

## 資源循環（プラスチック、アルミニウム） 分野の技術戦略策定に向けて

2019年11月

<b>1</b> 章	資源循環分野の概要	2
1-1	資源循環に関する世界の動き	2
1-2	資源循環のCO <sub>2</sub> 排出削減への寄与	3
1-3	国内外のリサイクルメジャー	5
<b>2</b> 章	プラスチックリサイクル	6
2-1	市場規模・予測	6
2-2	国内における現状	7
2-3	国内外の政策動向	8
2-4	特許・論文の動向	11
2-5	標準化の動向	13
2-6	技術体系と課題	13
<b>3</b> 章	アルミニウムリサイクル	15
3-1	市場規模・予測	15
3-2	国内における現状	16
3-3	国内外の政策動向	17
3-4	特許・論文の動向	20
3-5	標準化の動向	21
3-6	技術体系と課題	22
<b>4</b> 章	おわりに	23

TSCとはTechnology Strategy Center（技術戦略研究センター）の略称です。

# 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

## 1章 資源循環分野の概要

### 1-1 資源循環に関する世界の動き

2015年9月の国連サミットでは2016年から2030年までの国際目標としてSDGs (Sustainable Development Goals) が採択された。これに基づき、各国はSDGsに向けた取組の具体化や支える政策の立案が求められている。

なかでも、資源効率性の向上を目指す資源循環は、図1に示すように、温暖化対策や海洋プラスチック問題など、地球規模の様々な課題解決につながることに加え、産業を支えるサプライチェーンに変化をもたらす重要な概念となっている。

特に、循環経済 (CE: Circular Economy) や資源効率 (RE: Resource Efficiency) 等の概念をビジョンとして掲げる欧州が、国際的な議論を先導しており、欧州委員会 (EC: European Commission) が戦略方針を示し、各国の具体的な政策につなげている。

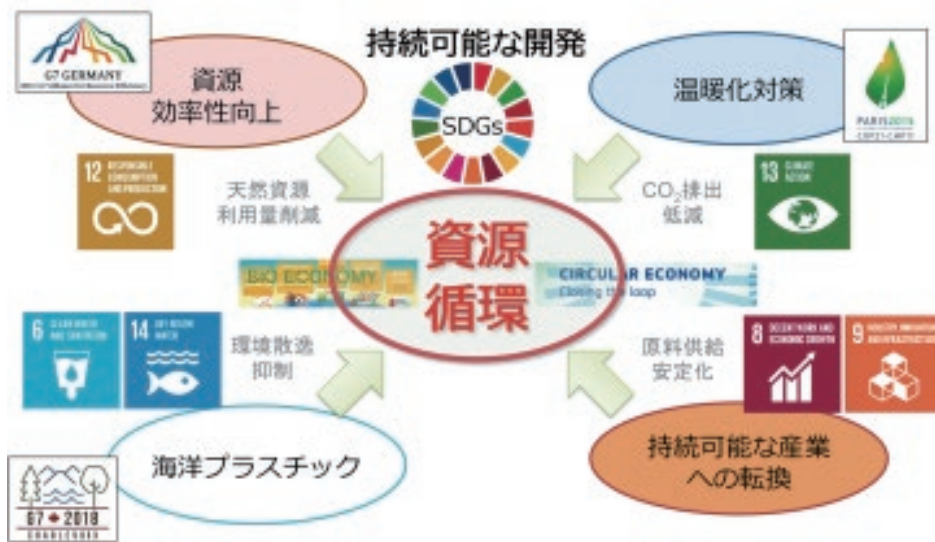


図1 SDGsに関連するグローバル課題に対する資源循環分野の位置付け  
出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

## 1-2 資源循環のCO<sub>2</sub>排出削減への寄与

再生可能エネルギー導入など、エネルギー分野におけるCO<sub>2</sub>削減が急速に進む中、産業分野では、高コストなどの理由から、その進展は相対的に遅くなっている<sup>※1</sup>。省エネが進む先進国ほど産業分野のCO<sub>2</sub>削減には多くのコストがかかる傾向にある。このような中、資源循環は、CO<sub>2</sub>

排出削減への寄与も期待されている。図2は、EUではCEの推進にあたり、鉄、プラスチック、アルミニウム、セメントと、主要な素材ごとのCO<sub>2</sub>排出抑制のインパクトについて、スウェーデンのSITRAが分析した結果を示している。CEに関する対策で最もCO<sub>2</sub>排出抑制のインパクトが大きいのは素材のリサイクルであり、CO<sub>2</sub>総排出量の約3割が抑制できると報告している。

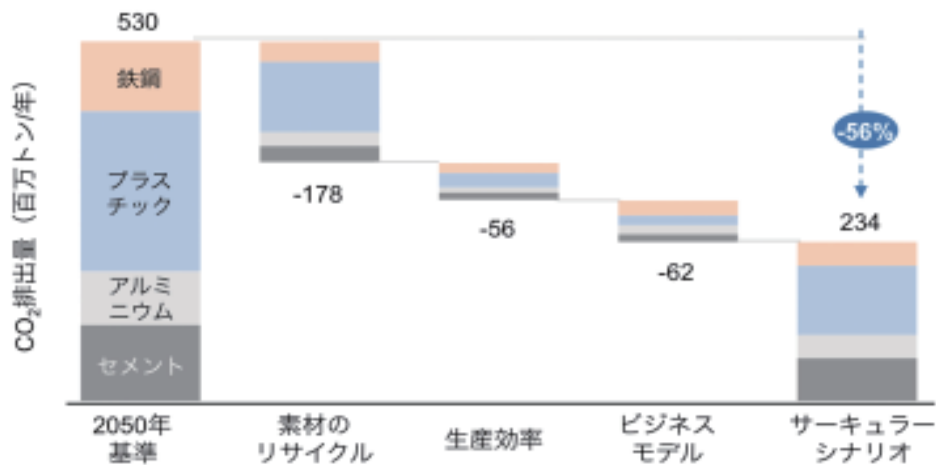


図2 CE進展による素材ごとのCO<sub>2</sub>排出削減効果

出所：MATERIAL ECONOMICS 2018, The Circular Economy a Powerful Force for Climate Mitigation (SITRA, 2018)<sup>※2</sup>を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2018)

※1 World Energy Outlook 2018 (IEA, 2018)

Renewables 2018 (IEA, 2018)  
<https://www.iea.org/media/presentations/Renewables2018-Launch-Presentation.pdf>

Energy Efficiency 2018 (IEA, 2018)  
<https://www.iea.org/efficiency2018/>

※2 MATERIAL ECONOMICS 2018, The Circular Economy a Powerful Force for Climate Mitigation (SITRA, 2018)

<https://materialeconomics.com/publications/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation-1>

## 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

日本における代表的な素材について俯瞰的な分析を行った結果を図3に示す<sup>※3</sup>。図の縦軸は素材生産に係るCO<sub>2</sub>排出量、横軸は資源調達リスク<sup>※4</sup>、円の大きさは素材産業の売上を示している。

希少金属、いわゆるレアメタル、レアアースは素材生産に係るCO<sub>2</sub>排出量は少ないが、調達リスクが大きく、国内産業への影響も大きいと見られるため、2017年度に技術戦略を策定し、NEDOは「高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業」にて技術開発を実施している。

一方、CO<sub>2</sub>排出量が多く、調達リスクもある程度大きいものとして、プラスチック、アルミニウム、鉄鋼、銅等が挙げられる。これらは、図2にて示したSITRAの検討でも循環によるCO<sub>2</sub>排出抑制ポテンシャルが大きい素材として挙げられていたものである。また、売上高、CO<sub>2</sub>排出量が最

も多い素材が鉄鋼であるが、日本においては、既に電炉によるリサイクルの仕組みが出来上がっており、回収可能なほとんどの二次材が生産の中に組み込まれている<sup>※5,6</sup>。このような状況を踏まえて、本書ではアルミニウムとプラスチックを対象素材とした。

資源循環を進展させるためには、現行の3R (Reduce・Reuse・Recycle) に新たな価値を付加する技術やそれに合わせたシステム、制度設計などの取組が必要である。高度化された技術、システムや制度等の社会実装は、再生品が備えるCO<sub>2</sub>フットプリントや資源利用率などの環境価値の浸透も加わり、今後、循環産業の自立・成長を促し、経済成長と環境負荷低減を両立した、持続可能な社会の発展に貢献すると考えられる。なお、本書では、高度化された資源循環の取組を「3R+(プラス)」と名付けた。

