水産研究・教育機構 機関リポジトリ
FRA Japan Fisheries Research and Education Agency Institutional Repository

東京湾の漁業と環境　No.7

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 水産総合研究センター 公開日: 2024-03-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2000507

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

東京湾の漁業と環境

第 7 号

平成 28 年 3 月

Fishery and Oceanography in Tokyo Bay

No. 7, March 2016

中央水産研究所

増養殖研究所

National Research Institute of Fisheries Science

National Research Institute of Aquaculture

FRA, JAPAN

東京湾の漁業と環境　第７号

目　次

Ⅰ．江戸前の海と生き物の復活にむけて　－貧酸素と青潮はつらい！
貧酸素と青潮の発生メカニズム－硫化水素は底生生物にどんな影響を及ぼすか？
・・・・・牧 秀明・金谷 弦・中村泰男・木幡邦男・管原床吾・清家 泰　1
東京湾における貧酸素水塊の発生状況と観測体制・情報提供の進展
・・・・梶山 誠・宇都康行　7

Ⅱ．話題提供
平成 26 年度活動報告と東京湾研究会の設立経緯・歴史（構成員の情報共有）
・・・・山本敏博・市川忠史　15
生き物生息場つくり PT のミッション　・・・・・・・・・・・・・・・・石井光廣　19
陸域負荷の影響評価－メタゲノミクスによる推定－・・・・・・・・・・長井　敏　21
東京湾内湾の底質と底生生物について－東京湾内湾西部－・・・・・・・田島良博　23
東京湾内湾の底質と底生生物について－東京湾内湾東部－
・・・・・・・・・宇都康行・長谷川健一・梶山 誠・大畑 聡　25

Ⅲ．特別講演
「東京湾の研究を振り返って」
－東京湾の再生に関係する調査と情報整理－　・・・・・小泉正行　27
「東京湾の研究を振り返って」
－江戸前の復活とは－　・・・・・・・・・・・・・・・・・鳥羽光晴　39

平成 26 年度中央ブロック東京湾研究会　議事録　59

平成 26 年度中央ブロック東京湾研究会　出席者名簿　65

貧酸素と青潮の発生メカニズム
－硫化水素は底生生物にどんな影響を及ぼすか？－

Mechanisms of hypoxia and blue tide generations

– Influence of hydrogen sulfide on benthic fauna in the inner area of Tokyo Bay –

牧 秀明[*1]・金谷 弦[*1]・中村泰男[*1+1]・木幡邦男[*1+2]・管原床吾[*2]・清家 泰[*2]

Hideaki MAKI[*1], Gen KANAYA[*1], Yasuo NAKAMURA[*1+1], Kunio KOHATA[*1+2]
Shogo SUGAHARA[*2] and Yasushi SEIKE[*2]

*1 国立研究開発法人 国立環境研究所　〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16–2
E-mail: hidemaki@nies.go.jp
*2 島根大学総合理工学部　〒690–8504 島根県松江市西川津町 1060

*1 National Institute for Environmental Studies
16–2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305–8506, Japan
*2 Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University
1060 Nishikawatsu-cho, Matsue, Shimane 690–8504

はじめに

東京湾などの大都市に隣接した閉鎖性海域では窒素・リン等の過剰な負荷により植物プランクトンが過剰に増殖し，大量の有機物が海水中に生産される。湾縁辺部に干潟が在り，二枚貝やゴカイ等の底生動物が豊富に生息していれば植物プランクトンや有機物が摂取されるが，大部分の浅海域が埋立てられているため，これらの底生動物による有機物の除去能は期待できない。こうして過剰に生産された植物プランクトン由来の有機物の相当の部分は海底に沈降し，微生物（細菌）により分解・資化される。この際に底層中の溶存酸素（DO）が大量に消費され，貧酸素水塊が発生する。貧酸素水塊が存在していると底泥中での硫酸還元細菌（海水中に高濃度で存在する硫酸イオン中の酸素を使って有機物を分解・資化し，その結果，硫化水素が発生する）の増殖と活性化を促し，底泥中に猛毒の硫化水素が蓄積し，二枚貝やゴカイ等の大型底生動物の生息場を著しく悪化させることになる（図 1）。さらに，底泥中で生成された硫化水素が底層水中に拡散・蓄積し，海域縁辺部に湧昇すると硫化水素が表層で酸化され硫黄となり青潮が発生し，通常は貧酸素水塊の影響を受けていない干潟などでも，二枚貝などの斃死をもたらす（図 2）。青潮は東京湾のみならず大阪湾奥部（藤原 2010）や北海道の網走湖（国土交通省 2007）等でも発生が認められている。

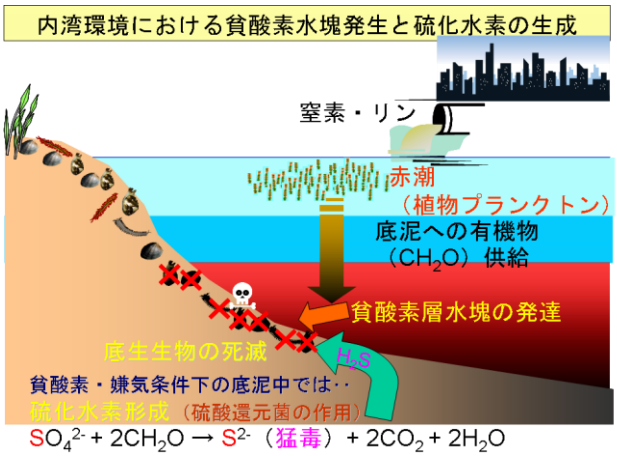


図 1. 都市沿岸海域における富栄養化に伴う貧酸素水塊発生と底質中の硫化水素蓄積とその底生生物生息におよぼす影響概念図

現所属[+1] 千葉県漁業協同組合連合会　〒292–0004 千葉県木更津市久津間 2225–15
Chibaken Gyoren, 2225–15 Kuzuma, Kisarazu 292–0004, Japan
現所属[+2] 埼玉県環境科学国際センター　〒347–0115 埼玉県加須市上種足 914
Center for Environmental Science in Saitama, 914, Kamitanadare, Kazo, Saitama, 347–0115, Japan

環境省では，これまで東京湾，伊勢・三河湾，大阪湾等の閉鎖性海域において水質汚濁防止法に基づく総量規制を実施してきており，湾内に流入する COD や窒素・リン等の負荷削減を図ってきた。こうした努力にも拘わらずこれらの閉鎖性海域においては，いまだに貧酸素水塊が毎年夏季前後に形成され底質中に高濃度の硫化水素が蓄積される状況が続き，底生生物を含む生態系や沿岸漁業に大きな悪影響をおよぼしている。こうした状況を受けて沿岸生態系保全に向けた新しい水質環境基準項目として，底層における DO の設定が決定された。

底泥中で生成した硫化水素は，底泥中の鉄イオンと速やかに結合し低毒性・不活性な硫化鉄となるが，東京湾のように富栄養化が極度に進行し，貧酸素水塊の発生期間が長い海域では，結合する鉄当量濃度以上の硫化水素が発生するため，遊離のものが底泥中に蓄積する。このため湾内で夏季に採取された底泥は強い硫黄臭を放つ。さらに上記のように過剰に生成した硫化水素は水柱にも浸出して，底層水が湧昇した場合には青潮の原因となり，周囲の底生生物の生存を著しく脅かすと考えられる。しかしながら通常の沿岸海域の底質調査においては，鉄結合態と遊離態の硫化物は分別されることなく酸揮発性硫化物（Acid Volatile Sulfide: AVS＝硫化鉄と遊離硫化水素の和）として測定されており（図 3），底生生物死滅状況と遊離硫化水素との関係を定量的に評価した例は少ないのが現状である。

以上のことから，本稿では我が国を代表する富栄養化が進んだ閉鎖性海域である東京湾奥部を対象にして，底泥（間隙水）中における遊離の硫化水素の蓄積状況とその季節変化，底生生物の生息状況との関係について調査検討を行った結果について述べる（国立環境研究所 2013）。

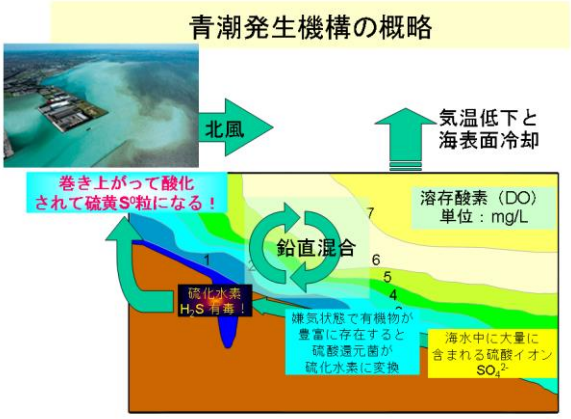


図 2. 青潮発生機構

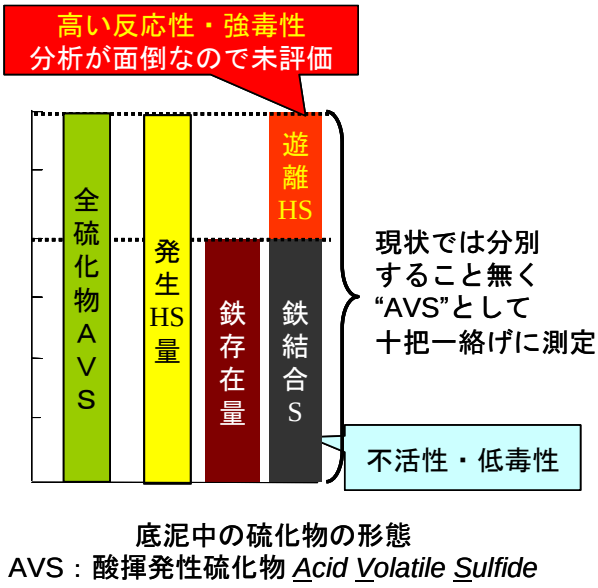


図 3. 底質中の硫化物の形態とその分析に関する模式図

方　法

図 4 に示す東京湾奥部において，水深，底質の粒度組成，底生生物の生息数と種類，貧酸素水塊の発生規模と期間，硫化物含量や強熱減量が異なる 3 調査点を設定した。

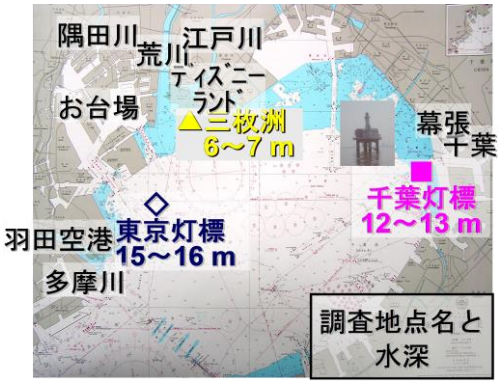


図 4. 東京湾奥部における調査定点 3 箇所

現場調査・採泥は，季節変化を調べるために2010 年 5～10 月の毎月，2011 年 2～10 月の隔月，2012 年 4，8 月の計 13 回行った。

採泥は潜水士による海底での直接採泥と，船上より不攪乱柱状採泥器を用いる方法の二通りで行った。底泥間隙水中の遊離の硫化水素は管原ほか(2010)の方法に従って行った。底泥中の硫化水素の測定のために採泥管内の柱状試料をほぼ 1 cm 間隔で切断したものをスラリーとして注射筒内に定量的に吸い取り，注射筒内の空隙を無くした状態で窒素曝気した純水 20 ml を用いて泥試料を懸濁させたものを孔径 0.45 µm シリンジカートリッジフィルターでろ過し，酢酸亜鉛溶液を添加して底泥から溶出・希釈した遊離の硫化水素を固定した。こうして酢酸亜鉛で硫化水素を固定した試料に測定直前に塩酸を添加した後に，発色試薬を用いて生成したメチレンブルーの比色定量により硫化水素の測定を行った。

AVS は市販の専用揮発用ガラス密閉容器とガス検知管を用いて測定した。DO は多項目水質計を現場海域に直接投入して測定を行った。

直上水中の硫化水素は注射器を多項目水質計先端部に結束し，着底した時にピストン部に付けたロープを引っ張って簡易の絶縁採水を行ったものを孔径 0.80 µm シリンジカートリッジフィルターでろ過し，直ちに発色試薬を添加反応したものを携行の簡易分光計を用いて船上にて測定を行った。大型底生動物に関しては，各地点でエクマンバージ採泥を三回行ったものを目合い 1 mm のふるいにかけ，泥を洗い流した後の残存物をホルマリンで固定し，同定と計数を行った。現存数は延べ採泥面積（採泥器 15 cm 四方：225 cm^2×3 回=675 cm^2）当たりの個体数として表した。

青潮発生簡易予測モデルについては，当所では東京湾奥部を対象にして図 5 のようなフローチャートを構築し（国立環境研究所　1996），実際の青潮の発生回数と日数と比較を行い，青潮発生の風の影響について評価を行った。

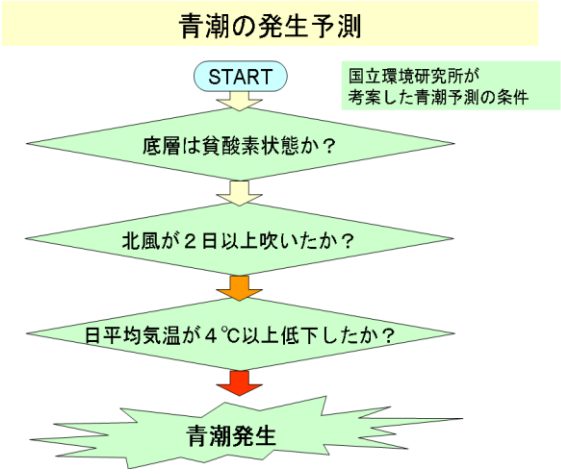


図 5. 東京湾北岸部における青潮発生予測モデル・フローチャート

結果と考察

1　硫化水素の蓄積と季節変化

図 6 に東京湾奥部３定点における底泥間隙水中の硫化水素の鉛直分布と季節変化を示す。

３定点の内最も高い硫化水素の蓄積が認められたのは最も深い東京灯標東方であり（平均 160 mg-S/L，最低 0.2 mg-S/L），2010 年の 8 月には最大 700 mg-S/L 近い硫化水素が検出された。一方，最も浅い三枚洲では硫化水素は最も低かった（平均 4.2 mg-S/L，最低 0.1 mg-S/L，最高 29 mg-S/L）。千葉灯標での硫化水素の濃度（平均 69 mg-S/L，最低 0.2 mg-S/L，　最高 290 mg-S/L）は東京灯標東方と三枚洲の中間であった。硫化水素の季節変化では，調査年や地点により異なっていたが，8～10 月に最大に達しており，冬季～春季にかけて下がる傾向がみられた。しかし東京灯標東方においては底泥表層中の硫化水素は他の二地点と同等に冬季～春季は低くなっていたものの，5.5 cm 以深では 100 mg-S/L を超える硫化水素の蓄積が見られており，貧酸素水塊が解消される時季においても高い濃度で維持されていた。なお調査を行った 2010 年と 2011 年のそれぞれの 10 月には２ヶ月前の 8 月よりも底泥直上水の DO が若干増えていたのにも拘わらず，底泥中の遊離の硫化水素の最大値はむしろ増えていた（図 7：ただし，

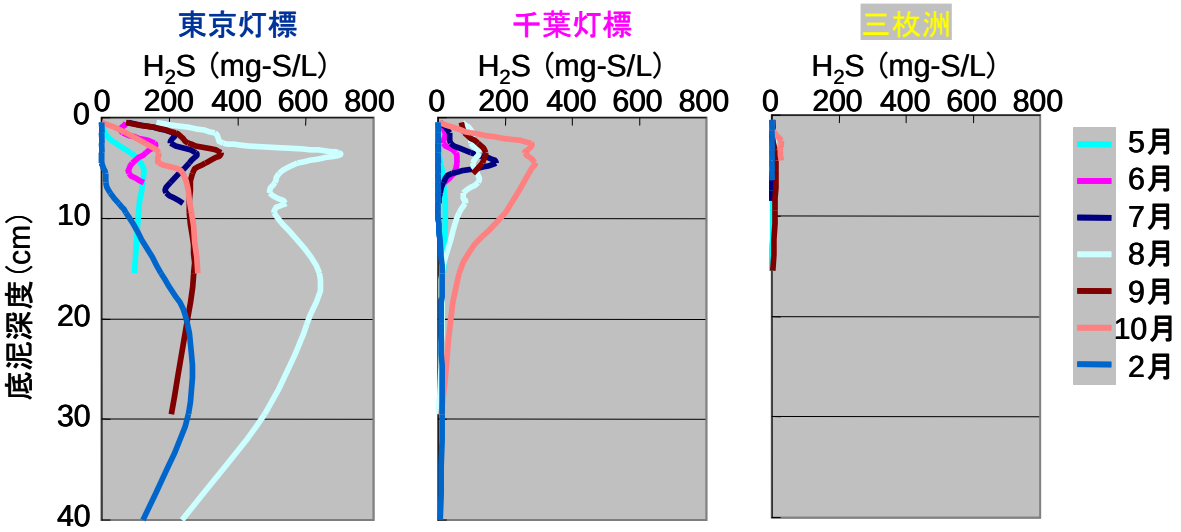


図 6. 東京湾奥部三定点における底質間隙水中の硫化水素（H_2S）の蓄積
（2010 年 5 月～2011 年 2 月）

2010 年 8 月の東京灯標東方を除く）。このことは秋季の底層 DO の回復と底泥中の硫化水素の減少が必ずしも一致しないことを示している。

硫化水素の底泥中の鉛直分布では各地点共に泥深 3～5 cm 付近が最も高くなっていた（図 6）。前述のように底泥中で硫化水素が生成されるためには，硫酸還元菌による海水中の硫酸還元が促進されなければならないが，そのためには直上水中の DO が枯渇する必要がある。直上水中の DO と硫化水素の蓄積状況との関係においては，夏季に直上水 DO が低下するに従って硫化水素が高くなる傾向が示されたが，AVS については，冬季～春季にかけて低下する傾向は見られたものの季節変動が必ずしも明確ではなく，地点間の差異でも底泥間隙水中の硫化水素が最も低い三枚洲で他の 2 地点と同等かそれ以上の AVS が検出された時（2010 年 9 月と 10 月）も見られ，他の項目との整合性が無かった（図 7）。

なお AVS 中に底泥間隙水中の硫化水素が占める割合を見積もったところ，5～10%程度であった。

直上水中の硫化水素は夏季のみ検出され，その検出頻度は約 4 割であり，検出された時の直上水中の DO は全て 1 mg/L を下回っていた。検出された場合の濃度範囲は平均 0.46 mg-S/L，最低 0.01 mg-S/L，最高 3 mg-S/L であった。

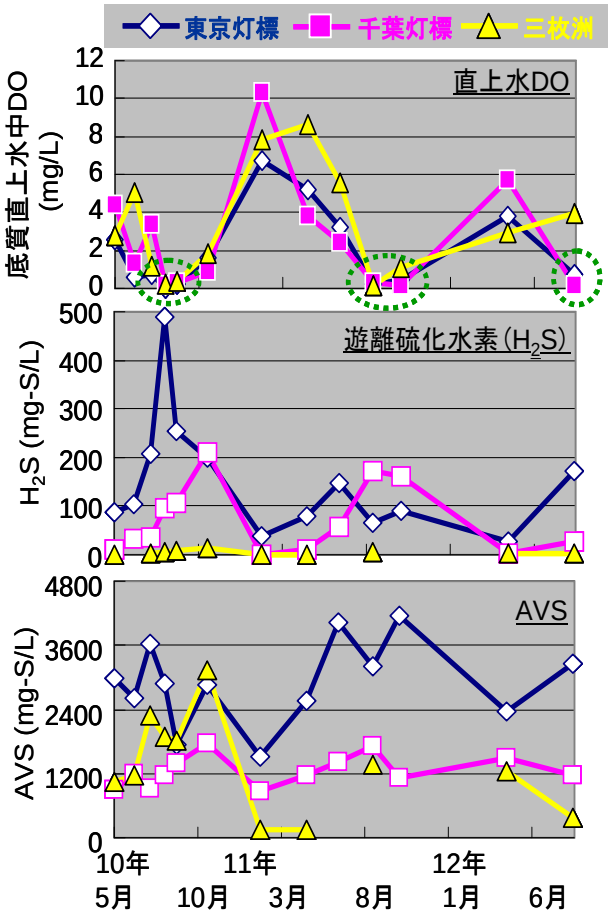


図 7. 東京湾奥部三定点における直上中の DO，底泥（泥深 3 cm）間隙水中の遊離硫化水素（H_2S）と AVS の季節変化

2　青潮の発生機構と予想

表 1 に 1989～1993 年の間に東京湾で発生した青潮の発生回数と発生日数, 図 5 のモデルによる予測日数と強風条件を加味した時の予測日数を示した。強風条件を加えない場合は過小評価となったが加えることによりほぼ正しく発生日数を予測できるようになった。以上のことから東京湾北岸における底層の硫化水素を含んだ底層水の湧昇による青潮発生は, 海水温の急低下と北風により支配されていることが示された。

表 1. 青潮発生件数と日数の実際と予測例

青潮発生事例と発生時気象条件との関係

年度	青潮発生回数	発生日数 A	予想日数 B	B／A	補正* 予想日数 C	的中率 C／A
１９８９	６	６	４	６７%	６	１００%
１９９０	６	６	４	６７	６	１００
１９９１	５	１３	１２	９２	１２	９２
１９９２	７	１７	１３	７６	１５	８８
１９９３	７	１２	６	５０	１１	９１
合計	３１	５４	３９	７２%	５０	９３%

強風条件（風速毎秒９メートル以上）を予想に加えた

3　底生生物の現存数と硫化水素との関係

全調査期間を通じて大型底生動物の現存数は 3 定点の中では三枚洲が最も多く, 東京灯標東方で最も低かった。東京灯標東方と千葉灯標では 5～9 月にかけて大型底生動物が 1 個体も見付からない，いわゆる無生物状態が続いた。この期間は直上水 DO が枯渇し（貧酸素水塊の発達），底泥間隙水中の硫化水素濃度が増大する時期と重なっていた。図 8 に直上水 DO, AVS, 底泥間隙水中の硫化水素濃度と大型底生動物の個体数と重量との関係を示す。直上水 DO と大型底生動物の関係においては，千葉灯標，東京灯標東方で DO が 3 mg/L 以下の時に大型底生動物が全く存在しない場合も有るが, その一方，三枚洲では DO が 0 mg/L 近くても大型底生動物の減少は見られていない。AVS と大型底生動物の現存量との関係では，AVS の変動幅が大きい三枚洲，変動幅の小さい千葉灯標，東京灯標東方共に大型底生動物の現存量の変化との関係は見られなかった。他方，底泥間隙

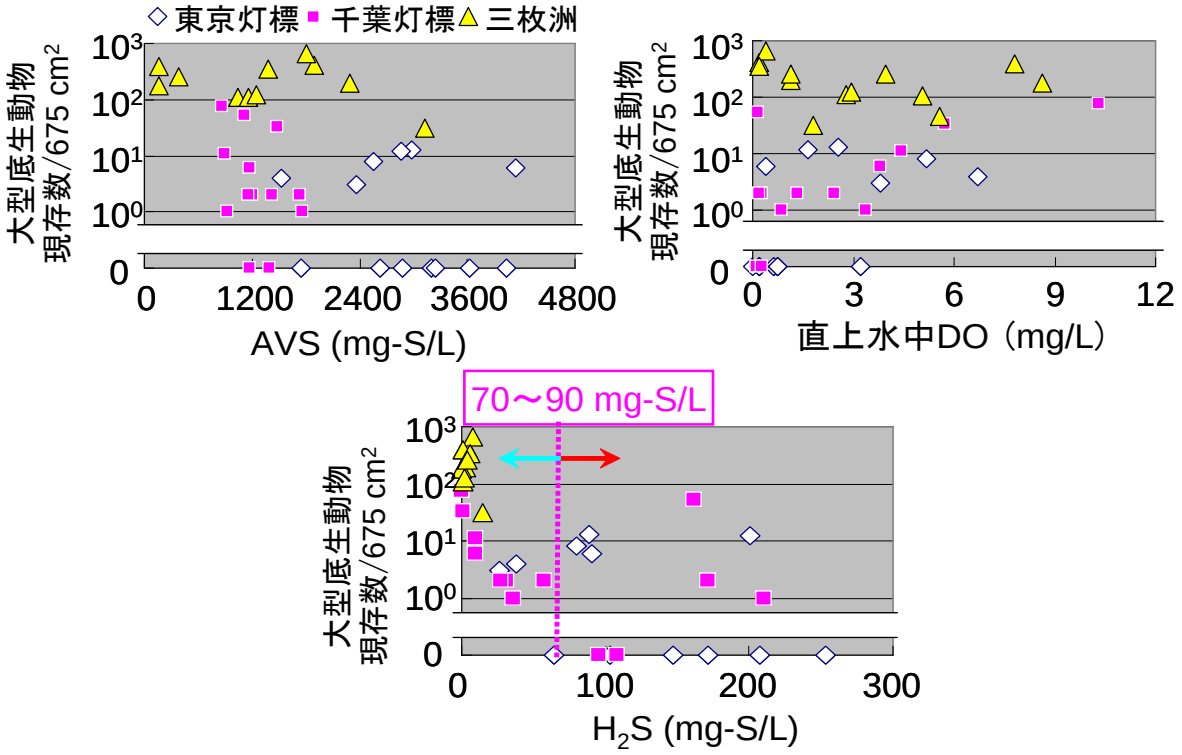


図 8. 東京湾奥部（内湾）３定点における底生生物現存量と諸因子（底層 DO，底泥中の硫化水素［遊離 H_2S］，AVS）との関係

水中の硫化水素濃度との関係では，おおよそ80～100 mg-S/L を境に大型底生動物の生息密度が 100 個体/675 cm^2 を下回り，個体数が全くいない（ゼロ）場合も相当あり，大型底生動物の減耗との関係が明確に現れていた。

以上のことから直上水 DO と AVS, 底泥間隙水中の硫化水素の中では, 硫化水素濃度が大型底生動物の減耗状態をよりよく説明できる指標であると考えられた。

終わりに

前述のように現在, 環境省では海域における下層 DO の環境基準設定に向けて検討がなされているが, 低い下層 DO 状態が持続した場合（言い換えると貧酸素水塊の解消に時間が掛かり, 底層の貧酸素状態からなかなか回復しない場合）に海域におけるさらなる別の底層・底質環境の評価軸が必要になると考えられる。本文で示した通り, 直上水の DO が極端に低下した地点においても, 必ずしも間隙水中の硫化水素が顕著に蓄積される訳ではないことが示された。従って今後は底層 DO の連続的測定と共に底質間隙水中の硫化水素も底質環境評価のためにモニタリングされることが望ましいと考えられる。

また近年, 製鉄過程で排出される製鋼スラグや石炭燃焼により生じるフライアッシュ等の石炭灰, それに養殖カキの貝殻等の大量に排出される廃棄物による都市沿岸海域での浚渫窪地の埋め戻しや底質改善の試みがなされつつある。それらの活用の効果については現在，評価中であるが, その際の底質の評価指標として AVS のみならず間隙水中の硫化水素の測定が重要であると考えられる。

謝　辞

本調査研究に関して多大なる協力支援を賜りました株式会社日本海洋生物研究所に対して感謝致します。

引用文献

藤原隆一，2010: 観測結果から見た大阪湾で発生した青潮の特性. 土木学会論文集 B2（海岸工学）, 66，1016–1020.

