

## 2. 森川海の水産支援・循環型複合技術システムの展望

井上 祥一郎 (名邦テクノ)

技術士 (水産・森林・農業・上下水道・衛生工学・建設・環境・応用理学部門)

**1. はじめに：**我国では環境分野では豊かな水圏が失われた原因を陸域からのN (窒素)・P (リン) の過剰な供給とし、富栄養化、それによる赤潮の発生、それらのヘドロ化とその分解による貧酸素化・青潮発生というシナリオを示し、研究者や技術者はその範疇で対処に邁進してきた。一方、水産分野ではアサリ等二枚貝や、磯焼けによる海藻等の水産資源の減少を問題視してきた。富栄養化と資源減少は密接に関係しているが、研究連携は不十分で問題解決には至っていない。演者は技術者倫理には技術倫理が包含されるとして、問題解決技術の選択時における技術者倫理について問題提起をしてきた。これらを総括し、森川海を視野に入れて水産支援・循環型複合に留意して技術システムを展望する。

**2. 技術見直しの知見：**演者の技術体験及び文献情報等から赤潮、ヘドロ化、貧酸素化と青潮問題、および、アサリ等二枚貝資源、磯焼け問題について、N,P削減技術以外の技術選択の見直しに係る知見を紹介するが、結論としてケイ素、濁度と硫化水素を注視することになった。

**赤潮** 赤潮被害は主として渦鞭毛藻類によって拡大するが、その競合種がケイ藻であると農林水産技術会議報告にある。角皆静雄のシリカ欠損仮説、児玉真史らによるDSi:DIN比の研究成果等があり、海外事例では黒海に注ぐドナウ川の研究結果の紹介例が多い。

**ヘドロ化** ヘドロは砂、シルト・粘土、有機物の混合体であり、赤潮生物以外に陸域からのシルト・粘土等の影響が無視できず、それによる底生生物の個体数・種類数減少例を津田松苗が示している。また、河川、海岸にと

って砂供給遮断は重要課題となっている。

**貧酸素化と青潮** 一般に「貧酸素≒青潮」とされるが、**アサリ**視点からは「貧酸素≠硫化水素 (青潮)」で、アサリ等の高い貧酸素耐性と低い硫化水素耐性を萩田健二が示している。

浚渫跡・航路等の地先の深場が多くなり、以前より小さい風速で青潮湧昇が見られる。

**磯焼け** 摂食圧による磯焼け論議が盛んだが、濁度上昇による光度不足が海中林生成不良の根本原因と横浜康継が示し、荒川久幸は発芽時の濁水に係る障害を指摘している。

**3. 解決法についての考え方：**前項から赤潮には相対的な**ケイ素不足**、ヘドロ化、磯焼けには陸域の**濁水**対策の重要性が示唆された。但し、ヘドロ化は現状改善も併行して進める必要がある。また、アサリ等では**硫化水素** (青潮) による斃死が多いのでこの対策が必須である。アサリの好餌料がケイ藻、好む底質が砂質であり、ケイ素、濁水との関りも大きい。

**4. 森川海の水産支援・循環型複合技術システムの展望：**湖水に**SiO<sub>2</sub>添加**した佐々木道也の実験結果や、中海における梶川豊明のカキ筏下への**赤土客土**結果は、赤潮と青潮の具体的な解決技術を示唆している。浚渫泥を**分級**する大型設備がハンブルグ港で稼働中で、ヘドロの現状改善の具体例であるが、泥分を好気化すると赤土の代替として利用できる。

流域に目を移すと、**濁水防止**策は未手入れ人工林における**間伐**、**不耕起水田**等があり、共に**ケイ素供給**の面源策にもなる。一方、ダムはシリカシンク、濁水長期化の報告が井上直也ら、小島貞男からされ、ダム堆砂の影響も各所でみられるので、**既設ダムのスリット化・撤去**が社会実験として検討されてよい。



# 河川水中における溶存態珪素：窒素比の変動要因

(独) 水産総合研究センター中央水産研究所 児玉真史

## はじめに

海域の植物プランクトンのうち、珪藻類は健全な海洋生態系を支える重要な基礎生産者である。珪藻類を起点とした食物連鎖は他の基礎生産者に比べて高次の栄養段階へのエネルギー転送効率が高く、湧昇域などのように珪藻類が優占する海域は世界で最も生物生産力の高い場所の一つであるとされている。珪藻類はその殻の形成のために珪素 (Si) を必須とすることから、海域における植物プランクトン組成の決定因子として溶存珪酸態珪素 ( $\text{Si}(\text{OH})_4\text{-Si}$ ; 以下 DSi) の重要性は「シリカ欠損仮説」として古くから指摘されている。

