

調 査

第69号
(2004年 9 月)

・ 内 容 ・

循環型社会における塩化ビニル樹脂の可能性 — 建材用途拡大と使用後処理の多様化 —

大量生産・消費・廃棄型社会から資源循環型社会への転換が声高に言われる中、プラスチックが環境に与える影響が注目されている。本稿では、これまで課題とされてきた塩化ビニル樹脂の使用後処理段階の新たな動きに注目するとともに、地球温暖化抑制に資する可能性の高い樹脂サッシなどに触れることで、塩化ビニル樹脂と環境問題について考えてみる。

循環型社会における塩化ビニル樹脂の可能性

— 建材用途拡大と使用後処理の多様化 —

【要 旨】

1. わが国リサイクル法制度の整備に伴い、使用済みプラスチックの有効利用が進展しつつある。その中で塩化ビニル樹脂はマテリアルリサイクルが進んでいるが、ケミカルリサイクルでは焼却時に塩化水素を発生させることなどを理由に他樹脂と分別されて処理されることが多い。一方、地球温暖化対策では京都議定書上の温室効果ガス削減目標達成に向け民生部門のCO₂排出抑制策の必要性がうたわれており、省エネ効果の大きい塩ビ製樹脂サッシの注目度が高まっている。
2. 塩化ビニル樹脂生産は世界的に成長を続けているが、日本では減少を続けている。特に国内出荷は他樹脂と比べて減少幅が大きい。その理由としては、①主力の土木・建築用途の不調、②環境問題のイメージ悪化に伴う非塩ビ化推進の動き、③ユーザーの海外移転などが挙げられる。しかし、塩ビ樹脂は安価なこと、加工・成型性が良いこと、耐久性があることなどから、建材を中心に広く使用され、他素材では代替不能なものが多いといわれる（足元では循環的な景気回復もあって、国内出荷の急激な減少傾向にも歯止めがかかりつつある）。環境問題に関しても、ダイオキシンや環境ホルモンなどが一時期問題視されたが、これらへの対応は着実に進んでいる模様である。欧州では環境法規制が強化される一方、塩ビ樹脂リサイクルへの取組みなどが評価されている。デンマークにおいて塩ビ樹脂の高率関税が廃止されるなど、塩ビ樹脂を取り巻く現況は徐々に改善しつつある。
3. 最近ではわが国民生部門の温室効果ガス排出削減のため、窓など開口部に塩ビ製樹脂サッシを採用しようという新規需要開拓の動きもみられる。住宅のライフサイクルにおけるCO₂排出量をみると使用時が大部分を占めるが、開口部の機能改善によってCO₂排出量やランニングコストを大幅に削減できるようである。海外では省エネ規制が徹底されていたこともあり樹脂サッシの普及率は高くなっている。しかし、日本では複層ガラスが普及しつつあるが、窓枠に関しては寒冷地域以外では非断熱アルミサッシが多く使用されている。
4. リフォーム市場は拡大を続けており、今後さらなる伸びが見込まれている。住居者の遮音性や断熱性への要求水準が高まっており、次世代省エネ基準強化の動きとあいまって、高断熱、高气密、計画換気などを旨とした省エネ住宅需要が拡大する余地は大きい。さらに住宅業界では省エネ性の他に健康・快適性にも配慮した住宅ビジョンなどを出しており、リフォーム需要の取り込みを図っている。住宅に対する意識もスクラップ&ビルド中心から耐用年数の長い家に長く住むという考えに移行しつつあり、国土交通省も住宅の耐用年数を2015年には米国並の40年を目標にすると発表している。このような省エネ効果によるCO₂排出削減、長寿命化による建設廃棄物削減などの観点から、今後樹脂サッシの市場が拡大する可能性は大きい。建材メーカーは既存アルミサッシの利点や販売網を生かし、寒冷地域で樹脂サッシ、寒冷地域以外の

木造住宅用に断熱サッシ（樹脂複合含む）、集合住宅には樹脂製内窓を販売するという戦略を考えているようである。今後は既存アルミサッシ生産・販売体制の有効利用などによる樹脂サッシ価格低下が鍵となろう。

5. 塩ビ樹脂の国内出荷立て直しのためにはリサイクルシステム整備が必要となろう。もともと塩ビ樹脂は塩ビ管・継手、農ビ、電線被覆材などの集荷体制が確立しているため、マテリアルリサイクル率は高い。しかし、さらにマテリアルリサイクルを行おうとすると劣化品などが対象になるため、既存システムによるリサイクル率向上は難しくなってくる。塩ビ管ではリサイクルシステムが拡充され、中間処理業者を受入拠点に加えることで排出事業者からの汚れた製品の受入を進めている。また、建材5品目（管、窓枠、雨樋、壁紙、床材）は分別回収の促進のため「指定表示製品」に指定された結果、工場や新築工事時に発生した端材の回収は徐々に進んでいる模様である。
6. 今後、最も課題となるのは解体建築物の廃プラスチックであろう。建設リサイクル法施行に伴い、アスファルト・コンクリート塊、コンクリート塊、建設発生木材の3品目が「特定建設資材廃棄物」として再資源化が義務化されたが、今後は品目追加がなされることも考えられる（混合廃棄物中の木くずや石膏ボードの再資源化が進んできたため、次は廃プラスチックがターゲットであるとの声もある）。なお、解体系廃プラ中の塩ビ樹脂比率は80%弱と非常に高く、品目別には下水管、壁紙、雨樋、床材などが多いようである。東京都は都営住宅リサイクルモデルプロジェクトを実施し、分別解体や再資源化などのマニュアルを整備している。同種のプロジェクトは他地域でも計画されており、解体建築物の廃プラスチック分別が進展する可能性が出てきている。
7. 塩ビ樹脂系廃棄物は処理費が高いため、分別が徹底されず廃プラスチック類として安定型処分場などに持込まれることが多いようである。これは容積が大きい将来的には最終処分場の逼迫、すなわち埋立処理費の高騰に繋がることが懸念される。塩ビ樹脂の再資源化が可能であるケミカルリサイクル設備が出てきており、これが鍵を握るといえる。今後は異物などの付着が少なく樹脂単体で回収できるものは極力マテリアルリサイクルに繋げて、汚れのひどいものや複合材はケミカル・サーマルリサイクルを行うという形となる可能性が大きい。
8. 塩ビ樹脂系廃棄物の分別が進展する見込みが出てくる一方、その再資源化技術も多様化している。今後はこれをいかにマッチングさせるかが課題であろう。他にも解決すべき課題としては中間処理による分離・分別、破碎・減容化、廃プラスチックの回収・運搬方法、再生品市場拡大など多々あり、再資源化技術においてもコストパフォーマンス上昇が必要となろう。現在のリサイクルの状況は、使い捨て文明から脱皮する段階にあるといえる。この間は試行錯誤によって、問題点を洗い出すことが重要であろう。これと同時に資源・エネルギーの消費を削減しつつ、価値の高いプレミアム製品開発をすることが必要であり、省エネ性向上や建築物長寿命化に資するであろう樹脂サッシはこうした製品に近い位置にあるといえよう。

[担当： 塙^{はなわ} 賢治^{けんじ} (email: kehanaw@dbj. go. jp)]

[目 次]

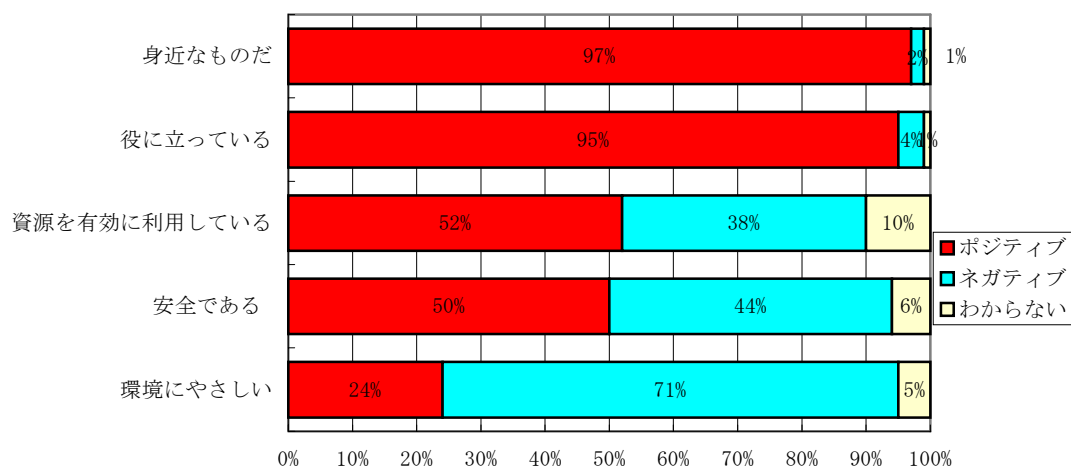
【要 旨】

	頁
はじめに	5
第1章 塩化ビニル樹脂をめぐる現状	10
1. 塩化ビニル樹脂の特徴	10
2. 塩化ビニル樹脂の生産・出荷動向	13
3. 環境問題	19
第2章 建築物の断熱化に資する樹脂サッシの可能性	25
1. 開口部高性能化による環境負荷低減	25
2. 樹脂サッシの特徴	26
3. 次世代省エネルギー基準とわが国のサッシ市場	33
4. 日本メーカーの戦略	36
5. 将来に向けて	38
第3章 塩化ビニル樹脂リサイクル	41
1. リサイクルの現状	41
2. リサイクル技術の多様化	43
3. 社会システムの構築～入口と出口の整理	49
4. 今後の課題	55
おわりに	57
参考文献	59
既刊目録	

はじめに

大量生産・大量消費・大量廃棄型社会から資源循環型社会への転換が声高にいわれる中、プラスチックという素材のあり方が注目される。これまでプラスチックは、軽くて強く、耐久性があり、加工しやすいなどの特性を有することから多様な形状のものが製造されてきた。しかし、その利便性から市場を急速に拡大してきたが故に、近年では廃棄物増加に繋がるという問題点などが指摘されている。実際、プラスチックに対するイメージ調査をみると、消費者は「身近なものであり、役に立っている」とプラスのイメージを持つ一方、「環境へのやさしさ、安全性、資源の有効利用」などの点につきややネガティブな意見を有する、というような結果が出ている(図表0-1)。

図表0-1 プラスチックのイメージ



(資料) 日本プラスチック工業連盟「プラスチックのイメージ調査」

資源循環型社会とは、法律の定義では、①廃棄物等の発生抑制、②循環資源¹の循環的利用、③循環的な利用が行われない場合は適正処分が確保されることによって、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会をいう。しかし、これまでは出口部分のリサイクルに対する政策が中心で、廃棄物の発生抑制(リデュース)に対する考え方が曖昧であったため、不法投棄が増加するなど悪循環に陥っていた。こうしたリサイクル至上主義から脱却し、今後はリデュース・リユース・リサイクル・適正処理とバランスをとることが必要であるとの考え方が強まっている。このような流れを塩ビ樹脂という素材で考えてみる。

五大汎用樹脂の一つである塩化ビニル樹脂は、使用後処理(廃棄・リサイクル)段階における環境へのマイナス面が強調されることが多い。しかし、塩ビ樹脂の環境への影響を考慮する際には、原材料採取～製造～使用～廃棄・リサイクルまでライフサイクル全般を捉え、省資源化やCO₂排出削減などを含めて総合的にみていく必要があると思われる。

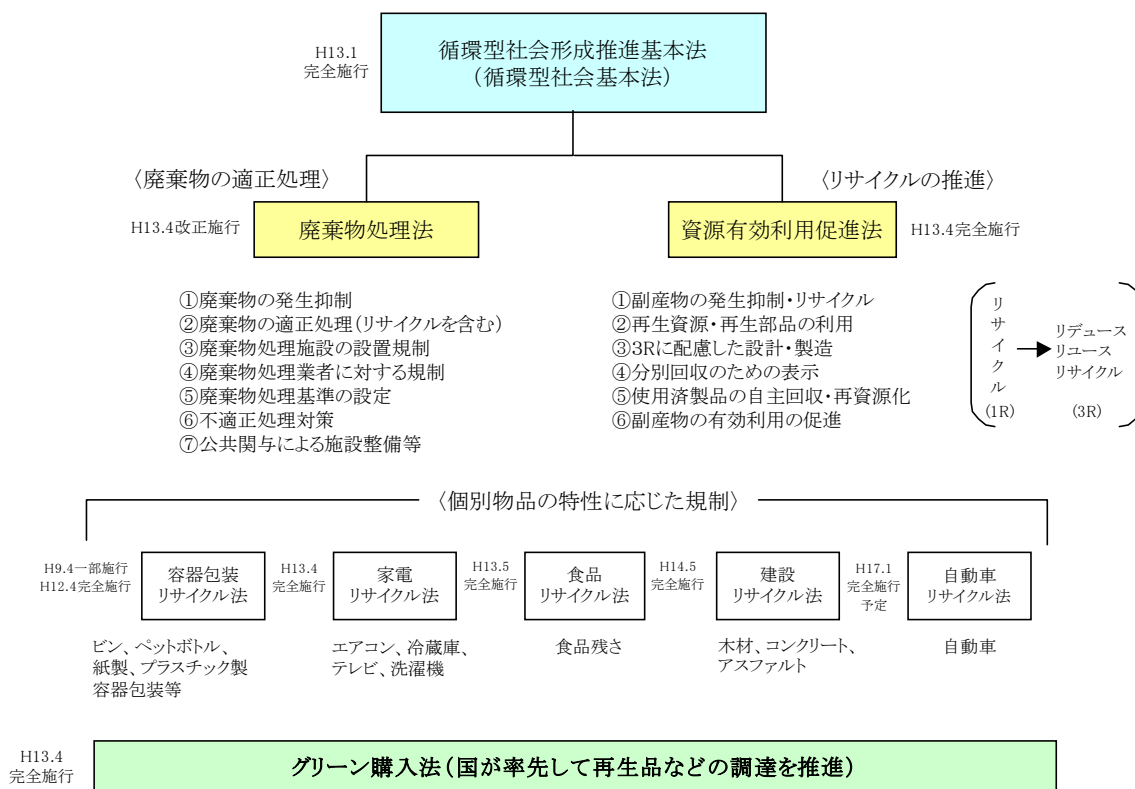
¹ 法の対象となる物を有価・無価を問わず「廃棄物等」とし、廃棄物等のうち有用なものを「循環資源」としている。

まず、塩ビ樹脂で最大のネックといわれる使用後処理段階の環境側面、リサイクル動向をみる。使用済み塩ビ樹脂の再生使用は農業ビニルなどで 1970 年代に取組まれてきたが、1990 年代後半に焼却によるダイオキシン類の生成の原因物質として塩ビ樹脂が疑われたことなどをうけて、塩ビ業界は使用済み塩ビ管・継手などの集荷体制を整備した。こうしたこともあり、塩ビ樹脂は他樹脂と比べ再生材の用途展開が広く、マテリアルリサイクル（物から物へのリサイクル）率は高くなっている。

しかし、わが国で循環型社会形成のための法制度が整備され、鉄鋼業界でケミカルリサイクル（化学的手法で原料に戻すリサイクル）プラントが整備されるなど使用済みプラスチックリサイクルが本格的に進展してくると、塩ビ樹脂はこの流れに取り残され始めた（図表 0-2、3）。例えば、容器包装リサイクル系プラスチックなどでは、様々なプラスチックが混入した状態の排出物を使用するが、塩ビ樹脂は焼却時に塩化水素を生成して、炉の腐食などに繋がるため、前処理工程などで他プラスチックと分別・廃棄されている。

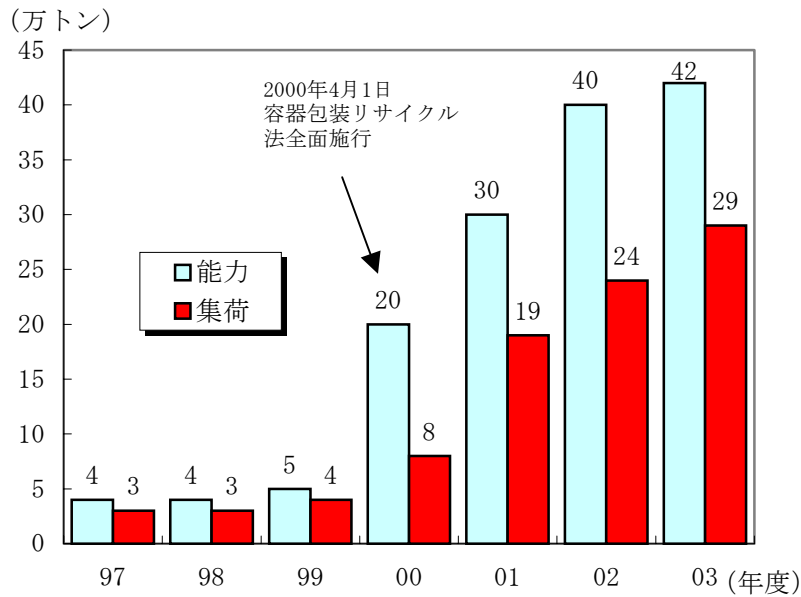
現在では欧州の環境規制強化などをうけて、わが国の環境対応も一段と強まっている。こうした中で使用済みプラスチックのさらなるリサイクル向上を目指して、これまで廃棄処分されてきた塩ビ樹脂を活用しようとする技術やそれに付随する動きが登場してきている。

図表 0-2 循環型社会形成のための法体系



(資料) 経済産業省「資源循環ハンドブック」

図表0-3 鉄鋼業界の使用済みプラスチック利用



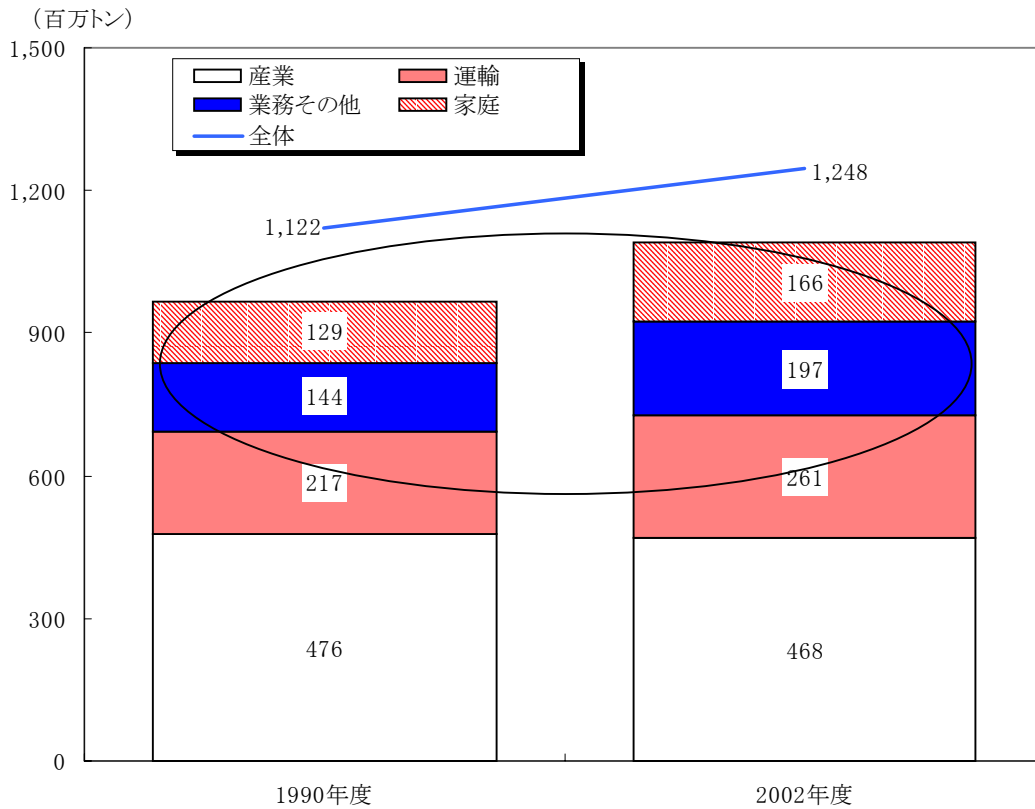
(資料) (社) 日本鉄鋼連盟「鉄鋼業の地球温暖化対策への取組み」

次に塩ビ樹脂のライフサイクルで最も長きにわたる使用段階では、使用期間長期化による廃棄物発生量の削減とともに、窓など開口部への塩ビ製樹脂サッシ使用による地球温暖化抑制、といったプラスの環境側面が注目され始めている。

後者については、最近では京都議定書上の温室効果ガス削減目標達成に向けて、様々な CO₂ 排出抑制策（特に省エネルギー）が部門毎に掲げられているが、最近では産業部門によるそれは徐々に限界に近づきつつあるといえる。一方、家庭やオフィスを含む民生部門、輸送部門による省エネ実行は遅れが目立ち、さらなる対策の必要性がうたわれている（図表0-4）。民生部門の対策では建築物の省エネ性能向上などが中心に据えられているが、その中で化学業界やガラス業界などが前面に押し出している開口部の高機能化、すなわち複層ガラスや断熱サッシ（塩ビ製樹脂サッシ含む）使用による省エネ効果の注目度が高まっている（図表0-5）。

本稿では、まず塩ビ樹脂をめぐる最近の動向（内外出荷動向や環境問題）を取り上げる。次に使用段階でのプラス面、具体的には開口部への樹脂サッシ使用による地球温暖化抑制、建築物の長寿命化による廃棄物発生抑制などを検証していく。最後に、廃棄物の不法投棄などで最も問題視されている使用後処理段階、ここの透明性向上に向けた動き（リサイクル技術発展など）についてみていく。

図表 0-4 部門別 CO₂ 排出量



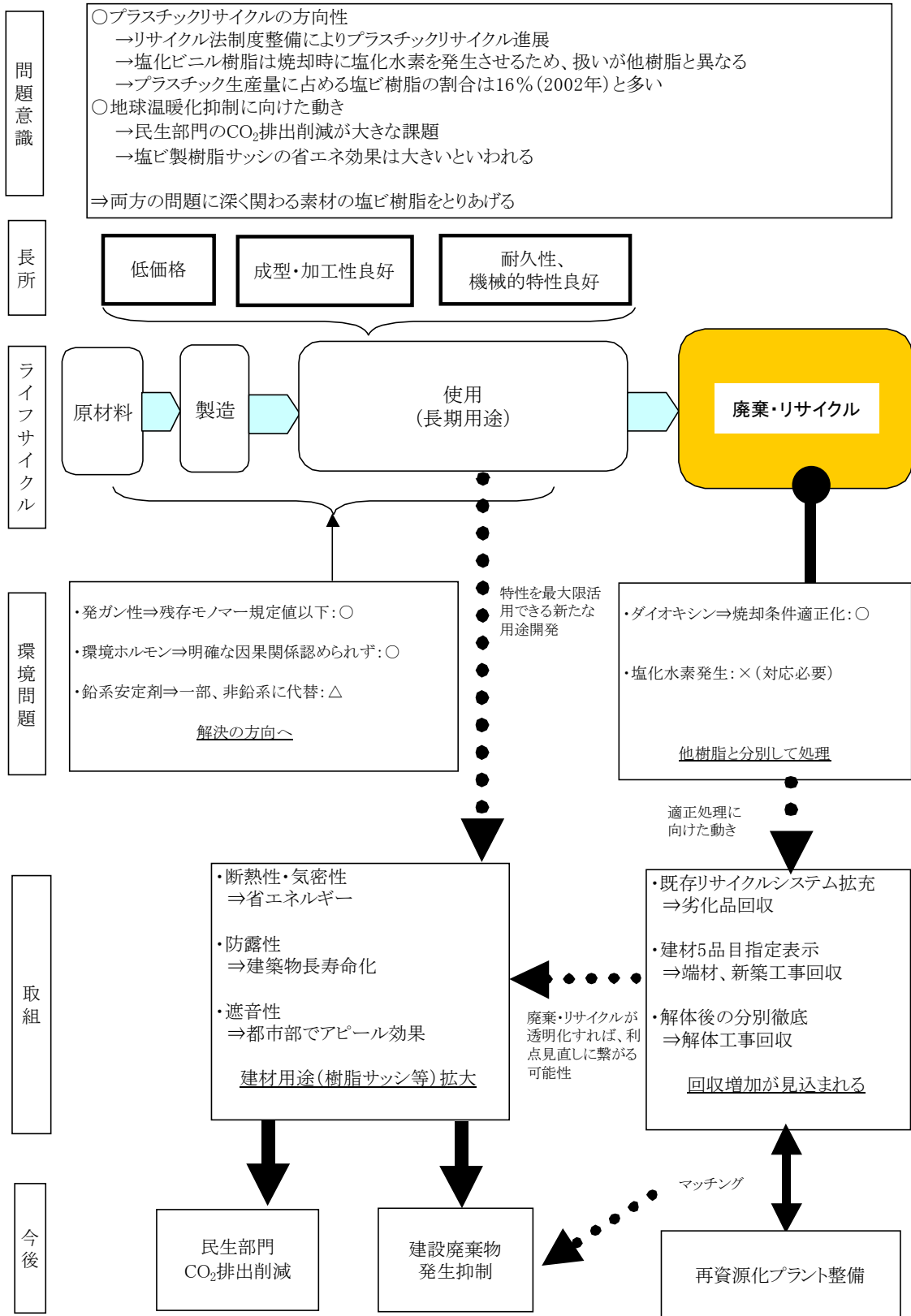
(注) 政府データなどをもとに作成

図表 0-5 化学業界の地球温暖化対策 (民生部門への貢献)

