

## 広島湾、江田内湾、周防灘北東部海域および 太田川における尿素の濃度について

山本 民次・山崎 徹\*・藤森 聡\*\*・松田 治

広島大学生物生産学部, 東広島市 724

1994年4月25日 受付

**要旨** 広島湾, 江田内湾, 周防灘北東部海域および太田川において, 水中の尿素態窒素 (Urea), 溶存態有機窒素 (DON) および溶存態無機窒素 (DIN) 濃度の測定を行った。尿素の濃度は広島湾で0.08-3.32 (平均0.67)  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ , 江田内湾で0.00-5.01 (平均0.85)  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ , 周防灘では0.15-2.50 (平均0.91)  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ であった。太田川河川水中尿素の濃度範囲は他の3海域と同程度であったが (0.23-3.15  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ ), 平均値 1.49  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$  は3海域のものよりも有意に高く, 海域に対する尿素的供給源の1つとして陸域からの流入が考えられた。さらに, 太田川のDON (平均 41.6  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ ) およびDIN (平均 30.7  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ ) 濃度も海域で得られた値より有意に高かった。太田川河川水は広島湾水に比べて相対的にUreaよりもDINの濃度が高いことから, 太田川河口域 (広島湾奥部) に生息する植物プランクトンの増殖に対してはUreaよりもDINの負荷の方が大きな影響を与えていると推測された。また, この研究で得られた平均Urea/DON (%)は5.7-12.9%で, 溶存態有機窒素全体に占めるUreaの割合は河川水中, 海水中とも大きいものではなかった。広島湾, 江田内湾, 周防灘北東部海域および太田川におけるUreaの分布は不規則で, とくに一定の傾向は見られなかった。しかしながら, 変動係数はUreaが34.2-89.4%, DONが77.2-103.7%, DINが50.2-75.3%で, Ureaの濃度のばらつきが他の形態の窒素に比べて必ずしも大きいというわけではなかった。広島湾, 江田内湾および周防灘北東部海域の平均Urea/DIN (%)は34.4-42.8%であり, 当該海域において一次生産に利用される全窒素 (DIN+Urea) のうち, 平均して7.2-8.4%が尿素によるものであろうと推算された。

キーワード: 海水, 河川水, 尿素, 溶存態無機窒素, 溶存態有機窒素

### 結 言

尿素は *Emiliania huxleyi* などの一部の種を除き, 一般に植物プランクトンの増殖のための窒素源として利用される (CARPENTER *et al.*, 1972)。 $^{15}\text{N}$  を用いて自然植物プランクトン群集による各態窒素の取り込みを調べた結果では, 尿素は窒素源の約1-60% (平均28%) を占めており (McCARTHY, 1972), 尿素が植物プランクトンの窒素源として重要であることが分かる。

海水中の尿素は植物プランクトンによる取り込み (CARPENTER *et al.*, 1972; McCARTHY, 1972; EPPLEY *et al.*, 1973), あるいはアンモニア態窒素への分解 (REMSEN *et al.*, 1972) によって減少し, 海産動物の排泄 (EPPLEY *et al.*, 1973) あるいは有機物の分解 (TAGA, 1972) によって増加する。また, 河口・沿岸域では陸域からの負荷の影響を受ける (REMSEN *et al.*, 1972)。以上のように, 海水中の尿素的生成・消滅の過程は複雑であり, 明瞭な季節変動, 日周変動などを示さないとされている (NEWELL, 1967; BERMAN, 1974)。

ここでは, 広島湾, 江田内湾, 周防灘北東部海域および太田川において測定した尿素態窒素の濃度範囲を示し, それらの水域間の違いや溶存態有機窒素や溶存態無機窒素に占める尿素的割合などについて言及する。また, 海域における窒素収支あるいは植物プランクトンの一次生産を考える上での尿素的重要性について論

