

## 〈水産海洋アーカイブズ 9〉

## 黒潮と親潮の海況学

### 川合英夫 (1927～2013)

小松輝久<sup>1,†</sup>・平井光行<sup>2</sup>・田中祐志<sup>3</sup>・加藤 修<sup>4</sup>

#### 1. 東北区水産研究所への就職

川合英夫は、1946年に第四高等学校理科甲類卒業後、京都大学理学部地球物理学科に入学した。海洋物理学講座速水頌一郎教授の指導を受け、戦前の黒潮大蛇行の観測資料解析と平行ソレノイド場の法則について研究を行った。1949年の夏休みに水路部海象課で、卒業論文に使うための観測資料を筆写していたとき、1952年に明神礁爆発の際に殉職した京都大学理学部海洋物理学講座の先輩である中宮光俊課長から水路部に来るようにという誘いを受けたが、「研究所」という名前に憧れ、速水教授に紹介された東北水研に行くことに決めた。

#### 2. 東海水研から東北水研へ

1950年3月には、卒業式前にもかかわらず東北水研木村喜之助所長から呼び出され、月島にあった水産庁東海区水産研究所内に創られた水産庁東北区水産研究所事務取扱所で勤務を始めることになった。齊藤泰一、山中一郎、平野敏行という研究員が木村研究室に配属されていたが、これらの研究員は新しくできる東北水研には転任にならず、心細かった。

4月中旬すぎに川合は、東海水研の八丈島定線海洋観測に参加し、蒼鷹丸1世に初乗船初観測を行った。5～6月には千葉県勝浦漁業無線局に交代で出張し、毎日の漁況放送の文案を作るとともに、5日ごとの漁況速報の原稿作りから宛名書き、発送までの仕事をまかされた。ガリ版を切って漁況速報を謄写印刷したが、500枚も刷ると原紙が破れて困った。伊豆諸島付近の黒潮横断観測で、初めて調査船に乗り、ひどい船酔いに苦しみ、「とんでもない職業についたものだ」と悔やんだ。

東海水研所属のまま、7月から塩釜と石巻とに交互に勤務することになった。塩釜の東北水研に庁舎や宿舍が建て



川合英夫

られたばかりで、所員はほとんど赴任しておらず、福島信一と二人で夜、宿舍の留守番をした。引っ越しや移転の荷物の受け入れ、入港漁船からの漁海況聞きとり調査のための船回り、魚体測定、石巻漁業無線局での漁況放送と漁況速報関連の業務、海洋調査などを、若い資源部職員が分担していた。このとき、図書で目立ったものは中央水産試験場報告と水産学会誌で、その中の宇田道隆・岡田光世の論文を精読することにした。10月に東海水研から東北水研に配置替えとなった。基礎生産が極めて高く漁獲量も多いことから、東北海区中部から北部の漁海況の調査が重視され、観測も偏っていた。海況とその変動が複雑なことから、発足時の東北水研の観測の設備と体制が他官庁と比べて格段に貧弱だったこと、不適当な海洋観測線網や誤測資料に悩まされた。

#### 3. 焼津魚市場で最高水温帯を発見

湾流 (Gulf Stream) における最高水温帯 (warm core) については、それを追跡観測した Operation Cabot の結果を Fuglister and Worthington (1951) が、日本の南海区における最高水温帯については1940年に宇田が報告していた。しかし、1950年代初めには、東北海区に同じ構造があるのかわかっていた。

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所  
〒277-8564 柏市柏の葉5-1-5

<sup>2</sup> 水産総合研究センター東北区水産研究所

<sup>3</sup> 東京海洋大学海洋科学技術研究所

<sup>4</sup> 水産総合研究センター日本海区水産研究所

† komatsu@aoi.u-tokyo.ac.jp

1952年5～6月に、焼津魚市場に出張し、毎朝2時からの船回りと漁況放送・漁況速報関連の業務に従事した。川崎健も魚体測定のために1ヶ月間滞在した。この年の6月に房総東方沖合に空前のビンナガ竿釣漁場ができ、漁場と漁港間を往復する航跡に沿った表面水温記録が大量に集められた。これを用いて漁況速報用の表面等温線を引いているうちに、常磐・房総沖を大きく蛇行する最高水温帯があり、ビンナガ漁場は、川合が後に命名する、その南側の外側低温帯に沿って形成され、移動していることを発見した。船回りの機会を利用して、カツオ竿釣漁船の船長・船頭にこの等温線図を見せたところ、全面的に同意してくれる人たちがいたので自信を得た。焼津魚市場でのこの経験が、東北海区海況模式図（川合、1955）を作るきっかけとなった。

#### 4. 黒潮前線・親潮前線の命名

黒潮前線・親潮前線などの名前は川合が命名したものである。最初の使用は、第3回東北海区海洋調査技術連絡会（1953年11月）で、「極前線の移動と凶冷との関係について」という題で研究発表（川合、1953）をしたときに用いた。また、この頃、親潮第2貫入の延長部が内側低温帯となる構造についても発表した。「極前線帯の南偏北偏について」という題で、1954年4月8日の海洋学会で東北海区の水塊配置とその変動のモデルを発表した。144°E線での黒潮前線と親潮前線の南北偏振動が規則的であり、沿岸水温の長期変動の研究結果とも関連づけることができた。1954年5月に黒潮前線の著しい蛇行が起き、1935年に発表された宇田の樹枝状分流型の海流模式図と似た水塊配置が生じ、新しく提唱しようとする模式図（図1）が誤りではないかと川合は悩んだ。しかし、模式図を作成した1952年6月の水塊配置は大型暖水渦が切離される過渡的水塊配置であり、持続的状態ではないと考えて論文としてまとめた。東北水研所長の木村喜之助が大学卒業後はじめて書いたこの論文の原稿をていねいに添削してくれたが、出そうと思っていた東北水研報告第3号が木村所長のカツオ論文だけの号として先に刊行され、予定よりも半年遅れて東北水研報告第4号に掲載されることになった。そのため、川合は早く論文として公表となってほしいと気ばかりが焦った。

