

2001年度

環境三四郎 & 環境政策ネットワーク

合同研究発表会

発表要旨集

日時： 2002年3月24日(日)
12:00 - 18:30

会場： 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学工学部2号館23講義室

主催： 環境三四郎
環境政策ネットワーク

はじめに

今回、環境政策ネットワーク(以下、EPN)とともに研究発表会を企画した環境三四郎リサーチセンター(以下RC)は、環境サークル・環境三四郎の一部門として、2000年12月に立ち上げられました。

この部門の立ち上げの背景には、環境三四郎の創設世代のメンバーを中心に博士学位取得者や大学のスタッフが生まれたことがあげられます。そうした会員が責任を持ち、世代を越えた枠組みで、これまで以上に継続性や公開性の高い活動を行っていくことを目的としています。活動内容としては「環境問題に関する調査・研究・情報発信」と「他部門の調査活動の支援」を行うこととしました。これらの活動結果を、今後3年を目途に環境問題の入門書・教科書のようなものにまとめることを目標としています。

昨年度は、「自主研究」として「水俣病」に関する実証的な研究をおおよそ4か月にわたって行い、17人のメンバーが参加しました。水俣病問題は、環境問題を考える上で欠かすことのできない重要な視点が含まれている古くて新しい問題です。2001年4月に研究成果の報告会を開催しました。この際は、テーマ講義「環境の世紀 未来への布石」で宇井先生や原田先生が出講されることもあり、主に三四郎の1,2年生向けに水俣病問題のイントロダクションとして水俣病の原因究明と認定制度に焦点を絞った内容を提供しました。全体の調査結果については報告書にまとめられ環境三四郎のホームページで公開しています。

活動第二年目となる今年は、本郷と駒場それぞれでゼミを開催することとしています。駒場向けには「環境学の技法」と題して、駒場生のためのおもしろくてためになる講義を行っていきます。既に第一回は山下英俊さんを講師に迎え、環境経済学の手法でエクセルを使った産業連関分析を演習を交えて行い、好評でした。

一方本郷では、「環境学の先端領域」として、メンバーそれぞれの専門分野から環境問題に関連してホットな話題を提供してもらうような活動を行っていきます。本発表会は、その第一弾として位置づけられるものです。今回は、EPNとの合同開催というチャンスに恵まれ環境三四郎の枠にとどまらない発表会となりました。RCの今後の活動にとっても大きなヒントになるのではないかと思います。

環境問題について研究する際には、自分の研究室や学科の枠を越えて、さまざまな分野の人と意見を交わせる能力が必要不可欠です。今日、自分の発表に対して出された質問や意見は、すぐにはみなさんの研究や仕事に役立たないかもしれませんが、ただ、将来何かの役に立ったりアイデアのきっかけになることがあるかもしれません。その意味で、一つ一つの意見や質問を大切に持ち帰っていただきたいと思います。また、発表を聞かれる方も、各人一つは必ず質問を出して、意見を交わす能力を磨いていって頂きたいと思います。この機会を大いに活用し、互いに成長できる場を実現しましょう。

環境三四郎RC部門

泉 桂子

泉 岳樹

山下 英俊

環境三四郎&環境政策ネットワーク 合同研究発表会

発表プログラム

12:00 主催者挨拶（環境三四郎RC部門 共同代表 泉桂子）

12:15 進行方法の説明（環境三四郎RC部門 共同代表 山下英俊）

12:30 学部卒業生の部 開始（12分発表+3分コメント+5分議論）

（基礎研究系）

1. シロイヌナズナにおけるホウ素栄養に関する遺伝子の研究
三輪京子（東京大学農学部生命化学専修植物栄養・肥料学研究室）
2. 漂着レジンペレット（プラスチック小粒）における疎水性有機汚染物質吸着量の粒子間変動
遠藤 智司（東京農工大学農学部環境資源科学科）
3. 共進化モデルに基づく遺伝的プログラミングの並列化
神尾正太郎（東京大学工学部電子情報工学科）

13:30-13:40 休憩

（環境評価系）

4. 産業連関表を用いたシナリオ評価型LCA
湯本 和紘（東京大学工学部化学システム工学科）
5. リスクの社会的認知の研究
立石裕二（東京大学文学部）
6. ホルムアルデヒドの室内汚染対策の評価に関する研究
～リスク論に基づく費用効果分析～
岡田浩一（早稲田大学）

14:40-14:50 休憩

（環境政策系）

7. 循環型経済モデルによる廃棄コスト内部化の理論的分析
猪野弘明（東京大学経済学部）
8. 大豆畑トラストの可能性と課題
澤千恵（東京大学教養学部総合社会科学科相関社会科学分科）
9. 地場型給食の効果と課題～地域に根ざした食を伝える
田中理恵（東京大学農学部農業構造経営学専攻農業史研究室）

15:50-16:00 休憩

16:00 修士課程修了生の部 開始（17分発表+3分コメント+10分議論）

10. 分散剤の添加が石油起源多環芳香族炭化水素の消失過程と生物蓄積に与える影響 - メソコスム閉鎖生態系を用いて -
山田美穂子（東京農工大学大学院）
11. ダイオキシン類の女性ホルモン攪乱作用の研究
大竹史明（東京大学農学生命科学研究科・分子細胞生物学研究所）
12. 環境アセスメントにおける科学と政治の境界領域の分析
～藤前干潟、三番瀬、諫早湾の各開発計画の事例比較～
木村宰（東京大学総合文化研究科広域科学専攻）

17:30-17:45 休憩

17:45-18:30 総合討論

19:00-21:00 懇親会

シロイヌナズナにおけるホウ素栄養に関する遺伝子の研究

三輪 京子（東京大学農学部生命化学専修植物栄養・肥料学研究室）

key word：植物栄養、必須元素、ホウ素、遺伝子変異株

plant nutrition, essential element, boron, mutant

1. はじめに

近代における食糧の大幅な増産は、外部エネルギーの投入（機械化、温室、施肥、農薬等）と育種によりなされ、人口の増加を支えてきた。しかし、土地の疲弊や汚染、外部エネルギー投入の限界、水資源の枯渇が指摘され、持続的な農業生産、量と質の確保が重要な課題となっている。ここで、育種や適切な施肥、水管理、土地利用方法を行うことは古くて新しい課題であり、その重要性は衰えることはない。

食糧生産を担う植物も整然かつ精巧に物質で構成され、自身をコントロールして、環境に応答して生きている。

適切な施肥方法や農薬の開発、散布方法、水・土地管理には、農作物の生育メカニズムの基礎的な知識が必要である。また、育種についても、これまで品種間での交配やランダムな変異による改良のなかで目的の性質を持つ株を選んできた時代とは異なり、関与する遺伝子を知ることにより、目的の性質を持つ植物の直接的な開発が可能となる。

生物学の発達とともに、分子レベルから個体レベルまでの解析が行われるようになり、より植物自身の能力を引き出せるような技術の開発が期待できる。（いわゆる high-tech のみでなく、low-tech も）

植物の生育のメカニズムを知るとは、農業生産への解決策の選択肢を増やすことを可能にすると考えられる。ここでは植物栄養をキーワードに、必須元素のホウ素を取り上げた。

2. 背景 ~ ホウ素とは

ホウ素(B)は高等植物の微量必須元素である。他の必須元素がイオンの形態で土壌溶液に存在しているのと異なり、ホウ素は無電荷のホウ酸の形態で存在している。そのため土壌で溶脱が容易に起こり、欠乏症が起こりやすく、60年間で130種以上の農作物で欠乏が報告されている（Shorrocks 1997）。比較的至適濃度範囲が狭い元素であり、特に集積の起こりやすい乾燥地で過剰症も報告されている。中国や東南アジアには土壌の種類は異なっても、ホウ素欠乏地帯が広範囲に広がっている。

ホウ素欠乏・過剰は農作物の量・質の低下をひき起こす。しかし、植物におけるホウ素の吸収や移行、生理機能は不明な点が多い。ホウ素栄養に関するさらなる知見を得るため、ホウ素栄養に関する新規遺伝子の同定、BOR1 遺伝子相同遺伝子の解析を目的に本研究を行った。

3. 方法と結果

ホウ素の吸収や移行のメカニズム、生理機能を知るために変異株を用いた遺伝学的手法（遺伝子 酵素・タンパク）を用いた。ある特定の遺伝子に変異を持つ植物（変異体）が異常な表現型を示せば、その遺伝子はその表現型を示すために必要であることが分かる、という方法である。また、研究材料には高等植物のモデル植物であり、すでに全ゲノム配列が読まれたシロイヌナズナ(*Arabidopsis thaliana*)を用いた。

(1) ホウ素栄養に関わる遺伝子の同定 ~ bor1-1 変異株の表現型を回復する遺伝的要因

< 0、高ホウ素要求性 bor1-1 変異株 >

bor1-1 変異株は高ホウ素要求性変異株であり、野生型株が正常に生育するホウ素濃度で生育阻害を示す。培地ホウ素濃度 3 μM でロゼット葉の展開抑制、10 μM で不稔（花は咲けども実はならず）を示す。この変異はホウ素の根から地

上部への輸送を担う遺伝子にあることが分かり、この遺伝子は BOR1 と名づけられた。

< 1、復帰変異株 #11 >

bor1-1 変異株をさらに EMS 変異原処理した株から、低ホウ素条件で (~10 μM) 正常に生育する株がスクリーニングされ、この株は復帰変異株 #11 と名づけられた。(*bor1-1* 変異を持ちながら、新たな変異が別の遺伝子に入ることによって表現型が回復している。) #11 原因遺伝子は一劣性変異であることが分かっており、この原因遺伝子マッピングを行った。現段階ではいまだ遺伝子同定には至っていない。

< 2、Ler background *bor1-1* >

bor1-1 変異株は Colombia-0 (eco type の1つ) が background である。*bor1-1* 変異株と異なる eco type である Landsberg erecta(Ler)を掛け合わせて、*bor1-1* 変異を持ちながら他の染色体は Ler になっている植物 8 ラインが得られた。この植物は *bor1-1* 変異を持つため、*bor1-1* 変異株と同様の表現型を示すと考えられたが、4 ラインで生長抑制のある程度の回復が見られた。Ler には *bor1-1* 変異株の表現型を回復する因子があるとして、マッピングを行った。現段階で表現型回復に関与する遺伝子は複数あることが分かった。

(2) BOR1 相同遺伝子の解析

シロイヌナズナには BOR1 遺伝子の相同遺伝子が 6 つ存在し、7 つのメンバーからなる遺伝子ファミリーを形成している。この 6 相同遺伝子の発現・機能解析を行う研究材料取得のため、T-DNA タグラインより遺伝子破壊株の取得、cDNA の取得を行った。

4. 考察

bor1-1 変異株の表現型を回復する遺伝的要因

bor1-1 表現型は、低ホウ素条件下で植物の地上部のホウ素濃度が低下することによるものである。*bor1-1* 変異がある上で、低ホウ素条件下で生育が回復する要因は 1) ホウ素輸送 2) ホウ素利用効率 が考えられる。これまでの #11 の生理実験では、低ホウ素条件下で地上部のホウ素濃度は、#11 は *bor1-1* と変わらないという結果が出ている。これは、#11 の表現型の回復がホウ素の輸送が回復することにより起こっている可能性が低いことを示している。ホウ素の利用の点では、ホウ素濃度が低くても効率的にその利用ができる、もしくはホウ素の存在する細胞壁の構成成分や電気的性質の変化や細胞膜の脂質成分の変化により低ホウ素でも、ある程度正常な生育を示す可能性が考えられる。#11 の原因変異を同定することにより、ホウ素の利用過程やメカニズムの新たな知見を得ることが期待できる。Ler background *bor1-1* は、eco type が異なることでホウ素栄養に対する応答が異なることを示しており、品種間のホウ素栄養に対する違いの知見につながることを期待される。

参考文献

Shorrocks, V.M. (1997) The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil* 193: 121-148.

漂着レジンペレット（プラスチック小粒）における 疎水性有機汚染物質吸着量の粒子間変動

遠藤 智司 （東京農工大学農学部環境資源科学科）

キーワード：海洋汚染，レジンペレット，有機汚染物質，PCBs，吸着，ポリマーの劣化

Variation of Adsorption Concentrations of Hydrophobic Organic Contaminants in Beached Resin Pellets Satoshi ENDO

Department of Environmental and Natural Resource Science, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

Keywords: marine pollution, resin pellets, HOCs, PCBs, adsorption, polymer degradation

1. 人間活動と海洋汚染

海洋は人間活動に起因する2つの種類の汚染に直面している。1つは化学物質による分子レベルの汚染である。高度に発展した産業は人間の生活を便利なものにする一方で、日々膨大な種類・量の化学物質を意図的あるいは非意図的に作り出し、環境中に放出している。海洋は土壌とともにこれらの化学物質の最終的な行き先となっている。これらの化学物質の中には生物の体内に入り込み有害な影響を与え始めているものもある。

もう1つの汚染は、プラスチック製品の廃棄物やその破片などによる巨視レベルの汚染である。プラスチックは腐りにくいという利用上優れた性質をもつが、一度海洋環境中に放出されるとその性質が災いし、自然の循環に組み込まれることなく半永久的に海洋を漂い続けることになる。海に棲む生物はこれらのプラスチックを誤食したり、網状・ロープ状のものに絡まったりして影響を受けていることが多数報告されている（佐尾ら、1995）。

これら2つの種類の海洋汚染は従来、別々の問題としてとらえられ、研究が進められてきた。しかし近年の研究により、2つの汚染には接点があることが明らかになってきた。海洋環境中のプラスチック小片やレジンペレットが海水から汚染物質を吸着し、濃縮して保持しているのである（Mato *et al.*, 2001）

2. レジンペレットと汚染物質の吸着

レジンペレットとは大きさ 2-5 mm 程度のプラスチック小粒で、プラスチック製品を成型加工する前の中間材料である。レジンペレットは、その製造、輸送、加工等の過程で一部が誤って環境中に漏出していると考えられている。レジンペレットの中には海水より軽く表面に浮くものがあり、このようなペレットは海洋を漂流したり、海岸に漂着したりしている。魚や海鳥がこれらの海洋環境中のペレットを誤って飲み込んでしまうとしてかねてから問題となっていた。

Mato *et al.* (2001) は海洋環境中のレジンペレットが PCBs や DDE, nonylphenol を高濃度に保持していることを明らかにした。また新品のレジンペレットを海水に係留すると、PCBs 等が徐々にペレットに吸着していくことを実証した。Mato はその後の研究により、「アホウドリの体内のペレットからも PCBs が検出される」こと、「多環芳香族炭化水素（PAHs）や octylphenol も環境中のペレットから検出される」こと、「汚染物質の吸着量は、工業地附近で採取されたペレットで高い傾向にある」ことなどを明らかにしている。

