

# 海は命 宇和島湾浅海漁場環境調査報告書(昭和59年度～平成10年度)

発行：遊子漁業協同組合

協力：愛媛大学沿岸環境科学研究センター

## 序文目次

### 本書の刊行によせて

宇和島湾浅海養殖漁場環境調査報告書の刊行によせて

瀬戸内海研究会議会長・前香川大学学長 岡市 友利 2

実り多い実践

愛媛県環境創造センター所長・前高知大学学長 立川 涼 4

研究を支えるもの

九州大学応用力学研究所

力学シュミレーションセンター長・教授 柳 哲雄 5

### まえがき

発刊のことば

遊子漁業協同組合 代表理事組合長 古谷 和夫 6

「宇和島湾浅海養殖漁場環境調査」の歩み

愛媛大学沿岸環境科学研究センター長・教授 武岡 英隆 7

### 各研究のまとめ

宇和島湾と豊後水道の物理環境

愛媛大学沿岸環境科学研究センター長・教授 武岡 英隆 10

宇和海の化学環境

愛媛大学沿岸環境科学研究センター教授 田辺 信介 12

魚類養殖海域の化学環境に関する研究成果まとめ

香川大学農学部生物機能科学科教授 門谷 茂 13

遊子湾の調査研究で得たもの

京都大学生態学研究センター教授 川端善一郎 14

宇和島湾の海底環境調査と有機物負荷限度の推定

愛媛大学沿岸環境科学研究センター助教授 大森 浩二 15

漁業活動による急潮被害の予防は可能か

沿岸環境科学研究センター助手 金本自由生 17

### 関連研究成果

18

## 本書の刊行によせて

# 宇和島湾浅海養殖漁場環境調査報告書の刊行によせて

瀬戸内海研究会議会長・前香川大学学長 岡市 友利

この度、宇和島湾浅海養殖漁場環境調査報告書が刊行されるに当たって一文を寄せる機会を与えられたことに感謝すると共に、宇和島湾だけではなく、この 16 年間の我が国の各地の養殖漁場海域の環境保全に対する漁場者、研究者、行政担当者の努力に頭の下がる思いがする。本研究が開始された昭和 59 年はまだ赤潮の発生に苦悩していた頃である。我が国の浅海養殖は、昭和 3 年に始まった野網和三郎氏の先駆的努力を引き継いで、30 年代後半から、今日みられるような発展を遂げてきた誇るべき歴史を有している。しかし、それが決して平坦な道ではなかったことは本報告書からも伺いしれることである。

私が、遊子漁業組合を訪ねたのは、本調査がかなり軌道にのって来た昭和 63 年のことである。古谷和夫組合長から、遊子漁協の昭和 25 年以来の組合の歴史をつぶさに聞かせて頂いた。いわし巻き網漁業の衰退と漁協の財政危機を乗り越えて真珠母貝養殖者を養成しつつ、真珠養殖、はまち養殖を発展させてきたサクセスストーリーの陰に漁協の人たちの大きな努力があったに違いない。古谷組合長も、指導者による方向付けは必要であるが、浜の自治としての自主的な活動がなければ今後ともこの地域の養殖の発展はないと、当時述べている。

52 年には営漁計画をたてると共に、遊子漁業組合運営要綱が策定されている。その後の活動の一環として、水産大学と名付けた漁業技術、経営研究も始められている。愛媛大学や香川大学の研究者の参加が要請されたのは、このような背景のもとであり、20 年間の組合活動があればこそ、養殖場の環境保全と生産向上をはかる研究成果を漁業者とともに分かちあうことができたものと思われる。その後、遊子水産大学は、水産大学院として研究を続けてきている。それらの成果は、これまでの年度報告書にも詳しく述べられており、また、各研究者により、日本海洋学会、日本水産学会でも発表され、海外でも高い評価を得ている。これらの研究成果が、学会だけに埋もれることなく、実際の沿岸漁業や養殖業の場で生かして優れた産学共同の果実を実らせ、さらに大きな木に育て上げることで、瀬戸内海の養殖業の持続的な生産を図ることができよう。

現在、愛媛県は、全国第 5 位といわれる 1624km におよぶ海岸線に囲まれ、平成 10 年の海面漁業養殖業は、ぶり、たい、ひらめを主として、57,560 トンで真珠 13,234kg と、ともに全国 1 位を占めて、名実ともに海面養殖県で、その実績を誇ってよい。しかし、これまで、海面養殖業は、過密養殖と過剰投餌による漁業環境の悪化、その結果としての養殖魚の斃死と薬の多用により、販売価格の低下などにみられるように流通業者、消費者から必ずしも歓迎されざる事態を招いてきたことを認めざるをえない。

これらの我が国が抱える養殖業に対して、宇和島湾浅海漁場環境調査は、研究者と漁業者が協力しつつ、これらの問題を解決しつつある努力を高く評価したい。宇和島湾、豊後水道の海洋環境が、物理的、化学的、生物的手法により総合的に解明されることで、この海域の養殖業の将来を保障するばかりでなく、全国の海水養魚場の管理の方向と手法を示

すことになる。コープこうべは、養殖環境、収容量、投餌法や検査法についてガイドラインを設けて、フードプランぶりとして販売をしている。流通業者や消費者が生産者に養殖業に対して、自らの健康を守るために生産条件を明示しており、養殖業界もこれに応じていこうとしている。JAS 規格や HACCP(危害分析・重要管理点・Hazard Analysis and Control Point)方式がすでに導入されていることを踏まえるためには、養魚の科学的管理を推進する体制を整えておかなければならない。

平成 11 年 5 月には、持続的養殖生産確保法が制定され、21 世紀の新時代に備えて生産者自身による適正養殖生産体制の実現に向けて進もうとしている現在、本報告書が纏められることは、誠に時宜をえたものである。我が国の海洋漁業が、国際的な消費拡大や 200 海里経済水域の制限を受けて減産に向かう不安定な様相を示している一方で、養殖業は健康な魚を安定的に供給する役割を果たすことが求められており、技術的にも十分可能な段階にある。その意味で養殖魚はすでに天然魚の代替えではなく、養殖業も **aquacultural industry** としての企業意識をさらに明確にして、自立性を強固にしていかなければならない。今後とも研究者と漁業者の協力が必要とされる所以である。本調査報告書の成果が、現場に適用されてこそ参加した研究者、漁業者の努力が報われることになる。そのことを切に希望する次第である。

遊子漁業組合と参加された愛媛大学、香川大学の関係者の方々の一層のご協力、ご発展をお祈りし、本研究にご尽力頂いた古谷和夫組合長はじめ遊子漁業組合の方々に厚く感謝申し上げます。