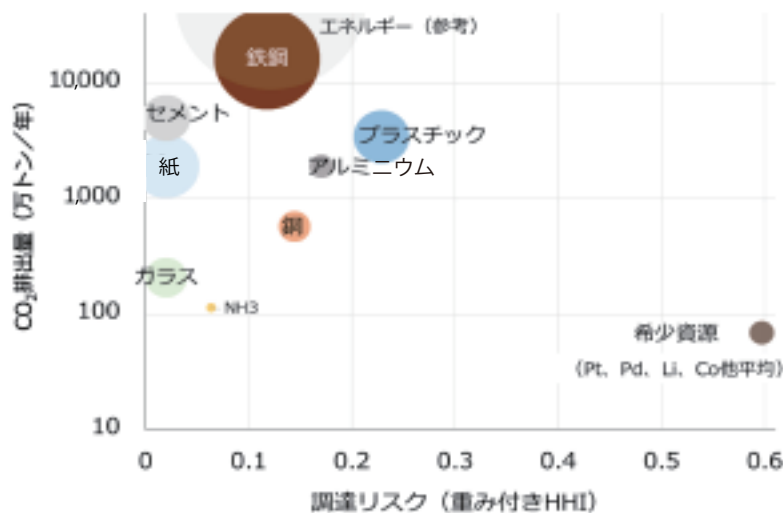


図3 日本における主要素材に関するCO<sub>2</sub>排出、調達リスク、経済規模  
出所：各種資料<sup>※4</sup>を基にNEDO技術戦略研究センター作成<sup>※5,6</sup>(2018)

※3 鉱物資源マテリアルフロー (JOGMEC, 2017)

CFPプログラム「CO<sub>2</sub>換算量共通原単位データベース」  
(産業環境管理協会, 2018-11-13参照)  
<https://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/database2012-2.html>  
金属鉱物資源の安定供給に関する一考察 (JOGMEC, 2015)

鉱物資源をめぐる現状と課題 (経済産業省, 2014)

The Circular Economy a Powerful Force for Climate Mitigation  
Transformative innovation for prosperous and low-carbon industry  
(SITRA, 2018)

※4 資源調達における調達安定性は「ハーフィンダール指数 (HHI)」という統計的な指標を活用することで評価でき、調達先の供給リスクを考慮した値を「重み付HHI」と呼ぶ。本評価では権益分、開発輸入、リサイクルを考慮している。

※5 CO<sub>2</sub>排出量は排出原単位×生産量を元にリサイクル率を考慮、プラスチックは焼却含む。市場規模は単価×生産量、HHI算出で権益分、開発輸入、リサイクルを考慮。バイオマス(林業)の売上、CO<sub>2</sub>排出量は産業連関表から抽出(2018年7月)。

※6 リサイクルデータブック (産業環境管理協会, 2018)

ゼロカーボン・スチールへの挑戦 (日本鉄鋼連盟, 2018)  
[http://www.jisf.or.jp/news/topics/documents/zerocarbon\\_steel\\_honbun\\_JISF.pdf](http://www.jisf.or.jp/news/topics/documents/zerocarbon_steel_honbun_JISF.pdf)

# 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

## 1-3 国内外のリサイクルメジャー

欧米では民間企業による大規模、一括収集・自動選別により大規模なリサイクルが推進されており、フランスのVEOLIA や米国のWMなどは、リサイクルメジャーと呼ばれ、中国や東南アジアなどへ海外進出し、廃棄物処理を行っている。図4に欧米のリサイクルメジャーと日本の廃棄

物処理業の売上比較を示す。国内企業に比べて、欧米企業の売り上げは10倍以上になっている。国内では、旧態から地元企業志向が強く、全国的に地場企業による処理が行われてきており、数多くの中小企業、及び排出者の分別処理により質の高いリサイクルが推進されてきた。国ごとに異なるこのような環境は、リサイクルを推進する上で重要な視点となる。

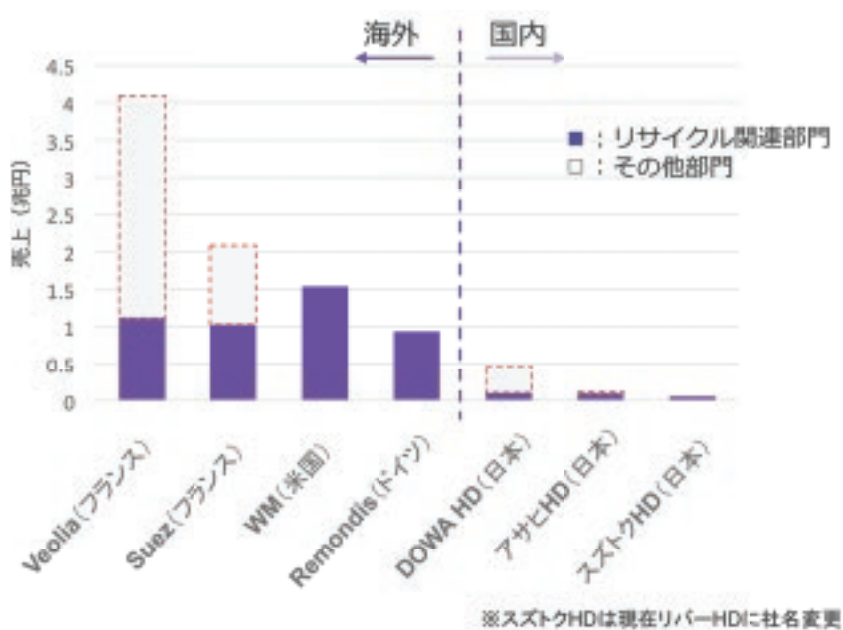


図4 日米欧における廃棄物処理業の売上比較 (2015年)

出所：各種資料<sup>\*7</sup>を基にNEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

\*7 SPEEDAを使った情報検索等

## 2章 プラスチックリサイクル

### 2-1 市場規模・予測

プラスチックは、生活用品、住宅、自動車等、さまざまな分野で利用され、今後、世界の生活水準が向上するとともに、世界のプラスチック需要の急拡大が予想される。IEA (International Energy Agency) によるプラスチッ

クの生産量予測によると、2017年の3億5,000万トン/年に対し、2050年には6億トン/年弱までの増加が予想されている<sup>※8</sup>。生活水準の向上によって、一人当たりで換算した生産量においても、2017年の47kg/人が2050年には60～75kg/人まで増加すると予測されている。

日本におけるプラスチックの生産実績の推移を表1に示す<sup>※9</sup>。2012年から微増傾向にあり、2017年の生産量は約1,100万トン/年と、世界全体の約3%を占める。一方、一人当たりの消費量は75kg/人と米国、西欧に次いで多い<sup>※10</sup>。

表1 日本のプラスチック生産実績(単位:千トン/年)

	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
熱可塑性樹脂	9,326	9,424	9,458	9,757	9,599	9,866
その他の樹脂	1,194	1,156	1,150	1,081	1,153	1,154
合計	10,520	10,579	10,608	10,838	10,753	11,020

出所：プラスチック工業連盟 Web サイトを基に技術戦略研究センター作成 (2018)

※8 The Future of Petrochemicals, Towards more sustainable plastics and fertilisers (IEA, 2018)

※9 プラスチックリサイクルの基礎知識(プラスチック循環利用協会, 2019)  
<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>

※10 プラスチック原材料生産実績(確定値)(プラスチック工業連盟, 2012年～2017年)  
[http://www.jpif.gr.jp/3toukei/conts/nenji/y\\_genryou\\_c\\_2.htm](http://www.jpif.gr.jp/3toukei/conts/nenji/y_genryou_c_2.htm)



# 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

## 2-2 国内における現状

2017年の日本におけるプラスチックリサイクルの状況を図5に示す。輸入品を除く国内のプラスチック供給量は、1,128万トン/年で、このうち廃プラスチックの再生品への利用は53万トン/年で約5%を占める。輸出分を除き国内で消費される正味の需要は980万トン/年で、約4割を容器・包装用途が占める。一般廃棄物として407万トン/年、産業廃棄物として492万トン/年、合計899万トン/年のプラスチックが廃棄されている。消費に対するプラスチック回収の割合は92%と高く、この高い回収率は世界の動向

と比較して、高い消費者意識、回収システム等が日本の特長となっている<sup>※11</sup>。

マテリアルリサイクルとして再利用されている廃プラスチックの量は、輸出も含めると、206万トン/年であるが、昨今の中国の輸入禁止措置などにより、輸出分153万トン/年の処理が課題となっている。コークス炉やガス化の原料(ケミカルリサイクル)として36万トン/年、固形燃料、発電、熱利用の熱エネルギー回収(サーマルリサイクル)に516万トン/年が利用されている。廃プラスチックの84%が何らかの形で処理されているが、一方で、輸出分を除くマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの割合は極めて低いといえる。

