

対策による効果のシミュレーション検証結果（中間報告）

－ 物質収支モデルによる解析結果 －

目次

1. 物質収支モデルの精度向上の方針	1
2. 物質収支モデルの概要	2
3. 検討結果（現況と 1960 年代地形条件の比較）	4
3-1 流量フラックスの比較	5
3-2 任意の断面での移流フラックスの比較	7
3-3 溶存酸素のフラックスの比較	24
3-4 貧酸素水塊の比較	29
3-5 植物プランクトンのフラックスの比較	31
3-6 プランクトンの摂食フラックスの比較	47
3-7 生物量の比較	48
3-8 フラックスの比較	49
4. 検討結果（改善策の効果検討）	50
4-1 検討の条件	50
4-2 水質濃度への影響	53
4-3 底質への影響	56
4-4 貧酸素水塊の比較	63
4-5 底生生物への影響	65
4-6 フラックスの比較	65
5. 今後の検討について	66

1. 物質収支モデルの精度向上の方針

三河湾では、栄養塩類やプランクトンから底生生物や魚類等高次の生物への速やかで太い物質の流れを生態系の再生産の中で持続的に発現することにより物質循環の健全化を図る方針が地域により検討されていることから、主に場と種を考慮した生態系の精度向上を行う。

三河湾における物質収支モデル精度向上の具体的方法

水質－底質結合生態系モデル

- 地域の実証試験結果から、二枚貝類によるプランクトンの**摂餌可能サイズをモデル化**
- 魚類によるプランクトンの**摂餌選択性をモデル化**する
- 底生生物と藻場の**再生産の評価が可能なモデル**とする

2. 物質収支モデルの概要

三河湾の物質循環を検討するモデルは、図 2.1 に示す浮遊系ー底生系結合生態系モデルである。本モデルは、ヘルシープランの3地域で同じベースモデルを採用し、生物構成要素等については、各対象海域における生態系や物質循環特性を考慮して選定している。

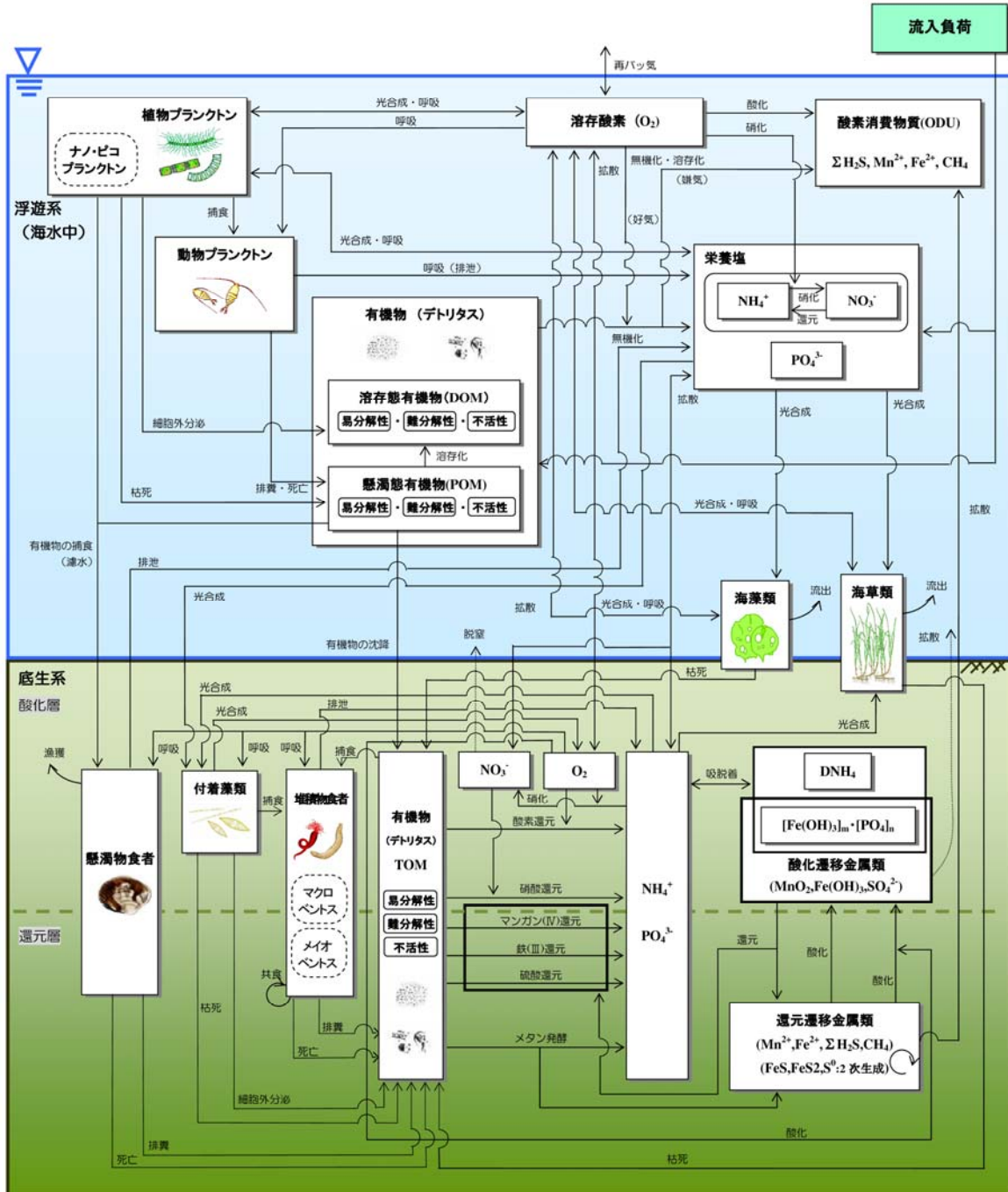


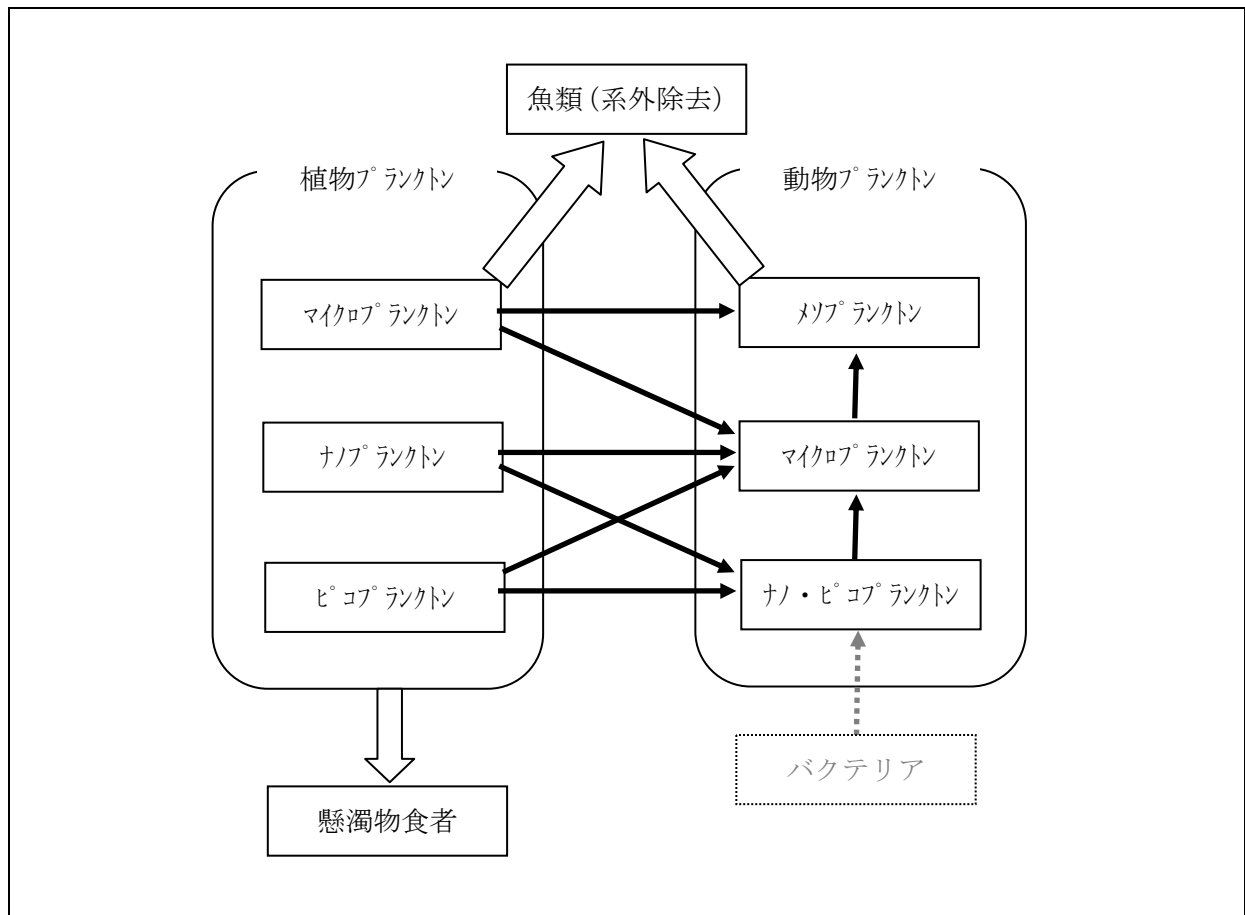
図 2.1 浮遊系ー底生系結合生態系モデル

三河湾地域においては、植物プランクトンおよび動物プランクトンのサイズ間循環量が健全性に影響を及ぼしていると推測されることから、以下のように、構成要素を考慮し、設定している。

浮遊系の構成要素

	植物プランクトン		
構成要素	ピコプランクトン	ナノプランクトン	マイクロプランクトン
設定方法	単細胞性藍藻	独立栄養性ナノプランクトン	クロフィル-a から左 2 種を引く

	動物プランクトン		
構成要素	ナノ・ピコプランクトン	マイクロプランクトン	メゾプランクトン
設定方法	従属栄養ナノプランクトン	2011年6月の動物プランクトン調査結果	沿岸定線プランクトン調査結果



3. 検討結果（現況と 1960 年代地形条件の比較）

構築した三河湾の物質循環モデルを用いて、中山水道ブイが設置された 2009 年を対象にした現況再現計算と、望ましい姿として 1960 年代の地形および水深を計算条件とした計算を実施している。計算条件として用いた地形および水深は図 3.1 に示すとおりである。流動計算においては、地形・水深以外の諸条件は、2009 年現況計算と同様とした。

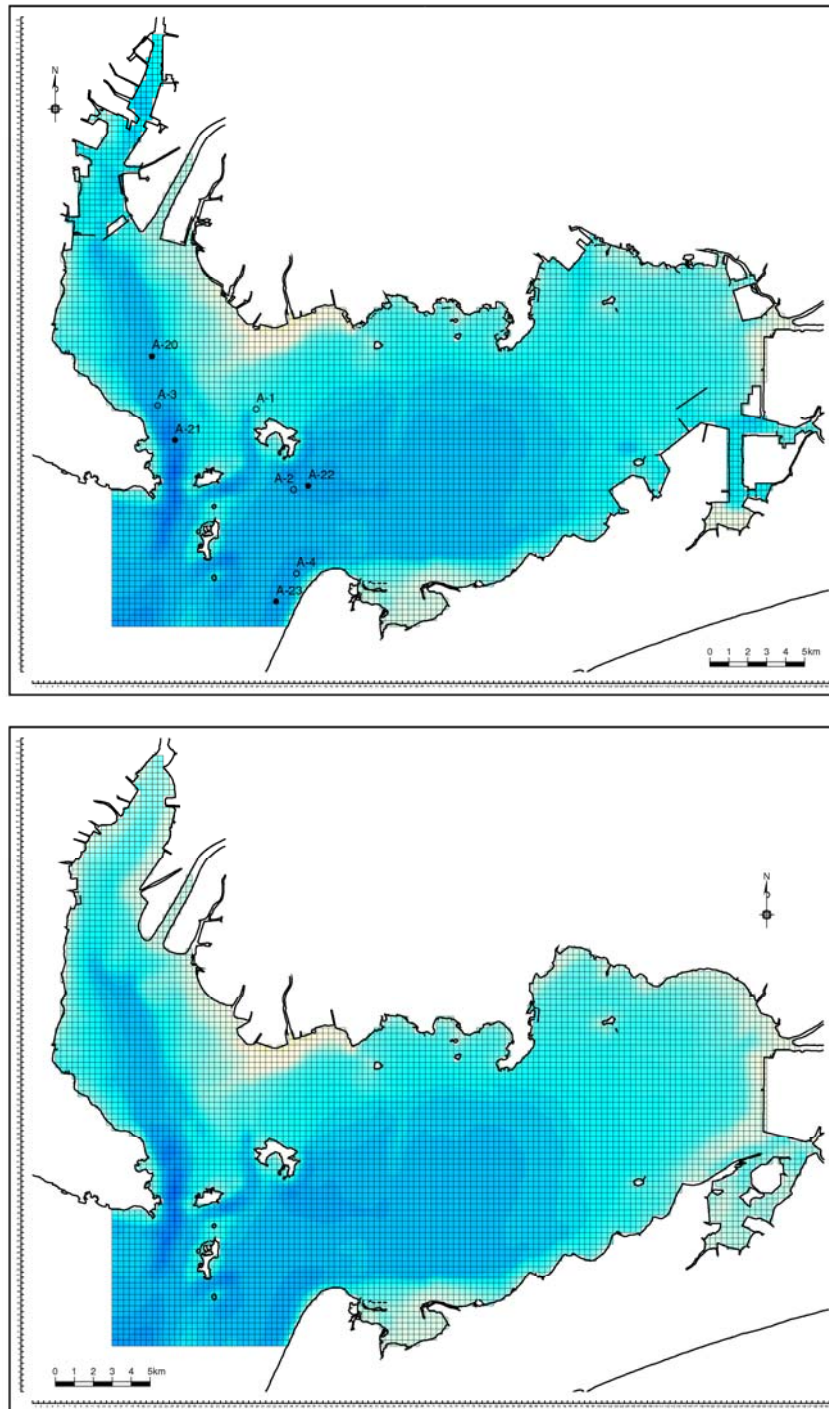


図 3.1 地形・水深条件（上：2009 年現況、下：1960 年代）

3-1 流量フラックスの比較

図 3.2 に示す任意の 3 断面における各月の通過流量の比較を 図 3.3 に示す。これによると、すべての月において、1960 年代の地形条件の方が現況より流入・流出量が多く、湾内と湾外との海水交換量が多い結果となっている。

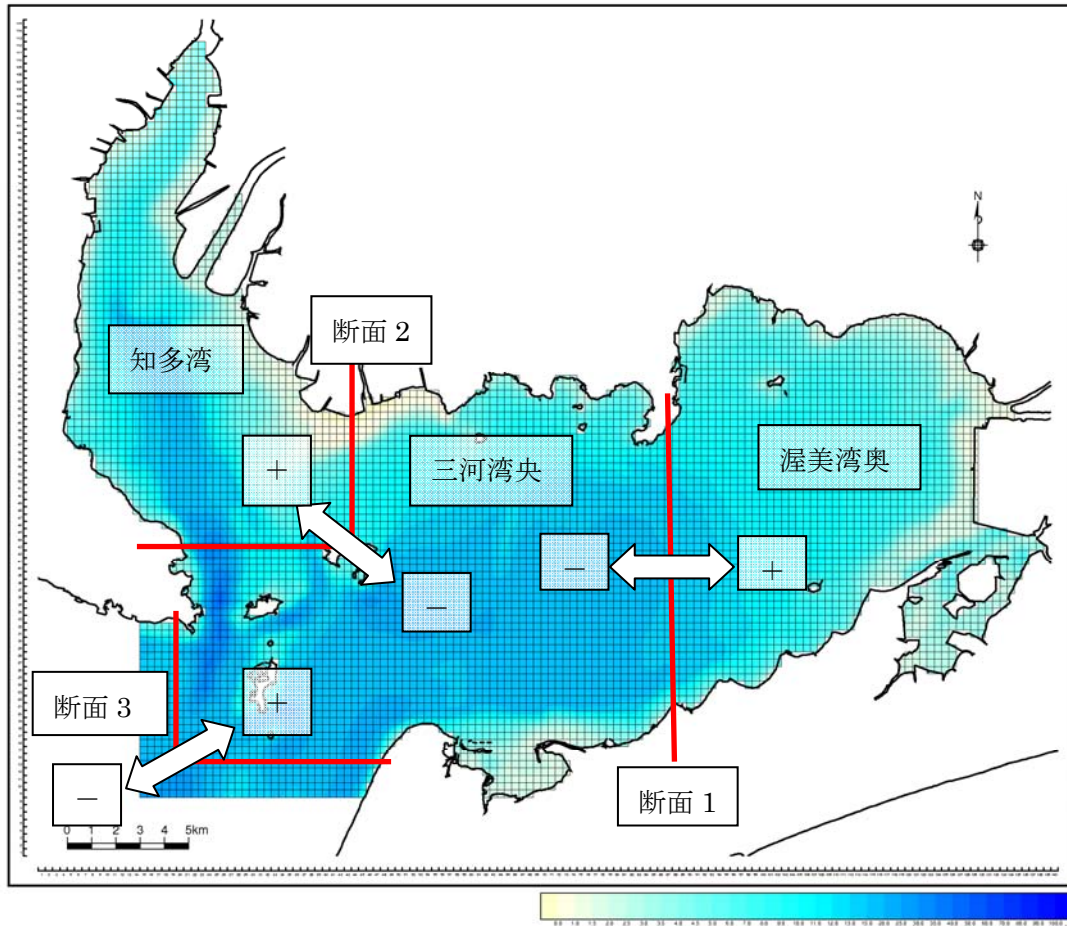
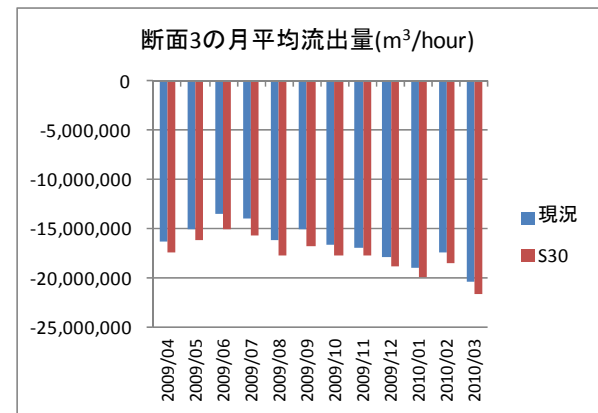
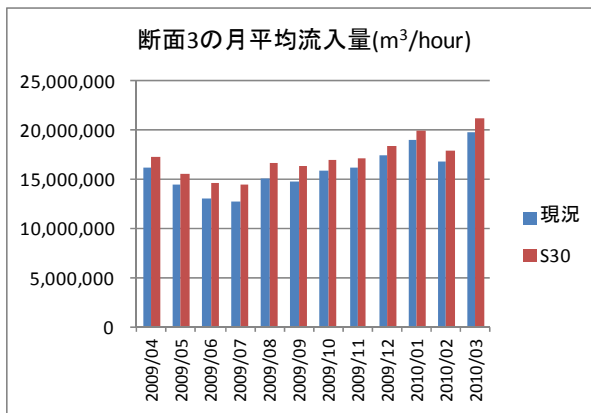
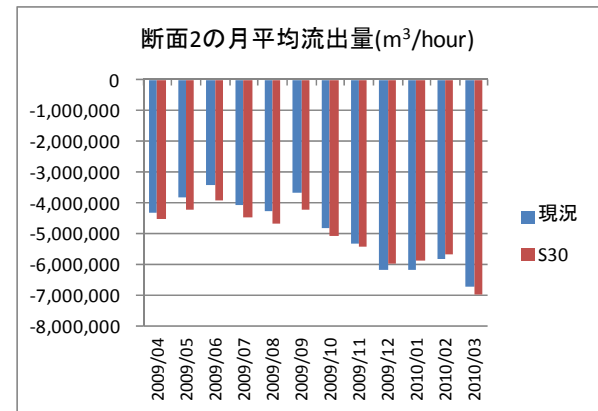
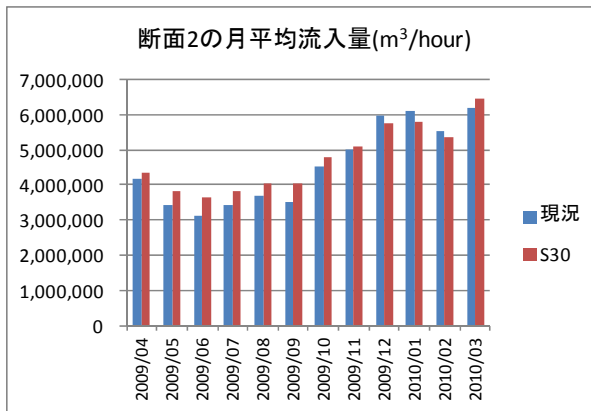
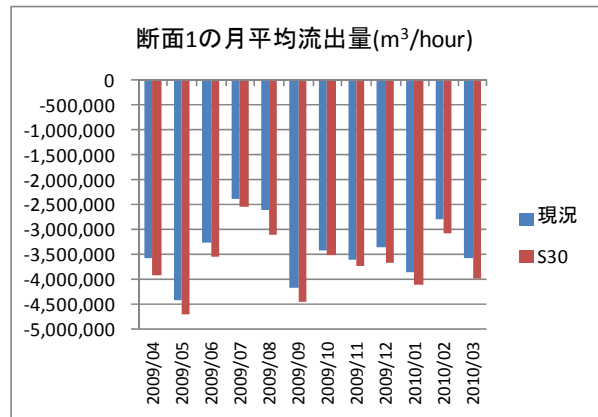
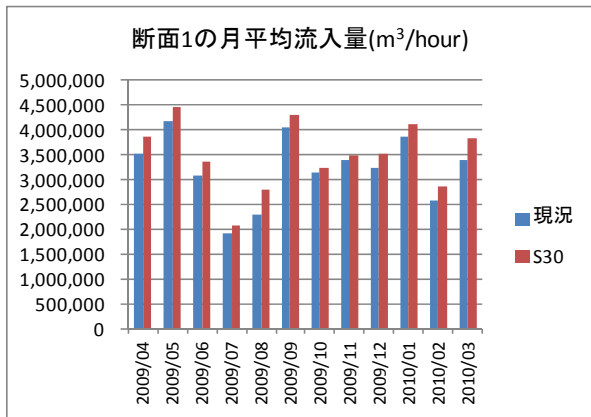


図 3.2 流量、移流フラックスを算出した断面



注) 流入量を正の値、流出量を負の値で示した。

図 3.3 任意の3断面における通過流量の比較 (現況と1960年代の地形)

3-2 任意の断面での移流フラックスの比較

構築した三河湾の物質循環モデルを用いて、中山水道ブイが設置された 2009 年を対象にした現況再現計算と、望ましい姿として 1960 年代の地形および水深を計算条件とした計算を実施している。水質計算においては、地形・水深以外に、流入負荷における有機炭素の懸濁態の比率を 2009 年現況の 2 割から 8 割にし、有機物の易分解と難分解の割合を 5:5 から 8:2 に変更している。

図 3.2 に示す任意の 3 断面における現況の物質の日間および年間の移流フラックスを図 3.4 に、断面 3 における 1960 年代地形の物質の移流フラックスを図 3.7 にそれぞれ示す。各断面における図中の正負の向きは、図 3.2 に示すとおりである。また、流入負荷量は、それぞれ断面の内側（+側）に流入する負荷量の総計を表している。収支を算定した渥美湾奥と知多湾では、共に、1960 年代と比べて現況地形の方が水域面積が 20km^2 程度少なくなっている。

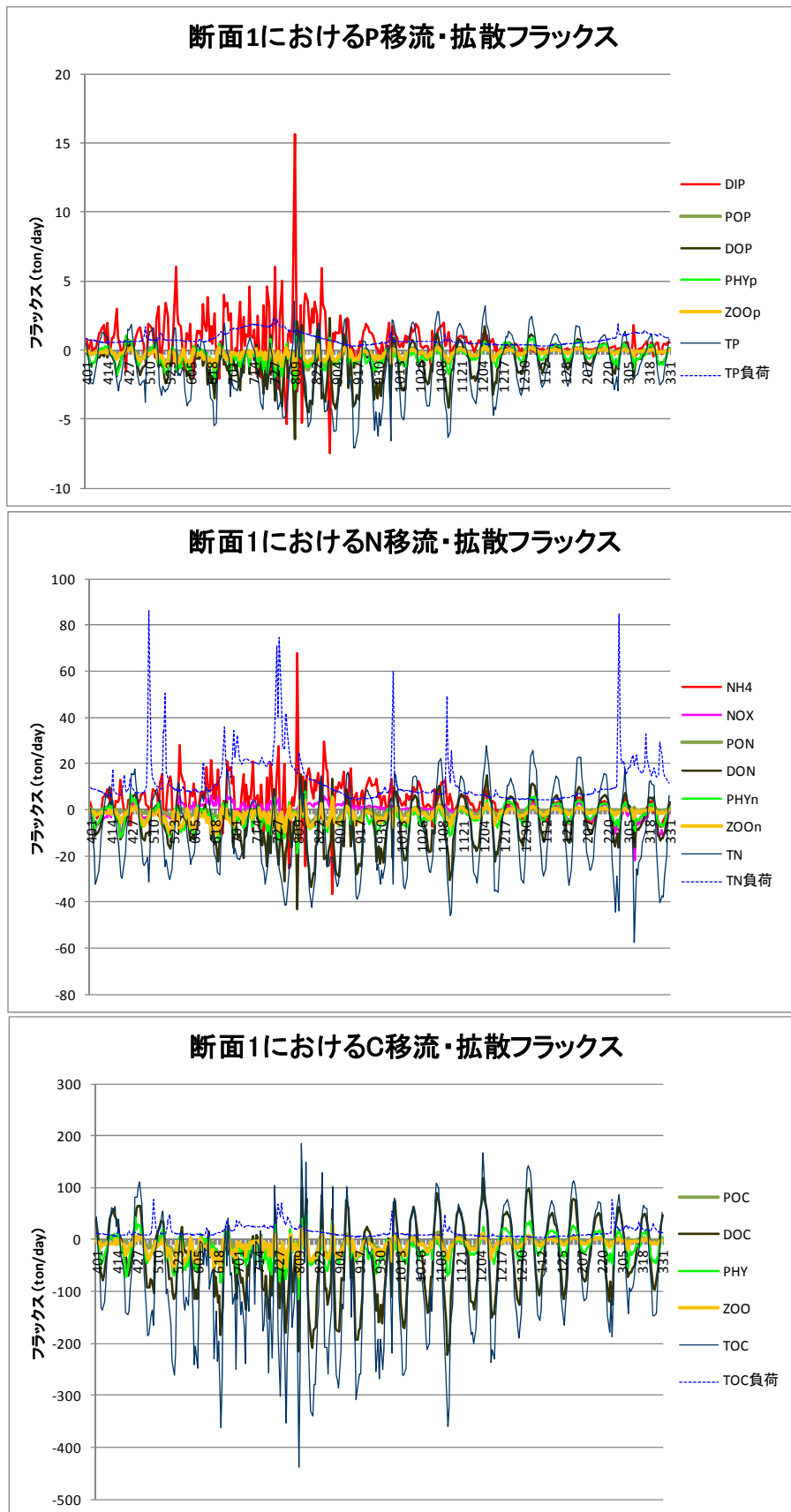


図 3.4(1) 断面1 (渥美湾奥) におけるリン、窒素、炭素の日間移流フラックス (現況)

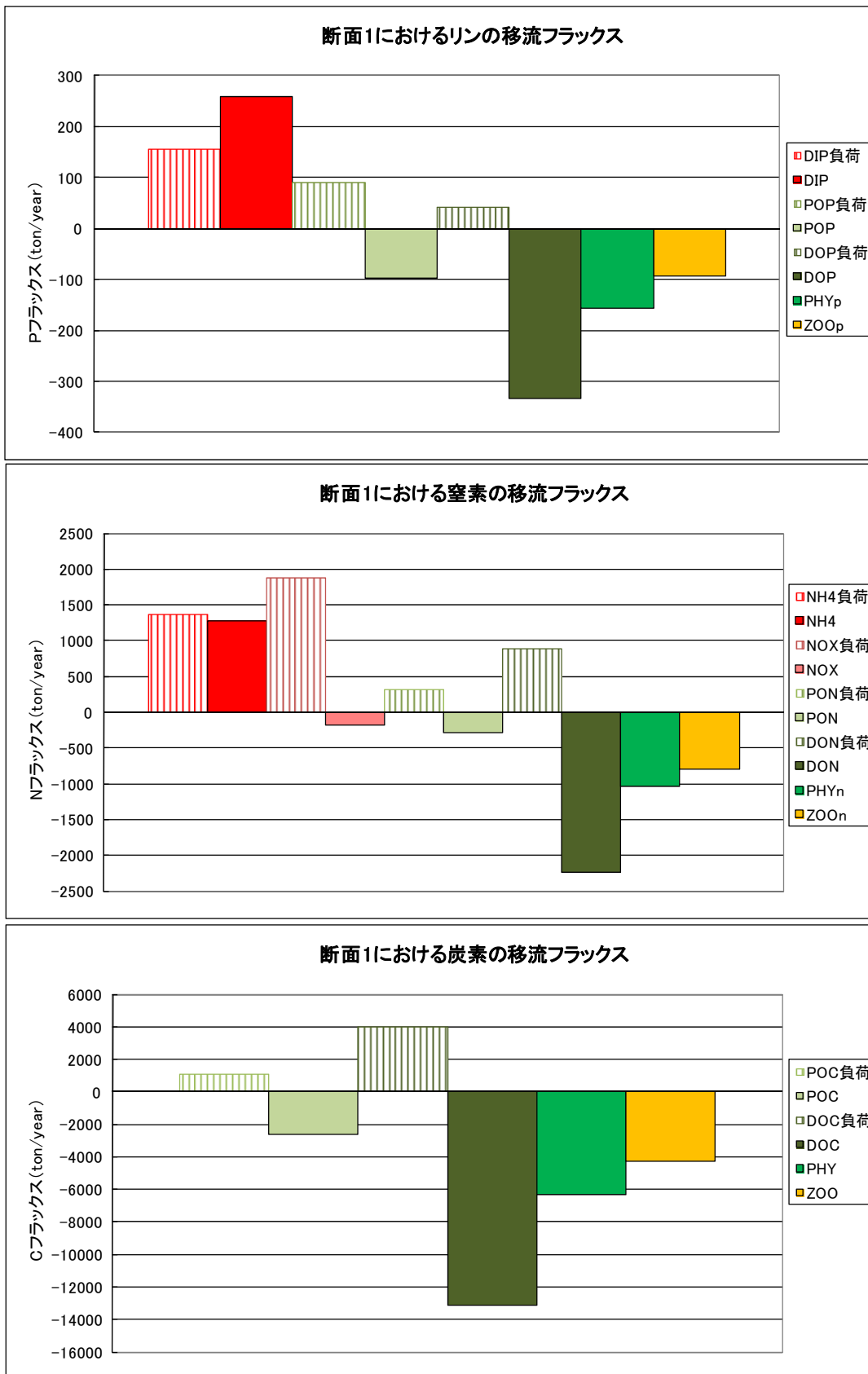


図 3.4(2) 断面1 (渥美湾奥) におけるリン、窒素、炭素の年間移流フラックス (現況)

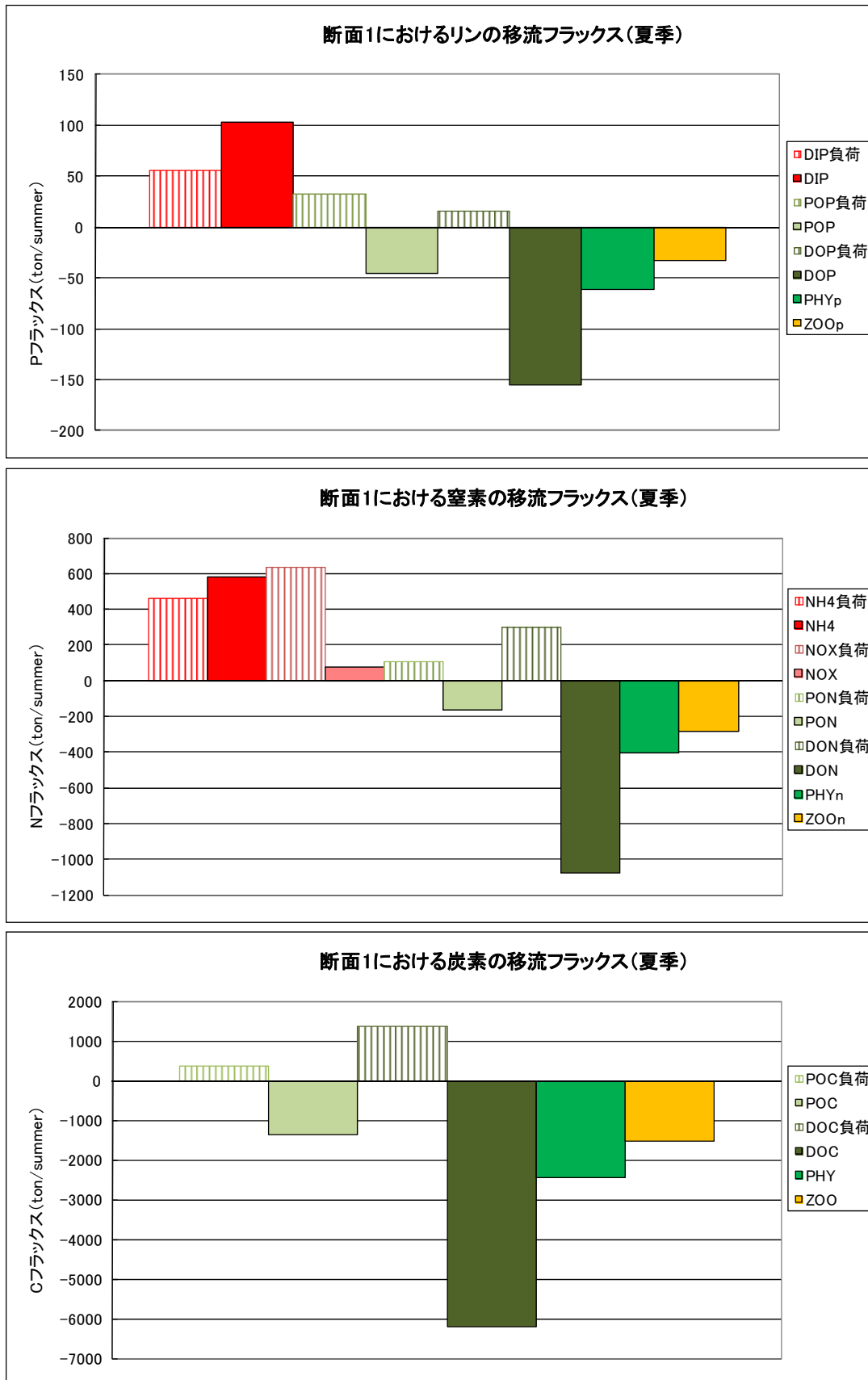


図 3.4(3) 断面1 (渥美湾奥) におけるリン、窒素、炭素の夏季移流フラックス (現況)

