

瀬戸内海中央部における表層海水中の溶存態無機窒素とクロロフィルaの経年変化

林 浩 志

Inter-Annual Variation of Dissolved Inorganic Nitrogen and Chlorophyll-a
in Surface Seawater of the Central Part of Seto Inland Sea

Hiroshi HAYASHI

岡山県沿岸海域は瀬戸内海の中央部に位置し、本州と四国に挟まれた東西に細長い水路状の海域である。島々が点在し、入り組んだ海岸線により潮流は複雑で、河川を通じて流入する陸水の影響を強く受けて水質の変化も大きい。

河口周辺では本県の主要な養殖業であるノリ養殖が、島影ではカキ養殖が営まれている。かつては、夏季に植物プランクトンが過剰に増殖し、マガキの摂餌を抑制させることができず、高水温と相まってへい死したり¹⁾、河口周辺から離れた漁場でも盛んにノリ養殖が営まれていたが、近年では秋季水温の上昇²⁾や冬季の栄養塩不足等の影響により、カキの身入りが遅れたり、ノリ色落ちが頻発し、生産枚数、生産金額とも減少するなど大きな被害をもたらしている³⁾。また、栄養塩の減少による生産力低下も懸念されている⁴⁾。

1972年から毎月月上旬に1回、沿岸定点で水温、塩分及び栄養塩等の水質調査を行ってきた。今回、溶存態無機窒素濃度（以下DIN）とクロロフィルa濃度（以下Chl-a）について各年代毎の状況を整理し、それらの関連性について検証したので報告する。

材料と方法

図1に示した調査定点で当水産研究所が採水した表層海水をGF/C フィルター（Whatman 社製）で濾過し試料とした。DINは濾液をオートアナライザー等の連続流れ式栄養塩分析装置等を用いて、また、Chl-aは濾過したフィルターごと90%アセトンで抽出し吸光法でそれぞれ分析した。

DINは1972年4月以降、Chl-aは1977年4月以降から2012年3月までのデータを解析に用いた。



図1 調査定点図

季節変動の解析に用いたデータは年代別月別の全定点平均値である。経年変化に用いたデータは月別の全定点平均値とその13月移動平均値であり、長期トレンドは13月移動平均値から最小二乗法により回帰直線で求めた。水平分布に用いたデータは年代別定点別の平均値である。DINとChl-aの関係に用いたデータは1974年4月から2012年3月までの月平均値とその13月移動平均値である。

結果と考察

季節変動 DIN及びChl-aの年代別月別変化を図2及び図3に示した。

平均DINは、10～12月までの間に高く、2～4月までの間に低い傾向があった。年代別にみると7月を除く全ての月で'70年代が最も高かった。特に、4月と9～11月は他の年代に比べ2～4 μM 高かった。DINのピークは、'70年代には14 μM 前後であったが、年代が進むとともに低くなり、'10年以降は8 μM 前後となった。1月以降はいずれの年代でも濃度は低下したが、特に'00年代、'10年以降は3 μM 以下と低かった。一方、7月の平均DINは年代間で変化が少なく5 μM 前後であった。これ