国土交通省，2007:「湖沼技術研究会」湖沼における水理･水質管理の技術第 6 章　代表的な湖沼の水理・水質特性の実態 6.2 網走湖の水理・水質特性

国立環境研究所研究プロジェクト報告，2013: 都市沿岸海域の底質環境劣化の機構とその底生生物影響評価に関する研究（平成22～24 年度特別研究）SR-106-2013

管原庄吾・圦本達也・鮎川和泰・木元克則・千賀有希子・奥村稔・清家泰，2010: 砂泥堆積物中溶存硫化物の簡便な現場抽出／吸光光度定量及びその有明海北東部堆積物への適用．分析化学，59，1155–1161.

国立環境研究所特別研究報告，1996: 閉鎖性海域における水界生態系機構の解明及び保全に関する研究（平成3～6年度）SR-20-'96

東京湾における貧酸素水塊の発生状況と観測体制・情報提供の進展

Occurrence of oxygen-deficient water in Tokyo Bay and progress of information providing method

梶山 誠*・宇都康行*

Makoto KAJIYAMA*・Yasuyuki UTO*

* 千葉県水産総合研究センター　東京湾漁業研究所　〒293-0042　千葉県富津市小久保 3091
E-mail :　m.kjym@pref.chiba.lg.jp

* Tokyo Bay Fisheries Research Laboratory, Chiba Prefectural Fisheries Research Center,
3091　Kokubo, Futtsu, Chiba, 293-0042, Japan

東京湾の概要と赤潮，青潮の発生

東京湾は西側を三浦半島，東側を房総半島，北側を関東平野に囲まれた海域で，浦賀水道を通じて太平洋につながっている。広義の東京湾は剣崎～洲崎以北（湾面積 約 1380 km^2）であるが，狭義には観音崎～富津岬以北で（湾面積 約 922 km^2），この海域は東京湾内湾と呼ばれている。昭和 40～50 年代には大規模な埋め立てが行われ，湾面積の約 2 割の水面や干潟が消失した。干潟は明治時代に比べて 90%以上が消失しており，内湾の海岸線の約 95%が人工的な護岸になっている。

東京湾での赤潮の発生は，1907 年（明治 40 年）が最初で，1940 年代前半までは年間 2 回以下であった（野村 1998）。その後，1950 年代以降に大きく増加し，1980～1990 年頃には年間 40～50 回程度で推移し，それ以降は 40～60 回に増加したものの，長期的には増減の傾向は見られていない。また，青潮の発生は 1950 年代から見られ（菅原ら 1966），1980 年頃までは年間 10 回前後の発生が見られた。その後はやや減少し，1995 年以降は 3～5 回程度で推移している（東京湾環境情報センター http://www.tbeic.go.jp/kankyo/suishitu.asp, 2015 年 3 月 11 日）。しかし，青潮の発生日数で見ると昭和 50 年代後半以降は，年間 5～25 日で増減はなく（図 1），単純に計算すると 1 回当たりの発生日数が長くなっていることになり，沿岸浅場の底生生物への影響が大きくなっている可能性がある。これについては貧酸素水塊の沿岸への波及状況と併せて詳細な検討が必要と考えられる。

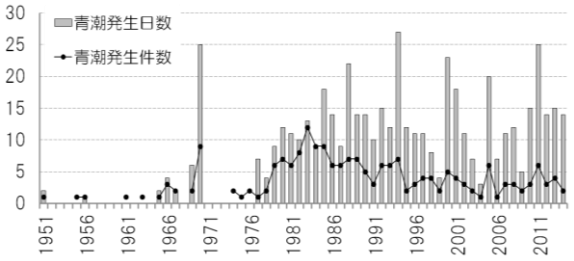


図 1　青潮の発生回数と発生日数

東京湾に発生する貧酸素水塊

富栄養化の著しい東京湾では，5～11 月にかけて底層に貧酸素水塊が発生し，魚介類の生息に影響を与えている。貧酸素水塊とは海水中に溶けている酸素の量が極めて少ない状態で，千葉県では溶存酸素量（以下 DO）が 2.5mL/L 以下の水塊を貧酸素水塊, 0.025mL/L 以下を底生生物が死滅する無酸素水塊と定義し（柳 1989），2.0mL/L 以下で魚類に，1.5mL/L 以下で貝類に影響があるとして情報の提供を行っている。

現在，千葉県水産総合研究センター東京湾漁業研究所（以降，千葉水総研セ）では貧酸素水塊の状況を把握するために, 内湾の 19 地点で定期的な観測を行っている。この観測地点のうち，湾奥の船橋地先から富津岬北の 6 地点を結んだ鉛直縦断面における DO 2.5mL/L の水塊の割合をもって，東京湾全体の貧酸素水塊の規模とし（石井 2003），月 2 回程度の観測結果から規模の推移および経年

変化を調査している（図 2）。

この貧酸素水塊の規模の旬別推移（2005～2014 年の平均）をみると，毎年 4～5 月頃に内湾北部で発生し，6～8 月にかけて規模が大きくなり 8～9 月に最大を示す。その後，北東風が吹き始める 9 月前後から縮小し始め 11～12 月に消滅する（図 3）。この推移の中で，6～9 月に一時的な減少が見られるのは，北偏風の連吹により湾奥から北東部に貧酸素水塊が湧昇したことで規模が縮小するもので，この時に浦安・市川から千葉・市原地先にかけての沿岸域では，青潮が発生する場合がある（柿野 1987）。

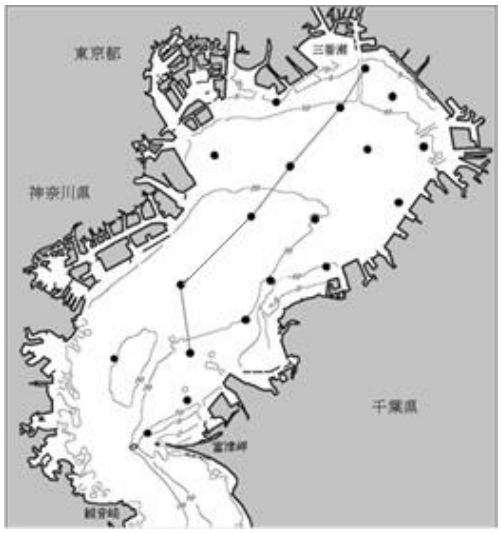


図 2　千葉水総研セによる水質観測地点

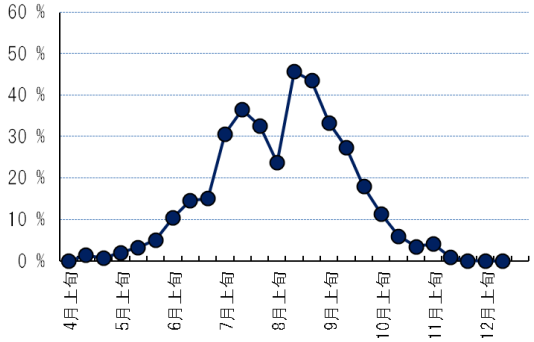


図 3　貧酸素水塊の規模の旬別推移
（2005～2014 年の平均）

東京湾での貧酸素水塊については，1956 年に品川沖で貧酸素水が確認されるとともに（菅原ら 1966），羽田沖では夏季に底層の溶存酸素量の少ない水塊が漁場を覆うことで貝類が死亡すると報告されていることから（東京都水産試験場 1958），この頃にはすでに発生していたものと考えられている（柿野 1986）。最大規模の経年変化をみると，1964 年以前は調査回数が少なく正確ではないが 20～30%程度であった。1965 年以降には規模が大きくなる傾向が見られ，最大が 60%を超える年が出現するようになった。その後は 20～60%程度で推移しているが，2000 年以降は 40～60%程度の高い水準で推移している（図 4）。

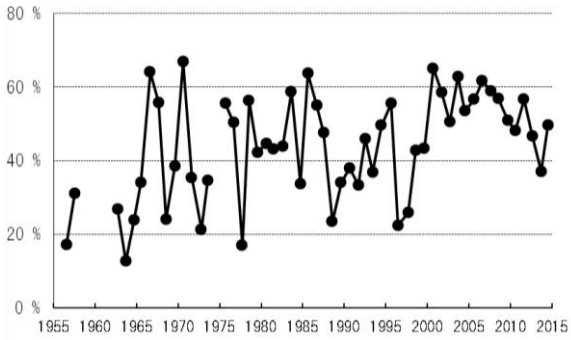


図 4　貧酸素水塊の最大規模の経年変化

貧酸素水塊が漁業資源に与えている影響で顕著なものは，青潮の発生時に沿岸の干潟・浅場（おおむね水深 3m 以浅）におけるアサリ，バカガイ等の二枚貝類の死亡である（石井 2009）。近年でも，千葉県農林水産部水産局漁業資源課調べによれば 2008，2010，2014 年に三番瀬において大規模な大量死亡が発生しており，漁業への影響は極めて大きかった。また，それ以外の年でも局所的に二枚貝類の死亡が見られているほか，青潮が発生しない場合でもバカガイが衰弱，死亡するなどの情報がある。水深 3m以深の沖合域では，毎年恒常的に発生する貧酸素水塊により，夏期の底層では無生物状態になっていることが報告されている（石井 2009）。この時，アカガイ（石井 2005），トリガイ（大畑ほか 2013）などの二枚貝類の多く

は死亡していると考えられ，漁業資源への影響は大きい。カレイ類やアナゴなどの底生性魚類やシャコなどの甲殻類のように移動能力のある種では，貧酸素化による生息場所の移動や（石井 1992，永山 2005，原田ほか 2006，矢沢ほか 1988），餌料生物の減少などの影響が生じていると考えられる（石井 2009）。さらに，これらの生物の多くは春から秋にかけて産卵が行われており，浮遊幼生期から着底にかけての時期は貧酸素水塊の発生期と重なることから，これによる資源への影響も大きいものと推察される。貧酸素水塊の出現により水平方向への移動が見られる魚種の場合は，生息可能な DO の境界付近で漁業が行われており，効率的な操業につながっている（石井 2005，石井ほか 2011）。この場合，スズキでは遊泳力が高く上方への移動も行われており，漁獲量も安定し資源量的な問題は小さいと考えられる。しかし，シャコなどの移動能力が小さい魚種では，操業の効率化に伴い漁獲圧が高まることによる資源減少の可能性が指摘されている（田島 2008）。

貧酸素水塊の観測と情報提供

東京湾では，浅海域でのノリ養殖業，アサリなどの採貝漁業，沖合域での底びき網，あなご筒，まき網，潜水器などの漁船漁業が盛んに行われている（柿野ほか 2011）。千葉水総研セでは，これらの漁業者に海況に関する情報提供を行うため 1947 年から東京湾での水質調査を実施してきた。さらに，1999 年（H11）からは底びき網漁業者や関係機関と協力し，底層の溶存酸素量の分布状況を図化し，毎週 1 回の情報提供を開始した（梶山 2012）。現在，この情報の提供に当たっては，4～12 月の各月の第 1，3，5 週は千葉水総研セが，第 2，4 週は漁業者（内湾底びき網研究会連合会）が観測を実施している。千葉水総研セの行う観測では，多項目水質計（ワイエスアイ・ナノテック株式会社製 YSI6600V2）を用いて，表層から海底直上（海底面から 0.5～1.0m 上方）までの連続観測を実施しており，このデータをもとに貧酸素水塊の分布と規模を計算し図化している。この計算に当たっては，海上保安庁及び国土交通省のモニタリングポストのデータ，神奈川県水産技術センター，東京都環境局，国立研究開発法人国立環境研究所，千葉県環境研究センター，内湾底びき網研究会連合会の観測結果も併せて使用して，千葉水総研セが「貧酸素水塊速報」として発行を行っている（図 5）。なお，漁業者に最新の状況を速やかに提供するため，速報の発行は調査当日の夕方までに行っている。

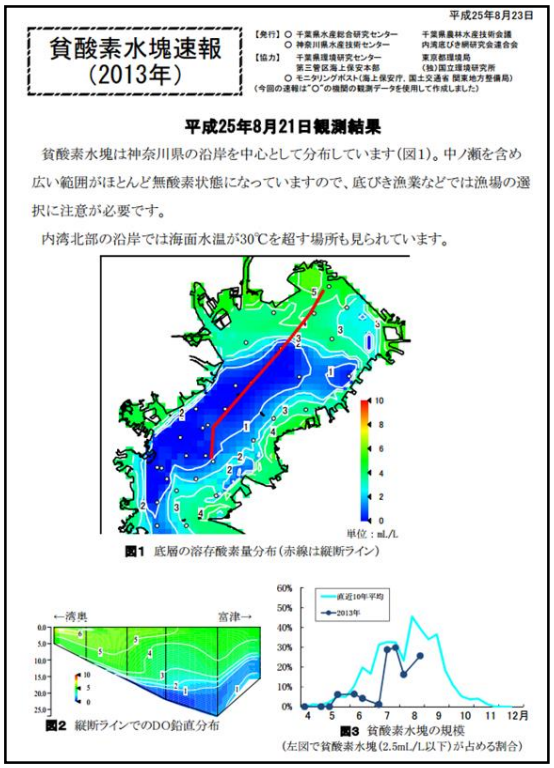


図 5　貧酸素水塊速報の発行例

また，モニタリングポストの観測については，海上保安庁による千葉灯標での観測と，国土交通省関東地方整備局による浦安沖，千葉港波浪観測塔，千葉港口第一号灯標，川崎人工島での観測が行われており，それぞれインターネット上で公開されている。さらに，神奈川県は川崎市～横須賀市にかけての海域について調査を行い情報提供を行っている（図 6，東京湾溶存酸素情報 http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f430693/p550034/html，2015 年 3 月 11 日）。

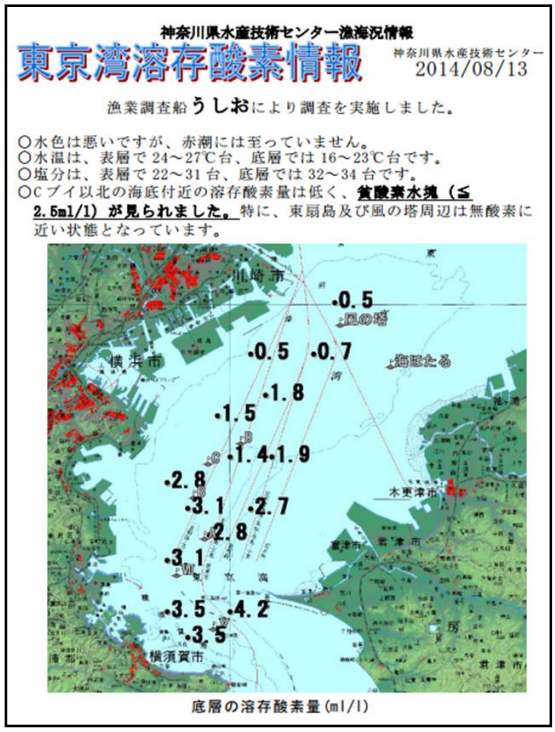


図 6　東京湾溶存酸素情報の発行例

このように，貧酸素水塊速報の発行を原則として毎週 1 回行ってきたが，貧酸素水塊の規模と分布は短期間で大きく変動することから，漁業者からは操業位置を決定するのに日々の情報提供が要望されていた。しかし，現状の調査体制ではこれ以上回数を増やすのは困難であることから，観測日から翌観測日までの間の底層 DO の分布をコンピューターシミュレーションにより推定する短期予測システム（ナウキャスト，6 時間ごとに更新）の開発を行った（石井ほか 2011）。このシステムは 2005 年 8 月から運用を開始し，インターネット上で公開されており，携帯電話からでも利用可能とし漁業者の利便性を高めてある。この情報は実際に底びき網漁業者などに利用されており操業の効率化に寄与してきた。

さらに，このシステムでは計算領域の水平方向のメッシュを 1km としており，水深 10 m 前後から沖合域の精度に比べ，水深の変化が大きい沿岸域での精度が低かったことから，2011～2014 年にシステムの再開発を行い，2014 年 5 月から運用を開始した（貧酸素水塊分布予測システム http://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/suisan/suisan/hinsanso/index.html，2015 年 11 月 9 日）。この改善に当たっては，計算メッシュの細分化（200 m メッシュ），水深及び底質情報の更新，モニタリングポストの増加に対応したデータ取得などを行い，計算精度の向上を図った。また，湾奥部と湾央部に分けた詳細な表示，千葉県の浦安市から富津市の間に岸から沖方向へ設けた 8 ラインにおける鉛直断面の DO 分布図の表示が可能になった（図 7）。

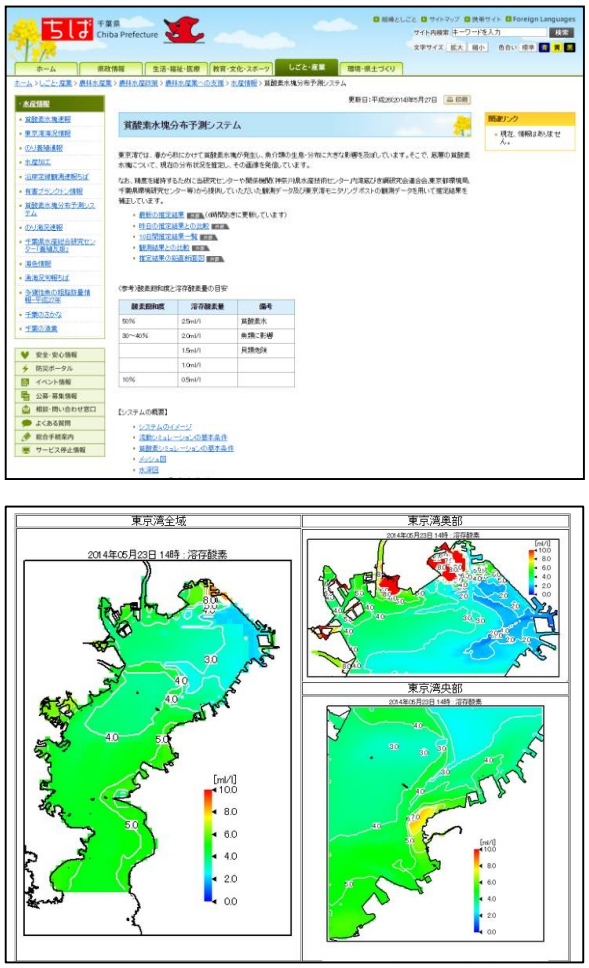


図 7　貧酸素水塊分布予測システム
（2014 年 5 月から新システムの運用開始）

貧酸素水塊の干潟への影響と情報提供の進展

これまでの貧酸素水塊に係る情報提供については，沖合域から順に岸方向への精度向上を図ってきた。また，貧酸素水塊と底生生物の関係につい

ても調査を実施し，その影響の解明に努めているところである（宇都 2015）。しかし，沿岸の浅場（水深 3 m 以浅）から干潟にかけての貧酸素水塊の波及状況と青潮の発生についての詳細は明らかにされていない。このため，今後は干潟・浅海域への貧酸素水塊の波及状況を明らかにするとともに，底生生物への影響を明らかにしていくことが求められている。

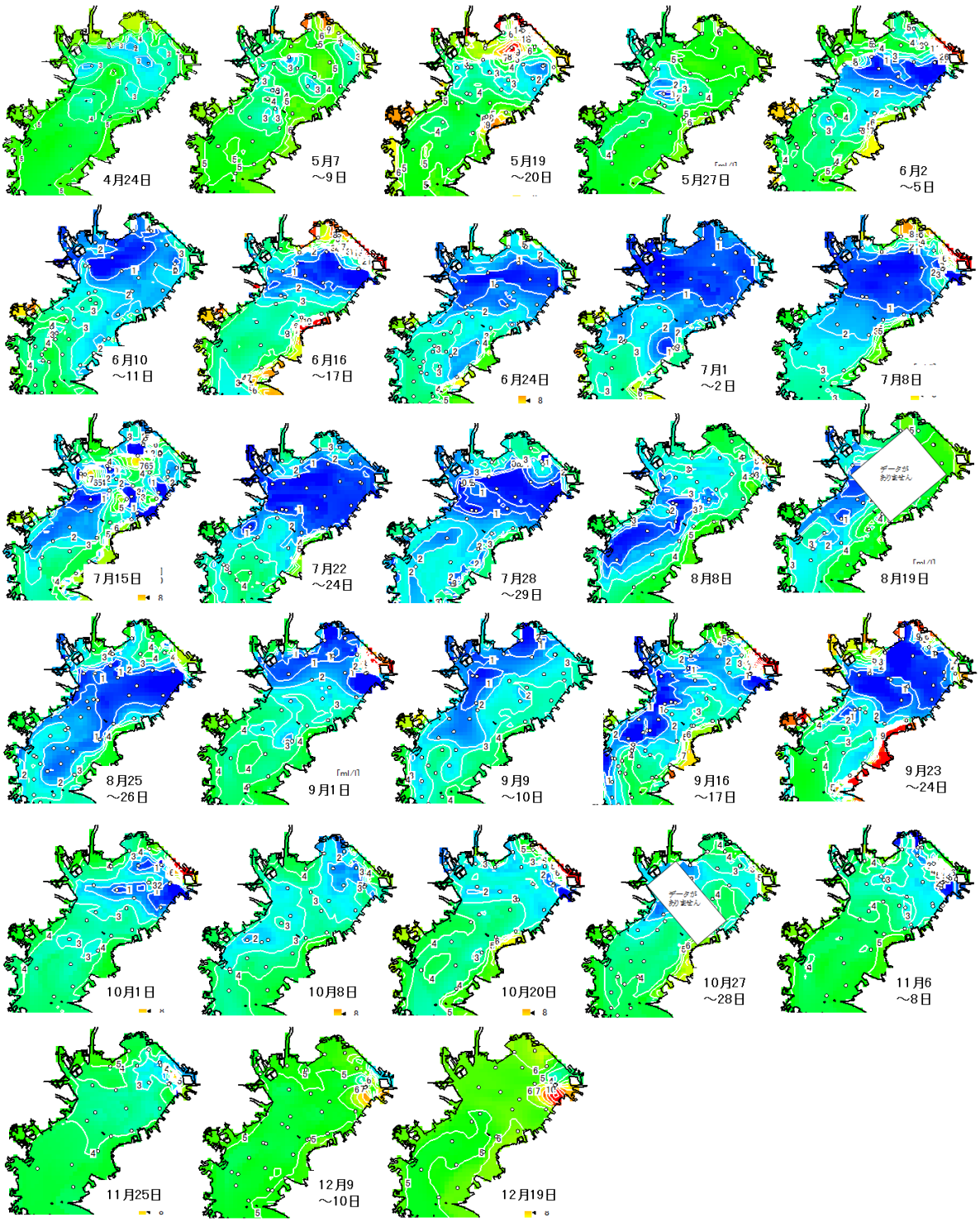


図 8　2014 年の東京湾の底層における貧酸素水塊分布の推移（数値は DO：mL/L）

2014 年を例として，東京湾底層の貧酸素水塊分布の推移と青潮の発生についてみると（図 8），この年の貧酸素水塊の初確認は，ほぼ例年並みの 4 月 24 日で，5～6 月初めにかけて 1mL/L 以下の海域が内湾北部に広がった。その後，6 月 6 日に千葉港周辺で青潮が発生し，7～9 日にかけて北部まで広がり 10 日に解消した。7 月上旬には貧酸素水塊の規模は最大（49%）となり，7 月としては直近十年の平均を上回る大きさであった。年間最大規模を示したのはこの月で，ここ十数年と同等の規模であった。8 月上旬には南西風の連吹があったことから，貧酸素水塊の分布域が南西方向に移動し，その規模は一時的に見かけ上縮小した。しかし 8 月中旬から再び規模が大きくなり，8 月 27 日～9 月 3 日に湾奥部で青潮が発生し，三番瀬ではアサリなどの二枚貝で漁業被害が生じた。その後，10 月上・中旬には台風が通過し，貧酸素水塊の規模は急速に縮小した。11 月下旬まで小規模な発生があったが，例年より少し遅れた 12 月 9 日に解消した。

漁業被害の発生した 8 月末の状況を詳しく見ると，8 月中旬から下旬にかけて内湾北部で貧酸素水塊の規模が拡大し，8 月 25 日にそれまでの南偏風から北偏風に変わったのに伴い，貧酸素水塊は北部沿岸域に波及し 27 日に三番瀬で青潮が発生した（図 9）。貧酸素水塊分布予測システムによる三番瀬ラインの鉛直断面を見ると，26 日までは三番瀬沖の表層の DO は 3mL／L 以上であったのが 27 日には急激に低下している。その後 29 日以降に北偏風が弱まり，風向きが北から東寄りに変わったのに伴い貧酸素水塊の波及は弱まり，さらに，9 月 2 日以降に風向きが南偏風に変わったのに伴い干潟上の貧酸素化は解消されている。しかし，漁業者の情報によれば，船橋港から航路にかけての一部の海域では 9 月 3 日まで青潮が継続していた。このため，三番瀬では貧酸素状態が長期に継続するとともに青潮に伴う硫化物の影響により，二枚貝の死亡が生じたものと考えられる。

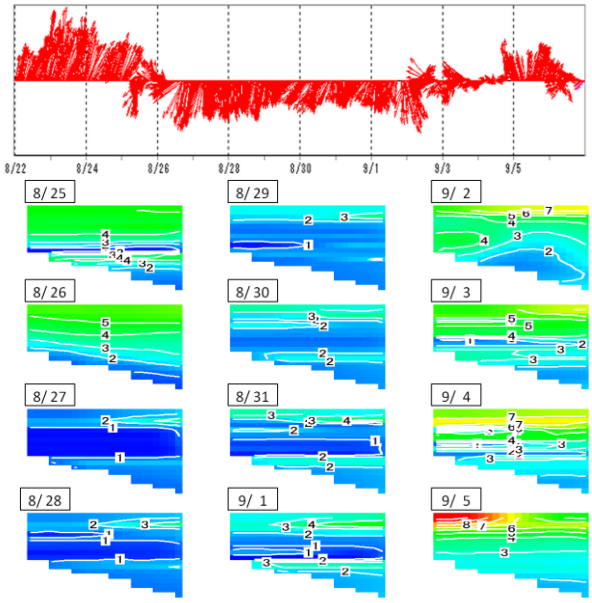


図 9　2014 年 8 月 25 日～9 月 5 日の三番瀬ラインにおける DO の鉛直分布と内湾北東部の平均風速の推移（風況は千葉灯標モニタリングポストの値）

このように，内湾北部で発生する青潮は目視で容易に確認できることから発見は早く情報収集も行われている。しかし，木更津市地先に広がる盤洲干潟でも貧酸素水塊による二枚貝への影響が報告されており（土屋 2009），漁業関係者も貧酸素水塊の影響を危惧している。また，湾西部でも青潮が発生した事例があることや（鯉渕ほか 2005），横浜沖などの海域で貧酸素水塊が中層化し多摩川河口周辺の浅場，干潟にも影響を及ぼすことが報告されている（八木ほか 2008）。こうした貧酸素水塊の挙動は東京湾の浅場や干潟へ波及し，二枚貝などの底生生物に影響を与えている可能性が考えられ，その対応が求められている。

このため，千葉水総研セでは貧酸素環境のモニタリングと情報提供を継続して実施するとともに，三番瀬や盤洲などの浅場・干潟域への波及予測に向けたシステムの改良を検討している。また，これらの環境情報と生息する生物の情報を併せて解析することで，貧酸素水塊による水産業への被害防止に向けた施策の推進が可能になると考えられ，関係機関の連携を深め東京湾の環境改善が行われることが望まれている。

引用文献

原田真美・東海 正・内田圭一・清水詢道（2006）東京湾内湾域におけるマアナゴとヌタウナギの分布について．日本水産学会誌, 72 (5), 894‐904.

