

鹿児島湾周辺河川における栄養塩負荷の流出特性について

鹿児島大学 学生会員 ○伊地知 浩平 正会員 安達 貴浩、小橋 乃子

1. 研究の目的 鹿児島湾では、過去に数度、有害赤潮の発生による深刻な漁業被害が発生している。このため、赤潮発生を規定する周辺河川からの栄養塩負荷の流出特性を正確に把握することは重要である。本研究では、鹿児島湾北部海域の流入河川を対象に、河川水中の重要な栄養塩類である窒素、リン、さらには珪藻の増殖を支配するシリカの負荷流出特性を河川毎に比較した。

2. シリカの分析手法に関する基礎的検討 我が国における多くの河川水中の溶存態シリカ(SiO_2)は、1~30mg/Lで存在する(大垣,2005)。また、 SiO_2 濃度が高くなると、シリカの沈殿が生じると言われており、実際、単量態ケイ酸濃度 240~340mg- SiO_2 /L の温泉水を常温で放置すると、10 日程度でその濃度は溶解度に近づくことが確認されている(White et al (1956))。本研究が対象とした天降川の最大 SiO_2 濃度は 72.1mg/L、平均 SiO_2 濃度は 51.9mg/L と高く、時間の経過とともに SiO_2 濃度が減少する可能性が考えられたので、まずその影響を調べた。具体的には採水した河川水を 20℃で保存し、所定の時間間隔で、濾水の SiO_2 濃度を測定した。その結果、1 ヶ月経過しても、 SiO_2 濃度の変化は見られなかった。次に、冷凍保存が SiO_2 の分析結果に与える影響を検証したところ、冷凍保存により SiO_2 濃度の減少が見られた。

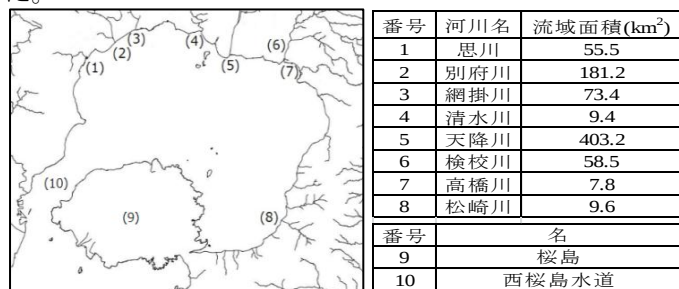


図 1 鹿児島湾北部海域と観測河川

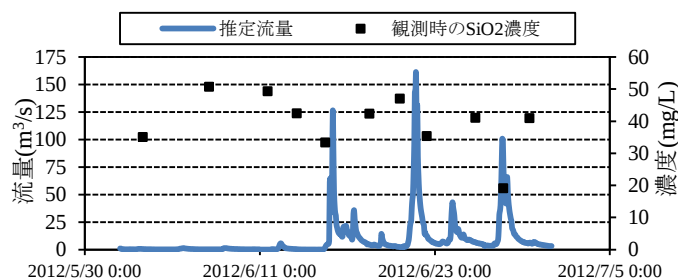


図 2 思川の流量と SiO_2 濃度

3. シリカの流入特性を把握するための現地観測 2012 年 6 月に、鹿児島湾・北湾に流入する主要 3 河川(天降川、別府川、思川)を対象に、2 日に 1 回の頻度で SiO_2 濃度の連続観測を行った(図 1)。また、2012 年 7 月(降雨時)と 8 月(晴天時)に、鹿児島湾・北湾に流入する上記 3 河川以外の河川(網掛川、清水川、検校川、高橋川、松崎川)においても SiO_2 濃度の広域観測を行った。観測地点はいずれの河川においても、海水の影響が全くない河口付近である。前述の基礎的検討を踏まえて、採水した表層水を採水当日に濾過し、珪モリブデン酸法によって SiO_2 濃度を測定した。なお、連続観測の期間を 6 月としたのは出水時期の為、幅広い流量に対しての観測結果が得られると考えられたからである。図 2 に観測期間中の思川流量と SiO_2 濃度の時系列を示す。

