

東京湾の栄養塩循環と人と自然との 関わりに関する研究

NEUTRIENTS CYCLE IMPACTED BY RELATIONSHIP BETWEEN NATURAL PROCESS AND HUMAN ACTIVITY IN TOKYO BAY

鈴木 覚¹・磯部 雅彦²

Satoru SUZUKI, Masahiko ISOBE

¹正会員 博(環) 株式会社 MACS (〒220-0023 神奈川県横浜市西区平沼 2-4-22)

²フェロー 工博 東京大学大学院新領域創成科学研究科 (〒277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5)

This research deals with nutrients cycle in Tokyo bay in 1887 and 1950. In the past, researches on material cycle in Tokyo Bay basin focused on physical and biological processes inside the bay and the load that comes from inland. However, this research investigates the relationships between human activity and material cycles, such as the relationship between nutrient collection, fishing and coastal agriculture. As a result, before the Meiji era the nutrient input into Tokyo Bay was less than the natural purification capacity of Tokyo Bay. Therefore, it is clear that the subsistence activities, such as fishing and coastal agriculture, at that time was a sustainable material cycle. The human activity like "subsistence use" of Tokyo Bay is very important when considering the restoration of the nature of Tokyo Bay.

Key Words : Nutrient cycle, natural purification capacity, nature restoration

1. はじめに

東京湾の物質循環はこれまで様々に議論されてきた。環境省は中央環境審議会の総量規制専門委員会で閉鎖性水域の流入負荷の総量規制を行うため、COD及び栄養塩類(窒素・リン)の流入負荷量を推定している¹⁾。この結果によれば COD 負荷量は 1979 年の 477 t/日 から 1999 年には 247t/日に減少した。また、1999 年の T-N を 254t/日と推計している。

また藤田ら²⁾は 1950~2001 年の流入負荷量を推計しており、表-1 に示すように 1950 年には COD263t/日、T-N が 124t/日であり、その後急速に負荷量は増加し 1970 年をピークとして COD は 412t/日、T-N は 263t/日となったが 2001 年には COD276t/日、T-N は 232t/日に減少した。

表-1 東京湾流入負荷量²⁾

年次	東京湾流入負荷量(t/日)		
	COD	T-N	T-P
1950	263	124	11.4
1970	412	263	24.2
1976	301	262	19.2
2001	276	232	18.3

川島(1993)³⁾では 1989 年の COD を 300.5t/日、T-N を 319.4t/日と推計し、さらにその歴史的変遷として 1920 年から 1990 年に至る窒素の流入負荷量を推計し、1920 年に 60t/日程度であったが、1940 年代

中頃から急速に増加し 1960 年には 200t/日を、1970 年代には 300t/日を超えてその後ほぼ横ばいであるとしている。このほか、高尾⁴⁾は 1920 年代の窒素負荷量を 30t/日程度と推計し、佐々木ら⁵⁾は 1935 年の窒素流入負荷量を 70t/日程度と推計している。

これらの負荷量算定はほとんどが東京湾の水質汚濁の要因分析や水質予測モデルの入力条件として求めており、流入負荷の総量規制や下水道対策などの対策手法を評価することを目的としている。一方で前述の藤田²⁾らは、水質改善の施策展開には、地域住民への波及効果や自然とのふれあい、環境教育、地域づくりなど「多面的な施策評価を忘れてはならない」としている。また、自然再生推進法では多様な主体の参加を求めるなど、住民等の自然や自然再生への関わりが重要になってきていると考える。したがって、東京湾の自然環境を保全再生していくためには、単に水質指標だけで評価すべきではなく、沿岸地域社会の東京湾の水辺との関わりや沿岸利用の側面をふまえたものとすべきであろう。

ここで、「自然と人間との関わり」には、一つには個々の人々あるいは地域コミュニティが地域の自然に直接働きかけて様々な資源(物質・経済的、あるいは精神的資源)を取り出すといういわば生業的な関わりがある。ここに、生業とは「自然の持つ多様な機能から労働・生活に役立つ様々な価値を引き出す活動」と定義する。二つ目には自然からのサービスを産業として取り出し、個々の人々は自然との関

