

図 II.6.14 キョウジョシギの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

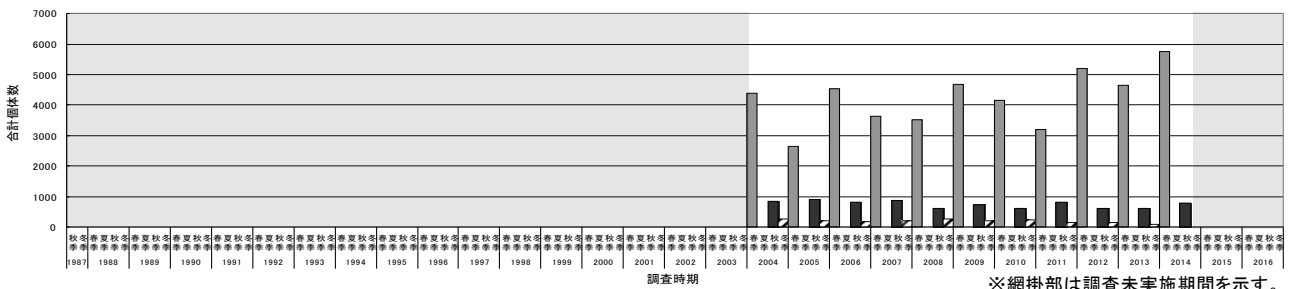


図 II.6.15 キョウジョシギの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

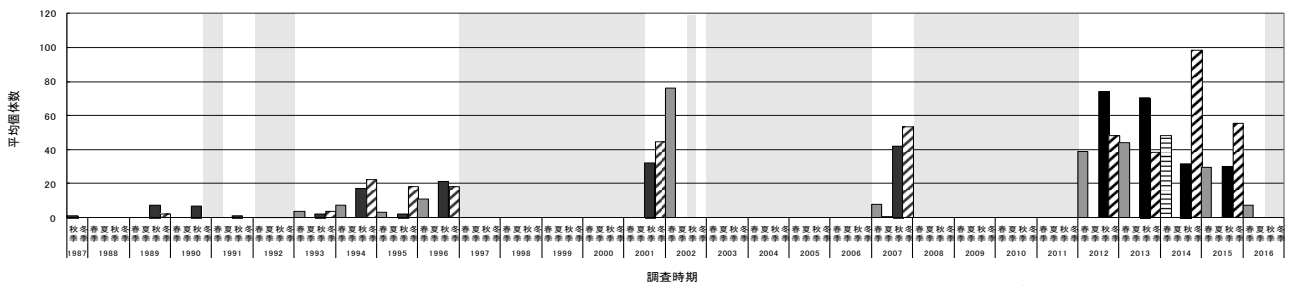


図 II.6.16 ミユビシギの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

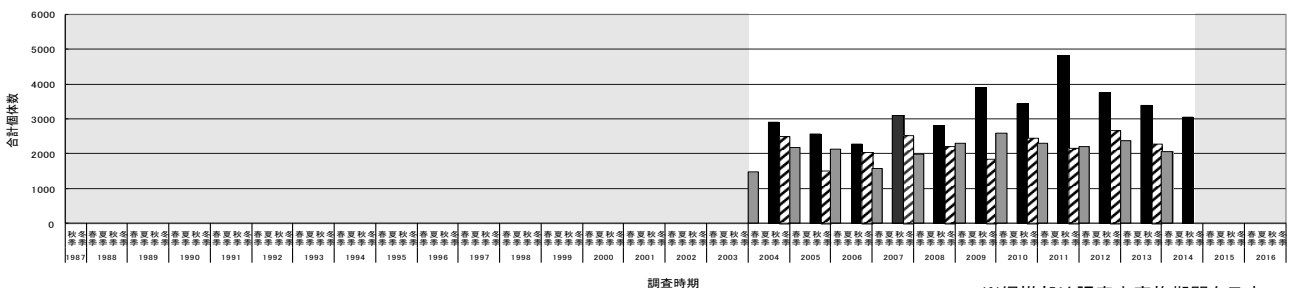
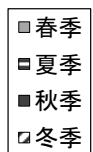


図 II.6.17 ミユビシギの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。



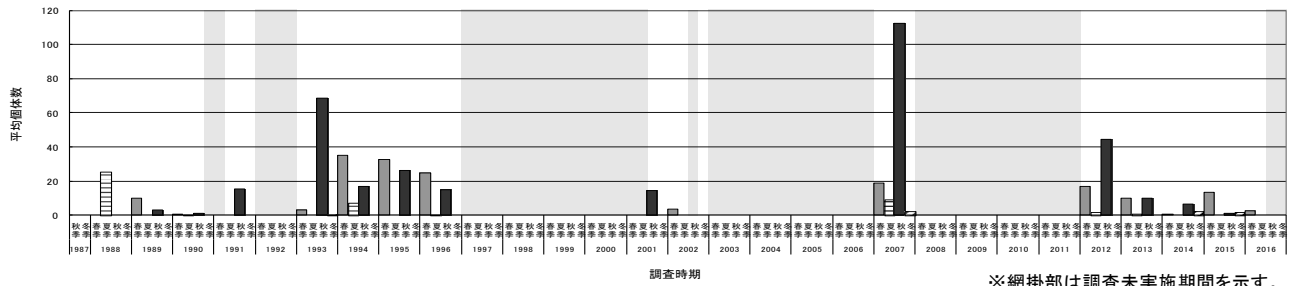


図 II.6.18 トウネンの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

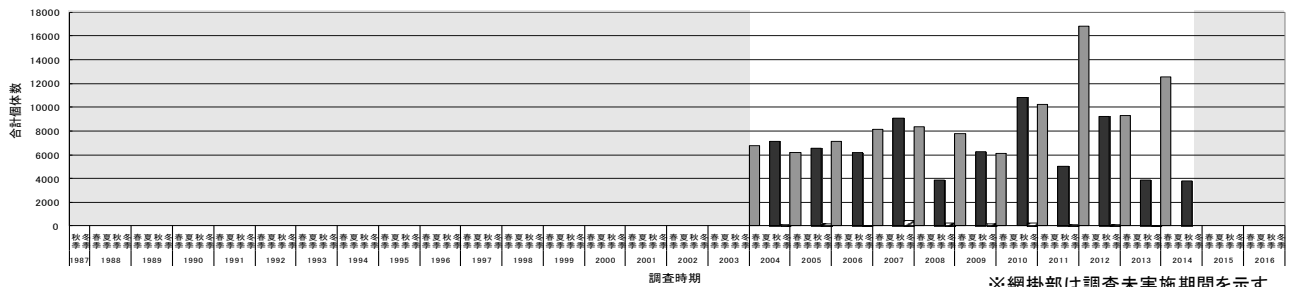


図 II.6.19 トウネンの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

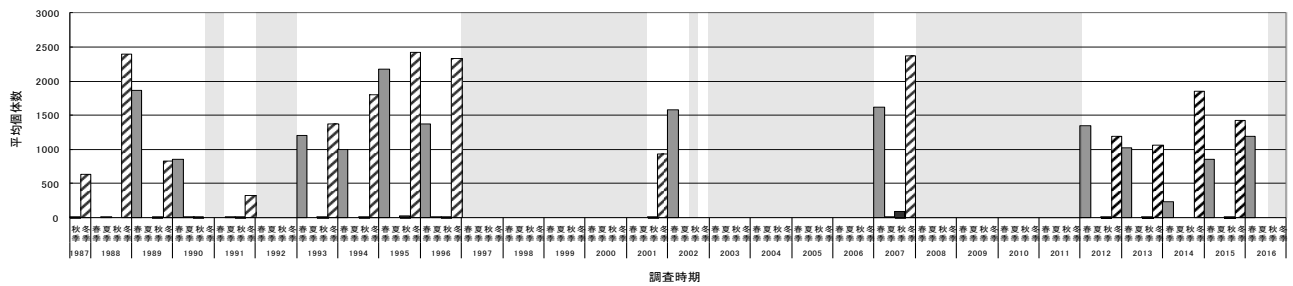


図 II.6.20 ハマシギの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

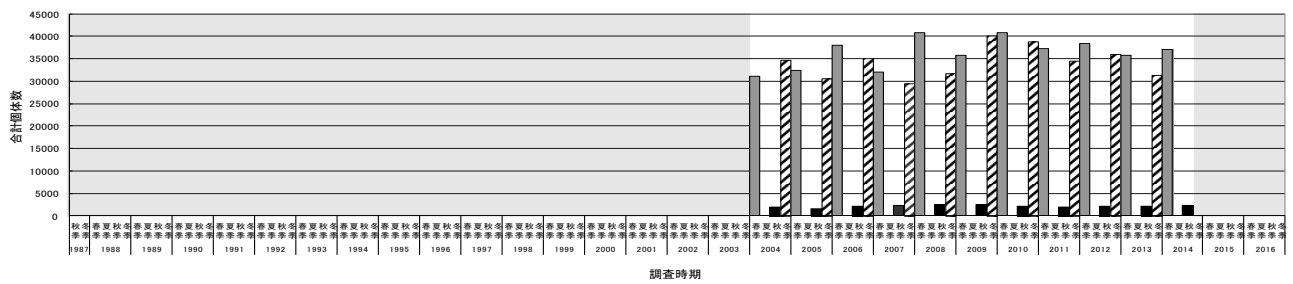
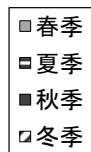


図 II.6.21 ハマシギの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。



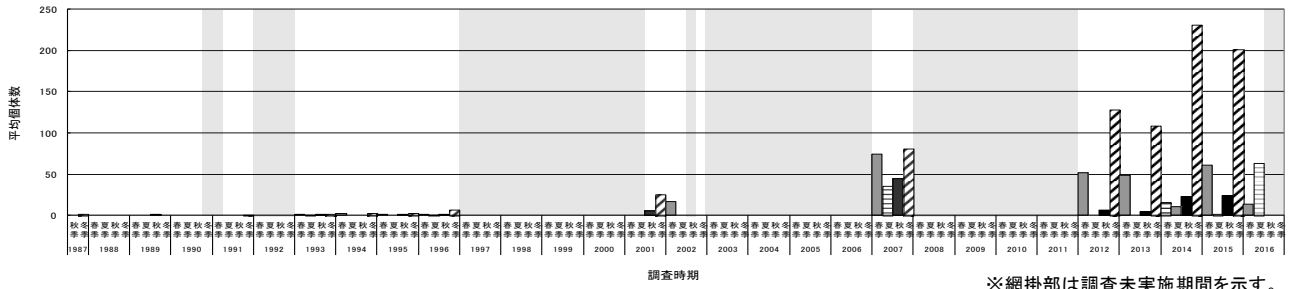


図 II.6.22 ミヤコドリの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

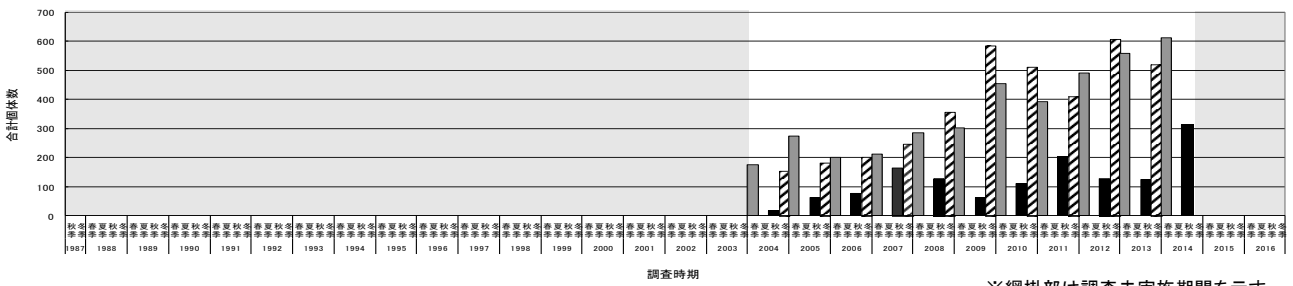


図 II.6.23 ミヤコドリの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

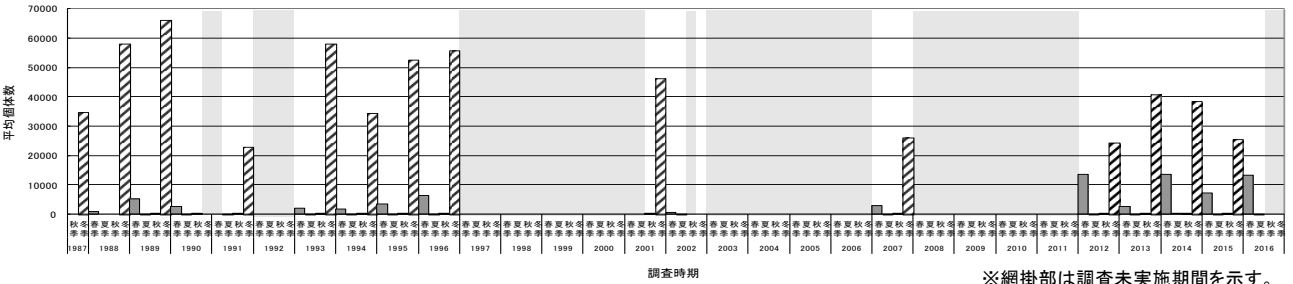


図 II.6.24 スズガモの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

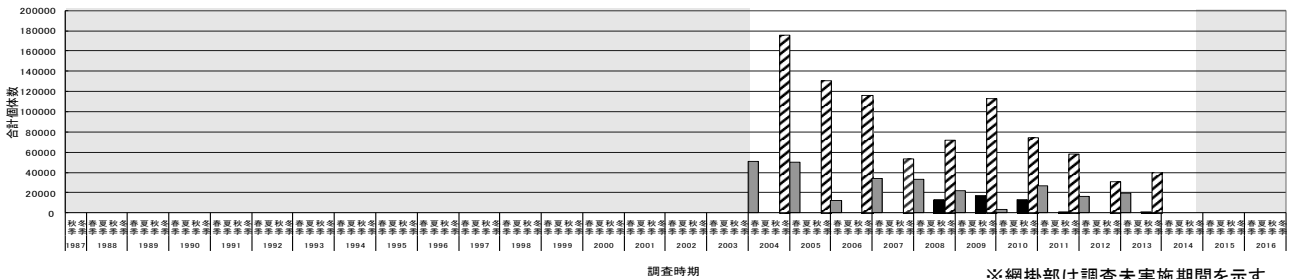


図 II.6.25 スズガモの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

- 春季
- 夏季
- 秋季
- 冬季

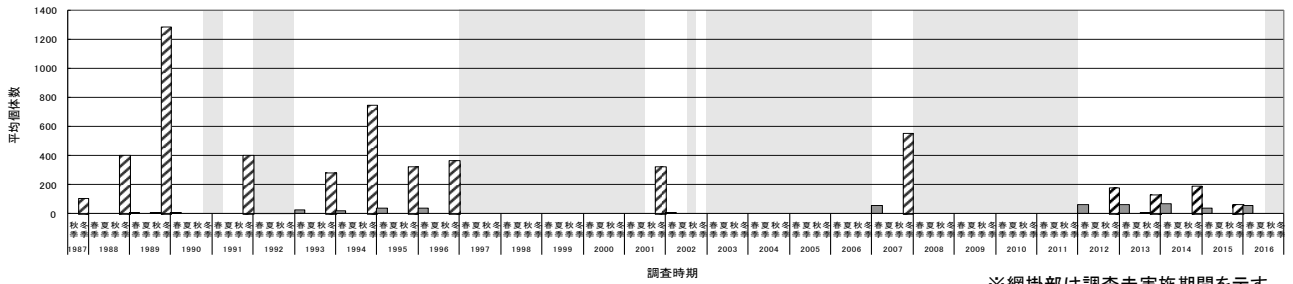


図 II.6.26 ヒドリガモの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

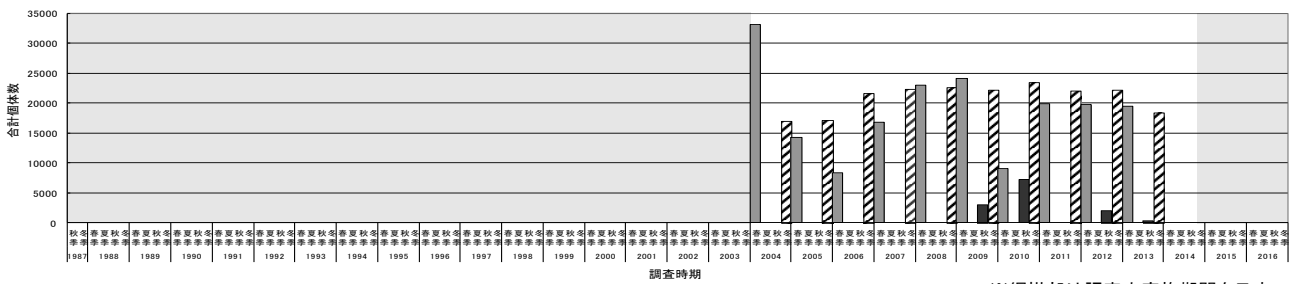


図 II.6.27 ヒドリガモの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

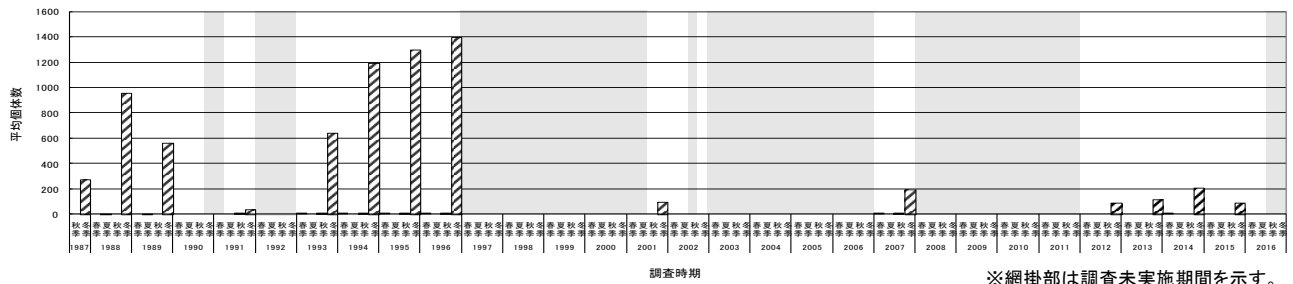


図 II.6.28 オナガガモの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

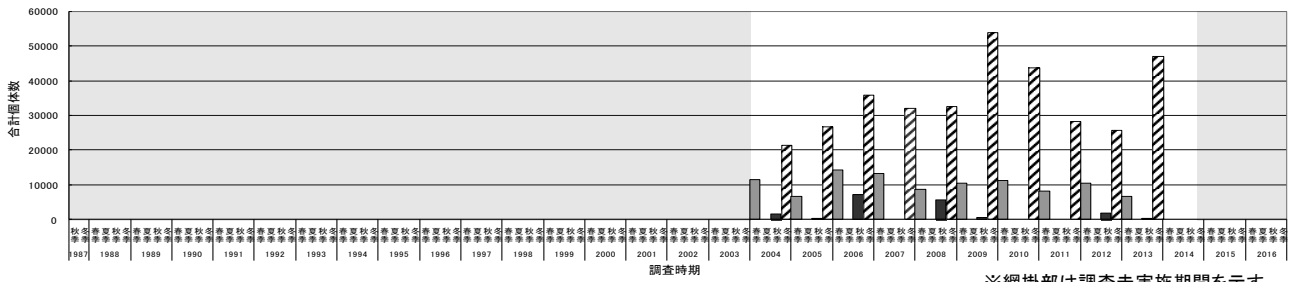
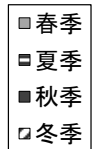


