

# 武蔵野大学環境研究所紀要

THE BULLETIN MUSASHINO UNIVERSITY  
Institute of Environmental Sciences

## 第 12 号

No.12

### 目 次 CONTENTS

VUCA・持続不可能な時代とサステナブルイノベーション・SDGs・ESD Sustainable Innovation and SDGs・ESD in times of VUCA・Unsustainable	長岡素彦 Motohiko NAGAOKA	1
政策と連動する気候変動教育の実践と評価： 「気候変動のおかやま学」実践塾のケース Practice and Evaluation of Climate Change Education Linked to Policy: Case of Practical Cram School of “OKAYAMA-GAKU of Climate Change”	白井信雄 Nobuo Shirai	13
ミールキットによる食品廃棄物最終処分量の削減の可能性について Meal kits have a potential to reduce final food Waste.	門多真理子・菊池史華 Shimizu-Kadota, Mariko・Kikuchi, Fumika	29
文化から考える生物多様性－紅葉の図を通して Biodiversity revealed by considering Culture: through pictures of autumn leaves	清水玲子 SHIMIZU Reiko	39
地下水環境におけるマイクロプラスチックの輸送動態 Review of Microplastics behavior in the Groundwater	八十歩奈央子・真名垣聡 YASOBU Naoko・MANAGAKI Satoshi	51
大気中水分の液化技術の可能性分析 Possibility analysis of atmospheric moisture liquefaction technology	羽地朝新 Choshin Haneji	61
UNFCCC Post-COP26 の課題 －パリ協定の実効性、エネルギー保障、石炭火力、CCS UNFCCC Post - COP26 Issues － Effectiveness of Paris Agreement, energy security, coal powers, CCS	横山隆壽 TAKAHISA YOKOYAMA	67
テキストマイニングを用いた環境研究所紀要の内容分析 Content Analysis of the Bulletin of Musashino University Institute of Environmental Sciences Using Text Mining	伊藤伸也 Shinya Ito	85
拡大生産者責任からみた家電リサイクル法の評価と改革方向 ～再生資源の行方、責務の分担および産業組織～ Study of Home Appliance Recycling Law in terms of Extended Producer Responsibility ～ Whereabouts of recycled materials, Balance of responsibilities and Industrial organization ～	武山尚道 TAKEYAMA Hisamichi	93

武蔵野大学環境研究所

Institute of Architecture, MUSASHINO UNIVERSITY

2023

# VUCA・持続不可能な時代とサステナブルイノベーション・SDGs・ESD

## Sustainable Innovation and SDGs・ESD in times of VUCA・Unsustainable

長岡素彦\*

Motohiko NAGAOKA

世界は持続不可能なプロセスに加え、国家間の関係が協調、抑止、均衡から戦争、紛争へ変化し、権威主義的持続不可能な世界システムに転換しつつある。

気候変動、貧困、感染症、災害などの持続不可能な危機はもとより、資源、エネルギーの供給や借款・債務などによって新しい従属関係（新新植民地）、新しい統合的な紛争や国家間の関係の変化、国連の機能不全などの危機がおきている。

また、日常生活でも、これらの影響に加えて先進国では少子高齢化と福祉医療、格差などの危機、低開発を強いられている途上国では貧困、飢餓の危機がすすんでいる。

### 1. 権威主義的持続不可能な世界システム

この権威主義的持続不可能世界システムは権威主義的体制、産業の様式の世界経済システム、科学技術中心的テクノロジーから成り立ち、権威主義的な体制と科学技術中心的なテクノロジーの産業の様式により、気候変動、貧困などを引き起こしている。そして、これらが新しい総合的な紛争を引き起こしている。

権威主義的体制は、体制の如何を問わず民主的制度、参画的制度を無効化し、民主主義体制では「皇帝的大統領制」（帝王的大統領制）、また、社会主義体制、民族主義体制、宗教体制では強権的統合による権威主義的な統治を行っている。例えば、民主主義体制であっても皇帝的な権力をもつトップと構成員の自発的服従により成り立つ権威主義的体制の下では民主的制度を事実上無化させて、民主主義体制が無効化されている。

産業の様式の世界経済システムは、資本主義、社会主義などを問わず産業の様式と金融システムが資源やエネルギー、物やサービスを資源浪費・環境破壊・人間破壊型消費をさせる「経済」活動により、気候変動だけでなく、貧富の格差を拡大し、世界を持続不可能な状態に追い込んでいる。

科学技術中心的テクノロジーは科学技術を中心に社会や生態の問題を解決するものである

\* 武蔵野大学環境研究所客員研究員 一般社団法人 地域連携プラットフォーム 共同代表理事

受理日：(2022年10月31日)

発行日：(2023年3月1日)

が、これらは結果において産業的様式の弊害を増長させ、権威主義的体制を強化している。

このように世界は、20世紀から徐々に権威主義的持続不可能な世界システムに変化してきた。

そのひとつの帰結である、新しい総合的な紛争であるウクライナ侵略戦争は国家間の協調、抑止、均衡によってかろうじて保たれていた国家間の関係を「平和」関係から紛争関係へ変化させている。

この新しい総合的な紛争は、20世紀からの非対称戦争が進化し、非正規戦闘は正規軍、国民だけでなく、民間軍事会社により行われている。もはや、これは今までの国際社会の前提とする国家の正規軍が中心に行う戦争、紛争ではない。

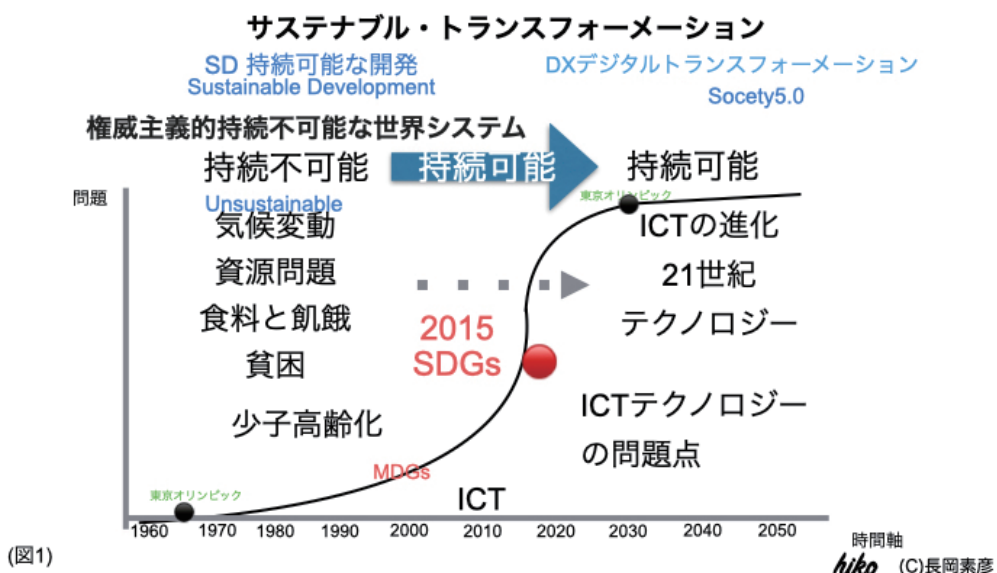
また、これは戦闘だけでなく、金融や資源（エネルギー、食料）が戦争の手段となっている点で従来の戦争、紛争とは異なる。

そして、科学技術中心的テクノロジー・AIなどが既存の戦闘のあり方を一変するとともに、ICTのメディア情報システムがSNSやディープフェイクなどによる新しい戦いを生み出した。

国家の安全保障が前提とする国家の戦争、紛争ではない、この総合的な紛争は新しい国際関係を生み出した。

今までの協調、抑止、均衡によってかろうじて保たれていた国際関係は非協調、反抑止、不均衡になりつつある。具体的には国連の機能不全、事実上の分裂、国際社会のブロック化、世界システムからのデリンケージなどである。

これらは、前述の戦争、紛争に反対できない皇帝的大統領の権威主義的体制、エネルギーや食料の依存など産業的様式の世界経済システム、科学技術中心的テクノロジーによって引き起こされている。



(図1)

このような権威主義的持続不可能な世界システム化とともに、サステナブルトランスフォーメーション（持続可能な構造転換）の動きも起こっている。このサステナブルトランスフォーメーションは持続不可能なプロセスを解消しようとする多様な現場からの持続可能性のため行動と学びによるサステナブルイノベーションが行われている。（図1）

## 2. 現場からのサステナブルイノベーション

これまでサステナブルトランスフォーメーションと、そのひとつとしてのSDGsトランスフォーメーション2030持続可能な開発アジェンダ・SDGs（以下「SDGs」とする）から逸脱した現在の「SDGs状況」を論じてきた。また、現在のトップダウンの目標に過度にフォーカスした科学技術イノベーションアプローチのSDGsの実施を変える方法、つまり、SDGsのパートナーシップの原則に基づき、SDGsを地域と世界を持続可能にするために内発的共生ですすめる共生サステナブルイノベーションアプローチ（1）で展開する「SDGsロードマップ」（2）についても述べてきた。そして、この共生によるSDGsロードマップでの地域と世界をトランスフォームするSDGsトランスフォーメーションのためのサステナブルイノベーションとESD持続可能な開発のための教育（以下「ESD」とする）の共生との関係（3）と、その役割（4）を論じてきた。

サステナブルトランスフォーメーションの1つとしてのSDGsトランスフォーメーションではアジェンダセッティング、ロードマップ、フレームワークそして、マルチステークホルダーパートナーシップ・共創、チェンジエージェント（5）が重要であるが、サステナブルイノベーション、マイクロトレンド（6）によるシステムの構造転換としての現場からのサステナブルイノベーションについて述べる。

現場からのサステナブルイノベーションはトップダウンのイノベーションや大きなトレンドセッティングではなく、マイクロトレンドからのシステムの構造転換によるサステナブルトランスフォーメーションである。今までのように特定のトレンドセッター・トレンドメーカー（企業やエージェント、政府）がトレンドを決めていくのではなく、人々やコミュニティがつくりだしたマイクロトレンドが広がって、イノベーションをおこす。

また、トランスフォーメーションを起こすイノベーションのシステムを変える方法として制度などを変える「システムチェンジ」、メンバーが変えていく「チェンジエージェント」、システムの外部（マルチステークホルダープロセス）との関係によって変える「外部との変化」などがあるが、現在の「システムチェンジ」のみによる方法ではなく、「チェンジエージェント」、「外部との変化」による方法も現場からのサステナブルイノベーションでは必要である。

前述のような権威主義的体制、産業的様式の世界経済システム、科学技術中心的テクノロジーを前提してSDGsトランスフォーメーション・SDGsを実施しても、それは持続不可能な問題と国家や国家間の問題や抗争を根本的に解決することにならない。

現に、この新しい総合的な紛争により、特定の国の石油や天然ガスに頼っている脱炭素化への移行の過度期であるヨーロッパのエネルギー供給は困難をきたし、特定の国の小麦に頼った食料確保が困難になり、アフリカ、アジアなどを中心に新しい飢餓がおきている。

また、個人の小さな行為が科学技術中心的テクノロジー、メディア情報システムなどにより、世界や紛争に影響を及ぼす。ここでは誰もが戦争反対を表明できるとともに、誰もがドローンやハッキング、SNSでのプロパガンダによって新しい総合的な紛争に参加できることになる。

さらに、これらの科学技術中心的テクノロジーのメディア情報システムなどの利用で、個人やコミュニティは相互に理解を拒絶し、カルト化してきた。

権威主義的持続不可能世界システムを超えて、持続不可能な問題と国家や国家間の問題や抗争を解決するためには人々が現場からのサステナブルイノベーションが必要である。

サステナブルトランスフォーメーションの1つとしてのSDGs・SDGsトランスフォーメーションは国連の機能不全、事実上の分裂などの状況によっては位置付けは変わるかもしれないが、SDGsはサステナブルトランスフォーメーションの一つであり、様々なサステナブルトランスフォーメーションによりトランスフォーミングは進む。

### 3. 権威主義的持続不可能世界システムの危機を変える「持続可能性のための行動と学習」と「持続可能性のための文化行動」

このような権威主義的持続不可能世界システムによって引き起こされた危機には、メディア・情報の問題、現状への権威主義的服従の問題、トップダウン的システムの問題などある。

そして、これらを変える現場からのサステナブルイノベーションのひとつの要素が「持続可能性のための行動と学習」(7)である。

これまで日本でもパートナーシップ(参画・協働)によるまちづくり、福祉、国際協力、環



(図2)

hiko (C)長岡素彦

境などの多様な分野にわたる「持続可能性のための行動と学習」が行われてきた。SDGsにおいては「持続可能性のための行動と学習」は、ESDである。これら「持続可能性のための行動と学習」やESDは潜在的に持続可能性を目指した行動と学習であり、サステナブルトランスフォーメーションに向かっているが、この「持続可能性のための行動と学習」が、そのままサステナブルな地域や世界の実現になるわけではない。その実現には、持続可能性によりすべてを見直して認識を変え、持続可能な地域と世界を実現することである。

現状行われているのは「管理・統治の教育と自発的服従」であり、これは制度的参加、自発的服従を強いる個別学習、管理のPBL、ICTの利活用教育であり、「持続可能性のための行動と学習」はこれと異なり、社会参画、自律共働による協同学習、PBL、メディア情報リテラシーである。（図2）

この「持続可能性のための行動と学習」は権威主義的持続不可能世界システムによって引き起こされた前述の危機を現場から変える現場からのサステナブルイノベーションである。

メディア・情報の問題は、科学技術中心のテクノロジーのメディア情報システムなどの利用で、個人やコミュニティは相互に理解を拒絶し、カルト化している。つまり、メディアや情報が操作されていて、人々は自分のメディア情報システムの範囲での「私の正しい・正確な情報」を信じ相互に理解を拒絶している。

これに対して「持続可能性のための行動と学習」としてのメディア情報リテラシー（メディア情報リテラシー型ESD）が有効であり、メディアを読み解き、情報を精査する統合的なりテラシーであり、相互に理解を促進する。

また、現状への権威主義的服従は、現状の自己利益のために自発的服従により成り立つ権威主義的体制を維持している。そのため、戦争、紛争に反対できない皇帝の大統領の権威主義的体制や産業の様式と金融システムが資源やエネルギー、物やサービスを資源浪費・環境破壊・人間破壊型消費をさせる「経済」活動による危機を引き起こしている。

これに対して「持続可能性のための行動と学習」としてのチェンジエージェント（チェンジエージェントのためのESD）が必要であり、これはトランスフォーミング（変革する行動）するもので、学習者環境、経済、社会の新たなトランスフォーメーションをすすめる「システム」のチェンジエージェント（変革の担い手）であり、同時に、ひとりひとりが学びによって自身の行動、態度、ライフスタイルからトランスフォーメーションをすすめる「個人」としてのチェンジエージェント（変革の担い手）の両方であり、これで個人と社会の変革が行える。

トップダウン的システムの問題は、トップダウン的システムの構成と非社会的運用（ソーシャルな参画がない）が権威主義的持続不可能世界システムを維持拡大し、前述の惨状を招いている。

これに対して「持続可能性のための行動と学習」としてのソーシャルラーニング（ソーシャルラーニングのためのESD）が重要であり、その非社会的運用ではない学びのある社会的相互作用が役割、知識、言語、実践を再形成し、「制度をシステムに落とし込める」レジューム変革、内発的共生発展のイノベーションをおこす。

また、この「持続可能性のための行動と学習」だけでなく、制度の変革ばかりでなく文化を変える「持続可能性のための文化行動」が必要とされる。「持続可能性のための文化行動」は私たち自身の権威主義的文化や持続不可能なライフスタイルや習慣を変えるものであり、身近な生活や現場から大きな変化を起こすことができる。

#### 4. 市民・シビックアクション（市民の活動）のイノベーションのプラットフォーム

今まで、VUCA・持続不可能な状況での現場からのサステナブルイノベーションのあり方を述べてきたが、持続不可能化のプロセスに加え、コロナ、国際関係の悪化・戦争状況で以前の計画、手法、制度は通用しなくなりつつある。この状況は以前の人口減少などの想定を超えており、SDGs や DX の先の取り組みが必要とされる。

この状況で現場からのサステナブルイノベーションのためのシビックアクションとプラットフォームについて述べる。

マクロレベルでは世界は持続不可能なプロセスに加え、国家間の関係が協調、抑止、均衡から戦争、紛争へ変化し、VUCA・持続不可能な時代に転換しつつある。(8) また、気候変動、格差拡大などに対応し、地域と世界を持続可能にする社会、経済、環境のサステナブルトランスフォーメーションがおきている。ICTの進化、デジタライゼーションによるデジタルトランスフォーメーション(DX)の進展があるが、その弊害も大きく、また、持続不可能なプロセスを助長している部分もある。

ミクロレベルではコロナや災害の恒常化、持続不可能な状態における「行政」などの変化も起きている。(9)

「行政」を取り巻く環境の変容にはミクロレベルの行政計画全体ではコロナ等で計画修正や延期が多発し、計画想定外の事態への対応が増加すると同時に計画外業務の増加がある。

また、「行政」自体の変容として、行政の公助から自助、共助へのシフトと住民参画・協働の動きがある。住民の自助努力への移行、今までの住民参画・協働の進展と、その制度化を受けて形骸化したとはいえ行政への住民参画・協働は、アリバイづくりではない若者・学生も含めたマルチステークホルダーの参画協働は進んできた。

マイクロレベルでは「行政」や「民間・企業」の活動以外の「市民」の活動、シビックアクションの重要性が高まっている。

シビックアクションとは「市民として社会に参画する」ことであり、「制度的参加」(参政権、政治参加等)だけでなく、「市民参画」である市民の活動・シビックアクションでもある。これは個人・住民・市民が法律に定められた義務ではなく、また、経済活動・事業・労働ではない自発的に行う各種の市民活動・住民活動・まちづくり・ボランティア・助け合いなども含めた総称としてのシビックアクション(市民の活動)であり、これらが、今までも地域や環境、福祉など多様な分野を支えてきた。また、現状において市民も行政サービスを受ける市民では

なく、市民社会の主体としての活動がないと現場が立ち行かなくなりつつある。また、シビックアクション（市民の活動）はマクロレベルの世界の持続不可能なプロセスに対処する国際NGOなどの市民社会組織（CSO）、マイクロレベルに対応する国内NPOなどの市民社会組織（CSO）もある。

市民・シビックアクションのプラットフォームについてだが、まず、プラットフォームは、「行政」、「民間・企業」、「市民」などの活動の基盤となる制度、計画、運営などの総体である。

このプラットフォームは人だけでなく技術、生態なども含むアクターアクターネットワーク、いつくものネットワークが重なる重層的ネットワーク、規定された範囲、制度だけでなく、反作用も含む。また、現状を円滑に維持管理するためだけのものではなく、トランスフォーメーション・構造転換のためのイノベーション、チェンジエージェントである。

プラットフォームには、管理のプラットフォームとイノベーションのプラットフォームがあり、管理のプラットフォームはコード（規則）により運営され、一方的なインターフェイスとプロトコルにより現状を円滑に管理する。イノベーションのプラットフォームはフレームワークによって運営され、合意によるインターフェイスとプロトコルの共創によりトランスフォーメーションを起こす。

また、情報プラットフォームにおいても管理のプラットフォームとイノベーションのプラットフォームがあり、管理のプラットフォームは通信コードにより運営され、通信システムインターフェイスと通信プロトコルにより構成され、情報通信（ICT）システムのロジックで運用される。イノベーションのプラットフォームは社会のフレームワークによって運営され、社会のインターフェイスと社会的プロトコルにより構成され、社会のトランスフォーメーションを



(図3)



起こす。

地域と世界を持続可能にする現場からのサステナブルイノベーションはコード（規則）により運営され、一方的なインターフェイスとプロトコルにより成り立つ管理のプラットフォームではなく、フレームワークによって運営され、合意によるインターフェイスとプロトコルの共創により成り立つイノベーションのプラットフォームで行なわれる。

プラットフォームの役割にアジェンダセッティング（アジェンダ・ビジョン・政策）とリサーチ・アセスメントもあるが、これらを管理ではなくイノベーションの実現として行うには、アジェンダセッティングでは管理組織ではなくパートナーシップ組織、リサーチ・アセスメントは調査ではなくマイクロレベル・現場からの共同調査が必要となる。また、情報プラットフォームにおいてもパートナーシップ組織によるアジェンダセッティング、マイクロレベル・現場からの共同調査によるリサーチ・アセスメントへのシステム対応が必要となる。（図3）

これらの合意や共創の原則にもとづくインターフェイスやプロトコルを共有した多様なプラットフォーム・情報プラットフォームが補いあい、相互に連携すること（クロスプラットフォーム）でアジェンダセッティング（アジェンダ・ビジョン・政策）とリサーチ・アセスメントを行いトランスフォーメーションをしていくイノベーションのプラットフォームである。

また、「行政」のプラットフォーム「民間・企業」のプラットフォームとともに市民・シビックアクションのプラットフォームが重要なのは「市民」の役割が高まっているだけでなく、市民は主権者であり、民間・企業の担い手であり、顧客でもあり、そして、なによりも役人も、企業人も市民であるからである。

持続不可能な状態に加え新たな危機を迎えた今、権威主義的持続不可能な世界システム、デジタル権威主義を超えていくプラットフォームは、立場ではなく、人、市民として行政、企業だけのためではなく、「誰一人取り残さない」のために、「人たちの力と想い」によるシビックアクションと「持続可能性のための行動と学習」と「持続可能性のための文化行動」で、貧困、ジェンダー、地域、環境などの問題を解決していく市民・シビックアクション（市民の活動）のイノベーションのプラットフォームである。

## 5. 危機時代の命の共生のサステナブルイノベーション

権威主義的持続不可能な世界システムは資源、エネルギー、金融、軍事による国家間の新しい従属関係（新新植民地）をうみだしている。つまり、資源、エネルギーの供給や借款・債務などによって新しい従属関係（新新植民地）の進展により、国連の機能不全、事実上の分裂、国際社会のブロック化、世界システムからのデリンケージなどを引き起こす。

他方、サステナブルトランスフォーメーション（持続可能な構造転換）がおきており、それは命の共生を基本とした現場からのサステナブルイノベーションである。

そのためにはコンビビアリティ、平和、共生が必要である。

コンビビアリティ（10）は相互依存でも自己実現でもない命と共生であり、そのための制度

や産業の様式やエネルギーのあり方でもある。

平和は、戦争、紛争のない状態ではなく、社会に構造的な暴力のない状態であり、国家の安全保障ではなく、人々の安全保障（国連人間の安全保障）であり、文明のアライアンス（Alliance of Civilizations: UNAOC）である。

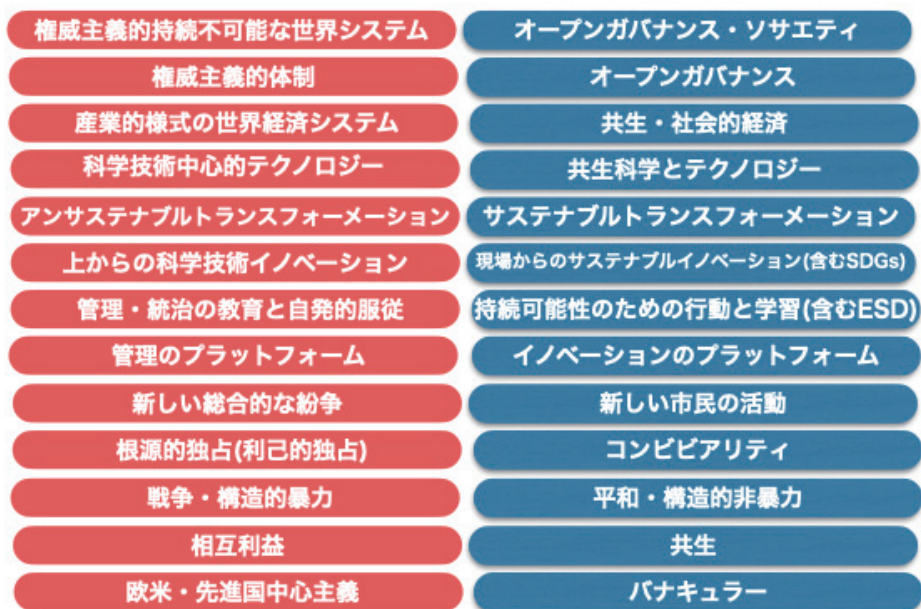
共生は、共存、単なる相互利益のためでも、相互扶助でもなく、命を分かちあい生きていく（人間だけでなく生態全体）ことである。

また、欧米・先進国中心主義、グランドセオリー・メガトレンド、持続可能な開発の問い直しと再構築が必要である。欧州のデモクラシーと一括されがちな欧州内でも A. レイプハルトが分析したように異なる宗教、言語、人種が社会・文化共存する多元共存型デモクラシー（consociational democracy）(11) が存在している。

現在の世界秩序の制度や思想、テクノロジーが欧米・先進国中心主義（脱成長、マルクス主義も含む）で構築されており、そのことによる問題は大きく、これを多地域、多文化の立場から問い直し、脱構築・再構築が必要である。

現在のグランドセオリーやトレンドは、未来からのバックキャストなどの多様なセオリーやマイクロトレンドから問い直し、脱構築・再構築が必要である。

既に国連でさえ「持続可能な開発」の問い直しが言われているが(12)、その根源的な脱構築・再構築が必要である。(図4)



(図4)

hiko (C)長岡素彦

何よりも、マルチステークホルダーパートナーシップ・共創により、現状の権威主義運用をオープン・ガバナメント・パートナーシップに変え、また、情報ネットワークもオープンテクノ

ロジーによるオープンネットワーク、オープンデータに変えていく必要がある。DX デジタルトランスフォーメーションを現状のようにデジタルの力を産業のために効率的な方向で実施するのではなく、「人々の生活をあらゆる面だより良い方向に変化させる」(E. ストルターマン)、また、DX デジタルトランスフォーメーションを地域と世界を持続可能にするサステナブルトランスフォーメーションとして実施することである。

このように権威主義的持続不可能な世界システムを現場からのサステナブルイノベーションによりサステナブルトランスフォーメーション（構造転換）することが、持続不可能なプロセスと国家間の戦争、紛争の危機を止めるために必要である。

国際関係や国連の混迷、国際社会のブロック化、世界システムからのデリンケージがすすんでも、国家の安全保障ではなく、現場からのサステナブルイノベーションによる人々の安全保障（国連人間の安全保障）をすすめて、地域と世界（含む生態）のための欧米・先進国中心主義ではない命の共生を基本としたアライアンスにより変えていくことが重要である。

また、日常生活でも先進国での少子高齢化と福祉医療、格差などの危機、低開発を強いられている途上国での貧困、飢餓の危機に対して、政治参加のみならず、命の共生を基本とした現場からのサステナブルイノベーションアプローチで現場からのサステナブルイノベーションをすすめていくことが必要である。(13) (図5)



(図5)

hiko (C)長岡素彦

（註）

- (1) 長岡素彦, SDGs 持続可能な開発目標へのアプローチと参画, 武蔵野大学環境研究所紀要,8, 2019
- (2) 長岡素彦, SDGs ロードマップー 2030 アジェンダ・SDGs によるトランスフォーム, 武蔵野大学環境研究所紀要,9, 2020
- (3) 長岡素彦, SDGs・持続可能な共生をすすめる ESD・地域連携教育, 共生科学, 第9巻, 2018
- (4) 長岡素彦, SDGs と ESD・PBLー2030 持続可能な開発アジェンダのための ESD (ESD for 2030), 関係性の教育学,9, 2021
- (5) 長岡素彦, SDGs トランスフォーメーションと SDGs チェンジエージェントー持続不可能な社会と COVID-19 を超えて, 武蔵野大学環境研究所紀要,10, 2021
- (6) マーク J. ペン他, マイクロトレンドー世の中を動かす 1% の人びと, 2008
- (7) 長岡素彦, 学び合い、つながる ESD 持続可能な開発のための教育, 日本福祉教育・ボランティア学習学会年報, 2009
- (8) 長岡素彦, 危機の時代のサステナブルイノベーション-コンビビアリティ、平和、共生、共生科学会第 14 回大会予行集, 2022
- (9) 長岡素彦, 自治体 SDGs・自治体 DX の先の持続可能な統合的計画ー東日本大震災の復興過程にみる VUCA 対応計画と実践から, 「複雑化する地域づくり環境に適応する系統的な計画手法の検討」, 日本計画行政学会第 45 回全国大会予稿集, 2022
- (10) Ivan Illich, Tools for Conviviality, 1973
- (11) アーランド・レイプハルト, 多元社会のデモクラシー, 1979, 三一書房
- (12) The UN General Assembly adopted the resolution 'Education for Sustainable Development in the framework of the 2030 Agenda for SustainableDevelopment', 2019
- (13) 長岡素彦, SDGs・ESD と防災・減災, 武蔵野大学環境研究所紀要,11, 2022



## 政策と連動する気候変動教育の実践と評価： 「気候変動のおかやま学」実践塾のケース

Practice and Evaluation of Climate Change Education Linked to Policy:  
Case of Practical Cram School of “OKAYAMA-GAKU of Climate Change”

白井 信雄\*  
Nobuo Shirai

### 1. 気候変動対策の動きと気候変動教育の必要性

2015年の第21回動枠組条約締約国会議（COP21）では2020年以降の温室効果ガスの排出削減を話し合い、これを契機に、ゼロカーボンの実現時期を前倒しとし、短期的な対策を強める動きとなってきた。日本では、2019年6月、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」を策定し、菅総理大臣（当時）は2020年10月の所信表明演説において、「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル（＝ゼロカーボン）、脱炭素社会の実現を目指す」ことを宣言した。「2050年までに二酸化炭素排出実質ゼロ」を表明する国内地方自治体も増え続け、表明自治体の数は823（45都道府県を含む）、表明自治体の総人口は約1億2,448万人となっている（2022年12月末時点）。

ゼロカーボン対策の特徴として、3点をあげる。第1は、高いハードルの実現に向けて、これまでの（低い削減目標への対策）のような対症療法に限界があり、社会経済システム、技術・基盤、国土・土地利用、ライフスタイルの構造転換が必要かつ急務となることである。第2に、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」の方針がそうであるように、ゼロカーボンに向けた対策を経済成長の制約とするのではなく、新たな投資を活発化させ、産業構造を転換することで、成長を生み出すというグリーン成長の考え方が打ち出されている。第3に、ゼロカーボンへの道のりを先駆ける「脱炭素先行地域」を指定し、2025年までの間を集中期間として、政策の総動員を図り、全国各地での「脱炭素ドミノ」を起こしていくというように、地域主導からの変革を重視していることである。

ゼロカーボンの早期実現と共に必要になっているのが、気候変動への適応策である。適応策は、ゼロカーボンの実現という緩和策に対して、緩和策では避けられない影響に対する気象災害対策の強化や備えのことである。日本国内でいえば、緩和策の国の計画（地球温暖化防止行動計画）の策定は1990年であったが、適応策の国の計画（適応国家計画）の策定は2015年の策定であり、近年の新しい動きである。2018年には気候変動適応法が制定され、地方自治体

\* 環境研究所研究員、武蔵野大学工学部環境システム学科 教授

受理日：(2022年10月29日)  
発行日：(2023年3月1日)

の適応計画の策定等が進められている。パリ協定においても適応の長期目標の設定、各国の適応計画プロセスや行動の実施等が合意されており、緩和策と適応策を両輪とする気候危機への対策が人類共有の取組課題となっている。

このように、危機や対策に関する宣言と計画策定、それらを支援する国の政策が活発化していることは確かであるが、そこに危うさが潜んでいることを注意しなければならない。気候変動対策が急がれるなか、大企業による経済事業や技術開発が主導となり、住民不在で進められることの弊害が懸念される。また、気候変動対策を進めた将来社会のビジョンやロードマップが地域内で十分に検討・共有されておらず、メガソーラーによる地域破壊の問題のように、開発企業と地域住民との間でのコンフリクトも発生している。

気候変動対策が新型コロナ禍後の経済復興対策として期待され、国の財政支援に基づく急ピッチな対策が進められるなか、地域での取組みは大企業や専門家主導になりがちである。住民への説明等はなされたとしても、住民の主体的な取組みを促すことにはならない。住民が気候変動対策の必要性や方向性を学び、主体的に動き出し、住民の考えと行動が地域の政策に活かされていく仕組みをつくる必要がある。

また、温室効果ガスの排出削減では避けられない影響に対する適応策を進めるべき段階にあるが、住民における適応策への理解と自助・互助等の備えが進んでいるとはいえない。適応策の面からも、住民の学びとそれを地域の政策に活かす仕組みが必要である。

こうした状況の中で、気候変動教育は、気候変動政策への住民の参加と協働を進める基盤づくりとしての役割が担う。専門性の高い問題だからと住民を気候変動から遠ざけるのではなく、住民が学び、考え、行動するために、住民の主体性を引き出す気候変動教育が必要が高まっている。

これまでも気候変動教育は行われているものの、ここまでに示したように、ゼロカーボンに向けた構造転換、グリーン成長、地域主導等の観点、あるいは緩和策と適応策の両輪といった観点からみると、これらの動きに対応する新たな視点を持った気候変動教育プログラムの開発と普及が必要となる。

## 2. 気候変動教育の研究は十分なのか

気候変動教育に関する研究としては、①気候変動教育のあり方を理論的に検討するもの、②国内外の気候変動教育の比較分析を行うもの、③気候変動教育のプログラムを実施し、その評価結果を報告するものがある。

①の国内研究の例としては佐藤・高橋（2015）がある。同研究では、Wiek et al.（2011）が提示した5つの持続可能性キー・コンピテンシー（システム思考、予測、規範的、戦略的、対人関係コンピテンス）等を用いて、IPCCのAR5を活かした能力開発プログラムの枠組みを提示した。

②の例としては、ドイツ、オーストラリアの気候変動教育と国内の取組みを比較した研究がある（高橋ら, 2015, 2016）。これらにより、日本では気候変動教育の学習目標となるコンピテンシーと連動した教育プログラムの開発が不十分であること、気候変動教育を進めるうえでの

気候変動教育の指導者の育成や関係者の情報交換の場の提供、様々な団体との協働等の必要性を明らかにした。

③の例としては、高橋ら（2019）による「気候変動のミステリー」、白井ら（2017）による「気候変動の地元学」、栗島・谷田川（2020）による脱炭素シミュレーターを用いた教育の実践と評価がある。「気候変動のミステリー」は、システム思考を重視したプログラムで、ドイツで開発され、日本に導入された。

「気候変動の地元学」は、気候変動の地域への影響実感が気候変動の適応、さらには緩和の行動意図を形成するというアンケート結果の分析（白井ら、2015）をもとに、気候変動の地域への影響調べを入口に、適応策を中心とした研修プログラムとして開発された。「気候変動の地元学」にいう“地元学”は、水俣市の吉本哲郎氏が提唱し、実践してきた地域住民が主体となって、地域にあるもの（地域資源）を調べ、それを地域に役立てる方法を考えていく地域づくりの方法を元としている。“地元学”では、地域資源の発見、地域資源と地域資源、地域住民等との関わりの再構築を狙いとしているのに対して、「気候変動の地元学」では気候変動による地域資源の変化の発見と変化に対する地域住民の関わりの再構築を図る。

栗島・谷田川（2020）は、「基礎自治体の脱炭素化に向けた支援ツールの実装に関する研究」の一環として、「総合的な学習／探究の時間」の教育プログラムの試行を、西之表市市内の中学・高校を対象として実施している。これは、地域の脱炭素シミュレーターを使いながら、未来の課題である気候変動問題と地域課題の同時解決について考える「コベネフィットを目指す」ワークショップを行うものである。

この他にも、2010年代後半から、気候変動に関するカードゲームの開発、中・高校での気候変動マーチへの参加や若者会議の開催、気候変動の政策提言を行う市民陪審など、気候変動教育に関連する様々な動きがみられる。しかし、発達段階に応じた気候変動教育プログラムの体系化や1に示した新たな視点を持った気候変動教育のプログラム開発は揺籃期にあり、様々な主体が気候変動教育プログラムの開発と実践に関心を高めて、動き出したばかりである。

こうした状況のなか、環境省北海道環境パートナーシップオフィス（EPO 北海道）では、2021年度より気候変動教育勉強会を始めている。これは気候変動教育の関係者が相互に情報を共有し、事例研究や気候変動教育の本格的な展開に向けた体系化や地域での普及戦略づくりを目的として勉強会を開催している<sup>1</sup>。また、日本環境教育学会においても、2021年秋から「気候変動教育」研究会<sup>2</sup>を設置し、3か年の活動を行っている。これは、気候変動教育の規範等の理念共有、プログラムの開発・共有、気候変動教育普及のためのガイドブックを作成することを目的としている。

日本環境教育学会の「気候変動教育」研究会は、これからの気候変動教育のあるべき要件として、次の5点を示している<sup>3</sup>。気候変動教育の新たな視点として重要な内容である。

---

1 この勉強会では、高橋ら（2019）による「気候変動のミステリー」、白井ら（2017）による「気候変動の地元学」等が報告されている。

2 この研究会では、2021年10月から2024年9月までの3か年をかけて、新たな気候変動教育プログラムを開発し、試行・評価・共有までを行うこととしている

3 2022年10月に、気候変動教育プログラムの開発チームの募集にあたり、設定した要件。研究会幹事会の議論をもとにまとめたもの。



**【日本環境教育学会の「気候変動教育」研究会が示した気候変動教育のあるべき要件】**

**① SDGs と気候変動対策を両立させる理想の社会を目指す教育であること**

理想と現実の乖離を埋めるアクションを生み出すように、理想とする社会の設定を重視すること。この際、気候変動対策だけで完結させない、持続可能な発展（SDGs）と気候変動対策を両立させる社会のための教育とすること。ここで、持続可能な発展において「誰一人取り残さない」という社会的包摂、気候正義（公正・公平）の視点、ウェルビーイングの実現等を重視すること。

**② 社会転換のための思考を身につけ、革新を創造し、先駆けて実践できる人を育てること**

ゼロカーボン社会等に実現においては、これまでの社会からの転換も必要であることから、批判的思考を身につけ、バックキャストिंगにより、なりゆきでない革新的な対策や行動を生み出し、先駆けて実践できるフロントランナーを育てるものであること。

