

伊勢・三河湾における漁業生産による窒素，リンの回収

船越茂雄

The contribution of fishery production to the recovery of nitrogen and phosphorus against discharge from the land in Mikawa Bay and Ise Bay

FUNAKOSHI Shigeo*

Abstract: To obtain the ratio of the amount of nitrogen (N) and phosphorus (P) recovered from the fishery production in Ise Bay and Mikawa Bay to their discharge from the land, we examined data for 1979, 1984, 1989, 1994, 1999 and 2004. The result was 2.96-5.03% (average 4.17%) for N and 4.88-8.66 % (average 7.21%) for P. We also investigated the percentage by product in the total amount of N recovered, and found that the average contributions of the six years investigated were 65.2% for fish, 19.0% for shellfish, 9.6% for cultivated algae, 5.8% for aquatic animals and 0.4% for natural algae. As for the amount of P recovered, the averages were 81.9% for fish, 10.4% for shellfish, 5.1% for cultivated algae, 2.5% for aquatic animals, and 1.4% for natural algae. Fish and shellfish accounted for 92.3% of the total P recovered. Sardine and anchovy, and sand eels contributed 74% to both N and P recovery. These percentages are almost the same as those in Tokyo Bay in the 1960s when the fishery was in its prime. This suggests that the fisheries in Ise Bay and Mikawa Bay play very important roles in natural recycling of N and P and contribute greatly to water purification in this area.

キーワード：漁業生産，窒素・リンの回収

伊勢・三河湾の漁場環境は、赤潮や貧酸素水塊が慢性的に発生し、水産資源の生息にとって厳しい状況が続いている。とくに夏季を中心に大規模に発生する貧酸素水塊は、多くの水産資源が低迷する主要な原因となっている。これに対して陸域では窒素，リン，COD の総量削減計画による負荷量削減，海域では干潟・浅場の保全や修復などによる水質浄化機能の回復など、さまざまな対策がとられてきている。一方、近年、水産業のもつ多面的機能が注目され、中でも漁業生産を通じて窒素やリンを除去する物質循環機能の有効性が見直されてきている。¹⁾とくに都市型もしくは都市近郊型漁業は、東京湾や伊勢・三河湾のように、富栄養化の進んだ閉鎖的内湾を主漁場としているため、このような物質循環機能の果たす役割は大きいと考えられるが、伊勢・三河湾海域で

は狭義の伊勢湾についての報告²⁾以外ない。この報文では、伊勢・三河湾海域における漁業生産を通じた窒素，リンの回収量を詳しく算出することで、この海域の漁場環境の改善，水質浄化に果たす漁業の役割について評価したい。

材料及び方法

漁業生産による窒素，リン回収量の計算は、環境省³⁾によって伊勢・三河湾海域への発生負荷量が公表されている1979年，1984年，1989年，1994年，1999年，2004年の6年分について行った。環境省の報告にある伊勢湾は、三河湾を含め広義の意味で使っているが、この報文では伊勢・三河湾と表現することにする。

漁業生産による窒素，リン回収量は、まず以下の式で

*愛知県水産試験場漁業生産研究所(Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Toyohama, Minamichita, Aichi 470-3412, Japan)

魚介藻類の種類別回収量を計算し、それらを合計した。

室素・リン回収量 = 県漁獲量 × 湾内漁獲割合
× 室素・リン換算係数 × 湾内室素・リン回収割合

魚介藻類の種類別県漁獲量は、東海農政局統計部が公表している愛知農林水産統計年報及び三重農林水産統計年報から集計した。愛知県の漁業生産統計では、伊勢・三河湾と渥美外海とが分離されていないので、漁協別・漁業種類別統計及び魚介藻類の種類別分布生態などから、種類別に漁獲量の湾内漁獲割合を計算し(表 1)、伊勢・三河湾分を集計し直した。三重県の伊勢湾内漁獲量は、伊勢湾海区(木曽岬町から二見町)の漁獲統計を使い、愛知県の伊勢・三河湾分と合計して伊勢・三河湾内漁獲量とした。ただし、湾口域の鳥羽市の漁獲量のうちマイワシ、カタクチイワシについては、主漁場が湾内であることから伊勢湾海区に含め集計した。

