

じますので、ご理解賜りますようお願い申し上げます。

扱い：東京電力株式会社  
広報部原子力センター

## 市民参加による東京チョウ類モニタリングでみたヤマトシジミ

鷺谷いづみ\*

吉岡明良\*

須田真一\*

安川雅紀\*\*

喜連川優\*\*

\*東京大学農学生命科学研究科保全生態学研究室

\*\*東京大学生産技術研究所喜連川研究室

### 指標生物としてのヤマトシジミの可能性

ヤマトシジミ (*Zizeeria maha*, シジミチョウ科ハマヤマトシジミ属) は私たちの身の回りに普通にみられるシジミチョウであるが、今日では世界に名だたる環境指標生物となっている。それは、琉球大学の大瀧丈二氏の研究グループが国際的オンラインジャーナルに公表した論文<sup>1</sup>が注目を集めたことによる(今号の大瀧氏の解説参照)。

分子生理学がご専門の大瀧氏の研究室では、ヤマトシジミを材料として翅の色模様形成など、発生生理に関する研究を進めていた。本種が放射線影響の指標としても適しているとの判断のもと、研究グループは、福島第一原発の事故後いち早く本種を対象としたモニタリングを開始した。

研究グループは、2011年5月に福島県を含む関東地方から東北地方の広い範囲に福島第一原発からの距離が異なる調査地点を系統的に設定してヤマトシジミ個体を多数採集した。それらの個体は、事故の時点では越冬中であったものである。採集個体を沖縄で飼育して子や孫も調べたところ、原発に近い地点から採集した個体ほど形態異常の頻度が高く、その子孫は概して体サイズが小さく、成育不全や多くの形態異常が認められた。さらに

同年9月に、幼虫期を放射性物質で汚染された食草を食べて成育した個体を採集したところ、その子孫にはいっそう顕著な成育不全と形態異常が認められた。

もっとも注目すべき研究成果は、福島で採集した食草のカタバミを沖縄で採集したヤマトシジミに摂食させる実験から得られた。福島のカタバミを食べさせると、対照地域とした山口県のカタバミを食べた個体の子孫には認められない形態異常や羽化の失敗が多発した。これは、食草を介した低線量の内部被曝の影響を示唆するものである<sup>1</sup>。今後は、発育不全、羽化の失敗、形態異常発生の生理的・遺伝的なメカニズムを明らかにするとともに、事故の初期から開始された世界的に意義の大きいこのモニタリングを継続・拡大していくことが必要だろう<sup>2</sup>。

チョウ類は餌を特定の植物に強く依存する。飛翔力が小さく移動能力が限られたシジミチョウ類は、土壤や食草植物を汚染する放射性物質を含む環境汚染物質全般のもたらす影響の早期の検出に役立つ可能性がある。特に、人間の生活域を生息域とするヤマトシジミはそのような指標生物として有用であると思われる。本稿では、ヤマトシジミのそのような指標生物としての可能性を市民参加モニタリングの調査データを用いて検討した。

### 生物多様性にかかわる市民参加モニタリング

市民が参加して実施される野生生物を対象とするモニタリングは、自然史の社会的な地位が高い英國などの欧米では比較的長い歴史をもっているが、「生物多様性の保全と持続可能な利用」が国際的目標となる一方で情報科学が著しい発展を遂げた今日、市民参加による野生生物モニタリングへの期待が高まっている<sup>3</sup>。

得られたデータが科学的な分析・評価に利用しうるように、保全生物学・生態学の研究者が既存のモニタリングプログラムを社会的目標と解析・評価のために求められるデータ品質に合致するように改善し、また新たな参加型モニタリングプロ

グラムを企画・運営することも多くなっている<sup>4</sup>。日本では、侵略的外来種セイヨウオオマルハナバチに対する対策のための参加型モニタリングプログラムが北海道で実施されている<sup>5</sup>。捕獲を伴うこのモニタリングは、市民による侵略的外来種の排除対策として役立ち、収集されたデータは研究者による侵入実態とそれに及ぼす要因<sup>6</sup>の解明や予測モデルによる分布拡大の予測<sup>7</sup>などの科学的分析・評価に供され、インターネットによる情報共有を介して対策に寄与している。