3. 研究課題と本研究のアプローチ

これまでの知見から、ペレットへの汚染物質吸着に関して次の研究課題が挙げられる。

- ・ レジンペレットを誤食した生物への汚染物質の移行、

及びその影響の解明

- ・ 採取地点間の吸着量の違いを利用した、海水の化学物質汚染指標としてのレジンペレットの活用

このような研究を定量的に行なうためには、まず同じ浜辺に漂着したペレット間の吸着量の変動（不均一性）の程度を明らかにすることが必要である。ペレットの汚染物質吸着量は粒子間でかなりの差があると予想されている。そこで本研究では、まず東京湾の葛西臨海公園にて採取したペレット1粒ずつの吸着量を分析し、粒子間の変動（不均一性）を調べた。また吸着量の差が生じる要因を考察するために、それぞれのペレットの劣化の程度を計測した。さらに吸着量の不均一性に地域的な特徴が見られるか、日本の4地点の試料を5粒ずつ10回分析して検討した。

4. 試料及び方法

レジンペレットは葛西臨海公園（東京・江戸川）、二色の浜公園（大阪・貝塚）、前原海岸（千葉・鴨川）、種子島北東部（鹿児島・西之表）でピンセットを用いて採取した。FT-IR または簡易型近赤外分光分析プラスチック分類器（PlaScan-SH）でポリエチレン製ペレットを選別した。吸着物質の分析は、ジクロロメタンでソックスレー抽出後、2段階のシリカゲルカラムで分画・精製し、GC-MS または GC-ECD で nonylphenol、octylphenol、PCBs、DDTs、PAHs を同定・定量した。劣化の程度は FT-IR のスペクトルからカルボニル吸収の吸光度より求めた。

5. 結果及び考察

検出量が比較を行うのに有意だった PCBs について詳述する。

1 粒ずつ分析（東京・葛西臨海公園）

22 粒中 1 粒で他より 1~2 桁高濃度の PCBs が検出された（Fig. 1）。これは 22 粒の総 PCBs 量の 70% にあたる量だった。これまで同地点で 50 粒程度まとめて抽出した結果と比較すると、このような高濃度の PCBs を吸着したペレットはある程度の頻度で存在すると考えられる。

PCBs 濃度とカルボニル吸収（劣化指標）の間に明確な相関はなかった。PCBs 高濃度ペレットも特に大きな吸収は示さなかった。一方、劣化の少ない、新品に近いペレットでは PCBs 吸着量が少ない傾向が見られた。このよう

なペレットは海水からの吸着時間が短いからだと考えられる。

5 粒ずつ分析

東京、種子島、鴨川において、10 回の分析中 1~2 回、同じ地点の他の試料より数倍~数十倍の高濃度の PCBs が検出された（Fig. 2）。高濃度に PCBs を吸着したペレットは数 10 粒に 1 粒の割合で様々な地域に存在することが示唆された。

一方、高濃度の試料を除くと、東京、大阪の方が鴨川、種子島よりも高い濃度で分布した。海水の汚染状況は複数回測定したときの中央値、幾何平均、または高濃度のものを除いた平均値などで評価できる可能性が示唆された。今後、海水の汚染濃度とともにペレットの吸着量を分析していきたい。

参考文献

Mato, Y.; Isobe, T.; Takada, H.; Kanehiro, H.; Ohtake, C.; Kaminuma, T. (2001) *Environmental Science and Technology* **35**, 318-324

佐尾和子, 丹後玲子, 根本稔編 (1995), 『プラスチックの海』, 海洋工学研究所出版部

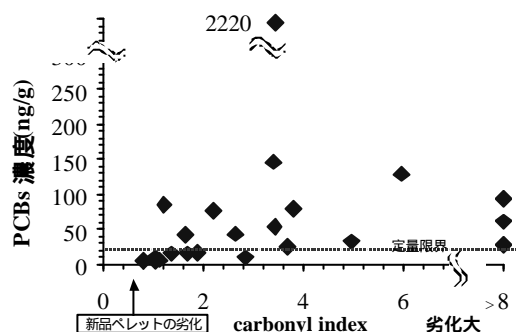


Fig. 1 PEペレット1粒ずつのPCBs吸着量とカルボニル吸収

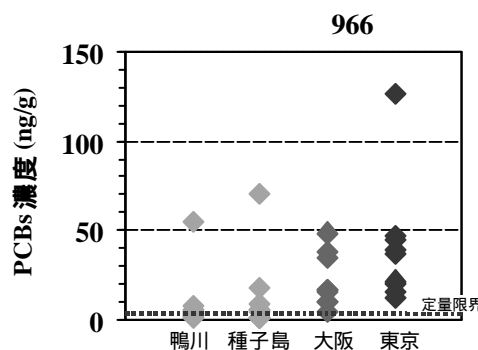


Fig. 2 日本の4海岸のPCBs吸着濃度分布：PEペレットの5粒ずつ分析

共進化モデルに基づく遺伝的プログラミングの並列化

A Co-evolutionary Approach to Parallel Distributed GP

神尾正太郎

東京大学工学部電子情報工学科

Shotaro Kamio

Dept. of Info. and Comm. Eng., The University of Tokyo.

キーワード: 遺伝的プログラミング、共進化、並列計算、ADF 手法

Keywords: GP, co-evolution, parallel processing, ADF method

1 はじめに

本研究の目的は、遺伝的プログラミングにおける並列化手法の一つとして共進化に基づくモデルを提案し、その有効性を検証することである。

生物の進化をモデルとした遺伝的プログラミングはプログラムの自動生成や最適化に用いられる手法である。これは膨大な計算を繰り返し実行するため、計算負荷の高い手法である。近年の計算機の性能向上は凄まじいものがあるが、それでもシングルプロセッサでの性能は物理的限界に近付きつつあると言われている。そこで性能を向上させるため、複数のプロセッサを利用した並列計算が注目されている。遺伝的プログラミングにも並列化を行ない負荷分散、速度向上を行なうことで、さらに広い分野で応用されることが期待できる。

2 従来の研究

2.1 並列分散 GA、GP

遺伝的プログラミング (Genetic Programming, GP) とは遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms, GA) を拡張したもので、プログラムを進化的に生成させる手法である [1]。GA は遺伝子としてビットパターンを用いるが、GP はプログラムを表す木構造を扱うようになっている。遺伝子であるプログラムに対し交叉や突然変異という遺伝的オペレータを適用することでプログラムを進化させる。

GA、GP では多数の遺伝子個体に対して適合度計算を繰り返し行なう必要がある。これは大変計算負荷が大きい。もともと GA、GP は並列性の高い手法であるので、並列化することで負荷を分散させることができる。GA、GP を並列に実行するものを並列分散 GA、並列分散 GP と呼ぶ。

並列の実現方法により、並列分散 GA、GP にもいくつかのモデルが考えられる。その中でも、母集団を分割してより小さな集団 (島) で進化させるモデル (島モデル, island model) は通信量が少なく解の性能も向上することがわかっている [2]。

2.2 島モデル

これは遺伝子の集団を複数の独立した小さな集団 (島) に分割し、各島が世代を重ねていくモデルである。このモデルでは一般的なオペレータ (選択、交叉) のほかに、移住という操作が加わる。移住とは島同士で個体を交換する操作で、ある世代間隔ごとに実行される。

この移住を行なうことで、島モデルは通常の単一母集団の GA と比較して解の信頼性と品質が向上することがわかっている [3]。移住を行なうことで各島での探索結果を共有し、遺伝子集団全体として局所解に陥るのを防いでいるために性能が上がると考えられる。

2.3 ADF

ADF (Automatically Defined Functions) とは、GP におけるサブルーチンを自動生成させる手法である。ADF 手法では遺伝子となる木構造が本体部分木と ADF 部分木からなる。ADF 部分木はいくつかの引数をもとに処理を行なうサブルーチンである。本体部分木ではこの ADF 部分木を何度でも呼び出すことができる。これに GP を適用することで本体部分木も ADF 部分木も進化する。ADF 部分木は進化によってより良いサブルーチンとなる。この ADF 手法はさまざまな複雑な問題に適用され、多くの問題で ADF なしの GP よりも成績が良くなることが知られている [4]。

3 本研究での提案手法

3.1 共進化

共進化とは自然界において見られる現象である。2つの種の間で、一方の種の進化が他方の種の進化に影響を及ぼし、さらにその進化ももう一方の進化に影響を与えるという現象のことである。共進化の一種として共生という現象がある。これは2つの種の間で互いに利益となる方向に進化する場合である。

通常の ADF 手法においては本体部分木と ADF 部分木とをセットにした1個体として扱うため、互いに強く依存しあっている。ここに共進化のアナロジーを導入すると、本体部分木と ADF 部分木とを分離し別々に進化させても互いに有用な進化を遂げることが考えられる。これにより並列化が可能となる。またその場合には、進化する部分をそれぞれ本体部分木のみ、または ADF 部分木のみと限定するので探索空間を狭め、より高速に探索が進むものと考えられる。

3.2 本手法の手順

本手法では、本体部分木を進化させる島と ADF 部分木を進化させる島を用いる。手順は3つのフェーズからなる。

1. **初期フェーズ** 各島で通常の ADF 手法を使った GP で進化を行なわせる。

2. **分割フェーズ** 特定の世代で分割作業を行ない、島モデルに移行する。
3. **島モデルフェーズ** ADF の島では ADF 部分木だけ、本体の島では本体部分木だけを進化させる。このフェーズでは一定間隔で通信を行なう。

初期段階では各島で通常の ADF 手法を行ない、有用とみられる部分木を蓄積させる。次に島モデルへと移行するための作業(以下、「分割」)を行なう。「分割」とは本体部分木の島から ADF 部分木を、ADF 部分木の島から本体部分木を移動することである。移動は通信によって実現するが、全個体について転送するのでは通信量が多すぎるので、成績の良い個体を選んで転送することとした。

島モデルフェーズでは各島に分担された部分木だけでは遺伝子を評価できないので、通信によって部分木の受渡しを行なう。これを「評価用部分木の転送」と呼ぶ。この受渡しは各島で成績のよい部分木を選んで行なう。さらに同じ種類の島同士で「移住」も行なう。これらの通信は一定世代毎に行なう。

3.3 タグの導入

島モデルフェーズで評価する個体と評価用部分木のペアを生成するために「タグ」を導入した。タグは ADF 部分木に付けられる ID で、その ADF と呼び出し側の対応関係をつけるために分割時に付加される。

各島では評価の際に、評価用部分木として保持している部分木の中からタグが一致するものを選ぶ。当然、評価用部分木にすべてのタグが存在するわけではなく、呼び出しに失敗する場合もある。その場合にはタグの書き換えを行なう。

3.4 ADF 部分木の評価

ADF 部分木を進化させる島においては、遺伝子の木構造全体ではなく ADF 部分木に対する評価が必要となる。COAST[5] の評価式を参考にし、本手法で定義した ADF 部分木の評価式は

$$\frac{\text{その ADF 部分木を使用する本体部分木の成績}}{\text{その本体部分木の評価中に ADF 部分木が呼ばれた回数}} \quad (1)$$

である。この評価式で各 ADF 個体进行评估し、値が小さいほどよい ADF 部分木であると見なす。分割されたあとの ADF 島ではこれを適合度として GP を行なう。

4 ベンチマーク問題による実験

4.1 実験

GP のベンチマークとしてよく用いられる 3 つの問題 (Ant 問題、8 入力マルチプレクサ問題、Mackey-Glass 問題) について実験を行なった。実験は 4 島 (本体島 2 つ、ADF 島 2 つ) と 6 島 (本体島 4 つ、ADF 島 2 つ) の場合で行なった。各島の個体数は 1000 個体である。分割は 10 世代後に行ない、通信の間隔は分割の後に 5 世代ごととした。

比較のために、通常の ADF 手法でも実験した。これは単一母集団で個体数を 4000、6000 にした以外は同じパラメータで行なった。これらはそれぞれ 4 島、6 島と評価回数が等しくなるので比較対象として適当である。試行は 30 回行なった。

4.2 結果・考察

結果をまとめると、(1) 本手法を行なうと通常の ADF 手法以上の性能が得られた、(2) 島数を多くすることでさらに成績が良くなる、ことがわかった (図 1)。また、(3) 本手法のほうが計算時間が短くなった。

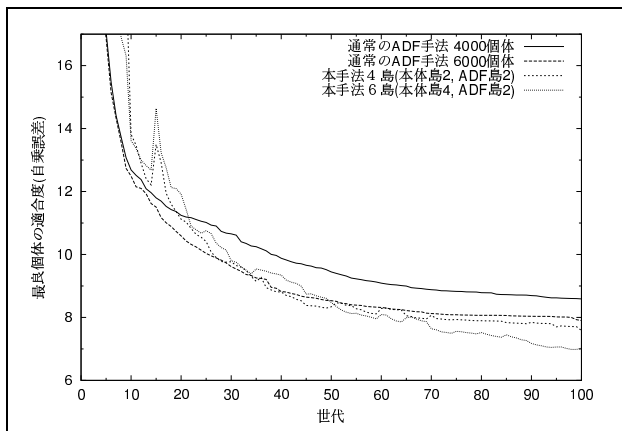


図 1: Mackey-Glass 問題での実験結果

Ant 問題と Mackey-Glass 問題では 15 世代目にピークが現れた。これは通信により受渡しされた評価用部分木と個体とでさまざまな組み合わせを試している結果と考えられる。4 島よりも 6 島のほうがピークの後の下がり具合が大きい。多くの島をもつことで個体の多様性が十分保持されていれば評価用部分木の変化にも対応でき、最も良く当てはまる個体を選び出すことができるために成績が向上していると考えられる。

マルチプレクサ問題ではこのピークは見られなかった。この問題は ADF による効果が大きい問題と言える。そのため有用な評価用部分木が蓄積され、タグが付け変わっても良い成績であったためピークが見られなかったと考えられる。

5 今後の展望

応用としては文献 [6] でのロボットの学習のように、モジュール獲得を必要とする問題が期待できる。この問題は画像処理モジュールとロボットの行動制御モジュールの共進化ととらえると本手法に良く合っている。本手法は ADF 島を多く割り当てることもできるので、モジュール獲得が容易になると期待できる。

