

お台場における Urea の時空間変動に関する現地観測

Field Observation for the Spatiotemporal Dynamics of Urea in Odaiba

学籍番号 86765

氏名 中村 裕樹 (Yuki, Nakamura)

指導教員 鯉渕 幸生 講師

1. 背景と目的

Urea (尿素態窒素) は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。海水中の Urea は植物プランクトンによる取り込み、あるいはアンモニア態窒素への分解によって減少し、海産動物の排泄、有機物の分解、また河口・沿岸域においては陸域からの負荷の影響を受け増加する。海水中の Urea の生成・消滅の過程は複雑であり、明瞭な季節変動、日収変動などは示さないとされている。植物プランクトンは、アンモニア \geq Urea の順番で、窒素を使用し、また ^{15}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窒素源の約 1-60%(平均 28%)を占めると言われており、Urea 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。

また、東京都は雨天時合流式下水道越流水(Combined Sewer Overflow, CSO)問題を抱えている。その中でも、本研究対象地であるお台場海浜公園は、年間 160 万人の利用者が訪れる親水空間であるが、国内で最も多くの雨天時流出汚染物質が流入するとされ、環境基準で現在は遊泳禁止区域となっている。

そこで本研究では、CSO と同時期に、

Urea も供給されている可能性があるという仮説を立て、晴天時と雨天時の Urea の観測と Urea の分解実験の二点をアプローチとし、

①Urea の時空間変動を解明し、降雨量や Total Coliform (糞便性大腸菌群数) と比較することで CSO との関連を議論

②Urea の分解実験をすることでアンモニア態へ移行する速度を計測することを目的とする。

既往の研究では雨天時の CSO における影響 (Total Coliform や病原性微生物) は報告されている。しかし、CSO における影響として、お台場の Urea の挙動をした例はないのが現状である。

2. 現地観測の概要

現地観測は図 1 に示した St.1 から St.7 において、2009 年 9 月 23 日から 12 月 13 日の期間で行った。



図 1 観測地点

3. 観測結果

(1) 晴天時の連続観測

2009年の9月23日の現地観測の結果を図2に、各Stの採水時間を表1に示す。

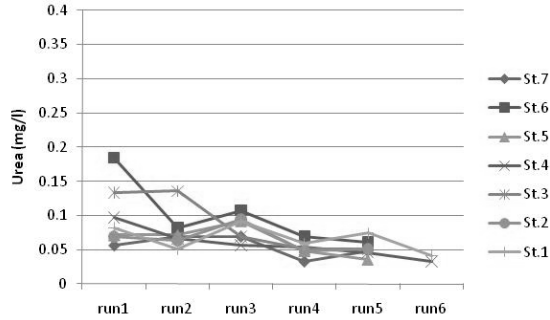


図2 Ureaの濃度変化

表1 Stごとの採水時間

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7
run1	10:00	10:30	11:00	10:00	10:30	11:00	11:30
run2	12:00	12:30	13:00	12:00	12:30	13:00	13:30
run3	14:00	14:30	15:00	14:00	14:30	15:00	15:30
run4	16:00	16:30	17:00	16:00	16:30	17:00	17:30
run5	18:00	18:30	19:00	18:00	18:30	19:00	19:30
run6	20:00			20:00			

潮汐によっても Urea の濃度変化が見られ、採水時間にある程度の時間差はあるものの、同 run における St 間の Urea の濃度にばらつきが見られることから海水の Urea の濃度は不均一であると言える。

