

平成21年度

江戸の海を科学するⅢ

— 人間と海洋を結ぶ流域生態系の再生に向けて —

調査研究報告書

平成22年3月

海洋政策研究財団
(財団法人 シップ・アンド・オーシャン財団)

はじめに

よく知られているようにわが国は、19世紀後半において大きな変革を経験しました。その明治時代は、それまでの江戸時代と比べて政治、経済、産業など社会的な仕組みが大きく変わり、しかも欧米列強といわれる海外からたくさんの思想や技術を導入し発展させてきました。その後2度の世界大戦を経るなど、国家としての紆余曲折はありましたが、1960年代以降、工業化と産業技術の発達に立脚した猛烈な高度経済成長を実現させました。これは、良くも悪くも日本復興を合言葉に国家として産業や経済の高度化・発展を目指し、豊かさを追求した大いなる成果であります。1990年代のバブル経済の崩壊や近年の景気低迷がその立ち位置を微妙に変化させてはいますが、少なくともこれまでの約30年間、わが国は経済大国として極東の地で圧倒的に存在感を高めてきたといえるでしょう。このように、東アジアにおいて唯一といってよい先進国家として成立するための方針や具体的手法は、その是非はともかく、明治維新以降一貫して欧米的発想や科学技術を取り入れ、進展させてきた賜物であるといえるのではないのでしょうか。しかし、その結果、生活水準が向上し物質的な豊かさを実感することができた一方で、社会経済活動によって大気環境や水環境が悪化し、森林や川、そして海へとつながる流域の生態系をはじめとするさまざまな環境を大きく変貌させてしまったともいえるでしょう。以上のような観点から、本研究は、過去から現在へかけての流域環境がどのような変遷を辿り、何に影響を受けてきたのかという疑問に対し、江戸時代と現在の東京湾およびその流域を対象として科学的に分析を試みたものであり、「平成21年度 江戸の海を科学するⅢ - 人間と海洋を結ぶ流域生態系の再生に向けて - 調査研究報告書」としてその成果をとりまとめたものです。僅かながらでも本研究が今後のわが国の海洋・沿岸域政策への貢献となれば無上の喜びであります。

最後に、本研究の実施にあたり御協力いただきました関係者の皆様、ならびにご指導をいただいた委員の先生方、また、本研究に対するご理解と多大なご支援をいただきました日本財団にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

平成22年3月

海洋政策研究財団
(財団法人シップ・アンド・オーシャン財団)
会長 秋山昌廣

目次

I. 研究の意義と目的	1
1. 海を取り巻く国際情勢の変化と海洋政策	1
2. 研究の意義と目的	5
II. 研究対象	7
1. 対象とする時代	7
2. 対象とする空間	11
III. 江戸流域圏	14
1. 対象地域の定義	14
2. 江戸のまち	14
3. 東京湾流域圏	19
4. 流域環境負荷の推計	28
IV. 江戸の海を科学する	31
1. 使用した地形データと生物データ	31
2. 水産生物の漁獲変遷	32
3. 水産資源による物質循環	36
V. 江戸期と現代の海洋環境	39
1. 海岸線と海底地形の変化	39
2. 江戸期の海洋環境の再現	44
VI. 結語	50
1. 人間活動と流域・海洋生態系	50
2. 海洋環境ビジョンに向けて	50
3. 海洋および沿岸域政策として	50
4. 今後の課題	51
参考文献	52
資料編	58

研究体制

研究委員会メンバー

- 委員長: 鬼頭 宏 (上智大学経済学部 教授)
- 委員: 秋山 昌廣 (海洋政策研究財団 会長)
- 委員: 笠井 亮秀 (京都大学大学院農学研究科 准教授)
- 委員: 高橋 鉄哉 (東京大学大学院新領域創成科学研究科 特任講師)
- 委員: 高橋 美由紀 (立正大学経済学部 准教授)
- 委員: 氷鮑 揚四郎 (筑波大学大学院生命環境科学研究科 教授)

研究メンバー

- 高橋 鉄哉 (東京大学大学院新領域創成科学研究科 特任講師)
- 櫻井 一宏 (海洋政策研究財団 政策研究グループ 研究員)

事務局

- 仙頭 達也 (海洋政策研究財団 企画グループ長) H21.11 まで
- 大川 光 (海洋政策研究財団 企画グループ長代理)

I. 研究の意義と目的

1. 海を取り巻く国際情勢の変化と海洋政策

世界の海で、地球温暖化問題、赤潮や貧酸素水塊に代表される富栄養化問題、外来生物の移入問題など人間活動に起因する多様な問題が顕在化している。2001年、UNEP（国連環境計画）や UNESCO-IOC（ユネスコ政府間海洋学委員会）など8つの国連機関からなる合同専門家会合である GESAMP（海洋環境保護の科学的側面に関する専門家会合）は、世界の海洋・沿岸域の現状を分析し、人類とその生存基盤である海洋の関係が変化し、陸上を基盤とする人間活動により世界の海洋の劣化が進行していることを指摘した（GESAMP, 2001）。

一方、国連海洋法条約（1996年日本批准）では、各国の管轄海域における権益を保証するとともに、各国の海洋環境保全について義務を規定している。また、2002年の WSSD（持続可能な開発のための世界サミット）では、海洋汚染要因の7割を占める陸上活動からの海洋環境の保護の世界行動計画（GPA）の実施促進が採択されている。人間活動のインパクトから海洋を保護して、自然との共生を可能とする持続的な社会を構築することは、今や国際的な責務となっている。

人間活動に伴う海洋への物質排出の問題は、少量でも人間の健康を害する有害化学物質の問題と、大量に排出されることで引き起こされる富栄養化関連物質の問題に大別される。前者が、主に産業活動に起因して工場などの点源から排出されるのに対して、後者は生物活動に由来する農業など面源から排出される。また、前者は、産業活動のコントロールを通じて制御可能であるのに対して、後者は生物活動に対する必須元素であり制御困難である。

GESAMP（2001）による

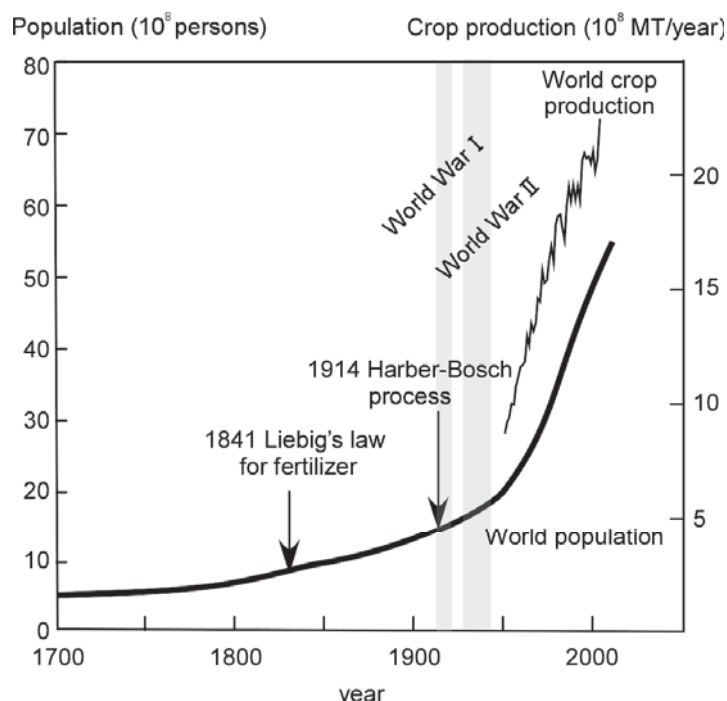


図 I-1 世界人口（10⁸ persons, thick line）と穀物生産量の推移（10⁸ MT/year, thin line）。

（データ出典：FAOSTAT）

と、近年の世界の沿岸海洋の主要な問題は、古くから報告されてきた赤潮（植物プランクトンの異常増殖による海水の着色現象）や貧酸素水塊（海水中の溶存酸素濃度が生物の生存に関わるまで低下した水塊）に代表される海水の富栄養化問題である。この古くて新しい問題は生活排水や農業排水に起因し、当初、地域の問題にすぎなかったが、人間活動の増大とともに地球環境問題としての性質を持つに至っている。

窒素・リンの大量排出の問題は、科学技術の進展にともなって拡大してきた。1841年、リービヒにより植物の生育に必要な3要素（窒素・リン酸・カリウム）が見いだされ、1914年にハーバー・ボッシュにより大気中の窒素ガスの固定法が開発されて以降、作物肥料は有機物から無機物へと転換し、大気と鉱物から取り出された膨大な窒素・リンが、肥料として環境に投入され、世界の食糧生産は飛躍的に増加した。これにともなって、世界人口は爆発的に増大し、2004年には1840年の5倍の60億人に達している（図 I-1）。

生物は、摂取した食糧を100%同化することはできず、その同化率は高次生物ほど低くなる。つまり、生物はその生物活動を維持する上で食糧を消費する過程で、同化に使用されない物質が環境中に流出する。肥料として投入された窒素・リンは、一部が作物として吸収され残りが環境中に流出する。さらに、作物として同化された窒素・リンも、人間や家畜動物に一部が同化された後に流出する。仮に作物の同化率を50%、人間や家畜動物の同化率を10%とすると、リサイクルされない場合、投入された窒素・リンの95%が流出することになる。環境中に流出した窒素・リンは、水系を通じて海洋へと流出する過程で、滞留時間の長い水域で富栄養化現象をもたらす。

現在では、世界の地下水、河川、湖沼、海洋にいたる水系で富栄養化が顕著になっている（Diaz and Rosenberg, 2008, UNEP, 2004, 2008）。

現在の世界の海洋で起こっている富栄養化問題は、地球温暖化問題と類似性の高い地球環境問題である（高橋, 2007）。化石燃料（鉱物・大気）を産業活動（生物活動）によって燃焼することでエネルギーを取り出

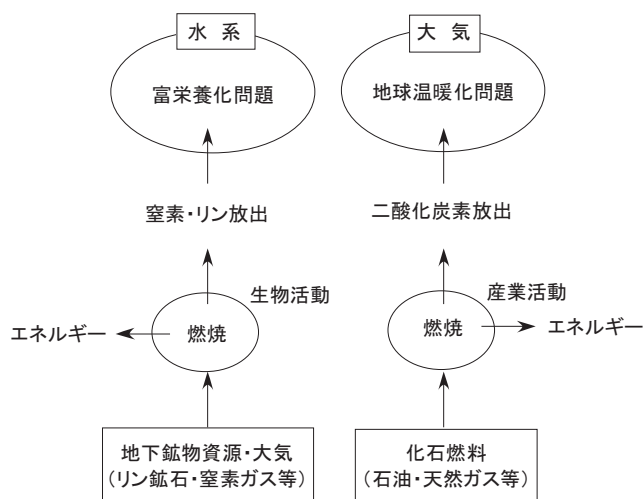


図 I-2 地球環境問題としての富栄養化問題と地球温暖化問題の類似性

し、その結果、大気（水系）の温暖化現象（富栄養化現象）がもたらされている（図 I-2）。

主要な窒素肥料消費国の消費動向では、アメリカ、中国、EU等、沿岸域の富栄養化が顕著な国々では、肥料消費量が世界消費量に占める割合は大きい（図 I-3）。これらの国々と比して、わが国では肥料消費量は大幅に小さい。このため、食糧生産国では農業による負荷量が大きく、肥料消費と水系の富栄養化の関係が強く意識され、富栄養化に対する政策に強く影響を及ぼしている。一方、日本では、食糧自給率の低下に見られるように、アメリカや中国など食糧生産国から食糧を多量に輸入している状況にある。この結果、わが国の物質収支においても、窒素の過剰輸入となっており、近年ますます増大する傾向にある（森口・橋本，2006）。過剰輸入された食料は、結局、生活排水として流出して、富栄養化を引き起こしている。このため、日本では、富栄養化に関して農業からの流出が問題にならず、生活排水が問題視されている。一方で、輸入された食料の生産のために、生産国で窒素肥料が使用されており、同時に生産国の環境は汚染されている。この点で、わが国と食糧生産国で発

生する赤潮や青潮を引き起こす窒素・リンの起源は大部分が同一であるといえる。近年、食糧自給率の低下と食糧の輸入過剰の議論において、食糧安全保障の観点が強調されがちであるが、こうした議論の中では環境の観点が欠落している。

食糧の生産事情を受けて、各国の水系の富栄養化と施策の状況は異なる。米国では、メキシコ湾の“Dead Zone”と呼ばれる貧酸素化した海域を削減するために、2001年クリントン大統領により連邦議会に行動計画“Gulf of Mexico Hypoxic Zone

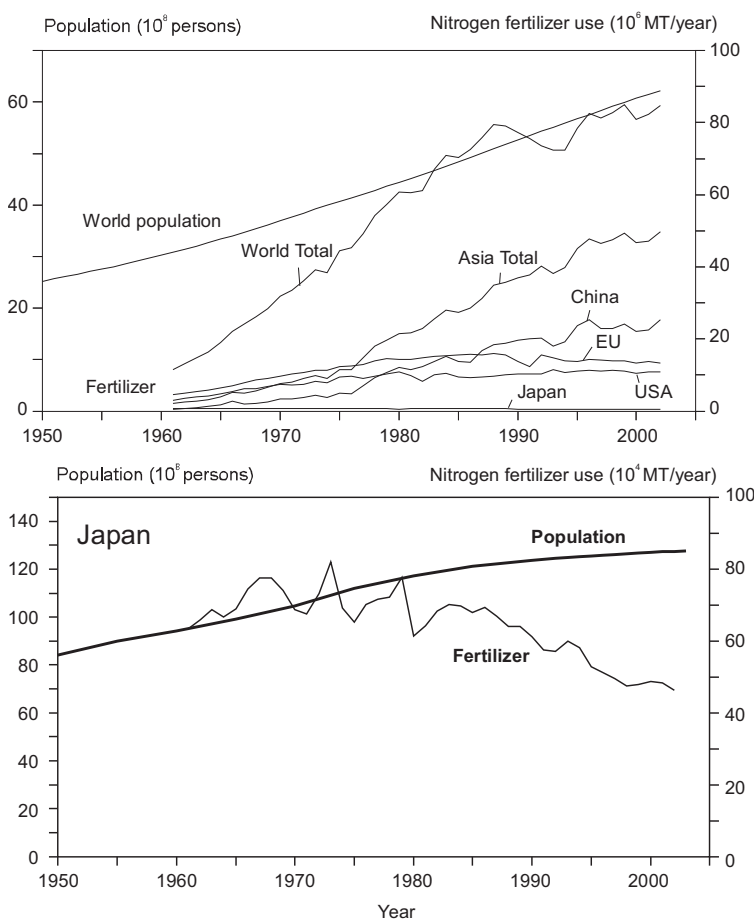


図 I-3 世界人口と窒素肥料消費量（FAO STAT DATA を元に作成）

Action Plan“が提出された。これを受けて、2004年に連邦法”Harmful Algal Bloom and Hypoxia Amendments Act of 2004“が制定され、貧酸素化した海域の科学的アセスメントと貧酸素削減のための計画の提出が義務づけられた。ミシシッピー川に流入する窒素の9割が、肥料や家畜糞尿など面源系に由来することが報告されている（Goolsby and Battaglin, 2000）。面源系負荷は、州や自治体の境界を越えて流出するために、その削減には管理区分に関わらない流域管理が必要とされる。このため、行動計画では、アメリカ合衆国の国土の41%、全農業人口の47%を占めるミシシッピー川流域全体の管理を行うことを予定している。2004年に発表された米国海洋行動計画においても、メキシコ湾流域管理のための連邦政府と州自治体政府の連携強化が強調されている。また、メキシコ湾流域管理を実施するにあたって、大学、省庁、自治体研究機関の多数の研究者が参加して、湾流域全体のモニタリングを継続実施して基礎的知見を収集している。

EUでは、農村部を中心に地下水を飲料水として使用する地域が多く、肥料の大量投入と並行して地下水の硝酸汚染が進行し、乳児や家畜のメトヘモグロビン血症による死亡事故が相次いだ（西尾，2005）。従来、無害に思われてきた肥料投入によって発生した健康被害をうけて、1991年に農業用硝酸塩からの水系保護に関する欧州委員会指令91/676/EEC（硝酸塩指令）が採択され、加盟国は、硝酸塩警戒ゾーン（NVZs：Nitrate Vulnerable Zones）を設定して、農業からの硝酸塩負荷の管理と地下水、河川、湖沼から海洋に至る水域の保護を行うことが義務づけられた。2002年にまとめられた硝酸塩指令実施状況2000年報告書（European Commission, 2002）によれば、少なくとも河川の30-40%において富栄養化が顕著で、EU水系の全窒素負荷の50-80%が農業由来であることが報告されている。

わが国においては、頻発する赤潮や貧酸素水塊の発生を受けて、1978年の水質汚濁防止法および瀬戸内海環境保全特別措置法の改正により水質総量規制が導入され、1979年の第1次総量規制の実施により、CODの負荷削減が義務づけられた。その後、2002年に実施された第5次総量規制ではCODに加えて窒素・リンの削減が義務づけられた。この結果、東京湾、大阪湾、瀬戸内海の負荷量は、1979年以來着実に削減されている。負荷の内訳は、産業系排水の削減率が高く、生活系排水及びその他系による負荷の削減率は低い。わが国では、米国やEUと比較して低い食糧自給率に象徴されるように、農業系排水が全負荷量に占める割合は低い。このため、水質総量規制において、農業系排水はその他系に含まれ重要視されていない。しかしながら、近年、日本でも地下水の硝酸汚染が顕在化し、海外での硝酸汚染による人間や家畜への健康被害の報告や世界保健機関の勧告を受けて、1999年には硝酸態窒素および亜硝酸態窒素が地下水の汚濁に係る環境基準項目として新たに追加された。

このように、世界では窒素の環境への過剰投入と富栄養化の問題が顕在化しており、各国は対策を強化している。対策の世界的趨勢としては、第1に農業と畜産からの発生負荷を中心とした管理の強化、第2に発生負荷源から地下水、河川、湖沼、海洋までの全水系を一体とみなして管理を行うための法制度の統合化、第3に全水系のモニタリングの強化・継続があげられる。一方、わが国は、世界最大の食糧輸入国であり、農業・畜産による負荷が全負荷量に占める割合が小さいために、富栄養化問題に対する対策は世界の趨勢とは異なる。この結果、下水道による点源系負荷削減を中心として陸域からの出口での削減政策が中心となり、着実に削減が成功しているのに対して、海外では、肥料投入量の削減を中心とする入り口での削減政策が中心となっており、農業系排水に由来する面源系負荷の削減に苦慮している。

2. 研究の意義と目的

国際連合の主催による環境や開発を議題とする会議は、1972年6月の「国連人間環境会議」（ストックホルム会議）以来、1982年の国連環境計画管理理事会特別会合（ナイロビ会議）、1992年の環境と開発に関する国際連合会議、2002年の「持続可能な開発に関する世界首脳会議」（環境開発サミット、ヨハネスブルグ・サミット）と10年ごとに実施され、また、生物多様性条約等の多国間環境協定によって、環境と生物多様性の保全がますます重視されてきている。これらの取り組みにも関わらず、近年の世界的な漁業不振や絶滅種の増加はますます深刻化している。この原因は、埋め立てや護岸工事による海岸開発もさることながら、拡大する人間活動からの海域への窒素・リンの栄養物質の負荷量の増大とそれにとまなう海洋生態系の変質があげられる。前節で記述したように、この窒素・リンの循環の乱れに対する実効的対策に関しては、陸域での肥料消費量削減や下水道普及による削減など削減方策が主導となっている。

一方、わが国は資源に乏しく、リン鉱石についてはほぼ100%を輸入に頼っている。リン資源は将来の枯渇が見込まれ、産出国の中国では2008年に100%の特別輸出関税を実施し、米国は戦略物質に指定して国内からの輸出を禁止している。このため、陸域から海域へ流出する栄養資源を再び陸へあげることはますます重要になっている。元来、陸域の人間活動および産業活動から海域へ流出する窒素・リン資源を再び陸域へ取り上げる仕組みには、漁業が重要な役割を占めてきた。しかしながら、近年の世界的な漁獲量の低下に代表される生態系の劣化に加えて、特に都市圏の海では開発に伴って漁業権が放棄され、漁業による窒素・リンの再循環の機能がますます低下している。これはわが国のみならず沿岸域の開発が進