図 II.6.29 オナガガモの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。



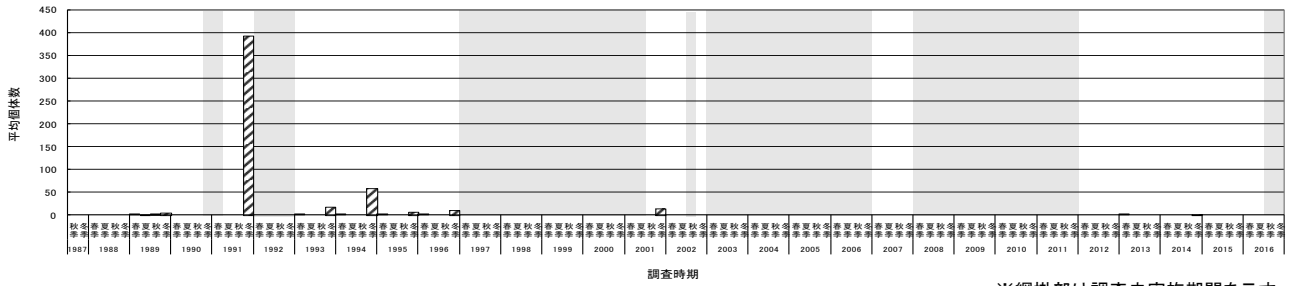


図 II.6.30 ホシハジロの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

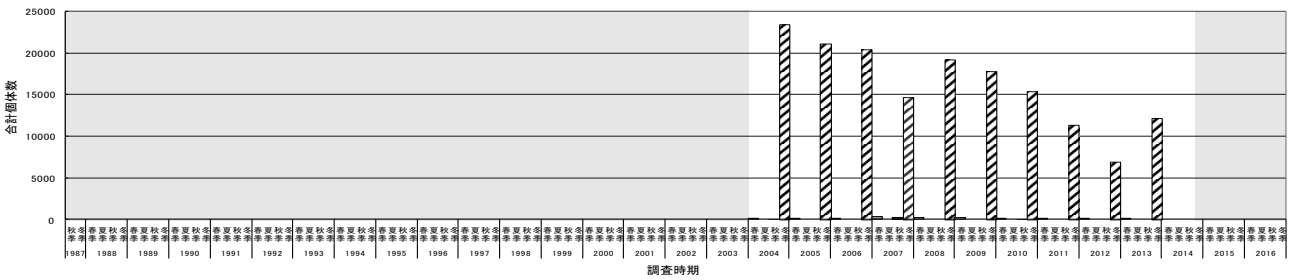


図 II.6.31 ホシハジロの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

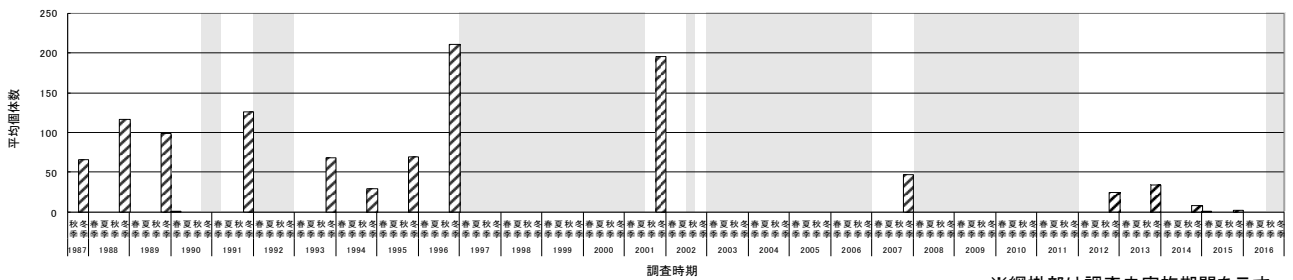


図 II.6.32 ホオジロガモの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

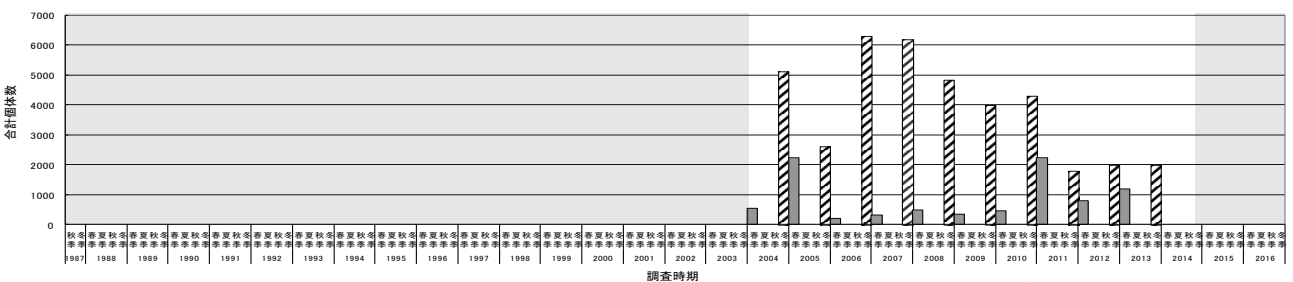


図 II.6.33 ホオジロガモの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

- 春季
- 夏季
- 秋季
- 冬季

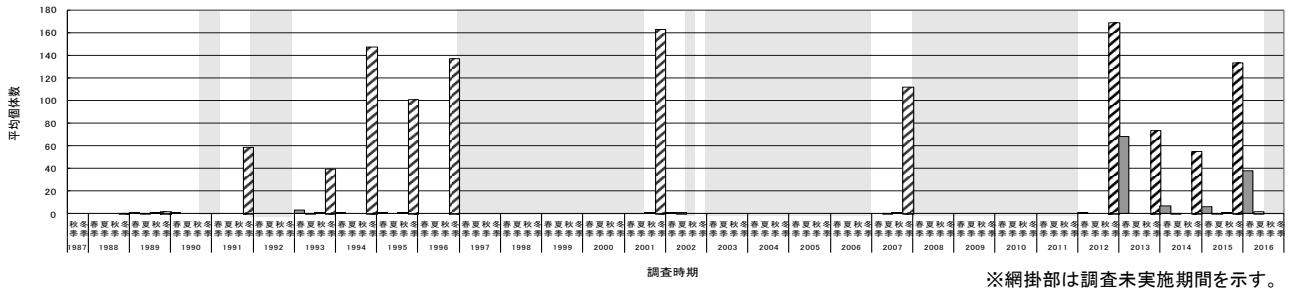


図 II.6.34 ハジロカイツブリの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

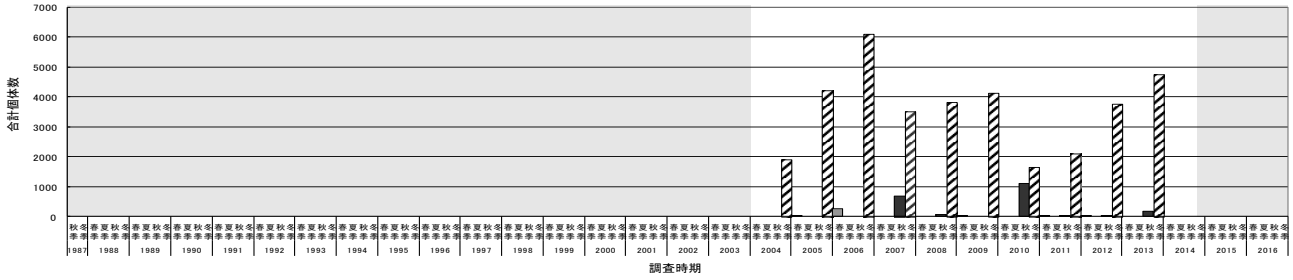


図 II.6.35 ハジロカイツブリの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

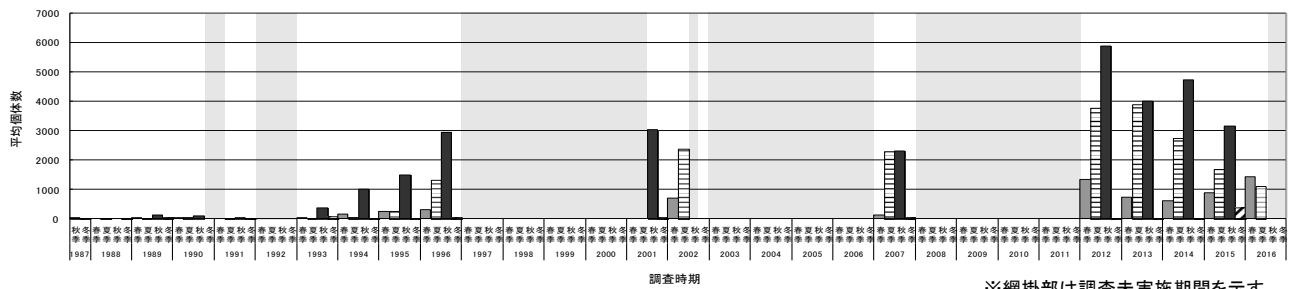


図 II.6.36 カワウの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

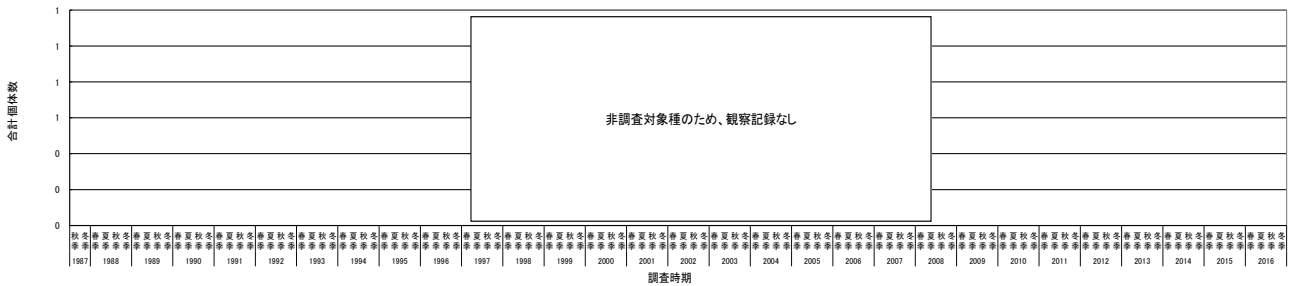


図 II.6.37 カワウの時期別個体数の推移(全国)

- 春季
- 夏季
- 秋季
- 冬季

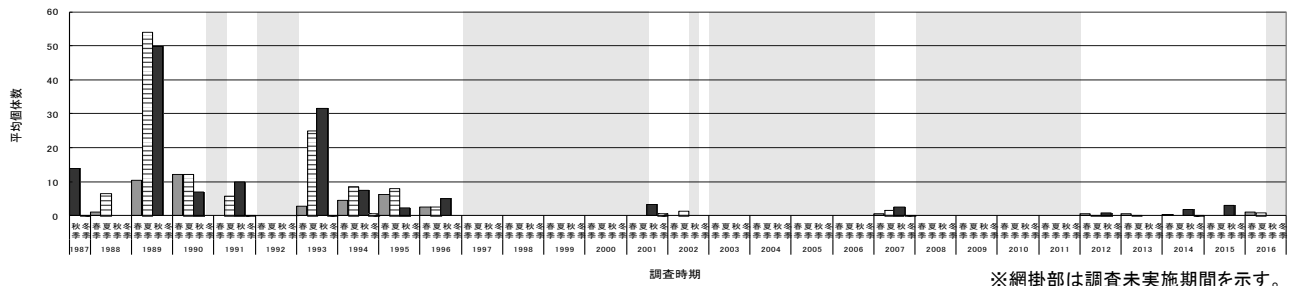


図 II.6.38 コサギの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

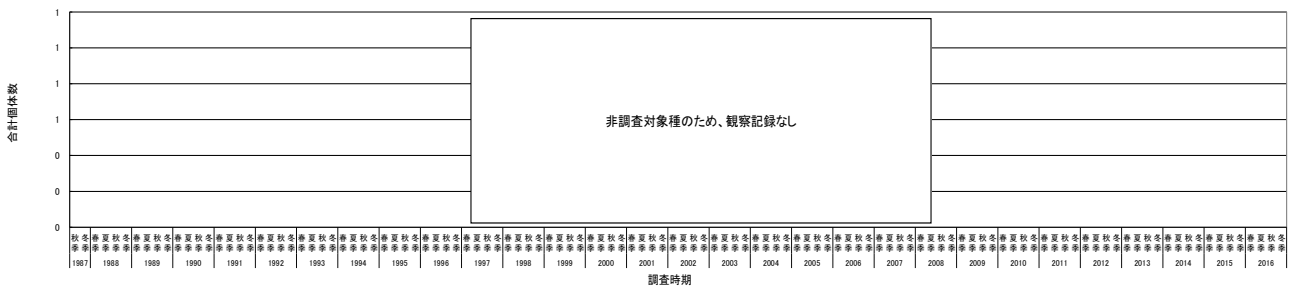


図 II.6.39 コサギの時期別個体数の推移(全国)

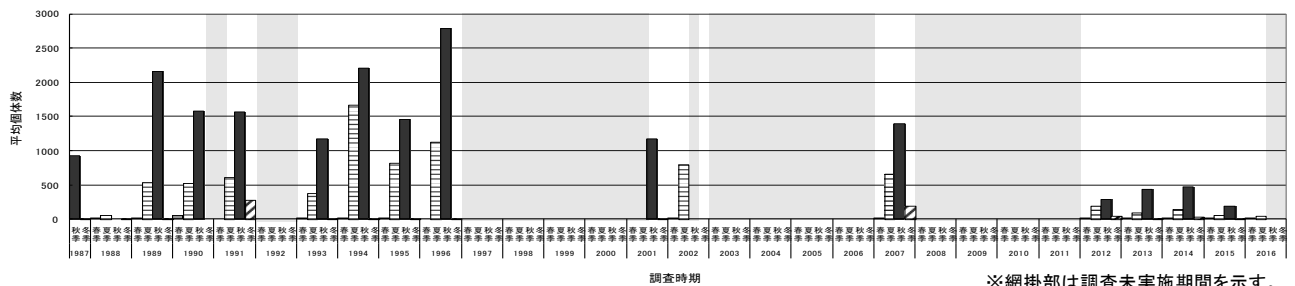
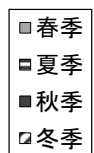


図 II.6.40 ウミネコの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。



図 II.6.41 ウミネコの時期別個体数の推移(全国)



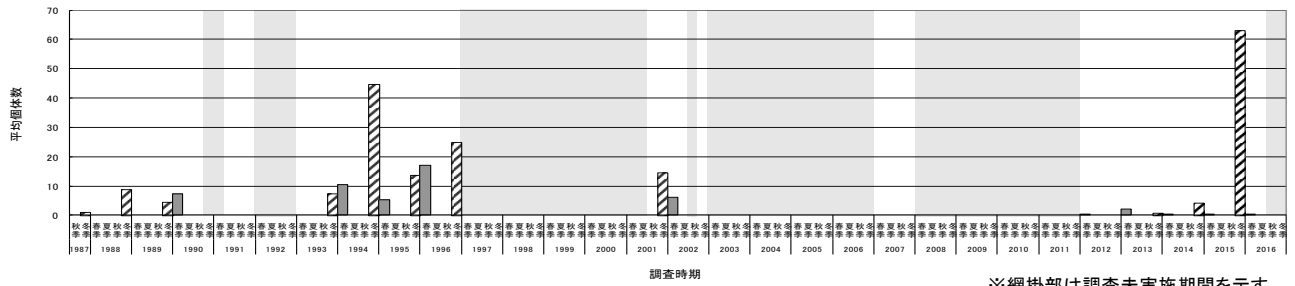


図 II.6.42 カモメの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。



図 II.6.43 カモメの時期別個体数の推移(全国)

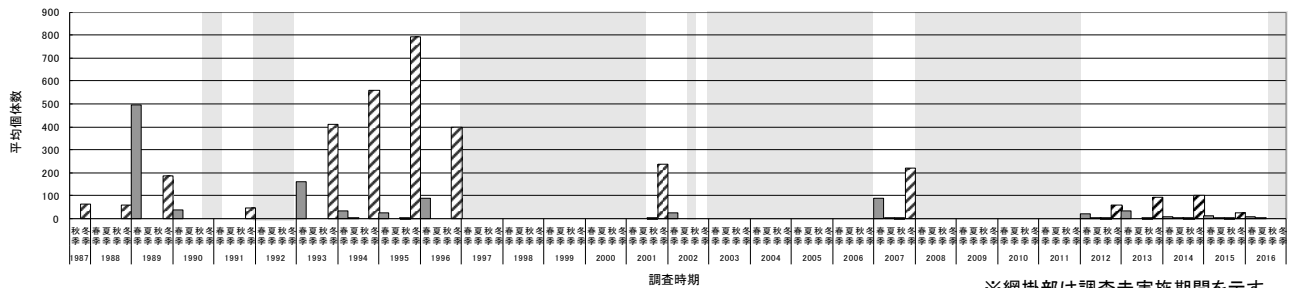


図 II.6.44 セグロカモメの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

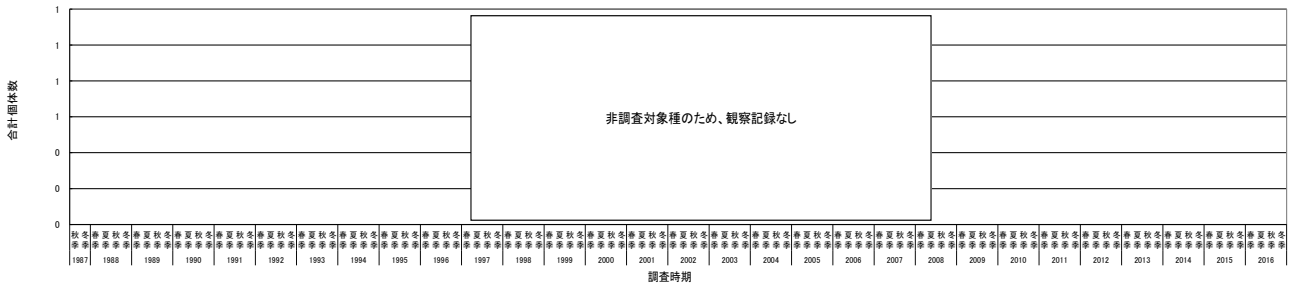


図 II.6.45 セグロカモメの時期別個体数の推移(全国)

- 春季
- 夏季
- 秋季
- 冬季

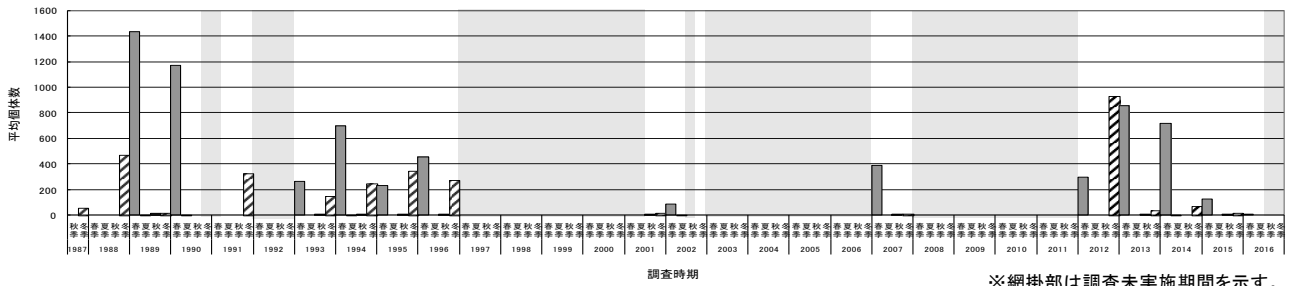


図 II.6.46 ユリカモメの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

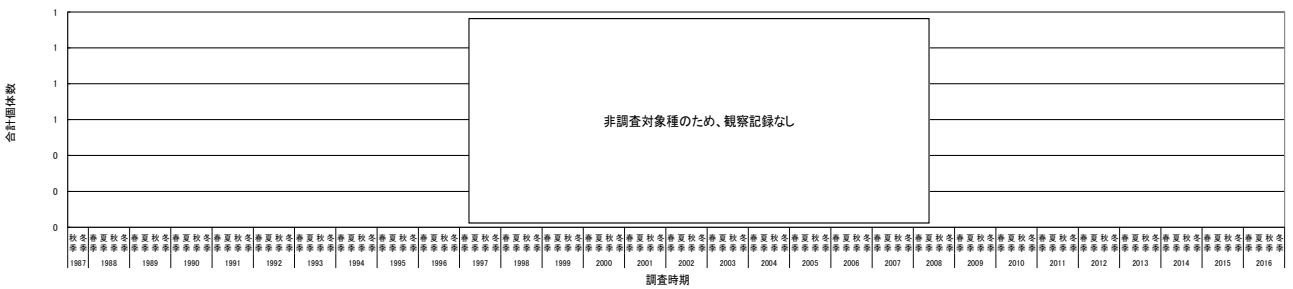


図 II.6.47 ユリカモメの時期別個体数の推移(全国)

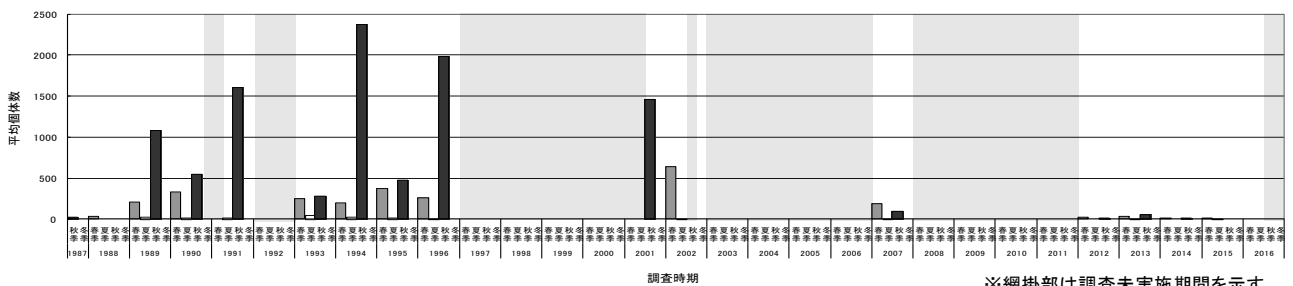
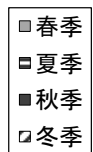


図 II.6.48 アジサシの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。



図 II.6.49 アジサシの時期別個体数の推移(全国)



