

3-2 経年変化と考察

平成15年度から三重県環境森林部で実施している「有用微生物による環境改善実験事業」の経年変化についてとりまとめた。なお、当フィールドでは、平成13年7月から平成14年8月まで三重県科学技術振興センター*が実施した調査データが存在するので可能な限り引用*した。

(1) 海草藻類調査

1) 藻場分布調査

片田地区及び神明地区の藻場分布経年変化を図3-2-1(1)～(2)に示した。

① 片田地区

[春 期]

長田浦(実験区)、布施田浦(対照区)とも主にアマモ場が発達し、浅場ではガラモ場が発達していた。長田浦(実験区)では1m以浅の海域に小規模なコアマモの分布もみられた。

春期の藻場の主形成種であるアマモ場について、分布の経年変化を考察すると、実験区である長田浦では、平成16年にEM散布場所より外側(St. B方向)へ、平成17年にEM散布場所より内側(St. A方向)へ広がる傾向であった。それに対し、対照区の布施田浦は長田浦のように顕著な拡大を示さなかった。

[秋 期]

春期に繁茂していたアマモは消失し、長田浦(実験区)では主としてガラモ場の分布となり、布施田浦(対照区)では、アマモ場とガラモ場の分布がみられた。

秋期の藻場の主形成種であるガラモ場分布は経年的な変化では、実験区の長田浦では平成16年は縮小、平成17年に分布が拡大し、平成15年レベルに戻っていた。

また、長田浦(実験区)ではコアマモの分布が確認された(H15年)他、布施田浦(対照区)ではSt. C' (浅)で、秋期においてもアマモが確認された(H17年)。

② 神明地区

[春 期]

神明地区も片田地区と同様に、春期には主にアマモ場とガラモ場が確認された。

アマモ場は1m以深、ガラモ場は1m以浅で分布がみられた。

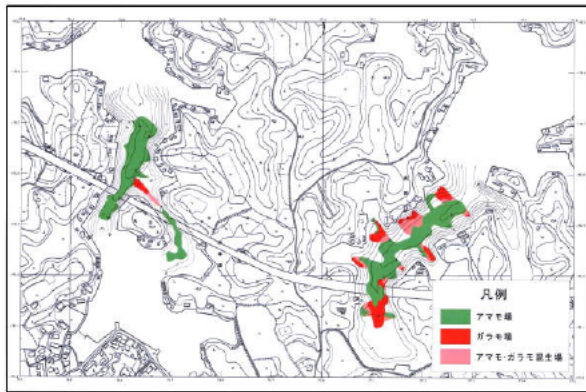
春期の藻場の主形成種であるアマモ場について、分布の経年変化を考察すると、平成15年から平成16年にかけて、アマモ場の分布に変化はみられず、アマモ場周辺にガラモ場が拡大する傾向がみられた。平成17年は、ガラモ場が縮小しアマモ場の分布が拡大する傾向がみられた。

[秋 期]

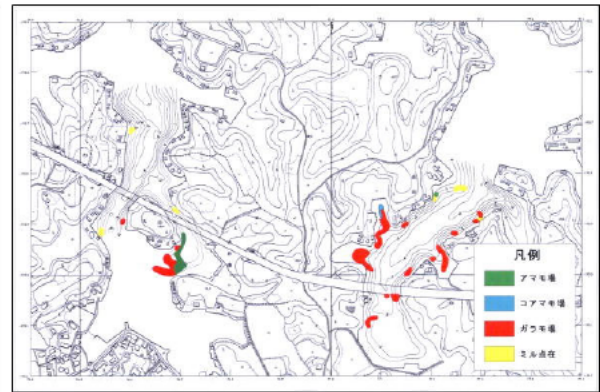
春期に繁茂していたアマモは消失し、主としてガラモ場の分布となり、平成15年や平成17年は水深3m程度まで分布が拡大していた。

また、平成16年は片田地区と同様にガラモ場の規模が縮小した。

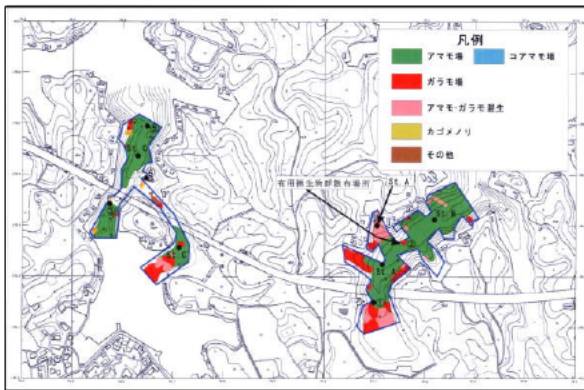
* : 参照資料 : 「平成14年度 閉鎖性内湾漁場改善対策調査研究報告書」 平成15年9月 三重県科学技術振興センター



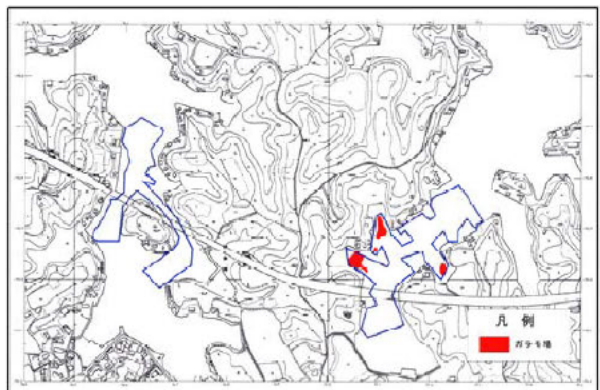
平成15年 5月



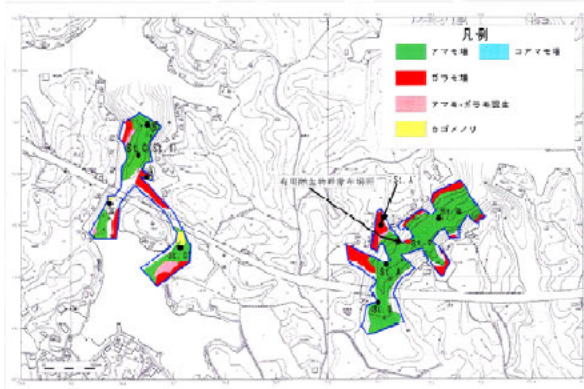
平成15年10月



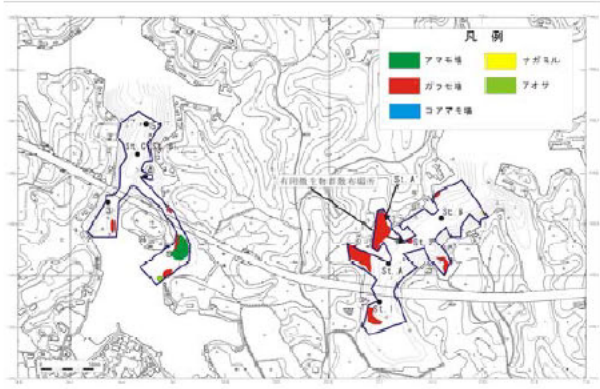
平成16年 5月



平成16年11月

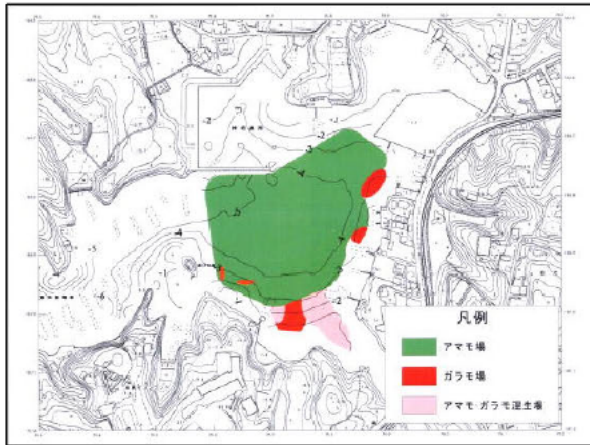


平成17年 5月

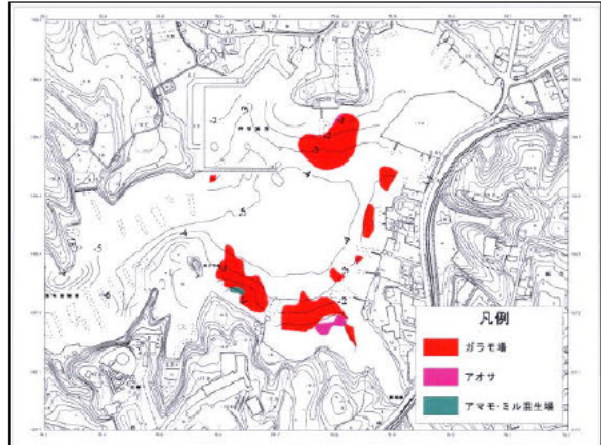


平成17年11月

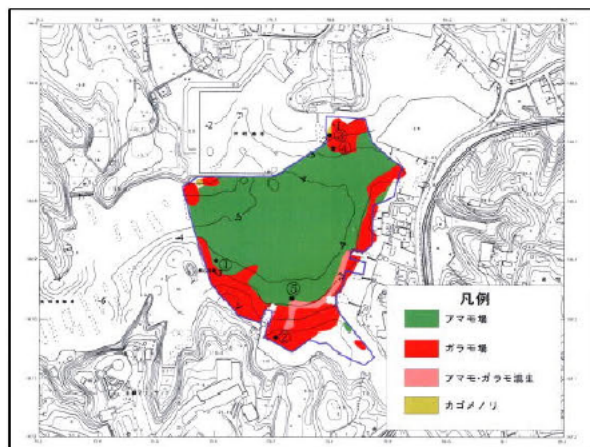
図3-2-1(1) 片田地区藻場分布経年変化



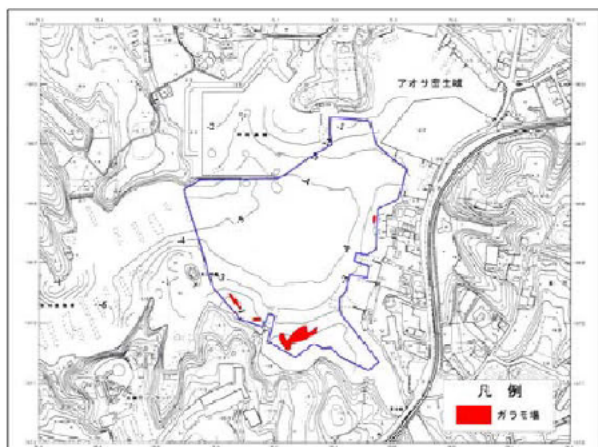
平成15年 5月



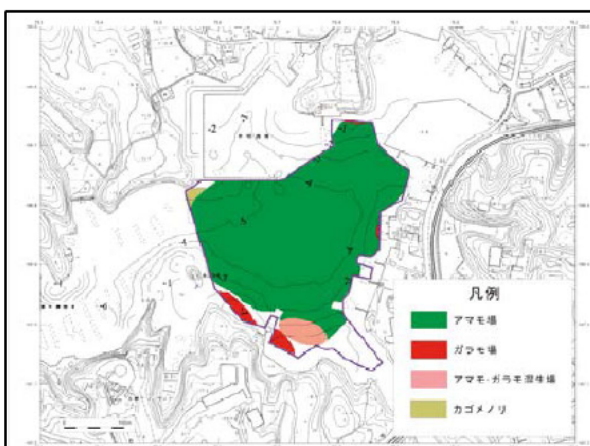
平成15年10月



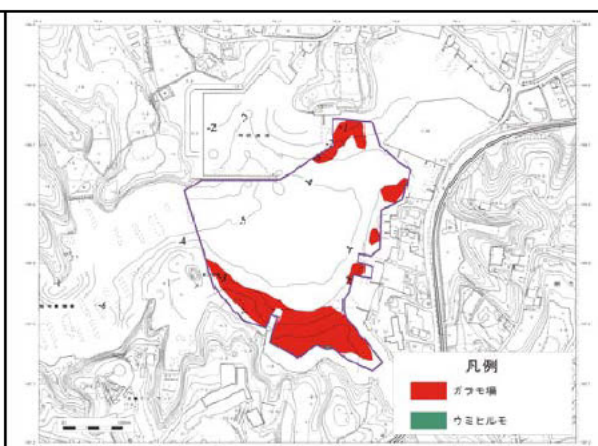
平成16年 5月



平成16年11月



平成17年 5月



平成17年10月

図 3 - 2 - 1 (2) 神明地区藻場分布経年変化

2) 藻場密度(片田地区のみ)

藻場密度の経年変化を図3-2-2(1)~(2)及び図3-2-3に示した。また、参考資料として2002(H14)年からの長田浦における経年変化を図3-2-4に示した。

長田浦の藻場経年変化では、春にみられたアマモ場はその年の秋には枯死して、翌年春に再び藻場を形成していることから、長田浦のアマモは1年草であることが確認された。アマモについては、2003(H15)年度春期調査では、長田浦(実験区)が布施田浦(対照区)よりも密度が高かったが、2004年(H16)春期以降の調査では同様の密度となった。

また、布施田浦(対照区)では布施田浦奥部St.C'(浅)で、秋期調査においてもアマモが確認され、この海域は1年草のアマモと考えられていたが、多年草のアマモが一部に存在することが明らかになった。

このように、経年変化からは、アマモ分布の拡大のあった長田浦のアマモ株密度は増加した状態が継続せず、その間、対照区はゆるやかにアマモ株密度は増加した。

3) 藻場生物(片田地区のみ)

藻場生物の経年変化を図3-2-5に、藻場生物の多様度指数による経年変化を図3-2-6に示した。

[深場(St.A、St.C)]

長田浦(実験区)や布施田浦(対照区)の両地区とも、アマモ場が発達する春期に種類数や個体数が増加する傾向がみられた。長田浦(実験区)では主に軟体動物門が優占し、布施田浦(対照区)では節足動物門と軟体動物門が優先していた。個体数については、実験区の長田浦よりも対照区の布施田浦で増加傾向にあった。多様度指数においては、対照区の布施田浦が減少傾向にあるのに対し、実験区の長田浦は増加傾向を示した。

[浅場(St.A'、St.C')]

