sub>加熱器、塗料加熱器、混合器、混合物加熱器、高圧塗料タンク、高圧フィルター、二次圧調整弁、密度粘度測定部、高圧可視化窓、自動開閉弁、噴霧ガン及び計装装置・制御装置等から構成される。本装置は、すべて高圧ガス保安法に準じて製作した。図B-(5)-9に試験装置のフローを、図B-(5)-10に概観写真を示す。

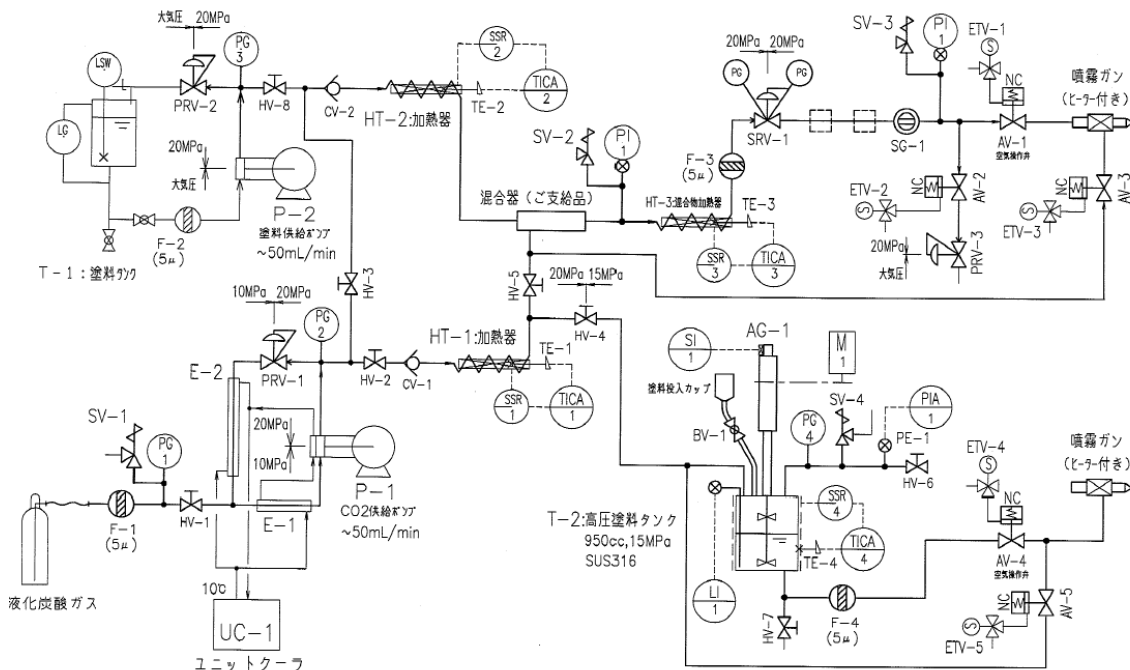


図 B-(5)-9 流通式塗装試験装置のフロー



図 B-(5)-10 流通式塗装試験装置の概観写真

### 2-2-2 塗装ラインに設置する実用塗装装置の開発

流通式塗装試験装置（塗料流量 30~50g/min）の開発での検討結果に基づき、実用化装置

(塗料流量 50~80g/min) を設計・製作し、塗装ロボットとのインターフェース技術の検討を通して、本装置を加美電子工業の実塗装ラインに組み込んだ。なお、本実用化装置の塗装対象は樹脂部品へのUV硬化型クリア塗料に限定した。

本装置は、塗料タンク、洗浄剤タンク、低圧フィルター、CO<sub>2</sub>供給ポンプ、塗料供給ポンプ、CO<sub>2</sub>流量計、塗料流量計、ユニットクーラー、1次圧調整弁、CO<sub>2</sub>冷却器、CO<sub>2</sub>加熱器、塗料加熱器、混合器、高圧フィルター、噴霧ガン及び計装装置・制御装置等から構成される。図B-(5)-11 にフローを、また図B-(5)-12 に概観写真をそれぞれ示す。実用化装置では、塗料替えや洗浄を考慮して、複数の塗料タンクならびに専用の洗浄剤タンクも考慮した。さらに、塗料ラインとCO<sub>2</sub>ラインのストップ弁を噴霧ガンと一体化して製作することにより、塗装中断時の噴霧ガンノズル先端部の二酸化炭素による洗浄を容易に行える構造とした。

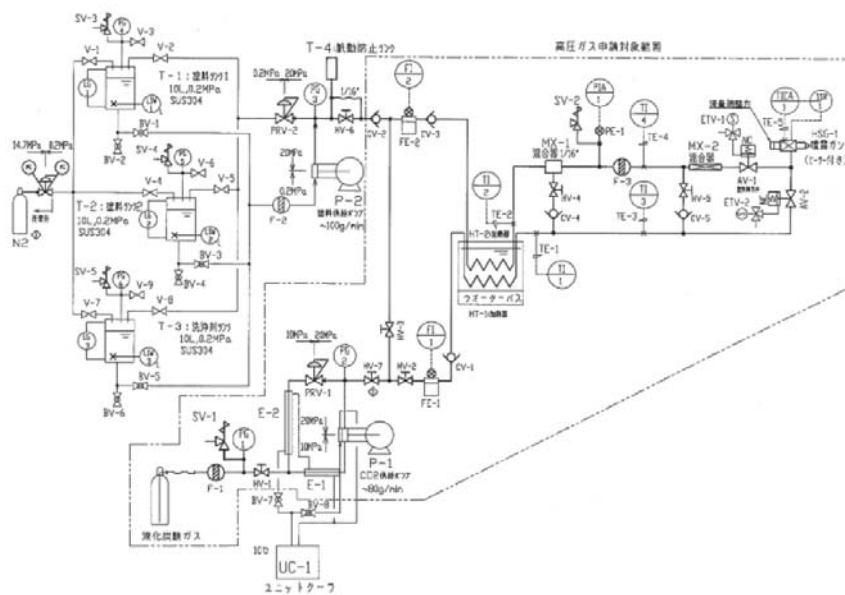


図 B-(5)-11 実用化塗装装置のフロー (2点鎖線内が高圧ガス保安法申請部分)



図 B-(5)-12 実用化塗装装置の概観写真 (左：装置本体、右：3次元塗装ロボット)



### 3. 研究結果と考察

#### 3-1 二酸化炭素塗装用塗料の開発

##### 3-1-1 塗料とその原料の評価

本プロジェクトの中では、200以上のサンプルを評価しているが、その評価がどのようなものであるか、例を用いて説明する。図B-(5)-13は、図B-(5)-7左の観測容器を用いて、塗料に使用されるある溶剤Aについて二酸化炭素添加による様子を測定したものである。これによると、圧力を上げることにより、二酸化炭素の溶解による膨張が起こり、粘度が低下していることがわかる。

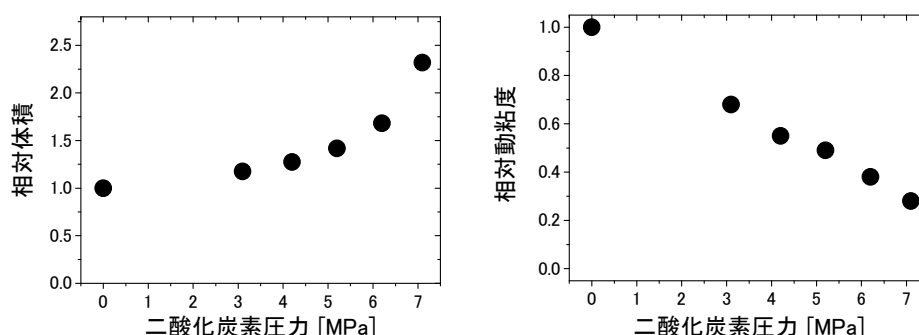


図 B-(5)-13 溶剤 A の液相の体積と粘度の変化

次に塗料の相状態について、どのような現象が観測されるか一例を図B-(5)-14に示す。これは、もともとは透明な塗料が二酸化炭素の圧力を6MPaにしたところで懸濁し始めたときの様子を写真撮影したものである。このような状態になった場合、懸濁の程度等を慎重に考慮の上、塗装可能かどうかの判定をすることになる。とはいうものの安定な噴霧を広範囲な条件で実現することを念頭に置いた場合、写真のような状態にならない塗料設計を行うことが望ましい。



図 B-(5)-14 二酸化炭素の圧力 6MPa において懸濁した塗料

##### 3-1-2 表面粗さと目視評価

図B-(5)-15(b)～(f)に、ポリカーボネート基板に塗装したアクリル系UV硬化型クリア塗膜の概観と表面粗さRz値、目視評価の関係を示す。図B-(5)-15に示すRz値は、塗装面中央付近を数回測定したうち、ブツや空孔が入ったデータを除いた3測定の平均値である。なお、図B-(5)-15(a)は未塗装のポリカーボネート基板を測定したものである。目視評価

による評点は、熟練者がクリアトップコートの品質として評価したものであり、評点 1 と 2 が合格、3 以降は不合格である。

表面粗さと目視評価結果を比較すると、Rz が大きいほど評点が悪くなり、表面粗さと目視評価の結果には相関があることがわかった。また、目視評価での合格と不合格の境界（評点 2-3 間）では、Rz が 0.37 で合格、Rz が 0.47 で不合格である。このことから、クリアトップコートの品質としては Rz 値 0.40 程度を基準として、それよりも小さい場合を合格、大きい場合を不合格とすることができ、表面粗さを指標とすることで塗膜品質の定量的な評価と品質の判定が可能であることがわかった。2 液クリアアンダーコート、2 液有色アンダーコート、1 液クリアトップコートについても同様の検討を行った結果、目標とする平滑性の数値化を図ることが出来た。

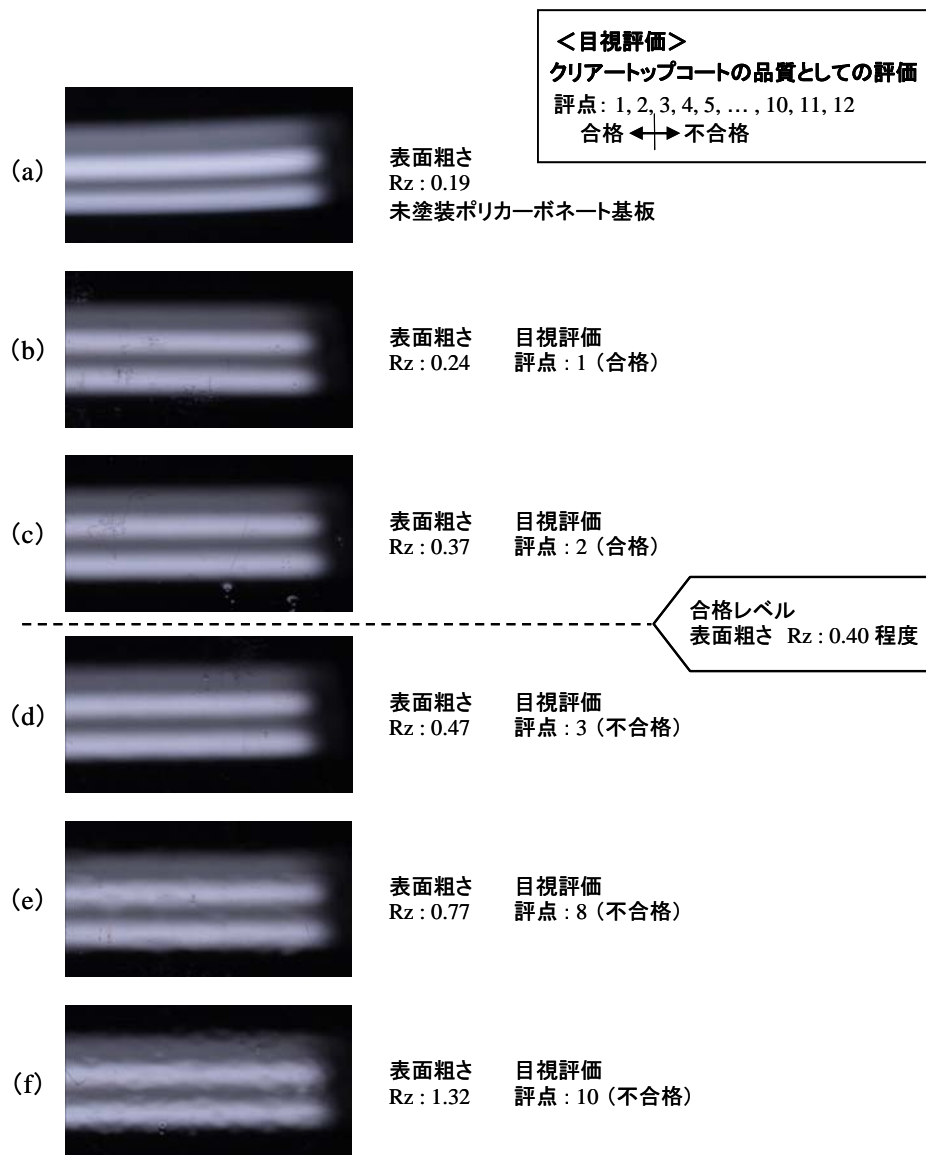


図 B-(5)-15 表面粗さ Rz と目視評価の関係

### 3-1-3 二酸化炭素適合（クリア）塗料の開発

クリア塗料の開発にあたり、加美電子工業内での実用化を念頭に置き、携帯電話や自動車内装品のトップコートに使用される UV 硬化型クリア塗料の開発を最優先に行った。

塗料とその原料の諸物性・相状態測定実験の結果ならび塗着 NV の測定結果をもとに、

- ・ 高圧 CO<sub>2</sub> 下に於いて塗料中の樹脂成分が析出せず、塗料粘度が低下し、安定した流動性を維持できる組成であること。

- ・ 噴霧された粒子は細かく、被塗装物に塗着後 CO<sub>2</sub> が塗膜中より容易に離脱すること。
- ・ 被塗装物に噴霧粒子が塗着後平滑（レベリング）な塗膜形成をする条件を満たすこと。

の要件を満たす塗料を塗料メーカー3社の協力を得て開発した。

開発を行うにあたって、塗料中の樹脂組成を大幅に変更することは本来発揮すべき塗膜物性を損なうことになるため、溶剤組成の変更を開発の重点課題とした。塗膜物性を損なわない前提で樹脂組成を変更する場合は樹脂と溶剤、CO<sub>2</sub> の三元系での溶解度を考慮し塗料を設計した。

特に UV 硬化型塗料の開発について溶剤組成の変更他、塗料中のモノマーが高圧下の CO<sub>2</sub> と適度に溶解するものを新たに選択し塗料を開発した。二液硬化型塗料の開発については比較的分子量が小さい材料で構成し、塗膜形成後、加熱反応硬化の過程で目標の物性が発現するような組成にした。

最終的に、塗料に占める真溶剤比率が 50% の通常タイプの UV 硬化型塗料 1 種と、耐擦傷性に優れた無機・有機ハイブリッド塗料 1 種、真溶剤を 60% 削減した高固形分タイプの塗料 1 種の合計 3 種類のクリア塗料の開発に成功した。また、無機・有機ハイブリッド塗料に関しては、真溶剤比率が 50% の通常タイプの塗料に加えて、塗料中の真溶剤を全廃した無溶剤型塗料の開発に成功した。この成果は当初目標の VOC 排出の 2/3 削減を超える、VOC 排出の 100% 削減を実現するものである。

実用レベル品として開発した UV クリア塗料を携帯電話ボタンに試用し、得意先にサンプル評価を依頼した結果、UV クリアハードコート、耐擦傷無機・有機ハイブリッド塗料及び高固形分タイプの塗料について合格レベルと判定された。

### 3-1-4 二酸化炭素適合（有色）塗料の開発

先に開発したクリア塗料に対し顔料、アルミパウダーを分散した有色塗料を試作開発した。使用した顔料は塗料用樹脂に幅広く相溶性のある特殊樹脂中に顔料を微細かつ高濃度に分散したペースト状加工顔料である。特殊樹脂は硝化綿、エチルセルロース、アルキッド樹脂、メラミン樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、塩ビ・酢ビ共重合体、塩化ゴム、環化ゴムなどの樹脂及び油、可ソ剤と広い相溶性を持っている。

UV 塗料への顔料分散は、UV クリア塗料と相溶性のある特殊樹脂に透明度が高く分散の良好な顔料を選択して、分散塗料化した。

塗料の開発にあたり、UV 塗料の開発を三菱レイヨン、無機・有機ハイブリッド塗料の開発をアトミクス、1 液型・2 液型の塗料をオリジン電気が加美電子工業からの委託を受けて開発に協力した。

最終的に、希釈剤を使用しないUV カラークリア塗料 2 色、2 液アクリルウレタン塗料 2 色（希釈剤削減率 80%）、1 液アクリル塗料 2 色（希釈剤削減率 50%）、2 液アクリルメタリック塗料 2 色（希釈剤削減率 80%）、下塗/トップ UV カラークリア塗料 2 色（希釈剤削減率 100%）、1 液メタリック塗料（希釈剤削減率 50%）の合計 6 種類、各 2 色の有色塗料の開発に成功した。

それぞれの写真を図 B-(5)-16、B-(5)-17、B-(5)-18、B-(5)-19、B-(5)-20、B-(5)-21 に示す。

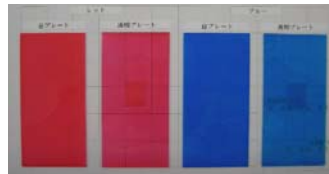


図 B-(5)-16 UV カラークリア塗料（レッド・ブルー）



図 B-(5)-17 2 液アクリルウレタンカラー塗料（レッド・ブルー）

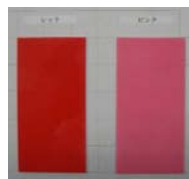


図 B-(5)-18 1 液アクリルカラー塗料（レッド・ピンク）



図 B-(5)-19 2 液アクリルメタリック塗料（ブルー・グリーン）



図 B-(5)-20 下塗/トップ UV カラークリア塗料（レッド・グリーン）



図 B-(5)-21 1 液メタリック塗料（シルバー・ブルー）

### 3-2 二酸化炭素塗装装置の開発

#### 3-2-1 実験室レベルの流通式塗装試験装置（実証装置）の設計・製作

革新的塗装装置の構築を目的に、流通式塗装試験装置（塗料流量 30~50g/min）を製作し、同装置の運転を通して、塗料と二酸化炭素との効率的な混合技術の検討や混合物の連続・安定噴霧技術の検討を行い、二酸化炭素塗装装置に必要な基盤技術の確立を図った。

#### 3-2-2 塗料と二酸化炭素との効率的な混合技術の開発

流通式塗装試験装置における最も重要な開発ポイントは、塗料と二酸化炭素との迅速かつ完全な混合の実現にある。これに対して本開発では、混合性能が極めて高いマイクロ混合器の採用を計画した。具体的には、マイクロ混合器として市販の T 字混合器に加え、中心衝突型マイクロ混合器を試作し、ダッシュマン反応による混合性能評価により、流通式塗装試験装置で採用する混合器を絞り込んだ。

マイクロ混合器は外径 1.6mm 配管用のティ字継手として市販されている一般的なティユニオン（Swagelok 社、SS-100-3、内部流路 ID 1.3mm、スタンダードティ（以下、STD と略））とガスクロマトグラフ用継手（Swagelok 社、SS-1F0-3GC、内部流路 ID 0.3mm、ローデッドボリウムティ（以下、LDV と略））を用いた。また、新たに本研究で開発した中心衝突型マイクロ混合器も用いて、混合性能の評価を行った。図 B-(5)-22 にティユニオンの断面図を、図 B-(5)-23 に中心衝突型マイクロ混合器の写真と概念図を示す。

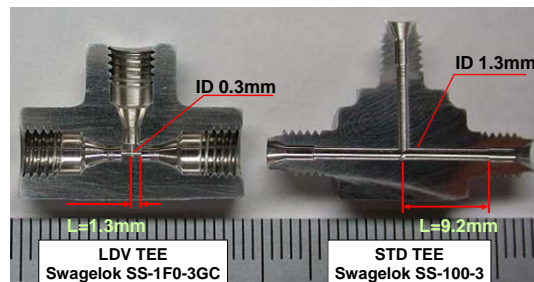


図 B-(5)-22 ティユニオン断面図

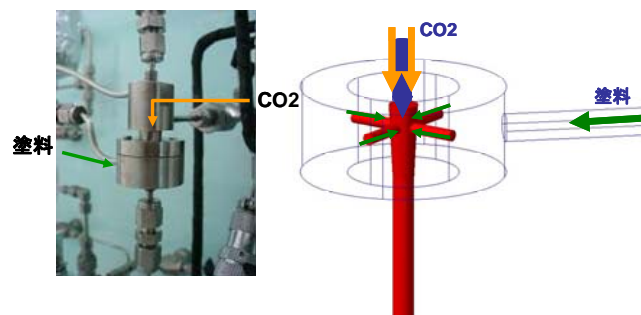


図 B-(5)-23 中心衝突型マイクロ混合器

試験結果より、混合性能は全流量域で、優れている順に LDV > 中心衝突型マイクロ混合器 > STD の傾向を示したが、高流量域になるとその混合性能の差は小さくなっており、LDV と中心衝突型マイクロ混合器ではほとんど差が認められない結果であった。今回の塗料流量が 30~50g/min であることを考慮すると、混合性能からは LDV の採用が最適と考えられるが、塗

料によっては高粘性で付着性（閉塞性）があることも想定され、その場合、混合部を開放できる中心衝突型マイクロ混合器の方がメンテナンス性が優れている。従って、流通式塗装試験装置（実証装置）では、中心衝突型マイクロ混合器を採用した。

### 3-2-3 流通式塗装試験装置の運転結果

代表的な実験結果を以下に示す。本結果をもとに実用化装置の設計を行った。

#### 塗装実験 1

塗料として市販の紫外線硬化型クリア塗料（シンナー無添加）を対象に塗装実験を行った。代表的な塗料組成は、樹脂成分 49%、真溶剤 47%、添加剤 4%であり、樹脂成分は多官能アクリレートを主成分に熱可塑性アクリレート、ウレタンアクリレートをそれぞれ含んでいる。真溶剤は含有量の多い順にトルエン、酢酸ブチル、n-ブチルアルコール、キシレン、エチルベンゼンからなり、添加剤としては光重合開始剤のほか微量の紫外線吸収剤及び表面調整剤が含まれている。運転モードは、7MPa の定圧運転モードとし、その時の塗料流量は 45g/min、CO<sub>2</sub> は 9g/min（塗料流量の 20%）であり、高圧可視化窓により塗料/CO<sub>2</sub> 混合物が一相状態であることを確認した。噴霧ガンはノズルオリフィス相当径 0.15mm を用いてプラスチック板に手吹き塗装を行なった。このとき、塗料/CO<sub>2</sub> 混合物は、CO<sub>2</sub> 添加前 11~12cp が添加後 1~2cp の粘度に低下していることをオンライン粘度計で確認した。塗装後のプラスチック板は、5 分間室温で保持した後、50℃の乾燥器内で 10 分間セッティング乾燥を行い、その後、紫外線照射機で塗膜を硬化させた後、塗膜面の評価を行った。その結果、平均膜厚は 20 μm、平均粗さ 0.4 μm であり、塗料と同量のシンナーを加えて行う有機溶剤エアスプレーと同等で実用レベルの塗膜であると評価された。なお、同じ紫外線硬化型クリア塗料をシンナー無添加でエアスプレー塗装した結果、膜厚は 20 μm で平均粗さ 0.9 μm と 2 倍以上の粗さとなることを確認した。従って、二酸化炭素塗装の優位性が立証された。

#### 塗装実験 2

紫外線硬化型クリア塗料についてさらに 1 種類、塗装実験を実施した。組成は、樹脂（多官能アクリレート）約 80%、真溶剤（イソプロピルアルコール）約 20%に少量の光重合開始剤からなる、新規な塗料を用いた。塗装方法は塗装実験 1 とほぼ同等としたが、噴霧ガンは 2 次元塗装ロボットに搭載して塗装を行った。塗料/CO<sub>2</sub> 混合物の粘性は、CO<sub>2</sub> 添加前 40cp が添加後、数 cp に低下した。塗装後、塗装実験 1 と同等の処理を行ない、塗膜面を観察した結果、実用上問題のない塗膜が形成されていることを確認した。本塗料は、樹脂分が 80%と高く、シンナー無希釈なので、VOC 削減効果は非常に高いことが明らかである。

#### 塗装実験 3

次に、2 液硬化型アクリルウレタンクリア塗料について、塗装実験を行った。主剤組成は、樹脂（アクリルポリオール）が 42%、真溶剤 58%（内トルエンが主成分、酢酸イソブチルを含む）であり、硬化剤組成は、樹脂が 55%（ポリイソシアネートプレポリマー）、真溶剤が 45%（トルエンのほかプロピレングリーコールモノメチルエーテルアセテート、酢酸エチルを含む）である。実験は、主剤と硬化剤を 5:1 の配合比で事前に混合し、塗料タンクに充填して行った。塗料（主剤+硬化剤）に対して、重量比で 20~30%の CO<sub>2</sub> を添加して塗装を行っ

た。その他の条件及び方法は塗装実験 2 と同様である。塗料粘性は CO<sub>2</sub> 添加前 50~60cp が添加後、数 cp に低下した。塗装後のプラスチック板は、5 分間室温で保持した後、50~60℃の乾燥器内で 10 分間乾燥を行い塗膜を硬化させた後、塗膜面の評価を行った。その結果、塗膜は形成されているものの、平滑性に問題が残った。そのため、塗膜のレベリング性能をあげるべく、上記配合比の塗料に専用の希釈シンナーを重量比で 20% 添加して、同等の塗装操作及び後処理を行った結果、実用上問題のない塗膜が形成されていることを確認した。

#### 塗装実験 4

次に、1 液硬化型アクリルクリア塗料について、塗装実験を行った。塗料組成は、樹脂が 28%、真溶剤 72% である。樹脂成分は主成分がアクリルであり、他にニトロセルロースを含み、真溶剤は含有量の多い順にエステル系、アルコール系、炭化水素系そしてケトン系からなる。実験は、塗料に対して、重量比で 20% の CO<sub>2</sub> を添加して塗装を行った。その他の条件及び方法は塗装実験 3 の通りである。塗料粘性は CO<sub>2</sub> 添加前 120~140cp が添加後、20cp 以下に低下した。しかしながら短時間の塗装（噴霧）は行えたものの、プラスチック板表面にぶつぶつ状の塗料塊が多数付着した状況であり、均一な塗膜の形成には至らなかった。そのため、レベリング性を良くするために、上記塗料に真溶剤成分のみを重量比で 20~40% 添加したところ、均一な塗膜が形成され、実用上問題のない塗膜と評価された。ただし、本塗料組成であっても、連続塗装の安定性という観点からは問題が残った。本現象は、配管の一部（特に二酸化炭素ライン）に塗料中の樹脂成分が析出することによる閉塞トラブルであった。このため、二酸化炭素ラインに真溶剤をあらかじめ少量添加した結果、長時間安定した運転が実現できた。

#### 3-2-4 実用化装置による実証試験

加美電子工業の実塗装ラインに組み込んだ実用化装置を用いて樹脂部品への紫外線硬化型クリア塗料を対象に連続運転を行い、実用化装置の試験・評価・改良（耐久性・安全性・不具合の解消）を行うと同時に、装置価格低減（目標：500 万円/装置）のためのフロー・装置構成の検討を実施した。

塗料として紫外線硬化型クリア塗料（シンナー無添加）を対象に塗装実験を行った。塗装対象物は携帯電話部品（ボタン部分）とし、一度に 18 台分の部品を塗装した。運転モードは、定量運転モードとし、その時の塗料流量は 44g/min、CO<sub>2</sub> は 9g/min（塗料流量の 20%）であり、その結果、噴霧ガンにノズルオリフィス相当径 0.15mm のノズルを用いたところ噴霧圧力は 7MPa となった。噴霧ガンは 6 軸塗装ロボットに搭載して塗装を実施した。塗装後の携帯電話部品は、5 分間室温で保持した後、50℃の乾燥器内で 10 分間セッティング乾燥を行い、その後、紫外線照射機で塗膜を硬化させた後、塗膜面の評価を行った。その結果、平均膜厚は 15 μm であり、非常に良好な塗膜であること、18 台全てが問題なく塗装されていること（不良品なし）などを確認した。その後、本塗装品はユーザーにサンプル出荷を行い合格の評価を得た。すなわち、本二酸化炭素塗装が実用レベルとして合格していることをユーザーレベルの評価で確認した。また本試験において塗着効率の評価も行い、従来方式の有機溶剤エアスプレー方式より約 10% 高い塗着効率（約 30%）であることを合わせて確認した。



また、本装置を用いて複数の塗料会社の紫外線硬化型クリア塗料を長時間塗装したが、特に問題は生じず、実用化塗装装置として有効であることが示された。

### 3-2-5 工業化装置の構築

実用化塗装装置の運転を通して、紫外線硬化型クリア塗料に対しては大きな技術的問題もなく工業化装置として構築できたと考えられる。しかしながら、装置価格低減（目標 500 万円/装置）という観点からは今後、引き続き詳細な検討が必要である。平成 19 年度に製作した流通式塗装試験装置（実証装置）から 20 年度に製作した実用化装置への移行では、フローの簡略化（塗装方式を連続式に限定、加熱方式改良その他）を中心的に行い、流量増加（約 1.6 倍）にも係わらず製作原価はほとんど変わりなく製作を行った。ただし、500 万円/装置という目標達成には、フローの簡略化だけでは到底不可能であり、高圧ポンプ・バルブ及び各種計装品等汎用品の大量購入及び設計圧力の緩和（現状 20MPa→10MPa）など設計条件の見直しや標準設計化、さらには高圧ガス保安法としての型式認定化などの検討が不可欠である。これらを総合的に行えば、500 万円/装置という目標も見えてくると判断した。

### 3-3 実用化に資する導入シナリオとビジネスモデルの策定

加美電子工業は二酸化炭素を利用する革新的な塗装装置と二酸化炭素塗装に適合する塗料を開発し、市場展開を計画している。加美電子工業が現在市場展開している小型部品の塗装市場は比較的正確に把握可能であるが、革新的な塗装装置の対象とするスプレー塗装全体の市場規模・範囲の把握は今後の事業展開に不可欠である。このような背景を踏まえ三菱総合研究所に調査を依頼し以下の結果を得た。

19 年度調査結果は、本プロジェクトで開発する革新的な塗装装置（二酸化炭素塗装装置）と二酸化炭素適合塗料の市場導入に向けたビジネスモデル案の実現に向けた課題の抽出と、その解決に向けた検討を行い、ビジネスモデル構築の基礎資料を得た。調査の報告によると、塗装工業界は、事業者の規模が様々であり、その投資余力や環境意識が多様である、あるいは代理店制度による囲い込み等が行われ、現場の職人気質があり、変化を拒む体質も残っている等、塗装工業界特有の課題を有することが判明した。

こういった状況を鑑み、20 年度は、本プロジェクトで開発する革新的な塗装装置（二酸化炭素塗装装置）と二酸化炭素適合塗料の市場展開計画を明確にするために、本技術のターゲットユーザーであるスプレー塗装業界における VOC 排出規制対策動向を調査するとともに、本技術に対する潜在的ニーズを調査した。さらに、調査結果を踏まえ、本プロジェクト開発成果の潜在的ユーザーを対象にしたワークショップを開催するとともに、潜在的ユーザーへの営業を念頭においた情報発信ツールの整備を行った。

大手自動車会社と大手電気会社を対象としたヒアリング調査では、技術に関する期待が大きいものの次のような課題が明らかとなった。

- ・技術的な観点からは、具体的な定量データによるコスト削減効果、VOC 削減効果などを示すことのできる資料（技術資料）が必要であると言える。
- ・「二酸化炭素」を使用するという点に関して、本質的ではないものの、温暖化対策に



対する関心が社会的に高まる中で、抵抗感が否定できないことが明らかになった。これに対しては、プロモーションの観点から対策が必要である。

潜在的ユーザーに対する情報発信を目的としたワークショップは、104名の参加者を得た。参加者は、自動車メーカー、携帯電話、塗料メーカー、塗装専門メーカー、塗装機・装置メーカー、エンジニアリング会社、家電メーカー、塗料販売店、業界団体（日本塗料工業会）など多岐の業態にわたった。アンケートによると参加者の殆どが革新的塗装技術の可能性について高い関心を示し、装置などの市場展開の時期や予想価格に関する質問、テスト塗装の依頼、見学希望など具体的な反応があった。またセミナー終了後、加美電子工業及び産総研にも問い合わせがあった。特に、加美電子工業で本格的な量産が始まった場合の具体的情報が期待されており、営業展開するにあたっては、これらの情報をできるだけ迅速に提供できる体制構築・システム構築が必須であると言える。

### 3-4 市場調査の結果から今後の展開について

今後の事業展開を図B-(5)-24に具体的に示した。本事業により加美電子工業に設置した二酸化炭素塗装の実用化装置の完成度を高め、加美電子工業で実際に塗装を行っている高意匠性を必要とする携帯電話・自動車内装樹脂部品への実用化を図る。現在量産ラインに設置するための塗装機を製作中であり、2010年4月からの稼働を目指している。並行し、図B-(5)-24に示したプランに基づき、小型樹脂部品以外への用途拡大に向けた対応を開始した。既に自動車車体、光学電子樹脂部品、高級木工家具の分野については、実用化に向けた共同研究をユーザー企業とスタートさせて、それぞれの用途に適した塗装機と塗料の開発を進めている。

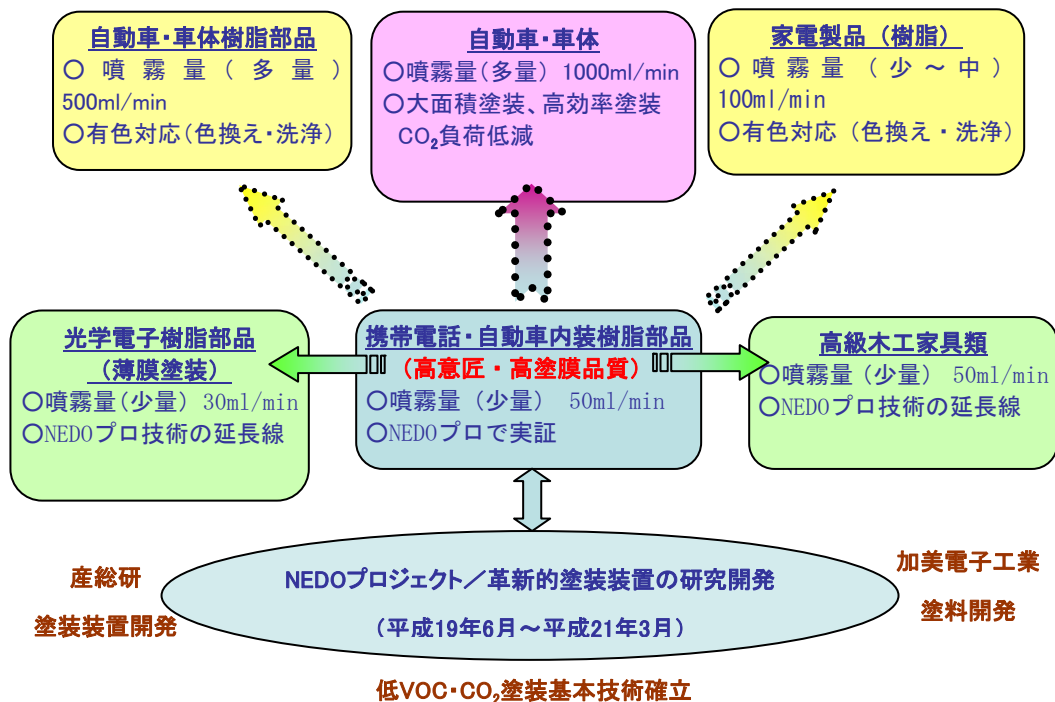


図 B-(5)-24 今後の展開

#### 4. 結言

19年度の目標と達成状況を次に示す。

当初目標	開発状況	達成状況
希釈溶剤を全廃した3種類のクリア塗料を開発する	次の3種類のクリア塗料を開発に成功した。 ・塗料に占める真溶剤比率が50%の通常タイプのUV硬化型塗料（希釈溶剤全廃） ・耐擦傷性に優れた無機・有機ハイブリッド塗料1種（希釈溶剤全廃） ・希釈溶剤全廃に留まらず塗料中の真溶剤を60%削減した高固形分タイプの塗料（計画以上の成果）	◎
実験室レベルの塗装装置を開発し、翌年度の実用レベルの塗装装置の設計に必要なデータを得る	流通式塗装試験装置を開発して、混合器や運転条件の検討を行い、開発したクリア塗料での良好な塗装結果を得ると共に、実用化装置の開発に必要な設計データを取得した。	○

20年度の目標と達成状況を次に示す。

当初目標	開発状況	達成状況
希釈溶剤を全廃した4種類の有色塗料をそれぞれ複数色開発する	次の6種類のカラー塗料の開発に成功した。 ・希釈溶剤を使用しないUVカラークリア塗料2色（希釈溶剤全廃） ・2液アクリルウレタン塗料2色（希釈溶剤削減率80%） ・1液アクリル塗料2色（希釈溶剤削減率50%） ・2液アクリルメタリック塗料2色（希釈溶剤削減率80%） ・下塗/トップUVカラークリア塗料2色（希釈溶剤全廃） ・1液メタリック塗料（希釈溶剤削減率50%） なお、2液塗料に関しては家電外装レベルの品質を基準とすると計画通り希釈溶剤全廃を実現しているが、加美電子工業の高意匠性情報家電向けの塗装基準では希釈溶剤80%減となる。達成状況であるが、希釈溶剤の削減率で研究目標の未達があるが、開発した塗料の種類で研究目標を上回っており、達成状況を○と判定した。	○
当初目標には含まれず	塗料中の真溶剤を全廃したVOC排出ゼロの高固形分タイプのクリア塗料を開発（当初計画にはない成果）	◎
実用レベルの塗装を実用レベルの歩留まりでクリア塗装する実用化装置を開発する	塗装台に実際の小型樹脂部品を敷き詰めてクリア塗装し、全ての部品について良好な塗装を確認した。塗装した部品をユーザーにサンプル出荷し、合格の評価結果を得て、本塗装機による塗装が実用レベルであることを確認した。	○
500万円/装置を目指した工業化装置の検討	塗装品に合わせたスペックの絞り込みと量産効果により、500万円/装置を実現するための設計を行った。	○

塗装装置に関しては当初目標を達成した。塗料開発に関しては有色塗料について VOC 削減率で未達ものがある一方、シンナー全廃だけではなく塗料原液に含まれる VOC をも全廃した塗料開発に成功するなど、当初目標を著しく超えた塗料の開発に成功した。加えて塗料の種類については計画以上の数を開発しており、全体として当初目標を達成したといえる。高意匠性樹脂部品を塗装出来る二酸化炭素塗装装置と塗料の開発は世界初の成果である。また、本塗装方法は環境低負荷なうえ、経済的にも既存の塗装法よりもランニングコストが低減され有利であり、早期の実用化が見込まれる。

今後の展開であるが本プロジェクトにおいて、二酸化炭素塗装に関する基盤技術と、加美電子工業が主力とする携帯電話・自動車電装用の小型樹脂部品向けの塗装機、および加美電子工業の必要仕様を満足するトップコート用の塗料を開発した。現在は、量産ラインに設置するための塗装機を製作中で、2010年4月からの稼働を目指しており、実用化目前である。

また、ビジネスモデル調査の一環として開催したワークショップでの意見交換やその後の問い合わせを受けて、小型樹脂部品以外への用途拡大に向け、自動車車体、光学電子樹脂部品、高級木工家具への展開に向けた共同研究をプロジェクト終了後にスタートさせて、それぞれの用途に適した塗装機と塗料の開発を進めている。さらに、小型樹脂部品への塗装に関しても加美電子工業以外の会社での量産ラインへの装置導入に向けた共同研究をスタートさせている。研究リソースの問題もあり全分野への急速な普及という訳にはいかないものの、少なくとも2010年より着実な普及をはかって行く予定である。このように二酸化炭素塗装の適用範囲は広く、二酸化炭素塗装という1つのジャンルを形成すると期待される。

(1) 研究発表・講演（口頭発表も含む）

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2007年9月15日	化学工学会第39回秋季大会	高圧二酸化炭素存在下におけるジアルキルケトンの膨張率	相田努、相澤崇史、金久保光央、南條弘
2008年2月15日	平成19年度産総研環境・エネルギーシンポジウム4	二酸化炭素塗装システムの開発	相澤崇史、相田努、南條弘、鈴木明、川崎慎一郎
2008年2月27日	第3回エコケミカルシンポジウム	革新的塗装装置の開発	相澤崇史
2008年3月19日	化学工学会第73年会	酢酸エステルおよびケトン類の液相二酸化炭素モル分率に対する膨張率の考察	相田努、相澤崇史、金久保光央、南條弘
2008年9月24日	化学工学会第40回秋季大会	二酸化炭素膨張液体の溶液構造の解析	相田努、相澤崇史、金久保光央、南條弘
2008年9月25日	化学工学会第40回秋季大会	連続式二酸化炭素塗装装置の開発	早坂宜晃、早坂裕、雪下勝三、鈴木明、川崎慎一郎、相澤崇史、相田努、佐藤勲征、千代窪毅

2008年9月25日	化学工学会第40回秋季大会	二酸化炭素塗装における塗膜形成と塗膜評価	佐藤勲征、千代達毅、宮本達也、千葉亮司、相澤崇史、相田努、鈴木明、川崎慎一郎、早坂裕、早坂宜晃、雪下勝三
2008年2月15日	平成20年度産総研環境・エネルギーシンポジウム3	二酸化炭素を用いた低VOC・高意匠性塗装の実現	相澤崇史、相田努、南條弘、鈴木明、川崎慎一郎、雪下勝三、早坂宜晃、佐藤勲征、千代達毅

(2) 発表論文

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2009年7月30日	塗装工学, 44, 230-237	高圧マイクロ混合器を用いた二酸化炭素塗装技術の開発	鈴木明、川崎慎一郎、相澤崇史、小野實信、早坂裕、雪下勝三、早坂宜晃、佐藤勲征、千代達毅、中塚朝夫

(3) 特許等 (出願済特許等リスト)

出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題	出願人
2009年3月31日	特願2009-088479	二酸化炭素塗装方法及びその装置	鈴木明、川崎慎一郎、早坂宜晃
2009年3月31日	特願2009-088501	二酸化炭素を用いた一液型・二液型塗料の塗装方法及びその装置	鈴木明、川崎慎一郎、早坂宜晃

(4) 受賞実績

受賞年月日	受賞名	受賞内容	受賞者
2009年7月16日	第3回ものづくり日本大賞特別賞	有害化学物質フリー革新塗装プロセスの開発	早坂裕、鈴木明、相澤崇史、川崎慎一郎、小野實信、雪下勝三、早坂宜晃、中塚朝夫、佐藤勲征、千代達毅

(5) 新聞発表等

掲載日	掲載媒体	掲載題目
2008年3月14日	日経産業新聞1面	油性塗装 有機溶剤不要に
2008年2月27日	化学工業日報10面	CO <sub>2</sub> 使いスプレー塗装
2008年5月2日	宮城版NHK	クローズアップみやぎ
2008年5月25日	全国版NHK	クローズアップみやぎ
2009年10月14日	化学工業日報	CO <sub>2</sub> 溶媒利用技術実用へ～車載・携帯部品の塗装～VOC排出大幅に削減～年内にも工業化装置

## 2-C-(1) 有害化学物質削減支援ツールの開発

プロジェクトリーダー：東京大学 副学長 前田 正史  
実施企業：株式会社三菱化学テクノロジーサーチ  
株式会社三菱総合研究所

### 1. 研究概要

本研究開発は、VOC (Volatile Organic Compounds：揮発性有機性化合物) の排出削減について、VOC 対象物質の代替、使用・発生抑制、排出物の処理といった技術的手段により直接削減するのではなく、これら削減技術に関する幅広い情報を VOC 排出事業者を提供することにより、間接的に VOC を削減することを目指すものである。

VOC の削減については、よく知られるように法規制と自主的取組とのベストミックスにより、2010 年度までに 2000 年度比 3 割削減を目指すこととされている。しかしながら、VOC 排出量は平成 18 年度実績推計段階では 20%削減にとどまっており、平成 22 年度までに 30%削減の目標に向けて、さらに 14 万トン程度の削減が求められている。なかでも自主行動計画に属さない“その他分”のより一層の削減の必要性が大きくなっている。

このような自主行動計画に属さない排出事業者の多くは、中小事業者であり、“削減対策としてどのような方法があるのかわからない! ”、“対策には多大な投資が必要で、自社で採用できるような対策がないのではないか?” といった戸惑いが見られる。このため、本研究では、このような状況に対応するため、インターネット上で VOC 発生抑制・排出削減対策に関する情報を提供し、複数の対策について自社の条件で各種試算ができ、対策選定の手助けをする Web ツール【略称：VOC ナビ】を開発し、実際の運用を行うことで、より使い易いツールへと改良していくことを行った。

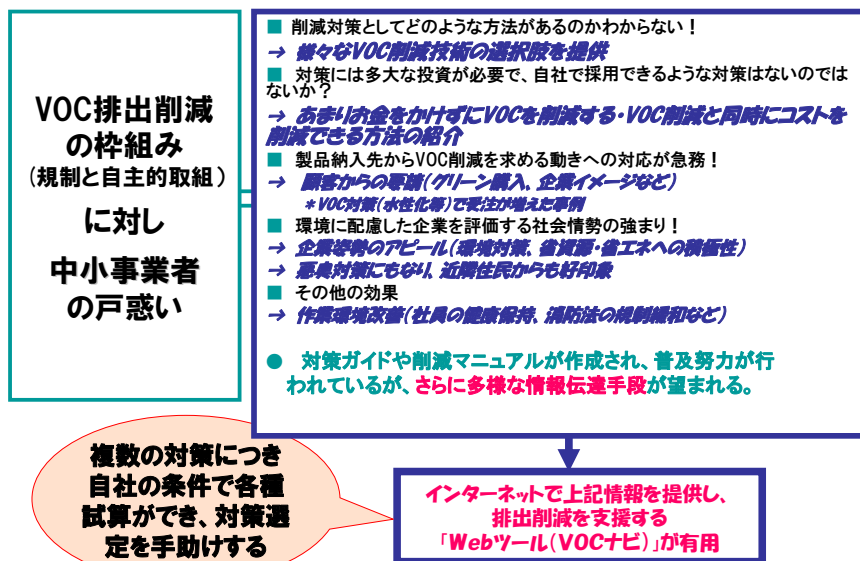


図 C-(1)-1 “VOC ナビ” 開発の背景と意義

第一のツール利用者ターゲットは、前述のように“VOCの使用現場でVOC対策を検討される方”であるが、VOC対策技術を開発される方（技術サプライヤー）やVOC政策・施策を立案される方（行政担当者）も充分、有効に活用することができるツールとなる。

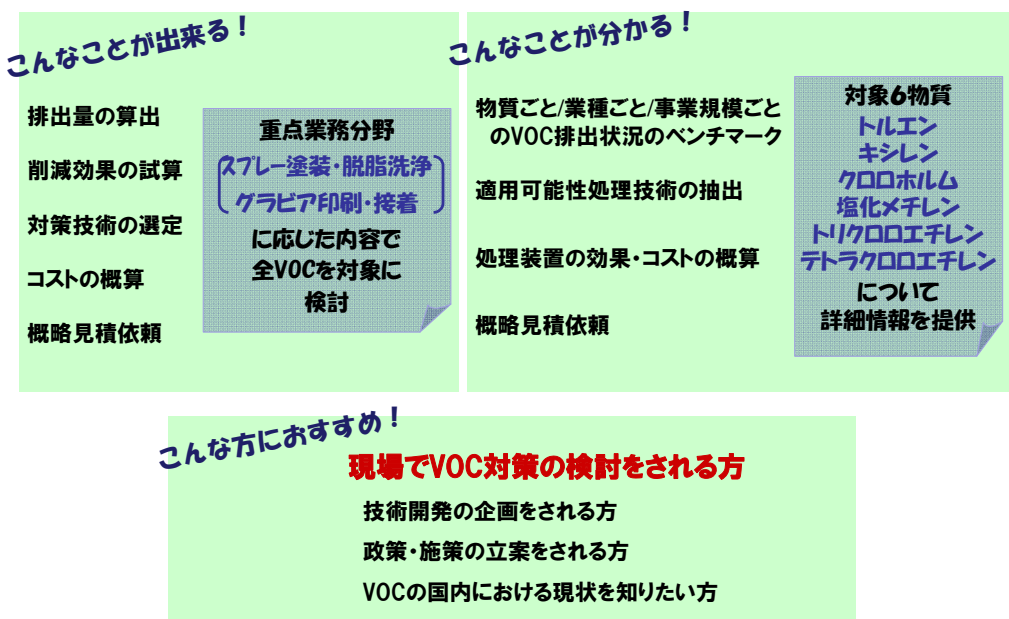


図 C-(1)-2 “VOC ナビ” でできること

上記のような背景と基本コンセプトのもとに、平成17年度から平成20年度の4カ年にわたり、VOCナビ（VOC削減支援ツール）の開発を実施した。大略は図C-(1)-3に示すとおりである。

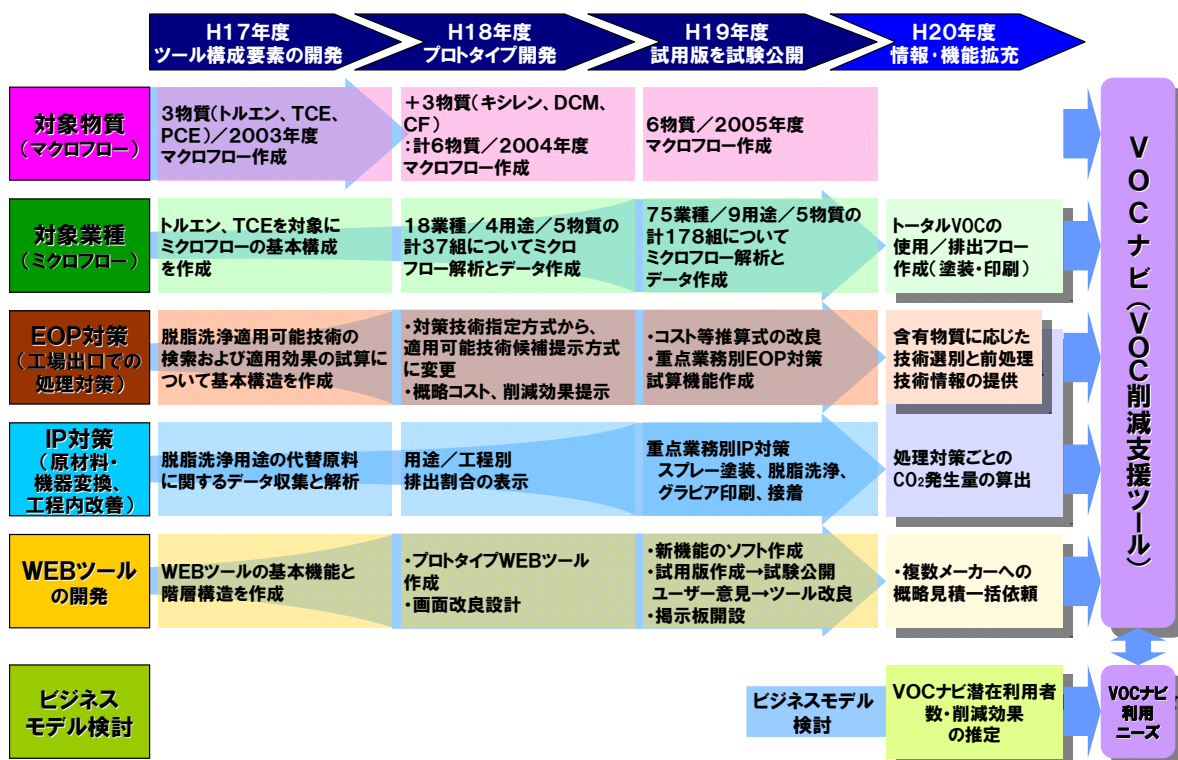


図 C-(1)-3 “VOC ナビ” 開発の4年間と成果



概ね i) 開発初期段階では、マクロからミクロに至る VOC の実績フローの分析と提示方式の検討及び削減対策技術データの収集と適用技術の評価を中心に、ii) 中期段階では、IP（インプラント）対策と EOP（エンドオブパイプ）対策を含めた技術適用による効果試算機能の拡充と Web ツールとしての試運用を、iii) 最終段階では、試運用で得られた意見・要望を踏まえて、複数メーカーに対する概略見積一括依頼機能の作成及び CO<sub>2</sub> 発生量の算出等のツールとしての機能拡充に重点をおいて行った。各作業要素毎の展開は以下のとおりである。

**対象物質の我が国全体での流れを示すマクロフローの作成**では、作成対象を、早急に削減が求められる塩素系有機溶剤として、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、塩化メチレン、クロロホルムの 4 物質、使用量の多い有機溶剤としてトルエン、キシレンの 2 物質の計 6 物質を対象物質として取り上げた。平成 17 年度では、このうちまずトルエン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンの 3 物質を対象に 2003 年度のマクロフローを作成し、続く平成 18 年度に、塩化メチレン、クロロホルム、キシレンを加えるとともに、6 物質すべてについて 2004 年度のマクロフローを作成した。さらに、平成 19 年度は、これら 6 物質について 2005 年度のマクロフローを解析・作成し、追加・更新を行った。

**個別の事業所での上記対象物質の物質収支を示すミクロフローの作成**では、平成 17 年度にトルエン、トリクロロエチレンを対象に業種、用途、物質を軸に事業所でのフロー（ミクロフロー）を示すその基本構成を検討、確立した。平成 18 年度には 18 業種、4 用途、5 物質の計 37 組（業種、用途により、使用、排出しない物質があるため単純な掛け算の組合せ数とは異なる）について、ミクロフロー解析とデータ作成を行い、平成 19 年には、これを 75 業種、9 用途、5 物質の計 178 組のミクロフローへと拡張した。平成 20 年度については、塗装・印刷用途について特定の物質ではなくトータル VOC でのミクロフローを検討・追加した。

