

# 東京湾の水質汚濁負荷量と漁獲量に関する一考察

都筑良明<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 正会員 工博 元宇都宮大学大学院 (自宅住所 〒261-0011 千葉県市浜区真砂五丁目16-5-908)

E-mail: tsuzuki.yoshiaki@nifty.ne.jp

東京湾の水質汚濁については多くの検討が行われてきているが、漁獲量による水質汚濁負荷量の削減の効果についてはあまり検討が行われていない。本研究では、昭和初期(昭和10(1935)年)、漁獲量のピーク時(昭和35(1960)年)および最近(平成9(1997)～13(2001)年の5年間平均)の3時点について、東京湾内湾での漁獲高の値から、有機物(炭素換算値, C)、有機窒素(N)、リン(P)の漁獲による水質汚濁負荷量削減についての定量的検討を行った。東京湾での漁獲によるC, N, P汚濁負荷除去量をピーク時(1960年)と最近(1997～2001年)で比較するとその減少量はそれぞれ9,800～11,800, 2,340～2,700, 620～530 t年<sup>-1</sup>と算定され、第5次東京湾総量削減計画における平成11(1999)～16(2004)年の5年間の削減目標値に近い値となった。

**Key Words:** water pollutant loads, fishery, marine products, dissemination, Tokyo Bay

## 1. はじめに

東京湾の水質汚濁については、多くの研究者、行政当局による検討が行われてきているが、漁獲量による水質汚濁負荷量の削減の効果については、あまり検討が行われていない。鎌谷と前田(1989)<sup>1)</sup>は、東京湾底泥中のリンの分析結果等を元に、東京湾へのリンの流入負荷量を14,000 t年<sup>-1</sup>、生物生産に使用されるリンの量を370 t年<sup>-1</sup>、東京湾外へのリンの流出量を12,700 t年<sup>-1</sup>と算定している。

小川と小倉(1990)<sup>2)</sup>は、東京湾のDOC, POC, クロロフィルa濃度の測定結果から、DOC, POCの起源(植物プランクトン、河川水、外洋水)の割合が沿岸、湾中央の地点や季節で相違が見られることを示すとともに、DOCとプランクトン生産量との相関関係を示唆している。また、小川と小倉(1990)<sup>3)</sup>は東京湾における水質変動をまとめながらクロロフィルaの測定結果から沿岸から湾央における活発な一次生産活動に言及している。さらに、星ら(1994)<sup>4)</sup>は懸濁体アミノ酸の分析結果から植物プランクトン由来と非植物プランクトン由来のアミノ酸の実測値と推定値を比較検討し、小川ら(1994)<sup>5)</sup>は海水と底泥中の炭素安定同位体比から植物プランクトン由来の炭素量の特性を明らかにすることを試みている。これらの研究では魚介類の生産量については言及していない。

東京湾以外の閉鎖性水域については、松川(1989)<sup>6)</sup>は渥美湾、一色干潟におけるプランクトン、デトリタスによる取り込み、アサリなどのデトリタスフィーダーによる捕食に加えて、アマモ、アオサなどの大型藻類による一時的な蓄積の効果を指摘している。また、鈴木ら(2003)<sup>7)</sup>は三河湾の干潟・浅場の環境修復事業の検討の中で、漁獲によるN, Pの除去を三次

処理的機能として言及している。矢持(2003)<sup>8)</sup>は大阪湾の人工干潟の実験的検討により、人工干潟の造成後2～3年目に窒素の水質浄化機能が確認されたことを報告し、溶存態窒素の固定にはアオサ類が、懸濁態窒素の固定にはアサリが大きく寄与しているとしている。

東京湾について、垂木ら(1994)<sup>9)</sup>は沈降粒子中のリンと生物起源ケイ素の分析結果から沈降・堆積・流出という循環過程を検討し、リンとケイ素の東京湾の平均滞留時間をそれぞれ21, 16日と算定している。

本研究では、昭和10(1935)年、昭和35(1960)年および平成9(1997)～13(2001)年の5年間平均の3時点について、東京湾内湾での漁獲高の値から、有機物(炭素換算値, C)、有機窒素(N)、リン(P)を指標として選定し、漁獲高による水質汚濁負荷量削減についての定量的検討を行い、東京湾海域の汚濁負荷量に関連して、東京湾における漁業による有機物、栄養塩類の除去量を算定することを試みた。