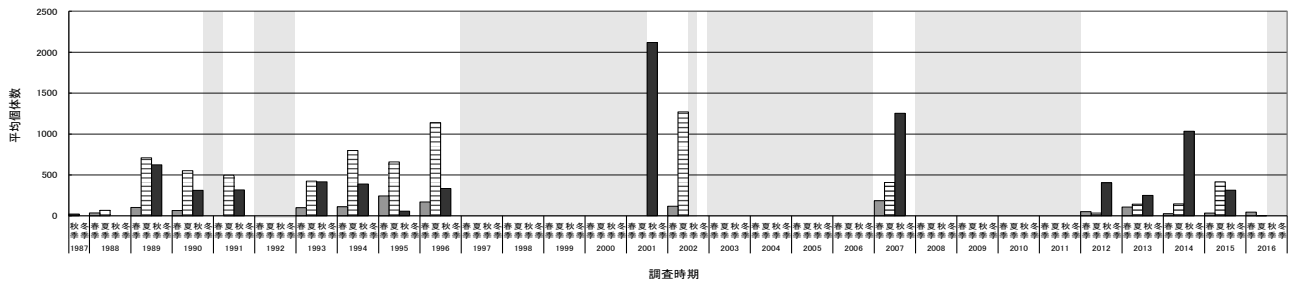


図 II.6.50 コアジサシの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

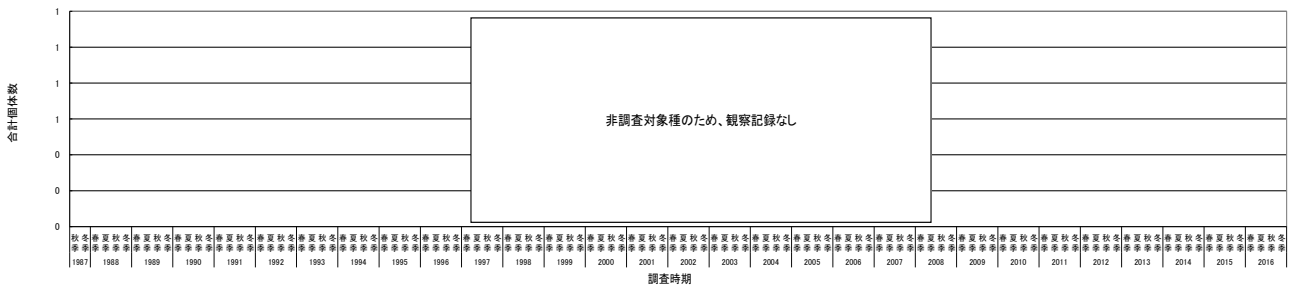


図 II.6.51 コアジサシの時期別個体数の推移(全国)

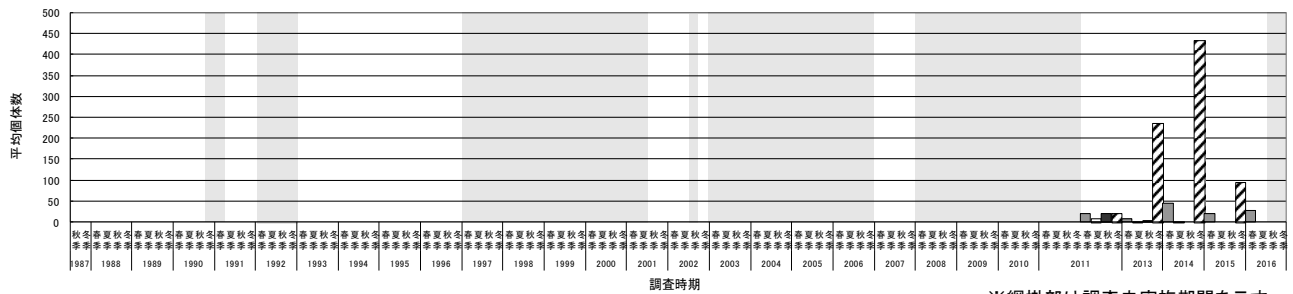


図 II.6.52 オオバンの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

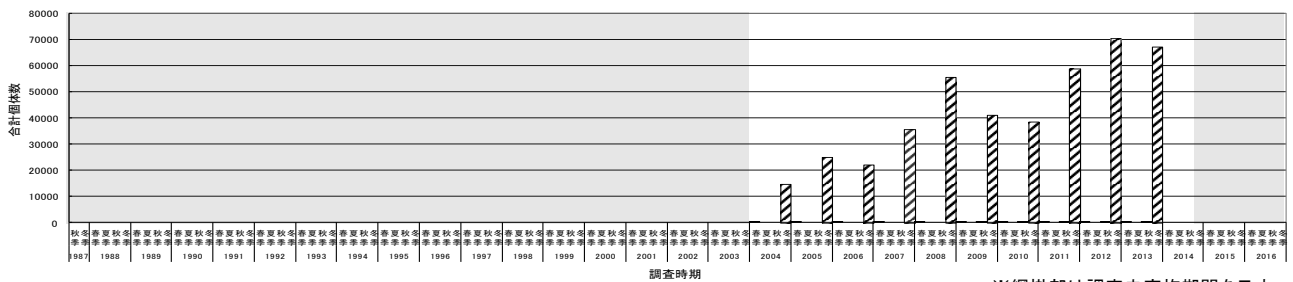
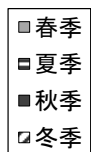


図 II.6.53 オオバンの時期別個体数の推移(全国)

※網掛部は調査未実施期間を示す。



II.6.3 増減傾向

三番瀬における 1987 年 8 月～2016 年 6 月の時期別個体数の経年変化の傾向を表 II. 6. 1 に示した。なお、各種の増減傾向については、図 II. 6. 2～図 II. 6. 53 から直接読みとった。

三番瀬では平均個体数の長期的な減少傾向がみられた種はシロチドリ、キアシシギ、キョウジョシギ、ヒドリガモ、オナガガモ、ホオジロガモ、コサギ、ウミネコ、アジサシの 9 種であった。

このうちシロチドリ及びホオジロガモは、全国的にも減少傾向がみられた。

キアシシギ、キョウジョシギについては、全国的な渡来数は増減傾向がみられておらず、三番瀬における利用度が減少している可能性が考えられた。

ヒドリガモ、オナガガモの個体数の減少は、三番瀬及び行徳鳥獣保護区において見られ、谷津干潟では個体数の減少は見られなかった。

コサギについては、1990 年代に減少傾向がみられ、以降は少数で推移していた。

ウミネコ及びアジサシの個体数の減少は、三番瀬に限らず、谷津干潟、行徳鳥獣保護区においても見られた。

なお、上記の種について、過去 5 年程度の出現傾向に大きな変動はみられていない。

一方、この期間において、三番瀬で平均個体数の増加傾向がみられた種は、ミユビシギ、ミヤコドリ、カワウ、オオバンの 4 種であった。

ミヤコドリは、全ての季節で増加がみられ、特に春季と秋季が顕著であった。本種は全国的にみても、同様の傾向がみられるが、国内確認個体数の約半数は三番瀬での確認であり、三番瀬における出現傾向がこれらの傾向を反映した結果となっている。

また、オオバンは近年冬季に確認されはじめ、増加傾向がある。環境省調査では数十羽～三百羽で変動しているものの、三番瀬では 2004 年に確認されはじめ、以降は安定してみられるようになっている。本種は全国的にも増加傾向にある。

カワウは、三番瀬では 1990 年代に大幅に増加し、その後は変動があるものの、4,000 羽前後で推移している。谷津干潟及び行徳鳥獣保護区においても、三番瀬と同様に 1990 年代に大幅に増加し、その後は変動があるものの、増減はみられない。

その他の種については、変動が大きいなど、顕著な増減傾向はみられなかった。

なお、スズガモについては、全国的に減少傾向がみられる一方で、三番瀬ではやや減少傾向にあるが、全国と比較して顕著な減少傾向はみられていない。

千葉県調査では、平成 24 年 12 月以降調査時刻を午前中に統一し、データの重複を防いでいる。全体的に鳥類の出現傾向の大きな変化はみられなかったが、ハマシギでは当該期間の三番瀬及び周辺の合計個体数がやや減少するなど、その効果と考えられる変化が見られた。

表 II.6.1 三番瀬における個体数の経年変化の傾向

春季	増加	ミュビシギ、ミヤコドリ
	減少	シロチドリ、キョウジョシギ
	傾向なし	ダイゼン、メダイチドリ、オオソリハシシギ、チュウシャクシギ、キアシシギ、トウネン、ハマシギ、スズガモ、ヒドリガモ、ハジロカイツブリ、カワウ、コサギ、カモメ、セグロカモメ、ユリカモメ、アジサシ、コアジサシ
夏季	増加	カワウ
	減少	シロチドリ、コサギ、ウミネコ
	傾向なし	メダイチドリ、チュウシャクシギ、キアシシギ
秋季	増加	ミュビシギ、ミヤコドリ、カワウ
	減少	シロチドリ、キアシシギ、キョウジョシギ、コサギ、ウミネコ、アジサシ
	傾向なし	ダイゼン、メダイチドリ、オオソリハシシギ、チュウシャクシギ、トウネン、コアジサシ
冬季	増加	ミュビシギ、ミヤコドリ、オオバン
	減少	シロチドリ、スズガモ、ヒドリガモ、オナガガモ、ホオジロガモ
	傾向なし	ダイゼン、ハマシギ、ハジロカイツブリ、カワウ、カモメ、セグロカモメ、ユリカモメ

調査期間：1987年8月～2016年6月

注1) 「傾向なし」は変動が大きいなど増減傾向がみられなかったものを示す。

II.6.4 変動要因

三番瀬において増減が見られた種（減少：シロチドリ、キアシシギ、キョウジョシギ、ヒドリガモ、オナガガモ、ホオジロガモ、コサギ、ウミネコ、アジサシ、増加：ミユビシギ、ミヤコドリ、カワウ、オオバン）について全国での経年変化の傾向と変動要因を表 II.6.2 に示した。また、全国の個体数に占める三番瀬の割合が大きいミヤコドリについては、三番瀬と同地を除いた全国の個体数推移を図 II.6.54 および図 II.6.55 に示した。

表 II.6.2 三番瀬及び全国における個体数の経年変化の傾向と変動要因

種名	三番瀬における傾向	全国における傾向	三番瀬における変動要因
シロチドリ	減少	やや減少	全国的に減少傾向であり、三番瀬でもその傾向が反映されたと考えられる。
ホオジロガモ	減少	減少	
キアシシギ	減少	増減なし	震災による地盤沈下で、餌場となる地形が減少したためと考えられる。
キョウジョシギ	減少	やや増加	
スズガモ	やや減少	減少	全国的に減少傾向だが、三番瀬ではその傾向が小さく、中心的な分布地となっていると考えられる。
オナガガモ	減少	増減なし	海藻を摂餌する種であり、アオサ類が繁茂する谷津干潟へ移動した可能性が考えられる。
ヒドリガモ	減少	増減なし	
ミユビシギ	増加	増加	全国的に増加傾向であり、三番瀬でもその傾向が反映されたと考えられる。
ミヤコドリ ^{注1}	増加	増加	
オオバン	増加	増加	

調査期間：1987年8月～2016年6月

注1) 三番瀬での確認個体数を除いた全国における傾向を示す。

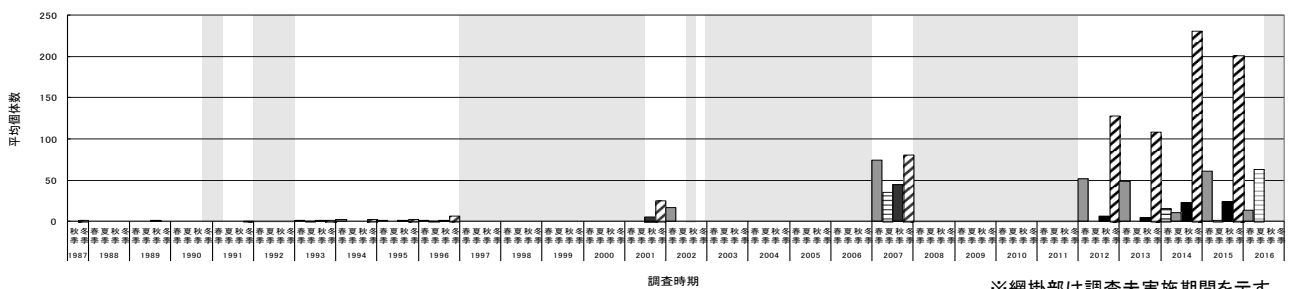


図 II.6.54 ミヤコドリの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛け部は調査未実施期間を示す。

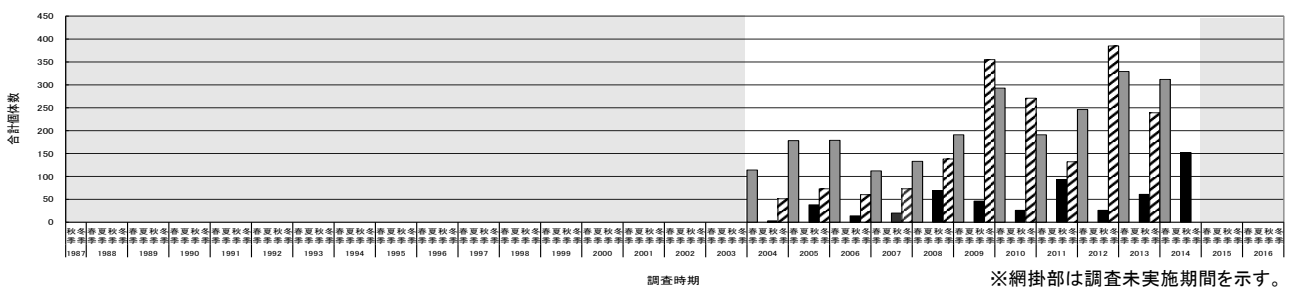


図 II.6.55 ミヤコドリの時期別個体数の推移(全国(三番瀬を除く))

4.1 減少傾向種

シロチドリの個体数の減少について、環境省(2009)³では人間のレジャー活動の影響、犬やカラスによると思われる捕食、海岸の改修工事などによる全国的な繁殖状況の悪化を減少の要因として挙げている。また、ホオジロガモの個体数の減少について、千葉県(2011)⁴ではウインドサーフィンや小型船舶等のレジャー活動の影響を減少の要因として挙げている。したがって、シロチドリ及びホオジロガモの個体数減少は、三番瀬に限った環境悪化を示唆するものとは考えにくい。

キアシシギおよびキョウジョシギの三番瀬と谷津干潟における個体数の推移を図 II.6.59～図 II.6.59 に示した。両種とも三番瀬だけでなく谷津干潟でも減少傾向にあった。しかし、全国での確認数は両種とも安定しており、三番瀬だけでなく東京湾奥部への飛来数が減少していると考えられる。

ヒドリガモ、オナガガモの個体数の減少は、谷津干潟では見られていない。同所では2000年代からアオサ類の繁茂が始まり(環境省,2012)⁵、これにより藻食性のカモ類の餌資源が増加している。このため、藻食性のカモ類が谷津干潟に移動し、三番瀬での個体数が減少したものと考えられる。

コサギはかつて新浜御猟場のコロニー(集団営巣地)由来の個体が、三番瀬に多数飛来していたが、1990年代にコロニーがなくなって以降は個体数が減少していることが知られている。本調査でも1900年以降に個体数が減少し、その後安定した推移が見られている。

また、三番瀬におけるウミネコ及びアジサシの個体数の減少は、谷津干潟、行徳鳥獣保護区においても個体数が減少傾向にあることから、三番瀬に限った環境悪化を示唆するものではないと考えられる。

³ 環境省(2009)：重要生態系監視地域モニタリング事業(モニタリングサイト1000)シギ・チドリ類調査第1期取りまとめ報告書

⁴ 千葉県環境部自然保護課(2011)：千葉県の保護上重要な野生生物「千葉県レッドデータブック」動物編(2011年改訂版)

⁵ 環境省(2012)：国指定谷津干潟鳥獣保護区保全事業計画書

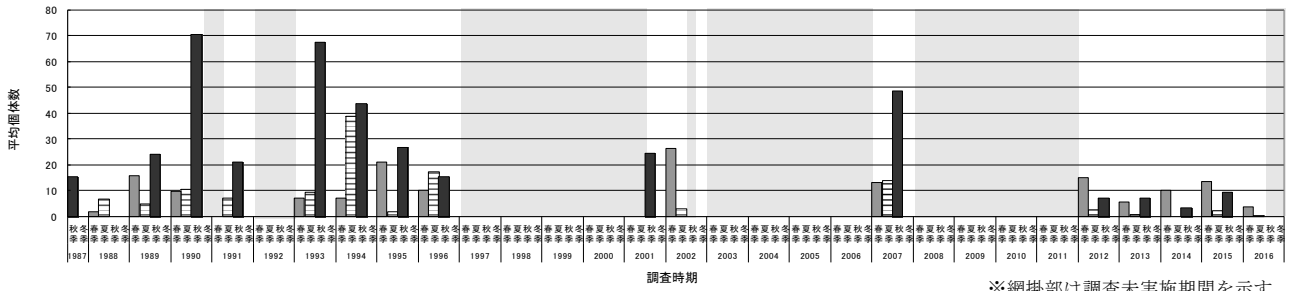


図 II.6.56 キアシシギの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

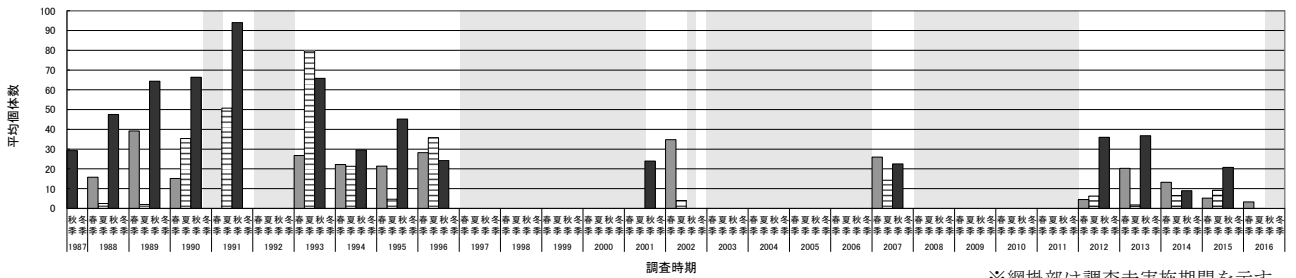


図 II.6.57 キアシシギの時期別個体数の推移(谷津干潟)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

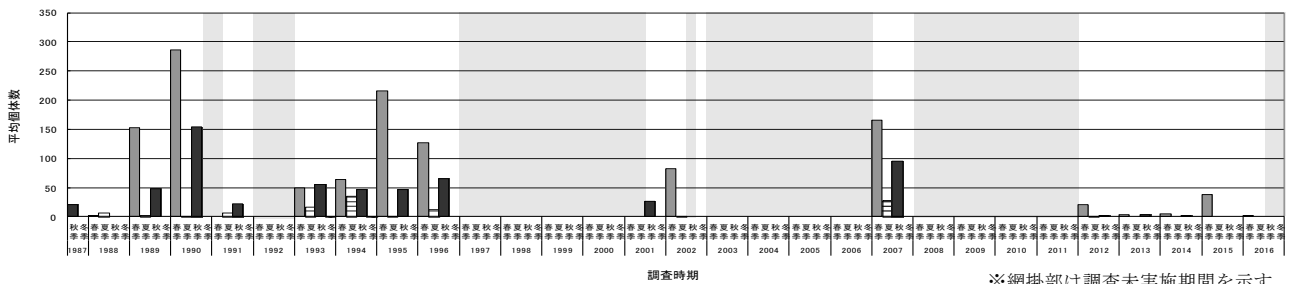


図 II.6.58 キョウジョシギの時期別個体数の推移(三番瀬)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

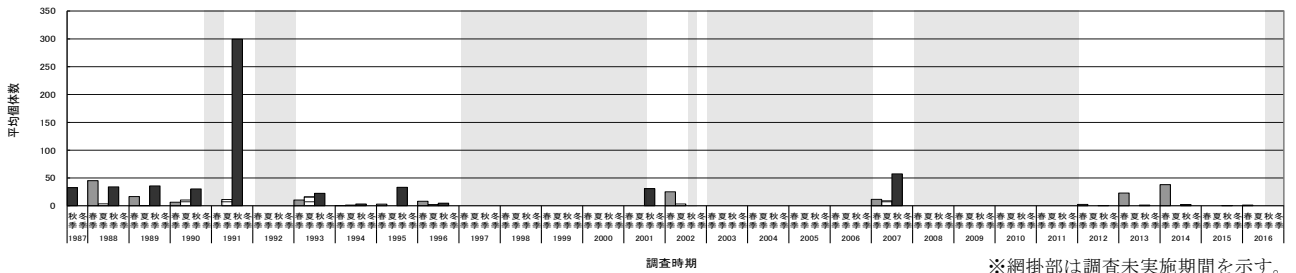


図 II.6.59 キョウジョシギの時期別個体数の推移(谷津干潟)

※網掛部は調査未実施期間を示す。

4.2 増加傾向種

ミヤコドリは、千葉県レッドデータブック(千葉県, 2011)⁶に記載されている希少な種であるが、近年三番瀬での個体数は著しく増加しており、今後も個体数の動向に引き続き注目していきたい。

また、ミコビシギ及びオオバンは全国的にも増加傾向にあり、三番瀬に限った環境変化を示唆するものではないと考えられる。

カワウは 1996 年に浜離宮での追い出しが行われ、谷津干潟及び行徳鳥獣保護区など浜離宮周辺での確認個体数が大幅に増加したことが知られている。行徳鳥獣保護区での個体数は 1997 年以降おおむね 2,000~3,000 羽で推移しており、コロニー(集団営巣地)もほぼ安定していると考えられる。

スズガモは、三番瀬でやや減少傾向にあるが、全国では顕著に数を減らしており、同所がスズガモの中心的な分布地となっていると考えられる。三番瀬はスズガモの重要な生息地であると考えられ、今後の動向に注目したい。