**VOC 使用事業所での工場出口での対策である EOP（エンドオブパイプ）対策**については、平成 17 年度に、まず脱脂洗浄について、適用可能な技術を検索し、その適用効果を試算する手法を構築し、平成 18 年度には、これをユーザーが対象技術を指定する方式から、適用可能技術の候補とその概略コスト、効果を提示する方式へ変更した。平成 19 年度には、集積された処理装置メーカー等のデータに基づいて、コスト等推算式の精度向上を図るとともに、重点業務（脱脂洗浄、スプレー塗装、グラビア印刷、接着）についても、EOP 対策適用の試算ができる機能を追加し、平成 20 年度には、含有物質に応じた技術選別と前処理技術に関する情報提供機能の充実を図った。

**VOC の削減を、原材料・機器の変換、工程内改善といった手法で実現する IP（インプラント）対策**については、平成 17 年度に脱脂洗浄用途について、代替原料に関するデータ収集と解析を実施、平成 18 年度には用途・工程別の排出割合の表示を行った。平成 19 年度には、これらデータをもとに、上記重点 4 業務について IP 対策の実施の効果等を試算表示する機能を構築した。さらに、平成 20 年度については、EOP 対策も合わせて、VOC 対策による CO<sub>2</sub> 発生量が試算できる機能を追加した。

一方、**Web ツールの開発**という側面では、平成 17 年度に Web ツールの基本機能と構造について検討し、平成 18 年度には具体的な画面設計を行い、Web ツールのプロトタイプ版を作成

した。平成 19 年度は、これをインターネット上で試験公開するなど普及啓発活動を合わせて実施、得られたユーザー意見を踏まえて機能改良を行った。平成 20 年度には、このうち特にユーザー拡大に有効と考えられる複数メーカーへの概略見積一括依頼機能を追加するなどユーザーフレンドリーな機能拡充に取り組んだ。

また、開発した VOC 削減ツールをビジネスベースで運用し得るかの検討を平成 19 年度より開始し、その中でツールの潜在利用者数や削減効果の推定を行うとともに、VOC ナビ運用のビジネスモデルの検討を実施した。

## 2. 研究方法

### 2.1 有害化学物質削減支援ツール（VOC ナビ）用データ収集・分析

#### 2.1.1 マクロフロー解析ツール用データ収集・分析

ある化学物質が、どれくらい市場に投入され、どういうルートをとって最終的にどうなるのか。そういった化学物質の生産から廃棄までの流れを見える化した「マクロフロー」を、本ツールで対象とした 6 物質について作成し、VOC としての排出状況や排出ポイントを把握するための参考資料として、ツール上で提供する。

フロー作成に使用したデータの収集・整理手順は以下の通りである。

#### ライフサイクルの把握

6 物質それぞれの基本物性、代表的な製造方法、主な用途、及び排出後の挙動等の概要を各種文献により把握した。

#### 統計データの収集・整理

日本全体における生産量や輸入量などの統計データを、経済産業省または財務省などの資料や、関連業界団体の統計資料等により収集した。

#### 用途別需要量データ

経産省委託調査報告書や関連業界団体の資料を基に、各用途への需要量を推定した。

#### PRTR データの整理（業種別・用途別）

PRTR データは、6 物質について業種ごとに集計し、またそれらをさらに用途ごとに分類した。用途の分類は、届出事業所の業務内容等からの推定により行った。

### 2.1.2 ミクロフロー解析ツール用データ収集・分析

ミクロフロー解析では、マクロフロー解析で把握した要削減ポイントの用途や業種について、要削減ポイントをさらに絞り込むための情報（使用・排出実態）を把握する。

このような情報として、ミクロフロー解析ツールでは、以下の情報を提示する。

- ① ミクロフロー解析結果
- ② 従業員規模別大気排出量のグラフ、散布図
- ③ 詳細排出状況解析

上記の①は、化学物質を取り扱っている事業所において、業種（大分類、小分類）、従業



員規模、化学物質名、用途を指定した場合の事業所内の平均的な物質フローである。業種の小分類まで区分けすることによって、業種の特性をさらに詳細に見ることができる。

また②は、化学物質・業種（大分類）ごとに、事業所の従業員規模別の大気排出量を示したグラフおよび該当する事業所の従業員規模と大気排出量の値をマッピングした分布図である。③は、VOC の主要排出源である塗装工程、洗浄工程、印刷工程、接着工程について、VOC の使用状況等を示すデータである。

データ収集・分析は、以下の手順で進めた。

- ・ 基礎データの収集・分析
- ・ ミクロフロー推計（モデル、推定式は平成 18 年度の成果をベースとした）
- ・ データベース作成

基礎データの分析においては、表 C-(1)-1 に示すような事業所レベルのデータおよび統計データなどを元にした。

表 C-(1)-1 基礎データの収集・分析の際の利用情報

資料名	記載データ	検討事項
経済産業省・環境省 PRTR 届出データ(化管法第 11 条に基づく開示)	PRTR 届出事業所ごとの業種、従業員数、化学物質、排出量、移動量など。	事業所レベルでの業種ごとの排出量等の検討。
経済産業省「VOC 排出抑制に係る自主行動計画」	工業団体ごとの VOC の年度の使用量・排出量など。	VOC として算出されているので、他の資料と併せて、物質ごとの使用量・排出量を検討。またその結果から排出係数を算出。
自治体の条例で収集している取扱データ	自治体の条例によって集められた事業所ごとの溶剤取扱量等。	事業所ごとの溶剤取扱量等のデータを設定。そこから排出係数を設定。
社団法人日本塗料工業会「平成 17 年度 塗料からの VOC 排出実態推計のまとめ」(平成 19 年 2 月)、「平成 18 年度 塗料からの VOC 排出実態推計のまとめ」(平成 20 年 2 月)	塗料の種類(シンナー含む)および用途ごとの出荷量。	トルエン、キシレンなどの用途ごとの排出係数を算出。
環境省「PRTR 対象化学物質の排出削減に向けた取組事例集」(平成 17 年 8 月)	業種、従業員規模、事業内容、製造工程、対象物質、排出ポイント、排出の算出方法、物質の年度ごとの取扱量・排出量など。 63 事例が紹介されている。	左記事例の中から今回の対象物質の取扱い事例を抽出し、排出係数を算出。また、工程の詳細を検討。
企業の環境報告書、CSR 報告書および web 情報	VOC の使用量・排出量、取扱製品など。	上記検討の補足。
経済産業省「工業統計表産業編」	業種、従業員規模ごとの事業所数、原材料使用額等、製造品出荷額等。	業種(小分類)ごと、従業員規模ごとの VOC 使用量の参考情報。

また、これらのデータだけでは不十分であるので、塗装工程、印刷工程、接着工程について、事業所へのアンケート調査を実施し、VOC（トルエン、キシレンなど）の事業所ごとの取扱量、廃棄物量、回収・再生量、排出抑制対策の実施状況等の基礎データの収集を行った。

ミクロフロー解析でデータベースを作成した業種、用途、化学物質を表 C-(1)-2 に示す。なお、データは業種（小分類）レベルで作成した。

表 C-(1)-2 ミクロフロー解析の作成データ一覧

業種(大分類)	用途	化学物質
印刷・同関連業	印刷(出版グラフィ)	トルエン
	印刷(軟包装グラフィ)	トルエン 全 VOC
化学工業	化学原料/加工溶媒	キシレン テトラクロロエチレン トリクロロエチレン クロロホルム トルエン 塩化メチレン
プラスチック製品製造業	塗装(その他)	トルエン 全 VOC
	その他	塩化メチレン
ゴム製品製造業	接着	トルエン
鉄鋼業	脱脂洗浄	テトラクロロエチレン トリクロロエチレン
非鉄金属製造業	脱脂洗浄	テトラクロロエチレン
金属製品製造業	脱脂洗浄	テトラクロロエチレン トリクロロエチレン 塩化メチレン
	塗装(その他)	キシレン 全 VOC
一般機械器具製造業	脱脂洗浄	トリクロロエチレン
	塗装(その他)	キシレン 全 VOC
電気機械器具製造業	脱脂洗浄	トリクロロエチレン 塩化メチレン
	塗装(その他)	キシレン 全 VOC
輸送用機械器具製造業	脱脂洗浄	トリクロロエチレン 塩化メチレン
	塗装(その他)	キシレン トルエン 全 VOC
精密機械器具製造業	脱脂洗浄	トリクロロエチレン
その他の製造業	脱脂洗浄	テトラクロロエチレン 塩化メチレン
	塗装(その他)	トルエン 全 VOC
洗濯業	クリーニング	テトラクロロエチレン

注) データは業種(小分類)レベルで作成した。

### 2.1.3 用途別排出パターンデータの収集・分析

印刷用途を中心として、VOC 排出事業所を選定し、VOC 利用実態および排出濃度や排出風量など VOC の大気への排出状況に関する現場測定を実施し、対策技術についての知見を得た。

この分析結果等を基に、削減支援ツールの利用者による入力値である、VOC 利用量、稼働時間等と排出濃度、排出風量との関係を定量的に明らかにし、データベース化することを目的として、用途ごとに VOC 排出特性を峻別する代表的パターンを設定した。設定した排出パターンは以下のとおりである。

表 C-(1)-3 設定した用途別排出パターン

<金属洗浄(例)>

	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4
排ガス風量 (m <sup>3</sup> /分)	10	40	60	100
排ガス種類 (主成分)	塩化メチレン	塩化メチレン	トリクロロエチレン	トリクロロエチレン
排ガス濃度 (ppm)	1,500~2,500	500~800	250~500	150~400
排ガス温度	35°C			
原ガス性状	不純物として切削加工油を含む			
電動機仕様	全閉外扇屋外形×E種絶縁形			
稼働時間	8h/日、週5日稼働			
供給電源	60Hz×220V×3相			
付帯設備	チラー設備等運転に必要な設備			
装置設置場所	屋外建屋に設置			

#### 2.1.4 削減対策技術の適用性評価・検索ツール用のシーズ特性データの収集・分析

実測結果等及びそれに基づく代表的パターン分類と排出濃度等の条件設定に基づき、EOP削減対策技術のサプライヤーに対して、アンケート調査・ヒアリング調査を実施し、サプライヤー保有の技術・装置ごとの適用可能化学物質、技術・装置のインシヤルコスト、ユーティリティ等の使用量とランニングコスト、所要面積、適用事例を収集し、データベース化した。この際、実測結果に基づく条件設定を行った上で、データ収集とデータベース化を図った。

一方、VOCを使用している工程の中で、原材料や使用機器、あるいは作業方法等を改善することでVOCの排出を削減できる、いわゆるインプラント(IP)対策の手法について、対策の種類の説明や、対策導入のための情報提供を行い、さらにツールのユーザーが独自の条件を入力して効果やコストを検討できるIP検討ツールを開発した。該検討機能に必要なIP削減対策技術に関する効果やコストの情報は、各工業会や国の調査報告書等を基に、専門家へのヒアリング等を参考にしながら収集・分析し、ツール上で入力するユーザーの条件に応じた効果とコスト変化を算出するためのアルゴリズムの開発へつなげた。

#### 2.1.5 VOC排出削減対策毎の二酸化炭素排出量データの収集・分析

##### EOP削減対策技術関連データ

算定にあたっての基本的な考え方について、以下のとおり整理した。

- ・ 原則として、温室効果ガス算定報告公表制度の算定範囲(=排出事業所からの直接排出+電気・熱使用に伴う間接排出)に合わせる。具体的には以下を算定対象とした。
  - VOC削減装置が消費するエネルギーの使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量増加分
  - VOCの分解・燃焼に伴うCO<sub>2</sub>排出量増加分
- ・ CO<sub>2</sub>以外の温室効果ガスについては原則として考慮しない。

##### IP削減対策技術関連データ

インプラント（工程内）における VOC の削減対策に関して有効な手段の一つに、原材料を低 VOC のものに変換する方法がある。しかし、より広い視野で環境問題を捉えた場合、原材料を変換することが新たに及ぼす環境負荷についての考慮が必要になる。

そこで本ツールでは、使用する原材料の種類と量に応じて、その製造までの CO<sub>2</sub> 排出量を算出し、原材料の変換にともなう環境負荷の変化についての参考値を表示する。

### 3. 研究結果と考察

#### 3.1 有害化学物質削減支援ツール（VOC ナビ）の開発

##### 3.1.1 支援ツールの全体構成

##### ハードウェア構成

本ウェブシステムを実現するために、下記のハードウェアを導入した。

表 C-(1)-4 ハードウェア構成

種類	ハードウェア仕様	
WEB サーバ	CPU	Xeon3.06GHz
	RAM	2GByte
	HDD	SerialATA2 143Gbyte×2 (RAID1)
DB サーバ	CPU	QuadCore Xeon L5410 2.3GHz (L2 Cache : 6MB×2)
	RAM	2GByte
	HDD	SerialATA2 160Gbyte×2 (RAID1)
メールサーバ	CPU	Xeon2.8GHz
	RAM	2GByte
	HDD	SerialATA2 80Gbyte×2 (RAID1)
ファイアーウォール (以後、F/W と記す)	型式	NetScreen50

##### ソフトウェア構成

本ウェブシステムを実現するために、下記のソフトウェアを導入した。

表 C-(1)-5 ソフトウェア構成

種類		ソフトウェア仕様	
サーバ側	WEB サーバ	OS	CentOS
		WEB	Apache2.0
		APP	Tomcat4.1.31

		プログラム 実行環境	Java2 (1.4.0)
	DB サーバ	OS	CentOS
		DB	PostgreSQL8.1.4
	メールサーバ	OS	CentOS
		MAIL	qmail
	プログラムで使用するソフトウェアと標準仕様目安		CSS Level 2
			Java Script 1.2
			JSP 1.2
			XML 1.0
			Struts 1.3.8
	クライアント側		稼動ブラウザ) Internet Explorer 6 以上 / Netscape 6 以上 推奨ブラウザ) Internet Explorer 6.0 以上

### ネットワーク構成

本システムを実現するために、下記に示すネットワーク環境を構築することにした。本システム内には、個人情報を取り扱う機能が含まれているため、ネットワーク環境の構築にあたっては、セキュリティについて可能な限り考慮した。

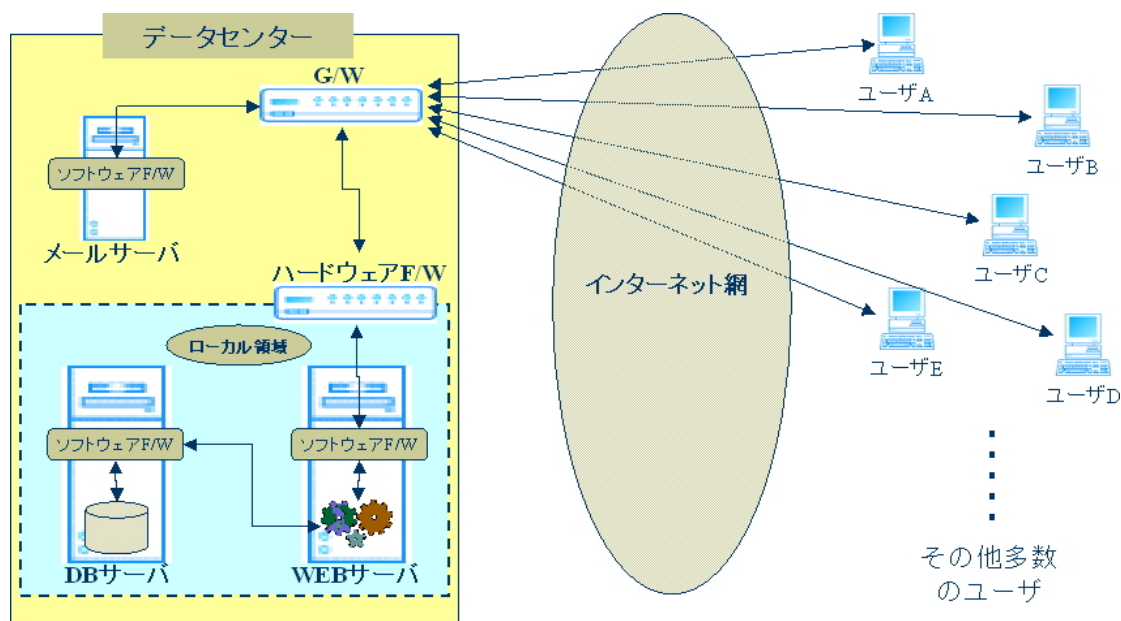


図 C-(1)-4 ネットワーク構成

## サイト構成

本ウェブサイトは、以下の構成となっている。



図 C-(1)-5 支援ツールのウェブサイト構成 (サイトマップ)

### 3.1.2 マクロフロー解析ツールの開発

#### マテリアルフロー

対象とする 6 物質について、生産から廃棄までの国内の流れを示したマテリアルフローを作成し、WEB 上でユーザーに提供するツールを開発した。

#### 業種フロー

対象とする 6 物質について、PRTR 制度により公開された排出量を業種ごとにまとめ、大気への排出量の多い順に並べた業種フローを作成し、WEB 上でユーザーに提供するツールを開発した。

### 3.1.3 ミクロフロー解析ツールの開発

ミクロフロー解析ツールでは、以下データを表示する。

- ① ミクロフロー解析結果
- ② 従業員規模別大気排出量のグラフ、散布図
- ③ 詳細排出状況解析

上記の表示項目のうち、①のツール画面上での表示イメージを以下に示す。

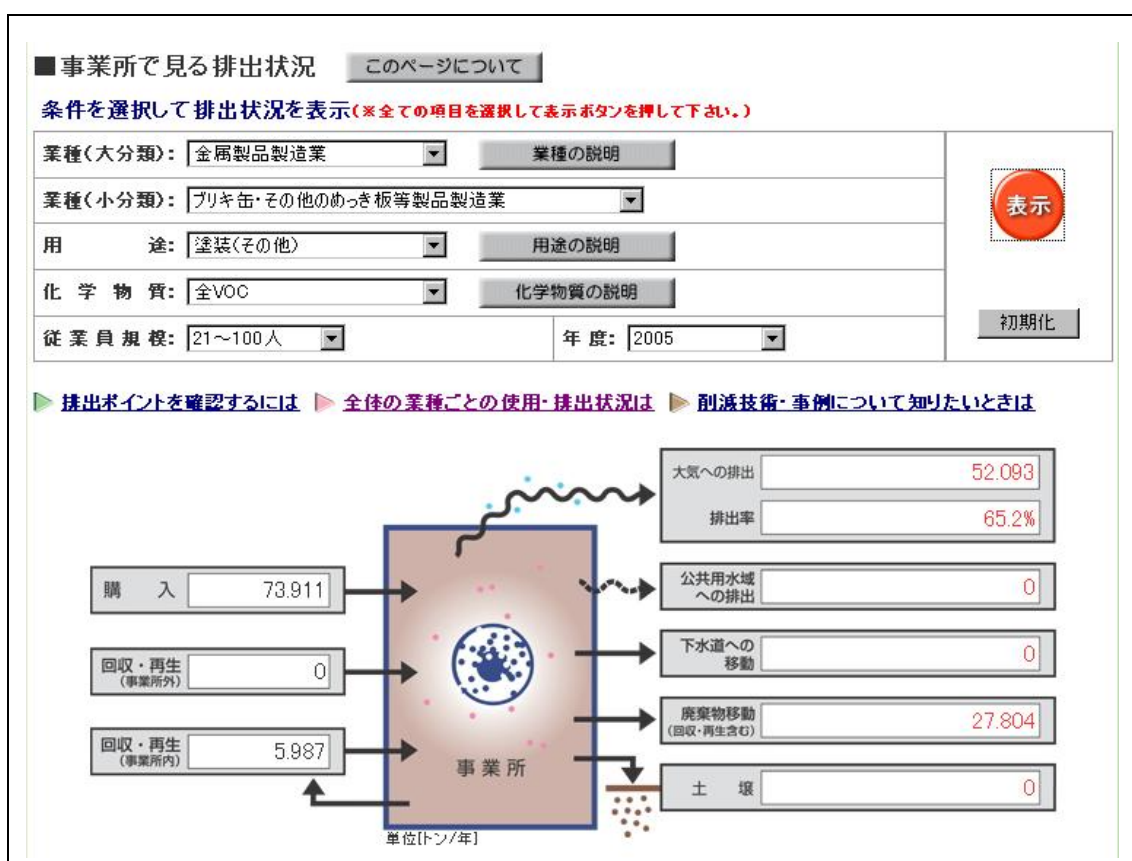


図 C-(1)-6 ミクロフロー解析結果の表示の例 (全 VOC の場合)

### 3.1.4 EOP 削減対策の適用性評価・検索ツールの開発

本ツールでは、EOP 削減対策に関して大きく「削減対策シミュレーション」「削減技術情報の検索」「業務別の EOP 対策の検討」の 3 つの機能を有している。

## 削減対策シミュレーション

図 C-(1)-7 項目の選択画面

上記の項目を全て入力後、削減対策シミュレーションを実行する（ページの「計算」ボタンをクリックする）ことで、図 C-(1)-8 のように削減対策シミュレーションの計算結果が表示される。画面左側の事業所に入る矢印は、事業所で 1 年間に使用する化学物質の量を、右側の事業所から出る矢印は、削減技術適用前後の事業所からの予測排出量を示している。

### 回収法 粒状活性炭

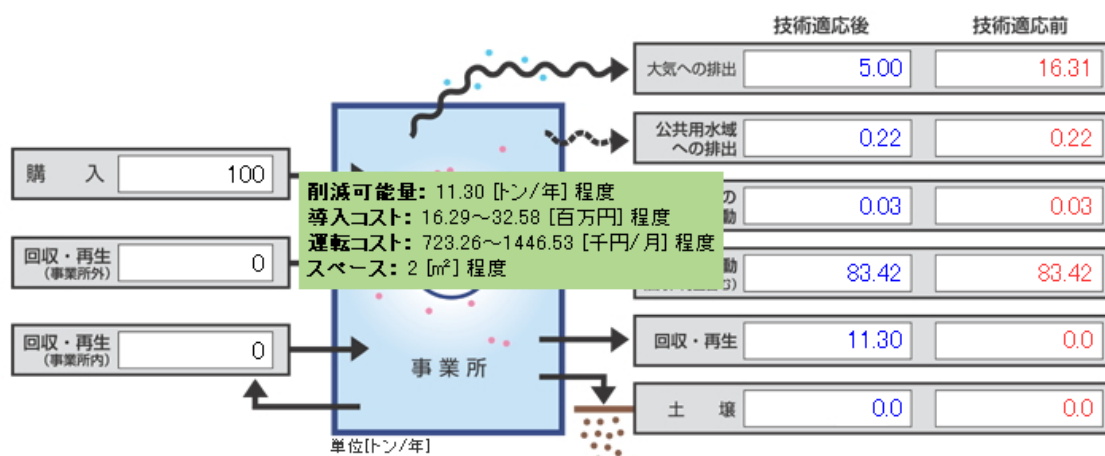


図 C-(1)-8 削減対策シミュレーション計算結果の画面

### 技術検索

「削減技術情報の検索」では、削減技術、メーカー名を選択することにより、条件に合った削減技術を一覧表示することが可能である。



削減技術(大分類、小分類)、供給メーカーを選択し、検索ボタンを押すことで、検索結果が表示される。検索結果では、以下の情報を参照可能である。

- ・ 適用事例：他社事例、外部ホームページの適用事例を参照可能
- ・ 供給メーカー、装置・手法名情報：供給メーカーの企業ホームページ及び供給メーカーの企業ホームページ内の製品情報を参照可能

図 C- (1)-9 検索結果の表示画面の例

### 3. 1. 5 IP 削減対策の適用性評価・検索ツールの開発

IP 検討ツールは、VOC の排出が多い業務分野（スプレー塗装、脱脂洗浄、グラビア印刷、接着）について作成した。WEB ツール「VOC ナビ」上に、この 4 つの業務分野についてより簡易な操作で対策検討ができる「業務別削減策」というカテゴリを設け、分野ごとに現状認識と IP 及び EOP の対策検討が一貫して実施できるような形式のページ構成で作成した。

表 C- (1)-6 IP 検討ページの構成

ページ	内容
対策の選択	対策を行っていない一般的な工程における VOC 排出の現状について認識してもらい、対策手法の概要を説明し、ツールによる対策検討のナビゲーションを行う。
原材料・機器の変換	工程内で使用する、VOC を含む原材料や機器または装置を変換する手法について、ユーザー個別の条件を用いて導き出した VOC 排出削減

	減効果と必要コストの目安を提示する。
作業の改善	工程内で VOC を扱う作業方法に関して、VOC 排出に影響する項目について説明し、VOC 削減のための改善の方向性及びそれによって期待される効果と必要コストの一般的な目安を提示する。

### 3. 1. 6 VOC 排出削減対策における二酸化炭素排出量算出ツールの開発

#### EOP 削減対策技術

2. 1. 5 で設定した算定ロジックを用いて、VOC 排出削減対策ごとの二酸化炭素の排出量算出が可能なツールを開発し、「削減対策シミュレーション」と「業務別の EOP 対策」に実装した。

#### IP 削減対策技術

インプラント（工程内）の VOC 排出削減対策技術に関する CO<sub>2</sub> 排出量の算出は、対策前と対策後に使用する原材料の種類と使用量に応じて行う。算出ツールは原材料・機器変換法画面に設置し、ここで現在使用中の原材料と検討する対策用原材料を選択し、さらに使用量を入力することで、これらを用いたそれぞれの原材料の製造までの CO<sub>2</sub> 排出量の算出を行い、VOC の削減効果を示す結果表と合わせて表示する形式とした。

### 3. 1. 7 概略見積一括依頼機能の開発

概略見積一括依頼機能は、VOC 排出事業者がサイトを通じて技術サプライヤーに対して見積依頼を行うことができる機能である。当機能での排出事業者と技術サプライヤーの最適なマッチングにより、対策促進につながるものと考えられる。本機能のオペレーションの流れを図 C-(1)-10 に示す。

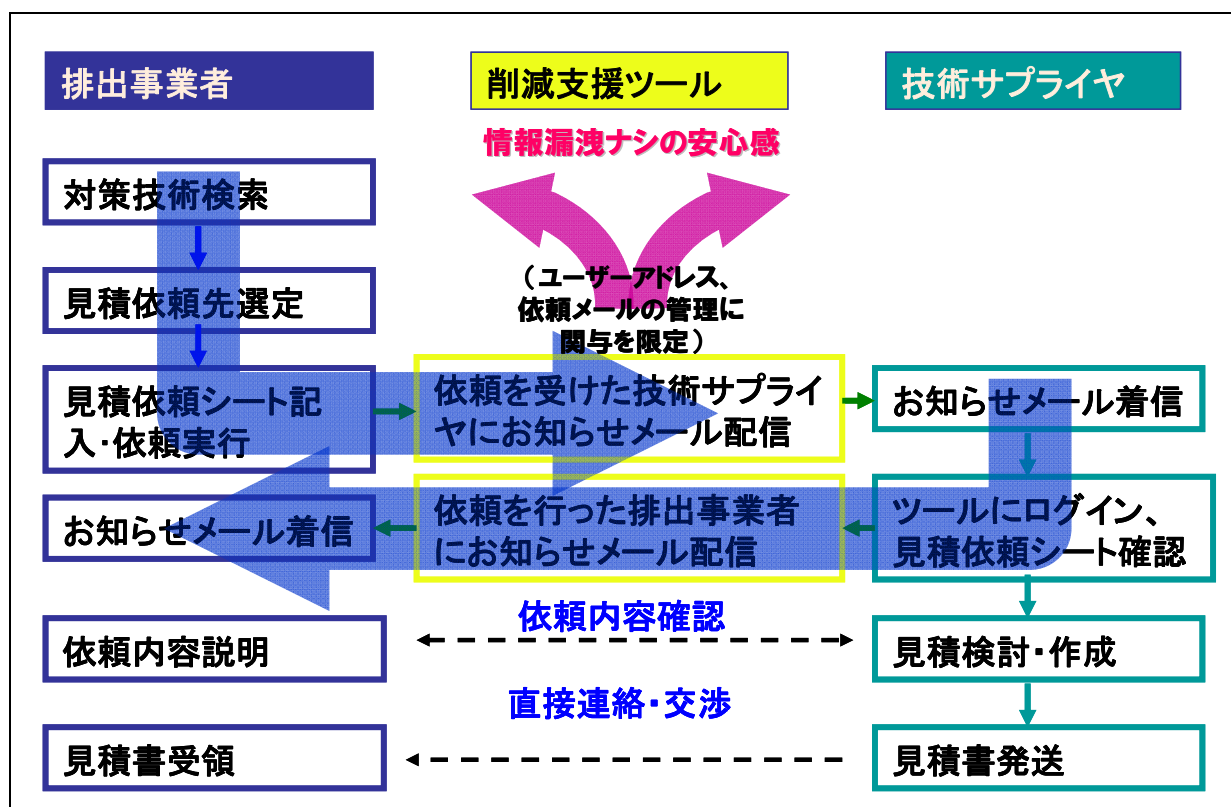


図 C-(1)-10 オペレーションの流れ

本機能によって、排出事業者は、気に入った幾つかの技術サプライヤーに対して、サイト上から直接、見積もり依頼を行うことができるようになる。

技術サプライヤーが見積もり依頼を受けた後は、技術サプライヤーでの通常の営業活動と同様に、直接、排出事業者と連絡を取り、商談の交渉を進めることになる。

### 3.2 VOCナビの普及活動と利用状況

#### ワークショップの開催

VOC ナビの普及のため、ワークショップを開催した。開催日時・開催場所等の一覧を以下に示す。

表 C-(1)-7 ワークショップ開催日時・開催場所等

開催回数	開催日	開催場所	参加人数
1	2007年10月11日	東京都千代田区（株式会社 三菱総合研究所）	午後：注1
2	2008年1月28日	岡山市（岡山コンベンションセンター）	午前：12名
3			午後：19名
4	2008年1月30日	福岡市（アスクビル）	午前：7名
5			午後：15名
6	2008年7月18日	東京都千代田区（株式会社 三菱総合研究所）	午前：15名
7			午後：18名
8	2008年7月29日	大阪市（NEDO 技術開発機構 関西支部）	午前：9名
9			午後：12名
10	2008年8月20日	東京都千代田区（株式会社 三菱総合研究所）	夜間：19名

注1：当日参加があったなどにより、参加数不明。

注2：一部の開催回については、参加人数ではなく、申込人数。

以下にワークショップ参加者を対象に実施したアンケート調査結果を示す。

<p><b>【VOC 対策のニーズ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>物質、用途については、現在、ツールに掲載されているものおよび今年度開発予定のものについてのニーズが高かった（物質：トルエン、キシレン、用途：塗装、洗浄、印刷等）。</li> </ul> <p><b>【コンテンツについて】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>対策技術の情報については、利用ニーズが高かった。</li> <li>事業者が求める情報項目としては、対策技術のメーカー名よりも、むしろ技術の内容に関する情報（削減効果、ランニングコスト、導入事例）を求めている傾向が見られた。</li> </ul> <p><b>【操作性について】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>操作性については、否定的な意見は少なかったが、あまり有効な意見は得られなかった。</li> </ul> <p><b>【運用形態について】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>VOC 対策の情報入手先については、インターネットからという意見が多かった。（本ツールの利用についても期待できる感触を得た。）</li> <li>事業者の情報入手先は、インターネット以外に、原材料・装置に販売業者・メーカー、業界団体、展示会が挙げられる。→本ツール普及については、このようなルートを検討することが重要であると考えられる。</li> <li>サプライヤーからは自社技術を登録したいという意見が多かった。登録料金としては、1商品当たり1万円～10万円程度が妥当であるという意見が多かった。</li> </ul>
--

### 3.2.1 VOCナビの公開と利用状況

#### 公開時期とVOCナビの開発状況

平成19年8月、業務別VOC排出削減対策検討機能（スプレー塗装編）を完成してウェブサイト用の基本機能が整ったのを機に、8月27日にインターネットでの一般公開を開始した。VOC排出削減支援ツールの機能と一般公開を開始したことを8月28日に開催された産業環境管理協会のVOC対策セミナーで発表した。引き続き脱脂洗浄編を作成し、9月12日～9月14日に東京ビッグサイトで開催された国際洗浄産業展に出品し、利用方法のデモンストレーションを行った。以上のように、平成19年度のソフト開発予定項目が完了したわけではないが、ソフト開発と並行して、作成した機能を逐次一般公開して多くの人に使用してもらい、わかり難い点、使い難い点、ツールに期待する機能等利用者の声を集め、それを参考にツール改良を進めた。

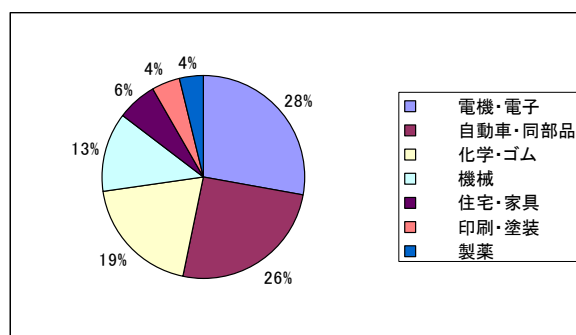
開発プロジェクトにおいても平成19年10月11日にワークショップを東京で開催し、ツール機能の概要とインターネットを使っての利用方法の説明を行い、利用普及を図った。

#### アクセス数と利用者分析結果

VOCナビのVOC対策検討機能完成に伴い、ウェブサイトへのアクセスデータを2008年1月から収集し、利用状況を調査・分析を実施した。

ウェブサイトへのアクセス数をページビュー数の月間推移で見ると、平成20年前半は月間8千ページ前後で推移していたが、ワークショップ等VOCナビの普及活動を活発に実施した7月以降1万5千ページ前後に増加し、11月以降は2万5千ページ前後になっている。

VOC排出事業者からのアクセスを業種分類すると図C-(1)-11に示したとおり、電機・電子製造業、輸送機械製造業（自動車製造、自動車部品製造）、化学工業、ゴム製品製造業で全体の75%を占める。電機・電子製造業、輸送機械製造業においては、製造工程に洗浄、塗装等VOCを取り扱う工程があり、VOC排出抑制に取り組んでいるためアクセスが多いものと思われる。



図C-(1)-11 業種別アクセス分析（排出事業者）

2008年1月から2009年2月までのツールの各機能のアクセス数を各月4ページ以上の

アクセスについて集計した結果を表 C-(1)-8 の中央に示す。

見積依頼機能は 2008 年 7 月から利用開始したので、アクセス数の比率を比較するには 2008 年 7 月以降のアクセス数で分析するのがよい。

また TOP ページは除外して利用比率を比較した結果を表の右部分に示す。

業務別の塗装と削減対策情報検索の利用数が多いことがわかる。また、見積依頼のページに 3,600 のアクセスがあり、関心が高いことを示しているので、今後実際に見積依頼が実施されるよう、フォローアップが必要である。

表 C-(1)-8 VOC ナビの利用ページ分析

ツール機能	08/01-09/02		08/07-09/02	
	アクセス合計	比率%	アクセス合計	比率%
TOP ページ	18,295	20.1	10,529	—
業務別				
塗装	12,620	13.8	7,157	15.7
洗浄	5,899	6.5	3,308	7.3
印刷	6,868	7.5	3,945	8.7
接着	3,137	3.4	2,266	5
処理対策(シミュレーション)	2,360	2.6	1,299	2.9
マクロフローと解析	5,507	6	3,194	7
業種フローおよび工程図	2,789	3.1	1,689	3.7
マイクロフローと解析	5,125	5.6	3,001	6.6
情報検索(処理装置)	8,057	8.8	5,050	11.1
情報検索(工程内対策)	5,505	6	3,888	8.6
見積依頼	3,618	4	3,618	8
利用のひろば	8,486	9.3	5,056	11.1
VOCニュース	2,882	3.2	1,990	4.4
合計	91,148	99.9	55,990	100.1

### 3.3 VOC ナビ開発の成果

#### 3.3.1 VOC ナビ利用による VOC 排出削減量推計

今回、開発を行った“VOC ナビ”は利用可能な対象業務や対象物質が必ずしも特定範囲に限定されるものではないが、特に実務的な検討を実施する対象として、VOC 排出量の多い『スプレー塗装』、『脱脂洗浄』、『グラビア印刷』、『接着』を取り上げている。そこで、これら 4 業務に係る VOC 排出量を見ると、平成 18 年度推計で 563,513 トンであり、これが本ツールがより積極的に働きかけ得る VOC 排出量 (=VOC 削減ポテンシャル量) と考えることができる。

そこで、ツールによる排出削減期待効果を、

$$\text{VOC 排出削減期待量} = \text{VOC 削減ポテンシャル量} \times \text{トリガー率} \times \text{対策実施効果}$$

\*ここで、

トリガー率 : VOC ナビの利用が契機となって排出事業者が対策を実施する率

対策実施効果 : 対策を適用することで VOC が削減される割合 (EOP 対策で 80%、IP 対策で 30%と想定)

と考え、トリガー率を平成 22 年時点で EOP 対策で 1%、IP 対策で 3%と想定すると、平成 22 年度の削減期待量は、

$$563,513 \text{ トン} \times (0.01 \times 0.8 + 0.03 \times 0.3) = 9,580 \text{ トン}$$

と、削減必要量 14 万トンに対して 1 万トン程度の貢献となる。

さらに、中小事業者向けに今後開発される技術を積極的にツールに取り込むことにより、平成 22 年から平成 27 年にかけて、EOP 対策については年 1% ずつ、IP 対策については 2% ずつ、トリガー率がアップしていくものと想定すると、平成 27 年度までに VOC ナビが契機となって削減が期待される量は、EOP 対策：83,414 トン、IP 対策：71,850 トンと合計約 15.5 万トンとなり、平成 22 年度の 4 業務起因排出量 56.4 万トンに対して、28% 程度の効果をも期待しうる。

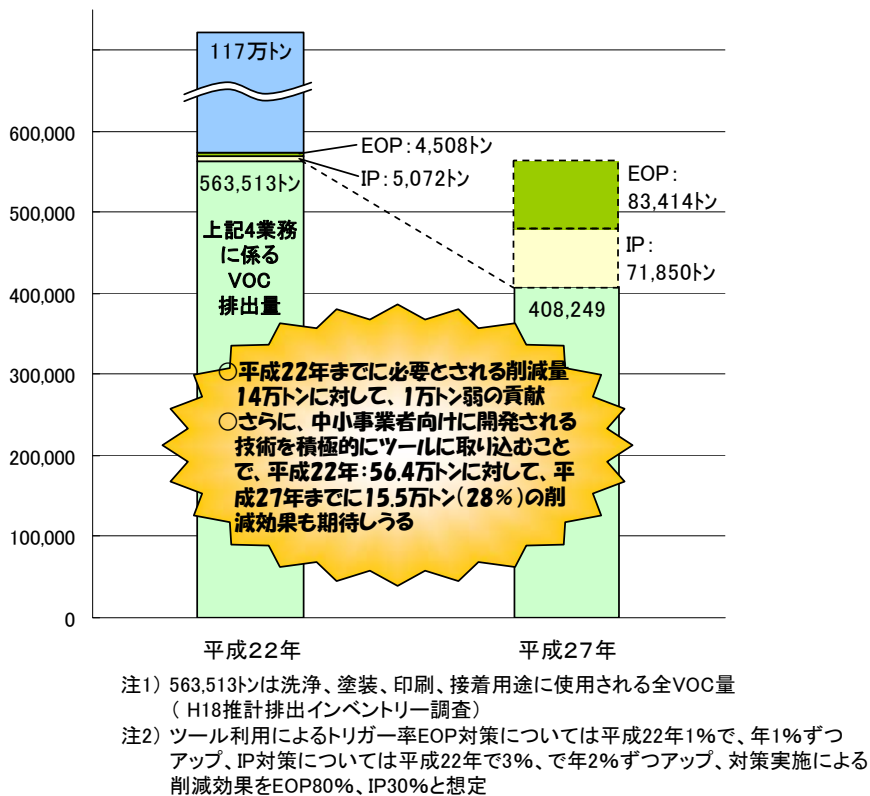


図 C-(1)-12 “VOC ナビ” による VOC 削減期待効果

### 3.3.2 VOC ナビ潜在利用者数の推計

対象とする分野は、VOC の主要な排出源である洗浄、塗装、接着、印刷の潜在的なユーザー数(事業所数)を各種統計等に基づいて推計すると下表のように、6 万~7 万件程度となる。これ以外にも、ラミネート加工などの企業が対象になると考えられる。

表 C-(1)-9 事業所の推計結果

分野	事業所数 (推計値)
洗浄分野	5.0 万事業所
塗装分野、接着分野	11.5 万事業所
印刷分野	0.7 万事業所
合計	17.2 万事業所

#### 4. 結言

##### 4.1 ビジネスモデルの検討

VOC ナビでは、3. で示すような VOC 削減に関する幅広い情報を無料で発信するため、VOC 削減を検討している多くの排出事業者のアクセスが期待される。これらのアクセス者は技術サプライヤーにとっての有望な潜在顧客であるため、本サイト内に自社製品・サービス情報を掲載することで効果的な広告宣伝が可能となる。VOC ナビ自立化の検討に当たっては、技術サプライヤーにとっての広告宣伝媒体としての価値に着目し、技術サプライヤーからの広告宣伝費を主な収益源とするビジネスモデルを構築するに至った。

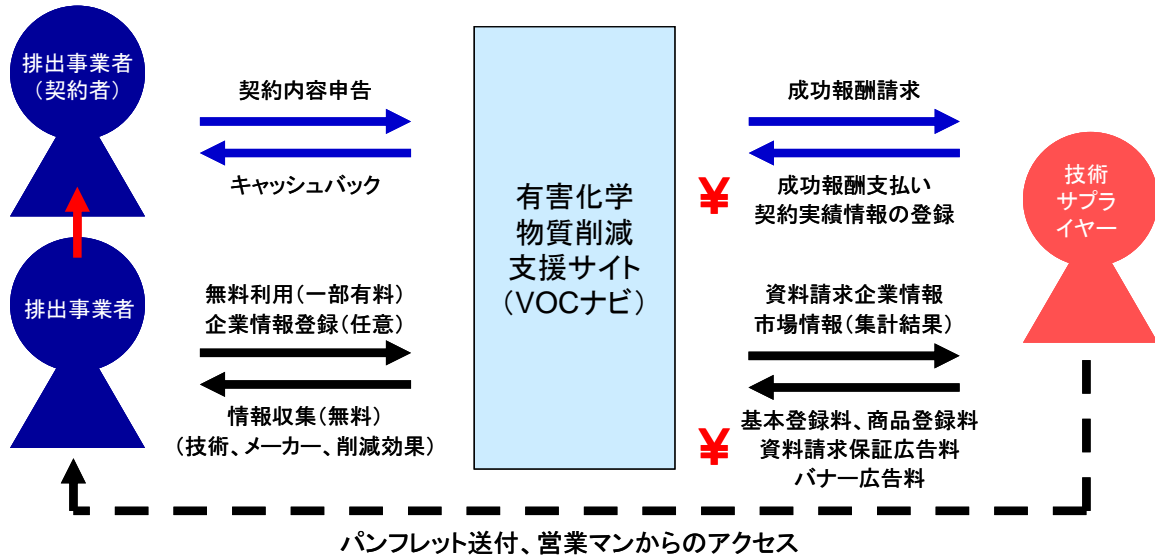


図 C-(1)-13 ビジネスモデル概要図

上記のビジネスモデルを前提に、事業収支の試算を行った。詳細な算出条件は以下に示す。なお、図に示すビジネスモデルの中で、資料請求保証広告料（排出事業者から技術サプライヤーに対して見積もり依頼があった場合、依頼件数に応じて技術サプライヤーに対して広告料を課金するもの）は請求手続きが煩雑になるため、徴収しないものとして試算している。

表 C-(1)-10 事業収支算出条件

#	項目	設定条件
1	技術サプライヤー数	500 社（2009 年度以降の伸び率 0%）
2	技術サプライヤーのサイト登録率	2009 年度 10%、2010 年度 20%、2011 年度 30%、2012 年度 35%、2013 年度 40%
3	技術サプライヤー1 社当りの商品登録点数	平均 2.0 点
4	1 日当りのサイト訪問者数	2009 年度 200 人、2010 年度 300 人、2011 年度以降 600 人
5	サイト訪問者の見積依頼率	1.0%
6	見積依頼 1 回当りの企業数	1 回当たり 3 社に一括見積依頼
7	技術サプライヤーに対するサイト登録基本料金	5000 円/月
8	技術サプライヤーに対する商品 1 点当り登録料金	1000 円/月



9	バナー広告料金	掲載場所や大きさに応じて3段階に設定 ①200千円/月、②100千円/月、③50千円/月
10	広告枠の稼働率	上記バナー広告枠の稼働率は、2009年度20%、2010年度60%、2011年度以降は70%
11	見積依頼した排出事業者から見積依頼後にサプライヤーへコンタクトを取る率	20%
12	#11のコンタクト後に契約が成立する率	5%
13	#12の平均契約単価	3,000千円
14	技術サプライヤーから徴収する成功報酬率	契約単価の5.0%
15	徴収した成功報酬額のうち、契約した排出事業者への還元率	契約単価の2.0%
16	事業運営人件費	9,000千円/年
17	サーバーホスティング費用	4,680千円/年
18	ドメイン使用料	8千円/年
19	アプリケーション保守費用	1,700千円/年
20	バナー広告のソフト開発および運営費	2009年度1,500千円、2010年度以降500千円
21	プロモーション活動費	4,000千円/年
22	その他運営経費	1,200千円/年
23	減価償却費	ソフト開発費に対して5年間の定額償却

この算定条件に基づく収支計算結果は以下の通り。

表 C-(1)-11 収支計算結果

		単位:千円					
		2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	5年間累計
売上高	千円	6,222	14,115	20,379	23,532	25,632	89,880
サプライヤー登録基本料	千円	3,000	6,000	9,000	10,500	12,000	40,500
商品登録料	千円	1,200	2,400	3,600	4,200	4,800	16,200
見積依頼情報料	千円	0	0	0	0	0	0
バナー広告料	千円	1,320	3,960	4,620	4,620	4,620	19,140
成功報酬	千円	702	1,755	3,159	4,212	4,212	14,040
変動費	千円	0	0	0	0	0	0
固定費	千円	22,288	21,488	21,688	21,888	21,888	109,240
営業利益	千円	-16,066	-7,373	-1,309	1,644	3,744	-19,360



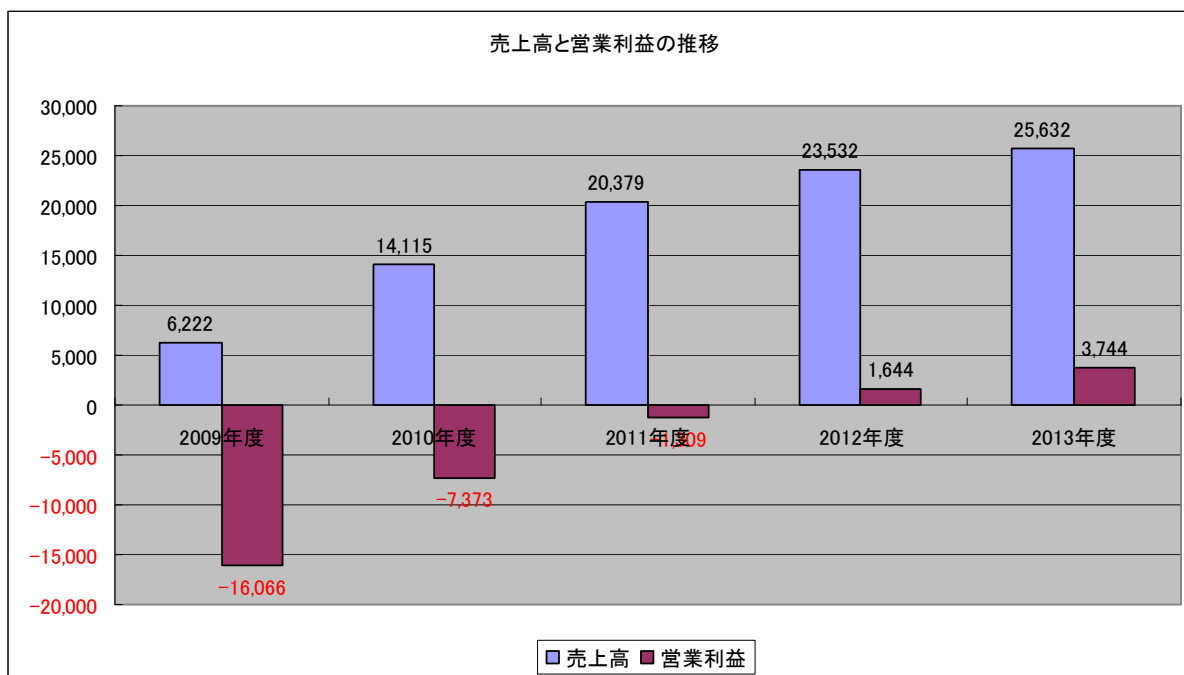


図 C-(1)-14 収支計算結果（グラフ）

#### 4.2 VOCナビ継続運営のための課題

ウェブサイトの研究開発終了後も引き続き VOC ナビを運営し、VOC 排出削減を支援することが重要であり、運営機関の候補について検討した。

候補機関としては

- ① VOC ナビ開発者
- ② 情報提供ウェブサイト運営者
- ③ 公的機関、公的団体

が考えられる。

4.1 で検討したビジネスモデル収支計算においては、ウェブサイト運営費を賄う収入を得ることが非常に厳しいという試算結果がでており、ウェブサイト運営単独で営利事業として運営していくことが難しく、シンクタンクを業とする①が運営することが困難な状況にある。

そこで、②のように既にウェブサイト運営を実施しているサイト運営者に情報提供サービスの拡大という形で運営を移管する可能性に期待し、ヒアリング調査を行った。その結果、ウェブサイト運営単独では収益事業とはなっておらず、別のサービス提供や商品販売のための情報提供を補完する役割と位置づけて運営している状況であった。また民間企業が運営する場合、収益悪化時に VOC ナビの運営を企業の都合で中止することが想定され、事業者の VOC 排出削減を支援する公共性の高いサイトの継続的利用が担保できないことになる。

このような観点から、③公的機関・公的団体による運営が望ましいが、この場合でもサイト運営費の裏づけが必要である。

今後の光化学スモッグの発生状況等社会的ニーズの動静により、化学物質排出削減対策支援の強化が求められる際に、公的機関による VOC ナビの運営が実現することを期待したい。

#### 4.3 VOCナビの今後の方向

“VOCナビ”は現在までWeb上の運用成果としては、3.2で述べたように、一定数のアクセス者数を確保しているものの、明確な削減実績にまでは至っていない。

これは、“VOCナビ”のツールとしての使いにくさ（ツール側の要因）やツールの存在自体が必要とされるユーザーに知られていない（ツール広報側の要因）も大きいものの、現段階では排出事業者（想定ユーザー）が削減の必要性を十分に認識していない、もしくは対策に対する切迫感に欠けるといったユーザー側の要因や“VOCナビ”に現時点で登録されている技術がユーザーのニーズ（価格や性能）とはマッチしていないというサプライヤー側の要因も大きいものと考えられる。

平成22年度にVOC規制の成果レビューが行われ、その結果として、（特に中小事業者を中心として）VOC排出抑制への要請が加速化すると考えられることから、VOC削減対策に対する切迫感は今後高まっていくものと想定される。その際に“VOCナビ”がこれまでの対策に比べ格段に安価で優良なVOC対策技術に関する情報を取り込んで行くことができれば、ユーザーとサプライヤーのニーズが合致し、VOCナビがそのためのトリガー役という本来の機能を発揮する場が拡大してくるものと考えられる。すなわち、ビジネスベースでのツール運営は現段階では難しいため、フォローアップ研究として、リンク先の更新などのデータベースのメンテナンスを実施する。2ヶ年を目処にこのようなフォローアップを継続し、VOC削減要請の加速化状況などを鑑みて、公的団体もしくは開発事業者のホームページでの公開に移行させることとする