(2) 降雨後の連続観測

2009年の11月11日から14日の現地観測の結果について図3に示す。11日に85(mm/day)の降雨が観測された。

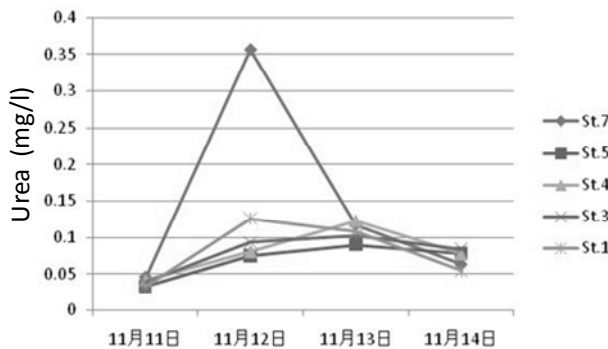


図3 StごとのUrea濃度の日変動

降雨の翌日である12日のSt.7で急激な濃度増加が見られた。St.7は隅田川河口域に最も近い位置にあり、河川からのCSO由来のUreaによる可能性が示唆される。

(3) 塩分値とUreaの相関関係

本観測データの中でも塩分値にばらつきがあった10月27日、11月11日、12月6日、(12月7日)のUreaの濃度と塩分値の相関図を図4に示す。

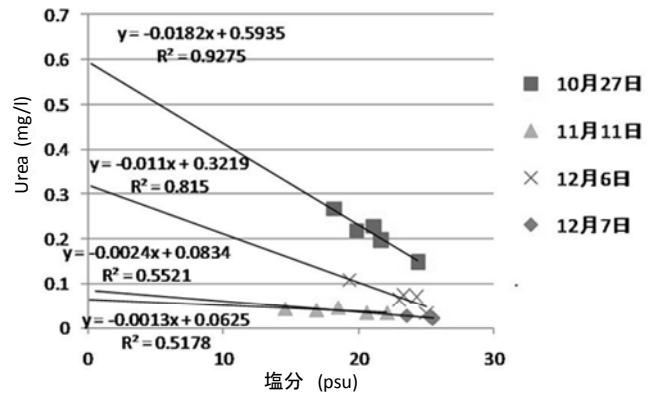


図4 塩分とUreaの濃度の関係

①10月27日は前日に59(mm/day)の降雨があった

②11月11日は当日に85(mm/day)の降雨があったが、採水を行った時間帯では河川水のUreaの濃度が低かったと推測される

③12月6日は前日に16.5(mm/day)の降雨があった

④12月7日は塩分値のレンジが狭いが、平常時の河川水中のUreaの濃度を示すために掲載した

降雨の影響で平常時より降雨後の方が、河川水中0(psu)のUreaの濃度が高いと言える。また塩分値とUreaには高い相関があり、降雨後には河川水由来でお台場海浜公園にUreaが供給されていることが分かる。

(4) 降雨量と河川水中の Urea の相関関係

図 5 に降雨量と観測された Urea 濃度から推察した河川水中の Urea の濃度の相関を示す。(左点から 12 月 7 日、12 月 6 日、10 月 27 日、11 月 12 日の値)

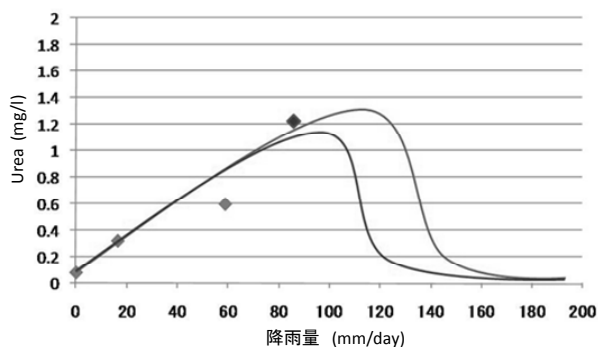


図 5 降雨量と河川水(0psu)における Urea の関係

降雨量の増加に伴って河川水中の Urea の濃度の増加が見られる。85(mm/day)の総雨量より降雨が大きくなった際の結果がないので、今後観測を行うことによって希釈に転じる降雨レベルが把握できる可能性が示唆される。

(5) 全観測の Urea の濃度

観測を行った全 156 サンプルからお台場海域における Urea の濃度範囲は 0.0026~0.3566(mg/l)であった。Urea/DIN は 0.24-14.52%であり、植物プランクトンがその成長に Urea を 28%利用すると仮定すると、当該海域においては一次生産に利用される窒素 (Urea+DIN) のうち 0.07-4.1%が Urea であると推察される。

(4) Total Coliform

CSO の影響が見られないと考えられる 2009 年 9 月 29 日(前日: 0mm/day、当日: 4mm/day)の Total Coliform の観測結果について図 6 に示す。run1 は満潮時、run2

は六時間後の干潮時の濃度である。

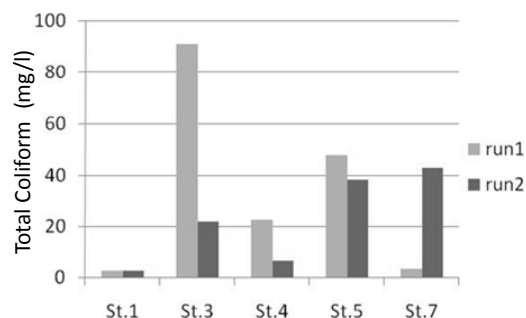


図 6 Total Coliform の濃度変化

観光船乗り場のある St.3 で最も高濃度となった。他の地点でも、流入源から遠い St.4 や St.5 で高濃度となる傾向が見られ、また時間変動も観測された。これは、海底に残存していた大腸菌が波や船舶等で再懸濁し、供給されている可能性が大きいと考えられ、CSO の指標として Total Coliform が疑問視されている要因の一つだと言える。