そこで、生業的な関係性と切り離された関係性について、本研究では東京湾の栄養塩循環の変遷を整理し、生業的な関係性が栄養塩循環に対して果たして来た意義について検討を行うものとした。

いこと、事業等の情報が得られた場合にもその負荷発生源単位を想定することは、困難であることから除外するものとした。

1887年の発生負荷量はCOD182.6t/日、T-N68.7t/日、T-P6.91t/日と推計された。川島(1993)は1920年(大正11年)頃の窒素発生負荷量を推定しており、その結果は約140t/日程度である。1887年から1920年にかけての人口の増加や明治の後期以降に急速に工業化が進展したことなどから、窒素負荷量が増加したものと考えられる。

表-5 明治期の発生負荷量(1887年)

	田	畑	その他 面源	家庭排水		家畜	東京湾 降雨負荷	合計
				し尿	雑排水			
COD(t/日)	1.5	2.3	54.7	46.3	60.2	4.5	13.0	182.6
T-N(t/日)	2.2	1.4	10.8	41.7	9.3	0.4	2.9	68.7
T-P(t/日)	0.1	0.4	0.5	4.2	1.4	0.2	0.1	6.9

注：その他面源は田畑を除く面源負荷量を合計したものである。

(2) 漁獲・生業による栄養塩等の回収

1911年の東京湾における漁獲量を表-6に示す。漁獲量は、東京湾に流入する栄養塩等の物質循環に次のような影響を及ぼしていたと考えられる。

魚類は、乾燥重量が湿重量の11.9～16% (平均値13.95%)、窒素含有量は乾燥重量比で8.3～10.7(平均値9.5%)、リンは0.9～1.8(1.35%)である¹⁶⁾。貝類としてアサリを代表させるとアサリは4,560gに対し生肉が1,000g、殻内の海水が1,400g、殻部分が2,160gであり、これらのうちT-Nは25.6g、T-Pは2.04g含むという¹⁷⁾。また、藻類としてアマノリを代表させると乾燥重量(海苔は30g/帖)に対して有機態窒素は6.99%、リンは0.65%を含む(村上, 1986)。甲殻類等は魚類に準じるものとして評価した。結果は表-7に示すとおりとなる。

環境省は漁獲による栄養塩回収の試算を行っており、約2万t/年の漁獲量に対して窒素回収量が1.7t/日を得ている¹⁸⁾。本結果(漁獲量4万t/年に対して1t/日)よりも大きな結果である。環境省試算値は魚類の窒素含有量が湿重量比で3%としているが、乾燥重量比でこれを評価すると、21.5%(3%÷13.95%)になり、海苔の乾燥重量比約7%と比較しても、過大な評価であると判断した。

表-6 東京湾内漁獲量^{19), 20), 21)}

	魚類 (t)	貝類 (t)	水産動物 (t)	乾海苔重量 (t)	合計 (t)
東京	2,788	1,097	194	668	4,746
神奈川県	550	2,532	240	75	3,397
千葉県	6,578	24,758	789	107	32,232
合計	9,915	28,388	1,223	850	40,376

表-7 漁獲による栄養塩の回収量(t/年)

	魚類 (t/年)	貝類 (t/年)	水産動物 (t/年)	藻類その他 (t/年)	合計 (t/年)	一日当たりの削減量 (t/日)
窒素削減量	131	159	16	59	366	1.00
リン削減量	19	13	2	6	39	0.11

(3) 肥料の循環について

米の収穫量(単収)は、江戸末期に2.0t/ha近くであり、2.0t/haを超えたのは明治後半になってからであるという²²⁾。神奈川県は明治20年の統計書では150～240kg/ha程度であり、このことが裏付けられている。西尾(2005)によれば、玄米1.5tに含まれる窒素量は14.9kgであり、このほかモミや藁、根などに17.2kgの窒素が含まれ、長期的に連作していると稲のモミや藁等から15.9kgの窒素が放出されるという。ほかに、灌漑水と降雨から30kg、土壌中の微生物が20kgの窒素を固定するので、自然からの無機態窒素の供給量はこれらを合計し65.9kg(15.9+30+20)になるという。

