

エネルギー・資源工学研究連絡委員会
リサイクル工学専門委員会報告

リサイクル工学の新展開

平成 1 5 年 7 月 1 5 日

日本学術会議

エネルギー・資源工学研究連絡委員会
リサイクル工学専門委員会

本報告は、第18期日本学術会議 エネルギー・資源工学研究連絡委員会
リサイクル工学専門委員会の審議結果をとりまとめ、発表するものである。

リサイクル工学専門委員会

委員長：中村 崇（東北大学多元物質科学研究所教授）

幹 事：大和田 秀二（早稲田大学理工学部環境資源工学科教授）

幹 事：田中 信壽（北海道大学大学院工学研究科環境資源工学専攻教授）

委 員：植田 和弘（京都大学大学院経済学研究科経済動態分析専攻教授）

委 員：武田 信生（京都大学大学院工学研究科環境工学専攻教授）

リサイクル工学専門委員会オブザーバー学協会（学協会 50 音順）

（社）化学工学会

（社）軽金属学会

（社）資源・素材学会

（社）自動車技術会

（社）日本金属学会

（社）日本建築学会

（社）日本原子力学会

（社）日本鉄鋼協会

（社）日本非破壊検査協会

（社）廃棄物学会

マテリアルライフ学会

要 旨

1. 報告書の名称

第18期 日本学術会議 エネルギー・資源工学研究連絡委員会
リサイクル工学専門委員会 報告「リサイクル工学の新展開」

2. 内容

作成の背景

- ・ 地球環境問題の顕在化から我が国のみならず全世界において循環型社会形成の必要性が指摘されている今日、その実現のための大きな柱の一つとしてリサイクル工学の重要性が高まっている。
- ・ 社会のリサイクルに対する考え方は未だ定まっておらず、リサイクル工学の立場を明らかにし、リサイクル工学教育の指針を示す必要がある。

現状及び問題点

- ・ リサイクルの意味を十分に理解してもらうため第17期でリサイクル工学の定義を行ったが、以後さらにリサイクルの議論が広がり、真の循環型社会に適應するために今期再定義を行った。
- ・ 産業のあり方でリサイクルの考え方も多様であり、産業に対応する学協会を横断して議論する場が必要であるが、そのような役割を果たす機関がない。その機能を本専門委員会が担い、実行の場としてリサイクル工学シンポジウムを開催した。

改善策、提言等の内容

- ・ 地球環境問題の解決に向けて循環型社会構築に資するリサイクル工学の立場として、これからのリサイクルは物質の自然循環と人工循環の調和を図り、廃棄物の発生抑制、エネルギー・資源の高度利用を促進する必要がある。
- ・ リサイクル工学がカバーする領域は典型的な学際領域分野であり、大変広範であることが認識されつつある。この分野の教育研究を推進するため、各大学等において体系的にリサイクル工学部もしくは循環型社会形成学研究科等の教育研究組織の設置を進めるべきである。
- ・ 各学協会、産業分野におけるリサイクルに関する考え方は未だ必ずしも一致していないが、各分野がかかえるリサイクルに関する問題点は一つの学協会の範囲では対応できないことは十分に認識されている。改めて学協会横断的な取り組みが必要であり、広く議論を行う場の設立を推進したい。

目次

1 . はじめに	1
2 . リサイクル工学の定義	2
3 . リサイクル工学シンポジウム	3
4 . リサイクル工学教育	
4 - 1 リサイクル工学部	4
4 - 2 循環型社会形成学研究科	6
5 . 提言	7
6 . おわりに	8

1. はじめに

リサイクル工学専門委員会は、日本学術会議第5部（工学）エネルギー・資源工学研究連絡委員会内に設置された専門委員会で、今期（第18期）で2期目の新しい専門委員会である。今期は前期からの活動を受けつぎ、リサイクル工学の新たな発展を目指して活動を行い、今期の主な目標は第2回リサイクル工学シンポジウムの開催とリサイクル工学の教育プログラムの提案とした。

活動の主体は、第5部に関連ある各学協会の協力を得て行うリサイクル工学シンポジウムの開催で、そのシンポジウムを行う過程での議論でリサイクル工学の内容の深化を図った。リサイクル工学シンポジウムの開催準備に当たりオブザーバー参加していただいた学協会は本報告書の巻頭リストに示すとおりである。議論の中で今期のシンポジウムのテーマが「循環型社会のグランドデザイン」に決まり、その内容について検討を行った。シンポジウムは、各学協会オブザーバーの方のご協力により、平成14年8月6、7日に学術会議大講堂で開催され、延べ約150名の参加者のもと活発な議論が行われた。

