

現地調査結果の概要

記載内容

第3章 播磨灘北東海域の現地調査結果の概要	1
3.1 河川水の広域的拡散状況調査	2
3.1.1 河川水の広域的拡散状況調査	2
3.1.2 加古川河口近傍の平面分布調査（追加調査）	6
3.1.3 河川水拡散状況の鉛直分布状況	10
3.2 栄養塩類の形態別動向調査	15
3.2.1 栄養塩類の形態別動向調査	15
3.2.2 水質の鉛直分布調査（追加調査）	20
3.3 泊川の水質把握調査（追加調査）	20
3.4 物質収支モデル構築に必要な情報の収集（流況）	27
3.4.1 収集整理結果	27
3.5 次年度に向けての課題	31
3.5.1 現況把握調査	31
3.5.2 実証試験	31

第3章 播磨灘北東海域の現地調査結果の概要

本調査では、播磨灘北東部海域において以下の現地調査及び資料収集を実施し、調査結果の整理・取りまとめを行った。

次に調査結果の概要を示す。

河川水の広域的拡散状況調査

- ・河川水の広域的拡散状況調査
- ・加古川河口近傍の平面分布調査（追加調査）
- ・河川水拡散状況の鉛直分布状況（追加調査）

栄養塩類の形態別動向調査

- ・栄養塩類の形態別動向調査
- ・水質の鉛直分布調査（追加調査）

泊川の水質把握調査（追加調査）

物質収支モデル構築に必要な情報の収集（流況）

3.1 河川水の広域的拡散状況調査

3.1.1 河川水の広域的拡散状況調査

河川から供給される淡水について、海域における移流・拡散傾向を把握するために有効なデータを得るため、現地調査を実施した。

(1) 調査概要

図 3-1 に示す河口及びその周辺の計 12 地点。

各調査地点に compactCT を設置し、10 分間隔で 17 昼夜連続の水温・塩分データを取得。

測定は表層（海面下 0.3m）

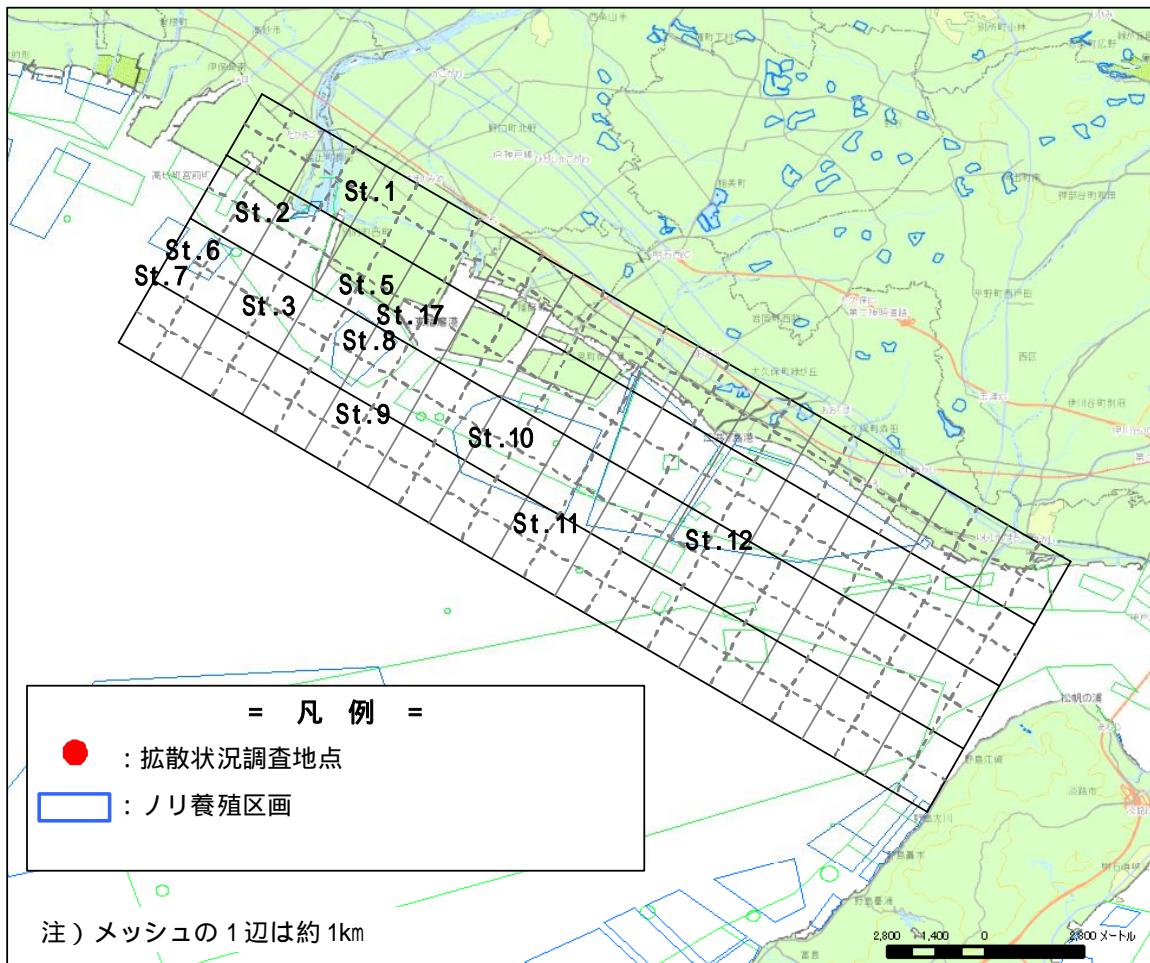


図 3-1 河川水の拡散状況調査対象地点

(2) 調査結果

調査実施日の状況

広域拡散状況の連続観測及び鉛直分布調査の実施日を表 3-1 に示す

なお、St.17 は、1月27日の点検時に設置機材が流失していることが確認され、翌28日午前9時に再設置した。このため、1月19日～28日再設置前までのデータは欠測となっている。測定期間については、当初予定の15昼夜は、流況調査と合わせて大潮～小潮～大潮の2周期を把握することとしていたが、17は、流出後再設置したことにより小潮の後半～大潮分の1

周期は把握できると考え、調査期間を延長せずに他の地点と同じ日に回収を行った。

表 3-1 調査実施日

調査	実施日
連続観測	平成 23 年 1 月 19 日 0 時 ~ 2 月 5 日 0 時 (設置: 1 月 18 日、回収: 2 月 5 日)

St.17 は、1 月 19 日 ~ 28 日 (9 時) までデータ欠測。

調査期間中の加古川 (板波) 流量 は、0.97 ~ 14.86 (平均 4.69m³/s) であり、1 月 31 日に低水流量 (10.95m³/s) を超えた以外は低水流量 (5.18m³/s) 程度の値であった。調査期間中は、1 月 31 日の流量増加以外は、全体的に調査開始から減少する傾向を示した。

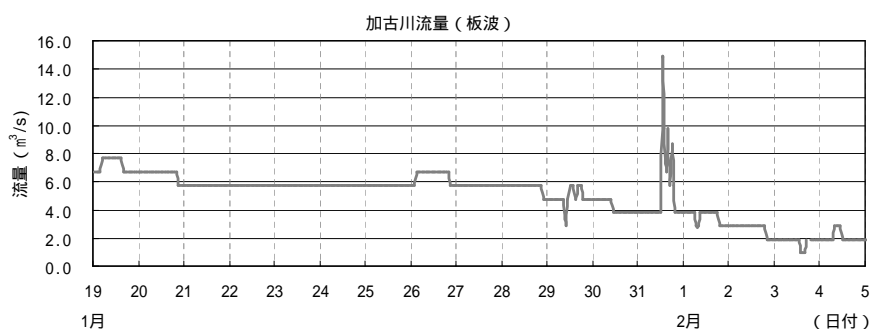


図 3-2 調査期間中の加古川流量 (板波)

加古川流量: 2004 年の流量・水位から算定した HQ 式を用いて、調査期間中の水位から算定した値。なお、「板波」より下流に位置する流量観測点「国包」は流量と水位の相関が低く、また、水位の欠測が多かったため、本検討の流量把握では「板波」の値を用いた。

河川からの拡散状況

加古川から海域への河川水の拡散状況を把握するために、加古川内の St. 1 と河口付近の St. 3 における塩分と潮位 (二見) の経時変化を図 3-3 に示した。

河川水は、主に下げ潮時にのみ海域に流出する傾向が見られた。

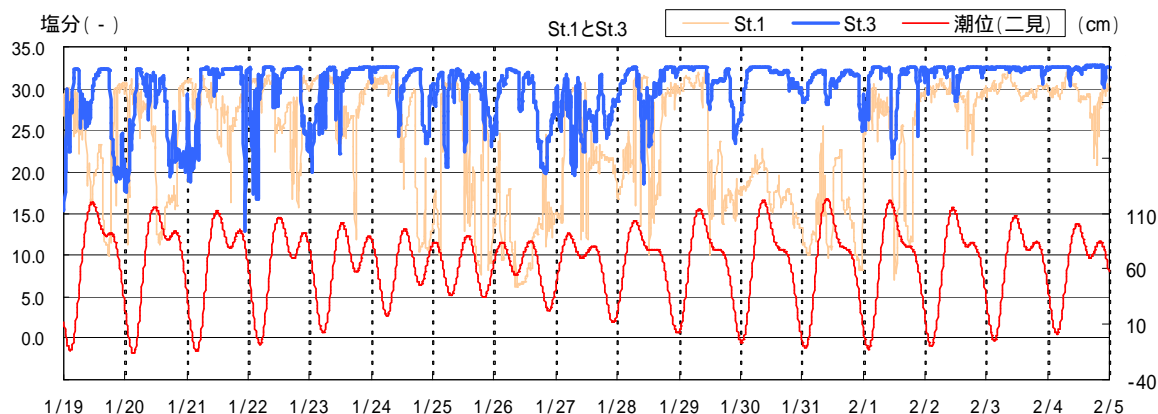


図 3-3 潮位と塩分の変化

海域流入後の拡散状況

河川水の東西方向の拡散状況を把握するために、加古川河口の東側の St.8 と西側の St.6 に

おける塩分と潮位（二見）の経時変化を図 3-4 に示した。

塩分はまず東側の St.8 で低下し、その後西側の St. 6 で低下していることから、河川水は流入後、まず東に流出し、その後西に流される傾向が見られ、潮流の影響によるものと考えられた。

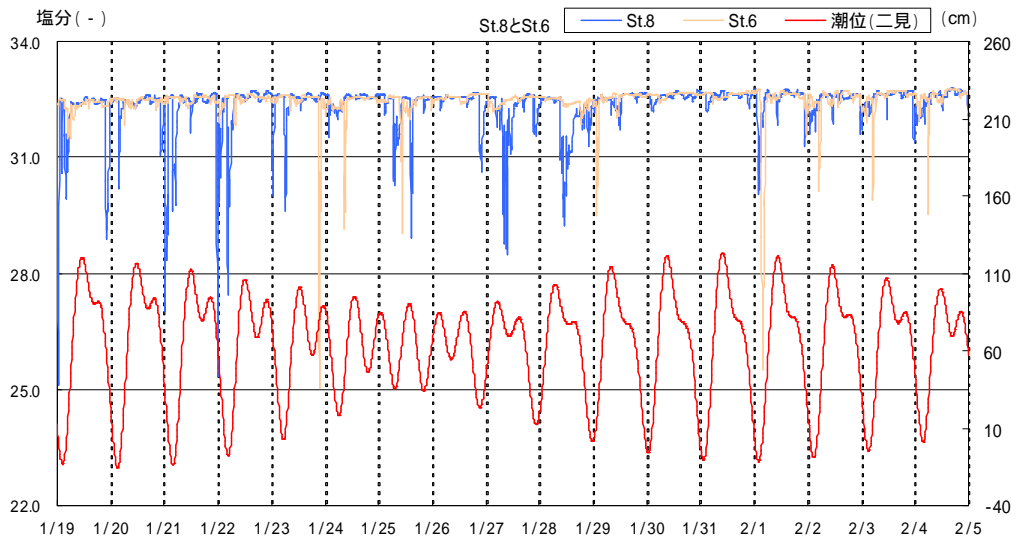


図 3-4 加古川河口の東西における塩分変化の比較（東：St.8、西：St.6）

海岸からの距離と河川水の影響

海岸からの距離による河川水の影響の違いを把握するため、海岸からの距離が異なる3地点（St.17、8、9）における塩分と潮位（二見）の経時変化を図 3-5 に示した。

海岸からの距離が一番遠い St. 9 は他の2地点に比べ高い塩分を示したが、最も近い St.17 と次に近い St. 8 とは同程度の値であったことから、河川水の影響は St.17 と 8 は同程度で、St.9 はこの2地点に比べ少ない傾向が見られた。

