

## 岡山県海域における年代ごとの水質変化と平年値の設定

高木 秀 蔵・古村 振 一・乾 元 気・山 下 泰 司

Characteristic Changes of the Water Environment and Construction of Normal Value in Okayama Prefecture

Shuzo TAKAGI, Shinichi KOMURA, Genki INUI and Yasushi YAMASHITA

海の生物は、日射量、水温、潮流、風といった物理的な環境や栄養塩、溶存酸素といった化学的な環境の影響を受けてその動態が変化する<sup>1)</sup>。したがって、水産業が対象とする生物の中長期的な資源量や生息域の変動を理解するためには、長期にわたる海域の環境変化の把握が必須である<sup>2)</sup>。

本県では、1970年代から、現在とほぼ同様の内容で毎月1回、浅海定線調査を実施しており、概ね10年ごとに変動状況を整理し<sup>3)</sup>、海域環境の基準となる平年値を作成している。今回、1981~2020年の40年間に取得したデータを基に年代ごとの水質の変化を調べるとともに、本県の水温、塩分、栄養塩濃度等の平年値を更新した。また、併せて調査した項目の季節変化についても整理したので、それらの結果を報告する。

### 材料と方法

**浅海定線調査で取得したデータ** 1981~2020年の毎月1回、月の月上旬に図1に示す32測点において、船舶を用いた調査を実施した。すべての測点において、採水器を用いて表層と底層（底上1m）水を採取するとともに、

表1の方法で観測と分析を行った。なお、年代ごとに分析方法が異なる項目も存在するが、それに伴う測定精度の差は変更時のクロスチェックにより無視できるものとした。

**観測値の補正** 調査は原則として毎月上旬に実施するが、天候等の都合により、前月の後半や月の中旬に行うこともある。そのずれに対応するため、水温については、藤澤ら<sup>4)</sup>の方法を一部改変し、1日ごとの推定値を作成した上で、全データを毎月1日の結果に補正した。

すなわち、図1に示した32測点の各月の表層と底層の平均値を求め、その月の暫定水温とした。各月の調査日( $t$ )は、ほぼ等間隔に測定されていると仮定して、1月1日を $t=1$ 、 $t$ 日目の水温を $W(t)$ 、 $T=365.24$ 、 $\theta=2\pi t/T$ として、次の多項式の係数を求めた。なお、これは1年周期で水温が変動することを前提に、有限フーリエ級数による周期回帰関数の考え方を基にしている。

$$W(t) = A_0 + \sum_{k=1}^n A_k \cdot \cos k\theta + B_k \cdot \sin k\theta$$

説明変数の数( $n$ )は、最大8個まで検討し、赤池情報量基準(AIC)<sup>5)</sup>が最少となる数を採用した。最後に、



図1 定点図

表1 観測及び分析方法

| 項目          | 調査方法  |
|-------------|---|
| 水温          | 棒状水温計<br>多項目水質計ASTD1000S (アレック電子社製)<br>多項目水質計 Compact-CTD (アレック電子社製)<br>多項目水質計ASTD102 (アレック電子社製)                  |
| 塩分          | サリノメーター TS-E2 (鶴見精機社製)<br>多項目水質計ASTD1000S (アレック電子社製)<br>多項目水質計 Compact-CTD (アレック電子社製)<br>多項目水質計ASTD102 (アレック電子社製) |
| 溶存酸素濃度 (DO) | ウィンクラー法<br>多項目水質計ASTD102 (アレック電子社製)   |
| COD         | アルカリ性過マンガン酸カリウム-ヨウ素滴定法  |
| 濁度          | カオリン標定ポイック積分球式濁度計の値をSSに換算   |
| DIN濃度       | 栄養塩自動分析装置AA2型 (テクニコン社製)   |
| DIP濃度       | 栄養塩自動分析装置TRAACS800 (ブランルーベ社製)   |
| DSi濃度       | 栄養塩自動分析装置QuAAtro2HR型 (BL-Tec社製)   |
| 透明度         | 直径30cmセッキ板  |
| クロロフィルα濃度   | Lorenzenの方法による  |

先に示した各月の暫定水温の値を各月1日になるように補正した。

水温以外の項目については、周期関数が必ずしも当てはまらなると考えられるため、前後の観測値から一次関数による線形補間を行い、各月1日の値を求めた。

**平年値の設定** 平年値は、慣例に従い1991～2020年の30年間の毎月の平均値を求めるとともに、月ごとの標準偏差を求めた。

なお、本報に示した統計処理については、すべてエクセル統計2015 (SSRI株式会社製) を用いた。

### 結果と考察

**水温の補正** 表層と底層の暫定水温の補正に使用する周期関数式の説明変数の数 ( $n$ ) とAICの関係を図2に示した。表層のAICは、 $n=1$ で-14.7,  $n=4$ の時に-121.8となり、最低値を示した。底層のAICは、 $n=1$ で-27.9,  $n=4$ の時に-177.6となり最低値を示した。両値ともに、 $n>5$ では $n$ の増加に伴ってAICも上昇した。

$n=4$ とした時の表層と底層における説明変数の係数と相関係数を表2に示し、その説明変数を用いて計算した1日ごとの推定値と実測の暫定水温の分布を図3に示した。表層、底層ともに推定値と実測の暫定水温は、同様の値を示したことから、前述した式を用いて水温補正を行い、以降の作業に用いた。

**各項目の結果** 1981～2020年の表層と底層における水温、塩分、溶存酸素濃度 (DO)、COD、濁度 (SS)、

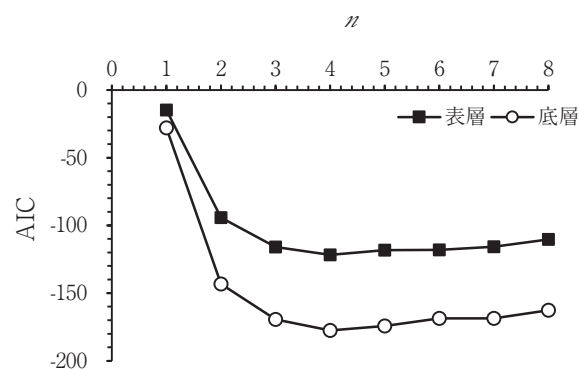


図2 説明変数の数 ( $n$ ) とAICの変化

DIN濃度、DIP濃度、DSi濃度、透明度、表層のクロロフィルα濃度について、月ごとの全点平均値の推移と25か月移動平均 (経年変化)、月別の平均値の推移 (季節変動)、1981～'90年 (I期)、1991～2000年 (II期)、2001～'10年 (III期)、2011～'20年 (IV期) の年代ごとの平均値を図4～13に示した。なお、CODについては1983年1月以降、DSiについては1994年1月以降のデータを用いた。

**水温** 表層の水温は、1981年の1月には8.3℃であった。その後、先に述べたとおり規則的に変化しながら推移し、2020年12月には17.2℃となった (図4 (a))。なお、期間中の最高値は2010年9月の29.4℃、最低値は1996年2月の7.7℃であった。底層は、1981年1月には8.4℃であった。表層と同様に規則的に変動しながら推移し、2020年12月には17.1℃となった (図4 (b))。期間中の最高値は1994年9月の28.8℃、最低値は1996年2月の7.6℃

