

地球環境学

Global Environmental Studies

目次

〈論文〉

- 日本の都市におけるごみ分別の定着について
 小山博則・柳下正治・大坪国順 (1)
- 環境政策の発展段階論的分析のための基礎的一考察 川上毅 (13)
- 手賀沼水環境変化の社会構造的原因の考察と
 北千葉導水事業による改善効果の評価 黄光偉 (35)
- アメリカにおける生態系サービスへの支払い(PES)
 /エコシステムマーケットの取り組みの現状と
 複数のクレジットの設定(stackng)の問題について 柴田晋吾 (45)
- 原子力発電所の廃炉ファイナンスに関する考察 藤井良広 (67)
- 持続可能な開発のためのエネルギーの持続性
 ジョン・ジョセフ・プテンカラム (85)
- Terrestrial-marine coastal and watershed ecosystems and human
 activities from feudal era Japan revisited
 あん・まくどなど (101)
- 〈随筆〉
- 福島第一原子力発電所の事故に関わる疑問点 大坪国順 (109)
- 〈資料〉
- 「上智大学創設100周年記念シンポジウム(2013年12月1日)」における基調講演記録
 循環に根差した環境共同体の構築を目指して 柳下正治 (121)
- 〈書評〉
- Richard Louv. Last Child in the Woods. Saving Our Children from Nature-
 Deficit Disorder. Algonquin Books (2005) 柴田晋吾 (131)

Global Environmental Studies

CONTENTS

Articles

- History of Waste separate policy in Japanese city
..... Hironori Koyama, Masaharu Yagishita, Kuninori Otsubo (1)
- A Basic Case Study for Environmental Policy Analysis using
Ecological Modernization Framework Tsuyoshi Kawakami (13)
- Social Cause behind the Change of Water Environment in Lake Tega and Evaluation of
Improvement by Kitachiba Diversion Project Guangwei Huang (35)
- Overview on PES/Ecosystem Market Practices in USA and Stacking Issues Shingo Shibata (45)
- Consideration on Decommissioning Finance of Nuclear Reactors after Fukushima Disaster
..... Yoshihiro Fujii (67)
- Sustainable Energy for Sustainable Development: \$40 trillion Question
..... John Joseph Puthenkalam (85)
- Terrestrial-marine coastal and watershed ecosystems and human activities
from feudal era Japan revisited Anne McDonald (101)

Essay

- Questions related to the accident of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Plant Kuninori Otsubo (109)

Research Material

- Proposals on constructing the Environment community based
on the thought of "Junkan" in North East Asia Masaharu Yagishita (121)

Book Review

- Richard Louv. Last Child in the Woods. Saving Our Children
from Nature-Deficit Disorder. Algonquin Books (2005) Shingo Shibata (131)

日本の都市におけるごみ分別の定着について

上智大学地球環境研究所環境政策対話推進センター研究員 小山 博則
客員教授 柳下 正治
大坪 国順

1. 研究の背景・目的

筆者らは、JICA からの受託として、「中華人民共和国都市廃棄物循環利用推進プロジェクト」を実施しているが、その一環として、日本国内の都市を対象に、ごみ分別をいかに定着させたかをテーマに研究を実施したので、概要を報告するものである。

現在、中国の都市廃棄物は、紙類・金属類など一部の有価物を除き、あらゆる種類の汚物・不要物が混在して排出されており、国を挙げて、分別排出の徹底・定着を図っているところである。また、中国では、食品廃棄物、包装廃棄物の循環利用を重点的に進めており、これらの循環利用を促進させるためにも「分別排出・回収は不可避であり、重大な共通課題」との認識が持たれている。

本プロジェクトは、日本の都市廃棄物の分別政策の経験を踏まえ、さらに中国内のモデル都市における試行的取組み（一部地域における分別排出の実験等）の成果を基に、中国の都市に適した分別政策を含む循環利用推進にむけた政策提案を行うものである。このようななか、この循環利用推進にむけた政策提案のうち、特に分別排出の徹底・定着にむけた基礎情報の収集として、日本の主な都市レベルの取組みについてアンケート方式の調査し、集約した。

調査は、「中国都市が定める分別の実現に向けて、住民等が正確な分別行動を継続的にとるための条件整備の検討」をテーマに、次の3つの視点を用いて、日本の都市がどのような取組みを行ってきたかを把握した。

- 普及啓発・教育（意識改革で行動につなげること）
- 規制（分別に強制力を設ける）
- 経済的手法（分別区分に料金の差を設ける、又は民間主導のリサイクルに補助を行う）

2. 調査の概要

①調査時期

2013年7～8月

②調査対象

調査対象は、9つの政令指定都市、そのほか主な地方都市7つを対象とした。（表1）

③調査の方法

調査は、調査票を発送によるアンケート方式で行った。調査票の構造は、図1の通りである。

調査対象の都市ごとに、分別徹底のきっかけとなった時期、背景などを事前に調査し、「分別の徹底を行った〇〇年前後の取組みについてお答えください（例：名古屋市の場合であれば、次期処分場整備計画を断念し、ごみ非常事態宣言を行った1999年前後の取組み）」と時期を限定し、回答を依頼した。

表1 調査対象の都市

都市名	人口(万人)	廃棄物対策の特徴
札幌市	190	処理施設の逼迫・老朽化を機に、ごみ有料化・資源分別を実施
仙台市	100	ごみに資源が4割混在→ごみ有料化(資源無料)を実施
千葉市	96	家庭ごみ有料化実施に向け、住民説明会などの準備活動中
川崎市	140	ごみの毎日収集・全量焼却→施設逼迫→資源分別へ方向転換
横浜市	370	焼却を中心とするごみ処理体制から、資源細分別へ方向転換
名古屋市◎	230	次の埋立場候補地の取得を断念→資源再分別に方向転換
京都市	150	ごみ有料化の収入を、地域のリサイクル活動などに還元
神戸市	150	混合収集・全量焼却体制でごみは20年間で2倍→資源分別へ
北九州市◎	98	40年前から指定袋の一定量制を実施、近年は有料に変更
八王子市	55	周辺市と埋立場分場を共有 →搬入量(埋立物)が多い都市には課徴金を課し、少ない都市には報奨金を払うなど、都市を競争させることで長期利用を図る →都市は搬入量削減のため、様々な取組を展開
町田市	43	
多摩市◎	15	
日野市	18	
沼津市	20	日本における資源分別の草分け的存在
碧南市◎	7	いつでも出せるダストボックス方式から、資源30分別に変更
多治見市	12	資源6分別から23分別に強化、ごみ有料化も実施

※◎印はアンケートに加え、ヒアリング調査を行った都市

※京都のみ JICA プロジェクト短期専門家が保有する情報を基に整理を行った。

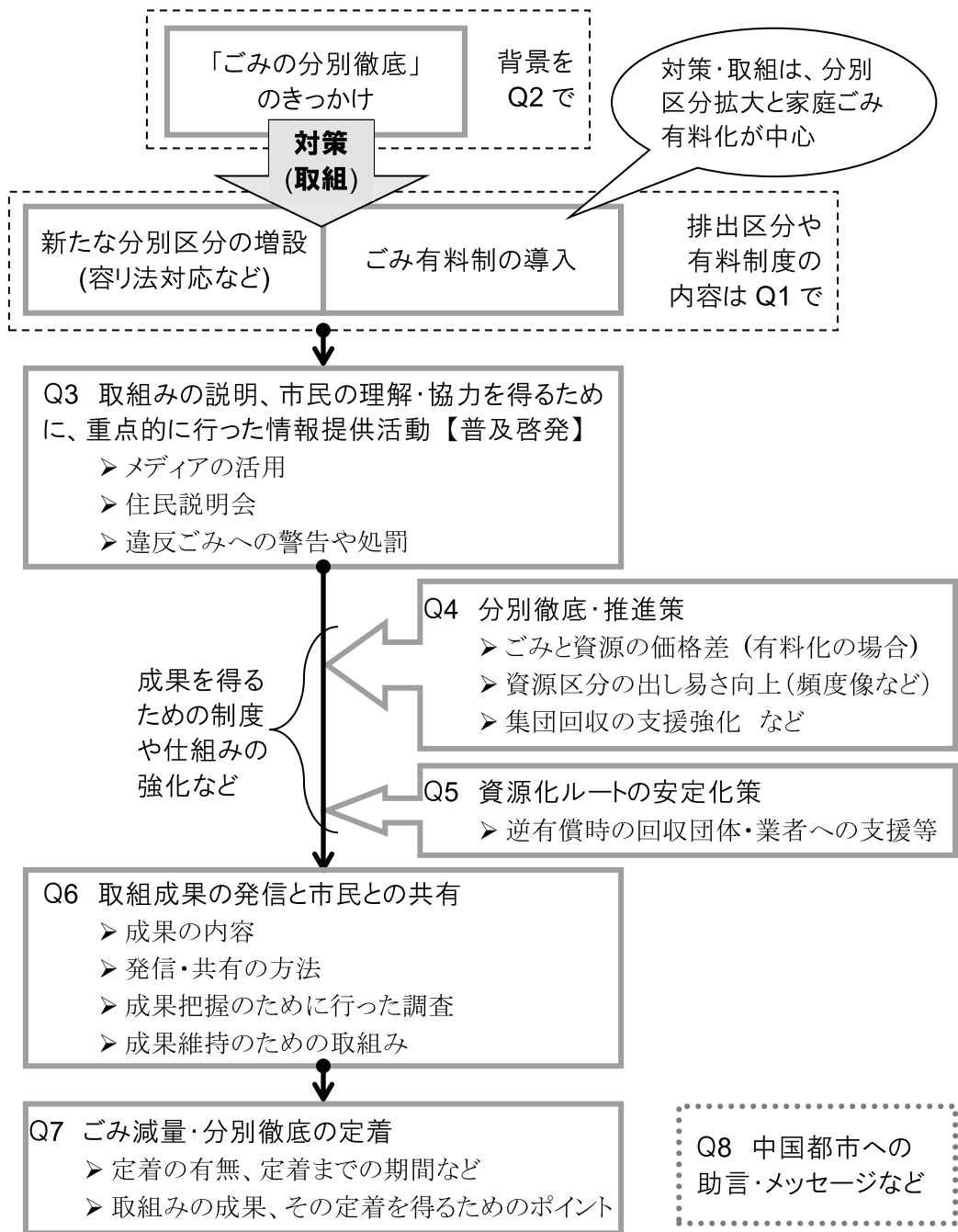


図1 調査票の構造

3. 主な調査結果

①分別徹底に至ったきっかけ・背景

ごみの適正な分別とは、各都市が定めた分別ルールに従い、ごみ品目ごとに指定された区分に分類して排出することを指す。

表2 各都市の分別徹底に至ったきっかけ・背景

都市名	分別徹底のための施策導入のきっかけ・背景
札幌市	◦ 1998年度以降、家庭ごみの排出量は横ばいの状況が続き、また、「清掃工場の老朽化」「埋立地のひっ迫」といった課題に直面していた。
仙台市	◦ 家庭ごみの減量が思うように進まず、横ばい傾向が続いていた。また、家庭ごみの組成を見ると、分別すればリサイクルできる資源物が4割以上も混入していた。
千葉市	◦ 2007年から「焼却ごみ1/3削減」を目指し、ごみの減量やリサイクルに取り組み、焼却ごみ量削減を得たが、削減ペースは年々落ちてきており、これまで行ってきた啓発活動だけではさらなる削減が見込めない状況であった(ごみ有料化を導入)。
横浜市	◦ 2001年当時、ごみ量は人口の伸びを上回って増加し、環境負荷も増大していたことから、従来の焼却・埋立を中心とする廃棄物対策からの転換が求められていた。
川崎市	◦ 人口の増加や経済の発展とともにごみの量は毎年5%近く増加し、焼却処理能力の限界に迫る状況となり、市は1990年にごみ非常事態を宣言した。
名古屋市	◦ 藤前干潟に次期埋立処分場を建設する計画を進めていたが、同干潟が渡り鳥の重要な飛来地に選定されたため、藤前干潟の埋立計画の中止を決断。1999年2月に「ごみ非常事態宣言」を発表し、市民・事業者に対し、大幅なごみ減量を訴えた。
京都市	◦ 1987年より、空き缶・空きびんを中心とする分別収集を開始し、その後、分別の品目を段階的に拡大。2006年からは、市民の環境意識向上のきっかけづくりの大事業として、「家庭ごみ有料化」を導入する。
神戸市	◦ 大量消費型のライフスタイルの定着や、単身世帯など小規模世帯の増加などにより、1982年から2000年までごみは増加し続け、約20年間でほぼ2倍に増加。そこで、2004年11月に、家庭ごみを3分別から6分別に変更する。
北九州市	◦ 1998年のごみ有料化導入は、それまでの適正処理重視からリサイクル重視に転換したこと、また行財政改革として効率性向上を図る必要があった。 ◦ 2006年の有料化拡充(値上げ)は、ごみ量が横ばいで推移していたこと、資源回収の拡充はより一層の費用が掛かること、排出者負担の公平性の確保などを背景に実施。
八王子市	◦ 家庭ごみ有料化は、ごみを出す量に応じて、ごみ処理手数料を負担させることで、費用負担の公平を実現すると同時に、ごみの減量を図ることを大きな目的として導入した。
町田市	◦ 従来手法よりも強力に意識改革を促進できる取組みとして、ごみ有料化を実施した。
多摩市	◦ 三多摩地区において「不燃ごみとリサイクル率がワースト1」とごみ問題が大きな課題であった。(1998年度には、最終処分場の配分量を上回り、現状のままでは、数年後に億単位の追徴金を支払わなければならない危惧があった。)(ごみ有料化を導入)
日野市	◦ 近隣市がごみ有料化により一定の減量効果を示す一方、多摩市のごみ減量は停滞し、有料化によるごみ減量に取組まない限り、ごみ処理経費の削減ができなかった。
沼津市	◦ 埋立場使用や焼却場建設に反対運動が起り、ごみ処理に大きな打撃を受け対応策に苦慮した。ごみの内容物調査などから有価物が多くみられたため、資源化を検討し、1975年にびん・空き缶・金属類や紙類などの分別排出を導入した(3分別の沼津方式)。
碧南市	◦ 1994年までは、24時間いつでも出せるダストボックスであり、ボックスに入りきれないごみ袋が周辺に山積みになっている集積所も多かった。有限な資源の有効活用、まちの美観を向上、収集作業員の安全性確保などを目的にごみ改革(資源細分別)を実施。
多治見市	◦ 人口増加と生活様式の変化によるごみ量の増加は著しいものがあり、ごみ減量化・資源化施策として1983年から金属類とビン類の分別収集を開始し、1991年からは古紙と古着類の資源集団回収(奨励金制度)を実施した。

今回の調査で対象とした都市にとっての「分別」は、ごみ区分（可燃物や不燃物など）から資源物を分別することで、それまでの焼却や埋立でない、有効活用に変更することを促す・徹底するものとなっている。

各都市の分別を徹底することにした背景は、表2の通りである。

上述のような焼却・埋立の回避を趣旨とする分別の徹底は、処理施設の逼迫や更新計画の破たんなどがその背景と考えられる（札幌市や川崎市、名古屋市、東京都多摩地域の4都市など）。

一方、施設関連の課題を背景としない都市も多く存在する。

仙台市では、（施設関連の課題はなかったものの）ごみに混在する資源物が46%と、半分近くを占めることを問題視し、資源としての分別を促すことを目的に、家庭ごみの有料化を導入している。（図2）

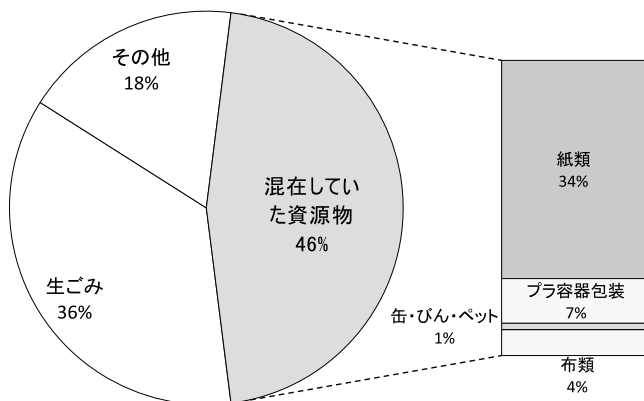


図2 仙台市の家庭ごみの組成調査結果
家庭ごみ等受益者負担制度（有料化）導入の経緯（2009年7月）より

経済的手法のひとつである家庭ごみ有料化は、ごみそのものの減量や、排出者負担の公平性確保などを目的に導入されるケースが一般的であるが、仙台市のように、ごみに混在する資源物の分別を促すことを目的に導入されるケースもある。

②普及啓発・教育（意識改革で行動につなぐこと）

分別徹底にむけた施策の導入・変更等に伴い実施した普及啓発・教育は、いずれの都市においても、テレビやラジオ、新聞広告などのマスメディアの活用、市発行の広報誌・チラシの配布、そして住民説明会が中心であった。

テレビの活用は、広範囲に普及する効果が期待できるものであるが、費用が大きくなるため、市政番組を活用するケースが多い。また、名古屋市では、ニュースとして取り上げてもらうことで費用を最少にする工夫がとられていた。

また、各都市ともに最も力を入れているのが、住民との直接的なコミュニケーションとなる「住民説明会」であり、担当部局の職員を総動員して対応している。図3は、主な都市の住民説明会の実施回数と期間を示すが、大都市でのごみ有料化導入に伴う住民説明会は、6～12ヶ月の

期間に、1,800～3,000回といった規模で開催している。

一方、2ヶ月という短期間に2,300回の住民説明会を開催した名古屋市では、分別の拡充を実施後の約2カ月で、10万件を超える苦情や疑問の声、連日の混乱ぶりのマスコミ報道があった。これに対し、市は、地域役員や保健委員などと協力し、ごみの分別チェックや、資源ステーションでの立ち番など、住民との直接的なコミュニケーションで対処し、混乱を治めている。

名古屋市に限らず、いずれの都市も、ごみ分別の徹底には地位役員の理解と協力が不可欠との認識を持っており、上記の住民説明会とは別に、地域役員向けの説明会を開催している。

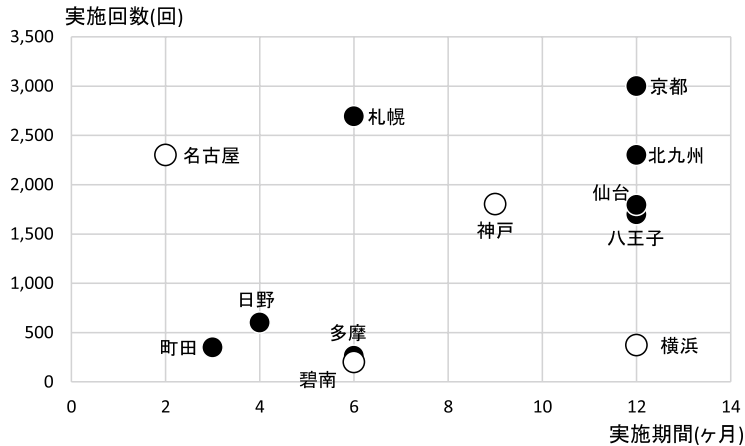


図3 施策導入・変更に伴う住民説明会の実施回数と期間
(●はごみ有料化導入、○は分別区分の拡充)

a) 住民説明会でみられた工夫

住民に対する普及啓発・教育面で工夫がみられた取組みとしては、仙台市の住民説明会が挙げられる(表3)。ここでは、従来の高齢者層や主婦層が参加の中心となる住民説明会とは別に、いくつかの 카테고리を設け、それぞれに対し、説明会・研修会等を開催することで、より多くの住民へのごみ分別浸透を図っている。

表3 仙台市において開催した説明会・研修会(2008年時)

カテゴリ	主な参加者	参加者数	開催回数
一般の排出者	住民(町内会単位)	51,268人 1,312団体	843回
排出ルール徹底層	転入者, 大学, 留学生, 外国人, 不動産・宅建協会, マンション管理組合等	22,835人 214団体	57回
排出支援が必要な層	高齢者・障害者等	11,505人 340団体	138回
次世代	市内小中学校	80,000人 196団体	196回
関係団体・役員	地域役員や減量推進員, 関係団体	34,371人 1,555団体	535回
直前説明会	実施直前に説明会の要望があった団体等	8,046人	24回

b) 住民意見の反映

分別徹底・定着のために実施する普及啓発等の取組みについて、行政からの説明・協力依頼に止めず、住民サイドからの改善意見等に耳を傾け、排出ルールや管理方法の改善や充実化を図っている取組みがみられた。

表4は、補足調査としてヒアリングを行った3都市における住民意見の反映例であるが、いずれの都市からも、住民意見の聴取と反映は、行政サービス向上の視点において不可欠なものであると同時に、ごみ分別活動における住民の当事者意識を高めるためには重要なものと位置づけている。

表4 住民意見の反映例

北九州市	名古屋市	碧南市
<ul style="list-style-type: none"> 少人数世帯からの要望で、小型サイズの指定袋を作成。 従来の45・30・20リットルの3種類から、10リットル袋を新たに作成。 	<ul style="list-style-type: none"> 資源ステーションを管理する地域役員からの要望で、分別ルールの違反が多い「プラスチック容器包装」の排出場所を玄関先（戸別収集）に変更。 	<ul style="list-style-type: none"> 資源区分を25品目でスタートしたが、その後、排出者の負担軽減や、技術的対応の状況等から品目数を随時変更。→現在は20分別に集約。

③規制

殆どの都市において分別排出ルールを守らないごみ袋については、分別精度の改善を注意するステッカーを張り、収集しない措置をとっている。(図4)



指定袋以外（レジ袋）での排出



指定袋以外（段ボール）での排出



可燃ごみの日に、不燃ごみを排出



申込制の粗大ごみを集積所に排出

図4 ルール違反ごみの例（千葉市ホームページより）

このような場合、戸別収集の場合は住民自らがごみ袋を開け、適切な分別をし直すことになる。ただし、集積所排出の場合は、分別し直しを地域役員が行うことになるため、彼らの負担増につながる。

先の「住民意見の反映」の名古屋市の例は、地域役員にとって、分別し直しの負担が大きく、この負担は排出者自身が負うべきものとして各戸収集に切り替えたものである。

また、より踏み込んだ規制的な取組みとしては、千葉市と横浜市による訪問指導、及び過料（罰金）の徴収が挙げられる。（表5）

表5 ルール違反ごみに対する規制的な取組み

都市名	取組みの内容
千葉市	<ul style="list-style-type: none"> ○ ルール違反ごみは、開封調査などにより排出者を特定し、訪問指導。 ○ 指導後もルールを守らない場合、改善勧告・改善命令を実施。 ○ 命令後1年以内にルールを守らない場合、過料（2千円）を適用。 <p>※対象となるルール違反</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 分別が徹底されていない場合（可燃ごみへの不燃ごみ・資源物の混入など） ➢ 決められた日時（収集日の早朝～午前8時）以外に出された場合 ➢ 指定袋以外で出された場合（可燃ごみをレジ袋で出すことなど）
横浜市	<ul style="list-style-type: none"> ○ 分別が全くされていないものについては開封調査を行い、個人が特定できた場合は訪問指導を実施。 ○ 指導しても分別せずに繰り返し排出した場合は過料を適用することもある。

④経済的手法

a) 分別区分に価格差を設けることで分別を誘導

今回の調査対象16都市のうち、家庭ごみ有料化を導入しているのは11都市である。

いずれの都市も、ごみ区分（可燃ごみ・不燃ごみ）に手数料を課し、資源区分を左記よりも少額の手数料とするか無料とすることで、ごみ区分への資源物の混入を阻止する（資源としての分別を促す）仕組みとしている。（図5）

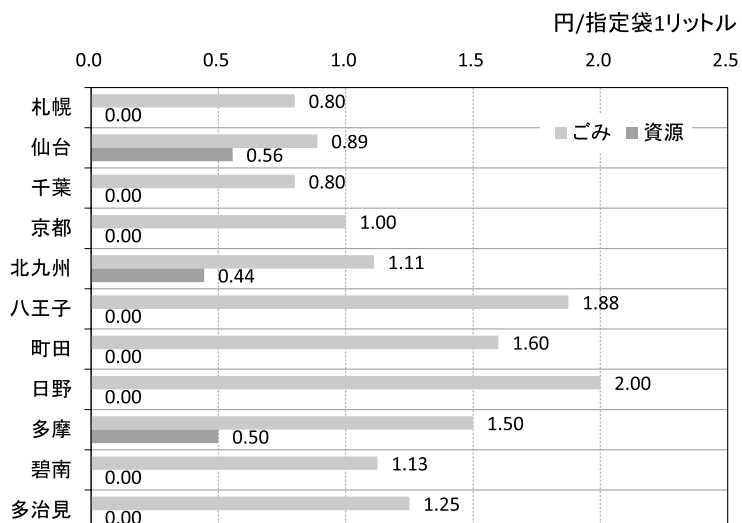


図5 有料化を導入している都市の手数料額（指定袋1リットル当たり）

※仙台と多摩は、資源区分のうち「プラスチック製容器包装」のみが有料。

※碧南は、ごみの指定袋80枚までは無料、81枚目から有料。

このような価格差による分別誘導は、ごみ区分の減量と資源区分の増加、いわゆる資源物の分別徹底・定着という効果が得られている。

表6に示すように、北九州市では分別協力度99%以上（ごみ区分への資源混在率が1%以下）、日野市ではごみ区分の大幅な原料と資源区分の大幅な増加が得られている。

表6 主な都市におけるごみ有料化による分別徹底の効果

北九州市	日野市
<ul style="list-style-type: none"> 年2回、市内7区・集積所2ヶ所で組成調査（サンプルは2週間分、47項目の詳細調査）を実施 H10、H18ともに有料化導入および強化直後の組成調査で、家庭ごみの分別協力度率は99%を達成 	<ul style="list-style-type: none"> ごみ有料化の導入により、可燃ごみ50%減、不燃ごみ60%減、資源物は2.8倍に増加

b) 民間サイドの自主的なリサイクルへの支援（民間資源化ルートの安定化策）

排出者である住民、及びごみの分別排出を管理する地域団体（町内会等）は、行政による資源回収とは別に、独自の資源化ルートとして、地域の資源回収業者に売却している。この売却益は、地域的な活動の重要な資金源となる。

この地域の自主的なリサイクルに対し、行政が回収量に応じた奨励金を支給するといった支援は全国的に行われており、本調査の対象である16都市も実施している。

これは、経済的インセンティブによる資源としての分別徹底策のひとつと言えるが、さらに、これらの民間資源化ルートを安定的に維持するために、資源市況が悪化した際に、資源回収業者に対しても支援を行う都市がある。（図6、表7）

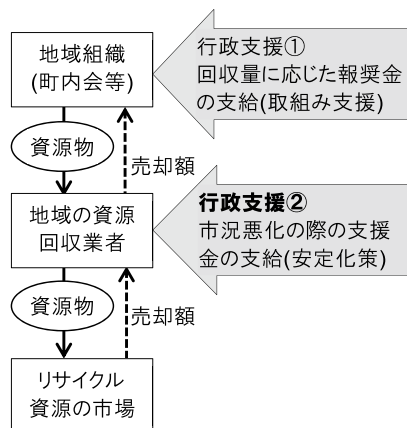


図6 民間主導のリサイクル活動への支援

表7 民間資源化ルートの安定化策

都市名	安定化策の内容
札幌市	<ul style="list-style-type: none"> 2002年より、古紙市況の低迷等を背景に、回収業者に対して¥1/kgの奨励金を交付。 2012年からは、集団資源回収への誘導を強化するため、「ダンボール・布類」の単価を¥4/kgに変更する一方、資源物としての認知度が高く、回収量や市況が安定している「新聞紙」の奨励金単価を0円。
横浜市	<ul style="list-style-type: none"> 資源物の単価を市況価格に応じて毎月算定し、回収業者に奨励金を支払い。
川崎市	<ul style="list-style-type: none"> 資源集団回収事業について、1991年から回収事業者に1円/kgの報奨金を与えているが、1993年からは2円/kgに増額。
名古屋市	<ul style="list-style-type: none"> 市と古紙回収業者は、次の協定を締結。 <ul style="list-style-type: none"> 古紙が逆有償となった場合でも、古紙回収業者は、地域団体等から費用を徴収しない 上記の場合、市は、古紙業者に対し、市況価格に応じたマイナス額を補填
神戸市	<ul style="list-style-type: none"> 資源物が逆有償となった場合は、市内資源回収業者へ補填を行う旨の協定を締結。 補填の金額は、古紙回収問屋買値： <ul style="list-style-type: none"> [1月～6月回収分]：前年6月～11月の平均値を基に算出 [7月～12月回収分]：前年12月～当年5月の平均値を基に算出
北九州市	<ul style="list-style-type: none"> 古紙の市況に応じて古紙回収業者に奨励金を支給 <ul style="list-style-type: none"> ステーション回収：古紙価格が3円未満/kgなら1円 軒先回収：3円未満/kgなら3円、3～6円未満なら2円、6～9円未満なら1円
多摩市	<ul style="list-style-type: none"> 多摩市資源集団回収業者助成金交付要綱を基に、助成金を交付（日経の平均相場が7円/kgを下回ったときに、2円/kgを交付）

⑤分別徹底の成果の共有

多くの都市では、ごみ分別徹底の取組みの維持・発展、排出者である住民の当事者意識の醸成等のため、取組みにより得られた成果を広く住民サイドへ発信し、共有を図っている。

主な成果としては、ごみ量やリサイクル率、ごみ組成分析に基づく資源混在率などについて、その改善された状況について数値を持って公表している。

表8 横浜市における分別徹底の成果（廃棄物処理施設関連）

焼却工場の廃止による経費節減	<ul style="list-style-type: none"> 資源分別の徹底により、ごみ量が大幅に減少し、中長期的にもこの成果を持続していくことで、既に廃止している栄工場に続き、2006年1月に港南工場を休止。この結果、将来予定されていた2工場あわせた全面建替え費用1,100億円（栄工場700億円、港南工場400億円）を節減。 運営費などの年間経費が約30億円節減。分別拡大における中間処理費用や再商品化委託料などの年間経費が約24億円かかっているが、これを差し引いても約6億円の経費の節減となる。
最終処分場の延命化による経費節減	<ul style="list-style-type: none"> 横浜市では、神明台処分場と南本牧廃棄物最終処分場の2つの最終処分場で、不燃性のごみと焼却残さの埋立を行っている。 「横浜G30プラン」を策定した当時、本市のごみ量は人口の伸びを上回って、年々増加する傾向にあり、そのままごみ量が推移すると、2007年当初に処分場の残容量は10万m³となり、2007年中には処分場が不足することが予測されていた。 しかし、G30の推進によりごみ量が減少したことで、2007年当初の残容量は70m³になる見込みとなっている。プラン策定当時の予測に対して増加した残容量60万m³価値を金額に換算すると83億円となる。

名古屋市では、毎年「ごみレポート」として、先の数値データに加え、政令都市との比較や、ごみ品目ごとのリサイクル率、ごみ区分ごとの処理費用（廃棄物会計）などの詳細データを分かりやすく整理し、発行している。もちろん、ごみレポートでは、資源物の分別・リサイクルは、従来の焼却・埋立よりも多額の費用がかかっていることなど、課題とすべき情報なども掲載している。また、横浜市では、資源分別の徹底の成果として、焼却量・埋立量の減量もたらされ、本来であれば掛かっていたはずの施設関連費用が大幅に削減できたことを大々的に公表している。（表 8）

4. まとめ

本稿は、中国の都市に適した分別政策を含む循環利用推進にむけた政策提案を行うことを目的に、日本の都市廃棄物の分別政策の経験、特に「普及啓発・教育」「規制」「経済的手法」の3つについて情報を収集し、その集約を行ったものである。

普及啓発・教育については、各種メディアの活用に加え、住民との直接的なコミュニケーションとなる住民説明会を精力的に実施していることを確認した。また、これと併せ、日常の分別排出を強力にバックアップしている地域役員への説明・研修等も不可欠であることが確認できた。さらに、このような住民サイドとの直接的なコミュニケーションは、行政側からの一方的な施策変更・拡充の説明に終始するのではなく、住民サイドからの意見をルール改善へつなげることで、行政サービス向上のはもちろん、ごみ分別活動における住民の当事者意識を高める重要なものであることが確認された。

次に、規制については、分別排出ルールを守らないごみ袋は、ルール順守を呼びかけるステッカーを張り収集しない措置、改善されない場合は過料を科すといったものが主流であった。この種の規制は、一定の効果はあると思われるものの、結果として、その負担は（ルール違反者ではなく）ごみ集積所の管理を行っている地域役員が負うことになる場合もあるといった留意点も指摘された。

経済的手法について、多くの都市で導入されているごみ有料化は、ごみ区分に料金の差を設けることで分別の徹底を促す仕組みが組み込まれていることが確認された。また、行政による資源回収とは別に、地域主導のリサイクル活動が盛んな都市は、回収量に応じた報奨金の支給に加え、その資源物の受け皿となる地域の資源回収業者に対し、資源市況が悪化した場合に支援金を支給することでリサイクルルートの安定化を図るといった措置をとっていることが確認された。

環境政策の発展段階論的分析のための基礎的一考察

川上 毅

概要

本稿は、我が国の環境政策を発展段階的に捉えるための基礎的な考察の一つである。

現在、アジア・アフリカ諸国で著しい経済成長がみられるものの、環境対策が必ずしも十分でない例も多い。このため、我が国の環境政策展開の経験がこうした諸国のより良い発展に有益な示唆を有しているのではないかという考えが本稿の背景となっている。これまで環境対策にはややもすると場当たりの、対症療法的な対策に汲々として、後手となる対策を講ずるケースが少なからず見受けられた。日本の経験から、途上国などの政策担当者が今後必要となる対策について、予め類型化された政策の発展という文脈で大局的な理解をし、当局が取るべき対策の全体像を将来にわたって展望した上で、その場しのぎでないより根本的で効果的な対策が実施できるような理論的なスキームを構築しておくことが、世界全体での持続可能性を考察し、推進する際に有効ではないかと考えたためである。

政策分析のフレームワークとしては、M. イェニケのエコロジー的近代化論を参考にしつつ、その類型が当てはまらない場合などには適宜合理的な解釈を加えていく。我が国には独自の特殊な事情、例えばアジアで最初に先進国となったことやその反面として経験した激甚なる公害とこれへの対応などがあるのでそれらを踏まえる。最終的には日本の環境政策が先進性を有することの検証も遠望しつつ、本稿ではまず我が国が経験した環境問題の一部として、鉱害と廃棄物の問題を切り出してこれを政策発展段階論的に分析してゆきたい。

A Basic Case Study for Environmental Policy Analysis using Ecological Modernization Framework

Tsuyoshi Kawakami

Abstract

This article tries to comprehend Japanese environmental policy with an approach of policy development theory by M. Janicke, ie, Ecological Modernization. While many Asian and African countries enjoy rapid economic growth recently, they lack enough environmental measures. The author believes that Japanese experiment of public pollution would give enough clues for win-win development of those countries. It is quite important for environmental policy makers and administrators to comprehend environmental policy as a whole which means environmental policy needs to be developed as environmental issues changes. Implementing symptomatic therapy only after severe events occurred would not solve the problem fundamentally. When planning environmental policies and measures, consideration on pre-cautious approaches and on the way to modernizing the society ecologically would be necessary.

環境政策の発展段階論的分析のための基礎的一考察

1. M. イェニケの発展段階論の要点：エコロジー的近代化論

世の中の様々な現象を発展段階的に捉える試みは枚挙に暇がない。このことは環境政策の研究・分析についても同様である。その典型的な例として、ドイツの M. イェニケはエコロジー的近代化論を掲げている。この核心として、M. イェニケは、初期の著作、例えば「国家の失敗」など、において以下のように環境対策（彼自身は術語として「環境戦略」を用いている）を段階的に捉えている。その要点は、

第1段階として、環境破壊に対する「補修」、「補償」が行われる。

第2段階では、付加的な「環境技術の活用」、すなわち脱硫装置の設置などによる修復がなされる。

第3段階において、「環境にやさしい製造技術」等を目標とした取り組みが進む。これはエコロジー的動機によるイノベーションの段階で、いわゆるエコロジー的近代化の段階は、ここから始まるとされる。

第4段階では、「経済社会全体に及ぶ構造変革」を目指す。エコロジー的に不適切なテクノロジーや経済形態自体が取り替えられる。

この4つの段階は、大きく2つに分けられる。すなわち第1段階と第2段階における環境政策の戦略は、対症療法、あるいはアフターケアのレベルであり、第3段階と第4段階は、予防のレベルに照準を合わせている。第3、第4段階の方がより高度であり、環境に適合的な成長が可能であるとしている。ここでは深く立ち入らないが、経済構造を転換させるための社会科学的理論構築を行うという当時のドイツの国家事情を踏まえた研究テーマや問題意識に基づく点が時代背景としては興味深い。

本稿では、このような発展段階的なアプローチをフレームワークとして我が国の環境政策の分析を試みたい。エコロジー的近代化論のフレームワークを本研究の分析に使用する理由については、次に述べるとおりである。

2. エコロジー的近代化論のフレームワークとしての適用の可否

本論の主たる研究対象が政策であることに鑑みれば、経済学的なアプローチとして制度学派による分析のフレームワークが参考となろう。それは、制度学派が、新古典派的な市場均衡が達成されない現実的な問題について、適正な取引の実施を確保するため政府や各種の団体、委員会など Institution を導入することを基本的な視点としているためである。制度経済学にも多様性が見られるが、清水（1996）⁽¹⁾は、Boyer/Saillard 1995 の諸論文から、絶対的な区別ではないとして、方法論的個人主義に立つグループと全体主義的なグループに大別されるとしている。前者は

(1) 清水耕一、「制度の経済学とレギュレーション」経済学史学会年報、1996

「社会現象を諸個人の活動の相互関係の分析によって解釈」するものであり、具体的には、アメリカ新制度経済学、新産業経済論、オーストリア学派を挙げている。他方で、後者は「制度を歴史の中で提起された問題の集団的解決過程の結果」として捉えるものであり、新制度学派(Hodgson)、レギュラシオン理論、Conventions 経済学を挙げている。

ここで、環境と経済の側面から論者の問題意識の一部を確認すると、今日の大量生産、大量消費、大量廃棄型の発展モデルについては既に持続性が認められなくなっていることから、資源制約、エネルギー制約の問題をどのように乗り越え、社会の持続性を確保していくのか、ということが根底に存在する。現代経済はグローバリゼーションが進み、相互依存の深まりはのびきならないところまできている。経済活動で消費する資源やエネルギーは膨大な量となっており、どの一国もすぐには舵をきれない状況である。しかし市場が自由に、しかも国際的な規模で有限な資源を使い続ける結果、枯渇が目の前に迫っている。この枯渇の意味するところは自明であろう。すなわち国際社会の不安定や紛争の可能性である。そこで時間を一つの重要な視座として、対策の迅速な実施について示唆を得るとともに環境問題の分析に1つの新たな視角を提示したいというというのが論者の問題意識である。

この意味では、以下の理由からポスト・フォーディズム論を掲げるフランス・レギュラシオン学派が特に示唆に富むと思料される。

先進諸国は戦後の復興期から60年代にかけて黄金時代を迎え、欧州に福祉国家を産みだすにいたるが、70年代に経済的な停滞を経験し、70年代後半になるとケインズの政策と福祉国家の否定的な側面が論じられ、新たな成長モデルが模索された。レギュラシオン学派は、ネオ・マルキシズム経済学の流れを組み、ポスト・フォーディズムの主要な分析枠組みを与えている。従来の大量生産、大量消費、大量廃棄型の経済モデルを「フォーディズム的蓄積体制」と呼び、どのようにして次なる発展を達成するかについて成長モデルを模索している。多品種少量生産、職人的な高品質の少量生産などの考えで、一定の分析枠組みを構築している。確かに、大量生産、大量消費、大量廃棄型の経済成長モデルの呪縛から逃れる上で、こうしたアプローチは示唆に富む。わが国における循環型社会の構築に関する政策としても、例えば、高品質少量生産によって、あるものの主観的な価値(大事さ)が上がれば、そのものを修理するなどにより長く使うこととなり、これは循環型社会形成推進基本法で定められる国民の責務規定⁽²⁾を見るまでもなく、循環型社会を実現するうえで重要な政策的なアプローチともなる。

しかしながら、その現実面での展開においてフランス国内で成果が上がっているかといえば、必ずしもそのように評価することは適切ではないと思量される。また、国際的な影響力という観点では、フランスはEUにおける各種の政策を主導する重要な立場にあるが、このレギュラシオン学派の政策がEUの環境政策の中核になっていないこと、他方で、ドイツを発祥とするエコロジー的近代化論が、その中核となっていることを考えても、分析のフレームワークとして、論者

(2) 例えば、第12条第1項は、国民は、基本原則にのっとり、製品をなるべく長期間使用すること、再生品を使用すること、循環資源が分別して回収されることに協力すること等により、製品等が廃棄物等となることを抑制し、製品等が循環資源となったものについて適正に循環的な利用が行われることを促進するよう努めるとともに、その適正な処分に関し国及び地方公共団体の施策に協力する責務を有すると規定している。(下線は論者)

の問題意識に沿った適切性が認められないのである。エコロジー的近代化論が、EUの環境政策の中核になっていることは、例えば、金（2010）⁽³⁾によるエコロジー的近代化論とEUの気候変動政策に関する分析が参考となる。金は、エコロジー的近代化の特徴として、以下の6点を指摘する。すなわち、エコロジー的近代化論は、①環境的関心を重視し、これを内部化した政治経済システムへの移行に関する言説であること、②環境と経済は本質的に両立可能であると考えること、③環境保護の必要性を費用便益の言語で語ること、④市場神話的な介入を通じて、政治経済システムを、エコロジー的にやさしいものに再構築しようとするものであること、⑤科学、政府、企業等近代的制度の存在を否定しないこと、そして⑥環境主義の内外から批判される、ということである。他方で、EUのとりわけ気候変動政策について、エコロジー的近代化論と同様の視点、類似の思考に立つとみている。すなわち、①気候変動の未然防止を優先課題と認識し、安全保障上の観点も含め、気候変動について、戦いの対象であり、環境的、経済的、社会的な危機として定義していること⁽⁴⁾、②気候保護と経済発展は矛盾せず、好循環の関係にあると捉えていること、③気候変動の必要性を費用便益の言語で語ること⁽⁵⁾、④市場親和的な介入の手段に基礎を置いていること、⑤問題の実用的な解決に焦点を合わせ、技術的解決を重視していること、⑥環境主義の内外から批判されていること、である。

論者は、これら指摘された6点の全てに同程度の共通性を認める立場を取るものではないが、少なくともエコロジー的近代化論とEUの気候変動政策のあいだには、環境と経済を両立可能であるとの立場をとり、市場的手法の活用を重視する点、また既存制度の漸進的な改善を意図している点には、共通性が見いだせるものであり、これらの諸点は政策の企画立案において、基本的な方向性を決定づける重要な要素であると考えられることから、エコロジー的近代化論が、EUの気候変動政策に大きな影響を与えたという分析を是とするものである。

以上の比較分析から、論者の問題意識に沿った分析のフレームワークを与えるものが、エコロジー的近代化論であるとの立場であることを今一度確認しておく。

3. 我が国の環境対策・政策の発展段階的分析

ここでは、エコロジー的近代化論のフレームワークを用いた政策分析の試みとして、鉱害と廃棄物の問題を取り上げて考察を試みたい。鉱害問題は、いわゆる公害問題の鎗矢となったが、この問題を分析することは、現代にいたるまで続く社会問題に対する初期動作の重要性を確認することになると考えられるためである。廃棄物問題は、後述するように問題の態様が複雑多様であり、一つの問題としてエコロジー的近代化論のフレームワークをもって扱うには多くの困難を有する。であるが故に、この二つの問題を対比してみた時に、フレームワークとしての適切性を分析することができるとも考えられる。ただし、本稿では、紙面の都合もありそこまでは立ち入らない。

(3) 「エコロジー的近代化言説とEUの気候変動政策」立命館法学 2010年5・6号(333・334号)

(4) 金(2010)、p539

(5) 金はその具体例として、いわゆるスターンレビュー(Stern, 2007)を挙げ、それが欧州委員会において全面的に受け入れられていることを示している。

3.1 鉱害問題の分析

本節では、我が国における公害問題の端緒と言える足尾銅山鉱毒事件を取り上げ、イエニケの環境対策の4つの類型をフレームワークとして分析する。

3.1.1 鉱害問題の顕在化

わが国の20世紀は、前世紀からの局地的な鉱害などの問題が続く中で産声を上げた。明治維新後、殖産興業のスローガンの下で近代的な製造技術が導入され、都市には工場が建てられ、生産活動が展開され始めた。しかし、早くも明治10年代には、工場周辺のばい煙、悪臭被害が発生し始め、それらは生産の拡大につれて深刻の度を加えていった。産業開発に伴う人口の都市集中のため、旧来の神社仏閣や各地の名所旧跡の森林や自然海浜が次々と失われていくとともに、都市の無秩序な開発は、災害に対する脆弱性を高めてしまうことにもなった。

こうした時代において、足尾銅山の問題は、明治期後半の極めて大きな社会問題として顕在化した。田中正造を中心的指導者とした鉱毒反対闘争が展開されたのである。足尾銅山は、1867(明治元)年、明治維新によって、幕府直営から明治政府の支配下に入ると、日光県・栃木県の管理をへて民業が許可され、1877(明治10)年には、古川市兵衛が鉱業権を譲り受け操業が開始された⁽⁶⁾。海外の銅需要に支えられ、日本の銅生産は全体に伸長したが、足尾の産出量は1886(明治19)年に全国の銅生産の52.2%⁽⁷⁾を占めるに至る。足尾銅山では1893(明治26)年にベッセマー式製錬炉(転炉)が導入され、鉱石から精銅に要する期間が、それまでの32日から2日に短縮され、他の銅山を圧倒したといわれる⁽⁸⁾。

