

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 965 Sept. 2000

干潟の地形変化に関する現地観測
——盤洲干潟と西浦造成干潟——

古	川	恵	太
藤	野	智	亮
三	好	英	一
桑	江	朝	比
野	村	宗	弘
萩	本	幸	将
細	川	恭	史

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. まえがき	4
2. 干潟地形に関する既往の知見	4
2.1 干潟の定義と分類	4
2.2 干潟の立地条件と海岸地形	5
2.3 干潟の地形変化の要因	6
3. 干潟地形の変化	6
3.1 観測概要	6
3.2 自然干潟－盤洲干潟－	7
3.3 造成干潟－西浦干潟－	12
4. 干潟上の海象（波・流れ）の観測	13
4.1 観測概要	13
4.2 平成8年度観測結果	14
4.3 平成9年度観測結果	16
4.4 平成10年度観測結果	17
4.5 平成11年度観測結果	19
5. 浮遊懸濁物（SS）の移送量の検討	20
5.1 SSの移送量の観測値	20
5.2 風や潮汐によるSSの移送量への寄与	20
5.3 波による再懸濁過程の解析	21
5.4 吹送流による移送過程の解析	22
6. 干潟の微地形	22
6.1 砂連（サンドリップル）	22
6.2 滞筋／水道（みずみち）	22
6.3 低潮帯付近のサンドウェーブ	24
7. 結論	25
8. あとがき	25
謝辞	25
参考文献	25
付録	27

Topographical Change on Tidal Flats

— Case Study on Banzu Natural Tidal Flat and Nishiura Constructed Tidal Flat —

Keita FURUKAWA¹⁾
Tomoaki FUJINO²⁾
Eiichi MIYOSHI³⁾
Tomohiro KUWAE⁴⁾
Munehiro NOMURA⁴⁾
Yukimasa HAGIMOTO⁵⁾
Yasushi HOSOKAWA⁶⁾

Synopsis

Topographical change is a good indicator of not only the stability of substrate but also the stability of ecological circulation on a tidal flat ecosystem. Thus, prediction of topographical change becomes an important technology for managing natural and constructed tidal flat. To reveal the basic feature of tidal flat topographical change, series of field observations were conducted at Banzu natural tidal flat in Tokyo Bay, Japan and Nishiura constructed tidal flat in Mikawa Bay, Japan.

In the natural tidal flat, the macro-scale topography is conserved for long time, while small-scale topographical fluctuations were varied by the time and space. On the other hand, in the constructed tidal flat, successive development of sand bar was observed as a result of transitional phase after the completion of the construction.

Current, water depth and suspended sediment (SS) concentration were measured on the natural tidal flat for study SS transportation processes that is controlling topographical change. The SS flux could be separated as a fraction of tidally induced oscillating flux and wind driven flow that has unidirectional flux. It was suggested as the SS flux by wind driven flow had a significant contribution for the bottom topographical change.

Some features of micro-topography which appeared in the tidal flat (sand ripple, small creeks web and sand wave) are also introduced.

Key Words: tidal flat ecosystem, substrate, geographical survey, GPS measurement, sediment transport

1) Chief of Environmental Assessment Laboratory, Marine Environmental Division
2) Trainee of Environmental Purification Laboratory, Marine Environmental Division, (Toyo Const.)
3) Senior Research Engineer, Marine Environmental Division
4) Member of Environmental Purification Laboratory, Marine Environmental Division
5) Former Member of Environmental Purification Laboratory (Hakata Port and Airport Construction Office, Fourth District of Port Construction Bureau, Ministry of Transport)
6) Director, Marine Environmental Division
3-1-1, Nagase Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone : +81-468-44-5018 Fax : +81-468-44-6243 e-mail: furukawa_k@cc.phri.go.jp

干潟の地形変化に関する現地観測

— 盤洲干潟と西浦造成干潟 —

古 川 恵 太¹⁾
藤 野 智 亮²⁾
三 好 英 一³⁾
桑 江 朝比呂⁴⁾
野 村 宗 弘⁴⁾
萩 本 幸 将⁵⁾
細 川 恭 史⁶⁾

要 旨

新たな港湾・海岸環境空間として干潟を創造する際、その地形変化を予測することは、そこに形成される生態系も含めて、動的に安定した系を創り出すために重要である。そこで干潟の地形変化に関する基礎知識を集積し、その予測手法の可能性を探ることを目的として、東京湾内湾に位置する自然干潟および三河湾の造成干潟において地形変化に関する経年的な現地観測を実施した。

その結果、自然干潟では小規模な地形変動を繰り返しながらも、全体として大きく形状を崩さずにその姿を保っていることが観測された。また、造成直後の干潟では造成後時間とともに平衡地形に近づくような地形変化の様子が観測された。

地形変化の原因を探るために、干潟上での風、波、流れ等を計測し、観測期間における干潟直上の浮遊懸濁物（SS）の移送量および移送方向を求め、風による流れと潮汐による流れに起因する移送量とに分けて検討を行った。その結果、観測期間中の卓越風向に一致する方向でのSSの移送が顕著であること、それは波により発生したSSが潮流に影響されながらも、主には吹送流で一方方向に移送されていることなどが示された。

最後に干潟に出現する特徴的な微地形（砂連、濤筋／水道、低潮帯付近に形成されるサンドウェーブ）の観測結果を示した。

キーワード：自然干潟、造成干潟、地形変化、SS、移送量

-
- 1) 海洋環境部 環境評価研究室長
 - 2) 海洋環境部 海水浄化研究室研修生（東洋建設株式会社）
 - 3) 海洋環境部 主任研究官
 - 4) 海洋環境部 海水浄化研究室研究官
 - 5) 前海水浄化研究室（現第四港湾建設局博多港湾空港工事事務所）
 - 6) 海洋環境部長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 運輸省港湾技術研究所
電話：0468-44-5018 Fax：0468-44-6243 e-mail: furukawa_k@cc.phri.go.jp

1. まえがき

これまでの港湾の技術は、目的とする物理的環境を造り出すために、地形を改変し、波浪や流れを制御するものであった。しかし、近年、港湾における生物の生息環境への配慮と開発との調和が課題となっている。平成6年3月に、自然との共生を目指した港湾環境政策として「環境と共生する港湾<エコポート>」政策が策定された。それ以降、水辺環境の保全や生態系を育む海域環境の創造¹⁾などに対する社会的要請は高い。また、ミチゲーションの概念²⁾の普及により、沿岸部の浅場や干潟の保全や造成は、今後ますます盛んになると考えられる。なかでも沿岸干潟は、自然との共生における最も重要な視点の一つに位置づけられる。

人工的に干潟を創造するにあたっては、干潟地形を成立させ維持することが最も重要な技術である。干潟地形の変化は、干潟生物に対して少なからず影響を与える³⁾。干潟機能の多くは、干潟に生息する生物が担っているため、その役割を担う生物が安定して生息するためには、干潟地形を予測・管理する手法を確立することが必要となってくる。そのためには、干潟地形に関する基礎知識の集積は必要不可欠である。

本研究では、対象域として自然干潟である盤洲干潟と造成干潟である西浦干潟を選定し、干潟地形の経時的な変化に関する調査を行った。東京湾内湾に位置する盤洲干潟は、東京湾に残る数少ない自然干潟の一つである。盤洲干潟は千葉県木更津市地先に約300haの広さを持つ干潟⁴⁾であるが、本研究では小櫃川河口部南側の、大潮時に干出する岸沖方向約1.2km、沿岸方向約0.8kmの領域を集中的に観測した。干潟の地形は、波や流れ、底質などの物理環境が複雑に作用し合いながら維持されているが、盤洲干潟は河口部に広がる前浜干潟であるため、背後陸域からの土砂流入も考慮する必要がある。三河湾北岸に位置する西浦干潟は、背後に親水護岸を備えた造成干潟である。平成11年6月に造成された新しい干潟で、造成干潟における初期段階からの地形変化の調査に適した場所である。

観測は、盤洲干潟において平成6年から干潟地形の実測量、平成8年から干潟上の海象調査を実施し、西浦干潟においては平成11年から干潟地形の実測量を実施している。こうして得られた結果から、干潟の変動スケールを明らかにするとともに、干潟上の浮遊懸濁物(SS)の移送過程に関する検討を進めた。

本資料の構成は以下の通りである。第2章では、既往の研究から見た干潟地形の分類、特徴についての知見を

とりまとめる。第3章では、地形観測を実施した自然干潟および造成干潟を紹介し、観測方法、観測結果についてとりまとめる。第4章では、地形変化の要因を探るために実施した干潟上の海象の観測結果を観測年次毎に示す。第5章では、観測結果をもとに波による再懸濁過程、流れによる干潟上の浮遊懸濁物(SS)の移送量の検討を試みる。第6章では、特徴的な干潟の微地形を紹介し、第7章に本研究で得られた主要な結論を述べる。

2. 干潟地形に関する既往の知見

2.1 干潟の定義と分類

干潟は、沿岸の潮間帯に発達した平坦な砂泥域であり、潮汐の干満により干出と水没のサイクルを繰り返す地帯である。一般には「干潮時に露出する砂泥質の平坦な地形」を干潟と呼んでおり、海底勾配や底質中央粒径から厳密に定義されているわけではない⁵⁾。類似の地形を、場所によって「浜」と呼んだり「干潟」と呼んだりしていることもある。干潟と砂浜の違いについても明確な定義はなく、一般的に浜勾配が緩やかで、土砂の粒径が小さく、生物相が多様な平坦地形が干潟と認識されている⁶⁾。

干潟を地形的特性に基づいて分類すると次の3つのタイプに分類される⁵⁾。

①前浜干潟

河川などによって運ばれた砂泥が海に面した前浜部に堆積して形成された干潟。干潟を構成する基質粒子の違いにより砂質前浜干潟と泥質前浜干潟に分類されることもある。砂質前浜干潟は底質の中央粒径値が0.2~0.7mmで、含泥量も4%を越えることはない。通水性がよいので、温度、塩分の変化が大きいのが特徴である。泥質前浜干潟は粒径0.0625mm以下の粘土・シルト質が多く、保水性がよいため温度、塩分の変化が少ないのが特徴である。

②河口干潟

河口干潟は河口感潮部に河川の運んだ砂泥が堆積して形成された干潟で、前浜干潟に比べて面積が小さい場合が多い。底質は多様である。

③潟湖干潟

潟湖干潟は、浅海の一部が砂州、三角州等によって外海から隔てられてできた浅い汽水域の区域に形成された干潟である。

これらのタイプは、図-2に示すように河口干潟と前浜干潟が連なったり、河口干潟の一部が潟湖干潟になったりと、それぞれの要素を併せ持つことも多く、明確に区

分しがたい場合が多い。

2.2 干潟の立地条件と海岸地形

日本に現存する自然干潟のうち規模の大きな干潟は、南西諸島、有明海、瀬戸内海、伊勢湾、東京湾等の比較的干満差の大きい閉鎖性海域に分布している。これは、干潟地形の成立に次のような条件が関与しているためである。

- ①干満の差があること。
- ②河川等から土砂や栄養が供給されていること。
- ③潮流・波浪により土砂が流出しないこと。

すなわち、流入河川が存在し、それによる土砂の運搬・堆積があること。また、入江や湾によって地形が遮断されており、波や流れの作用を激しく受けにくいことが干潟形成の必要条件といえる。

干潟に関連した海岸地形を図-2⁷⁾に示す。

①湿地 (marsh)

平均満潮線よりやや上に位置し、潮汐に伴って海水の出入りが認められる部分で、特に海岸では塩分を含む塩性湿地を形成する。湿地周辺にはアシ原がよく発達して、その間の泥質からなる場所は感潮泥質地と呼ばれる。

②滞りまたは感潮クリーク (tidal creek)

潮汐に伴って生じる流れによって形成される水路であり、船の通れるような大きなものから、小川のように潮が流れるだけの小さいものまで大きさは様々である。

③潟湖 (lagoon)

海岸線や河口から分離しているが、満潮時には海水が流入し、低潮時には海水が残留する常に塩分を含んだ湖沼である。

④潮汐平底 (tidal flat)

一般に干潟と呼ばれる部分で、基底の性質に基づいて、砂質平底 (sand flat) と泥質平底 (mud flat) に分けられて

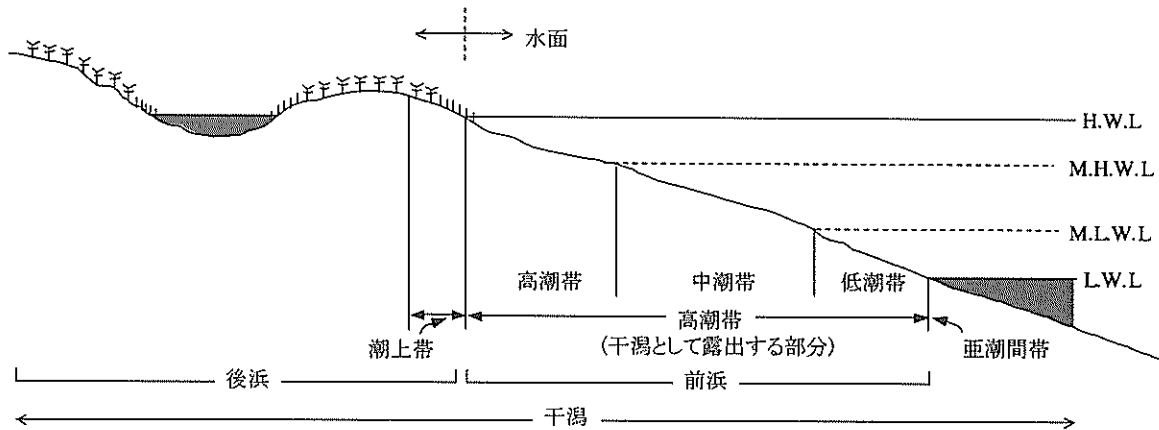


図-1 潮位による海岸の分類

H. W. L ; 朔望平均満潮面, M. H. W. L ; 平均満潮面
M. L. W. L ; 平均干潮面, L. W. L ; 朔望平均干潮面

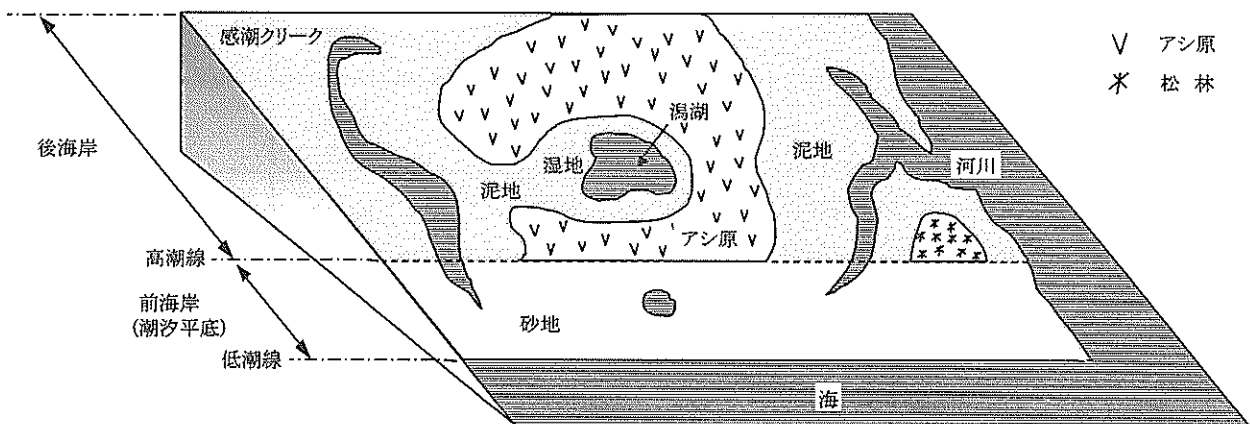


図-2 干潟を中心とする海岸地形

いる。

2.3 干潟の地形変化の要因

干潟は、潮汐・波浪・土砂供給・栄養塩供給といった海陸からの外力や降雨、日射などの気象変動の作用を絶えず受けている。なかでも地形変化に大きな影響を及ぼす要因として、潮汐・波浪といった干潟上の海象が挙げられる。干潟水域における流動は潮流や沿岸流のみでなく、風、波浪、高潮、陸水流入に起因する移流等の各要素が加わった複雑なものである。干潟の立地条件でも述べたように干潟が形成されている場所は内湾などの波浪の影響が少ない場所である。なおかつ、干潟周辺海域は水深が浅いので波浪による底泥の混合が起こりやすく地形の変動は大きい。特に台風による波やうねりの来襲は干潟の地形を変動させる大きな要因となる。

