

海洋構造変動パターン解析技術開発試験

住友寿明・上田幸男・増田多生・楠本輝一・
今治美久・萩野鉄男・藤岡保史・高志利宣*

本県沿岸の海洋構造は、海面加熱，陸水の供給および黒潮分枝流による外海との熱交換等により複雑に変動している。中でも黒潮分枝流はその消長により本県沿岸の海洋構造を大きく支配している。この黒潮分枝流は魚類の漁場形成や沿岸域の生物生産にも大きな影響を与えていることから，その消長を迅速かつ正確に捉えることは非常に重要である。また，紀伊水道およびその外域周辺は本県沿岸有数の好漁場になっており，生産性の高い海域である。紀伊水道の基礎生産を支えるであろうと推測される紀伊水道外

域陸棚周辺に存在する栄養豊富な陸棚斜面水の流入状況を明らかにしておくことは非常に重要である。

このことから，本事業ではADCP（ドップラー潮流計）観測から得られた流向，流速のデータおよびCTDによる鉛直観測から得られた水温，塩分および密度()，採水された資料に基づく栄養塩データ，人工衛星水温情報等を総合的に解析し，本県沿岸の海洋構造の変動様式を立体的に把握することを目的とする。

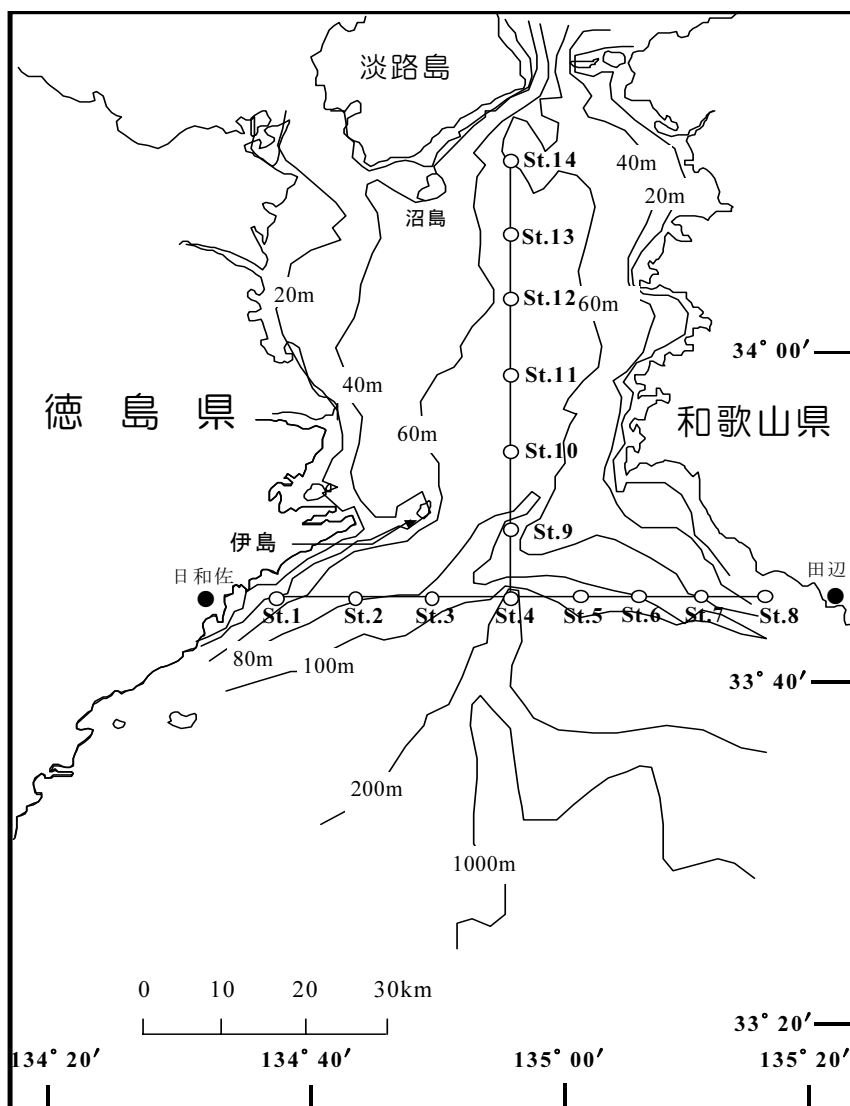


図1 平成12年度海洋構造変動パターン解析技術開発試験における調査定線。日和佐-田辺間をWE線，伊島-沼島線をNS線と称する。

*京都大学大学院農学研究科

材料と方法

本調査は平成12年2月9日に竣工した漁業調査船「とくしま」により実施した。調査にはRD社製ADCP(150Kz), FSI社製CTD観測装置(水温, 塩分, クロロフィル, 濁度, 溶存酸素および採水装置オクトパス)およびデジタル水温計(TI-20E)等を用いた。

流況調査では, 図1に示すWE線(St.1~St.8)およびSN線(St.9~St.14)を航走しながら流向・流速および航走水温データの収録を行った。また, St.1~St.14の14定点でCTDによる観測および水深10mごとに採水を行った(ただし, St.4の水深150~450mは50m間隔で実施した)。

ADCPデータは船上のパソコン内の制御・解析ソフトWinTransectBB2.13dもしくは同2.14d(SEA社製)に保存され, 水平ベクトル図や断面コンタ図が出力された。ADCPの観測層は5~8月は8m層厚の30層であったが, 9~3月には4m層厚の75層に変更した。一部の不良な対水データについてはTrackView(SEA社製)を用いて, ミスアライメント(ジャイロ誤差による不整合角)とスケール因子(その他の誤差要因)の値を補正した後, 水平ベクトル図や断面コンタ図を出力した。ミスアライメントについてはミスアライメント計算ソフト(SEA社製)を用いて, 一定方向, 一定速度のデータ区間を選んで, 対地および対水モードデータの相関分析を行い, 算出した。ADCPデータの精度の善し悪しについては水平ベクトル図の折り返しもしくは変曲点前後のベクトルの変化により判定した。ADCPの作図にあたっては10間隔の間引きと30項の移動平均を施した。

CTDデータについては, アーマードケーブルを通じて得られたデータを船上の制御・解析ソフトCTD2000(SEA社製)に取り込み, 各観測項目について1mピッチ(CSVファイル形式)で保存した。所定層データについては, 他の観測項目と併せて船内LANシステムを通じて海洋データ処理システムに保存された。ADCPおよびCTDデータ(1mピッチ)については船上パソコンのハードディスクにデータベースされる一方, MOおよびCD-Rにバックアップ保存された。

採水した試料はブランルーベ社製TRACCS800により $PO_4\text{-P}$, $NH_4\text{-N}$, $NO_2\text{-N}$ および $NO_3\text{-N}$ の各項目について分析を実施した。

結果と考察

観測で得られた流向・流速データのベクトルを図2-1および図2-2に, NS線およびWE線の水温, 塩分, 密度, TNおよび $PO_4\text{-P}$ を付図1-1,2, 付図2-1,2, 付図3-1,2, 付図4-1,2および付図5-1,2にそれぞれ示した。

平成12年5月 5月18~19日の和歌山県人工衛星画像海況情報(以後, 人工衛星情報と称する)によると, 黒潮は紀伊水道沖で離岸状態にあり, 黒潮系水の差込はみられず, 和歌山側から19 以下の内海水が南下していた。このため, 流況調査のNS線およびWE線ともに顕著な流れは認められなかった。水温はWE線のSt.3~7の表層付近で18 を越えるが, NS線ではほぼ15 前後となった。

平成12年6月 6月14~15日の人工衛星情報によると, 黒潮は離岸傾向にあり, 潮岬から黒潮系水の進入がみられるが, WE線より南で左旋流となっているため, WE線では暖水の進入はみられず, 海部沿岸は緩やかな下り潮になっていた。水温はWE線のSt.2~5の表層付近で20 を越えるが, NS線ではほぼ15~19 となった。

平成12年7月 7月18日の人工衛星情報によると, 紀伊半島に沿って弱い暖水波及がみられるが, 流況調査においても顕著な流れは認められないが, St.7付近で1ノットを越える部分的な北上流が観測された。水温はWE線の表層付近で23~25 台となったが, NS線では15~25 の成層がみられ, St.10付近までの表層において24,25 台の暖水波及がみられた。

平成12年8月 8月10日の人工衛星情報によると, 黒潮は紀伊水道沖でほぼ接岸状態にあり, 紀伊半島沿いに暖水の波及がみられるが, 紀伊水道内部までは達していない。8月15日になると暖水が紀伊水道内部まで強く進入している。8月11日には連続してWE線とNS線の流況観測を実施した。和歌山側からの2ノットを越える非常に強い左旋流が観測された。一部は伊島を超えて北上し, 西向きの流れがみられ, 一部は海部沿岸に沿って南西方向の強い流れとなった。水深毎に水平ベクトル図(図3)をみると表層から底層まで同様の流れが観測されたが, 底層にいくに従い, わずかながら流速が弱まる傾向が認められた。水温はWE線のSt.1~8およびNS線のSt.14までの表層で25 を越える暖水がみられ, 暖水が顕著に表層を流入する傾向が認められた。