長田浦(実験区)や布施田浦(対照区)では各期毎の個体数や種類数に若干の相違がみられるが、多様度の傾向なども相違が小さく、特筆すべき点は無かった。

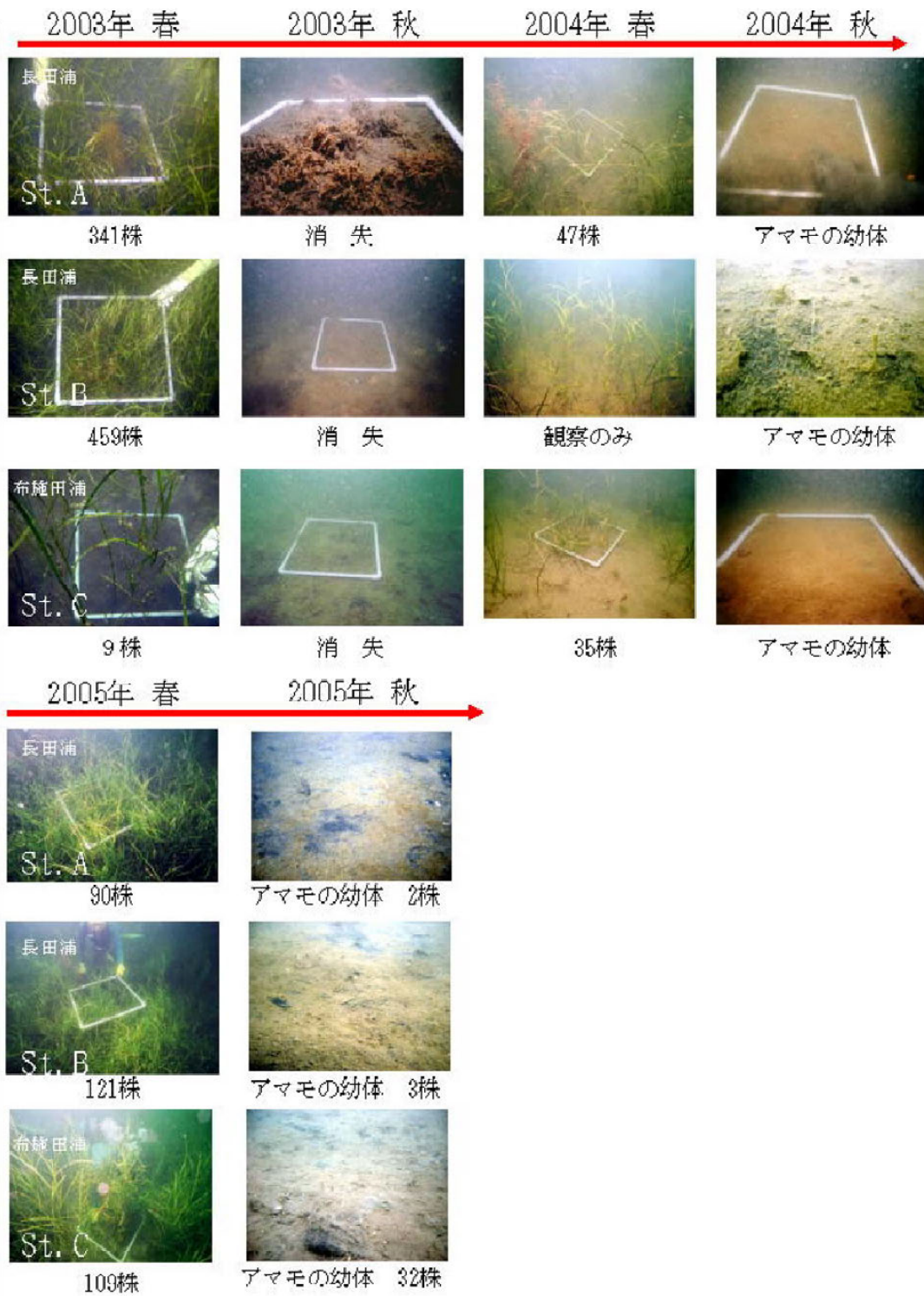


図 3 - 2 - 2 (1) 藻場密度の経年変化

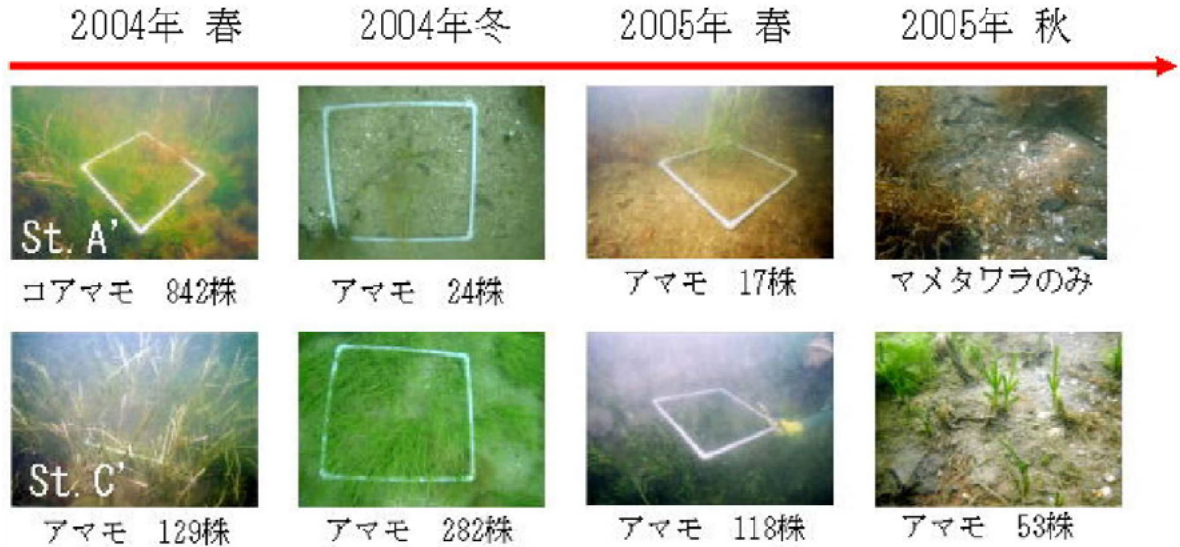


図 3-2-2 (2) 藻場密度の経年変化

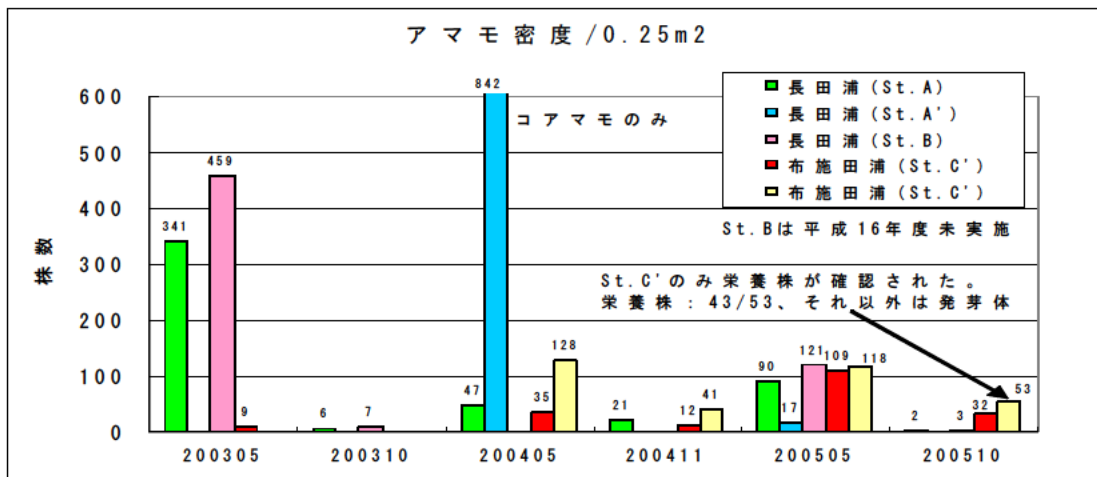


図 3-2-3 藻場密度(株数)の経年変化

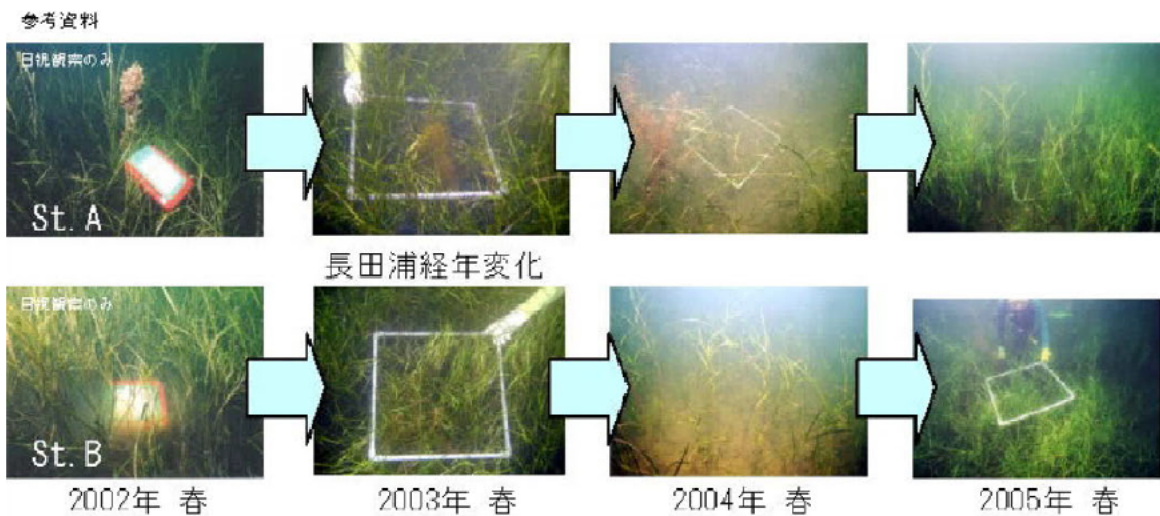
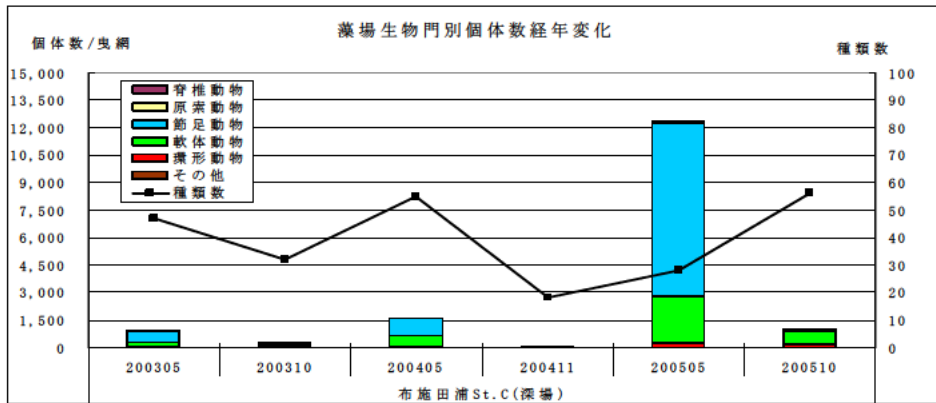
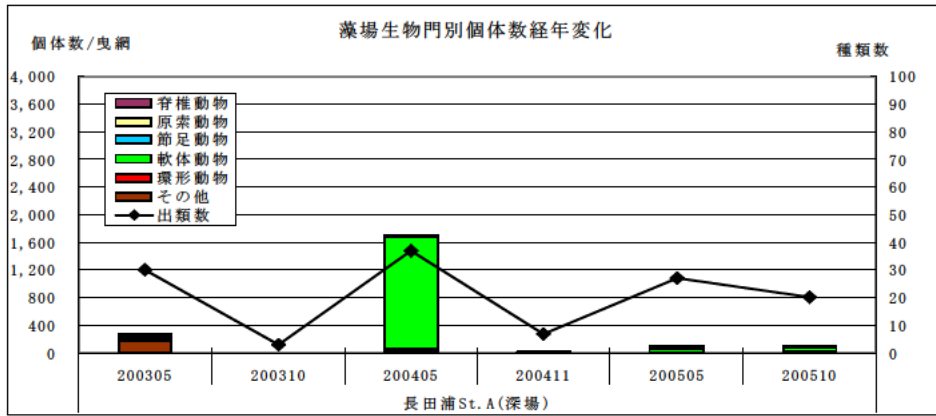


図 3-2-4 長田浦の藻場経年変化



* : 個体数スケール 0~15,000個体で表示

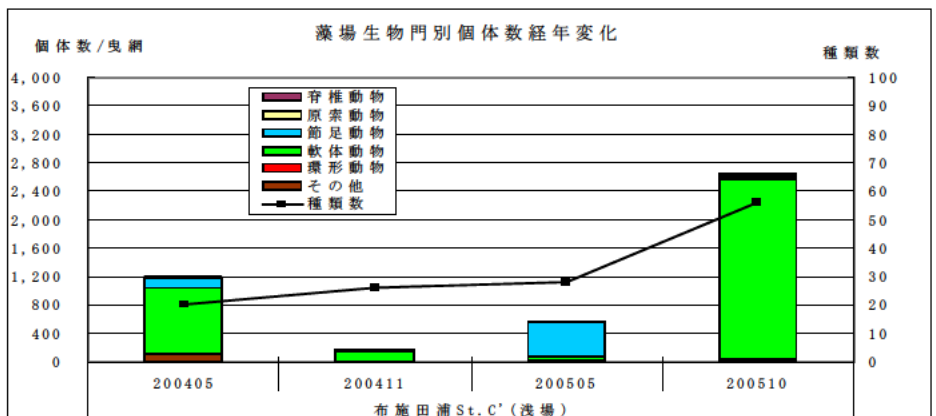
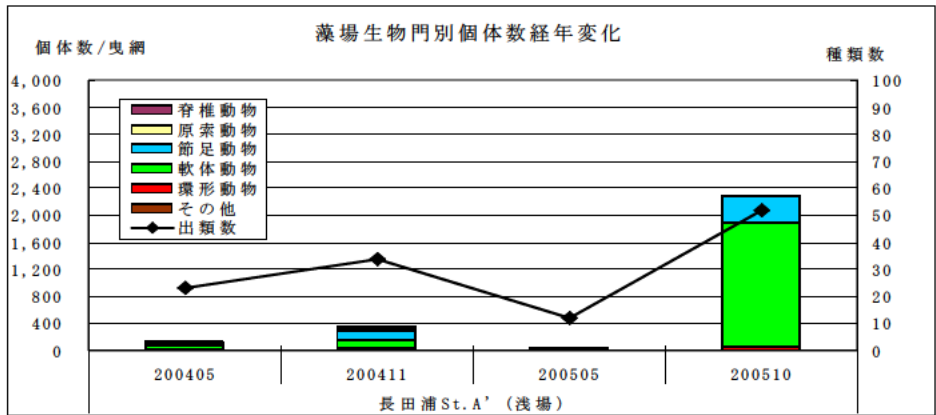


図 3 - 2 - 5 藻場生物の経年変化

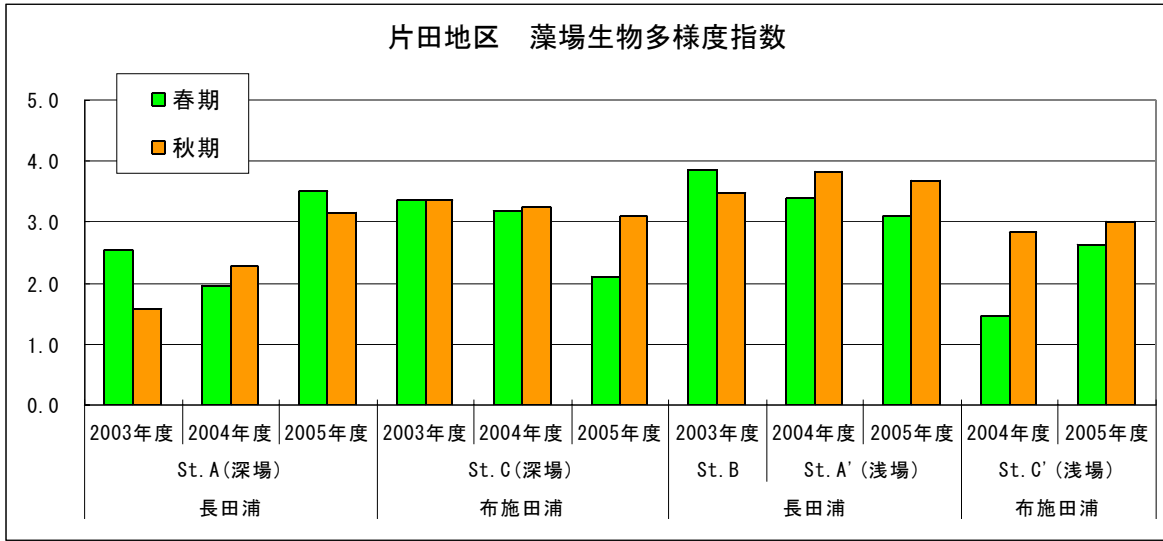


図 3 - 2 - 6 藻場生物の多様度指数による経年変化

(2) 泥厚調査

泥厚調査経年変化を図3-2-7に示した。

2003(H15)年5月と10月の比較ではL-1、2の両測線で地盤高の減少がみられたが、2004(H16)年5月には概ね2003(H15)年5月と同様の地盤高に戻っていた。各期毎に地盤高の増減は認められるが、経年的な地盤高の減少や増加の傾向はみられず、散布側と対岸に有意な差は確認できなかった。

全体的には、2003(H15)年10月測量(赤線)時の地盤高が最も低かった。

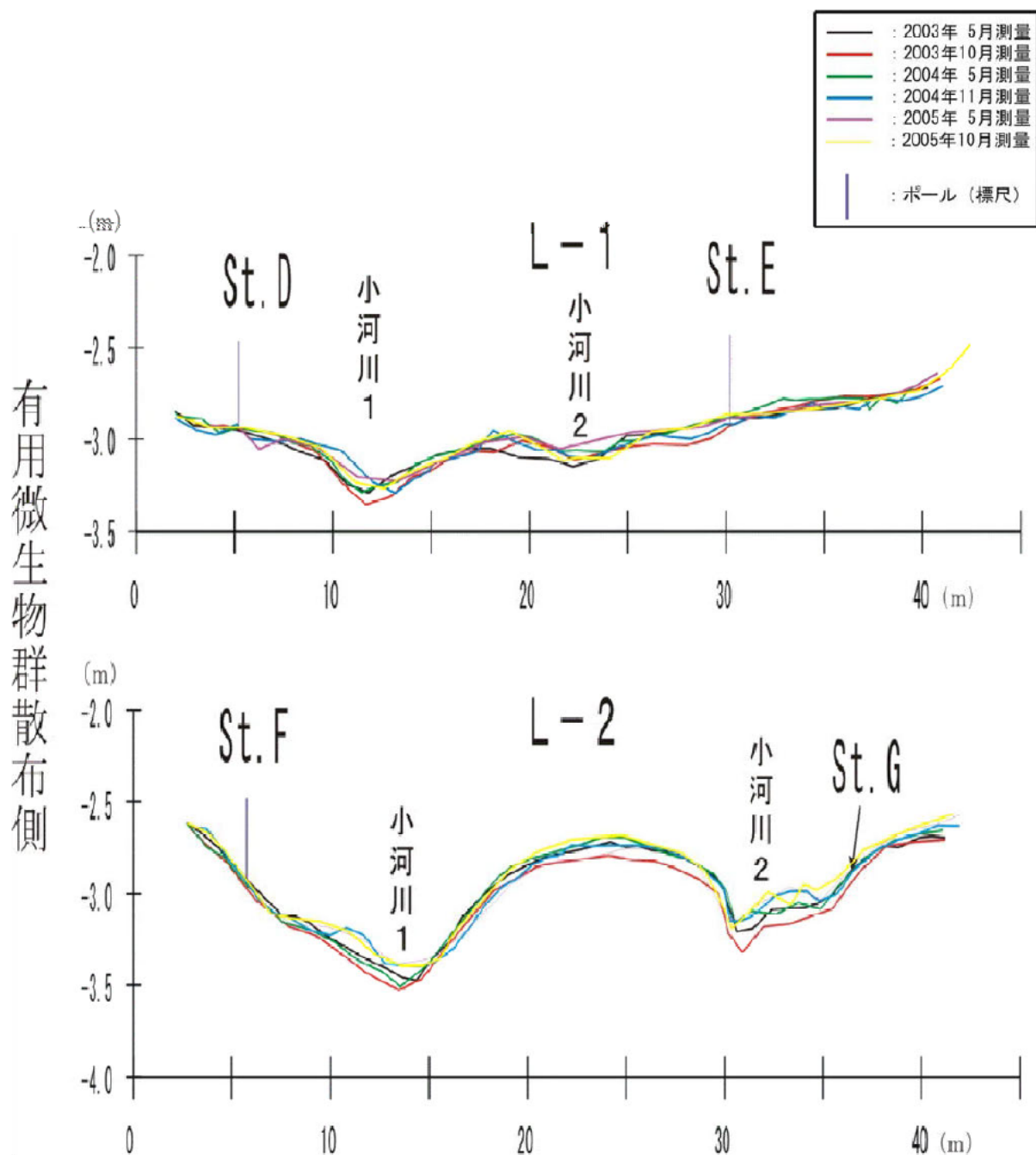


図3-2-7 泥厚経年変化

(3) 底質調査

1) 粒度組成

底質の粒度組成経年変化を図3-2-8(1)～(2)に示した。

① 片田地区

St. A(長田浦)やSt. C(布施田浦)の底質は、シルト・粘土分を主とした堆積物であり、St. A(長田浦)は調査開始時の2003(H15)年5月から2004(H16)年7月までは、シルト・粘土の若干減少がみられたが、2004(H16)年11月以降は再び増加傾向となり、2005(H17)年1月には調査開始時とほぼ同様のシルト・粘土含有量に戻っていた。