参考文献

- [1] 伊庭斉志 “遺伝的プログラミング”, 東京電機大学出版局, 1996
- [2] 廣安知之, 三木光範, 谷村勇輔 “PC-Cluster における並列分散遺伝的アルゴリズムの実装”, 第 27 回 数理モデル化と問題解決 研究報告, 1999.11
- [3] 三木光範, 島中一幸 “並列分散 GA による計算時間の短縮と解の高品質化”, 日本機械学会 第 3 回最適化シンポジウム講演論文集, 1998
- [4] John R.Koza “Genetic Programming II: Automatic Discovery of Reusable Programs”, The MIT Press, 1994
- [5] N. Hondo, H. Iba and Y. Kakazu “COAST: An Approach to Robustness and Reusability in Genetic Programming”, Proc. of 3rd International Conference on Evolutionary Computation, IEEE Press, 1996
- [6] K. Yanai and H. Iba “Multi-agent Robot Learning by Means of Genetic Programming: Solving an Escape Problem”, Proc. of 4th International Conference on ICES 2001

産業連関表を用いたシナリオ評価型 LCA

Methodology of Scenario-based LCA combined with Input/Output Table

東京大学工学部化学システム工学科
4年生 平尾研究室 00910 湯本 和紘

Hirao Laboratory School of Engineering
Department of Chemical System
Engineering, the University of Tokyo
Bachelor Course, 4th Grade

キーワード：LCA、産業連関分析¹
Key words：LCA, Input/Output analysis

1. 緒言

現在、様々な素材・製品が存在するが、その中からライフサイクルでの環境負荷の小さいものを選ぶことが持続可能な社会のために必要である。そのために原油など資源の消費量や地球温暖化ガスの排出量という観点から、様々な製品に関するLCAによる評価がなされている。しかし、それらはある特定の産業が製造する製品のみのライフサイクルを評価していて、他産業との関わりを十分に考慮していないために、現在のところ、他産業の影響も含めた評価結果を踏まえた材料の選択やリサイクルシステムの設計とはなっていない。これを解決するためには特定の製品の変化が他産業に及ぼす影響を評価する必要がある。

2. 目的

本研究では、他産業の影響も取り入れながらシナリオを評価できるLCA手法の開発を目的とした。特に、製品の選択に関するシナリオにおいて、資源の一つである原油の生産量の変化を評価できるLCA手法の開発を目的とした。

3. アプローチ

3.1. モデルの階層化

製品の選択に関するシナリオにおいて、対象とする製品のライフサイクルと他産業との関わりを評価することが必要である。他産業との関わりを評価するためにはライフサイクルモデルのバウンダリを広げることが必要だが、その際バウンダリ内のすべてのユニットをモデル化

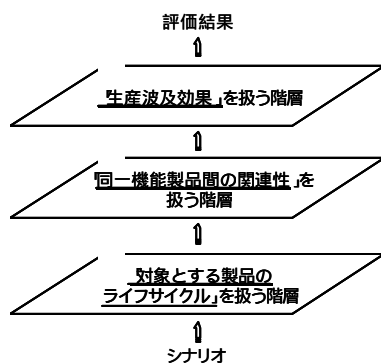


Fig.1 モデル全体の構造

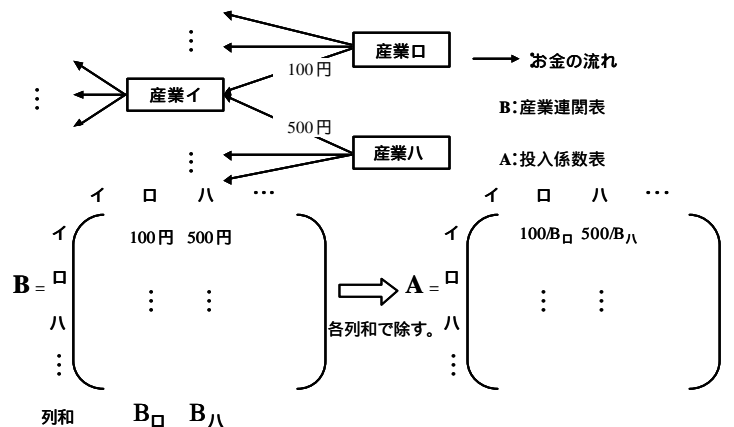
することは現実的でなく、簡略化された構造が必要である。他産業との関わりには同一機能製品間の関連性と、製品の需要の変化に伴う他産業への生産波及効果とがある。そのため、従来の「対象とする製品のライフサイクル」に加えて、「同一機能製品間の関連性」、「生産波及効果」の3つのモデル化とその評価を行う。具体的には、これらの対象を扱うためにモデル全体を Fig1 のように階層化し、一つの階層で一つの対象をモデル化し、評価できる構造にした。

3.2. 機能量

製品の選択を扱う場合、同じ用途の製品間で評価を行う。これを可能にするために機能量という考え方を導入した。ある用途のために必要な製品の属性を機能と呼び、その製品がライフサイクル全体で機能をどれだけ果たしたかを合計したものを機能量と呼ぶ。何回も繰り返し使われる製品では機能量は大きくなる。機能は「長さ」「面積」「容積」などに集約されると考え、「長さ」が一次元、「面積」が二次元、「容積」が三次元であることから、それぞれ1D、2D、3Dと分類する。例えば袋は「容積」が機能を果たし、機能量の単位は「m³」で表され、3Dと分類される。

3.3. 産業連関分析による生産波及効果の評価

産業連関表という国内の産業間の原材料や中間製品の流れを取引額で記述した表がある。Fig2 に示すように、産業連関表Bの各要素を各列和で除することで投入係数表Aを求め、これを用いて産業連関分析を行うと、ある産業への需要が変化した場合の他産業への波及効果が求められる。これにより容易に他産業への波及効果を評価できる。



産業連関分析 ある産業への需要の変化がどのように波及するかを分析する。
 $x = (I - A)^{-1} f$
 x : 総生産ベクトル (波及効果を考慮したもの) f : 需要ベクトル (需要の変化を記述したもの)

Fig.2 産業連関表と産業連関分析

4. 計算手順

Fig3 にこのモデル全体での評価の手法を示す。まず「対象とする製品のライフサイクル」を扱う階層でユーザーはそのライフサイクルをモデル化し、そのモデルにシナリオを入力し、製品がライフサイクルで果たしている機能量の変化を評価する。そして「同一機能製品間の関連性」を扱う階層

では、入力された機能量の変化をその機能を果たす様々な製品の機能量の変化に変換し、需要額の変化に変換する。需要額の変化を成分とする需要ベクトル f を作り、「生産波及効果」を扱う階層で産業連関分析を行い、総生産ベクトル x を求める。この総生産ベクトルにおける「原油」部門の総生産額を、物量表という取引される物量と金額が記載されている表で生産量に変換する。

5. ケーススタディ

今回は機能量の需要が増加するシナリオを対象とした。この階層にこのシナリオを入力して評価した結果である「新たな機能量 1000m³分の袋の需要」を、ポリエチレン (PE) 製の袋、PET 樹脂製の袋、ポリプロピレン (PP) 製の買物かご、紙袋のいずれか一つの製品のみでまかなう場合を評価した。ただし PE 袋、紙袋は 1 回使用、PET 袋、PP かごは 100 回使用とした。Fig.4 に原油生産量の変化の結果を示す。また従来の LCA 手法である積み上げ法によってこのケースを評価し比較した。

6. 考察

Fig.4 に示すように、産業連関分析を用いた本研究の方法で求めた PE 袋、PET 袋、PP かごで機能量の増加をまかなった時の原油生産量変化の傾向は、積み上げ法で求めたものと同じになっている。一方、どの製品に関しても、積み上げ法で求めた方法と比較すると、本研究の方法の方が原油生産量変化は小さく評価されている。本研究の方法による評価結果は、積み上げ法による方法と比べるとプラスチック製品で 60~70%、紙袋で 25%と、紙袋が非常に小さい。これは、産業連関分析では紙袋は「紙製容器」の部門に分類されるが、その「紙製容器」の平均価格が紙袋の実際の価格より低いため、価格を用いて「重量」から「金額」へ変換する際に過小に評価してしまうからである。このことから産業連関分析の欠点として、産業連関表の部門の分け方が粗いため、その部門の平均価格とその部門に含まれるシナリオで扱いたい製品の価格が大きく異なる場合があり、その場合の分析の結果は、積み上げ法による方法とは大きく異なることが挙げられる。また、産業連関表は金額で記述されているために、産業連関分析を行った際に物質収支が取れることは保証されていない。このような問題を解決するためには、産業連関表自体を、環境影響評価を目的とした形にする必要がある。例えば、平均価格と扱いたい製品の実際の価格に差があることが問題になることに対しては、なるべく分類を細かくした産業連関表を用意することが必要である。

次に、製品による原油生産量の変化の違いについて考察する。同じ機能量分をまかなうとき、PE 袋がもっとも原油生産量変化が大きい。これは、PE 袋は製品一つを生産するための原油生産量は少ないけれども、一回使うと捨てられるので、同じ機能量を満たすために製品の個数が多くなるからである。また、同じ使用回数である PE 袋と紙袋を評価した時に PE

袋の原油生産量変化の方が大きくなる主な原因は、原料に原油を用いているかどうかの違いである。

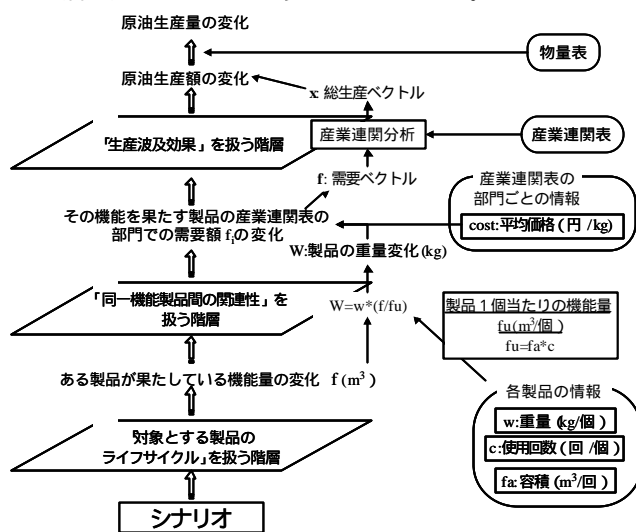


Fig.3 モデル全体での計算の流れ (袋の場合)

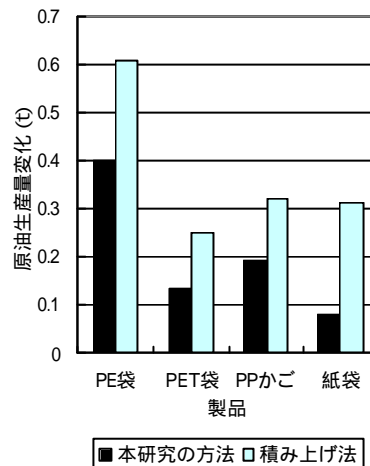


Fig.4 ケーススタディの評価結果

7. 結言

今回は積み上げ法による LCA では扱いにくい、他産業への生産波及効果も含んだシナリオを評価できる階層化されたモデルを構築した。さらに機能量の概念を導入したことで、製品の代替のような同一機能を持つ製品間の関連性を含んだシナリオも評価できるようにした。これらにより、バウンダリを拡張した上でシナリオを容易に評価し、その結果を用いて意思決定を行うことが可能になった。今後は、経済的な手法である産業連関分析を環境影響評価により適するようにする方法の開発が必要である。また、原油のように産業連関表の分類が存在するものだけでなく、CO₂ のような産業連関表に分類が存在しないものを評価するための新たな表の作成が必要である。

¹ 宮沢健一：産業連関分析入門第 6 版、日本経済新聞社 (1995)

リスクの社会的認知の研究

Social Acceptance of Risk

立石裕二（東京大学文学部）

Yuji TATEISHI (Tokyo Univ.)

キーワード：リスク、社会的認知、リスク報道、内容分析

Keywords：Risk, Social Acceptance, Hazards Reporting, Content Analysis

問題

本研究が扱うのはリスクの社会的認知である。ここでいうリスクは、「一般人の生死にかかわる外的な危険」という意味であり、リスクの社会的認知とは、そうしたリスクが社会で認識され、解釈され、受け入れられたり拒絶されたり、あるいは忘れられたりする過程のことである。そうした社会的認知の仕組みと、それがリスクという社会問題の展開に与える影響を明らかにすることが、本研究の目的である。

リスクは現代社会において大きな問題になっている。阪神大震災や地下鉄サリン事件のあった1995年以来、「安全神話の崩壊」が繰り返し語られており、また近年では、リスクを包括的に捉えようとする知的枠組である「リスク論」も流行している。

そのなかで、社会的認知はとくに議論の焦点になってきた。たとえば、ダイオキシンのリスクでは、所沢産の野菜の価格が暴落したことが論点になったが、これは社会的認知の過剰さが問題になったケースである。いっぽう、1995年の阪神淡路大震災では、震災前に「関西では地震が起こらない」とされていたことが問題になった。こちらは社会的認知の空白が問題になったケースと言える。

このように重要性は認識されているにもかかわらず、リスクの社会的認知はあまり研究されてこなかった。その欠落を埋め、リスクの社会的認知がどのような現象であるのか明らかにすることが、本研究の目的である。

方法

先行研究としては、リスク認知の研究（Renn et al. 1992；Slovic 1987）、マスコミ研究（McCombs et al. 1991；東京大学新聞研究所 1986）、社会問題論（Kitsuse & Spector 1977；船橋 2001）などがある。しかし、こうした研究は、リスクの社会的認知の研究としては以下の点で不十分である。

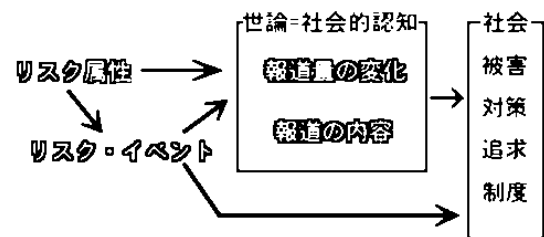
- ・歴史的な経緯や時間的な変化を十分に扱っていない
- ・リスクに対する反応を個人の認知だけに還元している
- ・報道の内容分析だけでリスクとの関連を扱っていない
- ・リスク属性が社会的認知に与える影響を軽視している
- ・社会的認知が問題の展開に与える影響を軽視している
- ・一事例 / 自然災害の分析だけで、一般化されていない

こうした問題点を克服するために、本研究は、多様なリスクの報道を相互に比較しながら内容分析し、その結果を報道以外の出来事と対照させながら分析する、というアプローチをとった。分析の際には量的データと質的データを

併用し、また社会的認知の時間的な変化を重視した。

分析対象にしたのは、次の10種類のリスクである。地震、自動車事故、労働災害、窒素酸化物、タバコ、ダイオキシン、エイズ、原発事故、遺伝子組み換え、フロン。これらについて、1984～2001年間に朝日新聞に掲載された記事を分析した。