**③ 異なる価値規範を乗り越える対話と共創を生み出すこと**

ゼロカーボン社会のあり方やその実現経路については、価値規範や利害関係によって、異なる考え方があるため、その対立を乗り越えていくために、対話による相互理解、内省における自己転換、関係形成と共創を生み出す力を身につけるものであること。

**④ 緩和策と適応策（さらに両立策）、技術対策と根本対策を体系的にとらえること**

気候変動への緩和策だけでは避けられない影響への適応策（さらに緩和策と適応策の両立策）があること、技術対策と根本対策（構造的対策）があり、特に社会・経済・文化のあり方に関わる根本対策（文化やインフラを変える対策）が重要である。対策の体系を理解し、俯瞰的に対策を企画し、実行できる力を身につけること。

**⑤ 地域の気候変動政策の実践と連動する教育システムであること**

地域の政策と連動し、学びの成果を実践につなげ、実践を通じた学びを行うというように、地域の気候変動政策の現場に直結する教育とすること（教育のための教育にしないこと、講義時間での教育プログラムではなく政策と連動する教育システムであること）。

**⑥ 発達段階にあわせ、現場の教員が取り込める教育カリキュラムであること**

気候変動対策は専門性の高い内容であるため、発達段階にあわせたものとする。学校のニーズに対応し、カリキュラム・オーバーロードにならないように、現場の先生だけでできる教育プログラムの開発を目指すこと。

### 3. 本研究の目的と評価対象の概要

#### (1) 本研究の目的

本稿では、筆者が首謀し、2021年度に岡山市の事業として実施した「気候変動のおかやま学」実践塾（以下、おかやま実践塾）について、気候変動教育のあるべき要件を満たすどうかを評価し、今後の改良点などを検討することを目的とする。

おかやま実践塾の目的や実施内容は日本環境教育学会「気候変動教育」研究会が提示した気候変動教育のあるべき5要件に対応して設計したものと考えているが、プログラムの内容や目的の達成度等において、まだまだ改良すべき点がある。新しい試みを評価することで、今後の取組みへの具体的な示唆を得ることができる。

## （2）評価対象となる「気候変動のおかやま学」実践塾の概要

おかやま実践塾は、全国各地で実施してきた「気候変動の地元学」の岡山市版として、2021年度に実施した。さかのぼれば、筆者は「気候変動の地元学」を岡山市内の公民館で開催することを提案し、それを受け入れてくれた富山公民館にて、2020年度に「気候変動のとみやま学」を実施した。同公民館の取組みは公民館長の意向を受け、地域リーダーを参加者とし、気候変動社会に向けた個々のライフスタイル宣言をするものであった。先行した富山公民館の取組みを発展させて、おかやま実践塾を企画し、開催した。

また、筆者は、2020年度「地域の主体による持続可能なカーボンゼロ社会の選択に向けた研究会」<sup>4</sup>を主宰し、岡山市の緩和策・適応策を進める仕組みを検討した。この検討成果に基づき、「岡山市内の企業・市民活動・行政における各分野において、カーボンゼロ社会（及び気候変動適応社会）を担うフロントランナーの人材育成を行なうこと」を目的として、おかやま実践塾を企画した。同研究会には岡山市職員も参加し、富山公民館の実績もあったことから、おかやま実践塾の実践予算を岡山市に確保していただくことができた。2020年度後半に準備し、2021年度に28名の参加申込みを得て、5回に分けて開催した。参加者は企業、NPO、教育、大学等の関係者が混在し、年齢層も10歳代～60歳代と幅広い構成となった。当初は10名くらいの少数精鋭により、密な学びを行うことを想定していたが応募が多く、途中で申込受付を締め切ることとした。なお、個人的事情等から毎回を通して参加が困難という人も多く、最終回の参加者は18名にとどまった。開催概要を表1に示す。

おかやま実践塾の特徴として4点をあげる。第1に、フロントランナーの育成という目的に即して、フロントランナー候補者となるNPOリーダー等の参加を促した。フロントランナー候補者を対象とした理由は、トランジションマネジメントにおいては、イノベーションの生成を始めるフロントランナーを大切に、フロントランナーに学びと役割を提供することが必要だという考え方に基づいている（松浦, 2017）。

第2に、気候変動の緩和策と適応策を並列に扱い、両方を検討対象とした。具体的には1回目との理論学習において緩和と適応の両方を節飯、2回目は緩和策、3回目は適応策について、将来ビジョンを考えるワークショップを行った。

第3に、2050年の社会ビジョンを描き、それを実現するために参加者自らが立ち上げていくプロジェクトの立案を行うというように、ムーンショット&バックキャストの手順を踏んだ。

第4に、社会を変えためには異なる考え方の相互理解と内省が必要という観点から、4回目

---

<sup>4</sup> この研究会は、岡山市内の大学、国の研究機関、岡山市、地元新聞社、県地球温暖化防止活動推進センター、哲学カフェ主催者等から構成した。この研究会の地元銀行、商工会議所等の関係者を加えて、2021年度に企画運営委員会を設置し、おかやま実践塾の企画と評価を行った。

表 1 「気候変動のおかやま学」実践塾の開催概要(2021 年度開催)

	タイトル	開催日	開催場所 <sup>5</sup>	参加数
1 回目	理論学習:気候変動への緩和と適応	7月31日(土)	岡山市勤労者福祉センター5階中会議室	28名
2 回目	ワークショップ①:岡山市におけるカーボンゼロ社会 <sup>6</sup>	9月4日(土)	オンライン	23名
3 回目	ワークショップ②:岡山市における気候変動適応社会	10月2日(土)	オンライン	21名
4 回目	ワークショップ③:①②を実現するライフスタイルや社会変革(哲学対話)	11月13日(土)	本庁舎7階大会議室	23名
5 回目	ワークショップ④:①②③を実現するためのプロジェクトの具体化 <sup>7</sup>	1月29日(土)	オンライン	19名

に哲学対話の回を設けた。この哲学対話は「変わる／変えるために何が必要？」をテーマとして、①気候変動から離れて考えてみる（グループでの対話）、②気候変動も交えて対話する（全体での対話）、③ふりかえり、という手順で行った。哲学対話は、「知らないことを知るのではなく、知っていることを改めて問う」、「知識や情報の一方的な伝達ではなく、誰もが対等に話し合い、学び合う」、「問題解決より本当の問題とは何かを考える」という方針を持ち、合意形成のための対話とは異なる。

#### 4. 本研究の方法

日本環境教育学会「気候変動教育」研究会が示した気候変動教育のあるべき5要件を評価項目とし、以下の4つを側面から、おかやま実践塾の評価を行う。

##### (1) 「気候変動のおかやま学」実践塾の実施内容の評価

おかやま実践塾の実施内容を整理し、あるべき5要件に対応してどのように工夫され、実施されたか、改良すべき点はないかという観点から、実施内容の評価を行う。

5要件とは、「①SDGsと気候変動対策を両立させる理想の社会を目指す教育であること」（以下、SDGsと気候変動対策の両立と表記）、「②社会転換のための思考を身につけ、革新を生み出し、先駆けて実践できる人を育てること」（以下、社会転換人材の育成と表記）、「③異なる価値規範を乗り越える対話と共創を生み出すこと」（以下、異なる価値観での対話と共創と表記）、「④緩和策と適応策（さらに両立策）、技術対策と根本対策を体系的にとらえること」（以下、緩和と適応、技術と根本の体系と表記）、「⑤地域の気候変動政策の実践と連動する教育

5 計画で段階ではすべてを対面で行う予定であったが、新型コロナの感染拡大期間においてはzoomを使ったオンライン開催とした。各回にワークショップを行ったが、オンラインで開催する際にはブレイクアウトルームを使った。

6 第2回目と第3回目の将来像はワークショップの結果を事務局が取りまとめ、それを欠席者も含めて報告し、追加の意見を求めることで、検討結果の共有と理解を深めるようにした。

7 第5回目のプロジェクトは、その場のワークショップだけで検討を行うのではなく、事前にプロジェクトのアイデアを提出してもらい、それをもとに同じ方向のアイデアを持つ参加者を集めたグループ分けを行い、グループ毎にアイデアの具体化を促した。

システムであること）（以下、地域の政策と連動する教育と表記）である。

### (2) 「気候変動のおかやま学」実践塾でのワークショップの結果

ワークショップの結果として作成されたビジョンやプロジェクトの内容が、あるべき5要件を満たすものかどうかを評価する。特に、「①SDGsと気候変動対策の両立」と「④緩和策と適応策、技術と根本の体系」という観点から十分な内容であるかを評価する。

### (3) 「気候変動のおかやま学」実践塾によるコンピテンシー等の自己評価結果

おかやま実践塾の事前と事後に行った参加者アンケートにより、参加者のリテラシーとコンピテンシーの自己評価の回答を得ており、これにより、学習効果を把握する<sup>8</sup>。これは、あるべき5要件のうち、「②社会転換人材の育成」という観点からの学習効果の評価である。

### (4) 「気候変動のおかやま学」実践塾その後のアクション

おかやま実践塾は参加者がフロントランナーとなって動きだすこと、検討結果が岡山市の政策に反映されることを目的としていることから、2022年度に参加者を集めたフォロー検討会を開催している。この結果から、教育と政策の連動の側面でも評価を行う。これは、あるべき5要件のうち、「⑤地域の政策と連動する教育」に関する結果の評価である。

## 5. 本研究の結果

### (1) 「気候変動のおかやま学」実践塾の実施内容

あるべき5要件に対応する実施内容を表2に整理した。

本実施に独自の内容としては、「①SDGsと気候変動対策の両立」について、カーボンゼロ社会あるいは気候変動適応社会を検討する際に満たすべき持続可能な発展の規範を提示したことがある。この規範は、白井（2020）が整理した「社会・経済の活力」、「環境・資源の配慮」（気候変動以外）、「公正への配慮」、「リスクへの備え」である<sup>9</sup>。つまり、カーボンゼロを実現するだけでなく、同時に地域活性化が実現している社会、カーボンゼロへ投資により大企業だけが成長することにならないように中小・零細企業の成長も促されること、非常時の災害対策になるようにすること等を、カーボンゼロ社会を考える際に視点として提示した。表3が持続可能な発展を満たすカーボンゼロ社会の方向性として提示した内容である。気候変動適応についても、白井（2020）の規範に対応する気候変動適応の方向性を示し、気候災害への備えが地域活性化や不平等の是正になるように将来ビジョンを考えるように促した。表4が持続可能な発展を満たす気候変動適応の方向性として提示した内容である。また、持続可能な発展の条件を

<sup>8</sup> アンケートで用いたリテラシーは問題認知と行動意図の形成要因に関連するもので、環境配慮行動に関する社会心理学の知見や白井ら（2017）の研究をもとにしている。コンピテンシーは高橋ら（2019）の研究結果を活用している。リテラシーとコンピテンシーを包含関係で整理する場合もあるが、本研究では並列の関係にあるものとしている。

<sup>9</sup> 持続可能な発展の規範については、環境・経済・社会の3側面への配慮とすることが一般的である。これに対して、白井（2020）は社会面の規範には、コミュニティ、ウェルビーイング、レジリエンス、公正・公平、レジリエンス等の多様な側面があり、社会面を分けて、具体的に提示する必要があるとして、4つの規範を示した。

満たすことはマルチベネフィットを創出することでもあること、SDGs を引き合いにだし、SDGs のアジェンダに書かれている「大胆な変革」、「誰一人取り残さない」、「分野間の統合」、「若い人へのたいまつ」という理念を重視する必要があることも提示した。

「②社会転換人材の育成」については、おかやま実践塾はまさにフロントランナーの育成を狙いとしたものである。この際、気候変動分野に知識や関心を持つ人がフロントランナーになるとは限らず、SDGs の様々な分野に関連する活動を担っているリーダー的人材に個別に連絡し、参加を促すこととした。キャンドルナイトの活動を行っている NPO のリーダー、障がい者の作業所を行い、地域商店街の活性化に関する活動を行っている事業者の若手スタッフ等の参加を得ることができた。

「③異なる価値観での対話と共創」については、4 回目の哲学対話が相当する。また、全体を通して、ワークショップを徹底して行い、特にグループで検討結果をまとめる作業をしてももらった。多様な考え方を知り、一緒に考える内容となっている。

「④の緩和策と適応策、技術と根本の体系」については、緩和策については、表 5 に示すように対策の枠組みを提示した。これは、二酸化炭素の排出量を中間項に分解する考え方に基づいている。適応策についても対症療法ではない対策があることを提示した。

「⑤地域の政策と連動する教育」についても表 2 に示す通りである。

以上のように、実施内容はあるべき 5 要件を具現化したものとなっている。

表 2 気候変動教育のあるべき 5 要件と「気候変動のおかやま学」実践塾の内容

あるべき要件	実施内容
①SDGsと気候変動対策の両立	・第 1 回目の理念学習において、カーボンゼロ社会あるいは気候変動適応社会を検討する際に、持続可能な発展の規範を満たすことを条件とすることを説明するとともに、その考え方を第 2 回目と第 3 回目の将来像検討、第 5 回目のプロジェクト立案の前提として、提示した。
②社会転換人材の育成	・カーボンゼロ社会(及び気候変動適応社会)を担うフロントランナーの人材育成を行なうことを目的として、可能性がある人材をスカウトして参加を促した。
③異なる価値観での対話と共創	・4 回目に、哲学対話を専門するファシリテーターにより、「変わる／変えるために何が必要？」をテーマにした対話を行った。 ・全体を通して、ワークショップを行い、グループで話し合い、まとめる作業を繰り返し行った。
④緩和と適応、技術と根本の体系	・緩和策は、市街地の暮らし、里地の暮らし、働き方・学び方、産業・経済、ライフライン等について、限定して検討を行うこととし、それぞれに根本対策と技術対策があることを提示した。 ・適応策は、熱中症や健康障害、水土砂災、食料・エネルギー等の確保・生産者支援、農林水産・商・工におけるリスク管理を検討テーマとした。
⑤地域の政策との連動する教育	・第 5 回目のプロジェクト検討において、自らが参加し、協働で実践していくプロジェクトを検討すること、検討したプロジェクトは必要に応じて、市行政による支援があり得ることを提示して、具体的な検討を促した。

表 3 持続可能な発展の規範を満たすカーボンゼロ社会の方向性として例示したこと

持続可能な発展の規範		脱炭素社会の方向性（例）
社会・経済の活力	社会活動の活性化	・再生可能エネルギーの導入など脱温暖化活動を通じたコミュニティの活性化
	経済成長と産業振興	・脱温暖化技術の開発と海外移転による経済活性化 ・脱温暖化による経費削減・再投資による経済効果
	一人ひとりの成長	・エネルギー多消費型の暮らしからの脱却 ・足るを知る生き方の模索、自己の内省
環境・資源への配慮	人類の生存環境の維持	・大気中の温室効果ガスの濃度を自然生態系や人類に影響を及ぼさない水準で安定化
	生物の権利への配慮	・気候変動の安定化による生物多様性の維持
	資源・エネルギー制約対応	・温室効果ガスの排出抑制による資源・エネルギーの残存
公正への配慮	公正な参加機会の提供	・あらゆる主体における再生可能エネルギーやゼロエミッション住宅等の導入支援
	社会経済弱者への配慮	・HEMSによる高齢者等弱者の支援サービスの提供 ・市街地コンパクト化による弱者の暮らしやすさ向上
	地域間、国際間の格差是正	・地域資源を活かした脱温暖化対策による地域活性化 ・森林管理や木質バイオマス利用等による山村再生
リスクへの備え	防御と影響最小化	・ゼロエミッション建築（住宅）による非常時の電源・熱源の確保
	感受性の改善	・大都市圏から地方圏への人口移動による大都市圏の大規模災害リスクの軽減
	回復力の確保	・脱温暖化対策を通じて形成されたコミュニティを活かした復興

表 4 持続可能な発展の規範を満たす気候変動適応社会の方向性として例示したこと

持続可能な発展の規範		脱炭素社会の方向性（例）
社会・経済の活力	社会活動の活性化	・自主防災等を通じた地域コミュニティの形成 ・非常時に地域間で支え合うネットワーク
	経済成長と産業振興	・適応策を通じた地域の土地や特産品等の価値の向上 ・適応策による特産品の競争力向上
	一人ひとりの成長	・自然を遠ざけるのではなく、自然とのつきあい方を知り、自然の力を受け入れる人としての成長
環境・資源への配慮	人類の生存環境の維持	・生活の基盤となる公共施設（道路・鉄道、病院、学校等）における災害時の機能維持のための備え
	生物の権利への配慮	・気候変動の生物への影響に対する対策（生物の避難経路を確保する回廊の形成等）
	資源・エネルギー制約対応	・非常時に利用できる再生可能エネルギー設備の日常利用
公正への配慮	公正な参加機会の提供	・あらゆる主体における気候変動の影響と適応策に関するリテラシー向上と関連情報へのアクセス確保
	社会経済弱者への配慮	・気候変動の影響を受けやすい身体的・精神的、社会経済的な弱者における水災害や熱中症対策
	地域間、国際間の格差是正	・人口減少、高齢化等により、十分な災害対策が進まない地域の支援
リスクへの備え	防御と影響最小化	・水災害から生命や財産を守るための治水や防災対策の徹底、避難先となる経路や場所の確保
	感受性の改善	・災害を受けやすい場所からの撤退、移転、移動 ・地域コミュニティの確保、森林や緑地の整備等
	回復力の確保	・気候災害に備える資源（人、モノ、情報）の確保 ・気候災害に備える訓練や復興の事前想定

表 5 気候変動の緩和策を考える枠組み(3部門で例示)

	根本対策		技術対策	
	価値観や生活様式の転換	社会や地域の構造の転換	エネルギーの利用効率の向上	エネルギーの炭素密度の改善
民生(家庭)	●自然に即した暮らし	●住宅の共有(シェアハウス、長屋) ●多世代同居	●省エネ家電 ●断熱住宅 ●エネルギー管理	●再エネ設備設置 ●再エネ電気購入
運輸(旅客)	●移動しない仕事の仕方	●職住近接(街中居住) ●在宅勤務	●公共交通利用 ●徒歩や自転車での移動	●電気自動車・電機バス & 再エネ電気の利用
運輸(貨物)	●自給自足 ●足るを楽しむ消費	●地産地消	●鉄道等の公共交通での輸送 ●物流の効率化	●電気トラック & 再エネ電気の利用

## (2) 「気候変動のおかやま学」実践塾でのワークショップの結果

2、3、5回目に実施したワークショップの結果が、あるべき5要件のうちの2要件、すなわち「①SDGsと気候変動対策の両立」「④緩和と適応、技術と根本の体系」の観点から十分であるかを評価するために、各々に関連する検討結果を表6にまとめた。

ゼロカーボン社会のビジョンでは時間の使い方、働き方、足るを知る経済、コミュニティのあり方等が示されているなど、価値観や生活様式の転換、社会や地域の構造の転換に関する内容が示されている。気候変動適応のビジョンについても、コミュニティ、地産地消、緑化といった、構造の転換に関する内容が示されている。技術導入にとどまらず、社会のあり方に踏み込んだ検討がなされたといえる。5回目に立案されたプロジェクトは教育関連2件、小さな地域づくり関連2件であった。プロジェクトの具体化においては、「このプロジェクトで、これまでの社会の何を変えるのか」「持続可能発展にどのように検討するのか」を検討項目に含めており、この観点での検討がなされた。以上のように、ワークショップの結果は、あるべき要件の④の内容が十分に盛り込まれている。

しかし、あるべき要件の①に対応するSDGsと気候変動対策との両立という点では、SDGsの重要な理念である「社会的包摂」の観点、具体的には高齢者や弱者の視点にたったビジョンやプログラム等が十分に検討されたとはいえない。ゼロカーボン社会のビジョンでは高齢者の活用が示されたものの、十分ではない。

表 6 ワークショップの結果

WS 結果	①SDGsと気候変動対策の両立、②緩和と適応・技術と根本の体系に該当する内容
2回目 ゼロカーボン 社会のビジョ ン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・何もない時間、家族や友人とゆったりと時間を過ごす</li> <li>・里山・里地と公共交通での往来し、里山の手入れや市民農園を楽しむ</li> <li>・野菜の共同購入を通じて、里山とつながる暮らしをする</li> <li>・ワークライフバランスが変化し、勤労時間外での社会活動、社会貢献が活発になる</li> <li>・大量消費、経済成長重視から脱却し、足るを知る経済を進める</li> <li>・高齢者の社会参加の仕組みと居場所、高齢者が子供を見守るようなコミュニティがある</li> <li>・持続可能な農林水産業、自然保護（里山等のお手入れなど）環境教育など、気候変動対策・緩和策に関わることが仕事・業として成り立っている 等</li> </ul>
3回目 気候変動適 応社会のビ ジョン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・居場所を変える（仕事は都市部、生活は郊外や標高の高いところにするなど）</li> <li>・無料で涼めるスポットがある熱中症になったとき助けあうコミュニティ、つながりある環境づくり</li> <li>・強い地域コミュニティ、人と人との繋がりがあ、普段の活動が災害時にも繋がるメディカルスポットを配置、見守り隊による見守り活動がある</li> <li>・食料は、地産地消で供給にありつける、マンションでも分け合える文化（おすそ分け）をはぐくむ、休耕地に果物などを栽培しておき災害時に生かせるようにする</li> <li>・海のものも土のものも、気候変動によって美味しいものが生産される約束が無いなか、価格だけで選ばない、生産者を支えることができるものを選ぶ</li> <li>・地域の樹木を活かす、水に強い木を植える、木は避難訓練のときの目印になる 等</li> </ul>
5回目 プロジェクト の具現化	<ul style="list-style-type: none"> <li>①地域や行政を巻き込んだ環境教育の実践（誰もが気軽に気候変動対策を実行できる社会、気候変動、少子高齢化に適した社会づくり等）</li> <li>②まちなかゼロ・カーボン文化祭（ゼロ・カーボンに向けた取り組みを共有したり、もっと楽しんだりすることのできる社会、ゼロ・カーボンに関わる多様な参画者や活動を認めあえる社会）</li> <li>③住むところにとらわれず、エネルギーの循環と食料の自給率 UP</li> <li>④小学校区ごとに進めるスマートコンパクトシティ（レジリエンス性に優れ、高齢化問題に対応可能なコンパクトシティ）</li> </ul>

### (3) 「気候変動のおかやま学」実践塾におけるコンピテンシー等の自己評価結果

1回目の最初と5回目の最後に実施した参加者アンケート結果をもとに、各評価スコアについて、対応のあるt検定を行った（表7、表8）。各項目について、6段階の順序尺度で回答を得ており、1～6点までのスコアを与えている。この結果、すべての項目についてスコアがプラスに上昇しているが統計的に有意な上昇である項目とそうでない項目がある。リテラシーについてはDの責任意識、Eの関心・学習意欲、Gの行動有効性認知、Hの活動意図の差が有意ではないが、これはもともと参加者の意識が高かったためと考えられる。

コンピテンシーについては、Bの予測、Cの規範に関するスコアの上昇が大きい。これに対して、Eの協働促進、Gの自己転換についてのスコア上昇は有意ではない。

以上のことから、おかやま実践塾によるコンピテンシー等の向上は得られたということが出来る。特に、規範を示しながらビジョンづくりを行ったことによる効果が大きいと考えられる。



表 7 事前事後のアンケート結果(気候変動に対するリテラシー)

N=18

	事前の平均	事後の平均	事前事後の差	有為確率
A. 気候変動問題の被害と加害の状況、原因について、幅広く、正確な知識を持っている	3.06	3.67	0.61	*
B. 気候変動問題に対する行政や企業による取組みについて、状況や効果、残された課題等について、幅広く正確な知識を持っている	2.89	3.67	0.78	**
C. 気候変動問題に対して、自分自身がとるべき対策の実施容易性や費用、効果等に関して、幅広く、正確な知識を持っている	2.61	3.61	1.00	**
D. 気候変動問題の深刻さやつらさ等、守るべき環境の価値について、共感する気持ちを持っている	4.28	4.78	0.50	
E. 気候変動問題について、関心を持っており、さらに学ぼうと考えている	5.00	5.17	0.17	
F. 気候変動問題に対して、自分が加害者であり、自分が行動を変えていく責任があると考えている	4.00	5.00	1.00	**
G. 気候変動問題に対する政策や自分自身の行動は、問題解決のために有効であると考えている	4.33	4.56	0.22	
H. 気候変動問題の解決のために、他の人の行動や社会経済を変える活動をしていきたいと考えている	4.11	4.56	0.44	
I. 気候変動に配慮した生活行動(在宅や移動時、買物等)を実施する意思を持ち、実行している	3.78	4.17	0.39	
J. 気候変動問題解決のための活動(市民活動、地域活動、投票、行政計画への意見提出等)に参加意思を持ち、実行している	3.28	3.89	0.61	*

注)対応のあるt検定を行った結果、有為確率の\*\*は水準1%で有意、\*は同5%で有意。\*または\*\*の場合を網掛けで示している。

表 8 事前事後のアンケート結果(気候変動に対するコンピテンシー)

N=18

	事前の平均	事後の平均	事前事後の差	有為確率
A. 気候変動問題の原因間のつながりの全体像を捉えることができる	3.11	3.94	0.83	**
B. 気候変動問題を解決する未来について、自分のビジョンを描くことができる	2.89	4.06	1.17	**
C. 気候変動問題を解決する取組みはたくさんあるが、どのような取組みを選択すべきかという自分の考え方を持っている	3.00	4.56	1.56	**
D. 気候変動問題を解決するための取組みについて、効果的な実施手順をつくることができる	2.44	3.28	0.83	**
E. 気候変動問題を解決する取組みを、他の人(家族、友人、地域の人等)に伝え、他の人の取組みを促すことができる	3.22	3.83	0.61	
F. 気候変動問題に関して、行政の政策や他の人の意見等に批判を加えて、自分自身の考えを示すことができる	3.17	3.94	0.78	**
G. 気候変動問題に関して、自分の知識、姿勢、能力、行動等を見直し、自分を継続的に変えていくことができる	3.83	4.22	0.39	

注)対応のあるt検定を行った結果、有為確率の\*\*は水準1%で有意、\*は同5%で有意。\*または\*\*の場合を網掛けで示している。

#### (4) 「気候変動のおかやま学」実践塾その後のアクション

事後のアンケートでは、おかやま実践塾で立案したプロジェクトを推進するためのプロジェクトチームへの参加意向を質問した。この結果、「参加したい」5名、「参加を検討したい」5名という結果であった。これを受けて、参加者によるフォロー会合をオンラインで開催した。2022年度10月末現在、プロジェクトの立ち上げがなされているわけではないが、実践に向けた意欲が十分に形成されたといえることができる。

なお、2022年度にも岡山市の予算が確保されており、「気候変動教育のミステリー」を体験し、アクションの立案までも行う形で、おかやま実践塾の後継事業が実施されている。この内容は、気候変動教育に特化したものであるという点で、おかやま実践塾の5回目に検討された「地域や行政を巻き込んだ環境教育の実践」が動きだしているということもできる。

### 6. まとめと考察

気候変動教育のあるべき5つの要件に対する、おかやま実践塾の十分性の評価結果を表9にまとめた。おかやま実践塾の実施内容は5つの要件を満たすものとなっており、ワークショップの実施内容、コンピテンシーの自己評価、その後も継続的な取組みがなされている。この点では、おかやま実践塾の方法を継続したり、全国各地で展開することが望ましいといえるが、さらに改良すべき点も残されている、改良すべき点として、5点をあげる。

第1に、将来ビジョンの検討においては、検討すべき論点を提示してワークショップを行ったが、検討する範囲が広く、論点が多くなりすぎたため、やや散漫な検討結果となった。例えば、ゼロカーボンの将来ビジョンは既に国や各地で検討されたものがあるため、それをたたき台として違和感を持つ点、追加したい点等を話し合うというような方法も考えられる。

第2に、哲学対話は社会転換、あるいは社会的包摂に踏み込んで考える視点を持つうえで重要なプロセスであるが、さらに改善の余地がある。立案するプロジェクトに哲学対話の結果が反映されるように、対話の問いをさらに気候変動に関連する具体的なものにすることが考えられる。

第3に、プロジェクトの検討においても、域公共交通や地域新電力等のように地域にとって重要な懸案事項をテーマにすることが考えられる。このプロジェクトに関連して、哲学対話の問いを設定することで、内容を深く彫り込んだものとするができるだろう。

第4に、フロントランナー育成を目的とするならば、フロントランナーとして動き出すメンバーに限定することを徹底することが考えられる。おかやま実践塾では、岡山市の予算を使ったことから、参加者を限定することができず、幅広く募集を行った。当初は10名程度の少人数で、将来ビジョンやプロジェクトを練り上げることを想定したこともあり、参加者が多くなったことで運営が行き届かなかった面がある。

第5に、おかやま実践塾においては、新型コロナの感染拡大の時期に重なり、対面で実施する予定であったが、5回中の3回をオンライン開催とすることを余儀なくされた。このオンラ

インでのワークショップに対して運営側と参加側が十分に慣れていなかったために、円滑な進行や十分な意見交換ができなかったことが惜まれる。とはいえ、オンラインでのワークショップは今後も定着していく可能性があり、オンラインを用いる場合のワークショップ手法をさらに検討すべきである。

今後はおかやま実践塾の経験を活かして、さらに改良した気候変動教育プログラムの開発と試行、評価を行っていく予定である。

表 9 本研究における評価の対象と評価項目

評価対象	評価項目				
	①	②	③	④	⑤
(1) おかやま実践塾の実施内容	○	○	○	○	○
(2) おかやま実践塾でのワークショップの結果	△		○		
(3) おかやま実践塾前後のコンピテンシー等の自己評価		○			
(4) おかやま実践塾のその後のアクションの立ち上げ					○

#### 評価項目の凡例

- ① SDGsと気候変動対策を両立させる理想の社会を目指す教育であること
- ② 社会転換のための思考を身につけ、革新を生み出し、先駆けて実践できる人を育むこと
- ③ 異なる価値規範を乗り越える対話と共創を生み出すこと
- ④ 緩和策と適応策(さらに両立策)、技術対策と根本対策を体系的にとらえること
- ⑤ 地域の気候変動政策の実践と連動する教育システムであること

#### 【謝辞】

おかやま実践塾の実施にあたり、産業技術総合研究所の歌川学氏、国立環境研究所（当時）の大場誠氏、公益財団法人岡山県環境保全事業団の柏原拓史氏、哲学者の松川えり氏に講師として、ご尽力をいただいた。

また、同塾の内容を検討した研究会（「地域の主体による持続可能なカーボンゼロ社会の選択に向けた研究会」）では、産業技術総合研究所の歌川学氏に岡山市でゼロカーボン達成するための試算、国立環境研究所の松橋啓介氏は岡山市をコンパクトシティにした場合の二酸化炭素排出削減効果の試算、高知大学の松本明氏には地域産業連関表を用いた地産地消の効果の試算等をいただいた。山陽新聞の岡山一郎氏には、おかやま実践塾ことを紙面に書かせていただく機会をいただき、また募集案内を掲載いただいた。

同研究会及びおかやま実践塾の企画・運営会議に参加をいただいた皆様、岡山市の行政担当者に深く、感謝を申し上げます。

そして熱心に参加をいただいた塾生の方々に深く感謝を申し上げます。準備不足や運営の不手際があったにも関わらず、熱心に参加されたことから、心から敬意を表し、今後の活躍を祈念したい。

## 【参考文献】

- 佐藤真久・高橋敬子（2015）気候変動教育（CCE）に関する能力開発プログラムの開発に向けた配慮項目の抽出：IPCC 第5次評価報告書における教育的論点と「持続可能性キー・コンピテンシー」の議論に基づいて、エネルギー環境教育研究 17
- Wiek, A., Withycombe, L. and Redman, C. L., 2011, Key Competencies in Sustainability: a reference framework for academic program development, Sustainability Science, 6 (2) ..
- 高橋敬子・肱岡靖明・高橋潔・花崎直太（2015）地域のリーダー育成のための気候変動教育とは - 日本・ドイツの気候変動の教育事例の比較分析に基づいて、環境教育 2016
- 高橋敬子・肱岡靖明・高橋潔・花崎直太（2017）オーストリア・シュタイアーマルク州における気候変動教育の取組—日本の気候変動教育プログラムとの比較に基づいて—、環境教育 2017
- 高橋敬子（2019）システム思考コンピテンシーをどのようにして強化するのか？—日本の気候変動教育における学習手法「ミステリー」の可能性、環境教育 2019
- 白井信雄・田中充・中村洋（2017）「気候変動の地元学」の実証と気候変動適応コミュニティの形成プロセスの考察、環境教育 2017
- 白井信雄・田中充・青木えり（2015）気候変動への緩和・適応行動の意識構造の分析 - 地域における気候変動学習のために、環境教育 2015
- 栗島英明・谷田川ルミ（2020）[特集3 基礎自治体レベルでの低炭素化政策検討支援ツールの開発と社会実装に関する研究] 基礎自治体の脱炭素化に向けた支援ツールの実装に関する研究：2020年度、公共研究 17 (1)
- 松浦正浩（2017）トランジション・マネジメントによる環境構造転換の考え方と方法論、環境情報科学 46 (4)
- 白井信雄（2019）持続可能性の規範からみたSDGsの構造分析、山陽論叢 25 (0)



# ミールキットによる食品廃棄物最終処分量の削減の可能性について

Meal kits have a potential to reduce final food Waste.