2005(H17)年5月以降は概ね横ばい傾向であったが、2006(H18)年1月には再びシルト・粘土の減少がみられた。

過去の一連の傾向から、最後の1回だけでは泥分減少とは断定はできないが、今後の改善傾向に期待したい。一方、対照区のSt. C(布施田浦)は、2004(H16)年5月から調査を実施したSt. Cは、シルト+粘土分が73.3～84.0%の範囲であり、概ね横ばい傾向であった。

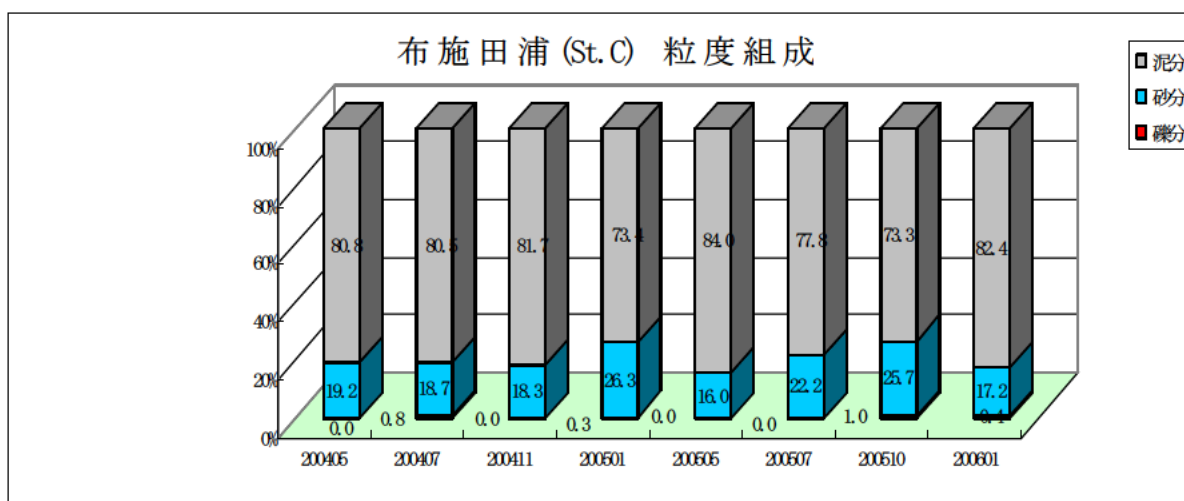
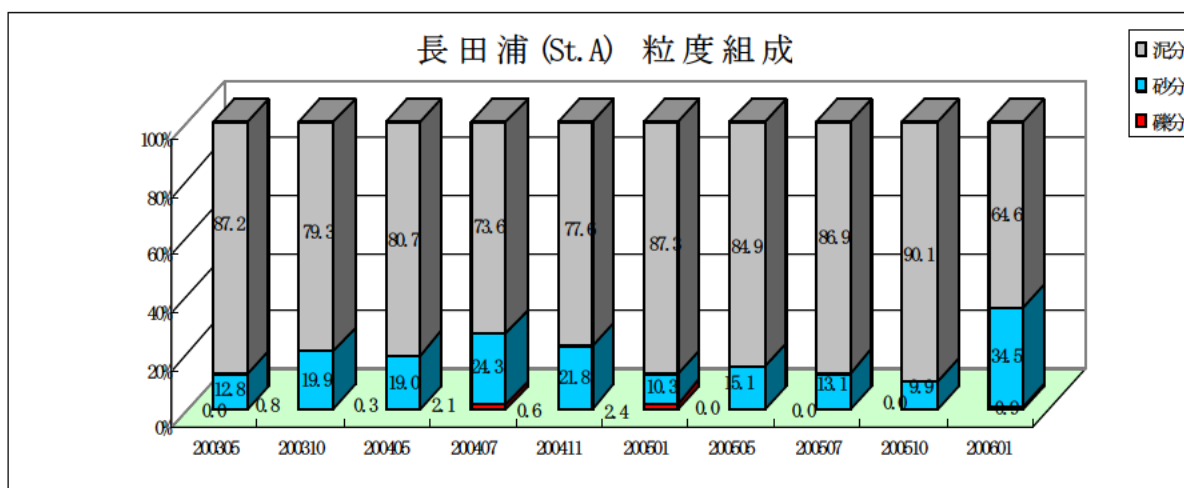


図3-2-8(1) 長田浦 粒度組成経年変化

② 神明地区

St. FとGは、小河川の流出口付近であり、小河川の影響を強く受けている可能性が高いと推測される。全体的には、St. F、St. Gで泥分が減少し、St. D、St. Eの泥分は横ばいもしくは若干の増加であった。St. FとSt. Gは小河川の流出口付近であり、レキ分の変動を見る限り、小河川の影響を強く受けている可能性は否定できない。また、散布側と対岸との間に大きな違いは確認できなかった。

[有用微生物群散布側 (St. D、St. F)]

St. Dは調査開始時にみられた礫分は、2003(H15)年10月には減少し、その後はみられずシルト・粘土分を主とした堆積物であった。St. Fは、調査開始時にはシルト・粘土分を主とした堆積物であったが、秋期調査時に礫分の混入などがみられ、2004(H16)年10月には砂礫分の混入が60%以上となった。2005(H17)年5月以降は礫分が減少し、砂礫分は約50%程度で推移した。

[対岸 (St. E、St. G)]

St. E及びGは、調査開始時は50%以上、シルト・粘土分を主とした堆積物であった。St. Eは調査開始時からほとんど変化がない状態で推移していたが、2005(H17)年5月以降、砂分が約20%減少した状態で2005(H17)年10月まで推移していた。

St. Gは2003(H15)年10月に、急激に礫分の混入がみられた。それ以降、St. Gでは礫分の減少傾向がみられた。

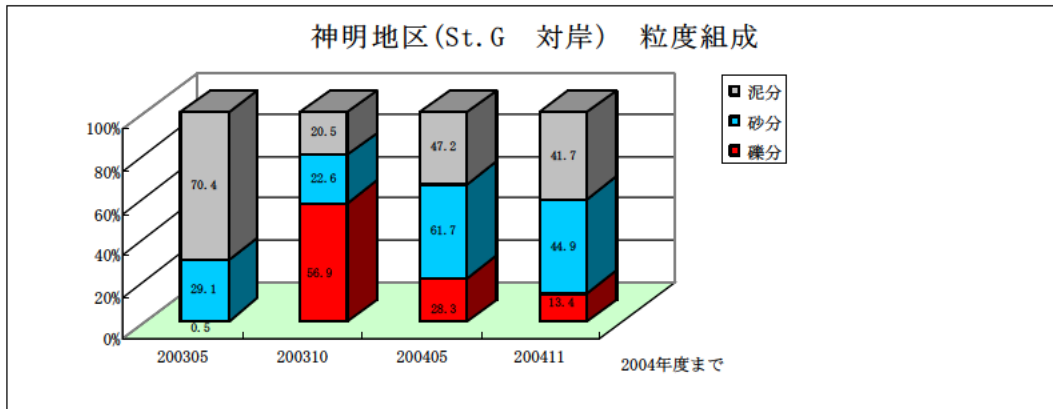
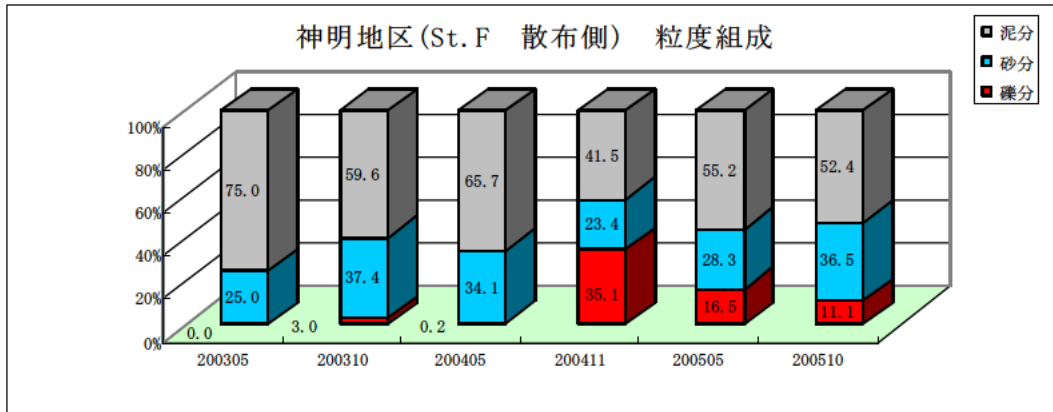
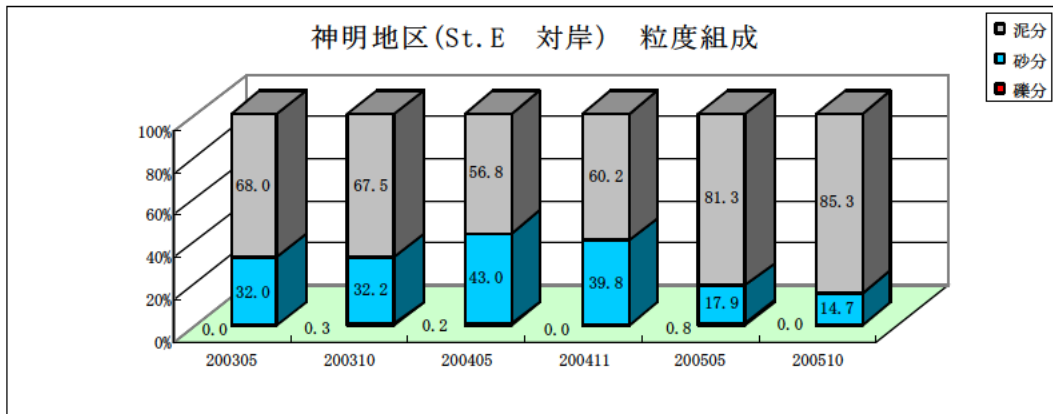
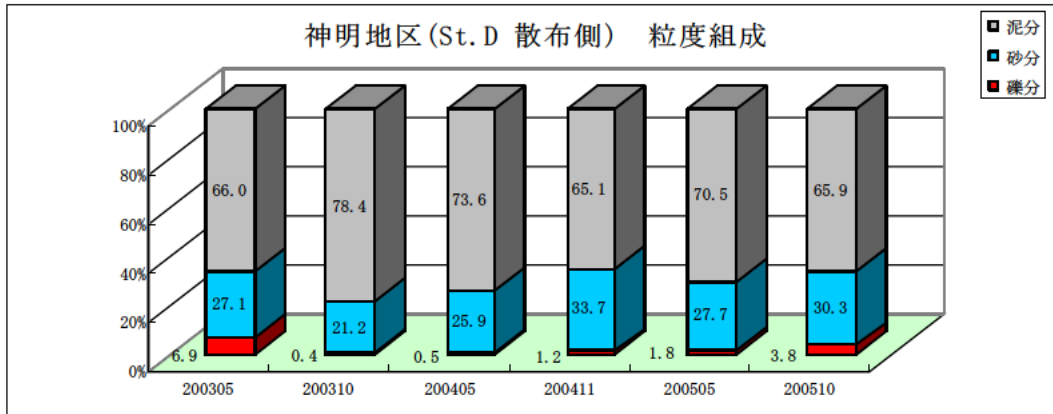


図 3 - 2 - 8 (2) 神明地区 粒度組成経年変化

2) COD等

COD、TOC(全有機炭素)、AVS(酸揮発性硫化物)、T-N、pH、強熱減量の経年変化を図3-2-9(1)~(4)に、夏期と冬期の底質比較を図3-2-10(1)~(4)に、示した。グラフはi)すべての季節を含むグラフ、ii)夏期における経年変化グラフ、iii)冬期における経年変化グラフiv)神明地区における散布側-対岸比較にまとめた。

① 片田地区

CODについて、実験区の長田浦ではEM投入前から投入後1年余りの間は特に変化はなかったが、投入から2年を経過した2003(H15)年夏期から低下が観測された。2005(H17)年夏期に一時悪化を示したが、実験期間全体を眺めるとEM投入時前よりも低い状態にある。なお、長田浦では2005(H17)4月~2005(H17)11月の期間は有用微生物資材の投入を中断していた。

一方、EMを投入していない湾奥の観測点(P18 図3-1-5参照)においては、実験区の長田浦で低下が観測された2002(H14)年~2003(H15)年にかけて、低下は観測されなかった。また、対照区の布施田浦及び立神観測点については、2002(H14)年以前のデータが無いため、実験区との比較はできないが、データ取得期間においては、低下の傾向を示さなかった。このように湾奥のCODがほぼ一定の傾向を示す中、当該EM投入区の長田浦のCODが低下した点は特筆すべき点である。

TOC、AVS、T-N、強熱減量については、特に低下傾向は観測されず、EMを投入していない湾奥の観測点(P18 図3-1-5参照)、布施田浦及び立神観測点と比較しても、特筆すべき点はなかった。

pHにおいても特筆すべき点はなかった。

② 神明地区

COD及びAVSについて、EM投入前から投入後1年余りの間は特に変化はなかったが、投入から2年を経過した2003(H15)年夏期から低下が観測された。その後増加した時もあったが、全体的の傾向としては低下状態にある。これらについては、散布側と対岸とに低下の差は認められなかった。

なお、TOC、強熱減量、T-Nについては、特に低下傾向は示さず、散布側と対岸の間に差は認められなかった。

pHにおいても特筆すべき点はなかった。

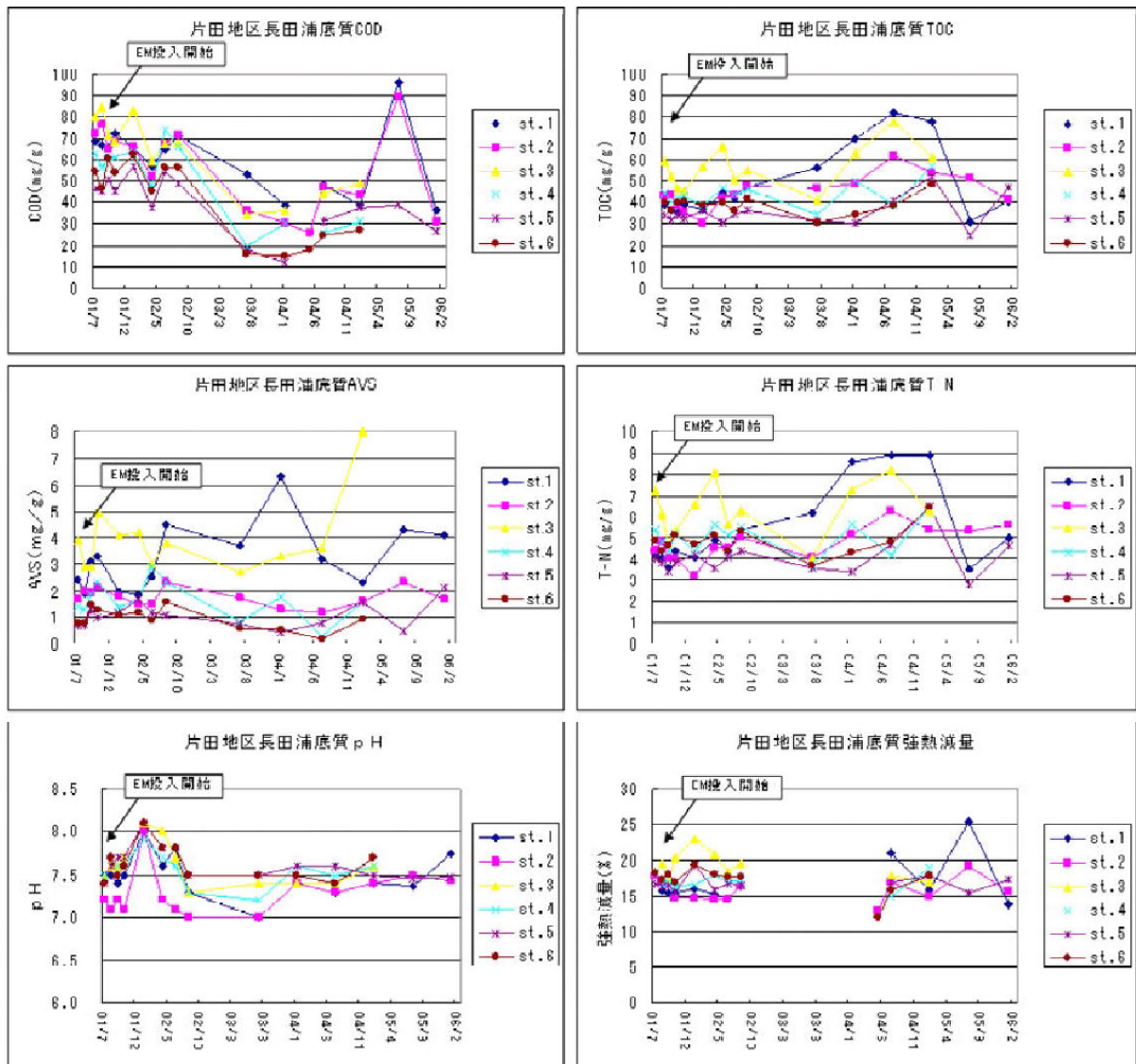


図3-2-9(1) 底質の経年変化(片田地区 長田浦)