行している世界各国の共通の課題である。

わが国では、近年、自然との共生を可能とする持続的な社会構築を目的として、2000年の循環型社会形成推進基本法、2003年の自然再生推進法の施行、2008年の生物多様性基本法成立など、法的側面が強化されている。特に、東京や大阪など密集市街地を有する流域については、2001年の都市再生プロジェクト第3次決定において、大都市圏における都市環境インフラの再生の枠組みの中で、河川の再生、海の再生、水循環系再生構想策定が実施されることになった。この結果、東京湾では、「快適に水遊びができ、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」ことを目標として、東京湾再生推進会議が立ち上げられている。また、本会議では、陸域からの負荷量削減により海水中の溶存酸素濃度を回復して海洋生態系を回復することを目標としている。このように、現在の都市圏の海に対する最新の取り組みである東京湾再生推進会議では、生態系回復の必要性としては親水性が強調されている。しかしながら、資源に乏しい日本では、親水性のみならず生態系を回復して再び食糧として陸域に戻して資源の再循環を促す方策を考えることが重要である。仮に大都市圏の海が食糧源となりうるのならば、肥料汚染を引き起こす陸上作物に頼らずに食糧自給率を向上させることも可能かもしれない。

江戸期の東京湾は、流域人口が100万人を超えて世界最大であったにも関わらず、盛んな漁業を支える豊かな生態系を有しており、陸域と海域が理想的なバランスを保っていたと考えられる。現在、わが国では、江戸期の東京湾の流域人口を下回る海域においても生態系の劣化が顕著であり、この原因はわかっていない。不明な理由の一つとして、過去から現在までの人間活動のインパクトと海洋環境の応答の経緯が未解明であることがあげられる。特に、現代と比較して過去の科学データおよび調査研究は少ないために、理想とされる再生すべき過去の環境そのものに不明な点が多い。

本研究では、わが国で最も高度に都市化が進んだ流域を持つ東京湾を対象として、100年以上前の江戸期の陸域の経済活動と海洋環境および生態系に関して分析を行う。その上で、高度密集都市型流域圏における生態系再生の具体的方策について検討する。

Ⅱ．研究対象

1．対象とする時代

海に囲まれたわが国は、海岸線の長さが 29,751 km ほどにもなり、世界第 6 位（米国 CIA, The World Factbook 2006）にランクされている。また、島嶼地域が数多く存在し、入り組んだ湾や半島にみられるように、沿岸部は複雑なかたちの地形となっており、たくさんの閉鎖性内湾が形成されている。なかでも代表的な閉鎖性内湾として、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海などが挙げられる。これらの沿岸海域は、1960 年代の高度成長期以降、流域人口の増加による生活排水、産業活動による環境負荷をはじめとして、土地利用形態の転換や埋立てなどのさまざまな人為的作用によってダイレクトに影響を受けてきた。交通や流通の結節点として、また、工業をはじめとする産業立地、観光やレクリエーションなど多様な沿岸域の利用により、沿岸陸域・沿岸海域ともに著しく変貌した。特にこれらの地域はわれわれの社会生活に大きく関わっており、また、空間的にも近接していることから、その水質などの環境の変化を身近に感じられるのと同時に、事実、環境的なインパクトが非常に大きい。全国的な傾向として現在は富栄養化問題などの水質汚濁、漁業不振にみられる水産資源の減少といった海洋環境に関わるさまざまな問題が生じている。このように、われわれにとって沿岸域や内湾海域は最も身近で、かつ重要な存在である。その沿岸環境や閉鎖性内湾は、現在、世界的に見てもわが国においても深刻な状況にある。そこで本研究では、わが国で最も早く開発が進み、同時に水質汚濁などの環境問題が生じ、さらにはその対策がさまざまな政策として実施されてきた経緯のある東京湾を対象とする。ここでは、東京湾やその流域の歴史的な変遷を簡単に振り返り、研究対象とする時代について考察する。

東京湾だけに限らず、わが国の沿岸域や閉鎖性内湾、さらには陸域における閉鎖性水域においても同様であるが、いずれも今日的な課題として水質汚濁、特に富栄養化問題が挙げられる。この理由のひとつとして、第二次世界大戦以降の経済開発や産業振興を重視した国土計画や経済政策などの諸政策が、沿岸域や海域はもとより、陸域を含めた環境全般にあまり配慮されることなく推進されてしまったことにある。温暖化問題など近年の地球規模での環境問題と相まって、水環境やゴミ問題をはじめとするさまざまな環境問題の発生が社会的に大きな話題となっているが、これまで世界第 2 位の GDP を達成するなど経済的に大きく成果を上げたことは改めて評価されるべきであり、遡ると明治時代初頭の発想や方針が百数十年の時間を経て実現したとも考えられる。本研究では、そのような時間的

スパンでの視点から社会経済や産業の推移と東京湾やその流域の水環境との関連を分析するために、現代的な環境問題に通じる歴史的推移について日本文明史の視点から検討し、対象とする時代設定を考えることとする。

本研究で対象とする江戸時代の後期から明治時代にかけては、政治や社会制度などそれまでの各時代にもたびたび生じた変化だけではなく、今日につながる社会経済活動や生産技術などの面で大きく変動してゆくきっかけとなった時代であろう。現在の環境問題、さらに言えば海洋や沿岸域、その流域における課題についても、同時代の根本的な社会的改変をきっかけにしていると仮定し、そのような考え方をもとに江戸から明治にかけての時代について環境や社会の観点から把握したい。以下、江戸時代から明治時代、そして現在について簡単に述べることとする。

江戸時代は、1603（慶長8）年2月12日、徳川家康が征夷大将軍に任じ江戸幕府を開府してから1867（慶応3）年11月9日（旧暦10月14日）に大政奉還がなされるまでの265年間にもわたって継続した。同時代末期には、国内的要因、海外からの影響などさまざまな理由から倒幕運動が起こり、明治維新として革命的刷新が実現した。この新しい時代である明治の中央政府は、欧米の先進的文明である産業技術の導入を強力に促進し、近代国家への転換を目指すという方針をとる。ここで、当時急激に環境に対する人為的インパクトが増大したとは考えられないが、生態系などへの影響が深刻化する昭和時代の公害問題、ひいては現在の環境問題に繋がる近代産業発展の端緒となった転換点として、この明治時代に注目する。そのように考えると、明治時代以降のわが国の産業社会の変遷という視点から、江戸時代から明治時代への移行時期がちょうど農業社会から工業社会への転換期であるとみなすことができる。すなわち、表 II-1 に示すように、日本文明史の視点から、江戸時代末期はヨーロッパ文明の移入を契機とする近代・現代の社会システム（第二次文明）以前の農業社会（第一次文明）期に属する時代の最終期と区分し、位置付けることができる。

また、わが国の人口動態から検討すると、図 II-1 に示す通り、江戸時代初期の慶長期から江戸時代中期にかけて人口が急増しており、その後中期以降、明治初期くらいまでは比較的安定して推移している。鬼頭（2002b）によると、江戸慶長期の人口増加の主な要因として、全国各地への市場経済化の浸透と農村における労働集約的な農業経営の成立および発展などが挙げられている。その背景として、各地での農業生産活動の発展や政治的・社会的安定があったと考えられている。その後、1700年代から明治時代頃まである程度安定した人口動態となっていることがわかる。図 II-2 より、明治時代から現在にかけてはそれまでの人口の推移とは全く別次元で人口が急増していることがわかる。この事実に鑑みるに、歴史人

口学の視点から江戸時代から明治時代にかけての時期はひとつの転換点であると考えることができる。

表 II-1. 歴史区分と本研究で対象とする時代

日本文明史		一般的歴史区分		海運・ 交易	環境 問題
1. 日本文明の土壌	自然社会	旧石器時代	原始・ 古代	中国・ 朝鮮	
		縄文時代			
		弥生時代			
		古墳時代			
2. 唐文明の導入	農業社会 (第一次文明)	奈良時代	中世	アジア	
3. 日本文明の創造		平安時代			
4. 文明の展開		鎌倉時代			
		室町時代			
5. 文明の成熟		安土桃山時代	近世	国内(蘭・ 中国・ 朝鮮)	
		江戸時代			
対象とする時代					
6. 地球文明の場へ	工業社会 (第二次文明)	明治時代	近代・ 現代	世界	
		大正時代			
		昭和時代			
	情報化社会 (第三次文明)	平成時代			

(上山[17]および鬼頭[6]を参考に作成)

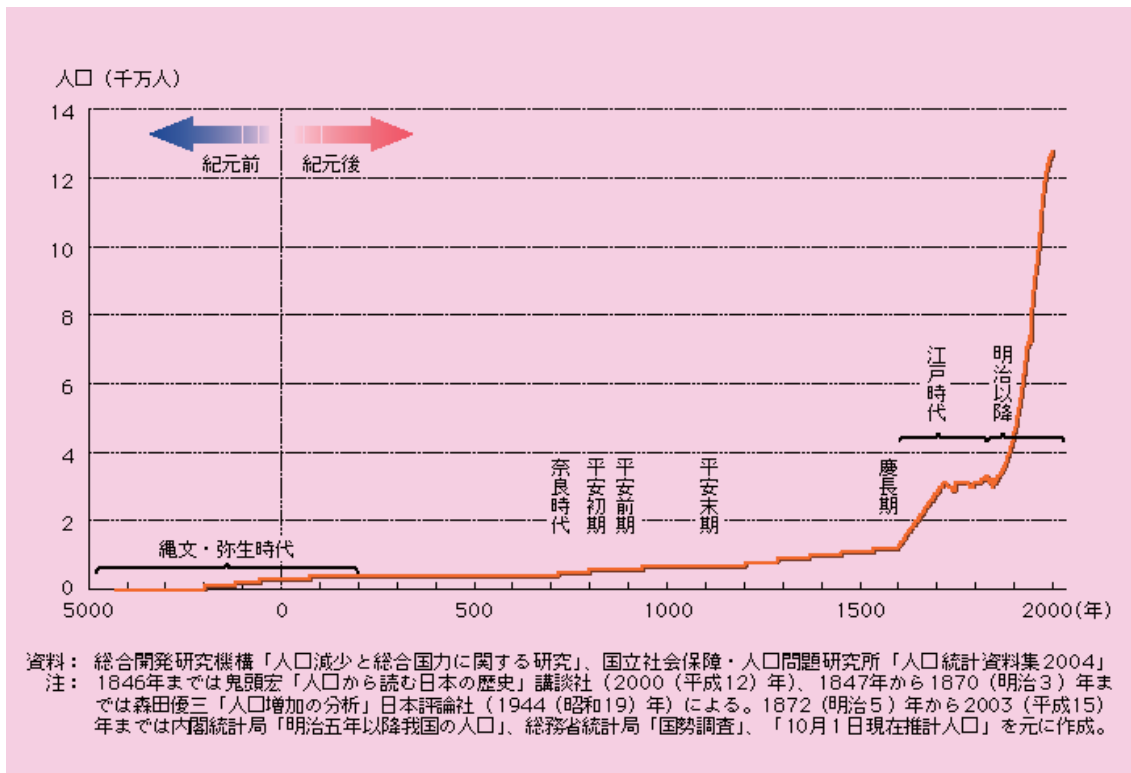


図 II-1 わが国の人口の推移

(出典：内閣府 (2004))

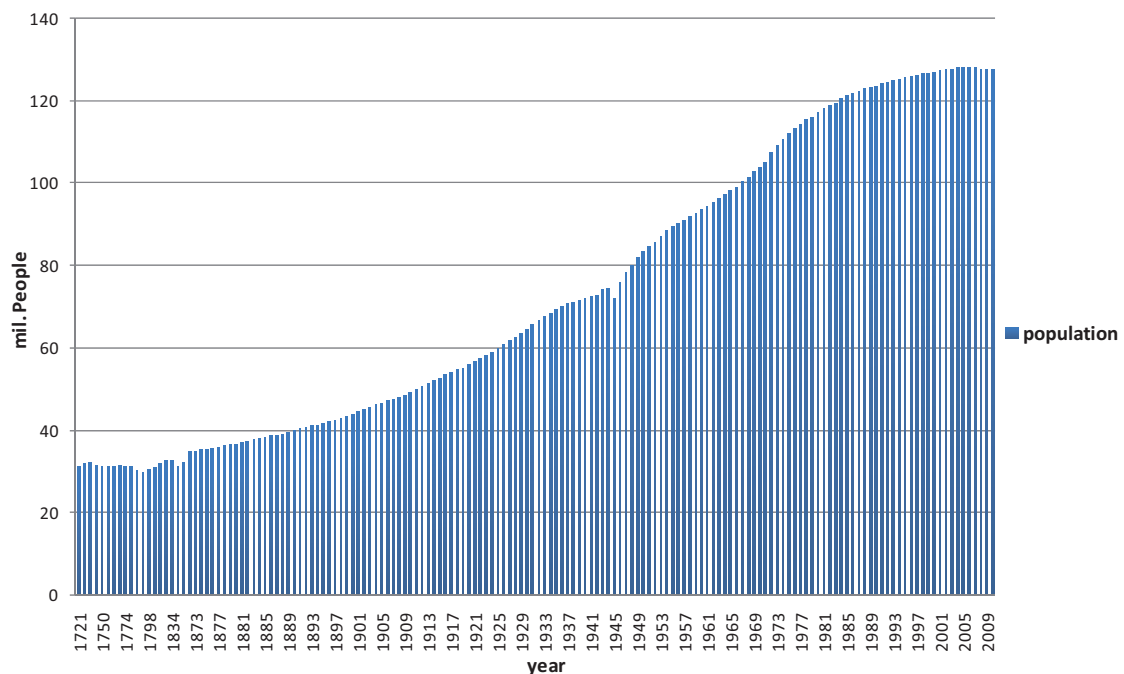


図 II-2 1721 年から 2010 年までのわが国の人口の推移

(人別帳，明治政府，国際エメックスセンター，総務省統計局のデータより作成)

その他にも鎖国（海禁政策）の成立による資源や食糧の供給，流通・消費などの経済活動についても，ほぼ国内循環型システムが成立していた江戸時代と，文明開化にみられる海外との本格的な交流を開始した明治時代との差異はさまざまなものがあるが，本研究では，先に述べた日本文明史と歴史的人口の推移を中心とした視点に基づく。

2. 対象とする空間

既に述べた通り，わが国の海岸線には入江などが多く世界の国々に比べても非常に長い。すなわち，閉鎖性内湾が多く形成されており，それらの海域は戦後の工業化や人口増加によって水質汚濁が急激に進行した。そのような経験を持つ代表的な湾として，わが国の首都東京やその他首都圏の大都市を流域に擁する東京湾（図 II-3，表 II-2）を挙げることができる。物流の拠点として東京港が整備され，高度経済成長期の東京湾西部一帯に開発された京浜工業地帯，さらには東湾岸の京葉工業地域は典型的な内湾の開発事例といえるであろう。このような東京一極集中や周辺地域の首都圏としての都市化が東京湾にもたらした影響は大きく，沿岸域および海域に多大な環境的負荷を与えたことは紛れもない事実であり，わが国で最も早く富栄養化などの水環境問題を進行させてしまった地域である。しかし，東京湾内の水質悪化やそれに続く全国の水質汚濁問題に対して，1970年に制定された水質汚濁防止法をはじめとしたさまざまな法規制や各種の政策が実施され，徐々にではあるがその成果が上がってきている。

一方で，本研究で対象とする1800年代後半，すなわち江戸時代も幕末期といわれた時期の江戸のまちは，既に100万人を超えた人口を有していたといわれており，当時の土地利用形態や居住環境などを考慮すると，現在の同地域と比較してもかなりの過密都市であったと考えられている。「江戸の海 I¹」の結果をもとに試算すると，当時の江戸町人の居住地域の人口密度は40,000人/km²ほどと推計され，2005年におけるわが国の市町村別人口密度第一位の埼玉県蕨市（13,727人/km²）と比較すると約3倍もの数値となる。また，江戸のまちからの環境負荷は現在の大村湾など富栄養化問題が生じている流域に匹敵していたと推計されているが，それにもかかわらず，当時は内陸においても海域においても良好な水質を保持していたとされる。さらに「江戸の海 II²」によれば，現在の東京湾周辺など

¹ 当財団が実施した「平成18年度『江戸の海を科学する－東京湾の歴史的変遷－』調査研究」

² 当財団が実施した「平成20年度『江戸の海を科学するII－江戸の環境共生システムと東京湾－』調査研究」

の東京湾沿岸部には浅海域が広く存在していたことから、干潟や砂浜における多様な生態系が構成され、現在では絶滅あるいは希少生物となったハマグリやサツキマスなどが豊富に生息していた。以上のことは、人間活動と海域環境が適切にバランスしており、陸域から海域をめぐる物質循環が健全に保たれていたことを示している。このように、これまで実施してきた「江戸の海Ⅰ」および「江戸の海Ⅱ」の研究によって、江戸期の東京湾およびその流域は陸・海の物質循環バランスが保たれ、理想的な海洋環境であったことが示唆された。その一方で、陸域での諸活動による環境負荷の増大や海域をはじめとする水環境の悪化がみられる現代は、この物質循環のバランスが失われていると考えられる。

これらを踏まえ、本研究では、過去と現代いずれも高密度都市を流域に持つ東京湾を対象として、流域圏と海域との関係性を考慮に入れながら分析を行う。



図 II-3 東京湾

表 II-2 東京湾の概要

湾の面積	湾の容積	平均水深	干潟面積
1,380 km ²	62.1 km ³	45 m	1,734 ha
海岸線延長	湾内最大水深	港湾区域の面積 ³	湾の長さ
1,650 km	700 m	560 km ²	70 km
一級河川の 流入水量	流域面積	流域内人口 (平成 11 年)	湾の幅
6,369×10 ⁶ m ³ /年	7,597 km ²	26,296,000 人	20 km

(国際エメックスセンター (2003) および環境省 (2006) などを参考に作成)

³ 港湾区域の面積は、重要港湾以上の 6 港 (木更津, 千葉, 東京, 川崎, 横浜, 横須賀) の面積 (約 550km²) , 地方港湾 3 港 (館山, 浜金谷, 上総湊) の面積 (約 10km²) の総和を示している。

Ⅲ．江戸流域圏

1．対象地域の定義

本研究で対象とするのは、江戸末期から明治にかけての時代における江戸のまちと、現代の東京湾流域に相当する空間である。流域とは本来雨水などが河川に沿って集められ、分水界を形成している範囲を指す。本研究においては最終的な集水域が東京湾という閉鎖性内湾であることから、この東京湾に注ぐ河川によって構成された分水界を東京湾流域とし、ここでは同流域と東京湾海域をあわせた範囲を東京湾流域圏と定義する。本研究ではこの範囲を対象地域とし、江戸時代における同地域を江戸流域圏とする。

2．江戸のまち

(1) 範囲の画定

江戸時代は 250 年以上もの長期間継続し、その間、人口や生産力も向上した。それに伴って、江戸のまちもその範囲や経済規模などが大きくなった。しかし、江戸のまちの空間的な圏域は、現在の行政区のように厳密に設定されていたわけではないため、その範囲が明確ではなかった。空間としての範囲ではなく、当時の政治・統治体制に基づくそれぞれの役職ごとに管轄の対象が決まっていたことから、行政区域が画定されていなかった。例えば、江戸町奉行（正式名は町奉行）は行政・司法・警察の機能を有し、江戸市民（町方）を管掌し、町人の居住地は区別されていたが、地区ごとにまとまっていたわけではなかった。また、寺社奉行は寺社地を管轄した（門前町のみ町奉行が管轄）が、江戸にはさまざまな場所に寺社地があり、これも空間的にまとまっていたわけではない。このように、行政的な管掌範囲は複雑であり、空間的に把握するのは非常に困難である。さらに、町方は一般に「江戸八百八町」などといわれるが、実際の町奉行の管掌地域は江戸時代初期において 300 町ほどであったとされ、江戸時代末期となる天保年間には 1,679 町にまで拡大した。このように江戸のまちは、1600 年代から明治維新まで拡大・成長を続けていた。