## 2. 漁獲量と漁獲による汚濁除去量の算定方法

既存の文献、資料を元に、昭和初期(昭和10(1935)年)、漁獲量のピーク時(昭和35(1960)年)および最近(平成9(1997)～13(2001)年の5年間平均)の3時点について漁獲高の算定を行い、魚貝種ごとに有機物(炭素換算値, C)、有機窒素(N)、リン(P)の含有量を求め、その和を漁獲によるC, N, Pの除去量とした。1935, 1960年の漁獲高は、清水(1990, 1997)<sup>10, 11)</sup>を元に各年の総漁獲量を、魚類(コノシロ、マイワシ、シラス、ヒラメ、ボラ類、ハゼ、アオダイ)、水産動物類(イセエビ、その他のカニ類、スルメイカ、ウナギ、シヤコ)、貝類(ハマグリ類、アサリ類、カキ)および海

藻類(その他の海藻類, ノリ類養殖)に配分した。1997～2001年の漁獲量は農林水産統計年報<sup>12,13,14)</sup>によった。昭和初期, ピーク時の漁獲量は, 横浜市～富津市を対象としている。最近の漁獲量は, 鴨井(横須賀市)～天羽(富津市)を対象とした。

魚貝種ごとのC, N, Pの含有量は, 植物, 動物分類ごとに平均的な元素組成の値を用いる方法と, 日本食品標準成分表<sup>15)</sup>, 日本食品アミノ酸組成表<sup>15)</sup>等を参考に魚貝種ごとに成分組成を用いる方法の2通りの方法で算定した。日本食品標準成分表の廃棄率に含まれる部分には, 骨, 肝臓, 内臓, 皮, 頭部等が含まれると考えられ, 骨と同様の成分の部分と食用部分と同様の成分の部分との構成比を, それぞれ50%ずつと仮定した。骨と同様の成分の部分のたんぱく質, 糖質, 脂質の構成割合を8, 8, 16%とした。貝殻はCaCO<sub>3</sub>を主成分と考え, N, Pの含有量を0.06, 0.001%とした。骨のたんぱく質はコラーゲン, 糖質はコンドロイチン硫酸, 甲殻類の殻の糖質はキチンでそれぞれ代表させた。

成分組成を用いる方法は次のような条件で算定した<sup>16,17)</sup>。たんぱく質は, たんぱく質含有量とアミノ酸含有量から, C, Nの含有量を求めた。脂質は, 極性脂質(PL)のホスファチジルコリン(PC), ホスファチジルエタノールアミン(PE), 非極性脂質(NL)の遊離脂肪酸(FFA), トリアシルグリセロール(TG)の構成比を25, 25, 40, 10%とした。糖質は, グルコース, グリコーゲン等の(CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>で表される糖類とN-アセチル-D-ニューラミン酸に代表される糖タンパクの構成比を80, 20%とした。

### 3. 結果

昭和初期(1935年), ピーク時(1960年)および最近(1997～2001年)の漁獲量の算定結果を図1に示す。東京湾の魚類, 水産動物類, 貝類およびノリ類の養殖を含む海藻類の漁獲量の合計は, 1935年の97,000 t年<sup>-1</sup>から1960年には186,000 t年<sup>-1</sup>のピークを迎え<sup>18)</sup>, 1997～2001年には45,000 t年<sup>-1</sup>に約24%に減少し, ピーク時から最近までに, 魚類の漁獲量は5,600 t年<sup>-1</sup>から10,700 t年<sup>-1</sup>に増加したが貝類の漁獲量は

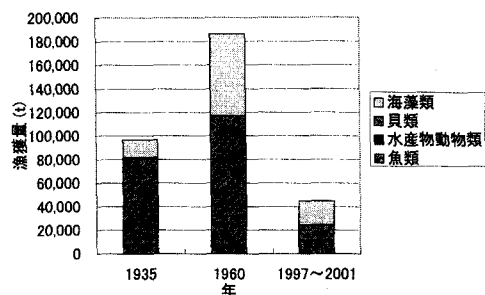


図1 東京湾の漁獲量

109,000 t年<sup>-1</sup>から12,800 t年<sup>-1</sup>と1割程度に減少した。漁獲量の割合が大きいのは貝類および海藻類で, ピーク時から最近までの減少量の大部分はハマグリ, アサリ, カキ等の貝類と養殖ノリを含む海藻類の漁獲量の減少量であった。1997～2001年に100 t年<sup>-1</sup>以上の漁獲量があった魚種はコノシロ, マイワシ, カタクチイワシ, マアジ, サバ類, カレイ類, アナゴ類, タチウオ, ボラ類, スズキ類であった。魚類でこの間に漁獲量が100 t年<sup>-1</sup>以上減少しているのは, ヒラメ, ボラ類, ハゼ, アオダイであった。