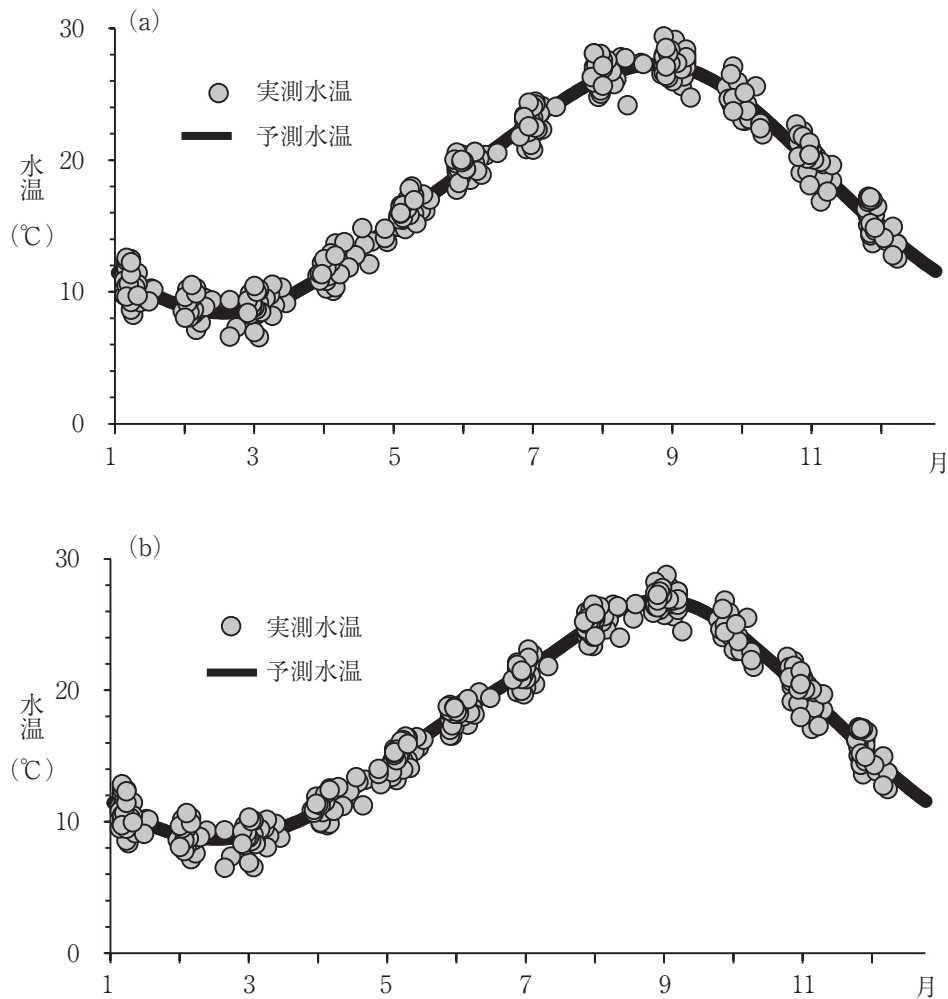


図3 表層および底層の予測水温の推移と実測水温  
(a)表層, (b)底層

表2 説明変数として使用した係数と相関係数

|                | 表層     | 底層     |
|----------------|--------|--------|
| A <sub>0</sub> | 17.768 | 17.221 |
| A <sub>1</sub> | -5.806 | -5.025 |
| B <sub>1</sub> | -7.046 | -7.152 |
| A <sub>2</sub> | -0.546 | -0.802 |
| B <sub>2</sub> | 0.090  | 0.069  |
| A <sub>3</sub> | 0.291  | 0.271  |
| B <sub>3</sub> | 0.013  | 0.130  |
| A <sub>4</sub> | -0.166 | -0.115 |
| B <sub>4</sub> | -0.043 | -0.138 |
| <i>r</i>       | 0.993  | 0.994  |

であった。

季節的な変動を見ると、表層は夏季に高い値を示す単峰型の変動を示し、9月には27.5℃と最高値を、2月に9.0℃と最低値を示した(図4(c))。底層も同様の変動を示し、9月には27.0℃と最高値を、2月に9.0℃と最低

値を示した。

年代別の比較では、表層ではI, II, III, IV期の順にそれぞれ $17.4 \pm 1.0^\circ\text{C}$  (平均値 $\pm$ 標準偏差),  $17.7 \pm 1.0^\circ\text{C}$ ,  $18.0 \pm 0.9$ ,  $18.0 \pm 0.8$ となった(図4(d))。月ごとの平均値の違いを平準化した上で、Scheffeの多重比較検定により期間ごとの比較を行ったところ、I, II期と比較してIII, IV期が有意に( $p < 0.05$ )高かった。なお、図中の記号は年代ごとの比較において有意差があったことを示し、表層についてはa, b, 底層については $\alpha$ ,  $\beta$ を用いた。以降についても同様の検定の有意水準は5%とし、検定手法と有意水準の記載は省略する。底層ではそれぞれ $16.9 \pm 1.0^\circ\text{C}$ ,  $17.2 \pm 0.9^\circ\text{C}$ ,  $17.4 \pm 0.9^\circ\text{C}$ ,  $17.5 \pm 0.7^\circ\text{C}$ となり、I期と比較してII~IV期で有意に高かった。

**塩分** 表層の塩分は、1981年の1月には31.8であった。その後、増減を繰り返しながらも上昇したが、2008年頃から低下し、2020年12月には30.9となった(図5(a))。なお、期間中の最高値は1995年3月の33.4, 最低値は2018年7月の21.6であった。底層は、1981年1月には

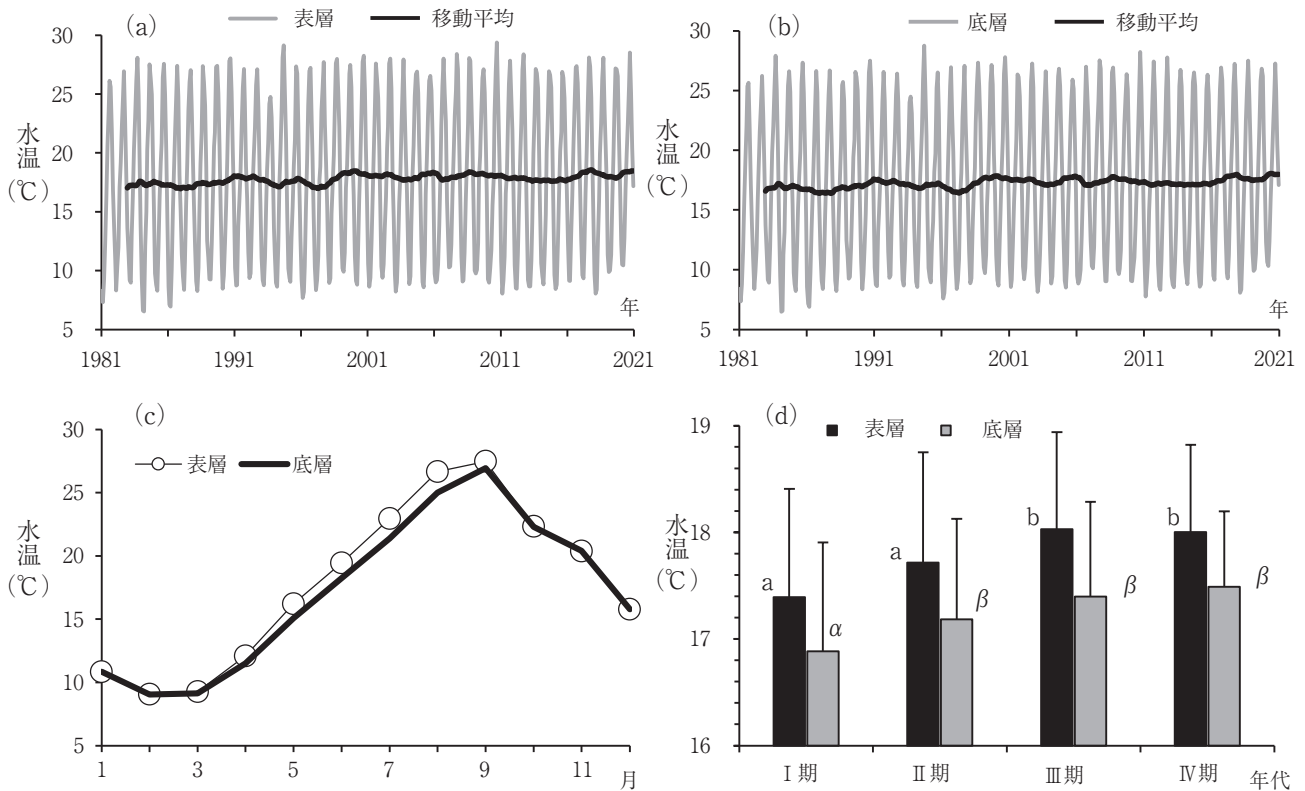


図4 水温の変化

(a) 表層の経年変化, (b) 底層の経年変化, (c) 表層と底層の季節変動,  
 (d) 表層と底層の年代ごとの比較 (図中の記号は有意差を, 範囲は標準偏差を示す)

32.0となり、2008年頃までは徐々に上昇していたが、その後は低下し、2020年12月には30.9となった(図5(b))。なお期間中の最高値は1995年2月の33.7、最低値は2004年11月の29.3であった。

表層は夏季に低い値を示し、2月には32.3と最高値を、7月に29.9と最低値を示した(図5(c))。底層は表層とは異なり秋季に低下する傾向が見られ、3月に32.6と最高値を、10月に31.2と最低値を示した。

表層ではI、II、III、IV期の順にそれぞれ $31.5 \pm 0.9$ 、 $31.5 \pm 1.0$ 、 $31.7 \pm 1.0$ 、 $30.8 \pm 1.0$ となり、III期と比較してIV期が有意に低かった(図5(d))。底層ではそれぞれ $32.0 \pm 0.6$ 、 $32.0 \pm 0.7$ 、 $32.2 \pm 0.7$ 、 $31.5 \pm 0.5$ となり、I～III期と比較してIV期が有意に低かった。

**DO** 表層のDOは、1981年の1月には106.3%であった(図6(a))。その後は増減を繰り返しながらもほぼ一定で推移し、2020年12月には93.0%となった。なお、期間中の最高値は、1989年9月の130.4%、最低値は1993年8月の77.0%であった。底層は、1981年1月には105.2%であったが、表層と同様に増減を繰り返しながらもほぼ一定で推移し、2020年12月には92.0%となった(図6(b))。なお、期間中の最高値は2008年7月の114.3%、最低値は1997年8月の65.9%であった。

