

博多湾の栄養塩類について

窒素、リンの環境基準

- 環境基準は「人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準」（行政上の政策目標）である。
- 全窒素・全リンは「生活環境の保全に関する環境基準」であり、国・都道府県において、利水目的を考慮した基準値の設定（類型指定）が行われる。

類型	利用目的の適応性	全窒素	全リン
I	自然環境保全及びⅡ以下の欄に掲げるもの（水産2種及び3種を除く）	0.2mg/L以下	0.02mg/L以下
Ⅱ	水産1種、水浴及びⅢ以下の欄に掲げるもの（水産2種及び3種を除く）	0.3mg/L以下	0.03mg/L以下
Ⅲ	水産2種及びⅣ以下の欄に掲げるもの（水産3種を除く）	0.6mg/L以下	0.05mg/L以下
Ⅳ	水産3種、工業用水、生物生息環境保全	1mg/L以下	0.09mg/L以下

（備考）

自然環境保全：自然探勝等の環境保全

水産1種：底生魚介類を含め多様な水産生物がバランス良く、且つ、安定して漁獲される

水産2種：一部の底生魚介類を除き、魚類を中心とした水産生物が多獲される

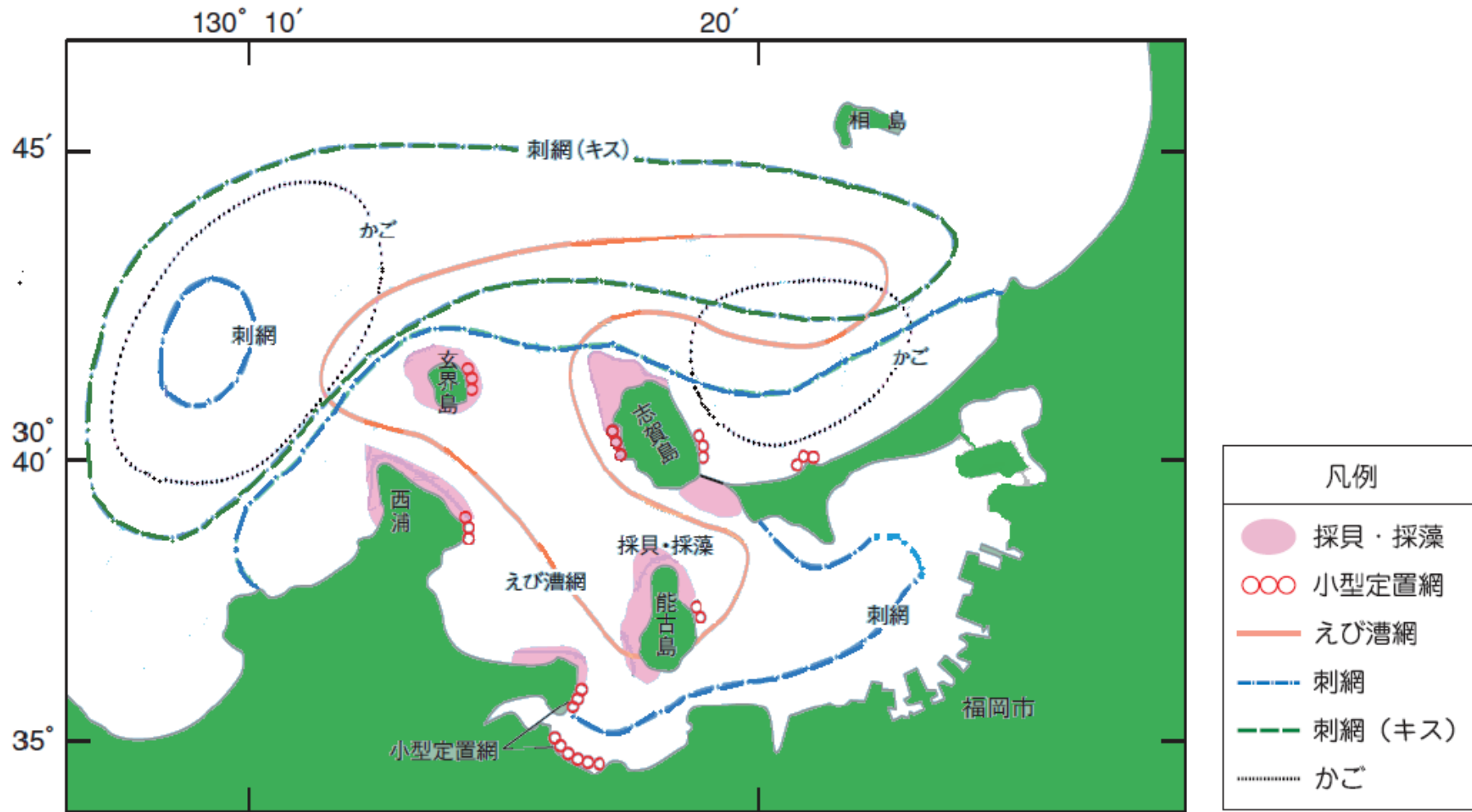
水産3種：汚濁に強い特定の水産生物が主に漁獲される

博多湾沿岸域の利用状況



- 湾内の干潟を中心に広く潮干狩りが行われている。
- 西部海域を中心に海水浴場がある。また、釣りやヨットなどのマリンレジャーも楽しまれている。

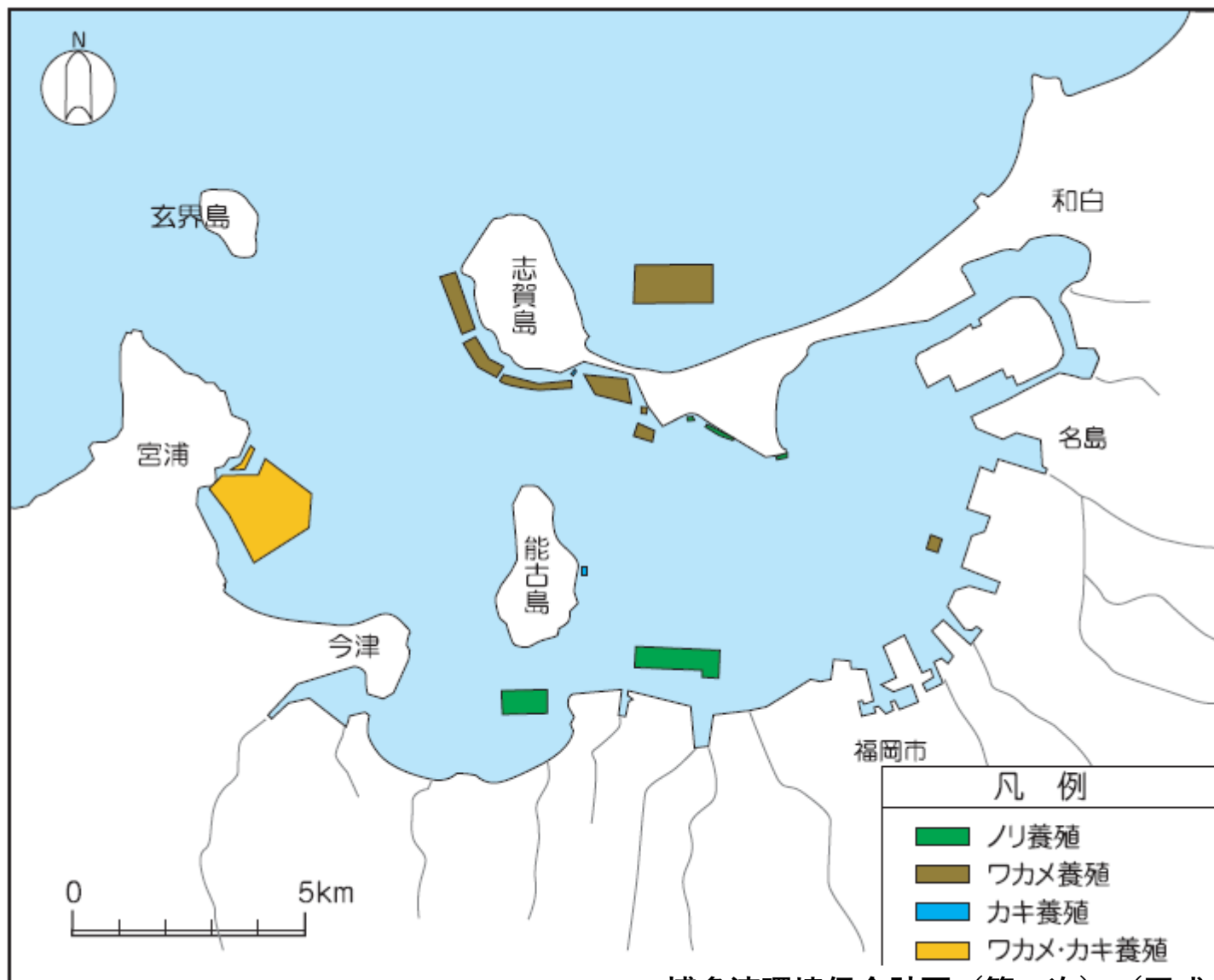
博多湾の沿岸漁業の漁場



博多湾環境保全計画（第二次）（平成28年9月）より

➤ 博多湾内では刺網やえび漕網などによる漁業が営まれている。

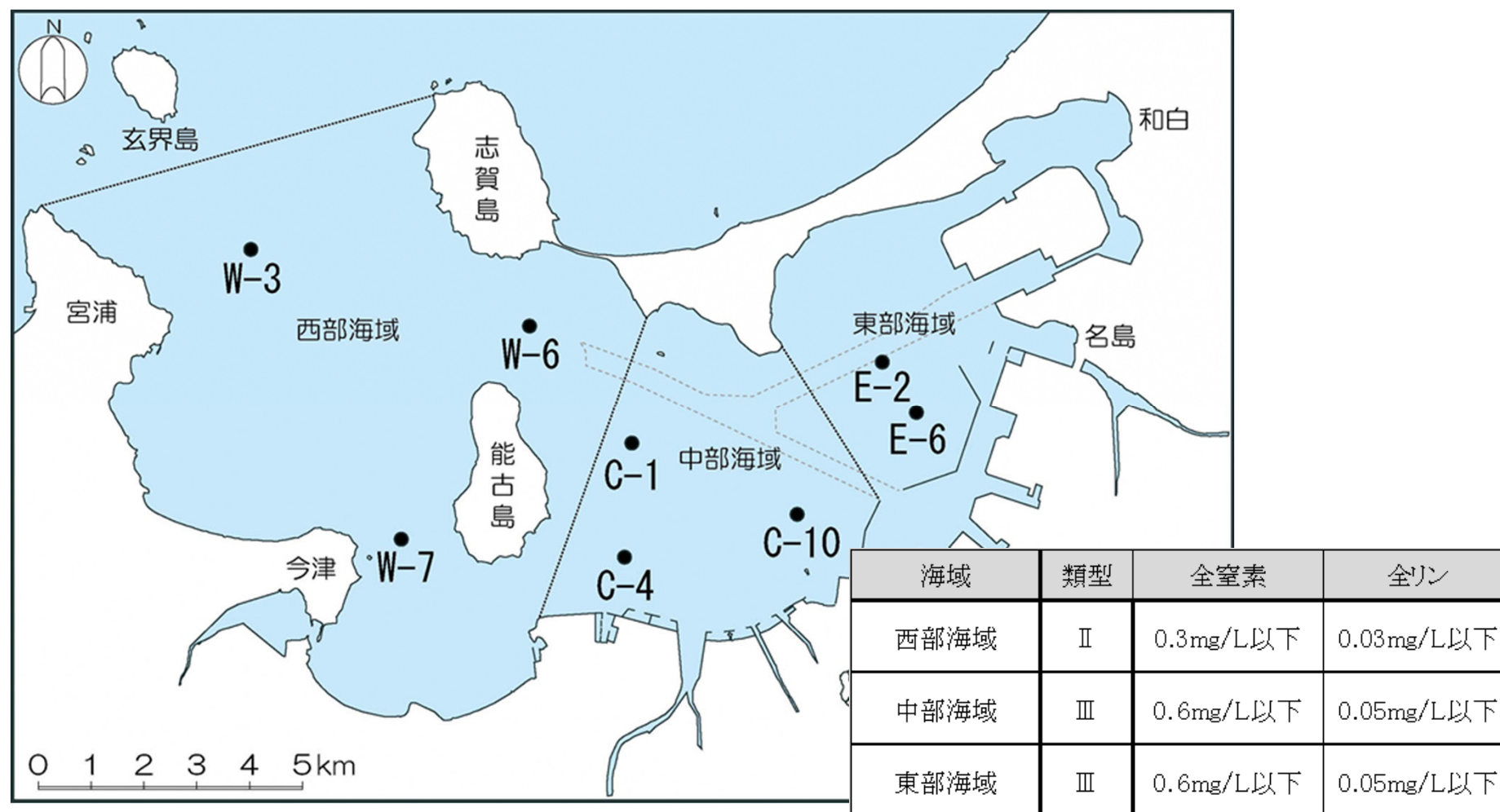
漁業（養殖）の利用状況