本研究の議論がもつづいているのは、下図の概念図式である。この図式に従えば、本研究の課題は、「リスク属性とそれによって規定されるリスク・イベントは、社会的認知にどのような影響を与え、社会的認知は問題の展開にどのような影響を与えるのか」と定式化することができる。



リスク属性は、具体的にはリスクによる被害の形態のことを指す。それに従うとリスクは次の4つに分類することができる。すなわち、大災害で一度に多数が死ぬ「大災型」、小規模な災害が多発する「多発型」、外的要因が病気の発生率を高める「因子型」、病原体によって感染症になる「感染型」の4つである。今回の分析対象では、地震と原発事故が大災型リスク、自動車事故と労災が多発型リスク、エイズが感染型リスクであり、残りの5つが因子型リスクである。

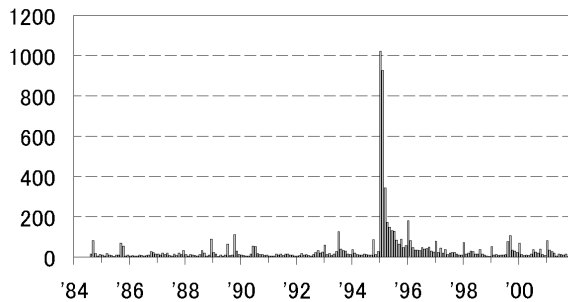
結果1：量的側面

社会的認知の量的側面を分析した結果、リスク属性ごとに報道量の変化のしかたが異なることが明らかになった（下図：報道量の月別集計）。大災型リスクでは報道はきわめて大きな頂点を持ち（大頂点型報道）、因子型・感染型リスクでは中程度の頂点をいくつか持ち（多頂点型報道）、多発型リスクでは報道は目立った頂点を持たない（無頂点型報道）。そして、そうした違いに応じて、問題の推移のしかたも異なっている。

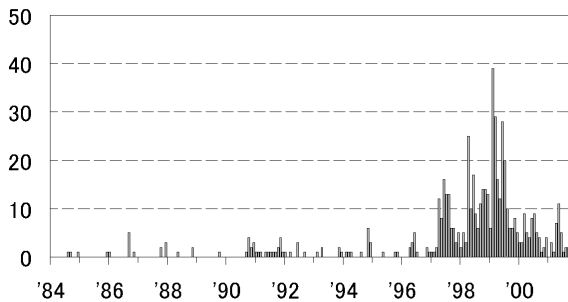
それでは、なぜこのような相違が生まれるのか。それは、報道量を変化させるものには短期的な要因と長期的な要因とがあり、両者の割合がリスク類型ごとに異なるからだ。短期的な要因は、衝撃的な災害、対策論議、裁判の節目、イベントなどであり、長期的な要因は、持続的な組織、問

題の一般性、リアリティがあること(統計や言説のムード)などである。大災型リスクでは、大災害のインパクトが圧倒的に大きく短期的な要因が強いため、報道は大頂点型になる。逆に多発型リスクでは、目立ったイベントがなく長期的な要因に支えられているため、報道は安定型になる。両者の中間に位置する因子型・感染型リスクでは、報道は多頂点型になる。

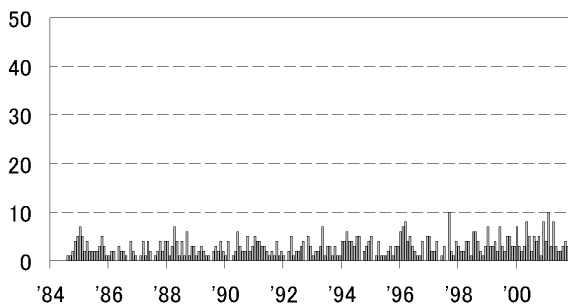
大頂点型報道(=大災型リスク):地震



多頂点型報道(=因子・感染型):ダイオキシン



無頂点型報道(=多発型リスク):交通事故



結果 2: 質的側面

リスクの社会的認知の質的側面、つまり報道内容は、(1)論点、(2)事実判断、(3)責任判断、の3つに分けられる。

(1)リスク報道における主要な論点は、属性の種類にかかわらず、時間の経過とともに変化する。社会的認知が行われ始めた時点では、「危険」や「被害」の記事が多い。そうした記事が一段落すると、今度は「対策」が議論されるようになり、リスクの社会的認知はピークに達する。対策論議が決着すると、今度は「責任追及」や「逸脱」が論じられる。そして、こうした論点を取り上げられるなかで社会的認知は収束していく。

(2)科学報道では新聞の不偏性を求める「両論併記」の規範が成立しているが、実際の報道においては、記事の論

調というかたちで事実判断が行われている。事実判断がもっとも鮮明に現れるのは、科学者のあいだで危険性をめぐる論争がある一方で、世論のほうは危険性を認識していない、という事態のときである。このとき、報道がそのリスクを危険だと判断すれば、科学論争にはあまり触れず、危険性を世論に警告する論調になる。逆に報道が危険でないと判断すれば、科学論争や科学的知見の進歩を前面に扱う論調になるのである。こうした事実判断は、その後の問題の展開に大きな影響を与えている。

(3)いずれのリスクにおいても、責任は多様な形で帰属される。そうした責任は、[a]事業者の責任、[b]一般人の責任、[c]管轄者の責任、[d]自己(被害者)責任、[e]情報にかかわる責任、の5つに分類できる。現代社会では、行政機関はあらゆるリスクにかんして[c]と[d]の責任を問われる立場におかれている。

ここまで見てきた議論は、少なくとも部分的には、新聞というメディアの特徴や新聞のなかで朝日新聞のもつ特徴によって規定されている。そうした特徴としては、1日2回という定期的性、三面記事的な雑多性、紙面別の編集、「革新寄り」などが挙げられる。

今後の展望

今後は、今回はほとんど分類だけに終わった質的分析を充実させると同時に、それを量的分析と関連させていくことが課題だと考えている。また、今回中心的に扱った「リスク 社会的認知」の関係に加えて、「社会的認知 社会」の関係も分析していく予定である。

主な参考文献

- Beck, U., 1986, *Risikogesellschaft auf dem Weg in eine andere Moderne*, Suhrkamp. 東廉・伊藤美登里(訳), 1998, 『危険社会: 新しい近代への道』, 法政大学出版局。
- Hilgartner, S. & C. L. Bosk, 1988, "The Rise and Fall of Social Problems: A Public Arenas Model", *American Journal of Sociology*, 94.1:53-78.
- 船橋晴俊, 2001, 「環境問題の社会学的研究」, 飯島伸子ほか(編), 『講座環境社会学第1巻 環境社会学の視点』, 2章, 有斐閣。
- 今村和男, 1977, 『システム分析』, 日科技連出版社。
- 吉川肇子, 2000, 『リスクとつきあう』, 有斐閣。
- Kitsuse, J. I. & M. Spector, 1977, *Constructing Social Problems*, Cummings Publishing Company. 村上直之ほか(訳), 1990, 『社会問題の構築』, マルジュ社。
- McCombs, M. et al., 1991, *CONTEMPORARY PUBLIC OPINION: Issues and the News*, Lawrence Erlbaum Associates. 大石裕(訳), 1994, 『ニュース・メディアと世論』, 関西大学出版部。
- Proress, D. L. et al., 1987, "The Impact of Investigative Reporting on Public Opinion and Policymaking: Targeting Toxic Waste", *Public Opinion Quarterly*, 51:166-185.
- Renn, O. et al., 1992, "The Social Amplification of Risk: Theoretical Foundations and Empirical Applications", *Journal of Social Issues*, 48.4:137-160.
- 盛山和夫, 1995, 『制度論の構図』, 創文社。
- 柴田鉄治, 2000, 『科学事件』, 岩波書店。
- Slovic, P., 1987, "Perception of Risk", *Science*, 236:281-285.
- 東京大学新聞研究所(編), 1986, 『災害と情報』, 東京大学出版会。

ホルムアルデヒドの室内汚染対策の評価に関する研究 ～リスク論に基づく費用効果分析～

A Study on Evaluation of the Measures against Indoor Pollution of Formaldehyde - A Cost-Effectiveness Analysis based on Risk Theory -

岡田 浩一（早稲田大学）*、村山 武彦（早稲田大学）
OKADA Hirokazu*, MURAYAMA Takehiko (Waseda Univ.)

キーワード：室内空気汚染、リスク分析、建築材料、換気、ホルムアルデヒド
Keywords : indoor air pollution, risk analysis, building materials, ventilation, formaldehyde

1. 研究の背景と目的

近年、建材や家具等を汚染源とする、化学物質による室内汚染が社会的な問題となっている。特にホルムアルデヒドは、他の室内汚染物質に比べ突出してリスクが高いとされ（EPA、2000）、厚生省の室内濃度指針値を超えた住宅は27.3%にのぼる（室内空気対策研究会、2000）。

一方、リスク論の立場から、対策による化学物質のリスク低減効果および費用について分析を行う「リスク便益分析」は、我が国では適用例が少ない。また、Gamoら（2001）により、個人差や健康影響の重み付けを行う非発癌物質のリスク推定法が提示されているが、発癌性、非発癌性の双方が疑われている物質に関して、発癌ポテンシーによるリスク推定結果との比較を行った研究例は無い。

そこで、本研究ではホルムアルデヒドについて発癌性、非発癌性の双方を仮定し、リスク便益分析を4つの対策に適用して、各対策のリスク低減効果、費用を比較検討する事を目的とする。

2. リスク便益分析の方法

2.1 リスク推定の枠組み

リスクの推定には、対象物質の毒性、および曝露経路と対象物質に曝露する人口に関する情報が必要である。これらから、曝露量と回避したい事象（ex.死亡）が起こる確率の関係が次の枠組みで仮定され、リスク推定が可能になる。

第一に、発癌物質に関しては、これ以上なら安全という「閾値」が無く、化学物質への曝露による超過死亡率が曝露量に比例するとされる。比例関係の係数は、発癌ポテンシーと呼ばれる。こうして求めたリスクの大きさは、しばしば対象物質への曝露による「損失余命」として表される。

第二に、非発癌物質に関しては、次のようなリスク推定の枠組みが提案されている。すなわち、曝露量、および代謝・感受性の個人差は対数正規分布に従うとし、曝露量と閾値の比を横軸にとり、曝露量の幾何標準偏差、代謝と感受性の個人差に関するデフォルト値（それぞれ1.4、2.7）の和を幾何標準偏差として、個人差を考慮した対数正規分布を描く（図1参照）。曝露と閾値の比が1を超える人の割合を求め、健康影響の重篤度に対応する損失余命のデフォルト値を乗じて、損失余命を算出する。

2.2 リスク便益分析の枠組み

化学物質の使用にはリスクを伴う一方、安価に性能の良い製品を造れる等の便益が生じる。この観点をリスク管理に組み込んだのがリスク便益分析であり、対策の良し悪しは「便益/リスク」で評価される。対策により低減できるリスクは「獲得余命」、失われる便益は対策の費用と言える。

費用やリスクが複数年にわたって発生する場合、割引率

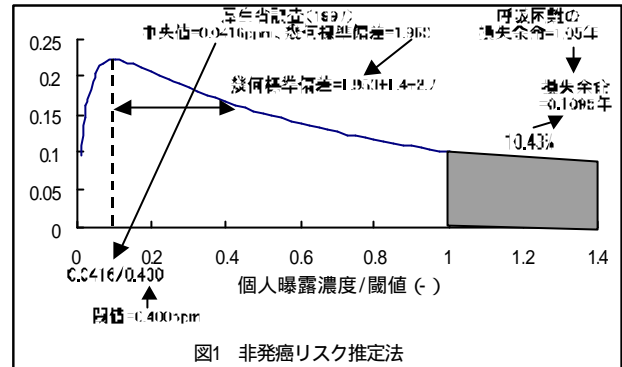


図1 非発癌リスク推定法

を用いて将来の価値を割引く手続きが行われる。

$$t\text{年目の費用の現在価値} = \frac{C(t)}{(1+r)^t}$$

(C(t) : t年目(現在=0)に発生する費用、r : 割引率)

このようにして求めた便益/リスクは、「1年寿命を延長するためにかけられた費用 (Cost Per Life-Year Saved : CPLYYS)」として表される。

3. ホルムアルデヒドの室内汚染問題への対応とその課題

ホルムアルデヒドは、室内での吸入が主な曝露経路であり、目や喉等の粘膜刺激性を持つと共に、少なくとも高濃度曝露時に、鼻粘膜扁平上皮癌の発生が確認されている。よって、発癌性、非発癌性の双方を仮定したリスク便益分析の対象物質として適当であると言える。

我が国では政府により JAS や JIS で建材・内装材からの放散量の等級規格が定められたり、室内濃度指針値が立てられると共に、メーカーにより低放散量の木材利用等が進んだが、世論への対応として急激に進められてきた側面があり、多様な対策の検討にリスク便益分析は適用されていない。依然指針値を越える住宅も多く、更なる対応が必要と考えられるが、低減できるリスクとその費用の双方から検討する必要がある。以下、具体的な分析を行った。

4. 分析の枠組み

本研究ではホルムアルデヒドの毒性として、我が国の室内で観測される低濃度において、1) 発癌作用のみを仮定した場合、2) 発癌作用を持たず、0.400ppm以上の曝露で気道抵抗の上昇、FEV/FVC(一秒率)の低下を生じる場合の2通りを仮定し、建材の切り替え、家具材の切り替え、専用空気清浄機の使用、24時間連続換気装置の導入の4つの対策に対し、リスク便益分析を適用する。

ただし、これらに関しては、対策の実施によって対数正規分布を仮定できなくなるため、非発癌作用を仮定したり

スク便益分析は行わない。また、¹⁾、²⁾では室内濃度や各パラメータが平均的な値を示す住宅を想定して費用を推定したのに対し、³⁾では全ての住宅に対策を行うとした。対策後の室内濃度予測のための各パラメータは、表1の通りである。

個人曝露濃度、室内濃度の現状値は、双方が測定された厚生省調査（1997）の平均値を用い、曝露経路として全ての経路が考慮された。期間は1997年から70年間を想定し、住宅に居住する人々全てを対象とした。

表1 対策後の室内濃度予測のパラメータ

換気回数 (回/h)	容積 (m ³)	換気量 (m ³ /h)	床材表面積 (m ²)	家具表面積 (m ²)	温度 (°C)	相対湿度 (%)	清浄空気風量 (m ³ /h)
0.5	25.76	12.88	10.94	11.41	20	50	24.82