## 本書の刊行によせて

# 実り多い実践

愛媛県環境創造センター所長・前高知大学学長 立川 涼

1984年の春頃だったと思う。遊子漁業協同組合古谷和夫組合長から、私（当時愛媛大学農学部）に宇和島湾の漁場環境調査をして欲しいとの御要望があった。当時すでに宇和島湾ばかりでなく宇和海の養殖は過密養殖などのため、漁場環境の汚染が進行し、このまま放置しては養殖の将来が危惧される状況にあった。海洋汚染については少しは勉強した者として、こうした現場の課題は難しく、大学の研究者には手に負えないテーマであることは十分承知していた。しかし、古谷組合長もこうした事情を当然ご存じで、短兵急な結論や対策を求めるわけではない。これを機会に漁協関係者と大学との交流を深め、常時相談できる関係を作りたいとのご意向であった。これもご承知の方が多いと思うが、当時、県内の漁業関係者からは、愛媛大学には水産の研究者がいない。いざとなれば何時も高知大学に助けてもらう。地元の大学にも専門家をおいて欲しいという強い希望があった（実は愛媛大学も努力を重ね、平成11年度からは沿岸環境科学研究センターの開設をみている）。

古谷組合長は、水産についての高い識見をお持ちで、しかも経営的に危機に瀕した漁協を立派に立て直された実力者であり、遊子漁協婦人部を中心とする洗剤反対運動でも分かるように、環境問題についても常日頃深く関心をお持ちであった。むずかしいことを覚悟の上で状況に押されて、まずは武岡さん（工）、田辺さん（農）、香川大の門谷さんを誘って漁場調査を始めた。その後、メンバーに川端さん（農、現京都大）、大森さん（理）、金本さん（理）なども加わり、着実に成果を挙げてきた。その詳細はこの本にまとめられているが、この調査で特記すべきことを書いておきたい。ふつう大学研究者は、学問での仕事为中心で、時たま短期間現地調査に出かける。ところが沿岸域の海では空間的、時間的変化が激しく、短期間の調査では十分な実態の把握が難しい。今回の調査では、漁協の若手が地の利を生かして継続的な常時観測をやって下さった。”急潮”現象は漁業者の協力なしには発見できなかったことである。こうした調査に協力して下さることは、若手漁業者にとっても良い勉強になったと思う。大学関係者も、現場をデータ取りの場にとどめず、年一回遊子に出かけて”水産大学”を開き、研究の成果を発表し、意見交換を重ねて交流を深めた。”水産大学”は後には”水産大学院”に昇格している。今の言葉でいえば、地域社会の協力・参加の下で行われた大学との共同作業のはしりだったといえよう。ささやかな活動では会ったが、双方に実りの多い実践だったと考える。今回これまでの成果を1冊にまとめ、一応の区切りとはなるが、この経験を生かして将来の新たな飛躍を期待したい。

最後に改めて、古谷組合長の存在がなければ、このたくらみは実現しなかったことを附記して、厚く御礼申し上げたい。

## 本書の刊行によせて

### 研究を支えるもの

九州大学応用力学研究所力学シュミレーションセンター長・教授 柳 哲雄

海洋学を含む科学は、本来、個人の孤独な営みである。例えば、「急潮は何故起こるのか？」というような、教科書にも答えが出ていない未知のことがらを明らかにしようとするれば、海洋学者は現場での海洋観測を何回も繰り返し、関連する過去の研究例を調べ、流体力学の方程式を解いて、急潮の発生機構を明らかにしようとする。しかし、このような研究を熱心に続けたとしても、正しい答えが見つかるという保証はどこにもない。

実際に「宇和海の急潮は何故起こるのか？」ということに関しては、本書にまとめられているように、その原因はある程度は明らかになったものの、完全な答えは得られていない。したがって、私たちは未だに宇和海の急潮を予報することが出来ない。

科学者はこのような行き詰まりをじっと我慢して、なおも正しい答えを目指し、一人頑張らなければならないのである。そのような事情は次の山口誓子の句によく表されている。

学問のさびしさに堪えへ炭をつぐ

昭和7年刊行「凍港」所収

科学者はこのような学問の寂しさに堪え、さらに前進するための気力を引き出す術を、自ら持ちあわせておく必要がある。

しかし、今回の遊子湾における漁場環境調査のような研究では少し事情が異なる。研究に行き詰まったとき、研究者は調査を依頼してきた漁民の顔を思い浮かべ、正しい答えが得られた時の彼らの喜ぶ顔が見たくて、前進への気力を奮い立たせることが可能となる。

今回の漁場環境調査により、多くの新たな発見が生まれ、重要な概念も構築されたが、この研究の成功に、前述したような研究者と漁民の関係が有効に働いたことは想像に難くない。

今回の調査研究はこれで一段落するが、今後さらに新たな形で漁民と科学者の共同作業が行われ、沿岸海域の未知なる部分がさらに解明されて、そのことが持続可能な沿岸漁業の推進に大きな貢献をすることを強く望むものである。

まえがき

## 発刊のことば

遊子漁業協同組合 代表理事組合長 古谷 和夫

「研究部門なき企業は滅びる」これは 40 年前の榊井関農機の Y 専務の言葉である。又、「水産研究で壁に突き当たったとき、京都大学に出向いたら、立ち所に解明して戴いた。水産研究は大きく遅れている。一般大学の自然科学研究との連携をもっと深めるべきだ」これは昭和 38 年に伯方島の瀬戸内海栽培漁業センターで聞いた、元京都府水試 U 場長の言葉である。

昭和 58 年の冬、上記の二つの言葉を思い合わせながら、漁業後継者諸君の要請である「小割生簀のハマチを何尾養殖することが適正なのか、科学的に解明して欲しい」との問題を抱えて、愚弟直康の紹介で愛媛大学の M 先生を訪ねた。「私は社会科学の分野だから、自然科学の先生方に相談して見ましょう」との言葉を戴いた。

昭和 59 年の年明け、暫くして、「遊子漁協の話を知りたい、と関心を寄せられる先生方が居られる。大学に来られたい」旨の M 先生からの連絡に早速、愛媛大学を再訪した。

大学の小会議室に通されると、数名の先生方が出席され、「要請問題、解明の漁場調査に遊子に出向いて戴けないか」のお願いに耳を傾けて下さり、「ユニークな申し入れである。検討する時間を下さい」とのご返事であった。

その先生方が、工学部の柳哲雄先生、武岡英隆先生と、農学部の立川涼先生、田辺信介先生、理学部の大森浩二先生ほかであった。

「漁場環境調査には応じて可」との返事があり、現地に御出で戴いて漁場などを確認の後、漁協の会議室で具体的な打合せを行い、昭和 59 年 4 月から「宇和島湾浅海漁場環境調査」として調査活動を開始して戴いたのである。

以来、平成 10 年度まで 15 年間もの長い年月、宇和島湾の養殖漁場の環境調査を実施して戴いた。有難い限りである。

この調査活動のなかで、私ども遊子漁協の願いであった「魚類養殖の養殖適正数量」が武岡・大森涼先生の共同研究で科学的に理論づけられ、「養殖法の漁場改善計画の根拠」として適用されたことは特筆すべき事である。

この調査活動の報告書をまとめるにあたって、ご協力ご指導戴いた諸先生方に衷心より御礼を申し上げて発行のことばにするものである。

平成 12 年 5 月

まえがき

## 「宇和島湾浅海養殖漁場環境調査」の歩み

愛媛大学沿岸環境科学研究センター長・教授 武岡 英隆

私が愛媛大学の教官グループと共に遊子の地を初めて訪れたのは昭和 59 年のことであった。遊子漁協の古谷組合長から愛媛大学に「宇和島湾を調査して欲しい」との要請があり、とにかく行って詳しい話を聞いてみようということを出かけた訳である。当時は愛媛大学にまとまった海の研究者組織があったわけではなく、この時のグループは話を伝え聞いて何がしかの興味を持った者の寄せ集めであり、私も初めて会う人が多かった。遊子に至る道路が今ほど整備されておらず、曲がりくねった細い道を行けども行けども遊子に着かず、何と遠いところかと感じたものであった。やっとたどり着いた漁協の 2 階で組合長より一通りのお話を伺ったあと、皆でハマチの刺身をご馳走になった。