表層は、春季に高く秋季に低下する変動を示し、5月

には102.2%と最高値を、10月に88.4%と最低値を示した(図6(c))。底層は表層とは異なり夏季に低下する傾向が見られ、3月には99.3%と最高値を、8月に83.8%と最低値を示した。

表層ではI、II、III、IV期の順にそれぞれ $99.3 \pm 5.9\%$ 、 $96.3 \pm 5.2\%$ 、 $97.0 \pm 5.0\%$ 、 $97.3 \pm 4.9\%$ となり、いずれの年代についても有意差は見られなかった(図6(d))。底層ではそれぞれ $93.0 \pm 5.5\%$ 、 $92.7 \pm 5.2\%$ 、 $91.3 \pm 5.5\%$ 、 $91.7 \pm 4.7\%$ となり、いずれの年代についても有意差は見られなかった。

**COD** 表層のCODは1983年の1月には、0.93mg/Lであった(図7(a))。その後、増減を繰り返しながらもほぼ一定の値で推移していたが、2008年頃から減少し、2020年12月には0.45mg/Lとなった。なお、期間中の最高値は1996年8月の1.9mg/L、最低値は2012年2月の0.32mg/Lであった。底層のCODは1983年の1月には0.80mg/Lであったが、2008年頃から減少し、2020年12月には0.45mg/Lとなった(図7(b))。なお、期間中の最高値は1994年の8月の1.9mg/L、最低値は2011年の2月の0.32mg/Lであった。

表層は夏季に高くなる傾向が見られ、7月には0.98mg/Lと最高値を、2月に0.58mg/Lと最低値を示した(図7(c))。底層も同様の傾向を示し、9月には0.98mg/L

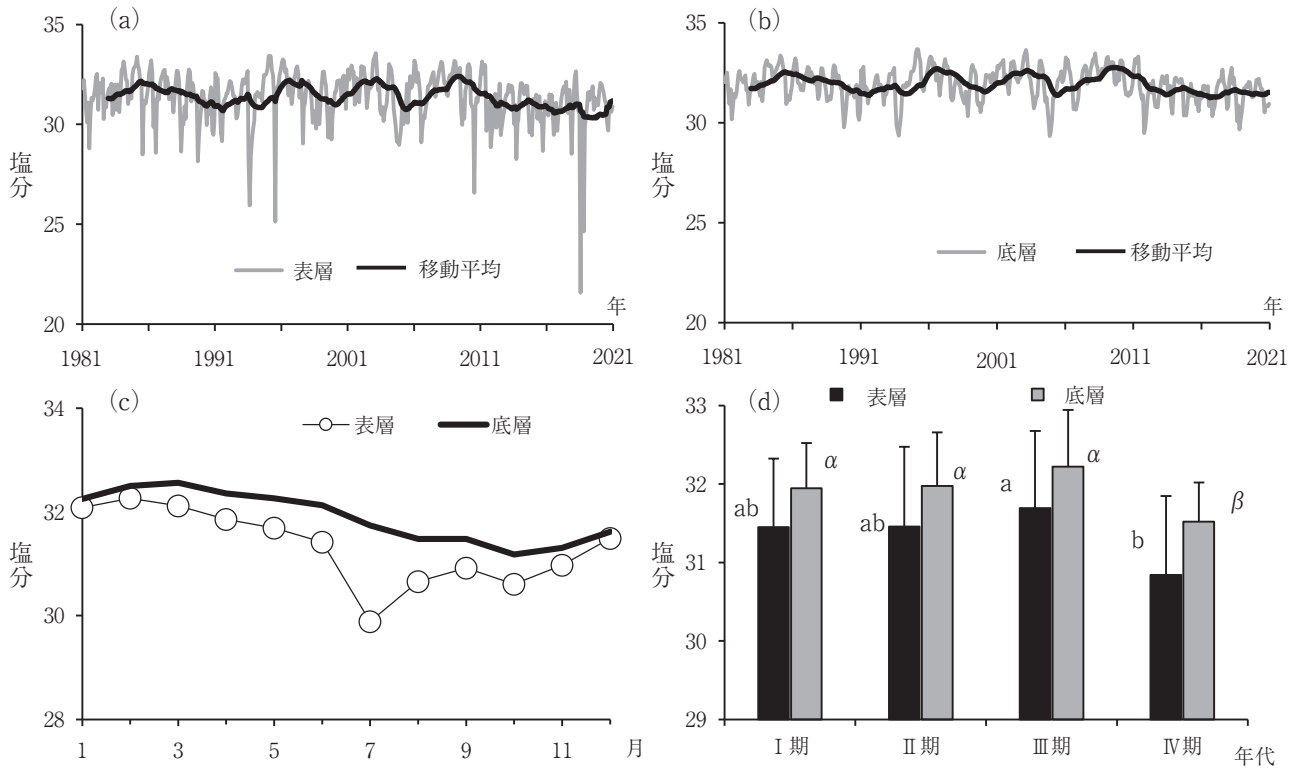


図5 塩分の変化

(a)表層の経年変化, (b)底層の経年変化, (c)表層と底層の季節変動,  
(d)表層と底層の年代ごとの比較 (図中の記号は有意差を, 範囲は標準偏差を示す)

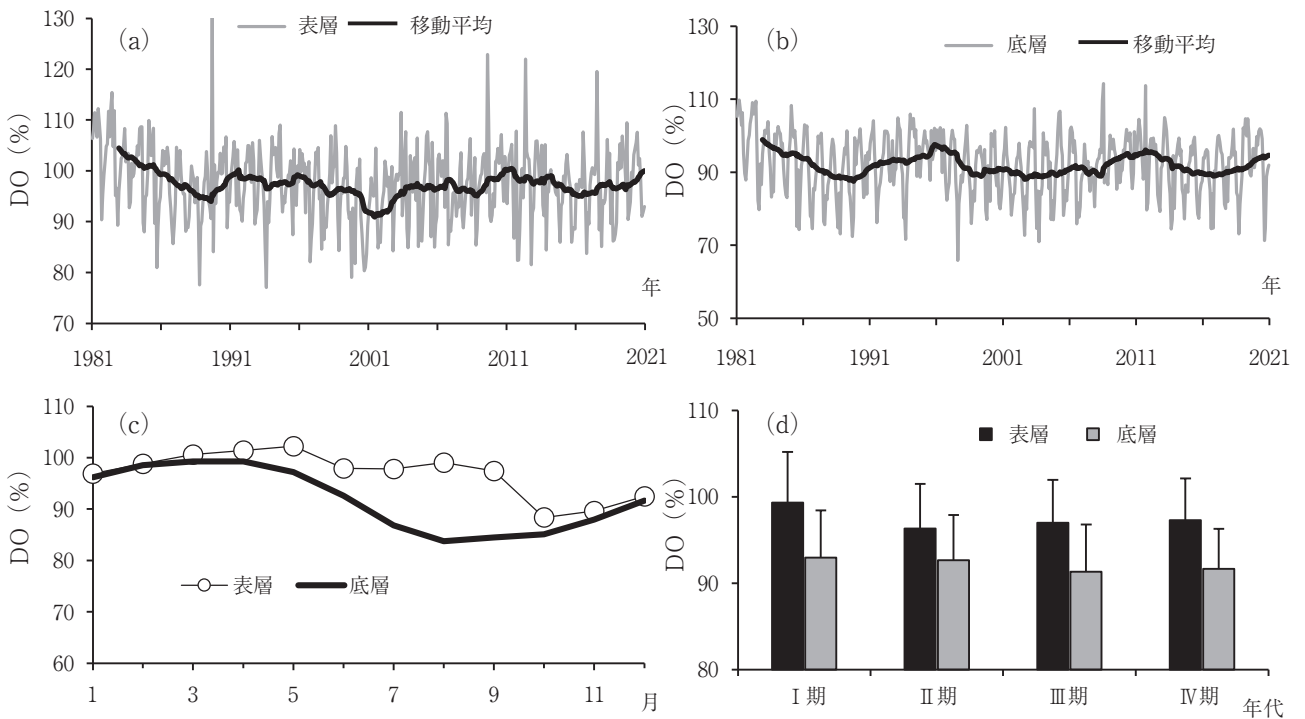


図6 DOの変化

(a)表層の経年変化, (b)底層の経年変化, (c)表層と底層の季節変動,  
(d)表層と底層の年代ごとの比較 (図中の記号は有意差を, 範囲は標準偏差を示す)