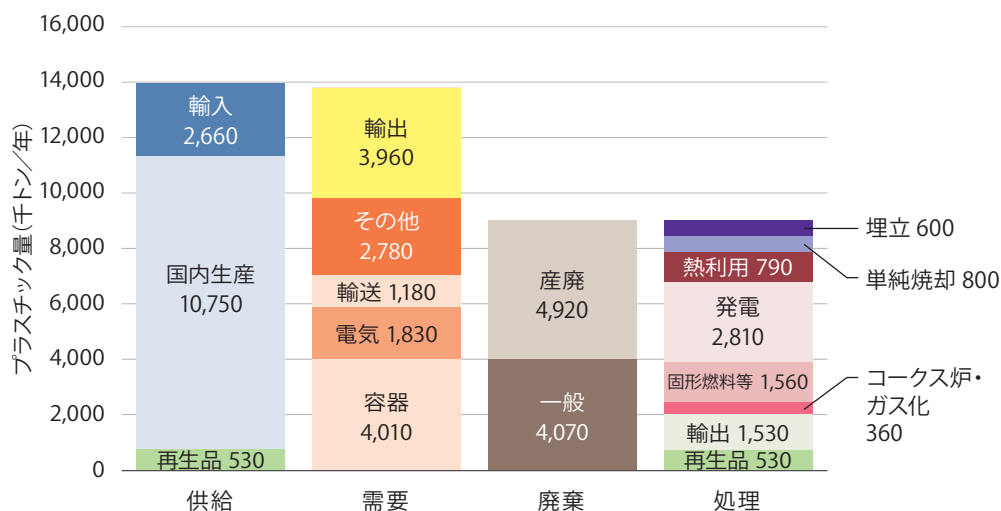


図5 日本におけるプラスチックリサイクルの現状 (2017年)  
出所：各種資料<sup>※11</sup>を基にNEDO技術戦略研究センター作成 (2018)

※ 11 リサイクルデータブック (産業環境管理協会, 2018)

プラスチックリサイクルの基礎知識 (プラスチック循環利用協会, 2019)  
<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf> (2018-11-06参照)

## 2-3 国内外の政策動向

### (1) EU

EUが2018年に発表した「欧州プラスチック戦略」では、バリューチェーン全体でプラスチックがもたらす課題に対処する戦略を提案した。このなかで、2030年までに、1) 全てのプラスチック包装をリユース又はリサイクル可能にすること、2) 欧州で発生するプラスチック廃棄物の半分以上をリサイクルすること、3) 欧州のリサイクル能力を2015年比で4倍にする、というビジョンを掲げており、リサイクルを促進するため、以下の取組を進めるとしている。

- リサイクル性を高めるための製品設計の改善
- リサイクルされたプラスチックの需要促進
- より優れ、かつ調和した分別収集と選別

EUではCEに関するビジョンや欧州プラスチック戦略に基づき、2014年から2020年までの7か年計画である科学技術計画(Horizon2020)の中で研究開発プロジェクトが進行中である。CEはHorizon2020の横断的活動の中の重点領域に設定されており、各産業分野(建設、自動車、家電、住宅、太陽光発電、紙・パルプ産業等)から廃棄される製品中の鋼材、銅、アルミニウム、チタン、プラスチック、ガラス、複合材料など、経済的に回収するための技術開発・システム開発・制度設計を2013年から2019年にかけて総額120億円程度を支援している。

その中で、プラスチックの循環に関連する主要なプロジェクトについて表2にまとめた。EUでは、ケミカルリサイクルやマテリアルリサイクルに関する萌芽期の研究開発プロジェクトから、バリューチェーンを網羅したプラットフォームを構築するための実証プロジェクトまで、幅広く進められており、併せてシステム分析やデータベース構築を進めるこ

表2 EUにおける主要なプラスチック循環の研究開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要	期間EU予算(PJ予算)
cPET	GR3N SAGL (スイス)	着色された容器、トレイ、繊維製品等を経済的にケミカルリサイクルするためのマイクロ波利用解重合技術を開発した。	2018/9~2019/2 0.07億円(0.09億円)
CRNPE	RECYCLING TECHNOLOGIES LTD. (イギリス)	難リサイクルの廃プラスチックを低硫黄燃料油へリサイクルするため、染料等の添加剤由来の汚染物質を除去するガスろ過システムを開発した。	2017/9~2018/8 0.1億円(0.1億円)
POLYMARK	PETCORE EUROPE AISBL (ベルギー)	食品接触承認プラスチックと非承認プラスチックの分離を可能とするプラスチック自体をコード化したマーキングおよび識別システムを開発した。	2014/1~2017/3 1.9億円(3.0億円)
RUBSEE	SADAKO TECHNOLOGIES SL (スペイン)	廃棄物処理施設における高付加価値物選別の高度化のための、コンピュータビジョンと人工知能を使用したリアルタイム監視システムを開発した。	2017/2~2019/1 1.7億円(2.4億円)
HR-Recycler	Ethniko Kentro Erevnas Kai Technologikis Anaptyxis (ギリシャ)	WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment)をリサイクルするための前処理における人間とロボットの協働によるソーティングプラントシステムを開発する。	2018/12~2022/5 8.8億円(8.8億円)
PlastiCircle	INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL EMBALAJE (スペイン)	ヨーロッパにおけるプラスチック廃棄物のリサイクル率を高めるための総合的なプロセスを開発し実行する。自動車部品、家具、ごみ袋等の回収、輸送、選別の高度化を行う。	2017/6~2021/5 10.3億円(11.4億円)
ECOBULK	EXERGY LTD (イギリス)	自動車、家具、建築分野の複合プラスチック製品の再利用、アップグレード、修理、リサイクルを促進するため、プロセス、技術、ビジネスモデルを開発し、プラットフォーム化する。	2017/6~2021/5 12.8億円(16.0億円)

出所：CORDIS<sup>\*12</sup>、InnovateUKを基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

\*12 European Commission. "Project information - CORDIS"  
https://cordis.europa.eu/projects/en



# 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

とで、社会への実装を促進している。

## (2) 米国

DOE (アメリカ合衆国エネルギー省) のエネルギー効率・再生可能エネルギー局 (EERE: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy) が2017年5月にREMADE (Reducing Embodied-energy And Decreasing Emissions) として、リサイクルやリユース全般に関する総額75億円、5年間の資金提供プログラムを開始した。

REMADEでは、金属・ポリマー・繊維・E-waste (電気・電子機器廃棄物) を対象とし、1) 二次原料や再生材料利用における材料のトレーサビリティ確保、2) 廃棄物削減、予測を行うための情報収集、標準化、及び設計ツール、3) 廃棄物の迅速な採取・識別・ソーティング、4) 混合材料の分離、指定有害物質の除去、5) 強靱でコスト効率の

高い処理・処分法の5つを重点領域としている。

REMADEプログラムの技術的達成指標として、主に以下のような目標が掲げられている。REMADEプログラムの中で、プラスチックの循環に関する技術開発を表3に示す。

- 製造プロセスにおけるバージン材料投入量を30%削減
- 製造プロセスにおける二次材料投入量を30%増加
- エネルギー集約型材料のリサイクルを30%増加
- 二次材料のコストをバージン材料と同等程度にする

米国では、複雑なプラスチック含有廃棄物や多層フィルム等リサイクル困難なものに関する技術開発が進められており、EUと同様に、システム分析やデータベース構築を併せて行うことで、スムーズな社会実装を目指している。

表3 REMADEプログラムにおけるプラスチックリサイクル関連技術開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要
Platform Technology for Selective Recovery of Polymers and Residual Metals from Complex Polymeric Content Waste Streams, including e-Waste	Argonne National Lab.	電子廃棄物やその他の複雑なプラスチック含有廃棄物からABS(合成樹脂)、PS(ポリスチレン等)、PC(ポリカーボネート)、ABS/PCアロイを回収することができる選択的材料分離技術のプラットフォームを構築する。二次プラスチック材料供給を年間350万トン増加させることを目指す。
Reinforced Recycled Polymer Composites	Ohio State University	ボトル、カーペット等の廃PET(ポリエチレンテレフタレート)と他の材料を複合させ、新たな強化リサイクルプラスチックとすることで、高付加価値化を狙う。Niagara Bottling LLC, Shaw Industriesが参加。
Determining Material, Environmental and Economic Efficiency of Sorting and Recycling Mixed Flexible Packaging and Plastic Wrap	American Chemistry Council	包装やラップ等フレキシブルプラスチックの選別とリサイクル技術の開発とビジネスモデル検討、環境・コスト分析を行う。Resource Recycling Systems, Idaho National Laboratoryが参加。
Scalable High Shear Catalyzed Depolymerization of Multilayer Plastic Packaging	University of Massachusetts-Lowell	多層プラスチックフィルムを対象とした費用対効果の高いケミカルリサイクルに関する触媒重合手法を検討する。Michigan State, Unilever, ACC, National Renewable Energy Laboratoryが参加。
Systems Analysis for PET and Olefin Polymers in a Global Circular Economy	Michigan Technological University	ポリオレフィンとPETに関する回収とリサイクルを促進する技術等のシステム分析を可能にする枠組を開発する。American Chemistry Council, Idaho National Laboratoryが参加。

出所:REMADE Web サイト (REMADE Institute, 2019) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2019)

## 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

### (3) 中国

プラスチックのリサイクルに関して、第13次5か年計画(工業绿色发展规划、2016～2020)の中で、プラスチックの国内循環量を2016年の1,878万トン/年から2020年までに2,300万トン/年へ増加させる目標を掲げている。その目標達成のために、主要な廃プラスチックの選別、再生、造粒に関する技術実証を行い、多様な品質の再生プラスチックの高付加価値化を支援し、大規模で高効率なりサイクルシステムの構築を推進している。研究開発の方針としては、廃プラスチックの自動識別選別技術の開発、紙、アルミニウム、鉄等とプラスチックの複合材料の分離技術、廃プラスチック改質などの高価値利用技術、廃プラスチックリサイクルの二次汚染防止技術、特殊機器の開発に注力する目標が掲げられている。