漁獲による有機炭素(C), 窒素(N), リン(P)の除去量および第5次東京湾総量削減計画の平成11～16年の5年間の汚濁負荷目標削減量を図2～4に示す。元素組成から算定した値に対する成分組成から算定した値は, Cは130～190%, Nは120～190%, Pは70～80%であった。以下, 本節では元素組成から算定した汚濁除去量についての結果を述べる。

C除去量は昭和初期の7,700 t-C年<sup>-1</sup>からピーク時には13,400 t-C年<sup>-1</sup>に増加し, 近年は3,600 t-C年<sup>-1</sup>に減少した。漁獲によるC除去量全体に対する各魚介種類によるC除去量の割合は, 昭和初期には貝類が7割と大きな部分を占め, 魚類と海藻類が1割ずつであったが, ピーク時には貝類の割合が6割に減少し, 海藻類が3割に増加した。近年は貝類が4割まで減少し, 魚類が4割, 海藻類が3割であった。

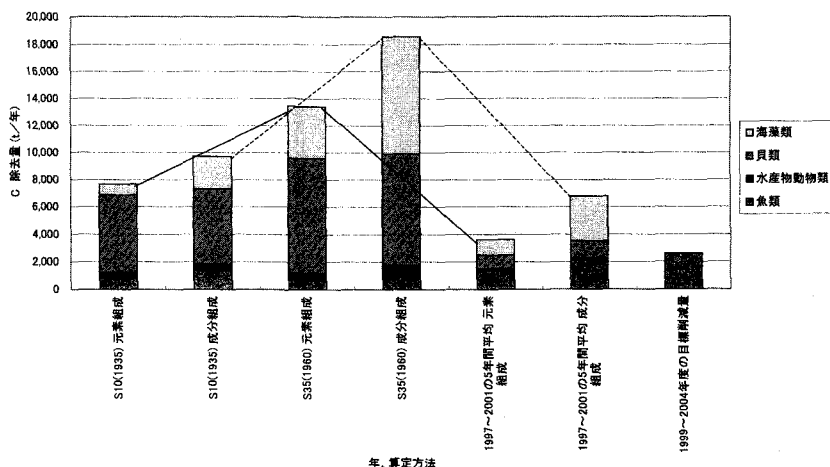


図2 東京湾の漁獲による年間有機炭素(C)除去量および第5次東京湾総量削減計画の汚濁負荷(COD)目標削減量(炭素換算値)(平成11～16年の5年間)

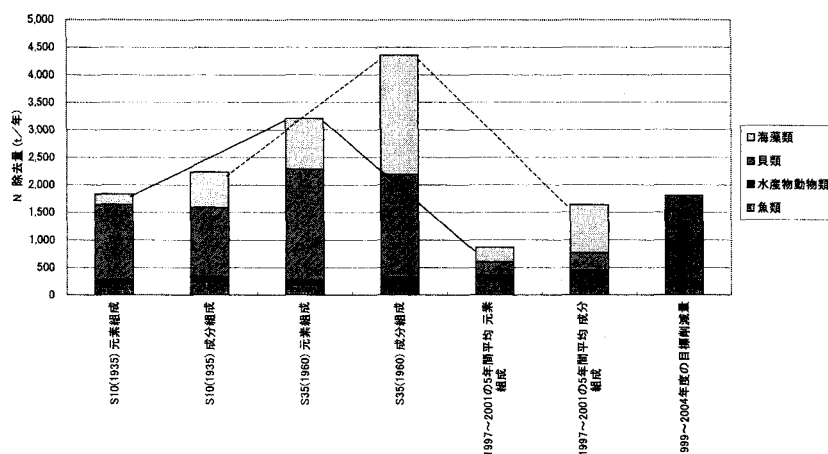


図3 東京湾の漁獲による年間窒素(N)除去量および第5次東京湾総量削減計画の汚濁負荷(T・N)目標削減量(平成11~16年の5年間)