魚介藻類の室素・リン換算係数は、まず五訂日本食品標準成分表(科学技術庁資源調査会編)⁴⁾に掲載されている種類別たんぱく質含有率を室素 - たんぱく質換算係数 6.25 で割って算出した。貝類についてはむき身の割合を重量の 1/3 として計算し、たんぱく質含有率の数値がない種類については、貝類 4 種類の平均値を使って計算した。魚類のリン換算係数は、骨の中に多く含まれるリンも考慮した尾形⁵⁾の分析値の平均 0.73 %を用いた。その

他の水産動物、貝類、藻類については、前述した五訂日本食品標準成分表のリン含有率を用いた。貝類については貝殻中にもリンが含まれていることから、0.48 kg/トン⁶⁾の数値を用いた。室素、リン含有量の算出に用いた魚介藻類と換算係数一覧を表 2 に示した。

伊勢・三河湾内で漁獲される魚介類には、渥美外海と湾内を回遊し、行き来している種類があり、これらは外海域の室素やリンも成長の糧としていることから、湾内漁獲量が直ちに湾内の室素、リン回収量を表すものではない。このような湾内と外海を回遊する魚介類の室素、リンの由来を厳密にもとめることは困難であるが、便宜的に漁獲物を以下の 3 つの生活タイプに分類し、それぞれについて湾内室素・リン回収割合を計算した(表 1)。

<ケース 1> 回収割合 = 1.0

一生を湾内で生活する種類、もしくは生活史の始めに湾内に来遊し、漁獲対象期間が過ぎると外海域を主な生息場所とする種類。

(例)魚類のうちシラス、アジ類、ヒラメ、カレイ類、エソ類、アナゴ類、ボラ類、イカナゴ、その他水産動物、貝類、藻類の全てが該当する。

<ケース 2> 回収割合 = 湾内に分布した月数/12

生活史の中で、湾内生活時間の占める割合と定義した。これに該当する種類は、生活史の一時期に湾内に

表 1 湾内漁獲割合と湾内室素・リン回収割合

種 類	湾内漁獲割合	湾内室素・リン回収割合
<魚類>		
コノシロ	1.0	0.58(7/12)
マイワシ	1.0	0.58(7/12)
カタクチイワシ	1.0	0.58(7/12)
シラス	0.4	1.00
アジ類	0.5	1.00
サバ類	0.0	0.00
ヒラメ	0.6	1.00
カレイ類	0.6	1.00
エソ類	0.6	1.00
アナゴ類	0.8	1.00
タイ類	0.6	0.67(8/12)
ボラ類	1.0	1.00
スズキ類	1.0	0.83(10/12)
イカナゴ	1.0	1.00
その他の魚	0.6	0.89
<水産動物>		
エビ類	0.6	1.00
カニ類	0.6	1.00
イカ類	0.6	1.00
タコ類	0.6	1.00
ナマコ類	1.0	1.00
シャコ	1.0	1.00
その他	0.6	1.00
<貝類>		
アサリ	1.0	1.00
バカガイ	1.0	1.00
トリガイ	1.0	1.00
ナミガイ	1.0	1.00
その他	1.0	1.00
<藻類>		
天然藻類	1.0	1.00
養殖ノリ	1.0	1.00

表 2 室素、リン含有量の算出に用いた換算係数

種 類	換算係数		備 考
	室素	リン	
<魚 類>			リンは漁獲量の0.74% 歩留り60%でシラス干し換算
コノシロ	0.0304	0.0074	
マイワシ	0.0317	0.0074	
カタクチイワシ	0.0291	0.0074	
シラス	0.0389	0.0074	
アジ類	0.0331	0.0074	
サバ類	0.0331	0.0074	
ヒラメ	0.0320	0.0074	
カレイ類	0.0314	0.0074	
エソ類	0.0322	0.0074	
アナゴ類	0.0277	0.0074	
タイ類	0.0328	0.0074	
ボラ類	0.0307	0.0074	
スズキ類	0.0317	0.0074	
イカナゴ	0.0275	0.0074	
その他	0.0316	0.0074	室素は上記 14 種平均
<水産動物>			クルマエビで代表 ガザミで代表 スルメイカで代表 マダコで代表 上記 6 種平均
エビ類	0.0346	0.0031	
カニ類	0.0230	0.0020	
イカ類	0.0290	0.0025	
タコ類	0.0262	0.0016	
ナマコ類	0.0054	0.0001	
シャコ	0.0307	0.0025	
その他	0.0248	0.0020	
<貝 類>			むき身重量は体重の1/3 ミルガイで代表 上記 4 種平均 0.48kg/トン(杓ガイ)
アサリ	0.0096	0.00085	
バカガイ	0.0174	0.00150	
トリガイ	0.0206	0.00120	
ナミガイ	0.0292	0.00160	
その他	0.0192	0.00129	
貝殻(重量の2/3)		0.00048	
<藻 類>			アオサ素干 アマノリ素干し 素干し
天然藻類(乾重量)	0.0354	0.0016	
養殖ノリ(乾重量)	0.0630	0.0064	
養殖ワカ(乾重量)	0.0218	0.0035	