#### 5. 肺結核と暖水塊、学位論文

1956年、肺結核で入院し、8ヶ月後に退院した。出勤しながら化学療法を3年間継続した。1958～1960年に、黒潮前線から分離する暖水塊の漁場形成機構に関する研究が、木村所長のイニシアティブにより、各県水産試験場・水産高等学校などの協力を得て行われた。病気治療中で乗船はしなかったが、この調査で得られた資料を解析して、内側低温帯内の小冷水塊の移動速度、リン酸態リンと動物プランクトン量の分布の短期変動、カツオ漁場の移動などにつ

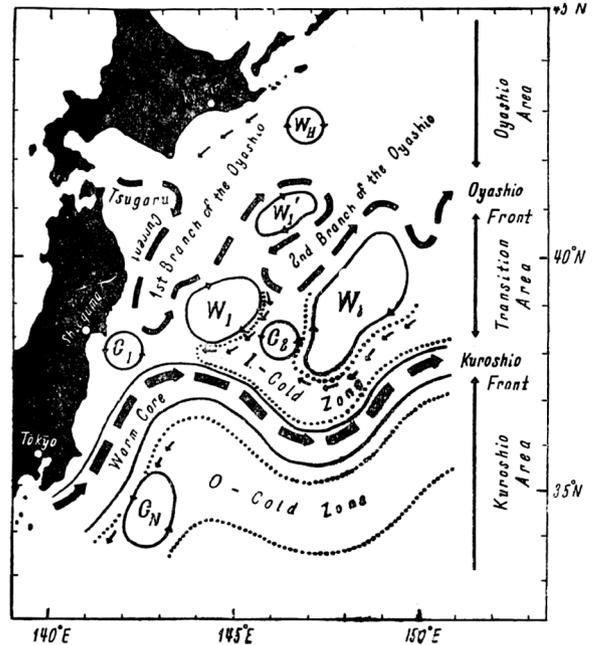


図1. 極前線帯付近の海況模式図（著しい帯状構造が認められた1952年6月の場合）（川合、1955）。WとCは、暖水塊と冷水塊。I-Cold ZoneとO-Cold Zoneは、内側および外側低温帯。

いて調べた（Kawai and Sasaki, 1961）。1963年に東京で開催された黒潮シンポジウムのときに、この論文で記述した水塊配置の短期変動を、H. Stommelが映画にして紹介するのを見て驚嘆した。

これまでの一連の研究を京都大学理学部速水頌一郎の指導で「東北海区における極前線帯に関する研究」としてまとめ、1960年6月28日に理学博士を取得した。1960年6月の朝日新聞全国版の、「黒潮の研究で博士になった川合英夫氏」という題の記事で、学位論文の内容と「口数は少ないが、研究熱心で責任感が強いので知られる」と紹介された。

#### 6. Woods Hole 海洋研究所での研究

宇田道隆、吉田耕造、齊藤泰一、畑中正吉からの推薦状と安楽正照の現地での督促のおかげで、1961年にWoods Hole 海洋研究所のF. C. Fuglister（1987年逝去）の研究部に留学できた。家族で渡米し、2年間に亘って研究を行った。

Woods Holeでは、自然座標系と一般化したポテンシャル高度保存則の研究を行った。経時的に起伏する等スカラー面上の自然座標系を用いて、より一般的な渦度の保存則をベクトル解析により導いた。この結果をG. Veronisに示したところ、Ertel（1942）がすでに報告していることを知らされ、川合はがっかりした。このこともあって、Veronisは、海洋力学の研究室へ来ないかと川合を誘ったが、Fuglisterの記述的海洋物理学の研究室に留まった。

Gulf Stream '60や大西洋アトラス（Fuglister, 1960）に載っ

ている資料などを用いて、北大西洋西部海盆深淵水の等ポテンシャル水温線上の等塩分線解析を行い、深淵水の循環について研究した。この結果は未公表のままであったが、同様の手法でアトラスにまとめた Worthington and Wright (1970) の研究に引用された。1962年に T. F. Webster, B. A. Warren, K. Bryan らと Atlantis I 世と Crawford 号とに分乗して、湾流の上流にあたるフロリダ海流の観測に川合は出かけた。船では3段金網ベッドの中段で毛むくじャらの男たちに挟まれて寝たが、むさ苦しかったが冷房してあったので助かった。この航海中に来たハリケーンを避けるために Virginia 州 Norfolk 港に待避した機会を利用して、湾流の論文によく出てくる Hatteras 岬の荒涼とした砂浜をじかに歩くことができた。

Woods Hole 滞在中に苦勞して車の免許を取った。学科試験は合格できたが、坂道発進など実技試験で手こずった。免許取得後、中古車を購入し、家族で旅行を楽しんだ。ホイールキャップがはずれ、道路脇の草むらに紛れ込んだのを探していると、パトカーが通りかかり、不審者として尋問されたが、公用旅券を提示したところ、警官の態度が一変したということもあった。2年間の Woods Hole での研究生活 (図2) の後、1963年に東北水研に帰ると海洋部が前年に新設されていたが、黒田隆哉と川合は資源部に残留であった。

## 7. 流軸指標等温線

京都大学の卒業研究として、速水教授の下で川合は戦前の黒潮大蛇行の観測資料を解析し、平行ソレノイド場の法則の研究をした。この法則の内容は定常状態で、粘性と拡散がなく、流線が等圧面内にあり、流線に沿って運動エネルギーが保存されれば、同一等圧面上ばかりでなく異なった等圧面上の各種の保存量の等値線、力学的等高線、流線の形は互いに一致するというものである。そこで144°E線で黒潮前線・親潮前線の代表等温線の示度を求め、黒潮前線の代表等温線を調べる深度としては400 mが最適と提唱した (川合, 1955)。その後、この研究を発展させ、東シナ