4.3 周辺地域の環境変化

谷津干潟は、公共下水道の整備による淡水流入量の低下によって干潟内の海水化や底泥の砂質化が進み、泥質を好むゴカイ類の減少や、鳥類の餌となりにくいホソウミニナの大量発生が報告されている(環境庁・千葉県・習志野市, 1996)⁷。特に水鳥の重要な餌となるゴカイ類の減少は著しく、1995 年のラムサール条約湿地登録時に 22.7 g/m²だった湿重量が、2011 年から 2014 年までの平均で 12.1 g/m²と半分程度にまで減少している(環境省, 2015)。



(出典) 谷津干潟保全事業推進計画書(環境省 2015)

図 II. 6. 60 谷津干潟における多毛類の湿重量の経年変化

⁶ 千葉県環境部自然保護課(2011): 千葉県の保護上重要な野生生物 -千葉県レッドデータブック- 動物編(2011年改訂版)

⁷ 環境庁・千葉県・習志野市(1996): 谷津干潟環境調査報告書

また、2000年代からはアオサが繁茂し（環境省, 2012）⁸、干出時の鳥類の利用の妨げが懸念される。谷津干潟では近年も同様な傾向が継続しており、シギ・チドリ類にとって生息場として価値が低くなっている可能性が考えられる。ただし、谷津干潟と三番瀬と潮汐の時間が異なることから、水鳥は三番瀬が満潮となったときに谷津干潟を採餌場や休憩場として利用するために移動しており、依然として谷津干潟は水鳥にとって重要な生息地と考えられる。

また、行徳鳥獣保護区では1980年代をピークにシギ・チドリ類やカモ類は著しく減少している。一方、カワウは1997年以降安定してコロニーを形成しており、ハジロカイツブリやセグロカモメ、ユリカモメ等は近年個体数が増加している。これらのことから、行徳鳥獣保護区はや植物の遷移や湿地の乾燥化等の環境変化により、シギ・チドリ類やカモ類に代わり、ハジロカイツブリやカモメ類にとって重要な生息地に変化したと考えられる。

以上のことから、これら多くの鳥類にとって、生息場所としての三番瀬及びその周辺における相対的な価値は引き続き高いと考えられる。

⁸ 環境省(2012)：国指定谷津干潟鳥獣保護区保全事業計画書

II.7 各項目の変化傾向のまとめ

項目	内容
地形・波浪	<ul style="list-style-type: none"> 2011年3月の東日本大震災により三番瀬の海底は全体的に地盤が20～30cm低下したものと考えられる。地盤低下の要因は、海底の液状化による締固め及び津波来襲時の侵食が考えられる。 地盤低下後、三番瀬内の波浪による外力はやや増加しており、海底地形については、その後現在に至るまで回復は見られない。 浦安側の前置斜面は、東日本大震災による地盤低下とは別に、波の影響により長期的に侵食傾向が継続している。
流況	<ul style="list-style-type: none"> 過年度と比較して震災後も特に大きな変化は認められない。
水質	<ul style="list-style-type: none"> 三番瀬近傍で観測されている水質結果から、長期的には水温は上昇傾向で、全窒素、全リンは減少傾向にある。 青潮は、年間に数回発生する状況は近年変わっていない。1997年以来青潮による漁業被害は記録されていなかったが、2008年、2010年、2012年、2014年に二枚貝のへい死の報告があった。 溶存酸素量については、水質観測を行った2008年、2014年ともに、夏季は浅場の陸側の地点において2.5ml/L(3.6mg/L)以下の貧酸素状態になる頻度が25%程度であり、夏季は度々、生物の生息に厳しい状況になっているものと考えられる。
底質	<ul style="list-style-type: none"> 長期的には、シルト粘土分の含有量は、一定の変化傾向はみられていなかったが、強熱減量はとくに浅場西側において減少傾向がみられることから、底質中の有機量が減少していると考えられる。 震災後の2014年5月の調査では、浅場の広範囲でシルト・粘土分の低下がみられた。要因としては、①震災時の地盤低下により三番瀬内の波が高くなったこと、②震災時の津波によって細粒分が流出しその後回復していないこと、③調査前約3年間は行徳可動堰が開放されていなかったことが影響していると考えられる。
底生生物	<ul style="list-style-type: none"> 種類数は1987年以降は横ばいもしくはやや減少傾向で、個体数は1994～1996年に非常に多く、2002年に大きく減少した後は2014年まで横ばいで推移している。過去からの調査結果から、増加傾向の種としてはホンビノスガイ、アラムシログイ、減少傾向の種としてはホトトギスガイ、アシナガゴカイ、イトエラスピオなどが挙げられる。
魚類	<ul style="list-style-type: none"> 出現種の組成をみると、春季から夏季にマハゼ(ハゼ科含む)、ニクハゼ、秋季にヒメハゼ、冬季にイシガレイが多く確認される傾向は1987年から変わっておらず、個体数についても明瞭な増減傾向はみられない。
鳥類	<ul style="list-style-type: none"> 三番瀬で長期的な減少傾向がみられる種としてはシロチドリ、キアシシギ、キョウジョシギ、コサギ、ウミネコが挙げられる。一方で、増加傾向の種としてはミユビシギ、ミヤコドリ、カワウ、オオバンが挙げられる。

第III編 生態系

III.1 三番瀬の物質循環の変化

本総合解析では、補足調査[※]で把握した三番瀬の物質循環と浄化機能について、その後の変化の有無について検討を行った。検討方法は、次に示す3つの段階を踏まえ、三番瀬の物質循環と浄化機能について考察する。

- i) 補足調査結果のレビュー
- ii) 物質循環に係わる要素(水底質や生物量等)の経年変化の把握
- iii) 三番瀬の物質循環と浄化機能の変化傾向の考察

1.1 補足調査で把握した物質循環の概要

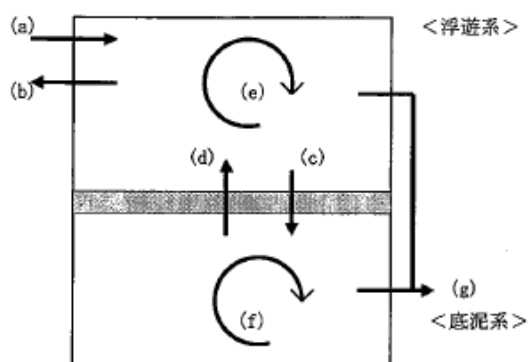
1.1.1 浄化機能の評価の考え方

補足調査において、浅海域の浄化機能を評価するに際して、浅海域での物質循環と浄化の考え方を整理している。浅海域での物質循環を模式的に表すと図 III.1.1 に示すようになり、各循環過程の概要は以下のとおりであり、浄化量は(g)の過程で評価している。

- (a) : 浮遊系を通して系外からの流入
- (b) : 浮遊系を通して系外への流出
- (c) : 浮遊系から底泥系への移行(沈降、二枚貝の摂食など)
- (d) : 底泥系から浮遊系への回帰(溶出など)
- (e), (f) : それぞれ浮遊系、底泥系内での循環
- (g) : 浅海域からの除去(ノリの漁獲、二枚貝の漁獲、脱室、鳥の摂餌)

< 沖合および陸域 >

< 浅海域 >



出典)千葉県土木部・千葉県企業庁(1999):市川二期地区京葉港二期地区に係る補足調査結果報告書 現況編I(物質循環と浄化機能)

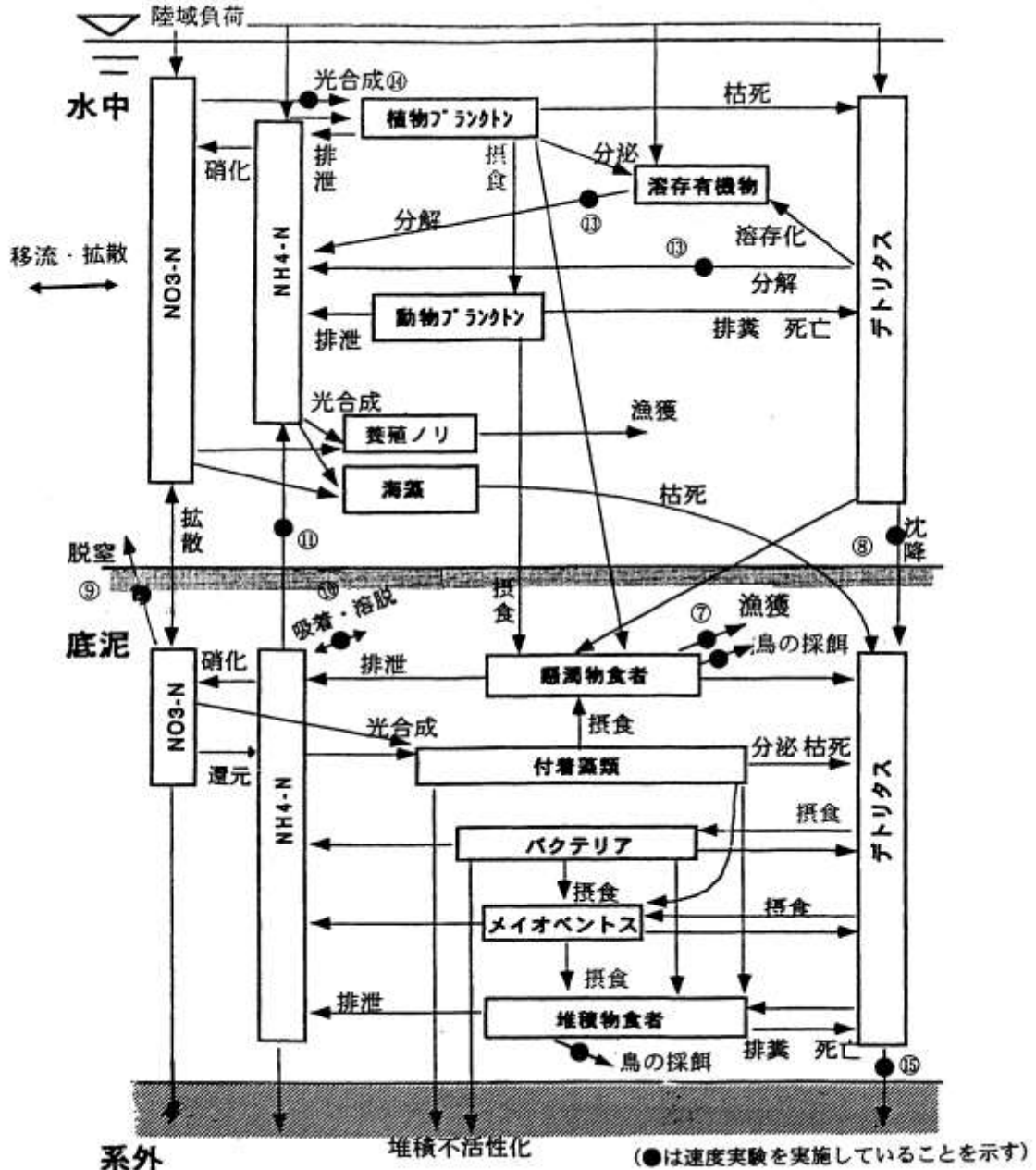
図 III.1.1 浅海域での物質循環の模式図

[※] 「補足調査」とは、千葉県が1996～1997年を中心に実施した「市川二期地区・京葉港二期地区計画に係る補足調査」を指す。

1.1.2 浄化機能の評価結果

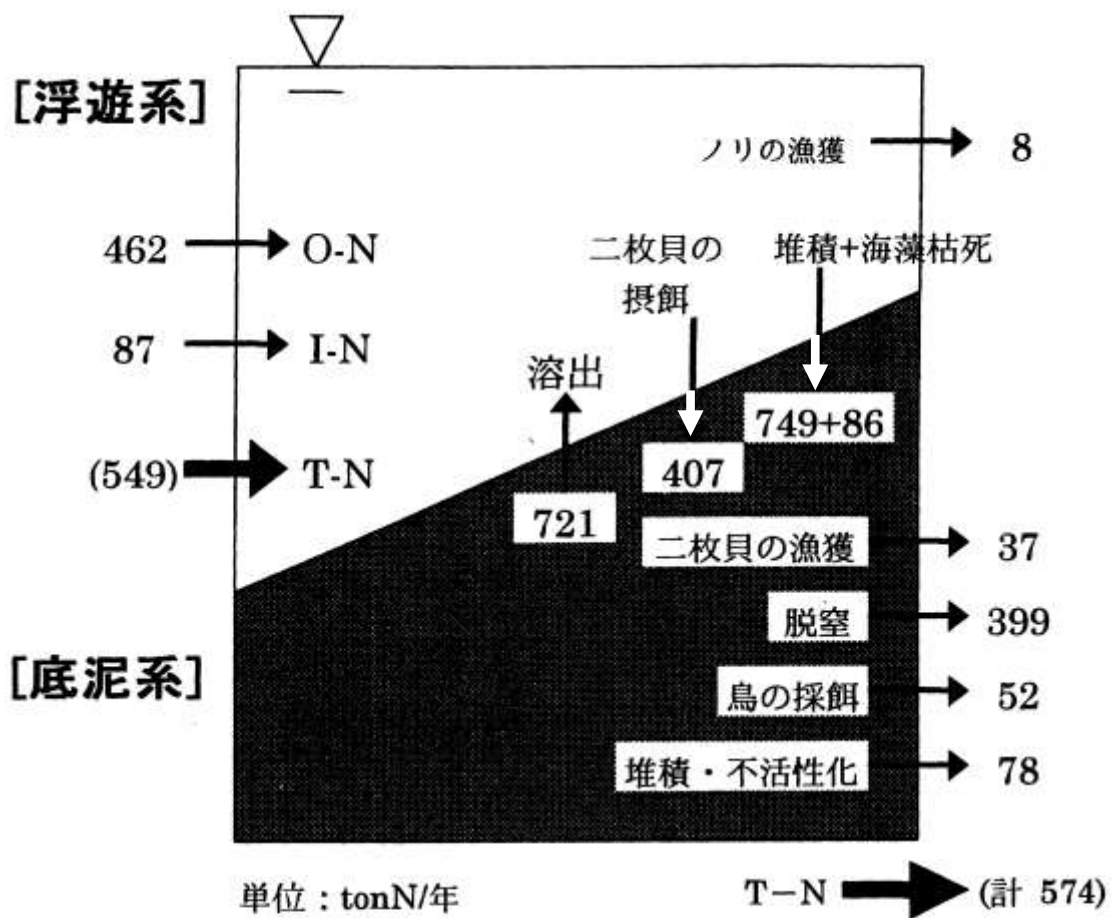
補足調査で作成した浅海域生態系モデルの構造を図 III.1.2、通年計算から求めた浅海域の浄化量を図 III.1.3に示す。なお、これらの結果は、平成8年度の現地調査結果およびその他の既往調査を基に検討されたものである。

これによると補足調査時には、浅海域全体の浄化量は T-N(全窒素)で 575 トン/年、CODで 2245 トン/年と算出され、大きな浄化能力を有していることがわかった。このうち脱窒が 70%、二枚貝の漁獲と鳥による底生生物の摂餌がそれぞれ 6~10%を占めている。



出典)千葉県土木部・千葉県企業庁 (1999) :市川二期地区京葉港二期地区に係る補足調査結果報告書 現況編 I (物質循環と浄化機能)

図 III.1.2 補足調査で作成した浅海域生態系モデルの構造



浅海域での窒素収支の概要 (年間値)

(注)モデルでは計算結果がほぼ定常となった4年目の1年間のフラックスを算出しているが、各構成要素の現存量が1年間の始めと終わりとは完全に一致していないことから、T-Nの正味の流入と流出とがわずかに異なっている。

出典)千葉県土木部・千葉県企業庁 (1999) :市川二期地区京葉港二期地区に係る補足調査結果報告書 現況編 I (物質循環と浄化機能)

図 III.1.3 浅海域での窒素収支の概要 (年間値)

1.2 物質循環に係わる要素(水底質や生物量等)の経年変化

物質循環を構成する要素は、図 III. 1. 2 に示すように水質・底質環境やアサリに代表される二枚貝やノリ、鳥類などの生物生息量であり、三番瀬の浄化機能を検討する上でこれら構成要素の経年変化を把握する必要がある。これらの項目について、経年変化を整理した。

1.2.1 流入負荷量の経年変化

補足調査では東京湾に流入する河川や下水処理場、工場・事業場からの流入負荷量を考慮した水質予測と三番瀬の浄化量の検討を行っている。このモデルで考慮した三番瀬に流入する負荷（猫実川や市川航路へ流入する高谷川、真間川など）の T-N 負荷量は 1, 267ton/年となっており、三番瀬の T-N 浄化量 574. 5ton/年は、負荷量の 45. 3%に相当することを示している。一方で、三番瀬の沖合から三番瀬へ出入りする窒素量は、30, 000ton/年以上となっており、陸域からの負荷量とくらべると 1 オーダーほど多い(市川二期地区・京葉港二期地区計画に係る補足調査結果報告書 現況編 I (物質循環と浄化機能), 千葉県土木部・千葉県企業庁, 平成 11 年 1 月)。

このことから、三番瀬の物質循環を考える上では、三番瀬の沖合における水質変化の程度を把握することが重要であり、水質の経年変化については後述するとおりである。ここでは、陸域から三番瀬に流入する負荷の経年変化を調べるために、下水処理場の負荷量および真間川などの都市河川の水質データの経年変化の状況を整理した。

陸域からの流入負荷量は、下水処理場の普及率の向上や高度処理の導入等の施策により、東京湾に直接排出される負荷の削減や都市河川の水質の改善が進んでいることから、経年的に減少しているものと考えられる。以下に、下水処理場および都市河川（真間川、海老川）からの流入負荷量の概要を示す。

(1) 下水処理場

補足調査で実施された水質予測では、東京湾に直接流入する下水処理場を考慮している。三番瀬の近傍では、船橋市の西浦下水処理場を考慮しており、1994 年度実績のデータを用いている。このデータと最近の負荷量データを表 III. 1. 1 に示す。また、船橋市の人口と下水道普及率を図 III. 1. 4 に示す。

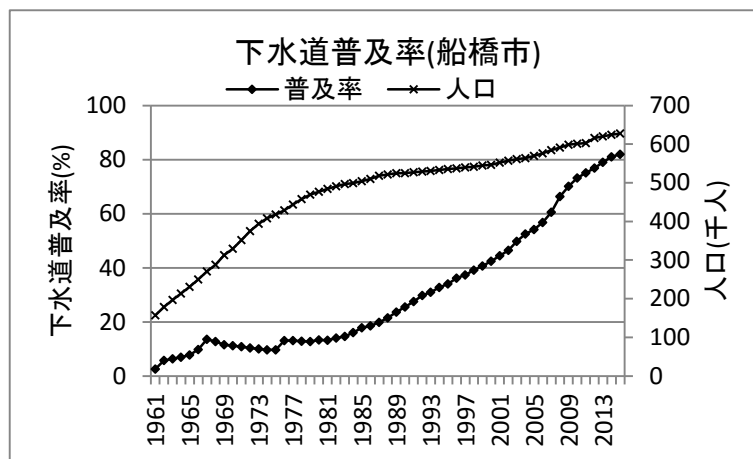
1994 年度と 2004 年度の負荷量を比較すると、T-N および T-P は減少し、COD は増加している。下水道普及率は 1994 年度で 32. 7%、2004 年度で 52. 5%、2015 年度で 82. 0%と大幅に伸びている状況となっている。また、西浦下水処理場は 1976 年度に供用が開始され、2000 年度より既設の水処理施設を高度処理に改修を始め、2008 年度末に完了していることから、さらに窒素、リンの除去が向上しているものと推察される。

表 III.1.1 下水処理場からの負荷量の比較

	COD(kg/day)	T-N(kg/day)	T-P(kg/day)
1994 年度	291	736	41
2004 年度	415.1	484.5	35.1

出典) 1994 年度：市川二期地区・京葉港二期地区計画に係る補足調査結果報告書 予測編, 千葉県土木部・千葉県企業庁, 平成 11 年 1 月

2004 年度：みんなで東京湾をきれいにする行動計画－千葉県東京湾総量削減推進計画－, 千葉県, 平成 20 年 3 月



出典)船橋市建設局下水道部ホームページ

(<http://www.city.funabashi.lg.jp/machi/gesui/004/p008610.html>)

注)西浦処理区の最新の下水道普及率は 93.1%(ふなばしの下水道概要, 平成 27 年度, 船橋市建設局下水道部より)