来遊し漁獲対象となる種類で、ここではコノシロ、マイワシ、カタクチワシ、タイ類、スズキ類である。なお、湾内漁獲対象月数は、窒素、リン発生負荷量が公表されている前述した6ヵ年の愛知県豊浜市場において、漁獲のある月数の平均値としてもとめた。

< ケース 3 > 回収割合 = 0

湾内漁業ではほとんど漁獲されない種類で、ここではサバ類が該当する。

漁業生産による窒素、リン回収量を、愛知、三重、岐阜の三県の下水道処理施設で除去される窒素、リン量と比較した。そのために平成16年度版下水道統計(行政編)((社)日本下水道協会)において、処理施設毎に窒素、リンの流入水と流出水の年間平均濃度の差をもとめ、それに年間処理水量を掛けて算出した数値を集計し、下水道処理施設での除去量とした。

結 果

(1) 窒素、リン発生負荷量

伊勢・三河湾の窒素発生負荷量は、1979年には68,620トン/年であったが、経年的に減少し、2004年には47,085トンと31.4%減少した(図1)。減少率は861トン/年であった。一方、リン発生負荷量は、1979年の8,906トン/年が2004年には3,942トンと55.7%も減少している。減少率は199トン/年であった。

(2) 漁業生産を通じた窒素、リンの回収量と回収率

魚類、水産動物、貝類、藻類(天然と養殖)の窒素、リン回収量を表3に、また、発生負荷量に対する回収率を図2に示した。窒素の回収率は、魚類1.59~3.33%(平均2.71%)、貝類0.65~0.96%(平均0.80%)、藻類(養

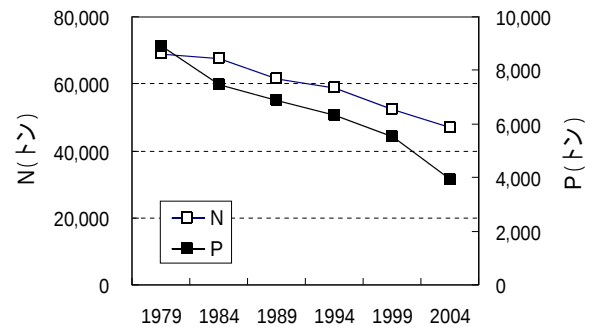


図1 伊勢・三河湾の窒素リン、発生負荷量
資料；環境省

殖)0.30~0.48%(平均0.41%)、水産動物0.19~0.33%(平均0.24%)、藻類(天然)0.01~0.03%(平均0.02%)の順に多い。また、リン回収率は、魚類3.61~7.13%(平均5.90%)、貝類0.65~0.92%(平均0.75%)、藻類(養殖)0.24~0.44%(平均0.38%)、水産動物0.13~0.25%(平均0.18%)、藻類(天然)0~0.02%(平均0.01%)の順であった。

漁業生産による窒素、リン回収量に占める各分類群の回収量の割合を平均値で見ると、窒素では魚類65.2%、貝類19.0%、藻類(養殖)9.6%、水産動物5.8%、藻類(天然)0.4%と、魚類と貝類で84.2%を占めた。

一方、リンでは魚類81.9%、貝類10.4%、藻類(養殖)5.1%、水産動物2.5%、藻類(天然)0.1%の順で、魚類と貝類で実に92.3%を占めている。魚類の中では、マイワシやカタクチワシなどのイワシ類やイカナゴの占める割合が大きく、6年間の平均では、イワシ類は、窒素、リンともに魚類回収量の31~71%(平均54%)、イカナゴは、窒素3~28%(平均15%)、リン4~29%(平均15%)であった。この2つのグループを合わせ

