

塩素系樹脂における環境配慮の動向

東北大学大学院 環境科学研究科 研究科長

東北大学大学院 環境科学研究科 先端環境創成学専攻 教授

吉岡 敏明



1 はじめに

近年、塩素系樹脂（特にポリ塩化ビニル：PVC）に対する世界的な関心が高まっており、その動向は環境政策、資源循環、産業構造の変化に密接に関係している。欧州を中心に、REACH規則やELV指令、さらには国連主導のプラスチック条約（INC）においても、PVCは規制対象となる可能性が議論されている。これに伴い、可塑剤や安定剤を含む添加剤の見直しが進むとともに、マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルを中心とした資源循環の取り組みが強化されている。一方、新興国ではインフラ整備需要の高まりを背景に、PVCの使用は引き続き拡大しており、地域間での環境対応のギャップが課題となっている。本報告では、こうした国際的な動向を概観するとともに、持続可能な塩素系樹脂利用に向けた技術的・制度的アプローチについて検討を行う。

2 国際的な規制におけるPVCの位置づけ

2.1 REACH規則におけるPVCと添加剤規制 [1]

EUにおけるREACH（Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals）規則は、化学物質の製造・輸入・使用に関する包括的な法制度である。REACH規則ではPVC樹脂そのものを直接的に規制しているわけではないが、PVCを製品化する際に添加される可塑剤（フタル酸エステル類）や安定剤（金属系化合物）が規制対象になっている。例えば、DEHP、DBP、BBP、DIBPなどのフタル酸系可塑剤は、内分泌かく乱作用の懸念から認可対象物質（Annex XIV）に指定され、2020年以降はEU域内での使用が原則として禁止され、使用するには「認可取得」が必要となっている。また、鉛系安定剤についてもREACH規則に基づき厳しく制限されており、現在はカルシウム・亜鉛系や有機スズ化合物などへの代替が進められている。

このようなREACH規則は、PVC製品としての安全性の観点からのものであるが、結果的にはPVC樹脂の持続可能性に大きな影響を与えることになっている。

2.2 ELV指令とPVCの使用制限

EUにおける使用済み車両指令（ELV指令：End-of-Life Vehicles Directive）は、自動車の廃棄・リサイクルに関する枠組みを定めたもので、自動車に使用される特定有害物質（鉛、水銀、カドミウム、

六価クロムなど)の使用を原則禁止している。この規制もREACH規則と同じくPVC樹脂そのものを規制しているわけではないが、鉛やカドミウム等の重金属が規制対象となり、結果的にPVCの使用制限につながってきた。また、PVCはPEやPP等のオレフィン系樹脂に比べて脱塩化水素反応を伴う熱分解温度が低いことから、マテリアルリサイクルが難しい素材とされている。このため、自動車メーカーの中には「PVCフリー」をうたうなど、PVC以外で置き換えられる部材については他の素材へ転換する動きもある。さらに、EUではELV指令の改定が進行しており、将来的にPVCそのものの使用制限が明文化される可能性も議論されている。

2.3 国連プラスチック条約(INC)におけるPVCの扱い

2022年に国連環境総会(UNEA)で開始された「国際的なプラスチック汚染防止条約」に関する政府間交渉(INC: Intergovernmental Negotiating Committee)では、全ライフサイクルにおけるプラスチックの環境影響を包括的に規制する枠組みの構築が議論されている。

2023年～2024年には、「高懸念プラスチック(high-concern plastics)」としてPVCやPSを含む特定の樹脂を位置づける提案が複数の国・NGOから出された。特に、PVC等の塩素系樹脂はその製造・焼却・リサイクル過程で有害物質の生成リスクが高いことから、他の熱可塑性樹脂と比べても規制の優先対象とみなされる傾向があり、2024年11月の第5回会合(INC-5)までに包括的な条約文書(条約草案)の合意を予定していたが[2]、結局は纏まることなく、2025年以降に持ち越された。いずれにせよ、塩素系樹脂は国際的な拘束力を持つ規制の対象となっており、これらの扱いは各国のプラスチック政策に直結する重要事項である。