- 廃プラスチックの機械的選別技術
- 廃プラスチック活性化無機フィラー改良、  
繊維増強改良、弾性体増韌改良、樹脂合金改良、  
分子鎖構造改良などの化学再生利用技術
- 廃ペットボトルを利用してポリエステルチップを生産する技術
- 廃プラスチック、廃木質材料を利用して  
ウッドプラスチック材料及び関連製品を生産する技術

### (4) 日本

2018年6月閣議決定の第四次循環型社会形成推進基本計画を踏まえ、資源・廃棄物制約、海洋プラスチックごみ問題等の幅広い課題に対応するための3RとRenewable(再生可能資源への代替)を基本原則とした「プラスチック資源循環戦略」(2019年5月)では、廃プラスチック有効利用率の低さ、海洋プラスチック等による環境汚染が世界的課題を解決するために、国内で適正処理・3Rを率先し、国際貢献も実施するとされている。一方、世界で2番目の1人当たりの容器包装廃棄量、アジア各国での輸入規制等の課題も併せて、解決するとしている。そのことにより、資源、環境問題を解決するばかりでなく、経済成長、雇用創出により、持続可能な発展を目指すことを目指している。また、世界的な協業により、必要な投資やイノベーション(技術、制度)の促進を図ろうとしている。

## 2-4 特許・論文の動向

### (1) 特許出願

プラスチックリサイクルに関する特許（実用新案を除く）を抽出し、分析を行った。5年毎の出願件数の推移（図6）では、総出願件数は2,200件程度と変化が小さいものの、

日本からの出願件数は減少傾向にあるのに対し、中国からの出願数は増加し続けている。

技術分類別（マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクル）の出願件数を比較すると（図7）、ケミカルリサイクルに関する特許出願が7割近くを占めており、研究開発が活発な技術領域である。

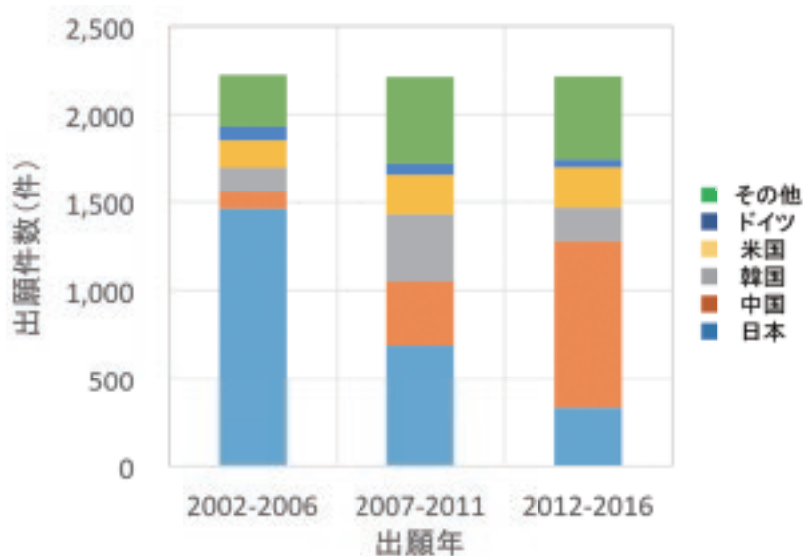


図6 プラスチックリサイクル技術に関する出願件数の推移 (5年毎)  
出所：Derwent World Patents Index™の検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成 (2019)

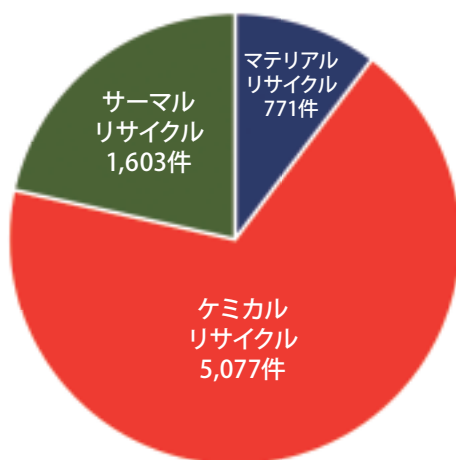


図7 プラスチックリサイクル技術別の出願件数 (2002年～2016年累積数)  
出所：Derwent World Patents Index™の検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成 (2019)

## 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

### (2) 論文発表

プラスチックリサイクルに関する技術論文(発行年:2002~2016年)を抽出し、分析を行った。国別の掲載件数について、5年毎の掲載件数の推移の分析(図8)からは、直近5年間ではおよそ3,000件に達しており、前期間(2007~2011年)に比べ1.4倍に増加していることが分かった。

特に、中国からは929件(期間:2012~2016年)に達し、前期間に比べ2.4倍となっていた。

技術分野別(マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクル)の件数を比較すると(図9)、特許出願動向と同様にケミカルリサイクルに関する件数が多く、全体の8割を超えており、学術研究も活発な技術領域である。

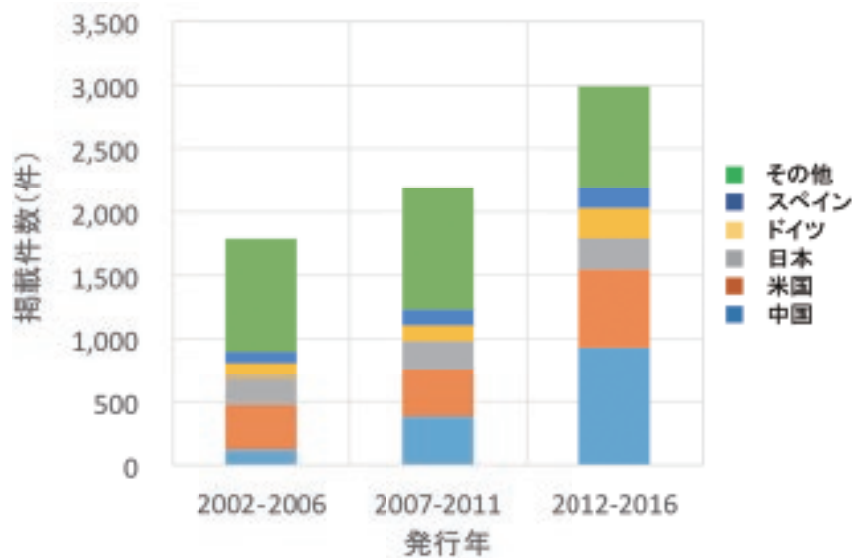


図8 プラスチックリサイクル技術に関する掲載件数の推移(5年毎)

出所: Web of Science™の検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

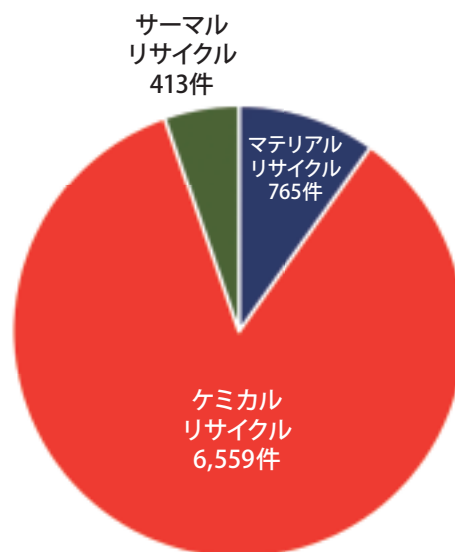


図9 プラスチックリサイクル技術別の掲載件数(2002年~2016年累積数)

出所: Web of Science™の検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

## 2-5 標準化の動向

プラスチックリサイクルに関する標準化は、プラスチックの規格であるISO/TC61に包含されるように制定されてきた。リサイクル関連のISO 15270:2008(プラスチック・プラスチック廃棄物の回収及びリサイクルの指針)は、日本が提案し、2008年に制定されたものである。この規格に付随し、PET、ポリエチレン(PE)やポリプロピレン(PP)の再生材の規格が制定されている。更に、マテリアルリサイクルによる再生材を用いた種々の製品規格(JIS)も併せて多数制定されてきた。これらの規格群は、世界に先駆けて日本がリサイクルを推進してきたことを示している<sup>※13</sup>。

2013年になると、ISO 15270:2008を包含する新たなISO規格としてISO 18601:2013が制定された。本規格は全般規格として位置づけられ、環境配慮包装に関するものである。さらに、リユース(ISO 180603)とマテリアルリサイクル(ISO 18604)、エネルギー回収(ISO 18605)、及び生分解などの有機的リサイクル(ISO 18606)も併せて制定されている。特に、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルが促進された場合は、前述のISO 15270及びISO 18601規格への対応が必要になる<sup>※14</sup>。

## 2-6 技術体系と課題

プラスチックの製造、利用、リサイクルに係る工程と、本書で扱うプラスチックリサイクル技術を図10に、中間処理工程における要素技術とその内容について表4に示す。

容器包装や自動車、家電や、玩具、日用品等様々な製品に材料として利用されたプラスチックは、それぞれの廃棄処理ルートを経て収集され、静脈産業にてリサイクル処理が行われる。

