

分布型水文流出モデルを用いた 播磨灘に流入する淡水流入量の推定に関する研究

石塚正秀

香川大学工学部 准教授

1. 研究目的

海域の環境変化は河川流入負荷量の変化と深く関係していることが知られている。その関係をより詳細に明らかにするためには、陸域からの物質を輸送する淡水量を正確に推定する必要がある。しかし、二級河川は観測データが十分に整備されておらず、調査が行われていない場合や観測の時間分解能や精度の問題がある。香川県の東讃域の河川はすべて二級河川であり、播磨灘の南側における淡水供給量はこれまでに明らかとなっていない。そのため、本研究では、分布型水文流出モデルを用いて香川県および兵庫県から播磨灘に流入する河川流量を推定することを研究の目的とする。分布型水文流出モデルを用いることで、播磨灘北部海域と南部海域における淡水流入量の差異が定量的に評価することができ、栄養塩負荷量を推定するための基礎的情報となる淡水量データを提供できる。

2. 研究方法

①数値モデルによる河川流量の推定

分布型水文流出モデルを用いて、河川流量の推定を行う。モデルは、石塚・江種（2008）により開発された。モデルの適用にあたっては、標高・斜面勾配・河川流路位置などの地形データや森林・農地・宅地などの土地利用データを収集し、地形モデルの作成を行った。また、入力データとなる降水量データ・気温データを収集する。雨量データには気象庁のアメダスデータを用いた。

対象流域は香川県東讃域と兵庫県播磨灘側であり、播磨灘に流入する二級河川流域である。それぞれ、東讃域 7 河川（鴨部川、津田川、番屋川、与田川、湊川、小海川、馬宿川）、兵庫県 4 河川（千種川、夢前川、市川、明石川）の計 11 河川を対象とした。

②シミュレーション結果の検証

兵庫県を流れる揖保川は一級河川であり、国土交通省による河川流量データが存在するため、シミュレーション結果と現状の河川流量の比較を行い、モデルパラメータの検討を行った。

③河川水質の調査

河川水質の基礎的項目を測定し、各河川における水質の基礎的特徴を調べる。測定項目は、SS、溶存ケイ素、全リン、リン酸態リン、全窒素、硝酸イオン、有機態リン、有機態窒素、pH、EC（電気伝導度）、水温、DO（溶存酸素量）である。対象河川は東讃域 8 河川（鴨部川、津田川、番屋川、与田川、湊川、小海川、馬宿川、折野川）、兵庫県播磨灘側 6 河川（千種川、揖保川、夢前川、市川、加古川、明石川）、兵庫県淡路島 3 河川（郡家川、大日川、三原川）の計 17 河川とした。

なお、窒素項目に関して、東讃域は流域面積の大きい鴨部川、津田川、湊川について測定を行った。調査は、2009年8月（2回）、10月、12月、2010年2月に実施した。このうち、2009年8月10日は台風9号による大雨により、香川県東部の引田アメダス観測所において1時間あたり59.0mm（10分あたり21.5mm）の非常に激しい雨が観測された際に、出水時の調査を行った。また、12月の調査も出水時に実施した。なお、調査地点は、海水の影響を受けない河口に近い地点を選定した。

④ 播磨灘における河川水の影響の検討

兵庫県および香川県の水産試験場が観測を定期的に行っている観測データを整理し、河川流量と播磨灘における栄養塩濃度の空間分布との関係を調べる。

3. 結果と考察

(1) 河川流出解析

i) 数値モデルの精度検証

対象とする二級河川には実測データが存在しないため、実測データ（国土交通省：水文水質データベース）の存在する一級河川である兵庫県の揖保川流域において流出解析を行い、モデルパラメータの検討を行った。精度の検証は2002年（姫路アメダス降水量：808mm/yr）を対象とし、初期条件の影響を受ける1、2月を除いた3月以降の総流量を比較した。その結果、河川流量の実測値とシミュレーション結果との差異は約10%であり、本モデルの結果は妥当であると判断した。

ii) 播磨灘に流入する淡水流入量の推定

上記の揖保川を対象としたモデルパラメータを用いて、渇水年である2002年の河川流出解析を行い、播磨灘に流入する淡水流入量（3月以降の総流量）の推定を行った。結果を図1に示す。その結果、播磨灘に流入する淡水流入量は、東讃域と比較して兵庫県播磨灘側が約13倍多い結果が得られた。なお、一級河川の加古川と揖保川については国土交通省の実測データの値を用いた。