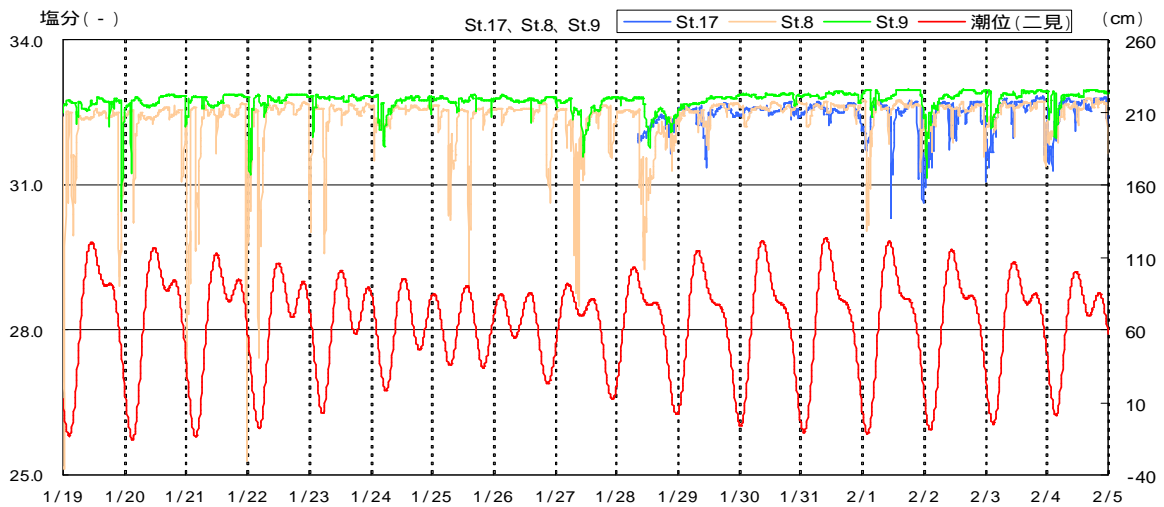


図 3-5 海岸からの距離の違いによる塩分変化の比較

加古川近傍から明石海峡付近における拡散状況

河川水流入後の加古川近傍から明石海峡付近までの拡散状況を把握するために、St.9～12における塩分と潮位（二見）の経時変化を図 3-6 に示した。

塩分の全体の傾向としては、4地点の中では、St.9の塩分が最も高く、St.11、12はほぼ同程度で、St.9に比べ若干低い値であり、St.10は4地点の中では最も低かった。また、塩分と潮位の変化を比較すると、St.9は下げ潮時に塩分が低下しており、St.10、11ではその傾向が小さいことから、加古川からの流入水の影響範囲はSt.9付近までと考えられた。

一方、St.12では、下げ塩時に塩分濃度が高くなる傾向が見られていた。既存調査結果（図 3-7）では播磨灘北東部は大阪湾より高塩分となる傾向がみられており、本調査でもSt.9の塩分が高かったことから、下げ潮時にSt.9近傍の高塩分水塊が東に移動し、上げ潮時に大阪湾の低塩分水塊が明石海峡を経由して流入してくる可能性も考えられたが、確定するには至らなかった。

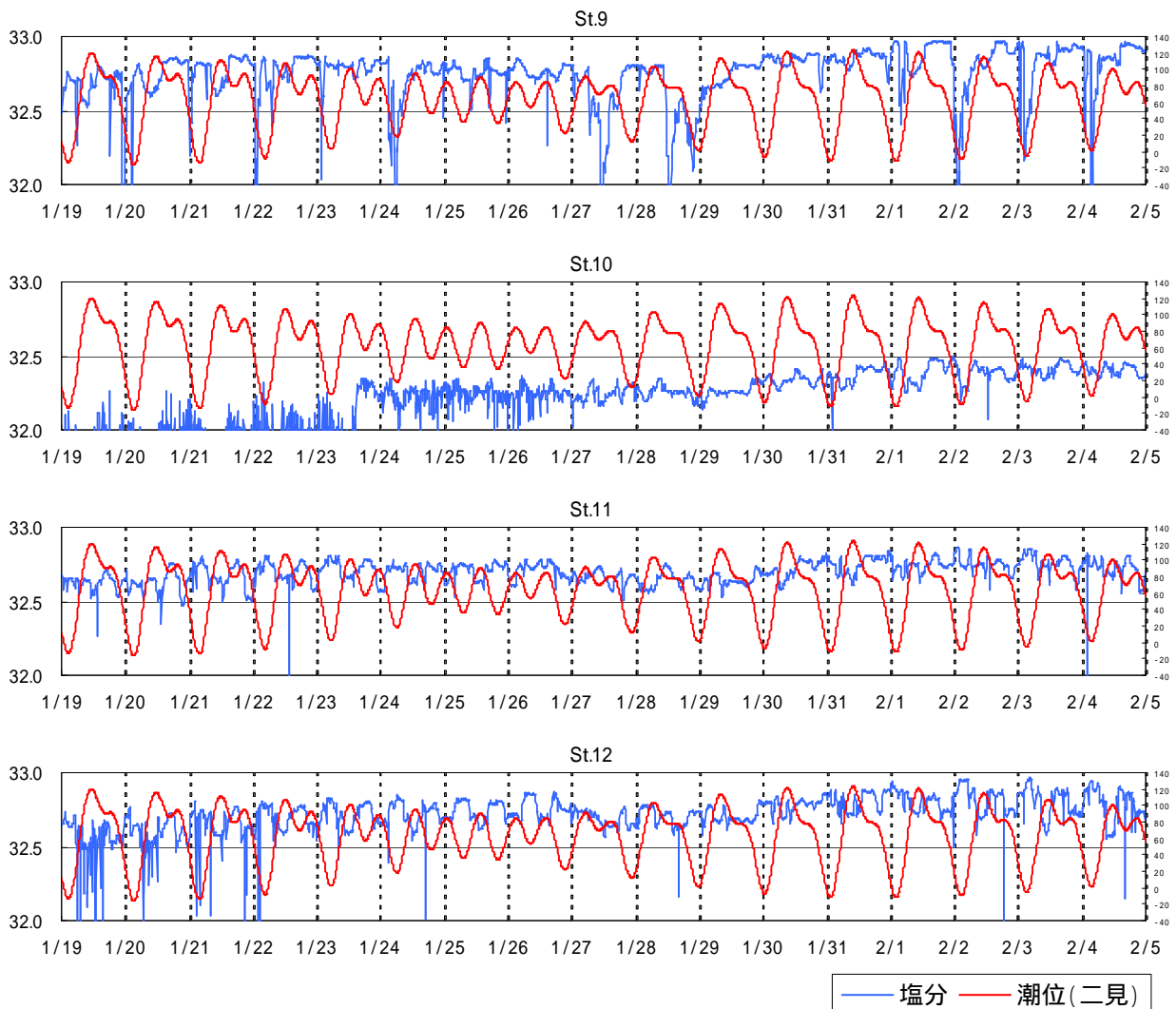
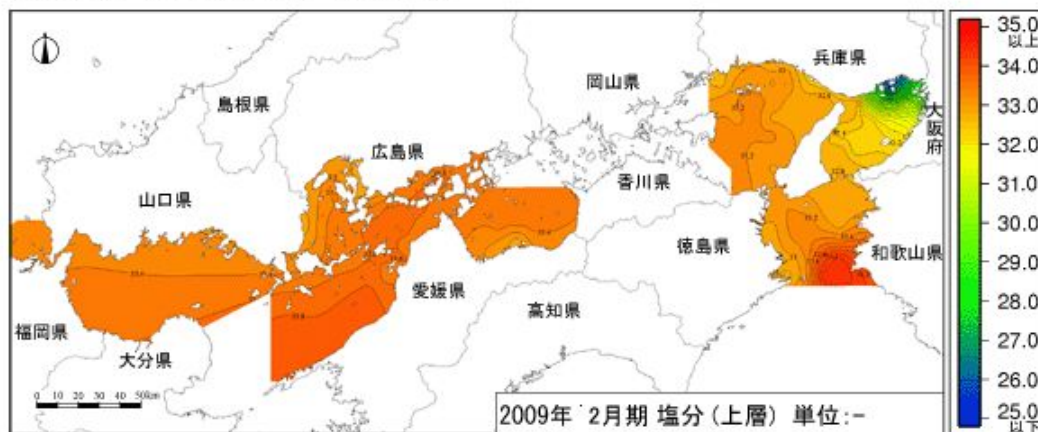


図 3-6 塩分と潮位の経時変化

水質水平分布図(平成21年)



塩分は、流量の多い河川が位置する大阪湾奥部、播磨灘北部、広島湾奥部や、瀬戸内海の最も中央部に位置する備讃瀬戸で低く、外海に近い紀伊水道、伊予灘、周防灘、響灘で高くなっています。冬季に高く、夏季に低くなる傾向が見られます。なお、2月期の備讃瀬戸の全域と燧灘の一部では調査が行われませんでした。

出典：瀬戸内海総合水質調査ホームページ

図 3-7 既存調査における塩分の水平分布図（平成 21 年 2 月）

3.1.2 加古川河口近傍の平面分布調査（追加調査）

「河川水の広域的拡散状況調査」にあわせて実施し、加古川河口周辺について水質の平面的な拡散状況をより詳細に把握することを目的とした。

(1) 調査概要

河川水の広域的拡散状況調査期間中に 3 回、加古川河口の近傍（St.1、6、4、8 で囲まれた範囲内）の調査地点間において compactCT 計を使用し表層（海面下 0.3m）の水温、塩分の測定を行い平面分布状況を把握した。

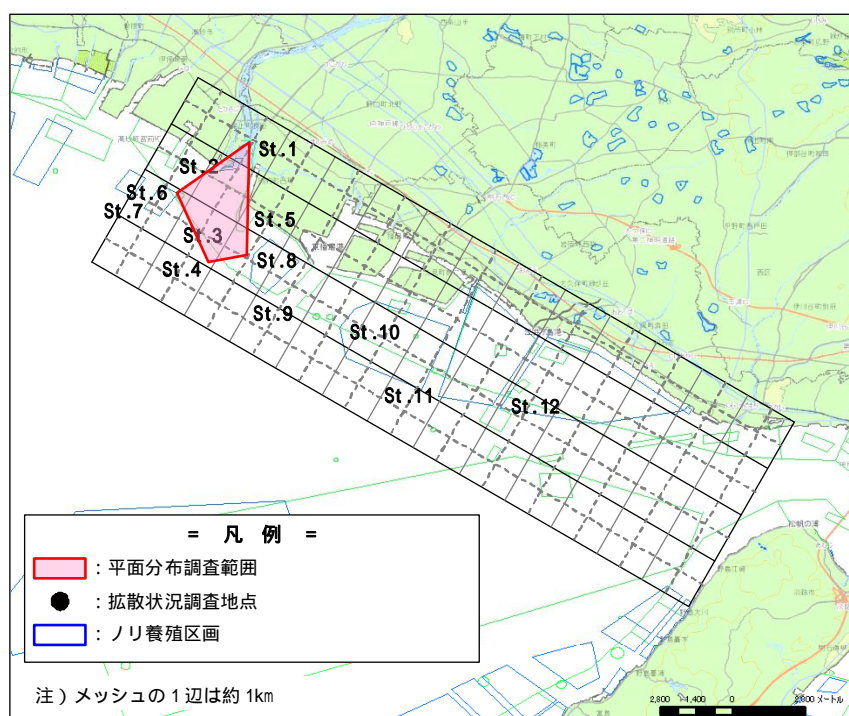


図 3-8 河川水拡散状況の平面分布調査対象範囲

(2) 調査結果

調査実施日の状況

調査は、「河川水の広域的拡散状況調査」実施期間中に3回実施した。実施時の状況及び加古川流量を表3-2、図3-9に示した。

表3-2 調査実施時の状況

項目	第1回	第2回	第3回
調査実施日	平成23年1月23日	平成23年1月27日	平成23年2月4日
調査時間	13:00～15:00	8:20～10:20	13:00～15:00
潮汐	下げ潮	下げ潮	下げ潮
調査時の天候	曇	晴	晴

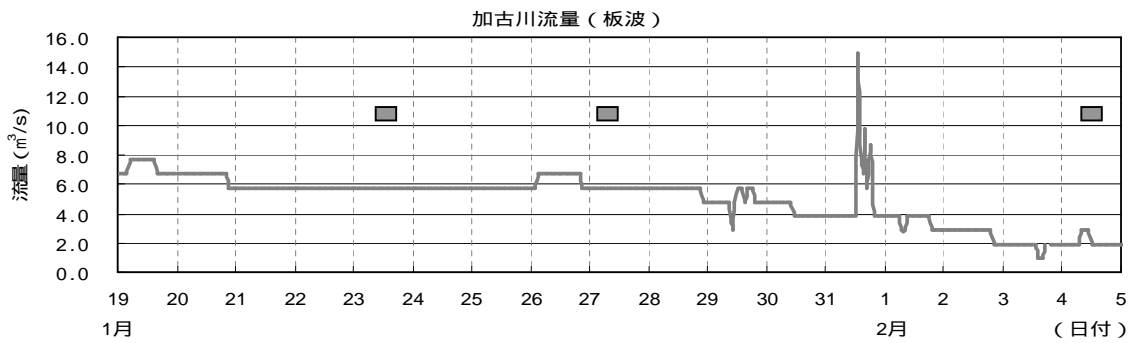


図3-9 調査実施日の加古川流量(板波)(:調査実施日)

調査結果概要

加古川河口周辺の水温・塩分の水平分布について現地調査結果を整理し、図 3-10 に示した。加古川河口周辺部では、西側に比べ東側の塩分が低いことから、加古川から流入した河川水は下げ潮時には、東方向に拡散していることが確認された。この傾向は、衛星写真（図 3-11）で見られた拡散状況と同様であった。

また、第 2 回調査（1/27）の水温を見ると、図 3-10 の点線で示した地点で周囲より高い値が見られている。また、泊川の水温が周囲より若干高い傾向（P.11 参照）にあることから、泊川の影響が及んでいる範囲であると考えられた。