ここで足尾地域で被害が確認された時期を確認すると、1884(明治17)年、煙害により樹木の立ち枯れが見られたとされる。翌1885(明治18)年には、アユの大量死が伝えられている。1887年になると、東京専門学校(現慶応義塾大学)の学生が鉱毒問題を討議した記録がある。1890(明治23)年に至るや、渡良瀬川に魚族絶つ、との記述が見られる。

足尾銅山では、過伐、大気汚染(亜硫酸ガス害)、野火災害⁽⁹⁾により、1893(明治26)年8月当時で、官有林、官有山野、民有林計1万3000町歩が、無立木地であったといわれる。

人的な被害については、田中正造が帝国議会⁽¹⁰⁾で行なった乳児死亡と一般死者の増加の問題提起を下に確認しよう。鉱毒の被害地となった栃木県及び茨城県の12の字を対象として1894(明治27)年から1898(明治31)年の5カ年について実施された調査によると、生者が865人

(6) 「通史足尾鉱毒事件」p12

(7) この年をピークに以後漸減の傾向を迎える。「創業100年史」古川鉱業株式会社、「通史足尾鉱毒事件」p13

(8) 「通史足尾鉱毒事件」p18

(9) 足尾銅山側は、1887(明治20)年の松木を発火点とする野火が導いた大火が松木の山林被害を大きくしたと主張し、足尾地区荒廃の責任を取ろうとしない姿勢を示しているが、地元の植物学者鈴木丙馬氏による調査(1966年発表)によれば、「・・・ベッセマー精錬法の採用された1893(明治26)年から数えて実に63年間にわたって足尾精錬所の煙突から多量のSO₂ガスが連続して足尾の山々に放出されつづけたのであって、この多量のSO₂ガスを主体とする鉱煙害が植生を壊滅し、また自然回復をはばんだことに基因する長期にわたる裸地化ということが足尾荒廃地出現の主因であったと判断される、」としている。

(10) 第12回帝国議会。

に対して、死者が939人と報告されている。1896（明治29）年の全国統計から総人口に対する生まれた者、死者の比率を見ると、全国平均では、生まれた者3.21人に対して死者が2.60人となっており、少なくとも生まれた者の割合が死者数の割合を上回っている。しかし被害地のそれは、1898（明治31）年の統計によれば生まれた者2.80人、死者が4.12人であり、死者の割合の異常な高さが示されている。栃木県大宇都宮市の統計（期間は先程の5カ年とそれに先立つ5カ年）を比較した備考欄にいわく「前5カ年死者平均数ト後5カ年死者平均数ヲ比格スレハ実ニ倍数ニ登レリ1日シテ如何ニ鉍毒ノ激烈ナルヲ知ルニ余リアリ」であり、この地では、死者の割合が人口の15.4%から31.20%と倍増しており、このことを田中正造は帝国議会において問題提起したのである。

3.1.2 対策の分析

(1) 第1類型の考察

イエニケによる環境対策の第1類型、すなわち被害地の「修復」、被害者への「補償」という対策がわが国の鉍害問題ではどのように講じられてきたか見ていきたい。イエニケは第1類型の「修復型対策」の具体例として植林をあげている。この点については、農商務省によって行われた「足尾官林復旧事業」1897（明治30）～1900（明治33）年、「足尾国有林復旧事業」1903（明治36）～1913（大正2）年をこの修復型対策の例としてあげることができる。

「足尾官林復旧事業」では、煙害により荒廃した官林中3000haに植樹を行い、164kmの防火線を設置することし、結果として2399haの植樹、約154kmの防火線の設置が行われた⁽¹¹⁾。また、足尾銅山においては、古川が、1897（明治30）年以降毎年4～5万円の治山事業費を支出している。

「足尾国有林復旧事業」では、未立木地に新しく植栽し、必要な場所に防火線を新設している。しかしながら、銅山の煙害に対する除害対策はなされておらず、「足尾山地の荒廃状況は依然として続⁽¹²⁾」いたといわれる。

明治政府は「鉍毒予防工事命令」を幾度も発令し、堆積場、沈澱池、濾過池、脱硫塔などの鉍害防除施設の建設を命じている。特に1897（明治30）年の第3回予防工事命令では、半年という期限内で完成しなくては鉍業停止という条件が課せられているが、古河はこれに104万4000円の巨費を投じて工事を完遂させている。

ここで「遊水池化」について考察する必要がある。環境の「修復」については、一般にある汚染された環境において、当該地を人への健康影響被害などが生じないように元の状態に戻すことを想起するであろう。他方で、それ以上健康影響が生じないようにすることを第一義的な目的とするならば、当該区域を囲い込んで、人が立ち入れないようにする、という対策も講じ得るであろう。当該区域を立ち入り禁止とする方向での対策は、果たしてここでいう修復に該当するであろうか。消去法的ではあるが、広義の修復に該当すると解することも可能ではある。すなわち自然の自浄能力が最大限に発揮されるように、一定期間、人間活動の影響を排除する、という方向

(11) この他、砂防工事も10数カ所行われている。

(12) 「よみがえれ、足尾の緑」p61

での対策も講じうると考えられるからである。ただし基準値以上の放射能汚染のようなケースでは事実上、その土地を放棄することとなるので、復旧の範疇に入らないであろう。同様に、遊水池化も、これにより人の生活環境が恒久的に奪われることになった点に着目し、このケースにおいては修復措置と考えるのは適切ではないとの立場をとる。

イエニケは、第1段階の環境対策（戦略）として、「補償」も挙げている。当時のわが国の経験をみると実際に、被害者との示談や和解、場合によっては被害者側の移転が行われている。足尾銅山の鉍毒被害と当時採られたその対策、具体的には小額での永久示談 1895（明治 28）年、遊水池化 1907（同 40）年は、この象徴的な事例と言える。ここで 4 大銅山における補償金を比較⁽¹³⁾してみると、次表の通りである。それぞれの被害地における国有林の割合などから補償金の多寡を一概に比較することはできないが、足尾における補償額の少なさが顕著である。足尾では国有林の割合が高く、補償金の増大に悩まされなかったことが、古川が煙害の技術対策を怠った主要因の 1 つと考えられている。このことは、足尾銅山より煙害地における民有地の割合が高く、総面積も広い日立銅山においては、補償金額も多く、1915（大正 4）年 3 月以降、大煙突が使用されたこととも符合する。

表 1 四大鉍山における鉍害にかかる補償額

鉍山名	支払われた補償金額	期間
足尾銅山	23 万 3131 円 この他、示談金として 18 万 7792 円	1909（明治 42）年から 1928（昭和 3）年まで 示談金は 1892（明治 25）年以降
別子銅山	478 万 2968 円	1929（昭和 4）年まで
日立鉍山	200 万 1911 円	1907（明治 40）年から 1929（昭和 4）年まで
小坂銅山	252 万 7620 円	1903（明治 36）年から 1929（昭和 4）年まで

出典：埜（2009）、p161 より筆者において総額を計算。元データの一部推計分を含む。

(2) 第 2 類型の考察

つぎにイエニケの第 2 類型におけるエンドオブパイプ型の対策について考察する。足尾銅山における技術対策の段階については、1893（明治 26）年には紛鉍採取器が設置されたが、近代的な対策としては、1915（大正 4）年 8 月までの脱硫塔時代を第 1 期、次が低煙突強制拡散方式の第 2 期、1918（大正 7）年以降の電気集塵法を第 3 期とする分類方法がある。

まず脱硫塔の効果についてであるが、脱硫塔による重硫酸ガスの除去効率は 2-3 割と低い。この技術については、費用対効果の観点から古川側に積極的な使用の意図がなかったであろうとする研究も存在する。第 2 期に至るも低煙突では煙塵の希釈拡散に効果がほとんどなかったとされる⁽¹⁴⁾。そうした中、第 3 期にいたりようやく電気集塵機（コットレル型）は、改良を重ねることで効果が増加し、脱塵率は 80% まで改善されたとの指摘がみられる。

(13)「鉍毒に消えた谷中村」p161。原資料は、農林省農務局「秘」「鉍業其ノ他ニ因ル農業災害ノ実例」（1930 年 6 月）。また補償金には一部推定額を含む。

(14) 同上、P157 によれば、「煙塵を降下させるために風速を遅くしたため希釈されたガスは温度が下がってそれ以上拡散され」なかったといわれる。

しかしながら固形硫化物に効果のあるこの装置も、亜硫酸ガス除去の効果がなく、銅1の生産に対して6のガス発生をもたらしている。

足尾銅山の事例において重要なのは、各種の技術が存在しているにも関わらず、これらが適切に活用されてこなかった点にある。例えば、別子銅山では、亜硫酸ガスから硫酸製造を行い、中和工場を設置しているが、足尾では脱硫塔を廃棄している。また日立鉱山のように高煙突拡散方式も採用されなかったのである。

(3) 第3類型の考察

結局、先にみたように1897(明治30)年の「鉍毒予防工事命令」により廃水対策は一定の成果を見るものの、脱硫塔による煙害対策は十分でなく、煙害問題の解決は多くの課題を抱えながら試行錯誤を経て、「自溶製錬法」とそれに伴う脱硫技術が確立される1956(昭和31)年まで待たなければならなかった。この「自溶精錬法」は、厳密には生産方法ではあるが、「硫化銅鉍の酸化熱をフルに活用するため、燃料を殆ど必要としないか、溶鉍炉、反射炉、電気炉に比べて燃料消費量が非常に少ない溶錬法である。」⁽¹⁵⁾ 従って、イエニケの類型で見れば、第3類型の省資源・省エネルギー型の対策と位置つけることが可能な対策である。この精錬法により濃度の高い亜硫酸ガスの回収が可能となったことから古河鉍業は、濃硫酸を製造することとなる。1961(昭和36)年の産銅量及び濃硫酸製造量を見ると、それぞれ2万tと12万tとの記録がある。これを1890(明治23)年代に当てはめると年間3-4万tの濃硫酸が精錬所付近に撒き散らされていたこととなり、「これでは苗木をいくら植えても枯れるのが当然⁽¹⁶⁾」という状況であったと推測されている。自溶型精錬法は、省エネ型の製造方法であったが、これにより、亜硫酸ガスが効率的に回収できたことが、その後の緑化事業、すなわち「修復措置」の効果を高めることにつながっていった。したがって、ここで重要な一つの考察として、各段階での対策は、より高次のものへとリニアに向かうというだけの理解では不十分で、第3類型、或いは第2類型の対策が、より低次の対策、この場合、第1類型の対策、の効果を高らしめるように効いてくる点も重要である。

(4) 第4類型の考察

イエニケは、第4類型の対策について、構造変革を目指したものとして分類している。今後、個々の問題を扱う際には、それが産業構造の変革や脱産業化的な生産様式の強い要請のきっかけとなったかという点で分析したい。その意味で、この局地的鉍害問題を経て日本は戦争の時代へと突入し、そこでは工場での生産拡大が何物にも優先されるようになった点をも、この問題の教訓がただちに活かされ第4類型への政策発展を導いたものと考えすることは困難である。したがって足尾鉍毒被害における分析において、第4類型に分類しうる政策は生じなかったとの結論としたい。

(15) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉍物資源機構「自溶炉銅精錬法」より

(16)「よみがえれ、足尾の緑」p69

3.1.3 対策の制度化

鉱害問題の制度としては、行政ではまず府県のレベルで立地規制などが先行し、国レベルでは、1911（明治44）年に「工場法」が制定された。同法は、労働基準法の施行によって廃止されたことからわかるように、最低就業年齢や最長労働時間や休日など、労働条件を定めるものであった。したがって、公害の被害による汚染地の修復本来を目指すよりも、（必ずしも公害健康被害によらずとも）労働環境の安全に重きが置かれたものであった。しかし、経済の拡大が急がれていたことに加え、対策技術の不足などから、有効な対策はなかなか講じられなかったと言える。なお、現代では、鉱業法1950（昭和25）年、鉱山保安法1949（昭和24）年により鉱害復旧、鉱害賠償という事後の救済策が講じられている。

3.1.4 小括

日本経済の勃興期であったこの時代には、生産の拡大に高い価値が与えられ、深刻な公害被害が生じてから、被害者の受忍と犠牲の上で問題が「解決」されることとなりがちであった。

足尾銅山において鉱毒の問題が認識され始めたのは、植生被害が1884（明治17）年に、次いで漁業被害が1885（明治18）年に、また農地被害は1890（明治23）年に生じている。対策の第1類型としての「修復」については、一定の植林が行われたものの奏効していない。遊水地化については、当時の技術的な制約もあるが、結局は、問題の目隠しに過ぎず、悪影響を受けた環境の原状回復という意味での修復はなされず、ここで生活を営む者に、新たな生活の保証をし得なかった点にも対策に対する批判の要因の一つをみることができると考えられる。

第2類型として、エンドオブパイプ型の対策分析を行ったが、1893（明治26）年以降、第3期といわれる電気集じん法が適用されるまで、四半世紀を要した。それでも、やはり乏しい公害防止技術の下では有効な対策となりえず、この時期、経済の拡大は直ちに公害の拡大を意味していたのである。大気汚染問題としての側面に限ってみても、1884（明治17）年の植生被害の認識から、1956（昭和31）年の脱硫技術の確立による抜本的な対策の実施まで、70年以上を要した。

第3類型として、「自溶製錬法」の確立が非常に大きな役割を果たしたことをみた。この技術によって大幅な環境負荷の削減が、その後のこれまでの植林などの対策の効果を改善したという考察が興味深い点であり、対策はリニアに進化するだけでなく、相乗効果を有し、複雑なメカニズムを意識することの必要性を明らかにしている。このことは、今日的な地球環境問題を考える際にも忘れてはならない視点の一つである。

最後に、この時期は、経済面での国力強化が国家目標となった時代であり、第4類型として分析対象となりうる政策は見られない。むしろ富国強兵、殖産興業の名の下に、多くの環境問題のプライオリティーが低く設定された時代である。そうした中において、当時の政府は、経済力の源となる大企業に対する態度とそうではない中小企業に対する態度を違えていた、という指摘が興味深い。すなわち、中小企業については、環境面からの行政指導も強力に行っていたと研究結果が存在するのである。

表2 足尾鉍毒事件における対策の時系的進展

年代	1880～	1890～	1900～	1910～	1920～	1930以降	
問題発生 私的指摘 公式発表等	植生被害 (1884) 漁業被害 (1885)	渡良瀬大洪水、被害顕在化 (1890)					
対症療法	対策第1類型A (修復)		足尾官林復旧事業 (1897～1900)	足尾国有林復旧事業 (1903～1913)		鉍業法 (1950)	
	対策第1類型B (補償)		永久示談 (1895)		終了 (1929)	鉍山保安法 (1949)	
	対策第2類型 (エンドオブパイプ 技術適用)	大気	紛鉍採取器設置 (1893)	脱硫塔 (～1915)	低煙突強制 拡散方式 (～1918)	電気集塵法 (1918～)	
		水質	鉍害予防工事命令 (1897)	第4回予防工事命令 (1901)			
エコロジ 的近代化	対策第3類型 (省エネ・省資源型)					自溶精錬法による脱硫 技術 (1956)	
	対策第4類型					至らず	
問題改善・解決						1956 (大気汚染)	

3.2 廃棄物対策の分析

3.2.1 廃棄物対策の分析におけるイエニケの分類適用の考え方

廃棄物問題は、廃棄物の量的問題、質的問題（個々の廃棄物の種類・性状に起因する処理困難性等）、処理施設整備を巡る問題、処理技術の適切性、不法投棄、各主体間の役割分担の適切性等々広範な問題を内包している。またそれらの問題の態様をみるとそれぞれが社会経済活動や市民生活の様々な局面と複雑に関わりを有するものとなっている。

したがって、廃棄物問題を一個の環境問題として捉え、イエニケの各類型をこの問題の分析において、時系列的発展段階のフレームとして適用しようとする、個別問題の発生要因の違いや講じられる対策アプローチの違いなどから分析の困難性が生じることに加え、そのような分析方法が適切であるかどうかについても疑義が生じうる。したがって、ここでは、便宜上、廃棄物問題という大分類を設定するが、それぞれの類型に典型的な事例について分析を行うというアプローチをとることとしたい。すなわち、ここでは、個々の廃棄物問題やその対策の分析に際し

て、リニアでの発展段階的理解をとっていないことを予め明確にしておきたい。他の環境問題については、分析の視角として時系列でみた発展段階を意識した構成をとっている点において、他との相違点、特徴点がある⁽¹⁷⁾。

こうした前提に立つと、それぞれの発展段階に典型的な事案を抽出し、焦点を絞って分析をしていくアプローチとなる。以下、具体的に見ると、まず第1類型の「修復」については、本来、廃棄物の処理が適切に実施されていれば修復が必要となるような環境影響は生じないのであるから、不法投棄によって環境汚染が生じた事案を中心に絞り込んでいくことに合理性があると考えられる。ここでは全国的にも大きな社会問題となった香川県豊島の不法投棄事案を例にとって分析する。第1段階ではまた「補償」も重要な対策である。この事案では、「解決金」という形での補償がなされた。行政の不作为等に基づいて行政が被害者に行う補償ではなく、排出者責任に基づき、排出事業者が解決金を地域住民と県に支払う形をとった。この点を概観していく。

第2類型として考察されるのは、いわゆる「エンドオブパイプ」、すなわち最終的に環境中に排出される不要物の適切な処理にかかる政策である。

この点については、廃棄物焼却場の焼却灰の中からダイオキシンが検出された問題が適切な事例であると考えられる。まず、この問題は、本来的な意味での廃棄物処理施設におけるエンドオブパイプ対策に関する問題そのものである。さらに廃棄物問題においては、廃棄物処理施設そのものが人の経済活動におけるエンドオブパイプの役割を果たすという特徴を有するとともに、まさにそのことによってそれ自身が社会的に迷惑施設とされる点にも留意が必要である。政策としてもいかにして地元住民の理解を得ながら必要な処理施設を確保していくかが極めて重要な課題となっている。このように、必要な処理施設確保に向けた政策は、廃棄物処理問題において最も重要な問題であると考えられる。したがって、第2類型での分析は、廃棄物処理施設におけるダイオキシン対策とその確保に向けた対策を、対象とした。

一方、第3類型の「省資源・省エネルギー対策」としては、生産工程における DfE (Design for Environment) や一般的なリサイクル対策がこれに該当すると考えられるが、政策としては経済構造全体に及ぶ視野を持たないことから、個別リサイクル法の制定・運用がこれに該当し、分析の対象とした。

第4類型の「より抜本的な構造改革」に至る点では、ゼロエミッションの理念や循環型社会構築に向けた制度整備を分析研究すべき事例であると考えた。

3.2.2 わが国における廃棄物問題の端緒

ここで我が国における廃棄物問題の端緒を見ると、明治期に入り、諸外国との交流が盛になると、海外からコレラ、ペスト等の伝染病が持ち込まれるようになり、明治20年末のペストの大流行を契機として、ごみ、し尿の処理が公衆衛生の見地から取り上げられるようになっていく。1900(明治33)年には「汚物掃除法」が制定され、ごみの処理は市町村の責任であることが明らかにされた。これを受けて、1911(明治44年)には東京中心部のごみを市当局が直接取

(17) もとよりイエニケの段階論についても、竹内(2004)が指摘する様に、歴史的法則ではないのであって、これまで見たように前段階における対策がないから次の段階の対策が生じないということを意味しないことを確認しておきたい。Leap frogging もありうるのである。

集するようになった。当時、東京から排出されるごみは1日800t程度、1人当たり290g程度（人口は275万人程度）であったといわれている。その後、日本経済が大きく発展するとともに、ごみの量も飛躍的に増大し、1924（大正13）年には、大崎に塵芥焼却場が建設された。

先に見たように廃棄物の処理は、腐敗しやすい生ごみを市街地に放置しておくことと伝染病まん延の原因となるため、公衆衛生上の観点からの行政による処理として始まっている。1954（昭和29）年には公衆衛生保持の観点から、汚物の衛生的処理を市町村の固有事務とした「清掃法」が制定された。その後、1970（昭和45）年には、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（廃棄物処理法）が制定され、公衆衛生保持のみでなく、生活環境保全の観点から廃棄物の適正な処理を確保することが期された。廃棄物処理法は、廃棄物を一般廃棄物と産業廃棄物に区分し、一般廃棄物の処理は市町村の固有事務、産業廃棄物の処理は排出事業者に義務付けるといった新たな廃棄物処理の体系をつくりあげた。

3.2.3 廃棄物対策の分析

(1) 第1類型の考察

ここでは廃棄物による環境汚染対策としての修復措置と補償措置について見ていく。

不法投棄問題の顕在化

わが国においては、過去に不法投棄等が行われた産業廃棄物により、生活環境保全上の支障等が生じるとともに、産業廃棄物処理に対する国民の不信感が生じてきたため、これらの産業廃棄物に起因する支障の除去又は発生の防止を計画的かつ着実に推進することが課題となっていた。

豊島不法投棄事案

ここで、全国的にも有名な不法投棄の事案となった香川県豊島の不法投棄について、香川県の資料や政府の環境白書その他の記述から事実関係を確認しておきたい。香川県豊島では、地元の産業廃棄物処理業者が、1975年代後半から1990年にかけて、シュレッダーダストや廃油、汚泥等の産業廃棄物を有価物と称して同社が管理する処分地に大量に持込んでいた。その処分地で野焼きや埋立てを繰り返し、約47万㎡の産業廃棄物を不法投棄した。1990（平成2）年11月、兵庫県警は、香川県豊島の産業廃棄物処理業者を廃棄物処理法違反の疑いで強制捜査した。その結果、不法投棄された廃棄物には、鉛、総クロム、カドミウム等の重金属に加えPCBやダイオキシン類等の有害物質が含まれていたほか、組成的にもシュレッダーダスト、燃え殻、鉍さいに加え、布きれ、ウレタンシート、木片等雑多なものが混入していた。また廃棄物の最深部は地表から約18mに達していたとされる。地下水汚染も見られるが、現在に至るまで汚染状況が継続している⁽¹⁸⁾。

その後、香川県により、産業廃棄物処理業の許可の取消し、産業廃棄物の撤去等の措置命令、

(18) 2012（平成24）年7月から8月にかけて実施した地下水調査の結果、地下水が採取できた11箇所の観測井のうち10箇所でベンゼン等7項目が地下水環境基準を超過し、また、うち8箇所でベンゼン等5項目が排水基準値を超過していた。（第31回豊島廃棄物処理協議会議事録 2013（平成25）年8月11日（日））

措置命令履行に係る行政指導などが繰り返し行われたが、廃棄物の撤去はほとんど進まなかった。

この事案における「修復」を見てみると、1997（平成9）年3月に産業廃棄物処理業者は破産したが、2000（平成12）年に成立した調停に基づき、香川県は廃棄物等の処理、汚染された地下水や浸出水等の漏出防止措置等を実施することとなった。計画では2012（平成24）年度までに約447億円の巨費を投じて汚染土壌を含む廃棄物等約56万m³を豊島から隣接する直島へ海上輸送、溶融処理し、発生する溶融スラグや飛灰などの副産物を香川県の公共事業で有効利用することとされた。豊島廃棄物の処理については、2011（平成23）年に処理対象量の大幅な見直しが行われ、処理期間も当初の2012（平成24）年度末から2016（平成28）年10月まで延長し、事業が進められている⁽¹⁹⁾。2013（平成25）年6月末までの全体処理実績は61万3301tであり、全体処理対象量93万8164tに占める割合は65.4%となっている⁽²⁰⁾。地下水については、汚染濃度が高く、最も浄化に時間を要すると考えられる処分地の西側において検出されたベンゼンと1,4-ジオキサンの必要浄化期間の予測が香川県によってなされている。これによると、揚水による必要な浄化期間として、ベンゼンが排水基準値⁽²¹⁾を満たすのは、浄化開始から8.9年後の2021（平成33）年度、1,4-ジオキサンが排水基準値⁽²²⁾を満たすのは、6.5年後の2019（平成31）年度と試算されており、環境の修復に時間を要することの一例としてあげることができる。

次に豊島の事案で、補償について概観する。この事案では公害等調整委員会による調停が行われた。1993（平成5）年11月、豊島住民により、香川県、産業廃棄物処理業者、排出事業者等を相手とした公害調停が申請され、公害等調整委員会調停委員会による調停が進められることとなった。1997（平成9）年3月に、産業廃棄物処理業者は破産したが、調停は継続して行われ、1997（平成9）年7月に中間合意が、また、2000（平成12）年6月に最終調停が成立した。

調停条項に基づき、排出事業者19社が合計約3億7800万円の解決金を支払う（住民が1/2、香川県が1/2を受領）とともに、先述のように香川県による廃棄物等の処理が行われることとなった。

こうした事案は、決してある地域に特有の事象ではなく、各地で不法投棄の問題が顕在化した。こうしたことへの対処として、全国的な制度的な整備が必要となった。このため、1997（平成9）年の改正産業廃棄物処理法の施行前に、同法に定める処理基準に違反して不適正に処分された産業廃棄物（特定産業廃棄物）に起因する生活環境の保全上の支障の除去又は発生の防止（支障の除去等）を自ら行う都道府県等に対し、国が財政支援を行うことにより、支障の除去等を計画的に推進することとした。具体的には、2003（平成15）年6月に「特定産業廃棄物に起因する支障の除去等に関する特別措置法」（産廃特措法）が制定、施行され、これによる対策が制度的に講じられることとなった。なお、2009（平成21）年度からは衛星画像を活用した未然防止・拡大防止対策のモデル事業が開始された。

(19) この見直しにより処理対象量は66万8000tから90万5000tと増加した。

(20) なお、2013（平成25）年7月に開催された豊島廃棄物等管理委員会において全体処理対象量が91万955tへと見直されており、これに占める割合とすると進捗割合は67.3%となる。

(21) 0.1mg/1以下

(22) 0.5mg/1以下

(2) 第2類型の考察

ここでは、エンドオブパイプ対策として、廃棄物処理（施設）に係る対策を概観することとなる。また廃棄物処理施設の整備促進のための対策を概観する。

①ダイオキシン問題

ダイオキシン問題に社会的な関心が向けられるようになったのは、1983（昭和58）年11月に都市ごみ焼却炉の灰からダイオキシン類を検出したと新聞紙上で報じられたことが契機となっている。

この問題については、やや時期を下るが1997（平成9）年1月には厚生省が「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」（新ガイドライン）取りまとめている⁽²³⁾。新ガイドラインの内容は1997（平成9）年8月の廃棄物処理法施行令及び同法施行規則の改正によって、新たな構造基準・維持管理基準などに位置付けられ、同年12月に施行された。ダイオキシン類は大気汚染防止法の指定物質として規制対象となっている。1997（平成9）年12月から焼却炉及び製鋼用の電気炉からの排ガス基準が定められ、ダイオキシン類の排出は法律で規制されることとなった。これにより、排出ガス中のダイオキシン濃度の測定義務が1997（平成9）年12月から、守るべき濃度基準が1998（平成10）年12月から適用され、2002（平成14）年12月からは更に厳しい濃度基準が適用されることが定められた。

政府は1999（平成11）年2月に、第1回目となるダイオキシン対策関係閣僚会議を開催している。翌月のダイオキシン対策関係閣僚会議では「ダイオキシン対策推進基本指針」が策定され、政府一体となってダイオキシン類の排出量を大幅に下げるなどの各種対策を鋭意推進することとされた。この基本指針に基づき、2003（平成15）年3月末までにダイオキシン類の排出総量を1997（平成9）年に比べて「約9割削減」することとされた。

1999（平成11）年7月には、「ダイオキシン類対策特別措置法」が成立した。これは、ダイオキシン類による環境の汚染の防止及びその除去等のため、ダイオキシン類に関する施策の基本とするべき環境基準を定め、排ガスや排水などの必要な規制、汚染土壌に係る措置等を内容とするものである。2000（平成12）年9月には、同法に基づく「我が国における事業活動に伴い排出されるダイオキシン類の量を削減するための計画」において削減目標量が設定され、毎年ダイオキシン類の排出量の目録（排出インベントリー）を整備することとされている。同インベントリーによると、ダイオキシン類の排出量は年々減少し、このうち、廃棄物焼却施設からのダイオキシン類排出量は2002（平成14）年は1997（平成9）年から約90%減少した。環境省によれば、この改善の理由として、「規制強化や基準適合施設の整備に係る支援措置等によって、排出基準やその他の構造・維持管理基準に対応できない焼却施設の中には休・廃止する施設が多数あること、基準に適合した施設の新設整備が進められていることが背景にあると考えられる」としている⁽²⁴⁾。

(23) この新ガイドラインは、緊急対策の必要性を判断するための基準として、ダイオキシンの排出濃度80ng-TEQ/m³を設定した。

(24) 環境基準の2010（平成22）年度の達成率は、大気では、すべての地点で環境基準を達成、公共用水域の水質・底質では、それぞれ環境基準を超過した地点が存在した。地下水質及び土壌については、環境

②廃棄物処理施設問題の顕在化と整備推進

廃棄物処理施設問題については、最終処分場の残余容量の減少、廃棄物処理施設の立地による環境問題とトラブルの発生の大きく2種類の問題が顕在化した。

廃棄物処理施設の推進策として、2000（平成12）年の廃棄物処理法の改正により、廃棄物処理センターの指定要件が緩和され、さらに民間を含め優良な処理施設の整備を支援するため、「産業廃棄物の処理に係る特定施設の整備の促進に関する法律」に基づく特定施設の認定が行われた⁽²⁵⁾。

2003（平成15）年の「廃棄物処理法」の改正では、廃棄物処理施設整備計画の策定に関する規定が追加され、同年10月に同整備計画が策定された。「循環型社会形成推進交付金制度」が平成17年度に創設されると、廃棄物の発生抑制・循環的利用・適正処理を促進するため、熱回収施設、高効率原燃料回収施設、汚泥再生処理センター、最終処分場、リサイクルセンター等の一般廃棄物処理施設の整備が図られている。

また、2005（平成17）年には、「優良性評価制度」が創設され、排出事業者が優良な処理業者を選択できる条件が整備された。2008（平成20）年には、地球温暖化対策との連携等の観点を盛り込んだ新たな「廃棄物処理施設整備計画」が策定された。最終処分場の確保が特に困難となっている大都市圏のうち、近畿圏においては、大阪湾広域臨海環境整備センターが行う広域処理場整備の促進及び埋立ての円滑な実施が図られている。

(3) 第3類型の考察

第3類型としては、省資源、省エネルギー対策が挙げられる。廃棄物・リサイクル問題においては、一連の主要な法律におけるリサイクルの推進状況を概観したい。

「廃棄物処理法」においても、幾度かの法改正を経て3Rの推進が図られるようになってきている。1997（平成9）年の改正では、一定の廃棄物の再生利用について、その内容が生活環境の保全上支障がない等の一定の基準に適合していることを環境大臣が認定し、認定を受けた者については業及び施設設置の許可を不要とする制度（再生利用認定制度）が設けられた。また、2003（平成15）年の改正では、広域的に行うことによって、廃棄物の減量その他適正な処理の確保に資するとして環境大臣の認定を受けた者について、業の許可を不要とする制度（広域認定制度）が設けられた。

2005（平成17）年2月の中央環境審議会の意見具申「循環型社会の形成に向けた市町村による一般廃棄物処理の在り方について」を受けて、環境省では、廃棄物・リサイクル行政の目的が、これまでの生活環境の保全、公衆衛生の向上や公害問題の解決に加えて、循環型社会の形成へと変遷していることを踏まえ、今後、わが国全体として、3Rに重点を置いた最適なりサイクル・処理システムを構築していくこととし、「廃棄物処理法」に基づく基本方針が2005（平成

の一般的状況を調査した結果、環境基準を超過した地点はなかった。（達成率：大気100%、公共用水域水質98.4%、公共用水域底質99.5%、地下水質100%、土壌100%）

(25) なお、2001（平成13）年5月に環境大臣は「廃棄物の減量その他その適正な処理に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための基本的な方針」を決定しているが、これにより一般廃棄物及び産業廃棄物の最終処分量を2010（平成22）年度までに1997（平成9）年度のおおむね半分に削減することとされた。

17) 年 5 月に改正された。これを受け、環境省では、2007 (平成 19) 年 6 月、一般廃棄物処理事業に係るコスト分析の標準的手法を示す「一般廃棄物会計基準」等を作成している。

「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」(容器包装リサイクル法)は、家庭から出る廃棄物の約 6 割 (容積比) を占める容器包装廃棄物のリサイクルを通じて、一般廃棄物の減量と資源の有効活用の確保を図る目的で、1995 (平成 7) 年に制定された。

「特定家庭用機器再商品化法」(家電リサイクル法)は、1998 (平成 10) 年に公布されていたが、2001 (平成 13) 年 4 月から本格施行された。法の対象となる廃家電 4 品目 (家庭用エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・衣類乾燥機) を製造業者等が引き取る指定引取場所は現在、379 カ所に設置されており、引き取った廃家電 4 品目のリサイクルプラントは全国 49 カ所で稼働している。

コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊及び建設発生木材を対象にそのリサイクル等を促進する「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」(建設リサイクル法)が、2002 (平成 14) 年 5 月に施行された。

「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」(食品リサイクル法)が、食品廃棄物等の排出の抑制と資源としての有効利用を推進するために 2000 (平成 12) 年に制定された。食品の製造、流通、消費、廃棄等の各段階で食品廃棄物等に係わる各主体が、食品廃棄物等の発生抑制、食品循環資源の再生利用および熱回収、ならびに食品廃棄物等の減量に取り組むことを求めた。食品リサイクル法は、2007 (平成 19) 年 12 月に一部改正法が施行され、同改正法に基づき関係者が連携して取り組む循環的な再生利用事業計画の認定など、食品関連事業者における食品循環資源の再生利用等の実施率目標の達成に向けた取組が進められている。

使用済みの自動車については、「使用済自動車の再資源化等に関する法律」(自動車リサイクル法)が 2005 (平成 17) 年 1 月に施行された。

需要面から環境配慮型製品の普及を促進するため、「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」(グリーン購入法)が制定されている。「環境物品等の調達の推進に関する基本方針」(基本方針)に基づき、国等の各機関は、調達方針の公表等を行い、これにしたがって調達が実施されている。基本方針に定められる特定調達品目は 19 分野 256 品目となっている (2010 (平成 22) 年 2 月現在)。

(4) 第 4 類型の考察

第 4 類型として、循環型社会の構築に向けた対策について考察したい。一般に、個々の公害「対策」が経済社会構造の変革までを視野に含みにくいものに対して、廃棄物問題に端を発する循環型社会の構築に関しては、まさに、大量生産・大量消費・大量廃棄の経済構造を変革することを意図しており、真の意味でエコロジー的近代化の第 4 類型に該当する施策として最も相応しいものと考えられる。

循環型社会構築の必要性

循環型社会構築の必要性については、大量生産、大量消費、大量廃棄型の経済社会活動を改めるべきという一般的な文脈でも認識が形成されつつあったが、廃棄物の排出量の高水準での推

移、廃棄物の焼却に伴うダイオキシン類等の排出（質的課題）、最終処分場の残余容量の減少、廃棄物処理施設の立地による環境問題とトラブルの発生などの課題から、特に喫緊の課題として認識されるようになった。

循環型社会の構築に向けた制度化

環境庁ではこの政策課題について中央環境審議会に対して1996（平成8）年に諮問を行い、以降、2年4カ月にわたって検討が行われた。その結果、①廃棄物対策と資源の循環的再利用の促進を一体的に進めることが重要であること、②発生抑制、再使用、再生利用、適正処理というその取扱の優先順位を確立すべきこと、③このような取り扱いを実現する上で関係者が役割分担すべきことなどがとりまとめられ、提言された。当時、厚生省、通商産業省、建設省、農林水産省等の関係省庁においても、生活環境審議会、産業構造審議会などの場で、循環型社会の形成に向け廃棄物処理の適正化やリサイクルの推進などのための法制度のあり方の検討を行っていたが、このとりまとめは、このような他省庁、他の審議会などにおける検討に拍車をかけたということもできる。

さらに法制度の整備にはずみをつけたのが、1999（平成11）年10月の与党三党の政策合意である。この中で与党三党は、「2000（平成12）年度を循環型社会元年と位置づけ、基本的枠組みとしての法制定を図る」ことを明確にした。このような経過を経て、循環型社会の形成を目指す基本的枠組み法の制定について与党と政府の認識が一致し、両者が一体となってその検討を進めることとなった。こうして「循環型社会形成推進基本法案」は、第147回通常国会に提出され、平成12年5月、原案通り可決した。

この第147回通常国会は、循環型社会国会と言われることもある。それは循環型社会形成推進基本法と時を同じくして、5本の関連個別法が成立したためである。すなわち、「改正廃棄物処理法」、「資源有効利用促進法」、「食品リサイクル法」、「建設リサイクル法」及び「グリーン購入法」である。既に制定されている「容器包装リサイクル法」と「家電リサイクル法」にこれら六法を加え、循環型社会の形成に向けた法制度の整備は大きく前進した。

「循環型社会基本法」は、循環型社会形成推進基本計画の策定を規定している。循環型社会基本計画は、循環型社会の形成に関する政策の総合的、計画的な推進を図るための中心的な仕組みとなるものであり、循環型社会のあるべき姿についてのイメージを示し、循環型社会形成のための数値目標を設定するとともに、各主体の取組の方向性を示すものである。2008（平成20）年3月に閣議決定した第2次循環型社会基本計画では、国民、事業者、NPO／NGO、大学、地方公共団体、国等のすべての主体が相互に連携することで循環型社会の形成に向けた取組を進めることとした。とりわけ国における取組として、①低炭素社会づくりや自然共生社会づくりとの統合的取組、②「地域循環圏」の形成推進、③3Rに関する国民運動、④グリーン購入の徹底など循環型社会ビジネスの振興、⑤発生抑制を主眼とした3Rの仕組みの充実、⑥3Rの技術とシステムの高度化、⑦情報把握と人材育成、⑧国際的な循環型社会の構築を総合的に実施することとしている。

この計画は世界的に見ても先進的な水準にあると考えているが、それは、経済社会活動における資源投入部分、循環利用部分、最終廃棄部分について、精緻なデータに基づく、定量目標を設

定していることによる。

途上国が類似の政策目標を掲げるには、いくつかの段階を経なければならない⁽²⁶⁾が、既に日本は、アジア諸国と3Rについて政策対話のプラットフォームを形成・運用しつつあり、こうした場が最大限に活用されて、日本並みの計画が策定されていくことを期待したい。

3.2.4 小括

廃棄物問題では、地理的にも独立した個々の問題をまとめて扱うことの困難性から典型的な事案を取り上げて考察することとし、第1類型の「修復」については豊島を対象事案とした。1980（昭和55）年代から行われたといわれる不法投棄に関して、強制捜査の実施までに10年を要している。その10年後の調停成立を受けて、県による修復事業が始まったのが2000（平成12）年である。この事業の終了予定年は2016（平成28）年である。さらに地下水質の改善も含めて考えると原状の回復⁽²⁷⁾に至るのは2020（平成32）年頃と試算されている。この場合、問題の発生から解決まで約40年を要するということになる。

第2類型については、廃棄物処理施設のダイオキシン対策を対象事案とした。社会問題化したのが1983（昭和58）年である。着実な対策が講じられたことにより現在では全国的に問題となる状況ではないが、それでも政策目標とした「ダイオキシン類排出総量の9割削減」の実現まで2002（平成14）年頃までと約20年を要した。ダイオキシン類特別措置法の成立が1999（平成11）年であるので、同法の規制効果は顕著であったといえることができる。なお一連の規制を通じて廃棄物焼却炉の高性能化（旧型炉の休・廃止を含めて）が進んだことが指摘されており、このことは、最終的には第4類型に至る萌芽とみることもできようが、それでも構造的な変革には至っていない。

第3類型では、相次ぐ個別リサイクル法の制定を見た。時期は、2000（平成14）年の循環型社会形成推進基本法の制定と同時期であり、政治的に重要な政策課題として取り上げられたことと相まって、対策制度の整備が急速に進んだ。第4類型としては、循環型社会形成推進基本法の制定を象徴として見たが、これが一連の個別法の制定と時期を重ねたことは、発展段階として見たときに、生物学でいう適応放散が見られたようで興味深い。

(26) 例えば、マテリアル・フロー・データ整備などの統計面での技術的進展や制度整備から経済発展至上主義からの脱却などの課題があり、定量目標の考え方が分かれば即適用できるというものではない。

(27) この試算では、排水基準への適合をもって原状回復したとみなすこととしている。

表3 廃棄物問題⁽²⁸⁾における対策の時系列的進展

年代	1980～	1985～	1990～	1995～	2000～	2005～
問題発生 告発、公式発表等	豊島：不法投棄 (1980頃～) 所沢：ダイオキシン社 会問題化(1983)				3党合意：2000年を循環型 社会元年に	
対策第1類型A（修復） 対象事案：豊島	豊島住民代表が県に 反対陳情(1976)		産廃処理業許可取消 及び廃棄物撤去命令 (1990) 兵庫県警強制捜査 (1990)		産廃特措法 ⁽²⁹⁾ (2003) 中間保管・梱包施設/特殊 前処理施設完成(2003) 豊島廃棄物等の直島への輸 送開始(2003)	処理事業終了予定 (2016)
対 症 療 法				調停申請(1993)	調停中間合意(1997) (2000)	
対策第1類型B（補償） 対象事案：豊島						
対策第2類型（エンドオブ バイアブ技術適用） 対象事案：ダイオキシン			産廃処理施設整備促 進法 ⁽³⁰⁾ (1992)	ダイオキシン類対策 特別措置法(1999)	廃掃法改正(2000)	
エコロ ジ ー 的 近 代 化	対策第3類型 (省エネ・省資源型)				建設リサイクル法 ⁽³³⁾ (2000) 食品リサイクル法 ⁽³⁴⁾ (2000)	自動車リサイクル法 ⁽³⁵⁾ (2015)
問題改善・解決	対策第4類型 構造改革				循環型社会形成推進基本法 (2000)	定量目標化(資源生産 性、循環利用率、最終 処分量)
					構築途上 ⁽³⁶⁾	

(28) 網羅したのではなく、本稿で取り上げた一部の廃棄物問題に限る。

(29) 正式名称：「特定産業廃棄物に起因する支障の除去等に関する特別措置法」

(30) 正式名称：「産業廃棄物の処理に係る特定施設の整備の促進に関する法律」

(31) 正式名称：「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」

(32) 正式名称：「特定家庭用機器再商品化法」

(33) 正式名称：「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」

(34) 正式名称：「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」

(35) 正式名称：「使用済自動車の再資源化等に関する法律」

(36) ただし構築完成期の判断は困難。

4. むすび

論者は、イエニケのエコロジー的近代化論のフレームワークを我が国の環境政策の分析に活用することで、我が国の主要な環境問題について対策の発展段階的に概観し、現在、発展途上にある国々に何らかの示唆を与えるものとしてまとめておきたいと考えている。決してそうあってはほしくないのだが、「歴史は繰り返す」からである。今回は、鉱害と廃棄物の問題に焦点を当てて分析を試みた。

その結果、いわゆる第1類型の「修復対策」の開始まで、足尾の例では13年⁽³⁷⁾、廃棄物不法投棄問題（豊島）では、約20年を要している。その考察の一つは、修復対策が開始されても問題の根本に至る対策でなければ、焼け石に水の状態が長く続くということである。足尾の例では、1956（昭和31）年に自溶製錬法が導入されるまで、半世紀以上も修復事業（植林）の成果はほとんど出ない状態が続いたといえよう。「補償」について、足尾の例では「修復」にわずかながら先立って永久示談がなされている。しかしながら最終的な決着までそれから34年を要した。廃棄物不法投棄については、調停成立まで20年を要した。今回取り上げなかったが、四大公害のケースなどさらに長期間を要していることを忘れてはならない。先ごろ補償について決着をみたイタイイタイ病では、問題発生の指摘から約100年を要した。認定患者の内、生存者は3名という。何のための、誰のための補償か、教訓として学ぶべき点があろう。

第2類型、いわゆるエンドオブパイプ型の対策については、足尾の例ではこの類型の対策がほとんど功を奏していない。被害の指摘から30年ほど経ても有効な技術的な対策が講じられていないのである。一方で、廃棄物処理施設におけるダイオキシンの問題については、法制度化の後、比較的短時間で顕著な改善がみられたことから成功例といえるだろう。ただしダイオキシン問題が社会化してから制度的な対策が講じられるまで15年を要した点も分析されるべきであろう。

第3類型として、足尾では自溶製錬法の導入により、ようやくこの問題に解決の道筋があった。廃棄物問題については、個別リサイクル法の制定が相次ぎ、個別物品ごとに達成状況の差はあるが、一般的にリサイクルという行為が社会に定着し始めた、とみることができよう。

第4類型について、廃棄物問題については、循環型社会という、これまでの大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会とは異なる新しい社会像が示されるとともに、法制度としても循環型社会形成推進基本法をはじめ個別リサイクル法等の制定・改正も続きエコロジー的近代化に向けた対策が着実に芽を出したといえることができる。

足尾銅山の例では、深刻な社会問題となっていながら、その後、国の進むべき道や社会構造を大きく変えるような動きにはつながってはならず、一つの断絶を見ることができるといえる。

田中正造は1912年に自身の日記に以下の言葉を書き残している。

「真の文明は 山を荒さず 川を荒さず 村を破らず 人を殺さざるべし」

(37) 植生被害の報告（1884（明治17））から足尾官林復旧事業（1897（明治30）～1900（明治33））が開始される期間とした。

残念なことに、現在を生きる人類は、それを完全に過去のものとしていくことができていない。

参考文献

- 足尾に緑を育てる会、「よみがえれ、足尾の緑」、(随想舎、2001年)
- 石坂匡身編著『環境政策学—環境問題と政策体系』(中央法規、2000年)
- 遠藤保雄著『循環型社会への挑戦—ごみ列島化回避の処方箋』(ぎょうせい、2002年)
- 川上毅「環境行政史」(上智地球環境学会、紀要 No7、2011年)
- 川上毅「概観：環境行政史」(季刊「環境研究」2012年2月号)
- 川上毅共著「わが国の環境経済政策概観」(季刊「環境研究」2011年4月号)
- 環境庁20周年記念事業実行委員会(主査小林光)編『環境庁二十年史』(環境庁、1991年)
- 環境省総合環境政策局総務課編著『環境基本法の解説(改訂版)』(ぎょうせい、2002年)
- 環境省総合環境政策局企画調査室、廃棄物リサイクル対策部循環型社会推進室、自然環境保全局生物多様性地球戦略企画室編集、「環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書」各年版(特に平成7年版、平成11年版、平成23年版等)
- 金基成、「エコロジー的近代化言説とEUの気候変動政策」立命館法学2010年5・6号(333・334号)
- 鉱山懇話会編、日本鉱業発達史 下巻<1>(1993年)
- 小松裕、「真の文明は人を殺さず」、(小学館、2011年)
- 清水耕一、「制度の経済学とレギュレーション」(経済学史学会年報、1996)
- 下野新聞社、「田中正造物語」、(随想舎、2010年)
- 循環型社会法制研究会編『循環型社会形成推進基本法の解説』(ぎょうせい、2000年)
- 東海林吉郎・菅井益朗、「通史 足尾鉍毒事件 1877-1984」、(新曜社、1991年)
- 城山英明、細野助博編著『続・中央省庁の政策形成過程—その持続と変容—』(中央大学出版部、2002年)
- 地球環境経済研究会編著『日本の公害経験』(合同出版、1991年)
- 橋本道夫著「環境政策」公務員研修双書(ぎょうせい、1999年)
- 塙和也・毎日新聞社宇都宮支局、「鉍毒に消えた谷中村」、(随想舎、2008年)
- 久野武著『日本の環境庁行政の総括・序説』(慶應義塾大学出版会、2005年)
- 布川了、「改訂 田中正造と足尾鉍毒事件を歩く」、(随想舎、2009年)
- 柳下正治共著「廃棄物・資源管理政策の発展軌跡に関する日韓比較分析」宇都宮大学国際学部研究論集2010年、第29号
- M. Janicke, State Failure The importance of Politics in Industrial Society, The Pennsylvania State University Press, Polity Press 1990
- M. Janicke, Helmut Weidner (Hg), Successful Environmental Policy, A Critical Evaluation of 24 cases, Ed. Sigma, 1995

手賀沼水環境変化の社会構造的原因の考察と 北千葉導水事業による改善効果の評価

黄 光偉*

概要

手賀沼は水質のCOD基準で見れば、1974年から2001年までの27年間連続で日本の湖沼のワースト1であった。2002年から、ワースト1を脱却し、5～9の汚濁順位まで改善が見られた。さらに、2006年にワースト10位圏内から出たこともあった。しかし、2012年から汚濁度が再び上昇し、ワースト2に戻った。環境悪化原因については、物理的、化学的、生態的視点から多くの研究が行われてきた。本研究はより深層にある社会構造的原因を解明することを試みた。また、手賀沼流域における様々な浄化取り組み中最も重要な役割と位置づけされた北千葉導水路事業に対して、今まで行われた北千葉導水効果の評価と異なる角度から、導水が齎した変化を追究し、新しい知見を得た。

キーワード：手賀沼、水環境、ダム、減反、北千葉導水

Social Cause behind the Change of Water Environment in Lake Tega and Evaluation of Improvement by Kitachiba Diversion Project

Guangwei Huang

Abstract

Lake Tega had been listed as the environmentally worst lake in Japan for 27 years. Various researches have been conducted to study the physical, chemical and ecological aspects of the lake. The present study, however, is aimed to deepen understanding on the lake's deterioration from a social science point of view. At present, Kitachiba diversion channel plays a central role in the move toward restoration of the lake. Therefore, another objective of this paper is to evaluate this project from a perspective different from previous studies.