4. SiO_2 を対象とした LQ モデルの作成 観測期間における天降川、別府川、思川の河川流量は HQ モデルより推定し、連続観測により得られた SiO_2 濃度を用いて、以下の LQ モデルを作成した(図 3)。

$$L=aQ^n$$

($L(\text{kg/s})$: 負荷量、 $Q(\text{m}^3/\text{s})$: 流量、 a, n : 経験パラメータ)

天降川における既往の研究結果では、プロットのばらつきが比較的大きいものの、 SiO_2 負荷量は河川流量の大きさに関わらずほぼ一定となるものと判断されていた(図 4,2009 年の結果)。しかしながら、今回、出水時を含めた幅広い流量を対象に観測を実施したところ、データのばらつきは小さく、河川流量の増加に伴って SiO_2 負荷量も微増するという傾向が見られた。また、別府川と思川においても河川流量の増加に伴って、 SiO_2 負荷量が増加するという結果が得られたが、別府川と思川の LQ 曲線が類似しているのに対し、天降川のみが異なる傾向を示すことが分った。

次に、上記 3 河川と他の流入河川の LQ モデルの比較を行った。なお、これらの河川については、水位や流量の観測結果が存在しないため、思川の河川流量に該当河川と思川の流域面積比を乗じて流量推定を行った。得られた結果を図 5 に示す。流域が異なるにも関わらず、これらの河川における L と Q の関係は、別府川と思川の LQ 曲線上にプロットされることが確認できた。

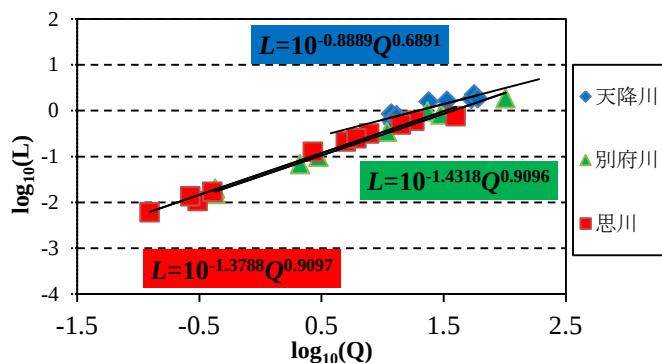


図 3 SiO_2 LQ モデル(天降川、別府川、思川)

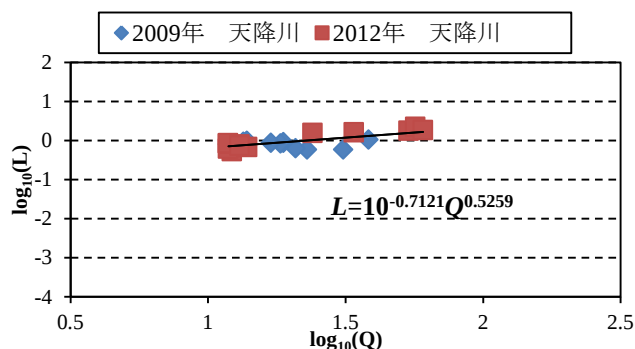


図 4 SiO_2 LQ モデル(天降川)

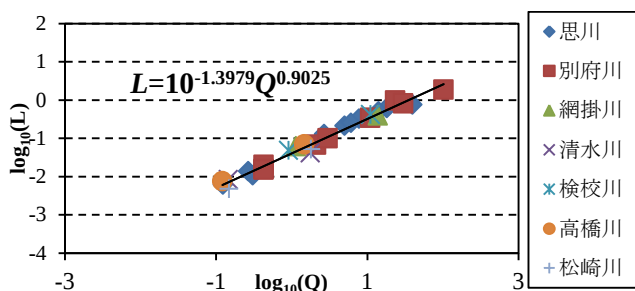


図 5 SiO_2 鹿児島湾周辺河川のプロット

以上より、天降川を除いた鹿児島湾・北湾流入河川において、 SiO_2 負荷量は河川の違いに関わらず、流量によってほぼ一意的に決定されていることが分かった。その関係は以下のように与えられる。

