

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 1日現在

機関番号：62603
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23650149
 研究課題名（和文） エビデンスベースの環境政策を支える統計情報プラットフォーム構築

研究課題名（英文） Evidence-Based Environmental Statistics

研究代表者

金藤 浩司 (KANEFUJI KOJI)
 統計数理研究所・データ科学研究系・教授
 研究者番号：40233902

研究成果の概要（和文）：エビデンスベースの環境政策を支える統計情報プラットフォームを構築するための挑戦的基礎的研究として二つの観点から研究を進めた。一つは、国内外の状況を検証するためのシンポジウム等（ISM Symposium on Environmental Statistics）の開催であり、もう一つは、環境行政に詳しい研究協力者に依頼し、これまでの環境基準値設定に関する過去の情報を調査し、報告書としてまとめた。これらの結果の要約の一部を本報告書に記載する。

研究成果の概要（英文）：We studied a basic study for statistical information system to support an evidence-based environmental policy. At first, we held a symposium to inspect the domestic and foreign situation. These events were effective to grasp the present problems. Finally, we performed an investigation about past environmental standard setting and gathered them up as a report.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・統系科学

キーワード：空間・環境統計

1. 研究開始当初の背景

環境問題は多様化、複雑化し、環境問題への色々な機運が世界各地で高まっている。経済協力開発機構（OECD）では、「OECD 環境アウトルック(2001:Highlights of the OECD Environmental Outlook)」、や「21世紀初頭の10年間におけるOECD環境戦略(2001:OECD Environmental Strategy for the First Decade of 21st Century)」を打ち出し期限付きの目標を定めた環境戦略を策定し、各国の環境政策に影響を及ぼしている。日本においては、昭和48年に制定された「化審法（化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律）」、平成11年に制定された「化管法（特定化学物質の環境中への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律）」等

の化学物質の環境管理に関する制度が制定されてきた。しかし、環境問題は多様化し単に公害等の問題としての化学物質等の管理だけの問題では対処できない状況になっている。近年、世界的に環境情報を体系的に整備する動きがあり、OECDは、環境への負荷と環境の状態及びこれらに対する社会の対応という一連の流れに従って、目的に沿っての系列的な環境情報の収集を提唱している。また、国連持続可能な開発委員会（UNCSD）では、環境圧力の要因を社会、経済、制度面まで含めた駆動力と捉えて、この一連の流れに従った環境情報の整備を斉唱している。一方、日本においては、平成21年3月に「環境情報戦略」が制定され、環境情報の整備のあり方の目標が定められた。申

請者は、本戦略策定に環境情報専門委員会の専門委員の一人として参画した。ここでの経験も本研究課題申請の背景の一つとなっている。また、これまで申請者は、環境分野における統計科学の貢献に関するISMシンポジウムを平成14年度から毎年オーガナイズし、『環境データの精度』、『地球環境変動への不確実性』、『環境リスク評価』、『生態系のリスク管理』等のテーマを通して、環境問題解決に向けた環境科学と統計科学のコミュニティの連携を図る拠点形成を行ってきた。

2. 研究の目的

多様化、複雑化している環境問題への様々な取り組みを科学的に支援するために、Evidence-based Environmental (EBE) に基づく研究を推進する。環境情報を総合的に判断するための統合的な情報基盤の構築。個別の環境に対する単一的なデータだけではなく、経済・人文社会データも含め人間活動のデータを統合した情報基盤（統合的データベース、モデル）の確立のフレームワーク構築を目指す。具体的には、環境基準値の様な行政的に重要な指標に関する情報を収集し、その成立の背景等の情報を整備することで、新たな課題に対しての基礎資料となる情報基盤の構築を目指す。