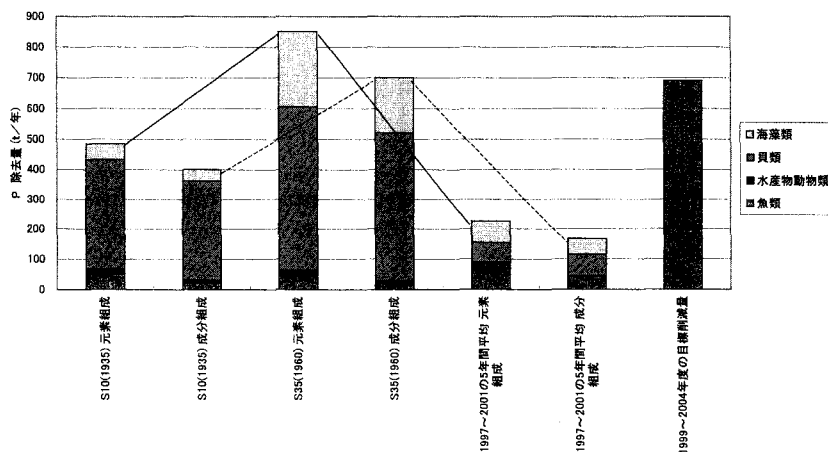


図4 東京湾の漁獲による年間リン(P)除去量および第5次東京湾総量削減計画の汚濁負荷(T・P)目標削減量(平成11~16年の5年間)

N除去量は、昭和初期の1,800 t 年<sup>-1</sup>からピーク時には3,200 t 年<sup>-1</sup>に増加し、近年は900 t 年<sup>-1</sup>に減少した。P除去量は、昭和初期の480 t 年<sup>-1</sup>からピーク時には850 t 年<sup>-1</sup>に増加し、近年は230 t 年<sup>-1</sup>に減少した。NおよびP除去量の魚介種ごとの割合の推移は、C除去量の推移と同様であった。

#### 4. 考察

図5~7に検討対象とした3期に年間漁獲量300 t以上が1期以上あった魚介類について、元素組成と成分組成から汚濁除去量を算定する際に用いた湿重量あたりのC、N、P重量の係数を示す。両者の算定結果の相違の原因はこれらの係数の相違にある。C、Nは概ね成分組成の係数の方が大きく、Pは概ね元素組成の係数の方が大きい。算定結果はこれらの大小を反映した結果となった。特にノリ類養殖のC、Nは成分組成の係数が元素組成の係数の3倍程度と算定された

ため、ノリ類養殖の割合が大きい年には全体の除去量(C、N)の比が大きくなった。

第5次東京湾総量削減計画は、平成11~16年度の5年間で東京湾への年間の流入COD(炭素換算)、T-N、T-P負荷量をそれぞれ約2600、1800、700 t削減しようとしている。一方、東京湾での漁業によるC、N、Pの漁獲による除去量を1960年と1997~2001年で比較すると元素組成から算定した減少量はそれぞれ約9,800(11,800)、2,340(2,700)、620(530) t(括弧内は成分組成からの算定値。以下、同様とする)となり、上述の第5次東京湾総量削減計画における削減目標量と同程度のオーダーの値となっている。また、平成16年のC、N、Pの負荷量の目標値は、それぞれ83,200 t-C 年<sup>-1</sup>、90,900 t-N 年<sup>-1</sup>、7,010 t-P 年<sup>-1</sup>であり、1960年頃の漁獲量のピーク時から最近までの漁獲によるC、N、P除去量の減少量のこれらの値に対する割合は、それぞれ12(14)%, 2.6(3.0)%, 8.8(7.6)%と算定され

る。漁獲による汚濁負荷除去量が東京湾で無視できない量であることが分かった。Nの除去割合がC、Pに比べて小さいが、Nについては硝化－脱窒等のサイクルが寄与していることも想定される。これについては、東京湾のN負荷量に対する脱窒による除去量の割合は2%であるという算定結果もあり<sup>19)</sup>、今後の検討が必要である。

向井(1993)<sup>20)</sup>は1936年の東京湾小櫃川干潟を想定して小櫃川干潟のアサリのろ過作用により5.3 t-C 日<sup>-1</sup>の炭素が除去されていたと試算しており、これは1,900 t-C 日<sup>-1</sup>の除去量に相当する。これは本研究の1935年の貝類によるC除去量の34(35)%に相当する。また、現在(1990年代前半)の全長6kmの干潟のアサリがろ過作用により除去するC、Nの量を年間換算で、それぞれ270~1,100 t-C 年<sup>-1</sup>、30~120 t-N 年<sup>-1</sup>としており、本研究の1997~2001年の貝類による除去量に対する割合は、それぞれ27(22)~110(88)%, 12(9.5)~50(38)%に相当する。貝類はろ過作用により貝殻および体を形成しており、ろ過量と貝殻を含む重量の関係を含めて今後の定量的検討が必要である。

さらに、1986年の7,930 t 年<sup>-1</sup>と推定される漁獲量、釣人による漁獲量等とC、Nの湿重量あたり含有量の約8%、約2.7%の値を用いて、魚類によるC、Nの生産量を2,200 t-C 年<sup>-1</sup>、740 t-N 年<sup>-1</sup>、魚類が食べる粒状有機物を220,000 t-C 年<sup>-1</sup>、74,000 t-N 年<sup>-1</sup>、漁獲による除去量を1,200 t-C 年<sup>-1</sup>、400 t-N 年<sup>-1</sup>としている<sup>21)</sup>。これらの値は、1997~2001年の漁獲量10,700 tから本研究で算定した値のそれぞれ87(55)%, 120(95)%であり、オーダーレベルで同様の値となっていると考えられる。

