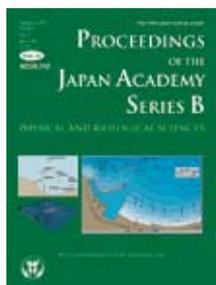


# PJA No.6 News Letter

<http://www.japan-acad.go.jp/pjab> 日本学士院

Proceedings of the Japan Academy,  
Ser. B ニュースレター



## 目次

挨拶	1
著者インタビュー 塚本勝巳氏	1
Vol. 89 掲載総説 (Review) 論文	7
トピックス PJABから国際的発信された福島原発事故関連の論文	11
Proceedings of the Japan Academy, Ser. B について	12

## 挨拶

Editor-in-Chief  
山川 民夫

本誌は従来からの速報的の論文と現場を離れた研究者のライフワークの掲載の2本立ですが、この10年間に後者のレビューのコレクションは300本を超え、執筆をおえた年配の方からは研究の折り返しがついたと大いに感謝されています。その結果本誌の評価も上がり若い研究者の最新の業績発表の場となるのも近いと期待しております。

2011年3月11日に東北の太平洋沿岸を襲った地震、津波、さらに原子力発電所への大被害については正に国難というべきものです。サイエンスの基礎を顕彰する役目の日本学士院と言えども拱手傍観しているわけではなく、この大災害の原因、被害状況の解析、更に被害地の復興その他にたいして学士院らしい出来る限りのお役にたきたいとの願いをもっております。このニュースレターの11~12ページに掲載された編集委員の山崎敏光会員の努力によって本誌がこの大災害にたいして行っている適切な情報提供の経緯をご覧ください。

古くから日本人の食文化に欠かせないウナギ。しかし、その生態はまだ多くの謎に包まれています。今回のゲストは、2012年日本学士院エジンバラ公賞を受賞した「世界一のウナギ博士」、海洋生物学者の塚本勝巳氏（日本大学生物資源科学部教授、東京大学名誉教授）です。塚本博士は長年、東京大学海洋研究所でウナギの研究を重ね、その起源と進化の過程を解明したり、独自の仮説を基にウナ

## インタビュー

塚本勝巳

×

(聞き手)

黒岩常祥

ギの産卵場を特定するなど、大きな話題を集めました。2009年には世界で初めてウナギの天然卵を採集することに成功しています。ウナギ研究に至った経緯や調査航海の魅力、今後の研究課題、気になるウナギ資源のことなどについて、黒岩常祥会員（立教大学大学院理学部特定課題研究員、東京大学名誉教授）がお話をうかがいました。

黒岩常祥氏 (左) と塚本勝巳氏 (右)



## アユからウナギへ

**黒岩：**塚本先生が受賞された日本学士院エジンバラ公賞は、自然の保護や保全に貢献する優れた研究を行った方に贈られるもので、非常に名誉ある賞だと思います。

**塚本：**ありがとうございます。

**黒岩：**先生は瀬戸内海の自然に囲まれた環境でお育ちになったようですが、子どもの頃の遊びが海洋研究を始めるきっかけになっているのでしょうか。

**塚本：**はい、私は岡山県の玉野市で生まれましたが、夏休みになると毎日海に行き遊んでいました。

**黒岩：**やはり、子どもの頃から「海」が身に沁みついていらした。東大に入られた頃は、こういう研究をやりたいというものはあったのですか。

**塚本：**いえ、はっきりとしたものはありませんでした。理科Ⅱ類に入ったのも、工学系の理科Ⅰ類はちょっと苦手だなあという程度のものでしたし、専門で水産学科に進んだのも「海」のイメージに惹かれて……。

**黒岩：**水産学科で現在の研究のきっかけとなったのは？

**塚本：**この時もなんとなく、魚類生理学の研究室を選びました。ろくに生理の勉強はしませんでした。そこは「門前の小僧」で実験的な発想が身についたのかもしれませんが。海洋調査でもラボ実験のような観測計画を立てる癖は、卒論で所属したこの研究室の影響かもしれません。でも大学院の進学先で海洋研<sup>\*1</sup>を選んだのは、間違いなく自分の明確な意志でした。「船に乗って南の海に行ってみよう。大学院は研究船のある海洋研に行こう」と決めました。

**黒岩：**当時、海洋研は新宿の近くにありましたね。そこでウナギに出会った

わけなんですね？

**塚本：**ええ、そうなんです。大学院の時のテーマはウナギとは全く関係ありませんでした。指導教官から与えられた課題は魚類の運動生理学でした。日がな一日、地下の実験室で鬱々と魚の遊泳運動を調べていました。

**黒岩：**でもそれが魚の回遊行動を研究するきっかけになったわけですから、ある意味ではラッキーでしたね。ところで、回遊には遡河、降河、両側<sup>\*2</sup>の3タイプあって、順に調べていったそうですが、そもそも回遊を研究されるようになったきっかけは？

**塚本：**実験室の回流水槽の中で魚に水流を与えて泳がせ、筋電図や呼吸を計っていましたが、「これは本来の魚の運動といえるのか、野外で魚はどう泳いでいるのか、一目見てみたい」と思いました。それで大分県の川でしたが、潜って稚アユの遡上行動を見てみたんです。そうしたらもう、自分が実験室で泳がせているのとは全然違って、自然界では、いきいきと、力強く泳いでいるではないですか。

**黒岩：**それはよくわかりますよ、私の趣味がアユの友釣りですから……(笑)。遡河のサクラマスと両側のアユの研究は、どちらが先だったのですか。

**塚本：**アユの方です。まずは産卵とは無関係に回遊するアユの両側回遊をやりました。「なぜ回遊するか」という真の理由を知るには、産卵という生活史最大のイベントは却ってノイズとなり移動の本質を覆い隠してしまうことがありますから……。それで最初に両側回遊、それが片付いたら遡河と降河をやり、3つの回遊型に共通の答えを知りたいと思ったんです。

**黒岩：**琵琶湖のアユでも大きな発見をされましたね。

**塚本：**大アユと小アユの問題<sup>\*3</sup>でしょ

うか。アユを両側回遊のモデルとして選びましたが、海から川に遡上するアユには浸透圧調節の問題があります。琵琶湖には流入河川に遡上するアユがいて、淡水から淡水に移動するこの場合は浸透圧の問題を排除でき、「なぜ回遊するか」という本質に迫れるのではないかと考えたんです。滋賀県水産試験場の方々にご協力をいただき、4、5年夢中で研究したら、アユの回遊については、なんとなくほづかめた……と、本人は思ったといったほうがよいでしょうか(笑)。