Key words: Lake Tega, water quality, dam, rice reduction policy, Kitachiba diversion

手賀沼水環境変化の社会構造的原因の考察と 北千葉導水事業による改善効果の評価

はじめに

日本の湖沼水環境は高度成長に伴い劣化した。現在、様々な浄化事業が実施されたにも関わらず環境基準を満たしている湖沼が40%に過ぎず、特に湖沼の富栄養化の指標となる窒素やリンについては多くの地点で横ばい状況である。水質悪化原因に対して、物理的、化学的および生物的、または点源と面源などの側面から大いに研究されてきた。しかしながら、物理・化学・生態的なメカニズムの背後にある社会構造的原因については、水需要を満たすために人間が湖に過度のストレスをかけたなど表面的な議論に留まったことが多い。特に社会情勢変化の視点に基づく事例分析は少ない状況である。本研究では、手賀沼を対象にし、国の政策と施策が水環境に与える長期的な間接影響を論じることを目的とする。

1. 研究手法

まず、歴史資料に基づいて、部分（手賀沼の水環境）と全体（流域開発）との機能的な連関に着目することによって、社会事象に関して帰納的な解釈と説明を与えるといった社会学手法を用いた。ただし、解釈には工学の知識やデータを活用し、社会学と工学アプローチの融合を目指した。後半の北千葉導水事業評価には、まず季節毎に導水効果を考察し、それから、手賀沼における三つの富栄養化度指標値の長期変動特徴を抽出し、利根川から手賀沼へ導水という施策の影響を検討した。さらに、水質の主成分分析を行った。

2. 手賀沼の変遷

手賀沼は、千葉県の北西部、東京から約20 kmの位置にある海跡湖であり、その流域は、松戸市、柏市、流山市、我孫子市、鎌ヶ谷市、印西市、白井市、本埜村、の6市1町1村にわたっている（図-1）。現在の水面積は6.5km²、周囲長は38km、最大水深3.8m、平均水深は約0.9mの浅湖である。

手賀沼変遷を論じるには利根川との関係の把握は出発点になる。1000年ほど昔の手賀沼は、手下浦と呼ばれ、香取海という内海の一部であり海水が流れ込んでいた（図-2）。その当時利根川は、東京湾に



図-1 手賀沼流域

注いでいたが、江戸時代初期、江戸を洪水から守ることや食料増産や水上交通網の確立のため、利根川東遷という、利根川の流れを東京湾から銚子で太平洋に注ぐ川に変える工事が行われた（大熊、1981）。このため、なお一層利根川の堆積作用による香取海の陸化が進み手下浦の湖沼化が進んだ。しかし、東遷により、手賀沼は利根川との位置関係が変わり、左岸から右岸の方に移った。図-3には関東平野の地形と1947年の利根川氾濫水の流動方向を示したものである。赤鎖線は約10万年前に形成された台地面の等高度線で、平野の中央が盆状に沈降していることをこれは示している。かつての利根川はこの沈降域をたどって南に向かい、東京湾に流入していた。つまり、流路が人工的に東方へ向けられても氾濫流が古利根川方向に南下する傾向があった。この地形的弱点により、手賀沼の湖沼化後利根川の度重なる氾濫で手賀沼流域は水害の常襲地になった（中尾、1986）。

利根川東遷に伴って、手賀沼流域の新田開発が始まった。江戸の商人海野屋作兵衛が干拓事業にあたり、約15年間で232ha弱の新田を開発したものの、その後の度重なる洪水によって壊滅してしまいました。第2回目は、1727年に幕府は井沢為永に命じて、再び手賀沼の干拓に着手しました（享保の干拓）。享保14（1729）年に工事を完成させた。沼中央の布瀬村と対岸の新木村間に千間（約1.8 km）の堤防を築き、手賀沼を堤によって東西二つに仕切り、下沼の干拓をすすめようとした。洪水で千間堤が決壊し、完成から10年で失敗に終わった。第3回目は、幕府の補助を得て地元の農民が延享2（1745）年に完成させたが洪水により失敗に終わった。その後、1785年には老中田沼意次の命によって「天明の開墾」が始まりましたが、その効果は大きく、手賀沼新田は復興の兆しがみられたが、1786年に「天明の大水」と呼ばれる利根川洪水が発生し、手賀沼一帯が大洪水となり、田沼意次が失脚したため完成を見ないまま中止された（山田ほか、1993；谷川、2005）。



図-2 東遷による手賀沼と利根川の位置関係の変化

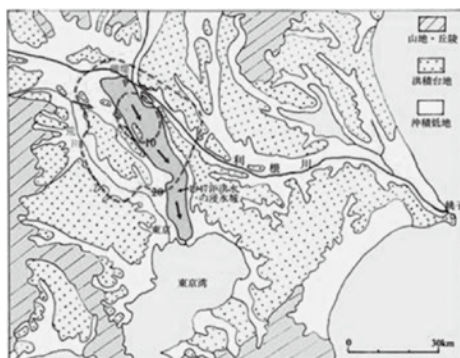


図-3 利根川が東遷になっても、洪水氾濫流は自然流路に沿って南下する
(出所：防災科学技術研究所)

1946年に国営印旛手賀沼干拓建設事業が着工され、1968年に完成した。この干拓と同時に、手賀沼と利根川の合流部地先に手賀沼排水機場の建設に着手した。1956年手賀沼排水機場完成、機械排水による木下地先から利根川への排水可能になった。この干拓事業により、手賀沼の東半分が開拓され、435haの水田が造成された。耕地の用排水施設の改良・整備が40年代後半の国営干拓事業成功の一因であったのは言うまでもないが、より大きな社会的な背景があったのは本論文の主張である。これは利根川上流のダム建設である。利根川上流において、1950年代に藤原ダム

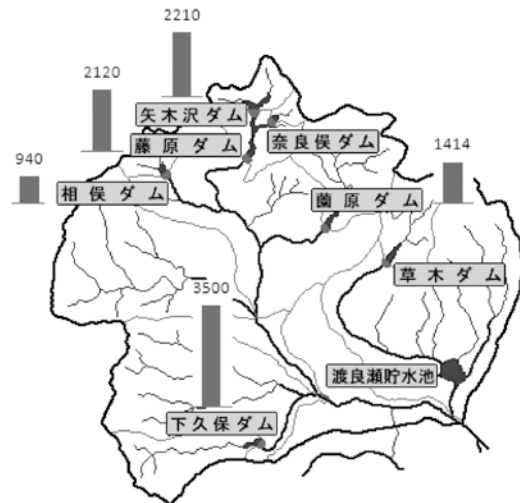


図-4 1950～60年代建設された利根川ダムの洪水調整容量（単位：万 m^3 ）

ダム、相俣ダム、1960年代に藪原ダム、矢木沢ダムと下久保ダムが次々に建設された。この五つのダムによる洪水期の治水容量は図-4に示す。合計は10184万 m^3 である。土屋ら（2006）の研究によると、カスリーン台風時の流量に対して、藤原ダム、相俣ダム、藪原ダム、矢木沢ダムと下久保ダムの統合運用により、2020～2765 m^3/s のピークカットができる。従って、上流のダム建設が干拓開田の成功に大きく寄与したと言える。

干拓事業によって、「つ」の形をした大きな沼が北と南に分離された形になり、水面積は1180haから650ha、約半減になった。しかしながら、国を挙げての干拓事業が完成した1968年直後、食料事情が変わった。1969年から、米の在庫が増加の一途をたどったため、政府は、新規の開田禁止、政府が米買入限度の設定と自主流通米制度の導入、一定の転作面積の配分を柱とした本格的な米の生産調整を開始した。完成した広大な水田の多くは、豊かな稲穂の稔りを見せることもなかった。その頃より首都圏への人口集中が顕著になり、手賀沼流域は首都圏周辺住宅化の波に押され、干拓でできた耕地は急速に宅地へと変貌した。図-5に示すように、平成13年の水田面積は昭和61年と比べて、353ha減少した。市街地は昭和35年と比べて6840ha増であった。都市化および人口増に伴い、手賀沼の水質が急激に悪化した。

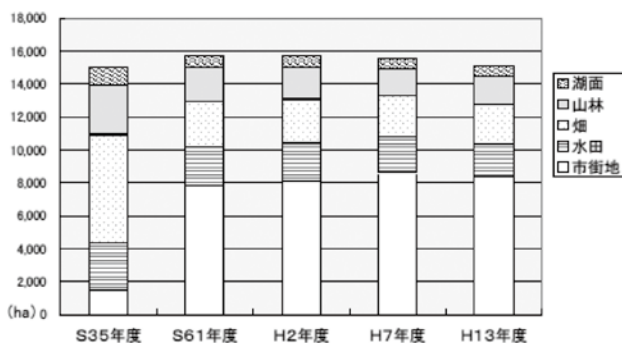


図-5 手賀沼流域における土地利用の推移（出所：千葉県手賀沼環境保全計画）

図-6に示したように、1970年流域人口約20万人が、1985年には約40万人と倍増した。人口の急増に伴って化学的酸素要求量（COD）も急上昇になった。1979年にはCOD年平均は28mg/lを記録した。1974年から2001年までの27年間連続で全国の湖沼でワースト1であった。平成に入ってから、人口安定したことと様々な浄化事業によって、CODの減少が見られた。流域における発生源別の汚濁負荷の変化は図-7、8に示す。手賀沼流域において、生活系による汚濁負荷が全体の6～7割占めたことから、農業を放棄して市街地化するのは失敗策と考えられる。以上の議論に基づいて、減反政策と手賀沼水質の関係を図式化した（図-9）。利根川上流のダム建設が干拓に成功を齎したと同時に沼の環境容量を大幅に減少させた。もし、環境保全型農業を行えば、水田の水質浄化機能が期待できる。関東農政局では、手賀沼から水田群に灌漑し、手賀沼へ排水する「循環灌漑」の実験を実施し、リンの75%、窒素の63%が削減された結果が得られた。また循環灌漑システムによる環境負荷の流出削減効果は琵琶湖沿岸水田部でも確認された（Shirataniほか、2004）。つまり、干拓後、計画通り農業を行えば、沼の環境が維持されるだろう。仮に水田の浄化効果がなくても、水田からTPの原単位は3.56g/ha/日、生活排水からのTPの原単位は1.17g/人・日とすれば、開拓された435haの水田からリンの汚濁負荷量は1.55kg/日、人口15万増による負荷量は175.5kg/日になる。農業より人口増加の影響が遙かに大きいことが明瞭である。ダム建設および農業政策転換が手賀沼水環境に大きな影響を間接的に与えたと言える。

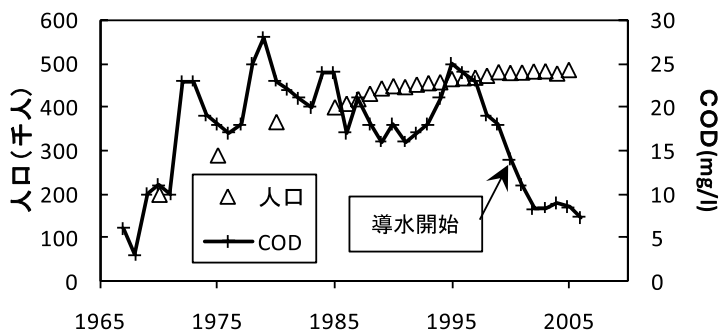


図-6 手賀沼流域の人口と手賀沼におけるCOD年平均値の推移
 (出所：国勢調査と公共用水域水質測定結果)

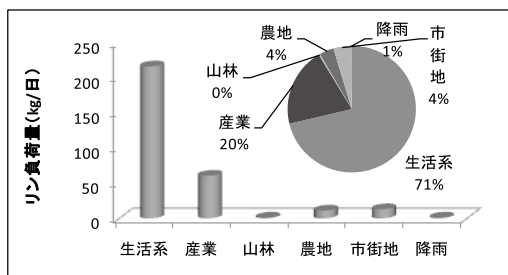


図-7 発生源別リン負荷量 (1985年)

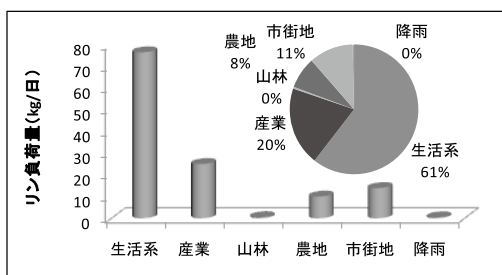


図-8 発生源別リン負荷量 (2005年)

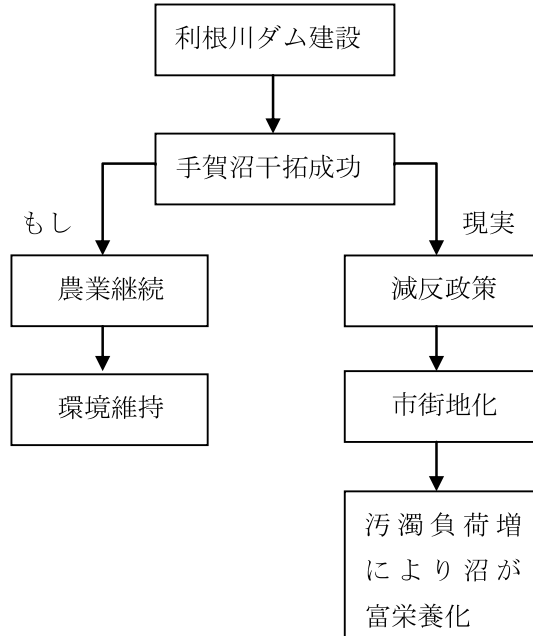


図-9 ダム・減反と手賀沼水環境との関係図

3. 北千葉導水事業

北千葉導水事業は利根川と江戸川を結んで、手賀沼流域や坂川等における内水被害の軽減、都市用水の確保、手賀沼及び坂川等の水質浄化等の機能を合わせ持つ、流路延長約28kmの流況調整河川事業である。平成12年4月から運用が始まった。この導水事業の模式は図-10に示す。手賀沼への計画最大注水量は $10\text{m}^3/\text{s}$ である。導水により、手賀沼の水の滞留時間は約19日から約6日に短縮された。北千葉導水による改善効果に

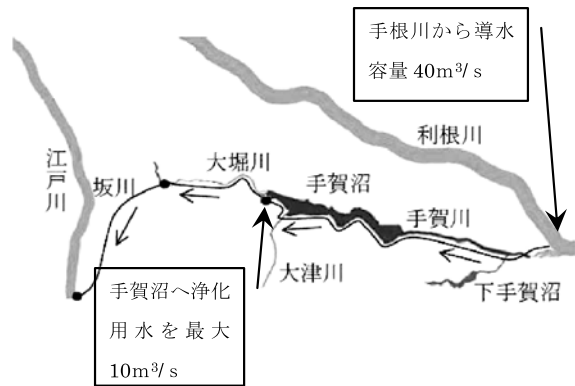


図-10 北千葉導水模式

については、幾つかの調査研究が既に行われた（山崎ほか、2003；入沢ほか、2004；本間ほか、2006）。特に行政の説明には手賀沼におけるCOD年平均値の変化がよく使われた、北千葉導水路の開通によって、平成13年に湖沼水質汚濁ワースト1を返上できたのは定評になった。しかし、COD年平均値を用いた説明に無理がある。COD年平均値の下向きが平成8年から始まったことは図-6から読み取れる。もし、北千葉導水の開通が直ちにCOD年平均値に大きな影響を与えたとすれば、平成12年以降COD曲線の傾度が急変にならなければならない。したがって、COD年平均値の低下は流域における様々な浄化活動の総合的な結果だと考えられ、導水事業の効果評価に向かないことが言える。

図-11 は季節毎の COD 変化を示している。これを見ると、導水前、9月の COD は 15-20mg/l 間に変動したが、導水後は 8-16mg/l 間に抑えられた。6月の COD 値は導水稼働前から下がり始めて、導水後は横ばい状況であった。2月の COD には低下の傾向が導水前に見られたが、導水後、逆に大きな踊りが現れた。したがって、導水事業が秋の regime shift を齎したが、他の季節に効果が限定であったことは明らかになった。

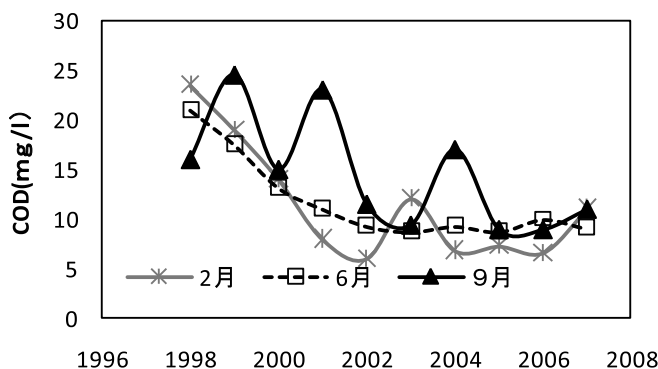


図-11 北千葉導効果の季節性

次に、手賀沼の年平均 TP (全リン)、CHL (クロロフル a)、SD (透明度) 測定値から、Carlson (1977) が提案した三つの富栄養化指標値を式 (1) より求めた。

$$\begin{aligned} \text{TSI (SD)} &= 60 - 14.41 \ln (\text{SD}) \\ \text{TSI (CHL)} &= 9.81 \ln (\text{CHL}) + 30.6 \\ \text{TSI (TP)} &= 14.42 \ln (\text{TP}) + 4.15 \end{aligned} \quad (1)$$

TSI による判断基準は $\text{TSI} > 50$: Entrophic ; $\text{TSI} > 70$: Hypereutrophic である。図-12 に示したように、手賀沼において TSI 値は全て 55 を超え、1970 と 80 年代は非常に高かった。三つの富栄養化指標値の関係を見ると、導水前には $\text{TSI (TP)} > \text{TSI (CHL)} > \text{TSI (SD)}$; 導水開始から $\text{TSI (TP)} \approx \text{TSI (CHL)} > \text{TSI (SD)}$ 。特に $\text{TSI (TP)} > \text{TSI (CHL)}$ の関係は導水前長期にわたって続いた。横軸を $\text{TSI (CHL)} - \text{TSI (SD)}$ 、縦軸を $\text{TSI (CHL)} - \text{TSI (TP)}$ にした散布図をプロットすると、ひとつ興味深いことが見られた (図-13)。導水前のデータは右下のボックスの下方にあったが、導水後のデータは上方へシフトして、右上のボックスとの境に現れた。Chrlson の研究 (1992) によれば、右下のボックスは grazing の働きが卓越するゾーンであるので、境にシフトしたことは動物プランクトンが減少したことを示唆

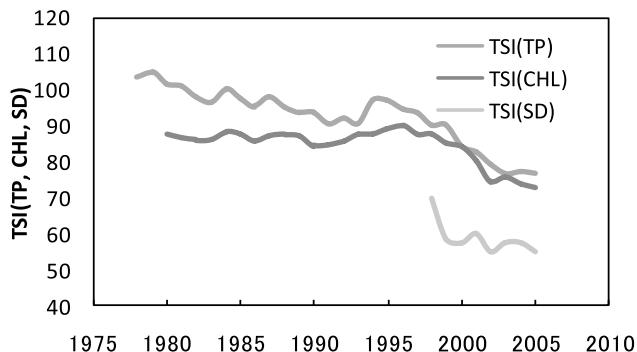


図-12 手賀沼における富栄養化指標値の推移

導水開始から $\text{TSI (TP)} \approx \text{TSI (CHL)} > \text{TSI (SD)}$ 。特に $\text{TSI (TP)} > \text{TSI (CHL)}$ の関係は導水前長期にわたって続いた。横軸を $\text{TSI (CHL)} - \text{TSI (SD)}$ 、縦軸を $\text{TSI (CHL)} - \text{TSI (TP)}$ にした散布図をプロットすると、ひとつ興味深いことが見られた (図-13)。導水前のデータは右下のボックスの下方にあったが、導水後のデータは上方へシフトして、右上のボックスとの境に現れた。Chrlson の研究 (1992) によれば、右下のボックスは grazing の働きが卓越するゾーンであるので、境にシフトしたことは動物プランクトンが減少したことを示唆

した。これは導水によって、流速が速くなり、動物プランクトンが流されたというメカニズムが考えられる。図-14 は2006年の水質と流量データを用いた主成分分析結果を示している。第1成分は沼の環境バロメータと解釈できる。流量は正の働きが見られたが、寄与が限定的であったことが伺える。

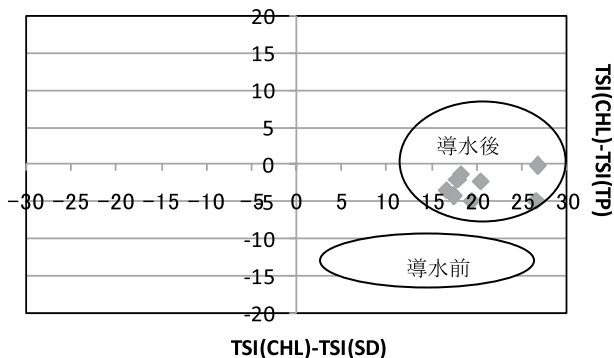


図-13 富栄養化指標値の相対関係の変化
(導水前のSDが少ないため、横軸の位置が定まらない)

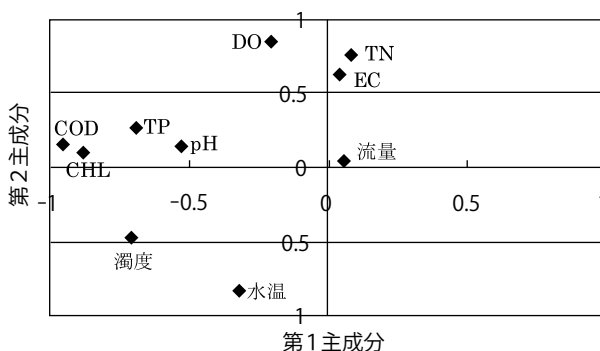


図-14 2006年の水質主成分分析

さらに、手賀沼に注入した浄化用水量の頻度解析を行った。図-15 は2001年と2007年において、夏期（6-9月）と年間スケールでの浄化用水注入流量の累積頻度を示している。導水開始直後の2001年には夏期の注入流量が多かったが、2007年には夏期の注入流量規模が減った。また、2007年において、4 m³/s以下の注入流量が20%を占めたことが分かった。

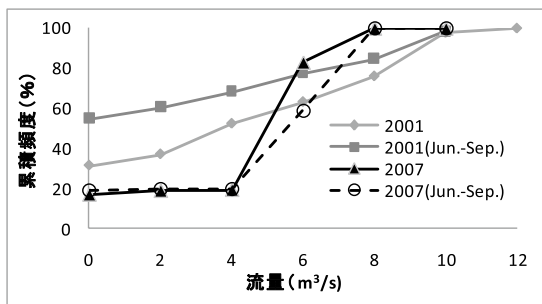


図-15 浄化用水量の頻度比較

まとめ

利根川東遷が手賀沼に利根川の氾濫遊水地の性質を齎した。ダム開発による利根川の洪水制御が手賀沼流域の干拓に成功を担保した。しかし、減反政策によって、ダム建設が齎したメリットに負の符号を間接的につけられた。

北千葉導水による沼の環境改善施策の効果は季節性があり、COD年平均値は導水効果評価に向かないことが分かった。手賀沼の真の改善のため、より効果的な導水の運用方法が求められていると言える。また、Carlson 富栄養化指標値の変化から、北千葉導水施策は手賀沼の動物プランクトンに大きな影響を与えた可能性を示唆した。

謝辞

本研究を遂行するにあたって、日本ソフト開発株式会社から研究助成を受けた。また、北千葉導水管理事務所から観測データを提供して頂いた。ここに深く謝意を表す。

References

- Carlson, R.E. (1977) A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, Vol.22, pp.361～369.
- Carlson, R.E. (1992) Expanding the trophic state concept to identify non-nutrient limited lakes and reservoirs, *Proceedings of a National Conference on Enhancing the States' Lake Management Programs. Monitoring and Lake Impact Assessment*, pp.59～71.
- Shiratani, E., Yoshinaga, I., Feng, Y. & Hasebe, H. (2004) Scenario analysis for reduction of effluent load from agricultural area by recycling the run-off water, *Water Science and Technology* 49(3), pp.55～62.
- 大熊孝 (1981) 利根川治水の変遷と水害、東京大学出版社。
- 中尾正巳 (1986) 手賀沼周辺の水害—水と人とのたたかい、我孫子市史業書、我孫子市教育委員会。
- 山田彦彦、白鳥孝治、立本英機 (1993) 印旛沼・手賀沼—水環境への」提言、古今書院。
- 谷川尚哉、相原正義地 (2005) 地域形成からみた手賀沼干拓の歴史地理学的考察、中央学院大学社会システム研究所紀要、pp.217～236.
- 土屋十罔、中村要介 (2006) ダムの増設に伴う利根川八斗島基準点における治水効果の検討、前橋工科大学研究紀要、pp.9～15.
- 山崎裕介、二瓶泰雄、猪爪高見、西村司 (2003) 浄化用水量の変化が手賀沼の水質環境に及ぼす影響、河川技術論文集、Vol.9、pp.505～510。
- 本間孝幸、二瓶泰雄 (2006) 現地観測とボックスモデルに基づく夏季手賀沼におけるリン収支の把握、土木学会水工学論文集、Vol.50、pp.1327～1332.
- 入澤實、三宅康裕、大本家正 (2004) 北千葉導水事業の運用に伴うモニタリング調査結果について、(財)ダム水源環境技術研究所年報、pp.105～113.
- 木内浩一 (2000) 導水による手賀沼の水質変化について、千葉県環境研究センター水質地質部 (水質) 年報。
- 千葉県環境生活部水質保全課 (2002) 手賀沼・印旛沼に係る湖沼水質保全計画資料。

アメリカにおける生態系サービスへの支払い(PES)/エコシステムマーケットの 取り組みの現状と複数のクレジットの設定(stackings)の問題について

柴田 晋吾

概要

PES (Payment for Ecosystem Services)/エコシステムマーケットについては、生態系サービスについての科学的解明や価値評価の問題など数多くの基本的な課題があるなかで、世界的にその取り組みが拡大している。アメリカでは、連邦政府等の様々な支援プログラムや非政府組織などによる自主的な支払いの取り組みに加えて、湿地・小河川クレジット (Wetland and Stream Credits)、絶滅危惧種生息地クレジット (Endangered Species Habitat Credits)、水質クレジット (Water Quality Credits)、炭素クレジット (Carbon Credits) などのエコシステムマーケットの多様化・拡大が進展している。この背景には、「回避」、「最小化」、「補償」の順序で避けられない環境価値の低減に対するオフセットを義務づけた厳格な環境法の存在があり、また、オープンスペースの減少や森林の質的劣化・断片化の進行がある。

この結果、ひと塊の土地に複数のクレジットを設定する credit stacking についての関心が高まっている。水質や炭素のクレジットは個別のクレジットであるが、湿地や生息地などのクレジットは一塊の土地の生態系の価値全体を含む束のクレジットであり、これらが混在している。土地所有者が複数の生態系サービスについての複合販売を行うことによって、バランスのとれた生態系サービスの東の実現を図る可能性があるが、現在のところ連邦政府等の credit stacking についての政策は必ずしも統一されておらず、追加性の確保やモニタリングの複雑化への対応など様々な課題がある。我が国においても、関係省庁や研究者等の縦割りを越えた協働により、土地管理システムと様々な生態系サービスについての科学的解明や様々な PES 関連の取り組みについての知見の集積を進めることが必要と考える。

キーワード：生態系サービスへの支払い (PES)、エコシステムマーケット、credit stacking、
個別のクレジット、束のクレジット

Overview on PES/Ecosystem Market Practices in USA and Stacking Issues

Shingo Shibata

Abstract

Practices on PES/ecosystem markets have been rapidly growing worldwide, in spite of fundamental challenges including scientific clarification on ecosystem services and evaluation of their values. In USA, in addition to various incentive programs conducted by federal/state agencies and voluntary payment programs by non-governmental organizations, ecosystem markets such as wetland and small stream credits, endangered species habitat credits, water quality credits, carbon credits have been expanding and diversifying. As for backgrounds of such a trend, there are stringent environmental laws to mandate offsetting for unavoidable losses of environmental values based on “avoid-minimize-compensate” sequence, decreasing open spaces, and degradation/fragmentation of forests.

Consequently, there are growing interests in credit “stacking”, which means an activity to establish multiple credits for a certain area. Credits such as water quality or carbon are considered to be single credits, while wetland or species credits are bundled ones which include whole ecosystem service values of a certain area, and these credits of different types coexist. Through “stacking” practices by landowners; i.e. selling different single ecosystem service values, balanced combinations of bundled ecosystem service values can be attained, however, to date there is no uniform federal policy on credit “stacking”, and there are many challenges including securement of additionality and development of complicated monitoring system to enable such practices. In Japan, also, scientific knowledge on various ecosystem service values and land management practices as well as PES-related practices should be compiled through innovative collaborations of relevant agencies and researchers by eliminating vertically divided administrative functions.

Key Words: Payment for Ecosystem Services (PES), ecosystem market, credit stacking, single credits, bundled credits

アメリカにおける生態系サービスへの支払い(PES)/エコシステムマーケットの取り組みの現状と複数のクレジットの設定(stacking)の問題について

1. はじめに

アメリカは環境価値についての土地所有者への支払いや環境クレジット制度についてのパイオニア的存在であり、連邦政府等による生態系サービスの発現のための土地所有者に対する資金的支援や自主的な保全地役権(Conservation Easement)の取り組み、また、湿地バンキングや保全バンキング(Conservation Banking)の取り組みが早くから行われてきた。近年、これらの生態系サービスへの支払い(Payment for Ecosystem Services, 以下 PES と称する⁽¹⁾)やエコシステムクレジットマーケットの多様化と取り組みの拡大が進んできており、クレジットマーケットにおいては複数のサービスを束ねたもの(Bundled Credits)と考えられるものと、個別のサービスに着目したものが混在する状態になっており、それらの調整という新たな課題が生まれてきている。

本稿では、文献レビューに基づき、1)近年のアメリカにおける主要なエコシステムクレジットマーケットである湿地・小河川クレジット、絶滅危惧種及び絶滅危急種(以下、絶滅危惧種等と称する)に関する保全(Conservation)クレジット、水質クレジット、炭素クレジット、及びその他の PES の実施状況を概観するとともに、2)一つの土地に複数のクレジットを設定すること(stacking)についての課題を整理することにしたい。

2. PES/エコシステムマーケットの導入の背景について

Wonder [2005] が、『①自主的な取引である、②環境サービス(またはサービスを確保されると考えられる土地利用)が明確に定義される、③一人以上の購入者がいる、④一人以上の供給者がいる、⑤供給者が環境サービスの供給を確保するという前提があることの五点を満足させるものに絞りこむ必要がある』としていた環境サービスへの支払い(Payment for Environmental Services)⁽²⁾は、1990年代以降世界的に取り組みが拡大し、2002年の時点ですでに世界で287件の事例があると報告されていた。その背景としては、開発途上地域におけるコマンド・アンド・コントロール方式や統合型保全開発方式による施策の実施が森林の減少・劣化に歯止めをかけることができなかったために、それに代わる方策として「環境価値に金を支払う」という革新的な方策が試みられたことがある[柴田, 2006; 柴田, 2011]。

PESは、生態系サービスの有している伝統的な公共財的価値や非市場価値についての支払い(あるいは市場取引)を行うことによってそれらの価値を守ろうとする取り組みである。土地所有者等に支払いを行うことによって土地所有者が開発行為を行って生態系サービスの発現に支障を生じることがないようにする、あるいは裸地に植林を行って生態系サービスの発現を促すなどがあり、その背景には、森林消失などの危機的状況や裸地の存在など、守るべき生態系サービスがあること、あるいはその向上の余地があることが前提にある。PESの目的は、支払いによっ

て森林などの環境資源の減少や劣化を押しとどめて生態系サービスの確保を図ることにある。

1996年から国家林業基金を創設して国家的に PES に取り組んできているコスタリカでは、この制度によって1990年以前まで続いていた森林面積の減少を食い止めることに成功した [柴田, 2006; Porras et al. 2013]。しかしながら、PES と称される活動は、純粋な環境価値の市場取引だけでなく、各国政府や国際機関等による支払いまで広範な形態の活動を含んでいる。最近の調査によれば、純粋な環境価値の市場取引の事例は極めて少数派であり、政府や国際機関等による支払いの事例が多いのが実態であるという。PES の典型的な成功例とされるコスタリカの国家林業基金の取り組みについても、Fletcher and Breitling が「変装した補助金」と称しているように、市場化による保全メカニズムという性格は乏しい [Lapeyre and Pirard. 2013]。

アメリカで、早くから PES やクレジットマーケットが発達した背景には、連邦政府等による環境価値の向上のための土地所有者に対する様々な資金的支援が行われてきたこと、さらに、避けられない環境価値の低減に対する厳格なオフセットを義務付けた水質浄化法 (CWA) と絶滅危惧種法 (ESA) という二つの環境法の存在がある。環境法の規則は、「回避」、「最小化」、「補償」の順序となっており、オフセットは最後の選択肢であることに留意する必要がある。太田 [2013] は、カリフォルニア州で保全バンキング (Conservation Banking) が多く設置されている背景として、Bean et al が指摘している州の環境法の存在 (環境の質法、絶滅危惧種法)、住民の環境意識が高いこと、開発圧力が高いこと、開発側が新しい考えを受け入れる姿勢を有していることの4つの要因に加えて、絶滅危惧種法 (ESA) に掲載されている種が多いことをあげている。

陸上生態系の代表的な存在である森林生態系についてのアメリカの最近の状況はどうであろうか。FAO の最新の世界森林白書 (2012 年版) には、アメリカの森林の状況について楽観的な記載がある [FAO. 2012]。すなわち、アメリカでは1700年から1900年の200年間に全森林面積の半分が農地に転換されたが、1900年以降の100年間では、全体として森林面積は増えているとしている。これは、人口増加と都市開発にもかかわらず、農地の生産性や農産物の処理技術の向上のおかげで、より少ない農地での生産が可能となり、限界農地の森林への転換がなされたためだという。しかしながら、1600年代頃と近年という、より長期的なスパンで比較すると、入植以前の森林のうちの三分の一近くが消失していることになる [Mercer et al. 2011]。それだけでなく、森林の質的劣化や断片化など森林面積の統計には表れない様々な問題があり、アメリカの森林も実は決して安泰とは言えない状況にあるのである。

例えば、農務省森林局 (USDA/FS) は、国有林の周辺の開発圧力を調べるために「国有林の端 (境界部)」についての様々な調査を実施してきており、連邦有林自体の農地への転換や消失は殆どないものの、連邦有林の周辺において住宅開発等のための私有林や農地の開発が急速に進んでいる状況が報告されている [USDA. FS. 2005; 2008; 2009]。オレゴン州とワシントン州での調査でも同様な結果が報告されており、各省庁所管の連邦有林の周辺の私有地において、2000年代には1970年代の倍以上の構造物が作られるに至っている [USDA. FS. 2013]。連邦指定の絶滅危惧種の80%近くが私有地に生息しているという調査もある [Gardner and Fox. 2013]。また、2007年には、自然景観の保全を多様な主体の協働によって進めるために、森林局 (FS) が「オープンスペース保全戦略」を定めている。「オープンスペース」の概念は広く、自

然のプロセスや野生生物、農林業の生産、審美的価値、積極的・非積極的レクリエーション、その他の公共的便益の価値がある土地を指してこう呼ばれる。具体的には、施業林・天然林、放牧地・草地、農地、牧場、公園、溪流や河川の帯、その他の郊外、準郊外、都市近郊地域内の自然地を指し、保全地域である場合も非保全地域である場合もあり、公有地である場合も民有地である場合もある。オープンスペースの便益として、清浄な空気と水の供給、自然による洪水制御、食物・木材・干し草・その他の産物、野生生物の生息地（帯）、絶滅危惧種の回復、気候制御、風景美、レクリエーションの機会とアクセス、コミュニティの再活性化、人々の健康の向上、子供達の自然とのふれあいの機会、財産価値の向上などが挙げられている。具体的な活動の目的として、重点的なオープンスペースの保全、コミュニティによるオープンスペースの拡大・連結の支援、生態的な影響と山火事の減少とともに、『私有の土地所有者がオープンスペースの保全を行うために国の政策やマーケットを促進すること』が定められている [USDA. FS. 2007]。

以上見たような、アメリカの自然環境が直面している強い開発圧力が、PES やエコシステムマーケットの台頭の背景にあるということができよう。

3. PES/エコシステムマーケットの取り組みの現状

1) 概要

アメリカでは、1985年の農地法（Farm Bill）以降、連邦政府による農地の森林への転換、あるいは森林の生態系サービスのための管理についての土地所有者への支払いを行っており、また、土地トラストによる保全地役権（Conservation Easement）の土地所有者からの購入などについても、長年の実績を有している。さらに、湿地や小河川の保全のための湿地ミティゲーションや絶滅危惧種等の保全のための保全バンクなどの様々なクレジット制度が早くから実施されてきている。2008年にはアメリカ農務省に環境マーケット室が設置され、農家、牧畜業者、森林所有者の環境マーケットへの参加を促進してきている。

アメリカにおける PES/エコシステムマーケットの取り組みは、表1のように整理できる。主要な特徴として、以下の点が挙げられる。

・対象とされる生態系サービス

支払いや市場取引の対象となっている生態系サービスとしては、炭素吸収・固定、水源保全関係（湿地保全、水質保全など）、生物多様性保全（特に、絶滅危惧種関係）、およびこれらのサービスを束ねた複数のサービスを対象としたものがある。炭素固定・吸収は、世界各地で炭素量という同じ尺度で測ることができるという意味で特異であり、この意味で国際的な市場取引に乗りやすい。一方、水源保全関係のサービスは流域単位など局地的、地域的である点が炭素とは大きく異なる。また、水源保全には水質保全、水流の調節、懸濁物質の調節などの多岐の内容が含まれるとともに、水質浄化法（CWA）の存在がある。また、生物多様性サービスへの支払いの背景には、野生生物に関連したレクリエーション活動が盛んであることと絶滅危惧種法（ESA）の存在がある。

・支払い者による区分

支払い者は、政府が行う場合と非政府組織が行う場合に分けられ、さらに、非政府組織による

表1 アメリカにおけるPES/エコシステムマーケットの取り組み

	炭素吸収・固定	水源保全	生物多様性保全	複数のサービス
環境クレジット市場に関する連邦政府の法制度[商品]	炭素のみを目的とした特段の法制度なし。 [CO ₂ の減少量(short ton/metric ton)]	水質浄化法(CWA,1972年)に基づき、環境保護庁(EPA)が水質取引政策(WQT)を規定。[富栄養分の減少量(eg.リンと窒素の総量)または懸濁物質など(pound)]	絶滅危惧種法(ESA,1973年)に基づき、魚野生生物局(FWS)が保全バンク(CB)の設置、利用、実施を通過。[CBの種・生息地の保全価値を示す生息地の面積/つがいの数]	CWA、及びEPAと陸軍工兵隊(USACE)の「水生資源の喪失の義務的ミティゲーションについての規制」(2008年)に基づく湿地ミティゲーション(WM)。[代償湿地の水生機能を示す目的・面積指標(eg. acres)]
環境クレジット市場に関する州政府の法制度	地域イニシアティブ(RGGI, WCI, MRP); Cabon Dioxide Standard(OR, 1997), Global Warming Solutions Act (2006, CA), Mitigating Impacts of Climate Changes (WA, 2007)	7州が取引を規定(CO, ID, MI, OH, OR, PA, VT)、4州が策定中(FL, MD, MN, WV)	カリフォルニア州のCBについての公式政策	31州がWMについての制度、規制、政策を実施。
連邦政府による支払い	炭素のみを目的とした特段の政策措置なし。ただし、種々の保全プログラムで炭素吸収にも寄与。	水源保全のみを目的とした政府の支援プログラムはまれ。通常、複数のサービスの一部として水源保全も担保。	FWSの支援プログラムPSP, LIP, PFW, NAWCA、農務省天然資源保全局(NRCS)の支援プログラムWHIP。	政府の支援プログラムは1985年から開始。農務省農業局(FSA)のCRP, CREP、農務省森林局(FS)のFLEP, FLP, HFRP、農務省天然資源局(NRCS)のEQIP, WRP, HFRP, CSP。
州政府等による支払い	同上	水源保全のみを目的としたプログラム多数。2002年から2008年までの間に水関連で州および連邦政府が土地所有者に8.3百万ドルを支払。	37州が費用負担プログラム、20州が資金供与プログラム、15州が保全地役権などの土地利用の権利の購入プログラムを実施。	27州で35の支援プログラムを実施。非産業的森林所有者による林地開発の防止、水辺や湿地の保全、野生生物の生息地の改善、土壌と水質の保全などの費用の一部を補助。
非政府組織による自主的な支払い	CAR(Climate Action Reserve)などの非政府オフセット基準機関があり、73のカーボンオフセットプロジェクトが存在。オーバザカウンター市場の取引額は111百万トン・CO ₂ (2008年)。森林カーボンプロジェクトは17州24プロジェクトに拡大(2009年)。	Bonneville水修復認証プログラムの事例では、土地利用活動に直接支払うのではなく、土地利用者が水利権を使用しないことに対して支払い、河川の水量維持を促進。	狩猟リリース、狩猟入場料、野生生物観察入場料。全土の狩猟活動のうちの75%は私有地で実施。MI州では、土地所有者の12%が有償の狩猟に提供し、その粗収入の平均は9,000ドル。	保全地役権(Conservation Easement)で開発を抑制。農林業等は認める場合が多い。保全地役権の主要な購入者である土地トラストの数は1984年の535から2005年には1,667と21年間で3倍に増加。
非政府組織による義務的な支払い(クレジットマーケット)	WCI, MRPはプログラム開発中で取引実績はなし。 RGGIの年間取引額は2億4900万ドル(2011年)	66の水質取引プログラムが存在。2000年から2008年間に取引された金額は52百万ドルに上っているが、そのうちの多くは農地が対象。最近の年間取引額は、1,080万ドル。	10州に96のCBが存在し、101,158エーカー、143の種または生息地が保全(2009年)。そのうち、85%にあたる82の保全バンクはCA州に存在。CBの年平均収入は2億ドル。政府機関を対象とした回復クレジット制度(RCS)も創設。	797の湿地・小河川ミティゲーションバンクが存在。年平均で24,178エーカーの湿地が対象。平均価格74,535ドル/エーカー。クレジットの年間取引額は18-32億ドル。

