

ノート

播磨灘の溶存態無機窒素 (DIN) の濃度変動に及ぼす降水量および陸域負荷の影響

原田和弘*・反田 實

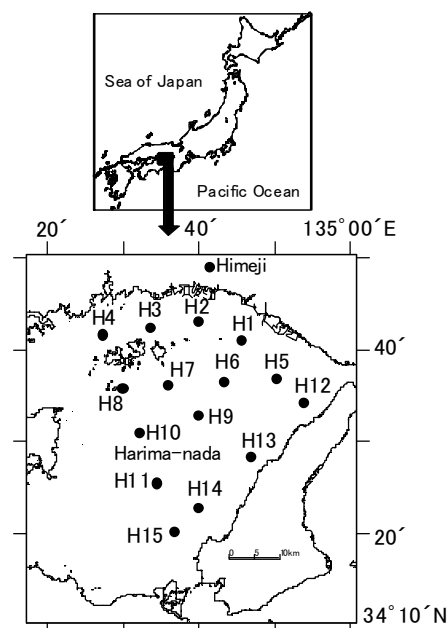
Influence of the precipitation and the load inflow from Harima area of Hyogo Prefecture to the changes of dissolved inorganic nitrogen (DIN) in Harima-nada

Kazuhiro HARADA* AND Minoru TANDA

キーワード: 播磨灘, DIN, 降水量, 陸域負荷

瀬戸内海東部に位置する播磨灘では、近年、溶存態無機窒素 (以後、DIN とする) の濃度低下が著しく、冬季に生産期を迎える養殖ノリに色落ち (佐野 1955; 天野 2001) が頻発する等の影響が生じている (原田ら 2009)。播磨灘の栄養塩動態には、陸域からの負荷 (眞鍋ら 1994)、外海水の影響 (武岡ら 2005; 石井・柳 2006)、底泥からの溶出 (山本 2008) および植物プランクトンによる消費 (堀ら 2008) 等が関連していると考えられる。また、播磨灘における 1990 年代後半以降の DIN 濃度低下には、水質汚濁防止法や瀬戸内海環境保全特別措置法の改正により、窒素の排水基準 (1993 年) や削減指導 (1996 年) が策定されたことも影響していると推測される [兵庫県における法規制年表は、赤壁・秋山 (1999) が詳細に記述している]。

播磨灘北部には、加古川、市川、揖保川、千種川等、流域面積の大きな河川が複数流入している。また、兵庫県播磨地域の人口は約 186 万人 (2010 年度国勢調査) を数え、沿岸には播磨工業地帯が存在することから、播磨灘の特に北部は陸域負荷の大きい海域である。



第 1 図 播磨灘の調査定点 (15 定点)

本報では、播磨灘の DIN 濃度と播磨地域の降水量等の解析から、当海域の DIN 濃度変化には降雨に伴う陸域負荷が大きく関わっていると推測されたので報告する。

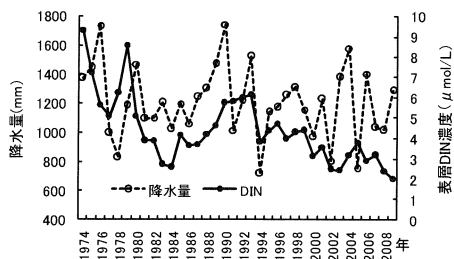
播磨灘の漁場環境解析には、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センターが 1974 年 1 月～

* Tel: 078-941-8601; Fax: 078-941-8604; Email: kazuhiro_harada@pref.hyogo.lg.jp

兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター (674-0093 兵庫県明石市二見町南二見 22-2)

2009年12月までの36年間、播磨灘の15定点(第1図)で毎月1回、月の月上旬に実施した浅海定線調査データを使用した。解析には、表層における各年のDIN濃度平均値(15定点)を使用した。降水量は、気象庁ホームページ(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)から、播磨地域に位置し、播磨灘に注ぐ主要河川(加古川、市川、揖保川、千種川)流域の代表定点として、長期にわたって降水量のデータが蓄積されている姫路の観測値を使用した。なお、統計学的解析には、いずれもPearsonの相関係数を使用した。

瀬戸内海は閉鎖性海域(柳 2008)であり、その東部に位置する播磨灘は栄養塩変動の一因として、陸水の影響を受けていることが指摘されている(眞鍋ら 1994)。そこで、まず1974~2009年の姫路の年間降水量と播磨灘表層のDIN濃度について比較した。その結果、両者の変動傾向は似ているものの、有意な相関は認められなかった($r=0.26$, $n=36$, 第2図)。降水量とDIN濃度の変動に相関が認められない要因として、陸域からの窒素排出濃度の経年変化が関与していると想定された。そこで、次に播磨灘のDIN濃