梶山 誠（2012）東京湾における貧酸素水塊の現状と対策への取組み．MF21，56，32‐34.

柿野 純（1986）東京湾奥部における貝類へい死事例 特に貧酸素水の影響について．水産土木, 23 (1)，41‐47.

柿野 純（1987）風による流れと青潮の関係．日本水産学会誌，53（8），1475‐1481.

柿野 純・片山知史・堀 義彦（2011）東京湾の利用形態 2.4.1 漁業．東京湾，東京湾海洋環境研究委員会編, 恒星社厚生閣, 東京, 165‐176.

鯉渕幸生・礒部雅彦（2005）2004 年の東京湾西岸横浜港周辺における青潮の発生要因．海岸工学論文集，52，896‐900.

石井光廣（1992）東京湾におけるマコガレイの分布・移動．千葉県水産試験場研究報告，50，31‐36.

石井光廣（2003）東京湾に発生する貧酸素水塊の規模の評価方法について．千葉県水産研究センター研究報告，2，29‐37.

石井光廣（2009）東京湾地域の底層における貧酸素水塊問題の現状と課題．資源環境対策，2009（9），29‐35.

石井光廣・古川恵太・佐々木淳・柿野 純・増田修一・小森明裕・桃井幹夫・麻生晃也（2011）東京湾底層 DO 分布の短期予測システムの水産分野への活用に向けた実証的研究．土木学会論文集 B2（海岸工学）, 67 (2), 1236‐1240.

石井光廣・加藤正人（2005）東京湾の貧酸素水塊分布と底びき網漁船によるスズキ漁獲位置の関係．千葉県水産研究センター研究報告，4，7‐15.

石井光廣・庄司泰雅（2005）東京湾におけるアカガイ大量発生．千葉県水産研究センター研究報告，4，35‐39.

永山聡司（2005）東京湾内湾におけるマコガレイ稚魚の分布について．千葉県水産研究センター研究報告，4，17‐34.

野村英明（1998）1900 年代における東京湾の赤潮と植物プランクトン群集の変遷．海の研究，7（3），159‐178.

大畑 聡・石井光廣・梶山 誠（2013）東京湾におけるトリガイの稚貝の着底時期と成長．日本水産学会誌，79，977-986.

菅原兼男・海老原天生・関 達哉・青木邦昭・宮沢公雄（1966）東京内湾の海洋観測結果について．水産海洋研究会報，9，116‐133.

田島良博（2008）東京湾のシャコ資源．黒潮の資源海洋研究，9，15‐18.

東京都水産試験場（1958）．東京都内湾における赤潮について第 1 報．東京都水産試験場調査研究要報，12，1‐37.

土屋 仁（2009）東京湾の水質モニタリング調査について．第 9 回東京湾シンポジウム報告書，国土技術政策総合研究所，21‐25.

宇都康行・大畑 聡・梶山 誠・髙伏 剛・小林努・須原 敏・内藤大輔（2015）東京湾における貧酸素水塊及び底質からみた底生生物生息可能水域の推定．平成 27 年度日本水産学会春季大会ポスター発表.

八木 宏・Tanuspong POKAVANICH・安井 進・灘岡和夫・有路隆一・松坂省一・鈴木信昭・諸星一信・小田遼子・二瓶泰雄（2008）東京湾湾口部の湧昇現象に伴う湾内貧酸素水塊の中層化とその解消過程. 海岸工学論文集, 55, 1081‐1085.

柳 哲雄（1989）シンポジウム「貧酸素水塊」のまとめ．沿岸海洋研究ノート，26，141‐145.

矢沢敬三・池田文雄（1988）東京湾における低酸素水の分布および，シャコと溶存酸素量との関係．神奈川県水産試験場研究報告，9，95‐100.

平成 26 年度活動報告と東京湾研究会の設立経緯・歴史（構成員の情報共有）

Establishing background of the Tokyo Bay Study Group and annual activity report 2014

山本敏博[*1]・市川忠史[*2+1]

Toshihiro YAMAMOTO[*1]・Tadafumi ICHIKAWA[*2+1]

*1 国立研究開発法人 水産総合研究センター　増養殖研究所　〒238-0316 神奈川県横須賀市長井 6-31-1
E-mail :　toshiy@affrc.go.jp
*2 国立研究開発法人 水産総合研究センター　中央水産研究所　〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4

*1 National Research Institute of Aquaculture,Fisheries Research Agency, 6-31-1 Nagai, Yokosuka, Kanagawa, 238-0316, Japan
*2 National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa-ku, Yokohama, Kanagawa, 236-8648, Japan

はじめに

東京湾研究会は，千葉県水産総合研究センター，東京都島しょ農林水産総合センター，神奈川県水産技術センター，国立研究開発法人水産総合研究センター中央水産研究所，同増養殖研究所，同水産工学研究所で構成され，東京湾に関係する試験研究機関等が連携・協力を深め，また緊密な情報交換を行い，漁業再生に向けた研究開発の充実と推進に資することを目的としている。

本稿は，東京湾研究会の機関構成員の情報共有のために, 1. 平成26年度の活動報告を行うこと，及び 2. 東京湾研究会の設立経緯と歴史の概略を示すことを目的とする。なお，現在の試験研究機関名は沿革によって改称されてきた経緯があることから本稿では，旧組織名称を含めて現千葉県水産総合研究センターを千葉県，現東京都島しょ農林水産総合センターを東京都，現神奈川県水産技術センターを神奈川県，現国立研究開発法人水産総合研究センターを水研センター，現水研センター中央水産研究所を中央水研，現水研センター増養殖研究所を増養殖研，現水研センター水産工学研究所を水工研と統一して表記した。また，所在地のある現在の組織名称を過去に遡って対応させた。

1. 平成 26 年度の活動報告

東京湾研究会は，平成 25 年度末の東京湾研究会で承認を受けた，以下の平成 26 年度の活動方針に従って活動した。

＜活動方針＞「提言[注1]」の深化と具体的な実効あるアクションに向けて，

1) 関係機関との情報交換の場の構築（勉強会・ワークショップの開催）
   ① 水産の情報を整理・提供する場
   ② 東京湾再生･港湾事業等に提示出来る水産の知見の整理
2) 「提言」の宣伝活動の継続（随時）
3) 上記の企画調整のための作業部会（以下，企画作業部会）を設置する

1) 関係機関との情報交換の場の構築

年間 4 回の企画作業部会を通じて,「提言」にある整理表から情報の比較的多いマコガレイ，イシガレイ，クルマエビ，マアナゴ，シャコ，ハマグリ，アサリ，ニホンウナギ，マハゼなどの魚種に絞って，知見の整理を開始した。

2014 年 10 月 20 日に開催された第 3 回企画作業部会で国土交通省国土技術政策総合研究所（以下，国総研），国立研究会開発法人国立環境研究所（以下，国環研）の研究者と情報交換を行った。

現所属[*1]：水産庁　〒100－8907 東京都千代田区霞が関 1-2-1　Fisheries Agency, Japan, 1-2-1 Kasumigaseki, Tokyo, 100-8907, Japan

注 1: 東京湾研究会が取り纏めた「江戸前の復活！東京湾の再生をめざして（http://nria.fra.affrc.go.jp/hakko/Teigen.pdf#search='東京湾+提言+江戸前の復活'）」を「提言」と言う

2014年11月29日三重県総合博物館で開催された「水産海洋地域研究集会 第10回 伊勢・三河湾の環境と漁業を考える –伊勢湾全域のアサリ資源の復活を目指して-」に合わせ，愛知県水産試験場，三重県水産研究所の担当者と東京湾と伊勢・三河湾の両内湾域が抱える諸問題や現状について情報交換を行った。

2) 「提言」の宣伝活動の継続（随時）

2014年10月25〜26日に横浜赤レンガ倉庫で開催された「東京湾大感謝祭（ http://tbsaisei.com/fes/）」に，東京湾研究会のブースを出展した。出展のテーマは「東京湾の漁業と環境」とし，東京湾の漁業や環境の変遷を紹介した。江戸前魚介類であるニホンウナギ，ハマグリ，シラウオ，アユ，シャコ，マアナゴ，アサリなどの活きた仔稚魚や稚貝，及び成魚や幼生の固定標本を展示した。また，実体顕微鏡や拡大鏡を用いて，江戸前魚介類の”うごき”や”かたち”を観察出来る工夫をして好評であった。東京湾研究会の活動内容を紹介する印刷物や，東京湾研究会の構成機関が現在実施している調査に対する協力を依頼する資料を配付した。

3) 上記の企画調整のための作業部会を設置

企画作業部会の委員は以下の8（9）名を選任した（敬称・役職略）。石井光廣・林 俊裕（千葉県），小泉正行（東京都），工藤孝浩・田島良博（神奈川県），清水 学（平成26年10月〜）・市川忠史（〜平成26年9月）（中央水研），渡部諭史・山本敏博（増養殖研）。年度内に4回の企画作業部会を開催した。

2. 東京湾研究会の設立経緯と歴史

〇東京湾検討会について

1980年代に東京湾口のフェリー水温データを共有する目的で，千葉県，神奈川県が情報交換の場を持っていた。後に東京都も参加し，東京湾の水産全般に関わる情報交換の場として「東京湾検討会」が開催されるようになった。東京湾検討会は公的に定められたものではなく，全くの自主運営で各都県が持ち回りで主催していた。水研センターは 1989 年にはオブザーバーとして参加しており，水産試験研究機関だけでなく，都県の環境系研究機関や現在の国環研，大学も参加して研究発表を行うなど盛大であった。1 泊 2 日で開催していた時もある。

〇東京湾研究会の設立まで

2007年2月26日（平成19年2月26日）

千葉県木更津市で開催された第 18 回東京湾検討会で，中央ブロック水産業関係研究開発推進会議[注2] 傘下の研究会として東京湾研究会を立ち上げる発言があった。

2007年3月23日

中央水研の長より一都二県の長に対して，改めて東京湾研究会に対する意見集約を行った結果，一都二県より反対意見は無かった。東京湾検討会は引き続き情報交換の場として残すことになった。

2007年4月以降

東京湾研究会の事務局を中央水研と増養殖研（当時は中央水研の1部）が担当することになり，内部で研究会の進め方について議論した。まずはミニシンポを開催しながら各都県の要望を聞いて方向を探ること，貧酸素問題が課題として大きいことから底魚資源に関わるところから攻めることとなった。

2007年9月11〜12日

千葉県で開催された東海ブロック場長会（全国水産試験場長会 http://www.fishexp.hro.or.jp/cont/jochokai/n0e70g00000002sq.html における海面の1部会）にて，中央水研から東京湾研究会の設立についての趣旨と概要を説明した。東海ブロック場長会での了解を得た後，事務局を中心に東京湾研究会の設立趣旨と内規の原案を作成し，各都県に対して意見を求めた。一都二県からの意見を組み入れ，東京湾のみを対象とした研究会として進むことになる。

注2: 水研センターは、公立試験研究機関との情報交換を密にし、相互の連携強化を図り、水産施策の推進に必要な研究開発を効率的かつ効果的に推進するため、水産業関係研究開発推進会議を開催している。その中にブロック別研究開発推進会議があり、中央ブロック水産業関係研究開発推進会議は、千葉県から鹿児島県にかけての太平洋に面する都県水産試験研究機関が構成機関となり、増養殖研と中央水研が主催している。

2007 年 11 月 12〜13 日

平成 19 年度中央ブロック水産業関係研究開発推進会議の下 3 部合同部会（海洋環境部会・漁業資源部会・資源生産部会（当時は，浅海増殖部会））において東京湾研究会の設立趣旨や内規などについて説明した。東京湾に関係しない他県からなぜ東京湾だけの研究会を立ち上げるのか，といった質問も出たが，東京湾は内湾のモデルケースとして扱う旨の説明を行い，東京湾研究会の設置については了解が得られ，中央ブロック水産業関係研究開発推進会議に上げることとなった。

2007 年 12 月 5〜6 日

平成 19 年度中央ブロック水産業関係研究開発推進会議において東京湾研究会の設置が承認される。この時，水工研も構成機関に加わることになった。

〇東京湾研究会・東京湾検討会の同時開催

2008 年 3 月 14 日

第 1 回 東京湾研究会（於：神奈川県自治会館）前半に東京湾検討会，その後に東京湾研究会を開催した。研究会では東京湾の底魚の現状について国環研の研究者による講演が行われた。東京湾研究会の今後の持ち方や活動方向について意見交換を行う。

2009 年 2 月 20 日

第 2 回 東京湾研究会（於：アジュール竹芝）。この年から，ミニシンポジウム形式となる。テーマはマコガレイ。この年の研究会の発表内容は，「東京湾の漁業と環境　第 1 号」として印刷される。

2010 年 2 月 4 日

第 3 回 東京湾研究会（於：東京湾漁業研究所）。ミニシンポジウムでは愛知県水産試験場の担当者が三河湾の事例を話題提供し，愛知県や三重県からも参加者があった。この年の研究会の発表内容は，「東京湾の漁業と環境　第 2 号」として印刷される。

2011 年 3 月 10 日

第 4 回 東京湾研究会（於：かながわ県民活動サポートセンター）。この年の研究会の発表内容は，「東京湾の漁業と環境　第 3 号」として印刷される。

〇事務局の移行と東京湾検討会の休止，企画作業部会の立ち上げ

2011 年 4 月以降

水研センターの中期計画移行にともない運営要綱などを改訂。新たに増養殖研（中央水研の 1 部が増養殖研へ組織改編されたのに伴う措置）が加わり，事務局も増養殖研に移ることとなる（翌年度は移行期間）。

2011 年 11 月 1 日

第 1 回企画作業部会。開催の趣旨は「東京湾における問題点の整理，研究ニーズ等の情報の集約を進め，東京湾研究会で協議する事項に関して，企画立案および詳細な検討作業を行うため」。また，当時，国総研の存在も大きく，また水産分野だけでは如何ともしがたいという意識が働いていた。

2012 年 3 月 12 日

第 5 回 東京湾研究会（於：アジュール竹芝）。この年の研究会の発表内容は，「東京湾の漁業と環境　第 4 号」として印刷される。この年で，研究会の前に開催していた検討会は幕を閉じた（今後，必要があった場合は開催するという取り決め）。企画作業部会の活動内容を紹介し，提言に向けた作業を開始することになった。また，2012 年度から事務局が増養殖研に完全移行することになった。

2013 年 3 月 13 日

第 6 回 東京湾研究会（於：木更津市民会館）。この年の研究会の発表内容は，「東京湾の漁業と環境　第 5 号」として印刷される。また，「江戸前の復活！東京湾の再生をめざして（提言）」が東京湾研究会で承認される。

2013 年 5 月 31 日

東京湾再生のための行動計画（第二期）（http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TB_Renaissance/action_program_2nd.pdf）策定。

ここに「江戸前」というスローガンが記載される。

2013 年 12 月 11 日

水産海洋地域研究集会　第 1 回東京湾の漁業と

環境　研究集会

「江戸前の復活！--東京湾の再生をめざして--」開催（於：（一財）東京水産振興会）

2014 年 3 月 12 日

第 7 回 東京湾研究会（於:横浜開港記念会館）。この年の研究会の発表内容は,「東京湾の漁業と環境　第 6 号」として印刷される。

2015 年 3 月 12 日

第 8 回 東京湾研究会（於：（一財）東京水産振興会）。この年の研究会の発表内容は,「東京湾の漁業と環境　第 7 号」として印刷予定。

東京湾研究会の印刷物等

東京湾の漁業と環境　第 1～6 号

http://nria.fra.affrc.go.jp/hakko/index.html

江戸前の復活！　-東京湾の再生をめざして-

http://nria.fra.affrc.go.jp/hakko/Teigen.pdf

要 旨

生き物生息場つくり PT のミッション

石井光廣
Mitsuhiro ISHII

千葉県水産総合研究センター　〒295-0024 千葉県南房総市千倉町平磯 2492
E-mail : m.ishi26@pref.chiba.lg.jp
Chiba Prefectural Fisheries Research Center，2492 Chikura-cho Hiraiso，Minamiboso，Chiba 295-0024，Japan

近年，東京湾の再生に向けた様々な活動が見られるようになり, 平成 13 年に決定された都市再生プロジェクトの中で，水質汚濁が慢性化している大都市圏の「海」の再生を図るため，東京湾奥部で関係者が連携して水質を改善するための行動計画を策定することとされた。これを受けて平成 14 年に「東京湾再生推進会議」が設置され,「東京湾再生のための行動計画」が策定された (平成 15 年)。この計画では，底層の溶存酸素量（DO）を指標とし『年間を通して生物が生息できる限度』を具体的な目標とするとされた。さらに，平成 25 年には新たに第二期の計画が策定され,『快適に水遊びができ,「江戸前」をはじめ多くの生物が生息する，親しみやすく美しい「海」を取り戻し，首都圏にふさわしい「東京湾」を創出する』というスローガンが掲げられている。

また，この年には東京湾の改善に向けた活動や行動の輪を広げることを目的に「東京湾再生官民連携フォーラム」が設立された。このフォーラムには特定のテーマについて集中的に議論や行動を行い，東京湾再生会議に対して提言を行うためのプロジェクトチーム（PT）が置かれている。

生き物生息場つくり PT はこの PT の一つであり，そのミッションは,『多様な関係者が連携し，生き物の生息場を創出するアイディアを提案する。また，これらの活動のうち，民が主体的に実施できるものについては，その枠組，メリット（インセンティブ), PR 方策等について整理･検討する』ことであり, 平成 26 年秋に具体的な提案を行うための作業を行っている。この PT のメンバーは，多様なニーズ及びアイディアを抽出するため，研究者，漁業者，NPO，水産，行政等の多様な構成である。

生き物生息場を作る試みが行われる過程では，対象となる生き物の生活史からボトルネックを見つけ，どのような生息場が必要とされるのか，生息場作りには 10 年スケールで実現できる現実的な手法があるのかを整理する必要がある。この生息場作りに当たっては, 利用可能な資源の確保や，環境再生技術があるかどうかの整理も必要になる。さらに，関係者間の合意形成や制度上の調整，予算の確保と企業のインセンティブといった面での検討も必要不可欠である。こうした作業と並行して，官民連携のもとに小規模な実証試験とモニタリングを行い，その結果を示すことで東京湾再生への市民の関心を高めていくことが期待される。

現在検討している主要な課題は,「江戸前」と呼ばれる重要な水産有用種の再興や，生態系の再生に向けた環境再生手法についてであり，水産サイドの役割としては「江戸前」復活のための根拠となる具体的なデータを提供することにある。今回の提案では「江戸前」として重要な魚種のうち，生活史や生態に係る情報量が多いマコガレイを対象とする。これまでに得られた調査結果によれば，産卵場所の底質環境の悪化が資源減少の原因になっており，生活史上のボトルネックになっていると考えられる。このため，産卵場の底質改善を，生き物生息場つくりの一手法として提案する予定である。この底質改善では産卵場の覆砂や盛土などの手法が想定できるが，その成果としてマコガレイの卵からのふ化率向上が見込めるとともに，その他の魚類，底生生物の増加も期待でき，生き物全般の生息場の再生にもつながるものと考えられる。

生き物生息場つくり PT は，今後も「江戸前」をはじめとする多くの生き物のための生息場つくりを進めるため，実現可能な環境改善手法を提案するとともに官民連携の体制作りを進めていく予定である。

要 旨

陸域負荷の影響評価 －メタゲノミクスによる推定－

長井　敏

国立研究開発法人 水産総合研究センター 中央水産研究所 〒236-8648 横浜市金沢区福浦 2-12-4

背景および目的

石西礁湖はわが国で最大規模のサンゴ礁海域であり高い生物多様性を誇っているが，近年，生態系の衰退が顕著になっている。石西礁湖自然再生に向けての鍵となるのは，近年目立って減退しつつある生態系の回復力（レジリエンス）の原因解明，そして，それに基づく有効な再生方策の提言である。石西礁湖及び周辺沿岸海域は,外洋と直接面しており，浮遊幼生期を持つサンゴ礁生物は，異なるサンゴ礁間で互いに生物的に連結している（サンゴ礁間連結性)。しかし，現状では，石垣島等の島嶼部からの陸源負荷に起因すると考えられる周辺沿岸域のサンゴ群集の衰退による供給源（ソース）の幼生供給能力の減退，そして,加入先(シンク)の環境劣化によって，ソースーシンク連結構造がサンゴ群集の維持に十分機能しない状況が現れている。また，一方で，赤土や栄養塩等の負荷物質も同様の連結性によって広域的に運ばれる構造が存在すると考えられる。したがって，環境負荷 - 生態系応答の関係を対象海域全体について明らかにするには，これらの環境ストレスの発生源である島嶼部も含んだ「島嶼ーサンゴ礁ー外洋統合ネットワーク系」として対象を捉え，その実態を解明する必要がある。その中で，石西礁湖内外における島嶼からの陸源負荷が生物多様性・分布密度・種組成に及ぼす影響をメタゲノム解析により明らかにすることを目的とした。

結果および考察

石西礁湖周辺海域における広域多点調査：2013 年 6 月 17，18，21 日（台風の通過後）の 3 回，16 点において広域多点調査を実施した。5 mのホースを用いて鉛直採水し，海水 3 L 中に出現するプランクトンのメタゲノム解析を実施した。生の OTU（Operational Taxonomic Units）数は，3 回の調査で 131－677 の範囲にあった。一方，OTU 数は通常，取得した配列数に依存するので，各サンプルにおける生OTU数と取得NGS数(エラー除去後)の関係を XY プロットしたところ,右上がりの指数曲線に近似した。25,000 配列前後に曲線は横に傾き,石西礁湖周辺海域の海水 3L 中に出現するプランクトンは,約 25,000 配列読めば，だいたい網羅的に検出（600-800 OTUs）できることが示された。また，地点によりプランクトン出現種多様性に差があることが判明した。NMDS プロット解析の結果を見ると，6 月 17，18 日の両日のサンプルは，広範囲かつ混在してプロットされる傾向にあった。一方，台風通過後の 21 日のサンプルは，図右下に比較的集中的にプロットされ，台風通過による海水の擾乱により出現プランクトンの組成が変化かつ均一になったことを示唆する結果を得た。

河川水由来のケイ酸塩を利用して増殖する珪藻は，陸源負荷の起源を推定するのに，最も良い生物群であるため，各サンプルにおける単位配列数あたりの珪藻の配列数を調べると，6 月 17，18，21 日では，いずれも石垣島南部海域の地点で多く，2013 年 6 月における陸源負荷の起源が石垣島周辺，とりわけ南部海域にあることが強く示唆された。以上のように，石西礁湖の周辺海域における陸源負荷の影響について，メタゲノム解析による珪藻を中心とした出現プランクトンの出現特性や多様性の違いから評価することが可能であり，今後，メタゲノム解析の手法が，環境評価に効果的に活用されることを期待したい。

要 旨

東京湾内湾の底質と底生生物について－東京湾内湾西部－

田島良博

神奈川県水産技術センター　〒238-0237 神奈川県三浦市三崎町城ヶ島養老子

東京内湾における神奈川県沿岸の底質および底生生物の現状を把握するため，2009～2011 年度に，東京内湾に設定した合計 26 定点で，底質と底生生物の調査を実施した。

本調査は，各年度に 8～10 点の調査点を設定し，スミス・マッキンタイヤ型採泥器を用いて，夏季と冬季に各 1 回採泥を行い，底質の一般項目（粒度組成，強熱減量，COD，全硫化物）の分析，及び 1 mm のふるいに残留した底生生物の種別個体数及び重量の計数，計量を行った。

底質の評価については，閉鎖性水域の有機汚染の程度を評価する合成指標（水産用水基準）を用い，合成指標と水深との関係を検討した。合成指標では，正の値を汚染された底質，負の値を正常な底質と評価する。

各底質項目の水平分布を見ると，含泥率（粒度組成における粒径 63 μm 未満の重量割合）が 90%を超える海域は，中の瀬西側以北の水深 20m 以深に広く見られ，80%以上の点はさらに南の横浜市金沢区の沖合いまで分布していた。また，COD や全硫化物は，水産用水基準（COD：20mg/g，全硫化物：0.2mg/g）を上回る海域が，含泥率 80%以上の海域と概ね一致した。

底質項目のデータを用いて，クラスター分析を行い，各調査点をグループ化したところ，有機汚染の程度を反映した 3 つのグループに大別できた。各グループの底質項目による合成指標の平均値は，底質の正常なグループでは－1.7 以下，汚染された調査点のグループでは＋2.1 以上を示し，中間のグループはややばらつきが見られるものの，概ね 0 付近の値であった。

底生生物の出現種数と個体数をもとに，多様度指数（H’）を計算し，クラスター分析によるグループごとに平均を求めた。多様度指数の平均は，底質が正常なグループで 4.0（夏）～3.6（冬），汚染された底質のグループで 1.0（夏，冬とも）で，底生生物の多様性は，概ね底質の良否と一致した。

各グループを構成する調査点の水深を見ると，底質の正常なグループは 20 m 以浅に，汚染されたグループは 20 m 以深に分布する傾向が見られ，中間のグループでは 20 m 付近から深い方へ幅広く分布していたことから，水深に対して一定の傾向があると思われ，水深と各調査点の合成指標との関係を検討した。その結果，水深 25～35 m 付近では，合成指標の値が＋3 を超える調査点が多く見られ，0 を下回る点は出現しなかった。30 m 付近からは，水深の増加とともに，合成指標の値が下がる傾向が見られたが，これは湾奥から湾口に向けて底質環境が改善する傾向に対応したものである。また，20 m 前後では，0 付近から－2 をやや下回るところまで広くばらついており，15 m 付近から浅いところでは概ね－2 以下であった。

このことから，本調査の海域では，水深 20 m 付近が底質の良否の境界と考えられ，15 m 以浅の浅海域では，底質，底生生物から見て良好な環境といえる。しかし，25～35 m 付近では，底質の有機汚染は深刻な状況と考えられた。

水深 20 m 付近が良否の境界であることから，横浜市北部や川崎市地先でも，それより浅い場所であれば，周年底生生物の生息が可能であると考えられ，これらの海域における浅場造成が，底質や底生生物相の回復に有効である可能性が示唆された。

要 旨

東京湾内湾の底質と底生生物－東京湾内湾東部－

宇都康行*1・長谷川健一*1・梶山 誠*1・大畑 聡*2

*1 千葉県水産総合研究センター　東京湾漁業研究所　〒293-0042　千葉県富津市小久保 3091
*2 千葉県館山水産事務所　〒294-0045 千葉県館山市北条 402-1

東京湾内湾東部の特徴と調査目的　東京湾の内湾東部は，水深 20m 以浅の海域が広がり，三番瀬や盤洲，富津などの干潟が存在する一方，航路や浚渫による窪地等の深堀部も存在し，海岸線のほとんどが人工護岸に囲まれている。ごく沿岸の浅海域を除く海底には，多くの有機物が堆積し，それらを分解する過程で多くの酸素が消費されやすい。そのため，毎年貧酸素水塊が発生し魚介類に大きな影響を与えているが，具体的な影響については十分に把握できていない。また，底質環境とそこに生息する底生生物の情報も不足している。そこで，湾奥から東部における貧酸素水塊及び底質環境と底生生物の生息状況を明らかにし，さらに底生生物の生息可能水域を推定した。

