水質情報からみた瀬戸内海の海域特性*

大 崎 紘 一

1. 緒 言

瀬戸内の水質に関する情報は、環境問題として取り扱われるまでは、水温、塩分、透明度、pH などが主なものであったが、昭和48年以降の油汚染、赤潮発生、富栄養化、重金属汚染などの対策のために、DO、COD、DIN(NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N)、PO₄-P、クロロフィル-a、大腸菌群数など多項目となっている^{1,2,3)}。

そして、測定方法の確立にともない、特定の海域あるいは、全域における調査が実施され、水質情報の蓄積がなされている。

そこで、これらの水質に関する情報を収集整理し、バンク化するとともに、多項目の水質情報から瀬戸内海全域の海域特性を求める方法、及び過去の情報から求めた海域特性に基づいて水質調査を計画、実施し、過去の水質との比較を行う方法について研究を行った。

本報告では、これら一連の研究内容について概説する。なお、詳細については、恒星社厚生閣「瀬戸内海の環境」の第6章を参照していただきたい⁴⁾。

2. 水質に関する調査

瀬戸内海全域において、県、灘別に定められた定点で、少なくとも5年以上測定がなされている調査として、次のものがある。

i) 漁海況予報事業浅海定線調査(1972～、以下浅海定線と略す)

調査機関 水産庁、南西海区水産研究所

測定項目 水温(WT)、塩分(S)、COD、DO、

PO₄-P、DIN、(NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N)、pH、透明度(TP)、SS

ii) 赤潮予察調査

調査機関 水産庁

測定項目 浅海定線の項目、クロロフィル-a

iii) 瀬戸内海水質汚濁調査(1972～)

調査機関 環境庁水質保全局

iv) 海洋観測資料(1952～)

調査機関 水産庁

測定項目 水温、気温、塩分、天候、風向

v) 公共用水域水質調査(1973～)

調査機関 環境庁水質保全局、各県

測定項目 水質保全局(pH、DO、COD、油分、大腸菌群数、物殊項目、健康項目)
各県(以上の項目、水温、気温、透明度)

vi) 瀬戸内海西部の水質調査(1982、1983)

調査機関 岡山大、広島大、山口大、香川大、愛媛大、高知大

調査項目 浅海定線の項目、クロロフィル-a、油分濃度、大腸菌群数

i)～v)の調査のうちで、データの公表されているのは、浅海定線調査(1972～1976の5年間)、海洋観測資料(1952～)、及び公共用水域調査(1973～)である。

特に、瀬戸内海の水質を全域的に多項目で分析しようとする、栄養塩類のデータがあるのは、浅海定線調査のみである。しかし、1977年以降はデータが公表されておらず、また、伊予灘の松山から佐田岬にかけての海域では水質データがほとんどない。

そこでvi)の調査では、浅海定線の水質項目から海域特性をクラスター分析より求め、水質の異なる海域に位置する浅海定線の定点を選ぶとともに、観測データのない海域に定点を配する観測データを立案し、2回の調査を実施した。

なお、これらの水質データと瀬戸内海灘別漁獲高統計表(1969～1978)とをデータバンク化している。これらの調査データは、全域の海域特性を見るのにきわめて有効であり、今後とも同一定点での観測の継続及びデータの公表があれば、全域の海域特性に関する研究をさらに多面的に進めることができる。

Hirokazu Osaki

昭和41年 岡山大学大学院理学研究科
修了

同年 岡山大学工学部助手

43年 同学部講師

48年 同学部助教授

工学博士

* The Characteristics of Sea Areas by the Items of Sea Water in Seto Inland Sea, 昭和60年5月20日受理

3. 海域における水質特性

多項目の水質データを用いて、瀬戸内海全域の水質特性を見るために、まず灘別の特性を分析した。その結果、灘別の特性をかなり明確に見ることができたので、さらに灘内、及び沿岸域の水質特性へと海域を小さくして分析した。

i) 灘別海域特性

瀬戸内海全域に測定点が配置され、水質項目として、水温、塩分、COD、DO、DIN(NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N)、PO₄-Pの6項目を定め、表層、底層(底層から5m)のデータが揃っているのは、浅海定線のみである。そこで、浅海定線の定点を、農林省統計情報部の定めたメッシュ番号(3桁の数字の最初の桁が灘番号)を用い、灘別に分類した。

1972~1976年のデータから各水質項目について、表層、底層での灘の平均値を求める。さらに、各層で水質項目毎に、灘の平均値を小さい順に兼べ、灘の順位を付ける。水質6項目の表・底層の順位(12変数)を用いて、灘間の水質の類似性をクラスター分析⁹⁾により求め、デンドログラムを図1に、海域図を図2に示す。