識別の容易な生物であれば、市民参加のモニタリングは、研究者が単独で行う調査にくらべて、空間的にはより広域にわたり時間的にはより稠密なデータ取得が可能である。データ収集面からの研究者と社会にとっての利点に加え、参加者にとっては、身の回りの生物への気づきの機会を得て関心を自然史の世界に広げ、生涯を通じた楽しみを見つけることができるという利点もある。さらに、対象が保全上重要な種群や侵略的な外来種であれば、参加者に生物多様性保全への学びの場や実践の場を提供するという社会的な意義もある<sup>8</sup>。

## 東京チョウ類モニタリング

市民参加の野生生物分布モニタリングがもつ多様な可能性を実践的に研究するために、東京大学地球観測データ統融合連携研究機構に加わっている農学生命科学研究科保全生態学研究室および生産技術研究所喜連川研究室は、東京に多くの組合員をもつ生協、パルシステム東京との協働により、2009年から、「いきモニ(いきものモニタリングの略称)」という東京チョウ類モニタリング(<http://butterfly.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/>)を実施している<sup>9</sup>。

本稿では、このモニタリングプログラムで得られたデータを用い、東京におけるヤマトシジミの分布や季節性、年変動など、環境指標として利用するにあたっての基本的な特性を明らかにすることを試みた。

「いきモニ」の特徴は、チョウの同定に自信のない初心者でも、写真を添付して報告することに

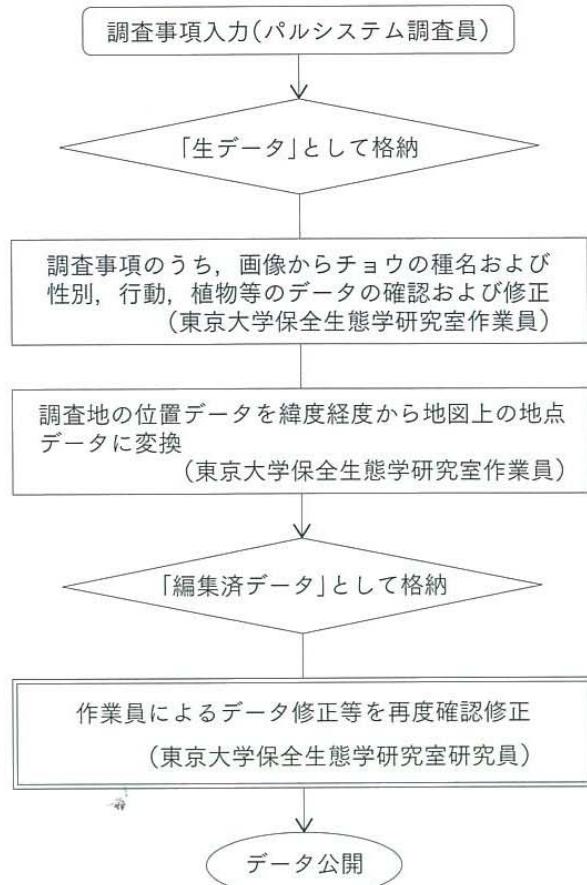


図1—調査者による報告からデータ公開までの流れ

データの品質管理は作業員、研究員の2段階で行われる。修正されたデータは個人ページにも反映されるので調査者は自らの同定の妥当性を確認できる。

より、専門家の同定を得て対象生物の名前を知ることができるところにある。調査者の報告からデータベースへのデータ投入を介したデータ公開までの流れの概要を図1に示す。

本プログラムは、毎年春にモニター(調査員)を募集して1年サイクルで実施されている。参加者は、任意で5月はじめの研修会に参加し、調査マニュアルに沿って基本的には5月から11月まで、自分の都合のよい時間帯に調査を行う。

調査報告は、インターネット上のデータアップロードツールをつかって行う<sup>10</sup>。アップロード用の個人ページに入力するのは、表1に示した調査項目に関するデータであり、画像(図2)を付してアップロードする。

個人ページに登録されたデータは、保全生態学研究室のメンバーが画像と照らし合わせてチェックし、種名に間違いがあれば修正してデータベー

表1—調査員の報告項目

調査員番号
調査日
・調査時刻(開始, 終了)
・天候(天気, 風)
・種名
・性別
・行動
・調査地(住所, 施設名)
・チョウ画像
・環境画像
・訪れていた植物等
・備考