門 多 真理子\*  
Shimizu-Kadota, Mariko

菊 池 史 華†  
Kikuchi, Fumika

## 【はじめに】

### 1. 日本における食品廃棄物の現状

日本はカロリーベースでの食料自給率が38%と、食料を海外からの輸入に大きく頼っているのが現状だ<sup>1)</sup>。しかしながら、2018年度の国内の食品廃棄物等は年間2531万トン発生、そのうち食べられるにもかかわらず食べる前に捨ててしまう食品ロス<sup>2)</sup>は事業系・家庭系が約半分の合計で約600万トンも発生と推計された<sup>2)</sup>。その一方世界では、約8億の人々が深刻な飢えや栄養不足に苦しんでいるのだ<sup>3)</sup>。世界では貴重な食料を日本が輸入しておきながら、食品ロスとして食べずに捨ててしまっているというこの矛盾した行動に違和感を覚え、状況を改善するために自分達でできることは無いかと模索した。

そのような中で、食品リサイクル法に定める4種の食品関連業者（食品製造業・食品卸売業・食品小売業・外食産業）での食品廃棄物の発生量の比は食品製造業が81%と最も高かった。しかし、食品廃棄物の再生利用率は、同種多量の廃棄物が発生する食品製造業での再生利用率が圧倒的に高く、2019年度には食品製造業（96%）>食品卸売業（64%）>食品小売業（51%）>外食産業（32%）と、下流に行くほど再生利用率は下がっていることを知った<sup>4)</sup>。また、家庭系食品廃棄物のうち、肥料化やメタン化など再生利用されていると推定されているものは7.3%に過ぎず、92.7%は焼却または埋立処分されていると推計された<sup>5)</sup>。

### 2. ミールキットについて

ミールキットとは、分量や作り方が細かく分かるレシピと食材がセットになったアイテムである。食材宅配会社が提供するミールキットが多く、献立を決めて買い物をする手間も省けると人気になっている。新鮮な野菜、肉や魚、ソースなどの食材が必要な分量だけ入っているが、砂糖や塩、しょうゆ、味噌、サラダ油などの基本調味料については、自分で用意する必要がある。特徴は、① 献立が決まっているため悩む時間の短縮ができる、② 調理に必要な材料が必

\* 環境研究所研究員、武蔵野大学工学部環境システム学科 教授

† 武蔵野大学工学部環境システム学科 2022年3月卒業

受理日：(2022年10月26日)

発行日：(2023年3月1日)

要な分量だけ入り、下ごしらえが済んだ状態（一部を除く）で食材がそろっているため、時短調理が可（実際の調理は、野菜を切るだけ、炒めるだけ、ゆでるだけなど、簡単な手順のみで完成する）、③ 手順を丁寧に説明したレシピ付きのため、「料理の初心者」でも簡単に調理ができる、などが挙げられている。

日本の家庭では、厚生労働省の調べによると、2020年の共働き世帯の割合は約68%と、専業主婦世帯を大きく上回っている<sup>6)</sup>。また、全国農業協同組合中央会が2012年に行った調査によると<sup>7)</sup>、平日の夕食作りにかかる時間は平均42分で、8割の女性が夕食作りの時間を短縮したいと考えていた。ミールキットを利用することは、「手抜き」ではなく夕食作りの時間を約半分に縮める「時間の節約」になるとのパラダイムシフトが起きていると推察された。

### 3. ミールキット使用時と個別購入の場合の廃棄物発生への比較影響調査

私達は、今後ますます利用量が増えると予想されるミールキットによって、食品廃棄物由来の最終処分量を減らすことに貢献できる可能性を考えた。つまり、家庭で各食材を個別購入した場合は、その切り落としなどの調理くずは再生利用率の低い家庭系の食品廃棄物となる。一方、ミールキット利用の場合、製造工場で発生する食材の切り落としは、再生利用率の高い最上流の食品製造業で発生することになるからである。

また、双方の場合ともに、食材を過剰購入してしまう可能性もあるし、包装廃棄物も発生するはずである。このようなことから、個別購入をした場合とミールキットを用いた場合で、同じ献立で2度調理し、その結果発生する食品廃棄物や包装廃棄物を比較し、また価格や起きたことを記録することで、ミールキット利用の影響を調査することにした。

#### 【調査方法】

##### 1. 調査方法

ミールキットとしては、生活協同組合の一つであるパルシステム埼玉（本部：埼玉県蕨市）の「お料理セット」の宅配を用いた。毎週、大人向けカタログで2～3人前と表示されているお料理セットを2～4品分注文し、本調査に使用した。

期間は2021年10月6日から2021年11月30日とし、計26品を調査対象とした。

お料理セットの消費期限は基本配達日の翌日まで、まれに配達日を含め3日までのものがあつた。毎週水曜日が配達日だったため、水曜日と木曜日を中心に届いたものの調理を行った。その後次週の商品が届くまでに必要な材料を個別にスーパーマーケットで購入し、再現料理を作つた。

##### 2. 材料等の計量、比較する数値の取り方

Latuna コンパクトキッチンスケール（株式会社エイチアイエム；〒2750016 千葉県習志野市津田沼、計量範囲：0.5g～3kg）を用いて、購入したミールキットや個別購入の各食材・各包装材の質量を計量した。液体の食材の場合は体積を測定することにし、計量には計量カップ（180mL）、大さじ（15 mL）、小さじ（5 mL）を用いた。調理器具は通常のものを用いた。

ミールキットの場合：商品が発泡スチロール製の通い箱（横 37.5 cm、縦 27.5 cm、高さ

26.5 cm) に入れられた状態で宅配された。商品は冷蔵と冷凍のもので分けられており、容器から中身を回収し冷蔵庫や冷凍庫に移しておいた。注文したものの多くは、2～3人前のものであった。

調理時にキットごとに計量を行った。最初に、届いた状態のままで全量を測った（キット総質量、食材+包装材）。多くのキットでは回収してリユースできるプラスチック製トレーに入っていた(図1)。その後、各食材やたれごとに材料の質量とそれらが入れてあった袋やプラスチック容器の質量を測った。野菜の場合、食材を皿やラップにのせ、風袋を引いた。包装容器は中身を取り出した後に直接秤に置き計量を行った。1つの容器にまとめて食材が入っていた際は、手作業で分別を行い、食材ごとに計量した。肉やたれの場合は、中身を直接計量することは困難と判断し、包装容器に材料が入った状態で全体を測り、使用後の包装容器の質量を引いた分を中身の質量とした。それぞれの食材の包装質量の和を「包装物総質量」として示した。回収対象のトレーに入っていた場合は、包装廃棄物にはならないのでトレーの質量を「回収される包装物質量」として示し、包装物総質量から「回収される包装物質量」を引いた値を「回収されない包装廃棄物総質量」と表現した。または、内容量が記載されているものは、小数点以下については切り捨てた。



図1 ミールキット「お料理セット」の配送時パッケージ典型例

個別購入の場合:購入した商品を包装容器ごとと、包装容器のみの質量をまず測った。次に、使用する食材ごとに実際に料理に使う分をミールキットに近い状態になるようにカットし、料理に使う分(使用量)と、皮や芯など調理くずとして捨てる分(廃棄物総質量)をそれぞれ計量した。

購入費用についてはすべて消費税(8%)込みの値とした。ミールキットの場合は購入金額、個別購入では各食材についての購入金額を購入g数で割り、ミールキットの場合と同じ質量の金額(同量金額)を算出(少数点第2位を四捨五入)した。また、家庭で常備されていることが前提で、ミールキットにも含まれていない味噌・醤油・マヨネーズ・つゆ・中華あじ(コンソメ)・から揚げ粉・油については購入金額に含めなかった(キット調理時も個別購入後の調理時も使用)。さらに、ミールキットに入っていた便利つゆ・煮物つゆ・味噌だれは、同じものが購入できなかったため、個別購入の場合は基本調味料で似た味付けになるようにした。



表 1 食品総廃棄物量や購入総額などのまとめ

料理名	調理日付	キット 総質量	食材廃棄物 総質量	包装物 総質量	回収される 包装物質量	回収されない 包装廃棄物総質量	購入総額
産直豚肉と野菜のスタミナ炒め	2021/10/6	488.3	0.0	42.2	25.7	16.5	862
同 個別購入	2021/10/11		26.2	14.1		14.1	360.4
釜あげしらすの野菜のつけ丼	2021/10/7	373.0	0.0	42.2	25.7	16.5	808
同 個別購入	2021/10/11		19.7	56.9		56.9	448.3
水餃子と春雨の野菜スープ	2021/10/7	767.5	0.0	50.0	25.7	24.3	862
同 個別購入	2021/10/13		12.4	26.4		26.4	369.2
天然えびといかの油淋鶏風ソース炒め	2021/10/8	464.0	0.0	35.6		35.6	1024
同 個別購入	2021/10/12		23.2	9.9		9.9	390.2
彩り海鮮八宝菜	2021/10/13	391.4	0.0	38.5	25.7	12.8	829
同 個別購入	2021/10/17		11.9	28.0		28.0	558.2
たっぷり野菜と春雨の具沢山スープ	2021/10/14	390.0	0.0	42.8	25.7	17.1	766
同 個別購入	2021/10/18		44.6	32.6		32.6	202.1
さつまいもと産直豚バラ肉のてりてり煮	2021/10/14	717.6	0.0	50.0	25.7	24.3	970
同 個別購入	2021/10/18		19.8	13.5		13.5	692.8
野菜が摂れるドライカレー	2021/10/20	530.0	0.0	48.5	25.7	22.8	950
同 個別購入	2021/10/23		41.3	91.9		91.9	364.8
豚だんごとさつまいもの豆乳味噌スープ	2021/10/20	696.9	0.0	53.8	25.7	28.1	916
同 個別購入	2021/10/26		24.7	10.6		10.6	243.6
長崎県産直天然ぶりの味噌バター炒め	2021/10/21	459.8	0.0	50.0	25.7	24.3	1078
同 個別購入	2021/10/24		31.5	19.6		19.6	268.3
甘辛肉そぼろ丼	2021/10/27	510.0	0.0	53.4	25.7	27.7	970
同 個別購入	2021/10/31		19.0	35.1		35.1	307.2
重慶飯店監修・鶏肉とカシューナッツ炒め	2021/10/28	586.0	0.0	45.3	25.7	19.6	970
同 個別購入	2021/11/1		30.7	25.8		25.8	502.2
具だくさんの産直牛肉きんぴら	2021/10/28	516.8	0.0	45.0	25.7	19.3	1350
同 個別購入	2021/10/31		10.9	22.9		22.9	726.0

産直大根の黒こしょう炒め	2021/11/3	406.8	0.0	35.9	35.9	819
同 個別購入	2021/11/9		21.8	13.1	13.1	271.0
4種野菜のカツ煮	2021/11/4	666.2	0.0	56.9	25.7	937
同 個別購入	2021/11/7		28.5	33.7	33.7	652.3
子持ちかかれいと野菜の簡単煮付	2021/11/4	527.5	0.0	18.7	18.7	862
同 個別購入	2021/11/9		60.9	19.7	19.7	674.6
産直豚肉と黒まめやしの和風だし炒め	2021/11/10	452.0	0.0	56.6	25.7	754
同 個別購入	2021/11/15		6.8	15.8	15.8	227.0
オニオングラタンスープ	2021/11/11	624.0	0.0	48.7	23.0	862
同 個別購入	2021/11/14		29.9	75.4	75.4	338.2
産直大根と豚ひき肉のすりごま炒め	2021/11/11	429.0	0.0	42.1	42.1	808
同 個別購入	2021/11/14		17.4	13.9	13.9	258.6
産直豚肉と野菜のコチュジャン炒め	2021/11/17	527.1	0.0	44.5	25.7	862
同 個別購入	2021/11/22		26.6	12.2	12.2	418.7
産直牛肉のビーフストロガノフ	2021/11/17	704.7	0.0	42.4	16.7	1674
同 個別購入	2021/11/21		44.2	16.6	16.6	896.9
仙台蕨とじゃがいもの煮物	2021/11/18	361.6	0.0	36.1	10.4	754
同 個別購入	2021/11/23		24.3	11.0	11.0	227.3
野菜がとれるエビマヨ	2021/11/19	493.0	0.0	42.6	42.6	1068
同 個別購入	2021/11/23		132.4	16.2	16.2	332.4
厚あげと大きめひらたけの甘味噌炒め	2021/11/24	642.0	0.0	26.2	26.2	754
同 個別購入	2021/11/30		32.2	17.2	17.2	311.6
豚肉とニラのガーリック炒め	2021/11/25	414.0	0.0	25.0	25.0	862
同 個別購入	2021/11/30		58.8	15.3	15.3	396.9
ユッケジャンクッパ	2021/11/26	423.4	0.0	50.0	24.3	1078
同 個別購入	2021/11/29		16.5	19.8	19.8	515.5

調査対象の料理名、調理した日付、キット総質量、食材廃棄物総質量、包装物総質量、回収される包装物質量、回収されない包装廃棄物総質量、購入総額をまとめた。質量の単位はg、購入総額の単位は円。

## 【調査の結果】

全 26 品の料理について、ミールキットを用いた場合と食材を個別購入した場合のそれぞれで、料理名、調理日付、ミールキットの場合の総質量、食材廃棄物総質量、包装物総質量、回収される包装物質量、回収されない包装廃棄物総質量、食材の購入金額を表 1 にまとめた。ミールキットを使用して調理した場合、家庭における食品の廃棄物の発生は無かったため、個別購入において食材総廃棄量を計算するために、購入各食材の使用部分質量と廃棄物量を補足表 1 に示した。また、個別購入において購入金額を計算するために、購入各食材の購入費用と総質量、使用部分質量を補足表 2 に示した。

### 1. 発生する食品廃棄物と包装廃棄物について

先に述べ、表 1 に示すように、ミールキットを使用して調理した場合、家庭における食品廃棄物の発生は無かった。それに対して個別購入で食材を揃え調理した場合、家庭で必ず食品の



図2 ミールキット「お料理セット」内の包装例

プラスチックの袋に入れテープで止めてあるもの (A)、プラスチックの袋で真空パックされているもの (B)、中身が潰れないよう、硬めの蓋つきプラスチック容器に入れられているもの (C)、袋に空気を入れた状態で密閉されているもの (D)、プラスチックトレーに蓋をつけて密閉されているもの (E)。プラスチックトレーに直接入れられているもの (F)。

廃棄物が発生した。献立により 10g 以下から 130g を超えるものまでかなり差はあるが、平均としては 31.4g になった。食品廃棄量が増えた食材としては、里芋の皮、えびの殻、ブロッコリーの芯、えのき茸の石づき等であった。ミールキットでは調理時の食品廃棄物が無く、個別購入では排出されるのは予想通りの結果となった。

包装容器の廃棄物発生状況は次のようになった。ミールキットを使用した場合、ほぼすべての品がプラスチックトレイを使用して包装されていたが、これについては、ミールキット発売元の生協がリユース・リサイクルのために回収を行っているため回収されない包装物とは区別した。ミールキット中の回収されない包装例を図 2 に写真で示す。カット野菜、肉などの品目に合わせて、種類の異なるプラスチック製の包装容器に入っていた。固形スープの素は銀紙で包まれていた。発泡スチロールトレイに直接入れられている場合もあった。表 1 に示すように、包装の質量は献立により 18～56g と幅があり、平均 43.2g であった。回収されるプラスチックトレイの質量を除く平均は 24.4g となった。

個別購入の場合、包装材の質量はおよそ 10g～91g とかなり大きく差が出たが、平均は 25.7g であった。多く排出された品としてきざみりの容器、パセリのガラス容器があった。回収されない包装物質量は表 1 に示すように個別購入の方が多かった。

## 2. 価格について

用いたミールキット「お料理セット」では表 1 に示すように 754 円～1674 円という価格帯で、平均は 940 円であった。1000 円を超えたものは、6 品だった。このうち 3 品は牛肉、2 品はえび、1 品は天然ぶり、と高価格の食材を主に使用していた。

それに対して個別購入の価格は、200 円～897 円という結果で、平均は 421 円となった。

今回調査した 26 品の全てにおいて個別購入のほうが安く、18 品では同分量を半額以下で調理可能となった。

### 【結果の考察】

#### 1. 食品廃棄物について

ミールキットを使用して調理した場合、家庭における食品の廃棄量は 0 であった。これは 1 つのキットとしてまとめられ、各家庭に届くまでの前段階で食品廃棄物が発生し処理されているからだと思われる。製造元の生協では、洗浄から個包装までを食品加工センターで一括して行っているため、食品廃棄物のほとんどはそこで発生していると考えられる。本論文の冒頭において述べたように、食品廃棄物の再生利用率は食品製造業>食品卸売業>食品小売業>外食産業と、下流に行くほど再生利用率は下がっている。言い換えれば、上流で発生した食品廃棄物ほど、再生利用にまわされる確率が高いといえることができる。食品加工センターの場合、決まった食材の廃棄物がまとめて発生するため、分別せずにリサイクルに回すことが容易であると考える。また、ミールキットはすべての食材を一回で使い切るため、余った食材を腐らせて食品ロスにすることがなかった。

一方、個別購入で食材を揃え調理した場合、家庭で必ず食品の廃棄物が発生した。一品の平均発生量は 31.4g となった。毎日一品この量が発生するとすれば、一年ではおよそ 11.5kg に

もなる。また、献立ごとに適した食材の量を購入することが出来ない場合も多かった。

以上のことより、下ごしらえに伴う食品廃棄物はどちらにおいても発生するが、家庭で発生した場合は、可燃ごみとして捨てられることが多い。また、個別購入では使用量に適した購入が出来ない場合があり、食品ロスから食品廃棄につながる可能性もある。

## 2. 包装廃棄物について

生協のミールキット「お料理セット」を使用した場合、全体を載せるトレーは回収されるので、これを除いた回収されない包装廃棄物総質量の平均は24.4gとなった。個別購入の場合、発生する包装廃棄物総質量の平均は25.7gで、その総質量は、個別購入のほうがわずかに多い結果となった。

## 3. 金額

今回調査の対象とした26品について、26品全ての献立において個別購入のほうが安く、18品は同量を半額以下で作ることができるという結果になった。しかし個別購入においては、家庭に元からあった砂糖・塩・酢・醤油・味噌・つゆ・マヨネーズ・油などの基本的調味料を含まずに金額を出しているため、金額が多少前後するものである。お料理セットは出荷までに洗浄・カット・仕分けなどの作業が加わるため個別購入に比べ高いが、献立を考え・買い物に行き・調理する、労力・時間を考えると許容範囲内であると考えられる。

### 【まとめと今後】

ミールキットは、現在、生協や企業が多数販売し、それぞれ販売点数が伸びている<sup>8-10)</sup>。これは販売者側と消費者側がそれぞれにメリットを認めた結果と考えられる。販売者側にすれば、食材を個別に販売するより調理下ごしらえをすることで価格を高く設定し、利益率を高めることが出来ていると推測される。また消費者側のメリットとして、この論文の冒頭で、献立を決めて買い物をする時間と調理時間を短縮できること、レシピがあるため料理の初心者でも取り組みやすいこと述べた。それ以外にも今回の調査をしている段階でいくつもの消費者側のメリットを見出すことができた。例えば、ミールキットの種類が豊富なため、献立がマンネリにならず、新しい品を簡単に加えることができた、家事分担としての調理の技術的・時間的ハードルを下げ、家庭における家事分担の固定化を防ぐことにつながった、等である。今後もミールキットの販売は増えると思われる。

当初の目論見で、ミールキットによる食品廃棄物の最終処分量の減少を調べることを考え、この調査を開始した。今回は予測通りと推測される結果を得た。それ以外にも、ミールキットは注文販売のため小売店での売れ残りの食品ロスを減らすことができると気づいた。また、オイシックス・ラ・大地株式会社のミールキットでは、会員制定期宅配のビジネスモデル（サブスクリプションサービス）を用いた野菜の作付の段階から生産者と契約して食品ロスを減らしていることがわかった。さらに、キットを製造する際には野菜をカットするため、形の悪い不揃い品も活用して食品ロスを減らしていることもわかった<sup>11)</sup>。以上のことから、ミールキットのほうが個別購入の場合より環境に負荷がかからないと考えられた。

一方、同じたれを使った味付けや炒め物が多い等調理方法のレパートリーが少なく、飽きやすい。消費期限が短く、週に1回の配達ではミールキットを利用できない日がある、地域や各家庭の味が減っていく、などの懸念点も考えられた。

また、今回の調査は、新型コロナウイルスにより外出を控えて外食の機会が減っている2021年の秋に行ったためもあり、ミールキット注文後に夕食をキャンセルするという過剰購入はほとんど発生しなかった。外食が心理的にも自由にできるようになってから、夕食キャンセルによる食品ロスがどのレベルで発生するかは再調査の必要がある。

## 【附記】

本論文は菊池史華の武蔵野大学工学部環境システム学科卒業論文を土台として作成した。

補足表1と補足表2は武蔵野大学紀要 (<https://mu.repo.nii.ac.jp/>) の環境研究所紀要第12号に掲載。

## 【補足表の標題と解説文】

補足表1：食品総廃棄量と回収されない包装廃棄物量等の計算法。

補足表2：ミールキット使用の場合と個別購入の場合の購入総額の計算法。

価格はすべて消費税（8%）を含んだ値とした。ミールキットの場合は、購入価格を購入総額として示した。個別購入では各食材についての購入金額を購入g数で割り（g単価）、ミールキットの場合と同じ質量の金額（同量金額）を算出（少数点第2位を四捨五入）し、その和を購入総額とした。ただし、例外としてうずら卵水煮およびゆで卵の全量と使用量の単位は個数で\*で示した。通貨の単位はすべて円。

## 【引用文献等】

- 1) 総合食料自給率（令和元年度、農林水産省）。  
[https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu\\_ritu/012.html](https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/012.html)
- 2) 食品ロス削減関係参考資料（令和3年8月26日版 消費者庁）。  
[https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer\\_policy/information/food\\_loss/efforts/assets/efforts\\_210826\\_0001.pdf](https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_policy/information/food_loss/efforts/assets/efforts_210826_0001.pdf)
- 3) 国際連合世界食糧計画（United Nations, World Food Programme）  
<https://ja.wfp.org/ending-hunger>、（最終閲覧2022年1月13日）
- 4) 食品廃棄物の年間発生量及び食品循環資源の再生利用等の実施率（令和元年度推計、農林水産省）  
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syokuhin/kouhyou.html>
- 5) 食品廃棄物等の利用状況等概念図（平成30年度推計値、環境省）  
[https://www.env.go.jp/recycle/food/post\\_5.html](https://www.env.go.jp/recycle/food/post_5.html)
- 6) 厚生労働白書 令和3年版 第2部第1章 185頁  
[https://www.mhlw.go.jp/toukei\\_hakusho/hakusho/index.html](https://www.mhlw.go.jp/toukei_hakusho/hakusho/index.html)

- 7) 全国農業協同組合中央会プレスリリース (平成 24 年 9 月 28 日発信)  
<https://life.ja-group.jp/pdf/new/Kbg7CBm0Uc.pdf>
- 8) 生協バルシステム情報メディア「KOKOCARA」(2020 年 3 月 12 日発信)  
<https://kokocara.pal-system.co.jp/2020/04/27/oryouri-set/>
- 9) コープデリ生活協同組合連合会 オンラインプレスルーム (2021 年 2 月 26 日発信)  
<https://www.pr-today.net/category/a00321/16629/>
- 10) PR Times 2020 年 8 月 3 日配信  
(株式会社日本能率協会創造研究所の MDB Digital Search による市場規模・予測調査)  
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000020.000035568.html>
- 11) オイシックス・ラ・大地株式会社ホームページ >sustainability> 環境 > 環境負荷の低減  
<https://www.oisixradaichi.co.jp/sustainability/environment/reduction/>、(最終閲覧 2022 年 10 月 4 日)

## 文化から考える生物多様性－紅葉の図を通して

Biodiversity revealed by considering Culture: through pictures of autumn leaves

清水玲子\*  
SHIMIZU Reiko

Abstract :

In the West, the word culture means something at odds with nature. However, when the English word "culture" was translated in Japan, the word "culture" was used with an added connection to nature. Behind this is the fact that, as evidenced by the existing works of art, they have fostered a culture born out of a dialogue with nature. Modern Japanese forget that and blindly follow Western norms and do not reflect on their own culture. As there is a growing movement to create indicators on biodiversity, I would like to take a fresh look at Japanese culture, which has lived with nature, and to raise an alarm about the different meanings of biodiversity in the West and in Japan, even if we use the same word.

はじめに

文化という言葉に関しては、柳父章に翻訳語「文化」の歴史的変遷や受容についてまとめた著作がある。これによると、culture は nature に対立する概念を示す、西洋でも新しい言葉であり、culture は西洋世界だけが所有するものであると考えられてきたが、植民地の拡大により、現地の住民にも culture があるという認識が芽生え、その範囲が拡大したとある<sup>1</sup>。日本にも culture があるという驚きが、ジャポニズムの背景にあったものと言える。本稿は、日本の文化とは何かを明らかにすることを目的としたものではなく、様々な美術の残存作例を読み解くことで、日本人の自然との関りを内省したいと考えている。従って、ここで扱うのは culture の翻訳語「文化」であり、culture ではない。

文化という言葉は、「文治教化」を意味する「刑罰威力を用ひないで人民を強化すること」<sup>2</sup>の意味があり、江戸時代は元号としても用いられてきたが、大正時代に外来語 culture などの翻訳語の意味が付加された。1934 (昭和9) 年刊行の『広辞林』から「文化」について引用する<sup>3</sup>。これは、1925 (大正14) 年刊行の『広辞林』とほぼ同じ内容であることから、翻訳当時

---

\* 環境研究所 客員研究員

受理日：(2022年11月1日)  
発行日：(2023年3月1日)



の意味を伝えている。

1. 世の中のひらけすすむこと。
2. [Culture] 自然を純化して理想を実現せんとする人生の過程、其成果は学問・芸術・道徳・宗教乃至法律・経済等すべてこれなり。
3. 西洋かぶれなること。新しがること。

1. は、文明開化の意味と言える。2. が culture の翻訳語として追加された解釈である。3. には揶揄するような意味合いも含まれ、明治以降に使用されるようになったものと考えられる。文治教化とは関連のない「[Culture] 自然を純化して理想を実現せんとする人生の過程」の意味が、翻訳の過程で「文化」に新たに追加された理由は、従来の単語の意味のみに頼っているは見えて来ないことから、文字に遡って確認してみたい。『字統』によると、「文」は「人の正面形の胸部に文身の文様を加えた形。聖化のために、朱などで加える文身をいう」<sup>4</sup>で、「化」は「死人が倒錯している形」<sup>5</sup>という。ある種の通過儀礼や呪術としての文身を示す文字が「文」であり、死を表す文字が「化」であることが分かる。このように死や死を想起させる暗闇を恐れ、取り巻く自然を崇めていた頃の人々の思いが「文化」という文字に表象されている。先述の『広辞林』によれば、文化とは「学問・芸術・道徳・宗教乃至法律・経済等」であり、芸術もまた「自然を純化して理想を実現せんとする人生の過程」のその成果とされる。例えば、洞窟壁画の多くは20世紀になってから発見された。なぜ、それまで発見されなかったかと言えば、入口から何百mも奥にあったからである。途中には匍匐前進するような道程もある。火を灯す道具が発掘されているものの、太陽の光の届かない洞窟奥深くへと古代の人々は進み、牛や馬を描いた。中には洞窟で迷い、力尽き命を落とした者もあったであろう。また、入口付近に描くのに適した壁のある洞窟がなかったわけではなかろう。その上、洞窟は決して安全な場所ではなく、肉食動物に引きずり込まれ食われる可能性もある、恐ろしい場所でもあった。その怖い洞窟の暗闇を辿る道行こそが、自分たちの祈りを届けるための重要な通過儀礼であると考えたに違いない。すなわち、文化とは、自然の中で生き残るために人々が辿ってきた軌跡の積み重ねと言える。ほとんどの国々が衰滅したなかで、日本は異なる文化を持つ他の国家や民族に近代まで支配を受けることなく持続してきたため、原始の思考が文化に色濃く遺されている。これこそ、西洋においては自然に対立する概念である culture の翻訳語「文化」の意味として「自然を純化して理想を実現せんとする人生の過程」という解釈が為された要因と考えられる。それが、現代の辞書では、「人間の生活様式の全体。人類がみずからの手で築き上げてきた有形・無形の成果の総体」<sup>6</sup>とされている。最も重要な部分であった「自然を純化して理想を実現」が失われてしまったことが確認できる。

## 1. 日本における美術とは

「美術」という言葉もまた、art 或いは kunst の翻訳語であるが、「文化」とは異なり造語された言葉である。1876 (明治9) 年11月、工部省工学寮工部美術学校は開校した。工部省は土木・建築・鉱山などに関する西洋技術移入と関連事業を行う官庁であり、工部寮は工学技術

研究を担う部署で、そこに創設された工部大学の付属に美術学校が新設され、科目は西洋絵画と彫刻で、お雇い外国人の教師が指導を行った。ここで云う美術は、間違いなく西洋美術を指している。

1900（明治33）年、パリで開催される万国博覧会に向け、日本美術史を編纂するという機運が高まり、紆余曲折を経て、日本初の美術史はフランス語で刊行された<sup>7</sup>。その翌年、仏訳のために整えられた草稿は、『稿本日本帝国美術略史』として出版される<sup>8</sup>。この過程で、もとより美術という概念を有していなかった日本は、西洋美術史の規範に則り、自らの「美術」の歴史を解体してしまったのである。日本の美術を表現してきた「書画骨董」の最初にあった「書」は美術の範疇外とされた。それは、西洋美術には書に該当するものが存在しなかったからである。同様に、モノクロームの絵画である水墨画や墨絵も脇に追いやられた。フランス語での日本美術史刊行の目的は、「日本美術の欧米における工芸品的評価をあらため、純正美術としての価値を認めさせる」<sup>9</sup> ことにあった。西洋に認められたいという力が、日本初の美術史刊行には大きく働いていたことが分かる。すなわち、日本美術史は西洋美術の規矩を用いて作られたものである。そして、今日でも、日本にある美術館は、日本の美術を展示しようとはせず、西洋美術の延長上にある資料として展示している。例えば、浮世絵を額装したり、机上で読む絵巻を何mもの長さで展示したり、仏像を見下ろす位置に展示したり、とその例を挙げれば枚挙に暇はない。つまり、美術＝西洋美術であることに変わりはない。そうして、美術が日本に渡来して約150年、次第に日本人は日本の伝統的な美術を理解できなくなりつつある。美術館でみかける、音声による解説、イヤホンガイドとも呼ばれるが、以前は年輩者が使用している姿をほとんど見かけることはなかったが、最近は高齢の利用者が目立つようになった。高齢者でさえ、そこに描かれた図様の意味を解説なくしては理解できないのである。ここで失われようとしているものは、日本固有のものの見方への日本人の理解能力である。そして、理解能力が欠落していくなかで、海外からの文化の流入は絶え間なく、文化を継承する社会そのものが変質しようとしている。先に引用したデジタル大辞泉の「人間の生活様式の全体。人類がみずから手で築き上げてきた有形・無形の成果の総体」とは、文化の意味としながら、文化財に関する解説に止まっている。文化財から文化が消えてしまうと、我々の手に遺るものは財のみになる。

## 2. 花見と紅葉狩り

春になると花見、秋になると紅葉、天気予報でも扱うほど季節の風物詩になっている。一見すると、日本の伝統を引き継いでいるようで、実のところは日本におけるハロウィンと同様のイベントに過ぎない。というのは、桜の標準木は各都道府県で定められているものの、種類はすべてソメイヨシノという園芸種に統一され、花見の「花」ではない。日本で「花」と言えば桜を示すとされる桜はヤマザクラのことであり、京都御所の左近の桜はヤマザクラである。枯れるなどの要因で何回か植え替えられながらも、歴代ヤマザクラが植えられている。その位置がソメイヨシノに譲られることはない。近代まで、絵にある桜は赤い葉と白い花のヤマザクラがほとんどである。この左近の桜はなぜ右にあるのかという問をよく目にするが、まさに、初めに引用した『広辞林』の「3. 西洋かぶれ」の例と言え、左近の桜は当然左にある。日本の

伝統的な左右は、人間側からの視点ではなく、神仏側から見てのものであるが、西洋に倣って人間中心のものの方見方に変え、左右を反対に表記し始めたことで文化的な齟齬が生じている。ここで言う神仏とは、仏教における釈迦如来のような名のある神仏のみならず、山の神、或いは、岩や樹木等の名もない神々、自然も含まれている。それにしても、左右という文化においても生活においても重要な基準を、西洋に合わせるという理由だけで、いとも簡単に変更する国が、文化を大切にしているとは到底言えまい。

紅葉とは葉を落とす準備として、植物が効率が悪くなった光合成を止めるためにクロロフィルを分解することで、その他の色素が現れる現象である。言葉においてもその変化は表現されており、秋に草木が赤や黄に変わることを「もみぢ（紅葉つ・黄葉つ）」が名詞化して「もみち」になり、時代が下り濁音の「もみぢ」と発音されるようになった。日本では紅葉は秋の象徴として愛でられてきた。日本の称号は『古事記』によると「豊葦原之千秋長五百秋之水穂国」、『日本書紀』では「豊葦原千五百秋之瑞穂国」と、いずれにも「秋之瑞（水）穂国」とあるように、「秋」が用いられている。アキ（秋）は収穫を意味する語であり、米の豊作を祈る言葉が国の称号になったものである<sup>10</sup>。定住農耕を始めた日本人にとって、稲の収穫など実りを象徴する秋は特別な季節であり、その秋を知らせてくれる紅葉は重要な印であった。一方で、温度計もなかったころ、日々の温度や日照時間の変化に敏感に反応する桜もまた、農作業の目安になり、日本人にとって特別な植物であった。単に四季があるから季節の移ろいに敏感になったものではなく、農耕民族だからこそその生活が季節に負うところが大きいため、四季に育まれた文化が生まれたと言える。

美術作品を辿ってみると、狩野秀頼（生没年不詳：室町・安土桃山時代）の《高雄観楓図》（室町～安土桃山時代・16世紀、国宝、東京国立博物館蔵）には、紅葉のもと宴会をする人々や行楽客目当てのお茶売りなどが描かれている。この作品のみならず、絵画、染織、漆器、陶磁器など幅広く紅葉の作例がある。流水にモミジを散らした文様「龍田川」は、在原業平（825-880年）が詠んだ「千早ぶる 神代も聞かず たつ田川 からくれなるに 水くゝるとは」<sup>11</sup>にちなんだもので、「流水にモミジ」文様の作例は多い。また、「おく山に もみぢ踏みわけ 鳴く鹿の こゑ聞く時ぞ 秋はかなしき」<sup>12</sup>とあるように、紅葉と対になる動物は鹿が多く、花札の文様にもなっている。また、「吹き寄せ」という文様は、落ち葉が風で吹き寄せられた様を写したもので、モミジだけでなく銀杏や松葉などと組み合わせられている。図1は、《帷子 白麻地紅葉立木落葉模様》は、小袖の上部にモミジの樹を配し、下部に落ち葉を描いているが、この落ち葉を「吹き寄せ」と称するのである。そして、「吹き寄せ」は秋の干菓子の定番とも言える<sup>13</sup>。現代ではゴミ箱へ直行させられそうな落ち葉にさえ眼を向けてきたことがわかる。



図1 帷子 白麻地紅葉立木落葉模様

### 3. 自然へのまなざしと三色のモミジ

明治維新を経て、先述のように日本の美術は西洋の物差しによって測られることになった。写実とは、ルネサンス以降の西洋美術において二次元の平面に三次元を表現することを目指したもので、意味は写真に近い。立体的な絵画を描くために、画家は解剖学を学び、透視図法や西洋的遠近法が編み出された。そして、日本では今日も日本絵画の写実の有無について、大真面目に議論がなされている。もし、日本美術が西洋美術とは一線を画し、独自に発展を遂げたという意識があれば、このようなことはおきまい。写実は西洋のものの見方であって、その有無は他国の文化において意味はない。ここにあるのは、未だに美術＝西洋美術であり、かつ、日本より西洋の方が上という意識である。例えば、「若冲はよくアンリ・ルソーにたとえられる」<sup>14</sup> などというような表現を、美術史研究者は何の疑問もなく使用する。

日本の美術に描かれたモミジをよく見てみると、昨今の商業的な表現にあるように楓は赤、銀杏は黄色というように単純ではないことに気付かされる。長谷川等伯（1539-1610年）の《楓図》（桃山時代、国宝、智積院宝物館蔵）は、子息久蔵（1568-1593年）の《桜図》（桃山時代、国宝、智積院宝物館蔵）と対であり、紅葉（秋）と桜（春）を描いている。その等伯の楓は、緑色、黄色、赤色の三色であり、しかも、緑色と黄色、黄色と赤色で葉がだんだら染めに塗り分けられている。等伯の《楓図》に見られるような書院を荘厳する為の大画面においてのみならず、『一品経懷紙（西行・寂蓮等十四枚）』の挿絵《紅葉図》[図2]においてもだんだら染めの三色モミジが見られる。或いは、《色絵紅葉幔幕文皿 鍋島》[図3]のような工芸においても三色のモミジは少なくない。絵画は絵の具で塗りわけることによって三色を表現することはさほど大変ではないが、陶磁器や漆器となると色を増やすことで作業の工程は確実に増加する。それでも、モミジを三色で表現したいという強い思いがあったことが伺える。図4は関西の紅葉の名所の一つである、奈良県吉野郡天川村で撮影したものであるが、実際に緑色、黄色、赤色に時間差で、楓の色が変化することが見てとれる。紅葉といっても、一斉に赤色に染まるのではなく、葉の位置により条件は異なり、緑色→黄色→赤色と変化することが分かる。図5を見ると、1枚の葉も一気に色が変わるものではなく、部分により色の移り変わりの進行が異なることが確認できる。つまり、葉のだんだ



図2 紅葉図



図3 色絵紅葉幔幕文皿 鍋島



図4 天川村御手洗溪谷

ら染めは装飾ではなく、まさにモミジを写しとった自然のありのままの姿と言える。図3に関して所蔵する戸栗美術館が「紅葉狩り」という記事において解説している。30行にもわたる文章中、モミジに関する記述は、「紅葉の鮮やかな赤色が印象的」の一文しかない<sup>15</sup>。皿に配された楓の葉55枚中、赤色は24枚、黄色13枚、緑色15枚、黄色と緑色のだんだら染め3枚であり、半数にも満たない赤色のみに着目している。楓の紅葉＝赤色という先入観が働いているためか、自然にあるモミジを描いたものとの認識がないためか、その理由は分からない。ほぼ同じデザインの皿がサントリー美術館にもあるので、その解説文も引用してみたい<sup>16</sup>。



図5 天川村御手洗溪谷

楓の樹下に幔幕を張り、春の花見に対する秋の紅葉観賞すなわち「紅葉狩」に興じる様子を表現した七寸皿。素地はやや緑味を帯び、紅葉を黄と緑、黄と赤、または赤と緑の二色で塗り分けている。植物の葉をあえて二色に塗り分ける手法は、色鍋島において顕著な特徴である。また、裏面及び高台が無文の例は珍しい。(『誇り高きデザイン 鍋島』サントリー美術館、2010年)

サントリー美術館では、色が塗り分けられていることへの言及はあるが、それを色鍋島の特徴で片づけてしまっていることから、おそらく、鍋島以外にも同様のだんだら染めの作例のあることを知らないものと見える。つまり、以前の日本人の自然に対するまなごしを、或いは、伝統的なものの見方と言ってもよいかもかもしれないが、現代の我々と変わらないと思込んでいる人が少なくない。このことが、何が描かれているのかの本質を見誤らせる要因になっていると言える。紅葉の変化というか、時の移り変わりと言えば良いのか、一本一本の樹木や一枚一枚の葉それぞれに命の移ろいがあり、その歩みは異なる。その刹那を描出するために、三色のモミジを美術にとどめたと考えられる。そのような自然に対する真摯なまでの観察力を失った、現代の日本人には三色のモミジは目の前に存在しても見ることはできないのであろう。

#### 4. 白いモミジ

美術作品の中に三色のモミジを追い求めているうちに、三色ではない紅葉があることに気づいた。先に挙げた《帷子 白麻地紅葉立木落葉模様》[図1]には三色では説明のできない、薄い青色で描かれた葉がある。その他も探していくと、染織には珍しくないことが分かった。明治時代に化学染料がもたらされるまで白は貴重であり、雪のような白を人工的に作り出すことは困難であった。その為、白を表現する時は、生地の色をそのまま使用したり、薄い青色で表現したり、様々な工夫を行ってきた。これはデザインとしての薄い青いモミジかもしれない等と答えを見出せないままであったなか、《七宝繫ぎ楓文様唐織》(江戸時代)という能装束を見つけた。唐織とは、一見すると刺繍を施したように見える織物であるが、そこに浮かび上がっ

た楓は緑色、黄色、赤色に加え、黄土色、白色の五色である。唐織は織物であるから、最初に色の糸を決めて機織りを始めるので、あえて、モミジを表現するために白い糸を選んだことは間違いない。黄土は、枯れ葉を表していると考えられるが、白はいったい何を示しているのだろうか。白色については、その他にも、同じく江戸時代の《花卉群鹿文様小袖》、そして、尾形乾山（1663-1743年）の《色絵竜田川文透彫反鉢》[図6]という陶磁器等にも見られる。モミジの表現として白色が使われた作例は確実に存在している。図6の解説を以下に引用する<sup>17</sup>。



図6 尾形乾山 色絵竜田川文透彫反鉢

赤、黄、緑、白の楓の葉がそよぎ、葉と葉の間の透かしから光が差し込んでくるようです。内側の紅葉の背景には流水文様が見えます。端正な形と文様、透かしが見事に調和し、角度を変えて見るごとに奥行きのある世界が生まれます。日本の秋の華やかさを凝縮した逸品です。尾形乾山（1663～1743）は尾形光琳の弟で、京の高級呉服問屋雁金屋（かりがねや）の三男として生まれ、野々村仁清（にんせい）に学んで陶工となりました。本作のような透かし入りの反り鉢は、正徳2年（1712）、京都随一の商業地・二条丁子屋町に移ったのち、その地で作ったやきものの代表例です。

一見すると塗りこぼしかとも思われがちであろう、白というよりも生地色のモミジを「白の楓」と解説では記述している。薄い青色のモミジと、白いモミジは同じ態を表現したものと短絡的に結びつけることはできないものの、日本の美術作品において、緑色、黄色、赤色の三色のモミジが自然をありのまま写しとったものであるならば、やはり、薄い青色、或いは、白色もまた同様であると推察される。しかしながら、この解説において、モミジの色は記述されているが、その色の理由については触れられていない。

先にも述べた紅葉の名所の天川村の宿で、川面に落ちる紅葉を眺めていたところ、前女将から紅葉の季節に雪が舞うことがあると教えられた。若いころから山に入り、山の恵みやゆさを熟知している村人ならではの観察力である。紅葉にうっすらと積もる雪、夕べに降って朝には消える、はかない存在、その白い雪を抱いた紅葉もまた一つの姿である。日本には「雪持ち」という文様があり、赤い実や常緑の葉に積もった厚みのある雪を描くものであるが、それとは一線を画し、うっすらと雪を被ったモミジが白いモミジの正体ではないだろうか。答えが確定したものではない。しかしながら、文献にのみ答えを求めても、美術作品に表現されたものを理解することは難しい。なぜなら、自然は二度と同じ姿を見せることはない、まさに一期一会と言える。だからこそ、その刹那を写し取ることで、自然というものを理解しようとしてきたのが我々人間ではないだろうか。