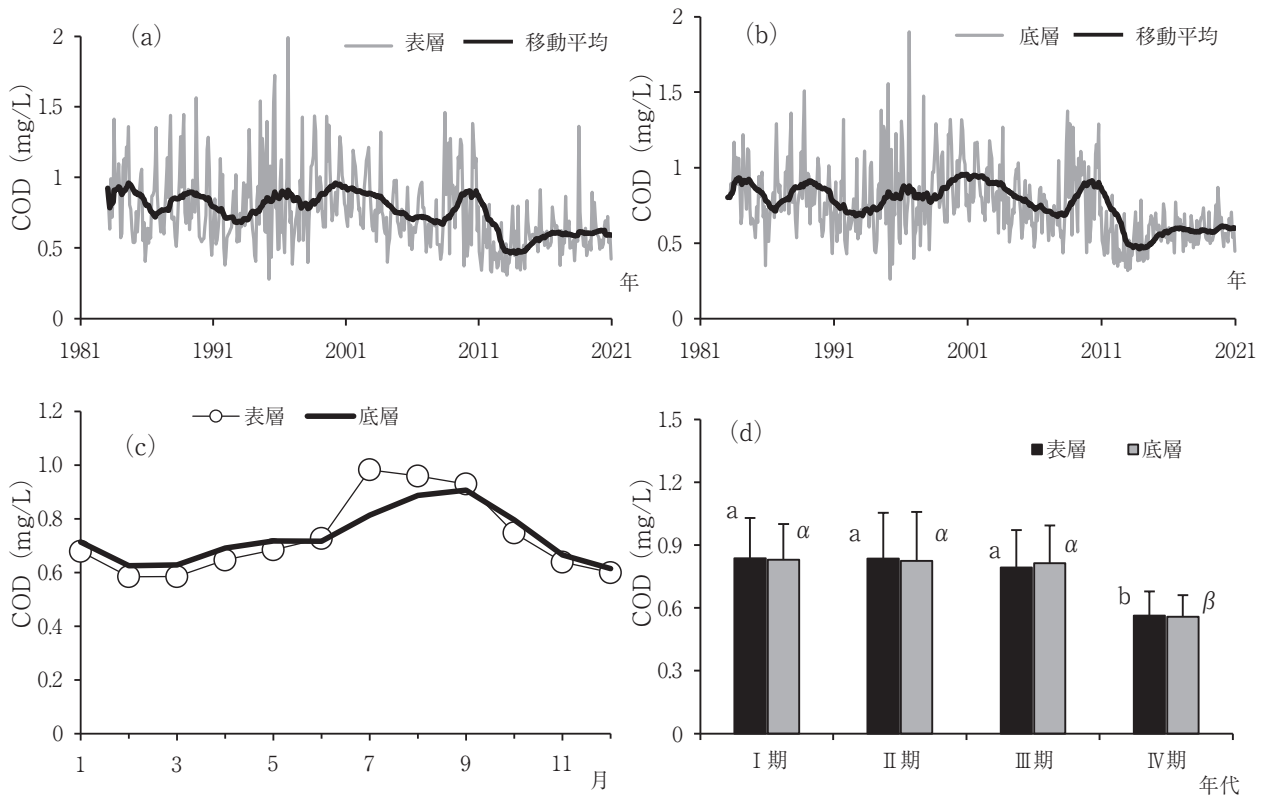


図7 CODの変化

(a)表層の経年変化, (b)底層の経年変化, (c)表層と底層の季節変動,  
(d)表層と底層の年代ごとの比較 (図中の記号は有意差を, 範囲は標準偏差を示す)

Lと最高値を, 12月に0.61mg/Lと最低値を示した。

表層ではI, II, III, IV期の順にそれぞれ $0.84 \pm 0.19$ mg/L,  $0.84 \pm 0.22$ mg/L,  $0.79 \pm 0.18$ mg/L,  $0.56 \pm 0.12$ mg/Lとなり, I~III期と比較してIV期が有意に低かった(図7(d))。底層ではそれぞれ $0.83 \pm 0.17$ mg/L,  $0.82 \pm 0.24$ mg/L,  $0.81 \pm 0.18$ mg/L,  $0.56 \pm 0.10$ mg/Lとなり, I~III期と比較してIV期が有意に低かった。

**濁度(SS)** 表層のSSは, 1981年の1月には3.7mg/Lであった(図8(a))。1990年代の後半まで上昇した後は徐々に減少し, 2020年12月には0.9mg/Lとなった。なお, 期間中の最高値は1999年10月の16.4mg/L, 最低値は2018年6月の0.5mg/Lであった。底層は, 1981年1月には4.9mg/Lであったが, 1990年代の前半にかけて上昇し, その後はほぼ一定の値で推移した(図8(b))。2010年代の前半から減少し始め, 2020年12月には1.3mg/Lとなった。なお, 期間中の最高値は, 1989年10月の39.3mg/L, 最低値は2020年10月の0.5mg/Lであった。

表層は秋季に高い値を示す傾向が見られ, 10月には6.6mg/Lと最高値を, 2月に3.5mg/Lと最低値を示した(図8(c))。底層も表層と同様の変動を示し, 10月には12.2mg/Lと最高値を, 3月に5.1mg/Lと最低値を示した。

表層ではI, II, III, IV期の順にそれぞれ $4.3 \pm 1.6$ mg/L,

$6.1 \pm 2.0$ mg/L,  $4.8 \pm 1.8$ mg/L,  $2.6 \pm 1.6$ mg/Lとなり, I~III期と比較してIV期が有意に低かった(図8(d))。底層ではそれぞれ $7.9 \pm 3.8$ mg/L,  $9.5 \pm 3.3$ mg/L,  $8.7 \pm 3.9$ mg/L,  $3.7 \pm 2.2$ mg/Lとなり, 表層と同様にI~III期と比較してIV期が有意に低かった。

**DIN濃度** 表層のDIN濃度は, 1981年の1月には $6.7 \mu\text{M}$ であった(図9(a))。1990年代の前半に高くなった後に減少し, 2020年12月には $6.0 \mu\text{M}$ となった。なお, 期間中の最高値は1991年11月の $18.4 \mu\text{M}$ , 最低値は2014年3月の $0.39 \mu\text{M}$ であった。底層は, 1981年1月には $7.0 \mu\text{M}$ であったが, 1990年代の前半に一時的に上昇した後に減少し, 2020年12月には $6.0 \mu\text{M}$ となった(図9(b))。なお, 期間中の最高値は1991年12月の $18.3 \mu\text{M}$ , 最低値は2018年3月の $0.41 \mu\text{M}$ であった。

表層は, 7月と11月に高い値を示す二峰型の変動を示し, 11月には $9.1 \mu\text{M}$ と最高値を, 3月に $1.7 \mu\text{M}$ と最低値を示した(図9(c))。底層は秋季に高くなる単峰型の推移を示し, 11月には $8.7 \mu\text{M}$ と最高値を, 3月に $1.4 \mu\text{M}$ と最低値を示した。

表層ではI, II, III, IV期の順にそれぞれ $4.7 \pm 2.1 \mu\text{M}$ ,  $5.1 \pm 2.5 \mu\text{M}$ ,  $3.7 \pm 2.0 \mu\text{M}$ ,  $3.5 \pm 2.2 \mu\text{M}$ となり, I, II期と比較してIII, IV期が有意に低かった(図9(d))。底

