

D-1 東シナ海における長江経由の汚染・汚濁物質の動態と生態系影響に関する研究

(1) 長江経由の汚染・汚濁物質の負荷量把握に関する研究

独立行政法人国立環境研究所

流域圏環境管理研究プロジェクト 流域環境管理研究チーム

流域圏環境管理研究プロジェクト 海域環境管理研究チーム

水圏環境研究領域長

水圏環境研究領域 水環境研究室

水圏環境研究領域 土壌環境研究室

生物圏環境研究領域 系統・多様性研究室

日本スーパーマップ株式会社

村上正吾, 徐開欽

木幡邦男, 牧秀明, 越川 海

渡辺正孝

内山裕夫

高松武次郎, 林誠二,

越川昌美

広木幹也, 河地正伸

林 秋博

平成 11~13 年度合計予算額 75,631 千円

(うち、平成 13 年度予算額 23,095 千円)

[要旨] 東シナ海に流入する汚濁負荷推定のために 1998 年 11 月 9 日~11 月 12 日、1999 年 10 月 28 日~10 月 30 日にわたって南京-上海間の 9 地点で横断観測を行った。懸濁粒子濃度は 90mg/l~200mg/l と長江流域に大きく影響を受けること、Si 濃度は一定して約 110~120 μ M 程度であること、リンは約 80% が土砂粒子に吸着した粒子態であり、溶存態リンとしては P04-P が 0.7 μ M 程度であること、NO3-N は上流農地から負荷され約 40 μ M 程度、NH4-N は上海からの負荷が大きく約 40 μ M 程度となっていることが判明した。

河口域は高栄養塩濃度にもかかわらず光合成速度は低く DIC 及び DOC を起点とする動物プランクトンへの炭素移送効率は無機経路 PLT が 3.9%、有機経路 PLT が 11.6% である。このことから河口域は懸濁粒子による光制限となっておりバクテリア-微小動物プランクトン-動物プランクトン経路を通じての炭素循環が主であり、懸濁粒子が沈降し光制限から開放されて後、光合成経路を通じての炭素循環が重要となることが明らかになった。

1998 年と 1999 年全年の日流量データベースを構築し、上記調査期間における日汚濁負荷量の推定を行った。その結果、長江流域の汚濁負荷排出は大都会からの影響が大きく、特に上海等大都市からの負荷が大きいこと、洪水期からの流出負荷が重要であることが明らかになった。また、長江流域経由東シナ海に流入する汚濁負荷量は、河口域の瀏河調査地点の水質及び上海市からの排水データを用いて、東シナ海へ流入する総負荷量の予測が可能であることが示された。

[キーワード] 長江感潮域、汚濁負荷、N/P 比、¹³C 安定同位体、東シナ海

1. はじめに

長江流域の社会経済的発展は水資源・エネルギー開発、土地利用形態変化、都市部への人口集中を促進させている。流域には約 4 億人の人口と約 2640 万 ha の耕地を有する中国の農業・工業生産の中心を成しており、穀物生産高の 40%、米生産高の 70%、工業生産高の 40%、淡水魚生

産高の60%を担っている。このため流域内で生産される汚濁物質や有害物質の排出量負荷量を著しく増大させ、水質汚濁、土壌劣化、土壌流失、等の環境問題をもたらしている。

長江は全長6300kmでナイル川、アマゾン川、に次ぐ世界第3位の長さを持つ。長江から海に流出する年平均流量は9794億 m^3 /年であり、最下流の流量観測所大通における平均流量は29400~31060 m^3/s と推計されている。長江本流の洪水期(5月~10月)の流量は年間流量の約70~75%を占めている。長江の土砂含有量は上流では約1.7 kg/m^3 であるが、沈降により堆積し下流では0.5~1.0 kg/m^3 程度となる。しかし流量が多いため、大通の年平均流砂量は4億7200万ton/年程度となっている。このうち約85~98%は洪水期(5月~10月)に集中し、従って洪水期の雨量の大小、時間・空間の分布は直接流砂量に影響する。長江を経由して東シナ海に負荷される淡水、流砂量はある程度推定することができるものの、汚濁負荷についてはデータが少なく不明な点が多い。