## むすび

紅葉に特化して、さらに日本美術を見ていくと、楓のみならず、蔦などの草もよく描かれていることが分かる。酒井抱一(1761-1829年)の《夏秋草図屏風》(江戸時代 東京国立博物館蔵)では、野分にたわむススキに巻きつく紅葉した蔦と、強い風に吹き飛ばされる葉の様子が描かれている。また、木々の紅葉に気を取られうっかり見過ごしがちであるが、足元に静かに広がる草紅葉に秋の気配を感じ描いている作品もある。古人は、こんなにも自然を見つめていたのだと驚きを禁じ得ない。

自然を観賞することの少なくなった、現代の日本人は、楓＝紅葉だと思い込んでいる節がある。図7は、本阿弥光甫(1601-1682年)の《藤・牡丹・楓図》の三幅対のひとつ《楓図》である。所蔵する東京国立博物館によると「紅葉を始めた楓」<sup>18</sup>となり、文化庁によれば「春(藤)・夏(紅白の牡丹)・秋(楓)の組合せ」<sup>19</sup>に見えるらしい。図8は、芽吹き頃の楓の写真である。芽吹く際はクロロフィルが少ないため葉は赤く、次第に緑色へと変化する。先に述べたようにヤマザクラの葉も赤く描かれるのは、花と葉と一緒に芽吹き、その時の葉にクロロフィルが少ないため赤みを帯びている[図9]からで、それを遠くから眺めると桜色になる。葉の色により桜の花が咲き始めなのか、盛りを過ぎたのかも分かる。楓や桜だけでなく、赤い色の芽を出す樹々は少なくない。その赤は紅葉の赤とは異なる色合いで、赤は一種類ではない。



図7 楓図

先に示した通り「春(藤)・夏(紅白の牡丹)・秋(楓)の組合せ」とあり、もとは四季の花を描いた四幅対であったものの、冬の図だけ失われた可能性もないとは言えないが、解説に特に言及はない。また、三幅対であれば、呼称は中央左右の順に名付けられるので、例えば、三幅対の「松竹梅」図であれば、中央に「松」、左(=向かって右)に「竹」、右(向かって左)に「梅」となる。陰陽五行の理を背景に持つ日本美術ならではの決まりである。その通りに本作品を掛けると、中央に《藤》(春)、左(=向かって右)に《牡丹》(夏)、右(向かって左)に《楓》(秋)を掛けることになり、春を真ん中にして左右に夏秋の季節を配すという、陰陽五行から逸脱する組合せとなる。牡丹は夏ではなく初夏の季語であり、藤は晩春の季語である。さらに、初夏の季語として「若楓」、「青楓」などがあり、和菓子の主菓子としてもデザインされる<sup>20</sup>ほど、知られたものである。季語や名称などからも、《藤・牡丹・楓図》は「春(藤)・夏(紅白の牡丹)・秋(楓)の組合せ」などではなく、晩春の藤を中央に



図8 若楓

して、左右に初夏の牡丹と楓を配したと考えられる。楓が赤ければ紅葉と単純に解釈する故に生じた間違いと指摘できよう。

省庁が開催する有識者会議等において、自然関連財務情報開示タスクフォース（TNFD）の指標がそろそろ公表されるので、日本も生物多様性への手当てを怠ってはならないというような発言をよく耳にする。日本には生物多様性が存在しないと思っているためか、或いは、西洋の指針には従わなければならないという、明治時代に始まった西洋かぶれの意識が未だに



図9 ヤマザクラ

色濃く存在することを示している。このようなことでは、芽吹いた楓と紅葉の楓が見分けられなくなるのも致し方あるまい。西洋では、日本のように自然の動植物が主題として描かれる絵画は発達しなかった。ルネサンスを人間復興とも称するように、それ以降の西洋世界では人間中心主義が一段と鮮明になった。人間と同じ動物だから食べてはかわいそう（＝植物は食べてもかわいそうではない）だとか、人間と同じように知能が発達しているから鯨は食べてはいけない（牛や豚は食べても問題ない）だとか、虫を益虫と害虫に分ける等、人間が他の生き物を我が物顔で色分けする。まるで、人間がこの地球を差配するかのようである。小泉八雲は「日本の樹木には魂があるという考えは…＜中略＞…樹木を「人間のために創られたもの」とする西洋由来の正統派思想よりは、ずっと宇宙心理に近いという印象」<sup>21</sup>と、西洋の正統派思想を批判の意を込めて引き合いに出しつつ、西洋と日本では樹木に対する意識が異なっていることを明らかにしている。神社に詣でれば、しめ縄の掛けられた樹木を必ずと言ってよいほど目にするが、時に樹木がご神体として祀られていることも珍しくない。一方、西洋から発信される自然関連財務情報開示タスクフォース（TNFD）には、中世に始まった動物裁判と同じ思考が見え隠れする。保護もまた管理、或いは支配の一側面、人間が自身の暮らしを守るために人間以外の生き物を利用するための方便にも映る。

微に入り細に入り自然を眺め、その恩恵を受け、時に脅威に曝されつつ暮らした日々にごそ生物多様性への志向は生まれるもので、指標を作って声高らかに叫ぶことにある訳ではない。また、現在の日本人の暮らしが自然を蔑ろにしているからと言って、これまでの日本人がそうであった訳ではない。その辺りを一括りに語ることの不遜さにそろそろ気づいてもよいのではないだろうか。さらに、有識者や文化人と呼ばれる人々が日本の文化を代表しているものでもない。時を経て受け継がれてきた日々の積み重ねこそが文化である。すなわち、西洋発の Biodiversity と、日本の「草木国土悉皆成仏」にまで昇華された生物多様性では、その質は全く異なっていると言える。大正時代に culture を翻訳した際に、culture の対義語である nature を採りこみ、「自然を純化して理想を実現せんとする人生の過程」という解釈のもと、文化に新たな意味を付加した点においても、西洋と日本ではその思考が大きく異なっていることを示唆している。日本の美術を通すことで、それを顕在化することは可能である。西洋美術が「写実」を目指しているのであれば、日本美術が目指すものは「写意」である。意味を簡単に説明することは容易ではないが、強いて本稿に寄せてみれば、紅葉という現象を普遍化して



紅葉とは何かを問うことである。だからこそ、自然を良く見つめ、対話を重ね、自身の中に採りこみ理想化する。この伝統的な自然との関係を、このまま放棄してしまっても良いのだろうか。植物は人間のために存在するという人間中心主義と、紅葉の一枚一枚に命をみる多様性を包含した社会と、いずれが生きたい社会なのだろうか。紅葉にまつわる美術はそのことを我々に問いかけている。

(付記)

本研究は、科学研究費助成事業の助成によるものである。

【註】

- \* 本文中の下線・傍点は、稿者加筆。
  - \* 本文内の引用について、パソコン利用上の便宜から漢字は旧字体から新字体に、片仮名を平仮名に改めたが、句読点及び仮名遣いは引用元のままとした。
  - \* 本文中、楓の紅葉した状態を示す時は片仮名で「モミジ」、秋の葉の色の変化を総称する「こうよう」を示す際は漢字で「紅葉」と表記している。
1. 柳父章「文化」(『一語の辞典』三省堂,1998年10月30日),pp.5-48
  2. 諸橋徹次『大漢和辞典』修訂第二版5巻,大修館書店,2021年4月1日(公開日),p.569,<https://japanknowledge.com/lib/display/?lid=20029V05P0569&scale=1.07496&top=-1818px&left=-25px&angle=0&mode=0> (2022年10月16日閲覧)
  3. 金沢庄三郎編『広辞林 新訂版』三省堂,1934年,p.1672, <https://dl.ndl.go.jp/pid/1126465/1/844> (2022年10月16日閲覧) ※1925年版を入手することが出来なかったため、1934年版から引用。
  4. 白川静『字統』普及版,平凡社,2004年2月1日,p.759
  5. 前掲書(註4) p.70
  6. デジタル大辞泉,ぶん - か【文化】JapanKnowledge,<https://japanknowledge.com/lib/display/?lid=2001016418900> (2022年10月10日閲覧)
  7. *Histoire de l'Art du Japon*,Paris, Maurice de Brunoff,1900, xv277,3p, illust, 73pl
  8. 『稿本日本帝国美術略史』農商務省,明治1901(明治34)年,<https://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/2542705> (2022年10月29日閲覧)
  9. 丹尾安典「1900年パリ万博と本邦美術」(明治美術学会編『日本近代美術と西洋』中央公論美術出版,1992年4月10日) p.258
  10. 清水玲子「日本美術にみる虫と人間の共生関係について」(『神奈川工科大学研究報告 A・人文社会科学編』36,神奈川工科大学,2012年3月) p.36
  11. 在原業平(『古今和歌集評釈 新版』明治書院,1927年3月30日) pp.364-365,<https://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1119997> (2022年10月30日閲覧)
  12. よみ人しらず(猿丸太夫)(前掲書(註11)) p.291, <https://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1119997> (2022年10月30日閲覧)

13. 松華堂, <http://handa-shokado.co.jp/2017/10/23/%E5%90%B9%E3%81%8D%E5%AF%84%E3%81%9B/> (2022年10月30日閲覧)
14. 小林忠「画遊人」若冲」(『伊藤若冲』新潮社,1996年9月10日) p.84
15. 「紅葉狩り」(『学芸の小部屋』2005年9月号),<http://www.toguri-museum.or.jp/gakugei/back/0509.php> (2022年10月23日閲覧)
16. サントリー美術館, コレクションデータベース《色絵紅葉狩文皿》,<https://www.suntory.co.jp/sma/collection/data/detail?id=278> (2022年10月23日閲覧)
17. 岡田美術館,尾形乾山《色絵龍田川文透彫反鉢》,[https://www.okada-museum.com/collection/oriental\\_ceramics/oriental\\_ceramics6.html](https://www.okada-museum.com/collection/oriental_ceramics/oriental_ceramics6.html) (2022年10月29日閲覧)
18. 『特別展－花』東京国立博物館,1995年10月10日,p267
19. 文化庁,文化遺産オンライン,<https://bunka.nii.ac.jp/heritages/detail/473173> (2022年10月23日閲覧)
20. 青楓(ささま),<http://www.sasama.co.jp/wanamagasi07/aokaede.html> (2022年10月23日閲覧)
21. ラフカディオ・ハーン(著),池田雅之(著)『新編 日本の面影』角川書店,2016年5月25日,Kindle版,No.3078

#### 【図一覧】

1. 《帷子 白麻地紅葉立木落葉模様》,江戸時代18世紀,東京国立博物館蔵,[https://colbase.nich.go.jp/collection\\_items/tnm/I-3965?locale=ja](https://colbase.nich.go.jp/collection_items/tnm/I-3965?locale=ja) (2022年10月29日閲覧)
2. 《一品経懐紙(西行・寂蓮等十四枚)》,制作年不祥,国宝,京都国立博物館蔵,国立文化財機構所蔵品統合検索システム,[https://colbase.nich.go.jp/collection\\_items/kyohaku/B%E7%94%B21000-15?locale=ja](https://colbase.nich.go.jp/collection_items/kyohaku/B%E7%94%B21000-15?locale=ja) (2022年10月29日閲覧)
3. 《色絵紅葉幔幕文皿 鍋島》,江戸時代,17世紀末～18世紀初,戸栗美術館蔵(図録『和の衣装』大阪市立美術館,1998年10月20日)
4. 紅葉:稿者撮影「天川村御手洗溪谷」
5. 紅葉:稿者撮影「天川村御手洗溪谷」
6. 尾形乾山《色絵龍田川図端反鉢》,江戸時代,個人蔵(図録『和の衣装』大阪市立美術館,1998年10月20日)\*図録『和の衣装』においては、《色絵龍田川文透彫反鉢》を《色絵龍田川図端反鉢》と記載。
7. 本阿弥光甫筆《藤・牡丹・楓図》,江戸時代,東京国立博物館蔵,国立文化財機構所蔵品統合検索システム,[https://colbase.nich.go.jp/collection\\_items/tnm/A-122?locale=ja](https://colbase.nich.go.jp/collection_items/tnm/A-122?locale=ja) (2022年10月29日閲覧)
8. 若楓:稿者撮影「天川村御手洗溪谷」
9. ヤマザクラ:稿者撮影「神奈川県鎌倉市」



# 地下水環境におけるマイクロプラスチックの輸送動態

## Review of Microplastics behavior in the Groundwater

八十歩 奈央子\*  
YASOBU Naoko

真名垣 聡†  
MANAGAKI Satoshi

### 1. はじめに

人類は様々な発明を繰り返し、よりよい暮らしや持続可能な発展のために貢献してきた。

その中でも、化学物質における化学農薬や化学肥料は、飛躍的な食糧生産システムに焦点を当てたとき、この構築に貢献している。この恩恵を受けた人類は、2022年現在の世界の人口は80億人に到達しようとしている。このような地球の繁栄を支える化学物質の中で、依然大きな生産量をほこる「プラスチック」は、人類の暮らしに貢献している物質の一つである。「プラスチック」は、様々な使用用途があり、衣食住のみならず、様々な環境や製品等における様々な使われ方をしている。

一方、地球環境における廃プラスチックの破片である「マイクロプラスチック」のごみ問題は、近年世界的な環境問題のひとつに上げられてもいる。この問題は、地上で使用された製品から「マイクロプラスチック」化した破片が、風などで飛ばされる、または雨水などにより土壌中へ輸送され、側溝などから河川へ流れ出たのち、最終的に海までたどりつき、現在では世界中の海で検出が確認できる「海洋プラスチックごみ問題」となっている。近年この問題は世界的な環境問題のひとつであり、喫緊の課題として議論されている。

現在、海洋、河川などの水環境や大気環境からマイクロプラスチックの分布について様々な報告がある。一方、比較して地下水環境についてはまだ多くの報告がなく、起源や輸送動態についてさらなる報告が望まれている。地下水環境は淡水の供給源として2億人以上をまかなっており、また農業や工業にも多く使用されている。

本稿では、新しい環境化学物質のひとつである「プラスチック」について、特に地下水環境における5mm以下の破片化された「マイクロプラスチック」の輸送動態について解説する。

---

\* 環境学研究科 博士後期課程, 環境研究所 客員研究員

† 環境学研究科 准教授, 環境研究所 研究員

受理日: (2022年11月3日)

発行日: (2023年3月1日)

## 2. プラスチック

### 2.1 プラスチックの用途

プラスチックとは、主に石油由来の合成樹脂であり、商業や工業、農業など様々な用途に利用されている。衣食住を例にあげると、日常生活に欠かせないものとして、衣類に使われている「化学繊維」、テイクアウトの食事の購入時に含まれている「プラスチックパッケージとビニール袋」、住環境における計量カップやプラスチック製のコップなどの小物にまで使われている。プラスチック由来の原料が使われている製品は、長く使用できるという観点からでは「持続可能性」が高いという側面も否定はできない。実際に化学繊維の衣類は、綿素材の衣類より劣化するのが遅く、長く着ることが出来る。自然素材の衣類は、劣化してしまったり、虫にくわれたりすることもある。また、テイクアウトの食事を購入したときに含まれている「プラスチックパッケージとビニール袋」なども忙しい現代人には欠かせない梱包製品となっている。住環境における計量カップやプラスチック製のコップも、自然素材のガラス製のコップより、長く使用できるという観点からは持続可能性が高い。ガラス製のコップは落とすだけで割れてしまうが、プラスチック製のカップやコップは、割れてしまうという確率は低い。

このように、プラスチック製品には耐久性や使用可能時間の観点からの「持続可能性」が高い一方、廃プラスチックになり焼却による処理が施されない場合は、自然界における光分解や熱酸化による分解のため、数百年から数千年の時間が必要になり、廃プラスチックという（環境におけるマイクロプラスチックの排出源）化学物質としての自然界での存在で見る「持続可能性」も併せて高い。

### 2.2 マイクロプラスチック

5mm以下の破片化された「マイクロプラスチック」には、さまざまな種類や形状が存在する。ここに種類別マイクロプラスチックの例をあげる。

#### 2.2.1 形状 (Shape)

形状には、Fragment や Fiber、Film、Foam、Pellet、Sphere、Line、Bead、Flake、Sheet、Granule、Paint、Foil、Nurdle などがある<sup>1)</sup>。

表 1. マイクロプラスチックの形状 (Shape)

1.	Fragment	破片	8.	Bead	玉、ビーズ
2.	Fiber	繊維	9.	Flake	断片、フレーク
3.	Film	フィルム	10.	Sheet	シート
4.	Foam	発泡させているもの	11.	Granule	顆粒
5.	Pellet	小粒	12.	Paint	塗料
6.	Sphere	球体	13.	Foil	ホイル
7.	Line	ライン	14.	Nurdle	レジンペレット

(Koelmans 等、2019) より筆者作成

### 2.2.2 ポリマータイプ（合成樹脂種類）

合成樹脂には、PE、PP、PS、PVC、PET、Acrylic、PEST、PUR、Nylon、Polyester、Cellulose、Cellophane、SAN、PC、PDMS、PLA、PTFE、SBR、Silicone、Epoxy-resin などがある<sup>1)</sup>。

表 2. ポリマータイプ（合成樹脂の種類）

1.	PE	ポリエチレン	11.	Polyester	ポリエステル
2.	PP	ポリプロピレン	12.	Cellulose	セルロース
3.	PS	ポリスチレン	13.	Cellophane	セロファン
4.	PVC	ポリ塩化ビニール	14.	SAN	AS 樹脂
5.	PET	ポリエチレンテレフタレート	15.	PC	ポリカーボネート
6.	PA	ポリアミド	16.	PDMS	ポリジメチルシロキサン
7.	Acrylic	アクリル	17.	PLA	ポリ乳酸
8.	PMMA	ポリメタクリル酸メチル（メタクリル樹脂）	18.	SBR	スチレン-ブタジエンゴム
9.	PUR	ポリウレタン	19.	Silicone	シリコーン樹脂
10.	Nylon	ナイロン	20.	Epoxy-resin	エポキシ樹脂

(Koelmans 等、2019) より筆者作成

### 3. 地下水環境におけるマイクロプラスチックの報告

環境中に放出されたマイクロプラスチックの分布や輸送動態に関しては、オランダや米国、オーストラリアなどを中心に国内外において様々な報告がある。特に、河川や湖沼、海洋への輸送動態に関する研究報告が主であるが、一方、地下水にフォーカスした研究は世界的に見ても報告例が少ないのが現状である。Huang 等<sup>2)</sup> は地下水や農地の土壌等に焦点をあて、世界の様々な地域で検出されるマイクロプラスチックの濃度分布及びその排出源や環境動態 (図1) についてまとめている。

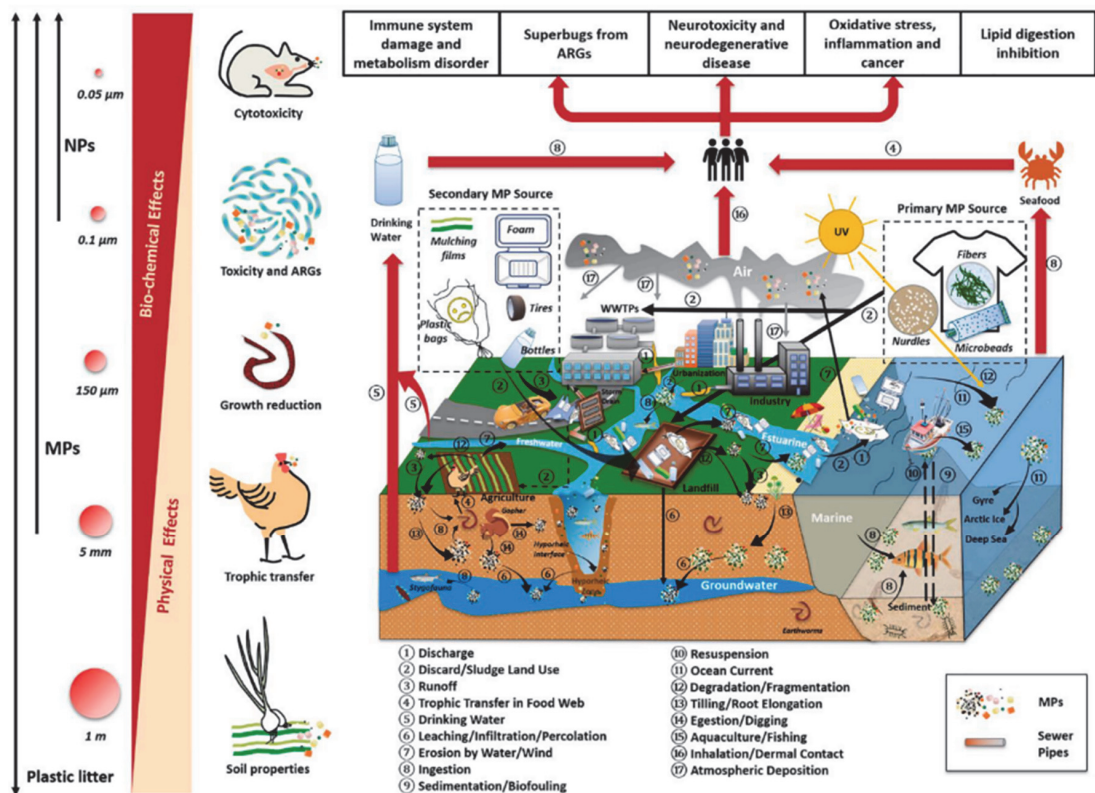


図1. 環境におけるマイクロプラスチックの発生源、経路 (Huang 等、2021)

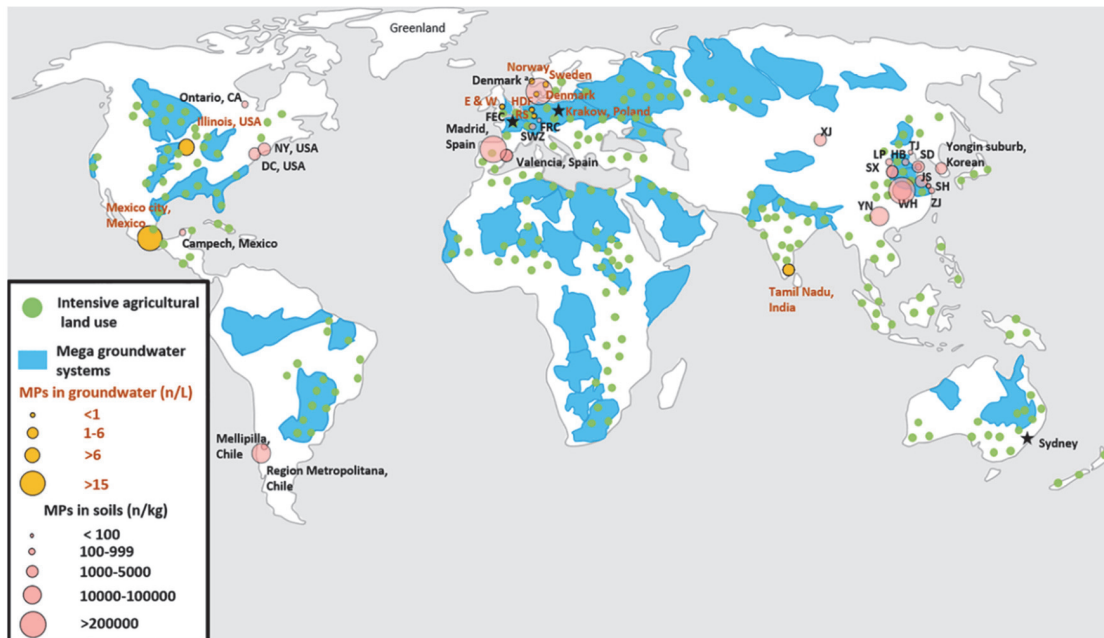


図 2. 土壌および地下水中のマイクロプラスチック存在量 (Huang 等、2021)

オレンジ；地下水中のマイクロプラスチック濃度 (個 /L)、ピンク；土壌中のマイクロプラスチック濃度 (個 /kg)

表 3. 地下水におけるマイクロプラスチック濃度

	場所	地下水タイプ	濃度(n/L)	サイズ	形状 (Shape)	構成 ポリマータイプ
1.	メキシコ  メキシコ シティ	公共の飲用 水	18±7n/L	0.5–5mm	Fibers 繊維 Fragments 破片	PTT ポリトリメ チレンテレフタ レート  エポキシ樹脂
2.	米国  イリノイ 州	井戸と泉 カルストシ ステム 深さ 65m	6.4n- 15.2n/L	1.5mm	Fibers (100%)	PE ポリエチレ ン



3.	スウェーデン スコーネ	蛇口 飲用水	0.174n/L	0.15mm (32%)	Fibers 繊維 (19%) Fragments 破片(81%) Fragments & Fibers	主なもの PA ポリアミド PET ポリエチレン テレフタレート & Acrylates アクリル酸  PP ポリプロピレン PS ポリスチレン & PE ポリエチレン
4.	ドイツ ホルドルフ	井戸	0.0007n/L	0.05- 0.15mm	Fragments 破片	PE ポリエチレン

(Huang 等、2021) より筆者作成

### 3.1 土壌および地下水中のマイクロプラスチック存在量

図2、及び表3に各国における土壌および地下水中のマイクロプラスチック存在量を示す。地下水中の報告例は多くないものの、メキシコのメキシコシティや米国のイリノイ州、インドのタミル・ナードゥ州で高いとの報告がなされている。一方土壌中の存在量は、中国や欧州などで比較的高い数値が報告されている。青色の地域は巨大な地下水システムを有す地域であり、緑色の丸い点が存在する地域は、集中的に農業が行なわれている地域をあらわしている。地下水1Lあたりのマイクロプラスチック粒子の濃度が最も高い地域は、1.メキシコのメキシコシティ、ついで2.米国のイリノイ州であった<sup>2)</sup>。Panno (2019) ら<sup>4)</sup>の研究では、カルスト地形の地下水帯水層に焦点をあて研究している。この研究では、地下水中からマイクロプラスチックが検出されており、それらは人間活動による人為的なごみ、および個人の浄化システムからの排水であるという結論があげられていた。この研究では、マイクロプラスチックのFiber 繊維が全ての地域で発見されている。すべてのごみは人為的なごみである、自動車、建築、家庭や農業関係のごみであり、ポリマータイプは、ポリエチレン、ポリプロピレン、およびポリスチレンであった。他にも Samandra (2022) ら<sup>5)</sup>の地下水中のマイクロプラスチックの研究は、農業由来のマイクロプラスチックに焦点もあてた研究も報告されている。いずれにしるこれら

の結果はマイクロプラスチックが帯水層内を長距離移動できることを示唆している。

### 3.2 地下水環境におけるマイクロプラスチックの排出源

地下水環境に存在するマイクロプラスチックの汚染源（マイクロプラスチックの負荷）については地域ごとの地質や涵養量にも依存するため、様々な議論がなされている。例えば、Viarolli 等<sup>3)</sup>は汚染源として、大気経由、表層水経由、浸透システム、都市や農業地域からの寄与を想定して議論をおこなっている。一般的に雨水などの大気環境からの水の寄与は帯水層への主要な涵養となるが、沈着物としてのマイクロプラスチックの負荷は必ずしも十分に検討されているわけではない。雨水中のマイクロプラスチックに関しては Liu 等 (2019)<sup>6)</sup> や Klein と Fischer (2019)<sup>7)</sup> が都市域で最大 250 個 /m<sup>2</sup>/ 日で検出されたと報告し、また郊外地域での報告 (Allen 等、2019<sup>8)</sup>) もあり最大で 365 ± 69 個 /m<sup>2</sup>・日（主成分：ポリプロピレンやポリスチレン）と報告している。この報告では、付近に大規模な農業活動や工業活動がなくまた推定される汚染源からは 100km 離れており、マイクロプラスチックの長距離輸送について示唆している。また、マイクロプラスチック濃度と風向・風速、雨量・風速の間に正の相関があることが報告されている。

表層水経由としては廃棄物投棄や処理場が排出源となりうる。また河床間隙水域 (hyporheic zone) は、土壤の細孔に似た大きさの粒子がより多く存在するマイクロプラスチックの重要な集積ゾーンであり、帯水層にマイクロプラスチックを導入する可能性があることを指摘している。揚水によって地下水位が低下している場合は、も MPs が発生する。特に、河床が編組された一時的な河川の場合は、洪水時に大量の汚染物質が帯水層に移動する可能性がある。

地下水の浸透システムにおいては、枯渇した帯水層の回復という効果がある一方で、帯水層に直接、汚染物質を持ち込む可能性がありこれまで様々な生活排水に由来する化学物質が検出されている。これらのシステムは、帯水層内に直接導入する可能性があるため、マイクロプラスチックの排出源としての今後の詳細な研究の必要性が指摘されている。

農業用土壌は、下水汚泥の肥料としての利用や、プラスチック製肥料（被覆肥料）や梱包材を使用することでマイクロプラスチックの供給源となる可能性がある。環境中では、紫外線照射や風化作用をうけてより小さな粒子に分解して土壌に浸透すると、さらに土壌生物によるかく乱 (bioturbation) によりさらに地中へと浸透し、最終的に帯水層まで移動することも報告されている。

### 3.3 今後の課題

一方、地下水に関する報告例がまだ多くない点として統一的な分析方法が存在しないことで、存在量の結果の比較が難しくなっていると報告もある<sup>3)</sup>。地下水における代表的な試料を採取することは他の表層水（河川水）と比べて難しく、結果として試料採取方法が統一されていない。特に採取において使用されるネットやフィルターのメッシュサイズが異なるため実際に分析されるマイクロプラスチック断片が異なるのが大きな問題点でもある。同時にその分析方法についても研究機関に応じていくつかの方法が適用されている。代表的な方法である光顕微鏡法では比較的形状の大きな断片を明らかにできる一方、ポリマーの種類に関して情報が難

しい。フーリエ変換赤外分光法 (FT-IR) では一般的には数十  $\mu$  m 以上のプラスチック断片を対象としており、種類分別に適しているが、多くの個数をこなすには時間を要する。熱分解ガスクロマトグラフ質量分析計は 600-700°C で試料を気化させ、質量分析する手法である。課題としては、数、形状、大きさを事前に解析する必要がある。蛍光法は疎水性粒子を親油性蛍光色素で処理し、顕微鏡で観察する。測定は自動化することができるため、さらなる発展が期待されている。

#### 4. まとめ

本稿では、「プラスチック」について、5mm 以下の破片化された「マイクロプラスチック」の輸送動態に焦点をあて、既存論文のレビューをおこなった。

欧州や米国、豪州の研究では、地下水の地形と帯水層が、マイクロプラスチックを地下水流系への輸送を可能にしていることを示していた。

近年では水道水や井戸、飲料水や地下水などさまざまな水源からマイクロプラスチックが検出されており、さまざまな起源や侵入ルートからの調査研究の必要がある。

日本におけるマイクロプラスチックの輸送動態の研究は、海洋や地表水である河川や湖沼における報告はあるが、地中水である地下水における日本での既存論文の研究報告はない。

日本でも地下水におけるマイクロプラスチックの輸送動態について、あらたな知見が必要とされる。

#### 参考文献

- 1) Albert A. Koelmans., Nur Hazimah Mohamed Nor., Enya Hermsen., Merel Kooi., 2019. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research* 155, 410-422.
- 2) Jinsheng Huang., Hao Chen., Yulin Zheng., Yicheng Yang., Yue Zhang., Bin Gao., 2021. Microplastic pollution in soils and groundwater: Characteristics, analytical methods and impacts. *Chemical Engineering Journal* 425, 131870.
- 3) Stefano Viaroli, Michele Lancia, Viviana Re., 2022. Microplastics contamination of groundwater: Current evidence and future perspectives. A review. *Science of total environment*. 824, 1-7.
- 4) Samuel V. Panno., Walton R. Kelly., John Scott., Wei Zheng., Rachael E. McNeish., Nancy Holm., Timothy J. Hoellein., Elizabeth L. Baransk. 2019. Microplastic Contamination in Karst Groundwater Systems. *Groundwater* 57(2), 189-196.
- 5) Subharthe Samandra., Julia M. Johnston., Julia E. Jaeger., Bob Symons., Shay Xie., Matthew Currell., Amanda V. Ellis., Bradley O. Clarke. 2022. Microplastic contamination of an unconfined groundwater aquifer in Victoria, Australia. *Science of the Total Environment* 802, 149727.

- 6) Lu, Q., He, Z.L., Stoffella, P.J., 2012. Land application of biosolids in the USA: a review. *Appl. Environ. Soil Sci.*, 201462
- 7) Klein, M., Fischer, E.K., 2019. Microplastic abundance in atmospheric deposition within the metropolitan area of Hamburg, Germany. *Sci. Total Environ.* 685, 96–103.
- 8) Allen, S., Allen, D., Phoenix, V.R., Le Roux, G., Duranteza, P., Simonneau, A., Stéphane, B., Galop, D., 2019. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nat. Geosci.* 12, 339–344.



# 大気中水分の液化技術の可能性分析

## Possibility analysis of atmospheric moisture liquefaction technology

羽 地 朝 新\*  
Choshin Haneji

### はじめに

アジア大陸の沖積平野では 10 億人以上の人々が高濃度ヒ素の地下水を主要水源としている<sup>1</sup>。インド、パキスタン、バングラデッシュ、ベトナム等の各国では、WHO の飲料水におけるガイドライン 10  $\mu\text{g/L}$  を超えるヒ素濃度に曝されている人口が数千万人に及び、ミャンマー、中国、ネパール、カンボジア等でも数百万人に達すると推測されている<sup>2</sup>。ベトナムの場合、慢性ヒ素中毒のリスクがある人口は、紅河デルタで 1,000 万人、メコンデルタで 50 万～100 万人に達すると推定されている<sup>3</sup>。また、後者メコンデルタでは、バリウム、セレン、ウラン、ニッケル、鉛およびカドミウムでも WHO の飲料水水質ガイドラインを超過していると報告されている<sup>4</sup>。このような、不適切な水源の代替案として、汚染物質が比較的少ない大気中の水分の液化が注目されている。

大気中水分の液化技術として、以下手法が主に開発されている。①水に対する溶解性を変化させる温度応答性高分子を用いた TRHP 手法、②潮解性塩による水溶液の逆膜浸透法、および③能動冷却結露法。近年、これら集水技術による飲料水製造機が多数開発され、安全な水の供給手段として社会実装に挑んでいる。既述のようなヒ素や重金属汚染を被る国々に対し、SDG 指標 6-1 および 6-5 に掲げる「2030 年までに、だれもが安全な水を、安い値段で利用できる

---

\* 環境研究所 客員研究員

受理日：(2022 年 7 月 30 日)

発行日：(2023 年 3 月 1 日)

<sup>1</sup> Kazmierczak, J., Postma, D., Dang, T., Hoang, H.V., Larsen, F., Hass, A.E., Hoffmann, A.H., Rasmus Fensholt, Pham, N.Q., and Jakobsen, R. 2022. Groundwater arsenic content related to the sedimentology and stratigraphy of the Red River delta, Vietnam (Research Paper). *Science of the Total Environment* 814: 152641.

<sup>2</sup> Uppal, J.S., Zheng, Q., and Le, X.C. 2019. Arsenic in drinking water—recent examples and updates from Southeast Asia. *Environmental Science & Health* 7: 126–135.

<sup>3</sup> Berg, M., Stengel, C., Trang, P.T.K, Viet, P.H., Sampson, M.L., Leng, M., Samreth, S., and Fredericks, D. 2007. Magnitude of arsenic pollution in the Mekong and Red River Deltas – Cambodia and Vietnam. *Science of the Total Environment* 372: 413–425.

<sup>4</sup> Buschmann, J., Berg, M., Stengel, C., Winkel, L., Sampson, M.L., Trang, P.T.K, and Viet, P.H. 2008. Contamination of drinking water resources in the Mekong delta floodplains: Arsenic and other trace metals pose serious health risks to population. *Environment International* 34: 756–764.

るようにする、また、必要な時は国境を超えて協力して、あらゆるレベルで水源を管理できるようにする」の目標達成に貢献している。一方、対エネルギー消費量による水収率は大気湿度および温度の影響を受けることが知られており<sup>5</sup>、地域の気候区分によって、大気中水分の液化技術の応用性が異なることが把握されている。

このような状況下、本調査では、大気中水分の液化技術のうち、簡素な工程によって超純粋の水が得られる「能動冷却結露法」を対象に、特に水源がヒ素等によって汚染されている地域での応用可能性を検討する。

## 分析調査

能動冷却結露法による空気中水分の集水能力をヒ素汚染が顕著なインド、パキスタン、バングラデッシュ、ベトナム、ミャンマー、中国、ネパールおよびカンボジアの都市の平均気温と相対湿度によって試算した。同試算に Peeters et al. (2021)<sup>6</sup> が提唱する 1 kWh 当たりの最大集水量の方程式 (1) を引用した。

$$SY_{max} = \frac{3.6 \times 10^6}{[H_e - (H_c + H_L)] / [T_c(\omega_e - \omega_c) / (T_e - T_c)] + P_v / \rho_a V_a (\omega_e - \omega_c)} \quad (1)$$

$SY_{max}$  : 1 kWh 当たりの最大集水量 (L/kWh)

$T_e$  : 周囲の気温 (inlet: °C)

$T_c$  : 冷却温度 (outlet: °C)

$H_e$  : 投入空気エンタルピー (inlet : J)

$H_c$  : 冷却空気エンタルピー (outlet : J)

$H_L$  : 集水エンタルピー (outlet : J)

$\omega_e$  : 投入空気絶対湿度

$\omega_c$  : 冷却空気絶対湿度

$P_v$  : 空気投入消費エネルギー (≒140 W)

$\rho_a$  : 空気密度 (≒1.25 kg/m<sup>3</sup>)

$V_a$  : 投入空気流量 (≒0.7 m<sup>3</sup>/s)

<sup>5</sup> Peeters, R., Vanderschaeghe, H., Rongé, J., and Martens, J.A. 2020. Energy performance and climate dependency of technologies for fresh water production from atmospheric water vapour. *Environmental Science Water Research & Technology*, 6, 2016–2034. DOI: 10.1039/d0ew00128g.