第5次総量削減計画の平成16年度目標値に対する漁獲によるC、N、P汚濁除去量の割合は、1960年の漁獲量では、それぞれ16(22)%, 3.5(4.8)%, 12(10)%、1997~2001年の漁獲量では、それぞれ、4.3(8.1)%, 0.95(1.8)%, 3.2(2.4)%と算定される。鎌谷と前田(1989)<sup>1)</sup>は東京湾のプランクトン等の生物生産に使用されるPを流入負荷量の2.4%と算定している。本研究の漁獲量による除去量が鎌谷と前田の生物生産による使用量の値と同程度の値となった。東京湾におけるプランクトン等の生物生産量、漁獲量による汚濁除去量を含めた水質、生物についての定量的検討が必要である。

佐々木(2003)<sup>22)</sup>は三河湾一色干潟における夏季の窒素循環について定量的な検討を行い、流入負荷2.4 t 日<sup>-1</sup>に対して、魚類による摂取量を0.3 t 日<sup>-1</sup>と算定しており、N流入負荷量の約12%が魚類の生産量となっていることを示している。本研究における東京湾についてのNの算定結果は、1960年にはこの値の約3割、最近では約1割の値となった。魚類による摂取量と漁獲による汚濁除去量との関係についても今後の検討が必要である。

行政系の試験研究機関と大学との共同研究事業で伊勢湾への流入負荷量と漁業およびノリ養殖業により回収される負荷量を比較検討した例として水野(2002)<sup>23)</sup>があり、松田ら(1999)<sup>24)</sup>は北部広島湾におけるカキの水揚げによるC、N、Pの除去量を海水中懸濁物のろ過量から推定している。漁獲による汚濁物質(栄養源物質)の除去量について、研究者が協力し各水域で総合的に把握することが必要であろう。

中辻ら(2003)<sup>25)</sup>は大阪湾の総量規制施策の効果を水質シミュレーションを用いて科学的に評価するこ

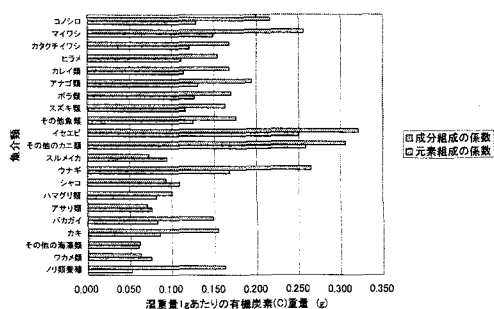


図 5 元素組成と成分組成による有機炭素(C)算定に用いた係数(湿重量あたりの重量)

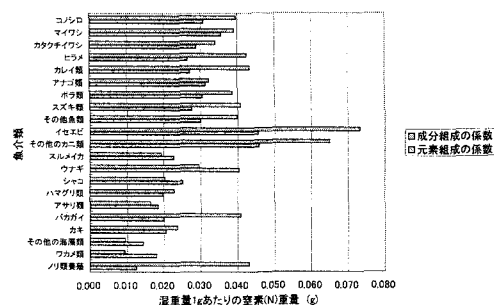


図 6 元素組成と成分組成による窒素(N)算定に用いた係数(湿重量あたりの重量)

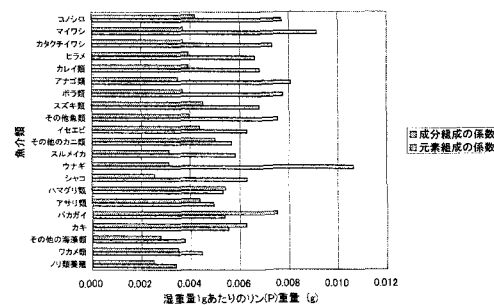


図 7 元素組成と成分組成によるリン(P)算定に用いた係数(湿重量あたりの重量)

とを試みている。流入負荷量の削減が水質にどの程度寄与するかは重要な視点である。用いたモデルには漁獲による除去量が含まれておらず、対象海域における漁獲量によってはこれを含めることにより精度が増すであろう。