Mercer et al. [2011], Fox J. et al [2011], Cooley et al [2012], Gardner and Fox [2013] を参考に作成

支払いは、自主的なものと環境法に基づき開発者が法的義務を果たすためのものに大別される。

・取引形態による区分

支払い形態によって、①保全のための支払いとインセンティブ(狭義のPES)、②エコシステムマーケットで取引されるオフセットクレジット、及びミティゲーションクレジットに大別することができる。

・政府による支払い

政府が私有地の所有者の環境価値の向上を支援するために支払う制度として、森林管理の改善、土地の開発抑制、土壌や水質の保全、湿地の保全、野生生物の生息地の向上などの生態系サービスの増進のために管理活動をするを支援する14の連邦プログラムが存在する。これらは、魚野生生物局(FWS)による5つのプログラムなど生物多様性という個別のサービスを

対象としたものもあるが、その他のプログラムは、農務省森林局（FS）や天然資源保全局（NRCS）の水源保全サービスも含む複数のサービスを対象としていると考えられる [Mercer et al. 2011]。同様に、炭素のみを目的とした連邦政府による支払いは今のところ存在しない。一方、水源保全については、州レベルや市レベルにおいて、水源保全に焦点を当てた支払いの事例が増えてきている。

・非政府組織による支払い

非政府組織が行う支払いのうち自主的なものとしては、カーボンオフセット、狩猟のための貸付や入場料の徴収、野生生物の観察のための入場料の徴収、保全地役権（Conservation Easement）などがある。保全地役権は複数のサービスを対象としていると考えられる。また、環境法等に基づき開発者が法的義務を果たすためのものとしては、水質浄化法（CWA）関連の湿地・小河川ミティゲーション（Wetland and Small Stream Mitigation）と水質取引（Water Quality Trading）、絶滅危惧種法（ESA）による保全バンキング（Conservation Banking）や回復クレジットシステム（Recovery Credit System）などのクレジット売上の仕組みがある。湿地・小河川ミティゲーションは、保全地役権と同様、湿地の有する複数のサービスを対象としていると考えられる。

・支払い額（森林関係）

Mercer et al [2011] によれば、農地などを除く森林関係の PES の支払い額は、連邦政府等によるものが 365 百万ドル（19%）、その他の非政府組織によるものが 1,500 百万ドル（81%）、合わせて 1,900 百万ドルとなっている（2007 年）。ただし、これは支払い額の中の森林関係分を算出するために森林率を用いるなど一定の前提のもとでの推定額であり、また、水取引の大部分は農地関係であり、森林関係の額が不明であるために含まれていない。このデータについて、非政府組織による支払いの内訳を見ると、まず自主的な支払いは、狩猟のための貸付や入場料が 410 百万ドル（22%）、野生生物観察入場料が 33 百万ドル（1.7%）、保全地役権が 315 百万ドル（17%）となっている。一方、カーボンについては現在までのところ連邦レベルでの根拠法がないために、支払い額は 1.7 百万ドル（0.001%）と他のサービスと比較すると極めて少ない。次に、非政府組織による支払いの中の義務的な支払い額を見てみよう。これについては、湿地・小河川ミティゲーションの 727 百万ドル（38%）が圧倒的に多く、保全バンキングは 34 百万ドル（1.7%）にとどまっている。

・土地所有者の参加状況（森林関係）

Mercer et al [2011] の調査によれば、PES の支払い額の多くを占める湿地・小河川ミティゲーションの支払いを受けた私有林の土地所有者は僅か 0.00002%（2007 年）に過ぎず、また、2002 年から 2006 年の間に農務省森林局の補助金を受けたものは全体の 6%に過ぎない。また、保全地役権を設定したのも全体の 2%に過ぎない。また、1995 年から 1996 年の間に狩猟のための貸付量か入場料を受け取ったものは、南部では 8%あるが、全国ベースでは 3%に過ぎない。これらの結果、私有林に対する支払いのエーカー当たりの平均支払い額は 5.4 ドルにとどまっている（2007 年）。このように、地域ごとの差異はあるものの、全般的に私有林の土地所有者の PES への参加率は極めて低い状況にあり、数々の成功例はあるものの、現状では PES が土地開発や森林の断片化などの歯止めとして果たしている役割は極めて限定的な状況にある。

以下では、連邦政府等による資金提供、非政府による自主的な取り組み、非政府による義務的なオフセットの取り組みに分け、さらに、それぞれごとに、炭素関連、水源保全、生物多様性、及び複数の組み合わせについて、少し詳しく現状を見ていくことにしたい。

2) 連邦政府等による資金提供

・炭素関連

連邦および州政府による炭素を直接目的とした土地所有者に対する支援金制度は存在しない。しかしながら、数多くの連邦および州政府による他の生態系サービス増進のための支援金制度によって、炭素固定サービスの増進も図られていると考えられる。

・水源保全

水源保全サービスは、連邦レベルの様々な支援金制度が担保しようとしている複数のサービスの一部に含まれるケースが多い。一方で、州レベルでは、水源保全のみを目的として土地所有者に支払う数多くのプログラムが存在している。これは、安全飲料水法（Safe Drinking Water Act）が州に対して国民の飲料水の安全確保のために水源評価プログラムを実施することを義務付けていることによる。土地所有者が最善管理施業（Best Management Practice、BMP）を実施することを支援することによって、水の安全確保のための処理費用を節約することができるのである。2002年から2008年までの間に水関連で州および連邦政府が土地所有者（森林所有者は少なく、その大半は農地）に支払った金額は8.3百万ドルに上るという [Mercer et al. 2011]。莫大な費用を要する濾過施設の新設に代えて水源地の保全に投資をした著名な事例であるニューヨーク市の水源保全プログラムもこれに含まれる [柴田, 2006]。近年では、ボストン、シアトル、シラキュース、サンタフェ、デンバーなど同様な PES のアプローチを取り入れる都市が増加している。また、ノースカロライナ清浄水管理トラストファンド（CWMTF）のように、州が市町村レベルや民間団体による重要な水源地の買入れを支援する動きも出てきている。

・生物多様性

絶滅危惧種法は絶滅危惧種等を害する行為や生息地を改悪する行為（テイキング taking と称される [柴田, 2006]）による絶滅危惧種等の生息地の損傷について厳しい罰則を設けており、内務省魚野生生物局（FWS）や農務省森林局（FS）は私有地の所有者に対して、絶滅危惧種等が指定される以前の生息地の改善や絶滅危惧種等が指定された以後に絶滅危惧種法に基づく対策をとることについて資金支援を行ってきた長い歴史をもっている。連邦政府の支援事業としては、魚野生生物局（FWS）が実施している私有管理プログラム（Private Stewardship Program）、土地所有者支援プログラム（Land Owner Incentive Program）、魚野生生物パートナー（Partners for Fish and Wildlife）、北アメリカ湿地保全法プログラム（North American Wetland Conservation Act Program）、天然資源保全局（NRCS）が実施している野生生物生息地支援プログラム（Wildlife Habitat Incentives Program）がある（表2参照）。また、州政府のレベルでは、37の州が費用負担プログラムを、20州が資金供与プログラム、15州が保全地役権などの土地利用の権利の購入プログラムを有している。マサチューセッツ州は、土着種や重要な自然を擁する土地についての地役権の取得のプログラムに毎年5-10百万ドルを拠出し、1990年から2002年までに1万エーカーの取得を行っている。また、ウィスコンシン州では、土地所有者が林地、灌木林、

表2 私有地に対する生物多様性 PES (連邦プログラム)

	政府部局	内容
Private Stewardship Program (PSP)	FWS	私有地における絶滅危惧種等を保護する自主的な活動を行う個人やグループに対して拠出。10%の非連邦マッチング資金またはインカインドの提供が必要。
Landowner Incentives Program (LIP)	FWS	私有地における危急種等を増進、保全、修復する州の野生生物部局の活動を支援する資金及び技術支援。競争的資金。25%のマッチング資金またはインカインドの提供が必要。
Partners for Fish and Wildlife (PWF)	FWS	私有地の湿地や野生生物の生息地を公私のパートナーシップにより保全する活動への拠出・技術支援。土地所有者は50%の非連邦マッチング資金またはインカインドを拠出し、最低10年間のプロジェクトの実施が必要だが、その他の活動については制約はない。NWR(国立野生生物レフュージ)の近くの渡鳥、移動性の魚、絶滅危惧種等に重点。
North American Wetlands Conservation Act Grants Program (NAWCA)	FWS	水鳥や他の渡鳥の保護のための湿地と関係する山地の生息地の保全プロジェクトを実施する団体や個人の活動を支援。地役権などの取得、修復、増進などの4年間の活動計画を策定。50%の非連邦マッチング資金が必要。
Wildlife Habitat Incentives Program (WHIP)	USDA/NRCS	私有農地、非産業的私有林、先住民地などの生息地改善が必要な私有地のための技術支援・資金拠出。5-10年間の合意。75%までの費用を負担。1998年に開始され、2008年の農地法に基づく。

出典：Mercer et al. [2011]

湿地、草地などを管理、修復、保全するための Turkey and Pheasant Stamp Program を実施し、毎年50万ドルを拠出している。

・複数のサービスを対象としたもの

アメリカでは、農地を森林に転換するため、あるいは森林の生態系サービスの発揮のための土地所有者に対する支払いについて、四半世紀の歴史を有している。大規模な土地所有者への支払いは、1985年の農地法 (Farm Bill) によって創設された保全リザーブプログラム (Conservation Reserve Program, CRP) によって開始され、その後、湿地リザーブプログラム (WRP)、森林レガシイプログラム (FLP)、森林スチュアードシッププログラム (FSP)、1990年の農地法に基づくスチュアードシップインセンティブプログラム (SIP) など様々な費用分担プログラムが実施されてきている。1990年の農地法は、政府による支援プログラムの目的をそれまでの木材生産から森林管理、保全、あるいは生態系サービスの発揮に転換したという画期的な意義を有している。2008年の農地法は、私有林所有者への支援としてワーキング (施業) 森林の保全、森林の保全と修復、公的な便益の増進という新たな重点を追加したほか、保全スチュアードシッププログラム (CSP)、農地保全・草地リザーブ (FPGR)、環境の質インセンティブプログラム (EQIP) などにおいて、非産業的な私有林所有者による林業活動が農業保全プログラムの中にもめられた。このほかの連邦政府の支援プログラムとしては、保全リザーブ増進プログラム (Conservation Reserve Enhancement Program)、森林地増進プログラム (Forest Land Enhancement Program)、環境質支援プログラム (Environmental Quality Incentives Program) などがあげられる (表3参照)。連邦政府による支払い額のうちCRPが52%を占め、WRPが38%と、これらの2つのプログラムで太宗を占めている。一方、州レベルにおいては、1970年

表3 私有地に対する複数のサービス PES（連邦プログラム）

	政府部局	内容	根拠法
Conservation Reserve Program (CRP)	USDA/FSA	限界的な農地等の土壌荒廃や小河川湖沼の浮遊物の減少、水質向上、野生生物の生息地の造成、森林・湿地資源の増進等を目的。農地の所有者に対して土壌生産性に基づき、10-15年間の契約期間毎年貸付金を給付。EBI（環境便益指標）に基づき、対象箇所を評価・選定。承認された保全活動について50%までの費用分担。湿地の修復には追加的に25%。	1985年の農地法
Conservation Reserve Enhancement Program (CREP)	USDA/FSA, NRCS; Soil and Water Conservation Districts	CRPと同様ながら、州の特定の環境目的に対応。州が半分程度を拠出。10-15年間の貸付契約。土地所有者と契約して、資金提供、費用分担。	
Forest Land Enhancement Program (FLEP)	USDA/FS; State Agencies	私有林の持続可能な経営のための教育、技術支援・資金拠出。非産業的な私有林経営者に対して、木材、野生生物の生息地、土壌・水、大気質、湿地・水辺バッファの増進、改善。	2006年以降は拠出なし
Forest Legacy Program (FLP)	USDA/FS; State Agencies	州による環境的に繊細な私有林の開発防止を支援。人為的な活動を行う森林（Working Forest）の水質、野生生物の生息地、林産物、レクリエーションの機会などの保全を目的とし、CEの取得を支援。75%が連邦資金で、残り25%が州、地方政府など。	1990年の農地法で設置。1996年2002年に更新。
The Environmental Quality Incentives Program (EQIP)	USDA/NRCS	水・大気質の向上、土壌荒廃の防止等のため、承認された管理計画に基づき保全活動を実施。契機となるための支払い。1-10年契約。費用負担は75%まで。	2002年の農地法
Wetlands Reserve Program (WRP)	USDA/NRCS	劣化した湿地の修復のため、土地所有者が永久または30年の地役権などを取得。湿地の機能回復と同時に野生生物の生息地の保全も目的とされる。技術的な支援を実施。1995年から全国プログラムになる。対象地では湿地として支障が生じない範囲で、狩猟や釣りも可能。	1990年の農地法
Healthy Forest Reserve Program (HFRP)	USDA/FS	私有林の絶滅危惧種の回復、生物多様性の向上、炭素吸収向上などを目的。地役権の設定による財産権の減少を補償。10年間、30年間、99年間の契約期間の選択が可能。	

出典：Mercer et al. [2011]

代に南部州を中心に多くの州が木材生産を中心に林業費用負担プログラムを開始し、その後、農林業に供する土地の回復、水辺の保全、野生生物の生息地の保護などのプログラムに拡大してきている。現在では少なくとも27の州において35の支援プログラムが存在し、大部分は非産業的森林所有者による林地開発の防止、水辺や湿地の保全、野生生物の生息地の改善、土壌と水質の保全などの保全プロジェクトの実施のための費用の一部を補助するものである [Mercer et al. 2011]。多くのプログラムは同一の活動について連邦と州政府の双方から資金支援を受けることを禁じているが、費用の100%を越えない限り認めている州もある。

3) 非政府による自主的な取り組み

・炭素

連邦レベルの気候変動政策が存在しないために、炭素については自主的なカーボンオフセット

の取引が行われている。カーボンオフセットの購入者はオーバーザカウンター市場、もしくは最近までは自主的ながら法的拘束力のあるシカゴ気候取引所（CCX）から購入することができた。オーバーザカウンター市場の事例としては、オレゴン州のNPOであるThe Climate TrustがDeschutes River Conservancyから233,333Mトン・CO₂を購入し、Deschutes川流域の1,800エーカーの水辺の生息地の修復を行うなど、多くの土地トラストが自主的なカーボンオフセットの取引に参加するほか、カーボンオフセットの販売のためのプログラムを設けている事例がある。2008年には、カリフォルニア州のPG&E（ガス・エネルギー会社）は、The Conservation FundやThe Nature Conservancyと共同で土地保全活動によって得られたオフセットを購入したほか、The Conservation FundはGo Zeroと称するプログラムを設置し、オフセットの購入者が直接購入できるようにし、その資金によって国立野生生物レフュージを含めた公有地における植林や修復活動を実施している。シカゴ気候取引所（CCX）では、2003年に設置され2010年に閉鎖されるまで100名以上のメンバーによる自主的なキャップアンドトレードが行われた。CCXでは、再生可能エネルギーと省エネルギーに加えて、森林関係として新規植林、持続可能な森林経営、長寿命の林産物の三種類のプロジェクトが取り扱われた。いくつかの企業は小規模な私有の土地所有者からカーボンクレジットを集めることに成功し、この結果、2006年から2009年までの間に森林カーボンプロジェクトで2.1Mトン・CO₂の取引が行われている。自主的なカーボンオフセットの取引額を見ると、2008年のアメリカにおけるオーバーザカウンター市場の取引額は111百万トン・CO₂であるが、森林カーボン関係は北米全体で同じ年の取引額は7.2百万トン・CO₂とごく一部を占めるに過ぎない。しかしながら、2009年現在では、森林カーボンプロジェクトは17州24プロジェクトに拡大してきている。

・水源保全

水源保全サービスだけの自主的な取り組みは少なく、保全地役権などの中で担保されることが多い。世界に目を向けると、フランスの飲料水メーカーVittelによる農民への支払いの事例が有名であるが〔柴田, 2006〕、アメリカにおける自主的な支払いの事例としては、Bonneville水修復認証プログラムがあり、このプログラムでは土地利用活動に直接支払うのではなく、土地利用者が水利権を使用しないことに対して支払うことにより、河川の水量維持を図る取り組みを行っている〔Mercer et al. 2011〕。

・生物多様性

私有地所有者が野生生物関係で権利を販売する主要な方策は、狩猟のための貸付料や入場料であり、このほか野生生物の観察のための入場料も支払われている。狩猟のための貸付料（Hunting Leases）は、個人、グループまたは狩猟クラブがシーズン中もしくは一年間独占的に狩猟する権利を販売するものであり、入場料（Entrance Fee）は非独占的な利用もしくはより短い期間についての権利を販売するものである。魚野生生物局（FWS）の2006年の調査によれば、アメリカ全土の狩猟活動のうちの75%が私有地において行われており、狩猟活動にとって私有地は重要な位置を占めている。ハンターが費やす狩猟関係の費用の5%あるいは110百万ドルが土地貸付に関するものというデータもある。一方、私有地の所有者のうち、狩猟やその他のレクリエーション活動のための土地のアクセスに対して料金を課している者は全体の3%に過ぎないという。しかしながら、地域によるばらつきがあり、南部ではこの比率は8%となってい

る。ミシシッピー州では、土地所有者の12%が有償の狩猟に提供しており、その粗収入の平均は9,000ドル、年間の野生生物管理のために費やす平均費用が2,057ドルになっているという。一方、この魚野生生物局の調査によれば、対照的に野生生物の観察の方は公有地の占める位置づけが高くなっている。すなわち、公有地を利用する者が約80%、私有地を利用する者が38%となっており（重複有り）、公有地のみを利用する者が53%、私有地のみを利用する者は11%となっている。野生生物の観察は近年アメリカで最も増加しているレクリエーション利用の形態であり、16歳以上のアメリカの国民の31%すなわち71百万人（狩猟の5.6倍）が活動を行っているが、そのために費やした金額は4,570百万ドル（2006年）と狩猟の2倍にとどまっている。その費用のうち私有地の所有者に支払われた額はそのうちの1.5%すなわち66百万ドルに過ぎない [Mercer et al. 2011]。なお、ESAによって義務づけられたものでない自主的なクレジットとして、アメリカ森林財団と世界資源研究所（WRI）が実施している亀の一種（Gopher Tortoise）の生息地クレジットや Willamette Partnership が開発中の大草原（Prairie）生息地の修復クレジットがある。このほか、コメクイドリ（Bobolink）という草原に巣作りをする鳥を守るために人々がその営巣期が終わるまで農家による干し草の収穫を遅らせることに対して支払う取り組み [TEEBcase. 2013]、開発した施設の面積と同じ面積の重要な生息地を保護するウォルマートの取り組みなどもある [Cooley et al. 2012]。

・複数のサービス

複数のサービスについての自主的な支払いの多くは保全地役権（Conservation Easement）である。保全地役権とは、土地所有者と土地トラストや政府との法的な契約を結び土地所有権のうちの特定の権利を販売もしくは譲渡する仕組みである。保全地役権の制度は1930年代から存在したが、1970年代に免税措置が発効してからその活用が拡大した [柴田, 2006]。保全地役権の多くのケースは、土地の開発を制限することにより森林の状態を守ることに貢献する。また、商業的な木材収穫、農業、除草剤の使用、水流の変更、新たなフェンスの作設、野生植物の収穫などに制限を加える。その契約内容は、特定の生態系サービスに着目したものから、より広範な保全目標を設定するものなど多様なケースがある。土地を開発から守るが、経常的な木材の伐採や農業活動は許容する場合が多い。保全地役権はまた、土地所有者に対して連邦や州の所得税や固定資産税の減免措置が設けられている。

土地トラストは、非政府の保全活動組織であり、長年、水質保護や生物の生息地を保全するための保全地役権の最も重要な購入者となってきている。アメリカにおける土地トラストの数は、1984年に535であったものが2005年には1,667と21年間で3倍に増加し、また、保全地役権によって保護されている箇所の面積は、2000年から2005年の間に4百万エーカー近く増加している。4大土地トラストとして、The Nature Conservancy、The Trust for Public Land、The Conservation Fund、Ducks Unlimitedがある。土地トラストが保全地役権を取得する理由としては、自然地和野生生物の生息地の保全が39%、オープンスペースの保護が38%、湿地などの水源資源の保全が26%となっている。最大の地役権の所有者であるThe Nature Conservancyの有している119の保全地役権を無作為に調査した結果によると、ほとんど全てが開発を防ぐためのものであり、46%が放牧や農林業を許容する人為的な景観（Working Landscape）の地役権であった。森林地の保全地役権の支払いによる収入は全米平均で1ドル/エーカーであったが、コ

ロラド州では 19 ドル/エーカーとなっている (2007 年) [Mercer et al. 2011]。

4) 環境法等に基づく義務的なオフセットの取り組み

・炭素関係

現在までのところ連邦レベルでのキャップアンドトレードの義務付けは存在しないが、地域や州レベルでの取り組みがある。近年、Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI), The Western Climate Initiative (WCI), The Midwestern Regional Greenhouse Gas Reduction Program (MRP) の 3 つ地域プログラムが開始された。RGGI はアメリカで最初の義務的なキャップアンドトレードの仕組みであり、電力企業の排出削減に植林や農業堆肥管理などの土地利用活動を用いるもので、北東部等の 10 州が含まれている。RGGI の 2011 年の年間取引額は 2 億 4900 万ドルであった [Gardner and Fox. 2013]。WCI はアメリカの 7 州とカナダの 4 州が参加し、2020 年までに 2005 年のレベルから 15% の削減を目指している。WCI の参加州のうち最も排出量が多いのはカリフォルニア州であり、カリフォルニア州では、森林経営や林地開発の防止などの土地利用活動を含むキャップアンドトレードの仕組みで 2020 年までに 1990 年のレベルにまで減少させることが義務づけられている。今後、連邦・州レベルでの気候関連法の制定が行われれば、カーボンマーケットは飛躍的に拡大することが見込まれる [Mercer et al. 2011]。

・水源関係

水質取引 (Water Quality Trading) は不特定箇所起因の汚染 (Nonpoint Source Pollution) を追加的な規制なしで制御するための仕組みであり、土地所有者が BMP を実施して窒素やリンなどの富栄養分や汚染物質の河川への流出を抑制することに対して支払いが行われる。特定箇所起因 (Point Source Pollution) の排出者は汚染許容量 (正確には国家汚染排出除去制度 NPDES 許可) を指定され、それを超える部分については他の特定汚染起因者から購入するか超過分の支払いをしなければならない。環境保護庁水室 (EPA/OFW) が 2003 年に発表した水質取引政策では、「州等が、より少ない費用で水質の向上を図ることができる場合、富栄養分、懸濁物質、その他の汚染物質についての水質取引プログラムを実施することを支援する。また、最大総日量 (Total Maximum Daily Loads) の実施、水質汚染防止法の遵守のための費用の削減、自主的な削減のためのインセンティブの付与、流域単位のイニテアティブの推進などのための自主的な取引を支援する」とされている。現在アメリカには少なくとも 66 の水質取引プログラムが存在し、そのうち 2008 年において実際に取引されたものは 11 件ある。また、取引許可証を有している 236 の特定汚染源施設のうち許可証の有効期間中に一度以上取引を行ったものは 121 か所となっている。2000 年から 2008 年の間に取引された金額は 52 百万ドルに上っているが、それらの多くは農地に対するもので、森林地や植林に対するものは極めて少ない。例えば、ペンシルバニア州環境保護局の 2006 年以降の取引は 54 件あるが、そのうち、森林関係は水辺の植林と水流の修復の 2 件のみである [Mercer et al. 2011]。オレゴン州のチュアラティン川流域の NPDES 許可の中には、水温の低下を図るための河川のバッファゾーンに植林により日陰を作る行為が含まれている。

・生物多様性

絶滅危惧種法はテイキングを禁じる一方で、一定の条件のもとで土地所有者がテイキ

ングの許可を申請することができることを規定している。この例外規定に基づき、絶滅危惧種等を保全するための生息地・種クレジット（Habitat/Species Credit）、及び保全バンキング（Conservation Banking）という湿地小河川ミティゲーションと類似の市場取引制度が生まれた。保全バンクは絶滅危惧種等の生息地を提供するための管理を恒久的に行う私有もしくは公有の土地であり、開発者がテイキングを行わざるを得ない場合に生息地または種のクレジットを販売する。連邦政府による湿地ミティゲーションバンクの設置の方針が出されて間もない1995年にカリフォルニア州において、重要な生息地の保全のために保全バンクの設立の方針が明らかにされ、また、内務省魚野生生物局（FWS）も絶滅危惧種のために保全バンクの認可を開始した。これらの試験的な活動が成功したことから、2003年に魚野生生物局（FWS）は、土地所有者が既存の生息地に対する影響をオフセットするために絶滅危惧種等の生息地を新たに作り出すか、修復する保全バンク（Conservation Bank）を設立するという正式な方針を打ち出した。土地所有者や開発者がテイキングを行う場合は、魚野生生物局（FWS）から許可（Incidental Take Permit）を受ける必要があり、許可の条件として絶滅危惧種等の生息地の修復のための影響低減のための措置や河川や生息地をつなぐコリドーの強化などを含む生息地保全計画（HCP）の策定がある。オンサイトの影響低減のためのHCPの策定は時間がかかるとともに、年間5-10万ドルもの費用を要する。私有地で絶滅危惧種等が発見されることは規制強化と財産価値の低下を招くケースがあり、HCPは市場価値を高めることはない。2009年の時点で10州に96の保全バンクが存在し、101,158エーカー、143種または生息地の保全がされている。そのうち、85%にあたる82の保全バンクはカリフォルニア州にある。2005年から2007年における全バンクの年間収入の平均は200百万ドルであり、バンクのうちの17%、14バンクが森林を対象としている[Mercer et al. 2011]。なお、連邦政府が連邦有地に生息する絶滅危惧種等に対する一時的な影響をオフセットするための措置として、私有林等において保全措置をとることができる回復クレジット制度（Recovery Credit System）という仕組みが2008年に生まれた。これは、2005年からテキサス州農業局がムシクイの一種（Golden-cheeked Warbler）の保護のために魚野生生物局（FWS）と連携して開発した種クレジット制度の一種である。

・複数のサービス

開発者が湿地の喪失を防止し、最小化した後、湿地と小河川のミティゲーションとして、喪失分を相殺するために、①自らミティゲーションを実施（被許可者責任のミティゲーション）、②in-lieu feeプログラム（基金）への支払い、③湿地ミティゲーションバンクからクレジットを購入、のいずれかが義務づけられている。この根拠は1972年に制定された水質浄化法（CWA）、および2008年に環境保護庁（EPA）と陸軍工兵隊（ACE）が打ち出した「水資源の喪失の義務的ミティゲーションについての規制」に基づいている。1990年以前には規制当局はオンサイトでの湿地ミティゲーションを好む明確な傾向があったが、湿地の機能を確保することに失敗した数々の事例に鑑み、オフサイトの大規模なミティゲーションが優先されるようになった。上記の2008年の規制では優先順位は、バンク、in-lieu feeプログラム、自らのミティゲーションの順とされている。このような政策変更のため、商業目的のバンクが急増している。すなわち、商業目的のバンクの数は1995年に13であったのが、2001年には176、2005年には305、2009年には431に増加している。このような近年のバンクの急増にもかかわらず2009年現在、バンクは

全体の 35%にとどまっており、開発者による自らのミティゲーションが依然 59%、in-lieu fee プログラムが 6%を占めている。また、2005 年のデータでバンクの運営主体を見ると、72.2%が民間企業等であり、14.2%が州政府、7%が地方政府、残りは連邦政府や非政府組織となっている。34 州において毎年平均で 24,178 エーカーの湿地・小河川ミティゲーションが行われ、エーカー当たり平均の価格は 74,535 ドルであり、3 種のミティゲーションの合計額は 13-22 億ドルと推定されている（2008 年）[Mercer et al. 2011]。なお、最近の推定ではこの額は 18-32 億となっている [Gardner and Fox. 2013]。

4. 複数のクレジットの設定 (stacking) の問題について

1) PES の基本的な課題

PES を実施する場合、様々な生態系サービスのうちのどの価値に焦点を当てるのか、その生態系サービスをいかに評価し、支払い額の根拠をどのように考えるのか、人為的活動とその生態系サービスの発揮との因果関係についての科学的知見はあるのか、他の生態系サービスとの関係はどうなっているのか、など検討すべき本質的な課題が数多くある。例えば、水源保全サービスと称されるものにも、水質保全、水流の調節、懸濁物質の調節、塩分の蓄積の減少、地下水レベルの調節、水生生物の保護などの多岐の細分化されたサービスが含まれる上、個々のサービスと望ましい生態系についての因果関係についての科学的知見が十分でないという問題もある [柴田, 2006]。このため、コスタリカの事例では、代用として、土地が森林であるか否かという単純な指標で支払いを決めており、森林が商業的なチークの植林地であっても、郷土樹種の天然林であっても同額の支払いを受ける仕組みであった [Francisco. 2007]。これに対して、違法伐採や火災、化学肥料の使用、非持続的な農業によって水質の劣化や水量の減少が問題となり、遅れて開始されたホンジュラスの Copan の取り組みでは、水資源涵養サービスの供給量によって 15 種類の土地利用の順位を決めて、それに応じて支払い額が算定された。森林、植林地、コーヒー園、単年度作物の順に供給量が高いとされ、それぞれのなかでもさらに細分化されている。森林のなかではモニタリングされている原生林が最も高く、以下、モニタリングされている二次林、水辺林、若い二次林、孤立林の順となっている。コーヒーは認証された有機栽培、日蔭と土壤被覆あり、日蔭なし・土壤被覆あり、日蔭あり・土壤被覆なし、日蔭と土壤被覆なしの順に低くなっている。単年度作物の中ではアグロフォレストリーによるものが最も高く、非持続的な営みが最も低くなっている [Francisco. 2007]。

また、支払いを行う立場からの資金の効率性という観点で見た場合、仮に保全したい箇所が生態的に優れた森林であったとしても、開発されるリスクが低い箇所に対して支払いをしても効率的ではない。Wonder [2005] がブラジルのパラコリナス郡における事例で示したように、長期間にわたる生態系サービスへの支払いの場合は、森林状態を保全する機会費用の比較的小さなケースにおいてのみ有効である [柴田, 2006]。コスタリカの事例では、開発されるリスクが低い箇所にまで支払いがなされた可能性があるが、ホンジュラスの事例では、生態系サービスが高く、かつ危機にあるという両方の条件を満たす箇所のみが対象とされたという [Francisco. 2007]。

アメリカに目を戻せば、カーボンオフセットや湿地・小河川クレジット（Wetland and Stream Credits）など様々なエコシステムクレジットが生まれてきており、上記のような問題に加えて、クレジットの重なりをどう扱うが問題となってきた。以下では、このようなエコシステムマーケットのクレジットの多様化と拡大に伴って生まれてきた課題である複数のクレジットの設定（stacking）に焦点を当てて、整理してみたい。

2) 生態系サービスクレジットの種類 一束型か単独型か

まず、アメリカで取引されているクレジットには、①特定の生態系のサービス・機能の確保を図るために、一定のエリアについて複数の生態系サービスを確保させることを目的としたもの（束型クレジット、Bundled Credits）、②個別の生態系サービスに着目してその確保を目的としたもの（単独型クレジット）の二通りがあることに注意する必要がある。①の例としては、湿地・小河川クレジット（Wetland and Stream Credits）や絶滅危惧種生息地クレジット（Endangered Species Habitat Credits）、保全地役権がある。②の例としては、水質クレジット（Water Quality Credits）やカーボンオフセットがある。束型クレジットの場合は、土地所有者から見れば、複数のサービスを提供するが、見返りとしての支払いは一つのみである。なお、オフセットという場合は、CO₂の排出や窒素の排出など特定の個別の汚染物質の排出を指すことが多く、一方でミティゲーション（緩和）という語彙は湿地や絶滅危惧種等の生息地のように生態系全体への影響を指して一般的に用いられている [Cooley et al. 2012]。

湿地・小河川クレジットについて見れば、これは水質浄化法（CWA）による規制を達成するために売買されるが、「失われた機能とサービスを代替することに成功することが最も確からしい箇所に設置されなければならない」と規定されており、開発によって影響を受ける湿地についてのすべての機能と価値を広くミティゲートすることが要求されている「束のクレジット（Bundled Credits）」である。湿地の修復によって、水鳥の生息地の創出、水源保全機能の向上、炭素固定などのサービスも向上することが想定されているのである。このため、規制当局が遵守状況を調べるに当たっては、その中に含まれるサービスについて調査を行う。例えば、ノースカロライナ州の湿地調査モデルでは、水文、水質、生息地の3つの湿地の機能が含められている。したがって、水質取引で売買されている水質クレジットは、湿地・小河川クレジットに含まれていると考えられる。

他のクレジットはどうであろうか。MA [2003] や TEEB で整理されている生態系サービスのうち、アメリカで取引されているものについて見れば、湿地・小河川クレジットのほか、絶滅危惧種生息地クレジット（Endangered Species Habitat Credits）、および自主的な法的取り組みである保全地役権は束のクレジットと考えられる。絶滅危惧種法（ESA）では、土地所有者が魚野生生物局（FWS）または国家海洋漁業局（NMFS）からの許可があれば、絶滅危惧種の生息地に影響を与える行為が許されている。魚野生生物局（FWS）では、絶滅危惧種の生息地を保全するか、さもなければ、絶滅危惧種の生息地を修復、創設する保全バンク（Conservation Bank）を設置することを認めており、絶滅危惧種の生息地に影響を与える行為をする者は、その影響を相殺するために保全バンクからクレジットを購入することができるのである。この生息地あるいは種クレジット（Habitat/Species Credits）は、目的の絶滅危惧種の生息のために必要な全ての

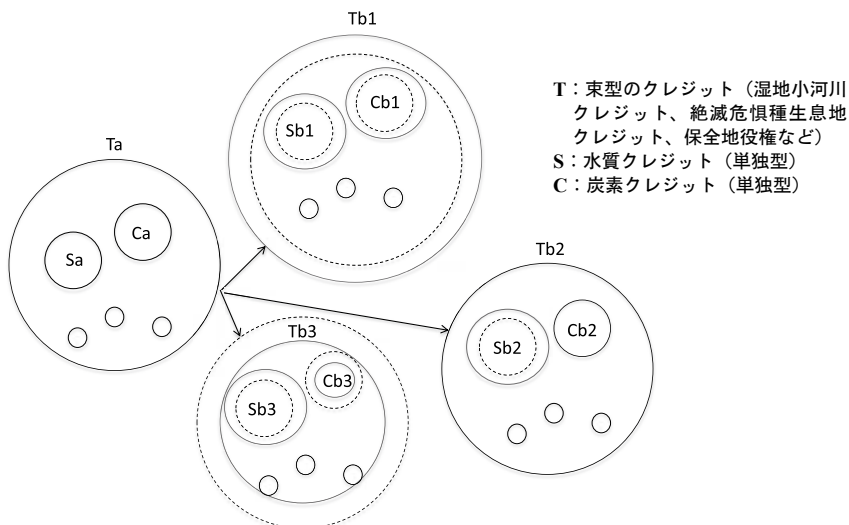


図1 束型と単独型のクレジットの関係についてのイメージ

条件を満たすことがクレジットの対象とされる生息地に求められていることから、「束のクレジット」であると考えられる。

このほか、一定の土地の有する全ての生態系サービスを保全する目的の保全地役権も同様に「束のクレジット」であると考えられる。ただし、保全地役権の存在する土地の所有者が生態系サービスを販売することが可能かどうかは明確でない。保全地役権は土地所有者から開発の権利を剥奪するものであるが、生態系サービスの販売まで剥奪するとは限らないからである。

これらの束型のクレジットと単独のクレジットの関係を模式的にベン図で表せば、図1のようになると考える。束型のクレジットは湿地や絶滅危惧種の喪失など特定範囲の生態系の全体の影響をオフセットするために生まれたものであり、全てのサービスを直接計測することは行われずに、湿地の面積（エーカー）や絶滅危惧種のつがいの数のような単位で計測される。一方、単独のクレジットである水質クレジット（Water Quality Credits）やカーボンオフセットでは、重量（パウンドやトン）などで計測される。このため、束型と単独型のクレジットの併存とそれぞれが独自の計測単位を有していることが整合性をとることを困難にしている一つの原因となっている。図1で環境保全活動によって生態系サービスの状態がaからbに変化したケースを考えると、水質サービスのSaからSbへの向上が図られた場合、炭素固定サービスも向上が図られる場合（Cb1）、変化がない場合（Cb2）、減少する場合（Cb3）のシナリオが考えられる。Cb1の場合、stackingによる炭素固定サービスの販売を行う余地があるであろう。一方、aからbへの変化によって、当該地の果たしている生態系サービス全体を含む束型のサービスTaからTb1に増加する場合、変化がない場合（Tb2）、減少する場合（Tb3）のシナリオがあり得る。Cb1のケースはTb1のシナリオとなる可能性が高いと思われるが、水質サービスや炭素固定サービスとトレードオフの関係にある他の生態系サービスが存在する場合は、そうではないケースもあり得るであろう。

3) Credit Stacking (複数のクレジットの設定) とは何か

stacking とは、もともと重ねあわせるという意味であり、太田 [2013] は「個別独立化」と訳しているが、Cooley et al [2012] や USDA.OCE の「土地所有者がひと塊の土地から複数の生態系サービスの支払いを受けること」という定義、Fox et al [2011] のアンケート調査でコンセンサスを得た「空間的に重複している地域に複数のクレジットを設定すること」という定義があること、また、上記のノースカロライナ州の事例のように東のクレジット(湿地・小河川クレジット)と個別のクレジット(水質クレジット)を二重に販売したケース、カリフォルニア州において湿地・小河川クレジットと絶滅危惧種生息地クレジット(どちらも東のクレジット)を重複して販売したケースも含めて用いられており、必ずしも個別のクレジットの独立的販売に限定して用いられる語彙ではないことから、誤解を避けるために、本稿では「複数のクレジットの設定」と称することとする。

「複数のクレジットの設定 (stacking)」は、水平型 (horizontal)、垂直型 (vertical)、時間型 (temporal)、支払い型 (payment) に分けられる。

水平型 stacking とは、一か所の土地のうち空間的に重なっていない箇所について、異なるクレジットを販売することを指す。例えば、植林を行った土地所有者が川沿いのバッファゾーンについて富栄養分クレジットを得、丘の部分については炭素クレジットを得るような場合を指す。この場合は空間的に独立した販売であるため、問題がない場合が多く、真の stacking とはみなされず、単にクレジットのグルーピングと呼ばれることもある。多数の関係者を巻き込んで複数のサービスのクレジット化に取り組んでいる代表事例とされる Willamette Partnership の取り組みでは、土地所有者がその有するプロジェクト区域の半分について湿地クレジットを販売した場合、販売可能な絶滅危惧種生息地クレジットや水質クレジットは半分に削減されるという水平型 stacking の仕組みを開発して、クレジットが二重に販売されるのを防いでいる。

一方、垂直型 stacking とは、一か所の土地の重なっている部分において一つの保全活動によって複数の支払いを受けることを指す。例えば、土地利用者が河川のバッファゾーンに植林を行い、その結果水質クレジットと炭素クレジットの両方を得るような場合である。

また、時間型 stacking とは、垂直型 stacking と似ているが、支払いに時間的なタイムラグがある場合である。例えば、土地所有者が生息地の修復を実施し、その結果絶滅危惧種生息地クレジットを得て、後日、同じ場所で炭素クレジットを得るような場合である。ノースカロライナ州で問題になったケースはこの類型に該当すると考えられる。このケースでは、一度の湿地の造成について湿地・小河川クレジットと水質クレジットを二重に販売したものである。2000年に Environmental Bank and Exchange という企業が道路建設プロジェクトについての湿地・小河川への影響を相殺するための湿地・小河川クレジットをノースカロライナ州運輸局に販売するプロジェクトを実施した。2009年にこの会社は同じプロジェクトについて、追加的な管理活動なしにニュース川流域への窒素排出の影響を相殺するための水質クレジットをノースカロライナ州環境天然資源局に販売した。その当時、ノースカロライナ州はこのような重複販売についての規制を有していなかった。もしも全ての販売済みの湿地・小河川クレジットについて窒素クレジットの販売が許された場合、市場には 1.1 百万ポンドの窒素クレジットが溢れることになり、それは窒素クレジットが開始された 2001 年から販売された総量をも超えることになるという。この

ため、ノースカロライナ州は、その後湿地・小河川クレジットのプロジェクトが窒素クレジットやバッファークレジットを重複して販売することを禁じたのである。この事例は環境影響上望ましくない重複カウント（doubling counting）のケースとされている。

また、支払い型 stacking とは、土地所有者が一つの保全活動を行い、その結果複数の者からの支払いを受ける場合である。例えば、農地の改善のための連邦政府の支援措置を受けた農民が連邦の支援金によって改善された生態系サービスについての支払いを受ける場合である。

4) Stacking の実態と課題

エコシステムマーケットについては、サービスの評価、サービスの空間的な再配置（例：湿地・小河川ミティゲーションバンクによる都市から地方への生態系サービスの再配置）、一つの生態系サービスの増加が他の生態系サービスの減少を招くトレードオフ（炭素固定のための植林が水質悪化や水量減少を招いた事例報告あり）など、もとより数多くの本質的な課題があるが、以下では Fox et al [2011]、Cooley et al [2012] の調査結果を中心に、stacking に関わる問題に焦点を当てて見ることにする。

Fox et al [2011] が実施したアメリカのエコシステムマーケット関係者に対する、クレジット stacking についてのアンケート調査（2010年）の結果によれば、ミティゲーションクレジット stacking の定義について、大部分の者は「空間的に重複している地域に複数のクレジットを設定すること」という定義を選択している。そして、最も典型的な重複販売のシナリオとして、湿地と種のクレジットが挙げられた。この事例として、カリフォルニア州での融雪プール（Vernal Pool）のハウネンエビ類（Fairy Shrimp）クレジットと湿地クレジットが同じ土地に重複して設定されている例がある。このケースの場合は、省庁連携チームが適切な取引のために監督を行っており、面積で決められているクレジットは分解することができないため、いずれかのクレジットを先に販売した場合は、該当部分は別のクレジットの販売は不可能となるが、担当部局間の連携が不十分な場合もしばしばあるため、特定の保全活動の追加性（additionality）の欠如や二重計上が問題となるのである。

本調査結果によると、stacking についての関係者の関心は高く、そのための取り組みが各地で進められている。例えば、フロリダ州の絶滅危惧種フロリダクロヒョウ（Florida Panther）クレジットは FWS と将来のカーボンクレジットの販売権を留保することで合意を交わしている。また、メリーランド州の気候変動委員会の気候行動計画においては、水質取引プログラムによって州の温暖化ガス削減法に基づく炭素クレジットも得ることとされている。さらに、農務省天然資源保全局（NRCS）は、農地保全活動（富養分取引ツール）から水質と炭素の双方のクレジットを得る手法の開発を行っている。このほか、Chesapeake Bay の Bay Bank（生物多様性、炭素、水質）、オレゴン州の Willamette Partnership（サケの生息地、湿地、水質）、オハイオ川流域取引プロジェクト（水質、炭素）など、連邦政府の拠出により複数のクレジットを販売するプロジェクトも実施されており、インターネットにおける取引が実施できるように整備されている。特に、湿地、水質、プレーリー生息地、サケの生息地など複数のクレジットの取引を行っている Willamette Partnership では、クレジット会計窓口（Credit Accounting Protocol）が整備され、重複販売による追加性の確保を図っている。

しかしながら、一方で連邦省庁の *stacking* に対する方針は不明確な現状にある。例えば、EPA の水質取引政策では、水質取引の実施によって生じる当該汚染物質の減少以上の付帯的な環境向上（湿地の創出・修復、野生生物・水鳥生息地の創出）を支援しているが、この場合に、水質クレジットに加えてこれらの付帯的な便益についてのクレジットを販売しても良いかどうかについては明確な方針がない。なお、伝統的な慣習法に基づけば、財産権を保有する土地所有者は一つのサービスの販売が他のサービスを損なうことがない限り、エコシステムクレジットの販売は自由にできると解釈されるという考え方もあり得る。