2. 研究目的

長江河口域及び東シナ海における海洋生態系は長江から負荷される栄養塩・汚濁負荷・有害化学物質によって影響を受けている。しかし過去にその実態調査がなされたことはなく、長江からの汚濁負荷動態は不明のままであった。さらに上海市では生活廃水は無処理又は一次処理後直接東シナ海に放流を行っていることからその実態把握が東シナ海での物質循環解明にとって最も重要な課題であった。本研究においては1998年春、1999年に秋において行った長江本流の調査結果を踏まえて、大都市上海からの汚濁負荷及び、長江本流経由の汚濁負荷量把握を目的とする。

3. 研究方法

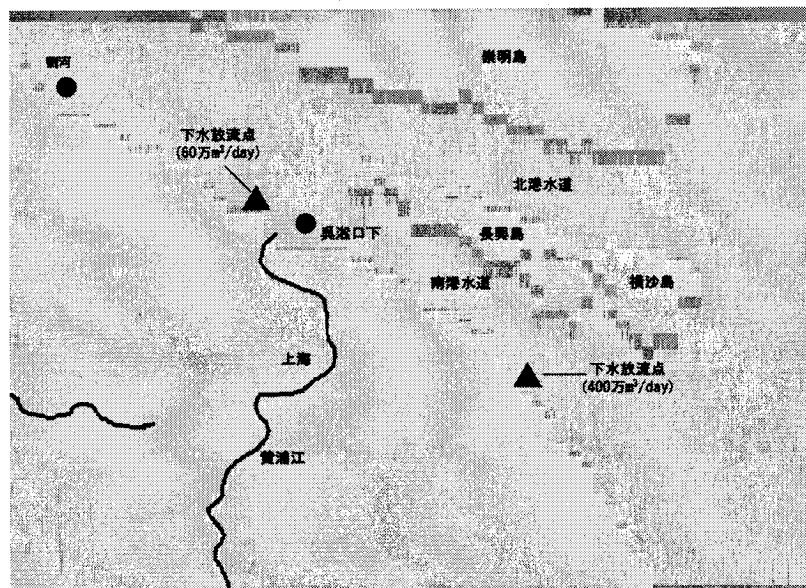


図1. 長江河口域における調査地点概要

長江は感潮河川であり、南京まで潮汐の影響を受けている。東シナ海に流入する汚濁負荷推定のために1998年11月9日~11月12日、1999年10月28日~10月30日にわたって南京—上海間で縦断観測を行なった。採水点は南京上、南京下、鎮江、楊中、江陰、南通、徐六徑、瀏河、

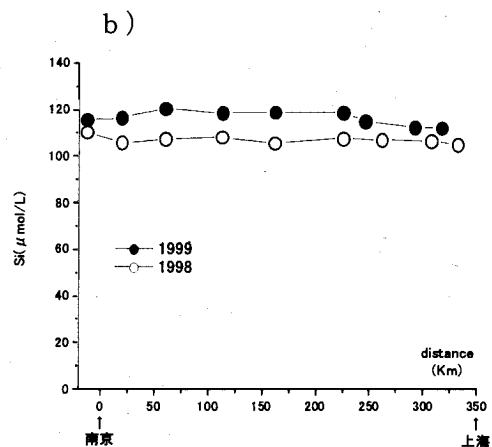
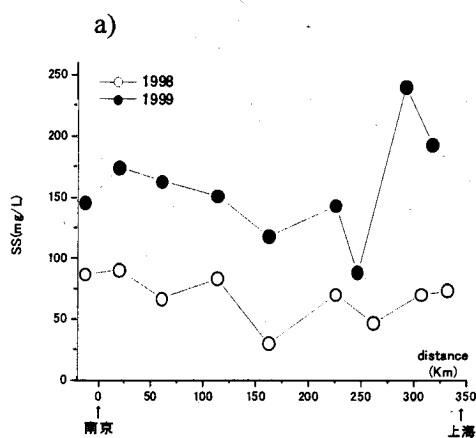
呉松口の9点とし、栄養塩類、動植物プランクトン、バクテリア等の測定を行なうとともに、東シナ海への流入点に近い瀏河において ^{13}C 安定同位体を用いた光合成及びバクテリア経由の炭素移送測定を実施した（測定手法の詳細については Koshikawa et al., (1999) を参照）。また、1300万人の大都市上海からの汚濁負荷の影響がない瀏河地点のデータと長江河口域最下流点（上海からの汚濁負荷の影響を一部受けた後）の呉松口地点のデータとの比較を行うことにより長江本流及び上海からの汚濁負荷量の推定を行った。