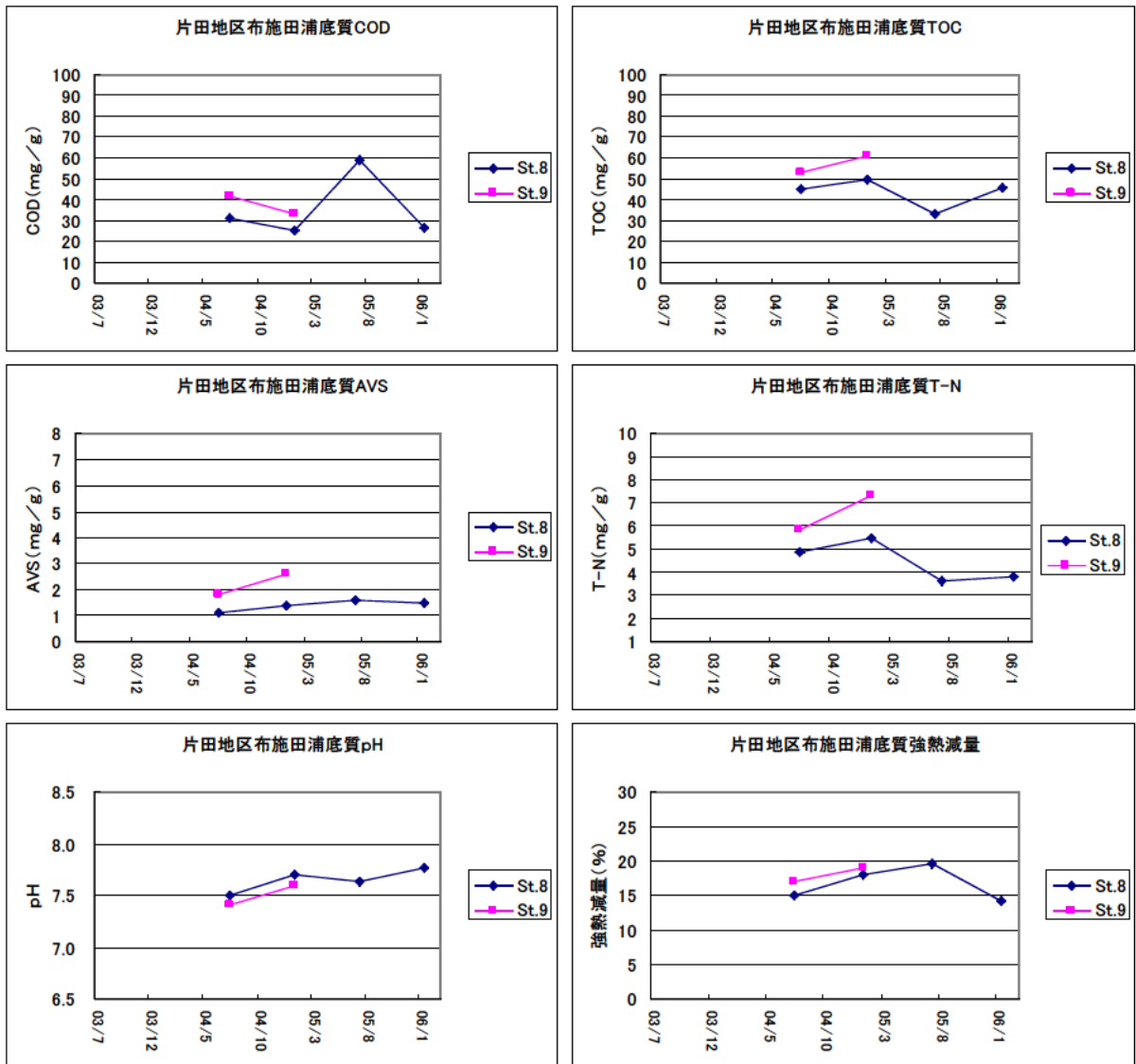


図 3 - 2 - 9 (2) 底質の経年変化(片田地区 布施田浦)

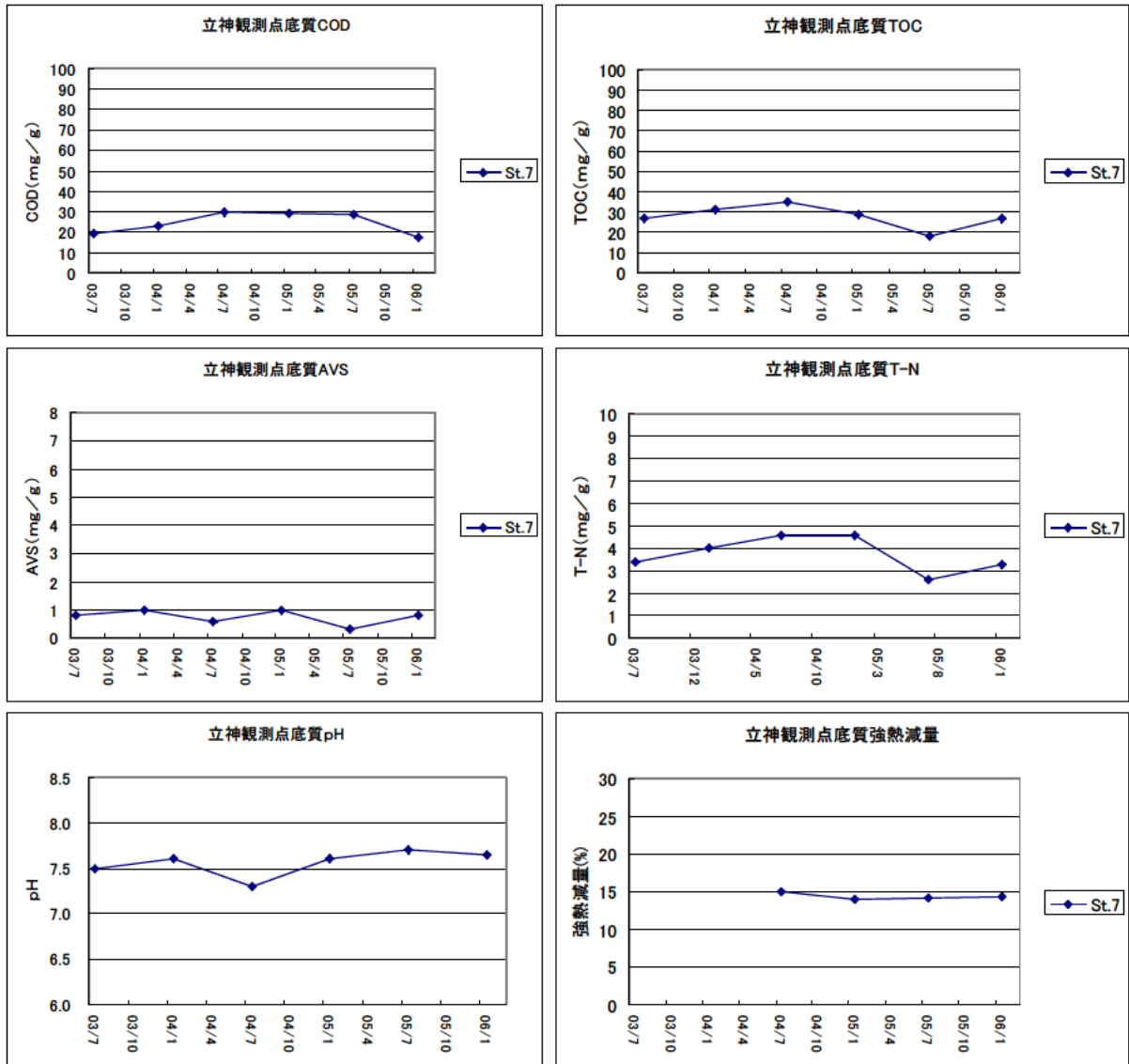


図 3-2-9 (3) 底質の経年変化(立神観測点)

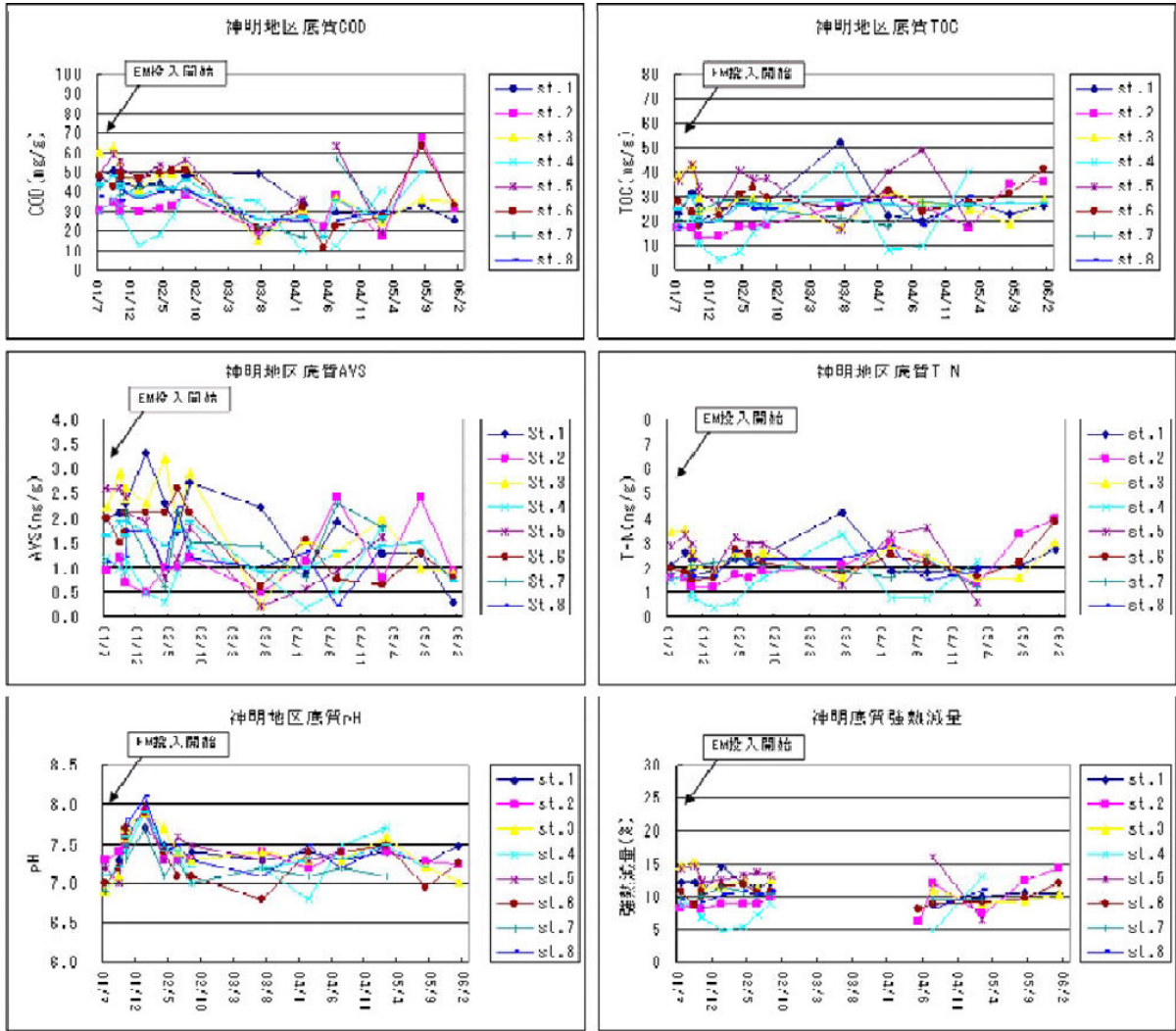


図 3 - 2 - 9 (4) 底質の経年変化(神明地区)

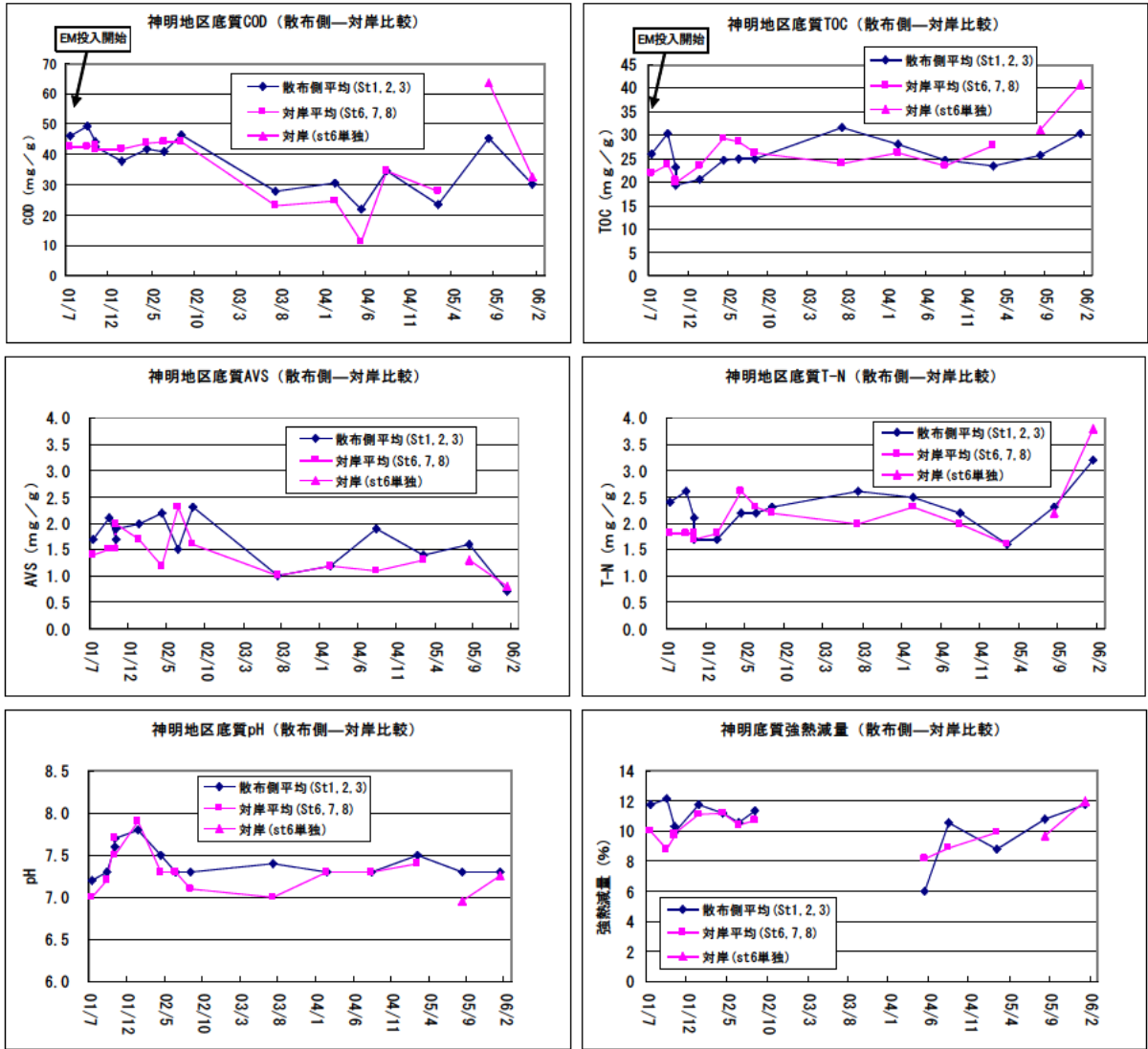


図 3-2-9 (5) 底質の経年変化(神明地区 散布側—対岸比較)