3. 干潟地形の変化

3.1 観測概要

干潟地形の観測では地形変化のパターンや変動の大きさを把握することを目的としている。

観測は、レベルと標尺（スタッフ）によって直接高低差を測定する直接水準測量およびGPS衛星（人工衛星）からの位置測定用電波を受信して測位するGPS測量を実施した。

直接水準測量は、潮の引いている間に集中的に測量を行うことになるため時間的な制約がある。そこで、干潟上に測線を設定し、この測線に沿って断面地形を測量することを繰り返した。また広大な干潟であれば、盛替え点となるような適当な場所が見つかりにくいので、通常よりも測量誤差が大きくなりやすい傾向にある。そのため観測後、閉合誤差に重みをつけ誤差の調整を行い各測点の地盤高の補正を行った⁸⁾。また、観測機器として本観測ではオートレベルを使用している。

GPS測量は、直接水準測量では把握しきれない3次元的な干潟の凹凸を測量することを目的として行われた。GPS機器により水平位置を確定し、その位置の水深を測定し、潮位補正することによって地盤高を得ている。測量の結果として、空間的に広がりをもった領域を高精度に測量することができる。まず、水平位置の確定には、2台のGPSを干潟の近傍の固定局と、干潟上を移動する観測者の移動局として運用する、簡易型差分式GPSを用いた。この方法の利点は、通常のD-GPSと呼ばれるビーコン局を利用した差分式GPSシステムより機器が小型化できることである。一方、欠点は測点位置が

表-1 盤洲干潟現地観測一覧

1994/10/1	測線A	直接水準測量
1995/2/1	測線A	直接水準測量
1995/3/22	測線B	直接水準測量
1995/6/1	測線A	直接水準測量
1995/8/10	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量
1995/10/1	測線A	直接水準測量
1995/11/15	測線B	直接水準測量
1995/12/20	測線A	直接水準測量
1996/3/22	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量
1997/2/13	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量
1997/5/9	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量
1998/2/25		GPS測量
1998/3/14	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量
1998/7/28		GPS測量
1998/9/9	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量 GPS測量
1998/11/4	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量
1999/3/4	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量 GPS測量
1999/6/1	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量
1999/9/9	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量
2000/2/7	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量 GPS測量
2000/2/22	測線A 測線B	直接水準測量 直接水準測量 GPS測量

オフラインでしか確認できないことである。また、水深の測定は、小型自記式水位計を牽引することによって測定するとともに、汀線（水深0mの線）を利用して、干潟地形の外形を、より明確に記録されるよう心がけた。

3.2 自然干潟—盤洲干潟—

自然干潟における現地観測は千葉県木更津市地先に位置する盤洲干潟において実施した。現地観測の実施日、測量した測線、測量方法などの一覧を表-1に、調査地点を図-3に、底質粒土組成を図-4に示す。

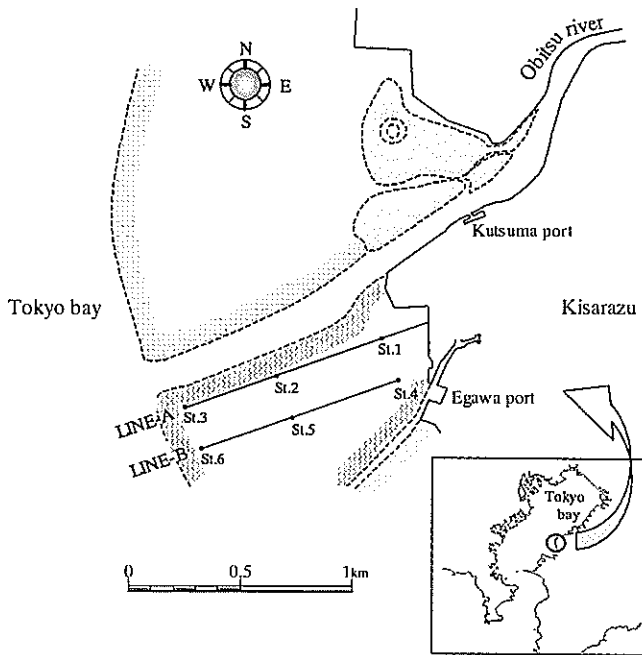


図-3 盤洲干潟の位置および調査地点図

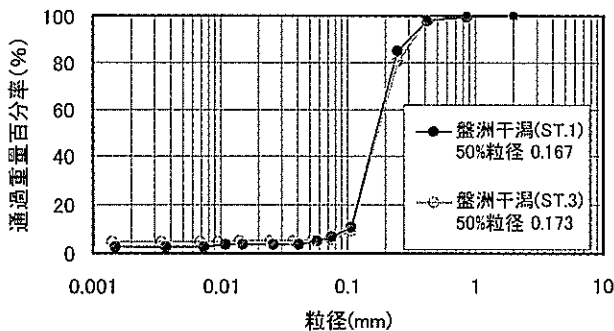


図-4 盤洲干潟の底質粒度組成

盤洲干潟は東京湾内湾に発達した前浜干潟であり、観測対象域は小櫃川から続く湊筋と江川漁港から沖合に伸びたクリークに挟まれた、東西約1.2km、南北約0.8kmの領域である。干潟の勾配はおおよそ1/1600。また、盤洲干潟の底質は潮間帯全域にわたってほぼ一般的な粒土組成をしており、中央粒径で約0.170mmである。これは、土質学会による分類で細砂に属する粒径で、砂質干潟に分類される(表-2)。

表-2 土質学会による基質の分類

名 称	粒 径
岩石質材料	>75mm
礫	75~4.76
細 礫	4.76~2
粗 砂	2~0.42
細 砂	0.42~0.074
シルト	0.074~0.005
粘 土	0.005>
うちコロイド	0.001>

(1) 水準測量

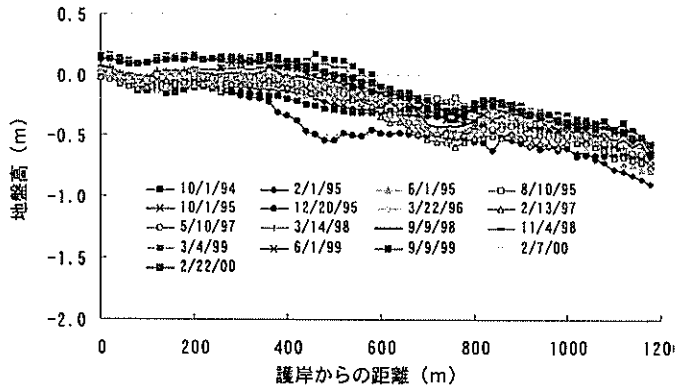
干潟上に観測点 (St.1~St.6) を設置し、St.1からSt.3を結ぶ測線A (LineA)、およびSt.4からSt.6を結ぶ測線B (LineB) の地盤高を20m間隔で測量した(図-3)。基準点は仮の基準B.M.を岸の護岸上に設け使用した。観測は平成6年10月から平成12年2月の期間にLineAについて17回、LineBについて14回行われた。測量誤差は平成11年度の観測実績から、路線距離約2.2kmにおける閉合誤差は平均でおよそ40mmであった。

図-5に地盤高の測量結果を測線毎に示す。

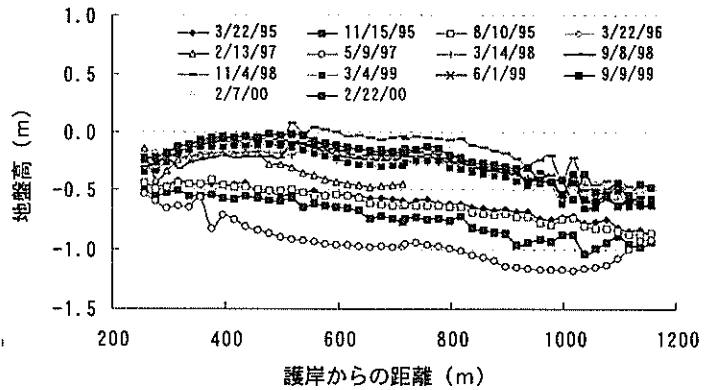
LineAでは、平成6年の観測開始から平成12年までの期間におよそ50cmの高低差の中で地盤変動を繰り返している。観測毎の平均変動は0.076m、ある一測点における地盤変動の最大値は護岸から480m地点において0.675mであった。

LineBの地盤高は平成7年から平成12年までの観測期間におよそ100cmの高低差の中で推移している。観測毎の平均変動は0.187m、ある一測点における地盤変動の最大値は護岸から517m地点において0.987mであった。

A, B両測線の断面形状の変化を時系列で並べてみた(図-6)。LineAでは地形断面は変動を繰り返しながらも、近年にかけて土量は堆積傾向にあることがわかる。また、



(a) Line-A断面測量結果



(b) Line-B断面測量結果

図-5 直接水準測量による地盤高測量結果

一定の季節変動はみられない。LineBについては平成9年5月に大きい地盤高の低下が認められるが、約10ヶ月後の観測では低下前の地盤高までほぼ回復しており、その後、最近に至るまでおよそその断面形状を維持している。

測量日毎に断面の単位幅あたりの土量を算出してみた(図-7)。算出方法は、これまでの測量で計測されたA、B両測線の計測値の中で地盤高が最も低い点(-1.176m)を基準とし、-1.176mより地盤高が高い部分の単位幅あたり

の土量を観測日毎に計算した。この結果から、LineBにおいても土量が堆積傾向にあることがわかった。

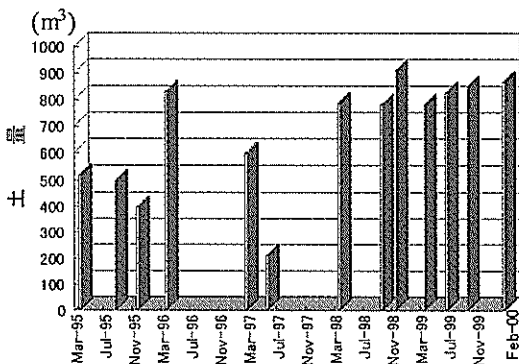
(2) GPS 測量

図-8にGPS測量により得られた等高線図を示す。観測時間の違いによるデータ量の大小から観測日毎で精度は多少異なるが、観測域全体の地形変化の様子を把握することができる。

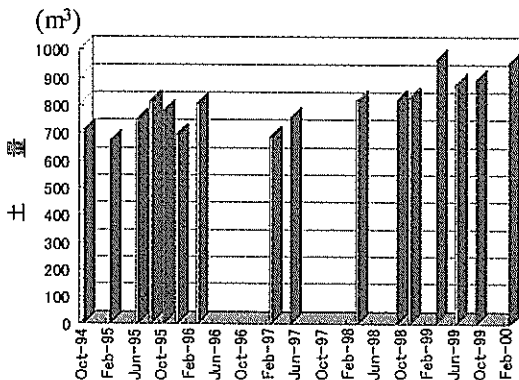
平成10年2月の観測結果では、干潟地形はSt.1, St.4付近から南北のクリーク、沖合それぞれの方向に向けて一様に傾斜しているが、同年7月の観測では南北のクリークサイドに急な斜面が生じ、護岸から沖に向けては緩やかな勾配が形成されている。同年9月には中潮帯(St.2, St.5付近)から沖側の地盤が削り取られたような格好で、小櫃川河口から延びる滞筋と同程度の地盤高になった。しかし、約半年後の平成11年3月の観測では、多少の地盤高や勾配の差はあるものの平成10年7月の観測結果と似た地形となっていた。また、平成11年3月の観測結果から、潮の干満により一時的に強い流れが発生して形成される干潟上の滞筋など干潟の微地形も捉えることができた。平成12年2月には7-22日の15日間における短期的な地形変化を捉えるための観測も行った。St.4で堆積、St.2, 3, 6で浸食といったパターンが観測された。

図-9は連続した2つの等高線図の高低差をとったものである。この図から、ある測量日から次の測量日までの地盤の堆積・浸食の傾向を一目で見てとれる。

このようにGPS測量による観測では、干潟地形を大局的に把握することができる。また、観測時間に余裕があれば、水深が10~20cm程の滞筋のような比較的スケールの小さい地形の起伏等の変化も立体的に捉えることができた。