平成12年9月 9月23日の人工衛星情報では黒潮北沿部は北緯32°50'付近まで大きく離岸している。このため, 流況観測では海部沿岸に弱い南下流がみられたほか, 全般に特徴的な傾向がみられなかった。他の月と比べて, 通常100m以深にある15 台の低温水が上昇する傾向が認められた。栄養塩についても, 通常100m以深にあるTNで15 $\mu\text{mol/}$, $PO_4\text{-P}$ で1 $\mu\text{mol/}$ の水帯が上昇していた。これらの結果から, これらの水塊は陸棚水であり, 黒潮が離岸傾向にある時に密度流として紀伊水道内や海部沿岸に進入したものと考えられる。

平成12年10月 10月11~13日の人工衛星情報によると黒

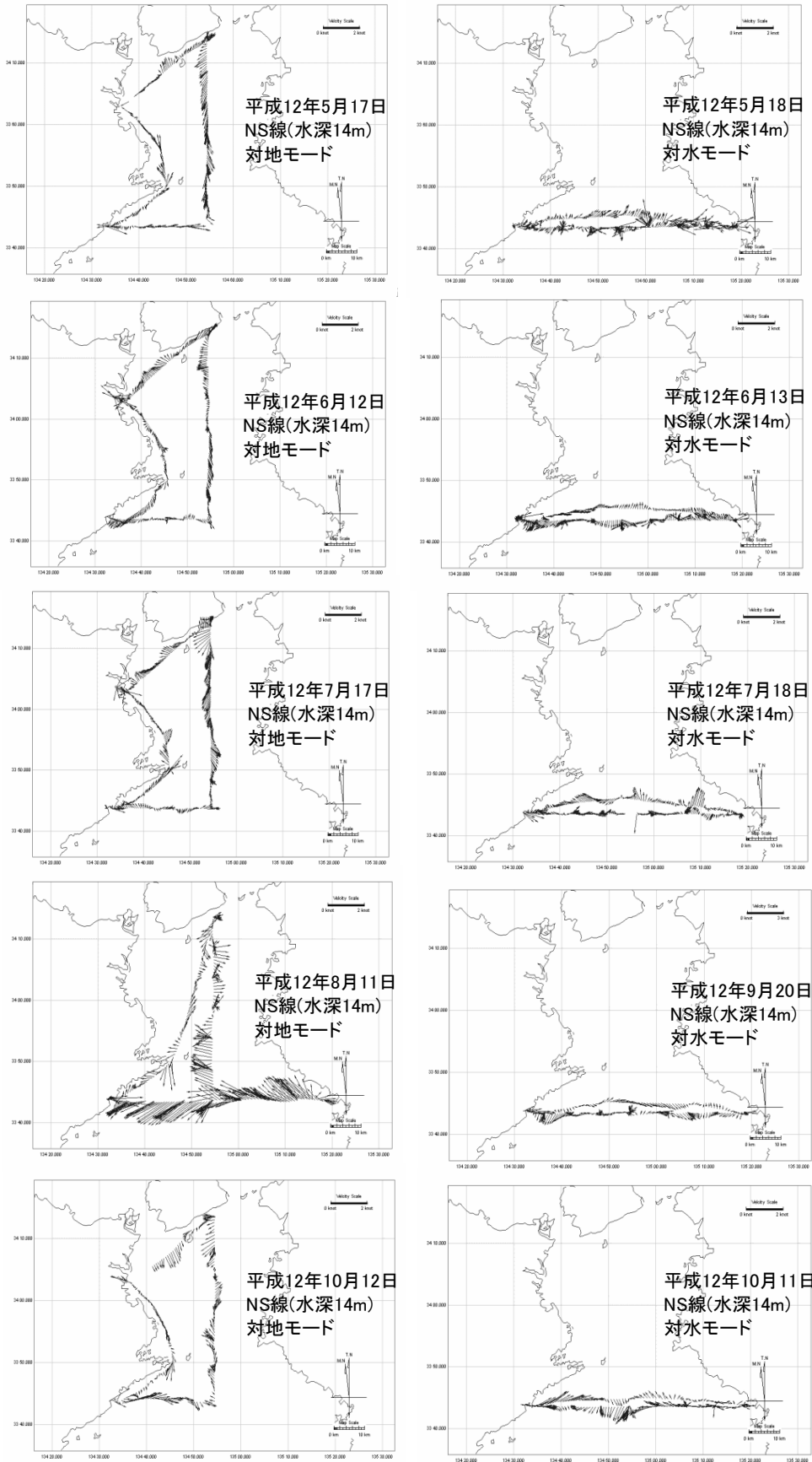


図2-1 平成12年度の流況調査において漁業調査船「とくしま(80トン, 1200馬力)」に搭載されたRD社製ADCP(150KHz)により観測された第1層潮流の水平ベクトル図。10間隔のデータに30項の移動平均を施した。

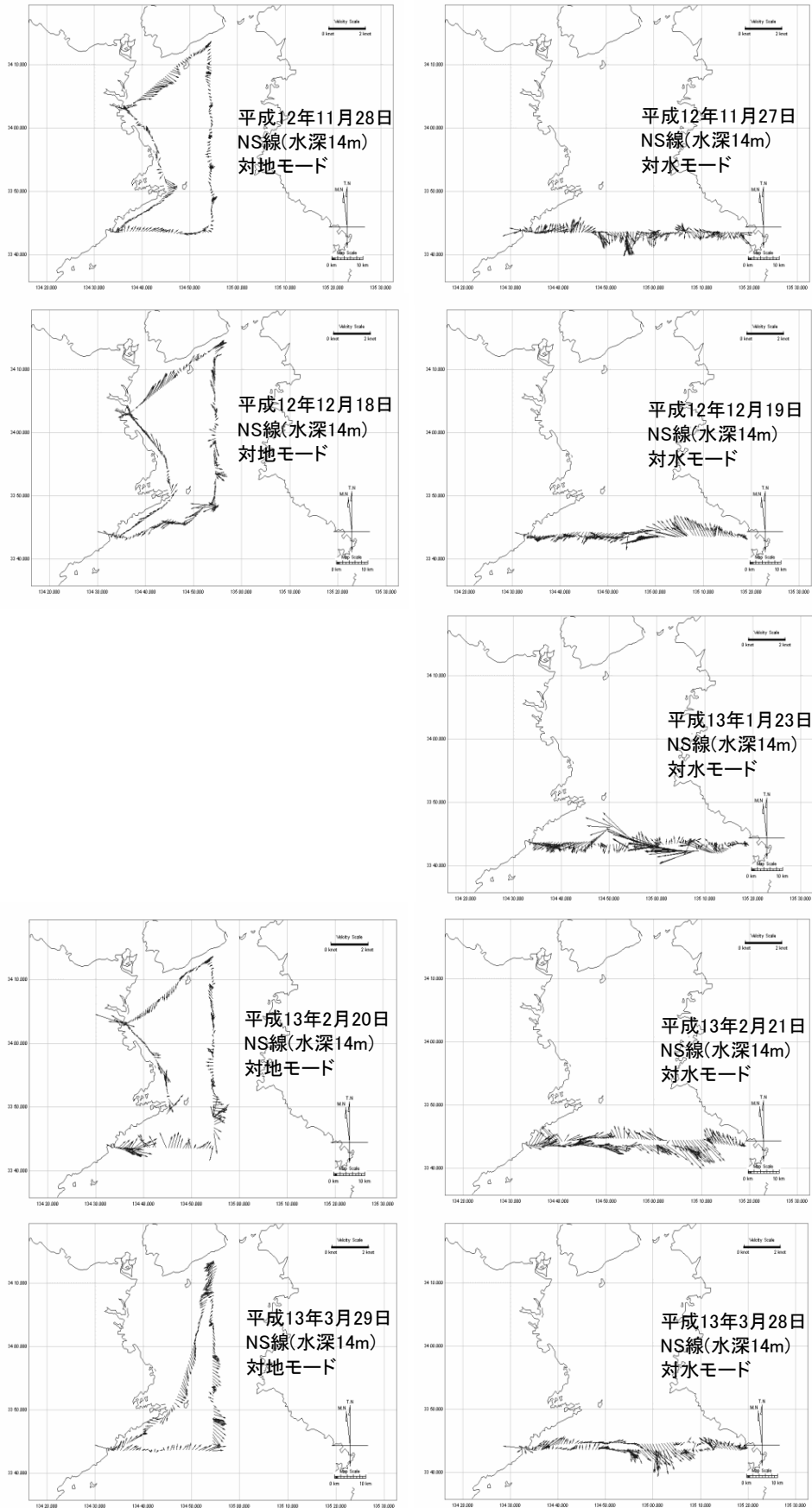


図2-2 平成12年度の流況調査において漁業調査船「とくしま(80トン, 1200馬力)」に搭載されたRD社製ADCP(150KHz)により観測された第1層潮流の水平ベクトル図。10間隔のデータに30項の移動平均を施した。