内湾東部の底質結果　2011～2015 年に湾奥及び東部の海域で、深浅方向 4 ラインを含む計 116 地点において，エクマンバージ採泥器で底泥を採取し，硫化物，COD，強熱減量，含水比，ORP について分析した。調査は貧酸素水塊発生期（7～10 月）と貧酸素水塊解消期（11～6 月）の 2 期に分け実施した。その結果，硫化物，COD，強熱減量はいずれも内湾中央部で高く，湾奥及び東部の沿岸で低い傾向がみられ，特に解消期にその傾向は顕著であった。含水比も同様に内湾中央部は高く底質はシルトで，湾奥と東部の沿岸は低く砂混じりの底質であった。ただ，同じ沿岸でも東部は湾奥に比べ含水比が有意に低く，より砂分に富んだ底質であった。ORP は季節変化が大きく，発生期は一部の浅海域を除く多くの海域で還元的であったが，解消期には東部の沿岸を中心とした広範囲で酸化的であった。このことから，貧酸素水塊の影響を大きく受けていることが示唆された。湾奥と東部の底質の特徴を比較すると，湾奥は軟泥分がやや多くやや還元的で，東部は軟泥分が少なく酸化的な環境といえる。

内湾東部の底生生物出現状況　2011～2015 年に湾奥及び東部の沿岸浅海域において，採泥 27 地点と，底びき網（目合 1.8㎝）26 地点で生物採集調査を実施し，得られた全ての底生生物について解析を行った。底生生物は水深 10m 以浅で多く出現し，湾奥では二枚貝類が，東部では二枚貝類，巻貝類，甲殻類及び多毛類が多くみられた。生物種の出現状況を基に，調査点間の類似度を算出したところ，湾奥と東部は別のグループに区分される可能性が示された。東部では湾奥に比べ，砂質を好む種が多く出現し，この結果は両海域の底質の特徴とも一致した。

底質から推定した底生生物生息可能水域　底質及び底生生物の分析結果から，底質条件によって出現する生物種が異なる可能性が示唆された。そこで，底質項目のうち，含水比（データが無い地点は COD を用いた。）と ORP を指標に，各底質条件から見た主要な底生生物種（水産有用種 7 種，汚濁指標種 6 種）の生息可能水域を推定した。生息可能水域の推定は，貧酸素水塊発生期と解消期の 2 期に分け行った。その結果，アサリやサルボウ，トリガイ等の二枚貝類は，貧酸素水塊発生期であっても，湾奥から東部の沿岸浅海域（10m 以浅）で生息可能であると推定された。これらの海域は，比較的底質が良好で，なおかつ貧酸素水塊の影響を受けにくいためではないかと推測される。

漁場改善に向けて　千葉県ホームページで公開している貧酸素水塊分布予測システムを用いて，各年の貧酸素水塊の継続日数を解析したところ，年によって変動はあるものの，水深 10m 以浅の沿岸浅海域は貧酸素水塊が継続しにくい傾向がみられた。このことから，東部においては，貧酸素水塊の影響軽減を目的とした浅場の造成が，当該海域に対する漁場改善手法として有効と考えられた。

東京湾の研究を振り返って
－東京湾の再生に関係する調査と情報整理－
Looking back the contents of the study in Tokyo Bay
– Research and organizing information related to the reproduction in Tokyo Bay –

小泉正行*
Masayuki　KOIZUMI*

東京都島しょ農林水産総合センター，〒105-0022 東京都港区海岸 2-7-104
Tokyo Metropolitan Island Area Research and Development Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, 2-7-104 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 105-0022, Japan

はじめに

2014 年度の東京湾研究会では，東京湾で取り組んできた研究や思い入れを退職予定者が自由に話せる場を設けていただいた。ところが，東京都内湾は 1963 年と 1968 年の 2 度の協議を経て漁業権を全て放棄している関係上，漁業に直結する研究課題はないため，この類の報告はできない。それよりも，貧酸素化による生物の大量斃死や多様性の低さなど，閉塞状態にある東京都内湾は，一漁業の問題を遥かに超える大きな問題を抱えている。このため，今の東京湾が少しでも健全化するように，問題点や改善点が行政にみえるような調査に取り組んできた。例えば，身近な生物を指標にした生息状況や変動要因，さらに局所的であっても湾奥で生息場の整備を行うことで生物が増殖した成功事例や，生息場の改善イメージ図などである。そこで，今回の報告内容をイメージしてもらいやすいように発表時のスライドをはさんで，調査のねらいや思い出などを自由気ままに紹介する。

いずれにせよ，かつての東京都内湾が想像を遥かに超える“豊饒の海”であったことが忘れ去られ，生産性の極めて低い海と化していることは，食糧の供給面，“江戸前の魚”としての食文化や，憩いの場の喪失などの点から問題が大きい。

調査のねらいとスタンス

冒頭の発表スライドに「大雑把で良いから概要をつかんで再生のメッセージにする≒やっつけ仕事を承知のうえで自分なりのポイントを絞り込む」と敢えて紹介した。これは，東京湾の再生（水質・底質を含む生物の棲処となる生息基盤の建てなおし）を図るためには，関係機関に東京湾の現状を伝え，改善策のヒントにしてもらうことが急務と考えたからである。そして，調査に取り組む際，自然豊かな時代の生物のありようをイメージしたうえで，その中で今何が足りないのか，どこを押さえたら良いのか，雑ではあるがポイントを整理したつもりでいる。このようなスタイルは，自然豊かな田舎で魚や山菜採りに明け暮れた幼少期に“動植物と場の深い関係”を強く感じた直観が良きにつけ悪しきにつけそうさせている。

報告事項

1) 浅場の重要性を伝えるお気に入りの画像

汚濁指標である BOD（生物化学的酸素要求量）は，都市の主要河川では現在 3 mg/L 前後に改善されているが，高度経済成長期の 1960 年代半ばは 50～70 mg/L と高く，とても生物が棲める状態ではなかった（図 10 参照）。その当時，多摩川河口上流 13 km の調布取水堰付近では，鉄橋を渡る電車の窓に風で舞い上がった汚れた泡が張り付き（榎本氏私信），隅

* 平成 27 年 3 月に退職

田川では家庭で使う銅製の鍋が変色した（佐藤氏私信）と聞く。対する内湾は，広大な干潟や浅場が残っていたからこそ，同じ年代であるのに釣り人を乗せた百隻を優に超えるハゼ釣り船が浅場を取り囲む光景がみられ，当時のマハゼ漁獲量はピーク時に 500～600 トンの水揚げを記録する極めて生産性の高い海であった（図 1, 2, 3）。なかでも，泡立つ魚道と浅場を囲むハゼ釣り船の相反する 2 枚の画像から，広大な浅場は漁業と連携して魚介類などの成育機能を何とか維持していたことがうかがえる。まさに，素の状態「温故知新」の筆頭と考え，報告会や学習会では繰り返し活用しているお気に入りの画像である。

図 1 左図：昭和 39 年 10 月調布堰の泡（都水道局より），右図：昭和 34 年 3 月羽田灯台から東京タワーを望む（サンデー毎日，1959 年 3 月 29 日号より引用）.

図 2 昭和 30 年代，湾奥のハゼ釣り船（澤田氏所蔵）

2） メッセージ発信の重要性を意識した多摩川のアユと思い入れ

小笠原と伊豆大島の勤務 16 年を経て，1989 年にはじめての都内勤務。担当業務は，1983 年から多摩川で実施されていた定置網

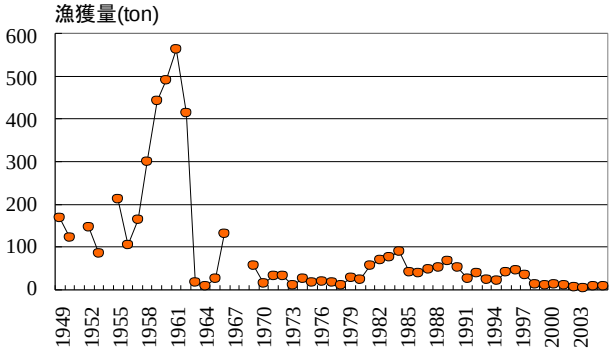


図 3 東京都のマハゼ漁獲量（東京都の水産より）.

によるアユ採捕調査と淡水魚の分布調査（図 4）。4 月下旬に引き継ぎを終え網上げに行くと，袋網には 20～30 尾の稚アユが銀鱗をきらめかせしなやかに動く姿をみた。その瞬間，幼少期の小川ですばしこく逃げまわるアユを必死に追いかけた自分の姿が浮かぶとともに，「都市が滅ぼした川」（加藤，1973）と言われた多摩川に稚アユが遡上する姿が確認でき，とても感動した。そして，この感動が①どの程度のアユが東京湾からのぼってくるのだろうか？②堰をどこまでのぼっていけるのだろうか？知りたい気分にさせた。

幸い①を検討するに当たり，遡上期の稚アユは流れがあれば岸沿いを一気に移動する習性がある（稚アユ採捕業者の奥木氏私信）ことに加え，定置網の設置場所と規模が昔と変わらないことから，定置網設置地点より 7～8 km 下流の同じ左岸に標識アユ（脂ビレの切除）を放流して定置網の採捕率を調べることで遡上数の推定にこぎつけた。その結果，稚アユは 1990 年には 50 数万尾に達することがわかった（小泉，1992）。早速，東京都内水面漁連に報告し，都庁記者クラブでプレス発表も行った。同漁連から建設省京浜河川工事事務所に，稚アユを上流へのぼらせるようにしたい旨の陳情書が提出され，新聞紙上にも稚アユ遡上数が掲載された。これを契機に，建設省が 1992 年から「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」を多摩川から全国にスタートさせたと聞く。シンボリックなアユ

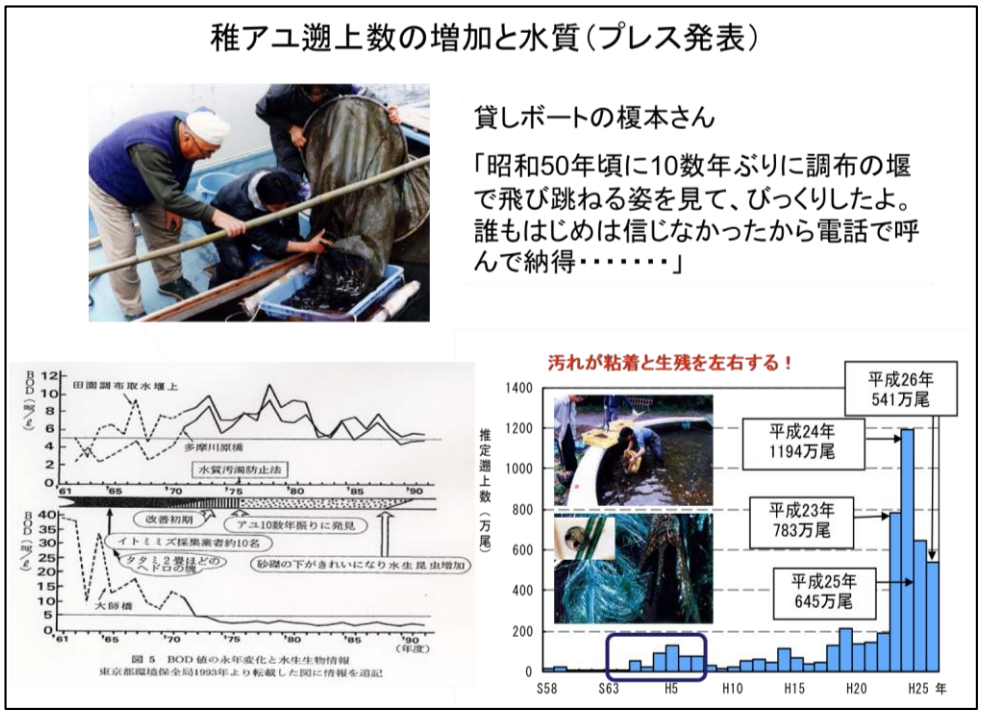


図 4 定置網による稚アユ採捕風景と水質.

であることや，東京で唯一，アユ釣りができる知名度の高い多摩川の力を感じつつ，一般にも捉えやすいメッセージづくりの重要性を強く意識した。なお，排水路と化した現在の河川では，水質が改善されても，瀬や淵など多様な棲み処がないため増殖できない魚も多くみられるが，産卵場が改善されたアユは着実に増加し，現在数百万尾前後の遡上が確認されている（東京都島しょ農林水産総合センターHP 参照）。

次に②を検討するに当たり，アユなどの魚が堰を越えるためには，魚道の良し悪しと魚道直下に魚を誘導する機能を併せもつかどうかに左右される。したがって，横断堰を越える稚アユの数が全体の何パーセントであるのか魚道をメインにした一時的な調査ではわからない。そこで，“アユに直接聞くしか方法はない”との考えで，1992 年より最下流の調布取水堰から標識稚アユを大量に放流し，釣人の再捕協力を得て移動状況を調べることにした（図 5）。ただ当時の入網数は少なく，5,000～6,000 尾の稚アユが入網するのは珍しかったので，このような時にはここぞとばかり卒論の学生 2 名と終電時刻を気にしながら稚ア

図 5 稚アユ標識放流と再捕協力依頼風景.

図 6 標識アユ再捕結果と調査記念バッジ

ユを街灯にかざして，ひたすら無言で脂ビレを切除したのを思い出す。その甲斐あって，最終的には4年間で8.2万尾を放流し，128人の釣人の再捕協力を得て，遡上概要があきらかにできた。青梅市付近の多摩川や支流となる秋川における再捕記録もみられたが，横断堰の観察から予想したとおり，河口より上流22 kmにある2番目の二ケ領宿河原堰下の区間で9割以上が阻まれている（小泉，1993）ことがわかった（図6）。この結果もプレス発表したところ，同堰の改修につながったと聞く（工期1995年10月～1999年3月）。なお，釣人全員に，年ごとに異なる東京都水産試験場のロゴ入り調査記念バッジやネクタイピンと差し替えに，やたら細かくて面倒な記入用紙をお渡しするとともに，標識アユ再捕の中間集約と最終集約の年2回の報告書に，他のアユ調査結果を添えて郵送した。何人かの釣人から，「これまでの1束，2束（1束は100尾）釣りより，標識アユがどこまで上っているのか自分で確かめたくなり，上流へ移動して釣っている」とか，別の何人かは「好きで釣っているアユが研究に役立つとは思いもしなかった。別の楽しみが増えた」とありがたい言葉もいただいた。そして，本土における7年間の研究を中途にして八丈島へ転勤した後も，年賀状を交わしたり，盆と暮れには一升酒が届けられたり，アユ釣り情報が電話で寄せられたりと，調査以外のお付き合いがはじまりとても気持ちが和んだ。全くの余談ではあるが，「会社を休んで釣りに来ていることが家族にばれるとやばいから，資料は絶対，家に送らないでほしい」と言いつつ協力してくれる方もいて，時間的に余裕のある学習会では笑い話のネタにしているが，とても感謝している。

3) 東京のど真ん中を貫流する神田川に戻ったアユ

今から23年前に遡る1992年の晩秋に，神田川で写真を数十年撮り続けている菊地カメラマンから「神田川でアユらしい写真を撮ったので確認して欲しい」との一報が届いた。紛れもなく立派なアユであったが，残念なことに荒川などの近隣の河川で春以降に漁業権放流された稚アユが成長して隅田川経由で紛れ込んだ可能性を完全に否定することができなかった。このため，その答えを翌春の4月に持ち越すことにした。今では特段驚くほどのことでもないようだが，川の再生への関心が高まりつつあった当時は，東京のど真ん中を貫流し，どぶ川のイメージが残る神田川で「清流の女王」と呼ばれるシンボリックなアユがいることは誰にも想像できなかったからである。

いずれにせよ，神田川で天然アユの再遡上を証明することは，自然再生を願って懸命に活動してきた人たちに清流に棲むアユが戻ったメッセージが届けられること，もう一つは水質改善にかかわってきた関係者や関係機関の改善努力を形で示せたからである。

そこで，荒川で稚アユが放流される前の4月半ばまでに，大胆にも採捕イベントのプレス発表を行う計画をたてた。ただ，神田川は少しの雨で一気に増水するし，天候が良くても水温が低下すれば稚アユの遡上行動が鈍くなることから，ギリギリの前日にプレス発表したこともあって，マスコミから予定が狂ったとの苦言もいただいた。それでも在京のマスコミ関係者が高田馬場に近い面影橋付近に100人ほど集まっていただき，カメラは調査服の着替えから歩く姿，投網を打つ瞬間まで，まさに一挙手一投足を撮影していて，当時の関心の高さを実感した瞬間であった（図7）。そして，マスコミ関係者の前で3匹の稚アユを投網で採捕した時はほっとしたのを覚えている。当日のニュース番組での放映や，翌日の朝刊には「神田川に40数年ぶりにアユ戻る」との見出しで一面を飾ることができ，所期の目標が達成できた。なお，神田川は，高度経済成長期の1960年代にBODが70～80 mg/Lもあったが，落合処理場の高度処理水が大量に放流されるようになった1990年代以降に

は 5 mg/L と急速に低下し，その頃に稚アユが遡上したわけである（図 8）。

図 7 神田川の稚アユ採捕イベント風景.

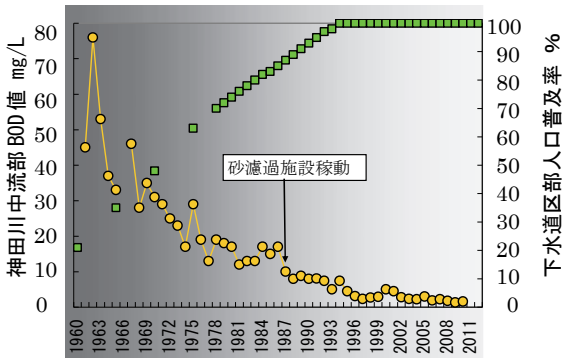


図 8 神田川の水質と下水道普及率．注）●は BOD、■は下水道区部人口普及率．注）砂ろ過施設が稼働したのは 1987 年.

4）“東京湾はアユのゆりかご”説，実証の道半ばにして島へ

流下仔アユは，初期餌料が豊富な汽水域に早期に下ることが生残へ有利に働く。このため，仔アユは干潮域に近い場所で調査するのがベストである。そこで，江戸川と多摩川の感潮域に近い流心部で，丸中ネットによる仔アユの層別採集を 9 月下旬～12 月下旬までの期間に週 2 回のペースで行った。その際，上流で孵化した仔アユが下流にたどり着きやすくなる増水時を優先的に行った。得られた平均採集密度が直線的に変化するものと仮定して欠測日の値を推定したうえで，日々の流水量を掛けて概数を算定したところ，約 3,000～16,000 万尾の仔アユが両河川から流下すると計算された。そして，因みにと断りながら，翌年の両河川における稚アユ遡上数（江戸川は 1993 年に別途明らかにした漁業者の定置網の採捕率 9.6%と漁獲量をもとに尾数換算して推定）から計算した回帰率は数%以上（小泉，1992）になった。

いずれにせよ，東京湾は基本的にコペポーダ類の幼生や，汽水性ツボワムシ類，俗にマリンスノーと言う有機物など初期餌料が豊富なうえ，強い流れで仔アユを逸散させることもなく，同時にイワシ類などのプランクトン捕食性魚種が湾外から大量に入るわけでもない，何拍子も揃った仔アユの格好の棲み処を形成しているから回帰率が高いのではないか？と考え「東京湾はアユのゆりかご」説を描いたことが東京湾との関わりの第一歩であった。

さて，ここまでくると水産業の立場から真の回帰率を明らかにして，その回帰率が高いなら琵琶湖の人工河川方式（滋賀水試，1974）で大量の仔アユを東京湾に下らせアユの資源増大化が図れるのではないかと考え，ALC による仔アユ耳石染色標識放流（塚本，1987）を企てたのが 1994 年であった。多摩川の稚アユ約 3,000 尾を葛飾区水元にあった旧東京都水産試験場の展示用円形水槽まで運んで人工飼育し，成熟を見計らって人工採卵を試みたが，技術不足から初年度は授精卵が得られなかった。そこで，次年度の 1995 年には，川砂利を敷いて成熟アユの自然産卵を促し（小泉，1993），その後流域に設置した人工シュロに卵を付着させて得た供試卵を調布取水堰まで運び，染色を施したあと孵化を確認して数万尾の仔アユを放流した（図 9）。また，東京湾奥の浅場をクローズアップさせるため，灯火方式によるアユの生育場調査を 1995 年冬期に開始させたが，調査開始直後の 1995 年 1 月に突如，担当のアユと淡水魚調査の研究テーマがカットされて八丈島への転勤を余儀なくされた（1996 年にアユのモニタリング

事業が都水産課へ移行し，2013 年に前身の東京都水試で研究が復活）。今なら，川の再生に関わっている〇〇ですとか，〇〇社ですと好感度アップまで便乗できるほどの時代になったが，当時は逆に外圧があったと聞いた。なお，八丈島 8 年の在職中にはトコブシの資源増大化をメインにした岩礁域生物を担当し，4 日に一度ほど潜水できる体制にも恵まれ，東京湾とは真逆の高水温貧栄養化の環境異変によるサンゴの白化，海藻類の亜熱帯種化とテングサ類などの藻類やヒメクボガイなどの衰退及び桟橋延長による生息場の激変を目の当たりにして，環境維持や保全がいかに重要であるか語りつくせないほど貴重な現場経験を積むことができたと解釈している。

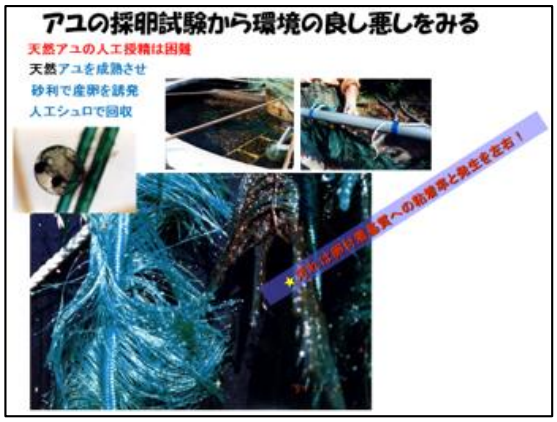


図 9 自然産卵誘発により人工シュロに付着させたアユの卵.

5） 汽水域の水質改善効果をシジミで検証

水産畑にいると，さまざまな生物情報が入ってくる。汽水性ヤマトシジミも同様で，1965 年以降，10 年ほど漁獲がみられなくなった本種であるが，今から 20 年ほど遡る 1995 年には，荒川の潮干狩りが新聞紙面を賑わし，水質改善効果がようやく汽水域に及ぶようになったことがみえてきた。

都市の再生を考える場合，これらの事実を検証して情報の共有化を図ることがモチベーションアップにもつながり重要であるとの考えのもと，東京都環境局の BOD 値と農林水産統計機関の漁獲量とを対比して増減を整理した。その結果，漁獲統計に再掲載されるようになった 1977 年は BOD が 4 mg/L 以下に低下しており，さらに漁獲量が増大した前述の 1995 年は 3 mg/L 以下になった時と重なる。その後も徐々に増加して，ピーク時は 650 トンほどに達しており，余程の大出水や異常渇水がない限り激減するとは考えにくい（図 10）。また，既存漁業が不振となり，シジミ漁を再開させた多摩川も漁獲量が 100 トン台を上回ることがある。荒川で長年“シジミ漁”に従事する小島氏は，水質が改善され底質が良くなったことを増加理由にあげるなど，一連の変化は汽水域まで水質改善効果が現れてきたことを端的に示す事例として繰り返し報告している。なお，漁獲量や水質をモニタリングする機関の努力があればこそ評価ができるわけで，今回のケースに限らず各関係機関による統計値の大切さをしみじみと感じる。行革と称して手当たり次第に定数を削減し，資源が減少したから対象項目からはずすといった誤った考えがこれ以上起きないことを切に願う。

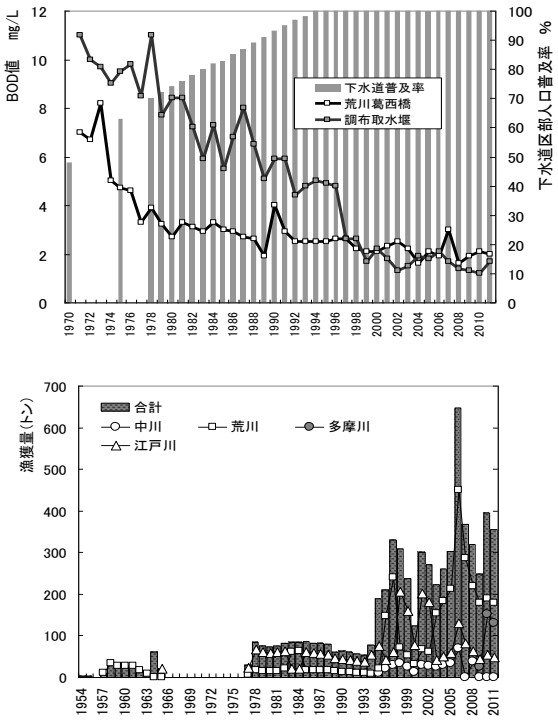


図 10 BOD 値（上図）とヤマトシジミの漁獲量（下図）

6) 東京湾奥の現状をみる
—湾奥に着底した二枚貝が示す今—

東京湾奥の再生をより強力に推進するためには，関係行政機関をはじめ参画する企業，NPO 団体，地域住民などと情報の共有化を図ることが重要であると，2013 年に立ち上がった東京湾再生官民連携フォーラムでうたわれている。

これに関連するものとして，東京湾奥の実態を浮き彫りにするため，移動性が低く夏秋期の厳しい環境下に生息する二枚貝の消長（個体数の変動と成長）を 2011 年から整理してきたところである。

標本は，内湾の 5 地点で月 1 回調査する小型底曳網に入網した草木や貝殻混じりの残渣中に混入する二枚貝で，選別して種類や生死を調べるのに，アルバイトの方に手伝ってもらっても予想外に手間取った。ようやく 5 年間分の二枚貝を一覧表に整理し終えたものの，本報告会前には 3 年間の資料を用いてたった 1 枚のグラフしか作成できなかった。しかし，その一品から春期以降に着底した稚貝が 1 カ月足らずの間にほぼ死滅し，またその場に新規着底貝が現れては，死を繰り返すリセット状態である現実をみせられた（図 11）。河川に関わる NPO 団体の学習会で上記の内容を紹介すると，東京湾奥の夏秋期における厳しさに驚き，「川をもっと綺麗にしないといけないと思った」などの感想をいただくことがある。

7) 覆砂による浅場造成が生物増殖に貢献したお台場の事例

八丈島 8 年の勤務を終えて 2014 年 4 月に 2 度目の都内勤務。同僚の下馬評は復活したアユの研究を任されるだろうとのことであったが，担当は東京湾で唯一，事業化されている内湾生物環境調査であった。しかし普及と称して東京湾全般の調査が不自由？ながら自由にできた。手始めに転勤 2 カ月後の 6 月に足を運ぶことができた現場はお台場海浜公園。干潟に目をやると，潮干狩りの終盤であるのに大勢の人々がアサリをひたすら採っている光景に驚いた。野帳片手に干潟に近づき，もう一方の手を砂中に入れた瞬間，3 cm ほどのアサリ 4～5 個体が指に当たり感動したと同