**黒岩：**それがお幾つくらいの時？

**塚本：**32、33歳の時でした。ウナギとサクラマス始めたのはその後です。

**黒岩：**産卵のため川を降りるものと遡るもの両方ですね。ウナギの研究に移った直接のきっかけは何でしたか？

**塚本：**それは、研究室の教授の退官前、1986年に行われたウナギ産卵場調査航海でした。私は主席研究員の教授の下で、航海の世話役を務めました。

**黒岩：**では、助手になられた頃ですか。

**塚本：**いえ、私は大学院の途中で助手にとりいただいたので、当時はもうかなり古株の助手でした。そもそもウナギの調査航海は、1973年から海洋研の全所的プロジェクトとして行われていました。私はその年の3月、修士過程を修了してすぐに第1回航海に参加し、同年12月の第2回航海にも続けて行きました。初回の収穫は台湾の沖合で採れたシラスウナギ1匹だけでしたが、2回目の航海ではレプトセファルス(ウナギの仔魚)が53匹も採れたんです。それまで報告されていたニホンウナギのレプトセファルスはたった1匹だけだった所へ、いきなり53匹も採れたものですから大騒ぎでした。当時は「ウナギの産卵場は台湾沖に違いない」ということになりました。

\*1 東京大学海洋研究所。2010年気候システム研究センターと統合、中野から千葉県柏市にキャンパスを移し、東京大学大気海洋研究所となった。

\*2 海と川を往復して回遊する魚類の3型で、産卵のため川を遡るのが「遡河回遊」、産卵のため川を降るのが「降河回遊」、産卵とは無関係に海と川を往復するのが「両側回遊」。

\*3 琵琶湖には、流入河川に遡上する回遊群の大アユと、ずっと琵琶湖にいる非回遊群の小アユがいて、両者のサイズや体型、行動パターン、産卵期は大きく異なる。しかしそれらは種分化途上にある異なる二群ではなく、一年の世代交代ごとに大アユと小アユが交代する(翌年は大アユの子が小アユに、小アユの子は大アユになる)ことを塚本氏が解明。「スイッチング・セオリー」と呼ばれる。

**黒岩**：ヨーロッパの産卵場の研究はそれ以前にもう始まっていたね。

**塚本**：ええ、大西洋のウナギ研究は20世紀初頭から始まって、1922年にはほぼ結着し、有名な論文\*4)が出ました。

**黒岩**：先生がヨーロッパの研究に追いついたと思ったのはいつ頃ですか。

**塚本**：1991年の航海が終わったときでした。1986年の航海の5年後、再びウナギ航海が実現しました。この時は助教教授でしたが、初めて主席研究員をまかさされ、これまでよりずっと南、ずっと東まで調査範囲を広げたくてです。

**黒岩**：たとえば網などに何か新しい工夫をされていたのですか。

**塚本**：はい、いろいろ最新の観測機器も導入された航海だったのですが、一番の特徴は、海を格子状に調査するグリッドサーベイを取り入れて広範囲に定量的調査を行ったことですね。レプトセファルスがない所も調査して、ネガティブデータもポジティブと合わせて集めようと思ったのは、私がラボ出身だったからかもしれません。

**黒岩**：なるほど。その結果から仮説を設けるわけですね。

**塚本**：はい、でも「海山仮説」\*5)がでてきたのは、それからさらに4、5年後でした。91年にとれた体長10ミリ前後の小型レプトセファルス約1000匹の分布を調べてみると、東経143度より東では全く採れなくて、142度より西では北緯15度前後のどの地点でも採れている。そして、このあたりの海流は全体に東から西向き。

**黒岩**：北赤道海流ですね。

**塚本**：はい。採れたレプトセファルスのサイズが東に行くほど小さくなっていましたから、東経142度と143度の間で、北緯15度前後に産卵場があると考えるのが、きわめて自然でシンプル。海底地形図を見てみると、そこは西マリアナ海嶺という海底山脈の南端

部だったんです。その海域には、海底から海面近くまでそそりたつ4000メートル級の大きな海山が3つありました。丁度、富士山クラスの山が3つ、約100キロ置きに、ポン、ポン、ポンと南北に並んでいるんです。雄と雌の親ウナギたちが、広い海の中で迷うことなくちゃんと出会えるためには何か「目印」が要る、これらの海山がそのための役割を果たしているのではないかと、例えば、海山域に生じた磁気異常、重力異常、乱流、匂いなどが特異点を作り、それを頼りに雄と雌は集まってくるのではないかと考えたのです。

**黒岩**：なるほど、なるほど。もう一つ、時間の仮説もありましたね。

**塚本**：はい、「新月仮説」です。魚の内耳に炭酸カルシウムでできた耳石（じせき）という硬組織があって、断面を切って電子顕微鏡でみると、木の切り株の年輪のように同心円状のリングが見えるんです。幅が1～2ミクロンほどの微細な耳石輪紋は、「年輪」ではなく、1日1本ずつできる「日輪」であることがわかっていますから、これを耳石中心から縁辺まで数えることによって「日齢」がわかります。その個体の採集日から日齢を逆算することで、個体の孵化日、つまり誕生日がわかるわけです。この解析法は初めアユの回遊研究に用いました。

**黒岩**：アユの研究が生きたわけですね。

**塚本**：そうなんです。耳石を調べた結果、それまでウナギは冬に産卵すると考えられていたんですが、実は夏に産卵していることがわかりました。それで91年の航海は、初めて夏に実施することにしたんです。それまでの4回のウナギ航海は冬期に行われたものが多く、夏の航海はなかったのです。

**黒岩**：ほう。やはり、91年の航海は画期的だったのですね。

**塚本**：いろんな意味で新しい展開がた

くさんあった航海でした。

**黒岩**：耳石は1日に1本、確実に増えるのですか。

**塚本**：はい、耳石の微細輪紋の日周性は、アユでもウナギでも実験的に証明済みです。91年航海の「夏産卵説」は、日本にやって来るシラスウナギについて孵化日を調べてわかったことですが、その後の「新月仮説」の場合は、91年の航海でたくさん採れた小型レプトセファルスの耳石を解析することで得られました。若い個体の耳石輪紋は当然数が少なく明瞭なので、日齢推定の精度はぐっと上がります。その結果、91年7月に産卵場近くで採れた一群のレプトセファルスは、5月生まれと6月生まれの2群にはっきり分かれることがわかりました。しかも、それぞれのピークが各月の新月の日にはほぼ一致したんです。それで、ウナギは産卵期の内、毎日ダラダラと産卵したり、適当な日に偶発的に産卵したりするのではなく、厳密に月周期に従い、各月の新月に一斉に同期産卵しているのではないかと考えたわけです。

**黒岩**：素晴らしいですね。それらの仮説\*6)から場所とタイミングを絞っていかれた。

**塚本**：マリアナ沖の海山域で夏の新月期に調査を続けられれば、いつか卵に到達できるのではないかと期待しました。

**黒岩**：先生が一番小さいレプトセファルスに至ったのはいつ頃ですか。

**塚本**：2005年でした。孵化後2日目、4ミリほどの糸くずのような仔魚、プレプトセファルスといいますが、これが大量に採集できました。2005年ですから、1991年から数えると14年間ほとんど何も成果のない時期がありました。よくまあ、周囲の皆さんが許してくれたものだと思います（笑）。

**黒岩**：皆さん、根気よく待ってたんじゃないですか（笑）。プレプトセファ

\*4 デンマークのヨハネス・シュミットは1904年大西洋フェロー諸島沖でウナギのレプトセファルスを偶然採集したことから、大規模なウナギ産卵場調査を実施。大西洋西部のサルガッソ海で10ミリ前後のレプトセファルスを多数発見して産卵場を特定、これをまとめて1922年に発表した。