\* 現勤務先: 応用技術株式会社, 大阪市北区南森町 530

\*\*現勤務先: 広島県三原土木建築事務所, 広島県三原市 723

議する。

## 方 法

広島大学生物生産学部練習船「豊潮丸」を用い、広島湾および周防灘北東部海域の観測を行った (Fig. 1)。広島湾では湾奥部から湾口部にかけて5観測点 (Stns. HO-1~5) を設け、1988年5月、6月の2回と、広島湾内の小湾である江田内湾内に4観測点 (Stns. E-15, E-8, E-5, E-13) を設け、1991年4月、5月、6月、7月、10月、11月、12月、1992年1月、3月の9回の観測を行った。江田内湾は地理的には広島湾内に位置するが、湾口部が狭いため非常に閉鎖的で、その特殊性は大きいものと思われる。また、広島湾内の5観測点と江田内湾内の4観測点は観測年月も異なるので、この報告の中ではそれぞれを分けて取り扱う。周防灘北東部海域では山口県下松~光市沖に17観測点を設け (Stns. SN-1~17)、1986年11月、1987年12月および1988年9月の3回の観測を行った。また、広島市を流れる太田川下流部においても、6観測点を設け (Stns. OR-5, 6, 7, 9, 13, 16)、1986年1月、4月、6月、8月、12月の5回の観測を行った。

広島湾では、0、5、10、20および海底上0.5あるいは2m (以下「底層」と略記) の5層から採水を行った。ただし、江田内湾内の観測点および他の水深の浅い観測点では20mを除く4層とした。周防灘では、0.5m および海底上1あるいは2m (同様に「底層」と略記) の3層から採水した。太田川では水深に応じて適宜1~4層から採水した。

試水はあらかじめ電気炉により450°Cで2時間強熱したグラスファイバーフィルター (Whatman GF/C) で吸ろろ過し、ろ液を-20°Cで凍結保存し、解凍後、尿素態窒素 (以下 Urea と略記) および溶存態全窒素

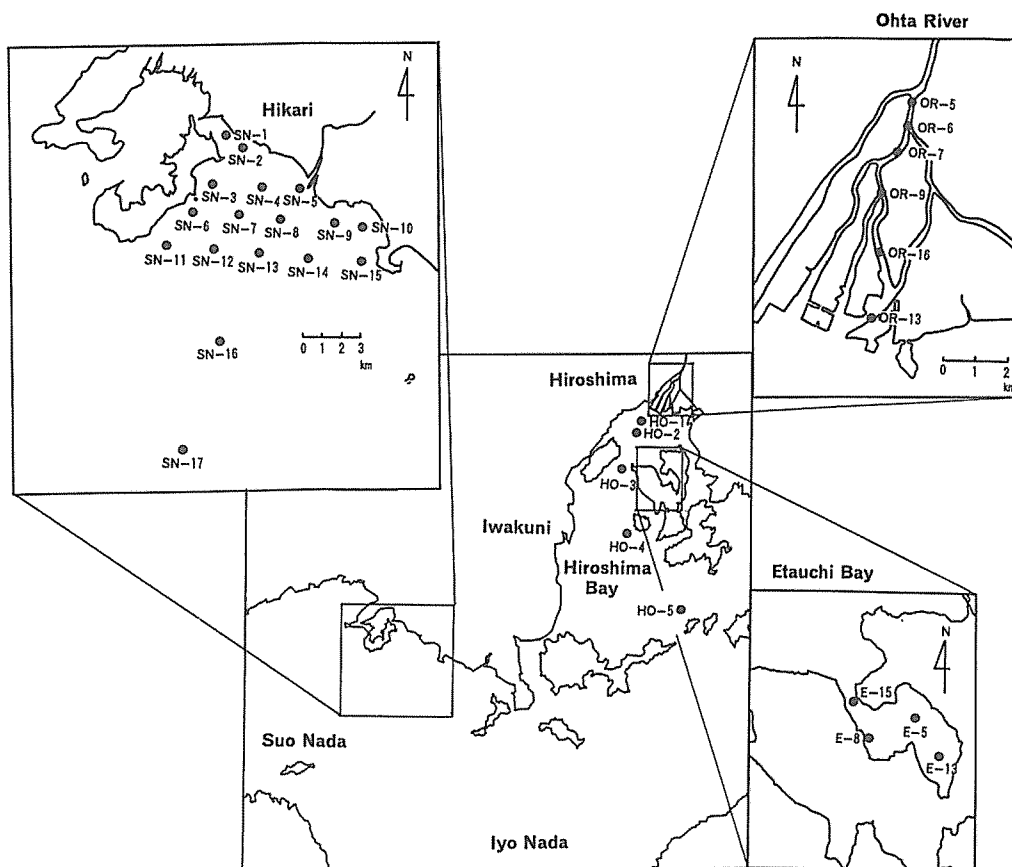


Fig. 1. Location of sampling stations. Enlarged maps show the sampling stations in Suo Nada, Etauchi Bay and the Ohta River.