3 欧州における塩素資源循環の新展開

EUは、持続可能な社会の実現に向けて、資源効率の最大化と廃棄物の最小化を目指す「サーキュラーエコノミー(循環型経済)」への移行を重要政策と位置づけている。これまでの廃棄物管理や炭素循環に加えて、近年では無機資源、特に塩素やナトリウムといった元素単位での物質循環の重要性が注目されるようになってきた。その中で欧州が推進する革新的な取り組みが「RecoChlor(RecoAcid・RecoSalt)」である。これらはいずれも化学産業や廃棄物処理産業における副生成物や使用済み製品を対象とし、塩素および塩類資源を再利用可能な形で回収することで、従来埋立処分や焼却に依存してきたフローを循環型に転換するものである。

3.1 RecoChlor: PVC廃棄物からの塩素回収と再資源化

RecoChlorは、主にポリ塩化ビニル(PVC)製品からの塩素成分を分離・回収し、再利用可能な形に変換することを目的とした取り組みである。PVCは構造中に塩素原子を約57%含む熱可塑性樹脂であり、建築資材(配管・サッシ・床材など)や医療用品、電線被覆など、極めて多様な用途に用いられている。

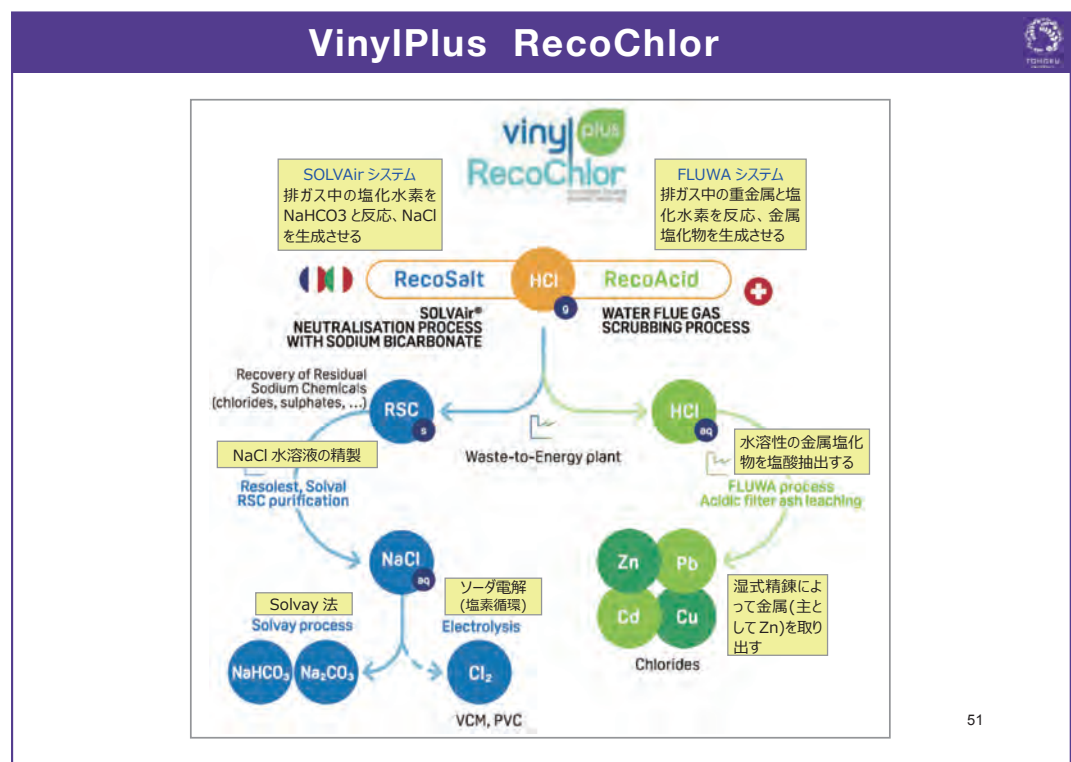
しかしその焼却処理時には、ダイオキシン類といった有害物質の副生という課題以上に塩化水素