表3 魚類、水産動物、貝類、藻類(天然と養殖)の生産による窒素、リン回収量

N (トン)	1979	1984	1989	1994	1999	2004	平均	%
魚類	2,113	2,171	2,040	932	1,546	1,056	1,643	65.2
水産動物	147	223	174	122	112	95	146	5.8
貝類	615	555	586	397	339	387	480	19.0
藻類(天然)	9	7	5	5	13	16	9	0.4
藻類(養殖)	205	304	274	282	209	178	242	9.6
合計	3,089	3,260	3,079	1,738	2,219	1,732	2,520	100.0

P (トン)	1979	1984	1989	1994	1999	2004	平均	%
魚類	498	515	489	228	384	268	397	81.9
水産動物	12	19	14	10	10	8	12	2.5
貝類	63	59	63	42	36	40	51	10.4
藻類(天然)	0	0	0	0	1	1	0	0.1
藻類(養殖)	21	31	28	28	21	19	25	5.1
合計	594	624	594	308	452	336	485	99.9

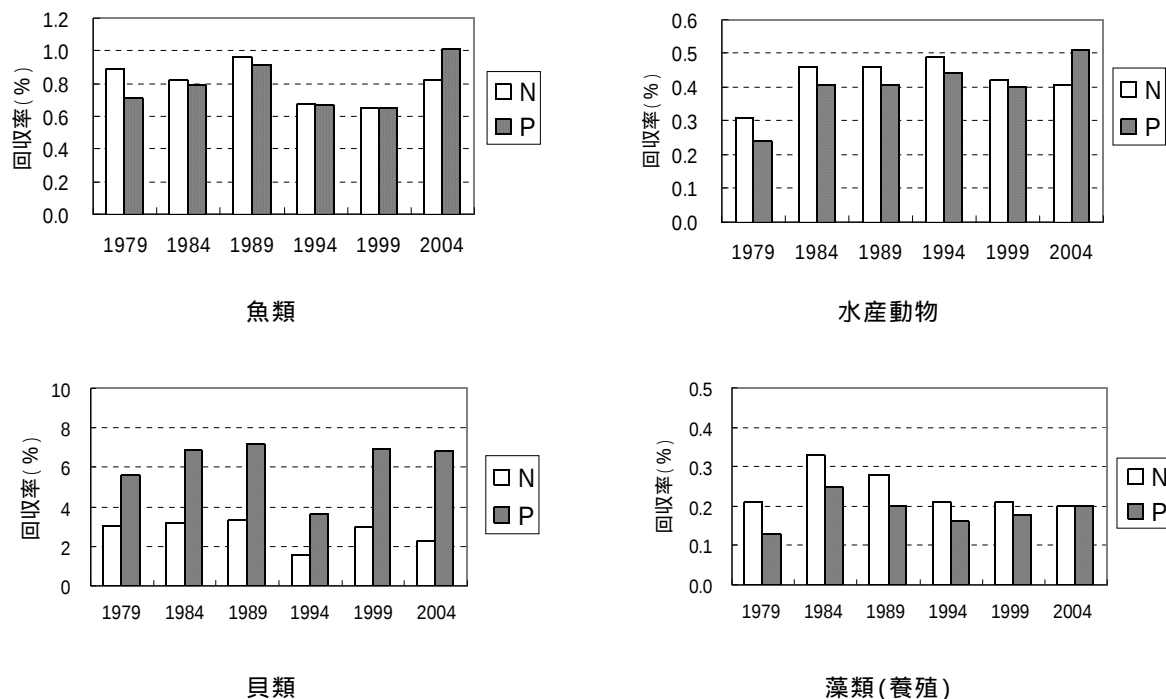


図 2 魚類，水産動物，貝類，藻類(養殖)の生産による窒素，リンの発生負荷量に対する回収率

ると、窒素，リンともに平均で魚類回収量の 69 %を占め、とくに豊不漁の変動の大きいイワシ類の漁獲量が、回収率に大きな影響を及ぼしている。イワシ類，イカナゴに次いで回収量の多い種類はシラス類であり、窒素で 4 ~ 7 % (平均 5 %)，リンで 3 ~ 5 % (平均 4 %)となっている。シラス類もイワシ類に含めると、実に魚類回収量の 74 %がイワシ類，イカナゴによる回収となる。