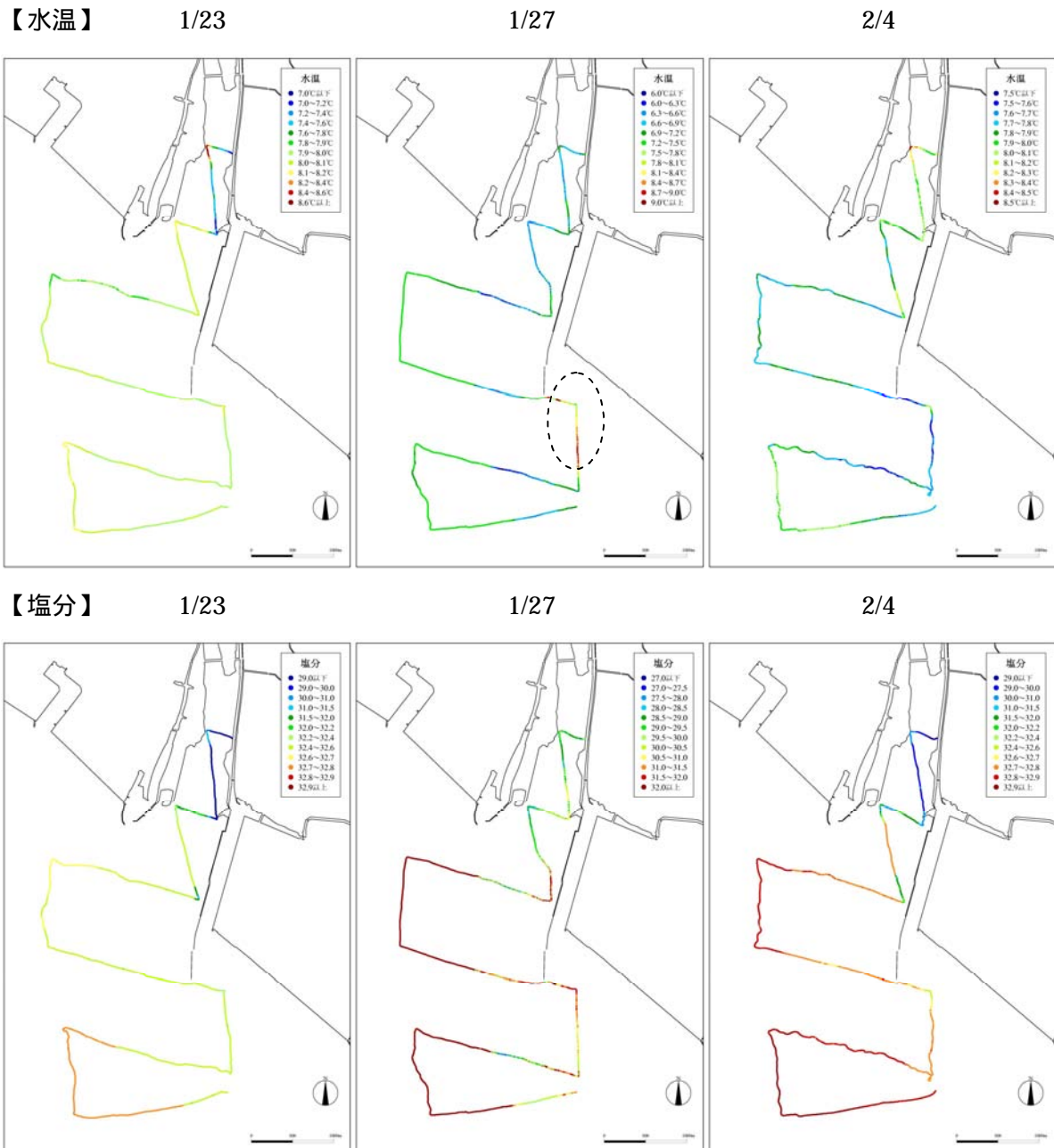
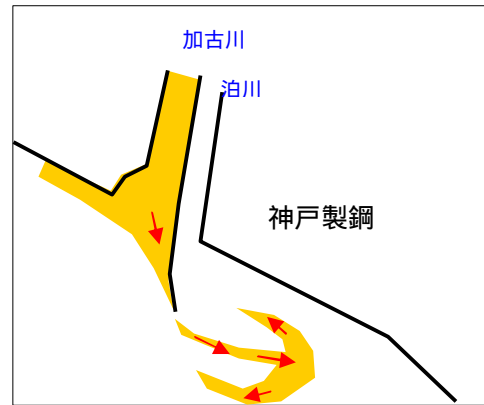


図 3-10 加古川河口周辺の水温・塩分の水平分布調査結果

○：泊川の影響と考えられる範囲

注) 凡例と数値の対応は調査日により異なる



出典：藤原委員提供資料

図 3-11 加古川河川水の拡散状況（左：衛星写真、右：拡散のイメージ図）

3.1.3 河川水拡散状況の鉛直分布状況

「河川水の広域的拡散状況調査」にあわせて実施し、表層の平面分布に加え各地点における水質の鉛直分布を把握することを目的として実施した。

(1) 調査概要

河川水の広域的拡散状況調査期間中に3回、St.1～St.12で多項目水質計を使用し海面から海底上0.5mまで0.5m間隔と表層(海面下0.3m)で水温、塩分の鉛直測定を行った。

(2) 調査結果

調査実施日

広域拡散状況の鉛直分布調査実施日を表3-3に示す。

表 3-3 調査実施日

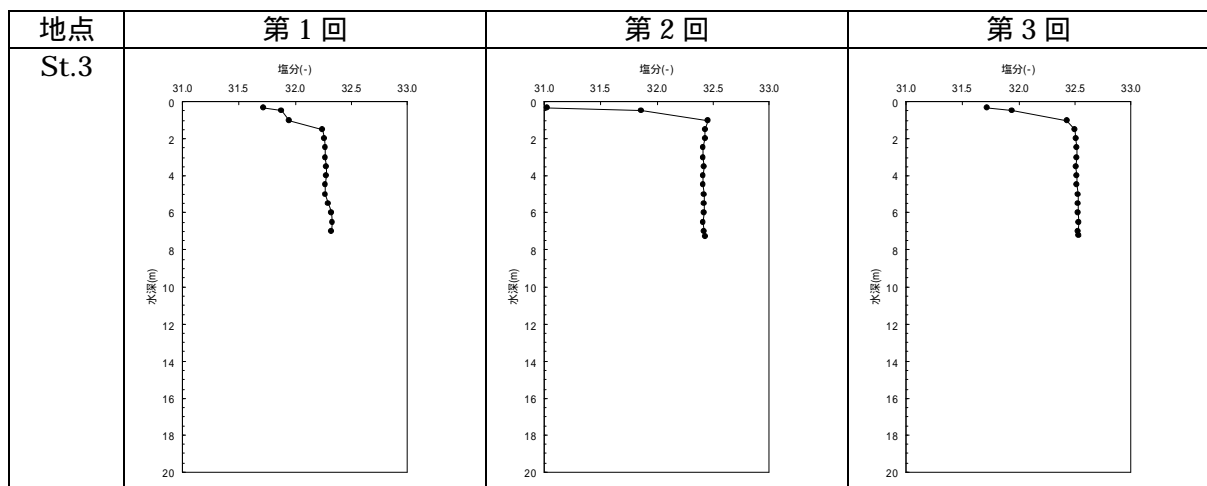
調査	実施日	潮汐
鉛直分布測定	第1回：平成23年1月23日 第2回：平成23年1月27日 第3回：平成23年2月4日	下げ潮

河川からの拡散状況

1) 加古川

加古川河口に位置するSt.3の塩分鉛直分布の低塩分層に着目すると、調査回により変動があるものの、河川水は、表層から1.5m程度の層から海域に流入している傾向が見られた。

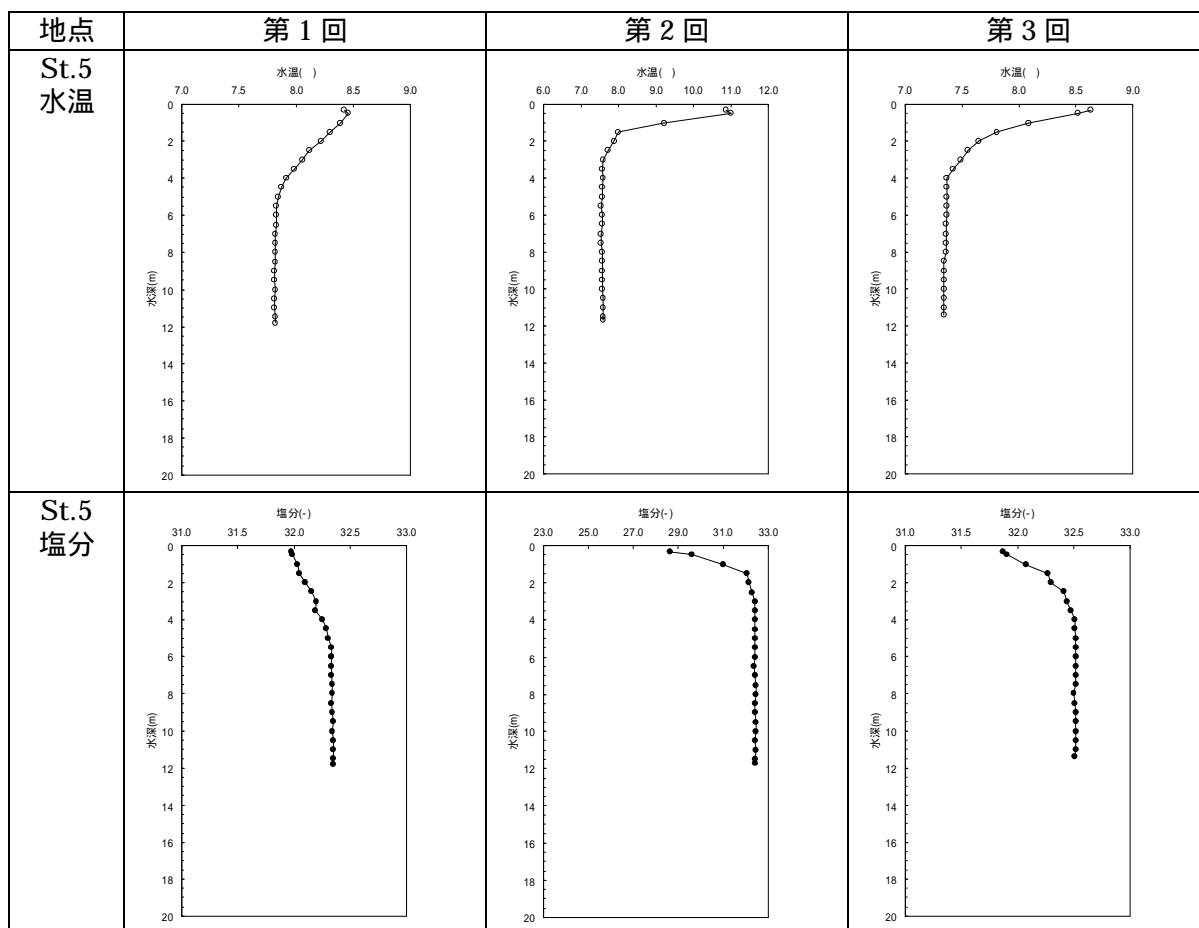
なお、水温については、特定の傾向が見られず、調査実施時の気温等の影響を受けていると考えられた。



2) 泊川

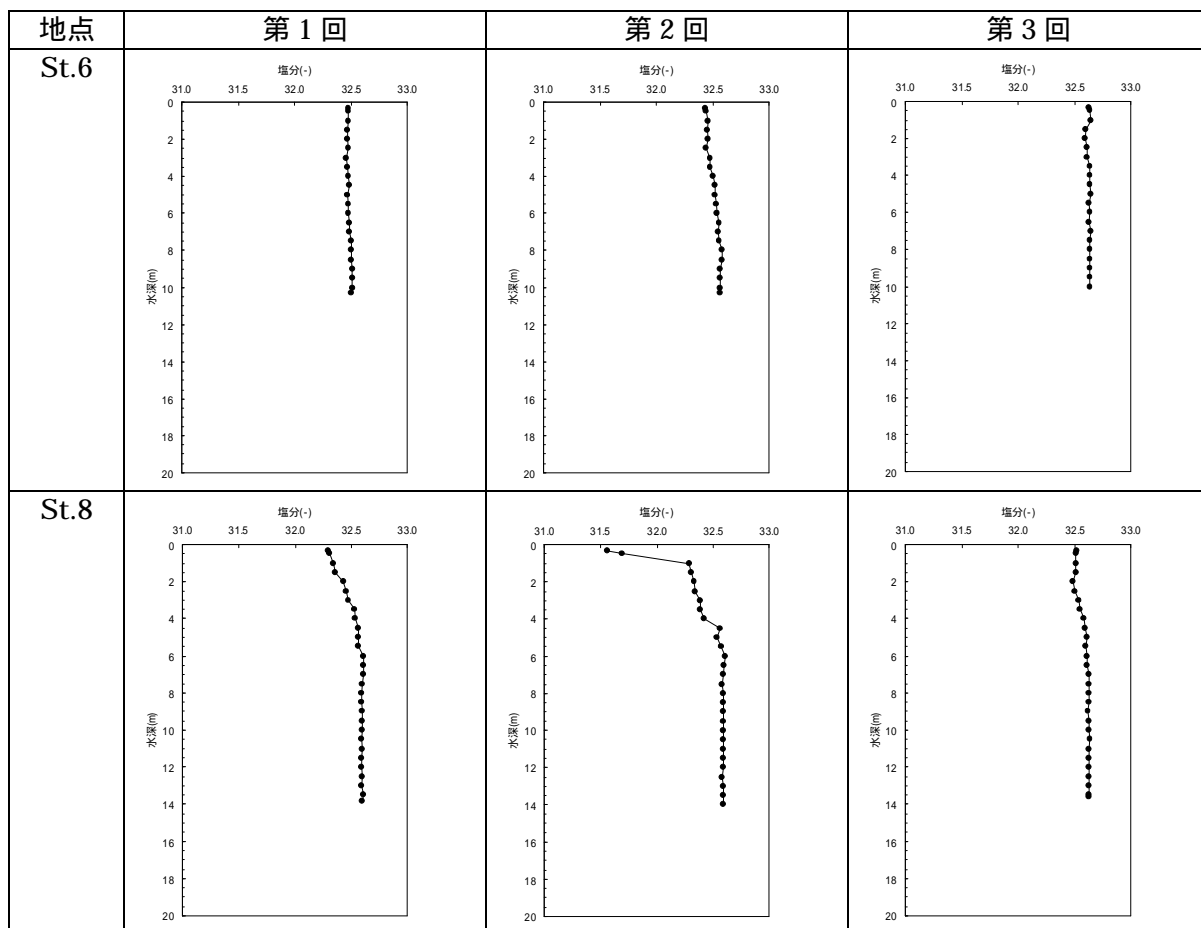
泊川河口に位置する St.5 の水温・塩分の鉛直分布から、調査回により変動があるものの、河川水は、表層から 3m 程度の層から海域に流入している傾向が見られた。