流入負荷量と漁獲による汚濁負荷除去量を比較検討する際には、魚類、水産動物類の場合には、それらの成長期にどこでC、N、Pを栄養源物質として摂取したかについても考慮する必要がある。東京湾の場合には漁獲量の大きな部分を貝類、海藻類が占めていることから、本研究のC、N、P除去量の算定結果は東京湾の汚濁物質(栄養源物質と言い換えることもできる)の漁獲による除去量を概ね示していると考えられる。特に魚類および水産動物類については、マコガレイのように成魚となるまでの成長の場の喪失が指摘されている種もあり<sup>11)</sup>、生態系を含めた検

討を行う必要がある。いわゆる「海の健康診断」では物質循環機能(フロー)を示す1次検査項目のパラメータとして底棲魚介類の漁獲量が挙げられている<sup>26)</sup>。魚介類の栄養源物質となる汚濁物質についての定量的な把握とともに、生態学的な検討により海域についての理解を深めることが重要である。

山田(1994)<sup>27)</sup>は東京湾底泥の重金属および魚類中の有機塩素系化学物質による汚染に言及している。各種の排出規制等により東京湾底泥の重金属汚染の程度は軽減してきているようだ。東京湾の魚介類を今後も食用としていくためには、C, N, Pの汚濁負荷量とともに、これらの汚濁物質の排出量の削減を一層厳しく行っていくことが必要である。

東京湾の漁獲による汚濁負荷の除去を考えると、魚介類の毒性が問題になる場合も含めて、行政、研究者、一般市民等の関係者の役割は表1のように整理できるだろう。Tsuzuki(2004)<sup>28)</sup>は生活排水の汚濁負荷量について一般市民への情報提供の重要性を指摘している。魚介類については、一般市民は東京湾の魚介類を食することについて毒性も含めて判断することが役割となり、研究者、行政等による判断基準となるような的確で分かりやすい情報提供も必要である。一般市民以外も一般市民としての役割を持つことにも注意が必要である。そのような情報提供をベースとしてライフスタイルの変換や市民参加型技術<sup>29)</sup>が生まれるような気がする。

東京湾の汚濁負荷量に関連して、海洋学等の分野では次のようなことが分かってきている。

陸域に由来する汚濁物質は特に沿岸域におけるプランクトンの過剰生産を引き起こし沿岸漁業の攪乱をもたらしている<sup>30)</sup>。陸から遠く隔たった外洋域では、栄養塩については陸域からの供給よりも海洋深層からの補給の方がはるかに大きいとされており、外洋との海水の交換を考える場合には深層水の影響等についても検討する必要があるだろう。

一般的に、海洋中の有機物の形態組成は表2のように考えられており、魚は植物プランクトンの1%を占めるに過ぎないとされている<sup>31)</sup>(表2)。しかしながら、生物生産に使用されるPの量<sup>1)</sup>を370 t 年<sup>-1</sup>、魚介類によるPの除去量を本研究で算定した230 t 年<sup>-1</sup>とすると、東京湾においては生物生産に使用されるPの約6割が貝類、海藻類を含む魚介類により除去されていることになり、水質汚濁の側面からの東京湾における漁業の重要性が指摘できるだろう。

岡田(2000)<sup>32)</sup>は海底下を含む地下深所の微生物によるバイオマスが地球の生物総量の半分以上を占め、海底下微生物による生物的風化作用が海洋の物質循環に大きく係わっている可能性が指摘されていると言及している。東京湾でもアナジャコ等の生態系における重要性が指摘されており、海底下微生物のバイオマスの検討の必要があるかもしれない。

中村ら(1994)<sup>33)</sup>は東京湾における海水中のメタン(CH<sub>4</sub>)濃度とCH<sub>4</sub>酸化速度を測定し1990年代前半の拡散フラックスを外洋におけるCH<sub>4</sub>の大気への放出量0.0037~0.037 mg-CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup>日<sup>-1</sup>に対して約100~1,000倍の1.5g-CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup>年<sup>-1</sup>と算定した。いわゆる東京湾内湾の面積<sup>34)</sup> 830km<sup>2</sup>から東京湾におけるCH<sub>4</sub>の発生量は約0.12万 t 年<sup>-1</sup>と算定され、CH<sub>4</sub>の地球温暖化係数<sup>35)</sup>21を用いると二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)換算で約2.6万 t 年<sup>-1</sup>となり、これは日本のCH<sub>4</sub>発生量の0.1%に相当する。

表1 東京湾の漁獲に関する関係者の役割

| 関係者       | 役割                          |
|-----------|-----------------------------|
| 行政        | データの収集・公開、政策の検討・実施、行政内部の調整  |
| 試験研究機関    | データの収集・解析、(理論形成)            |
| 研究者(大学等)  | データの収集・解析、理論形成              |
| 漁業者       | 漁獲、(魚介についての情報)              |
| 環境NPO・NGO | 一般市民、研究者、行政等をつなぐ、独自の活動を実施する |
| 一般市民      | 魚介類を食べる、(毒性についての判断)         |