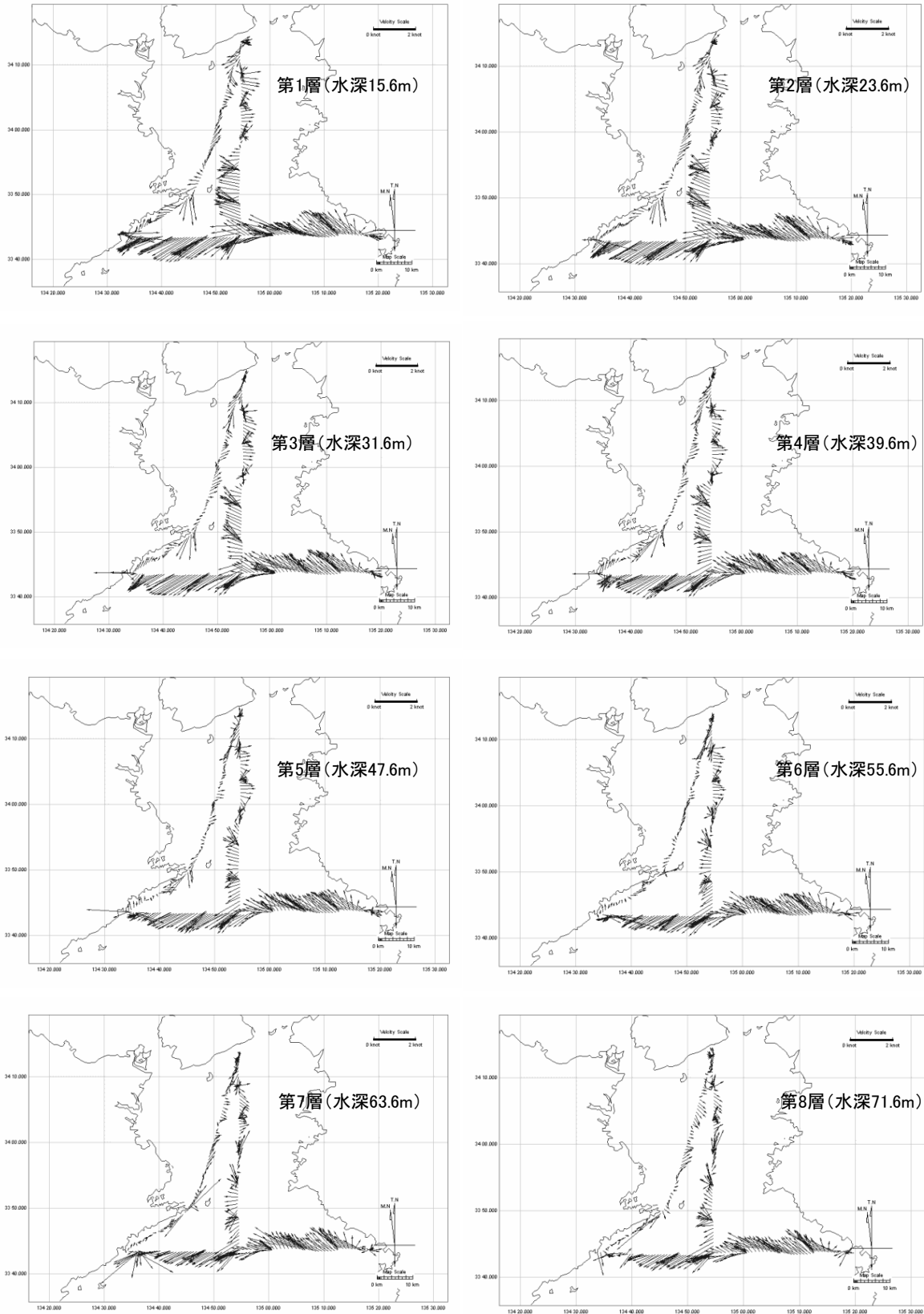


図3 強い北上流が観測された平成12年8月11日の流況調査において漁業調査船「とくしま(80トン, 1200馬力)」に搭載されたRD社製ADCP(150KHz)により観測された各層毎の潮流の水平ベクトル図(対地モード)。10間隔のデータに30項の移動平均を施した。表層から底層まで同方向の強い流れが観測されたが、底層にいくに従ってわずかながら流れは弱まる傾向が認められた;

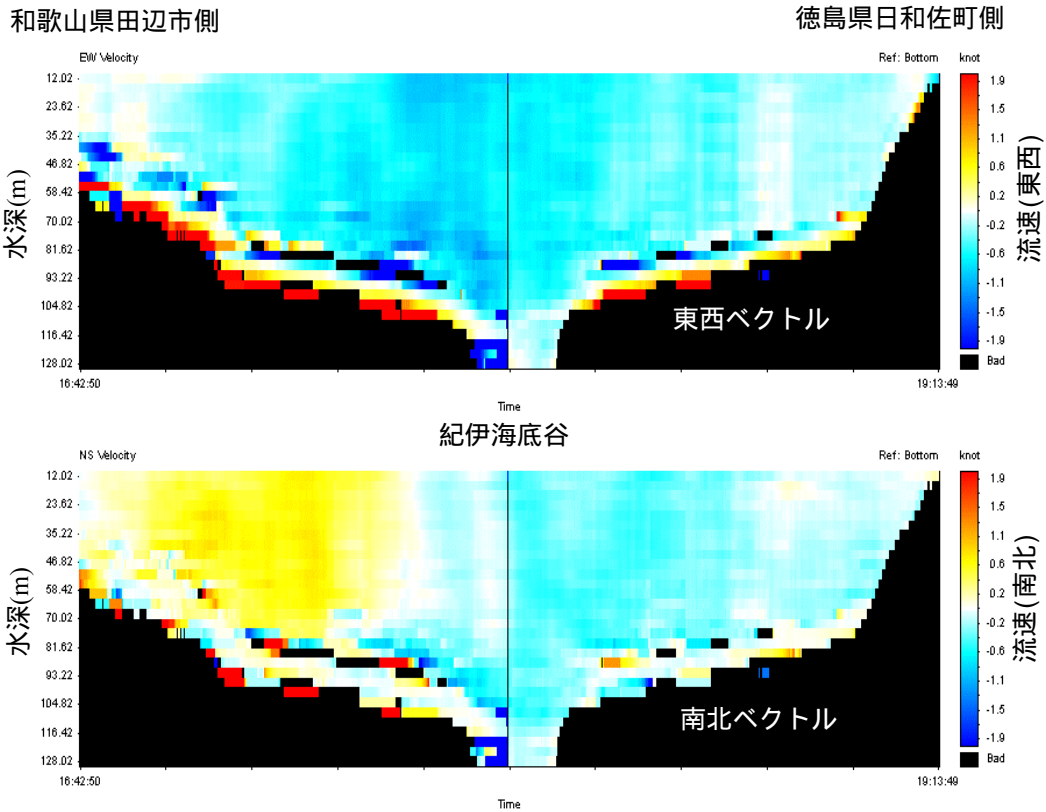


図4 平成12年12月19日における流速の断面コンタ図。黄色部分が北上流，青い部分が南下流の速さ，黒い部分が海底を示す。表層から底層まで同様の流向流速がみられた。黒潮の接岸により暖水波及がみられ，反時計廻りの流れが卓越していた。

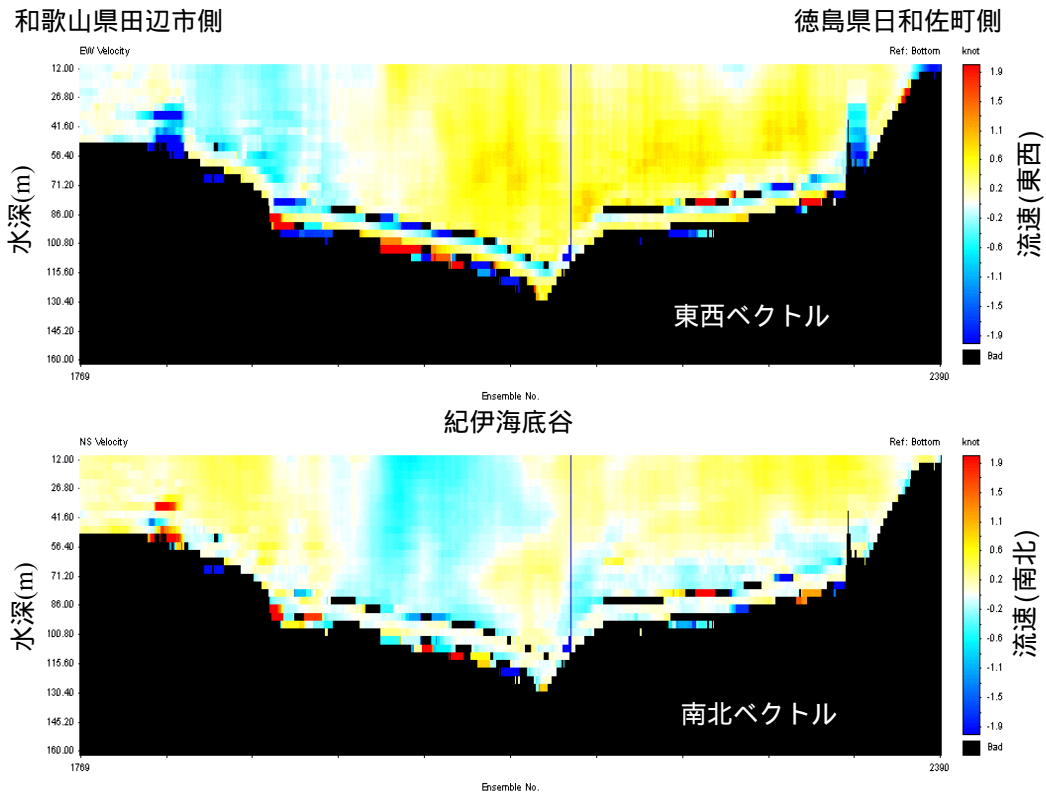


図5 平成13年3月28日における流速の断面コンタ図。黄色部分が北上流，青い部分が南下流の速さ，黒い部分が海底を示す。表層と底層において流向と流速に違いが認められる。内測反流により，反時計廻りの流れが卓越していた。