図2—報告された写真画像の例

スにデータを登録する。その修正は個人別のページに反映され、調査者は修正されたデータを確認できる。

このようにして、専門家のチェックを経た「品質管理済みのデータ」は、誰もが利用可能なデータベースとしてインターネットで公表される。

## ヤマトシジミ報告数および全報告におけるシェアの時空間変動

2009～2012年までの調査期間に1万4014件

のチョウの観察記録が寄せられたが、そのうちヤマトシジミは種類別の報告件数で第1位の1928件、全体のおよそ14%を占める。存在量が多いこと、およびヒトの生活圏に生息していることがデータにおける高い優占度の理由であると思われる。

東京都の行政区域のほぼすべてからヤマトシジミが報告されており、4年間にまったく報告がなかったのは、そこを対象にした調査者がほとんどいない檜原村のみであった。(なお、2013年5月には檜原村からも2件の報告があった。)

年度および季節ごとのヤマトシジミの報告件数と全体の報告件数に占めるシェアを図3に示した。毎年、春から晩秋まで、ヤマトシジミの報告件数は多く、全報告件数に占めるヤマトシジミのシェアは、春は報告が少なく、夏から秋にかけて報告数が多くなる傾向がみられた。また、調査年としては2009年に報告件数が他の年よりも多かった(図4)。

この結果から、ヤマトシジミは、チョウが観察される季節であれば場所を問わず最も普通にみられるチョウであり、季節を通じて観察が可能であるが、春よりは秋のほうが観察できるチョウに占めるヤマトシジミの割合が多いことが期待できる。2009年にヤマトシジミが他のチョウに比して顕著に多く観察され、それ以降はシェアが低下した理由について、確かなことはわからないが、ヤマトシジミの生息数の減少よりは、事務局からのはたらきかけに応じて、他のチョウを観察しようとする努力が増したことがかかわっている可能性がある。

## 食草に依存した遍在性

以上述べたようにヤマトシジミは東京でもっとも普通のチョウであるといえる。本州中部の太平洋岸の暖地では、3月下旬から12月上旬頃にかけて年5～6回程度の発生を繰り返すとされており<sup>11</sup>、東京近郊においては最も長期間みられる種のひとつである。また、日本産チョウ類のうち、