表2 海洋における有機物の形態組成<sup>31)</sup>

| 形態            | 表層               | 深層  |
|---------------|------------------|-----|
| 溶解態有機物        | 100 <sup>*</sup> | 50  |
| デトリタス         | 10               | 2   |
| 植物プランクトン(生産者) | 2                | —   |
| 細菌等(腐生植物)     | 0.2              | 0.1 |
| 動物プランクトン(消費者) | 0.2              | 0.1 |
| 魚(消費者)        | 0.02             | ?   |

\* 1,000 mg-carbon m<sup>-2</sup>に相当。

この値は温室効果ガス全体の中ではそれ程大きな値ではないかもしれないが、東京湾底層の貧酸素水域を時間的、空間的に少なくしていくことは、赤潮、青潮の発生を軽減するために必要である。

## 5. 結論

東京湾の漁獲によるC, N, P除去量を1960年と1997~2001年で比較するとその減少量は、それぞれ約9,800(11,800), 2,340(2,700), 620(530) tと算定された。第5次東京湾総量削減計画における削減目標量と同程度のオーダーの値となった。また、平成16年のC, N, Pの目標汚濁負荷量に対する割合は、それぞれ12(14)%, 2.6(3.0)%, 8.8(7.6)%と算定された。これらのことから、東京湾の汚濁負荷を検討する際に、漁獲による汚濁負荷除去量を考慮する必要があることが示された。

一般市民が東京湾の魚介類を食用とすることは汚濁負荷除去の観点からは推進すべきであり、毒性物質についての情報も含めて判断基準となるような的確で分かりやすい情報提供が必要である。

本研究の一部は、第38回日本水環境学会年會(2004年3月)で発表した。

## 参考文献

- 鎌谷明善, 前田勝: 東京湾における磷の分布と収支, 地球化学, Vol.23, pp.85-95, 1989.
- 小川浩史, 小倉紀雄: 東京湾における有機炭素の起源および挙動, Vol.24, pp.27-41, 1990.
- 小川浩史, 小倉紀雄: 東京湾における水質変動(1980-1988年), 地球化学, Vol.24, pp.43-54, 1990.
- 星純也, 小川浩史, 小倉紀雄: 東京湾河口・内湾表層水中の粒形の異なる懸濁態アミノ酸の分布と挙動, 地球化学, Vol.28, pp.1-14, 1994.
- 小川浩史, 青木延浩, 近磯晴, 小倉紀雄: 夏季の東京湾における懸濁態および堆積有機物の炭素安定同位体比, 地球化学, Vol.28, pp.21-36, 1994.
- 松川康夫: 内湾域における物質輸送機構と窒素, 磷の収支と循環に関する研究, 中央水研報, Vol.1, pp.1-74, 1989.
- 鈴木輝明, 武田和也, 本田是人, 石田基雄: 三河湾における環境修復事業の現状と課題, 海洋と生物, Vol.25, No.3, pp.187-199, 2003.