潮は紀伊水道沖で大きく離岸し、北沿部が北緯32°前後を東進している。このため、強い流れはみられず、NS線では海部沿岸に弱い右旋流が、WE線では海部沿岸に弱い右先流と中央部で南下流がみられた。水温はWE線の表層で24台、NS線の中表層で23,24台を示し、成層は維持されていた。

平成12年11月 11月27日の人工衛星情報によると、室戸岬から紀伊水道沖では接岸傾向にあるが、潮岬沖では離岸傾向にあるため、暖水波及はみられない。NS線では特徴的な流れはみられず、WE線で海部沿岸に北上流と中央部付近から和歌山側にかけて南下流が認められた。WE線の中表層の水温は20台、NS線のSt.11付近において垂直方向に立ち上がった20の等温線がみられた。水温の低下とともに成層の崩壊がみられつつあった。

平成12年12月 12月19～20日の人工衛星情報によると黒潮は紀伊水道沖で接岸しており、紀伊半島沿いに19前後の暖水が紀伊水道入口まで流入している。このため、NS線では特徴的な流れは認められないが、WE線では和歌山側から、1ノットを越える北上流が認められた。WE線の断面コンタ図をみると表層から底層まで和歌山側に北向き0.2～0.8ノットの流速ベクトルがみられた(図4)。中央部から和歌山側にかけて1ノット足らずの西向きの流速ベクトルが観測された。WE線の中表層の水温は18,19台、NS線で17～19の等温線がみられ、成層が崩壊した。

平成13年1月 1月23日の人工衛星情報によると、黒潮は室戸岬沖でやや離岸、紀伊水道沖で冷水渦がみられた。人工衛星情報では紀伊半島沿いに暖水波及がみられるものの流況調査ではWE線のみを観測ながら特徴的な流れは認められなかった。WE線の海部沿岸寄りの中底層では15以下に、和歌山寄りの中表層では16以上の水帯がみられ、流況を反映した冬場の典型的な東高西低の水温配置となった。

平成13年2月 2月20日の人工衛星情報によると、潮岬沖を通過する小冷水渦の回りをを反時計回りに流れる暖水が潮岬を越えて徳島県沿岸まで達している。この暖水は時計回りの流れとなって紀伊水道入口をかすめて紀伊半島沿いに南下している。このため、NS線では弱い北上流が、WE線では弱い右旋流が観測され、和歌山側からの南下流が観測された。流況を反映してWE線では全体的に17,18の暖水で覆われ、NS線ではSt.9とSt.10間に13～18の垂直方向に走る顕著な潮目がみられた。

平成13年3月 3月29日の人工衛星情報によると黒潮はやや離岸しているが、潮岬沖の冷水帯と紀伊水道沖の冷水渦の北部を18～19の暖水が東から西へ流れ、海部沿岸に達している。この流れは時計回りの流れとなって北上してい

る。このため流況調査のNS線の南部で弱い右旋流が観測された。WE線でも中央から和歌山側にかけて弱い右旋流が観測された。WE線の断面コンタ図をみると表層から底層まで0.5ノット以下の弱い南向きの流速ベクトルが観測された(図5)。2月同様、流況を反映してWE線の海部沿岸の中表層では17,18の暖水で覆われ、和歌山側では15,16の水帯で覆われた。NS線ではSt.9とSt.10間に12～17の垂直方向に走る顕著な潮目がみられた。

調査年度を通じて、黒潮の接岸による紀伊半島側から強い左旋流が観測された8,12月、内測範流による強い右旋流が観測された2,3月を除いて、全般に弱い流れが卓越していた。

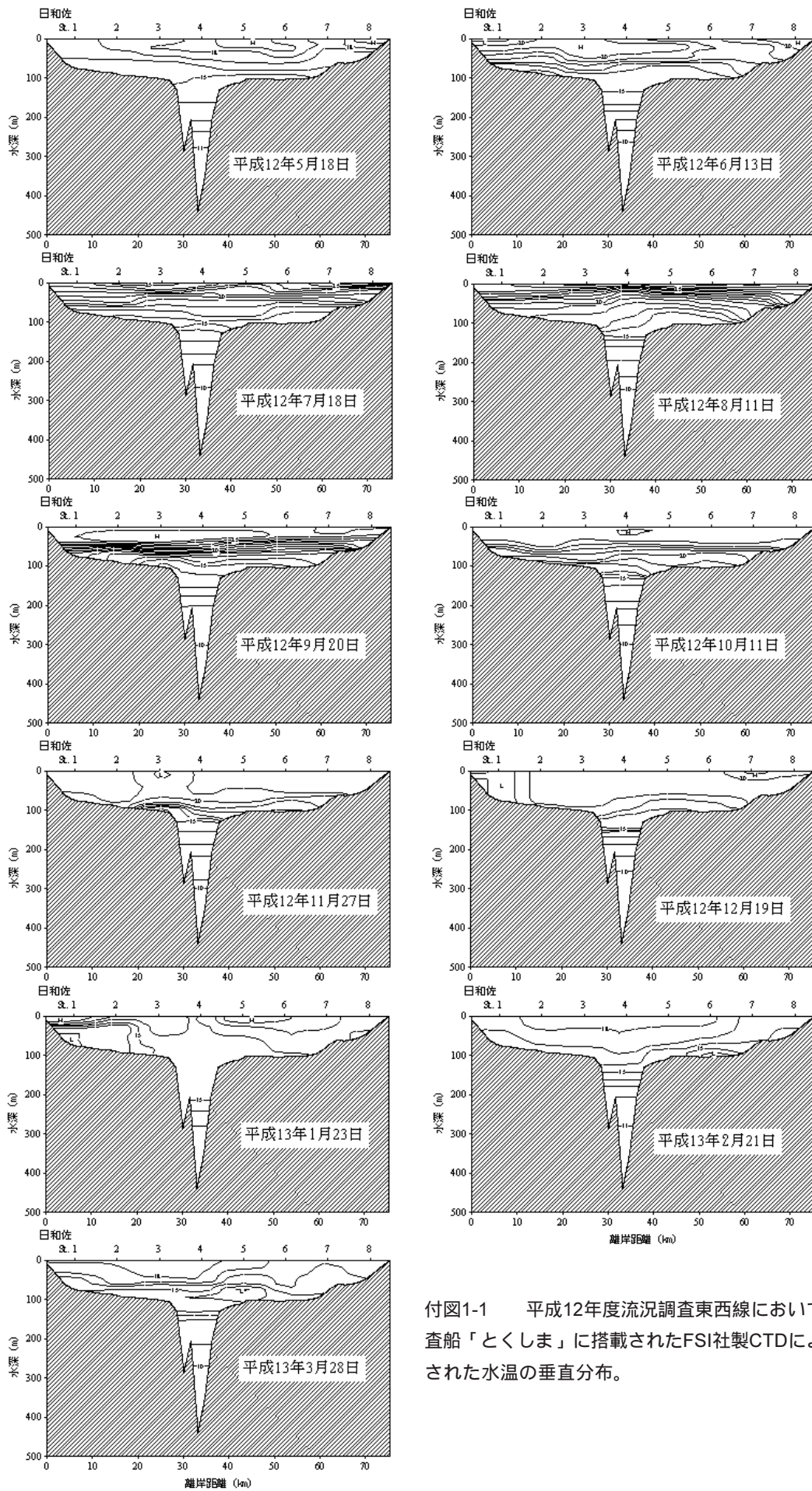
人工衛星情報とADCPデータの整合性 以上の結果から1月を除いて、人工衛星情報からみた流況と流況調査のADCPの水平ベクトル図からみた流れは非常に良く合致していた。特に黒潮接岸や内測反流にともなう強い流れ(暖水波及)では両データの強い整合性が認められた。

ADCPの精度 6,7,8,12,2および3月のWE線の折り返し前後のベクトル図から判断して、概ね折り返し前後でベクトルの向きに違いがないことから得られた対地・対水モードデータの精度上の問題はないものと判断した(図2-1,2)。