4. 結果・考察

南京—上海間での汚濁物質濃度の縦断方向での変化が1998年11月、1999年10月について明らかになった。1998年11月の調査は長江大洪水(6~8月)の約2ヶ月後に行なわれており、流域内に蓄積された汚濁物質はすべて掃流された後であった。晴天が続く安定した流量での観測が行なわれた。

(1) 栄養塩フラックス

- ① SS: 上海での懸濁粒子濃度は90mg/L(1998年)から200mg/L(1999年)と長江流量により大きく変動する。懸濁粒子にはリンや有害化学物質が吸着していることから、東シナ海へのそれら物質の供給に大きく影響を与える。
- ② Si: 1998年、1999年ともに約110~120 μM 程度であり、一定した流出が観測されている。多量のシリカが長江河口域に供給されていることが高N/P比にもかかわらず珪藻中心の生態系に維持する原因となっている。
- ③ リン: 南京—上海間で $\text{PO}_4\text{-P}$ は0.4~0.6 μM の範囲、TPは2~6 μM の範囲にあることから、約80%は粒子態Pとして東シナ海に流入する。また上海で $\text{PO}_4\text{-P}$ は0.7 μM 程度に増加することから、上海からの都市排水の流入により $\text{PO}_4\text{-P}$ が増加することがわかる。1999年のTP値が6 μM と1998年の約2~3倍になっており、降雨にともなう土砂流出により粒子に吸着したリンがTPとして増加したと考えられる。
- ④ 窒素: $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は1998年が約40 μM であるのに対し1999年は約65 μM と約1.5倍の値を示している。降雨により長江上流の支流である嘉陵江流域(農地が約51%)から多量の $\text{NO}_3\text{-N}$ が流出し畑由来と推定される。大都市からの尿尿放流による $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加が見られ、南京で3 μM 、上海で30~40 μM と急激な増加が見られる。この結果長江を経由して東シナ海に流入する窒素は($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$)だけで80~90 μM 程度となることが判明した。又 $\text{NO}_3\text{-N}$ は上流域農地により負荷されるのに対し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は上海からの都市排水が主たる負荷源である。