3. 研究の方法

(1) シンポジウムの開催

2013年1月25日（金）に統計数理研究所においてISM Symposium on Environmental Statisticsを開催した。当日は、The Australian National UniversityのAlan Welsh教授以下、6名の国内外の講演者（詳細はシンポジウムのホームページに掲載）からのご講演が行われた。本シンポジウムは、平成25年12月末の発行を予定しています統計数理特集号「環境リスクと統計解析—データ基盤構築と解析—」の発行に向けた取り組みの一つであり、同時にThe Australian National Universityと統計数理研究所との間の研究協定締結に向けたキックオフでもある。

(2) 環境情報の収集と公開

研究協力者が過去の環境基準の設定に関する基礎情報やその設定過程をレビューし、それらの情報を統合し、統計情報作成の基礎的資料として近い将来の公開を目指した。

4. 研究成果

我が国においても産業の急速な進展に伴い昭和40年代より環境関係の法律の整備が進み、環境基準（法の定義によれば「維持されることが望ましい環境上の条件」）が各種の環境媒体について設定されてきた。本調査で

は、これら環境基準のうち、人の健康に関するもの（具体的には、大気環境基準、水質環境基準の一部、土壌環境基準）についての設定の考え方（特に各種の定量的な数値情報の活用等）と設定当時どのような課題が残されていたかについて、その概略を取りまとめた。

各種環境基準の設定にあたっては、その目的に合致したデータの整備が体系的になされていたことはむしろ稀であり、各種の報告を組み合せ最も合理的・科学的と考えられる基準が専門家の判断と行政の判断によって採用されてきた。こうした事情を考慮して、本稿でのまとめは、1次資料に立ち戻ることは避け、審議会報告等に引用された資料（或いはそのまとめ）を資料の中心におき、設定当時の思考のプロセスの再現に努めることとした。

(1) 水質の環境基準

環境基本法第16条に基づき定められた水質に係る環境基準のうち、人の健康に保護に関する項目については現在27項目が、また、ダイオキシン類対濁特別措置法の規定に基づき定められたダイオキシン類の環境基準がそれぞれ定められ、水質環境の保全のための施策の目標とされている。平成22年度の水質測定結果では、健康項目全体27項目の環境基準達成率は98.9%と高い達成率であるが、カドミウム、鉛、砒素、総水銀、ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタン、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、フッ素、ホウ素、1,4-ジオキサンの10項目についてのべ61地点で基準を超えるものがあつた。この原因は、自然由来の他、休廃止鉱山、工場・事業所からの排水等になっている（環境省2011-1）。ダイオキシン類については、26地点、1.6%で環境基準を超えていた。また、地下水の環境基準では、健康項目28項目のうち調査対象井戸の6.9%の井戸において硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、トリクロロエチレン等で環境基準を超過する項目が見られているが、ダイオキシン類については、環境基準を超過する地点はなかった（環境省2012）。

【水質環境基準値の設定の考え方】

1970年の設定以降、WHOによる水質ガイドライン値、毒性やモニタリングデータの集積、分析方法やリスクアセスメントの手法の発達等を踏まえて、1993年（平成5年）1月18日に中央公害対策審議会答申が出され、トリクロロエチレン等の化学物質についての環境基準が新たに制定されたが、同答申では、環境基準の設定について次のような考え方を述べている（中央公害対策審議会1993）。

① 環境基準項目の基準値は、日本、米国及び国際機関において検討され、集約された科学的知見、関連する各種基準の設定

状況等をもとに検討する。

- ② 飲料水経由の影響（主として長期間の飲用を想定した影響）については、WHO 等が飲料水の水質基準設定に当たって広く採用している方法をもとに、他の暴露源からの寄与を考慮しつつ、生涯にわたる連続的な摂取をしても健康に影響が生じない水準をもとに安全性を十分考慮する。この観点から、新たな水道水質に関する基準の検討に際し採用された考え方及びその数値（生活環境審議会 1992）を基本とする。
- ③ ②に加え、水質汚濁に由来する食品経由の影響（長時間の摂取を想定した影響）についても、現時点で得られている魚介類への濃縮性に関する知見を考慮して、基準値を検討する。