本研究では、江戸時代における東京湾流域圏の一部として、江戸のまちの空間的範囲を画定し、設定することを試みる。その上で江戸の土地利用や社会経済の状況について定量的に分析し、環境的な視点から解析する。

(2) 朱引と土地利用

江戸のまちの範囲を画定する根拠として、以下の資料を挙げる。上述したように、江戸時代においては、現在のように空間的な行政区域が厳密に決定されているわけではなく、江戸のまちの範囲についてあまり議論されてこなかったという側面がある。町奉行所や寺社奉行、大目付・目付などの行政機構が存在しており、それぞれの行政組織による管轄が優先されたことから、空間的には複雑に入り組んだ状況になっていたことも理由のひとつと考えられる。

しかし、1818（文政元）年 8 月、目付牧助右衛門によって「御府内外境筋之儀」が提出されたのを契機として、江戸の範囲（御府内と呼ばれる）について検討することとなり、評定所⁴において評議された。その結果、同年 12 月、老中阿部正精から幕府の公式見解として以下の範囲が設定され、朱線によって江戸の圏域が図示された（図 III-1）。この朱引の範囲は、寺社勸化場（寺社が建立のための寄付を受けることができる範囲）と札懸場（変死者や迷子の情報などを高札によって掲示した場所）の対象となる範囲にほぼ一致し、東は中川、西は神田上水、南は南品川町を含む目黒川辺、北は荒川・石神井川下流の各河川や水路によって囲まれた地域とされた。

なお、図 III-1 の黒線で示された範囲は墨引といわれ、町奉行の管轄する地域とされている。この範囲は、明治維新後 1878 年に施行される郡区町村編制法によって画定される東京市の 15 区とほとんど同じである⁵（麹町区、神田区、日本橋区、京橋区、芝区、麻布区、赤坂区、四谷区、牛込区、小石川区、本郷区、下谷区、浅草区、本所区、深川区）。

本研究では、1818 年の御府内朱引図を元に江戸のまちの範囲として定義し、GIS 上で扱うことのできる位置情報を持った世界測地系データとしてデジタル化を行った。図 III-2 は現在のマップ上に朱引範囲と海岸線を図示したものである。参考とした資料は、陸軍参謀本部（1880（明治 13）年～1886（明治 19）年発行）、人文社（1966）、エーピーカンパニー（2004）、また、実際に測量された位置データを持ち、かつ現在入手可能な最古の地形図である大正 6 年図式の旧帝国陸軍調製旧版地形図などである。さらに、現存する古地図、正井（2000b）などの資料をもとに朱引内の土地利用のデータ化を行い、位置データを持つ現在入手可能な

⁴ 三奉行（寺社・町・勘定奉行）が主となって訴訟を判決する機関。例えば土地の境界争い、魚場争い、水争いなどを扱った。また、大名のお家騒動、直参旗本に関するもの、三奉行の所管範囲が複雑に入り交じっている事件などの場合は三奉行の複数合議によって老中・大目付も列座して評定所で決議される。

⁵ 現在の行政区画の千代田区・中央区・港区・新宿区・文京区・台東区・墨田区・江東区・品川区の一部・目黒区の一部・渋谷区・豊島区・北区の一部・板橋区の一部・荒川区

最古の地形図である大正 6 年図式の旧帝国陸軍調製旧版地形図などを用いて GIS 上で扱うことのできる位置情報を持った世界測地系データとして作成した。これらの成果が図 III-3 に示した図である。

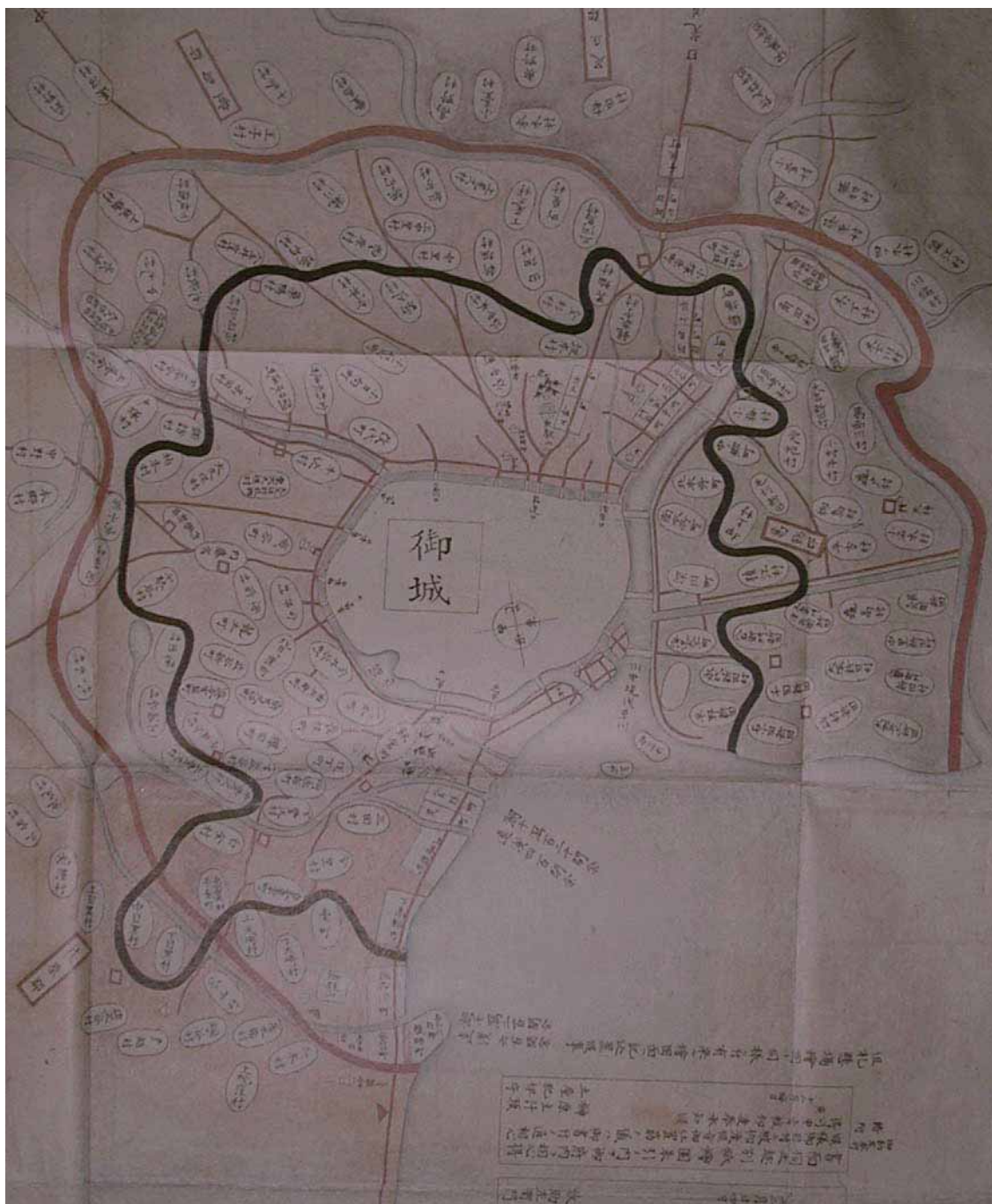


図 III-1 江戸朱引図 (1818 (文政元) 年)

(出典: 東京都公文書館 HP)

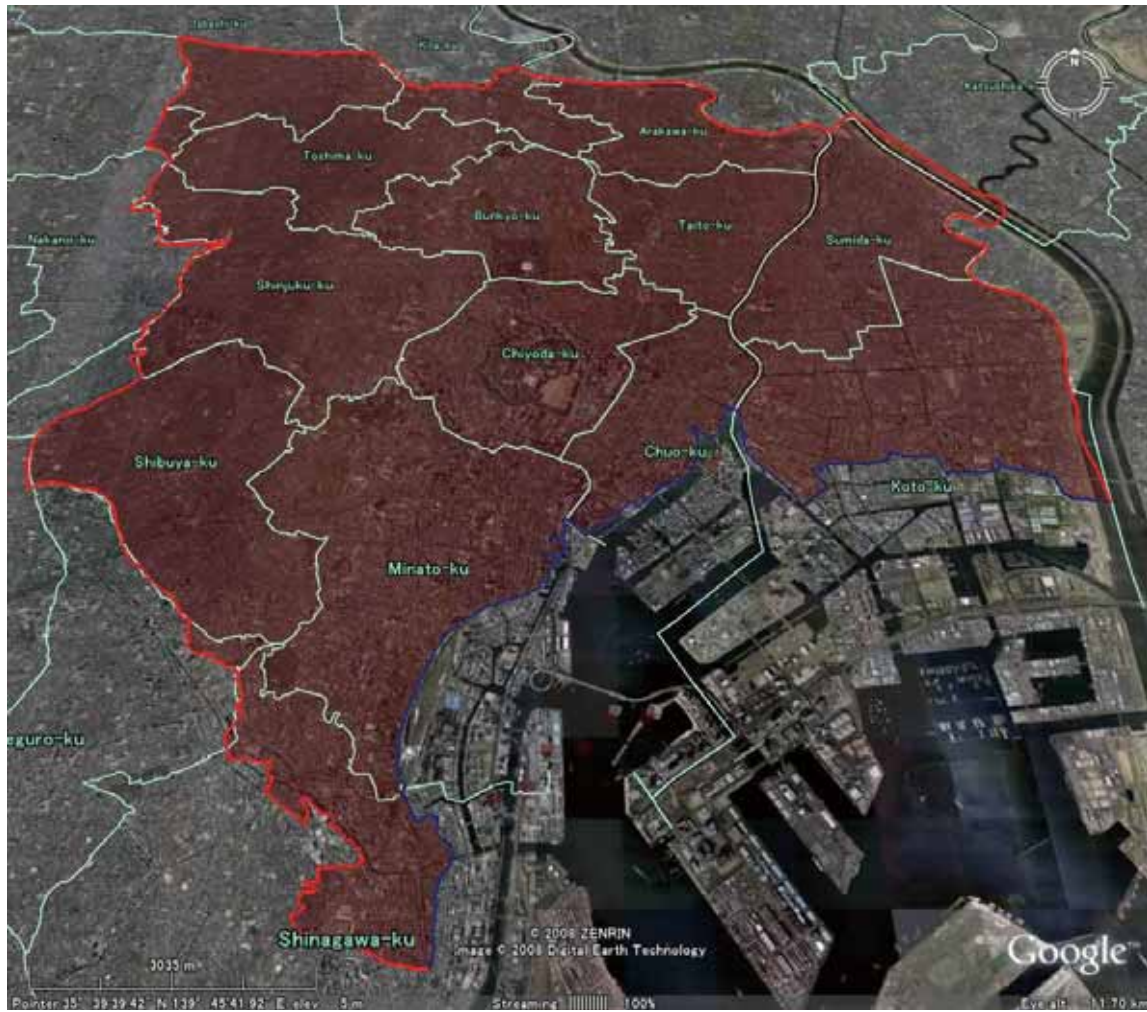


図 III-2 朱引図による江戸都市圏と海岸線

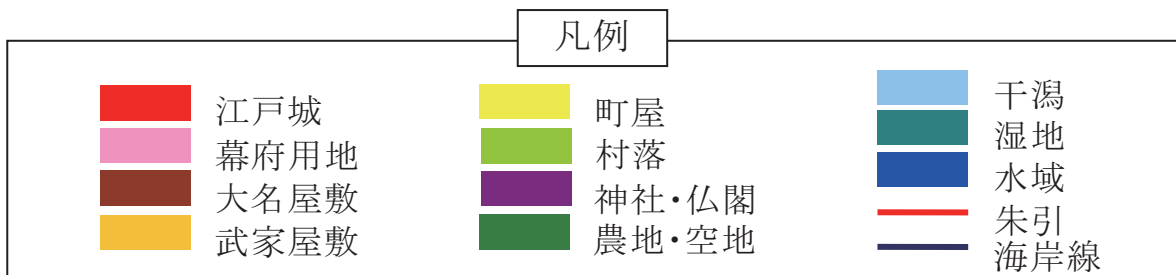
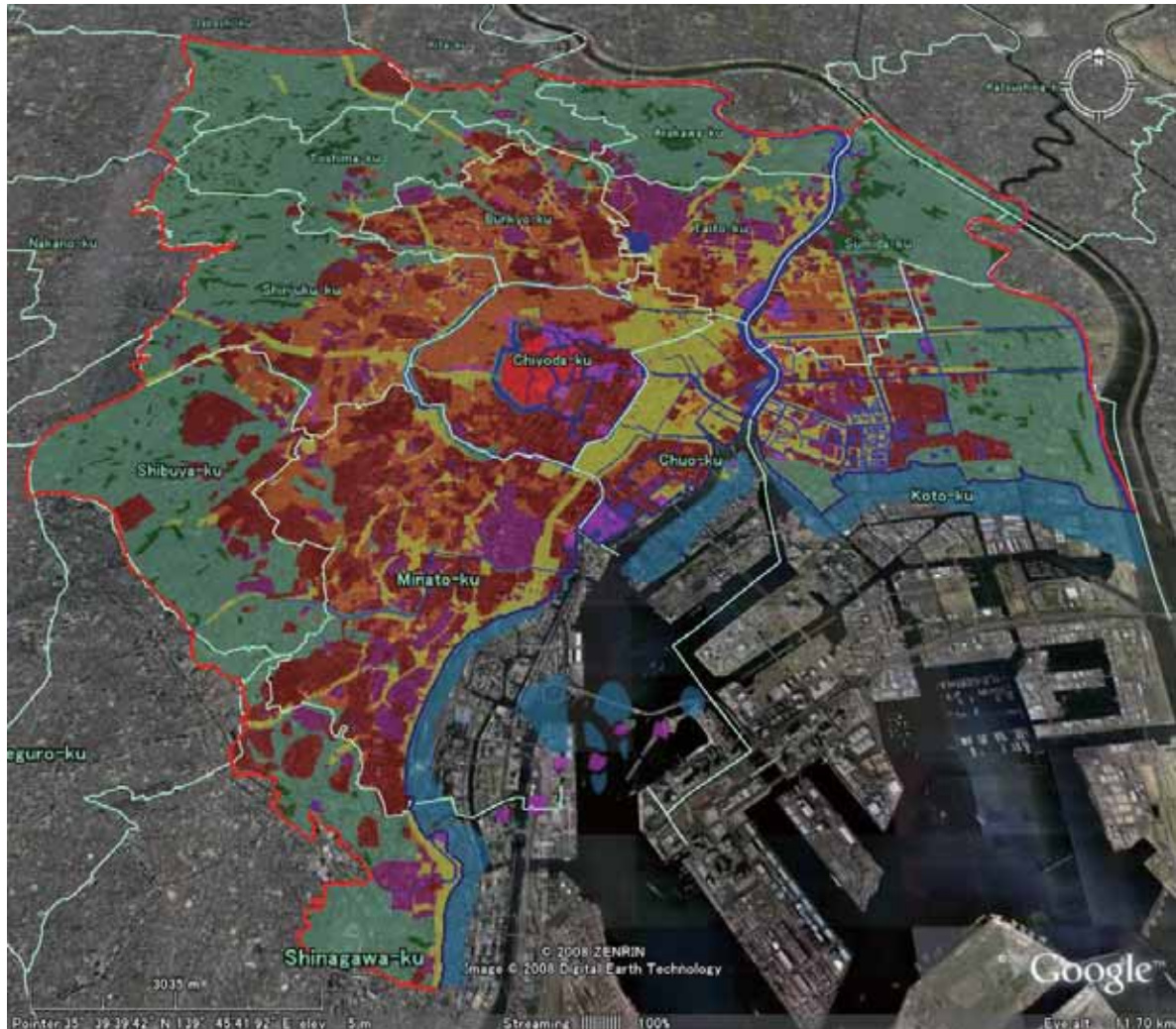


図 III-3 江戸朱引内の土地利用

3. 東京湾流域圏

(1) 地形の変遷

本節では、本研究で対象とする東京湾流域圏について分析を行う。図 III-4 は現在の東京湾流域市町村を示したものである。赤い色で示した範囲が朱引図をもとに本研究で定義した朱引図をもとにした江戸のまちであり、青色のラインは当時の海岸線である。また、表 III-1 には現代の流域面積および人口を示した。東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県の 1 都 3 県が面積、人口ともにほとんどを占めている。

江戸時代における東京湾流域とは、江戸都市圏（朱引内）を含む現在の東京湾流域に対応した江戸時代の同範囲とし、江戸流域圏と呼ぶこととする。この江戸流域圏は現在の東京湾流域から明治以降の埋立地面積を除いた範囲とする。

ここで、江戸流域圏と現在の東京湾流域圏がどのような変遷を辿ってきたか、明治時代以降の埋立地による地形変化についてまとめる。図 III-5 は、明治時代から現在までの東京湾沿岸部の埋立地の変遷と朱引図を重ねた図である。江戸時代の海岸線が現在よりかなり奥まっている位置にあることがわかる。ベースとしている地図は、国土地理院の 5 万分の 1 旧版地形図（明治 36～45 年測量）である。同図より、明治および大正期は主に東京湾の西側で多く埋め立てられていることがわかる。また、現在の東京港周辺は、昭和 40 年から昭和 50 年代頃には既に現在の状況に近くなっており、江戸のまちがかなり内陸に入ってしまったように感じられる。東京湾全体を概観すると、昭和 40 年代以降、埋立事業として大規模に行われた様子が見られる。図 III-5 でも示されているが、現在の沿岸部にある江東区、中央区、港区、品川区などはかなりの部分が埋め立てられた地域であることがわかる。

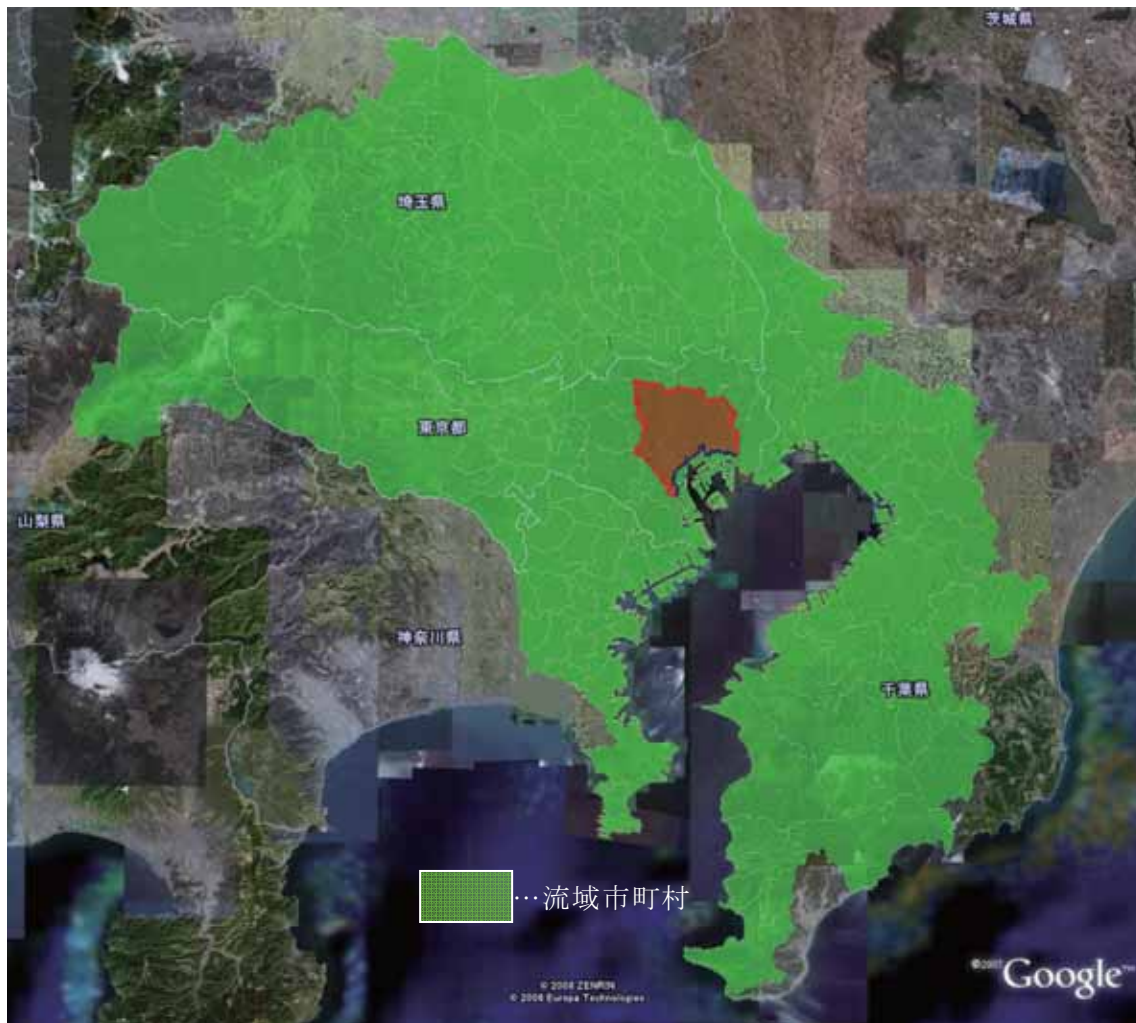


図 III-4 東京湾流域
(市町村界データは 2005 年 3 月現在)