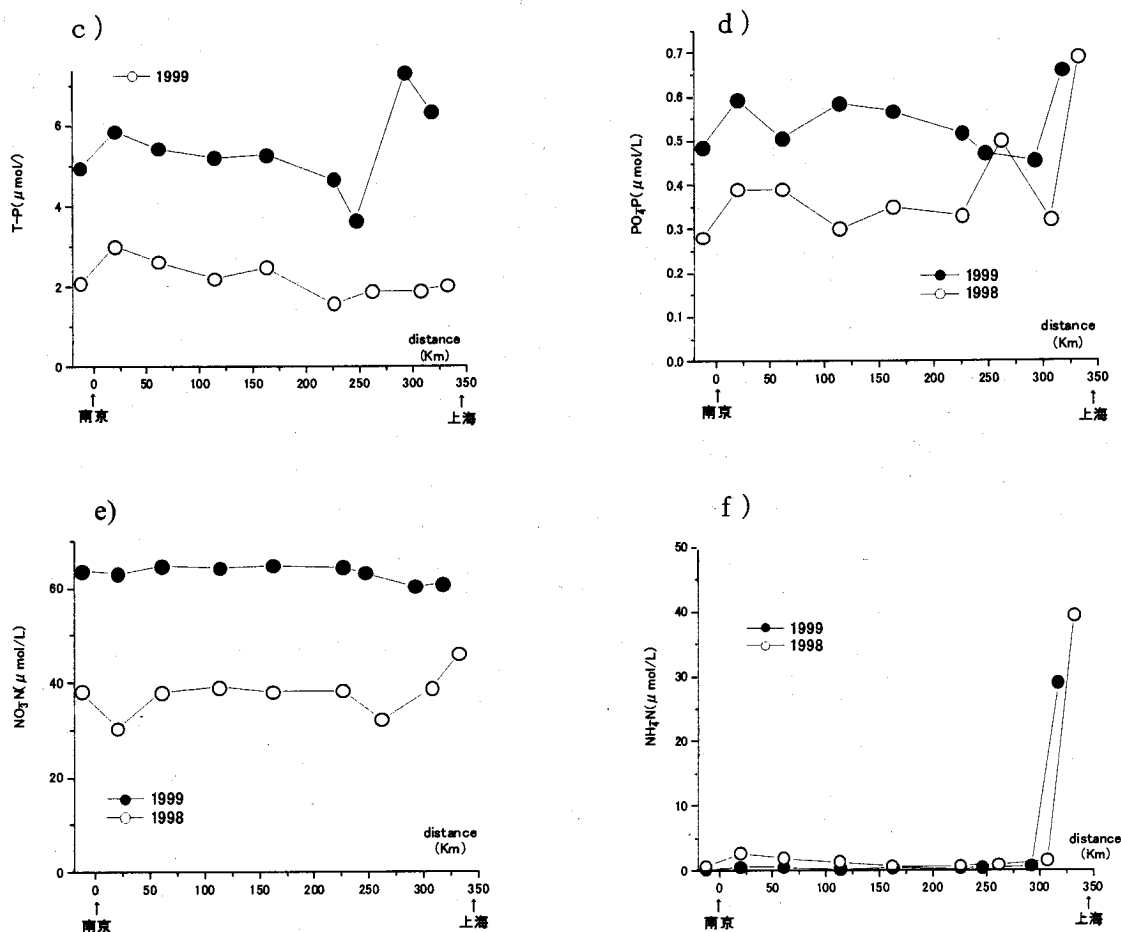


図2. 南京—上海間の a) SS, b) Si, c) TP, d) PO₄-P, e) NO₃-N, f) NH₄-N 濃度の観測結果

以上のような傾向は季節を通して見られるものの、時として長江河口域では約 450 μM、NO₃-N で約 200 μM、NH₄-N で約 400 μM、PO₄-P で約 3.5 μM といった突出した値が観測されている。このことから上海からの都市下水が無処理又は1次処理後の海底放流管からの放流により多量の栄養塩が東シナ海に負荷されていることが判明した。

しかし N/P 比が異常に高いにもかかわらず、高シリカ濃度のため長江河口域では珪藻を中心とした藻類群集が形成されていることが本海域の特色である。

(2) 長江感潮域での生態系

長江から東シナ海への流入点近傍の瀏河において 13C 安定同位体を用いて溶存無機・有機態炭素の動物プランクトンへの移行を計測した。動物プランクトン群集は 100 μm サイズ以上の分画では *Brachionus calyciflorus*, *Sinocalanus tenellus*, *Pseudodiaptomus inopinus*,

Pseudodiaptomus sp., *Limnoithona tetraspina* が計測されており、copepoda が主な群集を形成していた。又 20~100 μm サイズの分画では *Tintinnidium sp.*, *Tintinnopsis sp.* が計測されており、繊毛虫が主要な群集を形成していた。

クロロフィル a は $0.62 \mu\text{g/l}$ であり高栄養塩濃度にもかかわらず低いことから、懸濁粒子による光制限となっていたことが推測される。POC は 1.78mg/l であった。4 時間インキュベーションの結果は光合成速度が $1.25 \mu\text{g}^{13}\text{C/l/h}$ 、グルコース摂取速度が $6.75 \mu\text{g}^{13}\text{C/l/h}$ と測定された。また DIC 及び DOC を起点として動物プランクトン ($100 \mu\text{m}$ 以上の分画) に移送される効率 (PLT (%) = $^{13}\text{C}_{\text{ex}} > 100 \mu\text{m} / ^{13}\text{C}_{\text{ex, all}} \times 100$) は無機経路 PLT が 3.94%、有機経路 PLT が 11.61% であり、バクテリア-微小動物プランクトン-動物プランクトン経路を通じて炭素循環が維持されている生態系であることが判明した。