仮に2t/haの収穫量を目指して肥料を投入するものとする。そうすると必要な窒素量は43kg/ha(32.1kg/ha×2t/ha÷1.5t/ha)であり、窒素の利用効率を約50%(西尾, 2005)とすれば、86kgの窒素量が必要となるが、施肥量は自然の供給や稲のリサイクル分が約66kg/ha程度であり、20kg/haが必要な肥料の量となる。水田面積13.8万haを乗じ、年間日数で除すると7.6(t/日)となる。

また、牛尾ら(1998)のデータ²³⁾に基づく推定を同様に行った結果は14.2t/日であった。

実際の窒素使用量から必要な施肥量を推計する。1952年から1986年までの化学肥料窒素施肥量x(kg/ha)と10反当たりの収穫量y(kg/ha)の関係は図-3の近似式 $y=43.04x+227.5$ を用いて求めると、窒素施肥量は41.2(kg/ha)となる。

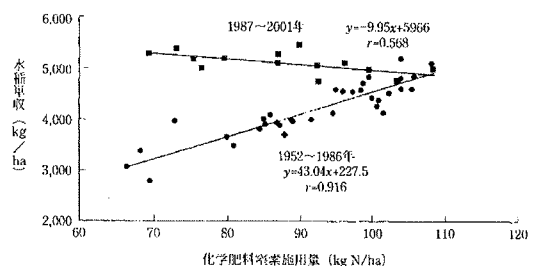


図-3 水稻の化学肥料窒素施肥量と単収との関係²⁰⁾

表-8から求められる化学肥料を多量に使わない時代(1955年)の実際の施肥量は窒素換算で、約44kg/haであった。流域全体で使用する肥料量は日平均すると19t/日となる。

以上、施肥量は8～19t/日が推計された。低めの値は自然からの供給が理想の状態が前提になっていることがその要因と考えられる。

肥料は畑にも必要であり、川島(1993)は畑の施肥量は水田の2倍であるというように、明治時代以前にも水稲と同等程度以上の肥料を使用したことが推定される。

畑からの窒素取上げ量も水稲(8～19t/日)と同程度として計算すると、畑・水稲面積比は20.8/13.8であるから、12～29t/日の供給量が必要となる。

以上の推計値から、水田や畑への肥料は窒素量として年間 7,300 t～17,500 t 程度 (20～48(t/日)) を必要としていたものと考える。

表-8 に示したし尿の農村還元量 (1.84kg/ha/年) に農地の面積を乗じてし尿利用による窒素量を求めると、1.7t/日になる。東京湾から陸上への漁獲による窒素の還元分は明治 44 年の漁獲量(全体で約 4 万 t)に対して 1.0t/日であり、表-8 に示したし尿の肥料利用に匹敵する量の循環である。

表-5 に示した負荷量は河川への発生量であり、実際には海域に到達するまでに河川等で自浄作用によりある程度除去される。川島(1993)は自浄作用による除去率を 40%と見込んでいるが、藤田ら (2006) のモデルシミュレーションの東京湾流入負荷量と発生負荷量から求められる 1950 年の窒素の流達率は 0.73 である。

本研究では、川島の値は根拠が見当たらないこと、1950 年は戦後間もない時期であり、社会基盤や生活様式等の大きな変動が起こる以前であることから、藤田ら (2006) の流達率 0.73 を用いるものとする。

山林 : 表-5 より $10.8 \times 0.73 = 7.9\text{t/日}$

田畑 : 表-5 より $3.6 \times 0.73 = 2.6\text{t/日}$

家庭 : 表-5 よりし尿 $41.7 \times 0.73 = 30.4\text{t/日}$

雑排水 $9.3 \times 0.73 = 6.8\text{t/日}$

し尿がすべて農地還元されると雑排水のみとなり負荷量は 6.8t/日となる。

家畜 : 表-5 より 0.4t/日

人糞尿の還元量 : 表-8 より 1.84kg/ha (流域全体日平均使用量)

肥料 : 表-8 より 42.36kg/ha (人糞尿を除く)
流域全体日平均使用量は
40.2t/日 (耕地面積 34.6 万 ha より)

人糞尿の還元量 : 表-8 より 1.84kg/ha
: 1.7t/日 (流域全体日平均使用量)

収穫により回収される窒素量 : 22.5t/日

水田 : 米生産量 31.5 万 t, 窒素含有量 1%
∴ $315,000 \times 0.01 \div 365 = 9\text{t/日}$

畑 : 水田と畑の面積比により推定 :
∴ $9 \times 208/138 = 13.5$ (切捨て)