博多湾環境保全計画（第二次）（平成28年9月）より

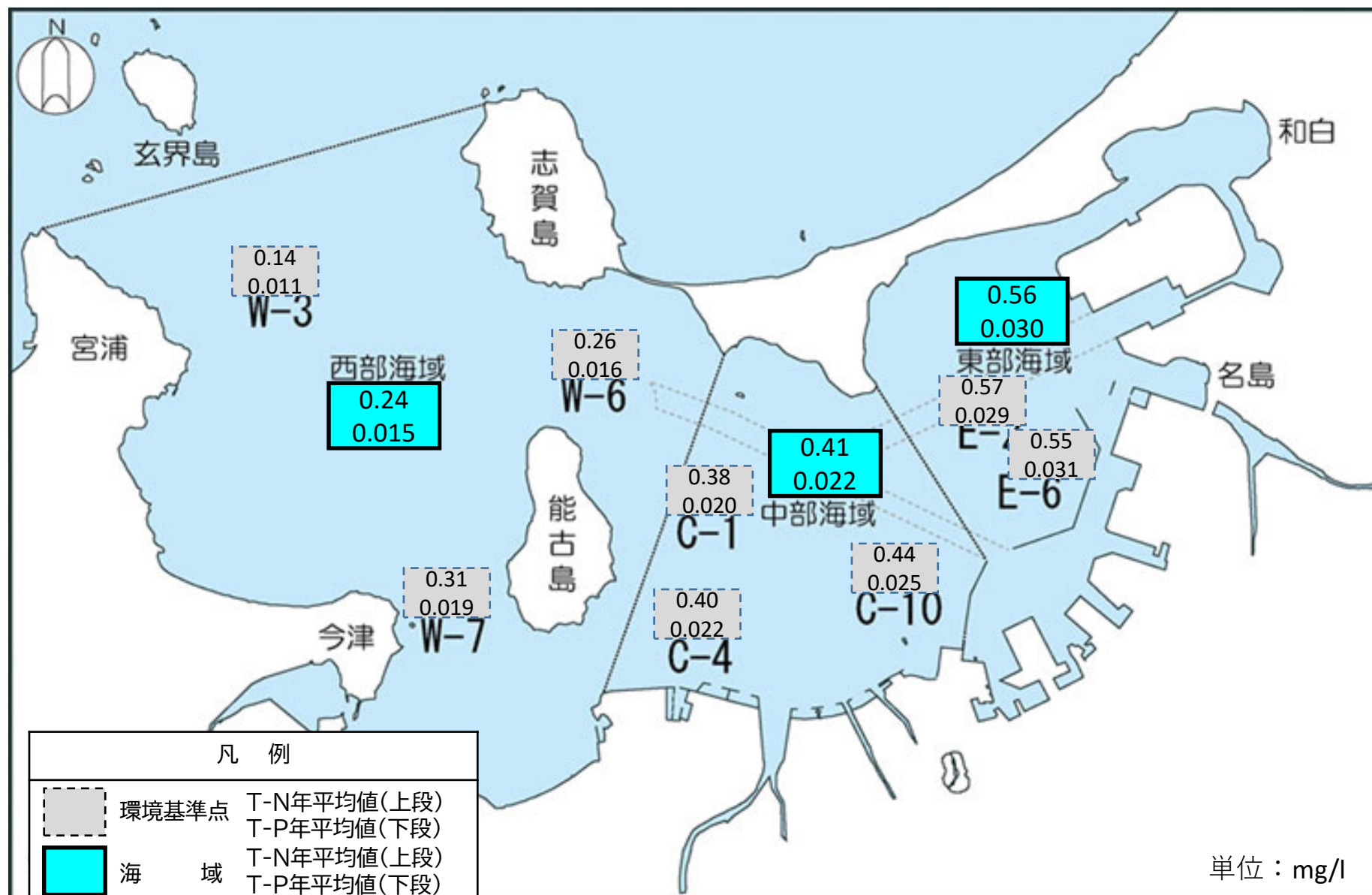
- 博多湾内ではノリ、ワカメ、カキの養殖が営まれている。

博多湾の類型指定状況と環境基準評価方法



- 博多湾は平成8年に福岡県が類型指定
- 環境基準の評価は、各環境基準点の年平均値の海域平均値

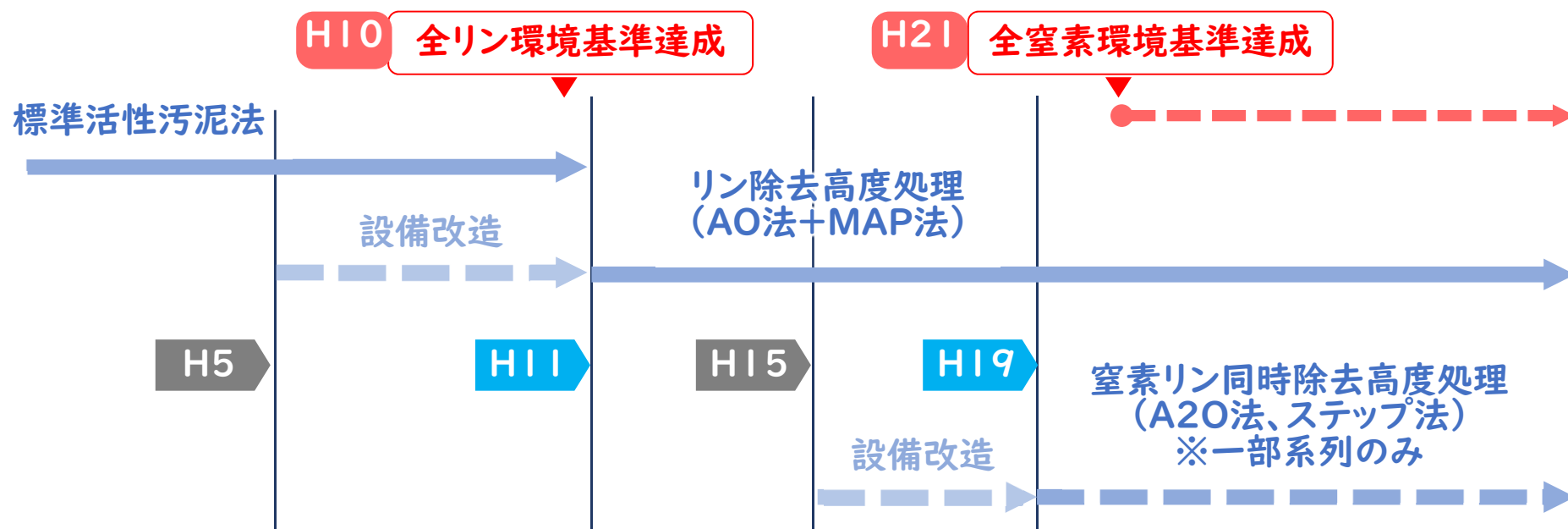
博多湾の全窒素・全リン濃度（令和4年度）



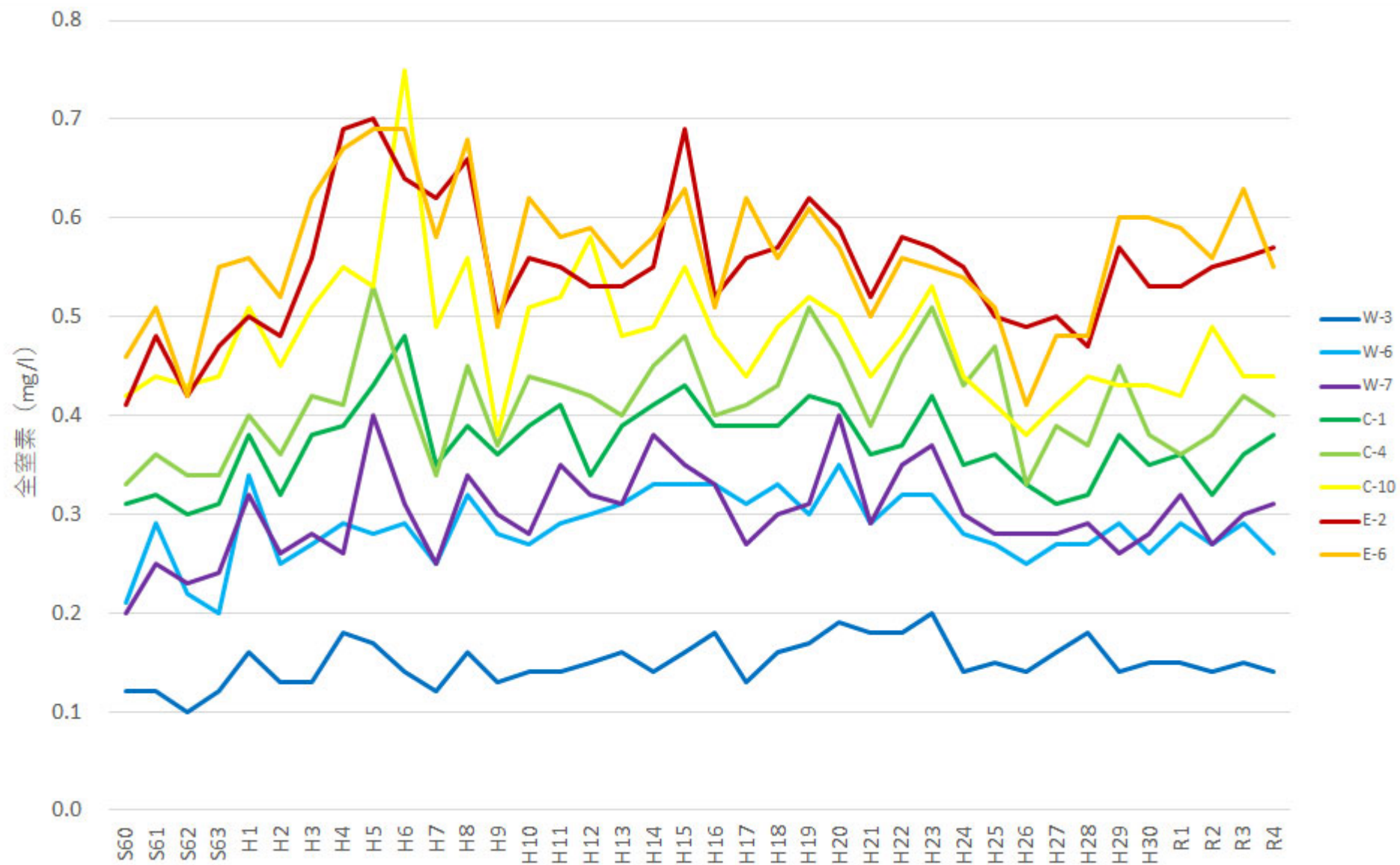
全海域（西部・中部・東部海域）で環境基準を達成している。

<参考>下水道の高度処理導入状況

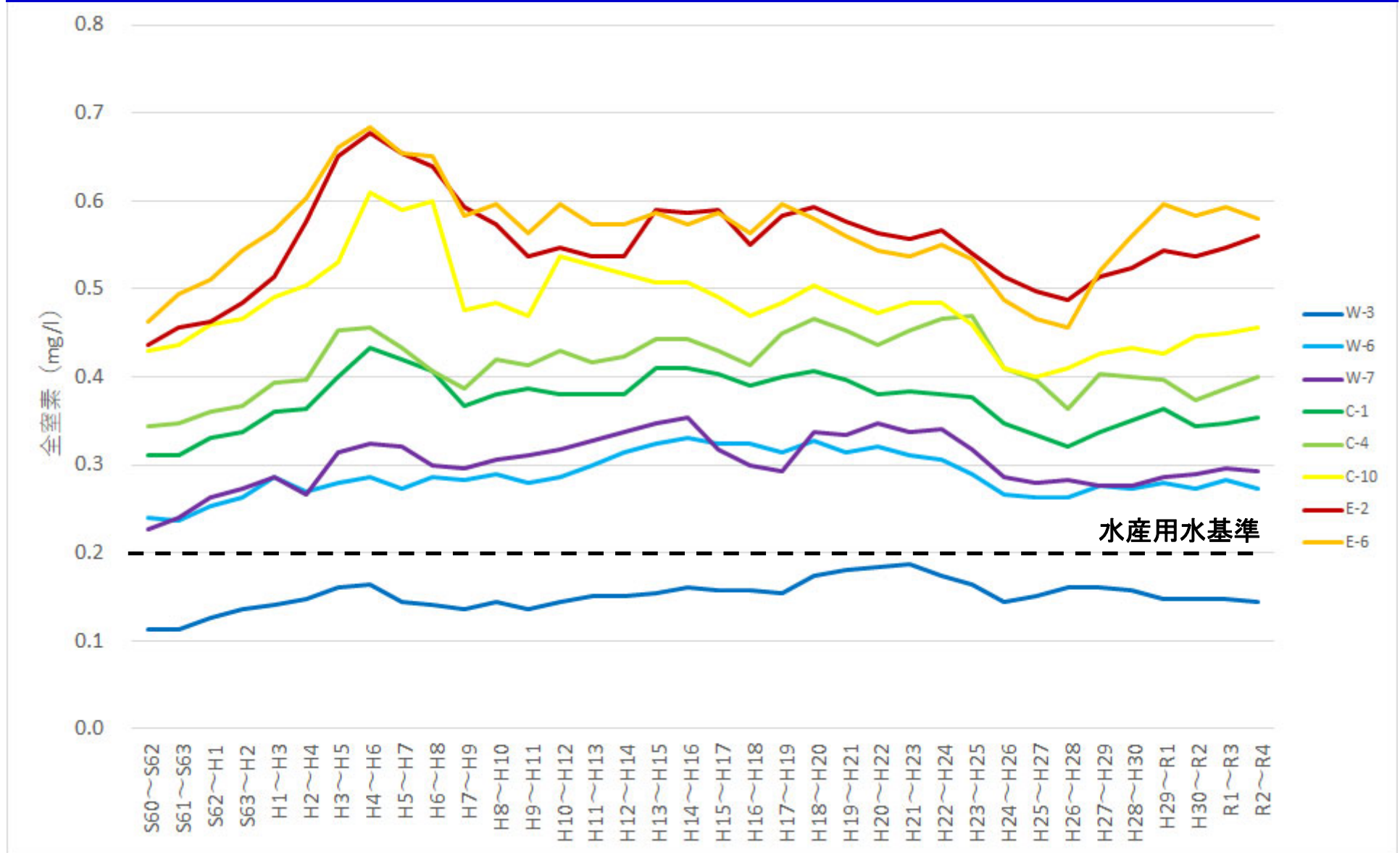
- 福岡市では、下水道管渠等の整備や水処理センターの整備を着実に進め、下水道普及率は99.7%に達している。
- 標準的な下水処理方法では除去が困難な、窒素やリンを除去するため、まずは、リン除去高度処理に着手し、すべての水処理センターへの導入を完了、その後、一部の水処理センターで窒素リン同時除去高度処理を段階的に導入
- 結果、環境基準について、H10に全リン、H21に全窒素をすべての海域で達成。



博多湾の全窒素濃度の推移（年平均値）



博多湾の全窒素濃度の推移（年平均値・3年移動平均値）

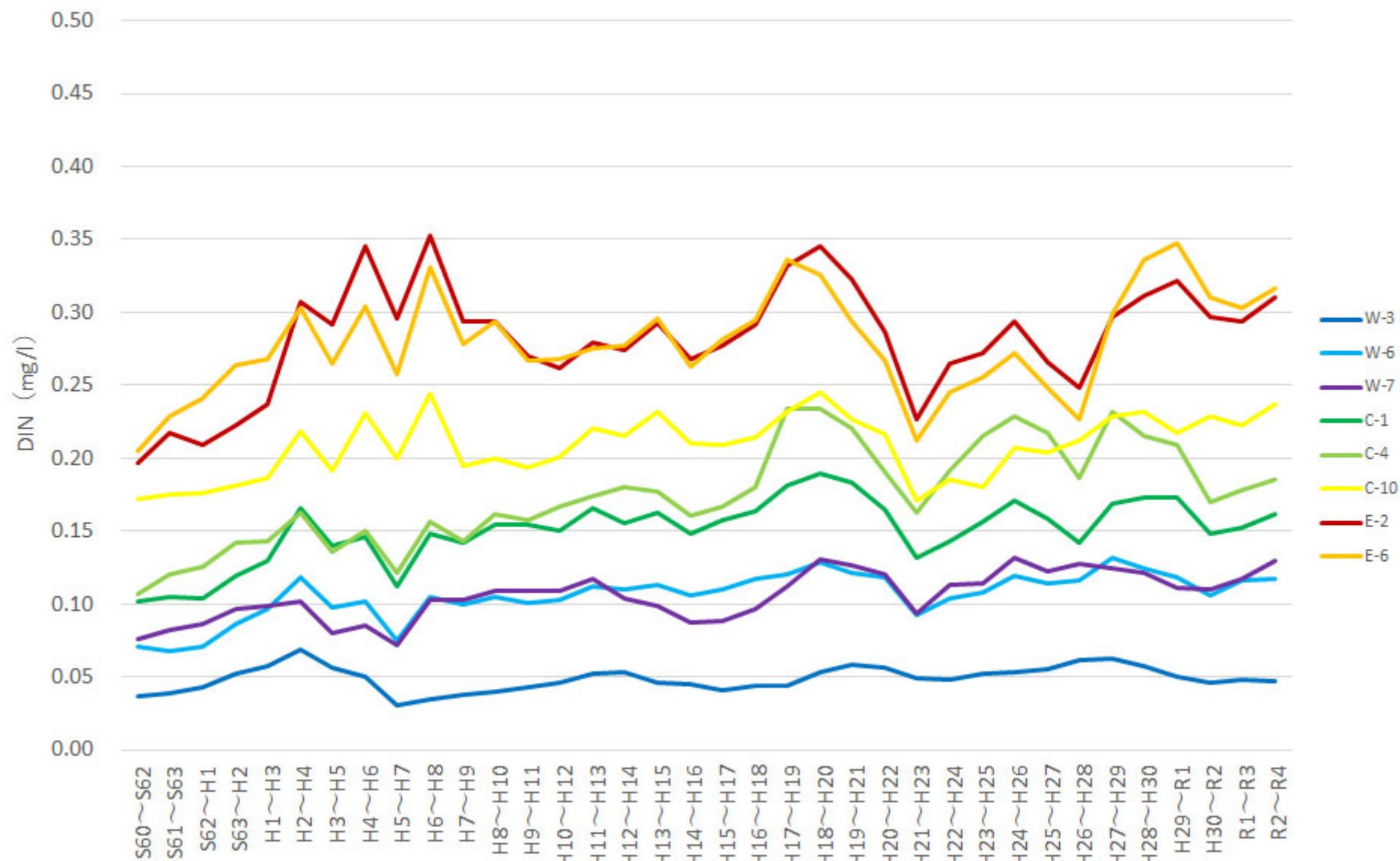


- 経年的に横ばい傾向
- W-3地点以外は水産用水基準を上回っている。

<水産用水基準>

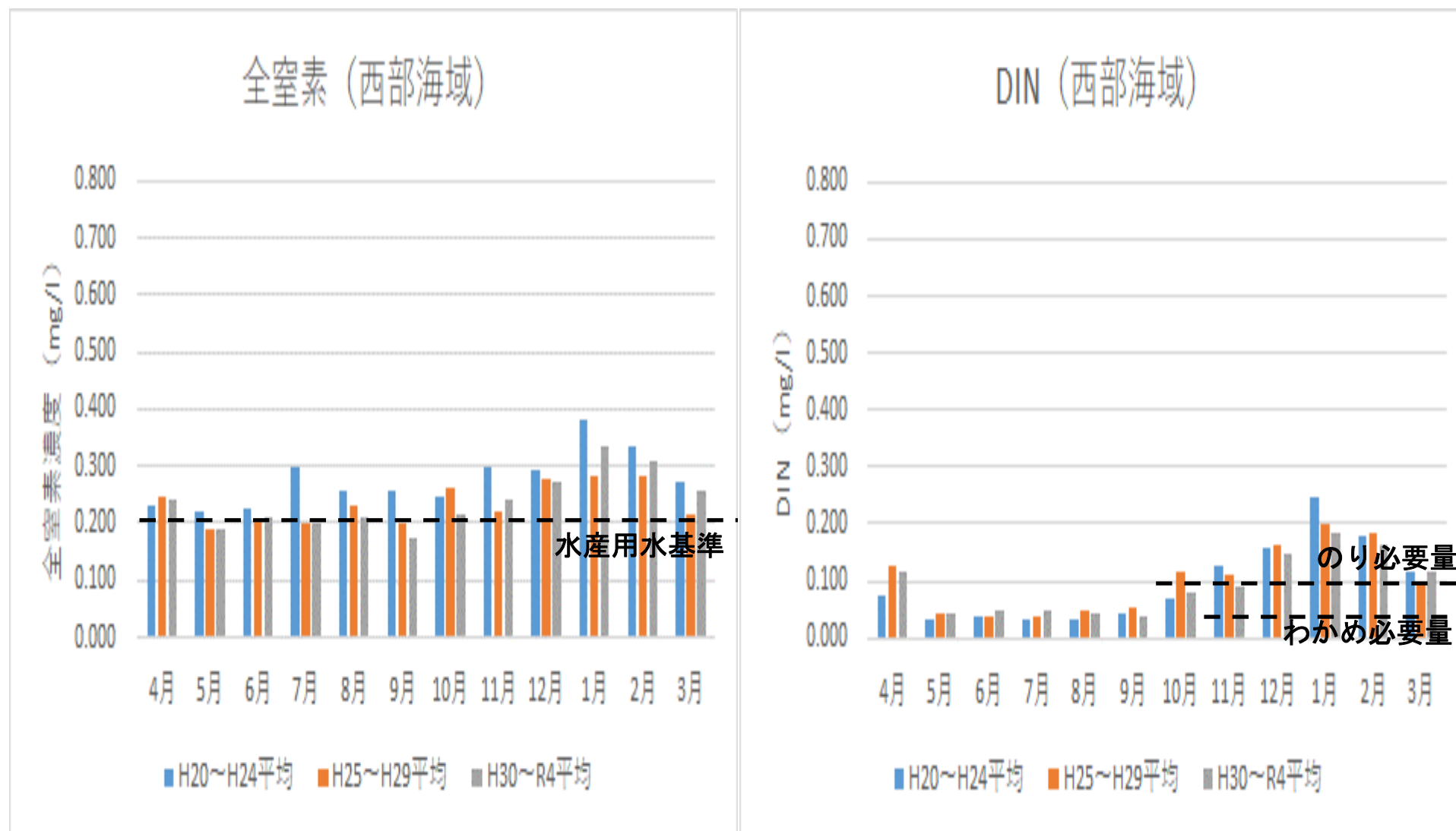
全窒素0.2mg/L以下、全リン0.02mg/L以下の海域は、生物生産性の低い海域であり、水産利用よりも自然探訪等の利用を優先させる海域