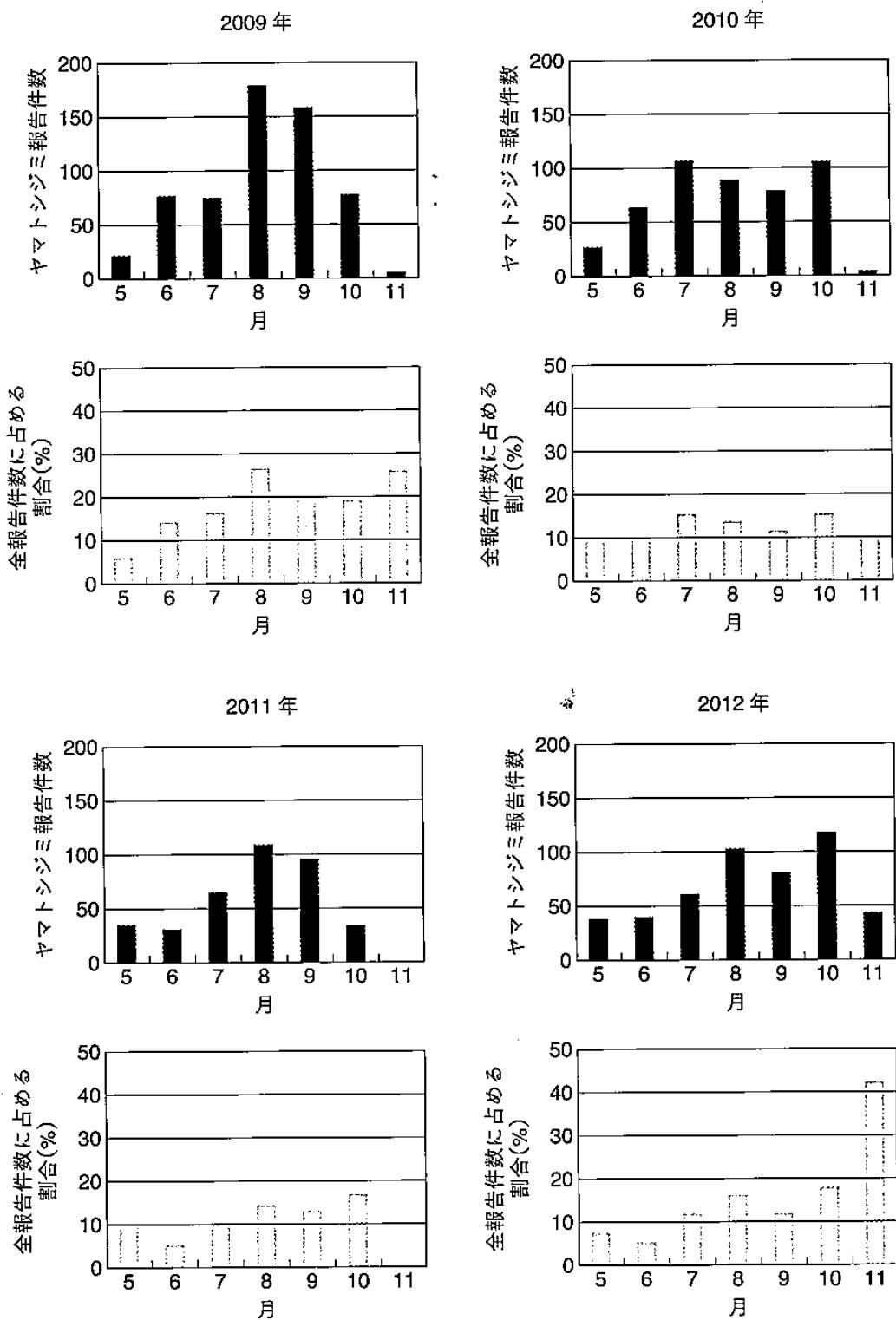


図3—2009～12年の年別・季節別のヤマトシジミ報告件数

人為的環境に最もよく適応している種でもあり<sup>11</sup>、その分布はヒトの生活圏と大きく重なるため、時と場所を選ばず観察することができる。

一般に、チョウ類の分布を決める要因としてもっとも重要なものの一つが食草や食樹の分布である。幼虫が特異的に依存する餌植物なくしては、

その生活史は完結しない。

食草のカタバミ (*Oxalis corniculata*, カタバミ科カタバミ属)は、ヨーロッパもしくはアメリカ原産と推測されているが現在では世界の温帯～熱帯地域に広く分布する<sup>12</sup>。農地、庭、路傍など人為的擾乱の強い場所に適応しており、コンクリートの隙間な