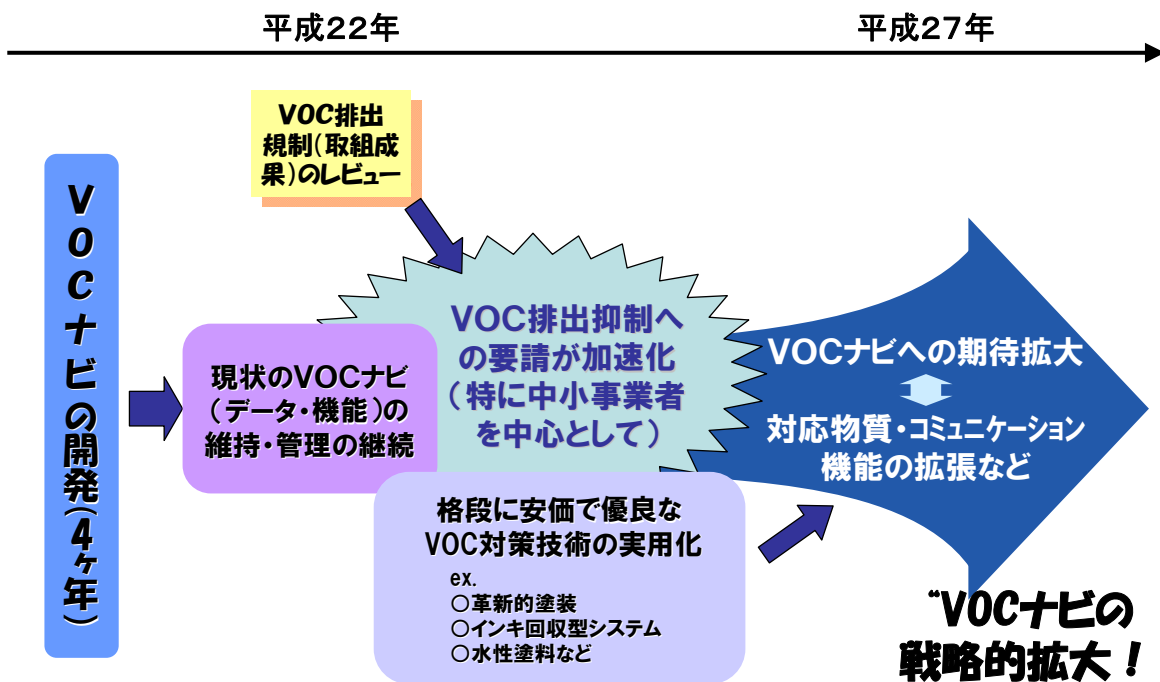


図 C-(1)-15 “VOCナビ”の今後の導入・展開シナリオ

## IV. 実用化、事業化の見通しについて

### 1. 実用化、事業化の見通し

研究開発テーマ毎の実用化、事業化の見通しを一覧表として表IV-1-1及び表IV-1-2に示す。

表IV-1-1 研究開発テーマ毎の実用化、事業化の見通し

#### エンドオブパイプ技術(A)

研究開発 テーマ	研究開発 内容	製品イメージ	分野・ プロセス	削減物質	実用化、事業化 の見通し
A-(1) 吸着エレメントと プラズマを組合 わせた難処理有 害化学物質除去 の研究開発	吸着剤を担持し たハニカム吸着 エレメントで VOCを吸着濃 縮し、プラズマ で分解無害化 する装置の開 発。	[連続式プラズマ分解装置] 50~1200m <sup>3</sup> /時間 吸着困難なVOC及び 100ppm以下の汎用VOC [バッチ式プラズマ分解装置] 1200~12000m <sup>3</sup> /時間 100ppm以下の汎用VOC	印刷、塗装 化学工業 医療	ホルムアルデヒド、 アセトアルデヒド、 エチレンオキシド トルエン、キシレン、 ベンゼン、 エチルベンゼン	自主研究により電極板の耐 久性を向上する。 スクリーン印刷事業所、自 動車板金工場など近隣の悪 臭の苦情対策を狙う。平成 20年より医療現場のホルム アルデヒド規制が強化され、 市場調査中。技術の普及は 今後の需要による。
A-(2) 直接加熱式VOC 吸着回収装置の 研究開発	VOC吸着回収 における溶剤加 熱脱離工程を、 スチームを用い ずに電磁場のエ ネルギーを用い て行う、小型、 低コスト、高効 率な装置の開 発とモニタリ ング技術の開 発。	[不燃性VOC吸着回収装置] 処理風量3~10m <sup>3</sup> /分	金属加工業 (洗浄工程)	トリクロロエチレン、 テトラクロロエチ レン、ジクロロメタン	回収装置の価格は1台300 万円目標として、平成22年 (2010年)度の事業化を目指 す。 溶剤(VOC)回収業者との連 携、普及拡大。
		[可燃性VOC吸着回収装置] 処理風量(平均)50m <sup>3</sup> /分	印刷、塗装 の乾燥工 程、化学工 業の反応溶 媒除去	トルエン、キシレン	自主研究により高周波等の 加熱技術を用いた装置の実 用化を目指す。トルエン代 替の酢酸エチルなどに対 応。平成23年(2011年)度 の事業化を目指す。
A-(3) 吸着相オゾン酸 化による排出有 害物質の完全分 解処理	VOCとオゾン をシリカ系吸着 剤に吸着・高度に 濃縮して、酸化 反応によりVOC を分解する、小 型、高性能な分 解処理装置の 開発。	[排ガス処理装置] 処理容量:10~100m <sup>3</sup> /時間、寸 法L0.6m×W0.6m×H1.5m、 処理対象濃度~100ppm	印刷、塗装	トルエン、キシレン	研究開発事業は平成18年 度で終了した(実施機関解 散等)。
		[排水処理装置] 処理容量:2m <sup>3</sup> /日、寸法L0.5m ×W0.5m×H1.5m、 処理対象濃度~10mg/L	繊維工業、 金属加工業 (洗浄工程)	アセトアルデヒド、 トリクロロエチレン	
A-(4) マイクロバブル の圧壊による有 害化学物質の高 効率分解技術の 開発	マイクロバブル 圧壊により発生 するOHラジカ ル等による有害 物質分解の高 効率化検討、高 性能で実用的な 排水処理技術 の開発。	排水処理装置 排水処理システムの設計、提 案。活性汚泥法等の既存処理 システムと組み合わせたシス テムの提案。	プラスチック 加工業 金属加工業 (洗浄工程) 化学工業、 繊維工業	有害化学物質 フェノール、 N,N-ジメチルホル ムアミド、 トリクロロエチレン	研究開発事業は平成17年 度で終了した(技術検討委 員会判断)。
A-(5) 大気圧・空気プラ ズマ発生シス テムによるVOC 分解試験、VOC を高速に分解す る小型・安価な 大風量処理装 置の開発。	大気圧・空気プラ ズマ発生シス テムによるVOC 分解試験、VOC を高速に分解す る小型・安価な 大風量処理装 置の開発。	排ガス処理装置 処理風量~60m <sup>3</sup> /時間、濃度 ~1000ppm、吸着困難なVOC	化学工業 医療 自動車排ガ ス	ホルムアルデヒド、 トルエン、キシレン、 ベンゼン、 エチルベンゼン	風量向上等自主研究を行 い、2年以内を目処にドラフ トチャンパー用途のデモ機 での性能検証を行う。 小風量・高濃度・多成分 VOC処理の適用業種、密 閉空間での循環処理等の 用途を検討。
A-(6) デュアルメンブ レンシステムによる ガソリンペーパー 回収装置の開発	脱水膜、VOC 膜の組み合わせ による水分フ リーのガソリン ペーパー回収 装置の開発、炭 素脱水膜開発。	ガソリンペーパー液化回収装 置 ガソリンスタンドでの給油時に 発生するガソリンペーパーを 液化して回収する。処理量:90 L/分	ガソリンスタ ンド	トルエン、キシレン、 ベンゼン、 エチルベンゼン、 その他炭化水素	平成21年度から炭素膜を 用いた耐久試験等の継続研 究を行い、平成23年度より 実ガソリンスタンドでの実証 試験、平成24年度、市場導 入を図る。
A-(7) 含塩素VOC高 効率分解固定化 装置の研究開発	含塩素VOCを 分解し、塩素を 固定化する分解 固定化剤の開 発、VOC無害 化プロセスの開 発、並びに、分 解固定化装置 の開発。	含塩素VOC分解回収装置 処理量ジクロロメタン8~30 トン/年 濃度1,000ppm以下	金属加工業 (洗浄工程)	トリクロロエチレン、 テトラクロロエチ レン、 ジクロロメタン	今後の需要増を狙う。平成 24年度、市場導入を図る。 ジクロロメタンを対象とし て、小規模事業所をターゲット とする。 回収メリットの出にくい混 合物処理:化学工業等の合成 反応用途も検討。

表IV-1-2 研究開発テーマ毎の実用化、事業化の見通し

インプラント技術(B)、システム・ソフト技術(C)

研究開発 テーマ	研究開発 内容	製品イメージ	分野・ プロセス	削減物質	実用化、事業化 の見通し
B-(1) 非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発	非フェノール系樹脂原料を過酸化水素を用いて選択的にエポキシ化する手法を用い、PRTR削減対象物質を用いずに、電気・電子材料に好適に用いられるレジスト材料等の新規製造法の開発。	絶縁材料	電子材料	ビスフェノール-A、ホルムアルデヒド	エレクトロニクス用途について、平成19年度からサンプル供給を行い、客先のような要求特性に応えられるよう、特性改善を行ってきた。平成21年に生産を予定。ノンハロゲン化による電気絶縁性を活かし、他の電子材料への用途拡大を行う。
B-(2) 革新的水性塗料の開発	VOC含有量を著しく低減して、塗料成分以外は水で構成される水性塗料の開発。	焼付け型低VOC水性塗料	塗装、金属製品・機械への塗装	トルエン、キシレン、エチルベンゼン	平成21年度に自主研究により実用的なレベルの開発を終了させ、平成22年度中には鋼製家具を中心とした一般工業塗装分野に上市する計画。
B-(3) 溶剤フリー塗装技術の研究開発	蒸着重合法を用いて合成したポリ尿素によって、マグネシウム合金等の金属製品を防食膜で被覆する塗装代替技術の開発。	防食被覆膜 小型家電マグネシウムスピーカー、PC筐体等  防食被覆膜 PC筐体等	塗装、金属製品への塗装	トルエン、キシレン	家電市場、中でも音楽業界を中心とした、マグネシウムスピーカーの量産化・事業化を現在進め市場参入を図る。 継続研究により製膜条件の最適化を行い、3次元立体形状物への応用を図り、市場拡大に伴う事業化を展開したい。筐体等への応用は平成23年(2011年)度製品化を目標。
B-(4) 有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセスの開発	エステル合成プロセスにおける副成廃棄物や製造に使用する有害薬品を削減しうる、マイクロ波加熱方式によるエステル合成プロセスの開発。	マイクロ波加熱を用いたエステル製造プロセス ハロゲン化酢酸エステル類(医薬・農業中間体) アミノ酸エステル類(医薬・太陽電池用色素中間体)	化学工業、化学品製造プロセス	トルエン、キシレン、四塩化炭素、ベンゼン	平成21～22年度は市場拡大が見込まれるアミノ酸のエステル化プロセスの完成に注力。平成24年度、事業化を目指す。 継続研究により新規触媒等要素技術のブラッシュアップ、スケールアップを目指す。
B-(5) 革新的塗装装置の開発	高い塗装仕上げ品質を有する有機溶剤系塗料の希釈剤を二酸化炭素で代替して、VOC排出量を抑制する二酸化炭素塗装の実証、塗装装置及び塗料の開発。	二酸化炭素塗装 低VOCスプレー塗装	塗装、樹脂製品・金属製品への塗装	トルエン、キシレン、エチルベンゼン	加美電子工業の量産ラインに設置する塗装機は平成22年(2010年)4月からの稼働を目指す。実用化目前。工業化課題(操作性・連続安定性)を解決して工業化装置確立を目指す。用途拡大に向け、自動車車体、光学電子樹脂部品、高級木工家具への展開に向けた共同研究をスタートした。
C-(1) 有害化学物質削減支援ツールの開発	VOCの使用・排出状況、VOC削減技術及び技術適用による削減効果、削減技術のコスト情報等を事業者等に提供することにより、VOC排出削減を支援するWebツールの開発。	ソリューションサイト型のWEBシステム	塗装、洗浄、印刷、接着を伴う製造業及びその他右記6物質を取り扱うプロセスを有する産業分野	トルエン、キシレン、ジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、クロロホルムの6物質及び塗装・印刷業務で使用する全VOC	計画されたツール機能は完成し、平成19年度からWEB上に無償公開して、ウェブサイトで利用されており実用化できている。ビジネススペースでのツール運営は現段階では難しい。現在、VOCナビの維持・管理を2ヶ年を目標に自主的に継続中。VOC削減要請の加速化状況などを鑑みて、公的団体もしくは開発事業者のホームページでの公開に移行させる計画。

以下、研究開発テーマ毎の実用化、事業化の見通しを記す。

#### **A-（1）：吸着エレメントとプラズマを組合わせた難処理有害化学物質除去の研究開発**

##### **委託先：西部技研**

本研究で開発したプラズマ分解は、燃焼法、吸着法といった従来の技術では経済的に処理困難なVOCを分解できるだけでなく、動力が電気のみであり必要なときのみ起動すればよい（オペレーションが容易）、小型・軽量（狭いスペースにも設置可能）、などの特長を有している。本技術を応用することで、中小事業所が簡単に導入・設置・運転管理できる装置の開発が期待できる。試作機による長期実証、耐久試験から、電極および電源の最適化、開発を進め、製品としての完成度を高めた。電極板の耐久性が1年以上あるものの、引き続き、改良を検討している。市場性については、VOC排出量は少ないが、住居などの生活環境に排出源が隣接する悪臭の苦情対策をターゲットと考えている。小規模印刷事業所（スクリーン印刷）、自動車板金工場などは、都市型VOCの代表的な発生源である。平成20年3月より医療現場におけるホルムアルデヒド規制が強化されたが、吸着プラズマ分解装置はこのような低濃度でも有害性の高いVOCの除去に優位性がある。現在市場調査を実施し、この種の用途向け製品化の可能性を検討している。技術の普及は今後の需要による。

#### **A-（2）：直接加熱式VOC吸着回収装置の研究開発**

##### **委託先：エンバイロメント・テクノロジー・ベンチャーズ・産業技術総合研究所**

本研究で開発したVOC吸着回収装置は、高効率な吸着回収、蒸気を使わない再生、回収溶剤の再利用による溶剤コスト削減、VOCモニタリングと回収溶剤管理システムによる環境対応と省力化を、ユーザーへ同時に提供できるものである。

これまでVOC排出対策がほとんどされていない金属加工の中小事業所の洗浄工程をターゲットに、そこで多く使用されている洗浄槽面積1m<sup>2</sup>の洗浄装置に対応した、トリクロロエチレンなど不燃性VOC用吸着回収装置を開発した。開発装置は水蒸気を使わないため、低価格、小型、維持管理が容易、回収されたVOCが高品質であるなどの特長がある。装置能力、実用性、信頼性、低ランニングコスト等の開発目標を達成し、かつ、回収溶剤は再利用が可能でユーザーにコストメリットを提供できる。更なる低価格化と小型化にむけては、吸着剤等の見直しなどで対策の目処が付き、回収装置の価格は1台300万円を目標として、2010年度の事業化を目指す。さらに溶剤(VOC)回収業者との連携で、ユーザーが装置導入しやすい環境を作り、普及拡大を狙う。一方、印刷業などで使われるトルエンなどの可燃性VOCに対しては、高周波等の加熱技術を用いた回収装置について、自主研究により装置の実用性評価、大風量化、実用化を目指している。開発装置は、再生工程で蒸気を使わないため、トルエンなどの代替VOCとして需要が伸びている酢酸エチルなどの水溶性VOCの回収も可能であり、装置の普及が見込まれる。また、本開発技術の核は「吸着剤の新規な再生方法」であり、吸着剤を用いた産業装置へ広く展開できる可能性がある。

#### **A-（3）：吸着相オゾン酸化による排出有害物質の完全分解処理**

##### **委託先：産業創造研究所・岩尾磁器・東洋インキエンジニアリング**

排水処理では排水量2m<sup>3</sup>/日（トリクロロエチレン・アセトアルデヒド濃度数10mg/L程度）レベルのユーザーサイト、排ガス処理では排ガス量10～100Nm<sup>3</sup>/時間（トルエン・キシレン濃度100ppm程度）レベルのユーザーサイトに実機または実験機を持ち込み実証運転を行い、分解性能及び低コスト性を

PRし、技術普及を図る。排水処理については、平成19年度に、小容量（2m<sup>3</sup>/日）の装置を実用化・上市し、同時に 5m<sup>3</sup>/日レベルの装置へスケールアップを図る。排ガス処理については、平成19年度に処理容量10～100 Nm<sup>3</sup>/時間の処理装置を上市し、出版・印刷業、食品産業等で排ガス量が少ない小規模事業所への適用・販売を目指す。また、平行して100m<sup>3</sup>/時間以上の大規模処理容量へのスケールアップを検討し、化学工業、半導体工業等排ガス量の大きな事業所への適用・販売も目指す。

実施機関解散等の理由により研究開発事業は平成 18 年度で終了した。

#### **A-(4): マイクロバブルの圧壊による有害化学物質の高効率分解技術の開発**

##### **委託先: REO研究所・産業技術総合研究所**

本システムの特長は、空気から生成されるオゾン以外使用しないこと、生成ラジカルの酸化作用による分解なので、汚泥の発生が抑制できること、閉鎖系システムにできるため、大気中に揮発成分を排出しないことが挙げられる。これらのことから難分解性の有害化学物質を含む排水の分解に適している。削減対象の有害化学物質は、フェノール、N,N-ジメチルホルムアミド、トリクロロエチレンを含む排水を対象としており、適応分野は、化学工業、プラスチック製品製造業、繊維工業が挙げられる。実用化時期は、平成 19 年度中を目標としている。

技術検討委員会判断により研究開発事業は平成 17 年度で終了した。

#### **A-(5): 大気圧・空気プラズマを利用した揮発性有機化合物(VOC)等の無害化装置の開発**

##### **委託先: イマジニアリング**

本研究で開発した大気圧・空気プラズマによる VOC 分解は、信頼性が確保された既存の部品から構成されており、装置費用・維持費用が低い、オペレーションが容易、狭いスペースにも設置可能などの特長を有している。当初は、ドラフトチャンバーへの適用を想定していたが、現在開発したものは要求処理風量の約 1/10 以下であり、即ドラフトチャンバーへの適用は難しい。一方で、高濃度のガスの分解が可能であることから、今後、プラズマ点数の増加によるリアクター性能の向上、触媒技術との組み合わせによる性能向上等を図り、ドラフトチャンバー用処理風量に対応できる対策を講じる。今後 2 年以内を目処にデモ機での性能検証を行い適用業種での実用化を目指す。本技術による VOC 処理の特徴は、小風量・高濃度・多成分処理に適することから、密閉空間内の VOC 処理や、自動車排ガスの有害物除去等への適用を想定して市場の調査、導入方法などを検討し実用化を進める。

#### **A-(6): デュアルメンブレンシステムによるガソリンペーパー回収装置の開発**

##### **委託先: タツノ・メカトロニクス・産業技術総合研究所**

デュアルメンブレンシステムによるガソリンペーパー回収装置は、給油時に大気へ放出されるガソリンを水分フリーで 99%以上回収でき、VOC 排出削減と石油資源の有効利用に寄与する。装置導入にあたっては複雑な配管工事を必要とせず、欧米には無い新しい回収システムである。また、給油時の臭気問題、火災の危険を低減できる。市場導入を促進するため、平成 21 年度は、装置全体の耐久性、実ガソリンスタンド 2 年分(給油量 1700 キロリットル)を確認するとともに、コスト面で製品化に不可欠な炭素脱水膜のモジュール化、システム開発を行う(継続研究)。平成 23 年度より実ガソリンスタンドでの実証試験、平成 24 年度、市場導入を図る。本技術開発成果の波及が期待されるクリーニング業界、工業充填業界等における溶剤回収・再利用の可能性を検討している。

## A-(7):含塩素 VOC 高効率分解固定化装置の研究開発

### 委託先:JFEソルデック

エンドオブパイプの技術として、含塩素VOC高効率分解固定化装置は既存技術の吸着法あるいは燃焼法の市場と競合しないユーザー層に適用可能であると判断しており、今後更に規制強化（ジクロロメタン50ppm）で新たに需要が生じることが期待できる。設備建設市場は最小でジクロロメタン排出量3700トン/年から最大で11600トン/年が見込まれる。初期参入ターゲットとする市場としては、含塩素系VOCのなかで排出量が最も多く、安価で高洗浄性能をもち、発癌性他毒性が比較的軽微なことから今後も使用の継続が予想されるジクロロメタンで、さらに、現在回収装置が設置されていない排出濃度が1000ppm以下で、排出量年間8～30トンの小規模事業所に絞る。次の事業展開としてはジクロロメタン単体処理ではなく、回収メリットの出にくい他の含塩素VOCとの混合物処理にも参入し、化学工業等の合成反应用途を市場として事業化してゆく計画である。今後の需要によるが、平成24年度に市場導入、平成27年度(2015年)を目処に削減規模として100トン/年を目指す。また、本開発の高効率分解固定化技術の波及分野としては、フロンの分解・回収処理への応用の可能性がある。

## B-(1):非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発

### 委託先:昭和電工・産業技術総合研究所

近年電気・電子材料の分野では、小型化がさらに進み、さらなる回路の微細化が要求されている。今後もこの分野の需要は益々増大すると見込まれているが、一方では、回路の微細化に伴い、電気絶縁性の低下が問題となっており、将来解決が必要な課題である事は自明である。従って、本研究で得られた成果であるノンハロゲン化の特長を活かし、さらなる配線の狭ピッチ化が要求されており、かつ今後の市場の大幅な伸びが期待できる。エレクトロニクス分野の中の特定用途へまずはターゲットを定めて、平成 19 年度にはサンプル供給を行い、客先の様々な要求特性に応えられるよう、特性改善を行った後、平成 21 年に生産を予定している。また、ノンハロゲン化による電気絶縁性を活かし、他の電子材料への用途拡大を行うために、コストダウンを積極的に進めていく必要がある。さらには、VOC 削減のさらなる波及効果と本材料の普及を目指し、汎用一般用途の低 VOC 型エポキシ塗料市場などを見据えた取り組みを行う。

## B-(2):革新的水性塗料の開発

### 委託先:日本ペイント

革新的水性塗料と競合する技術の中でVOC含有量0%の粉体塗料とは、現有設備を有効利用できる点で、溶剤型ハイソリッド塗料とは、低VOC、溶剤臭気、引火火災の危険性などの点で革新的水性塗料の優位性が認められる。また、近隣住民への火災、臭気の問題解消などのメリットと昨今の原油価格高騰などを考慮すれば十分に競争力がある。革新的水性塗料は、実証試験を行った白系淡彩色だけでなく様々な色相への対応性や、また、室内用途向け水系艶消し技術の開発などを含め、平成21年度に実用的なレベルの開発を終了させ（自主研究）、平成22年度中には鋼製家具を中心とした一般工業塗装分野に上市する計画である。本研究開発技術は、特に水性化を目指す領域に適用・適用可能と考えられ、建設機械や鉄道車両などの工業塗装分野や、自動車塗装の分野にも展開していきたいと考える。



### **B-(3): 溶剤フリー塗装技術の研究開発**

#### **委託先: シルバー精工**

金属防食皮膜としてのポリ尿素蒸着重合皮膜塗装技術は、有機溶剤を使用する下地処理・塗装方法と比較して、有機溶剤を一切使用しないため、VOCを全廃することができる。また、本開発技術は高い防食性、良好な製膜速度、均一被覆性を有する。マグネシウム合金に対する耐食面から、家電市場、中でも音楽業界を中心とした、マグネシウムスピーカーの量産化・事業化を現在進め市場参入を図っている。更に、製膜条件の最適化を行うことで、PC筐体等の3次元立体形状物への応用を図り（継続研究）、市場拡大に伴う事業化を展開したいと考えている。現在、筐体等への応用は平成23年(2011年)製品化を目処に進めている。本開発技術の普及により、マグネシウム合金の塗装工程の多さ、煩雑さによる高コストの問題も解消され、マグネシウム合金の用途が拡大すると期待される。

### **B-(4): 有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセスの開発**

#### **委託先: ケミクレア・産業技術総合研究所**

本開発において、マイクロ波加熱方式を用いた合成プロセスにより、年間生産量でトンレベルのブROM酢酸エステルの製造が可能であり、副成廃棄物や製造に使用するトルエン等有害薬品を大幅に削減できることが実証された。同時に、本プロセスは省エネも達成しうる。生産量が順調に伸びているブROM酢酸エステル類には本開発で確立した基本プロセスの延長で対応可能と考えられるが、技術普及のためには汎用化が必要である。本開発プロセスの適応範囲を拡大するためには、新規触媒などを中心とする要素技術のブラッシュ・アップと複合化による高機能化、マイクロ波反応装置の大型化を中心とするスケール・アップ技術の確立が課題である。この目的で平成21～22年度は市場拡大が見込まれるアミノ酸のエステル化プロセスの完成に注力する予定である（継続研究）。平成24年度に事業化を目指す。更に、本技術の水平展開としてコモディティエステル分野やPETに代表されるエステル型ポリマー製造への適用等の波及効果が期待できる

### **B-(5): 革新的塗装装置の開発**

#### **委託先: 加美電子工業・産業技術総合研究所**

本開発において、二酸化炭素塗装に関する基盤技術と、加美電子工業が主力とする携帯電話・自動車電装用の小型樹脂部品向けの塗装機及び加美電子工業の必要仕様を満足するトップコート用の塗料を開発し、最終目標を達成した。高意匠性樹脂部品を塗装出来る二酸化炭素塗装装置と塗料の開発は世界初の成果である。本塗装方法は環境低負荷なうえ、経済的にも既存の塗装法よりもランニングコストが低減され有利である。現在は、量産ラインに設置するための塗装機を製作中であり、平成22年(2010年)4月からの稼働を目指しており、実用化目前である。工業化課題（操作性・連続安定性）を解決して工業化装置確立を目指す。更に、小型樹脂部品以外への用途拡大に向け、自動車車体、光学電子樹脂部品、高級木工家具への展開に向けた共同研究をスタートさせて、それぞれの用途に適した塗装機と塗料の開発を進めている（継続研究及び自主研究）。このように二酸化炭素塗装の適用範囲は広く、二酸化炭素塗装という1つのジャンルを形成すると期待される。

### **C-(1): 有害化学物質削減支援ツールの開発**

#### **委託先: 三菱化学テクノロジー・三菱総合研究所・産業技術総合研究所**

VOCの広域・事業所内フロー分析、VOC削減技術並びにサプライヤー、VOC削減効果試算、コス

ト・見積情報等の VOC 削減に関する総合的な情報を提供が可能なツールを開発した。計画されたツール機能は完成し、平成 19 年度から WEB 上に無償公開して、ウェブサイトで利用されており実用化できている。ビジネスベースでのツール運営は現段階では難しいため、ツールの公開と並行し、フォローアップ研究として、リンク先の更新などデータベースのメンテナンスを実施している。2 ヶ年を目処にフォローアップを継続し、VOC 削減要請の加速化状況などを鑑みて、公的団体もしくは開発事業者のホームページでの公開に移行させる計画である。また、本ツールは VOC 以外の有害化学物質を対象とするなどの拡張性を有しているものと考えている。

## 添付資料

- ・ イノベーションプログラム基本計画
- ・ プロジェクト基本計画
- ・ 技術戦略マップ（技術戦略マップ 2008、技術戦略マップ 2009）
- ・ 事前評価関連資料（事業の概要、スケジュール、事前評価書、パブリックコメント募集の結果）
- ・ 成果要約集（研究発表・講演、発表論文、特許等、受賞実績、新聞発表）

・イノベーションプログラム基本計画

## 環境安心イノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

資源制約を克服し、環境と調和した持続的な経済・社会の実現と、安全・安心な国民生活を実現するため、革新的な技術の開発等を通じた地球全体での温室効果ガスの排出削減、廃棄物の発生抑制（リデュース）、製品や部品の再使用（リユース）、原材料としての再利用（リサイクル）推進による循環型社会の形成、バイオテクノロジーを活用した環境に優しい製造プロセスや循環型産業システムの創造、化学物質のリスクの総合的な評価及びリスクを適切に管理する社会システムの構築を推進する。

### 2. 政策的位置付け

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）及び分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点推進分野である環境分野及び国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発の推進分野であるエネルギー分野に位置付けられるものであるほか、次のとおりである。

- 「地球温暖化対策技術研究開発の推進について」（2003年4月総合科学技術会議）  
総合科学技術会議重点分野推進戦略専門委員会に設置された温暖化対策技術プロジェクトチームでまとめられた上記報告書における研究開発推進戦略に対応するものである。
- Cool Earth－エネルギー革新技術計画（2008年3月経産省公表）  
重点的に取り組むべきエネルギー革新技術「21」を含むものである。
- 京都議定書目標達成計画（2005年4月閣議決定）  
目標達成のための対策と施策のうち地球温暖化対策技術開発の推進に位置づけられるものである。
- イノベーション25（2007年6月閣議決定）  
イノベーション立国に向けた政策ロードマップー技術革新戦略ロードマップ「世界的課題解決に貢献する社会－ものづくり技術分野」の中で「3R型設計・生産・メンテナンス技術、製品の設計・製造段階でのリサイクル阻害物質の使用排除を可能とする技術、製品中の有用・有害物質管理技術の開発・標準化」が資源を有効利用し、環境に配慮したものづくり技術として位置づけられている。
- 21世紀環境立国戦略（2007年6月閣議決定）  
今後1、2年で重点的に着手すべき八つの戦略の中で「3R関連法制度等の充実や技術開発の支援を通じて、製品のライフサイクル全体での天然資源投入量の最小化や再生資源の高付加価値製品への利用を促進し、資源生産性の更なる向上と環境負荷の低減を図る」との方針が示されている。
- 経済成長戦略大綱（2006年7月財政・経済一体改革会議）  
「環境と経済の両立を図るため、金融面からの環境配慮を進めるとともに、環境技術の開発、3Rイニシアティブやアジア環境行動パートナーシップ構想による優れた技術・

制度の国際的な普及と標準化等に向けた取組を進める」との方針が示されている。

- 産業構造審議会廃棄物・リサイクル小委員会基本政策ワーキンググループ報告書（2008年1月）

「近年、安定供給が懸念されているレアメタルの中には、使用製品からの回収・再利用技術が確立していないものもあることから、回収された使用済製品から効率的に抽出するための新たな技術の開発にも取り組むべきである。」とされている。

- バイオマス・ニッポン総合戦略（2006年3月閣議決定）

バイオマスの変換に関する戦略として、経済性の向上、革新的な変換技術の開発に取り組むこととしている。

- 新産業創造戦略2005（2005年6月経済産業省）

先端的新産業分野として揚げられた戦略7分野の一つの「環境・エネルギー・機器・サービス」及び「健康・福祉・機器・サービス」に該当し、「技術戦略マップ」を活用し、効果的な研究開発を促進することが今後の取組として指摘されている。

- 「新・国家エネルギー戦略」（2006年5月経済産業省）

省エネルギーフロントランナー計画において省エネルギー技術開発の一層の推進を図ることとしている。

- バイオテクノロジー戦略大綱（2002年12月BT戦略会議取りまとめ）

持続可能な快適社会の実現（よりよく暮らす）に向けて、バイオテクノロジー（BT）を活用して、画期的な新製品の開発と工業生産の抜本的効率化を図るとともに、生産に要する環境負荷を大幅に減少させることとしている。

### 3. 達成目標

#### I. 地球温暖化防止新技術

- (1) 世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標のもと、経済成長と温室効果ガスの排出削減の双方を同時に達成できる革新的技術を開発し、それらを通じて2013年以降の次期枠組みに主要排出国の参加を促すための国際協力を推進

【目標】 世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減

- (2) 「京都議定書」で課せられた温室効果ガス削減目標の達成（「京都議定書目標達成計画」に示された各部門の目安としての目標（基準年比）は以下のとおり）

【目標】

- ①エネルギー起源CO<sub>2</sub>： +0.6%
- ②非エネルギー起源CO<sub>2</sub>： ▲0.3%
- ③メタン： ▲0.4%
- ④一酸化二窒素： ▲0.5%
- ⑤代替フロン等3ガス： +0.1%

(※) 「京都議定書目標達成計画」とは、「地球温暖化対策の推進に関する法律」に基づき、「京都議定書」の▲6%削減約束を確実に達成するために必要な措置を定めるものをいう（平成17年4月閣議決定、平成18年7月一部変更）。

#### II. 3R

2015年度までに以下の目標の達成を図る。

①資源生産性：約42万円/トン（2000年度：約26万円/トン）

②循環利用率：約14～15%（2000年度：約10%）

③最終処分量：約23百万トン（2000年度：約56百万トン）

（備考）

○資源生産性＝(GDP)/(天然資源等投入量)

○循環利用率＝(循環利用量)/(循環利用量＋天然資源等投入量)

### III. 環境調和産業創造バイオ

バイオプロセスによって有用物質を生産し、廃棄物や汚染物質を発酵等により処理又は再資源化するという、循環型の産業システムを実現するために必要な技術基盤の構築を図るとともに、遺伝子組換え体の産業利用における安全性管理の充実を図る。具体的には、工業プロセスにバイオテクノロジーを導入することや、微生物や植物機能等を活用したモノ作り技術の開発、バイオマス利用、及びバイオ技術による産業廃水等処理技術の開発等を通して、環境調和型産業の創出に資する。

### IV. 化学物質総合評価管理

化学物質のリスクの総合的な評価を行いつつ、リスクを評価・管理するための技術体系を構築する。そのために、化学物質のリスクに係る国民の理解増進のための基盤、事業者が自らリスクを判断する手段及び国が規制等の施策を講ずる際の手段として、化学物質のライフサイクルにわたるリスクの総合的な評価管理を行うための手法を確立するとともに、リスクの削減に資するプロセス、手法の開発、さらには知的基盤を整備する。

## 4. 研究開発内容

### I-1. CO2固定化・有効利用技術

排出される二酸化炭素を分離回収・固定化することや、有用物質に変換する技術を開発する。

#### (i) 共通技術開発等

##### (1) プログラム方式二酸化炭素固定化・有効利用技術開発

###### ①概要

二酸化炭素の固定化・有効利用技術開発は、現時点においては基礎的研究分野に属する研究が多く、長期的観点からの取り組みが必要不可欠。このため本事業では将来において実現可能性の高い二酸化炭素固定化・有効利用技術に関する革新的な技術シーズを発掘し、実現可能性を確認した上で、基盤技術として確立する。

###### ②事業期間

1999年度～2011年度

###### ③実施形態

適切な研究課題、実施企業等を選定し、先端的研究、基盤技術研究の2段階で実施。

##### (2) 地球環境国際研究推進事業

###### ①概要

地球温暖化問題の解決に向け、CTI（気候変動技術イニシアティブ）等の国際的

な枠組みを活用し、諸外国との研究協力を進めることにより、世界的な温暖化問題への取り組みを強化する。

②事業期間

2002年度～2011年度

③実施形態

諸外国との連携のもと、テーマ毎に適切な研究体制を構築し実施。

(ii) 二酸化炭素分離回収・貯留・隔離技術開発

(1) 低品位廃熱を利用する二酸化炭素分離回収技術開発

①概要

二酸化炭素を分離回収するための、低温再生可能な吸収液を開発し、鉄鋼プラントの低温度レベルの廃熱と高濃度二酸化炭素排ガスを用いてパイロット試験を実施して、二酸化炭素分離回収コストが大幅に削減されることを実証する。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、CO<sub>2</sub>分離回収コストを大幅に削減する技術を実証する。

③研究開発期間

2004年度～2008年度

(2) 分子ゲート機能CO<sub>2</sub>分離膜の技術研究開発

①概要

圧力を有するガスからのCO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>の分離用に期待されている膜技術の実用化ステップの前進を目的に、分子ゲート機能分離膜の高圧下におけるCO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>選択性の向上、分離膜モジュールの大型化に取り組む。

②技術目標及び達成時期

2015年頃において、石炭ガス化複合発電(IGCC)等の圧力ガスから従来の3分の1程度(1,500円/t-CO<sub>2</sub>程度)のコストでCO<sub>2</sub>を分離回収することを可能とする技術の確立を目指す。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 二酸化炭素地中貯留技術研究開発

①概要

火力発電所等の大規模発生源から分離回収された二酸化炭素を地中帯水層へ貯留する技術を開発し、実証する。

②技術目標及び達成時期

貯留した二酸化炭素のモニタリング技術、挙動予測手法、環境影響・安全性評価手法の開発、及び全国貯留層賦存量調査を行う。さらに、早期に火力発電所等の大排出源を対象とした大規模実証に着手し、2020年までに実用化の目途をつけることを目指して技術開発を推進する。

③研究開発期間

フェーズ1：2000年度～2004年度



フェーズ2：2005年度～2012年度

(4) 二酸化炭素の海洋隔離に伴う環境影響予測技術開発

①概要

火力発電所等の大規模発生源から分離回収された二酸化炭素を海洋中層に放流・隔離を行った場合に、海洋環境へおよぼす影響を評価する技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、海洋隔離に伴う海洋中二酸化炭素の挙動予測技術の確立、隔離可能性及び有効性評価、生物影響評価技術の開発を推進する他、国際的な連携の強化と海洋隔離実施に対する国際的・社会的合意の形成に向けた取り組みを行う。

③研究開発期間

フェーズ1：1997年度～2001年度

フェーズ2：2002年度～2006年度

フェーズ3：2007年度～2011年度

(5) 環境調和型製鉄プロセス技術開発（運営費交付金）

①概要

高炉ガスからの効率的な二酸化炭素分離と中低温排熱の有効活用及び水素を炭素（コークス）の一部代替として鉄鉱石を還元する革新的製鉄プロセスの開発を行う。

②技術目標及び達成時期

最終的な技術開発目標として製鉄プロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出量を30%削減することを目指し、2050年までに実用化する。

③研究開発期間

2008年度～2017年度

(iii) 大規模植林

(1) バイオ技術活用型二酸化炭素大規模固定化技術開発

①概要

バイオエタノール化に適した樹木への環境耐性付与を遺伝子技術により実施し、これら原料樹木の不良環境下での効率的な植林技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

事業4年目までに、未利用の不良環境地でも生育できる高セルロース樹木を遺伝子技術により開発し、実証植林を行う。

③研究開発期間

2008年度～2011年度

I-2. 脱フロン等技術

代替フロンの排出量を抑制するため、代替フロンを削減する技術（脱フロン等技術）を開発する。

(1) 革新的ノンフロン系断熱材技術開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、住宅・建築物の省エネ

ルギーという社会適用性に応えるため超微細発泡等による断熱性能の向上のための技術開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

既存のノンフロン断熱材では達成できていない断熱性能を実現し、更には従来のノンフロン断熱材の断熱性能を超える高断熱性能を実現する断熱材を平成24年頃を目途に開発する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) ノンフロン型省エネ冷凍空調システムの開発（運営費交付金）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、家庭用・業務用及び運輸用エアコン及びショーケース等に使用可能なノンフロンかつ高効率を達成でき、安全性についても配慮された新たな冷凍システムの開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

2009年度までに、ノンフロン（自然冷媒等）型省エネ冷凍・空調システムを開発する。

③研究開発期間

2005年度～2009年度

## II. 3R

(i) 建設ストック3R対策

(1) 革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発（再掲）

①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、我が国鉄鋼業の約50%を占める建設市場において、建築物のメインフレームに高強度鋼を用いることで、①鉄鋼部材の軽量化（リデュース）とそれに伴う輸送効率の向上、②高強度化、非溶接化に伴う部材のリユース促進、③製造・施工の省エネ・省力化等を図る。

同時に、柔剛混合構造（高強度鋼とダンパーの組み合わせ）技術の確立、関連法規への対応等により、震度7にも耐えうる新構造システム建築物の建設が可能となり、我が国で大きなリスクである大規模地震災害から国民を守り、安心安全社会の実現に寄与する。

②技術目標及び達成時期

2013年度までに、最大規模の地震（震度7）に対しても倒壊・損壊しない建築物を高強度鋼（800N/mm<sup>2</sup>級鋼材）とダンパーの組み合わせによる柔剛混合構造により実現を図るものであり、国土交通省や民間企業と連携してこの建築物のメインフレームに必要な高強度鋼部材、接合法等の開発を行う。主な研究開発目標は以下の通りである。

- ・震度7弾性新構造システム開発
- ・高強度部材の製造技術開発
- ・超高強度接合部品開発
- ・高強度部材の接合技術開発

### ③研究開発期間

2006年度～2008年度

## (ii) 金属資源等3R対策

### (1) 希少金属等高効率回収システム開発（再掲）

#### ①概要

小型電子・電気機器にはベースメタルや、金、銀等の貴金属の他、インジウム、ニッケル等の希少金属等を含有している。現状では、これらの機器が廃棄された後は、非常に高温で処理する乾式製錬技術を用いてリサイクル・処理されているため、多大なエネルギーを消費するばかりか、回収可能な金属が銅、金、銀等に限定されており、その他の希少金属等は回収できずに廃棄処分されている。このため、湿式製錬技術を活用した高効率な最適技術の開発等を通じて、回収工程の省エネルギー及び希少金属等の回収率向上を図る。

#### ②技術目標及び達成時期

- ・従来方法（乾式製錬）で処理する場合に比べて、大幅な省エネルギーの実現  
（省エネルギー効果：原油換算で約78万k l／年削減）
- ・廃小型電子・電気機器、廃超硬工具等中に含まれる希少金属等の回収率の向上  
（インジウム0%→90%、ニッケル50%→95%、コバルト0%→95%、タングステン0%→80%、タングステン90%→95%、レアアース0%→80%）

#### ③研究開発期間

2007年度～2010年度

### (2) 希少金属代替材料開発プロジェクト（再掲）

#### ①概要

希少金属は、特殊用途において希少な機能を発揮する一方で、その希少性・偏在性・代替困難性から、市場メカニズムが必ずしもうまく機能せず、その供給停止は川下の経済成長の制約要因となりうるリスクを伴っている。近年、「コンピュータによる材料設計」、「ナノテクによる微細構造制御」等が飛躍的に向上した結果、従来できなかった、「コンピュータによる最適制御設計による候補元素系の探索」、「結晶粒界、界面の制御等マイクロ構造の制御」等が可能となりつつあることから、こうした最先端技術を用いることで、希少金属の新たな代替／使用量低減技術を開発する。

#### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、以下希少金属元素の使用原単位について現状と比較して以下の低減ができる製造技術を開発し、ユーザー企業、大学等の外部機関に対して機能評価のためにラボレベルで提供できる（試料提供）水準に至るまでの技術を確立することを目標とする。また、製品の機能や製造コストは現状と同等を少なくとも維持することを前提とする。

- ・透明電極向けインジウム（In）：現状から50%以上低減
- ・希土類磁石向けディスプレイ用ジウム（Dy）：現状から30%以上低減
- ・超硬工具向けタングステン（W）：現状から30%以上低減

#### ③研究開発期間

2007年度～2011年度

### Ⅲ. 環境調和産業創造バイオ

#### (1) 植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発

##### (i) 植物利用エネルギー使用合理化工業原料生産技術開発 (運営費交付金) (再掲)

###### ①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、現在の化学工業プロセスに代わる、植物の有する有用物質生産能を活用した省エネルギー・低環境負荷型の工業原料生産プロセスへの変換を促進する。具体的には、工業原料の生産に関わる重要な物質生産プロセスに関する代謝系をゲノム情報に基づき解析するとともに、有用物質生産制御に必要な一連の代謝遺伝子群の発現を統一的に制御する技術の開発を行う。

###### ②技術目標及び達成時期

2009年度までに、工業原料として有望なバイオマスとしてイソプレノイド、油脂などの有用物質生産に関わる代謝経路とその調節メカニズム及び生産物質の蓄積・移動に係るメカニズムの解析を行い、関連遺伝子情報を整備するとともに、統括的発現制御技術を開発する。

###### ③研究開発期間

2002年度～2009年度

##### (ii) 植物利用高付加価値物質製造基盤技術開発

###### ①概要

動物や微生物による物質生産と比較して、安全性が高い、生産コストが低い、省エネルギーで環境調和型といった特徴を有する植物を活用した高機能タンパク質等の高付加価値物質生産(モノ作り)の基盤技術を開発するために、有用物質を高効率に高生産させる組換え植物の基盤技術を開発するとともに、閉鎖型人工環境下での高効率な栽培技術の開発を一体的に進める。

###### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、実用植物において実用可能なレベルまで有用物質を効率的に高生産・高蓄積させる組換え植物を開発するとともに、目的有用物質を安定かつ均一に生産・蓄積させる栽培技術を確立し、その生産の実用性を閉鎖型人工環境下において確認する。

###### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (2) 微生物機能を活用した環境調和型製造基盤技術開発 (再掲)

##### (i) 微生物機能を活用した高度製造基盤技術開発 (運営費交付金)

###### ①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーかつ環境負荷が少ないといった特徴を有する微生物機能を活用した有用物質の革新的な生産プロセス(モノ作り)の技術を構築するため、産業用途に必要な機能既知遺伝子で構成されたゲノムを持ち、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞の創製や、微生物反応の多様化・高機能化技術を開発するとともに、バイオマスを原料として有用物質を体系的かつ効率的に生産する(バイオリファイナリー)ための基盤技術を開発する。

## ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞を創製するとともに、バイオプロセスの実用化適用範囲の拡大のための微生物反応の多様化・高機能化技術の開発を行う。バイオリファイナリー技術については、バイオマスを高効率で糖化し、糖から高効率で各種化成品の基幹物質を生産するバイオプロセス体系を構築する。

## ③研究開発期間

2006年度～2010年度

### (ii) 微生物群のデザイン化による高効率型環境バイオ処理技術開発（運営費交付金）

#### ①概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、従来エネルギー多消費・廃棄物多排出型であった廃水・廃棄物処理において、微生物群の構成及び配置等を人為的に制御（デザイン化）することで、その処理効率を大幅に向上させ、省エネルギーで廃棄物も少ない高効率型廃水、廃棄物処理の基盤技術を確立する。

## ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、特定有用微生物群を人為的に安定導入・維持もしくは人為的に空間配置・優先化させる等のデザイン化技術を開発し、従来の廃水、廃棄物処理に比べより高効率で省エネルギーな処理技術を開発するとともに、実用化に資するための実証可能なテストプラント規模にて評価する。

## ③研究開発期間

2007年度～2011年度

### (3) バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（再掲）

#### ①概要

バイオマスに関する燃料分野と化成品分野の融合・連携を図り、食料と競合しないセルロース系原料から、より低コストで高効率なエネルギー化を可能にする先進的・革新的な新技術の確立を目指すとともに、バイオ燃料の製造のみならず、プロパノール、ブタノール製造、化学品の製造の実用化を目指した技術開発を行う。

## ②技術目標及び達成時期

2012年度までに、セルロース系バイオマスを原料とし、バイオ燃料製造の従来技術に比べて画期的に優れた効率や低コスト化を可能とする糖化・発酵等の基盤技術を開発するとともに、バイオマス利用に資する微生物の利用基盤技術の開発を行う。さらに、プロパノール等の高効率取得のための触媒開発等により、化成品製造の実用化を目指した技術開発を行い、バイオマスに関する燃料分野と化成品分野の融合・連携を図る。

## ③研究開発期間

2007年度～2012年度

## IV-1. 化学物質総合評価管理

### (1) 化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発（運営費交付金）

#### ①概要

化学物質のリスクを共通指標で比較、検討し、事業者等における代替物質の選択の際

に、リスクの相互比較が可能となるリスク評価手法及び社会経済分析等リスクトレードオフ解析手法を構築する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、代表的な化学物質用途群につき、化学物質のライフサイクルに応じたあらゆる暴露を考慮した排出量推計手法や室内暴露評価手法等環境動態解析手法を構築する。さらに、用途群内の物質間でのリスクトレードオフ解析手法を開発する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) ナノ粒子の特性評価手法開発（運営費交付金）

①概要

ナノ粒子のキャラクタリゼーション、計測技術の確立とともに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びナノテクノロジーによるリスク不安に対処したリスク管理手法を開発する。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、ナノ粒子のキャラクタリゼーション及び計測技術を確立するとともに、2010年までに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びリスク評価手法を開発し、ナノ材料のリスク評価指針及びナノ粒子の管理指針の提言を行う。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 構造活性相関手法による有害性評価手法開発（運営費交付金）

①概要

従来の動物実験による反復投与毒性試験に代わり、in silico や類推等を用いた予測・評価を可能とするため、既知の周辺情報やそれらから得られる新たな知見を基に、よりの確に効率よく毒性を評価可能とする有害性評価支援システムを構築する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、公開されている反復投与毒性試験データや毒性作用機序情報が搭載されたデータベース、肝臓における代謝産物・代謝経路を予測する手法、及び対象とする化学物質の標的臓器・症状やその毒性の強さの範囲等を予測する手法を開発する。さらに、それらを統合した有害性評価支援システムを構築する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、in vitro 培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いたin vitro 系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等を適用した培養細胞を用いて、試験期間1ヶ月程度、発がん性、催奇形性及び免疫毒性を予測評価できる試験手法を開発し、また、遺伝子発現解析技術を短期動物試験に適用し、28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセットを完成させる。また、標準的な試験プロトコルを策定する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

#### IV-2. 化学物質リスク削減技術開発

##### (1) 有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発（運営費交付金）

①概要

環境中に広く排出され、人の健康や生態系へのリスク（有害性×暴露量）を及ぼすおそれのある有害化学物質を効率的に削減、代替する技術について、リスク削減効果が高く、広く導入・普及が可能となる実用化基盤技術を開発する。

②技術目標及び達成時期

2008年度までに、PRTTR制度（化学物質排出把握管理促進法に基づき有害なおそれのある化学物質について、事業所からの環境中への排出量及び廃棄物としての事業所外への搬出量等を把握・集計・公表する制度）の排出実態の公表結果等を活用し、環境影響が懸念される有害化学物質の優先順位付けを行い、選定された有害化学物質に対する削減、回収、無害化技術、代替物質の開発及び代替プロセスの構築等を行う。特に、2005年度から大気汚染防止法において規制対象となる揮発性有機化合物（VOC）に重点を置き、同法で定められた「VOCの排出量を2010年度までに2000年度比で3割削減すること」に資する技術開発を行うこととする。

③研究開発期間

2004年度～2008年度

##### (2) アスベスト含有建材等回収・処理等技術開発事業（運営費交付金）

①概要

今後、解体廃棄物として、大量の排出が予測されるアスベスト含有建材を対象として、そのアスベスト含有状況について簡易かつ確実な探知・分析を可能とし、安全性、信頼性の高い回収・処理を実現する関連機器・システムの技術開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、アスベスト含有製品の使用時、解体・回収・廃棄時においてオンサイト方式で検出感度0.1wt%超レベルに検出できる計測技術を確立し、アスベストを含む建材等の回収・除去現場におけるアスベストの飛散及び暴露を最小化し、回収・除去の安全性及び信頼性等を確保する技術を確立する。また、アスベスト含有廃棄物の無害化処理又は再資源化段階における安全性、効率性に優れた技術を確立する。

③研究開発期間

2007年度～2009年度



## 5. 政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

### 【導入普及促進】

- 排出量の多い品目・業種や処理困難物を中心にリサイクルシステムなどの実証・市場化対策に関するフィージビリティ・スタディを実施する。
- サプライチェーングループを対象に、部品等の仕様と原材料の使用・副産物の発生状況等に関する診断を実施し、製品設計及び製造プロセスの同時改善の方向性に関する提案、指導を行うとともに、取組事例を分析・評価し、資源投入量の抑制効果の高い優良な事例を公開する。
- 商品選択に資するわかりやすい3R配慮情報（省資源性や再生資源・部品の使用状況等）を消費者に提供し、環境配慮型製品の市場拡大を推進するため、指標の策定や、情報提供手法の確立、製品の情報検索が可能なシステムの検討・開発を行う。
- 3R対策が講じられている製品等の市場開拓を促進するため、政府が環境物品等を率先購入することを定めたグリーン購入法について、同法の判断基準が引き続き3R対策を適切に反映するようにしていく。
- 化学物質の有害性評価、暴露分析、リスク評価等のデータベースの構築を図るとともに、それらの手法の各種活動（事業者の自主管理活動、事業者、地方自治体等が国民とリスクコミュニケーションを図る活動等）等への導入を図る。
- 公害防止設備に対する優遇税制等の支援を行う。

### 【法規制・制度改革】

- 二酸化炭素回収・貯留（CCS）の国内での本格実施に必要な法規制・制度の整備等に関して検討を行う。
- 資源有効利用促進法等のリサイクル関連法制度によるスキームを活用して、3R対策を網羅的に講じることにより、循環型社会の構築を図る。
- 遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律（カルタヘナ法）に基づく立入検査で査収した生物が遺伝子組換え生物であるか否かを判断するための基盤的な技術の高度化や収去方法を確立すること等により、的確な法律の執行体制を整備する。

### 【ガイドライン】

- 事業者による自主的取組を促進する観点から、産業構造審議会において策定している「業種別・品目別廃棄物処理・リサイクルガイドライン」（自主的な目標の設定）について、3R対策を加速する観点から適宜フォローアップを行い、改定を行う。

### 【基準・標準化】

- 各プロジェクトや民間における技術開発等で得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。
- CO<sub>2</sub>回収・貯留後のモニタリング、植林等によるCO<sub>2</sub>固定化量の計算、バイオマス利用時のCO<sub>2</sub>排出削減量の評価、環境影響や安全性評価手法など、CO<sub>2</sub>固定化・有効利用を推進するに当たって標準化が必要となる事項については、研究・開発状況や社会情勢を常に意識しながら計画的に標準化を推進する。
- リサイクル品などの3R配慮製品に対する需要の創出・拡大を図るため、「環境JIS策定促進のアクションプログラム」に基づき、リサイクル品等の品質基準及び試験評価方法の規格（環境JIS）の策定を引き続き推進する。
- バイオマス由来プラスチックにおけるバイオマス含有量測定の標準化を推進するとともに

に、生分解性プラスチックに係る微生物嫌気分解試験方法の国際標準化を着実に実施する。  
○ 高精度・簡易有害性評価システムの開発については、2014年度を目途に有害性評価手法等を経済開発協力機構（OECD）にテストガイドラインとして提案することを検討し、国際標準化を推進する。

#### 【調達促進】

○ バイオマス由来プラスチック等、生物機能を用いた生産プロセスにより生産された製品について、グリーン購入法に基づく調達品目として位置付けられるべく検討を行う。

#### 【広報・啓発】

○ 研究開発プロジェクトの成果について広く普及啓発を図るため、シンポジウム等を行う。  
○ 3Rの普及・促進を図るため、毎年10月を「3R推進月間」とし、この期間を中心として、3R活動への関係者の取組を促すための「3R推進功労者等表彰」や、循環ビジネス振興のための「資源循環技術・システム表彰」等の普及啓発活動を実施する。

#### 【知的基盤整備】

○ 国内外との共同研究等を通じ、革新的な温暖化対策技術や方策についての情報交換に資する、情報ネットワークの構築等を図る。  
○ 物質生産用に開発された汎用宿主細胞や取得した生物遺伝資源は、独立行政法人製品評価技術基盤機構に整備し、社会に幅広く提供する。  
○ 独立行政法人製品評価技術基盤機構の化学物質管理センターにて事業者・国民・公的機関の化学物質管理に関する冷静な対話（科学的知見の共有）を促進するための知的情報基盤整備を図る。

#### 【国際協力】

○ 生物多様性条約に基づく遺伝子資源へのアクセス促進事業において、日本のバイオ関連企業の遺伝資源保有国（途上国）の遺伝資源に対するアクセスを促進するための技術的環境整備及び遺伝子資源へのアクセス実施の調整を行う。

#### 【他省庁との連携】

○ 総合化学技術会議が推進する科学技術連携施策群の「食料・生物生産研究」及び「総合的リスク評価による化学物質の安全管理・活用のための開発技術」、ライフサイエンスPT、社会還元プロジェクトの下での関係府省間における適切な連携の実施。