博多湾の無機態窒素濃度の推移（年平均値・3年移動平均値）



➤ 経年的に横ばい傾向

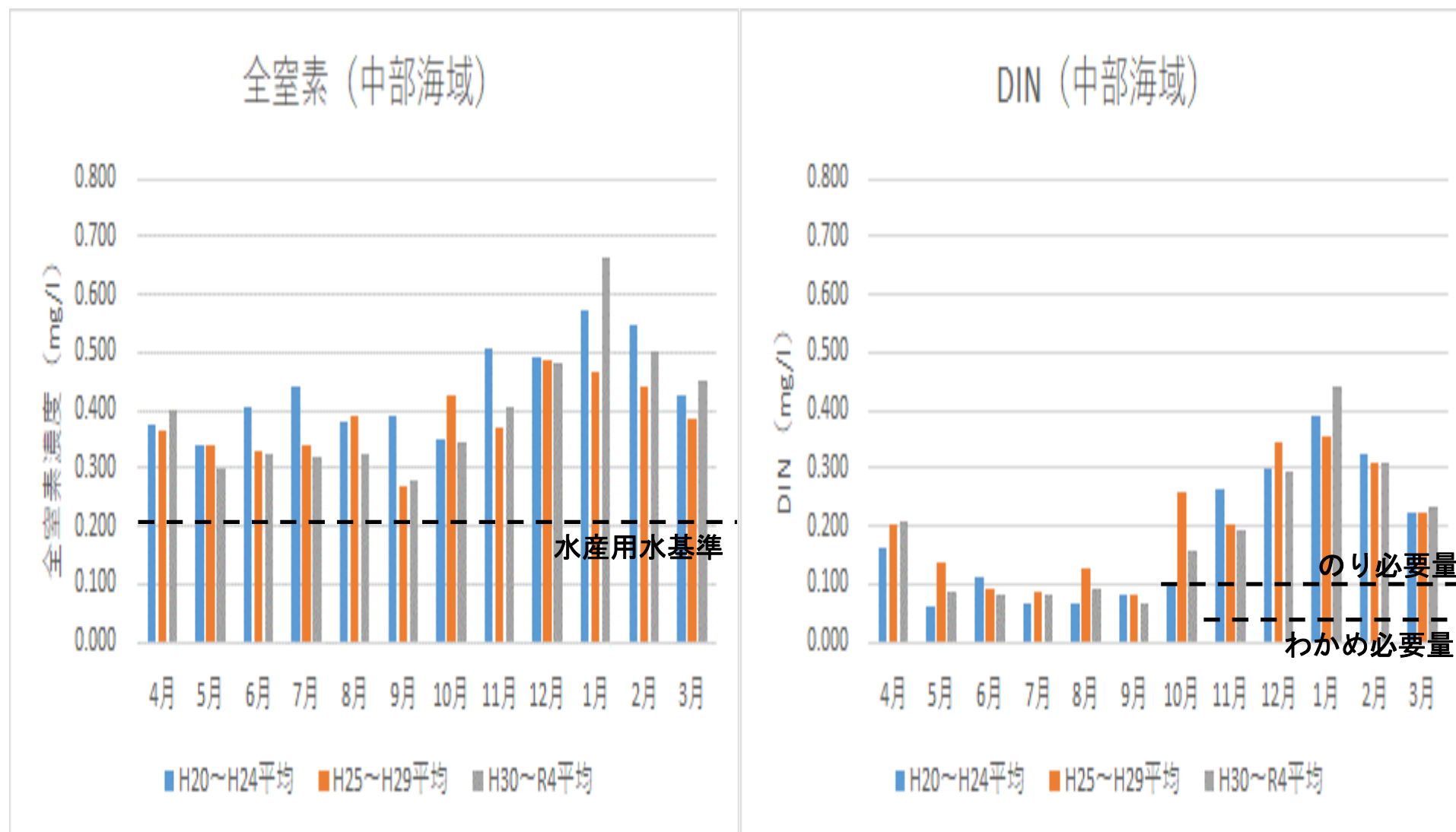
博多湾の窒素濃度の経月変化（西部海域）



- 全窒素は年間を通して水産用水基準を概ね満足している。
- 無機態窒素はのり及びわかめの養殖時期には概ね必要量を確保できている。

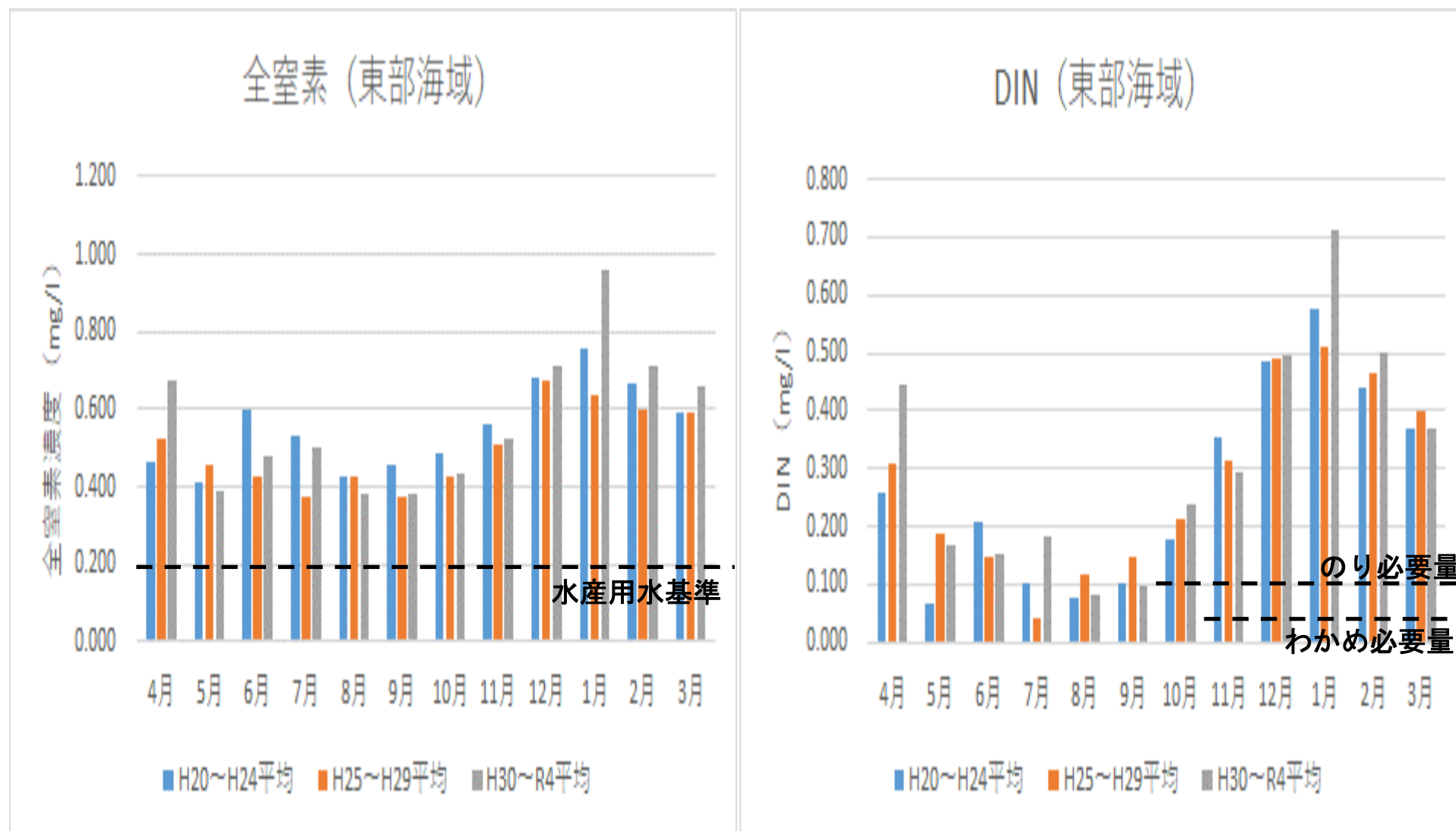
養殖時期：のり10月～3月 わかめ11月～3月

博多湾の窒素濃度の経月変化（中部海域）



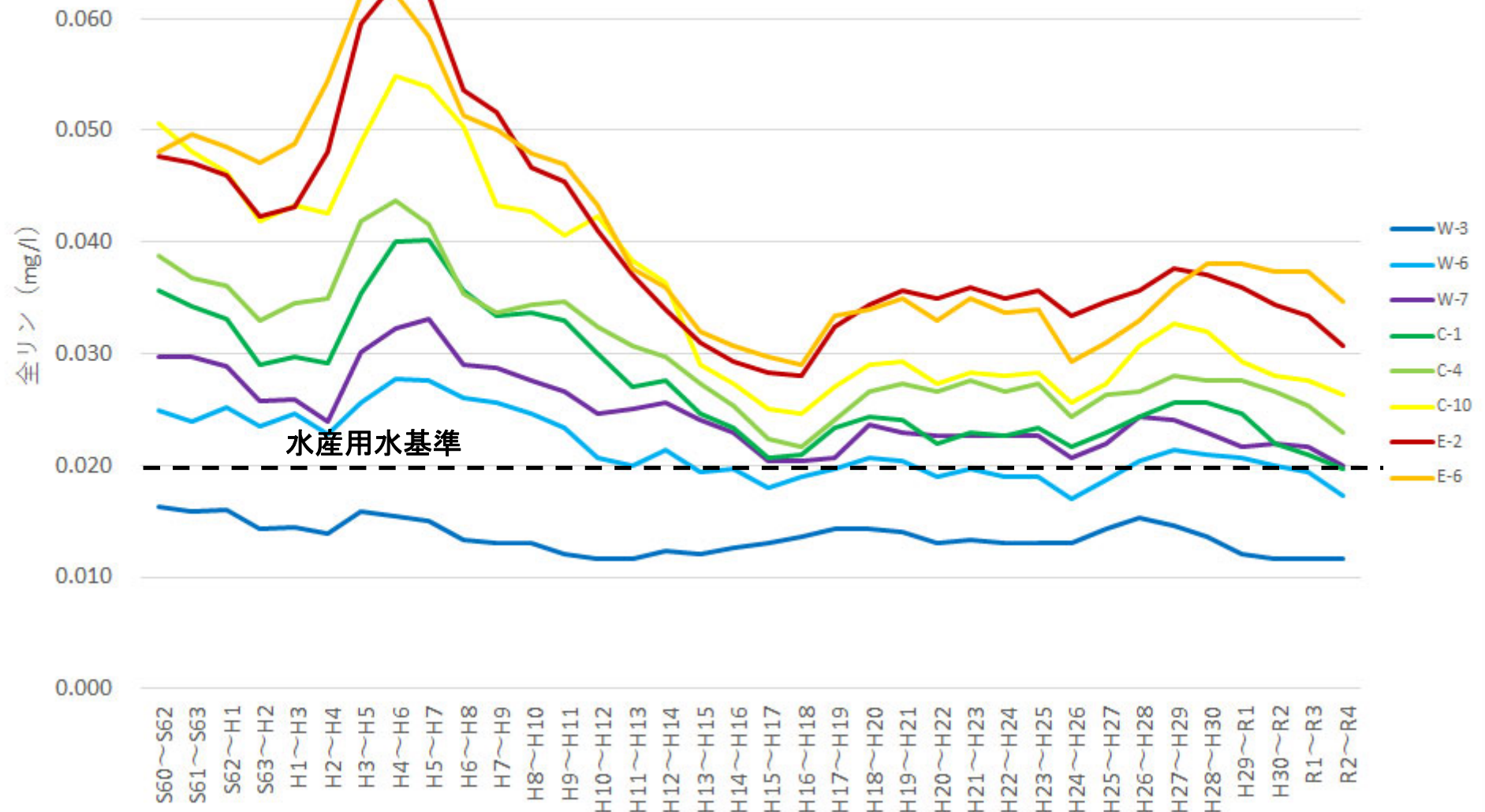
- 全窒素は年間を通して水産用水基準を満足している。
- 無機態窒素はのり及びわかめの養殖時期には概ね必要量を確保できている。

博多湾の窒素濃度の経月変化（東部海域）



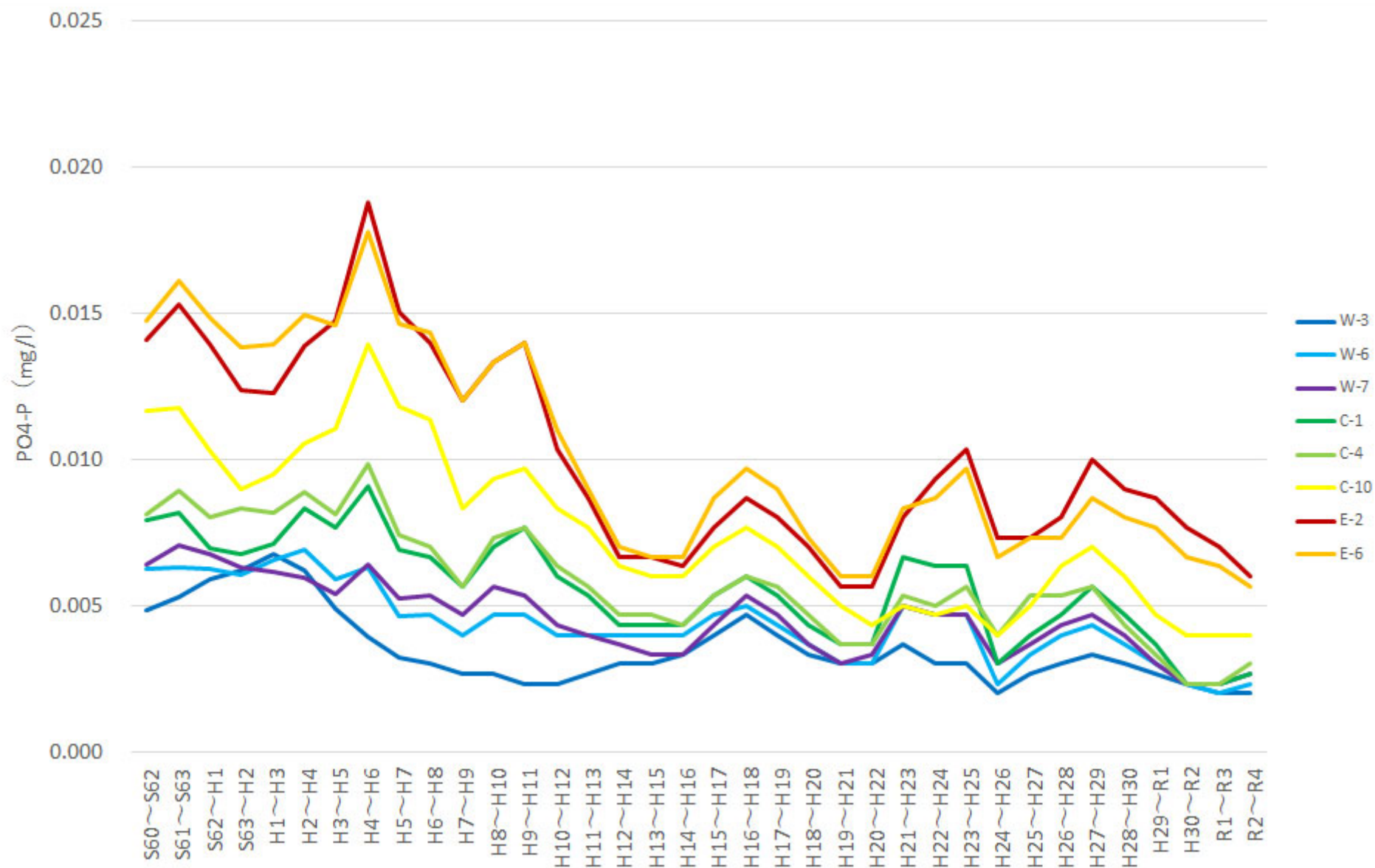
- 全窒素は年間を通して水産用水基準を満足している。
- 無機態窒素はのり及びわかめの養殖時期には概ね必要量を確保できている。

博多湾の全リン濃度の推移（年平均値・3年移動平均値）



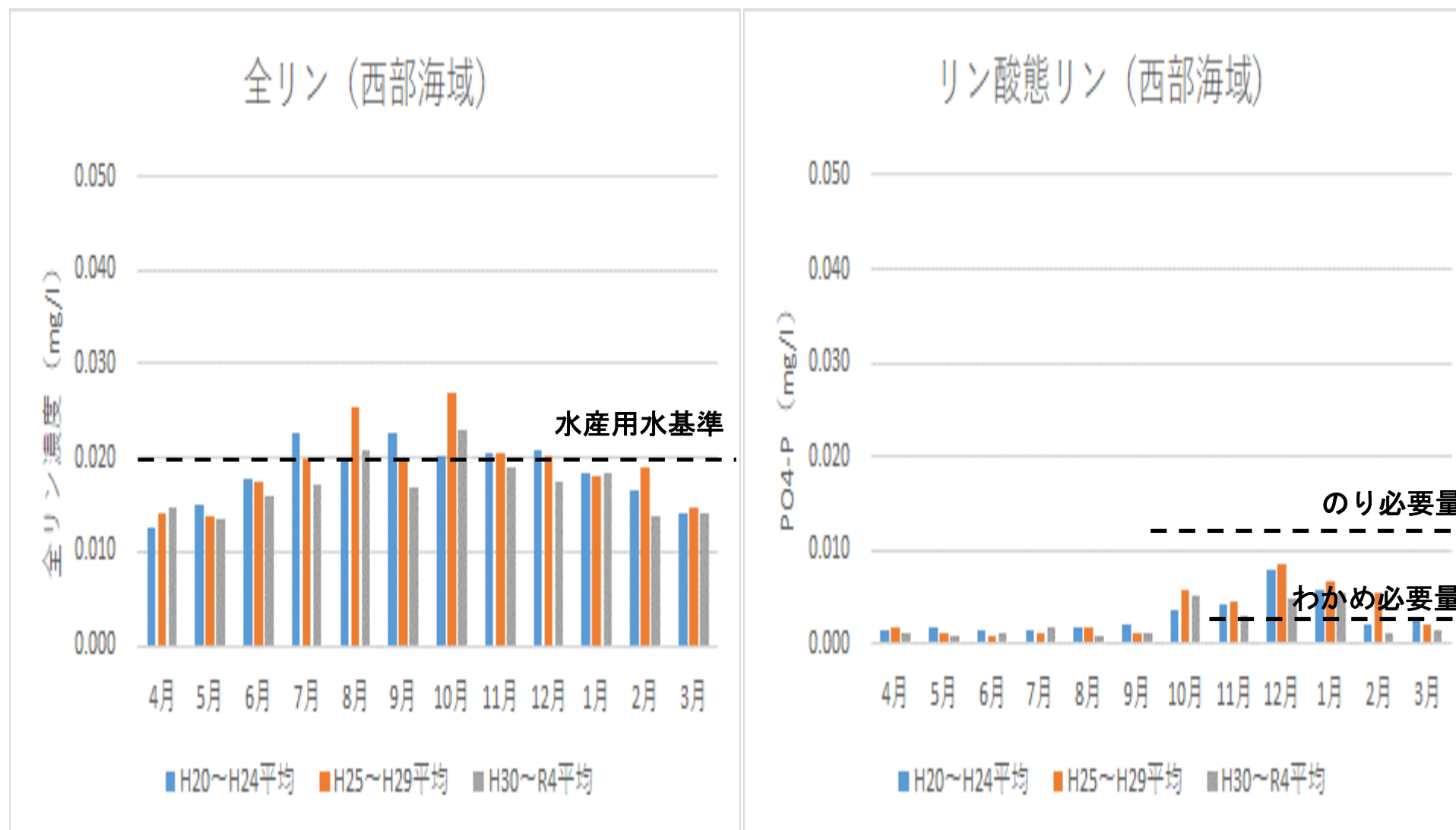
- 平成5年から15年頃にかけて減少し、その後は横ばい傾向
- 湾奥ほど減少傾向は顕著（東部＞中部＞西部）
- W-3地点が水産用水基準を下回り、W-6地点も水産用水基準と同程度