2004年（平成16年）の答申では、②に加え、特に幼少期において特定の化学物質に対するリスクが大きいと判断できる場合には、幼児の飲料水消費量に基づいて基準値を設定することとされた（中央環境審議会環境基準健康項目専門委員会 2004）。

【環境基準の適用】

当初の考え方を引き継ぎ1993年（平成5年）の答申においても、従来どおり河川、湖沼、海域を問わず全ての公共用水域に通用することが適当と考えられるとされている。

- ① 健康への影響という観点から広くみた場合、飲料水経由の影響に加え、魚介類経由の食物摂取による影響、水域からの大気への循環等も考慮する必要があること、
- ② さらに、人の健康の保護に関する環境基準の改定が、実質的に水生生物等への影響を含め広く有害物質による環境汚染の防止に資することも念頭におくことが望ましいと考えられること

なお、答申においては、地下水の水質の汚濁の状況を評価する際には、当面、環境基準値を評価基準として用いることが適当であるとしたが、その後、1997年（平成9年）に地下水の環境基準が定められた（1.5 参照）。そして、2004年（平成16年）の見直しでは、環境基準は地下水を含め全ての水域に適用することを基本とするとされた（中央環境審議会環境基準健康項目専門委員会 2004）。

【基準達成状況の評価】

環境基準値は、主として長期間摂取に伴う健康影響を考慮して算定された値であることから、公共用水域等の水質については長期間にわたる平均的なレベルを基準値以下に維持する必要がある。このため、公共用水域における環境基準の達成状況は、以下の方針で評価されている（中央公害対策審議会 1993）

- ① 基本的には年間平均値により評価すること。一時的に基準値を超えることがあ

っても直ちに健康上の問題に結びつくものではないが、より安全を期するために基準値を超えることがないように対策を進めて行く必要がある

- ② 全シアンについては急性毒性が懸念されることから、最高値により評価すること。この場合、「検出されないこと」が基準値となっているので、年間を通じ全ての測定方値が環境基準の測定法に指定されている、日本工業規格 JISK0102, 38.1.2 及び 38.2 に定める方法または 38.1.2 及び 38.3 に定める方法の検出限界である 0.1mg/l 未満であることとなる。
- ③ アルキル水銀及び PCB については、「検出されないこと」をもって基準値と定められているので、年間を通してすべての測定値が不検出であることををもって環境基準達成と判断すること。

(2) 土壌の環境基準

土壌汚染対策の概要としては、鉱工業排水の浸透、有害廃棄物の不適切な埋立、タンクからの漏洩などにより有害物質が土壌に移行すると、土壌が汚染される。東日本大震災に伴う福島原発事故では、大気中に放出された放射性セシウムが土壌など地表に沈着したが、このような大気汚染に起因する土壌汚染も発生する。環境媒体としての土壌は固体であり、容易に移流・拡散しない。いったん土壌環境に排出された重金属等の有害物質は、長期間土壌粒子に固着する。そのため、土壌汚染は蓄積性（ストック型）の汚染といわれる。土壌汚染は、大気や水のようなフロー型の汚染と比べると、下の表の様な異なる特徴がある。

	土壌汚染（ストック汚染）	大気汚染・水質汚濁（フロー汚染）
広がり と 減衰	固相に排出：移流拡散小さい。光分解・生物分解は地表のみ（地中の生物分解は遅い）	気相・液相に排出：移流拡散あり光分解、生物分解ある。
分布	数mでも汚染の状況は異なる。濃度の時間変動はない	数kmごとに測定すれば代表される反面、時間変動が大きい
対策	たった一度の排出（漏洩）で汚染される。浄化や除去をしなければ元に戻らない	連続して排出されて濃度が高まる排出をとめれば濃度は下がる
原因 究明	原因行為がなくても汚染が数十年と	（事故を除き）継続的な排出が

の容 易さ	いった長期にわた って継続する。時 間がたてば汚染原 因者の究明は困難	問題である。汚 染原因者は比較 的特定しやすい
社 会 的 特 徴	土壌は私有財産で ある土地を形成	大気、水（公共 用水域）は公共 財