シンポジウム開催以外の大きな活動目標であるリサイクル工学教育の提案については十分な議論が尽くせなかったが、委員間の討議により、指針を示した。

その他第18期は学術会議の中に循環型社会特別委員会（委員長 熊澤喜久雄氏）が設けられ、より広い立場で環境問題の議論がなされている。リサイクル工学専門委員会としては、循環型社会を支える重要な要素であることから特別にリサイクル工学専門委員長が特別委員会のメンバーとして活動した。主に工学分野から見た循環型社会のあり方について、通常専門委員会の会議で議論している内容や、シンポジウムの成果などを特別委員会で開示し、特別委員会の報告書作成に寄与した。

２．リサイクル工学の定義

前期第１７期で専門委員会委員ならびに多くのオブザーバーとの議論でリサイクル工学の定義をおこなった。その内容はまさに、その後制定された循環型社会形成促進基本法にも即した先進的なものであった。

しかしながらその後、２回のシンポジウムでの議論の中でさらに定義を拡大する必要が指摘され、多少の修正を試みた。具体的な点はこれまで“発生物”としていた箇所を“マテリアル”とし、より広くまた大きな物質循環の中でリサイクル工学を捉えることを意識した。これにより地球環境問題の解決に向けて循環型社会構築に資するリサイクル工学の立場として、これからのリサイクルは、物質の自然循環と人工循環の調和を図り、廃棄物の発生抑制、エネルギー・資源の高度利用を促進する必要があることが強調されることになった。

以上の議論は今回で終了するものでなく、常に検討し、深化を心がける必要がある部分として、本専門委員会の大きな課題としてこれからも取り組む必要がある。

第１８期のリサイクル工学の定義

「リサイクル工学」とは、生産、流通、消費の過程^{１)}にあるマテリアルを、経済・エネルギー・環境負荷の上から^{２)}合理的に循環利用する工学^{３)}である。

(注)

- １) 物だけでなくサービスを含む。
- ２) 持続可能な生産から消費の流れを目指して、LCA (Life Cycle Assessment) のような観点からみても健全な技術・システムを追求する。したがって、評価の枠組みには、生産段階から最終的な処分まで含まれる。
- ３) ３R (Reduce, Reuse, Recycle) のうちの最後の“Recycle”だけではなく、３R のいずれかに通じるすべての要素技術およびシステム技術を包含する。例示的には、不要物の発生を最少化したり、リサイクルに繋がる生産、循環利用を前提とした製品設計・素材設計、回収システムを含めた流通システム、繰り返し利用、原材料資源や有用物への再生利用、エネルギーなどの有用資源の回収を含む処理処分、自然環境へ調和的に還す処理技術など。

３．リサイクル工学シンポジウム

第１８期は、平成１４年８月８、７日に日本学術会議講堂で第２回リサイクル工学シンポジウムを行った。第５部(工学)関係の学協会に呼びかけ、２３学協会、１０公益団体、４政府関連省庁から協力をいただき、約１５０人の参加者を得て、議論を行った。シンポジウムは、特別講演３件、各学協会からの報告１０件とパネルディスカッションで構成し、今回のテーマである「循環型社会のグランドデザイン」について、それぞれの立場での考えを開示してもらい、理解を深めた。特別講演の講演者と講演題目は下記の通りである。

- ・ 循環型社会構築への学術会議での取り組み
日本学術会議 循環型社会特別委員会 委員長 熊沢喜久雄 氏
- ・ 循環型社会構築への総合科学技術会議での取り組み
総合科学技術会議 エネルギー・環境担当参事官 笹野 泰弘 氏
- ・ 循環型社会構築への経団連での取り組み
経済団体連合会 環境・技術部長 高橋 秀夫 氏

それぞれ、産（経済団体連合会）、学（日本学術会議）、官（総合科学技術会議）の立場からの代表として講演いただいた。立場の違いからそれぞれの主張は多少異なるが今回のシンポジウムのテーマである「循環型社会のグランドデザイン」について示唆に富んだ内容の講演であり、循環型社会のあり方について熱意を持って取り組んでいることが理解できる内容であった。