博多湾のリン酸態リン濃度の推移（年平均値・3年移動平均値）



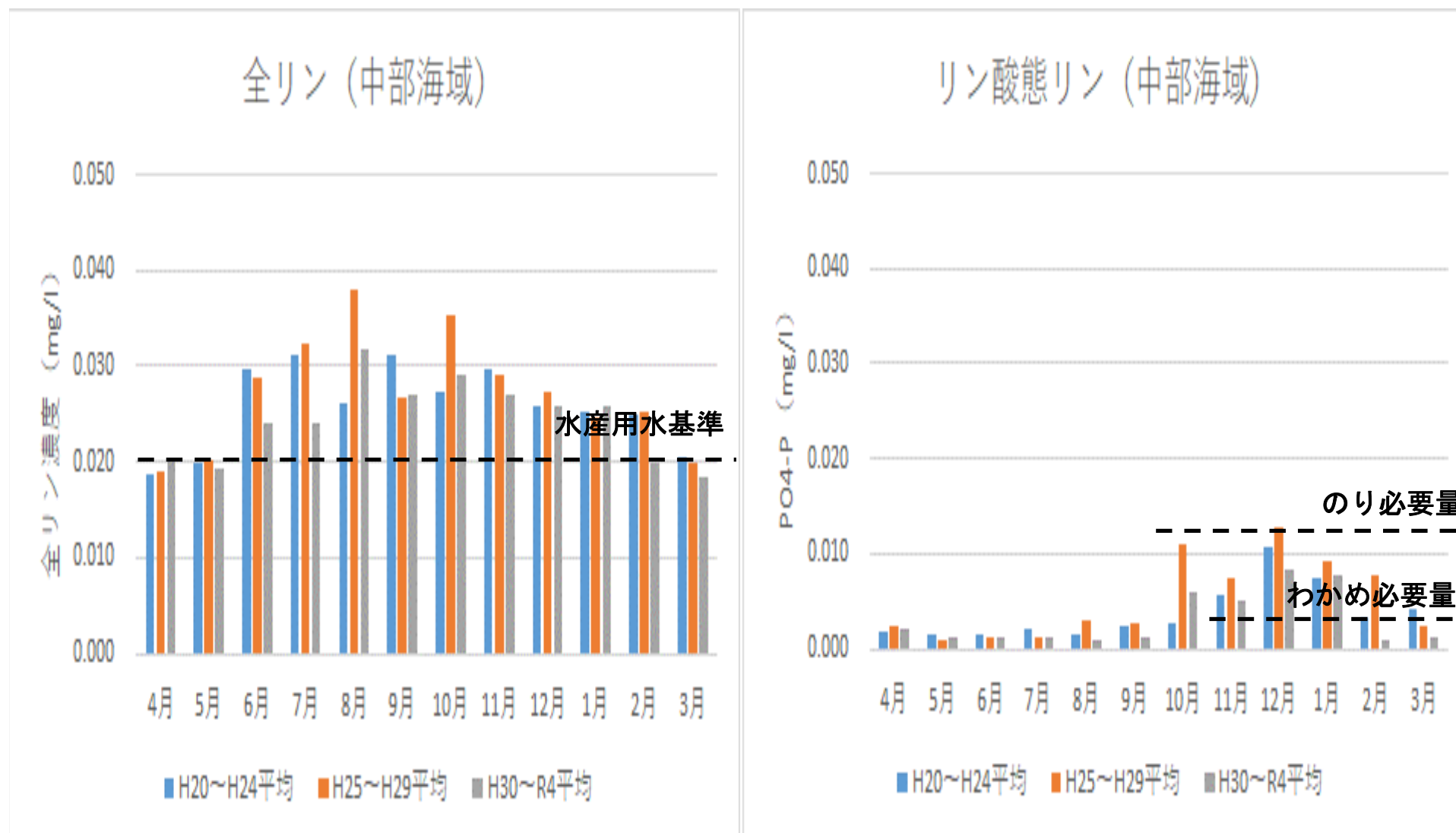
- 東部海域以外では減少傾向が続いている
- 東部海域は平成6年頃から減少し、平成13年頃から横ばい傾向

博多湾のリン濃度の経月変化（西部海域）



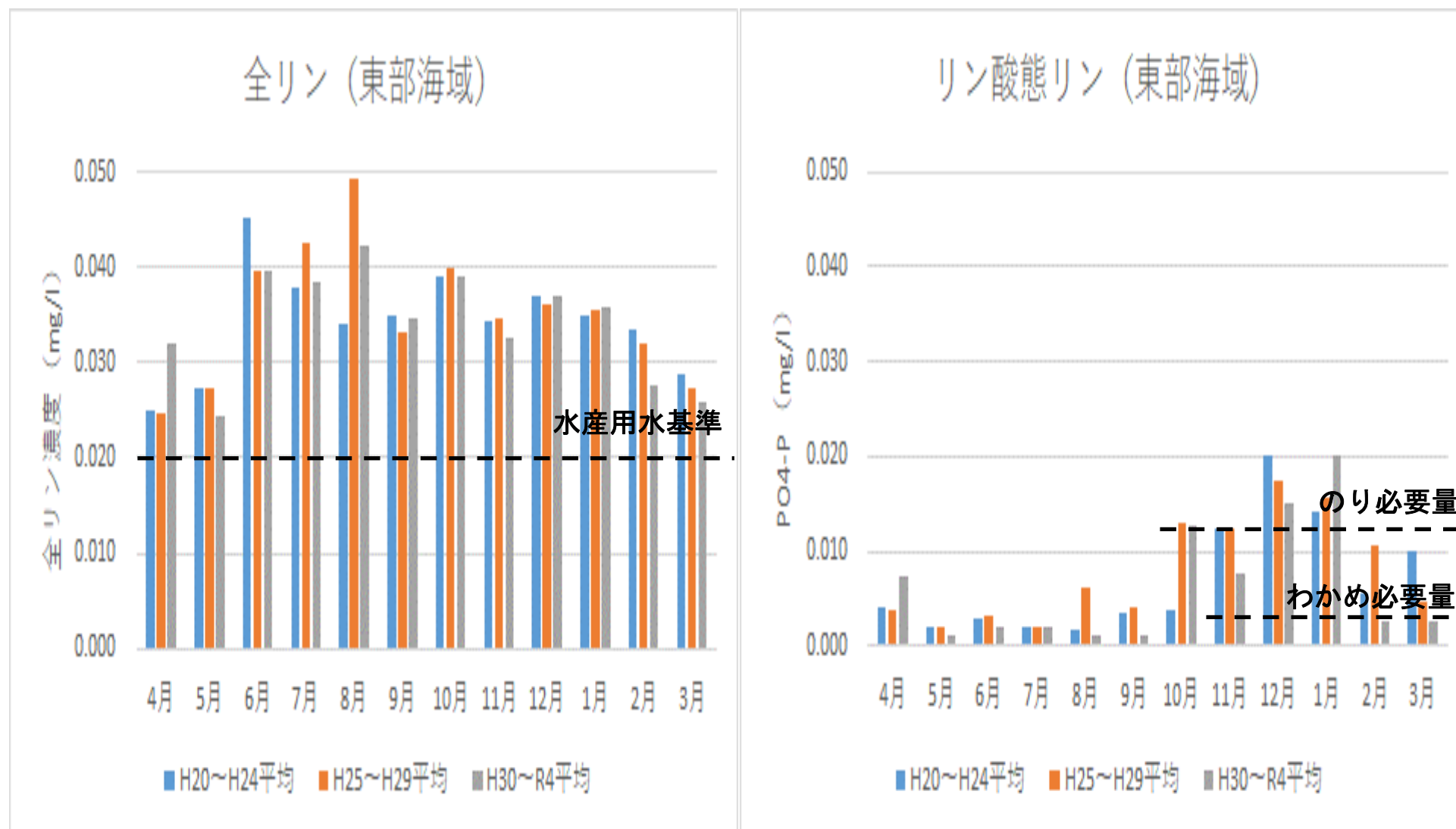
- 全リンは冬から春を中心に水産用水基準を下回っている。
- リン酸態リンはのりの養殖に必要な濃度を下回っている。わかめについても、2～3月は養殖に必要な濃度を下回っている。

博多湾のリン濃度の経月変化（中部海域）



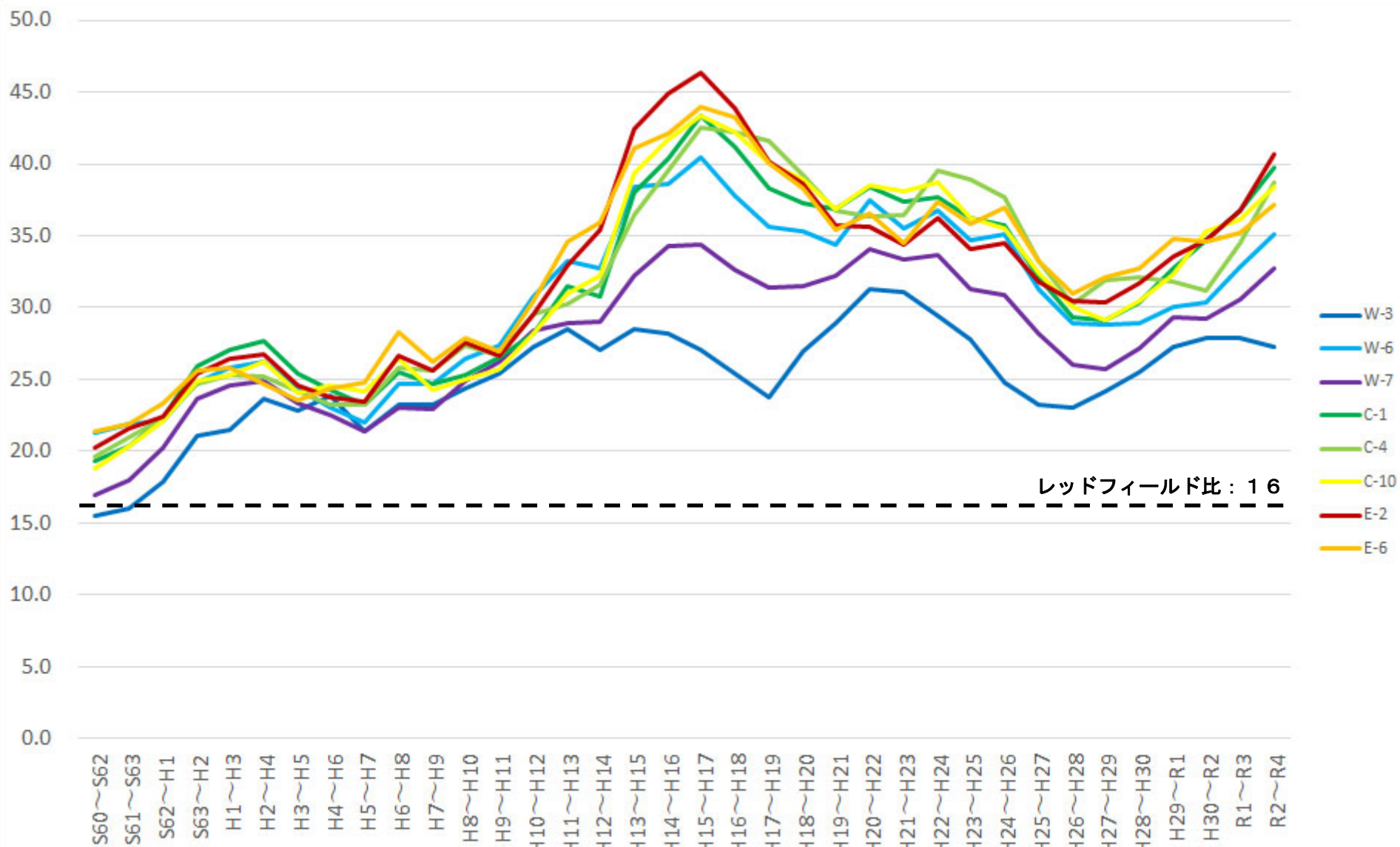
- 全リンは年間を通して概ね水産用水基準を満足している。
- リン酸態リンはのりの養殖に必要な濃度を下回っている。わかめについても2～3月は養殖に必要な濃度を下回っている。

博多湾のリン濃度の経月変化（東部海域）



- 全リンは年間を通して水産用水基準を満足している。
- リン酸態リンはのりの養殖に必要な濃度を 10～11月、2～3月は下回っている。
わかめについては養殖に必要な濃度を概ね満足している。

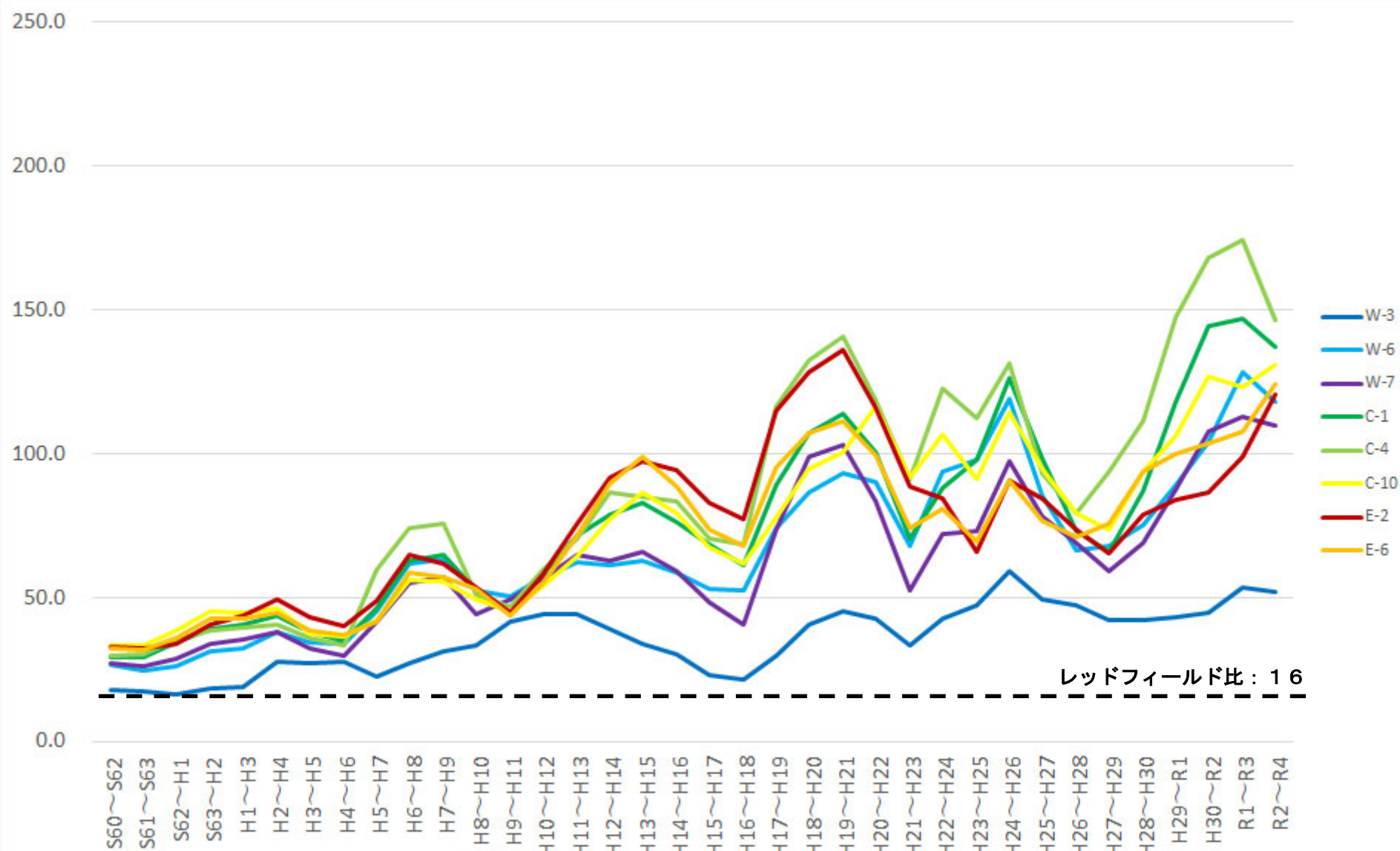
博多湾の全窒素／全リンの推移（年平均値・3年移動平均値）



➤ 平成15年頃まで増加した後、横ばい傾向

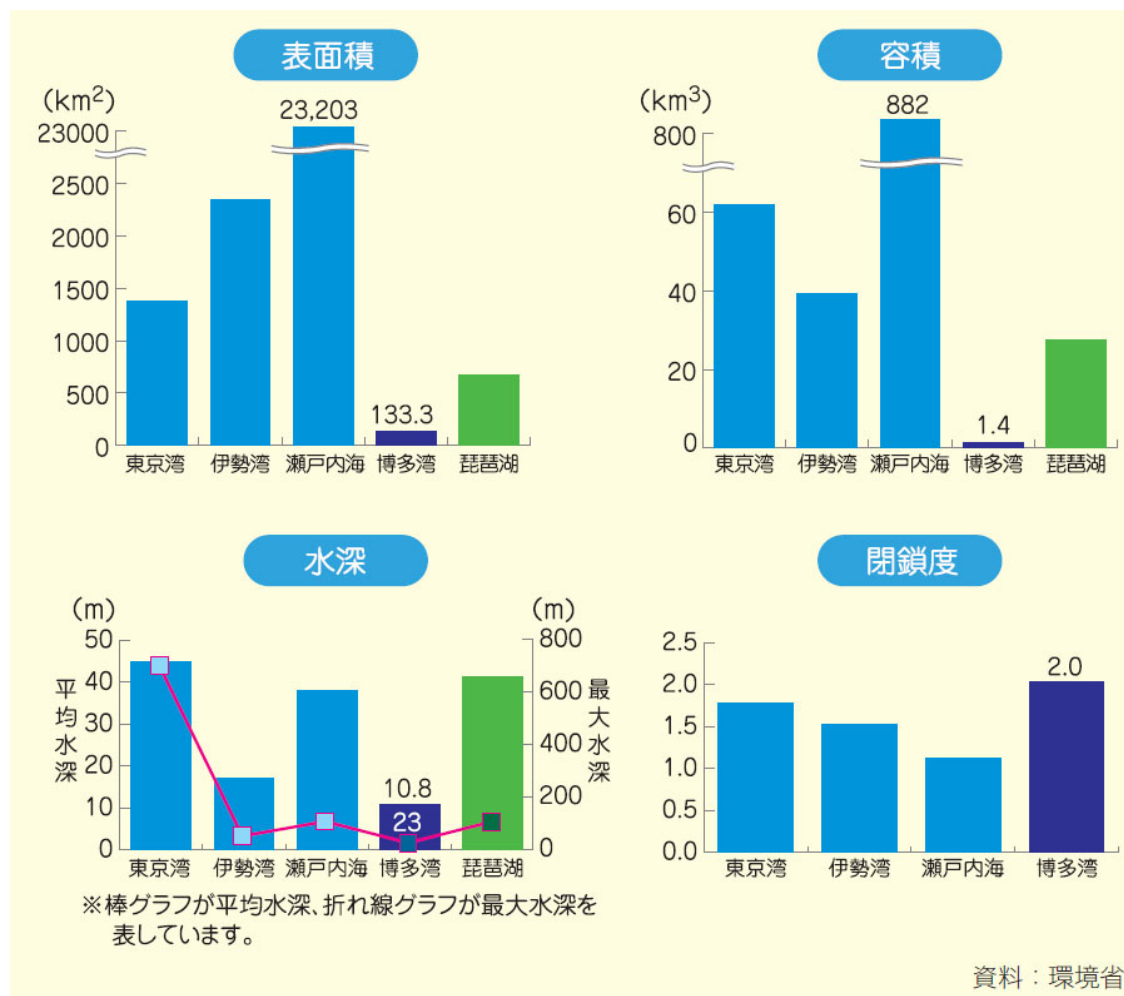
＜レッドフィールド比＞
海洋生物に含まれる窒素とリンの組成比

博多湾の無機態窒素／リン酸態リンの推移（年平均値・3年移動平均値）



- 増加傾向が継続
- W-3 地点は他地点に比べて N / P 比が小さい

他の閉鎖性海域との比較（諸元）



閉鎖度の算出法

閉鎖度の算出法

$$\text{閉鎖度} = \frac{\sqrt{S} \cdot D_1}{W \cdot D_2}$$

S : 当該海域の面積 (km²)