表 III-1 東京湾流域の面積と人口（2004 年）

都県名	都県面積 ⁶ (km ²)	うち流域面積 ⁷ (km ²)	割合	都県人口 ⁸ (千人)	うち流域人口 (千人)	割合
東京都	2,102	1,776	19.2%	12,524	12,139	41.8%
神奈川県	2,416	713	7.7%	8,644	5,283	18.2%
千葉県	4,996	2,785	30.1%	6,015	4,749	16.3%
埼玉県	3,767	3,546	38.3%	6,997	6,840	23.5%
茨城県	6,096	23	0.2%	2,992	10	0.0%
山梨県	4,201	418	4.5%	881	39	0.1%
合計	23,578	9,261		38,053	29,060	

（出典：国土交通省関東地方整備局東京湾水環境再生計画（案））

⁶ 「平成 16 年 全国都道府県市区町村別面積調」（国土地理院）による平成 16 年 10 月 1 日時点の我が国の市区町村別の値

⁷ 流域に関連する市町村の全体面積を示している

⁸ 各都県の「住民基本台帳」による平成 17 年 3 月末現在の値

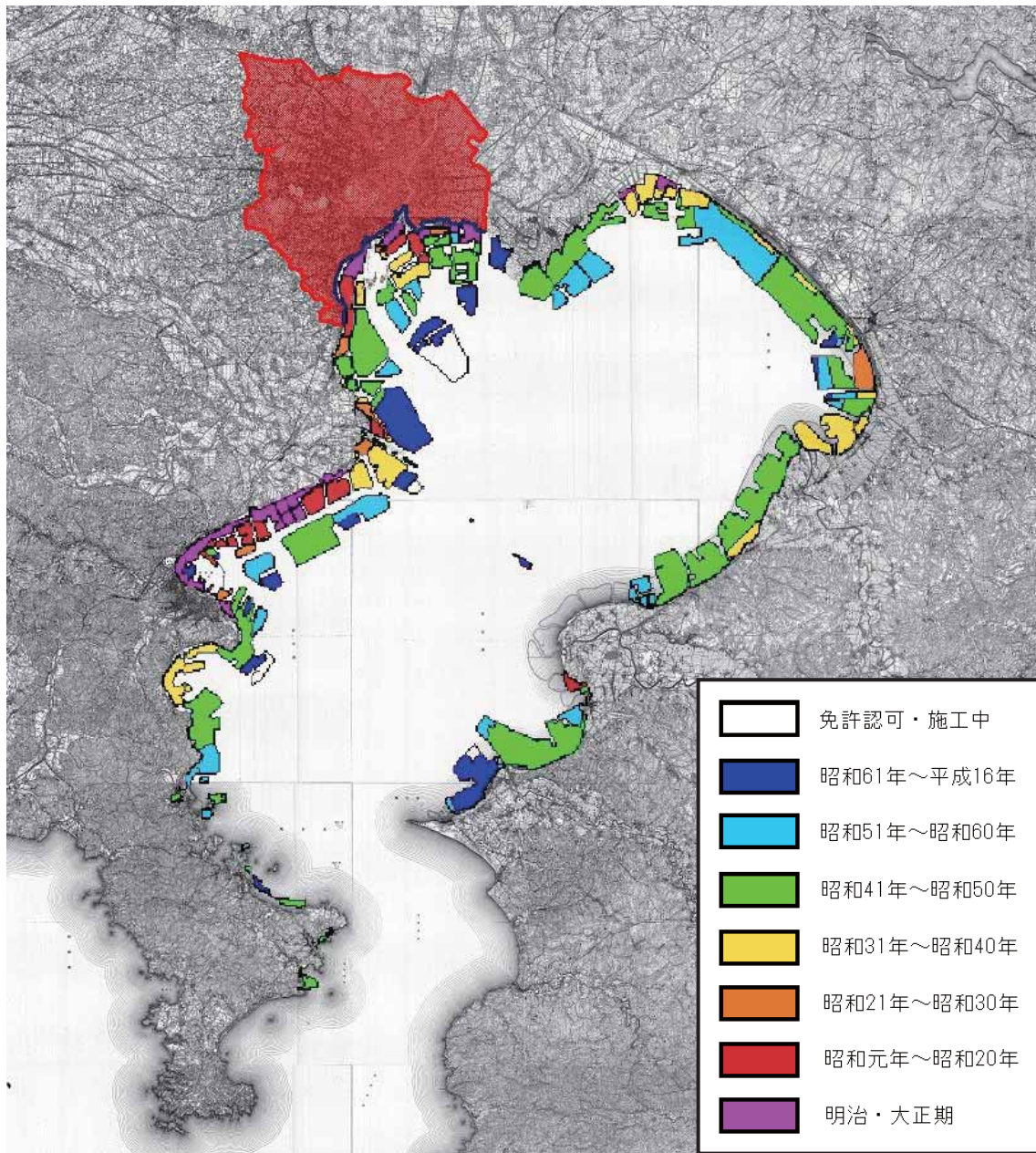


図 III-5 朱引範囲と明治以降の東京湾沿岸の埋立地

(2) 流域圏の土地利用

本研究では、現在の東京湾流域の土地利用について GIS を用いて解析し、土地利用形態別に面積を推計した。表 III-2 は、江戸時代の朱引内および江戸都市圏、現在の東京湾流域に関する面積についてまとめたものである。現在の東京湾流域については、2006 年の「国土数値情報 土地利用細分メッシュ第 1.1 版」を用い、流域総面積と表 III-3 に示した 4 種類の土地利用区分ごとの面積を GIS により推計した。その推計値は 7,692 km² ほどである。また、東京湾水環境再生計画（案）（国土交通省関東地方整備局，2006）によると、東京湾沿岸において明治時代以降に埋め立てられた地域の総面積は約 250 km² とされていることから、表 III-2 に示したように江戸時代の江戸流域圏の総面積を求めると 7,442 km² となった。朱引内土地利用面積については、図 III-3 の GIS データより推計し、表 III-4 に示した。

これらのデータを利用して現代の東京湾流域から東京湾に流入する環境負荷を推計し、江戸時代においても同流域の範囲について分析を行い、現在との比較分析を行う。

表 III-2 朱引内土地利用区分と面積

年次	範囲	面積(km ²)
1843 年	朱引	169
	江戸流域	7,442
2000 年	東京湾流域	7,692
	明治以降埋立地	250

表 III-3 東京湾流域の土地利用区分と面積（2006 年）

2006(H18)年	田	市街地	山林	その他	合計
流域面積(km ²)	857	2,517	2,563	1,756	7,692

（国土数値情報 土地利用細分メッシュ第 1.1 版より推計）

表 III-4 朱引内土地利用区分と面積(1843 年)

Index	土地利用区分	面積 (km ²)
1	江戸城	84.68
2	幕府用地	
3	大名屋敷	
4	武家屋敷	
5	町屋	
6	村落	
7	神社・仏閣	
8	農地・空地	70.71
9	干潟	6.76
10	湿地	0.37
11	水域	6.71
合計		169

(3) 流域圏の社会経済

① 人口

表 III-5 は、1843 (天保 14) 年の人別帳による江戸市中の人口の推計値を示したものである。上述した通り、当時の人別帳では町人人口のデータは把握できるが、武家や公家、その他についての人口については同データに含まれず、また、他の資料にも記録が残っていない。内藤 (1966) などによると、武家や公家、その他の人口は、町人人口とほぼ同数であると推定されている。したがって、表 III-2-2 の人別帳データより、町人 (町方支配場町人、寺社門前町人、出稼人の合計) 人口は 587,458 人とされていることから、本研究では、天保期の江戸市中人口はおよそ 110 万人ほどであるとし、同表に示した。

表 III-5 江戸市中人口（1843（天保 14）年 7 月）

町人	町方支配場町人	479,103
	寺社門前町人	74,154
	出稼人	34,201
	合計	587,458
武家 公家 その他	} 町人とほぼ同数	
	推計	1,100,000

（町人人口の出典：天保 14 年人別帳）

② 産業

本節では、江戸都市圏における産業活動に焦点当てながら、当時の社会経済構造について分析を行う。まず、自然環境から採取した資源を加工し、有用な財を生産する諸産業について概観する。

江戸時代の産業活動については、例えば生産品目別や地域別の生産量や販売額など、現在のようなかたちで整理された生産物のデータや統計資料は見当たらない。江戸時代において全国的な産物の調査が初めて行われたのは、1735 年から 1738 年頃であり、幕府が医官の丹羽正伯に命じて全国の各村に対し、動植物、鉱物等などの状況について調査・報告を求めたものであるとされている。この調査報告を元にして、全国の産物について整理し、編集されたものが、『享保・元文諸国産物帳』である。一般には『江戸諸国産物帳』と呼ばれており、江戸期の動植物などの分布について全国的に集計した資料として貴重な情報源となっている。

江戸あるいはその周辺地域における産物のデータについては、岩崎常正による『武江産物志』（1824 年）が存在している。同資料は、江戸周辺でどのような産物が得られたかについて詳細に調査し、それらを記録したものである。具体的には、江戸およびその周辺地域（約 20km の範囲）におけるさまざまな産物（農産物、薬草木類、魚介類、昆虫、爬虫類、両生類、哺乳類など）のデータを集計し、記述したものである。

しかし、以上に挙げた資料は、いずれも現在のような生産部門やそれによる

生産高などのデータがまとめられているわけではないため、本研究で求められる情報とはなり得ない。したがって、ここでは明治政府（民部省）が行ったわが国初の近代的統計調査による生産統計『明治 7 年 府県物産表』（1874 年）からデータを用いることとした。

本研究で対象とする産業データは表 III-6 に示した通りである。

表 III-6 産業データ（1874 年）

産業	生産額	単位
食物類	9,098	円
飼料類	108	円
木材類	3,018	円
紙類	78,753	円
畜産	1,002	頭

（4）江戸社会システム

江戸時代においては、経済的・環境的に重要な役割を果たしていたさまざまなリサイクルシステムが存在したと考えられる。本研究では、陸域におけるリサイクルシステム（屎尿の再資源化）と、陸域と海域にまたがる物質フローを視野に入れて検討する。本節では主に陸域における都市住民の屎尿リサイクルに焦点を当てる。

江戸には、日用品の修理や再利用、灰の回収に至るまでさまざまな業者が存在していた。このような業者の存在，すなわち，広く捉えればリサイクル産業といえることができるが，これらが成立していたこと自体が，すぐに廃棄せず，修繕をするなどなるべく長期間モノを使用し，さらに可能な限り再利用するという考え方を反映していたといえる。

東京都編（1967）によれば，1723（享保 8）年の江戸においては，質屋・古着屋が 5,758 軒，古道具屋等が 3,068 軒，古金屋 2,013 軒など，古物商関係が 10,839 軒も存在していたとされる。その他にも，紙屑屋などさらに多種多様な数多くの業者があった。

例えば，紙屑回収業者は紙製品だけを対象にしていたわけではなく，不要になった金属製品や古着，古布など，ほとんどあらゆる不要品を買い，取り引きした

リサイクル業者であった。零細ではあっても自己資本を持った商人で、不要になった帳簿などの製紙品を適当な価格で買い取った。古紙問屋は、古紙、紙屑を仕分けし、主として漉き返す業者に卸した。現代の紙は、1ミリか2ミリぐらいの長さしかないパルプの繊維でできているが、伝統的な和紙は10ミリ以上もの長い植物繊維でできており、しかも、他に加物がないために漉き返しが容易であった。そのため、各種の古紙を集めてブレンドし、ちり紙から下級印刷用紙まで様々な再生紙に漉き返すことができた。

このように、江戸社会のリサイクルを成立させていたポイントとして、以下のようなことが挙げられよう。ひとつの製品について、生産から消費だけのプロセスだけではなく、処理に関しても対応する専門職や流通経路が存在し、さらに再販の市場が成立していた。また、製品そのものがリサイクルに適した品質で生産されていたことも重要である。

また、江戸のリサイクルに関して代表的なものとして挙げられるのが、江戸のまちにおける生活者の尿尿を周辺の農耕地の肥料とするために回収し、再利用するというシステムである。

鬼頭（2002a）によれば、江戸末期の江戸のまちにおいては、年間あたり10人が排泄する尿尿量は、金二分～三分ほどの値がつけられたとされており、米に換算すると100kg分ぐらいに相当したという。

また、山野（2000）によれば、江戸のまちの人口を100万人とすると、年間約43.8万キロリットルの尿尿が江戸のまち全体から排出されたであろうと推計されている。本研究では、江戸の人口を110万人と推計し、これを人口データとして使用していることから、同様に計算すると年間48.2万キロリットルほどが排出されたと推計される。いずれにせよ、これらの江戸市民から排出される尿尿は貴重な資源とみなされ、周辺農家にとっては野菜などの作物の栽培に不可欠な肥料として利用された。江戸市中における武家屋敷や町屋などの居住地域には、地区や建物ごとにそれぞれ決まった農家がつき、有償による尿尿回収が行われ、下肥（肥料）として農村地域で再利用された。主に江戸の周辺部の農家（現在の世田谷、赤羽、葛飾など）が回収のために各地区を回っていた。農家が支払う尿尿の代金は、町屋の長屋については大家の収入となった。これらは大家にとっては大きな収入源となっていたこともあり、この代金が徐々に高騰するなど、尿尿回収の権利や売買の値段について争いが起こったことも多い⁹。回収については、農家が直接行うほか、専門の収集業者によって実施されることもあった。江戸市中で尿尿

⁹ 例えば、1789（寛政元）年には、江戸周辺の農村1,016ヶ村が団結し、江戸の下肥価格を50年前の水準まで引き下げようとして交渉し、実現させた。その他、1843（天保14）年、1867（慶応3）年などにも同様の動きがあった。

を収集する際は、主に舟運を利用しており、水路が通じてない地域では馬を用いるなどして各地へ運んでいた。運搬舟は肥舟（こえぶね）と称され、葛西地域から多く来ていたこともあり、葛西舟などとも呼ばれていた。

もちろん、当時、江戸の生活者の尿尿だけではなく、それ以外にも落葉や家畜糞尿、油粕、魚肥などの肥料としての需要が高く、農村部において利用されていたが、江戸のまちのリサイクルによって都市環境が良好に保たれたことは想像に難くない。したがって、本研究においては、江戸社会のリサイクルシステムとして、江戸の生活者の尿尿リサイクルと家畜糞尿のリサイクルを取り上げることとする。

4. 流域環境負荷の推計

これまでに示した江戸流域圏における人口からの環境負荷を生活系負荷、土地利用からの環境負荷を面源系負荷、そして産業による環境負荷を生産系負荷として、関連するデータより江戸流域圏の環境負荷総量を推計した。対象とする環境負荷物質は、T-N（Total Nitrogen；全窒素）、T-P（Total Phosphorus；全リン）、COD（Chemical Oxygen Demand；化学的酸素要求量）とした。それぞれの環境負荷物質の負荷原単位は、日本下水道協会（2001）等を参考にして設定した。

また、総合科学技術会議（2005）によると、1935（昭和10）年当時、尿尿による生活系負荷の約80%が肥料として農耕地へ還元されていたと推計されていることから、同資料を参考として、本研究における江戸時代の尿尿リサイクル率を80%と仮定した。また、畜産による尿尿も制御可能と仮定し、生活系負荷と同様の条件とした。畜産以外の産業部門に関しては、日本銀行調査局編（1975）、日本銀行（1986）、総務省統計局HPなどのデータをもとに1874（明治7）年と2000（平成12）年の消費者物価を算出したところ、約7,727倍となった。これに基づき、現在価値に換算して負荷原単位を乗じることで推計を行った。

自然浄化率は、国土技術政策総合研究所のデータを参考にして40%と設定し計算を行う。

以上より、表III-6、表III-7、表III-8の通り環境負荷量の推計値を算出した。

また、表III-9は、現在の東京湾流域による負荷量と江戸時代の負荷量とのそれぞれ推計値を比較したものである。

表 III-6 江戸流域圏の生活系負荷

年次	人口(人)	負荷物質	負荷発生量 (ton/year)	流域流出量 (リサイクル率 80%, ton/year)	東京湾流入量 (自然浄化率 40%, ton/year)
1843 年	1,100,000	T-N	4,497	899	540
		T-P	530	106	64
		COD	11,041	2,208	1,325

表 III-7 江戸流域圏の面源系負荷

年次	範囲	負荷物質	負荷発生量 (ton/year)	流域流出量 (リサイクル率 0%, ton/year)	東京湾流入量 (自然浄化率 40%, ton/year)
1843 年	朱引 (162km ²)	T-N	347	-	208
		T-P	25	-	15
		COD	1,359	-	815
	流域 (7,442km ²)	T-N	3,113	-	1,868
		T-P	243	-	146
		COD	19,849	-	11,909

表 III-8 江戸流域圏の生産系負荷

年次	産業	負荷物質	負荷発生量 (ton/year)	流域流出量 (リサイクル率 80%, ton/year)	東京湾流入量 (自然浄化率 40%, ton/year)
1874 年	食物・飼 料・木材・ 紙類	T-N	23	-	14
		T-P	2.2	-	1.3
		COD	212	-	127
	畜産	T-N	106	21	13
		T-P	18	3.7	2.2
		COD	194	39	23
	合計	T-N	129	21	26
		T-P	20	3.7	3.5
		COD	406	39	150

表 III-9 江戸流域圏の陸域負荷 (ton/year)

年次	範囲	負荷物質	負荷量			東京湾流入量
			生活系	面源系	生産系	
1843 年	朱引(162km ²)	T-N	540	208	26	774
		T-P	64	15	3.5	82
		COD	1,325	815	150	2,291
	流域(7,442km ²)	T-N	540	1,868	26	2,434
		T-P	64	146	3.5	213
		COD	1,325	11,909	150	13,385
2000 年	流域(7,692km ²)	T-N	59,939	6,446	20,833	87,219
		T-P	5,531	772	2,977	9,280
		COD	64,798	44,972	31,554	141,324