1994 年はマイワシとアサリの急減によって窒素，リン回収率は大きく低下した。これらの結果から、漁業生産全体による窒素の発生負荷量に対する回収率を計算すると、2.96 ~ 5.03 % (平均 4.17 %)であった。一方、リン回収率は、4.88 ~ 8.66 % (平均 7.21 %)であった(図 3)。

(3) 単位漁獲量あたり窒素，リン回収量

漁業生産による単位漁獲量あたり窒素回収量は、水産動物 29.7 kg/トン，魚類 21.1 kg/トン，貝類 13.5 kg/トン，藻類(養殖)4.4 kg/トン，藻類(天然)3.4 kg/トンの順で、水産動物が最も多く、魚類の 1.4 倍，貝類の 2.2 倍，藻類(養殖)の 6.8 倍，藻類(天然)の 8.7 倍となって

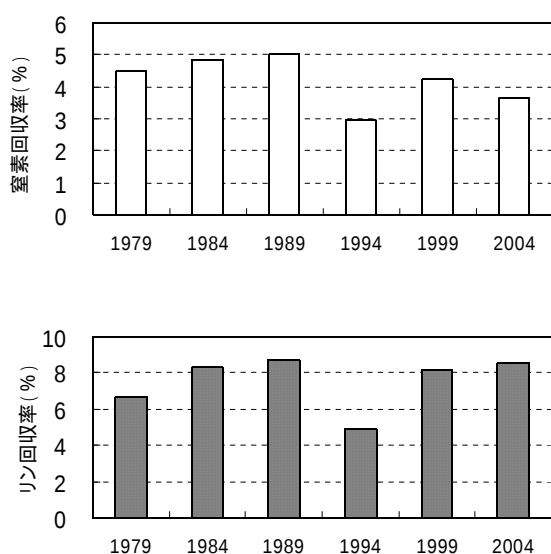


図 3 漁業生産による窒素，リンの発生負荷量に対する回収率

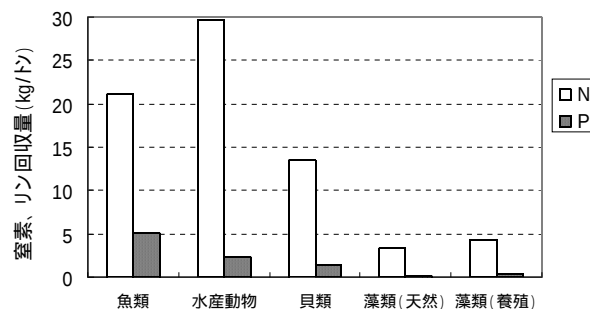


図 4 漁業生産による単位漁獲量あたり窒素，リン回収量

いる(図 4)。また、リン回収量は、魚類が 5.1 kg/トンで最も多く、次いで水産動物 2.4 kg/トン、貝類 1.4 kg/トン、藻類(養殖)0.5 kg/トン、藻類(天然)0.1 kg/トンの順である。魚類のリン回収量は水産動物の 2.1 倍、貝類の 3.6 倍、藻類(養殖)の 10.2 倍、藻類(天然)の 51 倍である。魚類では骨中にもリンが多く含まれているため、窒素における水産動物との順位が逆転している(図 4)。

考 察

伊勢・三河湾における漁業生産による窒素の発生負荷量に対する回収率は 2.96 ~ 5.03 % (平均 4.17 %)、リン回収率は 4.88 ~ 8.66 % (平均 7.21 %)であった。この値は、愛知県南知多町から三重県鳥羽市以北の伊勢湾について、1980 年から 1997 年の値として報告した水野²⁾の結果、窒素 2.8 ~ 9.3 % (平均 5.6 %)、リン 2.6 ~ 7.5 % (平均 5.1 %)に比べると、窒素の平均値でやや小さく、

リンの平均値で大きかったが、漁業生産による窒素、リンの回収率が、おおむね発生負荷量の数パーセントという点では一致している。しかし、今回の分析から、漁業生産では回収できない窒素、リン量が、平均値で見ても発生負荷量のそれぞれ 96 %、93 %もあることが明らかになった。