\*5 採れた仔魚の分布とサイズから、産卵場は西マリアナ海嶺にある3海山の海域とする説。

\*6 塚本氏はさらに、親ウナギが塩分フロント（潮目）を北から南へ超えた時に産卵場に到着したことを察知して回遊を止め、産卵の準備に入るという「塩分フロント（第三象限）仮説」を立てた。

ルスの後、最終的に親と卵は？

**塚本：**その3年後の2008年に親ウナギ、4年後の2009年に卵が発見されました。親ウナギ調査は本格的な漁撈設備のある水産庁の開洋丸が実施したのですが、私も2009年の捕獲現場に立ち会って、初めて見る親ウナギに興奮しました。でも大西洋サルガッソ海のウナギ産卵場調査では、親も卵も採れていません。1922年のシュミットの小型レプトセファルスの発見以来進展はあまりないのです。その意味で日本のウナギ研究は大西洋を大きく凌ぎ、世界をリードしているといえます。結局2005年のプレプトセファルスの採集がブレイクスルーとなって、その後トントン拍子に研究が進みました。

**黒岩：**卵と親ウナギが見つかったのは予測海域だったのですか。

**塚本：**ええ、予測した海域の、予測した時期とっていいと思います。特に、卵が発見された2009年5月23日は新月の2日前でしたし、その地点は、東西に走る塩分フロントと南北に横たわる海底山脈の交点の第三象限でした。ウナギ卵はそこに存在するはずだと発見前夜に議論していた、まさにその狭い範囲で採れたものですから、あまり的中度に我々自身、驚きました。

**黒岩：**その感動は、まだ忘れられないでしょう。

**塚本：**ええ、嬉しかった。でも喜びを実感したのは、翌日の夕方でした。発見後直ちに船を採集地点に戻し、卵の分布水深や広がり、環境条件などの観測作業を昼夜とおして行い、それらが全て一段落した後、「あー、本当に採れたんだあ」と喜びが湧いてきました。

**黒岩：**ところで、そもそもウナギの産卵場はなぜ、そんな何千キロも離れた場所にあるのですか。

**塚本：**その答えはウナギの起源と進化の過程に関係しているのではないかと思います。分子系統解析の結果、ウナギの祖先は熱帯の外洋中深層、200~1000mくらいの水深に棲んでいた深海魚だったようです。そこから袂を分かって淡水の川に遡上するようになっ

たのがウナギなんです。だから川で成長するようになって、産卵だけは熱帯の外洋までわざわざ回遊して帰って行かなくてはならなかったらしいのです。起源して何千万年もの間に大洋底の拡大や海流系の変化が生じて、種の産卵場と成育場の間の距離が少しずつ広がっていったために、長距離回遊をするようになったらしいのです。

**黒岩：**なるほど、それは面白い。産卵場調査の他に、ニホンウナギやアメリカウナギ、ヨーロッパウナギの起源を調べてみようという試みもあったかと思えます。

**塚本：**はい、学生と一緒に熱帯開発途上国へ行ってウナギのサンプリングをしました。世界のウナギ全種を集めて、遺伝子で系統関係を調べた結果、ボルネオ島固有のアンギラ・ボルネンシスという種が最も祖先的で、約1億年前に起源したことがわかりました。

**黒岩：**面白い。それで、さらにその解析をウナギの仲間全体に広げ、アナゴやウツボとの関係も研究されたとか。

**塚本：**はい、ウナギ目魚類の全19科計56種を集めて、系統関係を調べてみました。ミトコンドリアDNAの全ゲノムで分子系統樹を描いてみたところ、ウナギが一番端っこにひとかたまりになり、一見よく似ているアナゴやウツボはむしろ遠いところにありました。そしてウナギと最も近いグループだったのは、先ほどの外洋中深層性の深海魚だったんですね。図鑑を見るとフクロウナギとかフウセンウナギとか、真っ黒いふにゃふにゃしたのがいるでしょう。これらと共通の祖先をもっていたのがウナギだとわかったんです。

**黒岩：**口が大きくて、ちょっと気持ち悪い魚ですね。先生も驚いたでしょ。

**塚本：**ええ、形態からは想像も出来ない、全く意外な結果でした。

**黒岩：**その分岐が大体一億年前というと、陸上なら恐竜の全盛期に、海の中ではウナギが誕生していたんですね。

## シップタイムの争奪戦

**黒岩：**学生の指導に加え、船の手配な

ど航海の計画も立てて研究全体をまとめるリーダーでもあり、その中で論文を書くのは大変じゃないですか。

**塚本：**アユの研究をした時は、ウナギのチームよりずっと少ない4人のメンバーで大規模なフィールドワークをこなし、多くのデータを集めたんですが、発表した論文は意外と少ないんです。これを猛省し、実験や調査をして結果が出たら必ず論文の形で残すのがプロの研究者の務めだと自分に言い聞かせました。それでウナギの場合は、研究を始めた当初から同僚や学生と分担を決め、結果はすべて論文に残すように努めたんです。論文が定評あるジャーナルに載ると、シップタイム（研究船の航海日数）を取る時にも、研究費を申請する上でも役立ちますよね。

**黒岩：**シップタイムはどのように決まるのですか。

**塚本：**まず、海洋に関わる全国の研究者が3年毎に航海計画案を審査委員会に提出します。これが2日間に亘る公開シンポジウム場で、厳正、公平に評価され、その成績に従ってシップタイムが割り振られます。海の仕事は船がなければ始まらないので、皆血眼になって申請書を書き、シンポジウムの発表に備えます。様々な分野から選ばれた審査員は研究の意義・独創性や計画の妥当性、国際性、新規性などカテゴリーごとにチェックし、評点をつけていく。総合点で順位が決まり、上位3課題くらいは殆ど希望した時期と海域で、申請したシップタイムがほぼ100%もらえ、順次その割合が減っていく方式です。むろん、非採択の判定を受ける研究計画も中にはあります。

**黒岩：**ウナギの場合は、どれくらいシップタイムを取れるのですか。

**塚本：**毎年、夏に3週間ずつ申請していました。そしてありがたいことに、大体いつも良い評点をいただきました。ウナギの場合、産卵期が夏期限定、しかも新月をはずしたらダメでしょう。航海時期と海域の縛りがきついウナギ航海が、1年のうち一番天気の良い時期を独占して南へ船を持っていく

わけですから、天候不順で夏しか調査にいけない北洋を研究する人たちには、ずいぶん恨まれたはずですよ(笑)。

**黒岩**：成績が上なんだから、しょうがないですよ(笑)。ところで、海洋研に船は何隻あるのですか。

**塚本**：船の所属は全て海洋研究開発機構(JAMSTEC)です。でも、そのうち2隻は海洋研が運営する全国共同利用に使われる学術研究船で、1隻が外洋、1隻が沿岸用です。ウナギの産卵場調査に使うのは4000トンの大型研究船「白鳳丸」です。先ほどの3年毎の公開シンポジウムは白鳳丸のシフトタイムを決めるためのものです。