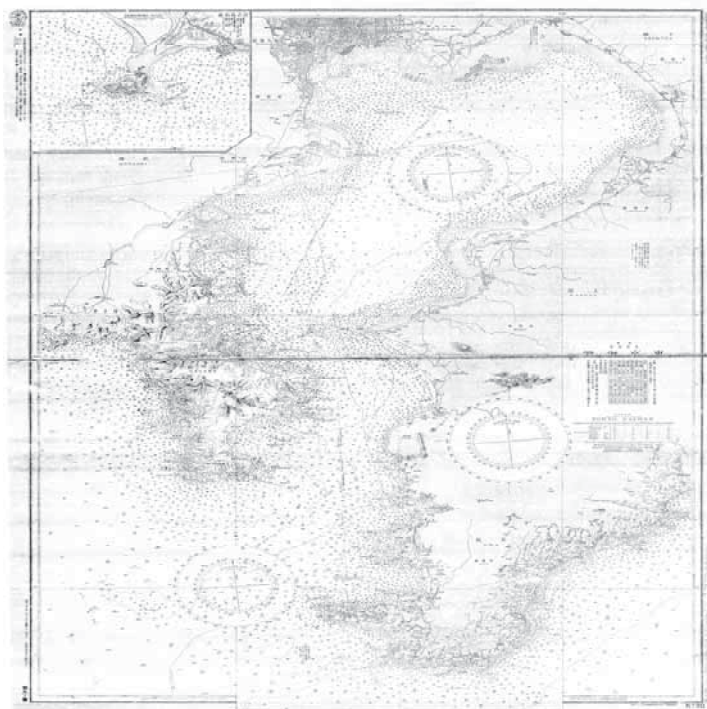
IV. 江戸の海を科学する

1. 使用した地形データと生物データ

東京湾全域を包括する最古の海図w90号は、明治26年(1893年)に発行され、現在マイクロフィルムに収録されている(図IV-1)。この海図について幾何補正を行い、海岸線と水深のデジタル化を行った。現代の標高や水深を測定するにあたって基準とされる東京湾中等潮位(TP:東京湾平均海面)は、明治6年6月10日から明治12年11月21日の期間に隅田川河口の霊岸島量水標で観測により求められた平均潮位と定められている。また、潮汐観測は明治初期から驗潮器が使用(水路史によると明治4年品川での40日間観測が水路部の最初)されており、調和分解による調和定数の算出や潮汐予報、基本水準面の考え方も全く変わっていない。明治26年の海図w90号については、海図表題には最低低潮面と記載があり、前進の海軍航海年表(大正5年版)の潮汐表によると東京湾の潮汐は横須賀が基準となっている。横須賀港の基本水準面は平均水面下三呎四九(3.49フィート)と記載があり、m換算で1.06mになる。現在の横須賀の基本水準面は1.10m(東京湾奥は1.2m, 横浜1.15m, 外湾1.0m)であり、現在のw90号(2006年)と明治26年w90号の差はほとんどない。以上のことから、海図は定量的解析に使用することが可能である。この海図の緯度経度について幾何補正して海岸地形と海底地形のデータをデジタル化した。

生物データについては、東京都内湾漁業興亡史刊行会(1971)によって取りまとめられた東京都の海域の漁獲量のデータを使用した。このデータは昭和37年(1962年)に東京都前面の漁業権が廃止された際に当時の漁業形態、地形、水質、漁獲種や漁獲量などに関する東京府や漁協のデータを総合的にまとめられている。

各漁業漁獲種の分布については、現在浦安市が所蔵



図IV-1 海図w90号(明治26年)

する東京湾漁場図を使用した。東京湾漁場図は、農商務省監修のもと泉水宗助が明治41年に作成され、明治10年代に農商務省によって行われた調査データを元に海岸地形、藻場、干潟、各魚介類の漁場の分布が掲載されている。本漁場図の元データの大部分は、関東大震災と世界大戦の戦災により消失しており、当時の東京湾の地形や生物分布に関する貴重なデータとされている。以降の章では、これらのデータを用いて解析を行った。

2. 生産物の漁獲変遷

東京都の漁業は、現東京港付近の江戸川、多摩川、荒川が流入する水深10m以浅の浅い海域で行われてきた。この東京都全面の海の漁業は、昭和37年(1962年)の漁業権放棄まで多様な魚種に支えられ、盛んに行われてきた。この海域は、わが国で最も早期に埋め立て、産業、人口集中が進行した東京湾のなかでもいち早く漁業権の放棄が行われ、その豊かな海を支えてきた海洋環境と生態系には不明な点が多い。ここでは、明治32年から昭和40年まで現存する漁獲データを用いて生態系の変化について分析を行う。明治34年(1901年)に漁業法が制定され、魚種別漁獲データが国によって体系的に収集される以前より、旧東京府と各漁協によりデータが収集されている。このデータから魚類、貝類、甲殻類、頭足類、

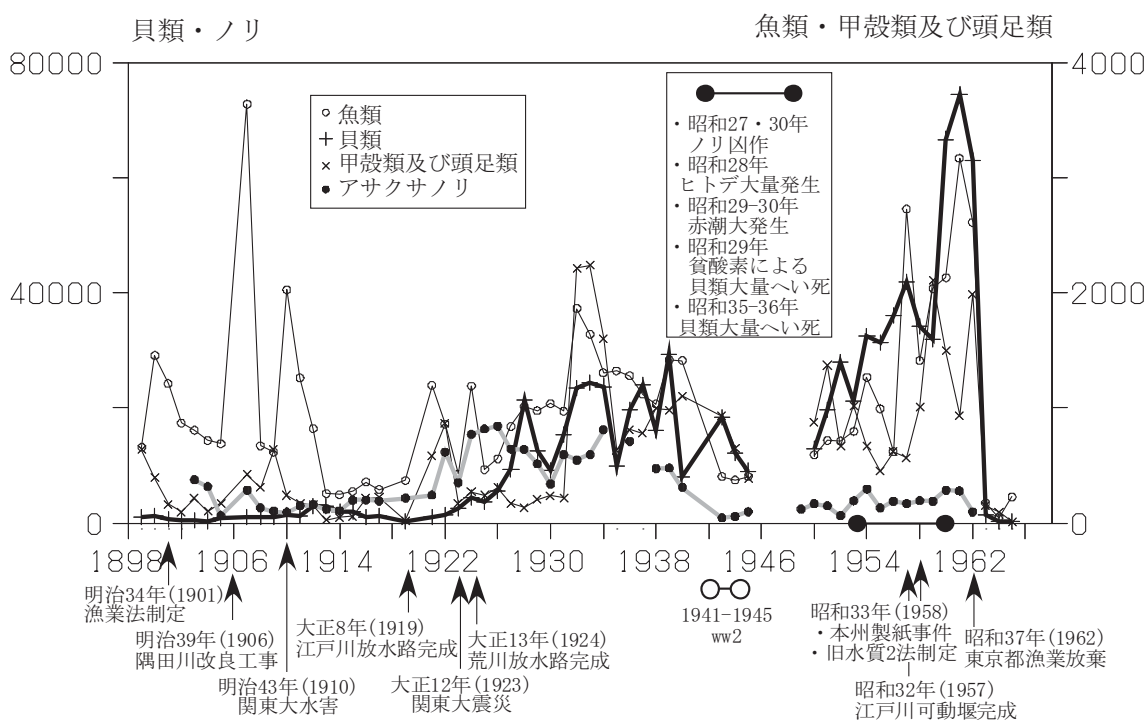


図 IV-2 明治から昭和初期の江戸の海における魚介類の漁獲量の変動と主要な出来事

アサクサノリに分類して、各漁獲重量の推移を図 IV-2 に示す。戦前にすべての漁獲量が増加し、戦後にはアサクサノリを除く漁獲量が飛躍的に増加している。総重量では、漁業権放棄を行った昭和 37 年に最大となっている。1914 年以前には、魚類の漁獲量が卓越していたが、のちに貝類とノリの漁獲が上昇している。

最初の水質汚濁は、大正 11 年（1922 年）の藤倉電線の排水によるエビ、ハゼ、ウナギ、シジミなどがへい死したとされており、当初は河川と河口付近での被害が顕著であった。河口から沖の海域に形成される貧酸素水塊（海水中の溶存酸素濃度が低下した水塊）による被害は、昭和 29 年（1954 年）に東京都水産試験場によって報告され、貧酸素水塊の侵入によって貝類の大量へい死が起こったとされている。また、このころには、水質汚濁による水産被害が顕著であり、昭和 33 年（1958 年）には、旧水質 2 法が制定されている。河川改修は、大正期から始まっているがこの時期の漁獲量への影響は、はっきりしない。特に特徴的な点は、水質汚濁が顕著であった昭和 30 年代に漁獲量が最大となっている。また、漁獲データには漁獲努力量が考慮されていないが、漁業法制定時と漁業権放棄時の漁業従事者数はこの間の最小規模となる 4300 名程度であり、この間の漁獲者数は、10000～20000 人で推移している。このため、昭和 30 年代の漁獲量のピークは生物量を代表していると考えられる。

明治期ころまで多様な魚介類が存在していたが、大正から昭和初期にかけて漁獲種に異変が認められる（表 IV-1, 東京都内湾漁業興亡史刊行会, 1971）。まず、カマスやサワラ、イナダ（ブリの呼称）、シイラなど高次の浮魚種が漁獲されなくなり、次にマアジ、イワシのような低次の浮魚種と底魚が漁獲されなくなっている。また、漁業権放棄の直前の昭和 35 年ではエイ類も漁獲されなくなっている。甲殻類、頭足類の減少も見られるが、貝類は漁獲が確認されている。現在では絶滅あるいはめったに見られない魚介種は、クルマエビ、アオギス、シラウオである。当時漁獲されていたとされるシラウオは、現在東京湾で漁獲されるイシカワシラウオとは別種である。魚類の魚種別漁獲割合の変遷を見ると、現在でも多く存在するボラやハゼ、スズキは、当時でも存在している（表 IV-2）。明治 33 年（1900）にはクロダイが 2 位、タイが 3 位、また明治 38 年（1905 年）にクロダイが漁獲割合で一位となっており、初期には高次の浮魚の漁獲割合が多く、イワシ類も割合が上位 3 位に入っている。1910 年代にはタイ類が上位 3 位に入ることはなく、ボラやハゼ、ウナギの漁獲が顕著になっている。ヒラメ・カレイの漁獲も確認できるが、これは主にカレイ類の漁獲による。1944 年以降になるとそれまで上位 3 位に入ることのなかったスズキの漁獲割合が高くなり、ハゼ、アナゴやウナギも多い。代わりにイワシ類が上位 3 位に入ることはなくなっている。2000 年から 2002 年にかけて東京湾全域において環境省の行った底引き網による底生生物の調査結

果によると、現在、シバエビやサルエビの存在が認められ、エイ・サメ類の割合が顕著となっている。貝類では、大正時代に移入したされるムラサキイガイの割合が高い。

表 IV-1 江戸の海における各魚介類の漁獲・生存が確認された最終年（東京都内湾漁業興亡史（1971）を元に作成）

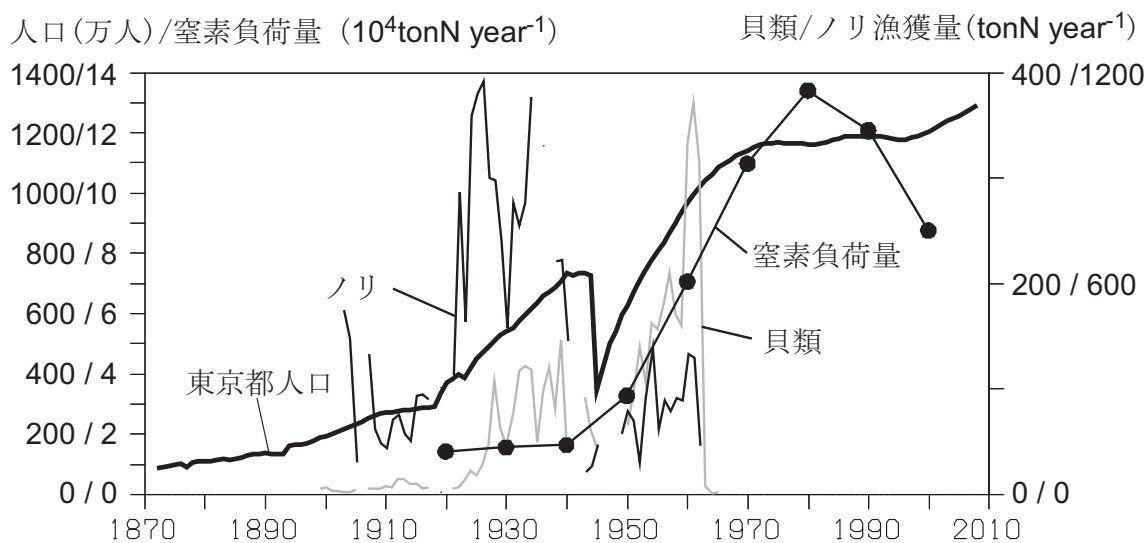
	浮魚	底魚	甲殻類	頭足類	貝類
大正12年	カマス				
昭和初期	サワラ・イナダ・シイラ				
昭和10年	サバ				
昭和15年	マアジ				
昭和22年		ヒラメ			
昭和24年	メナダ・イワシ				
昭和26年	サヨリ・ダツ			イイダコ, コウイカ減少	
昭和28年	サツパ・キス・アオギス	アイナメ・ヌメリゴチ			
昭和32年			アナジャコ減少		
昭和33年	イシモチ	マアナゴ			
昭和34年	シラウオ				
昭和35年		ツバクロエイ・アカエイ	クルマエビ		

表 IV-2 魚類漁獲量の優占種上位 3 種と魚類漁獲量に占める割合

	1位	2位	3位			
1899	ボラ	30%	イワシ類	23%	ウナギ	9%
1900	ボラ	31%	クロダイ	16%	タイ	11%
1901	イワシ類	36%	ボラ	16%	クロダイ	13%
1902	イワシ類	25%	ボラ	19%	クロダイ	16%
1903	ボラ	26%	クロダイ	21%	ハゼ	14%
1904	ボラ	23%	イワシ類	20%	クロダイ	19%
1905	クロダイ	24%	ボラ	22%	ヒラメ・カレイ	17%
1907	イワシ類	85%	ボラ	4%	ウナギ	3%
1908	ボラ	47%	ヒラメ・カレイ	13%	ウナギ	13%
1909	ボラ	48%	ヒラメ・カレイ	14%	ハゼ	13%
1910	イワシ類	77%	ボラ	9%	ヒラメ・カレイ	3%
1911	イワシ類	68%	ボラ	10%	ハゼ	5%
1912	イワシ類	54%	ボラ	12%	ハゼ	10%
1913	ボラ	30%	ウナギ	19%	ハゼ	16%
1914	ボラ	26%	ウナギ	21%	ハゼ	13%
1915	ボラ	27%	ウナギ	20%	ハゼ	15%
1916	ボラ	28%	ハゼ	19%	ウナギ	17%
1917	ボラ	41%	ウナギ	26%	ヒラメ・カレイ	8%
1919	ハゼ	35%	ウナギ	17%	アナゴ	12%
1921	ハゼ	75%	ボラ	7%	ウナギ	6%
1922	イワシ類	43%	アジ	30%	ボラ	9%
1923	サワラ	37%	ウナギ	24%	ボラ	17%
1924	イワシ類	28%	アジ	26%	ウナギ	13%
1925	イワシ類	33%	ウナギ	30%	ボラ	18%
1926	ヒラメ・カレイ	29%	ボラ	25%	ウナギ	21%
1927	ボラ	37%	イワシ類	25%	ウナギ	15%
1928	ボラ	51%	ヒラメ・カレイ	15%	イワシ類	13%
1929	ボラ	51%	ヒラメ・カレイ	15%	ウナギ	13%
1930	ボラ	70%	ヒラメ・カレイ	16%	イワシ類	7%
1931	ボラ	54%	ウナギ	18%	ヒラメ・カレイ	10%
1932	ボラ	34%	アナゴ	18%	ウナギ	18%
1933	ボラ	30%	ウナギ	17%	アナゴ	16%
1934	ボラ	42%	ハゼ	13%	ウナギ	12%
1935	ボラ	36%	ウナギ	22%	ハゼ	11%
1936	ボラ	35%	イワシ類	20%	ウナギ	19%
1937	ボラ	27%	イワシ類	24%	ウナギ	21%
1938	ボラ	31%	イワシ類	28%	ウナギ	12%
1939	ウナギ	23%	イワシ類	22%	ボラ	20%
1940	ウナギ	31%	ハゼ	27%	ボラ	17%
1943	スズキ	25%	ハゼ	18%	シラウオ	16%
1944	ボラ	19%	スズキ	17%	ハゼ	17%
1945	ボラ	22%	スズキ	18%	イワシ類	17%
1949	-	-	-	-	-	-
1950	ボラ	28%	ハゼ	20%	マルタ	14%
1951	ボラ	24%	ハゼ	19%	マルタ	15%
1952	ボラ	24%	ハゼ	21%	マルタ	15%
1953	ボラ	21%	スズキ	21%	マルタ	16%
1954	ハゼ	25%	スズキ	19%	ボラ	14%
1955	ハゼ	21%	スズキ	20%	ボラ	14%
1956	スズキ	27%	ハゼ	17%	ボラ	14%
1957	スズキ	78%	ハゼ	6%	ボラ	4%
1958	ヒラメ・カレイ	46%	ハゼ	21%	スズキ	12%
1959	ヒラメ・カレイ	23%	ハゼ	22%	スズキ	21%
1960	ハゼ	23%	アナゴ	22%	スズキ	21%
1961	アナゴ	26%	ハゼ	18%	スズキ	17%
1962	ヒラメ・カレイ	22%	スズキ	21%	アナゴ	18%
1963	スズキ	28%	ヒラメ・カレイ	26%	アナゴ	21%
1964	スズキ	38%	ハゼ	21%	アナゴ	20%
1965	スズキ	28%	ヒラメ・カレイ	18%	ウナギ	16%

3. 生産資源による物質循環

東京府の漁獲量データからは、東京都漁業権の放棄が決定された1962年に重量単位の漁獲量はピークとなっており、人間活動の増大に合わせる種類の増加が著しい(図IV-3)。人間活動と比例して漁獲が増加する傾向は、一部魚類、貝類とアサクサノリに見られ、特に貝類で顕著である。貝類の漁獲量(窒素換算量)の変動は人口の推移とよく対応している。この間の人口は戦災での減少を挟んで、200万人から1,000万人超に増加している。前述のとおり、この間の漁業就労者数は人口とは対応していないため、この漁獲量の増大は、人口増加にともなう負荷量の増大に対応しているものと考えられる。貝類生産を支える基礎生産量は窒素・リンなどの栄養塩の供給量に依存し、河川の流入する河口付近では栄養塩ソースは、陸域から発生する窒素・リンの負荷量と考えられる。昭和9年(1934年)には、ノリと貝類の窒素換算漁獲量を合計すると1,300トンであり、これは当時の東京湾全域の窒素流入負荷量の十分の一に相当し、前章までに算出された1843年時の陸域朱引き範囲からの流入負荷量(774ton/year)の150%、発生負荷量の60%に相当する。このことは、1843年当時の流入負荷量では、昭和30年代の貝類の生産を維持できないことを意味する。このため、人間活動による負荷量の増大が貝類やノリの生物生産の増大を支えてきたといえる。ノリの生産は戦前の人口増加期の1930年前後にピークとなるが、戦後生産量は1910年代の水準にまで落ち込んでいる。一方、貝類は人口増加と合わせて増大している。ほとんどの貝類の漁獲量が人口増加と対応が見られるが、カキ、ハマグリのように貝類漁獲量の最盛期に漁



図IV-3 東京都の人口推移,東京湾流域負荷量と貝類漁獲量.
流入負荷量は国土交通省の算出結果による。

獲量がほとんどなくなった種類がある。減少した貝類は汽水種である。河川水中の汚染物質は、河口部では海水と混ざって希釈されるため、河川水の割合の高い汽水域での生息に好適な種類ほど汚染物質の影響を受けやすいと考えられる。汽水種の減少は汚染物質自体の影響によるものと考えられる。また、アサクサノリも汽水種であり戦後の汚染物質の流入の影響により漁獲量が減少したのと考えられる。

1899-1965年の窒素換算漁獲量では、貝類とアサクサノリが卓越している（表IV-3）。アサクサノリの窒素換算漁獲量は最小でも64トンであり魚類の最大漁獲量の6割に及ぶ。戦前にはアサクサノリの漁獲量が多いが戦後には貝類と逆転している。漁獲総量は最大で1,314トンであり、当時の東京湾全域の流入負荷量の1割程度である。この漁獲量は東京都のみのものであり、千葉県、神奈川県は漁獲量が東京都と匹敵する規模と仮定すると東京湾全域の漁獲総量は流入負荷量の3割に及ぶ。現在の東京湾の漁獲量は発生負荷量の1%程度、流入負荷量の1.6%程度であり、明治期の漁獲を通じた陸域負荷のリサイクル率はきわめて高い。現在の漁業による海域へ流入する窒素・リン負荷量の回収率の低下は資源の大量廃棄となっている。昭和初期までには、人間活動が増大すればノリや貝類の漁獲量が上昇し、これを取り上げる海・陸のリサイクルシステムが確立していたといえる。