各対策の分析の概要は、図2の通りである。

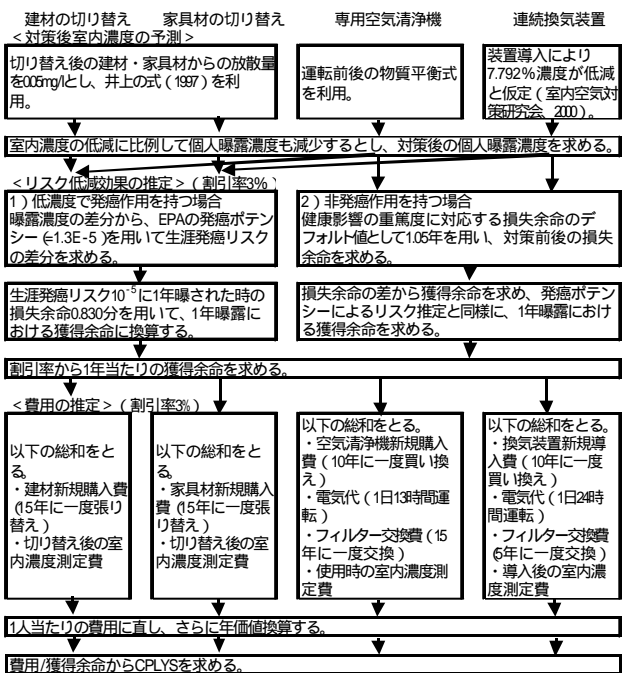


図2 各対策の分析の概要

最後に、各パラメータ、各対策後の個人曝露濃度、各対策の費用、代謝・感受性の個人差に関するデフォルト値、健康影響の重篤度に対応する損失余命のデフォルト値について感度分析を行った。

5. 結果と考察

5.1 分析結果及び先行研究との比較

表2 化学物質管理の費用対効果に関するケーススタディー

事例	毒性	曝露経路	リスク推定法	CPLYs (万円)
シロアリ防除剤クロルピレンの禁止	発癌性 (代替物質) 神経毒性	防除作業、家屋居住	発癌ポテンシー (代替物質) 詳細な情報に基づく推定	4,500
苛性ソーダ製造での水銀法の禁止	知覚障害	汚染魚の摂取	詳細な情報に基づく推定	57,000
ガソリン中のベンゼン含有率の規制	発癌性	大気	発癌ポテンシー	23,000
一般廃棄物焼却施設でのダイオキシンの緊急対策	発癌性	大気、野菜類摂取、肉・乳製品摂取、魚介類摂取	発癌ポテンシー	950
一般廃棄物焼却施設でのダイオキシンの恒久対策	発癌性	大気、野菜類摂取、肉・乳製品摂取、魚介類摂取	発癌ポテンシー	12,500
建材の切り替え	発癌性	家屋居住	発癌ポテンシー	3,008
家具材の切り替え	発癌性	家屋居住	発癌ポテンシー	5,063
専用空気清浄機の使用	発癌性	家屋居住	発癌ポテンシー	6,127
連続換気装置の導入	発癌性	家屋居住	発癌ポテンシー	42,952
専用空気清浄機の使用	気道抵抗の上昇、FEV1/FVCの低下	家屋居住	限られた情報に基づく推定	521
連続換気装置の導入	気道抵抗の上昇、FEV1/FVCの低下	家屋居住	限られた情報に基づく推定	3,735

分析の結果、建材の切り替えが最も効率が良く、次いで

家具材の切り替え、専用空気清浄機、連続換気装置の順であった。

また、先行研究と比較すると、発癌作用のみを仮定した連続換気装置、非発癌作用を仮定した専用空気清浄機を除き、平均的な対策と判断される。発癌作用のみを仮定した連続換気装置は比較的高くつく対策であり、非発癌作用を仮定した専用空気清浄機は、かなり効率的な対策と言える。

5.2 発癌作用のみの場合と非発癌作用の場合との比較

感度分析の結果より、専用空気清浄機と連続換気装置について発癌作用のみ、および非発癌作用を仮定した場合のCPLYsを図3に示す。どの対策においても、発癌作用のみを仮定した場合のCPLYsは、非発癌作用を仮定した場合に比べ大きかった。

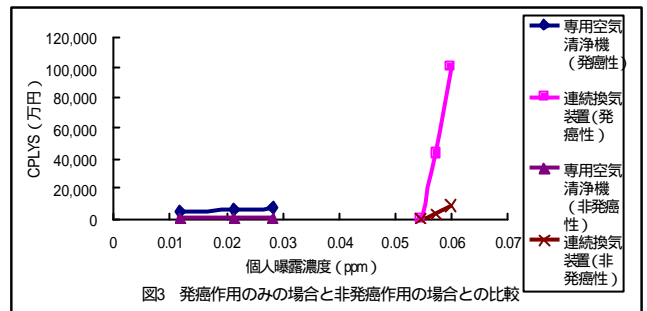


図3 発癌作用のみの場合と非発癌作用の場合との比較

原因として、3つの可能性が考えられる。第一に、我が国におけるホルムアルデヒドの室内汚染に関しては、発癌作用よりも非発癌作用の方が大きな問題となっている事である。第二に、本研究で非発癌リスク推定の際にいた仮定が安全側にとり過ぎている事である。第三に、本研究で用いた非発癌リスク推定法の限界である。

5.3 CPLYsに影響を及ぼす要因

感度分析の結果、CPLYsの大きさに影響を与えたのは、各対策後の個人曝露濃度、費用、代謝・感受性の個人差に関するデフォルト値、健康影響の重篤度に対応する損失余命のデフォルト値であった。このことから、次の2点が指摘できる。

第一に、網羅的な対策や、ホルムアルデヒド抑制効果に関して均質な製品設計が重要である。第二に、費用のばらつきを抑える一助となるよう、住宅関連商品/サービスの価格等の情報開示を進めていく事も重要である。

6. 結論と今後の課題

- 4つの対策にリスク便益分析を適用し、次の結論を得た。
- 先行研究と比較すると、発癌作用のみを仮定した連続換気装置、非発癌作用を仮定した専用空気清浄機を除き、費用対効果の点で平均的な対策であった。
- 発癌作用のみを仮定した場合と、非発癌作用を仮定した場合とで費用対効果を比較すると、非発癌作用を仮定した場合の方が大きい傾向を示した。
- 費用対効果の大きさに影響を及ぼしたのは、各対策後の個人曝露濃度、費用、代謝・感受性の個人差に関するデフォルト値、健康影響の重篤度に対応する損失余命のデフォルト値であった。

今後の課題として、建材や家具材のホルムアルデヒド代替物質にもリスクはあり、一方連続換気装置は広範囲の物質の除去に有効な事から、それらの統合評価が挙げられる。また、代謝と感受性の個人差に関するデフォルト値、健康影響の重篤度に対応する損失余命のデフォルト値、およびその選択の手続きを改良し続けていく事が重要である。

「循環型経済モデルによる廃棄コスト内部化の理論的分析」

東京大学経済学部 4年 猪野弘明

Email to: ino@ea.catv.ne.jp

Key words: 廃棄コスト, ピグー税, 上・中・下流課税, リサイクル補助金

分析対象

物質的な財はいずれ廃棄をしなければならず、経済に資源を投入するのと同様に、環境中に適正な廃棄をするのにはコストがかかる。しかし、行政が無料でゴミ回収をするシステム下では、生産・消費に関する経済的な意志決定過程で、この廃棄に関するコストは投入のコストのように内包されない。この意味で財は常に廃棄に関わる外部不経済を持っているといえる。本稿ではこのような外部不経済を内部化するための諸政策の理論モデルによる分析を試みる。なお、政策としては主に課税によってコストを負担させて内部化する手法（ピグー税）を主眼とする。

廃棄コストを内部化する場所（徴収する対象物）として、下流である排出段階（廃棄物）、中流である消費・生産段階（生産物）、上流である投入段階（生産要素）をそれぞれ考える。さらに、それぞれの場合について廃棄コストの支払い義務者が企業である場合、家計である場合にも分類してその共通点・相違点にも言及する。また、各政策はリサイクルを明示的に導入した循環モデルで分析した。

分析方法

具体的には x 財の部分均衡モデルを用いて、このような分類で考えた政策を全て概観し、その特徴をつかむことになる。モデルの概要は図 1 に模式的に示した。原モデルとなったのは Dinan(1993)ⁱ、Walls & Palmer (2001)ⁱⁱ、石井 (1998)ⁱⁱⁱ 等である。

分析結果

いずれの政策においても社会的最適を達成する方法があることが論じられる。その際の課税形態と補助金の必要性が簡単には表 1 にまとめてある。以下は、各政策についてより詳しい結果を述べる。多少専門用語を含むので経済学を学んだことのない人は表 1 のみを見れば十分である。下流政策で家計が支払いの場合は廃棄物処理の限界コストを料金として課すと言う最も直接的な手法である。下流で企業支払いの場合は、企業に自社製品の廃棄物の回収義務（廃棄コスト支払い義務）を課すだけで良い。中流政策の場合は、生産物に自らの限界廃棄コストを前もって課税しておく代わりに、リサイクルで廃棄が回避された分の限界廃棄コストは補助金で返す必要がある。支払い義務は家計でも企業でも、課税の理論より経済的意味は明らかに同じになる。上流政策の場合は、基本的には各々の限界生産物の廃棄コスト分が生産要素投入に課税されるが、リサイクル投入だけはそれにより回避される廃棄コストへの補助が足し合わされる。一般には両者は相殺されず、課税の分補助金は減るがなおも必要となる。

図 1：循環型の x 財部分均衡モデル

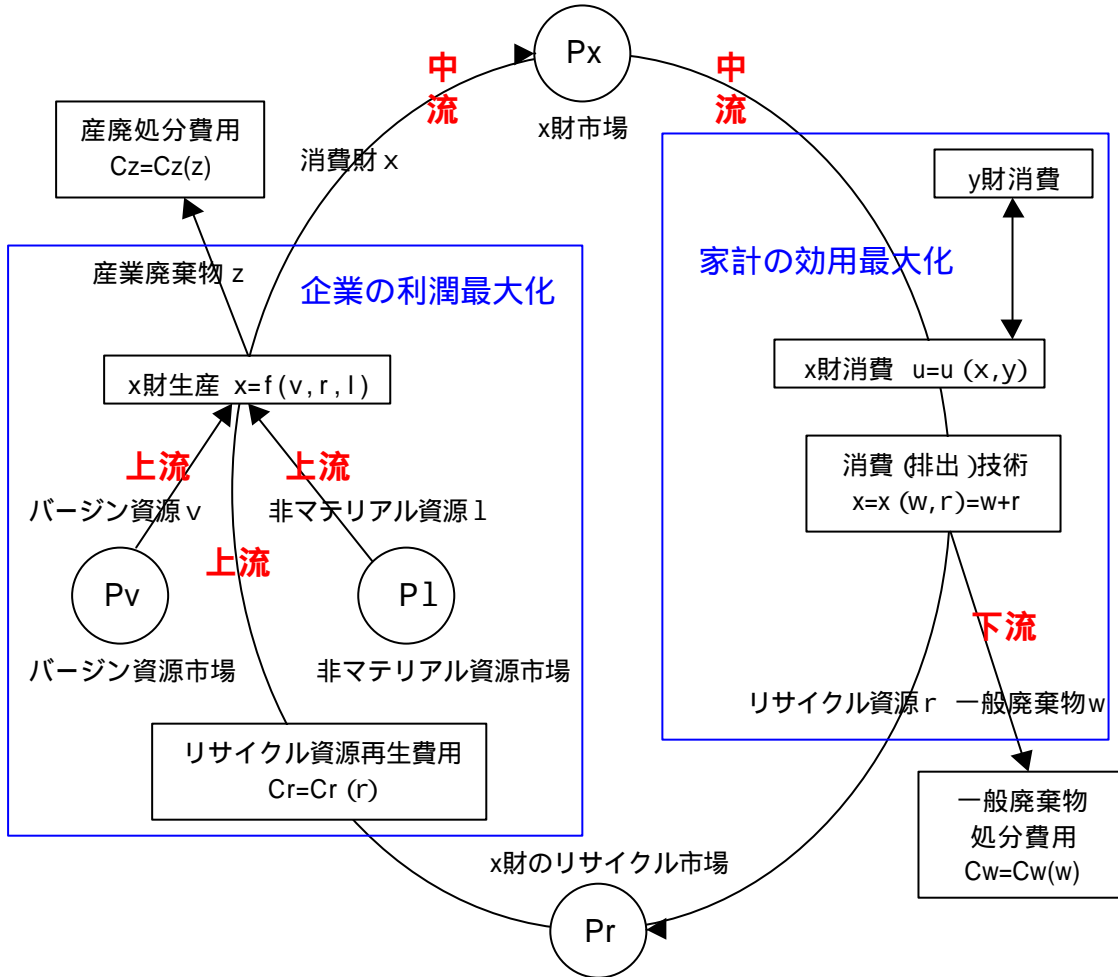


表 1：各政策の税の形態と社会的最適点における補助金の必要性

内部化のタイミング		廃棄コスト課税の形態		リサイクルへの補助金
上流	企業	全ての資源投入に課税		ある程度必要
中流	企業	売上税 (企業支払いの個別消費税)		必要
	家計	支出税 (家計支払いの個別消費税)		必要
下流	企業	拡大生産者責任による支払い義務		不用
	家計	ゴミの従量料金制		不用

ⁱ Terry M. Dinan; Economic Efficiency Effects of Alternative Policies for Reducing Waste Disposal/ Journal of environmental economics and management 25 (1993)

ⁱⁱ Margaret Walls & Karen Palmer; Upstream pollution, Downstream waste disposal, and the design of comprehensive environmental policies/ J of EE and M 41(2001)

ⁱⁱⁱ 石井安憲；資源ゴミ・リサイクル市場と補助金政策 / 経済と貿易 175(1998) 横浜市立大

大豆畑トラストの可能性と課題

Potentiality and Problem of Soybeans Fields-Trust

東京大学教養学部総合社会科学科相関社会科学分科 4 年 澤千恵

Social Science Studies, the Department of Social and International Relations,
the College of Arts and Sciences (Senior Division), the University of Tokyo.