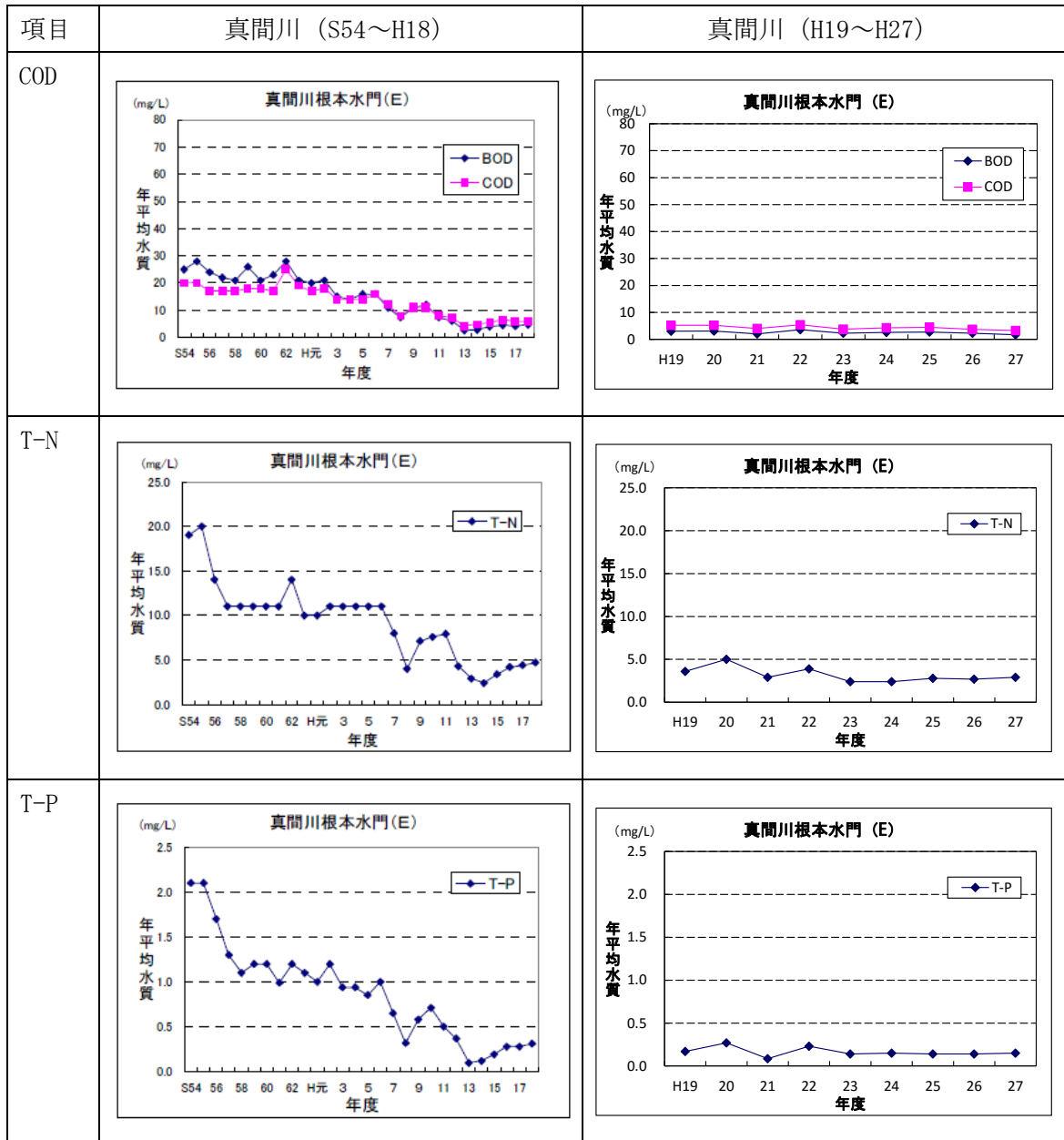
図 III.1.4 船橋市の下水道普及率

(2) 都市河川 (真間川、海老川)

都市河川の水質データの経年変化を図 III.1.5、図 III.1.6 に示す。

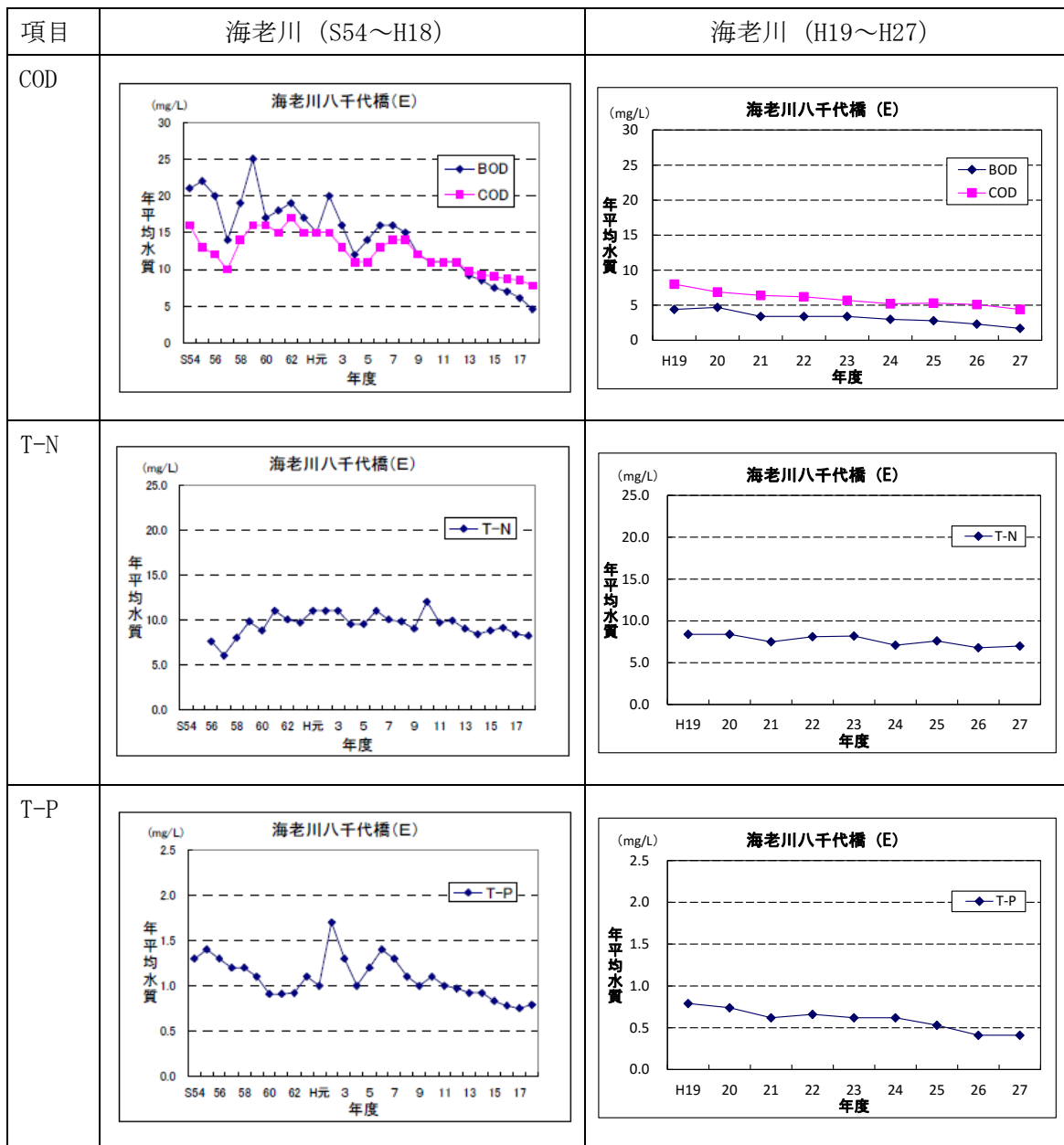
流域人口が多く典型的な都市河川である真間川をみると、下水道や合併処理浄化槽の普及拡大に伴い BOD、COD とも急速に改善され、全窒素、全りんも急速に改善されている。

湾流域人口が多く、産業活動が活発な都市河川である海老川 (船橋市) をみると、下水道や合併処理浄化槽の普及拡大に伴い BOD は急速に改善がみられているが、近年では COD の改善が緩やかとなっている。一方で、全りんの改善は進んでいるものの全窒素は横ばいの状態となっている。



出典) みんなで東京湾をきれいにする行動計画-千葉県東京湾総量削減推進計画-, 千葉県, 平成 20 年 3 月
 公共用水域水質測定結果データベース
[\(https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/kasentou/koukyouyousui/data/\)](https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/kasentou/koukyouyousui/data/)

図 III.1.5 都市河川の水質の経年変化 (真間川)



出典) みんなで東京湾をきれいにする行動計画-千葉県東京湾総量削減推進計画-, 千葉県, 平成 20 年 3 月
 公共用水域水質測定結果データベース
 (<https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/kasentou/koukyouyousui/data/>)

図 III.1.6 都市河川の水質の経年変化 (海老川)

1.2.2 水質

「第Ⅱ編 調査・解析結果、Ⅱ.2 流況・水質、2.1.1 三番瀬周辺の水質調査結果」で整理したように、三番瀬の沖合における窒素やリンの濃度は、統計的に有意に減少している。

三番瀬に流入する栄養塩は、そのほとんどが沖合からの海水交換によってもたらされると考えられることから、三番瀬の沖合水の水質変化と同様に減少しているものと考えられる。

1.2.3 底質

「Ⅱ.3 底質」で整理したように、東日本大震災後に初めて実施した2014年度調査では、2006年度とくらべて三番瀬内の広範囲にわたってシルト・粘土分が減少していた。また、中央粒径については、2014年度調査では、2006年度とくらべて全体的に大きくなっており、沖から岸に向かって徐々に小さくなる分布が不明瞭となっており、過去とくらべて三番瀬の浅海域の底質性状が面的に均一化している可能性がある。

1.2.4 二枚貝

(1) 現存量

補足調査で浄化量の検討を行った浅海域生態系モデルでは、アサリやシオフキガイ、バカガイなどの湿重量から二枚貝類の現存量を用いている。

本総合解析では、二枚貝の現存量の変化を把握するため、千葉県の下底生物調査結果(38地点)を基に、三番瀬における二枚貝の平均湿重量の経年変化を図 III.1.7 に示す。

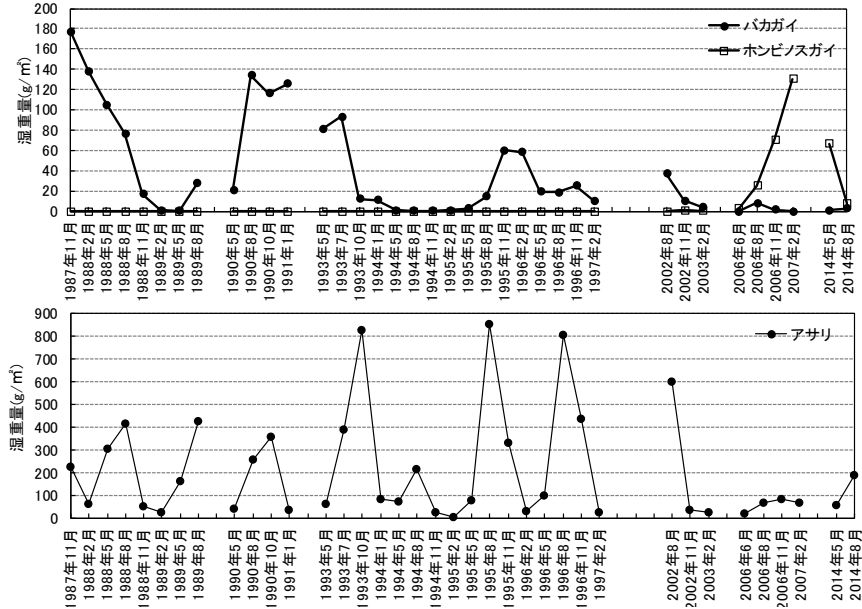
この結果をみると、アサリの資源量は年によって変動が大きいものの近年はやや減少傾向で、1993～1996年度の調査結果とくらべて2006年度や2014年度では減少している。一方で、1993～1996年には生息が確認されていないホンビノスガイが2006年度に増加傾向となっていたが、2014年度の5月から8月にかけては減少している。この2014年度のホンビノスガイの変動は、2014年度の5月から8月にかけて増加しており、漁獲の影響もと考えられる。

(2) 漁獲量

三番瀬における貝類の漁獲量の推移を図 III.1.8 の上図に示す。アサリをみると、1996年度の補足調査時以降は、4,000トン程度であった漁獲量が一時的に増加している時期はあるものの、近年は200トン前後で推移している。アサリの漁獲量の5カ年の移動平均でみると、1996年度の補足調査時と2003～2005年度は同程度の漁獲となっているものの、長期的にみて減少傾向となっている。

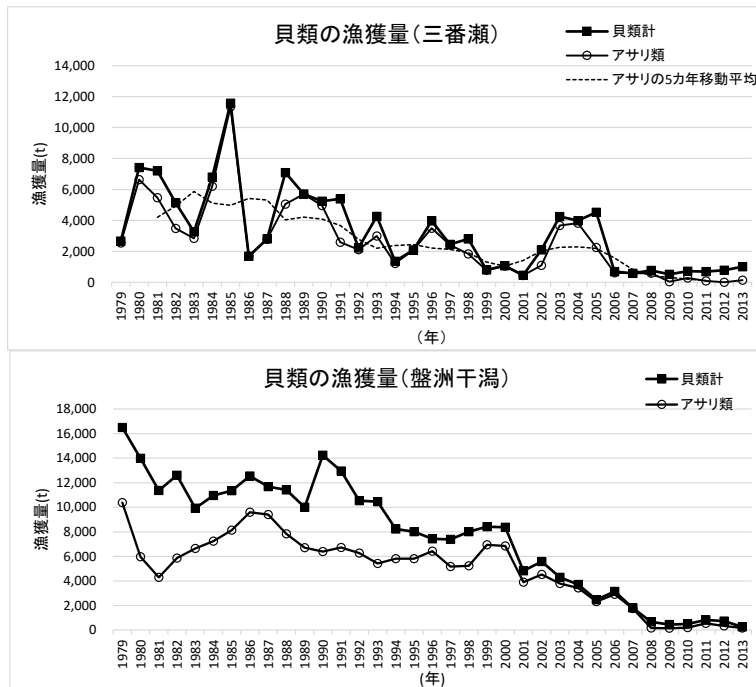
また参考として、盤洲干潟における貝類の漁獲量の推移を図 III.1.8 の下図に示す。1996年度の補足調査時以降は、2000年度まで6,000トン程度であった漁獲量が、近年は300トン前後で推移している。

近年増加しているホンビノスガイの漁獲量は統計資料上不明であるが、貝類計とアサリ類の差分が、概ねホンビノスガイであると考えられることから、三番瀬の浄化機能に対して寄与が大きくなっている種と考えられる。



注) 千葉県底生生物調査結果(38地点)を基に作成

図 III.1.7 二枚貝の平均湿重量の経年変化



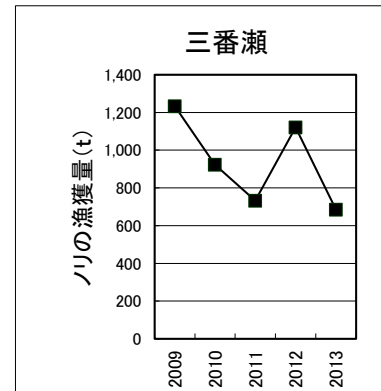
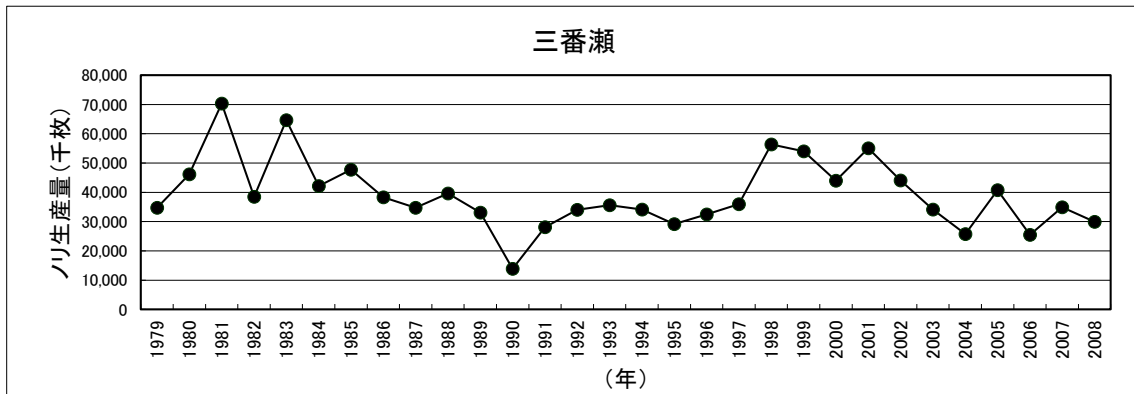
出典) 千葉農林水産統計年報

図 III.1.8 貝類の漁獲量(三番瀬:船橋と市川の合計値、盤洲干潟:木更津市の合計値)

1.2.5 ノリ

養殖ノリの収穫量の推移を図 III. 1. 9 に示す。1996 年度の補足調査時から 2008 年度では、1998 年度～2002 年度の時期に 4,000～5,000 万枚を超えていたが、近年は 3,000 万枚前後で推移し、補足調査時と大きく変わらない状況と考えられる。

また、2009 年度には 1,200 トンを超えていたが、2013 年度には 700 トンを下回る状況となっている。



出典) 千葉農林水産統計年報

注) 2008 年までは農林水産統計年報より作成。2009 年以降は統計の集計方法が変わっており収穫量 (t) を整理した。2008 年までは「東葛飾」地区の集計値、2009 年以降は船橋市、市川市の集計値を示す。

図 III.1.9 ノリ養殖収穫量

1.2.6 鳥類

補足調査において、浅海域干潟生態系モデルでは、鳥類の採餌量を考慮する際に、スズガモおよびシギ・チドリ類を考慮している。補足調査を含めたスズガモおよびシギ・チドリ類の個体数の経年変化を図 III. 1. 10 に示す。

三番瀬における鳥類の個体数の経年変化は、シロチドリは減少傾向、スズガモはやや減少傾向となっていた。

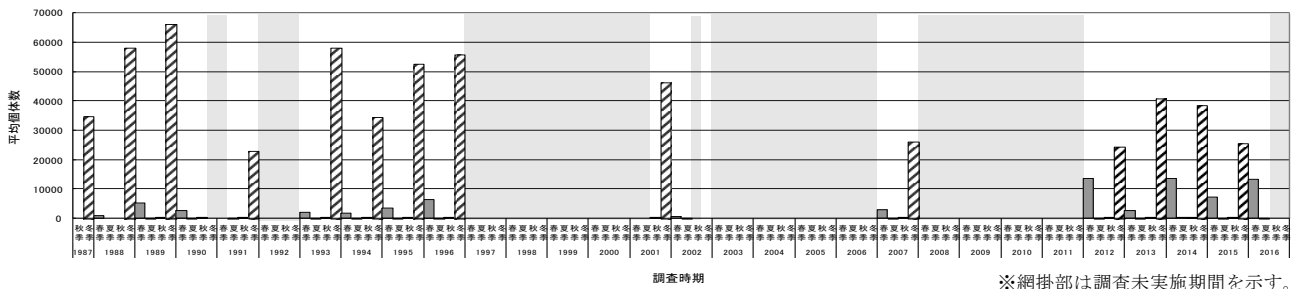


図 III.1.10(1) スズガモの時期別個体数の推移(三番瀬※)

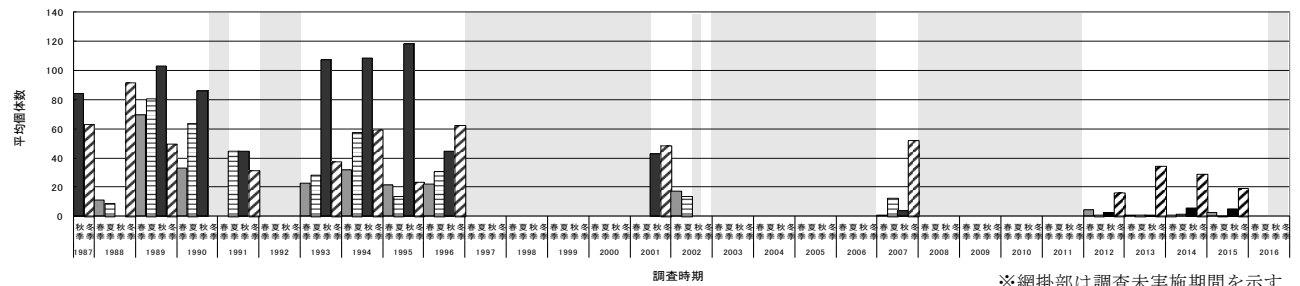


図 III.1.10(2) シロチドリの時期別個体数の推移(三番瀬※)

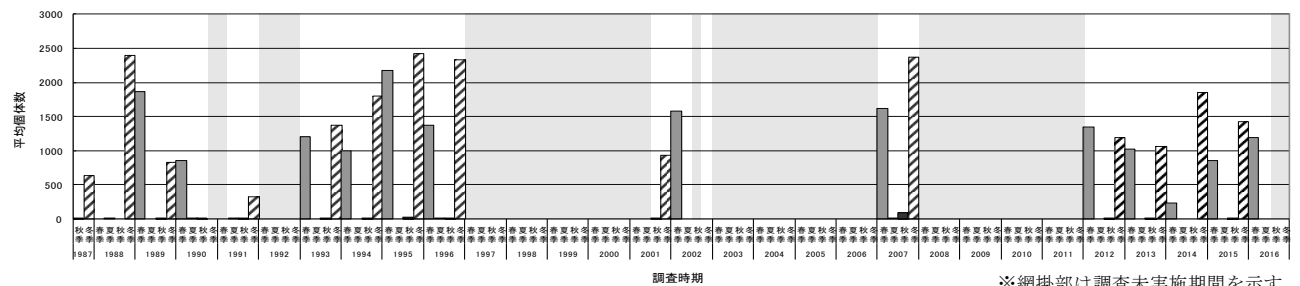


図 III.1.10(3) ハマシギの時期別個体数の推移(三番瀬※)

※上記の三番瀬は船橋海浜公園、塩浜、日の出の3地点の調査結果を示す。

1.2.7 脱窒速度

補足調査時に把握した三番瀬の脱窒速度は、アセチレン阻害法により測定している。アセチレン阻害法は脱窒速度測定的主流の測定方法であるが、硝化過程そのものも阻害してしまうことが指摘されており、窒素の安定同位体比で測定された値よりも小さい傾向になることが指摘されている。実験では採取した底泥試料をバイアル瓶に分取して一定培養を行うバイアル法で行っている。三番瀬の浅海域の試料を用いた実験では表 III. 1. 2 に示す結果が得られており、浅海域の脱窒速度は、夏季と冬季の平均で $85.1 \text{ (mgN/m}^2\text{/day)}$ となっている。

一方で、既往の脱窒速度の事例をみると、北林ら(1992)⁹ が三番瀬で実施した実験では表 III. 1. 3 に示す結果が得られており、浅海域の地点の年平均の脱窒速度は $21.5 \text{ (mgN/m}^2\text{/day)}$ となっている。なお、浅海域で測定された脱窒速度の結果を図 III. 1. 12 に示す。

北林ら(1992)の実験では、補足調査で実施したバイアル法ではなく、コアサンプルをそのまま不攪乱試料として用いるコア法で行われたものである。バイアル法とコア法では、バイアル法の方がコア法よりも高い値が出る傾向にあると一般的に知られている。

補足調査ではバイアル法とコア法の比較を行っており、バイアル法の方がコア法よりも30%高い値が得られ、補足調査で測定した脱窒速度の結果は高めの結果であることに留意する必要があることも述べている。

その他の脱窒速度の測定事例としては、表 III. 1. 4 に示す結果が報告されている。測定方法をみると、安定同位体比法かアセチレン阻害法（コア法）の事例となっており、アセチレン阻害法（コア法）の東京湾の盤洲干潟や三河湾の一色干潟の結果とくらべても、補足調査の脱窒速度の結果は高い値となっている。

図 III. 1. 12 に示した北林ら(1992)の測定結果をみると、夏季に高い値を示しており、この傾向は補足調査と一致しているものの、補足調査の夏季の結果とくらべても両者の違いは大きい。北林ら(1992)は1989年6月の急激な脱窒活性の増加は、堆積物の表層における有機物の活発な無機化により生成されたアンモニア態窒素が速やかに硝化-脱窒されることによるものと考察している。また、脱窒活性の季節変動については、硝酸態窒素の供給過程が季節により変化していることを挙げている。浅海域で脱窒反応が優占している理由としては、浅海域における堆積物が多数存在している底生生物の活動によりかなり激しい物理的攪乱を受けていることを挙げている。

三番瀬の脱窒速度に関する既往の調査結果、研究事例を整理した結果、補足調査で把握した脱窒速度は、既往の研究事例とくらべて高い値となっている。補足調査の浅海域生態系モデルでは、この実験で得られた脱窒速度が再現されるようにモデルのチューニング

⁹ 北林興二・石川公敏・中田喜三郎・佐山幹雄・堀口文男(1992)：内湾堆積物の窒素循環過程に関する研究, 平成4年度 環境保全研究成果集(Ⅱ), 48. 1-34.