<sup>6</sup> Peeters, R., Vanderschaeghe, H., Rongé, J., and Martens, J.A. 2021. Fresh water production from atmospheric air: Technology and innovation outlook (Perspective). *iScience* 24: 103266.

上記条件の他、冷却温度を露点に等しいとし、その試算にはアーデンバック方程式（2）を適用した。

$$T_d = \frac{257.14 \times \ln \Phi_e^{(18.678 - T_e / 234.5)} [(T_e / (257.14 + T_e))]}{18.678 - \ln \Phi_e^{(18.678 - T_e / 234.5)} [(T_e / (257.14 + T_e))]} \quad (2)$$

$T_d$  : 露点 (°C)

$\Phi$  : 投入空気相対湿度 (%)

$T_e$  : 投入空気温度 (inlet : °C)

世界気象機関（WMO）による1981年から2010年までの30年間の月平均に基づく気候学的情報のうち、1日の平均最低気温／平均最高気温<sup>7</sup>（中央値）および相対湿度<sup>8</sup>（中央値）を引用し、1 kWh 当たりの最大集水量（中央値の範囲）を試算した。同試算に、株式会社MIZUHAの「kuSui M-AVG®」の24時間操業（操業条件：気温25°C、相対湿度60%、工程消費電力500W）によって集水される容量16Lを参考とした。

アジア大陸の沖積平野で高濃度ヒ素の水源が分布される都市としてインドのデリー<sup>9</sup>、パキスタンのラホール<sup>10</sup>、バングラデッシュのダッカ<sup>11</sup>、ベトナムのハノイ<sup>12</sup>、ミャンマーのネピドー<sup>13</sup>、中国の広州<sup>14</sup>、ネパールのナワルパラシ<sup>15</sup>およびカンボジアのプノンペン<sup>16</sup>を対象に集水の試算を実施した。

更に、能動冷却結露法による空気中水分の集水推定値に係る電力使用量から各地の集水電力消費コストを試算した。電力単価には、世界銀行統計（2017年～2019年の変動値）<sup>17</sup>を参考とした。

<sup>7</sup> World Meteorological Organization. Climatological information based on monthly averages for the 30-year period 1981-2010.

<sup>8</sup> Climate-Data.org. Climate data based on European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) Data. Weather by month / Weather averages.

<sup>9</sup> Lalwani, S., Dogra, T.D., Bhardwaj, D.N., Sharma, R.K., and Murty, O.P. 2006. Study on arsenic level in public water supply of Delhi using hydride generator accessory coupled with atomic absorption spectrophotometer. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*: 21 (1) 70-76.

<sup>10</sup> Guglielmi, G. 2017. Arsenic in drinking water threatens up to 60 million in Pakistan. *Science News*: 23 August 2017. DOI: 10.1126/science.aap7590.

<sup>11</sup> Ahmad, S.K., Khan, M.H., and Haque, M. 2018. Arsenic contamination in groundwater in Bangladesh: implications and challenges for healthcare policy. *Risk Management and Healthcare Policy*: 11 251-261.

<sup>12</sup> Agusa, T., Trang, P.T.K., Lan, V.M., Anh, D.H., Tanabe, S., Viet, P.H., and Berg, M. 2014. Human exposure to arsenic from drinking water in Vietnam. *Science of the Total Environment*: 488-489 (2014) 562-569.

<sup>13</sup> Pincetti-Zúñigaa, G.P., Richards, L.A., Tuna, Y.M., Aung, H.P., Swar, A.K., Reh, U.P., Khaing, T., Hlaing, M.H., Myint, T.A., New, M.L., and Polya, D.A. 2020. Major and trace (including arsenic) groundwater chemistry in central and southern Myanmar. *Applied Geochemistry*: 115 (2020) 104535.

<sup>14</sup> Luo, C., Routh, J., Luo, D., Wei, L., and Liu, Y. 2021. Arsenic in the Pearl River Delta and its related waterbody, South China: occurrence and sources, a review. *Geoscience Letters*: (2021) 8:12.

<sup>15</sup> Thakur, J.K., Thakur, R.K., Ramanathan, A., Kumar, M., and Singh, S.K. 2011. Arsenic Contamination of Groundwater in Nepal—An Overview. *Water*: 3, 1-20.

<sup>16</sup> Ratha, P., Nandalal, K.D.W., Pitawala, H.M.T.G.A., Dharmagunawardhane, H.A., and Weerakoon, S.B. 2017. Arsenic Contamination in Cambodia: A Status Review. *Proceedings - The 2nd International Symposium on Conservation and Management of Tropical Lakes*, 24th- 26th August 2017, Siem Reap, Cambodia.

<sup>17</sup> The World Bank. 2022. GovData360. Price of electricity, US Cents Per KWh (DB 16-20 Methodology).



### 分析結果

表1に、アジア大陸の沖積平野で高濃度ヒ素の水源が分布される都市を対象に能動冷却結露法による空气中水分の集水推定値を列挙する。

表1 能動冷却結露法による空气中水分の集水推定値

都市	気温 (°C)	相対湿度 (%)	1 kWh 当たりの最大集水量 (L/kWh)	1 時間当たりの集水量 (L/h)
インド・デリー	20.5~33.3	58	0.3~2.2	0.1~0.6
パキスタン・ラホール	20.0~33.3	61	0.5~2.5	0.1~0.7
バングラデッシュ・ダッカ	23.7~31.6	78	6.0~9.7	1.7~2.7
ベトナム・ハノイ	22.2~28.7	79	5.2~7.8	1.5~2.2
ミャンマー・ネピドー	23.5~32.2	71	3.5~6.8	1.0~1.9
中国・広州	19.8~27.1	78	3.8~9.7	1.0~6.2
ネパール・ナワルパラシ*	20.1~32.6	73	15.6~25.1	4.3~6.2
カンボジア・プノンペン	24.2~32.5	76	5.1~8.1	1.4~2.2

\*近郊のバイラワ (気温) およびジャガトプール (湿度) のデータ引用

注) 投入空気流量 0.7 m³/s、工程消費電力 500W、集水効率 55%によって試算

図1~3に集水推定値の小 (インド・デリー) 中 (ベトナム・ハノイ) 大 (ネパール・ナワルパラシ) の結果を挙げた都市での年間推定値を示す。

デリーは年間を通して湿度が低く集水率が低い。これと同様にラホールでも容易な集水は困難である。その他の都市では容易に集水可能と推測する。ネパールのナワルパラシでは、低

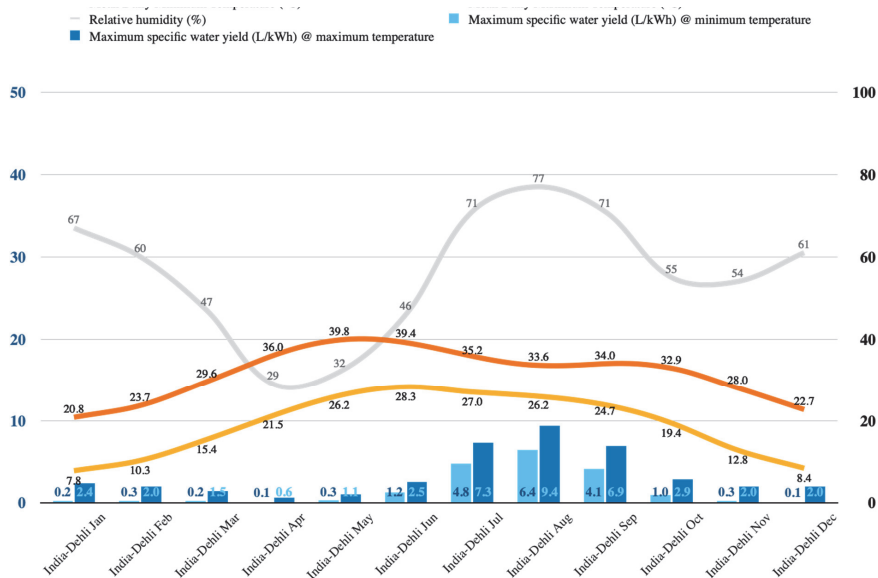


図1 インド・デリーの空气中水分の集水推定値

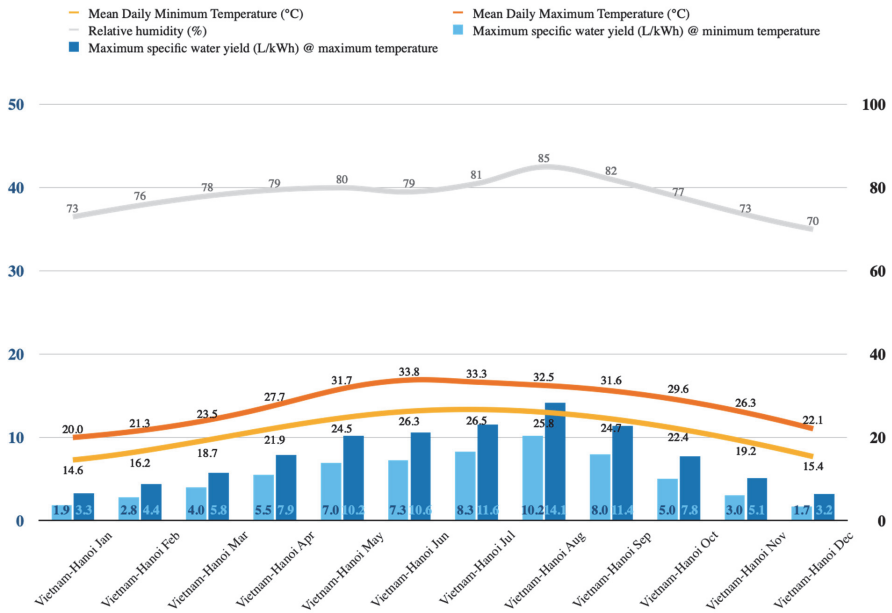


図2 ベトナム・ハノイの空气中水分の集水推定値

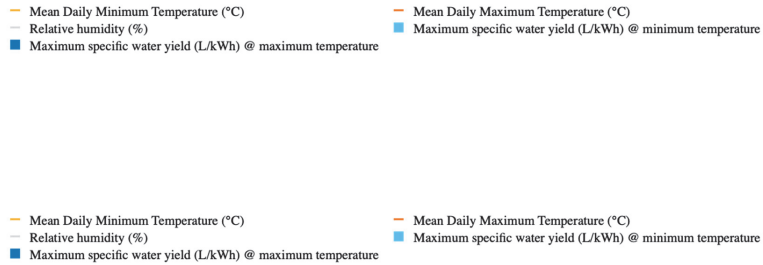


図3 ネパール・ナルパラーシの空气中水分の集水推定値

温でも高湿度が維持されるため、著しい集水量が期待される。

表2に、アジア大陸の沖積平野で高濃度ヒ素の水源が分布される都市を対象に能動冷却結露法による空气中水分の集水電力消費コストを列挙する。

表2 能動冷却結露法による空气中水分の集水電力消費コスト

都市	電力単価 (kWh/USD)	最低気温時集水コスト (USD/m <sup>3</sup> )	最高気温時集水コスト (USD/m <sup>3</sup> )
インド・デリー	0.1940~0.2030	88~668	92~699
パキスタン・ラホール	0.1870~0.2220	76~357	90~424
バングラデッシュ・ダッカ	0.0920~0.0940	9.47~15.38	9.67~15.72
ベトナム・ハノイ	0.1200~0.1250	15.33~22.78	15.97~23.73
ミャンマー・ネピドー	0.0810~0.0930	12.00~23.42	13.77~26.89
中国・広州	0.1270~0.1400	13.07~33.56	14.41~36.99
ネパール・ナワルパラシ	0.1140~0.1330	4.55~7.32	5.31~8.54
カンボジア・プノンペン	0.1750~18.20	21.69~34.10	22.56~35.46

注) 投入空気流量 0.7 m<sup>3</sup>/s、工程消費電力 500W、集水効率 55%によって試算

デリーおよびラホールでは、低集水率と高電力単価によって、集水コストが非常に高くなる傾向を示唆する。その他の都市では、40 USD/m<sup>3</sup>以下の結果を挙げている。Valev, N. et al.<sup>18</sup>によると世界93国中での1.5L容器ボトルウォーターはUSD 0.17~2.00 (113~1,333 USD/m<sup>3</sup>)の範囲で取引されている。これにより、能動冷却結露法による液化技術の可能性は有力となる。また、試算コストは、投入空気流量 (0.7 m<sup>3</sup>/s) および工程消費電力 (500W) を固定した条件での試算値であるため、各地の気象状況への適合・調整によって水収率向上を図り、集水コストの削減に努める必要がある。なお、SDG指標6-1および6-5に掲げる「2030年までに、だれもが安全な水を、安い値段で利用できるようにする、また、必要な時は国境を超えて協力して、あらゆるレベルで水源を管理できるようにする」の目標達成に係り、能動冷却結露法の貢献が今後期待される。

## 謝辞

株式会社 MIZUHA 社の方々へ本研究のための kuSui M-AVG® の稼働、集水試料の採取および工程仕様の情報を提供いただき、この場を借りて深く御礼申し上げます。

<sup>18</sup> Valev, N. et al. 2022. Goods, services and brand prices around the world (GlobalProductPrices.com) Bottled water - prices around the world, March 2022.

# UNFCCC Post-COP26 の課題 -パリ協定の実効性、エネルギー保障、石炭火力、CCS

## UNFCCC Post - COP26 Issues - Effectiveness of Paris Agreement, energy security, coal powers, CCS

横山 隆 壽\*  
TAKAHISA YOKOYAMA

### 1. はじめに

国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会議 COP26（グラスゴー、2021 年）において、パリ協定 (Paris Agreement ; PA) (Decision 1/CP.21) を実施するために必要な指針であるパリルールブックに関する最終的決議がなされ、PA に関する国際交渉は終了した。

PA の目的は全球平均の気温上昇を産業革命水準から 2℃を十分下回るように抑え 1.5℃を下回るように向けた努力をすることである（第 2 条）。その達成の道筋はできるだけ早期に温室効果ガスの排出をピークオフし、21 世紀後半に排出量と除去量をバランスさせる（第 4 条の 1）、すなわち、正味の排出ゼロとすることである。

中国、米国及び EU（欧州連合）を含む 70 以上の国が正味排出ゼロを自国の削減目標に掲げている<sup>(1)</sup>。

IEA はエネルギー産業について、正味排出ゼロを達成するためのロードマップを示した<sup>(2)</sup>。

ロードマップが目指すのはクリーンエネルギーへの移行であり、この 10 年間に太陽光及び風力発電を急ぎ大規模導入することである。これは、現在、世界の約 85% 以上のエネルギーを担う<sup>(3)</sup> 安定なエネルギー源である化石燃料から自然変動性の太陽光及び風力発電への置換であり、このエネルギー源の急速な置換にはエネルギーの安定供給保障の面から懸念があり、同時にこれは PA の達成に関わる懸念でもある。

以下では Post - COP26 の課題として、PA の実効性、クリーンエネルギーへの移行に関わるエネルギー保障、石炭火力、及び CCS (CO<sub>2</sub> 回収・貯留) を取り上げる。なお、紙面の都合上、国連、欧州及び米国の法律・政策などに関する資料名は一部文中に略記した。また、石炭の表記に関して、石炭、ハードコール、リグナイト、ブラウンコールと不統一な表記をしているが、石炭分類は商取引、炭層分類、各国規格等により異なる場合があるので、参考文献の原文の通りに表記した。

---

\* 環境研究所 客員研究員

受理日：(2022 年 10 月 31 日)  
発行日：(2023 年 3 月 1 日)

## 2. パリ協定の実効性 - NDC の柔軟性と法的拘束力 -

PA の目的達成のコアとなっているのが NDC (Nationally Determined Contributions 国が決定する貢献<sup>(4)</sup>) であり、各国の気候変化対応への野心的努力の程度を示すものである。NDC の法的性格を以下で概観する。

### 2.1 NDC の柔軟性

過去 PA 策定に際しての要求は「under the Convention applicable to all Parties (1/CP.17,para2)」であり、これを反映した自国で削減目標・行動を決定する NDC をコアとする PA の柔軟さはすべての国参加の扉を開いた。現在 194 カ国・機関が NDC を登録している<sup>(5)</sup>。

NDC の詳細は第 4 条をはじめとする複数の条項 (第 7 条、第 11 条、第 13 条及び第 14 条) に規定されており、以下に示す。

- ・第 4 条の 2:「各国 (Each Party) は自国が達成を意図する 5 年毎更新 (successive) の NDC を作成、共有 (communicate)、かつ維持しなければならない。締約国 (Parties) はその貢献の目的を達成するために国内の緩和策を遂行しなければならない。」ここでは他の条文中に集合的に用いられている「Parties」とは異なり、特に「each Party」として NDC 作成、共有及び維持に関する個別義務を明確にしている。そして各国の NDC を締約国が国内で実行することを義務づけている。
- ・第 4 条の 3:「更新する NDC は、従前の NDC を超える前進を示し、かつ、各国の異なる事情に照らし (in the light of different national circumstances)、共通だが差異ある責任及び各国の能力を考慮した、各国の可能な限り高い野心を反映することが強く期待される (条文中助動詞は will)」。ここでは、いったん提出した NDC は後退できないような歯止めがかけられている。「前進」の評価は自己決定に任せられている。
- ・第 4 条の 4「先進国が経済全体の絶対排出量の削減を目標 (absolute reduction targets) としして取り組むことで継続してリードしていくことが望まれる。途上国は自国の緩和に関する努力強化を続け、各国の異なる事情に照らして、次第に経済全体での排出の削減 (reduction targets) または抑制目標 (limitation targets) に向けて移行していくことが奨励される。」ことが述べられている。これは義務規定ではない。
- ・第 4 条の 6:「後発途上国及び開発途上の島嶼国はその特殊条件を反映した低温室効果ガス排出の開発のための戦略 (strategies)、計画及び行動を準備及び共有することができる。」この記述は柔軟性が大きく「NDC」ではなく「戦略」となっている。  
以下の条文は義務規定である。
- ・第 4 条の 5:「途上国への支援の強化はその行動におけるより高い野心を可能にすることが期待されることを認識し、第 9 条、10 条及び 11 条に従ってこの条文の実施のために、途上国への支援が提供なされねばならない。」
- ・第 4 条の 8:「NDC を共有する過程ですべての締約国は明確性、透明性及び理解に必要な情報を提供することとする。一部略。」
- ・第 4 条の 9:「各国は NDC を 5 年毎に共有するものとする。締約国には第 14 条に示すグローバルストックテイクの結果が報告されるものとする。一部略。」

- ・第4条の12：「NDCは事務局保管の公式登録簿に記録されるものとする。一部略。」
- ・第4条の13：「締約国はNDCに関する計算を行うものとする。一部略。」
- ・第7条の11：「適応に関して、適応に関する情報はNDC、国家適応計画及び／または国家情報の構成要素として、あるいは／及びそれとともに提出及び定期的に更新するものとする。一部略。」
- ・第13条の5、7：「透明性の枠組みの目的は各国のNDCの達成に向けての進捗の明瞭性と追跡を含め、気候変化対応行動に関する明確な理解を提供することである（第13条の5、一部略）。そのため、各国はIPCCの示す温室効果ガスの排出に関するインベントリ報告書及びNDCの実施及び達成に関する進捗の追跡に必要な情報を提供するものとする（第13条の7(a)、(b)、一部略）。
- ・第14条の1：「グローバルストックテイクは全体としての実施状況評価のために5年毎に行われる。グローバルストックテイクの結果は締約国にNDCの更新・強化に際して提供されるものとする（一部略）。

NDCに関する第4条の3及び4は削減行動に関する条文であるが、これらは義務を規定するものではない（条文の書きぶりは3.will、4.should）。すなわちNDCは、その示す野心の高さ（あるいは削減目標）の達成結果に関する法的な拘束力を持たない<sup>(6)</sup>。一方、上述のそれ以外の第4条関連条文、第7条、第13条及び第14条は、法的拘束力があるが、NDCの作成、共有及び維持をはじめとする締約国間の情報共有、記録及び計算といった手続きに関するものである<sup>(7)</sup>。

## 2.2 NDC 履行の確保

各国のNDCは、PAの下では、削減目標の結果を達成することに法的拘束力はない。しかし、EUはNDCにおける数値的削減目標（2030年までに温室効果ガスの排出量を2010年比で55%削減し、2050年までに気候中立を実現）を気候法（European Climate Law）（OJ L243. 9.7.2021）として法制化している。この場合はEU域内では法的拘束力を持つことになる。しかし、すべての締約国でNDCが国内法化されるとは限らない。

[目標設定] NDCが目標とする結果の達成度は、むしろ、各国のNDCの野心の高さ（もしくは温室効果ガス削減の程度）とその履行が十分確保されるかによって影響される。

野心の高さは第4条に関係する。第4条の4は削減目標に関する条項であるが、削減目標の設定の柔軟性が示され、先進国と途上国との削減目標に関する表現に差異がみられる。先進国の目標では「絶対排出量の削減目標（absolute emission reduction target）」に対して、途上国の目標では、「各国の異なる事情に照らして、経済全体での排出の削減または抑制目標（economy-wide emission reduction of limitation targets in the light of different national circumstances）」と表現され、絶対という言葉は避けられ、排出の削減（ある基準に対する削減）、また抑制（limitation）という言葉が使われている。抑制は必ずしも、絶対的な削減を意味せず、結果として増加になることある。また、途上国の目標をいつ絶対削減量にするかの時期も明示されず、「各国の異なる事情に照らして」とさらなる柔軟性が許容されている<sup>(8)</sup>。

[途上国支援] 途上国の目標設定については先進国に比べての柔軟性の考慮に加えて、第4条の5に先進国の途上国への「支援が提供されねばならない」ことが明示され、これが途上国の更なる高い目標設定を可能にすることが期待されるとしている。途上国への支援は、同時にNDCの実施履行を促進することも期待できる。

各国のNDCの履行を確保するためにパリ協定では、適応（第7条）（本編では触れない）を含め、透明性（第13条）の枠組みが築かれている。

途上国に関しては、第4条における柔軟性のみならず、第13条に関わる各条項の実施に関しても柔軟性が配慮されている。第13条の2は「第13条の2の条項を、その能力に照らして柔軟性を必要とする途上国に実施する場合には、透明性枠組の柔軟性を提供しなければならない。第13条の13に規定する方法、手続き及び指針はその柔軟性を反映するものとする」。この柔軟性に関する詳細はパリルールブックに規定された<sup>(9)</sup>。

[グローバルストックテイク] NDCとともにPAの目標達成を確保するための重要な要素がグローバルストックテイクである。グローバルストックテイクの結果は、締約国がこの協定の関連規定に従い、自国の行動及び支援を自国が決定する方法で更新・強化するに当たり、並びに気候に関する行動のための国際協力を強化するに当たり、締約国に対し、情報を提供するものとする（第14条の3）。グローバルストックテイクの結果は、全体での進捗に的を絞り、個別の締約国には的を当てないと集合的なアプローチが決められている（FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.2. パラ14.）。しかし、グローバルストックテイクの評価を行うには、各国のNDC及びこれに関連する報告に基づいて行うことが必然であるから、各国「each Party（第4条の2）」作成によるNDC等の情報を素通りすることはできない。また、締約国間あるいはそれ以外の組織・機関などからどれだけ受容されるかというプレッシャーにも曝され、これが動機となり野心の高い目標に向かうことも期待できる。

### 2.3 現在のNDCの目標達成見込み

NDCの進捗に関わる総合報告書<sup>(10)</sup>によれば、それまでに提出された締約国のすべてのNDCが実施される場合、2030年の温室効果ガスの総排出量は2010年比で16.3%増加すると推定される（同報告書. パラ10.）。これはIPCC特別報告書SR1.5<sup>(11)</sup>に示されている排出パスウェイからも乖離（同報告書. パラ13.）し、また、残余炭素バジェットの観点からも十分ではない（同報告書. パラ14.）との結果が述べられている。

### 3. エネルギー保障 - EU 気候政策とエネルギー危機 -

EU（現在27カ国）は2021年後半コロナ回復期からエネルギー価格が高騰した<sup>(12)</sup>。2020年12月から21年12月の間にユーロ圏でのエネルギー価格は2倍以上に上昇した。こうしたエネルギー危機、市場の混乱は2022年2月のロシアのウクライナ侵攻により一層悪化し、エネルギー危機が続いている。なお、ここではウクライナ侵攻前の状況に着目する。

一方、EUは、PAの目標を政策に取り込んだ気候・エネルギー政策（The European Green Deal（後述）など）を導入し、クリーンエネルギー重視のエネルギーミックス構造へ、すなわち、供給安定性のあるエネルギー（化石燃料）から自然変動性のエネルギー（太陽光・風力発電）

への移行の過程にある。これはエネルギー需給に影響する要因であり、近年のエネルギー危機と無関係ではない。ここでは EU の気候・エネルギー政策の中心軸であるクリーンエネルギー導入に関わるエネルギー保障のリスク要因を概観する。

### 3.1 EU のエネルギー需給の現状

#### 3.1.1 一次エネルギー生産量

EU 全体での一次エネルギー生産量は 2010 年には 29120.4 PJ（ペタジュール =  $10^{15}$  ジュール）であったが、2020 年には 24026.8 PJ となり 17.7 % 減少している。この要因は、2020 年では COVID-19 の影響もあるが、過去 10 年間のエネルギーシステムの脱炭素化及びエネルギー効率改善によるとされている<sup>(13)</sup>。

一次エネルギー生産は 2020 年には EU 全体では再生可能エネルギー（地熱、太陽光・熱、風力、水力、バイオエネルギー及び廃棄物など）が全生産量の 40.8 % を占める。2 位は原子力で 30.8 %、3 位は固体燃料（石炭・リグナイト）が 14.6 %、天然ガスは 7.2 %、原油が 3.3 %、その他が 3.7 % である。

一次エネルギー生産の構造は変化し、2010 年から 2020 年までの間に、再生可能エネルギーが他のすべてのエネルギーを凌ぎ、39.2 % 増加した。一方、他のエネルギーはすべて減少した。

このエネルギー統計における、一次エネルギー生産量は必ずしも EU の本来のエネルギー事情を示してはいない。EU は域内のエネルギー生産量と消費量に大きなギャップがあり、それを埋めるために多くのエネルギーを輸入している。実際のエネルギー消費は、輸入エネルギーを含むグロス入手可能エネルギー（ある国あるいは地域のエネルギーニーズを満たすのに必要なエネルギー量： $\text{Gross available energy} = \text{Primary production} + \text{Recovered \& recycled products} + \text{Imports} - \text{Exports} + \text{Change in stock}$ ）<sup>(14)</sup> に着目する必要がある。それによると、重油及び石油製品が最大の割合で 34.5 %、次いで天然ガス 23.7 %、石炭は 10.2 % と化石燃料が全体の 68.4 % を占めている。原子力及び再生可能エネルギーはそれぞれ 12.7 % 及び 17.4 %<sup>(15)</sup> である。なお、エネルギー源別構成は輸入依存の程度も含め、EU 加盟国によって異なる。

#### 3.1.2 EU のエネルギー外部依存

EU は多くのエネルギーを輸入に依存しており、すべての EU 加盟国がエネルギーを輸入している。2020 年の EU の一次エネルギー生産量 24026.8 PJ に対して正味のエネルギー輸入量は 31723.8 PJ である。自国生産量を超えるエネルギーを EU 域外から輸入し、すべて化石燃料（ハードコール、原油及び天然ガス）である。

2010 年から 2020 年では、天然ガス（液化天然ガス含む）、原油及び石炭はすべてロシアが最大の輸入国であり、2020 年ではそれぞれ天然ガスは全体の 38.2 %、原油は 25.7 %、石炭は 49.1 % を占めており、ロシアに大きく依存している。

こうした外部依存性は最近の 10 年間で実質的に変化がなく、エネルギー外部依存率 [energy dependence rate = net energy imports / gross availability energy]<sup>(14)</sup> は 2010 年で 55.8 %、2020 年は 57.5 % であり、大きな変化は見られない。

エネルギー別に外部依存率（2020 年）を見ると、天然ガス 83.6 %、原油 97.0 %、石炭は



35.8%である。2010年からの増減をみると、天然ガスが15.8%増加、原油は3%増加、石炭はマイナス2%（減少）であり、とりわけ、天然ガス依存度が増加している。この傾向はEUの低炭素経済を目指す気候政策・エネルギー政策による。変動性の再生可能エネルギーのバックアップ電源あるいは石炭代替のために、低炭素排出燃料である天然ガスが、エネルギー移行に必要な“懸け橋（bridging fuel）”として消費が伸びた結果である。

### 3.2 気候政策・エネルギー政策

エネルギー構成の変化の背景には、IPCC（気候変化に関する政府間パネル）第一次報告（1990年）発表以来、EUが実施してきた気候政策やエネルギー関連政策（温室効果ガス削減目標、再生可能エネルギー導入目標やエネルギー消費節減）が関わっている<sup>(16)</sup>。

最近のEUにおける気候・エネルギー政策の重要なものは、「エネルギー同盟パッケージ（Energy Union Package）」<sup>(17)</sup>及び「欧州グリーンディール（The European Green deal）」<sup>(18)</sup>である。

エネルギー同盟パッケージは、脱炭素化エネルギーシステムへの移行を実現するエネルギー政策の基本的枠組みである。

これは相互連携した5つの戦略からなっている：(1) エネルギー保障、連繋及び信頼確保 (2) エネルギー統合市場実現 (3) エネルギー効率向上 (4) 経済の脱炭素化 (5) 研究、イノベーション及び競争力強化。中でも (4) 経済の脱炭素化戦略には、気候政策との連携、次世代再生可能エネルギー開発のグローバルハブの計画、増加する再生可能エネルギーの市場とグリッドの準備、及び新規の持続可能な代替燃料への投資などが含まれている。

欧州グリーンニューディールは野心的な気候政策であるとともに新成長戦略である。その目的は2050年に温室効果ガスGHGの正味の排出がゼロとなる気候中立となること、資源効率の良い競争経済社会（循環型経済社会）を実現すること、公平で繁栄した社会を達成することである。政策のコアであるGHGの排出削減目標は、2030年に2010年比で55%削減し、2050年には気候中立を達成することである。気候中立の目的のもとに経済の移行を図るには、産業、生産と消費、大規模インフラ、輸送、食糧及び農業、建設など多岐の分野にわたりクリーンなエネルギーの供給が必要である。そのためにはエネルギーシステムの脱炭素化が極めて重要である。脱炭素化の施策とし、エネルギー効率向上、発電部門は再生可能エネルギーベース、石炭廃絶、脱炭素ガス（水素）による補完が提案されている。このグリーンニューディールで示された、2030年及び2050年の温室効果ガス削減目標は、欧州気候法（The European Climate Law）<sup>(19)</sup>によって立法化され、したがって、この目標達成は法的拘束力がある。

EUの2050年気候中立を目指す気候・エネルギー政策のコアは、脱化石燃料を進め、再生可能エネルギーへの移行をさらに加速していくことである。これが同時にエネルギーの外部依存を低くし、EU域内のエネルギー自給率を強化するものと考えられている。

### 3.3 エネルギー危機の原因

EUでは2021年秋にエネルギー価格が急騰した。原因の一つはコロナ禍からの経済回復に伴う世界的なエネルギー需要の急増である。これは供給の逼迫を招き、LNG（液化天然ガス）

輸入量の減少に至った。加えて2020～2021年にかけて長期化した寒さ及び再生可能エネルギー生産に好ましくない悪天候が重なり、さらにエネルギー需給の歪を生んだ<sup>(20)</sup>。

2021年第4四半期には欧州のガス価格は激変した。第4四半期に85ユーロ/MWh(メガワット時・電力量の単位。1MWh=1000kWh)で始まり、10月初旬に116ユーロ/MWhに上昇した。10月末に60ユーロ/MWhになったが11月にぶり返し、過去に例のないレベル(183ユーロ/MWh, 12月1日)に達し12月末には60ユーロ/MWhとなった。また、炭素価格も10月初旬に初めて88ユーロ/tCO<sub>2</sub>にまでの高価格に達した<sup>(21)</sup>。

一方、電力価格は2021年後半から何度も最高値を更新し、第4四半期には世界的なLNG需要増加、天然ガス貯蔵レベルの低下及び欧州の主要なガス供給者（ロシア）との地政学的緊張により、急騰した<sup>(22)</sup>。

以下でこの理由を概観をする。

#### [電力供給逼迫]

- ・2021年の上半期にはパンデミック回復期で電力需要はパンデミック前の水準に回復していたが、電力供給は化石燃料・原子力の構造的衰退による供給低下により発電量は減少した<sup>(23)</sup>。
- ・2021年の夏季から秋の初めにかけてヨーロッパ（一部、特にドイツ）は長期に乾燥しかつ風速の低い期間“風ひでり（wind drought）”になり、風速にセンシティブな風力発電は電力量が得られなかった<sup>(24)</sup>。

#### [天然ガス貯蔵量低下<sup>(25)</sup>]

- ・2020～2021年にかけて平年より冬が寒く・長く暖房需要（天然ガス需要）が増加。さらに、2021年に向けては十分な天然ガス地下貯蔵が進まなかった。2021年9月にEU平均充填レベル74.6%が12月末には53%と10年間の同時期で最低レベルとなった。EUでは法律（OJ L280,28.10.2017）<sup>(26)</sup>による要求で、冬の供給リスク低減のため、定められた時期までの一定量の天然ガスを貯蔵しなければならない。

#### [天然ガス輸入<sup>(25)</sup>]

- ・パイプライン輸入：ロシアからのパイプライン輸入は主に4つのパイプライン（ノルドストリーム1、ベラルーシストリーム、ウクライナストリーム、及びトルコストリーム）があるが、2021年第4四半期にはベラルーシ及びウクライナストリーム経由の輸入量は前年同期比でそれぞれ56%及び36%減少した。一方、トルコストリーム経由の輸入量は増加した。
- ・LNG輸入：パイプライン輸入量を補うべく第4四半期にLNG輸入量は前年同期比で33%増加した。LNG供給はグローバル市場と地域の価格に依存するが、アジアのガス市場価格を超える欧州での高価格により第4四半期の輸入量は増加した。

2021年の天然ガス正味の輸入量（天然ガスパイプライン輸入及びLNG輸入の合計）は前年より3%増加した。一方、輸入額（天然ガスパイプライン輸入及びLNG輸入の合計）は1210億ユーロ（2020年は370億ユーロ）であった。

### 3.4 エネルギー保障へのリスク

気候・エネルギー政策のコアはクリーンエネルギーを主なエネルギー源へと移行する脱炭素政策であり、再生可能エネルギー（太陽光及び風力発電）の規模の拡大を推進する一方、石炭火力の構造的衰退を招いている。また、他の理由で原子力発電も衰退している。

この移行過程で「懸け橋」として重要な役割を果たしているのが、天然ガスである。石炭火力発電及び原子力発電の減少分を補う形となり、これが特にCO<sub>2</sub>制約下での電力供給においては調整力として不可欠となっていたが、ほぼ同時期に天然ガスの供給低下、長期間（2020年 / 2021年）の暖房の必要性、再生可能エネルギーにとっての好ましくない気象条件が重なりエネルギー保障に歪が生じた。電力価格については限界価格方式（pay-as-bid）<sup>(27)</sup>で決められているため、最初に最安値の電源価格（再生可能エネルギーはゼロ）から入札が進み最終的に需要を満す最高値の電源価格となり、結局、市場価格変動大きい天然ガスの価格が限界価格として反映する結果となった。

## 4. 石炭 - 経済成長に不可欠な資源 -

### 4.1 石炭火力の廃止への流れ

石炭火力の廃止を求める声は世界的な流れであり、英政府が主導した「Global Coal to Clean Power Transition Statement」<sup>(28)</sup> や UNFCCC COP26（2021年）の決議<sup>(29)</sup>において、CO<sub>2</sub>回収・貯留を付帯しない（unabated）新設石炭火力プロジェクトの許可、建設をやめること、石炭火力発電の段階的削減及び非効率的な化石燃料補助金の廃止を加速化することなどが求められ、多くの国が賛同の意を表明している。

こうした流れの中で IEA は以下のような報告<sup>(30)</sup>をしている。

「PA（2015年）採択以来、53カ国及びEUが正味ゼロ排出を約束した。2021年中期には21カ国が石炭火力発電（CO<sub>2</sub>回収無し）の廃止を表明した。しかし、グローバルな石炭火力の4.1%であり、グローバルなエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出の1.3%を占めるに過ぎない。

廃止政策は個々の国の事情によるが、主要として3つの点を考慮することが必要である：地域経済へのインパクト、電気料金及び電力供給の保障である。廃止を表明した21カ国のうち14カ国は石炭火力発電の割合は10%より低く、寄与が小さく、また、自国に石炭産業がない。経済的、電気料金、電力供給保障の不利益は被ることがないので比較的石炭廃止が用意である。一方、21カ国のうち3ヶ国は電力供給の20%以上を石炭火力に依存し、7カ国は発電炭供給のため自国の石炭産業がある。こうした国々では石炭廃止について事情は複雑である。廃止に際しての失業労働者やコミュニティ支援あるいは電力供給確保などをはじめとし、大きな課題がある。」

こうした報告が示すように経済の基盤であるエネルギー産業を廃止することはエネルギー保障リスクのみならず、国家の経済保障にも関わるという認識が必要である。

### 4.2 世界の石炭使用の現状

〔石炭火力〕世界で稼働中の石炭火力のうち、発電容量（カッコ内は全体に占める割合%）が最大の国は中国 1,004,948 MW（49.1%）、ついで米国 246,187 MW（12.0%）、インド 228,964

MW (11.2 %)、ロシア 46,862 MW (2.3 %)、日本 46,682 MW (2.3 %)、ドイツ 44,470 MW (2.2 %)、南アフリカ 41,435 MW (2.0 %)、大韓民国 37,600 MW (1.8 %)、インドネシア 33,373 MW (1.6 %)、ポーランド 30,870 MW (1.5 %) である。これら 10 カ国の合計発電容量は世界全体の 89 % を占める。将来、石炭火力の新設が計画されている国もあり、中国が最大規模で発電容量が 205,889 MW であり、次いでインドが 66,025 MW の計画がある。その他トルコ、インドネシア、ヴェトナム、バングラデシュ、日本、南アフリカ、フィリピン及び大韓民国でも計画がある<sup>(31)</sup>。