図2. 家族と Woods Hole 海洋研究所近くで

海から東北海区沖合までの黒潮流軸の指標等温線の統計的推定 (Kawai, 1969) としてまとめた。

親潮前線については、50 m深が適当であるが、示度水温の季節変動が大きすぎた (川合, 1955)。そこで100 m深での指標等温線の示度を月別に求めたが、これもなかなかうまくいかなかった (川合, 1972)。親潮前線は、水温・塩分については描きだせるが、密度については明瞭でない。このことが平行ソレノイド場の法則を成りたちにくくし、指標等温線と親潮前線との一致度を低めていると考えた。

## 8. 極前線帯における漁場の海況構造

極前線帯では、ビンナガは発育段階に応じて生息環境を異にし、若齢魚は低温低塩、高齢魚は高温高塩の環境に生息し、生活史全体を通じると、ビンナガは広温性であることを、北太平洋東部にまで及ぶ広範囲の漁獲資料を用いて明らかにした。1970年代になると、ビンナガ竿釣漁場は、黒潮前線南側の外側低温帯 (図3) だけでなく、黒潮前線北側の混乱水域内の暖水域にもできるようになってきた。この漁場は前線漁場とよばれ、漁獲されるビンナガは外側低温帯のものより小型で年齢組成も1歳ほど若かった。このビンナガ竿釣漁業の新漁場開発により、研究結果 (川合, 1959) の正当性が裏づけられた。

初夏のころのカツオの黒潮前線乗り越えの研究に主眼をおいた研究を行った (川合・佐々木, 1962)。カツオが黒潮前線を越えて混乱水域に入る経路は、ふつう親潮第2貫入の延長部で黒潮前線に接して内側低温帯となる箇所 (144-148°E) の沖側にある暖水舌である (図3)。カツオの来遊量が多い年には、それより近海にも北上路があると考えられる。カツオの北上に関係する暖水舌は、近年の衛星画像に現れる warm streamer の一種である (Kawai and Saitoh, 1986)。図3は後述する水産庁南海水産研究所に異動したときに作製し、Hydrography of the Kurosho Extension にも掲載した (Kawai, 1972)。

一方、秋にサンマ群が親潮前線を越えて南下する際には、親潮前線の南側の暖水障壁に割れ目があることを示唆し (川合, 1975)、この割れ目を通して、衛星画像に現れる cold streamer が伸びていることを川合は明らかにした。

## 9. 海洋観測設計論

1950～1952年の毎8～9月に三陸近海で、観測点間隔10海里の細密調査が2～4回行われ、資源部職員らが交代して乗船した。最初の年には小型漁船を備船した。焼玉とよばれる爆裂音を放つエンジンで動く小型漁船で、騒音の中で、板の間で仮眠しながら観測を行った。手動巻上機を使う観測で時間がかかり、短距離にある測点の間でも時間ずれが大きくなるため、その間に海況が変化し、観測結果には矛盾が生じた。この経験から、サンプリングの空間間隔

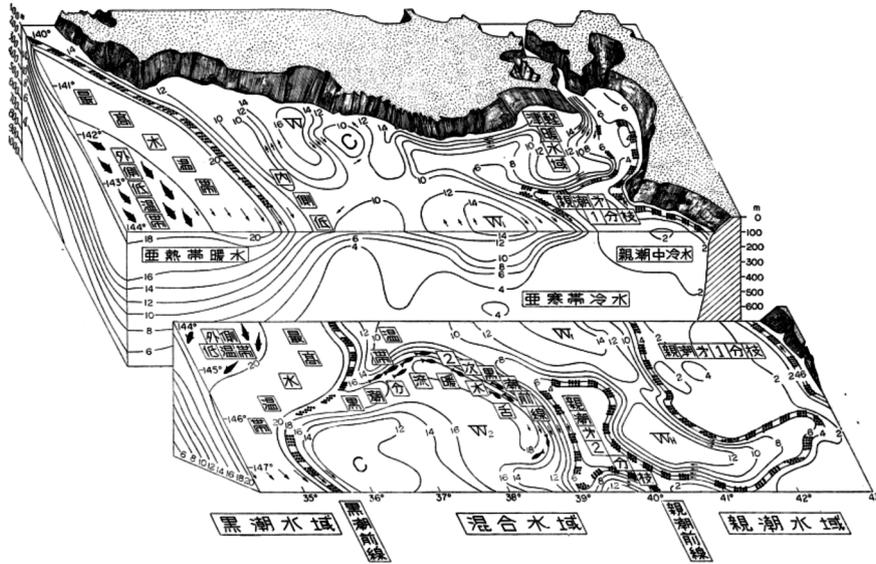


図3. 東北海域における海況の模式図 (川合, 1965). 1954年8月における海上保安庁・中央気象台・函館海洋気象台・東北区・東海区・北海道区の各水産研究所・各県水産試験場などの諸資料を総合して作製. 外側低温帯の魚の記号は6月頃のビンナガ竿釣漁業の主漁場を示す. 2次黒潮前線および黒潮分流暖水舌付近の魚の記号は, この上部に当たる表層暖水舌付近における7月頃のカツオ竿釣漁業の主漁場を示す.

が狭ければ、観測点間の時間ずれも小さくせねばならないことを川合は痛感した。

当時、東北水研には漁船などから多くの表面水温資料が集められていた。表面等温線をひく機会が多かったので、漁獲水温値のとり扱い方の注意や、上記の体験から生まれた観測設計についての考え方を、「表面等温線の描き方について」(川合, 1958)という論文にまとめた。東京大学理学部海洋物理学講座吉田耕造教授から重要な問題だという評価を得て、このことをさらに深く考えるようになった(川合, 1969a)。その後、1969年9月の日本海の冷水域と漁業に関する水産海洋シンポジウムでの話題提供を契機に観測設計論にとり組みはじめた(川合, 1970)。川合の観測設計論に基づいて観測をする現場の水産試験場の研究者も現れた。