がなされていることから、脱窒の寄与が過大に評価される可能性は否定できない。しかしながら、三番瀬の脱窒速度に関するデータやそれに基づく知見の集積は十分とは言えず、早急に評価ができるものではない。

また、近年のアサリの減少とホンビノスガイの増加が顕著であることを踏まえると、底生生物の活動による物理的攪乱にも影響が生じていることが懸念され、三番瀬の物質循環に大きく寄与していると評価している脱窒速度について、最新のデータを把握する必要性は高いものと考えられる。

表 III.1.2 脱窒速度の測定結果（補足調査結果）（単位：mgN/m²/day）

調査位置	浅海域				沖合	
	Stn. 1	Stn. 3	Stn. 7	Stn. 9	Stn. 6	Stn. 15
夏季 1996年8月	0.0	232.8	36.2	200.9	15.4	0.0
冬季 1996年2月	4.0	101.2	14.0	92.0	1.8	0.4
年平均 (夏季と冬季)	85.1				4.4	

注) 調査位置については図 III. 1. 11 に示す。

表 III.1.3 脱窒速度の測定事例 北林ら(1992)（単位：mgN/m²/day）

調査位置	Stn. B	Stn. E
1988年9月～1989年9月 (11回の調査結果)	6.0～83.3	0.0～7.7
年平均値	21.5	3.7

注) 調査位置については図 III. 1. 11 に示す。

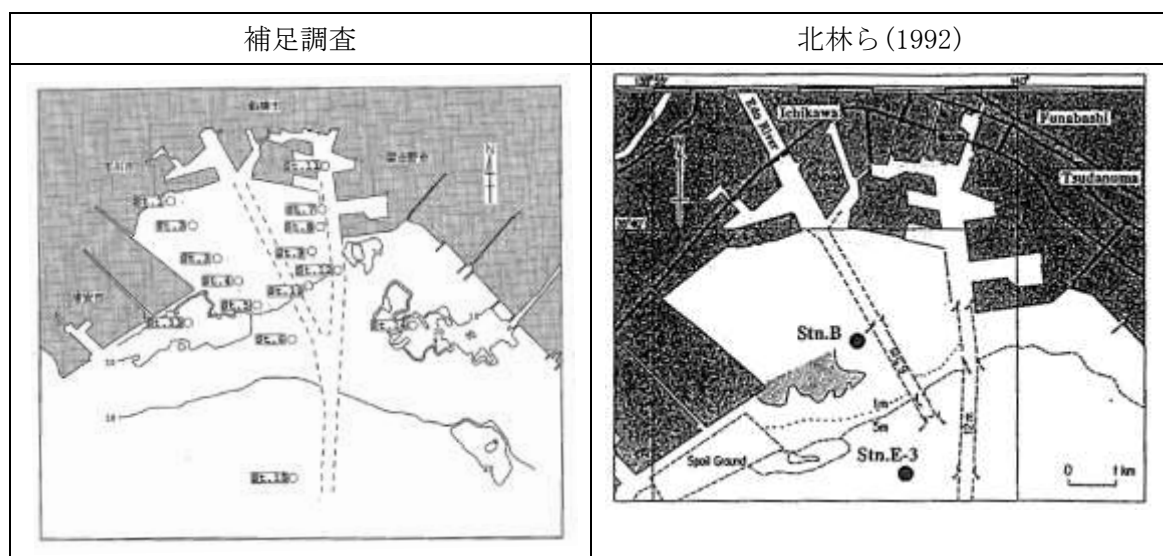


図 III.1.11 脱窒速度実験の底質試料の調査位置

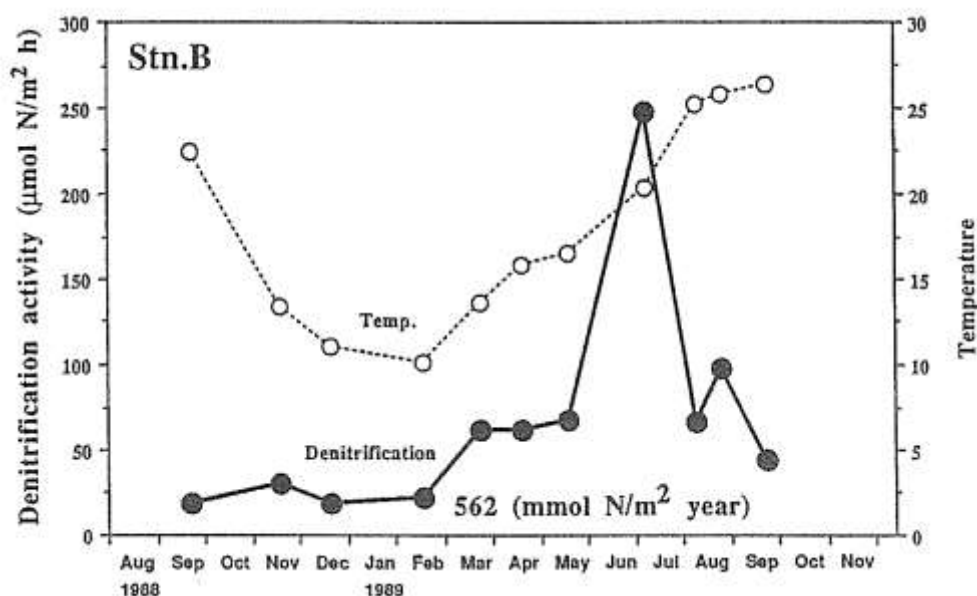


図 III.1.12 三番瀬における脱窒速度の測定結果 北林ら(1992)

表 III.1.4 脱窒速度の測定事例

海域	水深 (m)	脱窒速度 (mgN/m ² /day)	測定方法	出典
東京湾 1980年9月	20~30	5.5~11.0	同位体比法	Nishio et al. (1982) ¹⁰
多摩川河口 1980年5月, 6月	0.5~2	92.7~265.1	同位体比法	Nishio et al. (1982)
多摩川河口 1980年12月 1981年5月	0.5~2	44.7~186.5	同位体比法	Nishio et al. (1983) ¹¹
東京湾盤洲干潟	—	14.4	アセチレン阻害法 (コア法)	桑江ら(2000) ¹²
メソコスム (隔離実験生態系)	—	12.6	アセチレン阻害法 (コア法)	桑江ら(2000)
三河湾一色干潟 (矢作古川河口)	—	49.6~66.2	アセチレン阻害法 (コア法)	農林水産省農林水産技術会議事務局(1988) ¹³

¹⁰ Nishio, T., I. Koike, and A. Hattori (1982): Denitrification, nitrate reduction, and oxygen consumption in coastal and estuarine sediments, Applied Environmental Microbiology, Vol. 43, No. 3, 648-653.

¹¹ Nishio, T., I. Koike, and A. Hattori (1983): Estimates of denitrification and nitrification in coastal and estuarine sediments, Applied Environmental Microbiology, Vol. 45, No. 2, 444-450.

¹² 桑江朝比呂・細川恭史・木部英治・中村由行(2000): メソコスム実験による人工干潟の水質浄化機能の評価, 海岸工学論文集, 第47巻, 1096-1100.

¹³ 農林水産省農林水産技術会議事務局(1988): 潮間帯周辺海域における浄化機能と生物生産に関する研究, pp. 149.

1.3 物質循環のまとめ

三番瀬における水質、底質環境と二枚貝やノリ、鳥類等の生物生息量の変化傾向を整理した結果を用いて、三番瀬の浄化機能の変化傾向について検討を行った。三番瀬の物質循環を構成する要素の変化傾向は、補足調査時点と比較して表 III.1.5 のようにまとめられた。

表 III.1.5 三番瀬の物質循環を構成する要素の変化傾向のまとめ

項目		結果
流入負荷量		補足調査以降の下水道普及率の伸びや都市河川の水質改善が進んでいることから、流入負荷量は減少傾向と考えられる。
水質		三番瀬に流入する栄養塩は大局的にみると、三番瀬の沖合水の水質変化と同様に減少していると考えられる。
底質		補足調査時とくらべてシルト・粘土分が減少しており、中央粒径は大きくなっている。
二枚貝	現存量	ホンビノスガイは増加傾向であるが、二枚貝類は全般的に補足調査時とくらべて減少している。
	漁獲量	補足調査時とくらべて減少している。 ホンビノスガイの寄与が増加していると考えられる。
鳥類	スズガモ	やや減少傾向である。
	シギ・チドリ類	ハマシギは大きな変化はない。 シロチドリは減少傾向である。
ノリ		近年減少傾向であるものの、最近の収穫量は補足調査時と同程度となっている。
脱窒速度		二枚貝の現存量が変化していることから、底生生物の活動による物理的攪乱にも影響が生じ、脱窒速度に変化が生じていると考えられる。

この結果から、明らかな経年変化がみられた項目は、流入負荷量、水質、二枚貝であった。これらの要素の変化により三番瀬の物質循環に及ぼす影響は以下に示すことが考えられる。

- 流入負荷量および水質

流入負荷量の減少が物質循環に及ぼすと考えられる影響は、水質の改善とともに、堆積物の減少による底質環境の改善（栄養塩の溶出の低下など）が考えられる。また、水底質環境の変化は、三番瀬に生息する二枚貝の餌環境や養殖ノリの成長に影響が及ぶことも考えられる。このような生息環境の変化は、生物現存量やそれらの漁獲、鳥類の採餌による系外への除去など様々な影響が考えられる。

- 二枚貝

これまでのデータ整理結果から、最も変化が顕著であるのは二枚貝のうち、アサリの現存量と漁獲量が補足調査時とくらべて減少していることである。この結果を踏まえると、三番瀬からのアサリの漁獲によって系外へ除去されていた量が減少するとともに、底生生物の活動による物理的攪乱にも影響が生じ、脱窒や硝化の活性も低下していることが懸念される。一方で、近年のホンビノスガイの現存量と漁獲が増加していることから、三番瀬の物質循環に変化が生じていることも考えられる。

- 鳥類

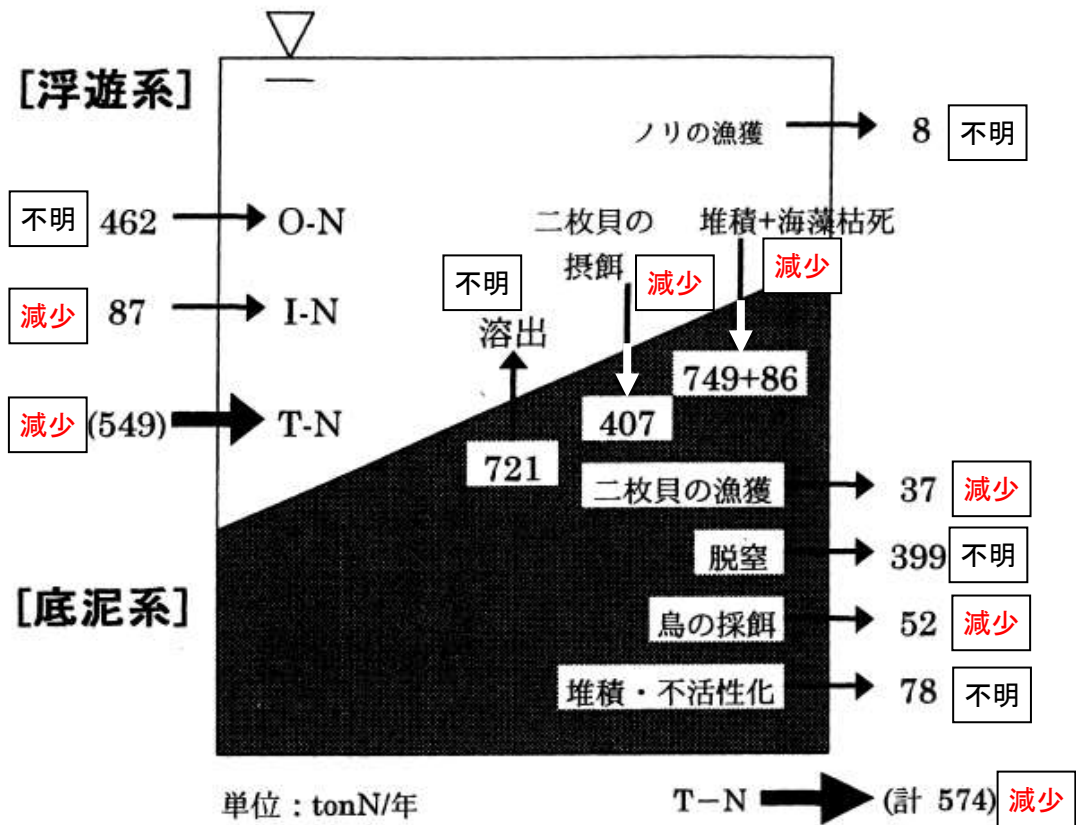
鳥類のスズガモの飛来数は補足調査時とくらべてやや減少傾向で、アサリの現存量も減少していることから、鳥類によって系外に除去される量も減少していると考えられるのが妥当である。

- 脱窒速度

アサリの減少やホンビノスガイの増加など二枚貝の現存量に変化が生じていることから、底生生物の活動による物理的攪乱にも影響が生じ、脱窒速度は変化していることが考えられる。

以上の検討結果を踏まえると、三番瀬の浄化量(三番瀬から系外へ除去される窒素量)は減少しているものと考えられる(図 III.1.13)。しかし、三番瀬の水質環境に大きな変化は確認されていないことから、浄化量(系外へ除去される窒素量)の減少が、現時点では直接的に三番瀬の環境の悪化に繋がっているものではないと考えられる。

本総合解析では、これまでに蓄積されたデータに基づいて、三番瀬の物質循環と浄化機能の変化を定性的に評価することを試みたが、三番瀬の物質循環や浄化機能を定量的に評価するためには、三番瀬の脱窒速度に関する最新の知見を得るとともに、最新のデータに基づいたモデル解析が必要と考えられる。



浅海域での窒素収支の概要 (年間値)

注) □の中は 1997 年時に対する変化を示す。

図 III.1.13 三番瀬における物質循環の変化 (1997 年に対する 2013 年時点の変化)

III.2 物理環境と生物環境および生物環境間の関連性の考察

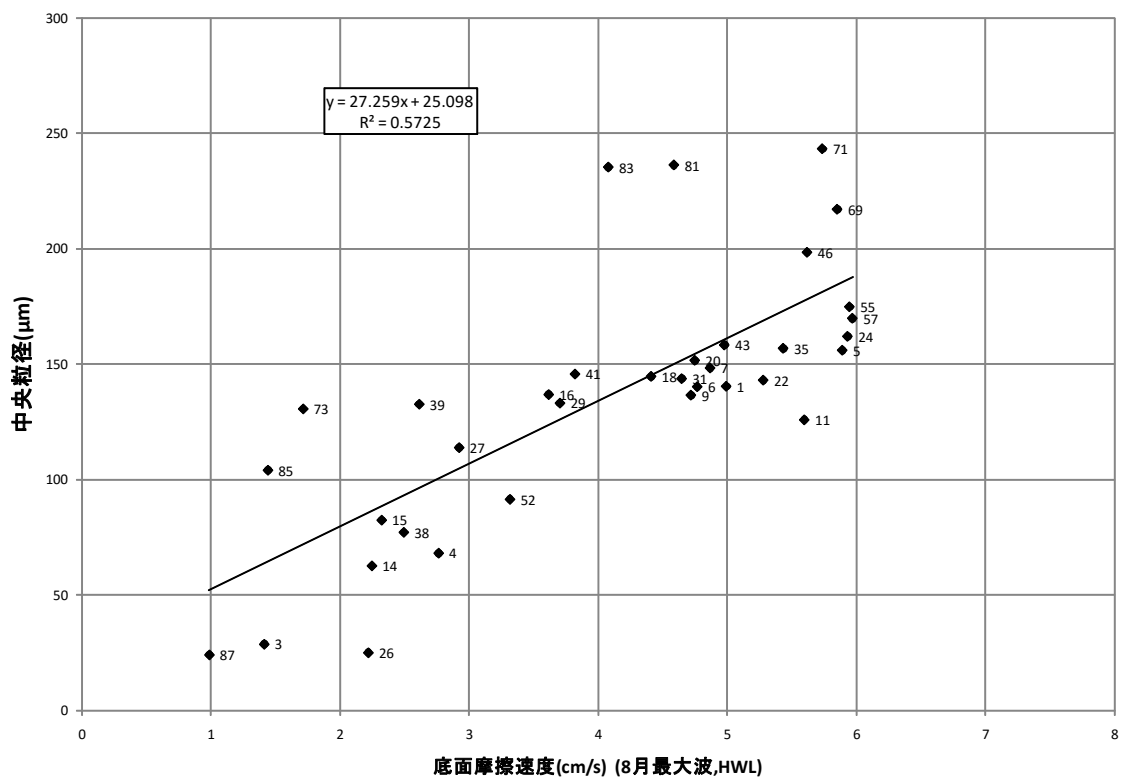
物理環境と生物環境や生物環境間の関連性について、以下に A～E の段階に分けて確認された事象を整理した。

- (A) 地形、波浪の変化による底質の変化（波浪⇒底質）
- (B) 地形変化による流況の変化（地形⇒流況）
- (C) 底質の変化による生物分布の変化（底質⇒底生生物）
- (D) 水質（青潮、貧酸素水）の変化と底生生物の変化（水質⇒底生生物）
- (E) 地形（干出）や底生生物の分布（生物相・生物量）の変化による水鳥類の分布変化（地形・底生生物⇒鳥類）
- (F) その他（人間活動（漁業活動等）⇒波浪）

1.1 (A) 地形・波浪の変化による底質の変化（地形⇒流動・波浪⇒水質・底質）

東日本大震災後の近年の調査結果（2014年5月）¹⁴によると、三番瀬全体でシルト・粘土分が減少している（詳細は、底質の章に記載）。この現象について、前節での地盤沈下との関連性について検討を行った。

H22年度業務¹⁵の結果では、波浪による底面摩擦速度と中央粒径の間に有意な正の相関性が見られた（下図参照）。そこで、2008dと2011dのそれぞれの測量結果に基づく水深条件で三番瀬内の波浪シミュレーションを行い、底面摩擦速度を比較する。



- ・ グラフ中の番号は地点番号
- ・ 波浪計算の水深条件：2008dの測量結果
- ・ 中央粒径：1994-1996, 2002, 2006年度の5年分の四季調査の平均中央粒径

図 III.2.1 8月最大波、H.W.Lにおける底面摩擦速度と中央粒径の比較

¹⁴ 千葉県・エヌエス環境株式会社（2015）：平成26年度三番瀬海生物現況調査（底生生物及び海域環境）報告書

¹⁵ 平成22年度三番瀬自然環境総合解析 報告書（平成23年3月）

1.1.1 波浪シミュレーション

波浪シミュレーション方法は、H22 年度業務¹⁵において三番瀬以内での再現性の検証を行った SWAN を用いる。SWAN では、三番瀬を含む東京湾全体について、風による波の発達と地形による波浪変形を同時に扱うことができる。

1.1.2 底面摩擦速度

波浪計算結果をもとに底面摩擦速度 u_* を算定する方法を以下に示す。

$$u_* = \sqrt{0.5 f_w \hat{u}_b^2} \quad (16)$$

ここに、 f_w は摩擦係数、 \hat{u}_b は境界層外縁での流速 u_b の振幅である。 f_w の算定については、以下の Swart の式¹⁶を適用した。

$$f_w = \exp \left\{ -5.977 + 5.213 \left(\frac{a_m}{k_s} \right)^{-0.194} \right\} \quad \frac{a_m}{k_s} > 1.57$$
$$f_w = 0.30 \quad \frac{a_m}{k_s} < 1.57 \quad (17)$$

ここで、 a_m : 波動境界層外縁での水粒子軌道振幅（波高、周期、水深で決まる）、 k_s : 相当粗度である。

¹⁶ 本間仁・堀川清司（1985）：海岸環境工学，東京大学出版会，65p.