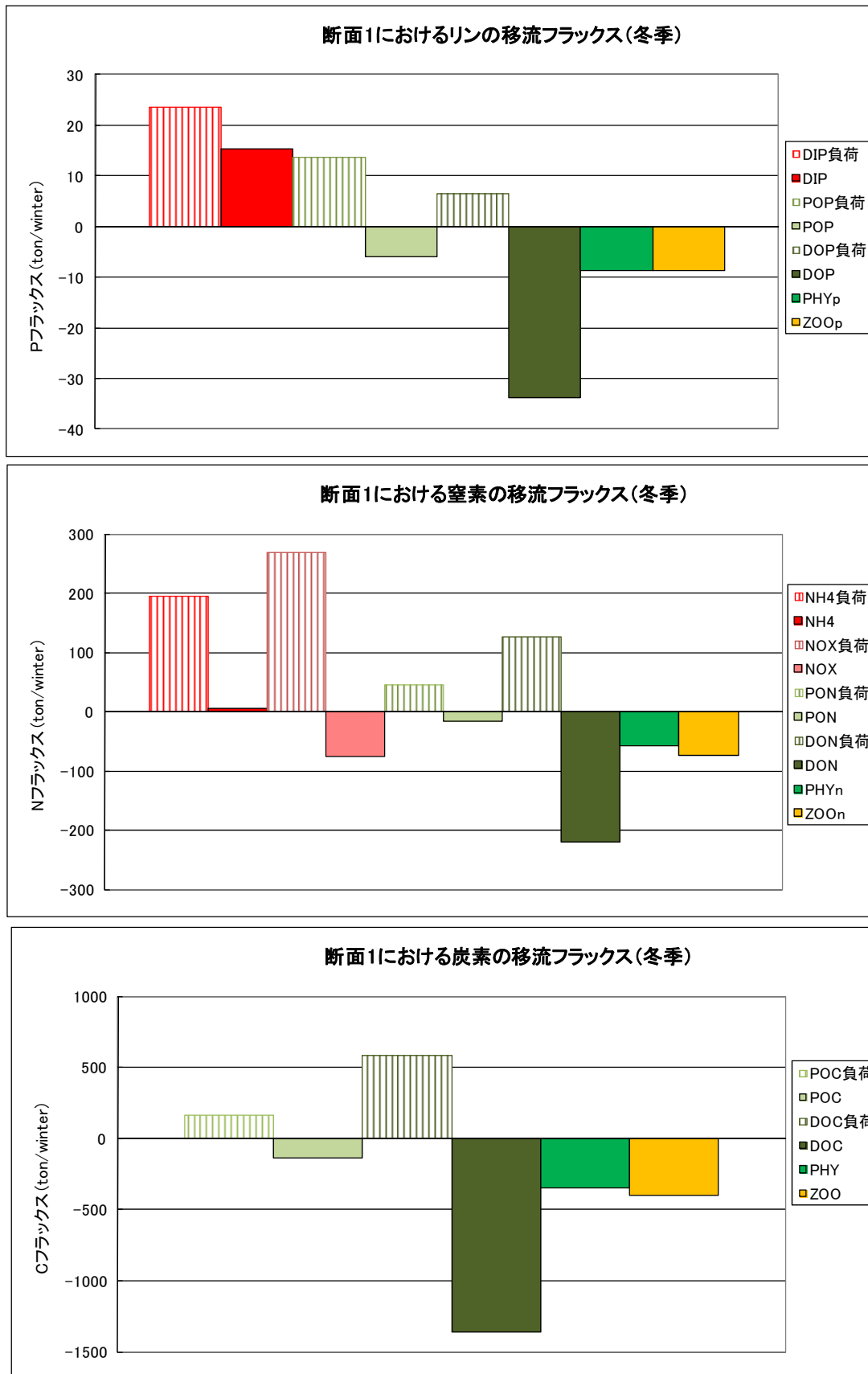


図 3.4(4) 断面1 (渥美湾奥) におけるリン、窒素、炭素の冬季移流フラックス (現況)

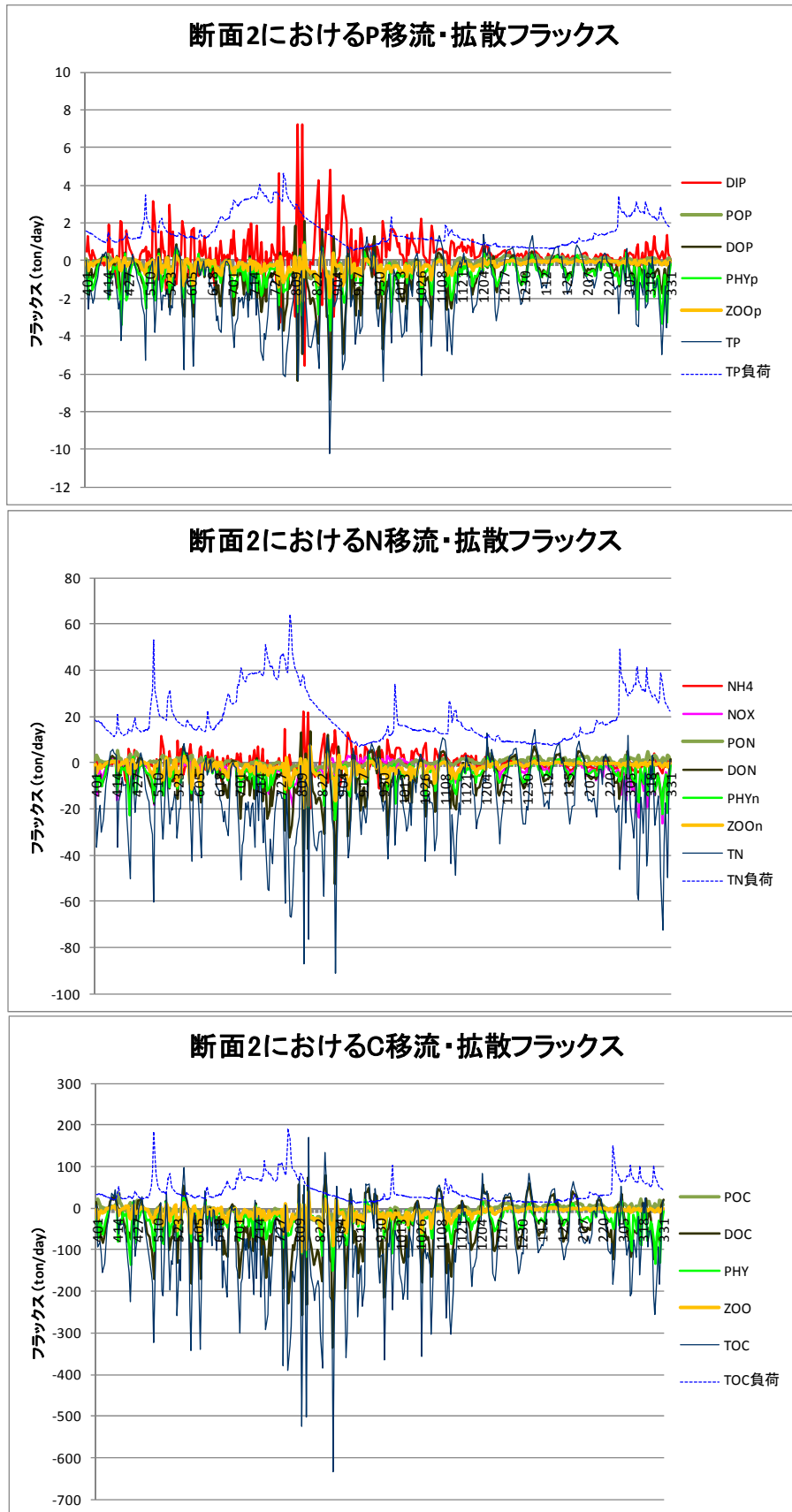


図 3.5(1) 断面2 (知多湾口) におけるリン、窒素、炭素の日間移流フラックス (現況)

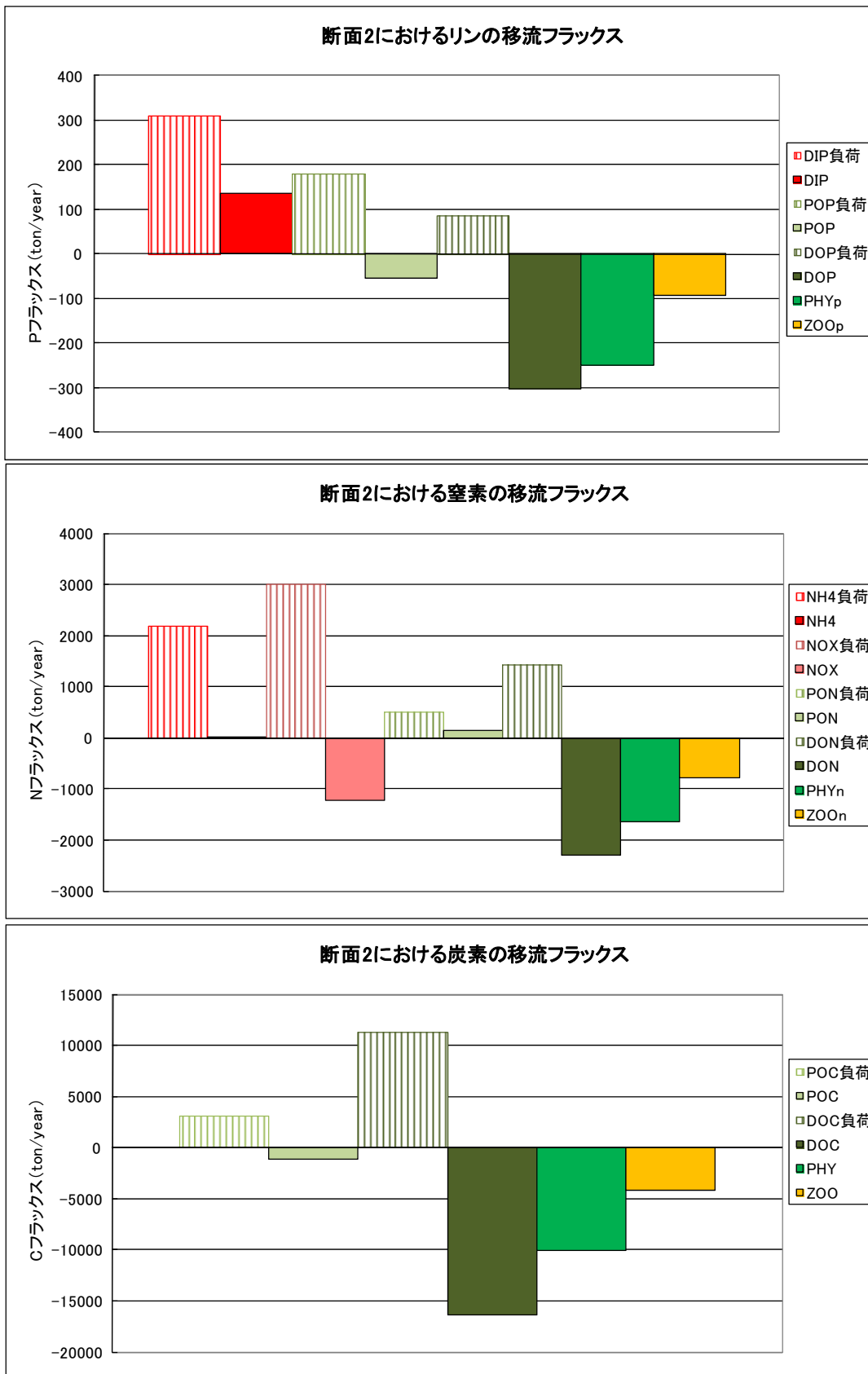


図 3.5(2) 断面2 (知多湾口) におけるリン、窒素、炭素の年間移流フラックス (現況)

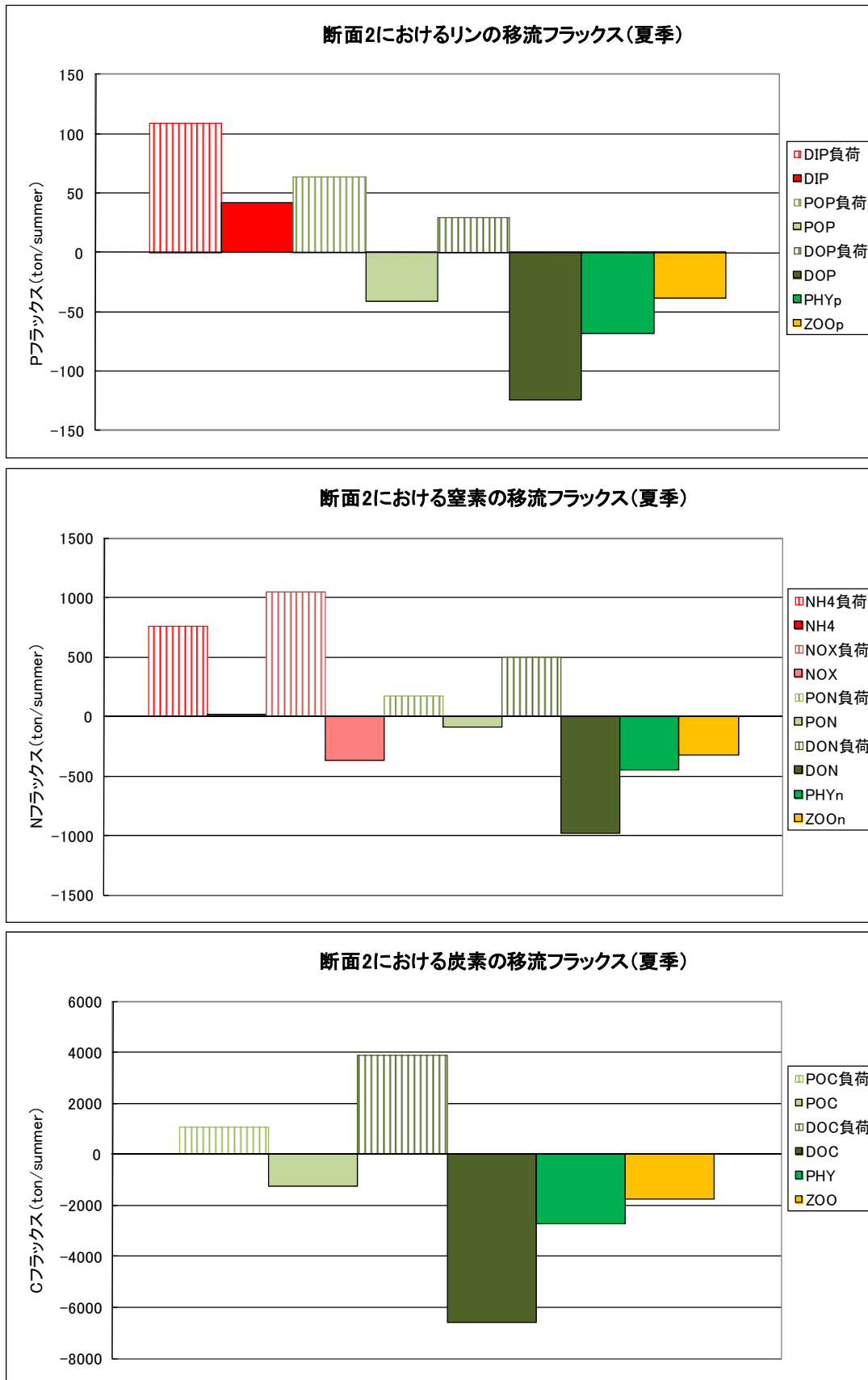


図 3.5(3) 断面2 (知多湾口) におけるリン、窒素、炭素の夏季移流フラックス (現況)

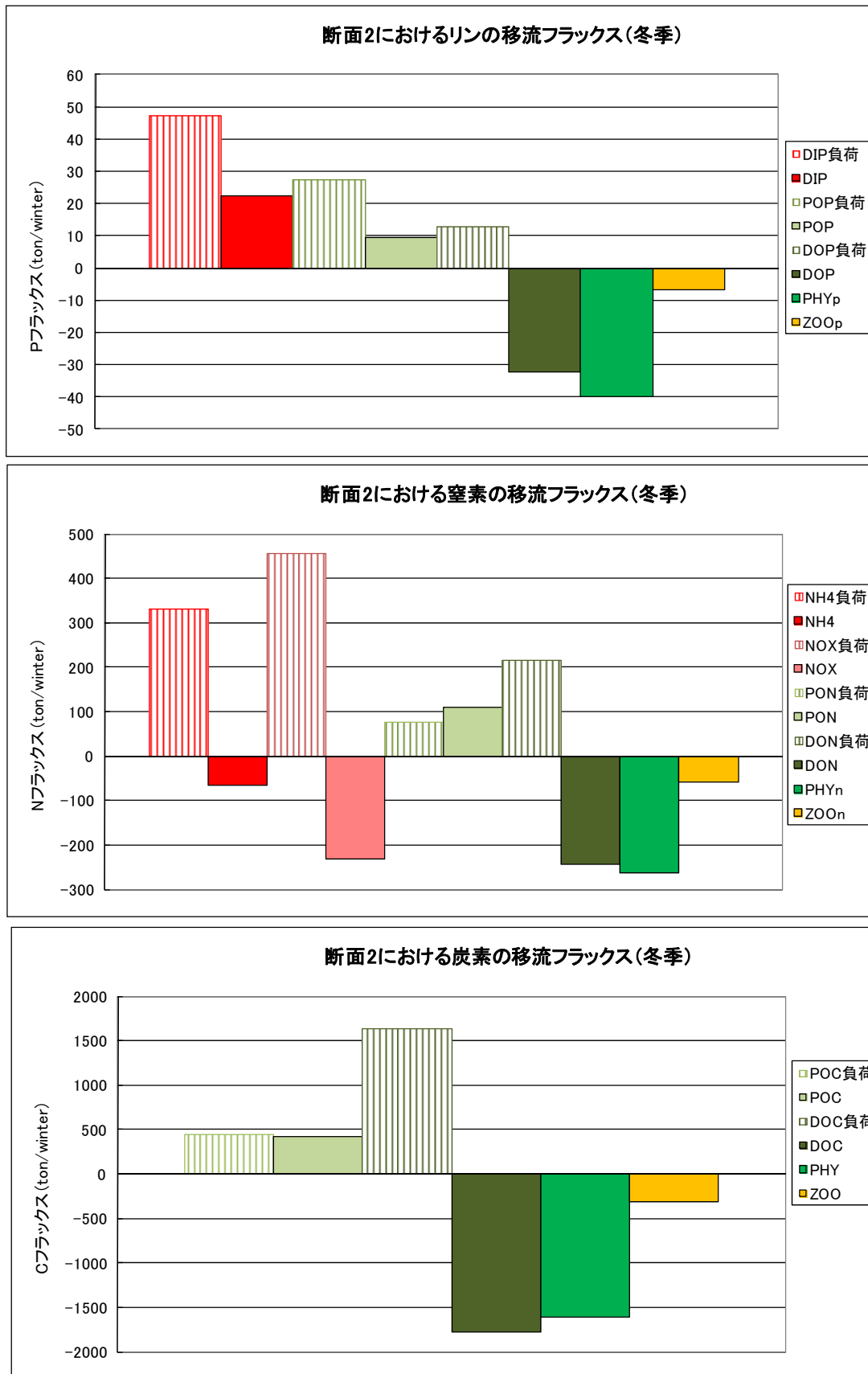


図 3.5(4) 断面2 (知多湾口) におけるリン、窒素、炭素の冬季移流フラックス (現況)

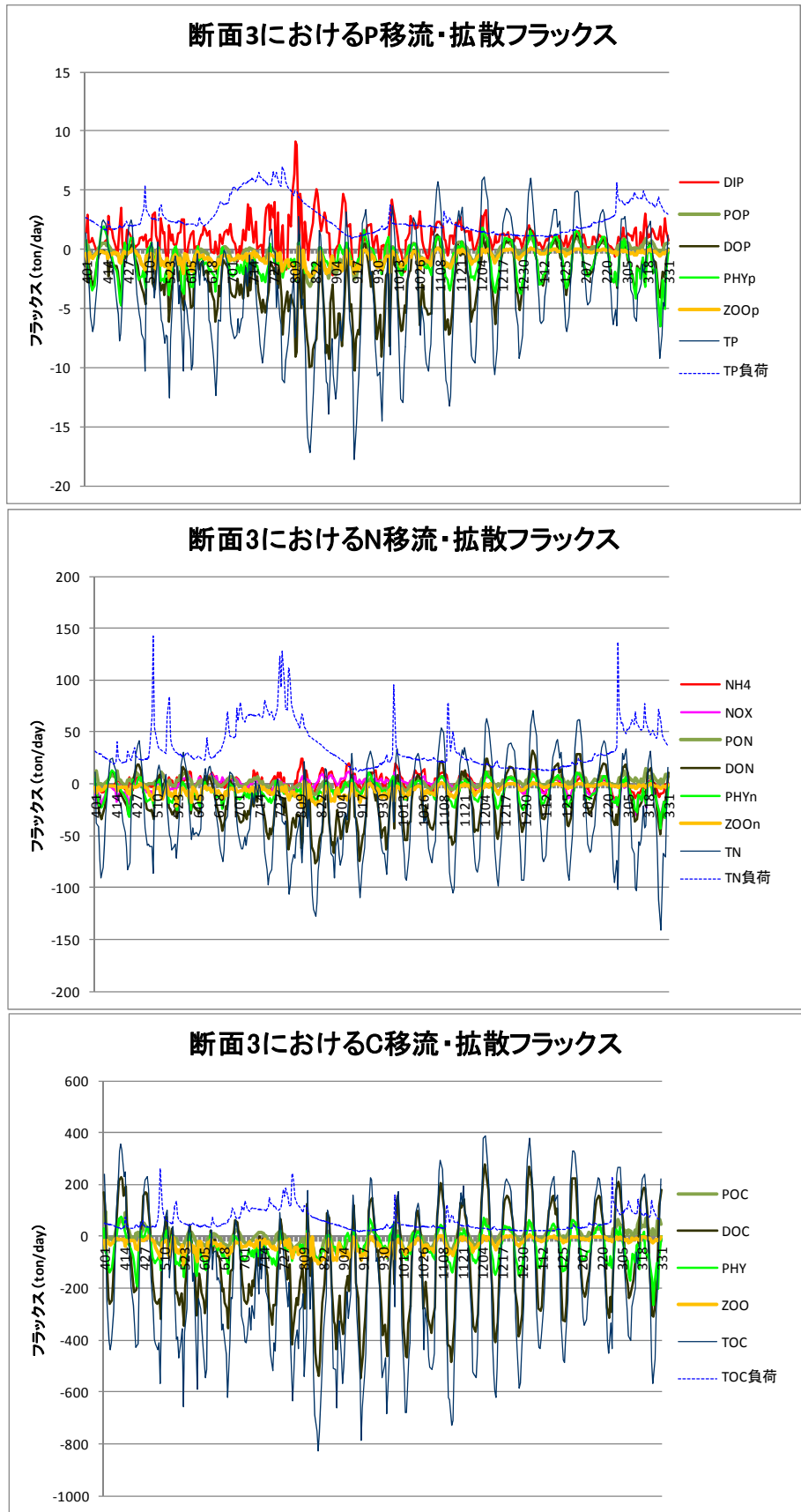


図 3.6(1) 断面3 (三河湾口) におけるリン、窒素、炭素の日間移流フラックス (現況)

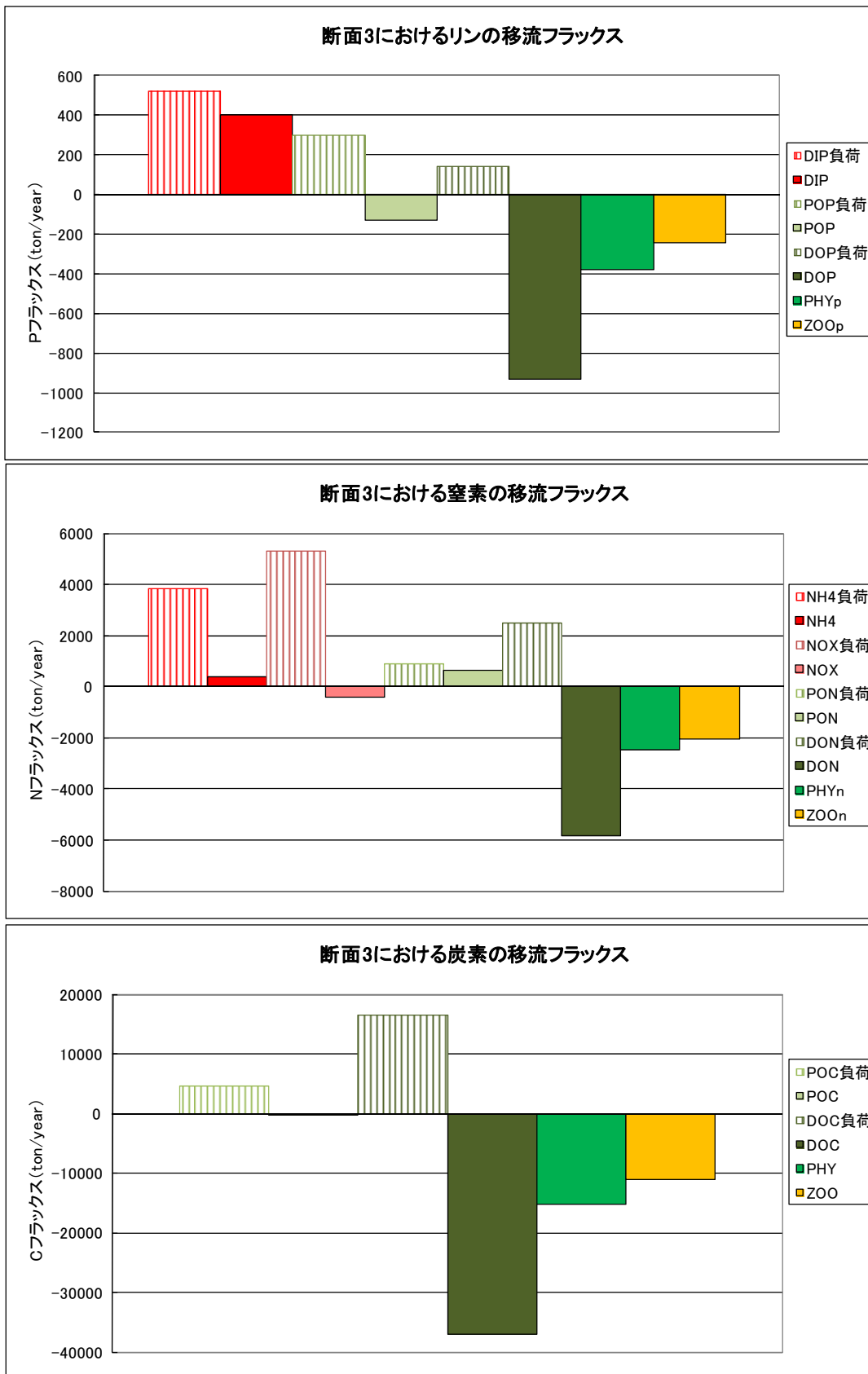


図 3.6(2) 断面3 (三河湾口) におけるリン、窒素、炭素の年間移流フラックス (現況)

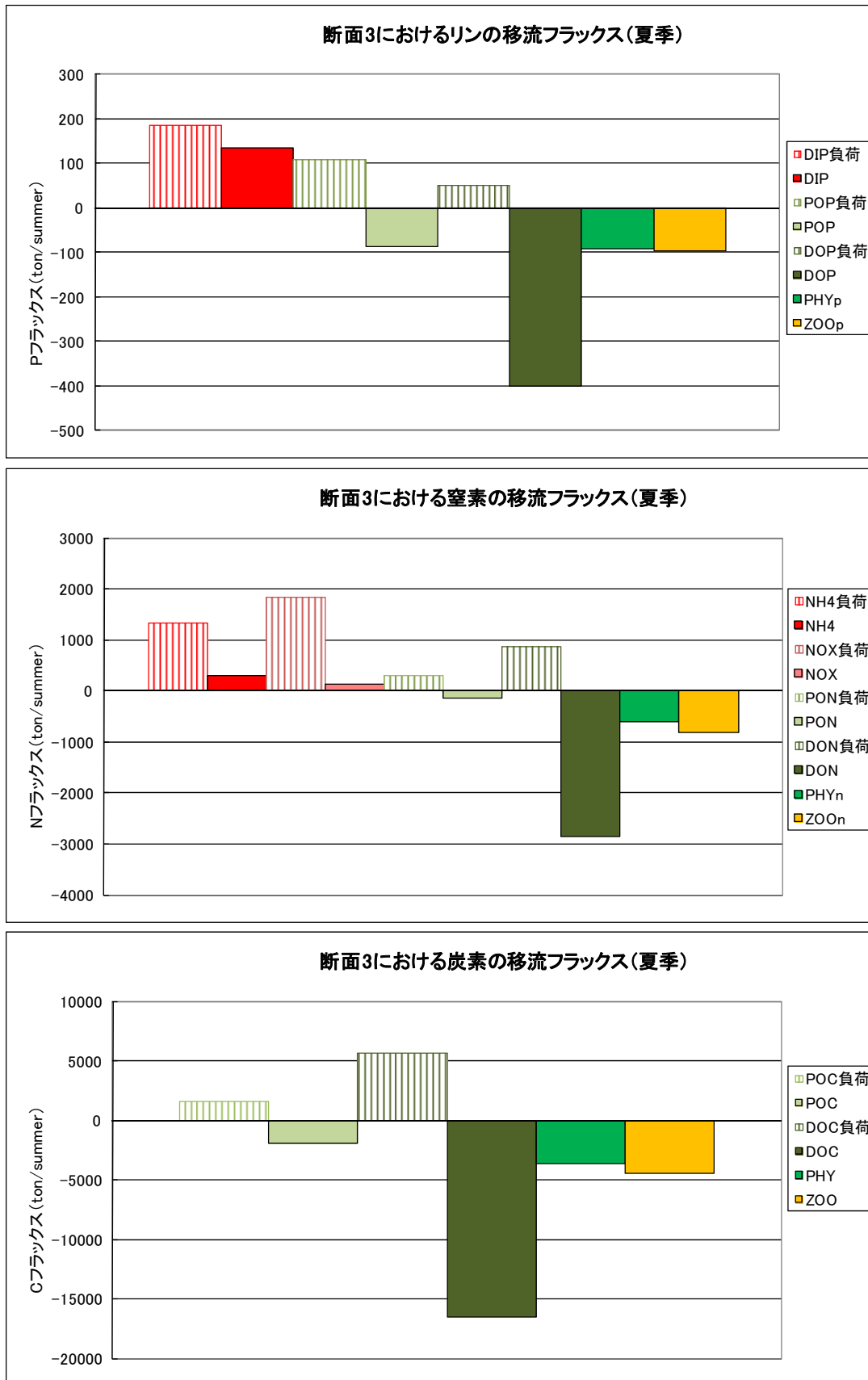


図 3.6(3) 断面3 (三河湾口) におけるリン、窒素、炭素の夏季移流フラックス (現況)

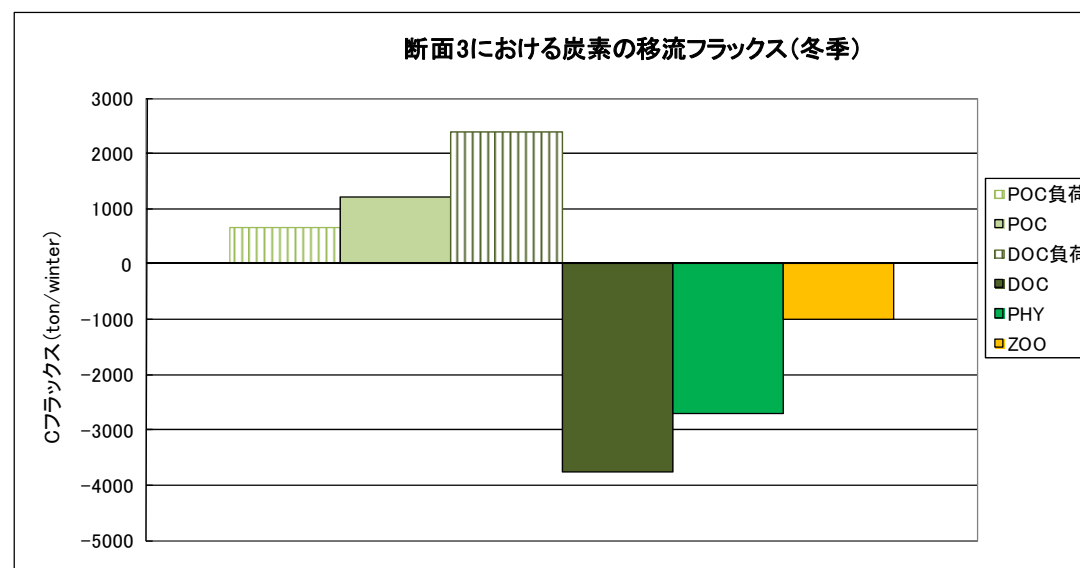
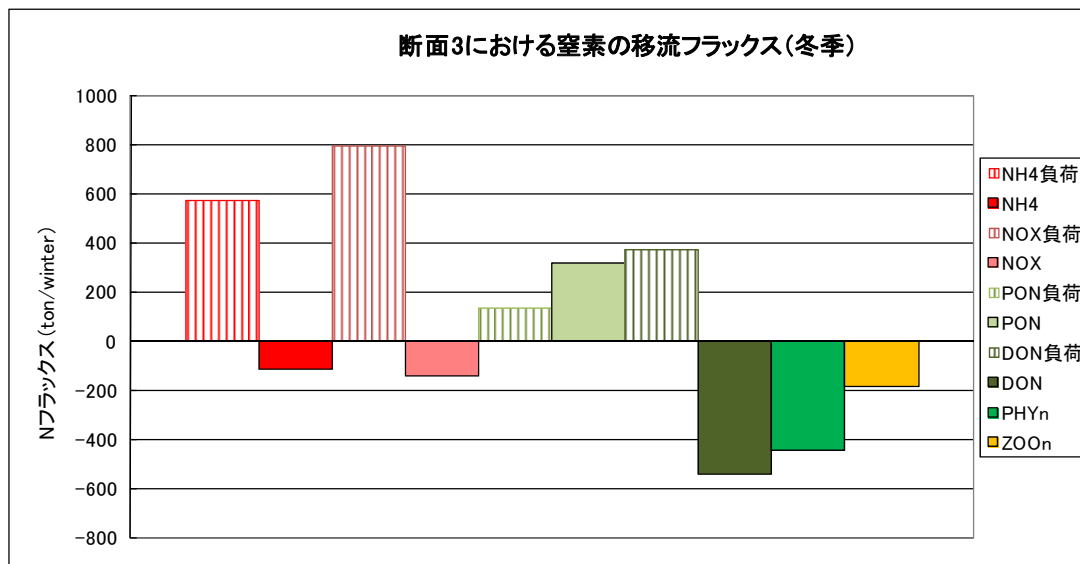
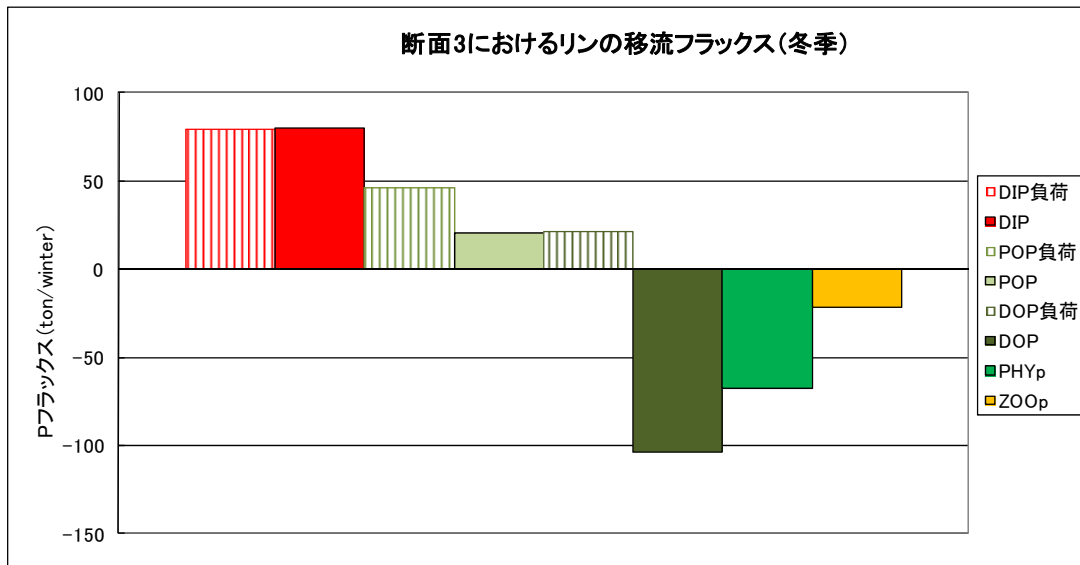