水温については、3 回の調査回とも海域より St.5 が高い傾向が見られ、近傍海域の St.8 との差は、1 程度から大きいときで 3 以上のとき（第 2 回）もみられた。



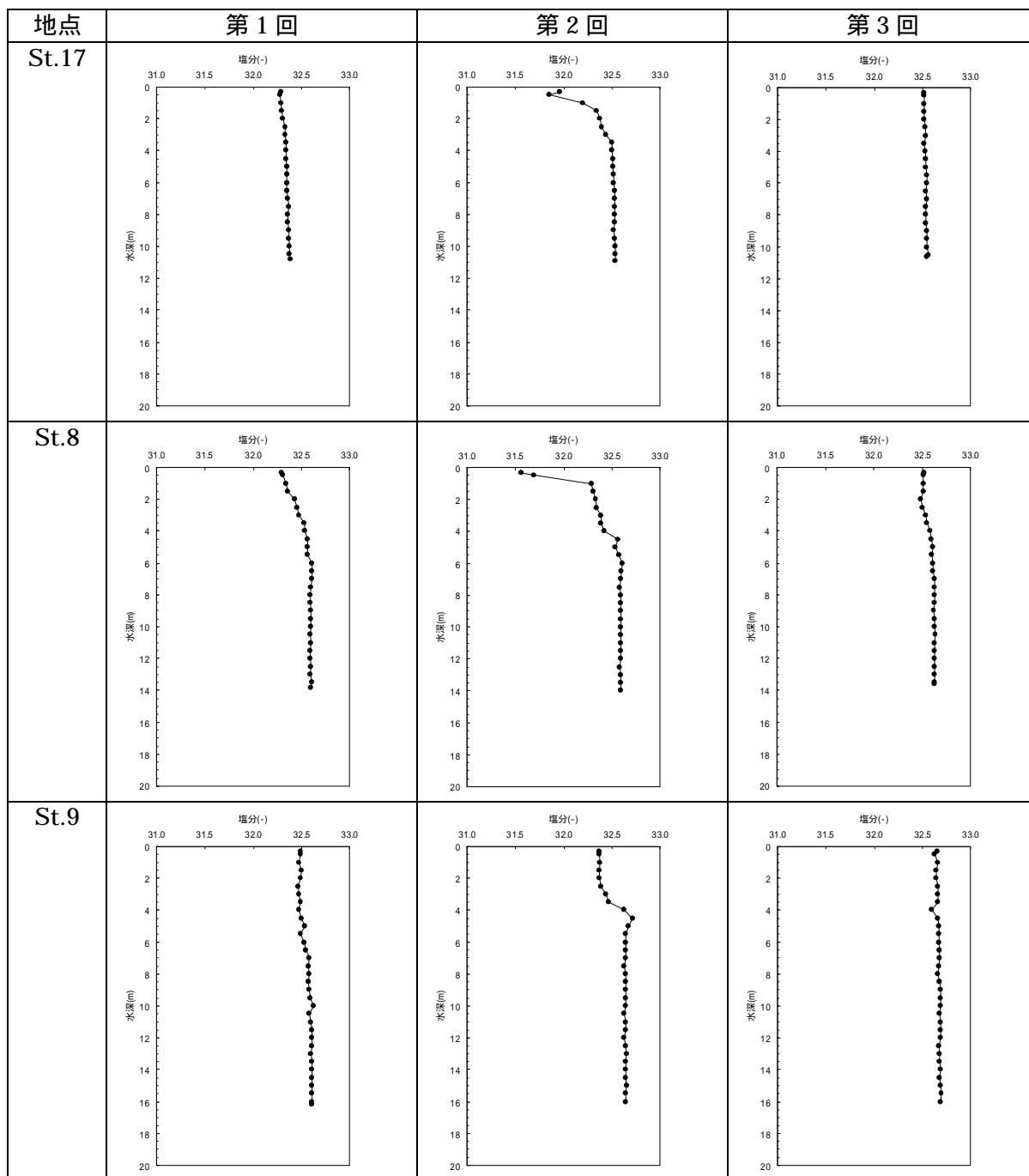
海域流入後の拡散状況

河川水の東西方向の拡散状況を把握するために、加古川河口の東側の St.8 と西側の St.6 における塩分に着目すると、第 1 回・第 2 回調査とも St.6 は鉛直的にほぼ一定であるのに対し、St.8 は表層で低い値が観測されていた。このことから、調査実施時（下げ潮時）の加古川河水は海域流入後、東に拡散しているものと考えられた。



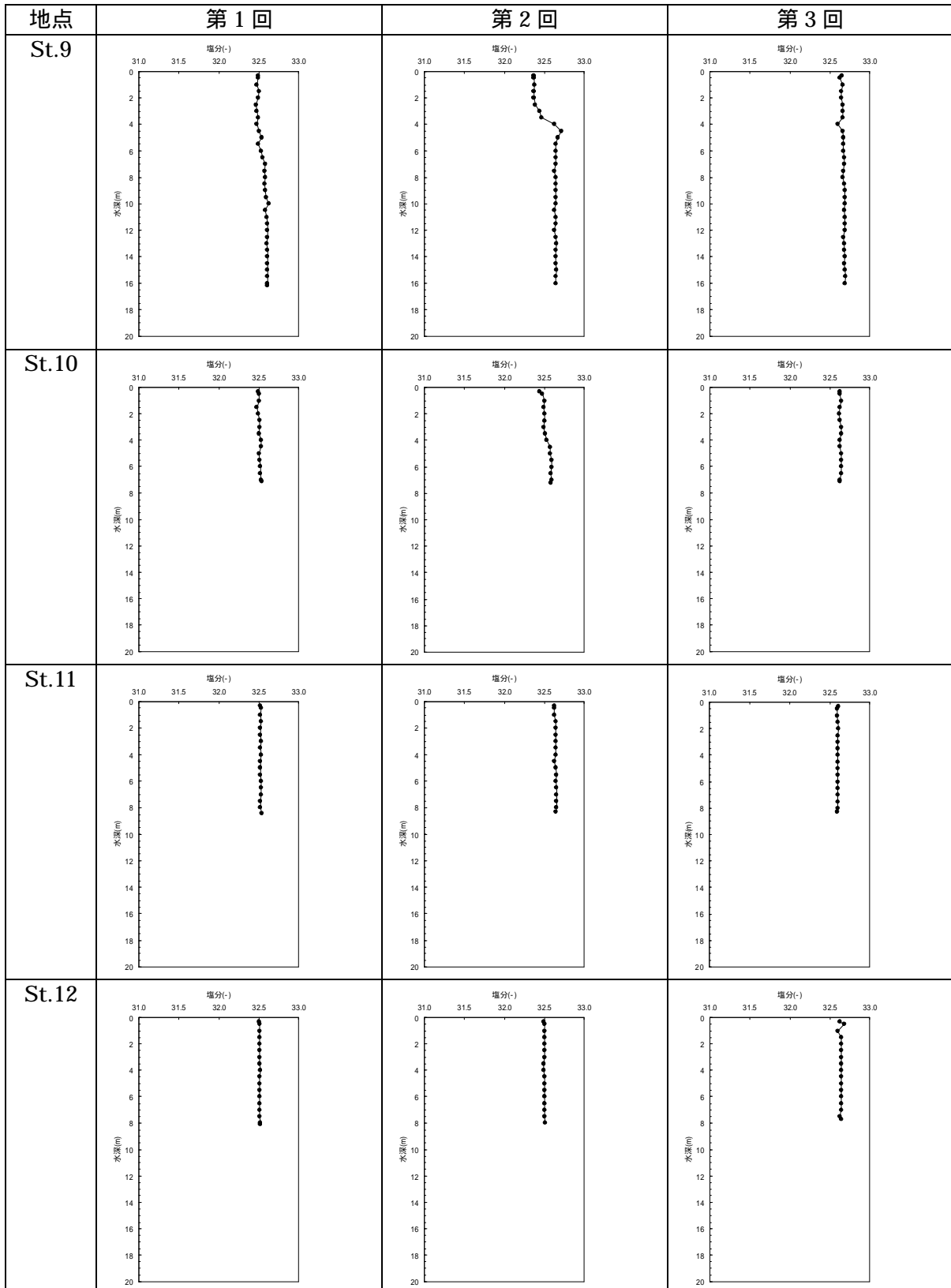
海岸からの距離と河川水の影響

海岸からの距離による河川水の影響の違いを把握するため、海岸からの距離が異なる3地点（St.17、8、9）における塩分に注目すると、海岸からの距離が一番遠いSt. 9は他の2地点に比べ高い塩分を示したが、最も近いSt.17と次に近いSt. 8とは同程度の値であったことから、河川水の影響はSt.17と8は同程度で、St.9はこの2地点に比べ少ない傾向が見られた。



加古川近傍から明石海峡付近における拡散状況

河川水流入後の加古川近傍から明石海峡付近までの拡散状況を把握するために、St.9～12における塩分に着目すると、St.10・11・12は各調査回とも鉛直的にほぼ一定の値を示すのに対して、St.9は第2回調査時に表層の値が小さくなり、河川水の影響が考えられたことから、加古川からの流入水の影響範囲はSt.9付近までと考えられた。



3.2 栄養塩類の形態別動向調査

3.2.1 栄養塩類の形態別動向調査

河川から供給される栄養塩類について、生物の利用のし易さの観点も踏まえて、移流・拡散傾向を解明するために有効なデータを得るため、現地調査を実施した。

(1) 調査概要

「河川水の広域的拡散状況調査」の12地点に加え滞留しやすい地形周辺の2地点(調査地点図 3-12 の)の合計14地点において、表層・下層を対象に現地採水をおこなった。採取した試料は実験室に持ち帰り、速やかに分析した。夏季、秋季、冬季に各1回実施した。

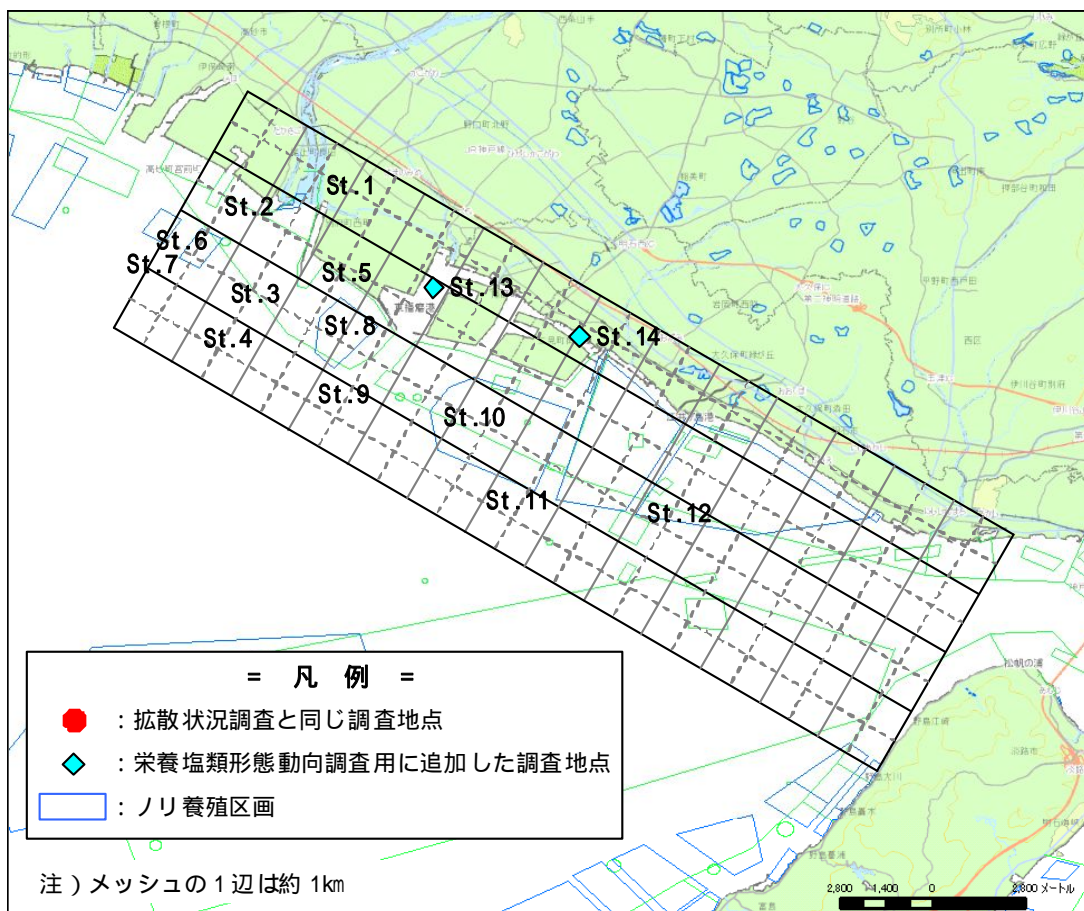


図 3-12 栄養塩類の形態別動向調査対象地点

(2) 調査結果

流入について

加古川は、夏季には、加古川に位置する St.1 より河口部の St.2 で全窒素、無機態窒素、無機態リン濃度が高くなる傾向が見られたが、秋季・冬季は St.1 の方が高い値であった。

泊川は、全リン・無機態リン濃度については加古川と同程度であり、全窒素・無機態窒素については、加古川の3倍以上と高い値を示した。組成については、全窒素のうち $\text{NH}_4\text{-N}$ の占める割合が5割以上と高いことが特徴的であった。