#### 【プロジェクト等間の連携】

○ CO<sub>2</sub>固定化・有効利用技術のロードマップに基づき、技術シーズ発掘型技術開発事業成果のプロジェクトへの取り込みや、プロジェクト間の連携により、効果的な固定化・有効利用システムの実現を図る。  
○ 植物機能を活用したモノ作り基盤技術開発に係る2つのプロジェクト間での、遺伝子高発現技術やモデル植物での基盤技術及び実用作物への技術展開に関する情報交換を推進する。

### 6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

- ・事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである）。
- ・プログラム目標等については、京都議定書目標達成計画の評価・見直しプロセスに伴う対応を行う。
- ・各プロジェクトを横断的観点からマネジメントする体制を整備し、技術の進捗状況や社

会情勢等を踏まえた適切な資源配分、技術成果のレビュー、普及施策の検討、実施すべき技術開発テーマ・領域・分野等の検討等を実施する。

## 7. 改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画、化学物質総合評価管理プログラム基本計画制定。
- (2) 平成14年2月27日付け、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画制定。生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成12・12・27工総第15号）は、廃止。平成14年2月28日付け、革新的温暖化対策技術プログラム基本計画、3Rプログラム基本計画、化学物質総合評価管理プログラム基本計画制定。化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成12・12・27工総第14号）は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。革新的温暖化対策技術プログラム基本計画（平成14・02・25産局第16号）、3Rプログラム基本計画（平成14・02・25産局第13号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成14・02・25産局第5号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成14・02・25産局第7号）は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。革新的温暖化対策技術プログラム基本計画（平成15・03・07産局第18号）及びエネルギー環境二酸化炭素固定化・有効利用プログラム基本計画（平成15・03・07産局第19号）は、革新的温暖化対策技術プログラム基本計画に統合することとし、廃止。3Rプログラム基本計画（平成15・03・07産局第6号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成15・03・07産局第3号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成15・03・07産局第8号）は、廃止。
- (5) 平成17年3月31日付け制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画（平成16・02・03産局第13号）、3Rプログラム基本計画（平成16・02・03産局第5号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成16・02・03産局第15号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成16・02・03産局第3号）は、廃止。
- (6) 平成18年3月31日付け制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画（平成17・03・25産局第8号）、3Rプログラム基本計画（平成17・03・29産局第1号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成17・03・25産局第2号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成17・03・25産局第10号）は、廃止。
- (7) 平成19年4月2日付け制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画（平成18・03・31産局第9号）、3Rプログラム基本計画（平成18・03・31産局第10号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成18・03・31産局第3号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成18・03・31産局第11号）は、廃止。
- (8) 平成20年4月1日付け、環境安心イノベーションプログラム基本計画制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画（平成19・03・19産局第6号）、3Rプログラム基本計画（平成19・03・19産局第5号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成19・03・16産局第2号）、化学物質総合評価管理プログラ

ム基本計画（平成19・03・20産局第2号）は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。

・プロジェクト基本計画

(環境安心イノベーションプログラム)  
「有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発」プロジェクト基本計画

バイオテクノロジー・医療技術開発部  
化学物質管理技術グループ

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

平成13年4月より「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」に基づくP R T R制度(環境汚染物質排出移動登録)の導入、平成15年6月の化審法(化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律)の改正などにより、今後は化学物質の製造、利用、廃棄段階などのライフサイクルに亘る適切な管理が潮流となってきた。一方、リスクが懸念される化学物質や化学物質を含む製品は、社会で広く、大量に使用されるようになって、一旦、環境中に排出されてしまった化学物質を回収、無害化処理するには莫大なコストが掛かってしまい、産業界が単独で対応することは非常に困難な状況である。このため、従来から事業者によって進められてきた自主的な化学物質管理を一層促進するため、リスクが懸念される化学物質を、中小企業を含む事業所等が自主的に回収、無害化処理できる新しい技術を国が主体となって開発し、早期の導入・普及を促進することにより有害化学物質の速やかな削減を図りながら、事業者の自主管理の促進を支援することにより、環境と調和した健全な経済産業活動と安全、安心な国民生活に資することが必要である。

本研究開発では、P R T R対象化学物質のリスク削減に資するインプラント対策<sup>1)</sup>やエンドオブパイプ対策<sup>2)</sup>を中心とした回収、無害化、代替物質生産技術、代替プロセス等に関する研究開発課題に対する対策技術を民間企業等から公募し、抜本的なリスク削減に資する実用化基盤技術を開発する。

本研究開発はリスクが懸念されるP R T R対象化学物質のリスク削減を図るための技術開発であり、「環境安心イノベーションプログラム」におけるリスク削減技術の一環として実施する。

注1) 製造、使用段階において、リスクの少ない化学物質への代替、反応工程中における副生成物、有害化学物質の発生を抑制するプロセスへ転換する技術

注2) 製造プロセス等で使用、生成した有害化学物質等を煙突や排水という最後の段階で回収、無害化等する技術

(2) 研究開発目標

人の健康や生態系への影響などが懸念されるP R T R対象化学物質について削減順位付けを行い、これらの化学物質のリスク削減に資する回収、無害化、代替物質生産技術、代替プロセス等以下の研究開発課題に関する実用化基盤技術を平成20年までに確立することを目標とする。

【研究開発課題】

- ① インプラント技術：削減対象物質を用いないプロセスへの新規転換技術、及び新規代替物質の開発等
- ② エンドオブパイプ技術：回収、排出抑制、無害化等により、環境への排出量の削減率90%以上(回収率×無害化率)を達成できる新規削減技術

### ③ その他：効率的なリスク削減が可能となる新たな技術(システム、ソフト)の開発

#### (3) 研究開発の内容

本研究開発では、国から公表されているP R T R制度の集計結果を活用し、生産量、取扱量、排出量、移動量が多い物質、国民の健康不安、関心が高い物質等から優先的に排出抑制に取り組む。一方、技術開発の対象となる化学物質が多い点、また、研究開発費が限られていることに鑑みて、研究機関、企業等から提案された対策技術の中で、抜本的なリスク削減効果、導入・波及効果、コスト等を考慮して、これらの点で真に優れた技術開発を優先的に実施する。具体的な削減対象物質は、1) 排出量が大きい、2) リスクが大きい又は大きいことが疑われる、3) 環境規制の動向、等を踏まえて、当面、P R T R集計結果及びE P A(米国 環境保護庁)によるリスク評価手法により削減対象物質の順位付けを行い、これらの評価結果に基づき(1) P R T R制度による国への届出対象物質(点源)から上位20物質、(2) P R T R制度により国が推計した対象物質(非点源)から 上位10物質(但し、(1)の重複物質を除く)を行う(別紙参照)。また、本研究開発では、工場等から大気、河川に排出される削減対象物質に関するインプラント技術、エンドオブパイプ技術等について研究開発テーマ毎に削減率、汎用性、低コスト等の開発目標を設けて行うこととする。

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下「N E D O技術開発機構」という)が公募によって選定する企業、民間研究機関、独立行政法人、大学等に委託することにより実施する方式を採用する。

### (2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するN E D O技術開発機構は、研究開発テーマ毎にプロジェクトリーダーを設置するものとし、研究開発の責任の所在を明確にする。また、N E D O技術開発機構はプロジェクトリーダー等と密接な関係を維持し、更には、国内外の類似する技術開発の把握に努め、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を行う。具体的には、プロジェクトリーダー、委託先機関等からのヒアリングにより、開発目標に対する成果状況などの報告を受けるほか、自ら当該分野の国内外における技術開発動向の調査を行い、次年度の業務委託の可否や、実施内容、予算規模の見直しを図る。優れた研究成果を上げている研究開発テーマに対しては、研究加速についても弾力的に対処するなど予算の効果的配分に努める。また、成果の早期達成が可能と認められた研究開発テーマについては、期間内であっても研究を完了させ、実用化へ向けた実質的な研究成果の確保と普及に努める。

## 3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成16年度から平成20年度までの5年間とする。

## 4. 評価に関する事項

N E D O技術開発機構は、別途定められた技術評価に係わる指針及び技術評価実施要領に基づき、技術的及び産業技術政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について外部有識者による、中間評価を平成18年度、事後

評価を平成21年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係わる技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

## 5. その他の重要事項

### (1) 研究成果の取扱い

NEDO技術開発機構は、研究開発実施者に対して、研究成果の公開を義務づけるとともに、特許等に関する通常実施権付与についても、研究開発実施者自らの実施に支障のない場合において研究開発実施者以外の企業（関連企業以外のものも含む）に対しこれを付与させることを原則とし、もって研究成果の広範な導入・普及に努めるものとする。

### (2) 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、全て受託者に帰属させることとする。

### (3) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、研究開発動向、産業技術政策動向、第三者による評価結果、研究開発費の状況、当該研究開発の進捗等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うことができるものとする。

### (4) 根拠法

本プロジェクトは独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法（平成14年法律第145号）第15条第1項第2号に基づき実施する。

## 6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成16年3月16日 NEDO技術開発機構によって基本計画を策定。
- (2) 平成17年3月 研究開発の目的、研究開発課題、研究開発の内容に関して、進捗状況を勘案して、一部、変更、削除した。
- (3) 平成20年7月 イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。



【本研究開発で対象とする化学物質】

本研究開発における優先的に取り組む削減対象物質は(1) P R T R制度による国への届出対象物質(点源)から上位20物質、(2) P R T R制度により国が推計した対象物質(非点源)から上位10物質(但し、(1)の重複物質を除く)とする。具体的な化学物質は下記のとおり。

(1) P R T R制度による国への届出対象物質(工場等の固定発生源):

- 1) トルエン
- 2) ベンゼン
- 3) フェノール
- 4) キシレン
- 5) 1,2-ジクロロエタン
- 6) フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)
- 7) エチルベンゼン
- 8) アニリン
- 9) 塩化ビニル
- 10) 塩化メチレン
- 11) クロロホルム
- 12) スチレン
- 13) 有機スズ化合物
- 14) トリクロロエチレン
- 15) テトラクロロエチレン
- 16) ニトロベンゼン
- 17) N,N-ジメチルホルムアミド
- 18) アクリロニトリル
- 19) エチレンオキシド
- 20) 四塩化炭素

(2) P R T R制度により国が推計した対象物質(移動体、家庭等からの排出):

- 1) フタル酸ジ-n-ブチル
- 2) p-ジクロルベンゼン
- 3) リン酸トリ-n-ブチル
- 4) 2-アミノエタノール
- 5) ホルムアルデヒド
- 6) リン酸トリス(2-クロロエチル)
- 7) 臭化メチル
- 8) 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩
- 9) ビスフェノールA
- 10) アセトアルデヒド

・ 技術戦略マップ  
(技術戦略マップ 2008、技術戦略マップ 2009)

# 技術戦略マップ 2008

# 化学物質総合評価管理分野

現在、世界中で10万種類を超える化学物質が製造され、幅広い産業で様々な用途で使用されるとともに、快適な生活の実現に大きく貢献している。

しかしながら、化学物質には固有の性質として何らかの有害性（ハザード）があり、人や生物が空気、水、食物等を通してこれに曝されると（暴露）悪影響を及ぼす可能性（リスク）がある。このような悪影響を未然に防止し、化学物質の有用性を活かしていくには、化学物質のリスクを適切に管理していく必要がある。

リスク管理を行うには、リスクの科学的な評価技術と削減技術が必要である。本分野は2つの技術体系に分けられる。1つは「化学物質総合評価管理技術開発」で、その目的は数万に及び化学物質のリスクを正確に把握し、必要な対策を適時適切に行うため、有害性（分解性、蓄積性等）暴露等の基盤情報の収集とこれに基づくリスク評価を行うなど知的基盤を整備するとともに、それらの情報に基づき各種評価手法の開発等を行うことである。もう一つは、「化学物質リスク削減技術開発」であり、化学物質の製造に伴う環境負荷の低減、省資源及び省エネルギーを図るため、製造工程において有害化学物質を使用しない等の新規化学プロセスを開発することである。【参考資料1：化学物質のリスクとその管理】

## 化学物質総合評価管理分野の技術戦略マップ

### ．導入シナリオ

#### (1) 化学物質管理分野の目標と将来実現する社会像

経済産業活動を環境と調和させ安全・安心な国民生活を実現するために、以下のことを目標とする。これらの目標を達成するためには、研究開発のみならず、実用化するための導入普及促進策、標準化等の関連施策を一体的に推進する必要がある。

- ・行政、企業等で、科学的に評価されたリスクを認識した上での化学物質の使用
- ・行政、企業、国民等のリスクコミュニケーションのもとで、透明で合理的な化学物質管理についての理解促進
- ・揮発性有機化合物（VOC）等の削減が進むことにより、環境負荷の改善に寄与し、国民の健康や生活環境を保全
- ・日本の産業の国際競争力の強化

#### (2) 研究開発の取組み

化学物質のリスクを管理する方法として不可欠となるが、化学物質のリスクを削減する技術であり、工場から最終的に排出される段階での回収・分解、有害性の高い物質を用いないプロセスへの転換あるいは、よりリスクの低い物質への代替転換がといったものがある。また、過去に環境中に排出された化学物質の回収・無害化といった技術もリスク削減技術として位置付けられている。リスク削減技術の目的は、より良い環境の実現である。

上述の状況認識を踏まえた今後の研究開発の方向性として、2030年までを見据えたロードマップを策定する。

リスク評価については、有害性や暴露量に情報があるものについてはリスク評価が可能となった。しかし他方、データが少ない物質への容易な転換が行われる例も出てきている。これは現状ではデータが不足しているために、異なる物質間におけるリスク比較が困難なためでもある。この状況を解消するために、不足データを類推しリスクを比較する手法の開発が必要とされている。また、リスク評価を実施するうえで必要となる有害性評価についても膨大な数の化学物質について信頼に足るデータが不足しているが、全ての物質に時間と費用をかけ動物実験による有害性評価を行うのは現実的でない。そのため、動物試験によらない、遺伝子組換え細胞等を用いた有害性予測手法、また、遺伝子発現解析技術を活用した発がん性予測手法、化学物質の構造情報等から計算機を用いて有害性を予測評価手法といったものが求められている。さらに、科学的に未解明な故にリスク不安が生じている工業用ナノ粒子について、リスク評価を行う体制を整備する必要がある。これらは、比較的緊急性の高い課題である。より長期的な視点に立てば、種差や個人差、複合暴露の影響を定量的に評価できる高精度な有害性評価技術や、実環境中でのモニタリングとそれをフィードバックして高精度化した暴露推定モデルが必要とされる。これらの点は工業用

ナノ粒子についてもほぼ同様である。

一方、化学物質によるリスクを低減するための技術に関しては、短期的には排気施設や排水施設等の最終段階で有害性の高い物質を回収、分解する技術の開発が求められ、より長期的には、製造・使用段階においてリスクの少ない化学物質への代替化技術が中心となっていくべきと考えられる。特に、中央環境審議会が施策目標とされた、『2010年に揮発性有機化合物（VOC）の排出量を2000年に比較して30%削減する』ことを達成することが、当面の重要課題となっている。

さらに、リスク評価・管理にかかる手法の確立とともに、リスク削減技術の先駆的な開発をもって産業の競争力向上に資するものとする。

### （3）関連施策の取組み

#### 〔導入補助・支援〕

- ・化学物質の有害性評価、暴露分析、リスク評価等のデータベースの構築を図る。
- ・化学物質の有害性評価、暴露分析、リスク評価等の手法の各種活動（事業者の自主管理活動、事業者、地方自治体等が国民とリスクコミュニケーションを図る活動等）等への導入を図る。
- ・公害防止設備に対する優遇税制等の支援を行う。

#### 〔基準・標準化〕

- ・各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。

#### 〔国際標準化〕

- ・高精度・簡易有害性評価システムの開発については、2014年度を目途に有害性評価手法等を経済開発協力機構（OECD）にテストガイドラインとして提案することを検討し、国際標準化を推進する。

#### 〔知的基盤整備〕

- ・独立行政法人製品評価技術基盤機構の化学物質管理センターにて事業者・国民・公的機関の化学物質管理に関する冷静な対話（科学的知見の共有）を促進するための知的情報基盤整備を図る。

#### 〔他省庁との連携〕

- ・総合科学技術会議で行われている科学技術連携施策群の環境分野の一つとして「総合的リスク評価による化学物質の安全管理・活用のための開発技術」の中で厚生労働省、国土交通省、農林水産省と情報を共有し連携を保ちつつ事業を推進。

### （4）民間での取組み

民間企業の取組みとしては、有害化学物質の排出によるリスクを低減するため、化学物質関係法令の遵守に止まらず、化学物質の自主的な管理を推進する。具体的には、化学物質審査規制法（以下、化審法）及び化学物質排出把握管理促進法（以下、化管法）に対し

て適切な対応がなされており、また、2010年までにVOC排出削減に対しての自主的な取組みが推進されている。さらに、必要な研究開発を通じて、有害化学物質の自主的な管理を高度化していく。【参考資料2：化学物質総合管理関係法令】

## (5) 改訂のポイント

- 研究開発の取組みのリスク削減対策にアスベスト建材等安全処理技術開発を位置付けた。

## ・技術マップ

### (1) 技術マップ

化学物質リスク評価・管理技術開発

行政や企業の直面するリスク評価・管理の課題(ニーズ)と、それを解決しうる技術(ソリューション)を調査により抽出し、技術開発課題を整理した。

また、リスクを管理するためにはそれを評価する技術が必要であり、リスクを評価するためには暴露を評価する技術及び有害性を評価する技術が必要であることを、階層構造として示している。

化学物質リスク削減技術開発

まず、製造、解体、処理事業者が事業活動に伴い、影響を及ぼす環境を「大気」、「水域」、「土壌」と分類し、一旦製品となり、使用時あるいはそれ以降に影響を及ぼすものを「製品」という分類とした。次に、それぞれについて削減すべき化学物質を抽出し、「プロセス転換技術」、「回収・分解技術」、「原料転換技術」等技術分類をおこない、その削減に有効な技術開発課題を整理した。

### (2) 重要技術の考え方

リスク評価・管理に関する委員会とリスク削減技術に関する委員会において重要技術の考え方を整理し、その分野に応じた評価指標抽出し、それに基づいて重要技術の選定を行った。化学物質リスク評価・管理技術開発、化学物質リスク削減技術開発ともに、重要技術開発課題をゴシック体(太字)で示した。【参考資料3：重要技術選定の評価項目と評価方法について】

#### (A) 化学物質リスク評価・管理技術開発

重要技術の選定にあたっては、次の四つの評価指標を設定し、それぞれの指標を三段階で評価した。

化学物質総合評価管理リスクトレードオフに基づく最適管理に資する。

- 1 リスク評価に必要な情報を効率的に取得できる。
- 2 情報不足による不確実性を低減、定量化できる。
- 3 リスク管理選定におけるリスク転嫁を回避し、コミュニケーションと適切な意志決定に役立つ。

海外動向に対する日本の影響力発揮に資する。

まず、上記の -1～ -3 と の4つの評価指標のうち一つでも 評価となった技術は、重要技術と選定した。また、三つ以上の指標で 評価を得た技術についても、多目的型技術として重要技術として選定した。さらに、我が国の独自の事情を考慮する必要があるものについては、特別に重要技術に加えた。

#### (B) 化学物質リスク削減技術開発

重要技術の選定にあたっては、次の三つの評価指標を設定し、それぞれ三段階で評価した。

リスク削減効果

a. ハザードや排出削減量から見たリスク削減ポテンシャル

b. コスト

産業競争力強化

上記の指標のうち の指標については a、b の2つの指標に分けられ、そのうちどちらかが 評価が得られたもの、又は両方 以上の評価が得られたものであって、さらに の指標についても 以上の評価を満たすものについて重要技術として選定した。

#### (3) 改訂のポイント

➤ 技術戦略マップ 2007 からの変更なし。

### **技術ロードマップ**

#### (1) 技術ロードマップ

化学物質リスク評価・管理技術開発

2010年頃までに化学物質管理の第2世代を構築させるべく化学物質管理関係法令等による規制と企業の自主管理のベストミックスの下、物質ごとにリスクを減らすことを目標にし、開発すべき概ねの時期を期間とともに示した。また、その後2020年頃までを化学物質管理の第3世代と位置づけ、リスクとベネフィットとのバランスを考慮し、リスクコミュニケーションを通じてリスクと向き合う社会を構築することを目標にし、開発すべき概ねの時期を示しロードマップを策定した。将来的には、複数物質間のリスクを比較したり、感受性の個人差や多様なライフスタイルにも留意して、科学的知見に基づく高度な技術により、全体としてのリスクを低減させるような管理を目指すべきであり、安全・安心な国民生活と活力ある産業を実現することが求められている。

リスク評価の一手法として描かれている工業用ナノ粒子のリスク評価については、研究開発が緒に付いたばかりであり、やや他の技術開発とは進展の度合いが異なるので別立てにした。(なお、技術マップについては、リスク評価・管理本体のマップに表した。)

また、各技術開発の繋がりをわかりやすく示すため、重要技術開発以外の技術開発についても明朝体で記載するとともに、各技術開発のアウトカムを矢印で示して技術開発との因果関係を示すことによって、本ロードマップで何を目標しているのかを明確にした。



### 化学物質リスク削減技術開発

国際競争力のある技術で化学物質によるリスクを抑えて快適な生活を実現するために、2010年にVOCの排出量を2000年に比較して30%削減することや、2020年にヨハネスブルグ宣言の目標である化学物質の人への健康と環境にもたらす影響を最小化するための技術目標を示すとともに、さらに長期的な視点に立ち2030年までリスク削減をするための技術開発をロードマップ上に展開した。技術の方向性としては、短期的には有害性の高い物質を環境に出さない排出段階で回収や分解を行う技術が、より長期的には有害物質を使わない、あるいは生成しないプロセスへの技術転換が中心となっていくべきと考えられる。

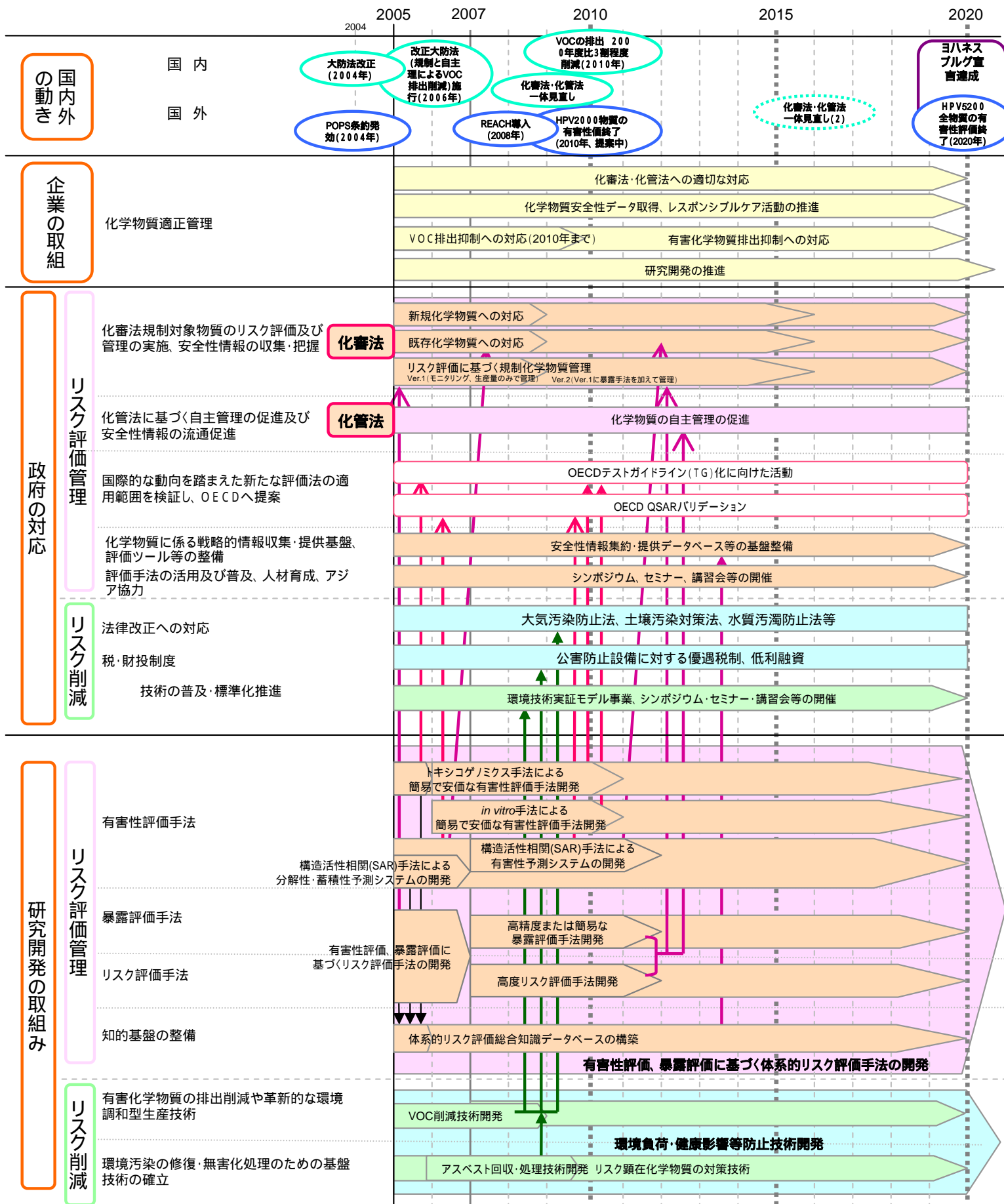
#### (2) 改訂のポイント

- 技術戦略マップ2007からの変更なし。

# 化学物質総合評価管理分野の導入シナリオ

目標

行政、企業等で、科学的に評価されたリスクを認識した上での化学物質の使用  
 行政、企業、国民等のリスクコミュニケーションのもとで、透明で合理的な化学物質管理についての理解促進  
 揮発性有機化合物(VOC)等の削減が進むことにより、環境負荷の改善に寄与し、国民の健康や生活環境を保全  
 日本の産業の国際競争力の強化



化学物質総合評価管理分野の技術マップ(リスク評価・管理技術開発)

技術分類		技術NO.	技術開発課題 (重要技術は、ゴシック太字で示す)	化学物質総合評価管理(第3世代) リスク トレードオフに基づく最適管理をブレークダウン した評価項目	海外動 向への日本の 影響力発揮 という観点 からの評価 項目		
			<p>【評価項目a.】 リスク評価に必要な情報を効率的に取得できる。</p> <p>【評価項目b.】 情報不足による不確実性を低減・定量化できる。</p> <p>【評価項目c.】 リスク管理策決定におけるリスク転嫁を回避し、コミュニケーションと適切な意思決定に役立つ。</p>				
			<p>が3個以上の技術もしくは「重要技術」とした(知的基盤は除く)。 なお、技術名にの付いた技術は、「評価項目」日本固有の状況を反映させる観点、から加えた。</p>				
				<p>その評価項目に照らして、特に優れた技術 その評価項目に照らして、優れた技術</p>			
リスク管理	行政が行うリスク管理に必要な手法	化審法のリスク管理手法	1	費用対効果を考慮した合理的リスク管理手法			
			2	代替物質のリスクなど化学物質間のリスクのトレードオフを考慮したリスク管理手法			
			3	不確実性を考慮して多くの物質をリスク管理する手法			
		監視化学物質のリスク管理手法	4	評価の優先順位やTiered Approach*を考慮した効率的リスク管理体系の構築			
			5	ストック汚染*のリスク管理手法			
			6	化学物質とそれ以外のリスクとのトレードオフを考慮したリスク管理手法			
		リスクトレードオフに基づく最適管理手法	7	複雑なシナリオのリスク(混合剤や複合暴露等)や不確実性やライフスタイルに置き管理するための手法			
			8	リスク管理の研究項目の優先順位付け手法			
			9	地域のリスク管理手法			
	企業の自主管理を支援するための手法	製品単位のリスク管理手法	10	費用対効果を考慮した合理的リスク管理手法			
			11	サプライチェーン含有物質トレース手法*			
		12	複数物質間・製品間でリスクを比較し、自主管理するための手法				
		13	製品上のリスク管理手法				
	社会ニーズへの対応	新規の物質・技術や懸念されているリスクへの対応	14	工場(工場付近)のリスク管理手法			
			15	リスクに基づくナノ粒子のリスク管理手法			
		16	新規技術に関する社会受容性や意思決定に関する研究				
		17	ベネフィットの現状把握と予測のための手法				
		18	化学物質以外のリスクなどトレードオフを考慮したナノ粒子のリスク管理手法				
	19	管理策の効果(回避されたリスク)の経済評価手法					
	要素技術		20	化学物質のリスクとそれ以外のリスクの統一指標の開発			
			21	データ等の不確実性を前提としたリスク管理技法			
知的基盤			22	リスク評価結果やリスク管理政策の状況等をわかりやすく(まとめ、定期的に国民に提供するための情報整備)			
			23	有害性評価書、初期リスク評価書の整備			
			24	リスク評価の表現方法(指標等)の標準化・規格化			
			25	専門家の見解を集約したリスク管理ガイダンスの整備			
			26	リスク評価・管理DBの開発(管理対策・技術の事例やその効果が判定できるツール、国際調整の事例等)			
		27	ヒト健康について共通の指標で評価する手法				
リスク評価	社会ニーズへの対応		28	ヒト・生態リスクの統一指標の開発			
			29	優先順位付け手法			
			30	不確実性を含んだリスク指標の開発			
			31	情報基準等に基づくデータ、モデルの選択技法			
			32	ナノ粒子のリスク評価手法			
	知的基盤		33	ナノ粒子のリスク評価手法の体系化、高度化(Tiered Approach、より複雑な暴露シナリオ等)			
			34	多種多様なナノ粒子に対するリスク評価の優先順位付け手法			
			35	リスク評価手法のガイドライン作成と標準化・規格化			
			36	ガイドライン改定システムの確立			
			37	製品からの直接暴露の評価手法			
暴露評価	社会ニーズへの対応		38	ストック汚染による暴露の評価手法			
			39	地域別の暴露評価手法			
			40	感受性の高い集団の暴露評価手法			
			41	ライフスタイル別の暴露評価手法			
			42	排出量、環境条件などの最悪ケースも反映されるように暴露シナリオを体系化			
			43	不確実性を含んだ暴露指標の開発			
			44	生態系のリスク評価のための暴露評価手法			
	社会ニーズへの対応	新規の物質・技術や懸念されているリスクへの対応		45	生態系食物網構造解析手法		
				46	シックハウス症候群の暴露評価手法		
				47	自然発生源のある物質の暴露評価手法		
			48	ナノ粒子の暴露評価手法			
			49	暴露シナリオ構築			
			50	環境・生体中のナノ粒子計測技術、キャラクタリゼーション技術			
	要素技術	環境中や生体中濃度モニタリングとその活用		51	ナノ粒子の環境中挙動モデル		
				52	ナノ粒子排出シナリオ構築		
				53	ナノ粒子排出量推定手法		
			54	ナノ粒子の暴露評価手法の高度化(環境中での反応等の挙動の詳細化等)			
		55	モニタリングデータの暴露評価適用手法				
		56	サンプリングスキーム構築(生物相モニタリングスキーム含む)				
		57	バイオアッセイモニタリング手法*(環境測定による化学物質の暴露把握手法)				
環境中や生体中濃度センサー		58	人・生態系の暴露検出のためのバイオマーカー迅速検出センサー				
		59	環境中微量物質マルチセンサー				
		60	携帯型環境(室・車内等含む)微量物質検出センサー				
		61	生体中微量物質検出センサー				
		62	土壌、地下水汚染暴露評価手法				
		63	化学反応(分解、反応生成)を考慮した環境中寿命モデル				

化学物質総合評価管理分野の技術マップ(リスク評価・管理技術開発)

化学物質総合評価管理(第3世代) リスクトレードオフに基づく最適管理をブレークダウンした評価項目	リスク	海外動向への日本の影響力発揮という観点からの評価項目
【評価項目a.】 リスク評価に必要な情報を効率的に取得できる。	【評価項目b.】 情報不足による不確実性を低減・定量化できる。	【評価項目c.】 リスク管理策決定におけるリスク転嫁を回避し、コミュニケーションと適切な意思決定に役立つ。

が3個以上の技術もしくはが1個以上の技術を「重要技術」とした(知的基盤は除く)。なお、技術名にの付いた技術は、「評価項目」日本固有の状況を反映させる観点、から加点了。

技術分類	技術NO.	技術開発課題 (重要技術は、ゴシック太字で示す)	その評価項目に照らして、特に優れた技術 その評価項目に照らして、優れた技術	
排出のモニタリング、排出データの活用、最適化 排出量推定手法	64	<b>PRTRデータの暴露評価適用手法(届出データ、非届出データ含む)</b>		
	65	モニタリングスキーム構築		
	66	<b>ライフサイクルでの用途推定手法</b>		
	67	<b>用途ごとの排出推計手法</b>		
	68	<b>精度評価を伴ったPRTRデータの推計手法</b>		
	69	<b>PRTRデータ妥当性評価手法</b>		
	70	<b>観測値から排出量を推定する逆解析手法</b>		
	71	<b>より高精度なマテリアルフロー分析手法</b>		
	知的基盤	72	暴露評価に必要なツールやデータ等(暴露シナリオ、食物摂取量、人口、用途別排出係数、地域の気象、海象、水文士壌データ、物質の蒸気圧等の物理化学的性状、物質の環境中半減期等)のDB化	
		73	暴露評価手法のガイドライン作成と標準化・規格化	
		74	個体群への影響の定量化に必要な生活史パラメータ等の整備と推定手法	
		75	<b>シックハウス症候群の有害性評価手法</b>	
	有害性評価 社会ニーズへの対応 新規の物質・技術や懸念されているリスクへの対応	76	<b>複合暴露の有害性評価手法</b>	
		77	<b>世代別感受性を考慮した有害性評価手法</b>	
		78	<b>生体系の有害性評価のための特有な技術(底質毒性試験法や成長段階別の有害性推定手法)</b>	
		79	<b>in vivo試験やスクリーニングのためのin vitro試験によるナノ粒子特有のヒト・生体系の有害性評価手法(試験動物からヒトへの外挿手法含む)</b>	
		80	<b>ナノ粒子の体内動態研究</b>	
		81	<b>トレーサー技術</b>	
		82	<b>体内動態モデリング手法</b>	
		83	<b>in vitro試験によるナノ粒子特有の生体影響検出手法(バイオマーカーの決定手法等)</b>	
		84	<b>in vivo試験によるナノ粒子特有の生体影響検出手法(バイオマーカーの決定手法等)</b>	
		85	吸入暴露装置	
		86	<b>in vivo, in vitro試験用の液相・気相でのナノ粒子サンプル作成技術</b>	
		87	<b>有害性の体系的試験戦略(Tiered Approach等)の構築</b>	
		88	<b>カテゴリアプローチ等相対的な有害性の推定手法</b>	
		89	<b>ナノ粒子の有害性評価の高速化、高度化のための手法(in silicoの手法等)</b>	
		90	<b>分解性・蓄積性QSAR(新規物質の試験結果活用等による適用性拡大)</b>	
		91	<b>有害性QSAR(操作性・変異原性・生体エンドポイント等)</b>	
		92	<b>メカニズムを考慮したQSAR</b>	
	93	<b>カテゴリアプローチ手法</b>		
	94	蓄積性試験のin vitro試験法		
	95	その他in vitroの簡易なスクリーニング手法(ヒト細胞などを用いた)		
	96	<b>マルチエンドポイント型有害性評価手法</b>		
	97	<b>in vitroの簡易でハイスループットに対応可能な評価手法</b>		
	98	in vivoでの高速の評価手法		
	要素技術 高速(簡易・安価)な手法 発がん性、生殖毒性、神経毒性等、高コスト・長期を要する毒性の高度な評価手法 高精度な手法(不確実性因子低減のための手法)	99	<b>in silico人体、in silico生体系</b>	
		100	<b>ヒト培養細胞を用いた種差を回避した有害性評価手法</b>	
		101	<b>遺伝子発現解析技術を用いた種差による感受性評価技術</b>	
		102	<b>遺伝子発現解析技術を用いた個人の有害性評価技術</b>	
		103	単純なPBPK / TD*モデル (in vitro等の試験結果を適用して改善)	
		104	詳細なPBPK / TDモデル(細胞応答や臓器・組織応答のシミュレーション)	
		105	<b>有害性検出バイオマーカー探索手法</b>	
		106	<b>実験室でのミニ生体系(マイクロコスム)</b>	
		107	<b>タンパク質等の上位階層での網羅的解析技術</b>	
		108	有害性情報のDB化	
	109	有害性評価手法やデータ収集に関するガイドライン化と標準化・規格化		
	知的基盤			
	知的基盤			

*Tiered Approach	多くの物質を効率的にかつ合理的に評価するために評価ステップを段階に分けて行う方法。具体的にはまず初めにスコアリングによって、評価する化学物質の優先順位付けを行った後、一連の評価の初期のステップで簡単な(かつ安全サイドに立った)評価を行うことで、化学物質を網羅的にふるいにかけ、よりリスクの疑いの高い物質についてのみ詳細なリスク評価を行うような評価の方法。
*ストック汚染	土壌のように、いったん汚染されると拡散による希釈効果はあまり期待できず蓄積するので、汚染物質の排出を止めても、そのままでは長期にわたり汚染状態が改善されない(ような)汚染。
*サプライチェーン含有物質トレース手法	製品に含まれる化学物質の情報をサプライチェーンに沿って授受する手法。
*DfE(Design for Environment)	環境に配慮した設計。
*バイオアッセイモニタリング手法	試験生物(バクテリア、細胞、水棲生物など)の生物学的応答の度合いに応じて、環境サンプルの毒性の大きさを評価する手法であり、未知の毒性物質の影響評価や複数の化学物質を同時に摂取した場合の協同的な影響を評価することが可能。
*3R(Replacement, Reduction, Refinement)	動物試験の代替(Replacement)、動物数の削減(Reduction)、苦痛の削減(Refinement)を目指すもの。
*PBTK(physiologically-based toxicokinetics)	動物試験の体内動態を記述したモデル。
*PBTK/TD(PBPK toxicodynamics)	化学物質の体内動態に加え、細胞組織内での影響を記述したモデル。
*ADME(Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion)	吸収、分布、代謝、排泄。
*ADME/Tox(ADME toxicity)	ADMEを解明する手法。実験系も含む。

化学物質総合評価管理分野の技術マップ(リスク削減技術)

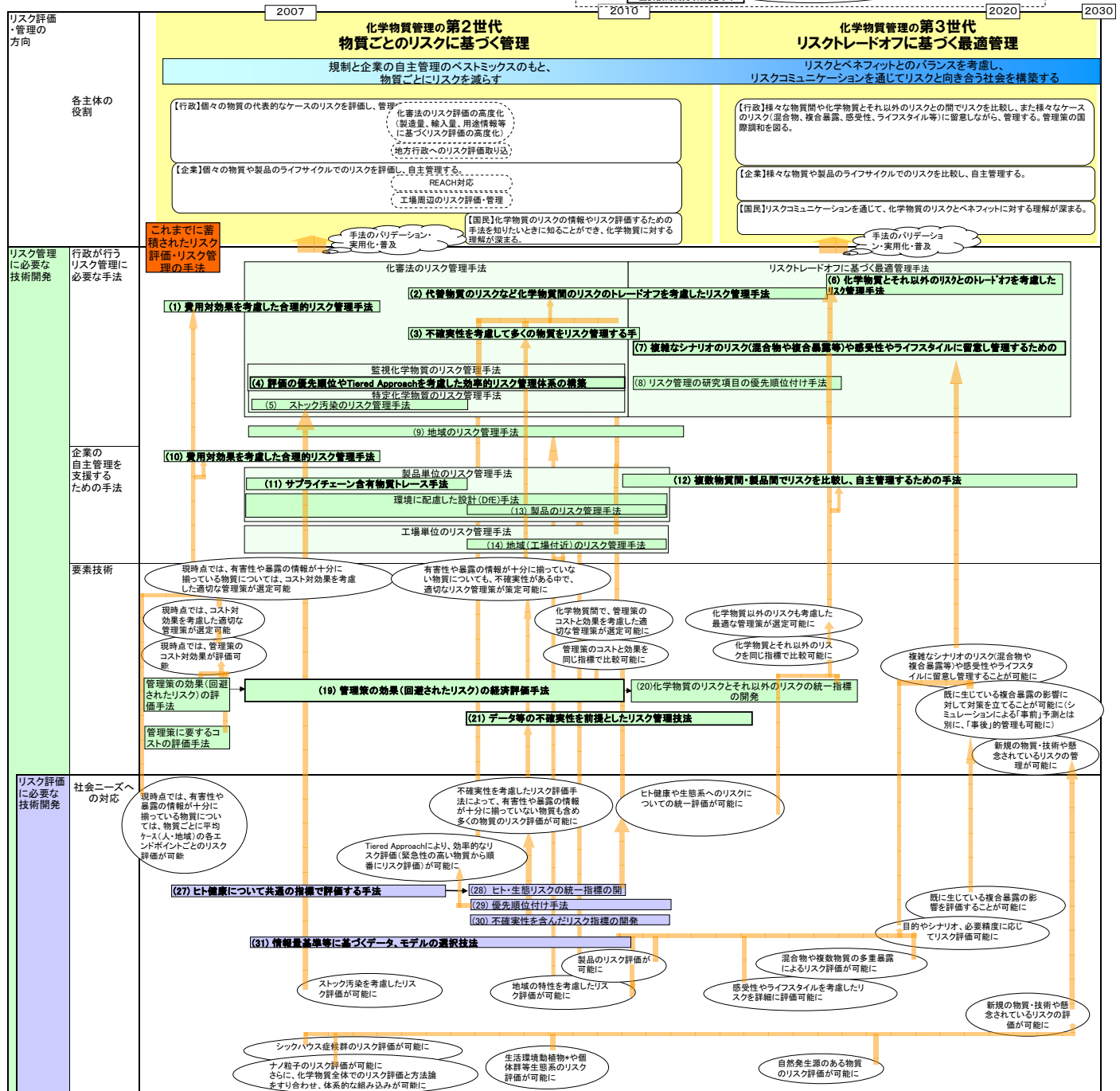
削減対象物質	対策課題	技術NO.	開発課題 (太字は重要開発課題)	開発要素	具体的な開発テーマ例	主な削減対象物質	主な排出産業 (技術の適用先)	その技術によって生産される製品	将来的にその技術の必要性 (キーワード)	評価項目		評価項目 産業競争力強化
										リスク削減効果指標abの項目がどちらか かつどちらも以上であり、産業力競争力が 以上のものを満たすものを重要技術とした。	技術開発確保: a. 基礎力 技術力優位: b. チャンピオン	
大気	プロセス転換	109	無清煤による合成・分離・抽出プロセス	プロセス	・クマリン誘導体の無清煤合成	トルエン, キシレン	化成産品, 医薬業	添加剤	技術開発確保			
		110	アルコール系、飽和炭化水素系清煤による合成・分離・抽出プロセス	清煤, プロセス	・アルコール溶剤による環境調和型アゾ化合物類の合成	トルエン, キシレン	化成産品, 医薬業	色素	技術力優位			
		111	水溶性触媒による水系清煤、イオン性液体等による高選択グリーン化	清煤, 触媒	・金属錯体触媒によるオキソ反応、選択水素化、異性化反応 ・水溶性錯体触媒、相間移動触媒によるシンプレ化反応	トルエン, キシレン	化成産品, 医薬業	原材料	技術開発確保			
		112	VOCフリー塗装、洗浄、印刷、接着	プロセス	・超臨界CO <sub>2</sub> による塗装、洗浄プロセスの開発	トルエン, 酢酸ブチル	塗料, 印刷	塗料	技術力優位			
	VOC/清煤	プロセス転換	113	環境調和型エマルジョンプロセス	材料, プロセス	・(界面活性剤を使用せずに)超音波を利用してエマルジョンを生成して洗浄する技術の開発	トルエン, キシレン	化成産品, 医薬業	分析用材料	技術開発確保		
			114	複合酸化触媒等による低温接触分解プロセス	触媒	・酸化鉄系触媒及びプロセスの開発	トルエン, n-ブタン	石油製品	燃料ガス	排出規制対応		
		回収・分解	115	炭素系、無機系膜モジュールによるガソリンペーパー、消毒・滅菌剤の回収・分解	材料, プロセス	・VOC分離用シリコンゴム中空系膜の開発	トルエン, エピクロロヒドリン	石油製品, 医薬用品	分離膜	排出規制対応		
			116	光触媒材料による分解処理	触媒, プロセス	・可視光型光触媒によるVOC・NOx分解装置の開発	トルエン, n-ブタン	石油製品	VOC分解装置	排出規制対応		
			117	機能性膜、炭素性繊維膜、吸着材による選択・分離プロセス	材料, プロセス	・メソ細孔性活性炭素繊維膜の開発	トルエン, キシレン	化成産品, 医薬業	原材料	排出規制対応		
			118	機能性シリカ、ゼオライト、高表面積活性炭等による回収	材料, プロセス	・ナノ多孔性酸化チタン膜の開発と回収プロセス	トルエン, キシレン	化成産品, 医薬業	分離膜	排出規制対応		
			119	特殊反応場利用VOC分解システム	触媒, プロセス	・低温プラズマと触媒による低濃度分解装置 ・吸着剤濃縮による低温プラズマ分解装置 ・キューリー点制御による高効率回収装置	トルエン, n-ブタン	石油製品	VOC分解装置	排出規制対応		
			120	無機・有機ハイブリット膜、複合酸化触媒、層状化合物等による分離・回収・分解プロセス	材料, プロセス	・生分解性生体高分子材料含有ハイブリット膜の開発 ・メンブレンリアクターの開発	トルエン, n-ブタン	石油製品	分離膜	排出規制対応		
有害微生物(金属、難分解性物質等)	プロセス転換	121	融合反応場を利用したプロセスのグリーン化、シンプル化	触媒, プロセス	・超音波、マイクロ波、高周波反応場を利用したナノ材料合成、有害物質の分解、殺菌プロセス ・イオン性液体、超臨界液体による高選択反応(水和、水素化、メチル化等)プロセス ・超高温/高圧反応による新規無機有機ハイブリット材料プロセス ・メンブレンリアクターの開発	トルエン, キシレン	化成産品, 医薬業	原材料	技術開発確保			
		122	選択加熱(マイクロ波など)によるシンプル反応化	触媒, プロセス	・高選択加熱による芳香族ポリカーボネートの製造	トルエン, キシレン	化成産品, 医薬業	原材料	技術開発確保			
		123	マイクロリアクター等によるプロセスのシンプル化及び高速化	触媒, プロセス	・多段階突進型マイクロリアクターによるアルデヒド類の高速・高選択合成	トルエン, キシレン	化成産品, 医薬業	医薬原料	技術開発確保			
		124	新規酸化・還元触媒による有機合成のシンプル化	触媒, プロセス	・メソポーラスシリカ系触媒による直接フェノール合成	亜酸化窒素, 臭素	化成産品, 医薬業	合成触媒	技術力優位			
	原料転換	125	低品位炭化水素からのオレフィン、合成ガス製造プロセス	触媒, プロセス	・酸化ダイヤモンド・ニッケル触媒による合成ガス製造法	NOx, SOx	化成産品	原材料	技術力優位			
		126	CO <sub>2</sub> DME等を利用した化成産品製造プロセス	触媒, プロセス	・超臨界二酸化炭素を使用したホルムアミド誘導体の製造 ・DMEからのプロピレン製造プロセスの開発	NOx, SOx	化成産品, 石油製品	原材料	技術力優位			
		127	未利用資源(超重量留分、バイオマス等)からの有用原料転換プロセス	触媒, プロセス	・重量留分の脱アルキル化による単純芳香族化合物の製造	NOx, SOx	化成産品	原材料	技術開発確保			
		128	低品位化石資源中の硫黄、重金属等の除去と再資源化	触媒, プロセス	・硫化水素による金属水銀の除去技術	Hg, V, S, Ni, As	石油製品	有害物処理システム	資源確保, 多様化			
		129	有害残渣を併産しない生分解性ポリマー製造プロセス	触媒, プロセス	・酵素触媒による生分解性ポリマーの製造	NOx, SOx	化成産品	医療用材料	技術開発確保			
		130	低級飽和炭化水素等からの化成産品製造プロセス	触媒, プロセス	・メタンの選択的酸化による化成産品製造用触媒の開発	NOx, SOx	化成産品, 石油製品	合成触媒	資源確保, 多様化			
		131	バイオ資源、廃棄物からの化成産品製造プロセス	触媒, プロセス	・超臨界溶媒処理による化成産品原料の製造技術	NOx, SOx	石油製品	原材料	資源確保, 多様化			
		NOx等	分解	132	複合酸化触媒等による希薄NOx分解装置	触媒	・Ba(La)Mn(Mg)系複合酸化触媒を用いるNOxの直接分解反応	NOx	化成産品, 石油製品	有害物処理システム	技術力優位	
133	低NOxの燃焼システム			プロセス	・予混合システムの開発 ・低NOxバーナーの開発	NOx	化成産品, 石油製品	燃焼システム	技術力優位			
ハロゲン等	プロセス転換	134	ハロゲン、シアン、ホスゲン化合物等を用いないグリーン化	触媒	・CO <sub>2</sub> を原料とする非ホスゲン法ウレタン製造、ポリカーボネート製造	臭素, シアン, ホスゲン	化成産品, 医薬業	原材料	技術開発確保			
		135	新酸化法(過酸化水素、オゾン、分子状酸素等)によるノンハロゲン化	触媒	・ペトロリウム担持Ru触媒によるテレフタル酸の製造	臭素	化成産品, 医薬業	原材料	技術力優位			
アスベスト	飛散防止技術	137	高効率剥離・回収、飛散防止システム	材料, プロセス	・コーティング材(保水剤、増粘剤等)による飛散防止 ・コーティング材(硬化性高分子材料等)による劣化防止 ・無人ロボットのマニピュレーター及びその動作制御システムの開発	アスベスト	産業地産分離ビル・住宅	コーティング材、アスベスト処理システム	ヒト健康対策			
金属イオン等(F, Bを含む)	回収	138	スラッジ等の資源化・減量化	プロセス	・めっきスラッジフェライト化装置の開発 ・新規薬液の開発 ・メッキ廃液の長寿命化 ・スラッジの安全な再利用方法の開発(用途開発)	Pb, Sn, Zn	金属, 非鉄金属	有害金属回収システム	技術開発確保			
		139	界面動電現象*による有害金属イオン等の回収・除去	材料, プロセス	・鉄陽電極界面動電法による珪砂からの汚染物質の除去	Cd, Pb, Hg, As, Cr	金属, 非鉄金属	有害金属回収システム	技術開発確保			
		140	高性能イオン交換膜、多機能吸着材による選択回収・除去	材料	・Mg又はMg合金系吸着材による金属イオン等の除去	Cd, Pb, Hg, As, Cr, F, B	金属, 非鉄金属	有害金属回収システム	技術開発確保			
	有害ハロゲン	分解・除去	141	高分子、超分子等による有害金属イオンの選択除去	材料	・イミダゾリオン基を有するキレート樹脂吸着剤の開発	Cd, Pb, Hg, As, Cr	金属, 非鉄金属	吸着剤	技術開発確保		
			142	微量トリハロメタン等の分解・除去	触媒, 材料	・Si系光触媒による高速、完全分解	トリハロメタン等	化成産品, 金属製品	有害物処理システム	ヒト健康対策		
			143	トリクレン等の分離・完全酸化分解	材料	・トリクレン吸着高性能イオン交換膜、多機能吸着材の再生技術	トリクロロエチレン	化成産品, 医薬業	有害物処理システム	ヒト健康対策		
有害ハロゲン	分解・除去	144	オゾン、UV等による微量有害ハロゲンの分解	プロセス	・オゾン噴射ダイオキシン分解炉の開発	ダイオキシン, 農薬等	下水道, 廃棄物処理業	有害物分解炉	ヒト健康対策			
		145	難分解性物質の完全分解	プロセス	・光触媒、超臨界水による完全分解装置の開発	ダイオキシン, PCB等	下水道, 廃棄物処理業	有害物処理システム	ヒト健康対策			