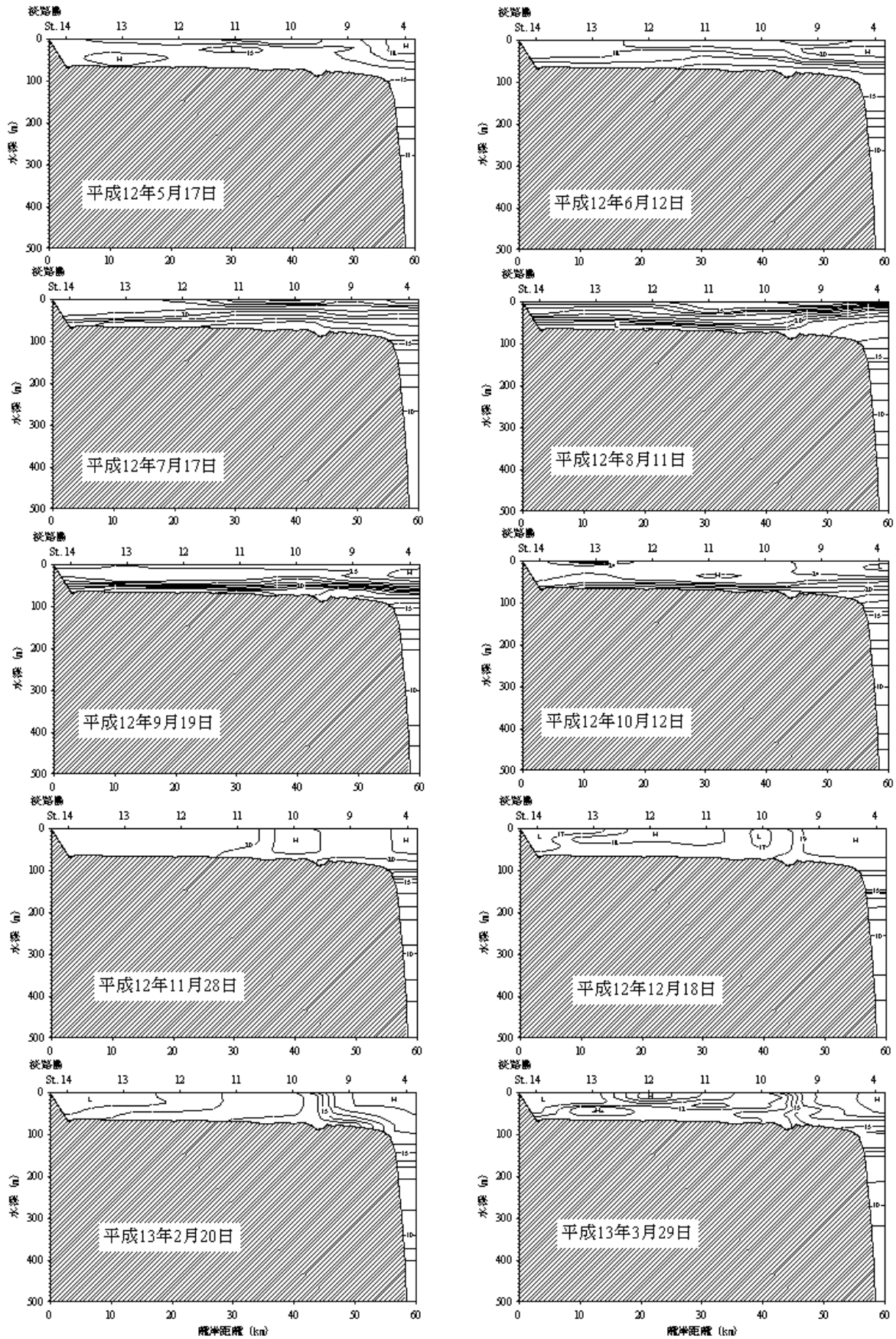
陸棚水の進入 陸棚水が観察されたのは9月のみであり、しかも上層部および水平方向への広がりが比較的弱い進入であった。今回は調査では栄養塩の分布から陸棚水であることを確認できた。栄養塩の分布と15の等水温線が比較的一致していることから、15の水温分布を把握することにより陸棚水の進入の有無を確認できるものと考えられる。

謝 辞

栄養塩の分析については鳴門分場宮田 匠技師に実施していただいた。記して謝意を表します。また、精度の高い人工衛星画像海況速報を周年にわたって情報提供して下さった和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場に深謝します。