(1) 検討条件

1) 波浪（風向・風速）

H22 年度業務¹⁵では、高波浪時における地形変化外力と底質・生物分布の比較などを行うため、年最大波規模と月最大波規模の波浪外力計算を行った。年最大波及び月最大波に対する風速条件の推定結果を表 III.2.1 に示す。H22 年度業務¹⁵では、月最大波の代表として、8月の条件を用いた。

表 III.2.1 年最大波及び月最大波に対する風速条件

	波高ランク ^{注1)} (ランク中央値)	波高ランクに対応する最 多出現波向 (=風向)	風速条件 ^{注2)}
通年	1.6~1.8m (1.7m)	S SW	23.1m/s
1月	1.0~1.2m (1.1m)	SW	17.8m/s
2月	1.0~1.2m (1.2m)	SW	18.8m/s
3月	1.2~1.4m (1.3m)	S SW	19.7m/s
4月	1.2~1.4m (1.3m)	S SW	19.7m/s
5月	1.2~1.4m (1.3m)	S SW	19.7m/s
6月	1.2~1.4m (1.3m)	S SW	19.7m/s
7月	1.0~1.2m (1.1m)	S SW	17.8m/s
8月	1.2~1.4m (1.3m)	S	19.7m/s
9月	1.4~1.6m (1.5m)	S	21.4m/s
10月	1.2~1.4m (1.3m)	S SW	19.7m/s
11月	1.2~1.4m (1.3m)	SW	19.7m/s
12月	1.2~1.4m (1.3m)	S SW	19.7m/s
全月で発生 し得る波浪	1.0~1.2m (1.1m) (1月~12月の月最大波最低値)	S SW (1月~12月の最多出現風向)	17.8m/s

注1) 三番瀬沖での波高

注2) 波浪シミュレーションでは、再現性の検討結果を踏まえて、この風速値を0.86倍する。

出典：平成22年度三番瀬自然環境総合解析 報告書（平成23年3月，千葉県・いであ株式会社）

2) 地形条件

- ① 2008d（平成21年2~3月の測量結果）
- ② 2011d（平成24年2月の測量結果）

(2) 検討結果

1) 波浪シミュレーション結果

以下の2波浪条件（風速条件）の結果を図 III.2.2～図 III.2.5 に示す。

- ・年最大波
- ・8月の月最大波

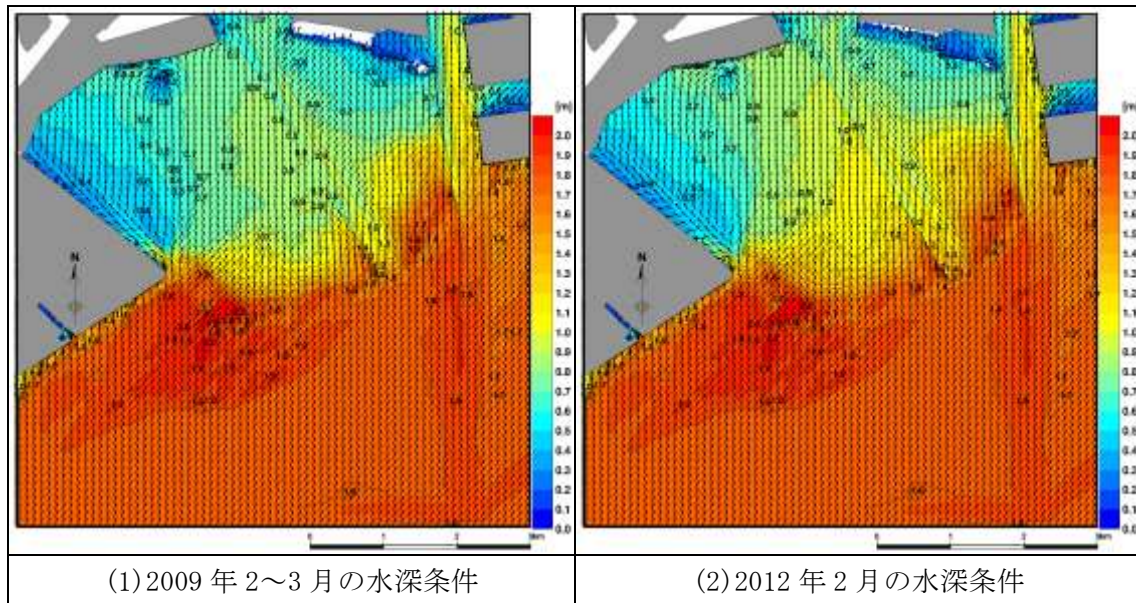


図 III.2.2 波高分布(年最大波, M. S. L)

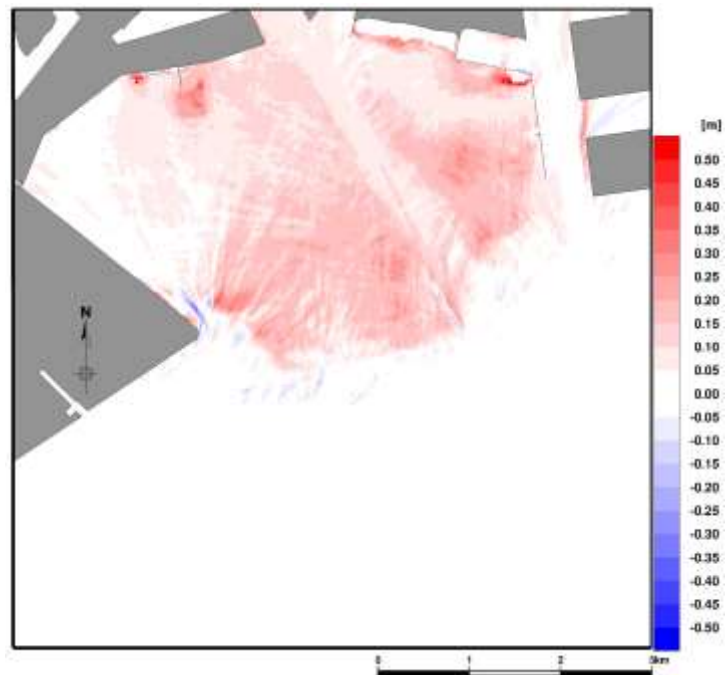


図 III.2.3 波高の差異の平面分布(年最大波, M. S. L) : $H_{2012.2} - H_{2009.2-3}$

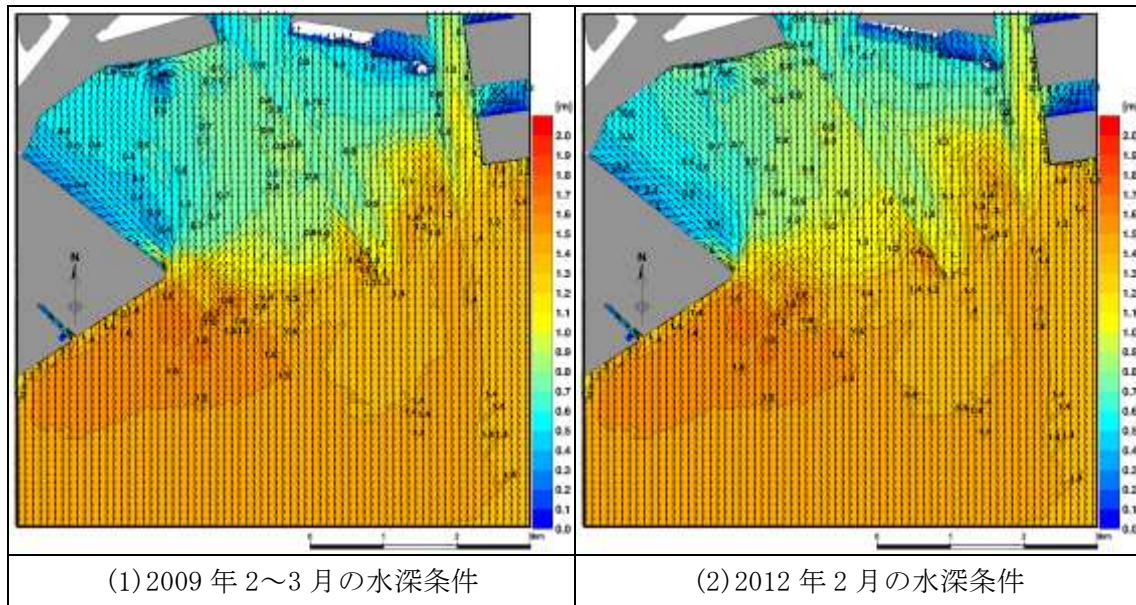


図 III.2.4 波高分布 (8月最大波, M. S. L.)

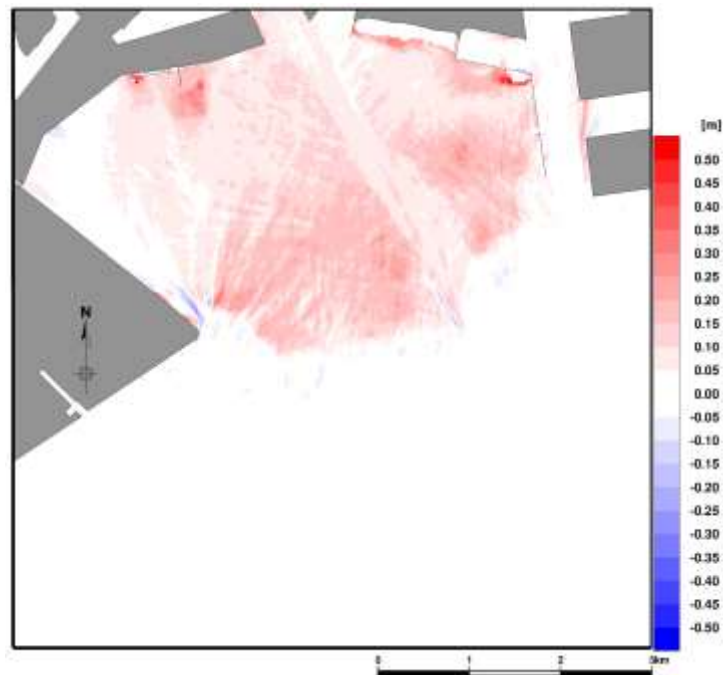


図 III.2.5 波高の差異の平面分布 (8月最大波, M. S. L.) : $H_{2012.2} - H_{2009.2-3}$

2) 底面摩擦速度

底面摩擦速度の平面分布を図 III. 2. 6～図 III. 2. 9 に示す。

地盤沈下により水深が深くなると、以下の二つの影響がある。

- ① 波浪の減衰率が低下して三番瀬内の波高が大きくなる。
- ② 水深が深くなることで、同じ波高ならば、底面上の軌道流速振幅が小さくなる。

図 III. 2. 7 及び図 III. 2. 9 をみると、猫実川河口部以外は、上記①の効果が大きく、底面摩擦速度が増加している。図 III. 2. 1 に示した関係を参照すると、シルト・粘土分が低下して中央粒径が大きくなることと整合する。

猫実川河口部（領域(1)及び(2)、Ⅱ編の 2. 1 地形・波浪の章を参照）については、平成 22 年度の総合解析¹⁵で以下のように考察している。

- ・領域(1)～(3)は、流況シミュレーションで海水交換性が低い結果が認められた。また、出水時における行徳可動堰からの淡水流入後の回復も遅い。これらのことから、高波浪時や出水時の広域的な濁りが（航路や滞筋以外では）最終的に溜まりやすい場所となっているものと考えられる。平成 20 年度に行徳可動堰開放時においても、領域(1)の調査地点 1 では、濁度が比較的高い状態が断続的に続いていた。

底質調査が行われた 2014 年 5 月より前に行徳可動堰の開放は 2011 年 9 月であり（Ⅱ編の 2. 1 地形・波浪の行徳可動堰の開放実績参照）、3 年近く出水の影響を受けていない。このことが、猫実川河口部におけるシルト・粘土分の低下の原因である可能性がある。ただし、下記に示すように、平成 22 年度の解析結果¹⁵では、底質変化と行徳可動堰の開放との関連性は明確ではなかった。

過去にも 2002 年度に三番瀬では全般的な地盤低下（侵食）と底質のシルト・粘土分の低下（粗粒化）が見られたことがある。平成 22 年度の解析結果¹⁵を図 III. 2. 10 に示す。2002 年度の現象では、底質調査の直前（2002 年 7 月）に行徳可動堰の開放が行われており、底質粒度組成の変化と行徳可動堰の開放との関係は曖昧である。

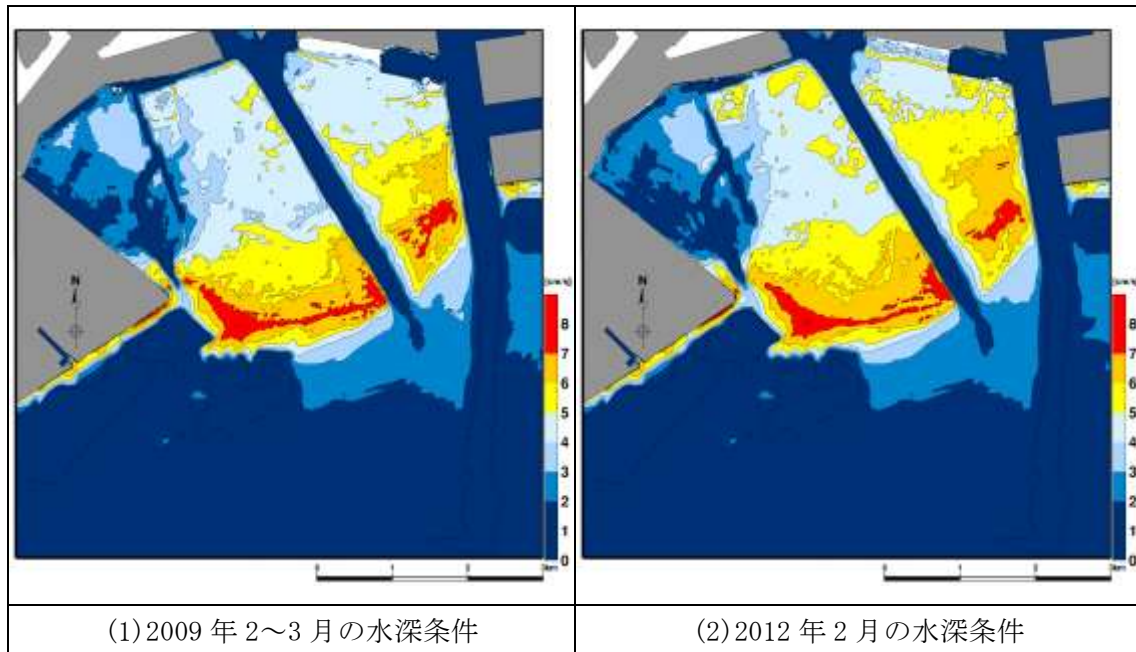


図 III.2.6 底面摩擦速度の平面分布(年最大波, M. S. L.)

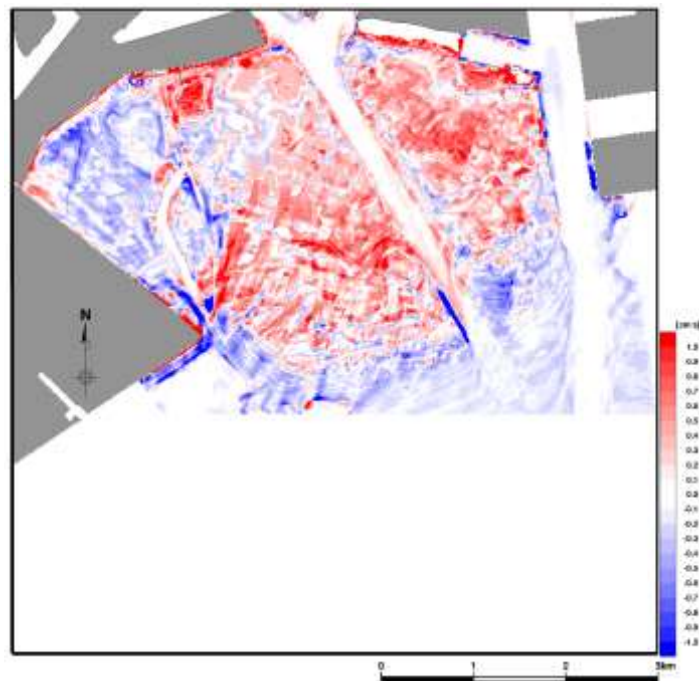


図 III.2.7 底面摩擦速度の差異の平面分布(年最大波, M. S. L.) : $U_{2012.2} - U_{2009.2-3}$

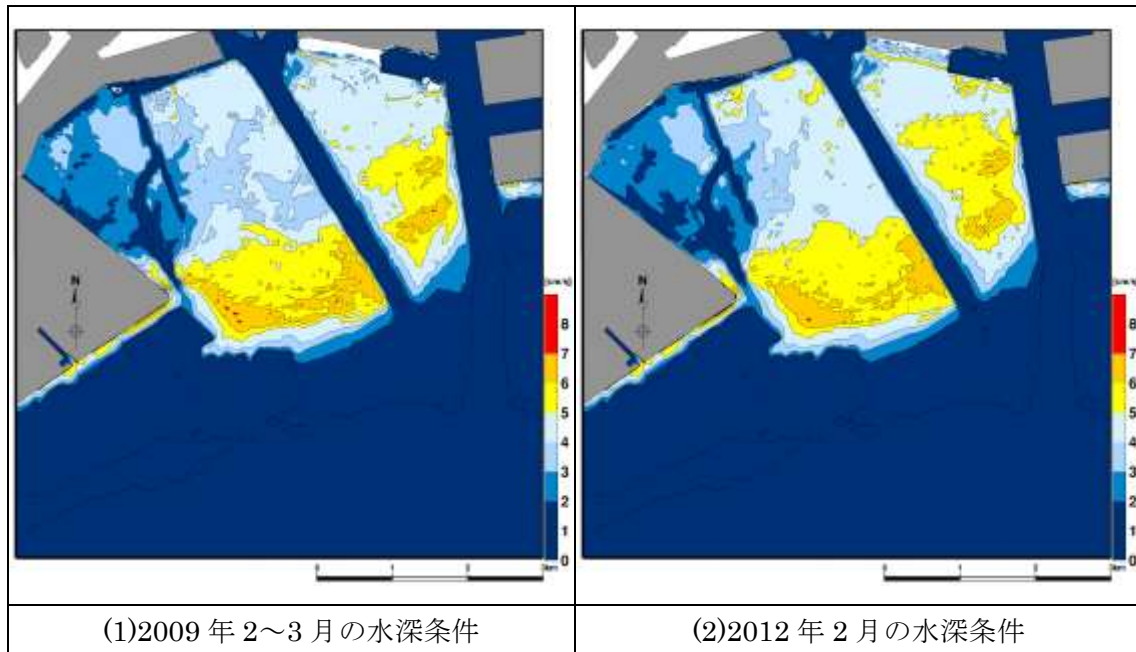


図 III.2.8 底面摩擦速度の平面分布(8月最大波, M. S. L)