(以下 DTN と略記) の分析に用いた。Urea は NEWELL *et al.* (1967) のジアセチルモノオキシム法を改良した方法 (松永・西村, 1972), 溶存態全窒素は加圧分解法 (KOROLEFF, 1983) にて定量した。また, 同じ試水を用いて分析した  $\text{NH}_4\text{-N}$  (SASAKI and SAWADA, 1980),  $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$  (日本海洋学会, 1979) の合計量を溶存態無機窒素 (以下 DIN と略記) とし, DTN から DIN を差し引いたものを溶存態有機窒素 (以下 DON と略記) とした。

広島湾の Stn. HO-4 および太田川の Stn. OR-16 では, 各態窒素濃度の経時変化を観察したが, とくに周期的な変動は見られなかったので, このことについては特に言及しない。

## 結 果

広島湾 広島湾では Urea の濃度は  $0.08\text{--}3.32 \mu\text{g atN l}^{-1}$  (平均  $0.67 \mu\text{g atN l}^{-1}$ ) であった (Table 1)。1988年5月には Stn. HO-3 の 0 m で最高値を記録した。また,  $1 \mu\text{g atN l}^{-1}$  を越える比較的高濃度の値は, Stn. HO-3 の 10 m, Stn. HO-4 の 0 m と底層および Stn. HO-5 の 0 m でみられた。1988年6月には Stn. HO-1 の 0 m で最高  $1.44 \mu\text{g atN l}^{-1}$  を示し, 河川からの供給が示唆された。

DON 濃度は  $0.47\text{--}48.1 \mu\text{g atN l}^{-1}$  (平均  $13.8 \mu\text{g atN l}^{-1}$ ) で, Urea/DON (%) は平均12.9% (0.6–85.5

Table 1. Urea, DON (dissolved organic nitrogen) and DIN (dissolved inorganic nitrogen) concentrations observed in Hiroshima Bay, Etauchi Bay, Suo Nada and the Ohta River. Unit:  $\mu\text{g atN l}^{-1}$ . CV, coefficient of variation (%); n, sample number.

Location	Urea			DON			DIN			Urea/DON (%)	Urea/DIN (%)
	Range (Avg)	CV	n	Range (Avg)	CV	n	Range (Avg)	CV	n		
Hiroshima Bay <sup>*1</sup>	0.08-3.32(0.67)	85.1	40	0.47-48.1(13.8)	77.2	38	0.37-6.40(1.89)	71.4	39	0.6-85.5(12.9)	4.5-148 (42.8)
Etauchi Bay <sup>*2</sup>	0.00-5.01(0.85)	89.4	140	1.71-157(23.8)	103.7	140	0.00-10.2(2.08)	72.1	140	0.0-79.3( 6.7)	0.0-242 (34.4)
Suo Nada <sup>*3</sup>	0.15-2.50(0.91)	50.5	105	2.57-106(14.2)	99.9	105	0.38-25.0(3.73)	75.3	105	0.7-38.8( 8.6)	4.5-218 (37.9)
The Ohta River <sup>*4</sup>	0.23-3.15(1.49)	34.2	95	0.00-221(41.6)	83.2	77	1.60-78.8(30.7)	50.2	95	0.4-80.4( 5.7) <sup>*5</sup>	1.0-56.9( 7.5)

\*1; May and June 1988.

\*2; Apr., May, June, July, Oct., Nov. and Dec 1991, and Jan. and Mar. 1992.

\*3; Nov. 1986, Dec. 1987 and Sept. 1988.

\*4; Jan., Apr., June, Aug. and Dec. 1986.

\*5; excluded a DON datum of zero concentration.