### 10. Atlantis II世による黒潮観測

1965年1月から高知の水産庁南海区水産研究所海洋部に転勤した。その年の8～9月に Woods Hole 海洋研究所から回航してきた Atlantis II 世 (図4) に、日本人研究者として赤松英雄と2人で乗船し、四国沖と犬吠崎沖とで海底までの黒潮断面観測をする機会を得た。L. V. Worthington が主席科学者であり、F. Webster と B. A. Warren も参加していた。日本海溝の海底近く約8000 m 深までのナンセン採水器連結観測が、失敗の末ようやく夜明け前に成功したとき、記念のため一口飲んだ深淵海水の冷たく塩からい味を感慨深く味わった。日本の水産調査船とは違い、航走中に一人きりで高い甲板上の巻上機を使って bathy-thermograph (BT)



図4. Atlantis II 世乗船時の記念の楯

を舷側で上げ下ろしせねばならず、BTを回収するときに誤って制動すると、BTがブランコのように大きく揺れたり、ブームの周りを回転したりして慣れない間、恐怖を感じた。

観測後、東京に入港したときに、北大西洋に大中2つの時計回りの環流があると主張していた Worthington の希望で、two gyres を意味する漢字「双渦」という文字を考えて、印鑑を作ってやった。これが1982年に出版された Journal of Marine Research の Worthington 引退記念号の巻頭に載っている「寒風双渦」の後の二文字の由来である。

観測をもとに、黒潮と湾流-フロリダ海流の深層断面とを比較した論文を Worthington と共著で出し、四国海盆内の溶存酸素濃度極小層（約 1200 m 深）からその下方約 3000 m 深までの深層水は、伊豆小笠原海嶺の東側にあたる犬吠崎沖での同じポテンシャル密度をもつ深層水に比べて、高酸素濃度であることを明らかにした (Worthington and Kawai, 1972)。この結果は、現在注目されている地球環境に大きな影響を及ぼす深層水の循環を考える上で重要な発見であった。

**11. 南西水研における収束発散の観測と黒潮大蛇行の予測**  
黒潮国際共同調査に関する総合研究という課題の科学技術庁特別調整費が、平野敏行らの努力により交付されることになった。そこで、水産海洋現象は乱流拡散理論では説明できないと考えて、世界ではじめて海洋での収束発散の実測にとり組むことにした。1967年に俊鷹丸を用いて、四国沖の黒潮シア付近で表層浮標4個を、はじめに四角になるように放流して追跡した。主流に垂直に一線上に並べず、四角に浮標を配置したので、「よほど麻雀が好きな人だ」と京都大学防災研究所の樋口明生に冷やかされた。

1967年8月に南海区水産研究所が廃止され、水産庁南西海区水産研究所が設置された。新設の水産庁遠洋水産研究所への赴任を断り、南西水研高知庁舎に残って研究を続けた。杉浦健三、藤本 実、見元孝一ら東海水研と水産庁西海区水産研究所の海洋部職員の応援を得て、蒼鷹丸II世と俊鷹丸とを同時に動かし、表層と30 m 深に抵抗体をもった浮標4個ずつ計8個を同時に追跡した。1968年には黒潮の流れが強く、抵抗板が引き込まれ、浮標とつないでいたピアノ線が切れて次々に抵抗板が水没するという予せぬ事態が起きた。この時には、蒼鷹丸甲板員の機転により抵抗体をロープでつり下げて、難を切り抜けることができた。

これらの調査結果をもとに、浮標多角形内で面積平均した水平発散だけを求めた。研究発表で、宇田道隆に過度も求められると指摘されたが、できないと川合は答えた。しかし、これは間違いであり、後に浮標多角形の各辺上の流速を直線補間して線積分することにより、過度鉛直成分の面積平均値も求めることができた。

漁場海況概報の発行や漁海況予報の仕事に関連して、東シナ海、日本南海、東北海区の200 m 深水温値を、1927年以降の入手可能な全資料について、月または半月別に作業図にプロットした。黒潮流軸の位置を指標等温線によって求め、各岬沖で流軸位置の統計を行い、離岸距離の階級をきめた。また、九州都井岬南東での流軸の離岸が次第に東に波及する現象が、1953年にも起きていたことを、未公表資料を探しだして確かめ (川合, 1969b; 川合, 1972)、漁海況予報会議では1969年の黒潮大蛇行の出現を川合は予測できた。これは、水産海洋学上の最も重要な業績の一

つである。

## 12. 日本海・東シナ海の海洋観測

1969年7月に水産庁日本海区水産研究所に異動となり、久しぶりに故郷の海に川合は帰ってきたが、直江津沿岸の漁海況の研究をする暇はなかった。1970年6月、上村忠夫部長をはじめとする日水研海洋部、東海、遠洋、西海の各水研海洋部、北陸各県水産試験場、京都大学理学部海洋物理学研究室などの応援を得て、開洋丸 (2540 t) で日本海全層横断精密観測をした。この観測には、今村 明、今脇資郎、河合三四郎、最首光三、斉田欽次、佐藤英夫、友定彰、永原正信、奈須敬二、藤本 実、森田二郎、柳哲雄も参加した (図5)。太平洋やオホーツク海から隔離された日本海の内海には、水温と塩分とがきわめて一様な日本海固有冷水が広がっているために、精度を上げないと固有冷水の内部構造が描きだせない。そこで、川合は、二谷 (猿木) 頼男に教えてもらい、精密転倒温度計 (0.05°C 目盛り) と現場水温に近い低温の恒温槽を用い、0.005°C までの水温値を読みとり、0.02°C ごとに等温線を引いた結果、固有冷水の成層や這い上がり状態を描きだすことができた。しかし、ごく一部の断面図 (川合, 1975b) 以外はまだ発表していないので、気がかりになっている。

1970年10~11月と1971年5月に、信濃川関屋分水路影響評価調査委員会に資料を提供する目的で、上村部長をはじめとする日水研海洋部・新潟県水産試験場・東海水研海洋部 (故澤田保夫、松川康夫) の協力を得て、川合は各種の調査をした。これが川合にとっての最初の沿岸海洋調査である。水温・塩分などの自記記録装置がなかったので、永原正信と一緒に考案した水面下水柱同時採水棒を用いて、能率よく採水测温をした。旗竿浮標の移動を専門技術者によるトランシット測量で追跡した。3.5 m 深に抵抗体