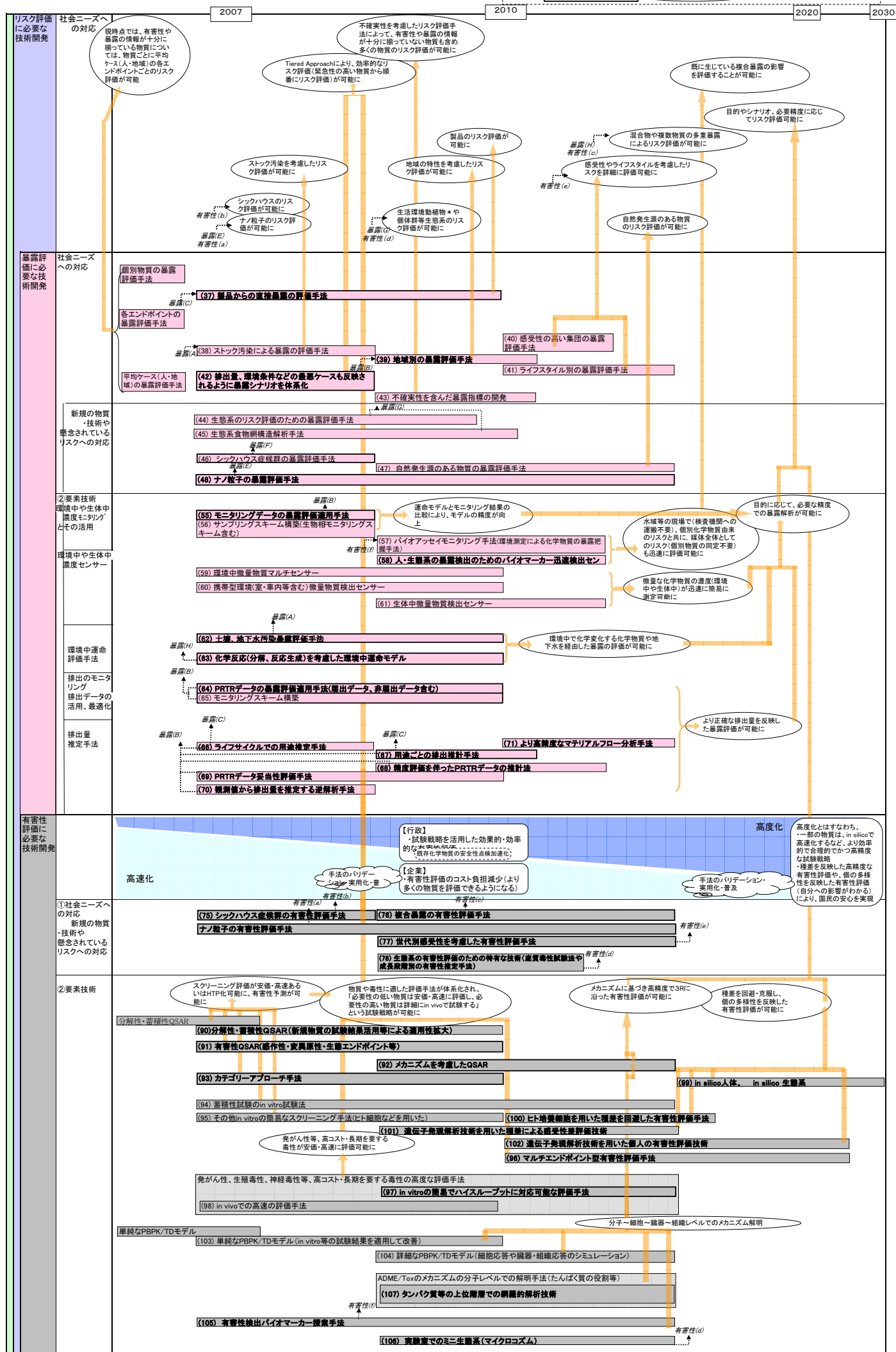


水域	有機ハロゲン	代替物質	146	PFOS、PFOAの代替物質	材料	・非フッ素系界面活性剤の開発	PFOS、PFOA	化成品、繊維	PFOS、PFOAの代替物質	国際規制対応				
			147	PFOS、PFOAの計測、回収・無害化	プロセス	・ヘテロポリ酸光触媒、過硫酸酸化剤、亜臨界面水+鉄粉等による完全分解・無害化技術の開発	PFOS、PFOA	化成品、繊維	PFOS、PFOAの処理システム	ヒト健康対策				
	重金属	回収	148	高性能分離膜による微量金属の濃縮・資源化	材料	・弱酸性、弱塩基性キレート修飾高分子分離膜の開発	Se、Pb、Cr等	金属、非鉄金属	分離膜	技術開発確保				
			149	高性能吸着材による微量有害金属の回収・無害化	材料	・ゼオライト及び $(PbO)_x(FeO)_y(Fe_2O_3)_1-x-y \cdot aH_2O$ よりなる有害金属吸着材	As、Cd、Hg等	金属、非鉄金属	吸着材	技術開発確保				
	富栄養化物質	分解・除去	151	新規耐熱性酵素による生物分解処理	バイオ	・酸化チタン系光触媒複合材料の開発	六価クロム	化成品	機能性触媒	技術力優位				
			152	マイクロバブル*による完全分解	プロセス	・遺伝子組み換え酵素による環境汚染物質分解技術	N.P系化合物	下水道業	有害物分解酵素	技術開発確保				
			153	生物的脱窒素を利用した除去	バイオ	・オンマイトマイクロバブル処理と吸着脱リンを組み込んだ排水処理	フェノール等	化成品	有害物処理システム	技術力優位				
			154	バイオジオフィルター*等による分離・分解	バイオ	・フェノール利用脱窒素による生物処理	N系化合物	下水道業	有害物処理システム	技術開発確保				
	重金属	回収・無害化	155	レアメタル、貴金属等の精錬やリサイクルにおける有害副産物の回収・無害化	プロセス	・インジウム等の精錬プロセスにおける砒素、亜鉛の回収、無害化	As、Zn等	金属、非鉄金属	有害金属回収システム	資源確保、多様化				
			156	有害重金属イオンの選択回収	プロセス	・イオン電極による底泥を含む土壌からの重金属除去技術	Pb、As、Hg	金属、非鉄金属	重金属処理システム	技術開発確保				
157			高選択結合酵素、たんぱく質等による無害化・固定化	バイオ	・非天然重金属固定化たんぱく質の開発	Pb、Cd、As、Hg	金属、非鉄金属	重金属固定化酵素	技術開発確保					
158			包接化合物等による重金属等のIn-situ回収	材料	・シクロデキストリン等による高選択回収材料の開発	Pb、Cd、As、Cr	金属、非鉄金属	重金属処理システム	技術開発確保					
159			ファイトレメディエーション*による重金属の回収	バイオ	・遺伝子組み換え植物体による高蓄積能化植物の開発	B、Ni、Cu等	農業、非鉄	重金属処理用植物体	技術開発確保					
160			マイクロカプセル*等による回収	材料	・カプセルゲル法による濃縮・回収	Pb、Cd、As、Cr	金属、非鉄金属	重金属処理システム	技術開発確保					
代替物質		161	有機金属、複合金属、無機酸化物等による代替材料	材料	・スズービスマス半田合金粉末の製造方法	Pb、Cd、As、Ni、Cu等	金属、非鉄金属	鉛フリー半田	資源確保、多様化					
		有機ハロゲン	分解・除去・無害化	162	有機ハロゲンの分解・除去	プロセス	・高周波誘導プラズマと金属触媒触媒による完全分解装置の開発	ダイオキシン、農薬等	下水道、廃棄物処理業	有害物処理システム	技術開発確保			
				163	界面活性剤による鉱油、有害金属の分離・除去	バイオ	・チノキ料由来サゴからなる金属イオン捕捉剤	Cd、Pb等	金属、非鉄金属	金属イオン捕捉剤	技術開発確保			
				164	バイオ処理の高度化による洗浄	バイオ	・汚染濃度低減処理とバイオ処理技術を併用した汚染土壌浄化処理	鉱物油	石油製品	有害物処理システム	技術開発確保			
165	金属触媒、光触媒等による分解			触媒	・アルカリ金属炭酸塩系触媒によるダイオキシン、農薬、肥料等の分解	ダイオキシン、塩素系農薬等	廃棄物処理業	有害物処理用触媒	ヒト健康対策					
土壌	有機物質	分解・除去・無害化	166	生物系バイオレメディエーション*による分離・除去・無害化	バイオ	・過酸化水素を酸素源とする微生物による分解浄化修復方法	トリクロロエチレン	化成品、原油鉱業	有害物処理システム	技術開発確保				
			167	汚染底泥中の有機ハロゲン分解・除去・無害化	プロセス	・減圧加熱還元等による鉄複合粒子粉末の飽和磁化率向上と高比表面積化	ダイオキシン、PCB等	下水道、廃棄物処理業	有害物処理システム	技術開発確保				
			168	難分解性物質の分解	プロセス	・超臨界面水による完全分解装置	ダイオキシン、PCB等	下水道、廃棄物処理業	酸化剤	ヒト健康対策				
			169	酵素系バイオレメディエーションによる難分解物の無害化	バイオ	・資化菌とその増殖工程	ダイオキシン、PCB等	下水道、廃棄物処理業	有害物処理システム	技術開発確保				
			廃酸・廃アルカリ	回収	170	固体酸・塩基触媒によるクリーン化	触媒	・アルコールと二酸化炭素からの固体酸触媒によるカルボン酸の合成	塩酸、硫酸、水酸化ナトリウム	化成品、繊維	原材料	技術開発確保		
					171	機能性分離膜等による廃酸・廃アルカリの回収・固定化	材料	・二級及び三級アミン置換基を有する硝酸分離膜の開発	塩酸、硫酸、水酸化ナトリウム	化成品、繊維	硝酸分離膜	技術開発確保		
	アスベスト	無害化、計測技術	172	超微量検出・計測	検知技術	・染色、偏光顕微鏡等による0.1%含有建材の検知	アスベスト	ビル住宅	検知技術	ヒト健康対策				
			173	低含有アスベスト建材等の無害化・リサイクル・再資源化	プロセス	・低温溶融、水熱合成反応等による減容化、無害化	アスベスト	ビル住宅、フロント	有害物処理システム	ヒト健康対策				
	製品	VOC/揮発	代替物質	174	環境調和型リサイクル溶剤	溶媒、プロセス	・塩素系代替溶剤の開発	ジクロロメタン等	金属製品	溶剤等	技術開発確保			
				175	部品・補修用水系塗料	材料	・グリコールエーテル系洗浄剤の開発	トルエン、酢酸エチル	輸送用機械器具、金属	塗料	国際規制対応			
176				屋外用・耐食、防食製品用水系塗料	材料	・乳酸エステル、エタノール誘導体、テルペン系溶剤の開発	トルエン、酢酸エチル	輸送用機械器具、金属	塗料	国際規制対応				
177				有害重金属やハロゲンを用いない革新的難燃材料の開発	材料	・バイオ原料からの乳酸エステル製造	ポリイミド、ビフェニル	化成品、自動車	難燃材	国際規制対応				
178				ノンホルムアルデヒド系接着剤	材料	・バイオ原料からの乳酸エステル製造	ホルムアルデヒド	出版・印刷	接着剤	国際規制対応				
179				水性インキ、植物性インキ	材料	・マイクロ波による無害化、リサイクル技術	トルエン、酢酸エチル	出版・印刷	インキ	国際規制対応				
アスベスト		代替物質	180	UV硬化樹脂、粉体樹脂による塗料化	材料	・カルボキシ基含有エポキシ系塗料組成物の開発	トルエン、酢酸エチル	輸送用機械器具、金属	塗料	国際規制対応				
			181	耐圧、耐食、耐熱特性を持つシール材代替品の開発	材料	・低温硬化性塗料の開発	アスベスト	フロント	フロント用材料	緊急対策(2010年まで)				
			182	膨脹黒鉛とマイカ/粘土等複合材料の開発	材料	・アンチモン、ハロゲン、リンを含まない難燃剤の開発	アスベスト	フロント	フロント用材料	緊急対策(2010年まで)				
			182	酸化物系セラミックスシール材の開発	材料	・難燃性ポリオレフィン、ポリカーボネート樹脂の開発	アスベスト	フロント	フロント用材料	緊急対策(2010年まで)				
難分解性界面活性剤	代替物質	182	高分解性洗剤	洗剤	・シリコン、リン変性樹脂による非臭素系難燃材	アルキルベンゼン、スルホン酸等	化成品、繊維	洗剤	国際規制対応					
		182	高分解性洗剤	洗剤	・ポリウレタン系接着剤用組成物の開発	アルキルベンゼン、スルホン酸等	化成品、繊維	洗剤	国際規制対応					

共通基盤技術  
 モニタリング技術(オンライン、迅速、簡易、自動、警報付)  
 マテリアルフロー分析(\*13)手法、ライフサイクルアセスメント(\*14)手法、反応や配合のシミュレーション技術、データベース構築  
 マイクロリアクター、マイクロ波、レーザー、超臨界流体  
 バイオ、酵素、光触媒、触媒技術、分離技術

用語の説明	*超臨界CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> の臨界点(31.1℃、7.4MPa)以上では、液体と気体の性質を合わせ持つ状態となり溶解度、粘性等で特有の性質を示す
	*マイクロリアクター	数μmから数百μmのマイクロ空間の現象を利用した化学反応・物質生産のための装置
	*界面動電現象	溶液や土壌中に電極を挿入して、直流電圧を印加することで発生する電気泳動や電気浸透流と呼ばれる物質移動を利用した技術
	*バイオジオフィルター	植物の根が吸収機能、天然鉱物の根の吸着・過機能および付着微生物の浄化機能を組み合わせて浄化を行う技術
	*マイクロバブル	直径が50μm以下の微小気泡
	*マイクロカプセル	直径が数μmから1mm程度の極めて微小な容器に閉じ込められる物質とそれを取り囲む物質から構成される
	*ファイトレメディエーション	植物を利用した環境修復技術
	*バイオレメディエーション	微生物を利用して環境を修復する技術
	*マテリアルフロー	1つの物質の生成段階から消費に至る過程をすべての副生成物、廃棄物を含めて定量的に示した図
	*ライフサイクルアセスメント	製品の製造から廃棄までにかかるエネルギー、原材料、CO <sub>2</sub> 排出量等を





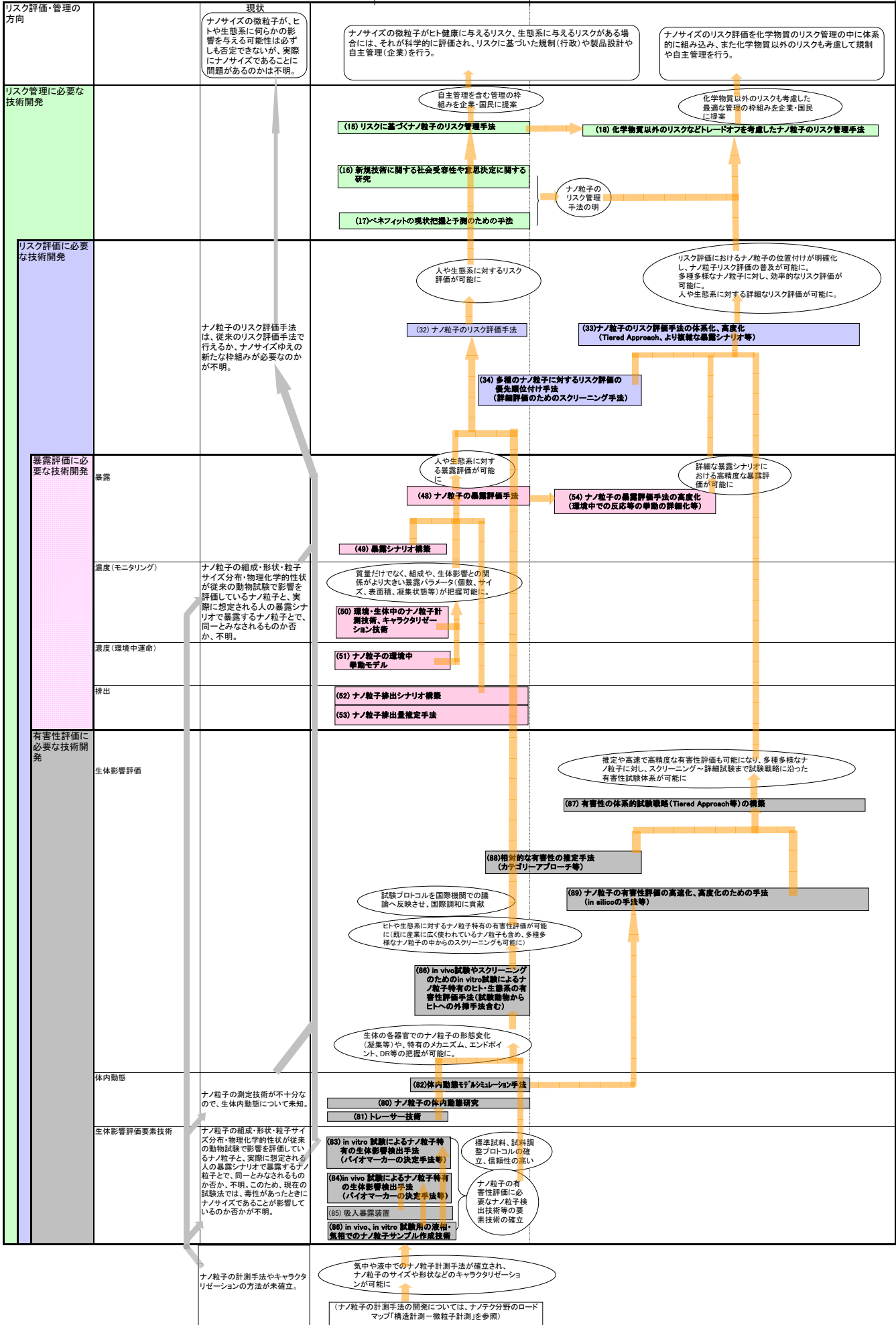


2007

2010

2020

2030



化学物質総合評価管理分野の技術ロードマップ(リスク削減技術)

国際競争力のある技術でリスクを抑えて快適な生活を実現する。

目標・ターゲット

2010年  
VOC30%削減

2020年  
ヨハネスブルク宣言達成

2030年

技術の方向性

有害性の高い物質を環境に出さない末端対策(環境修復技術を含む)

有害性の高い物質を使わない、つぐらないプロセス

削減対象物質	技術NO.	有害性の高い物質を使わない、つぐらないプロセス		
		短期課題	中期課題	長期課題
VOC/溶剤	<b>プロセス転換によるVOC/溶剤の削減</b>			
	110, 111, 112, 113	・水溶性触媒による水系溶媒、イオン性流体等による高選択グリーン化 ・アルコール系、飽和炭化水素系溶媒による合成、分離・抽出プロセス ・VOCフリー塗装、洗浄、印刷、接着 ・環境調和型エマルジョンプロセス		
	109	・無溶媒による合成、分離・抽出プロセス		
	<b>回収、分解技術開発によるVOC/溶剤の削減</b>			
	115	・炭素系、無機系膜モジュールによるガソリンペーパー、消毒・滅菌剤の回収・分解		
	116	・光触媒材料による分解処理		
大気	<b>プロセス転換による有害副生物の削減</b>			
	121	・融合反応場を利用したプロセスのグリーン化、シンプ		
	122, 123	・選択加熱(マイクロ波など)によるシンプル反応化 ・マイクロリアクター等によるプロセスのシンプル化及び高速		
	<b>原料転換による有害副生物の削減</b>			
	125	・低品位炭化水素からのオレフィン、合成ガス製造プロセス		
	126, 127, 128	・CO <sub>2</sub> /DME等を利用した化成品製造プロセス ・未利用資源(超重量成分、バイオマス等)からの有用原料転換プロセス ・低品位化石資源中の硫黄、重金属等の除去と再資源化		
NO <sub>x</sub> 等	<b>分解技術開発によるNO<sub>x</sub>の削減</b>			
	132, 133	・複合酸化物触媒等による希薄NO <sub>x</sub> 分解装置 ・低NO <sub>x</sub> の燃焼システム		
ハロゲン等	<b>プロセス転換によるハロゲン等の削減</b>			
	134, 135	・ハロゲン、シアン、ホスゲン化合物等を用いないクリーン化 ・新酸化法(過酸化水素、オゾン、分子状酸素等)によるノンハロゲン化		
アスベスト	<b>飛散防止技術開発によるアスベストの削減</b>			
	137	・高効率剥離・回収、飛散防止システム		
水域	<b>回収技術開発による金属イオン等の削減</b>			
	138	・スラッジ等の資源化・減量化		
有機ハロゲン	<b>分解、除去技術開発による有機ハロゲンの削減</b>			
	142	・微量トリハロメタン等の分解・除去		
重金属	<b>回収技術開発による重金属の削減</b>			
	156	・有害重金属イオンの選択回収		
	<b>代替物質開発による重金属の削減</b>			
	155, 156	・レアメタル、貴金属等の精錬やリサイクルにおける有害副産物の回収、削減 ・有機金属、複合金属、無機酸化物等による代替材料		
	<b>分解、除去、無害化技術開発による有機物質の削減</b>			
	土壌	<b>回収技術開発による有機物質の削減</b>		
163		・有機ハロゲンの分解・除去		
<b>回収技術開発による廃酸・廃アルカリの削減</b>				
171		・機能性分離膜等による廃酸・廃アルカリの回収・固定化		
<b>プロセス転換による廃酸・廃アルカリの削減</b>				
170		・固体酸・塩基触媒によるクリーン化		
アスベスト	<b>無害化技術開発によるアスベストの削減・アスベストの計測技術開発</b>			
	172, 173	・超微量検出・計測 ・低含有アスベスト建材の無害化・リサイクル・再資源化		
製品	<b>代替物質開発によるVOC/溶剤の削減</b>			
	175, 176, 177, 178, 179	・部品・補修用水系塗料 ・屋外用・耐食、防食製品用水系塗料 ・ノンホルムアルデヒド系接着剤 ・水性インキ、植物性インキ ・有害金属やハロゲンを用いない革新的難燃材料の開発		
	174	・環境調和型リサイクル溶剤		
	<b>アスベストの代替物質開発</b>			
難分解性界面活性剤	<b>代替物質開発による難分解性界面活性剤の削減</b>			
	182	・高分解性洗剤		

化学産業の動向

バルク製品生産拠点を海外移転が継続

国内は、高機能・高付加価値製品製造に特化  
(ファインケミカルズ、スペシャリティケミカルズ生産)

高い技術力を保持して世界の化学工業をリードしている

産地によりHg, Asを同伴するものがある

化学原料の確保

化石資源の置換に伴う低品位化(硫黄分、含有金属増大)、コンデンセートの利用拡大

植物由来(バイオマス)資源の一定程度利用が進む

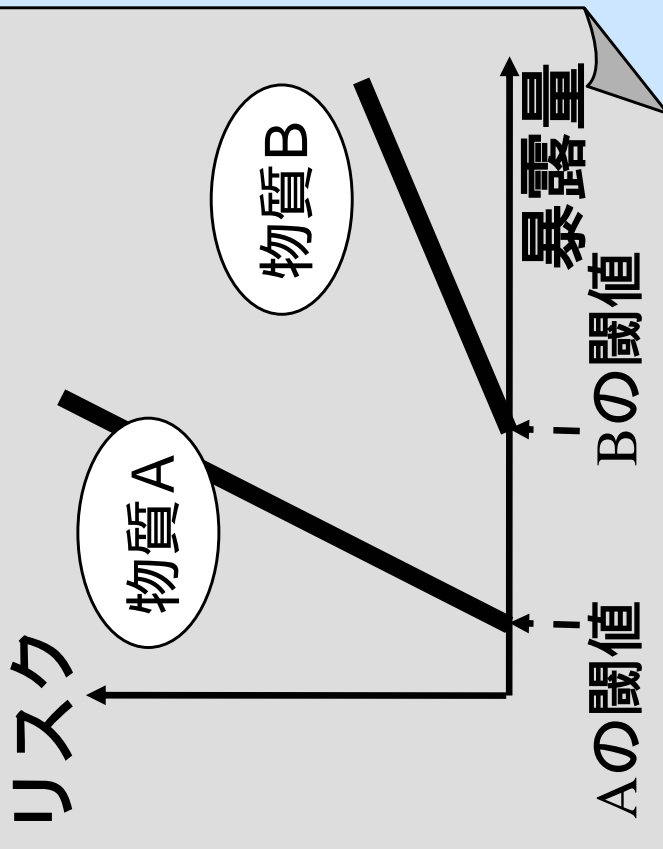
有害性  
(各物質固有)

暴露量

人や生物に  
影響を及ぼす可能性  
= リスク

リスク評価

リスク管理



傾き：物質の固有の有害性

閾値：有害性評価でそれ以下では有害影響を生じないとされている最小暴露量

閾値が小さい物質は少ない暴露量でリスクが発生する。  
有害性の高い物質ほど(傾きが大きいのほど)少ない暴露量でよりリスクが増加する。

# 化学物質総合管理関係法令

## 1. 化審法（化学物質の審査および製造等の規制に関する法律）の概要（1973年制定）

### （1）新規化学物質の審査

これまで我が国で製造、輸入が行われたことのない新規化学物質については、製造又は輸入に際し、製造・輸入者からの届出に基づき事前にその化学物質が次の性状を有するかどうかを審査し判定を行っている。

- 分解性……………自然的作用による化学的变化を生じにくいものであるかどうか
- 蓄積性……………生物の体内に蓄積されやすいものであるかどうか
- 人への長期毒性…継続的に摂取される場合には、人の健康を損なうおそれがあるものであるかどうか
- 生態毒性……………動植物の生息若しくは生育に支障を及ぼすおそれがあるものであるかどうか

### （2）既存化学物質の点検

化審法制定以前より製造又は輸入されていた化学物質（試験研究用及び試薬を除く約2万物質）については、国がその安全性の総点検を行うべきとされていた。

平成15年度改正より、今後は国際的な役割分担による有害性評価を促進するとともに、官民の連携による有害性評価の計画的推進を図ることとされた。

## 2. 化管法（特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律）の概要（1999年制定）

### （1）概要

人の健康や生態系に有害なおそれのある化学物質（第一種指定化学物質；354物質）について、事業所からの環境（大気、水、土壌）への排出量及び廃棄物に含まれての事業所外への移動量を、事業者が自ら把握し国に届け出るとともに国は届出データや推計に基づき排出量・移動量を集計し公表するもの。

### （2）対象化学物質例

- ・揮発性炭化水素 ; ベンゼン、トルエン、キシレン 等
- ・有機塩素系化合物 ; ダイオキシン類、トリクロロエチレン 等
- ・金属及びその化合物 ; 鉛及びその化合物、有機スズ化合物 等
- ・オゾン層破壊物質 ; CFC、HCFC 等

### （3）対象事業者

次の事業に属する事業を営んでいる事業者

- ・全ての製造業（化学工業、電気機械器具製造業、鉄鋼業 等）
- ・金属鉱業、電気業・ガス業、下水道業、燃料小売業、洗濯業、自動車整備業、廃棄物処分業、高等教育機関、自然科学研究所 等

常用雇用者数21人以上の事業者

いずれかの第一種指定化学物質の年間取扱量が1トン以上（発がん物質は0.5トン以上）の事業所を有する事業者 等

# 重要技術選定の評価項目と評価方法について

## 化学物質リスク評価・管理分野

化学物質評価・管理分野の評価項目は、2つの観点で評価を行った。  
化学物質総合評価管理リスクトレードオフに基づく最適管理に資するもの  
海外動向に対する日本の影響力発揮に資するもの

さらに についてはa.b.c.の3つの技術要件を細分化して評価指標とした。

- a. リスク評価に必要な情報を効率的に取得できるもの
- b. 情報不足による不確実性を低減、実用化できるもの
- c. リスク管理選定におけるリスク転嫁を回避し、コミュニケーションと適切な意志決定に役立つもの

の3項目と の1項目の4つの評価指標について3段階評価を行った。特に優れた物 、優れた物 、それ以外は無印とした。

重要技術の選定方法は以下の2つ基準のうち少なくとも1基準を満たすものとした。

- ・ 1項目で特に優れた技術 が有る場合
- ・ 3項目で優れた技術 が有る場合

2つの基準の外に我が国独自の事情を考慮する必要がある物については、特別に加点した。

## 化学物質リスク削減分野

化学物質リスク削減分野の評価項目は、以下の2つの観点で評価を行った。  
リスク削減効果に資するもの  
産業競争力に資するもの

リスク削減効果については2つの観点から評価を行った。

- a. ハザードや排出削減量から見たリスク削減ポテンシャル
- b. リスク削減するのに必要なコスト

産業競争力については以下の4つの観点から産業競争力の評価を行った。

- ・ 将来技術力確保の観点(国内産業保全のために基礎力として開発しておく必要がある技術)
- ・ 将来の成果が期待できる技術(世界トップレベルとなることを期待する技術)
- ・ 期待される技術的波及効果(他の技術に活用可能な広がりをもっている技術)
- ・ 期待される産業的波及効果(広い産業に恩恵を及ぼす技術)

の2項目と の1項目の3つの指標についてそれぞれ 、 、 の3段階評価を行った。

重要技術の選定方法は と の基準を両方満たす物を重要技術とした。

の項目についてa,bのどちらかが の評価を得た物かa,bどちらも の評価を得たものについて 以上の評価を得たもの

# 技術戦略マップ 2009

# 化学物質総合評価管理分野

現在、世界中で数万種類を超える化学物質が製造され、幅広い産業で様々な用途に使用されて、快適な生活の実現に大きく貢献している。

しかしながら、それぞれの化学物質には固有の性質として何らかの有害性（ハザード）があり、人や生物が空気、水、食物等を通してこれにさらされると（暴露）、悪影響を及ぼす可能性（リスク）がある。化学物質の有用性をいかすためには、化学物質のリスクを適切に管理していく必要がある。

リスクの管理には、リスクの科学的な評価技術と削減技術が必要である。本分野は二つの技術体系に分けられる。一つは「化学物質リスク評価・管理技術開発」で、その目的は数万に及ぶ化学物質のリスクを正確に把握し、必要な対策を適時適切に行うため、有害性（分解性、蓄積性等を含む）、暴露等の基盤情報の収集とこれに基づくリスク評価を行うとともに、それらの情報に基づき各種評価手法の開発等を行うことである。もう一つは、「化学物質リスク削減技術開発」であり、化学物質の製造・利用に伴う環境負荷の低減、省資源及び省エネルギーを図るため、製造工程において有害化学物質を使用しない、使用による排出の削減等のプロセスを開発することである。

化学物質総合評価管理分野の研究開発では、化学物質のリスクに係る国民の理解増進のための基盤、事業者が自らリスクを判断する手段及び国が規制等の施策を講ずる際の手段として、化学物質のライフサイクルにわたるリスクの総合的な評価管理を行うための手法を確立するとともに、リスクの削減に資するプロセス、手法の開発、さらには知的基盤を整備する。

これにより、化学物質のリスクの総合的な評価を行いつつ、リスクを評価・管理するための技術体系を構築する。

## 化学物質総合評価管理分野の技術戦略マップ

### ．導入シナリオ

#### (1) 化学物質総合評価管理分野の目標と将来実現する社会像

経済産業活動を環境と調和させ安全・安心な国民生活を実現するために、以下のことを目標とする。【添付資料：化学物質総合評価管理の背景と目指す社会像】

これらの目標を達成するためには、研究開発のみならず、実用化するための導入普及促進策、標準化等の関連施策を一体的に推進する必要がある。

- ・行政、企業等で、科学的に評価されたリスクを認識した上での化学物質の使用
- ・行政、企業、国民等間のリスクコミュニケーションを通じた、透明性があり合理的な化学物質管理についての理解促進
- ・化学物質の排出削減が進むことにより、環境負荷の低減に寄与し、国民の健康の保護や生活環境を保全
- ・日本の産業の国際競争力の強化

#### (2) 研究開発の取組み

2002年の「持続可能な開発に関する世界首脳会議(WSSD)」において、ヨハネスブルグ宣言と共に採択された実施計画の第22項では、「ライフサイクルを考慮に入れた化学物質と有害廃棄物の健全な管理のためのアジェンダ21の約束を新たにするとともに、予防的取組み方法に留意しつつ透明性のある科学的根拠に基づくリスク評価手順とリスク管理手順を用いて、化学物質が、人の健康と環境にもたらす著しい悪影響を最小化する方法で使用、生産されることを2020年までに達成する」との、首脳レベルでの長期的な化学物質管理に関する国際合意(WSSD目標)がなされている。また、2006年2月には、これを具体化するための行動指針として、「国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ(SAICM)」が取りまとめられている。我が国としても、まずはWSSD目標の達成のため、SAICMを参照しつつ、リスク評価・管理に用いられる技術の研究開発に取り組んでいく。

リスク評価については、有害性や暴露量の情報がある物質はリスク評価が可能である一方、異なる物質間におけるリスク比較が困難なために、有害性等のデータが少ない物質への安易な転換が行われる例も出てきている。この状況を解消するために、不足するデータを類推し、リスクを比較する手法の開発が必要とされている。また、リスク評価を実施する上で必要となる有害性評価についても、膨大な数の化学物質について信頼に足るデータが不足しているが、すべての物質に時間と費用をかけ動物実験による有害性評価を行うのは現実的でない。そのため、動物試験によらない、遺伝子組換え技術や遺伝子発現解析技術を活用した有害性評価手法、化学物質の構造情報等から計算機を用いて有害性を予測評価する手法等の開発が求められている。さらに、科学的に未解明なゆえに有害性の不安が生じている工業用ナノ粒子について、リスク評価技術を開発し、リスク管理を行う体制を整備する必要がある。これらは、比較的緊急性の高い課題である。より長期的な視点に立



てば、種差や個人差、複合暴露の影響を定量的に評価できる高精度な有害性評価技術や、実環境中でのモニタリングとそれをフィードバックして高精度化した暴露推定モデルが必要とされる。

一方、化学物質のリスクを管理する一つの方法として不可欠なのが、化学物質のリスクを削減する技術であり、工場から最終的に排出される段階での回収・分解、有害性の高い物質を用いないプロセスへの転換、又はよりリスクの低い物質への代替転換といったものがある。また、過去に環境中に排出された化学物質の回収・無害化といった技術もリスク削減技術として位置付けられている。短期的には、排気施設や排水施設等の最終段階で有害性の高い物質を回収、分解する技術の開発が求められ、より長期的には、製造・使用段階においてリスクの少ない化学物質への代替化技術が中心となっていくべきと考えられる。さらに、リスク評価・管理に係る手法の確立とともに、リスク削減技術の先駆的な開発をもって産業の競争力向上に資するものとする。【参考資料 1：化学物質総合評価管理技術の考え方】

### (3) 関連施策の取組み

〔導入補助・支援〕

- ・化学物質の有害性評価、暴露分析、リスク評価等のデータベースの構築を図る。
- ・化学物質の有害性評価、暴露分析、リスク評価等の手法の各種活動（事業者の自主管理活動、事業者、地方自治体等が国民とリスクコミュニケーションを図る活動等）等への導入を図る。
- ・公害防止設備に対する優遇税制等の支援を行う。

〔基準・標準化〕

- ・各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。
- ・高機能簡易型有害性評価手法の開発については、開発された簡易有害性評価手法等を2014年度を目途に経済協力開発機構（OECD）にテストガイドラインとして提案することを検討し、国際標準化を推進する。

〔知的基盤整備〕

- ・独立行政法人製品評価技術基盤機構の化学物質管理センターにて事業者・国民・公的機関の化学物質管理に関する冷静な対話（科学的知見の共有）を促進するための知的情報基盤整備を図る。

〔他省庁との連携〕

- ・総合科学技術会議で行われている科学技術連携施策群の環境分野の一つとして「総合的リスク評価による化学物質の安全管理・活用のための開発技術」の中で厚生労働省、国土交通省、農林水産省と情報を共有し連携を保ちつつ事業を推進。

### (4) 民間での取組み

民間企業の取組みとしては、有害化学物質の排出によるリスクを低減するため、化学物質関係法令の遵守に止まらず、化学物質の自主的な管理を推進する。具体的には、化学物質審査規制法（以下、化審法）及び化学物質排出把握管理促進法（以下、化管法）に対して適切な対応がなされており、また、2010年までにVOC排出削減に対しての自主的な取組みが推進されている。さらに、必要な研究開発を通じて、有害化学物質の自主的な管理を高度化していく。【参考資料2：化学物質総合管理関係法令】

## （5）改訂のポイント

- ▶ 添付資料「化学物質総合評価管理の背景と目指す社会像」の追加  
化学物質総合評価管理の背景と目指す社会像を明確に示すため、技術戦略マップ 2008の参考資料1の内容を含めて視覚的に分かりやすく解説した。
- ▶ 参考資料1「化学物質総合評価管理技術の考え方」の追加  
導入シナリオでは分かりにくいリスク評価とリスク削減のつながりを示し、化学物質総合評価管理技術全体で目指す方向性について整理した。

## ・技術マップ

### （1）技術マップ

#### （A）化学物質リスク評価・管理技術開発

行政や企業の直面するリスク評価・管理の課題（ニーズ）と、それを解決しうる技術（シーズ）を調査により抽出し、技術開発課題を整理した。

また、リスクを管理するためにはそれを評価する技術が必要であり、リスクを評価するためには暴露を評価する技術及び有害性を評価する技術が必要であることを、階層構造として示している。

#### （B）化学物質リスク削減技術開発

まず、技術が役立つ場を考慮して、産業、広域、生活に分類し、それぞれに影響を及ぼす環境を「大気」、「水域」、「土壌」、「廃棄物」と分類した。次に、それぞれについて削減すべき化学物質を抽出し物質群としてまとめ、「プロセス転換技術」、「回収・分解技術」、「原料転換技術」等技術分類を行い、その削減に有効な技術開発課題を整理した。

### （2）重要技術の考え方

リスク評価・管理に関する委員会とリスク削減技術に関する委員会において重要技術の考え方を整理し、その分野に応じた評価指標を抽出し、それに基づいて重要技術の選定を行った。化学物質リスク評価・管理技術開発は、重要技術開発課題をゴシック体（太字）で示すとともに、化学物質リスク削減技術開発は重要技術とシーズ技術に分類した。【参考資料3：重要技術選定の評価項目と評価方法について】

#### （A）化学物質リスク評価・管理技術開発

重要技術の選定に当たっては、次の四つの評価指標を設定し、それぞれの指標を3段階で評価した。

化学物質総合評価管理リスクトレードオフに基づく最適管理に資する。

- a. リスク評価に必要な情報を効率的に取得できる。
- b. 情報不足による不確実性を低減、定量化できる。
- c. リスク管理（対策選定）におけるリスク転嫁を回避し、コミュニケーションと適切な意志決定に役立つ。

海外動向に対する日本の影響力発揮に資する。

まず、上記の -a~ -c と の四つの評価指標のうち一つでも 評価となった技術は、重要技術と選定した。また、三つ以上の指標で 評価を得た技術についても、多目的型技術として重要技術として選定した。さらに、我が国の独自の事情を考慮する必要があるものについては、特別に重要技術に加えた。

#### (B) 化学物質リスク削減技術開発

重要技術の選定に当たっては、次の三つの評価指標を設定し、それぞれ3段階で評価した。

リスク削減効果

- a. ハザードや排出削減量から見たリスク削減ポテンシャル
- b. コスト

産業競争力強化

上記の指標のうち の指標については a、b の二つの指標に分けられ、そのうちどちらかが 評価を得られたもの、又は両方 以上の評価を得られたものであって、かつ の指標についても 以上の評価を満たすものについて重要技術として選定した。

### (3) 改訂のポイント

#### (A) 化学物質リスク評価・管理技術開発

重要技術それぞれに説明を追加。

#### (B) 化学物質リスク削減技術開発

大分類を見直し、既存の技術マップに GSC 分野のうちリスク削減に寄与する技術を含めた上で掲載技術を再抽出。

## ・技術ロードマップ

### (1) 技術ロードマップ

#### (A) 化学物質リスク評価・管理技術開発

2010 年頃までに化学物質管理の第 2 世代を構築させるべく化学物質管理関係法令等による規制と企業の自主管理のベストミックスの下、物質ごとにリスクを減らすことを目標にし、開発すべき概ねの時期を期間と共に示した。また、その後 2020 年頃までを化学物質管理の第 3 世代と位置付け、リスクとベネフィットとのバランスを考慮し、リスクコミュニケーションを通じてリスクと向き合う社会を構築することを目標にし、開発すべき概ねの時期を示しロードマップを策定した。将来的には、複数物質間のリスク

を比較したり、感受性の個人差や多様なライフスタイルにも留意したりして、科学的知見に基づく高度な技術により、全体としてのリスクを低減させるような管理を目指すべきであり、安全・安心な国民生活と活力ある産業を実現することが求められている。

リスク評価の一手法として描かれている工業用ナノ粒子のリスク評価については、研究開発が緒に付いたばかりであり、やや他の技術開発とは進展の度合いが異なるので別立てにした。(なお、技術マップについては、リスク評価・管理本体のマップに表した。)

また、各技術開発のつながりを分かりやすく示すため、重要技術開発以外の技術開発についても明朝体で記載するとともに、各技術開発のアウトカムを矢印で示して技術開発との因果関係を示すことによって、本ロードマップで何を目指しているのかを明確にした。【参考資料 4：リスク評価・管理技術開発の関係図】【参考資料 5：リスク評価・管理の技術ロードマップの俯瞰図】

#### (B) 化学物質リスク削減技術開発

国際競争力のある技術で化学物質によるリスクを抑えて快適な生活を実現するために、2010年にVOCの排出量を2000年に比較して30%削減することや、2020年にWSSD目標である化学物質の人への健康と環境にもたらす影響を最小化にするための技術目標を示すとともに、さらに長期的な視点に立ち2030年までリスク削減をするための技術開発をロードマップ上に展開した。技術の方向性としては、短期的には有害性の高い物質を環境に出さない排出段階で回収や分解を行う技術が、長期的には有害物質を使わない、又は生成しないプロセスへの技術転換が中心となっていくべきと考えられる。【参考資料 6：リスク削減対象物質群と代表的削減技術の俯瞰図】

### (2) 改訂のポイント

#### (A) 化学物質リスク評価・管理技術開発

技術戦略マップ 2007 からの変更はないが、今後の技術開発の方向性(進展)と現在の取組みの位置付けが一目で読み取れるよう、参考資料 4「リスク評価・管理技術開発の関係図」及び参考資料 5「リスク評価・管理の技術ロードマップの俯瞰図」を追加した。

#### (B) 化学物質リスク削減技術開発

技術マップの改定に伴い、技術マップの大分類に即してロードマップを変更した。削減対象物質の存在領域及び対応する削減技術を分かりやすく示すため、俯瞰図を作成するとともに、それぞれの削減対象物質ごとに背景や発生源などのバックグラウンドが分かるよう、参考資料 6「リスク削減対象物質群と代表的削減技術の俯瞰図」を追加した。

#### **・その他の改訂のポイント**

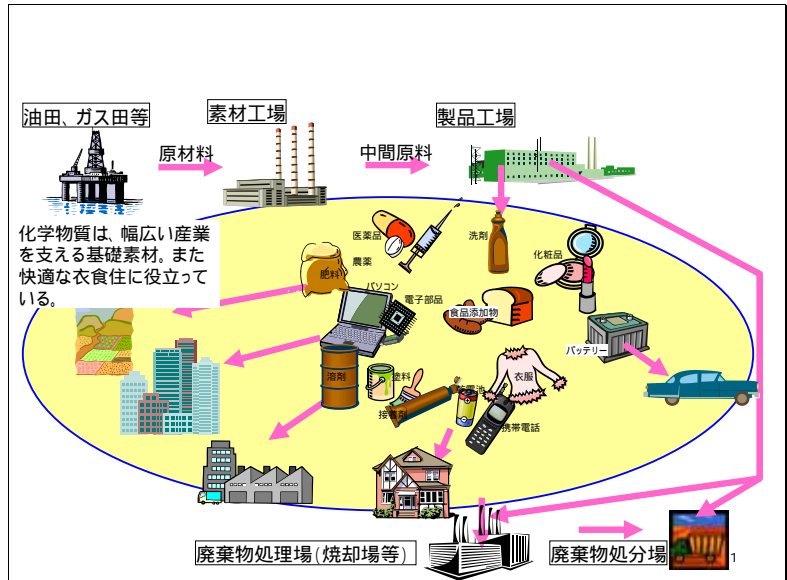
##### **国際競争ポジション(ベンチマーキング)**

- 世界における日本のポジションを貢献度、市場の優位性等の関係からベンチマーキングを行った。【化学物質総合評価管理分野の国際競争ポジション】

## 化学物質総合評価管理の背景と目指す社会像

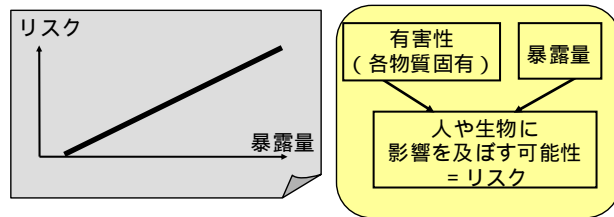
### 化学物質は、幅広い産業と快適な生活を支えている

現在、世界中で数万種類を超える化学物質が幅広い産業を支える基礎素材として使われ、また、快適な衣食住に役立っている。例えば、化粧品、衣服、携帯電話、自動車、コンピュータ等の様々な製品に使われている。



### しかし化学物質を有用に使うためには、リスクの管理が必要である

しかしどのような物質にも固有の有害性があり、人や生物が多量に摂取（暴露）すれば、悪影響を及ぼす可能性（リスク）がある。



前述のように社会に役立っている化学物質であるが、基礎素材ゆえに、有用性が理解されにくい。

また、実際は喫煙よりも化学物質によるリスクの方がはるかに小さいのだが、そのようなことはあまり知られていない。

このため、化学物質のリスクを知り正しく管理するとともに、それを国民に伝えていく必要があり、そうでないとリスクも増大し、不安感も発生してしまう。その結果、有用な物質まで普及しなくなってしまう。

**化学物質のリスクを知り、正しく使い管理し、国民に伝えていく必要。そうでないと、リスクも増大し、不安感も発生。**

物質	による損失余命：数年～数十年
ディーゼル粒子	14日
ラドン(天然物)	9.9日
ホルムアルデヒド	4.1日
ダイオキシン類	1.3日

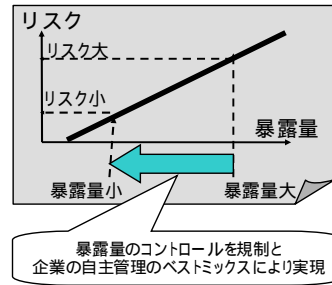
また、実際は、喫煙よりも化学物質によるリスクの方がはるかに小さいのだが…

化学物質は、どう影響があるんだろうか？

化学物質のリスクがきちんと評価され、対応が取られていることが伝わっていなければ、有用な物質まで普及しなくなってしまう。

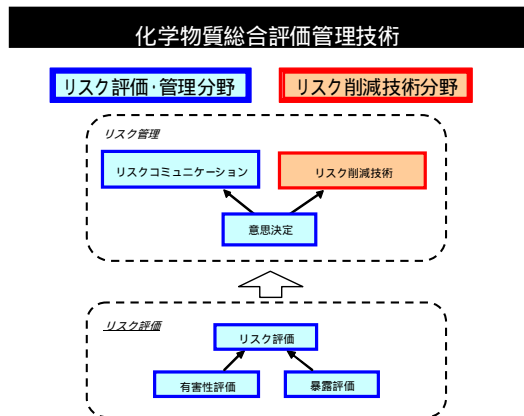
リスクは、有害性と曝露量によって決まる。かつて化学物質は有害性に基づき規制されてきた。しかし、数多くの物質が多様に使われている現在、物質固有の有害性でなく、使い方を工夫して曝露量をコントロールし、リスクを管理していくことが重要である。

このようなリスク管理は、規制と、物質の取り扱いを熟知する企業の自主管理とのベストミックスで実現するのが効果的・効率的である。



またリスク管理では、有害性と曝露量をもとに、科学的にリスクを評価することが必要である。その結果をもとに、意思を決定し、排出物質の回収や物質代替等のリスク削減技術を適用していく。また、リスクコミュニケーションをとっていく。

そのための技術(化学物質総合評価管理技術)が必要である。



### 化学物質総合評価管理の技術を開発するメリット

化学物質総合評価管理の技術開発により、次のようなメリットがある。

産業界にとっては、リスク評価の結果から、リスク管理の必要な物質・用途・ライフステージがわかる。そこに、排出物質の回収・無害化や、安全な物質への代替等のリスク削減技術を開発・適用していく。そのような技術力で国際競争力を強化していくことができる。

国民にとっても、リスクが抑えられ、またリスクの情報がわかり、安全・安心な生活が実現される。化学物質を賢く使い、曝露を減らしながら、生活を豊かにすることができる。

# 化学物質総合評価管理分野の導入シナリオ

目標

行政、企業等で、科学的に評価されたリスクを認識した上での化学物質の使用  
 行政、企業、国民等間のリスクコミュニケーションを通じた、透明性があり合理的な化学物質管理についての理解促進  
 化学物質の排出削減が進むことにより、環境負荷の低減に寄与し、国民の健康の保護や生活環境を保全  
 日本の産業の国際競争力の強化

2005 2008 2009 2010 2015 2020

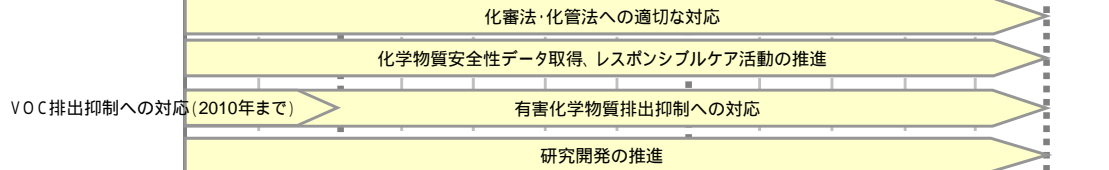
国内外の動き

国内  
国外



企業の取り組み

化学物質適正管理



政府の対応

リスク評価管理

化審法規制対象物質のリスク評価及び管理の実施、安全性情報の収集・把握

化審法

化管法に基づく自主管理の促進及び安全性情報の流通促進

化管法

国際的な動向を踏まえた新たな評価法の適用範囲を検証し、OECDへ提案

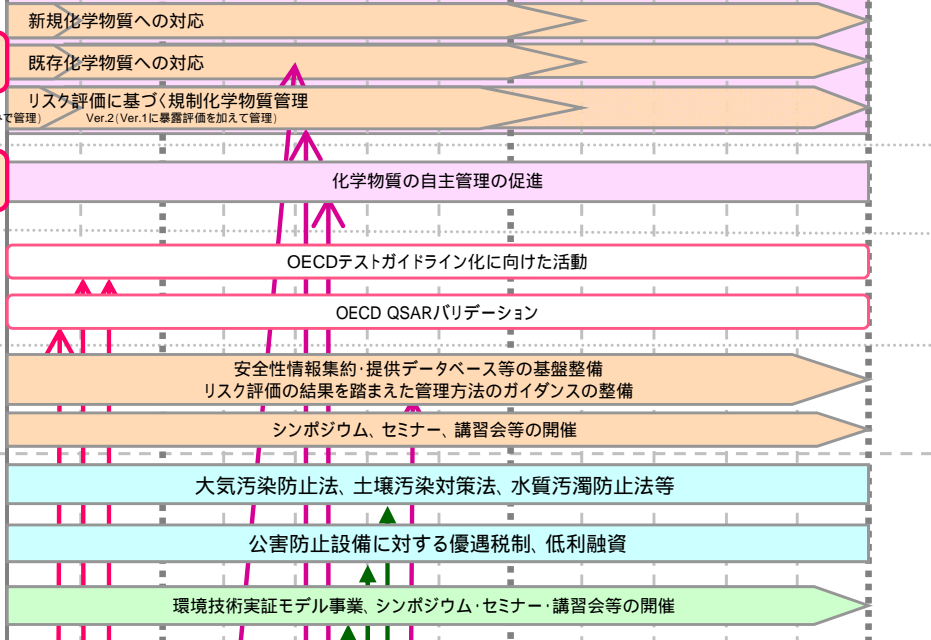
化学物質に係る戦略的情報収集・提供基盤、評価ツール等の整備  
 評価手法の活用及び普及、人材育成、アジア協力

リスク削減

法律改正への対応

税・財投制度

技術の普及・標準化推進



研究開発の取り組み

リスク評価管理

有害性評価手法

暴露評価手法

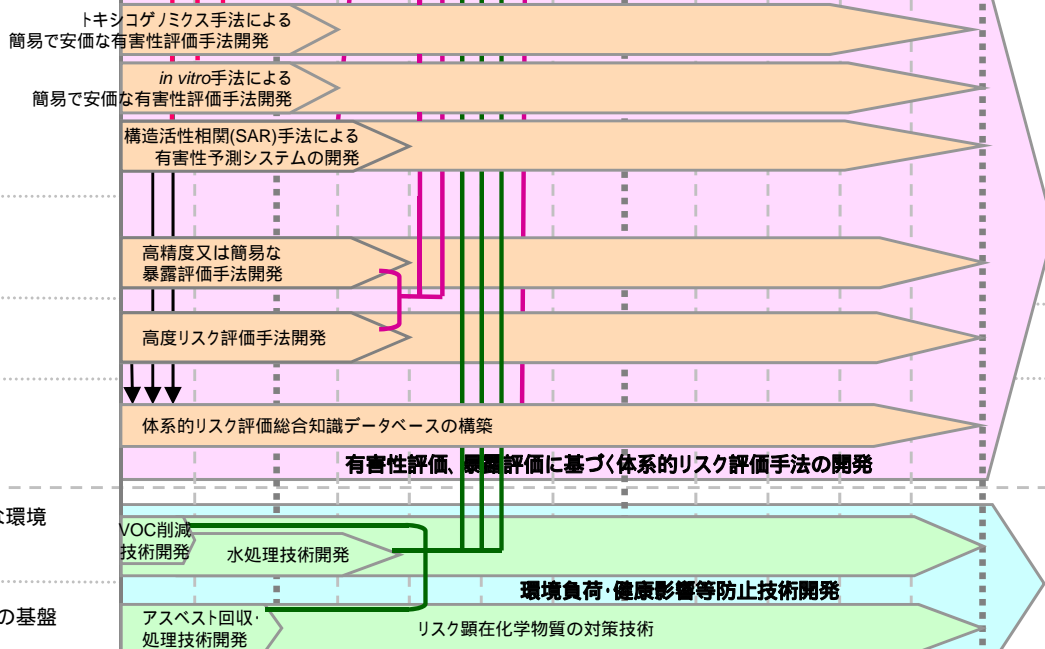
リスク評価手法

知的基盤の整備

リスク削減

有害化学物質の排出削減や革新的な環境調和型生産技術

環境汚染の修復・無害化処理のための基盤技術の確立













大分類 環境・健康・安全・生活	環境・健康・安全・生活	対象物質 物質群	技術 No.	開発目標	開発要素	具体的テーマ例	主要削減対象物質	主な排出産業 (技術の適用先)	その技術によつて削減される薬品	削減率 削減率	削減率	削減率								
大気	VOC/揮発	分解	E01	完全酸化分解により、排出VOCを大幅に削減する	酸化剤、触媒	オゾン/プラズマ/利用経路分解	オゾン酸化、プラズマ併用触媒(鉄系、ニッケル系等)の活用 ・低濃度プラズマ分解装置 ・エネルギー削減による高効率回収装置	BTX他	洗浄、接着、印刷、塗装	分解装置	中	100%削減	削減率							
														E02	リターン燃焼(超希薄有機ガスの完全燃焼技術)触媒、後段非触媒	トリエン、酢酸エチル等	化学、石油	分解装置	小	削減率
														E04	低温経路分解プロセス	トリエン、酢酸エチル	化学、石油	分解装置	大	削減率
														E06	酸化剤、触媒	固体触媒による触媒燃焼	トリエン、酢酸エチル	化学、石油	分解装置	中
			E07	高性能ガス分離膜でVOCを捕集し、排出VOCをゼロにする	膜材料	有機ハイドロリッド膜、複合酸化物、層状化合物等吸着剤による分離	石油製品、医薬品	分離膜	大	削減率										
											E08	無溶剤プロセスによる削減	プロセス	無溶剤による合成、分離、抽出	石油製品	分離膜	大	削減率		
			E09	低濃度溶剤を使用する生産プロセスによりVOC排出量を大幅に削減する	溶剤、プロセス	アルコール、炭化水素系溶剤による合成、分離、抽出	化学品、医薬品	溶剤	大	削減率										
											E10	多段合成工程をシンプル化・小型化して、濡れVOC量を大幅に削減する	プロセス	環境副産物型エマルジョン	化学品、医薬品	溶剤	中	削減率		
			E11	水性触媒、イオン性流体によるグリーン化	溶剤	水性触媒、イオン性流体によるグリーン化	化学品、医薬品	溶剤	中	削減率										
											E12	VOCフリー加工技術	溶剤	VOCフリー加工技術	化学品、医薬品	溶剤	中	削減率		
			E13	有機溶剤代替洗浄	溶剤	有機溶剤代替洗浄	化学品、医薬品	溶剤	中	削減率										
											E14	多段合成工程をシンプル化・小型化して、濡れVOC量を大幅に削減する	溶剤	アルドールリアクターによるシンプル化及び高速化	化学品、医薬品	溶剤	中	削減率		
			E15	最少量の反応副産物によるVOC排出の原因となる溶剤の使用量を大幅に削減する	溶剤	反応の必要部分のみが選択的に加熱励起されるシンプル化システム	化学品、医薬品	溶剤	大	削減率										
											E16	低濃度溶剤への代替により、VOC排出の原因となる溶剤の使用量を大幅に削減する	溶剤	環境副産物型エマルジョン	化学品、医薬品	溶剤	大	削減率		
E17	低濃度溶剤への代替により、VOC排出の原因となる溶剤の使用量を大幅に削減する	溶剤	UV硬化樹脂、粉体樹脂による塗料化	化学品、医薬品	溶剤	大	削減率													
								E18	触媒燃焼技術により、希薄濃度の低濃度燃焼技術を開発し、NOx生成量を大幅に削減する	材料	部品、補修用水系塗料	化学品、医薬品	溶剤	大	削減率					
E19	触媒燃焼技術により、希薄濃度の低濃度燃焼技術を開発し、NOx生成量を大幅に削減する	材料	UV硬化樹脂、粉体樹脂による塗料化	化学品、医薬品	溶剤	大	削減率													
								E20	触媒燃焼技術により、希薄濃度の低濃度燃焼技術を開発し、NOx生成量を大幅に削減する	プロセス	低NOx燃焼システム	化学品、石油製品	排ガス装置	大	削減率					