拡散について

全体的には、加古川河口からの距離が大きくなるにしたがって、窒素、リンとも減少する傾向が見られた。窒素については、全窒素の減少要因は、無機態の減少によるものであった。

東方向については、加古川からの距離が大きい St.11・12 ではほぼ同程度の値となり、加古川からの影響がほとんど無いものと考えられた。

滞留部 (St.13・14) について

全窒素・無機態窒素は、夏季・秋季・冬季とも沖合 (St.8~11) より値が高かった。St.13 については、泊川からの流入と同様 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高いという特徴が見られた。

全リンは、夏季・秋季に沖合部より値が高かったが、冬季には沖合部と同程度であった。

COD は、夏季に沖合部より値が高かったが、秋季・冬季には沖合部と同程度であった。

まとめ

- ・ 加古川河口からの距離に従って加古川からの影響が小さくなり、St.11・12 では加古川からの影響がほとんど無いものと考えられた。
- ・ 泊川及び滞留部は $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高いことから、沖合に放流した場合の生物による利用のしやすさについて、把握が必要と考えられた。
- ・ 滞留部の水塊を沖合に拡散させることで、滞留部の窒素、リンの濃度低下及び夏季の COD 低下効果が期待できると共に、沖合への栄養塩類の供給に寄与する物と考えられた。

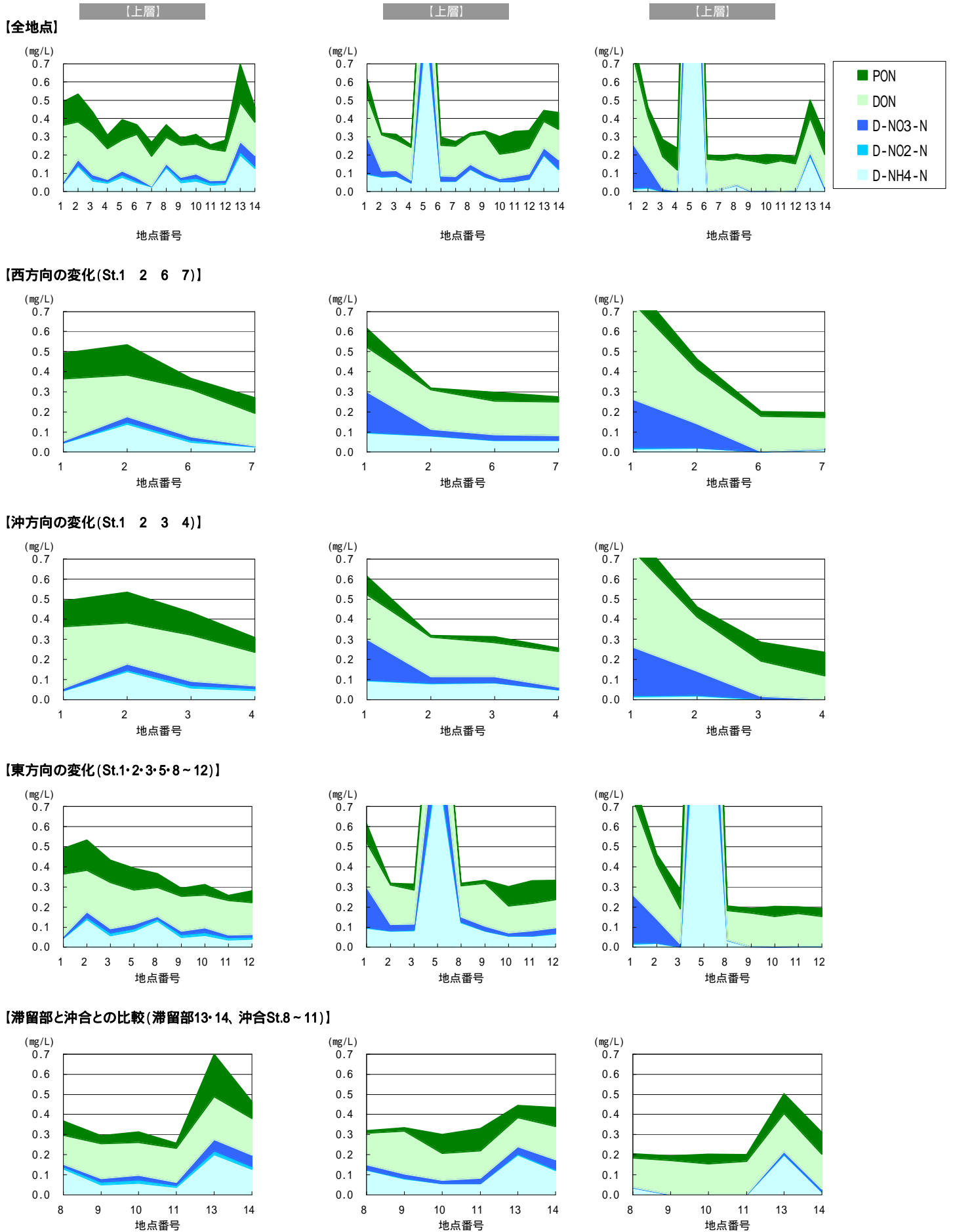


図 3-13 対象海域における窒素の形態変化(上層:左から夏季・秋季・冬季)
 グラフの凡例は、緑系が有機態、青系が無機態を表す。

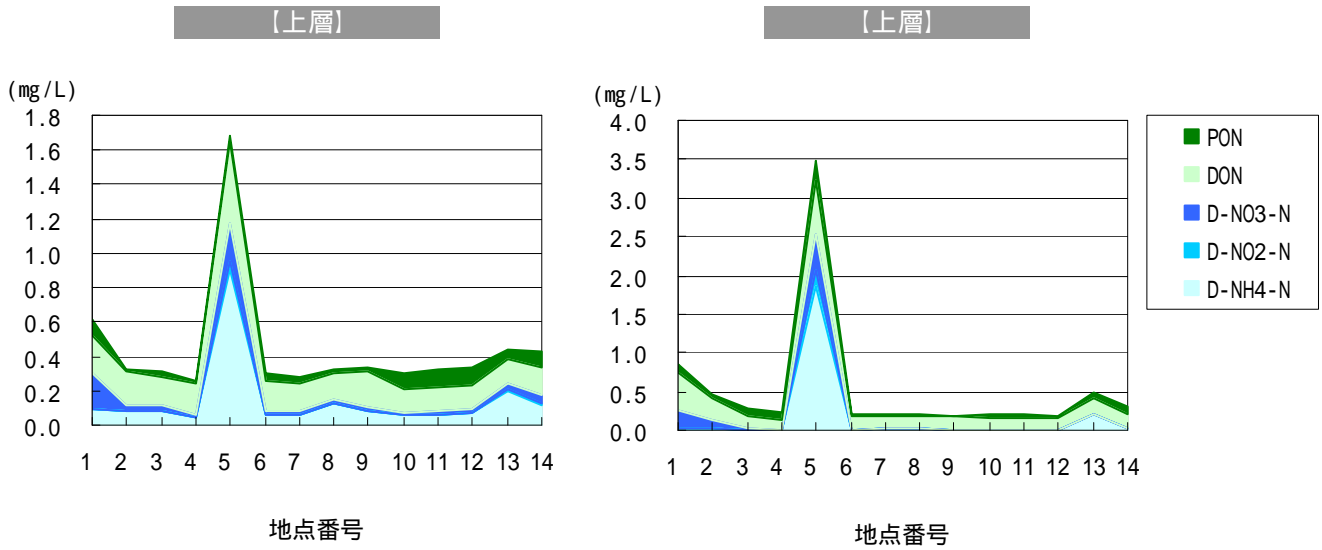


図 3-14 対象海域（上層）における窒素の形態変化（左：秋季、右：冬季）
 グラフの凡例は、緑系が有機態、青系が無機態を表す。

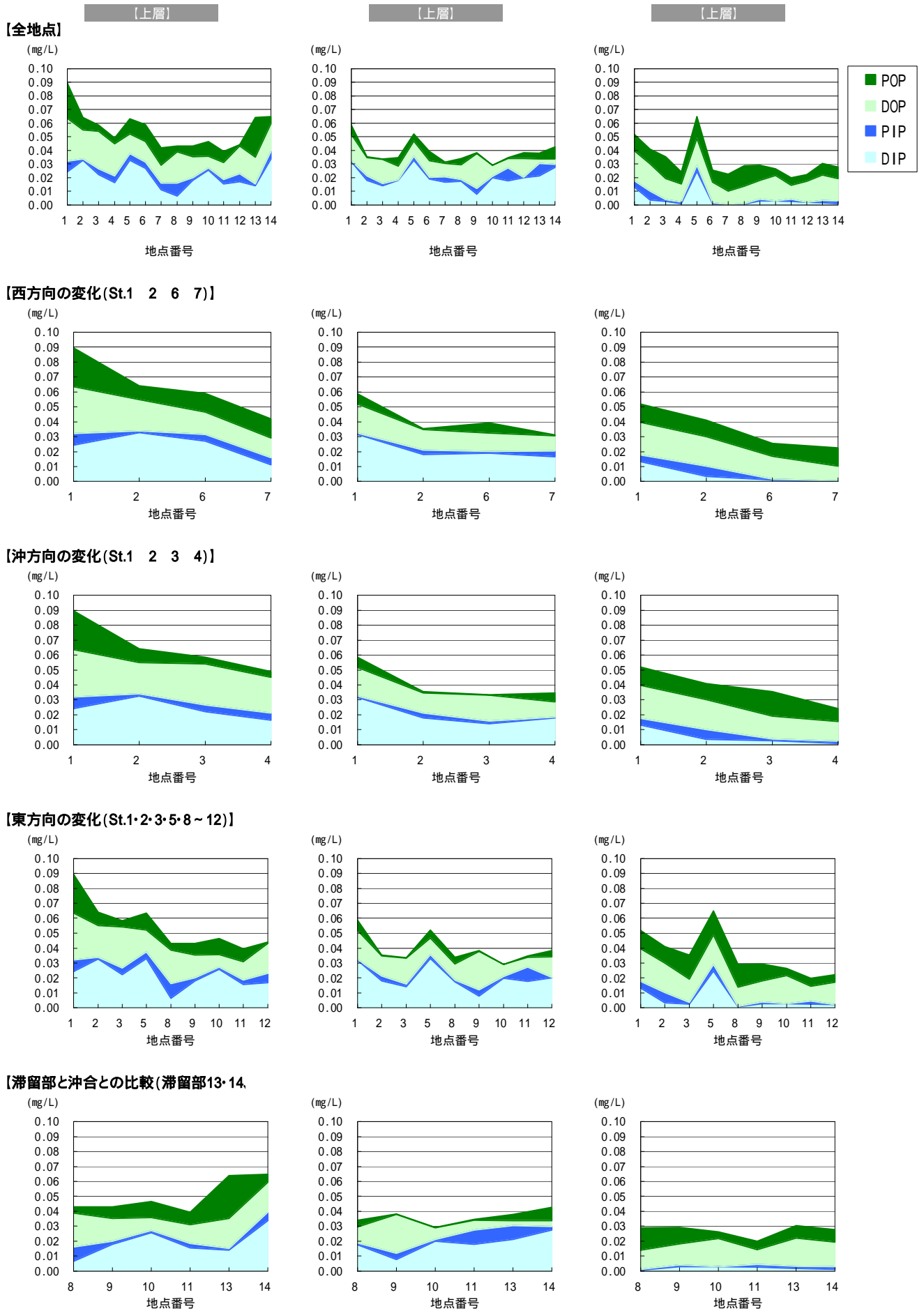


図 3-15 対象海域におけるリンの形態変化 (上層: 左から夏季・秋季・冬季)

3.2.2 水質の鉛直分布調査（追加調査）

「栄養塩類の形態別動向調査」にあわせて実施し、各採水地点における水質の鉛直分布を把握することを目的とした。

(1) 調査概要

夏季・秋季・冬季の採水と同時に、St.1～16（夏季はSt.1～14）の調査地点において、多項目水質計（AAQ1183PT：JFE アドバンテック社製）を使用して、水温、塩分、クロロフィルaを海面から海底上0.5mまで0.5m間隔と表層（海面下0.3m）で測定した。

(2) 調査結果

鉛直分布及び河川水の拡散状況は「3.1.3 河川水拡散状況の鉛直分布状況」と同じ傾向が見られた。（詳細は [資料5](#) 参照）

3.3 泊川の水質把握調査（追加調査）

加古川と泊川の河川水を利用する向上対策を検討するうえで、泊川の水質を把握しておく必要があるため、追加調査として現地調査を実施した。

(1) 調査概要

泊川経由の下水処理場からの放流水と東側から泊川に流入する排水が混合する地点として、[図 3-16](#)の2点を対象とした。

現地にて水質の鉛直測定を実施するとともに、採水を行った。



図 3-16 追加調査地点図

調査回	内容	項目
秋季（1回） ¹	鉛直分布	水温・塩分・クロロフィルa
冬季（1回） ¹	採水（表層・下層）	栄養塩類の形態別動向調査と同じ
その他（2回） ²	鉛直分布 採水（表層）	水温・塩分 栄養塩類の形態別動向調査と同じ

¹ 「栄養塩類の形態別動向調査」と合わせて実施

² 「河川水の広域的拡散状況調査」期間中の機械点検・回収時に2回予定していたが、点検回収時には荒天により採水できなかったため、上記調査とは別に2月12・16日に実施。

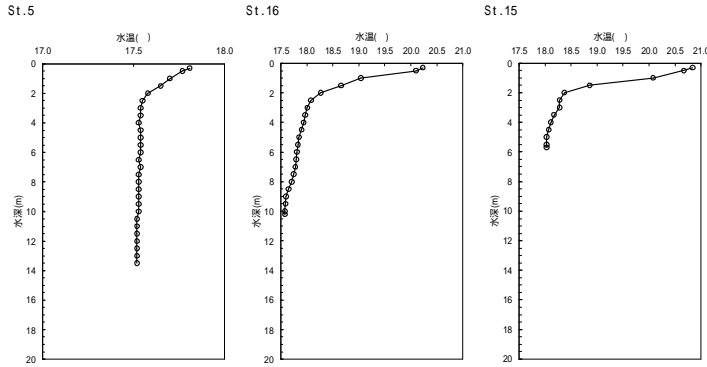
(2) 調査結果 (結果整理中)