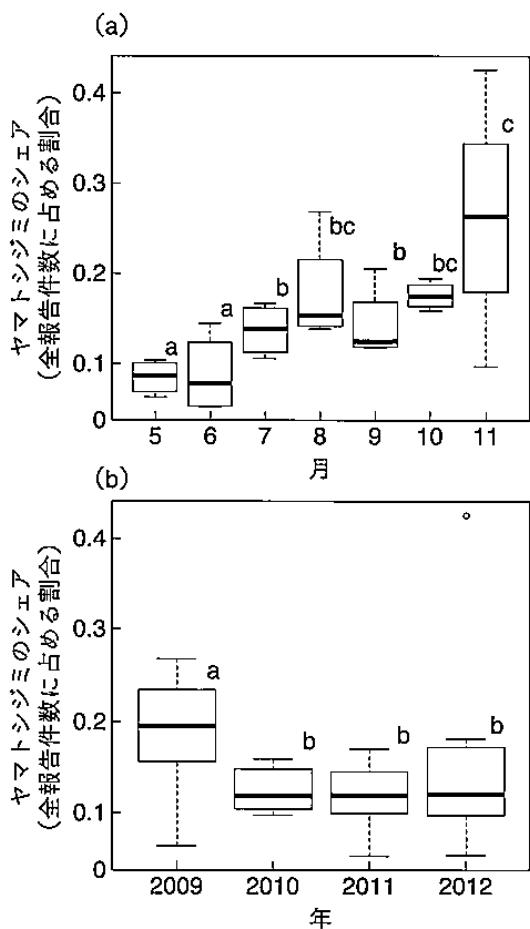


図4—2009~12年の年別・季節別のヤマトシジミの報告件数におけるシェアの箱ひげ図

ヤマトシジミの報告件数に対するこれら季節および調査年の効果を検出するために、一般化線形モデルを用いた統計解析を行ったところ、ヤマトシジミのシェア(ヤマトシジミの報告件数/すべての種類のチョウの報告件数)には、季節(月)および調査年ともに顕著な影響を与えていた(尤度比検定における $p$ 値がそれぞれ、月の効果では $p>0.00001$ 、年の効果では $p=0.00025$ )ことが示された。負の二項分布を誤差構造とした一般化線形モデルによって(a)月と(b)年を説明変数(因子)、対数変換したすべての種類のチョウの報告件数をオフセット項として各年月のヤマトシジミの報告件数( $n=27$ )への効果を推定した際に、有意な差が見られず同じ集団に属することが示されたグループは同じアルファベット小文字で示した。有意水準は5%をTukeyの方法によって調整した。なお、この一般化線形モデルでは、目的変数はヤマトシジミの報告件数だが、オフセット項を指定することで、実際はシェアへの効果を評価している。また、すべての種の報告件数が0なためシェアを定義できなかった2011年の11月は解析対象から外した。統計解析には統計ソフト R 2.15.2(<http://www.R-project.org/>)のパッケージ glmmADMB と multcomp を用いた。

どでも生育する。すなわち、人間活動の影響の強い場所であれば都市環境を含め、どこにでも見られる侵略性の強いコスモポリタン植物である。

地上部には小さい茎葉がみられるに過ぎないのに対して、時にやや木質化する地下の根茎へのバ

イオマス配分の比率は高く、地上部が破壊されても再生が容易であり、人為攪乱のきわめて大きい生育場所にも適応している。そのような食草の攪乱環境への遍在性が、移動能力がそれほど大きくないヤマトシジミを都市におけるもっとも普通のチョウにしているのであろう。

日本列島にこの植物がいつごろから分布していたかについては、確かなことはわからない。しかし、南北朝時代に源氏の新田氏の配下に方喰(カタバミ)の家紋を用いた者がいたことが太平記に記されており、方喰のデザインは平安時代に遡ることが知られ、銅鏡を磨くのにシュウ酸塩の含量が多いこの植物が利用され鏡草(広辞苑)とよばれる植物の一つであったことも考え合わせると、古代より生育していた植物であった可能性が高い。

\* \*

本稿では、ヤマトシジミが東京でもっとも普通に見られるチョウであり、観察可能な季節も長いことを報告した。そのヒトの生活域に遍在し世代時間が短く化学物質などの世代を越えた影響が早く現れることから、土壤の化学汚染に対する環境指標生物としてとくに適しているといえるだろう。ヤマトシジミを注意深く見守ることは、放射性物質のみならず、土壤から植物体を介して動物に移行するあらゆる環境汚染物質がもたらすヒトを含めた生物への影響の兆しを早期に検出する上で有効であると思われる。

**謝辞** 本稿の報告は、パルシステム東京と「いきモニ」参加者のみなさまのご尽力により収集された貴重なデータによっている。ここに記して深い感謝の意を表したい。プログラムの立ち上げから運営までを一貫してお世話くださったパルシステム東京の守屋由紀枝さんには特に深く感謝させていただく。

#### 文献および注

- 1—A. Hiyama et al.: *Scientific Reports*, 2, 570(2012)
- 2—今号の大瀧丈二氏の解説参照。体サイズが30 mmに満たないヤマトシジミは、移動能力がそれほど大きくな。
- 3—J. Silvertown: *Trends in Ecology and Evolution*, 24, 467(2009)
- 4—W. M. Hochachka et al.: *Trends in Ecology and Evolution*, 27, 130(2012)

- 5—堀本理華・他: 保全生態学研究, 印刷中(2013)
- 6—T. Kadoya et al.: Biological Conservation, 142, 1011(2009)
- 7—T. Kadoya & I. Washitani: Biological Conservation, 143, 1228(2010)
- 8—鷺谷いづみ・鬼頭秀一編: 生物多様性モニタリング, 東京大学出版会(2007)
- 9—菊池玲奈・鷺谷いづみ: 環境研究, 148, 31(2008)
- 10—安川雅紀・他: 信学技報, 45(2011-12), 31(2011)
- 11—福田晴男・他: 原色日本蝶類生態図鑑(III), 保育社(1984)
- 12—竹松哲夫・一前宣正: 世界の雑草 II 離弁花類, 全国農村教育協会(1993)