W : 当該海域と他の海域との境界線の長さ (km)

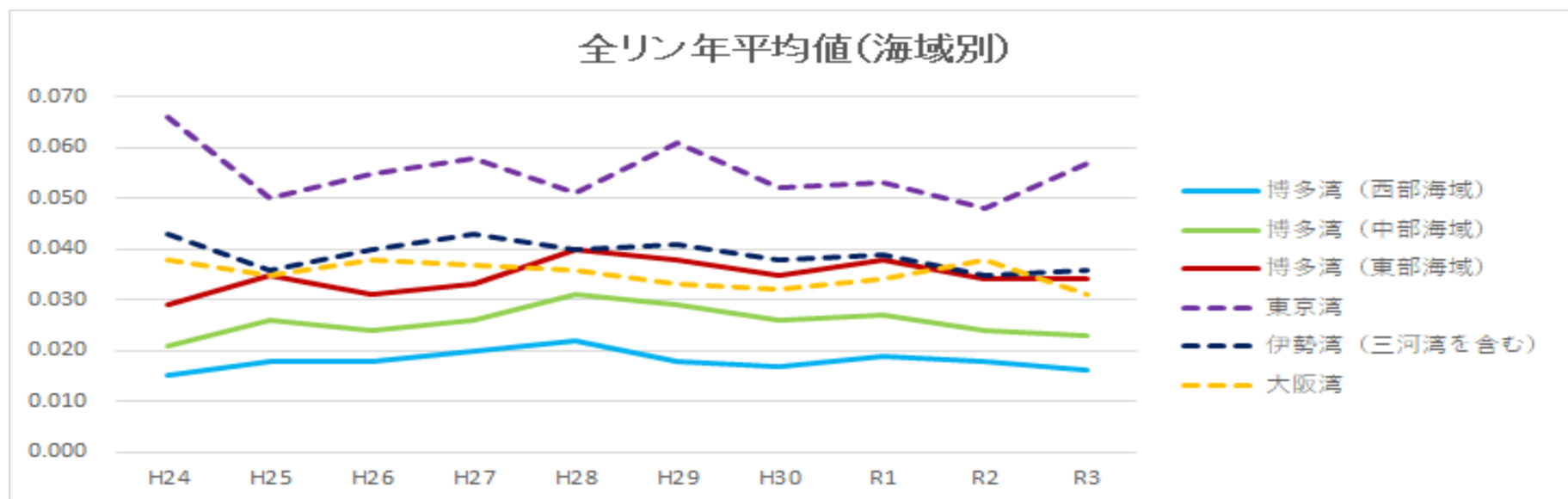
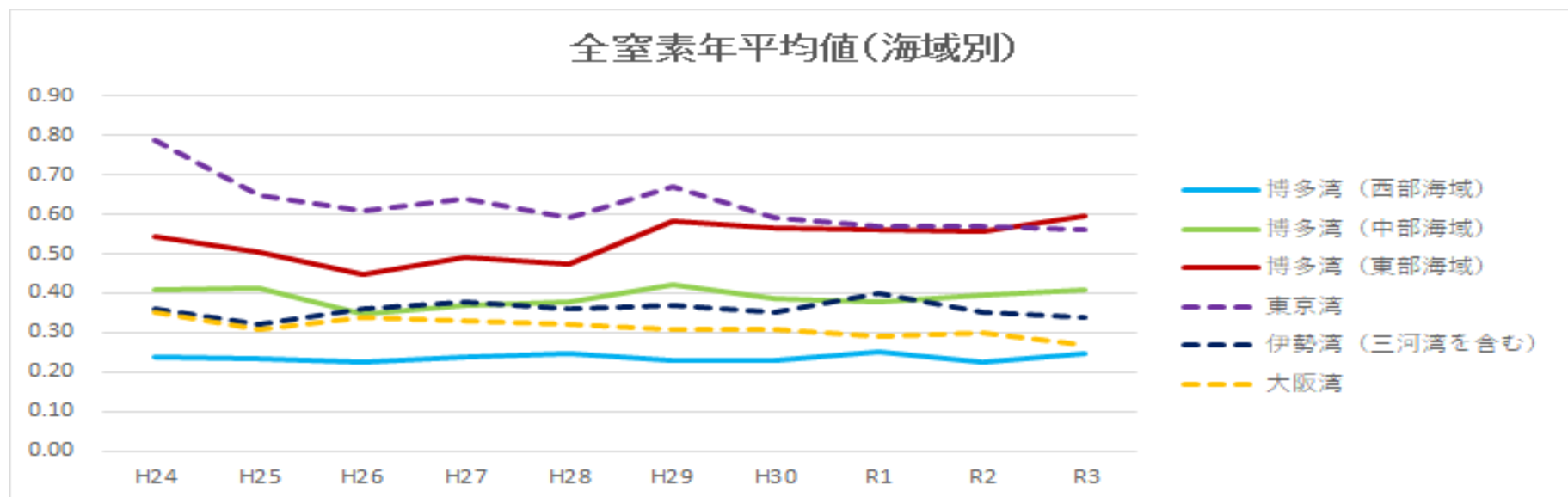
D_1 : 当該海域の最深部の水深 (m)

D_2 : 当該海域と他の海域との境界における最深部の水深 (m)

資料：環境省

博多湾は、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海や日本最大の湖である琵琶湖と比べると、表面積や容積は非常に小さく、平均水深は伊勢湾の約1/2、東京湾の約1/4、最大水深も約23mと全体的に浅い海域である。また、閉鎖度は他の海域と比べて大きく、海水が交換しにくい海域となっています。

他の閉鎖性海域の栄養塩類の状況



- 全窒素：博多湾の濃度は他の閉鎖性海域と同程度
- 全リン：博多湾の濃度は他の閉鎖性海域に比べて低い。

栄養塩類に対する考え方

水質の現状

<窒素>

- 全窒素、無機態窒素濃度は経年的に横ばい傾向にあり、生物の生息に必要な濃度が確保できている。

<リン>

- 全リンは平成15年頃まで減少し、その後は経年的に横ばい傾向にあり、水産用水基準を概ね満足しているが、リン酸態リンは西部・中部海域において濃度が漸減傾向にあり、ノリやワカメの養殖に必要なリン酸態リン濃度を確保できていない。
- リン酸態リンは、植物プランクトンの増殖に利用されるため、4～9月は全リン濃度に対して低くなっている。

<参考>

瀬戸内海環境保全基本計画<抜粋>

(R4.2.25閣議決定)

栄養塩類管理制度の活用を始めとする特定の海域ごとの実情や必要性に応じたきめ細やかな栄養塩類の管理を推進していくこととする。
なお、海域における栄養塩類等環境条件の変化に対する生物の応答は複雑であり、解明されていないことも多い点、一部の海域において依然として赤潮・貧酸素水塊が発生している点等に留意し、関係者との協議の下、順応的な栄養塩類の管理を効果的かつ機動的に進めるよう配意が必要である。

今後の水・大気環境行政の在り方について

(意見具申)

(R5.6.30 中環審大気・騒音振動部会水環境・土壌農薬部会)
生物多様性や生物生産性が確保された「きれいで豊かな海」の観点から、海域の状況に応じたきめ細かな栄養塩類管理、底質の改善や藻場・干潟の保全・再生等の総合的な水環境管理が求められている。

□ リン（リン酸態リン）不足への対応が必要である。

〔リン酸態リンを供給した場合、植物プランクトンが増殖する傾向にあるため留意が必要である。〕

博多湾のCODについて

博多湾環境保全計画（第二次）におけるCODの位置づけ

博多湾の将来像

“生きものが生まれ育つ博多湾”

博多湾においては、水質が環境基準を達成しているとともに、生物の生息・生育に適した水質・底質環境が成立し、多様な生物が生活史を通じて保全されています。

また、漁業等による健全な物質循環^{*}が行われ、生態系が維持されています。
さらに、市民の環境保全活動の場・市民と自然とのふれあいの場として利用されています。

^{*}ここでは、魚介類、海藻類などの捕獲による博多湾の栄養塩の削減などをいいます。

① 博多湾全域



<計画目標像>

有機汚濁の指標のひとつである化学的酸素要求量（COD）が環境基準の達成に向け低減傾向にあるとともに、栄養塩の物質循環が生物の生息・生育に適した状態に改善されること。

<発生源負荷対策>

- ・下水の高度処理の推進
- ・合流式下水道の改善
- ・下水道の普及
- ・西部水処理センターにおける季節別運転管理の試行
- ・市街地排水対策
- ・工場・事業場排水の規制・指導
- ・農畜産排水対策の推進 など

CODとは

- 有機汚濁の代表的な指標
- 海域及び湖沼の環境基準として採用
- CODの値が大きいほど、水中に有機物等が多く、汚濁負荷(汚濁の度合い)が大きい
- 測定されているのは有機物そのものではなく、水中の有機物を酸化剤(過マンガン酸カリウム)で酸化した際に消費される酸素量
- 難分解性の有機物も含めて測定できる利点をもつが、酸化力が弱く全有機物量を測定できないことなどから科学的な意味は曖昧

< 日本水環境学会資料より >

COD環境基準

- 環境基準は「人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準」（行政上の政策目標）である。
- CODは「生活環境の保全に関する環境基準」であり、国・都道府県において、水道、水産、工業用水といった利水目的を考慮した基準値の設定（類型指定）が行われる。

類型	利用目的の適応性	基準値
A	水産1級、水浴、自然環境保全及びB以下の欄に掲げるもの	2mg/L以下
B	水産2級、工業用水及びCの欄に掲げるもの	3mg/L以下
C	環境保全	8mg/L以下

(備考)