鉛直分布状況

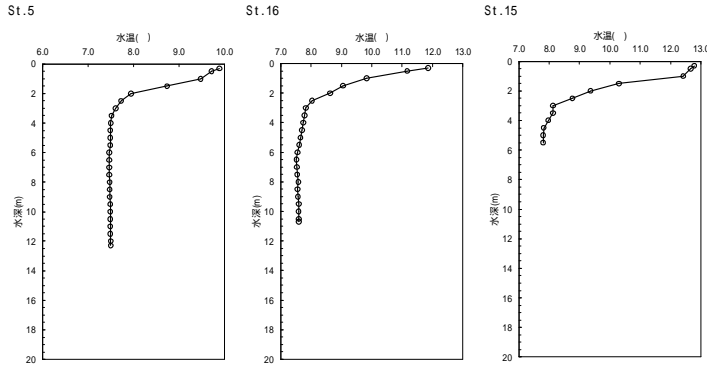
泊川の水質鉛直分布は、図 3-17、図 3-18 に示すとおりであり、調査の実施時期により変動があるものの、淡水の影響が大きい層は、港内では海面から 2 m 程度で泊川河口に近づくにしたがって、下層との混合により、層厚が薄くなる傾向が見られた。

このことから、泊川の栄養塩濃度の高い水塊を拡散させるためには、水面下 2m 程度までの層を対象とすることが必要と考えられた。

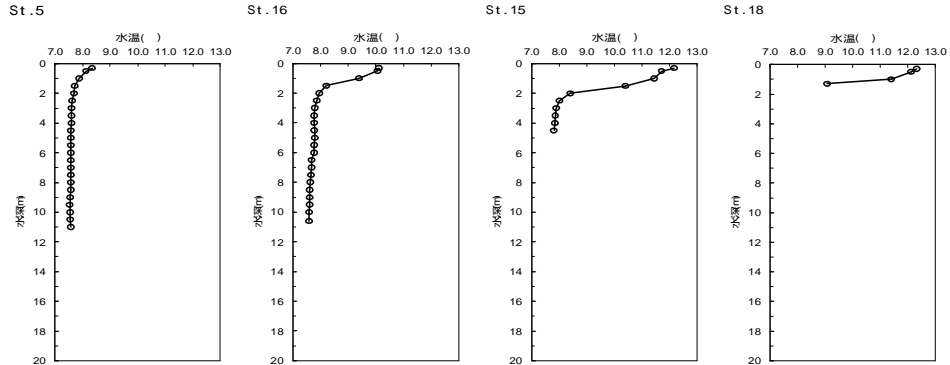
第一回



第二回



第三回



第四回

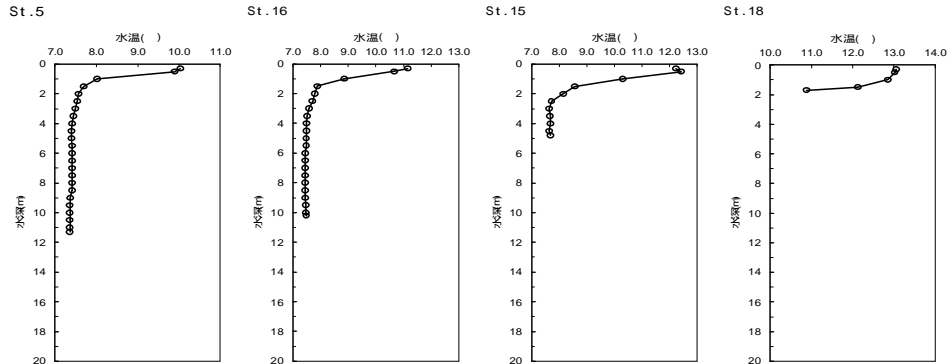
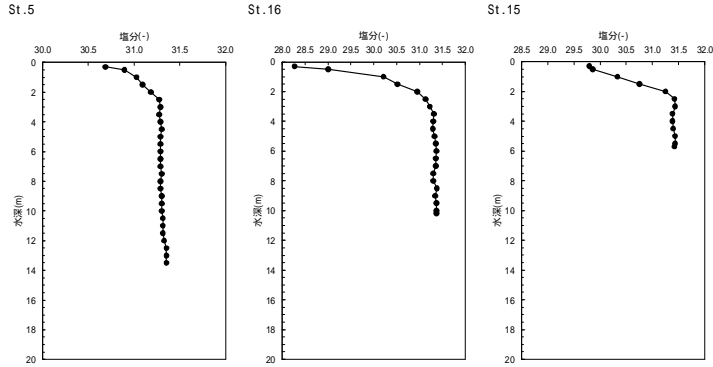
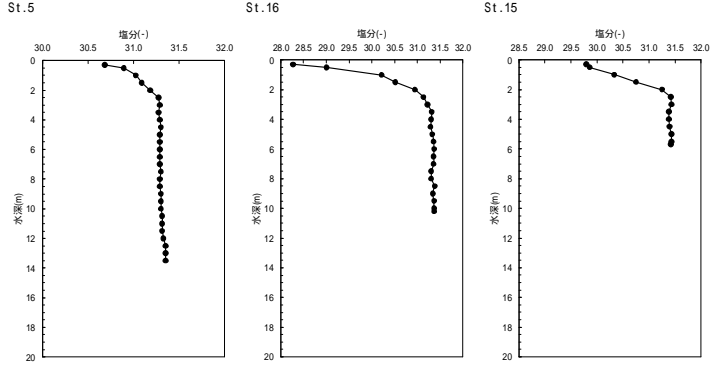


図 3-17 鉛直分布 (水温)

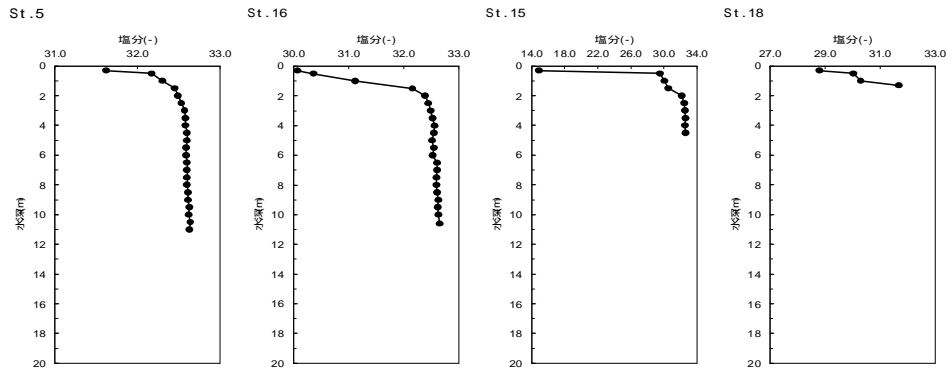
第一回



第二回



第三回



第四回

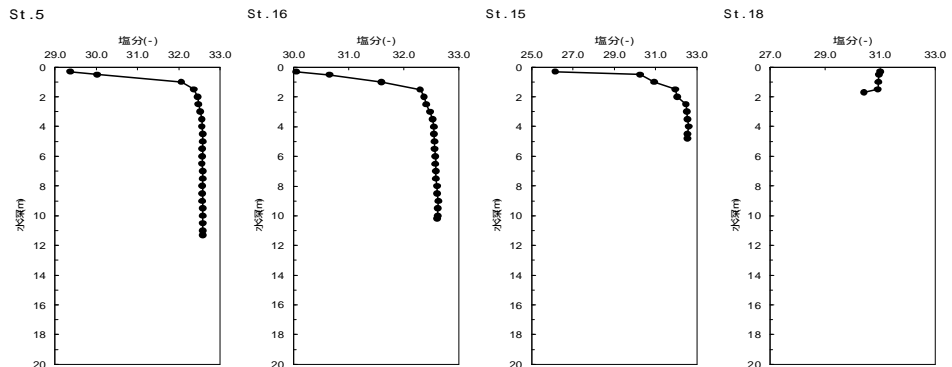


図 3-18 鉛直分布 (塩分)

栄養塩類の状況

泊川及びその周辺水域との比較を図 3-19～図 3-21 に示した。

1) 加古川との比較

加古川と同日に採水した図 3-19、図 3-20 の表層をみると、泊川 (St.15) は全窒素・全リン及びそれぞれの無機態も加古川 (St.1) より高い値を示しており、加古川よりも高濃度の栄養塩類が水中に存在することが確認された。

また、無機態に着目すると、窒素は、加古川 (St.1) で 31～49%程度に対し、泊川 (St.5) では 74～87%と無機態の占める割合が大きい傾向が見られた。無機態の中では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が大きい傾向であった。

2) 泊川水質の傾向

図 3-19～図 3-21 の表層を見ると、全窒素・全リンとも、泊川流下に伴い、濃度が低くなっているが、減少要因は無機態の減少によるものであった。

港内 (St.18) と泊川の St.15 については、図 3-21 に示すとおり、全窒素、全リンとも港内より泊川の方が高い値を示す傾向が見られ、全リンにおいてその傾向が顕著であった。

図 3-19、図 3-20 において表層と下層を比較すると、表層は下層に比べ窒素・リンとも、遙かに高い濃度を示しており、塩分の鉛直分布からも明らかなように、泊川は上下で水塊が異なり、窒素・リンの高濃度水塊は主に上層を形成していることが確認された。