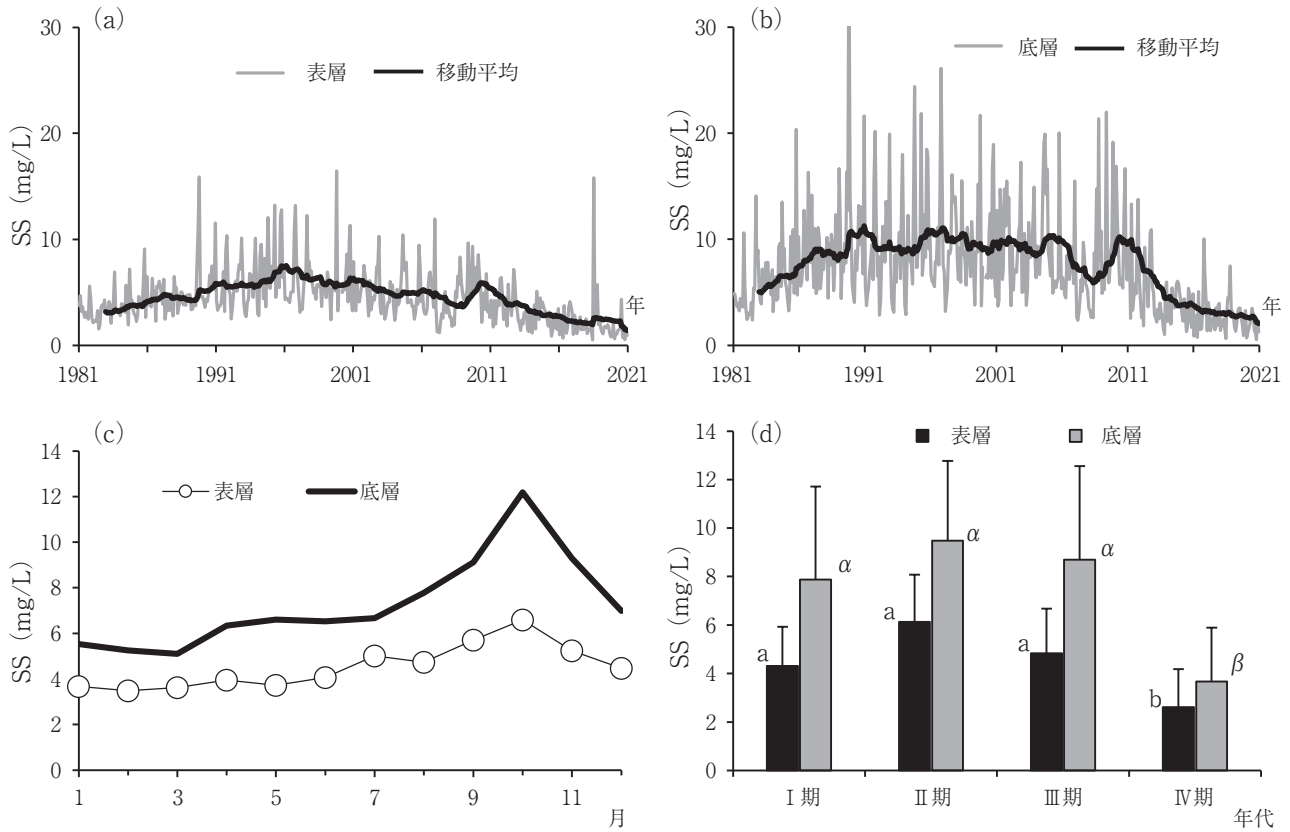


図8 濁度の変化

(a)表層の経年変化, (b)底層の経年変化, (c)表層と底層の季節変動,  
 (d)表層と底層の年代ごとの比較 (図中の記号は有意差を, 範囲は標準偏差を示す)

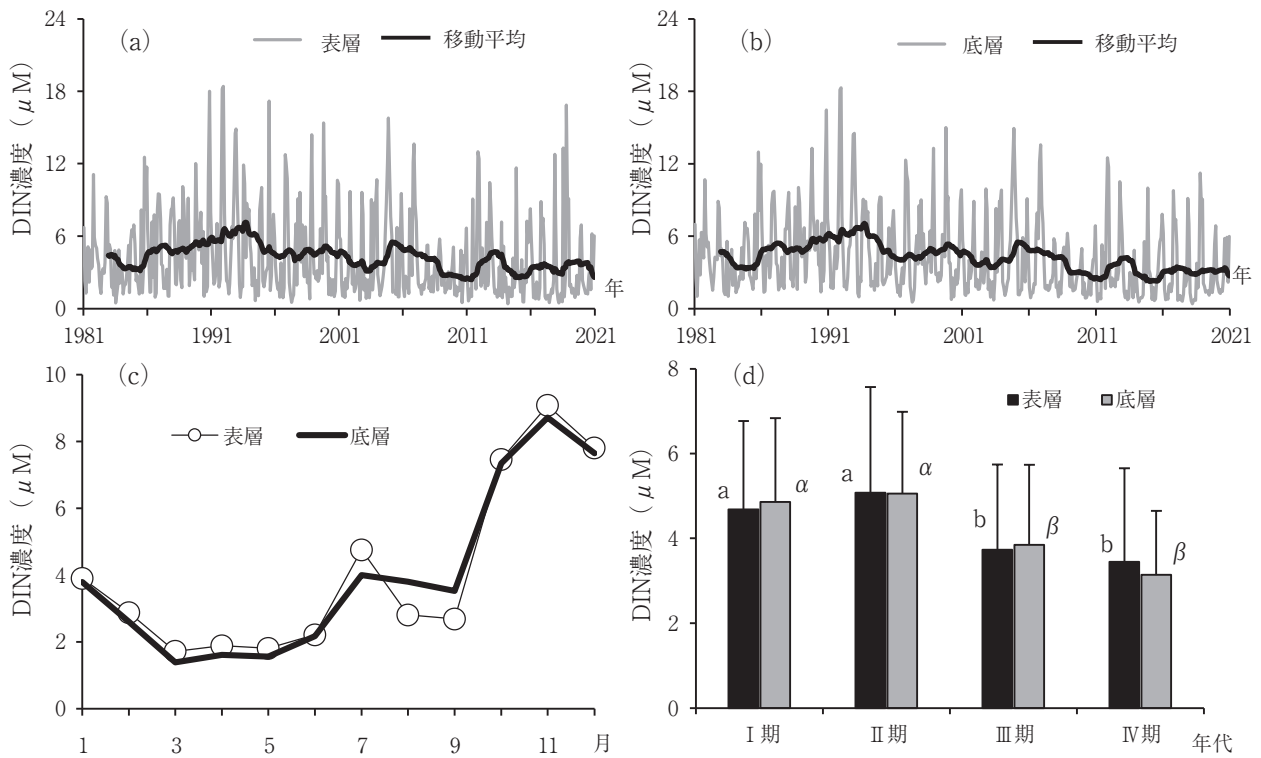


図9 DIN濃度の変化

(a)表層の経年変化, (b)底層の経年変化, (c)表層と底層の季節変動,  
 (d)表層と底層の年代ごとの比較 (図中の記号は有意差を, 範囲は標準偏差を示す)

層ではそれぞれ $4.9 \pm 2.0 \mu\text{M}$ ,  $5.1 \pm 1.9 \mu\text{M}$ ,  $3.8 \pm 1.9 \mu\text{M}$ ,  $3.1 \pm 1.5 \mu\text{M}$ となり, I, II期と比較してIII, IV期が有意に低かった。

**DIP濃度** 表層のDIP濃度は, 1981年の1月には $0.42 \mu\text{M}$ であった(図10(a))。1990年代の前半にかけて上昇した後はほぼ一定で推移し, 2020年12月には $0.75 \mu\text{M}$ となった。なお, 期間中の最高値は1991年11月の $1.22 \mu\text{M}$ , 最低値は2006年5月の $0.02 \mu\text{M}$ であった。底層は, 表層と同様の経年変化を示し, 1981年1月には $0.35 \mu\text{M}$ であったが, 1990年代の前半にかけて上昇した(図10(b))。その後はほぼ一定の値で推移し, 2020年12月には $0.71 \mu\text{M}$ となった。なお, 期間中の最高値は2006年8月の $1.45 \mu\text{M}$ , 最低値は1996年5月の $0.02 \mu\text{M}$ であった。

表層は, 秋季に高い値を示す傾向が見られ, 11月には $0.75 \mu\text{M}$ と最高値を, 5月に $0.10 \mu\text{M}$ と最低値を示した(図10(c))。底層も表層と同様の変動を示し, 11月には $0.75 \mu\text{M}$ と最高値を, 5月に $0.13 \mu\text{M}$ と最低値を示した。

表層ではI, II, III, IV期の順にそれぞれ $0.27 \pm 0.10 \mu\text{M}$ ,  $0.38 \pm 0.12 \mu\text{M}$ ,  $0.32 \pm 0.15 \mu\text{M}$ ,  $0.35 \pm 0.13 \mu\text{M}$ となり, IとII期の比較で, I期が有意に低かった(図10(d))。底層ではそれぞれ $0.30 \pm 0.10 \mu\text{M}$ ,  $0.42 \pm 0.12 \mu\text{M}$ ,  $0.37 \pm 0.17 \mu\text{M}$ ,  $0.38 \pm 0.12 \mu\text{M}$ となり, 表層と同様にI

とII期の比較で, I期が有意に低かった。

**DSi濃度** 表層のDSi濃度は, 1994年の1月には $12.9 \mu\text{M}$ であった(図11(a))。その後, 増減を繰り返しながら徐々に増加し, 2020年12月には $15.9 \mu\text{M}$ となった。なお, 期間中の最高値は2018年10月の $61.6 \mu\text{M}$ , 最低値は2003年1月の $0.83 \mu\text{M}$ であった。底層は, 1994年1月には $12.2 \mu\text{M}$ であったが, 表層と同様に増減を繰り返しながら上昇し, 2020年12月には $16.1 \mu\text{M}$ となった(図11(b))。なお, 期間中の最高値は2010年8月の $53.0 \mu\text{M}$ , 最低値は2003年1月の $0.82 \mu\text{M}$ であった。

表層は, 7月と10月に高い値を示す二峰型の変動を示し, 7月には $27.0 \mu\text{M}$ と最高値を, 3月に $4.8 \mu\text{M}$ と最低値を示した(図11(c))。底層は表層とは異なり, 夏季に高くなる単峰型の推移を示し, 8月には $25.0 \mu\text{M}$ と最高値を, 3月に $3.9 \mu\text{M}$ と最低値を示した。