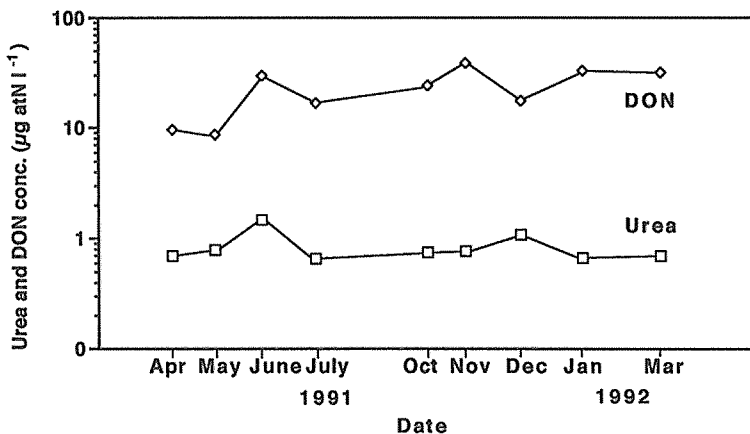


Fig. 2. Seasonal variations of urea and DON in Etauchi Bay. Average of 16 samples (4 layers  $\times$  4 stations).

%)で、今回調査したうちで最も高かった (Table 1)。DIN 濃度は  $0.37\text{--}6.40 \mu\text{g atNl}^{-1}$  (平均  $1.89 \mu\text{g atNl}^{-1}$ ) で、DON に比べて1桁低かった。また、Urea/DIN (%) は平均42.8% (4.5–148%) で、これも今回の調査では最も高かった。Urea の濃度が他の海域に比べて高いわけではないので (Table 1)、Urea/DON (%) と Urea/DIN (%) が高いことは DON と DIN の濃度が低かったことに帰せられる。

江田内湾 江田内湾では Urea の濃度は観測期間を通じて  $0.00$  (検出限界以下) –  $5.01 \mu\text{g atNl}^{-1}$  の間で変動した (Table 1)。6月に湾奥部 (Stn. E-13) の底層で最高濃度を示した以外は大きな変動はなく (Fig. 2)、その平均値は  $0.85 \mu\text{g atNl}^{-1}$  であった。DON 濃度は  $1.71\text{--}157 \mu\text{g atNl}^{-1}$  (平均  $23.8 \mu\text{g atNl}^{-1}$ ) で、変動幅が非常に大きかった (変動係数  $CV=103.7\%$ ) (Table 1, Fig. 2)。Urea/DON (%) は平均6.7% (0.0–79.3%) と前述の広島湾に比べると小さかった (Table 1)。また、DIN 濃度は  $0.00\text{--}10.2 \mu\text{g atNl}^{-1}$  (平均  $2.08 \mu\text{g atNl}^{-1}$ ) で、DON に比べて1桁低く、Urea/DIN (%) は0.0–242% (平均34.4%) と非常にばらついた。

前述の広島湾のデータに比べて江田内湾で得た値の変動が大きいのは、サンプリングが広島湾では短い期間 (5, 6月) に限られていたのに対して、後者では周年にわたっているためと思われるので単純な比較はできないが、DON を除いて、それぞれの平均値の間には有意な差はなかった ( $p=0.05$ )。

周防灘 周防灘では Urea は  $0.15\text{--}2.50 \mu\text{g atNl}^{-1}$  の範囲で測定され、比較的ばらつきは小さかった ( $CV=50.5\%$ ) (Table 1)。また、その平均値は  $0.91 \mu\text{g atNl}^{-1}$  で、他の2海域に比べて高かった。ただし、江田内湾とは有意な差はなかった。 $2 \mu\text{g atNl}^{-1}$  を越える比較的高濃度の値は、1988年9月、Stn. SN-10の表層と Stn. SN-13 の5m および底層で観測され、Urea の地理的変動には特徴は見られなかった。

周防灘の DON 濃度は  $2.57\text{--}106 \mu\text{g atNl}^{-1}$  (平均  $14.2 \mu\text{g atNl}^{-1}$ ) で、Urea/DON (%) は平均8.6% (0.7–38.8%) と比較的小さかった (Table 1)。DIN 濃度は  $0.38\text{--}25.0 \mu\text{g atNl}^{-1}$  (平均  $3.73 \mu\text{g atNl}^{-1}$ ) で、今回の観測の限りにおいては広島湾、江田内湾より高かった (Table 1)。また、Urea/DIN (%) は4.5–218% (平均37.9%) であった。