大量の栄養塩は光制限のため光合成に利用されることが少ないまま東シナ海に流入し、上海沖約 100km までの間に懸濁粒子が沈降し、光制限から解放されて後初めて光合成に利用されることが明らかとなった。1998 年と 1999 年の調査結果の比較において上流域での $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度差がそのまま東シナ海への流入点においても同様の濃度差が存在することから長江本流での窒素減少はほとんどなく、流出した窒素がそのまま東シナ海に放出されることが明らかとなった。

(3) 瀏河と呉松口地点の汚濁負荷量

長江本流における最下流の水文観測ステーションは大通ステーションにある (南京より上流) ことを考慮し、調査該当日に瀏河と呉松口地点を経由する汚濁負荷は以下の式で求められる。

$$La = Ca \cdot Q \cdot 24 \cdot 3600 / 10^6$$

$$Lb = Cb \cdot Q \cdot 24 \cdot 3600 / 10^6$$

ここに、La、Lb: 瀏河と呉松口地点の汚濁負荷量 (ton)、Ca、Cb: 瀏河、呉松口地点で観測された汚濁物質濃度 (mg/l)、Q: 該当地点該当日の流量 (m^3/s) である (ここでは大通地点のデータを用いる)。

表-1 には、1998 年と 1999 年秋に行った調査時 1 日に排出する主な水質項目 DOC, BOD, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, TN, TP, Si の負荷量を示す。表-3 から、各水質項目の汚濁負荷量はいずれも呉松口地点の方が高い値を示した。これは、その上流にある 60 万トン/日の排水口からの排水と黄浦江を通じて、一部の上海市からの汚濁負荷による影響と考えられる。特に、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と BOD について、上海からの負荷の占める割合は平均でそれぞれ 96% と 39% を占めた。1999 年調査時の負荷量が全体的に 98 年より高かった。その理由は 99 年調査前に先行降雨があったため、河川全体の水位が 1998 年時より 1m 高く、流量は約 $10000\text{m}^3/\text{s}$ 多いためである。

表-1 長江河口域瀏河と呉松口地点における 1998 年と 1999 年調査時の日負荷量の変化

年	調査地点	調査日における排出負荷量 (ton)								
		DOC	BOD	COD	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	TN	$\text{PO}_4\text{-P}$	TP	Si
1998	瀏河	3,031	1,198	5,645	926	36	1,952	17	100	5,105
	呉松口	4,939	1,711	7,715	1,101	944	1,928	37	107	5,026
	両地点の差 (%)	38.6	30.0	26.8	15.9	96.2	-1.2	54.1	6.6	-1.6
1999	瀏河	4,593	838	8,078	2,142	24	2,688	36	574	7,987
	呉松口	4,457	1,626	7,874	2,160	1,028	3,820	52	499	7,970
	両地点の差 (%)	-3.1	48.4	-2.6	0.8	97.6	29.6	31.1	-15.0	-0.2

図 1 から明らかなように長江流域からの汚濁負荷は上海からの汚濁負荷の影響が無い瀏河の水質に水文観測ステーション大通での流量を用いることで概ね把握することができる。

(4) 上海市からの汚濁負荷量

表-2 上海市から一日当り排出される主な汚濁負荷量

年	BOD	COD	TN	TP
1998	895.9	448.0	238.2	26.5
1999	874.0	437.0	232.1	25.8

単位：ton

表-3 上海市近年の工業、生活廃水量と処理率の変化

年	排水量 (億トン/年)			万トン/day	生活廃水	工業廃水
	工業	生活	計		処理率	処理率
				計	%	%
1996	11.41	11.40	22.81	625	39.7	93.7
1997	9.99	11.10	21.09	578	39.9	93.8
1998	9.00	11.80	20.80	570	53.1	95.3
1999	8.50	11.76	20.26	555	50.4	95.7