図5. 1970年6月の調査船「開洋丸」による日本海観測に参加した研究者。前列左から、一人おいて森田二郎、河合三四郎、最首光三、上村忠夫、柳哲雄、川合英夫、永原正信；後列左から、斉田欽次、今村 明、奈須敬二、友定 彰、二人おいて今脇資郎、佐藤英夫、藤本 実。

をもつ旗竿浮標が、風もないのに河口付近で強い鉛直シアのために、前倒れとなるのを目撃した。河口の外で流幅が急増するのは、乱流拡散ではなく横発散によるもので、この著しい横発散が縦収束を上まわって、連行加入と釣りあっていた。また、碎波帯付近で4個の染料パッチの移動経過を航空写真に撮り、収束発散を求めた。

海底漂流人工クラゲによる調査では、溶解性の急速沈降用の鍾を作るのに苦勞した。Woods Hole 海洋研究所に頼んで、米国製の海底人工クラゲと沈降用の塩塊を送ってもらった。塩塊の成分を分析し、その成分をまねて作ったドーナツ型の塩塊2個をつけて放流した。機船底曳網漁船により回収されたクラゲは、その番号と回収地点などが報告された。南西諸島北西の東シナ海大陸棚上で放流されたものは、朝鮮海峡の方には流れずに、黄海の方に流れこんだ(川合・坂本, 1970)。日本海で用いた溶解性の鍾は、砂糖に水飴を少し混ぜ、十分に加熱攪拌したものを手作りの型に流しこんで作ったものである。能登半島北方では、大陸棚北縁にだけやや強い海底流があり、新潟・山形県沿岸の大陸棚上では比較的強い海底流があった(川合・永原, 1973)。

### 13. 京都大学における研究

1971年9月、舞鶴にあった京都大学農学部水産学科水産物理学講座(故川上太左英教授担任)の助教授へ川合は転任した。1972年5月、水産学科は京都市内のキャンパスに移転したので、20数年ぶりに恩師の速水に会いたいと思っていた矢先、1973年4月にそれも叶わぬこととなってし

まった。

東北水研で仕事を始めたころ研究のために参考とした論文の著者である宇田道隆には、学会での研究発表などでも研究についての意見をもらったり、Woods Hole 留学などで世話になるなど交流を続けていたが、京都大学に移ってからそれは続いた。1974年秋の学会ですれ違いとなり、その時に話をしたかったことや、研究の励ましを述べた手紙が送られている(図6)。

1972年から1980年まで、学部と大学院の学生などによる原子力発電所からの温排水の影響の総合調査調査にもかかわった。福井県高浜原子力発電所からの温排水の流出域にあたる内浦湾とその周辺海域で、原子力発電所稼働前後の調査を、旅費、食費自弁で行った。水温、塩分、流動、水位変動、放射性物質、プランクトン、魚卵、仔稚魚、底生動物、付着生物、湾内定置網漁獲量、海藻などに関する卒業論文26篇と修士論文1篇とがまとめられたが、学会誌などに載る研究論文とはならなかったことを川合は残念に思っている。日本海に多くの原子力発電所が建設され、大きな河川と同じ水量の温排水を出すことで、日本海的环境や生態系に影響を及ぼし、水産資源に悪影響を及ぼすことを川合は強く懸念している(川合, 1975c)。

大阪府水産試験場の協力を得て、1973~1974年に大阪湾で赤潮環境の観測を、その後、大規模赤潮の形成および赤潮被害抑止に関する研究の委託費を受け、水産実験所の中原紘之をはじめ学生の協力を得て、1979~1982年の毎9月に舞鶴湾で赤潮分布とその環境の観測をした。その結果、赤潮プランクトンの種によって、後述する「構造環境」

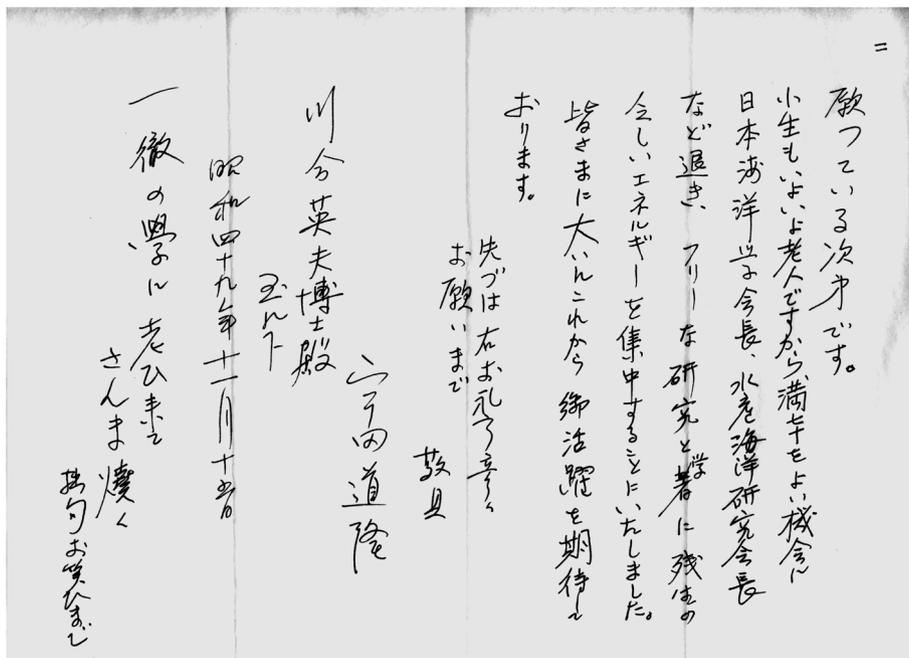


図6. 1974年11月15日付で宇田道隆教授から川合英夫へ送られた手紙の一部

(川合, 1975b) が異なることを川合は明らかにした。また, 日単位の気象の経過を数年間にわたって丹念に調べ, 赤潮発生の直接的気象条件として, 降水量, 日射量, 気温のほかに, 降水量の少ないときには, 赤潮発生より3日ほど前に吹く北北東から北の強風がかかっていた。強風は潮差が小さく半閉鎖性の内湾では, ふだん波や流れの穏やかな所に滞留している粒状有機物や赤潮生物を, 波浪による攪拌混合や湧昇流によって, 表層にまで混入させる働きをする。その結果, 太平洋の内湾に比べて日本海側の舞鶴湾では, 赤潮の形成に及ぼす影響として風の動きが相対的に大きいことがわかった (例えば, 川合, 1980)。