図 3.6(4) 断面3 (三河湾口) におけるリン、窒素、炭素の冬季移流フラックス (現況)

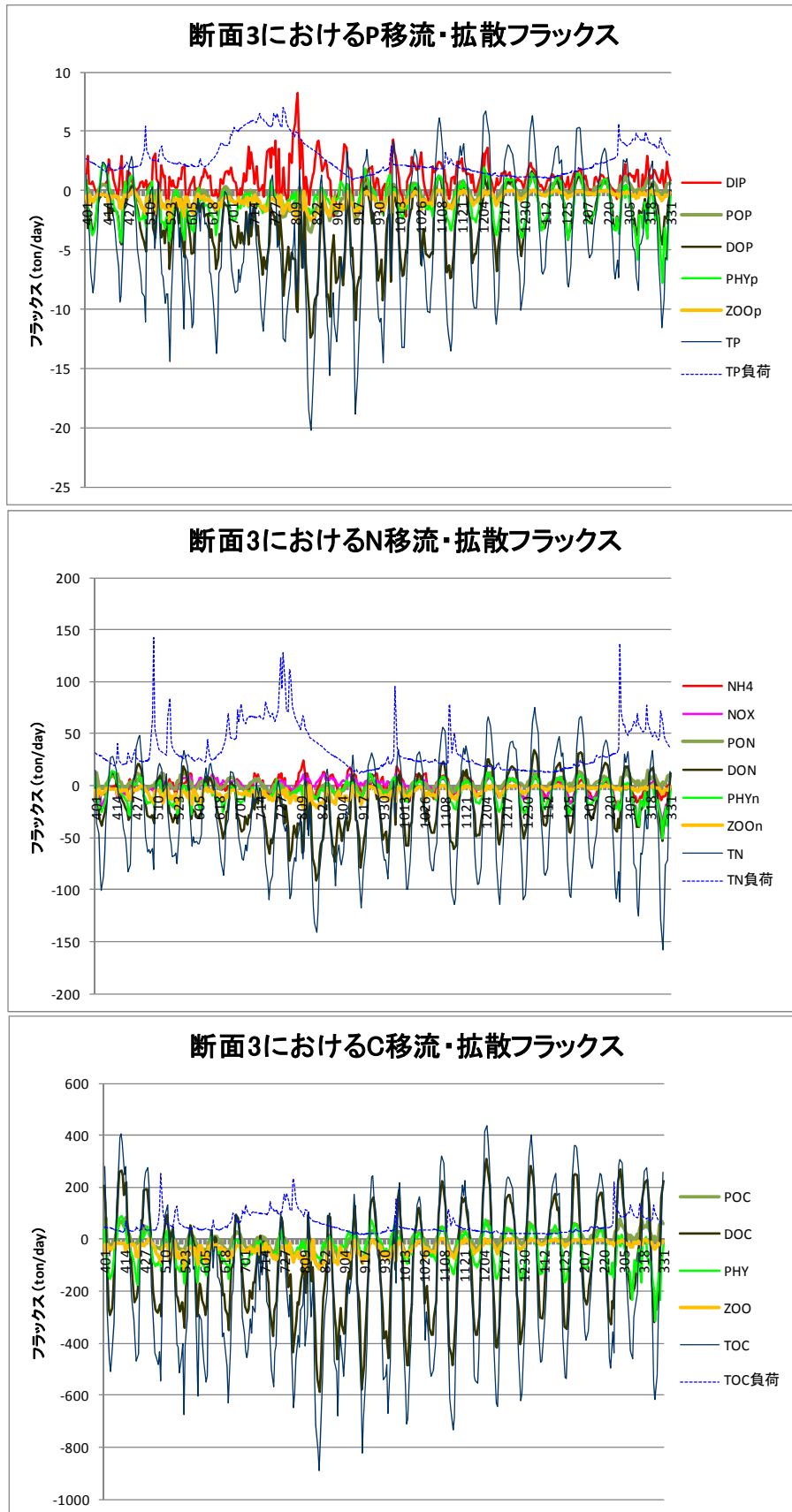


図 3.7(1) 断面3 (三河湾口) におけるリン、窒素、炭素の日間移流フラックス (1960年代地形)

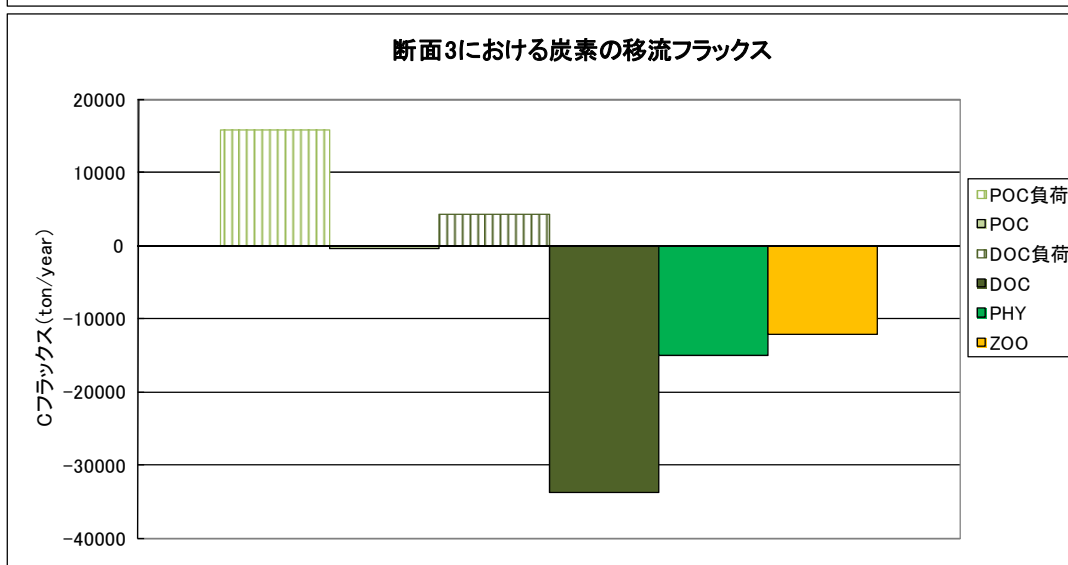
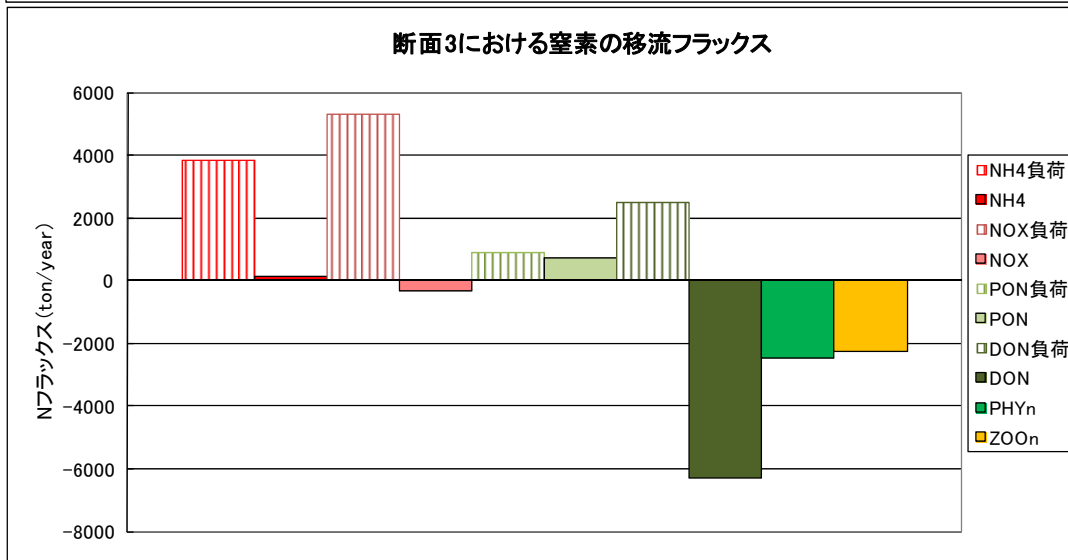
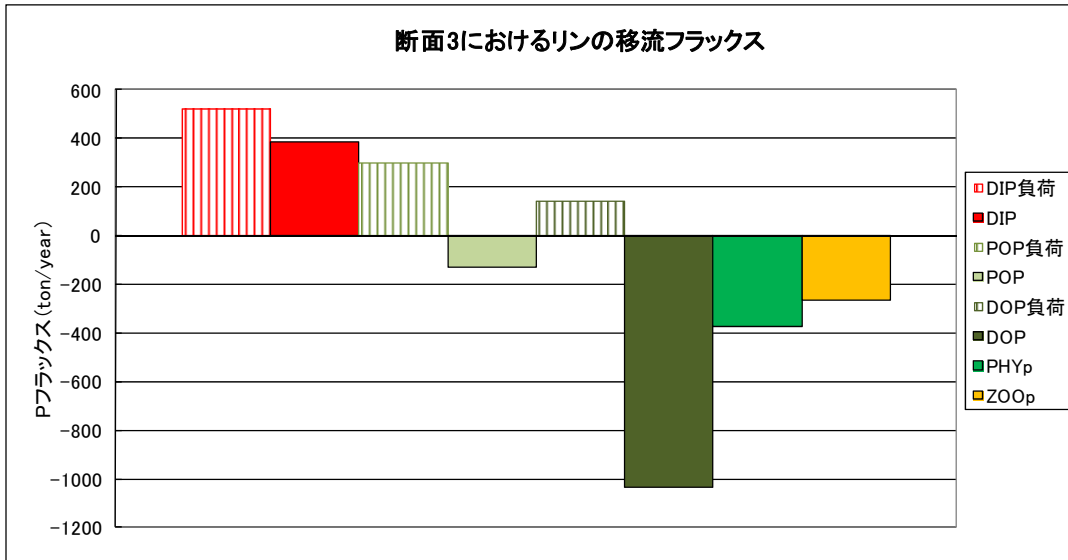


図 3.7(2) 断面3 (三河湾口) におけるリン、窒素、炭素の年間移流フラックス (1960年代地形)

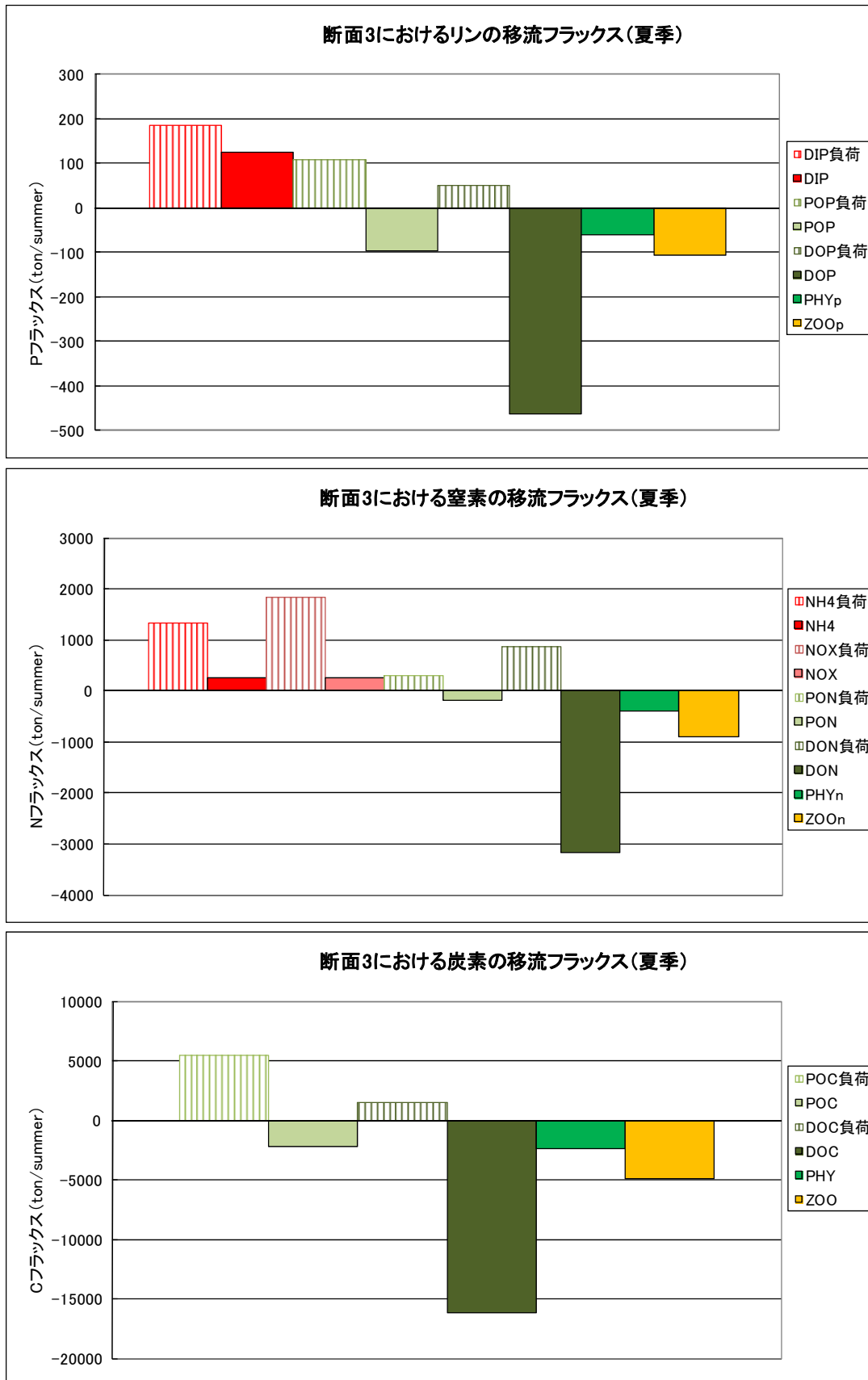


図 3.7(3) 断面3 (三河湾口) におけるリン、窒素、炭素の夏季移流フラックス (1960年代地形)

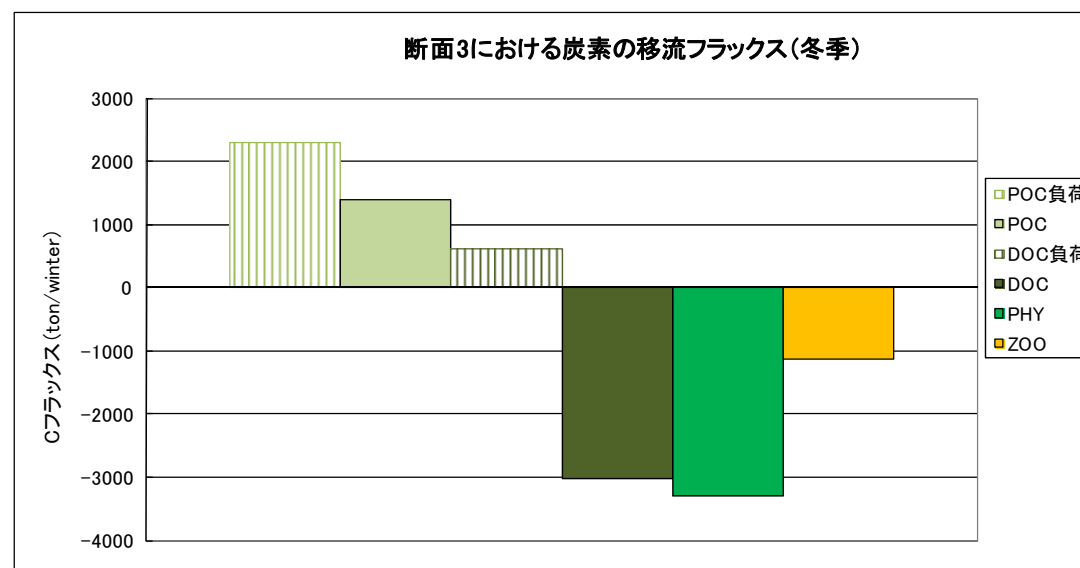
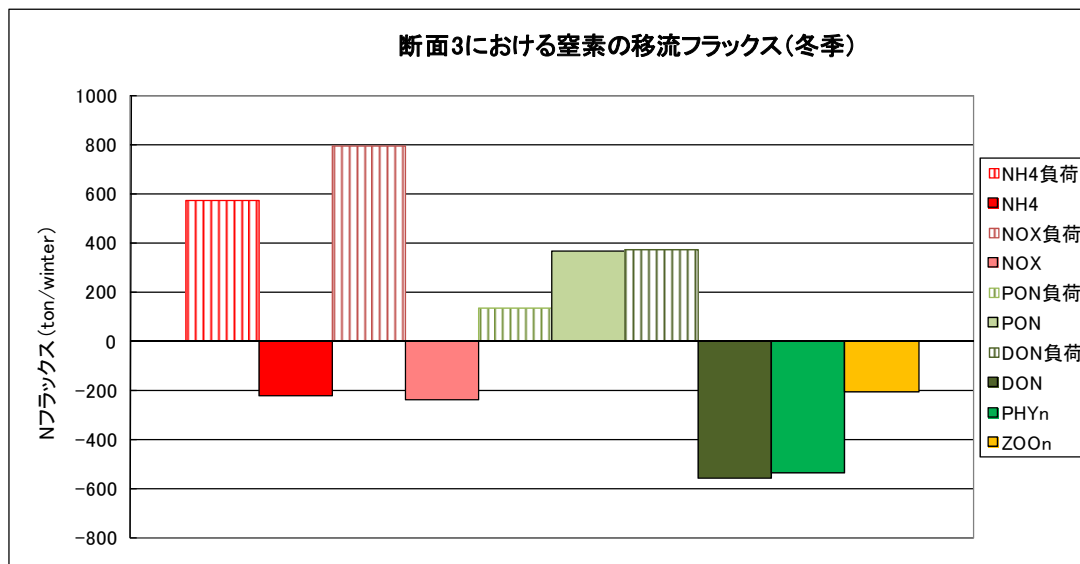
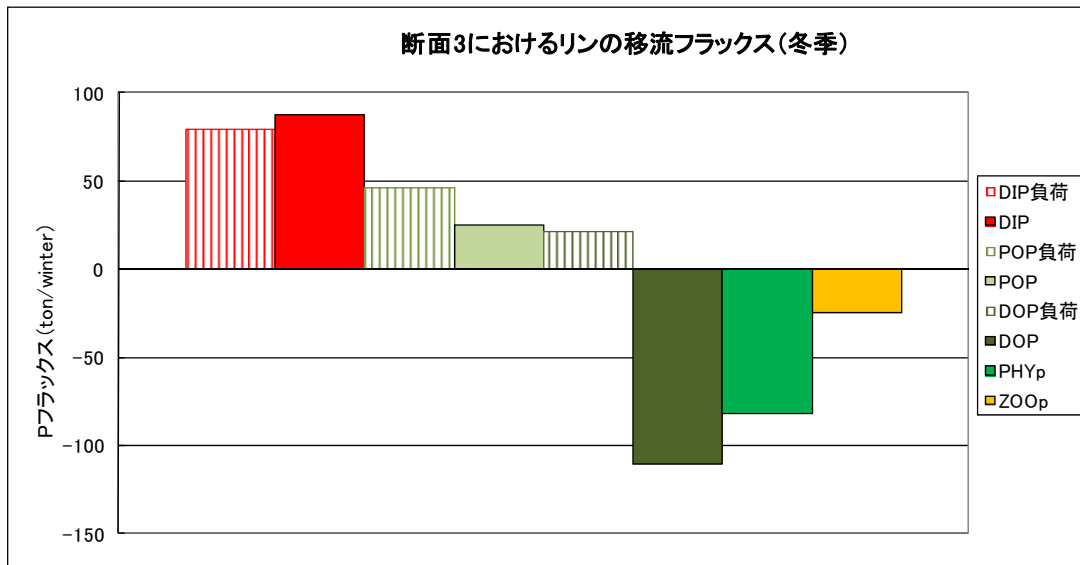


図 3.7(4) 断面3 (三河湾口) におけるリン、窒素、炭素の冬季移流フラックス (1960年代地形)

3-3 溶存酸素のフラックスの比較

図 3.8 に三河湾全域における水中の溶存酸素の日間および年間のフラックスを示す。(1)が現況地形、(2)が 1960 年代地形における結果を示している。収支を算定した海域では、1960 年代と比べて現況地形の方が水域面積が約 43km² (7.4%) 少なくなっている。

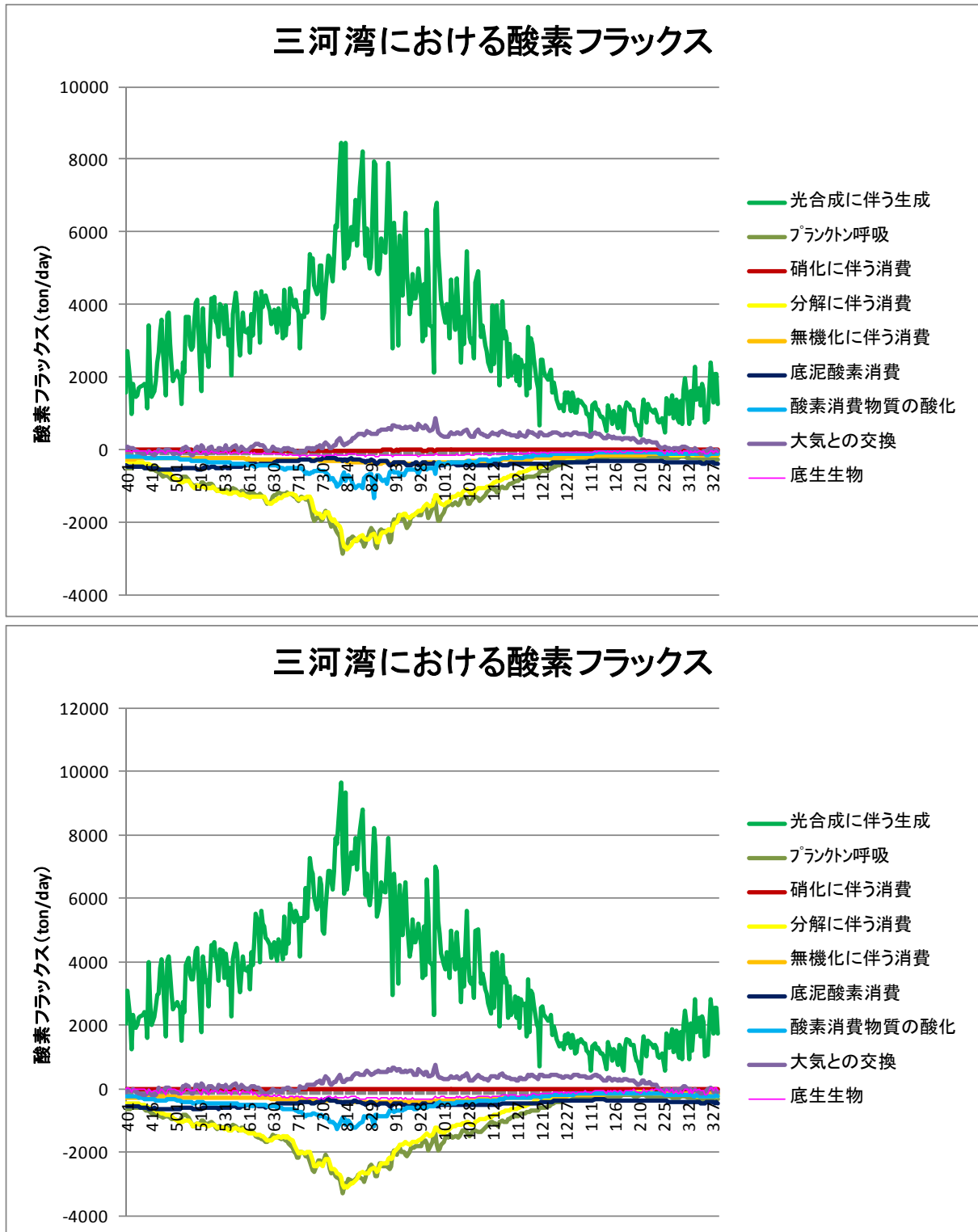


図 3.8(1) 三河湾における日間溶存酸素フラックス (上：現況、下：1960 年代地形)

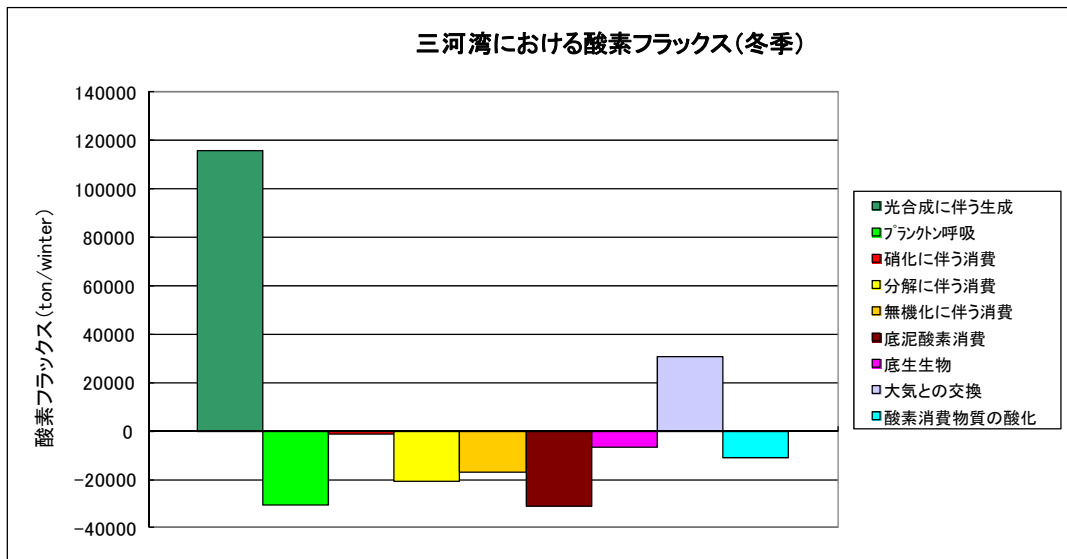
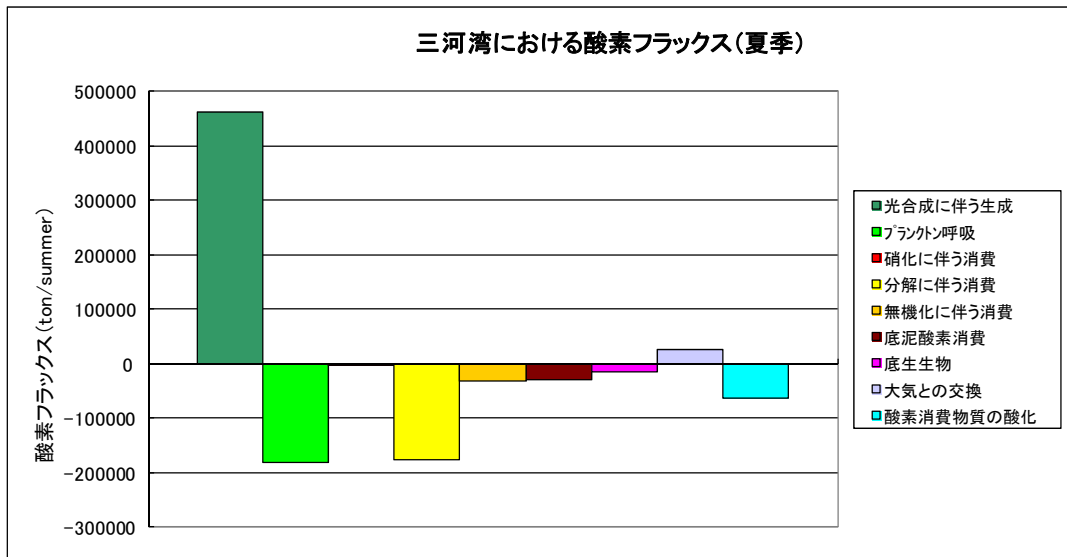
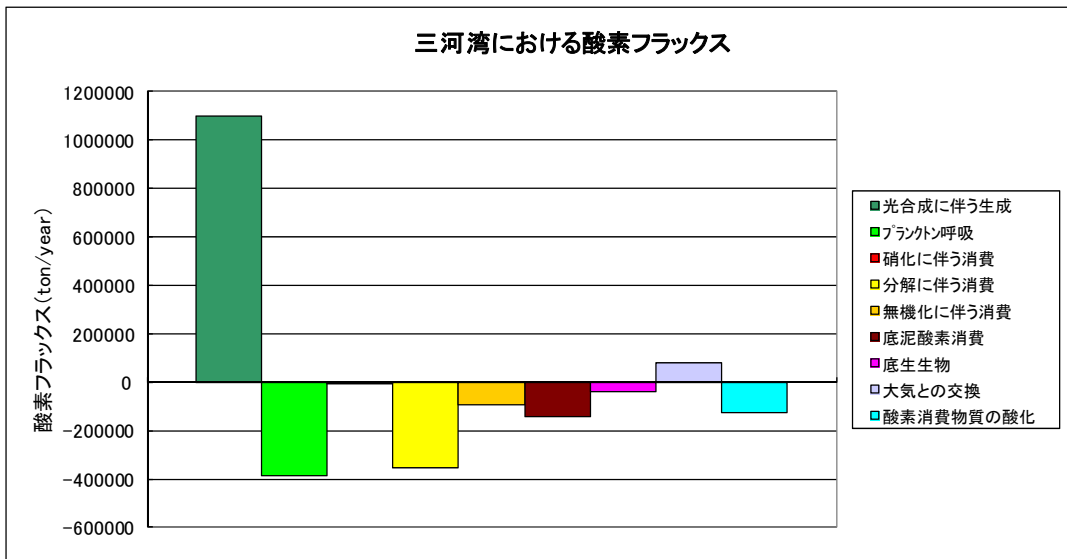


図 3.8(2) 三河湾における溶存酸素フラックス (現況、年間、夏季、冬季)

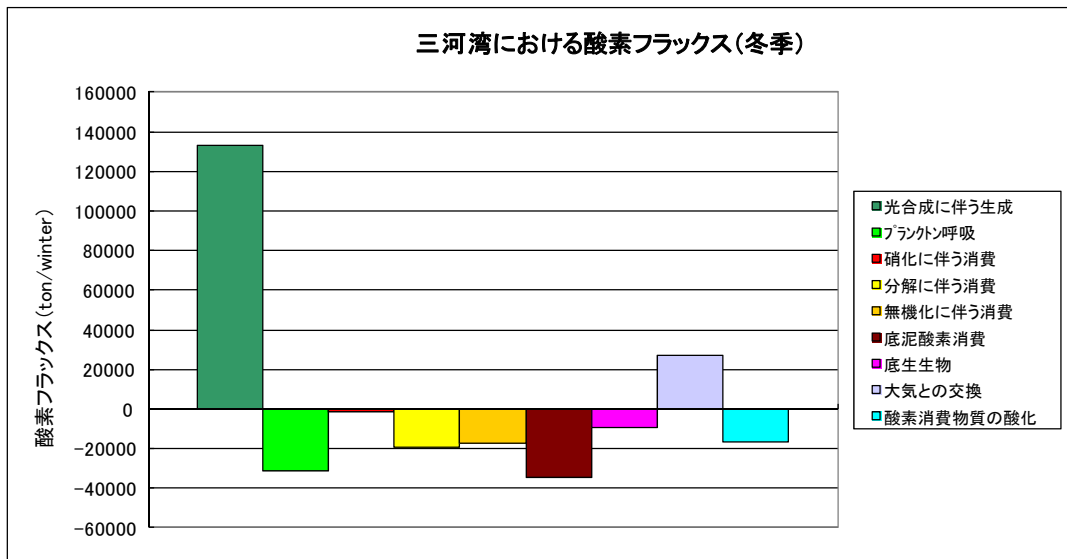
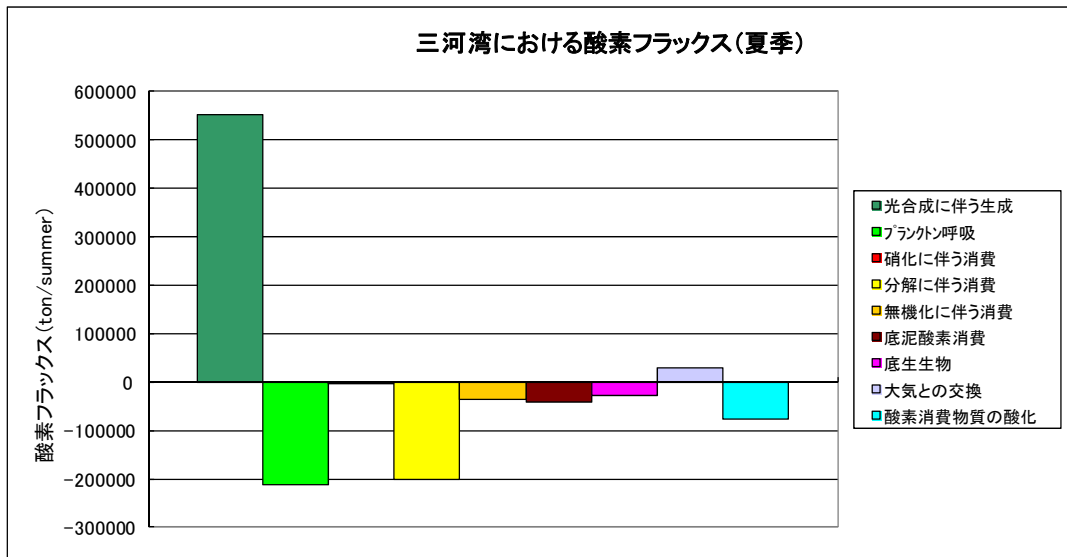
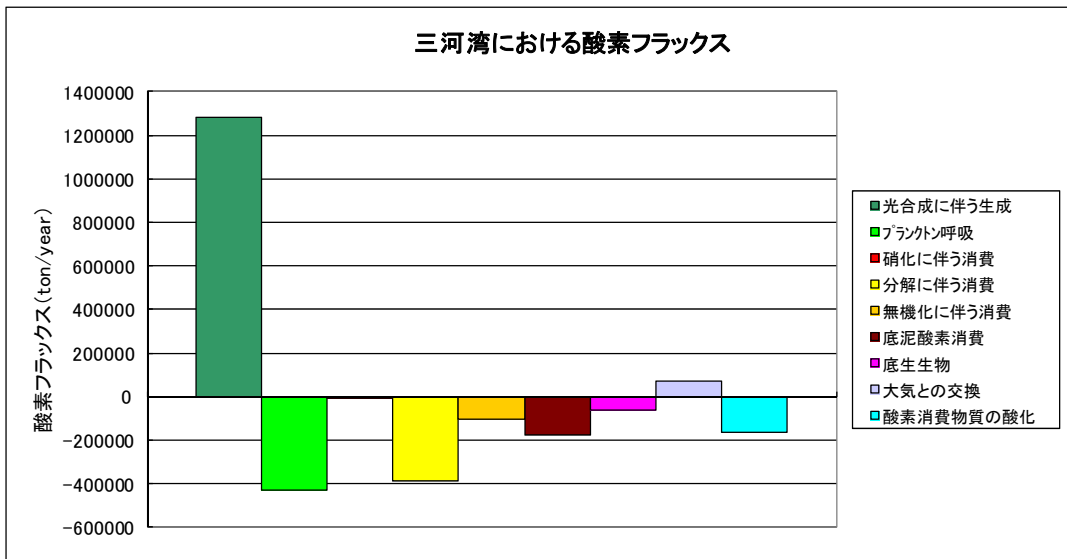