キーワード：大豆(soybean)、トラスト運動(the movement of “trust”)、
産消提携、有機農業(organic agriculture)

1. 問題

高度成長期以降、大豆の輸入量は増加の一途をたどり、国内の大豆生産は衰退し続けてきた。しかし近年に至り、大豆は自給率向上のために増産を目指すべき作物として位置づけられたため、効率的な大豆作経営に対する奨励金が増加し、大豆の作付面積はここ 2、3 年の間に急激な増加を見せている。

一方、1996 年に、遺伝子組み換え大豆の輸入が開始され、日本における大豆市場に遺伝子組み換え大豆が流入した。日本人の日常的な食卓に欠かせない食材である大豆の安全性が脅かされたことにより、消費者の中に、遺伝子組み換え作物への危機感が募ると同時に大豆全般に対する関心が高まった。このような動きの中から、国内における大豆の生産を継続的に可能にするために消費者として何ができるのか、という問題意識が持たれるようになっていった。

大豆の生産と消費をとりまく以上のような状況の中、1998 年に大豆畑トラストという運動が発生した。これは、国内において安全な大豆を継続的に生産・消費することを目指し、一定面積の畑で行われる大豆の生産活動に対して、消費者が一定金額を出資するという運動である。消費者は、出資相当面積の畑で収穫される大豆、或いはそれと等価の大豆製品を得ることができ、生産者は、収量に関わらず安定的な収入を確保することができる。この方法によって、国内における大豆の生産を可能にし、

消費者と生産者の双方のニーズを満たすことができるというのである。大豆の地産地消の追求や生産振興対策は各地で広まりを見せているが、消費者が大豆の収量に関わらず出資するという仕組みは、他の運動と明らかに異なっており、さらに遺伝子組み換え食品に対する反対や自給率向上などの明確で強い理念を持っていることも独自の点である。

大豆畑トラストは、以上のような注目すべき特質を持っているにもかかわらず、発生して間もない取り組みであるために十分な研究がなされていない。既存の研究としては、久野秀二が国内大豆生産振興策の吟味の中で草の根の取り組みとして簡単な紹介をしているのみである。あるいは『現代農業』などいくつかの雑誌の中でルポルタージュとして取り上げられるにとどまっている。

本論文は、以上を踏まえて、以下の 2 つの課題に答えることを目的とする。1 つ目は、大豆畑トラストの仕組みを解説し、その意義を考察することである。2 つ目は、現在運動数が伸び悩んでいる現状を明らかにし、その理由を考察することである。

2. 方法

大豆畑トラストが抱える具体的な課題を抽出するために、山形県新庄市の取り組み事例の調査を行った。その際に、生産者と事務局員に対するヒアリング調査と、消費者に対するアンケート調査を行った。

また、各地の事例に共通する問題点を把握するために、既存のアンケート調査を筆者の問題意識に基づき再整理した。同時に、千葉県八日市の事例にヒアリング調査、アンケート調査に行った。

全国的な取り組みの趨勢に関するデータは、大豆畑トラストを全国に呼びかけた消費者団体である「遺伝子組み換え食品いらない！キャンペーン」から得た。

3. 結果

生産者は大豆の安定した販路の確保を、消費者は安全性の高い大豆製品を求めており、大豆畑トラストで目指された仕組みはその期待を満たすものである。その背景には、転作補助金に依存した生産状況から逸脱する機会を欲する生産者と、遺伝子組み換え大豆の輸入開始により日常的な食事に必須である大豆製品に対して安全性を意識し始めた消費者が存在する。

しかしながらその全国的な広がりには、発足当初には飛躍的な拡大を見せたものの、3年目を以降停滞の状況にある。展開過程の詳細を調査した結果、当初の急増の背景には農民連合（農民団体）のやや安易な参加が見られたことと、現在取り組んでいる生産者は産直の経験を持つ者が大半であることが分かった。すなわち、全国規模の農民団体の中でのいわばブーム的な参加により一時は全体数としても拡大したが、ブームが過ぎ去ったことによって参加団体が淘汰され現在の参加数は伸び悩んでいることと、拡大したとは言っても産直経験のある一部の生産者の間に限られていたことが明らかになった。

この理由を探るために、大豆畑トラストを継続して行うための条件を見つけ出すべく、新庄大豆畑トラストの事例を分析した。その結果、多大な労働が無償で行われているために生産者の収益には結びついていない部分があることや、加工品の製造に伴い運営コストの増加と理念型の実現不可能性が惹起されていること、生産者と消費者の間で対等な関係が構築されていないという問題点を指摘した。

さらに、全ての取り組み生産団体・生産者を対象として行われたアンケート結果から、収益性の低さ、消費者確保の困難さ、団体間の情報交換の不十分さ、さらに収量変動のリスクが生産者に帰属している点を、大豆畑トラストが克服すべき課題として抽出した。これらを解決するためには、地産地消型の提携や対等な関係が実現できる程度の適正な運動規模を迫及することが有効であることを提示した。

大豆畑トラストは、生消双方の協力によって、経営的にも環境的にも持続的な農業を創造するための新たな挑戦であり、大豆に限らず、安価な輸入品との価格競争において圧倒的に不利である日本の農業が、今後模索すべき活路を提示していると言える。しかし、理念を現実にするために超えるべきハードルは決して低くはない。今後、いかなる方向に展開するか、さらに調査を進めたい。運動論としての視点をさらに深めて分析していくことと、消費者にとってのメリット・デメリットをより定量的に把握することが必要である。また、いくつかの自治体や農協においても大豆畑トラストの取り組みが検討されているという報告もあり、本論文では対象とできなかった「遺伝子組み換え食品いらない！キャンペーン」に登録されていない取り組みにも注目することが、今後の課題である。

地場型給食の効果と課題～地域に根ざした食を伝える

田中理恵 農学部 農業構造経営学専修 農業史研究室

キーワード：地場型給食，食教育，広がりと持続性，交流と第3者の評価

1 問題提起～なぜ地場型給食か

地場型給食とは、「地域で取れた新鮮な旬の食べものを学校給食に届けることで、子どもの健康と食文化・農業・地域への関心を育もう」という取り組みです。このように、学校給食において、地域に根ざしたあり方が見直されてきていること背景には、次の3つの視点が考えられます。まず一つ目は学校給食の歴史、貧困児童救済のための「福祉」から「教育」との一環として位置付けられたにもかかわらず、GHQの支配下でのパン+脱脂粉乳にはじまり、酪農振興政策のもとで牛乳導入され、米増産のもとで米飯導入される、という風に社会情勢に翻弄され、学校給食会と業者の癒着の下、地域性や季節性を無視してきました。次に、学校給食の影響です。味覚・食嗜好・食習慣の形成にとって決定的な児童期に毎日9年間も食べる学校給食が、子どもたちの健康に及ぼす影響は多大です。小学校の98.5%、中学校67.0%で、完全給食が実施されており、給食の影響力は、子どもたち個人にとどまらず次世代の健康にも及ぶし、食文化への価値観をつくり、食量消費の構造を左右し、農業・食品業の構造も変えてきました。第3に、飽食の裏での食の質の貧困化があります。個食・孤食、食の幅が狭い、内容の単純化・偏り、季節性・地域性の無視といったものです。家庭でもおふくろの味が「袋」の味になりつつある現在、身体に必要なものを選び正しい嗜好や判断力を育てる必要性が差し迫ってきています。このような背景にたつと、学校給食で地域に根ざしたあり方を取り入れていくことは、子どもたちに、食・農・くらしのあり方における「地域性」や「季節性」の重要性を伝え、子どもたちを通じて、地域に根ざした食・農・くらしのあり方を作っていく可能性を秘めていると考えられる。そこで、地場型給食の取り組みは実際には、どのように行われており、このような取り組みが持続し、更に広がりをもっていくための課題を考える。

2 方法

まず、地場型給食の取り組みの現状を把握するため、全国的統計がないため、東京都の地場産物使用状況と、ここ1年半の地場型給食についての新聞記事数、昨年2月に長崎大の地域循環研究所が行った学校給食自給率調査を参考にした。この中で、地場型給食を行っている学校への聞き取り調査を通じて、地場型給食で実際に食・農・地域への関心が高まっているのか、他にどのような効果が上がっているのかを調べた。次に、地場型給食未実施校で地場型給食を行えない理由を聞き、実施校で取り組みを支えていると思うことや実施上問題となっていることを聞き、両者を比較し、地場型給食を妨げていること・改善点を考察した。また問題点への取り組みの比較をして、問題の解決策、地場型給食の取り組みが持続し更に広がりをもっていくための課題を考察した。

3 結果

3.1 地場型給食の取り組みの現状

地方のほうが地場産物の使用が活発だということはなく、東京都でも、631校で地場産物が、792校で有機農産物が使用されていた。一方、地域循環研究所の学校給食自給率調査では、地場産自給率(重量比)の平均は11.68%、地方でも0%のところもあった。また、最高の6.2%はセンター方式の学校であり、センターでも、努力次第で地場食材の取入れが可能なことがわかった。全国学校給食を考える会の調査では、H10.10.～H12.4.の1年半の間に、202件の地場型給食についての記事が新聞に掲載されていることが分かっている。

3.2 地場・産直型給食の取り組みの具体的内容

3.2.1 地方型 福島県熱塩加納村

福島県熱塩加納村では、無農薬米の産直・村全体で有機農業と地域自給の取り組みが基礎になり地元の子どもたちにもこよいものを食べさせたいと地場食材の取入れが始まり、野菜、米は全て村内産、その他、味噌、梅漬け等も村の人の手づくりのものを使っている。野菜や農家の人のことを子どもたちに伝えるため、給食時間に放送をしたり、給食室前に食材の展示をしている。また、いろいろな食体験を持たせるため、子どもたちに学校田・畑づくりや給食の下ごしらえをさせたり、郷土料理などを献立に取り入れたりしている。また、食べ物を選ぶ力を育てるため、おやつ安全カードを配って、食べ物を選ぶ時の目安を教えている。

3.2.2 都市近郊型 東京都日野市

日野市では、子どもの野菜嫌い、畑へのいたずらという問題の解決策として、身近な給食で地元の野菜を使えば食べ物や畑を大事にするようになるのではないかと、ということで地場型給食が始まった。この取り組みが評価され、市の政策に取り上げられ、現在では市内全校に定着している。産業振興課が学校・農家・業者の調整役となっており、パンフレットの作成等も行っている。平成12年度地場野菜使用率は、平均10%(最高23%)供給品目は33品目、金額にして10,002,095円の地場野菜が学校給食に使われている。このことは、給食通信や総合学習を通じて子どもたちにつたえられ、残飯もほとんどなくなり、畑あらしもなくなった。また、給食を通じた交流もさかんであり、農家と子どもで古代米をつくったり、交流給食会を開いたり、給食の感想を入れる給食ポストを作ったり、地域の人に給食試食会を開いたりしている。

3.2.3 産直型(都市農村交流型) 東京都武蔵野市境南小学校

境南小学校の給食の特徴は、「素性のわかる旬の食材」の産直と給食を通じた「交流」にある。生産者から直接、旬の安全な新鮮な食材をとりよせ

季節に合った献立をたて、それを、給食便りや給食放送で流したり、全国食材マップという地図を作ったりして、子どもたちに食教育を行っている。また、農業や地域への関心・コミュニケーションの力を育もうと、団らん給食や料理サークル、ファームステイなど様々な交流が行われている。

3.3 地場型給食の効果

聞き取りを行った取り組みの中で、実際にどのような効果があがっているのかをまとめると、子ども・農業・地域への影響の3つに分けられる。まず、子どもへの影響として、子どもたちが「野菜が好きになった」「おいしいから全部食べる」といったり、アトピーの子どもが元気になるなど、心と身体が健康が育まれていると言える。また、「きゅうりって夏のものなんだね」と、野菜の旬を覚えたり、食への興味・関心が高まっている。また、実家の農業のやり方に関心を持ったり、自由研究で畑から食卓までのつながりを調べるなど、農業への興味関心も高まっている。生ゴミのリサイクルで、環境問題に興味も持ったり、交流給食会で地域の人とのつながりもできている。二つ目は、農業・農家への影響である。農家が身近な子どものために、農薬・化肥を減らし、堆肥を作る取り組みを自主的に始めたり、市場出荷のための大規模単作から、給食献立にあわせた少量多品目に転換することで、連作障害が減り、農家の食卓も豊かになっている。そして何より重要なことは、子どもたちが農業に興味も持ったり、第三者に評価されることで、農家の自信・やる気が育まれていることである。三つ目は、地域への影響であり、子どもを通じて、家族や学校の先生も啓発されていることである。給食との関わりから、食材の質を再考した地元商店もある。また、農薬・化肥の削減、輸送・包装エネルギーの削減、生ゴミの堆肥化で資源の地域循環をするなど、環境面でも負荷が軽減されている。

3.4 地場型給食をするために～実践編

3.4.1 問題となっていること

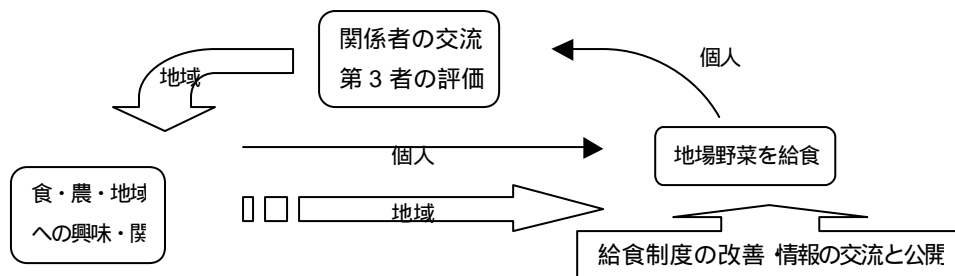
聞き取り調査の結果、問題と意識されていることのうち、実施出来ない学校に特有なものとして「仕入先の規制」という制度上の問題があり、これが、現実に実施を妨げている問題だと考えられる。実施上の問題としては、安定供給が難しい、値段が高い、農家の収入にならない・既存納入業との関係、規格・形態のばらつきに対応できない、などという問題が出されたが、値段については、未実施校においてイメージが先行している面が大きく、実施工では、地場産は安いことが多かった。安定供給や農家・業者の経営の安定のためには、農家の作付けと献立を調整するなど関係者のコミュニケーションが重要となっていることが分かった。規格・形態については、調理時間・人手・給食費のゆとりのなさが原因であり、作業上の工夫や農家と給食室の意思疎通に加えて、給食環境の整備が必要とされていることが分かった。実施校間でも、一方では問題となっていて、もう一方では解決している場合があり、解決策などの情報交換が必要である。