付図1-1 平成12年度流況調査東西線において漁業調査船「とくしま」に搭載されたFSI社製CTDにより観測された水温の垂直分布。



付図1-2 平成12年度流況調査南北線において漁業調査船「とくしま」に搭載されたFSI社製CTDにより観測された水温の垂直分布。

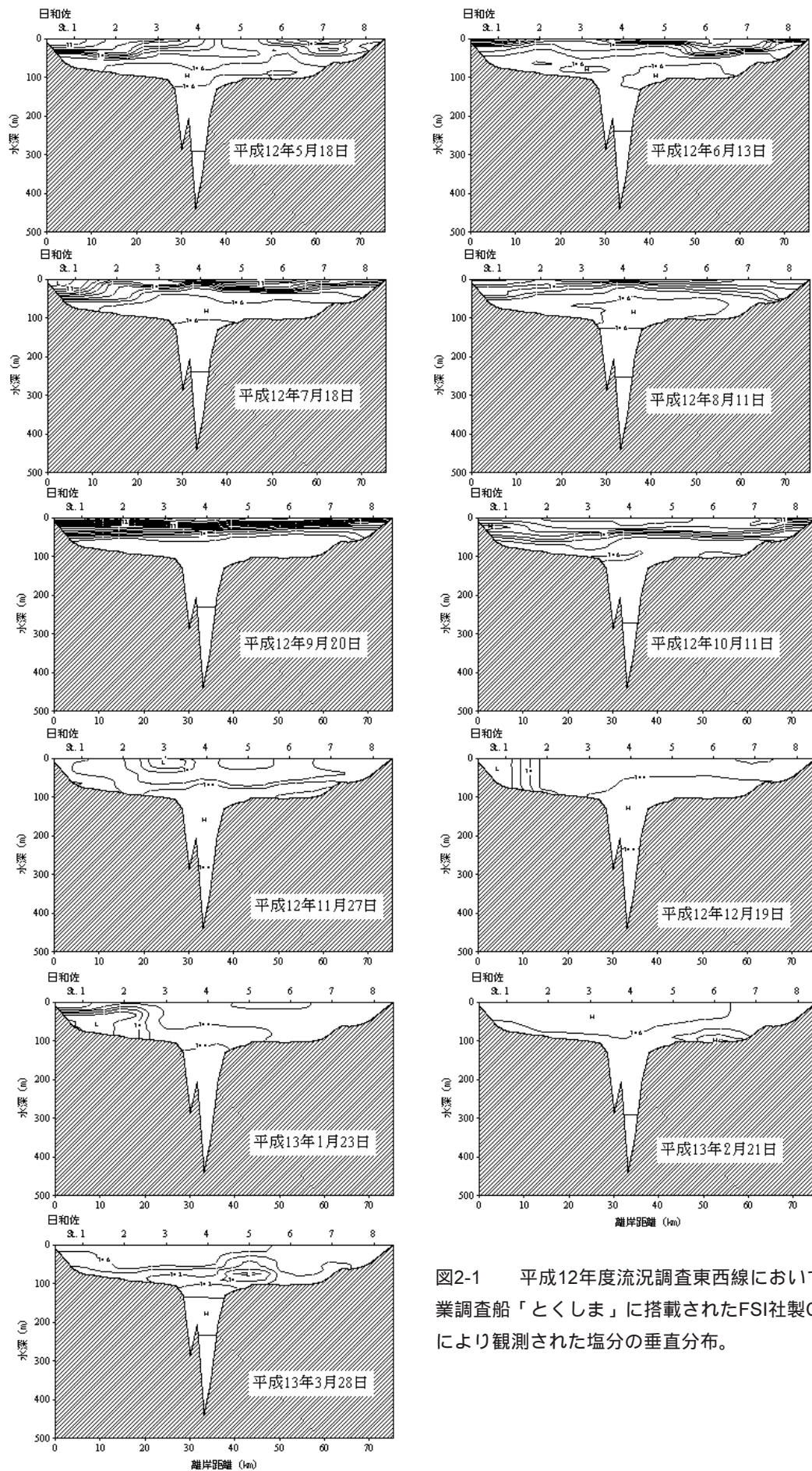
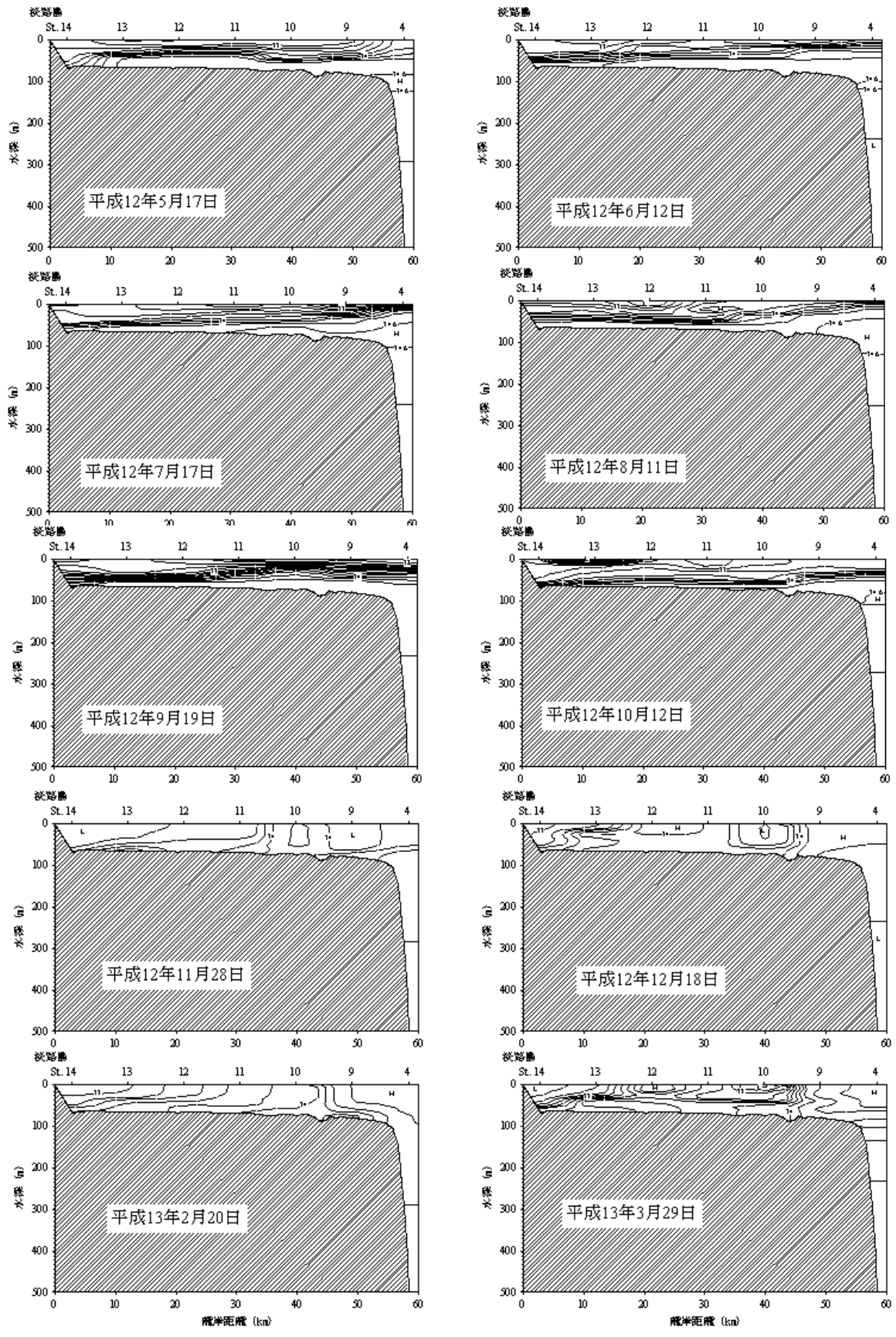
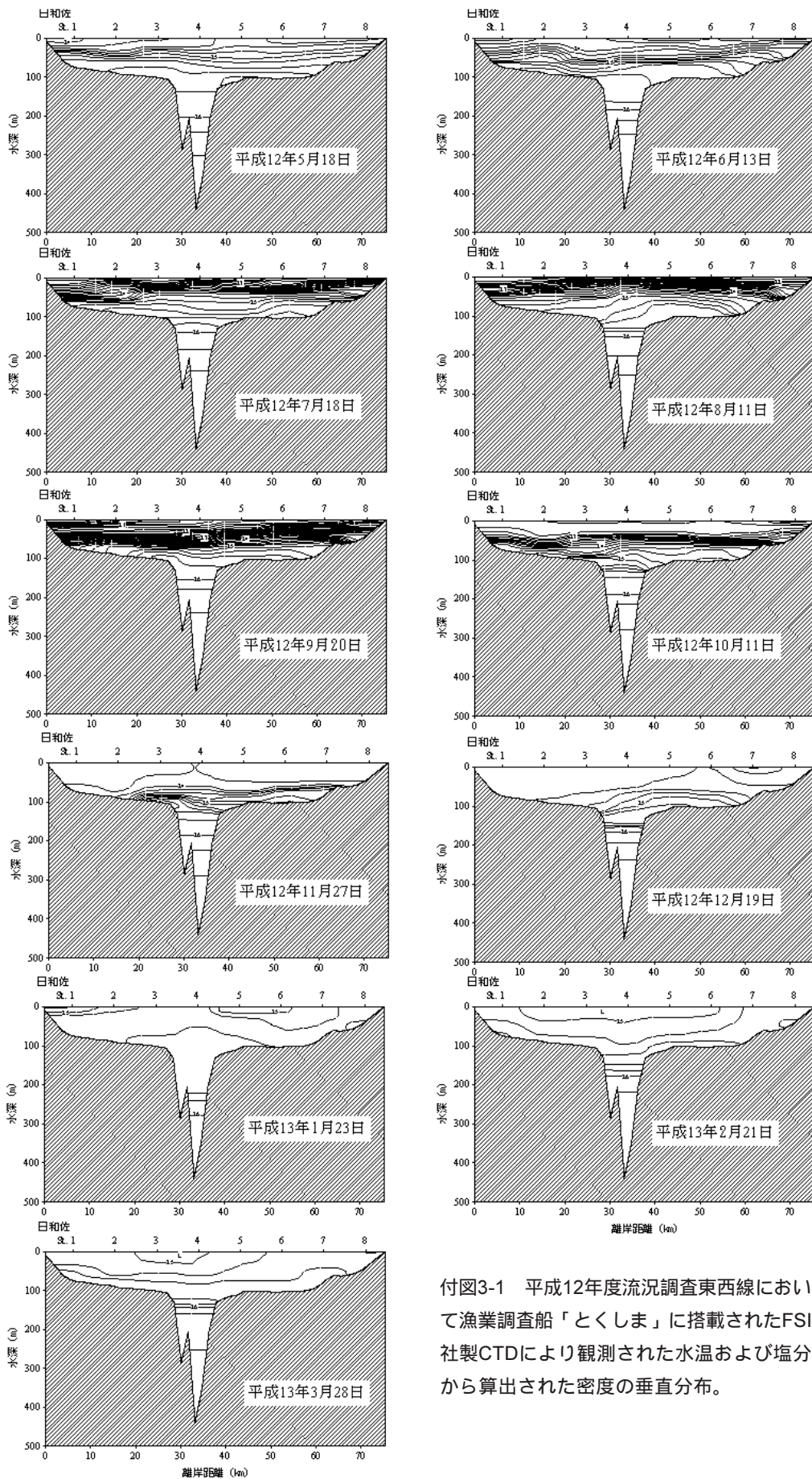


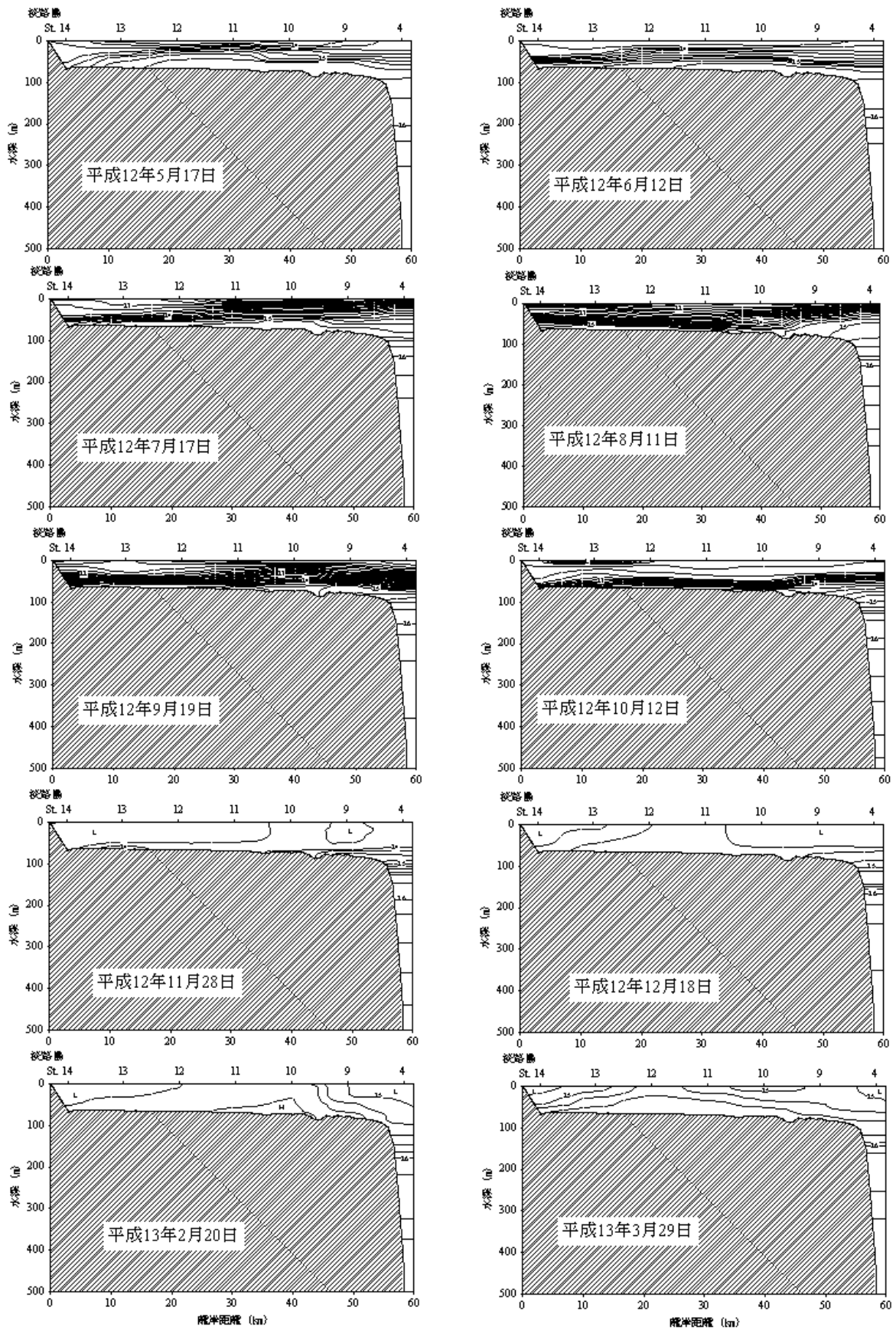
図2-1 平成12年度流況調査東西線において漁業調査船「とくしま」に搭載されたFSI社製CTDにより観測された塩分の垂直分布。