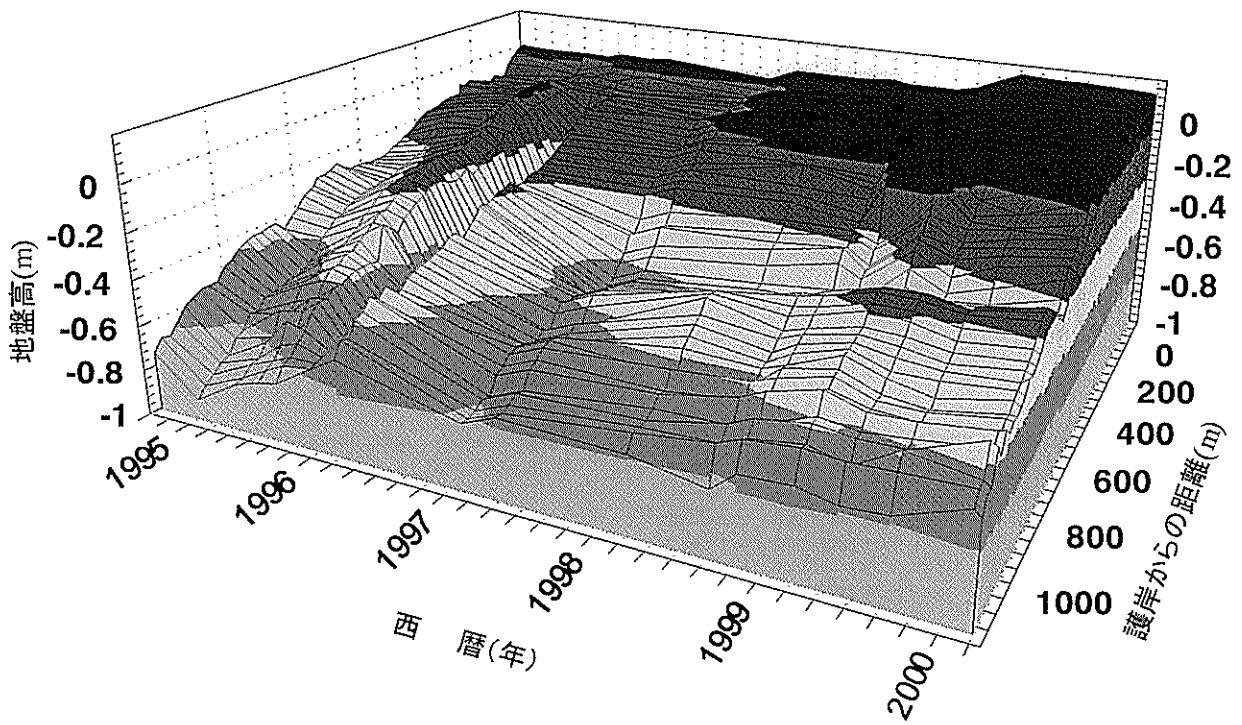


(a) Line-A

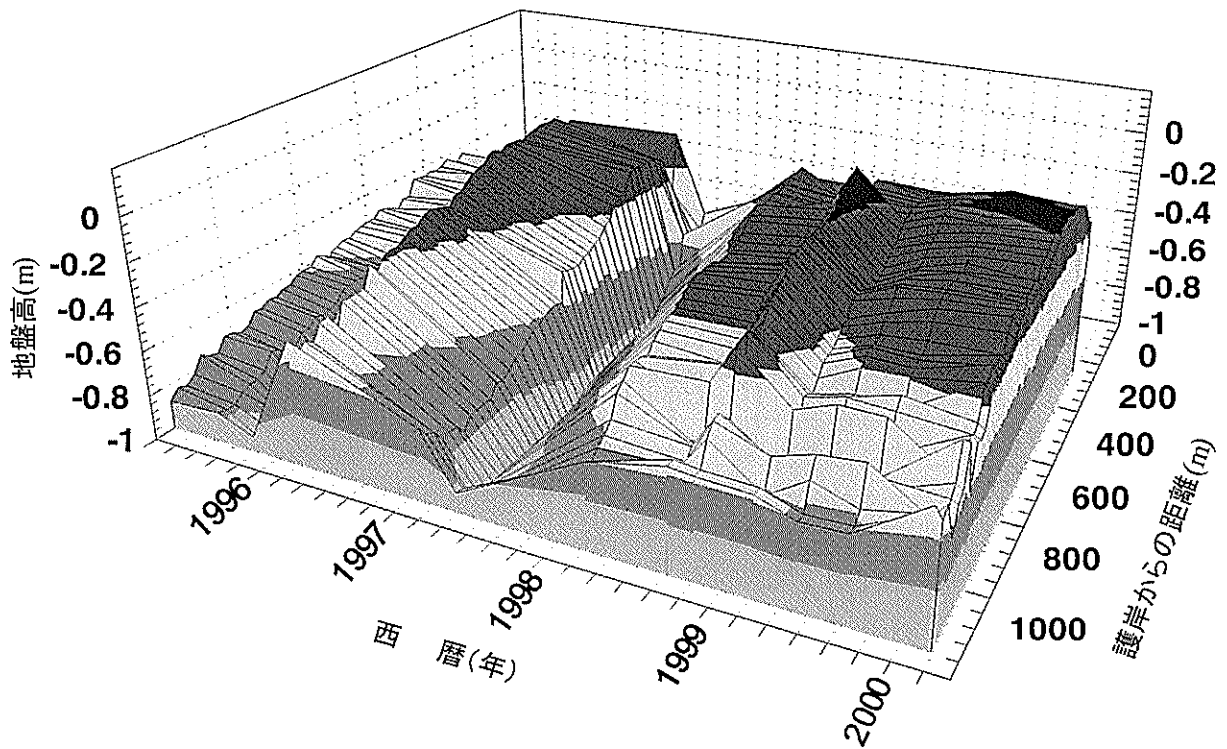


(b) Line-B

図-7 測線単位幅あたりの土量の変化(m³)