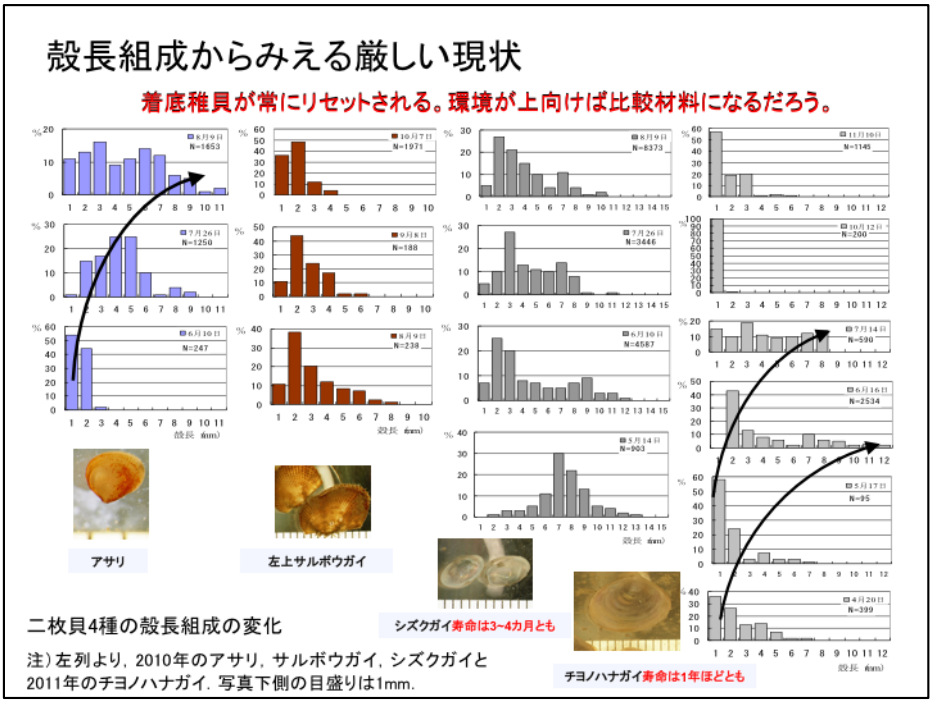


図 11 湾奥に着底した二枚貝 4 種の殻長の推移

時に，春からの収穫量を明らかにして干潟造成のアピール材料にしなければ，この機会を逃したら二度と記録に留めるチャンスはないだろうとの直観が頭をよぎった。数日後に，アサリの収穫量を計測させてもらうと，2 時間ほどで 3～16 kg のアサリを採っていた。余談だが，手に持つ台秤に気付いた方に「お金を取るのか」と聞かれたが，お金は取らないけど東京湾をよくするためにアサリをどんどん採ってくださいと話したのを思い出す。そのリピーターから一般客の持ち帰り量も参考に聞くと，均して 4～5 kg/人が妥当な数字と判断された。その脇で，自転車に大型の米袋一杯（30 kg 以上か？）のアサリを荷台にくくりつけて走り去るセミプロもみることができ驚いた。幸い，干潟の一角で大規模な浄化試験を行う東京都の機関が，水遊びだけの人と潮干狩り客を区別して記録していたので記録簿を拝借し，4 月 19 日～6 月 18 日の期間中だけで延べ 4,029 人が潮干狩りをしていたことがわかった。その結果，先の平均収穫量を掛けて，450 m ほどの南北ゾーンだけで 16～20 トンほどのアサリが収穫されたことが推定できた。そうなると現存量が知りたくなり，平均的な場所を選んだうえで，岸と直角にラインを張って最大干潮より 40 m 沖まで 59 カ所の枠取調査を 3 日間かけて行うことに。その結果，3 cm 以上の収穫サイズのアサリの現存量は 2.1～2.4 トンと推定でき，20 トンほどの生産力であることがわかり，干潟再生のアピール材料としてあちこちの場で報告を行ってきたところである（図 12）。

なお，この覆砂効果をより的確に把握する課題を残していたが，一人潜水が禁止になってからしばらく潜水ができなかったお台場で，2014 年 10 月に念願かないダイバー1 名を雇うことができ，底質とあわせて二枚貝の分布調査がやっとできた。その結果，覆砂の影響が及ばない全硫化物（TS mg/ g 乾燥泥）と泥分率が高く，酸化還元電位が低い地点では二枚貝は全くみられず，これとは逆に覆砂の影響が残る地点ではアサリやシオフキなどの二枚貝数種が分布し，その中間域のやや還元的な地点では硫化物耐性の強い大型のホンビノス

図 12 お台場の潮干狩り風景とライン調査．ライン調査図の縦軸と横軸の交点を起点として，縦軸は AP0m地点からの高さと深さ．横軸は左が岸側，右が沖側の距離を表す．円の大きさは個体数の規模を表す．

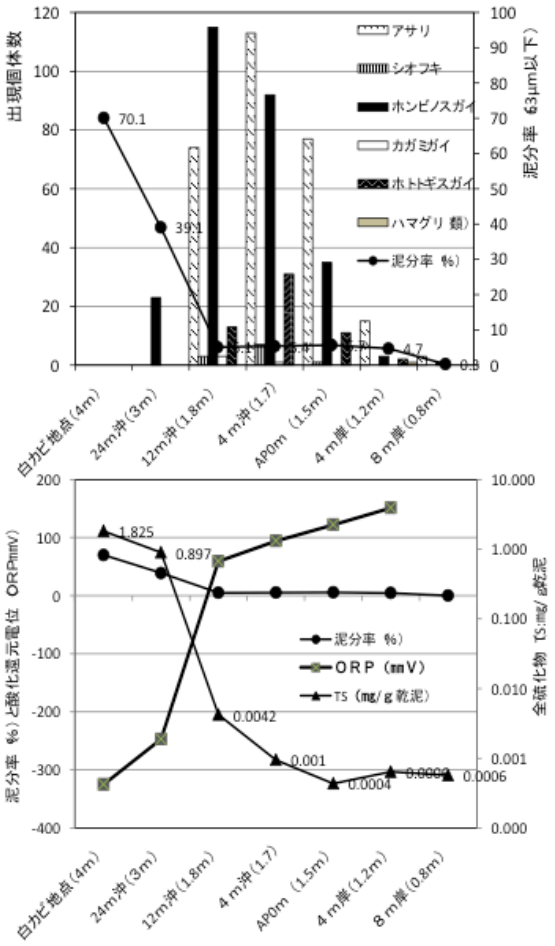


図 13 お台場における二枚貝の分布と底質

ガイにほぼ限られ，1 mm 目合の篩上にホンビノスガイの稚貝は残らなかった（図 13）。なお，同地点では大型のホンビノスガイは 3 m ほどの水深で帯状に分布しており，還元層が浅場にみられる京浜運河の干潟での分布とは異なっていた。いずれにせよ，覆砂によって底質が大幅に改善された当該水域は，1996 年に干潟が完成しており 19 年の歳月が経ってもほぼ維持されているといえる。

8) お台場におけるアマモ移植試験から得たもの

事業化には至たらなかったものの，アマモが注目された 2004 年から 2006 年までの 3 年間，アマモ移植試験を実施することになった。アマモの全容を把握するために，あえて夏期から晩秋にかけて株移植（小泉，2006）する一方，花枝から種を採取して，透明度がよくなる冬期に播種試験（小泉，2007）も併せて行った。予想どおり植物プランクトンが発生し透明度が低下する 4 月以降に毎年，衰退した。しかし，この間，繁茂期の葉上にはオオワレカラが気分が悪くなるほど蝟集するケースや，ギンポやメバル類などの稚幼魚が集まる様子が観察できた。このほか，夏期に移植したアマモにはムラサキイガイやフジツボ類が全面を覆い光合成が遮断される負の連鎖をみた（図 14）。しかし，それよりも得られるものが幾つかあった。それは，作業や観察のため月 3 回ほど潜水し，残りのエアーを使い切るまで周辺域を観察していたところ，2004 年の夏期にはアサリの分布密度が最も高い AP 0 m 付近から岸と平行にアカエイがすり鉢状の孔を堀りはじめ，10 日ほどで田畑をクワで耕したように一面が凸凹状態なるのをみることができた。後日潜水すると，次に分布密度の高い岸側にかけて凸凹ができるなど，貪食さに驚いた。さらに，遺伝子研究を実施する北田先生から依頼されていたアサリの標本採取が 11 月になる頃には容易でなくなくなるほど，アカエイのすさまじさを知ることができた。また，2006 年 9 月には，前述した硫化物耐性の強い大型のホンビノスガイの斃死個体が，底泥上に増殖する嫌気性細菌と考えられる白い膜状付近に散見され，その周りには衰弱して水管が布切れのように薄くなった個体が観察された（図 15）。これに対し，10 数 m ほどしか離れていない岸側の泥分率の低い浅場ではアサリの斃死がみられないことから，貧酸素水よりも硫化水素などの生成に着目する必要を教えられた光景であった。なお，DO と硫化水素との関係をみるための測定を計画したが，測定技術がないため重要と思いつつあきらめた課題である。このほか，2004 年 11 月に移植アマモの傍で在来のモクズガニよりスマートな上海ガニ（チュウゴクモクズガニ）2 個体が採取できたが，なぜこの場にいたのか理由は明らかにできなかった

図 14 光合成を絶たれたアマモ．茶褐色の赤潮状態の海水．右下はフジツボ類の付着した草体．

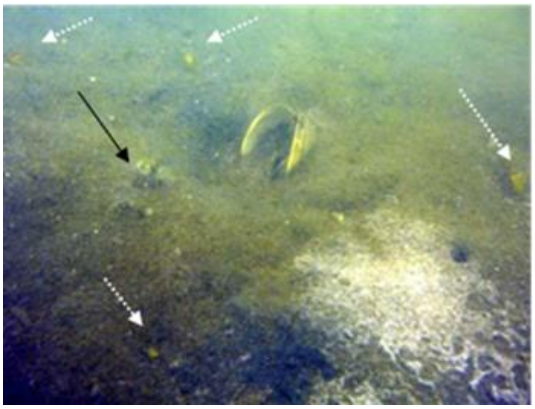


図 15 白い菌膜とホンビノスガイの斃死．白矢印は黄色化した水管、黒矢印は元気な個体の水管．

ものの日本初記録であることを甲殻類が専門の武田先生にお聞きしとても驚いた（図 16）。トピックスとして東京新聞の正月号に掲載されたところ，1 月には 38 件もの取材が集中し，電話中にさらに 2 本の電話が入ったり，お台場に何度も同行したりと，仕事をすることができないほどの盛り上がりをみせた。環境省が特定外来生物の整理をしており，ブラックバス（オオクチバス）よりも甚大な被害を及ぼす生物であるとともに，中国料理の目玉でもあることが格好のネタになったからと思われる。なお，これも余談だが，東邦大学の風呂田教室にお邪魔した際に，たまたまお会いした環境省の関係者から，「特定外来生物の整理中にお台場で上海ガニが捕れたからもう大変だったんだから・・・・」との話もお聞きした。

図 16 お台場で採取したチュウゴクモクズガニ

9） 8 年ぶりに実現したアユの生育場調査

2004 年に東京湾を担当したことで，アユ調査研究の一環として計画されたシラスアユ調査を任されたのが 2004 年。調査は，2007 年までの 3 年間，地曳網や層別採集ができるソリネットを用いて，東京湾岸，運河内および河口域の波打ち際や前面の深場（水深 4～8 m），埋立地の垂直護岸など性状の異なる様々な場所で，晩秋から春まで行った（小泉，2011）。その結果，アユは東京湾に面する干潟などの波打ち際が突出して高いことをデータであらわすことができた（図 17，18）。なお，3 カ年のなかで，アユの採集密度が最も高かった 2007 年 12 月のお台場海浜公園の波打ち際では，海水 1,000 トン当たりに換算して 16,336 個体のシラスアユが採集されたが，その数 10 m 沖の中・底層では全く採集できなかった。このことから，浅場はシラスアユに格好の棲み処を提供しているといえ，二枚貝やハゼ類，カレイ類などの稚魚だけが活用するのではなく，アユの“ゆりかご”として重要であることを学習会では説明する材料にしているものである。

10）土砂の仮置き場，通称“大沖土捨場”
― 砂泥の回廊 ―

2008 年 11 月に国土技術政策総合研究所から「場の理解と生き物の住み処づくり」を第 9 回東京湾シンポジウムで開催するにあたり話題提供をお願いされたものの，お台場の人工造成干潟における浅場造成効果やシラスアユの浅場利用程度の話題しかなく，報告するにしても納得がいくものではなかった。そこで，東京湾が埋め立てられる前の漁場を知る 80 歳代の漁業者 2 名から，魚介類が多獲され

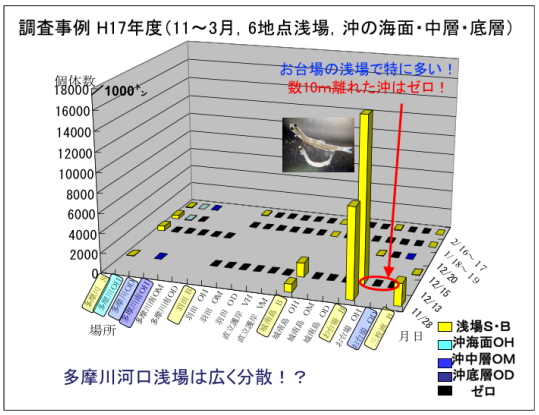


図 17 シラスアユの地点別・調査時期別・分布密度.

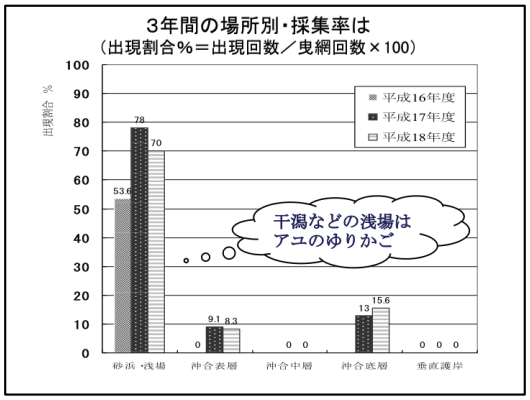


図 18 シラスアユの地点別・採集率.

た場所の特徴を聞き取っていくと,「東京オリンピックに向けて工事を進める際に出た浚渫土砂の仮置き場が良かった。海水混じりの土砂が海面すれすれに投棄された場所でマハゼ，カレイ，シロギス，ガザミなどの魚がいっぱい獲れた。相当濁っていたけれど，ハゼなんか朝の 1 時間で 4～5 貫獲っても次の日にはまた湧いてきた」との話にたどり着いた。これは島しょの岩礁域でも岩盤が突き出るような変化に富むところに魚やプランクトンが集まるのと共通しており，とても納得がいく情報であった。これらをもとにして東京湾での一歩を進めるための方策として，他の情報も取り入れて描いたのが“砂泥の回廊”（小泉，2009）である（図 19）。現在の東京湾奥は海底が平坦な軟泥であるため，夏秋期の貧酸素化によりハゼ科魚類や二枚貝などの生物が大量死するケースがみられるが，①移動性の低い底生生物を貧酸素水塊から回避させ，二枚貝の種場とする一方，②富栄養化した東京湾で夏秋期に形成される表層の過飽和酸素水と底層の貧酸素水との鉛直混合少しでも促して貧酸素化の軽減を図ることをイメージしたもので，今の羽田国際空港 C 滑走路と陸域との緩衝地帯に複数の海底の山を試験的に造成できればとの思いでいる。なお，2008 年の東京都内湾漁業再生協議会の場でも提案し，漁業者から了解を得ているものである。

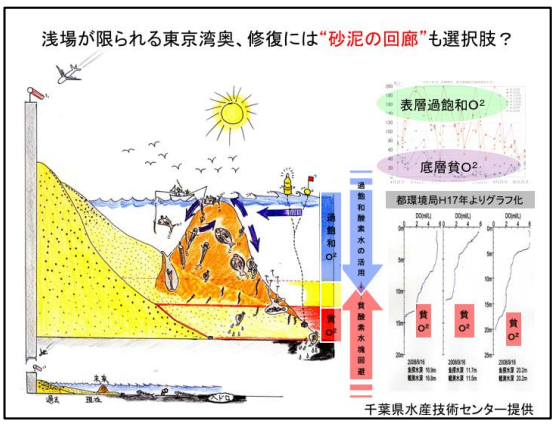


図 19 砂浜の回廊のイメージ図．右上は表層の過飽和酸素水，底層の貧酸素水を表す．

おわりに

内湾や沿岸域は新鮮な食糧を常に提供し続けてくれた大切な海である。温故知新，その東京湾に感謝するためにも，東京湾再生の強力な施策が展開されることを期待したい。

最後に，多くの方に支えられて楽しく調査できたのは幸せだったが，心残りもある。幾つかあげると①流下仔アユやシラス期のアユが育つ低水温期におけるプランクトン食性魚の動き（＝湾奥の浅場はアユが育つのに危険性が極めて低いのか？）②マハゼの産卵場における荒廃状況（＝木くずなどが砂泥中に埋もれて阻害しているのでは？堆積泥が多くなったのではないか？など）③仔アユの真の回帰率④河川敷に生える草木や蔓を活用した超がつくほど簡単な簡易魚道試験などである。

引用文献

加藤 辿，1973：都市が滅ぼした川，中央公論社 325.

小泉正行，1992：両側回遊するアユの回帰率推定の試み，水産海洋研究. 60，277-282.

滋賀県水産試験場研究報告，1974：人工河川における資源の増殖効果に関する調査報告書，25，1-78.

小泉正行，1995：1992～1995 年にかけて行った標識アユの追跡調査からみる堰の阻害状況と改善策，東京都水産試験場平成 7 年事業成果速報.

塚本勝巳，1987：魚卵・稚仔魚の耳石標識法，海洋と生物，49（9-2）103-105.

小泉正行，1992：水草や砂礫上に卵を産みつける魚類の自然産卵誘発試験と産卵基質の重要性について，東京都水産試験場平成 5 年度事業成果速報，145.

小泉正行，2006：2004～2006 年にお台場海浜公園に移植したアマモの移植結果と問題点，東京都島しょ農林水産総合センター平成 18 年事業成果速報.

小泉正行，2007：2006～2007 年お台場海浜

公園におけるアマモ移植試験結果，東京都島しょ農林水産総合センター平成 19 年事業成果速報.

小泉正行，2011：東京湾奥におけるアユ仔稚魚の分布と遡上, 海洋と生物 197, 33(6) 31-37.

小泉正行，2009：浅場生息場の復元“砂泥の回廊”に関する提案．東京都島しょ農林水産総合センター平成 20 年事業成果速報.

東京湾の研究を振り返って
－江戸前の復活とは－

Review of our research efforts on the restoration of fisheries resources in Tokyo Bay
– Where is the blue bird for Edo-Mae fishery stocks ? –

鳥羽光晴*
Mitsuharu TOBA*

千葉県水産総合研究センター東京湾漁業研究所　〒293-0042 千葉県富津市小久保 3091
Tokyo Bay Fisheries Laboratory, Chiba Prefectural Fisheries Research Center.
Kokubo 3091, Futtsu, Chiba 293-0042, Japan

2013 年 3 月，東京湾研究会は東京湾の水産資源の復活を目指して「江戸前の復活！東京湾の再生をめざして」と題する提言を発表した（東京湾研究会 2013）。東京湾の水産資源の低迷は東京湾研究会の設立の基本的な背景であり，その資源の回復は東京湾研究会の活動の延長線上に当然掲げられるべき最も大きな課題である。本報告では，東京湾研究会の今後の活動への期待を，水産資源の一つであるアサリの復活に関係した著者の経験とともにまとめた。

アサリ資源全国協議会

－現状の整理も，改善の方向性も，課題抽出も，手段選択も，役割分担も間違いないと考えていた。しかし，いざやってみると現実は考えていた方向には動かなかった－。

本稿の冒頭でアサリ資源全国協議会（以降，協議会という）のこれまでの活動を取り上げたい。以下ではその活動が失敗であったとする記述になる。しかし，これまで関係者の中でその活動の成否を問う総括的な議論はされていないし，一関係者に過ぎなかった著者がここでその活動を評価できるものでもない。本稿の目的は，「江戸前の復活」のための道筋を考えることである。そのために，水産資源の復活を目指した活動の先輩である同協議会の動きを自らの言動を含めて批判的に見つつ，東京湾研究会の今後を考える材料にしたい。

協議会の設立　1980 年代後半以降，わが国のアサリ漁獲量は大きく減少し，2000 年の漁獲量は約 4 万トンで，最盛期の 1/3 以下になっていた（図 1）。漁業現場からは関係自治体の行政機関や研究機関に対して減少原因の早期究明と資源回復策の立案，実施が強く求められていた。これを受けて，2002 年に全国水産試験場長会から水産庁に対して，「アサリ研究に関する全国的な連絡会議の設置及び運営」の要望が出され，2003 年にアサリ資源全国協議会が設立された（富塚 2004）。協議会の中心メンバーは（独）水産総合研究センターと関係県の水産試験場等の専門家であり，水産庁と（独）水産総合研究センターが事務局となった。第 1 期（2003～2005 年）の協議会の目的は，「アサ

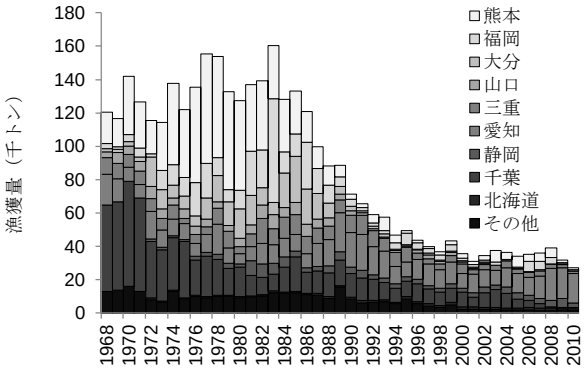


図 1　主要道県別のアサリ漁獲量の変化.

現所属*: 東京海洋大学産学・地域連携機構，〒108–8477 東京都港区港南 4-5-7，E-mail : mtoba00（ゼロゼロ）@kaiyodai.ac.jp
Present affiliation : Office of Liaison and Cooperative Research, Tokyo University of Marine Science and Technology, Konan 4-5-7, Minato, Tokyo 108-8477, Japan

リ資源の維持・管理等の方策等の提案」であった。

協議会による整理　当時協議会に参加した専門家の共通認識は，全国のアサリ漁獲量が減少しているということであった。当然の認識ではあるが，極端にいえばそれだけでしかなかった。アサリの資源は海域ごとに独立したアサリ個体群によって構成されており，それぞれの海域の個体群の生態，それを取り巻く環境，そしてそれを利用している漁業の形態は地域性が強く多様である。そのため，専門家といってもそれぞれの取り扱っている海域における専門

表１ アサリ重要課題の整理表

課題・問題点		工程	区分	主体	具体的課題の例
場の造成・維持と再生産の健全性の確保	親貝場（卵供給の確保）	A, I	1	1	産卵量の確保
			1	1	親貝の成長と生き残りの確保
			2, 3	2, 3	禁漁区設定
			1	1	土木工学的造成手法
	着底場（稚貝発生の確保）	B, C	1	1	幼生の確保
			1	1	着底稚貝の確保
			1	1	初期成長の確保と向上
			1	1	初期減耗の軽減
			2, 3	2, 3	禁漁区設定
			1	1	土木工学的造成手法
	親貝場と着底場のネットワーク機能確保	I	1	1	場の配置手法
			1	1	海域の必要資源量の評価
			1	1	土木工学的造成手法
	生育場（成貝までの生育機能の確保）	G, I	1	1	成長の確保と向上
			1	1	減耗の軽減
			1	1	土木工学的造成手法
	場の機能維持	I	1	1, 3	底質改変手法
			1	1, 2	水質改変手法
			1	1, 2	流動改変手法
種苗移植と保護育成	未利用天然稚貝の利用	E, H	1	1	採取方法
			1	1	輸送方法
			1	1	撒きつけ方法
	人工種苗	D, H	1	1	中間育成技術
	移殖手法	F	1, 3	1, 3	病気等の持ち込み防止
			1	1	遺伝的かく乱の再生産への影響評価
	保護育成	G	1	1	食害防止手法
			1	1	分散防止手法
大量死亡対策	食害	I	1,3	1,3	エイ類
			1,3	1,3	ツメタガイ類・ヒトデ類・キセワタガイ等
			1,3	1,3	鳥類
	迷惑生物	I	3	3	スナモグリ、ホトトギス等
			3	3	アオサ、オゴノリ等
	貧酸素	I	1	1, 2	予測・警報システム
			1,3	1, 3	防御軽減対策
	冬季減耗	I	3	3	波浪抑制
資源管理と調査研究技術	資源管理手法の普及		1	1, 2	漁業者用アサリ資源管理マニュアル
			3	2	普及員の技術向上
	調査研究技術の普及		1	1, 2	アサリ調査研究マニュアル
			1	1, 2	分析・解析手法向上
	調査研究技術の高度化		1	1	資源の健全性評価手法
			1	1	資源量予測手法
			1	1	漁場評価手法

工　　程　A 産卵親貝の確保，B 着底期幼生の確保，C 稚貝発生の促進，D 人工種苗生産，E 未利用稚貝の有効利用，F 流通種苗利用の高度化，G 保護育成，H 漁場生産力の確保，I 漁場管理
対応区分　1 研究開発，2 現場実施・事業展開，3 普及指導
主　　体　1 研究，2 行政，3 漁業者

家という側面が強かった。

国産アサリの資源回復策を考案し，実施するためにはそのための手順書，ロードマップが必要である。ロードマップは基本的には，現状の把握，課題・問題の抽出整理と優先順位の付与，対応策の立案，役割分担，実施，という流れを持つ。協議会ではその第一歩である現状把握と整理の議論に最も多くの時間を割いた。海域ごとの専門家たちに全国のアサリ資源に対する共通認識を深めてもらうためである。そして1年以上の議論を重ねた結果，第1期の取りまとめとして生まれたのが，「提言－国産アサリの復活に向けて」という小冊子であった（アサリ資源全国協議会提言検討委員会ほか 2006，町口 2006）。

提示された対応策は技術領域ごとに，場の造成と維持，移植と保護，大量死亡対策，資源管理と調査研究技術に4区分され，適用技術の開発レベルとして1研究開発，2普及指導，3現場実施・事業展開の3段階に，また実施主体（役割分担）として1研究，2行政，3漁業者・普及の3者に区分された（表1）。

協議会の活動と結果　第2期（2006～2009年）は提言に基づいたアサリ資源回復策の実施である。しかし，協議会自身は資源回復のための事業や研究開発の予算は持たず，実施主体ではない。協議会の活動は，計画中あるいは実施中の事業や研究開発が効率良く進捗し，多くの良好な成果が得られるように側面支援することであった。協議会内に新たに設けられた「企画会議」は，そのためのいくつもの活動項目を設定した。それらは，Aアサリ・干潟関係研究のモニタリングと助言，B現場への研究情報の普及と意見交換，C新たな研究課題要素の提案，D調査研究手法の充実，Eその他イベント，などである（表2）。

Aでは水産庁内4課が所管するアサリ・干潟関連の調査研究事業の合同設計会議と合同報告会の開催を提案した。これらの合同会議による研究開発のモニタリングは協議会が最も力を入れた活動の一つである。合同会議に際しては，調査研究事業の実施主体に対し共通様式での目的，方法，結果の提示を求め，会議での説明を受けて成果を確認するとともに改善点等を提案した。そして，当年度の各事業による課題解決の進展状況を，「提言」の課題整理表を下敷きにした「進展チェック表」に反映させ，次年度への参考とした。合同会議は，事業実施主体にとって資料作成の負担が増し，研究管理的な提案，助言が多くなったという批判があっ