東京湾流入負荷 : 山林+田畑+家庭+家畜+東京湾降雨 (表-5 : 2.9t/日) = 20.6～49.8t/日

(4) 東京湾の浄化量

東京湾の干潟の浄化および水域の脱窒効果を考慮する。干潟の脱窒効果は各地の測定結果²⁴⁾の中央値を用いて評価した。現在の東京湾の干潟面積は 1676.9ha, 水面積は 138,000ha である。1945 年以前には干潟面積 9,450ha あった²⁵⁾。また戦後約 20,000ha が埋め立てられており²⁶⁾、この埋立て約 7800ha の干潟が消失しているので水面積は 12,200ha 埋め立てられたことになる。以上から過去の東京湾では干潟 9,450ha, 水面積 150,200ha として浄化能力を計算する。また、沿岸帯の脱窒活性として平均 4×10^{-4} t N/ha/日とする (和田, 1988)²⁷⁾。

干潟 : $0.423(\text{t/ha/年}) \times 9,450(\text{ha}) / 365(\text{日}) = 11.0\text{t/日}$

水域 : 4×10^{-4} t N/ha/日 $\times 150,200(\text{ha}) = 60.1\text{t/日}$

表-8 水稻への有機物質資材平均投入量²²⁾

	窒素含有量(%)	1955年(kg/ha)	肥料量(kg/ha)
堆きゅう肥	0.5	6545	32.73
稲わら	0.6	75	0.45
麦わら	0.4	4.5	0.02
家畜家禽糞尿		31	0.27
蚕ふん残渣	1.6	5.7	0.09
人糞尿	0.6	307	1.84
レンゲ	0.4	1387	5.55
青刈りダイズ		46	0.40
その他緑肥		33	0.29
青草		90	0.78
干草		22	0.19
芋藁		1.5	0.01
米ぬか	2	0.8	1.60
合計	6.1	8548.5	44.2
窒素含有量平均値	0.87		

含有量が示されていない肥料の含有量は値のある肥料の平均値として算出

(5) 物質循環のまとめ

東京湾の窒素量の循環をとりまとめ図-4 に示した。流入する全窒素負荷量は 20～50t/日となった。この結果を他の算出結果と比較すると、高尾の 1920 年代は 20t/日、佐々木らは 1920 年代の負荷として 70t/日、川島(1993)は 1920 年の東京湾への流入負荷 60t/日としている。今回の算出結果は、1887 年から 1920 年にかけては東京湾流域での人口増加や産業の発達があり、東京湾への流入負荷も増加していることが考えられるが、顕著な増加は認められない。その理由を高尾、佐々木らの算出結果はその根拠が不明なため、根拠が明記されている川島の比較で検討すると、川島は利根川流域を無視していること、し尿負荷はすべて農地還元としている点で過小に見積もっている可能性があることなどが要因として考えられる。なお、農産物として収穫され、消費される窒素量 (22.5t/日) よりも、し尿として排出される量 (41.7t/日) が多いが、この差は流域外から食料等の移入であると考えられる。

東京湾の富津では享保時代 (1735 年頃) に安房・房総に 14 万 8 千両をイワシ漁の資金として貸し付けた記録があり、各地から 2 千数百人が出稼ぎに来ていわし漁が行われ、肥料として大阪に売られたという²⁸⁾。また、沿岸の農漁村ではアオサや雑魚介類を肥料資源として活用するなど、漁獲以外にも海から回収される栄養塩類があった。

浄化量 71t/日であり、流入される負荷は浄化され持続可能な循環が行われていたことが想定される。

なお、田畑から 22.5t/日の窒素が都市に向かい、都市からの排出が 37.2t/日であるが、この差 15.3t/日は留意以外からの食料等の移入によるものと推定される。

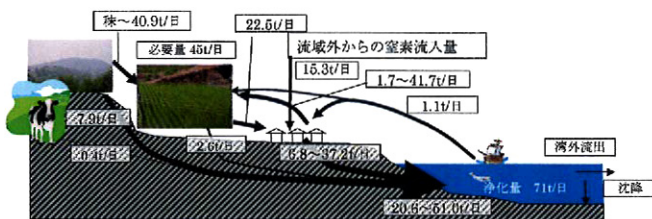


図-4 窒素量の循環 (1887)