データが存在しないI期を除いて年代別の比較を行うと, 表層ではII, III, IV期の順にそれぞれ $10.8 \pm 6.4 \mu\text{M}$ ,  $14.5 \pm 6.7 \mu\text{M}$ ,  $16.2 \pm 7.4 \mu\text{M}$ となり, II期と比較してIII, IV期が有意に高かった(図11(d))。底層ではそれぞれ $10.4 \pm 5.6 \mu\text{M}$ ,  $14.2 \pm 6.2 \mu\text{M}$ ,  $14.2 \pm 5.2 \mu\text{M}$ となり, II期と比較してIII, IV期が有意に高かった。

**透明度** 透明度は, 1981年の1月には3.3mであった

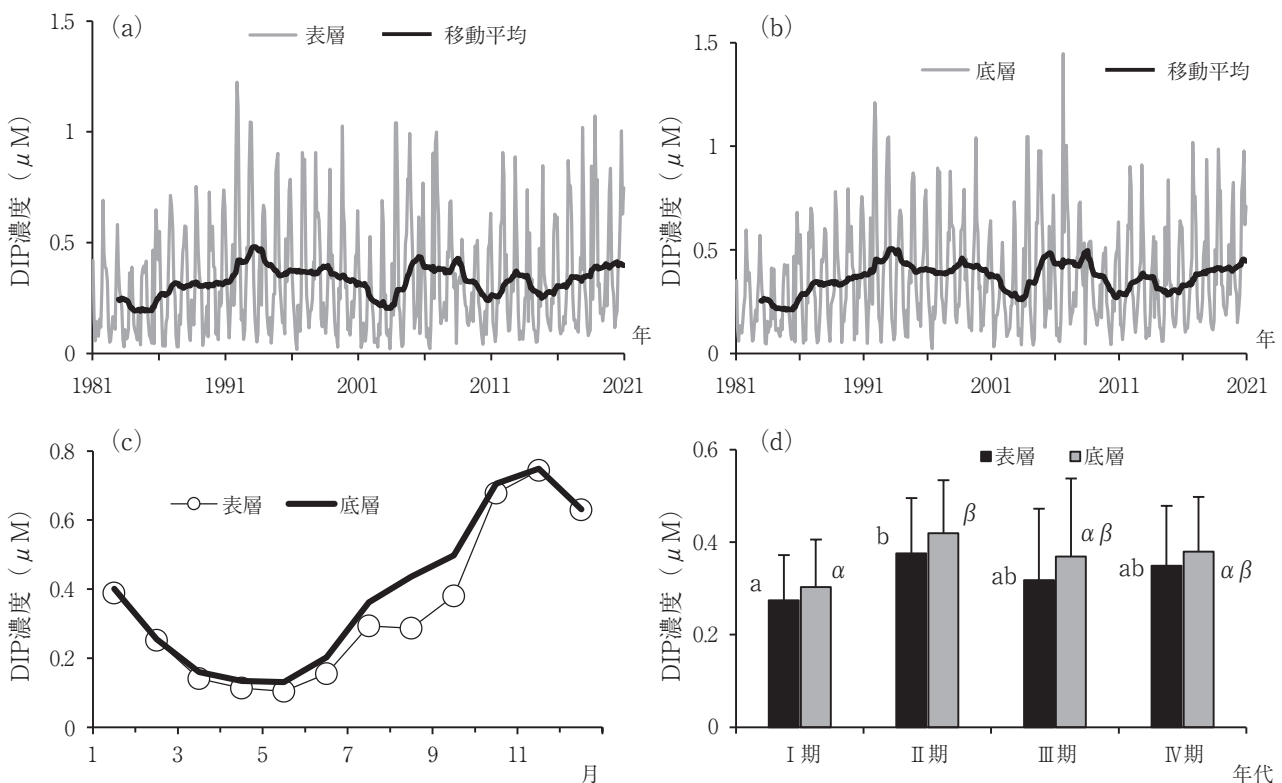


図10 DIP濃度の変化

(a)表層の経年変化, (b)底層の経年変化, (c)表層と底層の季節変動,  
(d)表層と底層の年代ごとの比較(図中の記号は有意差を, 範囲は標準偏差を示す)



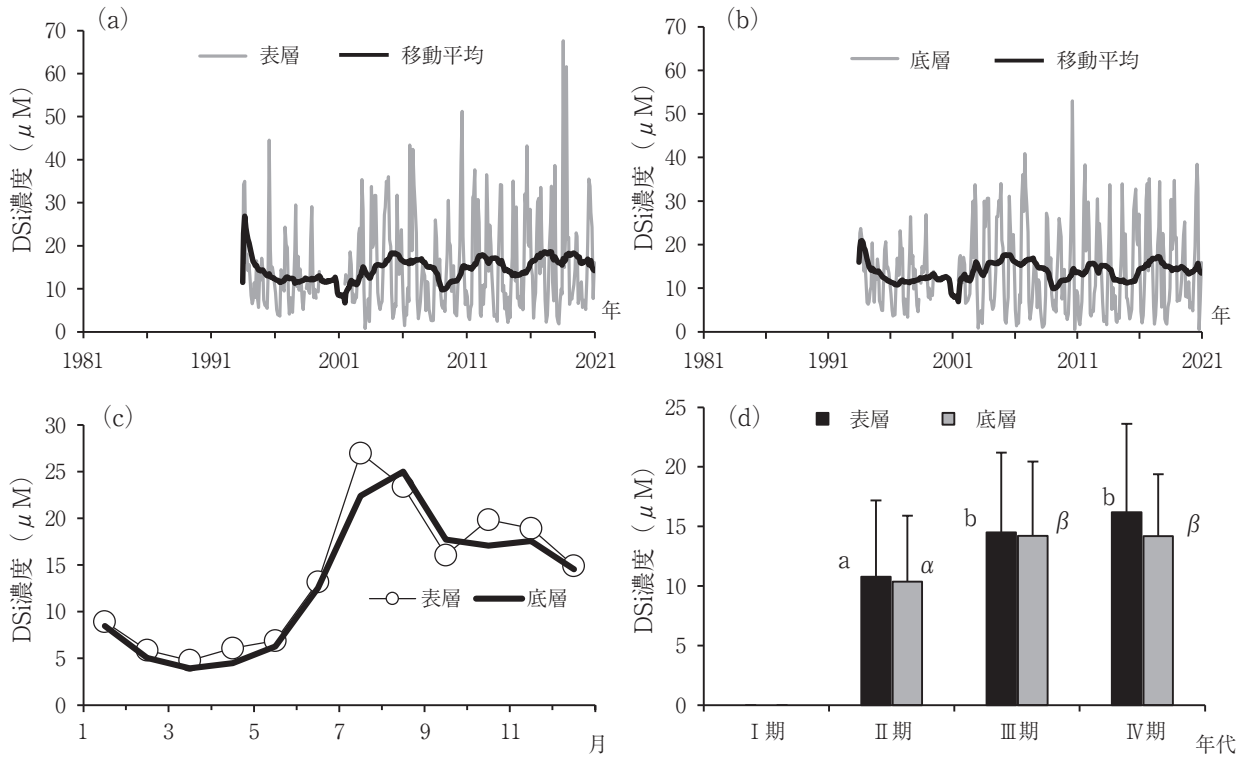


図11 DSi濃度の変化

(a)表層の経年変化, (b)底層の経年変化, (c)表層と底層の季節変動,  
 (d)表層と底層の年代ごとの比較 (図中の記号は有意差を, 範囲は標準偏差を示す)