ハマチに釣られたわけではないが、この漁協での会合の結果、愛媛大農学部の大森さん、工学部の私、それに香川大の門谷さんの 3 人が昭和 59 年より研究を開始することになり、さらに昭和 60 年からは愛媛大学理学部の大森さんが加わった。また、当時愛媛大学に在職しておられ、その後高知大学学長を勤められた立川涼先生には当初このグループのまとめ役を御引き受け頂き、同じく当時香川大学に在職しておられその後香川大学学長を勤められた岡市友利先生には、門谷さんの共同研究者として研究に御参画頂いた。

このようにして始まった研究ではあるが、この研究を始めることについて、私は遊子を訪れる前はかなり疑問を持っていた。漁協からの要請ということになれば、養殖などの水産の技術的な問題に直接関わる研究を求められるに違いないが、愛媛大学には水産を主に研究している研究者はいなかったからである。例えば直接研究に携わった上記の 4 人は、それぞれ、海の汚染（田辺）、海の物理（武岡）、海の物質循環（門谷）、底生生物（大森）等を専門としており、水産と何らかの関連はあるにしても、水産の専門家ではない。ところが、組合長の話は、宇和島湾の環境を調べて欲しいというものだった。これまでの経験と勘の漁業と違い、養殖漁業には科学の力が必要であり、適正な養殖を実現するためには基礎となる海の環境から調査していかなければだめだというのである。それならば我々でも貢献できるかも知れないということに加え、私自身に関しては、この組合長の高い見識に感動を覚えた事も研究を始める大きなきっかけとなった。

研究の開始当初は色々苦勞も多かった。夏には、20 人ぐらいの学生、教官が、狭い宿に雑魚寝をしながら合同で観測をしたり、冬には強い季節風の中で波をかぶりながら観測をしたこともあった。こうした研究が続く中、昭和 62 年度からは農学部の川端さん（現在京都大学生態学研究センター）が、また平成元年度からは理学部附属臨海実験所の金本さんが研究に加わった。また、金本さんの参加と同時に同実験所附属の調査船「とびうお」も調査で活躍することとなった。

これらの一連の調査、研究は多くの成果を生み、愛媛大学のグループとしての研究は平成 3 年度で一旦終了し、その後は川端さんのみが平成 10 年度まで研究を継続した。これらの研究成果のあらまは次章に各研究者がまとめているので、ここでは本調査の枠を越

えて大きく発展した2つの研究の流れについて述べておきたい。

一つは魚類養殖の適正化に関しての研究である。宇和島湾の環境を研究するということではじめたとはいえ、養殖の適正化が漁協にとっての最終的な目標の一つであることには変わりはない。本調査では、水産の技術的な面からではなく、環境保全の立場からこの問題への一つの答えが提示された。これは、魚類養殖が持続的に行われるための基準についての基礎となる考え方を示したものであるが、詳しくは大森さんのまとめ及び報告書を参照されたい。この考え方は、漁協側に新しい考え方として受け入れられ、平成3年3月に、本調査とは別に「魚類養殖放養量適正化に関する研究報告書」がまとめられた（この報告書は本書の末尾に集録されている）。その後、平成4年度から6年度に全国かん水養魚協会が水産庁の委託事業として行った「養殖ガイドライン作成検討調査」の中でも、この考え方が中心的な考え方として取り上げられた。この考え方はさらに、水産庁が平成8年度から5カ年計画で行っている海面養殖業高度化推進対策事業の中の漁場生産能力調査委員会においてより実用的な形で発展させられつつある。また愛媛県水産試験場が愛媛大学と共同で平成9年度から12年度の予定で行っている「漁場類型化調査に関する研究」においても、この考え方を基礎として養殖漁場の類型化等の作業が行われつつある。

もう一つの研究は、急潮に関しての研究である。この研究は、昭和60年の調査で1日に5℃にもおよぶ水温上昇が観測されたことから始まった。この現象は相模湾等に発生することが知られている「急潮」と類似の現象であるため、ここでも急潮と名付けられ、今では広くこの呼び名が使われている。急潮は太平洋から豊後水道の上層へ黒潮系の高温水が間欠的に流入する現象でありことが明かとなり、宇和島湾のみならず広く豊後水道全体の環境や養殖漁業に大きく影響していることが推測された。このため、急潮は本調査のグループや愛媛県水産試験場によって様々な角度から詳しく研究され、今では、急潮が宇和海の大規模な魚類養殖と真珠養殖を支える重要な役割を果たしていることが明らかとなっている。この急潮に関しても、本調査報告書とは別に「宇和海の急潮に関する研究報告書」が平成3年3月にまとめられた（この報告書も本書の末尾に集録されている）。また、平成3年から5年には愛媛県水産試験場から愛媛大学への受託研究として「急潮現象予知手法開発調査」が行われた。愛媛大学沿岸環境科学研究センターでは、これらの研究実績を踏まえ、宇和海に配した水温計から人工衛星経由でデータを同センターに送りインターネットで水温情報を公開するシステムを平成12年度より試験的に稼働させる事を計画している。

さらに、これらの急潮に関する研究の進行に並行して、夏季に太平洋から豊後水道の下層に冷水が流入することが注目され、これに関しても様々な研究が行われた。その結果、この現象は夏季の豊後水道に栄養塩を供給する重要な役割を果たしていることや、この現象が最近弱まって豊後水道の生物生産が低下してきていること等が明らかになりつつある。現在この現象に関しては、平成11年度から12年度にかけて愛媛県と愛媛大学が共同研究として行っている「宇和海漁場環境調査」の中でも詳しい研究が行われている。また、栄養塩濃度の長期変動を監視する必要性に鑑み、沿岸環境科学研究センターでは佐田岬先端部に栄養塩の自動監視システムを平成11年度中に設置することになっている。

上記の愛媛大学沿岸環境科学研究センターは、沿岸環境に関する総合的研究の推進と地域貢献を目指して、平成11年4月に設立されたものである。このセンターは4研究分野13人の研究者からなる大規模な研究センターであり、宇和島湾浅海養殖漁場環境調査に携わ

った愛媛大学の研究者（立川先生を除く5名）は全員が元の学部からこのセンターに移籍した。このセンターの設立は学内外の多くの関係者の御尽力によるものであるが、学内にその核となりうる研究者グループがあったことも設立を可能にした大きな要素である。その意味では、センター設立に向けての歩みは、遙か昭和59年の遊子への長い旅から始まったといえるのである。古谷組合長ならびに本調査を理解し支えて下さった漁協関係者、地元漁民の皆様に、センターを代表して深く感謝の意を表したい。