燧灘、伊予灘の水質の類似度が最も高く、次いで、これらと周防灘の類似度が高い。これらの灘の水質は、塩分、DOがかなり高く、DIN、PO₄-Pは低い。

次に類似度の高い海域は、備讃瀬戸と播磨灘であり、塩分が低く、CODが高く、DINが中程度である。

紀伊水道、大阪湾、安芸灘は、類似度が2以上であ

るので、水質の異なる灘とみなした。

紀伊水道では、水温、塩分は灘の内でも最も高く、COD、DOは逆に低く、表・底層の差が小さい。DIN、PO₄-Pは底層での値が高く、表層との間に差がある。

大阪湾では、表・底層のDIN、PO₄-Pは灘の内でも最も高く、塩分は表層で最も低く、COD、DOは表・底層間の差が最も大きい。

安芸灘では、表・底層の差が小さく、DINが高く、CODが低い。

ii) 灘内海域特性

灘別に分類した浅海定線の定点で、表・底層において、水質6項目の1972~1976年の平均値を計算する。そして、各水質項目で測定単位や分散が異なることから、灘内の定点について、基準化変換(平均50、標準偏差20)を行う。12項目の基準化変換値から、定点間の水質の類似度を求め、海域特性を明らかにした。一例として、備讃瀬戸のクラスター分析結果を図3に示している。この図において、定点間の類似度を示す記号を、定点を結んだ線上に、T1、T2、…で記入している。そして、数値が大きいほど、類似度は低くなることを示している。

備讃瀬戸は、高松と直島の東部を結ぶ線より東部の海域、この線と笠岡と多度津を結ぶ線の間の中央部海域、そしてそれ以西の海域の3つに区分できる。

東部海域では、玉野、豊島、小豆島を結ぶ線で、北部海域と南部海域に分けられる。北部海域は、児島湖、旭川の影響を受け、塩分の低い、DINの高い海域である。南部の海域は、播磨灘から海水の流入・流出により、中央部との回廊の役割を果たしている。

中央部海域は、水島灘、玉野沖の本州側の沿岸海域、中央部海域、四国側の丸亀から高松に至る沿岸海域の3つに区分できる。中央部海域に存在する岡山県側の定点(O5、O6、O7、O8、O12)と、香川県側の定点(K19、K20、K21)で、それぞれ独立に水質は同じ傾向を示す。

図1 表・底層の水質6項目の順序によるクラスター分析のデンドログラム

図2 水質項目からみた灘の類似度

図3 備讃瀬戸における測定点のクラスター分析結果

このことは、使用した6項目のうちで、両県の測定値に差のある項目が含まれていることになる。項目毎に分布を調べた結果、CODとDOに両県の差があった。そこで、これら2項目を除き、クラスター分析を行った結果、両県の定点が互いに同じ群に分類された。それゆえ、測定機関による測定値の差異の検討は、クラスター分析の結果、同じ水質傾向が並行して現れる海域において行うのが有効である。

西部海域では、北木島を中心とした海域(09, 013, 014)、三崎から多度津に至る沿岸域(K13, K26)、そして、詫間沖から塩飽諸島西部の海域(K14, K18)で、それぞれ水質の状態が異なる。この海域は、燧灘からの海水の流入・流出の干渉海域であり、中央部ほど海域区分は簡単なものとはならなかった。

備讃瀬戸以西の海域において、灘毎で水質の類似度をクラスター分析した結果を図4に示している。この図において、1つの定点で水質が他とは異なる定点は省略している。

iii) 備讃瀬戸以西における海域特性

「備讃瀬戸以西の水質調査」では、同一観測機関で、同一観測時点に、32定点の水質を、水温、塩分、DO、DIN、 PO_4-P (いずれも、淡青丸の船上で測定)の5項目について測定している。そこで、32定点の水質の類似度をクラスター分析することにより、備讃瀬戸以西

図4 浅海定線データによるクラスター分析結果(瀬戸内海西部)

図5 備讃瀬戸以西の観測の水質5項目によるクラスター分析結果(瀬戸内海西部)

の全域の海域特性を明らかにし、図5に示している。

備讃瀬戸では、中央部海域の4定点(05, 06, 07, 012)で同じ水質傾向を示し、浅海定線の結果とも一致した。西部海域の三崎半島の東部海域の2定点(K14, K26)は、燧灘西部から中央部海域の水質に近い。このように備讃瀬戸では、中央部の狭い海域では広い範囲にわたって水質は同じ傾向を示し、西部海域では燧灘の影響を受けている。

燧灘では、3つの海域、すなわち三崎半島の西部海域、中央部海域(E1, E8, E10)、そして、来島海峡に近い海域(E14, E17)に類分けされ、それぞれ異なる水質傾向である。

安芸灘との境界海域である北条から松山沖の2定点(E20, E23)では、同じ水質傾向を示し、さらに伊予灘の国東半島の杵築湾沖の海域(OT11)とも同じ水質傾向を示している。

伊予灘では、速吸瀬戸から佐田岬半島を通り、伊予の沖合にかけての広い海域(OT18, EH1, EH3, EH5)で水質は同じ傾向を示し、夏季の方が同じ傾向を示す海域が広がっている。また、この海域の内側に隣接する海域は、冬季では(OT20, EH3, EH1)、夏季では(OT11, E23, E20)と並行して北上している。