① 太陽光発電	～薄膜アモルファスシリコン太陽電池 ～太陽電池用シリコン
② 樹脂サッシ	～アルミサッシ(単層ガラス)から 樹脂サッシ(複層ガラス)で… ⇒40%省エネ効果あり ～全国(3,000万戸)に適用すると… ⇒CO ₂ 排出 8,100万トン/年削減
③ 断熱材	～住宅用断熱材:冷暖房費を30%節約 (1,000kWh/年・戸) ～全国(3,000万戸)に適用すると… ⇒300億kWh/年の節約 (化学産業の年間購入電力量に相当)

(資料) 経済産業省「総合資源エネルギー調査会
省エネルギー部会配付資料」

図表0-6 概念図



(注) 各種資料をもとに作成

第1章 塩化ビニル樹脂をめぐる現状

塩化ビニル樹脂は、汎用樹脂の中で最も歴史が古い²うえに、汎用樹脂に要求される性能を幅広く備えていることから広く利用されてきた。本章では、塩化ビニル樹脂の特徴や最近の内外出荷動向、環境問題をめぐる動きなどにつき詳しくみていく。

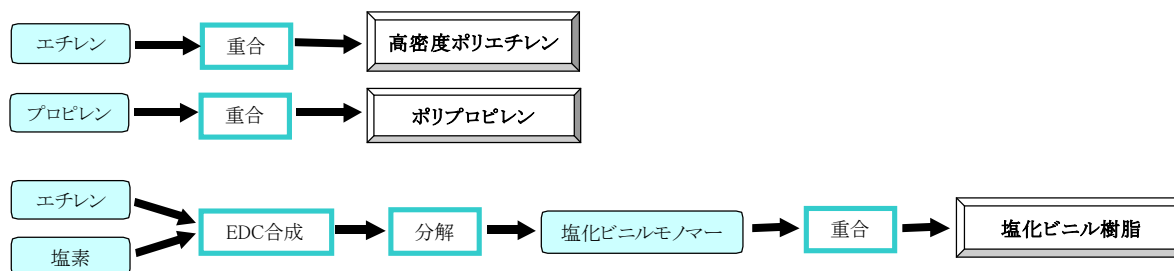
1. 塩化ビニル樹脂の特徴

塩化ビニル樹脂の製造フローをみると、エチレンやプロピレンを重合して製造するポリエチレンやポリプロピレンと比べ、工程がやや複雑になっている（ここでは現在の主流であるエチレン法³をみる）。

まず、ナフサを分解して得られるエチレンと、工業塩を電気分解して得られる塩素を合成して、二塩化エチレン（EDC）とする。これを熱分解した塩化ビニルモノマー（VCM）を重合すると、塩化ビニル樹脂（PVC）が製造される（図表1-1）。塩ビ樹脂が塩ビ加工産業に供給され、そこで安定剤や可塑剤などの各種添加剤が調合される。これに押出加工や圧延加工を施すと、塩ビ樹脂製品となる。

塩ビ樹脂製造プラントは上流からの一貫製造もあるが、樹脂製造のみを行うことも多い。実際、中国では塩ビ樹脂を製造する小型工場が数多く存在する。こうしたところは原料の塩ビモノマーは輸入に頼るところも多く、中国ではモノマー需給のタイト化が続いている。

図表1-1 塩ビ樹脂の製造フロー



（資料）石油化学工業協会「石油化学ガイドブック」

塩ビ樹脂は、安価なこと、耐久性があること、加工・成型性に優れること、難燃性であることなど多くの利点がある（図表1-2）。こうした性質上、土木・建築部門を中心に広く使用されており、他素材では代替不能な用途が多いといわれる（図表1-3）。実際、塩ビ製品の半分以上は10年以上にわたって使用されており、他樹脂と比較しても明らかに長期間である（図表1-4）。

² 戦後まもない時期に米国から輸入された軟質塩ビの加工スクラップの再生利用から始まったと伝えられている。具体的にはレインコートやサンダルなどに成形された。

³ 他にはアセチレンカーバイド法があり、中国ではこちらが主流である。

また、これは本質的には硬い樹脂であるが、可塑剤を添加することにより硬度を自由に変えられるという、他樹脂にはない特徴を有する。

塩ビ樹脂はこうした特徴を生かし、硬質から軟質品まで多岐に渡って使用されている。硬質製品としては（水道用など）パイプ、雨どい、波板、窓枠サッシやサイディングなどがあり、一方、軟質製品としては農業用塩ビフィルム、床材、壁紙、電線被覆材、ラップフィルム、レザーなどが挙げられる（図表1-5）。

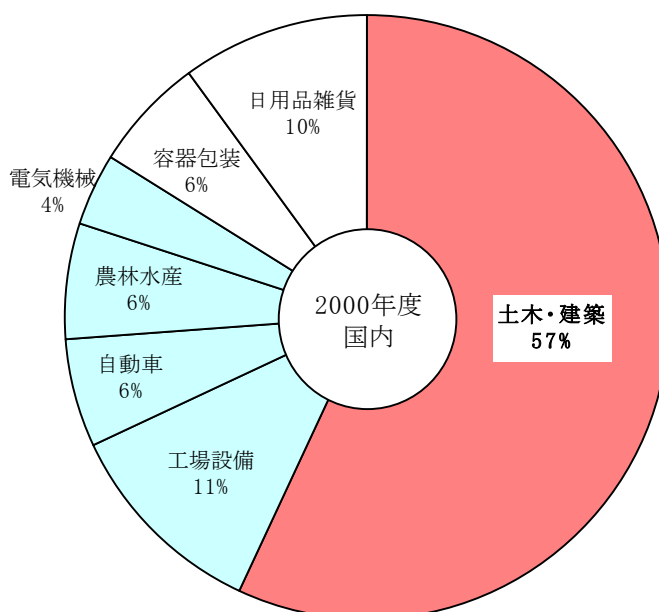
図表1-2 塩ビ樹脂の長所・短所

長所	短所
①耐久性 ②機械的物性 ③クリープ特性 ④耐薬品性 ⑤透明性 ⑥接着性・印刷性 ⑦難燃性 ⑧電気特性 ⑨柔軟性(可塑剤添加効果)	①低温時の耐衝撃性 ②熱変形温度低い ③可塑剤の染み出し ④粘弾性高→大型射出成型不適 ↓ ただし、ポリマーアロイによる改質で改善可

(注1) 機械的物性は引張り強度、引張り弾性率、曲げ強さ、圧縮強さ、耐疲労性などのことである

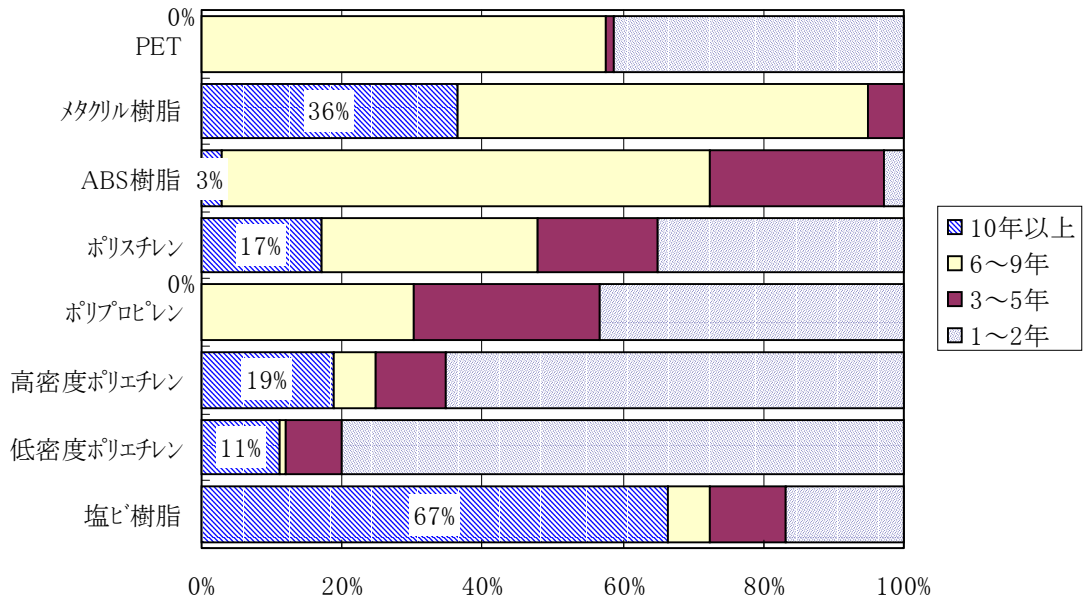
(注2) 塩ビ工業・環境協会資料をもとに作成

図表1-3 塩ビ樹脂産業部門別使用比率



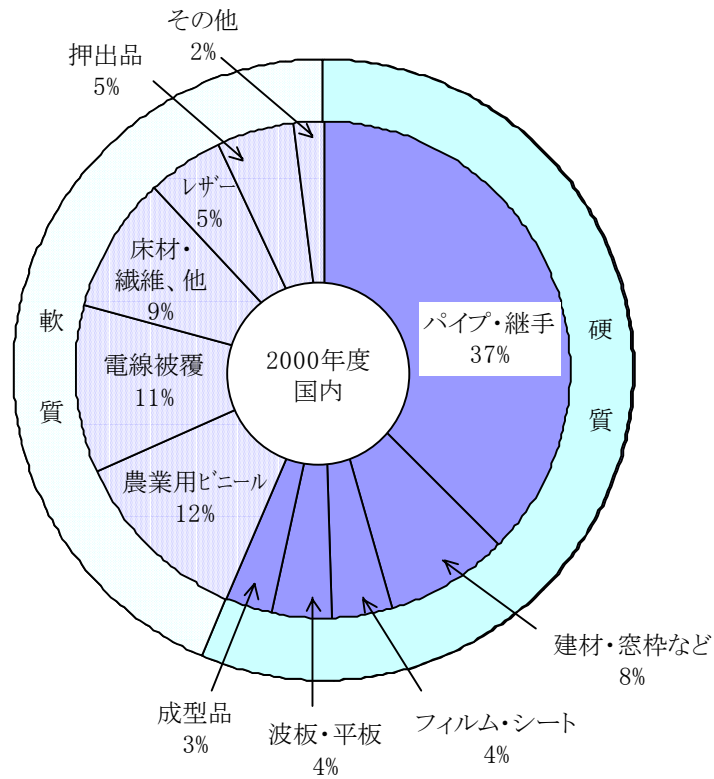
(資料) 塩ビ工業・環境協会

図表 1-4 塩ビ製品の寿命



(資料) 経済産業省

図表 1-5 塩ビ樹脂製品別比率

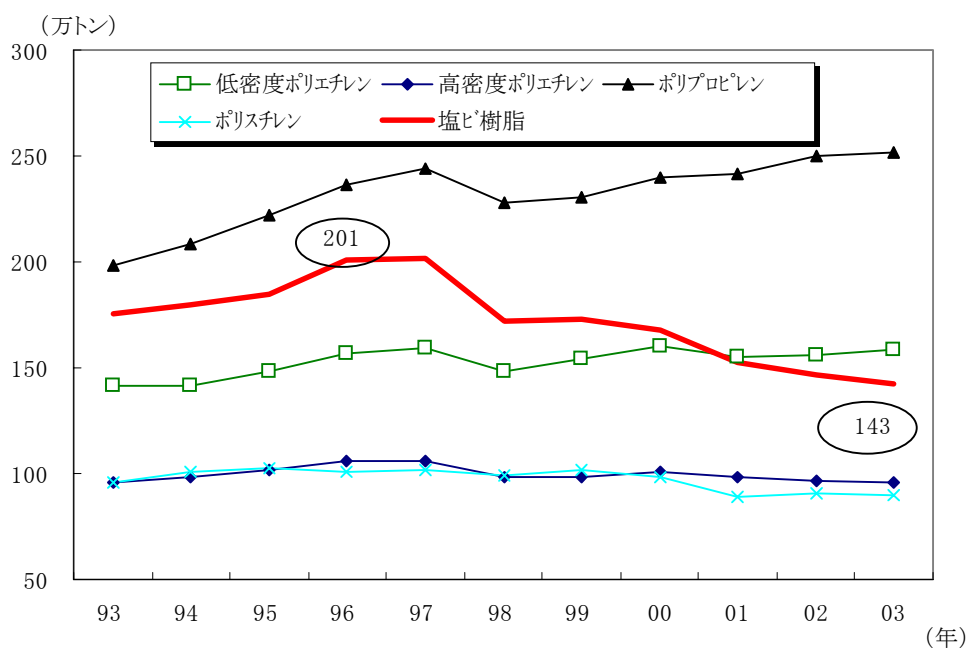


(資料) 塩ビ工業・環境協会

2. 塩化ビニル樹脂の生産・出荷動向

塩化ビニル樹脂生産は減少する傾向にあり、特に国内出荷の減少幅が大きい。ピーク時の1997年に200万トン程度あった国内出荷は、2003年には140万トン程度まで低下した(図表1-6)。他樹脂と比べて減少幅が大きい理由としては、①主力の土木・建築用途が不調であったこと、②環境問題によるイメージ悪化により塩ビ忌避の動きが広がったこと、③アセンブリメーカーの海外生産シフトが進展したこと、などが挙げられる。

図表1-6 汎用樹脂別国内出荷

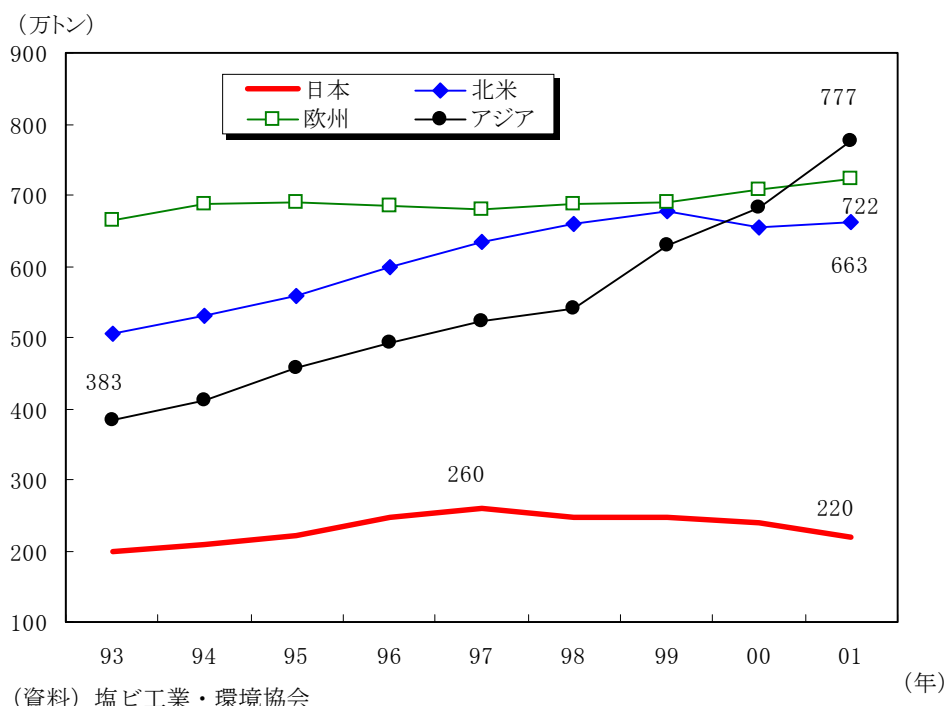


(資料) 経済産業省、石油化学工業協会、塩ビ工業・環境協会

2-1. 世界動向

世界的にみると塩ビ樹脂生産は増加を続けており、わが国樹脂メーカーも海外生産シフトを強めている。世界(2000年)の塩化ビニル樹脂生産能力は3,180万トン、生産は2,570万トン、需要は2,430万トン前後である。最近の需要の伸び率は年平均4%前後となっている。このように世界的には米国、欧州、中国、その他アジアのいずれの市場も成長を続ける中で、日本のみが大幅マイナスとなっている(図表1-7)。

図表 1 - 7 世界の塩ビ樹脂生産（地域別）



地域別にみると、中国市場の急成長ぶりが目立つ。わが国経済産業省見通し⁴によると、中国の塩ビ樹脂需要は2002年の500万トンから2008年には870万トンに増加、需給ギャップは2002年▲171万トンから2008年▲310万トンとさらなる拡大が見込まれている。2006年にオイルメジャーの大型エチレンプラント立ち上げなどに伴い中国国内の調達力も上昇するが、需要拡大ペースは2008年の北京五輪や2010年の上海万博まで現行の勢いを維持するとの見方が強く、今後しばらく中国の旺盛な輸入姿勢は持続するだろう。

欧米の塩ビ樹脂市場は中国と比べると伸びは緩やかだが、建材用途を中心に好調である。特に北米は住宅着工好調などをうけて堅調に推移している。北米市場の塩ビ樹脂全消費量（2000年）は644万トンであるが、うちサイディング（外装材）が97万トン、窓枠・ドアが26万トン程度と建材向けが大きなウエイトを占める。一方、西欧市場の消費量（2000年）は全体で581万トン、うち窓枠サッシなどが含まれる異型押出が130万トン程度である。なお、最近では東欧でも樹脂サッシが急速に普及していると報じられている。

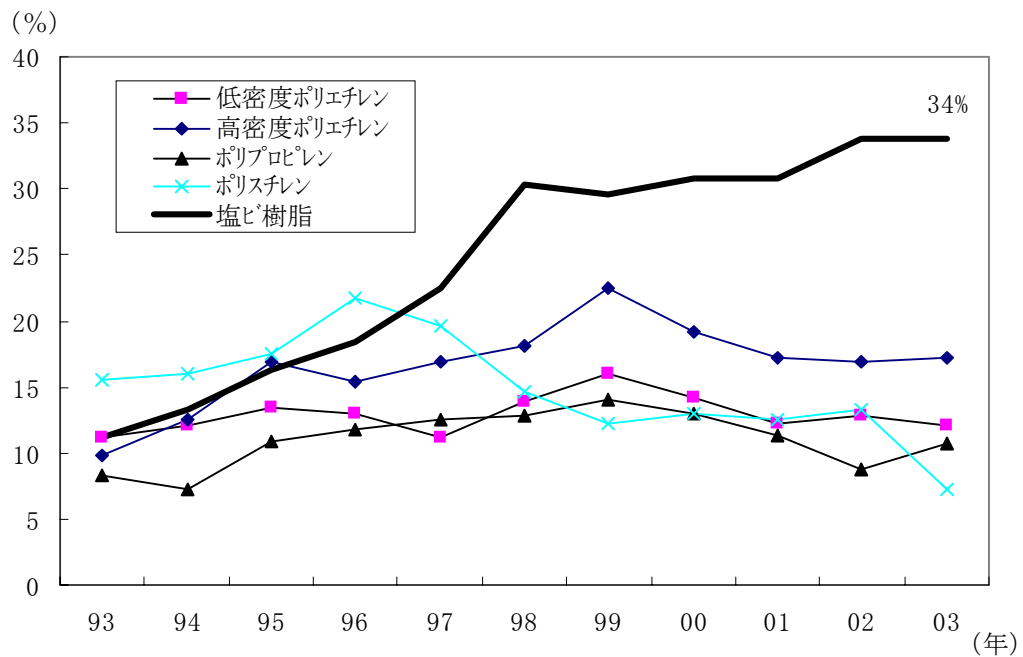
このように海外塩ビ樹脂市場が堅調であることもあり、世界最大の塩ビ樹脂メーカーである信越化学工業（株）は、米国子会社シンテック社を中心に海外塩ビ部門の業績が好調に推移している。また、最近ではオランダで塩ビモノマー・塩ビ樹脂の生産能力増強を進めるなど、欧州市場のさらなるシェアアップも狙っているようである。

⁴ 世界の石油化学製品の今後の需給動向（2004年3月発表）。

2-2. 輸出動向

1990年代後半以降の塩ビ樹脂市場の海外好調・国内不調という状況下で、塩ビ樹脂メーカーは国内出荷減少分をアジア向け輸出、とりわけ急成長してきた中国向け輸出で補ってきた。その結果、塩ビ樹脂の輸出比率は急激に上昇し、全体出荷は中国動向に大きく左右されるようになった（図表1-8）。当面、中国の急失速は想定しがたく、わが国塩ビ樹脂出荷の輸出依存は続くと思われる。

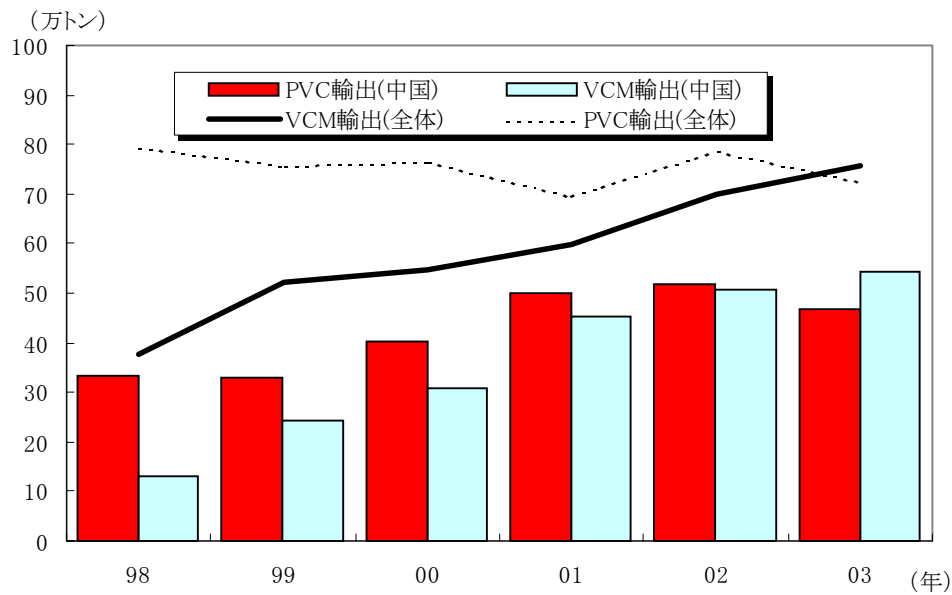
図表1-8 樹脂別輸出比率



(資料) 経済産業省、石油化学工業協会

なお、中国では塩ビ樹脂需要が急拡大したことに伴い、川下の樹脂製造プラントは多少整備されてきたが、依然として原料の塩ビモノマー（VCM）の不足感は根強い。日本からの中国向け輸出では、2003年には重量ベースで塩ビモノマーが塩ビ樹脂を上回ったが、今後もこの傾向は続くと思われる（図表1-9）。

図表 1-9 PVC と VCM 輸出推移



わが国企業では東ソー（株）の動向が注目される。当社は「ビニル・チェーン」により、基礎素材分野で大型投資を伴った規模拡張を進める方針を明確にしつつある。その一環で、コスト競争力の高い電解設備を有する国内に塩ビモノマープラントを増設、塩ビ樹脂を製造する工場を中国・広州に新設⁵し、日中一貫の生産体制を構築する。塩ビモノマーは自家発電を利用して低コスト生産できる日本に集中し、アジア最大の 150 万トン程度の年産能力を整えて、グループ内塩ビ樹脂新增設プラントや中国、東南アジア等の塩ビ樹脂増強計画進展に伴う塩ビモノマー需要の伸びに対応した外販を実施することとしている。

塩ビモノマーの生産工程では、主原料の工業塩を塩素などに分解するため大量の電力を使う。東ソーは南陽事業所に日本最大の自家発電設備を備え、コストの安い電力を使って集中生産できる（現在の中国は深刻な電力不足の状況下にあるうえに、外資に対する自家発電設備の規制などもあり、モノマーを大量生産するのは難しいといわれる）。また、南陽事業所は中国に地理的に近く、輸送費を低く抑えられるメリットもあるようだ。