4. 分解速度実験

本実験は 12 月 1 日(晴天時)に現地の海水を採取し、八本の容器(250ml)に分け、標準液を加え図 7 の濃度になるように調整した。次に、そのうちの四本にアルミホイルを被せた暗条件の下、室温を 25℃に保ち、残りの四本を冷蔵庫に入れて分解実験を行った。

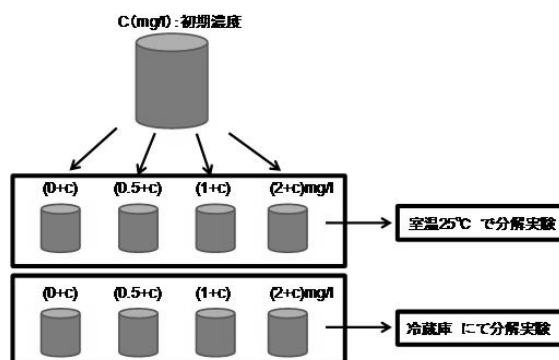


図 7 分解速度実験

図 8、図 9 に実験結果を示す。(冬季の海

水では) 温度に依存せず、アンモニア態窒素への分解による Urea の濃度減少は少ない可能性が言え、河川から流入してきた Urea は分解せずにお台場、さらには東京湾へ流出して行くと考えられる。

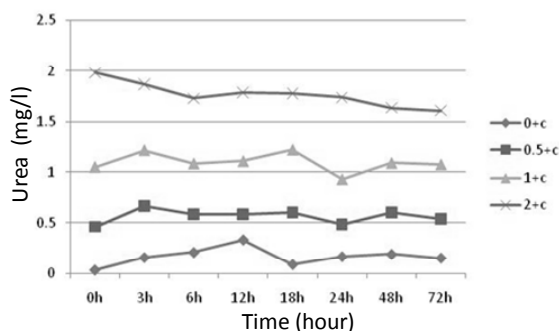


図 8 室温での分解速度

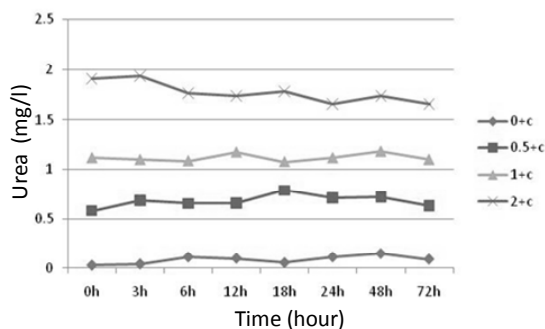


図 9 冷蔵庫での分解速度

5. まとめ

本研究で構築した、CSO 由来でお台場海浜公園における Urea の濃度が高くなるという仮説は、平常時と降雨後の河川水中 (Opsu) での Urea 濃度の推察、降雨によってお台場海浜公園の Urea の濃度に増加傾向が見られたことからある程度証明されたと考える。また、Urea の濃度と塩分に相関関係があったことから、Urea の流入は河川水由来であると言える。しかし、降雨後 Urea の濃度に増加が見られなかった観測もあった。その原因として、観測地点の塩分濃度の分布が狭い時 (広がる水質に対し

て海水の影響が強く、希釈された可能性がある時) や、降雨にも、弱く長時間降る雨や、短時間に強く降る雨などがあり、一日の総雨量だけでは測りがたいこと、お台場海浜公園における Urea の流入は速く、減衰速度は 24 時間(二潮汐)以内で、一日一回の観測ではピークを捉えることが難しかったというような原因が考えられる。しかし、平常時と降雨後の Urea の濃度が同じでも、雨水により河川流量も増えるので、Total のフラックスとしては増加していると言える。

Total Coliform は海底に残存し、波や船舶等の影響で再懸濁して、供給されている可能性が大きいことを示したので、CSO の指標として Total Coliform を用いることに対して疑問が持たれている要因の一つを示せたと言える。

実験結果から Urea のアンモニア態窒素への分解速度は遅いので、CSO の影響により、高濃度の Urea を含んだ河川水が分解されずに栄養塩負荷としてお台場海浜公園、さらには東京湾へ流入して行くことができる。

特に夏場には、CSO によって Urea が増加した河川水が成層化した東京湾へ流れ込んでいくため、その結果、植物プランクトンの増殖、ひいては青潮発生といった問題に寄与している可能性が示唆される。

6. 参考文献

山本民次ら (1994) : 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的濃度について J.Fac.Appl.Biol.Sci.