本調査は多くの成果を生み、本書の刊行をもって幕を閉じることになる。しかし、宇和海ではアコヤ貝の大量斃死や長期的な生産力の低下など、当初予想していなかった問題が近年起こっている。さらに、現在世界的に大きくクローズアップされている環境ホルモンなどの新たな環境問題も、水産業にとっても深刻な問題となってくる可能性がある。こうした状況下で、宇和海の環境を研究する必要性はむしろ高まってきている。今後は、平成9年に遊子漁協に設立された遊子水産研究所と沿岸環境科学研究センターの連携なども視野に入れた新たな研究協力体勢を構築し、さらに研究を発展させていきたいと考えている。

## 各研究のまとめ

# 宇和島湾と豊後水道の物理環境

愛媛大学沿岸環境科学研究センター長・教授 武岡 英隆

海の物理環境とは、海水の流れや水温、塩分等のことである。これらは、その海の状態や、その海で起こる様々な生物の活動などを決める最も基本的な要素である。本調査において、私は海の物理を専門とする立場から、宇和島湾や豊後水道の物理環境についての研究を行ってきた。

これらの研究の中で最も重要なものは、急潮に関する研究である。昭和 60 年夏の調査において、遊子の観測点で 1 日に 5℃にも及ぶ水温上昇が起こり、同時に湾内に向かう強い流れが観測されたことがこの研究の始まりである。このような現象は、相模湾などで「急潮」と呼ばれている現象と類似のものであることから、我々もこの現象を急潮と呼ぶことにした。この急潮に関しては、本調査によって様々な基礎的研究を行った後、引き続き遊子漁協からの支援を受けながら、文部省科学研究費補助金による「豊後水道の急潮に関する研究」（昭和 63 年、平成元年）、愛媛県水産試験場からの受託研究「急潮現象予知手法開発調査」（平成 3 年～5 年）、等によって研究を発展させた。これらの研究の結果、急潮は豊後水道南部の太平洋から黒潮系の高温水塊が豊後水道の東岸沿い流入してきたものであること、急潮は主に夏の小潮の頃に起こること、等が明らかになった。また、急潮は黒潮と沿岸水の境界部に周期的に発生する暖水舌が四国南西岸に衝突することによって発生すること、この発生は通年起こるが、豊後水道内部への流入は鉛直混合によって抑制されるため、宇和島湾など豊後水道内部で急潮が起こるのは鉛直混合の弱い夏の小潮の頃が中心になること等も明かとなった。さらに、短波海洋レーダを用いた急潮の観測などにも成功した。こうした研究の進展と共に、宇和海や豊後水道の環境に対する急潮の重要性が強く認識され、本調査のグループや愛媛県水産試験場によって様々な角度から急潮が詳しく研究された。これらの結果、今では急潮が宇和海の大規模な魚類養殖と真珠養殖を支える重要な役割を果たしていることが明らかとなっている。（これらの成果に関しては、昭和 59、60、61、63、平成元年度報告書及び関連研究成果 A1、A4、A6-12、A16、A25、A33、B2-5、B8、C1-2、C6-15、C17-20、C22024、C26、C30 参照）

夏の宇和島湾や宇和海沿岸の湾においては急潮が湾の環境を決める重要な働きをしているが、沿岸の海では最も強い流れは潮流である場合が多い。潮流とは海の流れ全般を指す場合もあるが、ここでいう潮流とは潮の満ち引きに伴う流れのことである。沿岸の海の調査では潮流調査は最も基本的な項目の一つであり、本調査においても宇和島湾や宇和海の潮流の特徴について調べた。その結果、夏季の宇和海沿岸では 1 日に 1 回の上げ潮と下げ潮が起こる場合が多いことが分かった。大部分の海では 1 日 2 回の満干潮に伴い、上げ潮、下げ潮も 2 回起こるが、宇和海沿岸では、満干潮は 1 日 2 回起こるにも関わらず、上げ潮、下げ潮は 1 日 1 回しか起こらない場所があるということである。研究の結果、この原因は日周期の内部潮汐によるものであることがわかった（詳細は、昭和 60、61 年度報告書及び関連研究成果 A3、C3 参照）。この内部潮汐が宇和海の環境や養殖漁業にとってどのよ

うな意味を持つのかはまだよく分かっていないが、内部潮汐により水温が1日に数℃も繰り返り上下することもあり、養殖魚介類の生理、生態に影響していることも考えられるので、今後の研究の進展が望まれる。

海の流れが環境にとって重要な意味を持つ理由の一つは、養殖漁場や湾の海水の入れ替わりが流れによって起こるからである。このような海水の入れ替わり、すなわち海水交換の能力は、そこに加えられた汚染物質などを排出する能力であるから、物理的な浄化能力と理解することができる。本調査では、毎月1回の調査によって宇和島湾の海水交換能力の季節変化を調べた。その結果、海水交換に要する日数は夏季には数週間以下であり、冬季には数日程度であること、夏季の交換は主に急潮によって起こり、冬季の交換は主に北西の季節風によって起こることなどがわかった（詳細は昭和60、61年度報告書及び関連研究成果A5、C4参照）。この夏季の急潮による海水交換は、急潮が養殖に果たす重要な役割の一つである。魚類養殖によって増加した栄養塩や有機物が急潮によって効率よく湾外に排出され、富栄養化が押さえられるからである。1994年夏季には宇和島湾一帯で赤潮が発生し8億円にも上る被害が出たが、この赤潮の発生はこの年に急潮が弱かったことも一因であると考えられている。

上記のような物理環境に関する研究以外に、ハマチ養殖に関する物質循環モデルを作成する仕事も行った（詳細は昭和62年度報告書及び関連研究成果A2参照）。このモデルは、ハマチ養殖に伴いどれだけの残餌や糞が放出されるかや、放出された残餌や糞の行方を計算するモデルである。このモデルによる計算に基づき、遊子における魚類養殖適正量の算出も行った（魚類養殖放養量適正化に関する研究報告書、本書p.695～参照）。現在では餌の改善や投餌法の工夫などがなされつつあり、このモデルについても今後改良を加えていく必要があるだろう。

以上のように、私は本調査において宇和島湾や豊後水道の物理環境を中心に研究してきたが、現在では夏季に太平洋から豊後水道の下層に冷水が流入する現象に注目している。前書きにも述べたが、この現象は夏季の豊後水道に栄養塩を供給する重要な役割を果たしていることや、この現象が最近弱まって豊後水道の生物生産が低下してきていること等が明らかになりつつある。従って、この現象の原因を明かにし、将来の変化を予測することは、宇和海や豊後水道の水産の将来を考える上で極めて重要であり、これから様々な研究を展開していく予定である。

## 各研究のまとめ

# 宇和海の化学環境

愛媛大学沿岸環境科学研究センター教授 田辺 信介

内分泌系を攪乱する化学物質、いわゆる「環境ホルモン」による汚染と影響の問題に大きな社会的関心が集まっている。この種の物質による汚染は、陸上環境だけでなく、海洋や水産資源も例外ではない。昭和 59 年に開始した宇和島湾、遊子湾の化学環境調査は、環境ホルモンの調査でもあった。もちろん、当時は環境ホルモンという言葉はなく、内分泌系を攪乱するという新しいタイプの毒性も知られていなかった。当時海洋汚染調査の主な対象であった DDT や BHC などの農薬、有機スズなどの防汚剤が、後になってヒトや野生生物の内分泌系に悪影響をもたらすことが判明した。こうした物質の漁場環境汚染調査に早くから目をつけて実行したこと、すなわち今の「環境ホルモン」問題を、16 年前に先取りした遊子漁業協同組合の古谷組合長はじめ関係各位の先見性に敬意を表したい。