(HCl) 生成によるリサイクルにおける装置の腐食が弊害となる。そこでRecoChlor では、以下のようなプロセスが導入されている：

- 廃PVCを熱分解し、ガス化することで塩素をHClとして回収
- 回収されたHClを中和または再合成することにより塩素化合物として再利用
- 得られた塩素資源を新たなPVCモノマーの製造や他の塩素系化学品製造に転用

このプロセスは、欧州ビニル産業による持続可能性プログラム「VinylPlus」の中核施策の一つとして位置付けられており[3]、2025年までに年間90万トンのPVCを再生する目標の達成に向けた技術支援となっている[4]。RecoChlorは、同プログラムが掲げる「持続可能なPVCサイクルの確立」という目標に資するものであり、熱回収や単なる焼却によらず、塩素の「元素レベル」での完全循環を目指すという点において、従来のリサイクルとは一線を画す。

また、このプロジェクトは廃棄物処理事業者と塩素化学メーカー、自治体、研究機関など多様なステークホルダーの協働によって進められており、環境負荷の低減と産業価値の創出を両立するモデルケースといえる。



「2024年12月12日開催の講演資料より」

3.2 RecoSalt：副生成塩のリファイナリーと循環利用

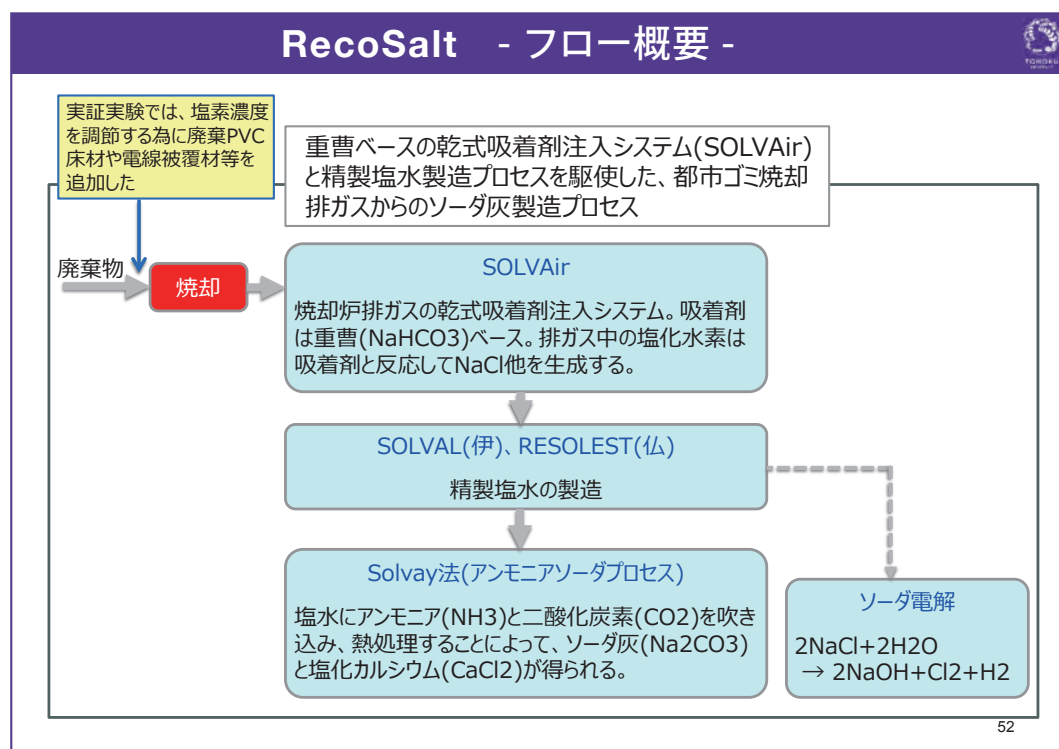
欧州では、塩素・苛性ソーダを製造する電解プロセスにおいて、ナトリウム系副産物が大量に発生する。さらに、廃棄物焼却灰の洗浄過程や染色・メッキ業界の処理水中にもナトリウム塩が含まれており、これらは従来、産業廃棄物として埋立処分されることが多かった。