最初に中間処理業にて再生処理に適した原料となるよう解体・破碎・選別等の前処理が行われ、次いでリサイクル処理としてマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクル処理が行われる。マテリアルリサイクルでは、不純物の除去や重合・解重合等が行われ、物性を向上させた再生樹脂として動脈産業に供給される。ケミカルリサイクルでは、熱や薬剤を用いて分解し、有用物の分離・精製が行われ、樹脂原料や化学原料として動脈産業に供給される。動脈産業では、コンパウンダーが製品加工等で求められる材料を新規樹脂や再生樹脂、添加剤等で成分調整し、製品加工業に供給する。製品加工業は、製品に求められる性能に応じた製品設計・成形加工を行い、市場に供給する。サーマルリサイクルでは、プラスチックはごみ発電施設等で燃焼・熱回収され、熱や電気等のエネルギーとして社会に供給される。

国内のプラスチックのリサイクルに関わる業者は、中小企業だけで約3万社程度と推定され、中間処理、再生処理、コンパウンドの工程を担っている。特に、主として廃棄物処理を実施している事業者は、処理コストの低減を優先して進展してきたため、最適な処理プロセスになっているとは言い難い。また、静脈産業間で情報連携が少ない、各市町村のごみ収集のルールが異なっている等の課題がある。そのため、今後の技術開発では、新たな制度設計や事業形態の高度化の検討が重要となっている。<sup>※15</sup>

※13 容器包装リサイクルワーキンググループの活動状況について  
(経済産業省 産業構造審議会 産業技術環境分科会, 2018)  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo\\_gijutsu/haikibutsu\\_recycle/pdf/032\\_03\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/pdf/032_03_01.pdf)

※14 3R連絡会、環境配慮包装に関する新規国際規格の開発・発行  
(ISO 18600シリーズ) (日本包装技術協会, 2014)  
<http://www.3r-suishinkyogikai.jp/data/event/H25R32.pdf>

※15 循環経済ビジョン研究会(第2回)、リサイクル事業者へのヒアリング調査結果  
(経済産業省, 2018)  
[http://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/junkai\\_keizai/pdf/002\\_06\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/junkai_keizai/pdf/002_06_00.pdf)

プラスチックを取り巻く国内外の状況 <第4回資料集> (環境省, 2018)



# 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

現在、廃製品としての回収率は98%以上として高いものの、国内の人件費が高いことや人手不足もあり、最近では、付加価値が高い廃製品までもが海外に流出しているケースも多い。その一方で、原料となる資源やプラスチック

原料を海外から輸入している状況である。国内の資源効率を向上させるには、処理コストを拡大させずに、廃プラスチックのリサイクルがより高効率に実現できる革新的な研究開発を行う必要がある。

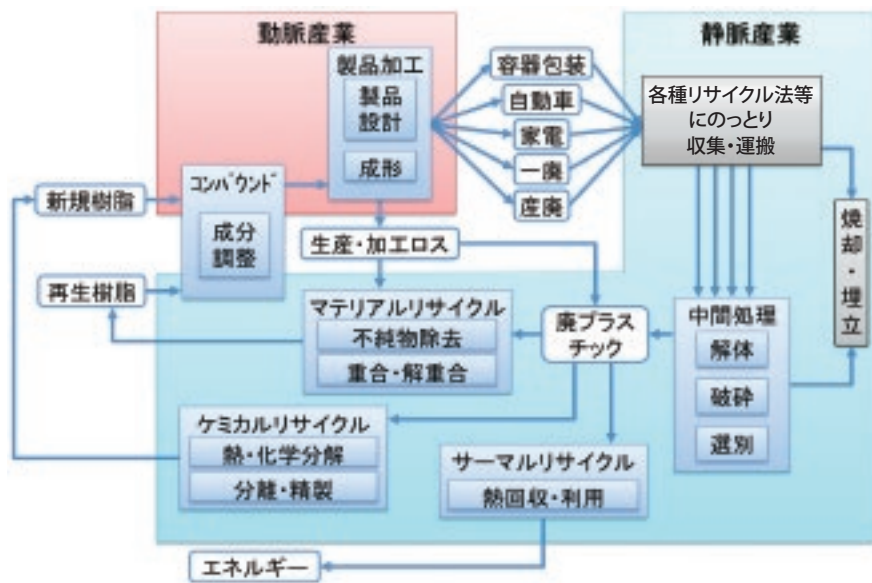


図10 プラスチックリサイクルシステムと要素技術  
出所：NEDO技術戦略研究センター作成（2019）

表4 プラスチックリサイクル技術の体系

工程	要素技術	具体的な技術例
中間処理	解体	廃製品を部材に分離
	破碎	部材を素材単体に分離
	選別	素材ごとの分離・濃縮
マテリアルリサイクル	不純物除去	添加剤・染料など不純物の除去
	重合・解重合	プラスチックの重合度の制御
ケミカルリサイクル	熱・化学分解	熱・化学反応を用いた有用物への分解
	分離・精製	有用物の分離・精製
サーマルリサイクル	熱回収	熱交換器等による熱の回収、電気などへの変換
コンパウンド	成分調整	製品に求められる性能となるよう素材成分を調整
製品加工	成形加工	低物性材料の使いこなし、アップグレード
	製品設計	中間処理効率化のための商品形態・構造設計

出所：NEDO技術戦略研究センター作成（2019）



## 3章 アルミニウムリサイクル

### 3-1 市場規模・予測

軽量性、耐食性、熱・電気伝導性、加工性等、優れた性質を有するアルミニウムの需要は右肩上がりで増加している。図11に示すように、世界のアルミニウム需要は

2017年に9,000万トン/年を超え、中国を中心に2040年までに1億6,000万トン/年に増加すると予測されている。

また、用途別のアルミニウム中間製品需要量の予測を図12に示す。これまでのアルミニウム需要は建築・構造用途と自動車等運輸用途が牽引しており、将来的にも建築・構造及び運輸用途の需要の伸びは大きく、2040年ではそれぞれ約5,000万トン/年程度の需要へ成長すると予測されている。

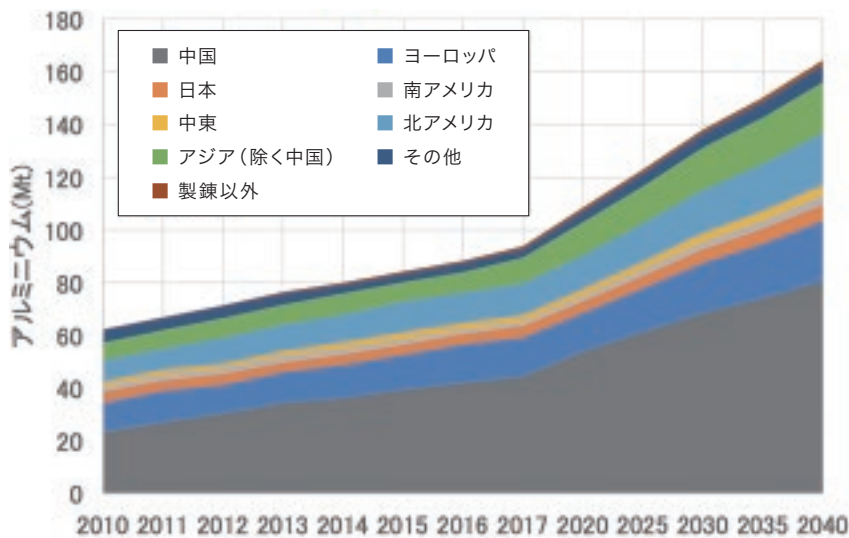


図11 世界におけるアルミニウム需要の推移と将来予測

出所：Regional Aluminium Flow Model 2017 (International Aluminium Institute, 2019)  
を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2019)

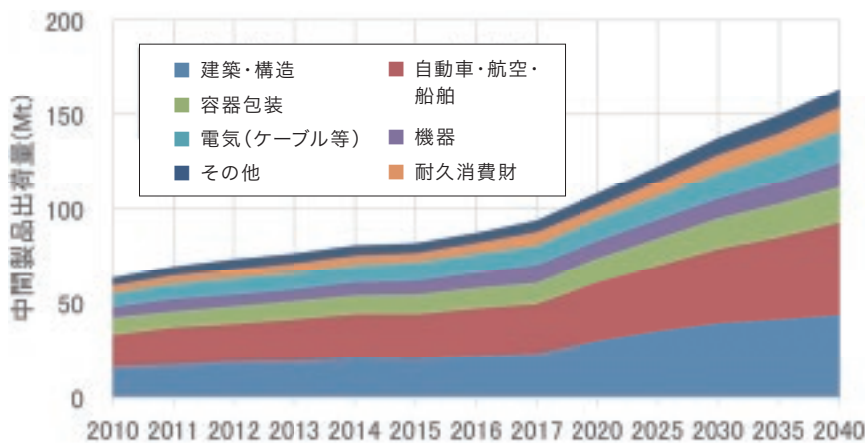


図12 世界におけるアルミニウム中間製品の出荷量の推移と将来予測

出所：Regional Aluminium Flow Model 2017 (International Aluminium Institute, 2019)  
を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2019)