調査の結果、宇和島湾や吉田湾の奥部など海水交換の悪い閉鎖的な海域では、汚染の進んだ場所が存在したが、全体としてみれば DDT や BHC など農薬による汚染は漁場環境や生態系に悪影響をもたらすレベルではなかった。しかし、平成元年から始めた有機スズの汚染調査では、一部の魚介類や堆積物でやや高い濃度が検出され、宇和島にある大型の造船施設だけでなく漁協等にある小さなドックでの船底塗料作業も自制すべきであることなどを提言した。また、環境ホルモンに加え、餌等有機物の負荷に伴う漁場環境の汚濁についても調査を実施し、養殖魚場の堆積物汚濁は成層が形成される夏期に進行し、冬期に回復するが魚類養殖海域では回復にかなりな時間を要する場所が存在することなどを明らかにした。さらに、重金属の分析も行い、人為起源の汚染負荷は極めて少ないが、富栄養化しやすい海域は真珠養殖の場としてふさわしくないことが真珠に含まれる元素の量から推察された。

以上総括すると、宇和海の化学環境は比較的清浄であり、養殖漁場として適切な場であると言ってよい。しかし、真珠母貝の大量斃死や魚病など化学汚染の影響を検討しなければならない問題も多数残されている。また、ダイオキシンや有機スズなど、養殖魚の安全性に対する消費者の懸念を払拭する努力も必要である。21 世紀は環境の世紀と言われ、経済や産業は環境を軸として成長し、そこには巨大なマネーが投資されるとみられている。魚類養殖産業にも大きなビジネスチャンスがある。ダイオキシンなど養殖魚体内の環境ホルモン低減のための技術が完成し安全性が確保されれば、そのこと自体が大きな宣伝効果をもつなど養殖魚のイメージアップにつながる。これは、新しい魚のブランド化であり、消費者のニーズに応えうる環境保全型養殖漁業のモデルでもある。宇和海の養殖魚の安全性を保証し、魚にマル環マークを付して出荷することが私の夢である。これからは、環境保全型養殖漁業の実現をめざして研究をすすめたいと考えている。このアイデアにより、南予の水産業がさらに活性化することを願っている。

## 各研究のまとめ

# 魚類養殖場の化学環境に関する研究成果まとめ

香川大学農学部生命機能科学科教授 門谷 茂

沿岸域は、海洋のみでなく地球上の生物圏全体で考えても高い一次生産能を有することが知られている。沿岸域には多種多様な海洋生物が生息しており、人類にとって沿岸域は生存に不可欠な場所でもある。

およそ 30 年前から瀬戸内海沿岸域を中心として、網の生簀を用いた魚類養殖が発達してきた。瀬戸内海における養殖生産量は毎年 350,000t にのぼる。育てて獲る漁業は海を効率的に利用するという点から見れば、勝れた方法と言える。事実、宇和島湾内の遊子地先の海では、一年一平方メートル当たり、240 グラムの炭素がハマチとして水揚げされており、これは内湾域の一般的な漁獲量の 100 倍程度の値である。宇和海の海域利用の特徴は人為的に多量の餌を投与することで、本来は回遊魚であるブリを高密度に飼育するハマチ養殖業と有光層中の植物プランクトンの基礎生産を得る新需要職業という、全く異なる生産形態を有する漁業の共存である。この 2 つがただ共存するだけでは無く、共栄するためには養殖漁業という形態が海本来の生態系に与えるインパクトを正しく捕らえる必要不可欠である。しかしながら、この新しい形式の魚類養殖場では魚類養殖用の餌料約 90% に相当する有機物が原因となり、付近の海水や海底泥にしばしば深刻な有機物汚染を起している。海底泥の汚染は、多量の有機物に変質することによる堆積物の還元化や底層水の酸素消費が増加することに起因する。とりわけ夏季には有機物汚染により、底層水の貧酸素化や堆積物中で多量の硫化水素の発生が起こる。

本研究は、海洋化学的な観点から魚類養殖用の餌料として当海域に負荷される、親生物元素（炭素、窒素、リン、ケイ素）の循環を、生物学的あるいは物理化学的消費・変質過程や除去機構の総合的研究として実施したものである。

このような研究から(1)魚類養殖場における栄養塩類や懸濁粒子の分布、(2)セディメントトラップ実験から得られる親生物元素のフラックス、(3)ウォーターカラムや堆積物中での親生物元素の蓄積や除去過程、などが明らかとなった。また、魚類養殖場における炭素収支の概念モデルを本研究の結果から得た。多くの魚類養殖場では、ハマチ養殖に用いられた餌料に起因する炭素の約 90% が、養殖場の周囲に放出される。しかしながら、餌料に起因する炭素のわずか 1.3% しか養殖場の直下に堆積しないことが明らかとなった。

これらの研究は、各種の学術論文や著書などにまとめられている、本研究を遂行するに当たって、多大なご協力をいただいた、古谷組合長をはじめとする、遊子漁業協同組合の皆様へ感謝します。

## 各研究のまとめ

### 遊子湾の調査研究で得たもの

京都在学生態学研究センター教授 川端善一郎

学生と遊子湾の予備調査に出かけたのは昭和 62 年（1987 年）でした。これまで、遊子湾の入り江ほどの大きさのダム湖で発生する淡水赤潮の研究をしていた私には、遊子湾の広さと、人と生き物の息づく海に圧倒されました。直感的に豊饒という言葉の意味が分かったような気がしました。これとは対照的に遊子の背後に寡黙なまでに鎮座する段々畑を見るたびに、ひたすら、日々の糧を得るために祖先がえんえんと地道な努力をし続けたその息づかいが聞こえて来るような気がしました。遊子で育ったわけでも無いのに、祖先が見守っている遊子の海を永々に守り育てることに少しでも係われることの誇りと緊張感を感じました。

このすばらしい豊かな海を永く生かすためには、日々の海の健康管理が必要であることは言うまでもありません。医者が人体解剖を通して、細胞や器官の機能と体全体のつながりを理解し、適切な病気の予防と治療を施すように、まず、遊子の構造を理解し、どのようなつながりで生物が生きているのかを理解することが、遊子湾の健康管理にとってもっとも基礎であり重要な仕事だと考えました。遊子湾の物理的、化学的、生物的特性とそれらのつながりに注目した研究調査を翌年から開始しました。調査研究は平成 10 年（1998）まで休むことなく 12 年間継続しました。学生と一緒にいった調査研究の成果は、毎年の宇和島湾浅海養殖漁場環境調査報告書にまとめさせてもらいました。

私たちが携わった調査研究の間、遊子やその周辺も大分変わりました。波打ち寄せる岸边にあったもと実験室が港から遥か遠い陸地に位置するほど漁協の敷地も数倍広くなり、平成 9 年（1997 年）には遊子水産研究所もできました。平成 11 年（1999 年）には愛媛大学に沿岸環境科学研究センターが発足しました。これも、地域に根ざした遊子の研究が間接的には大きく寄与したと思います。このように遊子と遊子を取り巻く研究体制が飛躍的に整ってきました。調査研究も第 2 段階に入ったと思います。これまでの調査研究を生かして、これから先を見越した漁場環境管理を実行されていくことを強く期待します。