図 3.8(3) 三河湾における溶存酸素フラックス (1960年代地形、年間、夏季、冬季)

図 3.9 に一色干潟域に相当するbox14 の現況および1960年代地形の溶存酸素フラックスを示す。収支を算定したbox14 では、1960年代と比べて現況地形の方が水域面積が約1.8km² (10.5%) 少なくなっている。

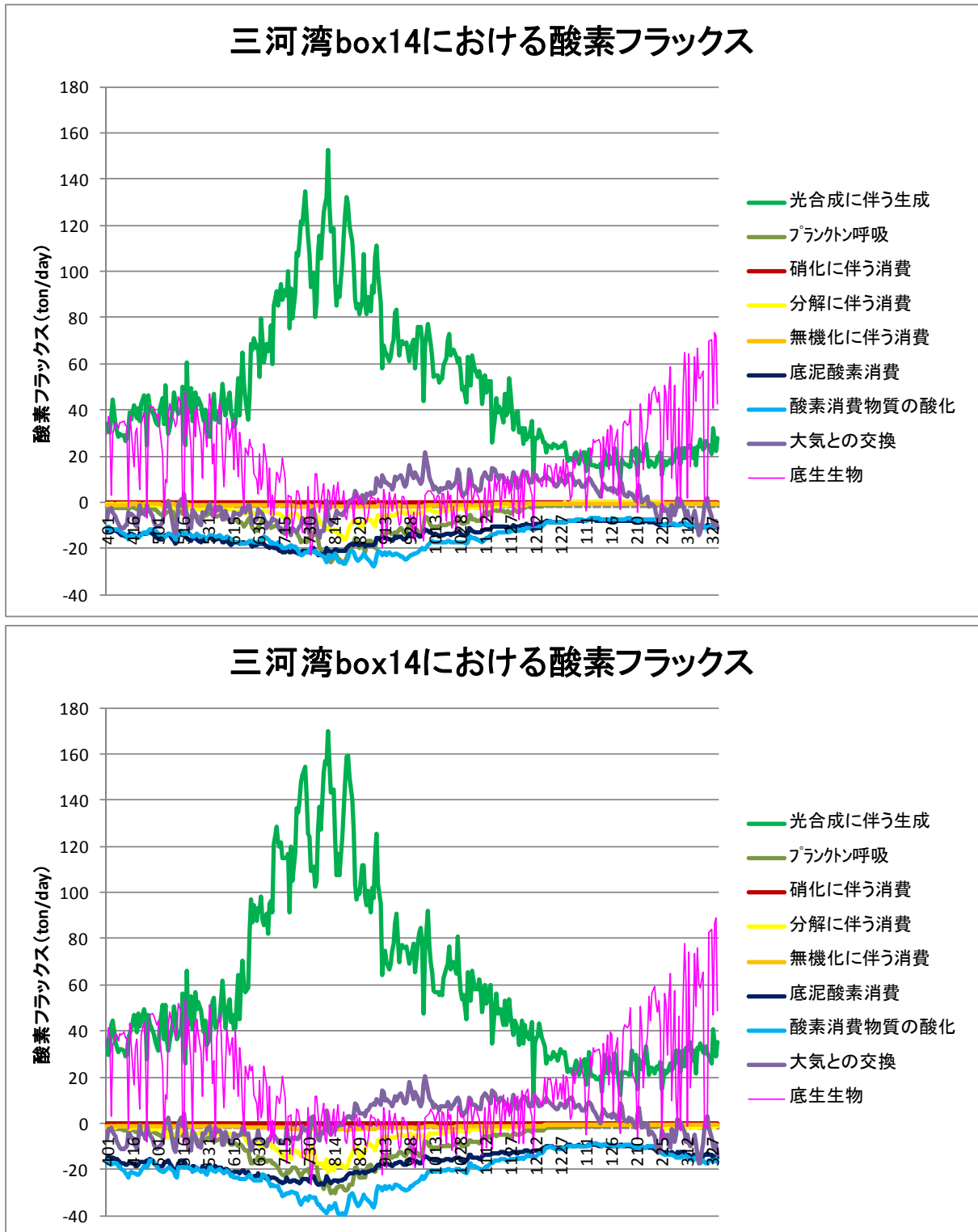


図 3.9 一色干潟 (box14) における溶存酸素フラックス (上：現況、下：1960年代)

図 3.10 に汐川干潟域に相当するbox26 の現況および 1960 年代地形の溶存酸素フラックスを示す。収支を算定したbox26 では、1960 年代と比べて現況地形の方が水域面積が約 5.0km² (65.9%) 少なくなっている。

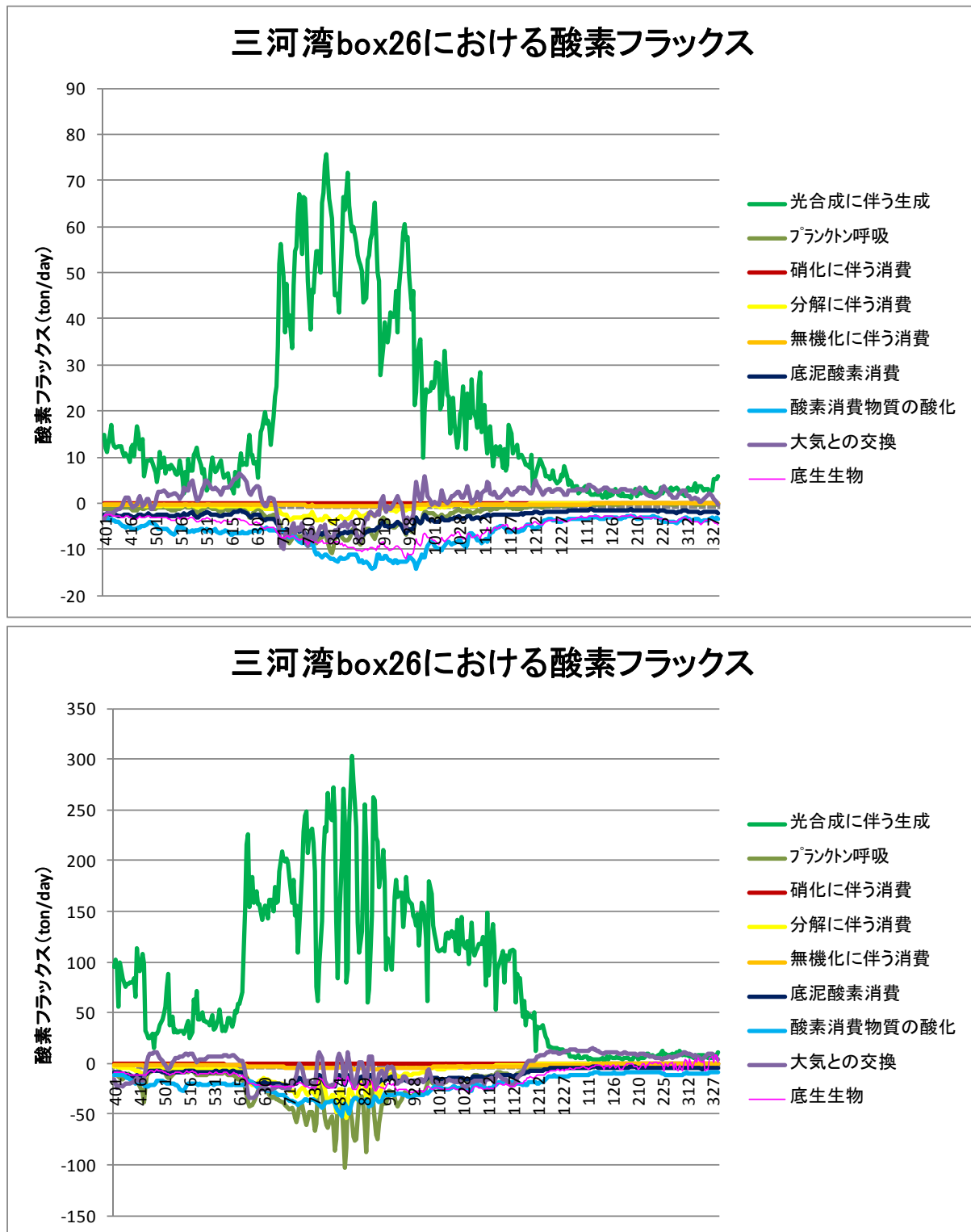


図 3.10 汐川干潟 (box26) における溶存酸素フラックス (上：現況、下：1960 年代)

3-4 貧酸素水塊の比較

水質モデルの計算結果として、溶存酸素 2mg/L以下の面積と体積について、2009年現況との比較を図 3.11 に示す。これによると、1960年代の地形条件での計算結果は、夏季に貧酸素化するものの、期間は2009年現況に比べて2ヶ月以上短く、また、夏季においても面積・体積ともに規模は小さくなっている。

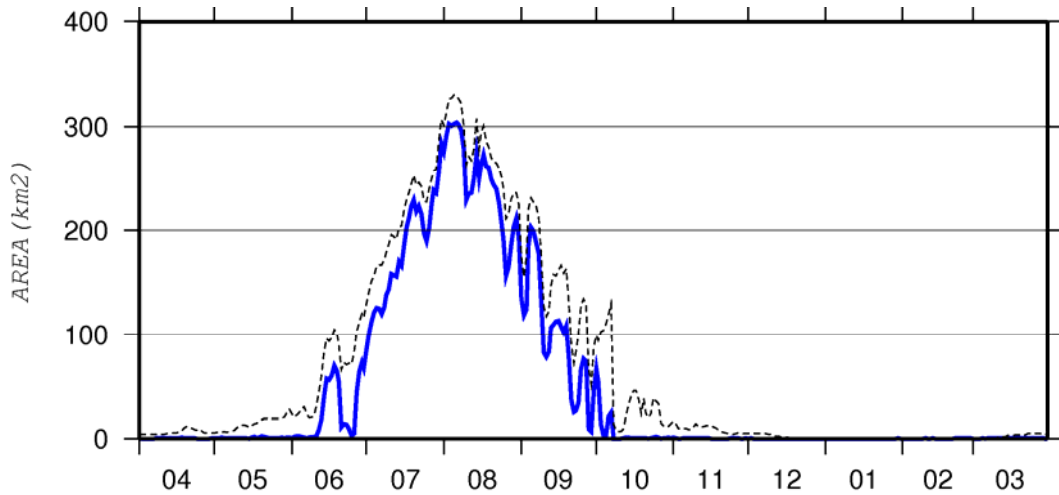


図 3.11(1) 溶存酸素 2mg/L以下の面積比較 (点線：2009年、青線：1960年代)

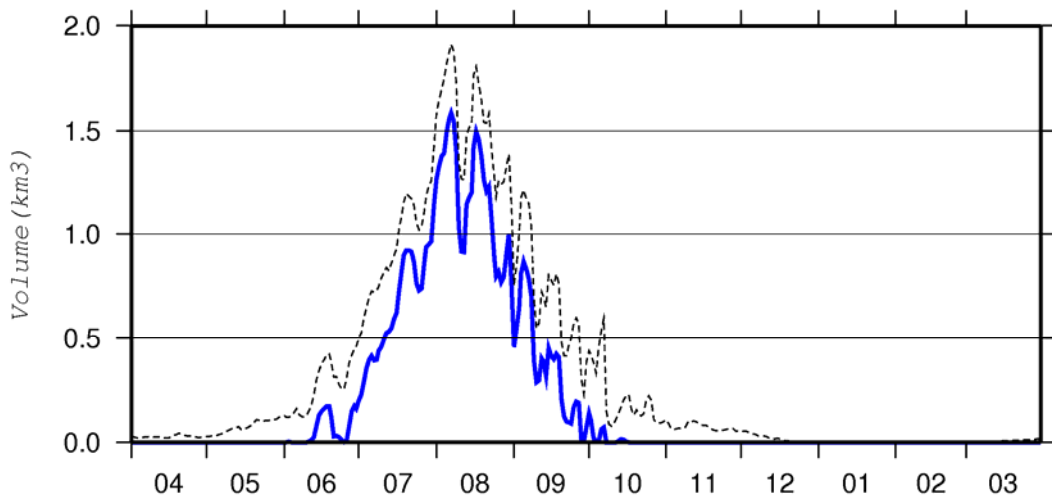


図 3.11(2) 溶存酸素 2mg/L以下の体積比較 (点線：2009年、青線：1960年代)

水質モデルの計算結果として、酸素消費物質 0.01mg/L以上の体積、酸素消費物質の存在量について、2009年現況との比較を図 3.12 に示す。

酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積については、1960年代の地形条件での計算結果は2009年現況より若干規模が小さい結果となっているが、各計算格子の濃度に格子容積を乗じて算出した酸素消費物質の存在量については、1960年代地形条件の方が小さく、酸素消費物質の濃度が1960年代地形条件の方が低く、底生生物に対してのリスクが低い結果となっている。

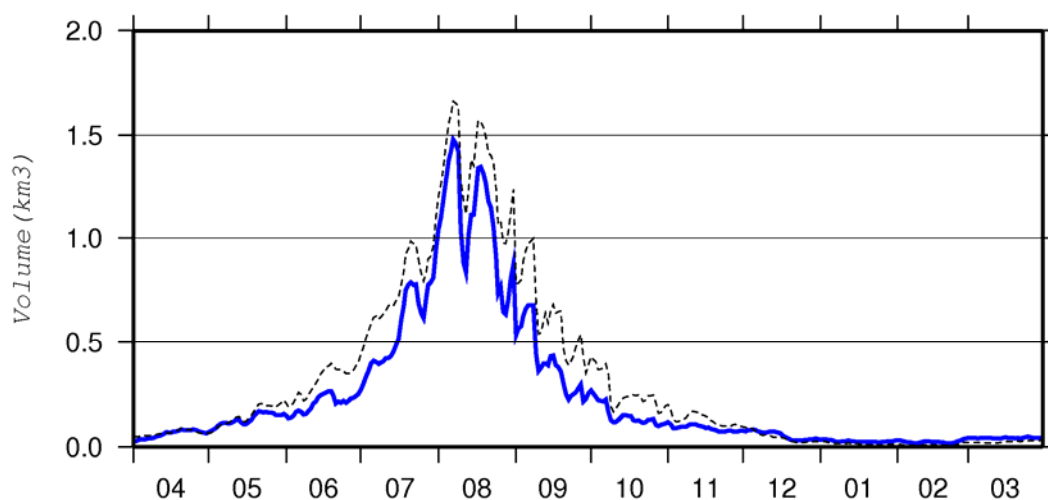


図 3.12(1) 酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積比較 (点線 : 2009 年、青線 : 1960 年代)

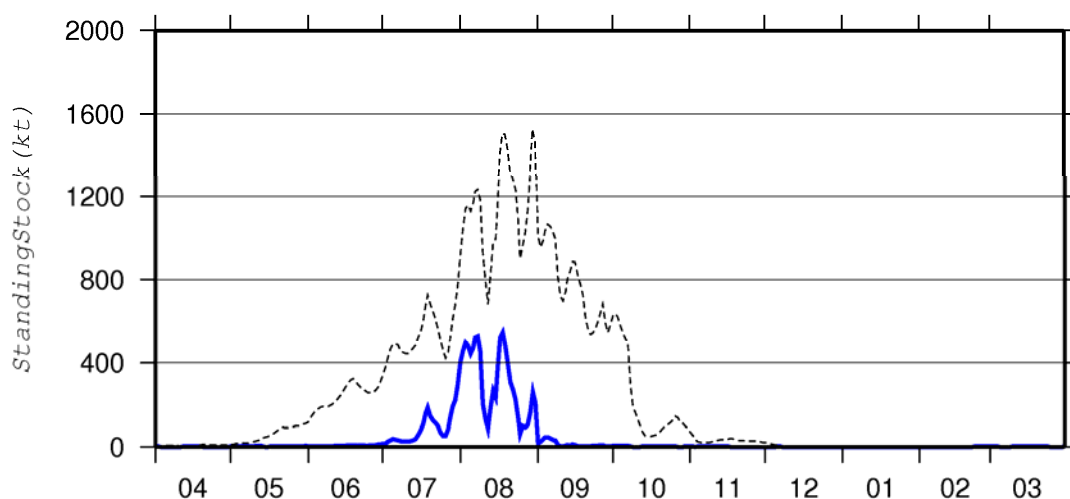


図 3.12(2) 酸素消費物質の存在量の比較 (点線 : 2009 年、青線 : 1960 年代)

3-5 植物プランクトンのフラックスの比較

図 3.13 に三河湾全域における植物プランクトンに関わるフラックスを示す。収支を算定した海域では、1960年代と比べて現況地形の方が水域面積が約43km²(7.4%)少なくなっている。

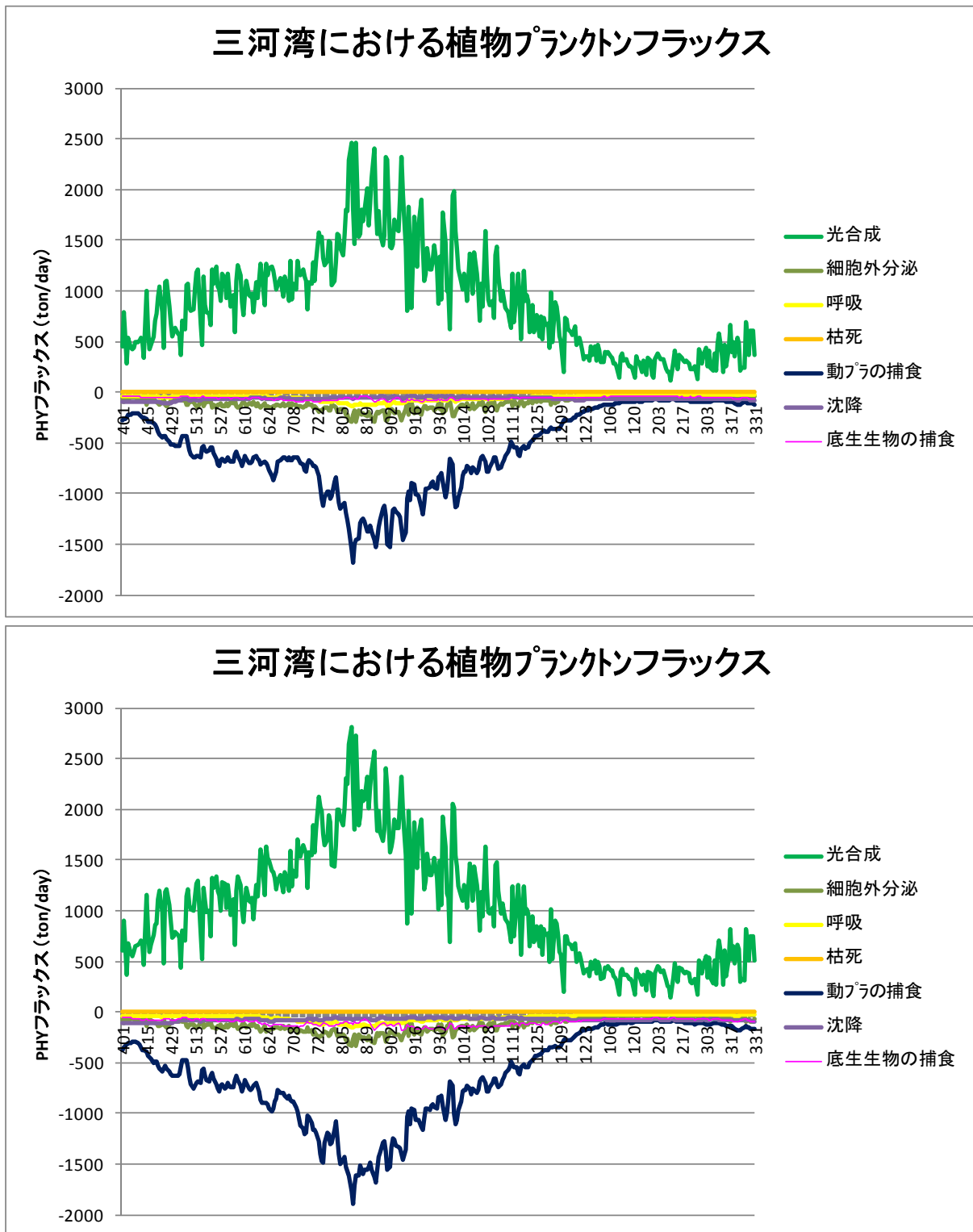


図 3.13(1) 三河湾における植物プランクトンフラックス (上：現況、下：1960年代)

図 3.13(1)から光合成と動物プランクトンの捕食を除いた植物プランクトンフラックスを以下に示す。

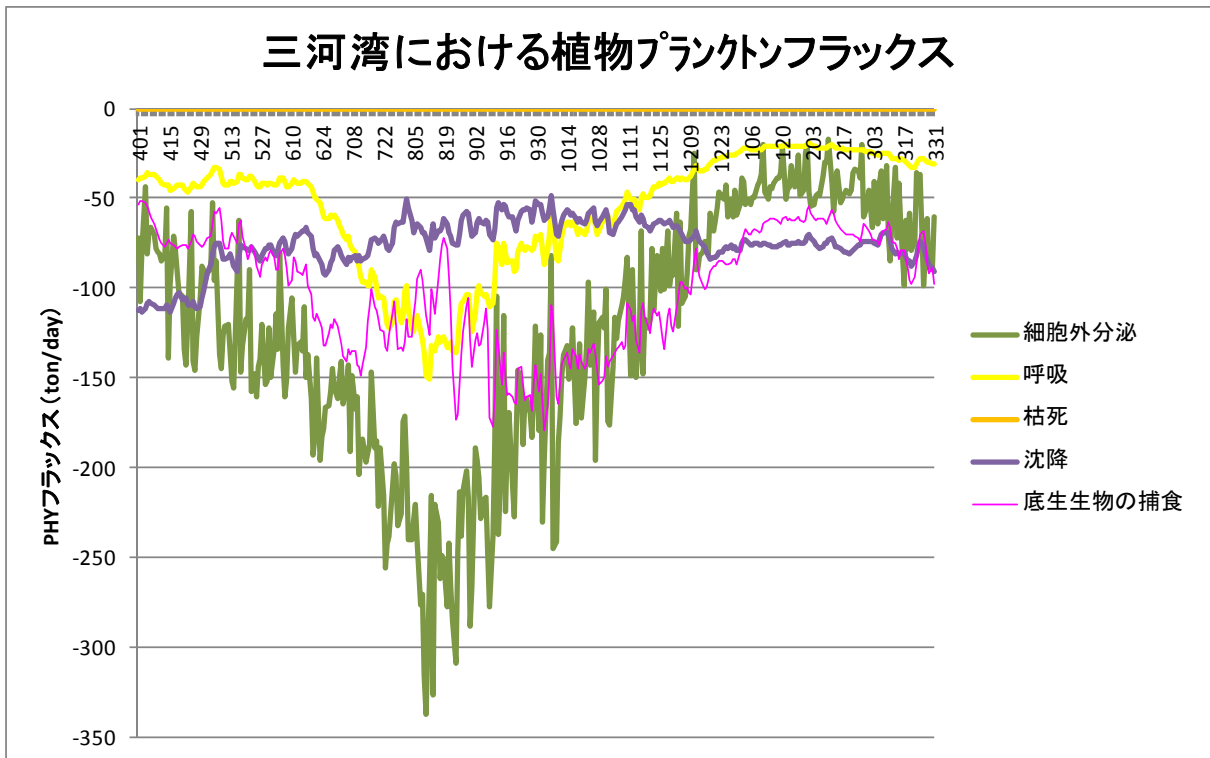
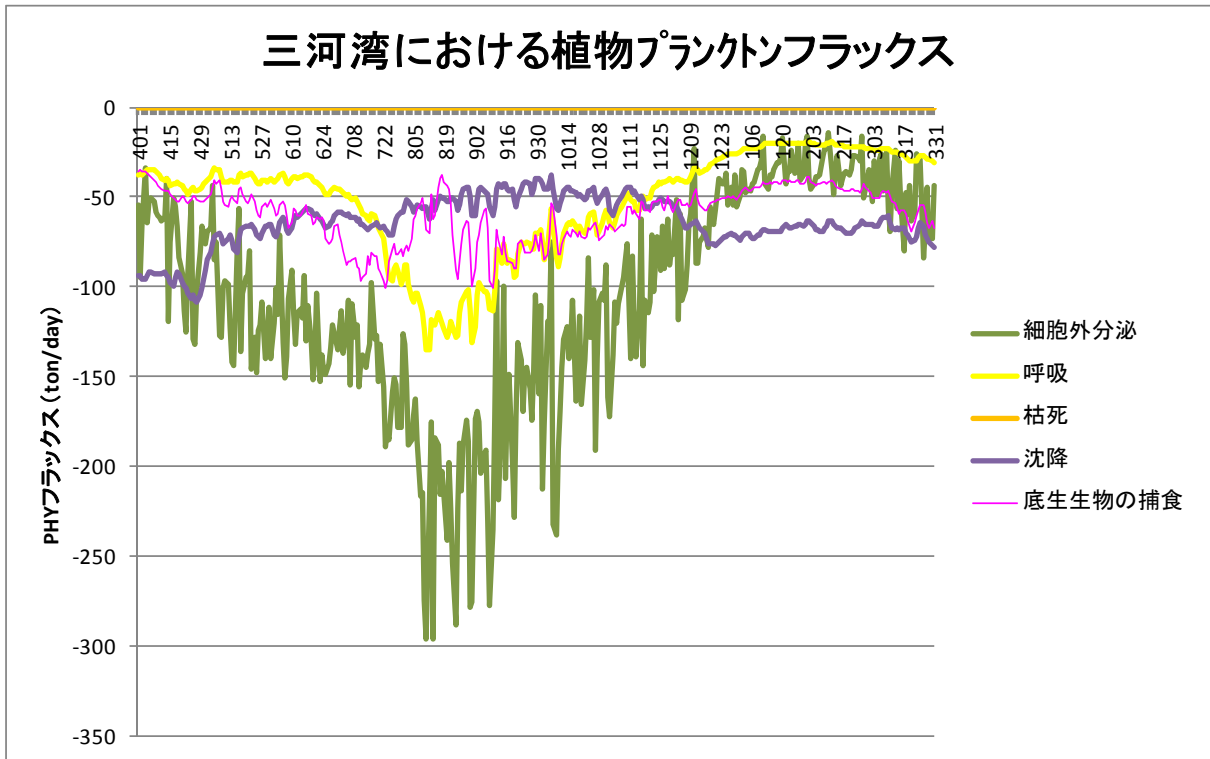


図 3.13(2) 三河湾における植物プランクトンフラックス (上：現況、下：1960年代)

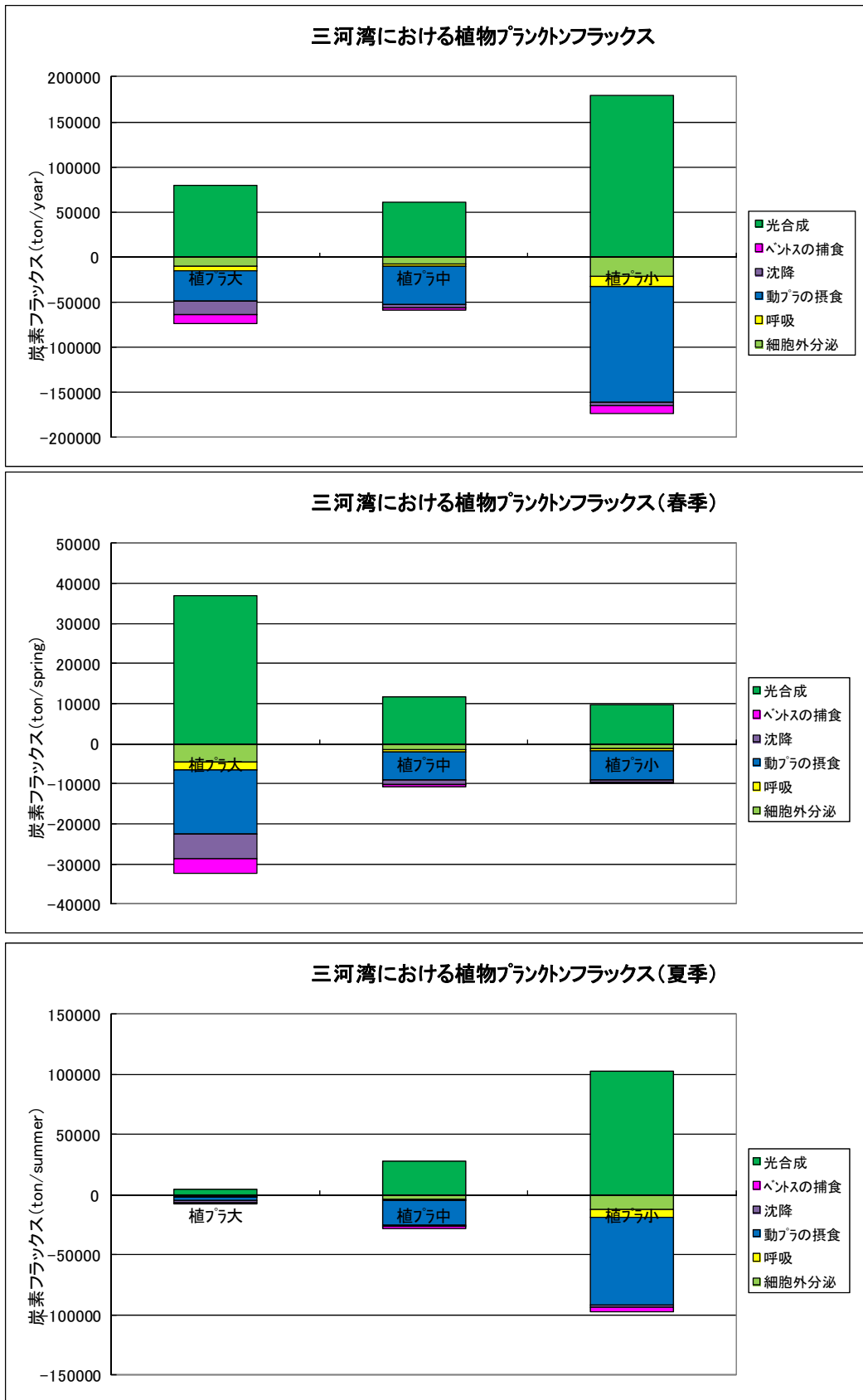


図 3.13(3) 三河湾における植物プランクトンフラックス (現況、年間、春季、夏季)

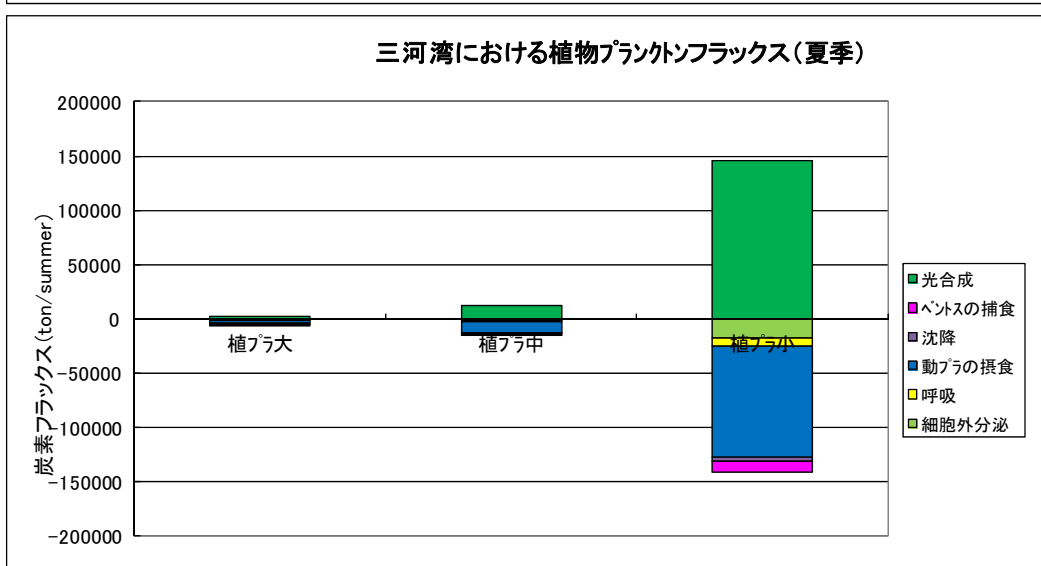
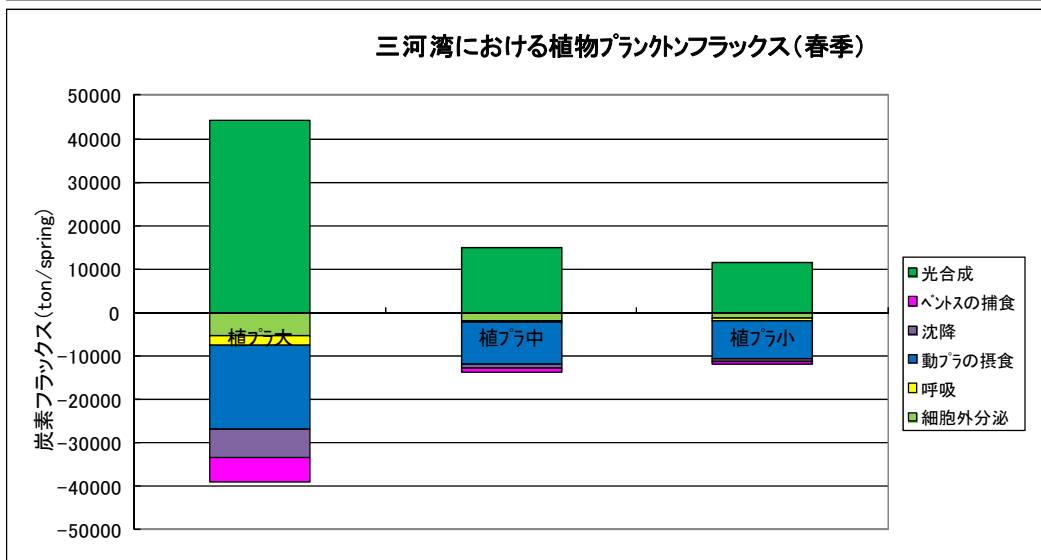
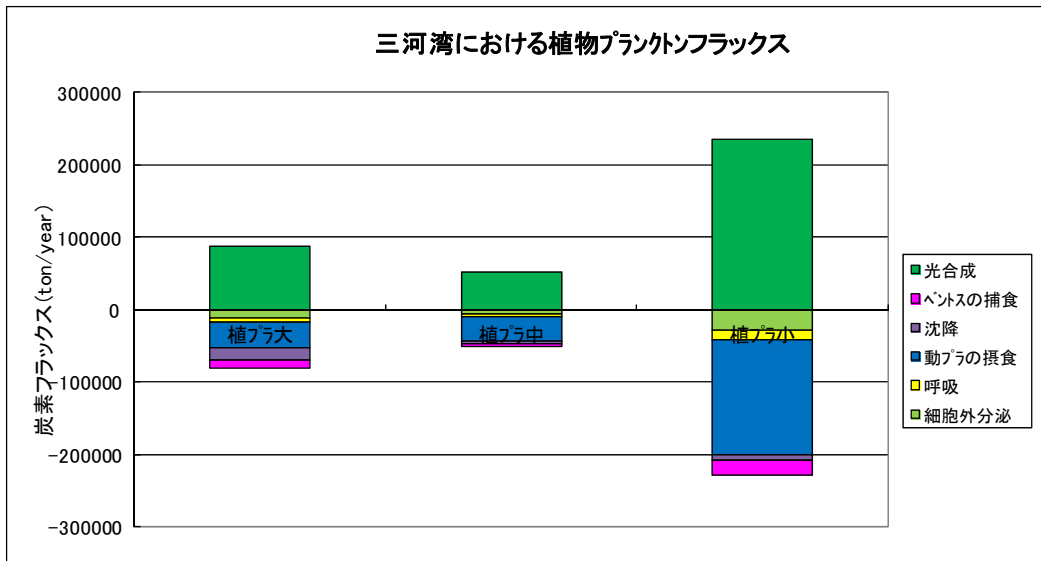