数十年来、流域の開発が進行した世界各地の河川において DSi 濃度および DSi:DIN 比の低下が報告されてきた。河川水の DSi 濃度、DSi:DIN 比低下の主な原因の一つとして、ダム建設の進行によって河川水の滞留時間が長期化し、淡水性珪藻類が増殖することで DSi が消費されることに加え、下流域で人為起源の高濃度の窒素負荷が加わることが考えられている。その結果として海域において DSi が相対的に不足し、シリカ欠損にともなう珪藻から有毒鞭毛藻類など非珪藻への植物プランクトンの卓越種の変化、さらにはより高次の生態系へ影響する可能性がある。実際にドナウ川では上流のダム建設後 DSi 濃度、DSi:DIN 比が大幅に低下した結果、黒海では鞭毛藻赤潮が頻発するようになり、シリカ欠損の影響は富栄養化以上に黒海の生態系に大きな影響を与えたとされている。

## 材料と方法

本研究では、愛知県矢作川における3年間の長期モニタリング結果から、河川水中の DSi 濃度、DSi:DIN 比の変動実態について明らかにするとともにその変動要因について考察した。矢作川米津橋近傍の流量観測施設 (Stn. Y; 河口から約 12 km) において 2000 年 6 月から約 3 年間、月 1 ~ 2 回の頻度で採水調査を実施した。また、矢作川本流の最下流のダム湖である明治用水頭首工 (Stn. M; 河口から約 34 km) において約 1 年間、Stn. Y と同様の調査を実施した (Fig. 1)。採水した試料は溶存態の栄養塩類、クロロフィル色素濃度等の分析を行った。さらに、一部のサンプルについては、試水を中性ホルマリンにより固定し、珪藻類の同定・計数を行った。

## 結果および考察

Fig. 2 に Stn. Y および Stn. M における (a)DSi 濃度および (b)DIN 濃度の変動を示した。また、Fig. 3 に Stn. Y および Stn. M における DSi:DIN 比の変動を示した。観測期間中の Stn. Y における DSi 濃度、DIN 濃度はそれぞれ、75~254  $\mu\text{M}$  (平均 162  $\mu\text{M}$ )、42~141  $\mu\text{M}$  (平均 72  $\mu\text{M}$ ) の範囲で変動した。また、DSi:DIN 比は 0.74~4.3 (平均 2.3) の範囲で変動した。DIN 濃度についての季節変動傾向は明瞭ではないが、DSi 濃度については 2000 年 9 月の東海豪雨時および 2001 年 9 月などの出水時に大幅な濃度低下がみられた。Fig. 4 に Stn. Y における日平均流量と DSi、DIN 濃度の関係を示した。流量の増加とともに DSi、DIN 濃度いずれも低下する傾向がみられるが、その傾向は DSi の方がより強いことがわかる。これは大規模な出水時には表面流出が卓越し、浸透流によって流出した DSi が希釈されるためであると考えられる。一方、Stn. M における DSi 濃度は 127~247  $\mu\text{M}$  (平均 185  $\mu\text{M}$ ) の範囲で Stn. Y に比べ若干高い傾向を示す程度であったが、DIN 濃度は 24~55  $\mu\text{M}$  (平均 41  $\mu\text{M}$ ) と Stn. Y よりも常に低濃度であった。これらを反映して Stn. M における DSi:DIN 比は 3.2~7.9 (平均 4.7) と Stn. Y よりも大幅に高くなっている。

Fig. 5 に調査日前 7 日間の矢作ダム (矢作川最上流のダム湖) の積算交換率と Stn. M における珪藻細胞密度の関係を示した。増水期間である 6 月~10 月は矢作ダムの交換率に関係なく細胞密度が低いのにに対し、渇水期間の 11 月~5 月は交換率の低下とともに細胞密度が高くなる傾向にあ

ることがわかる。このことは、11月～5月の期間においてはダム湖水の交換率の低下、すなわち滞留時間が長くなることが珪藻類の増殖に有利になることを明瞭に示している。Fig. 6にStn. Mにおける珪藻細胞密度とDSi:DIN比の関係を示した。細胞密度が低い場合にはDSi:DIN比の変動の幅が大きく、最大で8程度の高い値となる場合があるのに対し、細胞密度が高くなるにつれてDSi:DIN比は4前後に低く抑えられる傾向にある。これは珪藻類の増殖にともなって、DSiが消費されることが原因であると考えられる。淡水性の珪藻類は海産のものに比べて単位細胞体積当たりで一桁多くの珪素を必要とするため、こうした陸水域での珪藻類の増殖によるDSiの消費は沿岸海域における基礎生産・物質循環構造に重大な影響を及ぼすことが懸念される。