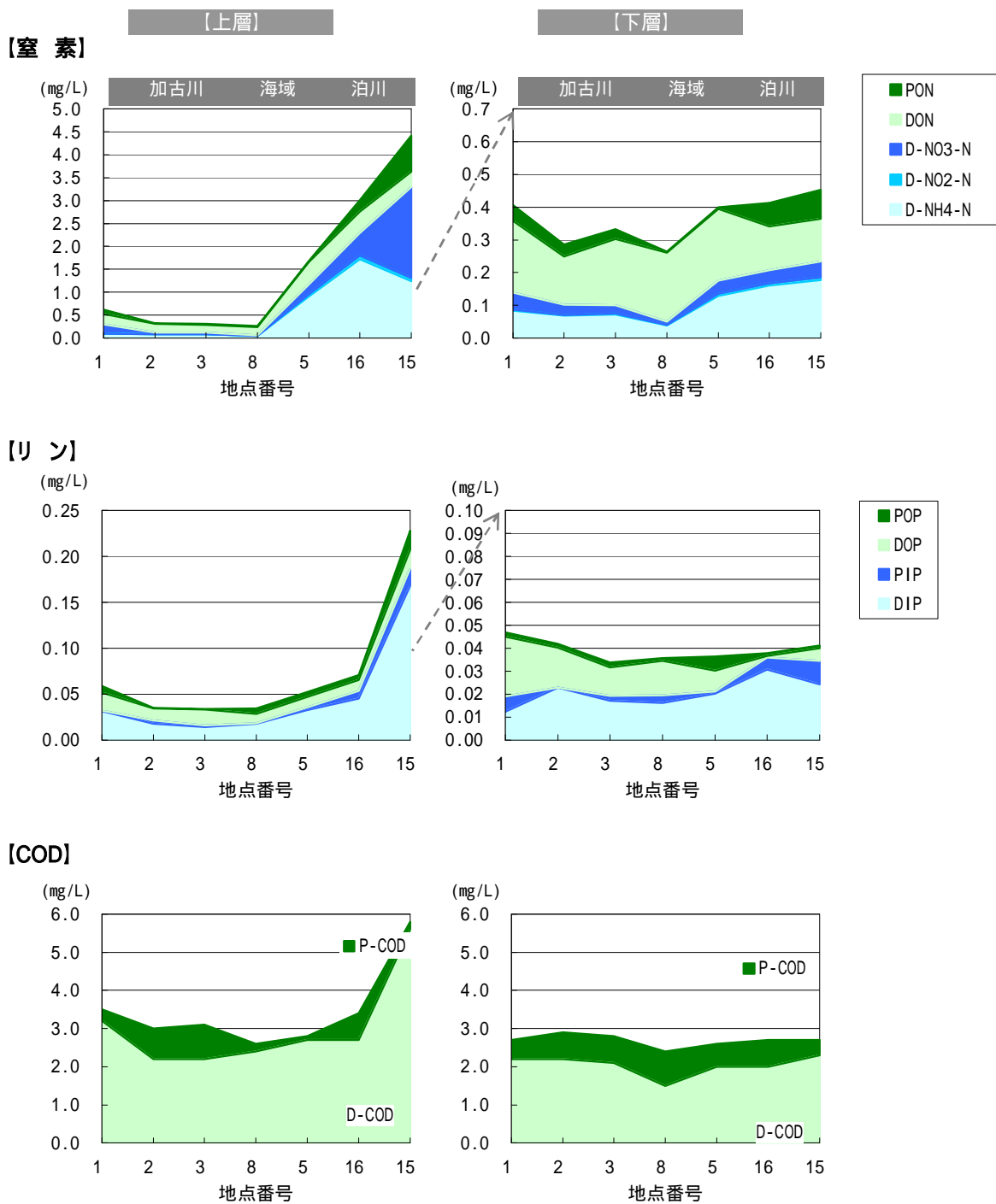


図 3-19 泊川と加古川・播磨灘との水質比較（第1回：秋季）

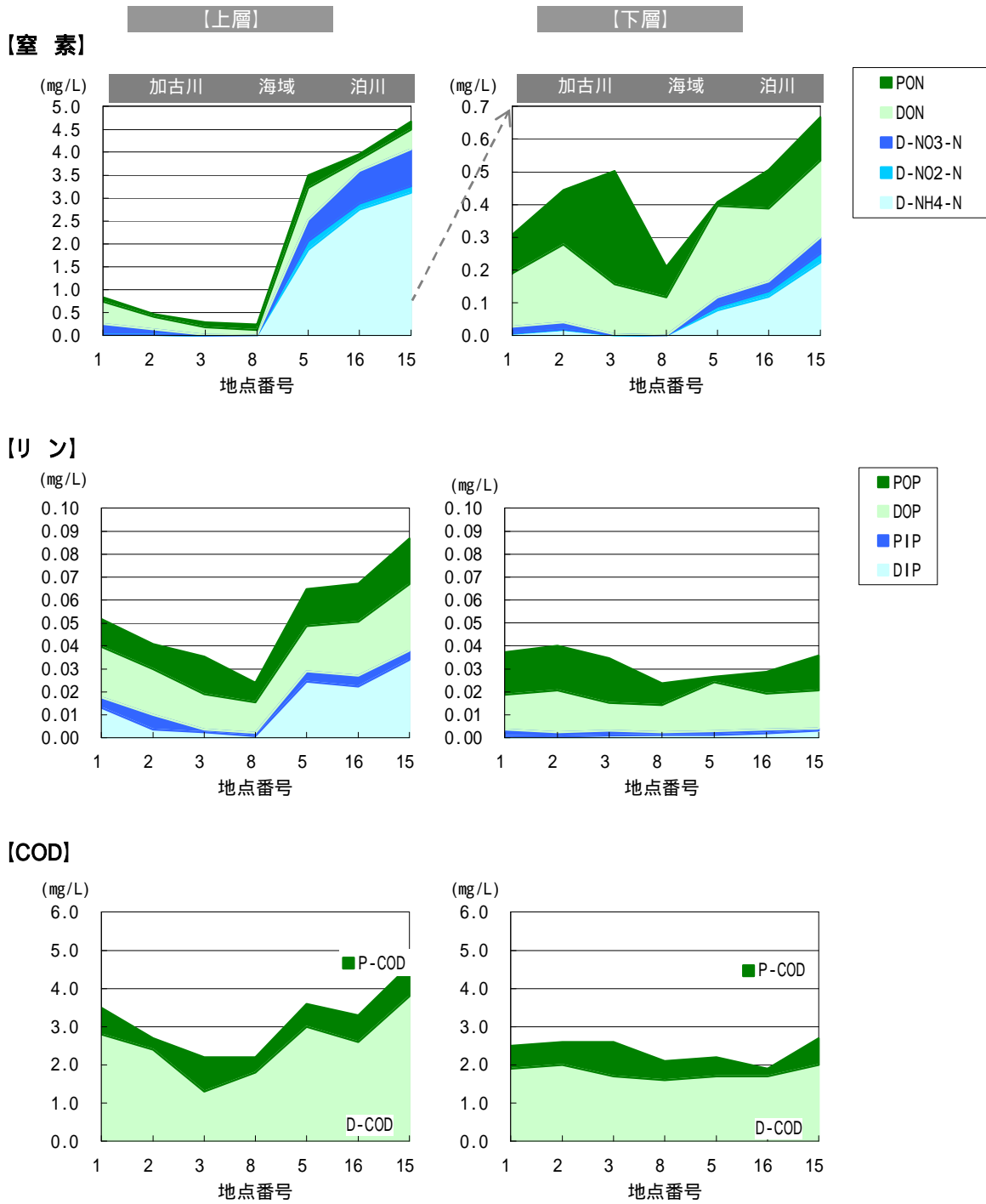


図 3-20 泊川と加古川・播磨灘との水質比較 (第2回: 冬季)

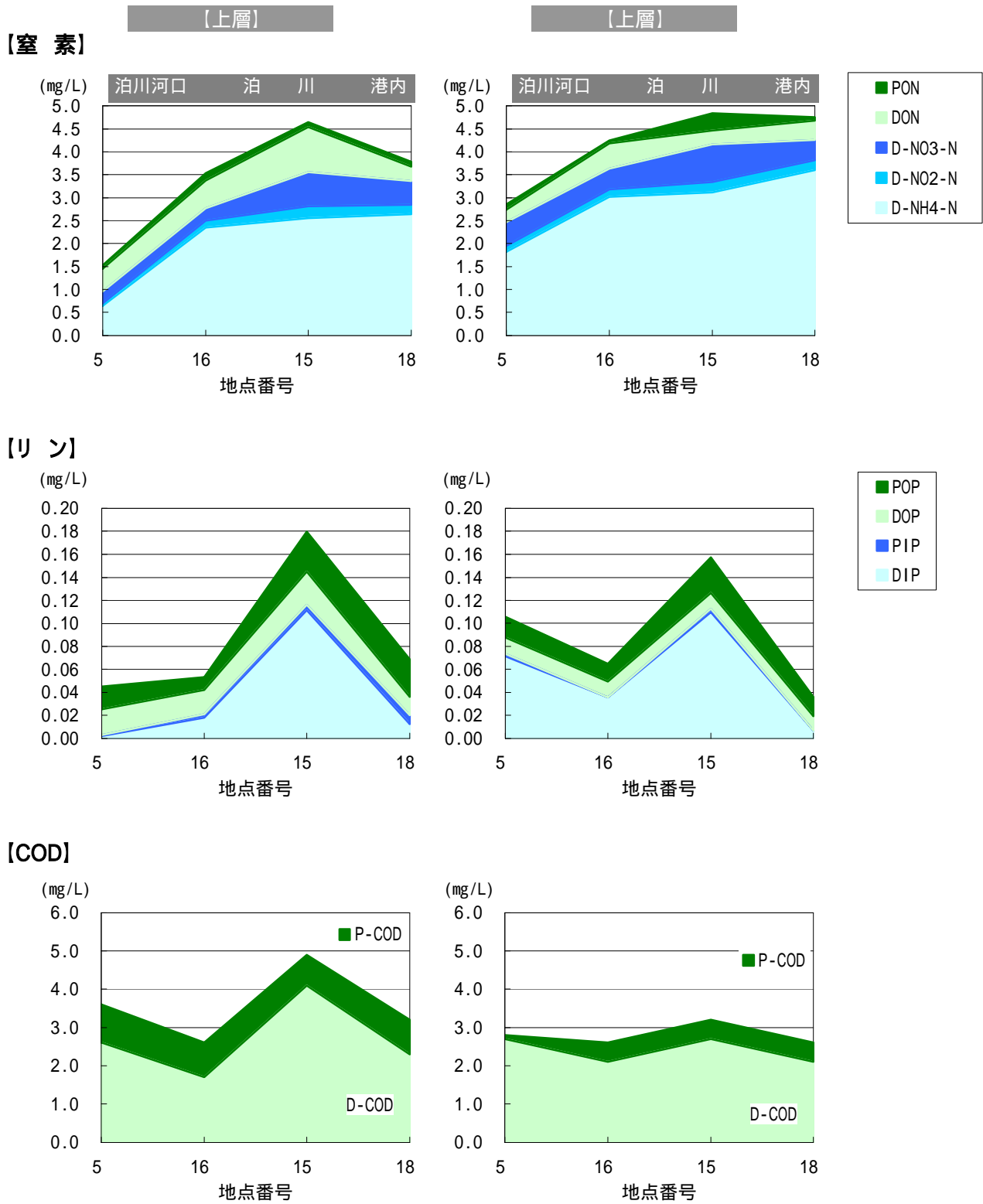


図 3-21 泊川及び周辺の水質（左：第3回、右：第4回）

3.4 物質収支モデル構築に必要な情報の収集（流況）

物質収支モデル構築にあたって海域の流況を再現するために必要となる流れのデータを得るため、播磨灘及び大阪湾、紀伊水道を対象として既存調査結果を対象に情報収集を行った。

3.4.1 収集整理結果

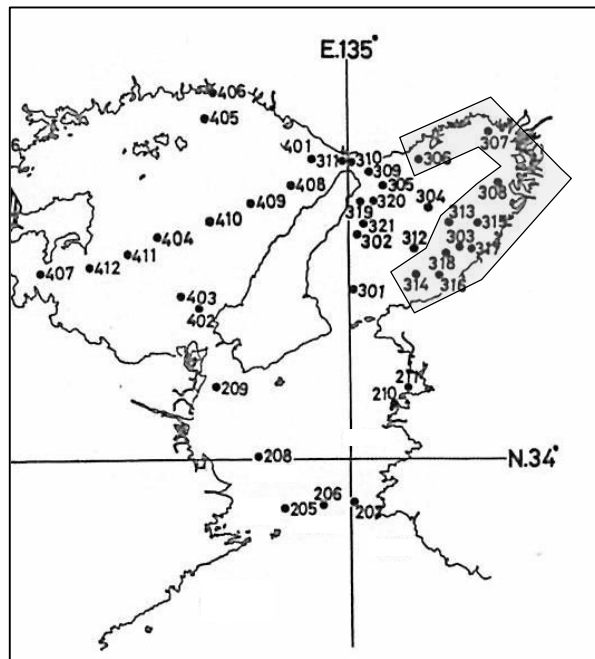
潮流調和定数について 68 地点（一部重複あり）、恒流について約 100 地点の情報を収集整理した。既存流況調査からの収集整理結果を表 3-4 及び図 3-22～図 3-27 に、潮流調和定数を資料 5 の資料編に示した。

表 3-4 既存流況調査収集整理結果

	調査年次	調査期間	データ数	データ出典
	1971～1979年	15 昼夜	30 地点 ¹	肥後ほか：「瀬戸内海全域の潮流について」中国工業技術試験報告書 12（1980）
	1956～1995年	15～37 昼夜 （地点により異なる）	28 地点	第五管区海上保安本部
	- ²	1 昼夜	約 100 地点	藤原建紀：播磨灘の海洋特性と栄養塩・生物生産・瀬戸内海，No. 59, 4-9, 2010
	1960～1976年	10 ³ ～32 昼夜 （地点により異なる）	4 地点 ⁴	「明石海峡における流跡の研究 報告書（昭和 52 年 1 2 月）」財団法人中国工業技術協会
	1986 年	15～32 昼夜 （地点により異なる）	4 地点	「潮流観測報告書 瀬戸内海播磨灘・鹿ノ瀬付近海域（昭和 62 年 3 月）」第五管区海上保安本部
	1992 年	15 昼夜	2 地点	「東播磨港潮流調査及び深浅測量 報告書」兵庫県加古川土木事務所

- 1 他に 10 地点の測定結果があるが、調査時の近傍の地形が現況と異なるため参考値として掲載。
- 2 一部未公表データを含む解析結果のため、調査年次は不明
- 3 10 昼夜は St.30 の 2m 層のみ
- 4 他に 3 地点（St.24・25・26）の測定結果があるが、主要 4 分潮が得られていないため整理対象外とした。

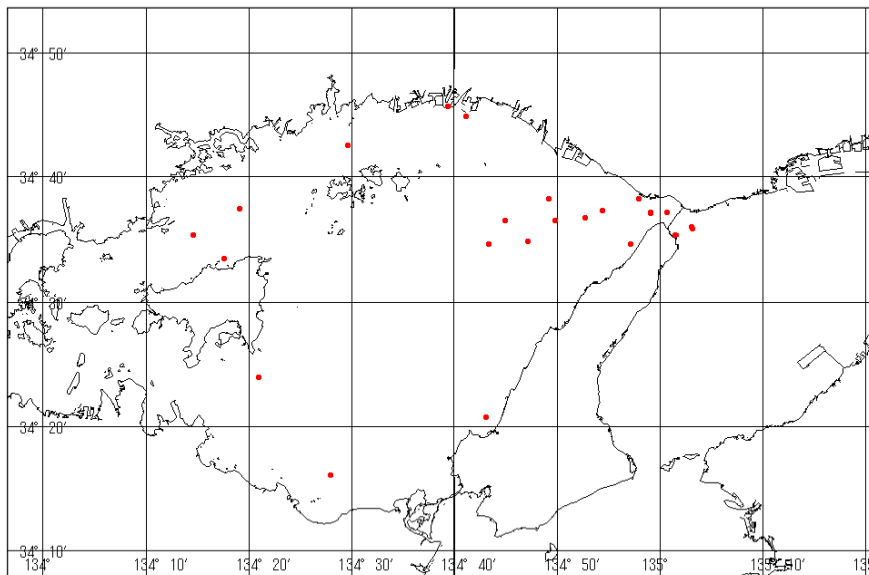
(1) 播磨灘及び大阪湾、紀伊水道



出典: 肥後ほか:「瀬戸内海全域の潮流について」中国工業技術試験報告書 12(1980)

図 3-22 大阪湾及び播磨灘の流況観測地点 (網掛けは対象外とした地点)

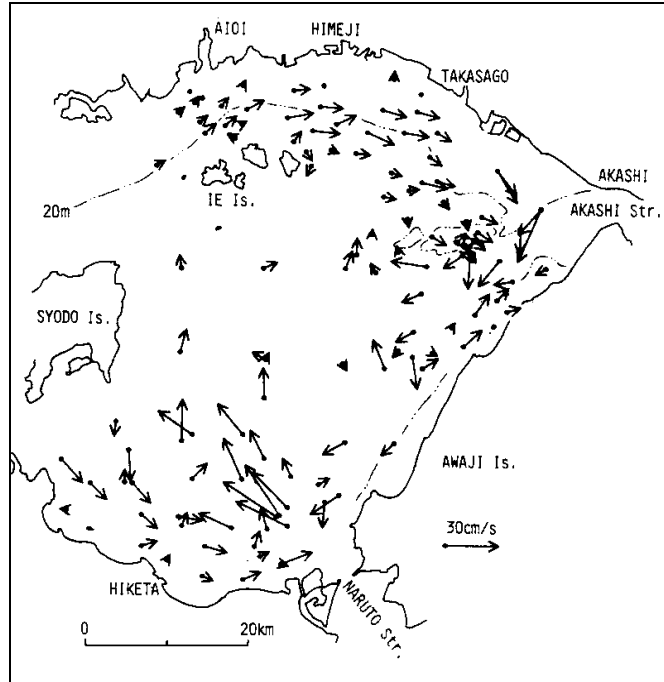
(2) 播磨灘全域 その1



出典: 第五管区海上保安本部 海洋情報部 海洋調査課資料

図 3-23 播磨灘の流況観測地点 1 (: 調査地点)