2-3. 国内動向

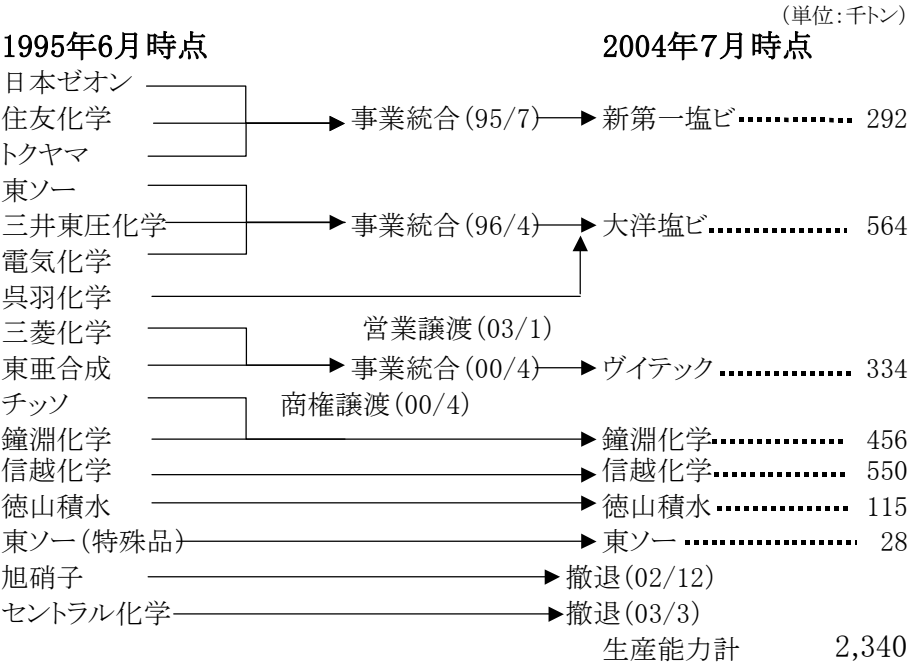
わが国の塩ビ樹脂メーカーは海外での収益力も高く、国内生産にこだわる時代ではなくなっているとの声もあるが、中長期的に考えた場合には引き続き国内ユーザーへの安定供給も配慮する必要があるとの主張が根強い。

日本国内では塩ビ樹脂の供給過剰が常態化しているが、需給ギャップ改善に向けて業界再編が進展してきている。2002 年以降だけを見ても、旭硝子（株）の国内塩ビ樹脂販売からの撤退（海

⁵ 日本側 100%出資による PVC 製造・販売子会社。

外での塩ビモノマー事業は継続)、呉羽化学工業(株)の塩ビ事業の営業権譲渡、セントラル化学(株)の塩ビモノマー生産中止と塩ビ樹脂販売からの撤退、チッソ(株)の塩ビ樹脂生産停止、ヴァイテック(株)の塩ビ樹脂生産能力削減などがある。塩ビ樹脂設備はここ4年間で全体の21%にあたる62万トンの設備が自主的に廃棄され、メーカー数も実質5社体制に集約された(図表1-10)。足元では総需要220万トン程度に対し、生産能力は230万トン強と需給ギャップが急速に縮小してきた。しかし、現在の設備稼働は中国要因に支えられている面も大きく、内需でみた場合は依然として供給能力の過剰は大きいといえる。今後数年内に中国需要が急減少するとは考えにくい中でも、塩ビ樹脂メーカーはもう一段の国内設備の能力削減、またはアライアンスによる停止・廃棄などの選択肢も視野に入れている模様である。

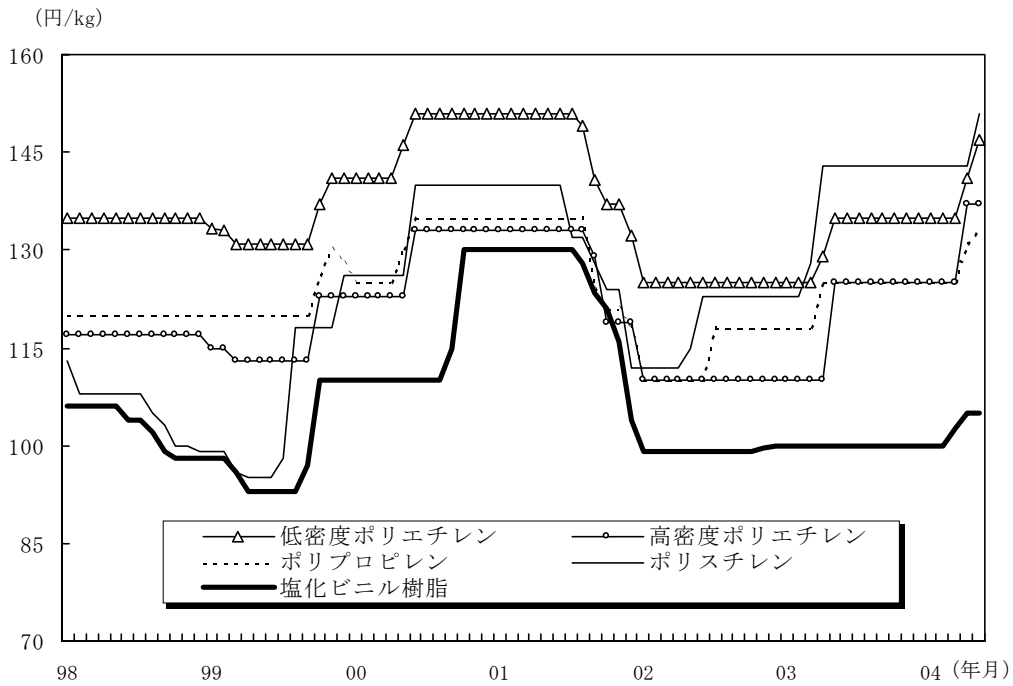
図表 1-10 国内能力削減



(注) 石油化学工業協会、月刊化学経済資料などをもとに作成

また、塩ビ樹脂業界は過去12年もの間赤字を継続してきたが、黒字化への大きな転換期を迎えている。足元では原料ナフサ価格高騰や中国市場拡大による需給逼迫に伴い、樹脂メーカーは、国内塩ビ樹脂価格値上げと(収益不確定要素であった)価格後決め方式是正をワンセットにして需要家(加工メーカー)に打ち出した。樹脂メーカーは値上げに応じない需要家に対して、応じなければ中国輸出に振り向けるとの強硬な姿勢で交渉に臨んだ結果、加工側は原料調達が困難な状況になり、生産にも支障をきたしたため、値上げ受入れで早期決着し、かつ価格後決めという商慣行是正にも成功しつつある、と報じられている(図表1-11、12)。

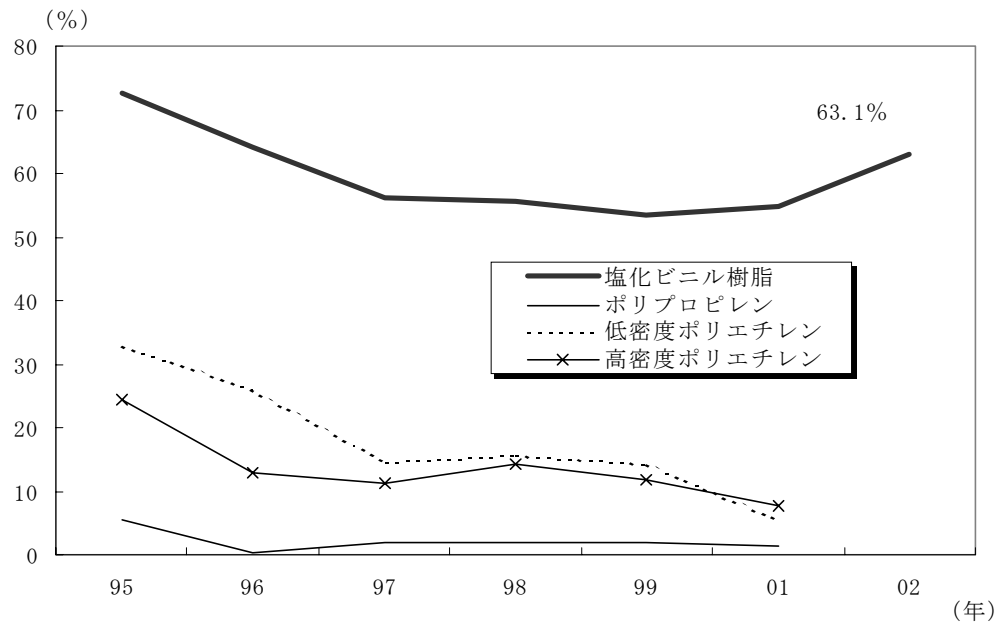
図表 1-11 5大汎用樹脂価格推移



(注) 東京一般標準タイプ需要家渡し、低密度ポリエチレン・高密度ポリエチレン・ポリプロピレン・ポリスチレン：粒状、塩化ビニル樹脂：粉状

(資料) 日経産業消費研究所「日経商品情報」

図表 1-12 価格決定方式（後決め方式比率）



(注) 四半期中決め、半年期中決め、事後値決めを総称して「後決め」とした（数量ベース）

(資料) 経済産業省

このように塩ビ樹脂の需給は、近年、海外市場拡大によって引締まっているといえる。しかし、樹脂メーカーは中長期での国内事業の立て直しを考えており、その中でも樹脂サッシ、サイディングなどの建材関連の需要拡大に大きな期待を寄せている。

なお、上流の再編につれて、塩ビ管事業などの川下分野でも大型再編が進んでいる。塩ビ管大手4社のうち積水化学工業（株）と三菱樹脂（株）、（株）クボタとシーアイ化成（株）がそれぞれアライアンスを組み競争力の強化に努めている。積水化学と三菱樹脂は2002年3月に共同出資による生産統括会社を設立した。一方、クボタとシーアイ化成は2002年4月に販売を除く包括的業務提携契約を締結したが、さらに一步進んで2005年4月には両社の合成樹脂管事業を分離し、事業統合する予定である。こうした取り組みにより、両社の重複機能集約、生産・物流の合理化、原料の集中購買などで大幅なコスト削減を図る。

3. 環境問題

3-1. わが国の対応

塩ビ樹脂に関連する環境問題としては、塩ビモノマーの発ガン性問題、可塑剤（フタル酸エステル）に関わる環境ホルモン問題、安定剤で使用される鉛系安定剤問題、塩ビ樹脂焼却時のダイオキシン発生問題などが大きくとりあげられた（図表1-13）。基本的にはこれらへの対応は進んでいるようだが、こうした問題は厳密な判断が難しいため、ここでは塩ビ工業・環境協会の発表資料をもとに、最近までの動きを紹介する。

図表1-13 塩ビ樹脂をめぐる環境問題

段階	項目	具体例	対策
製造	廃水処理等	分散剤、 界面活性剤、 残存塩ビモノマー	凝集沈殿処理、 活性汚泥処理、 スチームストリッピング
使用	発ガン性	残存塩ビモノマー	食品、医療器材規格 (1ppm以下の基準達成)
	重金属含む安定剤	鉛系、(スズ系)	一部Ca、Zn系で代替 (依然、鉛系も熱安定性が 必要部分での需要大)
使用後	内分泌攪乱化学物質 (環境ホルモン)	フタル酸エステル(可塑剤)	環境省評価 (明らかな内分泌攪乱作用は 認められないと発表)
		ダイオキシン類	高温完全燃焼が必要 (焼却設備排出規制が設け られて、排出量減少傾向)
	高温分解時発生物質	塩化水素発生	脱塩素工程 塩酸回収プロセス

(注1) 段階、対策などは塩ビ工業・環境協会資料などをもとに筆者加筆

(注2) エヌ・ティー・エス『廃塩化ビニルの脱塩素化・リサイクル技術』などをもとに作成

塩ビモノマーの発ガン性⁶に関しては 1970 年代頃から対応が進み始め、高度なプロセス技術の確立により問題はほぼ解決したといわれる。具体的には、二塩化エチレン/塩ビモノマー製造プロセスのクローズドシステム化、塩ビ重合缶清掃作業自動化などにより、塩ビモノマーを安全に使用する体制が構築された。なお、現在でも技術的に 100 パーセント重合は困難なことから、塩ビ樹脂にはわずかな量がモノマーとして残っているが、この残存分はわが国の（食品容器包装や医療器材などの）規格上では基準値以下に抑えられており、使用上で問題が生じることはまず無いといわれる。

塩ビ可塑剤のフタル酸エステルの環境ホルモン問題に関する論争も下火になっている。1998 年に環境省が「環境ホルモン戦略計画 SPEED '98」において内分泌攪乱作用を有すると疑われる物質の一つにフタル酸エステル類をリストアップした。環境省も「疑われる」と表現しているように、当物質に環境ホルモン性があるかどうかは科学的に証明されている状況ではなかったが、次第に環境ホルモン性があるという認識に変わってしまったようである。環境省は 2000 年より疑義のある物質について順次リスク評価を実施しているが、2003 年 6 月に魚類を用いた生態系への内分泌攪乱作用に関する試験結果でフタル酸エステル類については「明らかな内分泌攪乱作用は認められなかった」という評価が報告されている。

塩ビ安定剤⁷は、鉛系が需要の半分近くを占め、塩ビパイプのほか、電線被覆、建材を主用途とするが、最近では欧州の環境規制強化などをうけて、わが国でも脱鉛化ニーズが高まっている（詳細は後述）。

ダイオキシン問題に関しても、解決に向けた取り組みが進んでいる。ダイオキシン放出源は 1970 年代には農薬散布によるものが中心だったが、ここからの排出はほぼなくなった。1980 年代後半以降は廃棄物による放出が主要な発生源としてクローズアップされ、その対応が進んだ。そして 1997 年には塩ビ樹脂がダイオキシン発生の発生源ではないかと大きく報道されたため、関係省庁が共同してダイオキシン問題の対応にあたった。

その結果、厚生省（現：厚生労働省）から、ダイオキシン類の発生に対しては焼却物の塩素、あるいは塩化水素の濃度の影響は少なく、燃烧条件や排ガス処理条件の方が大きいとの報告がなされた。つまり、焼却物の問題ではなく焼却条件の問題であり、たとえ塩ビ樹脂がなくても食品残さの塩分を焼却すればダイオキシンは発生するということである。これを受け、1999 年 7 月に「ダイオキシン類対策特別措置法」が制定され、焼却炉の技術基準を定めるとともに、焼却炉から排出される排ガス中のダイオキシン濃度規制値が設定された。2002 年 12 月に本法が完全施行されて以降、この要件を満たす焼却場が増加しているようである。

したがって、現在の最大のネックは焼却時の塩化水素発生である。塩化ビニル樹脂が混入した廃棄物を焼却すると、塩化水素が発生し炉を痛めるということである。実際に、使用済みプラスチックを使用するプラントでは、前処理工程で塩ビ樹脂を除くか、後工程で塩化水

⁶ 発ガン性は、塩ビ樹脂自体にはなく、残存塩ビモノマーにあるものである。

⁷ 塩化ビニル樹脂の成型加工時に熱による劣化を防止するほか、耐侯性、電気絶縁性、透明性を高める機能などがある。

素を苛性ソーダで中和するというプロセスがなされている。しかし、最近では積極的に塩化ビニル樹脂を積極的に利用しようという取組みも行われており、これについては後段で詳しく述べる。

3-2. 欧州の環境規制

環境先進地域といわれる欧州の動向をみると、環境規制⁸が強化されている。EU では電気・電子機器に含まれる6つの特定化学物質を規制するRoHS指令⁹が2006年7月に発効となるため、EU各国は国内法の整備を行っている。指令はEU域内で販売する全ての電気・電子機器で、鉛、水銀、カドミウム、六価クロムの4種類の重金属と、PBB（ポリブロモビニフェル）、PBDE（ポリブロモジフェニルエーテル）の2種類の特定臭素系難燃剤、合計6種類の物質の使用を禁止する厳しい内容のものである。かつての環境規制は工場施設が中心であったため欧州で生産している企業だけで済んでいたが、今回のように製品が対象となると欧州に輸出する域外企業や部品業者にも広く影響が及ぶことになる。

日本では同種の規制はないが、わが国の有力な電機メーカーはこれら環境規制を事実上のグローバルスタンダードと位置付けて対応を進めている。本基準を満たさなければ、EUの巨大市場から締め出されてしまうからである。これまで電機メーカーは有害物質対応を各社が個々に行ってきたが、現在はこれを共通化する動き（グリーン調達基準統一化¹⁰など）も出てきている（調査対象となる物質は欧州指令の6物質だけでなく全部で29種類¹¹と範囲が広い）。

こうした流れの中、わが国ユーザーの脱鉛化ニーズは強まっており、塩ビ樹脂の中でも鉛系安定剤配合品は市場代替も相当進んでいる。しかし、これは本来的には正しい使用方法に基づいて使用する分には問題はなく、なかには鉛化合物でなければ使用できない用途（バッテリー、コンデンサーなど）もある。また、下水道継手、雨樋・窓枠サッシなど硬質異型や熱安定性が要求される特殊パイプ向けなどでは、コスト対応で根強い需要があるといわれる。なお、法制度の厳しい欧州でも、依然として塩ビ管¹²には鉛系安定剤配合のものが多く使用されている模様である。

なお、欧州委員会は、環境規制という点ではさらに新化学物質規制 REACH (Regulation Evaluation Authorization and Restrictions of Chemicals)の法案を提出している。これは年間

⁸ 製造者に電気電子機器を回収し、リサイクルする責任を負わせる WEEE 指令 (Waste electrical and electronic equipment = 廃電気電子機器指令) などもある。

⁹ Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment. 日本語の略称は「電気電子機器の有害物質使用制限指令」。

¹⁰ これには上流のわが国部品メーカーの負担を軽減する狙いもある。

¹¹ 対象物質に塩化ビニル樹脂が入っていることが波紋を呼んでいる。他地域では塩ビ樹脂が直接規制対象になっていることはない。

¹² 現在の塩ビ管出荷は大半が下水道向けであり、上水道向けはごく少量となっている（鉛系安定剤は練り込まれているので、水に溶出することはほとんどないといわれる）。ただし、欧州の塩ビ管用安定剤は90%以上が鉛系である。ただし、地域による差が大きく、北欧四カ国ではこの比率は低い。

1 トン以上生産される化学品に対してリスクアセスメントを行うことを義務づけ、その費用を製造者に負担させるというものであり、塩ビ産業だけでなく産業界全体にとって非常に大きなものである。約3万の既存化学物質の規制を新規物質並に強化し、製造・輸入者に登録を義務付けるものである。登録の際には、有害性データだけでなく初期的なリスク評価を求め、そのリスク評価実施の責任を産業界が持つというものである。また、単離可能な中間生成物も適用範囲となっていること、川下ユーザー（セットメーカー等）にも責務を要求していることから部品会社が客先から大量のデータを要求されることが想定される。これに関しては各国産業界から反対の声が多くあがっており、今後の動向が注目される。

3-3. 欧州の塩ビ業界

欧州の塩ビ業界は、1990年代後半から環境対応を進めてきた。2000年には欧州委員会が、塩ビ樹脂に関連した環境問題を評価するためにグリーンペーパーを発表し、鉛・カドミウム・フタル酸エステル類などの添加物の使用、塩ビ樹脂の廃棄物管理などの話題をとりあげた。そして塩ビ関係業界団体は非営利団体 Vinyl 2010¹³を結成した（図表1-14）。これは生産工程および製品の改善、技術への投資、CO₂および廃棄物の削減、廃棄物の回収およびリサイクルなどを通して欧州の塩ビ業界の持続可能な発展を目指すものであり、2010年を最終年度とする Voluntary Commitment（自主行動計画）を策定している。特にメカニカル・リサイクルシステムの構築とリサイクル率のコミットメントを提示しており、塩ビ樹脂リサイクルの目標20万トンが新規追加され、そのうち10万トンをビニループで行うこととなった（図表1-15、16）。

この進捗状況は2001年以降毎年レポートとして発行されており、その内容がどのように評価されるかが注目される。なお、塩ビに関する批判的な議論は2000年頃に盛んであったが、Vinyl 2010が活動を開始した以降は下火となっている。これは安価な代替物質が見あたらないことと Vinyl 2010の活動によるためと思われる。

このように欧州では塩ビ樹脂リサイクルへの取組みなどが評価されており、デンマークにおいて塩ビ樹脂の高率関税が廃止されるなど、塩ビ樹脂を取り巻く現況は徐々に改善しつつある。

¹³ Vinyl 2010とは、ブリュッセルを本拠地にして2000年3月に結成された、欧州の塩ビ業界（塩化ビニル樹脂・安定剤・可塑剤メーカー、コンバーター）を統括した非営利法人である。

図表 1-14 Vinyl 2010

1995年	・塩ビモノマーおよび硬質塩ビの廃棄物排出削減に関する憲章が欧州塩ビ業界で初めて出される。
1997年	・欧州委員会が全ての塩ビ廃棄物の改善を図る「水平イニシアチブ」に着手する。
1998年	・ECVM(欧州塩ビ製造者協会)は廃棄物排出削減に関する憲章に軟質塩ビを含め、これが Vinyl 2010につながる画期的な出来事となる。
2000年	・欧州塩ビ業界が10年プランのVoluntary Commitment(自主行動計画)に着手する。 ・Voluntary Commitment(自主行動計画)を実行するVinyl 2010が設立される。 ・国際環境NGOのThe Natural Stepが塩ビは持続可能な物質であると認める。
2001年	・Vinyl 2010はVoluntary Commitment(自主行動計画)の改定および拡大に同意する。 ・アニュアルレポートを発刊する。
2002年	・持続可能な発展に関するヨハネスブルグ宣言において、公平かつ持続可能な社会に向けた各産業の重要な役割が強調される。 ・12月16日ベルギー国王令によって、Vinyl 2010は国際非営利組織として法的地位を与えられる。
2003年	・EU委員会および議会、労働組合、各産業を包括する監査委員会が、第一線の研究者を議長として創設される。

(注) Vinyl 2010 ホームページ資料をもとに作成

図表 1-15 欧州の塩ビ樹脂リサイクルへの取組み

期間	2003年 費用 (千万ユーロ)	2002年 費用 (千万ユーロ)	2001年 費用 (千万ユーロ)	処理能力 (万トン/年)	
分野別プロジェクト					
・TEPPFA(欧州プラスチックパイプ取付連合会)	2000-2005	669	740	577	—
・EPPA(欧州塩ビ窓枠関連製品連合会)	2000-2005	724	443	361	—
・ESWA(European Single ply Waterproofing Association)	2002-2005	846	172	0	—
・EPFloor(欧州塩ビ床グループ)	2000-2008	524	245	452	—
・EPCOAT(欧州塩ビコーティング布グループ)	2002-2010	122	363	0	—
試験的プロジェクト・研究開発					
・ACRR(リサイクル対策都市・地域連合会)	2001-	0	145	0	—
・リサイクルプロジェクト(英)	2003-	106	0	0	—
・Watech社のHalosep開発(デンマーク)	2003-	8	0	0	—
<メカニカルリサイクル>					
・EuPR(欧州プラスチックリサイクル)	2002-2003	100	229	0	—
・Solvay社 Ferraraのビニループ開発(伊)	2001-	0	1,840	1,000	1
・Ferrari社のビニループ開発(仏)	2001-	0	0	0	1
・Recovinyl SA(回収、処理、リサイクル)	2003-	100	0	0	—
・REDOP(蘭)	2003-	0	0	0	—
<フィードストックリサイクル>					
・ECVM(欧州塩ビ製造業協会)	1999-2002	—	—	—	—
・DOW/BSL(独)	2001-	109	181	19	1.5
・RGS-90/Stignaes(デンマーク)	2001-	1,001	58	183	5
・Light Concrete(コンクリートに再生)(伊)	2003-	24	0	0	—
エネルギー回収					
・焼却プロジェクト Solvay社・Watech社(スウェーデン)・MVR(独)	2001	—	—	—	MVR 32
その他					
・エネルギー効率調査/LCA	2002-	53	94	0	—
		4,386	4,510	2,593	

(注) Vinyl 2010 ホームページ資料をもとに作成

図表 1-16 プラスチックリサイクルの手法

分類	リサイクルの手法	ヨーロッパでの呼び方
マテリアルリサイクル (材料リサイクル)	再生利用、プラ原料化、プラ製品化	メカニカルリサイクル
ケミカルリサイクル	原料・モノマー化	フィードストックリサイクル
	高炉還元剤	
	コークス炉化学原料化	
	ガス化 油化	
サーマルリサイクル (エネルギー回収)	セメントキルン	エネルギーリカバリー
	ごみ発電	
	RDF	

(資料) (社) プラスチック処理促進協会

第2章 建築物の断熱化に資する樹脂サッシの可能性

塩化ビニル樹脂が多く使用される土木・建築部門の需要（公共投資や住宅投資）は低迷が続いており、今後とも大きな伸びは期待できない状況にある。一方、地球温暖化抑制手段の一つとして省エネ性が高いといわれる樹脂サッシの注目度が高まっており、これが拡大を続けるリフォーム需要と結びつく可能性が出てきている。