- 8) 矢持進：大阪湾阪南2区干潟現地実験場での生物相と窒素収支，第5回東京湾シンポジウム報告書，国土交通省国土技術政策総合研究所，2003.
- 9) 垂木新一郎，嶋本晶文，角皆静男：東京湾におけるリンとケイ素の沈降粒子束と循環，地球化学，Vol.28，pp.15-20，1994.
- 10) 清水誠：東京湾の魚介類(6)昭和60年代の生物相，海洋と生物，Vol.12，No.3，pp.183-189，1990.
- 11) 清水誠：水産生物，沼田眞＋風呂田利夫編：東京湾の生物誌，pp.144-149，築地書館，1997.
- 12) 農水省神奈川統計調査事務所：平成11～15年神奈川農林水産統計年報，1999～2003.
- 13) 農水省東京統計調査事務所：平成11～15年東京農林水産統計年報，1999～2003.
- 14) 農水省千葉統計調査事務所：平成11～15年千葉農林水産統計年報，1999～2003.
- 15) 香川芳子：五訂食品成分表，女子栄養大学出版社，2004.
- 16) 西元諱一：栄養成分の分布と消長・一般成分，竹内昌昭編：魚肉の栄養成分とその利用，恒星社厚生閣，pp.9-33，1990.
- 17) 不破敏一郎，土器屋由紀子：海洋植物中の元素の平均値，海洋動物中の元素の平均値，服部明彦編：海洋生化学，東海大学出版会，pp.25-32，1973.
- 18) 清水誠：東京湾の魚介類(1)，海洋と生物，Vol.6，No.1，pp.9-13，2003.
- 19) 小池勲夫：生物とその働きー微生物，小倉紀雄編，東京湾ー100年の環境変遷ー，恒星社厚生閣，pp.102-117，1993.
- 20) 向井宏：生物とその働きー貝類，小倉紀雄編，東京湾ー100年の環境変遷ー，恒星社厚生閣，pp.60-101，1993.
- 21) 向井宏：生物とその働きー動物プランクトン，魚類，小倉紀雄編，東京湾ー100年の環境変遷ー，恒星社厚生閣，pp.118-122，1993.
- 22) 佐々木克之：干潟における生物多様性と生物生産力，海洋と生物，Vol.25，No.3，pp.180-186，2003.
- 23) 水野知巳：負荷の発生量及び漁業・養殖業による回収量の整理，三重県科学技術振興センター・三重大学・京都大学・東海大学，三重県科学技術振興センター共同研究事業 伊勢湾の生態系の回復に関する研究 平成13年度成果報告書，<http://www.mpstpc.pref.mie.jp/project/kyodo1/kyodo12.pdf>，pp.3-4，2002.
- 24) 松田治，ブットソンサンジンダ，山本民次，ナラシマルラジェンドラン：バイオフィルターならびにバイオハビタター機能を評価したカキ養殖の新たな考え方，第4回EMECS/第4回MEDCOASTジョイント会議，トルコ共和国アンタルヤ市，<http://www.emecs.or.jp/01cd-rom/section4/99report/pdf/09-1.pdf>，1999.
- 25) 中辻啓二，韓銅珍，山根伸之：大阪湾における汚濁負荷量の総量規制施策が水質保全に与えた効果の科学的評価，土木学会論文集，No.741/VII-28，pp.69-87，2003.
- 26) 中田英昭：内湾の環境再生ー海外の事例に学ぶ，水環境学会誌，Vol.25，No.10，pp.590-595，2002.
- 27) 山田久：有害物質汚染，清水誠編，水産と環境，恒星社厚生閣，東京，pp.51-71，1994.
- 28) Tsuzuki Y. : Proposal of Environmental Accounting Housekeeping (EAH) Books of Domestic Wastewater Based on Water Pollutant Loads per capita: A Case Study of Sanbanze tidal Coastal Zone, Tokyo Bay, *Journal of Global Environment Engineering*, Vol.10, pp.187-196, 2004..
- 29) 内藤明：環境問題を研究するということ，土木学会論文集，No.741/VII-28，pp.3-9，2003.
- 30) 杉浦吉雄：生命活動の場としての海洋：栄養塩，服部明彦編，海洋学講座，第7巻，海洋生化学，pp.55-65，1979.
- 31) 関文威：生命活動の場としての海洋：生物量，服部明彦編，海洋学講座，第7巻，海洋生化学，pp.79-94，1979.
- 32) 岡田尚武：海洋の物質循環と生物群集，地球化学，Vol.34，pp.134-148，2000.
- 33) 中村岳史，野尻幸宏，大槻晃，橋本伸哉：東京湾海水中のメタン濃度とその変動，地球化学，Vol.28，pp.47-57，1994.
- 34) 野村英明：東京湾の生態系と総合的沿岸域管理，水環境学会誌，Vol.25，No.10，pp.585-589，2002.
- 35) 全国地球温暖化防止活動推進センター：日本における温室効果ガス排出量の推移，<http://www.jccca.org/>.

## LAND BASED WATER POLLUTANT LOADS OF TOKYO BAY AND NUTRIENTS REMOVAL BY FISHERY

Yoshiaki TSUZUKI

Water pollution problems in Tokyo Bay including land-based pollutant loads have been investigated by many stakeholders including researchers and administrations, however, nutrients removal amounts by fishery in Tokyo Bay have not been investigated so much. Quantitative investigation was conducted in regards to organic carbon, nitrogen and phosphorus by haul of marine products such as fish, marine animals, shellfish and seaweeds in 1935, 1960 and five-year average between 1997 and 2001 in this paper. Decrease of organic carbon, nitrogen and phosphorus removal amounts by fishery in Tokyo Bay from 1960, when the haul of marine products was largest, to 1997-2001 were calculated as 9,800-11,800, 2,340-2,700, 530-620 t year<sup>-1</sup>, respectively. These values are almost the same order of the aimed decreases of the Fifth Land-Based Water Pollutant Loads Reduction Plan of Tokyo Bay.