## 3 -2 国内における現状

2016年の日本におけるアルミニウムリサイクルの状況を図13を示す。年間需要量は約400万トン/年である。材料として利用されるアルミニウムのうち、251万トン/年が新地金由来であり、主に高付加価値な展伸材向けに利用されている。

国内では新地金の製造は行われておらず、ほぼ全量を海外からの輸入に頼っている。残りの130万トンは二次地金(いわゆるリサイクル材料)である。そのほとんどは

鋳造材として用いられており、エンジンブロックが主な用途として挙げられる。また、130万トン/年が国内で回収されたスクラップとして回っており、アルミニウムのリサイクル率としては世界トップレベルであるといえる。

今後、自動車用エンジンの小型化、パワートレインの電化の進展により、国内における鋳造材需要の減少が見込まれる一方で、軽量化の要求から自動車向け展伸材需要の増加が想定されている。また、アルミニウムの需要量は増加しており、将来的に排出されるスクラップも増加することが予想されるため、需給バランスが将来的に崩れる可能性が高い。

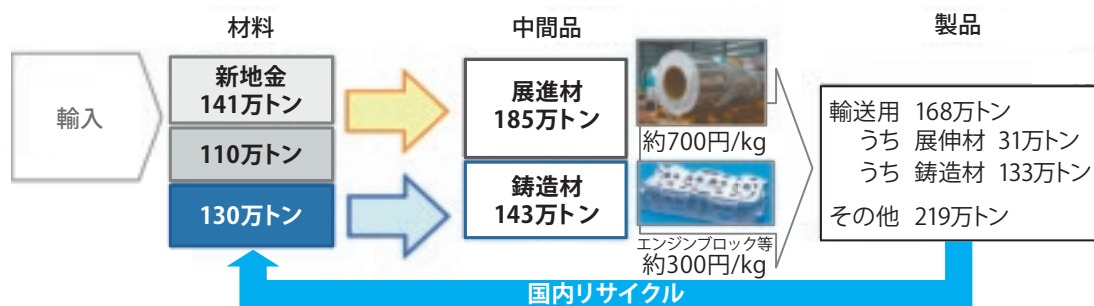


図13 日本におけるアルミニウムのマテリアルフロー (2016)

出所: 公開資料<sup>\*16</sup>を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

\*16 鋳物資源マテリアルフロー 2017 (JOGMEC, 2018)  
 輸入 110万トンは二次地金と二次合金地金を含む。これらのスクラップ使用率は不明。ストック品や中間製品の輸出のデータは含まれていない。

# 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

## 3 -3 国内外の政策動向

### (1) EU

EUは従来の資源消費型の線形経済から、REを最大化する循環経済への転換を図り、2015年にCEパッケージをビジョンとして策定した。EUは「EU域外の資源産出国から供給される天然資源に依存しない、いわゆるEU域内で完結する循環資源利用の社会を目指し、再生品の品質が市場を決定する(リサイクル業者のための)市場を作りたい」と考えている。これは「バージン資源使用製品に対してリサイクル資源使用製品の競争力を強化する」ということを意味している。このCE(Circular Economy:循環経済)パッケージの中で、アルミニウム製容器包装について、2025年には50%、2030年には60%のリサイクルを目標と設定している。

また、先述したSITRAのレポートでは、アルミニウムの循環において重要なポイントを次のように挙げている。

- 製品設計の改善:分離・選別の複雑化の防止
- 材料の仕様:合金組成ベースから機能ベースの仕様へ

- 再使用:直接再使用の推奨
- 水平リサイクル:現状のカスケードリサイクルの防止
- 新たな製品解体プロセス:自動化、素材混合の防止
- 分離・選別の向上:安価なセンサー、自動化による低コスト化
- 洗練されたスクラップ市場:フローの把握
- 新たな製造プロセス:不純物除去・精製

EUではCEに関するビジョンや分析に基づき、Horizon2020の中で研究開発プロジェクトを進めている。CEはHorizon2020の中で横断的活動として焦点領域に設定されており、各産業分野(建設、自動車、家電、住宅、太陽光発電、紙・パルプ産業等)から廃棄される製品中の鋼材、銅、アルミニウム、チタン、プラスチック、ガラス、複合材料など、経済的に回収するための技術開発・システム開発・制度設計を2013年から2019年にかけて総額120億円程度支援している。

その中で、アルミニウムの循環に関連する主要なプロジェクトについて表5にまとめた。EUでは、製錬、地金製造、材料加工、スクラップ選別等、バリューチェーンを網羅するように研究開発プロジェクトが進められている。

表5 EUにおける主要なアルミニウム循環の研究開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要	期間EU予算(PJ予算)
ENSUREAL	SINTEF (ノルウェー)	改良Pedersen法を用いて低品質のボーキサイトからのアルミナ製錬を行うことで、EU領域内での持続可能なアルミニウムバリューチェーンを構築する。	2017/10~2021/9 9.0億円(11.2億円)
Aluminium ScrapDbase	BRUNEL UNIVERSITY LONDON (イギリス)	鉄不純物を含むアルミニウムスクラップ合金を使用して、高価値アルミニウム製品を製造することを可能にする方法を、固相挙動や結晶生成挙動を解析した。	2015/9~2017/8 0.6億円(0.6億円)
Recycal	LENZ INSTRUMENTS SL (スペイン)	アルミニウムスクラップを鍛造材に適用するため、高剪断加工(HSP)技術を用いた溶融調整プロセスにより、機械的特性を改善する微細構造を実現した。	2014/1~2016/12 3.0億円(4.0億円)
REALCAR2	Jaguar Land Rover Limited (イギリス)	使用済アルミニウムを使用して、低コストでエネルギー効率良く、5000番台のアルミニウムを使用して、軽量の車体構造を構築するための技術開発を行なった。	2013/2~2015/7 0.7億円(0.7億円)
REALITY	Jaguar Land Rover Limited (イギリス)	アルミニウム合金を分離し、その後展伸アルミニウム合金を合金種別毎にさらに分離するための、センサーベースのスクラップソーティング技術の開発および産業展開を目指してスケールアップを行なった。	2017/6~2020/3 2.0億円(3.0億円)
SHREDDERSORT	LENZ INSTRUMENTS SL, (スペイン)	自動車スクラップからの非鉄金属を選別し、二次アルミニウムの品質を向上させるため、LIBS(Laser Induced breakdown Spectroscopy)等のセンサーによる鑄造/展伸アルミニウム合金の選別技術を開発した。	2014/1~2016/12 4.2億円(5.6億円)
HR-Recycler	Ethniko Kentro Erevnas Kai Technologikis Anaptyxis (ギリシャ)	WEEEをリサイクルするための前処理における人間とロボットの協働によるソーティングプラントシステムを開発する。	2018/12~2022/5 8.8億円(8.8億円)

出所:CORDIS<sup>※12</sup>, InnovateUKを基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

# 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

## (2) 米国

米国では、資源循環に関する取組は、製造業のエネルギー効率と経済性を向上させ、産業の競争力を強化する目的で行われている。DOEのEEREが2017年5月にREMADEとして、リサイクルやリユース全般に関する総額75億円、5年間の資金提供プログラムを開始した。REMADEプログラムの技術的達成指標として、主に以下のような目標が掲げられている。

- 製造プロセスにおけるバージン材料投入量を30%削減
- 製造プロセスにおける二次材料投入量を30%増加
- エネルギー集約型材料のリサイクルを30%増加
- 二次材料のコストをバージン材料と同等程度にする
- 5年以内に二次原料処理エネルギーを30%削減
- 10年以内に50%削減

REMADEプログラムの中で、アルミニウムの循環に関する技術の開発は、表6に示すような研究開発プロジェクトが実施されている。

また、ARPA-E (Advanced Research Projects Agency-Energy: エネルギー高等研究計画局) ではエネルギー消費低減を目的に、次世代の自動車や構造材として需要が高まることが予想される軽金属 (Al, Mg, Ti) をターゲットに、省エネルギー・低コストなアルミニウム精錬技術と廃製品からのリサイクル技術を開発している。表7にARPA-Eの製品からの金属リサイクル関連プロジェクトを示す。特に、自動車スクラップからの軽金属合金の選別を目的としたソーティング技術の開発が行われており、REMADEプログラムに繋がっていると考えられる。

表6 REMADEプログラムにおけるアルミニウムリサイクル関連技術開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要
Rapid Sorting of Scrap Metals with Solid State Device	The University of Utah	非鉄金属スクラップからアルミニウムをEDX (electro-dynamic sorting) 技術により高選別効率・ハイスループットで選別する技術の開発。1t/hの処理速度、90%の回収率を目指す。
Increasing Melt Efficiency and Secondary Alloy Usage In Aluminum Die Casting	Ohio State University	アルミダイキャスト製造における、溶融プロセスの熱力学モデリングにより機構を解明し、高効率な溶融プロセスのための新たな添加剤、耐火材の開発や、より不純物許容度の高い二次アルミニウム合金の製造プロセスの設計を行う。North America Die Casting Association, Alcoaが参加。