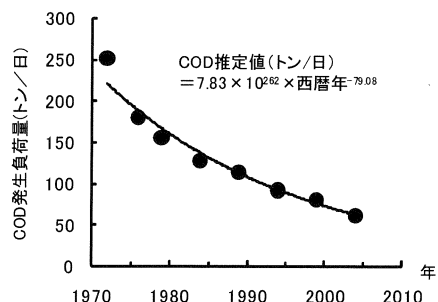


第2図 姫路の年間降水量と播磨灘におけるDIN濃度(15定点の年平均値、表層)の関係

度と陸域負荷に関して以下の解析を試みた。

兵庫県では、発生負荷量を評価しうる指標として、化学的酸素要求量(COD)の値が1972~2004年の間、概ね5年毎に報告されている[兵庫県農政環境部環境影響評価室ホームページ, 平成22年度版環境白書(<http://www.pref.hyogo.jp/JPN/apr/index.html>)]。こ

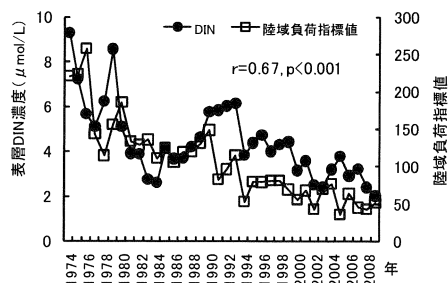
こでは、5年毎の数値のトレンドを基に各年のCOD発生負荷量を、次式により推定した。COD推定値(ト



第3図 兵庫県瀬戸内海区におけるCOD発生負荷量の推移

ン/日) = $7.83 \times 10^{262} \times \text{西暦年}^{-79.08}$ (第3図)。

本報では陸域負荷の指標として、COD発生負荷量の推定値に、姫路の年間降水量の平年比(1971~2000年の平年値1234.5mmを1として算出)を乗じた値を用いた(以後、陸域負荷指標値とする)。なお、この試算で用いたCOD発生負荷量は兵庫県瀬戸内海区の値であるが、断片的に存在する播磨灘[兵庫県生活部環境局1976; (社)瀬戸内海環境保全協会2006]のそれと比較しても変動傾向は同様であるため、そのまま使用しても差し支えないと判断した。この数式により算出した陸域負荷指標値と播磨灘におけるDIN濃度の関係を第4図に示した。両者の変動傾向は概ね



第4図 播磨灘におけるDIN濃度(15定点の年平均値、表層)と陸域負荷指標値の関係、陸域負荷指標値=第3図で算出した各年のCOD推定値×姫路の年間降水量平年比

一致しており、正の相関 ($r=0.67$, $p<0.001$, $n=36$) が認められた。本解析は概算的であり、陸域負荷指標値の算出方法にも課題は残されているものの、本結果から播磨灘のDIN濃度変化には、降雨に伴う陸域負荷が少なからず影響していることが示唆された。

武岡ら (2005) は瀬戸内海の栄養塩の2/3程度は外海起源であると指摘し、石井・柳 (2006) は瀬戸内海に存在するリン・窒素は、水域特性はあるものの、その大部分が太平洋起源によるものと報告している。藤原ら (2003) は瀬戸内海における外海起源と陸起源の栄養塩の輸送経路を調査し、播磨灘では陸起源の栄養塩に依存していることを示す一方、瀬戸内海中東部で認められる1980年代後半の窒素濃度のピークは、大阪湾西部を通ってくる外海起源負荷の変動を考慮する必要があるとしている。さらに、藤原ら (2006) は1984年以降の播磨灘および備讃瀬戸のDIN濃度上昇は、外海栄養塩流入の影響を受ける大阪湾西部底層の栄養塩濃度の動きと共通するが、ピークの年代には違いが見られることから、陸域負荷や通過流など他の影響を受けることを示唆している。

播磨灘における底泥からの栄養塩溶出については、神山ら (1997, 1998) および山本ら (1998) の報告がある。神山ら (1998) は、播磨灘海底における窒素・リンの溶出量は北部沿岸域と灘北東部海域で高くなる傾向があり、灘全域の海底における窒素およびリンの溶出量は、それぞれ1日あたり59トン、5トンと見積もられ、河川からの流入負荷の82%と79%に達すると推察している。山本 (2008) は播磨灘の成層期における底泥からの窒素溶出量は35トン/日であるのに対し、陸域からの窒素負荷量は95トン/日 (環境省未公表データ) としている。また、山本 (2008) は底泥からの溶出量は、1993~1994年に比べて2000~2002年の測定結果では低下していると報告している。