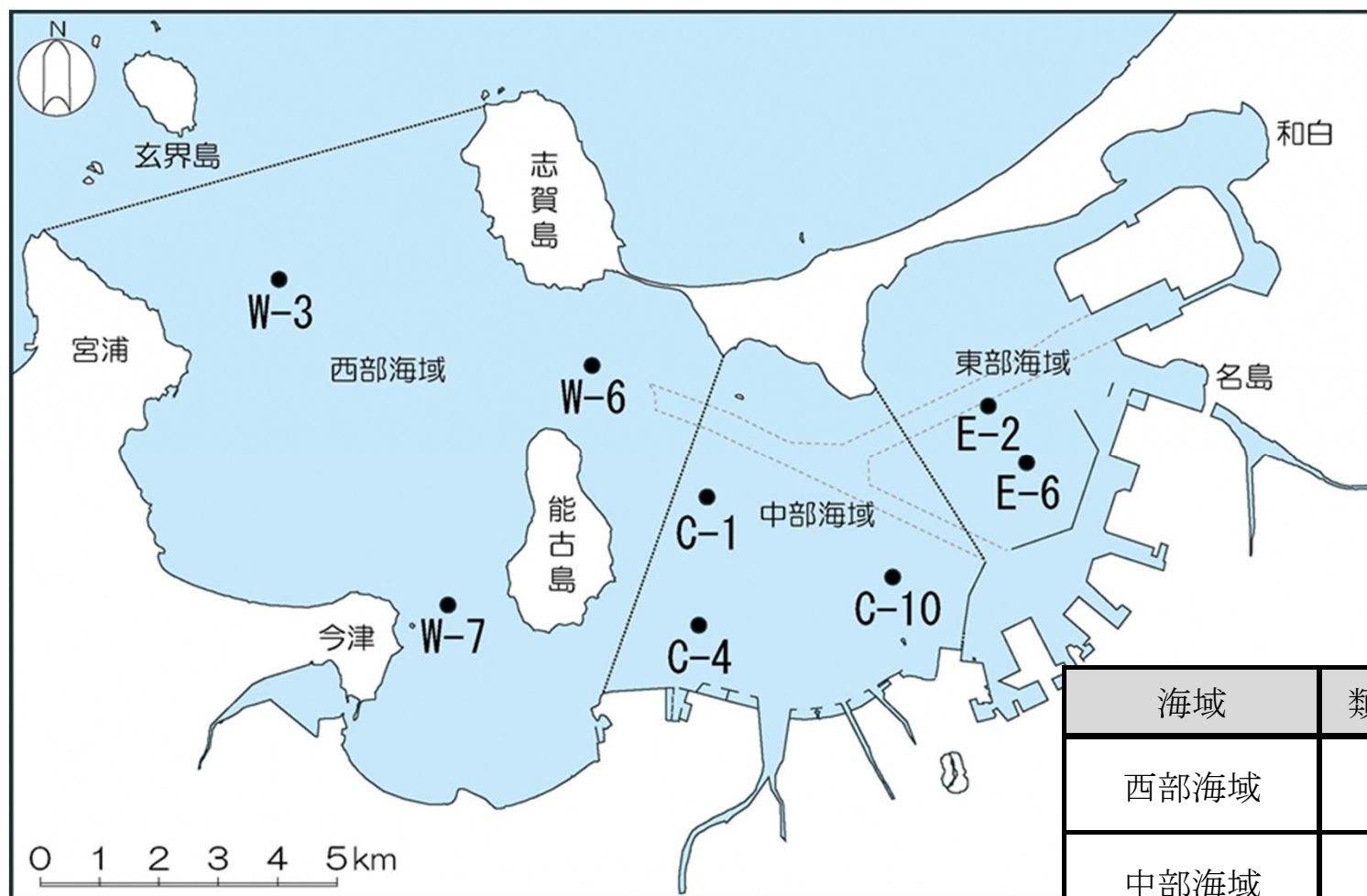
自然環境保全: 自然探勝等の環境保全

水産1級: マダイ、ブリ、ワカメ等の水産生物用及び水産2級の水産生物用

水産2級: ボラ、ノリ等の水産生物用

環境保全: 国民の日常生活(沿岸の遊歩等を含む。)において不快感を生じない限度

博多湾の類型指定状況と環境基準評価方法

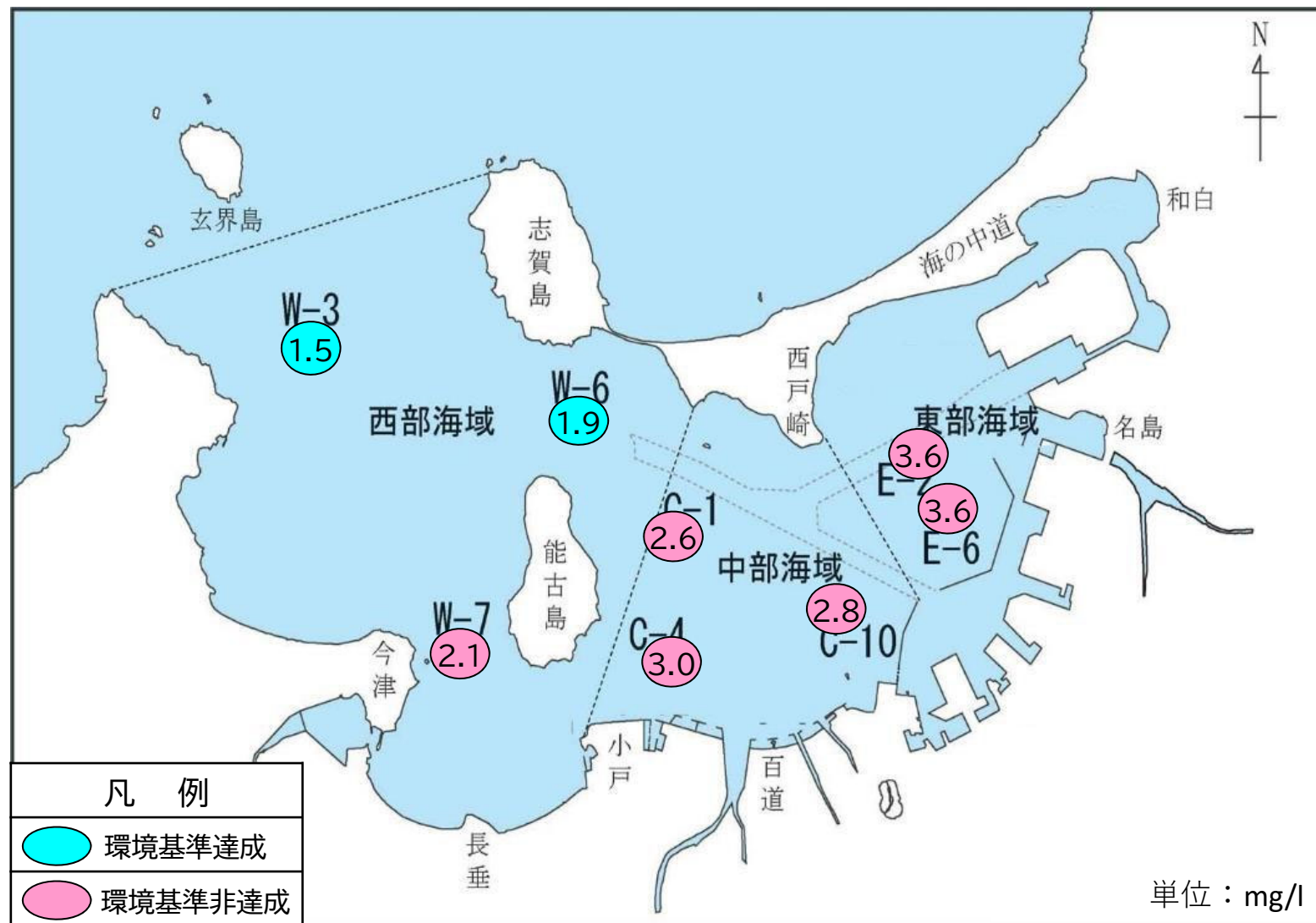


海域	類型	基準値
西部海域	A	2mg/L以下
中部海域	A	2mg/L以下
東部海域	B	3mg/L以下

➤ 博多湾は昭和48年に福岡県が類型指定

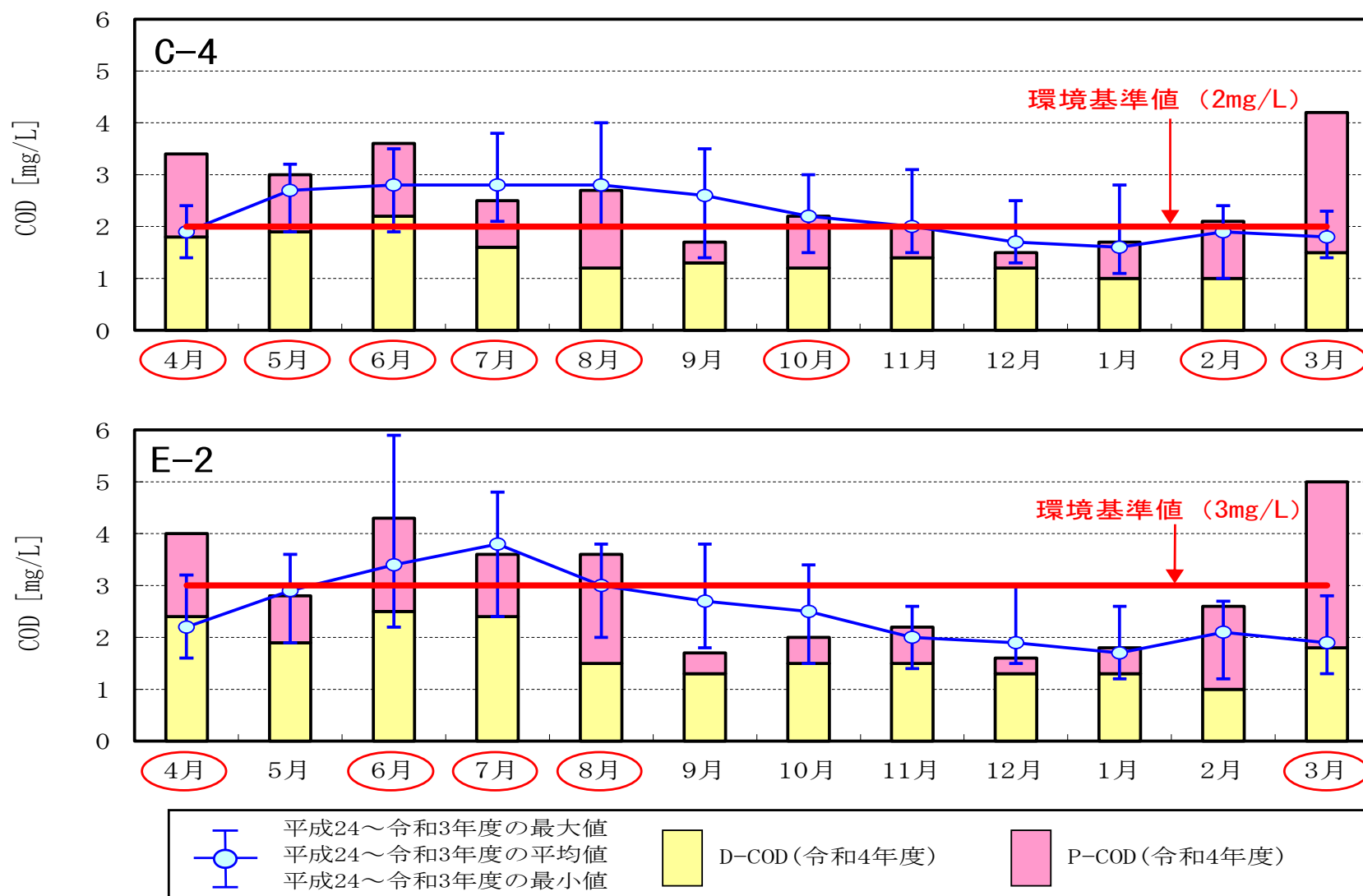
➤ 環境基準の評価は、環境基準点における年間75%値

博多湾のCOD濃度（令和4年度）



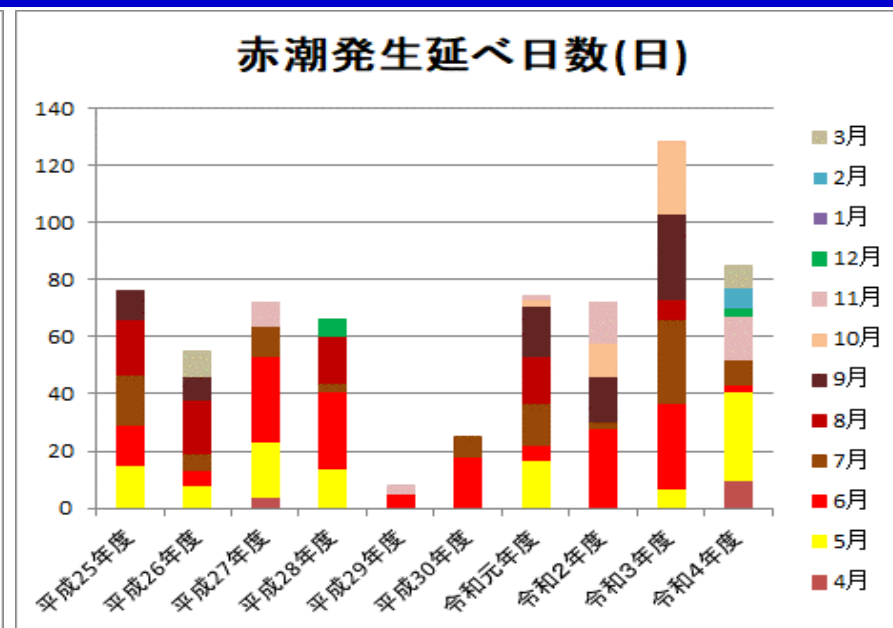
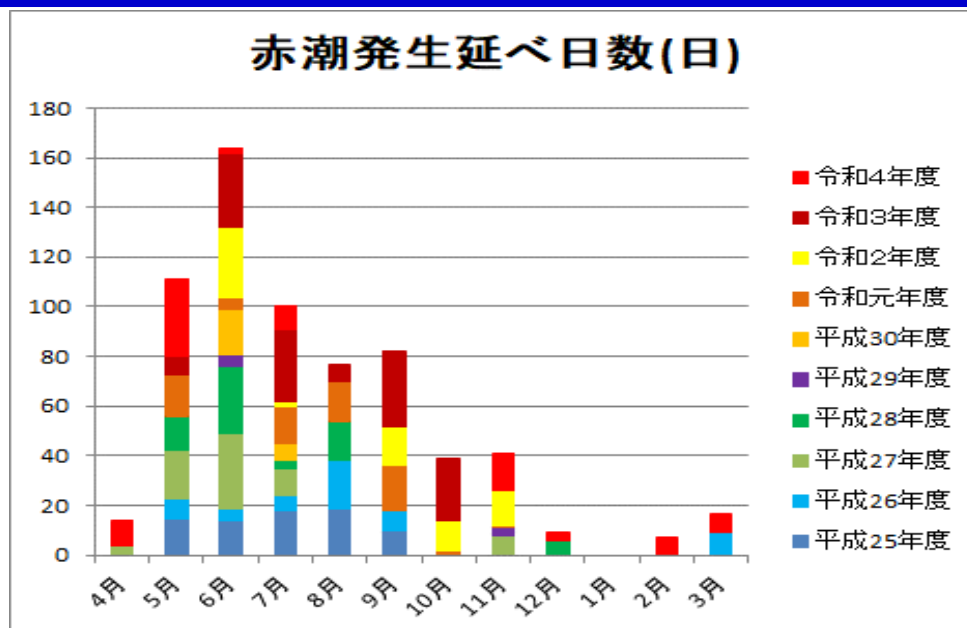
- 環境基準点 8 地点のうち、6 地点で環境基準を超過した。
- 春先から気温・日射量ともに高く、4 月から赤潮が発生し、CODが高い状態が 8 月まで継続した。

環境基準を超過する原因（基準超過地点の経月変化）

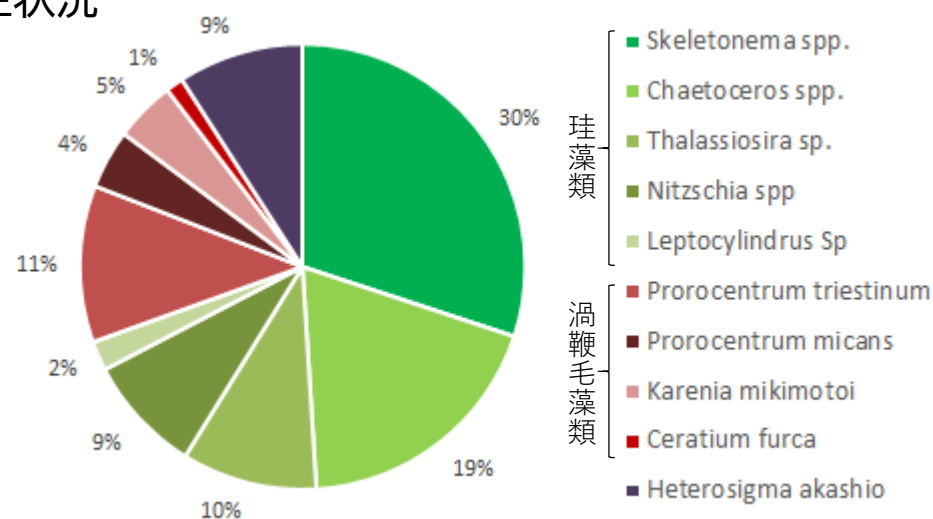
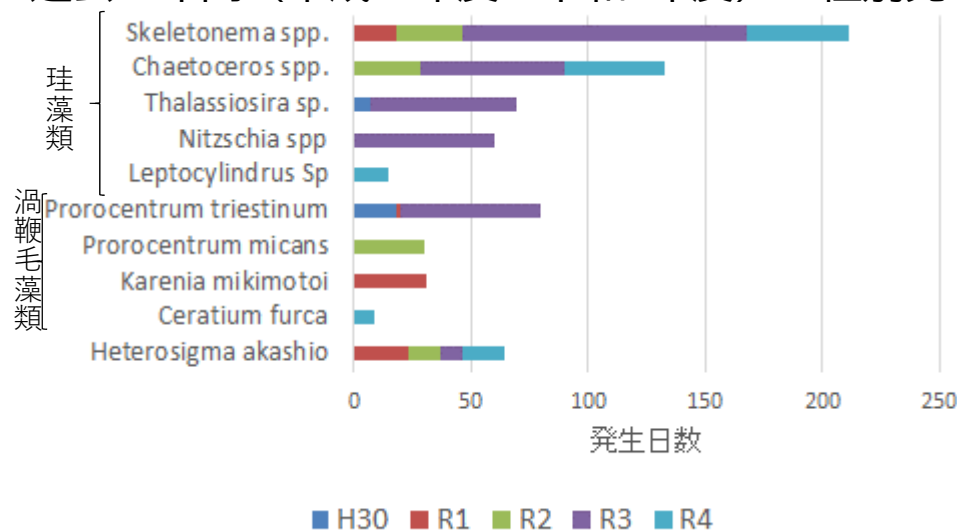