RecoSaltは、化学工業プロセスや廃水処理過程で発生する副生成塩、特に塩化ナトリウムを中心とした無機塩を回収・精製し、再び工業原料や製品として利用するためのリサイクルプロジェクトであり、

以下のような工程を通じてこれらの塩資源を再活用する[5]：

- 含塩廃水や固形副産物からの溶出
- 膜分離や再結晶化による精製
- 工業塩としての再供給（電解、融雪剤、化学原料用途など）

このようなシステムは、廃棄物の削減とともに、原材料としての塩資源の外部依存度の低減にも寄与する。特に欧州においては、天然資源の多くを輸入に頼っていることから、再資源化による供給安定性の確保という観点でも重要な位置づけを持つ。さらに、RecoSaltは製塩・電解産業と廃棄物処理業者の連携を促進し、これまで独立していた動静脈産業の橋渡しをする新たな産業インフラとしてEUのCircular Economy Action Plan（循環経済行動計画）とも合致しており、廃棄物を原料とする新しい工業原料供給モデルの構築として期待されている[6]。



「2024年12月12日開催の講演資料より」

3.3 無機資源循環の潮流と政策的意義

RecoAcidおよびRecoSaltは、それぞれ塩素とナトリウムという無機元素の循環に着目した取り組みであり、単なる廃棄物対策にとどまらず、原料調達から製品、廃棄、再資源化までを含めたライフサイクル全体の最適化を目指している。

これらの取り組みは、EUの「グリーンディール戦略」や「化学品持続可能性戦略(Chemicals Strategy for Sustainability)」とも連動しており、化学産業が持続可能な社会に貢献するための基盤形成に位置付けられている。また、国連主導のプラスチック条約(INC)やELV指令改正などを通じて、PVCをはじめとした塩素系樹脂への規制が強化されつつある中、RecoChlorのようなプロジェクトは、規制対応と産業競争力の両立にも寄与する。

4 日本における塩素循環の取組み

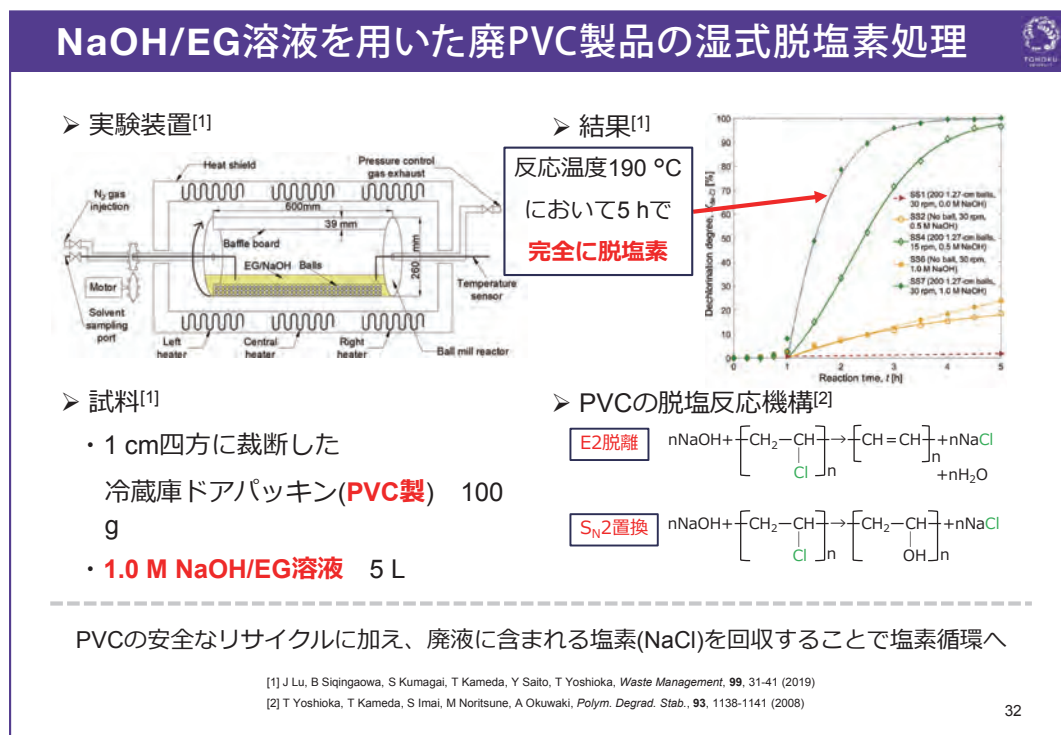
日本においては、塩素を「廃棄されるもの」から「循環させるべき資源」へと捉えなおす動きとして、塩ビ工業・環境協会（VEC）において「塩素循環検討会」が2023年に立ち上がった[7]。国内の塩素関連産業・廃棄物処理業者・大学研究者・行政関係者が集い、日本における塩素資源の循環利用に関する制度・技術・政策課題を包括的に議論する場として機能している。