表 IV-3 1899-1965年における漁獲量、窒素換算漁獲量および1843年時の発生負荷量に対する割合の中央値、平均値、最大値及び最小値

		中央値	平均値	最大値	最小値
漁獲量 (ton/year)	魚類	865.6	1045.1	3638.0	42.1
	甲殻類	408.5	606.5	2238.1	13.6
	貝類	8593.7	14232.0	74368.3	260.2
	アサクサノリ	4215.1	6326.1	16845.6	920.8
窒素換算漁獲量 (ton/year)	魚類	26.0	31.4	109.1	1.3
	甲殻類	6.1	9.1	33.6	0.2
	貝類	43.2	71.5	373.7	1.3
	アサクサノリ	294.2	441.6	1175.8	64.3
	全漁獲量	389.9	483.9	1314.2	4.0
発生負荷量に 対する割合	魚類	2%	2%	8%	0%
	甲殻類	0%	1%	3%	0%
	貝類	3%	6%	29%	0%
	アサクサノリ	23%	34%	91%	5%
	全漁獲量	30%	38%	102%	0%

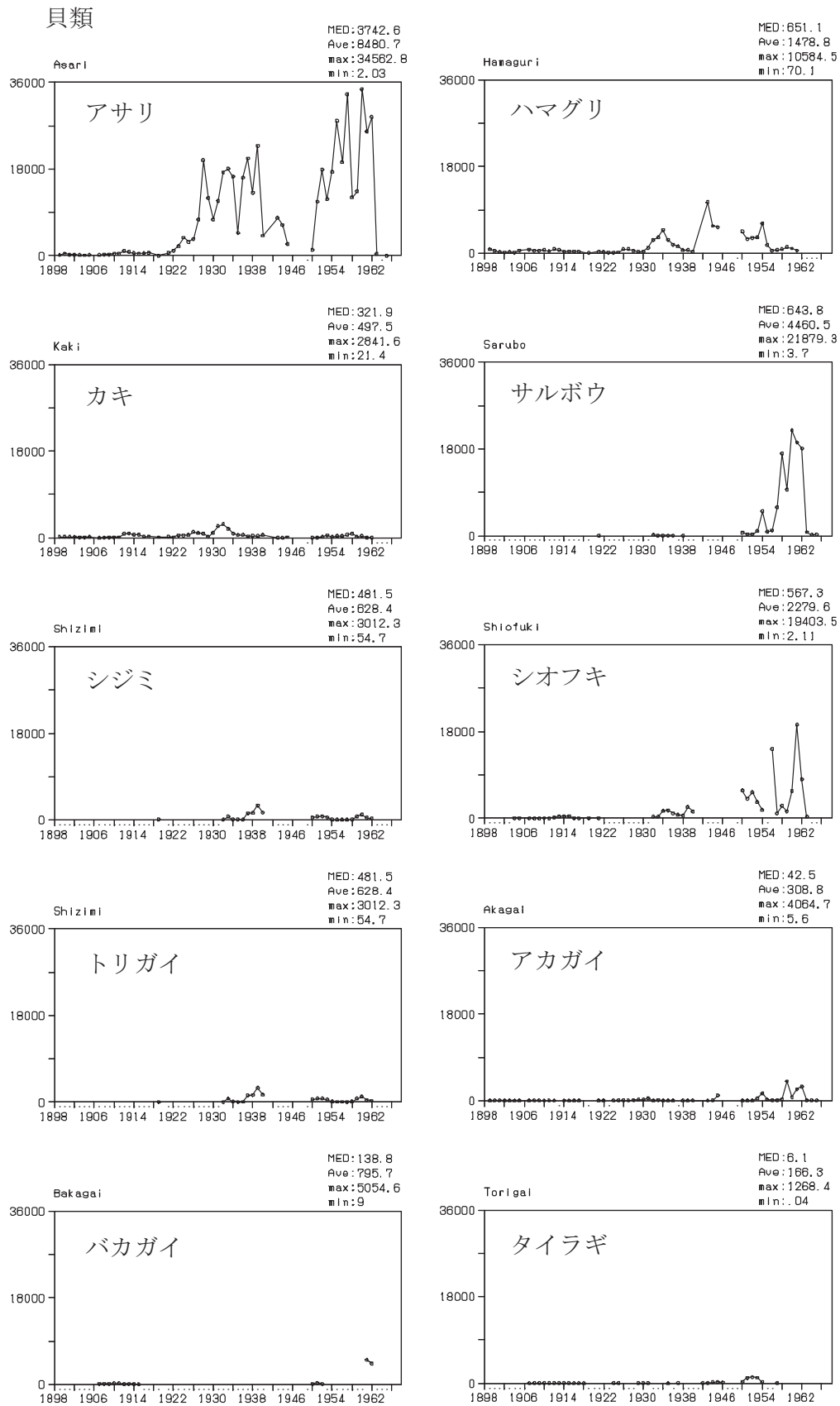


図 IV-4 貝類の種別漁獲量の変遷と平均値，中央値，最大値，最小値

V. 江戸期と現代の海洋環境

1. 海岸線と海底地形の変化

当時、流域人口が 100 万人を超える一方で、海洋では膨大な生物生産が維持されていた。このときの環境を再現してその要因について解析することは、現在における持続可能な海洋利用の具体的手法に通じる大きな道標となりうる。本章では、既存の資料と数値シミュレーションから、当時の海洋環境を推定・再現して海洋の生態系との関係について調べる。

地形変化の概要

東京湾全域を包括する最古の海図 w90 号は、明治 26 年（1893）に発行され、現在マイクロフィルムに収録されている（図 V-1）。この海図について幾何補正を行い、海岸線と水深のデジタル化を行った上で、最新の海図（発行年 2006 年）よりデータと比較を行った（図 V-2）。

東京湾は、東側の海底が西側の海底と比較して水深勾配が強く、西部沿岸域には水深 5 m 以浅の浅瀬が広がっていた（図 V-2）。現在でもこの傾向は確認できる。このため、西側では浅海域上に構造物が建築されることで埋め立てが進行し、東側では干潟上に構造物が形成されてきたと考えられる。埋め立てにより、西部を中心に 5m 以浅の浅瀬が大部分消失している。

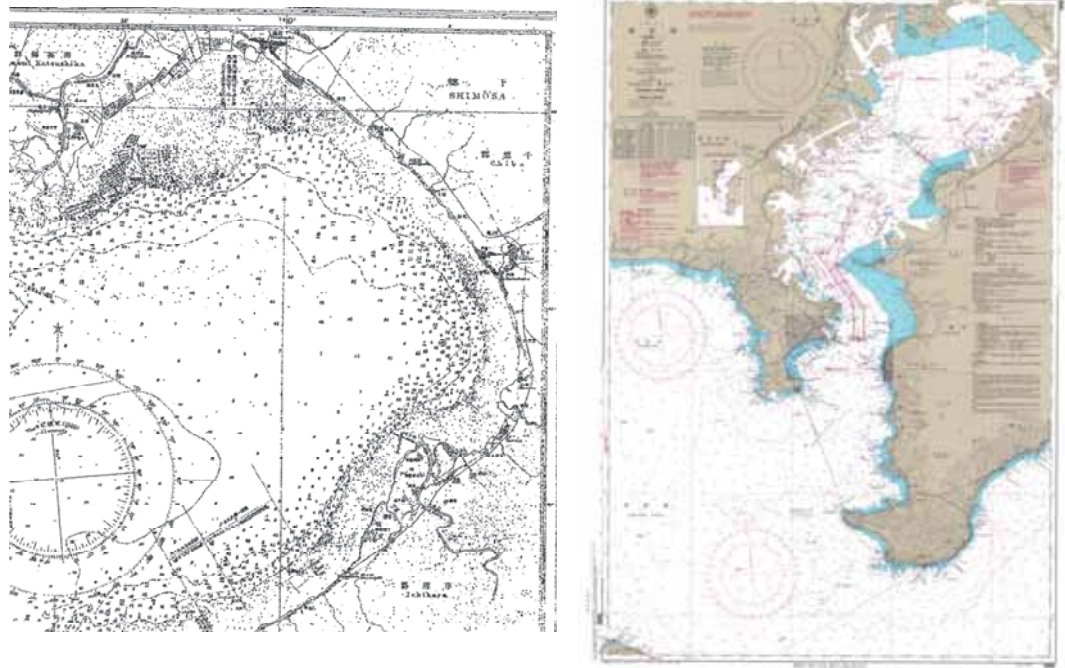


図 V-1 1893 年の海図の一部と 2006 年の東京湾の海図 (w90 号)

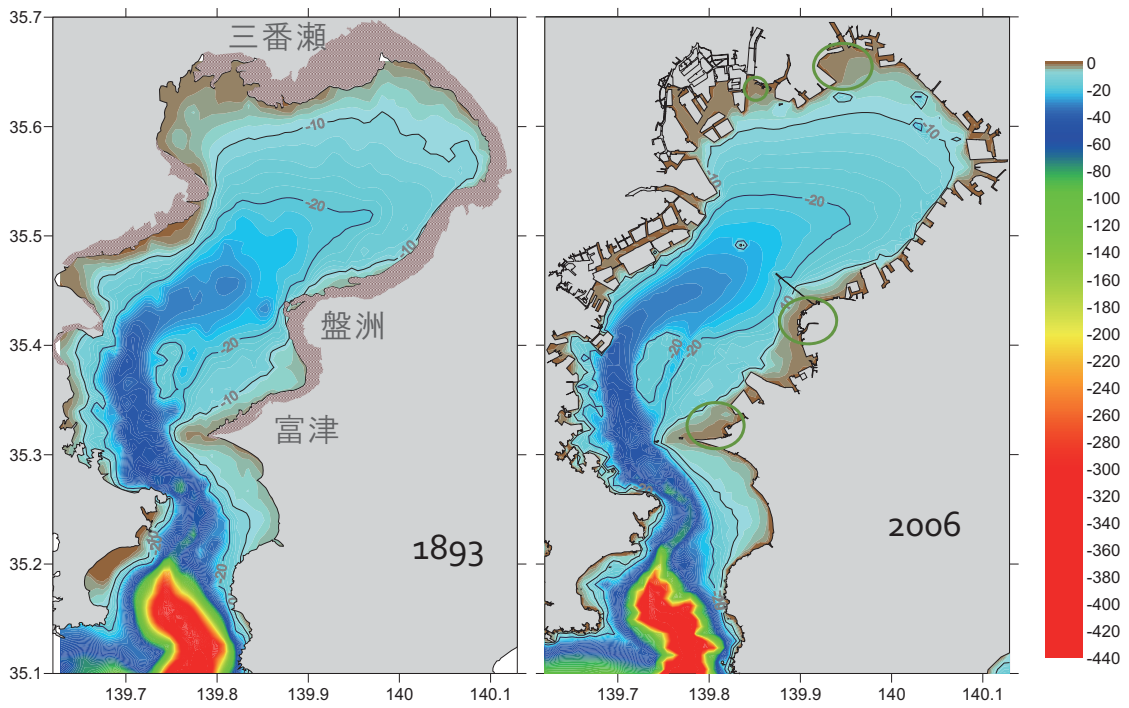


図 V-2 1893 年および 2006 年の海岸線と海底地形

現東京港付近には、海岸地形が凹状に窪んだ 5m 以浅の水域が存在し、高い漁業生産を維持していた（第Ⅳ節）。この水域の漁業廃止・埋め立てにより消失するまでの過程については、東京都内湾漁業興亡史（東京都内湾漁業興亡史刊行会，1971）に詳細に描写されている。この中で、現東京港の位置する多摩川河口（現京浜港付近）から旧江戸川河口（現葛西付近）を結ぶ線以北の水域は東京都内湾と定義され、貝類・シラウオ・シバエビの好漁場であり生物生産が高かったとされている。東京都内湾には、江戸川、中川、隅田川、多摩川の 4 河川が流入し（現在では、江戸川は千葉県三番瀬付近を主放水口、葛西付近を支水口（旧江戸川）として 2 つに分かれている）、河口には三枚州、羽田州などの砂質干潟が広がっていた。これらの干潟沖には良質なアサクサノリを生産するノリ養殖が盛んな浅海域があった。

特筆すべき点は、今日では絶滅が危惧され、また高価とされる水産有用種が多量に漁獲されていたことである。現在では絶滅が危惧されるアサクサノリの明治 24 年における生産量は、全国 3 位で、1 位の千葉県の十分の一、2 位の広島県の半分程度に過ぎなかったが、その生産高は全国一位であり、全国生産高の 44.3%（ノリ 1 貫当たり金額 55 銭（東京都）、11 銭（広島県）、3 厘（千葉県））を占めていた。また、現在ではいくつかの自治体により絶滅危惧種として指定されているハマグリ（*Meretrix Lussoria*）の明治期の漁獲量は、148.5 トン（明治 37 年）－791.3 トン（明治 32 年）、昭和 18 年には 10584.5 トンの記録もあり、現在のハマグリ漁獲量 1 位である熊本県における 65 トン（2005 年、水産庁養殖統計年報）の 2 倍から 200 倍程度の莫大な漁獲量に相当する。東京都湾奥部の海域では漁業権放棄が早期に行われたために、放棄後の漁獲量の変遷は追うことはできないが、千葉県での 1970 年前後の漁獲を最後に東京湾から絶滅したとされている。また、沿岸開発や負荷量が東京湾よりはるかに少ない海域も含めて、日本のハマグリはほとんど絶滅状態にあり、現在では日本全国で年あたり 100 トン程度の漁獲量しかない。

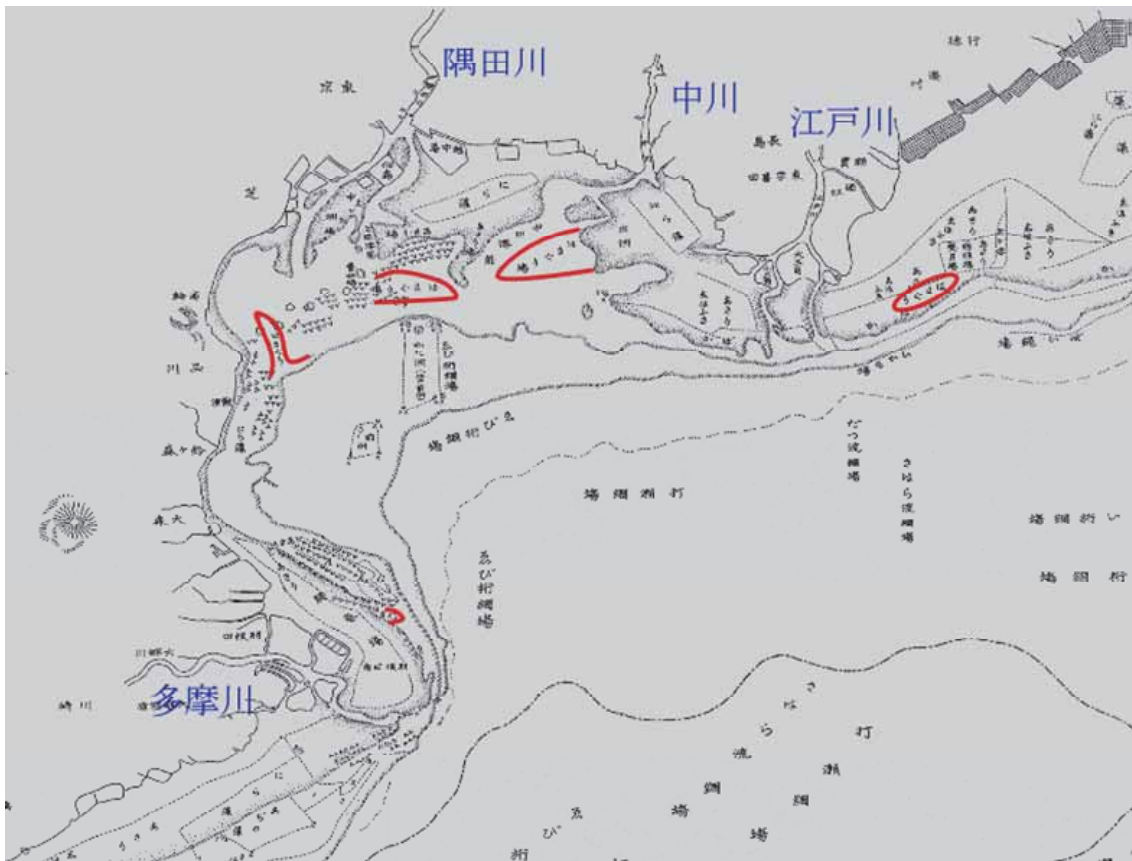


図 V-3 東京都内湾付近の漁場の分布(東京湾漁場図の一部を加筆修正)。赤はハマグリ漁場を示す。

明治 32 年の東京湾漁場調査では、東京都内湾における魚介類別漁場の位置が詳細に記載され、また明治 41 年に製作された東京湾漁場図(農商務省監修小泉水宗助制作, 図 V-3)には、東京湾全体の漁場が記載されている。これらによると、ハマグリ漁場の記載は、東京都内湾の河口付近の水深 3m 以浅にしか出てこない。これは、東京都内湾の干潟におけるハマグリ漁獲量が膨大で、ハマグリ漁場としては、千葉県干潟よりも好適環境であったと考えられる。当時、干潟の総面積は、千葉県のほうが東京都よりはるかに大きく(図 V-2)、千葉県のハマグリ漁獲量は東京都とほぼ同等であった。このことは、干潟面積あたりの漁獲量は千葉県の干潟より東京都内湾のほうがはるかに高かったことを意味する。

以上のように、明治期の東京湾では、流域人口 100 万人を越えながらも、負荷が流れ込む河口付近の東京都内湾を中心に国内で最も生物生産の高い内湾域であったことがうかがえる。

東京都内湾域は、明治初期より横浜港、川崎港とともに湾奥部の西部を中心として埋め立てが進行し、漁業権が消失した昭和 37 年以降 50 年までにほとんどの干潟域が消失している。この時期には、東京湾江戸川河口(現旧江戸川河口、葛

西・浦安付近)が消失し、大河川の流れ込む河口干潟のほとんどが消失している。また、東部の千葉県沿岸の干潟においても埋め立てが進行している(図 V-4)。

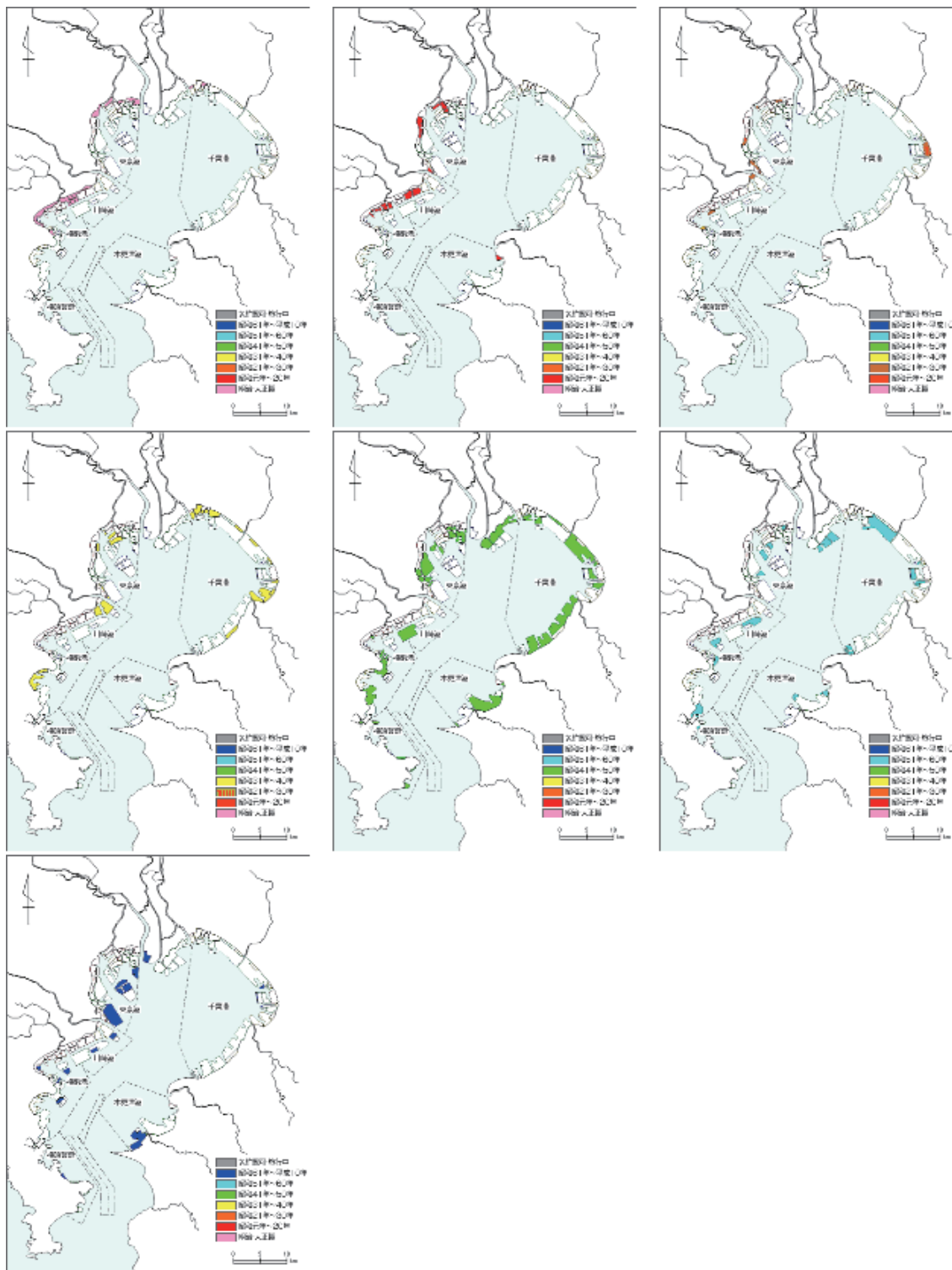


図 V-4 東京湾の埋め立ての経緯(国土交通省関東地方整備局港湾空港部東京湾環境情報センター資料)