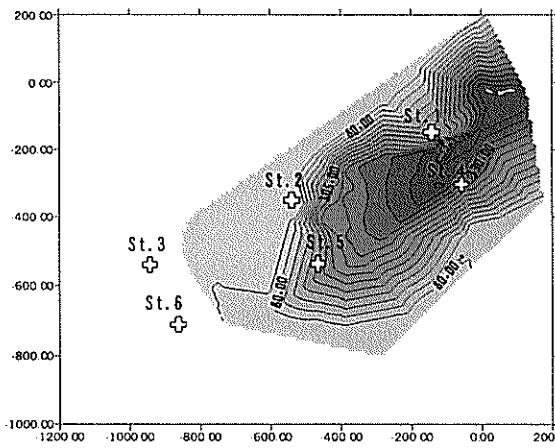


(a) Line-A断面測量結果

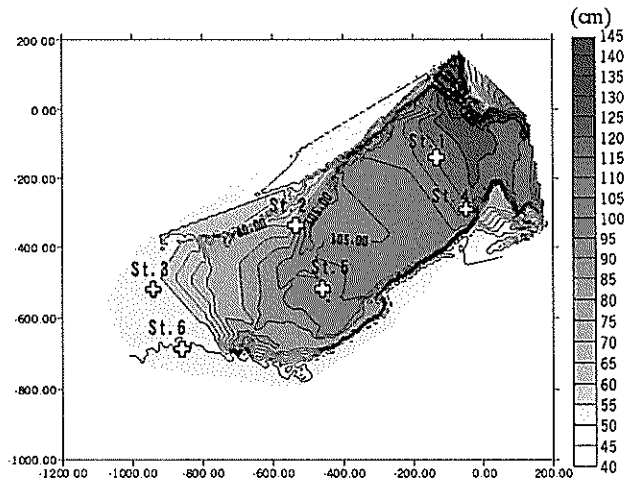


(b) Line-B断面測量結果

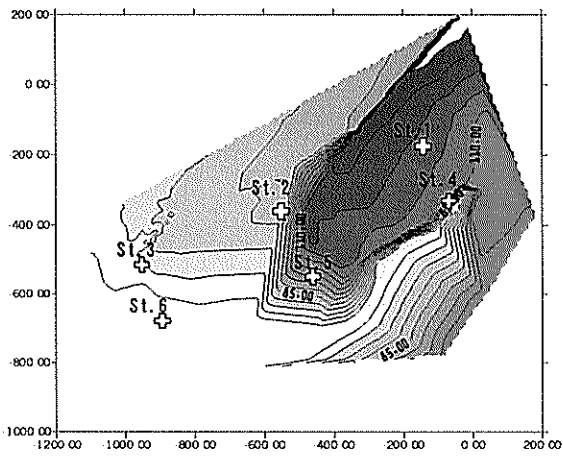
図-6 盤洲干潟における地盤高の経年変化～時系列～



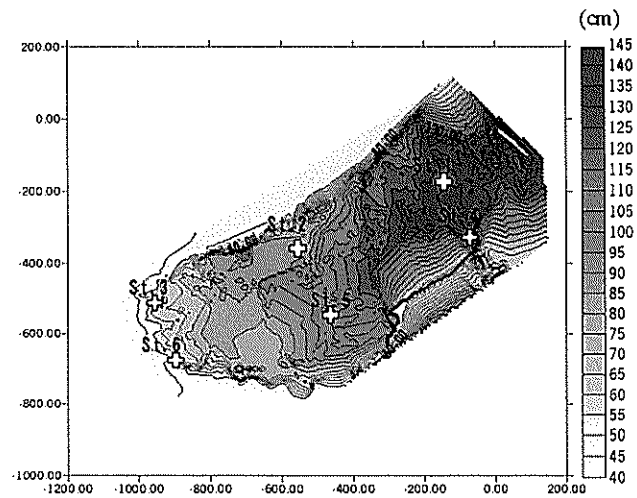
(a) 平成10年2月25日



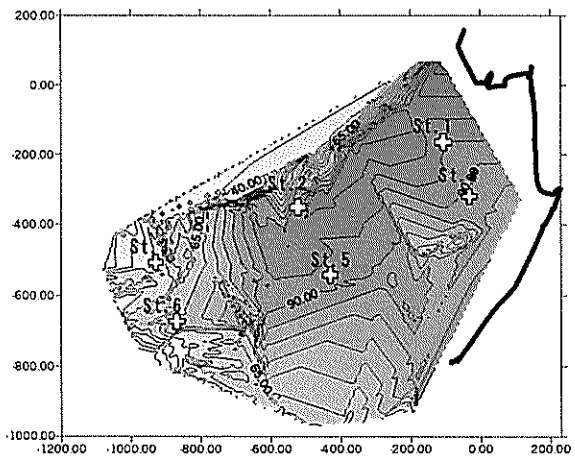
(b) 平成10年7月28日



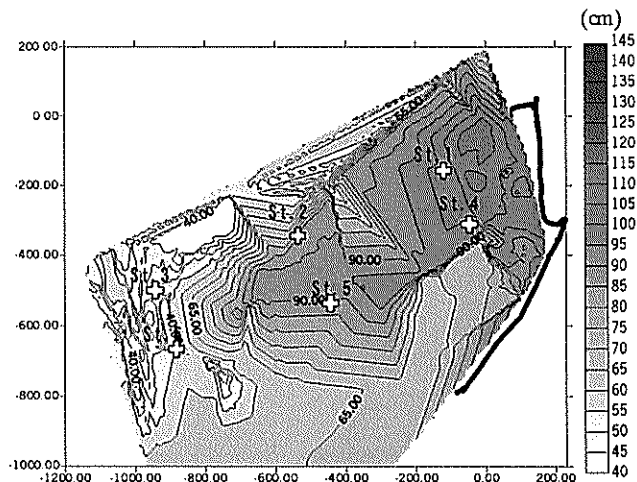
(c) 平成10年9月8日



(d) 平成11年3月4日

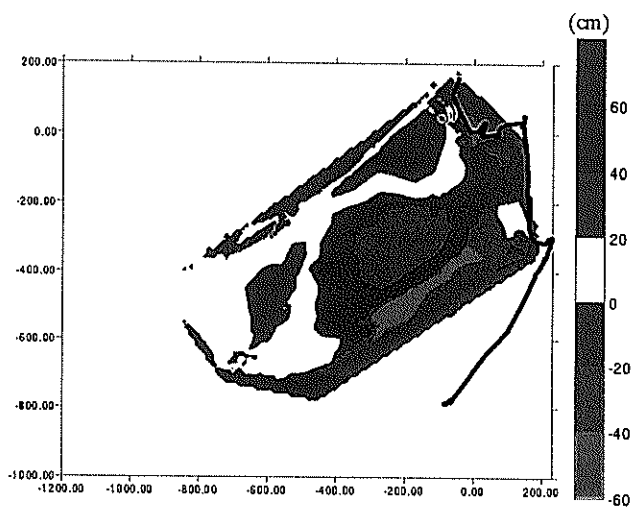


(e) 平成12年2月7日

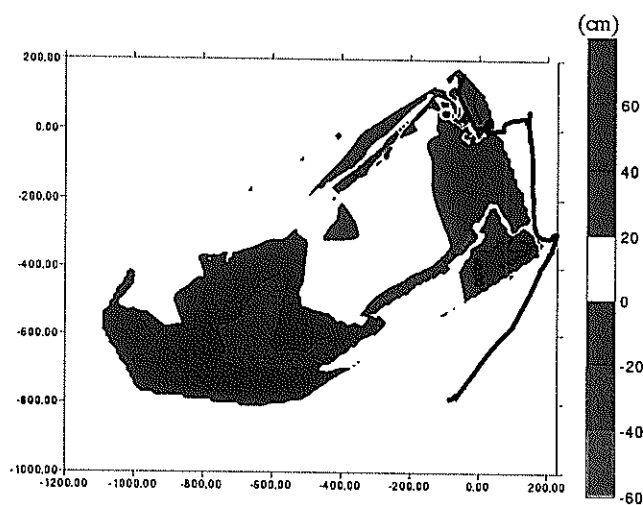


(f) 平成12年2月22日

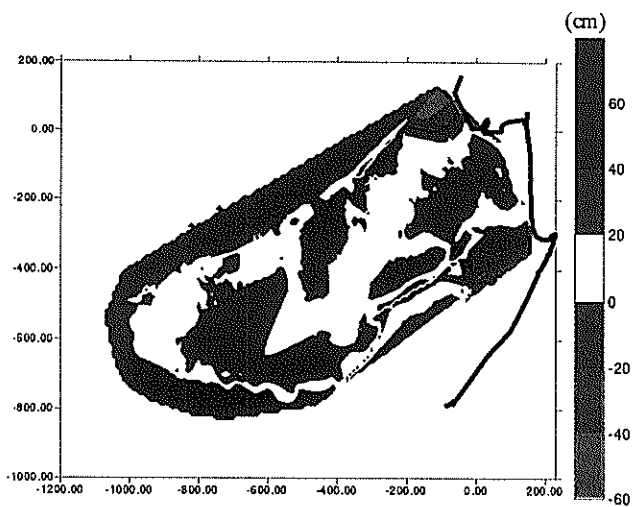
図-8 GPS測量による等高線図



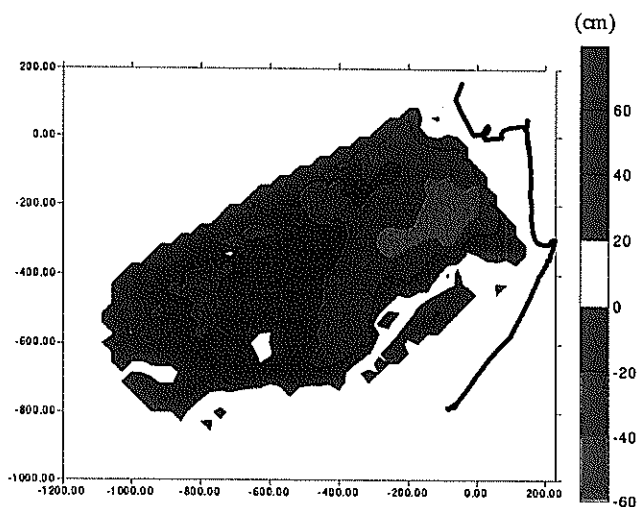
(a) 平成10年2月25日－平成10年7月28日



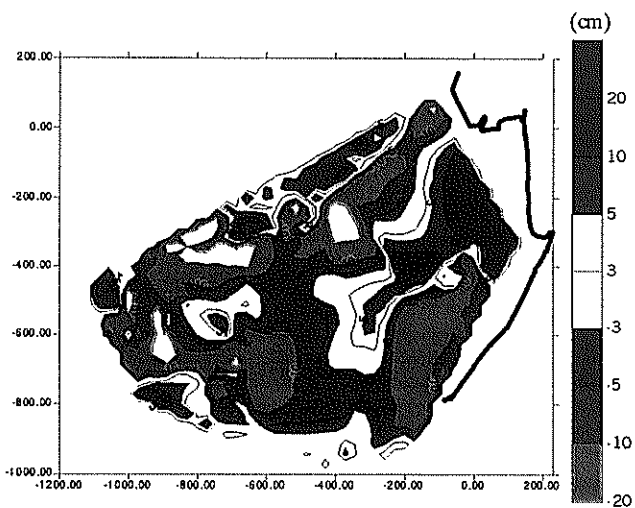
(b) 平成10年7月28日－平成10年9月8日



(c) 平成10年9月8日－平成11年3月4日



(d) 平成11年3月4日－平成12年2月7日



(e) 平成12年2月7日－平成12年2月22日

図-9 測量期間毎の高低差

3.3 造成干潟－西浦干潟－

愛知県蒲郡市西浦地区に造成された干潟において観測を実施した。西浦地区は三河湾北部にあり、干潟は三河湾に突き出した岬の付け根に位置している。調査地点図を図-10に、底質粒土組成を図-11に、現地観測実施日の一覧を表-3に示す。

干潟のスケールは東西約300m、南北約200mである。干潟の北東岸から河川が流入しており干潟一帯で汽水域を形成している。干潟の基質は中央粒径で0.160mmとなっており砂質干潟ではあるが、シルト質が2%程度と盤洲干潟と比べて少ないのが特徴である。また、西浦干潟は平成11年6月に造成された干潟であり、造成後、初期段階からの地形の変動を経年観測していくには適した場所である。

西浦造成干潟の竣工時の形状は、護岸からLine2の沖合40～50m付近までは平坦に仕上げられ、更にその沖100mの区間で現状地盤に擦り付けるように造成された。

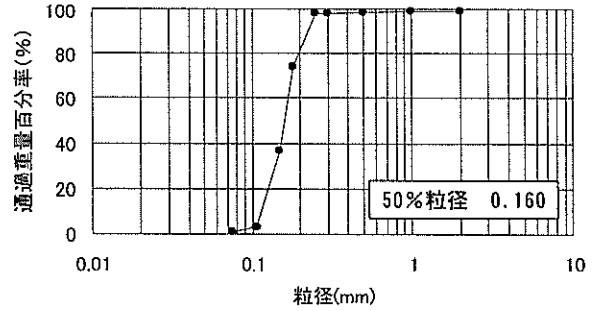


図-11 西浦干潟の底質粒度組成

表-3 西浦干潟現地観測一覧

1999/10/26	水準測量
1999/11/5	水準測量
1999/11/24	水準測量
2000/1/24	水準測量

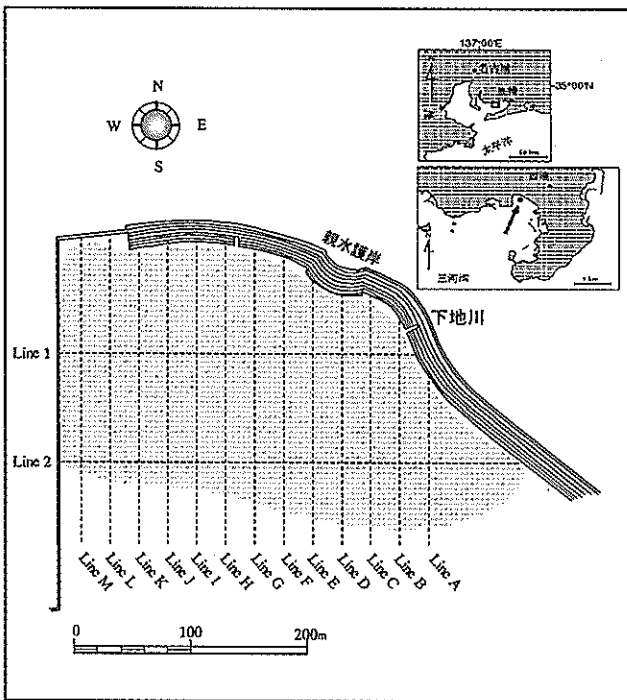
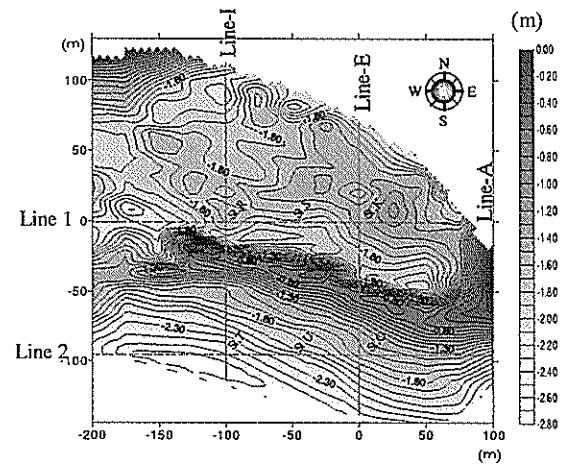
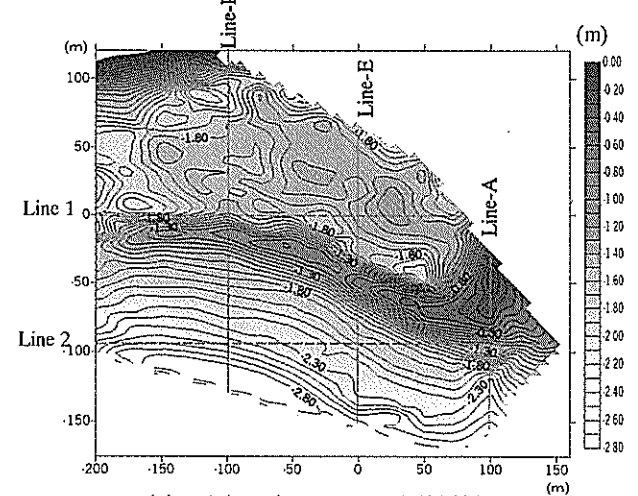


図-10 西浦干潟の位置および調査地点図

水準測量における測点の設定は、まず図-10のように測線を25m間隔で設定し、測線上の地盤高を10mピッチで測定した。観測は平成11年10月から平成12年2月までの期間に4回実施した。高さの基準点は護岸上のある点に仮B.M.を設置し、その地盤高を仮に±0.000mとして処理しているの、後図に示される地盤の高さは地形の変動を追っていくための相対的な値である。

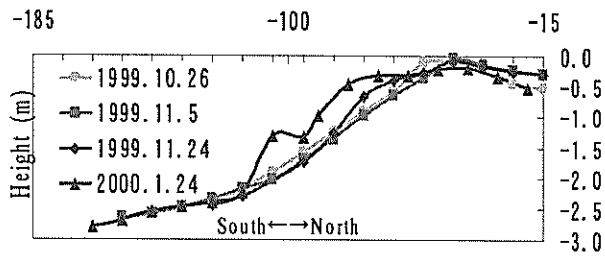


(a) 平成11年11月24日測量結果

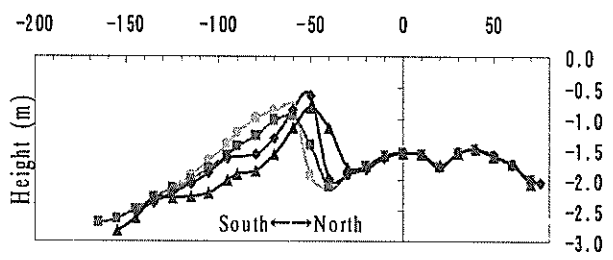


(b) 平成12年1月24日測量結果

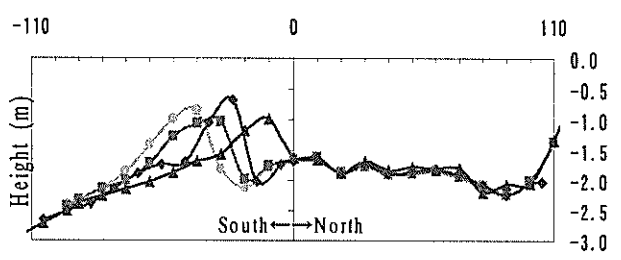
図-12 西浦干潟等高線図(直接水準測量による)



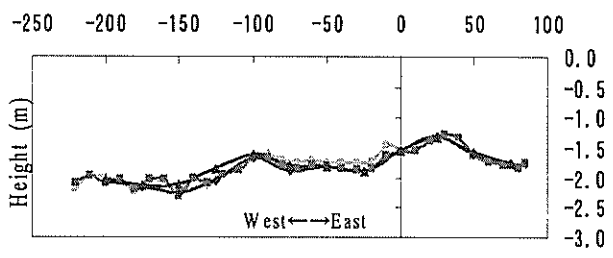
(a) Line-A断面



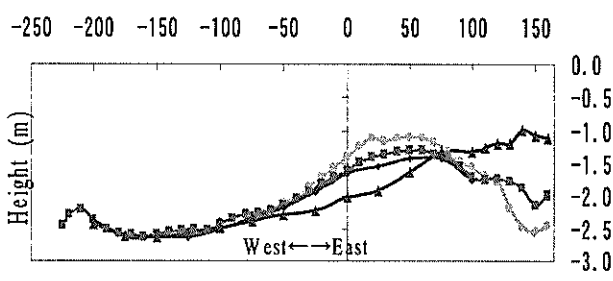
(b) Line-E断面



(c) Line-I断面



(d) Line-1断面



(e) Line-2断面

図-13 西浦干潟地形断面の変化

以下に観測結果を示す。

図-12は干潟地形の等高線図である。東側の護岸から西に向かってバーが形成されている様子がわかる。平成11年11月にLineIから沖合20～30m付近に形成されていたバーが、2ヶ月後の平成12年1月の観測ではLineIに接近するように岸方向に移動していた。等高線図に示す5測線において縦断面、横断面を作成し、地形断面の移り変わりを見てみる(図-13)。LineA, E, Iの縦断面から干潟の地形が時々刻々と変化している様子がわかる。とりわけ、LineE, Iではバーが徐々に岸方向に移動している状況が観測され、沿岸流や波浪による外力の影響の少ないバーの内側では地形の変動が小さいのがわかる。横断面を見てみると、バーの内側にあたるLineIでは縦断面と同様に地形の変動は少ない。バーの外側にあたるLine2では東側で変動幅が大きく、-75～+75m地点で地盤は浸食され、+75m地点から護岸の間で堆積が進んでいた。観測の3ヶ月間にバーの外側では浸食の大きいところで変動の大きさは1m近くあり、堆積は1.5mに及んでいた。

4. 干潟上の海象(波・流れ)の観測

4.1 観測概要

地形変化の原因を探るために行った現地観測の一覧を表-4～7に、観測機器設置状況を図-14に、調査地点図を図-15に示す。

海象の観測は経年的に地形測量を実施している盤洲干潟において、干潟上に設置した測点(St.1～6)のうち数点をパターンを替えながら選定し観測した。本観測では、流速、濁度、波高、水温、塩分濃度、水深を電磁流

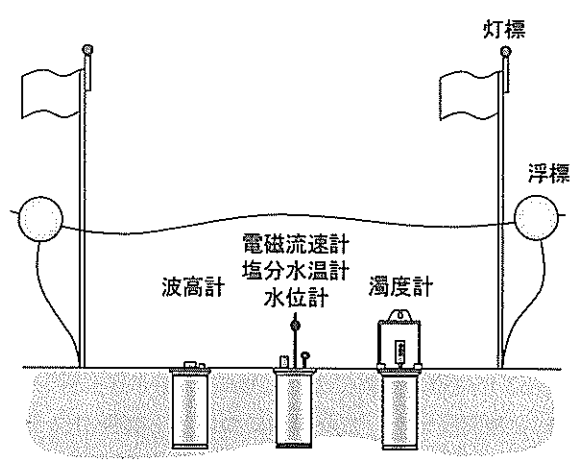


図-14 観測機器設置状況

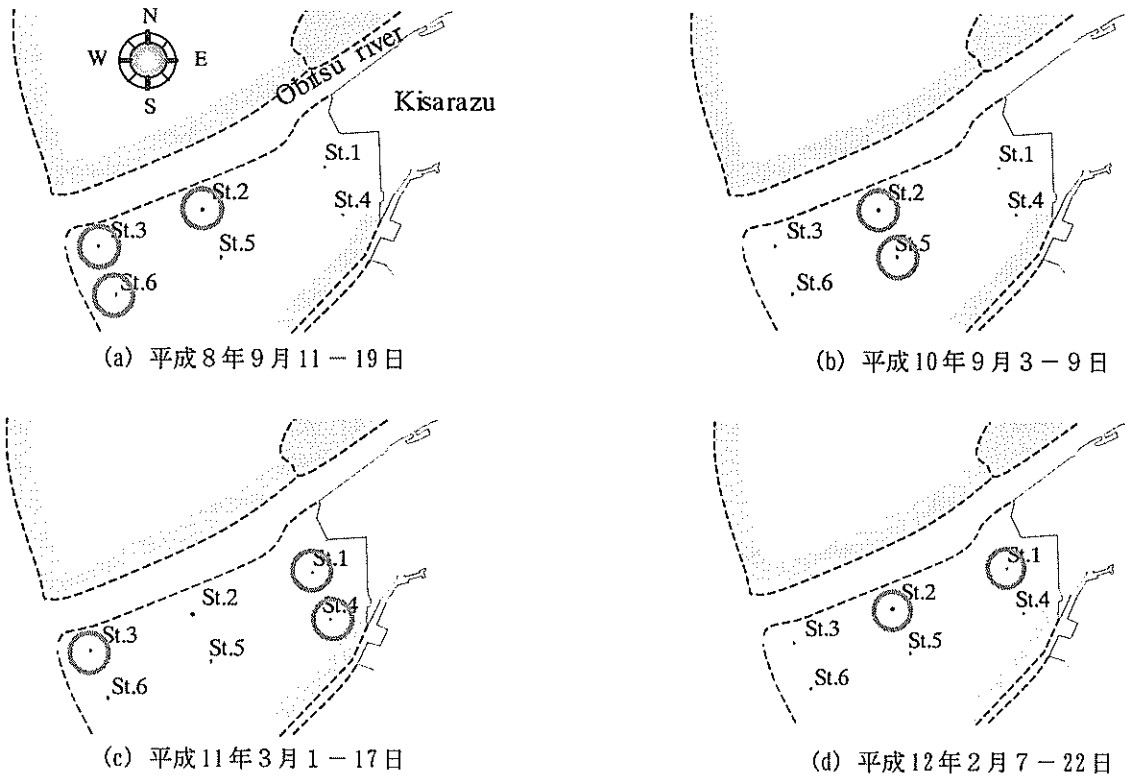


図-15 観測機器投入地点

速計（ACM-水温，伝導度，深度同時計測），後方散乱式光学濁度計（MTB），波高計（AWH）により計測し，干潟冠水時の浮遊懸濁物（SS）の移送の状況を把握することを目的とした。