漁業生産による窒素回収率は、1979 年の 4.48 %が、2004 年には 3.68 %と 0.8 %低下している。一方、リン回収率は、1979 年の 6.67 %が、2004 年には 8.52 %と逆に 1.85 %増加した。これは、この間に窒素の発生負荷量が 31.4 %、リンの発生負荷量が 55.7 %減少したのに対して、漁業生産量の減少率が 38 % (図 5)と、窒素を上回り、リンを下回ったためと考えられる。また、1989 年はマイワシやアサリ、養殖のりの生産が大きく落ち込んだために、漁業総生産量も 85,375 トンと、5 年前の 222,794 トンの 38 %にまで減少し、窒素とリン回収率も

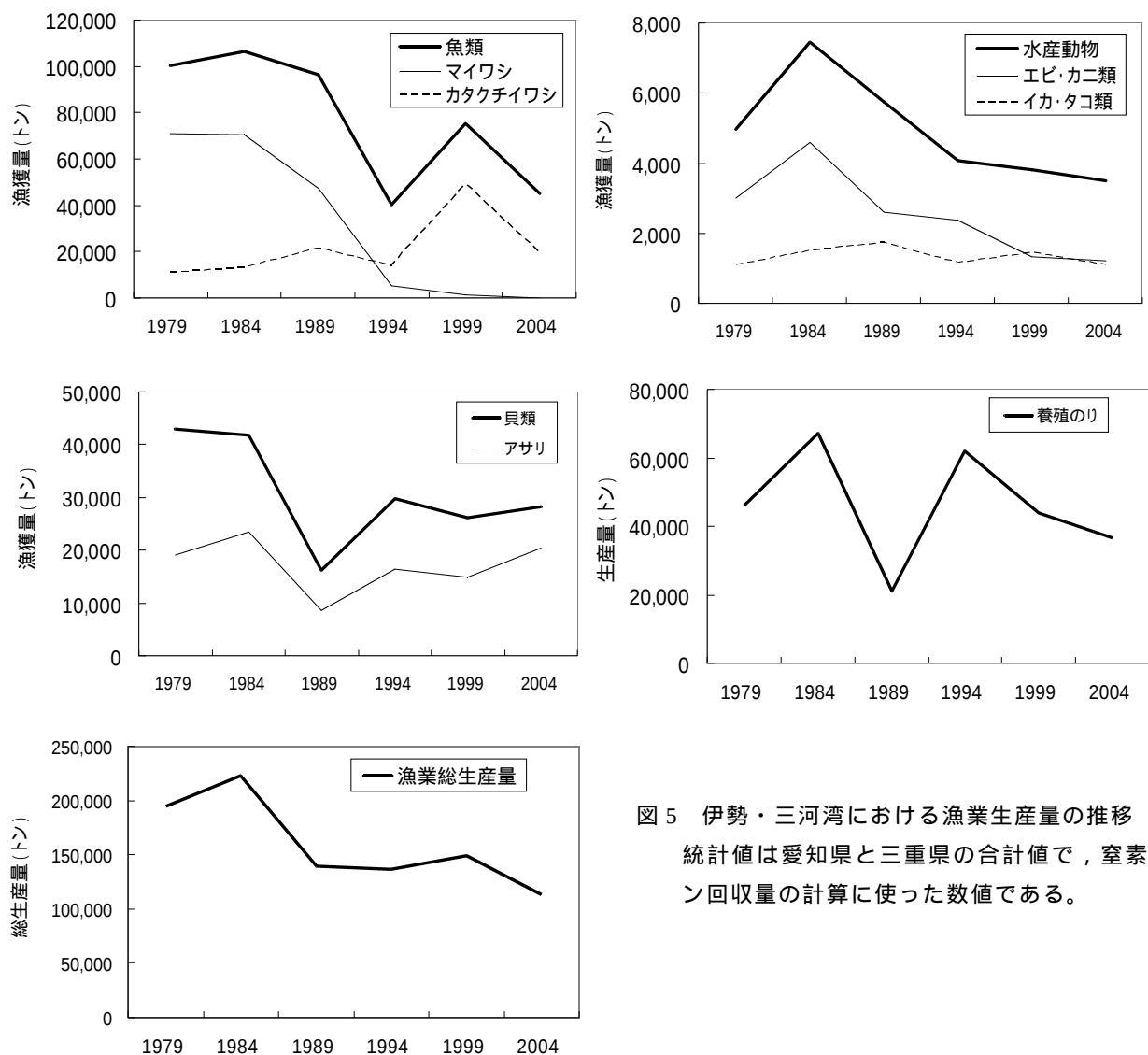


図 5 伊勢・三河湾における漁業生産量の推移

統計値は愛知県と三重県の合計値で、窒素、リン回収量の計算に使った数値である。

それぞれ 2.96 % , 4.88 % にまで低下した。

次に、漁業生産による窒素、リンの回収量を下水道処理施設における除去量と比較してみたい。伊勢・三河湾の集水域に含まれる愛知県、三重県、岐阜県の 2004 年における三県の下水道処理施設で除去された窒素、リン量は、窒素で 18,940 トン、リンで 3,475 トンと推定された。この数字を基に計算すると、2004 年の漁業生産による窒素、リン回収量は、下水処理による回収量の窒素で 9.1 % , リンで 9.7 % に相当する。また、マイワシが豊漁で漁業による回収量が最も多かった 1984 年の場合を単純にあてはめると、割合はそれぞれ 17.2 % , 18.0 % と 2 倍近くになり、漁業生産による窒素、リン回収量がけっして無視できない数字であることを示す。

漁業生産による窒素、リン回収率を、計算例のある東京湾と比較してみる。東京湾における窒素、リン回収率の最大期は、漁業が最盛期にあった 1960 年頃で、⁷⁾窒素で 4.1 % , リンで 10.3 % と推定されている。⁸⁾これに対して今回の伊勢・三河湾の平均値は、窒素で 4.2 % とほぼ同レベル、リンで 7.2 % とやや小さいが、ほぼ 1960 年当時の東京湾の漁業最盛期の数値に近い。