また、連邦政府の補助金等のプログラムが実行された箇所についてのクレジットの販売が許されるのかどうか（支払い型 *stacking* の一タイプと考えられる）についても、連邦当局の政策は統一を欠いている。農務省が実施している農民の保全活動の実施について資金拠出を行っている保全リザーブプログラム（CRP）では、土壌、水、野生生物などを保全するプログラムの目的に支障が及ばない限りにおいて炭素、水質などのクレジットの販売を許容している。農務省の湿地リザーブプログラム（WRP）や環境の質向上プログラム（EQIP）も同様の規定を有している。これに対し、陸軍工兵隊（ACE）や環境保護庁（EPA）は、CRP や WRP の投入された箇所の湿地クレジットの販売を禁じている。同様に、魚野生生物局（FWS）の保全バンキングも他の連邦プログラムによって保全、修復された農地等の土地については絶滅危惧種生息地クレジットの設定ができないこととされている。また、カーボンマーケットでは追加性を担保するために *stacking* を禁ずるケースが多く、カリフォルニア州の気候行動リザーブ（CAR）プログラムでは、プロジェクトの実施前に一年以上の期間保全地役権が存在していた場合は炭素クレジットを販売することを禁じている。Fox et al [2011] は、存在しているこのような不明確な点や不整合を解消し、*stacking* についての説明責任を確保するために、環境マーケットの監督省庁である EPA、FWS、USDA、ACE、NOAA など、及び各州政府の連携が必要であると述べている。

また、*stacking* を行うことによるメリットとして、Cooley et al [2012] は、①水質や生物多様性などの個別の資源の保護が結果として複数のサービスの保護に繋がり、土地所有者が土地の有している全ての生態系サービスの保全に努める動機を与えること、②複数のサービスの支払いが土地所有者の機会費用をまかなうことで、個別の市場や支払いではペイしなかったプロジェクトが実行可能になることにより、生態系サービス市場への参加を増やす可能性があること、③複数の支払いによってより質の高い内容のプロジェクトを行い得る可能性があること、例えば、湿地の修復を行う場合に、水質保全のために単に植生で被覆する以上の追加的な行為を行う資金が得られる可能性があること、④複数の支払いを許容することで、政府による補助金を削減できる可能性があること⁽³⁾、を挙げている。一方で、問題点として、①エコシステムクレジットによる環境影響の相殺についての評価と会計が複雑化すること、②オフセットプログラムにおいて「追加性（*additionality*）」が確保できなくなる可能性があること、すなわち、殆どのカーボンオフセットプログラムでは、実質的な削減を担保するため、通常では実施されない行為が支払いによって追加的に実施されるという「追加性」が条件となっている。しかし、重複支払いによって、土地所有者がプロジェクトの実施のために必要な額を越えた支払いが起こることによってこの点が確保されない可能性が出てくるのである。また、③ *stacking* によりクレジットの流通量が増えて、価格の低下を招く可能性もある。さらに、④オフセットプログラム以外においても、

土地所有者が単独の支払いで実行可能な保全プログラムについて複数の支払いを行うことは、限られたプログラム資金の活用効率性という点で問題が生じる点を挙げている。

さらに、Cooley et al [2012] は、stacking の場合に組み合わせられるクレジットのタイプについて、PES と PES、PES とオフセット/ミティゲーション（東型もしくは単独型）、オフセット/ミティゲーション（東型もしくは単独型）とオフセット/ミティゲーション（東型もしくは単独型）などの様々なケースについて検討を行い、一般的に東型のオフセット/ミティゲーションと他のオフセット/ミティゲーションの組み合わせの場合に重複計上の可能性があり、また、オフセット/ミティゲーションクレジットの取引では、キャップアンドトレードの場合を除いて追加性の確保についての懸念があるとしている。

Fox et al [2011] は、クレジットの生態学的な価値について疑義が生じることは環境マーケットにとって不都合であることから、stacking についての「追加性」が証明された確実な環境ミティゲーションマーケットが整備される必要があり、このためには現在行われていない stacking についての生態学的な研究に基づいたルール作りと連邦政府等の連携が不可欠であると結論づけている。支払いの対象として、保全活動に対するものから、便益に対するものに変更することも提案されているが、そのためには個別の生態系サービスの正確な評価という大きな関門が存在する。

5) 今後の展望

PES/エコシステムマーケットについては、その生態学的な有用性に疑問を投げかける意見や様々な課題があるが、世界的にその取り組みが拡大している。PES は森林を伐採するよりも保全する、あるいは土地を都市的用途に開発するよりも農業を行ったほうが高い収益が得られるという可能性に挑戦する取り組みであるとも言える。そして、土地所有者が複数のクレジットの設定 (stacking) を行うことにより、トレードオフの関係のある個別の生態系サービスの取引が、トータルとしてバランスのとれた生態系サービスの束の効率的な実現を図る可能性があるだけでなく、従来の土地管理に代わる収益事業を生む可能性さえある。

我が国でも、カーボンオフセットや森林環境税などの取り組み、あるいは流域単位の自主的な水源保全の取り組みなどが拡大しているが、生物多様性オフセットなどの新たなエコシステムマーケットの導入の動きもあり、早晚 stacking の問題に対処することに迫られるであろう。このため、今のうちから、PES 関連の取り組みについての情報を集めるとともに、関係省庁と研究機関等の縦割りを排した協働を進め、国家的な炭素削減目標達成のためのミニマムな土地管理と追加的な生態系サービスのための土地管理についての科学的知見の開発、あるいは保安林等の受忍義務のある私有林所有者への損失補償や各種補助金と生態系サービスの関連などを含め、様々な土地管理と多様な生態系サービスとの関連の評価についての科学的知見の深化と体系化を進める必要があると考える。

注

(1) 環境法等による義務付けに対応するためのオフセットやミティゲーションなどのクレジットマーケット

- は、広義には PES の範疇に含まれるが、本稿では Cooley et al [2012] の区分に従い、PES はエコシステムマーケット以外の政府機関による保全活動への支援金の拠出や非政府機関による保全活動に対する自発的な支払いのことを指す狭義の意味で用い、PES/エコシステムマーケットと併記することにする。
- (2) コスタリカの森林法等においては環境サービスへの支払い (Payment for Environmental Services) という語彙が使われていたが、その後生態系サービスへの支払い (Payment for Ecosystem Services) が広く使用されるようになり、コスタリカでも法律改正なしに後者が使用されるようになったという [Porras et al. 2013]。
- (3) 連邦政府の生物多様性や野生生物保護のための支援のための土地所有者への支払い措置についても、土地所有者に対する数々のアンケート調査によれば、支援措置がなくとも実施するという結果になっており、追加性 (additionality) がない実態にある [Mercer et al. 2011]。

文献

- Butler, Brett J. 2008 Family Forest Owners of the United States. 2006. Gen. Tech. Rep. NRS-27.
- 地球環境戦略研究機関 (IGES)、京都大学、長崎大学、名古屋大学. 2012. 経済的価値の内部化による生態系サービスの持続的利用を目指した政策オプションの研究. 平成 23 年度環境経済の政策研究最終研究報告書
- Cooley David and Olander Lydia. 2012. Stacking ecosystem services payments: risks and solutions. Available at <http://www.eli.org>
- FAO State of the World's Forests 2012. 16p.
- Fox J, Gardner R.C, and Maki T. 2011. Stacking Opportunities and Risks in Environmental Credit Markets. Available at <http://www.eli.org>
- Francisco Alpizar, et al. 2007. Payments for Ecosystem Services. Why Precision and Targeting Matter. Resources For the Future. Spring 2007 Issue No. 165
- Gardner R. C, and Fox J. 2013. The Legal Status of Environmental Credit Stacking. Ecology Law Quarterly. Vol. 40: N. pp101-145.
- Greenhalgh Suzie. 2008. Bundled Ecosystem Markets –Are they the future? Paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Orlando, FL, July 27-29, 2008
- Hamilton Katherine, Sjardin Milo, Shapiro Allison, and Marcello Thomas. 2009. Fortifying the Foundation: State of the Voluntary Carbon Markets 2009. Ecosystem Marketplace. Available at <http://www.ecosystemmarketplace.com/>
- Kenny Alice. 2009. When is credit-stacking a double dip? <http://www.ecosystemmarketplace.com/>
- Kenny Alice. 2010. Theory and Practice collide in efforts to stack multiple ecosystem values on one piece of land. <http://www.ecosystemmarketplace.com/>
- Lapeyre Renaud, Pirard Romain. 2013. Payments for environmental services and market-based instruments: next of kin or false friends?
- MA. 2003. Ecosystems and Human Well-being: A framework for assessment millennium ecosystem assessment series. Washington D.C. Island Press.
- Madsen, Becca; Carroll, Nathaniel; Moore Brands, Kelly; 2010. State of Biodiversity Market Report: Offset and Compensation Programs Worldwide. Available at <http://www.Ecosystemmarketplace.com/documents/acrobat/sbdmr.pdf>
- Mercer D. Evan, Cooley David, Hamilton Katherine. 2011 Taking Stock: Payments for Forest Ecosystem Services in the United States.

- 太田貴大. 2013. 生物多様性オフセットバンキングにおける生態系サービスの価値の考慮に関する基礎的研究. 名古屋大学
- Porrás Ina et al. 2013. Learning from 20 years of payments for ecosystem services in Costa Rica. IIED
- Ruhl J.B. 2010. Stacking and Bundling and Bears, Oh My! Available at <http://nwn.radcampaign.com/sites/default/files/docs/ruhl.pdf>
- 柴田晋吾. 2006. エコ・フォレストィング. 日本林業調査会
- 柴田晋吾. 2011. 森林の多元的価値の実現のためのアプローチとしての PES (生態系サービスへの支払い). 特集：環境共生社会における森林. エネルギー・資源. Vol.32 No.5
- Stanton Tracy, Echavarria Marta, Hamilton Katherine, and Ott Caroline. 2010. State of Watershed Payments. An Emerging Marketplace. Ecosystem Marketplace. Available online: http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_2438.pdf
- TEEBcase. 2013. Conserving Bobolinks in Rhode Island, USA. Compiled by Siddharth Jain, available at: TEEBweb.org.
- USDA Forest Service. 2005. Forests on the edge. Housing development on America's private forests. PNW-GTR-636.
- USDA Forest Service. 2007. Forest Service Open Space Conservation Strategy. Cooperating across boundaries to sustain working and natural landscapes.
- USDA Forest Service. 2008. A Closer Look at Forests on the edge. Future development on private forests in three states. PNW-GTR-758.
- USDA Forest Service. 2009. Forest land conversion, ecosystem services, and economic issues for policy: a review. PNW-GTR-797.
- USDA Forest Service. 2013. Changes in development near public forest lands in Oregon and Washington, 1974-2005: Implications for management. PNW-RP-596.
- USDA.OCE. How can conservation programs effectively interact with environmental markets. Available at http://www.usda.gov/oce/environmental_markets/files/WRI_Conservation%20Programs%20and%20Env%20%20Markets.pdf
- Willamette partnership. Annual Report 2012-2013. Available at http://willamettepartnership.org/news-and-publications/annual-reports/2012-2013%20Annual%20Report%20Draft_Final.pdf
- Willamette partnership. Ecosystem Credit Accounting System. Available at <http://willamettepartnership.org/ecosystem-credit-accounting>
- Wunder S. (2005) Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts. CIFOR Occasional Paper No. 42

原子力発電所の廃炉ファイナンスに関する考察

藤井 良広⁽¹⁾

概要

原子力発電所の廃炉を円滑に進めるためには、廃炉の費用推計の妥当性と、廃炉資金の確保による健全なファイナンス体制の構築が求められる。こうした体制は、原発の開発・設計段階から廃炉・跡地利用までを一体的に考慮し、それらの推計に基づくバランスのとれた費用配分と資金配分に基づいて構築される。いわば廃炉リスクマネジメントとも呼べる。東京電力福島第一原発事故で我が国の原発事業にはそうしたバランスが欠けていたことが露呈している。

Consideration on Decommissioning Finance of Nuclear Reactors after Fukushima Disaster

Yoshihiro Fujii⁽²⁾

Abstract

In order to operate and manage decommissioning process of nuclear reactors smoothly and effectively, we have to establish sound financial supporting system to them, based on appropriate cost estimate and prepaid money. This system would be constructed by well-designed and balanced allotted with cost and money estimated through planning and developing to decommissioning and reuse of the sites. It should be called decommissioning risk management. Unfortunately after severe disaster of Tepco's Fukushima nuclear plants, our system has been exposed a lack of confidences.

(1) ふじい よしひろ。上智大学地球環境学研究科教授

(2) Yoshihiro Fujii Professor, Graduate School of Global Environmental Studies, Sophia University, 7-1 Kioicho Chiyoda-ku Tokyo, Japan

原子力発電所の廃炉ファイナンスに関する考察

(1) 原発廃炉の概要

a) はじめに

原子力発電所は安定した発電を持続出来るほか、他の化石燃料を原料とする火力発電所等とは異なり、発電中に温室効果ガスを排出しない点がメリットとされる。一方で、2011年3月11日の東京電力福島原子力発電所事故のような放射性物質の汚染拡散による健康被害、生態系汚染、物的損害、それらによる影響把握の困難さ、廃炉時のコスト増加等の諸課題が表面化している。本稿ではこのうち東電福島原発の廃炉の進め方を検証するために、欧米での対応との比較を試みる。

b) 3種類の廃炉アプローチ

原発の稼働に期限があるように、原発廃炉は東電福島原発以外にもこれまで世界中で起きている。世界原子力協会（World Nuclear Association）⁽³⁾によると、過去40年間に世界では85の商業用原子炉、45の実験・試作原子炉、そして250以上の研究用原子炉と多くの核燃料サイクル施設の廃炉作業が実施されているⁱ。このうち廃炉が完全に終わった原子炉は15基で、51基は廃炉作業中、48基は安全管理下（‘Safestor’）にあり、3基は埋められ、その他は特定されていない状態という。

米 Nuclear Regulatory Commission（NRC）の分類によると、廃炉には3種類のタイプがある。原発設備・使用済燃料その他の施設をサイトから数年間で完全に取り除くケース（Immediate Dismantling：Early Site Release or ‘Decon’）、安全管理下に置くものの放射性廃棄物の減衰等を考慮に入れ、最終処理までに通常40～60年かかるケース（Safe Enclosure ‘Safestor’）、原発サイトに設備を埋設して処理するケース（Entombment：‘Entomb’）である。Entombは例外的な措置で、米国で1960年代に、オハイオ、プエルトリコ、ネブラスカの三か所で小規模な実験原子炉などを処理した事例が該当するⁱⁱ。

多くの廃炉が Safestor 方式を採用している。汚染された原発本体や関連施設の廃棄物の処理場を確保するのが容易ではないためである。日本の日本原子力発電の東海第一原発（1998年廃炉決定）や中部電力浜岡原発1,2号機（2009年に廃炉決定）もこの方式だ。

c) 主な廃炉原発の状況

廃炉アプローチの違いは、処理費用に影響する。もっとも一般的な Safestor は当初計画より廃炉作業が長引き、期限延長が繰り返されるケースが少なくない。その分、処理費用はかさむことになる。たとえば東海原発の場合、当初の廃炉完了予定は2017年で、廃炉費用も約550億円と

(3) World Nuclear Association 原子力発電と核燃料サイクルに関連する企業が参加する世界レベルの経済団体。本部ロンドン。前身はウラン生産者団体のウラン協会。2001年に組織改正、現在に至る。日本からは東電、関電、日本原子力開発機構等が正会員になっている。

みられていたが、2020年に延長後、さらに2025年に再延長されている。その都度、廃炉費用も885億円、930億円へと引き上げられている。浜岡原発の場合、廃炉まで30年、費用は2基で841億円と見積もられているが、福島事故を受けて原子力規制委員会が安全基準を強化したことで、費用は増加するとみられている。

米国は31基の廃炉対象原発のうち、少なくとも14基の原発をSafestorで処理を進めている一方で、同数の14基をDeconによって処理ないしは処理中だ。国土の広い米国ならではの対応である。たとえば、1989年に閉鎖されてDeconで処理、1997年に廃炉完了となったXcel Energy社によるFort St.Vrain原発（コロラド州）の場合、総廃炉費用は1億9500万ドルで発電kWh当たり1セント以下だった。1979年に事故が起きたThree Mile Island Unit2の場合、Safestorによって廃炉作業が進められており、その費用は8億3690万ドルと推計されている。廃炉完了は2036年の予定だ。Safestorは放射性物質の減衰を前提にすることから処理時間がかかるが、NRCは「最長60年」という制限をかけている。60年を超える場合は、NRCの規則に基づいて、住民の健康被害を防ぎ、安全を守る防ぐ必要が生じる場合に限定される。Entomb処理は基本的に事故処理を前提としている。

図表 1. 事故等によって廃炉になった原子炉

Country	Reactor	Type	MWe net	Years operating	Shut down	reason
Germany	Greifswald 5	WER-440N213	408	0.5	11/1989	Partial core melt
	Gundremmingen A	BWR	237	10	1/1977	Botched shutdown
Japan	Fukushima Daiichi 1	BWR	439	40	3/2011	Core melt from cooling loss
	Fukushima Daiichi 2	BWR	760	37	3/2011	Core melt from cooling loss
	Fukushima Daiichi 3	BWR	760	35	3/2011	Core melt from cooling loss
	Fukushima Daiichi 4	BWR	760	32	3/2011	Damage from hydrogen explosion
Slovakia	Bohunice A1	Prot GCHWR	93	4	1977	Core damage from fuelling error
Spain	Vandellos 1	GCR	480	18	mid 1990	Turbine fire
Switzerland	St Lucens	Exp GCHWR	8	3	1966	Core Melt
Ukraine	Chernobyl 4	RBMK LWGR	925	2	4/1986	Fire and meltdown
USA	Three Mile Island 2	PWR	880	1	3/1979	Partial core melt

(出所) WNA. Decommissioning Nuclear Facilities. August 2013.

福島第一原発の5、6号機も廃炉が決定したが、この段階では含まれていない。

d) 廃炉の各フェーズ

廃炉作業は通常、3つのフェーズに分かれる。NRCの手順によると、①Initial Activities ②Major Decommissioning Activities ③License Termination Activities の3段階。

①の場合、事業者は原発の廃炉を決めた場合、NRCに対して30日以内に廃炉の許可申請を提出しなければならない。次いで、使用済核燃料を原子炉から取り出すための別の許可申請をしなければならない。ここでのポイントは、原子炉と使用済核燃料処理を区別するとともに、原子炉

の稼働権限を当局に返上する手続きとなる。

事業者は当局から廃炉承諾を得てから2年以内に、廃炉活動の計画書となる PSDAR (Post-shutdown decommissioning activities report) を NRC に提出する。このレポートには廃炉活動をどうやるか、期限、推計される廃炉費用等を明記する。ここでは当該サイトに特有の環境影響評価の妥当性が最大のポイントとなる。NRC は PSDAR を受理後、同レポートを一般に開示し、パブリックコメントを得るとともに、近隣住民を対象とした説明会を設ける。

NRC が PSDAR を受理後 90 日になると、事業者は廃炉作業に着手する。この期間が全体の作業でも一番長期にわたる。廃炉作業がスムーズに進行するかどうかは、廃炉作業に充当される廃炉ファイナンス (funds) が持続可能かどうかと、PSDAR では想定しなかった重要な環境影響が起きないかという点にかかってくる。

もし廃炉費用不足や新たな環境影響が想定される場合は、事業者は改正許可の申請をしなければならず、その改正内容については住民意見を聞くプロセスを必要とする。

廃炉作業が順調に進むと、事業者は想定した廃炉終了期間の2年前には③の LTA 許可を申請する。ここでは、廃炉作業状況の報告と、廃炉サイトの放射能濃度、最終的な廃炉コストの推計、最新の環境報告書などを開示する。廃炉後のサイトの放射能レベルが年間 25millirem (0.25 ミリシーベルト) まで削減されたことが確認されると、同地は使用制限のない安全な土地 (unrestricted use) として以後、活用されることになる。放射能レベルの低下が十分でない場合、当該土地は使用制限地 (restricted use) と認定され、使用計画、周辺住民との協議、以後のサイト管理のための金融面の対応等を明確にしなければならない。

3つの段階を通じ、さらに特に重要となる②の段階でのカギを握るのが、廃炉作業を順調に推進するための資金面の裏付けである。③の場合も、restricted use となった場合、管理のための以後のファイナンスが重要となる。いずれも廃炉ファイナンスの設計が重要になるわけだ。

(2) 廃炉リスクマネジメントの設計

a) 廃炉手順の標準化

廃炉の手法は、基本的に前記のうち、Decon か Safestos の選択となる。どちらを選ぶかは、ひとえに廃炉費用の推計・評価にかかってくる。廃炉費用の推計には、まず原発自体の型式、立地条件、原発を抱える国の規制状況、放射性廃棄物の処理場の有無などによって左右される。この廃炉費用の推計が不確かであると、原発の建設自体への賛同が得られなくなり、Safestos の場合なら 60 年に及ぶ廃炉作業の必要資金を確保するのが困難になりかねない。しかし原発は国ごとに規制、国の関与、立地状況、住民の許容度等同一ではない。

このため、廃炉作業への共通の理解を高めるための国際的な共同作業として、OECD Nuclear Energy Agency (NEA) の Decommissioning Cost Estimate Group (DCEG) と、国際原子力エネルギー機関 (IAEA)、欧州委員会 (EC) の Directorate-General for Energy (DG-ENER) の3機関は、1999年に廃炉費用推計の標準化として“Yellow Book⁽⁴⁾”を刊行した。一種の廃炉作業の

(4) Yellow Book の正式名称は次のようになる。OECD/NEA, IAEA, EC, “A Proposed Standardized List of

標準化アプローチである。

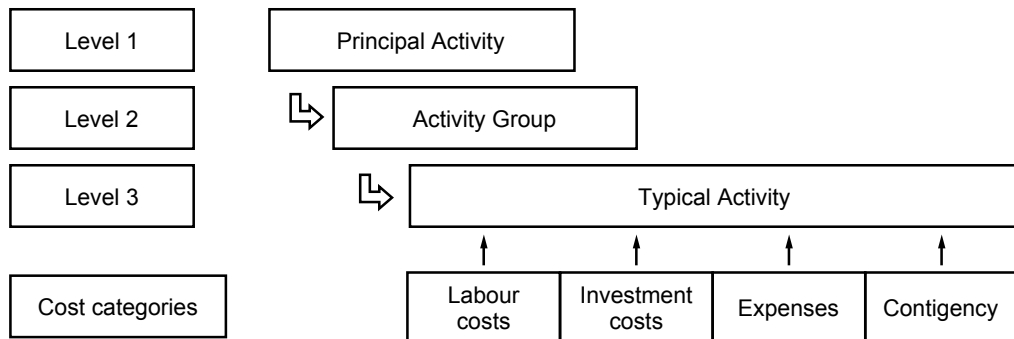
これまで複数の国々が、同標準化方式を採用してきた。だが、全く同方式に基づかない推計に立脚する国も少なくない。こうした費用推計のバラツキと、その原因となる標準化方式の費用項目の不確かな部分を改正する必要性等を受けて、2012年、3機関は Yellow Book の改定版として新たに International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) を作成、公表したⁱⁱⁱ。

ここでは ISDC に基づいて廃炉費用推計の標準的考えとともに、そうした推計に基づくファイナンスの考え方を整理する。

b) 11 の廃炉活動分類と 4 つの費用概念

ISDC が標準化を目指すのは、基本的に廃炉プロセスの透明化と、そのためのファイナンスへの信頼性確保である。まず、ISDC は廃炉プロセスの透明化のため、3段階の「コストヒエラルキー」を提示している（図表2）。

図表 2. ISDC のヒエラルキー構造



(出所) ISDC (2012)

レベル3は具体的な個別活動であり、その上に2段階のレベルを分類している。最上位のレベル1は、11の主要活動に分けられる。図表3がその概要である。次のレベル2は、レベル1の活動を細分化したものとなる。たとえば、主要活動04の「Dismantling activities」は、レベル2では①設備廃棄の事前除染 ②特別の配慮を要する原材料の取り除き ③主要な操業システムの除去 ④全体の構造と各種部品の扱い ⑤他のシステム、部品の除去——等に分けられる。また05の「Waste processing」は、放射能汚染物質の程度によってレベル2の除去活動に分けられる。具体的には、高濃度汚染廃棄物、中濃度汚染廃棄物、採取残渣や廃炉作業に使用することで生じる廃棄物等への分類となる。

ベースとなるレベル3の活動は、さらに細分化される。上記のレベル2の①の設備廃棄の事前除染の場合、①残存設備からの排水 ②汚泥の除去 ③システムの浄化 ④建屋などの表面の除染——などになる。

Items for Costing Purposes in the Decommissioning of Nuclear Installations, Interim Technical Document”, OECD/NEA, Paris (1999)

これらの各レベルの活動の費用評価については、4つのコスト分類で対応する。図表2の右下に図示している。労働費用、投資費用、消耗品費用、偶発費用である。このうち労働費用は、廃炉作業に従事する作業員への賃金、社会保障費、健康保険、医療費等を一人当たりで算出する。投資費用は、廃炉作業に用いる設備・原材料等の資本費用である。消耗品費用は作業に用いる消耗品・交換部品、作業期間中の税金などを含む。偶発費用は、事前の廃炉計画では想定していない偶発的な費用の発生に対する引き当てを意味する。

図表3. レベル1での主要活動

01	Pre-decommissioning actions
02	Facility shutdown activities
03	Additional activities for safe enclosure or entombment
04	Dismantling activities within the controlled area
05	Waste processing, storage and disposal
06	Site infrastructure and operation
07	Conventional dismantling, demolition and site restoration
08	Project management, engineering and support
09	Research and development
10	Fuel and nuclear material
11	Miscellaneous expenditures

(出所) 同上

c) 費用推計の正確さ

ISDCは、コストヒエラルキーに基づく個別の費用分類を踏まえて実際の推計をする方法論についても、ボトムアップ技術、特別類推技術、パラメーター技術、費用評価・更新技術、専門意見家技術の5種類を例示している。ただ、ここではそれらの詳細は論じない。複数の評価技術を示すのは、長期間にわたる各段階の費用推計を一律の基準ではじくのは困難であるということの意味する。

推計の正確さについては、詳細なエンジニアリング・データを利用できる場合でも、正確さのレベルは-5%～+15%の誤差範囲を想定する。また、そうしたデータがなく、一定期間にわたって漸増もしくは漸減する要因に基づく推計の場合は、-30%～+50%の幅が生じるという。ということを踏まえて、より正確さを向上させる費用推計技術を活用するとともに、常時、見直し・更新が必要になる。また後述するように、費用をカバーするための資金面の手当ても、当初の予算ベースだけではなく、費用推計のブレを想定した余裕を持たせる必要があるということになる。もちろん、想定より費用が少なくなる可能性もあるわけで、最適費用推計を常時更新し、最適技術を弾力的に採用する柔軟な「廃炉リスクマネジメント」が求められることになる。

費用推計の正確性に幅があり、不確実性を含むが、推計自体は標準的技術に基づくものとなる。実際の作業では、荒天が続いて作業が遅れたり、機器が破損したり、想定通りの機能を果たさない場合、あるいは作業員のストライキで作業が中断、廃棄物搬出がスムーズに進まない場合、処理場のクライテリアの変更など、想定外の事態が起きる可能性もある。偶発費用は、これらの将来の不確実要因への備えとなる。ISDCは偶発費用への割り当てとして、総費用の25%

を提示している。

これらの費用推計に基づき廃炉事業者はコスト配分のマトリクスを作成、開示することになる。図表4はそのマトリクスの構造である。

図表4. 標準的廃炉費用計上の開示マトリクス構造

Level 1	Level 2	Level 3	Activity	Labour cost	Investment	Expenses	Contingency	Total cost	User-defined data extensions
01			Pre-decommissioning actions						
			Decommissioning planning						
		01.0101	Strategic planning						
		01.0102	Preliminary planning						
		01.0103	Final planning						
	01.0200		Facility characterisation						
		01.0201	Detailed facility characterisation						
		01.0202	Hazardous-material surveys and analyses						
		01.0203	Establishing a facility inventory database						
	Etc.								
02	01.0100		Facility shutdown activities						
03									
04									
05									
06									
08									
09									
10									
11									
Total									

(出所) 同上

(3) 原発廃炉の資金面の対応

a) 基本的な原発ファイナンス

これまでみてきた費用推計は、原発の計画・建設段階から操業開始～操業停止、廃炉事業へと続く全体の原発事業の中に組み込まれ、その操業と廃炉のリスク・リターンの妥当性を金融機関や市場が評価してファイナンスをすることになる。[WNA 2012] は原発事業全体のファイナンスのもっとも重要な原則を次の表現で表している。A good project structure will attract financing at the lowest possible cost (原発計画の仕組みが明確であれば、最小の費用で資金を確保できる)^{iv}。一言で言えば、事業の信頼性 (Creditworthiness) である。

原発事業の資金を確保するファイナンス手法は主に4つに大別できる。まず、大規模電力会社が自らの信用力で原発事業の資金をコーポレート・ファイナンス (CF) の形態で調達する方式である。電力会社のバランスシート (貸借対照表) が安定して、まさにバランスがとれている

と、投資家が見なすと、債券発行にしる、銀行借入れにしる、資金調達はやや容易になる。日本の電力各社や欧州の統合型エネルギー会社がこれに該当する。

次にプロジェクト・ファイナンス（PF）型がある。これは他のインフラ事業と同様に、原発事業だけのリスク・リターンに絞って資金を調達する方式である。電力会社が計画する原発事業の場合でも、銀行団が融資をする際、担保等は原発事業に限定、仮に事故や採算悪化でリターンが当初の想定通り確保できない場合も、親会社の電力会社に遡及して請求することはできない。その分、投融資のリスク評価が厳密になるほか、金利リターンについては高めの設定が見込まれる。

米国のように、電力事業の自由化が進み、発電事業だけへの参入が容易な市場だと、PF型のファイナンス手法が合理的と考えられる。ただ、操業期間と廃炉期間を含めると、通常のPFを上回る長期間の契約になる。特に超長期の銀行融資となると金融機関側のリスクが高まり、金利上昇につながりかねない。そこで初期の融資期間に政府の融資保証を付けるなどして、金利リスクを軽減する補完措置の組み合わせなどが求められる。

第三の手法がパブリック・プライベート・パートナーシップ（PPP）型である。官民連携による資金調達だ。日本の原発事業は、上記のように各電力会社によるCF型ではあるが、一方で日本政策投資銀行による中長期融資のほか、原子炉解体・使用済核燃料処理等の引当金の損金算入などの公的支援策を長年とってきたことを考えると、“隠れPPP型”と呼べる側面もある。PPPが重要性を持つのは、新型原発の場合、研究・開発段階の投下資本がかさむFOAK（first-of-a-kind-engineering）費用問題があるためだ。FOAK費用を民間事業者だけで担うとすると、フロントランナー企業よりも、二番手企業が費用面で有利となることから、そのままでは競争意欲が高まらなくなってしまう。したがって、PPPでは、前述のPFにおける政府の信用保証を越えて、直接の政府投融資や損失補償等の面で政府がイニシアティブを発揮し、民間の量的な投融資を引き出させる役割が求められる。

もう一つは、大口電力使用企業が直接、原発事業に出資する形で事業参画するケースである。PUI（Power user investment）と呼ばれる。実際に、フィンランドで導入されている。たとえば、地域のエネルギー多消費産業の事業者と地域電力会社がコンソーシアムを形成、直接出資の形で原発建設にファイナンスをする。事業による発電電力はすべてコンソーシアムの多消費産業事業者が購入するためキャッシュフローが安定する。事業リターン自体が電力市場の価格変動の影響を受けないことから、当該原発事業は安定的に収益をあげることができる。また電力使用企業は、長期的にみると、より低価格での電力調達が可能になる。ただし、電力使用者と電力事業者のマッチングがうまくいくかどうか、電力多消費企業にとって将来の事業変更の可能性を閉ざすことにもなりかねないなど、課題も抱えている。

このほか、インフラ投資で使われるBOOT（Build, Own, Operate, Transfer）やBOO（Build, Own, Operate）の方式も適用可能だ。これらはベンダー・ファイナンスと呼ばれる。原発事業の建設・販売・操業の各プロセスとファイナンスを第三者企業が請負う。当該企業は、販売電力価格を地域の電力会社に事前に取り決めた価格で卸すことによって利益を得る。この方式はロシアが原発輸出等で活用した事例がある。

図表 5. 主な原発ファイナンスの手法

ファイナンスの手法	概要	政府の関与
コーポレート・ファイナンス型 (Balance sheet finance と呼ぶ)	電力会社が銀行などから企業への融資を受ける形で資金を調達する	原則なし
プロジェクト・ファイナンス型	原発資産に絞って投融資資金を調達する	一部で政府の融資保証などの活用
PPP 型	政府と民間が共同で事業を推進。新型原発に特有の FOAK 費用の軽減	計画・開発段階から政府が関与。政府はファイナンスだけでなく技術開発などにも参加
電力使用企業投資型 (Power user investment)	電力多消費産業が電力長期購入契約付で直接出資、原発を建設	原則なし
BOOT, BOO	ベンダー企業がインフラ投資のように事業者代行の形で建設、操業等を行う	原則なし。事業者が政府の場合もある

(出所) WNA, “Nuclear Power Economics and Project Structuring” から作成

b) 廃炉ファイナンスの特徴

これらの原発ファイナンスは計画・建設段階から操業、廃炉までの全体のプロセスを含む。特に PF の場合は、廃炉費用への資源配分を事前に組み込んで内部収益率 (IRR) をはじくのが常。したがって、当該原発の将来の最終段階に起きる廃炉費用の推計は、事前の計画立案における将来キャッシュフローの推計を左右する重要な要素の一つになる。

その一方で、キャッシュフローの問題がある。原発だけでなく発電所は、発電によりキャッシュフローを得る操業段階と、事業を停止し、キャッシュフローをほとんど生み出さない解体・処理作業では資金の流れが明らかに異なる。後者の場合、事前にファイナンスを用意するか、あるいは事後に事業者等に請求書を回すなどの措置が必要になってくる。

また廃炉ファイナンスで特徴的なのは、超長期にわたる資金投入にある。前述の Decon の場合でも、廃炉終了までに 10 年近くかかるほか、より一般的な Safetor の場合では 60 年に及ぶ可能性もある。この間、想定外の追加費用や対応が想定されることは、ISDC が偶発費用を廃炉総資金の 25% まで見込んでいることでもわかる。

そう考えると、米 NRC が原発事業者への免許と、廃炉免許を別建てで発行する形をとっているのは、廃炉作業の独自性と、そのファイナンス課題についても踏まえたうえでのことと推察できる。特に、本稿のテーマである廃炉ファイナンスを円滑にするための資金面の独自の備えが必要になってくる。

c) 事前積立方式と基金方式等

次に廃炉に絞ったファイナンスの手法についてみてみよう。廃炉に備えるファイナンスの手法は各国によって異なる。主な方式は①Prepayment ②External sinking fund (Nuclear Power Levy) ③Surety fund ④letter of credit ⑤insurance などがあげられる。

まず①は、事業者が原発による発電事業を開始する前に、廃炉費用の資金をアカウント (勘定) に預託しておく方法である。将来の必要費用を事前に徴収する手法は多様にある。共通する重要な点は、発電事業に伴う収支と別建てのアカウントとし、その資金については廃炉の目的以

外には使用しない分離勘定（あるいは分別管理）にすることである。

次の②は発電事業期間に、電力料金に賦課する形で廃炉費用分を一定割合で徴収し、発電事業者の管理外のファンド（信託基金等）に積み立てる方法である。外部減債基金とも呼ばれる。電気利用者にとっては「原発利用税」となる。米国を中心に、この方式を採用する原発が多い。日本の場合、引当金方式をとっており外部基金は積み立てられていない。ただ、引当金として計上された毎期の廃炉費用分は、他の発電事業費用と同様、総括原価方式に基づいて電気料金に転化され、消費者、利用企業に負荷する形である。

また③以下に掲げたものは、事業者が廃炉コストを確保するために、第三者の保証や、保険、信用枠を契約によって確保しておく手法である。

WNA の資料によると、米国の場合、原子力発電事業者は 1kWh 当たり 0.1～0.2 セントの廃炉費用を電気料金に上乘せする形で徴収しており、現在、全米の原子炉の廃炉に必要とされる費用の約 3 分の 2 相当分はこの手法で基金化されているという（1 基当たり 3 億 2000 万ドルの計算）。少し古いが OECD は 2003 年に発行したレポートで、各原子炉型式の標準的な廃炉費用を提示している。加圧水型軽水炉（PWR）の場合で廃炉費用は kWe⁽⁵⁾ 当たり 200～500 ドル、ロシア加圧水型軽水炉（VVER）で同 330 ドル、福島原発の沸騰水型が 300～550 ドル、カナダ型重水炉（CANDU）で 270～430 ドルと推計されている。ガス冷却型の原子炉の場合、放射性廃棄物量が多くなるので、それらより高く英国の例で 2600 ドル/kWe という数字が示されている。

d) 廃炉ファンドの扱いを巡る国と事業者の役割

上記に、廃炉資金を確保する重要なポイントは、事業者の発電事業と切り離れた形で資金を分別管理する点にある、と書いた。こうした基金ないし預託資金の積み上げは、原則として原発発電事業者が自らの責任で行い、その資金は原発費用として電気料金に含めるケースが多い。しかし、実験研究炉のような場合は政府が予算で資金を確保する場合もあるし、わが国で志向されているように事業者の廃炉費用の一部を、国の機構基金から拠出する議論もある。

チェルノブイリ原発の処理では国際的な協力体制がとられている。なぜかという、原発事故後に建設主体のソ連が崩壊したことが大きい。また実際に、チェルノブイリ原発所在地のウクライナには、十分な廃炉資金が確保されておらず、また同国自体がしばらくして旧ソ連から離脱、政治・経済的な困難さに直面したといった政治・経済的な事情もあり、ファンド自体が国際的支援によって積み上げられている場合もある。

チェルノブイリは現在、緊急対応で原子炉ごと封じ込めた石棺の劣化を防いで廃炉作業を進めるため、原子炉全体を新たな鋼鉄製シェルターで覆う事業が展開されている。作業自体は国際公的金融機関である欧州復興開発銀行（EBRD）が、1997 年に設立の Chernobyl Shelter Fund（CSF）によって管理している。現時点で EBRD が推計するシェルター建設と核燃料処理等の費用は 7 億 4000 万ドルという^v。EBRD には CSF に先立つ 1993 年に、廃炉費用支援の別建てファンドとして Nuclear Safety Fund（NSF）が設けられている。同基金には西側諸国から 3 億 2000

(5) kWh は電力量の単位で、1kW の電力を 1 時間消費もしくは発電した時の電力量をいう。kWe は電気出力を表す。電気出力は熱出力（kWt）の三分の一程度とされる。

万^{ドル}が寄託されている。

e) 廃炉ファイナンスは汚染者負担原則が基本

前述の ISDC は、OECD と IAEA、それに EU の共同作業だった。その一翼を担う EU は 2013 年 3 月に、「廃炉費用の資金資源使用に関する報告書（コミュニケーション⁽⁶⁾）」を公表している。ここではそれを踏まえて、ファンド方式を軸とする廃炉ファイナンスのあり方を考える。

[EU 2013] によると、欧州委員会はこれまでも 2004 年 10 月、2007 年 12 月に、それぞれ廃炉ファイナンスの報告書を出している^{vi}。EU の作業は基本的に、加盟国において多様に異なる廃炉体制を整備し、廃炉に向けた政策・戦略を各国が明確化し、廃炉費用の推計と事前の備えを確保させることに主眼を置いていると思われる。これまでの作業は 2004 年に欧州委員会の中に設立されたアドホックな専門家グループである Decommissioning Funding Group (DFG) が中心になって行ってきた。

EU 加盟国は、原発の操業終了後に、廃炉と廃棄物処理を適正に実施することで一致している。しかし、その方法論は多様に展開されてきた。また除染作業の目安についても、前述の米国での unrestricted use (Greenfield) までとするか、それとも費用が相対的に安い restricted use (Brownfield) でとどめるか、などの違いが加盟国ごとにある。

廃炉ファイナンスを展開するうえでの明確な原則としては、汚染者負担原則 (PPP) の確立をあげている。PPP 原則は、原発に限らず、環境問題の基本原則に適用される基本である。ここでは、民間の電力会社が建設・開発する商業原発が、PPP 原則の適用対象になる。最近では、オランダが 2011 年施行の Nuclear Energy Act において、原発事業者が廃炉ファンドを設立することを法的義務として定めた。同国でも従来までは、PPP を環境の基本原則と位置付けながらも、廃炉について原則を守らせるための法的義務付けがなく、事業者の自主対応になっていたという。フランスやスペインも同様の法的義務化がなされている。フランスは、さらに政府の研究用原発のための廃炉ファンド設立計画を進めているという。

f) 廃炉ファンド方式

先に将来の廃炉に備えるファイナンスの手法として、Prepayment、External sinking fund (Nuclear Power Levy) などを例示した。廃炉ファンドを設計するうえで重要になるのは、こうした事前積み立てか、操業期間中の積み立てかという積立期間の相違に加え、ファンド（勘定）を事業者の内部に設けるか、外部に設置するか、さらには分離勘定とするか一体勘定とするか、などでファンドのタイプが区分けされる。図表 6 は各タイプと、EU 内の主な採用国を示したものである。

(6) EU の政策は、各加盟国を一律に拘束する Regulation のほかに、各国法の改正を求める Directive、政策変更の対応を求める Recommendation などがある。これに対して Communication には拘束力はなく、情報提供を主眼とする。(藤井良広『EU の知識 (16 版)』October 2013) 参照。

図表 6. EU の廃炉ファンドの主なタイプと主な採用国

	分離勘定型	一体勘定型
事業者の外部	スウェーデン、フィンランド	
事業者の内部	フランス、ベルギー、チェコ	ドイツ
政府管理型	スペイン、ギリシャ、ハンガリー、スロバキア、ルーマニア、ブルガリア、エストニア、ラトビア等	

(出所) 欧州委員会の Communication (2013 年 3 月) から作成

政府管理型は、東欧諸国のように旧社会主義政権時代の国営原発を、EU 加盟時に EU から整理解体支援を受け、その受け皿として政府のファンドを整備したところが多い。また図表には分類していないが、脱原発を決めているイタリアは、当初は事業者の内部にファンドを設立していたが、原発廃止決定を受けて政府の国営ファンド各にファンドを移行させている。

英国も図表では分類されていないが、当初はドイツと同様に電力会社 (British Energy、British Nuclear Fuel など) による一体勘定型の内部ファンド積立型だった。その後、積立不足などから、2005 年に政府の Nuclear Decommissioning Authority (NDA) が設立されて以降は、Nuclear Liabilities Fund (NLF) に包含される形となっている。事業者は NLF への資金拠出を一定割合で継続している。

イタリア同様、脱原発を決めているドイツの場合、原子力エネルギー法 (AEA) によって、商業原発事業者は一体勘定型の内部ファンド (ないしは引当金) で廃炉費用を積み立てることになっている。総合エネルギー企業の場合は、国際会計基準が適用される。米国は前述のように基金型 (ファンド) が基本で、融資保証や保険なども活用する。

廃炉費用積立資金の透明性と資金の確保と言う点では、分離勘定型で外部ファンドが最適となる。英国の NLF もそうした外部ファンド (政府管理の) といえる。分離管理型は、積立資金を他の事業に流用させないため、外部ファンドの場合も事業者の恣意的な流用を防ぐことが可能になるためだ。ただ、これらの扱いは各国の会社法、会計規則等との整合性が求められる。

g) 保険の位置づけ

廃炉ファイナンスの主要な資金源は、積立資金 (あるいは引当金) になる。ただ、前述のように廃炉費用の推計には、かなりの推計の誤差が生じるほか、偶発費用の備えも一定割合で必要になる。こうした将来支出の振れを抑えるために、費用項目に応じた保険の適用が考えられる。ISDC も原発関連保険利用として、①原発全体を対象とした Liability Insurance ②汚染事故対策の Pollution Liability Insurance ③廃炉作業の準備段階、静止段階、解体段階等に応じた保険契約、を例示している。

また廃炉作業の経過中において、委託事業者が契約通り機能することを保証するリスク保険 (Builder Risk Insurance)、作業のために導入する設備の性能・機能を保証する包括保険 (Equipment Floater Insurance)、設備機材や燃料等を運搬する際のリスクをカバーする海事保険 (Marine Insurance)、廃炉作業の司令部となる事務所の諸リスクをカバーする Home Office Insurance などの活用も廃炉費用推計の確定に貢献する。

廃炉期間中、原発は発電しないため、売電によるキャッシュフローは生み出されないが、別の

キャッシュフローの発生は見込める。それらは、廃炉作業に利用する設備の再利用（売却等）や、作業によって発生する廃棄物（たとえば鉄スクラップなど）を他事業へ原材料として販売したり、除染が完了したサイトを賃貸、あるいは売却することで生み出されるキャッシュフローなどが該当する。その分、費用の圧縮が可能になる。廃炉作業によって資産価値が一部回復するため、Asset Recovery と呼ばれる。これらのキャッシュフローを多く生み出せば、廃炉ファンドの費用節減を考慮できることから、廃炉リスクマネジメントの効率化につながる。

廃炉ファンドと保険と資産回復等の組み合わせを最適化することが、廃炉ファイナンスの巧拙を左右すると言ってもいいだろう。

h) 廃炉会計との関連

廃炉費用の推計の妥当性と、それに基づく長期に及ぶファイナンスの確保が、原発リスクマネジメントの中心となる。それと関連するのが、財務会計との連携である。ISDC は財務会計による費用分析と、ISDC、さらにそれに基づく実際の作業工程（WBS：Work breakdown Structure）という3つの分析の連動性を強調している。