以下では特に将来の大規模の石炭火力建設計画がある中国及びインド、加えて東欧の石炭事情を取り上げる。

[中国] 中国は気候変動対応のために、国家目標「CO<sub>2</sub> 排出量は 2030 年までにピークを達成し、2060 年までに炭素中立を達成する」を掲げている。

2022 年 3 月 24 日に 国家発展改革委員会及び 国家エネルギー局は “近代的エネルギーシステムに関する 14 次 5 か年計画 (FYP; 2021 - 2025)” を発表した。要点はエネルギー保障の確保とグリーンな低炭素排出へのエネルギー移行である。2025 年に向けた主要な目標 (2020 年比) は以下のとおりである<sup>(32)</sup>。

- ・ GDP 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量を 18 % 削減、GDP 当たりのエネルギー消費を 13.5 % 削減する。
- ・ エネルギー消費では非化石燃料の割合を 20 %、発電における割合は 39 % まで増加させる。
- ・ 全エネルギー生産量を標準炭換算相当で 40.8 億トンから 46 億トンに増加させる。
- ・ 石油生産量を 2 億トン / 年に維持する。
- ・ 天然ガス生産量を 2300 億 m<sup>3</sup> に増加させる。
- ・ 発電容量を 2020 年の 2200 GW (ギガワット、1 GW = 1000 MW) に対し 3000 GW に増加させる。かつ、
- ・ 当初は需要に対する柔軟性 (ピーク時などの需給調整能力) を最大負荷の 3 - 5 % を目標とする。

エネルギー消費や発電において非化石燃料の割合を増やすという脱炭素に向けた努力が持ち込まれている。

一方、2020 年における中国の石炭消費量の合計は 3971 Mt (39 億 7100 万トン)、そのうち 2433 Mt (61 %) が一般炭で発電用であった<sup>(33)</sup>。その他の一般炭 789 Mt (EU と米国の消費量に匹敵) は非発電用に使われ、残り 749 Mt は製鋼用に使われた。

2024 年に向けた中国の石炭消費は若干増加 (年に 1.1 % の増加) が予想され、主に発電部門の要求によるもので 4266 Mt に達する。集中的に原子力発電及び再生可能エネルギーの規模が拡大しているが、中国はなお石炭に依存し、増加する電力需要にこたえる天然ガスの依存は低い。

2022 年 7 月現在、石炭火力発電に関して、計画発表 + 許可待ち + 許可済のプラントは 196,777 MW (196.8 GW)、建設中のプラントは 93,777 MW (93.8 GW) であり、当面石炭火力発電所が新增設の見込みである<sup>(34)</sup>。

[インド] インドは NDC において GDP 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量原単位を 2030 年までに 2005 年比 - 33 ~ - 35 % 削減の約束を表明している。一方、今後の人口増加、経済成長及び生活向上

への希求によりエネルギー消費は増加が見込まれている。インドでは最近 40 年間に産業用一次エネルギー消費は 700 % 増加した。石炭はインドで最も重要かつ豊富にある化石燃料であり、インドの産業は国産の石炭を土台として築かれており、エネルギー需要の 55 % は石炭で賄われている<sup>(35)</sup>。石油及び天然ガスは潜在量に限界、水力プロジェクトは環境保全上の制約、そして原子力発電の地政学的認識を考え、インドのエネルギーシナリオは石炭が中心的役割を担い続けることになる。

インド政府によると 2029-30 年までの石炭火力発電の石炭需要予測では、2020-21 年の需要は前年の 695 Mt に比べ若干 621 Mt に減少したが、2021 年以降、需要は増加し、2024-25 年は 810 Mt、2029-30 年には 1034 Mt に増加する予測がなされている<sup>(36)</sup>。

インドの総発電容量は 405,773 MW であり、そのうち化石燃料（石炭、リグナイト、天然ガス、ディーゼル油）による発電容量は 236,065 MW で総発電容量に占める割合は 58.2 % である。このうち、石炭は 204,080 MW、リグナイトは 6,620 MW、天然ガスが 24,856 MW、ディーゼル発電が 510 MW である。石炭はリグナイトと合わせて 52.3 %（石炭 50.7 %; リグナイト 1.6 %）。水力発電を含む再生可能エネルギーの設備容量合計は 159,949 MW で総発電容量の 39.7 %、原子力発電は 1.7 % である<sup>(37)</sup>。

インドの電力需要は今後も増加するため、石炭火力の規模を今後 2030 年までにさらに 56 GW（56,000 MW）新設する予定である<sup>(38)</sup>。

[欧州] EU では多くの国が近い将来の石炭火力廃止宣言をしているが、ボスニアヘルツェゴビナ、ポーランド及びトルコは廃止議論をしていない<sup>(39)</sup>。

ポーランドは産炭国であり、石炭火力発電が電力源として大きな割合を占めており、経済基盤を提供しており、かつ石炭がエネルギー保障を担保している<sup>(40)</sup>。

トルコも同様、石炭火力発電（主としてリグナイト）の電力源として 70 % を占め、発電にトルコの国内炭を使うことを推進している。石炭の需要、生産及び消費は増加傾向にある。37 ~ 44 GW 規模の石炭ベースの約 20 のプロジェクト（個々の規模は 150 MW から最大 3.5 GW）が進行中である。

セルビアやボスニアも自国資源であるリグナイトで発電をしている。今後発電規模を増加する計画がある。石炭から天然ガスあるいは再生可能エネルギーへの転換は、コストやエネルギー保障の点から考えにくいのが現状である。これらに国にとって石炭は、エネルギー源として国産、輸入エネルギー依存の軽減、自国のエネルギー保障強化、エネルギー多角化、低コスト、電力需要増加に安く信頼性のある電力提供、社会経済基盤提供など多くの利点がある。

## 5. CCS - 化石燃料を使い続けるには不可欠

### 5.1 現状と課題

CO<sub>2</sub> を含む排ガスや産業プロセスガスまたは大気から CO<sub>2</sub> を回収（capture）し、地中へ貯留（storage）、あるいは、利用（utilization）することを一般に CCUS と呼称している<sup>(41)</sup>。CO<sub>2</sub> 利用（CCU）は大気中への排出を遅らせることはできるが、必ずしも排出削減にはならないのでここでは CCS（CO<sub>2</sub> 回収・貯留）に着目する。CCS は大きく 3 つの要素（回収、輸送及び貯留）から構成される。

2005 年に IPCC WG III から CCS に関する特別報告書<sup>(42)</sup> が刊行され、CCS は地球温暖化緩和策としてその役割が明確な位置づけを持つに至った。以来、CCS は地球温暖化の緩和のためには不可欠な技術であるとの国際的認識は高く、「IEA の Net Zero by 2030 ロードマップ<sup>(2)</sup>」シナリオが示すように導入・普及の期待は大きい。

世界的に最大級の貯留規模 CCS プロジェクトとして以下はよく知られている。

- ・ Sleipner（ノルウェー）<sup>(43)</sup>：Statoil 社、オフショア CO<sub>2</sub> 税がドライバー。天然ガス（CO<sub>2</sub> 約 9% 濃度）の精製で CO<sub>2</sub> を分離し、海底下帯水層貯留。1996 年開始、貯留量 100 万トン/年。
- ・ Snøhvit 液化天然ガスプロジェクト（ノルウェー北部）<sup>(44)</sup>：Statoil 社。2007 年開始。天然ガス精製プロセスで CO<sub>2</sub> を分離回収後、貯留量 70 万トン/年、海底下帯水層貯留。
- ・ Great Plains Synfuel（North Dakota, US）<sup>(45)</sup>：Dakota ガス化会社。石炭ガス化後に CO<sub>2</sub> 回収。CO<sub>2</sub> 回収後パイプラインで 328 km、Weyburn& Midale（IEA による Weyburn CO<sub>2</sub> モニター・貯留プロジェクト（カナダ））へ輸送。EOR（石油強制回収）に使用。2000 年開始、300 万トン/年）。
- ・ Gorgon CCS Project（豪州）：Chevron/ExxonMobile/Shell/Osaka Gas/Tokyo Gas/JERA 共同プロジェクト。2019 年開始。天然ガス精製で CO<sub>2</sub> を分離回収し、パイプラインで海底下砂岩層へ貯留。最大 400 万トン/年。技術的問題により現在までの 5 ヶ年の貯留目標未達成<sup>(46)</sup>。

現在、数多くの CCS プロジェクトが計画、建設及び操業中である<sup>(47)</sup>。CCS プロジェクトはセメント、鉄鋼、火力発電、及び天然ガス精製など多くの分野で適用されているが、天然ガス精製に関わる CCS が最も多く、大規模で操業している。一方、火力発電プラントで商業規模の CCS が設置された事例は極めて少なく、最近の操業実績があるのは米国（Petra Nova）とカナダ（Boundary Dam）の 2 つの事例である。しかし、Petra Nova の CCS は経済的事情で休止中である。

- ・ Petra Nova CCS プロジェクト<sup>(49)</sup>（米国）：Parish 発電所（NRG Energy 社）の出力 610 MW の 8 号機（Unit 8）のうち 240 MW に相当する燃焼排ガスから CO<sub>2</sub> を回収。CCS 設備（Petra Nova、CCS では世界最大規模（発電出力 240MW 相当 最大日量 5000 トン/日 CO<sub>2</sub> 回収、150 万トン/年）は発電プラントとは独立に設置（CCS 設備操業に必要なエネルギーは併設のガス焼きコージェネプラントから電気・蒸気供給）。EOR に使用。2016 年 CO<sub>2</sub> 回収・貯留を開始。テキサス州の優遇税制適用。2020 年に経済的理由（石油価格の低下<sup>(48)</sup>）で操業停止。（Parish 発電所の従来の石炭火力及び天然ガス発電プラントは操業）。
  - ・ Boundary Dam CCS プロジェクト<sup>(50)</sup>（カナダ サスカチワン州）：世界の火力発電プラント商用機で唯一 CCS 稼働中。Boundary Dam 発電所の 3 号ユニット（微粉炭焚火力発電）1 基に設置。3 号ユニット既存の蒸気タービン発電機を設備変更し、新たに SO<sub>2</sub> 及び CO<sub>2</sub> 回収機構と統合し、CCS にエネルギー供給（蒸気タービン発電機を置換した結果、発電出力は設備変更前の 139MW から 110MW 低下）。回収 CO<sub>2</sub> は Cenovus Energy 社が買い取り、Weyburn 近郊の油田で EOR に使用。
- 石炭火力発電に関する最近約 20 年間の CCS 実施の実績はほとんどなく、将来の商業規模で

の導入には、事業収益の不確実性、大規模プロジェクト実施と技術の蓄積・信頼性確保、コスト低下、法制度の整備、政府支援（投資意欲をそそる制度）、及び社会的受容性の涵養などの課題がある<sup>(51),(52)</sup>。

最も大きな課題は、市場において投資を促すインセンティブが働きにくく、今まで現実性のあるビジネスモデルが確立していないことである。

石炭火力発電の CCS プロジェクトに大きな前進が見られない理由の一例として、最近の米国監査院による US DOE（米国エネルギー省）のマネジメント改善に関する報告書がある。

US DOE が資金助成してきた 11 件（石炭火力 8 件、産業プロセス 3 件）のプロジェクトで、石炭プロジェクトは Petra Nava 以外は実現せずに終了した。この理由として、電力市場における価格競争力、将来の炭素市場及び炭素税によるインセンティブの不確実性、（産業 CCS よりも）高いプロジェクト費用、及び Recovery Act（American Recovery and Reinvestment Act）に基づくファンドの期限が報告されている<sup>(53)</sup>。

この報告書は、CCS には、市場におけるビジネスモデルの実現見込みに不透明性があることを指摘している。

## 5.2 CCS の政府の支援制度

以下で、CCS に関して政府支援の法制度の整備に関する事例として米国とイギリスを取り上げる。

[米国] 米国では 2008 年に先進的の石炭ベースの発電技術のプロジェクトに関して税制控除が図られる法が制定されている<sup>(54)</sup>。さらに 2018 年 45Q Tax Credit（税控除）では CO<sub>2</sub> 貯留、CCU、及び CO<sub>2</sub> 回収プロジェクトなどに関する税額控除が盛り込まれている<sup>(55)</sup>。コスト低減効果としては十分ではないにせよ、これはコスト回収（収益）側から見た場合の CCS 普及のドライバーである。

バイデン政府は国内で 2050 年までに正味排出ゼロの目標を達成するには CO<sub>2</sub> 回収・輸送・貯留を進めることが重要であると、CCUS 研究・開発・実証・普及に向けた支援を行うことを約束した<sup>(56)</sup>。また、2021 年 11 月には CCS に関する大きな政府支援を提供する「H.R.3684 - Infrastructure Investment and Jobs Act (Public Law No: 117-58 (11/15/2021))」が成立した。IRC 45Q は CCS プロセスの運転コストの低減に貢献する一方、この法は CCS のインフラに関する支援を提供するものである (FY22～FY26)。大規模 CO<sub>2</sub> 回収プログラム (DOE エネルギー省) 9 億 3700 万ドル、CO<sub>2</sub> 回収実証プロジェクト 2 億 400 万ドル、エアーキャプチャーハブ 35 億ドルなどが含まれている<sup>(57)</sup>。

[イギリス] イギリス政府は、風力、CO<sub>2</sub> 回収、水素などクリーンエネルギー投資を行い、新たなグリーン産業革命で世界をリードする意欲を示す「Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution (2020 年)」<sup>(58)</sup> を発表し、2023 年～2032 年までの間にイギリスから排出される 1 億 8000 万トン相当の CO<sub>2</sub> を低減するために 10 のポイントを示した。ポイント 8 は CCUS への投資であり、10 億ポンドファンドの支援が提示された。この目的は CCUS のインフラ開発でイギリスの工業地域の経済的変革を行い、低炭素排出エネルギー及び負の排出 (negative emissions) へのパスを提供することである。

正味ゼロ排出への移行及び経済の水準向上を達成するために、North East、Humber、North West、Scotland & Wales に、革新的「スーパープレイス super place（再生可能エネルギー、CCUS、及び水素の集合する拠点）」を創出して、この4つの産業クラスターでのCCUSを確立する。これに10億ポンドの支援を準備し、4つのクラスターで年間100万トンのCO<sub>2</sub>を削減することを期待している。

この実現のためにCCUSのビジネスモデルが提案されている。目的はあらゆる産業クラスターに適用できるCCUSの法的及び商業的枠組みのアウトラインを提供し、CCUS普及の実施とCCUSインフラ及びCO<sub>2</sub>回収事業の持続可能な市場を創出することである<sup>(59)</sup>。

ここでは以下の4つのビジネスモデルの提案がなされている。ただし4つ目の水素に関するビジネスモデルはまだ策定中である。

1. TRI (TRI Transport and Storage Regulatory Investment) ビジネスモデル：CO<sub>2</sub> 輸送・貯留投資制度によるビジネスモデルで T&SCo (Transport and Storage Company 輸送&貯留会社) が中心となって、T&S (輸送と貯留) ネットワークの開発、建設、ファイナンス、操業、維持、拡大及び解体まで行う。
2. DPA (Dispatchable Power Agreement 需給調整電力契約) ビジネスモデル：発電 (+ CCUS) 事業者向け需給調整電力協定に基づくビジネスモデルである。CCUS 発電の柔軟な操業が、需要を満たすように発電出力調整することで変動性の再生可能エネルギーを補完する標準的差額決済契約 (CfD Contract for Difference) の枠組みをベースにしている。CfD とは、政府所有の LCCC (低炭素契約会社) との契約により電力市場の平均価格の尺度となる参照価格と権利行使価格 (発電事業者による特定の低炭素技術への投資コスト) との差額が支払われる制度である<sup>(60)</sup>。
3. ICC (Industrial Carbon Capture) ビジネスモデル：CO<sub>2</sub> 回収技術以外に脱炭素化強化のオプションがない事業者が CO<sub>2</sub> 回収技術を採用するインセンティブを高めるためのモデルである。初期プロジェクトの共同出資のための必要な要素とともに、運転費用、輸送 & 貯留費用及び設備投資利益率をカバーする ICC 契約を進めるためのモデルである。
4. 低炭素排出の水素生産ビジネスモデル：契約あるいは規制による水素生産者への補助金などを含めビジネスモデルを策定中である。

CCS の普及には、こうした米国やイギリスの政策に顕著あらわれているように、ビジネスモデル提案も含めて政府の大規模な支援を必要とするのが実情である。

## 6. おわりに

- ・ PA は、柔軟性ゆえに、目標達成には各国が NDC の野心を引き上げることが必要である。NDC は削減行動に関する情報の共有をするプラットフォームでもあり、締約国間の相互協力の機会を提供している。これにより PA の目標達成・履行がさらに促進されることが期待される。
- ・ EU は、再生エネルギーの主力電源化へ向けて様々なエネルギー保障リスクに直面している。石炭火力・原子力発電の構造的衰退の状況下で短期中期的に天然ガスの役割は重要である。天然ガス市場拡大にはインフラ投資が必要である。しかし、2050 年気候中立政策には天然



ガスインフラが座礁資産化するリスクがあり、投資意欲は必然鈍る。払拭するためには将来、天然ガスインフラを新たな水素ガス / バイオガスのようなクリーンエネルギーキャリアへのインフラ転換も構想に入れ、投資インセンティブを高める必要がある。

- ・ EU では、気候法制定、EU 排出枠取引 (OJ L 275, 25.10.2003)、タクソノミー (OJ L 198, 22.6.2020 (持続可能な投資枠組規則))、低下する再生エネルギーコストなどの政策により石炭火力廃止が表明され、石炭消費は減少し続けている。一方、中国、インド その他のアジア諸国及び欧州の一部の国々では相反する傾向にある。こうした国々では経済成長に石炭は不可欠な資源であり、将来の石炭火力の新增設が計画されている。こうした傾向は CO<sub>2</sub> 排出パスのピークオフが先延ばしになることが予想され、残余炭素バジェットの要求で削減行動は中期にはさらに加速することが必要となるかもしれない。
- ・ 石炭 (天然ガス) 火力の CCS は、ビジネスモデルが確立しておらず、積極的な民間資本の導入が促進される展望は不透明である。しかし今後、計画されている石炭火力が将来座礁資産化せず、かつ、クリーンエネルギーとの共存のためにも CCS は必要である。化石燃料に依存するしか選択の余地のない、セメント産業などにとってはなおさらである。政府による支援制度の整備が望まれる。

## 6. 参考文献

- (1) United Nations. For a livable climate: Net-zero commitments must be backed by credible action. <https://www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition> (accessed: 31 October 2022)
- (2) IEA. (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.
- (3) BP. (2022). Statistical Review of World Energy. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (accessed: 31 October 2022)
- (4) 外務 . 日本の排出削減目標 . [https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w\\_000121.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000121.html) (accessed: 31 October 2022)
- (5) United Nations. NDC Registry. <https://unfccc.int/NDCREG> (accessed: 31 October 2022)
- (6) Bodansky, D. (2016). Completing the Paris Agreement: Legal Dimensions Realizing the Potential of the Paris Agreement. November 17, (PPT). <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/marrakech-side-event-bodansky-2016-11-17.pdf> (accessed: 31 October 2022)
- (7) Lavanya, R. (2016). Ambition and Differentiation in the 2015 Paris Agreement: Interpretative Possibilities and Underlying Politics. Published online by Cambridge University Press: 16 March 2016 (doi:10.1017/S0020589316000130)
- (8) Daniel, K., Carazo, M. P., Doelle, M., Bulmer, J., Higham, A. (editors). (2017). The Paris Agreement on Climate Change, Analysis and Commentary. Oxford, p.151
- (9) United Nations. (2018). FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.2. C. Flexibility to those developing country Parties that need it in the light of their capacities (パラ 4, 5, 6)

- (10) United Nations. (2018). FCCC/PA/CMA/2021/8 Nationally determined contributions under the Paris Agreement Synthesis report by the secretariat.
- (11) IPCC. (2018). IPCC Special Report Global warming of 1.5°C : SPM C. Emission Pathways and System Transitions Consistent with 1.5° C Global Warming. p.12
- (12) European Council. Council of the European Union. Infographic – Energy price rise since 2021. <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/energy-prices-2021/> (accessed: 31 October 2022)
- (13) eurostat, Energy production and imports. Energy production and imports. Statistics Explained, Data extracted in January 2022. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/SEPDF/cache/1216.pdf> (accessed: 31 October 2022)
- (14) eurostat. Category: Energy glossary - Statistics Explained. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Category:Energy\\_glossary](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Category:Energy_glossary) (accessed: 31 October 2022)
- (15) eurostat. Energy statistics – an overview. -Statistics Explained. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy\\_statistics\\_-\\_an\\_overview#Primary\\_energy\\_production](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview#Primary_energy_production) (accessed: 31 October 2022)
- (16) EU. Overview of Climate targets in Europe. Climate Policy Info Hub. <http://climatepolicyinfohub.eu/overview-climate-targets-europe> (accessed: 31 October 2022)
- (17) EU. COM (2015) 0080 final. ENERGY UNION PACKAGE COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE, THE COMMITTEE OF THE REGIONS AND THE EUROPEAN INVESTMENT BANK A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy.
- (18) EU. COM (2019) 640 final. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. The European Green Deal.
- (19) EU. OJ L243,9.7.2021. REGULATION (EU) 2021/1119 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law')
- (20) European Commission. Energy. Action and measures on energy prices. [https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/action-and-measures-energy-prices\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/action-and-measures-energy-prices_en) (accessed: 31 October 2022)
- (21) European commission. Market analysis. EU quarterly gas market reports (report 2021 Q4) . [https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis\\_en](https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis_en) [https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/action-and-measures-energy-prices\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/action-and-measures-energy-prices_en)

(accessed: 31 October 2022)

- (22) European commission. Market analysis. EU quarterly electricity market reports (report 2021 Q4). [https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis\\_en](https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis_en) (accessed: 31 October 2022)
- (23) Moore, C. (2021). European Electricity Review: H1-2021, European Programme Lead. 28 July 2021. <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-h1-2021/> (accessed: 31 October 2022)
- (24) Bloomfield, H. (2021). What Europe's exceptionally low winds mean for the future energy grid. Published: October 21, 2021. <https://theconversation.com/what-europes-exceptionally-low-winds-mean-for-the-future-energy-grid-170135> (accessed: 31 October 2022)
- (25) European Commission. Market analysis. EU quarterly gas market reports (report 2021 Q3, Q4). [https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis\\_en](https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis_en) (accessed: 31 October 2022)
- (26) EU. OJ L280.28.10.2017. REGULATION (EU) 2017/1938 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2017 concerning measures to safeguard the security of gas supply and repealing Regulation (EU) No 994/2010
- (27) European Commission. Energy: Action and measures on energy prices. [https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/action-and-measures-energy-prices\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/action-and-measures-energy-prices_en) (accessed: 31 October 2022)
- (28) GLOBAL COAL TO CLEAN POWER TRANSITION STATEMENT. UN Climate Change Conference UK 21 in partnership with Italy. 04.11.2021, <https://ukcop26.org/global-coal-to-clean-power-transition-statement/> (accessed: 31 October 2022)
- (29) United Nations. (2021). FCCC/PA/CMA/2021/10/Add.1. Glasgow Climate Pact, (パラ 20).
- (30) IEA. (October 2021). Phasing Out Unabated Coal. Current Status and Three Case Studies.
- (31) Carbon Brief. Mapped: The world's coal power plants. March 26, 2020. <https://www.carbonbrief.org/mapped-worlds-coal-power-plants/> (accessed: 31 October 2022)
- (32) CHINA RELEASED THE "14TH FIVE-YEAR PLAN FOR A MODERN ENERGY SYSTEM. Sino-German Cooperation on Biodiversity, Climate and Environment. March 24.2022. <https://climatecooperation.cn/climate/china-released-the-14th-five-year-plan-for-a-modern-energy-system/> (accessed: 31 October 2022)
- (33) IEA. (December 2021). Coal 21. Analysis and forecast to 2024.
- (34) Global Coal Plant Tracker。 Global Energy Monitor. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker/> (accessed: 31 October 2022)
- (35) Government of India. Minister of Coal. COAL – INDIAN ENERGY CHOICE. <https://>

- coal.nic.in/en/major-statistics/coal-indian-energy-choice (accessed: 31 October 2022)
- (36) Bhawan, S. (2022). Government of India. Ministry of Coal. Subject: Demand of Coal forecasting/energy matters tracking. File No. 17214/2/2021-EA. New Dhi. Dated the 20/19th.May. 2022. <https://coal.gov.in/sites/default/files/2021-01/coal-demand-projections20052022.pdf> (accessed: 31 October 2022)
- (37) Ministry of Power, Governemnt of India. (2022). Power Sector at a Glance ALL INDIA. Installed GENERATION CAPACITY (FUELWISE) AS ON 30.06.2022. <https://powermin.gov.in/en/content/power-sector-glance-all-india> (accessed: 31 October 2022)
- (38) Proctor,D. (September. 26. 2022). India Power Minister Says Country Add More Coal-fires Power Plants. Power. <https://www.powermag.com/india-power-minister-says-country-will-add-more-coal-fired-plants/> (accessed: 31 October 2022)
- (39) Europe Beyond Coal. (14 July 2022). EUROPE'S COAL EXIT, OVERVIEW OF NATIONAL COAL PHASE OUT COMMITMENTS, Last updated: 14 July 2022. <https://beyond-coal.eu/europes-coal-exit/> (accessed: 31 October 2022)
- (40) Mills, S. (2022). DECARBONISING EASTERN EUROPE, PRESENTATION FOR JOGMEC, MAR 2022, International Centre for sustainable coal, JOGMEC
- (41) IEA. (2022). Carbon Capture, Utilisation and Storage Tracking report — September 2022. <https://www.iea.org/reports/coal-fired-electricity>
- (42) IPCC. (2005). Carbon Dioxide Capture and Storage.Bert Metz, Ogunlade Davidson, Heleen de Coninck, Manuela Loos and Leo Meyer (Eds.) Cambridge University Press.
- (43) IEA. (2016). 20 years of Carbon Capture and Storage Accelerating future deployment. Published on November 22.2016.
- (44) Offshore Technology. (21 July 2002). Snøhvit Gas Field. The Snøhvit development comprises three fields – Snøhvit, Albatross and Askeladd. These lie in the Baren. <https://www.offshore-technology.com/projects/snohvit-field/> (accessed: 31 October 2022)
- (45) Dakota Gasification Company.CO<sub>2</sub> CAPTURE AND STORAGE. <https://www.dakotagas.com/about-us/co2-capture-and-storage/> (accessed: 31 October 2022)
- (46) CARBON NEUTRAL COALITION. Chevron's Gorgon CCS Project Misses Target. <https://carbonneutralcoalition.com/> (accessed: 31 October 2022)
- (47) Global CCSI. (2021). Global Status of CCS 2021, ネットゼロに向けた CCS の加速 .
- (48) Valiaho, B. (August 13. 2020). Blog. Let's Be Clear, Petra Nova's Carbon Capture System Works. International CCS Knowledge Centre. <https://ccsknowledge.com/blog/lets-be-clear-petra-novas-carbon-capture-system-works> (accessed: 31 October 2022)
- (49) 藤原勝憲 . ペトラ・ノヴァ・CCUS プロジェクト\* – 石炭火力発電所排ガスからの CO<sub>2</sub> 回収および老朽化油田の原油増産 – . 石油技術協会誌 . 第 84 巻 第 2 号 . (平成 31 年

3月). pp.114 ~ 122

- (50) Srisanga, W., Brucea, C., Giannarisa, S., Jacobs, B. (2018). Maximization of Net Output for Boundary Dam Unit 3 Carbon Dioxide Capture Demonstration Project. 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-14 21st -25th October 2018, Melbourne, Australia
- (51) 横山 隆壽. (2014). CCS (二酸化炭素の回収と貯留) の現状と展望. 2014年8月1日 キャノングローバル戦略研究所. [https://cigs.canon/article/pdf/150218\\_yokoyama.pdf](https://cigs.canon/article/pdf/150218_yokoyama.pdf) (accessed: 31 October 2022)
- (52) 経産省. (2022). CCS長期ロードマップ検討会 中間とりまとめ. (令和4年5月). 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課. [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/ccs\\_choki\\_roadmap/pdf/20220527\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ccs_choki_roadmap/pdf/20220527_1.pdf) (accessed: 31 October 2022)
- (53) United States Government Accountability Office. (2021). Report to Congressional Committees, Carbon Capture and Sequestration, Actions needed to Improve DOE Management of Demonstration Projects. GAO - 22 -105111, December 2021.
- (54) US. (2008). H.R.6049 - Energy Improvement and Extension Act of 2008, Subtitle B: Carbon Mitigation and Coal Provisions - (Sec. 111)
- (55) IRC (Internal Revenue Code) Sec. 45Q. Credit For Carbon Oxide Sequestration
- (56) US. Whitehouse, Council on Environmental Quality Report to Congress on Carbon Capture, Utilization, and Sequestration. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/CEQ-CCUS-Permitting-Report.pdf> (accessed: 31 October 2022)
- (57) Grubbs, E. Rumsey, A. B., Shenkman, E.G., Grey, S., Israel, B.D. (December 30, 2021). The Infrastructure Investment and Jobs Act—Carbon Capture Utilization and Storage, Environmental Edge: Climate Change & Regulatory Insights. Arnold & Porter. <https://www.arnoldporter.com/en/perspectives/blogs/environmental-edge/2021/12/iija-carbon-capture-utilization-and-storage> (accessed: 31 October 2022)
- (58) UK Government. (2020). The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution (Point 8: Investing in Carbon Capture, Usage and Storage), Building back better, supporting green jobs, and accelerating our path to net zero, November 2020
- (59) UK Government. Department for Business, Energy & Industrial Strategy. (2020). Carbon Capture, Usage and Storage An update on business models for Carbon Capture, Usage and Storage, December 2020.
- (60) Gov.UK. Policy Paper Contracts for Difference. (Updated 13 May 2022). <https://www.gov.uk/government/publications/contracts-for-difference/contract-for-difference> (accessed: 31 October 2022)

# テキストマイニングを用いた環境研究所紀要の内容分析

## Content Analysis of the Bulletin of Musashino University Institute of Environmental Sciences Using Text Mining

伊藤 伸也\*  
Shinya Ito

### 1. はじめに

本稿は、武蔵野大学学術機関リポジトリ<sup>1)</sup>に登録されている、武蔵野大学環境研究所紀要（以下、「論文」とする。）を、テキストマイニングを用いて内容分析を試みたものである。

論文は2012年3月1日に第1号が発行されて以降毎年度発行が継続し、直近では2022年2月28日に第11号が発行した。この11年間の論文には、論文数として計94報の知が蓄積されている。著者が本校大学院博士後期課程在籍時に、次の2点について考える場面が多々あったのだが、残念ながら答えを見出せずに課程を修了することとなった。

環境研究所は

- ① どのような視点から環境にアプローチをしているのか
- ② どのような環境研究領域に強みを有しているのか

今般、論文のタイトルおよび本文に出現する語を抽出し、その語のつながりを視覚的に表示することで、上記①②に対する自身の解を見つけるヒントを得ることができるのではないかと考えた。語と語を視覚的に結びつけるツールであるテキストマイニングを活用し、論文の内容分析を試みたので報告をする。

### 2. 分析方法

#### ①分析ツールと対象論文

分析ツールには、「KH Coder<sup>2)</sup>」を用いた。また分析の対象論文は、武蔵野大学学術機関リポジトリに登録されている紀要で、日本語で書かれた計90報<sup>\*1)</sup>とした。

\* 環境研究所 客員研究員

受理日：(2022年10月29日)  
発行日：(2023年3月1日)

## ②分析手順

分析は以下の手順で実施した (図1)。

手順1：分析対象の論文の「発行号，タイトル (日本語)」を Excel ファイルに抽出し，分析の基礎データ (以下，「基礎データ」とする.) を整理した (図2)。

手順2：KH Coder を起動し，ツールバーにある「前処理 (R)」の“テキストのチェック”および“前処理の実行”の順に実行した。

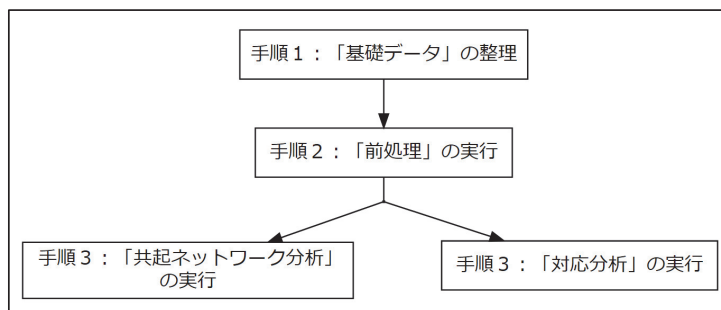
手順3：手順1，2の基礎データを用いて，“共起ネットワーク \*2) 分析”および“対応分析 \*3)”を実行した。

\*1) 各号の目次では計94報が掲載 (2022年8月1日現在) されていたが，実際に閲覧可能な論文は91報，そのうち1報は英語論文であり，差し引き計90報を分析対象と設定した。

\*2) 共起ネットワークとは・・・一つ一つの文書で出現する単語「抽出語」のうち，「距離」が近いか遠いかを計算し，図示したもの<sup>3)</sup>。

\*3) 対応分析とは・・・対応分析では原点 (0,0) 付近に特徴のない，どこにも出現する語が集まるのに対して，原点から離れた語からはデータの特徴が読み取れるもの<sup>4)</sup>。

(図1) 分析手順



(図2) 基礎データの Excel サンプル

1	号	タイトル
2	1	2011年夏 武蔵野大学本部校地における放射線量測定
3	1	ポスト京都議定書における「数値目標」の考え方：過度の予防原則からの脱却
4	1	メリトの鑑賞 (Inv.no.S.8493、トリノ博物館蔵) について
5	1	国立大学法人発行環境報告書の現状分析
6	1	持続可能な社会を構築するための教科「家庭」に求められる階層と連結概念：改正学習指導要領を有効に機能させるために
7	1	武蔵野大学における防災情報に関する研究 その5 自治体が提供する外国人向け防災情報の分析をふまえた留学生向け 防災情報リーフレットの作成
8	2	環境学を専攻する学生を対象としたライフヒストリー研究
9	2	環境文化によって解釈された緑海と地中海周辺の地域風
10	2	企業における温室効果ガス削減費用の算出方法に関するアンケート調査
11	2	旧西本組本社ビル
12	2	暑害による受信障害の緩和対策を施したパラボラアンテナのライフサイクルインベントリ分析
13	2	武蔵野大学キャンパスおよび周辺地域における放射線量測定と除染の展望
14	2	和歌浦「あしべ屋別荘」と夏目漱石
15	3	温室効果ガスの削減費用の計算方法
16	3	価値共創の場が涵養する学生の主体的な学習意欲について：体験学習型授業「自然環境教育演習1」のアプローチ
17	3	旧西本組本社ビルの建造年代と平面の分析
18	3	時間的展望と環境意識や行動との関係
19	3	地域自然エネルギーの導入がもたらす社会への影響：相乗効果の重要性
20	3	東京湾岸・主要河川河口地域における放射線量測定
21	3	武蔵野大学における防災情報に関する研究 その6 東日本大震災発生直後の学生の状況

③ 分析条件

前記分析手順で示した基礎データを加工・整理するにあたり、特記すべき条件を表1に示す。

(表1) 分析実行における特記事項等

項目	条件等
分析対象とした論文の箇所	<ul style="list-style-type: none"> <li>共起ネットワーク分析では、論文の日本語タイトルを分析対象とした。</li> <li>対応分析では、「抽出語：タイトル（日本語）と外部変数：号」を分析対象とした。</li> </ul>
分析の対象とした語	品詞による語の取捨選択で、「名詞」および「サ変名詞」を分析対象とした。
共起分析の条件（図3-1）	<ul style="list-style-type: none"> <li>最小出現数：2</li> <li>現在の設定で利用される語の数：113</li> <li>描画する共起関係(edge)の選択：上位150</li> </ul>
対応分析の条件（図3-2）	<ul style="list-style-type: none"> <li>最小出現数：3</li> <li>現在の設定で利用される語の数：53</li> <li>バブルプロット：バブルの大きさ100%</li> <li>原点を表示</li> </ul>

図3-1 共起分析の条件設定

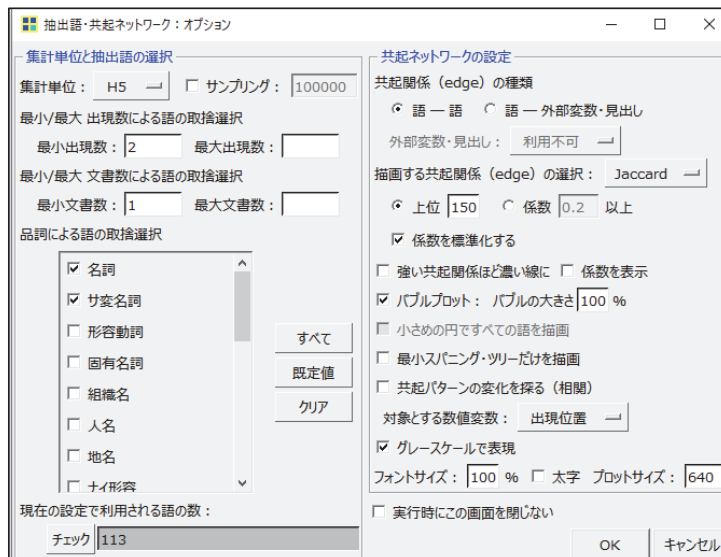
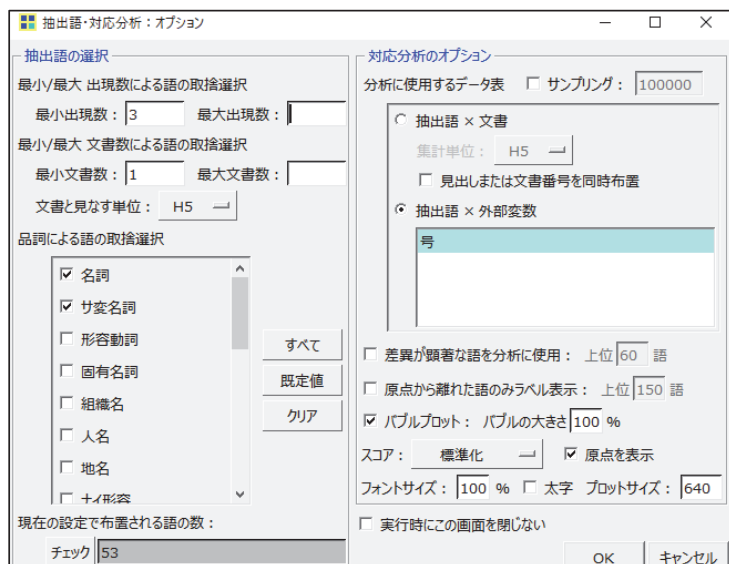