3.4.2 地場型・産直型給食をするために必要なこと

問題点を踏まえて、地場・産直型給食を実施していくために必要なことを、意識面と実践面に分けて考える。まず、意識面での一人一人の自覚・関心・意欲と関係者間の相互理解を育むためには「関係者間の交流」と「第三者の評価」の2つが重要であると考えられる。「交流」の具体例としては、交流給食、給食便り、給食時間の巡回、給食放送、総合学習との連携、給食展示会、学校田・畑づくり、料理教室、お礼の手紙、畑の見学、農家同士のグループづくり、等がある。また、視察や取材など社会の評価UPすることで、関係者の自信・意欲が高まり、また行政の理解・協力も得やすくなったり、自給率調査で自己評価をし、食材の質・産地・生産者との関係を考え直すべきかかかっていること、視察・取材に対応するために、成り行きで関わった人も勉強し、意義を再認識して、自主性・自信・意欲が高まっていることなどから、「第三者の評価」の重要性が分かる。つぎに「実践面」で必要なことは、大きくわけて「制度の改善」と「情報公開・情報交流」といえる。「制度の改善」は、仕入先の指定の改善、場所・時間・人員・費用などの給食環境の充実と、行政の役割として、政策にすることで定着させること、学校・業者・農家の調整役となることなどが考えられる。「情報公開・情報交流」というのは、農家と給食室の間で作付け品目と食材の一致や納品規格・形態の合意を図ること、農家に安全な栽培方法、給食室に旬の献立例や食教育の例などの情報提供をしていく、地域間で問題の具体的な解決策を情報交換していく、給食展示会やアンケートを行って、地域へ給食内容を公開し、地域の人が給食を評価できる機会・仕組みを作っていくことで、給食の質を高めていくことである。

3.5 取り組みが持続性と広がりをもつためのシステム

これらの取り組みにおいて、持続性と広がりが問題となっているところに共通するのは、一部の人の高い意識と努力に頼っている部分が多いことだ。持続性と広がりをもつためには、個人に頼らず、地域全体の意識と協力を引き出していく必要がある。そこで必要になるのが、先にあげた意識面と実践面をつなげることである。一部の人の意識に始まった実践でも、関係者が「交流」し、外部の「評価」が高まることで、地域全体の意識アップにつながり、「給食制度の改善」「情報の公開・交流」というバックアップを得れば、取り組みが持続し広がっていく。地場型給食が広がり持続性を持ち、食・農・くらしにおける「地域の重要性」を次世代に伝えていくためには、このような「交流・評価」による実践から意識へのフィードバックと「制度の改善・情報の公開と交流」のバックアップが一体となったシステムが重要である。



分散剤の添加が石油起源多環芳香族炭化水素の消失過程と生物蓄積に与える影響 - メソコスム閉鎖生態系を用いて -

The Effect of Chemical Dispersant on the Fate of Petroleum-Derived Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Their Bioaccumulation Using an Enclosed Ecosystem, Mesocosm

山田美穂子 (東京農工大学大学院)

Mihoko YAMADA

The Graduate School of Tokyo University of agriculture and technology

キーワード ; 多環芳香族炭化水素(PAHs)・メソコスム・分散剤・Mussel

Keywords; Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), Mesocosm, Dispersant, Mussel

【はじめに】

石油は、タンカーの日常的な航行や流出事故、都市排水等により海洋を汚染している。石油成分の一つである多環芳香族炭化水素(PAHs)は複数のベンゼン環を持ち、多くの同族体・異性体から構成されている。その中には、急性毒性や発がん性、催奇形性、環境ホルモン作用などを持つ化合物が含まれており、化合物間で毒性と残留性は大きく異なる。それゆえ、PAHsの残留性・消失過程を化合物レベルで明らかにすることは重要である。しかし、自然界ではそれらのPAHsの挙動に關与する環境要因(生物的作用、物理化学的作用等)は多く、プロセスの理解は容易ではない。そのため、環境要因を減少させた擬似生態系(メソコスム)を用いて研究をすることが有効であり、過去にもそのような目的でメソコスムを用いた油汚染の研究が進められてきている。本研究では、メソコスムを用いて石油起源のPAHsの挙動を明らかにすることを試みた。卒業研究時に行った石油を添加した実験の結果、石油中のPAHsが鉛直方向への輸送(沈降)されることが確認され、堆積物の浚渫時などに、堆積物と共にPAHsも巻き上がる可能性が考えられることから、石油流出により慢性毒性をもつ高分子量PAHsが水生生物、底生生物へ与える影響が危惧された。

石油流出事故の際に、石油成分の分解を高めるために分散剤が散布される場合がある。分散剤は界面活性剤であり、石油を水中に分散させ、分解を促進させることを目的に添加されるものである。分散剤そのものの生物毒性については研究が進み、現在使用されるものはほとんど毒性がないとされる。しかし、石油の粒径が小さくなり微生物に分解

されやすくなるという反面、使用していない場合よりも大きな急性毒性を示したという報告(Koyama *et al.*, 1998)や、動物プランクトンが消失したという報告(Scott *et al.*, 1984)があることから、分散剤の添加によりPAHsの生物へ取り込まれやすくなり、生体への影響が高まることも考えられる。しかし、生体内への石油起源PAHsの取り込みに与える分散剤の影響については十分に評価されていない。また、分散剤が添加された場合の石油起源のPAHsの環境中での挙動も、化合物レベルでは十分に明らかにされていない。

そこで本研究ではメソコスムを用いた実験を通じて、石油起源のPAHsに着目し、分散剤を添加した場合の影響について、下記の2項目を明らかとすることを目的とした。(1) PAHsの化合物レベルでの挙動に与える分散剤の影響 (2) PAHsの生物蓄積における分散剤の影響

(2)では、一般にムール貝として知られる、二枚貝であるMussel(ムラサキガイ)を用いて、PAHsの取り込みについて研究した。Musselは、一般に、PAHsを代謝せずに体内に蓄積するとされ、海洋汚染のモニタリングの指標としても用いられている。今回は、メソコスムを用いた2回の実験で明らかとなった、分散剤添加の有無によるPAHsの挙動(実験1)とMusselへのPAHsの取り込みの違い(実験2)について報告する。

【試料と方法】

東京大学付属水産実験所に設置されたメソコスムを用いて実験を行った。実験期間は、2000年10月23日~12月26日(実験1)と2001年5月21日~6月22日(実験2)

である。直径 1.5m 高さ 3m の円柱形タンクに海水を引き入れ、A 重油の水溶性画分を添加した。水溶性画分は予め A 重油と海水を攪拌して調整した。実験 1 では水溶性画分と分散剤を添加したタンクと水溶性画分のみを添加したタンクを設定し、実験 2 では、実験 1 と同様の系にそれぞれ Mussel を係留した。水試料と沈降粒子試料は 10 日目まで、Mussel は 30 日目まで採取した。試水はフィルターで濾過をし、溶存態試料は固相抽出、懸濁態試料と沈降粒子試料はソックスレー抽出をした。Mussel は軟体部を有機溶媒と混ぜ攪拌乳化抽出した。抽出物はシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し、ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)で同定、定量した。

【結果と考察】

実験 1 では、分散剤の添加が PAHs の挙動や濃度に影響を与えていることが明らかになった。分散剤ありタンクでは、なしタンクに比べて水中からの PAHs の消失速度が速く、添加量に対する沈降割合が少なかった。しかし、分散剤の添加により水中に溶け込む PAHs 量は増加し(溶解効果)、この溶解効果は、分解促進・沈降割合減少の効果より勝っていた。そのため、PAHs の水中の濃度は、分散剤ありタンクの方が、なしタンクよりも大きい値となり、高分子量 PAHs の沈降量も、両者でほぼ同量となった(Fig.1)。また、実験に使用した重油の量は分散剤ありタンクでなしタンクの 1/3 であったため、同量の重油を添加した場合、分散剤を添加した方が、水中に溶け込む PAHs の量、沈降する PAHs の量ともに、さらに増加すると考えられた。また、堆積物中に PAHs が沈降すると嫌気的であり、微生物分解を受けにくいことが考えられる。これらのことから、分散剤の添加により、水生生物や底生生物が、PAHs に暴露される量や期間が増加する可能性が示唆された。

実験 2 では、分散剤の添加が Mussel の PAHs の取り込みと放出に影響を与えていることが明らかになった。分散剤なしタンクでは、4 つのベンゼン環からなる高分子量 PAHs の Chrysene の Mussel 中の濃度は、10 日目まで増加傾向にあった。しかし、分散剤ありタンクでは、3 日目以降増加せず、高分子量 PAHs の取り込みが抑制されていることが示唆された(Fig.2)。また、2 つのベンゼン環が

らなる低分子量 PAHs では、Naphthalene 類の濃度の減少は分散剤ありタンクの Mussel の方が遅く、分散剤ありタンクの Mussel 中の低分子量 PAHs の濃度は、最大で分散剤なしタンクの 56 倍であった。この Mussel 体内濃度の分散剤の有無による違いは、水中の濃度の違いでは説明ができなかった。このことから、分散剤の添加が Mussel の PAHs の取り込みと放出を抑制していることが明らかとなり、分散剤を添加した系では Mussel の生物学的な活性が低下している可能性が示唆された。その原因として、分散剤の添加により石油成分の分解が促進されたために、タンク内の溶存酸素が減少したことと、分散剤の溶解効果により水中に溶け込む PAHs 量が増加したことが考えられた。分散剤の添加による生物への直接影響および間接影響について更なる研究が必要である。

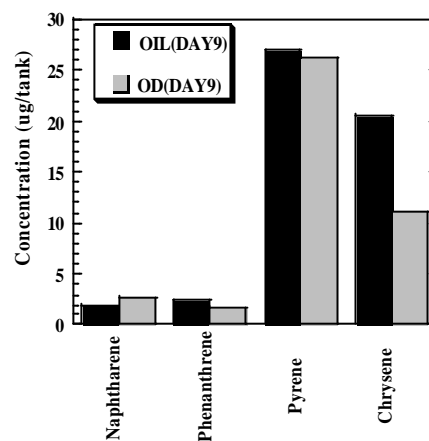


Fig.1 沈降量の比較
(OIL;分散剤なし、OD;分散剤あり)

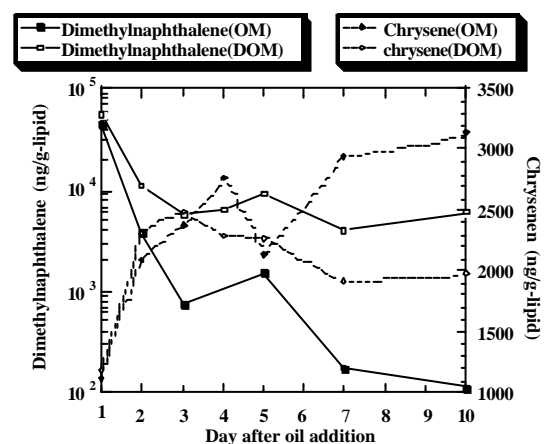


Fig.2 Mussel 体内濃度の比較
(OM;分散剤なし、DOM;分散剤あり)

ダイオキシン類による 女性ホルモン攪乱作用の研究

Activation of estrogen signaling by dioxin-induced association of dioxin and estrogen receptors

修士2年 大竹史明

東京大学農学生命科学研究科・分子細胞生物学研究所

Keywords

ダイオキシン受容体：

ダイオキシンを結合して毒性を発揮する転写因子

女性ホルモン受容体：

女性ホルモンを結合して生理作用を発揮する転写因子

遺伝子の転写：

遺伝子(DNA)の情報からタンパク質を生産する過程。ホルモン受容体は「転写因子」として特定の遺伝子の「転写」を活性化する。転写されたタンパク質が機能することにより、ホルモン作用が発揮されるのである。

(1) はじめに：研究活動の長期的ビジョン

研究の道でやってみたいことは、社会的な課題に対して科学的知見の開拓によってその一助となることです。社会で起こっている環境問題と生物学の最先端とを「つなげる」仕事がしたい。そこで「社会的な課題の中からテーマを選んで研究する」という、一般的な研究者とは逆のスタンスをあえて試しました。修士2年間は、ダイオキシンの女性ホルモン攪乱作用について研究を進めました。「ダイオキシン」という毒性学の問題に対して分子生物学の手法を用いて解析する、ということで、2つの学問分野を横断する研究テーマです。従って概念的にも方法論的にも様々な苦労がありましたが、それだけ他の人がやっていないオリジナルな仕事ができただけではないかと思えます。

具体的な目標は2つあります。一つは、未知の問題を発見・定式化し、将来の予防に役立てること。もう一つは、既に顕在化している問題を扱い、今苦しんでいる人の助けになること。ダイオキシンの研究でもこの両者を視野に入れています。

(2) 背景：何が明らかにされるべきか

ダイオキシン類は発がん作用をはじめとした様々な毒性作用を持つ環境汚染物質であり、近年特に女性ホルモン攪乱作用(「環境ホルモン作用」)が注目されている。女性ホルモンの生理作用は女性ホルモン受容体を介した遺伝子の転写制御により発揮される。一方ダイオキシン類は「ダイオキシン受容体(AhR/Arnt)」に結合して同様に遺伝子の転写を制御する作用を持っているが、なぜ毒性作用が出るのか、そのメカニズムはよくわかっていない。(図1)

ダイオキシンの環境ホルモン作用の謎

・「女性ホルモン攪乱」の証拠はない。
一般的な「女性ホルモン様物質」と異なり、ダイオキ

シンは女性ホルモン受容体には結合しない。単に個別の毒性が報告されているだけで、「女性ホルモン攪乱」という定式化はなされていない。

・活性化と不活性化の矛盾した報告。

「ダイオキシンが女性ホルモン作用を活性化する」という報告と「抑制する」という報告の両者があり、結局女性ホルモン作用を攪乱しているのか、単に多様な毒性があるのか、よくわかっていない。

方法論の選択

・疫学と動物実験の限界：

時間的空間的広がりのため、疫学調査が困難。動物実験の高用量投与に対する疑問。メカニズムとして確証を得る必要性。

・多様な化学物質、多様な作用：

ダイオキシン類には既知のものだけで100種類以上が知られる。毒性作用も様々。受容体の機能に着目して普遍的な作用を解析する。

・転写制御機構の解析：

ダイオキシン受容体と女性ホルモン受容体はどちらも転写因子であり、転写制御によって作用を発揮する。そこで転写制御の段階を分子生物学的に解析する。

・相互作用の解析：

分子生物学の世界では、生理現象は「分子どうしの相互作用」として捉えられる。どの分子と分子が、どのようなシグナルにより、結合・解離するのか。様々な手法により、タンパク質同士の結合を調べる。

(3) 結果：「ダイオキシンと女性ホルモンとの間には、受容体同士の結合を介した相互作用が存在する」

1.女性ホルモン非存在下で、ダイオキシン受容体が女性ホルモン受容体を活性化する。

女性ホルモン受容体は通常、女性ホルモンが結合すると活性化して遺伝子の転写をONにする。しかしダイオキシンによってダイオキシン受容体を活性化してやると、女性ホルモン受容体が活性化されて、女性ホルモン非存在下において遺伝子の転写をONにすることができる。(図2)