表2　第2期アサリ資源全国協議会の活動項目

項　目	具 体 例
A アサリ・干潟関係研究のモニタリングと助言	・合同設計会議・合同報告会（水産庁4課主催） ・課題進展チェック表
B 現場への研究情報の普及と意見交換	・現地検討会（大分，熊本，愛知，宮城，三重，静岡，・・） ・シンポジウム（資源管理，増殖手法，食害，・・・）
C 新たな研究課題要素の提案	・新規研究時事業企画提案 「アサリ稚貝好適環境評価手法開発」 「アサリ稚貝の定着を促進する海底境界層の物理環境の解明」 「新たなノリ色落ち対策手法開発（二枚貝増殖手法開発）」 ・・・・・・・・・・・
D 調査研究手法の充実	・調査手法研修会（物理環境計測手法，調査計画法・解析法） ・貝類調査サンプルの統計解析研修会
E その他	・アサリ国際シンポジウム

たが, 研究デザインや手法選択の効率性が高まったことは確かであり，何よりも行政，研究，団体, 企業を含めて全国的な情報交換網が太く大きく広がった。

B では最新の漁業現場の状況と課題を把握することと, その状況と課題に応じた情報交換を広く行うため, 全国各地（大分, 熊本, 愛知, 宮城，三重，静岡，千葉，ほか）で現地検討会（漁場見学）とそれら各地の課題を取り上げたシンポジウム（事例紹介，漁業者との意見交換など）を開催した。また，C では A と B からの情報をもとに, 次に実施すべき研究内容や事業内容を整理し, 新規の事業提案を考えている関係県，水研，関係団体等への参考とした。さらに D では各種の研修会, E では国際シンポジウムなどを企画した。

協議会はアサリ資源回復のためのシンクタンクであろうとし，いくつもの制約（予算がない，研究者が主体，メンバーは協議会活動に対する特定の義務はないボランティア，など）がありながらも, 現場でアサリの資源回復に取り組んでいる人々に役立ちそうなことを考えようとした。

アサリ協議会は第 3 期（2010〜2012）まで継続した。しかしながら，上のような努力にもかかわらず, 2010 年のアサリ漁獲量は約 2.7 万トンであった。つまり，協議会設立以降もアサリ資源はさらに減少して回復の兆しは見られなかった。アサリ協議会の活動の成果は見られなかったのである。

協議会の評価と反省　なぜアサリ協議会の活動はアサリ資源の増加につながらなかったのか？そこには本質的な読み違い, 誤りがあったように思う。

最も重要で当然のことは，事業実施能力（予算等）のないアサリ協議会が「アサリ資源の復活」を活動目標に掲げたことである（いつの間にか目標になってしまった感があるが）。もし，目標を，例えば，全国的な連絡会議による「資源回復に向けた技術情報の高度化と平準化」としたならば, その目標は十分に達成できたことになっただろう。

しかし, 今ここでは協議会自身の失敗は重要ではない。協議会が描いたロードマップがそのままに動かなかったことこそ重要なのである。今考えるとその原因は情勢判断の甘さと課題設定の曖昧さにあったように思う。

1．情勢判断の甘さ　これには二つの問題があった。一つは目的の設定と方法の決定におけるあいまいさあるいは混乱である。アサリの稚貝発生の促進のために覆砂や構造物の設置などを行うことがある。その行為自体は実施場所のアサリ稚貝密度を増やすことが目的であるはずだが, ややもするとそれが成功したときにはそのまま海域資源の増加につながっていくような漠然とした認識があったと思う。事実, 海域資源の増加を標榜した現場事業も少なからずあった。すなわち，特定の場所でのアサリの分布密度の増加や生き残りの向上と, アサリ海域資源の増加あるいは復活との区分が不明瞭であり, いつの間にかそれらを同一視するようになっていた。両者の差異は目的とするアサリ群の空間的（≒量的）の規模の差異であり，たとえある場所でアサリ群を増加させることができた手法であっても, 海域資源の増加を対象とする場合にははるかに大規模な適用が必要となるだろう。ここで言う一つ目の問題とはすなわち問題の規模と手法の規模の齟齬である。

もう一つは, 資源を減少させた要因と資源を増加させようとする手法の整合性のあいまいさである。資源減少の原因と指摘された要因は多様であるが, それらの要因の多くに関してその要因がアサリの海域資源に与える影響の大きさは定量的に評価されていない。たとえば, 東京湾ではアサリ資源を減少させる問題として青潮，冬季の波浪減耗，カイヤドリウミグモの寄生などが挙げられているが, どの要因の影響が最も大きいのか明確にはされていない。伊勢湾における貧酸素，河川出水，波浪減耗，周

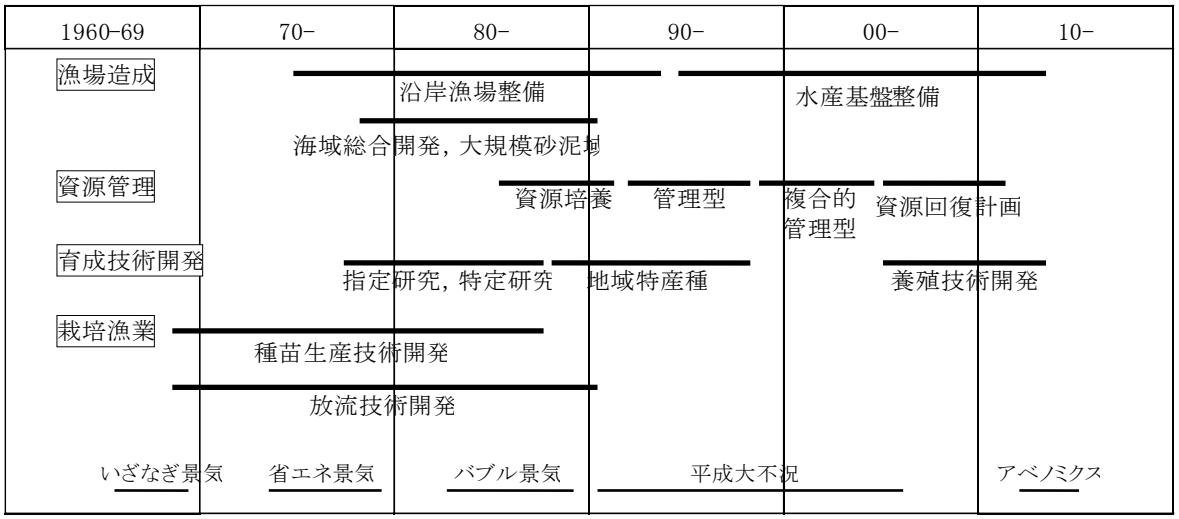
防灘における栄養塩不足，ナルトビエイの食害，波浪減耗なども同様であろう。ある海域でアサリ資源の増加のためにある手法を講じようとするとき，その手法はどの減耗要因の悪影響を改善しようとするものなのか，そしてその手法が成功したときアサリ資源に意味のある増加をもたらすことができるのか，できない場合にはその手法をどのように変えていくのか・・，といった手順を可能な限り具体的に考えておく必要がある。特定の減耗要因に対応する手法ではないとしても，もし試行的に成功した場合には同様の手順の想定が必要であろう。いずれにしても，試行的に成功した手法の拡大展開が資源の増加につながるかどうかの見通しが必要である。ある手法によってある減耗要因の改善に成功したとしても，それを上回るスケールの別の減耗要因が働き続けている場合にはその手法の適用が意味をなさない場合がある。これは問題の本質と手法の作用範囲の齟齬である。

２．課題設定の曖昧さ　前述のとおり協議会は表１の通りの課題を掲げた。そして，合同報告会等を通してそれらの課題に対応する研究開発あるいは現場事業などがその年にどの程度進展したのかを評価し，年度末に「進展チェック表」に集約した。年ごとに実施される関係事業は多様で数も多いため，それらをすべてモニタリングして一つ一つ対応する課題に対する貢献度を評価していくことは作業負担が大きかった。しかし，このような作業を通しても進展度，改善度を的確に評価することはできなかった。「進展チェック表」はその年に実施した様々な事業，取り組みの内容の羅列に終始したのである。ゆえに，掲げた課題がその年の取り組みによってどの程度改善したのかという定量的な評価ができず，結果として自分たちがアサリ資源回復の道筋のどこにいるのかという見定めができなかった。この原因は課題設定の曖昧さにあったと考える。問題解決の進行管理を的確に行い，確実に効率的に目標に近づいていくためには，課題は明確で具体的で，そして達成可能でなければならない。そのためには表１の課題は，個別の研究開発あるいは現場事業が対応しようとする課題と同レベルまでさらに細分化しておく必要があった。つまり，表１に掲げた課題は本来あるべき個別課題のいわば集合体であり，そのままでは進展度を評価できないのである。

具体的に言えば，「場の造成と維持－着底場－着底稚貝の確保」は，例えばさらに，着底促進のために講じたある手法によって増加した着底稚貝の定量的評価，異なる手法間の有効性の比較，手法の改善あるいは組み合わせによる着底促進効果の向上の評価，などいくつもの部分課題に分けられる。個別の研究課題，事業課題に対応させれば，おそらくそれらはさらに細分化されるだろう。そうすることによって初めて，実施した研究事業，現場事業の貢献度が評価できる。ところが一方では，このような細分化，具体化を続ければ課題は果てしなく広がってしまい，最終目標との距離が測り知れなくなる感があるかも知れない。しかしながら，我々が一つの事業で取り組むことができる範囲（課題）は小さく，それに対し目標であるアサリ資源の回復という目標ははるかに大きい。最終目標に近づいていくためにはこれら両者をどこかで結びつけておかなければならない。ここで言う課題の細分化，具体化はその方法の一つである。これ以外にも両者を結びつけるためのさらに効率的な方法があるかもしれない。それを議論し，発見していくことが大切である。繰り返すが，課題は明確で，具体的で，達成可能でなければならない。

３．求心力　さらにもう一つ，どうしても付け加えておかなければならないことがある。それは，組織疲労，いわゆるマンネリ化による協議会活動自体の活力低下である。我々の掲げたアサリ資源の回復という目標は大きい（これは取り組んでみてはじめて実感した感があるが）。それに対して我々の実施する改善対策は小さ

表 3 国主導の水産資源の増大に向けた技術開発および現場事業



く，数年程度の時間では明らかな進展はなかなか見えてこない。進行管理に曖昧さがあればなおさらである。加えて冷酷な現実としてアサリの漁獲量はさらに減少を続けている。こうした中で協議会として当初の活力を維持していくことは難しく，漠然とした無力感，さらには諦観さえ広がっていったように感じる。協議会の活動自体をどう運営していくのか，続けるのか，解散するのか，大げさに言えば，アサリ資源の復活と言う目標を放擲するのかという岐路に立たされる。このような行き詰まりを感じた時は，思い切って協議会を解散し，エネルギーを蓄積して別の形での再出発を期した方が良かったかもしれない。

アサリ資源回復への努力

ここまで水産資源の回復に向けた過去の取り組みの一例として，アサリ資源全国協議会の活動，特に研究開発の進行管理を紹介した。ここでは，漁業現場や研究現場で行われたアサリの資源回復への努力について概観する。

アサリ資源の増大に向けて 1960 年代以降に実施された国主導の水産資源の増大に向けた事業等は表 3 の通りである。関連事業のうちアサリに関係が深いのは沿岸漁場整備開発事

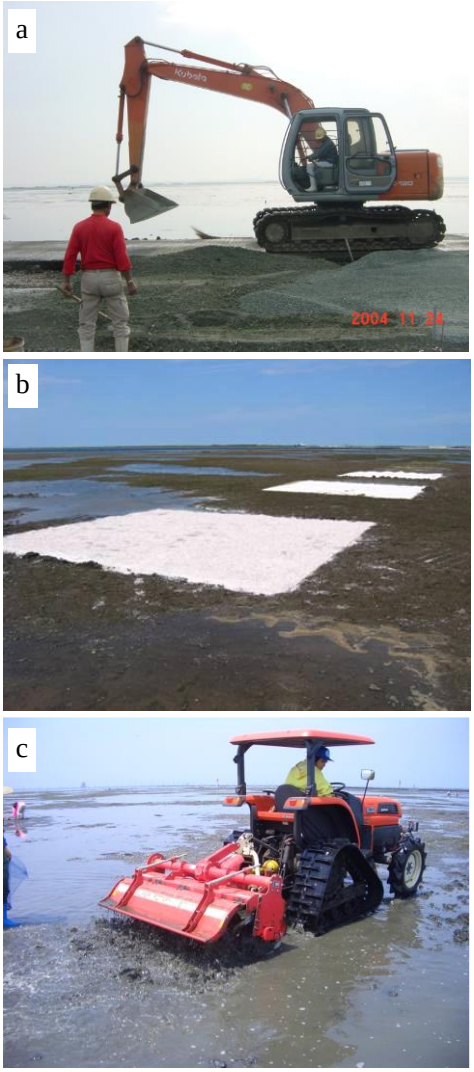


図 2 底質改善のための砕石の覆砂(a)，貝殻の覆砂(b)，耕うん(c)．

業と水産基盤整備事業に代表される漁場造成および関連技術開発である。これらでは漁場環境の改善あるいは漁場の造成を通してアサリ天然群の増加を目指す研究開発，現場事業が行われた。一方，育成技術開発関連では地域特産種増殖技術開発事業，地域特産種量産技術開発事業の一部に取り上げられる程度であり，栽培漁業技術開発では対象にさえなっていない。

1990 年代頃までは，アサリは価格が低く（100～300 円/kg），漁獲規模が大きい（数万～十数万トン/年）ため，育成コストのかかる人工ふ化育成および放流の対象には不向きと考えら

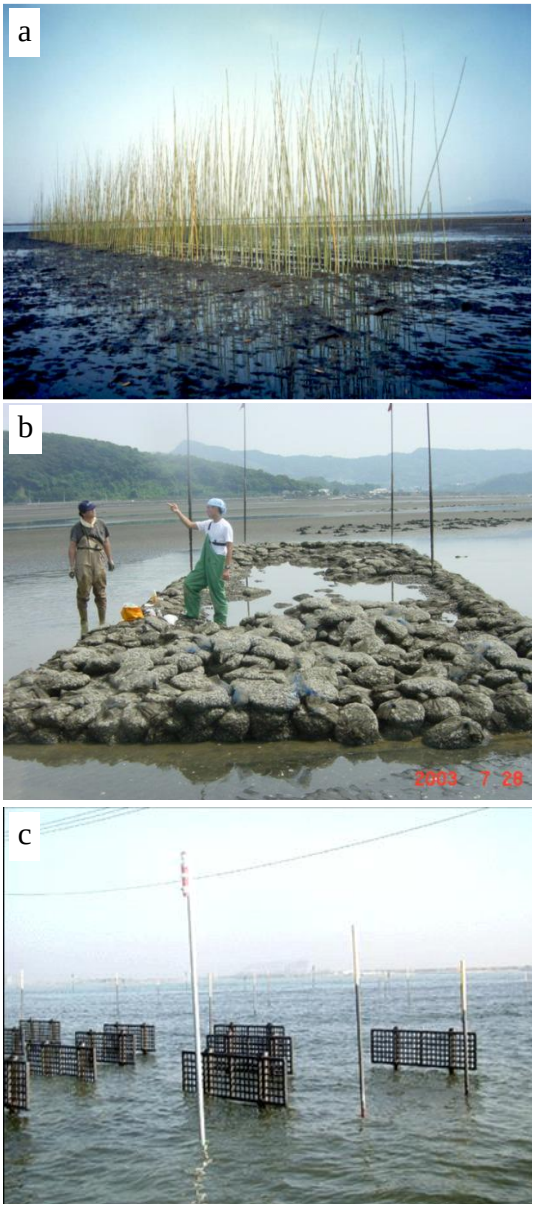


図 3　波や流れを改善するための竹柵（a），土嚢（b），FRP フェンス（c）．

図 4　大規模な覆砂（a）と作澪（b，矢印）．

れ，努力はもっぱら天然群の維持増大に向けられていた。

漁場環境改善，漁場造成に関する事業は土木工事を伴うものが多い。底質改善を目的とした覆砂（砕石，貝殻片，人工材などの散布を含む）や耕うん（図 2），地盤標高や流れの改善のための盛り土，削土，削澪などがある。構造物を設置するものとしては，竹柵，瓦，土管，網，土嚢，樹脂パイプ，コンクリートパネル，FRP フェンスの設置など（図 3）。さらには，波や流れを大規模に制御するものとして，堤体（潜堤，離岸堤，導流堤，消波堤など）の建設なども行われた（図 4）。しかし，天然群増産のために注がれたこのような多くの努力にもかかわらず，1980 年代から 1990 年代にかけてアサリの漁獲量は大きく減少していった（図 1）。

増産から再生へ　1990 年代後半からアサリの増産に関する技術開発や現場事業は一時停滞する。これはこの時期には国，地方自治体ともに財政事情が悪化して投入可能な資金が減

少したことが理由と思われる。加えて，それまで多くの事業を実施してきたにも関わらずアサリの資源や漁獲が好転する兆しが見られないことが事業の追加，継続を躊躇させたこともあったろう。

このような背景の中，2000 年代に入ると，アサリだけでなく減少している多くの水産資源に対処する考え方が変わる。資源の「維持，増産」から「回復，再生」への転換である。これは，それまで多額の資金を投入してきたにもかかわらず（いくつもの）水産資源が壊滅的な状況になってしまったこと，すなわちこれまでの努力が効果を上げなかったことを認め，その上で新たな再生を行うという立場を鮮明にしたものである。アサリについても資源回復計画が策定された（大分県 2004，熊本県 2005，山口県 2006）。この内容の中心は漁場環境改善，種苗放流，資源管理等であり，これまで行われた対策と大きくは変わらないが，それらを統合的にさらに強く，厳格に実施しようとするものであった。

一方，資源が回復しない中，漁業経営の改善を目指してアサリ養殖が志向されるようになった。かつてアサリ養殖といえば地まき養殖（稚貝の移植放流）が中心であったが，新しい天然採苗法の開発や垂下飼育による肉質改善効果の発見などがあって，施設養殖，中でも垂下養殖が脚光を浴びた（日向野 2014）。また，人工種苗生産や池中養殖などの技術開発が積極的に行われるようになった（岸岡 2014，崎山 2014）。これは，アサリ資源が減少したことによってアサリの価格が上昇したこと，品質の高い（希少な）産品は高い価格でも受け入れられるという消費性向が強まったことが関係している。アサリ養殖はここのところ明るい話題の少なかった漁業現場に，新たなアサリ生産の事業化の期待を開いた。しかし一方では，閉塞感の強かった天然資源の回復への意識をさらに薄れさせる方向に働いた感がある。

以上のアサリ資源回復に向けてのこれまでの取り組みの結果をまとめると，①アサリ資源は大幅に減少して回復していない，②それを再び戻すことは当面断念しつつある，③産業として成立する養殖に取り組んでいる，ということになろう。

東京湾のアサリ減少要因の実証的評価

本項では「アサリ協議会の評価と反省」の「1．情勢判断の甘さ」の中で述べたアサリ資源減少の原因究明に向けた試みの一例として，東京湾のアサリ減少要因の評価，比較行ってみたい。

アサリ資源の減少要因　これまでにアサリ資源の減少に関係するとして指摘された要因は数多い（表 4）。それらは大きく，沿岸開発による生息場の減少と環境条件の悪化，温暖化による環境条件の変化，水底質の悪化による大量死亡，新たな食害生物の侵入や病虫害の発生，そして過剰漁獲などに分けられる。

ここでは仮に，東京湾（日向 2005），三河湾（松村ら 2001），伊勢湾（水野ら 2009），周防灘（手塚ら 2008），有明海（西濱ら 2011）など，幼生交換の情報からそれぞれがある程度独立していると思われる主要な海域の個体群を一つの資源として考えてみる。すると，指摘された要因のうち海域内の地域個体群を減少させる効果が確認されている要因であっても，海域全体の資源の減少にどの程度の影響を与えているのか不明な要因が多いことに気づく。

アサリ資源の回復を図るためには，減少要因を特定していくことが重要であり，そのためには可能性のある要因の影響を定量的に評価していくことが必要である。しかしながら，これまでに疑われる要因がアサリ資源に与える影響を定量的に評価するために行われた調査研究例は少ない。

表 4　アサリ資源減少との関係が指摘された要因

	原因	作用要因
沿岸開発	埋め立て，干拓	干潟・浅海域の減少，幼生ネットワークの崩壊
	直立護岸	潮流流速の低下，流れの変化，波浪の変化
	河川改修	砂の供給不足，泥の増加
	ヒートアイランド	高水温，短時間大量降雨，強風
	地盤沈下	生息場の減少，波浪の強大化
温暖化	高温化	高水温，プランクトンの変化，食害生物の変化
	気象の極端化	台風の強大化，短時間大量降雨，爆弾低気圧
	海面上昇	潮位上昇，流れの変化，波浪の強大化
	気候パターンの変化	冬の秋化，夏の長期化
水質悪化	有機汚濁	貧酸素・青潮，赤潮
	汚染物質	有機スズ，内分泌かく乱物質
	水質規制	栄養塩不足
移入	病虫害	新しい病虫害，有毒プランクトン
	侵入生物	食害生物
	移植放流	競合，遺伝的かく乱
漁業の変化	ノリ養殖の減少	漁獲圧の増加，波浪の強大化

東京湾のアサリ資源　東京湾では千葉，東京，神奈川の一都二県でアサリが漁獲されている（図 5 #）。漁獲量は大きな浅海，干潟域を有する千葉県が最も多く，1960 年代以降の埋め立てによって大きく減少したものの，千葉県の漁獲量は東京湾のアサリ生産の主体となっている。1960 年代半ばから 1970 年代後半までの減少の主たる原因は，埋め立てによる漁場面積の減少と考えられる。ところが，1980 年代以降漁場面積は減少していないにもかかわらずアサリの漁獲量は減少を続けており，近年では 1,000t を割り込んでいる。ここでは，埋め立て終了後のアサリ漁獲量の減少について，可能性のある要因の影響度を比較してみたい。比較する要因は，青潮，河川出水，冬季の波浪減耗，カイヤドリウミグモの寄生の 4 つであり，それに幼生に対する貧酸素の影響も合わせて考察する。

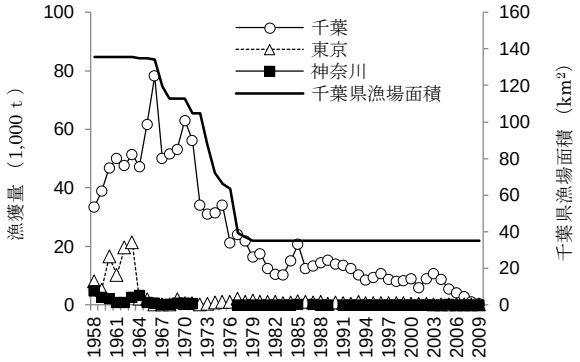


図 5　千葉県，東京都，神奈川県のアサリ漁獲量と千葉県の東京湾内の貝類漁場面積の変化.

千葉水産総合研究センターでは，1989 年から東京湾のアサリ漁場（漁業権のある漁場：三番瀬，木更津，富津の 3 地区）でアサリの分布密度調査を定期的（2 か月間隔）に実施している。調査は関係漁業協同組合と共同で行う漁具を使った枠取り調査である。調査では一定面積のアサリを採取し，目合い 2 mm のふるいで砂をふるった後，7 段階のふるいでアサリを大きさ区分して，ふるいごとに残った個体数を計数する。調査点数は三番瀬 30～39 点，木更津 50～133 点，富津 15～28 点である。上で述べたように千葉県のアサリ漁獲量は東京湾のアサリ漁獲量のほとんどを占めていることから，この分布密度調査で得られた 3 地区のアサリ資源量の合計を東京湾のアサリ資源量として影響度を評価してみる。

農林水産統計年報，農林水産省統計情報部，昭和 33 年～平成 21 年.

青潮と河川出水　青潮や河川出水のアサリへの影響（大量死亡）は，現場調査によってその大きさを評価することができ，比較的わかりやすい。例えば，2008 年に三番瀬で青潮が発生してアサリが大量死亡した時の例について計算してみる。青潮が発生する前後のアサリの分布密度調査から死亡前密度は 144～5,805 個体／m^2，死亡後密度は 0～5,597 個体／m^2 であった（図 6）。この値をもとに漁場内でのアサリ分布の等密度線を描くことができる。密度に等密度面積を乗じて集計した結果，死亡前後の資源量はそれぞれ 9,400，4,000 t，平均死亡率は 59%（0～100%），死亡量は 5,400 t と推定された。

同様に，2007 年に三番瀬で発生した河川出水によるアサリの大量死亡について計算すると，死亡前密度と資源量はそれぞれ 12～2,094 個体／m^2，6,400 t，死亡後密度と資源量は同じく 6～2,051 個体／m^2，4,500 t，平均死亡率は 30%（0～96%）で合計死亡重量は 1,900 t と計算された（図 7）。

最近の 24 年間では，三番瀬では頻繁に青潮や河川出水によるアサリの大量死亡が発生しているのに対し，木更津では青潮の発生はなく，わずかに河川出水による死亡があるのみである（図 8）。青潮や河川出水の影響は場所によって大きく異なり，強い地域性がある。

冬季の波浪減耗　アサリの密度は，三番瀬，木更津ともに毎年夏から秋にピークとなり，冬に大きく減少するという規則的な年周期を示す（図 9a, b）。10 月から翌年 2 月までの冬季の生き残りは，三番瀬では 0.1 以下が続いており，木更津では 0.4～0.6 であったものが近年低下して 0.5 以下になっている（図 9c, d）。この冬季の減耗は，富津地区も含めて 3 地区で毎年発生し，生き残りが低いことが特徴である。

冬季には，低水温と栄養条件の悪化（餌料量の減少）によって，アサリの潜砂能力は低下する（櫻井ら 1996，柴田ら 1997）。その時に，強い波浪等によって底質が大きく侵食されると，アサリは掘り出されて流され，死亡する（柿野ら 1991，慶野ら 2005）。被覆網やフェンスなど

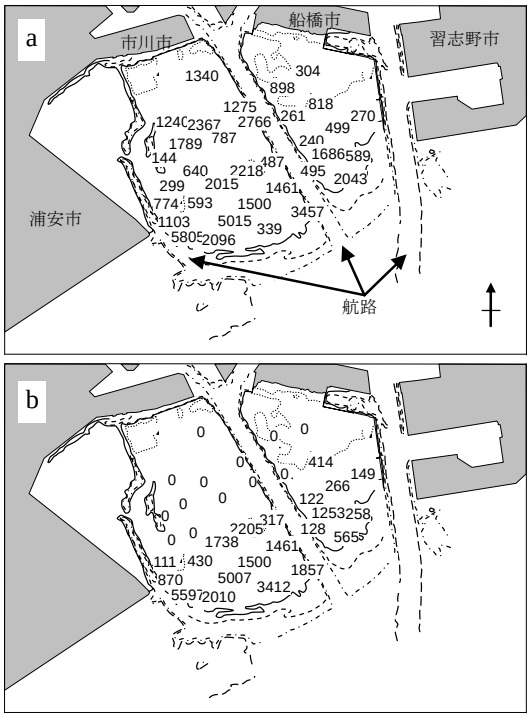


図 6　三番瀬で 2008 年 8 月下旬に発生した青潮の前（a, 2008 年 8 月中旬）と後（b, 同 9 月中旬）のアサリ分布密度（個／m^2）.