太田川 太田川で測定された Urea の濃度範囲は  $0.23\text{--}3.15 \mu\text{g atNl}^{-1}$  で、海域で得られた結果と同程度であったが、平均値は  $1.49 \mu\text{g atNl}^{-1}$  で上述の3海域のものよりも有意に高かった ( $p=0.05$ , Table 1)。DON 濃度 ( $0.00\text{--}221 \mu\text{g atNl}^{-1}$ , 平均  $41.6 \mu\text{g atNl}^{-1}$ ) および DIN 濃度 ( $1.60\text{--}78.8 \mu\text{g atNl}^{-1}$ , 平均  $30.7 \mu\text{g atNl}^{-1}$ ) も海域で得られた値よりも有意に高かった ( $p=0.05$ )。Urea/DON (%) (0.4–80.4%, 平均5.7%) および Urea/DIN (%) (1.0–56.9%, 平均7.5%) は海域のものよりも小さいことから、太田川河川水中では海水中に比べ Urea の濃度が高かった以上に DON と DIN の濃度が高かったと言える。

## 考 察

太田川河川水中の Urea の濃度 (平均  $1.49 \mu\text{g atNl}^{-1}$ ) は海域で得られた値よりも有意に高いことから、海域に対する Urea の供給源の1つとして陸域からの流入が考えられる。今回の1986年1月の太田川や、同年11月の周防灘の測定結果では、塩分が低いほど Urea 濃度が高い傾向が見られ (Figs. 3a, 3b)、特に河口域で急激な減少を示したことは、このことを示唆している。佐藤 (1976, 1977) が、これまで報告されているさまざまな水域における尿素の濃度についてまとめているので、それを一部引用して Table 2 に示した。これらの Urea の濃度を概観すると、外洋に比べて河川水や内湾などや、陸水あるいは人為的負荷の大きいと思われる所で高い傾向がうかがえる。REMSSEN *et al.* (1972) はアメリカジョージア州の Savannah 川、Wilmington 川、Ogeechee 川の河川水中の Urea の濃度を調べ、流域人口が最も多く、人為的汚染が大きいと思われる Savannah 川で Urea の濃度が最も高いことを示した。彼らが報告している Savannah 川の平均濃度は  $7.22 \mu\text{g atNl}^{-1}$  であるので、今回我々が測定した太田川の値より5倍ほど高い。

太田川河川水中の Urea の濃度は広島湾のそれよりも高いが、Urea/DIN (%) が非常に小さいこと (平均7.5%)、すなわち河川水中に含まれる DIN の濃度が高いことから、太田川河口域 (広島湾奥部) に生息する植物プランクトンの増殖に対しては Urea よりも DIN の負荷の方が大きな影響を与えていると推測される。

Urea は海域においても高い値がしばしば得られることから、その起源は河川水による流入だけでなく、海水中にも起源があると考えられる。我が国沿岸域では、例えば三河湾では平均  $2.8 \mu\text{g atNl}^{-1}$

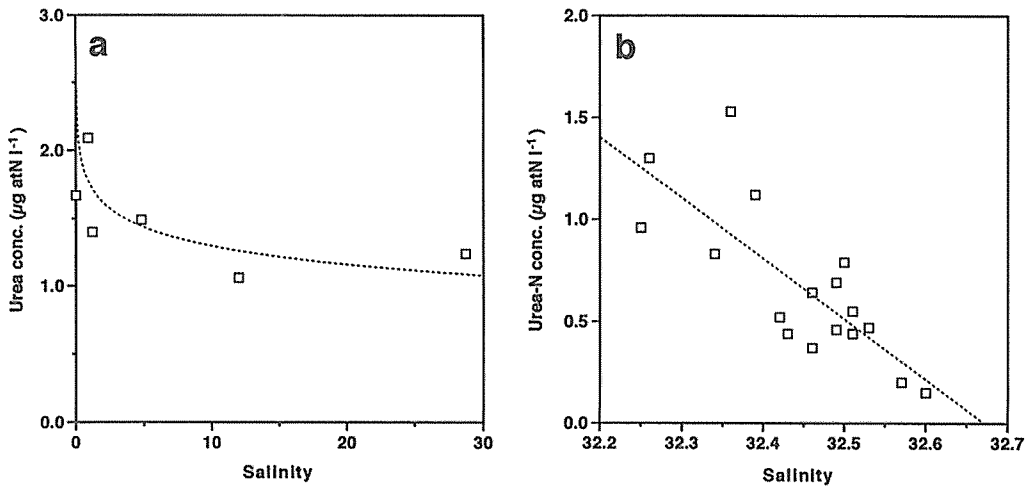


Fig. 3. Relationship between urea concentration and salinity in the surface water. (a) the Ohta River, January 1986, (b) northeast Suo Nada, November 1986. Broken lines were drawn by naked eyes.