2.女性ホルモン受容体とダイオキシン受容体は、ダイオキシン依存的に結合する。

細胞内で両者の受容体が、ダイオキシンのシグナルに依存的に結合することがわかった。さらにこの時、女性ホルモン受容体が標的遺伝子の転写を制御する領域に結合し、転写装置を連れてくることもわかった。すなわち、女性ホルモンの標的遺伝子を転写するための複合体がダイオキシン依存的に形成されることが明らかになった。(図3)

3.マウスを用いた個体レベルでの証明

ダイオキシン受容体を持たないマウス、女性ホルモン受容体を持たないマウスを用いた。その結果、ダイオキシン投与による女性ホルモン作用の発揮はたしかにダイオキシン受容体と女性ホルモン受容体の両者を介した作用であることが証明された。

また、子宮内膜の細胞が女性ホルモン同様にダイオキシンによっても増殖することを見出した。この結果は

ダイオキシンと子宮内膜症との因果関係を明らかにする上で鍵となると考えられる。

4. 結論

ダイオキシンを結合して活性化したダイオキシン受容体が、女性ホルモンを結合していない状態の女性ホルモン受容体に直接結合することにより、不活性化状態の女性ホルモン受容体を活性化することを見出した。また、マウスの子宮を用いた実験で、ダイオキシンが女性ホルモン様の作用を示すことを確認した。これらの結果から、ダイオキシンの環境ホルモン作用における新規分子メカニズムを提示した。

(4) 研究の社会的意義と今後の展望

成果

- ・ 謎の解明：ダイオキシンの作用の1つとして「受容体同士の相互作用を介した」「女性ホルモン攪乱作用」を定式化した。
- ・ 子宮内膜症との関連：特に、永年謎だったダイオキシンと子宮内膜症との因果関係について、直接的証拠を得た。

社会的意義と今後の展望

- ・ 因果関係の明確化
様々な毒性現象に共通するメカニズムを明らかにすることにより、毒性現象を関連づけ、将来的には複雑多岐の毒性をいくつかの基本メカニズムで説明する。
- ・ 環境基準への応用
本研究から、ダイオキシンの毒性効果は体内女性ホルモン環境(性別、年齢、生理の有無、医薬品の服用など)によって大きく異なることが予想される。
- ・ 新たな毒性作用の予測
「女性ホルモン攪乱」という定式をもとにして、女性ホルモンの様々な作用組織に対する未知の影響があると予測される。
- ・ 暴露被害の原因物質の特定
新規汚染物質の毒性作用を予測したり、公害地域での患者の症状から原因物質を特定することにつながる。
- ・ 社会的意志決定による環境汚染被害者の救済
診断基準の変更など(例;カネミ油症事件)
- ・ 製薬による健康被害の救済
子宮内膜症をはじめとした、ダイオキシン汚染を原因とする健康被害に対する製薬の可能性が考えられる。今回明らかにした分子メカニズムから、いくつかの作用点をブロックする薬剤の開発が考えられる。

<http://www.geocities.co.jp/NatureLand/9147/lab.html>

図1:ダイオキシンと女性ホルモンの作用機構

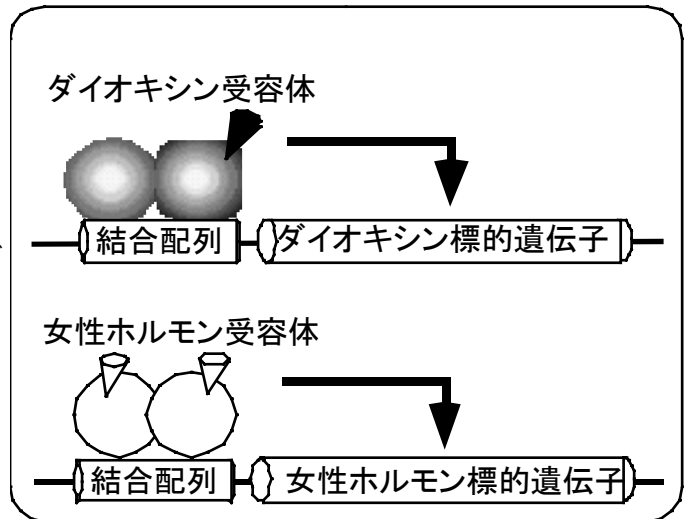


図2 女性ホルモン受容体を介した転写活性

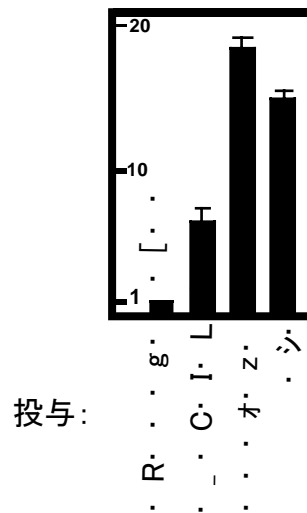
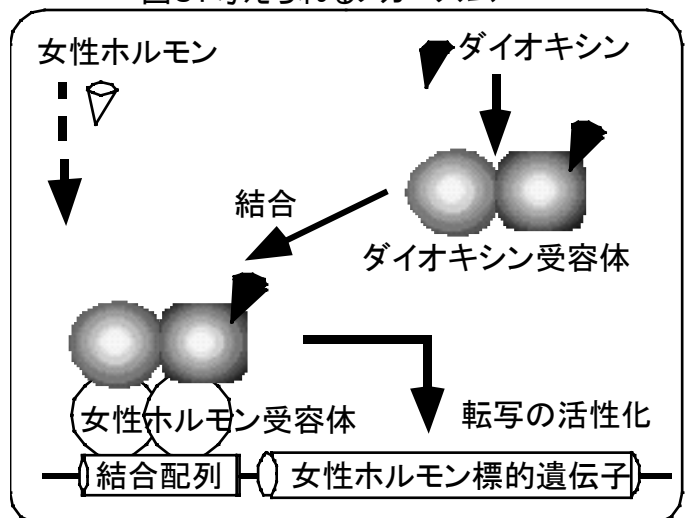


図3:考えられるメカニズム



環境アセスメントにおける科学と政治の境界領域の分析 ～ 藤前干潟、三番瀬、諫早湾の各開発計画の事例比較～

木村 宰

東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系（指導教官 藤垣裕子助教授）

キーワード： 環境アセスメント、科学技術社会論、境界領域、藤前干潟、三番瀬、諫早湾
key words: EIA, STS, Boundary-work, Fujimae Tidal flat, Sanbanse, Isahaya Bay

1. 背景と目的

近年、政策形成における科学の役割が増大している。特に環境政策分野においては高度な科学的専門性が必要とされるため、技術官僚や大学研究者、シンクタンク、そして科学諮問委員会などの専門家集団が政策形成に大きく関与している。しかし、そこでは社会的論争が起こる場合も多い。特に行政機関に多く設置される科学諮問委員会に対する批判はしばしばなされ、また NGO 等が審議会の結論とは対立する科学的調査結果を打ち出して科学論争が起こるケースも増えている。

このような問題に対するこれまでの考え方は、(1)客観的な第三者機関に科学を担わせるべき（科学主義モデル）、(2)市民参加を徹底し多様な価値を取り込むべき（民主主義モデル）、という2つに大別できる。これらはどちらも、「科学的真理が政策過程にインプットされ、それを政治が判断する」という科学 政治の分離論を前提としている。しかし科学技術社会論（STS：Science Technology Studies）においては、科学と政治の間には両方の性質を帯びたグレーな「境界領域」の存在が指摘されてきた。政策への科学関与をめぐる問題・論争の解決のためには、この境界領域における適切な意思決定プロセスを設計する必要があるが、その基礎となる実証研究は日本ではこれまでにほとんどなされていない。

そこで本研究では、全国各地で論争となっている沿岸開発に係る環境アセスメントに注目し、その運用過程における科学と政治の境界領域をSTS 的視点から分析することを通じて、科学と政治の適切な関係構築のための制度的示唆を得ることを目的とした。

2. 分析方法

科学と政治の境界領域においては、ある事柄を検討する際、科学に任せるか政治で判断するかの腑分け（これを境界画定作業という）に対して関係者の合意が得られるかどうかが重要になる。また、境界領域では科学だけでは完全な解を出せないことから、一般市民や NGO 等が持つ現場知の導入も重要な意味を持つ。環境アセスメントの一般的プロセスを科学 政治の軸上に展開し、この2つの概念を対応させると図1のようになる。

そこで本研究では、藤前干潟埋立て計画、三番瀬開発計画、諫早湾干拓計画、の3つの環境アセスメントプロセスにおける(1)現場知の NGO 等による形成および専門委員会における導入過程、(2)専門委員会を中心とした境界画定作業とそれへの合意、の2点について、議事録等の文献調査およびプロセス関与者に対する聞き取り調査(計20名)により調べた。そして3事例の比較を通じて、環境アセスメントの境界領域における意思決定プロセスを規定する要因を分析した。

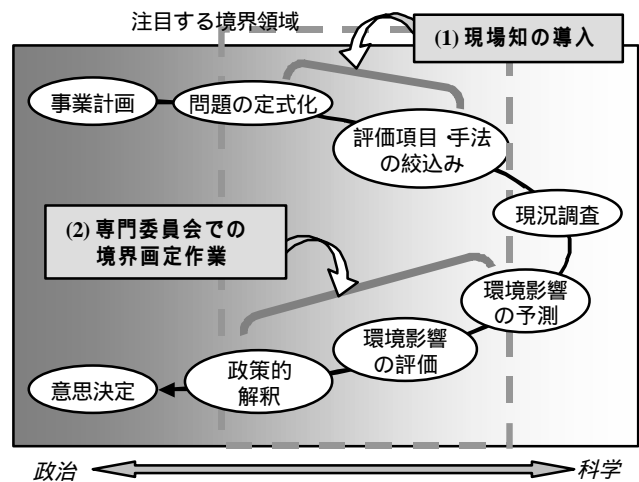


図1：本研究の分析の枠組み

3. 事例分析の結果

(1) 現場知の導入についての分析結果

まず現場知の形成にとっては、現場の詳しい情報を蓄積した人・NGOの存在とともに、それを整理体系化し事業者に対し提示するような対抗的専門性が必要である。例えば藤前アセスでは、20年以上に渡り鳥類観察や保全運動を続けてきたNGO（藤前干潟を守る会）があり、多様な専門家の協力を得た継続的調査活動によって「市民版環境アセス」が作り上げていた。また三番瀬アセスでは、東京湾の環境問題について80年代から調査研究を重ねてきた日本海洋学会海洋環境問題委員会が、調査すべき項目を事前に詳細に取りまとめ提出していた。逆に現場に詳しいNGOや研究者が存在しない時や専門的な調査ノウハウがない時は、現場知は体系的に整理されたりデータとして提出されたりはしていなかった。

また現場知が実際に環境アセスメントプロセスに導入されるためには、行政や専門委員による積極的な姿勢が鍵となる。例えば藤前アセスや三番瀬でNGO・学会による補足調査提言が受け入れられた背景には、辞任を持ち出してまでも追加調査を要請した専門委員の存在や、NGOや学会研究者等から積極的な意見聴取を行う姿勢があった。逆に諫早アセスでは、70年代のアセス（諫早アセスI）、80年代のアセス（諫早アセスII）のどちらにおいても、強い事業推進の意思を持った事業者と非公開プロセスの下、提出されたNGOの現場知が取り入れられる余地はなかった。

以上を整理したものが表1である。

表1：各事例における現場知の形成と導入

	現場知を蓄積した人・NGO	対抗的専門性	専門委員会による積極的な姿勢	導入
諫早	（諫早の自然を守る会）	（現地調査が欠如）	×	×
	（日本野鳥の会）		×	×
藤前	（藤前干潟を守る会）		（辞任を持ち出してまでも追加調査を要請）	
三番瀬	（日本海洋学会）		（NGOや世論への説明責任を強く認識、綿密な補足調査を要請）	

(2) 境界画定作業とそれに対するNGO等の合意

境界画定作業の様子を見るため、ここでは環境アセスメントの境界領域において比較的価値中立である「現況調査」と「影響予測」、価値判断が含まれる「影響評価」と「政策的解釈」の各プロセスがどのアクターにより担われたかを調べた（一連のプロセスについては図1参照）。

結果をまとめたのが図2である。境界画定の為され方には(a)「評価」「政策的解釈」まで専門委員会の役割に含める、(b)専門委員会の役割を「調査」「予測」にできる限り留める、という2つのパターンがある。諫早アセスIIおよび藤前アセスは(a)型で、評価・解釈が事業者意図の影響を強く受けていたためNGOから強い批判を浴びた。諫早アセスIおよび三番瀬アセスは(b)型であり、特に三番瀬アセスの場合、評価は敢えてせずに予測結果のみを示した補足調査委員会と、その結果を受けて評価・解釈のみを行った環境会議との明確な役割分担が存在し、これらはNGO・学会から高い評価を得た。結局、政策的意図が不可避的に入り込む「評価」プロセスをどう進めるかが重要であり、調査・予測と評価を別組織が担う制度設計は一つの有効な策であると言える。

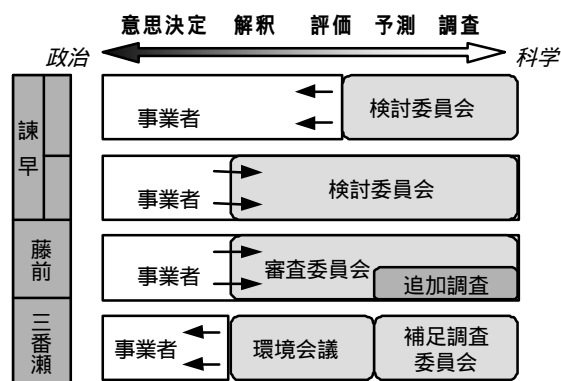


図2：各事例における境界画定作業

4. 意義と課題

本研究では、環境アセスメントにおける科学と政治の境界領域を分析する為、科学-政治軸上でのプロセスモデルを提案した。そして境界領域での現場知の導入と境界画定作業への合意にとって必要な要素を分析し、制度改善への示唆を得た。

本研究では境界領域のプロセスのみに注目し、純粋な政治あるいは科学の事柄には触れなかった。今後、別の枠組みで分析していく必要がある。

<http://www.sanshiro.ne.jp/>

N

GO

<http://www.geocities.co.jp/NatureLand-Sky/2590/>

2002 3 20 1
RC

153- 8902 3- 8- 1
B315
E-mail:info@sanshiro.ne.jp