さらに、堀ら (2008) は播磨灘北部のDIN濃度減少要因として、珪藻類の *Coscinodiscus wailesii* や *Eucampia zodiacus* の出現による消費も指摘している。

今回の解析によって、播磨灘のDIN濃度の変動に陸域負荷が関与していることが示唆された。一方、播磨灘の栄養塩環境には前述のように外海水や底泥からの溶出等、様々な要因も関係している。今後は、栄養塩変動に及ぼすそれら諸要因の影響度合いを評価することによって、播磨灘の生物生産性を保持するための栄養塩管理方策に役立てる必要がある、本報はその議論の参考になればと考えている。

謝 辞

兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センターの浅海定線調査は、1973年度から毎月1回の調査が今日まで継続されており、その間調査に携わった職員ならびに調査船乗組員の皆様に厚く感謝の意を表します。

また、播磨灘のCOD発生負荷量に関する資料収集に際し、ご協力を賜った大阪工業大学工学部駒井幸雄教授に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 赤壁哲朗・秋山和裕 (1999) 兵庫県における排水中の栄養塩削減の推移. 兵庫県立公害研究所報告, **31**, 59-67.
- 天野秀臣 (2001) 有明海のノリに起きたこと日本のノリ産業に大きな打撃を与えた“色落ち”とは?. 化学と生物, **39**, 784-785.
- 藤原建紀・小林志保・高志利宣 (2003) 瀬戸内海の窒素・リンの輸送と起源の現地観測. 海岸工学論文集, **50**, 951-955.
- 藤原建紀・小林志保・國井麻妃・宇野奈津子 (2006) 瀬戸内海に存在するリン・窒素量の経年変動. 沿岸海洋研究, **43**, 129-136.
- 原田和弘・堀 豊・西川哲也・藤原建紀 (2009) 播磨灘の栄養塩環境とノリ養殖. 海洋と生物, **31**, 146-149.

- 堀 豊・望月松寿・島本信夫(2008) 播磨灘北部海域におけるノリ色落ちと漁場環境の変遷. 水産海洋研究, **72**, 107-112.
- 兵庫県生活部環境局(1976) 播磨灘の富栄養化防止対策(無機栄養塩類排出規制のための調査結果報告). 表-20.
- 石井大輔・柳 哲雄(2006) 瀬戸内海に存在する太平洋起源のリン・窒素. 沿岸海洋研究, **43**, 119-127.
- 神山孝史・玉井恭一・辻野 睦(1997) 海底堆積物からの栄養塩再生産過程に及ぼす底質・溶存酸素条件. 南西水研研報, **30**, 209-218.
- 神山孝史・辻野 睦・玉井恭一(1998) 夏季成層期の播磨灘海底における栄養塩類溶出量. 南西水研研報, **31**, 33-43.
- 眞鍋武彦・反田 實・堀 豊・長井 敏・中村行延(1994) 播磨灘の漁場環境と植物プランクトンの変動-20年間のモニタリングの成果-. 沿岸海洋研究ノート, **31**, 169-181.
- 佐野 孝(1955) 養殖海苔の色沢変化に関する研究第1報 水溶性色素の変化について. 東北水研研報, **4**, 243-261.
- (社) 瀬戸内海環境保全協会(2006) 平成17年度環境省委託業務報告書 瀬戸内海環境情報基本調査(総合解析編). 92.
- 武岡英隆・速水祐一・兼田淳史(2005) 瀬戸内海における環境の長期変動. 沿岸海洋研究, **43**, 45-50.
- 山本民次・松田 治・橋本俊也・妹背秀和・北村智頭(1998) 瀬戸内海海底からの溶存無機態窒素およびリン溶出量の見積もり. 海の研究, **7**, 151-158.
- 山本民次(2008) 瀬戸内海底泥からのリン・窒素の溶出. 「瀬戸内海の海底環境」(柳 哲雄編), 恒星社厚生閣, 東京, 61-75.
- 柳 哲雄(2008) “Environmental conservation of the Seto Inland Sea” (柳 哲雄・戸田常一・多田邦尚・今井一郎編) International EMECS Center, Kobe, 1-8.