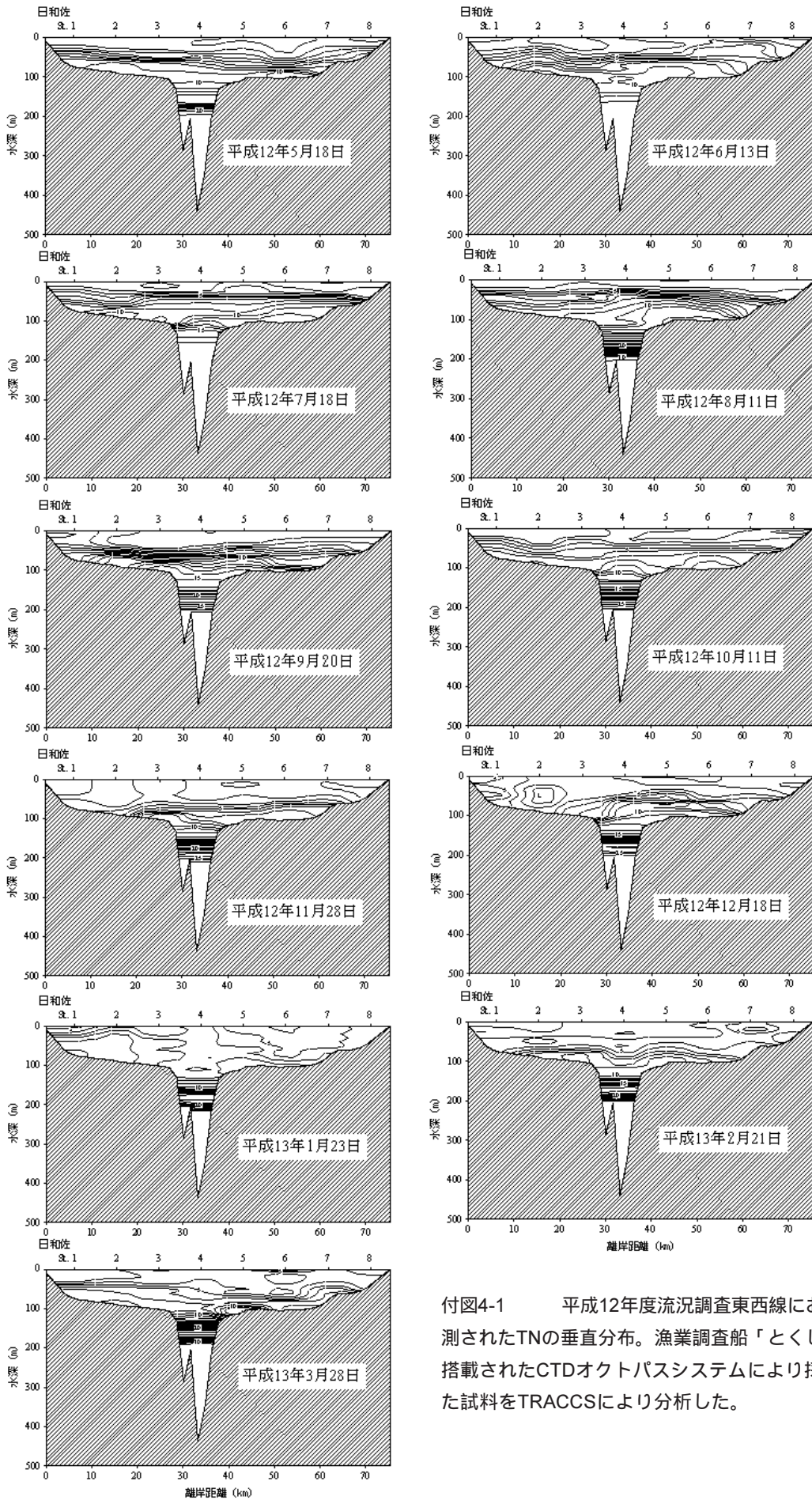
付図2-1 平成12年度流況調査南北線において漁業調査船「とくしま」に搭載されたFSI社製CTDにより観測された塩分の垂直分布。



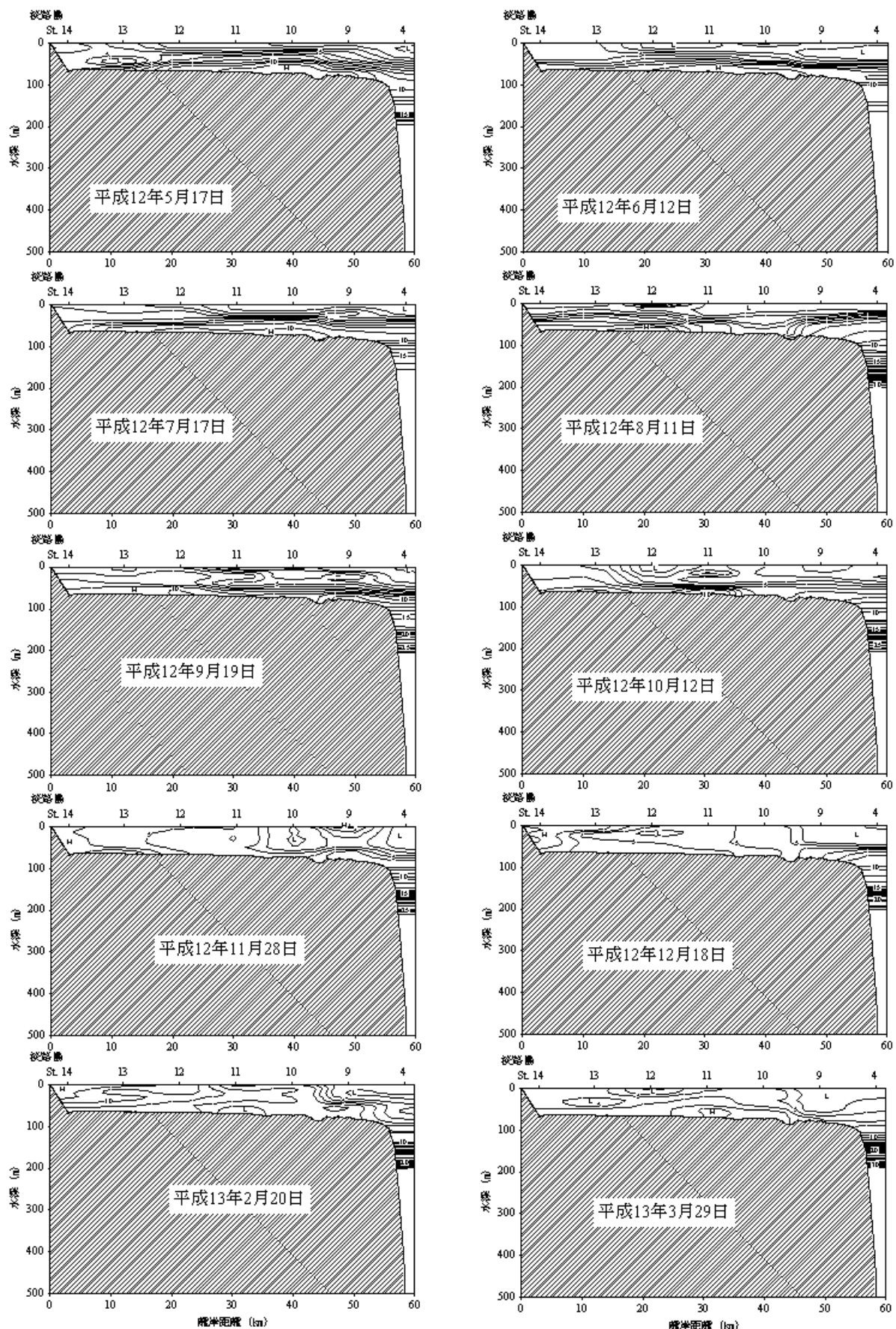
付図3-1 平成12年度流況調査東西線において漁業調査船「とくしま」に搭載されたFSI社製CTDにより観測された水温および塩分から算出された密度の垂直分布。