最長60年に及び、費用推計の誤差、偶発費用の大きさなどの特殊な要因を抱える廃炉事業による企業の資産・負債に及ぼす影響を、財務会計的にどう把握するか、というポイントである。この点でも原発を多く抱える米国が先導してきた。米連邦財務会計基準審議会（FASB）が2001年に公表した資産除去債務（ARO）会計基準（FAS143号）がそれである。

〔藤井2013〕が指摘するように、FAS143はまさに原発廃炉の費用を財務会計に反映させるための規定として整備された^{vi}。米西海岸中心に電力事業を展開する South Company Edison（SCE）が、2022年以降に操業期限に達する原発の廃炉解体費用を会計的にどう処理するかという議論が浮上、FASBは長い議論の末に、FAS143にたどり着いた^{vii}。日本も日米会計基準の Convergence（収斂）作業の一環として、2008年に企業会計基準第18号でARO導入を決め、2010年4月1日以降の事業年度から適用されている。

ARO会計は、原子炉などのように解体時に放射能対策等で特別な処理対応が必要になる資産（長期固定資産）の場合、その除去のための将来の環境債務を、将来推計に基づいて現在価値に換算し、毎期の減価償却に反映させる処理を求めるものだ。

この際、負債サイドだけでなく、資産サイドも推計費用額に基づいて同額上積みする資産・負債両建て方式をとる。これは廃炉作業及びその費用負担は、原発事業そのものと連動しており、開発・建設段階からそれらを含めた資産価値の計上が必要という判断による。

ARO会計基準は日米の会計基準の Convergence（収斂）作業の一つとして、2010年にわが国でも導入された。その概念は次のようになる。

図表7が示すように、該当する長期固定資産がある場合、その処理のための将来債務を推計①し、その費用額を当該企業の現在の貸借対照表（BS）に反映させるため、割引現在価値（DCF）

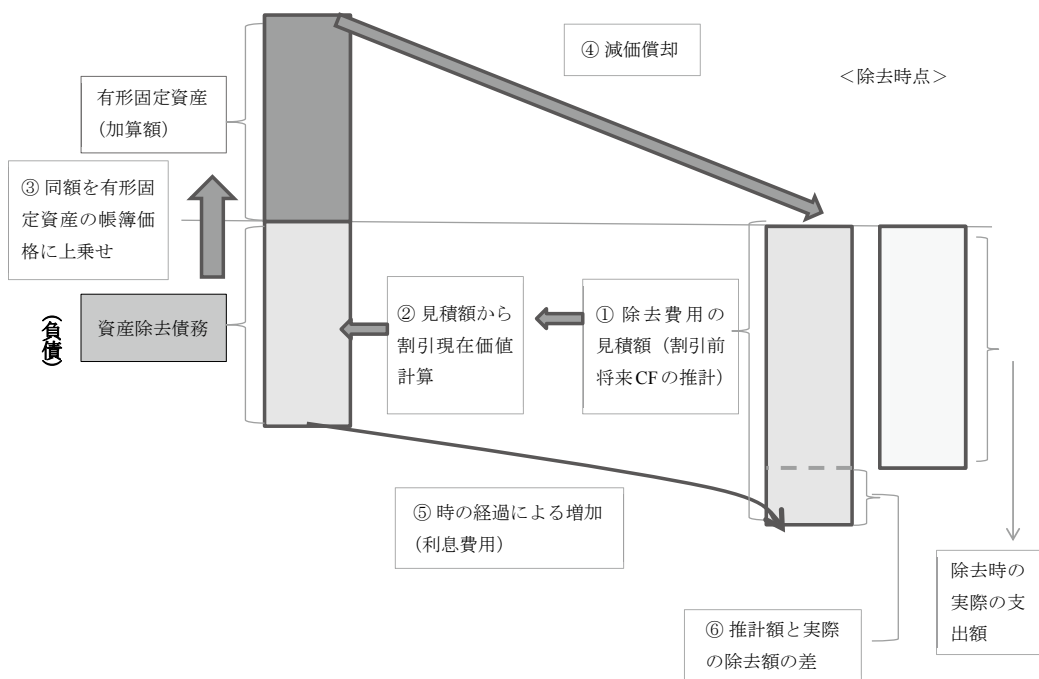
(7) 当初、FAS143に基づいてARO開示に踏み切る企業はほとんどなかった。企業は自社の資産が将来債務に転じることはわかっているにもかかわらず、その処理費用の推計が容易でないためだった。そこでFASBは2005年、推計が不確かでも条件付きで開示することが義務だとするFIN47（FASB解釈基準）を出し、開示の促進を求めた。

の手法を使って負債認識する②。同時に、資産側も将来債務と同額を上乗せして中立化する③。これらの債務を減価償却④によって、毎期の費用として計上するとともに、割引された債務を毎年、増加させていくため、その増加額を利息費用⑤として計上する。

最終的には、実際に当該資産を除去した際に、それまで見積もりで積み上げてきた除去額と実際の除去額の差額を調整する⑥。この時、累積の計上額が実際の費用額よりも少ないと、その段階で特別損失を計上し、逆に累積額が多い場合は繰り入れにより特別利益を計上する。

ARO の利点は、廃炉ファンドの積立額とは別に、推計理論値として将来の廃炉費用総額が、事業者の現在の BS に計上されるため、投資家の投資判断に資する点にある。ISDC が指摘する ISDC と WBS、そして会計基準（すなわち ARO）との連動の意味はここにある。

図表 7. 資産除去債務の流れ



(出所) 企業会計基準第 18 号「資産除去債務に関する会計基準」から

(4) 日本の廃炉ファイナンスへの視座

a) コストヒエラルキーの不在

わが国では原発の標準的な廃炉コストの明確なモデルは示されていない⁽⁸⁾。たとえば、各電源の発電コストについて比較した「エネルギー・環境会議 2011」では、原発発電費用として ①資本費 ②運転維持費 ③核燃料サイクル費用 ④東電福島事故を受けた追加的安全対策 ⑤政策経費・

(8) 日本原子力学会は「原子力施設の廃止措置の計画」(2009 年)等を公表している。

広告費・寄付金 ⑥事故リスクへの対応費用、の6点を上げて取り扱いを検討している^{viii}。このうち廃炉費用を意味するバックエンド費用については、主に核燃料処理費用を前提として③の中に含む形にしているが、少なくとも、ISDCが整理したようなコストヒエラルキーに基づく詳細な積み上げの手順は示されていない。

また〔総合資源エネ調 2013〕は、原発廃炉の料金と会計制度について分析した、としている^{ix}。そこでは図表8で示すように、廃炉費用としては、小型炉（50万kw）360億～490億円程度、中型炉（80万kw）440億～620億円程度、大型炉（110万kw）570億～770億円程度、とする総額の推計値は出ているが、推計の根拠となる詳細なコスト・データあるいは、論拠となる情報については、示されていない。

その中で原子力発電施設解体引当金の費用としては、大きく対象施設、対象作業に分けて整理している。施設は、①原子炉本体、核燃料物質の取り扱い施設及び貯蔵施設、原子炉冷却系統施設、計測制御系統施設、汚染物質の廃棄施設、原子炉格納施設②それらの付属施設③それらの建物内に設置される設備。一方、対象作業は①核燃料物質による汚染の除去、解体②核燃料物質によって汚染された廃棄物の処理③廃棄物の運搬及び処分④核燃料物質によって汚染された廃棄物の最終的な処理及び処分——と示されている。ただ、そこまでで、作業段階ごとの評価分析や、それに応じた4つの費用概念に基づくISDCのコストヒエラルキーのような精緻さは示されていない。

図表 8. 原発と火力発電所の廃止措置の比較

	原子力発電所	火力発電所等
解体撤去への着手時期	安全貯蔵期間の後	運転終了後、直ちに着手可能
廃止措置の期間	20～30年程度	1～2年程度
廃止措置の費用	小型炉(50万kw級)：360～490億円程度 中型炉(80万kw級)：440～620億円程度 大型炉(110万kw級)：570～770億円程度	～30億円程度(50万kw級以下)
廃止に必要な費用の扱い	原子力発電施設解体引当金省令に基づき、運転期間中、発電量に応じて引当を行い、料金回収	固定資産除却費として廃止の際に当期費用計上し、料金回収。

(出所) 総合資源エネ調ワーキンググループ報告書から

b) 引当金方式の盲点と利点

「だから」とも言えるのが、廃炉ファイナンスとして日本的な引当金方式を採用している点だ。電力会社内部での引当金方式は欧米では数少ないが、前述のようにドイツも採用している。ただ日本の原子力発電施設解体引当金の場合、外形的にドイツの方式と似ているが、実態はかなり異なる。ドイツの場合、電力会社内部での引当金処理は国際会計基準に基づいて処理される。

一方、日本の原発解体引当金は、欧米流の詳細な費用推計に基づかず、最大のポイントである解体総費用の見積もりについても、費用推計の積み上げ方式ではなく、原発の発電実績に応じて積み立てる日本独自の生産高比例法を採用している。この方式は、原発の運転開始から停止に至るまでに生み出す想定総発電量に対して、実際の累積発電電力量に応じた積み立てを行い、累積

発電量が想定総発電力量に達した時点で、必要額が全部積み立てられたとみなす仕組みである。

図表 9. 原子力発電施設解体引当金の積立額算定方式

$$\text{積立額} = \left(\text{総見積額} \times 90\% \times \frac{\text{累積発電電力量}}{\text{想定総発電電力量}} \right) - \text{前年度積立額}$$

(出所) 資源エネルギー庁

ここで想定総発電電力量は、認可出力×平均操業期間(40年)×365日×241時間×設備利用率(76%)としている。費用推計からでなく、想定発電量から廃炉引当金を抽出する方式の盲点は、原発稼働が予定通りに進まなくなった場合に、積み立てができなくなるため、一気に積立不足に落ちる点にある。後述するように福島事故後、全国の原発が再稼働できなくなり、また脱原発の要請が高まる中で、経済産業省・資源エネルギー庁は、「粉飾決算」とまで言われるような苦肉の制度改革に追い込まれた。

解体引当金以外にも、わが国は原則、引当金での積み立てが主である。使用済核燃料については使用済燃料再処理等引当金、使用済燃料再処理等準備引当金がある。前者は核燃料サイクルを前提とした引当金で、積立額は電力会社の外部(公益財団法人「原子力環境整備促進・資産管理センター」)で管理される。解体引当金も再処理引当金も、電力会社にとっては、それぞれを毎年、国の租税特別措置法によって損金算入できる利点が連動している点も見逃せない。つまり、廃炉・燃料処理の視点は、原発の負債を完全処理して Greenfield に再生する点よりも、電力事業者の経営支援に置かれているといえる。

c) 連動性を欠く費用推計、作業段階、会計処理

ISDC と WBS、財務会計 (ARO) の三者連動についても日本特有の対応となっている。たとえば、前述の [エネ調 2013] は、廃炉後も生産高比例法に基づく解体引当金積み立て方式では、想定より早く運転終了となると、平均的設備利用率以下になり、引当金が総見積額に達しなくなる恐れが出る。そうなると、未引き当て分を一括特別損失で計上せざるを得ない、などの点を指摘している。

その上で報告書は、電力会社に与える影響の大きさに配慮してか、廃炉期間にある原子炉についても減価償却を認めるとの修正を提示した。その理由として「発電と廃炉は一体の事業」との見方を示している。確かに前述のように、原発の設計・開発段階から将来の廃炉の費用も推計して、事業計画を立案するのが基本である。しかし、日本の制度は元々、廃炉費用ではなく生産高比例法で引当金を積んでいる。本来は、推計総費用を資産除去債務 (ARO) の会計処理をそのまま使って、操業期間中に減価償却できるようにしておくべきである。

ところが、日本では ARO 会計導入時に際して、電力会社の働きかけがあり、電力については企業会計基準適用指針第 21 号適用指針 8 項により、通常の有形固定資産の減価償却方法とは異なる生産高比例法の採用を認める例外方式をとっていた。電力会社も ARO を計上しているが、その推計に際しては、生産高比例法導入以前と同様の引き当て方式で計算した額をそのまま当て

はめて開示してきた。

ここに至って同報告書は生産高比例法での引き当てに代えて定額方式へ切り替えるとする一方で、廃炉になっても実際の解体が本格化するまで引き当て・減価償却を継続すると変更した。この減価償却分は電力料金の原価増として消費者に転嫁する仕組みだ。この報告書による会計処理の修正を巡っては、すでに「日本公認会計士協会 2013」をはじめ、会計業界等から批判が相次いでいる。^x

本来は、引当金が廃炉決定時において引当不足になっている場合は、廃炉決定時の事業年度に不足分を一括計上する処理で対応するのが通常の会計処理である。[細野 2013] は、引き当て途中で方式を敢えて変更することは、「継続性の原則」に反し、正当な理由なく変更することは「企業会計原則違反で粉飾決算になる」と指摘している^{xi}。また、電力会社の ARO 計上についても、他の企業と同様に、総費用推計に基づく計上に見直すべきである。

このように、日本の廃炉会計処理は、ISDC が求める費用推計、作業段階、会計処理の連動性とは程遠い状態といえる。

d) 困難な廃炉ファイナンス

日本政府は、電力会社が直面している従来型の廃炉リスク先送り体制を、会計専門家からの非難覚悟の上で、制度をいびつに変更しても支えきろうという姿勢に映る。国内の会計制度を強引に変えて、廃炉費用を過少に開示させることに政治的に成功しても、グローバル化しているファイナンスの世界では、そうした人為的なカバーアップは通用しない。日本の電力会社の原発建設は、PF 型ではなく CF 型で、それも電力債（社債）による調達が多かった。しかし、福島事故後、電力会社が抱える潜在リスクの大きさを嫌って電力債市場から主要機関投資家が退出している。

このため、公的金融機関の日本政策投資銀行をはじめ、日本の金融界に要請する形で銀行借りに頼る電力会社が増えている。しかし基本的に短期資金を提供する都市銀行等では原発資金需要を賄いきるのは難しい。ましてやファンド等で廃炉費用を分離勘定化するのが一般的な欧米に比べて、会計制度を強引に変更して従来型の処理を維持せざるを得ない事業体に対しては、政府などによる長期間の支援・保証がない限り、ファイナンスの持続可能性に難があるとみられるだろう。

事業活動のファイナンスだけではない。2013 年末には、ノルウェーの生保会社 KLP が保有していた東京電力株を全株売却したほか、2014 年に入ると、オランダの公務員年金基金の ABP も、東電株を売却したうえで、投資禁止銘柄に指定した^{xii}。電力会社の財務内容への懸念の広がり、日本国債への信頼低下につながらないことを願いたい。

Notes

- i World Nuclear Association Decommissioning Nuclear Facilities, August 2013.
- ii US.NRC, Decommissioning Nuclear Power Plants: <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/factsheets/decommissioning.html>

- iii OECD “International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations”: 2012
- iv WNA, “Nuclear Power Economics and Project Structuring” September 2012.
- v EBRD, “Chernobyl 25 years on: New Safe Confinement and Spent fuel Storage Facility”, January 2011.
- vi European Commission, Communication: “On the use of financial resources earmarked for the decommissioning of nuclear installations, spent fuel and radioactive waste”. March 2013.
- vii 藤井良広『環境金融論』（青土社、2013年4月）
- viii エネルギー・環境会議コスト等検証委員会「コスト等検証委員会報告書」2011年12月
- ix 総合資源エネルギー調査会・廃炉に係る会計制度検証ワーキンググループ「原子力発電所の廃炉に係る料金・会計制度の検証結果と対応策」2013年9月
- x 日本公認会計士協会「原子力発電所の廃炉に係る料金・会計制度の検証結果と対応策（案）」に対する意見 2013年9月
- xi 細野祐二「原発による不良資産を隠蔽する虚妄の廃炉会計改定骨子案」（「世界」岩波書店、2013年10月号）
- xii Finance GreenWatch 2014年1月9日 <http://financegreenwatch.org/jp/?p=39966>

持続可能な開発のためのエネルギーの持続性

ジョン・ジョセフ・プテンカラム

概要

現在、国際連合の加盟国数は195か国で、その中の34か国は経済協力開発機構（OECD）として先進国であり、残る国々は途上国である。新興国であれ後発開発途上国であれ、開発の道に乗るには二つのものが不可欠であって、それらは、水資源開発と電力資源（エネルギー）開発である。この論文では電力資源（エネルギー）開発について論じる。途上国の状況をインドの電力資源（エネルギー）の現状を分析しながら明確化したい。そこで、本論文では、インドの国家計画を踏まえながら経済開発から人間開発へと移行する上で重要なエネルギー資源の役割について論じたい。

Sustainable Energy for Sustainable Development: \$40 trillion Question

John Joseph Puthenkalam

Abstract

There are 195 member states in the United Nations. Excluding the 34 member states of The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), remaining member states of the United Nations (UN) and regions of the world are termed as developing countries. Whether they are emerging economies or the least developing economies, all the developing countries want to be on the road to economic and human development. In order to roll into the road of development and make any progress to achieve Millennium Development Goals, there are a couple of basics of development to be laid as foundation stones to step into the path of progress. The two pillars of economic development for any developing nation are the ability to harness and utilize water resources and energy resources including electrical power. In this article, I would like to discuss the need for “Sustainable Energy for Sustainable Development” in the context of India. As modern India sees the emergence of more and more industries and witnesses infrastructure upgrades at a frenetic pace, the country’s energy situation assumes monumental importance. Power is imperative to the overall development of a nation. Be it faring well on the healthcare index or ensuring that every child goes to school, availability of electricity is closely linked to these as well as other indicators of progress. Managing energy resources well not only ensures economic progress but also social and human development.

Sustainable Energy for Sustainable Development: \$40 trillion Question

There are 195 member states in the UN including the Vatican (Holy See) and the State of Palestine as Permanent Observer Mission to the United Nations.⁽¹⁾ Excluding the 34 member states of The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD),⁽²⁾ remaining member states of the United Nations (UN) and regions of the world are termed as developing countries. Whether they are emerging economies or the least developing economies, all the developing countries want to be on the road to economic and human development. In order to roll into the road of development and make any progress to achieve Millennium Development Goals,⁽³⁾ there are a couple of basics of development to be laid as foundation stones to step into the path of progress. The two pillars of economic development for any developing nation are the ability to harness and utilize water resources and electrical power. In this article, I would like to discuss the need for “Sustainable Energy for Sustainable Development” in the context of India. We are all familiar with the concept of sustainable development. Sustainable development⁽⁴⁾ has been defined in many ways, but the most frequently quoted definition is from Our Common Future, also known as the Brundtland Report: “Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It contains within it two key concepts:

- the concept of needs, in particular the essential needs of the world’s poor, to which overriding priority should be given; and
- the idea of limitations imposed by the state of technology and social organization on the environment’s ability to meet present and future needs.”

All definitions of sustainable development require that we see the world as a system — a system that connects space; and a system that connects time. When you think of the world as a system over space, you grow to understand that air pollution from China (PM2.5) affects air quality in Asia, and that pesticides sprayed in Argentina could harm fish stocks off the coast of Australia. And when you think of the world as a system over time, you start to realize that the decisions our grandparents made about how to farm the land continue to affect agricultural practice today; and the economic policies we endorse today will have an impact on urban poverty when our children are adults. We also understand that quality of life is a system, too. It’s good to be physically healthy, but what if you are poor and don’t have access to education? It’s good to have a secure income, but what if the air in your part of the world is unclean? And it’s good to have freedom of religious expression, but what if you can’t feed your family? The concept of sustainable development is rooted in this sort of systems thinking. It helps us understand ourselves and our world. The problems we face are complex and serious — and we can’t address them in the same way we created them. But we need to address all these emerging sustainable development issues. Let us begin by analyzing the challenge

of sustainable energy that the developing country so earnestly would like to accumulate.

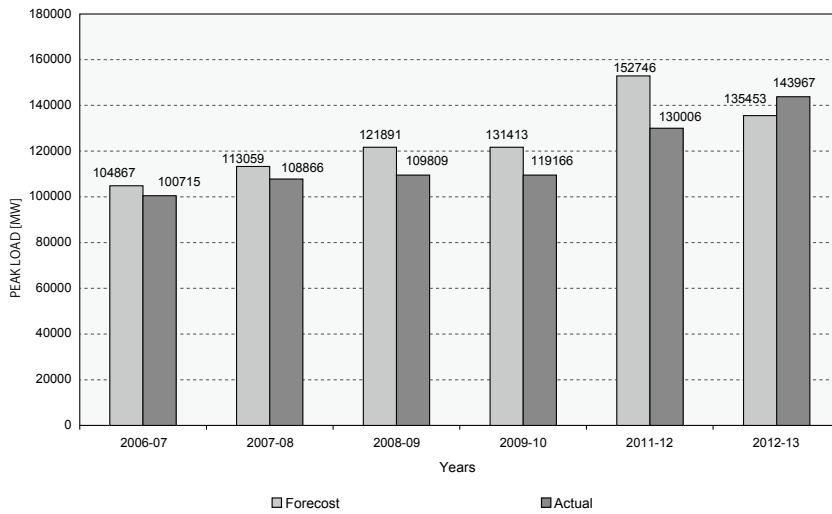
Global Energy Scenario: The current challenge of providing sustainable energy to a growing global population at a minimal environmental impact is a sustainable development issue for all developing countries. According to Khalid al-Falih, the president of the world's largest oil exporter, Saudi Aramco, "Today, less than one-third of the world's seven billion people consume more than two-thirds of its primary energy supplies. But by 2050, a total of nine billion people will aspire to a prosperous life." World Energy Council (WEC) laid out a host of challenges posed by population growth, coupled with accelerated urbanization in their recent report. According to the WEC Report, globally, between 730 million and 880 million people will still be without access to electricity in 2030, predominantly in sub-Saharan Africa, and this figure would only decrease to 319 million and 530 million people by 2050. "While there will be opportunities in the future for a range of technology solutions, the ultimate issue is that demand continues to grow at an unsustainable rate." Asia will account for nearly 50 percent of global energy consumption by 2050. Ensuring energy supplies will require enormous investment over the next two decades which is estimated at around \$40 trillion. "That's virtually the annual GDP of China, the EU, and the US combined." The WEC report put required investment in electricity generation alone at between \$19 trillion and \$25 trillion to meet demand levels in 2050.⁽⁵⁾

The fact that more than a billion people in the world live without electricity remain a major obstacle to development that requires immediate and sustained action. This is something that is of concern to the entire planet because it involves social peace and stability. According to Maria van der Hoeven, the director of the International Energy Agency (IEA), the fact that huge number of people still without electricity were being left behind in a rapidly-changing world, "It is an economic problem, it is an educational problem — because you can't study in the evening without light, and you can't charge a mobile phone or have access to the internet. We have been following the number of people deprived from energy for 11 years and I'm not satisfied with the progress made so far." Although the situation has improved in countries like Thailand, China, Mexico and India, Van der Hoeven points out the fact that 30 percent of Indonesians were without electricity showed the scale of challenge that remained. According to the IEA, nearly 1.5 billion people have no access to electricity, while around three billion are forced to use cooking fuels that carry a significant health risk, like wood, coal and kerosene. "There are four million premature deaths (per year) from indoor air pollution caused by lack of energy," notices Kandeh Yumkella, who heads a UN programme called "Sustainable Energy For All." "Fighting poverty means you must solve the energy access problem," stressing that schools and hospitals could not function properly without a regular supply. Experts say there is no technical barrier to the electrification of even remote, rural areas, and that the main problems are ones of funding, management and implementation. Vijay Iyer, director of the World Bank's Sustainable Energy Department, cited Vietnam and Tunisia as examples of countries that had successfully pushed through comprehensive electrification programmes. "It is achievable, but it requires a massive effort. It's a half-full, half-empty glass story. We have made progress on some

areas but not on all.” The WEC says efforts need to be stepped up, estimating that at current rates up to 880 million people will still be without electricity by 2030 and as many as 530 million by 2050. Bunker Roy, who founded an NGO that trains women from rural India and Africa as solar-power engineers so that they can introduce electricity in isolated areas, noted government policies are all too often divorced from ground realities. “Sadly, governments have lost touch with their communities; they must listen and learn from indigenous solutions.”⁽⁶⁾ Our analysis show the global scenario of energy demand is so challenging. Let us proceed to analyze the developing country scenario by focusing on India.

Power Scenario in India: As India is experiencing growth and industrialization, the fact remains that on the power front all is not well. Census 2011⁽⁷⁾ shows that nearly one-third of India has no access to electricity and just over half of rural India uses electricity as a main source of lighting. While the situation in urban areas is better, power cuts and load shedding are becoming a frequent occurrence. In fact, in July 2012, north India experienced a never-before seen massive blackout for two consecutive days that left nearly 600 million people powerless and helpless. People were stuck at their homes and offices, transport systems were stalled and private and public establishments remained non-functional through the period of the blackout. It not only caused physical inconvenience but monetary losses too. On July 30, 2012, when the first blackout happened, the Northern power grid had collapsed. However, things worsened on July 31, with the Northern, Eastern and Northeastern grids collapsing.⁽⁸⁾ Reports say that the grids collapsed as some states were indulging in overdrawing of power. Apart from earning the distinction of being one of the most massive blackouts in the world, this incident, ironically, threw light on India’s power woes. What followed were clarion calls for reforms in the power sector. The root of India’s power problems lies in the increasing gap between demand and supply. According to a Central Electricity Authority report, in the year 2012-13, the country faced peak power deficit of over 12,000 mega watts (MW). Data showed that peak power demand stood at 1,35,453 MW as against production of 1,23,294 MW. In the coming years, this deficit will only widen if power generation isn’t ramped up.⁽⁹⁾ The graph below shows the forecast of all India peak electricity demand.

Forecast of all India peak electricity demand⁽¹⁰⁾



The Table below shows the total installed capacity in the central, state and private sectors in India.

Total Installed Capacity:

Sector	MW	%age
State Sector	89,092.12	39.45
Central Sector	65,612.94	29.06
Private Sector	71,088.04	31.48
Total	2,25,793.10	

As Table below shows that there is a huge dependence on coal for thermal power generation, it also shows the nascent nature of the renewable energy sources in India.

Fuel	MW	%age
Total Thermal	153847.99	68.14
Coal	132,288.39	58.59
Gas	20,359.85	9.02
Oil	1,199.75	0.53
Hydro (Renewable)	39,623.40	17.55
Nuclear	4,780.00	2.12
RES** (MNRE)	27,541.71	12.2
Total	2,25,793.10	100

Renewable Energy Sources(RES) include SHP, BG, BP, U&I and Wind Energy
 SHP= Small Hydro Project, BG= Biomass Gasifier, BP= Biomass Power, U & I= Urban & Industrial Waste Power, RES= Renewable Energy Sources

Coal – India’s dominant fuel: As far as electricity generation is concerned, there is huge dependence on coal in India as most power is thermally generated. As a result, shortage in supply of coal has a direct impact on power generation. Ministry of Power’s website shows that as of June 2013, our total installed capacity was 225.79 Gigawatts. Of this, 68% was thermal power created using coal, oil and gas. The rest was contributed by hydropower, nuclear power and power obtained from renewable energy sources. This shows that coal is central to India’s power generation. According to the Coal Ministry website, production of coal has risen from 70 million tonnes at the time of nationalization of coal mines in early 1970’s to nearly 557.66 million tonnes in 2012-13. The 12th Five-Year Plan⁽¹¹⁾ (2012-2017) stresses that it is essential to ramp up coal production to 795 million tonnes by 2016-17. However, Coal India foresees a 20% coal shortage in the next five years. A report quotes Coal India chairman Narsing Rao as saying, “By no means our domestic production is going to be beyond 795-800 million tonne (mt) by the end of the current Five Year Plan. Considering that the domestic demand for coal is expected to be at 1 billion tonne by end of that period, the shortage would be in the region of 200 mt.” Considering how dependent our economy is on coal to meet its energy demands, the commodity needs to be managed effectively. Also, in order to offset the mounting pressure on coal-based electricity, we need to focus more on hydropower and power derived from renewable sources. Electricity is imperative to the overall progress of any nation to meet its growing power demands.⁽¹²⁾

Electricity Sector in India: The electricity sector in India had an installed capacity of 229.251 GW as of October 2013, the world’s fifth largest. Captive power plants generate an additional 34.444 GW. Non Renewable Power Plants constitute 87.55% of the installed capacity, and Renewable Power Plants constitute the remaining 12.45% of total installed Capacity. India generated 855 BU (855 000 MU i.e. 855 TWh) electricity during 2011–12 fiscal year. In terms of fuel, coal-fired plants account for 57% of India’s installed electricity capacity, compared to South Africa’s 92%; China’s 77%; and Australia’s 76%. After coal, renewal hydropower accounts for 19%, renewable energy for 12% and natural gas for about 9%. Over one third of India’s rural population lacked electricity, as did 6% of the urban population. Of those who did have access to electricity in India, the supply was intermittent and unreliable. In 2010, blackouts and power shedding interrupted irrigation and manufacturing across the country. States such as Gujarat, Madhya Pradesh and others provides continuous power supply. The per capita average annual domestic electricity consumption in India in 2009 was 96 kWh in rural areas and 288 kWh in urban areas for those with access to electricity, in contrast to the worldwide per capita annual average of 2600 kWh and 6200 kWh in the European Union. India’s total domestic, agricultural and industrial per capita energy consumption estimate varies depending on the source; some estimates place it between 400 to 700 kWh in 2008–2009. As of January 2012, one report found the per capita total consumption in India to be 778 kWh. India currently suffers from a major shortage of electricity generation capacity, even though it is the world’s fourth largest energy consumer after United States, China and Russia. The International

Energy Agency estimates India will add between 600 GW to 1200 GW of additional new power generation capacity before 2050. This added new capacity is equivalent to the 740 GW of total power generation capacity of European Union (EU-27) in 2005. The technologies and fuel sources India adopts, as it adds this electricity generation capacity, may make significant impact to global resource usage and environmental issues. India's electricity sector is amongst the world's most active players in renewable energy utilisation, especially wind energy. As of December 2011, India had an installed capacity of about 28 GW of renewal technologies-based electricity, exceeding the total installed electricity capacity in Austria by all technologies. According to some ambitious estimates, India has 10,600 MW of potential in the geothermal provinces but it still needs to be exploited.⁽¹³⁾ India's network losses exceeded 32% in 2010 including non-technical losses, compared to world average of less than 15%. Both technical and non-technical factors contribute to these losses, but quantifying their proportions is difficult. But the Government pegs the national losses at around 24% for the year 2011 & has set a target of reducing it to 17.1% by 2017 & to 14.1% by 2022. A high proportion of non-technical losses are caused by illegal tapping of lines, but faulty electric meters that underestimate actual consumption also contribute to reduced payment collection. A case study in Kerala estimated that replacing faulty meters could reduce distribution losses from 34% to 29%. Key implementation challenges for India's electricity sector include new project management and execution, ensuring availability of fuel quantities and qualities, lack of initiative to develop large coal and natural gas resources present in India, land acquisition, environmental clearances at state and central government level, and training of skilled manpower to prevent talent shortages for operating latest technology plants.⁽¹⁴⁾ As seen from our analysis, the energy sector in India as a whole is in a volatile situation. The investment needs of the energy sector are to be streamlined if any real growth in the per capita consumption of energy is to be increased. New and safe installations in renewable as well as non-renewable sectors are to be strengthened. Let us have a glance at the states of India and their energy situation.

States of India by Installed Power Capacity

The following is a list of states and territories of India by installed capacity of power utilities with electricity generation mode break-up as of 30-06-2012 and 31-01-2013 with figures in millions of watts (Megawatts).⁽¹⁵⁾

Rank	State/Union Territory	Total Installed Capacity	Total Thermal	Nuclear	Hydro	Renewable energy*
—	India	211,766.22	141,763.88	4,780.00	39,416.40	24,856.14
1	Maharashtra	28,310.83	20,354.72	690.14	3,331.84	3,934.13
2	Gujarat	23,887.54	18,841.32	559.32	772	3,714.90

Rank	State/Union Territory	Total Installed Capacity	Total Thermal	Nuclear	Hydro	Renewable energy*
3	Tamil Nadu	18,382.13	8,217.33	524	2,137.20	7,503.60
4	Andhra Pradesh	16,817.13	11,771.08	275.78	3,734.53	1,035.74
5	Uttar Pradesh	13,994.99	11,062.87	335.72	1,821.42	724.98
6	Karnataka	13,596.28	6,355.65	254.86	3,599.80	3,385.97
7	Rajasthan	10,704.57	6,077.13	573	1,527.80	2,526.64
8	Madhya Pradesh	9,288.86	5,302.15	273.24	3,223.66	489.81
9	West Bengal	8,507.29	7,229.54	0	1,182.30	171.45
10	Haryana	8,113.75	6,518.21	109.16	1363.18	123.2
11	Punjab	7,502.97	3,898.46	208.04	3,014.89	381.58
12	Delhi Territory	7,163.15	6,356.42	122.08	666.12	18.53
13	Odisha	6,596.33	4,332.10	0	2,166.93	97.3
14	Damodar Valley Corporation	6,338.86	6,145.60	0	193.26	0
15	Chhattisgarh	5,624.61	5,175.94	47.52	120	281.15
16	Kerala	3,836.48	1,687.94	95.6	1,881.50	171.44
17	Himachal Pradesh	3,714.10	197.17	34.08	2,950.94	531.91
18	Jharkhand	2,269.86	2,048.88	0	200.93	20.05
19	Uttarakhand	2,556.56	350.23	22.28	1,998.18	185.87
20	Jammu and Kashmir	2,393.55	609.59	77	1,576.43	130.53
21	Bihar	1,849.93	1,624.70	0	129.43	95.8
22	Assam	1,020.04	559.21	0	429.72	31.11
23	Goa	418.32	362.47	25.8	0	30.05
24	Meghalaya	373.62	28.01	0	314.58	31.03
25	Puducherry Territory	279.66	260.35	19.28	0	0.03
26	Tripura	265.07	186.69	0	62.37	16.01

Rank	State/Union Territory	Total Installed Capacity	Total Thermal	Nuclear	Hydro	Renewable energy*
27	Sikkim	206.48	79.1	0	75.27	52.11
28	Arunachal Pradesh	229.04	36.93	0	97.57	94.54
29	Manipur	157.8	71.37	0	80.98	5.45
30	Mizoram	138.92	68.14	0	34.31	36.47
31	Nagaland	103.18	21.19	0	53.32	28.67
32	NLC	100.17	100.17	0	0	0
33	Chandigarh Territory	105.71	45.13	8.84	51.74	0
34	Dadra and Nagar Haveli Territory	74.38	65.92	8.46	0	0
35	Daman and Diu Territory	44.4	37.02	7.38	0	0
36	Andaman and Nicobar Islands Territory	65.4	60.05	0	0	5.35
37	Lakshadweep Territory	14.97	9.97	0	0	5

Renewable Energy Sources (RES) includes small hydro projects, wind, solar, tidal, biomass and urban & industrial waste power.

The above ranking by states shows the energy divide in India by states. While Maharashtra leads the state in its total energy capacity, many of the Union territories lag behind the states in general. The All India electrical energy requirement is likely to increase by about 34.4 per cent during the 12th Plan period. This forecast was made by 18th Electric Power Survey (EPS) of India conducted by Central Electricity Authority which has estimated Electric Energy Requirement (EER) and Annual Peak Electric Load (APEL) of the country for 12th Five Year Plan. As per the draft 12th Five Year Plan document of Planning Commission, the total investment required for power during the 12th Plan is Rs.18.2 Lakh crore.⁽¹⁶⁾ The sources of funds for the Public sector include budgetary support, internal generation and borrowings. Private sector funds include internal accruals or equity and borrowings. Debt sources are Domestic bank credit, Non-banking Financial Companies, Pension/ Insurance funds and External Commercial Borrowings. As per Planning Commission, capacity addition of 88,537 MW is planned from conventional sources for the 12th Five Year Plan on an all-India basis. Steps taken to meet the power requirement in the country inter-alia are:

(i) Rigorous monitoring of capacity addition of the on-going generation projects.

(ii) Review meetings are taken by Ministry of Power regularly with CEA, equipment manufacturers, State Utilities/CPSUs/Project developers, etc. to identify the bottlenecks in capacity addition and resolve the issues.

(iii) In view of the increasing requirement of capacity addition to meet the demand, the capacity building of main plant equipment has been carried out in the country with the formation of several joint ventures for manufacture of main plant equipment in the country.

(iv) Thrust to make coal and gas available for power sector.

(v) Thrust is being given to power generation from renewable sources. As per MNRE, grid interactive renewable capacity addition likely during 12th Plan is about 30,000 MW.

Power for All: A comprehensive Blueprint for Power Sector development⁽¹⁷⁾ has been prepared encompassing an integrated strategy for the sector development with following objectives:

- Sufficient power to achieve GDP growth rate of 8%
- Reliable of power
- Quality power
- Optimum power cost
- Commercial viability of power industry
- Power for all

The following Strategies to achieve the objectives are taken:

Power Generation Strategy with focus on low cost generation, optimization of capacity utilization, controlling the input cost, optimization of fuel mix, technology up-gradation and utilization of non-conventional energy sources. **Transmission Strategy** with focus on development of National Grid including interstate connections, technology up-gradation & optimization of transmission cost.

Distribution strategy to achieve distribution reforms with focus on System up-gradation, loss reduction, theft control, consumer service orientation, quality power supply commercialization, decentralized distributed generation and supply for rural areas.

Regulation Strategy aimed at protecting consumer interests and making the sector commercially viable.

Financing Strategy to generate resources for required growth of the power sector.

Conservation Strategy to optimize the utilization of electricity with focus on demand side management, load management and technology up-gradation to provide energy efficient equipment / gadgets.

Communication Strategy for political consensus with media support to enhance the general public awareness.

Affordable Power for all Households: According to Prime Minister Manmohan Singh,⁽¹⁸⁾ India plans to provide affordable electricity to all households in the next five years. “The Government of India

aims to provide 24x7 electricity to all households in the country and affordable access to electricity in the next 5 years,” he said inaugurating an International Seminar on Energy Access organized by the Ministry of New and Renewable Energy and CII. Singh also said the government was taking steps to offer cooking gas to all rural households. At present, around 12 per cent of around 190 million rural households today use LPG to meet their cooking energy needs. “Giving all the 240 million households in the country an entitlement of six LPG cylinders per year will require only around 25 million tonnes of LPG. This should be manageable for our country. But, extending distribution network to all villages may take time,” he said. The Prime Minister said the government was working on a mechanism to provide subsidy to targeted individuals so that they can afford to have electricity and LPG. The government is looking to put in place a mechanism where subsidy would be directly transferred to bank accounts of the beneficiary. Prime Minister said in one pilot scheme in Mysore district of Karnataka, 27,000 deliveries of subsidized cylinders have been made after successful biometric authentication of any family member present at home. “In the next phase it is planned to transfer the subsidy amount directly to the bank accounts of bona fide beneficiaries,” he said. Highlighting plans for alternate sources of energy, the Prime Minister said India aimed to light up 20 million rural household by 2022 using solar power. He said at present renewable power represented about 12 per cent of the total installed generating capacity in India. The Jawaharlal Nehru National Solar Mission, launched under the aegis of India’s National Action Plan on Climate Change, aims to install 20 Gigawatt of grid connected solar power by 2022. “We hope to light up around 20 million rural households with solar home lighting by 2022,” he said, adding that the government looked forward to accelerate the overall deployment of renewable energy in India to achieve around 55 Gigawatt of renewable power by the year 2017. Even according to the Prime Minister, India has a long way to go to provide power for all its households. In spite of all the efforts taken by India since her independence and introduction of planned development strategies for inclusive growth, much of India awaits for light.

Reliable Electricity for Inclusive Growth: While people in the cities turn on lights, plug in coffeemakers, and charge cellphones without a thought to the electricity required, many households in rural India still lack electrical power, despite the nation’s intention more than six decades ago to bring electricity to all its citizens. According to Sunila S. Kale, “Electrification was central to how early nationalists and planners conceptualized Indian development, and huge sums were spent on the project from independence until now. Yet despite all this, nearly 400 million Indians have no access to electricity. Although India has less than a fifth of the world’s population, it has close to 40 percent of the world’s population without access to electricity.”⁽¹⁹⁾ Kale explores some of the reasons for India’s lag in providing electrical power in her book *Electrifying India: Regional Political Economies of Development*. Kale had intended to focus on India’s move to privatize its energy industry in the 1990s, intrigued by Indian states’ varied responses to privatization. “Choices made in that early period had a huge influence on privatization later on.” *Electrifying India* first explores

New Delhi's changing views about electricity over time and then offers case studies of three Indian states where responses to privatization in the 1990s diverged wildly, ranging from approval to swift rejection. Kale delves into political and socioeconomic factors that had shaped each state's energy policy. The story begins in the 1940s, at the time of India's independence. Electricity was available in cities and towns but not most rural areas. There was much debate about whether the electricity sector should be controlled centrally or by individual states, with supporters of central control arguing that state control would lead to uneven development. Despite this concern, pressure from state leaders led to the establishment of state utilities in 1948. Those early concerns about uneven development proved to be prescient. Today, some state governments provide electricity to most rural households, enabling farmers to pump up groundwater resources. Some even offer electrical subsidies to farmers to encourage the use of electricity for irrigation. Yet in other states, rural communities are still off the grid. Kale's research suggests that the most significant factor in rural electrification has been representation of rural communities in state government. In Odisha, where few powerful political leaders come from rural communities, only 40% of households can rely on electricity for lighting, with the percentage dropping even lower in rural areas. The state of Andhra Pradesh has fared better, with a slow and steady electrification program that speeded up with farmer protests in the 1970s. "There was a lot of social foment in India in the 70s, and this was part of that," says Kale. Maharashtra, where rural leaders have played a sizable role in the state government, has had the most success at rural electrification, though some districts and farmer groups have fared better than others. The same factors that led Maharashtra to have a more robust electrical program in rural areas, and to subsidize electricity use by agriculture and agro-industries, also led that state to reject privatization in the 1990s. "The perception was that privatization of its electricity distribution utility would threaten the regime of subsidies," explains Kale. Privatization was also rejected in Andhra Pradesh due to strong opposition from farmers and their political allies. At the other end of the spectrum, Odisha, lacking rural representation, had little opposition when it voted to privatize. Millions of Indians still waiting for electrical power will see change in the near future. She explains that some central agencies are now stepping in to assist state governments in carrying out rural electrification. There are also experiments in micro-grids, or distributed generation, taking place in rural villages, using alternative energy sources ranging from solar to sugar pulp. "The government is very motivated to knit the national system together in one central grid. Over time, I think it will happen."⁽²⁰⁾

Critique of India's Power-for-All Plan: Almost a decade ago, India's government, seeking to overcome one of the biggest challenges to the nation's development, set an ambitious goal: electric power for all by 2012. Instead, as the target date crossed, the power sector is in shambles, and its dire state threatens India's economic prospects as are various crises already damping growth. India is the world's fifth-largest electricity producer after the US, China, Japan and Russia, but its per capita consumption is among the world's lowest, at 778.71 kilowatt hours a year. Almost 300-400

million people have little access to electricity. The country needs a huge jump in supply to sustain its rapid economic growth, fight poverty and light the homes of those powerless millions.⁽²¹⁾ The depth of India's power problems became apparent recently, when blackouts interrupted irrigation and manufacturing across the country, even hitting wealthy urban neighbourhoods. The - The industry has plunged into crisis, driven by a mix of factors — some brewing for years, some recent Government giveaways such as free electricity for farmers have drained cash reserves from the largely state-run electricity-distribution system, leaving it financially crippled and unable to purchase power despite existing demand. A giant new offshore gas field has delivered less fuel than promised. An ambitious nuclear-power program has been stymied by demonstrations at plant sites since the Fukushima disaster in Japan in 2011 March. And despite abundant reserves of coal, India can't produce enough to feed its power plants. Coal-fired plants, which account for roughly half of the country's total electricity-generating capacity, should maintain stocks to last 22 days on average, according to the guidelines of the Central Electricity Authority. But a recently published report from the regulator showed that of 89 such plants it monitors, 46 did not have enough coal to last a week, with some holding less than a day's worth or no coal at all. As more power plants come online — the government and private industry are estimated to have spent as much as \$US100 billion since 2007 to add capacity — coal shortages are expected to worsen. According to Credit Suisse analysts, at the current rate of growth in coal production, the requirements of existing power plants and those under construction would not be met until the year beginning April 2016. More than half of India's installed electricity-generating capacity of 182 gigawatts is coal-based, and a large chunk of future power projects also will run on coal. By comparison, China's installed capacity at the end of 2010 was 962 gigawatts, about 73 per cent of it from coal. India's coal sector is hampered by primitive mining techniques and rife with theft and corruption; the monopoly coal producer, state-controlled Coal India, has consistently missed production targets. Shoddy transport infrastructure, inadequate for moving coal from far-flung mines to where it is needed, compounds the problems. To increase output, Coal India needs to mine new deposits — but most lie under protected forests or conflict-ridden tribal lands. Government efforts to create an effective land-acquisition program for such projects, including compensation for displaced people, have not made much progress. According to K. C. Venugopal, a junior power minister, "The federal government has neither set up any national fund for the rehabilitation of the displaced persons of various power projects in the country nor set up any committee to study the issue of setting up of such a fund," According to Coal Minister Sriprakash Jaiswal, "Domestic coal production cannot keep up with the rising demand, especially from power companies.. They have to import to feed their rising needs and bridge the gap." But international coal prices have surged. "The situation is extremely challenging considering the fact that billions of dollars have been invested in building power plants but they cannot be used to produce power due to non-availability of coal," said Ravi Sharma, chief executive of Adani Power. India lags behind other major nations in securing coal assets abroad. It accounted for 9 per cent of overseas deals in the sector trailing the US, Japan and China. "Progressive governments elsewhere

are not just aggressively scouting but are tangibly tying up resources known to be available globally. India needs to also get its act right,” said Anil Sardana, managing director at Tata Power, one of India’s largest private power producers. Efforts to develop other fuels have stumbled. India had hoped to set up gas-powered plants after Reliance Industries made the country’s biggest gas discoveries in the deep water off the eastern coast, but output has failed to meet company projections. Hydroelectric power projects in the mountainous north and north-east are caught in ecological, environmental and rehabilitation controversies. India imports power from Bhutan and expects to import from Nepal, too, but the geographical challenges in the region are immense. Once electricity is generated, it must be supplied where it is needed. A crucial link is the provincial distribution utilities that buy electricity and resell it to consumers. Operating at huge losses, they are fast running out of money to buy what electricity is available. Not only do they give away huge amounts of electricity to farmers, partly to curry political favour, but they also lose more to rampant electricity theft and to government departments that do not pay their bills. Inefficient collection is a problem across the country. The amount of electricity categorized as lost in India’s states reaches as high as 40 per cent, and even in the best performers stands at 15 per cent. With fuel costs high and utilities losing money, raising power prices might seem like a solution — but it is a politically charged and sensitive issue for a government facing high inflation and widespread corruption. The Finance Commission, which defines financial relations between the central government and the states, forecast that state transmission and distribution utilities will lose 803bn rupees (\$14.8bn), equal to about 0.8 per cent of the nation’s gross domestic product. It also forecast that such losses will rise. Blackouts are just one effect. By creating uncertainty about future electricity sales, the losses also lead power companies to shelve projects, and add to pressure on lenders that finance the sector. During the 11th Five Year Plan, India was able to meet only 64 per cent of the target.⁽²²⁾ This was far from the power for all goal set by the nation. Sustainable energy for development is to be accelerated.