$$\text{天降川以外の河川} : L = 10^{-1.3979} Q^{0.9025}$$

$$\text{天降川} : L = 10^{-0.8889} Q^{0.6891}$$

天降川のみ傾向が異なる要因としては、源流から河口までの区間に複数の温泉地帯を経由していることが考えられる。

5. 窒素とリンの負荷量の特性 次に、全窒素と全リンに対しても同様の検討を行った。対象河川は、天降川、思川、別府川、網掛川、検校川の 5 河川である。また、使用したデータは、主に 2003 年～2004 年の「公共用水域水質測定結果」であるが、公共用水域の水質測定は、出水時には実施されていないため、著者らが独自に実施した出水時調査の結果(天降川、思川)を加えて LQ 曲線を作成した。

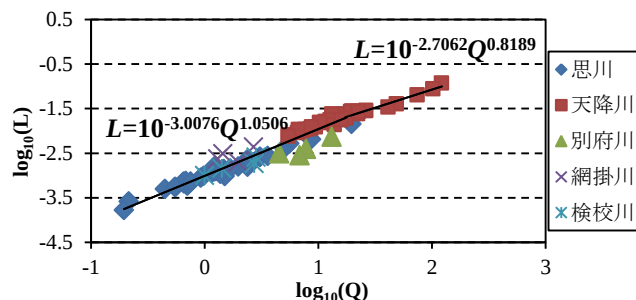


図 6 全窒素 LQ モデル

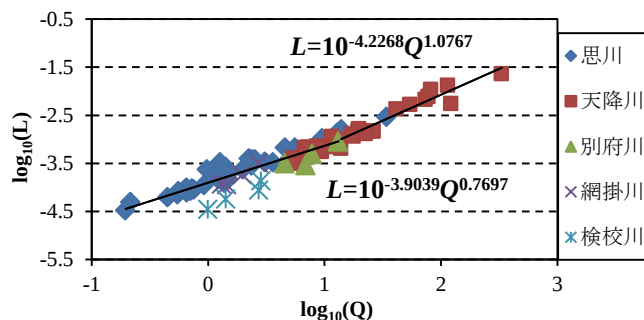


図 7 全リン LQ モデル

表 1 LQ モデル式

全窒素	全リン
$Q < 18$ の時 $L = 10^{-3.0076} Q^{1.0506}$	$Q < 13.5$ の時 $L = 10^{-3.903} Q^{0.7697}$
$18 \leq Q$ の時 $L = 10^{-2.7062} Q^{0.8189}$	$13.5 \leq Q$ の時 $L = 10^{-4.2268} Q^{1.0767}$

その結果、5 河川いずれについても、類似した LQ 曲線が得られたので、第一近似として、全河川データから 1 つの LQ モデルを作成した(図 6.7)。なお、全窒素においては流量 $18 \text{ m}^3/\text{s}$ を境に LQ 曲線の傾向が異なっていた為、流量 $18 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下と以上で場合分けをし、全リンにおいては流量 $13.5 \text{ m}^3/\text{s}$ を境に 2 つの LQ モデルを作成した。得られたモデル式は表 1 のようになる。

SiO_2 の結果とは異なり、モデル式に対して観測結果のばらつきは大きい、 SiO_2 の場合と同様に、河川の違いに関わらず、全窒素や全リンの負荷量は流量によってほぼ決定されていると見なせることが分かった。

結論 本研究により、鹿児島湾北部海域周辺河川からのシリカ、窒素、リンの負荷量と河川流量との関係性が明らかとなった。

参考文献 White, D.E., Brannock, W.W., and Murata, K.J. :

Silica in hot-spring waters, Geochim. Cosmochim. Acta, 10, 27-59, 1956.

大垣眞一郎監修, 財団法人河川環境管理財団編 : 河川と栄養塩類, 技報堂出版, 2005.