物質種別	技術項目	技術内容	促進条件	装置	規制	リスク
環境汚染物質等	E41	難分解性物質1,4-ジオキサンの高効率分解技術を開発する	マイクロバリオールンを用いた酸化分解の促進	酸化分解促進条件 ・マイクロバリオールン装置の設計	1,4-ジオキサン	規制 技術開発確保
	E42		超音波と酸化チタン光触媒による分解	光触媒による酸化分解 ・超音波と紫外線照射との併用	1,4-ジオキサン	規制 技術開発確保
	E43		微生物による1,4-ジオキサンの分解	カビ菌の分解効果 ・分解菌の探索と分解能の向上	1,4-ジオキサン	規制 技術開発確保
	E44	高機能性を有する難分解性物質の代替物質を開発する	PFOS、PFOAの代替物質	・非フッ素系表面活性剤	PFOS、PFOA	規制 技術開発確保
	E45	メチルメタナシオンの容器高機能化回収システムを開発する	・小型循環型システム ・リン酸の低濃度化によるリンの分離・除去	高濃度回収 ・高濃度回収 ・高濃度回収 ・高濃度回収	P	資源確保、技術開発確保
	E46	高機能性を有する難分解性物質の高濃度回収を開発する	微生物	・高濃度回収 ・高濃度回収 ・高濃度回収	N	資源確保、技術開発確保
	E47	有機ハロゲン汚染土壌の浄化	超臨界二酸化炭素	・超臨界CO <sub>2</sub> によるトリクロロエチレン分離 ・フェントニル処理と超音波処理の併用	トリクロロエチレン	都市計画、技術力確保
	E48	PCB汚染土壌の浄化	減圧還元分解法	・減圧還元加熱法 ・ニッケル触媒による水素化分解	PCB	資源確保、技術力確保
	E49	プラスチックの高効率分解により原料ナフタレンを回収する	触媒	・低温接触分解触媒の開発 ・触媒の再利用 ・低コスト触媒の開発	添加剤	資源確保、技術開発確保
	E50	PCBの無害化	真空加熱	・真空加熱分解法 ・化学溶剤処理 ・アルカリ触媒による脱塩素化分解	PCB	資源確保、技術力確保
農薬	E51	ハロゲン含有プラスチックからのハロゲンの回収・資源化	熱分解	・塩素分離技術 ・塩化揮発法による非鉄金属の分離への活用	PVC、塩素	資源確保、技術開発確保
	E52	排水中の重金属類を分離・回収し、排出量を大幅に削減する	分離材	・高濃度イオン交換樹脂 ・金属イオン高濃度プロセス(希釈抽出) ・水溶性ポリマーと多孔質吸着材を併用した金属イオン濃縮	Zn、Ni	資源確保、技術開発確保
	E53		プロセス	・精製プロセスにおけるAs、Znの分離 ・触媒のリサイクルにおけるCr、Ni濃縮材	As、Zn等	資源確保、技術開発確保
	E54	分選・資源化・固定化	プロセス	・新触媒材料の開発 ・触媒の再利用 ・触媒の再利用 ・触媒の再利用 ・触媒の再利用	Pb、Sn、Zn	汚染処理、技術開発確保
	E55	廃棄される酸/アルカリ量を大幅に削減する	触媒	・固体触媒によるアルコールと一酸化炭素からのカルボン酸合成 ・希土類の長鎖アルキル硫酸塩によるアルドール縮合	GSC、技術開発確保	資源確保、技術開発確保
	E56		材料(膜)	・二級及び三級アミン型膜を有する硝酸分離膜 ・ナノポーラ膜(アニオン交換膜/カチオン交換膜)電気透析による分離	GSC、技術開発確保	資源確保、技術開発確保
	E57	溶剤型と同等以上の差膜性能を有する水性塗料を開発する	材料	・低揮発性塗料 ・水和反応促進エマルジョン型塗料	VOC、技術開発確保	資源確保、技術開発確保
	E58	NOx還元無害化する	触媒	・Ba(La)Mn(Mg)系、SrFeO <sub>3</sub> 系直接分解触媒 ・アルカリ添加酸化コバルト触媒	NOx	温暖化、技術力確保
	E59		触媒/還元材	・炭化水素還元・メタン還元法 ・ヘテロポリ酸担持触媒 ・シリカ担持触媒 ・シリカ担持触媒 ・シリカ担持触媒	NOx	温暖化、技術力確保
	E60	排ガス中の微量PMの大規模削減技術を開発する	触媒	・貴金属代替触媒(Cu、Co、Mn)担持マイクロメノ多孔質体 ・排ガス中の副生物捕集処理プロセス	PM2.5	国際動向、技術開発確保
E61		触媒	・BaO-AZO3、SiO <sub>2</sub> -AZO3等のヘキサアルミネート系複合酸化触媒	PM2.5	国際動向、技術開発確保	
E62		触媒	・Mn系ペロブスカイト型酸化触媒 ・La <sub>2</sub> GeO <sub>7</sub> 系酸化触媒およびLaGeO <sub>7</sub> 系酸化触媒	PM2.5	国際動向、技術開発確保	
大気						





大分類: 産業・広域生活	環境媒体	削減対象物質群	対象課題 重量(技術)	技術NO.	開発目標	開発要素	具体的テーマ例	技術課題例	主な削減対象物質	主な排出産業(技術の適用先)	その技術によって生産される製品	将来的にその技術の必要性(キーワード)	市場規模	リスク削減効果	評価項目 産業競争力強																					
大気	VOC	分解	E101	E101	酸化分解により、排出VOCを大幅に削減する	光触媒 ヒトの分解	光触媒材料による燃焼排ガス中のアルデヒドの分解	酸化チタン光触媒と菌型拡散スクラパー ・光触媒コーティングナノチューブ	アルデヒド	主排出産業(技術の適用先) ・燃焼設備	スクラパー設備	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	小	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い																			
																		分解	E102	E102	高性能ガス分離膜でVOCを捕集し、排出VOCをゼロにする	VOC除去装置	光触媒材料による燃焼排ガス中のアルデヒドの分解	酸化チタン光触媒と菌型拡散スクラパー ・光触媒コーティングナノチューブ	アルデヒド	主排出産業(技術の適用先) ・燃焼設備	スクラパー設備	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	小	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い			
		分解	E103	E103	NOxを還元無害化する	プラズマ	吸着剤によるNOx濃縮と窒素非熱プラズマによるNOx還元	触媒/還元材	貴金属触媒および還元材によるNOx選択的接触還元技術	メソポーラスシリカ担持貴金属触媒 ・還元剤にメタノール	NO	電力会社(火力発電所)	電力	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	中	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い																	
																				分解	E104	E104	有害金属の分離・隔離技術を開発する	触媒/還元材	貴金属触媒および還元材によるNOx選択的接触還元技術	メソポーラスシリカ担持貴金属触媒 ・還元剤にメタノール	NO	電力会社(火力発電所)	電力	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	中	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い	
																				分解	E105	E105	有害金属の分離・隔離技術を開発する	触媒	酸化シリコンウム(酸素イオン伝導体) ・貯蔵電極(固体酸素の燃焼触媒: アルミン酸カルシウムと還元触媒: 酸化ニッケルを酸化シリコンウムと混合)	酸化シリコンウム(酸素イオン伝導体) ・貯蔵電極(固体酸素の燃焼触媒: アルミン酸カルシウムと還元触媒: 酸化ニッケルを酸化シリコンウムと混合)	NOx, PM2.5	固定発生源燃焼炉	電力他	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	大	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い	
		分解	E106	E106	有害金属の分離・隔離技術を開発する	プロセス	石炭火力発電所燃焼排ガスからの水銀除去	凝集材	バルブ漂白排水の酸化酵素と凝集剤による処理	ハロゲンガス吹き込み ・燃焼排ガス中の水銀の酸化除去 ・紫外線照射による酸化?	Hg	電力会社(火力発電所)	電力他	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	小	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い																	
																				分解	E107	E107	有機化合物の分解技術を開発する	凝集材	バルブ漂白排水の酸化酵素と凝集剤による処理	ハロゲンガス吹き込み ・燃焼排ガス中の水銀の酸化除去 ・紫外線照射による酸化?	Hg	電力会社(火力発電所)	電力他	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	大	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い	
		有機化合物	E108	E108	コロナ放電による染料溶液の酸化分解	コロナ放電	コロナ放電の直接照射による染料溶液の酸化分解	凝集沈殿 酸化分解	オゾン酸化分解 ・鉄による凝集沈殿	亜硫酸イオン、P-メチルアミン、H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 硫酸塩	染料	写真産業	有害物処理システム	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	中	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い																	
																				分解	E109	E109	無機化合物による染色排水の吸着分離	吸着材	無機化合物による染色排水の吸着分離	吸着剤: ハイドロタルサイト様化合物 ・アオニオン交換能	染料等	染色業	有害物処理システム	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	中	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い	
																				分解	E110	E110	新規な難分解性物質の濃縮分離回収技術を開発する	プロセス	吸着剤による分離濃縮と抽出・回収	吸着剤: 活性炭 ・超境界二酸化炭素による抽出・回収	トリクロロエチレン、トリクロロエチレン等	洗浄設備	有害物処理システム	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	大	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い	
		難分解性物質等	E112	E112	難分解性物質の完全酸化分解技術を開発する	流動床	流動床によるフェノール含有廃水の分解処理	触媒 電解	電気分解及び光触媒酸化によるニトロフェノール類含有廃液分解	電気分解: 陽極: Ptめっきチタン板、陰極: チタン板 ・光触媒: 酸化チタン	ニトロフェノール類	染料合成、化学薬品合成	有害物処理システム	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	中	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い																	
																				分解	E113	E113	難分解性物質の完全酸化分解技術を開発する	流動床	流動床によるフェノール含有廃水の分解処理	電気分解及び光触媒酸化によるニトロフェノール類含有廃液分解	電気分解: 陽極: Ptめっきチタン板、陰極: チタン板 ・光触媒: 酸化チタン	ニトロフェノール類	染料合成、化学薬品合成	有害物処理システム	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	中	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い
																				分解	E114	E114	難分解性物質の完全酸化分解技術を開発する	流動床	流動床によるフェノール含有廃水の分解処理	電気分解及び光触媒酸化によるニトロフェノール類含有廃液分解	電気分解: 陽極: Ptめっきチタン板、陰極: チタン板 ・光触媒: 酸化チタン	ニトロフェノール類	染料合成、化学薬品合成	有害物処理システム	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	中	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い
																				分解	E114	E114	難分解性物質の完全酸化分解技術を開発する	流動床	流動床によるフェノール含有廃水の分解処理	電気分解及び光触媒酸化によるニトロフェノール類含有廃液分解	電気分解: 陽極: Ptめっきチタン板、陰極: チタン板 ・光触媒: 酸化チタン	ニトロフェノール類	染料合成、化学薬品合成	有害物処理システム	その技術によって生産される製品	技術開発 確保: 基礎 ・威力 技術力 位置: チャンピオン	大	a. ハザード や排出削減 自たリス ク削減水 テンシヤ ル 上	b. コスト(純 粋にコスト として評 価) : 安い : 中 : 高い	他の業界 や分野への波及効果 の将来性 : 高い : 中 : 低い

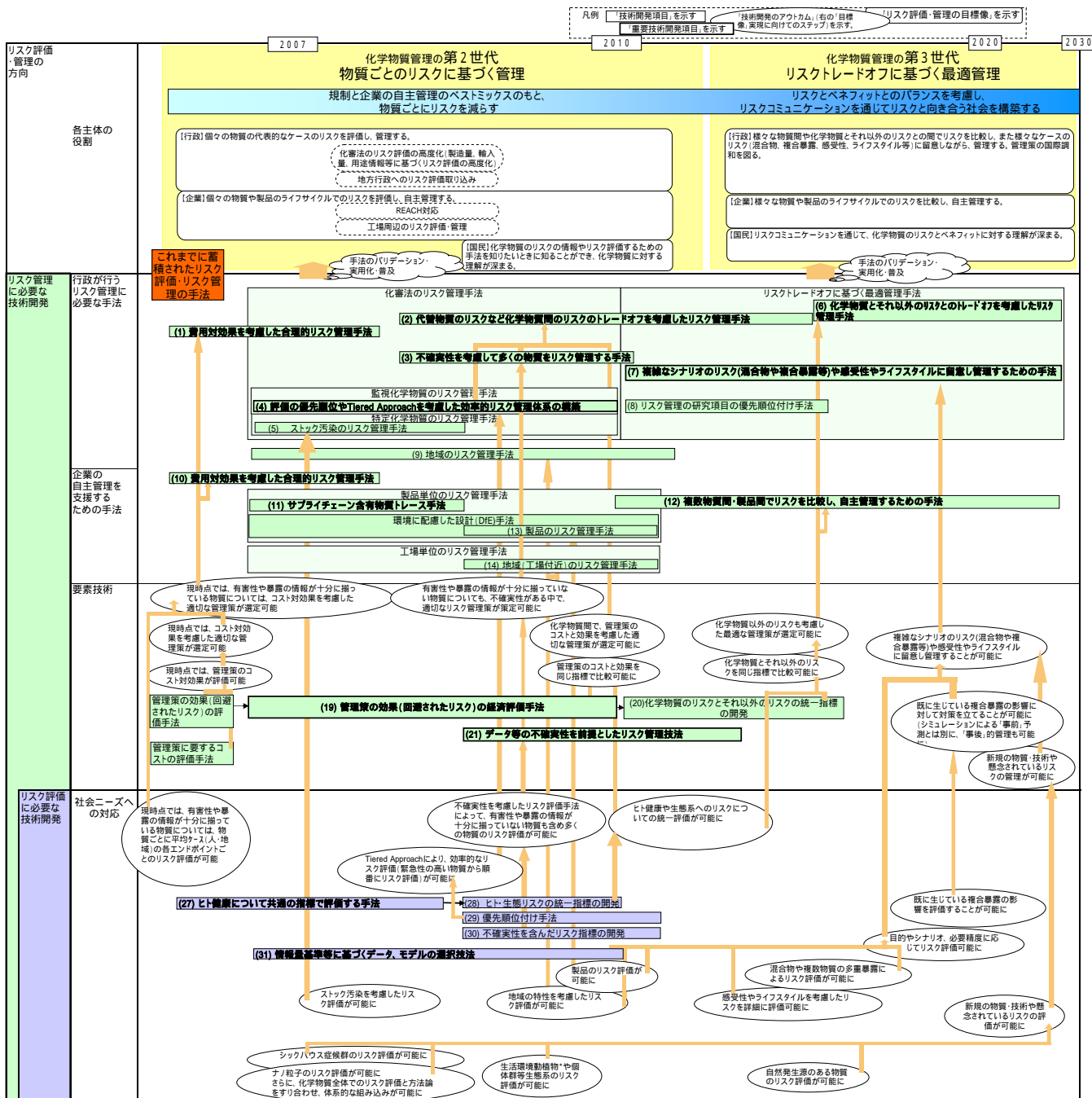




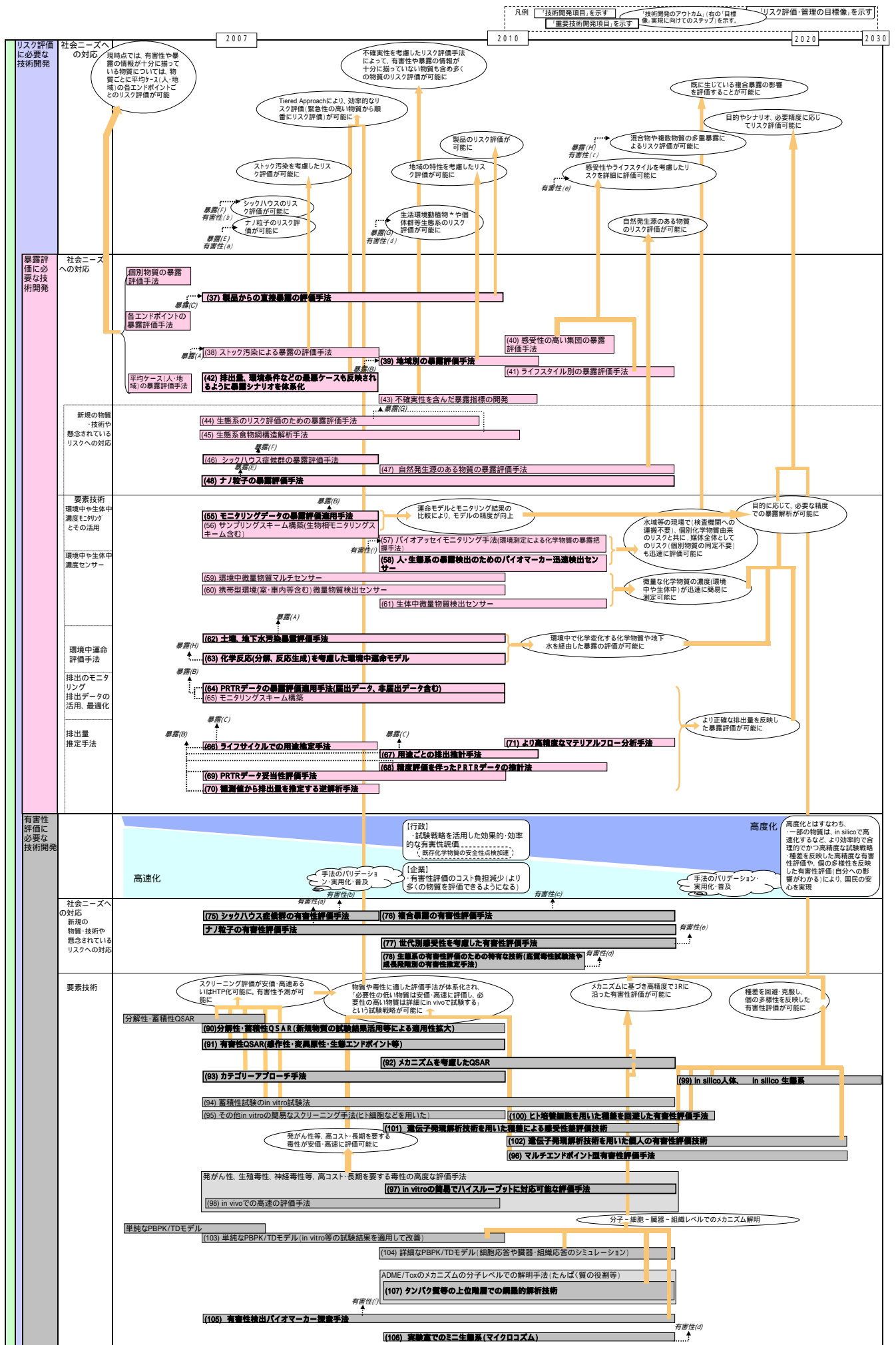
廃棄物	有害化合物	代害物質	材料	生分解性ゴム材料の開発	ゴム	ゴム産業	易分解材料	廃棄物削減技術開発	大	
大気	有機化合物	E138	材料	生分解性ゴム材料の開発	・生分解性次世代ゴム、エラストマー、及びコンポジット材料の開発	ゴム	FRP製造業	FRP製造業	大	
		E139	プロセス	FRPの水平サイクリル技術	・垂露界水によるFRPの高付加価値化・水平サイクリル技術の開発	FRP	FRP	FRP	大	
		E140	触媒	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 担持金属触媒によるNOxの選択的接触還元技術	・還元剤: DME, アセトアルデヒド触媒: アルミニウム担持コバルト触媒	NOx, PM2.5	燃焼設備	電力他	大	
	微粒子類	E141	吸着材	ポリスチレン樹脂製吸着材	・多孔質ポリスチレン樹脂の合成・脱離性能と吸着性能	有機化合物	印刷製紙工業	有害物処理システム	中	
		E142	バイオ触媒	酵素、光触媒等による選択酸化・分解	・酸化チタン系光触媒の分解条件・アミンラゼによる分解条件・分解速度の増大	有機物	化粧品	機能性触媒	中	
	有機化合物	E143	触媒	紫外線照射による難分解性物質の分解	・難分解性物質: テトラクロロエチレン、ノニルフェニール等	テトラクロロエチレン	地下水	有害物処理システム	中	
		E144	オゾン酸化	酸化剤による難分解性物質の分解	・酸化剤: オゾン、過酸化水素の単独または併用	ペンタクロロフェニール	公共水域	有害物処理システム	小	
		難分解性物質等	E145	酸化	微生物酵素による環境ホルモンの酸化分解	・微生物酵素: リノール酸ヒドロペルオキシドとペルオキシダーゼ	ビスフェノールA	公共水域	有害物処理システム	小
			E146	微生物	微生物による難分解性物質の分解	・ノニルフェニール分解面の培養・分解の促進条件	ノニルフェニール	公共水域	有害物処理システム	中
			E147	塩素処理	塩素処理による環境ホルモンの分解	・塩素処理による分解・塩素処理副生物のエストロゲン様活性低下	ビスフェノールA	公共水域	有害物処理システム	小
		陰イオン	E148	吸着材	樹脂製吸着剤による低濃度陰イオンの吸着分離	・吸着剤: 強塩基性陰イオン交換樹脂(スチレン系)	F	洗浄	有害物処理システム	中
			E149	析出	反応析出による析出	・石灰を利用	F	洗浄	回収	中
	分		E150	吸着材	カチオン系高分子樹脂によるホウ素の吸着分離	・糖漬入型ポリアリルアミンの合成条件	B	石炭焼設備	有害物処理システム	大
			E151	材料	高性能吸着材による微量有害金属の回収・無害化	・セライト及びP(DO)(FeO)(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ・1-x-y・zH <sub>2</sub> Oよりなる有害金属吸着材	As, Cd, Hg等	金属、非金属	回収装置	中
			E152	微生物	耐塩性鉄酸化細菌による重金属含有非水処理	・耐塩性鉄酸化細菌の分離と馴養	Cr, Ni, Zn	めっき業	回収装置	中
重金属	E153	磁気分離	フェリ磁性体による磁気分離	・高勾配磁気分離条件と設備	P, 重金属	金属、非金属	磁気濃集	小		
	E154	材料	ロックウールによる分離濃縮	・ロックウール(高炉スラグ)によるイオン交換反応	Fe	金属、非金属	循環水	小		
	水質	E155	材料	繊維化スラグによる吸着	・硫酸還元細菌による金属硫化物の形成	重金属類	下水道	有害物処理システム	中	
					・硫酸還元細菌の付着担体と金属硫化物捕拮担体機能を有するスラグ繊維の活用					







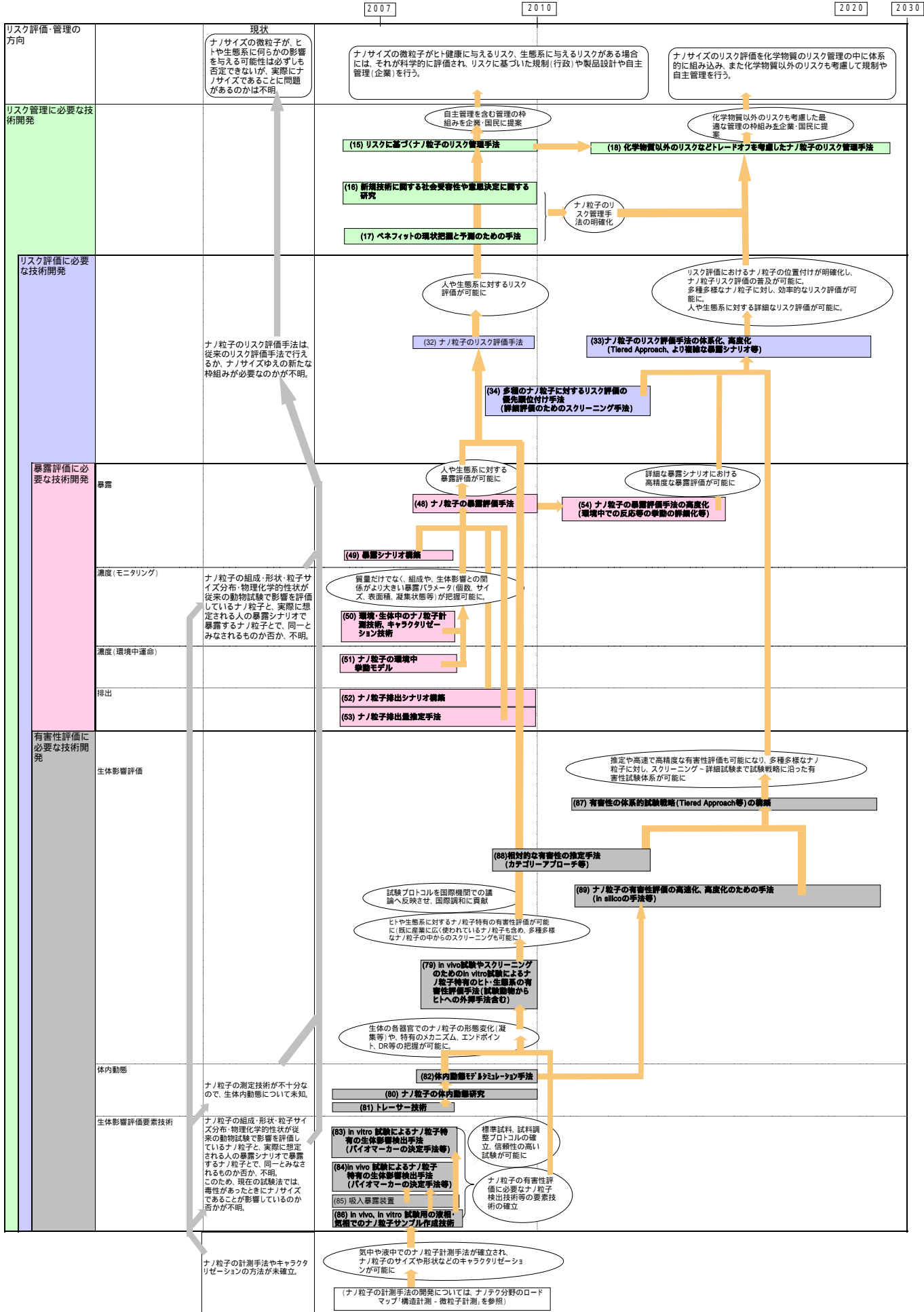




# 化学物質総合評価管理分野の技術ロードマップ (3 / 4) リスク評価・管理技術開発(工業用ナノ粒子)

化学物質総合評価管理分野の技術ロードマップ(工業用ナノ粒子のリスク評価・管理技術開発)

凡例 「技術開発項目」を示す 「技術開発のアウトカム」(右の「目標像」実現に向けてのステップ)を示す 「リスク評価・管理の目標像」を示す



		2010年	2015年	2020年	2025年	2030年	
産業	大気	VOC	完全酸化分解 分離膜	高性能・長寿命触媒による処理対象の拡大			
		分離	汎用超高性能分離膜				
		フロセス転換	無溶媒プロセス・合成プロセスのシフト				
		代替物質	水性塗料、塗装技術	無溶剤塗料、有機溶剤代替、大型塗装			
		代替物質	シート材				
	水域	アスベスト	飛散防止	飛散防止技術(大規模)	飛散防止技術(小規模)		
		微粒子類	分解	希薄濃度での低温触媒酸化還元技術	高効率分解触媒		
		資源化	資源化	資源回収技術	資源化技術		
		優先22物質	分離・隔離	有重金属の分離・隔離			
		富栄養化物質	分離	メチルシアン容易なリン分離回収システム	資源化技術		
土壌	陰イオン	分離・除去	アンモニアの回収・再資源化技術	資源化技術			
	有害陰イオンの分離技術	資源化技術					
	重金属類	分離・除去	有害重金属類の分離と汚泥発生量の低減技術	資源化技術			
	再生・長寿命化	再生	メッキ老廃液の再生システム	メッキ液の再生システム			
	難分解性物質	分解	完全酸化分解技術	微生物による分解技術			
	代替物質	代替物質	分解技術				
	難分解性物質	分離	汚染土壌からの有機ハロゲン分離				
	分解	汚染土壌中難分解性物質の分解					
	廃酸・廃アルカリ	分離・フロセス転換	廃酸・アルカリ量の大幅削減と無害化				
	難分解性物質	分離・分解	PCBの分離と無害化				
廃棄物	重金属類	分離	ハロゲン含有プラスチックからのハロゲン回収				
	汚泥	資源化・固定化	汚泥中重金属類の分離				
	有機化合物	分解	汚泥の有効利用・資源化				
	VOC	代替物質	プラスチック(熱可塑性、熱硬化性、複合材料)の高効率接触分解・原料回収				
	有機化合物	分離	水性塗料				
	微粒子類	分離	高容量吸着剤による分離				
	富栄養化物質	分離	NOx還元無害化及び微量PMの削減分解				
	難分解性物質	分離・除去	微生物による富栄養化物質の1段階除去プロセス				
	難分解性物質	分離	晶析・化学的リン分離回収技術・資源化技術				
	重金属類	分離	芳香族系物質の分離濃縮と酸化分解	吸着容量の大きい吸着材の開発			
広域	有機化合物	分離・分解	微生物による高効率分解				
	難分解性物質	分離・分解	新規な高効率分離技術				
	重金属類	代替物質	有害な無機顔料の代替				
	有機化合物	分離・分解	汚染土壌のレメディエーション技術による無機化分解				
	難分解性物質	分離・分解	安価なレメディエーションによる分離・分解技術				
	重金属類	分離	汚染土壌のハイドロメタルレメディエーション技術による分離				
	アスベスト	不溶化	汚染土壌のフライドレメディエーションによる濃縮・分離・ケミカルレメディエーション技術による分離				
	微量検知・計測	微量検知・計測	汚染土壌のレメディエーション技術による不溶化				
	無害化・資源化	無害化・資源化	簡易・迅速低コストな微量検出技術				
	分離・分解	分離・分解	大容量処理の無害化・資源化技術	ロボット利用無害化・資源化技術			
生活	汚泥	分離・固定化	汚泥資源化技術	底泥のオンサイト処理技術			
	重金属類	分離・固定化	溶融飛灰、焼却灰中の重金属類の高効率分離除去および固定化				
	VOC	分解	可視光利用高効率光分解技術				
	代替物質	代替物質	有機溶剤を使用しない高強度接着剤				
	有機化合物	代替物質	生分解性で洗浄力の高い洗浄剤				
	重金属類・ハロゲン	代替物質	有害物質を使用しない難燃剤				

リスク最小化、安心・安全な社会の構築に向けて

産業技術の深掘り、技術基盤の確立、規制への対応を可能にする

海外の規制に対して通用可能技術を開発して国際標準化(国際貢献)

資源・原料の転換に対して対応できるリスク削減技術を開発する

シンプル技術での対応を可能とする

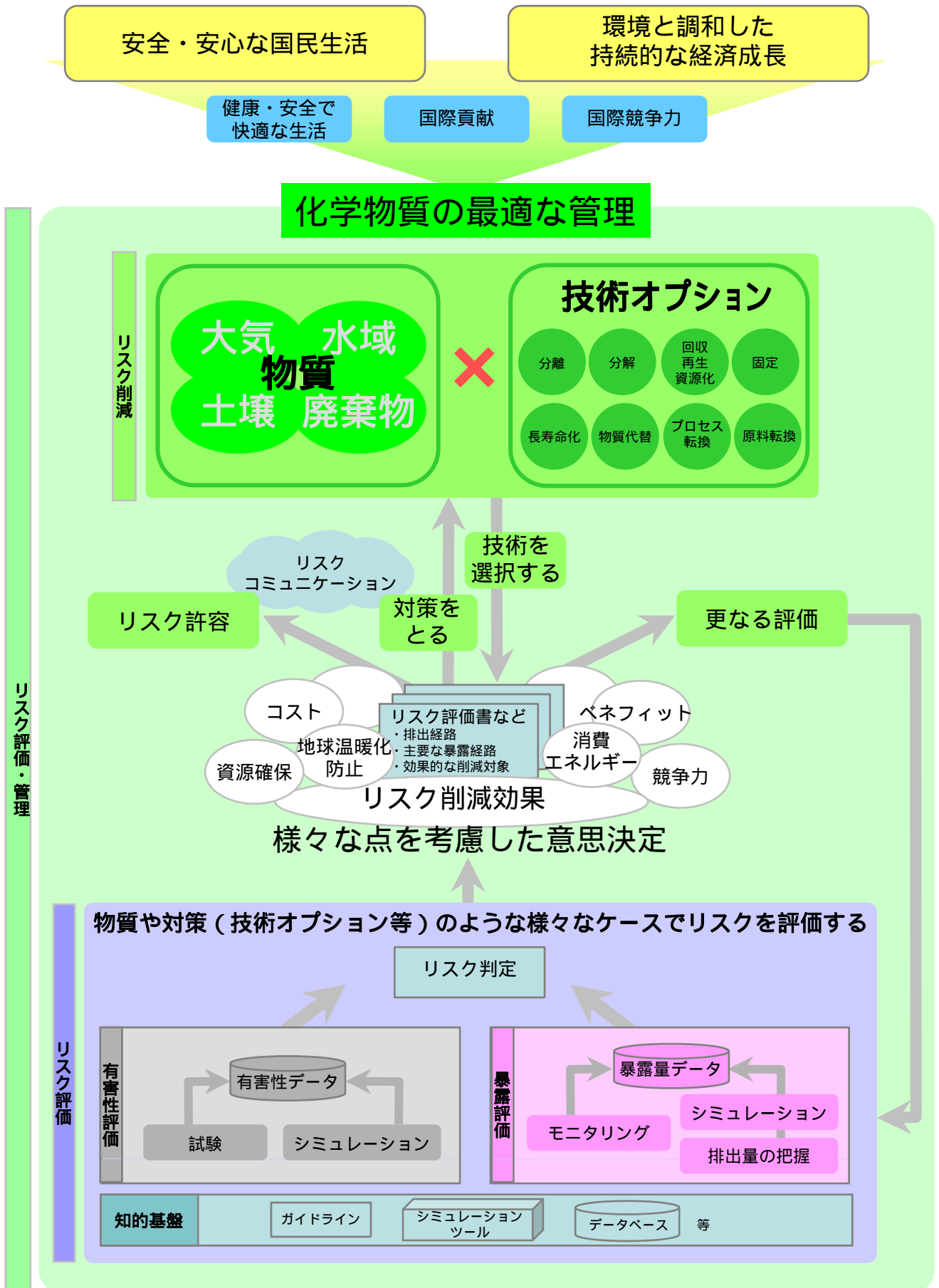
産業技術の広がり

と適用分野の広がりを希薄・大量に対象物質に適用するリスク削減技術を開発する

ユーザーの目線でリスク最小の技術・製品を提供



化学物質総合評価管理技術の考え方



# 化学物質総合管理関係法令

## 1. 化審法（化学物質の審査および製造等の規制に関する法律）の概要（1973年制定）

### （1）新規化学物質の審査

これまで我が国で製造、輸入が行われたことのない新規化学物質については、製造又は輸入に際し、製造・輸入者からの届出に基づき事前にその化学物質が次の性状を有するかどうかを審査し判定を行っている。

- 分解性……………自然的作用による化学的变化を生じにくいものであるかどうか
- 蓄積性……………生物の体内に蓄積されやすいものであるかどうか
- 人への長期毒性…継続的に摂取される場合には、人の健康を損なうおそれがあるものであるかどうか
- 生態毒性……………動植物の生息若しくは生育に支障を及ぼすおそれがあるものであるかどうか

### （2）既存化学物質の点検

化審法制定以前より製造又は輸入されていた化学物質（試験研究用及び試薬を除く約2万物質）については、国がその安全性の点検を行うべきとされていた。

平成15年の改正より、今後は国際的な役割分担による有害性評価を促進するとともに、官民の連携による有害性評価の計画的推進を図ることとされた。

## 2. 化管法（特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律）の概要（1999年制定）

### （1）概要

人の健康や生態系に有害なおそれのある化学物質（第一種指定化学物質）について、事業所からの環境（大気、水、土壌）への排出量及び廃棄物に含まれての事業所外への移動量を、事業者が自ら把握し国に届け出るとともに国は届出データや推計に基づき排出量・移動量を集計し公表するもの。

### （2）対象化学物質例

ベンゼン、トルエン、キシレン、ダイオキシン類、トリクロロエチレン、鉛及びその化合物、有機スズ化合物、CFC、HCFC 等

### （3）対象事業者

次の事業に属する事業を営んでいる事業者

- ・全ての製造業（化学工業、電気機械器具製造業、鉄鋼業 等）
- ・金属鉱業、電気業・ガス業、下水道業、燃料小売業、洗濯業、自動車整備業、産業廃棄物処分業、高等教育機関、自然科学研究所 等

常用雇用者数21人以上の事業者

いずれかの第一種指定化学物質の年間取扱量が1トン以上（特定第一種指定化学物質は0.5トン以上）の事業所を有する事業者 等

# 重要技術選定の評価項目と評価方法について

## 化学物質リスク評価・管理分野

化学物質評価・管理分野の評価項目は、2つの観点で評価を行った。  
化学物質総合評価管理リスクトレードオフに基づく最適管理に資するもの  
海外動向に対する日本の影響力発揮に資するもの

さらに についてはa.b.c.の3つの技術要件を細分化して評価指標とした。

- a. リスク評価に必要な情報を効率的に取得できるもの
- b. 情報不足による不確実性を低減、実用化できるもの
- c. リスク管理選定におけるリスク転嫁を回避し、コミュニケーションと適切な意志決定に役立つもの

の3項目と の1項目の4つの評価指標について3段階評価を行った。特に優れた物 、優れた物 、それ以外は無印とした。

重要技術の選定方法は以下の2つ基準のうち少なくとも1基準を満たすものとした。

- ・ 1項目で特に優れた技術 が有る場合
- ・ 3項目で優れた技術 が有る場合

2つの基準の外に我が国独自の事情を考慮する必要がある物については、特別に加点した。

## 化学物質リスク削減分野

化学物質リスク削減分野の評価項目は、以下の2つの観点で評価を行った。  
リスク削減効果に資するもの  
産業競争力に資するもの

リスク削減効果については2つの観点から評価を行った。

- a. ハザードや排出削減量から見たリスク削減ポテンシャル
- b. リスク削減するのに必要なコスト

産業競争力については以下の4つの観点から産業競争力の評価を行った。

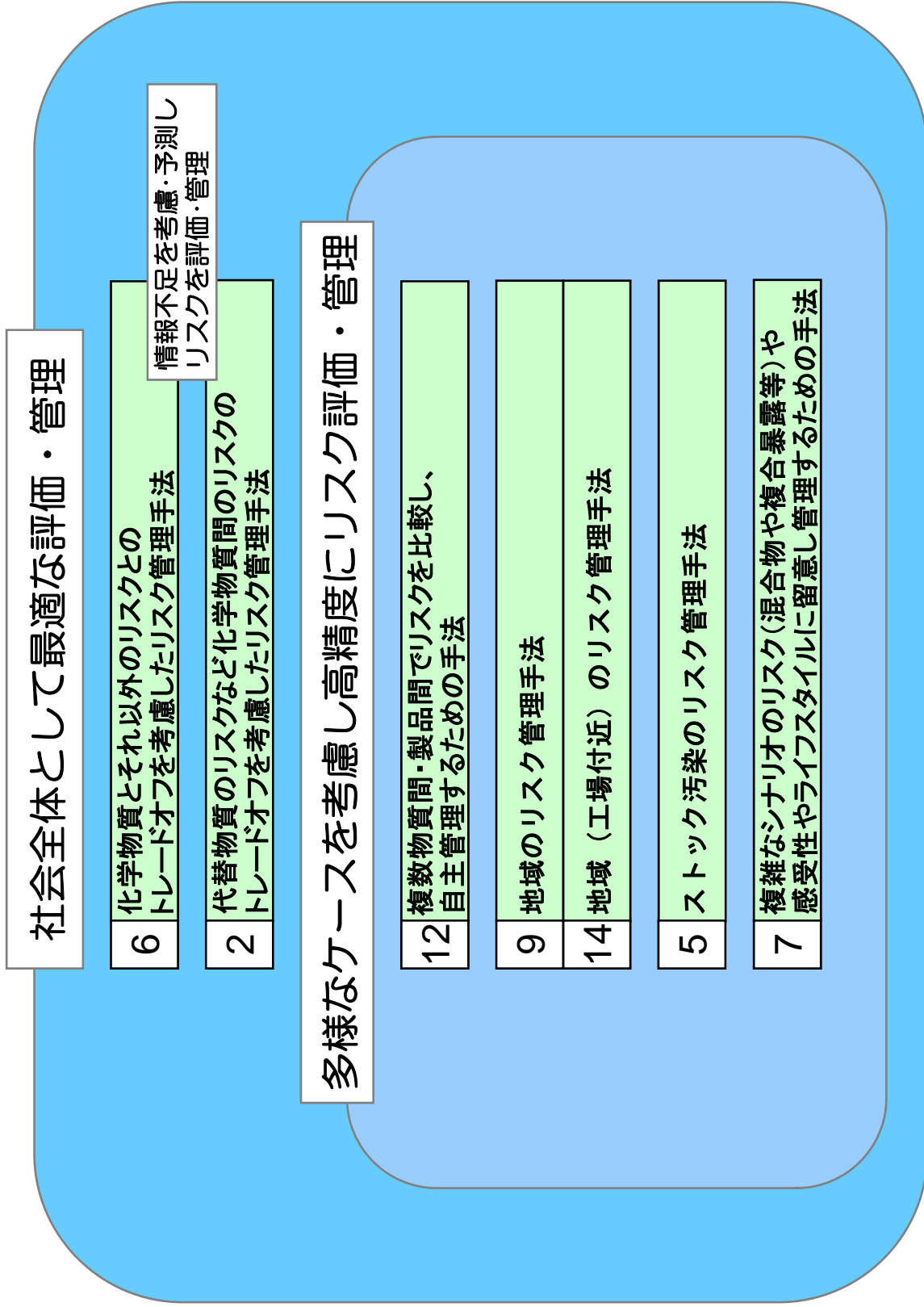
- ・ 将来技術力確保の観点(国内産業保全のために基礎力として開発しておく必要がある技術)
- ・ 将来の成果が期待できる技術(世界トップレベルとなることを期待する技術)
- ・ 期待される技術的波及効果(他の技術に活用可能な広がりをもっている技術)
- ・ 期待される産業的波及効果(広い産業に恩恵を及ぼす技術)

の2項目と の1項目の3つの指標についてそれぞれ 、 、 の3段階評価を行った。

重要技術の選定方法は と の基準を両方満たす物を重要技術とした。

の項目についてa,bのどちらかが の評価を得た物がa,bどちらも の評価を得たものについて 以上の評価を得たもの

リスク評価・管理の技術の関係図 (1/4)



社会全体として最適な評価・管理

- 6 化学物質とそれ以外のリスクとのトレードオフを考慮したリスク管理手法
- 2 代替物質のリスクなど化学物質間のリスクのトレードオフを考慮したリスク管理手法

情報不足を考慮・予測し  
リスクを評価・管理

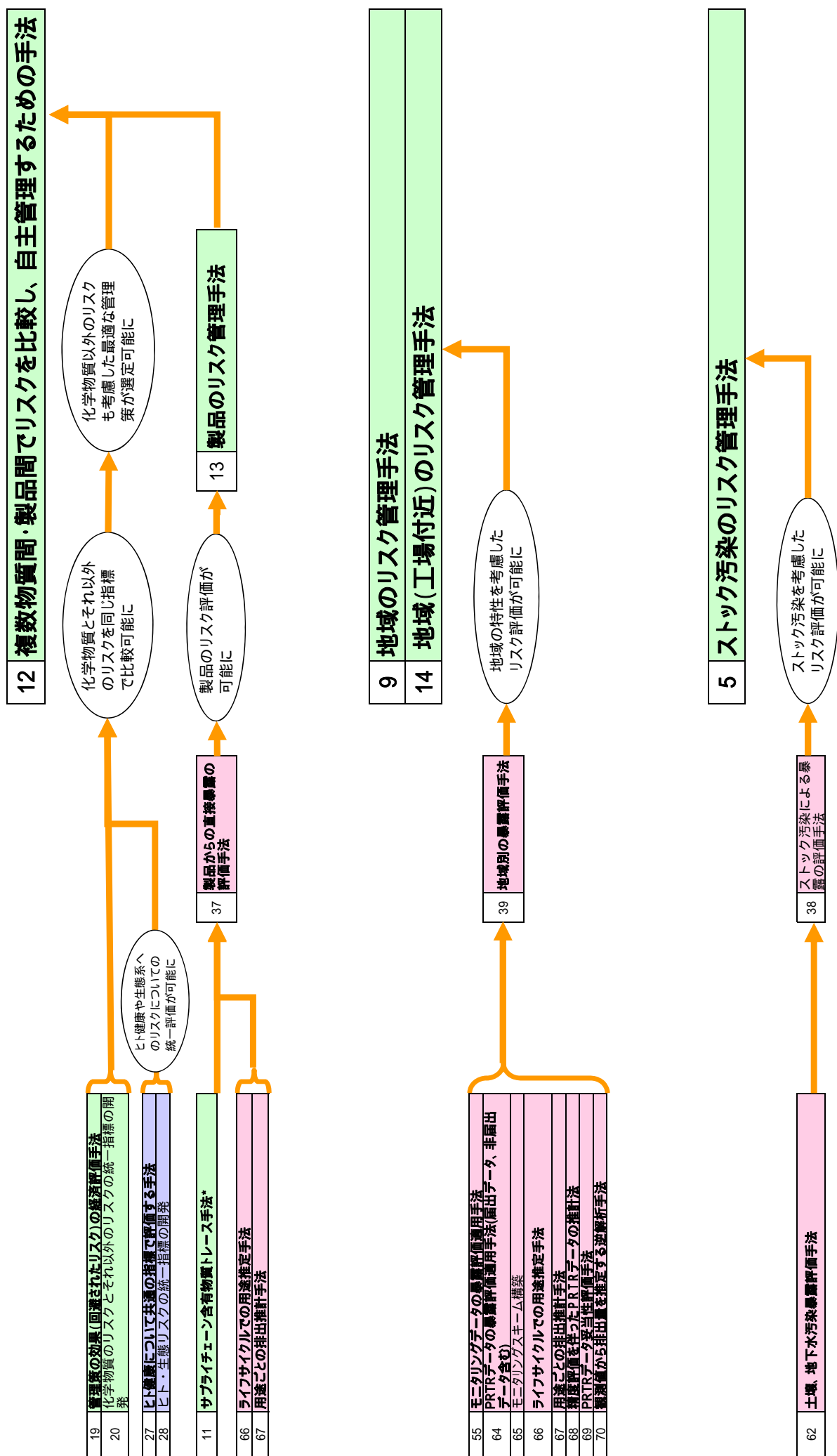
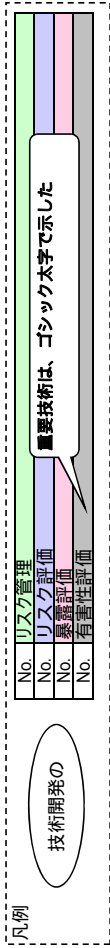
多様なケースを考慮し高精度にリスク評価・管理

- 12 複数物質間・製品間でリスクを比較し、自主管理するための手法
- 9 地域のリスク管理手法
- 14 地域（工場付近）のリスク管理手法
- 5 ストック汚染のリスク管理手法
- 7 複雑なシナリオのリスク(混合物や複合暴露等)や感受性やライフスタイルに留意し管理するための手法

…これら技術と他の技術との関係について、次ページ以降で説明



# リスク評価・管理の技術の関係図 (3/4)





7 複雑なシナリオのリスク(混合物や複合暴露等)や感受性やライフスタイルに留意し管理するための手法

105 有害性検出バイオマーカー探索手法

57 バイオアッセイモニタリング手法\*(環境測定による化学物質の暴露把握手法)  
58 人・生態系の暴露検出のためのバイオマーカー迅速検出センサー

水域等の現場で(検査機関への運搬不要)、個別化学物質由来のリスクと共に、媒体全体としてのリスク(個別物質の同定不要)も迅速に評価可能に

既に生じている複合暴露の影響を評価し、対策を立てることが可能に(シミュレーションによる「事前」予測とは別に、「事後」的管理も可能に)

31 情報量基準等に基づくデータ、モデルの選択技法

目的やシナリオ、必要精度に応じてリスク評価可能に

55 モニタリングデータの暴露評価適用手法  
56 サンプリングスキーム構築(生物相モニタリングシステム含む)

運命モデルとモニタリング結果の比較により、モデルの精度が向上

59 環境中微量物質マルチセンサー  
60 携帯型環境(室・車内等含む)微量物質検出センサー  
61 生体中微量物質検出センサー

微量な化学物質の濃度(環境中や生体中)が迅速に簡易に測定可能に

暴露評価

62 土壌、地下水汚染暴露評価手法  
63 化学反応(分解、反応生成)を考慮した環境中運命モデル

環境中で化学変化する化学物質や地下水を経由した暴露の評価が可能に

66 ライフサイクルでの用途推定手法  
67 用途ごとの排出推計手法  
68 精度評価を伴ったP.R.T.R.データの推計法  
69 PRTRデータ妥当性評価手法  
70 観測値から排出量を推定する逆解析手法  
71 より高精度なマテリアルフロー分析手法

より正確な排出量を反映した暴露評価が可能に

37 製品からの直接暴露の評価手法  
66 ライフサイクルでの用途推定手法  
67 用途ごとの排出推計手法

製品のリスク評価が可能に

39 地域別の暴露評価手法  
64 PRTRデータの暴露評価適用手法(届出データ、非届出データ含む)  
65 モニタリングスキーム構築  
66 ライフサイクルでの用途推定手法  
67 用途ごとの排出推計手法  
68 精度評価を伴ったP.R.T.R.データの推計法  
69 PRTRデータ妥当性評価手法  
70 観測値から排出量を推定する逆解析手法

地域の特性を考慮したリスク評価が可能に

92 メカニズムを考慮したQSAR

メカニズムに基づき高精度で3Rに沿った有害性評価が可能に

有害性評価

103 単純なPBPK/TDモデル (in vitro等の試験結果を適用して改)  
104 詳細なPBPK/TDモデル(細胞応答や臓器・組織応答のシミュレーション)  
107 タンパク質等の上位階層での機能的解析技術  
105 有害性検出バイオマーカー探索手法

分子・細胞・臓器・組織レベルでのメカニズム解明

99 in silico人体、in silico生態系  
100 ヒト培養細胞を用いた種差を回避した有害性評価手法  
101 遺伝子発現解析技術を用いた種差による感受性差評価技術  
102 遺伝子発現解析技術を用いた個人の有害性評価技術

種差を回避・克服し、個の多様性を反映した有害性評価が可能に

63 化学反応(分解、反応生成)を考慮した環境中運命モデル  
76 複合暴露の有害性評価手法

混合物や複数物質の多重暴露によるリスク評価が可能に

40 感受性の高い集団の暴露評価手法  
41 ライフスタイル別の暴露評価手法  
77 世代別感受性を考慮した有害性評価手法

感受性やライフスタイルを考慮したリスクを詳

47 自然発生源のある物質の暴露評価手法

自然発生源のある物質のリスク評価が可能に

44 生態系のリスク評価のための暴露評価手法  
45 生態系食物網構造解析手法  
78 生態系の有害性評価のための特有用技術(底質毒性試験法や成長阻害別の有害性推定手法)  
106 実験室でのミニ生態系(マイクロコスム)