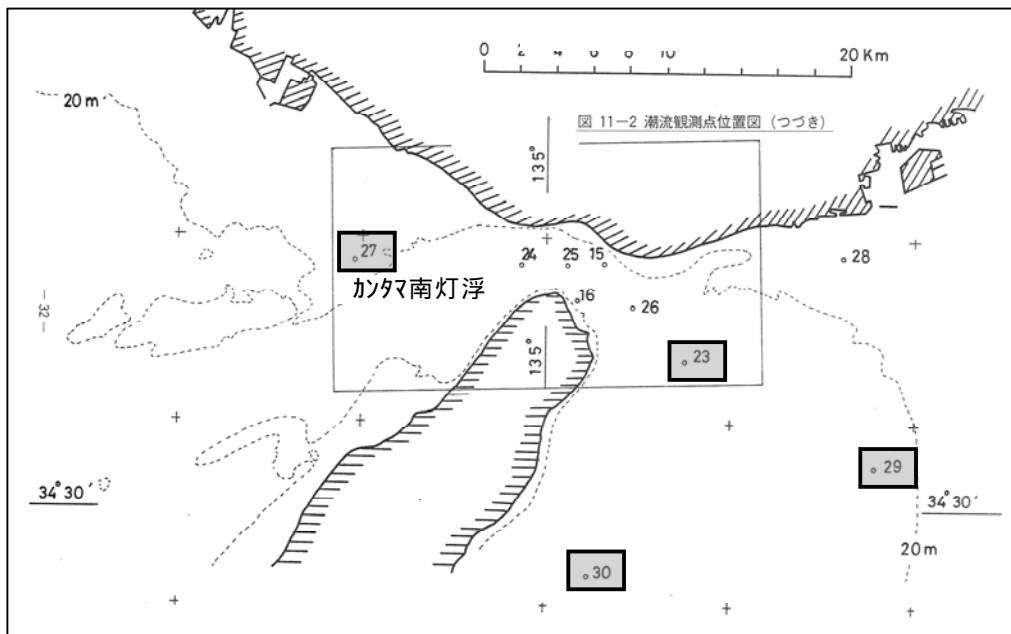
(3) 播磨灘全域 その2 (恒流)



出典: 藤原建紀: 播磨灘の海洋特性と栄養塩・生物生産. 瀬戸内海, No. 59, 4-9, 2010.

図 3-24 播磨灘の流況観測地点 2 (調査地点は図中の矢印)

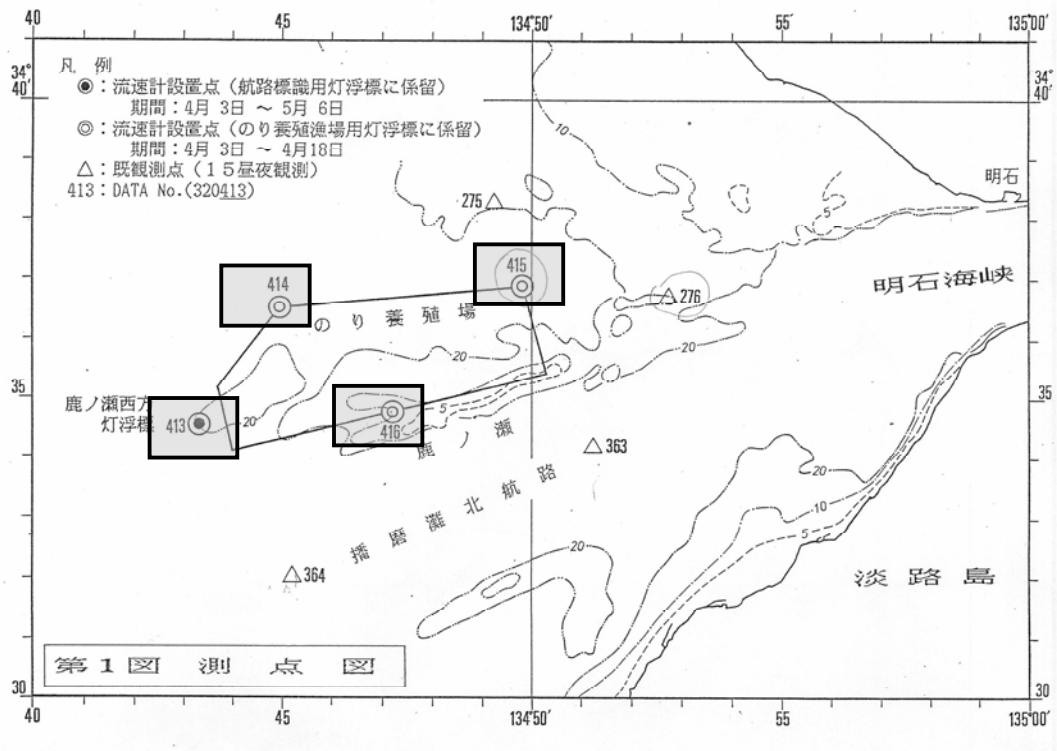
(4) 大阪湾と播磨灘カンタマ付近



出典: 「明石海峡における流跡の研究 報告書 (昭和 52 年 12 月)」財団法人中国工業技術協会 (注) St. 30 の 2m 層のみ 10 昼夜

図 3-25 の明石海峡周辺の流況観測地点 (調査地点は図中の 囲い)

(5) 播磨灘・鹿ノ瀬付近

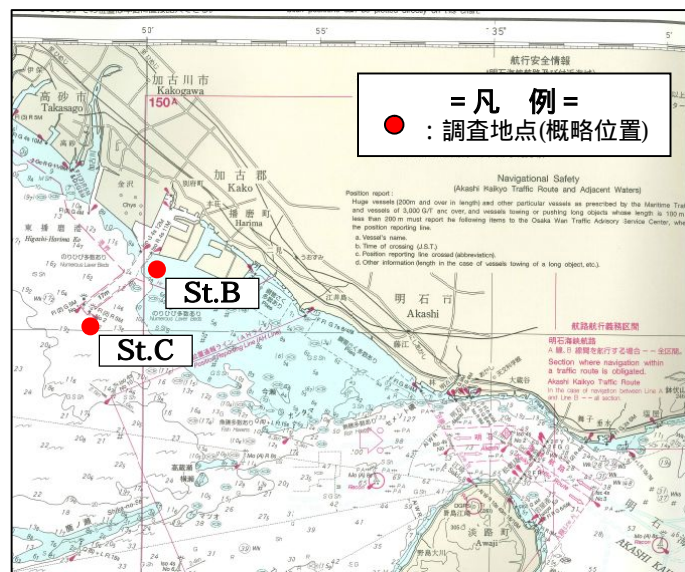


出典:「潮流観測報告書 瀬戸内海播磨灘・鹿ノ瀬付近海域(昭和 62 年 3 月)」第五管区海上保安本部

図 3-26 の播磨灘・鹿ノ瀬付近の流況観測地点 (調査地点は図中の 囲い)

(6) 東播磨港近傍

調査結果の概要と調査地点を次に示し、対象とした 2 地点の潮流調和定数を巻末に示した。



出典:「東播磨港潮流調査及び深浅測量 報告書」兵庫県加古川土木事務所

図 3-27 の東播磨港近傍の流況観測地点

3.5 次年度に向けての課題

以上の現地調査結果を踏まえ、今後、把握が必要と考えられる事項について、次の通り整理した。

今後は、現況を把握するための今年度の継続調査と、現在検討中の対策についての効果を実証するための調査として、現況把握調査と実証試験が必要となる。

3.5.1 現況把握調査

(1) 「栄養塩類の形態についての調査」春季調査

今年度の現地調査基本方針に挙げられた「栄養塩類の形態についての調査」について、今年度は夏季、秋季、冬季の現地調査を実施したことから、今後は春季調査を実施することで当海域の四季の変動を把握する必要がある。

なお、今年度調査結果から、St.11・12 は加古川からの影響がほとんど見られなかったことから、調査実施の優先順位は低いと考えられた。

(2) 「泊川の水質把握調査」春季調査・夏季調査

今年度、追加調査として実施した「泊川の水質把握調査」については、秋季・冬季の現地調査を実施したことから、今後は春季と水質の悪化しやすい夏季に調査を実施することで、泊川水質の経年変化を把握する必要がある。

3.5.2 実証試験

(1) 高栄養塩濃度水放流に伴う効果把握

泊川及び滞留部の St.13 は無機態窒素濃度が高いものの、その内訳を見ると $\text{NH}_4\text{-N}$ の占める割合が大きかった。対策実施によりこれらの高栄養塩濃度水を放流拡散させた場合の効果を把握するため、生物による利用のし易さを実証試験により把握する必要がある。

現地調査地点図

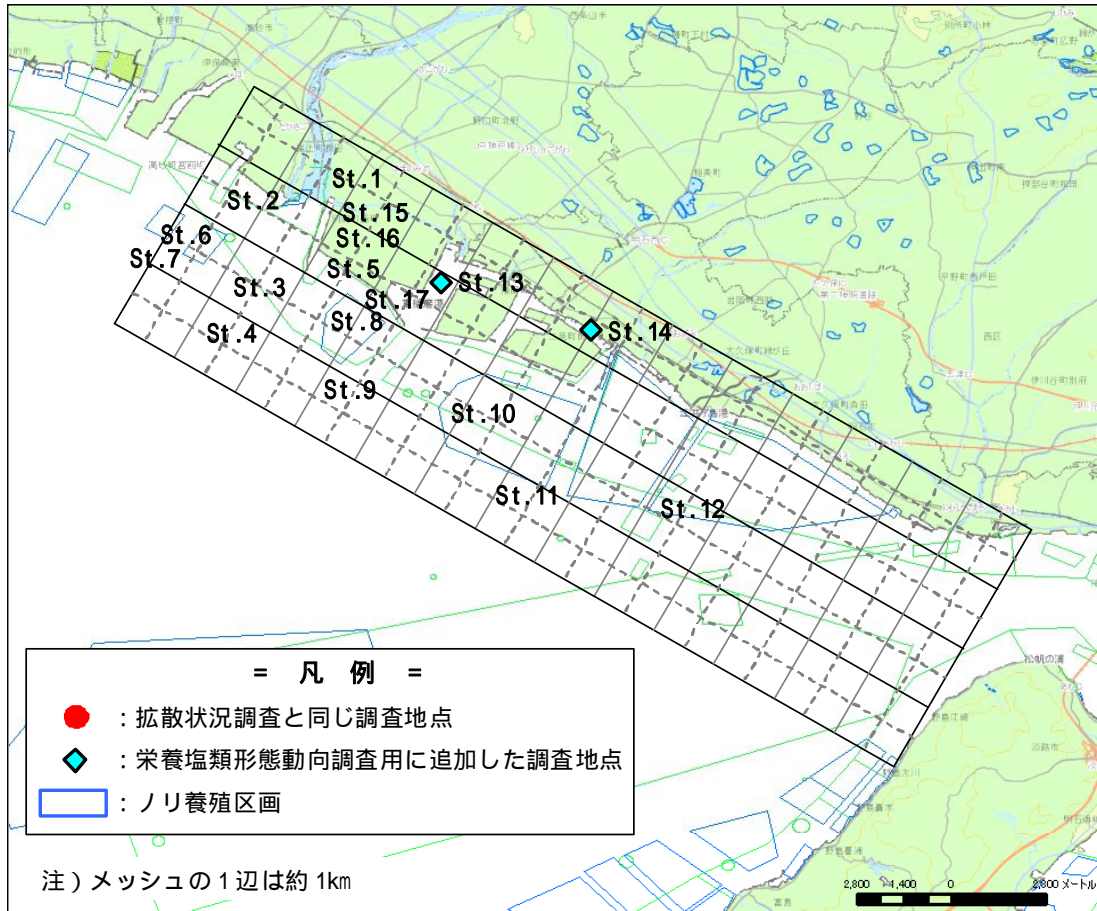


図 加古川及び周辺海域の調査対象地点

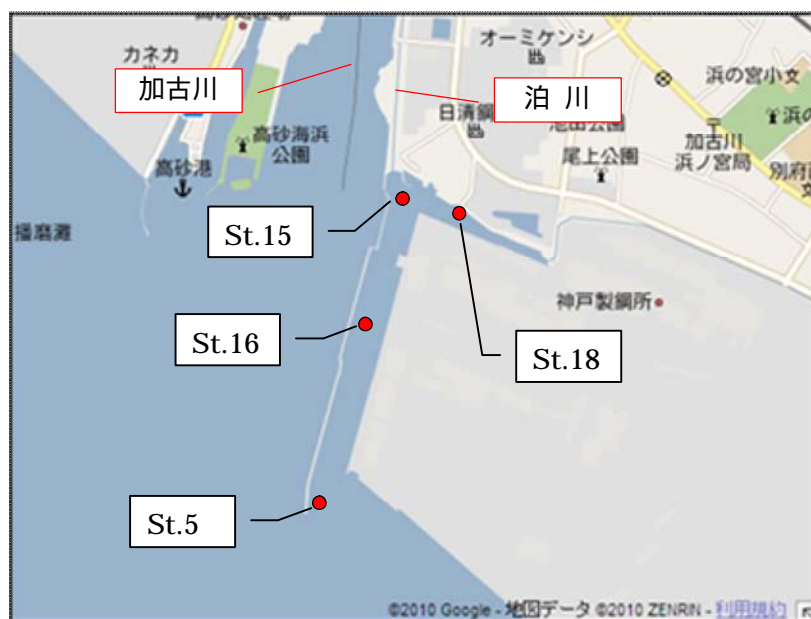


図 泊川調査地点図