1. 開口部高性能化による環境負荷低減

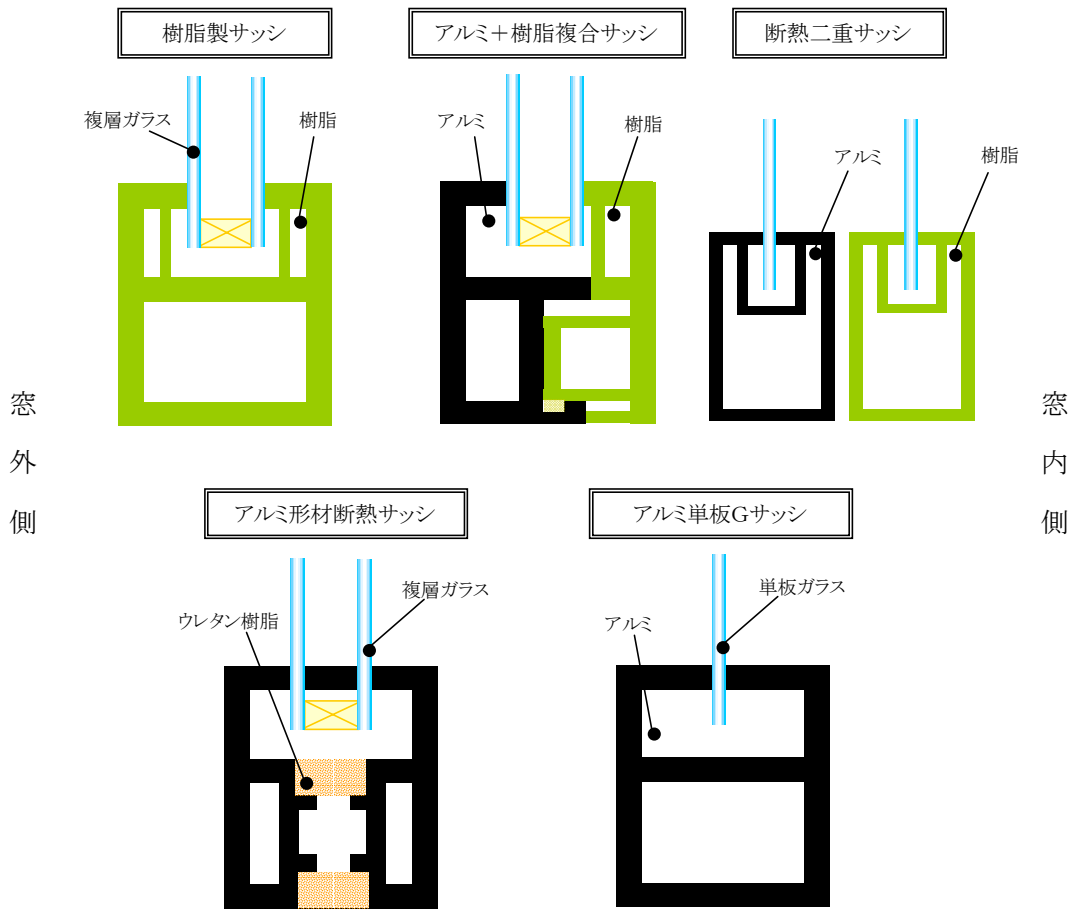
京都議定書発効をめぐっては国際的にはロシアの批准動向などの不確定要素があるものの、国内では2010年度のCO₂削減目標達成に向けて様々な温暖化対策が掲げられている。最近では温室効果ガス排出増加を続ける民生部門の地球温暖化対策が注目されており、建築における省エネルギーを活用しようという動きが強まっている。

建築の省エネルギー対策は大別すると設備的手法と建築的手法に分けられる。わが国ではエアコンや冷蔵庫・照明器具の高効率化などに代表される設備的手法は極めて進んでいるが、建築物の断熱化を始めとする建築的手法の導入は遅れているといわれる。一方、世界的にみると建築物の断熱技術は大きく進歩しており、特に北欧・ドイツ・北米などの寒冷地において広く普及している。しかし、今後たとえ高度な断熱技術（省エネ手法）が新規建築物に導入されたとしても、その耐用年数は工業設備などと比べて長いため、これが広くいきわたるまでには数十年の期間を要する。したがって、こうした新規建築物（フロー）対策だけでなく、既存建築物（ストック）の断熱対策が重要な鍵となる。

建築の断熱技術は様々なものがあるが、開口部の高性能化、すなわち低放射複層ガラスや樹脂サッシ採用はその代表例である。これは寒冷地ばかりでなく、冷暖房を行う地域であれば、温暖地においても大きな省エネ効果を有するようである。

以下では、特に樹脂サッシにスポットをあてながら論を進めていく。以降で樹脂サッシといった場合、①オール樹脂製サッシ、②アルミ＋樹脂複合サッシ（単窓構造、外側アルミ・内側樹脂）、③断熱二重サッシ（二重窓構造、外窓アルミ・内窓樹脂）の3種類のことをいう（図表2-1）。アルミ型材断熱サッシ（アルミ型材を室内側・室外側に分離し、熱を伝えにくいウレタン樹脂型材などでつなぐ）は含まないこととする。

図表 2-1 サッシの種類



(資料) 樹脂サッシ普及促進委員会

2. 樹脂サッシの特徴

2-1. 発展の歴史と海外での普及

樹脂サッシは 1950 年頃にドイツで研究開発され、55 年にヘキスト社が販売を開始した（図表 2-2）。これは 60 年代以降、欧州各国政府が住宅の省エネ化政策を推進したことにより出まわり始め、80 年代前半にはサッシ多様化（高級化、カラー化）ニーズをうけて本格的に普及した。しかし、80 年代後半に国内シェアが飽和状態に向かい始めたドイツやオーストリアでは、サッシメーカーが東欧やアジア地域などの市場開拓に努め、プラントや製造技術を輸出するようになった。

一方、日本での歴史は比較的新しい。1975 年に販売が開始された後に、80 年代前半には省エネ関連賞を受賞するなど、その評価を高めた。需要面は北海道地区を中心に 80 年代前半や 90 年代前半に拡大し、寒冷地では高いシェアを確保した。しかし、その後は、2 度にわたる省エネ基準改正などをうけ注目度が高まっている割には、普及前線は東北地方からはなかなか南下していないようである。

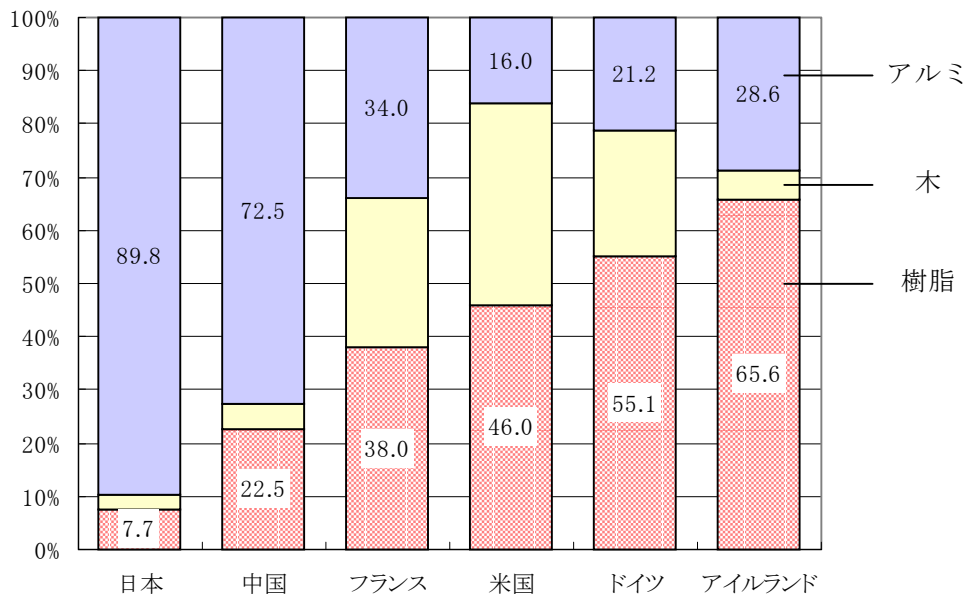
図表 2-2 樹脂サッシの歴史

	西欧、米国の普及状況	日本・アジア・その他の状況
1955年(誕生)	1955年ヘキスト社(ドイツ)が樹脂サッシ開発	日本でアルミサッシ本格化
1960年代	西欧で住宅の省エネ化が活発になる	日本、アルミサッシが鉄サッシを逆転
1970年代	米国で複層ガラス伸長とともに樹脂サッシ開発	1975年日本で樹脂サッシ発売開始 1979年韓国で断熱基準が義務化 ⇒複層ガラスや二重窓が採用
1980年代前半	樹脂サッシ市場シェア ドイツ40%、ベルギー30% サッシの多様化 ①樹脂サッシの高級化、カラー化 ②木製の利点見直し ③アルミサッシとの複合化	樹脂サッシ-建設大臣認定「優良住宅部品」 樹脂サッシ-「省エネルギー優秀製品賞」受賞 北海道で普及進む
1980年代後半	普及率はドイツ、オーストリアで45%台でほぼ一定 フランス、米国、英国でシェア拡大(英国40%) 1989年ドイツ52%、輸出市場開拓活発化	東欧、アジア、中東で製造技術の輸入が活発化 中国、森林枯渇対策で樹脂サッシを本格化
1990年代前半	米国エネルギー政策法で強制色強まる 米国普及率30%(複層ガラスは90%普及)	1992年日本「新省エネ基準」制定
1990年代後半		1999年日本「次世代省エネ基準」制定
2000年	米国普及率46%	中国目標策定 (東北、西北、華北で50%、全国平均で10%)
2002年		中国50万トン/年突破、韓国20万トン/年突破 日本2万トン/年、複層ガラス30%普及 (サッシ数量はPVC換算)

(注) 樹脂サッシ普及促進委員会資料をもとに作成

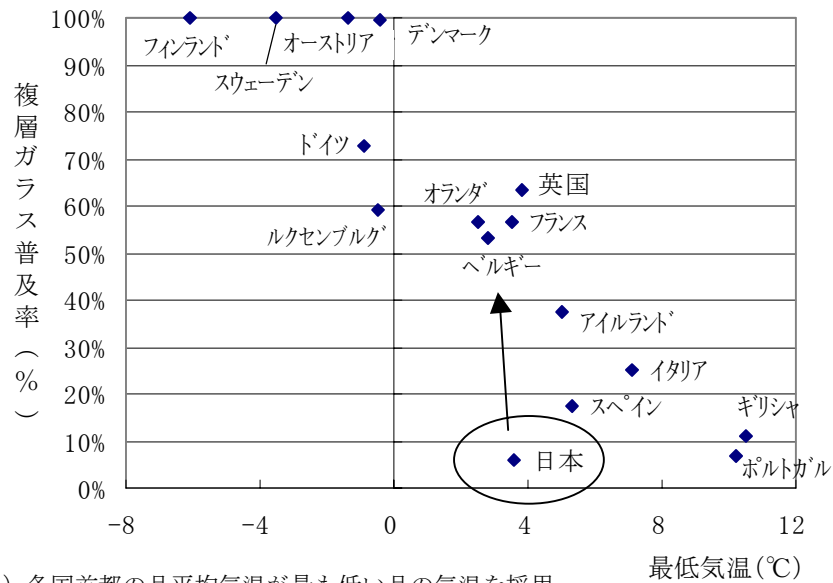
海外ではもともと省エネ規制が徹底されていたこともあって、開口部の断熱技術は高い。特に欧州では複層ガラス普及率がほぼ 100%に近い国もあり、樹脂サッシも広く普及している(図表 2-3)。ただし、各国首都の最低気温と複層ガラスの普及率の関係を見る限り、日本においても複層ガラスにさらなる普及余地があるとみられる(図表 2-4)。最近では、ガラス業界の努力もあってわが国新築住宅では複層ガラスは徐々に普及してきているが、窓枠サッシに関しては依然としてアルミサッシが多く使用されている。

図表 2-3 各国サッシ需要 (2000年)



(資料) プラスチックサッシ工業会

図表 2-4 各国の複層ガラス普及率と最低気温の関係



(注1) 各国首都の月平均気温が最も低い月の気温を採用
 (注2) 板硝子協会、GEPVP (欧州板硝子協会)、World Climate ホームページなどをもとに作成

2-2. 長所

長所としては以下のような点が挙げられる (図表 2-5)。

図表 2-5 樹脂サッシの特徴

性能	評価	コメント
断熱性	◎	熱伝導率1/1,000
気密・水密性	◎	CO ₂ 排出量削減
遮音性	◎	都心部アピール
防露性	◎	結露防止で長寿命化
経済性(使用)	◎	冷暖房費節約
経済性(設置)	△	アルミの2倍以上
防火性	△	防火基準
耐風圧性	△	高層ビルには要検討
多様性	△	雨戸などの取付に要工夫

(注) 樹脂サッシ普及促進委員会資料などをもとに作成

①断熱性・気密性

四季を通して快適に暮らせる家を実現するには、最大の開口部である窓の性能を高め、暑さや寒さといった気象の影響を最小限に抑えることが重要な鍵である。1992年の省エネ基準で建てられた住宅の場合、冬期に窓から逃げる室内の熱は48%、逆に夏期では71%もの熱が室内へと流入

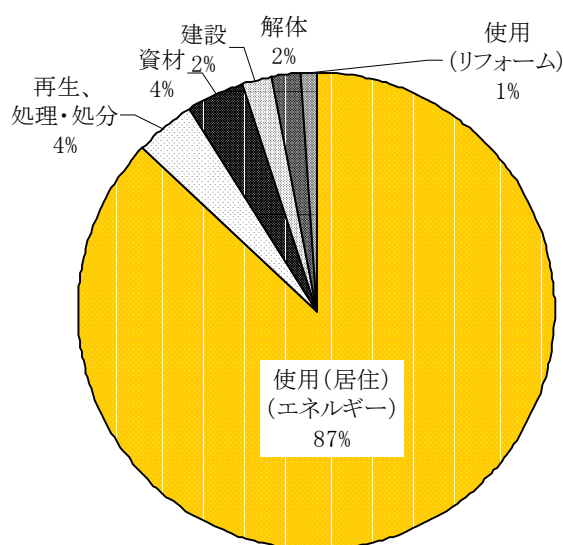
するというデータがある。そこでアルミに比べ熱伝導率が 1000 分の 1 の樹脂を採用することで、高い断熱性を発揮し、四季を通して快適さを保つことができる。また、これは気密性も高いため、すき間風や砂やほこりの侵入をおさえる効果もある。あわせてコールドドラフト（冷射幅）もなくなる。窓の断熱性が良くなれば外気によって室内側の空気が冷やされにくくなり、ヒヤッとする不快感が大幅に解消される。

②省エネ性・経済性（ランニングコスト削減）

住宅のライフサイクルにおける CO₂ 排出量をみると使用時が大部分を占めており、これをいかに抑えるかがポイントである（図表 2-6）。開口部の高性能化によって CO₂ 排出量やランニングコストを大幅削減できるとの試算を、樹脂サッシ普及促進委員会（JMADO）が行っている。

「非断熱アルミサッシ+単板ガラス」を「樹脂サッシ+Low-E 複層ガラス¹⁴」に変えることによる住宅 1 戸当たり（東京地区）の経済性をみると、年間 CO₂ 発生量が約 2.7 トン削減でき、電気料金は 85,000 円節約でき、それぞれおよそ 4 割減少する（図表 2-7）。また、居室のみ暖冷房した場合は、CO₂ 発生量は約 1.1 トン削減、電気料金が 34,000 円節約でき、それぞれ 30% の減少となる模様である。

図表 2-6 住宅のライフサイクル各段階における CO₂ 排出量



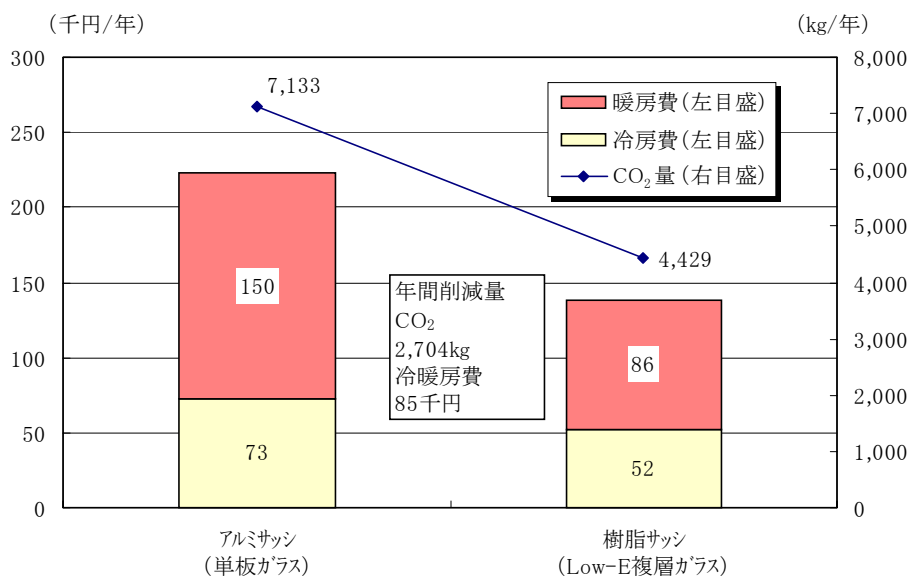
総排出量: 189,386 千トン-CO₂

(資料) (社) 住宅生産者団体連合会

「住宅産業の自主的環境行動計画」

¹⁴ 室内側に特殊金属コーティング（Low-E 膜）を施したガラスを用いて、日射エネルギーを効率よく採取し、暖房熱は特殊金属コーティングによって室内側に反射させ、断熱性能を向上させた複層ガラスである。

図表 2-7 開口部高度化による省エネ効果



(注) 1. 東京地区の平均的な断熱住宅 (1980年省エネ基準) がモデル
2. 夏 27°C、冬 18°Cで全館暖冷房
3. 電気単価は 23 円/kW・h

(資料) 東京大学工学部建築学科坂本研究室 (樹脂サッシ普及促進委員会)

③防露性と建築物長寿命化

開口部の高性能化により結露が発生しにくくなる。窓の結露は、サッシとガラスの断熱性が不十分なことにより発生する。つまり、冬場の冷たい外気によって室内側のサッシやガラス表面が冷やされ、そこに室内の暖気が触れて結露が発生する。

結露を防ぐことは、建物の長寿命化に繋がり、人体への悪影響を防ぐ効果がある。例えば、結露によって発生した水滴や湿気が、カーテン、窓枠や壁を濡らし、壁や床などを腐らせることでその寿命を縮めてしまう。また、結露してうっすら濡れたガラス窓などは、汚れが付きやすく、水分・汚れ・適度な暖かさが揃うと、カビが発生する。水分と汚れを栄養とするカビが胞子を盛んに飛ばすと、ダニがその胞子を食べて繁殖し、ダニの糞や死骸が部屋中にばらまかれる。こうしたカビやダニはシックハウス症候群¹⁵の一要因ともなるようだ。

④遮音性

騒音の多い都市部においては防音効果ニーズは非常に高いといえる。開口部を高性能化することで、窓ガラスを通して室内に侵入する外部の騒音や、ピアノやオーディオなど室内の音が外に漏れるのを防ぐ効果がある。

¹⁵ 新築やリフォームしたばかりの住宅に入居した人に起きるもので、目がチカチカする、のどが痛む、めまいや吐き気、頭痛がするなどの症状がある。

主要都市の条例では住宅地域の騒音許容値を 55dB 以下と定めているが、一般的に車両通行量の多い幹線道路の交通騒音は、道路から 10 メートル離れたところでも約 80dB もあるのが実状である。樹脂サッシに複層ガラスを組み合わせれば、例えば 70dB の騒音があっても約半分の 35dB と大幅に下がり、静かな室内環境を確保できるといわれる。住居者の声によると、犬の鳴声・自動車や雨などの音が聞こえにくくなるようだ。

⑤リサイクル性

開口部高性能化は、結露などを防ぐことで建物の長寿命化に繋がるため、建設廃材発生を抑制し、大きな資源節約となる。また、解体時に大量廃棄をもたらさない、リサイクル可能な住宅づくりはこれからの省エネルギーには欠かせない要素であろう。どんなに長寿命な建物でもいずれは解体されたり、リフォームされることになる。その際に、解体された部品がリユースされたり、リサイクルされることが、環境に配慮した家づくりといえる。

資源循環型社会への対応の一つとして、北海道で樹脂サッシのリサイクルシステム構築の実証実験が行われ、その結果が詳しく報告されている（第 3 章参照）。

2-3. 短所

以上のような長所があるにもかかわらず、住宅取得の際に開口部でアルミサッシが優先されるのは以下のような理由からである。

①防火性

もともと塩ビ樹脂は木や他樹脂に比べて難燃性に優れているが、住宅密集地域では規制上利用できないところが多い。例えば、建築基準法上では防火地域、準防火地域に建設される建物や耐火建築物、準耐火建築物の外壁に設置される開口部のうち、延焼のおそれのある部分には防火戸¹⁶を使用するよう定めており、建物の 1 階部分が隣地境界線の道路中心線から 3m 以内であると、これに該当する。一部の樹脂サッシ製品では防火戸認定を取得しているが、こうした部分への使用は進んでいない模様である。

②強度・耐震性

強度維持のためには樹脂サッシに一定程度の厚さが必要となるため、サッシ面積が大きく（窓の面積が小さく）なり、多少重くなるといわれる。しかし、単純に薄くするだけだと断熱性・気密性が悪くなり、また白色がすぐに黄ばんだりもする。実際に価格競争の激しい中国ではこのようなことを行っており、樹脂サッシの評判を落としているようである。

また、樹脂サッシとアルミサッシとの耐震性を客観的な基準で比較したデータは無いが、樹脂

¹⁶ 遮炎性能もしくは準遮炎性能（建築物の周囲において発生する通常の火災時における火炎を有効に遮るために防火設備に必要とされる性能）の認定を取得していることが必要である。

サッシは枠のコーナー部（四隅）が溶着¹⁷されており、それに対しアルミサッシはビス止めを採用している。それぞれの構造には、強度・耐久性・変形追従性・気密性（隙間風）等に対する特徴を持っているため、建築物の用途によって詳細な検討を要すると考えられる。

なお、耐風圧性にも弱点があることから、高層ビルなどへの使用は限定的となる。

③経済性（イニシャル面）

「オール樹脂サッシ+複層ガラス」と「非断熱アルミサッシ+単板ガラス」との価格を比較すると、高性能な樹脂サッシは、複層ガラスを標準仕様としており、この複層ガラス（2枚）と単板ガラス（1枚）の要素も大きく起因し、一般的には前者が後者の2倍以上¹⁸になっている。なお、住宅メーカー間の価格競争は激しいこともあり、窓枠サッシには樹脂サッシではなく廉価なアルミサッシが使用されることが多いようだ。

④加工方法

加工方法の違いも大きい。通常、アルミサッシはノックダウン方式で出荷する。サッシ工場で製品をパーツとして製造し、これを現地へ運んで組立てる方式のことである。イメージとしてはプラモデルのような感じであり、サッシメーカーが箱入り半製品の形で出荷し、サッシ代理店¹⁹などが施工現場で組立てる。この方式だと施工現場での微調整が可能である。

一方、オール樹脂サッシはサッシ工場段階で、ガラスを嵌めて完成品の形で出荷する（なお、樹脂・アルミ複合サッシはノックダウン方式、樹脂内窓も一部ノックダウン方式で出荷するようである）。また、単板ガラスは定尺発注、複層ガラスはオーダーメイド発注される形が多い。今後はガラス・サッシを一体として考えて、完成品で出荷する方式が増えるとの見方が強い。

⑤消費者の認知度不足²⁰

樹脂サッシに対する消費者の認知度が低いことが最大の課題であろう。これまで消費者の関心は家屋購入時・リフォーム時ともキッチンやバスなど主に水まわりに向き、開口部の高性能化への関心や優先順位は極めて低かったようである。しかし、消費者アンケートをみると、既存住宅に対する遮音性や断熱性に対する不満度は高まってきている（図表2-8）。こうしたことから最近ではサッシ業界も、開口部を高性能化した時の様々なメリットを広く宣伝するようになってきた。