平成8年度は，秋季に1回（平成8年9月11日～19日），3測点において約1週間実施した。基本的な調査パターンは，流速計，濁度計，波高計の干潟泥面設置による連続観測（図-14）であるが，平成8年度は波高計による観測は実施していない。

平成9年度は，夏季，秋季に波高計による計測をそれぞれ一回，冬季に流速計，濁度計，波高計による観測を一回実施した。

平成10年度は，秋季に1回（平成10年9月3日～9日）と春期に1回（平成11年3月1日～17日）の計2回行った。観測内容は基本的な調査パターンに従った連続観測であるが，9月のSt.5において波高計を，また3月のSt.2においては濁度計と波高計による計測は実施していない。

平成11年度は，冬季に1回（平成12年2月7日～22日）約2週間行った。この観測についても調査パターンは同様であるが，干潟上の海象の観測の前後で地形測量を行い，実際の地形変動とSSの移送量，移送方向の関連を検討することを試みた。

4.2 平成8年度観測結果

計測器の設置，投入状況は表-4，図-15の通りである。

(1)平成8年9月11日～9月19日

天気概況

14日に低気圧が通過し，約半日にわたって1時間に3mm弱の弱い雨を記録した。

14日から15日にかけて低気圧の影響による7m/s前後の強い北風，北東風が卓越し荒れ模様となったほかは，観測期間中0～2m/s程度の風が吹く穏やかな秋の天気であった。

表-4 平成8年度 現地観測一覧

1996/9/11-1996/9/19	
St. 2	ACM, MTB
St. 3	ACM, MTB
St. 6	ACM, MTB

測点St.2, St.3, St.6（ACM, MTB）

流れ，濁度の連続観測はSt.2, 3, 6の3点で行った。

11～12日，18～19日にかけて，海藻等がセンサーに付着したと思われるデータの欠測が生じたため，13～17日にかけての計測結果を示す（図-16）。水深は潮汐によ

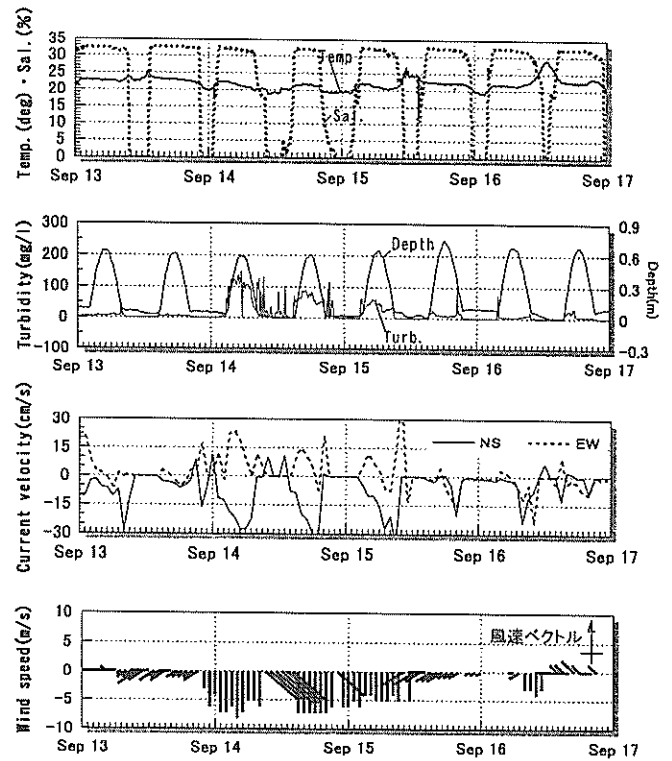
る半日周期の変動を示しており、水深の最大値はSt.2で約0.7m, St.3, 6で約1.2mである。

濁度計のデータを見ると、基本的には上げ潮時の冠水直後と下げ潮時の干出直前に大きく濁度が上昇する傾向がみられる。14日から15日にかけては、非常に大きな濁度が観測された。これらは1測点のみで捉えられた値ではなく、3測点すべてで同様の傾向を示しているため、計測誤差ではなく、低気圧の通過が関係しているものと推測できる。

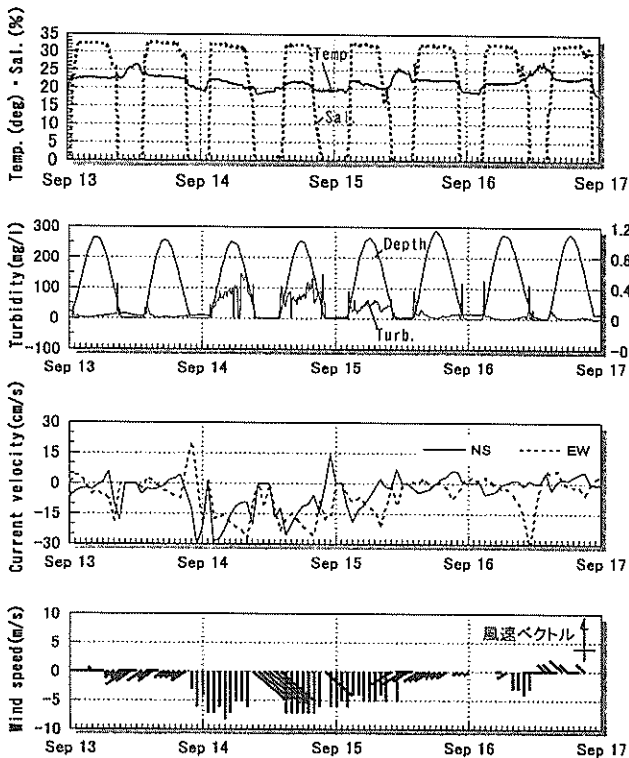
14日は木更津市のアメダスに日合計37mmの降雨が記録されている。St.2の塩分濃度をみても、14日午後の下げ潮時に小櫃川の河川水の流入によると考えられる塩分濃度の減少がみとめられた。

流れの計測結果をみても、濁度計のデータと同様に14日から15日にかけて流速計は大きい値を示した。流れの方向は観測期間を通して南向きの流れが卓越していた。

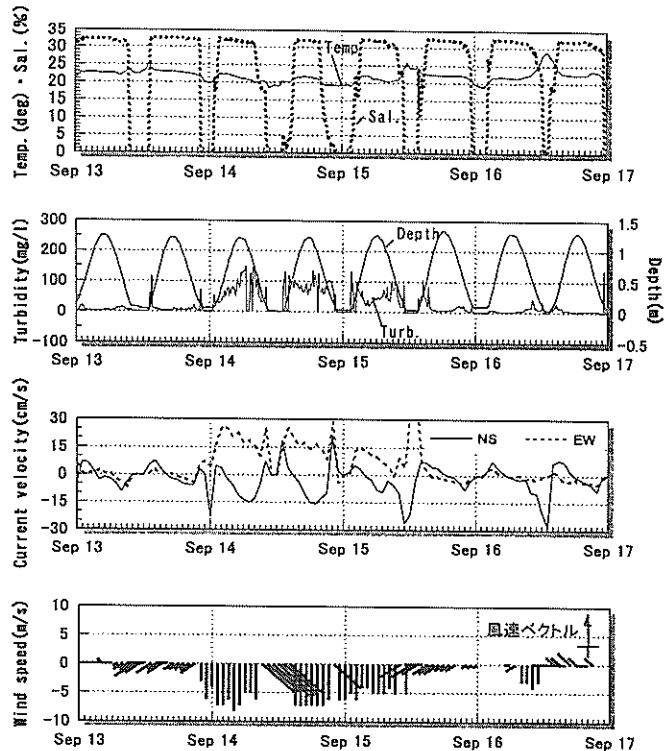
また、14日から15日にかけての降雨時の河川水の流入の影響を考えてみると、小櫃川から延びるクリーク先端付近のSt.3では河川水流出方向（西向き）の流れが卓越し、St.2, St.6では東向きの流れが卓越していた。これは、降雨により河川流量が増すと、河口付近では循環流



(a) Station. 2



(b) Station. 3



(c) Station. 6

図-16 平成8年9月13-17日の水温、塩分、水深、濁度、流速、風速ベクトルの計測結果

が形成され、その影響によりクレーク南側では河川水流出方向と逆向きの流れが生じていると推測できる。

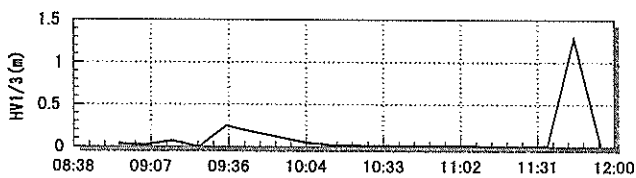
4.3 平成9年度観測結果

計測器の設置、投入状況は表-5の通りである。

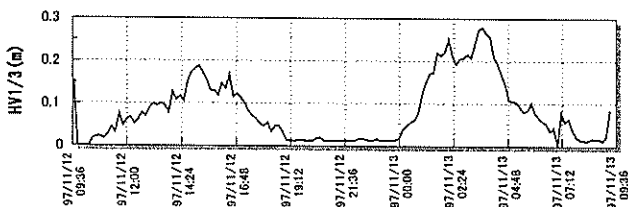
平成9年度は7月、11月に波高計による観測を行い、翌年2～3月に流速計（ACM）、濁度計による観測を実施した。今回の解析では流速、濁度のデータから干潟直上の浮遊懸濁物の移送量を求め、波高計や風向、風速の

表-5 平成9年度 現地観測一覧

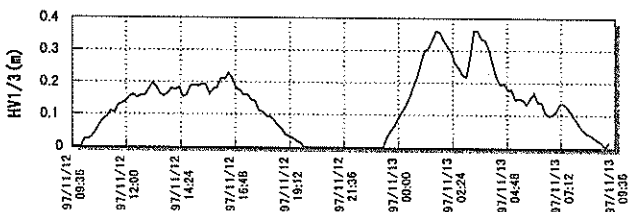
1997/7/23	St. 3	AWH
1997/11/12-13	St. 2	AWH
	St. 3	AWH
1998/2/24-3/13	St. 2	ACM, MTB
	St. 5	ACM



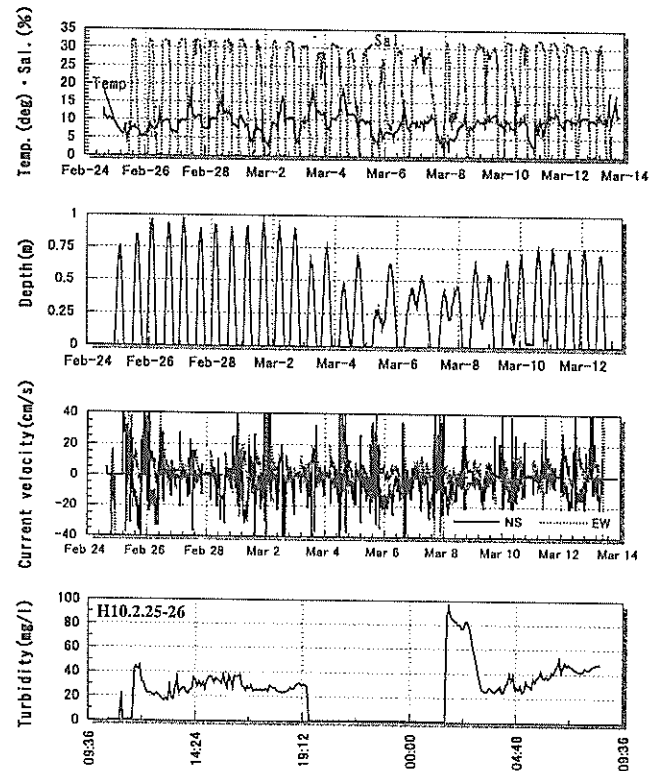
(a) 平成9年7月23日 St. 3



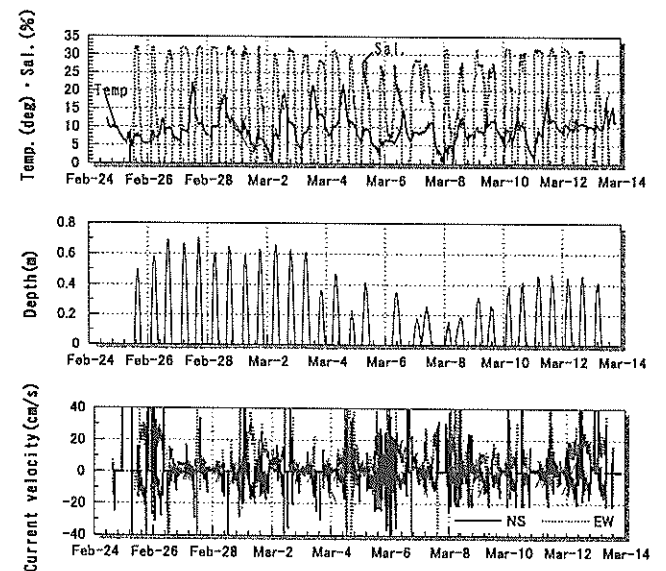
(b) 平成9年11月12-13日 St. 2



(c) 平成9年11月12-13日 St. 3



(d) 平成10年2月24-3月13日 St. 2



(e) 平成10年2月24-3月13日 St. 5

図-17 平成9年度水温、塩分、水深、濁度、流速の計測結果

データとの関連を検討するため、流速計、濁度計、波高計等の同時計測のデータが必要である。そこで、本資料では、平成9年度については観測した事実とそれぞれデータの存在を明らかにし、特に解析は行わないものとする。