4. 近代以降の物質循環に関する検討

1950年の栄養塩循環についても同様にして算出した。結果は図-5に示すとおりである。なお、流出負荷量（家庭、家畜、面源、工場・事業場）は藤田らの成果を用いて、使用した肥料、農業生産による回収や漁獲からの回収量について検討を行っている。

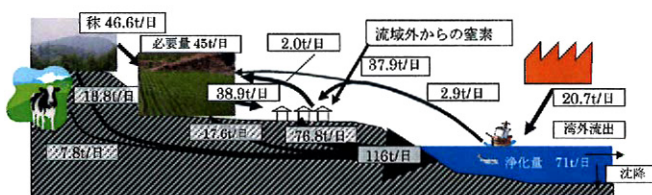


図-5 近代以降高度経済成長期以前の物質循環

以上より、窒素量として約137t/日が流出していることになる。高度経済成長期以前の浄化量は概ね71t/日程度であるが、流入する負荷はすでに浄化能力を上回っている。また、1961年ごろの漁獲量とこれによる栄養塩の回収量を表-9、10に示す。3t/日の窒素栄養塩の回収量があったと推定される。

表-9 漁獲量(1961年)

	魚類 (t)	貝類 (t)	水産動物 (t)	乾海苔重量 (t)	合計 (t)
東京	1,648	65,799	311	463	68,221
神奈川県	1,138	4,932	829	238	7,137
千葉県	2,513	53,860	810	2,992	60,174
合計	5,299	124,591	1,950	3,693	135,532

表-10 漁獲による窒素・リン回収量(1961年)

	魚類 (t/年)	貝類 (t/年)	水産動物 (t/年)	藻類 (t/年)	合計 (t/年)	1日当たり (t/日)
窒素削減量	70	698	26	258	1,052	2.9
リン削減量	10	56	4	24	93	0.3

1949年度の千葉沿岸における水質状況を表-11、12および8月のDO平面分布を図-6に示す²⁹⁾。7月のデータでは水深4.5m地点で測定している船橋地区の下層でDOが3.172cc/l(4.4mg/lで飽和度66%)となっており。8月のデータは水深が5.0mであった五井のデータで下層DOが2.39cc/l(3.34mg/l、飽和度49%)となり水深の大きなポイントでDOが低下する傾向がある。ただし湾口に近い金田の7月データは水深5mであるが下層DOは高い。これらのこと

から、千葉沿岸では1949年には、貧酸素水の発生がないものの、底層部のDOは一部の水域で低下している。東京湾への流入窒素量が、湾内浄化能力以下であれば、水質は概ね安定するものの、浄化能力を大きく超える124t/日の負荷が生じると、水質汚濁は進行し始める可能性がある。1960年代以降は流入負荷の増大とともに、干潟面積の減少、水面積の減少により東京湾の浄化能力は57t/日(干潟2t/日、水域55t/日)まで低下する。

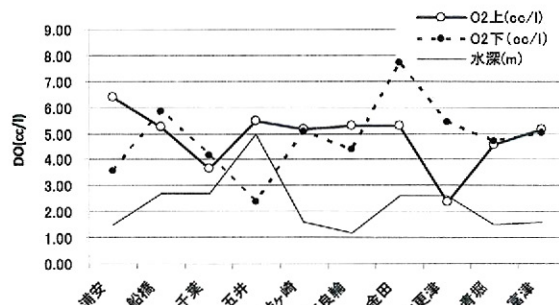


図-6 8月の場所別DO分布

近代に入り人口の増加や都市化の進展に伴い、都市からの直接的な家庭污水の還元が困難になりつつあった。例えば昭和4年(1929)に浦安で起きた「豊国製肥工場反対運動」は東京側で発生したし尿を浦安の空き地に仮置きし、肥料を製造するという事業に反対するものであった。し尿工場の排水が浦安の漁業に甚大な被害を与えるということで地元からの反対にあい、会社は工場の設置を断念した³⁰⁾。類似した事件は1936~1939年にも起きており、し尿は戦前にもすべてに外洋投棄されていたことを示している。