この検討会の特徴は以下の通りである：

- 技術開発と制度整備の連携
- ケミカルリサイクル技術や脱塩素処理技術の社会実装を見据え、関連する廃棄物処理法・資源循環促進法との整合を探る。
- 欧州モデル（RecoAcid・RecoSalt）の国内適用性評価
- 欧州の先行事例に倣い、日本版「塩素循環モデル」の設計と普及を検討。
- 参加主体の多様性
- 大学、VEC、化学メーカー、インフラ事業者などが対等に議論を交わし、産官学民連携の現場としての役割を果たしている。

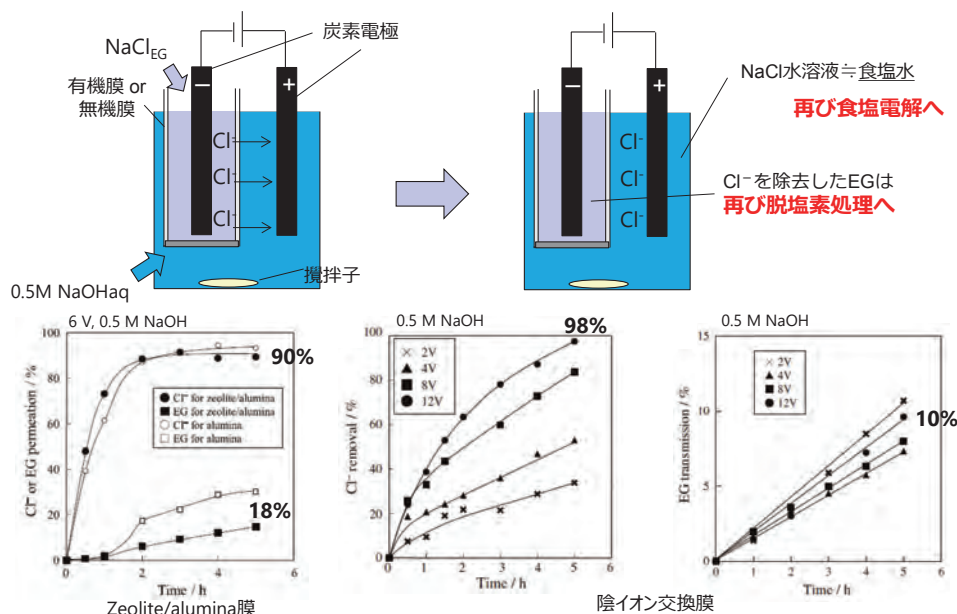
塩素の高度循環に向けた研究開発も進んでいる。著者らの研究グループでは塩素系樹脂の処理や塩素の循環利用のプロジェクトを1990年より進めており、近年では新たに以下に示すコンセプトで研究・技術開発を行っている。