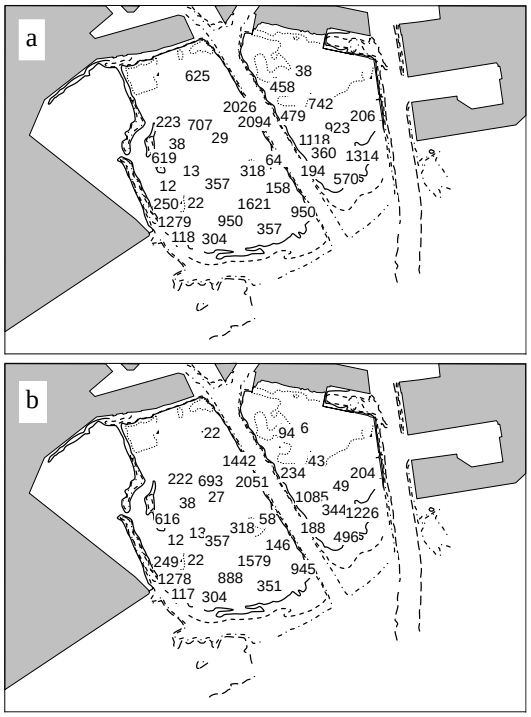


図 7　三番瀬で 2007 年 9 月上旬に発生した河川出水による大量死亡の前（a）と後（b）のアサリ分布密度（個／m^2）. 死亡前密度は死亡後の生き残り個体数と死亡個体数の合計とした.

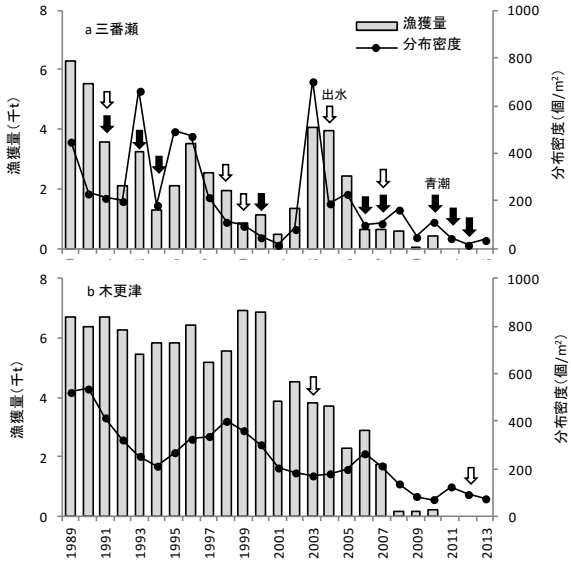


図 8　三番瀬(a)と木更津(b)のアサリの漁獲量と分布密度の変化と青潮および河川出水による死亡の発生.

によって浸食を抑制するとアサリの生き残りが高まることから(柴田ら 1999, 伊藤ら 1999)，この冬季の減耗は波浪による底質の浸食が原因の洗掘死亡と考えられる。

波が海底面を浸食する力の強さは流速振幅の大きさ対応する。東京湾の浅海域で発生する波は風浪であり, 岸向きの風の強さと(図 10a)その時の水深（図 10b）が流速振幅に影響する。千葉市で 1964 年から 2010 年までに観測した最大風速の年平均値の変化を見ると（図 11a）(気象庁)，岸向きの風の強さは三番瀬（東南東～南の風）と木更津（南南西～西）ではともに 1960 年代以降大きな変化はない。一方，東京湾内の 4 地点で観測した潮位は，1968 年以降いずれも大きく上昇している（図 11b）（日本海洋データセンター)。1968 年以降の水位の上昇が, 浅海干潟域における波浪によるかく乱が強め, アサリの冬季の波浪減耗を大きくしているかもしれない。

カイヤドリウミグモ　カイヤドリウミグモは二枚貝を宿主とする寄生性の節足動物であり，木更津地区では 2007 年にこのカイヤドリウミグモの大発生によってアサリが大量死した（小林ら 2013)。この大発生によって，それまで 2 千トン以上であった木更津地区の年間アサリ漁獲量は 2009 年以降には 2 百トン以下に激減した（図 12a)。ただし，この漁獲量の減少には, もちろんカイヤドリウミグモに寄生

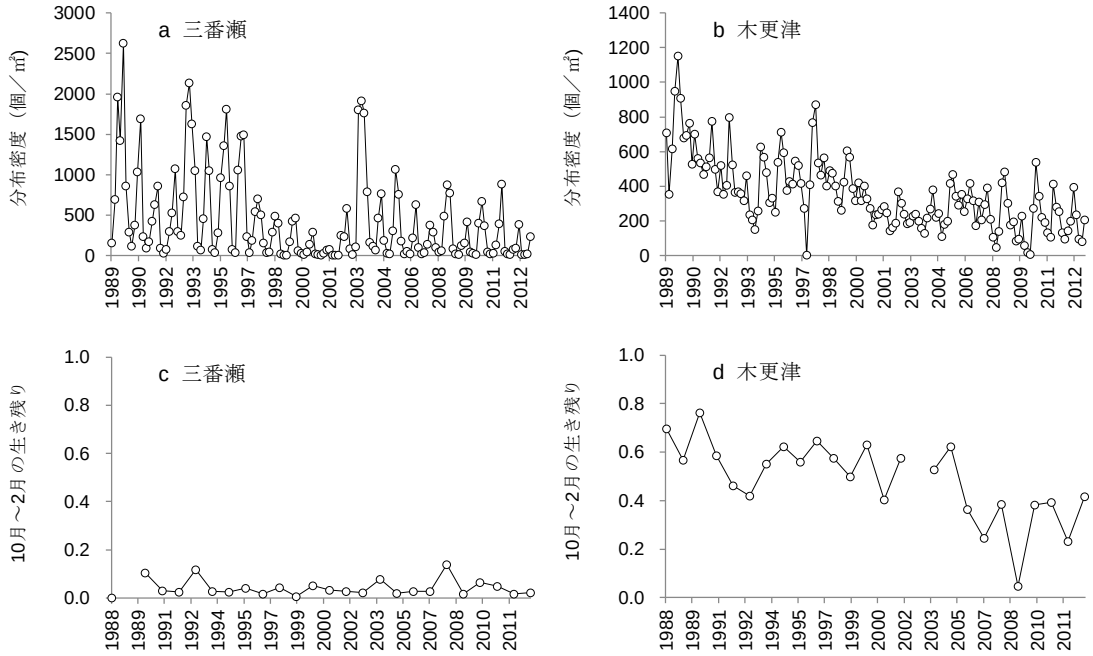


図 9　三番瀬と木更津でのアサリ分布密度の季節変化(a, b)と 10 月～翌年 2 月までの生き残りの変化(c, d).

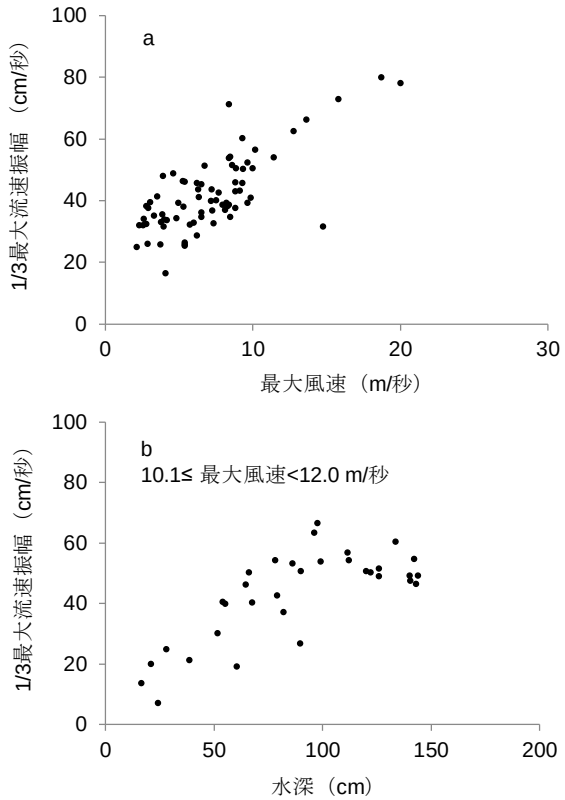


図 10 木更津での岸向きの風の最大風速と 1/3 最大流速振幅の関係(a)と，水深と 1/3 最大流速振幅の関係(b)．

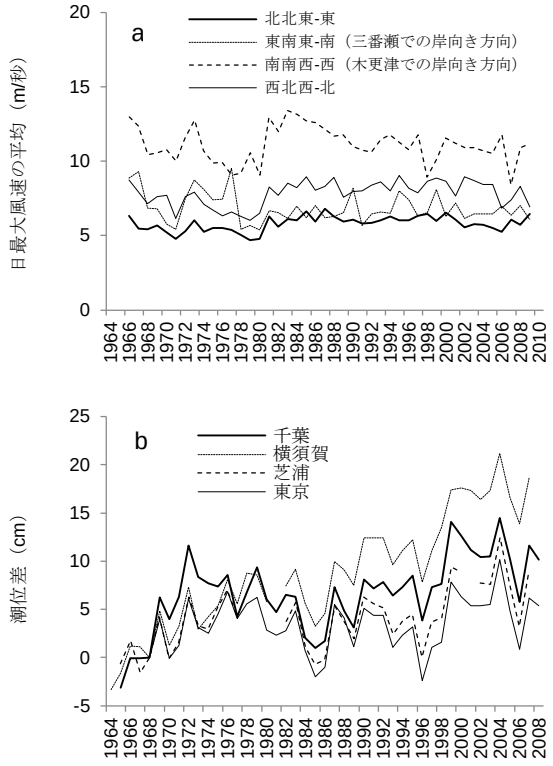


図 11 千葉測候所で観測した風向別の日平均最大風速の年平均値の変化(a)と，東京湾内の 4 カ所の験潮所で観測した年平均潮位の変化(b)．年平均潮位は 1968 年の値を 0cm とした相対値で示した．

されたアサリの死亡が含まれているが，それより大きな影響を与えたのはカイヤドリウミグモの発生を受けて関係漁業協同組合が他地区からの稚貝の移植放流を中止したことである（図 12b)。サイズ別のアサリ密度を見ると，2008 年以降殻長 23 mm 以上の大型貝（放流個体の大きさは 25～30 mm 前後）の密度が減少しているのに対し，23 mm 未満の小型貝（自然発生個体）の密度はそれ以前と大きく変わっていない（図 12c)。漁獲量の減少には，カイヤドリウミグモ大発生によって移植放流を中止したこと，いわば二次的影響の方が大きく働いていたと思われる。

カイヤドリウミグモの成体は自由生活をしており，産卵，ふ化した幼生は二枚貝に寄生し，その体液を吸って成長する。二枚貝の殻腔内で成長した幼生は，やがて成体となって殻腔外に出て自由生活をする（宮崎ら 2010)。このとき，宿主のアサリに対する寄生強度が高い（アサリ 1 個体に多数のカイヤドリウミグモが同時に寄生している）場合にアサリが死亡することがある。現場実験等によると，アサリ 1 個体に対して 5 個体以上の大型（成体に近いサイズ）のカイヤドリウミグモ幼生が寄生しているときに，アサリが死亡することが多いことが推定された。継続している現場調査の結果によると，寄生盛期（夏）において検査したアサリに占める寄生強度の高い（カイヤドリウミグモ≥5 個体／アサリ 1 個体）アサリの比率は 2007 年の大発生以降低下してきている（図 13)。また，アサリの分布密度は，大発生した翌々年の 2009 年には一時的に低下したが，2010 年以降は 2007 年以前と大きくは変化していない（図 12c)。2009 年の密度低下をカイヤドリウミグモの寄生によるものとすれば，カイヤドリウミグモのアサリ資源に対する明らかな影響はこの年のみに見られたのかもしれない。

貧酸素の幼生への影響　貧酸素は幼生の生

き残りに大きな影響を与え，特にアンボ期以前の発育段階では 24 時間以内の暴露でほぼすべての幼生が死亡する（図 14a, Toba *et al*. 2008）。また，貧酸素に暴露された二枚貝幼生は代謝活性が低下することが報告されており（Widdows *et al*. 1989），アサリ幼生もすべての発育段階において貧酸素中で 12 時間以内にほぼすべてが遊泳を停止する（図 14b, Toba *et al*. 2008）。すなわち，海域で貧酸素に遭遇した幼生は遊泳を停止し，さらに酸素条件の悪い深部に沈降して，再び浮上することなく死亡すると思われる。

東京湾のアサリの産卵期は 4～6 月，8～10 月の年 2 回であるが（鳥羽ら 1993），小規模なものも含めると産卵は 4～10 月の暖水期を通じて行われていると思われ，それによってアサリ幼生は 4～11 月に季節的に長期に渡って出現する（鳥羽ら 2012）。このような季節的に長期間にわたる海域への幼生供給は，東京湾においてアサリの個体群を安定的に維持のための重要な再生産メカニズムの一つであると考えられている（Toba *et al*. 2007）。

一方，東京湾では 5～10 月までほぼ継続的に底層を中心に貧酸素水が形成される（千葉県水産総合研究センター）。貧酸素の形成期間はアサリ幼生の供給期間とほぼ重複することから，海域ではほぼ幼生供給の全期間を通じて貧酸

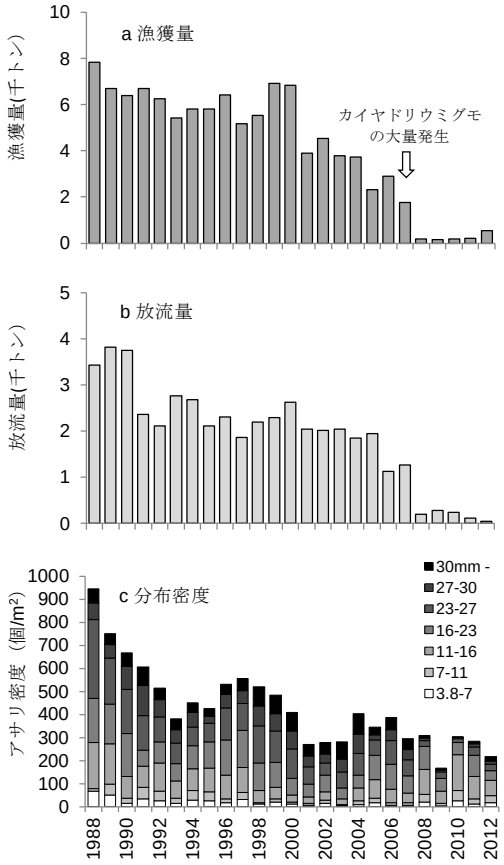


図 12 木更津地区での漁獲量(a)，稚貝の移植放流量(b)，殻長別の分布密度(c)の変化．カイヤドリウミグモの大量発生は 2007 年以降．

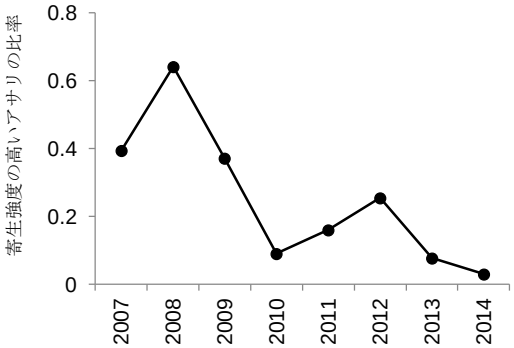


図 13 木更津地区でのカイヤドリウミグモの寄生強度が高い(カイヤドリウミグモ＞5 個体/アサリ 1 個体)アサリの比率の変化．

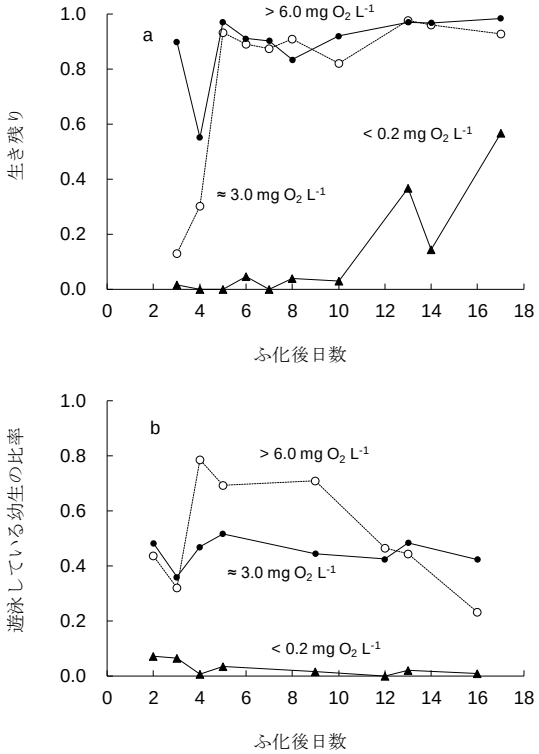


図 14 3 段階の酸素濃度の海水中(25℃)でのアサリ幼生の生き残り(a)と遊泳している幼生の比率(b)．

表 5 東京湾において 4 つのアサリ減耗要因（a 青潮，b 河川出水，c 冬季の波浪減耗，d カイヤドリウミグモの寄生）がそれぞれアサリ資源に与えた影響の試算.

a 青潮（三番瀬，2008 年 9 月）

地区	減耗前のアサリ密度（個/㎡）	漁場面積（ha）	減耗前の資源量（10^6 個体）	死亡率	減耗後の資源量（10^6 個体）	全体の死亡率
三番瀬	467	526	2,456	.38	1,523	
木更津	439	707	3,104	0	3,104	
富津	330	71	234	0	234	
合計			5,794		4,861	.16

b. 河川出水（三番瀬，2007 年 9 月）

地区	減耗前のアサリ密度（個/㎡）	漁場面積（ha）	減耗前の資源量（10^6 個体）	死亡率	減耗後の資源量（10^6 個体）	全体の死亡率
三番瀬	287	526	1,510	.19	1,223	
木更津	308	707	2,178	0	2,178	
富津	214	71	152	0	152	
合計			3,840		3,553	.07

c. 冬季の波浪減耗（全地区，2009 年 10 月～2010 年 2 月）

地区	減耗前のアサリ密度（個/㎡）	漁場面積（ha）	減耗前の資源量（10^6 個体）	死亡率	減耗後の資源量（10^6 個体）	全体の死亡率
三番瀬	416	526	2,188	.98	44	
木更津	235	707	1,661	.89	183	
富津	214	71	152	.93	11	
合計			4,001		198	.95

d. カイヤドリウミグモの寄生による死亡（木更津，2009 年 6～8 月）

地区	減耗前のアサリ密度（個/㎡）	漁場面積（ha）	減耗前の資源量（10^6 個体）	死亡率	減耗後の資源量（10^6 個体）	全体の死亡率
三番瀬	141	526	742	0	742	
木更津	388	707	2,743	.38	1,701	
富津	32	71	23	0	23	
合計			3,508		2,466	.30

素がアサリ幼生の生き残りに継続的に悪影響を与えていることが想定できる（Toba *et al.* 2008）。さらに，東京湾の貧酸素水塊の推定規模の経年変化を見ると，貧酸素水の規模は埋め立て終了後も維持あるいは拡大していると思われ（石井ら 2010），貧酸素は経年的に幼生の生き残りに悪影響を与え続けていることが想定できる。

影響度の推定　ここまでに取り上げた 4 つの要因（青潮，河川出水，冬季の波浪減耗，カイヤドリウミグモの寄生）について，東京湾のアサリ個体群に与えた影響を試算してみる。

表 5a は，2008 年 9 月に三番瀬で発生した青潮による影響の推定である。9 月に青潮による大量死亡が発生する前（2008 年 8 月）の資源量，すなわち死亡発生前の資源量は三番瀬，木更津，富津の各地区でのアサリ密度，およびそれぞれの漁場面積から，それぞれ $2{,}456\times10^6$，$3{,}104\times10^6$，234×10^6 個体であり，3 地区合計で $5{,}794\times10^6$ 個体と計算された。先に述べたように三番瀬で発生した青潮は同地区のアサリ個体群に 0.38 の死亡率を与えたと推定された。このとき他の 2 地区では青潮は発生しなかったので，この間のそれぞれの死亡率を 0 とすると，3 地区を合計した死亡率は 0.16 となる。つまり，2008 年 9 月に三番瀬で発生した青潮は千葉県のアサリ資源，すなわち東京湾のアサリ資源に対して 0.16 の死亡率を与えたと推定で

きる。

同様の計算を行うと，2007 年 9 月に三番瀬で発生した河川出水による大量死亡の東京湾のアサリ資源に対する影響は 0.07 となった（表 5b）。

これらに対し，2009～2010 年の冬季の減耗は 3 地区に共通して発生しており，10 月から翌年 2 月までの死亡率はそれぞれ 0.89～0.98 であった。3 地区を合計したこの間の死亡率は 0.95 であり，この年の冬季の減耗はアサリ資源に対してきわめて大きな影響を与えたと推定された（表 5c）。

また，カイヤドリウミグモによると仮定した 2009 年の木更津地区でのアサリ密度の低下については，寄生盛期である 7 月を挟んだ 2009 年 6 月と 8 月のアサリ密度から，木更津地区のアサリ資源に対し 0.38 の死亡率を与えたと計算された（表 5d）。3 地区合計のアサリ資源に対する影響は死亡率 0.30 である。

以上の試算によると，これら 4 つの要因の中では冬季の波浪減耗の影響が最も大きかったことになる。

影響度の比較　各減少要因がアサリ資源に与える影響の特徴として 5 つの項目－①影響の空間的な広がり，②死亡の強さ，③影響の時間的な継続性，④発生の反復性，⑤発生する時期－を設定して比較してみる。表 6 は上で取り上げた 4 つの要因に，もう一つの要因として幼生に対する貧酸素の影響を加え，それぞれを影響の特徴で類別したものである。概括すると，東京湾のアサリ資源全体に対しては，冬季の波浪減耗のように広い範囲で強い死亡が働く要因の影響が強くなると考えられる。さらに，冬季の波浪減耗は毎年繰り返し影響を与えるため，アサリ資源に対して長期的な圧迫を加え続けていると思われる。幼生に対する貧酸素の影響については死亡率等を推定するための資料がないため影響度を見積もることができなかった。しかし，その影響は冬季の波浪減耗と同様に，広い範囲で季節的に長期にわたって繰り返されるものであり，アサリ資源に対し大きな減耗圧を与えている可能性がある。

以上の推定にはもちろんいくつもの問題がある。例えば，2 mm のふるいに残る大きさの個体しか取り扱っていないこと，貝のサイズごとに異なるかもしれない影響を一括して取り扱っていること，時間的に継続する死亡現象を瞬間的な現象として取り扱っていることなどである。さらに，影響度の比較においては，当然ではあるが，死亡率等を算出できるだけのデータが提示されていない要因－底質悪化，流速の変化，遺伝的かく乱，栄養塩不足，他－を取り扱っていない。もちろん，これらの要因は現時点では上で行ったような評価ができないというだけで，アサリ資源の減少要因として軽いというわけではない。また，サキグロタマツメタなどの新しい食害生物や過剰漁獲の影響は取り扱わなかった。

これまでにアサリの資源減少に関係すると指摘された要因の中には（表 4），たとえ評価

表 6　東京湾においてアサリ資源に影響を与えた減耗要因の特徴の比較.

特徴	青潮	河川出水	冬季の波浪減耗	カイヤドリウミグモ	幼生と貧酸素
空間的な広がり	部分的	部分的	全域的	部分的	全域的
死亡の強さ	部分的	部分的	全体的	部分的	?
継続性	一過性	一過性	継続的	一過性?	継続的
継続期間	短	短	長	長?	長
反復の可能性	反復	反復	反復	?	反復
発生時期	不定	不定	定期	不定	定期
試算した死亡率	0.16	0.07	0.95	0.30	?
評価	軽	軽	重	軽	?