図 3-2 対応分析の条件設定



### 3. 分析結果

#### ① 共起分析

前章の分析方法に基づき実行した結果を図 4 に示す。本結果より、次の領域での研究報告が多く見られた。

- ・ オゾン、水銀、大気、放射線などの自然科学の領域
- ・ 学生の教育や学習または行動や意識のアンケートや調査に関する領域
- ・ ライフサイクルや企業の温室効果ガス削減費用などの環境経済に関する領域
- ・ 防災に関する領域
- ・ 史跡や建築に関する領域

など

#### ② 対応分析

前章の分析方法に基づき実行した結果を図 5 に示す。本結果より、発行号と出現語に次の特徴が見られた。

- ・ 第 1 号、第 2 号、第 3 号、第 4 号で比較的近接した位置でまとまりが見られた。
- ・ 第 5 号が原点近くに位置していた。
- ・ 第 6 号、第 7 号、第 8 号で比較的近接した位置でまとまりが見られた。
- ・ “環境”という語が原点付近に位置し、かつ頻出語として確認された。
- ・ 第 9 号、第 10 号、第 11 号はそれ以外の号と離れた箇所に位置していた。また、共通的な出現語も少なく、多様な領域でのテーマでの論文が発表される傾向が確認された。

図4 共起分析のアウトプット

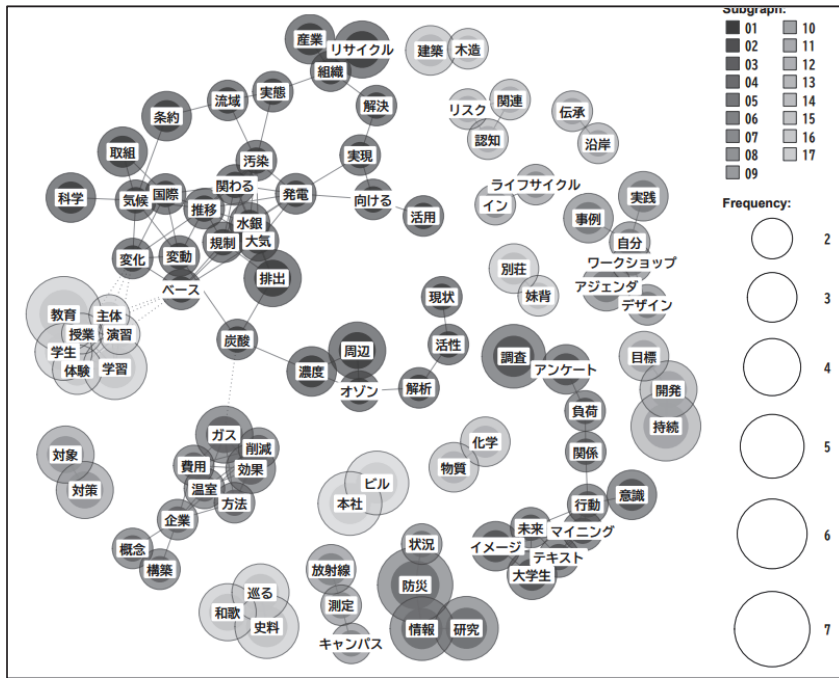
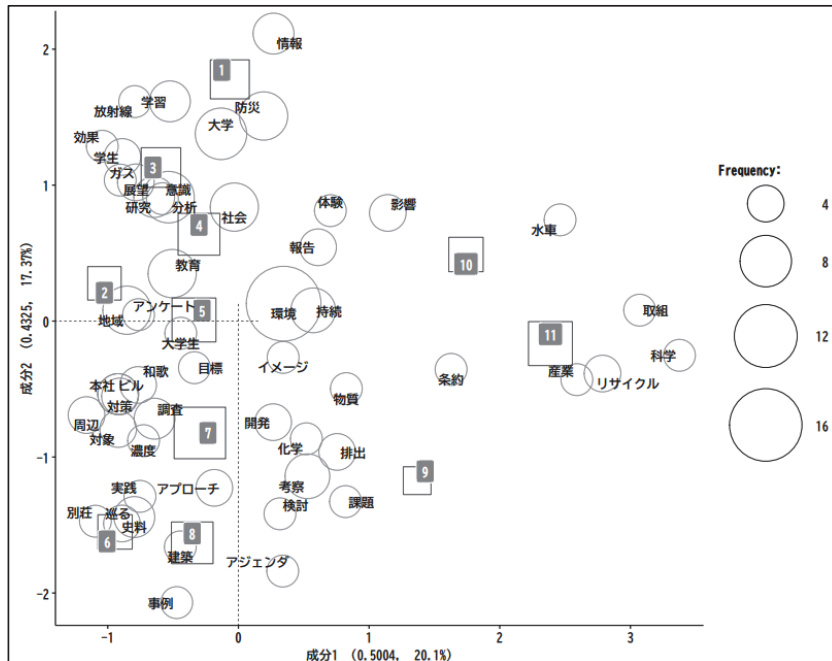


図5 対応分析のアウトプット



#### 4. まとめ

本稿では、武蔵野大学学術機関リポジトリに登録されている論文について、テキストマイニングを用いて共起分析および対応分析を試みた。以下、本稿の研究目的である「環境研究所は、どのような視点から環境にアプローチをしているのか」および「環境研究所は、どのような環境研究領域に強みを有しているのか」について考察した。

共起分析から見えてきたこととして、自然科学の領域、学生へのアンケート調査に関する領域、環境経済に関する領域、防災に関する領域、史跡や建築に関する領域などを主な研究分野とするテーマが多く確認できた。研究目的の一つ目である“環境研究所は、どのような視点から環境にアプローチをしているのか”については、この共起分析の結果が一つの解と考える。次に、対応分析から見えてきたこととして、研究目的の二つ目である“環境研究所は、どのような環境研究領域に強みを有しているのか”について整理した。先ず、図5に示されている通り、原点付近に“環境”という語が大きなバブルチャートで出現している。当たり前のことかもしれないが、“環境”を中心に据えた研究者集団ということが確認できた。さらに、第1号、第2号、第3号、第4号が図5の左上箇所にとままりが確認できた。このまとまりの特徴としては、放射線や防災に関するテーマや語の繋がりが認められた。論文は2012年3月1日に第1号が発行されたが、この前年の2011年3月11日に東日本大震災が発生したことが、放射線や防災をテーマとした論文が多く出されたと推察する。第6号、第7号、第8号で図5の左下箇所にとままりが確認できた。このまとまりの特徴としては、建築領域や環境経済領域のテーマが以前よりも多く出されてきたことが言える。そして、第9号、第10号、第11号はそれぞれ独立した位置で存在していることが確認できた。このことは、環境学が如何に広域におよぶ学問領域を扱っているかという点と、環境学研究所の専門領域の多様性、つまり強みを有しているという点を示していると考ええる。

今回の紀要にて、課程在籍中にやり残したことを整理し、自身の解を示せたことは一定の成果と考える。同時に、一定期間ごとに、一定量の論文をテキストマイニング分析することで、過去から現在までの傾向や強み、または強化が求められる分野の特定などを戦略的に考える一つの材料として十分活用できるのではないか、ということも感じた。

#### 参考文献

- 1) 武蔵野大学学術機関リポジトリ「環境研究所紀要」,  
[https://mu.repo.nii.ac.jp/index.php?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_snippet&index\\_id=45&pn=1&count=20&order=17&lang=japanese&page\\_id=13&block\\_id=21](https://mu.repo.nii.ac.jp/index.php?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_snippet&index_id=45&pn=1&count=20&order=17&lang=japanese&page_id=13&block_id=21) (2022年8月10日参照)
- 2) KH Coder, <http://kncoder.net/dl3.html> (2022年8月10日参照)
- 3) 統計ER「共起ネットワーク - KH Coderによるテキストマイニング」,  
<https://toukeier.hatenablog.com/entry/2019/08/19/203408#%E5%85%B1%E8%B5%B7%E3%83%8D%E3%83%83%E3%83%88%E3%83%AF%E3%83%BC%E3%82%AF%E3%81%A8%E3%81%AF> (2022年8月10日参照)

- 4) 樋口耕一「言語研究の分野における KH Coder 活用の可能性」,  
計量国語学 31 巻 1 号（2017 年 6 月） pp.36-45



# 拡大生産者責任からみた家電リサイクル法の評価と改革方向 ～再生資源の行方、責務の分担および産業組織～

Study of Home Appliance Recycling Law in terms of  
Extended Producer Responsibility  
～ Whereabouts of recycled materials, Balance of responsibilities  
and Industrial organization ～

武山 尚道\*  
TAKEYAMA Hisamichi

## はじめに

消費財のリサイクルは循環型社会を構築するための鍵であり、エアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機の家電4品目については特定家庭用機器再商品化法（以下、家電リサイクル法）が2001年に施行され、今日に至っている。わが国の家電リサイクル法は、拡大生産者責任の適用をベースとした制度設計がなされているとされる。しかし、その具体的な仕組は、生産者は物理的な責務のみを担い、経済的な責務はリサイクル料を支払う排出者が負っているという点で、基本的に生産者が双方の責務を負う諸外国の制度とは異なっている。その上、リサイクル料金が後払いであるのも日本での大きな特徴である。これらによって生じるさまざまな問題点は法の施行開始時から指摘されており、適時見直し検討が求められてきた。しかしながら、この日本型制度は現在に至るまで変わらない。特に、生産者が経済的な責務を負わないという点についてはほとんど論じられない状況である。また、リサイクル料金の妥当性の確認もほとんど形式的作業に留まっている。とくに、料金の低減につながるリサイクルの効率化に関しては、廃棄家電の回収から再商品化までの工程が極めて非競争的かつ固定的な産業組織となっていて、競争原理が働いていないことは全く議論されない。

そして、そもそもの問題として、生産者の責務である「リサイクル」の内容がどうであるのか、そしてその先の過程でどのように再生資源として利用されているのか、あるいはされていないのか、ということについても明らかでない。実態を追っていくと、法律でいうところの「再商品化」がなされただけでは、真の意味でリサイクルされたとは言いきれない状況が浮かび上がる。家電リサイクル法の正規ルートで再商品化されたものが廃棄物同様の状態で輸出され、海外での環境汚染にも影響を与えている可能性は否定できない。

以上に述べたことは、拡大生産者責任との関係のもとに評価・検討されなければならない。拡大生産者責任の原則は、本来、商品の製造・販売事業者がリサイクルから最終処分まで責任を負い、それに必要なコスト（環境コスト）を自身の内部費用として取り込む。それによる製造・販売原価の上昇分は製品価格に反映され、その結果として、排出者である消費者による環

\* 環境研究所 客員研究員

受理日：(2022年10月27日)  
発行日：(2023年3月1日)

境コストの分担、環境コストの大きな商品の需要縮小および企業による商品や技術の転換が生じ、最終的に環境負荷の大きな物質の使用が抑制される。そうした効果があることからこそ、循環型社会づくりのための重要な原則とされてきたはずである。

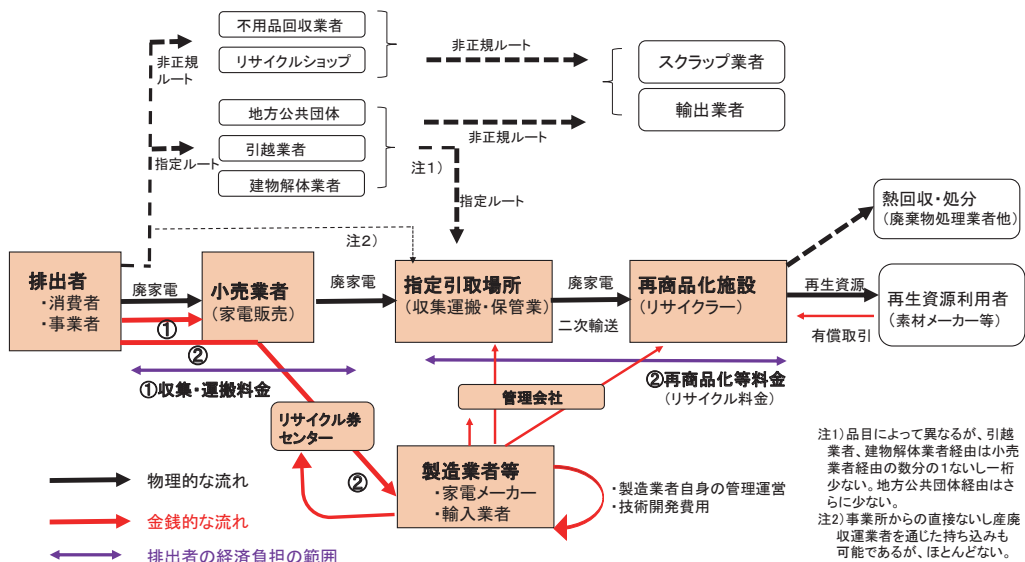
しかしながら、家電リサイクルの実情をみると、拡大生産者責任の貫徹によって期待されるはずの効果が発揮されているとはいえない。その大きな理由は、排出者と家電メーカーの両者が負う責務がバランスを欠いているためではないか。本論考では、以上のような問題意識のもとに、公表資料から再商品化とそのコストなどを分析することによって家電リサイクル法の運用実態を評価し、制度の改正に向けた考え方を提示する。

## 1. 家電リサイクル法の特徴とそれを巡る議論

### (1) 制度の概要

家電リサイクル法はエアコン、テレビ（ブラウン管式及び薄型テレビ）、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・衣類乾燥機の4品目を対象とする。使用済みになったそれらの家電の廃棄からリサイクルに至るモノとカネの基本的な流れは、図表1に示すとおりとなっている。

図表1 家電リサイクル法における排出からリサイクルまでの流れ



消費者や事業所から生じた家電廃棄物に対しては、過去にそれを販売したか、買い替え時に同種家電を販売した小売業者が、排出者の求めに対して引き取る義務を負っている。そのとき、排出者は廃家電の①収集・運搬料金と②リサイクル料金を小売店に支払う。廃家電を引き取った小売業者は、中古品として利用したり販売したりする者に譲渡する場合を除いて、それを製造・販売した「製造業者等」（家電メーカーや輸入業者、ここでは「生産者」と呼ぶ）に引き渡すことが義務付けられている<sup>1</sup>。その際に小売業者は①の排出者から徴収した収集・運搬料金を充てる。生産者は廃家電に対する引取義務とそれらをリサイクルする「再商品化等実施義

<sup>1</sup> 対象となっている廃家電の製造業者等が明らかでないときは「指定法人」に引き渡すが、それは数量的に少ないのでこ

務」を負っている。ただし、自身で行うのではなく、既存の収運・保管事業者などが運営する「指定引取場所」と「再商品化施設」（既存のリサイクル業者や生産者が設立したリサイクルプラント）の運営者（ここでは「リサイクラー」と呼ぶ）に委託して再商品化を行う。この再商品化に要する費用は排出者が支払った②のリサイクル料金が充てられる。具体的には、小売店が徴収したリサイクル料金を（一財）家電製品協会が運営するリサイクル券センターのシステムを通じて生産者に渡し、生産者が指定引取場所やリサイクラーに委託料を支払う形となっている。リサイクル券センターの運営費もリサイクル料金で賄われる。

さらに、多数ある生産者はAグループ、Bグループに分かれて、それぞれのグループが委託先との契約や支払いのための管理会社を設立しており、その運営費もリサイクル料金で賄われる。また、リサイクル料金は生産者の家電リサイクルに関する企画・運営や技術開発に要する費用にも充てられている。

## （2）制度の特徴

以上のようなわが国の家電リサイクル法の仕組みは、欧米やそれ以外の諸外国とかなり異なっている。以後の議論に関する重要な論点は次のとおりである。

### ① 生産者と排出者の責務の範囲

家電リサイクル法は拡大生産者責任の導入を標榜している。ここでいう「責任」は、リサイクルに必要な費用の負担である「経済的責務」と物理的にリサイクルするという意味での「物理的責務」の両面からなるとされる。そして、家電リサイクル法においては、排出者である家電の利用者（消費者や事業者）が指定引取場所に引き渡す時にリサイクル料金を支払うことによって「経済的責務」を担い、生産者は集められたリサイクル料金をリサイクラーに渡し、そこで再商品化を行うことによって「物理的責務」を果たす仕組みとなっている。また、排出元から指定引き取り場所までの運搬費用も排出者が支払うことになっている。このように、生産者は物理的責務のみを負い、経済的な責務は負わないことが家電リサイクル法の大きな特徴である。

### ② リサイクル料金の水準と支払い形態

リサイクル料金の水準は、再商品化に要する費用を基本に、再商品化された資材の取引価格の見通しを加味するによって決定される。いわゆる「フルコスト・プライシング」であり、そこには料金を支払う消費者側が介在する余地はない。政府の審議会がチェックする仕組みはあるが、情報の非対称性の存在によってチェック機能は弱いと言わざるを得ない。

### ③ 「リサイクル」および「リサイクル率」の考え方

生産者の責務は物理的な側面に限られているが、その範囲は「再商品化」がなされるところまでとなっている。「再商品化」とは、廃家電からフロンを抜き取り、解体、分別、破碎、裁断などの加工を行い、素材別に仕分けして、鉄、銅、アルミなどの金属類や、非鉄金属類、プラスチック類などに分離し、有償ないし無償で引き取られる状態にまですることである。ただし、その形態はそのまま製品に使えるものではなく、金属・非金属の混合物やプラスチックに

---

では省略している。また、引越しや業者や建物解体業者も、廃棄された家電は小売業者を通じてリサイクルルートに乗せることが義務付けられている。



金属類が混ざる混合物などもある。プラスチックには複数の種類が混じった混合プラスチックもある。家電メーカーがこのような状態での再商品化された資材を直接的に調達することはほとんど想定されず、基本は、金属メーカー、精錬会社やプラスチック製造業者などが買い取って製品に使える再生材料にする。再商品化物の有償・無償での譲渡先は法律の範囲外で、とくに縛りはない。

家電リサイクル法では、生産者等にとってのリサイクル目標となる基準（「再商品化等基準」という）を「再商品化率」として示している。これは指定引取場所に集められて再商品化の対象とされた廃家電の重量を分母とし、実際に「再商品化」できたものの重量を分子とした数値で、焼却（熱回収）されたり廃棄物として最終処分されたりした量は含まない。再商品化率はエアコン 80%以上、薄型テレビ 74%以上、冷蔵庫・冷凍庫、70%以上、洗濯機・衣類乾燥機 82%以上となっており（2015 年度以降の基準値）、十分にクリアされている状況にある。

#### ④ リサイクル法による正規ルートからの漏れ

使用済み家電のうちのすべてが上述のような家電リサイクル法の枠組みでリサイクル（再商品化）ルートにのるのではない。家庭や事業所から排出された廃家電のうち指定引取場所に運ばれるものの割合を台数ベースでみると、エアコンや薄型テレビでは5割から6割程度に留まっている<sup>2</sup>。それ以外の廃家電の多くは非正規ルートに流れる。すなわち、不用品回収業者に引き取られたりして最終的にスクラップ業者や中古品輸出業者のところに集まり、中古品やスクラップとしてその多くが輸出されている。

### (3) 制度を巡る議論の概要

以上のような特徴を有する家電リサイクル法については、それが施行された 2001 年当時においていくつかの問題点が指摘され、制度の大きな改正を視野に入れた検討を行うこととされていた。実際に、環境省および経済産業省が所轄する国の審議会を中心に現在まで議論がなされてきた。そこで主として取り上げられてきたのは次のような論点である。

- 拡大生産者責任における生産者の責務が物理的側面に留まっていることの妥当性
- 不法投棄を誘発するリサイクル料金の後払い方式の妥当性
- リサイクル料金の明確化と、その低減に向けた事業者側の取り組みの担保（これに関連して、リサイクラーの収益や契約形態なども論点となった。）
- 不用品回収業者に流れる使用済み家電への対応（制度からの漏れとスクラップ輸出問題）

このうち「拡大生産者責任」については、その概念整理や海外の制度との比較などが詳細に行われ、日弁連など外からのアピールもあったものの、次第にとり上げられなくなってきた。これに対して、リサイクル料金の支払い時点に関しては、前払い方式との長短やデポジット制度との比較検討などが継続的に行われてきた。しかし、当初から後払いを支持する事業者側からの声が支配的であり、議論は不法投棄への対応のほうに移っている。リサイクル料金の透明

<sup>2</sup> 「令和 2 年度における家電リサイクル法に基づくリサイクルの実施状況等について」における使用済家電のフロー推計では、家庭・事業所からの排出台数と指定引取場所での引取台数は、エアコンがそれぞれ 754 万台と 385 万台、液晶式・プラズマ式テレビでは 534 万台と 300 万台、冷蔵庫・冷凍庫では 399 万台と 371 万台、洗濯機・衣類乾燥機では 485 万台と 448 万台となっている。

化と低減については、比較的早いうちから政府が事業者側のコスト構造を調査・公表し、審議会で専門家が検討するという仕組みが導入され、現在に至っている。しかし、公表データには伏せられているものも多く<sup>3</sup>、審議会等での検討も低調と言わざるを得ない。また、不用品回収業者への流出とそれによるスクラップの輸出問題については、経済産業省が使用済家電のフロー推計結果を公表しているものの、本格的な議論は避けられている。

#### (4) リサーチクエスト

##### ～「リサイクル」の実態および消費者と生産者の負担問題～

以上にみたように、家電リサイクル法はいくつもの検討課題を抱えているものの、それらに関して数量的な分析をもとにした十分な議論が行われているとは言い難い。調べるべき問いは次のように分けることができる。

#### ① 家電リサイクル法の枠組みは資源の循環にどこまで寄与しているか

まず重要なのは、生産者は物理的な面で資源の再利用までの責任を果たしていると言われるが、現実問題として、それが循環型社会の形成にどこまで寄与しているのかということである。これはさらに2つの問題に分かれる。一つは、家電リサイクル法の正規ルートによるリサイクルが全排出量にどれだけの部分をカバーしているかという点である。二つ目は、非常に高い数値を示す廃家電の「再商品化率」がほんとうにリサイクルの実態を示しているのかという点である。換言すれば、再商品化されたものの内容と行先に関する問題である。

#### ② 拡大生産者責任からみた制度の合理性とリサイクル料金

もう一つの問いは、家電リサイクルの仕組みが合理性を確保しているのかという点である。これも2つに分けることができる。一つは生産者が負っている物理的な責務と排出者である消費者・事業者の経済的な責務がバランスの取れたものになっているかどうかという問題である。二つ目はリサイクルの効率化推進に関する問いである。拡大生産者責任に基づくリサイクル制度は対象物をリサイクルしやすいものに変えていく方向に作用する。それはリサイクル工程の単価の引き下げにつながり、排出者が支払うリサイクル料金にも反映されるはずである。しかし実際には、リサイクル料金は固定的かつ完全横並びである。それは何故なのかという疑問である。以下に、ここに掲げた疑問を公表されている数字によって明らかにしていきたい。

## 2. 論点その1：家電リサイクル法の枠組みは資源の循環にどこまで寄与しているか

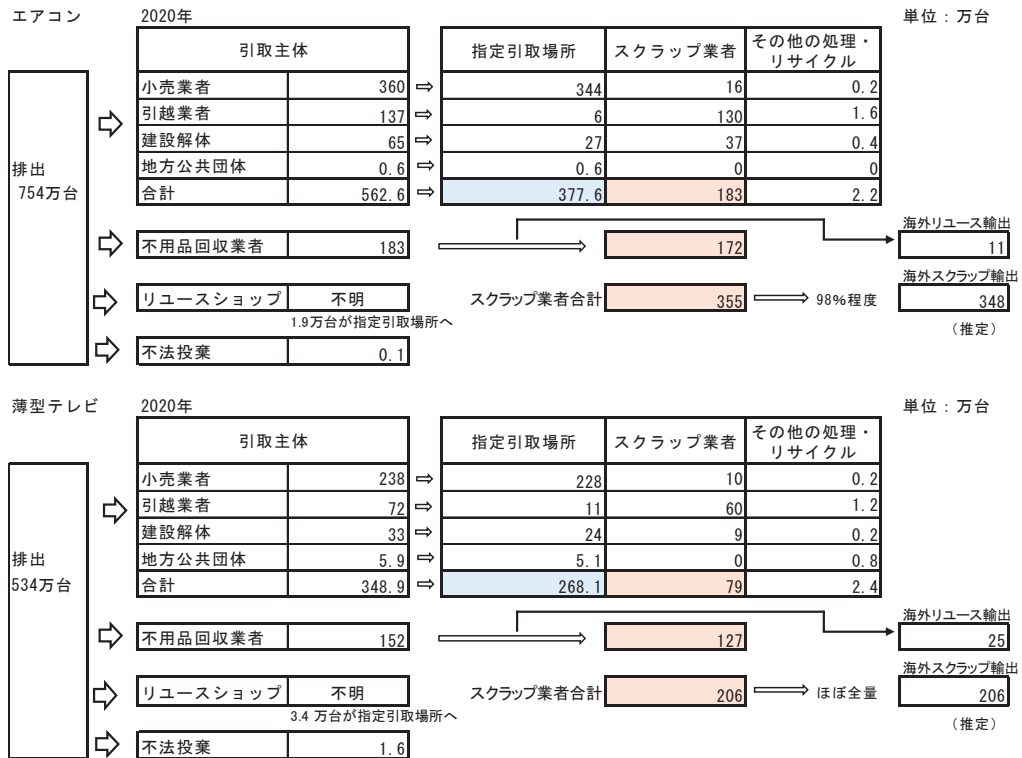
### (1) 法律に基づいて処理・リサイクルがされている廃家電の割合

排出された使用済み家電はすべて家電リサイクル法の枠組みで処理・リサイクルされているわけではない。国の資料から2020年のエアコンに関する推計データをみると<sup>4</sup>（図表2上）排出された754万台のエアコンのうち、小売業者経由をはじめ定められたルートを経由する家電は約560万台である。しかし、そのうち指定引取場所に集められる家電は378万台に留まり、本来は指定引取場所に行くべき183万台がスクラップ業者に渡っている。その他、はじめから

<sup>3</sup> 政府の審議会資料においても、生産者等の側における再商品化費用構造に関する情報が十分に開示されていない。4品目全体でしか提供されない情報があり、また、年によって開示される情報の範囲が割られるなどの状況がある。リサイクラーの再商品化物の販売収益も、開示されない年が多い。

<sup>4</sup> 経済産業省・環境省2）。

図表2 廃家電の行き先 エアコンと薄型テレビ 2020年



正規ルートを逸脱し、不用品回収業者などを經由してスクラップ業者に行くエアコンが172万台ある。その結果、合わせてスクラップ業者を經由して350万台程度が海外に輸出されている。家電リサイクル法がカバーするのは、実際には半分程度にすぎない。

液晶やプラズマによる薄型テレビについても状況は同様である（図表2下）。排出された534万台のうち、指定引取場所に集められるのが268万台、本来のルートを外れてスクラップ業者に流れるのが79万台あり、不用品回収業者経由の127万台を含めて、最終的にスクラップ業者にわたるのが206万台となっている。カバー率はここでも半分に過ぎない。

注目すべきは、引越しに際して生じた廃家電のほとんどが、引越業者からスクラップ業者に流れていることである。建物解体で発生する廃家電についても、一部は解体業者からスクラップ業者に流れている。引越業者や解体業者は、本来は排出者に対して事前に小売店に引き取ってもらうよう呼びかけ、そうならないときは業者を手配して、指定引取場所に運ぶよう

図表3 廃家電の行き先の経年変化 エアコン、薄型テレビ、冷蔵庫・冷凍庫

	年度	家庭・事業所からの排出	指定引取場所経由による再商品化	スクラップ合計 (海外及び国内)	スクラップ	
					海外	国内
エアコン	2016年度	1.00	0.42	0.51	0.50	0.01
	2017年度	1.00	0.43	0.52	0.51	0.01
	2018年度	1.00	0.47	0.50		
	2019年度	1.00	0.51	0.44		
	2020年度	1.00	0.51	0.47		
薄型テレビ	2016年度	1.00	0.50	0.35	0.35	0.00
	2017年度	1.00	0.56	0.21	0.21	0.00
	2018年度	1.00	0.50	0.39		
	2019年度	1.00	0.53	0.36		
	2020年度	1.00	0.55	0.39		
冷蔵庫・冷凍庫	2016年度	1.00	0.75	0.23	0.15	0.08
	2017年度	1.00	0.77	0.19	0.16	0.04
	2018年度	1.00	0.87	0.11		
	2019年度	1.00	0.93	0.03		
	2020年度	1.00	0.91	0.06		

に手続きする必要がある。しかし、そうした決まりが守られていない場合の多いことがここからわかる。

ここ数年の経年変化をみても、図表3が示すように、こうした状況はほとんど変わっていない。冷蔵庫・冷凍庫のように再商品化される割合が次第に上昇し、スクラップとして輸出される割合が顕著に減っている品目はあるが、全体としては家電リサイクル法に沿ってリサイクルされている割合には限界があり、それが改善に向かっていると言うことはできない。

## （2）再商品化された後の資源の循環利用

### ① 「リサイクル未満」の状態に留まる再商品化物

家電リサイクル法では、容器包装リサイクル法がそうであるように、廃棄されたものが加工されて再生資源となり、有償あるいは無償で引き渡されることをもってリサイクルされたとしている。生産者等の物理的な責務の範囲はここまでである。しかし、リサイクラーで再商品化された再生資源は、そのままでは製品づくりの素材とはならない。つまり、極端にいうとスチール、銅、アルミ、その他の非鉄金属、プラスチックなどの素材別に分離されただけであり、その形状は雑多で、シュレッダーにかけられたもの、モーターなど部品別に取り外されたもの、希少金属を含む電子基板として分離されたもの、圧縮されたもの、また、電線の束や金属の混合物や金属とプラスチックが混在したものもある。プラスチック類は分解・取り外されたもの、破碎選別された状態のものから粒状に加工された状態までさまざまである。とくに複数の種類のプラスチックが混じった混合プラスチックは再生資源として大きな問題があり、単一素材に分別する技術が大きな利用上のネックとなっている。

いずれにしてもリサイクルプラントからは多種多様な再商品化物が生まれ、鉄、非鉄の素材メーカー、製鉄会社、鉄鋼会社、金属精錬会社、プラスチックの素材メーカーなどに引き渡される。つまり、再商品化されたものを製品づくりの工程に投入するためにはもう一段階の工程が必要である。本来ならばもう一段階を経て、元の生産者やそのほかのメーカーによって加工・組立を中心とした生産工程に投入できる素材にするまでがリサイクルというべきであろう。しかしながら、家電リサイクルの場合はこの点が非常に曖昧である。容器包装リサイクル法では、金属会社や精錬会社などに相当する素材メーカー（例えば、PET フレークから繊維を製造する企業）が「再商品化製品利用事業者」として制度に組み込まれている。しかし、家電リサイクル法ではこれらの企業が制度から外れている。

### ② 再商品化物の循環利用の低迷

容器包装リサイクルの場合は、例えば廃棄PET ボトルをPET ボトルに再生しようとするボトル to ボトルの取り組みが進んできている。こうした循環的な利用の状況を家電についてみると、2009年前後の文献によれば、家電 To 家電の自己資源循環はほとんど進んでおらず、せいぜい手で分解されたプラスチックの単独素材くらいが再び利用されているだけの状況がうかがえる<sup>5</sup>。現時点で最も進んでいるのは、報告されている限りでは日立製作所における冷蔵庫ではないかと思われる<sup>6</sup>。そこでは2018年度において、リサイクルPP材の適用比率が従来

<sup>5</sup> 菱孝 他6)

<sup>6</sup> 松本達哉 他10)

の約 20% から約 50% までを拡大することができたこと、および今後は他の家電への適用拡大と PS や ABS などの異なるプラスチック材のリサイクル拡大を進める計画であることが述べられている。進んだ企業においても、まだごく一部の製品のそれも PP (ポリプロピレン) 樹脂に限られている状況がうかがえる。

この日立製作所のレポートは、自己資源循環を高めるため、リサイクル材メーカーが上質な原料をリサイクラーから確保することができるよう、リサイクラーと直接交渉していると述べている。これは、PET のボトル to ボトルを目指す飲料メーカーが、容器包装リサイクル法の枠組みを離れて、自社主導で自治体やリサイクラーとのネットワークを構築しつつあるのと軌を同じくしたものと見える。

### ③ 再商品化物が「ほぼ廃棄物」となっている可能性～輸出と実質逆有償～

家電リサイクルの大きな問題は、リサイクルプラントから次の工程を担う事業者には有償なし無償で引き渡された時点で「再商品化」がなされたという法律上の定義があるだけで、それは実際に利用された量ではなく、またその行先がわからないことである。

政府が審議会等に出している資料その他においてしばしば述べられているのは、廃家電の処理から生じる雑品スクラップ (鉄・非鉄・プラスチックなど雑多なものを含むもので、仮に有償取引されていても実質的には廃棄物) が中国をはじめ途上国へ輸出され、現地で金属へリサイクルされる過程で環境被害を起していることである<sup>7</sup>。ただし、それは「不用品回収業者その他のルートでスクラップ業者に渡った廃家電」について述べられているだけであり、正規ルートによって再商品化された廃家電に関する記述ではない。

しかし実際には、指定引取場所を経由してリサイクルプラントで処理され、有償・無償で引き渡されたとされるものの一部が、〈ほぼ廃棄物〉のかたちで輸出されている可能性が高い。それは、再商品化された再資源化物の種類別の数量とリサイクラーが再商品化物を売却した売上金額からかなり高い確度で推察できる。具体的に 2019 年度についてみると、再商品化物の種類別の物量を (一財) 家電製品協会が毎年公表している「家電リサイクル年次報告書」から計算すると、図表 4 に示すとおり全体で約 55 万トンである。このうち「その他有価物」とあるのはプラスチック類だと書かれている。

これらの再商品化物のうち、鉄、銅、アルミニウムについては、景気の状態や需給状態の変動によって変わるものの、一定水準の幅での買取相場がある。細分化された種類や仕様によって異なるが、例えば鉄は kg 当たり 40 円前後から 50 円、銅は 500 円から 900 円前後、アルミニウムは付着物がある低品位のものは 50 円、高品位のものは 200 円をやや下回る価格といったものである。これらについては、国内に引き取る企業とまとまった需要量がある。

これに対して、非鉄・鉄等混合物については、電線など有用なものが多い場合は値段が付くが、プラスチックくずが混じった雑品ものになると、きちんとした金属素材メーカーは引き取らないことが普通である。ブラウン管ガラスは、鉛の精錬向けの利用はあるが、受け入れ可能量は限られ、実質的には埋め立てられるか、土壌・砂の代替材にしかならず、むしろ鉛による

<sup>7</sup> 山岸千穂 8) ここでは、「廃棄物」の該否は「総合判断説」によるため、有価で取引が成立している雑品スクラップを「廃棄物」と判断することが困難になっていると、問題の本質を述べている。

土壤汚染の問題があり、全体としては逆有償での取引となっている。プラスチックについては、種類ごとに分けられたものについては50円から90円程度の値段がついている。ただし、破碎によって発生する混合プラスチックについては、上述した家電メーカーからの報告にみるように、ほとんど有効利用されていない。

一方、同年度にリサイクラーが再商品化物を売却した「有価物売却収入」は、経産省がまとめている「製造業者等の再商品化等費用の実績とその内訳に関する調査」によると約223億円となっている。家電品目別の内訳は図表4の下段に示すとおりである。

図表4 再商品化物の家電品目別・素材別の数量とリサイクラーの売却収入

再商品化量 (トン、2019年度)	4品目全体	エアコン	ブラウン管テレビ	薄型テレビ	冷蔵庫・冷凍庫	洗濯機・乾燥機
鉄	218,954	39,192	2,410	16,355	87,038	73,959
銅	18,731	9,272	957	361	3,736	2,811
アルミニウム	19,219	10,523	24	1,738	1,759	3,257
非鉄・鉄等混合物	101,352	50,699	69	716	26,453	18,081
ブラウン管ガラス	8,372		8,456			
その他有価物	174,154	25,314	5,153	17,181	58,850	54,685
合計	549,190	135,000	17,069	36,351	177,836	152,793
リサイクラーの有価物売却収入 (百万円、2019年度)	22,345	10,950	1,903		5,422	4,070

この2つのデータを使って4品目別に再商品化物の種類別の引取り価格を求めようとしても妥当な答えは得られない。つまり、上記の再商品化物の種類別の数量と妥当と思われる取引価格水準を前提とすると、リサイクラーの販売収入は350億円前後になって辻褄が合わない。鉄、銅、アルミといった必ず有償で引き取られるものを優先し、かつその水準を大きく下げて、さらに非鉄・鉄等混合物、ブラウン管ガラス、その他有価物の単価をゼロにすることによって、売却収入の実績に最も近づく<sup>8</sup>。