周防灘と伊予灘の境界海域の2定点(OT1, OTS6)でも同じ水質傾向を示す。

豊後水道の定点(TS3)は、他の定点との類似度は低く、水質傾向は全く異なる。

vi) 沿岸域の海域特性

沿岸域の水質は、陸域からの影響が強く、局所性が高いことが予想される。公共用水域水質調査ではDO, COD, 大腸菌群数を沿岸域の多くの定点で測定している。そこで、この3項により、1973~1979年で3年以上データのある定点を選んで、水質の類似度をクラスター分析した。そして、岡山県の沿岸域での結果を図6に示している。

図6 岡山県の定点による沿岸特性

その結果、東部の牛窓から備前の沖合、中央部の玉野近海、そして西部の笠岡の沖合の3つの海域に分けられ、それぞれの沿岸域内では、水質は同じ傾向を示す。この結果は、浅海定線の結果により、3つの海域に分けられることとも一致する。

4. 水質のモニタリングのための表示法

多項目からなる水質の状況をモニタリングするためには、時間経過にともなう変化、及び海域別の違いなどを表示し、一見して把握できる表示法が必要である。

そこで、水質の状況を、そこに住んでいる魚の形状によって表示する方法として Fish-Chart 法を提案し、水質の検討を行った。Fish-Chart は水質項目を魚の部位の大きさで表示する方法である。項目と部位との対応を次のように定める。

項 目	魚の部位
1. 水温 (WT)	背鰭
2. 塩分 (S)	尾鰭
3. COD	腹鰭
4. DO	口
5. DIN	鱗 (上部)
6. PO_4 -P	鱗 (下部)

各項目とも2つの層の値を表示できる。項目の測定値は、何らかの方法で基準化しておく必要がある。水温、塩分、COD、DIN、 PO_4 -P は、上部が表層の値を示し、値が大きいほど、背鰭、尾鰭、腹鰭、鱗は大きくなる。DO は、値が大きくなるほど口は小さくなるようにしている。

図7に示した定点(O17)は、児島湾の出口に位置する測定点であり、児島湖、旭川、吉井川からの河川水の影響を Fish-Chart からみることができる。

年変化では、塩分は年による変化が大きく、また、

図7 測定点O17における水質の年変化を示す Fish-Chart

表・底層の差もあり、かなり変化した尾鰭の形状を示している。栄養塩類は、1974年に最も高く、特に底層の値が DIN で平均の5倍、 PO_4 -P で1.8倍となり、表・底層の差も大きい。そして、1975～1979年では、DIN は平均の2倍以内で変化し、 PO_4 -P は徐々に低下の傾向を示している。そして、1980～1982年では、ほぼ平均の値となっている。COD は、1974年に底層で平均の2.5倍と高くなり、表・底層の差が最も大きくなり、1975年には、表・底層とも最も低い値を示している。DO は、1979年の底層の値が平均の2.5倍と高くなった以外は、表・底層の差が小さくなっている。

5. 結 論

昭和53年から59年までの間、文部省特別研究「環境科学」(代表: 小坂淳夫前岡山大学長)において、瀬戸内海に面する大学の研究者を中心にして、瀬戸内海の水質環境を研究する研究班が組織された。その1つのテーマとして「瀬戸内海環境の総合評価のための基礎的研究」があり、この一環として、以上のような水質情報から海域特性を解明する一連の研究がなされた。研究の過程で海洋、水産、生物、情報などの研究者が、水質情報からの結果を常にチェックし、問題を提起し、解析方法を開発することによって、海の水質のノウハウと水質情報のノウハウとを結合することができた。

この研究班の研究成果は、まとめとして、恒星社厚生閣より「瀬戸内海的环境」としてまえがき、瀬戸内海の姿、瀬戸内海の水の動きと水質、瀬戸内海の生物とその分布、灘の環境、河口域の環境と生物の動態、環境情報の評価の試み、瀬戸内海のリモートセンシング、環境の総合評価と保全へのアプローチ、あとがき、の内容で出版されている。

今後の生産様式の変化にともない、栄養塩を中心としたこれまでの水質の監視体制も変化をよぎなくされるであろうし、また、リモートセンシングの発達により、水質の予報体制なども確立していくのではないかと考えられる。

しかし、局所的に発生する諸問題に対しては、より高度な観測技術を必要とし、地道なデータの蓄積が、ひいては全域の水質の保全に役立つものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 小西和, (1973), 瀬戸内海論〈複製版〉, 名著出版。
- 2) 日本地球化学会編, (1978), 水汚染の構造と解析, 産業図書。
- 3) 花岡資, 他5名, (1972), 内湾赤潮の発生機構, 日本水産資源保護協会
- 4) 小坂淳夫編 (1985), 瀬戸内海的环境, 恒星社厚生閣
- 5) 大崎, 菊地, 緒方, (1982), ベーシックプログラムによる統計手法, 同文書院, 214-224。