Table 2. Urea concentrations observed in natural waters (revised Sato, 1977).

Location & depth	Urea conc. ( $\mu\text{g atN l}^{-1}$ )		n	Urea/DON(%)	Urea/DIN(%)	References
	Range	(Avg)				
The English Channel, 10 m	<0.07- 3.1	(0.53)	60			NEWELL (1967)
Off California, coastal water	0.54- 1.00					MCCARTHY (1970)
Off Peru, 0 m	0.00- 0.67	(0.28)	16			<i>ditto</i>
Off Peru, euphotic layer	0.00- 2.54	(0.39)	45			<i>ditto</i>
Off California and Peru, deep water	0.00	(0.00)	4			<i>ditto</i>
Panama-Peru, shelf water, 0 m	0.54- 5.00	(2.36)	38	21	19-31	REMSEN (1971)
Off Peru, nonupwelling region	0.93- 3.07	(1.83)	8			<i>ditto</i>
Off Peru, upwelling region	1.74- 7.00	(3.46)	16			<i>ditto</i>
The Cape Cod-the Cape May, shelf water, 0 m	0.20-11.20	(1.29)	29	3.3-6.3	77-131	<i>ditto</i>
Bay of La Jolla, U. S. A.	0.00- 0.90	(0.20)	170			MCCARTHY and KAMYKOWSKY (1972)
The Savannah River, Georgia, U. S. A.	1.12-17.78	(7.22)	18			REMSEN <i>et al.</i> (1972)
The Wilmington River, Georgia, U. S. A.	2.00- 3.82	(2.92)	4			<i>ditto</i>
The Ogeechee River, Georgia, U. S. A.	2.52- 9.78	(3.48)	5			<i>ditto</i>
River mouth of the Savannah and the Wilmington	1.30- 6.32	(3.00)	8			<i>ditto</i>
Off South California, euphotic layer	0.00- 0.59	(0.24)	36			MCCARTHY (1972)
The North Pacific Subtropical Central Gyre	0.00- 0.35	(0.16)	18			EPPLEY <i>et al.</i> (1973)
Mikawa Bay, Japan, 0-10 m	1.3 - 5.9	(2.8)	10	11.2-40.4	(19.7)	MITAMURA and SAIJO (1975)
Mikawa Bay, Japan, euphotic layer	0.0 -14.2	(1.24-1.37)		0.0-57.7		TANAKA and OHNUMA (1985)
River mouth of the Ohta River, Japan	0.23-15.38	(2.01-2.64)		2-30	(15.3)	TAKIMOTO <i>et al.</i> (1983)
Lake Kinneret, Israel	0.0 -10.7					BERMAN (1974)
The Oyashio Water	0.31- 1.65	(0.75)	77			SATO (1977)
The Central Bering Sea	0.21- 1.65	(0.67)	133			<i>ditto</i>
The Bering Sea, shelf water	0.38- 1.61	(0.81)	61			<i>ditto</i>
The Northern North Pacific Ocean	0.32- 1.67	(0.64)	114			<i>ditto</i>
Bay of Alaska, euphotic layer	0.43- 1.99	(0.97)	36			<i>ditto</i>

(MITAMURA and SAJO, 1975)あるいは1.24-1.37  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$  (上限と下限はそれぞれ2測点の平均値; 田中・大沼, 1985)などと高い。もちろん, 三河湾のように富栄養化した内湾では, 陸域から直接負荷されるUreaも多いであろうが, 陸域から負荷される含窒素有機物が河口域でバクテリアによる分解を受けて生成されるUreaの量も多いと思われる(TAGA, 1972)。滝本ら(1983)が1981年にはほぼ毎月1回, 太田川河口域で測定した値は0.23-15.38  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$  (平均2.01-2.64  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ , 上限と下限はそれぞれ2測点の平均値)で, 今回得られた同河川水中の値より高いが, 測定年度の違いもあるので容易に比較はできない。