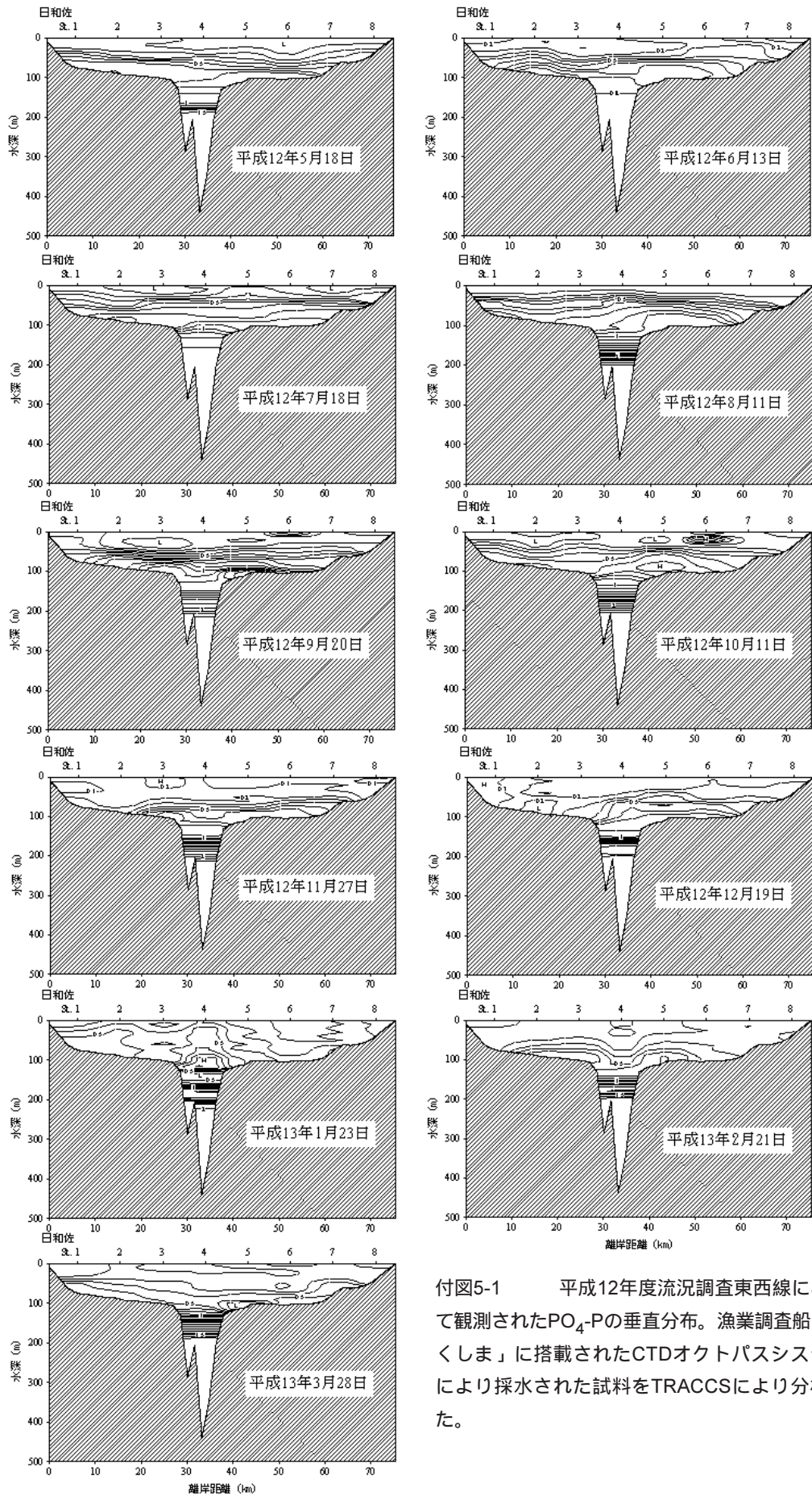
付図3-2 平成12年度流況調査南北線において漁業調査船「とくしま」に搭載されたFSI社製CTDにより観測された水温および塩分から算出された密度の垂直分布。



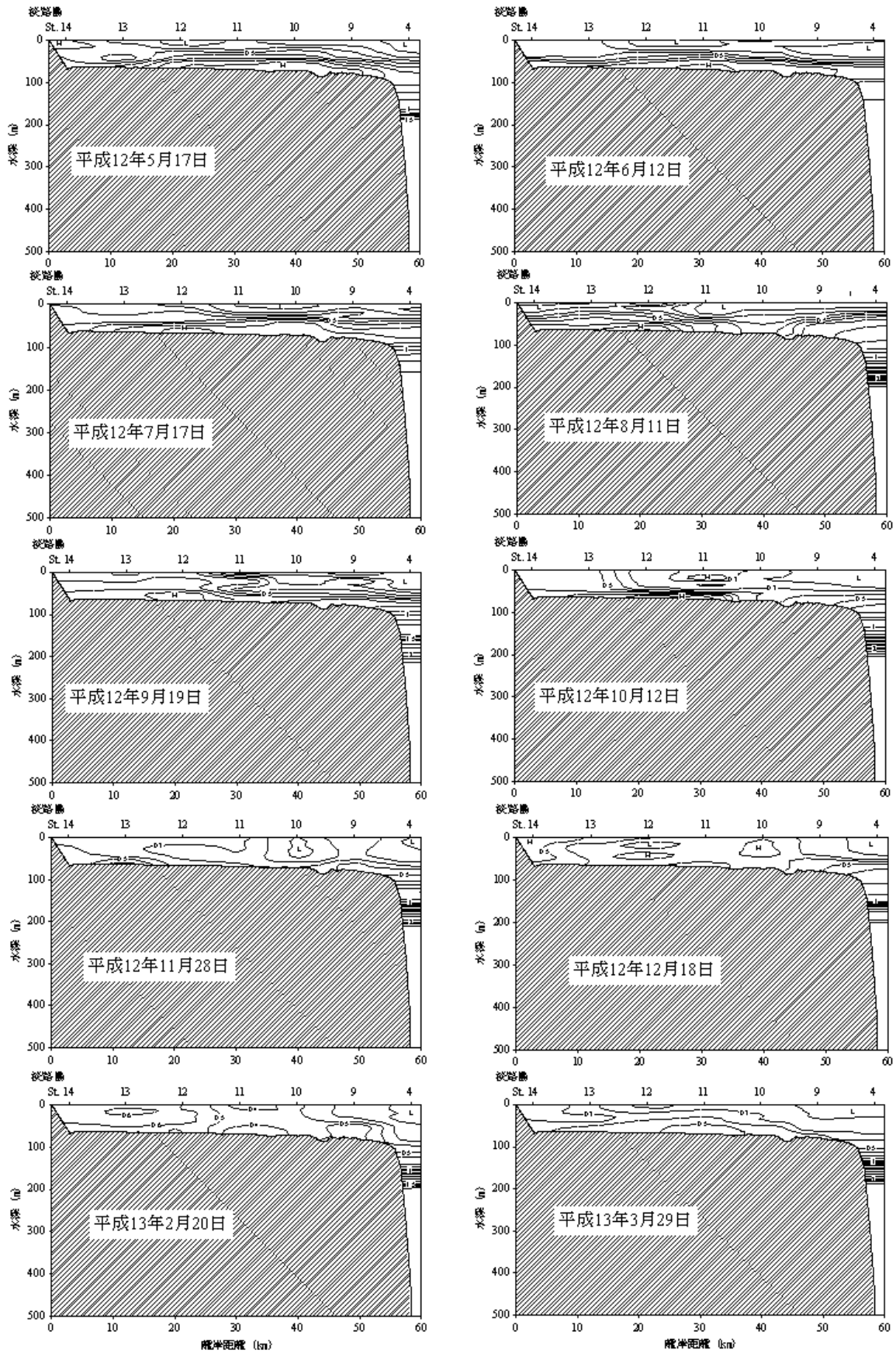
付図4-1 平成12年度流況調査東西線において観測されたTNの垂直分布。漁業調査船「とくしま」に搭載されたCTDオクトパスシステムにより採水された試料をTRACCSにより分析した。



付図4-2 平成12年度流況調査南北線において観測されたTNの垂直分布。漁業調査船「とくしま」に搭載されたCTD オクトパスシステムにより採水された試料をTRACCSにより分析した。



付図5-1 平成12年度流況調査東西線において観測された $PO_4\text{-P}$ の垂直分布。漁業調査船「とくしま」に搭載されたCTDオクトパスシステムにより採水された試料をTRACCSにより分析した。



付図5-2 平成12年度流況調査南北線において観測された $\text{PO}_4\text{-P}$ の垂直分布。漁業調査船「とくしま」に搭載されたCTDオクトパスシステムにより採水された試料をTRACCSにより分析した。