図 3.13(4) 三河湾における植物プランクトンフラックス (1960年代地形、年間、春季、夏季)

図 3.14 に渥美湾奥における植物プランクトンに関わるフラックスを示す。収支を算定した海域では、1960年代と比べて現況地形の方が水域面積が約 22km² (17.4%) 少なくなっている。

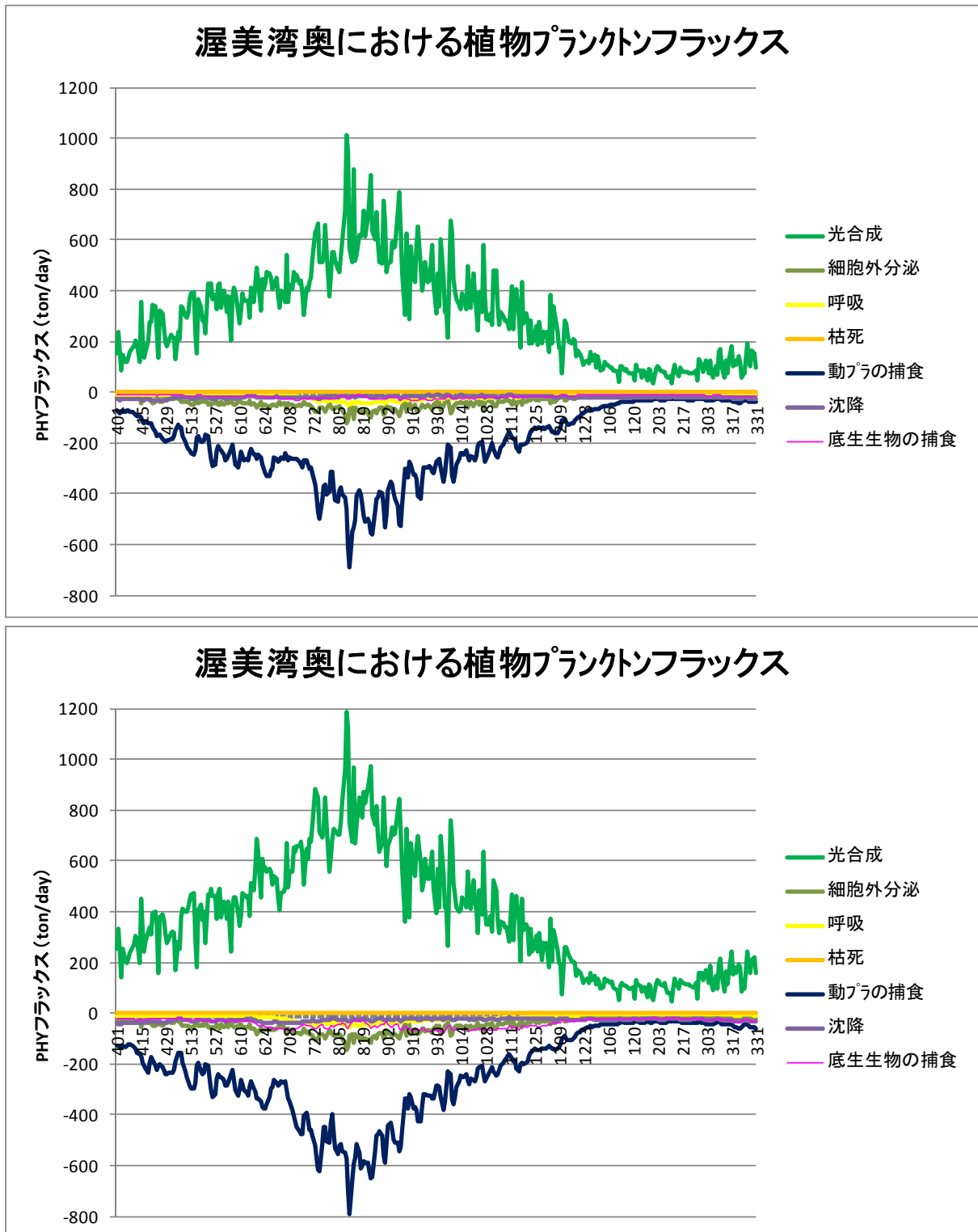


図 3.14(1) 渥美湾奥における植物プランクトンフラックス (上：現況、下：1960年代)

図 3.14(1)から光合成と動物プランクトンの捕食を除いた植物プランクトンフラックスを以下に示す。

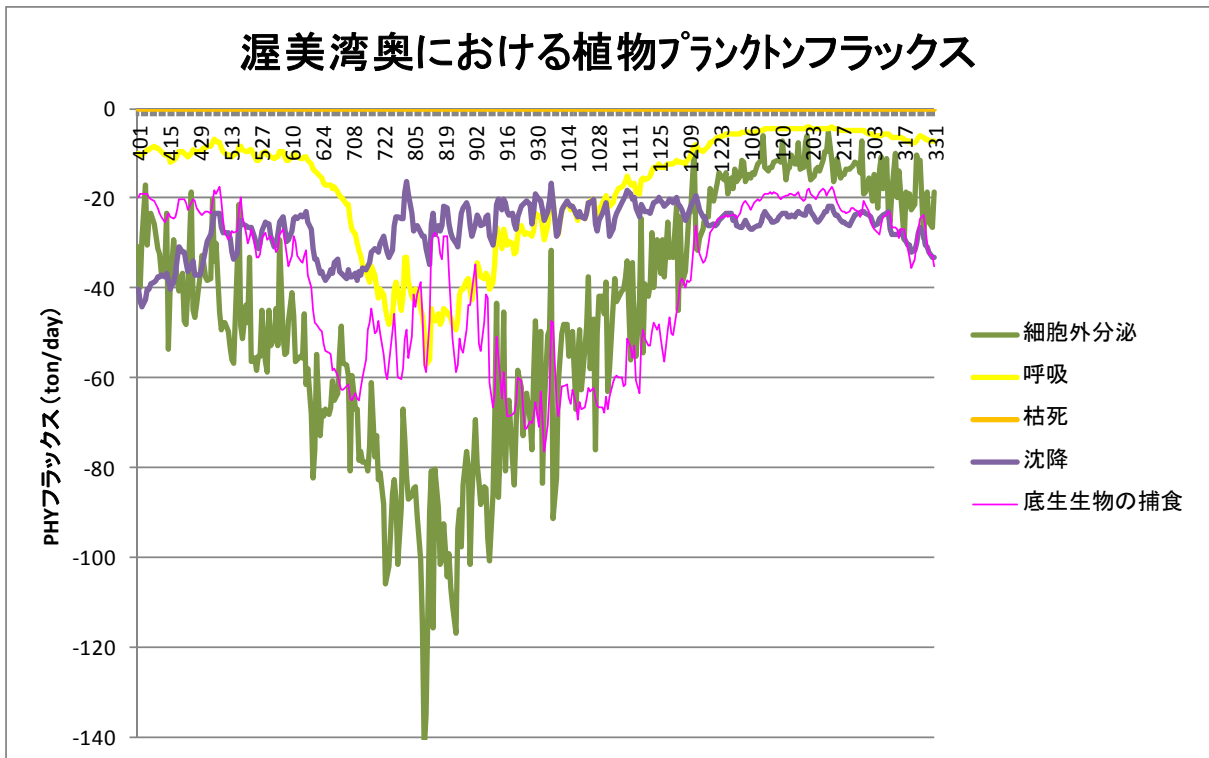
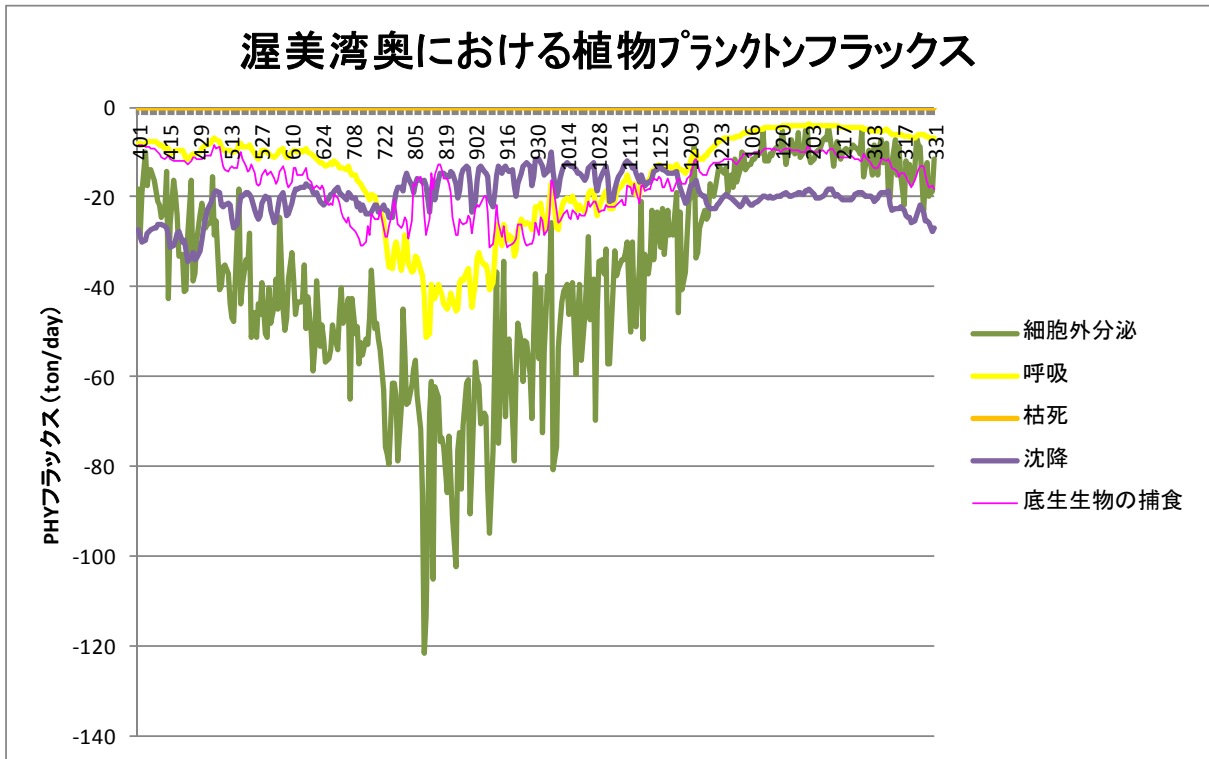


図 3.14(2) 渥美湾奥における植物プランクトンフラックス (上：現況、下：1960年代)

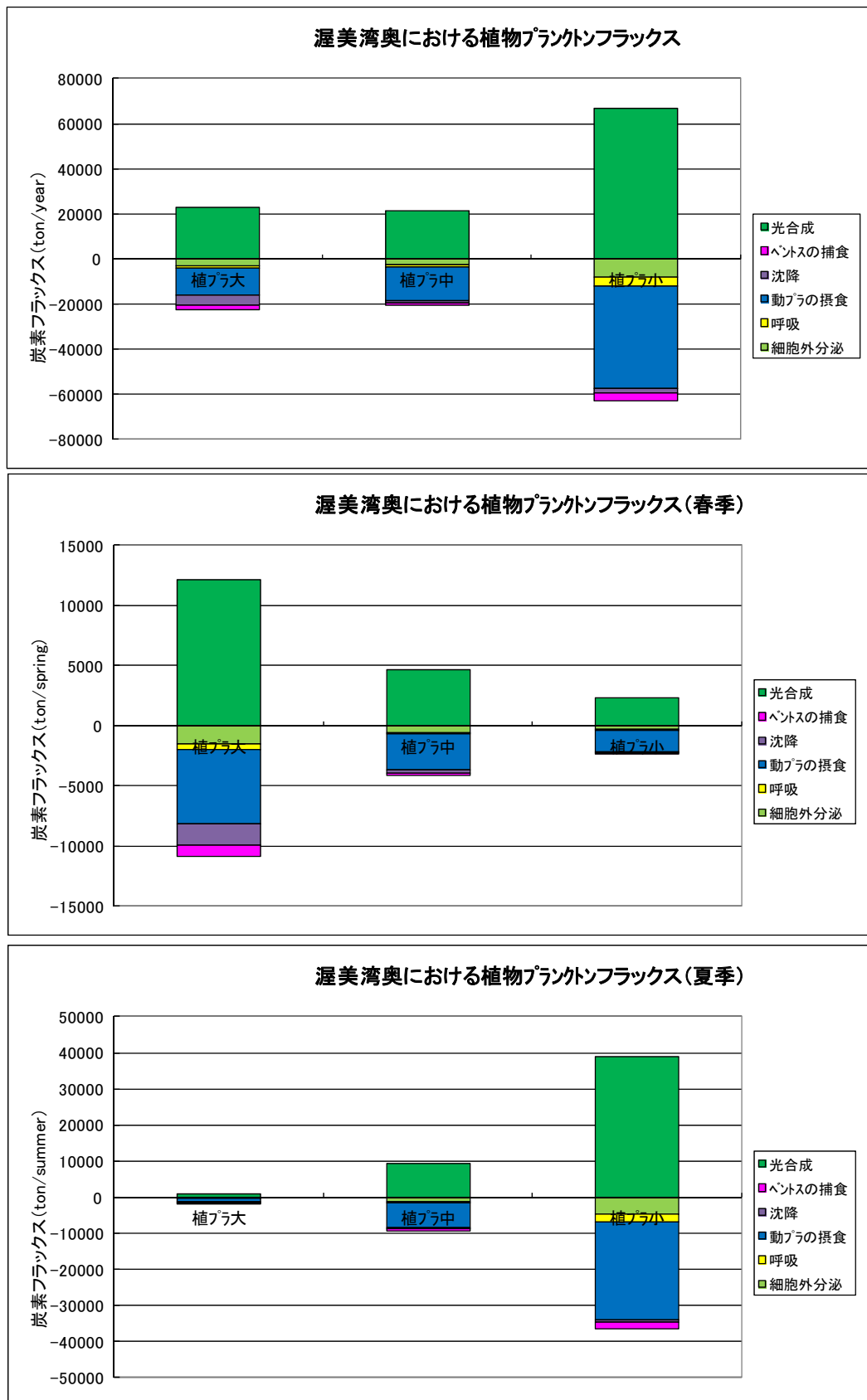


図 3.14(3) 渥美湾奥における植物プランクトンフラックス (現況、年間、春季、夏季)

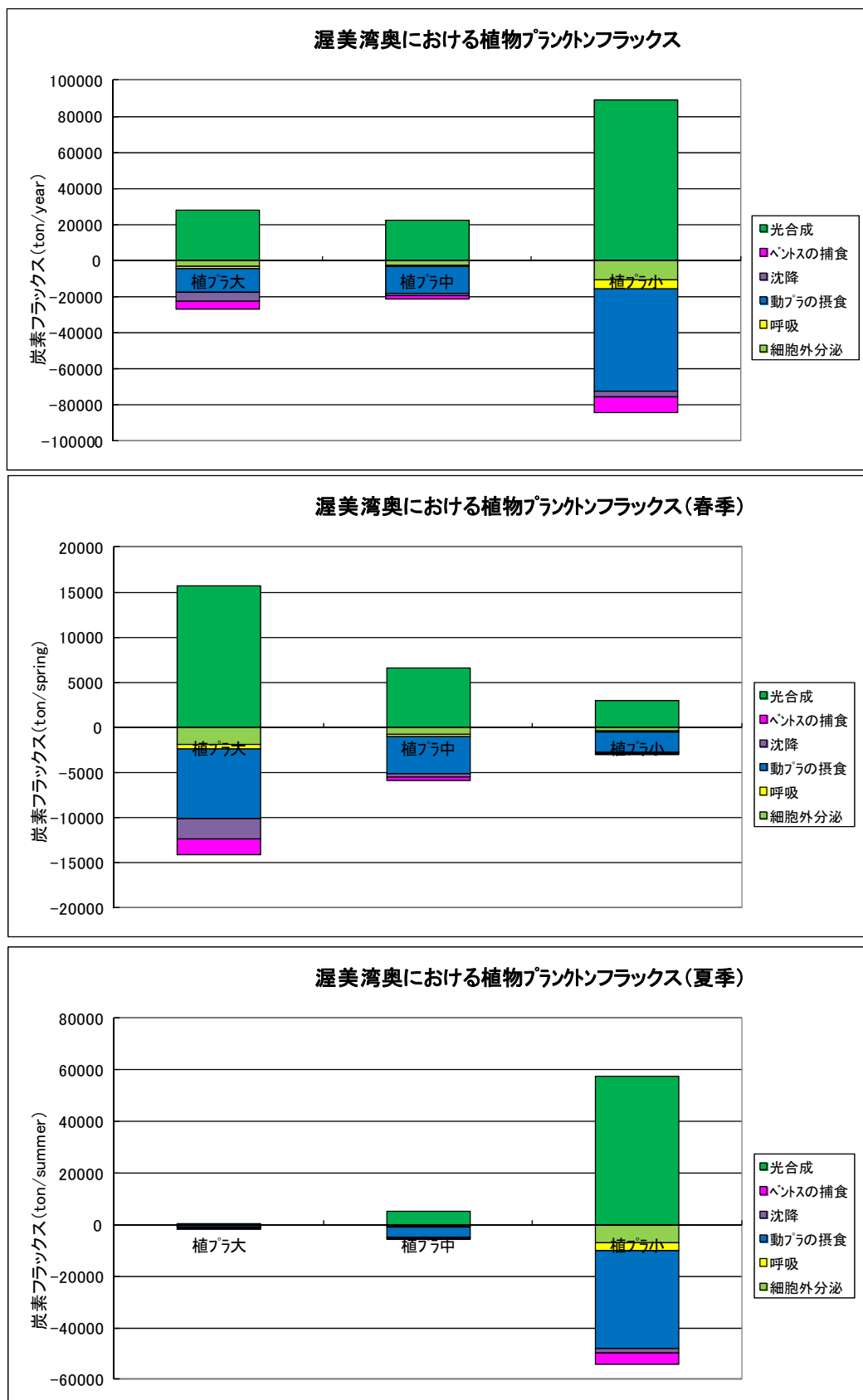


図 3.14(4) 渥美湾奥における植物プランクトンフラックス (1960年代地形、年間、春季、夏季)

図 3.15 に知多湾における植物プランクトンに関わるフラックスを示す。収支を算定した海域では、1960年代と比べて現況地形の方が水域面積が約16km²（14.7%）少なくなっている。

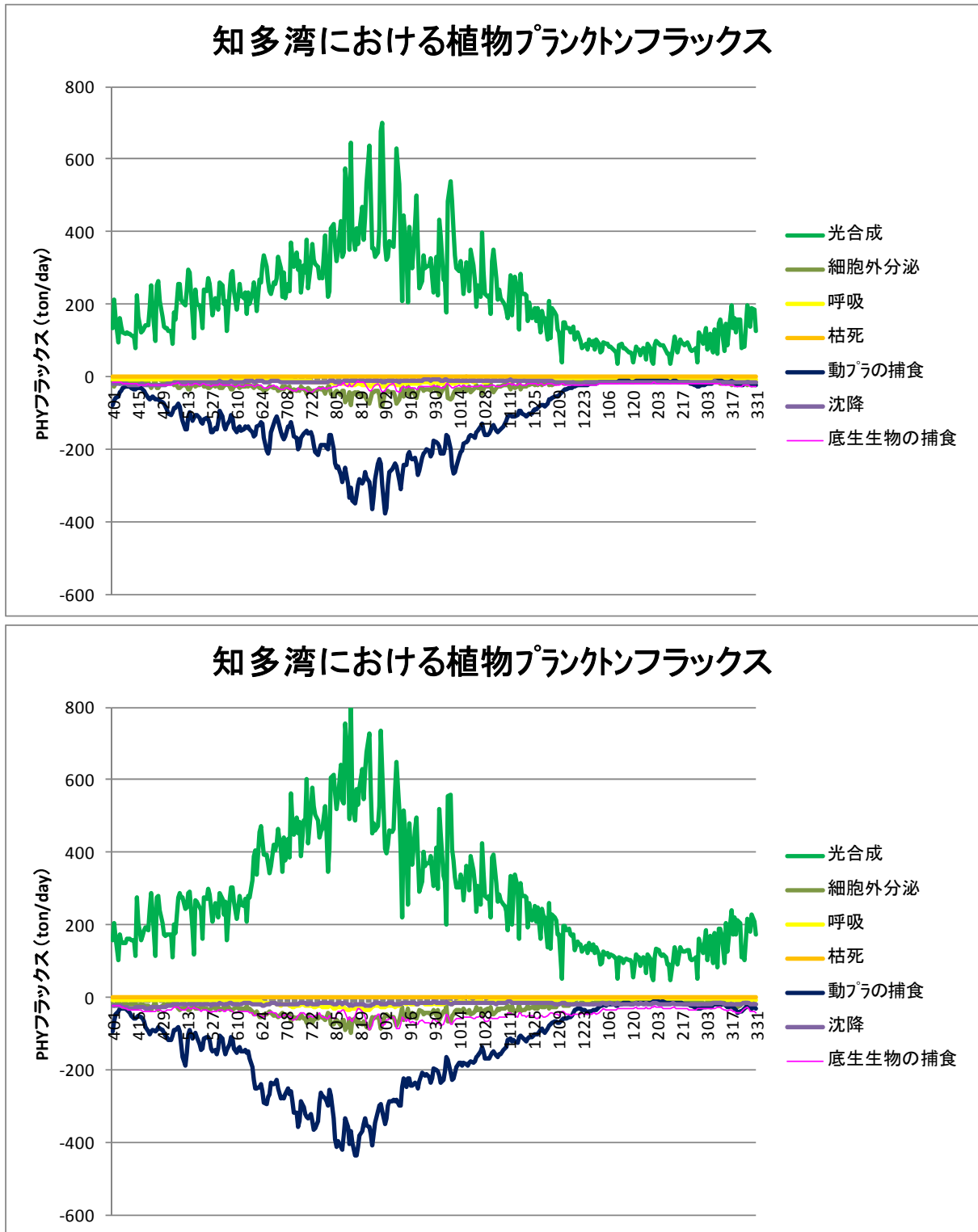


図 3.15(1) 知多湾における植物プランクトンフラックス（上：現況、下：1960年代）

図 3.15(1)から光合成と動物プランクトンの捕食を除いた植物プランクトンフラックスを以下に示す。

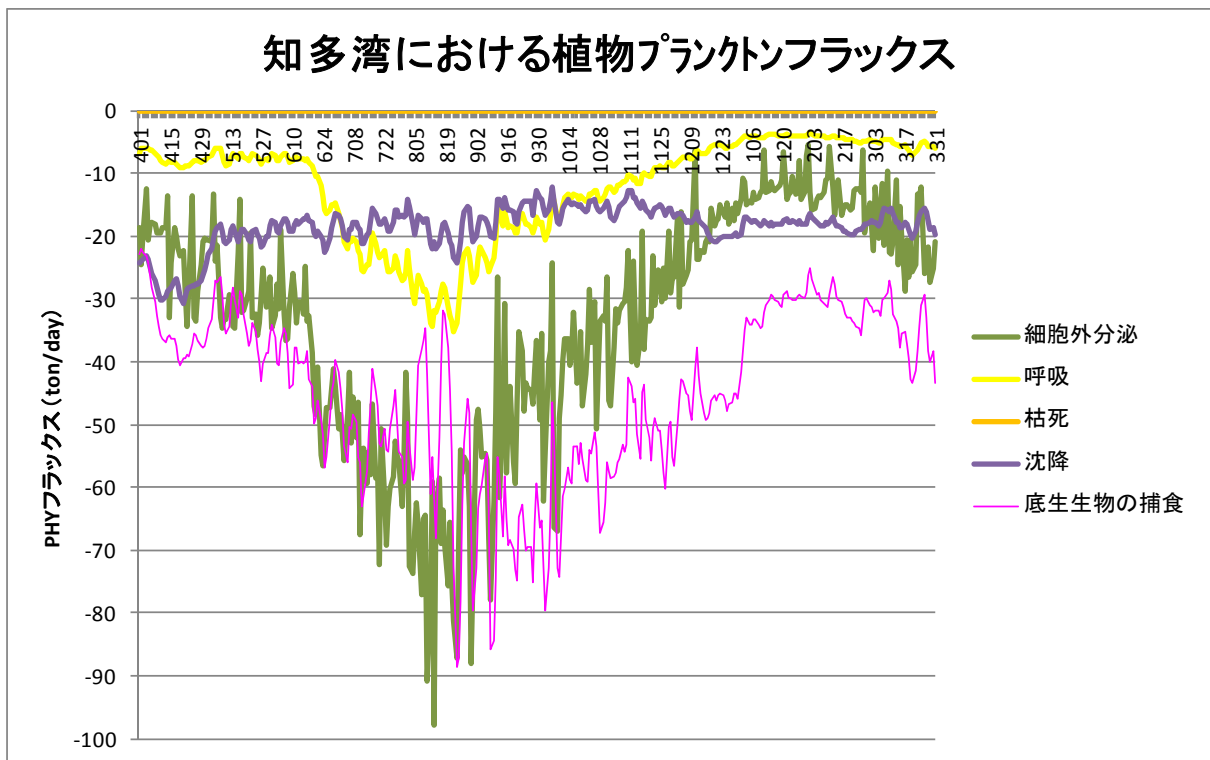
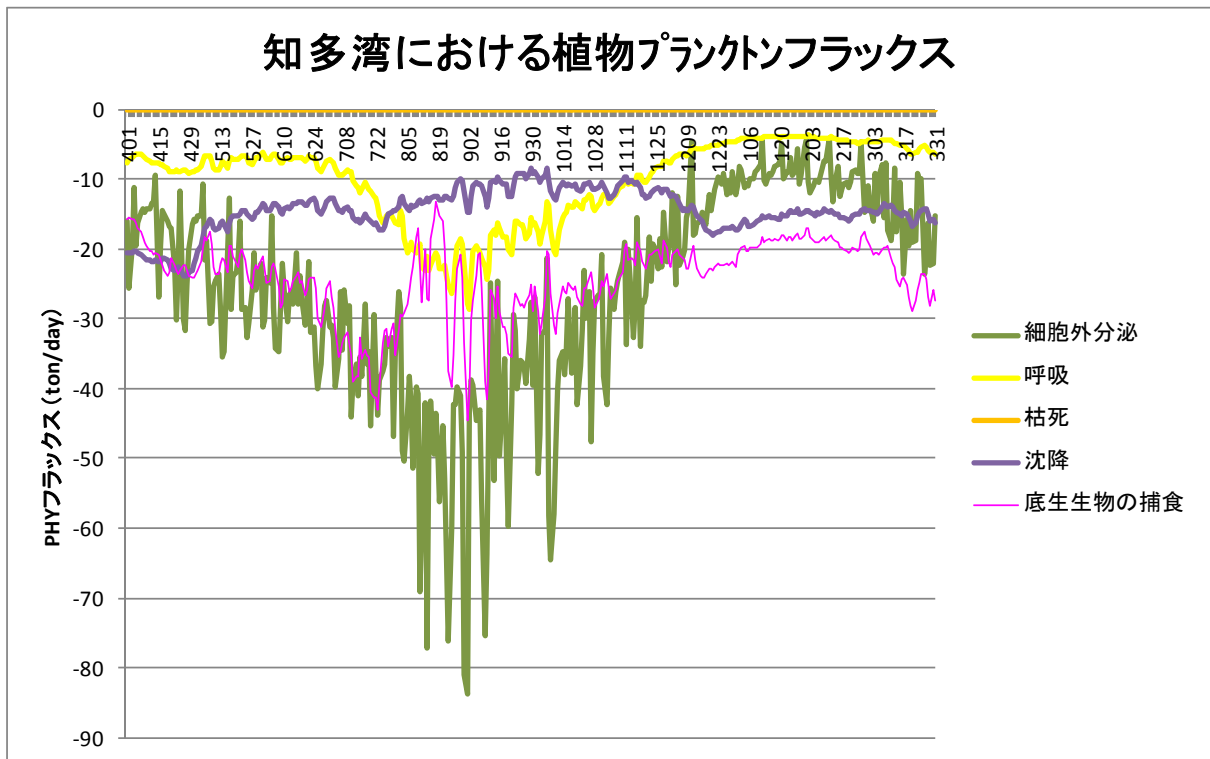


図 3.15(2) 知多湾における植物プランクトンフラックス (上：現況、下：1960年代)

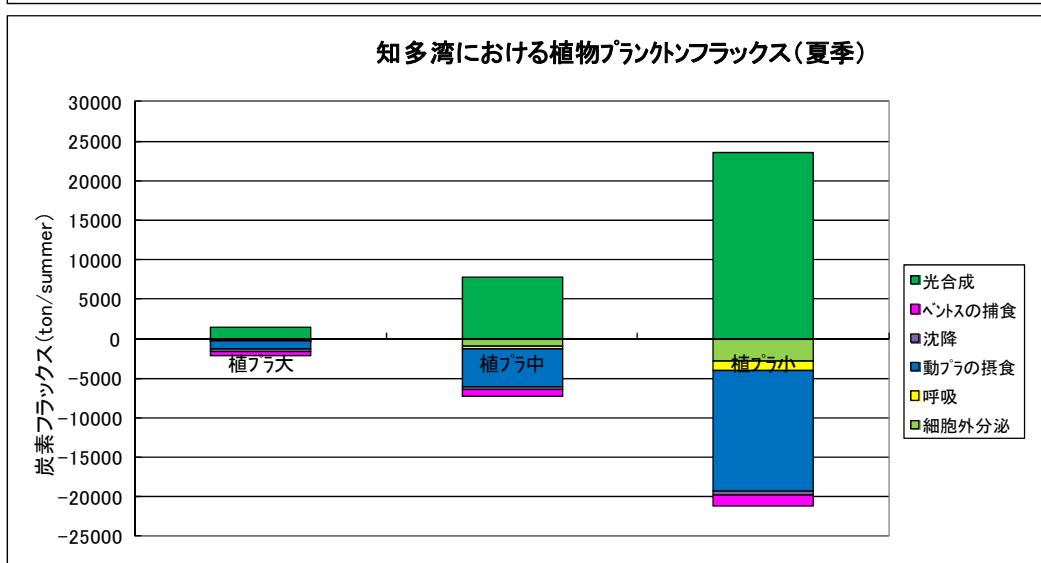
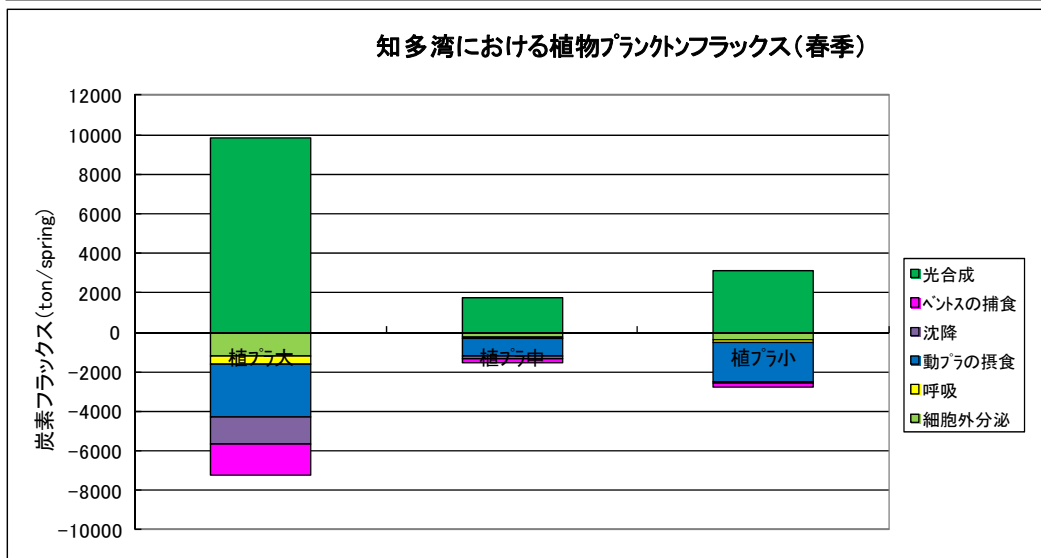
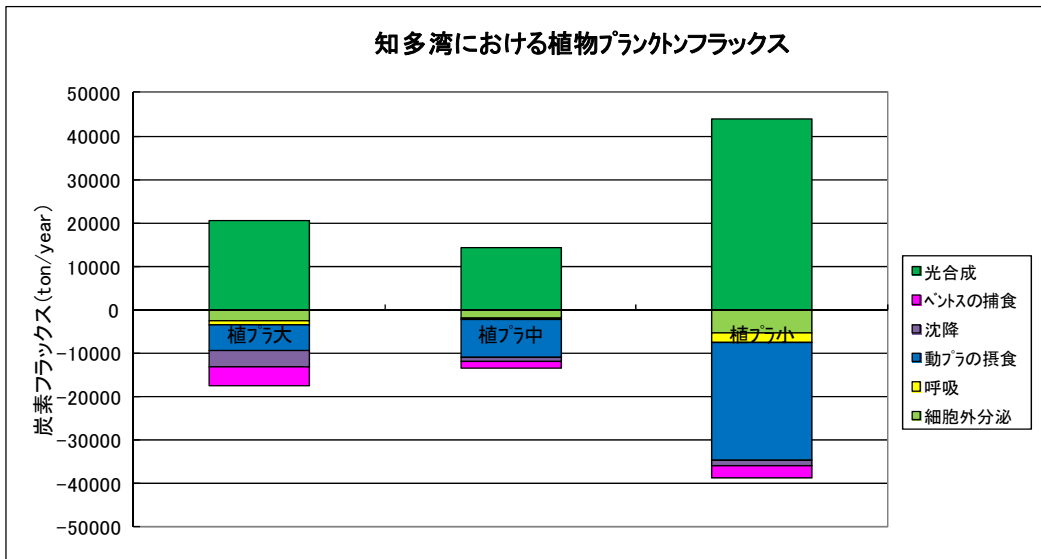