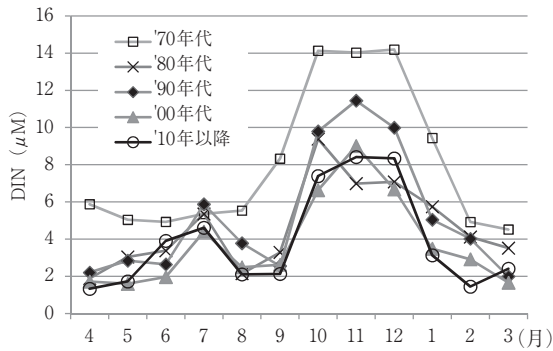


図2 DIN濃度の年代別季節変動

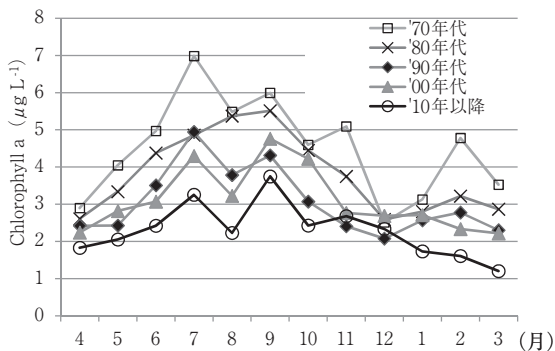


図3 クロロフィルa濃度の年代別季節変動

は大量の陸水が梅雨時期には海域へ供給されるため、年代にかかわらずDINの変化が少なかったものと考えられた。

平均Chl-aは、7月若しくは9月に最も高く、12月若しくは3月に最も低い傾向があった。ピークは、'70年代には7 $\mu\text{g/L}$ であったが、年代が進むとともに減少し、'10年以降は4 $\mu\text{g/L}$ 以下となった。'70～'90年代には12月が最低濃度となり、その後は2月にかけて上昇していたが、'00年代以降は横ばい若しくは3月にかけて低下していた。このことから1月及び2月のDINの低下が植物プランクトン増殖の制限要因になっていた可能性が考えられた。

経年変化 DIN及びChl-aの経年変動と長期トレンドを図4及び5に示した。

DINは年変動が大きいものの、移動平均では'70年代前半にピークとなった後、'80年代前半にかけて低下し、'90年代前半にかけて増加したものの、再び減少に転じ、'09年から'10年にかけて最低となった。過去からの推移を見ると、有意に減少していた。

Chl-aも年変動が大きいものの、移動平均では、'70年代後半から増減を繰り返しながら、有意に低下していた。'10～'11年が最低であった。

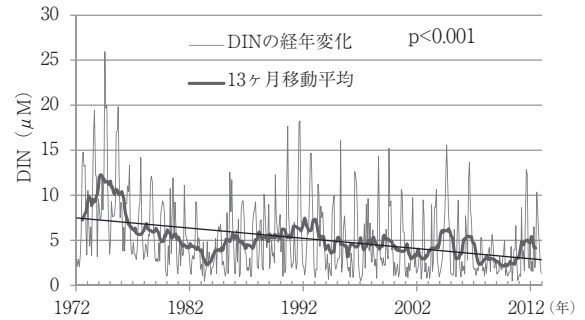


図4 DIN濃度の経年変動と長期トレンド

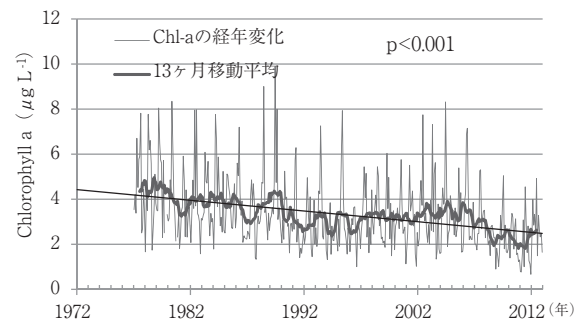


図5 クロロフィルa濃度の経年変動と長期トレンド

水平分布 年代別定点別のDIN及びChl-a平均値を図6に示した。

'70年代は全域で高い値がみられたが、'80年代及び'90年代は児島湾口及び高梁川河口付近のみ高い値が見られた。'00年代以降は児島湾口及び高梁川河口部で低下した。

Chl-aは、'70年代及び'80年代は河口付近及び沿岸付近で高い値が見られたが、'90年代以降減少し、'10年以降は沿岸部でも低い値となった。

DINとクロロフィルaの関係 図7及び8にDINとChl-aの月別平均値及びその13月移動平均値の関係を示した。両者の移動平均値には弱い正の相関が見られた。DINとともにChl-aも減少傾向にあり、両者には関連があることが分かった。

瀬戸内海では、瀬戸内海環境保全特別措置法制定以降、水質改善の努力がなされ、赤潮発生件数も減少してきている⁵⁾。一方、備讃瀬戸東部海域⁶⁾や播磨灘⁷⁾等でDIN低下に伴うノリの色落ちが問題となっている。

農林水産省の漁業・養殖業生産統計年報によれば、本県のノリ養殖生産量は2001年(養殖年)には約3億6千万枚(板のり)あったものの年々減少し、2007年には約1億9千万枚と低迷している。生産量が多かった'80年代の冬季DINと'00年代とを比較すると、1月が3.5 μM と約4割、2月が2.9 μM と約3割、3月が1.7 μM と