2. 江戸期の海洋環境の再現

(1) 数値シミュレーション

3次元流動数値シミュレーション (Delft3D-FLOW model (www.wldelft.nl)) により、明治26年時の海洋環境の再現を行った。本モデルは、静水圧近似を仮定し運動量方程式、連続式、乱流モデル(k-εモデル)から構成される(WL|Delft Hydraulics (2006))。前節で得られた海岸線及び水深データを用いて、水平方向500m、鉛直方向5層(σ座標系)の解像度でモデル地形を作成した(図V-5)。開境界を三浦半島および房総半島南部に設定し、外境界近傍の検潮所で得られている主要4分潮の調和定数を与えた。開境界の水温、塩分には、MIRC Ocean Data Set 2005(日本水路協会)に収録されているデータを利用して、境界の南北1kmの範囲内で1947-1998年6-8月に測定された全データの平均値を用いた。初期条件の水温、塩分についても同様の処理を行った。流入河川には、江戸川、中川、多摩川、鶴見川の主要4河川と小櫃川、養老川、村田川、矢那川、小糸川、花見川の合計11河川を対象として、それぞれの流量には既存研究(二瓶ら, 2007, 環境省, 2007)により求められている年平均流量値あるいは平水流量値を用いた。熱フラックスには、東京湾の緯度における夏季の代表的な値を与えた(近藤, 2007)。タイムステップ6秒として1か月間計算を実施した。計算条件の一覧を表V-1に示す。

計算された流動場を用いて、Delft3D-PARTにより粒子追跡を

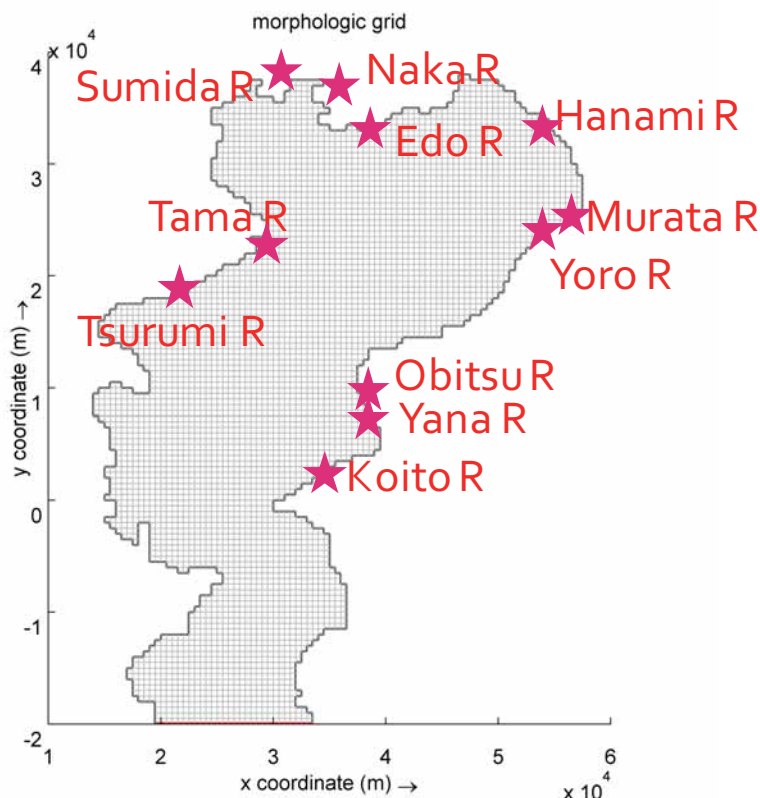


図 V-5 モデル領域と流入河川の位置

行い，貝類の浮遊幼生を対象として湾内の分散過程を調べた．粒子の投入ポイントは，東京湾漁場図に記載された東京都内湾のハマグリ漁場のケースと三番瀬，現千葉港，養老川河口，木更津干潟，盤津干潟の千葉県側のケースの 2 ケースについて計算を行った．粒子の投入時刻は大潮の満潮として，2 週間後の分散を算出した．

表 V-1 計算条件

計算条件			単位	引用等
解像度	水平	500	m	MIRC Ocean Data Set
	鉛直	5		
計算期間	time step	6	sec	
	duration	30	day	
河川流量	多摩川	38	m ³ /s	二瓶ら(2007)
	隅田川	80	m ³ /s	二瓶ら(2007)
	江戸川	75	m ³ /s	二瓶ら(2007)
	中川	65	m ³ /s	二瓶ら(2007)
	鶴見川	20	m ³ /s	二瓶ら(2007)
	花見川	3	m ³ /s	環境省(2007)
	村田川	2.5	m ³ /s	環境省(2007)
	養老川	3.12	m ³ /s	環境省(2007)
	小櫃川	6.5	m ³ /s	環境省(2007)
	矢那川	1	m ³ /s	環境省(2007)
	小糸川	4.37	m ³ /s	環境省(2007)
外部境界	水温	18	°C	MIRC(2005)
	塩分	34	psu	MIRC(2005)
	潮汐	K1,O1,M2,S2		油壺検潮所
初期条件	水温	20	°C	MIRC(2005)
	塩分	32	psu	MIRC(2005)
その他	海面熱フラックス	114	J/m ² /s	近藤(2007)

(2) 計算結果

計算では、大潮小潮に伴う水位の変動を再現できた(図 V-6)。計算開始 30 日後の表層の水温、塩分の分布を図 V-7, 図 V-8 に示す。水温が高く、塩分の低い海域が東京都内湾に形成され、この高温低塩分の海域は、水温、塩分が急激に変化するフロント(水温 23°, 塩分 25 付近のライン)により区別できる。フロントは、東京都内湾域の入り口付近、多摩川河口から江戸川河口東部にかけて形成され、等深線 8-10m の等深線にそって形成されている。底層においても、フロントは同位置に確認できる(図 V-8)。

水温 23°以上、塩分 25 以下の水塊は、10 m³/s 以上の河川流量の流入する東京都内湾以外に形成されない。このフロントに区切られる高温・低塩分の水塊内にハマグリ漁場が含まれ、漁場の分布は、フロントの形状にそっている(図 V-4, 図 V-7)。現在では、この海域には干潟はほとんど存在せず、東京湾のハマグリが絶滅したことを考慮すると、本計算結果は汽水性干潟の重要性を示している。室内実験の結果からは、ハマグリの小型貝は大型貝よりも高温・低塩帯に適正を持つことが示されており、この海域が東京湾唯一の生育場として機能していたことを示している。

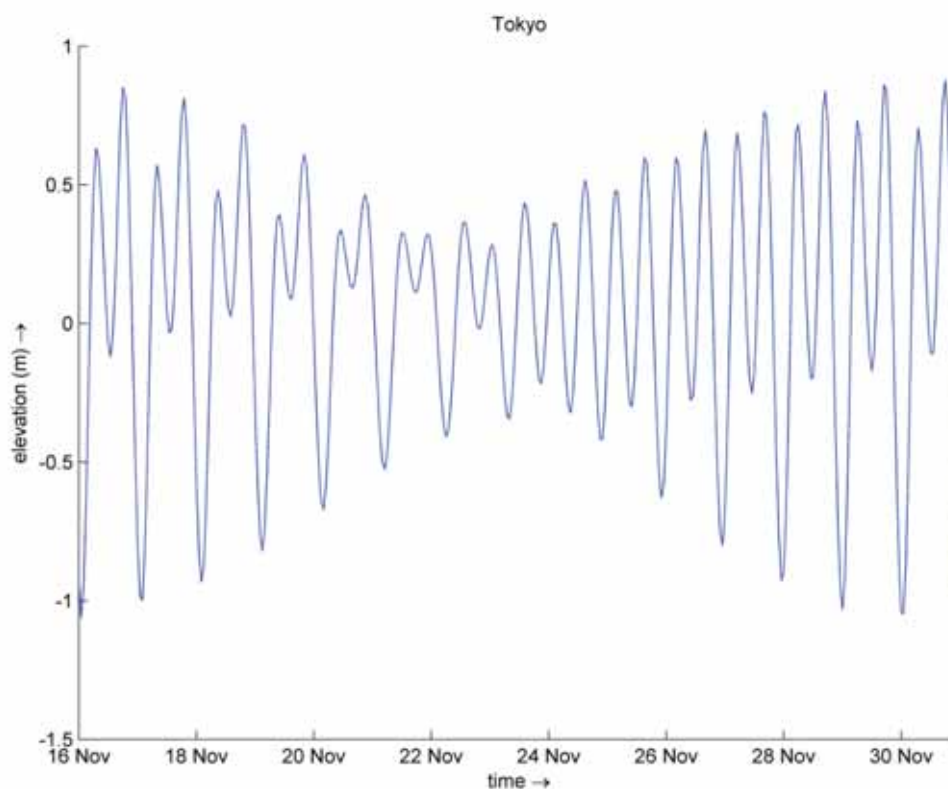


図 V-6 計算開始から 15-30 日の水位変動

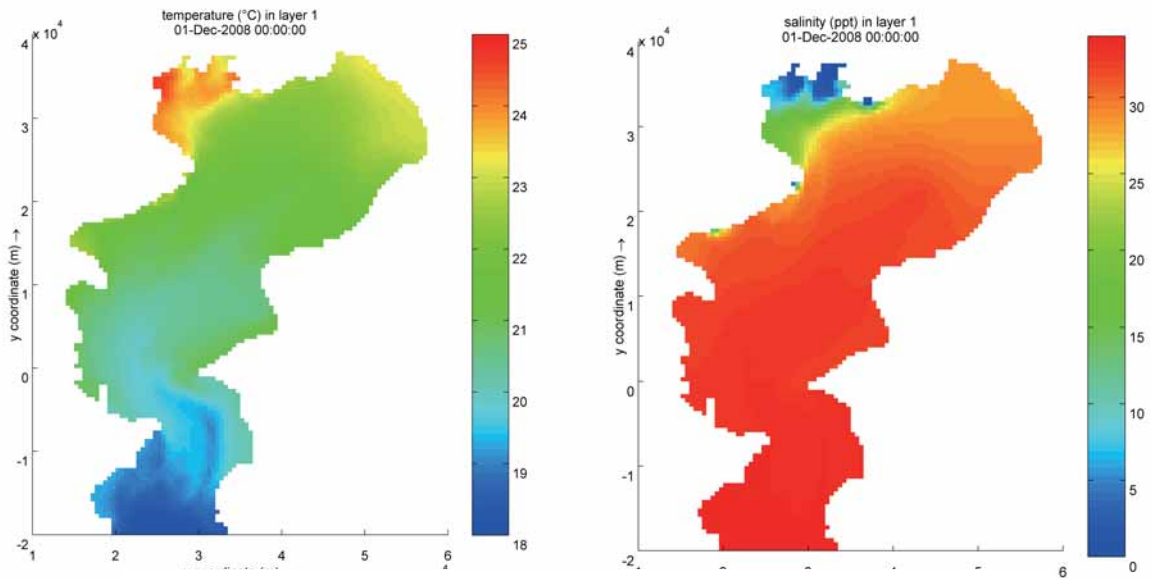


図 V-7 30 日後の表層水温（左）と塩分（右）の分布（30 日後）

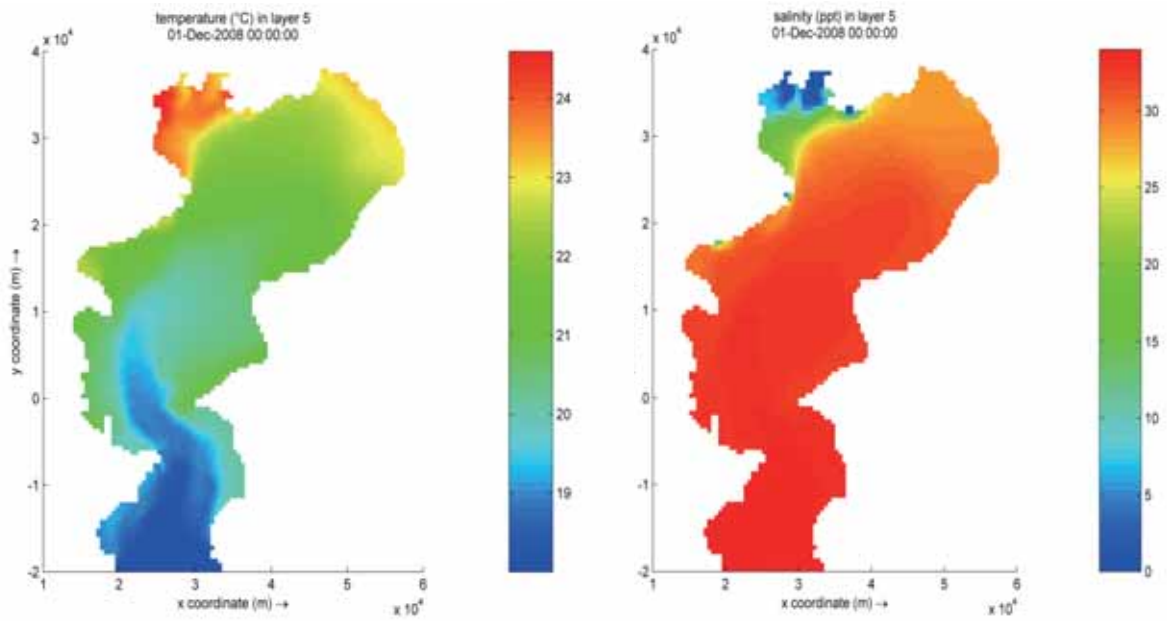


図 V-8 30 日後の底層水温（左）と塩分（右）の分布（30 日後）

の再帰性が強い。この結果は、東京都内湾のハマグリが湾全体のハマグリ生産を支えていたことを示している。特に汽水性干潟は東京都内湾にしか見られず、アサリは絶滅せずにハマグリは絶滅した理由は、ハマグリの小型貝の生育場である汽水性干潟が消失したことによると考えられる。

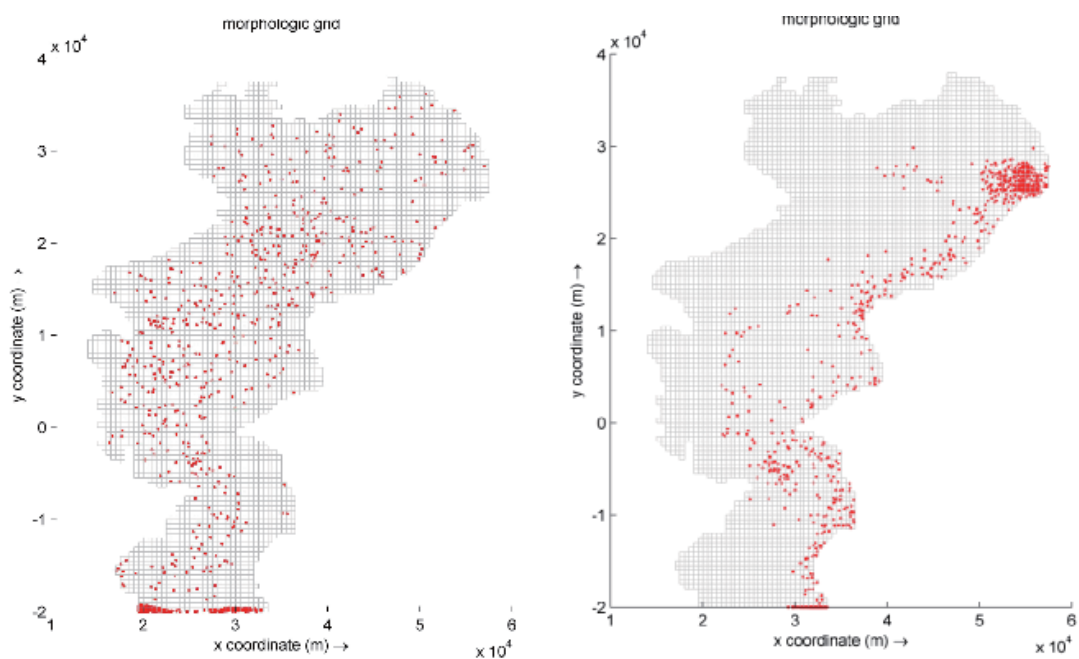


図 V-10 粒子投入から2週間後の分布

VI. 結語

1. 人間活動と流域・海洋生態系

わが国をはじめとする先進国は、経済成長や産業の高度化を目指し、豊かで便利な社会を実現するために、ほぼ例外なく自然環境を改変し環境問題を引き起こしてきたといえる。特に沿岸域や近海は陸域と海域の接点であり交通や産業の要所となることが多く、浅海域など大規模開発や土地の造成が容易い地域は特に大きく生態系を変貌させられてきた。東京湾においても、過去は豊かに存在した汽水域や干潟などの生物生産に重要な役割を持つ沿岸域や海域が姿を消した。江戸期・明治期にみられた豊かな漁場を再生させ、多様な生態系を復活させるためには、河川流入や浅海域、干潟などの過去に多く存在した沿岸環境が必要であることが明らかとなった。そのためには、流域の水環境の改善や漁業者など関係者が一体となった効率的な環境再生を進める必要がある。

2. 海洋環境ビジョンに向けて

望ましい海洋像を考えるためには、海域の地形や自然環境などの直接的要因だけでなく、沿岸海域や沿岸陸域、流入河川およびそれらを含む流域全体の地形や自然、社会経済などのさまざまな環境や空間を統合的に把握する必要がある。さらには、時間的変化とその影響要因についても注意深く把握し、分析を行うことが重要であろう。そのためには、本研究の視点である陸域と海域とを空間的・時間的に関連付け、さまざまなデータを利用して数量的に把握し、過去・現在の評価と今後についての検討を十分に行わなければならない。例えば、本研究で実施した江戸期における陸海を通じた物質循環の試算にみられる定量的評価は、地域性や時間的推移に囚われることなく客観的な比較分析が可能であるといった利点がある。用いるデータの精度に依存するために、必要なデータベースの整備を進めるべきである。また、さらに精度の高い定量的評価手法についても検討が必要となる。

3. 海洋および沿岸域政策として

現在の東京湾ではほとんど漁業権が放棄され、江戸時代には豊かな漁場であった海域は交通利用などが主となっているのが現状である。江戸期の陸海の物質循環を考えると、過密都市であった江戸のまちや流域からの栄養塩が流入してきた