遊子湾の調査研究で得た最大の成果は、多くの方々の協力支援があつて始めて調査研究ができたと言う貴重で重い事実だと思います。直接的間接的にお世話になった方の名前をここであえてあげないことにします。余りにも多くの方にお世話になり、余りにもありがたいからです。お世話になった方を代表して、遊子漁業協同組合組合長理事、古谷和夫氏に心からお礼申し上げます。

## 各研究のまとめ

# 宇和島湾の海底環境調査と有機物負荷限度の推定

愛媛大学沿岸環境科学研究センター助教授 大森 浩二

遊子漁協の依頼による宇和島湾での調査は、昭和 59 年度から始まったが、私は第 2 年次の昭和 60 年度から参加させて頂いた。初めは現況把握ということで宇和島湾の底生動物相調査を実施し、生物指標による環境評価を行った。その結果、湾奥部以外は、一部の魚類養殖場を除いて、それほど汚染されていないことが明らかとなった。しかし、環境要因と有機物汚染度との関係解析から、水深が深くなるほど汚染度が低くなる傾向が顕著に見られた。有機物汚染度の相対的低さが海水交換の良さ（＝酸素供給速度）に支えられているように見受けられたのである。というのも、堆積物中の有機物濃度は、水深と共に増加していたのである。同様の底生動物相調査を数年継続しながら、沿岸生態系における海底部の機能評価（＝有機物分解能力）を定量的に行う必要性を感じ始めた。それは、海域が有機物に汚染されているとして、いったいどこまでの有機物負荷が許されるのかを知る必要があったためである。そこで昭和 61 年度より、まず、沿岸域生態系の簡単な概念モデルを作り、有機物負荷上限の推定の可能性を検討し始めたのである。そのときに有機物の分解過程をモデルの中心に据え、それ故、酸素収支を特に取り入れることとした。と同時に海底の堆積物の酸素消費速度を測る方法を検討し始めた。昭和 62 年度に、エックマン・バージ採泥器を改造して（密閉度を高めた）堆積物の酸素消費速度の測定実験を開始した。現場の堆積物を改造した採泥器で採集して、直ちに遊子漁協の実験室に持ち帰り、恒温の循環系とした上で酸素濃度変化を DO メーターで測定した。測定後、堆積物の化学分析やベントスの同定等の処理を行った。この方法で測定可能と考え、昭和 63 年度に本格的な実験を開始した。測定後の分析もかなり詳細に行った。ベントスもメイオベントスの分析まで含めて、酸素消費速度に対する寄与率を検討した。また、これらの生物要素を含めた海底系モデルを構築した。しかし、多くの要素を取り入れた分、系が複雑となり、解析が理論的にも実験的にも困難となることが予想された。そこで詳細モデルも検討するとして、それとは別に現実的な手法も取り入れることを検討した。基本的な考えは、有機物負荷の増大に伴い、有機物の分解に必要な酸素が不足し、堆積物中の嫌気性物質が増大するという事から、硫化物濃度により有機物負荷量を表現し得ること、その硫化物濃度に対応した有機物分解の為に酸素消費があることであった。その際、酸素消費量のピークが存在することも予想された。このピークこそが、有機物負荷限度量にあたる沿岸生態系の物質循環速度の最大値（＝健全な状態での最大能力）と考えた。平成元年度にこのことを明らかにするために野外での予備的な実験を行い一応ピークを持つデータを得ることができた。そこでこの酸素消費速度のピーク値を与える硫化物濃度（AVS）を有機物負荷限度量にあたりとし、それを越えるところは、このピーク値まで有機物負荷量を抑える必要があるとした。平成 2 年度には、これまでの改良型採泥器による酸素消費量測定にかえて、コアサンプラーにより採泥し、そのコアを恒温閉鎖系として酸素消費量を DO メーターにより測定する方法を採用し測定数を増やした。その結果、堆積物中の硫化物濃度（AVS）

に対して酸素消費速度のピークが存在することを見いだした。同時に、昭和 61 年度に構築した有機物分解過程の概念モデルの改良型を用いた数値実験により、同様の現象を再現することができた。

遊子での調査終了後、改良型モデルについて色々な条件下での数値解析を行い、海底層への酸素供給速度や温度条件の違いにより、酸素消費速度が最大に対応する硫化物濃度は変化することが予測された。この解析結果については、既に論文発表している（関連研究成果 A13）。また、1993 年、米国において開催された世界閉鎖性海域会議（EMECS）においても、発展型のモデル解析結果を含めて、同様のことを発表した（関連研究成果 C33）。

上記の方法により、漁場ごとの限界養殖量を求める基礎が与えられたが、基とした数値モデルの推定すべきパラメータの数が多く実用上の問題があった。近年、同じ考え方に基づいた、より実用的な、また、持続性をより明確にした数理モデルを構築した（関連研究成果 A28）。現在、モデルのパラメータを推定する実験系を構築中である。

## 各研究のまとめ

### 漁業活動による急潮被害の予防は可能か

沿岸環境科学研究センター助手 金本自由生

近年益々沿岸漁業環境が悪化するなかで、愛媛大学に沿岸環境科学研究センターが設立され、旧理学部附属臨海実験所が、同センター附属中島マリンステーションに改組され、そこに配属された。研究内容は急に変化する訳ではないが、環境に関する要求が多くなっている。

遊子において、平成元年度から平成3年度にかけて、一貫して魚類と急潮の関係について研究してきた。まず、平成元年度は〈急潮と戸島の一本釣り漁業〉である。この研究は、養殖生簀のハマチやタイは急潮から逃げられないが、天然の魚は何らかの回避行動があるのではないかと考えた。幸い、遊子の沖合いに浮かぶ戸島では、戸島漁協が毎日の漁獲量を魚種別に克明に記録していた。そこで、主な魚の漁獲量と、出漁隻数、潮汐及び水温の関係を調べたところ、イサキの漁獲量が、大潮時に多く、小潮時には少ないという潮汐活動に同期した動きと、水温の急上昇する前後に激減する動きが拮めた。水温の急上昇は遊子で急潮の影響が出る2 - 3日前のことが多く、イサキの一本釣り漁獲量の激減によって、急潮の前触れが予知できるのではないかと考えられた。

次いで、平成2年度の研究〈溶存酸素と水温が養殖ハマチに与える影響〉は、養殖ハマチが急潮で死亡するメカニズムを調べた。遊子から運んだハマチを中島の実験所の水槽で飼育し、水温と溶存酸素量(DO)を変化させた。一方、ハマチは餌止めした場合と、与えた場合を設定した。その結果、ハマチは1)水温の上昇だけなら30℃以上でも死亡しない。2)水温を上昇させなければ、自然界で起こり得るDOの低下の範囲では死亡しない。3)水温の上昇時にDOを低下させると死亡し、その場合餌止めをした方が、死亡率が低いことが分かった。4)水温の上昇とDOの低下で、ハマチが横たわった場合には、早期に水温を下げるか、DOを上げることで、死亡率を低下させることができた。以上のことから、早期に急潮を察知して、餌止めをするだけでも効果があることが立証された。急潮による生簀の沈下は、養殖魚が逃げ出して、元も子もないので、養殖生簀の改良や設置場所などに改良を加える必要があろう。