## グローバー報告に対する日本政府反論への批判の声

編集部

国連人権理事会の「健康に関する権利」特別報告者アンド・グローバー氏は、福島原発事故後の人権状況調査のために昨年11月に来日し、その報告書が5月27日の人権理事会で発表された。(グローバー報告の意義は伊藤和子氏の7月号巻頭エッセイ参照。グローバー報告末尾の勧告の日本語訳は7月号科学通信参照。)

グローバー報告が発表された同じ人権理事会において、日本政府はグローバー報告への反論文書を発表した。その内容はきわめて不誠実な内容を含んでおり、原発事故被災・被害者、NGO、専門家から怒りの声が上がっている。日本政府の反論への“再反論”が、ヒューマンライツ・ナウが中心となって専門家のコメントを集めて作成され、ウェブサイト(<http://hrn.or.jp/activity/topic/ngo-2/>)で公開されている。

7月24日にはシンポジウム「国連人権理事会勧告を受けて 福島第一原発事故後の住民保護の現状と課題」が上智大学で開かれた(主催はヒューマンライツ・ナウと上智大学グローバル・コンサーン研究所)。当日の資料はウェブサイト(<http://hrn.or.jp/activity/project/cat11/shinsai-pj/7241/>)で公開されている。このシンポジウムは、上述の日本政府の対応転換を求める声が背景にある。

シンポジウムではまず、伊藤和子氏(ヒューマンライツ・ナウ)がグローバー報告の意義を述べた。社会権規約の締約国であり人権理事国である日本は、国連人権メカニズムのなかで最重要とされる特別報告者の勧告に従う義務があると強調した。グローバー報告は、最も影響の受けやすい人の立場に立って人権の観点から

健康を守る施策を行うことを求めており、そのために追加線量年間1mSvを基準とした住民支援への抜本的な政策転換を求めていた。

続いて、双葉町から旧騎西高校へ避難した親子が思いを発言された。その後、崎山比早子氏(元国会事故調査委員)は100mSv以下のリスクを示す疫学的・基礎科学的根拠があることを述べ、リスク不明論は経済的理由による妥協であって、市民としては人権の視点から判断しようと呼びかけた。吉岡斉氏(元政府事故調査委員)は、日本政府反論は「つまらない」ものだと断じ、むしろ政府は健康侵害状況を調査する国家事業を推進する義務があると指摘、さらに、自身が委員を務める原子力市民委員会の緊急提言(6月19日)を紹介して、3年間の再稼働凍結の中で政策体系の抜本的再構築を求めた。木田光一氏(福島県医師会副会長)は健康調査の課題を述べ(本誌4月号参照)、影浦峠氏(東京大学)は人権、法律、民主主義の視点から私たちにとって「あたりまえ」のところから現在の状況を分析して、その異常さを明らかにした。

追加線量年間1mSv基準や内部被ばく調査の求めに対して、日本政府は「科学的根拠がない」と激しく反発している。しかし、「科学的根拠」を日本政府は誤解しているといわざるをえない。日本政府は、100mSv以下の健康影響は重大ではない、または存在しないと信じられている、などと述べている。これは新たな神話の創造である(論拠については、本誌2011年10月号今中論文、2012年10月号崎山論文、2013年4月号井田論文、2013年7月号津田・山本・鈴木論文参照)。原発事故直後に誤解をふりまいた放射線医学総合研究所のウェブサイトの記載は現在は変更され、釈明が出されている(「放射線被ばくの早見図」について、<http://www.nirs.go.jp/information/event/report/2013/0729.shtml>)。

政策の一貫性こそ重要である。従来、被爆者の基準やJCO臨界事故時の基準では、1mSvが用いられてきた。シンポジウムで伊藤氏はこの点を指摘し、なぜ福島原発事故被害者に別の基準をとるのかと、鋭く問い合わせた。たしかに1mSvはもともとは施設管理基準告示であり、日本は環境中の放射性物質に対して“無法”国家であった。しかし法の精神に照らして、1mSv基準を無視してよいものとは考えられないはずである。

一貫性のなさは信頼を失わせる(影浦峠著「信頼の条件」)。不信の構造改革こそ、求められているのではないか。