**黒岩**：厳しいですね。次の発見まで年数が空いたりしたのはその影響もあるでしょう。

**塚本**：そのとおりです。1970年代のウナギ研究の黎明期は、ウナギの航海がなかなか成立せず、調査間隔が空きました。成果が挙がるにつれて、加速度的に航海毎の間隔が狭まり、最終的にはほぼ毎年のように航海を割り当ててもらえるようになったのです。

**黒岩**：海ウナギを発見されたのも非常に大きな成果でしたね。

**塚本**：ありがとうございます。教科書には、ウナギは降河回遊魚で、海からやって来て川へ遡上して成長すると書かれています。耳石にごく微量含まれるストロンチウムの分布を調べてみると、河口に来て川に上らず、河口や沿岸域に棲み着いて一生を送る「海ウナギ」のいることがわかりました。

**黒岩**：年輪みたいな耳石の真ん中とか周辺が赤く光っている写真を見たことがありますか。

**塚本**：ええ。耳石の微量元素分析から、どの時期にどのくらいの期間、海にいて、川にはどれくらい滞在したかという個体の回遊履歴がわかるんです。最近の研究では、海や河口にずっといる個体の割合のほうが、むしろ多いこともわかってきました。海ウナギの研究は、ウナギの資源管理や保全を計画する上で欠かせない基礎となります。

## 次は産卵シーンを

**黒岩**：今後さらにやりたい、探したいと思われていることは何ですか。

**塚本**：産卵場問題は解決したので、次は産卵生態の解明です。まずは産卵シーンを探索して、親ウナギが放卵、放精する瞬間を捉えます。産卵シーンを見るためには、海の中で10メートル単位、1時間単位の精度で、正確に場所とタイミングを予測できなければいけません。予測できるということは、親ウナギたちを集める特異点が何か、産卵の引金などが何かなど、産卵場形成メカニズムや産卵集団形成メカニズムが分かるということです。

**黒岩**：なるほど、それは究極ですね。ほかの魚や鳥はバラけていた集団が何か所に集まる、ウナギでもそういう可能性があるのでしょうか。

**塚本**：あると思います。西マリアナ海嶺の南端部300キロメートルにわたるウナギの産卵場の中に、磁気異常ポイントなり、強いジェットストリームなり、湧昇流の泉なり、いくつか特異点があると思うんです。そうした特異点に引きつけられて三々五々集まってきた親ウナギたちが、最終的にはフェロモンを介して追尾行動を起こした結果、大きな産卵集団ができてくるのではないかと想像しています。

**黒岩**：親はオスも捕獲されたのですか。

**塚本**：はい、オスは2009年までに8匹獲れています。例数が少ないのですが、産卵場で獲れた計15匹の親ウナギの性比はほぼ一対一です。真っ暗な新月の海の中ではほぼ同数のオスとメスが右往左往して相手を探している、まだ誰も見たことがない産卵の瞬間、ぜひ見たいものです。

**黒岩**：サケマスにはその映像がありますが……。

**塚本**：そうなんです。サケマスは身近な河川で卵を産むから映像を撮ることもできますが、ウナギは遙か海の彼方。それも10立方メートル位のピンポイント。そんな場所で起こる一瞬の出来事を確実に捉えるには、罠作戦やハイテ

クタグによる親ウナギの追跡など、新しいアイデアが必要です。

**黒岩**：さっき特異点とおっしゃいましたが、ウナギの産卵場はなぜあの地点でなくてはならないのですか。

**塚本**：進化的な意味の他に、生態的な理由づけをするなら、実は産卵場はあの地点でなくては、ニホンウナギは日本にはやってこれないんです。

**黒岩**：えっ、そうなのですか。

**塚本**：産卵場で生まれたレプトセファルスは、ほぼ一定流速の海流に流されて東アジアに回遊します。その時、20-25度の水温、餌となるマリンスノーの豊度など、環境条件がうまい具合に合わさって一日約0.5ミリメートルずつ成長します。これによって変態が始まるまでの期間が5ヶ月前後と大体決まります。変態が終わってシラスウナギになると、体表面積が72%も小さくなって水中の摩擦抵抗が減り、水分含量は14%減って体の比重が大きくなります。そうなるともう海流に乗っていられなくなり、黒潮から降りて最寄りの東アジアの国々の河口を目指して接岸回遊が始まります。つまり変態のタイミングが、どこの河口に接岸するかを決めているといえます。そこで、もし産卵場が今より西にあったら、レプトセファルスはシラスに変態する前に日本を通り越してそのままハワイの方まで流されてしまうし、逆にもっと東にあったら、ウナギは早々と南で変態を完了し、フィリピンや台湾に接岸して、日本に来るシラスは大幅に減ってしまいます。この意味で、ニホンウナギが日本にやってくるためには、種の産卵場は厳密にあの地点でなくてはならなかったといえるんです。

## “ハレの日鰻”の運動

**黒岩**：ウナギはこれから資源の保護・保全という面で問題がありますね。

**塚本**：ええ、大変な状況なんです。

**黒岩**：今消費量はどれくらいですか？

**塚本**：年間約6万トン食べています。そのうちの99.5%以上は養殖ウナギですが、その元となる種苗は100%天然

のシラスウナギに依存しています。資源は1960年代の盛時に比べ、今は5%程度にまで減ってしまいました。特にこの4年間は不漁が続いています。

**黒岩**：その原因は？

**塚本**：明らかに獲りすぎです。毎年冬になると河口のシラス漁が風物誌としてとりあげられますが、実態はそんな優雅なものではありません。資源が減って採れないものだからシラス単価が急騰して、「白いダイヤ」とも、「泳ぐプラチナ」ともいわれています。もう一つの原因は、河川環境の悪化です。ウナギは、泥の中や河岸の岩の穴に棲んでいます。護岸工事で河岸や河床をコンクリートで覆いつくしたため、ウナギの棲む場所もエサとなるエビやカニ、小魚の居場所もなくなってしまいました。加えて水質汚染も大きな問題です。日本の川はウナギが棲みにくい河川に変わってしまいました。

**黒岩**：乱獲を止める協定などはできないのですか。

**塚本**：水産庁が動いてニホンウナギを共有する台湾、中国、韓国、日本の間で協議が始まったところです。

**黒岩**：遅いくらいですが、大事なことです。ということで、「鰻の蒲焼きを食べるのは控えろ」というのが先生のご意見かもしれませんが……。

**塚本**：そんなに厳しく主張しているわけではありませんが（笑）、「ハレの日鰻」とでもいいでしょうか、鰻を大切に食べようと提案しています。今、ファーストフード店やコンビニでは、ほぼワンコインで鰻丼や鰻弁当が食べられる時代です。安くて手軽なのはいいことですが、結果、大量のウナギが消費されることとなります。これを少しでも減らし、鰻をかつでのスローフードに戻そうという運動です。安い加工鰻を買って帰って、電子レンジで温めて食べるのではなく、専門店に向き、一流の職人が焼き上げた熱々の鰻を食べてはどうか、何か良いことがあったハレの日にこそ、家族揃って鰻屋に繰り出し、極上の鰻をいただきましょうという提案なんです……。