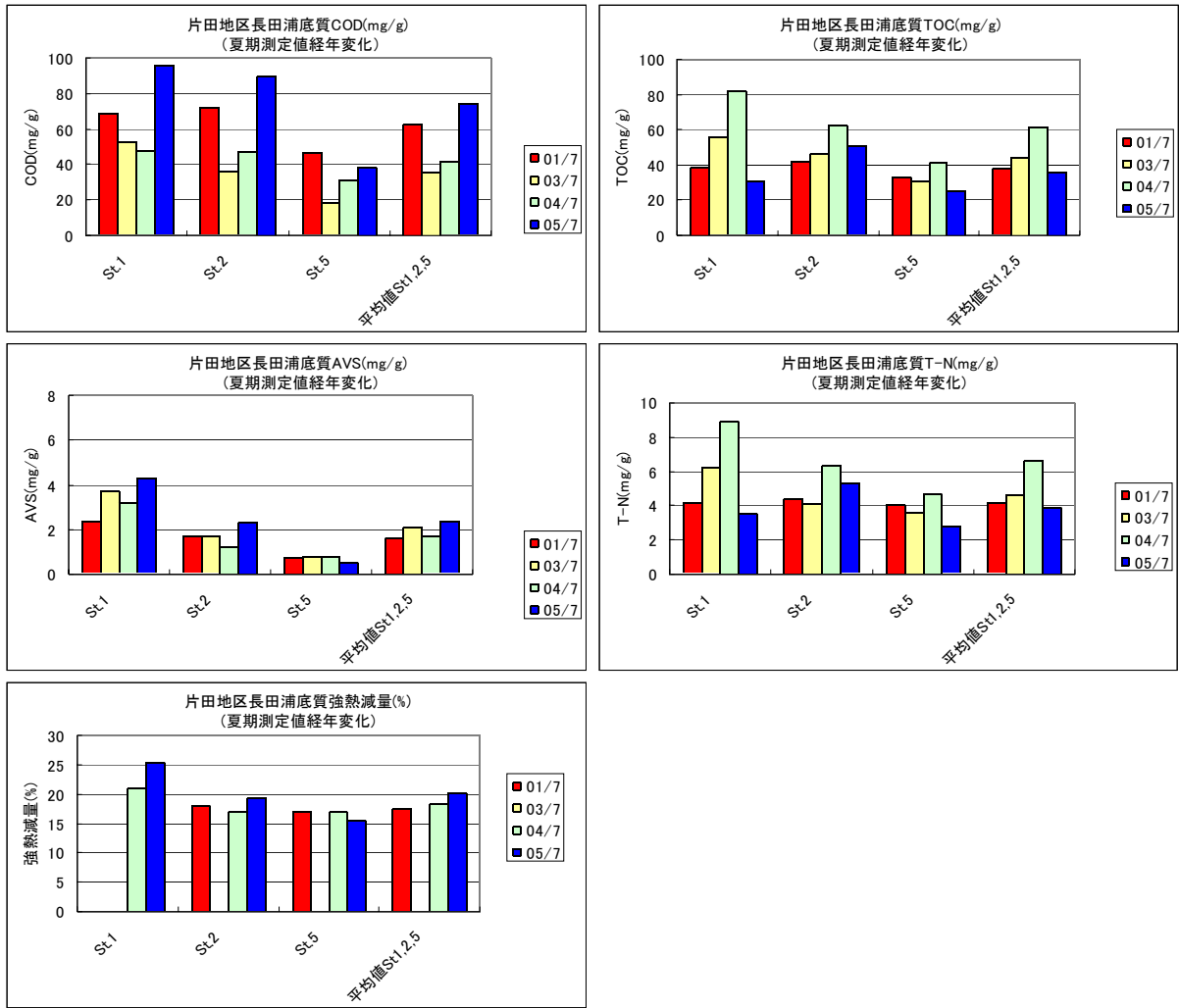


図 3 - 2 - 10(1) 底質夏期比較(片田地区 長田浦)

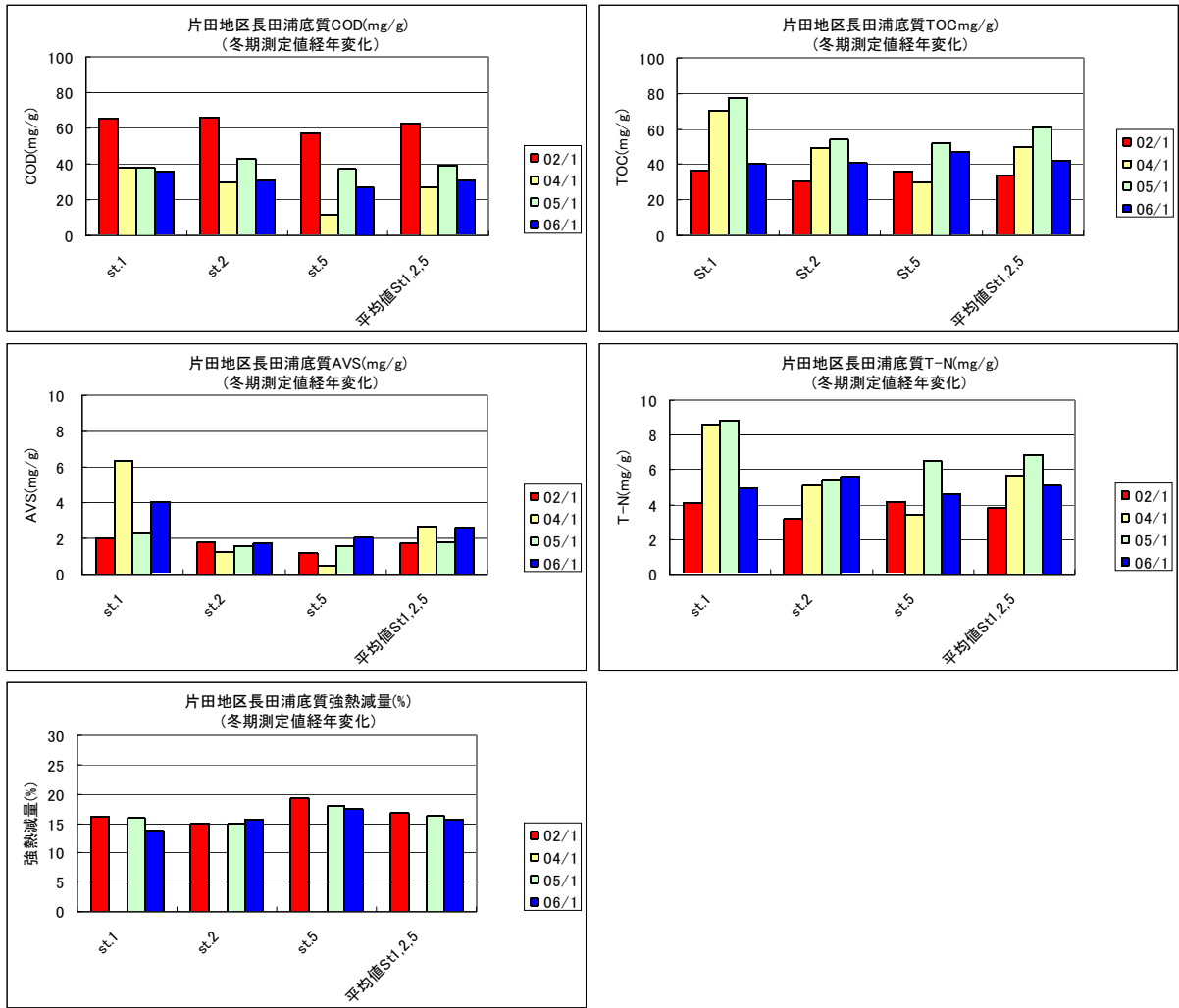


図 3 - 2 - 10(2) 底質冬期比較(片田地区 長田浦)

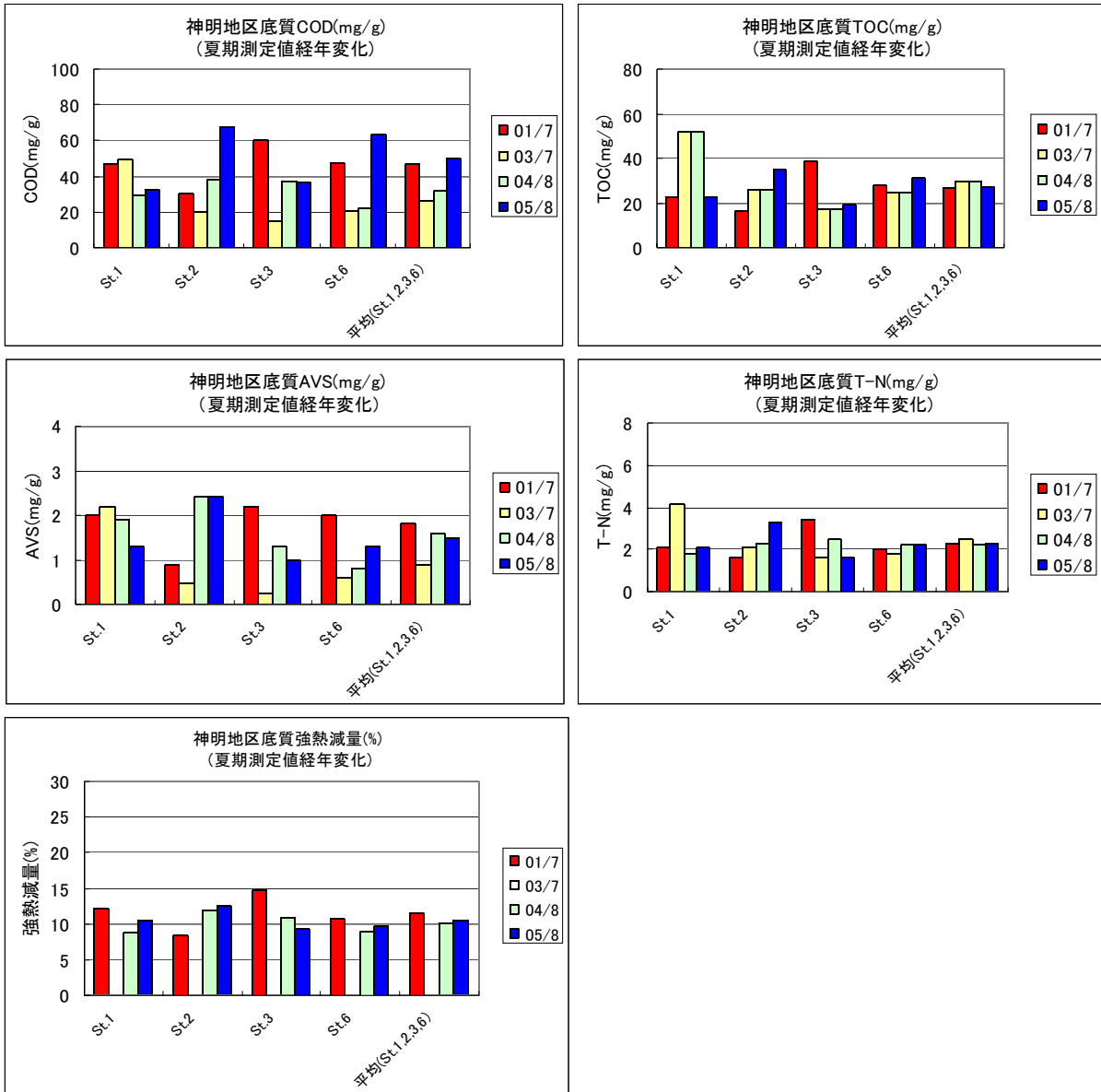


图 3 - 2 - 10(3) 底質夏期比較(神明地区)

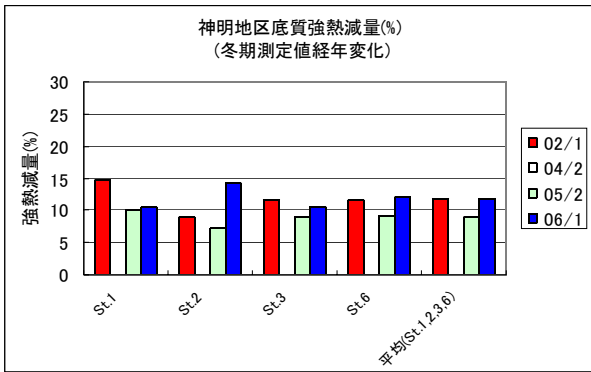
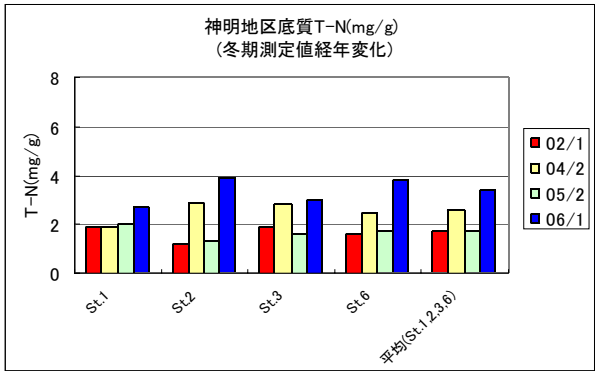
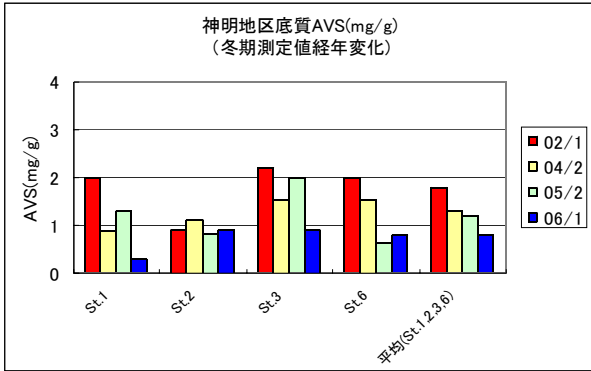
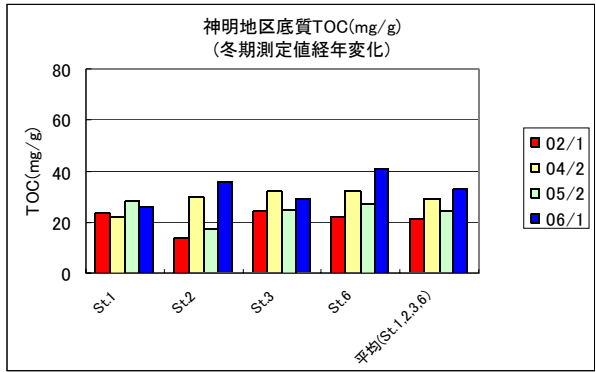
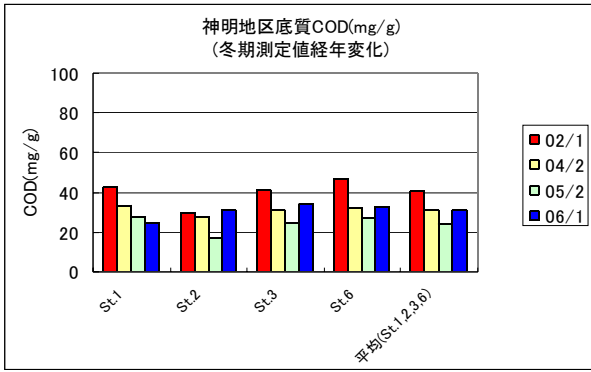


図 3 - 2 - 10(4) 底質冬期比較(神明地区)

(4) 底生生物調査

底生生物の経年変化を図3-2-11(1)～(2)に、底生生物多様度指数を図3-2-12に示した。

① 片田地区

[深場]

実験区の長田浦では、個体数について、有用微生物投入前(2001(H13)年7月)に節足動物門と環形動物門が若干見られたが、有用微生物投入後、2003(H15)年10月まで無生物に近い状態が継続した。2004(H16)年1月以降回復傾向を示し、2006(H18)年1月には、有用微生物投入前(2001(H13)年7月)を上回る状態となった。また、多様度指数に関しても、2003(H15)年度より2004(H16)年度、2005(H17)年度の方が良好な状態であった。

なお、軟体動物が主体的に出現する傾向であった。

一方、対照区の布施田浦では、2003(H15)年度以前のデータがないため、確実な比較はできないが、2004(H16)年度以降の傾向としては、個体数、多様度指数とも長田浦と類似した傾向を示した。

[浅場]

実験区の長田浦では、調査開始時(2004(H16)年5月)には軟体動物門や環形動物門が出現比率が高かった。その後、夏期に種類数や個体数が減少し、秋期～春期に回復する季節的な変化がみられ、2006(H18)年1月には環形動物門が主体的に出現する傾向であった。多様度指数に関しては、2004(H16)年度より2005(H17)年度は若干下回る傾向であった。

対照区の布施田浦は、個体数や種類数に差はみられるが、増減傾向は類似していた。多様度指数に関しては、2004(H16)年度より2005(H17)年度は若干上回る傾向であった。

② 神明地区

神明地区St.D～Gにおける底生生物の経年変化は、秋期～冬期に個体数が多い傾向がみられた。生物相は軟体動物が増加する傾向であった。散布側と対岸との間に大きな違いは確認できなかった。

[有用微生物群散布側 (St.D、St.F)]

両地点とも調査開始時は環形動物門が占めていたが、2002(H14)年4月には環形動物門の他、軟体動物門、節足動物門の増加がみられた。それ以降は時期的な増減を繰り返していた。また、夏期～秋期に個体数や種類数が低くなる傾向がみられた。多様度指数については特筆すべき傾向はみられなかった。

[対岸 (St.E、St.G)]

両地点とも調査開始時は環形動物門が占めていたが、2002年4月には環形動物門の他、軟体動物門、節足動物門の増加がみられた。それ以降は概ね有用微生物群散布側と同様の傾向がみられた。多様度指数については、特筆すべき傾向はみられなかった。