図 3.15(3) 知多湾における植物プランクトンフラックス (現況、年間、春季、夏季)

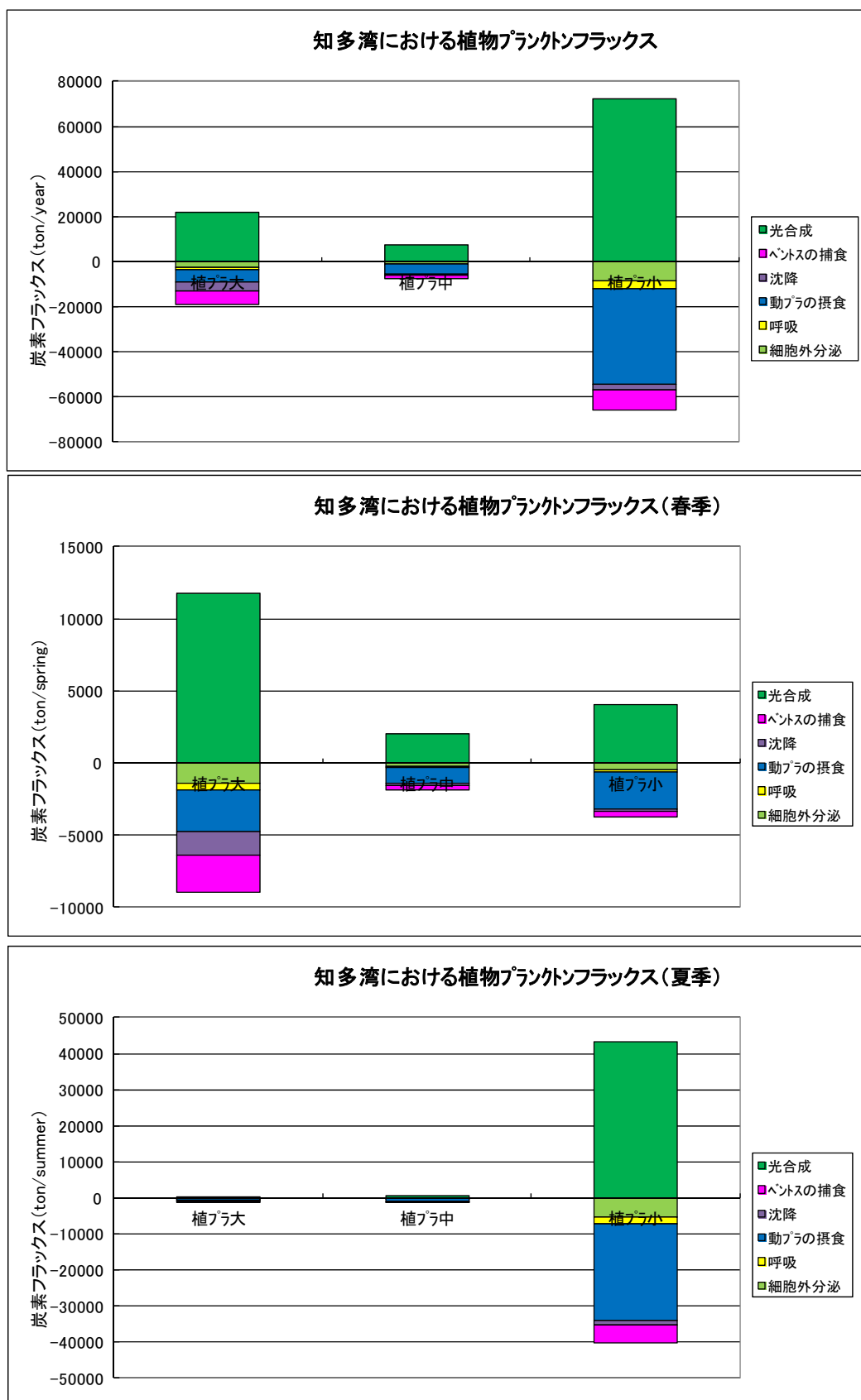


図 3.15(4) 知多湾における植物プランクトンフラックス (1960年代地形、年間、春季、夏季)

図 3.16 に三河湾央における植物プランクトンに関するフラックスを示す。収支を算定した海域では、1960年代と比べて現況地形の方が水域面積が約 5.2km² (1.5%) 少なくなっている。

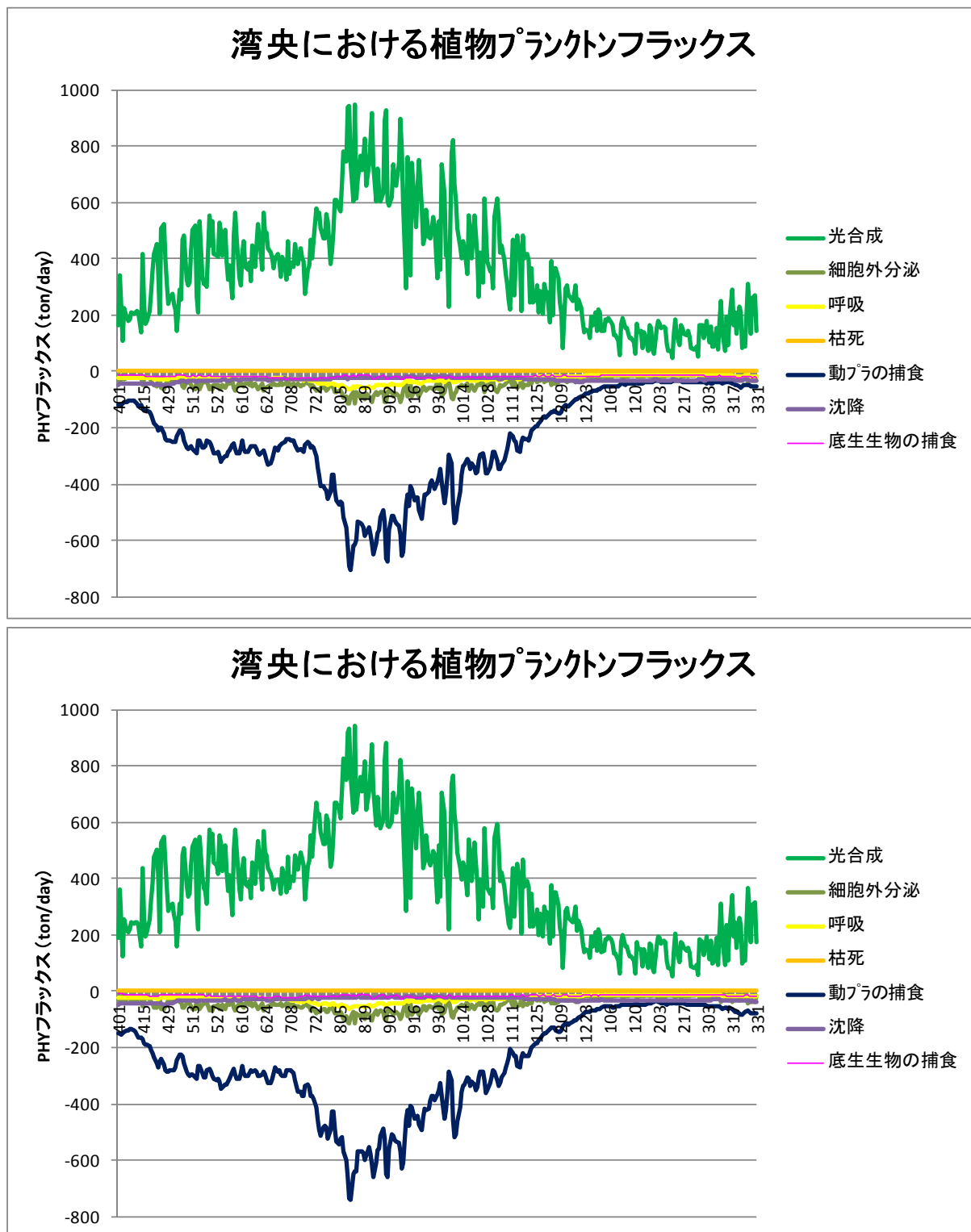


図 3.16(1) 三河湾央における植物プランクトンフラックス (上：現況、下：1960年代)

図 3.16(1)から光合成と動物プランクトンの捕食を除いた植物プランクトンフラックスを以下に示す。

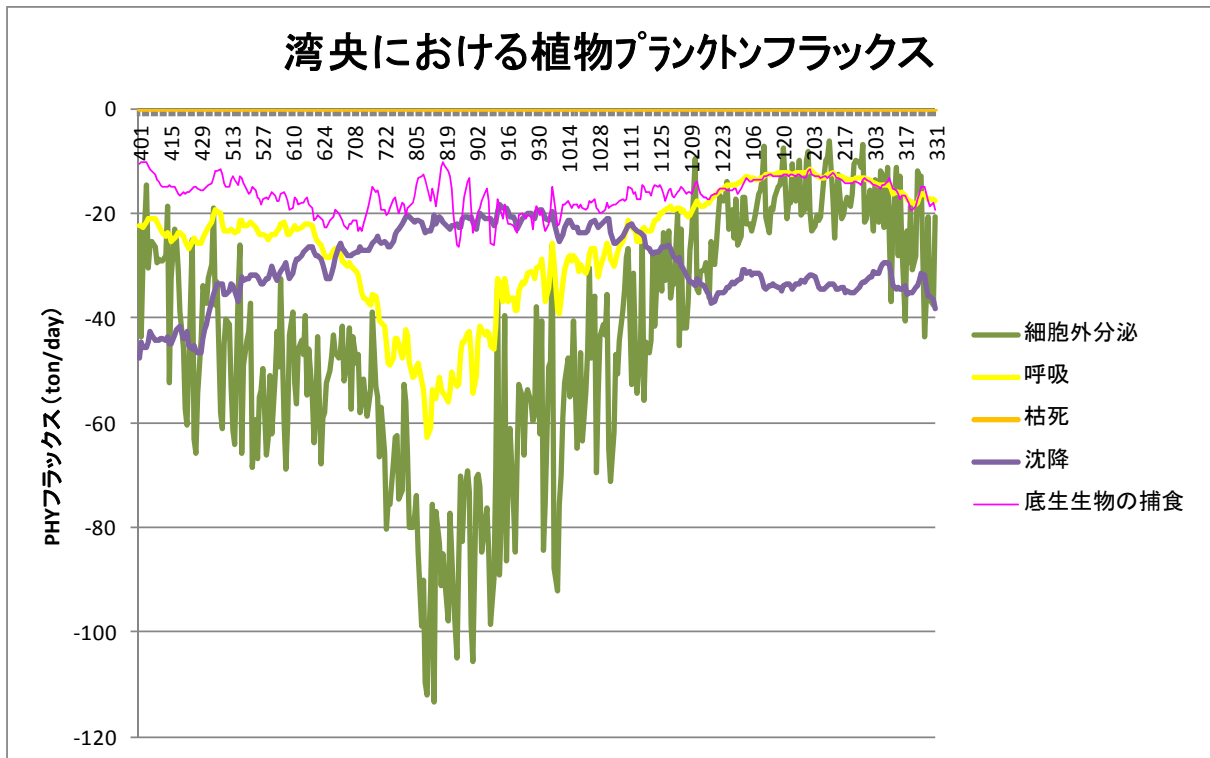
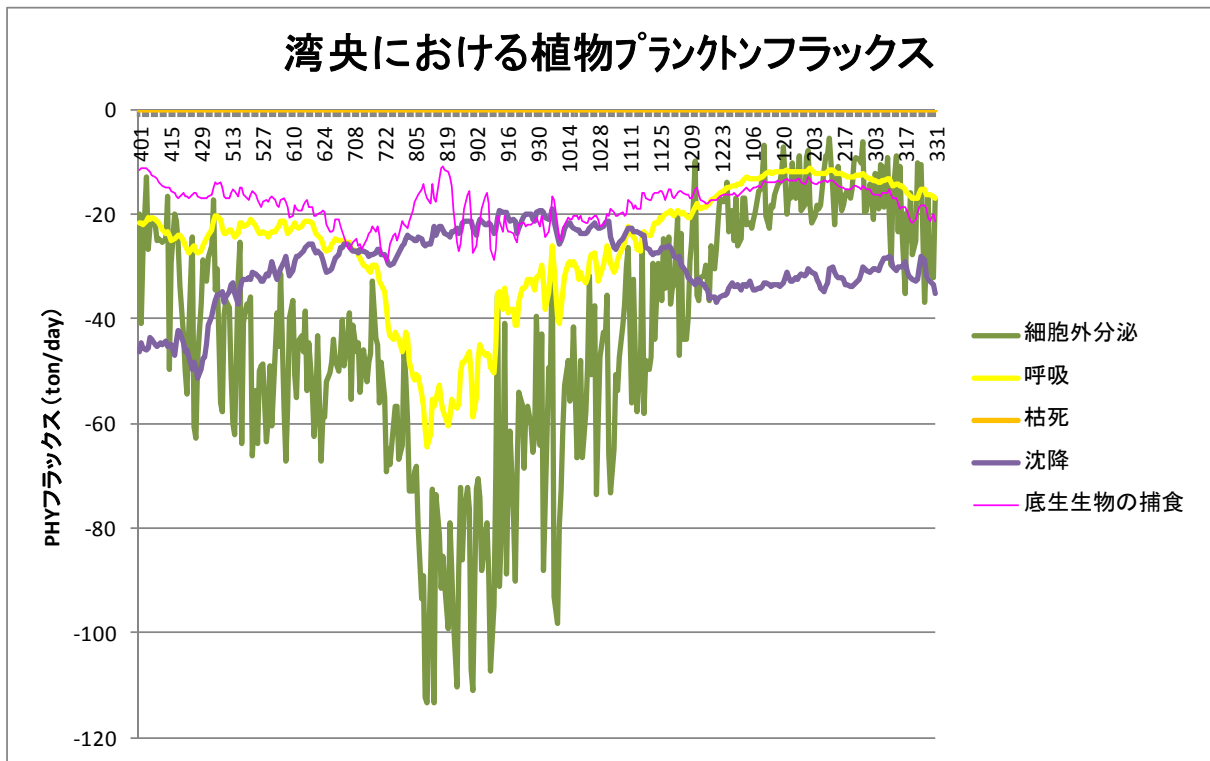


図 3.16(2) 三河湾央における植物プランクトンフラックス (上：現況、下：1960年代)

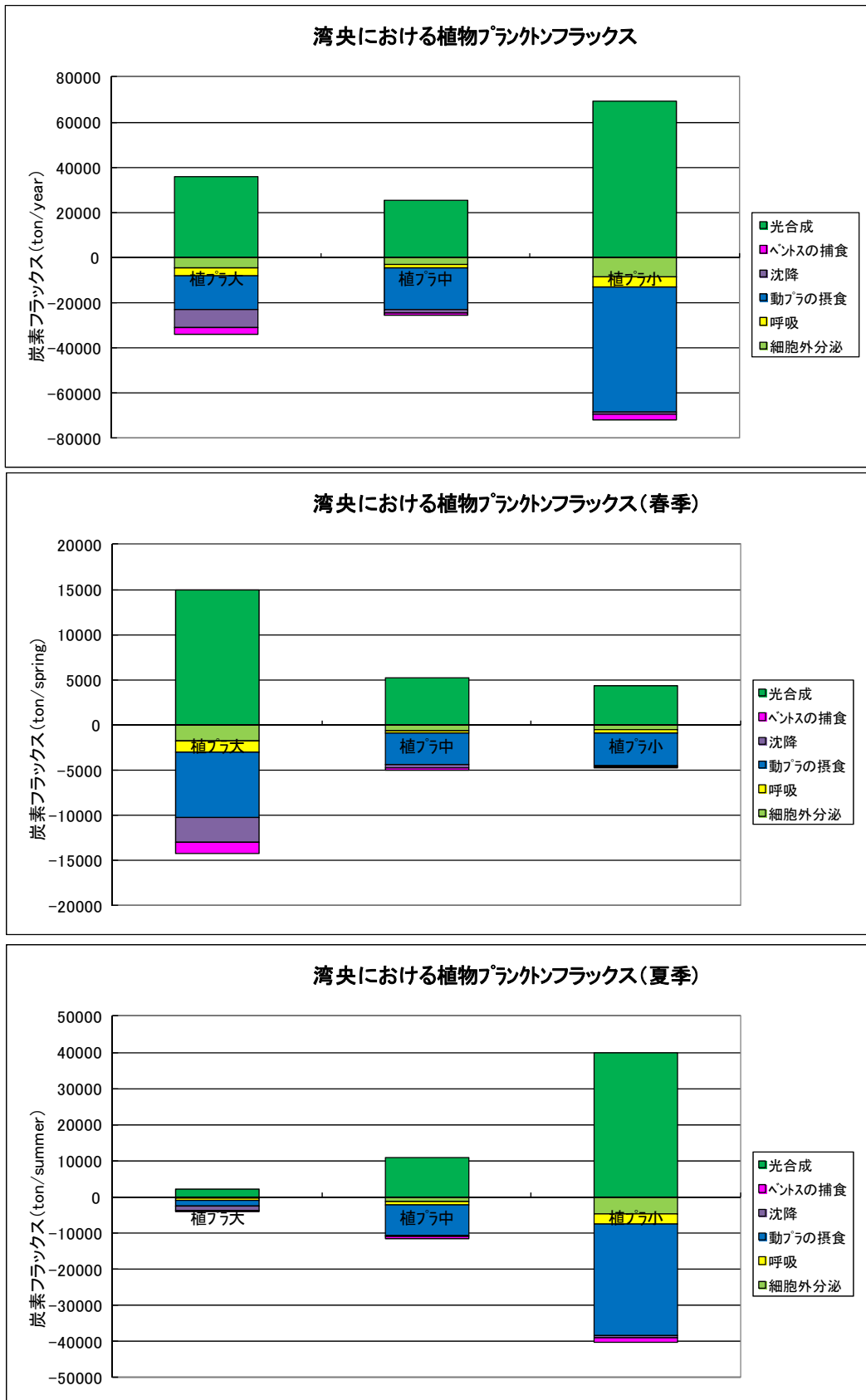


図 3.16(3) 三河湾中央における植物プランクトンフラックス (現況、年間、春季、夏季)

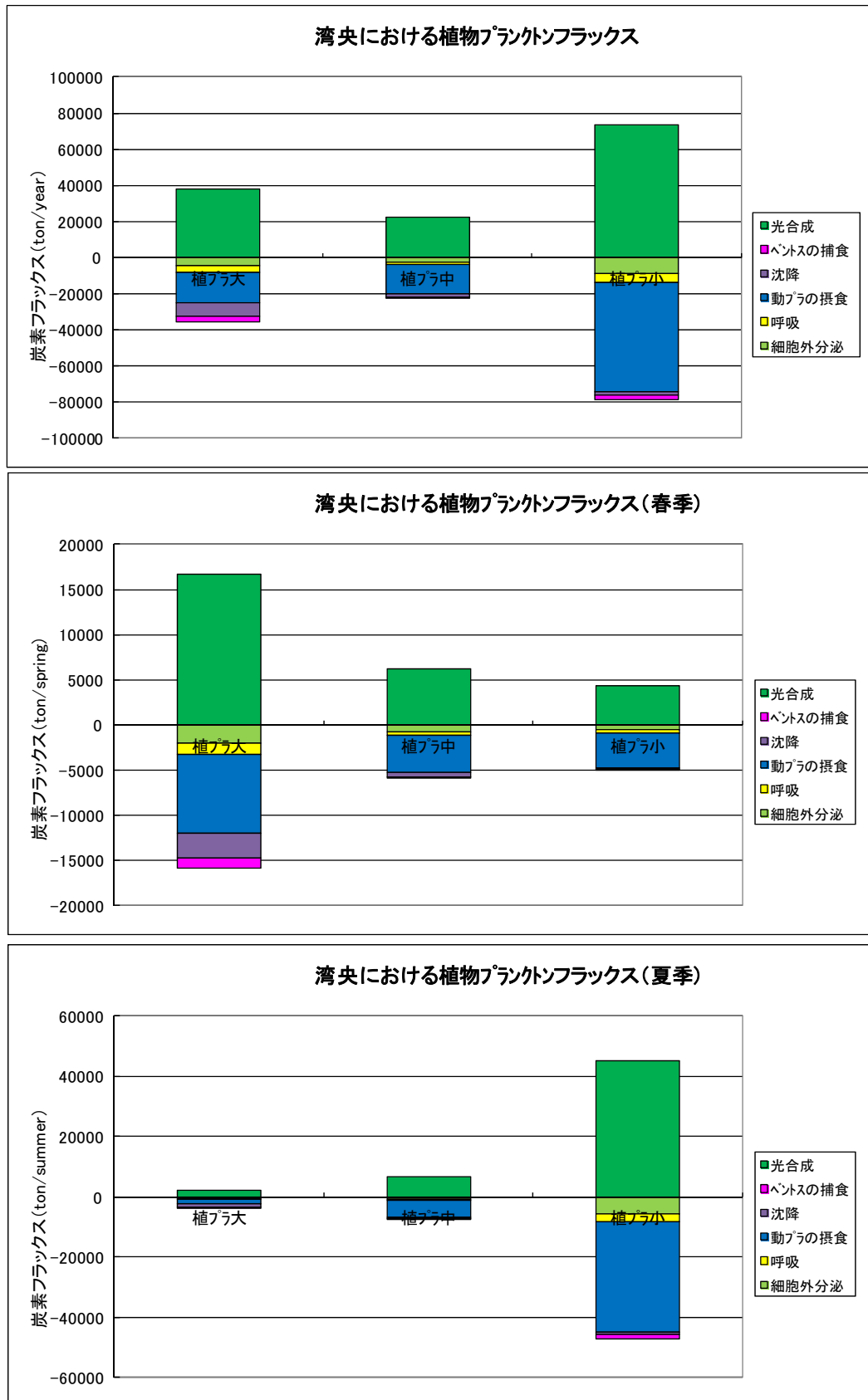


図 3.16(4) 三河湾央における植物プランクトンフラックス (1960年代地形、年間、春季、夏季)

3-6 プランクトンの摂食フラックスの比較

図 3.17 に三河湾全域における植物プランクトンから動物プランクトンに向かう摂食フラックスを示す。

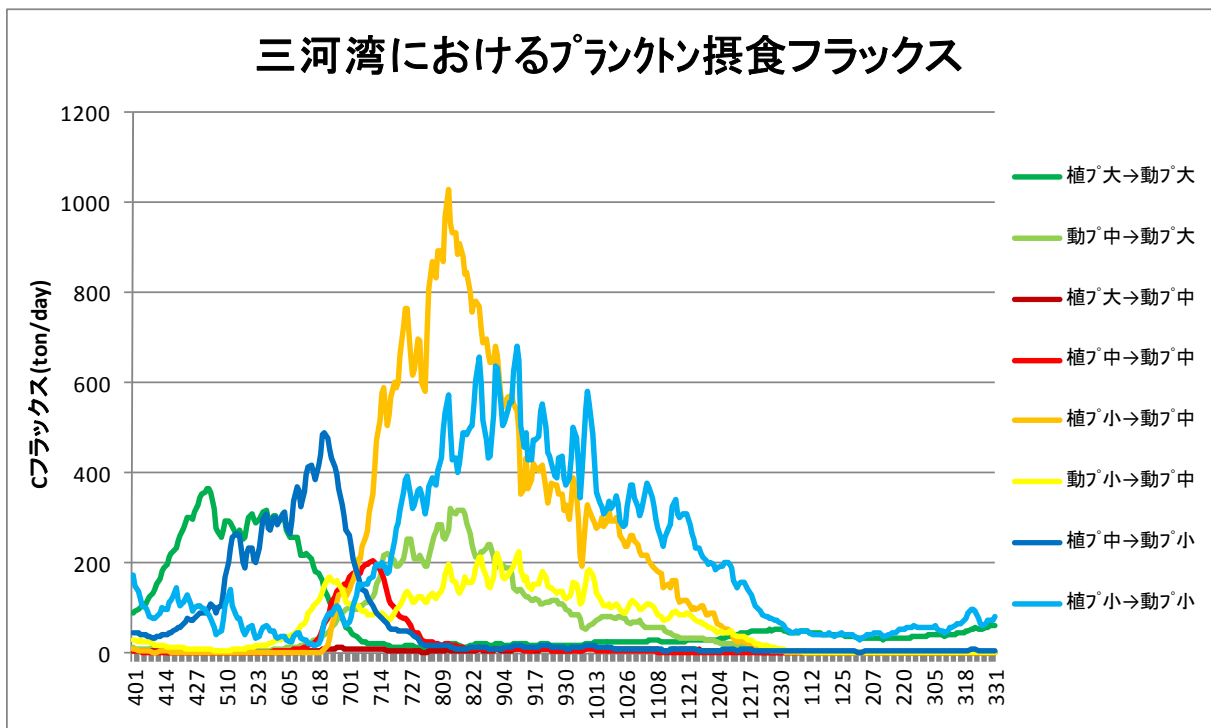
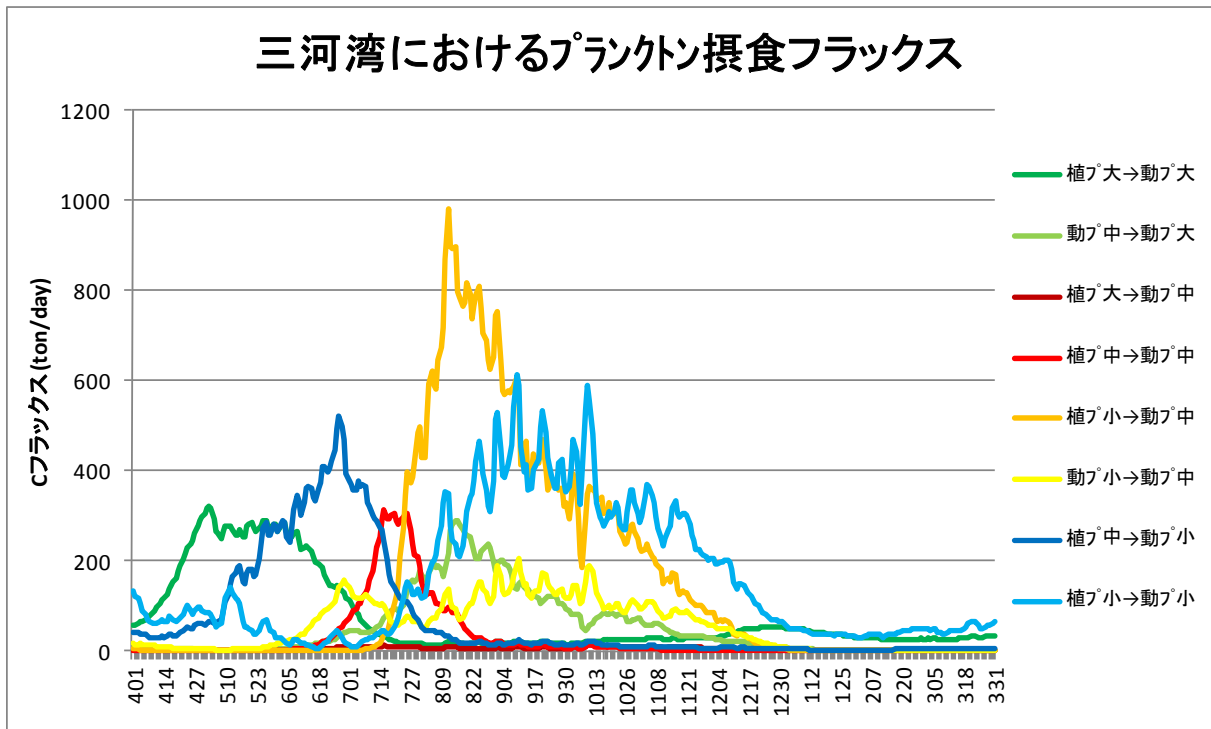


図 3.17 三河におけるプランクトン摂食フラックス (上：現況、下：1960年代)

3-7 生物量の比較

三河湾内における植物プランクトンと動物プランクトンの存在量（各格子の濃度×各格子の容量）について、2009年現況との比較を図 3.18 に示す。

これによると、動物プランクトンの存在量が1960年代地形条件の方が大きい結果となっている。

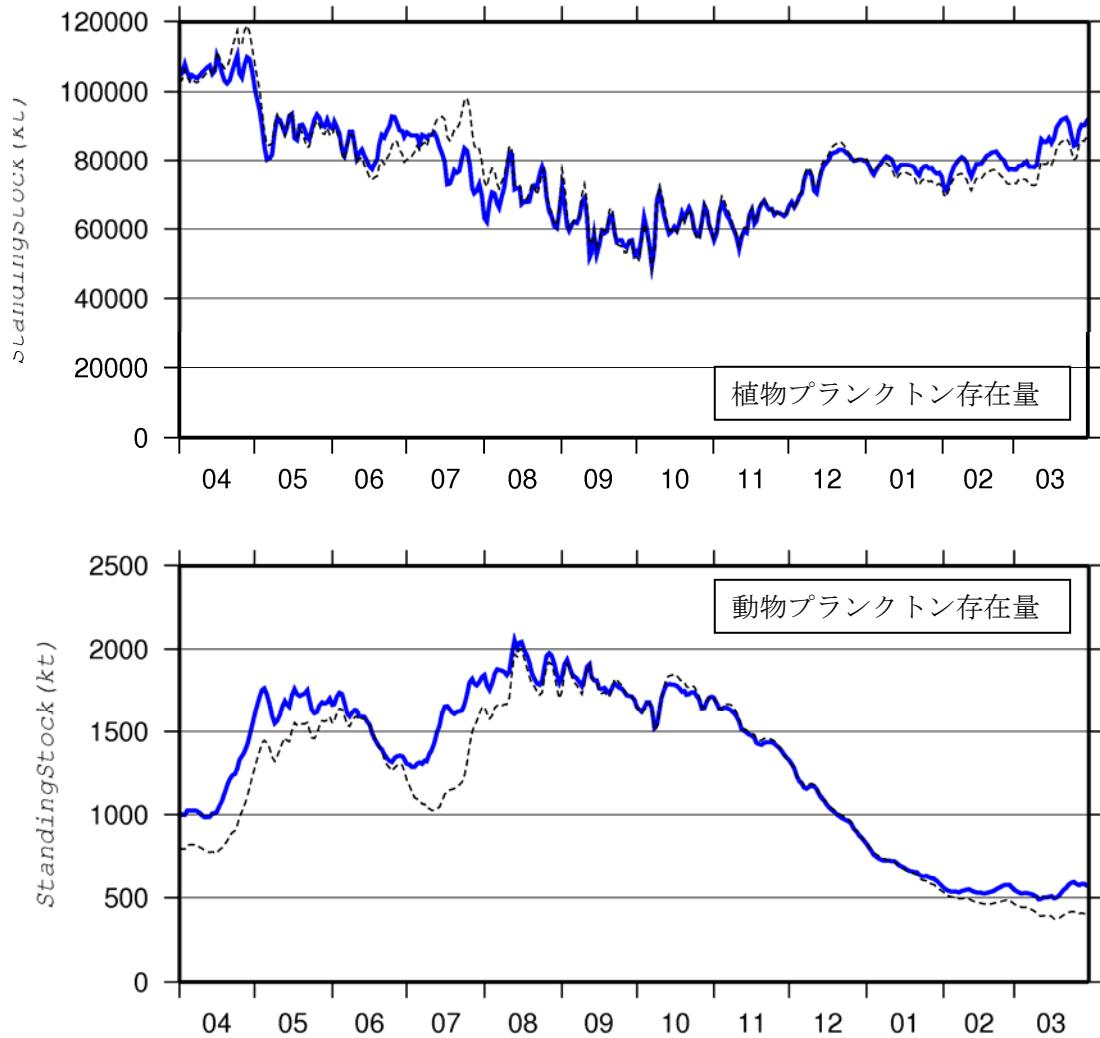


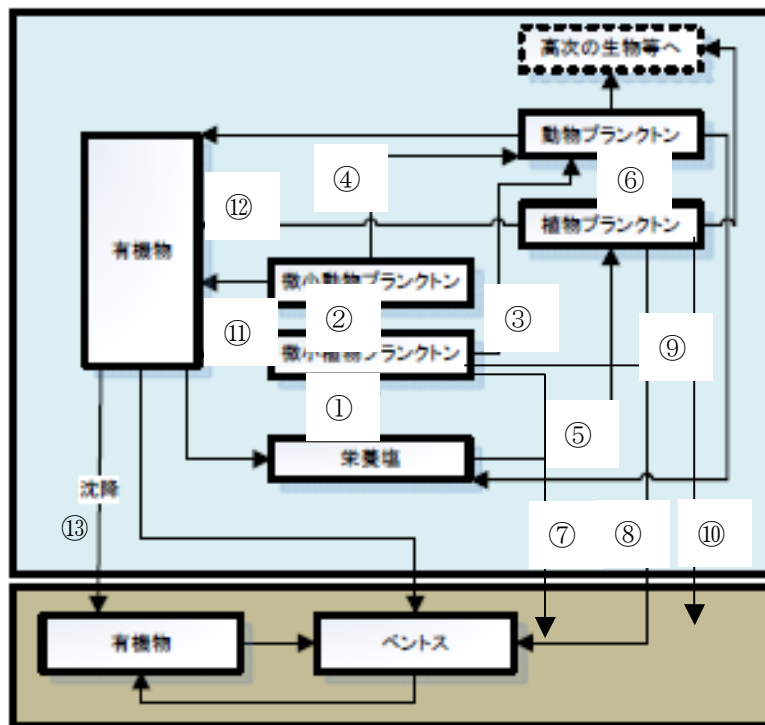
図 3.18 植物プランクトンと動物プランクトン存在量比較（点線：2009年、青線：1960年代）

3-8 フラックスの比較

表 3.1 に三河湾全域における現況と 1960 年代地形の年間炭素フラックスを示す。

表 3.1 フラックスの比較 (単位: tonC/year)

フロー	現況地形		1960年代地形	
① 微小植物プランクトンの光合成	241, 384		287, 343	
② 微小植物プランクトン→微小動物プランクトン	150, 652	(62.4%)	172, 919	(60.2%)
③ 微小植物プランクトン→動物プランクトン	—		—	
④ 微小動物プランクトン→動物プランクトン	18, 878	(12.5%)	23, 385	(13.5%)
⑤ 植物プランクトンの光合成	79, 687		87, 713	
⑥ 植物プランクトン→動物プランクトン	27, 720	(34.8%)	29, 728	(33.9%)
⑦ 微小植物プランクトン→ベントス	12, 154	(5.0%)	24, 181	(8.4%)
⑧ 植物プランクトン→ベントス	9, 609	(12.1%)	12, 610	(14.4%)
⑨ 微小植物プランクトンの沈降	7, 735		10, 641	
⑩ 植物プランクトンの沈降	15, 677		16, 806	
⑪ 微小植物プランクトン→有機物	28, 966		34, 481	
⑫ 植物プランクトン→有機物	9, 563		10, 526	
⑬ 有機物の沈降	57, 021		80, 507	