(1)平成9年7月23日

St.3において波高計による計測を実施(図-17)。

(2)平成9年11月12日～11月13日

St.2, 3において波高計による計測を実施(図-17)。

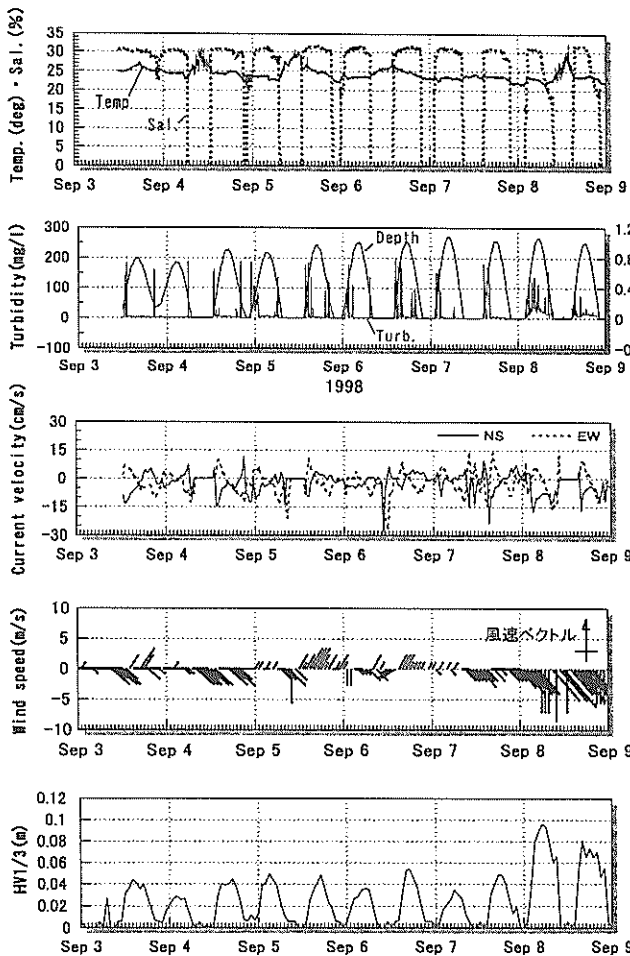
(3)平成10年2月24日～3月13日

St.2において電磁流速計(ACM)、濁度計による計測を実施し、St.5において電磁流速計による計測を実施した。

4.4 平成10年度観測結果

計測器の設置、投入状況は表-6、図-15の通りである。

(1)平成10年9月3日～9月9日



(a) Station.2

天気概況

観測開始から6日までは穏やかな天気であったが、7日朝から8日未明にかけて日合計22mmの弱い雨が観測された。雨が止んだ後、7 m/s前後の北西風が卓越した(図-18)。

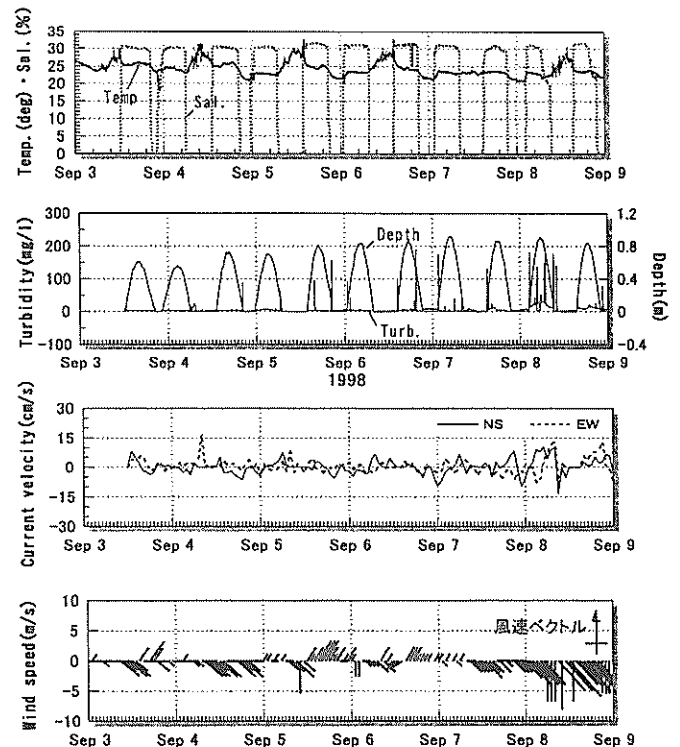
測点St.2, St.5 (ACM, MTB, AWH)

流れ、濁度、波高の連続観測はSt.2, 5の2点で行った。水深の最大値はSt.2で約1.0m, St.5で約0.9mであった。

濁度計のデータをみても、St.5よりSt.2の方が濁度が高い傾向にあった(図-18)。上げ潮時の冠水直後と

表-6 平成10年度 現地観測一覧

1998/9/2-1998/9/10	St. 2	ACM, MTB, AWH
	St. 5	ACM, MTB
1999/3/1-1999/3/17	St. 1	ACM, MTB, AWH
	St. 3	ACM, MTB, AWH
	St. 4	ACM, MTB, AWH



(b) Station.5

図-18 平成10年9月3～9日の水温、塩分、水深、濁度、流速、風速ベクトル、波高の計測結果

下げ潮時の干出直前に大きく濁度が上昇する傾向は8年度の観測結果と同様である。強い北東風の卓越した8日は、冠水から干出までの期間、常に濁りが発生していたことがわかる。

7日は降雨の観測された日であるが風は1~2 m/sと弱かった。この日、両測点において顕著な濁度の上昇は観測されなかったことから、降雨時の河川水の流入のみによる濁度の上昇はみとめられなかった。

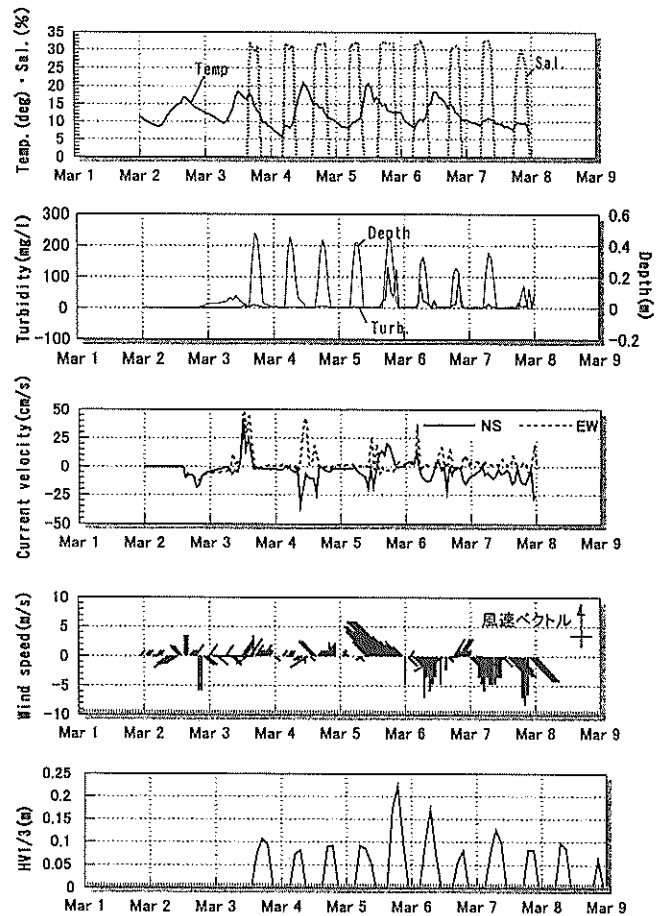
流れの計測では、観測前半は特に東西成分において半日周期の潮汐に伴い0 m/sを境に上下している様子が観測された。上げ潮時に東流、下げ潮時に西流の様相を呈している。北東風の卓越した8日にSt.2において南北成分が大きく南向きにシフトしており、南流が卓越した状況が観測された。

波高計はSt.2のみに設置した。波高は7日までは、1/3有義波高で最大0.05mと穏やかな状態であったが、強い南東風の吹いた8日の満潮時におよそ倍の0.1mを示した。

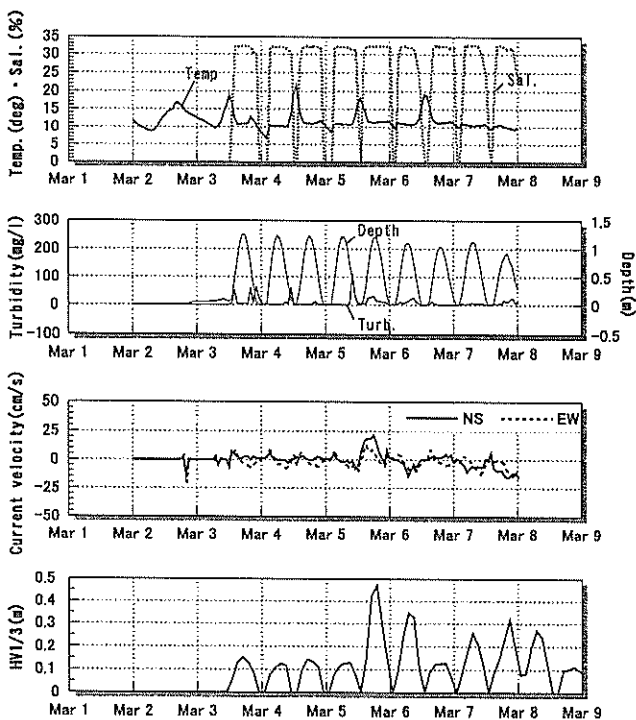
(2)平成11年3月1日~3月17日

天気概況

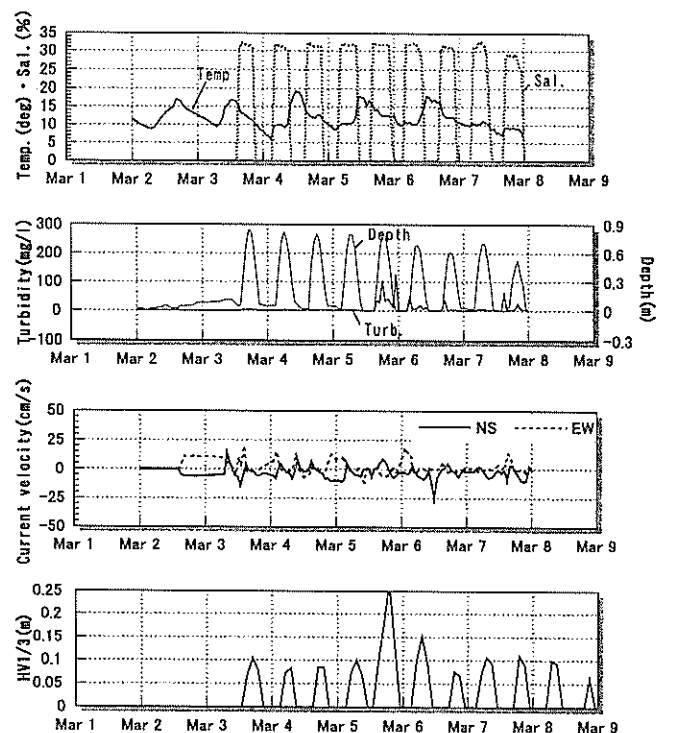
観測開始から3日間は降雨もなく、風も平均2 m/sの落ち着いた天候であったが、5日に強い南東風が吹き始めた。6日に北風が変わってからやや風の強さは弱まっ



(a) Station.1



(b) Station.3



(c) Station.4

図-19 平成11年3月1~8日の水温、塩分、水深、濁度、流速、風速ベクトル、波高の計測結果

たものの、7日夜には降雨を伴いながら北風の吹く天気となった。

測点 St.1, St.3, St.4 (ACM, MTB, AWH)

盤洲干潟での海象の観測も4回目となり、干潟上の様々な場所での様子を捉えるため、今回初めて岸側の測点 St.1, St.4 を加え、計3測点に計測機器を設置した。8日以降、濁度計のデータに明らかにセンサーに漂流物等が付着したのではないかとと思われるデータの欠測が生じたため、8日までの計測結果を示す(図-19)。

水深の最大値は St.1 で約0.5m, St.3 で約1.2m, St.4 で約0.9mであった。

著しい濁度の上昇は強い風の吹き始めた5日以降に現れた(図-19)。特に8 m/s以上の南東風の吹いた5日に最も濁りが発生した状態となっていた。7日夜に降雨量17mmの雨が観測されており、St.1, St.4において若干の塩分濃度の減少が認められるが、それに伴う一時的な濁度の上昇は観測されなかった。

流れの計測結果をみると、小櫃側の河口に近く水深の浅い St.1 では潮汐周期に呼応するような規則的な流れは現れていない。しかし、北風が卓越した6日以降、流速の南北成分が南よりにシフトしており、南下流の卓越した傾向を示している。沖側にあり、St.1に比べて水深のある St.3 では流れの東西成分は潮汐周期に合わせた動きを見せているが、8 m/s以上の南東風の吹いた5日に風に対応して北西流が卓越した。6日以降は St.1と同様に南下流が卓越しており、盤洲干潟においては干潟海面上を吹き抜ける風が干潟上の流れに大きく寄与すると推定できる。

波高は各測点において5日に最も大きい値を示し、岸側の St.1, St.4 で0.2~0.25m, 沖側の St.3 で約0.5mであった。これまでの観測において、観測期間中最も強い風の卓越する満潮時に波高も最大となり、かつ濁度の計測値も最大値を示す傾向にあることが観測された。

4.5 平成11年度観測結果

計測器の設置、投入状況は表-7、図-15の通りである。

表-7 平成11年度 現地観測一覧

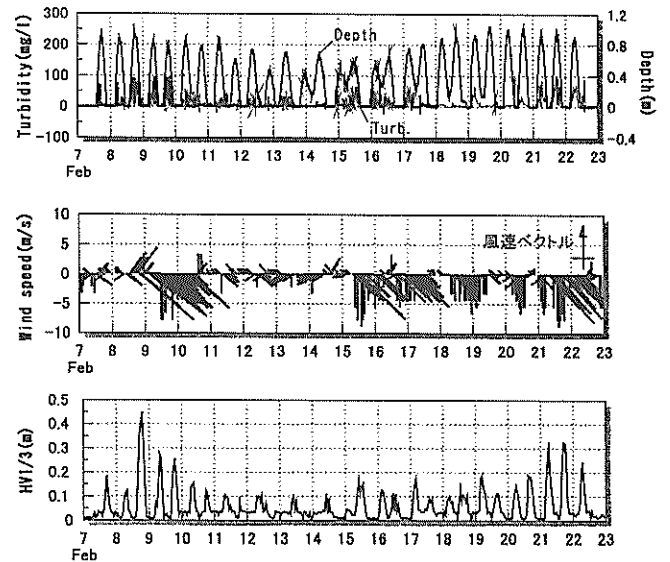
2000/2/7-2000/2/22	St. 1	ACM, MTB, AWH
	St. 2	ACM, MTB, AWH