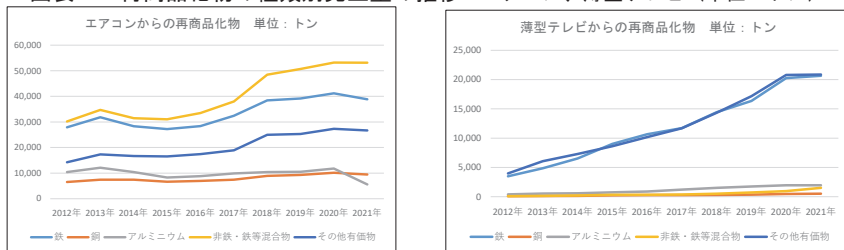
このことは何を意味しているのだろうか。それは、再商品化されたものが全体として適正な価格で販売されていないということであり、素材の種類ごとにみれば、実質的に逆有償で引き取られているものがあるということ以外には考えられない。ほぼ廃棄物状態のものでも、運賃などを含めた全体の売買契約の操作で、見かけは有価物にすることが行われているとされるが、ここでもその可能性はある。数量が多い「非鉄・鉄等混合物」や「その他の有価物」(プラスチック類)については、実質的に無償ないし逆有償で引き渡されているのであろう。ブラウン管ガラスも同様に考えられる。実際に、買い取り業者のホームページをみても、それらに関する買取価格の確実な情報がなく、「家電雑品スクラップ」は引取りしない、ないし相談という状況がみられる。「家電雑品スクラップ」は「非鉄・鉄等混合物」や「その他の有価物」に対応するものである。それらは再商品化されて有価物になったとしても、不用品回収業者を経由して輸出されたスクラップと同じように、ほぼ廃棄物の状態で輸出されている可能性が高い<sup>9</sup>。こ

<sup>8</sup> 羽田裕4)は経産省の協力を得て実施したリサイクラーへ2社のヒアリング調査をもとに、2001年時点における再商品化物の売却収益と台数、得られる再生素材の割合を4品目別、素材別に出している。そこから再商品化物のkg当たり単価を逆算すると、鉄8円、銅150円、アルミニウム177円～187円、非鉄・鉄等の混合物30円、ブラウン管ガラス11円となる。鉄の単価が低いことはかなり乱雑な雑品のものが多いためと思われる。一方、混合物の単価には、価値の高い銅線がかなり含まれているためと思われる。ただ、この調査はプラスチック廃棄物が無視されている点に問題がある。

<sup>9</sup> 輸出品目で家電雑品スクラップに相当すると考えられる「鉄鋼くず」うち「シュレッダーくず」HS720449200と「その他

のように推論していくと、報告されている再商品化率（エアコン 92%、薄型テレビ 85%、冷蔵庫・冷凍庫 80%、洗濯機・乾燥機 92%）は実態を反映しているとはとてもいえない。なぜこうした事態が生じたのかというと、再商品化された素材のなかで再生素材としての利用が難しい非鉄・鉄等混合物やプラスチック類（多くが混合プラスチック）が拡大し（図表5）、現実を当てはめると「再商品化基準」の概念が破綻してしまうためではないだろうか。

図表5 再商品化物の種類別発生量の推移 エアコン、薄型テレビ（単位：トン）



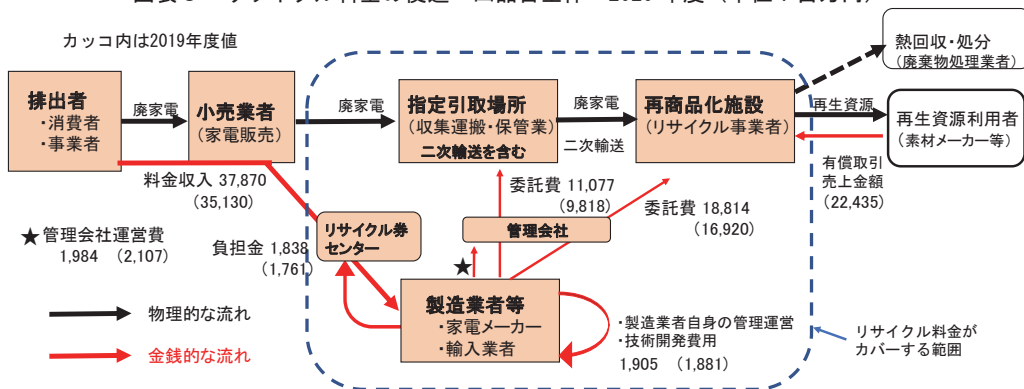
### 3. 論点その2：拡大生産者責任からみた制度の合理性とリサイクル料金

#### (1) 経済的責務と物理的責務のバランス

##### ① 生産者によるリサイクル料金の使用と自己負担額

家電リサイクル法におけるリサイクルの範囲は廃家電が「再商品化」されたところまでである。まだそれだけではメーカーが利用できる素材、例えば金属の塊や板、成型用のプラスチック素材などにはならないのであるが、2020年度においては63万トンが家電リサイクル法のスキームで処理され、55万トンが再商品化された。ここまでの工程に対して、消費者や事業所が生産者に支払っているリサイクル料の使途は図表6に示すとおりである。

図表6 リサイクル料金の使途 四品目全体 2020年度（単位：百万円）



リサイクル料金の総額は、家電リサイクル年次報告の公表数値を足し上げると379億円(2019年度は351億円)である。品目別に生産者の受領額を補足計算して推定すると、エアコンは

のもの」HS720449900の輸出価格は2019年、2020年時点でそれぞれkg当たり30円前後と36円前後であり、それだけでは輸出事業として採算性が極めて厳しい。輸出業者が逆有償で引き取ることで採算が確保される仕組みになっているといわれる。

35 億円、テレビ（ブラウン管式と薄型テレビ）が 102 億円、冷蔵庫・冷凍庫が 149 億円、洗濯機・乾燥機が 103 億円となっている<sup>10</sup>。生産者はこのリサイクル料を利用して、その約半分をリサイクラーに委託料として渡し、3分の1弱を指定引取場所の運営とそこからの二次物流費に、そしてさらに残りをリサイクル券センター、生産者が設立した管理会社及び自社の一般管理費などの間接費用的な部分の支払いに充てている。

これに対して、生産者がリサイクルのために要した費用は 390 億円（2019 年度は 361 億円）となっている。再商品化に要した費用は受領額よりも多くはなっているが、いずれも数億円程度の差であり、全体としても、生産者の持ち出し額はわずかに 12 億円でしかない（図表 7）。

図表 7 リサイクル処理量および生産者のリサイクル費用・収入 2020 年度

2020年度		4品目全体	エアコン	ブラウン管テレビ	薄型テレビ	冷蔵庫・冷凍庫	洗濯機・乾燥機
処理量	処理台数(千台)	15,873	3,819	996	2,960	3,642	4,456
	処理重量(千トン)	630	154	23	51	222	178
生産者の収入と費用	再商品化料金受領額(百万円)	37,870	3,469	10,162		14,910	10,295
	再商品化等費用(百万円)	39,000	3,690	10,270		15,409	10,507

このように、リサイクルの収支をみると、拡大生産者責任のうちの「経済的な責務」のほぼすべてを排出者である消費者や事業所が担い、その金額は 400 億円近くにまで達しているのに対して、生産者の支払いはリサイクル料金収入をほんの少し上回るように帳尻合わせされているだけにみえる。

## ② 経済的責務と物理的責務のバランス

それでは、廃家電の排出者が負っている経済的責務は、生産者が負っている物理的な責務とバランスが取れているといえるだろうか。まず、それぞれの責務の範囲についてみると、家電リサイクル法上において生産者が負っている物理的な責務の範囲は図表 8 の②（グレーで示した部分）、つまり指定引取場所に集められた廃家電をリサイクラーに引き渡して（指定引取場所の運営と二次物流）、リサイクラーに委託して再商品化するまでである。ただし、リサイクラーによる再商品化工程で生まれたものはリサイクラーの裁量で販売され、生産者はそこにタッチしないので、再商品化物の内容に関しては物理的責任を負っていない。また上述のように、排出者の経済負担で再商品化されたもののなかには、逆有償物である「廃棄物」の状態のものが含まれていることをここでも指摘しなければならない。

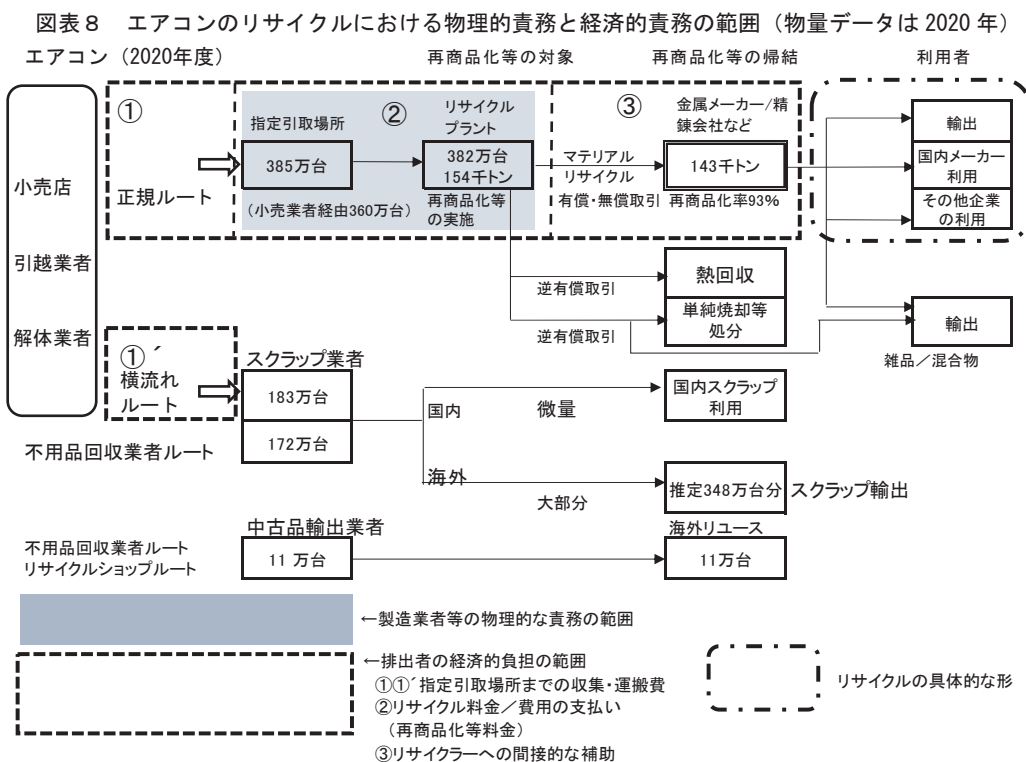
これに対して、経済的責務は図に示す①、①'および②の部分である。①と①'は指定引取場所までの運送費用である。①'は廃家電が小売店、引越し業者、建設解体業者を經由して指定引取場所に行くはずであった廃家電がスクラップ業者などに渡された部分である。引越しなどで発生する廃家電を業者が処理する際も、排出者が業者に支払う費用に運送費が含まれているためである。ここで強く指摘しなければならないのは、排出者が支払う指定引取場所までの運送費用は概してリサイクル料金よりも高いことである。例えば、都内の量販店では、エアロ

<sup>10</sup> 推計方法は、「令和 2 年度における家電リサイクル法に基づくリサイクルの実施状況等について」（経済産業省・環境省 2022 年 4 月）における品目別にみた料金収入上位 7 社の数値をもとに積上げ、4 品目合計は記載のデータをそのまま集計。品目別の数値は、上位 8 位以下の企業について引取台数を「家電リサイクル年次報告書」を用いて計算し、一台当たりの料金単価を乗じて計算。1 台当たりの料金単価は、上位 7 位の単価の引取台数をもとにした加重平均値を採用した。



ンのリサイクル料金 990 円に対して、①の部分の運送費は 4,000 円前後とはるかに大きい。その他の家電についても、程度は違うとはいえ、同様の状況にある。

もう一つ考えるべきは、③の部分についても排出者が間接的に経済的に関与しているということである。それは、排出者としては、廃家電がきちんとリサイクルされることを期待して自身の負担で指定引取場所に運び、そのうえでリサイクル料金を支払っているためである。排出者が生産者にリサイクルを委託していると解釈すると、リサイクルは排出者が支払うリサイクル料金とリサイクラーによる再商品化物の売上収益を合わせた資金で行われている。2019 年の具体的な数字をみると、前者は 351 億円、後者は 223 億円であり、リサイクルは両者を合わせた 574 億円で行われている。排出者が再商品化物の経済価値 223 億円をリサイクラーの取り分として自由な処分に委ねることによって、生産者はリサイクラーへの委託費その他必要な支払いを抑制し、またリサイクラーは再商品化物を市場価格よりも安価に販売することができる。別のいい方でより単純化すると、排出者は 351 億円を生産者にわたすことによって、リサイクラーに 223 億円の収入を得させているといえる。つまり、排出者の経済的な負担は③の部分にも大きく寄与していると解釈できるのである。



ここからいえるのは次のことである。すなわち、再商品化されたものが経済価値を生み出し、それがリサイクラーの収益となり、また生産者がその分のメリットを得ているのであるならば、生産者はせめて再商品化されたものの行き先までを含めた物理的な責任を負うべきだということである。すなわち、生産者はできるだけ自社製品内資源循環を追求し、そこまでできない部分についても再商品化物が適正に再利用されているかを確認する。もし不適正な状況があれば、

それに対して責任をとらなければならない。

### ③ 生産者にとってのリサイクル料金収入の比重

もし、生産者が拡大生産者責任の遂行において経済的な責務までも負うとしたら、それはどのくらい重たい負担になるのだろうか。基準の一つとなるのは、売上高に対するリサイクルコストないし徴収したリサイクル料の大きさである。ここで家電の国内売上高（国内出荷額で代替）と排出者から徴収したリサイクル料金を対比してみると<sup>11</sup>、リサイクル料金収入は国内売上高の1.7%に相当する。品目別にみると、0.4%から3.3%の幅がある（図表9左）。これは生産者にとっての環境費用の一部であるリサイクルコストが外部化されていて、金銭の支出をしなくとも済んでいる部分である。家電業界売り上げ規模が巨大であることを考えると、この程度は企業の製造原価や販管費などとして内部化できるのではないだろうか。

もっとも、利益対比でみると、リサイクル料金収入の比率はかなりの大きさになる。家電の売上高に対する利益率は例外を除けば3%から7%程度である（図表9右）。仮にそれが全品目をとおして5%程度と仮定すると、排出者から徴収したリサイクル料金の総額は利益額の約35%になる。これは企業にとっては小さくない数値である。ただし、別の見方をすれば、生産者はこれだけの環境費用を排出者に被せて利益を確保しているということに他ならない。PETボトルリサイクルの場合は、ボトルの原価85円、メーカー利益3.2円に対して、リサイクル委託料は0.8円という数字があり、この委託料の利益に対する比率は家電に近い<sup>12</sup>。

図表9 家電メーカーの国内売上高・営業利益とリサイクル料金収入の対比

国内売上高とリサイクル料金収入の比率						金額：億円			
2019年度	全品目	エアコン	テレビ（ブラウン管・薄型）	冷蔵庫・冷凍庫	洗濯機・乾燥機	家電メーカーの売上高と営業利益率（2022年3月期決算）			
						売上高（億円）	営業利益（億円）	営業利益率（%）	
国内出荷額 A	20,726	7,907	4,596	4,470	3,753	パナソニック	73,888	3,575	4.8
リサイクル料金収入 B	351	32	85	145	97	日立	102,646	7,382	7.2
上記両者の比率 B/A	1.7%	0.4%	1.9%	3.3%	2.6%	ダイキン	31,091	3,164	10.2
参考（2012年度値）	2.1%	0.7%	1.5%	2.9%	2.5%	富士通ゼネラル	2,841	84	3.0
						シャープ	24,956	847	3.4
						東芝	30,544	1,044	3.4

## （2）効率的なリサイクルへの取組状況とリサイクル料金

### ① リサイクル料金にみる効率化への取組状況

家電リサイクル法に関しては、リサイクル料が適正な水準に設定されているのか、また生産者がリサイクラーと一体となってリサイクル料の引き下げ・合理化に務めているかということが注目されてきた。つまり、生産者が資材の節約・変更などを含む環境配慮型の設計を進めているとするならば、それはリサイクルコストを引き下げることにつながる。その結果としてリサイクル料金は軽減されるし、そうでなくてはならない。こうした視点は環境省と経済産業省が担当する国の審議会でも強く意識されており、リサイクル費用（再商品化等費用）に関する情報が審議会に提供されている。しかしながら、これまで公の場で十分な分析と議論が行われ

<sup>11</sup> 国内販売額は「家電リサイクル年次報告書」に記載されている数値である。2020年度以降は掲載されていない。品目別のリサイクル料金の合計額は、2012年度については公表されているが、近年は秘匿されているため、家電リサイクル年次報告書の引取台数の数値を利用して計算した。機械的に正しいものであるが、秘匿されている数値とは異なっている可能性はある。

<sup>12</sup> 吉田文和「循環型社会」中公新書（2004）年において、『日本経済新聞』2003年7月4日の記事として紹介している。20年近く前の取材記事であるが、比率は大きく変わらないと考えられる。

たことはほとんどなかった。それでは、リサイクルコストの実態はどのようなであろうか。ここでは公表されているデータをもとに、生産者の合理化の取組みを、個々の生産者が支払う引取台数1台当たりの再商品化等費用の動向からみることにしたい。

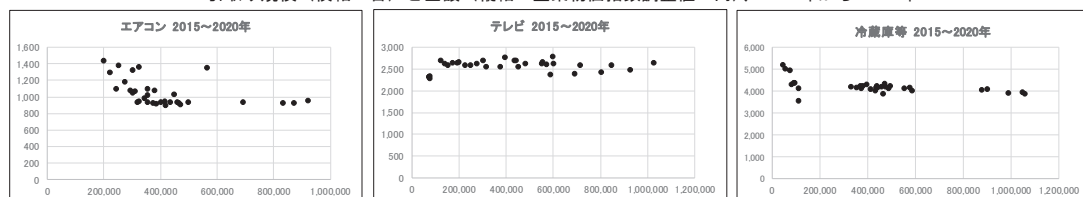
まず、引取り量が最も大きい企業の再商品化等費用の2010年から2020年までの変化をみると、図表10に示すとおりである。数値は2020年を100とした企業物価指数で調整してある。まずエアコンについて2010年、2011年当時と2017年以降を比べると、1台当たりの再商品化等費用は明らかに減少しており、環境配慮設計や技術開発などの取組みが進んでいるようにみえる。また、引取り数が大きい年ほど費用が低下する傾向がみられ、規模による効率性が発揮されているようにみえる。しかし、エアコンはむしろ例外であり、テレビについては費用の低下はみられず、冷蔵庫・冷凍庫もほとんど変わらない。この10年近く、技術進歩や規模の経済による1台当たりの再商品化等費用の低下がみられないことは、生産者（およびリサイクラー）のコスト削減努力が不十分であるか、効果がないことを示している。

図表10 廃家電引取り量が最も大きな家電メーカーの1台当たり再商品化等費用の経年変化  
引取り規模（横軸 台）と金額（縦軸 企業物価指数調整値 円）、2010年から2020年



次の図表11は、2015年から2020年までの期間における引取り台数上位生産者（初期は5位まで、後期は7位まで）の1台当たりの再商品化等費用の全データをプロットしたものである（数値は2020年を100とした企業物価指数で調整済み）。エアコンを除くと、テレビも洗濯機・乾燥機も、引取台数の大小にかかわらず費用はほとんど変化しない。生産者のあいだにはかなり大きな事業規模の違いがあるにもかかわらず、それがリサイクルコストの違いになって表れてこないことは、業界横並びで硬直的なりサイクル料金の根本的な理由といえよう。

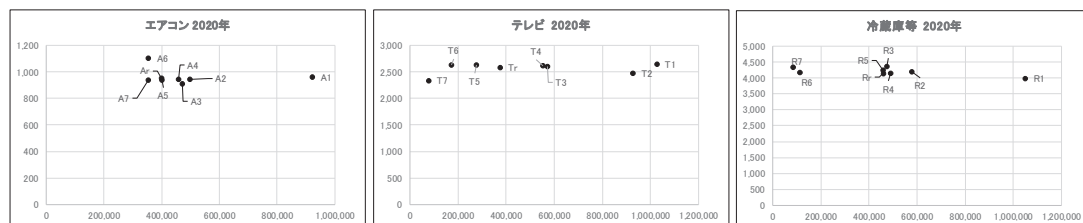
図表11 家電リサイクル参加全企業の1台当たり再商品化等費用の直近6年間の全データ  
引取り規模（横軸 台）と金額（縦軸 企業物価指数調整値 円）、2015年から2020年



## ② 硬直的なりサイクル料金の背景にある構造的要因

生産者とリサイクラーが様々な取組みをしていることは種々の資料からうかがえるが、このように技術進歩や規模の経済による費用低減効果が見られないのは、どのような理由によるのだろうか。そこには、効率化へのインセンティブを阻害する構造的な要因があると考えられる。

図表 12 家電リサイクル参加全企業の引取り台数と一台当たり再商品化等費用  
引取り規模（横軸 台）と金額（縦軸 円）、2020年



図表 12 は最新の 2020 年時点における一台当たりの再商品化等費用について、引取り数上位 7 位までの生産者のそれぞれの値および 8 位以下の生産者の平均値<sup>13</sup>を計算した値をプロットしたものである。これで見ると、引取り数量の大小にかかわらず、一台当たりの再商品化等費用は 1 位から 8 位以下までどの生産者もほとんど変わらないことがわかる。市場競争にさらされる製品の販売価格は企業規模にかかわらず似た水準になる傾向があるが、費用については不自然である。つまり、1 社ないし 2 社程度のごくわずかの上位企業が、下位企業の状況を勘案してコスト引き下げ競争を抑制している可能性がある。

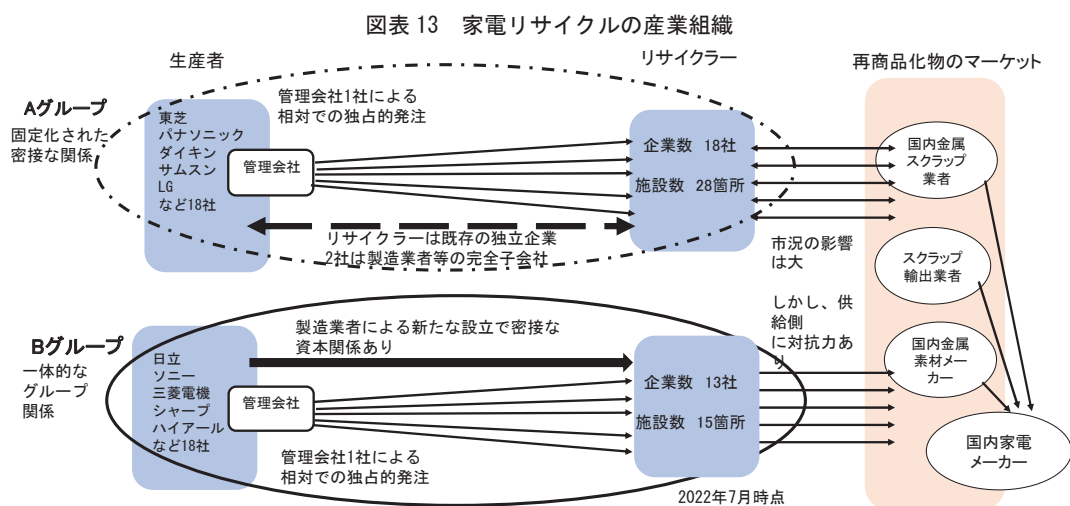
こうした事態が生じる理由は、家電リサイクルの仕組みを産業組織の面からとらえることによって理解することができる（図表 13）。使用済み家電が指定引取場所に集められてから再商品化されるまでの工程は、家電メーカーがリサイクラーまでを組織化した A、B 2 つのグループによって行っている。A はパナソニック、東芝、ダイキンなど 15 社、B は日立、三菱、ソニー系のメーカーなど 13 社である。両グループを構成している家電メーカーなどがそれぞれ共同で発注管理のための会社を設立しており、そこが各グループを代表して再商品化施設（リサイクルプラント）の運営企業（リサイクラー）と相対で契約する。2022 年 7 月時点のリサイクルプラントは A、B 合わせて施設数として 43、リサイクラーとしての企業数は約 30 であり、グループや系列を一つの企業とみなすと、もっと少なくなる。リサイクラーは A グループの場合は各地域にある既存の独立したリサイクル業者を編成したもの、B グループは家電メーカーが新規に設立したものを中心にしているといった違いはあるが、両グループともに 20 年間ほとんど固定されていて、新規参入はない。B グループの場合は、生産者が親会社あるいは共同出資者となってリサイクラーを系列化しているし、A グループにおいても、東芝やパナソニックというプライスリーダー企業がリサイクラーを 100% 子会社としている場合がある。

こうして、生産者とリサイクラーが密接に絡みあった一種の生態系ができあがっている。その性格は次のようにまとめられる。一つは、リサイクル事業サービスの委託者（買い手）である生産者と受託者（事業サービスの供給者）であるリサイクラーの関係が、生産者側による需要独占の状態となっていることである。委託金額の交渉は需要独占体制を築いている生産者側にある。もう一つは、リサイクラーの顔ぶれは生産者側のイニシアティブによって地域的に固定されていて、受託側（事業サービスの供給者）の参入障壁が非常に高いということである。そのため、A グループも B グループもリサイクラー間の競争はほとんどない。三つめは、

<sup>13</sup> 引取り台数 8 位以下の企業に関する推計は脚注 10 で示した方法で行った。

生産者とリサイクラーが組むことによって、再商品化物の需要者に対して寡占的・独占的な供給体制を築いているので、たとえ国内外の市況による価格低下圧力を受けても、対抗行動が可能になるということである。こうした産業組織面の特徴がコストを低減しようとするインセンティブを弱め、リサイクル料金の固定化をもたらしているといえる。

また、取引関係者の間の力関係とはまた別に、より具体的な財務会計上の理由もあるはずである。すなわち、生産者がリサイクラーを完全子会社や持ち分適用会社としていることによって、委託金額を軽減するインセンティブが失われている。それは、生産者が委託費用を縮小したとしても、連結会計における利益は変わらないためである<sup>14</sup>。



#### 4. 調査結果のまとめと家電リサイクル制度改正の方向性

##### (1) 調査結果の整理

先に掲げたりサーチクエストンについて調査した結果をまとめると次のとおりである。

##### ① 家電リサイクル法の枠組みは資源の循環にどこまで寄与しているか

- 廃家電のリサイクルは、不用品回収業者に流れる非正規ルートの大さが問題となっているが、小売店の他、引越しや家屋解体に際して正規ルートで集められるはずの廃家電についても無視できない量がスクラップ業者に流れている。そのため、エアコンや薄型テレビは、結果として排出量の半数近くしかリサイクルプラントで処理されていない。
- 家電リサイクル法の枠組みで処理される廃家電の「再商品化率」は非常に高いが、再商品化物の多くは形状・物性として「リサイクル未満」の状態にとどまり、再生資源としての行き先を担保する法的仕組みもない。家電メーカーによる自己資源循環については、ほとんどこれからの状況である。そのため、「再商品化率」は実態を示していない。

<sup>14</sup> 生産者によるリサイクラーへの出資は、Aグループでは、東芝が東芝環境ソリューション（株）に100%出資、パナソニックがパナソニックエコテクノロジーセンター（株）に100%出資の他、複数のリサイクラーに出資している。Bグループでは、日立製作所が3社のリサイクラーを設立しているほか、シャープ、三菱電機、富士通ゼネラルといった生産者がそれぞれ子会社を設立している。また、（株）フューチャー・エコロジーや西日本家電リサイクル（株）のように、A,Bに属する企業が多数出資して設立されたリサイクラーもある。

- 再商品化物の種類・数量とその売却額を対比すると、有償・無償で引き取られているとされる再商品化物には実態として逆有償の廃棄物相当のものが多数含まれる可能性が高く、多くが輸出に回されていると考えられる。この意味でも、「再商品化率」を基準に家電リサイクルの成果を評価することはできない。

## ② 拡大生産者責任からみた制度の合理性とリサイクル料金

- リサイクルに必要なコストのほぼ全額（最新時点で約 380 億円）を排出者が生産者を通じて支払い、生産者の持ち出し部分はほとんどない。
- 一連のリサイクルの工程において、排出者がリサイクル料金によって経済的にカバーする範囲は、生産者の物理的責務の範囲と重なるだけでなく、指定引取場所への運搬や、指定引取場所にいく途中で横流れしてしまう廃家電の運搬費用も負担している。さらに、後工程であるリサイクラーの再商品化物の販売に際しても排出者が補助を与えているとも解釈できる。そうであれば、生産者は再商品化物の行き先までの物理的責任を負うべきである。
- リサイクルコストは、エアコンなどの例外を除くと、この 10 年間ほとんど同水準に留まっていて、環境配慮設計の進展や技術進歩の成果および規模の経済によるコスト低減効果をみることができない。それが硬直的なりサイクル料金の動向につながっている。
- 家電業界横並びのリサイクルコストとリサイクル料金の背景には、リサイクラーに対する家電メーカー側の一社独占発注的な市場構造、家電メーカーとリサイクラーの資本系列や親子関係、固定的なりサイクラーの顔ぶれなど、産業組織上の特性がある。

## (2) 家電リサイクル法改革の方向性

以上のようにみえてくると、現在の家電リサイクル法に沿った「再商品化等」のパフォーマンスは低く、さまざまな問題が噴出しているといつてよい。それは現行制度の改正程度では解決できることでなく、次に示すような改革レベルの取り組みが必要である。

### ① 拡大生産者責任の貫徹

家電リサイクル法の最大の問題は、生産者の物理的な責務と排出者の経済的な責務について、前者が軽く後者に重い方向に著しくバランスを欠いていることである。これを改革する方向はただ一つ、次に述べるような形で拡大生産者責任の考え方を徹底し、生産者に対して物理的責務を拡大するとともに、経済的な責務も追わせることである。

物理的責任については、家電メーカーの自社内循環率を目標数値の一つとすることによって本来のリサイクルを推進し、環境設計や資材の節約と再商品化物の利用を促す。少なくとも、家電メーカーなどの素材の最終利用者が有償で引き取る状態にまで再生資源化するのがりサイクルであるというように、制度設計をしなければならない。そのためには、リサイクラーが逆有償で次の工程に引き渡すことを認めることも前提として必要である。

同時に、リサイクル料を廃止し、生産者に経済的な責務を負わせることによって、生産者がこれまで外部に放置していた環境コストを内部化する。指定引取場所までの物流は現行どおりに排出者の経済負担のままとしても、それ以降の工程に要する費用は生産者が負担するべきである。それによって生じる家電販売の生産コストの増大と販売価格の上昇については、将来の排出者である消費者も経済的負担として分担することになる。家電に対する社会の需要は本来

の生産費用と消費者の真のニーズに対応した適正なレベルに落ち着き、生産者はコスト低減に向けた環境設計や資材の節約を自らのこととして推し進める。また、リサイクル料の廃止によって、廃家電の不法投棄問題や非正規ルートへの流出問題も大きく改善されるのは確実である。不法投棄の監視と事後的な対応は予算と人員の両面で自治体の負担となっているが、それもかなり解消されることになる。

## ② 競争の促進

拡大生産者責任の貫徹とともに必要なことは「競争」の促進である。それは技術面とビジネス面の双方にわたるもので、技術力と事業意欲のある事業者の家電リサイクラーとしての参入を促す仕組みが重要である。潜在的なリサイクラーとその次の工程を担う金属メーカーや精錬会社とが連携して、今の固定化された産業組織体制にゆさぶりをかけることができれば面白い結果になるかもしれない<sup>15</sup>。あるいは、A、Bのグループを廃止して、個々の家電メーカーとリサイクラーが一体となって自己資源循環の向上に取り組む仕組みを導入することも考えられる。指定引取場所に集められた廃家電の引取り先を入札によって決めるという、容器包装リサイクル法の仕組みの援用も考えられる。そしてもちろん、製造原価か販売管理費かその他の費用とするかは別として、リサイクルに要する費用を家電の販売価格に上乘せることが、リサイクル推進のための何よりの競争政策である。

以上のように、生産者と排出者の責務の内容と範囲を見直す方向で法制度の改革を行い、また現在のグループ化された実施体制を競争的な産業組織に組み替えていくことによって、家電リサイクル問題のかなりの部分に対応できる。まずは、拡大生産者責任を素直に適用することが重要なのである。

## おわりに

本論では、家電リサイクル法について課題とされてきたり自分自身でも疑問に思ったりしてきたことの多くをとりあげてきた。一つ一つはより詳細に検討すべき問題であるが、家電リサイクル法がほとんど破綻している状況を多面的に論じることを優先した。また、ほかにもリサイクル料金の後払いなど論じるべき点はあるが、紙幅の関係で割愛した。

思うに、リサイクルに関する個別法はどれも問題点が指摘されながら、日本ではなぜか議論はうやむやに終わってしまう傾向がある。拡大生産者責任に関わる部分の議論はとくにそうである。事業者にとって外部費用となっているリサイクルコストを内部化することによって環境問題を解決する考えはまさしく環境政策の基本であり、拡大生産者責任の貫徹はそれを実現する。しかるに、議論としての拡大生産者責任「論」は精緻になったかもしれないが、法制度をめぐる審議状況などをみると、むしろその言葉自体を慎重に回避しているようにすらみえる。これでは循環型社会はいつまでたっても実現しないのではないだろうか。

---

<sup>15</sup> BグループのリサイクラーであるJFEアーバンリサイクル(株)は京浜地区にあるJFEスチール東日本の孫会社であるが、同社製鉄所内に立地していて、再商品化物とその次の利用工程を一体的に運用している。こうした取り組みがA,Bグループの縛りを離れて活発化することが望まれる。

## 参考文献

- 1) 一般財団法人家電製品協会「家電リサイクル報告書」各年版
  - 2) 経済産業省、環境省「家電リサイクル法に基づくリサイクルの実施状況等について」各年版
  - 3) 産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会に提出された各種資料・議事録
  - 4) 羽田裕「循環型産業システム構築と家電リサイクルシステム～東北・北陸地域における利益損失分析の観点から～」オイコノミカ 第41巻第1号、2004年
  - 5) 日本弁護士連合会「家電リサイクル法の改正に関する意見書」、2006年10月18日
  - 6) 菱孝 他「混合プラスチックの素材化と事業化」三菱電機技報、2009年 Vol.183、No.10
  - 7) 原岳広、醍醐市朗、後藤芳一「家電リサイクル費用の分析と適正化に必要な制度の提案」、Development Engineering, Vol.22,2016
  - 8) 山岸千穂「雑品スクラップをめぐる現状と課題」立法と調査（参議院常任委員会調査室・特別調査室）2017年11月 No.394
  - 9) 田中彰 他「家電リサイクルシステムの原動力～協調と競争の多層的制度設計～」産業学会研究年報 第33号（2018年）
  - 10) 松本達哉 他「資源循環社会に対する家電リサイクルの取組み～プラスチックの自己資源循環スキーム構築～」日立評論、2019年 Vol.101、No.4
- その他、家電製品協会、家電メーカー、金属リサイクル事業者などのホームページ



## 武蔵野大学環境研究所紀要投稿・執筆要項

### 1. 目的

武蔵野大学環境研究所紀要(以下「紀要」という)は、武蔵野大学(研究所・大学院を含め以下「本学」という)の教員および大学院学生等の研究成果(以下「論文」という)を年1回公表することを目的とする。

### 2. 投稿資格

- (1) 紀要に投稿できる者は、①嘱託・客員・非常勤を含む本学教員・研究員ならびに大学院学生・研究生、②本学関係者で紀要編集委員会(以下「委員会」という)が認めた者、③委員会が投稿を依頼した者、とする。なお以上の原則に該当しない場合は、委員会が判断する。
- (2) 前項②の「関係者」とは、大学院を修了・退学した者で本学に提出した修士論文・博士論文に関わる成果を発表しようとする者、および本学の研究活動と密接に関わる成果を発表しようとする者(共同研究の相手方など)、とする。なお、修士論文関連の投稿は論文提出後1年以内、博士論文関連の投稿は論文提出後2年以内に限る。
- (3) 大学院学生・研究生および(1)項②の「関係者」は、事前に指導教員または担当教員の承認を得たうえで、当該教員を通して投稿申し込み、原稿提出、校正刷りの受け渡し等を行う。
- (4) 論文は未公開で和文または英文によるものに限る。なお投稿は1名につき1編とするが、筆頭でない共同執筆者となる場合は複数の投稿を認める場合がある。また筆頭でない共同執筆者の範囲は、論文への相応の貢献が認められる限り、特に制限しない。
- (5) 投稿者は、共著者も含め、投稿論文が電子化され、広く一般に公開されることを前提に、著作権・肖像権等が処理済みであること。

### 3. 年間スケジュール

- (1) 論文の投稿申し込み期限は毎年7月末日、原稿の提出期限は10月末日とする。
- (2) 紀要の発行は翌年3月とする。

### 4. 投稿要領

- (1) 電子媒体の原稿と出力イメージの両方を提出する。
- (2) 原稿(和文)はA4判用紙(縦置き)1枚に横書き43字×38行の印字で16枚以内とする。これには、表題から文献リストまで、本文、図、表、写真、抄録等の一切を含む。英文の場合もこれに準じる。
- (3) 和文原稿の表記には、特別な理由がない限り、常用漢字、現代かなづかい、算用数字を用いる。
- (4) 原稿冒頭に約12行分を確保し、①和文表題、②英文表題、③執筆者氏名(和文表記)、④執筆者氏名(ローマ字 or 英文表記)を記載する。なお、冒頭頁の脚注となる執筆者情報は委員会で編集する。
- (5) 図、表、写真の挿入個所は十分な誌面余裕をもって指示し、これらの原稿は、1件/頁の印刷が可能な形式で別ファイルに格納する。なお、イメージファイルについては十分な精細度を持つものに限る。

### 5. その他

- (1) 論文は無審査を原則とするが、掲載の適切性に疑義がある場合は、委員会の指示にしたがうこと。
- (2) 校正は2回、委員会を介して実施する。校正時に大幅な変更があった場合は、掲載を拒否できる。
- (3) 抜刷は希望者には白黒印刷で10部までは無料、それ以上の部数またはカラー印刷を希望する場合は費用は著者負担となる。
- (4) 論文の著作権は執筆者に帰属する。ただし、紀要の刊行により公表された論文について、本研究所は成果公表目的の範囲内で複製、翻案、公衆送信、リポジトリ(電子アーカイブシステム)等の権利を保有する。

**武蔵野大学環境研究所紀要編集委員会**

委員長 白鳥 和彦

委員 真名垣 聡

**武蔵野大学環境研究所紀要 第12号**

---

2023年 2月28日発行

編集 武蔵野大学環境研究所紀要編集委員会

発行 武蔵野大学環境研究所

〒135-8181 東京都江東区有明 3-3-3

電話 03-5530-7730 (研究支援部学部事務課)

印刷 株式会社創文

〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町13-1

電話 03-5643-3320

---