- 環境基準値を超過するのは、P-CODが顕著に増加している時が多い。（植物プランクトンが多く発生している時が多い）

博多湾の赤潮発生状況

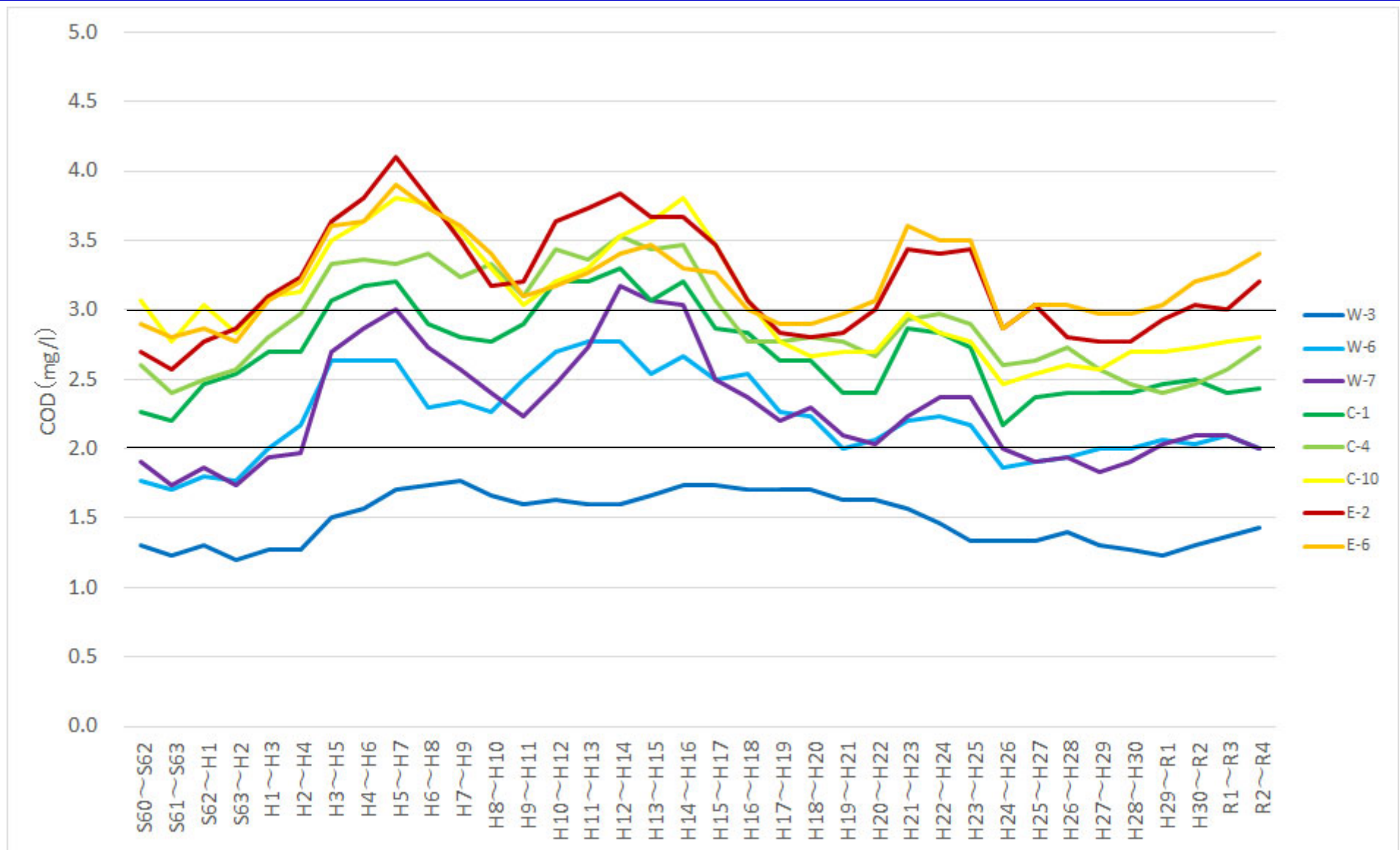


過去5年間（平成30年度～令和4年度）の種別発生状況



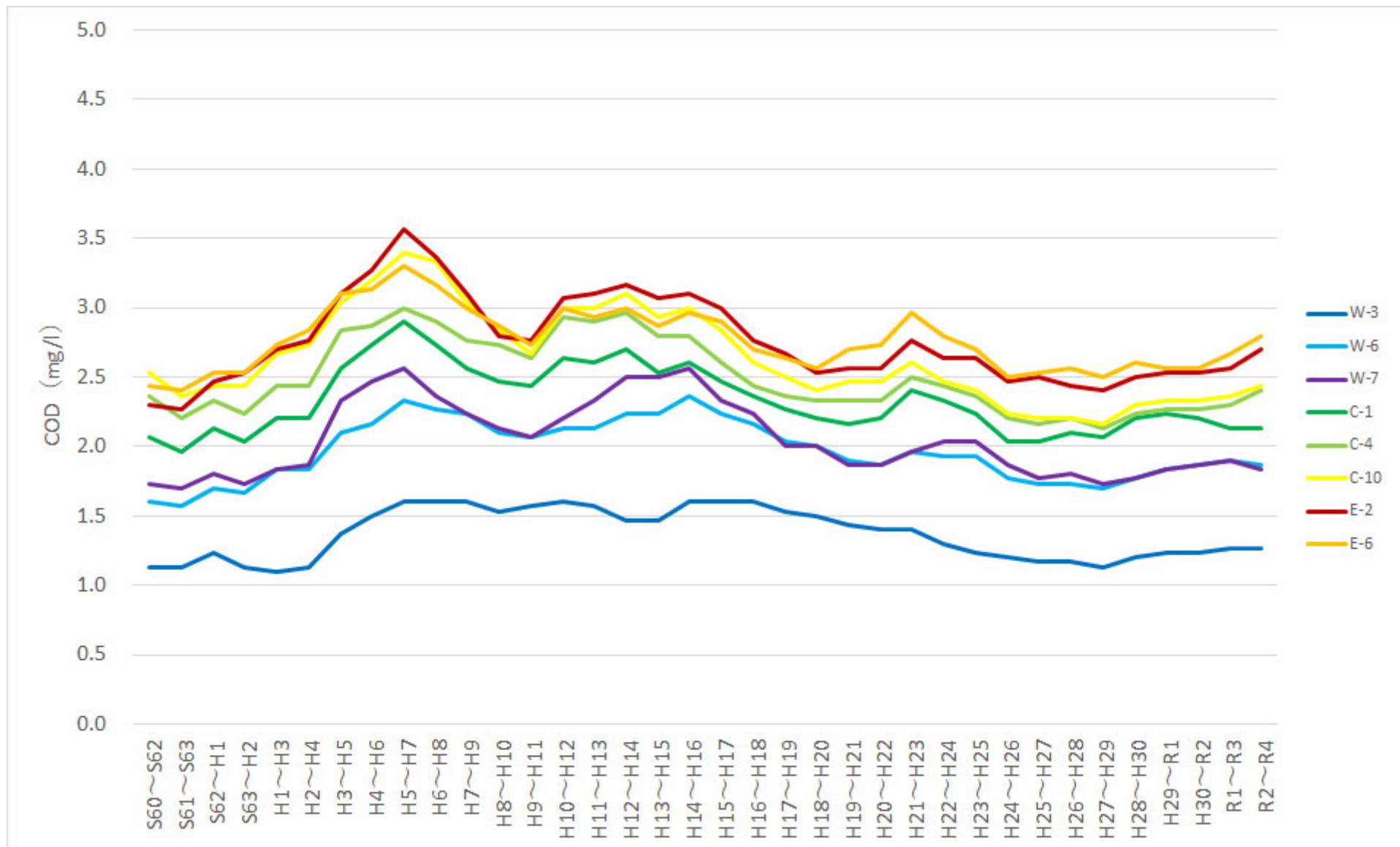
➤ 赤潮は5月から9月にかけて発生頻度が高い。珧藻類の発生が多い。

博多湾のCOD濃度の推移（年間75%値・3年移動平均値）



➤ 経年的には、平成5年頃以降、各地点とも減少した後、近年は横ばい傾向

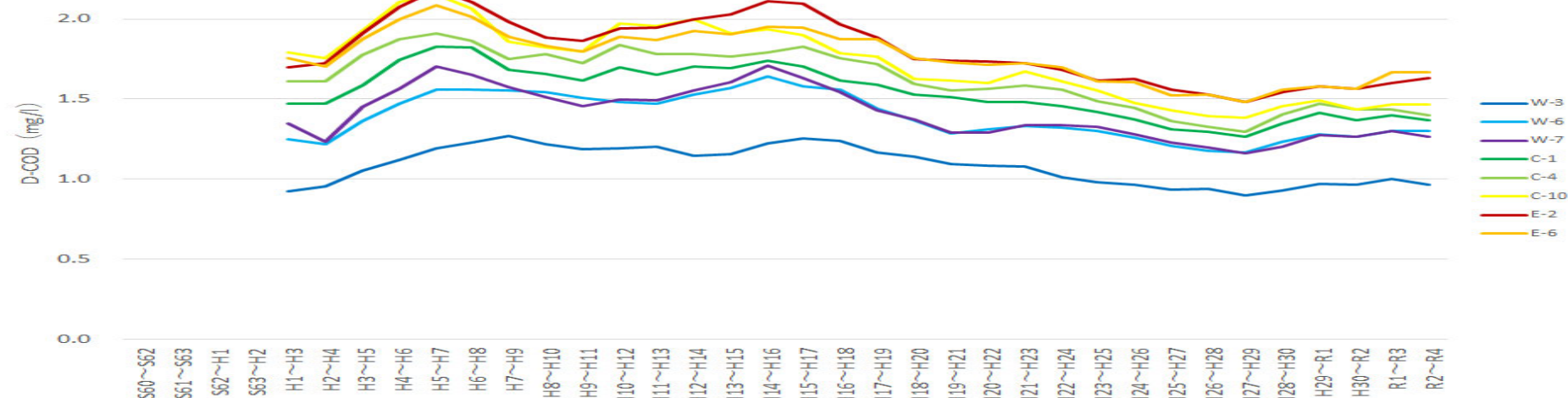
博多湾のCOD濃度の推移（年平均値・3年移動平均値）



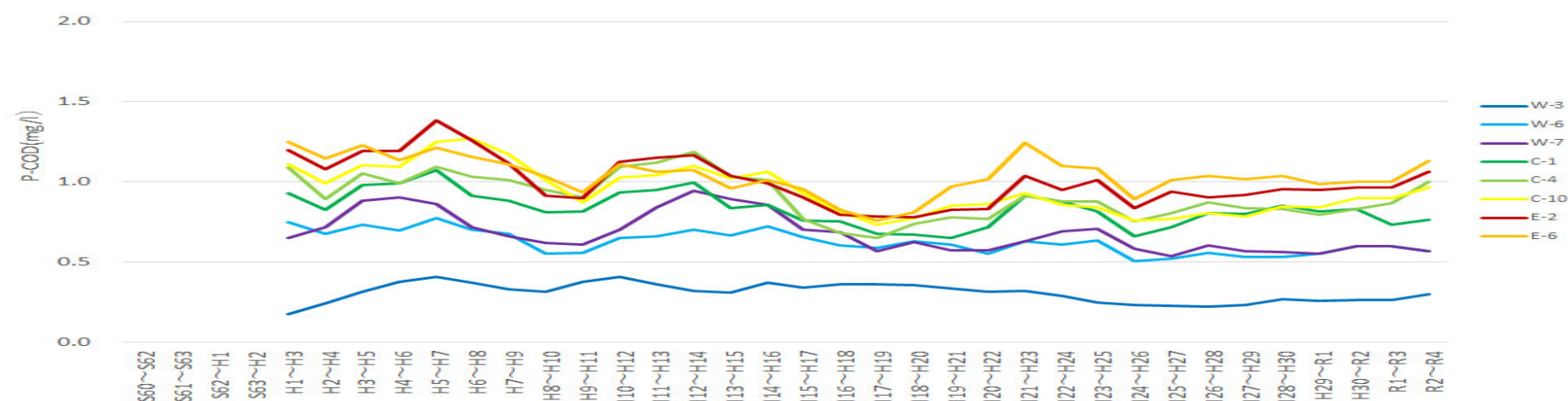
➤ 年平均値も同様に、各地点とも減少した後、近年は横ばい傾向

博多湾のCOD濃度（形態別）の推移（年平均値・3年移動平均値）

D-COD



P-COD



- P-CODは平成17年頃まで東部・中部海域で減少し、その後横ばい
- D-CODは平成17年頃から平成23年頃までは全域で減少し、その後横ばい

<参考>下水道の整備状況

福岡市における下水道の普及状況と高度処理の導入、合流式下水道の改善

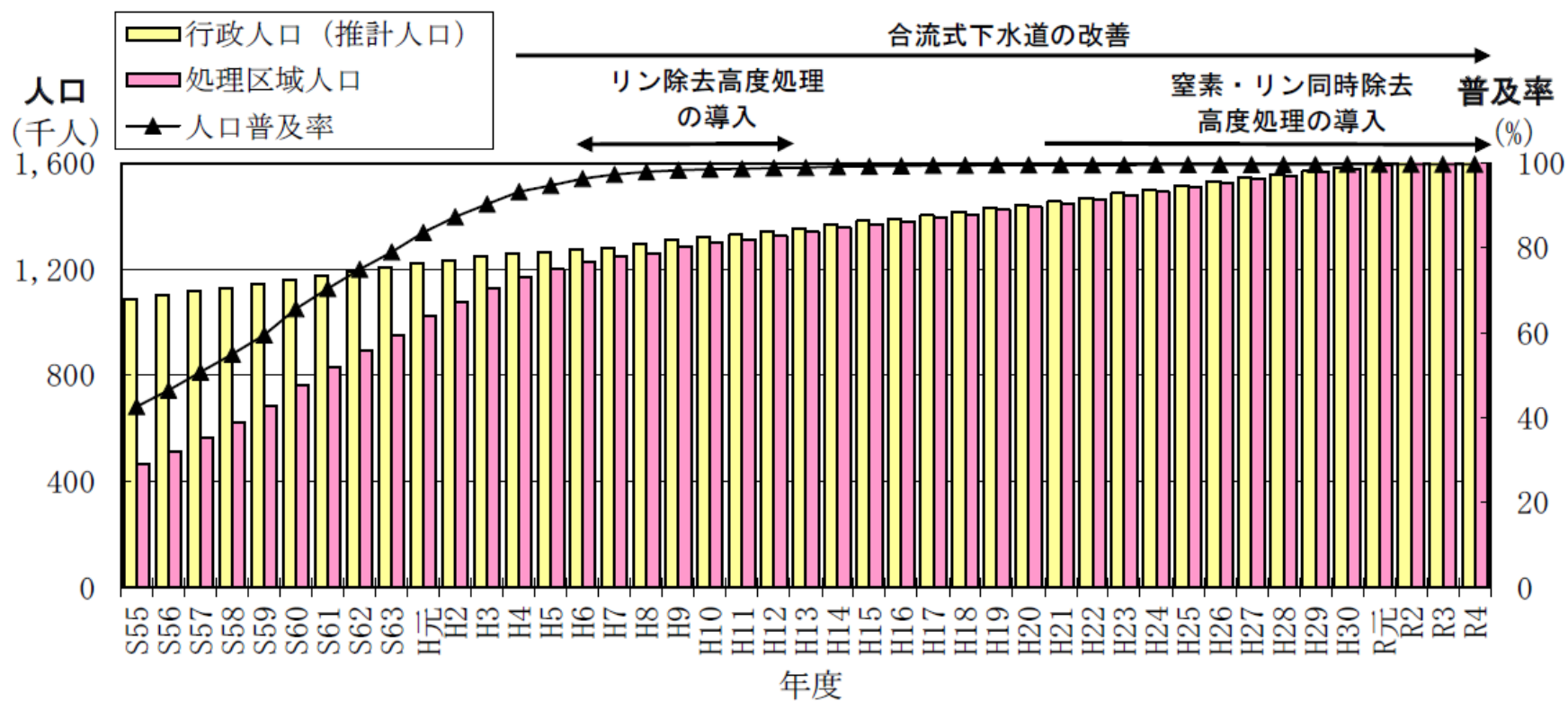
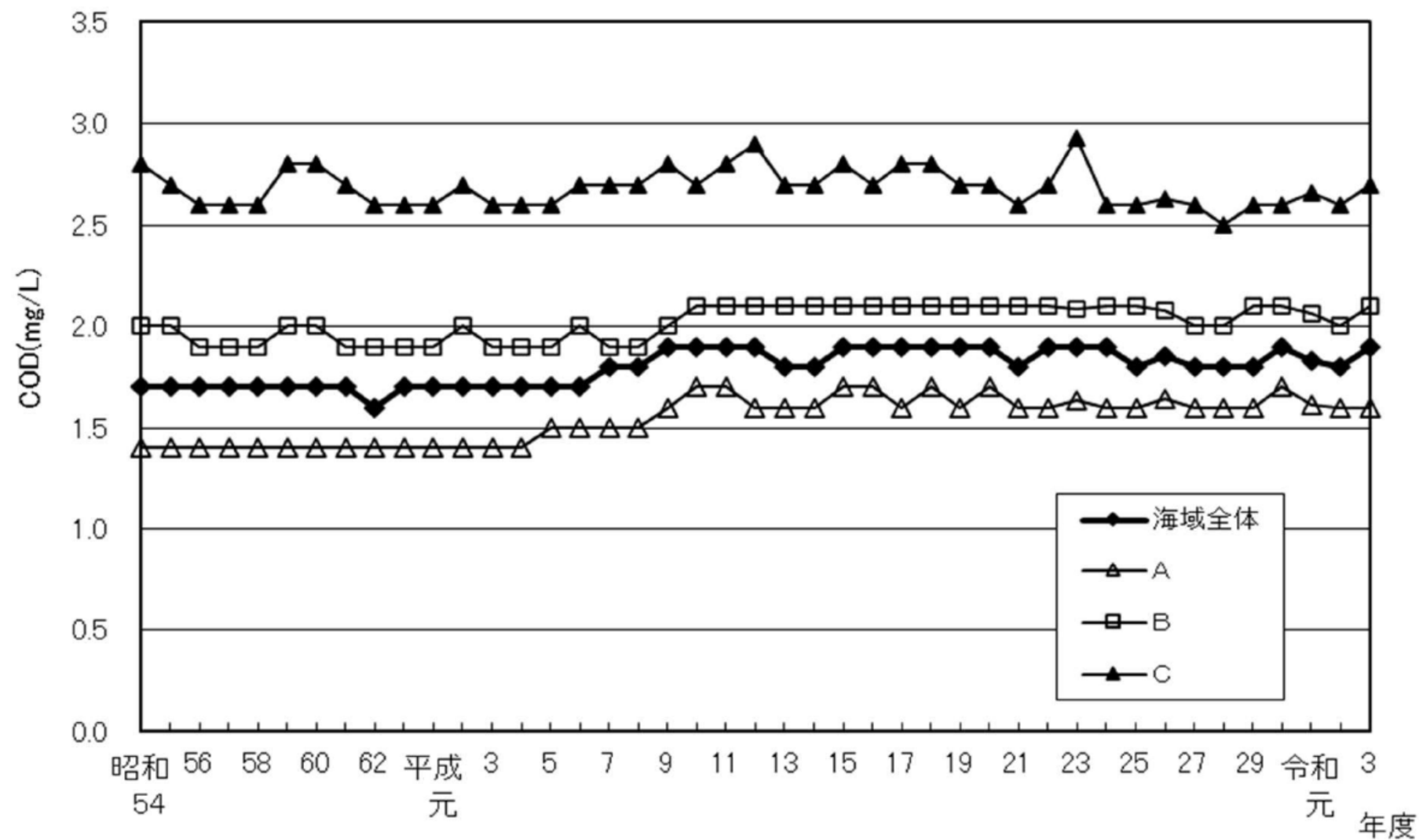


図2 行政人口（推計人口）および下水処理区域人口、下水道人口普及率の推移

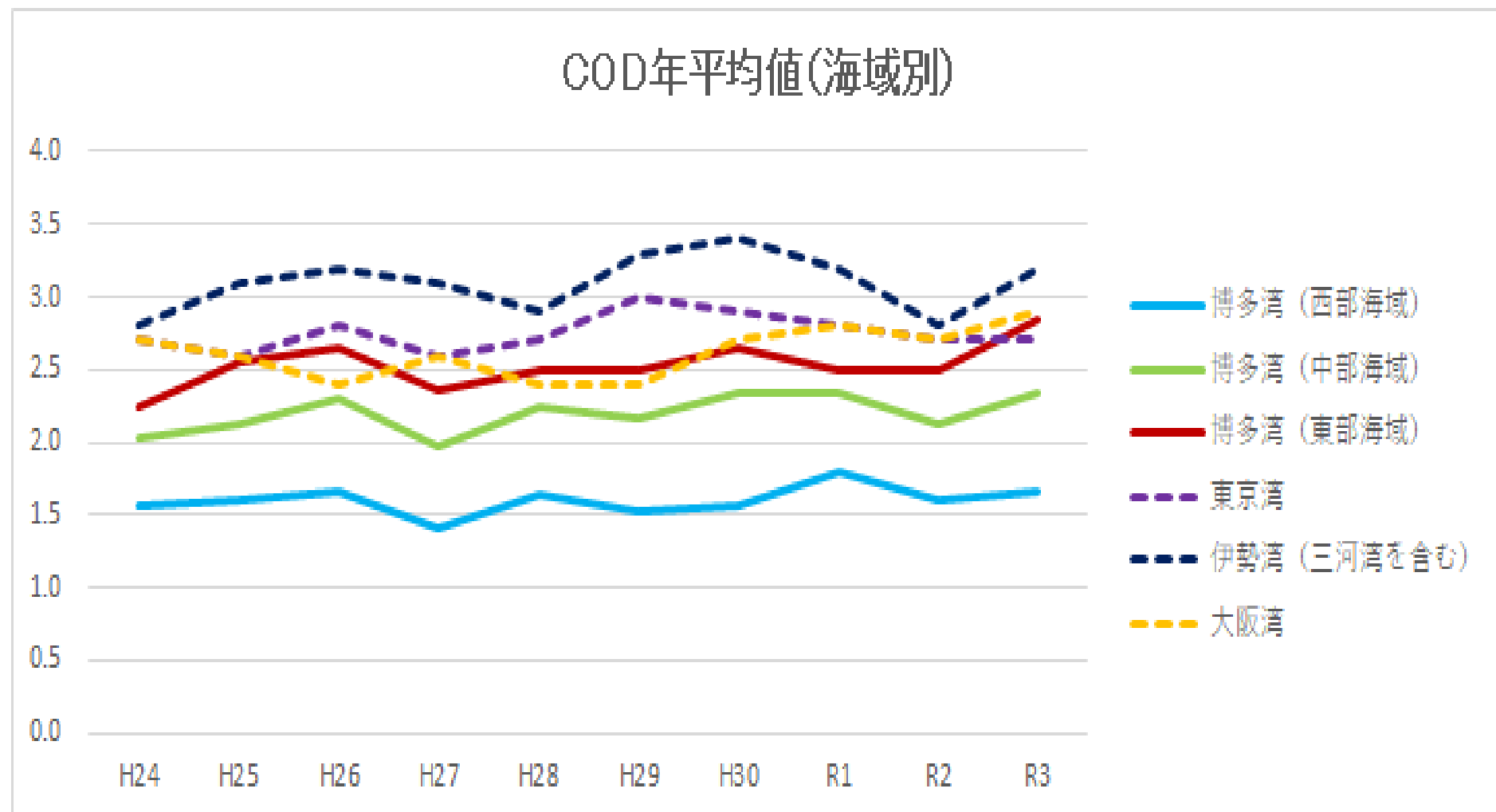
➤ 公共下水道の普及や高度処理の導入等がCODの減少に寄与したと考えられる

全国のCOD濃度の推移（年平均値）



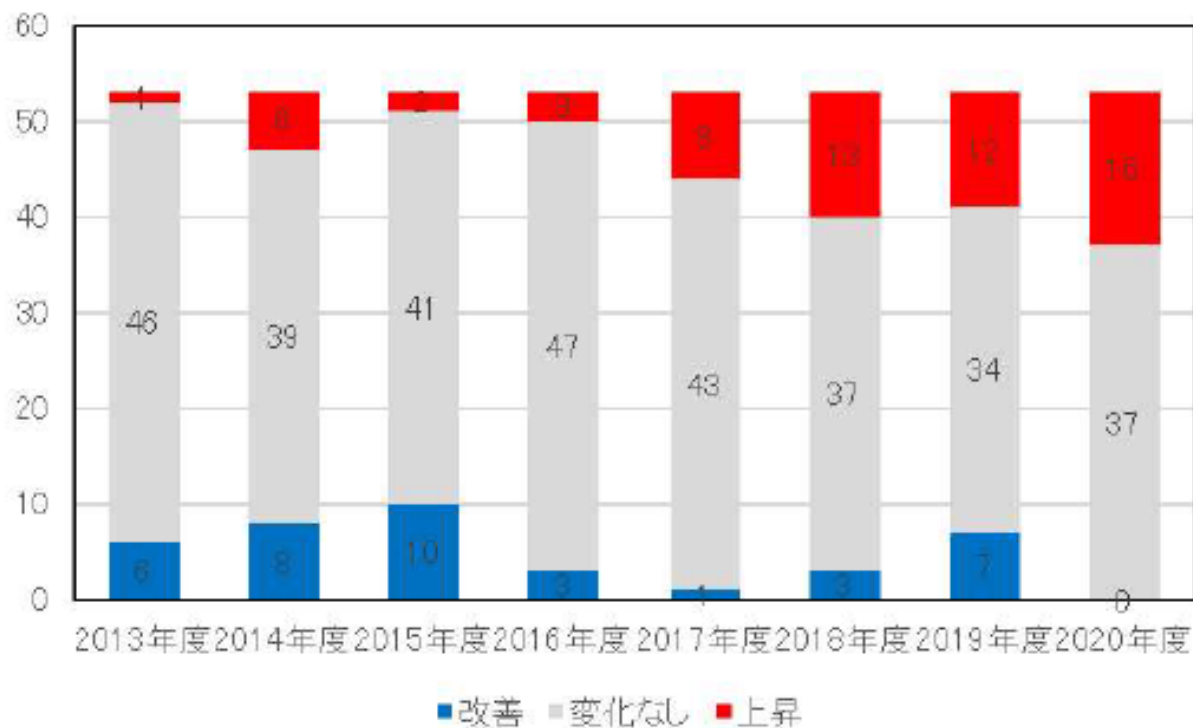
➤ 全国的に横ばい傾向

他の閉鎖性海域のCODの状況



- いずれの海域においてもCOD濃度は横ばい傾向
- 博多湾の濃度は他の閉鎖性海域に比べて低い

東京湾内53地点のCOD（表層）の変化傾向



- 東京湾全体におけるCODが改善傾向を示す地点数は減少しており、かつ上昇傾向のある地点数に増加が見られた。
- CODの減少を妨げる原因の解明は難しい課題である。
- 従来、窒素・リンを押さえ植物プランクトンの発生を抑制すればCODは減少すると考えられてきたが、これは容易ではないことが研究により明らかになりつつある。COD抑制が困難な要因として、日射量の増加等の気象変動や有機物の質的变化等が指摘されているが、詳細なメカニズムについては明らかになっていない。