(I)平成12年2月7日~2月22日
天気概況

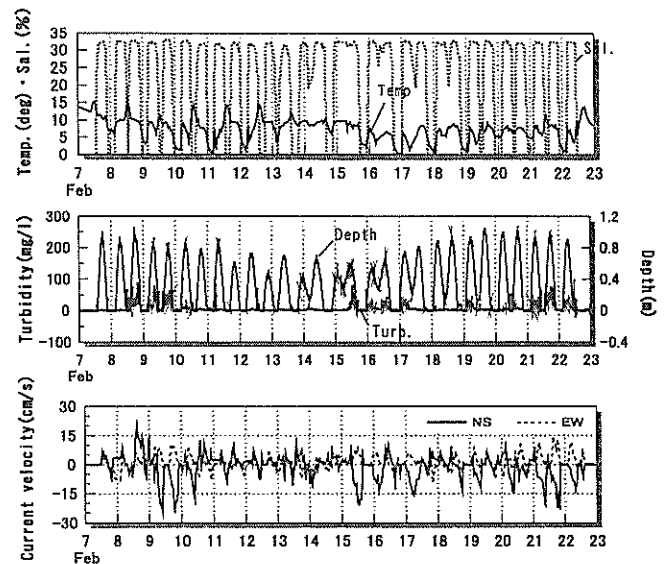
西高東低の冬型の気圧配置の合間に、低気圧が通過し、海上は荒れ模様となった。低気圧の通過した観測の前半、中盤、後半では風速10m/sを越える強い北西風が吹いた。降雨は観測期間を通して少なく、20日に4 mm/dayを記録しただけであった。

測点 St.1, St.2 (ACM, MTB, AWH)

St.1に設置したACMのデータが計測器の故障によりすべて不良となった。両測点ともに著しい濁度の上昇は強い北東風の吹いた9日、15日、21日にみられる(図-20)。しかし、15日は9日、21日と同程度の風が吹いた



(a) Station.1



(b) Station.2

図-20 平成12年2月7-22日の水温、塩分、水深、濁度、流速、風速ベクトル、波高の計測結果

にもかかわらず濁度の計測値は小さい。これは、水深、波高の観測結果から分かるように、15日は小潮であったため水深が最大で0.5mと浅く、そのため波が底泥の巻上げ効果を得るまでの大きさに発達出来なかったためであると推定できる。

波高の最大値は大潮であった8日午後の満潮時、0.45mであった。

流れの計測結果を見てみる。流速の南北成分は風の弱い日には潮汐周期に呼応した動きを見せるが、強い北西風の吹いた日には南よりにシフトしている。東西成分も風の弱い日や北風の卓越した日には、流速は同様に0 m/sを境に上下するが、北西風の卓越した日には流速分布は東よりにシフトしていた。これまでの観測結果と同様に、今回の観測でも干潟海面上を吹き抜ける風が干潟直上水の流れに大きく寄与していることが示唆された。

5. 浮遊懸濁物 (SS) の移送量の検討

5.1 SSの移送量の観測値

干潟の地形変動は再懸濁により巻き上げられた底泥が直上の流れにより移送されることが主要因であると考えられる。そこで、干潟の地形変化を干潟上の浮遊懸濁物 (SS) の移送量から検討してみた。SSの移送量 (フラックス) は次式により算出した。

$$F = T_b U D \quad (1)$$

ここに、 F はフラックス、 T_b は濁度、 U は流速、 D は水深である。

平成12年2月St.2のデータを、(1)式によって計算した結果を時系列で示した図が図-21である。

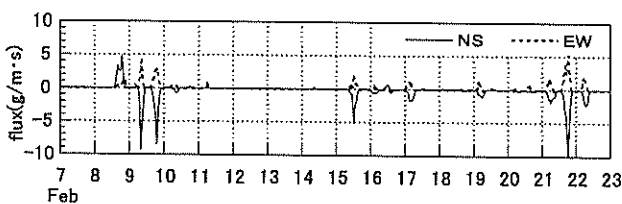


図-21 St.2における平成12年2月7-22日のSSの移送量の経時変化

観測を行ったすべての測点において、同様の手順で計算を行ったが、ここでは平成12年2月St.2の結果のみを掲載し、他の測点についての計算結果は巻末の付録に収録する。

8日から9日、15日、21日から22日にかけて、南東方向へのフラックスの移送が卓越していることがわかる。

それ以外の期間では、フラックスは東西方向、南北方向ともに潮汐周期に合わせて往復し、移送量も少ないものであった。

5.2 風や潮汐によるSSの移送量への寄与

盤洲干潟における干潟上の水の流れは、潮汐流や吹送流、沿岸流、小櫃川からの河川水の流入などが複雑に影響を及ぼしあった流れである。しかし、水深が最大でも1m前後と浅いこと、また観測期間を通して、降雨の観測された日が少なかったこと、降雨量自体も少なかったことを考慮すると、流れは主に潮汐流と吹送流に支配されていたと推測できる。そこで、吹送流を計算し、吹送流および潮汐流がそれぞれSSの移送量にどの程度寄与しているのかを検討してみる。吹送流の計算は以下の方法で行った⁹⁾。

海面上に働く風の接線応力 τ は一般に次の式で与えられる。

$$\tau = \rho_a C_d W^2 \quad (2)$$

ここで ρ_a は空気の密度 ($\rho_a = 1.2 \times 10^{-1} \text{g/cm}^3$)、 C_d は海面の抵抗係数、 W は海面上10mの風速である。一般に境界面が粗な場合の風速分布は、

$$W = \frac{W^*}{W} \ln \frac{z}{z_0} = 2.0303 \frac{W^*}{\kappa} \log_{10} \frac{z}{z_0} \quad (3)$$

と表せる。ここで W^* は風の摩擦速度で $W^* = (\tau / \rho_a)^{1/2}$ 、 z_0 は海面の粗度係数、 κ はカルマン定数 ($\kappa = 0.41$) である。(2)と(3)式より、

$$\sqrt{C_d} = \frac{W}{W^*} = \frac{2.303}{\kappa} \log_{10} \frac{z}{z_0} \quad (4)$$

となる。風が低速から高速に変化するにつれ、海面の波立ちの様子も変化し、 z_0 が変化するので C_d も変化するわけである。すなわち C_d は風速の関数となる。

風速と海面表層の吹送流速の関係を見積もる最も簡単な方法は海面上にある風が連吹して波浪が十分発達し、それ以上大気の運動量が波の発達に使われず、大気から見た海面への接線応力と海面から見た大気への接線応力が等しいと仮定することにより得られる。

$$\tau = \rho_a C_d W^2 = \rho_W C_d' U^2 \quad (5)$$

ここで大気と海洋の境界層が相似で $C_d = C_d'$ を仮定すれば

$$U = \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_w} W} = 0.035W \quad (6)$$

となり、風速の3.5%の流速が吹送流の大きさになることがわかる。

しかし、盤洲干潟の場合、吹送距離は長くなく、水深も1m前後のため、上記の条件ほど風による影響が大きくなる。よって、今回はとりあえず風速の2.0%の流速を吹送流として計算を行った。また、コリオリ力に関しても、海面の風の応力の影響が及ぶ主要範囲D（摩擦深度）より水深が浅いため、吹送流の方向は風向きと同一方向とした。

図-22に吹送流、潮汐流およびそれぞれの流れによるSSの移送量の計算結果を示す。

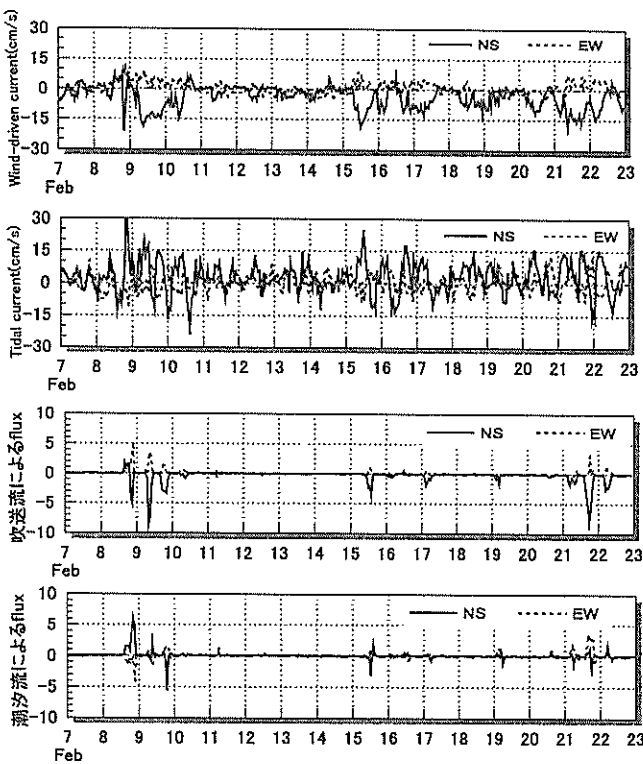


図-22 吹送流、潮汐流と吹送流および潮汐流によるフラックス(平成12年2月7-22日, S1.2)

まず木更津におけるアメダスの風速データから吹送流を求めて、北向きと東向きの成分に分解する。その値を流速計から得られたデータから引き、潮汐によって生じた流れの向きと大きさを求めた。流速計によるデータでは流れが南向きにシフトしていたが、そこから吹送流の影響を差し引いて得られた潮汐流の流速変化を見ると、

流れの南北成分は潮の干満にあわせて変化をするようになった。また、フラックスの経時変化を吹送流によるフラックスと潮汐流によるフラックスとに分解してみると、潮汐流によるフラックスは干満周期にあわせて移送が反転する様子が捉えられ、吹送流により同一方向に移送されたフラックスは潮汐流によるフラックスに比べて移送量が大きい傾向が捉えられた。

5.3 波による再懸濁過程の解析

これまでの観測結果から、干潟上のSSの移送は通常の潮汐変化による影響は小さく、強風等のイベントが発生したとき、言い換えれば高波高の波による底泥の巻き上げ効果により濁りが発生するときに移送量が顕著に現れることがわかった。そこで、波浪による底泥の再懸濁について検討してみる。

図-23, 24は平成12年2月の観測における波高と濁度、波高とSSのフラックスについての相関をとったものである。波高と濁度との相関では相関係数 $R=0.701$ で相関が得られた。一部、波高が低いにも関わらず高い濁度の値が現れているのは、上げ潮時の冠水直後と下げ潮時の干出直前に一時的に濁度が上昇する現象が反映されているためである。波高とSSのフラックスの相関図においては、およそ $H_{1/3}=0.10\text{m}$ 以下ではSSの移送量がほとんどない状態を示し、 $H_{1/3}=0.10\text{m}$ 以上になると増大す

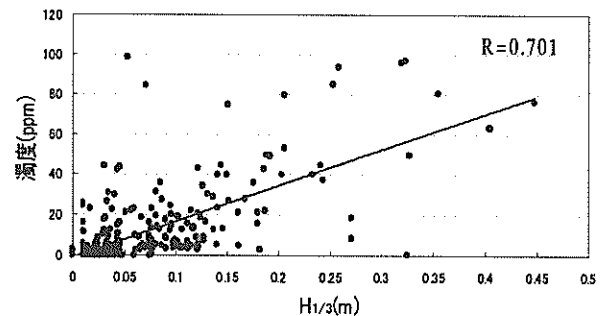


図-23 波高と濁度との相関

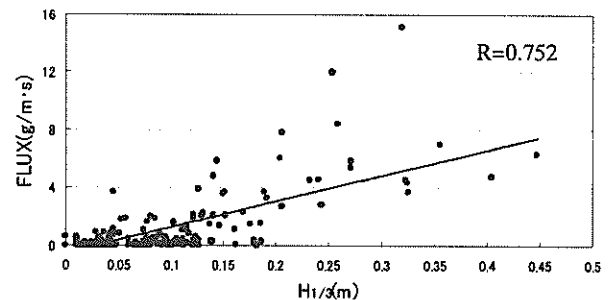


図-24 波高とFLUXとの相関

る傾向が見られた。また、この相関においても相関係数 $R=0.752$ で相関が得られた。このことから、波浪による濁りの発生が干潟上のSSの移送量に大きく関わっていることが明らかとなった。

5.4 吹送流による移送過程の解析

5.2で述べたように、吹送流のSSの移送に対する寄与は潮汐流のそれに比べて大きい傾向にある。そこで、観測領域の風向、風量に対してSSのフラックスの移送がどのように対応しているのかを探るため、各観測期間のSSの総移送量と移送方向を干潟平面図上にベクトルで表示し風速ベクトルの時系列と照らし合わせ比較検討してみた(図-25)。

これらの図からわかるように、観測期間のSSの移送方向は、その期間に最も卓越した風の方向によく一致している。平成8年9月や平成11年2月の様に強風によるイベントの発生期間が長かった場合は、観測期間を通して強い風が発生しなかった平成10年9月に比べて、移送されたフラックスの総量は1桁大きい値となった。また平成11年3月の観測結果にみられるように、5日午後発生した一時的な強風が観測期間全体のSSの移送量に大きく寄与している。

以上のような結果から、今回の観測領域においては風速7~8 m/s程度の風が発生するときに、波浪により干潟底泥は再懸濁され、その移送方向は吹送流による影響を最も受けるという過程が明らかとなった。

なお、平成12年2月においては、前後の地形変化量が観測されており、St.4近くに堆積St.1-2-3とも侵食されている傾向が示されており、南東方向に向かうSSの移送による結果として矛盾しないことも確かめられた。

6. 干潟の微地形

6.1 砂連(サンドリップル)

本章では現地観測によって確認された干潟の特徴的な微地形を紹介する。

通常、微地形の形成には潮流や波浪が関係している。海浜の砂礫は、波や流れによって、沖向き、岸向き、あるいは汀線に平行した方向に移動する¹⁰⁾。波が浅海域に入っている水深のところまで来ると、底質粒子は波の運動に伴って往復運動をするようになり、さらには波の進行方向へ、あるいは反対の方向への実質的な移動を生ずるようになる。ここでみられる顕著な現象は砂連(sand ripple)の存在であり、底質の移動状況は砂連と関連するところが大きい。盤洲干潟に見られる砂連を写真-1に示

す。砂連は水深、波高、周期、底質粒径および比重によって、ほぼ定まった形状を持っている。波の峰が到達すると、底質砂は波の進行方向に砂連の表面に沿った掃流砂(bed load)として移動し、砂連の前進が起こる。しかしながら、波の谷が到達すると、砂連の背後に形成された渦は浮遊砂(suspended sediment)を巻き込んだまま浮き上がり、浮遊砂は波の進行方向と逆向きに運ばれて、やがて拡散し、沈降する。掃流の形式で波の進行方向に運ばれる底質と、浮遊の形式で逆の方向に運ばれる底質の量的な大小によって、砂の実質的な移動方向が決定される。盤洲干潟では、周期10cm程度で波高2cm程度の砂連がよく見られる。