を行おうとしても，今はすでにない過去の現象であったり，そもそも定量的評価を行うデータを取得すること自体が困難な要因もあろう。現時点では，最も調査データの集積度の高い海域の一つであろうと思われる東京湾でさえ上のような限定的な評価にとどまらざるを得なかった。それでも，本項の結論として言わなければならないことは，疑われる要因については今後も影響の実態を把握していくための調査研究が継続されるべきだということであろう。

復活は可能か？　東京湾研究会

ここまで，アサリ資源回復に関するこれまでの取り組みを振り返り，失敗と困難さを述べてきた。その貧しい経験からではあるが，東京湾研究会の「江戸前の復活」の今後について感じるところを述べてみたい。

水産研究の立ち位置　東京湾の再生に関係する組織は行政，研究，一般を含めて数多い。水産研究者にとってなじみのあるものでは，国土交通省が事務局を務める組織として，全省庁参加型の東京湾再生会議，あるいは一般市民，NPO，研究者も含めた全員参加型の東京湾官民連携フォーラムなどがある。また，環境関係の組織としては九都県市首脳会議環境問題対策委員会，東京湾岸自治体環境保全会議など。研究集会としては，国土技術政策総合研究所が主催する東京湾シンポジウム，各種学会等が主催する東京湾関連の研究会などがある。東京湾の漁業を回復，振興する立場から取り扱う行政主導の組織はなく，東京湾研究会は東京湾の漁業に関する調査研究を水産の立場から取り扱う唯一とも言っていい組織である。

東京湾の漁業資源の回復を考える場合，当然ながら漁業権漁場あるいは漁業生産行為の中にだけとどまっているわけにはいかない。関係するこれら様々な組織とうまく付き合っていく必要が生じる。

東京湾の環境の再生や生物の復活を取り扱う組織は，多くが多様な階層の人々の参加，連携を呼び掛けており，水産関係の研究者がその中で活動することも少なくない。また，それぞれの組織の活動力，情報収集能力，資金力は多様であり，水産側から見ると「大きな力」を持っている（ように見える）ことが少なくない。また，水産研究者が持っている情報，特に生物関連の情報は他の組織には少なく，他の組織や研究者から「重宝」がられることもある。しかし，それら多くの組織の目的は東京湾の環境や生物を大きく見た包括的な（ある意味では曖昧な）再生であることを意識しておくべきである。そのような活動の中では，水産研究者は多くの参加者の中の一人に過ぎない。周囲の人々と同じような価値観，行動様式を持ちすぎるとその中に埋没してしまい，自身の存在意義が曖昧になってしまうかもしれない。水産研究者の目標はあくまでも水産資源の再生およびそのための環境の改善である。その立ち位置を保つことが，水産研究者の存在意義を主張することになる（水産生物や漁業の重要性や復活の必要性を強く主張し続けると，特定の領域の利益代弁者とも取られかねない危険もあるが）。

新たなロードマップの提示　冒頭でも述べたように，東京湾研究会は東京湾の水産資源の復活を目指して「江戸前の復活！東京湾の再生をめざして」と題する提言を発表した（東京湾研究会 2013）。この提言の中で，同会の企画作業部会は，東京湾の水産資源の衰退とそれに関係する漁場環境の変化およびそれぞれの現状を述べた上で，課題の整理として東京湾の水産重要魚種 27 種について重要度，深刻度，情報量などの指標を立てて類別し，想定される減少原因と今後必要と思われる対応策を例示した。この「提言」は，東京湾漁業の復活を目標として，水産研究者が初めて示したロードマップである。

とはいうものの，限られた時間とメンバーで作業を行ったと思われ，ロードマップのダイジェスト版をとりあえず作ったという感がある。

表 7　資源回復へ向けての新たなロードマップの作成

提言「江戸前の復活！」			新ロードマップ	
1	魚種の列挙	27 魚種を選択	魚種の選定	環境改善の評価対象となる魚種の選定
2	現状評価	尺度の設定（重要度，シンボル，深刻度，情報量）と評価	レビュー	魚種情報の総合整理 ・生物情報（資源生態，環境生態，ほか） ・改善情報（推定現象原因，改善の施行と評価，ほか）
3	個表作成	抽出した 6 魚種の概説	課題の列挙	改善事業のための不足情報の列挙 ・生物情報 ・改善情報
4	改善事例の列挙	大小 6 事例の紹介	課題の編成	3 で挙げた個別の課題を組み合わせて，魚種ごとに全体の課題を編成
5	公表		到達段階の評価	個別課題の到達段階を評価 ・調査研究 ・手法開発（予測手法，改善手法） ・現場試行 ・改善手法の実施
6			優先度の設定	個別課題の優先度を分類し，優先課題を抽出する
7			公表	

東京湾研究会に期待する次の作業の一つは本格的なロードマップの作成である。

アサリ資源全国協議会の反省の項で述べたとおり，「東京湾漁業の復活」という最終目標に至る過程を展望し，課題を細分化して取り扱い可能な個別課題に落とし込む作業が必要である。そして，落とし込んだ個別課題は明確で，具体的で，達成可能でなければならない。「東京湾漁業の復活」という課題はそのままではあまりにも大きすぎるので，整理に当たっては魚種などによる場合分けが必要となる。そして，場合分けしたものについて「提言」よりさらに詳細なレビュー行い，課題の優先順位などを考えることになろう。新しいロードマップの作成について今後の企画作業部会の議論に大いに期待するところである（表 7 に一例として著者のイメージを示した）。

さまざまな活動　加えて，ロードマップの作成後に（あるいは同時並行して）行うことが望まれる作業として，A 進捗のモニタリングと整理，B 新規提案，C 情報共有と交流，D イベントが上げられる（表 8）。A ではまず（1）調査研究開発に関する情報のモニタリングと整理が必要である。これはまずは水産関係の分野が中心となるため，日常的な研究作業の中で行うことができる場合が多いだろう。（2）は東京湾で実施されている，あるいはこれからされるであろう環境改善事業や工事の情報収集である。これは技術情報の収集という意味だけでなく，東京湾で実施されている環境改善（改変）の実態把握という意味がある。土木，環境の分野の事業については情報収集が容易でないかもしれない。B では 1 のモニタリングを通じて研究開発，あるいは制度設計の新規提案が期待される。これは今後の資源再生や環境改善の基礎部分に影響を与える重要事項である。C では東京湾研究会やその他の研究集会，シンポジウム等を通じて，東京湾研究会参加会員の研究成果を発信するとともに情報と意識を共有する場を作ること，異なる海域間，異分野などとの情報交流を深めることが重要である。そして，D では活動の PR や会員の意気向上のためのイベントを開催あるいは参加する。

おわりに

著者はアサリ資源の復活に関わっていた。しかしそれは，アサリに関して調査研究めいたことをしている間に，いつの間にかそのようなことになっていたという感が強い。元来が中途半

表 8 東京湾研究会の今後の活動（案）

活動			内容
A	進捗のモニタリングと整理	研究開発・調査	・ロードマップで指摘した課題の解決の進捗をチェック ・ロードマップで取り上げなかった魚種の進捗をチェック ・生物と直接関係しない海域環境等に関する調査研究の進捗をチェック
		改善の施行，工事	・東京湾で実施されている（される）環境改善，工事の情報収集
B	新規提案	研究開発	・ロードマップと進捗モニタリングに基づき，優先すべき課題を提案 →新規研究プロジェクト，現場試行実験など
		制度設計	・ロードマップと進捗モニタリングに基づき，必要と思われる事項を提案する →水工環研究・事業情報ネットワーク（水産，工学，環境関係者による研究技術，改善事業の情報交換の場の設定） →技術情報（東京湾再生情報）データベース（上記ネットワークのための情報共有システムの構築）
C	情報共有と交流	東京湾研究会	・研究会活動の認知，承認 ・研究会会員間の情報の平準化 ・研究会への要望の収集，整理
		シンポジウム等の開催	・情報発信と共有
		研究交流会	・東京湾以外の海域との交流会 ・異分野間の交流会
D	イベント	開催	
		参加	・東京湾大感謝祭 ・海の再生全国会議，ほか
E	その他		

端な性格であり，最初から志高く取り組んでいたわけではない。

数年前から東京湾研究会企画作業部会のコアメンバーと接触する機会があり，彼らが目指している「江戸前の復活」を知った。本発表では著者の経験が今後の東京湾研究会の活動の参考に少しでも役立てばと，おこがましくもこれまでのアサリ資源の復活に関する仕事の一部を紹介させていただいた。残念ながらほとんどは敗戦記である。今後の活動案として多くのことを示したが，これは著者として現時点での最大限に近い提案である。取捨選択，新規発案を加えて，さらに効率的で有益な方法を発見してもらいたい。東京湾研究会での活動は義務ではなく，ボランティアとしての参加である。しかし，研究と研究，あるいは研究と現場をつなぎとめていくそのようなボランティアの作業が資源復活のためのエンジンになっていくことを信じていただきたい。

最後に，今回の東京湾研究会において，とりとめもない著者の話をプログラムに組み込んでいただいた企画作業部会に感謝するとともに，拙稿を印刷物として残していただこうという編集事務局に改めてお礼申し上げる。

引用文献

アサリ資源全国協議会提言検討委員会・水産庁・独立行政法人水産総合研究センター，2006: 提言　国産アサリの復活に向けて. 29 p.

千葉県水産総合研究センター，貧酸素水塊速報, https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/suisan/suisan/suikaisokuhou/

日向野純也，2014: アサリの天然採苗と垂下養殖，豊かな海, 33, 56–58.

日向博文，2005: 東京湾におけるアサリ幼生の

移流過程の数値計算．水産総合研究センター研究報告，別冊 3, 59–66.

石井光廣・大畑 聡, 2010: 東京湾の水質と貧酸素水塊の変動．沿岸海洋研究, 48, 37–44.

伊藤龍星・小川 浩, 1999: ネット被覆によるアサリ人工種苗の育成試験．大分県海洋水産研究センター調査研究報告, 2 ,23–30.

柿野 純・中田喜三郎・西沢 正・田口浩一, 1991: 東京湾盤洲干潟におけるアサリの生息と波浪との関係．水産工学, 28, 51–55.

慶野英生・杉山清泉・西沢 正・鈴木輝明, 2005: 冬季波浪時におけるアサリの潜砂行動とエネルギー消費過程に関する実験的研究．水産工学, 42, 1–7.

岸岡正伸，2014: エビ池を利用した粗放的なアサリ種苗生産技術の開発．豊かな海，33, 33–38.

気象庁，過去の気象データ・ダウンロード, http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php.

小林 豊・鳥羽光晴, 2013: 東京湾盤洲干潟におけるカイヤドリウミグモの大量寄生によるアサリの死亡と漁業への影響．千葉県水産総合研究センター研究報告, 8, 27–34.

熊本県，2005: 熊本県アサリ資源回復計画，10 p.

町口裕二，2006: 日本のアサリを増やすためにーアサリ資源全国協議会の提言．日本水産学会誌, 72, 766–771.

松村貴晴・岡本俊治・黒田伸郎・浜口昌巳, 2001: 三河湾におけるアサリ浮遊幼生の時空間分布－間接蛍光抗体法を用いた解析の試み．日本ベントス学会誌, 56, 1–8.

宮崎勝己・小林 豊・鳥羽光晴・土屋 仁, 2010: アサリ内部寄生し漁業被害を与えるカイヤドリウミグモの生物学．タクサ，28, 45–54.

水野知巳・丸山拓也・日向野純也，2009: 三重県における伊勢湾のアサリ漁業の変遷と展望．三重県水産研究センター研究報告, 17, 1–21.

日本海洋データセンター，海洋データ・プロダクト, J-DOSS，潮汐データ，ダウンロード, http://jdoss1.jodc.go.jp/vpage/tide_j.html.

西濱士郎・圦本達也・内藤 剛・森 勇一郎・藤井明彦・那須博史・木元克則・前野幸男, 2011: 有明海におけるアサリ浮遊幼生の出現傾向と殻長組成．水産増殖，59, 255–264.

大分県，2004: 大分県豊前海アサリ資源回復計画, 15 p.

崎山一孝，2014: クルマエビ養殖場を利用したアサリの養殖．アクアネット，2014 年 12 月号, 58–60.

櫻井 泉・瀬戸雅文・中尾 繁, 1996: ウバガイ，バカガイおよびアサリの潜砂行動に及ぼす水温，塩分および底質粒径の影響．日本水産学会誌, 62, 878–885.

柴田輝和・石橋賢一，1999: 被覆網によるアサリの保護・育成　冬季のアサリ減耗と対策．さいばい, 90, 38–40.

柴田輝和・柿野 純・村上亜希子, 1997: 冬季の漁場における砂の流動に対するアサリの定位性ならびに餌料量・運動量とアサリの活力との関係．水産工学, 33, 231–235.

手塚尚明・浜口昌巳・樽谷賢治・桑原久実・齊藤 肇・清水 学・武岡英隆・井関和夫, 2008: 広域アサリ漁場整備開発のための海況調査．平成 19 年度水産基盤整備調査委託事業報告書，水産庁，東京, 1–10.

Toba M., T. Kosemura, H. Yamakawa, Y. Sugiura and Y. Kobayashi, 2008: Field and laboratory observations on the hypoxic impact on survival and distribution of short-necked clam *Ruditapes philippinarum* larvae in Tokyo Bay, central Japan. Plankton and Benthos Research, 3, 165–173.

鳥羽光晴・夏目 洋・山川 紘，1993: 東京湾船橋地先におけるアサリの生殖周期．日本水産学会誌, 59, 15–22.

Toba M., H. Yamakawa, Y. Kobayashi, Y. Sugiura, K. Honma and H. Yamada, 2007: Observations on the maintenance mechanisms of metapopulations, with special reference to the early reproductive process of the manila clam *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve) in Tokyo Bay. Journal of Shellfish Research, 26, 121–130.

鳥羽光晴・山川 紘・庄司紀彦・小林 豊, 2012: 東京湾での周年採集によるアサリ幼生の鉛直分布の特徴，日本水産学会誌，78, 1135–1148.

東京湾研究会，2013: 江戸前の復活！東京湾の再生をめざして．中央ブロック水産業関係研究開発推進会議東京湾研究会, 33 p.

富塚 叙，2004: アサリ資源全国協議会の設立について．日本水産学会誌, 70, 225–230.

Widdows J., R. I. E. Newell and R. Mann, 1989: Effects of hypoxia and anoxia on survival, energy metabolism, and feeding of oyster larvae (*Crassostrea virginica*, Gmelin). Biological Bulletin, 177, 154–166.

山口県, 2006: 山口県瀬戸内海資源回復計画, 16 p.

平成 26 年度 東京湾研究会　議事録

日　時：平成 27 年 3 月 12 日　10:00～17:00
場　所：一般財団法人東京水産振興会 豊海センタービル 2F 会議室

議　事

1. 開会挨拶（増養殖研 皆川所長）

2. 江戸前の海と生き物の復活にむけて －貧酸素と青潮はつらい！
・貧酸素と青潮の発生メカニズム－硫化水素は底生生物にどんな影響を及ぼすか？（牧）
・東京湾における貧酸素水塊の発生状況と観測体制・情報提供の進展（梶山）
（質疑）

久保田：コロイド状の硫黄はその後どうなるのか？1951 年に最初の青潮が起きたとのことだが，近年陸域からの負荷は軽減しているようだが，海底に蓄積している有機物が減少するほど陸域負荷が低減したのか？それとも今でも有機物の蓄積が増加しているのか？

牧　：定量的には分からないが，コロイド状の硫黄は硫酸や硫化水素に戻ると思われる。コロイドが残っていれば，東京湾は温泉の湯の花の様な状態になってしまう。窒素・リンに関しては，間違いなく負荷は減っている。しかし，東京湾は世界的に見ても桁違いに負荷が大きい海域である。底質中の有機物の量が桁外れに多い。一方，陸域由来のものは減っている。

小泉　：ガステックによる測定法で簡便的に全硫化物を測定したものを硫化水素の目安にできないか？

牧　：例えば，AVS（酸揮発性硫化物） が高くても遊離して硫化水素になるのは，数%である。この数%の硫化水素が生物に影響しており，物質循環に影響を受けて生成されると考えられる。AVS の値が飛び抜けて高いような場所であれば遊離した硫化水素が検出されるかも知れない。しかし，AVS 測定だけでは，遊離した硫化水素の定量は難しい。

鳥羽　：牧さんと梶山さんのお話を聞くと，貧酸素が経年的にも経時的にも規模が大きくなっていると理解されるが，その理由は？栄養塩の負荷だけで貧酸素は説明できるのか？

牧　：東京都環境科学研究所の安藤晴夫氏のモデルによると DO が低い場所については，1985 年頃は横浜沖までせり出した形になっていたが，今は千葉側がせり出しているように貧酸素の出方も変化している。直接的に栄養塩の増減と貧酸素の関係は説明しづらい。生態系の反応には数年スパンがかかるだろうから，貧酸素水塊の規模の低減と時間の短縮は何十年後にみられるかもしれない。

鳥羽　：貧酸素は平面的にみている様だが，鉛直断面で見るとどうなるのか？生物に対する貧酸素水塊の鉛直変化の影響が重要な意味を持ってくると思う。その点はどうか？

牧　：南風が卓越する年は溶存酸素の低い部分が減る。貧酸素水塊は，風が吹いていなければ，鉛直混合されずに解消しにくい。淡水流入量と成層化について，評価したいと思っているが，風の影響の方が大きく非常に難しい課題である。

梶山　：2000 年以降，貧酸素水塊の最大規模は拡大していない。底質の改善が進んでいないことが重要で，最近の調査では 10 年前に比べて千葉側ではむしろ悪くなっているように思われる。それが貧酸素水塊の規模が改善しない原因ではないかと感じている。東京湾の底質の改善には，数十年が必要かも知れない。

柿野　：夏季に成層が崩れず，貧酸素が長期に継続していることは，温暖化と関係があるのか？

梶山　：季節によっては水温が上昇していたり，成層化が長期化する傾向はあるかもしれないが，貧酸素との関係は底質等，他の影響も大きいと考えられるので，はっきりとは分からない。

牧　　：東京湾の夏季の水温は，上がっていない。2000 年代までは冬季の水温が上昇傾向であったが，その後はむしろ低下傾向にある。冬季の水温上昇が夏季の貧酸素水塊の形成にどのように影響するのかは良く解らない。

秋山　：硫化水素に着目して環境評価をしたいと思っている。遊離の硫化水素分析は難しいとのことだが，匂いによる評価は可能か？

牧　　：官能テストになるので評価が難しい。人によって感応性がことなるので評価は難しい。濃度の高低を示す様な連続性を持ったデータを取るためにはきちんと定量性を持ったデータを取った方が良い。市民参加等でデータ数を大きくできるのであれば，臭いについての定性データを統計分析する価値はあるが，統一的な評価は難しい。遊離した硫化水素の定量は間隙水を取ってすぐに窒素で固定する必要があり，手間が非常に掛かる。一方，硫化水素の比色定量分析の部分は簡単であり，高度な分析や高額機器を使うというわけではない。一方，検知管による検出では遠心分離器が必要である。市民参加型では難しい。

工藤　：環境評価の採泥方法として臭いの評価はある。過去のデータの蓄積もある。ガステックによる硫化水素測定の具体的方法は？

牧　　：遊離した硫化水素は，遠心上清に検知器を入れて毛細管現象で海水を吸い上げたものを分析する。AVS の定量は泥の秤量が必要で作業が煩雑である。

山本　：鉄を撒いて遊離の硫化水素の発生を抑えることは可能か？

牧　　：一時的には可能だが，硫黄は海水中にいくらでもあるので，無限に入れ続けなければならない。鉄鋼スラグなどを海中へ投入して遊離する硫化水素を抑える効果を検証した例もある。遊離の硫化水素を一旦押さえ，一度ベントスを戻すことができれば，有機物を消費することができるので，一気に改善が進む可能性もある。無限に撒かなくても良いかもしれない。

3. 話題提供

平成 26 年度活動報告と東京湾研究会の設立経緯・歴史（構成員の情報共有）（山本）

（質疑）

なし

生き物生息場つくり PT のミッション（石井光）

（質疑）

牧　　：マコガレイの減耗要因は何か？

石井光：卵が底泥に埋まることによって，冬季でも卵へ十分な酸素が供給されず，卵のふ化率が悪いことが問題と認識している。仔魚の湾内からの拡散シミュレーションから考えると産卵場は湾奥が良いが，底が泥であることが問題である。成長段階ごとに現存量を粗く推定すると，6~7 月にも減耗が大きい時期があることが分かってきた。他には，良い着底場所が無くなっているという問題もあるかもしれない。着底場の環境の改善の効果の検証が一番手を付けやすいと考えているので調査を進めていきたいと思っている。

林　：石井光さんから PT へ提案が出された後，実際に検証を行うためには大規模な工事が必要になると思うが，どこが主体となって行うのか？

石井光：PT に国交省の工事を担当する部局の人も参加しているため，PT でもある程度検討できる。小規模な試験なら実施できる可能性があると考えている。

陸域負荷の影響評価 －メタゲノミクスによる推定－（長井）

（質疑）

野村：属レベルのような簡単な計数法でもいいので計数したものとメタゲノミクスを平行するとより精度高くよいモニタリングができるのではないかと思う。PCR による遺伝子増幅に種によって増えにくいなど，遺伝子増幅の定量性に問題が生じることは無かったか？

長井：種類により，増幅効率は多少異なるが，18S の場合は，大きなバイアスはないように思う。ケイ藻プランクトンにつては 18S を解析領域としているので，どの種でも効率よく遺伝子増幅が出来た。魚の場合は 18S では解像度が荒くなるため，28S による解析が適しているなど生物種によって解析領域を変える必要がある。

野村：そうすると前処理がマニュアル化していれば大丈夫ということか？

長井：そういうことだ。

野村：赤潮生物がいなくても検出される場合があるのか？

長井：死んだ生物由来の DNA は分解が進んでいくが分解の程度によっては検出されなくはないが，死んだ生物の DNA がいつまでも残存し，解析に大きな影響を及ぼすということは，あまり経験がない。

林　：何万サンプル同時に解析できるのか？

長井：イルミナ社の Mi-seq だと，約 40 万円で，100 サンプルで各サンプルにつき，最大 10 万配列ほど取得可能で，その 5-7 割が解析に使用できる。

林　：解析時間はどれくらいか？

長井：1 サンプルずつ解析すると時間がかかるが，多数のサンプルをまとめて一度に解析にかければ手間はかからない。シーケンス自体は 3～7 日程度。その後のバイオインフォマティクスの方に時間がかかるので，誰でも解析できるような解析ソフトを開発している。

東京湾内湾の底質と底生生物について－東京湾内湾西部－（田島）

（質疑）

牧　：横浜側の 750 個/0.1m^2 と記載していた場所は良い場所とは思えないが地図の位置的には横須賀ではないのか？

田島：富岡の辺り。

牧　：港湾的な環境か？

田島：港湾ではない。水深 7～8m の所で他の場所のような泥場ではなく，砂地で特殊な場所。

長井：発表の中で数と種類で評価されているが，肉眼で確認できないベントスはいないのか？

田島：マクロベントスのみを対象としているのでメイオベントスは排除している。

長井：調査されてきた中で，未調査の微小なベントスも重要な役割を果たしていると考えているか？メタゲノムを利用して小さなものも対象として分析することに意義はあると思うか？

田島：メイオベントスについては，演者に知識がないため詳しいことはわからないが，種の同定は高度な専門知識が必要だと思う。メタゲノム解析はより得られる情報はたくさんあると思うので，有効な手法になると思う。

東京湾内湾の底質と底生生物－東京湾内湾東部－（宇都）

（質疑）

牧　：生物種でクラスター分析をしているが，優占したマヒトデが類似度に影響したのではないか？

宇都：写真ではヒトデが目立つが，小型の甲殻類の方が多い。ヒトデは 1～２種類。

風間：貧酸素の時の生息可能水域について，詳しく説明してもらいたい。ヨツバネスピオは貧酸素の所でも生息可能なのか？

宇都：底質条件だけから推定すると生息できる。

4. 特別講演

「東京湾の研究を振り返って」－東京湾の再生に関係する調査と情報整理－（小泉）

（質疑）

桑田：魚道の良し悪しの境界は何か？堰の高さか？

小泉：アユにとっては，魚道の良し悪しより横断堰全体でとらえないといけない。良い魚道があってもそこに行く流れをうまく作らなければ魚道を上手くのぼれない。

高瀬：小泉さんの研究者としての長い歴史の中で，現場を見てきたと思う。メタゲノム・GIS など新しい技術が出てきている。小泉さんがやり残したと思うものがあれば，後進の我々にこれはやった方が良いというものを教示して欲しい。

小泉：湾奥の底層環境や微小生息域について調査することも大切，場の問題は重要で，種類と量が指標となるため，そこを支える環境データを取ってくことが必要。基盤づくりを一歩でも進め，生物が少しでも戻ることを伝えていかないとモチベーションを維持できないと思う。江戸前のマハゼは東京都水面だけでなく千葉の木更津や神奈川から補給されているのかどうか，またディズニーランド前など昔の産卵場が荒廃していて産卵できにくい海底になっていて産卵する孔が掘れないのか？海底の下の層を深くまで調べることができなかったのが心残り。

「東京湾の研究を振り返って」－江戸前の復活とは－（鳥羽）

（質疑）

牧　：論点整理に感銘を受けた。アサリ資源の感度分析で波浪があれほど影響を与えているのに

は驚かされた。実験的に覆網をやって効果があった事例はないか？

鳥羽：覆網をすれば圧倒的な効果がある。

牧　：冬季の波浪で吹き飛ばされると考えていいのか？

鳥羽：漁場の向きによって影響が変わってくる。

桑田：潮位の高さの変化は砂の補給が無くなった影響ではないか？

鳥羽：そうは考えない。海面上昇によるものかも分からない。プレートの引っ込みによる影響も指摘されているが，東日本大震災後のプレートの引っ込みが解消された状態で見てみて　も潮位は解消されていない。環境省もモニタリングしているが，日本で有意な上昇は無いとされている。

桑田：良くなった場所もあれば悪くなった場所もあるというのがかつての状況だが，今はそうでないのか？

鳥羽：最低干潮面で示されるが，地面自体も高さが変わる。アサリの現場の変化を評価する事が必要。

秋山：防災関係で長期的に様子を見たが，潮位は太平洋側で上がる場所が多い。日本海側は横ばい。太平洋や日本海間で変化が起こっているのではないか？

鳥羽：コメントにお礼申し上げる。風速の評価が良くない可能性がある。最大風速は毎正時 5 分間の平均値を計っているかと思うが，アサリにとって重要なのは平均値ではなく瞬間値ではないかと思う。流速についてもそういったことを検討する必要があると思う。かなり難しいと思うので腰を据えてやらなければならない。

秋山：アサリが流されて死ぬというのは貧酸素に移されて死ぬということか？

鳥羽：そうではない。流されるのは冬場なので貧酸素の影響は無いと思う。潜ろうとした時に動かされるときの負荷，すなわち運動活力の極端な疲弊が問題ではないかと考えられる。ATP の消費による影響もあり得る。実験的にも確認されている。

長井：波浪がアサリの減耗が効いているということだと思うが，現場レベルでできることはないか？

鳥羽：覆網のようなことは各地でやられている。効果はあるが実施場所の個別の範囲だけの効果しか示せない。覆砂に関しても同様である。浅い所に移せば波の影響が少なくなって良いのだが，被服網と同様にコスト上大規模にはできない。

野村：波浪によるアサリの減耗は他の場所でも起こるのか？

鳥羽：どこでも見られる。冬場は北西の風が吹くと思うが，そちらに向いている湾は同じようなことが起こる。海の公園はその分助かっていると思うし，熊本についてはひどい影響が出ている。

高瀬：評価の際，事前に種苗放流した方が良いというイメージを持ってしまったが，また種苗放流の方に戻ってしまうのではないか？

鳥羽：種苗放流による資源の底上げ効果はある。しかし，現実的にアサリ種苗を供給してくれる所が無く，遺伝的多様性の観点からも他の場所のアサリを入れないようにする流れもあり，種苗放流ができなくなってきている。

桑田：20 年前に比べマダイやヒラメは価格が下がったのに対し，アサリは価格が上がっている。

5. 次年度の活動方針について（中央水研 清水）

承認された。

6. その他

なし

7. 閉会（東京都 小泉主任）

平成 26 年度 東京湾研究会 出席者名簿

平成 27 年 3 月 12 日

千葉県水産総合研究センター	資源研究室	主席研究員	石井　光廣
		上席研究員	小林　豊
		上席研究員	加藤　正人
	東京湾漁業研究所	所長	鳥羽　光晴
		主幹	梶山　誠
		上席研究員	林　俊裕
		研究員	宇都　康行
千葉県環境研究センター	水質環境研究所	室長	飯村　晃
		研究員	本田　恵理
東京都島しょ農林水産総合センター	振興企画室	主任	小泉　正行
		主任	橋本　浩
		主事	安斎　武治
		主任研究員	高瀬　智洋
東京都環境局	水環境課	主事	木村　祐樹
		専務的非常勤	風間　真理
神奈川県水産技術センター	企画資源部	副技幹	石井　洋
	栽培推進部	部長	杉浦　暁裕
		主任研究員	工藤　孝浩
		主任研究員	田島　良博
国土交通省　国土技術政策総合研究所	沿岸海洋・防災研究部　海洋環境研究室	研究官	秋山　吉寛
環境省	水・大気環境局閉鎖性海域対策室	室長補佐	石川　拓哉
		審査係長	富田　晃生
国立環境研究所	地域環境研究センター海洋環境研究室	主任研究員	牧　秀明
	環境リスク研究センター生態系影響評価研究室	主任研究員	児玉　圭太
東京大学 大気海洋研究所	海洋アライアンス	特任助教	野村　英明
一般財団法人東京水産振興会		専務理事	渥美　雅也
	振興部		松田　倫子
（株）東京久栄	技術本部	技術顧問	柿野　純
水産総合研究センター　本部	研究推進部	研究開発コーディネーター	久保田　洋
水産総合研究センター中央水産研究所		所長	時村　宗春
	海洋・生態系研究センター	センター長	渡邊　朝生
	生態系モデルグループ	グループ長	清水　学
		研究員	青木　一弘
	水産遺伝子解析センターメタゲノム研究グループ	グループ長	長井　敏
水産総合研究センター 増養殖研究所		所長	皆川　惠
	資源生産部	部長	桒田　博
	沿岸資源グループ	グループ長	鴨志田　正晃
	沿岸生態系グループ	グループ長	黒木　洋明
		主任研究員	山本　敏博
		研究員	丹羽　健太郎
		研究員	横内　一樹
	養殖システム部　環境管理グループ	研究員	長谷川　夏樹

本号は平成 27 年 3 月 12 日に一般財団法人東京水産振興会 豊海センタービルで開催された、中央ブロック水産業関係研究開発推進会議・東京湾研究会において発表された論文・要旨・議事録を収録したものである。

編集担当者　清水 学・山本敏博

平成 28 年 3 月 1 日発行

発行人　中山 一郎

発行所　国立研究開発法人　水産総合研究センター　中央水産研究所

〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4

印刷所　株式会社ポートサイド印刷