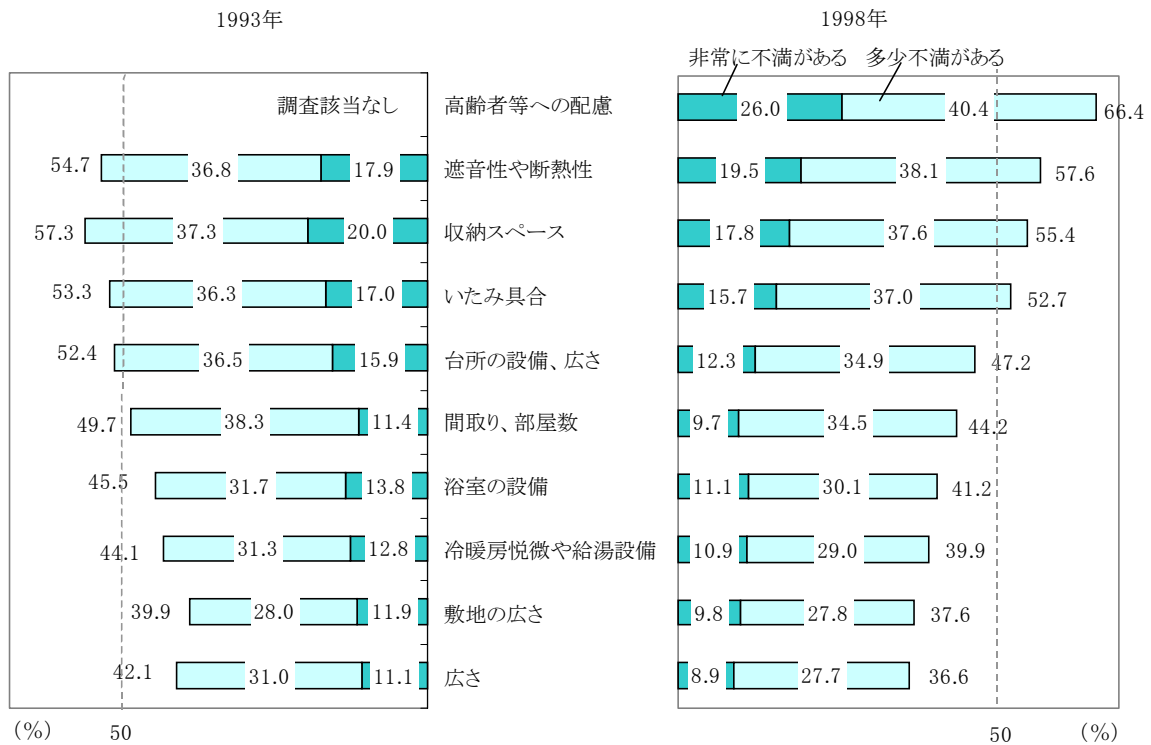
¹⁷ コーナー部分（45度部分）をヒーターで溶かして接着する構造であり、きっちり接着している分だけ断熱・気密性が高くなる。

¹⁸ なお、サッシ業界では古くから「半値八掛け」という言葉がある。例えば、標準的アルミサッシでは、カタログ価格から工務店段階で半値まで割り引き、さらに顧客段階でおよそ8割掛けするというような競争を続けてきた。こうした点も価格差の大きな要因になっているようである。

¹⁹ わが国は現場で加工を行うサッシ代理店の数が多い（国内5,000件以上ともいわれる）。

²⁰ これには樹脂サッシ製品のバリエーションの少なさも関係している。樹脂サッシが広く普及している北海道や北東北地方では雨戸やシャッター付きなどの窓はあまりないので、このタイプのオール樹脂サッシ製品はない。しかし、本州ではこれらのニーズが強いため、樹脂サッシ製品にとって不利に作用している面もある。

図表 2-8 住宅の各要素に対する評価（不満率）



(資料) 国土交通省「住宅需要実態調査」

3. 次世代省エネルギー基準とわが国のサッシ市場

3-1. 次世代省エネルギー基準

今後の建築物の性能を考える上で重要な法規制が1999年に告示された「次世代省エネルギー基準」である。これは地球温暖化防止のために、エネルギー消費量を全国平均で約20%削減を目指したものであり、従来からあった省エネルギー基準²¹をさらに一歩進めたものである。この次世代省エネ基準は世界的にみても一応の水準に達したが、これは地域区分によって大きく異なっている（東京や大阪など都市部が集中している地域では基準が緩やかになっている）。年間暖房負荷の基準値を定め、地域区分も都道府県単位から市町村レベル²²に細分化するなど、より効果的な省エネ住宅の創出に力を入れている。

また、本基準は「住宅に関わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断の基準」及び「同設計および施工の方針」からなる。前者の基準は建築主が住宅を建てる際に必要な性能を規定したもので、後者の基準は設計・施工者の指針とすべき具体的な仕様を定めている。実際に住宅を建てる際には、これらの基準を満たす必要があるが、これまでと違って建てる側が選択できるメニューも含まれており、消費者の視点でまとめられているといわれる。

²¹ 国土交通省が国の省エネルギー法に基づいて1980年に「省エネルギー基準」を制定した。1回目の改正が1992年「新省エネルギー基準」であり、今回が2回目の改正となる。

²² 同一県内であっても地域区分が異なることも多い。

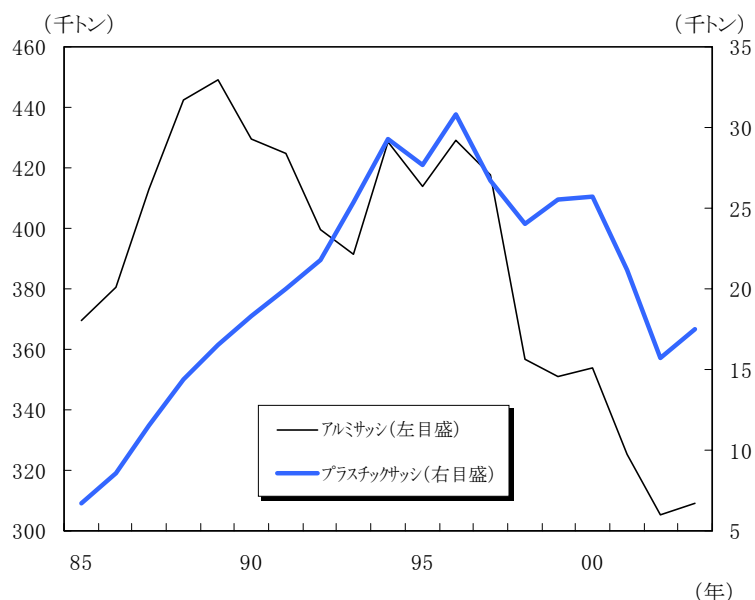
具体的には、住宅を断熱化・気密化することによる冷暖房効果の向上、そして計画的な換気システムの導入などが挙げられている。これにより、冷暖房にかかる直接的なエネルギーを削減できるばかりでなく、窓や壁の結露、土台の腐食を防ぐことによって建物の寿命を延ばすことが可能になり、長期的な視点でのエネルギー削減にも貢献することになる。

この他にも 2003 年 7 月には改正建築基準法により、シックハウス症候群対策が強化された点も見逃せない。シックハウスの原因となるのは建材や内装に使われるホルムアルデヒドやトルエンなどの揮発性有機化合物 (VOC) だといわれており、今回の法改正ではこのような化学物質の室内濃度を下げるために、建材を規制したり、換気設備の導入を義務化することが定められている。このような要請に応えるために、住宅メーカー各社は次世代省エネルギー基準対応の供給を進めており、今年度中にもほとんどの新築住宅が基準対応になるとみられる。

3-2. わが国サッシ市場

2003 年の窓枠サッシの出荷統計をみると、年間ベースではアルミサッシが 31 万トン（うち木造住宅向け 18 万トン）あるのに対し、樹脂サッシは 1.8 万トンとなっている（図表 2-9）。しかも、新規住宅着工の低迷などをうけ、アルミサッシ出荷全体は縮小を続けている。樹脂サッシ出荷もこれと同じように 1996 年 195 万窓を境に減少を始めており、ここ最近では 2000 年 155 万窓から 2002 年 101 万窓と大きく減少している。なお、2003 年にはわずかながら持ち直しの兆しをみせた。

図表 2-9 サッシ国内出荷



(注) アルミサッシは木造住宅用、ビル用の合計値

(資料) 経済産業省、日本サッシ協会、プラスチックサッシ工業会

わが国の樹脂サッシ普及状況は地域により大きく異なる。プラスチックサッシ工業会によると、樹脂サッシ普及率は、北海道では90%以上あるものの、北東北で50%程度、関東甲信越地区では10~20%であり、その他の地域ではほとんど広まっておらず、全国平均7%である。

次世代省エネ基準上の地域区分は、基準が最も厳しいⅠ地域（北海道）から最も緩やかなⅥ地域（沖縄）まで6段階になっている。既にⅠ地域の北海道では開口部断熱化の評価が確立していることから、今後も一定程度の成長は続けるとみられる。

Ⅱ地域の東北では、引き違い窓が中心の北東北地方ではオール樹脂サッシではなく樹脂・アルミ複合サッシがかなり普及してきたようだ。最近では、Ⅱ・Ⅲ地域にかかる甲信越地方で注目される動きが出てきた。長野県が公募した地球温暖化対策のアクションプランで、住環境改革フォーラムが提案した「窓の高性能化（樹脂・木製サッシ等）から始める家庭の省エネ運動」が最高のAランクに選ばれ、県が普及に協力することになった。樹脂サッシ業界は、公民館や老人ホームなど公共建築物を中心に開口部高性能化を行うことで、その認知度向上に繋げようとしている。

それ以外の地域は、風の強さ、陽射しの強さ、気候などに応じた対応が必要であろう。特にⅣ地域に区分されている東京や大阪など大都市圏では環境意識が高まっていること、また沿岸部では塩害によりアルミサッシは腐蝕しやすいことから、樹脂サッシ需要が高まる可能性が大きいといわれる。また、メーカーによる西日本の需要開拓の動きも広がってきたようだ。

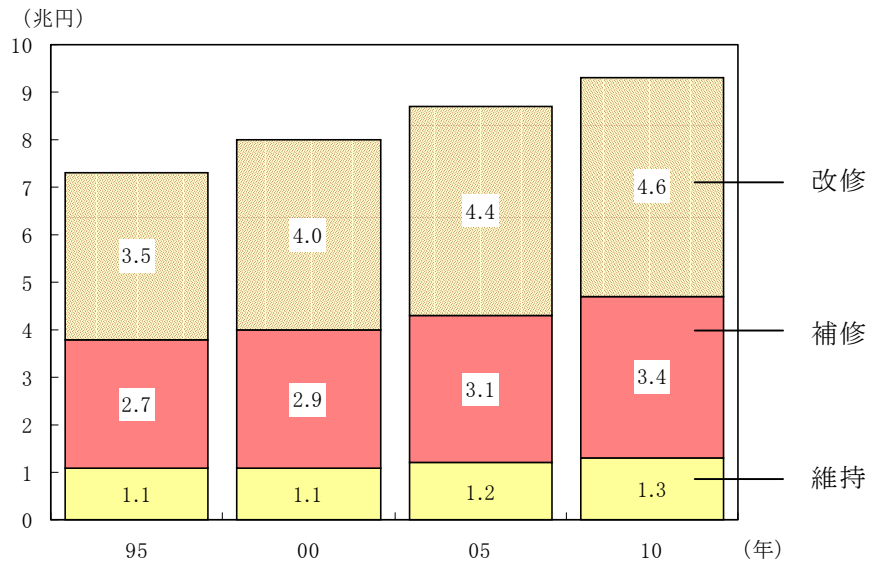
3-3. リフォーム需要の拡大

住宅業界を取り巻く環境はここ数年で大きく変わってきており、新規住宅着工戸数は大きく減少している。長引く不況と少子化を背景にこの傾向は今後も続くことが予想され、業界内の見方でも120万戸/年を大きく上回ることはないだろうといわれる。

その中でリフォーム市場は拡大しており、今後さらなる伸びが見込まれている（図表2-10）。わが国の住宅に対する意識もこれまでのスクラップ&ビルド中心主義から、耐用年数の長い家に長く住むという考えに移行しつつある。長寿命住宅は、構造はしっかりさせる一方、内部設備や配管などは取り替えやすく、メンテナンスがしやすいようにしておくことで、設備の陳腐化や家族構成の変化、加齢によるリフォームにも耐えられるようにするものである。これによるメリットは様々であり、建設業の廃棄物発生を減らすのもその一つである。なお、国土交通省も住宅の耐用年数を2015年には米国並の40年を目標にすると発表している（図表2-11）。

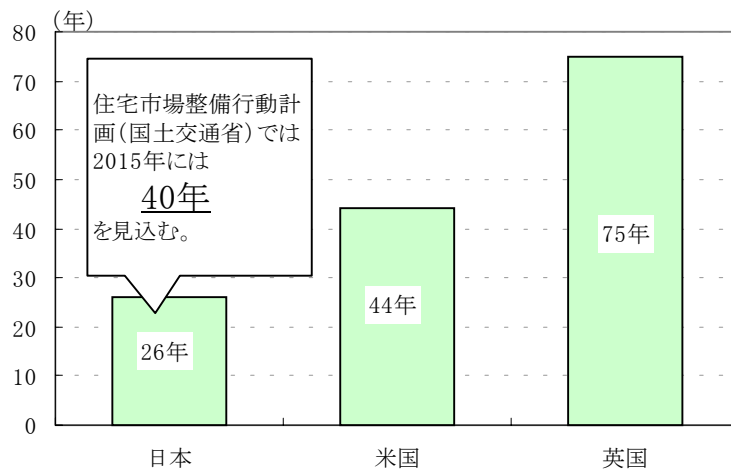
リフォームならばRC、鉄骨、木材という構造問題は関係が無い（外窓交換には規制があるが、内窓は消費者の独断でとりつけてもよい）。そのため、寝室の窓、北面、居室周りのみに樹脂サッシを採用することも可能である。

図表 2-10 リフォーム市場の展望



(資料) 国土交通省「新建設市場の将来予測」

図表 2-11 住宅の平均耐用年数



(資料) 国土交通省

4. 日本メーカーの戦略

樹脂サッシは、これまでメーカーがそれぞれバラバラの戦略を出していたため、普及しないという側面が強かった。しかし、最近では新築住宅市場がシュリンクしていることもあり、樹脂サッシ専門メーカーだけでなくアルミサッシメーカーも、断熱サッシなど高付加価値製品へのシフトを図っており、業界内の協調体制も整いつつある。

なお、わが国サッシメーカーの樹脂サッシ製品は下記のようになっている (図表 2-12)。

図表 2-12 わが国サッシメーカーの樹脂サッシ製品

企業名	製品名	形態	
		外窓	内窓
(株)シャノン	シャノンウインド	○	
トステム(株)	マイスターⅡ、シンフォニー	○	○
YKK AP(株)	プラマードシリーズ、エピソード	○	○
鐘淵化学工業(株)	エクセルウインド	○	
大信工業(株)	プラスト		○
旭硝子(株)	インナーウインド		○
(株)メルツェン	メルツェンサッシ		○
積水化学北海道(株)	リプラウインド	○	
(株)ノハラプラスト	イゾレア	○	
新日軽(株)	アルブラ70、フォルティア	○	

(注) 樹脂サッシ普及促進委員会、各社資料をもとに作成

メーカーの戦略は多様化してきている。例えば、樹脂サッシ業界トップメーカーの(株)シャノンは、国内で生産能力増強を行っている。樹脂サッシ製造は、コンパウンド→押出成形→加工・組立という段階を踏むが、当社はこれまで安定剤・可塑剤ミキシングまでは徳山(山口県、親会社)で行い、押出成形は花巻(岩手県)、加工・組立は花巻、栗山(北海道)で行っていたが、2004年には相知(佐賀県)に第三の加工・組立工場を新設した。これは拡大が期待される西日本需要をターゲットにし、納期短縮や臨機応変のユーザー要望に応えるとともに、輸送コストを大幅に削減するのが狙いである。当社の2002年度売上高は約85億円(販売量約28万窓)であったが、2007年度を目途にほぼ倍増を目指す計画である。

アルミサッシメーカー大手のYKK AP(株)は、断熱サッシに関する戦略を国内だけでなく中国も視野に入れて強化している。中国での工場建設に関する狙いは、中国市場のみならず、「世界戦略工場」として建材部品を生産し、各国のYKK APグループへ供給することであるといわれる。なお、中国国内には3つの製販拠点を設置しており、大連は樹脂サッシ工場、蘇州はアルミサッシ及び樹脂サッシの部品工場、深センはアルミサッシ工場である(工場立地をみるかぎり、気候条件なども考慮して、南部ではアルミサッシ、北部では樹脂サッシの強化を考えているともみえる)。中国では粗悪品が出回ることによって樹脂サッシの品質評価が下がっているといわれている。当社はこれまで型枠材のシステム販売を中心に営業を行ってきたが、こうした状況への対応として樹脂窓の完成品供給を開始することとし、より高品質な製品の供給を目指す。

なお、樹脂サッシの機能はたしかに優れているが、各種規制や既存販売網などの現実を考慮すると、現段階ではオール樹脂サッシにこだわりすぎずに、樹脂・アルミ複合サッシや樹脂製内窓を効果的に使用するのがベターな選択であるという見方もある。業界内での統一された意見ではないが、既存アルミサッシの利点や販売網を生かし、寒冷地域では樹脂サッシ拡大を続け、温暖地域では木造住宅用に断熱サッシ(樹脂・アルミ複合含む)、集合住宅には樹脂製内窓を販売するという考え方もあるようだ。

5. 将来に向けて

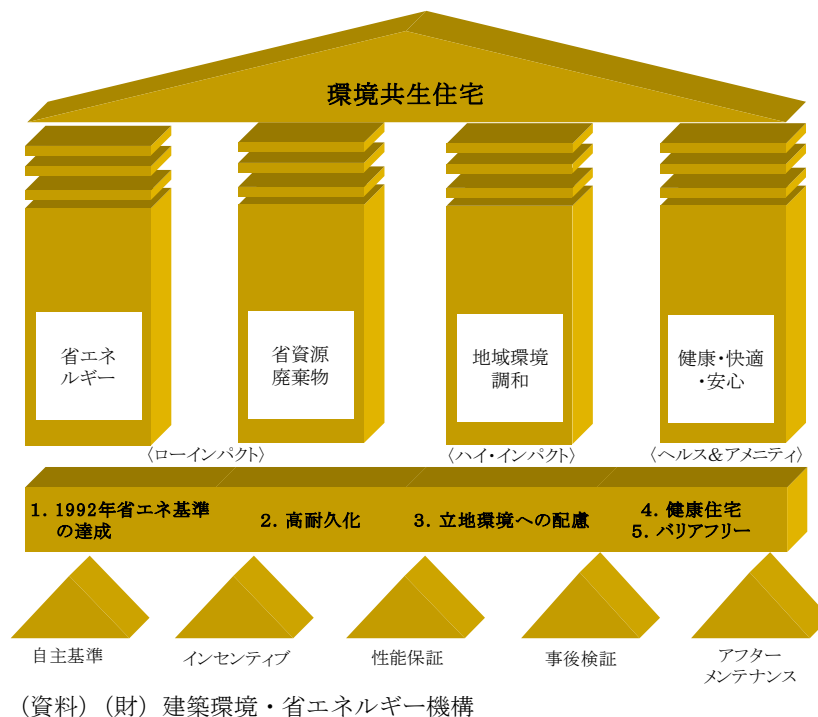
①住宅ストック政策

これまで住宅政策は減税措置により需要の先食いをするといった短期の景気対策的なものが多かったが、今後はもっとビジョンのあるストック政策が必要となろう。

まず、現行の次世代省エネ基準が将来的に義務化されれば（あるいは基準が首都圏などで強化されれば）、高断熱・高气密・計画換気²³を旨とした省エネルギー住宅需要が急拡大する可能性は大きいといえる。なお、住宅業界では省エネルギー・省資源だけでなく、住居者の要求水準の高まりなどをうけ、地域環境との調和、健康・快適・安心にも配慮した住宅ビジョンなどに配慮した環境共生住宅のビジョンを出している（図表2-13）。

現在のわが国では資産価値があるのは土地だけだが、これら高性能住宅に資産価値があるという考え方を広め、その価値を正しく評価する手法を築くことが重要であろう。これまでのわが国の高性能住宅というと耐震性の話が中心であったが、最近では総合的な品質評価が行われるようになってきた。例えば、2002年8月にはリフォーム前後の住宅現況と性能を国土交通大臣指定の第三者機関が正当に評価する「住宅性能表示制度」が施行されている。こうした住宅に関する評価制度が確立することで、消費者と業者間の情報共有が図られることが重要であろう。

図表2-13 環境共生住宅ビジョン



²³ 気密性が高まると汚れた空気は滞留しやすくなるため、計画換気に基づいた設計が重要となる。なお、高气密住宅は換気性能で既存住宅に劣るのでよくないとの意見もあるが、汚れた空気は隙間から自然に入替わるわけではなく、強い風があることで始めて入替えが可能となるようだ。

②国家的政策

より広い観点からの政策として、まず京都議定書上の国際的合意を遵守する必要がある。わが国で最も後手に回っている民生部門のCO₂排出量を削減するためには、開口部高性能化による省エネルギーが必要であろう。

また、国民医療費の低減という視点も重要であろう。国民医療費は現在の30兆円から将来的には倍増するとの見方もあり、これをどうするか関心が高まっている。しかし、住宅と医療を繋げる考え方、つまり住宅の温熱環境が健康に及ぼす影響を医学的に解明することは、あまり浸透していないようである。最近ではシックハウス問題もあって、ようやく住宅と健康に関する国民の関心も高まってきたが、まだまだ世界スタンダードからは遅れているといわれる。

また、建築物を長寿命化させることで建設廃材を減らし、循環型社会構築を加速させるということも重要であろう。

③供給側の自助努力

また、メーカーによる様々なコスト削減努力が重要である。このためにはわが国にあるアルミサッシ生産・販売網をいかに有効活用していくことが大事であろう。

そして、アルミサッシの2～3倍といわれる樹脂サッシの価格低下は非常に重要である。樹脂サッシは市場規模が小さいため、その他経費（設備費、販売費）部分の違いが大きく出るようである。塩ビ樹脂は汎用樹脂の中でも最も廉価であることから、材料費を考えると木やアルミよりも優位性があり、量産化できれば価格は低下するとみられている。

また、2. で述べたように、防火性や強度など性能上の諸問題を克服する必要があるだろう。

④需要側への働きかけ

現在でも樹脂サッシは、一部のホテル店舗、オフィスビルにも使用されているが、リフォーム需要への対応、集合住宅²⁴やオフィスビル²⁵への使用拡大が大きなポイントである。また、関東など集合住宅の多い地域では外断熱工法が徐々に普及してきており、断熱住宅への関心は高まりをみせている。樹脂サッシは耐熱性・自己消火性があるということを世間に広めていけば、防火戸認定を取得している製品を中心にマンションなど集合住宅への使用拡大は大いにありうる。

先述のとおり、消費者の既存住宅に対する不満は拡大しており、潜在的な住宅高度化ニーズは大きいといえる。そこで、メーカーは樹脂サッシ採用住宅に、実際に住んでもらうことでその快適さを理解してもらうことなども考えているようである（実際に樹脂サッシ採用住宅で生活した人々の間の満足度が大変高いという話はよく聞かれる）。今後は暖房の快適性を数値的に把

²⁴ 建築基準法改正によりマンションの窓枠サッシも全て遮炎性能ではなく、準遮炎性能でもよくなった。

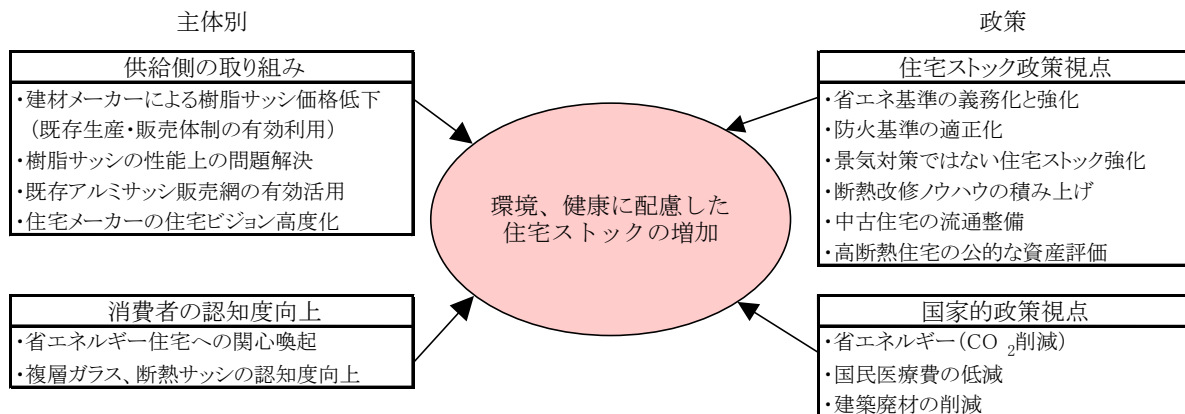
²⁵ 実際に北海道地区では老人ホーム、福祉施設、公営住宅、学校への納入実績が増加している。ただし、建物内部で窓側空調を行うところが多いことや窓が大きいことなどから自ずと限界はある。