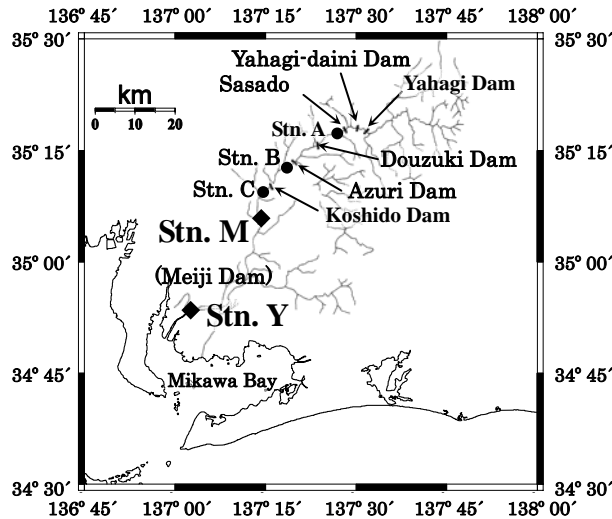


Fig. 1 Study area and sampling stations in Yahagi River.

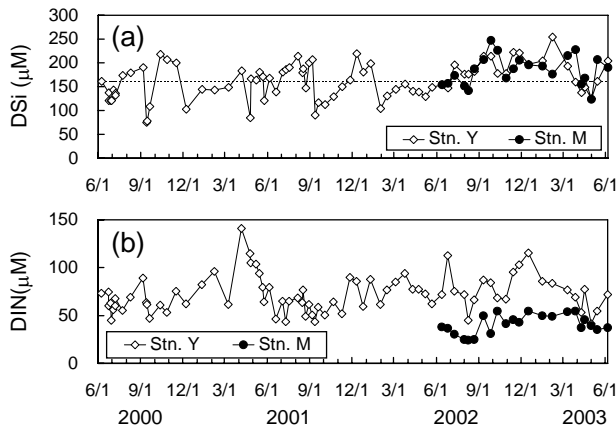


Fig. 2 Time series variations of (a) DSi and (b) DIN concentrations at Stn. Y and Stn. M in the Yahagi River.

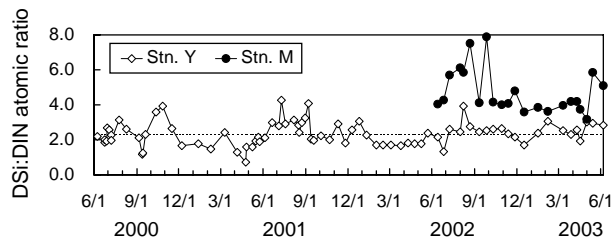


Fig. 3 Time series variations of DSi:DIN ratio at Stn. Y and Stn. M in the Yahagi River.

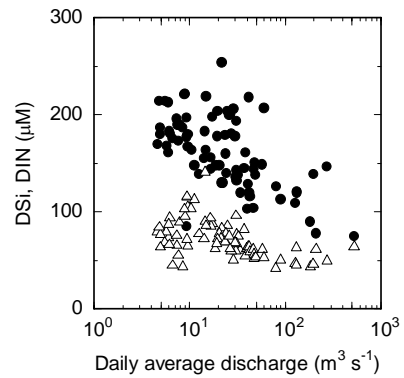


Fig. 4 Relationships between daily average discharge and DSi (●), DIN (△) at Stn. Y.

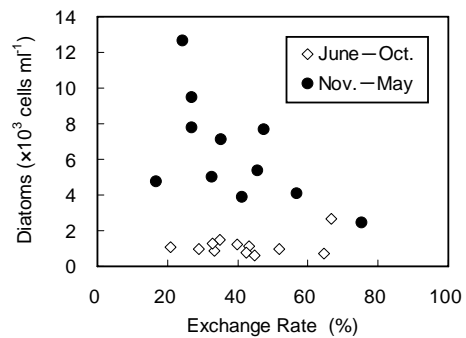


Fig. 5 Relationship between cumulative water exchange rate at Yahagi dam reservoir 7 days before sampling and diatom cell density at Stn. M.

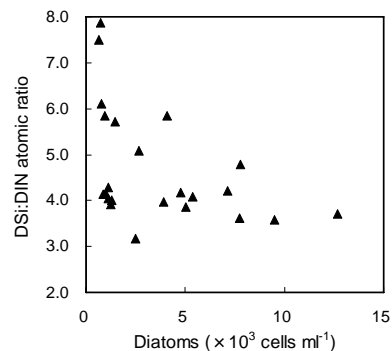


Fig. 6 Relationship between diatom cell density and DSi:DIN ratio at Stn. M.