The one common thing that binds tasks as diverse as building roads, flying planes, watching television and lighting a streetlight is that they all need electricity. As modern India sees the emergence of more and more industries and witnesses infrastructure upgrades at a frenetic pace, the country’s energy situation assumes monumental importance. Power is imperative to the overall development of a nation. Be it faring well on the healthcare index or ensuring that every child goes to school, availability of electricity is closely linked to these as well as other indicators of progress. Managing energy resources well not only ensures economic progress but also social development. The India’s 12th Five-Year Plan (2012-2017) rightly observes, “Electric power is a critical input into all economic activity and rapid and inclusive growth is only possible if reliable electricity is made available everywhere.”

We have been analyzing the various aspects of development⁽²³⁾ with a special reference to energy sector in India. Any developing country which wants to be on the path to higher development will have to focus on how to make energy available for its primary, secondary and tertiary sectors. It is

not easy to make a shift from the traditional energy resources to alternative energy resources without access to clean and green technology. For the sake of planet earth and for sustainable development of millions of its people, let us hope international community responds with immediate transfer of technology that suits the energy requirements of developing nations.

References:

- (1) UN: <http://www.un.org/>
- (2) OECD: <http://www.oecd.org/>
- (3) MDGs: <http://www.un.org/millenniumgoals/>. Also, please refer, John Joseph Puthenkalam, Millennium Development Goals, Sophia University, 2008 (先進国と途上国の開発への取り組み 2008, 上智大学).
- (4) Sustainable Development: <http://www.iisd.org/sd/> Also, please refer, John Joseph Puthenkalam, Sustainable Development, AFJ Publications, 2010. (持続可能な開発をめざして：環境の世紀・開発の道・途上国の間 いエーエフジェイ出版部, 東京, 2010).
- (5) For more details: <http://phys.org/news/2013-10-global-energy-highlights-demand.html>
- (6) For more details: <http://phys.org/news/2013-10-bn-people-electricity-urgent-action.html>
- (7) For more details: <http://www.devinfo.org/indiacensus2011/libraries/asp/home>.
- (8) <http://blogs.economictimes.indiatimes.com/how-and-why-the-indian-power-grid-collapsed>
- (9) <http://www.powermin.nic.in/index.htm>
- (10) Forecast of all India peak electricity demand: <http://firstgreenconsulting.wordpress.com/forecast-of-all-india-peak-electricity-demand/>
- (11) For details about 12th Five Year Plan, India: <http://planningcommission.gov.in/plans/planrel/12thplan/welcome.html>
- (12) <http://www.coal.nic.in/welcome.html>
- (13) Electric power in India: Wikipedia.com
- (14) Ibid
- (15) Renewable Energy Sources (RES) includes small hydro projects, wind, solar, tidal, biomass and urban & industrial waste power.http://en.wikipedia.org/wiki/States_of_India_by_installed_power_capacity
- (16) <http://www.business-standard.com/article/news-cm/the-all-india-electrical-energy-requirement>
- (17) http://powermin.nic.in/indian_electricity_scenario/power_for_all_target.htm
- (18) Affordable power for all households in next five years: PM, PTI Oct 9, 2012.
- (19) Sunila S. Kale, Electrifying India: Regional Political Economies of Development, forthcoming. Stanford University Press, 2014.
- (20) Ibid
- (21) <http://www.theaustralian.com.au/business/wall-street-journal/indias-power-for-all-plan-in-crisis/>
- (22) Ibid.
- (23) John Joseph Puthenkalam, Global Development Study: Developing Countries, International Organizations and Millennium Development Goals (途上国の開発経済研究), Sophia Innovation Programme, Tokyo, 2013.

Terrestrial-marine coastal and watershed ecosystems and human activities from feudal era Japan revisited

Anne McDonald

Abstract

Contemporary environmental policy and research trends are calling for holistic integrated land-sea, ridge-to-reef ecosystem-based management approaches. Many refer to this as the cutting edge of science and environmental policy, but if we look back in history, it is not something new, rather something forgotten from days past; forgotten when Western science, thought and modern technology severed traditional practices in Asia.

In this case, the historical story unfolds in the coastal communities of feudal Japan's Tokugawa era. Although there are historical records dating back to the 10th century, during the feudal era where self-isolation was imposed resulting in stringent resource use and management practices were enforced, *uotsukirin*, or fish-breeding forests, were promulgated among fishing communities. *Uotsukirin* practices grew on a national scale from the 17th Century. Although scientific understanding of the function of watershed forests in coastal ecosystems and fisheries production/reproduction were not robust at this time, promulgation of *uotsukirin* practices among fisher communities grew from an understanding that land-sea were integrated systems and that land-based human activities could have an impact on spawning grounds in coastal waters.

This paper will explore the origins of *uotsukirin* and the growth to this practice on a national scale from the 17th to late 19th Century as a means of increasing production of sardine which was in high demand as a resource for lamp-oil and agricultural fertilizer. I will explore the severing of this integrated resource management practice by fishing communities to maintain healthy coastal marine ecosystems as fish-breeding grounds, with the introduction of Western science, thought and technology in the late 19th Century. In 1897 the *uotsukirin* system was formalized into law in Japan as forestry policy. Fishers withdrew from land-based activities and it may be argued that the degradation of these forests has potentially contributed to the degradation of marine ecosystems.

Terrestrial-marine coastal and watershed ecosystems and human activities from feudal era Japan revisited

Tokugawa Era: unification of the warring states, pacification, self-imposed seclusion and emergent political ecological schemes

The Tokugawa era (1615-1868) has often been referred to as the era of the ascendancy of integral bureaucracy (Totman, 1993; Kalland, 1995). With one-third of the warring states unified by the warlord Oda Nobunaga in the latter part of the 16th century, came the gradual pacification and political consolidation of the remaining two-thirds by Oda's successor Toyotomo Hideyoshi through the disarmament of peasant soldiers accompanied by a land survey and registration to establish a land tax; thus setting the foundations for social and environmental control by government under the new social order and political authority established by Ieyasu Tokugawa in 1615. Under the Tokugawa shogunate, the central government initiated a nationwide administrative structure with layers of laws and regulations from the central shogunate government to *han* domains down through to community-based management on the village level. There was, however, flexibility in the system; thus allowing room for local autonomy and initiative (Totman, 1993; Kalland, 1995; McDonald, 2006).

Political decisions early in the Tokugawa regime shaped environmental management decisions and strategies. Specifically, the decision to impose a policy of isolationism, referred to as *sakoku*, turned the country inwards politically, but perhaps more importantly ecologically (Richards, 2003; McDonald, 2006). Restrictions on travel and trade meant that the flow of goods were strictly regulated and by 1670 the regime was faced with the challenge of how to effectively and sustainably manage the limited natural resources within the geopolitical boundaries of the archipelago they ruled (Totman, 1989, 1993; Richards, 2003; McDonald, 2006). In short, by 1670 the regime was confronted with the realities of a growing ecological crisis caused by intensification of land use and resource exploitation.

Reversing the trends of environmental degradation became central to the regime's political stability and survival (Totman, 1989, 1993; Richards, 2003; McDonald, 2006). How to maximize efficient use of the finite and limited resources led to the design and implementation of ecological strategies, many of which were centrally initiated but the form they took were shaped by *han* domains and local governments. Ecological and food security thus became synonymous with social and political security (Totman, 1993; Kalland, 1995; McDonald, 2006). It is within this backdrop that *uotsukirin*, fish breeding forests, took on strategic ecological value.

Uotsukirin, fish breeding forests: linking land to sea for resource management

Contemporary environmental policy and research trends are calling for holistic integrated land-to-sea, ridge-to-reef ecosystem-based management approaches. Many refer to this as the cutting edge of contemporary science and environmental policy, but if we look back in history, it is not something new. One such example from Japanese environmental history is *uotsukirin*, or fish-breeding forests, a ridge-to-reef based approach integrating land-based human activities with marine resource use and management.

The first written record of *uotsukirin* dates back to the 10th century from the island of Shikoku, one of the four main islands of the Japanese Archipelago, in what is now known as Tokushima prefecture (Totman, 1993; Wakana, 2001, 2012; Hamaguchi, 2007). Written records specifically referring to *uotsukirin* are said to be non-existent between the first recordings from Naruto and Matsushige, Tokushima to the 17th century (Wakana, 2012). Though it may be wrong to assume *uotsukirin* only existed in Tokushima until the next known written recording from Saiki domain (currently Oita prefecture on the southern island of Kyushu) in 1604, the second year of the Tokugawa Era, lacking known written records, it is difficult to speculate on the diffusion and possible existence of *uotsukirin* approaches to land-sea resource management from the 10th to 17th century (Endo, 1934; Yonozu, 1990; Wakana, 2012). Based on Endo's work on mountain and forestry history and the national survey of *uotsukirin* by the Japanese government published in 1911 which assessed early post-Tokugawa years changes to *uotsukirin* in the Meiji Era and the relationship of fisheries to forestry, *uotsukirin* existed in most of the coastal domains during the Tokugawa Era. Further, there is an increase in written records about the existence of *uotsukirin* in addition to commentary about what were perceived as the ecological functions of *uotsukirin* as a way to increase sardine and herring production and/or harvesting for agricultural fertilizer in the 18th century (Fisheries Bureau, 1911; Endo, 1934; Hamaguchi, 2007; Wakana, 2012).

Used in contemporary Japanese government policy and law *uotsukirin* is but one term for fish-breeding forests. Efforts to regenerate fish-breeding forests and provide scientific basis for the understanding of empirical traditional knowledge, *uotsukirin* are believed to provide the following functions: provide nutrients needed to cultivate fish and shellfish, intercept light thus providing a shaded environment suitable for spawning grounds and coastal fish habitats, and the soils of well managed forests store water and regulate water flow from forest soils to the sea also ensuring water flows at a constant temperature suitable to maintaining healthy fish habitats and spawning grounds (Yanagi, 1999).

Though lacking in the kind of rigorous scientific data often found in Western scientific-based natural resource management, *uotsukirin* and other terms used to refer to fish-breeding forests during the Tokugawa Era reflect an understanding of fish-breeding forests gained through experiential learning and observation of fish migratory patterns and behavior, specifically migration to coastal marine

habitats often used for spawning grounds and the relationship to coastal watersheds and upstream mountain forests (Hamaguchi, 2007; Wakana, 2001, 2012). For example, literally read from the Chinese characters used for this term, *uo-tsuki-rin* means the forests attached or connected to fish. Other examples of formerly used terms are *uo-yose-ba*, meaning the gathering place of fish; *ajiro-yama*, literally meaning the wickerwork fish trap mountain or if one considers that *ajiro* is used to refer to set-net fishing – the fishing of waiting – and/or the gathering place of fish, and that set-net fishers' use of *yama* is often synonymous with a forested mountain, explaining that they choose the place to set their nets in coastal bay waters by looking to the forests on the mountain, *ajiro-yama* could be interpreted as the mountain forest for the gathering of fish; *ajiro-kuromi-yama* translated as the blackish or black tinged mountain (forest) for the gathering of fish could infer the light interception and shadowing effects of the mountain forest over the coastal waters; *kozakana-kage-rin* or *uo-kage-rin*, meaning the forests shadowing small fish; and the rather descriptive *kujira-gyoba-uo-tsuki-yama* meaning the mountain (forest) connected to fish of the whaling ground(s) (Endo, 1934, McDonald, 1994; Hatakeyama, 1994; Hamaguchi, 2007; Wakana, 2012). This last term was recorded in Yamaguchi prefecture in 1775 and echoes the 1675 observation of Taiji traditional whale hunting method innovator Yoriharu Wada that “whales chase sardines....therefore, we must grow grasses and trees with great care” (Tomiyaama, 2009; Wakana, 2012).

Tokugawa Era *Uotsukirin*: place specific environmental management approaches and community-based resource management

As discussed earlier, under the Tokugawa shogunate, the central government initiated a nationwide administrative structure with layers of laws and regulations from the central shogunate government to *han* domains down through to community-based management on the village level. There was, however, flexibility in the system; thus allowing room for local autonomy and initiative, where place specific environmental management approaches and community-based management evolved (Totman, 1993; Kalland, 1995; McDonald, 2006).

Different types of approaches to *uotsukirin* management reflected this. From the rigid management system of Kumamoto to non-institutionalized fisher led initiatives of Shimane, local governance perspectives differed. In Kumamoto, temporal and spatial restrictions were enforced and fisher households were obligated under *han* domain laws to plant trees annually. Further, a cycle of 30 years was to be observed and the felling of trees was only allowed in certain areas and permission to fell trees by each household was strictly enforced and recorded (Fisheries Bureau, 1911; Hamaguchi, 2007). Reflecting a difference in approaches to achieve the same results of effective *uotsukirin* management, Shimane did not impose any formal legal structures, but instead followed an informal approach of voluntary self-management among fisher households. Consultation among village leaders was the normative process and embodied in this was the village consensus of the ecological importance of *uotsukirin* in fisheries management (Fisheries Bureau, 1911; Hamaguchi,

2007).

Target species focused *uotsukirin* exemplify an understanding of the ecological functions, but also how this understanding could be used to increase the stocks and harvest yield potentials of specific targeted species. Examples of this are the salmon targeted *uotsukirin* in Niigata and sardine and whale targeted *uotsukirin* in Wakayama (Hamaguchi, 2007; Wakana, 2012). Between 1751 and 1772, the protection of salmon breeding system, referred to as *sake takenawa*, was developed and under this system Japanese persea felling along the coastal watershed where the Miomote River flowed into was strictly prohibited (Wakana, 2012).

Sardine and whale targeted *uotsukirin* were mainly aimed at increasing harvest yield potentials for fertilizer production. Not only in Wakayama, as mentioned above, but records show that already in 1604, a fisher in Oita is said to have advised the then presiding Lord Mori Takamasa that 'sardines are the source of the wealth in the Saiki *han* domain' (Wakana, 2012). Coinciding with the period when the Tokugawa regime was confronted with the realities of a growing ecological crisis caused by intensification of land use and resource exploitation starting from around 1670, written recordings of sardine-based *uotsukirin* appear to increase. From Oita on the island of Kyushu, to Ehime on the island of Honshu, to Yamagata in southern Honshu island to Fukushima and Iwate of the northeastern parts of Honshu, *uotsukirin* management aimed at increasing sardine harvests for the production of fertilizer for agriculture are testimony to intensification of land use and resource exploitation and more specifically, the food security demands of a growing population.

In 1720 some 3.05 hectares of land were under cultivation. The same acreage is recorded for 1874. Arable land acreage did not increase and yet the human population who depended on the food produced by these lands did, inferring that increased yields were the only viable solution to ensuring food security for a growing population. Thus, the importance of sardine fertilizer and *uotsukirin*.

Adding to the diversity of management practices but perhaps also philosophies and place specific resource conditions, Ishikawa prefecture records show that rather than pursue target species focused *uotsukirin*, seasonal and daily recordings of which fish species migrated to coastal waters to spawn were kept, indicating there was no preference for one specific species such as exemplified in Niigata (Fisheries Bureau, 1911).

Bureaucratic sectionalism and the end to land to sea resource management

With the end to the Tokugawa era came the abolishment of many of the era's socio-political and legal structures (McDonald, 2011). A wave of Westernization swept through the country and foreign national experts were hired as special advisors to help facilitate technological transfers from the West and other activities deemed necessary to speed up the industrialization of Japan. Exactly how much these Western experts influenced the post-Tokugawa natural resource management approaches and policies and more specifically *uotsukirin* management requires further research and examination, however considering that Western models of government were reviewed as a step towards

developing the new system of government and governance, when the feudal domain system was replaced by the current prefecture system in 1871, influence by Western experts is quite probable. Bureaucratic sectionalism, specifically a vertically segmented administrative system aimed at industrialization became the norm and the elements of land-sea integrated resource management from Tokugawa bureaucracy was replaced by segregated sector-based resource management (Hamaguchi, 2007; Wakana, 2012). The upstream mountain forests and coastal watershed forests that had been understood as connected to the spawning of fish in coastal waters were no longer dealt with under one overarching integrated holistic approach; though it is critical to keep in perspective and remember it was a strategic holistic approach aimed at ever-intensifying resource exploitation not a romantic co-existence with nature (McDonald, 2006).

Perhaps most problematically, change in regime marked the beginning of the degradation of community-based forests managed by and/or for the benefit of fisher communities (Hamaguchi, 2007). As commented by Totman and Kalland, although on one level the Tokugawa era was 'the age of integral bureaucracy' with layers of laws and regulations designed, implemented and rigidly enforced from the central government to *han* domains down through to the micro-management on the village level, there was flexibility in the system; thus allowing room for local autonomy and initiative (Totman, 1993; Kalland, 1995; McDonald, 2006). *Uotsukirin* management in many ways depended on this duality. Once the Tokugawa regime and their policies were abrogated and new rules of resource management implemented, degradation of *uotsukirin* slowly began. Degradation of *uotsukirin* in early post-Tokugawa years was partly because of the relaxation of rigid Tokugawa regulations which led to deforestation and over-exploitation of forest resources but also the new delineation of government-owned and managed forests which prohibited access to forests by locals to thin trees or cut underbrush thus leading to degradation driven by under-management (Hamaguchi, 2007).

In 1897 the Ministry of Agriculture and Commerce enacted the Forest Law. It was in part the culmination of forest surveys initiated by the Meiji government and efforts to redesign forestry management policies that addressed forest degradation observed to be accelerating under the new regime. Of note was the survey undertaken in 1884 where representatives from 40 prefectures were interviewed about the state of forest degradation. Of the 21 causes of degradation, 26 of the 40 interviewed noted that weakening of Tokugawa forest management regulations and approaches to forestry management by 3 levels of intervention as the main cause of degradation (Tsutsui, 1979; Hamaguchi, 2007) Though slightly ironic, in 1894 in Tokushima where the first written record of *uotsukirin* is from, *uotsukirin* degradation was reported to the government in a special survey related to fisheries. Motivated by concerns of increasing forest degradation, under the new forest law of 1897, protected forests were given attention. *Uotsukirin* was included under the new law as protected forests (Hamaguchi, 2007). However, when reviewing the national survey of *uotsukirin* by the Japanese government published in 1911 which assessed changes to *uotsukirin* in the early post-Tokugawa years of the Meiji Era and the relationship of fisheries to forestry, there appears to be

discrepancy between the government's legal recognition on paper and integrated management practices at the community level (Fisheries Bureau, 1911).

Examples from the comprehensive national survey by the government in 1911 include the coastal bay areas along the irrigated coastline of Mie prefecture. In 1650 Lord Matsudaira had initiated a reforestation campaign, issuing an edict that for every tree felled, one thousand seeds should be planted to ensure the future forest sustainability in his domain which then became. Over two and a half centuries later, the Fisheries Bureau survey recorded degradation of coastal watershed forests which they connect to the degradation of spawning ground habitats, decreases in fish stocks and harvest yields, in addition to mentioning the degradation of seaweed. On the Japan Sea side of Honshu, in the former *han* domain of Kaga, the third richest of the Tokugawa domains, a wealth accumulated through rigid resource management and ecological exploitation both of land and sea, the bureau survey notes depletion in fish stocks and in the area of Hakui on Noto Peninsula, repeated comments calling not only for the revitalization of *uotsukirin* but the extension of *uotsukirin* along the coast (Fisheries Bureau, 1911).

Conclusion

Uotsukirin and other terms used to refer to fish-breeding forests during the Tokugawa Era reflect an understanding of fish-breeding forests gained through experiential learning and observation of fish migratory patterns and behavior, specifically migration to coastal marine habitats often used for spawning grounds and the relationship to coastal watersheds and upstream mountain forests (Nagasaki, 1998; Hamaguchi, 2007; Wakana, 2001, 2012)

Observational knowledge sets about the connection between coastal forests and fish harvests we see become exploited in mid-Tokugawa era, coinciding with the regimes attempts to reverse the trends of environmental degradation deemed as a threat to the regimes very stability (Totman, 1989, 1993; Richards, 2003; McDonald, 2006). How to maximize efficient use of the finite and limited resources led to the design and implementation of ecological strategies, many of which were centrally initiated but the form they took were shaped by *han* domains and local governments. Ecological and food security thus became synonymous with social and political security (Totman, 1993; Kalland, 1995; McDonald, 2006).

To what degree *uotsukirin* contributed to the reversal of environmental degradation is debatable and yet to explore this debate requires further examination of the extent to which land-based resource management practices such as *uotsukirin* contributed to marine resource increases which specifically contributed to increased agricultural yields and food security without having an accumulative ecological stress. The need for further exploration aside, reflecting on land and sea based connections from the past may be key to current and future sustainability.

References

- Endo, Y., 1934, *Nihon Sanrinshi* (History of Mountains and Forests in Japan), Volume 1, Nihonsanrinshi-kyokai (in Japanese).
- Fisheries Bureau, Ministry of Agriculture and Commerce, 1911, *Nihon no Uotsukirin: Ringyo to Gyogyo to no Kankei* (Japanese Uotsukirin: The relationship between Forestry and Fisheries), Shinzansha (in Japanese).
- Hamaguchi, Hiroyuki, 2007-07, *Enganiki ni okeru Uotsukirinsei no Keiseikatei: Hansei jidai kara Meiji jidai made* (The formative process of the uotsukirin system on the coastal areas: from Hansei period to Meiji period) (in Japanese).
- Hatakeyama, S., 1994, *Mori wa Umi no Koibito* (the Forest is the Lover of the Sea), Hokuto Publishing Company (in Japanese).
- Kalland, Arne, 1995, *Fishing Villages in Tokugawa Japan*, Curzon Press.
- McDonald, Anne, 2006, *Kankyurekishigakunyumon* (Introduction to Environmental History) Asahi-Eco-books Series, Shimizukobundo Shobo Publishing Company (in Japanese).
- Nagasaki, Fukuzo, 1998, *Shisutemu toshite no mori-mizu-umi uotsukirin no shiten kara* (The system of forests-water-sea from the perspective of uotsukirin) Nosangyosonbunkakyokai publications (in Japanese).
- Richards, John F., 2003, *The Unending Frontier: An Environmental History of the Early Modern World*, University of California Press.
- Tomiyama, K., 2009, *Shizen to Ningen Umi wa Ikitairu* (Nature and Humans The Seas are Alive), Kodansha (in Japanese).
- Totman, Conrad D, 1989, *The Green Archipelago: Forestry in Preindustrial Japan*, University of California Press.
- Totman, Conrad D, 1993, *Early Modern Japan*, University of California Press.
- Tsutsui, 1979, *Nihon Kindairinseishijosetsu* (Japanese Modern Forestry Policy), Tokyo University Press (in Japanese).
- Wakana, Hiroshi, 2001, The development of the idea of 'uotsukirin' (fish-breeding forests) in the modern age in Japan, *Japan Water Environmental Issues* 17:53-62 (in Japanese).
- Wakana, Hiroshi, 2012, History of 'Uotsukirin' (Fish-Breeding Forests) in Japan, *The Dilemma of Boundaries: Toward a New Concept of Catchment*, Springer Japan.

福島第一原子力発電所の事故に関わる疑問点

大坪 国順

1. はじめに
2. 疑問な点
3. 疑問点に対する検討

1. はじめに

東日本大震災から3年近くが立とうとしている。2011年3月11日、TV画像を通して三陸地方に押し寄せた津波のもの凄さに圧倒されている中、福島沖の福島第一原子力発電所（以下、福島第一原発と記載）に津波が押し寄せ、波しぶきを30m近くも立ち上げながら岸壁を乗り越えて、原子力発電所に襲いかかる映像が飛び込んできた。何か不吉な予感がしたが、TVニュースでは原子炉は無事活動停止したので事なきを得たと伝えており、杞憂だったかと思いをなで下ろした。夜に入ると、福島第一原発で何かまずいことが発生しているらしいというニュースが流され、再び胸騒ぎを覚えた。

その後、TVニュースや新聞を通じて伝えられる福島第一原発に関する報道内容は、事態が非常に深刻らしいことは推測させるものの、実際に何が起きているのか、起ころうとしているのかについて、何処まで事実なのか納得を得られないものが多く、フラストレーションが貯まる一方であった。福島第一原発で何が起ったのか、何が進行しているのか、把握しきれぬままもやもやした状態で現在に至った。

福島原発事故3年目を迎えるに当たって、自分の気持ちを整理するため、これまで疑問に思ってきたことを列記し、自然科学的見地からある程度検討が進められるであろういくつかの疑問点に対して、調べ上げた知見を基に自分なりに見解をまとめて見た。今回は、地下水の放射能汚染に関しての疑問点について検討を加えた。同じような疑問を感じておられ未だ解を見いだしておられない方々に、少しでも参考になれば幸いである。

疑問点を列挙する前に、本稿での原子炉内の核燃料の溶融に関する言葉の定義を以下とする。

(1) メルトダウン（別名：炉心溶融） 英語：melt-down

原発事故において、炉心の内部に格納された核燃料が高温により溶け出し、炉心を溶解・破損する現象。原発事故の中でも最も過酷な事態の一つとされる。

炉心溶融のうち、炉心が全て高温によって溶融した状態を特に、「全炉心溶融」（フルメルトダウン）と呼ぶ。

2011年3月11日に発生した東京電力福島第一原子力発電所の原発事故では、当初、炉心

溶融は発生していないと発表されていたが、後に撤回し、5月12日に原子炉1号機で事故発生後まもなく炉心溶融が起こっていたことを認め、5月25日までに2号機、3号機でも炉心溶融が発生した可能性のあることを認めている⁽¹⁾。(weblio 辞書から引用)

メルトダウンという言葉は、人により表現する内容が異なるので注意が必要である。ある人は、下記に述べるメルトスルーを含めてメルトダウンと表現し、別の人は、炉心が溶解・破損するが圧力容器を突き破るまではいたらないケースをメルトダウンとする。本稿では、メルトダウンを後者の意味で用いる。

(2) メルトスルー 英語：melt-through

原子炉内で、炉心の核燃料が熱により溶融する「メルトダウン」を起こした後、溶融して原子炉の底部に落下した核燃料が、高熱で原子炉を破損し、炉外に漏出すること。メルトスルーは、多くの場合、原子炉圧力容器を破壊して原子炉格納容器に達することを指す。(weblio 辞書から引用)

本稿では、メルトスルーを、溶融した核燃料が原子炉格納容器を突き破らず、格納容器内に留まった状態、の意味で用いる。

(3) メルトアウト 英語：melt-out

メルトアウトとは、原子力施設における事故（原発事故）で核燃料が原子炉格納容器を破壊し、原子炉建屋の床部分も突き破って、建屋の外側に漏出すること。

核燃料が建屋の外（底）に突き出ると、周囲の土壌などは放射線による深刻な汚染被害をうける。地下水が流れていた場合には、放射性物質が水を汚染して広範囲に拡散する。場合によっては、超高濃度の放射線物質汚染水が、海洋に運ばれ、世界規模で大規模な放射能汚染を及ぼす可能性もある。(weblio 辞書から引用)

本稿では、メルトアウトを、核燃料が原子炉格納容器を破壊し、原子炉建屋の床部分も突き破って、建屋の外側に漏出した状態、の意味で用いる。

2. 疑問な点

福島第一原発事故以来、疑問を抱き続けているものを列举してみると以下の通りである。

疑問1. 原子炉3基の冷却システムが機能不全に陥った原因は津波なのか地震なのか？

疑問2. 3月11日から1週間の間、官邸はメルトスルーがおこったことを本当に知らなかったのか？経産省原子力安全保安院はどうだったのか？原子力委員会や原子力安全委員会の専門家はどうか？また、東京電力はどうだったか？

疑問3. 5月上旬に東京電力が原子炉のメルトスルーを発表するまで、マスコミからはメルトスルーが起こっているという報道はなされなかった。何故か？

疑問4. 原子炉が3基もメルトスルーするのに、放射線汚染被害の程度と範囲がさほどではなかったという印象を持つのは何故か？

- 疑問 5. アメリカ合衆国政府の在日米国人に対する避難勧告範囲と政府の避難勧告範囲が大幅に異なっていたのは何故か？
- 疑問 6. 溶融した燃料（燃料デブリと呼ばれる）は、現在、何処に存在するのか？
- 疑問 7. 福島第一原発は大丈夫か？再び福島第一原発から放射性物質が大量に放出することはないのか？原子炉および使用済み核燃料プールに心配事はないのか。
- 疑問 8. 甚大な原発事故のリスクはどの程度と考えてよいのか？
- 疑問 9. 高濃度放射性廃棄物（使用済み核燃料など）の最終処分場問題（トイレなきマンション問題）に出口はあるのか？
- 疑問 10. 福島第一原発周辺の地下水の放射能汚染はどう考えたらよいか？
- 疑問 11. 原子力建屋内の原子炉と使用済み核燃料プールはどのような状態にあるのか？
- 疑問 12. 原発事故後の原子炉施設の冷却システムはどのようなものか？
- 疑問 13. 使用済み核燃料プール冷却水の放射能汚染はあるのか？原子炉燃料デブリ冷却水の放射能汚染はどうか？
- 疑問 14. 原発事故以前の発電所周辺の地下水はどのような状態であったのか？
- 疑問 15. 循環式冷却システムが定常稼働する前までに掛け流し方式で供給された冷却水はどこに行き、どこにあるのか？
- 疑問 16. 原発事故発生後約 1 ヶ月間の周辺地下水と建屋内部の冷却水の関係はどうなっていたのか？
- 疑問 17. その後の建屋内水位と周辺地下水の水位はどのように変動したのか？
- 疑問 18. 現在は、滞留水の地下水位と周辺地下水位の状態はどうなっているのか？
- 疑問 19. 現在の原子力関連施設の冷却システムにおいて、冷却水中の放射性汚染物質の処理はどうなっているのか？
- 疑問 20. 現在、地下水汚染に関して問題となっているのは何か？
- 疑問 21. 溶融した核燃料が建屋の底部を突き抜けた場合の地下水汚染はどうなるか？
- 疑問 22. 放射性物質による地下水汚染の人体影響はどう考えればよいか？

3. 疑問点に対する検討

福島第一原発の地下水汚染は、溶融した原子炉を冷やすために注水された水が溶融した核燃料にふれて放射能汚染したことが起因となっている。以下、地下水汚染に関わる 13 の疑問点について検討を加える。

疑問 10. 福島第一原発周辺の地下水の放射能汚染はどう考えたらよいか？

原子炉格納容器の爆発や核燃料プールの使用済み核燃料の溶融が起これば、大量の放射性物質が大気に噴出し数十キロの範囲に降り注ぎ、甚大な放射線被害につながる。福島第一原発事故発生当初は、格納容器の爆発や使用済み核燃料の溶融を防ぐことが最優先事項であった。そのためには、原子炉内の核燃料や使用済み核燃料を冷却し続けるのが絶対に必要であった。循環式の冷却システムが完全に機能マヒした状況では、掛け流し方式で原子炉や使用済み核燃料プールに水

を供給するしかなかった。その水の一部は地下に浸透することとなり最終的に海に流出する。核燃料を冷却する過程で注入された水が放射性物質により汚染されることは避けられなかった。

しかし、放射能汚染水が海に流れ出すことによる汚染被害の深刻度は、大量の放射性物質が大気中をさまよひ数十キロの広範囲に降り注ぐことによる汚染被害の深刻度に比べると格段に小さいということは、専門家や政府関係者の間では暗黙の了解であったと思われる。

原子炉と核燃料プールが危機的状態から脱して一息つけたのは4月10日前後であり⁽²⁾、原子炉や使用済み核燃料プールに循環式で冷却水を供給できるシステムが構築するには数ヶ月かかった。事故発生からそれまでの間は、放射能汚染水の地中や海への流出を防ぐための対策が後手に回ってしまったことはやむを得なかったと、筆者は考える。現時点で最優先で取り組むべき対策は、新たな地下水汚染を引き起こさないことと、地中に存在する汚染水をなるべく回収し放射性物質を分離除去した後で、十分希釈して海洋に放出することと考える。

疑問11. 原子力建屋内の原子炉と使用済み核燃料プールはどのような状態にあるのか？

東電や原子力規制委員会の見解では、原子炉の方については、1, 2, 3号機ではいずれもメルトスルーが起こり圧力容器の底が抜け、核燃料の全部もしくは一部が格納容器に溶け落ちて格納容器の底に貯まっているとされる。メルトスルーの程度は1号機が最も深刻で、100%の核燃料が格納容器に抜け落ち、格納容器の底の厚さ1mのコンクリートを65cmまで浸蝕して止まったとされる⁽³⁾。核燃料と制御棒は溶融し混ざり合った状態にあり、これは「燃料デブリ」を呼ばれている。

一方、使用済み核燃料プールについては、4つの建屋内とも幸運にもプールには損傷なく冷却水のプールからの漏洩はないとされる。核燃料プールの水を分析した結果、放射性各種は検出されなかったことから、プール内の使用済みの核燃料集合体は損傷がないとされる⁽²⁾。

疑問12. 原発事故後の原子炉施設の冷却システムはどのようなものか？

使用済み核燃料も燃料デブリも冷却しつづけなければならない。原発事故により、通常の循環式冷却システムは機能なくなり、事故後、数ヶ月間は掛け流し式で冷却水を供給しなければならなかった。

2011年6月頃からは、使用済み核燃料プールと原子炉について、それぞれ循環式冷却システムが整備され安定稼働している。原子炉冷却システムには、放射性物質除去装置と淡水化装置が循環システム中に組み込まれている。

疑問13. 使用済み核燃料プール冷却水の放射能汚染はあるのか？原子炉燃料デブリ冷却水の放射能汚染はどうか？

使用済み核燃料は強力な放射線（ α 線、 β 線や γ 線）を放出しており、大気中で人が近づけば致死にいたる。しかし、水には放射線を遮蔽する効果があるので、燃料プールに収まっている使用済み核燃料からの外部被曝の懸念はない。

燃料プールでは使用済み核燃料は燃料集合体として保管され純水で冷やされている。核燃料ペレットはジルコニウムの筒に二重に被われている。そのため、燃料集合体からは強烈な放射線は

出ているが、セシウム等の核反応生成物質はそのジルコニウムの筒の中に閉じこめられ外部と隔離されている⁽⁴⁾。よって使用済み核燃料集合体が破損していない限り、燃料プール冷却水が放射性物質で汚染されることはない。

一方、原子炉内の燃料デブリの場合は、燃料ペレットはジルコニウムから溶け出し、セシウム137等の核反応生成物が環境にむき出しになっている。そのような燃料デブリに接触した冷却水は、イオン化したもしくは微少浮遊体の核反応生成物を高濃度で含むことになる。この状態の水を放射能汚染水（以下、汚染水）と呼ぶ。

汚染水中のイオン化したセシウム137等から放射線が放出されるが、水中に存在するので汚染水に直接接触しない限り外部被曝はない。汚染水を飲んだり、体内濃縮した生物を食べたりすると内部被曝が問題となる。

疑問14. 原発事故以前の発電所周辺の地下水はどのような状態であったのか？

東電発表の地質と原発の標高図によれば、原子炉1号機から4号機の建屋底面の標高は海水面以下（OP - 4.0m）にある。建屋はほぼ不透水と考えられる粘土層（透水係数： 1×10^{-6} cm/sec程度）の上に置かれているが、建屋周辺側壁は透水層の砂層（透水係数： 3×10^{-3} cm/sec程度）で囲まれている。

通常、地下水位は海岸線では海水面に一致するが、福島第一原発では護岸工事により地表面が海水面より数メートルかさ上げされており通常とは異なる高さに地下水位が形成される。福島第一原発の建屋周辺では、地下水はサイドドレインと言われる20本以上の井戸から約800t/dayのペースで汲み上げられて海に排水され、護岸付近（建屋東側）での地下水位はOP. 1.6m前後、建屋西側での水位はOP. 3m前後に維持されていた⁽⁵⁾。

疑問15. 循環式冷却システムが定常稼働する前までに掛け流し方式で供給された冷却水はどこに行き、どこにあるのか？

使用済み核燃料プールの水がプールからオーバーフローした場合は、直接地面に落下した後、一部は地下に浸透し、残りは排水路を経由して原発施設外に流出したと考えられる。核燃料プール内の使用済み核燃料集合体が全く損傷していないとのことなので、注入された冷却水が放射線汚染されたことはないと考えられる。

一方、原子炉注入水の場合、核燃料がメルトスルー状態で留まりメルトアウトしていないという前提で考えると、冷却水は、圧力容器の底から格納容器に流れ出し、さらに格納容器の亀裂部分から原子炉建屋に流れ出し、建屋の最下部の空間に貯まると共に、連絡通路を通じてタービン建屋最下部の空間、さらには海水復水路（トレンチ・立坑）や各種のケーブルや配管が走る地中通路に流れ込んだと考えられる⁽⁶⁾。

圧力容器や格納容器内の燃料デブリに接触した冷却水は高濃度放射能汚染水となり、一部は、3.11巨大地震のために建屋に生じた亀裂や連結部等の隙間から外部に漏出し、地下水を汚染したと考えられる。どの程度の汚染水が外部に漏泄したかは、この間の冷却水の供給量と滞留水の水位、さらに周辺地下水の水位のデータがあれば、地下水数値シミュレーションによりおよそ見積もることが出来るはずである⁽⁷⁾。

疑問 1 6. 原発事故発生後約 1 ヶ月間の周辺地下水と建屋内部の冷却水の関係はどうなっていたのか？

原発事故発生後は電源が停止状態で、サイドドレインのポンプは数日間稼働していなかったのは間違いないであろう。この状態では、原子炉建屋周辺の地下水は徐々に上昇するとともに、至る所で生じた亀裂や連結部分を通じて原子炉建屋内に流入したと推察される。一時期、建屋東側での地下水位は O.P. 6.0m 前後に、建屋西側では O.P. 10m 近くに上昇した。その後、サブドレイン等からの汲み上げにより、2013 年 6 月頃には建屋東側周辺の地下水位は OP. 3～4m に、建屋西側周辺の地下水位は OP. 7～8m に維持されている⁽⁷⁾。

一方、事故当初に掛け流し式で注水された冷却水は、圧力容器、格納容器を経由して原子力建屋最下部の空間に貯まった。滞留水の量はこの冷却水と流入地下水で増加し続け、徐々に原子炉の東側に位置するタービン建屋最下部の空間、各種トレンチやピットに流れ込んで行ったと考えられる。原子炉内施設内に滞留した水は放射性物質に汚染されたものである。

疑問 1 7. その後の建屋内水位と周辺地下水の水位はどのように変動したのか？

原子炉 1 号機では、事故当初から 11 月初旬までは建屋内滞留水の水位は O.P. 5m で、2012 年 1 月には O.P. 3m 前後まで低下し、その後はこのレベルで維持されている⁽⁸⁾。一方、1 号機建屋の東側の地下水は、2011 年 6 月までは O.P. 3m であり、それ以降上昇し始め O.P. 4m 前後となっている。地下水は水位の高いところから低いところに流れるので、2011 年 12 月頃までは、1 号機に関連する施設内の滞留水は建屋東側周辺の地下に流れ出していたと推測される。

原子炉 2, 3, 4 号機タービン建屋内の滞留水の水位は、原発事故当初は O.P. 3～4m で推移したが、周辺地下水位より高くなることはなかったとされる。2011 年 11 月以降は建屋内の滞留水の水位は O.P. 3m で維持されていた⁽⁷⁾。そうであれば、原子炉 2, 3, 4 号機タービン建屋内の滞留水は、建屋東側の周辺へ流出することはなかったと推察される。

疑問 1 8. 現在は、滞留水の地下水位と周辺地下水位の状態はどうなっているのか？

東京電力が一週間に一度のペースで政府に提出している報告書⁽⁸⁾によれば、原子炉の循環冷却システムが安定稼働しているので、原子力施設内の滞留水の水位は以下のように調節されており、建屋内の滞留水が周辺に漏泄していることはないとしている。

- 1) 原子炉 1, 2, 3, および 4 号機の建屋内滞留水は揚水ポンプを通じて連結している。1 号機の滞留水は 2 号機に移送される。2 号機の滞留水は、水位を海面上 3m (O.P. 3m) に保つように、720～780t/day (480t/day の移送能力のポンプを 1 台もしくは 2 台稼働) のペースで 3 号機に移送される。
- 2) 3 号機の滞留水は水位を O.P. 3m に保つように、平均 720～780t/day のペースで 4 号機、集中廃棄物処理建屋 (高温焼却炉建屋)、もしくは集中廃棄物処理施設建屋 (プロセス主建屋) に分配移送される。
- 3) 4 号機の滞留水は、O.P. 3m を維持するために、高温焼却炉建屋もしくはプロセス主建屋に適宜移送される。

原子力規制委員会の Web サイトから入手できる東電の報告書は第 65 報 (2012 年 9 月 19 日)

以降のものである。それ以前の報告書は経済産業省の Web サイトから入手できる。報告書を精査すると、滞留水が建屋周辺へ地下漏泄していないと判断できるのは第 27 報（2011 年 12 月 27 日）以降となる⁽⁸⁾。それ以前は、少なくとも 1 号機に関連する施設内の滞留水は建屋東側周辺の地層に流れ出ていたと推測される。

疑問 19. 現在の原子力関連施設の冷却システムにおいて、冷却水中の放射性汚染物質の処理はどうなっているのか？

使用済み核燃料プールの冷却システムでは、冷却水の放射線汚染の問題はないとされる。理由は、燃料棒に損傷がないため核反応生成物質が冷却水に溶け出さないためである。

原子炉の冷却システムでは、2014 年 1 月現在は 3 機の原子炉への合計淡水注入量は 360t/day 前後で安定している（1 号機：約 120t/day、2 号機：約 170t/day、3 号機：約 170t/day）⁽⁸⁾。冷却水は燃料デブリと接触する際に核反応生成物質が溶け出して汚染され滞留水となる。建屋の滞留水は、所定の水位（OP. 3m）を維持するために、高温焼却炉建屋もしくはプロセス主建屋に併せて 720～780t/day のペースで移送され貯められる。この水収支から 4 つの建屋内には周辺から合計 400t/day のペースで地下水が流入していると思われている。

高温焼却炉建屋もしくはプロセス主建屋からは 720～780t/day の水がセシウム除去装置に移送されてまずセシウムが分離除去されるが、そのほかの放射性各種は除去されていない⁽⁸⁾⁽⁹⁾。また、水素の放射性同位体であるトリチウムは水から分離することは非常に難しい⁽¹⁰⁾。

東電の報告書⁽⁸⁾によれば滞留水のセシウム濃度は、低減しつつづけており、2014 年 1 月 7 日現在、プロセス主建屋で 22,000Bq/L、高温焼却炉建屋で 5,600Bq/L となっている。セシウム 137 の濃度が低減し続けるという事実は、地下水と冷却水（セシウム除去された循環水）による希薄効果の方が、冷却水が燃料デブリに再接触する際のセシウム 137 の溶け出し効果より大きいことを示唆している。

他の放射性各種濃度とトリチウム濃度については、上記の東電の報告書には記載がないが、地下水による希釈効果と燃料デブリからの冷却水（循環水）への溶け出し効果の大小によって挙動が決まることになる。

セシウム除去された水は、淡水化装置で 360t/day の淡水と 400t/day の濃縮塩水とに分離される。前者は冷やされて再び圧力容器に注水され、後者は一時貯蔵タンクに貯留される状態が続いており、この水の漏水が問題となっている。

疑問 20. 現在、地下水汚染に関して問題となっているのは何か？

大きく分けて二つある。一つは 4 月 10 日頃までに掛け流し式で供給した冷却水に起因する地下水の放射線汚染問題。もう一つは、一時貯蔵タンクからの処理水の漏出に起因する地下水の放射線汚染問題である。

一番目の地下水汚染問題については、原子炉の水蒸気爆発の危機に直面していた状況では致し方なかった性質のものと考えられる。事故発生後 1 か月間は、原子炉冷却対策に精一杯で周辺水位のコントロールまで手が回らなかったのはやむを得なかったと考える。掛け流し式の冷却水と山側からの地下水流入により、建屋やトレンチの滞留水水位は上昇し続け、漏泄が起らないように

するためには、建屋東側の地下水位を滞留水の水位より高く調整する必要があったが、上記の理由でコントロールできず、滞留水が電源ケーブル配線用ピットからあふれて護岸の隙間から汚染水が港湾内に流出する結果となった。