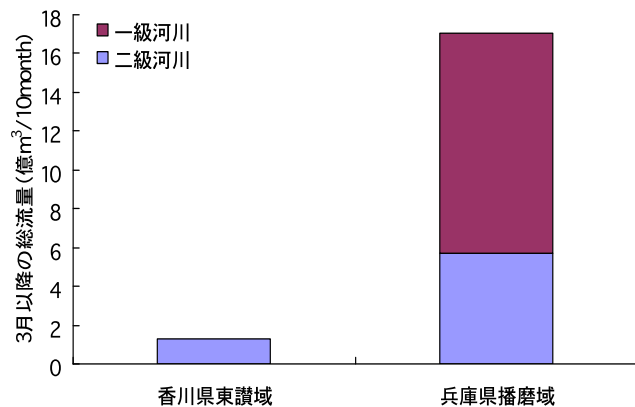


図1 播磨灘に流入する淡水流入量の比較
(2002年3月～12月の総流量)

(2) 河川水質調査

i) 空間分布

河川水質調査結果（平水時）について、ケイ素、リン酸態リン、硝酸イオンの空間分布を図2に示す。ケイ素濃度を比較すると、全体的に東讃域の濃度が兵庫県播磨灘側よりも高くなっていることがわかった。その比率は、東讃域が約1.7倍

大きかった。リン酸イオンと硝酸イオンも東讃域の濃度が若干高くなっており、その比率は約 1.3 倍であった。また、局所的な傾向もみられた。とくに、馬宿川ではリン酸イオン濃度が高く、明石川ではリン酸イオンと硝酸イオンの濃度が高く、大日川ではリン酸イオン濃度が高い結果が得られた。

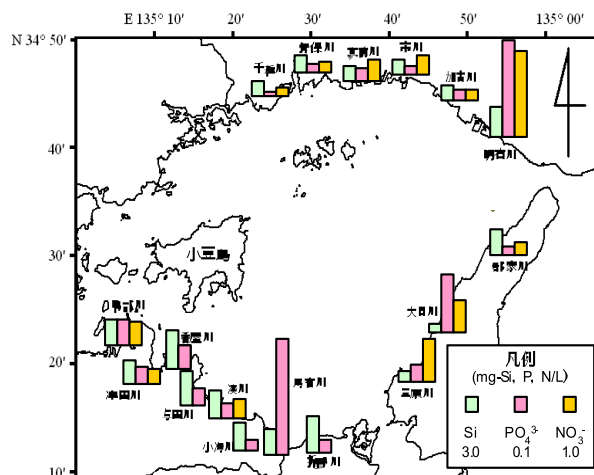


図 2 播磨灘周辺流域における河川水質空間分布 (ケイ素・リン酸イオン・硝酸イオン)

ii) 栄養塩のモル比の比較

各地域ごとの河川水の栄養塩のモル比の比較結果を図 3 に示す。レッドフィールド比 (C: N: P: Si = 106: 16: 1: (15)) より、N/P をみると、いずれの地域においてもリンに対して窒素が多い結果が得られた。また、Si/N と Si/P をみると、窒素とリンに対してケイ素が多い結果が得られた。つまり、兵庫県側・香川県側ともに播磨灘の一次生産に対して、リンが制限因子であり、ケイ素は十分供給されていることがわかった。

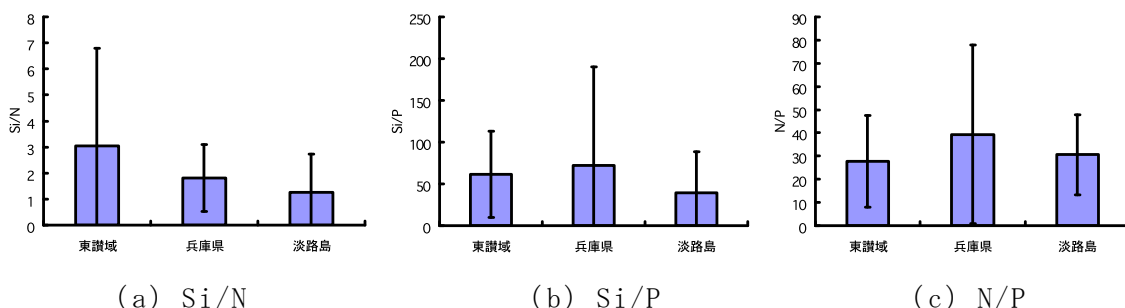


図 3 河川水の栄養塩のモル比の各地域の比較 (平水時)

iii) 増水時の河川水質

2009年8月10日の増水時における東讃域の河川水質と平水時の水質と比較した結果を図 4 に示す。増水時のデータは、計 6 河川における平均値を示す。電気伝導度 (EC) とケイ素、リン酸イオン、硝酸イオンなどの溶存成分は増水時に濃度が低下する結果が得