**黒岩**：非常に高価ですけどね（笑）。ニホンウナギは2013年の2月に環境省の絶滅危惧種に指定されたそうですが、食べてもいいのですか。

**塚本**：もちろん、今まで通り食べられます。法的な規制はありません。でも、ファーストフード店でメニューに並んでいる牛丼と鰻丼の原料が、家畜か、野生生物かの違いは重要です。鰻丼は、人が慎重に管理して持続的な利用を計らなければならない野生生物を使っているのです。にもかかわらず、経済優先でどんどん天然のシラスを獲って養殖し、安売り競争の挙げ句、絶滅の恐れさえあるニホンウナギを食い尽くしたら、次は外国の異種ウナギにも食指を動かしている、これは鰻の食文化をこよなく愛する日本人としては問題です。私たちは、もっとウナギという生き物に対して敬意を払い、自国の資源を節度を持って利用した方がいいのではないかと思います。

**黒岩**：最後にウナギの完全養殖についてお話いただけますか。

**塚本**：タイやヒラメなど一般の魚は、親を人工的に成熟させて卵を採り、それを育ててまた卵をとるというサイクルが完成していますが、この完全養殖技術が産業的に完成してないのがウナギです。ウナギの人工催熟の研究は1960年代に始まり、2003年には卵からシラスまで育てる技術が出来ました。この人工シラスを育てて卵を採って、第2世代ができたのが2010年。卵質やレプトセファルス（上から、全長9.8、21.6、33.5mm）の餌の問題、著しく低い生残率や成長率、1年以上もかかる変態までの飼育期間など、問題山積ですが、何はともあれやっと人工のサイクルが回り出した段階です。

**黒岩**：ウナギも、ヒラメやタイのように完全養殖できる可能性はあるということですね。

**塚本**：はい、将来必ずできます。産卵場調査から得られた環境条件、繁殖生態、摂餌生態の情報が役立ち、いつか天然同様の良質卵と強い仔魚を大量に作るようになるようになります。一方、育種、家魚化も進み、いずれ天然

を越える優良な人工ウナギの家系ができてくるのではないかと思います。

**黒岩**：そうすると消費者の大量需要にも十分応えられるようになってくる。

**塚本**：はい、その分、天然シラスウナギ資源への漁獲圧が少なくなって、ウナギを保全することができます。

**黒岩**：先生の基礎研究が生きて、天然ウナギの保全につながるということですね。今日は長時間にわたり、ありがとうございました。

**塚本**：ありがとうございました。



ニホンウナギのレプトセファルス  
(上から、全長9.8、21.6、33.5mm)

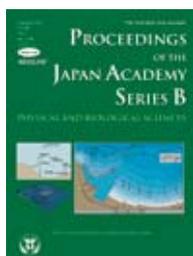
#### 塚本 勝巳 (つかもと かつみ)

1948年、岡山県生まれ。日本大学生物資源科学部教授（海洋生物資源科学科 ウナギ研究室）。農学博士。専門は海洋生物学・魚類生態学。1971年東京大学農学部水産学科を卒業後、同大学大学院農学研究科に進学、1974年同研究科博士課程を中退して東京大学海洋研究所に助手として着任。1986年助教授、1994年から教授。2013年東大退官後、現職。魚類の回遊機構、特にアリストテレスの時代から動物学・海洋学上の謎であったウナギ産卵場解明などの研究功績により、日本水産学会賞（2006年）、日本農学賞、読売農学賞（2007年）、日本学士院エジンバラ公賞（2012年）、第6回海洋立国推進功労者表彰・内閣総理大臣賞（2013年）など数々の賞を受賞している。

#### 黒岩 常祥 (くろいわ つねよし)

1941年、東京生まれ。立教大学理学部特定課題研究員、東京大学名誉教授、日本学士院会員。1971年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。理学博士。専門は生物科学。東京都立アイソトープ総合研究所研究員、岡山大学理学部助教授、基礎生物学研究所教授、東京大学理学部教授、立教大学理学部教授を歴任、2012年より現職。ミトコンドリアと葉緑体の増殖と遺伝の基本機構の解明により、2008年紫綬褒章、アメリカ植物科学会バーンス賞、2010年みどりの学術賞、日本学士院賞を受賞し、日本学士院会員となる。2011年文化功労者。

No. 1



### Reviews

- Toshinori SUZUKI: Visualization of chemical reaction dynamics: Toward understanding complex polyatomic reactions. . . . .1  
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.1>

原子分子衝突によって生成する分子の並進振動回転状態の完全な観測、化学反応途上の電子状態変化のリアルタイム観測等により、多原子分子の複雑な反応の理解が進んだ。これらを基礎に、生命環境に不可欠な水中での化学反応の詳細な機構解明への挑戦が始まっている。

- Tatsuhiko YAGI and Yoshiki HIGUCHI: Studies on hydrogenase. . . . .16  
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.16>

ヒドロゲナーゼは水素分子の吸収と発生を触媒する酵素で、水素エネルギー社会のツールとして期待される。1931年の発見以来の研究成果を概観し、活性部位NiFeセンターの構造、分光解析結果に基づく触媒メカニズムを提案する。

- Masahiko ISOBE: Evolution of basic equations for nearshore wave field . . . . .34  
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.34> **Cover Illustration**

ストークス波理論やクノイド波理論など一様水深中における有限振幅の定形進行波の摂動解を統一的に説明し、それらの適用範囲を明らかにした。その上で、非一様水深中での波浪変形の基礎方程式を俯瞰的に説明した。

### Original Articles

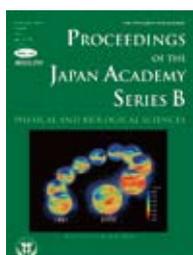
- Arnaud METSUE and Taku TSUCHIYA: Shear response of Fe-bearing MgSiO<sub>3</sub> post-perovskite at lower mantle pressures . . . . .51  
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.51>

地球マントル最下部の主要構成物質である鉄含有ポストペロブスカイトの理想せん断強度を決定した結果、地震波速度の特異な異方性がこの物質の塑性変形により説明できることがわかった。

- Yoshiki TSUCHIYA, Itsunari MINAMI, Hiroshi KADOTANI, Takeshi TODO and Eisuke NISHIDA: Circadian clock-controlled diurnal oscillation of Ras/ERK signaling in mouse liver . . . . .59  
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.59>

ERK MAPキナーゼシグナル伝達経路は増殖や分化を始め様々な細胞機能を制御している。本研究は、マウス肝臓において、Ras-MEK-ERKの活性化が概日時計の制御下にあり、日内リズムを示すことを明らかにした。

No. 2



### Reviews

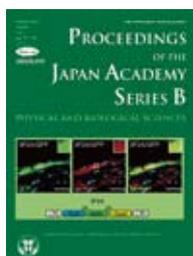
- Munetoshi TOKUMARU: Three-dimensional exploration of the solar wind using observations of interplanetary scintillation. . . . .67  
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.67> **Cover Illustration**