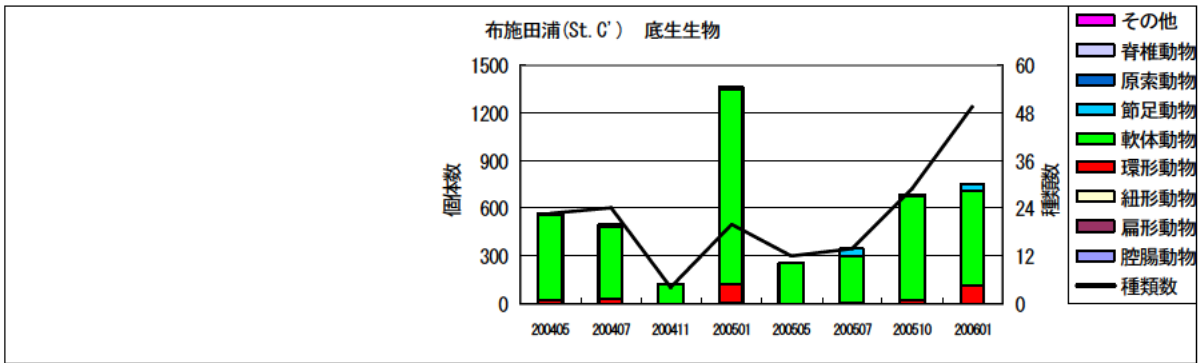
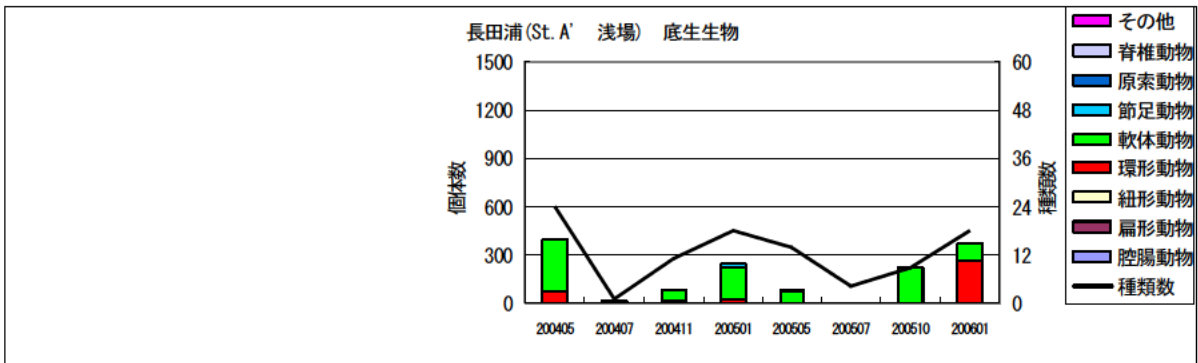
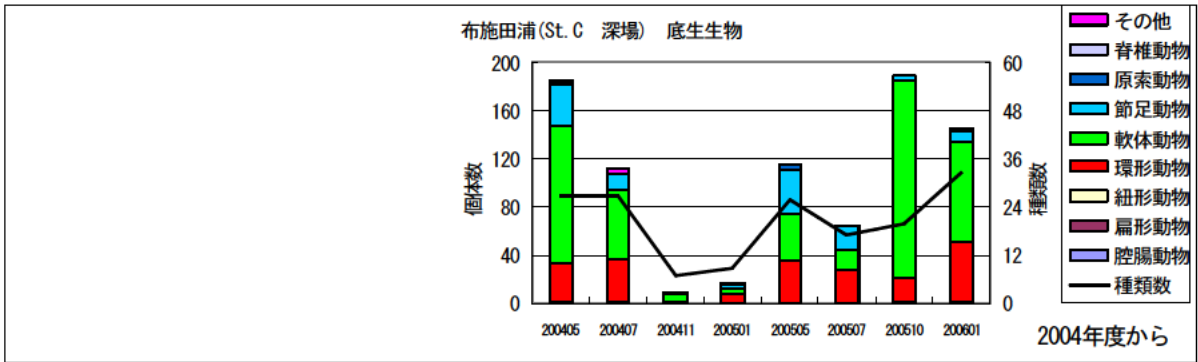
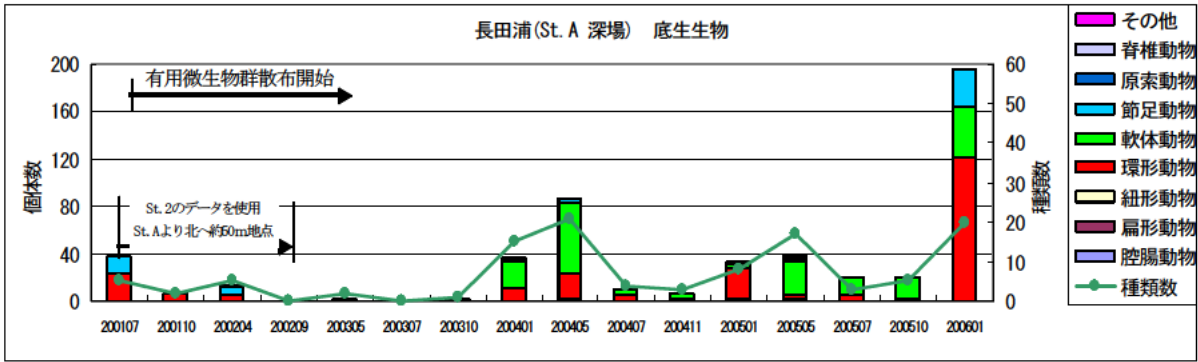


図 3 - 2 - 11(1) 片田地区 底生生物経年変化

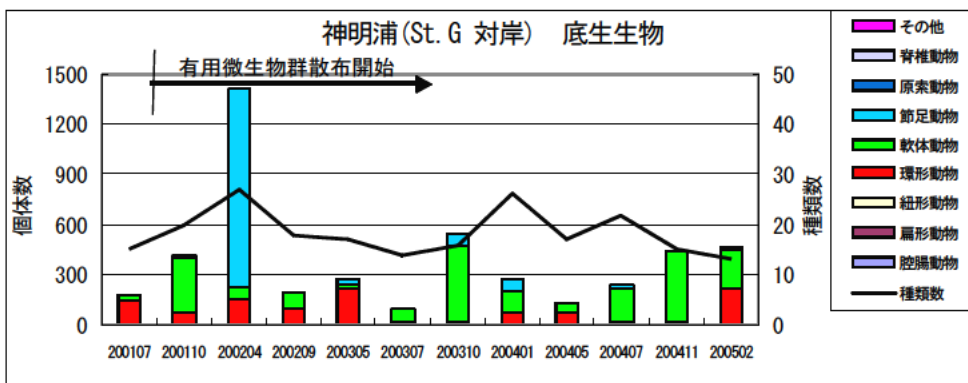
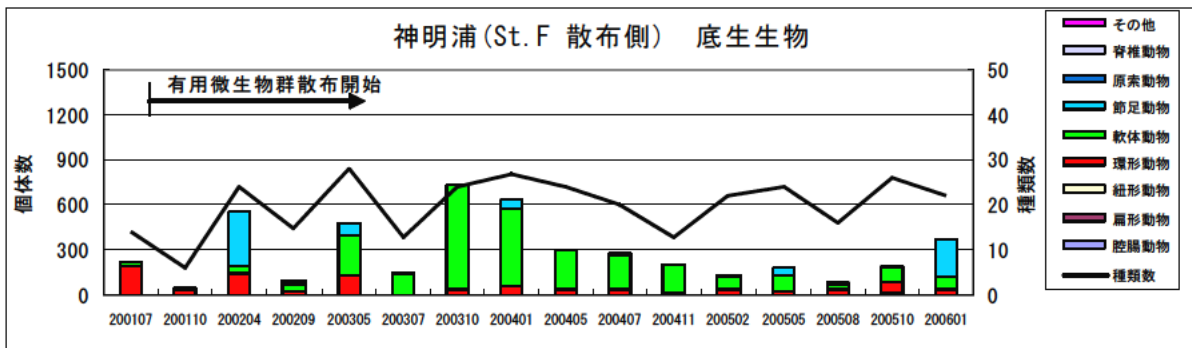
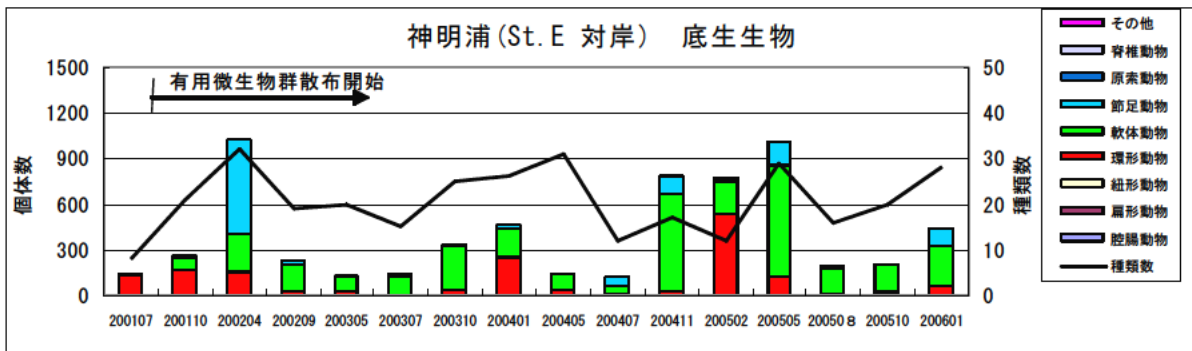
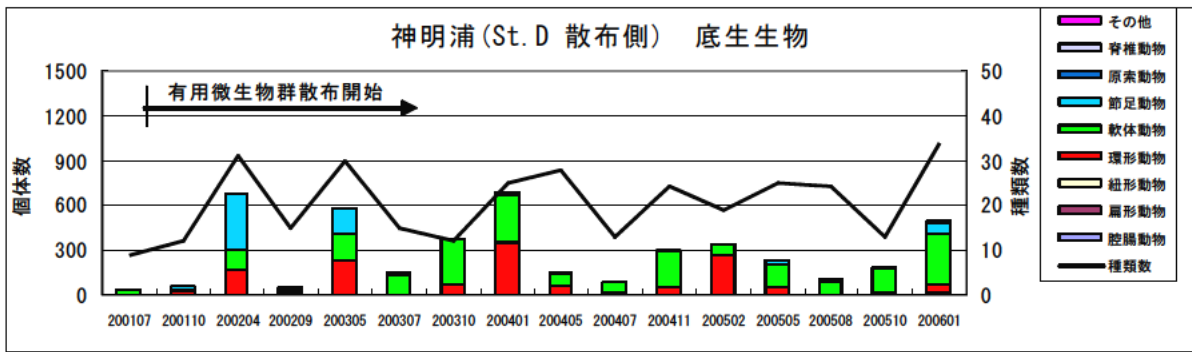


図 3 - 2 - 11(2) 神明地区 底生生物経年変化

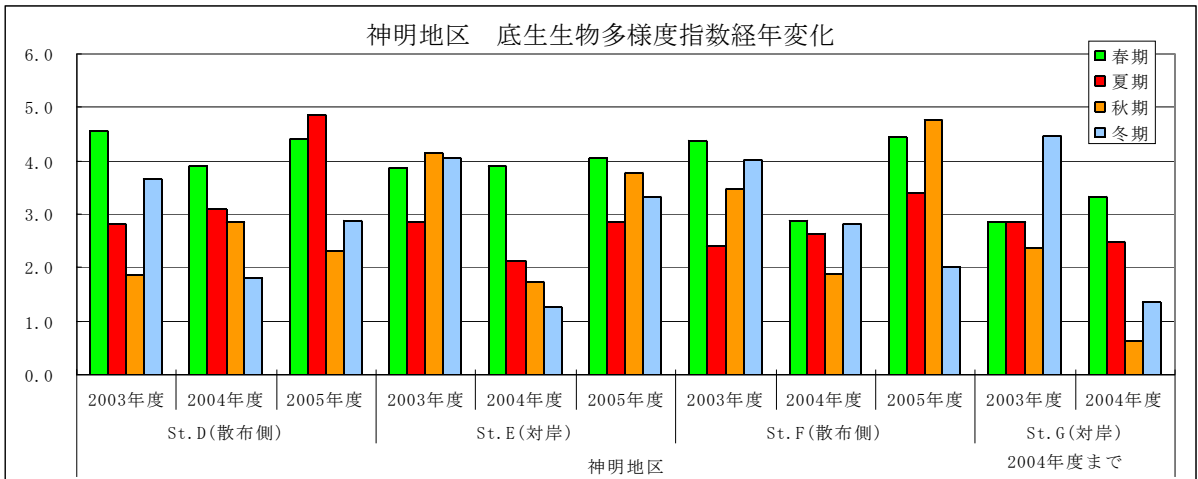
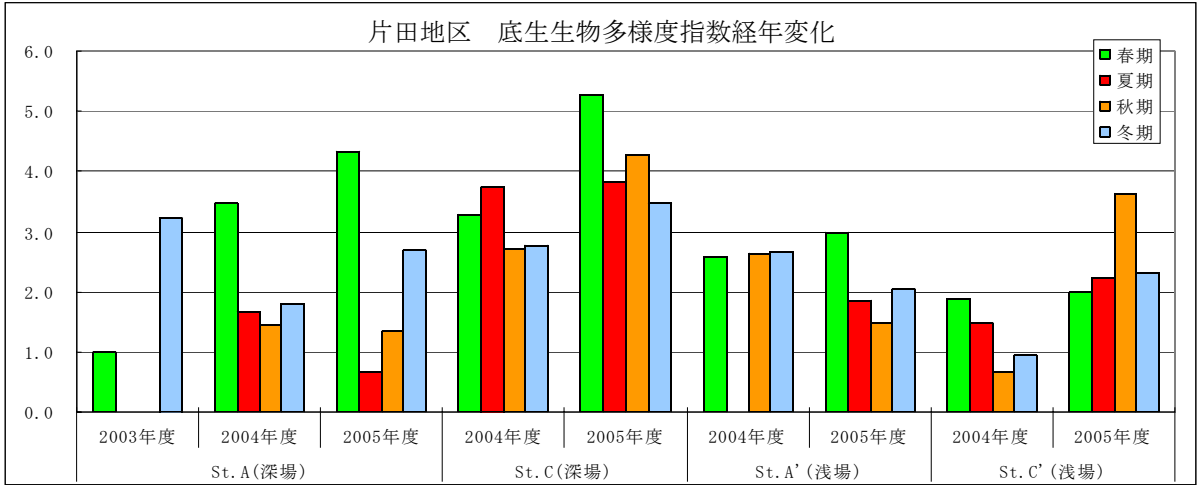


図 3 - 2 - 12 底生生物多様度指数経年変化

(5) 動・植物プランクトン調査及び卵稚仔調査

動・植物プランクトン及び卵稚仔の経年変化を図3-2-13に示した。

片田地区において、実験区の長田浦で2003(H15)年度、2004(H16)年度とデータを取得したが、特筆すべき結果は観測されなかった。

1) 動物プランクトン

出現した動物プランクトンは主に節足動物門、幼生類であり、夏期～秋期にかけて個体数が多く、冬期～春期にかけて個体数の少ない傾向がみられた。

2) 植物プランクトン

出現した植物プランクトンは主に不等毛植物、クリプト植物、不明(微細藻類)、渦鞭毛植物門であり、春季～秋期に細胞数が多くなり、冬期は細胞数が少なくなる傾向がみられた。