生活環境動植物や個体群等生態系のリスク評価が可能に

46 シックハウス症候群の暴露評価手法  
75 シックハウス症候群の有害性評価手法

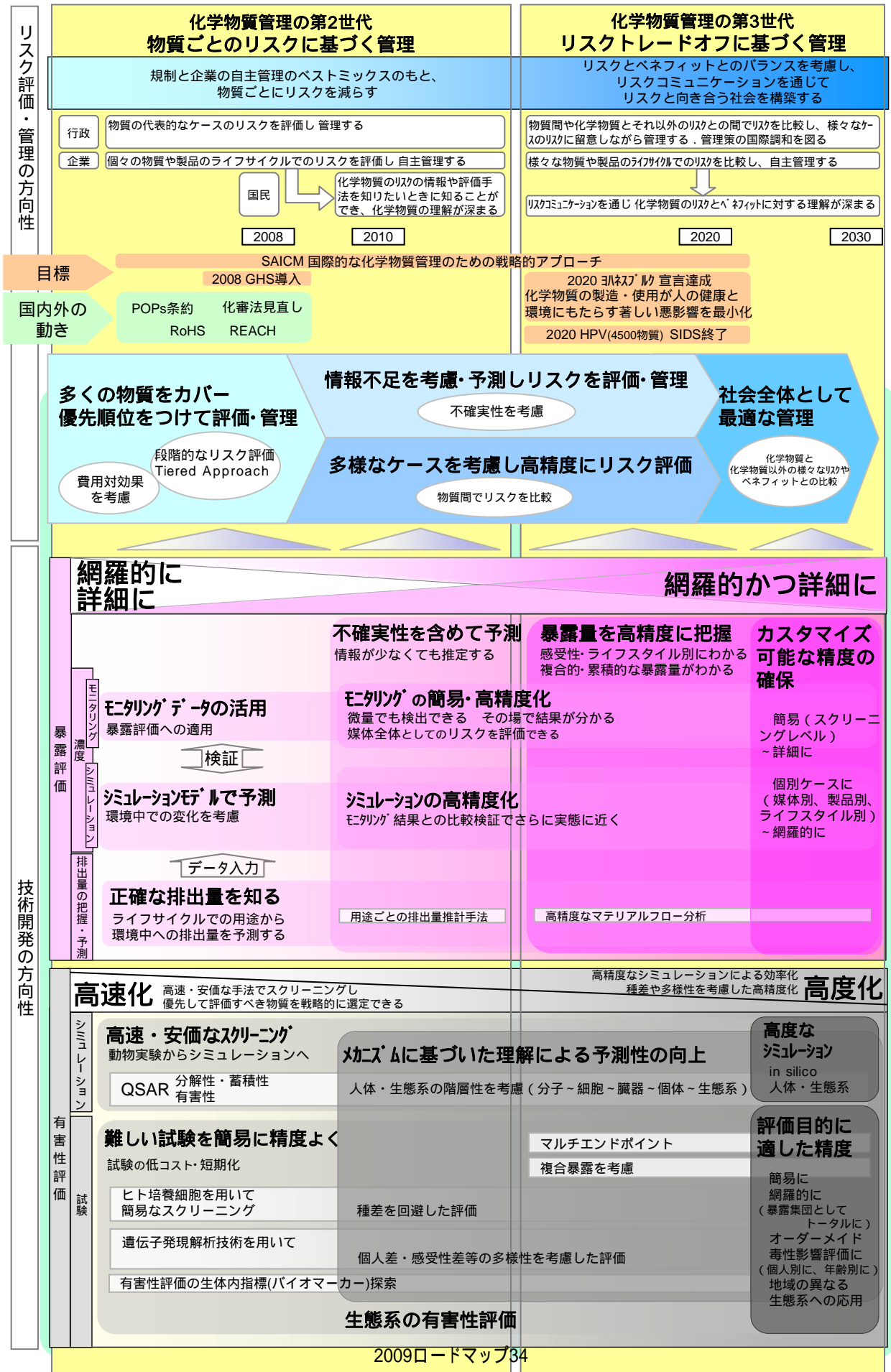
シックハウス症候群のリスク評価が可能に

工業用ナノ粒子のロードマップ  
48 ナノ粒子の暴露評価手法  
- ナノ粒子の有害性評価手法

ナノ粒子のリスク評価が可能に。さらに、化学物質全体でのリスク評価と方法論をすり合わせ、体系的な組み込みが可能に

新規の物質・技術や懸念されているリスクの管理が可能に

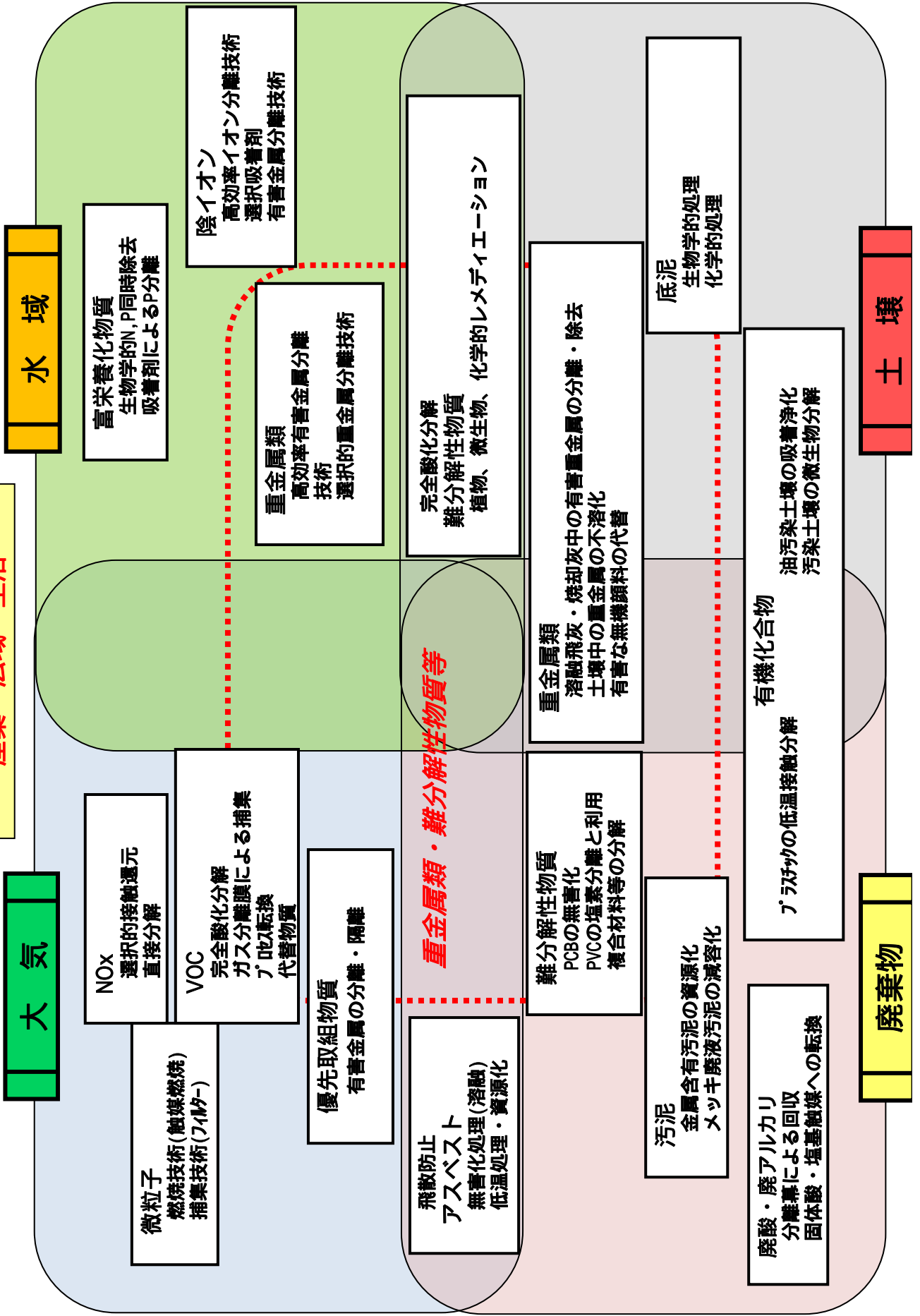






リスク削減対象物質群と代表的削減技術の俯瞰図

産業・広域・生活



# 化学物質総合評価管理分野の国際競争ポジション(貢献度)

## 指標1: テストガイドライン策定への貢献

OECDでは、化学物質の有害性評価のための試験の品質を確保するには国際的なガイドラインが有用であること、一国で得られた情報の他国への受入方法の改善が必要なこと、非関税障壁を防ぐ必要があること等から、テストガイドラインプログラムの下、テストガイドライン(TG)を策定している。

シリーズ	分野	TGプログラムでの現在のプロジェクト総数	うち、日本がリード国のもの(他国との共同提案を含む)
TG100	物理化学的性状	1	0
TG200	生物系への影響	23	4
TG300	分解性・蓄積性	7	0
TG400	健康への影響	31	7
TG500	その他	7	1
-	一般的事項	5	0
合計		74	12

## 指標2: ナノマテリアルスポンサーシッププログラムにおける情報収集への貢献

ナノマテリアルの安全性評価のため、OECDをベースに工業ナノ材料のヒト健康及び環境の安全性に関する国際協力が進められている。このひとつとして、各国が自主的に特定のナノマテリアルのスポンサーとなり、情報の収集や試験計画を策定するプログラムが開始されている。我が国は、代表的な以下の14のナノマテリアルのうち、3物質を担当している。

### ナノマテリアルスポンサーシッププログラムの対象物質とスポンサー国

物質名	リードスポンサー
フラーレン(C60)	★日本 ★アメリカ
単層カーボンナノチューブ(SWCNTs)	★日本 ★アメリカ
複層カーボンナノチューブ(MWCNTs)	★日本 ★アメリカ
銀ナノ粒子	韓国 アメリカ
鉄ナノ粒子	中国
カーボンブラック	
二酸化チタン	フランス ドイツ
酸化アルミニウム	
酸化セリウム	アメリカ イギリス/BIAC(NIA)*1
酸化亜鉛	イギリス/BIAC(NIA)
二酸化ケイ素	フランス EC
ポリスチレン	
dendリマー	
ナノクレイ	

(2008年12月3日現在)

\*イギリス政府及びOECD 経済産業諮問委員会(Business and Industry Advisory Committee)メンバーであるイギリスナノテクノロジー工業協会(Nanotechnology Industries Association)  
(出典:OECDホームページ)

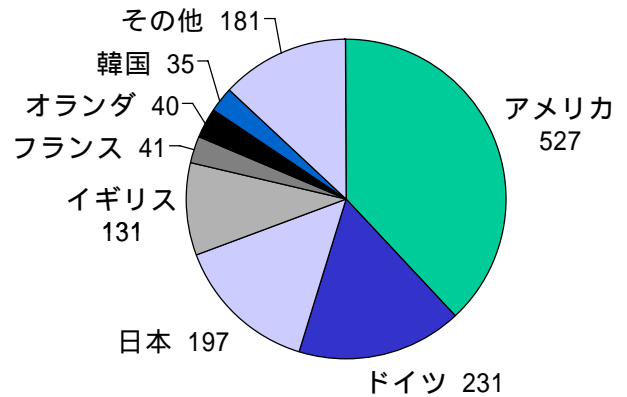
## 指標3: HPV(高生産量)化学物質点検プログラムにおける情報収集への貢献

OECDでは、いずれかの加盟国で年間1,000トン以上製造・輸入されている化学物質の有害性の初期評価を行うために必要と考えられるデータを加盟国が分担して収集し、評価を行っている。

2008年3月13日時点において、1,307物質にスポンサーがついており、544物質につき評価文書が公表されている。

我が国は、1992年の本プログラム発足当初から一貫して協力しており、これまでに197物質を担当し、約180物質の評価に貢献してきた。

### HPV安全性点検プログラムにおける各国の担当物質数 (2009年1月20日現在)



また2010年までに1,000物質についてデータを収集することを目標にした新たな計画において、日本は96物質を担当することとなっている。

## 指標4: 我が国および海外諸国のリスク評価書の作成実績

化学物質のリスク評価の目的は各国の状況を反映して異なる。ここでは、数や評価内容の詳細さのレベル(初期リスク評価レベル、詳細リスク評価レベル)を比較する。

### 各国のリスク評価書のレベルごとの作成・公開数

国・地域	初期リスク評価レベル	詳細リスク評価レベル	備考
日本	150 (NEDO) 137(環境省、2008年2月時点)	23 (NEDO, AIST)	NEDOプロジェクト、環境省によってリスク評価書が作成され、公開。うち詳細リスク評価は産総研がNEDOプロジェクトを受託、産業実態を踏まえて排出量等を推定し、物質に応じたモデル(メッシュモデルも含む)で濃度を予測。
米国	45 (HPV Challenge Program, OPPT(農業・有害物質汚染防止局))	50程度 (EPA内各プログラム)	EPA内の各部署の個別プログラムごとに評価を実施。関連する制度として、OPPTの既存化学物質プログラムでは1993年～1996年にRisk Management 1(RM1)で2000以上の物質についてスクリーニング評価を実施。今後Risk Management 2(RM2)、Post-RM2等の段階へ進み詳細なリスク評価が行われるとされる(詳細は非公開)。
EU	97 (EURAR)		既存化学物質のうち優先141物質について評価。濃度予測には、ボックスモデル(EUSES)を適用。
カナダ	69 (優先物質リスト)	-	既存化学物質のうち優先物質リスト(Priority Substance List 1および2)の69物質(または製品)について、評価を実施し規制等の必要性を検討。
オーストラリア	32 (優先既存化学物質)	-	他にPBDE等の14の物質について、既存モニタリングデータに基づく初期リスク評価レベルの評価書が公開。

(特に表記のないものは2009年1月時点)

初期リスク評価レベル、詳細リスク評価レベルの区分けは、「化学物質のリスク評価およびリスク評価手法の開発」研究成果報告会 講演資料(中西準子, 2007)を参考とした。

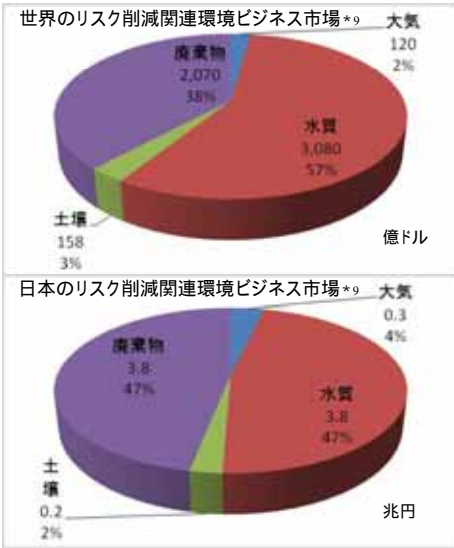
# 化学物質総合評価管理分野の国際競争ポジション(優位性)

## 指標5:環境ビジネスの市場規模と分野

環境ビジネスのうち、リスク削減関連分野(大気・水質・土壌・廃棄物)に関連する市場規模においては、日本・世界どちらにもおいても廃棄物と水質の占める割合が大きい。

	世界 億ドル	日本 億円
環境全般	6,287(2004)*1	80,473(2004)*8
大気関連	120(2006)*2	2,772(2004)*6
水質関連	3,080(2004)*3	37,662(2004)*6
土壌関連	158(2006)*4	2,052(2006)*7
廃棄物関連	2,070(2004)*5	37,987(2004)*6

\*1:『Global Environment Market: Asia』Environmental Business International Inc. 2006.9  
 \*2:『Catalyst Players Follow Growth to Asia, Middle East』Chemical Week August 11, 2004  
 \*3:『The Water industry world wide up to 2010. The convergence of water and energy』World Pumps, November, 2001  
 \*4: EU報告書『Study of Eco-Industry, its size, employment, perspectives and barriers to growth in an enlarged EU』2006.8より、米国は「土壌ビジネスの現状と展望」住友信託銀行  
 \*5: 産業調査レポートNo14, 2002.5より現状の市場規模を把握、日米欧市場を合算  
 \*6:『Overview of waste management industries in selected countries』Warner bulletin, Nov, 2006  
 \*7:『我が国の環境ビジネスの市場規模及び雇用規模の現状と将来予測にちての推計』環境省 2003.2  
 \*8:『2007環境事業における最新事業における最新企業戦略と将来の方向』株式会社 富士経済 2007.2  
 \*9: 環境省の大気、水質、廃棄物のデータに富士経済の土壌のデータを加算したものを

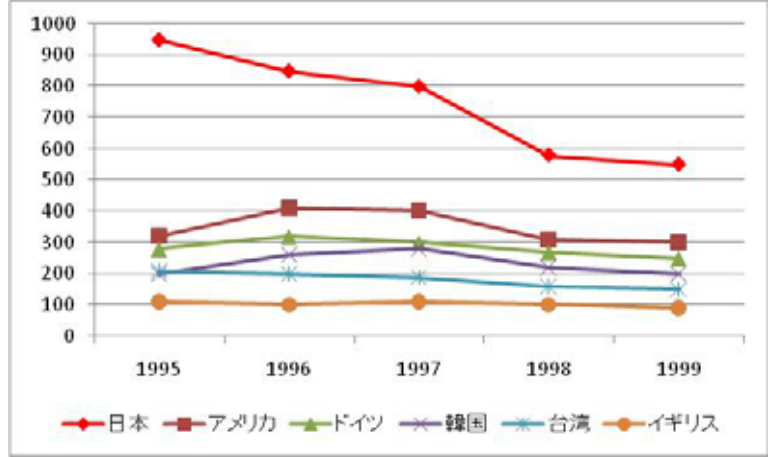


\*9: 上部表中の大気・水質・土壌・廃棄物4分野の合計における市場規模の割合

## 指標7:水質汚染分野市場動向と日本のシェア

アジア各国に対する排水処理分野においては、他国の輸出額が横ばいで推移するなか、日本の輸出額は減少している。

排水処理分野におけるアジア各国への国別輸出額推移 (単位: Mil \$)



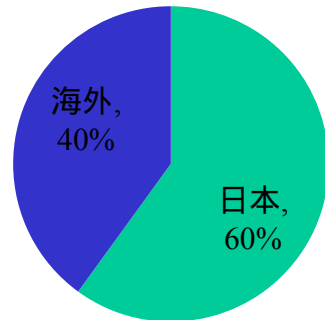
出典: 『United States Environmental Industry Export Competitiveness in Asia』Environmental Business International, Inc. 2001.9

(2006年における水質汚濁防止装置の対アジア輸出額は305億円(産業機械工業会))

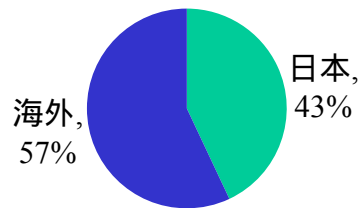
## 指標8:水質汚染分野における水処理膜のシェア

日本の輸出額が減少している水質関連分野ではあるが、水処理膜市場における日本の割合は大きい。

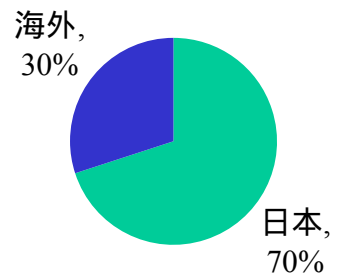
水処理用膜供給における日本の膜メーカー・シェア  
水処理膜総計



LP+MF+UF膜



海水淡水化用逆浸透膜



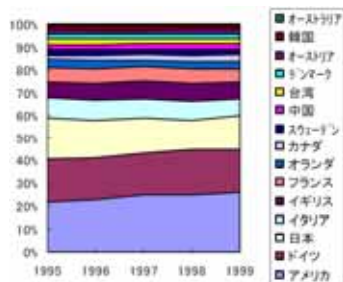
(出典) 産業競争力懇談会(COCN)『水処理と水資源の有効活用技術プロジェクト報告書』2008年3月

## 指標6:環境装置の輸出シェア

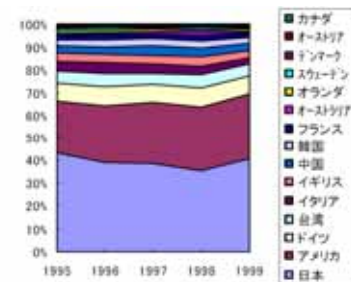
日本の環境装置の輸出シェアは高いが、低下の傾向がみられる。

区分	1位	2位	3位	傾向(1995年との比較)
輸出シェア(全世界)	米国 2.6%	ドイツ 1.9%	日本 1.5%	日本(1.8%→1.5%) 米国(2.2%→2.6%)
輸出シェア(アジア)	日本 3.9%	米国 2.7%	ドイツ 8%	日本(4.3%→3.9%) 米国(2.3%→2.7%)

環境装置輸出シェア(全世界)



環境装置輸出シェア(アジア)



出典: 平成15年度東アジア地域における環境問題・技術移転に関する調査報告書 (社)日本機械工業連合会、(財)国際環境技術移転研究センター

・ 事前評価関連資料  
(事業の概要、スケジュール、事前評価書、  
パブリックコメント募集の結果)

# 有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発(新規計画)

- 環境中に大量に排出されている有害化学物質の削減技術を開発し、環境中へ放出されるリスクを低減することにより、環境対策に資する。
- 開発された技術は、民間企業等による技術導入を積極的に促進する。

## プロジェクトの概要

環境に排出されている人の健康や生態系に有害な恐れのある有害化学物質を削減、代替する技術について、公募を行うことで民間企業等から抽出し、共通基盤的かつ安価で多くの事業者において導入可能な実用化に向けた技術を開発する。具体的には、今年第1回目の結果が公表されたPRT R制度(注)等を活用し、排出量・移動量が多く、かつ危険性(リスク)の高い化学物質に優先順位をつけて対象有害化学物質を決定し、それを予防的観点からも削減するための技術開発を行う。また、開発した技術のガイドラインの作成等を通じて、民間企業等による技術導入を促進する。

(注)PRTR制度; Pollutant Release and Transfer Register(化学物質排出移動量届出制度)

## 研究開発の背景・効果等

- 化学物質はその機能により産業活動のあらゆる局面で活用されている重要な材料である。しかしながら、それらの中には有害性を持つものもあり、大量に使用される場合には人体や環境への影響についてのリスクを評価し、適切な管理のもとで使用する必要がある。
- 一方、有用な化学物質ほど使用量が拡大するため、環境中への排出が多く影響が懸念される場合には、化審法のほか、環境関連法規制による規制がかかることとなり、産業に与える経済的影響は甚大である。
- 現在、PRTR法によって産業界の自主管理を促進しているが、企業にとって容易な対策については比較的取り組みが早いのが、対策の課題がわかっていても技術的な対応方法がわからず、十分な管理が出来ないため自主管理が滞っているケースが散見される。
- 化学物質のユーザー側が、その対策技術についての知見が無いのに加え、プラント・環境装置企業においても、膨大な多様性のある化学物質の使用状況についての知見は乏しく、ここに、化学物質管理対策技術についての需要と供給のギャップが存在することが自主管理の進展をさせている原因となっている。

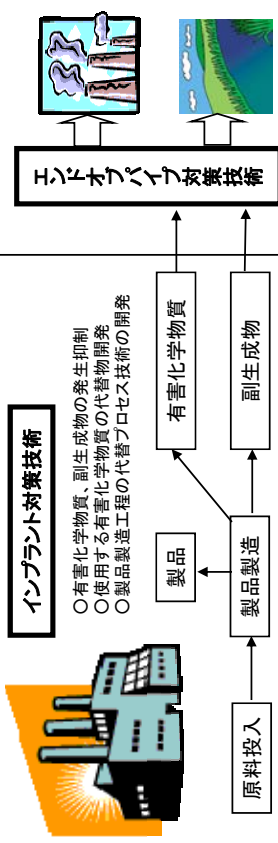
## (期待される効果・経済波及効果等)

- PRTRデータを活用した有害化学物質の排出実態と漏洩化学物質の把握
- リスク削減に資する代替プロセスの構築
- 有害化学物質(揮発性、ハロゲン系等)の環境放出削減率90%以上
- 有害化学物質(揮発性、ハロゲン系等)の代替物質合成

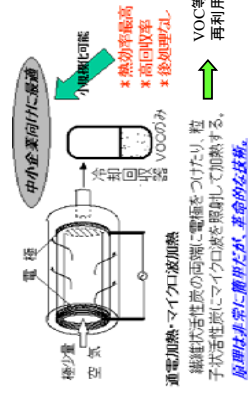
## 参加企業・大学等

ポテンシャルを有する企業・大学等

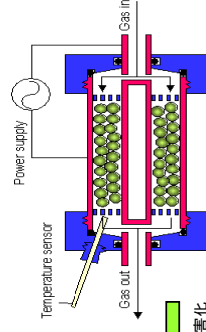
### 技術開発



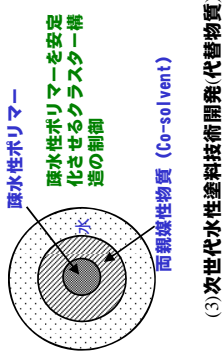
### リスク削減技術



### (1) マイクロ波加熱による回収技術



### (2) 触媒による高効率分解技術



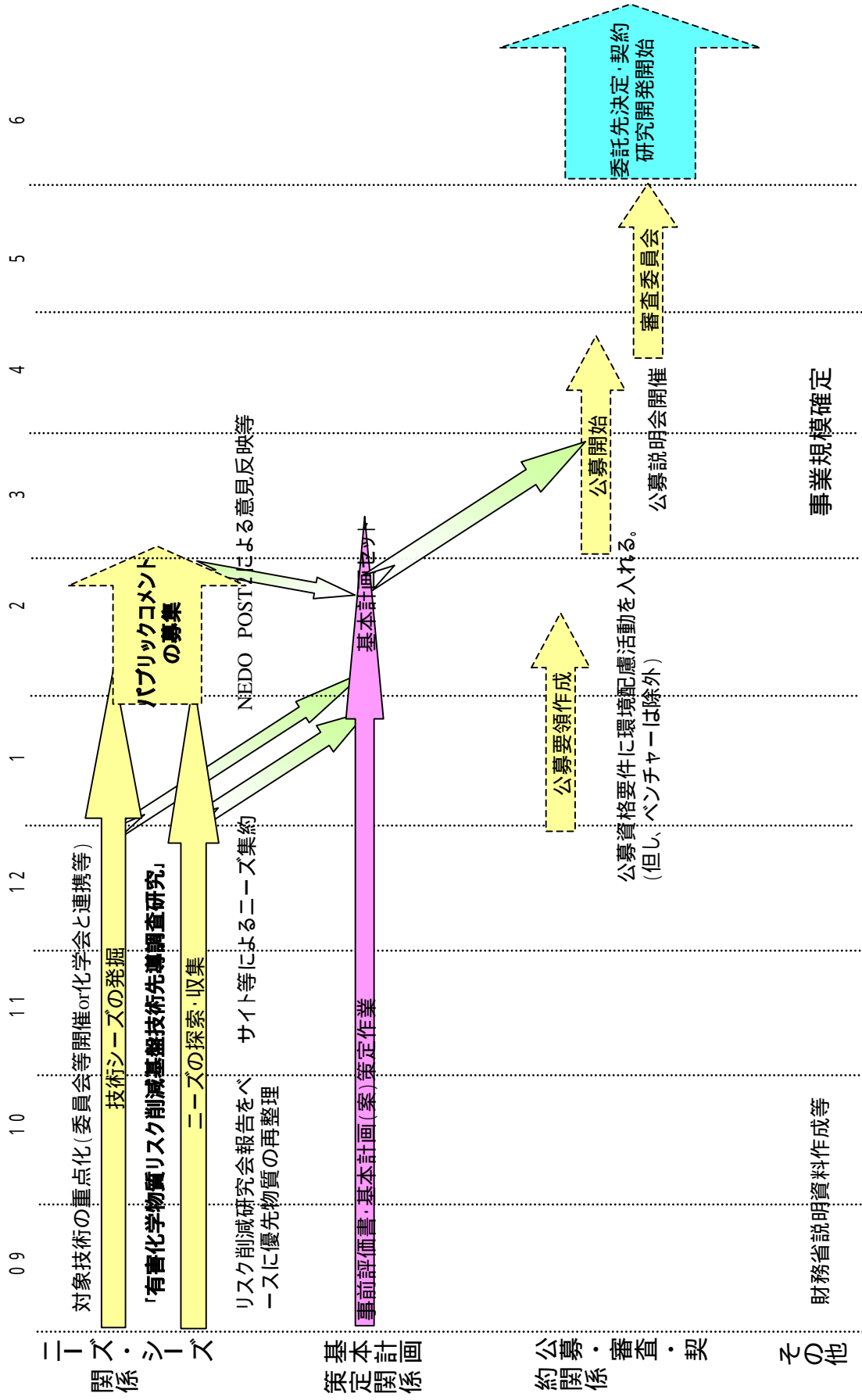
### (3) 次世代水性塗料技術開発(代替物質)



### (4) 高性能難燃材料の技術開発(代替物質)



# 有害化学物質リスク削減基盤技術開発実施スケジュール



事前評価書

1. 事業名称	「有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発」
2. 推進部署名	環境技術開発部 化学物質管理技術グループ
3. 事業概要	<p>(1) 概要：</p> <p>環境中に排出(漏洩も含む)され人の健康や生態系に悪影響を及ぼすことが懸念される化学物質のリスクを削減するため、エンドオブパイプ対策やインプラント対策として回収、無害化、代替物質生産、代替プロセス等に資する実用化基盤技術を開発する。研究開発成果に求める要素として、リスク削減効果、社会ニーズへの対応、導入・波及効果、コスト等を重視し、これらの点で優れた技術開発を優先的に取り組む。また、リスク削減すべき対象化学物質の優先順位付けは、生産量、取扱量、排出量、移動量が多い物質、国民の健康不安、関心が高い化学物質等から決定するため、PRTR 制度(化学物質排出移動量届出制度)の集計結果を活用し、EPA(米国環境保護庁)のリスク評価手法を用いて行った。これらの評価結果に基づき、開発期間内に優先順位が高い化学物質(約 10 物質程度)を効率的に削減できる技術を開発する。</p> <p>(2)平成 16 年度予算額：170.0(百万円)(委託)</p> <p>(3)事業期間：平成 16 年度～平成 19 年度(5 年間)</p>
4. 評価の検討状況：	<p>15 年度の下期に委託により実施している「有害化学物質リスク削減基盤技術に関する先導調査研究」における先導調査委員会(委員長：御園生誠工学院大学教授)で、本事業に関して NEDO が作成した事前評価を検討、意見集約した結果、本事業の実施は強力に推進する必要があるとの結論を得た。</p> <p>第 1 回調査委員会：平成 15 年 12 月 16 日：事前評価書(案)の開示、意見集約</p> <p>第 2 回調査委員会：平成 16 年 1 月 14 日：事前評価書(案)の確認</p>
(1) 事業の位置付け・必要性	<p>本事業の位置付け：</p> <p>現在、国内で利用、流通している化学物質は約 3 万 5 千種類と言われており、様々な素材、製品で利用されている。これらの化学物質の中には有害性が低いにもかかわらず、揮発性有機化合物のように製造、使用、廃棄の段階で環境中へ大量に排出(漏洩も含む)されることから、人の健康や生態系への影響などが懸念される化学物質もある。一方、有害性が高い化学物質(リン系化学物質、ハロゲン系化学物質等)に関する漏洩は既に大きな社会問題となっており、企業等による自主管理、地方自治体、国による使用規制が実施されてきた結果、大きな効果を上げている。平成 13 年 4 月、事業者による自主的な化学物質管理の改善を促進する目的から、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」に基づき PRTR 制度<sup>(注1)</sup>が実施され、国は各事業所等に対して化学物質毎の製造量、排出量、輸出入量、移動量等に関する総量の届出を求め、</p>

その集計結果が公表された。この結果、リスク(有害性×暴露量)が高い化学物質に関する環境中への存在の程度が明らかとなってきた。一方、リスクが懸念される化学物質や化学物質を含む製品は、社会で広く、大量に使用されており、一旦、環境中に放出されてしまうと徹底的に回収、無害化処理するには莫大なコストが掛かってしまい、産業界が単独で対応することはもはや困難な状況となっている。したがって、排出源である工場・プラント内において、環境への化学物質の排出を徹底して抑制することが強く求められている。このため、従来から事業者によって進められてきた自主的な化学物質管理を一層促進するため、リスクが懸念される化学物質を、中小企業を含む事業所等が自主的に回収、無害化処理できる新しい技術を国が主体となって開発し、早期の導入・普及を促進することにより、環境と調和した健全な経済産業活動と安全、安心な国民生活を実現することが必要である。

本事業では人の健康や生態系に対して有害性の恐れがあるPRTR対象等化学物質のリスク削減に資するエンドオブパイプ対策<sup>(注2)</sup>やインプラント対策<sup>(注3)</sup>を中心とした排出源地点での回収、無害化、代替物質生産技術、代替プロセス等に関する研究開発テーマと技術課題を民間企業等から公募し、汎用性が高くかつ安価で、多くの中小事業者等でも導入が容易な実用化基盤技術を開発する。

(注1)PRTR：化学物質排出移動量届出制度(Pollutant Release and Transfer Register)

化学物質排出把握管理促進法に基づき有害性の恐れがある化学物質について、事業所からの環境中への排出量及び廃棄物としての事業所外への搬出量等を把握・集計・公表する制度

(注2)製造プロセス等で生成してしまった大気汚染物質や水質汚染物質を煙突や排水という最後の段階で回収、分解する技術

(注3)製造、使用段階において、リスクの少ない化学物質への代替、反応工程中における副生成物、有害化学物質の発生を抑制するプロセスへ転換する技術

国のプログラムとの関係における必要性

本事業は、平成12年度から実施されている「化学物質総合評価プログラム」のリスク削減技術の一環としての位置付けられている。同プログラムでは、平成20年度までに化学物質のリスクの総合的な評価を行いつつ、リスクを評価・管理するための技術体系を構築し、リスクの削減に資するプロセス、手法開発、及び基盤技術を整備するものである。平成15年度にはリスク削減プロジェクトの中で「次世代化学プロセス技術開発」が終了する。昨今、PRTR制度の公表により、リスクが懸念される化学物質に関する情報が蓄積されてきたことから、本事業では、喫緊に削減すべき化学物質を効率的に削減できる実用化技術を開発することで、プログラムの目標を達成することが可能であると判断した。

(2) 研究開発目標の妥当性

2008年頃までに、PRTR対象等化学物質のリスクを効率的に削減するため、喫緊に排出抑制が求められている化学物質の優先順位付けを行い、これらの化学物質のリスク削減に係る回収、無害化、代替物質生産、代替プロセス等に関する実用化基盤技術を開発する。リスク削減の対象となる化学物質は、1)排出量が多い、2)リスクが多い又は大



きいことが疑われる、3)環境規制の動向等を踏まえて、当面、PRTR 集計結果を活用し、EPA 法(米国 環境保護庁)によるリスク評価を行い、これらの結果を考慮してリスク削減対象物質を(1) PRTR 制度による国への届出対象物質(工場等の固定発生源)、(2) PRTR 制度による国への届出対象外物質(移動体、家庭等からの排出で国が推計)毎に優先順位付けを行った。これらの評価結果に基づき、国への届出対象物質から上位 20 物質、国への届出対象外物質から上位 10 物質(但し、(1)の重複物質を除く)を削減対象物質とした。また、本事業では、エンドオブパイプ技術(回収、排出抑制、無害化等)対策、インプラント技術(代替物質生産、代替プロセス等)対策を研究課題とし、以下のとおり研究開発目標を設けた。さらに、成果の導入、普及を促進する観点から、上記の研究課題毎に汎用性、低コスト等に係わる開発目標も併せて設定することとした。

#### 【研究開発目標】

エンドオブパイプ技術：回収、排出抑制、無害化等により、環境への排出量に対して 90%以上を目安とした削減率

インプラント技術：リスクを効率的に低減できる代替物質や代替プロセスの実用化技術

その他：実用化までの道筋が明確に検討されている新規有望削減技術

これらの技術開発の目標設定に際しては、以下の根拠に基づき設定を行った。

- ・化学物質はその機能により産業活動のあらゆる局面で利用されている重要な材料であるがそれらの中には有害性を持つものもあり、今後は、化学物質の排出により土壌や河川等への汚染をこれ以上進行させない予防策が必要であり、特に、化学物質を大量に使用される場合には人や生態系への影響についてのリスクを評価し、適切な管理のもとで使用することが望まれる。
- ・有用な化学物質ほど使用量が拡大し、環境中への排出が多くなることに伴う影響が懸念されるようになると、化審法(化学物質審査規制法)のほか、環境関連法規等による規制の縛りが掛かることになり、産業に与える経済的な影響は甚大である。特に、今後は、住居環境や労働環境の改善が強く求められており、化学物質の排出削減を効率的に図る必要がある。そのため、リスクが懸念される化学物質に対して、排出しない、かつ新たなリスクを生じさせることのない新規技術を確立する必要がある。
- ・PRTR 制度は産業界の自主管理を促進しているが、企業にとって容易な対策については既に取り組みが進んでいるが、対策課題がわかっていても技術的な対応策が無い、対策費用が嵩む等の理由により、自主管理が滞っているケースが散見される。
- ・化学物質のユーザー(一般市民等)が、排出状況についての感心が薄いのに加え、化学物質の消費者(特に中小企業等)においては、取り扱っている化学物質に関する処理状況や削減対策に関する知見に乏しい、対策コスト高い等が自主管理の促進を遅らせる原因となっていることから、化学物質のライフサイクル全体に亘って効率的に有害化学物質が削減できる実用的で、導入・普及が期待できる対策技術が望まれている。
- ・環境中に排出されてしまった化学物質に関する回収、処理に係わる費用について検討、試算は殆ど行われておらず、明らかに排出時回収・無害化のほうが効果的とされている。今後、環境中の有害化学物質の濃度を法律等によって規制される前に、当該研究

開発による投資集中効果により、化学物質を効率的に削減できる技術を確立しておくことは、規制導入に比して十分に対応出来、費用対効果の高い施策といえる。

### (3) 研究開発マネジメント

#### 事前評価におけるマネジメント

本事業では、優先的に削減する必要のある PRTR 対象等化学物質(約 30 物質)を選定したのち、化学物質毎のライフサイクルにおける排出状況を把握し、化学物質のリスク削減が期待できる削減すべき事業者のニーズ(事業分野、プロセス、排出抑制可能量等)と技術シーズ(企業、研究機関等)における相関関係を整理した。さらに、当該部(グループ)に設置する化学物質に関する情報 Web サイト(Information Plaza)や NEDO POST2(平成 16 年 2 月)を活用することにより、広く一般市民からの意見を集約して、本事業で実施すべき化学物質のリスク削減の方向性を決定する。一方、消費企業や市民からの社会ニーズ(社会的要請・不安等)に根付いた技術シーズの発掘では国内外の研究事例を調べると共に、研究機関、企業等からのヒアリング等を実施し、専門家からのアドバイス等を受けることで優れた技術提案が行えるスキームを構築し、基本計画の策定及び事業の実施に反映させるものとする。

#### 研究開発におけるマネジメント

本事業では、各研究開発テーマにプロジェクトリーダーを設置し、研究開発の責任の所在を明確にするが、事業全体に係わるマネジメントは、外部識者の意見を取り入れながら NEDO が責任を持って主体的に行う。具体的には、プロジェクトリーダー、委託先企業等からヒアリングし、開発目標に対する成果状況などの報告を受けるほか、国内外における当該分野の技術開発動向の調査を行い、次年度の業務委託の可否や、実施内容、予算規模の見直しを行い、優れた研究成果を上げている研究開発に対しては、研究加速を弾力的に行える様、予算の効果的配分に努める。また、成果の早期達成が可能と認められた研究については、期間内であっても研究を終了させ、実用化へ向けた研究成果の確保と普及に努める。なお、NEDO は別途定められた技術評価に係わる指針及び技術評価実施要領に基づき、技術的及び産業技術政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について外部有識者による中間評価を平成 18 年度、事後評価を平成 21 年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係わる技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に依りて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

### (4) 研究開発成果

本事業では、研究機関、企業等からの提案された技術の中で、リスク削減効果、社会ニーズへの対応、導入・波及効果、コスト等を重視して、これらの点で優れた技術開発に優先的に取り組むこととする。このため、要素技術開発の水準が高い技術テーマよりも、早急に、市場投入、製品化が期待できる技術開発を中心に行う。具体的には、研究期間中に実用化レベルを達成し、研究開発終了後遅くとも 2~3 年のうちに、事業化、市場導入が見込まれるものを優先的に採択する。また、本事業の研究成果は他の事業者に対しても開示を求める。これにより、係る成果の広範囲な事業化により新規産業創成にも寄与することが期待できる。

#### (5) 実用化・事業化の見通し

国内の企業や事業所において、化学物質に纏わるリスクの削減対策は緊急を要する課題である。しかし、現状の状況ではこれまでの市場原理が強く働いており、事業者のみに削減対策を任せておいては緊急な対応が難しい。本事業は、PRTR 対象物質等のリスク削減を効率的に行える実用化技術を開発する事業であり、昨今の欧米における厳格な化学物質、化学品に対する規制が施行される動向から鑑みて、当該技術の実用化への潜在需要は高まっていることから合わせて考えると、国が適切な形で支援することにより、国際的に環境ビジネスの展開が期待できる分野である。すでに、先導調査研究の結果、実験室レベルの研究が終了し、実用化に近い技術として 20 テーマ以上が抽出されており、本事業を実施することにより平成 18 年頃には実用化の目処を付け、平成 20 年頃には実施者や実施者以外の企業等により市場導入、事業化することができれば極めて大きな波及効果を有するものである。

#### (6) その他特記事項

- ・本事業はリスクが懸念される PRTR 対象化学物質等のリスク削減を図るための技術開発であり、化学物質総合評価管理プログラムにおけるリスク削減技術の一環として実施される。
- ・公募の採択基準として、提案機関(主に企業)の環境活動(環境報告書の発刊、ISO 取得、グリーン調達状況等)を追加する。

#### 5. 評価結果

先導調査委員会における専門委員からのアドバイスを受けて、1) リスク削減対象物質に対して優先順位を付けて、絞り込みを行う、2) リスク削減効果、早期実用化、導入・波及効果、コストを重視する、3) 研究開発成果は広く実施者以外の企業に対しても開示し事業化を促進する、等を念頭に置きながら実施する必要があると判断した。また、研究開発の責任の所在を明確にするため、研究開発テーマ毎にプロジェクトリーダーを設置し、進捗状況を把握しながら、プロジェクトの見直し、中止、加速化を弾力的に行い、マネジメントの効率化を図る必要があるとの結論を得た。

以上の観点から、本事業の実施に関して、当該グループにおいては積極的に推進すべきであると判断した。

参考資料：

図-1 本事業の全体スケジュール

図-2 本事業の概要

「有害化学物質リスク削減基盤技術開発基本計画（案）」に対する  
パブリックコメント募集の結果について

平成16年2月24日  
NEDO技術開発機構  
環境技術開発部 化学物質管理グループ

NEDO POST 2において標記パブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。  
お寄せいただきましたご意見を検討し、別添の基本計画・技術開発課題に反映させていただきます。  
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございます。

1. パブリックコメント募集期間：平成16年1月30日～平成16年2月13日
2. パブリックコメント投稿数：計1件
3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画・技術開発課題への反映
<p>全体について</p> <p>[意見1] (1件) オゾン層破壊物質全廃後に、特に洗浄剤として使用量が増加した塩化メチレンは、PRTR対象物質の中でも、総排出量が上位に位置し、かつ届出されない排出量が全体の約7割を占め、その多くは中小企業で消費されており、排出量削減の達成には、多くの困難が存在する。このような状況下において、PRTR制度下における自主的化学物質管理を促進するため、中小企業における塩化メチレンを使用中の洗浄現場で、多数の技術から経済的に適用可能な洗浄技術の組み合わせ（EVABAT）を選出し、リスク削減を達成する手法の開発が望まれてきた。このシステム技術は、開発途上であるが、今後数年間の検討で実用化可能と考えられる。今回の「有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発」プロジェクトの目的・目標・内容からみて、本テーマを取り上げて頂くにふさわしい場であると考える。</p>	<p>[考え方と対応] PRTR対象物質である塩化メチレンの削減の技術は、当該基本計画の方針に沿っており重要な技術開発と考えます。ご提案にあるEVABATに関しては、具体的な削減技術、リスク削減効果、社会ニーズへの対応、導入波及効果、コスト等を十分にご検討いただき、実用的な技術として御提案していただきたいと考えております。</p>	<p>[反映の有無と反映内容] 特になし。</p>

以上

・ 成果要約集  
(研究発表・講演、発表論文、特許等、  
受賞実績、新聞発表)

表 成果件数一覧表(平成16年－平成21年)

成果	年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	合計	備考
研究発表・講演 (口頭発表も含む)		9	35	45	48	37	7	181	—
発表論文		4	3	16	4	2	2	31	他、平成21年度作成中1
内、査読付き		0	1	3	2	0	1	7	—
特許等		3	13	39	17	7	4	83	—
内、外国・PCT出願		0	2	10	6	2	0	20	—
受賞実績		0	0	0	0	2	1	3	—
新聞発表		1	3	5	9	7	3	28	—

表 開発課題毎の成果件数一覧表(平成16年－平成21年) (A) エンドオブパイプ技術

成果	年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	合計	備考
研究発表・講演 (口頭発表も含む)		9	30	27	21	10	0	97	—
発表論文		4	2	12	2	1	0	21	他、平成21年度作成中1
内、査読付き		0	1	3	1	0	0	5	—
特許等		1	1	5	5	5	2	19	—
内、外国・PCT出願		0	0	0	0	0	0	0	—
受賞実績		0	0	0	0	1	0	1	—
新聞発表		1	1	2	2	0	0	6	—

表 開発課題毎の成果件数一覧表(平成16年－平成21年) (B) インプラント技術

成果	年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	合計	備考
研究発表・講演 (口頭発表も含む)		0	3	18	14	8	7	50	—
発表論文		0	1	4	2	1	2	10	—
内、査読付き		0	0	0	1	0	1	2	—
特許等		2	12	34	12	2	2	64	—
内、外国・PCT出願		0	2	10	6	2	0	20	—
受賞実績		0	0	0	0	1	1	2	—
新聞発表		0	2	2	7	6	3	20	—

表 開発課題毎の成果件数一覧表(平成16年－平成21年) (C) システム・ソフト技術

成果	年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	合計	備考
研究発表・講演 (口頭発表も含む)		0	2	0	13	19	0	34	—
発表論文		0	0	0	0	0	0	0	—
内、査読付き		0	0	0	0	0	0	0	—
特許等		0	0	0	0	0	0	0	—
内、外国・PCT出願		0	0	0	0	0	0	0	—
受賞実績		0	0	0	0	0	0	0	—
新聞発表		0	0	1	0	1	0	2	—

表 研究開発テーマごとの成果件数(平成16年－平成21年)

区分	研究開発テーマ 委託先	研究発表 ・講演	発表論文	発表論文 査読付き	特許等	新聞発表	受賞 実績他
エンドオブ パイプ 技術 (EP)	吸着エレメントとプラズマを組合 わせた難処理有害化学物質除去の研究 開発 (株) 西部技研	15	6	2	3	3	—
			(1件作成中)				
	直接加熱式VOC吸着回収装置の研究 開発 エンバイロメント・テクノロ ジー・ベンチャーズ(株) (独) 産業技術総合研究所	39	7	2	10	—	—
	吸着相オゾン酸化による排出有害物 質の完全分解処理 (財) 産業創造研究所 東洋インキエンジニアリング 岩尾磁器工業(株)	6	—	—	—	—	—
	マイクロバブルの圧壊による有害化 学物質の高効率分解技術の開発 (株) R E O 研究所 (独) 産業技術総合研究所	16	6	1	—	—	—
	大気圧・空気プラズマを利用した揮 発性有機化合物(VOC)等の無害化装 置の開発 イマジニアリング(株)	3	—	—	2	—	エコジャ パンカッ プ2008G E特別審 査員賞
	デュアルメンブレンシステムによる ガソリンベーパー回収装置の開発 (株) タツノ・メカトロニクス (独) 産業技術総合研究所	14	2	0	2	3	—
	含塩素VOC高効率分解固定化装置の 研究開発 JFE ソルデック(株)	4	—	—	2	—	—
	インプラ ント技術 (IP)	非フェノール系樹脂原料を用いたレ ジスト材料の開発 昭和電工(株) (独) 産業技術総合研究所	15	2	0	50	2
				外国出願10 PCT出願10			
革新的水性塗料の開発 日本ペイント(株)		14	5	1	9	5	—
溶剤フリー塗装技術の研究開発 シルバー精工(株)		5	1	0	2	3	—
有害廃棄物フリー高効率エステル合 成プロセスの開発 (株) ケミクレア (独) 産業技術総合研究所		8	1	0	1	5	—
革新的塗装装置の開発 加美電子工業(株) (独) 産業技術総合研究所		8	1	1	2	5	第3回 (2009)も のづくり 日本大賞
システ ム・ソフ ト技術	有害化学物質削減支援ツールの開発 (株) 三菱化学テクノリサーチ (株) 三菱総合研究所	34	—	—	—	2	—
	計	181	31	7	83	28	3
			作成中1		外国出願10 PCT出願10		

(A) エンドオブパイプ技術  
 A- (1) 吸着エレメントとプラズマを組合わせた難処理有害化学物質除去の研究開発  
 ① 研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2004年9月18-19日	第18回日本吸着学会研究発表会	希薄揮発性有機化合物の吸着・濃縮・プラズマ分解技術について	井上宏志、山田健一郎、岡野浩志、村岡克紀、山形幸彦
2004年9月27-28日	第57回電気関係学会九州支部連合大会	大気圧バリア放電とゼオライト濃縮過程の組み合わせによる揮発性有機物の分解(II)	三角和宏、仁保航一郎、山形幸彦、村岡克紀、井上宏志、岡野浩志
2005年6月10日	平成17年度PRTRデータ活用セミナー	【講演】VOC排出対策技術	田中康弘
2005年7月20日	空気汚染抑制新技術講演会【台湾】	【講演】VOC吸着プラズマ分解技術	岡野浩志
2005年9月29-30日	第19回日本吸着学会研究発表会	希薄揮発性有機化合物の吸着プラズマ分解技術について	井上宏志、岡野浩志、石塚史成、古木啓明、村岡克紀、山形幸彦、仁保航一郎、城野寿文、山形幸彦、村岡克紀、井上宏志、岡野浩志
2005年9月29-30日	第58回電気関係学会九州支部連合大会	大気圧バリア放電とゼオライト濃縮過程の組み合わせによる揮発性有機物の分解(III)	Yukihiko Yamagata, Kouichiro Niho, Kouji Inoue, Hiroshi Okano, Katsunori Muraoka
2006年1月24-27日	6th International Conference on Reactive Plasmas and 23rd Symposium on Plasma Processing	Decomposition of Volatile Organic Compounds at Low Concentration Using a Combination of Densification by Zeolite Adsorption with Dielectric Barrier Discharge	岡野浩志
2006年2月3日	第1回エコミカルシンポジウム	VOC吸着プラズマ分解装置開発概要	岡野浩志
2006年3月28-30日	化学工学会第71年会	VOCの吸着プラズマ分解技術について	岡野浩志、井上宏志、古木啓明、石塚史成、村岡克紀、山形幸彦、岡野、井上、古木、村岡、山形
2006年6月	分離技術会年会2006	「VOC吸着プラズマ分解装置の開発」	岡野浩志
2006年11月	VOC対策・法規制の課題・その処理技術:講演&展示 化学工学会関西支部	【講演】VOC濃縮装置とその技術を応用した吸着プラズマ分解装置の開発	岡野浩志
2006年11月29日	揮発性有機化合物(VOC)排出規制と除去技術 日本空気清浄協会	【講演】VOC濃縮装置(VOC吸着プラズマ分解装置)	岡野浩志
2007年6月7-8日	分離技術会年会2007	VOC吸着プラズマ分解装置の開発	岡野浩志、井上宏志、古木啓明、村岡克紀、山形幸彦、岡野浩志
2007年8月24-25日	分離技術会第35回夏季研究討論会	VOC吸着プラズマ分解装置の開発	岡野浩志
2007年9月	化学工学会第39回秋季大会	VOC吸着濃縮プラズマ分解装置の開発	岡野浩志、井上宏志、古木啓明、村岡克紀、山形幸彦



A-1(1)吸着エレメントとプラズマを組合わせた難処理有害化学物質除去の研究開発

②発表論文

発表年月日	発表媒体	査読有無	発表タイトル	発表者
2006年	環境浄化技術、2006.2、Vol.5、No.2、39	無	VOC吸着プラズマ分解技術	岡野浩志
2006年	工業材料、2006.3、Vol.54、No.3、50-54	無	VOC排出対策技術-ハニカム吸着式による濃縮燃焼法と吸着プラズマ分解装置	田中康弘
2006年	クリーンテクノロジ-、2006.5、Vol.16、No.5、43-45	無	VOC吸着プラズマ分解装置	岡野浩志
2006年	Japanese Journal of Applied Physics Vol.45.No.10B	有	Decomposition of Volatile Organic Compounds at Low Concentration Using a Combination of Densification by Zeolite Adsorption with Dielectric Barrier Discharge	Yukihiko Yamagata, Kouichiro Niho, Kouji Inoue, Hiroshi Okano, Katsunori Muraoka
2006年7月	環境管理2006 VOL. 42	無	VOC吸着プラズマ分解装置開発概要と実証	岡野浩志
2007年6月	電気学会論文誌A IEEJ Trans.FM, Vol.127.No.6.2007	有	ゼオライトハニカムとバリア放電組合せによるVOC処理システムの開発	井上宏志、古木啓明 岡野浩志、山形幸彦、村岡克紀
2009年	化学工学会論文誌投稿中	有	吸着ハニカムとプラズマを組み合わせたバッチ式吸着濃縮プラズマ分解による希薄揮発性有機化合物の除去	井上、古木、岡野、山形、村岡、寺岡

③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2004年7月29日	特願2004-221510	公開	有害ガス処理装置およびそのクリーニング方法	(株)西部技研	井上
2005年8月30日	特願2005-249847	公開	有害ガス処理装置	(株)西部技研	井上、古木
2007年3月29日	特願2007-86858	公開	ガス処理装置	(株)西部技研	坂口、井上

④受賞実績なし。

⑤新聞発表

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2004年7月30日	日刊工業新聞	有機溶剤処理装置 プラズマで効率分解 西部技研が試作機完成	(株)西部技研
2005年11月4日	日刊工業新聞	揮発性有機化合物処理 西部技研が小型機開発	(株)西部技研
2006年2月	環境浄化技術2月号	最新の工場排ガス処理技術 VOC吸着プラズマ分解技術	(株)西部技研