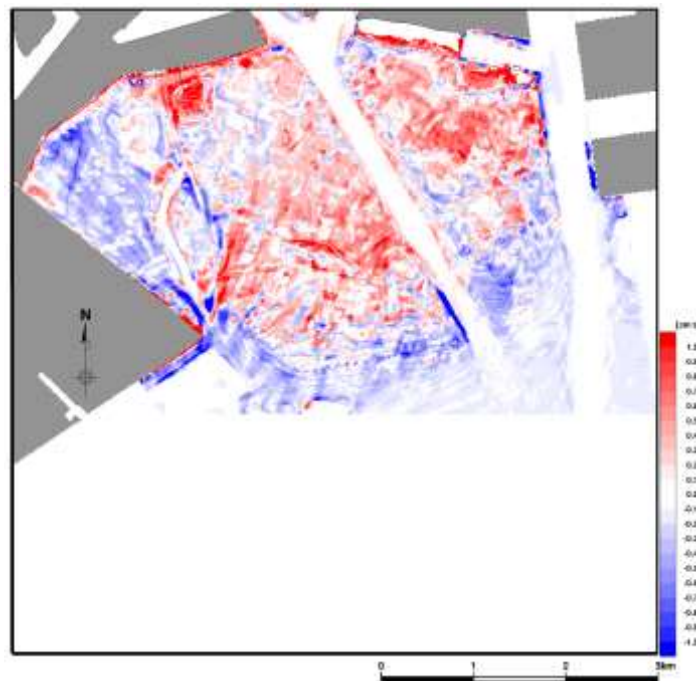
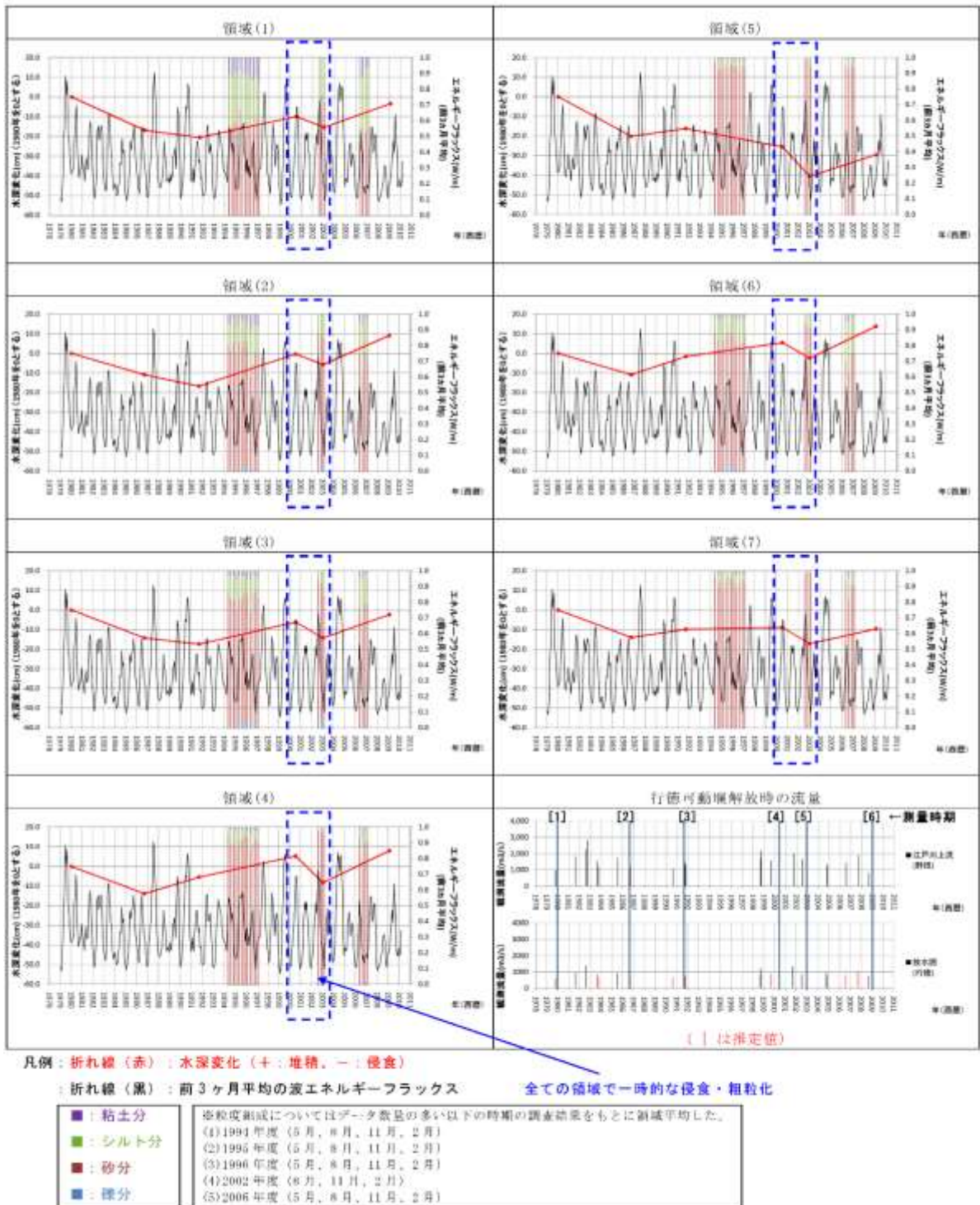


図 III.2.9 底面摩擦速度の差異の平面分布(8月最大波, M. S. L) : $U_{2012.2} - U_{2009.2-3}$



出典：平成22年度三番瀬自然環境総合解析 報告書(平成23年3月、千葉県・いであ株式会社)

図 III.2.10 領域別平均水深変化量及び粒度組成変化、前3ヵ月平均の波浪エネルギーフラックス

1.2 (B) 地形の変化による流況の変化

1.2.1 検討方針

三番瀬の地形変化に関する検討により、以下の事項が調査結果より明らかとなった。

- 東日本大震災による影響で、これまでの地形変化傾向とは異なる地盤の低下がみられた。
- 東日本大震災により、三番瀬は全体的に地盤が 20～30cm 低下し、現在に至るまで地盤の回復はみられない。

このような地盤の変化に伴う流況の変化は、流速が遅くなる形で現れると考えられる。東日本大震災の前後で実施された三番瀬の流況調査は、平成 20 年度と平成 26 年度である。本総合解析において、この両者を比較したところ、流れの特徴に大きな違いはみられず、これまで把握した流況の特徴と同様となっていた。これは、流況調査時の気象・海象条件の違いや調査データにばらつきが含まれることなどから、地盤の変化量に対する流れの変化は、現地調査から把握することが難しいと判断した。

そこで、潮汐の起潮力は変化しないと仮定して、簡易な数値シミュレーションを実施することで、地盤の変化量に伴う流況の変化を把握することとした。

1.2.2 検討方法

東京湾全体から三番瀬までを対象に、段階的に計算格子を細かく設定した計算領域に対して、以下の方針で計算条件を設定した。

計算範囲と計算格子は図 III.2.11 に、計算条件は表 III.2.2 に示すとおりである。

- 東京湾で卓越分潮の潮汐 (M_2 分潮) の振幅を設定する。
- 地盤の変化量に対する潮汐流の変化を把握するため、風 (吹送流) や河川水 (密度流) は考慮しない。
- 潮汐流のみを対象とすることから、単層モデルとした。
- 地盤の変化量は、三番瀬全体 (図 III.2.11 に示す小領域) の水深を現況から一律 -30cm とした。

表 III.2.2 流況シミュレーションの計算条件

項目	設定値
格子間隔	大領域：1km、中領域：333m、小領域：111m
層厚	単層
潮汐条件	M_2 分潮
タイムステップ	大領域：12 秒、中領域：12 秒、小領域：4 秒
計算時間	20 日間 (40 潮汐)
潮汐境界条件	M_2 分潮：37.3cm (間口)、35.0cm (岩井袋) ※日本沿岸潮汐調和定数表 (平成 4 年 2 月、海上保安庁) より設定
コリオリ係数	$f=2\omega \sin \phi$ (緯度 ϕ :35.4°)
海底摩擦係数	0.0026
水平渦動粘性係数	大領域： 2.3×10^5 、中領域： 5.4×10^4 、小領域： 1.2×10^4 単位： (cm^2/s)

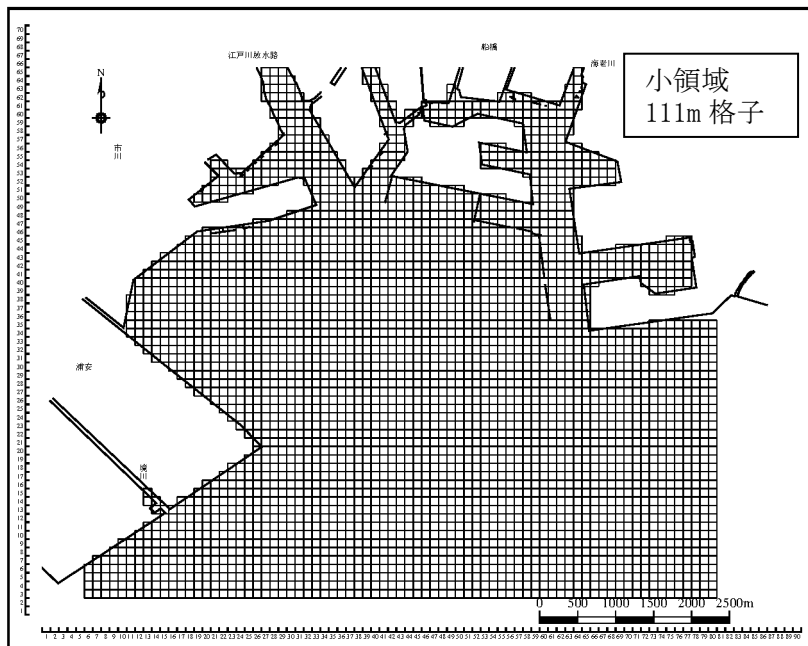
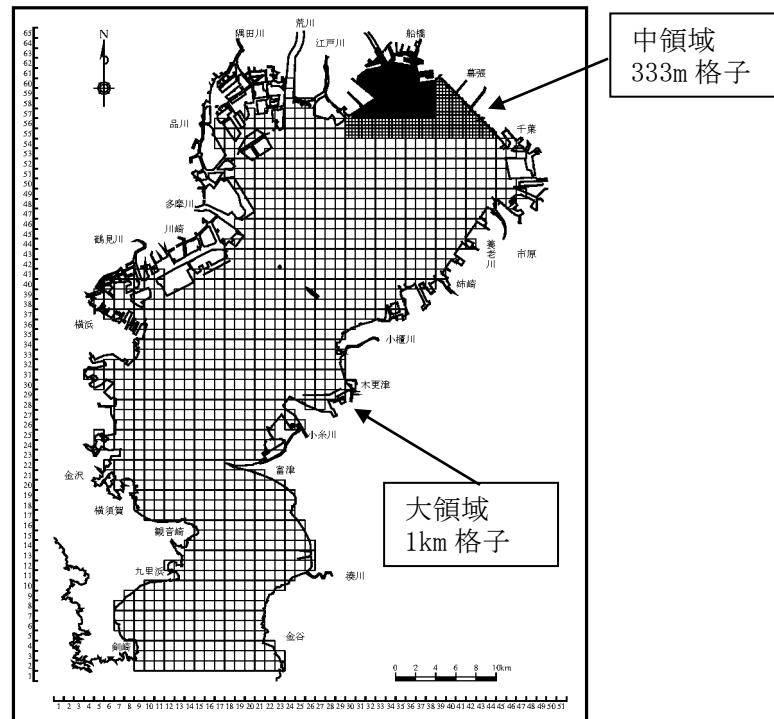


図 III.2.11 流況シミュレーションの計算範囲と計算格子

1.2.3 検討結果

簡易的に、地盤変化に伴う流速の変化を計算した結果は、図 III. 2. 13 に示すとおりである。

この結果をみると、三番瀬全体は、概ね流速の減少域となっている。下げ潮時および上げ潮時の流速変化は、最大で 1~2cm/s の減少となっており、市川航路周辺で流速の変化は大きい傾向となっている。一方で、船橋海浜公園や市川側の地先では流速のわずかな増加域もみられている。

図 III. 2. 13 中に示した A~K の場所での潮流調和定数を求めた結果は、表 III. 2. 3 および図 III. 2. 13 に示すとおりである。この結果をみると、市川地先と船橋海浜公園付近では、長軸流速が地盤変化前よりも+3%の変化、その他の場所では-2~-14%の変化となっており、流速の減少は、猫実川河口付近や市川航路に近い地点で大きい傾向で、平均的には現況の 5%程度の減少となっている。

これらの流速変化は、ある仮定の条件下における潮流に及ぼす変化を半日周期の潮汐流から求めた結果であり、大潮や小潮といった潮汐変動や風の影響、淡水の影響によって流れの状況は変化するため、地盤の低下により常に流れが遅くなったという意味ではない。

表 III.2.3 地盤低下による潮流調和定数（長軸の流速振幅）の変化

地点		長軸の流速振幅 (cm/s)		
		地盤変化前	地盤変化後	変化率
市川側	A	3.0	2.7	-10.0%
	B	3.6	3.4	-5.6%
	C	10.2	10.0	-2.0%
	D	5.6	5.8	3.6%
	E	4.3	3.7	-14.0%
	F	5.6	5.2	-7.1%
	G	8.1	7.9	-2.5%
船橋側	H	2.9	3.0	3.4%
	I	6.0	5.6	-6.7%
	J	6.3	5.6	-11.1%
	K	4.5	4.2	-6.7%

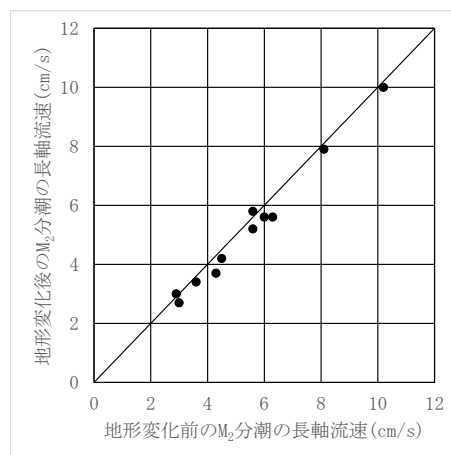
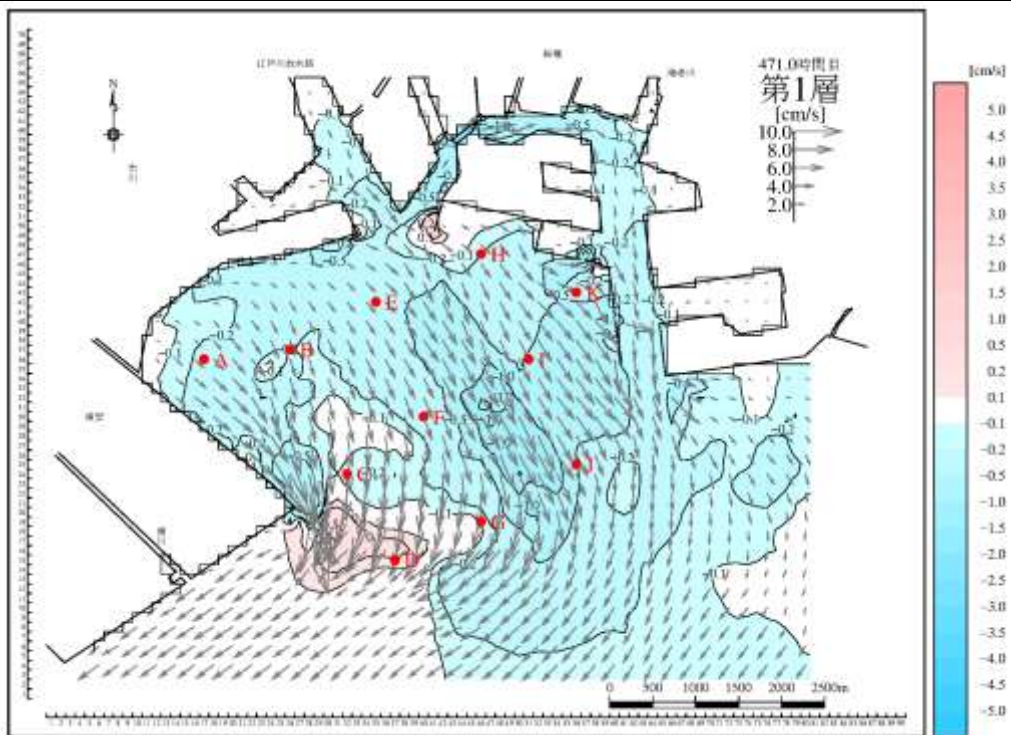
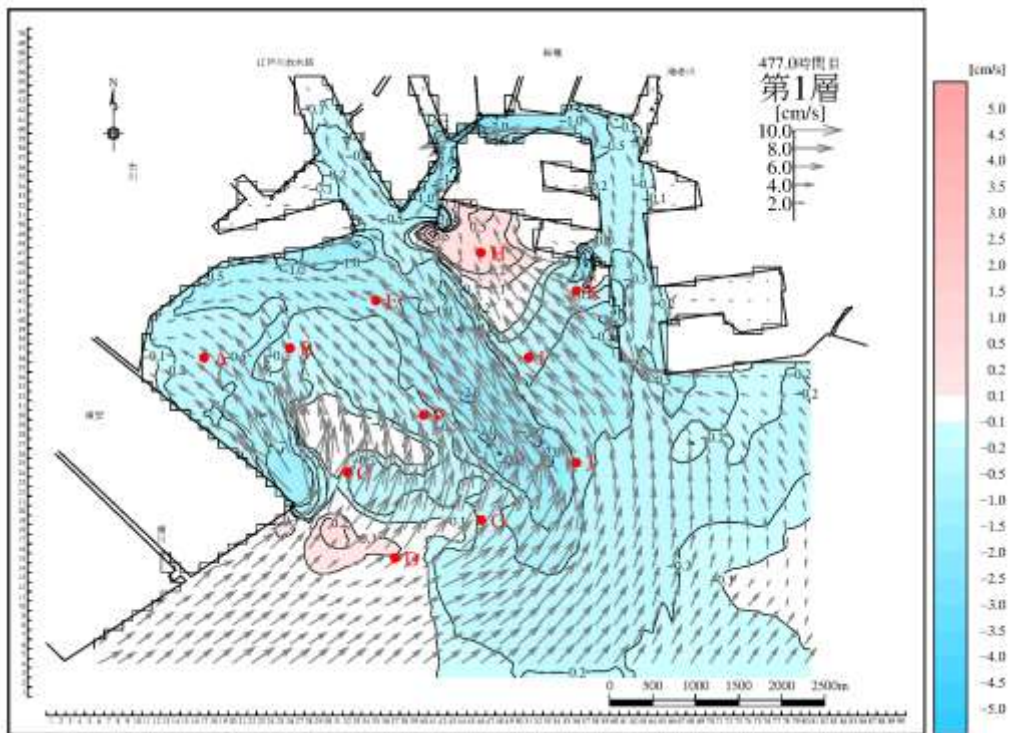


図 III.2.12 地形変化前後の M2 分潮の長軸流速

下げ潮時



上げ潮時



注 1：流速変化は、地盤変化後から地盤変化前の流速を差し引いたものである。
注 2：図中の A~K の地点は、計算で得られる潮流調和定数を比較した地点を示している。

図 III.2.13 地盤変化前の流速ベクトルと地盤変化による流速変化

1.3 (C) 底質の変化による生物分布の変化（底質⇒底生生物）

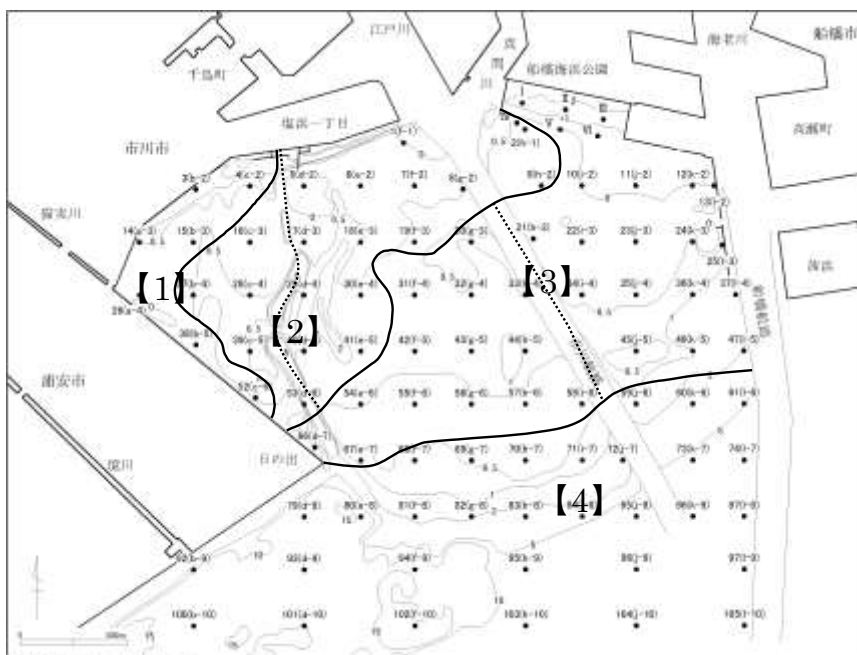
海域区分（図 III.2.14）ごとの底質の変化を図 III.2.15 に、底生生物の変化を図 III.2.16 に示す。

区分ごとの対応をみると、浅海域の北西側の区分 1、2 について、底質は粒度が細かく強熱減量が多く、底生生物は種類数、個体数とも多い傾向にある。

経時変化をみると、底質はとくに強熱減量の変化が大きく、区分 1 では 1993-1997 年と 2002-2014 年の間で、区分 2 ではいずれの期間も減少傾向であった。また、区分 2 の 2002-2014 年における強熱減量の値は区分 3、4 と同程度となっている。

底生生物の区分ごとの 1 地点辺りの種類数は、区分 1、2 においていずれの期間も減少傾向である。三番瀬全体の種類数は前述の通り横ばいかやや減少しているが（図 II.4.1）、とくに区分 1、2 においては底生生物の種類数が減少している可能性がある。

個体数は 1987-1991 年と 1993-1997 年の間で大きく増加した後、次の期間には減少している。1993-1997 年の個体数の増加はすべての区分で増加していたが、とくに区分 1、2 で顕著であった。2002-2014 年は、すべての区分で 1987-1991 年より少なくなっており、区分 1~4 ではほとんど差がなくなっており、単位面積当たりの生物個体数も三番瀬全体で概ね同程度になっている。



注) 千葉県 (2004) : 平成 15 年度 三番瀬自然環境総合解析「三番瀬の現状」報告書 より、補足調査時 (1994~1996 年度) を基に作成

図 III.2.14 水深と底質からみた海域区分