3) 卵・稚仔調査

① 卵

出現した卵は主にウバウオ目、不明卵、ニシン目であり、春期から夏期のみ出現していた。

② 稚仔魚

出現した稚仔魚は主にスギ目、ダツ目であり、夏期と冬期に出現がみられた。

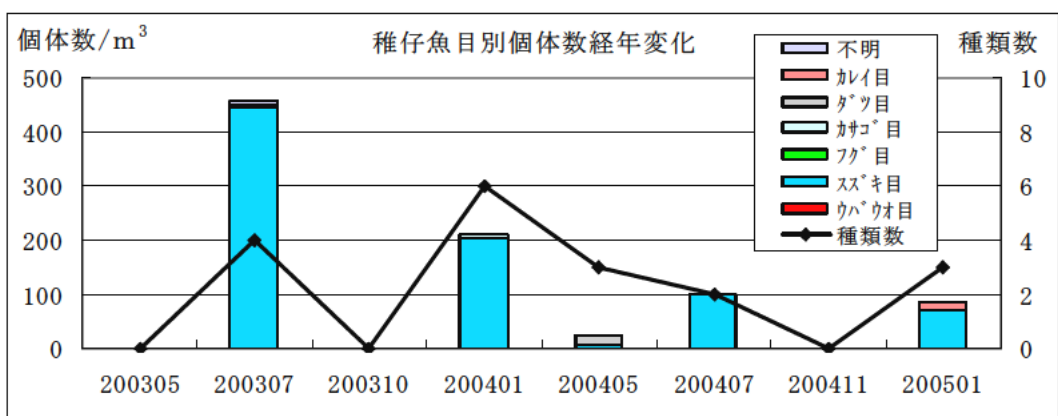
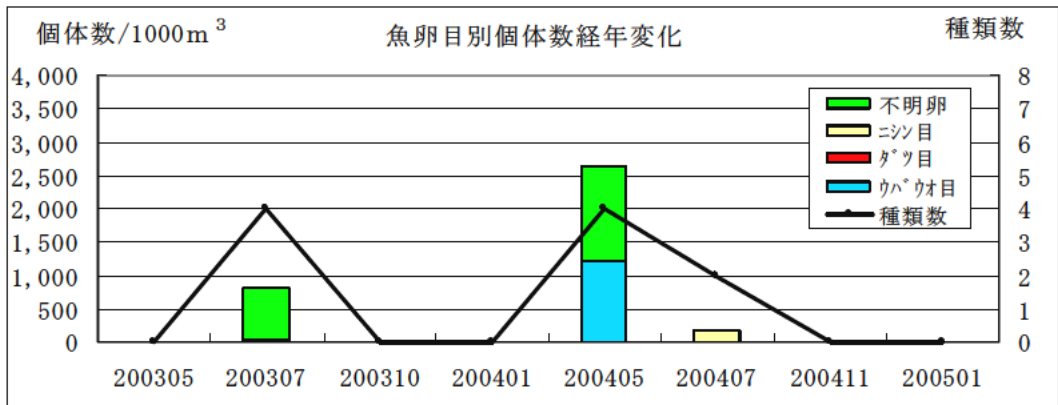
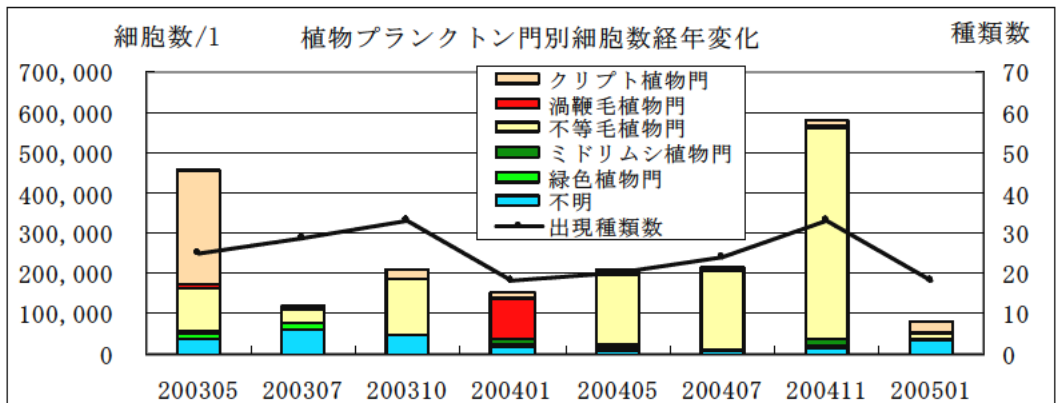
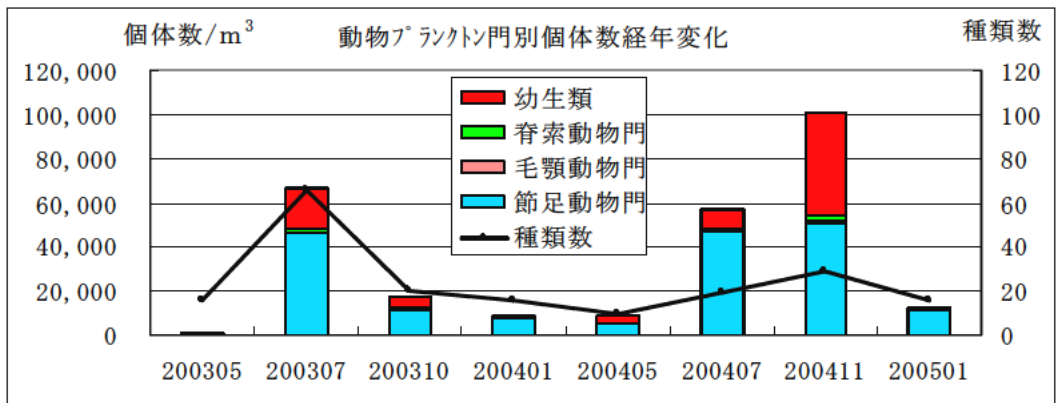


図3-2-13 動・植物プランクトン及び卵稚仔の経年変化(片田地区 長田浦)

(6) 水 質

pH、DO(溶存酸素)、COD(化学的酸素要求量)、T-N(全窒素)、T-P(全りん)、クロロフィルaの結果を図3-2-14(1)～(6)に示した。

グラフは、i) EM投入後約1年間の変化はどうであったか(片田地区長田浦)、ii) 平成15年度以降測定結果はどうであったか(片田地区長田浦、片田地区布施田浦、立神観測点、神明地区)という視点から作成した。

① 片田地区

pHについては、EM投入区である長田浦の値は、EM投入後約1年間の変化も、平成15年度(2003年度)以降測定結果も、EMを投入していない布施田浦及び立神観測点と違いがみられず海水の一般的な値が観測されていると言える。

DOについては投入後1年間の変化で、夏期における低下が観測され、平成15年度(2005年度)以降測定結果も同様の傾向と値を示した。

CODについては、EM投入区の長田浦でEMを投入していない平成17年(2005年)夏期及び秋期に、布施田浦や立神観測点と比較してCODが高くなる傾向がみられたが、それ以外では、EM投入区である長田浦とEMを投入していない湾奥の観測点(P18 図3-1-5参照)、布施田浦及び立神観測点に有意のある違いは見い出せなかった。

T-Nについては、平成15年度(2003年度)以降測定を開始した。EM投入区である長田浦もEMを投入していない布施田浦及び立神観測点も同様の傾向を示した。

T-Pについては、やや測定地点間の値に差はあるが、EM投入区である長田浦とEMを投入していない布施田浦及び立神観測点に意義のある違いは見い出せなかった。

クロロフィルaについては、投入後1年間の変化では夏期に高く、冬期に低い傾向が観測されたが、平成15年度(2003年度)以降は、EM投入区の長田浦で変動が大きい、低下傾向であった。しかし、EMを投入していない布施田浦及び立神観測点においても低下傾向であった。

② 神明地区

St.1はサンプリング地点から考察して生活排水の影響を強く受けていると考えられる。そのため、St.1、St.2と傾向が異なる。各測定項目は立神観測点の値と傾向に類似しており、特筆すべき点はなかった。