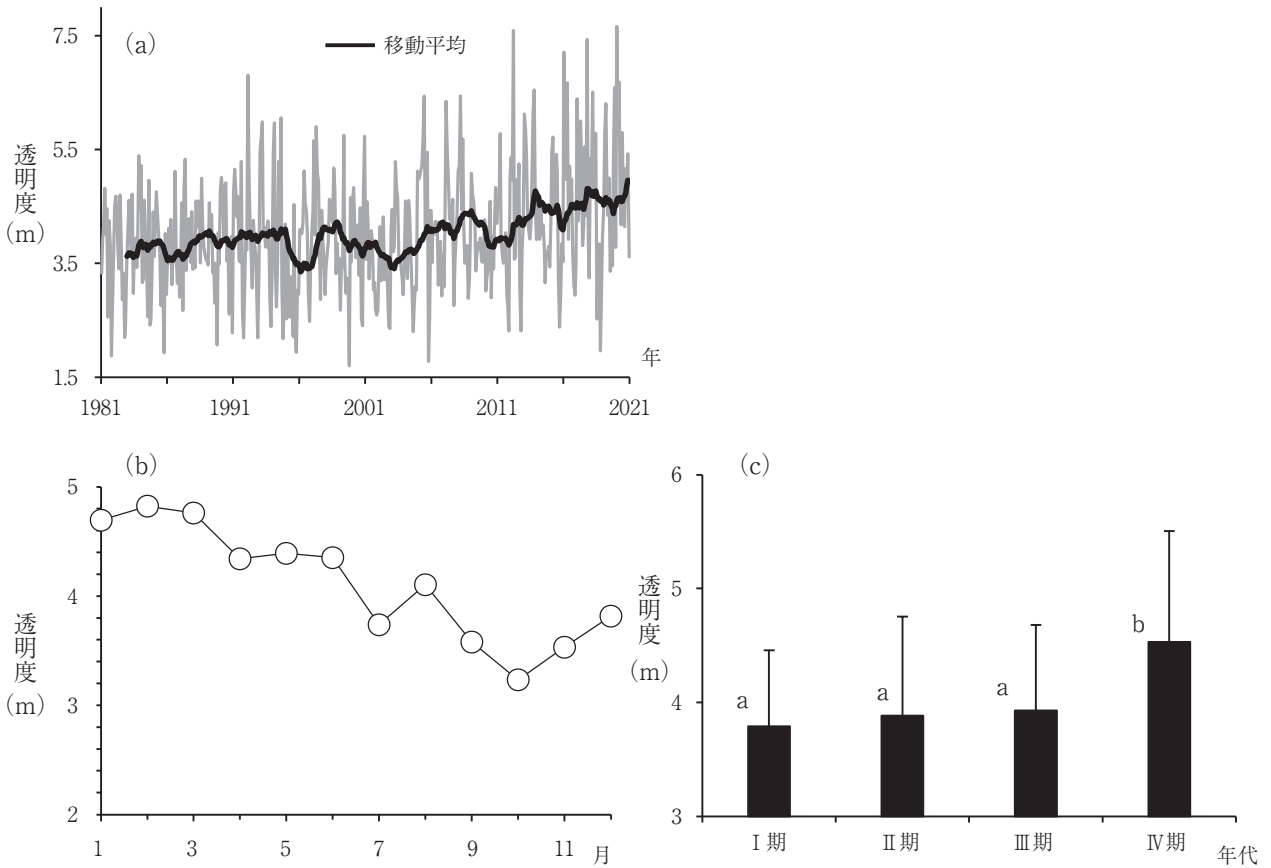


図12 透明度の変化

(a)経年変化, (b)季節変動, (c)年代ごとの比較 (図中の記号は有意差を, 範囲は標準偏差を示す)

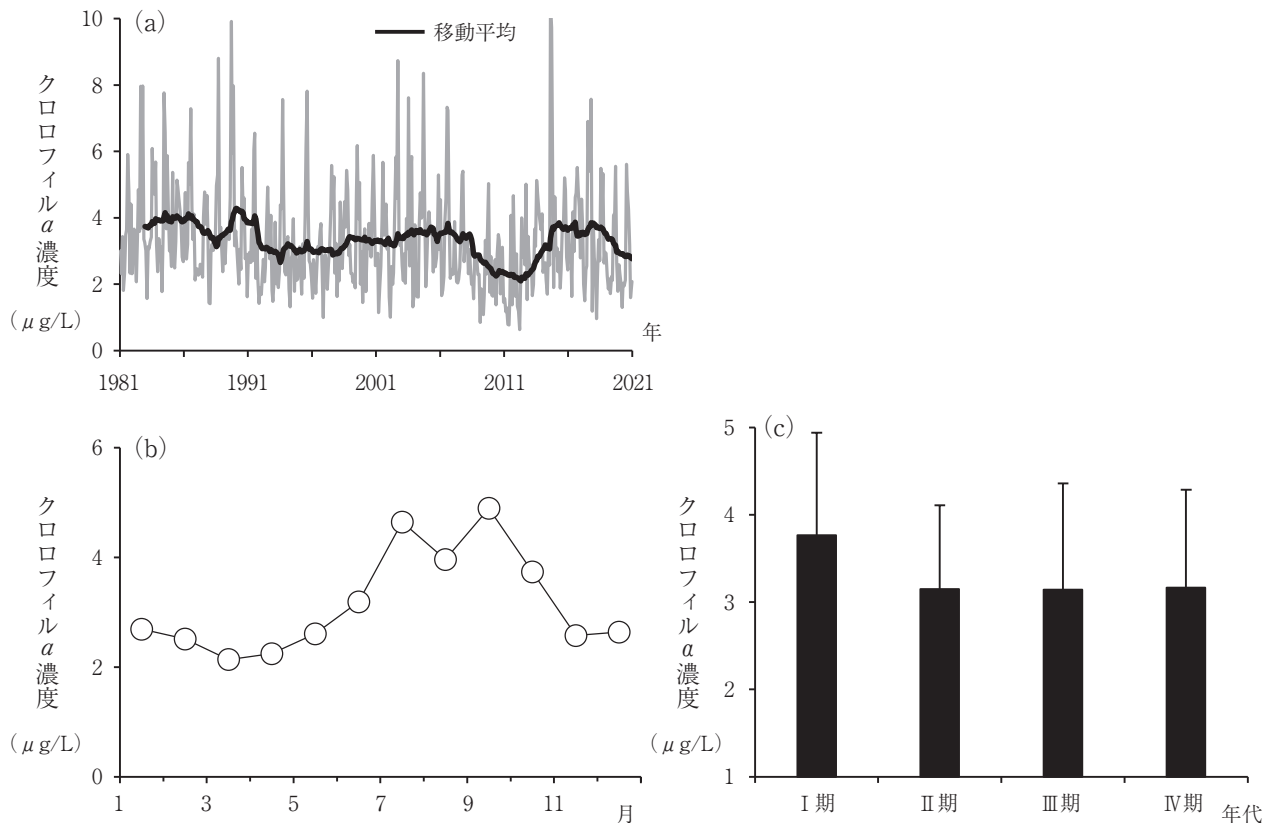


図13 クロロフィルa濃度の変化

(a)経年変化, (b)季節変動, (c)年代ごとの比較 (図中の記号は有意差を, 範囲は標準偏差を示す)

(図12(a))。その後は増減を繰り返しながら上昇し、2020年12月には3.6mとなった。なお、期間中の最高値は2020年1月の7.6m、最低値は1999年10月の1.7mであった。

季節的な変動を見ると、冬季に高く秋季に低下する変動を示し、2月には4.8mと最高値を、10月に3.2mと最低値を示した(図12(b))。年代別の比較では、I、II、III、IV期の順にそれぞれ $3.8 \pm 0.7\text{m}$ 、 $3.9 \pm 0.9\text{m}$ 、 $3.9 \pm 0.8\text{m}$ 、 $4.5 \pm 0.9\text{m}$ となり、I～III期と比較してIV期が有意に高かった(図12(c))。

**クロロフィルa濃度** 表層のクロロフィルa濃度は、1981年の1月には、 $3.0 \mu\text{g/L}$ であった(図13(a))。2010年代の前半に一時減少したが、その後は上昇し、増減を繰り返しながらも概ね一定の値で推移し、2020年12月には $2.1 \mu\text{g/L}$ となった。なお、期間中の最高値は1989年9月の $9.9 \mu\text{g/L}$ 、最低値は2012年3月の $0.6 \mu\text{g/L}$ であった。

季節的な変動を見ると、夏季に高い値を示す変動を示し、9月には $4.9 \mu\text{g/L}$ と最高値を、3月に $2.1 \mu\text{g/L}$ と最低値を示した(図13(b))。年代別の比較では、表層ではI、II、III、IV期の順にそれぞれ $3.8 \pm 1.2 \mu\text{g/L}$ 、 $3.2 \pm 1.0 \mu\text{g/L}$ 、 $3.1 \pm 1.2 \mu\text{g/L}$ 、 $3.2 \pm 1.1 \mu\text{g/L}$ となり、いずれの年代についても有意な差は見られなかった。

**平年値について** 1991年～2020年の毎月の結果を用い

て作成した平年値と標準偏差を表3に示した。次に平年値が更新されるまでは、この表で示した値を基に本県の当該月の調査結果を評価する。すなわち、長沼<sup>6)</sup>に従い、当該年の値と平年値の差( $\delta$ )を標準偏差( $\sigma$ )で除いた値を平年偏差とし、この際、 $\delta/\sigma < -2$ :きわめて低め、 $-2 \leq \delta/\sigma < -1.3$ :低め、 $-1.3 \leq \delta/\sigma < -0.6$ :やや低め、 $-0.6 \leq \delta/\sigma \leq 0.6$ :平年並み、 $0.6 < \delta/\sigma \leq 1.3$ :やや高め、 $1.3 < \delta/\sigma \leq 2$ :高め、 $2 < \delta/\sigma$ :きわめて高め、と表現する。

本報では、過去40年分のモニタリング結果を基に本県の水質の季節的、経年的な変化について整理した。その中で、海水温や透明度の上昇、栄養塩(DIN)濃度や塩分の低下等の経年的な変化が生じていることが分かった。こういった長期のモニタリングに基づく結果は、行政施策等の根幹となる情報であることから、今後も海域の調査を継続するとともに、定期的に評価を行う必要がある。

## 文 献

- 1) 田中祐志, 2014: 水産海洋研究におけるモニタリングの役割. 水産海洋学入門 海洋生物資源の持続的利用, 水産海洋学会編, 32-37.