平成23年4月2日午前9時30分頃に護岸からの流出が発見され、その後止水工事により4月6日午前5時38分頃流出は停止した。約4.3t/h (103t/day) の流出が4月1日から6日まで、5日間 (120時間) 継続したとすると約520tの流出量となる⁽¹¹⁾。流出水の核種分析結果とピット内滞留水の核種分析結果から、放射性物質濃度は同レベルであることが判明しており、流出水はピット内滞留水と同一と推定されている。また、ピット及び2号機トレンチについては構造的につながっていることが確認されており、流出水は2号機タービン建屋から2号機トレンチを介して海へ流出したと考えられている。

ピット等からの漏水の漏れ口を塞いで汚染水の海への流出が止まったにみえたが、実際は、建屋東側の地下水位は事故前の1.6mから4mに上昇し、海水面との標高差に起因する水位差 (動水圧) により、汚染された水は外部に漏泄し最終的には温排水放出口などから港湾内に流出していると推測される。漏泄箇所は、建屋地下のひび割れ箇所、連結部、復水トレンチ・立坑等が考えられる。

東電の報告によれば、大部分はトレンチと立て坑から漏泄し、漏泄箇所では周辺土壌もセシウム137で汚染されている⁽⁶⁾。汚染水の一部はひび割れ箇所から地下に浸透し、地下浸透流として砂層を通じて海に向かって流出しつづけていると考えられる。

港湾内の放射性セシウム137とトリチウムの濃度は告示濃度 (セシウム137は90Bq/L、トリチウムは60,000Bq/L) 以下で推移しているが、ストロンチウム90の濃度は告示濃度 (30Bq/L) の約10倍で推移しており⁽⁶⁾、今後これらの濃度がどうなるかは予断を許さない。各種トレンチや立坑内に大量の高濃度汚染水が滞留していると考えられ、これらに対する汚染防止対策が喫緊の課題となっている。

地下水汚染の二番目の問題は、建屋の西側に設置されている処理水の一部貯蔵タンクからの漏泄によるものである。一時貯蔵タンクに貯蔵されている処理水については、セシウム137は除去されているものの、ストロンチウム90やトリチウムを始めとした他の放射性各種は未処理のままであり、塩分濃度も高くなっている。

2013年8月19日に一時貯蔵タンクから汚染水の最初の漏泄が発見された。その後、延べ10回近くの漏泄が起きている。漏泄水の放射線量として最大で2,200mSv/hが観測されたが、ほとんどがβ線なので人体影響は限定的と東電は報告している⁽¹²⁾。また、原子炉建屋西の山側には「地下水バイパス」という地下水を汲み上げて海に排出する井戸 (12本) があるが、南側6本でトリチウム濃度が数十Bq/Lから数百Bq/Lに上昇しているのが観測されている。原因は発表されていないが、一時貯蔵タンクからの汚染水の漏泄による地下水汚染の可能性が高い。東電側は基準値 (60,000Bq/L) 以下なので問題ないとしている⁽¹²⁾。

福島第一原子力発電所のある地形では、西側に山があり、地下水は西側から海側に流れている。一時貯蔵タンクは建屋の西側に設置されているため、漏泄した汚染水は地下に浸透し地下水の一部となって地下水層内に汚染を拡大しながらゆっくりと海側に向かって流動し、いずれは港湾内に流れ出る事になる。

一時貯蔵タンクからの汚染水の漏泄は、ずさんな工事や操作ミスなど人為的要因により引き起こされたものであり、やむを得ない事象として許される性質のものではない。しっかり管理をすれば十分に防げる性質の汚染である。

疑問 2 1. 溶融した核燃料が建屋の底部を突き抜けた場合の地下水汚染はどうか？

溶融した核燃料がメルトアウトした場合は、地下水汚染は非常に深刻になるであろう。この場合は、地下水位をコントロールしても何の効果もない。山側から流下してくる地下水のうち燃料デブリと接触した部分は深刻な放射能汚染水になる。汚染した地下水移動拡散の道筋は地下水位の勾配が最も大きな方向になる。メルトアウトが起こった場合、地下水汚染は燃料デブリの崩壊現象が終わるまで続くので数百年のオーダーで地下水が汚染され続ける事になる。

高温の燃料デブリが地層を溶かしながら地中に沈んで行くとすれば、鉛直の穴のようなものができよう。地層中では水分の比率は小さく地下水だけでは十分な冷却効果がないので、形成された穴の頂部から冷却水を注入し続けるしかないが、冷却水が燃料デブリの熱を奪ってもその熱を逃がすことが出来ないで冷却水自体の温度が上昇しよう。その結果、水蒸気が大量に発生し大気中に噴出することが考えられる。その際、放射能汚染された微細物質が大気中に飛び出し、新たな大気経路の放射線汚染が引き起こされるかもしれない。

メルトアウトの可能性は非常に少ないと考えられるが、最悪のシナリオとして、どのようなことが起こりどのような対策があり得るかモデルによるシミュレーションなど頭の体操をしておく必要があると考える。

疑問 2 2. 放射性物質による地下水汚染の人体影響はどう考えればよいか？

放射性物質に汚染された滞留水や地下水による人体影響について考えてみる。ヨウ素 131 は、その半減期が約 8 日間と短いので、外部被曝、内部被曝のいずれも問題にならないと考えられる。また、放射性各種分析結果によれば、滞留水からウランやプルトニウムは検出されていない。よって、それらによる人体影響も心配ないと考えられる。

人体影響のリスクを検討しなければならないのは、セシウム 137 とストロンチウム 90 と考えられる。両者とも半減期が約 30 年である。セシウム 137 の場合、蓄積する主な組織は筋肉組織で、生物学的半減期は成人で 70 日～100 日とされる。ストロンチウム 90 の場合は、蓄積する主な組織は骨で、生物学的半減期は約 50 年とされる⁽¹³⁾。

ストロンチウム 90 の実効線量はセシウム 137 の 2 倍程度と毒性はつよいが、量的にはセシウム 137 の量が圧倒的に多いと考えられる。しかし、滞留水については両者の比率に関する定量的データはない。ちなみに、1、2、3 号機から大気中へ推定放出された放射線量は、セシウム 137 が 1.5×10^{16} Bq、ストロンチウム 90 が 1.4×10^{14} Bq と推定されているが⁽¹³⁾、両物質のイオン化傾向が異なるため大気中の両者の比がそのまま当てはまるとは考えにくい。

両物質による外部被曝については、滞留水や地下水に直接接触しない限り、汚染水による外部被曝はしないと考えられるので、汚染水に接触しないことが肝要となる。福島第一原発の現場で汚染水処理に携わっている人には外部被曝のリスクを周知し細心の注意を払わせるべきである。

両物質の内部被曝については、一般人が汚染水を飲用することは考えられないので、汚染水によ

る内部被曝が心配される経路は、放射性物質が生物濃縮している貝類や魚を食することによるものである。セシウム 137 の魚類における生物濃縮度は、魚食性の高い魚種や大型の魚種ほど高くなることが示唆されている。魚の体内に取り込まれる経路は、餌の摂取のほか鰓を通じて直接取り込みも指摘されるが定量的データは不足している。

水素の放射性同位体であるトリチウムも滞留水に存在する。放射されるのはきわめて弱いβ線だけといわれ、半減期は 12.3 年で、人体にも魚介類にも殆ど留まらず排出されるとされる。実行線量はセシウム 137 の約 1,000 分の 1 とされる。滞留水のサンプリング結果からすると、滞留水中のトリチウム濃度は 100 万～500 万 Bq/L 程度と報告されている⁽¹⁰⁾。多核種除去装置 (ALPS) やセシウム除去装置では汚染水からトリチウムは除去できない。

トリチウムの毒性は弱いという意見が多数を占めるが、一方で、DNA に取り込まれやすいという研究もある。DNA にトリチウムが取り込まれると癌に結びつく変化が引き起こされる場合があるとも言われる。

放射性物質の人体影響についての考え方は、大きく二つに分かれる。一つは ICRP (International Commission on Radiological Protection) の 2007 年勧告を受容する立場の人と、否定する立場の人である。後者では ECRR (European Committee on Radiation Risk) が代表例である。我が国では、政府や関係する委員会は ICRP の 2007 年勧告に基づいて放射線被曝に関する様々な基準を設定している。しかし、NGO や一部の学者や研究者の中には、内部被曝が十分考慮されていないので基準が甘すぎると強く異論をとるケースもある。ICRP は安全サイドの評価を行うことを使命としている組織であるため、勧告が出るたびにさらなる安全側へと動いてきたとされる⁽¹⁴⁾。個人的には ICRP の 2007 年勧告の方がより説得力があると思っている。

参考文献・資料

- (1) 船橋洋一：カウントダウン・メルトダウン (上)、(下)、株式会社文藝春秋、2012。
- (2) 大鹿靖明：メルトダウン ドキュメント福島第一原発事故、株式会社講談社、2012。
- (3) 国際廃炉研究開発機構 (IRIS)：燃料デブリ取り出し代替工法についての情報提供依頼、2013。
(http://irid.or.jp/debris/TA_RF12J.pdf)
- (4) Wikipedia：燃料集合体。
(<http://ja.wikipedia.org/wiki/燃料集合体>)
- (5) 東京電力資料：福島第一原子力発電所周辺の地質・地下水および解析、2013。
(http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/roadmap/images/c130823_05-j.pdf)
- (6) 原子力規制委員会：タービン建屋東側における地下水及び海水中の放射性物質濃度の状況と対策、特定原子力施設監視・評価検討会 汚染水対策検討ワーキンググループ (第 3 回) 資料 2、2013。
(http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/tokutei_kanshi_wg/data/0003_02.pdf)
- (7) 原子力規制委員会：海側地下水及び海水中放射性物質濃度上昇問題の現状と対策、特定原子力施設監視・評価検討会 汚染水対策検討ワーキンググループ (第 2 回) 資料 1、2013。
(https://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/tokutei_kanshi_wg/data/0002_01.pdf)
- (8) 原子力規制委員会：福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含むたまり水の貯蔵及び処理の状況について (東京電力提出資料、第 1～133 報)
(例えば、<http://www.nsr.go.jp/press/2013/01/0109-01.pdf>)
- (9) 日本原子力学会福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会：福島第一原子力発電所の汚染水の処理

- について、記者発表資料、2013.
(<http://www.aesj.or.jp/jikocho/documents/press20130821.pdf>)
- (10) 東京電力資料：福島第一原子力発電所でのトリチウムについて、2013.
(http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2013/images/handouts_130228_08-j.pdf)
- (11) 原子力規制委員会：福島第一原子力発電所2号機の取水口スクリーン付近のコンクリート亀裂部からの流出量について
(<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/earthquake/houkoku6/siryoku14.pdf>)
- (12) 原子力規制委員会：汚染水問題に関する基本方針（平成25年9月3日原子力災害対策本部決定）概要、特定原子力施設監視・評価検討会（第15回）資料2-2、2013.
(http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/tokutei_kanshi/data/0015_04.pdf)
- (13) 原子力機構：放射性セシウム-137と放射性ストロンチウム-90の経口摂取による内部被ばくについて、2011.
(<http://www.jaea.go.jp/fukushima/pdf/gijutukaisetu/kaisetu09.pdf>)
- (14) 安井至（2011）：ICRPはなぜ信頼できるのか、市民のための環境学ガイド
<http://www.yasuienv.net/ICRP-ECRR.htm>

循環に根差した環境共同体の構築を目指して

上智大学大学院地球環境学研究科客員教授 柳下 正治

1. はじめに

(1) JICA の対中援助プロジェクトへの参加

私は、JICA の対中援助プロジェクト「都市廃棄物循環利用推進プロジェクト」⁽¹⁾の日本側研究者グループの一員であり、併せて JICA からの上智大学への事業委託により、自ら調査研究に関わっています。このプロジェクトは中国が直面する重大政策課題である都市廃棄物政策に対して、国家政府に政策提言を行うことを最終目標とするという、大変に意義深く重責を担ったプロジェクトです。しかも、中国政府・大学・地方都市との本格的な共同研究を伴っているところにも大きな特徴があります。研究対象の場が、問題の規模、質の点で人類史において群を抜いて大きく深刻である中国ですので、もし問題解決への道筋が開拓できれば、地球上での持続可能性の途の開拓への展望に繋がるのではないかという期待があります。つまり、東アジアの多くの環境事案解決の汎用モデル、更には、多くの途上地域の開発と環境の相克の克服のためのモデルに発展しようと期待しているのです。

(2) 中国が直面する環境問題

現在、中国が直面する環境問題は、中国自身の努力や国際的な支援の強化にもかかわらず、依然として深刻です。激甚な公害問題、地球環境問題、及び自然資源の劣化問題が、相互に複雑に絡み合い、地球上でどの国も経験したことがないような、非常に困難な問題群を形成しています。その解決は、地球上でのいわば「未踏峰への挑戦」であり、単純に移転できる解決策が日本も含め先進諸国に存在するとは思えません。

世界の 20% の人口を擁する中国の急速な経済開発の進展は、有限な地球の資源の配分に大きな影響を及ぼします。このため、中国の環境問題解決への挑戦は、有限な地球上における持続可

(1) 対中の技術協力プロジェクト。近年、発生量の激増、環境汚染、資源制約等の面で中国において大きな問題となっている都市廃棄物について、その循環利用を促進するための国家政策を提案することを目的とする。中国側のフォーカルポイントは、国家発展改革委員会。重点を置く個別廃棄物としては、食品廃棄物、包装廃棄物及び廃タイヤが挙げられている。活動期間は、2011 年 10 月から 2015 年 1 月まで。モデル都市として、青島市、嘉興市、貴陽市、西寧市の 4 都市が選ばれ、中国側の研究機関は、清華大学、北京工商大学、嘉興学院及び国家社会科学院の 4 機関。日本側の研究機関は、上智大学のほか、神戸大学、金沢大学及び鳥取環境大学の 4 大学。

能性への挑戦であり、国際社会の関心の的にならざるを得ません。これに対してきちんと答えを出すということは、地球社会への偉大な貢献になると思っています。中国と環境共同体を形成する日本は、これまでODAを活用して、中国の環境問題に深く関わってきましたが、その卒業が目前である現在、政策対話・政策調整を中心とした協力の構築が重要であると考えます。

2. 「都市廃棄物循環利用推進プロジェクト」の特徴

(1) プロジェクトの概要

本プロジェクトは、4モデル都市（青島市、嘉興市、貴陽市、西寧市）での問題解決の模索や検証を土台として、国家政府（国家発展改革委員会が中心）への政策提言を行うことを最終目標にしています。対象は、あらゆる種類の廃棄物が混入した都市廃棄物（都市ごみ）です。都市廃棄物全体を視野に、その適正管理・循環利用の推進に関わる政策の提案を目指しますが、その際に特に食品ごみ、包装廃棄物、廃タイヤの3つの廃棄物に対してはより具体的な問題解決のための方策を提言することになっています。食品ごみは、中国全土の都市に共通した緊急を擁する重要課題であり、当面事業系食品廃棄物に焦点を合わせて解決策を探ります。包装廃棄物は、経済社会の近代化の進展に伴い、ワンウェイ式容器・包装が急増しており、民間回収市場への依存だけでは循環利用推進は限界に達しています。廃タイヤは、モータリゼーションの急展開に伴い急増しており、処理・資源化体制の確立が急務となっています。

また、本プロジェクトは、日中の大学研究者が連携して、研究協力体制を構築しているところにも特徴があります。

(2) 物質循環の下流に着目

図1は、物質循環と本プロジェクトの領域を図式化したものです。

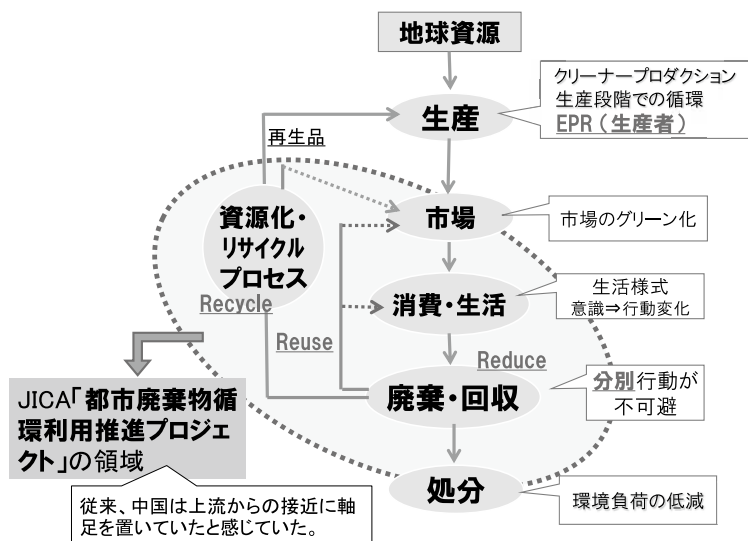


図1 物質循環システムにおける本プロジェクトの位置（筆者作成）

図1は、地球から資源を採取し、生産プロセスに投入し、製品が市場を通じて消費され、生活に使われて、廃棄されて、処分されるという一般的な物質フローをベースにして作成しています。このフローをできるだけ3R、すなわちリデュース、リユース、リサイクルの方向にいかにか転換するかが本プロジェクトのねらいです。図1の中の楕円の点線の部分が、本プロジェクトが扱っている領域です。上流から下流の物質循環のフローの中で、下流を中心としたところに今回の都市廃棄物循環利用推進プロジェクトがあります。

中国は2002年頃に循環経済政策の推進を打ち出し、2008年に循環経済推進法が制定されましたが、私の印象としては、中国はどちらかという従来図1の上流の方に力点を置いた政策を講じてきました。しかし、本プロジェクトは下流の方をいかに強化するかというところに重点を置いており、一歩踏み込んだ政策に転換しようとしています。

(3) 都市ごみ対策は、都市・地域ごとに最適解を見出すべき

次に、循環型経済の実現に向けた対策を、「生産段階⇔生活・消費段階」、及び「技術に依存した対策⇔人の行動に依存した対策」という二軸を設定して考えてみたいと思います（図2参照）。

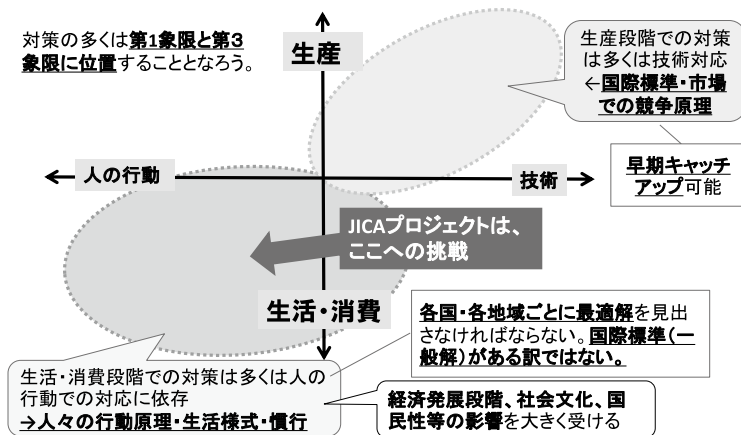


図2 JICAプロジェクトの位置（筆者作成）

上流の生産段階での循環の戦略、対応はどちらかという技術中心の取組になります。この段階では、国際標準や市場での競争原理が働くので、早い段階でキャッチアップして社策レベルを向上させていくことが可能と考えられます。一方、生活・消費段階での対応になると、技術もちろん大事ですが、どうしても人の行動による対応が要求されます。人々の行動原理、生活様式、慣行・慣習といったものを取り扱わなければいけません。国際標準や一般解があるわけではありません。経済の発展段階、社会文化、国民性等いろいろな影響を受けます。その結果、各国・各地域で最適解を見出さなければなりません。JICAのプロジェクトは、こういう問題を有した領域への挑戦だと言うことができます。

長年日本に住んでいる中国人が書かれたエッセイの一節に、スーパーマーケットでの買い物の風景が描写されています。一般的に日本人は料理の献立を予め考えて、その献立に必要な品を採

し求めます。中国人は、食材を見て気に入ったものを購入し、買い求めた食材でどういう料理が一番適切かを考えます。これはどちらかが間違っていて、どちらかが正しいとは言えません。両国で人々が常識と思っていることに違いがあるので、簡単にどちらかに合わせようという考え方はそもそも間違いであるということを行っています⁽²⁾。

ごみ問題は日常生活に関わる問題ですから、最終的には人々が適正管理・循環利用の推進に沿った行動をとるための最善のルールは、その国が、あるいはその国民が最終的に熟慮し選択・決定しなければいけないのだらうと考えます。そうすると、人々に行動の変化を求めようとするときに、一体何に訴えたらいいのでしょうか。例えば規制や強制力なのか、何か経済的なインセンティブのような、経済的政策手段に訴えるのか、人の倫理観や理解力や認識力に訴えるのか。ここには世界共通の答えはありません。それぞれの国が考えなければいけない問題であると思います。

(4) 時間短縮で一気の問題解決を目指す中国

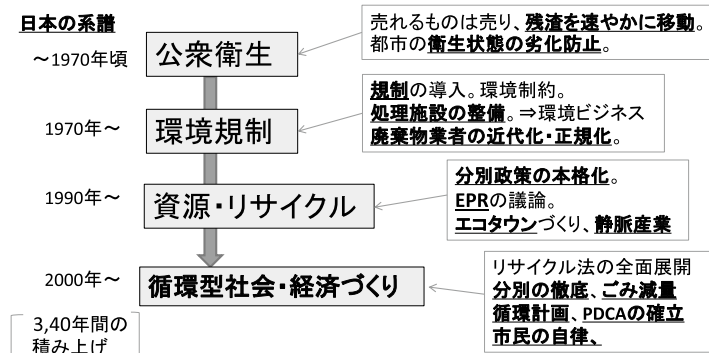


図3 廃棄物問題解決の段階（日本の経験）

日本のごみ問題は、公衆衛生から、環境規制、資源・リサイクル、循環型社会・経済づくりへと、1段、2段、3段、4段と上がって進んできました。日本の場合は循環型社会・経済づくりにたどり着くまで、30～40年間の積み上げがありました。現在、中国では公衆衛生の段階で切実な問題に直面している現状にありながら、段階を飛ばしてでも循環型経済づくりまで一気に問題を解決しようとしています。いわば、多段階的な問題の同時解決を目指そうとしています。また、中国社会では、世界の最先端部分と、前近代的な部分が同居していることもあって、問題を一層複雑にしています。日本の経験の単純な移転では問題解決は不可能と思います。世界中に前例のない新しい中国型モデルの構築が必要だと思えます。

(5) プロジェクトから見えてきたその他の課題

本プロジェクトを通じて見えてきたその他の課題を網羅的に8点について述べてみます。

第1に、中国では、これまで何度も廃棄物分別の試行・実験を行ってきましたが、まだ成功を

(2) 欧陽 蔚怡；感受日本 わかりあえるか中国人と日本人；2010

取っていません。中国社会で廃棄物分別を定着させていくための方策を見出すことが重要課題となっています。

第2に、日本でも40年以上前の頃まではそうでしたが、中国では非正規業も含めたごみ回収業にかなり依存した有価物回収が行われてきていますが、これが限界に達しています。この伝統的なシステムの近代化・高度化を進めるには、背景にある低所得層の存在の問題と向き合わなければなりません。

第3に、食品ごみが、中国の都市ごみの6～7割を占め、水分・油脂分を非常に多く含んでいるということです。これが中国のごみ問題を困難にしています。ごみの焼却率は15%程度で、簡易な埋め立ては環境破壊の原因となります。一方、食品の安全性確保が重要な政策課題であり、食品廃棄物の取組に道筋をつけることが重要な課題になっています。

第4に、中国の政策当局と廃棄物管理の話をする、これは先ほどの献立の話に似ていますが、日本の場合はどちらかというと廃棄物フローを先に考えて、それから個々の技術や施設を考えます。中国ではどちらかというとフローよりもプロセス重視の傾向が強いように思います。この辺になると、物の考え方の何を重要視するかというところの違いかもしれません。

第5に、計画の策定や廃棄物管理の推進において鍵となる廃棄物統計・データ等の整備が不十分であるということです。廃棄物フローの把握や廃棄物会計やLCA（ライフサイクルアセスメント）等の分析の実施など、大きな課題解決の前段として解決すべき課題がまだかなりあるということです。EPR（拡大生産者責任）の本格導入のためにも、この問題への対応は重要です。

第6に、日本も縦割り行政の弊害はいつも指摘されますが、中国もそれに劣らず大きな克服課題です。多くの関係行政機関の有機的連携の実現が、廃棄物管理・循環利用の推進のためにどうしても必要です。

第7に、住民のアンケートを見ると、一般公衆のごみ問題に対するかなり高い関心が窺えるということです。また、非常に先駆的なごみ対策を模索している都市が存在しているということです。

最後に、地域組織との役割に注目したいと思います。日本では町内会、韓国では班常会という、東アジア独特の地域組織があります。中国でも社区という、行政の一番末端であるとともに、地域住民の自治組織があるということです。都市廃棄物の管理の向上、分別行動の定着等において、住民の協力が不可欠であり、地域組織が1つの地域取り組みの活性化の核になるのではないかと期待されています。

3. 政策提言に向けて

本プロジェクトは2015年1月まで継続します。政策提言に向けて、どの辺に問題があるか等についてまだまだ議論を深めていかなければなりません。都市廃棄物の循環利用の推進についての政策提言として、私個人として念頭にある重要課題は以下の6点ではないかと考えています。

第1に、これから都市廃棄物循環利用の推進のための計画・戦略の策定と、その着実な実施と評価分析を可能とするための施策・手法を提案することです。この辺の仕組みを構築しその仕組

みをきちんと実践できるための能力の向上がポイントかと思います。

第2に、廃棄物の分別政策をいかに中国に適した形で導入・定着することができるかということです。国情や地域の実態に応じた分別回収の定着のための効果的な政策措置が必要です。またそれを生み出すための住民を対象としたアンケート調査（社会調査）の効果的な活用方法と実施に関するガイドラインを提示することです。

第3に、既に動き始めていますが、事業系食品廃棄物の循環利用についての国家レベルでの法制度化、技術ガイドラインの提案が緊急課題です。

第4に、包装廃棄物については、当面の措置として資源回収のために強制的にでも回収すべき廃棄物のリスト化を行うということ。例えばその中で、最近、市場に任せては進まなくなってしまうガラス廃棄物を、実際に行政、企業、回収事業者、地域社会の連携でいかに進めるかという実証的な研究も必要とされます。

第5に、廃タイヤについても、その循環利用の推進のための制度的な枠組みを提案すること。

第6に、包括的な問題として、中期的には中国社会でのEPRという考え方に基づく新たな政策を近未来において導入するための研究の推進に関する提案が必要だと考えます。また、情報・データ管理の確立や、人材育成、廃棄物に関わる事業者の正規化のための措置に関する提案も大変に地味ではありますが非常に重要であると考えています。

以上の課題を、これから1年間、日中関係者で大いに議論して、いい政策提案につなげていくことが必要ではないかと考え、今、日夜協力関係を深めているところであります。

4. 東アジア地域における循環に根差した環境共同体の構築を目指して

(1) 背景

次に、東アジア地域に目を転じて話を進めたいと思います。2006年に東京でアジア3R推進会議が開催されて以来、アジア19カ国と8国際機関が参加して3Rの推進について議論をしています。東アジア地域で3Rを実現するには、各国による廃棄物管理・3Rの効果的な政策・戦略の推進と、地域内各国間の政策調整と国際協力の強化の2つが両輪だということがうたわれています。

東アジアというと、一般的に北東アジアと東南アジアを含めた地域を指しますが、ここでは以下、日本、中国、韓国を中心とした北東アジア地域を頭に置いて話を続けます。

(2) 北東アジア地域の世界に占める位置

日本、中国、韓国が世界に占める位置を確認しますと、最近の統計では、3カ国で人口は世界の23%を占めます。中国だけで20%を占めます。経済規模は世界の約20%を占めます。温室効果ガス、大気汚染物質、廃棄物などの指標で見た環境負荷の排出量は約30%を占め、他の社会経済指標の割合よりも環境負荷の割合の方が大きいのです。今や、ものつくりの世界の拠点であり、消費の拠点でもあり、特に資源・エネルギー多消費型の産業構造となっています。地球環境に対する責任は、北東アジアは重たいと改めて思わざるを得ません。地球資源依存性の高い東アジア地域は、ものつくりの拠点地域として、また一大消費地域として、物質循環に対して国際

表1 日本・中国・韓国の世界における人口、経済、環境負荷の割合

項目	世界に占めるシェア(3カ国の合計) %		
	日中韓合計	中国	1990年
人口	23.4(2012年)	19.5	25
国内総生産	20.2(2011年)	10.3	17
一次エネルギー供給	24.9(2010年)	19	16
銑鉄生産量	69.7(2011年)	58.5	29.8
セメント生産量	60.9(2011年)	58.1	28.3
自動車生産量	40.1(2012年)	22.9	31.5
カラーTV生産量	45.1(2012年)	41.1	33.5(1995年)
パソコン生産量	100.0(2012年)	97.9	16.3(1995年)
GHG 排出量	29.6(2010年)	24	16.9

出典：世界国勢図絵 2013/14 より筆者作成

的な役割を果たす必要があります。

表1は、日本・中国・韓国の世界における人口、経済、環境負荷の割合を具体的な数字で示したものです。1990年と直近の日本、中国、韓国の3カ国の合計の世界に占めるシェアを比較すると、人口のシェアは若干減っているものの、経済規模は拡大しています。それ以上に一次エネルギーの供給量のシェアが拡大しています。銑鉄生産量、セメント生産量は、中国が圧倒的に多いのですが、世界の6~7割は北東アジアで生産しているということになります。自動車生産量もいつの間にか世界の40%、パソコン生産量は100%となっています。GHG(温室効果ガス)排出量は3割を占めます。世界の東の一番端っこにあると思われる東アジア地域が非常に重い地位にあるということ、再確認しておく必要があると思います。

次に、日中韓に世界の縮図を見ることができるということを申し上げたいと思います。

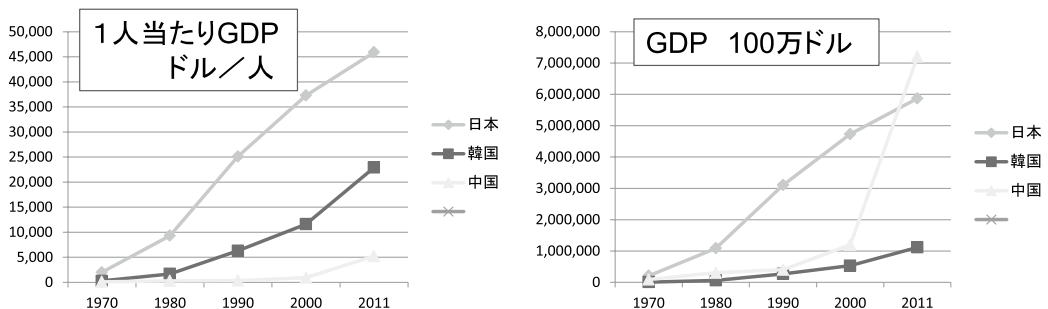


図4 日中韓の経済の発展の軌跡 (世界国勢図絵 2013/14 より筆者作成)

世界は様々な経済発展のパターンの国から構成されていますが、隣り合わせにある日中韓の3カ国の経済の発展の軌跡を図4に示します。最近の中国の経済成長の急成長は、皆さんよくご存じのとおり大変に著しいです。

表2 日中韓の経済的相互依存性（世界国勢図絵 2013/14 より筆者作成）

	輸出依存度 (%)					輸入依存度 (%)				
	日本	韓国	中国	US	他	日本	韓国	中国	US	他
日本	—	8.0 ③	19.6 ①	15.5 ②	56.9	—	4.6 ⑥	21.5 ①	8.9 ②	65
韓国	7.1 ③	—	23.9 ①	10.0 ②	59	13.0 ②	—	16.5 ①	8.5 ③	62
中国	7.8 ③	4.4 ④	—	17.1 ①	70.7	11.2 ①	9.3 ②	—	6.8 ④	65.9

また、一方で3カ国は経済の相互依存度が非常に高いことも指摘したいと思います。表2に示した2011年のデータで見ますと、日本にとっても韓国にとっても輸入相手国・輸出相手国は中国が第1位で、中国にとっても輸入相手国は日本が第1位です。貿易におけるこの3カ国の相互依存性は非常に強いということは改めて感じざるを得ません（表2参照）。

（3）環境共同体を形成する北東アジア地域

北東アジア地域は、自然条件、社会・文化面で深く関係があり、経済的に相互依存が深いという中で、「環境共同体」を形成しています。同地域は、海洋環境、大気環境、自然生態系を共有していて、環境・自然資源においても相互依存関係にあるということです。こうした環境・自然資源の共有性を背景に、環境問題の解決のために地域の政策・対策の共通の枠組みを模索する動きがあります。目標・情報の共有の下、それぞれの国の特性や違いを認め尊重しつつ、対等な立場での役割分担によってそれぞれの国が責任を持って取組を行い、その結果、相乗効果が生まれてくるような協力・連携を目指すというものです。

具体的な例としては、アジア地域における有害廃棄物不法輸出入防止国際ネットワーク、東アジア・オーストラリア地域フライアウェイ・パートナーシップ（渡り性水鳥保全連携協力事業）、酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）、北西太平洋地域海行動計画（NOWPAP）、北東アジア環境協力プログラム（NEASPEC）といった共同の枠組みが模索されています。

（4）北東アジア地域の協調・協力の意味

私は、環境共同体にある3カ国が友好的・協調的な関係の下で環境、資源・エネルギー、食料等の問題を解決し、そして、持続可能な北東アジア地域を実現するという事は、この地域の協調関係の強化・発展にも大いに貢献するものと強く感じています。

また、最近、持続可能な発展の道筋をめぐり世界は利害が多極化して複雑な構造を見せていますが、この地域で地球規模の環境問題や循環型経済社会政策に係る問題の解決に向けて、政策協調の体制を確立することができれば、世界に対する偉大な発信・貢献につながるのではないのでしょうか。

（5）循環政策の地域協力の可能性

①日本、韓国及び中国の循環政策の系譜

3カ国にはそれぞれ循環に関する法律があります。日本では2000年に循環型社会形成推進基

本法が制定され、「循環型社会」を定義しました。韓国は2008年に、資源の節約と再利用の促進に関する法律を改正して、「循環資源」、「資源循環型社会」を定義しました。中国は2008年に中華人民共和国循環型経済促進法が制定され、「循環型経済」を定義しました。道筋は必ずしも同じという訳ではありませんが、道筋が違って、目指す最終ゴールは共通であると思います。

②後発のメリット論

最近、私は韓国の廃棄物管理政策を研究する機会に恵まれました。90年頃までは日本の迎ってきた経路を追随していたように見えたが、90年以降、急速に経済が発展する過程で、韓国の廃棄物管理・3R政策は急展開し、独自の道をどんどん歩み出したという経緯が認められます。日本と韓国の廃棄物管理政策は、究極的目標は共通であるが、目標達成の道筋や政策手法は異なる点が多くあります。韓国は独自モデルの廃棄物管理政策モデルを構築したと考えられます。

「後発のメリット」は2つの点で見出すことができると考えられます。第1の後発のメリットは、先進国から情報を吸収することにより、開発・発展段階を短縮させて、国情に即して発展段階を変容させて、早期に新しい政策段階に到達することが可能となるということです。

第2の後発のメリットは、政策革新を目指す政策の形成・決定・実行過程において、制度、組織、資金の流れ等を含む「惰性と慣行」といえる制約（しがらみ）が後発の国においては先進地域のように構築されていないために、大胆な政策を素早く導入することが可能になるということです⁽³⁾。

中国が今まさに循環政策で大きな飛躍をしようとしています。ここに、共通点が多いものの独自の道筋を歩んでいる日本と韓国のそれぞれの事例を参考として、後発のメリットを最大限に活かすことができるのではないかと期待しています。そして、今後いずれ日本は、韓国や中国での新しい挑戦を逆輸入できるようになると考えます。

5. 終わりに—循環文化—

締めくくりに代えて、今回の国際シンポジウムにおけるキーワードである循環文化とは何かを考えたいと思います。私は何をお話したらいいのか随分悩みましたが、提案とはいきませんが、気がついたことを述べます。

日本の環境基本計画には、長期目標概念として、「循環」という2文字が入っています。この循環の概念は、単に物質循環だけではなく、大気、水、土壌、さらには騒音、地盤沈下、悪臭も含めて広い意味で用いられています。中国の「循環経済」政策も、決して物質循環だけではなく、水、エネルギー、土地等の広範な対象物に対する節約概念で用いられています。歴史をたどってみると、中国の古代思想である「五行思想」にたどり着くように思われます。木・火・土・金・水、この5つの元素から万物は構成されていて、これが互いに影響を与え、あるいはその生滅盛衰によって天地万物が変化し、循環するのだという考えが根底に存在しています。その

(3) 柳下正治、韓国の廃棄物管理・循環型社会政策（日韓の政策比較）、OECC会報62、pp14-15

思想が、5～6世紀に中国から朝鮮半島を通じて日本に伝わってきたようです。いわば共通のDNAを有しています。その後、いろいろな発展・変化を各国で遂げてきたのだと思います。このような思想及び「循環」の概念は、英語圏への適切な翻訳は困難であり、東アジア特有の共通概念ではないかと思います⁽⁴⁾。

欧米の「循環」はどちらかというと非常に物質論的な、あるいは工学的・経済学的な文脈で語られています。これに対して東アジア地域では、人の生き方、ものの見方、感じ方なども含めた概念として、人々に広く受け入れられているのではないかと思います。これを「循環文化」と称したいと思います。これに根差した施策や社会制度が東アジア地域で構築できれば、これこそが世界に対して新たな発信にも、貢献にもなり得るのではないかと考えます。

討議においては、是非とも、日中韓の各国において「循環」という言葉がどう受け止められ、定着しているのかについて情報共有を図り、「循環」を基調とした経済・社会の形成に向けた地域内の協力の可能性、そして循環文化に支えられた取組を世界に発信していくことの有意義性を議論していただければ大変ありがたく思います。

(4) 橋本、森口、柳下他、循環型社会像の比較分析、廃棄物学会誌、2006.5

Richard Louv. Last Child in the Woods. Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder. Algonquin Books (2005)

柴田 晋吾

ドイツの諺に「森にとっては人なしのほうがいいが、人にとっては森なしにはいられない」というものがある。「森にとっても必要な人になれるかどうか」が人類の生き残りのために今問われているが、「人にとっては森なしにはいられない」理由は、森には木材・バイオマスなどの産物の提供に留まらない「環境」としての無限の価値があるからである。自然とのコンタクトによる恩恵もその一つである。

この本は数年前にアメリカで話題になり、アメリカの森林学会の年次大会で著者の Richard Louv 氏が招待講演を行っている。“Nature-Deficit Disorder” (NDD) は、日本語にすれば『自然欠乏疾患』となろうか。近年、アメリカやカナダでは、集中力の低下などの身体面・精神面での異常を訴える子供が増加しているとされる。著者は、このような現象は、農村社会から都市型社会への変化、都市部における農地と森林の減少、それに伴う子供達の遊びの野外型から室内型への変化などにより、子供達と自然とのコンタクトの減少が要因となっているという仮説を立て、これらの症例を包括的に“Nature Deficit Disorder (NDD)” (自然欠乏疾患) と称している。この仮説をサポートする研究成果として、自然とのふれあいが『注意欠陥多動性障害 (ADHD)』の治療に有効である可能性があるという近年の研究成果をはじめとして、身体面・精神面の健康のために自然とのふれあいが不可欠であるという証拠が数多く出されるようになってきていると主張している。そしてこの本では、子供達を NDD から救うために野外での遊びを復活させる必要性について数多くの事例とともに説いている。

本の構成は、7章に分かれている。最初のイントロダクションで、「子供達は良い栄養と睡眠を必要としているのと同様に、自然とのコンタクトが必要である」という科学者の言を紹介している。1章では、子供と自然との関係の変化の原因と現状について、2章では、子供（およびその他の人々）が自然を必要とする理由についてそれぞれ説明されている。3章では、「Johnnie と Jeannie がどうして屋外で遊ばなくなったのか」、4章は、「子供と自然の新たな関係について」、5章は、「ジャングルの黒板」、6章は、「驚きの土地：4番目のフロンティアの開拓」、7章は、「驚くべきこと」というタイトルがそれぞれつけられて、自然とのコンタクトを取り戻すための考えが述べられている。以下では、1-2章から印象に残った記述を拾い上げて紹介する。

1章では、著者が子供の時に、郊外の森や農地を何時間もかけて探検し、木登りをして遊んだ経験が描かれる一方で、現代の多くの地域で訴訟等のリスクから外遊びを禁じることが一般的となってしまったことが書かれている。ノースカロライナ州で過去 20 年間に森林が 20% 減少したなど、アメリカではオープンスペースの減少が深刻になっている。公園やオープンスペースへのアクセスの減少が、高い犯罪率、抑うつなどの都会に特有の問題を引き起こしていることや、アメリカの家族のレジャーの時間が減少し、多くの時間をテレビやコンピュータの前で過ごすようになり、食事やデスクワークのために大人や子供の肥満が増えていることを示す研究があることが紹介されている。そして、自然欠乏疾患は、自然から乖離した人類が受けているコストであり、

感覚を使うことが減る結果起こる注意欠陥や身体的精神的な疾患の増加などが含まれるとしている。

2章では、どうして子供（およびその他の人々）にとって自然が必要なのかについて説明されている。自然とのコンタクトによって、サッカーなどの規則に基づいたスポーツでは得られない様々な肉体的、精神的な経験が得られることが強調されている。そして、自然の中で時間を過ごすことの主要な便益の一つがストレスの解消であることを示す100以上の研究報告があることを紹介している。ハーバード大学のガードナー教授が、1983年に提唱した7つの知的能力（語学力、数学力、絵画力、体力、音楽力、対人能力、自己能力）に加えて、近年、8番目の知的能力として「自然力」を追加したことを述べ、「自然力」は、人間の動植物などの自然環境を認識する人間の能力であり、チャールズ・ダーウィン、ジョン・ミュア、レイチェル・カーソンなどがこのタイプに含まれるとしている。そして、ウィスコンシン大学のウィルソン教授が述べているこの8番目の能力を有する子供についての以下の特徴を紹介している。すなわち、1. 視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚などの能力が高い、2. 自然界の物事について気付き、類型化するために研ぎ澄まされた感覚を使うことができる、3. 屋外にいること、庭仕事、自然歩行、自然観察のための現地訪問などの屋外の活動を好む、4. 周囲の環境から好き、嫌い、類似点、異常などに容易に気がつく、5. 動植物とそれらの世話に関心を持つ、6. 他者が気づかない環境の事象に気がつく、7. 自然物についての収集やスクラップブックの創作などに勤しむ、8. 自然、科学、動物についてのテレビや本に高い関心を持つ、9. 環境や絶滅危惧種に高い関心と懸念を持つ、10. 自然界の物や種についての特徴や名前などを容易に学ぶ、の諸点である。

ところで、2007年から2009年にアメリカ森林局南部研究センター、ジョージア大学、テネシー大学が共同で行った子供の屋外活動についての調査によれば、6歳から19歳の青少年の61%が平日に2時間以上屋外で過ごし、77%が週末に2時間以上屋外で過ごしており、約半数が平日4時間以上屋外で過ごし、平日または週末に屋外で過ごすことがない者は5%未満に過ぎないという結果となっており、アメリカ南部地域の子供は現代でもかなり外遊びをしているというデータもあることを付記しておきたい。

我が国でも、1982年にレクリエーションのための森林とのふれあいのことを指して初めて「森林浴」という語が用いられたが、その後、森林療法・森林セラピーの研究や森林医学学会の創設など、森林の有しているセラピー機能についての関心が高まるようになってきた。幼少期における青少年の人格形成や精神面の健康増進と自然とのコンタクトの関係についての科学的知見はまだまだ未解明の部分が多くあり、NDDという仮説やADHDの治癒効果などについては異論もあると考えるが、現代のアメリカが抱えている問題の一端を浮き彫りにしている書であり、一読をお勧めする次第である。

上智地球環境学会

1. 設立主旨

持続可能な地球社会システムを形成するために、社会科学、人文科学そして自然科学の成果を総合した地球環境学の創成と発展の必要性が今日誰の目にも明らかになってきています。上智地球環境学会は、これに貢献するために研究者の知的コミュニケーションと人的ネットワークの形成およびそれを基礎にした、研究と人材育成のダイナミックな展開を目的として発足しました。自由でオープンな議論、自立的な研究の相互依存、琢磨によって新しい文明創造的な場を広く提供していきます。

2. 学会の活動

- (1) 定例研究会の開催
- (2) 研究紀要『地球環境学』の発行
- (3) ディスカッションペーパーの発行
- (4) その他

3. 構成メンバー

- (1) 地球環境学研究科 専任教員
- (2) 地球環境学研究科 大学院生

編集後記 Editor's Postscript

当研究科紀要「地球環境学」第9号が完成しました。執筆者皆様のご協力に感謝申し上げます。論文、研究ノート、資料、書評と幅広く読み応えのある紀要としていただきました。当研究科の発展とともに、本紀要がさらに充実していくことを期待しております。有難うございました。

(川上 毅)

地球環境学	No. 9
	2014年3月27日発行
発行	上智地球環境学会 〒102-5224 東京都千代田区紀尾井町7-1 Tel. 03-3238-4366 Fax. 03-3238-4439 上智大学大学院 地球環境学研究科 URL: http://www.genv.sophia.ac.jp
印刷所	株式会社 白峰社

ISSN 1880 - 7143