陸域から負荷される粒状態有機物あるいは海水中で生長枯死した植物プランクトンなどは内湾・沿岸域の海底に沈降し, バクテリアの分解を受けると考えられる。江田内湾で周年にわたって測定した結果において, Ureaは6月の底層で最大値を示した。さらに, 江田内湾の結果のうち, 表層の平均値は0.87  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ であったのに対し, 底層の平均値は1.14  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ とわずかに高かった(ただし, 統計的有意差はなかった)。これらのことは底層で有機物の分解が進み, Ureaが生成するであろうという推測を支持するものと思われる。ちなみに, 今回測定された4水域のUrea/DON(%)は平均で5.7-12.9%で, 溶存態有機物全体に占めるUreaの割合は河川水中, 海水中ともさほど大きいものではない。

江田内湾の特徴はUreaよりもDON濃度に明瞭に見られた。すなわち, 江田内湾以外の広島湾や周防灘に比べて江田内湾のDON濃度は有意に高かった(Table 1)。このことは同湾の閉鎖性に加え, 湾内に設置されているカキ筏が湾内面積の20%にも及び(広島県, 1991), カキ養殖の影響が大きいものと推測される。カキが海中の懸濁物を粒状化して海底に沈降させる量は想像以上のものがあり, これらは浮遊泥として底土上を漂っている(谷本・星加, 1991)。これらの有機浮遊泥が分解を受けて湾内のDON濃度を上げているものと推測される。

海水中のUreaの分布が非常に不均一であることはすでにNEWELL(1967), BERMAN(1974)など多くの研究者が指摘している。確かに今回観測した広島湾, 江田内湾, 周防灘北東部海域および太田川においても, その分布は不規則であった。しかしながら, 変動係数で比較すると, 今回の測定結果では, Ureaが34.2-89.4%, DONが77.2-103.7%, DINが50.2-75.3%で, Ureaの濃度のばらつきが他の形態の窒素に比べて必ずしも大きいというわけではない。また, 江田内湾で周年にわたって観測した結果においても, 周期的な季節変動は見られず(Fig. 2), 結果には示さなかったが, 広島湾のStn. HO-4および太田川のStn. OR-16で測定した時系列のデータにおいても, とくに周期的な変動は見られなかった。

広島湾, 江田内湾および周防灘北東部海域の植物プランクトンの一次生産を考える上でUreaは重要であると思われる。これら3海域におけるUrea/DIN(%)は34.4-42.8%であり(Table 1), 植物プランクトンがその生長にUreaを28%利用すると仮定すると(McCARTHY, 1972), 当該海域においては一次生産に利用される全窒素(DIN+Urea)のうち, 7.2-8.4%がUreaによるものという計算になる。

## 謝 辞

観測において多くの御協力を頂いた広島大学生物生産学部練習船「豊潮丸」の郷秋雄船長をはじめ, 乗組員の方々, ならびに江田内湾の観測においてお世話になった中国工業技術研究所の星加章氏, 谷本照己氏, 三島康史氏に深く感謝致します。

## 引用文献

- BERMAN, T., 1974, Urea in the waters of Lake Kinneret (Sea of Galilee). *Limnol. Oceanogr.*, 19 : 977-980.
- CARPENTER, E. J., Remsen, C. C. and WATSON, S. W., 1972, Utilization of urea by some marine phytoplankters. *Limnol. Oceanogr.*, 17 : 265-269.
- EPPLEY, R. W., RENGER, E. H., VERNICK, E. L. and MULLIN, M. M., 1973, A study of plankton dynamics and nutrient cycling in the central gyre of the north Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr.*, 18 : 534-551.
- 広島県, 1991, 広島県漁場調査報告(航空写真). 広島県水産漁港課.
- KOROLEFF, F., 1983, Total and organic nitrogen. In, GRASSHOFF, K., EHRHANDT, M. and KREMLING, K.