天体電波源の惑星間空間シンチレーションを使った太陽風の観測が、我が国において長期にわたり実施されている。その観測データからは、太陽活動とともに激しく変動する太陽風の3次元特性が明らかになった。

- Teruya SHINJO: Artificial multilayers and nanomagnetic materials. . . . .80  
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.80>

著者は界面磁性研究を目的として金属多層膜の作成を始め、さらにナノサイズの周期性を持つ多層膜を人工格子と名付け、新物質創成を目指す研究へと発展させた。人工格子から巨大磁気抵抗効果の発見にいたった経緯を概説した。

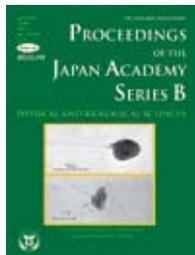
No. 3



### Reviews

- Akira KOBATA: Exo- and endoglycosidases revisited. . . . .97  
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.97>

糖鎖の研究に不可欠な試薬として様々なグリコシダーゼ群が発見・精製されている。本総説はこれらの酵素群の試薬としての有用性と限界、並びに幾つかの興味深い生理的役割についての現在の知見を纏めたものである。



Masaki IEDA: Heart regeneration using reprogramming technology .....118

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.118> **Cover Illustration**

心臓に重要な3つの転写因子 (Gata4, Mef2c, Tbx5) 導入により培養皿上で線維芽細胞を心筋様細胞へ直接分化転換することに成功した。また同じ3因子をマウス心筋梗塞モデルに導入して心臓内在性の線維芽細胞から心筋様細胞を再生した。

#### Reviews

Koichi HONKE: Biosynthesis and biological function of sulfolipids .....129

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.129>

著者は、糖脂質硫酸転移酵素の精製および遺伝子クローニングを行い、ガラクトース3-硫酸転移酵素遺伝子群を発見した。さらに、同酵素の遺伝子欠損マウスの解析からミエリン機能と精子形成に必須であることがわかった。

Kunihiko OBATA: Synaptic inhibition and  $\gamma$ -aminobutyric acid in the mammalian central nervous system ...139

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.139> **Cover Illustration**

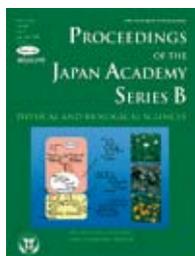
ガンマ-アミノ酪酸 (GABA) は抑制性神経細胞のシナプスから放出される抑制性神経伝達物質である。無脊椎動物での研究にはわが国の研究者の貢献が大きい。本論文では1960年代後半に著者らが行った哺乳動物 (ネコ) におけるGABAの神経伝達物質としての同定および近年のGABA合成酵素遺伝子組み換えマウスで得られた知見を概説した。

#### Original Article

Ryugo S. HAYANO, Masaharu TSUBOKURA, Makoto MIYAZAKI, Hideo SATOU, Katsumi SATO, Shin MASAKI and Yu SAKUMA: Internal radiocesium contamination of adults and children in Fukushima 7 to 20 months after the Fukushima NPP accident as measured by extensive whole-body-counter surveys.....157

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.157>

福島第一原発事故による汚染食品由来の内部被ばくの影響を、30,000人以上の大規模ホールボディカウンター測定によって調査したところ、住民の99%は、放射性セシウム量が検出限界未満であった。



#### Reviews

Fumihiko SATO and Hidehiko KUMAGAI: Microbial production of isoquinoline alkaloids as plant secondary metabolites based on metabolic engineering research .....165

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.165> **Cover Illustration**

植物が産生するイソキノリンアルカロイドは強い生理活性と多様な構造をもつ二次代謝物である。生合成に関与する酵素系を同定、その遺伝子と関連する微生物遺伝子を用いて、微生物によるアルカロイド生合成を可能にした。

Tomoo HIRANO: Long-term depression and other synaptic plasticity in the cerebellum .....183

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.183>

小脳は運動制御にかかわり、その神経回路内で起こる長期抑圧等のシナプス可塑性が運動学習の基盤と考えられている。長期抑圧の発現メカニズムと役割を中心に、小脳で起こるシナプス可塑性について概説した。

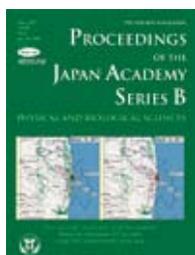
#### Original Article

Ryugo S. HAYANO and Ryutaro ADACHI: Estimation of the total population moving into and out of the 20 km evacuation zone during the Fukushima NPP accident as calculated using "Auto-GPS" mobile phone data. ...

.....196

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.196> **Cover Illustration**

福島第一原発事故時の原発周辺地域の人数分布を、GPS付き携帯電話のデータを用いて解析した。記憶に頼ることなく、事故当時の人の流れを明らかにできるこの手法は、今後、初期の内部被ばく及び外部被ばくの影響評価に有用と考えられる。



#### Reviews

Kenji TAKAHASHI: Structure and function studies on enzymes with a catalytic carboxyl group(s): from ribonuclease T1 to carboxyl peptidases .....201

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.201>

カルボキシル基は多くの酵素の活性部位において触媒基として必須の働きをしている。本総説ではこれら一群の酵素 (カルボキシル酵素) の構造と機能およびその相関について、リボヌクレアーゼT<sub>1</sub>およびカルボキシルペプチダーゼを含む著者らの研究を中心にして、比較、概説した。

Tatsuya HAGA: Molecular properties of muscarinic acetylcholine receptors .....226

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.226>

ムスカリン性アセチルコリン受容体は、典型的なGタンパク質共役受容体で、副交感刺激、学習・記憶、睡眠・覚醒などに関わる。最近受容体の構造・機能・機能制御などの機構が明らかになってきた。立体構造を利用した創薬の進展が期待される。

Donald M. MARCUS: My career as an immunoglycobiologist .....257

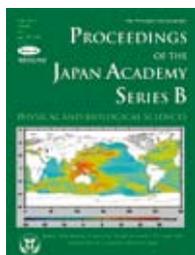
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.257>

著者は糖鎖科学と免疫学との接点に於ける自分の研究業績を(1)抗原としてのスフィンゴ糖脂質、(2)レクチン、抗体が糖鎖と結合するメカニズム、(3)特に著者の主要業績として知られるP血液型の研究などを中心として総括している。

Jiro SUZUKI: Neuronal mechanism of epileptogenesis in EL mouse. ....270

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.270>

本総説は、1976年著者が癲癇(てんかん)モデルと確定解明したELマウスの発作発現機構の説明で、この発作は、反復する固有受容系入力によるGABA活動の低い頭頂皮質ニューロン活動に始まり、学習と同様の異常可塑性により進行する。



Nobuo MIMURA: Sea-level rise caused by climate change and its implications for society. ....281

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.281> **Cover Illustration**

温暖化に起因する海面上昇は沿岸域の水没や高潮被害の激化、海岸侵食等をもたらし、世界の懸念材料になっている。海面上昇の世界規模での観測結果と要因分析、影響の予測、対応策について、最新の知見を概観した。