表3 各水質項目の月毎の平年値と標準偏差

| 項目                      | 層    | 1月   | 2月   | 3月   | 4月    | 5月    | 6月    | 7月   | 8月   | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  |      |
|-------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 水温 (°C)                 | 表層   | 平年値  | 10.8 | 9.1  | 9.3   | 12.1  | 16.2  | 19.4 | 23.0 | 26.7 | 27.5 | 24.8 | 20.4 | 15.8 |
|                         |      | 標準偏差 | 1.0  | 0.7  | 0.6   | 1.1   | 1.0   | 0.8  | 0.9  | 1.0  | 0.9  | 1.1  | 1.2  | 1.1  |
|                         | 底層   | 平年値  | 10.9 | 9.0  | 9.1   | 11.5  | 15.1  | 18.2 | 21.4 | 25.1 | 26.9 | 24.8 | 20.4 | 15.8 |
|                         |      | 標準偏差 | 1.1  | 0.7  | 0.6   | 0.9   | 1.0   | 0.6  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 1.0  | 1.2  | 1.1  |
| 塩分                      | 表層   | 平年値  | 32.1 | 32.3 | 32.1  | 31.9  | 31.7  | 31.4 | 29.9 | 30.7 | 30.9 | 30.6 | 31.0 | 31.5 |
|                         |      | 標準偏差 | 0.9  | 0.8  | 0.8   | 0.7   | 0.7   | 0.8  | 2.2  | 1.3  | 1.2  | 1.5  | 1.1  | 0.9  |
|                         | 底層   | 平年値  | 32.3 | 32.5 | 32.6  | 32.4  | 32.3  | 32.1 | 31.7 | 31.5 | 31.5 | 31.2 | 31.3 | 31.6 |
|                         |      | 標準偏差 | 0.8  | 0.7  | 0.6   | 0.5   | 0.6   | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.7  | 0.9  | 0.9  | 0.9  |
| 透明度 (m)                 | 平年値  | 4.7  | 4.8  | 4.8  | 4.3   | 4.4   | 4.4   | 3.7  | 4.1  | 3.6  | 3.2  | 3.5  | 3.8  |      |
|                         | 標準偏差 | 1.1  | 1.0  | 1.2  | 0.9   | 0.7   | 0.9   | 0.6  | 0.9  | 0.9  | 1.3  | 1.0  | 0.7  |      |
| 溶存酸素濃度 (%)              | 表層   | 平年値  | 96.9 | 98.8 | 100.6 | 101.4 | 102.2 | 97.9 | 97.8 | 99.0 | 97.4 | 88.4 | 89.6 | 92.5 |
|                         |      | 標準偏差 | 4.6  | 3.2  | 3.2   | 3.2   | 5.6   | 4.4  | 7.9  | 9.3  | 7.7  | 5.3  | 4.7  | 3.3  |
|                         | 底層   | 平年値  | 96.2 | 98.5 | 99.3  | 99.3  | 97.2  | 92.6 | 86.8 | 83.8 | 84.5 | 85.1 | 87.9 | 91.6 |
|                         |      | 標準偏差 | 4.5  | 3.1  | 3.5   | 3.4   | 3.5   | 5.6  | 8.2  | 8.5  | 9.0  | 5.4  | 5.4  | 3.1  |
| 濁度 (mg/L)               | 表層   | 平年値  | 3.6  | 3.5  | 3.6   | 3.9   | 3.7   | 4.1  | 5.0  | 4.7  | 5.7  | 6.6  | 5.2  | 4.5  |
|                         |      | 標準偏差 | 1.9  | 1.7  | 2.0   | 2.6   | 1.9   | 1.9  | 2.8  | 2.5  | 2.9  | 4.0  | 2.6  | 2.1  |
|                         | 底層   | 平年値  | 5.5  | 5.2  | 5.1   | 6.3   | 6.6   | 6.5  | 6.7  | 7.8  | 9.1  | 12.2 | 9.3  | 7.0  |
|                         |      | 標準偏差 | 3.1  | 3.6  | 3.1   | 4.5   | 4.3   | 2.9  | 3.3  | 4.7  | 4.9  | 7.2  | 5.6  | 3.2  |
| COD (mg/L)              | 表層   | 平年値  | 1.1  | 1.4  | 1.4   | 1.6   | 1.3   | 0.5  | 15.8 | 2.3  | 2.3  | 5.7  | 1.9  | 2.6  |
|                         |      | 標準偏差 | 0.2  | 0.2  | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.3  | 0.2  | 0.2  | 0.1  |
|                         | 底層   | 平年値  | 0.7  | 0.6  | 0.6   | 0.7   | 0.7   | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 0.9  | 0.8  | 0.7  | 0.6  |
|                         |      | 標準偏差 | 0.3  | 0.2  | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2  | 0.2  | 0.3  | 0.3  | 0.2  | 0.2  | 0.1  |
| DIN濃度 ( $\mu$ M)        | 表層   | 平年値  | 3.9  | 2.9  | 1.7   | 1.9   | 1.8   | 2.2  | 4.8  | 2.8  | 2.7  | 7.5  | 9.1  | 7.8  |
|                         |      | 標準偏差 | 2.2  | 1.8  | 1.0   | 0.8   | 1.2   | 1.9  | 3.8  | 2.3  | 2.0  | 4.0  | 3.9  | 3.7  |
|                         | 底層   | 平年値  | 3.8  | 2.6  | 1.4   | 1.6   | 1.6   | 2.2  | 4.0  | 3.8  | 3.5  | 7.3  | 8.7  | 7.6  |
|                         |      | 標準偏差 | 2.2  | 1.7  | 0.7   | 0.6   | 0.8   | 1.2  | 1.8  | 2.0  | 1.7  | 3.6  | 3.6  | 3.5  |
| DIP濃度 ( $\mu$ M)        | 表層   | 平年値  | 0.39 | 0.25 | 0.14  | 0.11  | 0.10  | 0.15 | 0.29 | 0.29 | 0.38 | 0.68 | 0.74 | 0.63 |
|                         |      | 標準偏差 | 0.14 | 0.10 | 0.06  | 0.06  | 0.06  | 0.08 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.24 | 0.21 | 0.23 |
|                         | 底層   | 平年値  | 0.40 | 0.26 | 0.16  | 0.13  | 0.13  | 0.20 | 0.36 | 0.44 | 0.50 | 0.71 | 0.75 | 0.63 |
|                         |      | 標準偏差 | 0.14 | 0.09 | 0.06  | 0.09  | 0.06  | 0.07 | 0.13 | 0.25 | 0.15 | 0.24 | 0.19 | 0.22 |
| DSi濃度 ( $\mu$ M)        | 表層   | 平年値  | 8.9  | 5.9  | 4.8   | 6.2   | 7.1   | 13.4 | 27.7 | 24.2 | 16.8 | 20.3 | 19.4 | 15.1 |
|                         |      | 標準偏差 | 5.5  | 2.9  | 2.4   | 2.6   | 3.9   | 6.0  | 13.1 | 11.3 | 9.5  | 13.1 | 10.1 | 6.5  |
|                         | 底層   | 平年値  | 8.4  | 5.0  | 3.9   | 4.5   | 6.5   | 12.7 | 23.1 | 26.1 | 18.3 | 17.2 | 18.0 | 14.7 |
|                         |      | 標準偏差 | 5.4  | 2.4  | 2.3   | 2.0   | 3.7   | 4.3  | 7.1  | 10.7 | 7.9  | 11.6 | 8.9  | 6.3  |
| クロロフィルa 濃度 ( $\mu$ g/L) | 平年値  | 2.7  | 2.5  | 2.1  | 2.2   | 2.6   | 3.2   | 4.6  | 4.0  | 4.9  | 3.7  | 2.6  | 2.6  |      |
|                         | 標準偏差 | 0.8  | 0.9  | 0.8  | 0.7   | 0.9   | 1.0   | 1.5  | 1.9  | 1.8  | 1.5  | 1.0  | 0.8  |      |

- 2) 阿保勝之・秋山 諭・原田和弘・中地良樹・林 浩志・村田憲一・和西昭仁・石川陽子・益井敏光・西川 智・山田京平・野田 誠・徳光俊二, 2018: 瀬戸内海における栄養塩濃度等の水質変化とその要因, 沿岸海洋研究, **55**, 101-111.
- 3) 石黒貴裕, 2012: 岡山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, **27**, 1-4.
- 4) 藤澤邦康・小橋啓介・林 浩志, 2002: 備讃瀬戸及び播磨灘

における水温経年変化について, 岡山水試報, **17**, 87-90.

- 5) H. Akaike, 1973: Information theory and an extension of the maximum likelihood principle, Proceedings of the 2nd international symposium on information theory, Budapest, 267-281.
- 6) 長沼光亮, 1981: 漁海況予測の手法と検証, 水産庁, 東京, 139-146.