東京湾再生のための行動計画（第二期）期末評価報告書（令和5年3月）より

<博多湾>高度処理によるCOD削減効果の試算

- 高度処理の推進により、CODがどの程度下がるか、簡易的なモデルで試算
- 5つのケースでシミュレーションを実施し、令和12年度の濃度を試算
- ケース4の窒素・リン同時除去高度処理を導入しても、CODの環境基準を達成は困難

ケース1：処理場で下水処理しない場合

ケース2：処理場で高度処理を導入せずに下水処理した場合(2次処理：標準法)

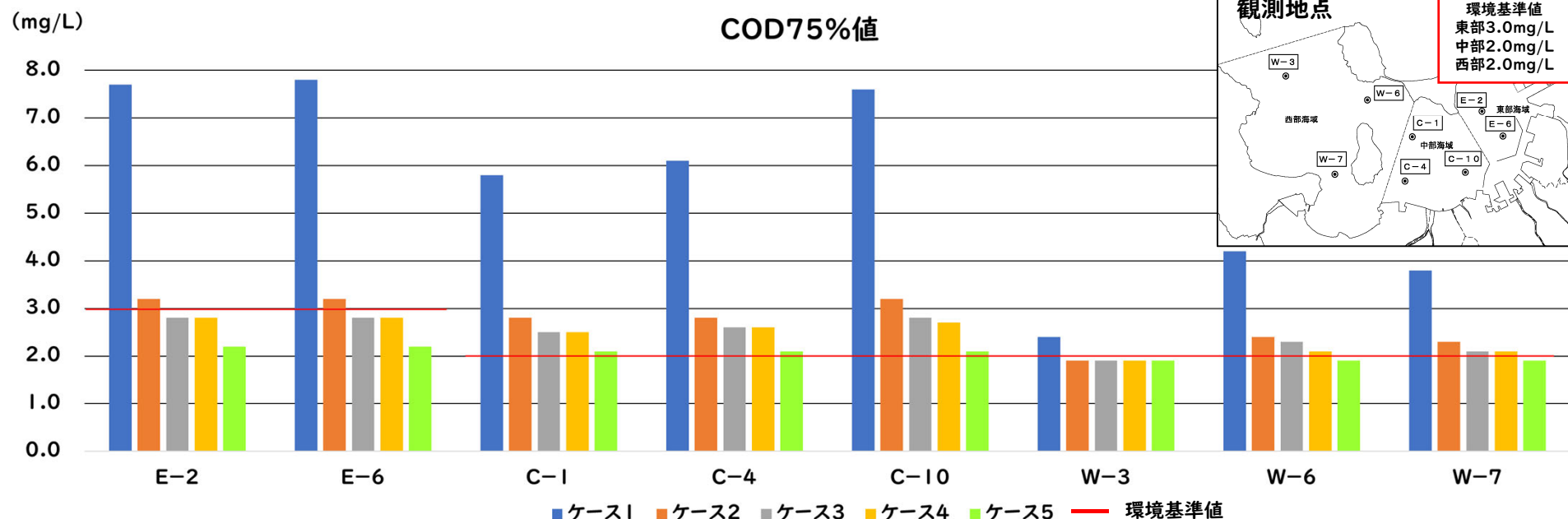
ケース3：リン除去高度処理を導入した場合

← 現状に最も近いケース

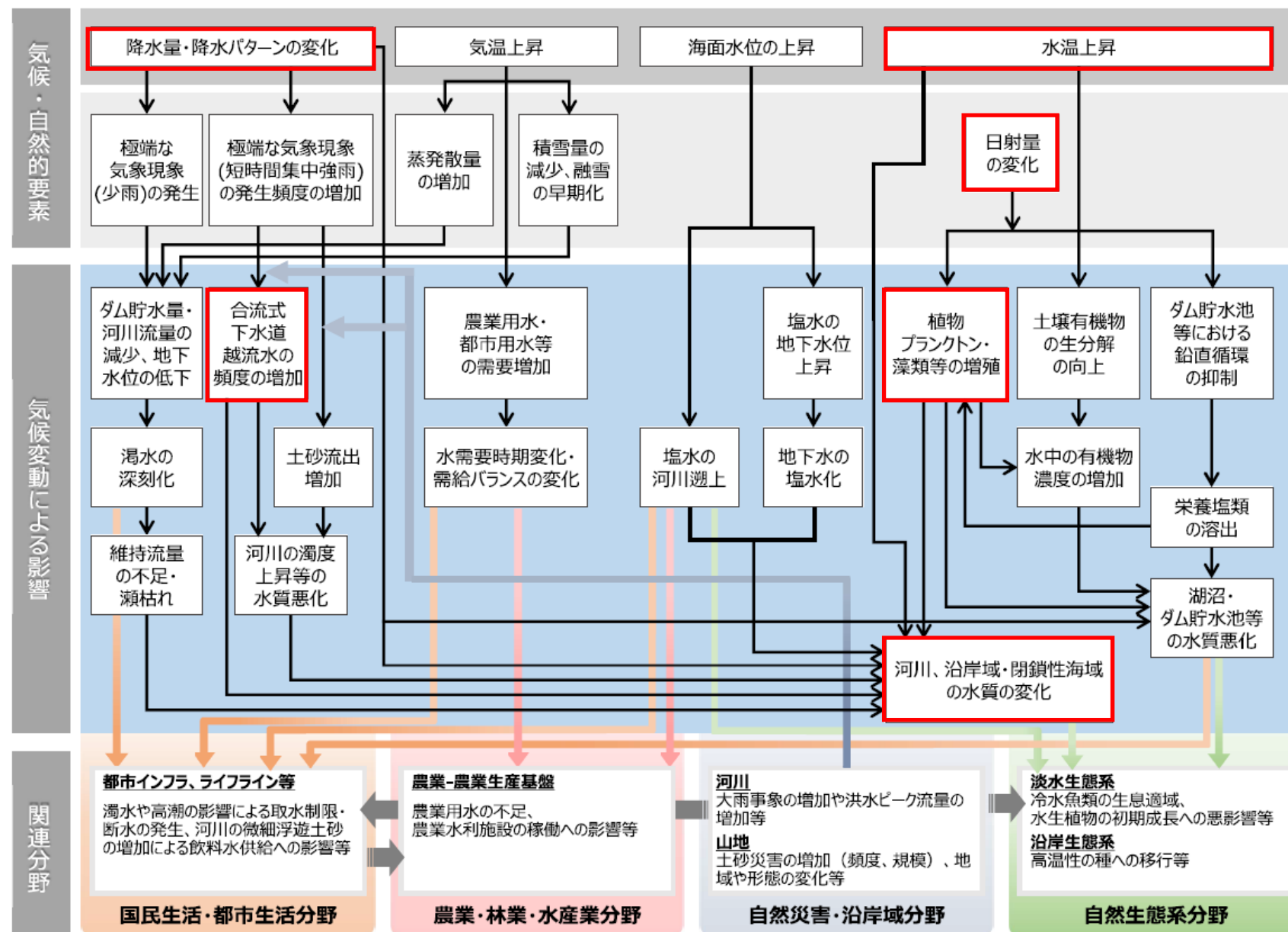
ケース4：窒素・リン同時除去高度処理を導入した場合

← 博多湾流総の目標

ケース5：処理場から汚濁物質を排出しない場合(汚濁負荷0 合流下水を0)

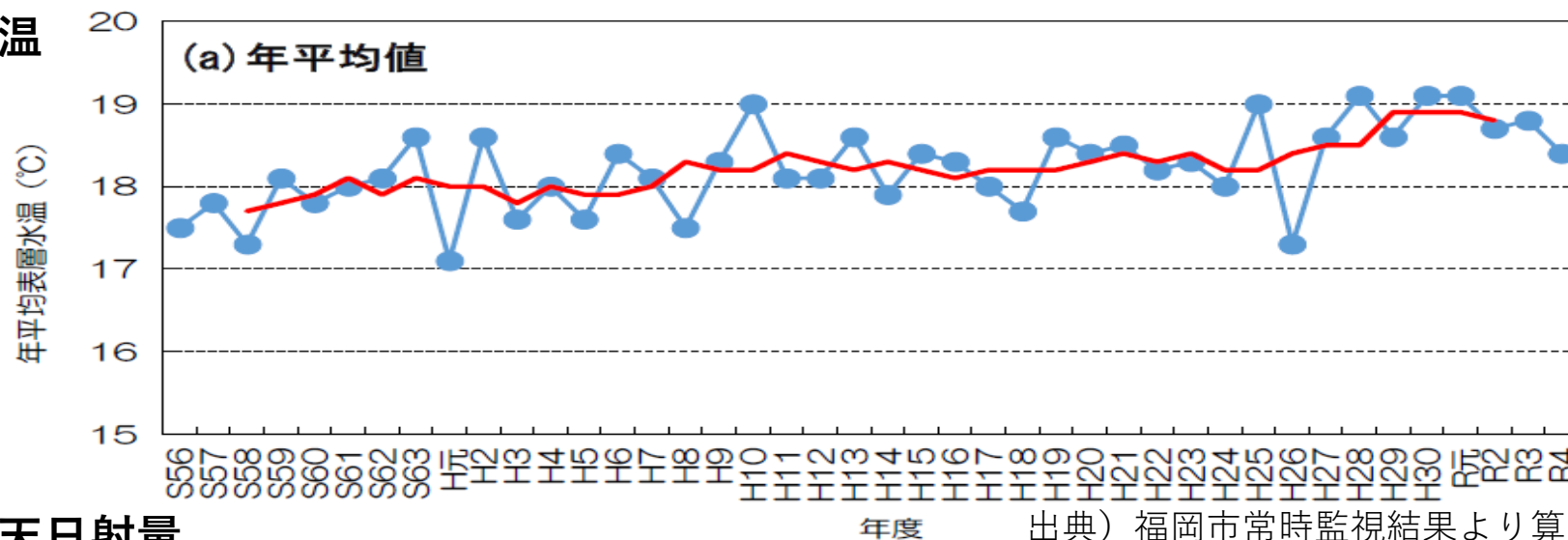


気候変動の影響に関する知見

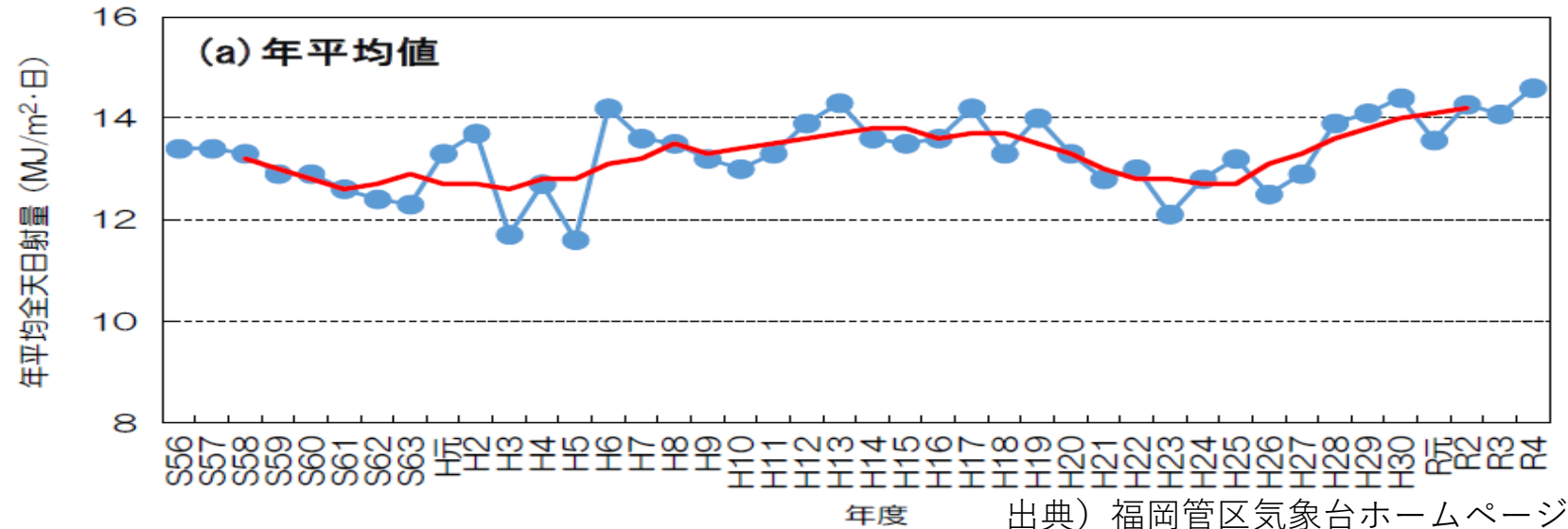


博多湾の水温・全天日射量の推移

水温



全天日射量



➤ 水温、全天日射量ともに経年的に上昇傾向

<参考>他海域の状況（瀬戸内海）

瀬戸内海環境保全基本計画（抜粋）

前計画（H27.2.27策定）

水質の保全及び管理に関する目標

水質汚濁、赤潮、富栄養化の防止のための対策が計画的かつ総合的に講ぜられていること。
水質環境基準（今後設定等されるものも含む。）について、未達成の海域においては可及的速やかに達成に努めるとともに、達成された海域においてはこれが維持されていること。また、湾・灘ごと、季節ごとの地域の実情に応じた、きめ細やかな水質管理に関する検討や順応的な取組が進められていること。



現計画（R4.2.25策定）

水質の保全及び管理並びに水産資源の持続可能な利用の確保に関する目標

瀬戸内海の水質は、全体として改善傾向であるが、有害化学物質等の低減や、水質汚濁、赤潮、富栄養化の防止のための取組は引き続き維持することとする。また、湾・灘ごと、更には湾・灘内の特定の海域によって、栄養塩類の増加が原因とみられる課題と減少が原因とみられる課題が入り組んで存在している状況は解消されておらず、これらの課題を同時に解決することが必要な状況である。

そのため、改正法により創設された栄養塩類管理制度の活用を始めとする特定の海域ごとの実情や必要性に応じたきめ細やかな栄養塩類の管理を推進していくこととする。なお、海域における栄養塩类等環境条件の変化に対する生物の応答は複雑であり、解明されていないことも多い点、一部の海域において依然として赤潮・貧酸素水塊が発生している点等に留意し、関係者との協議の下、順応的な栄養塩類の管理を効果的かつ機動的に進めるよう配意が必要である。

また、底層DOと既存の環境基準を併せて活用して、各地域の海域利用の在り方に照らした水環境管理に関する検討や順応的な取組の推進に努めることとする。

CODに対する考え方

水質の現状

- 博多湾では中部海域や東部海域を中心に環境基準を超過している。
- 経年的には下水道の高度処理導入に伴いCOD濃度が減少した後、全国的な傾向と同様、近年は横ばい傾向にある。
- COD濃度は植物プランクトンが増加している環境下で値が大きくなるが、博多湾で発生する主な植物プランクトンは生物の生息には基本的に無害な珪藻類である。

<参考>

今後の水・大気環境行政の在り方について (意見具申)

(R5.6.30 中環審大気・騒音振動部会水環境・土壌農業部会)
生物多様性や生物生産性が確保された「きれいで豊かな海」の観点から、海域の状況に応じたきめ細かな栄養塩類管理、底質の改善や藻場・干潟の保全・再生等の総合的な水環境管理が求められている。

汚濁負荷の削減が進んだ湖沼・海域におけるCODの有機物指標としての妥当性の検証が必要等の指摘がある。

CODに関する知見

- 従来、窒素・リンを押さえ植物プランクトンの発生を抑制すればCODは減少すると考えられてきたが、これは容易ではないことが研究により明らかになりつつある一方で、COD抑制が困難な要因として、日射量の増加等の気象変動や有機物の質的变化等が指摘されているが、詳細なメカニズムについては明らかになっていない。
- 博多湾において下水道の窒素・リン同時除去高度処理を導入しても、現状からの大幅な水質改善は見込めず、環境基準達成は困難との試算もある。

- CODの更なる低減は困難である。
- 博多湾の環境保全対策検討にあたっては、CODの低減よりも生物の生息環境を豊かにする視点を優先すべきである。
- 栄養塩類を海域へ追加供給した場合のCODへの影響について確認する必要がある。