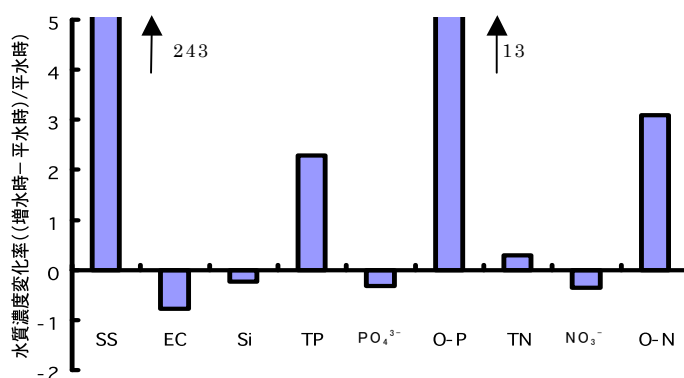


図 4 平水時に対する出水時の水質濃度の変化率 (東讃域)

られた。これは、流量増加にともなう希釈による影響であると考えられる。また、このときの濃度の減少率は、順に 0.2 倍, 0.8 倍, 0.7 倍, 0.6 倍であった。一方, SS や全リンや全窒素などの懸濁成分は濃度が高くなる結果が得られた。濃度の増加率は、順に 244 倍, 3.3 倍, 1.3 倍であり、とくに、SS の急激な増加がみられた。また、有機態リン、有機態窒素もそれぞれ、14 倍, 4.1 倍増加しており、全窒素と全リンの増加には、有機態成分の増加が寄与していることがわかった。

(3) 播磨灘水質への影響

兵庫県水産技術センターと香川県水産試験場が実施している浅海定線調査結果を用いて、播磨灘海域の水質濃度（ケイ素、リン酸イオン、硝酸イオン）の空間分布について整理した。ここでは、出水直後の水質変化に着目し、調査日の前日（8 月 31 日）に多量の降雨（47.5 mm（高松アメダス観測所））があった 2004 年 9

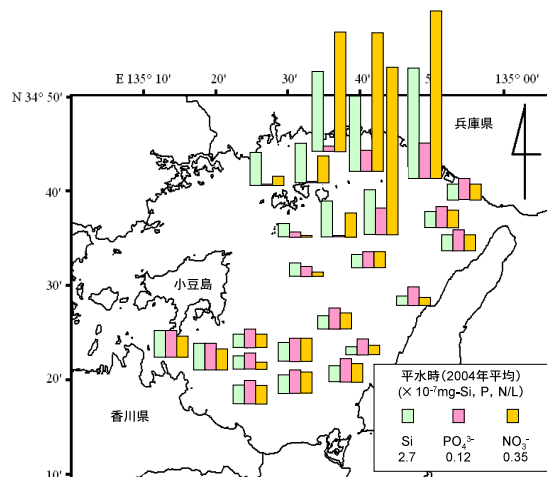


図 5 播磨灘における水質濃度の空間分布図
(ケイ素・リン酸イオン・硝酸イオン；
2004 年の平均値に対する 2004 年 9 月の比率)

月 1・2 日の観測結果を図 5 に示す。なお、棒グラフの大きさは 2004 年の平均値に対する比率で示している。兵庫県側（播磨側）と東讃域側のいずれの海域においても、陸近くにおいて濃度が高くなっている結果が得られた。図の右下に示した年平均値（ケイ素： $2.7 \times 10^{-7} \text{mg-Si/l}$ 、リン酸イオン： $0.12 \times 10^{-7} \text{mg-P/l}$ 、硝酸イオン： $0.35 \times 10^{-7} \text{mg-N/l}$ ）と比較すると、兵庫県側（播磨側）ではケイ素濃度は約 6.5 倍、リン酸イオンは約 2.5 倍、硝酸イオンは約 11 倍に増加していた。一方、香川県側ではケイ素は約 2.1 倍、リン酸イオンは約 2.0 倍、硝酸イオンは約 1.5 倍に増加しており、河川出水の影響が大きく表れている。とくに、兵庫県側のケイ素と硝酸イオンの変動が大きい。このことから、河川近くの海域水質は洪水流出による短期的な河川流入の影響を強く受けており、この影響は河川流量の多い兵庫県側がより大きい結果が示された。

4. 結論

本研究では、兵庫県播磨灘側と香川県東讃域の二級河川について分布型水文流出モデルを用いて、河川流量を推定した。また、河川水質調査や播磨灘の水質データの解析を行った。その結果、1) 兵庫県側の河川流量は東讃域に対して約 13 倍の淡水供給量があること、2) 河川出水直後の一時的な淡水流入が海域の栄養塩分布に大きく影響を与えていることが明らかとなった。