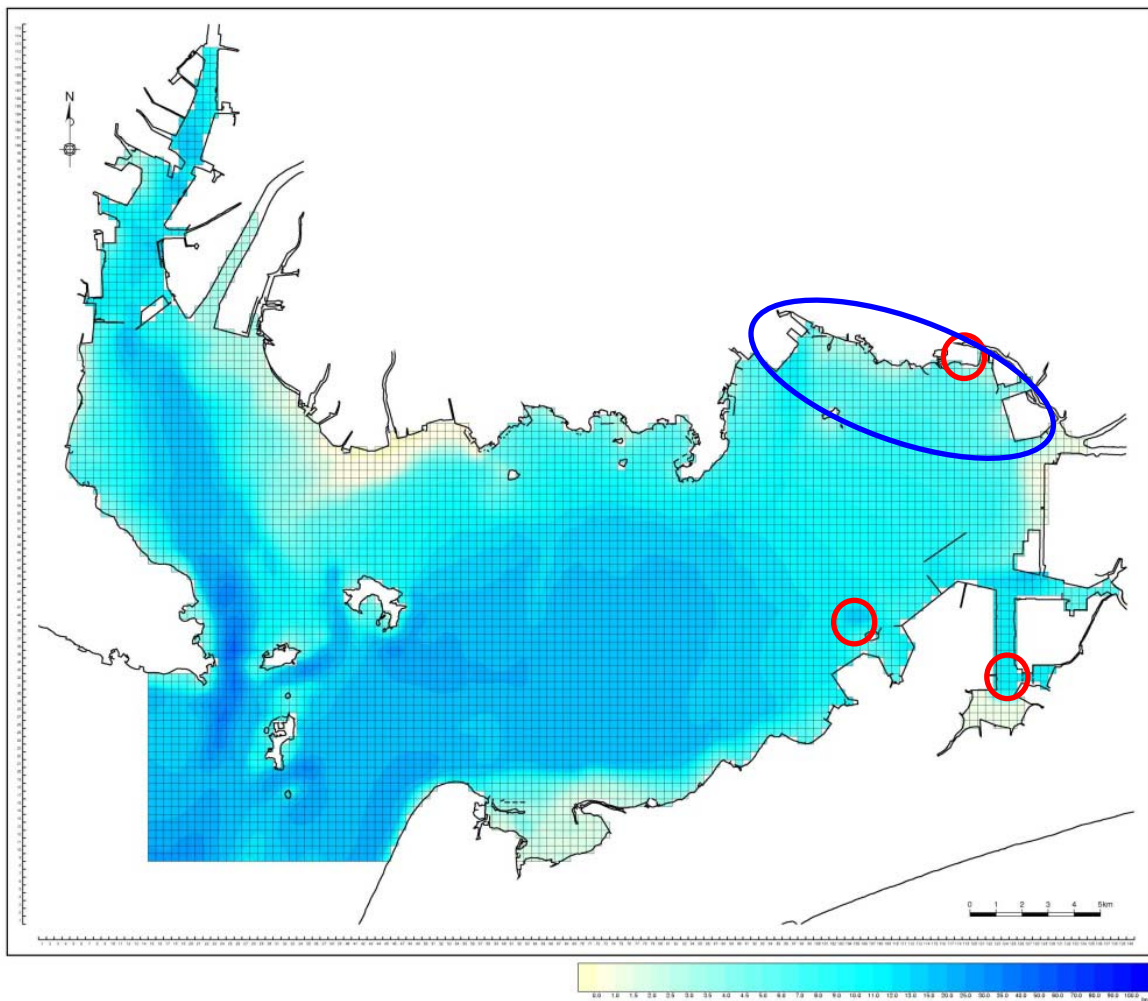


4. 検討結果（改善策の効果検討）

4-1 検討の条件

現況計算の条件をもとに、以下に示す4つの改善策の効果検討計算を行った。

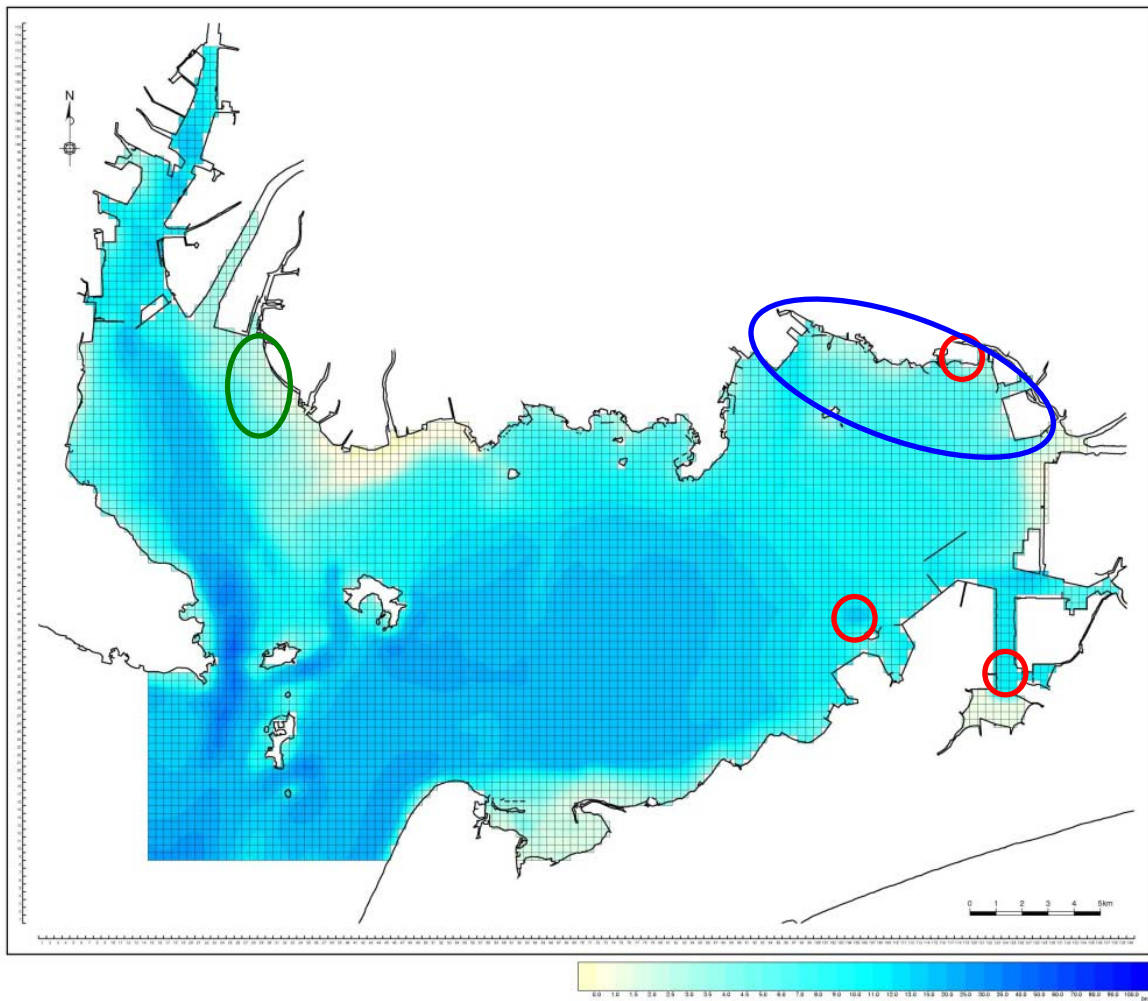
改善策① 現況+深掘の埋め戻し（図中○参照）+約500haの干潟・浅場造成（湾奥○）



・深掘の埋め戻しについては、周囲と同じ水深になるように条件を設定し、計算の初期底質についても、周囲と同様とした。

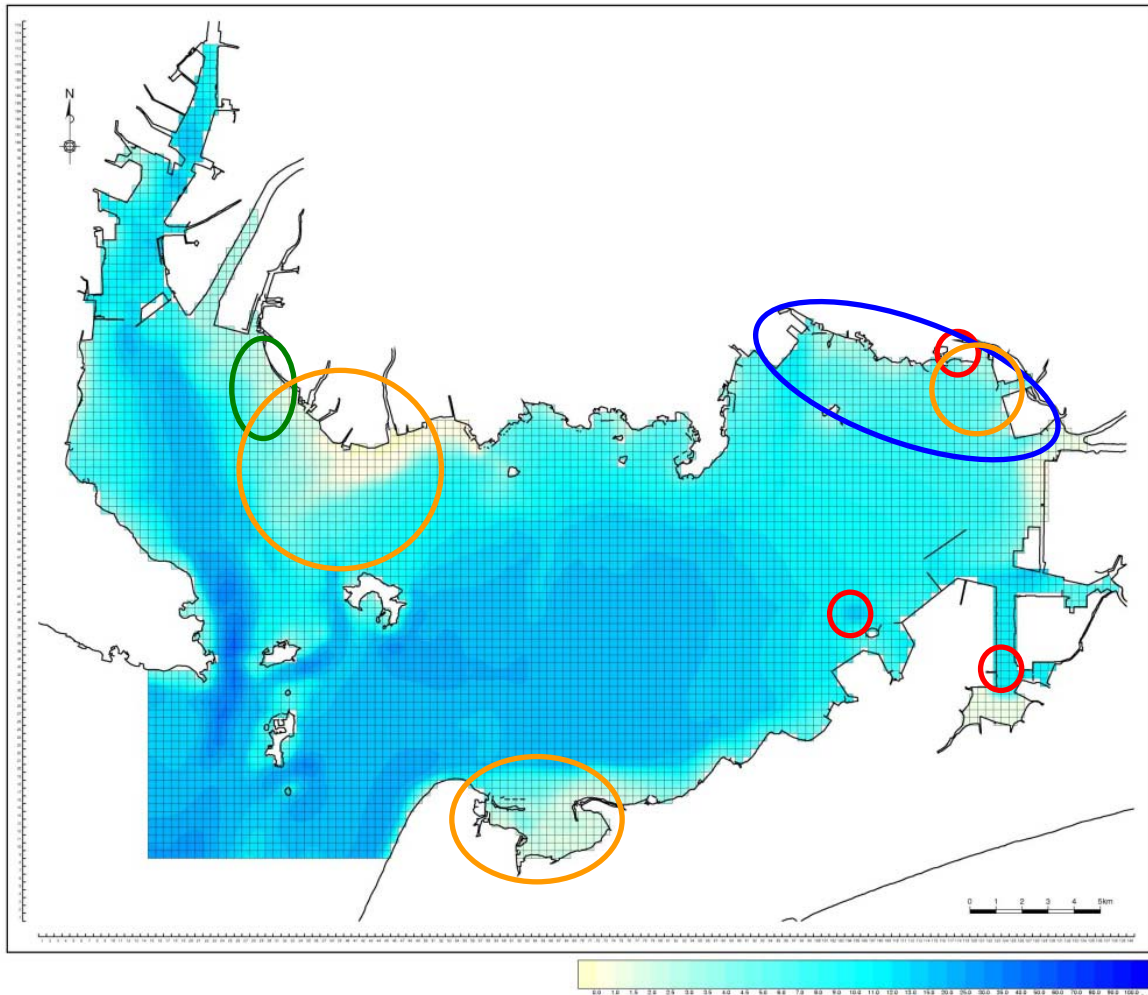
・浅場の造成については、該当格子の水深を D.L.表示で 2~3m の水深になるように設定した。

改善策② 改善策①+約 300ha の干潟・浅場造成 (矢作川河口○)



・浅場の造成については、該当格子の水深を D.L.表示で 0m の水深になるように設定した。

改善策③ 改善策②+藻場再生（造成した干潟・浅場上を加えて、過去に藻場があった場所に再生○）



改善策④ 改善策③+栄養供給（貧酸素水の影響が少ない冬季から春季（10月～3月）に現状の2倍の栄養を供給）

・栄養塩供給については、三河湾の全流入負荷点に対して、無機態の栄養塩のみを2倍にして流入させた。

4-2 水質濃度への影響

図 4.1 に示す三河湾内の 6 地点における水質濃度の比較を図 4.2 に示す。現況計算の条件をもとに、以下に示す 4 つの改善策の効果検討計算を行った。

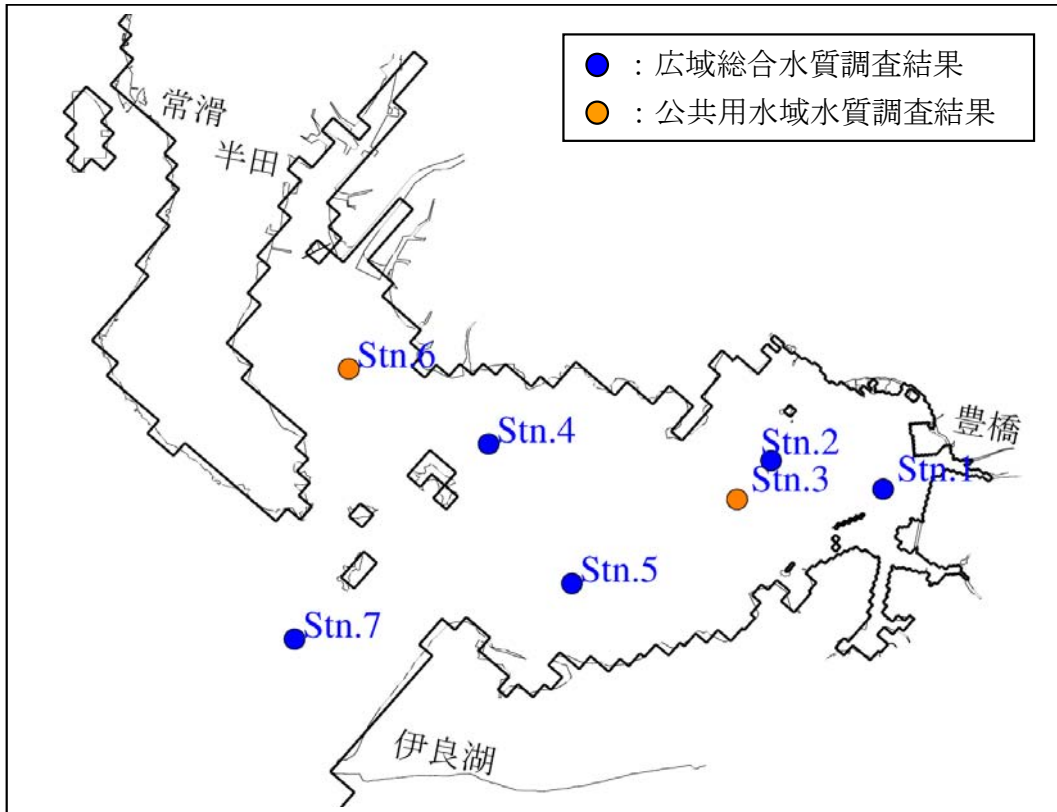
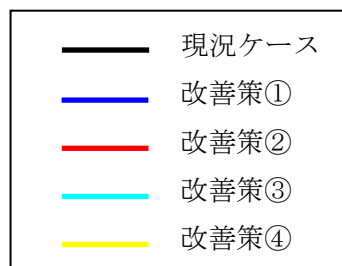


図 4.1 水質比較点

図 4.2 における各ケースの線の色は以下のとおりである。



水質濃度の比較においては、黄色い線で示した改善策④が栄養塩類を 2 倍添加した 10 月以降に T-N、T-P および Chl-a 濃度が他のケースより高くなっている。

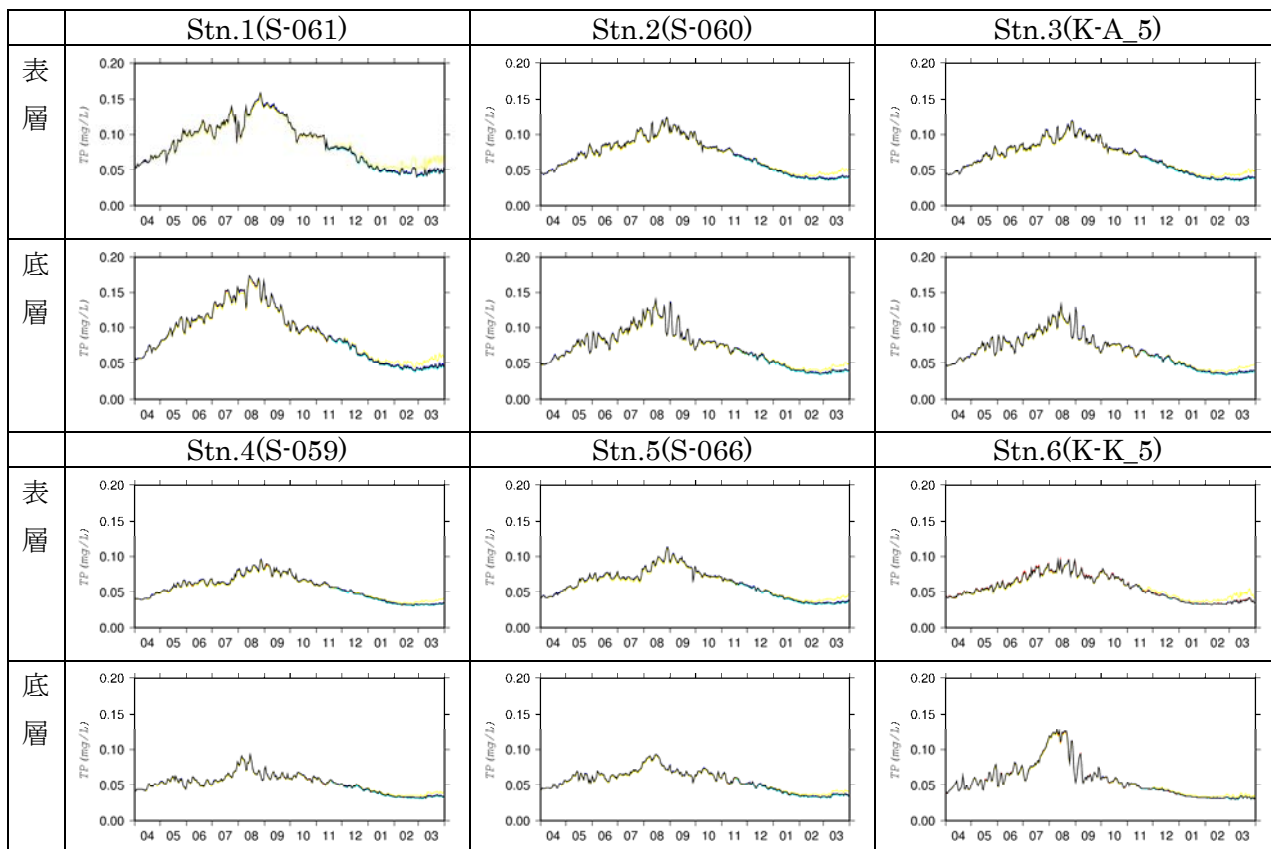
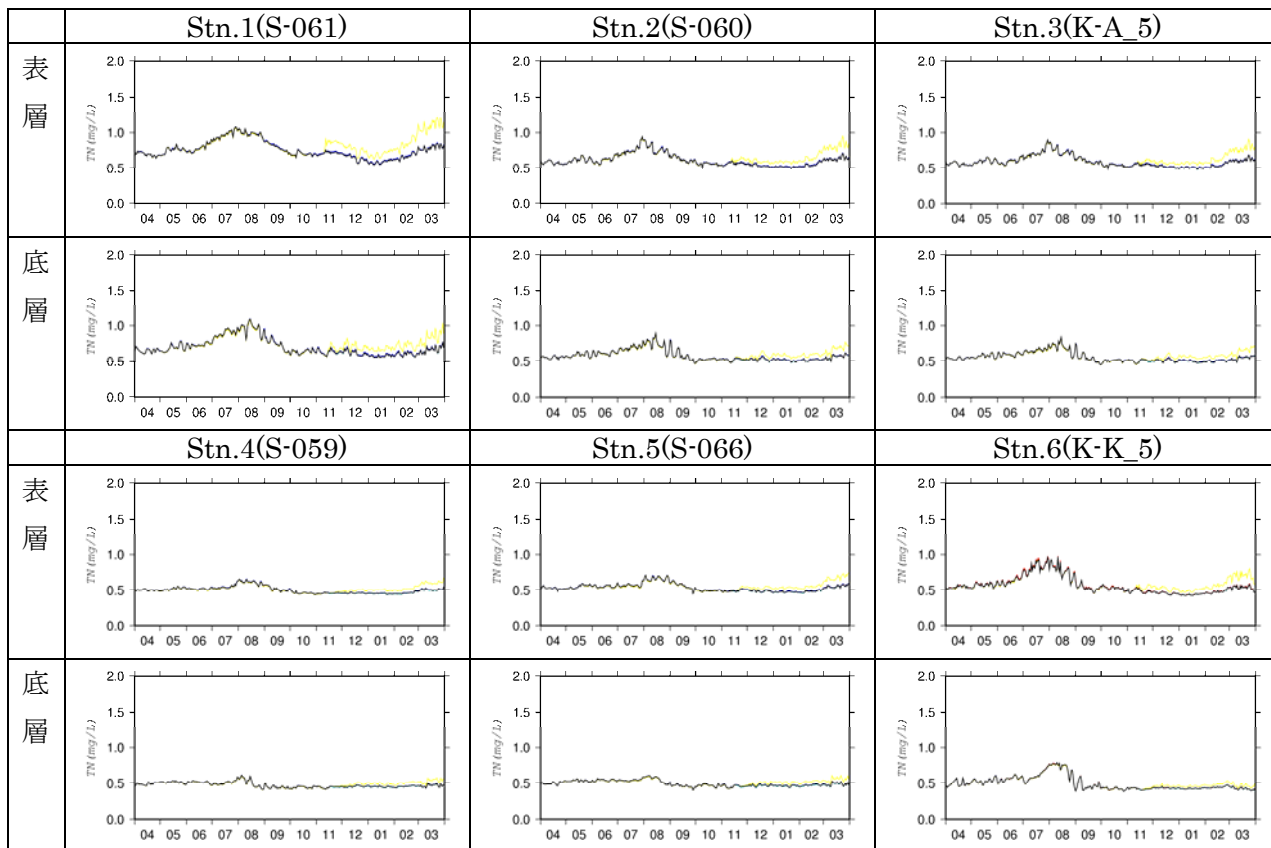


図 4.2(1) 水質項目（上：T-N、下：T-P）の計算値比較

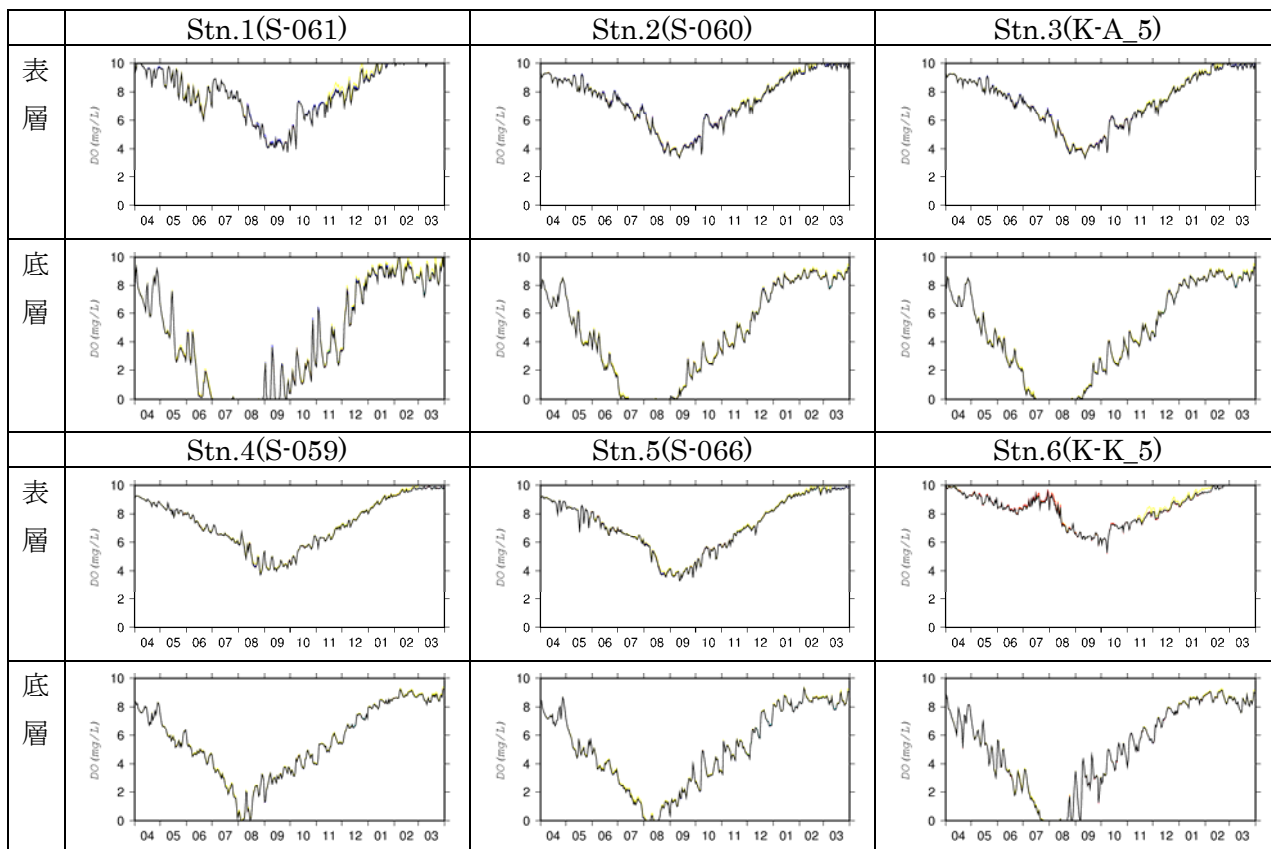
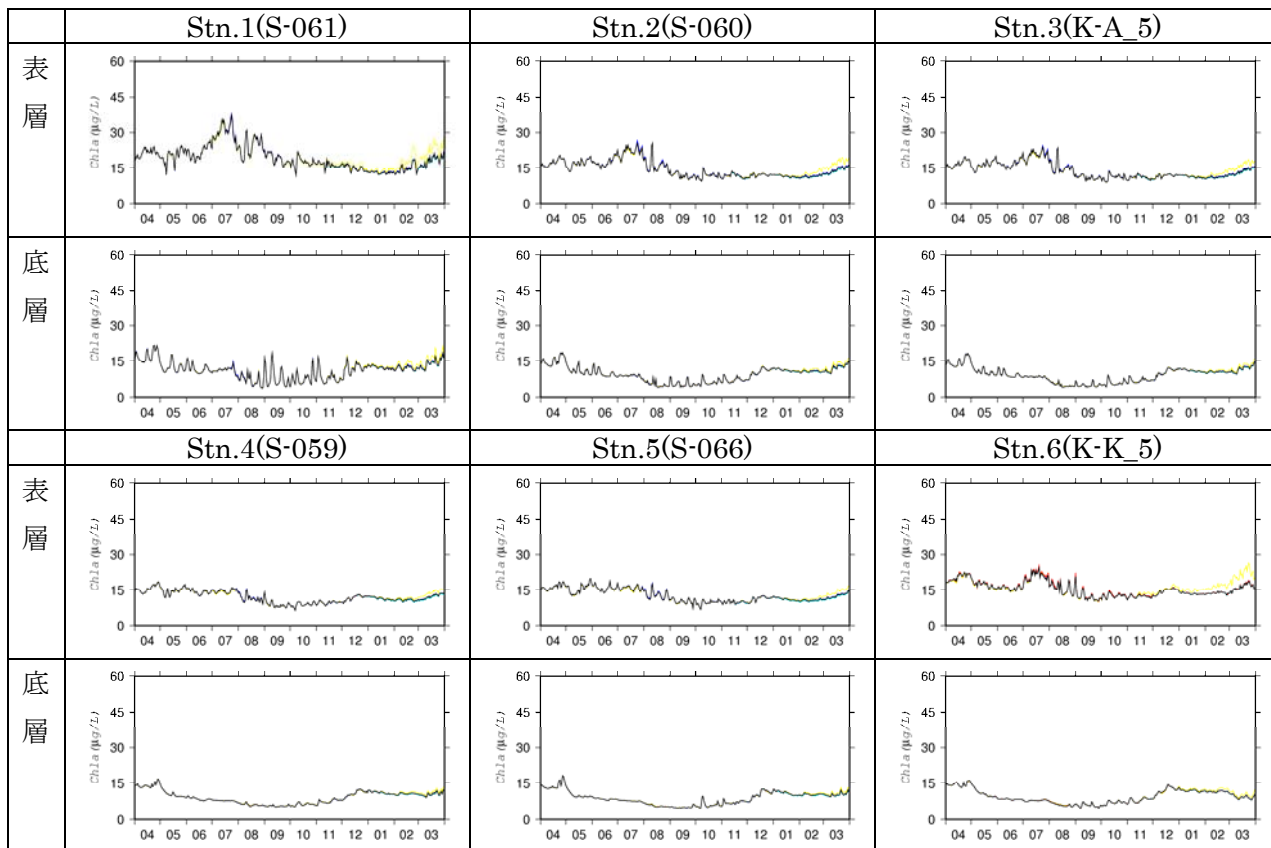


図 4.2(2) 水質項目 (上: Chl-a、下: DO) の計算値比較

4-3 底質への影響

図 4.3 に、本計算で用いた底質のブロック分割図を示す。ブロック分割は、凡例に示す水深帯別に 7 色で区分し、その後湾の流動・水質・底質特性を考慮して分割を行った。

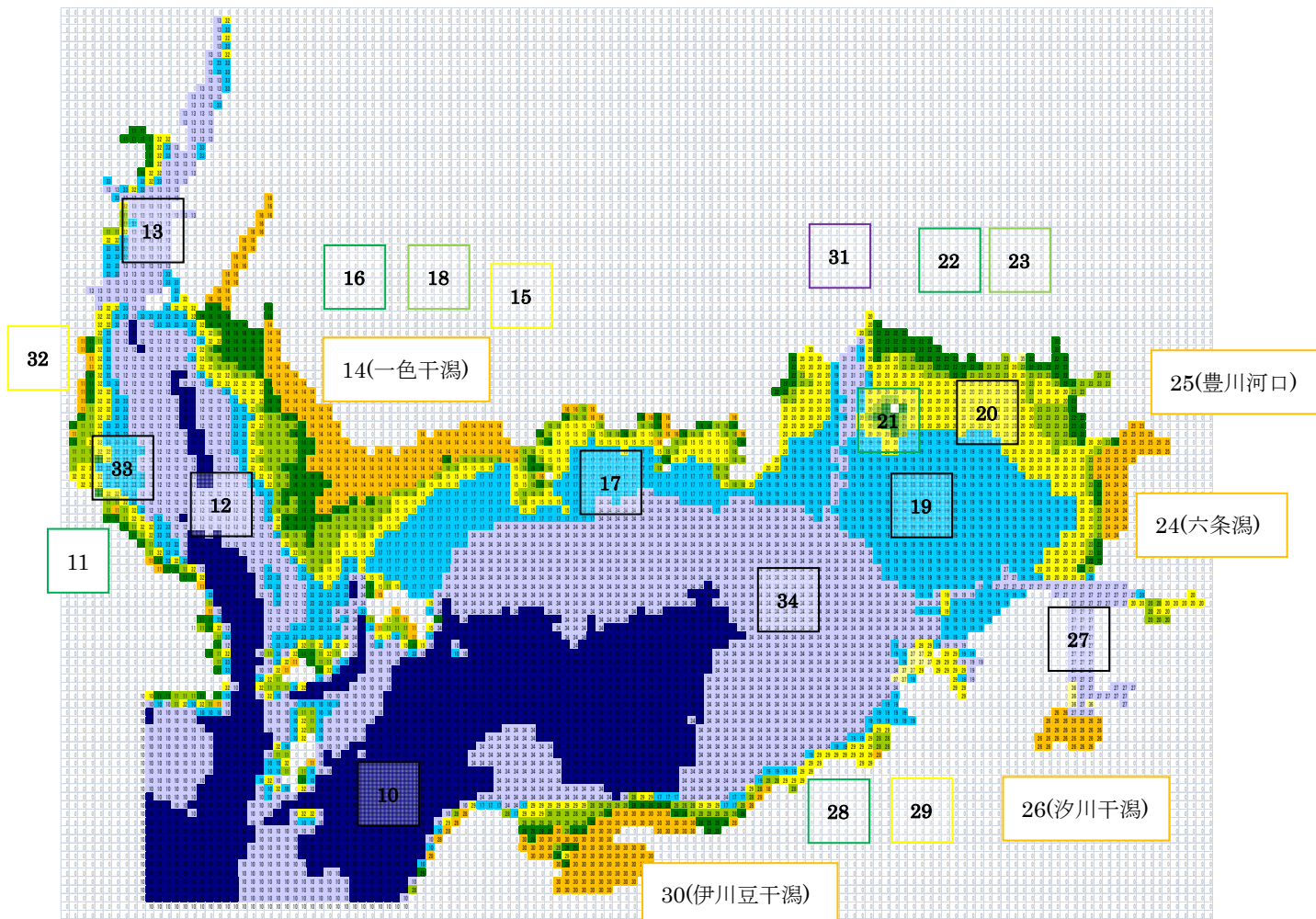


図 4.3 底質ブロック分割図

図 4.4 に各ケースの底泥表層 (0~0.02cm) の TOC_fast (易分解性 TOC) と間隙水中の DO 濃度 (8 月平均値) を示す。各ケースの傾向を確認するため、現場測定ではとらえられない桁で図化している。この結果では、干潟・浅場・藻場を造成した改善策③において、底泥表層の有機物量の低下と間隙水中の DO 濃度の上昇が顕著にみられる。