今回は、循環型社会形成推進基本法の中で謳われている個別リサイクル法の最後である自動車リサイクル法が国会を通ったこともあり、大きな関心をよんだ。パネルディスカッションでは、リサイクルのあり方と廃棄物処理の関連について議論が行われた。特に循環型社会構築のための法律としての廃棄物処理法のあり方について、経済界からの意見と環境省の立場の違いが明らかになった。この問題は非常に重要であり、これからも十分な議論が必要であるとの認識で一致した。また、各学協会からの報告には各学協会分野におけるリサイクルに関する問題点の指摘がなされ、一つの学協会の範囲では対応できないことが強調され、改めて学協会横断的な取り組みの必要性が認められた。

循環型社会の形成には、種々の分野の総合的な取り組みが必要であり、本専門委員会はリサイクル工学に関する学協会の間で横断的な取り組みを行う組織としてますますその重要性が増しているといえる。

4 . リサイクル工学教育

リサイクル工学教育を考えるにあたり、今回は「リサイクル」に関連する学部を想定し、それに必要な学科・研究室等の試案を作成した。まず、「工学」に特化した学部として「リサイクル工学部」を挙げ、次に文理融合型の「リサイクル学部」を想定した。これらに関する議論の時間は決して十分でなく、成熟した学部構想を語るには今後の検討に待つところが多いが、暫定案を示すことにする。なお、ここでは「学部・学科・研究室」との分類を行ったが、要求するレベルによっては、大学院の「専攻・専門分野・研究室」と読み替えても差し支えない。

4 - 1 「リサイクル工学部（資源循環工学部）」：Faculty of Resources Recycling Engineering

A . 循環資源管理学科：Department of Recyclable Resources Management

製品ライフサイクル評価学研究室：Lab. of Product Life Cycle Assessment

製品のライフサイクルを評価する技法の教育研究

循環型製品生産工学（インバース・マニュファクチャリング）研究室：Lab. of Inverse Manufacturing

循環使用に適した組立製品（家電製品，家具類，事務用品）を生産する工学技術の教育研究

循環型素材生産工学（グリーンプロダクト）研究室：Lab. of Green Production

循環使用に適した製品作りに結びつく素材（金属、紙、プラスチック、木材）を生産する工学技術の教育研究

再生品再生資源利用促進学（グリーンコンシューマ学）研究室：Lab. of Green Consumer Action

再生品や再生資源の使用を促進する計画・政策に関する教育研究

B . 資源処理・利用工学科：Department of Resources Processing and Utilization Engineering

< 資源種による分類 >

金属資源リサイクル工学研究室：Lab. of Metals Recycling Engineering
循環資源から枯渇性金属資源や有害性金属を回収する工学技術の教育研

究

非金属無機資源リサイクル工学研究室：Lab. of Non-metal Minerals Recycling Engineering

循環資源から金属以外の無機資源（土石、ガラス、陶磁器など）を再生利用する工学技術の教育研究

バイオマスリサイクル工学研究室：Lab. of Biomass Recycling Engineering

廃木材や廃食品などの廃バイオマスを再生利用する(エネルギー資源への転換も含む)工学技術の教育研究

プラスチックリサイクル工学研究室：Lab. of Plastics Recycling Engineering

プラスチック類を循環使用する工学技術の教育研究

< 単位操作による分類 >

分解・粉砕（事前）処理工学研究室：Lab. of Dismantling and Comminution Engineering

固体廃棄物を再利用・成分分離に適した前処理する工学技術の教育研究

物理処理工学研究室：Lab. of Physical Processing Engineering

固体廃棄物を溶（熔）かさずに成分分離・処理する工学技術の教育研究

化学処理工学研究室：Lab. of Chemical Processing Engineering

固体廃棄物を溶（熔）かして成分分離・処理する、あるいは廃液を有効利用するために処理する工学技術の教育研究

生物処理工学研究室：Lab. of Biological Processing Engineering

固体・液体廃棄物を生物学的に成分分離・処理する工学技術の教育研究

サーマルリサイクル工学研究室：Lab. of Energy Recovery Engineering

固体・液体廃棄物からのエネルギー回収を目的とした処理をする工学技術の教育研究

C．廃棄物処分工学科：Department of Waste Treatment and Disposal Engineering

廃棄物等管理計画学研究室：Lab. of Waste Management

循環資源や廃棄物の流れを最適に管理配分する教育研究

廃棄物リスク管理学研究室：Lab. of Waste Risk Assessment

廃棄物の地球・地域規模での有害性の発現抑制等、リスク管理に関する教育研究

廃棄物等収集運搬学研究室：Lab. of Waste Collection and

Transportation

廃棄物の収集・運搬の最適化システム構築に関する教育研究

廃棄物中間処理工学研究室：Lab. of Waste Treatment Engineering

廃棄物の中間処理プロセスの最適化を目指す教育研究

廃棄物最終処分工学研究室：Lab. of Final Disposal Engineering

循環使用できない廃棄物、もしくは循環使用してはいけない廃棄物を適正処分する工学技術の教育研究

工学のみならず資源循環に関わる幅広い学問領域を含む総合研究科として、文理融合の研究科の研究科を提唱すること重要であるとの認識から多少第5部の範囲を越えるが、次の研究科案も提示した。