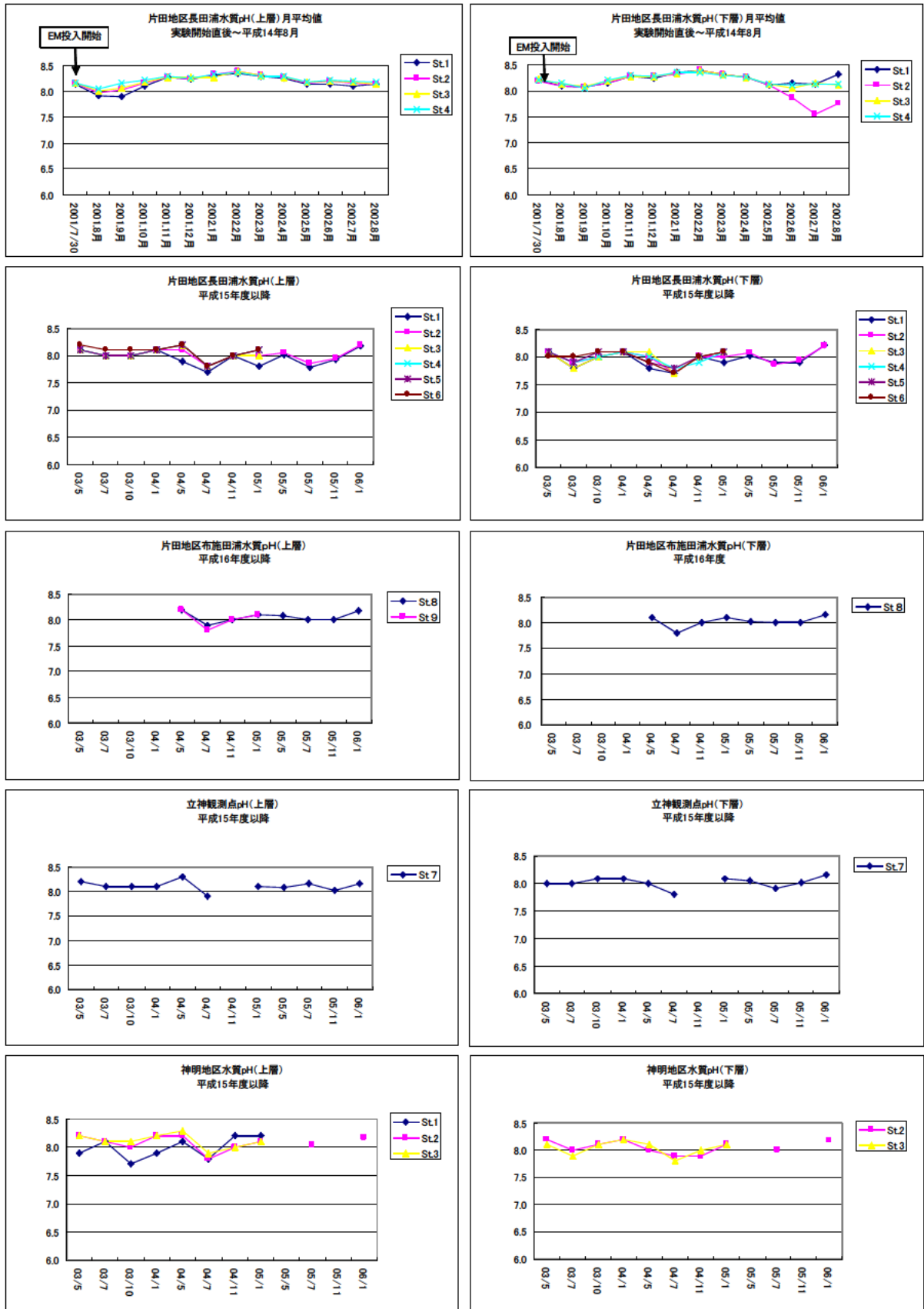


図 3 - 2 - 14(1) 水質経年変化 pH

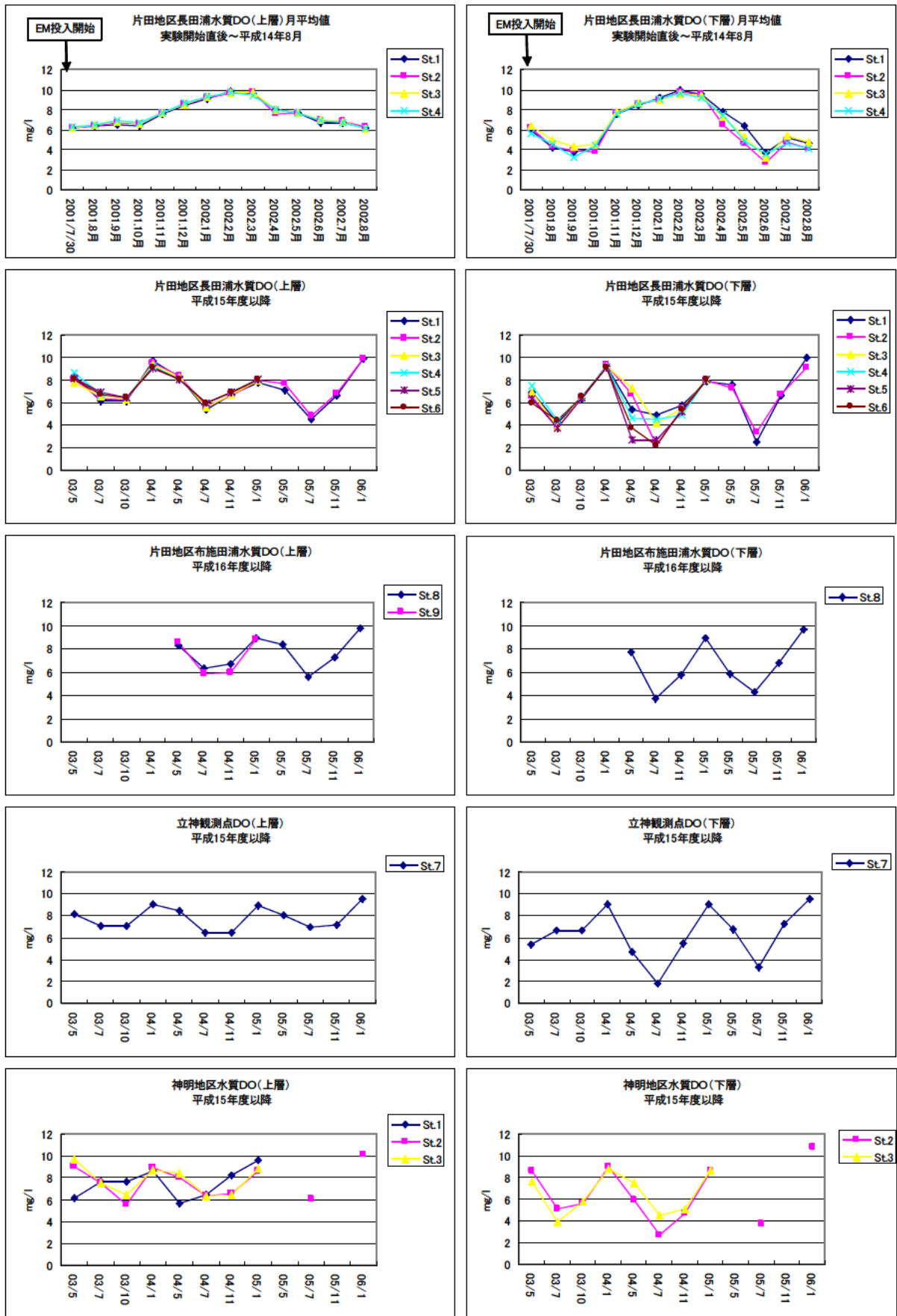


図3-2-14(2) 水質経年変化 DO

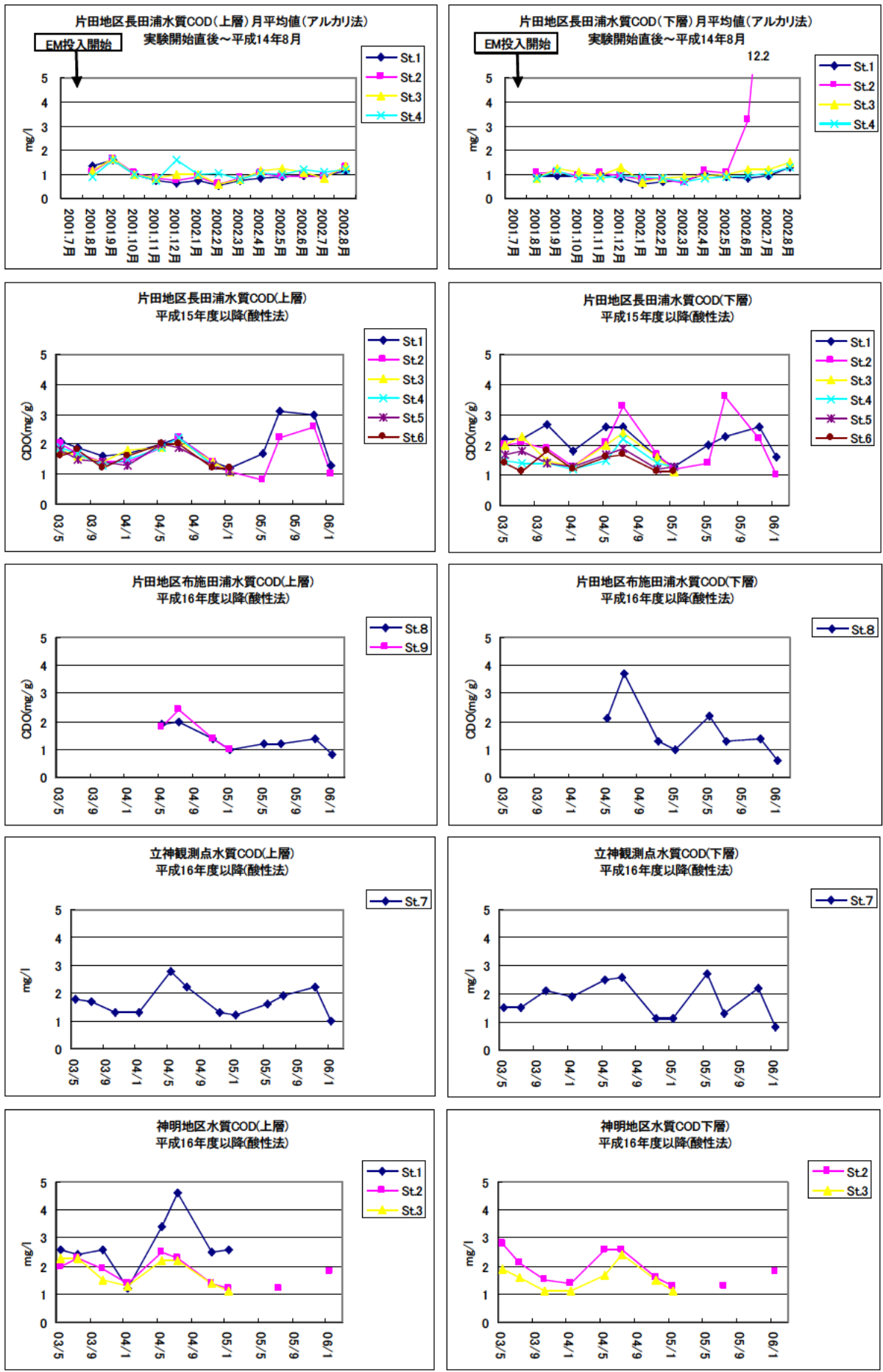


図 3 - 2 - 14(3) 水質経年変化 COD

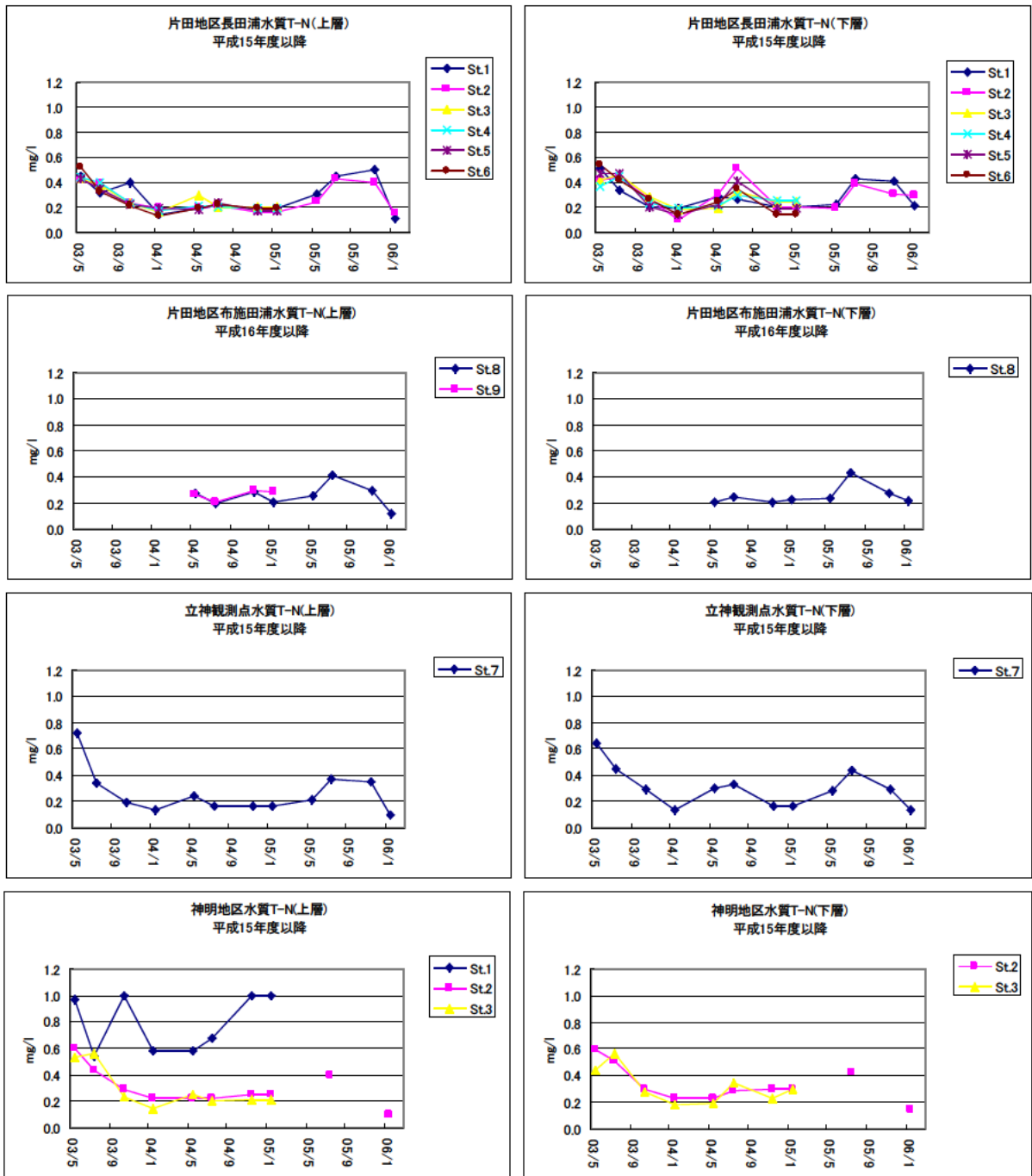


図 3 - 2 - 14(4) 水質経年変化 T-N

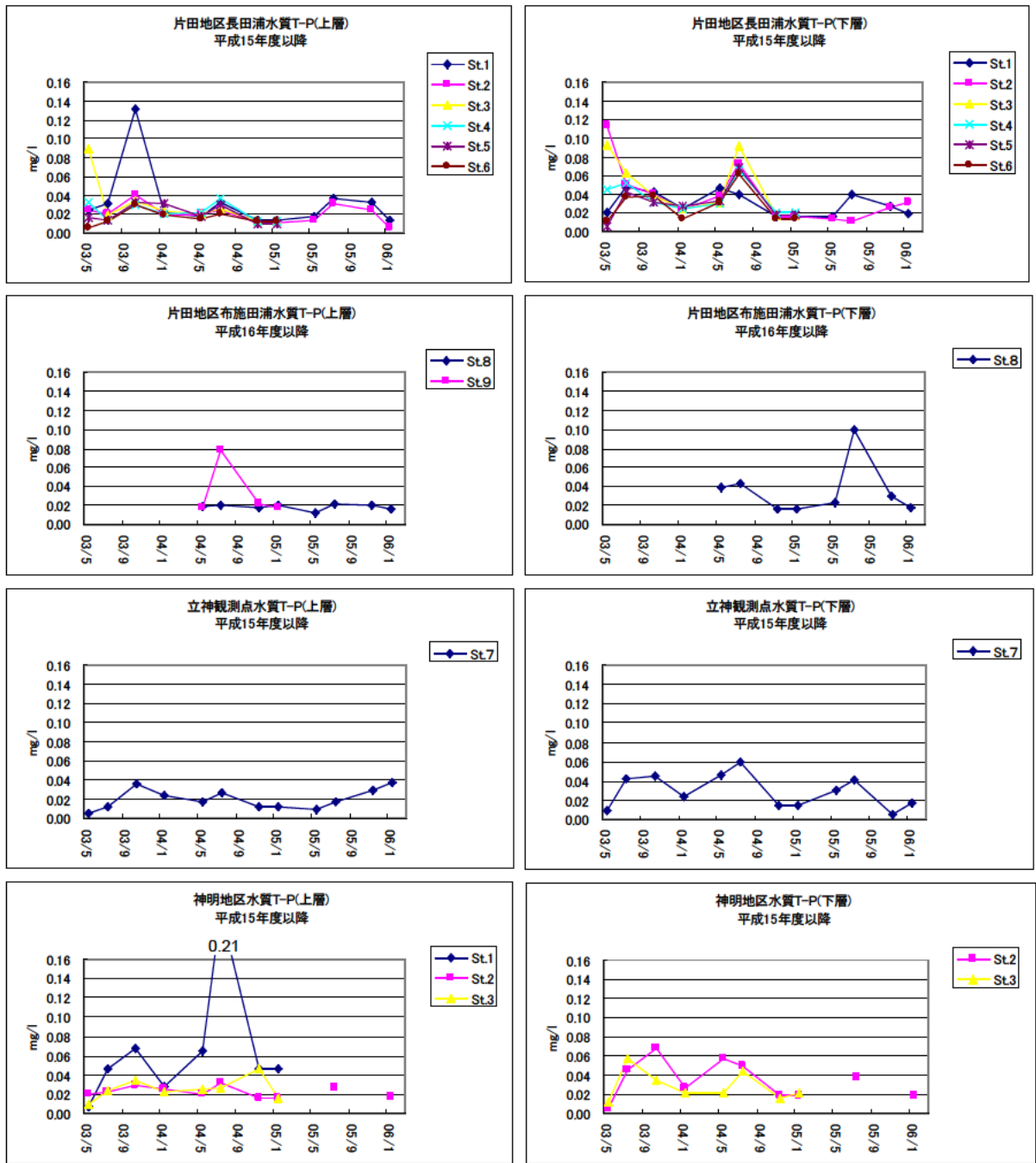


図 3 - 2 - 14(5) 水質経年変化 T-P

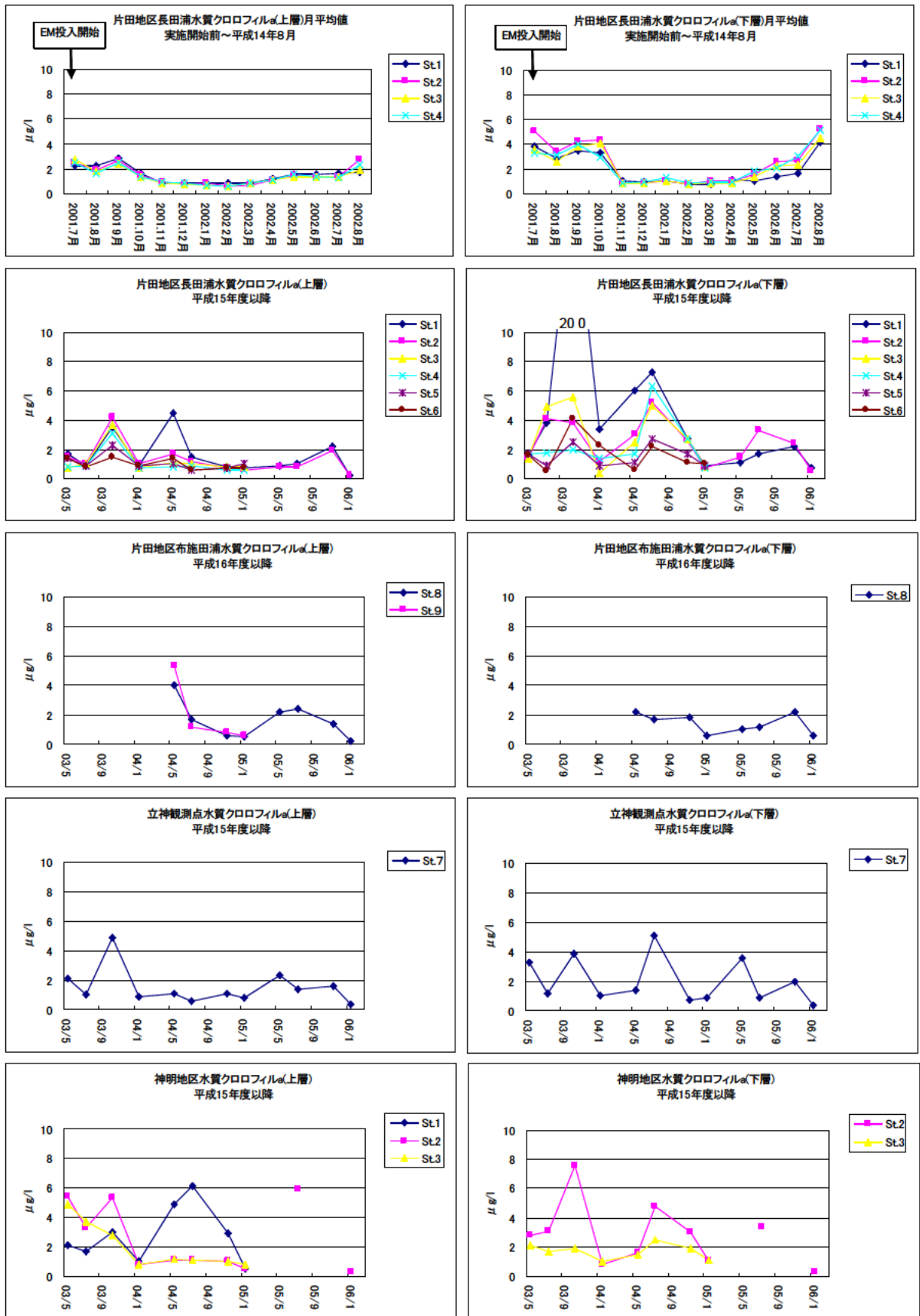


図3-2-14(6) 水質経年変化 クロロフィル a

(7) 聞き取り調査

平成15年度～平成17年度調査結果から、聞き取り調査結果について、漁獲量、改善効果、散布による変化について経年変化をとりまとめた。経年変化を図3-2-15に示した。

片田地区及び神明地区の漁業関係者(真珠養殖、カキ等その他貝類養殖、のり養殖、刺し網業)からのアンケート調査結果については、概ね環境改善したという認識が多かったが、漁獲量については増加していないという認識であった。散布による変化の内容(複数回答制)をみると、神明地区における「悪臭が無くなった」という意見が多く、次いで「アマモが増えた」(片田、神明)という意見が多かった。

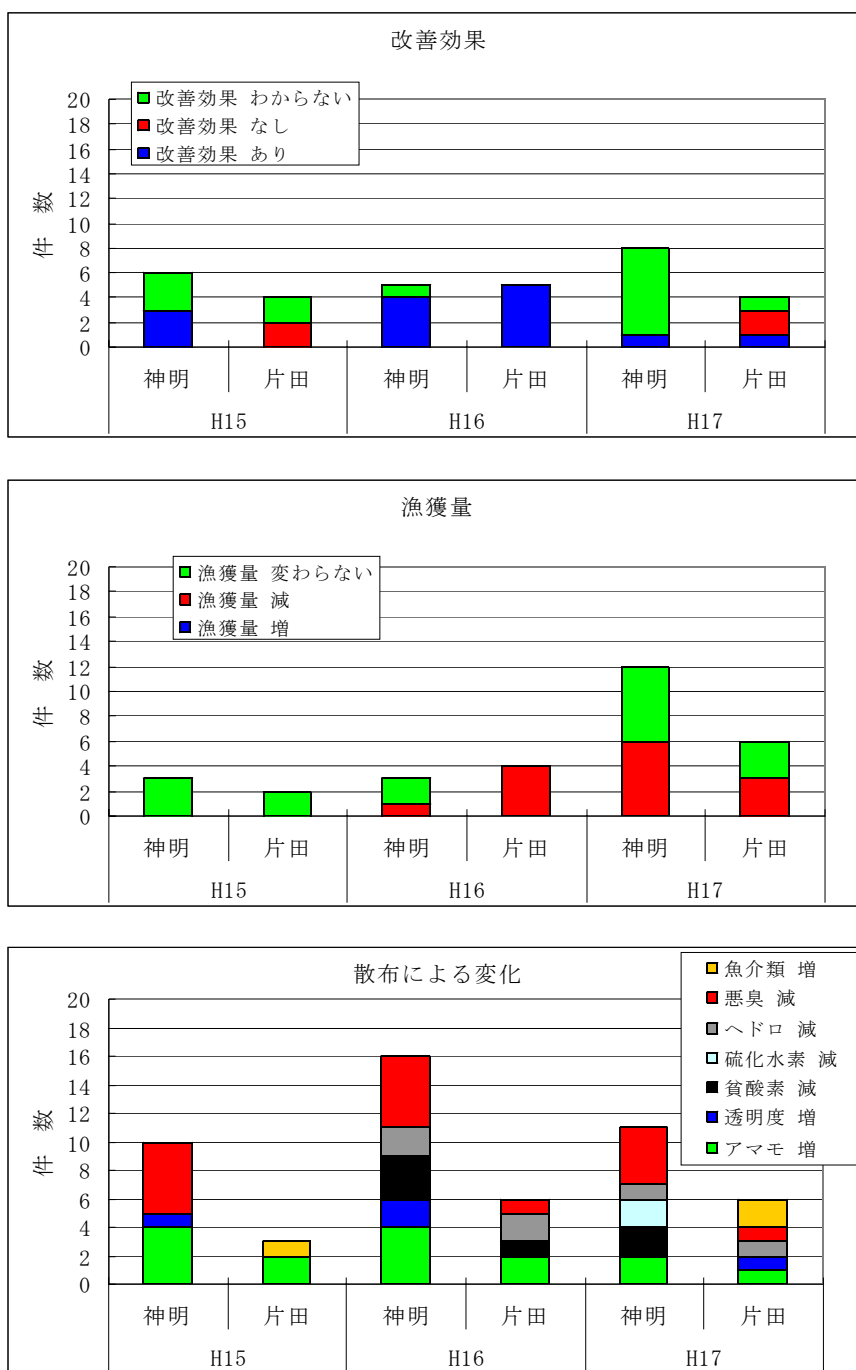


図3-2-15 聞き取り調査結果経年変化

(8) まとめ

水質保全対策が必要な閉鎖性水域の水質・底質改善を目的として、平成13年から平成17年度まで有用微生物群を実験フィールドに投入し、水質・底質その他の海域環境に関する調査を実施した。経年的なデータが蓄積されたことから、その有効性について考察を行った。

水質については、実験区、対照区とも変化は確認できなかった。(当該実験フィールドのCODは測定結果からもわかるように1～3 mg/L前後と比較的きれいな水域であり、この水質レベルにおいて、変化は確認できなかった。)

底質については、実験区において、腐敗・還元性・悪臭の指標であるAVS(神明地区)及び汚濁指標であるCODに減少傾向が確認された。なお、対照区等においてはその傾向が確認されなかった。更に、地域漁業者に対する聞き取り調査においても、「アマモが増えた」「悪臭がなくなった」などの回答があり、底質改善への一定の効果があると推定される。

アマモなどの海草藻類調査等においては実験区では経年で藻場分布の拡大が見られたが、対照区では顕著な拡大は確認されなかった。また、藻場密度については実験区では分布の拡大に伴い一時的に増加したが、その後増加傾向は継続せず、対照区については緩やかに増加した。

投入微生物が藻場に与えた影響については、この実験期間で断定的な評価を示すことは難しいものの、分布の拡大は確認している。

なお、実験の全期間を通して、底質、藻類等に対し、投入微生物により悪影響を与えるような事象は確認されていない。

微生物を活用した改善対策は、微生物が最大限にその特性を発揮するための至適条件があり、それを活用するフィールド条件に左右される。

このことから、本県の実験結果を用いる場合、そのフィールドに合うか否かの予備調査を行い、活用していくことが望ましいと考えられる。