- 建築廃材に含まれるPVCを対象に、脱塩素処理でHClを分離・精製



「2024年12月12日開催の講演資料より」

電気透析法によるEG廃液からの塩素回収



Kameda T., Fukushima S., Shoji C., Grause G., Yoshioka T., J. Mater. Cycles Waste Manag., 15, (2013), pp.111-114.
Kameda T., Shoji C., Fukushima S., Grause G., Yoshioka T., J. Mater. Cycles Waste Manag., 15, (2013), pp.404-408.

40

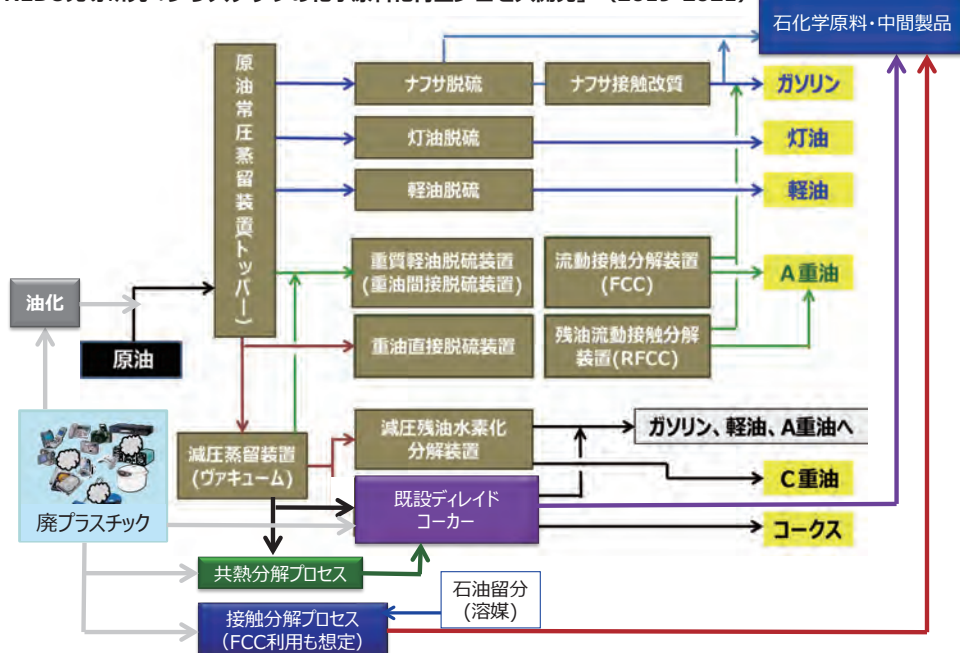
「2024年12月12日開催の講演資料より」

- 炭素成分は油化や合成ガス化によってエネルギー原料や素材へ転換

石油精製プロセスを活用するプラスチックリサイクル



NEDO先導研究「プラスチックの化学原料化再生プロセス開発」(2019-2021)