最後に、平成3年度は、〈遊子湾の溶存酸素の日周期〉を調査した。遊子の養殖現場において、水温の急上昇とDOの急低下が起こるか、自記式の水温計と溶存酸素計で調べた。その結果、もともと水温が高い夏場に、ハマチの斃死が起こってもおかしくない状況が見られた。

以上の結果から、ハマチ養殖にとって有用なことは、急潮の早期発見と思われた。最近では、機器に頼りすぎて、長年培ってきた漁民の「経験」とか「感」という財産が失われつつある。もともと急潮も「澄み潮」と漁民の間で呼ばれていた現象を、科学的に裏付けていったものである。これからも、職場である海の変化をよく見られて「経験」とか「勘」と言う財産を後世に伝えて欲しい。我々が海に出られる機会は、ごく限られているが、これからも何らかのお手伝いができたらと願っている。

## 関連研究成果

本調査に関連して発表された学術論文、報告書、学会講演等を、年代順に列記した。  
ここには、本調査を元に発展した研究も含めている。

### 論文、著書等

- A1) 武岡英隆・吉村友利(1987)：宇和島湾の物理的環境（Ⅰ）—水温急変現象—。愛媛大学工学部紀要、11-2、233-240.
- A2) 武岡英隆・橋本俊也・柳哲雄(1988)：ハマチ養殖場の物質循環モデル。水産海洋研究会報、52、213-220.
- A3) 武岡英隆(1988)：宇和島湾の物理的環境（Ⅱ）—潮流の季節変動—。愛媛大学工学部紀要、11-3、261-267.
- A4) Takeoka, H. and T. Yoshimura (1988)：The *Kyuchō* in Uwajima Bay. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 44, 6-16.
- A5) 武岡英隆(1989)：宇和島湾の物理的環境（Ⅲ）—海水交換の季節変動—。愛媛大学工学部紀要、11-4、257-262.
- A6) 武岡英隆(1990)：養殖漁場としての宇和海の物理環境。水産海洋研究、54、9-18.
- A7) 小泉喜嗣(1991)：急潮時の下波湾における海水交換過程。沿岸海洋研究ノート、29、82-89.
- A8) 武岡英隆・秋山秀樹・菊池隆展(1992)：豊後水道の急潮。沿岸海洋研究ノート、30、16-26.
- A9) 川端善一郎・佐竹宗徳(1992)：急潮による湾内の物理構造・栄養塩・植物プランクトンの変化。沿岸海洋研究ノート、30、27-36.
- A10) 門谷 茂(1992)：海を汚さない養殖は可能、養殖魚安全宣言への道、21世紀の水産を考える会編、115-125、成山堂書店。
- A11) Akiyama, H. and S. Saitoh (1993): The *Kyuchō* in Sukumo Bay induced by Kuroshio warm filament intrusion. *J. Oceanogr.*, 49, 667-682.
- A12) Takeoka, H., H. Akiyama and T. Kikuchi (1993): The *Kyuchō* in the Bungo Channel, — Periodic intrusion of oceanic warm water —. *J. Oceanogr.*, 49, 369-382.
- A13) Omori, K., T. Hirano, and H. Takeoka (1994) The limitations to organic loading on a bottom of a coastal ecosystem. *Mar. Poll. Bull.*, 28: 73-80.
- A14) 小泉喜嗣・河野芳巳(1994)：夏季の下波湾の珪藻プランクトン増殖機構に対する急潮の影響。沿岸海洋研究ノート、32、81-89.
- A15) 門谷 茂(1994)：イトゴカイによる魚類養殖場の汚泥浄化の試み、養殖、1994年1月号、64-68.
- A16) Takeoka, H., Y. Tanaka, Y. Ohno, Y. Hisaki, A. Nadai, and H. Kuroiwa (1995): Observation of the *Kyuchō* in the Bungo Channel by HF radar. *Journal of Oceanography*, 51, 699-711.
- A17) 堤 裕昭・門谷 茂・河邊 博(1995)：魚類養殖場が抱える海底環境の汚染問題とその対策について、熊本県立大学生生活科学部紀要、1、45-53.

- A18) 金本自由生 (1996) : 戸島の一本釣り漁場におけるイサキ漁獲量の日変化と宇和海の海況, 日本水産学会誌, 62-3、565-571
- A19) 武岡英隆・大森浩二(1996) : 底質の酸素消費速度に基づく適正養殖基準の決定法. 水産海洋研究、60、45-53.
- A20) 武岡英隆(1996) : 沿岸海洋と外洋の相互作用、沿岸海洋研究、34、3-13.
- A21) 門谷 茂・堤 裕昭(1996) : ベントスによる漁場底泥の環境修復、生物機能による環境修復、石だ祐三郎・日野明德編、65-78、恒星社厚生閣.
- A22) 門谷 茂(1996) : 生物的手法による水質・底質改善効果、養殖、環境対策マニュアル 1996 年臨時増刊号 (No.404)、74-77.
- A23) 門谷 茂(1996) : イトゴカイの生物活性を利用するヘドロ浄化法の開発、STEP テクノ情報 2、10-13.
- A24) 大森浩二 (1997) : ベントス—その沿岸生態系における位置づけ—, 沿岸海洋研究, 35, 115-122.
- A25) 小泉喜嗣・西川 智・薬師寺房憲・内田卓志(1997) : 急潮による珪藻類休眠期細胞の発芽と増殖. 水産海洋研究、61、275-287.
- A26) 門谷 茂(1997) : 養殖漁場の環境と管理、赤潮セミナー、赤潮発生とその対策、日本海水学会西日本支部、17-36.
- A27) 武岡英隆(1998) : 養殖漁場環境の指標と基準、沿岸の環境圏、平野敏行監修、フジテクノシステム、836-840.
- A28) Omori, K. and H. Takeoka (1999) Sustainable usage of coastal ecosystems. In: Land-ocean interactions: Managing coastal marine systems, Erdal Ozhan (ed.), vol. 1, pp.529-534.
- A29) 門谷 茂(1998) : 魚類養殖場の環境管理. 日本海水学会誌、52、202-210.
- A30) 門谷 茂(1998) : 瀬戸内海の環境容量と利用法、海と魚のエコロジー、21 世紀の水産を考える会編、121-132、成山堂書店.
- A31) 門谷 茂・堤 裕昭(1998) : 魚類養殖場ヘドロのイトゴカイによる浄化法. 沿岸の環境圏、平野敏行監修、1097-1105、フジテクノシステム.
- A32) 田辺信介(1999) : 水産業と環境ホルモン、瀬戸内海、19、45-50.
- A33) Takeoka H., Y. Koizumi and A .Kaneda(2000): Year-to-year variation of a *kyucho* and a bottom intrusion in the Bungo Channel, Japan, Interactions between Estuaries, Coastal Seas and Shelf Seas. Ed. T.Yanagi, Terra Scientific Publishing Company, (印刷中).
- A34) 門谷 茂(2000) : 養殖漁場の環境と管理. 有害・有毒赤潮の発生と余地・防除、日本水産資源保護協会.