藻場の海洋環境に関する研究を, 1977年から小松輝久を中心として行った。若狭湾内の一小湾である小泊湾では, 夜間の放射冷却により岸辺で生じた重い水が, がら藻場の海底沿いに沖に向かって緩やかに移動する, いわゆる cascading が見られる。そこで, この現象にかかわる力学的パラメータを求め吟味した (Komatsu and Kawai, 1986)。さらに1987年3月からは, 大分県水産試験場の協力を得て, 佐伯湾内の上浦町長田地先でも藻場の物理環境の研究にとり組んだ。小泊湾では潮流が弱く波が荒いが, 佐伯湾では波が弱く潮流が強くて, 藻場に必要の微小乱流を引き起こす一般流が対照的に異なっていることが明らかとなった。

#### 14. 海の粒々物理学

京都大学に移って「収束・発散と海の粒々物理学」(川合, 1976) を出版し, 粒状物と溶存物との区別は, 粒怪でなく, 本来は対水速度によるべきであること, および粒状物は溶存物と異なって, 流れや水塊の構造だけによって集積することがあることを川合は指摘した。この研究では, 収束発散が境界面上の粒状物の集散にとって重要な役割を果たすことを明らかにし, 粒状物のみかけの拡散に及ぼす水平発散の影響について考察した。この研究は, 平面上のシアが原因である浮遊粒状物の伸び効果や非正規分布の影響も考慮する研究にまで発展した。また, 粒状物は水温, 塩分と異なって, 海水密度に及ぼす影響があまりなく, 力学的に受身であると考えて考えられていたが, 粒状物が海水に対して加速度運動をしないかぎり, 海水に対しては溶存物と同じような密度効果を与えることを川合は主張した。

1981年春の水産海洋シンポジウムでの話題提供がきっかけとなって, 生物集散と収束発散とを含めた問題に迫ろうと思いたち, スケール依存性の問題にとり組みはじめ, 「海の粒々物理学」を水産海洋学的に展開することになった。このシンポジウムのために上京した機会に, 病床にあった宇田道隆を, 宇田の教え子とともに見舞った。そのときに, 句集から選んで色紙に書いてもらったのが,

初明り魚紋ようやく定りぬ 木瓜庵

で (図7), この俳句を大変気にいった。ただ, 「定まりぬ」と送り仮名の「ま」がないことが気になっている。なお, 宇田道隆は, この1年あまり後に亡くなった。

面積平均した水平発散 $Q$ と渦度鉛直成分 $\zeta$ を求めるため, 多角形法・ループ法・横断法を提案・検討した。そして, 小スケールでは, 回転水槽内でのアルミ粒子の追跡や舞鶴湾・小泊湾でのビール瓶・塩ビパイプなどの追跡; 中スケールでは, 黒潮シア付近と丹後海とその他の海での浮標追跡, 大スケールでは, 1000 kmにも及ぶ北太平洋東部や周南極流での衛星による浮標追跡といった資料を用い, さらに乱流理論的考察も加えて, 発散や渦度に現象の水平スケールへの依存性があることを川合は解明した。3次元等方性領域 ( $30 \text{ cm} \leq L \leq 3 \text{ m}$ ) だけでなく, メソスケール領域 ( $3 \text{ m} \leq L \leq 30 \text{ km}$ ) でも,

$$\langle Q^2 \rangle / 2 \sim \langle \zeta^2 \rangle / 2 \sim L^{-4.3}$$

が成り立つことを導いた (Kawai, 1985)。ここで,  $\langle \rangle$  はアンサンブル平均を表す。

この研究を, 川合はさらに発展させ, 海洋生物の集散速度を表すとともに, 周囲水流速の水平発散と関係する量として, 海洋生物集散係数を導入し, 集散係数・通過係数・拡散速度の3係数の和が, 移出入係数となることを明らかにした (Kawai, 1986)。

1987年10月に水産海洋学会創立25周年記念大会で英国の D. H. Cushing 博士と米国南西水産研究所の R. Lasker 博士が招待され, 京都大学も訪問された。川合英夫は, ホストとして, 彼らを厚くもてなした (図8)。

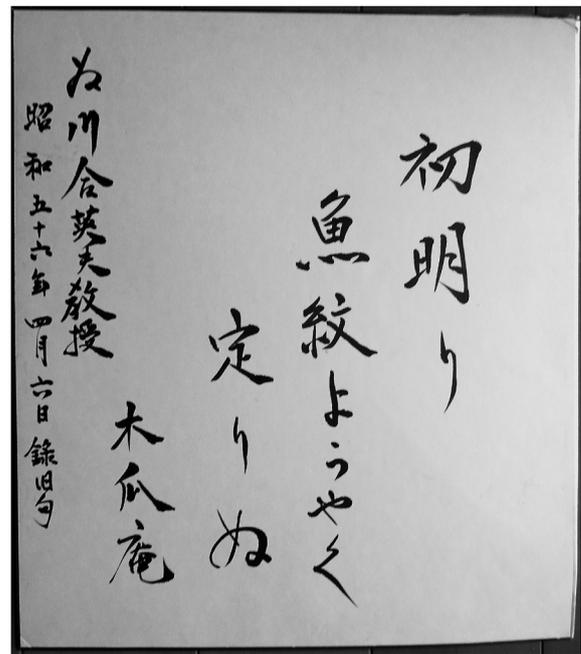


図7. 病床にあった宇田道隆を川合が見舞ったときに送られた宇田自作の句



図8. 1987年10月に上洛したLasker博士夫妻（左から2人目と右端）、Cushing博士（左から3人目）とともに京都大学近く聖護院の京料理「河道屋養老」にて。