表-11 千葉沿岸の水質測定結果(1949年7月)

7月	水深 (m)	水温上 (℃)	水温下 (℃)	塩分上 (‰)	塩分下 (‰)	O2上 (cc/l)	O2下 (cc/l)
浦安	3.6	27.6	25.7	12.01	15.44	8.14	4.60
船橋	4.5	26.6	25.7	12.61	16.88	4.87	3.17
千葉	4.0	25.3	24.6	16.01	17.27	4.65	4.94
五井	2.6	25.9	25.8	16.91	17.27		7.39
姉ヶ崎	2.2	25.6	25.2	17.14	17.39	5.36	5.81
奈良輪	2.2	26.3	25.8	17.45	17.28	5.49	
金田	5.0	26.6	24.2	17.07	17.80		7.44
木更津	4.0	26.8	26.4	17.34	17.75	9.49	9.80
青堀	6.0	25.5	24.8	16.85	17.51	6.71	
富津	2.0	26.9	26.4	17.36	17.37	8.25	8.40

表-12 千葉沿岸の水質測定結果(1949年8月)

8月	水深 (m)	水温上 (℃)	水温下 (℃)	塩分上 (‰)	塩分下 (‰)	O2上 (cc/l)	O2下 (cc/l)
浦安	1.5	29.3	28.4	15.95	16.49	6.40	3.58
船橋	2.7	25.0	24.5	17.37	17.65	5.24	5.83
千葉	2.7	27.7	27.3	16.91	16.92	3.65	4.14
五井	5.0	27.4	24.4	16.98	18.00	5.47	2.39
姉ヶ崎	1.6	27.2	27.3	17.22	15.43	5.15	5.05
奈良輪	1.2	27.8	27.8	17.71	17.09	5.31	4.38
金田	2.6	26.9	24.9	16.76	15.31	5.28	7.73
木更津	2.6	27.3	25.5	17.46	16.63	2.39	5.45
青堀	1.5	25.9	25.5	17.66	17.80	4.57	4.71
富津	1.6	25.4	25.3	17.48	17.83	5.15	5.02

なお、昭和 28 年 10 月から 29 年 6 月にかけてヒトデが大発生し、湾内のアサリ、ハマグリ漁に大きな影響を与えた。この要因として夏季に底層の酸素が減少することを挙げている研究者もあり³¹⁾、高度経済成長期以前に 1950 年代にすでに東京湾の水質は徐々に富栄養化が進行していたことを示す出来事であると考えられる。

5. 考察

以上 1960 年代以前の栄養塩循環について検討した。明治以前には、東京湾に流入する栄養塩は東京湾の浄化能力以下の負荷であり、人々の生業活動が漁業活動などにより栄養塩を回収するなど、持続可能な物質循環系であったことが明らかとなった。一方、高度経済成長期直前の 1950 年頃には、すでに、人為的な負荷が増大し水質は徐々に悪化しつつあることが推定された。

漁業による窒素の取り上げ量は 1.1～3 t/日程度である。東京湾の海水交換速度は年平均で 48 日であると推定されている³²⁾ことから、現在の窒素負荷量が概ね 200t/日であるとして、1 日当たりの潮汐による栄養塩の排出量は 4t/日であり、漁獲による取り上げ量と同程度である。また干潟の浄化能力 (423kg/ha/年) に換算すると 950ha～2,800ha に相当することになる。現存する東京湾の干潟すべてに対応するほどの浄化機能を有していたことになる。

また、沿岸の農地ではアオサを肥料に用いたことが知られており、農業や漁業は、住民の生活を支える営みでありながら、同時に流域の栄養塩循環の一翼を担っていたと考えることができる。そしてそれは浄化することを目的として機能したのではなくあくまでも生産活動の側面として機能したのである。

今日の東京湾の水質改善は下水道の高度処理等の技術的手法による水質改善が中心であり、沿岸の人々が生業などを通じて直接自然と関わり、栄養塩を回収するという機能は縮小化している。

著者ら (2009)⁹⁾は、東京湾の漁業活動を生業と位置づけ、生業を通じてコミュニティが形成され、それを営む人々にとっての精神的な価値も見出していることや、生業の特性を引き継ぐ形の活動が現代の東京湾でもその萌芽が認められることを示した。