#### 報告書等

- B1) 田辺信介他 (1988) : 宇和海の海域特性と養殖漁場環境の保全. 昭和 63 年度愛媛大学教育研究学内特別経費研究報告書、114pp.
- B2) 武岡英隆 (1990) : 豊後水道の急潮に関する研究. 平成元年度科学研究費補助金研究成果報告書、56pp.
- B3) 愛媛県水産試験場・武岡英隆(1992) : 平成 3 年度急潮現象予知手法開発研究報告書.
- B4) 愛媛県水産試験場・武岡英隆(1993) : 平成 4 年度急潮現象予知手法開発研究報告書.

- B5) 愛媛県水産試験場・武岡英隆(1994)：平成5年度急潮現象予知手法開発研究報告書。  
 B6) 門谷 茂(1993)：適正管理に関する手法、考え方。魚類養殖対策調査事業報告書（養殖ガイドライン作成検討調査）、全国かん水養魚協会、38-41。  
 B7) 武岡英隆(1995)：底質の酸素消費速度に基づく適正養殖基準の決定法。魚類養殖対策調査事業報告書（養殖ガイドライン作成検討調査）、全国かん水養魚協会、18-25。  
 B8) 武岡英隆(1999)：宇和海の養殖漁場における持続的生産確保のための調査研究。海洋水産資源の培養に関する研究者協議会論文集Ⅲ、財団法人海外漁業協力財団、43-53。

#### 学会講演等（国外も含む）

- C1) 武岡英隆・吉村友利(1986)：宇和島湾の物理的環境（Ⅰ）—水温急変現象—。1986年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、279-280。  
 C2) 吉村友利・武岡英隆(1986)：宇和島湾の物理的環境（Ⅱ）—水温急変現象（その2）—。1986年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、69。  
 C3) 武岡英隆(1987)：宇和島湾の物理的環境（Ⅲ）—流動の季節変動—。1987年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、165-166。  
 C4) 武岡英隆(1987)：宇和島湾の物理的環境（Ⅳ）—海水交換の季節変動—。1987年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、63-64。  
 C5) 橋本俊也・武岡英隆・柳哲雄(1987)：宇和島湾の物理的環境（Ⅴ）—養殖場の物質循環—。1987年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、65-66。  
 C6) 柳哲雄・武岡英隆・(1988)：四国南西海岸の水温急変現象。1988年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、132。  
 C7) 金本自由生(1989)：戸島の一本釣り漁場におけるイサキ漁獲量の日変化と宇和海の海況、平成5年度日本水産学春季大会（東京）、  
 C8) 武岡英隆・菊池隆展・秋山秀樹(1989)：豊後水道の急潮（Ⅰ）—1988年夏の観測—。1989年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、19-20。  
 C9) 武岡英隆・秋山秀樹・菊池隆展(1989)：豊後水道の急潮（Ⅱ）—季節変化—。1989年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、171。  
 C10) 武岡英隆(1989)：宇和海の養殖漁場環境。1989年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集、50-51。  
 C11) Takeoka, H., H. Akiyama and T. Kikuchi(1990): Periodic intrusion of warm water mass into the Bungo Channel. The 1990 Western Pacific Geophysics Meeting (Kanazawa).  
 C12) 武岡英隆・秋山秀樹・菊池隆展(1990)：豊後水道の急潮（Ⅲ）—急潮の発生機構に対する鉛直混合の効果—。1990年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、109-110。  
 C13) 菊池隆展・武岡英隆・秋山秀樹(1990)：豊後水道の急潮（Ⅳ）—宿毛湾の急潮との関係—。1990年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、178-179。  
 C14) 武岡英隆・小泉喜嗣・秋山秀樹(1992)：豊後水道の急潮（Ⅴ）—急潮伝播の長期モニタリング—。1992年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、200-201。  
 C15) 宮野仁・武岡英隆・小泉喜嗣(1992)：豊後水道の急潮（Ⅵ）—台風に励起された急潮—。1992年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、202-203。  
 C16) Omori, K. (1993)： Limitation of total quantity of matter in a coastal ecosystem. EMECS, Abstracts of the second international conference, p.170.

- C17) 宮野仁・武岡英隆・小泉喜嗣(1993)：豊後水道の急潮（Ⅶ）—急潮の伝播速度について—。1993年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、242-243.
- C18) 武岡英隆・田中良男・秋山秀樹・大野裕一・久木幸治・灘井章嗣・黒岩博司(1993)：短波海洋レーダによる豊後水道の急潮の観測。1993年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、244-245.
- C19) 田中良男・武岡英隆・秋山秀樹・大野裕一・久木幸治・灘井章嗣・黒岩博司(1993)：短波海洋レーダによる豊後水道の急潮の観測(2)。1993年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、245.
- C20) 宮野仁・武岡英隆・小泉喜嗣(1993)：豊後水道の急潮（Ⅷ）。1993年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、246-247.
- C21) 門谷 茂(1993)：底生生物を用いた魚類養殖場の汚泥浄化の試み、瀬戸内海研究フォーラム in 香川、16-19.
- C22) 田中良男・武岡英隆・大野裕一・久木幸治・灘井章嗣・黒岩博司(1994)：短波海洋レーダによる豊後水道の急潮の観測(3)。1994年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、67-68.
- C23) 武岡英隆・小泉喜嗣(1994)：豊後水道の急潮（Ⅷ）—経年変動—。1994年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、69-70.
- C24) 田中良男・武岡英隆(1994)：急潮による内湾水の海水交換の数値実験。1994年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、117.
- C25) 門谷 茂・堤 裕昭・チャルマウ チャレオンパニッチ、中村 宏(1994)：魚類養殖場直下堆積したヘドロの生物による浄化の試み、第12回海洋工学シンポジウム、501-505.
- C26) 武岡英隆・長浦永司・宮野仁・小泉喜嗣(1995)：豊後水道における急潮による水温上昇の予測。1995年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、184-185.
- C27) 長浦永司・武岡英隆・小泉喜嗣(1996)：内海における水温の長期連続観測。1996年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、152-153.
- C28) 長浦永司・武岡英隆・小泉喜嗣(1996)：内海における水温の長期連続観測（Ⅱ）。1996年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、152.
- C29) Takeoka, H., M. Miyano and Y. Koizumi(1996): Intermittent intrusion of oceanic warm water into Bungo Channel, Japan. 8th International Conference on Physics of Estuaries and Coastal Seas 197-200 (Hague).
- C30) Kanamoto, Z (1997): Daily changes in the catch of *Parapristipoma trilineatum* at the hook and line fishing ground of Toshima Fishery Co-op in the Uwa Sea, Japan, The Second World Fisheries Conference (Brisbane).
- C31) 武岡英隆・小泉喜嗣・長浦永司(1997)：豊後水道における海況の経年変動とアコヤ貝の大量斃死。1997年度日本海洋学会春季大会講演要旨集、143.
- C32) 武岡英隆・小泉喜嗣(1997)：豊後水道における近年の海況変動とアコヤ貝の大量斃死。1997年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集、47-48.
- C33) Omori, K. and H. Takeoka (1999)： Sustainable usage of coastal ecosystems. 第4回世界閉鎖性海域研究会議（トルコ国）。