今回の分析から、伊勢・三河湾の漁業生産が、高いレベルで窒素やリンの物質循環の補完的機能を果たし、この海域の水質浄化を始め海域の環境保全に貢献していることが示唆された。このことは、都市化の進んだ地域に隣接する閉鎖的内湾における漁業振興の重要性を示すものであるが、今回の分析では、この地域で盛んな遊漁による漁獲の評価や漁業生産では回収できない窒素、リンの挙動、すなわち海底への沈降、外海域への流出、脱窒などについては検討できなかったのが、今後の課題としたい。

要 約

・伊勢・三河湾における漁業生産による窒素、リン回収量の発生負荷量に対する割合を、1979 年、1984 年、1989 年、1994 年、1999 年、2004 年の 6 カ年について計算した結果、窒素で 2.96 ~ 5.03 % (平均 4.17 %) , リンで 4.88 ~ 8.66 % (平均 7.21 %) であった。

・漁業生産による窒素、リン回収量(2004 年)は、愛知県、三重県、岐阜県の下水道処理施設における回収量のそれぞれ 9.1 % , 9.7 % に相当した。

・伊勢・三河湾における漁業生産による窒素、リン回収率は、東京湾の漁業最盛期である 1960 年当時の数値に近く、現在でも、高いレベルで物質循環の補完的機能を果たし、伊勢・三河湾の水質浄化に大きく貢献していることが示唆された。

謝 辞

この報文のとりまとめに当たっては、水土舎の乾政秀氏に文献等の助言をいただいた。ここにお礼を申し上げます。また、本報をとりまとめるにあたり、有意義な議論と助言をいただいた(独)水産総合研究センター・養殖研究所の日向野純也博士に深謝いたします。

文 献

- 1)日本学術会議(2004)地球環境・人間生活にかかわる水産業及び漁村の多面的な機能の内容及び評価について(答申)。
- 2)水野知己(2003)負荷の発生量および漁業・養殖による回収量・伊勢湾の生態系の回復に関する研究,3-6,三重県科学技術振興センター。
- 3)環境省(2007)化学的酸素要求量、窒素含有量及びリン含有量に係る総量削減基本方針(第 6 次)の概要。
- 4)科学技術庁資源調査会(2000)五訂日本食品標準成分表。財務省印刷局。
- 5)尾形 博(1995)養殖ガイドラインの作成について。魚類養殖対策調査事業報告書。社団法人全国かん水魚協会,44-54。
- 6)ホタテガイの貝殻中のリン含有量について;(株)百武HP。青森県陸奥湾産ホタテ貝粉成分。
- 7)(社)漁業情報サービスセンター(2005)東京湾の漁業と資源(その今と昔)。8
- 8)水土舎(2005)平成16年度水産業・漁村の多面的機能支援化委託事業報告書(漁業の物質循環機能と水質環境)。