- (eds.), *Methods of Seawater Analysis*, pp. 162-173, Verlag Chemie, Weinheim.
- 松永勝彦・西村雅吉, 1972, 水中尿素定量法の改良法の検討. 分析化学, 21 : 1387-1389.
- MCCARTHY, J. J., 1970, A urease method for urea in seawater. *Limnol. Oceanogr.*, 15 : 309-313.
- MCCARTHY, J. J., 1972, The uptake of urea by natural populations of marine phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 17 : 738-748.
- MCCARTHY, J. J. and KAMYKOWSKI, D., 1972, Urea and other nitrogenous nutrients in La Jolla Bay during February, March, and April 1970. *Fish. Bull.*, 70 : 1261-1274.
- MITAMURA, O. and SAIJO, Y., 1975, Decomposition of urea associated with photosynthesis of phytoplankton in coastal waters. *Mar. Biol.*, 30 : 67-72.
- NEWELL, B. S., MORGAN, B. and CUNDY, J., 1967, The determination of urea in seawater. *J. Mar. Res.*, 25 : 201-202.
- 日本海洋学会, 1979, 海洋環境調査法. 666 pp.
- REMSEN, C. C., 1971, The distribution of urea in coastal and oceanic waters. *Limnol. Oceanogr.*, 16 : 732-740.
- REMSEN, C. C., CARPENTER, E. J. and SCHROEDER, B. W., 1972, Competition for urea among estuarine microorganisms. *Ecology*, 53 : 921-926.
- SASAKI, K. and SAWADA, Y., 1980, Determination of ammonia in estuary. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46 : 319-321.
- 佐藤泰哲, 1976, 天然水中の尿素的動態 (1). 海洋科学, 8 : 842-845.
- 佐藤泰哲, 1977, 天然水中の尿素的動態 (2). 海洋科学, 9 : 61-69.
- TAGA, N., 1972, Occurrence of urea-decomposing bacteria in the neritic and oceanic waters of the northwest Pacific Ocean. *Proc. 2nd CSK Symposium*, pp. 341-351, Saikon Publishing, Tokyo.
- 滝本和人・向井徹雄・松本邦介, 1983, 微量有機汚濁物質の沿岸生態系に及ぼす影響. II. 尿素の海域分布と藻類増殖に及ぼす影響. 水質汚濁研究, 6 : 105-111.
- 田中庸央・大沼淳一, 1985, 三河湾における尿素的現存量と季節変化. 水質汚濁研究, 8 : 47-52.
- 谷本照巳・星加 章, 1991, 江田内湾における海底高濁度層の季節変動. 日本海洋学会誌, 47 : 286-296.

## Urea Concentrations in Waters of Hiroshima Bay, Etauchi Bay, Northeast Suo Nada and the Ohta River.

Tamiji YAMAMOTO, Tohru YAMAZAKI, Satoshi FUJIMORI and Osamu MATSUDA

*Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 724, Japan*

Urea, dissolved organic nitrogen (DON) and dissolved inorganic nitrogen (DON) concentrations in waters of Hiroshima Bay, Etauchi Bay, northeast Suo Nada and the Ohta River were measured. Range and average concentration of urea were 0.08–3.32 (0.67)  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$  in Hiroshima Bay, 0.00–5.01 (0.85)  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$  in Etauchi Bay, and 0.15–2.50 (0.91)  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$  in Suo Nada, respectively. Although the range in urea concentration observed in the water of the Ohta River (0.23–3.15  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ ) was in the same level as those in the other coastal areas, the average value (1.49  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$ ) was significantly higher than those in the other coastal areas. This means that the river inflow is one of the important supply source of urea for the coastal area. In the Ohta River water, DON (41.6  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$  in the average) and DIN (30.7  $\mu\text{g atN}\ell^{-1}$  in the average) concentrations were also high. Judging from the low Urea/DIN (%) in the Ohta River water, it was supposed that, compared to urea, DIN would be principal nitrogen source for the growth of phytoplankton in the estuary of Hiroshima Bay. The Urea/DON (%) observed in this study was 5.7–12.9%, which revealed the contribution of urea in the total DON load was not so high both in the river and the coastal waters. The distribution of urea in the coastal environments is heterogeneous, not showing any regular distribution, as has already been shown in several papers. However, the coefficient of variation was not always high in urea (34.2–89.4%) compared to those of DON (77.2–103.7%) and DIN (50.2–75.3%). From the Urea/DIN (%) in the three coastal areas (34.4–42.8%), the contribution of urea in all nitrogen forms (DIN+Urea) used for the primary production was estimated 7.2–8.4% in the average.

**Key Words :** DIN, DON, river water, seawater, urea