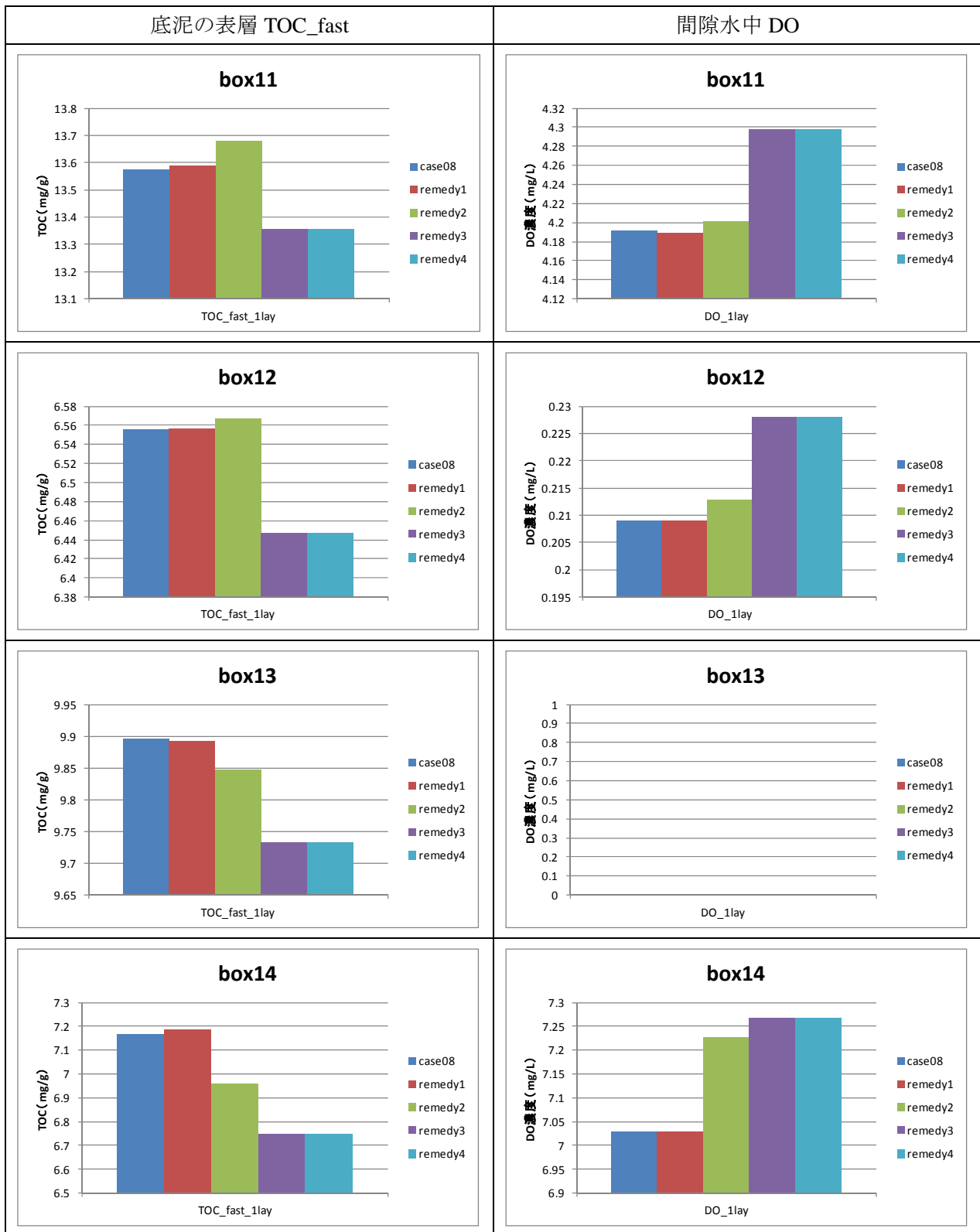


図 4.4(1) 底泥表層の TOC_fast と間隙水中 DO 濃度 (8月平均値)

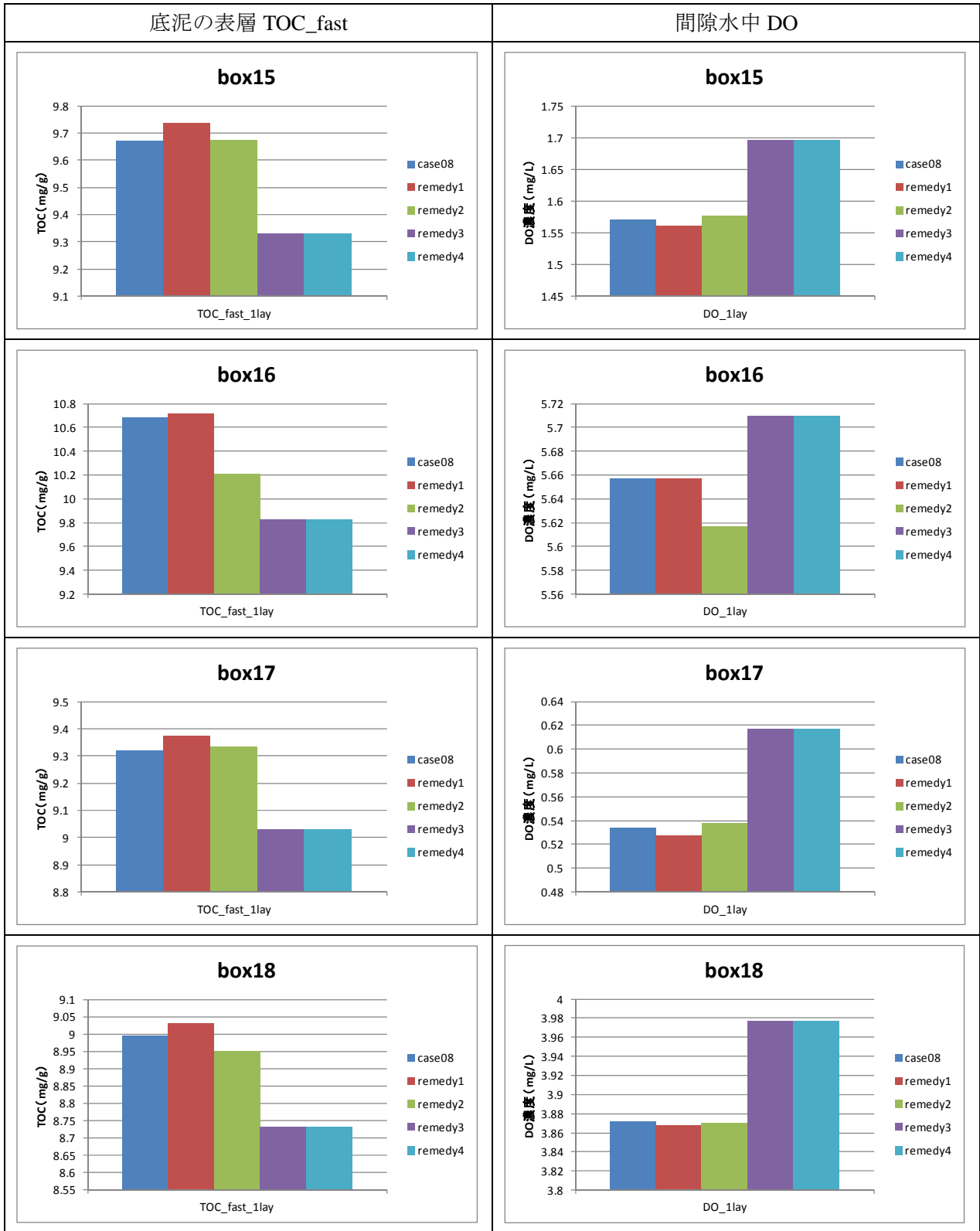


図 4.4(2) 底泥表層のTOC_fastと間隙水中DO濃度 (8月平均値)

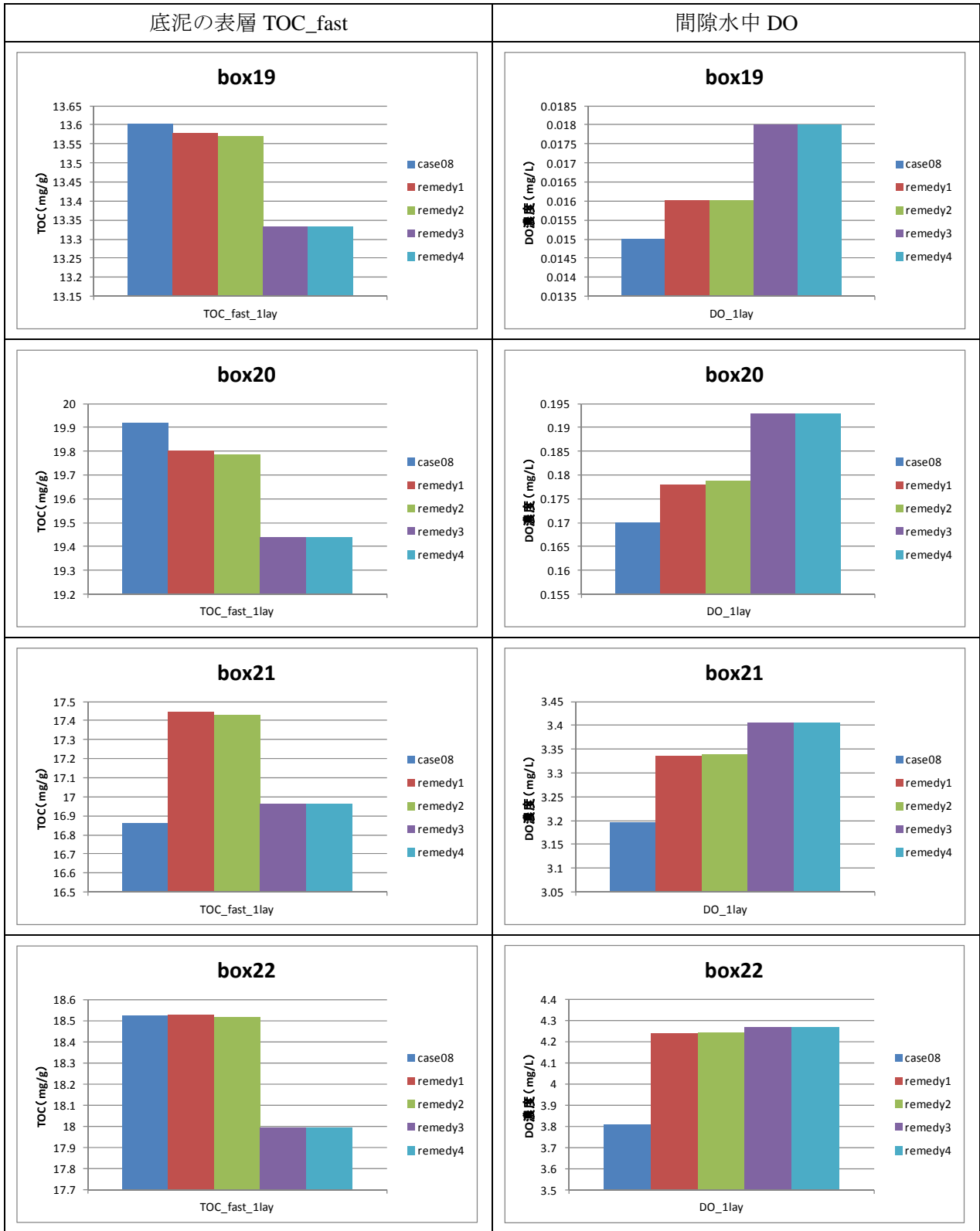


図 4.4(3) 底泥表層のTOC_fastと間隙水中DO濃度 (8月平均値)

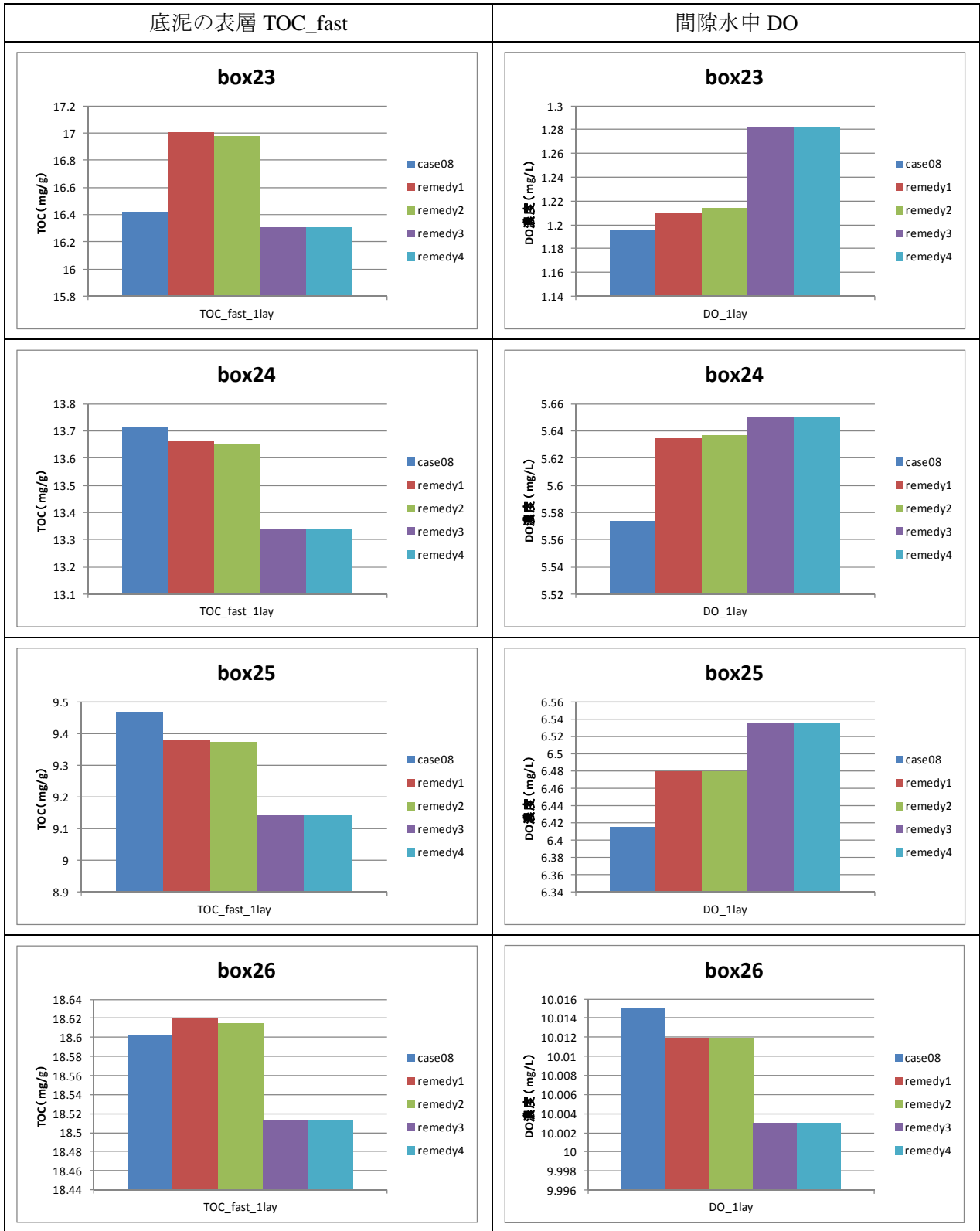


図 4.4(4) 底泥表層のTOC_fastと間隙水中DO濃度 (8月平均値)

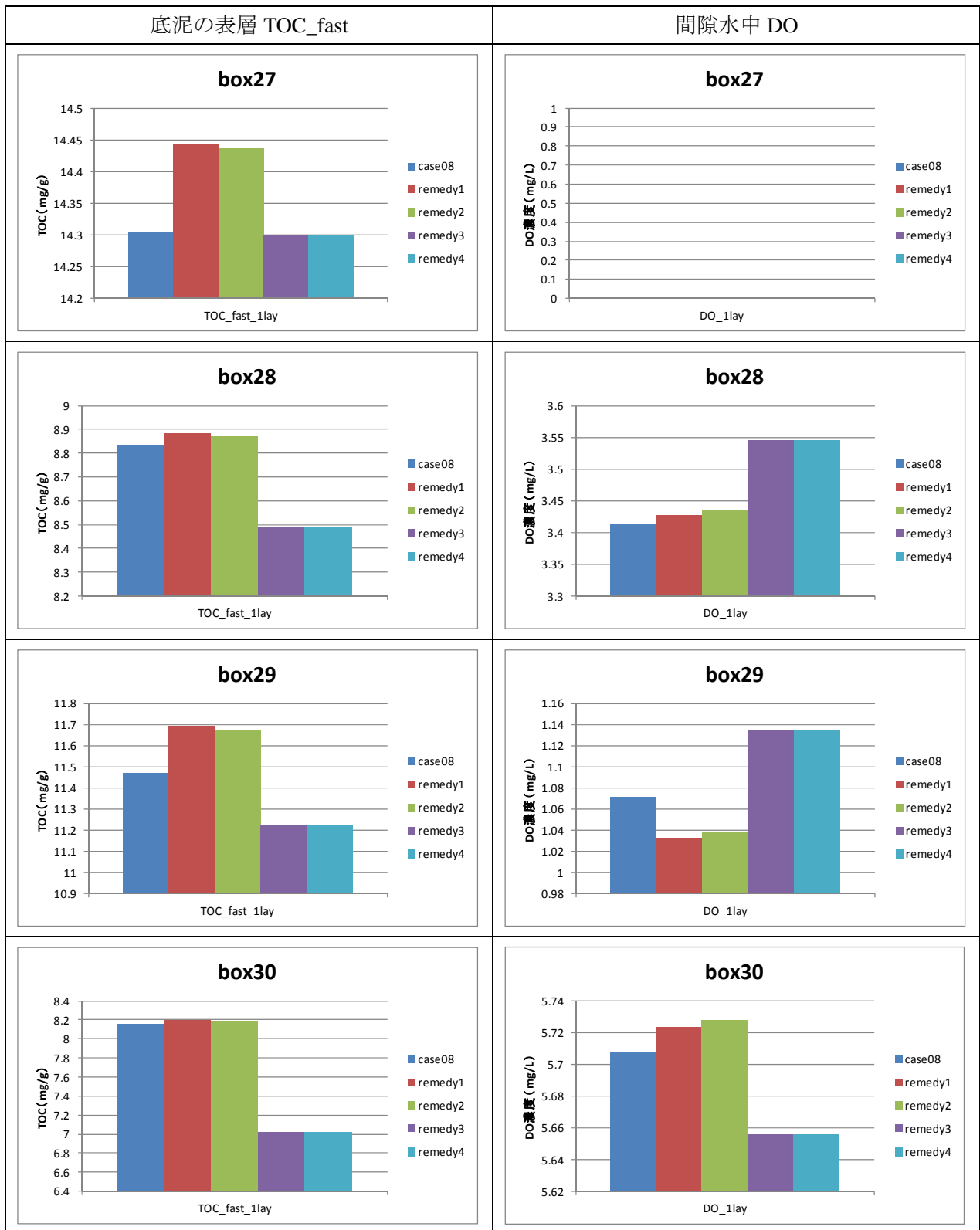


図 4.4(5) 底泥表層のTOC_fastと間隙水中DO濃度 (8月平均値)

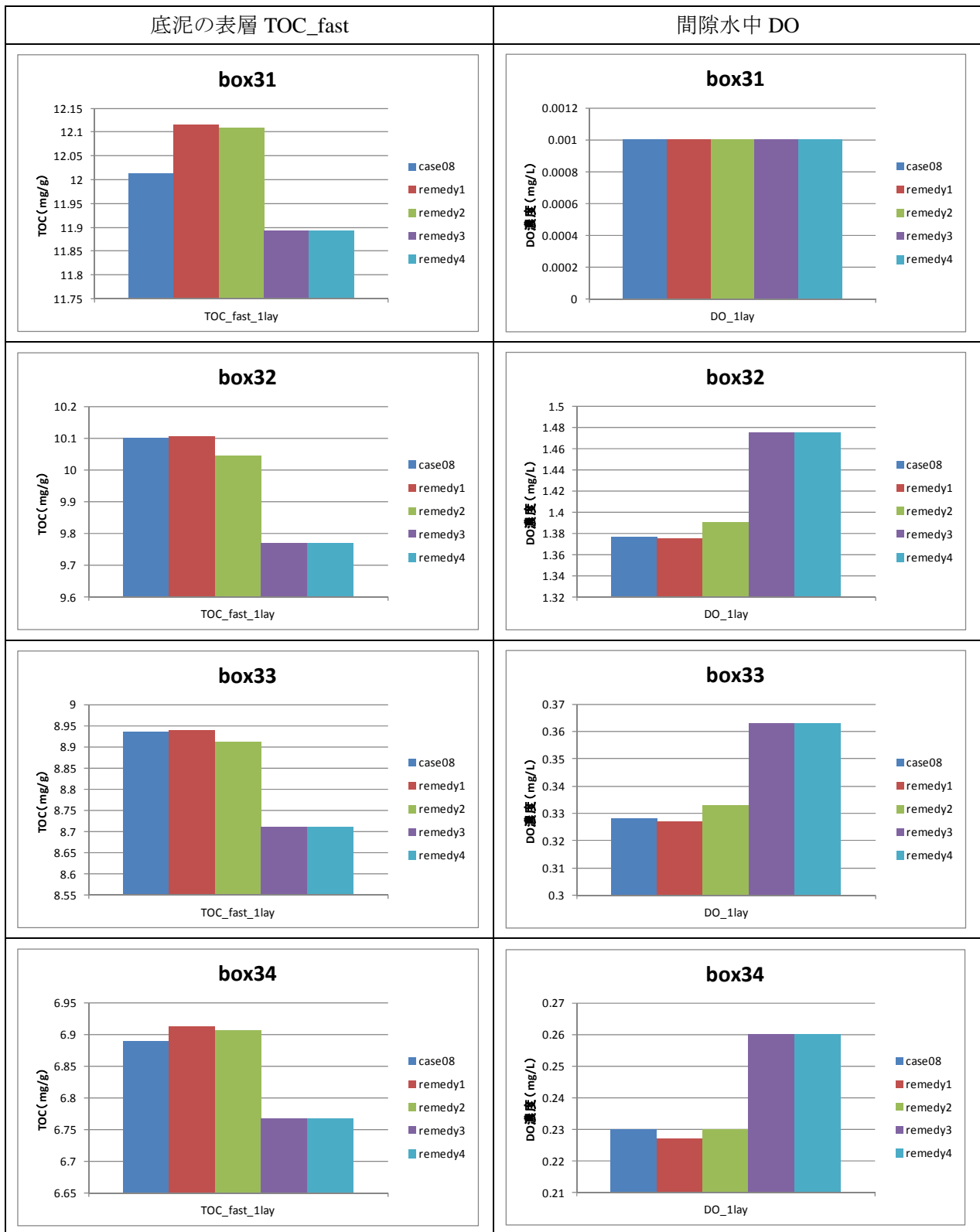


図 4.4(6) 底泥表層のTOC_fastと間隙水中DO濃度 (8月平均値)

4-4 貧酸素水塊の比較

水質モデルの計算結果として、溶存酸素 2mg/L以下の面積と体積について、2009年現況と対策①、②、③の比較を図 4.5 に示す。

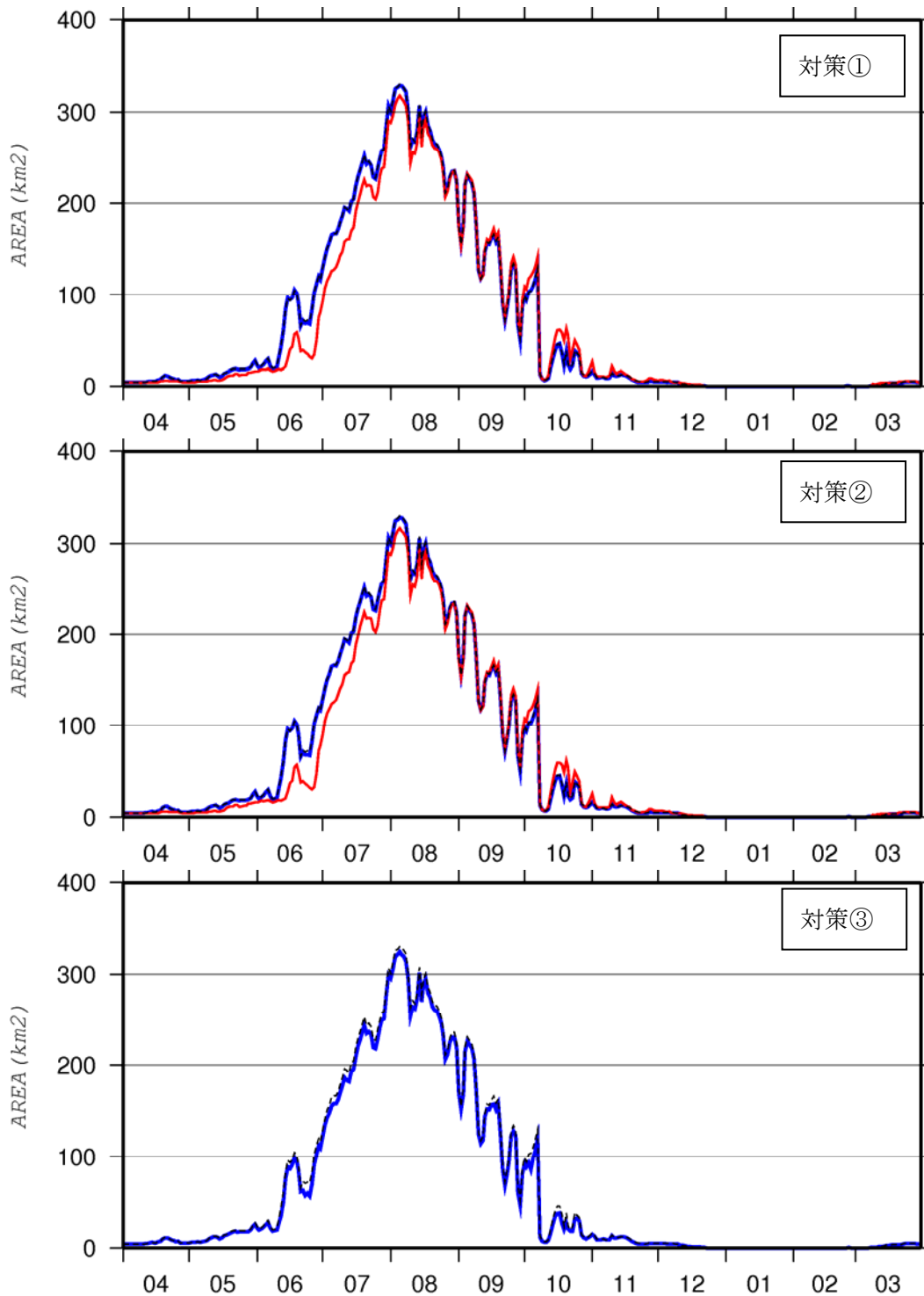


図 4.5(1) 溶存酸素 2mg/L 以下の面積比較

(点線 : 2009年、青線 : 対策1年め、赤線 : 対策2年め)

これによると、対策③では1年めから夏季の貧酸素面積・体積が減少する傾向がみられるが、対策①、②では2年めから面積・体積が減少する結果となっている。

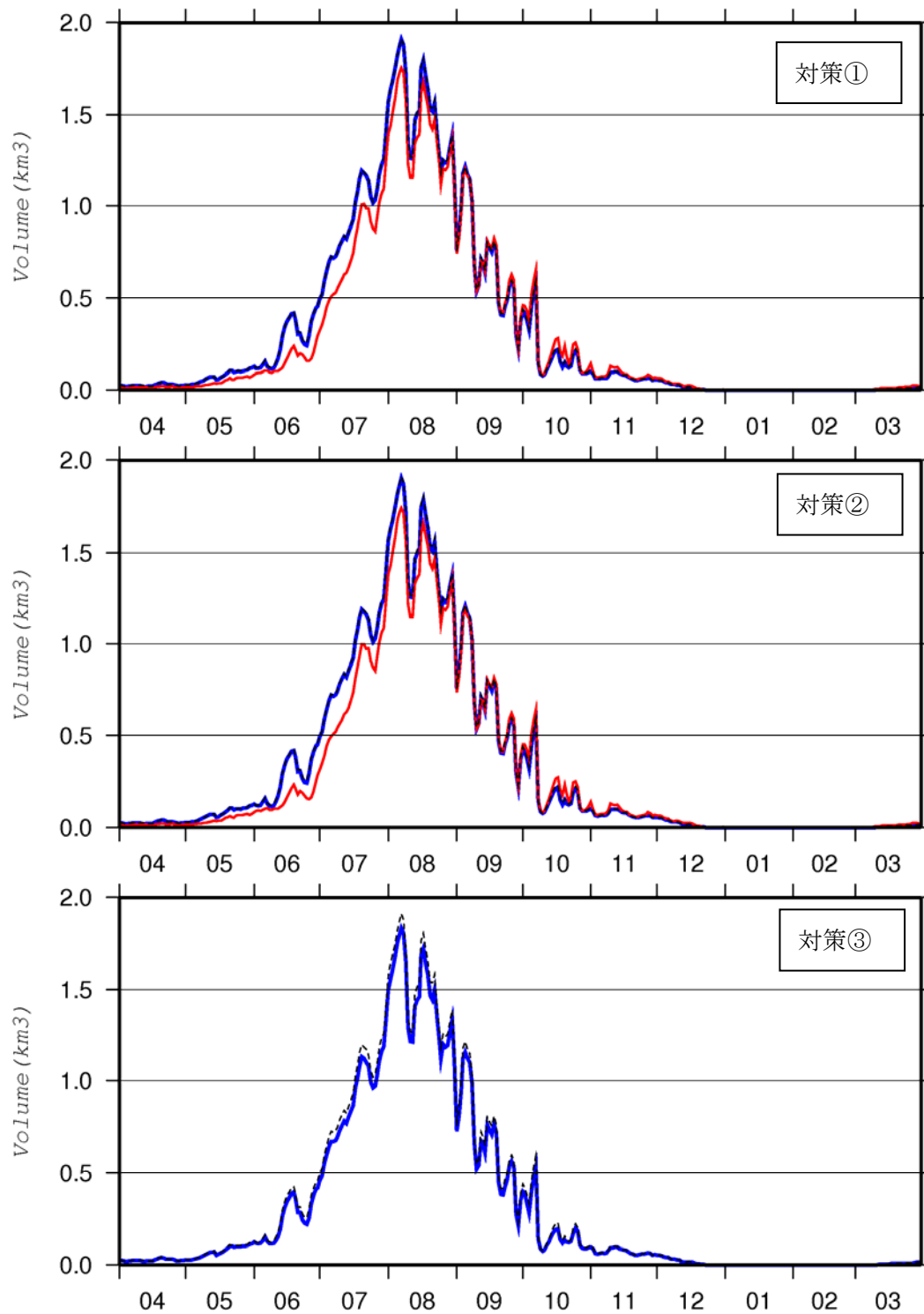


図 3.11(2) 溶存酸素 2mg/L以下の体積比較

(点線：2009年、青線：対策1年め、赤線：対策2年め)

4-5 底生生物への影響

図 4.6 に、三河湾全域における底生生物現存量を示す。

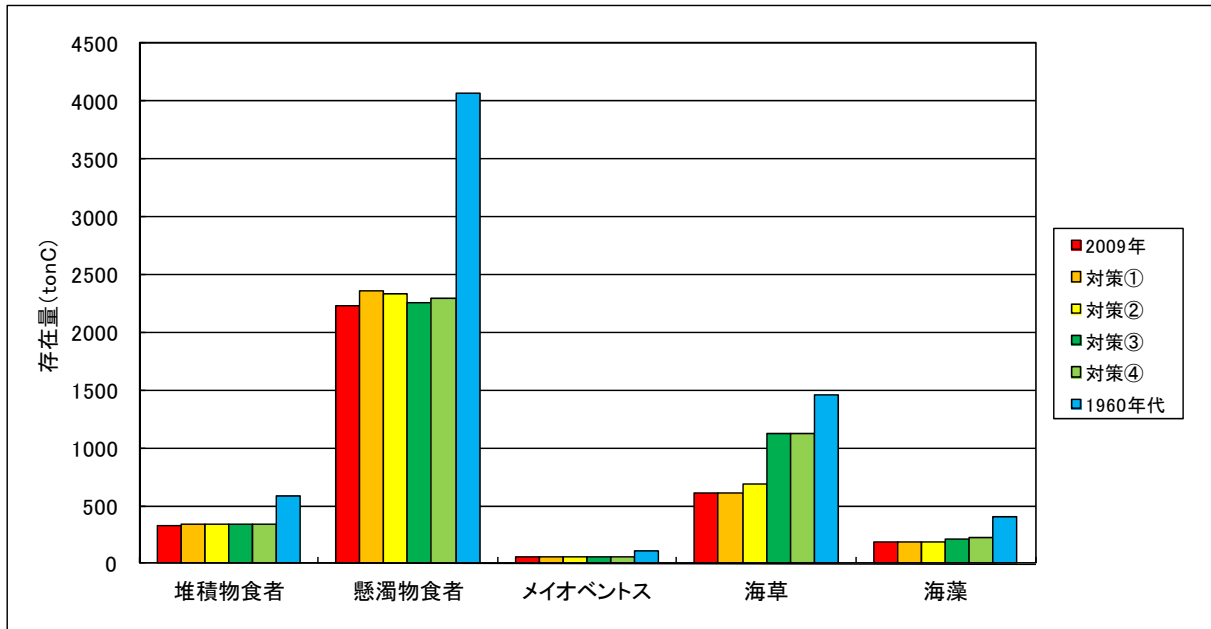


図 4.6 三河湾全域における底生生物現存量

4-6 フラックスの比較

表 4.1 に三河湾全域における現況と対策①、②の年間炭素フラックスを示す。

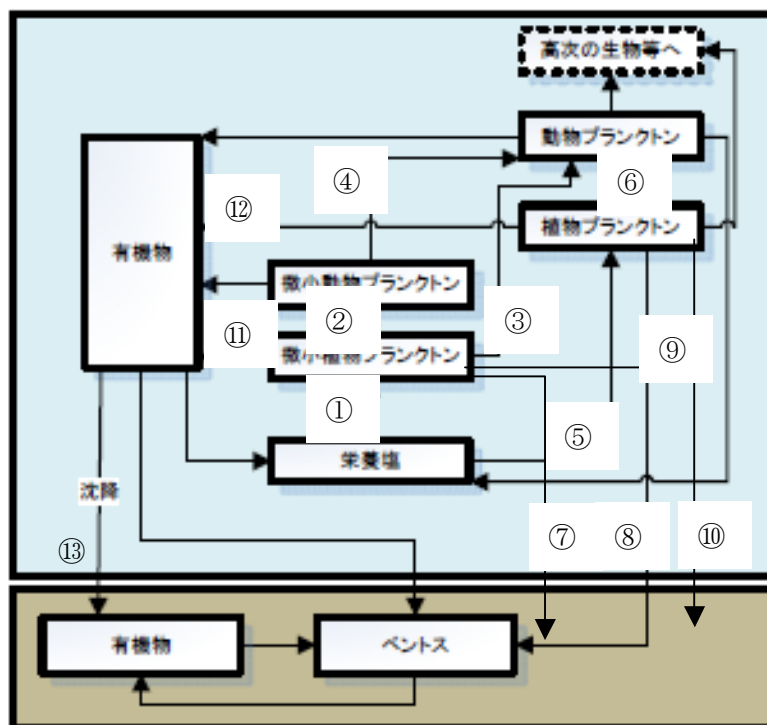


表 4.1 フラックスの比較 (単位: tonC/year)

フロー	現況	対策①	対策②
① 微小植物プランクトンの光合成	241,384	243,792	241,952
② 微小植物プランクトン→微小動物プランクトン	150,652 (62.4%)	151,494 (62.1%)	150,434 (62.2%)
③ 微小植物プランクトン→動物プランクトン	—	—	—
④ 微小動物プランクトン→動物プランクトン	18,878 (12.5%)	19,128 (12.6%)	18,921 (12.6%)
⑤ 植物プランクトンの光合成	79,687	80,024	79,500
⑥ 植物プランクトン→動物プランクトン	27,720 (34.8%)	27,746 (34.7%)	27,552 (34.7%)
⑦ 微小植物プランクトン→ベントス	12,154 (5.0%)	13,071 (5.4%)	12,849 (5.3%)
⑧ 植物プランクトン→ベントス	9,609 (12.1%)	9,966 (12.5%)	9,795 (12.3%)
⑨ 微小植物プランクトンの沈降	7,735	7,850	7,831
⑩ 植物プランクトンの沈降	15,677	15,649	15,625
⑪ 微小植物プランクトン→有機物	28,966	29,255	29,034
⑫ 植物プランクトン→有機物	9,563	9,603	9,540
⑬ 有機物の沈降	57,021	57,228	56,976

5. 今後の検討について

三河湾地域においては、過去の状況の再現と現状との比較を行い、さらに、地域検討委員会による改善策4案の効果検討計算を行った。今後は、実証試験の結果を踏まえ、再計算を行うとともに、動物プランクトンと植物プランクトンの摂餌の関係や、より高次の捕食者の影響等について確認を行う。