(3) 悪臭対策の論拠となる情報

感覚公害である悪臭の特徴として、被害がも
っぱら不快感だけである公害を感覚公害と
いう。代表的なものが騒音と悪臭である。悪
臭とは不快なおいをいう。「におい」とは、
においがあると感じる物質の（におい物質）
の分子が嗅覚（きゅうかく）を刺激して感じ
る感覚である。におい物質は約 40 万種存在
しているといわれる。逆に、においを感じな
い物質もある。生物としてのヒトが嗅覚を持
つことには以下の 3 つの意味がある。

- ① 危険の予知：人間の生命に危険を及ぼす
ものを察知する
- ② 食料の検知：過去の記憶の想起し、食べ
られるか、おいしいかを判別する
- ③ 異性の探知：体臭により異性を察知する
つまり、においはヒトにとって重要なセンサ
ーなのである。現代のヒトの嗅覚も、腐敗臭
や焦げ臭に対しては非常に敏感で、低濃度で
も検知できる。例えば、硫化水素 (H₂S) は
卵のくさったにおいがする典型的な悪臭の
原因物質で、畜産農場、クラフトパルプ製造
業、下水処理場などの臭気に含まれる。硫黄
分を含む有機物が嫌気性発酵する時に生じ
やすい。この硫化水素の濃度と毒性の関係は
一定の濃度以上で人体に毒性があり、
1000ppm では即死する。しかし我々の嗅覚は、
日本産業衛生学会の許容濃度の約 1 万分の 1
の低濃度で硫化水素を検知し、悪臭として
我々に気付かせてくれるのである。換言す
ると、悪臭として感じている濃度では、健康影
響は生じない。健康影響を生じる場合は、大
気汚染として扱うことになる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に
は下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- (1) M. Kageyama, T. Fujii, K. Kanefuji,
and H. Tsubaki, (2011) An
extension of risk measures using
non-precise a-priori densities,
Journal of Uncertain Systems, 5,
314-320.
- (2) M, Kageyama, T. Fujii, K. Kanefuji,
H. Tsubaki (2011) Conditional
Value-at-Risk for Random

Immediate Reward Variables in
Markov Decision Processes,
*American Journal of Computational
Mathematics*, 1(3), 183-188.

- (3) 金藤 浩司, 津越 敬寿, 岩瀬 晃盛
(2011) 技能試験に用いられる z スコア
に関連する二つの評価手法の定量的把
握、分析化学、60(7)、571-577.

[学会発表] (計 3 件)

- ① J. Takeshita, M. Gamo, K. Kanefuji,
H. Tsubaki (2012) A statistical
method for analysis of relative
toxicity values and its application to
risk vs. risk trade-offs of metals.; In
SRA 2012 Annual Meeting Abstracts,
San Francisco, California,
USA, p.181.
- ② K. Kanefuji, R. Akaishi, K. Iwase, M.
Okada. (2012) Simulation models for
ambient water quality criteria for
dissolved oxygen, In JSM
Proceedings, Statistics and the
Environment Section. Alexandria,
VA: American Statistical Association,
San Diego, California, USA,
3067-3069
- ③ K. Kanefuji, K. Iwase, M. Okada
(2011) Statistical Assessment
Methods for Ambient Water Quality
Criteria for Dissolved Oxygen, In
*JSM Proceedings, Statistics and the
Environment Section*. Alexandria,
VA: American Statistical Association,
Miami Beach, Florida, 3441-3444.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金藤 浩司 (KANEFUJI KOJI)
統計数理研究所・データ科学研究系・教授
研究者番号：40233902

(2) 研究協力者

藤倉 まなみ (FUJIKURA MANAMI)
桜美林大学・総合科学系・教授
研究者番号：30458955
荒井 眞一 (ARAI SHINICHI)
北海道大学大学院・環境科学院・特任教授
研究者番号：70601144