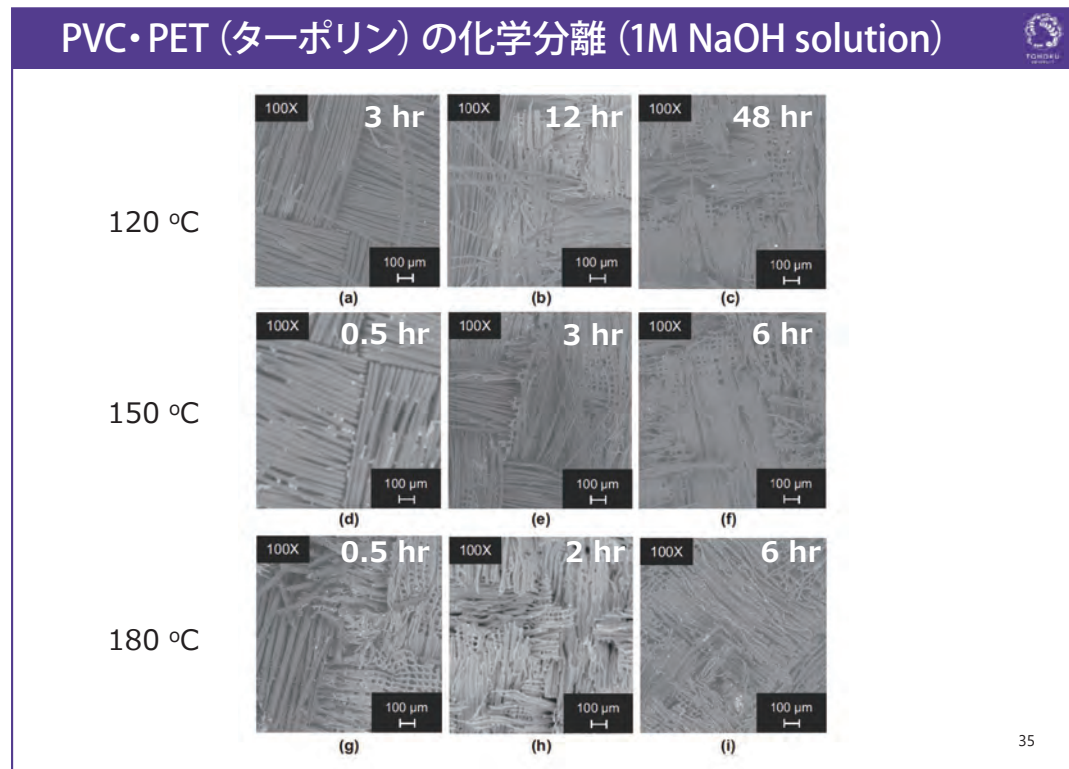


吉岡敏明, 齋藤優子, 熊谷将吾, 環境情報科学, 48, No. 3, 39-44, (2019)