出所: REMADE Web サイト (REMADE Institute, 2019) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2019)

表7 ARPA-Eのアルミニウム精錬、リサイクル関連プロジェクト

名称	コーディネーター	概要	期間
ALUMINUM ELECTROLYTIC CELL WITH HEAT RECOVERY	Alcoa	アルミニウム精錬の効率向上、コスト低減を目的に、電解セルの高効率化と熱回収に関する技術を開発した。	2014~2018 4.52億円
ALUMINUM PRODUCTION USING ZIRCONIA SOLID ELECTROLYTE	INFINIUM	アルミニウム精錬の効率向上、CO <sub>2</sub> 排出抑制を目的に、電解精錬において従来の炭素電極からジルコニア電極へと転換するための技術を開発した。	2013~2016 4.21億円
ELECTROMAGNETIC LIGHT METAL SORTING	University of Utah	自動車からのアルミニウムスクラップを複数グレードに選別するため、可変電磁力による選別技術を開発した。	2014~2017 2.95億円
ELECTROCHEMICAL PROBE FOR RAPID SCRAP METAL SORTING	Palo Alto Research Center (PARC)	自動車からのアルミニウムスクラップを複数グレードに選別するため、イオン液体を用いた高速な電気化学分析による選別技術を開発した。	2013~2016 1.58億円
X-RAY DIAGNOSTICS FOR SCRAP METAL SORTING	UHV Technologies	自動車からのアルミニウムスクラップを複数グレードに選別するため、線形XRF (蛍光X線)を用いたソーターによる選別技術を開発した。	2014~2016 2.14億円

出所: ARPA-E Web サイトを基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2016)



## 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

### (3) 中国

中国は国家戦略として循環経済体制の構築を行っている。第13次5か年計画や中国製造2025の中で、製造業の強化方針の一つにグリーン製造の発展を挙げており、その主要目標として工業固形廃棄物の再利用率を2013年の63%から、2020年までに73%、2025年までに79%に引き上げようとしている。また、国家発展改革委員会は、「循環発展牽引行動」の中で資源循環産業市場は2020年に50兆円規模に拡大すると予測しており、それを実現させるため十大行動として、資源循環利用産業モデル地区の建設、鉱業資源総合利用産業蓄の建設、「インターネット+」資源循環の取組、再生製品普及の取組、技術革新の取組などを挙げている。

アルミニウムの循環に関しては、2011年から5年間、廃アルミ缶のリサイクル技術の開発プロジェクトが国家科学技術支援プログラムの支援の下、中国再生可能資源産業技術革新戦略同盟、北京科学技術大学、中北大学、及びZhaoqing Dazheng Aluminium Co., Ltd.が共同し、CAN to CANのグリーンリサイクル技術を開発し、社会実装している。

### (4) 日本

2018年7月に閣議決定された「エネルギー基本計画」においては、鉱物資源の自給率の目標が示されている。2030年にベースメタル(銅・亜鉛)の自給率を80%以上、戦略レアメタル(レアアース・リチウム・タングステン等)については50%以上とすることを目指している。また、戦略レアメタルについては備蓄を着実に進め、供給途絶等の緊急時に需要家のニーズに応じて機動的に放出等できるよう備蓄体制の整備を進めていくとされている。さらに、日本再興戦略2016(2016年6月)では、「『都市鉱山』の利用を促進し、リサイクル業者や非鉄製錬業者等の成長を図るため、情報技術等を活用し、動静脈連携によりレアメタルなどの金属資源を効率的にリサイクルする革新技術・システムを開発する。」という方針が定められている。

政府方針に対応し、これまでに国内で行われてきたアルミニウムのリサイクルに関する技術開発プロジェクトを表8に整理した。

表8 日本における主なアルミニウムリサイクル関連技術開発プロジェクト

名称	参加企業	概要	期間PJ予算
非鉄金属系素材リサイクル促進技術研究開発(3Rプログラム)	JRCM、住友軽金属工業、神戸製鋼所、スカイアルミニウム、日軽金、古河電気工業、三菱アルミニウム、昭和電工	廃自動車、廃家電等からの非鉄スクラップからアルミニウム、銅、亜鉛等有用金属を回収するリサイクルプロセスの開発を目的とし、アルミニウムに関しては、内部ろ過フィルタによる非金属介在物除去や、真空蒸留法による亜鉛除去等の要素技術開発を行った。	1993~2002 56.9億円 (委託・助成) (全体)
アルミニウム系メゾスコピック組織制御材料創製技術(スーパーメタル)	JRCM、住友軽金属工業、神戸製鋼所、スカイアルミニウム、日軽金、古河電気工業、三菱アルミニウム	従来のアルミニウム材の1.5倍程度の材料性能(強度、耐食性、延性、加工性)向上を目的に、大型板材の金属結晶粒の極微細化(数μm)加工技術の開発を行った。	1997~2001 8.6億円 (委託)
アルミニウムの不純物無害化・マテリアルリサイクル技術開発(3Rプログラム)	JRCM、住友軽金属工業	廃自動車から回収されたアルミニウムの自動車への水平リサイクルを目的に、再生材中の除去困難な鉄を急冷凝固法により無害化する技術の開発を行った。	2002~2004 4.8億円 (委託)
「動静脈一体車両リサイクルシステム」の実現による省エネ実証事業	ハリタ金属、日本アルミニウム協会、早稲田大学、AIST、中部大学	鉄道車両のアルミニウム材を水平リサイクルすることを目的に、LIBSソーティング技術によるアルミニウム合金選別システムの開発及び実証を行なう。	2016~2020 2.0億円 (2/3助成)

出所：各種資料を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

## 3-4 特許・論文の動向

### (1) 特許出願

アルミニウムリサイクルに関する特許(2002年～2016年)について、国別、及び5年間ごとに出願件数の推移の分析を行った。

国別の出願件数について、5年毎の出願件数の推移の分析(図14)より、中国では2007～2011年の出願数が1,300件であったが、直近5年間では4,800件以上と急増しており、当分野での研究開発が活発に行われている。一方、日本の出願件数は各期間でおおむね900件程度の出願となっており、研究開発は継続的に行われている。

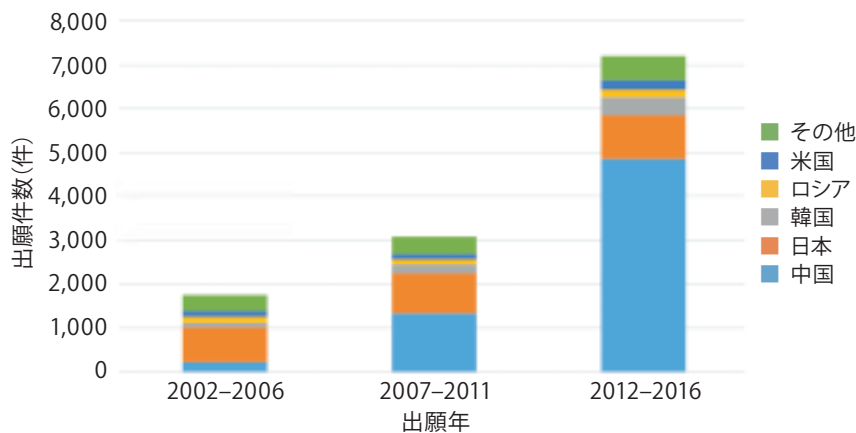


図14 アルミニウムリサイクルに関する出願件数の推移 (5年毎)

出所: Derwent Innovation™での検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

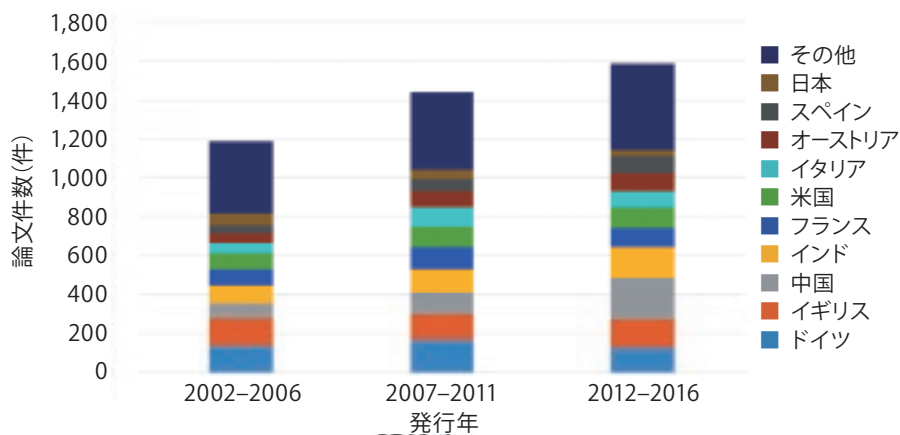


図15 アルミニウムリサイクルに関する論文掲載数の推移 (5年毎)

出所: Web of Science™での検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

### (2) 論文発表

2002年～2016年(期間15年)間に掲載されたアルミニウムリサイクルに関する論文について、国別、5年間ごとに掲載件数の推移の分析を行った。5年毎の件数の推移の分析(図15)からは、論文数はおおむね微増となっていることが明らかになった。