### 15. 京都大学での教育とその後の研究

川合は、1991年3月に京都大学を退官し、名誉教授となった。退官までに、学位を授与した者は、小川嘉彦、桑原昭彦、柏井 誠、小松輝久、葭矢 護、上野正博、平井光行、原 一郎、田中祐志、東海 正、加藤 修、村山達朗、澤田好史の14名である。また、退官祝賀会を固辞するなど、無駄と考えるものを省き、研究にエネルギーを費やすという姿勢は常に一貫している。川合が申請していた科学研究費総合研究Aが採択され、弟子の多くとともに執筆した本が、京都大学学術出版会の理系分野における最初の出版物として同出版会の八木俊樹の助力を得て1991年に刊行された。これが、『流れと生物と一水産海洋学特論一』である。本の出版を祝い、出版記念パーティーが川合の退官直後の5月に行われ、この会が実質的な退官祝賀会であった。

1993年7月7～14日に、米国Scripps海洋研究所で第5回海洋学の歴史に関する国際会議が開かれることになり、その前年、当時の日本海洋学会会長東北大学教授鳥羽良明を通して発表の依頼があったが、旅費の問題もあり出席できなかった。しかしこの時に、黒潮と人との遭遇がいつ記録され、黒潮を人がいつ認識したのかという歴史についての適切な知見がないことに気づき、さらに、既存の研究には二次資料の妄信、思い込み、誤った聞き込み、重要記録の見落としが多々あることがわかり、自ら研究を始め、のめり込んだ。国会図書館、京都大学附属図書館、部局図書館などの所蔵の本、古地図の閲覧など精力的に文献を探索した。漢文の文献については京都大学文学部教授礪波護、1800年代の西欧の文献についてはWoods Hole海洋研究所B. A. WarrenとP. L. Richardson、Scripps海洋研究所のR. G. Peterson、16世紀の資料についてはシドニー大学教授Ian S. F. Jones、古地図については山口女子大学講師山崎孝史、水路部資料については水路部の小田卷実、「船乗りびらうと」の校訂謄写刷については鳥羽良明、太陰太陽暦から西暦への変換プログラムについては山中一郎、黒潮に関わる水

産関係資料については加藤 修などが資料を提供し、花輪公雄、今脇資郎、河村博忠、小松輝久、光田 寧、長久保光明、中原紘之、中井 晶、中内住子、杉本史子、寺本俊彦らの協力で、科学研究費の出版助成を受けて、「黒潮遭遇と認知の歴史」を1997年2月28日に京都大学学術出版会から川合は刊行した（川合、1997）。実証的に調べたその本の中で、1775年の長久保赤水が「改正日本輿地路程全図」に「黒瀬川」を「クロシホ」と記載したが、1752年の森幸安の「日本志東海部伊豆国属島地図」が黒瀬川の呼称の初出であることを明らかにした。

2001年には、東京大学海洋研究所所長平啓介の依頼で、「日本海」の呼称がいつから使用されたかについて実証的に調べた。まず、総計11の縁海の命名法を分類し、日本海という呼称が、母大洋である太平洋から縁海の日本海を隔離している主要列島弧の名に因んでいて地理学的に妥当であることを明確に指摘した（川合、2001）。また、西洋製、日本製いずれの地図でも日本海の呼称が19世紀初頭から慣用され、明治維新頃に定着するに至った経過を、地図一覧、地図資料（青山、1997）と古海流図（1837年～1887年）を併用し、1/3世紀別の日本海に関する呼称の地図出現回数の変遷により確認した。これらのことから、日本海という呼称の定着が、日本の植民地政策の遺産ではなく、西洋製地図における定着を反映した結果であることを川合は確認した。

### 16. 川合英夫と水産海洋学研究

黒潮、親潮、混乱水域に関して取り組んだ1950年代からの研究、また、それから派生した多くの研究の成果は、単なる数値としての現場観測結果ではなく、どのようにしてそれらのデータが取得されたのかまでを含めて総合的に解釈し、現場で生じる現象を深く考え、理解しようという研究姿勢の結果、水産海洋物理現象の核心を明らかにしており、21世紀になってもまったく色あせていない。黒潮、親潮の指標水温などはその良い例である。カツオ、マグロなどの漁場形成の研究を通じて、好適ではない水温であっても、周囲に冷水があり、孤立した暖水塊では好漁場ができたという経験を踏まえて、海洋生物を取り巻く環境を3次元的な空間分布構造として捉えるという考えを提唱した（川合、1975b）のもその例である。現在では、地理情報システムというツールができて、このアプローチは容易になり、理解しやすくなっている。

また、海洋関係の基礎的な学問（海洋学とよぶ）を中心に、外側に漁業を置き、外側の漁業と中心の海洋学の間に水産海洋学を置くという同心円モデルを提案し、水産海洋学の発展には、これらの間の壁をとりはらって周りの漁業と触れ、しかも海洋学の核心的な問題にも追っていくという姿勢が望ましいと考えた。データ公開、共同研究なども、これらの壁のとりはずしに役だつと指摘した。

水産海洋学に現在取り組んでいる我々は、豊かな経験と深い思考にもとづいて発した川合のこれらの考えを、常に意識していなければならないだろう。

なお、本稿の上梓直前の2013年9月17日に、病氣療養中であった川合英夫は安らかに永眠した。ここに、水産海洋研究に人生を捧げた故人の活躍と業績を偲びつつ冥福を祈り、筆を置きたい。

## 略 歴

- 1927年 新潟県直江津町生まれ
- 1950年 京都大学理学部卒
- 1950年 水産庁東海区水産研究所
- 1960年 京都大学理学博士
- 1961年 Woods Hole海洋研究所（～1963年）
- 1965年 水産庁南海区水産研究所海洋部海洋第2研究室長
- 1967年 水産庁南海海区水産研究所海洋部海洋第1研究室長
- 1969年 水産庁日本海区水産研究所海洋部海洋第1研究室長
- 1971年 京都大学農学部水産学科助教授
- 1975年 京都大学農学部水産学科教授
- 1987年 日本海洋学会賞
- 1991年 京都大学名誉教授 近畿大学農学部非常勤講師（～1994年）

## 文 献

青山宏夫 (1997) 日本海とその周辺諸地域における地理的知識の形成と日本海の呼称に関する研究. 平成7, 8年度科学研究費補助金(基盤研究(c)(2))研究成果報告書, 142 pp.