Takao TAKI: Bio-recognition and functional lipidomics by glycosphingolipid transfer technology. ....302

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.302>

糖脂質をペプチドに変換する転写技術および、TLC-Blot/MALDI-TOF MSを用いてより機能的に脂質を解析するLipidomicsを開発した。各々の技術を用いて展開された糖脂質研究の新しいアプローチを紹介する。

Takaomi C. SAIDO: Metabolism of amyloid  $\beta$  peptide and pathogenesis of Alzheimer's disease. ....321

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.321>

アルツハイマー病の原因物質であるアミロイド $\beta$ ペプチドを分解する酵素ネプリライシンを初めて同定した。ネプリライシンのレベルは加齢とともに低下することから、これが孤発性アルツハイマー病の原因と考えられる。

### Original Article

Mitsuo KAKEI, Toshiro SAKAE, Masayoshi YOSHIKAWA: Combined effects of estrogen deficiency and cadmium exposure on calcified hard tissues: Animal model relating to itai-itai disease in postmenopausal women .....340

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.340>

イタイイタイ病は更年期女性に特異的に多発したことから、カドミウム暴露とエストロゲン欠乏の相乗効果が結晶核(中心線)形成に必須である炭酸脱水酵素の炭酸イオン供給減少に起因する骨形成不全であると論じた。

### Reviews

Nobuo IKEKAWA, Yoshinori FUJIMOTO and Masaji ISHIGURO: Reminiscences of research on the chemistry and biology of natural sterols in insects, plants and humans .....349

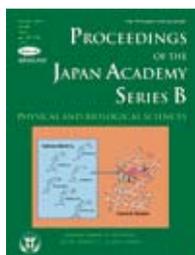
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.349> **Cover Illustration**

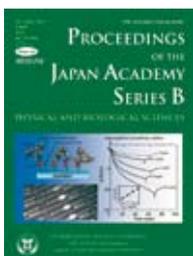
ヒトも植物も昆虫も細胞膜にあるステロールを水酸化して自らの生存に必要なホルモンに導いている。著者らは、これらステロイドホルモンの精巧な分析と化学合成によってその生合成と作用の仕組みを明らかにした。

Yoshiro MIURA: The biological significance of  $\omega$ -oxidation of fatty acids .....370

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JSTJSTAGE/pjab/89.370>

脂肪酸の $\omega$ 酸化の生物学的意義については不明な点が多かったが、スンスなどの新しい実験動物、ヒトの皮膚、昆虫、植物において重要な反応であることが分かった。さらにプロスタグランジンなどの $\omega$ 酸化についても解説した。





### Original Article

Paul K. B. ALANIS, Yusuke YAMAYA, Akihiro TAKEUCHI, Yoichi SASAI, Yoshihiro OKADA and Toshiyasu NAGAO: A large hydrothermal reservoir beneath Taal Volcano (Philippines) revealed by magnetotelluric observations and its implications to the volcanic activity .....383

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST/JSTAGE/pjab/89.383>

タール火山はフィリピンで最も活動的な火山の一つであり、周辺住民も極めて多く、近い将来大噴火が危惧されている。著者は電磁気学的な3次元構造探査結果を示し、噴火様式の変遷についての新たな解釈を行った。

### Reviews

Seiya UYEDA: On Earthquake Prediction in Japan ..... 391

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST/JSTAGE/pjab/89.391>

著者の見解では、我が国では半世紀以上、地震予知の名目のために多額の国家予算が費消されてきたのに、短期予知のための努力を怠ったため、一度も予知に成功したことがない。なぜそうなったのかを、歴史的視点から批判的に考察した。

Hirotsugu OGI: Wireless-electrodeless quartz-crystal-microbalance biosensors for studying interactions among biomolecules: A review .....401

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST/JSTAGE/pjab/89.401> **Cover Illustration**

微小なベルの音色の変化から蛋白質を検出する音響バイオセンサー。著者らは、無線・無電極技術を駆使してその超高感度化に成功した。清涼飲料の「ラムネ」の瓶と似た構造を持つ。創薬・診断分野への決定的な貢献を目指す。

### Original Articles

Shuji MAEDA, Yoshinori AKAISHI and Toshimitsu YAMAZAKI: Strong binding and shrinkage of single and double  $\bar{K}$  nuclear systems ( $K^-pp$ ,  $K^-ppn$ ,  $K^-K^-p$  and  $K^-K^-pp$ ) predicted by Faddeev-Yakubovsky calculations. ....418

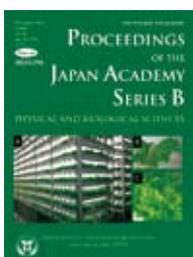
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST/JSTAGE/pjab/89.418>

反 $K$ 中間子は核子との強い引力により常識を越えた高密度原子核を創り出す。本論文は高密度核媒質中での南部のカイラル対称性回復を考慮し、反 $K$ 中間子を2個含む4体系の大局的構造計算をFaddeev-Yakubovsky法を用いて行い、 $K$ 中間子凝縮の可能性を示した。

Nicholas V. SARLIS: On the recent seismic activity in North-Eastern Aegean Sea including the  $Mw$ 5.8 earthquake on 8 January 2013. .... 438

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST/JSTAGE/pjab/89.438>

2012年7月13日にアシロスで観測された地震電気シグナルにVAN法の手法を適用して予測した地震は、2013年1月8日発生の北西エーゲ海地震と震源地、マグニチュード $M$ 、発震日においてほぼ一致した。



### Reviews

Toyoki KOZAI: Resource use efficiency of closed plant production system with artificial light: Concept, estimation and application to plant factory. ....447

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST/JSTAGE/pjab/89.447>

植物工場の基礎概念としての閉鎖型植物生産システムおよび投入資源利用効率 (RUE) を定義し、光エネルギー、水、 $CO_2$ 等に関するRUEの過去の実現値と理論的可能最大値と比較して、各資源に関するRUEの向上方法を検討した。

Hiroo Imura: Life course health care and preemptive approach to non-communicable diseases .....462

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST/JSTAGE/pjab/89.462>

非感染性疾患 (NCD) は遺伝素因と環境因子の相互作用により発症するが、最近では胎生期の環境も重視されている。従って胎生期から始まる終生のヘルスケアが必要となる。そして発症前に診断して介入する先制医療が今後の重要課題となる。

# PJABから国際的発信された 福島原発事故関連の論文

編集委員

山崎敏光

東日本大震災により福島原発事故が発生した後、事故に関する科学的記録・分析など、国際的に発信できる英文の論文が無い。PJABがそのような役割を果たせないか、という要望が国内外から少なからずあった。編集委員会では各分野の専門家にinvited review paperのような形をお願いしたらどうか、ということになった。まずは、事故全般に関して、当時、放射能除染のボランティア活動を率先して行い、日本学術会議、日本物理学会などでの事故に関する講演でお忙しかった田中俊一氏（元日本原子力研究所東海研究所長）に懇請し、執筆して貰った。それは間もなく、二名の査読を経て、PJAB 88巻9号（2012）471に出版された。事故に関する透徹した記述と得られた教訓、そして行政機関などの対応への批判をこめたこの論文は広く内外の読者に知られる様になった。