日本の件数は減少傾向にあり、直近5年間ではシェアを落としている。特許出願動向に比べ論文掲載数の伸びは小さく、実用化研究に移行していることが推定される。



### 3-5 標準化の動向

EU等では、アルミニウムの国際的な持続可能性基準を策定する動きがあり、ASI (Aluminum Stewardship Initiative) などは、アルミニウムのボーキサイト採掘から製品使用、リサイクルまでのバリューチェーンの全てを企業統治、環境、社会的責任等の観点から評価する基準であり、「アルミニウムの価値を最大限に高め、かつ環境・社会等への負の影響を最小限にすること」を目的に、2012年10月から標準化草案作成が進められている。参加主体は地金メーカー、板材メーカー、自動車・家電・食品などのユーザー企業、環境系NGO等であり、2019年2月現在79団体が加盟している。ASIから公表された基準は現時点で2点である。2014年12月に企業統治、環境、社会的責任等について11項目を定めた「ASI Performance Standard Version 1」(原則及び基準)が公表、続いて2015年1月に加工・流通における管理、情報流通の形式について12項目を定めた「Chain of Custody (CoC) Standard」(加工・流通過程の管理基準)が公表された。

これらISOやASI等の国際的標準化活動に関して、国内では日本アルミニウム協会が窓口団体となっており、規格制定・改正、それに向けた国内委員会の取りまとめ、国際会議への参加、JIS規格との適合性の検討、関連する調査研究等を行っている。アルミニウムに関する標準化はこれまで、材料の性能を元素成分組成から規定し、広く材料として利用できるよう標準化されてきたが、持続可能性等の新たな評価軸が重視されるようになってきたため、ライフサイクルでの低CO<sub>2</sub>排出評価や、サプライチェーン全体での管理等に関する標準化も進められている状況である。

# 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

## 3-6 技術体系と課題

アルミニウムの製造、利用、リサイクルに係る工程の概観と本書で扱うアルミニウムリサイクル技術を図16に示す。自動車や飲料缶、建材、家電等に材料として利用されたアルミニウムは、それぞれの廃棄処理ルートを経て収集され、スクラップとして静脈産業にてリサイクル処理が行われる。最初に中間処理業にて再生処理に適した原料となる

よう解体・破碎・選別等の前処理が行われ、次いでアルミニウム合金業にて再生処理として溶解・不純物除去等の成分調整を行い、二次地金として動脈産業に供給される。

動脈産業では、二次地金と新地金から材料・製品に求められる性能に応じた材料加工・製品加工を行い、市場に供給する。表9に各処理工程における要素技術とその内容についてまとめた。

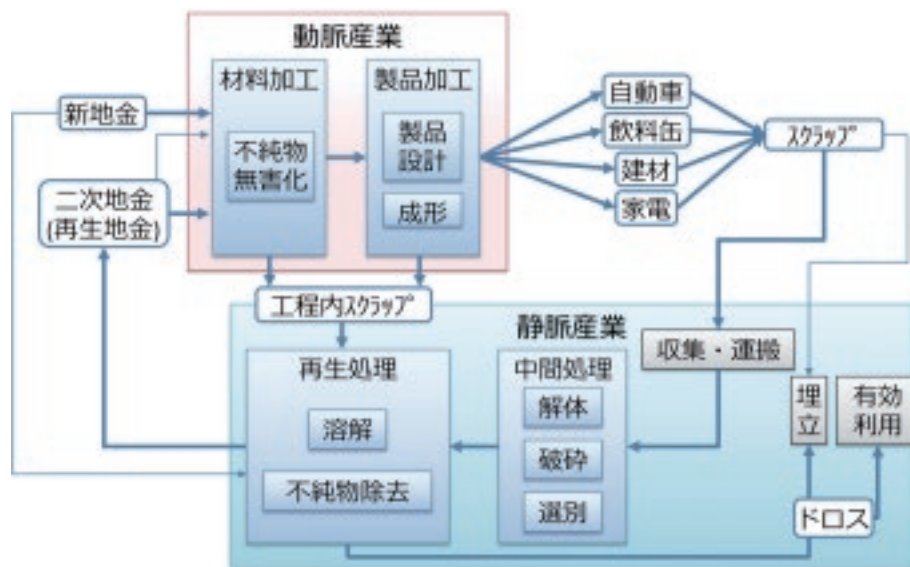


図16 アルミニウムリサイクルシステムと要素技術  
出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

表9 アルミニウムリサイクル技術の体系

工程	要素技術	具体的な技術例
中間処理	解体	廃製品を部材に分離
	破碎	部材を素材単体に分離
	選別	素材ごとの分離・濃縮
再生処理	溶解	リサイクル材の溶解
	不純物低減	ガス成分、不純物元素の除去、低減
加工処理	材料加工	不純物の存在下でも物性を確保
	成形加工	低物性材料の使いこなし、水平リサイクル
	製品設計	中間処理効率化のための商品形態・構造設計

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2019)

## 4章 おわりに

国際的な持続可能な開発の実現へ向けた流れの中で資源循環は重要であり、今後、産業活動の中で資源循環への取組をいっそう推進する必要がある。なかでもプラスチックやアルミニウムのリサイクルは、今後発展途上国の大幅な需要増に加え、資源の有効利用、CO<sub>2</sub>対策、海洋プラスチックごみ問題への対応から、リサイクルの促進は喫緊の課題であり、そのための関連技術の高度化が求められる。これまで日本では、世界をリードするリサイクル関連技術の開発・実装に加え、関連する制度や高い排出者の意識から、金属類を中心に比較的価値の高い資源においてはリサイクル先進国の位置にある。

プラスチックリサイクルでは、新しい固相重合技術により高度なペットボトルリサイクルが既に実用化されている。一方、汎用プラスチックに関するリサイクルの状況を見ると、サーマルリサイクルが主流となっており、マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルの割合は5～6%に留まっている。これまでの日本のプラスチック産業は高い品質を持つ多くの品種をそろえることを一つの強みとしており、リサイクル促進のために再生プラスチックの受入れ品質を落とすことは産業競争力強化の点から、好ましい選択とはいえない。このような現状を踏まえ、国内の約900万トン/年の廃プラスチックを総合的にリサイクル処理するための有効な技術開発を行うばかりでなく、技術の進展に併せた新しい標準化等を含むビジネスエコシステムの構築や市場獲得の方策についても検討する必要がある。

一方、アルミニウムは、特長となる軽量・高強度な材料として今後大きな需要の伸び(国内での使用量、蓄積量の増加)が予想されることから、国内において高効率、低コストなアルミニウムリサイクル技術の開発が期待されている。しかし、資源採掘から製造、利用、廃棄に至る全ての

段階のCO<sub>2</sub>排出(ライフサイクルCO<sub>2</sub>)が重要視される製品にとって、新地金製造時のCO<sub>2</sub>排出量の大きさがアルミニウム利用拡大の課題となっている。この抑制のため、新地金製造プロセスの低炭素化、リユースシステム、リサイクル利用に関する新しい技術開発が欧米を中心に行われている。国内では、新地金製造プロセスを担う産業が存在しないことから、循環によるライフサイクルCO<sub>2</sub>排出の抑制が、主なユーザである自動車産業、容器利用産業等によって行われることが期待される。

特に、再生したプラスチックやアルミニウムを継続して利用するためのQCD(Quality・Cost・Delivery)の確保が困難であり、バージン材料との競争力が小さく、循環システムが成立しないことが多い。そのため、技術開発のみならず、技術の進展に合わせた標準化と制度化等を検討し、周辺ビジネス支援や時流情勢なども含め、社会的に受容可能な循環システムの構築を早急に進めていく必要がある。

技術戦略研究センターレポート

# TSC Foresight vol.35

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

2019年11月1日発行

TSC Foresight Vol.35 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野 作成メンバー

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
技術戦略研究センター(TSC)

■ センター長 三島 良直

■ センター次長 西村 秀隆

## ■ 環境・化学ユニット

・ユニット長 土肥 英幸

・主任研究員 山下 勝

水野 紀子

・研究員 森 智和 (2019年5月まで)

加藤 知彦 (2019年5月まで)

定兼 修

林 直之

柳田 泰宏

・フェロー 府川 伊三郎 株式会社 旭リサーチセンター シニア・リサーチャー

・客員フェロー 指宿 堯嗣 一般社団法人 産業環境管理協会 技術顧問

島田 広道 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 理事

室井 高城 アイシーラボ 代表

## ■ マクロ分析ユニット

・客員フェロー 菊池 純一 青山学院大学 教授

● 本書に関する問い合わせ先  
電話 044-520-5150 (技術戦略研究センター)

● 本書は以下URL よりダウンロードできます。  
<https://www.nedo.go.jp/library/foresight.html>

本資料は技術戦略研究センターの解釈によるものです。  
掲載されているコンテンツの無断複製、転送、改変、修正、追加などの行為を禁止します。  
引用を行う際は、必ず出典を明記願います。