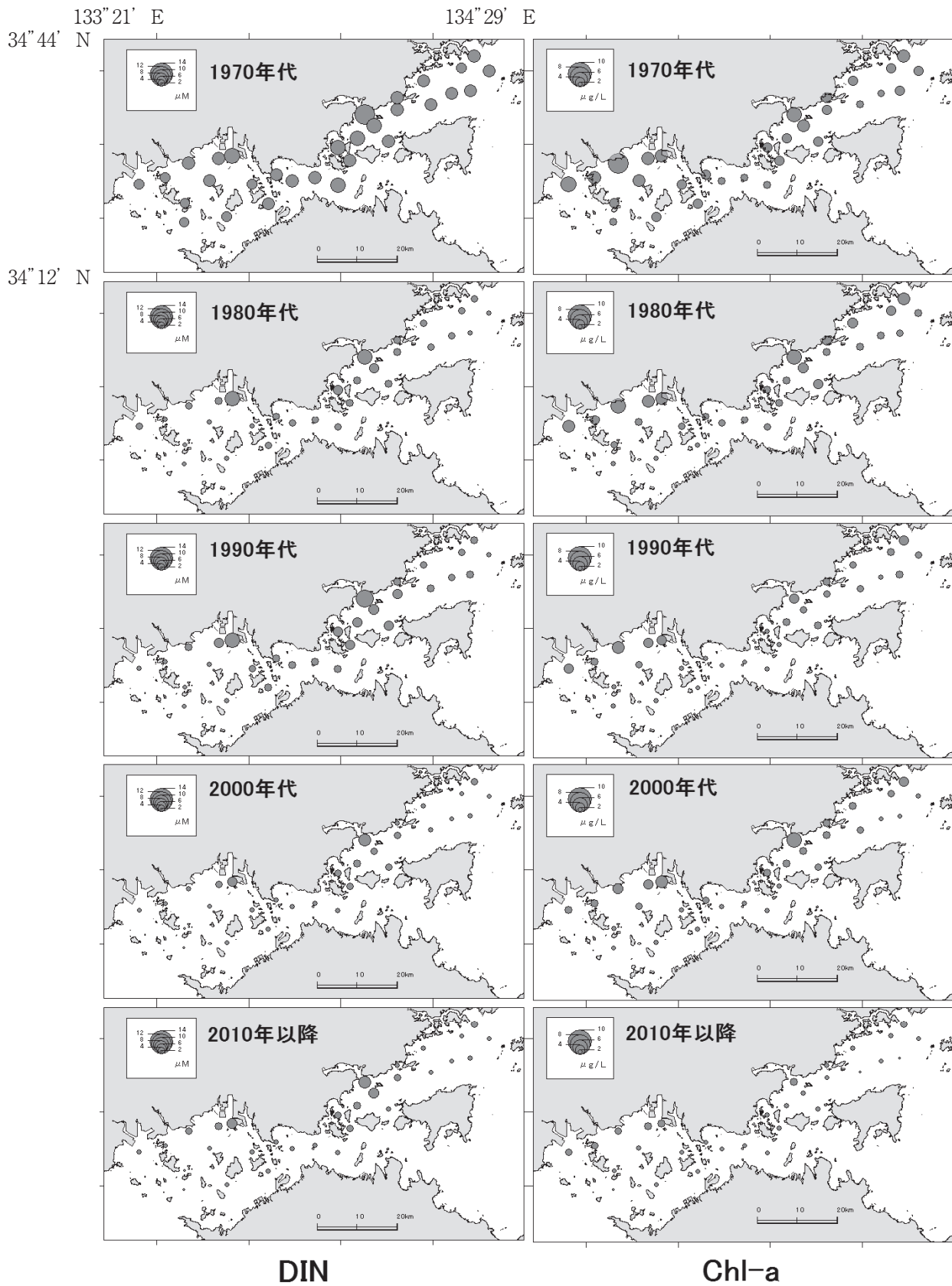


図6 海域別DIN及びクロロフィルa濃度の年代変化

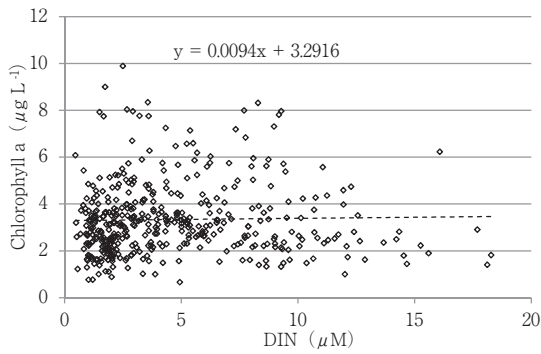


図7 DIN濃度とクロロフィルa濃度の関係

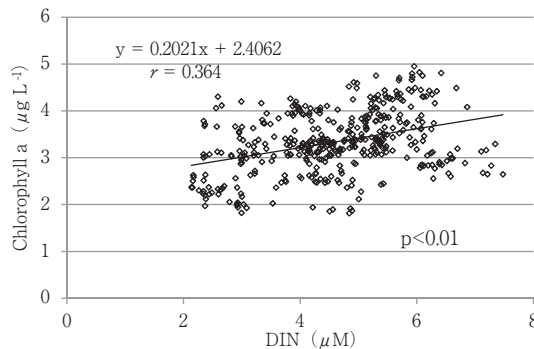


図8 DIN濃度とクロロフィルa濃度（13ヶ月移動平均）の関係

約5割減少しており、1月以降のDINの低下が生産量に大きく影響したものと考えられた。

ノリ養殖業の危機的な状況を緩和するため、吉井川上流の苦田ダムから弾力的放流によるノリ漁場への栄養塩供給が実施された⁸⁾。また、施肥による色落ち防止試験^{9, 10)}も行われたが、いずれも顕著な効果は見られていない。

本県の漁船漁業漁獲量は1980年で約13千tであったが年々減少し、2009年以降は約6千tと低迷している。DINの年平均値は1980年代の4.7μMから1990年代には5.2μMと上昇したが、2000年代には3.8μMと減少している。また、Chl-aの年平均値も1980年代の3.8μg/Lから1990年代には3.0μg/Lとなり、2010年以降は2.3μg/Lと減少している。DINと小型底びき網漁獲量等との有意な正の相関がある⁴⁾ことが播磨灘で指摘されており、本県においても両者の関係を今後さらに検討する必要があると考えられた。

本県のもう1つの主要養殖であるカキ養殖については、この間の生産量に大きな影響は見られていない。しかし、Chl-aは減少傾向にあり、今後、さらに減少が続けば身入りの遅れや悪化等も懸念される。

以上のことから、結論を下すには未だ不十分な部分もあるものの、Yamamoto⁵⁾が指摘しているように瀬戸内海が貧栄養化していると考え、反田ら⁴⁾や堀ら¹¹⁾が指摘しているように、望ましい水質や生態系等を総合的に議論することが必要と考えられた。