握できるようにすること、あるいは過剰冷房の実態と影響²⁶などを調査することも重要であるといえる。

ガラスメーカーは以前から複層ガラスの断熱効果を強調してきて、現在ようやく本格的な普及期を迎えている。物事には段階があるため、まずは複層ガラスの普及期、次に樹脂サッシ普及期が訪れるという形になる可能性もある。エンドユーザーの立場を考えると、せっかく複層ガラスを採用したのに窓枠部分が結露したというのでは意味が無いので、今後は樹脂サッシを含めた高断熱サッシを採用していく流れになるのではとの見方がある。

ただし、メーカーが樹脂サッシの省エネ性など環境に優しい面だけを訴えても、価格に厳しい消費者の反応は鈍いものとなろう。今後は環境に優しいということを LCA 的に数値評価して発表することや、消費者にとっても快適性向上やコスト（ランニングコスト削減によりイニシャルコストの分を回収できること）削減などメリットがある点を強調しつつ、サッシメーカー、ガラスメーカーともイニシャルコスト削減に取り組むことが重要となろう。

図表 2-14 今後の課題



(注) 各種ヒアリングなどをもとに作成

²⁶ 女性が腰から下を冷やすことでどの程度のストレスを感じるかなど。

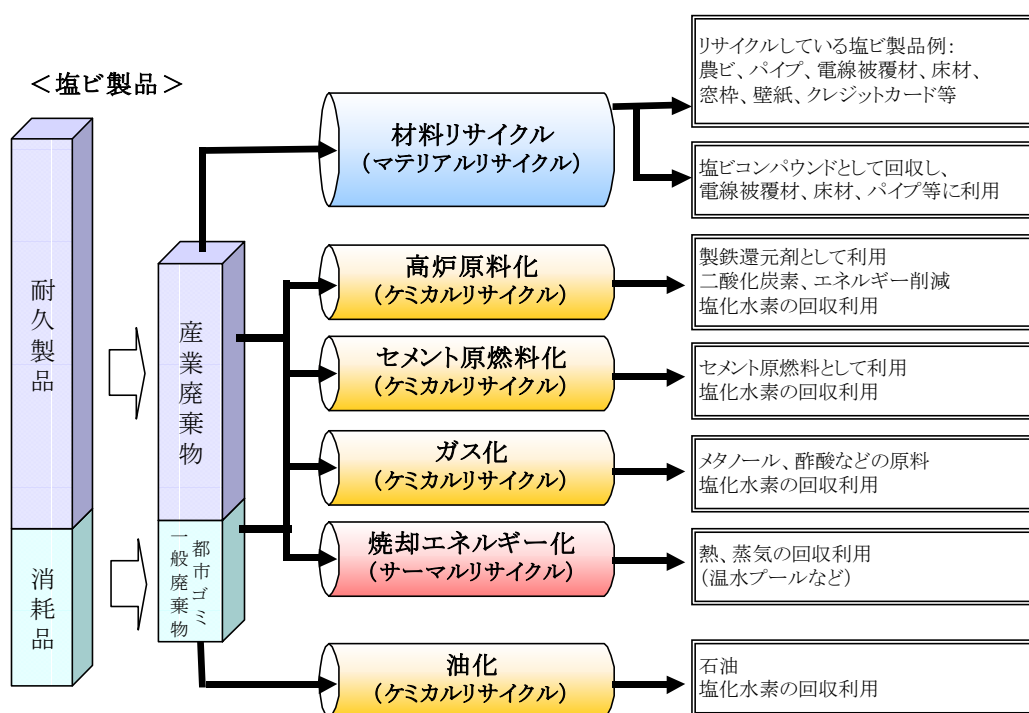
第3章 塩化ビニル樹脂リサイクル

塩ビ樹脂の国内市場の本格的な立て直しのためには、使用後処理の不透明感払拭、すなわちリサイクルシステムのさらなる整備は欠かせないだろう。本章では、リサイクルの現状、リサイクル技術の多様化、社会システムの構築（入口と出口の整理）などを中心にみていく。

1. リサイクルの現状

プラスチックのリサイクルには、大きく分けて、マテリアルリサイクル（物理的手法によりプラスチック製品に戻すリサイクル）、ケミカルリサイクル（化学的手法で原料となる物質に変えるリサイクル）、サーマルリサイクル（燃焼熱を回収利用するリサイクル）の3種類がある（図表3-1）。

図表3-1 塩ビ樹脂のリサイクル方法



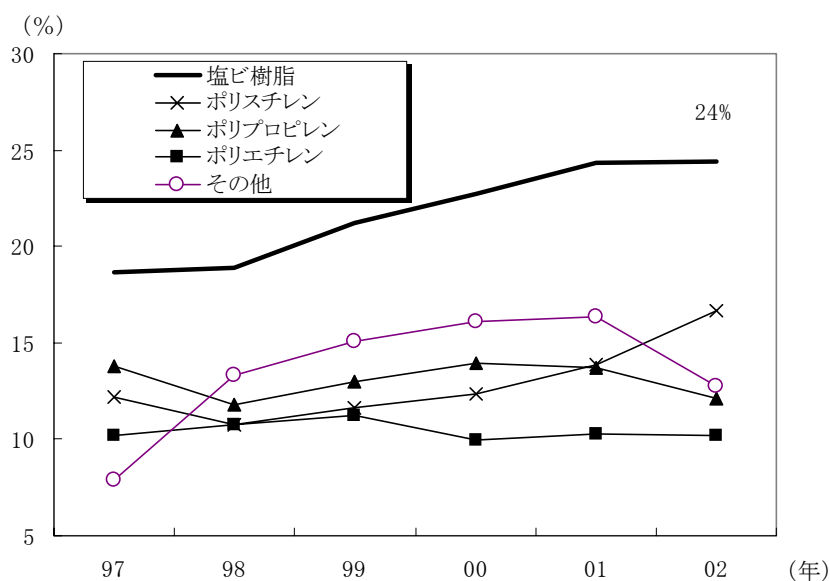
(資料) 塩ビ工業・環境協会

本来、各種製品は可能な限りマテリアルリサイクルをするのが理想である。塩ビ樹脂は長期間利用しても材料の劣化が少なく、塩ビ管・継手、農ビや電線被覆材などの集荷体制が確立し、再生品の用途展開が比較的進んでいたため、マテリアルリサイクル率はプラスチック全体と比べて高くなっている（図表3-2、3）。しかし、リサイクル率をさらに上昇させようとする、今度

は劣化品あるいは汚れのひどい製品が対象になってくる。また、量が多くなれば再生品の用途開発や販路の確保など非常に難しい問題も増えてくる。加えて、プラスチック製品は繰り返しリサイクルできるわけではない（品質はカスケード的に劣化していく）ので、自ずと限界がある。したがって、回収やリサイクルのコスト・手間を考慮して、ベストミックスを考えることが望ましいであろう。

また、資源有効利用促進法施行に伴い、塩ビ管・継手は「特定再利用業種²⁷」、建材5品目（管、窓枠、雨樋、壁紙、床材）は分別回収の促進のため「指定表示製品²⁸」に指定された。なお、後者は分別回収が求められるが、マテリアルリサイクルの出口を有するのはグリーン購入法で3品目が指定された塩ビ管・継手、それと断熱サッシのみである。このように法律上で分別回収が求められるようになったため、工場端材や新築工事時に発生した使用済み塩ビ樹脂の回収・再利用は徐々に進んでいる模様である。

図表3-2 樹脂別マテリアルリサイクル率

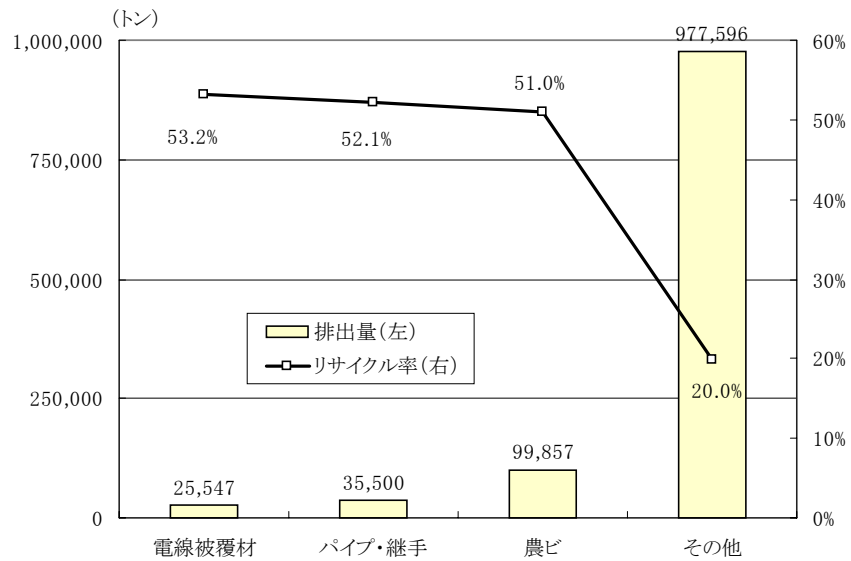


(資料) (社) プラスチック処理促進協会「プラスチック再資源化フロー図」

²⁷ 再生資源又は再生部品を利用することが技術的及び経済的に可能であり、かつ、これらを利用することが当該再生資源又は再生部品の有効な利用を図る上で特に必要なものとして政令で定める再生資源又は再生部品の種類ごとに政令で定める業種をいう。

²⁸ それが一度使用され、又は使用されずに収集され、若しくは廃棄された後その全部又は一部を再生資源として利用することを目的として分別回収をするための表示をすることが当該再生資源の有効な利用を図る上で特に必要なものとして政令で定める製品をいう。

図表 3-3 塩ビ製品別リサイクル率

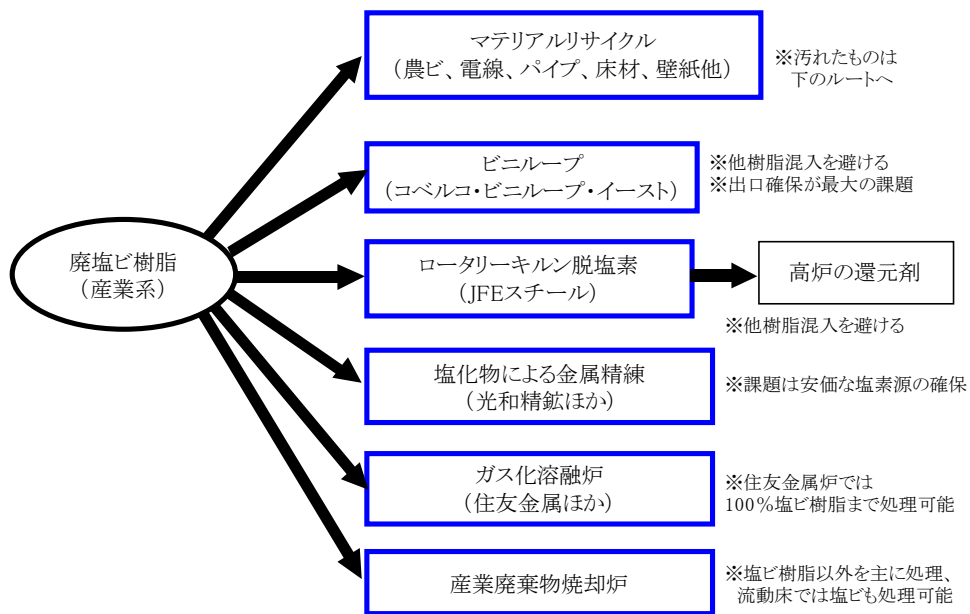


(注) (社) プラスチック処理促進協会、塩化ビニル管・継手協会、日本施設園芸協会、電線リサイクル検討会資料などをもとに作成

2. リサイクル技術の多様化

以上のような背景から、塩ビ業界はケミカルリサイクルの推進に注力している。以下では、工場端材や新築工事現場からの排出など純度の高い塩ビ樹脂の再資源化技術を中心に整理する (図表 3-4)。

図表 3-4 リサイクル技術の多様化



(注 1) 上にあるほど純度の高い使用済み塩ビ樹脂を使用

(注 2) 塩ビ工業・環境協会資料、各種ヒアリングをもとに作成

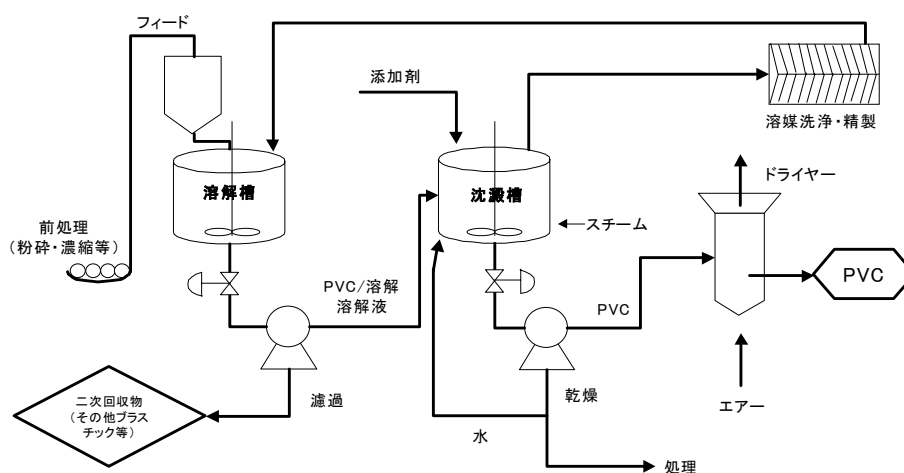
①ビニループ

神戸製鋼所グループの(株)神鋼環境ソリューションとソルベイ社²⁹の日本法人である日本ソルベイ(株)が、2004年1月に合弁で(株)コベルコ・ビニループ・イーストを設立し、日本国内での塩ビ樹脂系廃棄物のリサイクル事業に参入した。同社は廃棄物から塩ビ樹脂だけを抽出するソルベイ社の技術(ビニループプロセス)を導入、千葉県富津市内で2006年初頭の事業開始に向け準備中である。プラントの処理能力は26,000トン/年、再生PVC生産能力18,000トン/年を予定している。

塩ビ樹脂は管や農業用フィルムなど単独で排出されるケースが多いが、他のプラスチックと混ざったり、コンクリート・紙・金属との複合素材になると、マテリアルリサイクルが難しくなり、たとえリサイクルできても付加価値の低い用途になってしまう。ビニループは、塩ビ樹脂を含む混合廃プラスチックや複合素材から、塩ビ樹脂だけを低コストで分離回収する技術である。これまでも微粉碎技術により異物を分離したり異物を分離せずに再生品に練り込んでしまったりプラスチックの比重の違いで塩ビ樹脂を分離回収したりする技術はあったが、ビニループ技術では高純度回収³⁰が可能であるといわれる。

処理技術フローは大まかに下記の通りである(図表3-5)。まず、受入れた混合廃プラスチックを適当なサイズに粉碎する(予備粉碎工程)。これを塩ビ樹脂だけを選択的に溶解する溶剤で満たしたタンクに入れ、かき混ぜる(溶解工程)。すると、塩ビ樹脂だけが溶剤に溶け込むので、ろ過することで、塩ビ樹脂以外のプラスチックを取り除くことができる。次に溶剤中にスチームを吹き込み溶剤を蒸発させ、塩ビコンパウンドを抽出する(沈殿工程)。また、蒸発させた溶剤を冷却凝集させ、溶解工程に循環再利用する(溶剤回収工程)。また、乾燥させた溶剤を冷却凝集させ、溶解工程に循環再利用する(溶剤回収工程)。

図表3-5 ビニループ



(資料) (株)コベルコ・ビニループ・イースト

²⁹ ベルギーの化学大手メーカーであり、世界第4位の生産能力を有する。

³⁰ 正確にいうと、高純度の塩ビ樹脂ではなく、高純度の塩ビ成型材料である。電線被覆やフィルム、パイプなどに使う塩ビには、柔軟性を持たせるための可塑剤や安定剤などの添加物をそれぞれの用途に最適なバランスで加えている。ビニループはこうした添加剤も一緒にリサイクルするものである。

本プロセスは、有機溶剤を用いたマテリアルリサイクルプロセス（混合廃プラから塩ビコンパウンドとその他プラを分離）、完全クローズドプロセス（溶剤は全て回収・リサイクル利用）、3工程からなるバッチプロセス（溶解・分離・沈殿工程）という特徴がある。

大きな特徴は溶剤を使用することである。ある種のケトン系溶剤は塩ビ樹脂だけを選択的に溶かす溶剤であり、市販されている汎用品である。この溶剤を使って塩ビを分別回収する技術は昔からあったが、溶剤に溶け込んだ塩ビを経済性のあるコストで回収する技術がなかったため、実験段階にとどまっていた。真空状態で溶剤を揮発させて塩ビを回収することが考えられたが、エネルギー効率や残留溶剤の点から、コスト的に見合わなかったようである。

そこで水蒸気を利用するのが、この新しい発想である。塩ビが溶けこんだ溶剤をかき混ぜながら水蒸気を吹き込むと、その熱で溶剤が徐々に蒸発する。溶剤と水は混ざらず、分離した状態になっている。かき混ぜているので見た目はわからないが、ミクロにみると、溶剤の中に無数の小さな水の玉が浮遊している状態になる。さらに水蒸気を吹き込み続けると、ある段階で溶剤の量と水の量が逆転し、水の中に溶剤の玉が浮遊する状態になる。溶剤の量が減って溶けきれなくなった塩ビ樹脂は、顆粒状になって水中に析出しタンクの底に沈殿していく。最終的には溶剤が全て蒸発し、純度がほぼ100%の顆粒状の塩ビ樹脂が回収される。蒸発したケトン系溶剤は回収後、洗浄・精製して再び溶解工程に使用する。

この利点としては、①あらゆるタイプの使用済み塩ビ樹脂の処理に有効である（特に塩ビ樹脂が他材料と結合している場合）、②あらゆるタイプの混合系プラスチックに有効である（ポリスチレン、メタアクリル樹脂、ABS樹脂等は塩ビ樹脂とともに析出）、③新しい形の再生塩ビコンパウンド（マイクロペレット）ができる（これに添加剤（レジン・可塑剤・安定剤・フィラー・顔料・等々）を添加して再生品の成分調整をすることも可能である）、④クローズドループのサイクルである（再生前と同じ用途への再利用が可能）、⑤二次回収物中のPVC濃度が低い（1%未満）などが挙げられる。

再生品の特徴としては、年間を通して安定した量を安定した価格で供給可能である（ナフサ価格などに左右されない）、他の再生品と比較して品質が保証できる、工場の廃棄物を回収し再利用が可能である、などが挙げられる。サンプル試験で、電線、農ビ、壁紙、ターポリン、床材、雨どい、自動車ワイヤーハーネス、シュレッダーダスト等を処理したところ、いずれも問題がなく塩ビ樹脂を顆粒状に再生可能であることを確認した。品質面では農業ビニルや電線被覆材は、再度製品としての利用が可能であるという評価を得ている模様である。

この技術の最大の課題は出口確保であろう。さしあたってリサイクル性向上といった環境へのインパクトという側面を前面に押し出すが、バージン原料からの塩ビ樹脂市場がシュリンクする中でコストに見合うだけの再生塩ビ樹脂市場拡大を図れるかどうかのポイントである。再生品（出口）のラインアップは純度によって3レベル（付加価値、低・中・高）程度を考えているようだが、市場からの信頼を得るまでは既存のリサイクル品との競争と言う観点から初期の入口価格設定で苦勞する可能性はある。

また、変形のマテリアルリサイクルであるが故に、劣化した使用済み製品をどこまで受入

れられるのかもポイントとなろう。なお、同社の分析結果では、既存の農ビリサイクル工場が「劣化品」として処理できずに埋立処理している塩ビ樹脂も劣化の原因は殆んどが可塑剤の消耗による硬化であり塩ビレジン分子構造には何らの損傷も受けていないことが検証されている。ビニループではプロセス中で可塑剤の追加調合が可能のため劣化農ビも元の成分に戻すことができるので、劣化品（埋立処理品）の再生こそビニループの一大特徴（利点）と言える。ただし、農業用ビニルなどは排出時期に季節性が大きいので、それをどのような割合で受入れて捌いていくかがポイントとなろう。

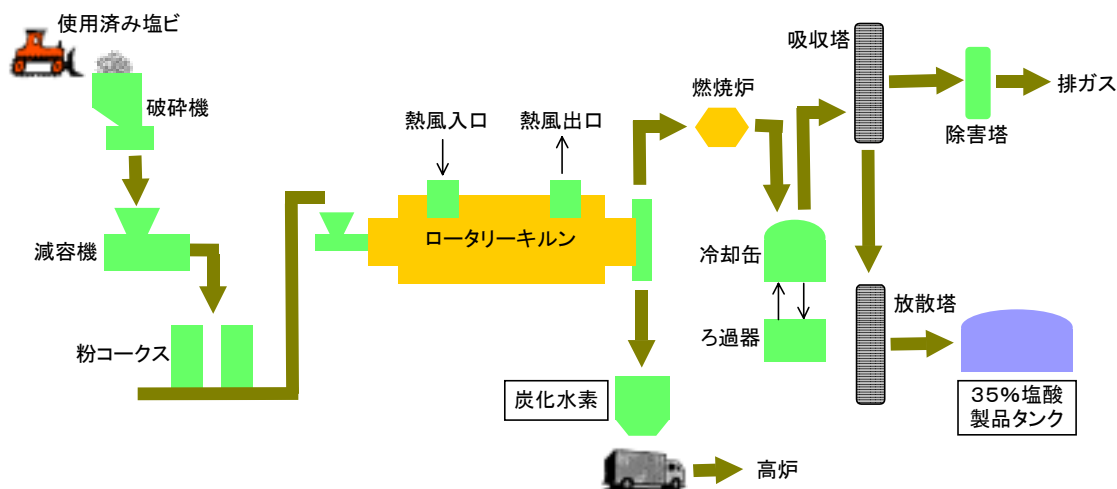
他にも解決すべき課題としては、再生品中の微量残存異物の最少化、処理コストの低減化、分離異物のマテリアルリサイクルなどが挙げられるが、ビニループの技術的先進性は大きく、また将来的な技術改良の可能性（連続プロセス、特定安定剤やフィラー等の除去、低エネルギー消費化、等々）を持っており、業界内でも今後の拡大が期待されている。なお欧州では、2002年2月よりソルベイ社が本技術を用いてイタリアのフェラーラ市にて商業1号機を既に稼働させている（処理能力：10,000トン/年、処理対象物：電線被覆材、再生PVC：8,500トン/年）。今後ソルベイ社は当プラントをスペイン、フランス、ドイツ、ベルギーなど欧州各国にも展開していき、また自動車のASR処理工程から出てきた廃プラスチック類（塩ビ樹脂濃度の高いもの）を、ビニループプロセスでリサイクルする実験も行われるとも報じられている。

②製鉄高炉還元材利用

使用済み塩ビ樹脂を製鉄原料として自社プラント内で有効利用するのがJFEスチール（株）の技術である。同社は既に使用済みプラスチックの高炉吹込みによる鉄鉱石還元材としての利用を商業ベースで実施しているが、その中で塩ビ樹脂は、高炉内で塩化水素を生成するため、炉の腐食防止など設備保護の観点から、現状では除外されている。さらなるリサイクル推進のためにはその有効利用を図る必要があり、2004年5月から本格稼働した。

本プロセスの特徴は、①100%有効利用されるリサイクルシステム（炭化水素は鉄鉱石の還元材として、塩素は塩酸として回収され、自社で有効利用）、②対象物の幅が広いリサイクルシステム（劣化や汚れが激しい使用済み塩ビでもリサイクル可能、他素材との複合塩ビも対応可能）、③CO₂削減に貢献するリサイクルシステム、ということである。

図表 3-6 JFE スチール (株) の塩化ビニル高炉原料化プロセス



(資料) JFE スチール (株)

プロセスの概要としては上図の通りで、主として前処理、熱分解、塩酸回収工程の3つからなる(図表3-6)。前処理工程は破碎機、減容機からなる。まず、使用済みの塩ビ樹脂は破碎機で適切な大きさに破碎し、受入ホッパ³¹に送られ、製鉄原料の小粒コークスと混ぜられる。