18

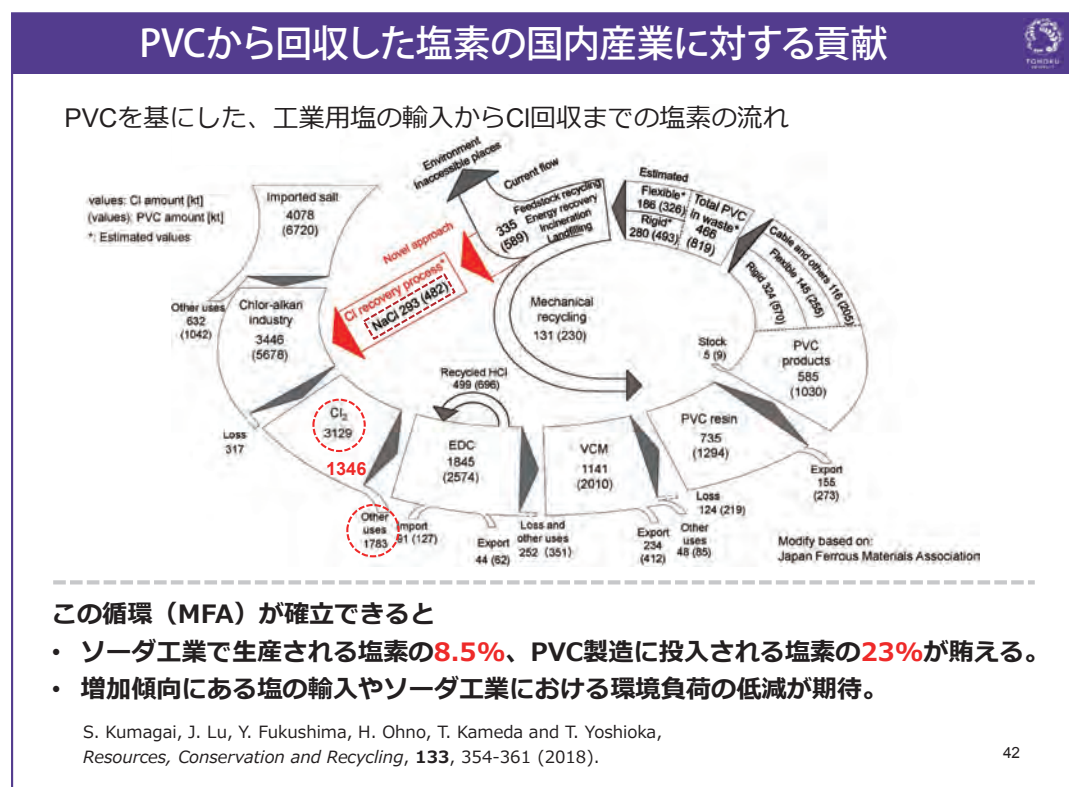
「2024年12月12日開催の講演資料より」

- 分離されたHClや無機塩の既存化学プロセスへの再投入
- PVCと他素材との化学分離（ケミカルセパレーション）技術の開発



「2024年12月12日開催の講演資料より」

このように、炭素と塩素の「二重循環」モデルを構築することで、廃PVCを新たな資源として活用することが可能となる。



「2024年12月12日開催の講演資料より」

欧州のRecoAcidとRecoSaltは、従来「環境負荷資源」とされてきた塩素系・ナトリウム系副産物を、価値ある資源として循環利用する先進的な試みである。これらは、廃棄物と資源、動脈産業と静脈産業、技術と政策を統合的に結び付けるモデルであり、日本を含む他国にも大きな示唆を与える。

炭素循環が脱炭素社会の中心的テーマであるように、「塩素の循環」もまた、素材循環経済の新たな柱となる可能性を秘めている。塩素は不可欠な工業原料でありながら、適切な技術と制度がなければ環境リスクともなり得る。そのため、「再利用可能な元素」としての戦略的循環が極めて重要である。制度的な側面を見据えながら、産業団体、そして大学等の研究機関による技術開発が一体で進むことにより、日本版の持続可能な塩素循環モデルの社会実装は現実のものとなるだろう。

参考資料

- [1] ECHA. *Candidate List of substances of very high concern for Authorisation*.
<https://echa.europa.eu/candidate-list-table>
- [2] UNEP. INC: *Intergovernmental Negotiating Committee on Plastic Pollution*.
<https://www.unep.org/intergovernmental-negotiating-committee>
- [3] VinylPlus. *Progress Report 2023*. <https://www.vinylplus.eu/>
- [4] European Council of Vinyl Manufacturers (ECVM). *Chlorine Recycling in the Vinyl Industry*.
<https://www.pvc.org/>
- [5] Geyer, R. et al. (2021). *Recycling and recovery of chlorinated polymer waste: A European perspective*. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 280.
- [6] European Commission. *Circular Economy Action Plan*.
https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
- [7] 塩ビ工業・環境協会「塩素循環検討会の発足について」.
<https://www.vec.gr.jp/topics/new428.html>

塩化ビニリデン技術協議会加盟会社（五十音順）

アールエム東セロ株式会社	旭化成株式会社	旭化成ホームプロダクツ株式会社
岡田紙業株式会社	株式会社クレハ	興人フィルム&ケミカルズ株式会社
シールドエアー・ジャパン合同会社	ダイセルミライズ株式会社	東タイ株式会社
フタムラ化学株式会社	ユニチカ株式会社	

ビニリデン協だより No.85

2025年6月発行

塩化ビニリデン技術協議会

〒104-0033 東京都中央区新川1-4-1 住友不動産六甲ビル8階
Tel: 03-6280-5673 Fax: 03-6280-5674 URL: <https://vdkyo.jp/>