文 献

- 1) 藤澤邦康・林 浩志・小橋啓介, 2001: 寄島町地先カキ養殖漁場のカキ大量へい死に係る養殖環境, 岡山水試報, **16**, 44-48.
- 2) 石黒貴裕, 2012: 岡山県沿岸海域における季節別、年代別の水温上昇傾向の特徴, 岡山水研報告, **27**, 1-4.
- 3) 渡邊康憲, 2009: ノリ養殖と珪藻赤潮・栄養塩, 海洋と生物, **31**, 112-117.
- 4) 反田 實・原田和弘, 2011: 貧栄養化への対策事例と将来への課題, 水環境学会誌, **32**, 54-58
- 5) Yamamoto T., 2003: The Seto Inland Sea-eutrophic or oligotrophic?, *Mar Pollut Bull* **47**, 37-42.
- 6) 松岡 聡・吉松定昭・小野 哲・一見和彦・藤原宗弘・本田恵二・多田邦尚, 2005: 備讃瀬戸東部（香川県沿岸）におけるノリ色落ちと水質環境, 沿岸海洋研究, **43**, 77-84
- 7) 永田誠一・中筋昭夫・中谷明泰・井川直人・堀 豊, 1998, 1995, 1996年度漁期後半に播磨灘のノリ漁場において観測された珪藻プランクトンについて, 兵庫水試研報, **34**, 41-48.
- 8) 岩本俊樹・難波洋平, 2009: 児島湾周辺のノリ養殖漁場すダム上乘せ放流を含む河川水の影響（平成17～19年度）, 岡山水試報, **24**, 63-69.
- 9) 草加耕司・岩本俊樹, 2010: 養殖ノリの施肥試験, 岡山水研報, **25**, 45-50.
- 10) 林 浩志・弘奥正憲・草加耕司・岩本俊樹, 2011: 養殖ノリの施肥試験（平成22年度）, 岡山水研報告, **26**, 57-59.
- 11) 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.