表-4 上海市における主な廃水の原水、一次処理水濃度および除去率

	BOD	COD	TN	TP
原水濃度	200	100	45	5
一次処理水濃度	140	70	40.5	4.5
除去率 (%)	30	30	10	10

注：COD は CODCr から CODMn に換算した (CODCr 約 CODMn の 3 倍として)。単位：mg/l
一次処理水濃度および除去率

前年度までの調査結果を通じて、上海市からの汚濁負荷が大きいことから、上海市からの汚濁物質の濃度とその排水量の把握が必要不可欠である。上海市の 1998 年と 1999 年の工業排水と生活排水の年間排出量およびその一次処理率は表-3 に示す。最近数年の汚水排出量は概ね 20 億トンであることから、一日当りの排出量を求めることができる。中国での平均都市生活廃水濃度（一部には生活排水と工業排水を合わせたものもある）、一次処理後の主な汚濁物質 (BOD、CODMn、NH4-N、TN、TP) 排出濃度及び除去率は表-4 に示す通りである。工業廃水の原水及び一次処理水の濃度については、業種などによって大きく変化するため、ここでは、平均的に都市生活污水と同じ値を用いて計算した。表-3 と表-4 より、一日当り上海市から長江河口域に排出する汚濁負荷量 L_s の算出ができる。

$$L_s = W_i \cdot \{C_{ii} \cdot (1 - R_i) + C_{io} \cdot R_i\} + W_d \cdot \{C_{di} \cdot (1 - R_d) + C_{do} \cdot R_d\}$$

ここに、 W_i :工業廃水量 (ton)、 C_{ri} :工業廃水の原水濃度 (mg/l)、 C_{io} :工業廃水の一次処理水濃度 (mg/l)、 R_i :工業廃水の処理率、 W_d :生活廃水量 (ton)、 C_{di} :生活廃水の原水濃度 (mg/l)、 C_{do} :生活廃水の一次処理水濃度 (mg/l)、 R_d :生活廃水の処理率である。なお、図-1 より、瀏河地点より下流に 60 万トン/日の排水口があり、吳松口地点下流に 400 万トン/日の排水口がある。この二つ排水口から約上海市の全排水量 (570 万トン/日) の 80% を占めている。残りの 110 万トン/日は黄浦江から排出すると考えられる。従って、長江流域から東シナ海に排出する汚濁負荷量は、 $(L_a + L_s)$ で推定できる。

表-3 と 4 から、上海市の汚水廃水総量は年間 20 億トンとなり、一日当たり 570 万トンとなっている。なかでは、生活排水の割合が工業廃水より高いことが分かった。上海市から一日当り排出する BOD、COD、TN、TP の負荷量は著者らの仮定と推定によるとそれぞれ 98 年では、895.9、448.0、238.2、26.5 トン、99 年では、874.0、437.0、232.1、25.8 トンとなっている (表-2)。この値は上海市政府が発表した CODCr 排出量 (98 年、年間 36.54 万トン、99 年 34.98 万トン)、一

日当たり約 1001 トン (98 年)、958 トン (99 年) CODCr となり、CODMn 換算でそれぞれ 98 年と 99 年一日当たり約 334 トン、319 トンの値より 25%、27%高い値であったものの、ほぼ妥当な値と考えられる。

(5) 調査期間中東シナ海に流出する日汚濁負荷量の推定

前述のように、最下流の調査地点である呉松口地点から得た汚濁負荷は、上海から 400 万トン/日の排水口からの排水が入っていないため、東シナ海に流れるものとみなすことができない。一方、長江河口域の劉河調査地点で観測した値は、上海市からの負荷を流入する前の地点であるため、3.2 節で求めた上海市からの負荷を加算すれば、理論的に東シナ海に流出する汚濁負荷と同じものと考えられる。表-5 にはその結果を示している。

以上から、98 年調査期間中における一日当たり東シナ海に流出する BOD, COD, TN, TP 負荷量はそれぞれ、895.9、6093.3、2190.4、126.5 トンであることが推定された。また、99 年調査期間における一日当たり東シナ海に流出する BOD, COD, TN, TP の負荷量はそれぞれ、1712.3、8515、2920.4、599.8 トンであることが推定された。これらの値は、過小評価になる可能性がある。その理由は、長江最下流の流量観測ステーションが大通地点にあり、長江河口域より約 500km 上流に位置し、大通地点以下南京、鎮江、江陰、南通、上海等都市流域からの流入水量が考慮に入れていないためである。