東京湾の自然から様々な価値を引き出すという生業的な関わりはかつての漁業活動にみられた価値の今日的な再生につながるという意味での重要性とともに、栄養塩循環という視点からも重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 環境省中央環境審議会水環境部会総量規制専門委員会 (第 3 回) 議事次第資料：発生源別汚濁負荷量等の推移について、2004
- 2) 藤田光一、伊藤弘之、小路剛士、安間智之：水環境循環モデルを活用した水環境政策評価、国土技術政策総合研究所資料、No. 298, 494p., 2006
- 3) 川島博之：流域と湾内での窒素の動き, pp. 123-137, 東京湾—100 年の環境変遷— (小倉紀雄編), 恒星社厚生閣, 193p., 1993)
- 4) 高尾敏幸：東京湾の長期的環境変動についての取り組み, 2003 (ウェブサイト：<http://www.meic.go.jp/kowan/kenkyu/chouki030827/chouki.xml>)
- 5) 佐々木直美：東京湾の生態系長期変動シミュレーション, 2008 (ウェブサイト：<http://mee.k.u-tokyo.ac.jp/research/sasaki19.pdf>)
- 6) 鬼頭秀一：自然保護を問いなおす・環境倫理とネットワーク, ちくま書房, 254p., 1996
- 7) 鈴木寛・磯部雅彦：東京湾における生態系サービスの経済的な価値について, 海洋開発論文集, pp. 20-33, 2007
- 8) 鈴木寛・磯部雅彦：東京湾の多様な利用とその社会的意義について, 海洋開発論文集, pp., 2009
- 9) 流域別下水道整備総合計画制度設計会議編：流域別下水 2 道整備総合計画調査指針と解説, 社団法人日本下水道協会, 285p., 2008
- 10) 東京府：東京府統計書, 1887
- 11) 神奈川県：神奈川県統計書, 1887
- 12) 千葉県：千葉県統計書, 1887
- 13) 埼玉県：埼玉県統計書, 1887
- 14) 群馬県：群馬県統計書, 1887
- 15) 栃木県：栃木県統計書, 1887
- 16) ティモシー・R. パーソンズ, 高橋正征著, 市村俊英訳：生物海洋学, 三省堂, 256p., 1974
- 17) 村上彰男編：漁業からみた閉鎖性海域の窒素・リン規制, 恒星社厚生閣, 155p., 1986
- 18) 環境省中央環境審議会：水環境部会総量規制専門委員会 (第 7 回) 議事次第・資料 (資料 5), 2005
- 19) 東京府：東京府統計書, 1911
- 20) 神奈川県：神奈川県統計書, 1911
- 21) 千葉県：千葉県統計書, 1911
- 22) 西尾道徳：農業と環境汚染, 農山漁村文化協会, 438p., 2005
- 23) 牛尾昭浩・松山 稔・桑名健夫：水稻に対する有機質資材並びに有機質肥料の影響, 平成 9 年度近畿中国農業問題別研究会土壌肥料関係春季研究会資料, pp. 533-537 1998
- 24) 国土交通省港湾局：海の自然再生ハンドブック, 干潟編, 138p., 2003
- 25) 国土交通省：東京湾環境情報センターウェブサイト (<http://www.tbeic.go.jp/kankyo/index.asp>)
- 26) 東京湾水産資源生態調査委員会：東京湾の漁業と資源その今と昔, 漁業情報サービスセンター, 273p., 2005
- 27) 和田栄太郎：化学環境 (pp. 26-31) (栗原康編著：河口沿岸域の生態系とエコテクノロジー, 東海大出版会 335p., 1988
- 28) 富津の漁業史編纂委員会：富津の漁業史, 355p., 1981
- 29) 内海区水産研究所：内湾生産力調査要報, pp. 85-101 (131p.), 1951
- 30) 若林敬子：東京湾の環境問題史, 408p., 有斐閣, 2000
- 31) 東京都内湾漁業興亡史刊行会：東京都内湾漁業興亡史, 853p., 1971
- 32) 岡田知也, 高尾敏幸, 中山恵介, 古川恵太：東京湾における淡水流入量および海水の滞留時間の長期変化, 土木学会論文集, Vol. 63, No. 1, pp. 67-72, 2007