Ertel, H. (1942) Ein neuer hydrodynamischer Wirbelsatz. Meteor. Z., **59**, 271–281.

Fuglister, F. C. (1960) Atlantic Ocean atlas of temperature and salinity profiles and data from the International Geophysical Year of 1957–1958. Woods Hole Oceanographic Institution Atlas Series, **1**, 209 pp.

Fuglister, F. C. and L. V. Worthington (1951) Some results of a multiple ship survey of the Gulf Stream. Tellus, **3**, 1–14.

川合英夫 (1953) 極前線の移動と凶冷との関係. 第3回東北海区海洋調査技術連絡会報告(1953年11月22–23日, 東北水研講堂), 第二管区海上保安本部編. 冷害対策研究発表, 32–36.

川合英夫 (1955) 東北海区における極前線帯とその変動について(第1報). 東北水研研報, **4**, 1–46.

川合英夫 (1958) 表面等温線の描き方について. 東北水研研報, **12**, 106–120.

川合英夫 (1959) 東北海区における極前線帯とその変動について(第3報): 終戦後5年間の水塊配置の変動とカツオ・ビンナガ漁場の海況条件. 東北水研研報, **13**, 13–59.

川合英夫 (1965) 本州東岸の自然条件. 東北水研研報, **25**, 105–130.

Kawai, H. (1969) Statistical estimation of isotherms indicative of the Ku-

rosio axis. Deep-Sea Res., **16** (suppl.), 109–115.

川合英夫 (1969a) 海洋における synoptic analysis の問題概観. 水産海洋研究会報, 特別号, 宇田教授退官記念論文集, 77–79.

川合英夫 (1969b) 冷水塊と黒潮流路と海況について. 14回定置漁業研究会記念号, 高知県定置漁業協同組合. 同連合会, 8–12.

川合英夫 (1970) 冷水域移動の観測設計について: 同時的広域海洋調査設計の基本的考え方(予報). 冷水域と漁業について(昭和44年度秋季水産海洋シンポジウム). 水産海洋研究会報, **16**, 81–96.

川合英夫 (1972) 黒潮と親潮の海況学. 「海洋物理II」岩下光男・小牧勇蔵・星野通平・堀部純男・増沢譲太郎編, 東海大学出版会, 秦野, 129–320.

川合英夫 (1975a) 海洋環境汚染に関連する地域別調査研究の現状と問題点: 裏日本—海洋自然条件と海洋環境破壊について—. 日本海洋学会誌, 特別号, 137–148.

川合英夫 (1975b) 海洋環境のとらえ方. 「海洋学講座15 海洋生物資源環境」平野敏行編, 東京大学出版会, 東京, 11–20.

川合英夫 (1975c) 海洋環境汚染に関連する地域別調査研究の現状と問題点: 裏日本—海洋自然条件と海洋環境破壊について—. 海洋学会誌, 特別号, 137–148.

川合英夫 (1976) 収束・発散と海の粒々物理学. 「海洋物理学II」寺本俊彦編, 東京大学出版会, 東京, 103–155.

川合英夫 (1980) 赤潮生物の物理的集散. 「赤潮に関する近年の知見と研究の問題点(水産研究叢書, 33)」赤潮研究会編, 水産資源保護協会, 東京, 88–97.

Kawai, H. (1985) Scale dependence of divergence and vorticity of near-surface flows in the sea. Part 2. Results and interpretation. J. Oceanogr. Soc. Jpn., **41**, 167–175.

Kawai, H. (1986) Scale dependence of accumulation-dispersal coefficient of marine organisms. J. Oceanogr. Soc. Jpn., **42**, 30–38.

川合英夫編著 (1991) 「流れと生物と—水産海洋学特論—」. 京都大学学術出版会, 京都, 410 pp.

川合英夫 (1997) 「黒潮遭遇と認知の歴史」. 京都大学学術出版会, 京都, 355 pp.

川合英夫・永原正信 (1973) 人工クラゲにより観測された日本海大陸棚海底流について—I, 日水研研報, **24**, 1–19.

Kawai, H. and S. Saitoh (1986) Secondary fronts, warm tongues and warm streamers of the Kuroshio Extension system. Deep-Sea Res., **33**, 1487–1507.

川合英夫・坂本久雄 (1970) 人工クラゲにより観測された東シナ海海底流について—I, 南西水研研報, **2**, 39–48.

Kawai, H. and M. Sasaki (1961) An example of the short-period fluctuation of the oceanographic condition in the vicinity of the Kuroshio Front. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., **19**, 119–134.

川合英夫・佐々木実 (1962) カツオが黒潮前線を越えて北上回遊をする際の促進的な水理条件について. 東北水研研報, **20**, 1–27.

Komatsu, T. and H. Kawai (1986) Diurnal changes of pH distribution and the cascading of shore water in a *Sargassum* forest. J. Oceanogr. Soc. Jpn., **42**, 447–458.

Worthington, L. V. and H. Kawai (1972) Comparison between deep sections across the Kuroshio and the Florida Current and Gulf Stream. In. Kuroshio - Its Physical Aspects, eds. H. Stommel & K. Yoshida, Univ. Tokyo Press, Tokyo, 371–385.

Worthington, L. V. and W. R. Wright (1970) North Ocean Atlantic Atlas. Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, 24 pp.