表-5 調査日に東シナ海に排出する負荷量の推定結果

年	地点	BOD	COD	TN	TP
1998	瀏河	1,197.5	5,645.4	1,952.3	100.1
	上海市	895.9	448.0	238.2	26.5
	合計	2,093.4	6,093.3	2,190.4	126.5
1999	瀏河	838.3	8,078.0	2,688.4	574.0
	上海市	874.0	437.0	232.1	25.8
	合計	1,712.3	8,515.0	2,920.4	599.8

単位：ton

これを踏まえて、年間を通じて長江流域から東シナ海にどの程度の栄養塩が流入するかを検討してみた。中国の研究者らの研究報告によると、大通地点の 1980 年～1990 年の無機態溶存窒素 DIN($\text{NO}_2\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) の平均輸送量は 76.7 万トンであり、98 年 6 月 15 日～8 月 19 日 65 日間の洪水期の TN, TP, DIN, $\text{PO}_4\text{-P}$ 輸送量はそれぞれ 79.95、8.36、42.92、0.69 万トンであった。98 年洪水期 65 日間の DIN 負荷量は 1980-1990 年代の年間平均輸送量の 56% を占めることと報告されている。本研究で行った 1998 年秋の調査は、今世紀 2 番目の大洪水年に当たり、洪水期後の水質濃度が相対的に低く、流量も低いことを考えると、調査時の水質は洪水期以外の期間の平均値と仮定すると、98 年の TN の総負荷量は、洪水期の負荷量 79.95 万トン + 300 日 * 1928 (57.84) 万トン = 137.79 万トンとなり、TP の負荷量は、洪水期の負荷量 8.36 万トン + 300 日 * 107 (3.21) 万トン = 11.57 万トンとなる。

今後さらに年間を通じて、東シナ海へ流入する汚濁負荷のより正確な推定方法の検討が必要で

ある。また、洪水期における汚濁物質の挙動が全体の負荷量に占める割合が高いため、その動向の把握が必要不可欠である。

5. 本研究により得られた成果

長江河口域では懸濁粒子濃度は 90mg/l~200mg/l と長江流域に大きく影響を受けること、Si 濃度は一定して約 110~120 μ M 程度であること、リンは約 80%が土砂粒子に吸着した粒子態であり、溶存態リンとしては P04-P が 0.7 μ M 程度であること、NO3-N は上流農地から負荷され約 40 μ M 程度、NH4-N は上海からの負荷が大きく約 40 μ M 程度となっていることが判明した。

河口域は高栄養塩濃度にもかかわらず光合成速度は低く DIC 及び DOC を起点とする動物プランクトンの炭素移送効率は無機経路 PLT が 3.9%、有機経路 PLT が 11.6%である。このことから河口域は懸濁粒子による光制限となっておりバクテリア-微小動物プランクトン-動物プランクトン経路を通じての炭素循環が主であり、懸濁粒子が沈降し光制限から開放されて後、光合成経路を通じての炭素循環が重要となることが明らかになった。長江流域の汚濁負荷排出は大都会からの影響が大きく、特に上海等大都市からの負荷が大きいこと、洪水期からの流出負荷が重要であることが明らかになった。また、長江流域経由東シナ海に流入する汚濁負荷量は、河口域の瀏河調査地点の水質上海市からの排水データを用いて、東シナ海へ流入する総負荷量の予測が可能であることが示された。

6. 引用文献

- ① Koshikawa, H., Harada, S., Watanabe, M., Kogure, K., Ioriya, T., Kohata, K., Kimura, T., Sato, K. and Akehata, T. 1999. Influence of plankton community structure on the contribution of bacterial production to metzooplankton in a coastal mesocosm. Mar. Ecol. Prog. Ser. 186. 31-42.