熱分解工程では、造粒した塩ビ樹脂がコンベヤーで外熱方式のロータリーキルン(長さ20m、直径2m)に運ばれ、キルン出口ガス温度325~350℃の条件で塩ビ脱塩素反応を行う。外筒に流通した熱風によって内筒が間接加熱され、塩ビ樹脂は窒素雰囲気下の内筒で蒸し焼きされ炭化水素と塩化水素に熱分解される。炭化水素はクーラーで冷却後、解砕機にかけてコークスを分離後(コークスは再利用)、高炉還元材として使用される。

窒素雰囲気下にするのは無酸素雰囲気に設定することで炭化水素の燃焼と有害物質の生成を抑制できるからである。コークスを投入するのは、伝熱の改善、加熱時の塩ビ樹脂粒子の凝集、キルン内壁への付着を防止するためである。

塩酸回収工程では、塩化水素を含む熱分解ガスを燃焼炉において温度1,300℃、滞留時間2秒以上の条件下で高熱処理し、その後急激に冷却(70℃)する。吸収塔にて塩化水素を水に吸収し24~25%程度の粗塩酸を得る。さらに放散塔にて濃度35%の無色透明な工業用塩酸に蒸留する。この回収塩酸は鋼板の表面スラッジ除去用に使用される。排ガス処理工程では、微量の塩化水素が含まれるガスを除害塔にて苛性ソーダで中和した後に、大気中に放出する。

歴史的には1996年から福山にて基礎検討を開始(5kg/h)、1998年には(社)プラスチック処理促進協会、塩化ビニル環境対策協議会(JPEC)との共同研究で1,000トン/年(0.1ト

³¹ 受入ホッパには、硬質塩ビは破碎後そのまま行くが、軟質塩ビは100~120℃で乾燥させ、減容機に投入してこぶし大の大きさに減容してから送られる。

ン/h) 規模の実証実験を行い、1999 年には NEDO 助成金を受け (社) プラスチック処理促進協会、塩ビ工業・環境協会 (VEC) との共同で塩酸回収も含めた 5,000 トン/年 (0.75 トン/h) 規模の設備を建設し、実用化研究を実施した。昨年 4 月には 8,000 トン/年 (1.13 トン/h→300 日稼動) 程度までの操業条件を確立した。

課題は、他のプラスチックリサイクル設備と比べてコスト高な点であろう。本工程で使用する使用済みプラスチックは混入物が少なく、塩ビ樹脂濃度が高いもの³²である必要がある。したがって、容器包装プラスチック混入の塩ビ樹脂などはターゲットとならず、基本的には産業廃棄物がターゲットとなる。

しかし、同社の優位な点は何といっても、使用済みプラスチックの高炉原料化で大きな実績があることである。多種多様な業者が混在するリサイクルビジネスの中にあって、実績があり信頼度が高いというのは大きな武器である。しかも、製鉄所の立地やインフラをフルに活用できることが大きく、例えば既存の物流インフラの活用による物流コストの抑制が可能となる。また、副産物は自社製鉄所内で全て有効利用するため、プロセス上、出口問題に不安がないことも大きいといえよう。

③塩化揮発法による非鉄金属精錬

金属精錬業も塩素系廃棄物のリサイクル先として注目されるが、その代表例としては光和精鉱 (株) の技術が挙げられる。製鉄所の集塵ダストから塩素を使って鉄などの有価金属を回収する塩化揮発法 (金属を塩化鉄、塩化亜鉛などの塩化物として回収する方法) は、全く独自の塩素利用技術として注目されている。取り出した製品のうち高純度のもは製鉄原料、低純度のもはセメント原料に使用され、同時にこの時に発生する塩素も塩化揮発法の中で有価金属の回収に有効活用される。

この塩化揮発法は廃棄物中の塩素濃度を気にしなくて良いのが強みであるといわれる。現在のところ、脱塩装置などの技術やコストをかけずに、熱源として塩ビ樹脂を積極的に利用できる日本唯一のプラントであるとのことである。

④ガス化

また、リサイクル方法としてガス化も注目される。塩ビを高温で分解すると、塩化水素、水素、一酸化炭素などの有益なガス成分にリサイクルできる。このプロセスから得られる水素、一酸化炭素は、アンモニアやメタノールの製造やガス燃料として発電等に使用され、塩化水素 (塩酸) は化学原料や工業薬品として広く利用される。宇部興産 (株) / (株) 荏原製作所 (EUP) や昭和電工 (株) は、加圧 2 段ガス化炉によるプラントを稼動させており、容器包装リサイクル法に対応している。

またガス化溶融システムも注目される。廃棄物はこれまでほとんど焼却処理されてきたが、ダ

³² 熱可塑性樹脂の混入の多いものは工程的に問題を引き起こす可能性がある。

イオキシン問題や最終処分場の枯渇、リサイクル推進等の点で、従来の焼却処理では十分な対応ができなくなっている。ガス化溶融炉は、まず廃棄物を蒸し焼き状態でガス化し、その可燃性ガスを燃やして、残りの無機分を溶融して減容する廃棄物処理装置である。

この中でも新しい「ガス改質型」タイプが実用化を目指している。この方式の特徴は、ガス化して取り出した可燃性ガスを無機分の溶融に使わず、精製して塩素や硫黄を取り除き、工業原料や内燃エンジンの燃料に使う点である。住友金属工業（株）は、従来型のシャフト炉³³を超えた新しい技術を実用化した。これは事前乾燥、酸素利用、高温溶融、生成ガス急冷技術を取り入れたシステムで、コークス等の助燃剤を使用することなく、安定的にガス化溶融できるシステムである。処理対象物は可燃性一般廃棄物に限らず、可燃性産業廃棄物、汚染土壌、シュレッダーダスト等の溶融無害化処理が可能である。

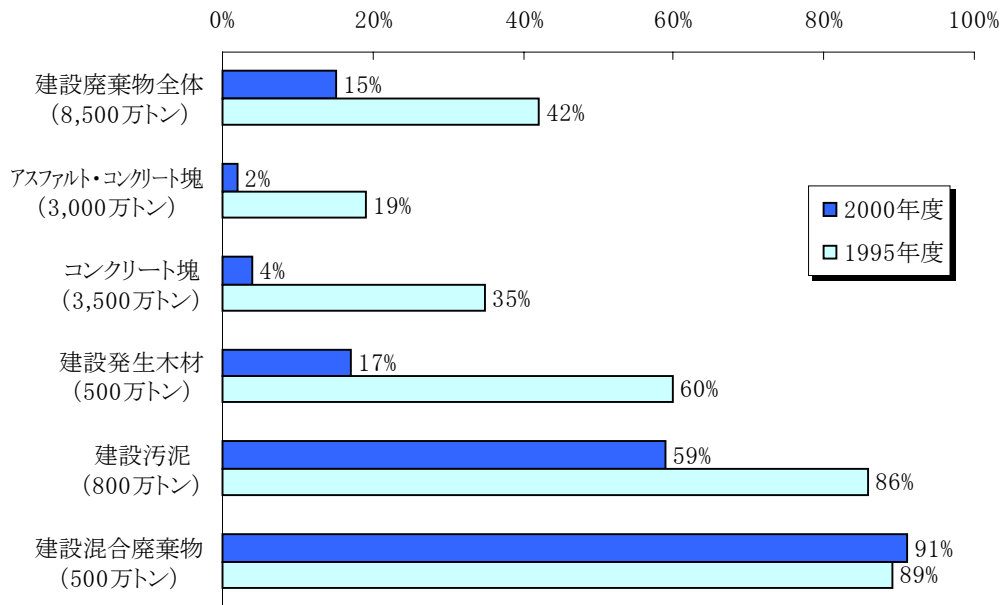
住友金属工業と塩ビ工業・環境協会が共同実験した結果によると、使用済み塩ビ樹脂製品を用いても安定的に操業できること、ダイオキシンがガス中及び固体成形中でも国の規制値以下であること、高品質スラグを回収できること、多用途に利用できるエネルギーガスを製造し、ガスエンジンやガスタービン等を用いた高効率発電が可能であること、塩素回収の基礎試験ではいずれのサンプルでも90%以上の塩素がガス中に移行しており塩酸として回収や再利用できる見込みであることなどが確認されており、今後の拡大が期待される技術であるといわれる。

3. 社会システムの構築～入口と出口の整理

今後、最も課題となるのは解体建築物の廃プラスチックであろう。建設リサイクル法施行に伴い、アスファルト・コンクリート塊、コンクリート塊、建設発生木材の3品目が「特定建設資材廃棄物」として再資源化が義務化され、最終処分にまわる分は着実に減少している(図表3-7)。今後は指定品目の追加がなされることも考えられ、建設混合廃棄物中の木くずや石膏ボードの再資源化が進んできているため、次は廃プラスチックがターゲットであるとの声もある。なお、解体系建築物の廃プラスチック中の塩ビ樹脂比率は80%弱と非常に高く、品目別には下水管、壁紙、雨樋、床材などが多い(図表3-8)。以下ではこれらの解体建築物の廃プラスチックを利用しようという新しい動きについて取りあげる(基本的には塩ビ工業・環境協会資料をもとにしている)。

³³ 「シャフト炉型」はごみの熱分解と灰分の溶融を筒状の堅型炉内で同時に行う、効率的でシンプルな「一体型」であり、ダイオキシン類抑制や高品質スラグ回収ができる。

図表 3 - 7 建設廃棄物の最終処分率



(資料) 国土交通省「建設副産物実態調査」
 (注) 名前の中の数字は 2000 年度の排出量

図表 3 - 8 解体系建築物中の廃プラ部材・部品別の排出量とその割合

順位	部材・部品別中分類	廃プラスチック 原単位 (kg/m ²)	廃プラスチック 割合 (%)	使用樹脂とその割合
1	下水管	0.47	18.1	PVC硬質(100%)
2	壁紙	0.33	12.8	PVC軟質(100%)
3	雨樋	0.26	9.9	PVC硬質(100%)
4	発泡成形体	0.24	9.1	発泡PS(57%)、PUR(39%)、PE(4%)
5	電線	0.20	7.7	PVC軟質(98%)、PE(2%)
6	ペランダ床材	0.13	4.9	PVC硬質(92%)、PE(2%)
7	ルーフィング(防水シート)	0.11	4.3	PVC軟質(100%)
8	ガスケット・ウェザーストリップ類	0.10	3.7	PVC軟質(97%)、PVC硬質(2%)
9	床シート	0.06	2.4	PVC軟質(100%)
10	上水管	0.06	2.2	PVC硬質(65%)、PE(35%)

(資料) (社) プラスチック処理促進協会
 「建築解体廃棄物中の廃プラスチック再資源化のための基礎調査」

①使用済み塩ビ管のリサイクルシステム構築

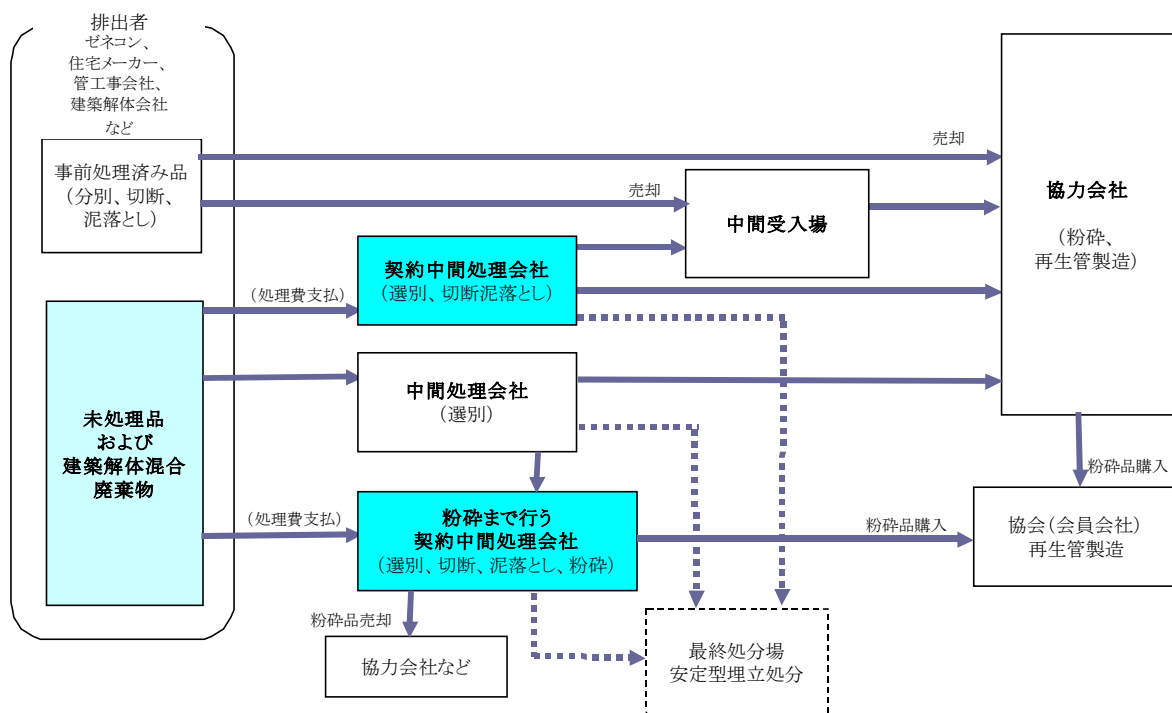
塩化ビニル管・継手協会は、使用済み塩ビ管・継手のリサイクルを促進するため、汚れ落としや異物除去をしていない廃材でも受け入れる「産業廃棄物中間処理会社」を受入拠点に加えてリサイクル拡充システムを 2003 年 12 月より開始した。原則、排出事業者から持込ま

れた製品は全て受取ることによって不法投棄をなくすことを狙う（図表3-9）。

同協会は1998年12月に全国各地域の塩ビ再生会社とリサイクル協力会社と契約して使用済み塩ビ管リサイクルを開始以来、受入拠点を増設し、現在では協力会社17社21拠点、中間受入場32拠点の合計53拠点、と実質各県に配置している。この結果、使用済み塩ビ管の材料リサイクル率は着実に向上し、2003年度で52%に達した。現行システム³⁴は使用済み塩ビ管の選別や泥落としなどの前処理を行ってリサイクルができる状態にした適合品を有償購入する形となっているが、「受入拠点を増やして欲しい」「前処理をする場所や時間がない」「費用がかかってもそのままリサイクルに出したい」との排出事業者のニーズに充分応えられず、リサイクル率向上にも限界があることが問題となっていた。

このため同協会は今回、現行システムに加えて、中間処理会社が適正な処理費を受取って使用済み塩ビ管を受入れ、排出事業者に代わって前処理を行うシステムを開始した。これにより2005年度目標に掲げる材料リサイクル率80%の早期達成、将来的にはフィードストックリサイクルも含めて100%リサイクルを目指す。既に産業廃棄物中間処理会社2社と契約しており、2004年度には7社、2005年度には16社、最終的に30社程度と契約する計画で、同システムの全国展開推進を図る。

図表3-9 塩ビ管の拡充リサイクルシステム



(資料) 塩化ビニル管・継手協会

³⁴ 排出事業者は使用済み塩ビ管を中間処理場などに持込み、カゴパレットに移し変える際に売却代金を受取る（100kg当たり30円）。

また、出口問題の解決には、マテリアルリサイクル品のグリーン購入を利用する。特定調達品目に2003年2月に指定された塩ビ管³⁵は、①下水道用リサイクル三層硬質塩化ビニル管(RS-VU)、②建物排水用リサイクル発泡三層硬質塩化ビニル管(RF-VP)、③排水用リサイクル硬質塩化ビニル管(REP-VU)、の3種類である。いずれも品質、性能はJIS規格の硬質塩ビ管(VP)とほぼ同等、用途は内圧のかからない排水用、下水道用に限定されている。もともと複合材、薄肉で汚れのひどいものなど、マテリアルリサイクルが困難な使用済み管は20%程度あった模様である。また、これをJFEスチールの塩ビ高炉原料化設備などケミカルリサイクルプラントに持込む分も増やす予定である。

②都営住宅解体プロジェクト

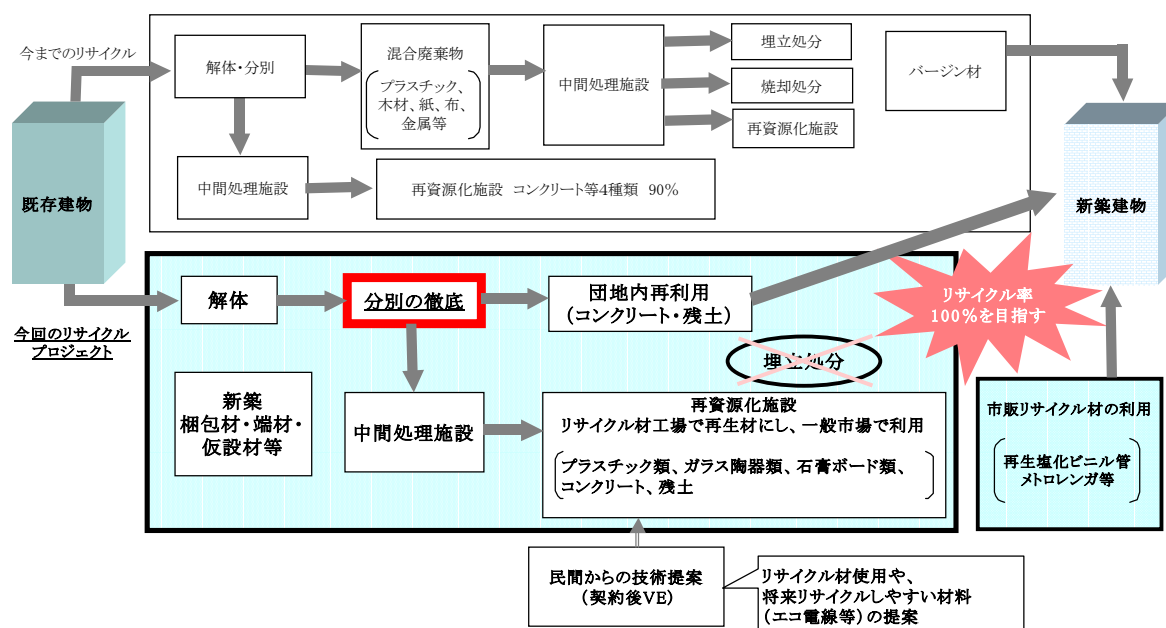
塩ビ工業・環境協会と塩化ビニル管・継手協会および住友金属工業は、東京都と共同で使用済み塩ビ建材のケミカルリサイクルに関する実証実験に取り組んでいる(図表3-10)。東京都住宅局が「都営住宅リサイクルモデルプロジェクト」として実施している葛飾区の「新宿(にいじゅく)六丁目団地の解体工事」があり、2002年7月にはここから発生した塩ビ建材が再生塩ビ管の材料としてマテリアルリサイクルされた。

また、汚れや他製品が混合されてリサイクルが困難となった塩ビ建材を同年11月、住友金属のガス化溶解実験プラントを用いて化学原料などに再利用する実験を行い、技術的に問題なくガス化できることが確認された。マテリアルリサイクルばかりでなく、こうしたケミカルリサイクルの結果も『住宅建設リサイクルマニュアル(解体工事編)』(平成15年 東京都住宅局地域住宅部 技術開発課編集・発行)に生かされている。

同種のプロジェクトは他地域でも計画されており、解体建築物の廃プラスチック分別が進展する可能性が出てきている。

³⁵ ①は、中間層がリサイクル材料(全体の70%使用)で、下水道用、敷地内排水用に使用される。②は、中間層がリサイクル材料(全体の30%使用)で、発泡することで軽量で加工しやすい、熱伸縮が小さく継手への負荷が少ない、結露にくいなどの利点があり、建物内部の排水・通気管などに使用される。①、②とも内外層はバージン材を使用しているため色むらはない。③は100%リサイクル材料で出来ており(外観面の色むらを防止するため、比較的汚れの少ないグレー色のリサイクル材料を使用する)、敷地内の排水管に使用される。

図表 3-10 都営住宅リサイクルモデルプロジェクト



(資料) 東京都住宅局

③塩ビ壁紙のリサイクルシステム

塩ビ壁紙の年間生産量³⁶は 6.3 億平方メートル、重量およそ 20 万トン程度である。耐久性や施工性に優れ、燃えにくくデザインもしやすいなどの長所を備える塩ビ壁紙は、現代の生活の中に定着したといえる³⁷。ただし、塩ビ壁紙はまだ使用済み製品の排出量も少ないこともあって、これまでリサイクルはほとんど行われてこなかったが、今後は築数十年を経た住宅、ビルディング等のリフォームや解体工事の増加に伴って、廃棄量も徐々に増えてくるものと予測される。

2001 年のマテリアルフロー³⁸をみると、原料 19.7 万トン、排出量 8.1 万トン、再利用量 53 トンとリサイクル率が低いのがわかる。製造・施工段階での排出量は、1 次加工段階での廃材が 0.9 万トン、2 次加工段階での端材が 0.6 万トン、施工段階での端材³⁹が 1.8 万トンであった。ポストユース段階での排出量は、リフォーム時の廃材が 4.3 万トン、解体廃材が 0.5 万トンであった。今後は 1980 年代以降の建築解体が増加するので、解体廃材は 2 万トン程度

³⁶ 日本壁装協会資料による。ちなみに 80 年代前半は 2.5 億平方メートルであった。

³⁷ 最近ではエンドユーザーの意向もあり、オレフィン壁紙が環境壁紙とされることが多いようだ。

³⁸ 日本壁装協会資料による。なお、2002 年度に再調査分では以下のようなことが判明した。全体排出量増加 (8.1 万トン→10.4 万トン)、解体系廃材増加 (0.5 万トン→1.2 万トン)、再利用量増加 (JFE スチール、光和精鉱)、焼却増加・埋立減少 (焼却 0.8 万トン→3.7 万トン) などである。

³⁹ 新設 13,700 トン、リフォーム 4,500 トン (新設着工床面積 (平方メートル) から壁面積を算出、それを重量換算した)。

まで増加する可能性が大きい。

改正リサイクル法により、塩ビ製品のうち管、窓枠、雨樋、床材とともに、壁紙がリサイクル推進のため「指定表示品目」に指定、「∞PVC マーク」を表示することが義務づけられた。これにより、メーカーに対してユーザーからリサイクルシステム及びリサイクル施設の充実が求められることが予想されたため、2003年4月からメーカー・問屋・施工の壁紙関連3業界で構成する「日本壁装協会」を中心に、リサイクルシステムの構築へ向けたモデル実験が積極的に進められている。

具体的なリサイクルの流れは、施工業者により、分別された使用済み壁紙⁴⁰は、集積ヤードに一時保管された後、圧縮、破碎などの中間処理を経て、主に福岡県北九州市にある光和精鉱・戸畑製造所に輸送され、産業廃棄物処理の熱源やセメント原料としてリサイクルされる。

一次中間処理は圧縮梱包あるいは圧縮減容（RPF 化）が行われる。それぞれ比重は同じだが前者は梱包を解くとバサッと元に戻るため、リサイクル設備でのハンドリングが悪く、そちらでの処理費が高くなる。しかし、RPF 化にも破碎・圧縮減容工程で余計にコストがかかるので、トータルコストはかわらない。業界としてはできるだけ RPF 化したいようだが、それが可能となる施設が少ないため、現在は圧縮梱包が主力であるようだ。

物流に関しては陸送とフェリーの組み合わせで行っている。まず、新和土木（株）が中間処理を行い、圧縮物がたまったらトレーラーで有明港まで陸送する、そこから新門司港までフェリーで運搬する、新門司港から光和精鉱・戸畑製鉄所まで陸送している。なお、全て陸送するのはコスト的に見合わないといわれる。

リサイクル処理を主に担当するのは光和精鉱であり、他には JFE スチールにも一定程度持ち込んでいる。また、一部マテリアルリサイクルも行っている（具体的には壁紙リサイクルボード（コンクリート型枠用パネルの代換品）、パインブロック（屋上緑化部材）などが挙げられる）。

④床材リサイクル

塩ビ床材は、使用済みの農業用ビニルフィルムや塩ビ電線被覆材を原料の一部に利用するなど、これまでも塩ビリサイクルの重要な受け皿となっていた。この床材の新たなリサイクルが、「インテリアフロア工業会」を構成する塩ビ床材メーカー8社の手で、ビニル床シート及びビニル巾木やクッションフロア、ホモジニアス床タイルの3種を対象として、全国8地域で2003年4月から着手された。