4 2 循環型社会形成学研究科

A. 社会循環学専攻

物質循環構造学（物質代謝学）講座：社会において物質の循環がどのように行われているか物質代謝の観点からの教育研究

循環型組立製品学（エコデザイン学）講座：工業製品生産を循環型社会適合型にする教育研究

物質変換学（リサイクル工学）講座：合理的なリサイクルを目指す社会システムと技術に関する教育研究

物質自然還元学（廃棄物処分）講座：廃棄物として保管管理する物質ならびにそのシステム・技術に関する教育研究

B. 自然循環学専攻

生態学講座：物質の自然循環の過程を生態学的に解明する教育研究

バイオマス循環学講座：自然界ならびに人間社会起源の有機物の循環に関する教育研究

水循環学講座：水の循環、特に人間社会起源の水と自然循環の関係に関する教育研究

C. 循環経営学専攻

循環経営学講座：物質循環を経営の視点からとらえ、文理の別を問わぬ他分野の知識を融合させて経営上の問題点を克服する教育研究

循環政策学講座：主に法学の観点から循環型社会形成を促進する教育研究

循環経済学講座：主に経済学の観点から循環型社会形成を促進する教育研究

生活規範（倫理）学講座：社会学、倫理学の観点から循環型社会形成を促進する教育研究

以上は未だ議論中であるが、これから社会に発信することにより、各大学での取り組みの参考となれば幸いである。また、各方面からの批判を仰ぎたい。

4 . 提言

循環型社会の構築が重要課題となっている現在、リサイクル工学の重要性はさらに高まっており、ますます。これまでの議論を踏まえ、第18期のリサイクル工学専門委員会を終えるにあたり、以下の提言を行いたい

- (1) 地球環境問題の解決に向けて循環型社会構築に資するリサイクル工学の立場として、これからのリサイクルは物質の自然循環と人工循環の調和を図り、廃棄物の発生抑制、エネルギー・資源の高度利用を促進する必要がある。
- (2) リサイクル工学がカバーする領域は典型的な学際領域分野であり、大変広範であることが認識されつつある。この分野の教育研究を推進するため、各大学等においてシステム的にリサイクル工学部もしくは循環型社会形成学研究科等の教育研究組織の設置を進めるべきである。
- (3) 各学協会、産業分野におけるリサイクルに関する考えかたは未だ必ずしも一致していないが、各分野がかかえるリサイクルに関する問題点は一つの学会の範囲では対応できないことは十分に認識されている。改めて学協会横断的な取り組みが必要であり、広く議論を行う場の設立を推進したい。

5．おわりに

日本学術会議第5部（工学）エネルギー・資源工学研究連絡委員会内に設置されたリサイクル工学専門委員会は、今期（第18期）で2期目の新しい専門委員会である。今期は前期からの活動を受けつぎ、リサイクル工学の新たな発展を目指して活動を行い、今期の主な目標は第2回リサイクル工学シンポジウムの開催を通じたりサイクル工学の深化とリサイクル工学の教育プログラムの提案とした。本報告は、その二つの内容を要約したものである。また、今期は学術会議の中に循環型社会特別委員会（委員長 熊澤喜久雄氏）が設けられ、より広い立場で環境問題の議論がなされた。専門委員長がその論議に参加が認められ、そこでの議論も本報告をまとめるにあたり参考にした。

今回のリサイクル工学シンポジウムについては前回同様多くの学協会、団体にご協力いただいた。ご協力いただいた学協会、団体ならびに公的機関に改めて謝意を表す

加えて前期の段階で予定されていたことであるが、今期途中（平成15年度）科学研究費総合工学において「リサイクル工学」の細目が認められた。前回の報告書の提言に盛り込んだ内容が実現された形になったことは、大変喜ばしいと言える。細目の設置に努力いただいた先生方に謝意を表したい。