Accident at the Fukushima Dai-ichi  
Nuclear Power Stations of TEPCO  
—Outline & lessons learned—

By Shun-ichi Tanaka

この出版前夜、田中氏が原子力規制委員会の初代委員長に就任すると新聞報道が現れたが、田中氏の論文が掲載されたのは、ひとえに氏の専門的学識と経験に基づく事故直後からの旺盛な活動によるものであって、田中氏の新しい役職とは全く関係ない時点での出来事であった。

続いて出版されたのが、早野龍五氏（東大大学院理学系研究科教授）らによる二つの論文で、最初の論文PJAB 89巻4号（2013）157

Internal radiocesium contamination of adults and children in Fukushima 7 to 20 months after the Fukushima NPP accident as measured by extensive whole-body-counter surveys

By Ryugo S.Hayano, Masaharu Tsubokura, Makoto Miyazaki, Hideo Satou, Katsumi Sato, Shin Masaki and Yu Sakuma

は放射性セシウムの体内汚染に関するものである。早野氏は東大からジュネーブの国際研究所セルンに常時出張し、反陽子の研究を行っている大変忙しい実験物理学者であるが、事

故翌日からツイッターを通して各種メディア・風聞の中にある非科学的記述に対する自分の見解を手短かに社会に発信することにした。ツイッターのフォロワー数が15万人に増えるという驚くべきことが数日の間に起こり、送受信者の間のコミュニケーションを通して、何が問題で今何をなすべきか、がたちどころにわかって来る。焦眉の問題は、放射能汚染の実態の解明、特に体内汚染の測定であった。当時、実測に基づいたデータは存在していなかった。ただ地面の汚染はかなりの程度に進行していたので、過去のチェルノブイリ事故のデータに照らして見ると、それだけ汚染していたら食べ物が大きな体内被曝をもたらす怖れは十分にあった。

汚染環境の放射能、そこから生まれた食品に含まれる放射能、さらに食事から体内に移行した放射能は、どれも放射能の種類においても強度においても異なり、環境汚染だけでは体内被曝は正しく検知できない。実測するしかないのである。この当然のことを早野氏は、共著者の福島県立医大の宮崎先生、南相馬の市立総合病院の坪倉先生らお医者さんたちと共同で実行し始めた。これには、ホールボディカウンターと呼ばれる全身を覆う放射線検出器が不可欠であり、測定者の恣意的なバイアスを避けるため、調べたい地域の学童全員を測定することが必要であった。早野氏らはその結果を学術論文としてまとめ、original paperとしてPJABに投稿したのである。内外二人の専門家が査読し、この論文の価値を高く評価してくれた。

この論文で明らかになった「内部被曝が予想より低い、大多数の人の汚染は自然放射能レベル以下」という結果は、チェルノブイリ事故以来の常識とは大きくかけ離れているものであった。それまでは、ホールボディカウンターで全員を測ったというデータが無かった。唯一ある国連放射線影響科学委員会（UNSCEAR）報告書を福島の場合に当てはめると、体内被曝は大きい筈、という推定になる。それと異なるこの新しい研究成果を国連報告書の2013年版に載せるためには、査読付きの学術誌に出版されていることが必須の条件。早野氏らは正月休みも返上してこの重要な結果を論文に執筆したのである。

## PJABから国際的発信された 福島原発事故関連の論文

(前ページから続く)

さいわい早野氏らの論文は時期を逸せず出版され、国連の報告書UNSCEARに堂々と引用されるようになった。こうしてPJABは国際舞台で重要な役割を果たしつつある。それと平行して、この論文は国際放射線防御委員会(ICRP)に重要なデータを提供している。早野氏は去る10月にアブダビで行われたICRPの国際シンポジウムで招待講演を行い、福島での内部・外部被曝の実情を報告し、参加者に感銘を与えたようである。福島に関してこれだけ実際のデータに基づいた話は初めて聞いたということであった。

早野氏の論文は、最近出版されたPJABの論文の中ではダントツに読まれている。この雑誌がオープンアクセスであることが一般の方々にとって読む上でものすごく役だっているようである。

この出版の直後、早野氏は携帯電話のGPS情報というビッグデータを解析することによって、被災地での人々の移動が被災前日から10分刻みでわかる手法を発見した。政府の避難命令に従って住民がどう移動していたかがリアルタイムで明らかにされ、その情報を気象データと結びつけることにより、短寿命

放射能(放射性汚染)被曝の実態が後日になっても把握できることを見出した。早野氏のこの話を初めて聞いたとき、私はすぐに速水融先生(学士院会員)が日本のある地域の過去の人口移動を寺社に残る宗門帳を全部ひもとして分析し、歴史人口学という新しい学問分野を創り出されたことを思い出した。早野氏の仕事はいわばこれの現代版。その最初の論文が学士院の欧文紀要に発表されることになったのだと、感無量であった。2013年4月2日にPJABに受理された次の速報論文89巻5号(2013)196は、画期的で且つ社会的インパクトが大であることに鑑み、2名の査読を経て9日後にアクセプトされ、スピード出版された。多くのメディアで話題となった。

Estimation of the total population moving into and out of the 20 km evacuation zone during the Fukushima NPP accident as calculated using "Auto-GPS" mobile phone data

By Ryugo S. Hayano and Ryutaro Adachi

科学的価値が高く、また社会的インパクトの大きな研究は他にも多々ある。引き続き、PJABに出版されることを願いたい。

## Proceedings of the Japan Academy, Ser. B について

Proceedings of the Japan Academy, Ser. Bは、文部科学省の機関である日本学士院が刊行する英文学術誌で、1912年に創刊されました。本誌は、化学、物理学、天文学、地球・宇宙科学、生物学、工学、農学、医学等、Ser. Aに掲載する数学を除く自然科学全分野を対象とします。年10回刊行し、総説論文(Review)と、原著論文(Original Paper、速報を含む)等

を掲載します。冊子の他、インターネットでもJ-STAGE (<http://www.jstage.jst.go.jp/browse/pjab>)において全文が無料公開されます。また、PubMedにも採録されています。2013年公開のImpact Factorは2.769でした。

本誌への投稿資格に制限はありません。オンラインシステムによる投稿の他、電子メールや郵便による投稿も可能です。投稿された論文は、各分野の第一

人者2名を査読者として厳正な査読を行っており、アクセプトされた論文は、1カ月程度で出版されます。また、投稿料・掲載料は不要で、別刷を無料で50部進呈します。カラーページは印刷1ページを無料としています。詳しい投稿規程は、本院のウェブサイト<http://www.japan-acad.go.jp/pjab>をご覧ください。だくか事務室まで御連絡ください。



**PJA Newsletter**  
[PJA ニュースレター]  
No.6

発行/日本学士院  
〒110-0007 東京都台東区上野公園7-32  
TEL: 03-3822-2101 FAX: 03-3822-2105  
e-mail: [proc-b@japan-acad.go.jp](mailto:proc-b@japan-acad.go.jp)  
発行日/平成26年2月28日