としても、十分な江戸前の漁獲と陸域での消費によって物質が循環し、良好なバランスを保っていたと考えられる。現代において、1960年代以降の公害問題による水質汚濁が総量規制を生み、代表的な施策として下水道整備が推進されてきた。これらの政策が一定の成果を上げ水質汚濁は改善したとされるが、特に沿岸の生物生産は依然として低く、豊かな海洋環境として再生されているかは疑問である。今後は負荷削減や水質改善について考え方を改め、陸域と海域を含めた流域圏における物質バランスを十分に踏まえた上で政策立案を進めることが望まれる。

4. 今後の課題

研究的視点からは、データの精緻化、時代設定の多様化、分析手法の開発などが考えられる。物質循環のモデル化については、流域環境や海洋環境そのものについて、さらに陸海の関わりについてもより具体的に検討する必要がある。

また、特に沿岸域や海域に関わる政策立案に際しては、流域圏をひとつの単位として考え、陸域の活動とあわせて水循環や物質循環などについて十分に考察した上で検討することが重要である。

参考文献

- 愛知県 (1996): 干潟の水質浄化機能に果たす脱窒の定量的効果.
- 安藤晴夫・柏木宣久・二宮勝幸・小倉久子・川井利雄 (2005): 1980 年以降の東京湾の水質汚濁状況の変遷について -公共用水域水質測定データによる東京湾水質の長期変動解析-. 東京都環境科学研究所年報.
- エーピーピーカンパニー (2004): 江戸明治東京重ね地図.
- Carol M. Lalli and Timothy R. Parsons (1995): *Biological Oceanography: An Introduction*. Butterworth-Heinemann.
- 千葉県 (1999): 市川二期地区・京葉港二期地区計画に係る補足調査結果の概要について.
- 米国 CIA, *The World Factbook 2006*
- コンラッド・タットマン (1998): 日本人はどのように森を作ってきたのか. 築地書館.
- Diaz, R., J., and R., Rosenberg(2008) Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems, *Science*, Vol. 321. no. 5891, pp. 926 - 929
- 江戸幕府 (1843): 天保 14 年人別帳.
- 財団法人国際エメックスセンターHP: http://www.emecs.or.jp/01cd-rom/top_jp.html
- 遠藤毅 (2004): 東京都臨海域における埋立地造成の歴史. *地学雑誌* 113 (6) pp.785-801
- 遠藤元男 (2004): 江戸時代年鑑. 雄山閣.
- European Commission (2002) : Implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Synthesis from year 2000 Member States reports. COM(2002) 407 final.
- GESAMP (2001) : A sea of Troubles. GESAMP reports and studies, 70.
- Goolsby, D.A., and Battaglin, W.A.(2000): Nitrogen in the Mississippi Basin--Estimating Sources and Predicting Flux to the Gulf of Mexico: U.S. Geological Survey Fact Sheet 135-00, 6 p.
- 速水融・宮本又郎 (1988): 経済社会の成立 17 - 18 世紀 日本経済史. 岩波書店.
- 速水融 (2001): 歴史人口学で見た日本. 文藝春秋.
- 速水融・友部謙一・鬼頭宏 (2001): 歴史人口学のフロンティア. 東洋経済新報社.
<http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/kaidai/kankouitiran/ichiran.html>
- 一柳洋 (1989): 誰も知らない東京湾. 農山漁村文化協会.
- 入江隆則 (1992): 日本が作る新文明. 講談社.

- 石川英輔 (1994): 大江戸リサイクル事情. 講談社.
- 石井良助 (1959): 徳川禁令考 前集 5. 創文社.
- 伊藤好一 (1982): 江戸の夢の島 / 〈江戸〉選書 9. 吉川弘文館.
- 伊藤好一 (1987): 江戸の町かど. 平凡社.
- 伊藤好一 (1996): 江戸上水道の歴史. 吉川弘文館.
- 岩崎常正 (1824): 武江産物志.
- ジャレド・ダイヤモンド著・楡井浩一訳 (2005): 文明崩壊 -滅亡と存続の命運を分けるもの-. 草思社.
- 人文社 (1966): 嘉永・慶応江戸切絵図
- 陣内秀信・岡本哲志編著 (2002): 水辺から都市を読む 舟運で栄えた港町. 法政大学出版局.
- 自遊人 2006年7月号. (株)カラット.
- 貝塚爽平編 (1993): 東京湾の地形・地質と水 -東京湾シリーズ. 築地書館.
- 海軍水路部 (1893): 東京湾海図 90号.
- 海洋政策研究財団 (2007): 江戸の海を科学する -東京湾の歴史的変遷- 調査研究報告書. 海洋政策研究財団.
- 環境省 (2006): 有明海・八代海総合調査評価委員会報告書.
- 環境省 (2007): 第7回自然環境保全基礎調査浅海域生態系調査(干潟調査)報告書.
- 河村武・宇野木早苗・新藤静夫・嶋悦三・小倉紀雄・青山貞一 (1996): 東京湾の汚染と災害 -東京湾シリーズ. 築地書館.
- 川島博之 (2006): 窒素循環から持続可能な社会を考える -江戸時代の食料生産と水質-. 日本水文科学会誌 No.36 Vol.3.
- 川島利兵衛・塚原博・隆島史央・浅田陽二・田中昌一・野村捻・豊水正道 (2003): 新水産ハンドブック. p475.
- 桐山桂一 (2004): 江戸宇宙. 新人物往来社.
- 喜田川守貞著・宇佐美英機校訂 (1996): 近世風俗志―守貞謾稿(1). 岩波文庫.
- 喜田川守貞著・宇佐美英機校訂 (1997): 近世風俗志―守貞謾稿(2). 岩波文庫.
- 喜田川守貞著・宇佐美英機校訂 (1999): 近世風俗志―守貞謾稿(3). 岩波文庫.
- 喜田川守貞著・宇佐美英機校訂 (2001): 近世風俗志―守貞謾稿(4). 岩波文庫.
- 喜田川守貞著・宇佐美英機校訂 (2002): 近世風俗志―守貞謾稿(5). 岩波文庫.
- 鬼頭宏 (2002a): 環境先進国江戸. PHP 新書.
- 鬼頭宏 (2002b): 日本の歴史第19巻 文明としての江戸システム. 講談社.
- 小泉吉永 (2004): 古地図・古文書で愉しむ諸国海陸旅案内 -江戸時代- 海 日本船路細見記 陸 諸国道中たび鏡 / 古地図ライブラリー10. 人文社.

- 国土交通省港湾局・環境省自然環境局編 (2004): 干潟ネットワークの再生に向けて -東京湾の干潟等の生態系再生研究会報告書. 国立印刷局.
- 国土交通省関東地方整備局 (2006): 東京湾水環境再生計画(案) -美しく豊かな東京湾のために-
- 国際エメックスセンター (2003): 日本の閉鎖性海域の環境保全 2003.
- 近藤純正 (2007): 水環境の気象学 -地表面の水収支・熱収支-.
- 國松孝男・村岡浩爾編 (1989): 河川汚濁のモデル解析. 技報堂出版.
- 栗田 彰 (1997): 江戸の下水道. 青蛙房.
- 前田智幸 (2008): 海と浦安 -江戸からいまへ-. 市川よみうり新聞社.
- 正井泰夫 (1999): 1600年から2000年までの江戸・東京の都市化と地形環境. 地球環境研究 Vol.1 pp.45-57.
- 正井泰夫 (2000a): 江戸・東京の地図と景観 -徒歩交通百万都市からグローバル・スーパーシティへ. 古今書院.
- 正井泰夫 (2000b): 大江戸地理空間図 (2万分の1) .
- 正井泰夫 (2003): 図説・歴史で読み解く東京の地理. 青春出版社.
- 南和男 (1999): 幕末都市社会の研究. 塙書房.
- 港区編 (1979): 新修港区史.
- 民部省 (1875): 明治7年 府県物産表.
- 三浦昇 (1988): 江戸湾物語(えどべいすとおりの) 巨大都市東京のルーツ. PHP 研究所.
- 水の文化 No.18 2004年11月号 (2004): 水の文化 排水は廃水か. ミツカン 水の文化センター.
- 水の文化 No.23 2006年7月号 (2006): 水の文化 水商売の理. ミツカン 水の文化センター.
- 森口祐一・橋本征二(2006): マテリアルフローデータブック第3版～日本を取りまく世界の資源のフロー～独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター.
- 長崎福三 (2000): 江戸前の味. 成山堂.
- 内閣府 (2004): 平成16年版少子化社会白書. ぎょうせい.
- 内藤昌・穂積和夫 (1982a): 江戸の町 上. 草思社.
- 内藤昌・穂積和夫 (1982b): 江戸の町 下. 草思社.
- 内藤昌 (1996): 江戸と江戸城. 鹿島出版会.
- 内藤昌 (2003): 江戸の町 -Edo, the city that became Tokyo. 講談社インターナショナル.
- 中江克己 (2001): お江戸の意外な生活事情. PHP 文庫.

- 中江克己 (2003): お江戸の意外な「モノ」の値段. PHP 文庫.
- 二瓶泰雄・高村智之・渡邊敬之 (2007): 東京湾主要流入河川における流量モニタリングの現状と課題. 海岸工学論文集, Vol.54, pp.1221-1225.
- 日本地図センター (1994): 地図記号のうつりかわり -地形図図式・記号の変遷-. 日本地図センター.
- 日本下水文化研究会 (1993): 第 2 回下水文化研究発表会講演集. 日本下水文化研究会.
- 日本下水文化研究会 (1999): 第 5 回下水文化研究発表会講演集. 日本下水文化研究会.
- 日本下水道協会 (2001): 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説.
- 日本下水文化研究会 (2003): 第 7 回下水文化研究発表会講演集. 日本下水文化研究会.
- 日本銀行調査局編 (1975): 図録 日本の貨幣 8 近代兌換制度の確立と動揺. 東洋経済新報社.
- 日本銀行 (1986): 日本銀行百年史 資料編. 日本銀行百年史編纂委員会編纂.
- 日本テレビ (1995a): 空から見る東京湾の釣り 神奈川県 (横須賀市) ~東京都 (江東区) 編. 東洋出版.
- 日本テレビ (1995b): 空から見る東京湾の釣り 東京都 (江戸川区) ~千葉県 (富津市) 編. 東洋出版.
- 西尾道徳 (2005): 農業と環境汚染 -日本と世界の土壌環境政策と技術-. 農山漁村文化協会.
- 西山松之助・南博・南和男・宮田登・郡司正勝・神保五弥・竹内誠・吉原健一郎編 (1994): 縮刷版 江戸学事典. 弘文堂.
- 丹羽正伯 (1735(享保 20)年~1738(元文 3)年): 享保・元文諸国産物帳.
- 野村圭佑 (2002): 江戸の自然誌 -『武江産物志』を読む-. どうぶつ社.
- 野村圭佑 (2005): 江戸の野菜. 荒川クリーンエイド・フォーラム.
- 農林水産技術会議事務局 (1986): 農林水産文献課題水産増養殖編. 農林水産研究成果ライブラリ:
<http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/kaidai/kankouitiran/ichiran.html>
- 農林水産技術会議事務局 (1986): 農林水産文献課題水産増養殖編.
- 農山漁村文化協会編 (2002): 江戸時代にみる日本型環境保全の源流. 農山漁村文化協会.
- 沼田真・風呂田利夫編 (1997): 東京湾の生物誌 -東京湾シリーズ. 築地書館.
- 大垣真一郎監修・河川環境管理財団編 (2005): 河川と栄養塩類 -管理に向けての提言-. 技報堂出版.

- 尾河直太郎 (1993): 新版 江戸水の生活誌 -利根川・荒川・多摩川. 新草出版.
- 小倉紀雄編 (1993): 東京湾 -100年の環境変遷-. 恒星社厚生閣.
- 大久保洋子 (2005): 江戸っ子は何を食べていたか. 青春出版社.
- 大野一敏・大野敏夫 (1986): 東京湾で魚を追う. 草思社.
- 小沢健志編 (1996): 幕末 写真の時代. ちくま学芸文庫.
- 陸軍参謀本部 (1880(明治 13)年~1886(明治 19)年発行): 第一軍管区地方二万分之一迅速測図原図.
- 櫻井一宏 (2008): 再生すべき環境共生型社会システムに関する研究 -江戸時代における東京湾への陸域負荷の推計-. 海洋政策研究, 第 6 号, pp.35-47.
- 新創社編 (2005): 東京時代 MAP 大江戸編. 光村推古書院.
- 総合科学技術会議 自然共生型流域圏・都市再生技術研究イニシャティブ (2005): 自然共生型流域圏・都市再生技術研究イニシャティブ報告書.
- 総務省統計局 HP: <http://www.stat.go.jp/data/nihon/>
- 菅野俊輔 (2008): 図説 世界があつと驚く 江戸の元祖エコ生活. 青春出版社.
- 杉浦日向子 (1989): 江戸アルキ帖. 新潮文庫.
- 杉浦日向子 (1994): 大江戸観光. ちくま文庫.
- 杉浦日向子 (2005): 一日江戸人. 新潮文庫.
- 杉浦日向子監修 (2006): お江戸でござる. 新潮文庫.
- 鈴木理生 (1989): 江戸の川・東京の川. 井上書院.
- 鈴木理生 (2003): 図説 江戸・東京の川と水辺の事典. 柏書房.
- 高橋在久 (1982): 東京湾水土記. 未来社.
- 高橋在久編 (1993): 東京湾の歴史 -東京湾シリーズ. 築地書館.
- 高橋鉄哉 (2007): 閉鎖性海域の富栄養化問題に対する人為影響と天然影響の評価. 海洋政策研究, 4, 1-13.
- 谷弘 (2003): 江戸の町造りと船. 文芸社ライブラリー.
- 丹治健蔵 (2005): 関東河川水運史の研究 叢書・歴史学研究. 法政大学出版局.
- 寺阪昭信・平岡昭利・元木靖編 (2003): 関東 I 地図で読む百年 東京・神奈川・千葉. 古今書院.
- 東京下水道史探訪会 (1995): 江戸・東京の下水道のはなし. 技報堂出版.
- 東京都 (1956): 江戸の発達.
- 東京都 (1973): 東京百年史 第 1 巻.
- 東京都 (2000): 重宝録 第 1.
- 東京都編 (1967): 東京市史稿 産業篇 第 11.
- 東京都公文書館 HP:
http://www.soumu.metro.tokyo.jp/01soumu/archives/0712edo_hanni.htm

- 東京都内湾漁業興亡史 刊行会(1971): 東京都内湾漁業興亡史.
- 東京湾岸自治体環境保全会議 (2006): 東京湾水質調査報告書 (平成 16 年度) .
トランヴェール 2005 年 11 月号. 東日本旅客鉄道 (株) .
- 殖田三郎 (1958): 海苔養殖読本.
- 上山春平 (1990): 日本文明史 1 日本文明史の構想 受容と創造の奇跡. 角川書店.
- UNEP (2004): ENV/DEV/758 UNEP/213.
- 浦安市郷土博物館 (2001): 平成 13 年度 第 1 回特別展 アオギスがいた海. 浦安市郷土博物館.
- 浦安市教育委員会 (2003): 浦安の漁撈習俗 2 -海苔-. 浦安市教育委員会.
- 浦安市郷土博物館 (2004): 浦安市郷土博物館調査報告第 1 集 アオギスがいた海.
浦安市郷土博物館.
- 浦安市郷土博物館 (2004): 浦安市郷土博物館調査報告第 2 集 のり 1 海苔養殖はいま. 浦安市郷土博物館.
- 浦安市郷土博物館 (2006): 浦安市郷土博物館調査報告第 3 集 のり 2 ちば海苔いまむかし. 浦安市郷土博物館.
- 和田安彦 (1990): ノンポイント汚染源のモデル解析. 技報堂出版.
- 若林敬子 (2000): 東京湾の環境問題史. 有斐閣.
- 渡辺健 (1997): 歳時 下水道略史 下水文化叢書 4. 日本下水文化研究会.
- 渡辺亀代二 (2000): 東京湾沿岸海苔漁業三百年の顛末. 文芸社.
- WL | Delft Hydraulics (2006), Delft3D-FLOW: Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments, user manual, Delft, Netherlands.
- 山野寿男 (2000): 近世三都の水事情<大坂・江戸・名古屋> 下水文化叢書 6. 日本下水文化研究会.
- 安田健 (1987): 江戸諸国産物帳 -丹羽正伯の人と仕事-. 晶文社.
- 安田健 (1999): 江戸後期諸国産物帳集成 第 IV 卷 羽前・羽後・武蔵・上総・下総・伊豆諸島[諸国産物帳集成 第 II 期]. 科学書院.
- 横浜マリタイムミュージアム (2003): 横浜港と京浜臨海工業地帯. 横浜マリタイムミュージアム.
- 横須賀市自然・人文博物館 HP: <http://www.museum.yokosuka.kanagawa.jp/>
- 吉田伸之 (2002): 日本の歴史第 17 卷 成熟する江戸. 講談社.
- 吉田伸之 (2005): 21 世紀の「江戸」. 山川出版社 (千代田区) .
- 吉原健一郎 (2003): 江戸の銭と庶民の暮らし. 同成社.

資料編

A. 委員会記録

(1) 第1回委員会概要

①日時

平成21年6月5日(金) 10:30～12:00

②場所

海洋船舶ビル 8F 第2会議室

③出席者

委員長：鬼頭 宏(上智大学経済学部 教授)

委員：秋山昌廣(海洋政策研究財団 会長)

笠井亮秀(京都大学農学研究科 准教授)

高橋鉄哉(東京大学新領域創成科学研究科 特任講師)

高橋美由紀(立正大学経済学部 准教授)

氷鮑揚四郎(筑波大学生命環境科学研究科 教授)

事務局：仙頭達也(海洋政策研究財団 企画グループ長)

大川 光(海洋政策研究財団 海洋研究チーム長)

櫻井一宏(海洋政策研究財団 政策研究グループ 研究員)

④議題

a. 今年度の調査研究内容および方針について

b. 調査研究の手法と関連資料の収集について

c. その他

(2) 第2回委員会概要

①日時

平成21年10月20日(火) 10:30～12:00

②場所

海洋船舶ビル 8F 第1会議室

③出席者

委員長：鬼頭 宏(上智大学経済学部 教授)

委員：秋山昌廣(海洋政策研究財団 会長)

笠井亮秀(京都大学農学研究科 准教授)

高橋鉄哉(東京大学新領域創成科学研究科 特任講師)

高橋美由紀(立正大学経済学部 准教授)

氷鮑揚四郎(筑波大学生命環境科学研究科 教授)

事務局：仙頭達也（海洋政策研究財団 企画グループ長）
櫻井一宏（海洋政策研究財団 研究員）

④議題

- a. 東京湾の流域および海洋の環境情報について
- b. 海洋環境分析について
- c. 今後のとりまとめ方針について
- d. その他

(3) 第3回委員会概要

①日時

平成22年1月19日（火）10:30～12:00

②場所

海洋船舶ビル 8F 第1会議室

③出席者

委員長：鬼頭 宏（上智大学経済学部 教授）
委員：秋山昌廣（海洋政策研究財団 会長）
笠井亮秀（京都大学農学研究科 准教授）
高橋鉄哉（東京大学新領域創成科学研究科 特任講師）
高橋美由紀（立正大学経済学部 准教授）
氷鮑揚四郎（筑波大学生命環境科学研究科 教授）
事務局：大川 光（海洋政策研究財団 企画グループ長代理）
櫻井一宏（海洋政策研究財団 研究員）

④議題

- a. 今年度の調査研究報告
- b. 報告書（案）について
- c. その他



この報告書は、競艇交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

平成 21 年度 江戸の海を科学するⅢ 一人間と海洋を結ぶ流域生態系の再生に向けて—
調査研究報告書

平成 22 年 3 月発行

発行 海洋政策研究財団（財団法人シップ・アンド・オーシャン財団）

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-15-16 海洋船舶ビル

TEL: 03-3502-1828 FAX: 03-3502-2033

<http://www.sof.or.jp> E-mail: info@sof.or.jp

本報告書の無断転載，複写，複製を禁じます。

ISBN978-4-88404-232-5