新築およびリフォーム現場から排出された塩ビ床材の施工端材や余材を分別回収し、粉碎処理した後に各社の工場にリサイクルするものである。今回の取り組みは、床材メー

⁴⁰ 現状では、壁紙の発生は加工ロス、新設工事からが中心である。昨年、葛飾区新宿で行った都営住宅解体は、1970年代の建築物だったこともあり、塩ビ壁紙はほとんど排出されなかった。塩ビ壁紙が急速に普及したのは1980年代からであり、それまでは塗装が中心であった。

カーが自らの手で「床材から床材」へ再生する「水平リサイクル」に最大の特徴がある。また、会員メーカーの製品ならどのメーカーのものでも一緒に回収して共同でリサイクルすることもあまり前例のない取り組みである。「インテリアフロア工業会」は2003年3月、環境大臣の「広域再生利用指定産業廃棄物処理者指定」を業界団体として初めて取得、注目の第一歩を踏み出している。

⑤窓枠サッシリサイクル

建築解体系廃材サッシに関しては、2002年度に北海道地区でリサイクルに関する実証実験が行われた（経済産業省委託調査「塩化ビニル製サッシリサイクルシステム調査」）。これは塩ビサッシ廃材のリサイクルが可能であるか、またそのリサイクルシステムが構築できるか、という二つが大きなテーマであった。

リサイクルされた塩ビ樹脂サッシの物性は、成形に問題がなく、かつ得られた成形品の物性についても JIS 規格に比して十分な性能が得られることが確認された。また、塩ビ樹脂サッシ成型品のコア部に再生原料⁴¹を使用し、外層にバージン原料を使う二重押し出し成形技術もすでに確立しており、再生原料の色が完成品と異なるという問題もクリアできた。ただし、汚れを落とす、ビスを外すなどの作業を考えると、1人3個程度/日が限度であり、効率性の向上という点は大きな課題として残っているようである。

4. 今後の課題

本来、塩ビ樹脂系廃棄物は分別が徹底され、再利用が図られるのが望ましい。しかし、現在ではその処理費が割高であるために分別が徹底されずに「廃プラスチック類」として安定型埋立処分⁴²場に持込まれることが多いようである。廃プラスチック類は容積が大きいいため、このまま増加を続ければ、将来的には最終処分場の逼迫を通じて、埋立処理費の高騰に繋がることが懸念される。

他方、最近では塩ビ樹脂の再資源化が可能なケミカルリサイクル設備が出てきており、今後はこれらが鍵を握るといえる。ただし、これらの設備規模はまだ小さく⁴³、かつ逆有償での受入であるため、採算が見合うものから持ち込むということになろう。そして、今後は異物などの付着が少なく樹脂単体で回収できるものは極力マテリアルリサイクルに繋げて、汚れのひどいものや複合材はケミカル・サーマルリサイクルを行うという形となる可能性が大きい。

また、今後の廃棄物処理は無料ではなく、環境保全コストがかかることを広く社会的に認識させることが必要である。そして、廃棄物の処理コスト削減のためには輸送を安価にできるシステムを構築することが必要だろう。硬質パイプは大きく運びにくく、農ビはぺらぺら

⁴¹ 押出成形の時に出る端材（45度にカットされた残り）などを使用する。

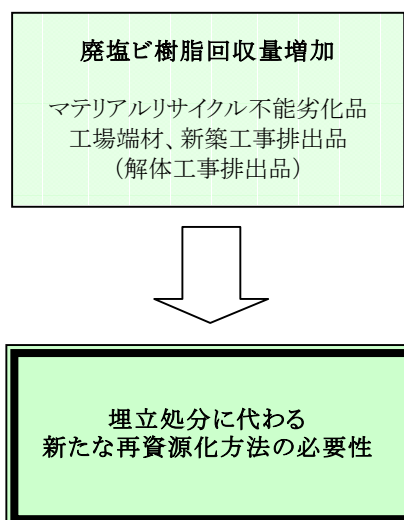
⁴² 塩ビ樹脂はマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、管理型埋立処分、もしくは焼却処分など、適切な処分をすることが必要である。

⁴³ 年間の塩ビ樹脂廃棄量 115 万トンに対して、塩ビ樹脂専用のケミカルリサイクル設備の能力は数万トン程度。

で運びにくいので、さらなる工夫が必要になろう。窓枠サッシは切って棒状にするなど、中間処理をして輸送をしやすくすることなどが考えられる。

このように従来から行ってきた埋立処分が立ち行かなくなることも想定されるので、今後は排出源で分別を徹底すること、リサイクル技術を高度化させること、そしてこれらを系統的に繋げていくことなどが重要となろう。

図表 3-11 塩ビ樹脂リサイクルの今後



(注) 各種資料をもとに作成

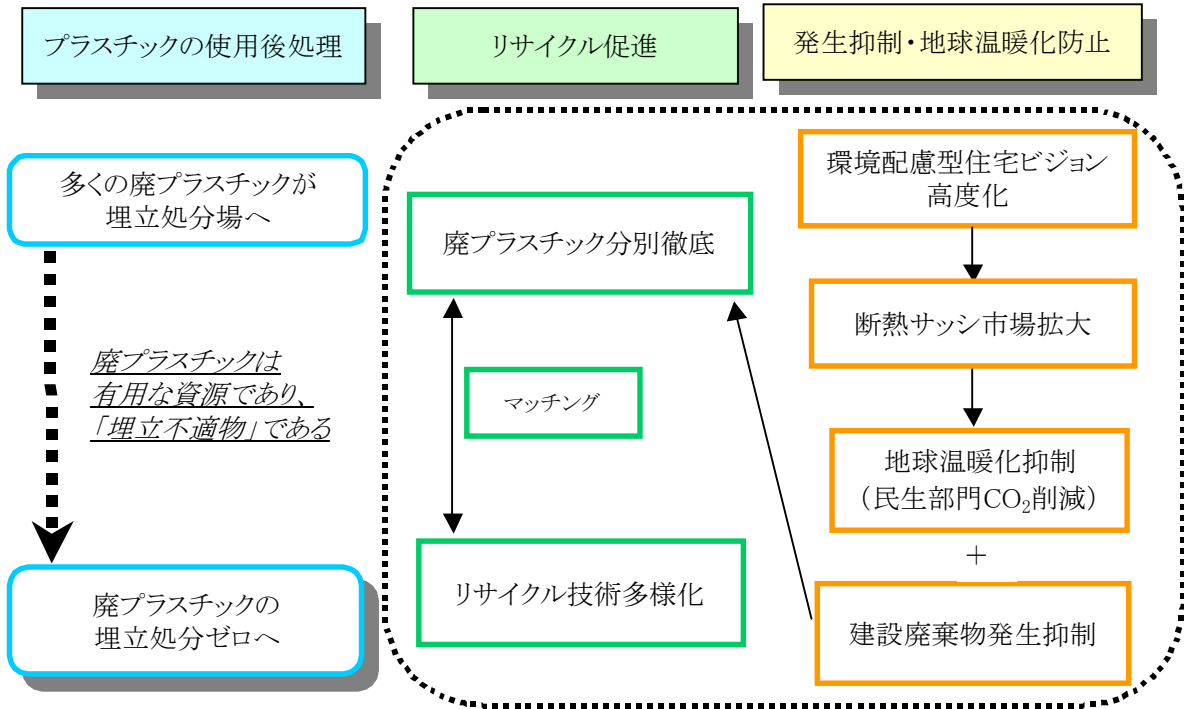
おわりに

現在のプラスチックリサイクルの状況は使い捨て文明から脱皮する段階にあるといえ、この間は試行錯誤によって問題点を洗い出すことが重要であろう。これまでみてきたとおり、使用済み塩ビ樹脂のリサイクル技術が発展し、分別収集体制も整備される見込みが出てきた。しかし、これはまだ動きとしては小さく、またシステムとして連動していないため、今後は分別収集された塩ビ樹脂をいかにしてリサイクルプラントに持ち込むかというマッチングが重要となつてこよう。そのために解決すべき課題としては、使用済み塩ビ樹脂の分離・分別、中間処理などによる破碎・減容化、回収・運搬方法の多様化、リサイクルプラントのコストパフォーマンス上昇などが挙げられる。また、出口部分での再生品市場の拡大といった点も大きな課題であろう。

同時に資源・エネルギーの消費を削減しつつ、価値の高いプレミアム製品開発をすることが必要であろう。省エネ性向上や建築物長寿命化に資するであろう樹脂サッシ製品は環境配慮型製品として大いなる可能性を秘めている。ただし、その環境面のメリットを漠然と唱えるだけでは不足であり、それを LCA データなどで立証することが重要である。また、消費者にとって満足度が高いものかという点を多角的に示す必要がある。いくら高品質であるといっても、既存品と比べて価格があまりにも割高では普及はままならないので、メーカーによるコスト削減のさらなる取組みが求められよう。

塩ビ樹脂の「安全性」という点は科学的立証が進んできており、そのことに対する社会的理解も徐々にではあるが広まっている。しかし、それが消費者の「安心」を得るまでには至っていないようであり、市場縮小が続いているのもこのことが大きいとみられる。今後は使用後処理の透明化に向けた動きをさらに強化していくことで廃棄物の不法投棄を減らすとともに、ライフサイクル全般に対する定量的評価をしていくことなどが重要であろう。こうした点をクリアすることで、使用時のメリットに対するスポットがあたるようになってこよう。

図表 4-1 プラスチックリサイクルと建築ビジョンの将来像



(注) 各種資料をもとに作成

参考文献

- トクヤマ監修 (1997) 『健康・快適・省エネルギー プラスチックサッシの本 楽しく学ぶ
その機能と性能』クラシェコ編集室
- 三橋規宏 (1998) 『環境経済入門』日本経済新聞社
- 細田衛士 (1999) 『グッズとバズの経済学』東洋経済新報社
- エヌ・ティー・エス (1999) 『廃塩化ビニルの脱塩素化・リサイクル技術』
- 福島哲郎編著 (1999) 『図説リサイクル法』東洋経済新報社
- 佐藤淳 (1999) 『入門ビジュアルエコロジー 環境ホルモンのしくみ』日本実業出版社
- 稲永弘 (1999) 『[PRTR] がみるみるわかる本』PHP 研究所
- プラスチックリサイクル研究会 (2000) 『最新プラスチックのリサイクル 100 の知識』
東京書籍
- 竹ヶ原啓介 (2002) 『都市再生と資源リサイクル』日本政策投資銀行「調査」33号
- 小林昭夫 (2002) 『塩ビリサイクルの最新動向』プラスチック Vol. 53 No. 10
- 星野孝、山本浩司、菊池直樹、辻昭光 (2002) 『本格的な塩ビマテリアルリサイクルシステ
ムとその実例』プラスチック Vol. 53 No. 10
- 樫村均 (2002) 『使用済み電線・ケーブルのリサイクル』月刊廃棄物第 28 巻第 1 号
- シーエムシー (2002) 『2002 年プラスチックリサイクル市場』
- 大垣陽二 (2003) 『日本鋼管 製鉄プロセスを利用した使用済みプラのリサイクル』
月刊化学経済 2003 年 1 月号
- 安井至 (2003) 『リサイクル 回るカラクリ止まる理由』日本評論社
- トステム (2003) 『これからの日本の住まい 快適読本 スーパーウォール工法 (軸組)
のすべて』
- 小林幹昌 (2003) 『素材型産業を核とした資源循環クラスターの展開』
日本政策投資銀行「調査」55号
- 吉田文和 (2004) 『循環型社会 持続可能な未来への経済学』中公新書
- 饗場崇夫 (2004) 『LCA (ライフ・サイクル・アセスメント) による温暖化対策の改善』
日本政策投資銀行「調査」64号
- 浅沼稔、家本勅、有山達郎 (2004) 『高炉における廃塩化ビニル樹脂リサイクル技術の開発』
PETROTECH 第 27 巻第 3 号
- 塩ビ工業・環境協会 『PVC Fact Book 2003—塩ビファクトブック—』
- 樹脂サッシ普及促進委員会 『省エネルギーな住宅環境を目指して 明日を開く樹脂サッシ』
- 樹脂サッシ普及促進委員会 『住宅の窓の高性能化による省エネルギー効果』
- プラスチックサッシ工業会 『平成 14 年度経済産業省委託調査事業 塩化ビニル製サッシリ
サイクルシステム調査研究報告書』

石油化学工業協会『石油化学工業の現状』

石油化学工業協会『石油化学ガイドブック』

プラスチック処理促進協会『プラスチックリサイクルの基礎知識』

経済産業省『資源循環ハンドブック 法制度と3Rの動向 2003年』

PE EUROPE GMBH Life Cycle Engineering “PVC Recovery Options

Concept Environmental and Economic System Analysis”

Vinyl2010 (2004) “Vinyl 2010 Progress Report2004 ”

その他に、週刊循環経済新聞、環境新聞、化学工業日報、月刊化学経済、日経エコロジー、塩化ビニル工業・環境協会、塩化ビニル環境対策協議会のホームページ、関係各機関・企業のホームページ、環境報告書などを参考にしている。

『調査』既刊目録

最近刊の索引

- ・ 69(2004. 9) 循環型社会における塩化ビニル樹脂の可能性
- ・ 68(2004. 9) 設備投資計画調査報告(2004年6月)
- ・ 67(2004. 8) 日本のイノベーション能力と新技術事業化の方策
- ・ 66(2004. 7) 最近の経済動向
- ・ 65(2004. 6) 企業の資金調達動向
- ・ 64(2004. 4) LCA(ライフ・サイクル・アセスメント)による温暖化対策の改善
- ・ 63(2004. 4) 90年代以降の企業の研究開発動向
- ・ 62(2004. 4) デフレ下の資本財価格低下と設備投資への影響
- ・ 61(2004. 4) 都市環境改善の視点から見た建築物緑化の展望
- ・ 60(2004. 3) コスト面からみた資本、労働の動き
- ・ 59(2003. 12) 最近の経済動向
- ・ 58(2003. 10) 設備投資計画調査報告(2003年8月)
- ・ 57(2003. 9) 中国による対日直接投資と中国人留学生による日本での起業
- ・ 56(2003. 9) 資源循環型社会で注目される生分解性プラスチック
- ・ 55(2003. 7) 素材型産業を核とした資源循環クラスターの展開
- ・ 54(2003. 6) ブロードバンド時代のデジタルコンテンツ・ビジネス
- ・ 53(2003. 5) 企業の温暖化対策促進に向けて
- ・ 52(2003. 4) 地方民鉄の現状
- ・ 51(2003. 3) 設備投資計画調査報告(2003年2月)
- ・ 50(2003. 1) 設備投資計画調査統計集(1990年度以降)
- ・ 49(2002. 12) 最近の経済動向
- ・ 48(2002. 12) 食品リサイクルとバイオマス
- ・ 47(2002. 11) 中国の経済発展と外資系企業の役割
- ・ 46(2002. 10) 将来不安と世代別消費行動
- ・ 45(2002. 10) 設備投資計画調査報告(2002年8月)
- ・ 44(2002. 8) 日本企業の生産性と技術進歩
- ・ 43(2002. 8) 設備投資・雇用変動のミクロ的構造
- ・ 42(2002. 8) わが国電気機械産業の課題と展望
- ・ 41(2002. 8) 邦銀の投融资動向と経済への影響
- ・ 40(2002. 7) 社会的責任投資(SRI)の動向

分野別の索引

〔設備投資アンケート〕

設備投資計画調査

- | | |
|----------------------------|---------------|
| ・ 2003・04・05年度 (2004年6月) | 68(2004. 9) |
| ・ 2002・03・04年度 (2003年8月) | 58(2003. 10) |
| ・ 2002・03年度 (2003年2月) | 51(2003. 3) |
| ・ 設備投資計画調査統計集(1990年度以降) | 50(2003. 1) |
| ・ 2001・02・03年度 (2002年8月) | 45(2002. 10) |
| ・ 2001・02年度 (2002年2月) | 37(2002. 3) |
| ・ 2000・01・02年度 (2001年8月) | 28(2001. 10) |
| ・ 2000・01年度 (2001年2月) | 21(2001. 3) |
| ・ 1999・2000・01年度 (2000年8月) | 15(2000. 10) |
| ・ 1999・2000年度 (2000年2月) | 7(2000. 3) |
| ・ 1998・99・2000年度 (1999年8月) | 2(1999. 10) |
| ・ 1998・99年度 (1999年2月) | 254(1999. 3) |
| ・ 1997・98・99年度 (1998年8月) | 251(1998. 10) |

〔経済・経営〕

最近の経済動向

- | | |
|-------------------------------|--------------|
| ・ 国際商品市況の上昇が企業の投入・産出行動に与える影響 | 66(2004. 7) |
| ・ 資金循環と金融を中心とする日本経済の中期シナリオの検討 | 59(2003. 12) |
| ・ 日本経済の持続可能性に向けた中期シナリオの検討 | 49(2002. 12) |
| ・ グローバル化と日本経済 | 38(2002. 7) |
| ・ デフレ下の日本経済と変化への兆し | 31(2001. 12) |
| ・ デフレ下の日本経済 | 26(2001. 7) |
| ・ 今次景気回復の弱さとその背景 | 19(2001. 3) |
| ・ ITから見た日本経済 | 12(2000. 8) |
| ・ 90年代を振り返って | 4(2000. 1) |
| ・ 設備投資と資本ストックを中心に | 258(1999. 7) |
| ・ 長引くバランスシート調整 | 252(1999. 1) |

* 当行のWebページ (<http://www.dbj.go.jp/report/>) では、『調査』発刊開始(1973年)以来の全目録を掲載しており、2001年4月発行の第26号以降については全文をご覧頂くことができます。

* 『調査』入手のご希望については、調査部総務班 (Tel: 03 - 3244 - 1840 e-mail: report@dbj.go.jp) までお問い合わせ下さい。

日本経済一般

- ・コスト面からみた資本、労働の動き 60 (2004. 3)
- ・日本企業の生産性と技術進歩 44 (2002. 8)
- ・為替変動と産出・投入構造の変化 242 (1998. 6)

金融・財政

- ・企業の資金調達動向 65 (2004. 6)
 - 銀行借入と代替的な資金調達手段について -
- ・邦銀の投融資動向と経済への影響 41 (2002. 8)
- ・社会的責任投資 (SRI) の動向 40 (2002. 7)
 - 新たな局面を迎える企業の社会的責任 -
- ・近年の企業金融の動向について 35 (2002. 3)
 - 資金過不足と返済負担 -

設備投資・企業経営

- ・デフレ下の資本財価格低下と設備投資への影響 62 (2004. 4)
 - 財別・産業別価格データによる計測 -
- ・設備投資・雇用変動のミクロ的構造 43 (2002. 8)
- ・ROAの長期低下傾向とそのミクロ的構造 30 (2001.12)
 - 企業間格差と経営戦略 -
- ・日本企業の設備投資行動を振り返る 17 (2000.11)
 - 個別企業データにみる1980年代以降の特徴と変化 -
- ・90年代の設備投資低迷の要因について 262 (1999. 9)
 - 期待の低下や債務負担など中長期的構造要因を中心に -

消費・貯蓄・雇用

- ・将来不安と世代別消費行動 46 (2002.10)
- ・労働分配率と賃金・雇用調整 34 (2002. 3)
- ・家計の資産運用の安全志向について 16 (2000.10)
- ・企業の雇用創出と雇用喪失 6 (2000. 3)
 - 企業データに基づく実証分析 -
- ・消費の不安定化とバブル崩壊後の消費環境 1 (1999.10)
- ・人口・世帯構造変化が消費・貯蓄に与える影響 248 (1998. 8)
- ・資産価格の変動が家計・企業行動に与える影響の日米比較 244 (1998. 7)
- ・近年における失業構造の特徴とその背景 240 (1998. 4)
 - 労働力フローの分析を中心に -

貿易・直接投資

- ・変貌するわが国貿易構造とその影響について 29 (2001.11)
 - 情報技術関連 (IT) 財貿易を中心に -

海外経済

- ・中国による対日直接投資と中国人留学生による日本での起業 57 (2003. 9)
 - 中国経済の活力を日本に取りこむために -
- ・中国の経済発展と外資系企業の役割 47 (2002.11)
- ・米国の景気拡大と貯蓄投資バランス 8 (2000. 4)
- ・米国経済の変貌 255 (1999. 5)
 - 設備投資を中心に -
- ・アジアの経済危機と日本経済 253 (1999. 3)
 - 貿易への影響を中心に -

〔 産業・技術・環境 〕

最近の産業動向

- ・主要産業の生産は、素材、資本財産業を中心に減少へ 27 (2001. 7)
- ・内需の回復続き、多くの業種で生産増加 13 (2000. 8)
- ・輸出はアジア向けで堅調、内需は回復に力強さがみられず 5 (2000. 1)
- ・全般的に緩やかな回復の兆し 260 (1999. 8)

技術開発・新規事業

- ・日本のイノベーション能力と新技術事業化の方策 67 (2004. 8)
 - カーブアウト等による新産業創造 -
- ・90年代以降の企業の研究開発動向 63 (2004. 4)
- ・製造業における技能伝承問題に関する現状と課題 261 (1999. 9)
- ・最近のわが国企業の研究開発動向 247 (1998. 8)
 - 技術融合 -
- ・わが国企業の新事業展開の課題 243 (1998. 7)
 - 技術資産の活用による経済活性化への提言 -
- ・日本の技術開発と貿易構造 241 (1998. 6)

環境

- ・ LCA(ライフ・サイクル・アセスメント) 64(2004. 4)
による温暖化対策の改善
- ・ 都市環境改善の視点から見た建築物緑化の展望 61(2004. 4)
- 屋上緑化等の技術とコストを中心に -
- ・ 素材型産業を核とした資源循環クラスターの展開 55(2003. 7)
- リサイクルビジネスの高度化に向けて -
- ・ 企業の温暖化対策促進に向けて 53(2003. 5)
- 先進的温暖化対策への取り組み事例から -
- ・ 食品リサイクルとバイオマス 48(2002.12)
- ・ 使用済み自動車リサイクルを巡る 36(2002. 3)
展望と課題
- ・ 都市再生と資源リサイクル 33(2002. 2)
- 資源循環型社会の形成に向けて -
- ・ 環境情報行政とITの活用 32(2002. 1)
- 環境行政のパラダイムシフトに向けて -
- ・ 家電リサイクルシステム導入の影響 20(2001. 3)
と今後
- リサイクルインフラの活用に向けて -
- ・ わが国環境修復産業の現状と課題 3(1999.10)
- 地下環境修復に係る技術と市場 -
- ・ 欧米における自然環境保全の取り組み 256(1999. 5)
- ミティゲーションとピオトープ保全 -

化学・バイオ

- ・ 循環型社会における塩化ビニル樹脂の可能性 69(2004. 9)
- 建材用途拡大と使用後処理の多様化 -
- ・ 資源循環型社会で注目される生分解性プラスチック 56(2003. 9)
- “バイオマス由来”の特性で広がる用途展開 -
- ・ わが国化学産業の現状と将来への課題 14(2000. 9)
- 企業戦略と研究開発の連繋 -

自動車・電機・電子・機械

- ・ わが国電気機械産業の課題と展望 42(2002. 8)
- 総合電気機械メーカーの事業再編と
将来展望 -
- ・ わが国半導体製造装置産業のさらなる 23(2001. 3)
発展に向けた課題
- 内外装置メーカーの競争力比較から -
- ・ 労働安全対策を巡る環境変化と機械産業 10(2000. 6)
- ・ わが国自動車・部品産業をめぐる国際 9(2000. 4)
的再編の動向
- ・ わが国半導体産業における企業戦略 259(1999. 8)
- アジア諸国の動向からの考案 -

- ・ わが国機械産業の更なる発展に向けて 257(1999. 5)
- 工作機械産業の技術シーズからみた将来展望 -

エネルギー・新エネルギー

- ・ 分散型電源におけるマイクロガスタービン 24(2001. 3)
- その現状と課題 -

運輸・流通

- ・ 地方民鉄の現状 52(2003. 4)
- 輸送密度の相関分析 -
- ・ 物流の新しい動きと今後の課題 25(2001. 3)
- 3PL(サードパーティ・ロジスティクス)からの示唆 -
- ・ 消費の需要動向と供給構造 18(2000.12)
- 小売業の供給行動を中心に -

情報・通信・ソフトウェア

- ・ ブロードバンド時代のデジタルコンテンツ・ビジネス 54(2003. 6)
- 映像コンテンツ流通を中心に -
- ・ ケーブルテレビの現状と課題 22(2001. 3)
- ブロードバンド時代の位置づけについて -
- ・ エレクトロニック・コマース(EC)の 246(1998. 8)
産業へのインパクトと課題

医療・福祉・教育・労働

- ・ 少子高齢化時代の若年層の人材育成 39(2002. 7)
- 企業外における職業教育機能の充実
に向けて -
- ・ 労働市場における中高年活性化に向けて 11(2000. 6)
- 求められる再教育機能の充実 -
- ・ 高齢社会の介護サービス 249(1998. 8)