[国際共同研究等の状況] 国立環境研究所と中華人民共和国水利部長江水利委員会との間で「流域環境モニタリング技術と環境管理モデル開発プロジェクトに関する共同研究実施取り決め」が締結され、これに基づき観測調査船を用いて研究推進を行っている。また国立環境研究所と中華人民共和国科学院地理科学与資源研究所との間で共同研究実施取り決めが締結され、これに基づき研究推進を行っている。

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上発表 (学術誌・書籍)

- ① Koshikawa H, Xu K, Maki H, Murakami S, Zhu M, Ioriya T, Kohata K, Watanabe M. 1999. Mesocosm experiment in Changjiang Estuary. Proceedings in MEDCOAST 99 - EMECS 99 Joint Conference, Land- Ocean Interactions: Managing Coastal Ecosystems, Antalya, Turkey, 1 : 245-252.
- ② Koshikawa MK, Takamatsu T, Takada J, Matsushita R, Murakami S, Xu K, Zhu M, and Watanabe M. 1999. Trace Element Composition of Suspended Matter in the Changjiang Estuary Mouth, Proceedings in MEDCOAST 99 - EMECS 99 Joint Conference, Land- Ocean Interactions:

Managing Coastal Ecosystems, Antalya, Turkey, 1 : 575-580.

- ③ 徐 開欽、林 誠二、村上正吾、牧 秀明、渡辺正孝. 2000. 中国長江流域の水環境問題 (I) -長江流域の自然概況と主な水系-. 用水と廃水. 42. 42-55.
- ④ K. XU, H. Koshikawa, S. Murakami, M. Watanabe and M. Zhu: Effects of environmental pollution load through large rivers on marine ecosystem in the EastChina Sea, Researches Related to the UNESCO' s Man and the Biosphere Programme in Japan, p.15-22, 2000.
- ⑤ 徐 開欽、張 継群、渡辺正孝: 中国長江流域の水環境問題 (7) -水質汚濁の現状と対策-、用水と廃水, 43(5)、p.32-42, 2001
- ⑥ 徐 開欽: 中国長江流域における水環境の現状と課題、エコフロンティア、No. 6、p. 31-41、2001.
- ⑦ 徐 開欽: 中国長江流域における水環境の現状と課題、エコフロンティア、No. 6、p. 31-41、2001.
- ⑧ 徐開欽、張継群、渡辺正孝: 中国における水環境の現状---2000年「中国環境現状公報」より---、用水と廃水、Vol.43, No.9, 781-786、2001.
- ⑨ 徐開欽、渡辺正孝、須藤隆一: 中国における水環境の現状と都市污水处理システムの動向 (1)、月刊浄化槽、No. 309、24-29、2002.
- ⑩ 徐開欽、渡辺正孝、須藤隆一: 中国における水環境の現状と都市污水处理システムの動向 (2)、月刊浄化槽、No. 311、27-31、2002.
- ⑪ Sekiguchi H, Koshikawa H, Hiroki M, Murakami S, Xu K, Watanabe M, Nakahara T, Zhu M, and Uchiyama H. Bacterial Distribution and Phylogetic Diversity in the Changjiang Estuary before the Construction of the Three Gorges Dam, Microbial Ecology, 43, 81-91, 2002.

(2) 口頭発表

- ① 関口博之、渡辺正孝、徐保華、中原忠篤、内山裕夫; DGGEを用いた長江流域における細菌群集構造の解析、日本微生物生態学会第15回大会(1999)
- ② H. Sekiguchi, H. Uchiyama, S. Kambe, M. Hiroki, M. M. Watanabe, T. Nakahara, M. Watanabe, M. Y. Zhu :Bacterial Community structure in the East China, 第99回米国微生物学会大会(1999)
- ③ 関口博之、徐保華、渡辺正孝、中原忠篤、内山裕夫; 長江の各流域における細菌群集構造の解析、日本微生物生態学会2000年度大会(土浦、2000年11月)
- ④ Sekiguchi, H., H. Uchiyama, M. Watanabe, T. Nakahara, and B. Xu Bacterial community dynamics along with the Changjiang River, American Society of Limnology and Oceanography 2001 aquatic sciences meeting. 2001.
- ⑤ 関口博之、中原忠篤、内山裕夫; 分子生物学的手法による長江流域細菌群集構造の変動解析、日本微生物生態学会2001年度大会(静岡、2001年11月)

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

土木学会地球環境委員会「平成12年度地球環境論文賞」(受賞年月日:平成13年7月19日、

受賞者：渡辺正孝、木幡邦男、越川海〔ほか3名との共同受賞〕)

(5) 一般への公表・報道等

日本経済新聞（平成14年5月3日）

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について

なし