A- (2) 直接加熱式VOC吸着回収装置の研究開発

①研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2005年8月26日	3rd Int. Conf. Adv. Fiber/Textile Mater.	Stress-Strain Curve of Activated Carbon Fiber Sheet and Electrical Resistance	I. Yamaura et al.
2005年8月25日	第13回国際粘土会議	Selective Formation of Well-defined Morphological Porous Silica Using Sodium Silicate by Triblock Copolymer Templating	小菅勝典 他
2005年10月21日	エコテック2005「使える産総研発、環境・リサイクル技術」講演会	中小発生源からのVOCの吸着回収	菊川伸行、小林悟
2005年10月28日	計測自動制御学会中部支部シンポジウム2005	活性炭素繊維シートへの応力と電気抵抗変化	中村祐樹、田中京子、山浦逸雄、白井汪芳、小林悟
2005年11月3日	第5回マイクロ波効果・応用国際シンポジウム	強誘電体のキュリーポイントをを用いたマイクロ波加熱制御	長野義信、小林悟、菊川伸行、烏鷹幸弘
2005年11月4日	第5回マイクロ波効果・応用国際シンポジウム	マイクロ波を用いたVOC吸着回収のための吸着剤の検討	烏鷹幸弘、小林悟、川澄珠美、長野義信、小菅勝典、菊川伸行、金潤甲
2005年12月14日	つくば新技術講座	ナノ空間とマイクロ形態を制御したシリカ材料とVOC吸着特性	小菅勝典
2006年2月28日	平成17年度産総研環境・エネルギーシンポジウムシリーズ5「我が国における環境技術開発の新たな展開」低エネルギー消費型環境負荷物質低減技術開発成果発表会	中小発生源からのVOCの吸着回収	菊川伸行、小林悟
2006年3月9日	日本機械学会北陸信越支部第43期講演会	活性炭素シートへの脱着温度における応力と電気抵抗	中村祐樹、田中京子、鮑力民、山浦逸雄、小林悟
2006年3月26日	電子情報通信学会2006年総大会	TE011モード円筒空洞共振器を用いた微小試料の複素誘電率評価	勝田祐馬、金井由宇、二川佳央
2006年4月11日	社団法人日本空気清浄協会 第24回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会	VOC実態把握による空気質改善のための研究	高上公輔、熊谷一清、水越厚史、野口美由貴、柳沢幸雄
2006年7月31日	ZMPC2006(International Symposium on Zeolites and Microporous Crystals)	Synthesis of Well-defined Morphological Porous Silica, Rodlike, Fiberlike, and Spherical Particles, Using Sodium Silicate by Triblock Copolymer Templating	小菅勝典、菊川伸行、竹森信
2006年8月10日	International Microwave Power Institute's 40th Annual Symposium Proceedings	Measurement of Complex Permittivity and Temperature Dependence for Thin Material within Cavity Resonator	Y. Nikawa and Y. Kanai

A- (2) 直接加熱式VOC吸着回収装置の研究開発

①研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2006年8月	International Microwave Power Institute's 40th Annual Symposium Proceedings	Study on Patch Array in Multimode Cavity for Heating Thin Material	Y. Nikawa
2006年8月	2006 China-Japan Joint Microwave Conference Proceedings	Measurement of Complex Permittivity for Materials Under Microwave Heating Using Cylindrical Resonator	Y. Guan and Y. Nikawa,
2006年9月7日	日本建築学会 2006年度大会(関東) 学術講演会	実測による簡易モニターでのTVOC測定の検討	熊谷一清・野口美由貴・柳沢幸雄
2006年9月	Book of Abstract, 3rd International Conference on Microwave Chemistry	Recent Progress and Perspective on Microwave Application Technologies in Japan	Y. Nikawa
2006年9月	AET Japan セミナー: 基礎からの高周波・マイクロ波エネルギー応用技術資料	基礎からの高周波・マイクロ波エネルギー応用技術	二川佳央
2006年9月	2006年電子情報通信学会エレクトロニクスサイエンス大会	TM010 モード空洞共振器を用いた材料のマイクロ波加熱による複素誘電率温度特性評価	二川佳央、関 勇
2006年11月	第6回マイクロ波効果・応用シンポジウム	マイクロ波領域における有機材料の複素誘電率温度依存性の評価	関 勇、二川佳央
2006年11月3日	日本電磁波エネルギー応用学会 第6回マイクロ波効果・応用国際シンポジウム	マイクロ波加熱式VOC吸着回収装置の開発	齊藤愛子、小林悟、烏鷹幸弘、長野義信、山下公成
2006年11月	第6回マイクロ波効果・応用シンポジウム	マイクロ波帯円筒空洞共振器を用いた微小材料の複素誘電率温度依存性の測定	金井由宇、二川 佳央
2006年11月	第6回マイクロ波効果・応用シンポジウム	空洞共振器による材料の異方性の測定	勝田祐馬、二川 佳央
2006年11月	第6回マイクロ波効果・応用シンポジウム	Uniform Microwave Heating for Low Loss Material Using Circular Polarizing Patch Array	Y. Nikawa
2006年11月	第6回マイクロ波効果・応用シンポジウム	材料の複素誘電率・透磁率の測定評価	二川佳央、菊川伸行、長野義信、小林悟
2006年11月	第6回マイクロ波効果・応用シンポジウム	直交3軸成分を考慮した電磁界可視化に関する検討講演要旨集	二川佳央
2006年11月	第6回マイクロ波効果・応用シンポジウム	アルミナ中に分散した無機物質のマイクロ波発熱挙動	小林悟、筒井咲子、菊川伸行他
2006年11月	Lectures in Harbin Institute of Technology	Microwave Basis and Their Application Technologies	Y. Nikawa
2006年	一、計測自動制御学会中部支部シンポジウム2006	:ACF フェルト付設電極の電極抵抗—導電性接着剤による差異	黒田直樹、中村祐樹、田中京子、山浦逸雄

A-(2) 直接加熱式VOC吸着回収装置の研究開発

① 研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2007年1月	TX テクノロジー・ショーケース イン ツカハ2007	中小発生源に適したスチームレスVOC吸着回収技術	菊川伸行、小菅勝典、竹森信、小林悟
2007年8月	International Microwave Power Institute's 41st Symposium Proceedings	Measurement of Temperature Dependent Complex Permittivity of Dielectric Material by Microwave Heating Using Cylindrical Resonator	Yoshio Nikawa, Yong Guan
2007年8月31日	2007年度日本建築学会講演会	TVOCによる一般環境・作業環境・屋外環境のVOCs汚 染指標統合化(福岡, 2007.8.31)	野口美由貴他
2007年9月11日	JCI講演会	吸着剤直接加熱技術を用いたVOC吸着回収装置の開 発	亀谷桂一郎、烏鷹幸弘
2007年9月13日	2007年度日本建築学会講演会	実測調査による金属鍍金工場内のトリクロロエチレン濃 度とその範囲について	野口美由貴他
2007年9月26日	第1回日本電磁波エネルギー応用 学会シンポジウム	高周波誘導加熱を利用したVOC吸着回収装置の試作	菊川伸行、齊藤亜衣子、長野義信、山下 公成、烏鷹幸弘、小林悟
2007年9月	第1回日本電磁波エネルギー応用 学会シンポジウム	高周波発熱素材の誘電率・透磁率特性評価と発熱特性	二川佳央、小林悟、菊川伸行、長野義 信
2007年9月	第1回日本電磁波エネルギー応用 学会シンポジウム	マイクロ波領域における誘電体・磁性体材料に対する電 磁気的特性の温度依存性評価	二川佳央、関勇
2007年12月	2007 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings	Dynamic Measurement of Temperature Dependent Complex Permittivity of Material by Microwave heating Using Cylindrical Resonator	Yoshio Nikawa and Yong Guan
2007年12月	2007 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings	Measurement of Temperature Dependent Permittivity for Thin Material during Microwave Heating	Yuma Katsuta and Yoshio Nikawa

A-(2)直接加熱式VOC吸着回収装置の研究開発

②発表論文

発表年月日	発表媒体	査読有無	発表タイトル	発表者
2006年	筑波石川研究交流会機 関誌,第19号,p.12(2006)	無	中小発生源に適したVOC吸着回収技術の開発	菊川伸行、小林悟
2006年	2006 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, Vol. 3, pp. 1618-1621(2006)	無	Patch Array to Heat Thin Material Using Microwave	Y. Nikawa and Y. Guan
2006年	2006 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, Vol. 3, pp. 1449-1452(2006)	無	Study on Complex Permittivity of Materials With Temperature Change by Microwave Heating	Y. Guan, T. Nakayama and Y. Nikawa
2006年	2006 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, Vol. 1, pp. 587-590 (2006)	無	Obliquely Cut Open Ended Coaxial Probe for Obtaining Complex Permittivity of Lossy Materials	T. Michiyama, E. Tanabe, and Y. Nikawa
2006年	2006 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, Vol. 2, pp. 1208-1211(2006)	無	Equalizing of Group Delay for Feed Forward Amplifier Using Dielectric Filters	J. Hayashi and Y. Nikawa
2006年	電子情報通信学会論文 誌C, Vol. J89-C, No. 12, pp.1032-1038 (2006)	有	円筒空洞共振器を用いた材料の複素誘電率のマイクロ 波照射による温度依存特性測定	関勇、二川佳央
2006年	電子情報通信学会論文 誌C, Vol. J89-C, No. 12, pp.1082-1084(2006)	有	斜め切削開放終端同軸プローブによる損失媒質の複素 誘電率測定	道山哲幸、田辺英二、二川佳央

A- (2) 直接加熱式VOC吸着回収装置の研究開発  
 ③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2006年5月1日	特願2006-127841	公開	マイクロ波加熱の温度制御方法及びマイクロ波加熱装置	産業技術総合研究所、 エンバイロメント・テクノ ロジィ・ベンチャーズ (ETV)株式会社	長野義信、小林 悟、菊川伸行、鳥 鷹幸弘、山下公 成、齊藤亜衣子
2007年1月31日	特願2007-21869	公開	被覆活性炭及びその製造方法	ETV(株)	齊藤亜衣子、小林 悟、鳥鷹幸弘、長 野義信、山下公成
2007年2月9日	特願2007-30933	公開	吸着体及びそれをを用いた吸着回収装置	ETV(株)	鳥鷹幸弘、小林 悟、長野義信、山 下公成、齊藤亜 衣子
2007年5月14日	特願2007-128345	公開	マイクロ波加熱ユニット	ETV(株)	長野義信、小林 悟、鳥鷹幸弘、山 下公成、齊藤亜 衣子
2007年6月28日	特願2007-170707	公開	高周波加熱式吸着塔	産業技術総合研究所、 ETV(株)	菊川伸行、小林 悟、川崎文子、長 野義信、鳥鷹幸 弘、山下公成、齊 藤亜衣子
2008年3月19日	特願2008-70501	出願	金属製容器又は金属製管の密閉シール方法	ETV(株)	山下公成、長野 義信、鳥鷹幸弘、 齊藤亜衣子
2008年3月31日	特願2008-91993	出願	無排水化吸着回収装置	ETV(株)	鳥鷹幸弘、山下 公成、長野義信、 齊藤亜衣子
2008年4月1日	特願2008-92203	出願	吸着回収装置	ETV(株)	山下公成、鳥鷹 幸弘、長野義信、 齊藤亜衣子
2008年6月26日	特願2008-167658	出願	マイクロ波加熱用吸着体	ETV(株)	長野義信、齊藤亜 衣子、鳥鷹幸弘、 山下公成、小林悟
2008年7月2日	特願2008-173608	出願	金属皮膜吸着体	ETV(株)	鳥鷹幸弘、山下公 成、長野義信、齊 藤亜衣子、小林悟

A-(2)直接加熱式VOC吸着回収装置の研究開発

④受賞実績  
なし。

⑤新聞発表等  
なし。

A-3 吸着相オゾン酸化による排出有害物質の完全分解処理

① 研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2005年10月31日～11月4日	AIChE 2005 Annual Meeting	Adsorptive ozonation of organic pollutants in zeolite monolith: A kinetic study	Tsung-Yueh Tsai, Masaki Sagehashi, Takao Fujii, Akiyoshi Sakoda
2005年11月18-19日	The 30th Conference of Wastewater Treatment Technology	Application of adsorptive ozonation process in wastewater treatment	Tsung-Yueh Tsai, Masaki Sagehashi, Takao Fujii, Akiyoshi Sakoda
2005年9月15-17日	化学工学会第37回秋季大会	吸着オゾン酸化プロセスにおける有害化学物質分解とその速度解析	蔡宗岳、下ヶ橋雅樹、藤井隆夫、迫田章義
2005年9月29-30日	第19回日本吸着学会研究発表会	ハニカム担持ゼオライトを用いた吸着相オゾン酸化による水溶液中有害化学物質の分解	蔡宗岳、下ヶ橋雅樹、藤井隆夫、迫田章義、藤田洋崇、泉順、熊谷幹郎
2005年7月29-30日	第16回日本吸着シンポジウム	有機物を対象とした液相オゾン吸着反応の基礎的検討	藤田洋崇
2005年9月29-30日	第19回日本吸着学会研究発表会	ハニカム担持ゼオライトを用いた吸着相オゾン酸化による気相中有害化学物質の分解	藤田洋崇、熊谷幹郎、泉順

② 発表論文  
なし。

③ 特許等(出願済み特許等リスト)  
なし。

④ 受賞実績  
なし。

⑤ 新聞発表等  
なし。



A- (4) マイクロバブルの圧壊による有害化学物質の高効率分解技術の開発

①研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2004年9月14日	技術情報セミナー講演会	マイクロバブルの特性と応用展開	高橋正好
2004年10月5日	科学技術振興機構研究成果活用ブラザ広島講演会	マイクロバブルの特性	高橋正好
2004年10月12日	産総研ランチョンセミナー	小さな気泡の神秘	高橋正好
2004年12月8日	日本機能水学会特別講演	微小気泡の基礎と可能性	高橋正好
2005年1月18日	日本化学工学会関東支部特別講演	オゾンマイクロバブルによる殺菌技術	高橋正好
2005年1月25日	水産業中央研修会	マイクロバブルによる水環境改善	高橋正好
2005年2月17日	つくばエンバイロフォーラム講演会	マイクロバブルの工学的応用の可能性	高橋正好
2005年4月15日	日本ウォーターエージェンツ学会特別講演	マイクロバブルの工学的利用	高橋正好
2005年6月20日	静岡工業技術センター特別講演	マイクロバブルの基礎特性と工学的応用	高橋正好
2005年9月30日	技術情報センターセミナー	マイクロバブルの特性と応用展開	高橋正好
2005年9月30日	第9回計算理工学フォーラム	格子ボルツマン法の適用と展開ー微細多孔質体内流れ解析と二相流界面追跡シミュレーションー	高田尚樹
2005年10月28日	川崎商工会議所特別講演	マイクロバブルの現状と将来性	高橋正好
2005年11月12日	宮城県東松島市特別講演	微小気泡の現状と将来性	高橋正好
2005年11月20日	第18回計算力学講演会	格子ボルツマン法とフェーズフィールドモデルに基づく二相流数値シミュレーション	高田尚樹
2005年12月14日	つくば新技術講座	微小気泡の不思議な特性とその応用展開	高橋正好
2006年2月15日	光触媒研究会特別講演	マイクロバブルとその応用の研究	高橋正好

Aー(4)マイクロバブルの圧壊による有害化学物質の高効率分解技術の開発

②発表論文

発表年月日	発表媒体	査読有無	発表タイトル	発表者
2004年	セーフティダイジェスト 50(10), 2-9, 2004	無	小さな気泡の不思議な力	高橋正好
2004年	水2004(9) 23-28, 2004	無	マイクロバブルの基礎物性	高橋正好
2004年	食品工業2004(8) 26-34, 2004	無	マイクロバブルの圧壊	高橋正好
2004年	アクアネット7(6) 70-74, 2004	無	マイクロバブルの工学的な利用	高橋正好
2005年	環境浄化技術4(6), 6- 10, 2005	無	マイクロバブルを利用した水処理技術	高橋正好
2005年	J. Phys. Chem. B 109, 21858-21864, 2005	有	ζ Potential of Microbubble in Aqueous Solutions: Electrical Properties of the Gas - Water Interface	Masayoshi Takahashi

③特許等(出願済み特許等リスト)  
なし。

④受賞実績  
なし。

⑤新聞発表等  
なし。

Aー(5)大気圧・空気プラズマを利用した揮発性有機化合物(VOC)等の無害化装置の開発

①研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2007年9月12日	第29回真空展VACUUM2007技術発表会	プラズマ燃焼システムによる自動車燃費改善とVOC処理	池田裕二
2008年2月27日	第3回エコケミカルシンポジウム(NEDO主催)	マイクロ波パルスプラズマ技術を用いたVOCガス低減	池田裕二
2008年12月12日(GE特別賞受賞)	エコジャパンカップ2008, 環境省・総務省・三井住友銀行・環境ビジネスワイメン主催	マイクロ波パルスプラズマ技術を用いたVOCガス低減	池田裕二

②発表論文なし。

③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2009年9月17日	特願2009-216275	出願済	排気ガス処理装置	イマジニアリング(株)	池田裕二、金子仁恵、川島元樹
2009年9月17日	特願2009-216274	出願済	ガス処理装置およびプラズマ燃焼装置	イマジニアリング(株)	池田裕二、三宅茂夫

④受賞実績

受賞年月日	受賞名	受賞内容	受賞者
2008年12月12日	エコジャパンカップ2008、ビジネス部門環境ビジネス・ベンチャーオープンGE特別審査員賞	マイクロ波パルスプラズマ技術を用いたVOCガス低減	イマジニアリング(株)

⑤新聞発表等なし。

A- (6) デュアルメンブレンシステムによるガソリンベンパー回収装置の開発

① 研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2006年11月12日	AICHE 2006 Annual Meeting	Asymmetric Carbon Molecular Sieve Membranes Based on Poly(phenylene oxide) for Gas Separation	M. Yoshimune, K Haraya
2006年11月22日	膜シンポジウム2006	ガス分離用PPO誘導体中空系カーボン膜の開発	吉宗美紀、原谷賢治
2007年5月11日	日本膜学会第29年会	PP0誘導体カーボン膜の脱水膜としての応用	吉宗美紀、藤原一郎、原谷賢治
2007年11月14日	膜シンポジウム2007	中空系カーボン膜モジュールの作製とガス分離性能	吉宗美紀、原谷賢治
2008年2月27日	第3回エコケミカルシンポジウム「有害化学物質削減技術に関する最新動向と環境ビジネス」	デュアルメンブレンシステムによるガソリンベンパー回収装置の開発	原谷賢治、本橋俊明
2008年3月6日	第8回GSCシンポジウム	カーボン膜を用いた高効率気体分離技術の開発	吉宗美紀、原谷賢治
2008年5月	日本膜学会第30年会	向流型チューブラー膜モジュールでの水蒸気分離と濃度分極	原谷賢治、藤原一郎、吉宗美紀
2008年5月16日	日本膜学会第30年会	PPOカーボン膜を用いた混合ガス分離	原谷賢治、吉宗美紀
2008年6月6日	分離技術学会2008	PPO系中空系カーボン膜による気体分離技術の開発	吉宗美紀、原谷賢治
2008年7月17日	The 2008 International Congress on Membranes and Membrane	Preparation and gas separation performance of carbon hollow fiber membrane module	M. Yoshimune, K Haraya
2008年8月19日	The 10th International Conferences on Inorganic Membranes	Water vapor permeation and dehydration performances of PPO-derived carbon hollow fiber membranes	M. Yoshimune, I Fujiwara, K Haraya
2008年9月24日	化学工学会第40回秋季大会	単管ゼオライト膜モジュールの除湿性能と濃度分極の解析	原谷賢治、吉宗美紀、藤原一郎
2008年9月24日	化学工学会第40回秋季大会	中空系カーボン膜の浸透気化分離特性	吉宗美紀、原谷賢治
2008年11月14日	膜シンポジウム2008	二種膜を用いた湿りガソリン蒸気からドライガソリンの回収	原谷賢治、吉宗美紀、藤原一郎、本橋俊明、関谷勝彦、田中明

② 発表論文

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2007年12月	JETI, 55(14), 1-4	給油所のVOC排出削減技術	原谷賢治、本橋俊明
2008年6月	配管技術, 50(9), 21-24	自動車給油時のVOC排出削減技術	本橋俊明、原谷賢治

A- (6) デュアルメンブレンシステムによるガソリンベンパー回収装置の開発

③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2007年1月17日	特願2007-007688	公開	有機蒸気回収システム及び有機蒸気の回収方法	原谷賢治、藤原一郎、須田洋幸、吉宗美紀、本橋俊明、関谷勝彦、清水誠、田中明	原谷賢治、藤原一郎、須田洋幸、吉宗美紀、本橋俊明、関谷勝彦、清水誠、田中明
2007年8月2日	特願2007-201865	公開	中空系炭素膜とその製造方法	吉宗美紀、原谷賢治	吉宗美紀、原谷賢治

④受賞実績  
なし。

⑤新聞発表等

掲載年月日	掲載媒体	掲載題目	発表者
2007年2月2日	化学工業日報	「中空系カーボン膜を活用した高効率な新ガス分離法を開発」	吉宗美紀
2007年8月30日	日経産業新聞	「給油所のVOC削減」	—
2008年2月13日	Nano tech 2008 国際ナノテクノロジー総台展・技術会議	「気体分子を分離する中空系炭素膜の開発」	—

A-(7) 含塩素VOC高効率分解固定化装置の研究開発

①研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2007年9月17日	第100回触媒討論会	炭素含有酸化カルシウムを用いた有機塩素化合物の分解固定化反応	小島 綾一
2008年2月27日	第3回エコケミカルシンポジウム	含塩素VOC高効率分解固定化装置の開発	小島 綾一
2008年3月17日	化学工学会第73年会	金属担持CaO触媒を用いた有機塩素化合物の分解固定化反応	岡田 正弘
2008年9月24日	化学工学会第40回秋季大会	高比表面積水酸化カルシウムを用いたTCE分解固定化反応	浅間 亮太

②発表論文  
なし。

③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2007年2月20日	特願2007-039461	公開	含ハロゲン有機化合物の分解固定化反応器、固定化反応装置及びその方法	加藤守孝他 11名	加藤守孝他 11名
2009年3月19日	特願2009-068619	出願	含塩素揮発性有機化合物の無害化方法	JFEエンジニアリング株式会社	加藤守孝他 6名

④受賞実績  
なし。

⑤新聞発表等  
なし。

(B)インプラント技術  
B-(1)非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発  
①研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2005年12月18日	PACIFCEHM2005第84春季年会(ポスター発表)	A Practical Synthesis for Functional Epoxy Monomers by Selective Epoxidation of Diolefins with Aqueous Hydrogen Peroxide	Masanori Ohkoshi, Masao Shimizu, Kazuhiko Sato
2006年8月21日	第37回触媒サマナー	過酸化水素を用いる選択酸化技術開発	佐藤一彦
2006年10月6日	CREST環境ナノ触媒領域ワーク	過酸化水素水を用いる安価でグリーンな選択酸化技術	佐藤一彦
2006年10月25日	GIC講演会	過酸化水素を用いる環境調和型酸化反応の開発	佐藤一彦
2006年11月7日	第39回酸化反応討論会	置換シクロヘキセン類のエポキシ化反応の立体選択性について	小林有二, 大賀一彦, 藤田俊雄, 今瀬達也, 渋谷義博, 内田博, 大越雅典, 清水大越, 佐藤一彦, 佐藤一彦, 内田博
2006年11月7日	第39回酸化反応討論会	過酸化水素水溶液を酸化剤とするジオレフィン類の選択的モノエポキシ化反応の開発	小林有二, 大賀一彦, 藤田俊雄, 今瀬達也, 渋谷義博, 内田博, 大越雅典, 清水大越, 佐藤一彦, 佐藤一彦, 内田博
2006年11月16日	第15回ポリマー材料フォーラム	新規二官能性エポキシモノマーの開発とそれを用いた熱硬化性樹脂	坂田優子, 小林有二, 富田浩幸, 内田博, 大越雅典, 清水政男, 佐藤一彦
2006年12月1日	プロセス化学ラウンジ 2006	過酸化水素酸化-安価でグリーンな選択酸化技術-	佐藤一彦
2007年2月2日	小倉合成工業講演会	過酸化水素を用いる酸化反応の開発	佐藤一彦
2007年2月22日	エポキシ樹脂技術協会第4回特別講演会	過酸化水素を用いる環境に優しい酸化反応の開発-塩素化合物を使わないエポキシ樹脂製造など-	佐藤一彦
2007年3月9日	1st Asian-Oceanian Conference on Green and Sustainable Chemistry	Development of Novel Bifunctional Epoxy Monomers and Thermosetting Resin made from Them	坂田優子, 小林有二, 富田浩幸, 内田博, 大越雅典, 清水政男, 佐藤一彦
2007年3月9日	1st Asian-Oceanian Conference on Green and Sustainable Chemistry	A Practical Synthesis for Functional Epoxy Monomers by Selective Epoxidation of Diolefins with Aqueous Hydrogen Peroxide	大越雅典, 清水政男, 佐藤一彦, 小林有二, 内田博
2007年7月10日	第40回有機金属若手の会	過酸化水素酸化反応の開発と展開 - 「社会へつなげる有機合成」を目指して -	佐藤一彦
2007年8月30日	PIPOC 2007	Green Oxidation with Hydrogen Peroxide	佐藤一彦
2007年9月20日	第100回触媒討論会	置換シクロヘキセン類のエポキシ化反応選択性	藤田俊雄, 小林有二, 大賀一彦, 今瀬達

②発表論文

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2006年7月10日	環境管理, 42,(7), 21(2006)	非フェノール系エポキシ樹脂を用いたソルダーレジスト材料の開発	内田博, 佐藤一彦, 高田広道
2007年6月15日	ファインケミカル, 36,(7), 41(2007)	過酸化水素酸化反応を利用した機能性モノマーの合成および絶縁性樹脂の開発	内田博

B-1(1)非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発  
 ③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2005年3月4日	特願2005-061421号	みなし取り下げ	熱可塑性樹脂組成物	昭和電工株式会社	内田 博, 木村 和弥, 坂田 優子
2005年3月7日	特願2005-062397号	みなし取り下げ	カルボキシシル基含有ポリウレタン	昭和電工株式会社	坂田 優子, 内田 博
2005年4月6日	特願2005-109461号	みなし取り下げ	脂環骨格を有するポリカーボネートジオール重合体及びその製造方法	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2005年5月16日	特願2005-143124号	審査請求	ジオレフィン化合物の選択酸化による2官能性エポキシモノマーの製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	内田 博, 坂田 優子, 平川 律子, 佐藤 一彦, 大越 雅典
2005年5月16日	特願2005-143293号	みなし取り下げ	カルボキシシル基含有ポリウレタン	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2005年5月16日	特願2005-143294号	みなし取り下げ	熱硬化性樹脂組成物および皮膜材料形成用ペースト	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子, 宮島 芳生, 井上 浩文, 木村 和弥, 東 幸彦
2005年7月4日	特願2005-194821号	みなし取り下げ	カルボキシシル基含有ポリウレタン	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2005年10月7日	特願2005-295274号	審査請求	カルボキシシル基含有ポリウレタンおよび熱硬化性ポリウレタン樹脂組成物	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2005年10月7日	特願2005-295275号	審査請求	カルボキシシル基含有ポリウレタンおよび熱硬化性ポリウレタン樹脂組成物	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2006年2月2日	特願2006-026038号	審査請求	エポキシ基含有重合体およびその製法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	小林 有二, 内田 博, 佐藤 一彦, 大越 雅典, 清水 政男
2006年3月2日	95107045号(台湾出願)	審査請求	カルボキシシル基含有ポリウレタン及びこれを用いた熱硬化性樹脂組成物	昭和電工株式会社	内田 博, 木村 和弥, 坂田 優子
2006年3月3日	PCT/JP2006/304674号	各国移行 (US(審査未着手), EP(放棄), KR(審査未請求), CN(審査請求))	CARBOXYL GROUP-CONTAINING POLYURETHANE AND THERMOSETTING RESIN COMPOSITION USING THE SAME	昭和電工株式会社	内田 博, 木村 和弥, 坂田 優子
2006年3月3日	特願2006-057529号	審査請求	熱硬化性樹脂組成物	昭和電工株式会社	内田 博, 木村 和弥, 坂田 優子



B-1) 非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発  
 ③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2006年3月6日	特願2006-058806号	審査請求	カルボキシニル基含有ポリウレタン	昭和電工株式会社	坂田 優子, 内田 博
2006年4月4日	95111986号(台湾出願)	審査請求	脂環骨格を有するポリカーボネートジオール重合体及びその製造方法	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2006年4月5日	特願2006-103859号	審査請求	脂環骨格を有するポリカーボネートジオール重合体及びその製造方法	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2006年4月5日	PCT/JP2006/307690号	各国移行 (US(審査係属中), EP(審査請求), KR(審査未請求), CN(審査請求))	POLYMER OF POLYCARBONATE DIOL HAVING AN ALICYCLIC STRUCTURE AND PRODUCTION PROCESS THEREOF	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2006年5月16日	特願2006-136826号	審査請求	カルボキシニル基含有ポリウレタン、熱硬化性樹脂組成物およびそれらの用途	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子, 宮島 芳生, 井上 浩文, 木村 和弥, 東 幸彦
2006年5月16日	PCT/JP2006/310097号	各国移行 (US(審査係属中), EP(登録: DE, FR, GB, IT), KR(審査係属中), CN(審査請求))	PRODUCTION PROCESS OF BIFUNCTIONAL EPOXY MONOMER BY SELECTIVE OXIDATION OF DIOLEFIN COMPOUND	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	内田 博, 坂田 優子, 平川 律子, 佐藤 一彦, 大越 雅典

B-1) 非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発  
 ③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2006年5月16日	PCT/JP2006/310084号	各国移行 (US(審査係属中), EP(放棄), KR(審査係属中), CN(審査請求))	CARBOXYL GROUP-CONTAINING POLYURETHANE, HEAT-CURABLE RESIN COMPOSITION AND USES THEREOF	昭和電工株式会社	内田博, 平川律子, 宮島芳生, 井上浩文, 木村和弥, 東幸彦
2006年5月16日	95117345号(台湾出願)	登録 I 307695	ジオレフィン化合物の選択酸化による2官能性エポキシモノマーの製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	内田博, 坂田優子, 平川律子, 佐藤一彦, 大越雅典
2006年5月16日	95117403号(台湾出願)	審査請求 無	カルボキシシル基含有ポリウレタン、熱硬化性樹脂組成物およびそれらの用途	昭和電工株式会社	内田博, 平川律子, 宮島芳生, 井上浩文, 木村和弥, 東幸彦
2006年5月18日	特願2006-138510号	持分放棄	ジオレフィン化合物の選択酸化による二官能性エポキシモノマーの製造方法	昭和電工株式会社	小林有二, 内田博, 佐藤一彦, 大越雅典, 清水政男
2006年5月22日	特願2006-141549号	みなし取り下げ	新規エポキシ化合物およびその製造方法	昭和電工株式会社	藤田俊雄, 小林有二, 内田博, 佐々木信利, 佐藤一彦, 大越雅典, 清水政男
2006年6月6日	特願2006-157448号	みなし取り下げ	新規エポキシ化合物およびその製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	藤田俊雄, 小林有二, 内田博, 佐々木信利, 佐藤一彦, 大越雅典, 清水政男
2006年6月7日	特願2006-158713号	みなし取り下げ	新規エポキシ化合物とその製造方法	昭和電工株式会社	佐々木信利, 藤田俊雄, 内田博
2006年7月4日	特願2006-184474号	審査請求	カルボキシシル基含有ポリウレタンおよびその用途	昭和電工株式会社	内田博, 平川律子

B-1)非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発  
 ③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2006年7月4日	PCT/JP2006/313643号	各国移行 (US(審査未着手),EP(審査係属中),分割),KR(審査係属中),CN(審査請求))	CARBOXYL GROUP-COTAINING POLYURETHANE AND USES THEREOF	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2006年7月4日	95124363号(台湾出願)	審査請求	カルボキシル基含有ポリウレタンおよびその用途	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2006年8月15日	特願2006-221648号	みなし取り下げ	新規エポキシ化合物およびその製造方法	昭和電工株式会社	佐々木 信利, 藤田 俊雄, 内田 優子
2006年9月12日	特願2006-247071号	審査請求 無	新規熱硬化性重合液及びそれを用いた熱硬化性樹脂	昭和電工株式会社	坂田 優子, 富田 浩幸, 内田 博
2006年10月4日	PCT/JP2006/320241号	各国移行 (US(審査係属中),EP(審査係属中),KR(審査係属中),CN(審査請求))	CARBOXYL GROUP-COTAINING POLYURETHANE AND HEAT-CURABLE POLYURETHANE RESIN COMPOSITION	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2006年10月5日	95137180(台湾出願)	未審査請求(近日審査請求予定)	カルボキシル基含有ポリウレタンおよび熱硬化性ポリウレタン組成物	昭和電工株式会社	内田 博, 平川 律子
2006年10月10日	特願2006-276015号	審査請求 無	新規なポリスチレン担持アンモニウム塩およびその製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	小林 有二, 内田 博, 佐藤 一彦, 大越 雅典, 清水 政男
2006年10月10日	特願2006-276493号	審査請求 無	新規なアンモニウム塩含有ポリマー、その製造方法およびそれを触媒に用いたエポキシ化合物の製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	小林 有二, 内田 博, 佐藤 一彦, 大越 雅典, 清水 政男

B-(1)非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発  
 ③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2006年10月10日	特願2006-276641号	審査請求	トリオレフィン化合物の選択的酸化による多官能性エポキシ化合物の製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	大賀一彦, 小林内田博, 佐藤一彦, 大越雅典, 清水政男
2006年10月27日	特願2006-292034号	審査請求 無	ポリオレフィン化合物の選択的酸化による多官能エポキシ化合物	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	大賀一彦, 小林内田博, 有内二, 大越佐藤一彦, 大越雅典, 清水政男
2006年11月15日	特願2006-309421号	審査請求 無	新規二官能性エポキシ化合物およびその製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	小林有内二, 大賀一彦, 内田博, 佐藤一彦, 大越雅典, 清水政男
2007年2月7日	特願2007-027964号	未審査請求 (審査請求不要) 回答受	エポキシ基とオキセタン骨格を有するエステル化合物の製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	大賀一彦, 小林有内二, 内田博
2007年5月21日	96117965(台湾出願)	審査請求	新規エポキシ化合物およびその製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	藤田俊雄, 小林有内二, 内田博, 佐々木信利, 佐藤一彦, 大越雅典, 清水政男
2007年5月21日	PCT/JP2007/060566号	各国移行 (JP(審査請求), US(審査未着手), EP(審査請求), KR(審査請求), CN(審査請求), 未審査請求)	新規エポキシ化合物およびその製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	藤田俊雄, 小林有内二, 内田博, 佐々木信利, 佐藤一彦, 大越雅典, 清水政男
2007年5月28日	特願2007-140834号	未審査請求	新規エポキシ化合物とその製造方法	昭和電工株式会社	佐々木信利, 藤田俊雄, 内田博
2007年5月30日	96120366(台湾出願)	審査請求	新規エポキシ化合物とその製造方法	昭和電工株式会社	佐々木信利, 藤田俊雄, 内田博

B-1) 非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発  
 ③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2007年5月30日	PCT/JP2007/061398号	各国移行 (US(審査未着手), EP(Communication Rule 71(3)EPC), KR(審査請求), CN(審査請求), 未審査請求)	NOVEL EPOXY COMPOUNDS AND PROCESS FOR THEIR PRODUCTION	昭和電工株式会社	佐々木 信利, 藤田 俊雄, 内田 博
2007年5月31日	特願2007-145438号	未審査請求	硬化性樹脂組成物およびその硬化物	昭和電工株式会社	坂田 優子, 内田 博
2007年8月13日	PCT/JP2007/066061号	各国移行 (JP(未審査請求), US(審査未着手), EP(審査請求), KR(審査請求), CN(審査請求), 未審査請求)	新規エポキシ化合物およびその製造方法	昭和電工株式会社	佐々木 信利, 藤田 俊雄, 内田 博
2007年8月14日	96130023(台湾出願)	審査請求	新規エポキシ化合物およびその製造方法	昭和電工株式会社	佐々木 信利, 藤田 俊雄, 内田 博
2008年2月28日	特願2008-048101号	みなし取り下げ	エポキシ化合物の製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	小林 有二, 内田 博, 佐藤 一彦, 今 喜裕
2009年2月20日	PCT/JP2009/053611	各国移行 前	エポキシ化合物の製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	小林 有二, 内田 博, 佐藤 一彦, 今 喜裕
2009年2月25日	98105985(台湾出願)	審査請求	エポキシ化合物の製造方法	昭和電工株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所	小林 有二, 内田 博, 佐藤 一彦, 今 喜裕

B-1(1)非フェノール系樹脂原料を用いたレジスト材料の開発

④受賞実績

受賞年月日	受賞名	受賞内容	受賞者
2008年5月20日	化学・バイオつくば財団 第16回化学・バイオつくば賞	過酸化水素によるクリーン酸化技術を基盤とする革新的絶縁用樹脂の開発	佐藤 一彦, 清水 政男, 今 喜裕, 内田 博, 小林 有二

⑤新聞発表等

掲載年月日	掲載媒体	掲載題目	発表者
2006年9月24日	日本経済新聞他多数に掲載	電気絶縁性と柔軟性を両立させた絶縁用樹脂を開発 - エレクトロニクス製品の小型軽量化、高性能化、長寿命化に貢献 -	プレス発表(産総研つくばセンター)
2008年5月9日	日本経済新聞他多数に掲載	化学・バイオつくば賞発表	化学・バイオつくば財団

B-1(2)革新的水性塗料の開発

①研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2006年1月27日	平成17年度VOC排出抑制推進セミナー	VOC排出抑制の取組事例について	安藤研司
2006年2月3日	第1回エコケミカルシンポジウム	革新的水性塗料の開発	石井敬三
2006年6月26-30日	Coatings Science International 2006	Molecular Design of Novel Grafting Polymer for Aqueous Pigment Dispersants	久司美登
2006年9月5-6日	色材研究発表会	ミニエマルジョン重合法による疎水性材料複合エマルジョン樹脂の合成	藤村有喜、馬越淳夫、上田栄治、桑島輝昭
2006年10月7-9日	第42回熱測定討論会	等温滴定熱量測定法による会合性高分子の研究	川満大河、敵虎、久司美登、桑島輝昭、石井敬三、戸嶋直樹
2006年11月18日	日本化学会2006西日本大会	等温滴定熱量測定法による会合性高分子とイオン性界面活性剤の相互作用の研究	川満大河、敵虎、久司美登、桑島輝昭、石井敬三、戸嶋直樹
2007年2月16日	平成18年度技術セミナー	塗装製品のVOC削減技術-低VOC塗料の採用によるVOC削減-	安藤研司
2007年7月20日	高分子講演会	革新的水性塗料の開発	安藤研司
2008年2月15日	産業構造審議会	革新的水性塗料の開発	青木啓
2008年2月27日	第3回エコケミカルシンポジウム	革新的水性塗料の開発	青木啓
2008年3月8日	第8回GSCシンポジウムポスター発表	革新的水性塗料の開発	青木啓
2008年3月26-28日	日本化学会春季大会	革新的水性塗料用水溶性グラフト高分子とその等温滴定熱量測定	川満大河(東京理科大)
2008年12月11-13日	エコプロダクツ2008	革新的水性塗料の開発	青木啓
2009年3月30日	日本化学会春季大会産学交流委員会	ハイブリッド水性塗料(革新的水性塗料の開発)	青木啓

B-1(2)革新的水性塗料の開発

②発表論文

発表年月日	発表媒体	査読有無	発表タイトル	発表者
2005年11月	化学物質と環境No74、6-7	無	低VOC塗料の開発に向けた取り組みと課題	石井敬三
2006年	VOC排出抑制の手引き	無	低VOC塗料の研究開発動向	安藤研司
2007年3月14日	テクノコスモス Vol. 20	無	水性塗料における顔料分散剤	久司美登
2007年3月14日	テクノコスモス Vol. 20	無	有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発プロジェクト -革新的水性塗料の開発-	石井敬三
2007年6月	J.colloid and Interface Science	有	Colormetric Study Interact of Water-Soluble Copolymers with Ionic Surfactant	Dr.Hu Yan(東京理科大)

③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2006年4月4日	特願2006-103272	審査請求中	塗装物の製造装置及び塗装物の製造方法	日本ペイント(株)	阿久津顯右
2006年3月31日	特願2006-099869	審査請求せず	顔料分散型水性塗料組成物	日本ペイント(株)	久司美登, 上田栄治, 大畑正敏, 桑島輝昭
2006年3月31日	特願2006-098804	審査請求中	エマルジョンおよびその製造方法、ならびに該エマルジョンを用いた水性塗料組成物	日本ペイント(株)	上田栄治, 大畑正敏, 久司美登, 桑島輝昭
2006年3月31日	特願2006-098802	審査請求中	エマルジョンおよびその製造方法、ならびに該エマルジョンを用いた水性塗料組成物	日本ペイント(株)	三上滋
2006年3月31日	特願2006-098803	審査請求中	エマルジョンおよびその製造方法、ならびに該エマルジョンを用いた水性塗料組成物	日本ペイント(株)	富田理会, 浦野哲
2006年3月31日	特願2006-099870	審査請求中	カルボジイミド化合物、硬化剤及び硬化性樹脂組成物	日本ペイント(株)	富田理会, 浦野哲
2006年3月31日	特願2006-099871	審査請求中	硬化性樹脂組成物	日本ペイント(株)	瀬田努, 阿部洋太郎
2006年3月31日	特願2006-099872	審査請求中	硬化性樹脂組成物	日本ペイント(株)	瀬田努, 阿部洋太郎
2008年2月1日	特願2008-022809	09/10頃公開予定	水性塗料組成物	日本ペイント(株)	道井誠, 藪下千聡, 藤村有喜



B-1(2)革新的水性塗料の開発

④受賞実績  
なし。

⑤新聞発表等

掲載年月日	掲載媒体	掲載題目	発表者
2005年7月13日	塗料報知	低VOC化の塗料設計	青木啓
2006年2月24日	化学工業日報	革新的水性塗料の開発について	安藤研司
2006年4月5日	ペイント&コーティングジャーナル	水性自動車補修塗料システム-環境法規制と補修現場の取り組むの必要性	安藤研司
2007年8月11日	日刊工業新聞	塗り替える歴史 日本ペイント	青木啓
2007年9月14日	日本経済新聞	水性塗料 有機溶剤を大幅削減 日本ペイント 含有率3-4%	青木啓

B-1(3) 溶剤フリー塗装技術の研究開発

① 研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2007年3月8日	表面技術協会第115回講演大会	マグネシウム合金のポリ尿素薄膜を用いた表面改質	三橋学、高谷松文、高橋善和
2007年3月14日	4th Int. Conf. on Molec. Elec. Bioelec.	Synthesis of polyurea thin films prepared by chemical vapor deposition polymerization	Shinko Makiyama
2007年7月20日	高分子講演会(東海)	蒸着重合法によるポリ尿素薄膜の作製と防蝕効果	高橋善和
2007年9月7日	第68回応用物理学会学術講演会	蒸着重合法による脂環族・脂肪族ポリ尿素薄膜の作製	牧山真子、高橋善和
2008年2月27日	第3回エコケミカルシンポジウム	溶剤フリー塗装技術の研究開発	高橋善和

② 発表論文

発表年月日	発表媒体	査読有無	発表タイトル	発表者
2008年	Jpn. J. Appl. Phys. 47 (2008) pp. 1419-1421	無	Relationship between Film Deposition Rate and Exhaust Speed in Aliphatic Polyurea Thin Film Prepared by Vapor Deposition Polymerization	Shinko Makiyama, Yoshikazu Takahashi

③ 特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2006年8月31日	特願2006-234744号	公開	真空処理装置及び真空処理プロセス	シルバー精工株式会社	高橋善和
2007年10月31日	特願2007-283983号	公開	マグネシウム合金板材及びその塑性変形加工方法	シルバー精工株式会社	三橋学

④ 受賞実績  
なし。

⑤ 新聞発表等

掲載年月日	掲載媒体	掲載題目	発表者
2007年8月16日	日経産業新聞	—	—
2007年9月18日	日経産業新聞	—	—
2007年11月号 p21	「山陰の経済」	—	—

B- (4) 有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセスの開発

① 研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2008年8月4-8日	Global Congress on Microwave Energy Applications GCMEA 2008/ MAJIC 1st	Microwave-assisted rapid esterification of carboxylic acids and alcohols on solid acid	Kazuhiro Takeuchi, Yukari Hori, Rino Koga, Yukie Mori, Takashi Nakamura, Ritsuko Nagahata
2008年9月16-20日	2 <sup>nd</sup> EUCHEMS Chemistry Congress	Microwave-assisted Rapid Esterification of Carboxylic Acids with Alcohols by Use of Organic Solid Acid Catalysts	Kazuhiro Takeuchi, Yukari Hori, Rino Koga, Yukie Mori, Takashi Nakamura, Ritsuko Nagahata
2008年9月17-19日	日本油化学会第47回年会	マイクロ波を用いたアミノ酸類のブチルエステル化反応	田口洋一、大石晃広、飯田洋、田口和宏、長畑律子、竹内和彦
2008年11月17-18日	第32回フッ素化学討論会	新規プレシユテッド酸触媒の合成とその利用	船曳一正、米田拓也、東嶋伸治、鈴木真吾、森田雅之、三浦偉俊、窪田裕大、松居正樹
2009年3月27-30日	日本化学会第89春季年会	新規なプレシユテッド酸触媒を用いる効率的なエステル合成	船曳一正、米田拓也、東嶋伸治、鈴木真吾、森田雅之、三浦偉俊、窪田裕大、松居正樹
2009年11月18-20日	第3回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム	マイクロ波を用いたハロゲン化カルボン酸の高速エステル化反応	古賀梨乃、中村孝志、森由紀江、長畑律子、竹内和彦
2009年11月18-20日	第3回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム	マイクロ波によるアミノ酸の高効率エステル化反応	森由紀江、中村孝志、古賀梨乃、長畑律子、竹内和彦
2009年11月9-13日	The 11 <sup>th</sup> International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry	Microwave-assisted rapid esterification of amino acids and alcohols	Yukie Mori, Rino Koga, Yukari Abe, Ritsuko Nagahata, Yoichi Taguchi, Kazuhiko Takeuchi

② 発表論文

発表年月日	発表媒体	査読有無	発表タイトル	発表者
2009	Chem. Lett. 38, 668	無	Phosphorofluoric Acid-catalyzed Condensation Reaction of Carboxylic Acids with 1-Arylalkyl Alcohols Leading to Esters under Solvent-free Conditions	T. Murai, N. Tanaka, S. Higashijima, H. Miura

B- (4) 有害廃棄物フリー高効率エステル合成プロセスの開発

③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2008年2月6日	特願2008-026389号	出願	フィチン酸を有効成分とする脱水反応用酸触媒、及び該触媒を用いたエステル類又はエーテル類の製造方法	産業技術総合研究所	田口和宏、廣瀬重雄、竹内和彦、田口洋一、長畑

④受賞実績なし。

⑤新聞発表等

掲載年月日	掲載媒体	掲載題目	発表者
2008年5月20日	化学工業日報	マイクロ波利用可能に	-
2008年6月11日	化学工業日報	高機能品製造の廃棄物削減マイクロ波を使ったエステル合成の実現を目指す	-
2008年7月	CHEMICAL ENGINEERING	Making esters with microwaves	-
2009年9月	ファインケミカル38(9), pp5-14	マイクロ波加熱を利用した工業的化学プロセスの構築-エステル化合物およびポリエステル <sup>3</sup> の製造装置実用化に向けて-	三浦 偉俊 竹内 和彦
2009年10月9日	化学工業日報	マイクロ波利用技術を確立～廃棄物低減へ溶剤使わずエステル合成～ スケールアップ検討(プロモ酢酸エステル)、触媒併用で事業化へ(アミノ酸エステル)	-

B-1(5)革新的塗装装置の開発

①研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2007年9月15日	化学工学会第39回秋季大会	高圧二酸化炭素存在下におけるジアキルケトン類の膨張率	相田努、相澤崇史、金久保光央、南條弘
2008年2月15日	平成19年度産総研環境・エネルギーシンポジウム4	二酸化炭素塗装システムの開発	相澤崇史、相田努、南條弘、鈴木明、川崎慎一朗
2008年2月27日	第3回エコケミカルシンポジウム	革新的塗装装置の開発	相澤崇史
2008年3月19日	化学工学会第73年会	酢酸エステルおよびケトン類の液相二酸化炭素モル分率に対する膨張率の考察	相田努、相澤崇史、金久保光央、南條弘
2008年9月24日	化学工学会第40回秋季大会	二酸化炭素膨張液体の溶液構造の解析	相田努、相澤崇史、金久保光央、南條弘
2008年9月25日	化学工学会第40回秋季大会	連続式二酸化炭素塗装装置の開発	早坂宜晃、早坂裕、雪下勝三、鈴木明、川崎慎一朗、相澤崇史、相田努、佐藤勲征、千代達毅
2008年9月25日	化学工学会第40回秋季大会	二酸化炭素塗装における塗膜形成と塗膜評価	佐藤勲征、千代達毅、宮本達也、千葉亮司、相澤崇史、相田努、鈴木明、川崎慎一朗、早坂裕、早坂宜晃、雪下勝三
2008年2月15日	平成20年度産総研環境・エネルギーシンポジウム3	二酸化炭素を用いた低VOC・高意匠性塗装の実現	相澤崇史、相田努、南條弘、鈴木明、川崎慎一朗、雪下勝三、早坂宜晃、佐藤勲征、千代達毅

②発表論文

発表年月日	発表媒体	査読有無	発表タイトル	発表者
2009年7月30日	塗装工学, 44, 230-237	有	高圧マイクロ混合器を用いた二酸化炭素塗装技術の開発	鈴木明、川崎慎一朗、相澤崇史、小野實信、早坂裕、雪下勝三、早坂宜晃、佐藤勲征、千代達毅、中塚朝夫

③特許等(出願済み特許等リスト)

出願日	出願番号	状態	出願に係る特許等の標題	出願人	発明者
2009年3月31日	特願2009-088479号	出願	二酸化炭素塗装方法及びその装置	鈴木明、川崎慎一朗、早坂宜晃	鈴木明、川崎慎一朗、早坂宜晃
2009年3月31日	特願2009-088501号	出願	二酸化炭素を用いた一液型・二液型塗料の塗装方法及びその装置	鈴木明、川崎慎一朗、早坂宜晃	鈴木明、川崎慎一朗、早坂宜晃

B-1(5)革新的塗装装置の開発

④受賞実績

受賞年月日	受賞名	受賞内容	受賞者
2009年7月16日	第3回ものづくり日本大賞特別賞	有害化学物質フリー革新塗装プロセスの開発	早坂裕、鈴木明、相澤崇史、川崎慎一郎、小野實信、雪下勝三、早坂宜晃、中塚朝夫、佐藤勲征、千代達毅

⑤新聞発表等

掲載年月日	掲載媒体	掲載題目	発表者
2008年3月14日	日経産業新聞1面	油性塗装 有機溶剤不要に	-
2008年2月27日	化学工業日報10面	CO2使いスプレー塗装	-
2008年5月2日	宮城版NHK	クロージアアップみやぎ	-
2008年5月25日	全国版NHK	クロージアアップみやぎ	-
2009年10月14日	化学工業日報	CO2溶媒利用技術実用へ～車載・携帯部品の塗装～ VOC排出大幅に削減～年内にも工業化装置	-

(C)システム・ソフト技術  
C-1)有害化学物質支援ツールの開発  
①研究発表・講演(口頭発表も含む)

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2005年9月8日	環境科学会2005年会(一般講演)	エレメントフロー解析による化学物質管理手法の検討～鉛を例として～	三菱総合研究所 中條 寛
2005年9月8日	環境科学会2005年会(一般講演)	エレメントフロー解析による化学物質管理手法の検討～塩素を例として～	ダイヤリサーチマナーテック 竹下 宗一
2007年10月-2008年3月(計3回)	NEDO技術開発機構: 2007年度3回 ワークショップ	VOC排出削減ツールの紹介及びびツールの使い方	プロジェクトメンバー全員
2007年10月-12月(計8回)	(社)産業環境管理協会主催「VOC自主的取組普及セミナー」	VOC排出削減支援ツールのご紹介	三菱総合研究所 中條 寛 みずほ情報総研 和田 宇生
2008年2月15日	愛知県主催「VOC排出抑制講習会」	VOC排出削減支援ツールのご紹介	三菱化学テクノリサーチ 藤井 俊治
2008年2月22日	東京都産業技術研究センター主催「新技術セミナー:塗装製品のVOC」	VOC削減に寄与するVOC排出削減支援ツールの開発と利用法	三菱化学テクノリサーチ 藤井 俊治
2008年7月-2008年8月(計3回)	NEDO技術開発機構: 2008年度3回 ワークショップ	VOC排出削減ツールの紹介及びびツールの使い方	プロジェクトメンバー全員
2008年7-9月(計10回)	東京都主催「VOC対策普及啓発セミナー:VOC対策のメリット教えま」	VOC排出削減支援ツールのご紹介	三菱化学テクノリサーチ 藤井 俊治
2009年1月13日	神奈川県公害防止推進協議会主催「VOC対策講演会」	NEDO開発プロジェクトによるVOC排出抑制ツールの紹介	三菱化学テクノリサーチ 藤井 俊治
2008年12月-2009年1月(計4回)	関東経済産業局・(社)産業環境管理協会主催「平成20年度VOCセミナー」	VOC排出削減支援ツール「VOCナビ」のご紹介	三菱化学テクノリサーチ 藤井 俊治
2008年7月号	塗装技術の特集「環境対応技術における最新動向を探る」	VOC排出削減支援ツールの開発と利用方法	三菱化学テクノリサーチ 測上 智子

②発表論文  
なし。

③特許等(出願済み特許等リスト)  
なし。

④受賞実績  
なし。

C-1)有害化学物質支援ツールの開発  
 (5)新聞発表等

掲載年月日	掲載媒体	掲載題目	発表者
2007年1月30日	日経産業新聞1面	揮発性物質削減ソフトで支援	—
2008年12月5日	日刊工業新聞	VOC排出抑制対策 自主的取り組み役割大きい 目標値達成の鍵握る	—