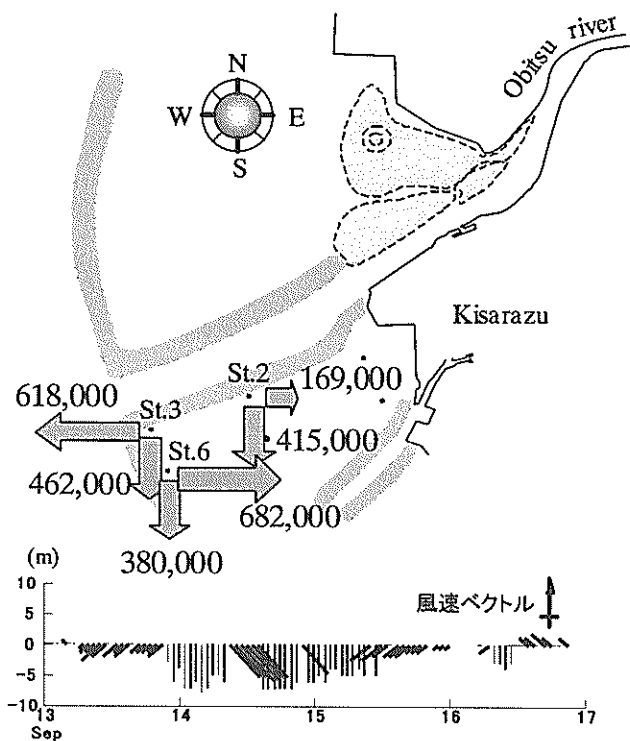
写真-1 盤洲干潟中潮帯付近に形成された砂連

6.2 滞筋/水道(みずみち)

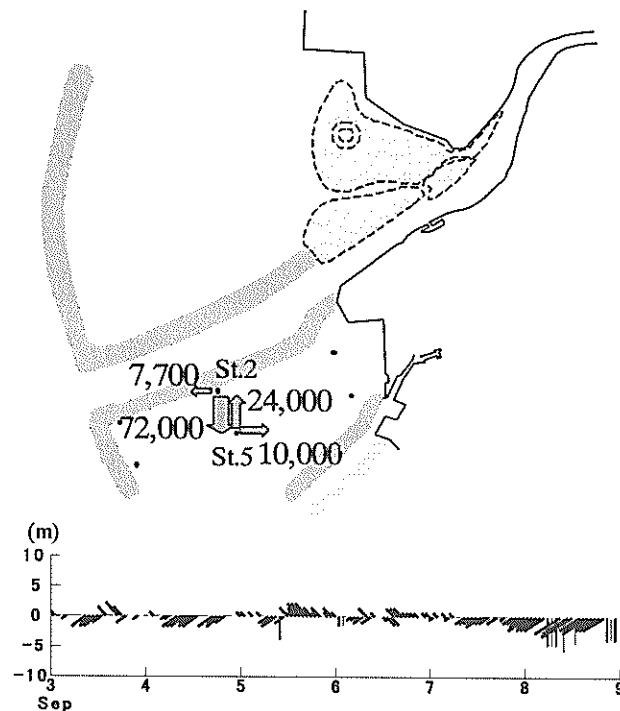
干潟では、潮汐に伴って生じる潮流や河川水の流入により局所的に強い流れが発生し、洗掘された水の通り道が形成される。ここでは、各々を区別するため潮流によって形成される水路を滞筋、河川水の流入によって形成される水路を水道(みずみち)と定義する。

滞筋は別名感潮クリークとも呼ばれ、船の通路に利用されているような大きなものから、小川のように潮が流れるだけの小さいものまでいろいろとある(写真-2, 3)。滞筋は干潮時に水はけの効果を促進するため干潟に生息する生物にとっての重要な環境要素となっており、同時に、潮汐に伴って移動する魚類の通路にもなっている。また、小さい滞筋は干潟の地形変動に伴って容易に変化し得るため、数週間から数ヶ月のオーダーで形成・消滅を繰り返している。

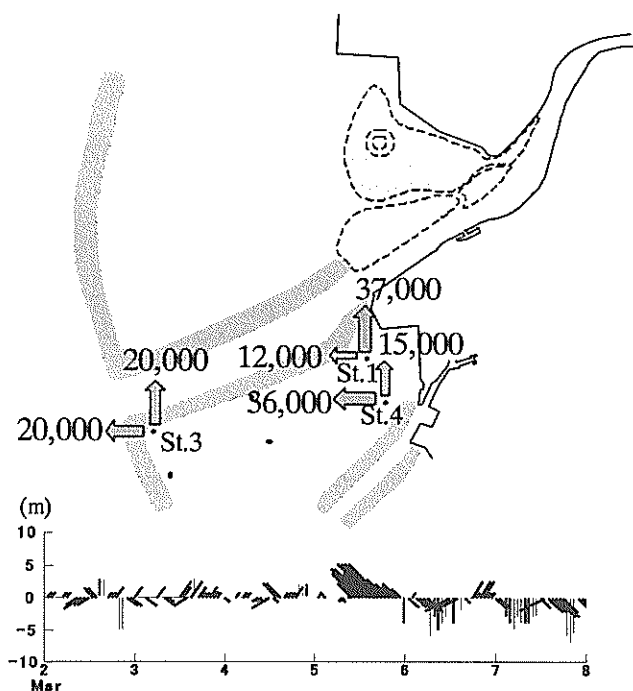
次に、水道の例として、三河湾西浦地区造成干潟の写真を示す(写真-4)。西浦造成干潟では干潟北東部の親水護岸下から流入した河川水が、反時計回りに護岸沿い



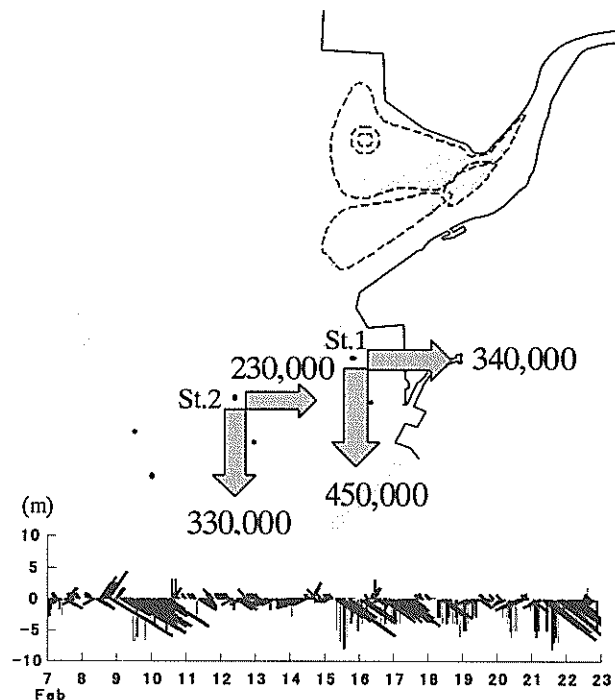
(a) 平成8年9月13 - 17日



(b) 平成10年9月3 - 9日



(c) 平成11年3月2 - 8日



(d) 平成12年2月7 - 22日

図-25 観測期間中のSSの移送量(g/m)および風速ベクトル



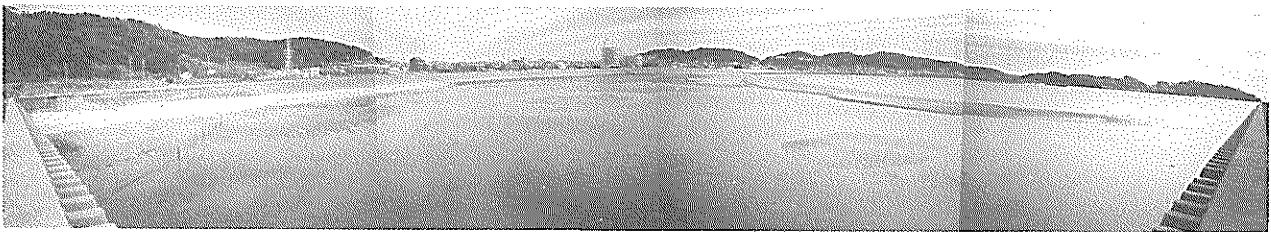
写真-2 盤洲干潟に形成された滞筋



写真-3 盤洲干潟に形成された滞筋



(a) 冠水時



(b) 最干2時間前



(c) 最干時

写真-4 西浦干潟に形成された水道

を流れて三河湾に注いでおり、そこに水道が形成されている。水道では干潮時と満潮時で塩分濃度が急激に変化することから特徴的な動植物群衆が分布している。また、西浦干潟では水道となっている高潮帯一帯でアオサ等が発生している。

6.3 低潮帯付近のサンドウェーブ

経年的な地形の観測により低潮帯に規則的な地盤の凹

凸が存在することが明らかとなった。図-26に盤洲干潟低潮帯の地盤の測量結果を示すが、平均地盤高の変動や季節変化に関係なくサンドウェーブが形成されていることがわかる。また、盤洲干潟のサンドウェーブは砕波帯の内側約200m程の範囲に現れており、地盤の凹凸はおよそ40mの周期で、「山」と「谷」で10～15cm程度の高低差で形成されていた。

干潟干出時には地盤の低い部分に海水が取り残され、写真-5の様な景観が見られた。



写真-5 盤洲干潟低潮帯に形成されたサンドウェーブ

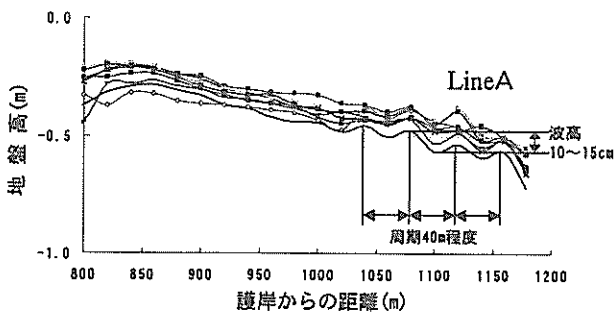


図-26 盤洲干潟低潮帯付近断面図

7. 結論

本研究により得られた主要な結論を以下に示す。

(1) 経年的な地形測量の結果、自然干潟では変動を繰り返しながらも、その形状を大きく崩さずに姿を保っている様子が観測された。また、地盤高の変動は同一地点において最大で1m近くに及ぶことがわかった。盤洲干潟においては、平成10年頃から最近にかけて土量は堆積傾向にあることが観測された。

(2) 西浦造成干潟では時間とともに平衡地形になるように変化する様子が観測された。なかでも干潟東側の護岸から延びるバーは時々刻々と変化しており、バーの先端付近は3ヶ月で北方向におよそ30m移動していた。

(3) 盤洲干潟において流速・濁度・波高の現地観測を行い、SSの移送量および移送の方向について検討した。

その結果、

- ① 観測結果から風速が7～8 m/sを越えるとき、波高の上昇が顕著に現れた。
- ② 高波高時の濁度の上昇が確認され、波高と濁度および波高とSSの移送量に相関が得られた。
- ③ これまでの観測において、降雨があっても強い風

を伴わない場合、河川流入による濁度の上昇はみとめられなかった。

- ④ ある期間におけるSSの移送方向は、その期間に最も卓越した風の方向にほぼ一致していることがわかった。

以上のことから、盤洲干潟では風速が7～8 m/sを越えるとき、風に起因する波浪により底泥が再懸濁され、浮遊懸濁物の移送方向は吹送流による影響を最も受けるという過程が明らかとなった。

(4) 干潟の微地形として砂連、滞筋・水道、低潮帯付近に形成されるサンドウェーブの特徴を示した。

8. あとがき

これからの沿岸域の開発に際しては、自然生態系の保全や新たな生態系の創造を念頭に置いた開発が求められており、現在、全国各地で干潟の造成等の事業が実施されている。本研究のテーマとなった干潟の地形変化は、そこに生息する生物や底生生物を補食する動物にとって重要な環境要素であるが、これまで十分な議論のなされていない分野であった。

今回、自然干潟に関する研究の観測域として選定された木更津市地先盤洲干潟は、東京湾東部に位置し、現在でもアサリや海苔の漁場として多くの人々に利用されている干潟である。このような干潟の地形維持機構を明らかにすることは、今後の海岸創造事業のために必要な技術であると考えられる。

さて、本資料では地形変化に関する基礎知識の集積と、その予測手法の可能性を探ることが目的であった。そこで、経年的な現地測量により干潟の時間的、空間的変動スケールを明らかにし、干潟直上の浮遊懸濁物の移送過程の解析を試みた。しかし、今回の観測により得られた情報からは、測点直上の浮遊懸濁物の移送状況は把握で

きたものの、計測された浮遊懸濁物がどこで発生し、どこに沈降したのかが不明である。そのため、底泥の巻上げ・沈降・堆積の履歴の結果としての地形変化を把握することが今後必要であると考えられる。また、造成干潟に関する研究の観測域として選定された三河湾北岸に位置する西浦地区干潟は、現在ドラスティックに地形変化を続けているものの、造成後、まだ1ヶ年を経過していない干潟であることから、今後その変動を見守っていく必要がある。更には、自然干潟と造成干潟を比較することにより新たな知見が得られるものと考えられる。

(2000年5月31日受付)

謝辞

最後に、盤洲干潟現地調査を実施するにあたり、江川漁業協同組合・久津間漁業協同組合、また西浦干潟の現地調査にあたっては、第五港湾建設局三河港工事事務所・西浦漁業共同組合の方々のご協力をいただいた。

本研究の遂行にあたっては元港湾技術研究所海洋環境部長(現(財)港湾空間高度化センター常務理事)の小笹博昭博士、前港湾技術研究所海洋環境部長(現(財)沿岸開発技術研究センター審議役)の鶴谷広一博士らに丁寧にご指導いただいた。

本研究はすべて現地観測をもとに行った。用いたデータは、平成6年から現在までの歴代海水浄化研究室諸氏全員が参加した現地観測によって得られたものである。これまでの研究室諸氏のたゆまぬ努力がなければ、本研究はできなかった。ここに記して、深く感謝致します。

参考文献

- 1) 港湾環境創造研究会：よみがえる海辺-環境創造21-, 山海堂, 1997年.
- 2) 水環境創造研究会：ミチゲーションと第3の国土空間づくり, 共立出版株式会社, 1997年.
- 3) 古川恵太・桑江朝比呂・細川恭史：干潟環境調査-環境条件と生物分布-, 港研資料, No. 947, 1999年.
- 4) 細川恭史・木部英治・三好英一・桑江朝比呂・古川恵太：盤洲干潟(小櫃川河口付近)におけるアサリによる濾水能力分布調査, 港研資料, 1996年, No. 844.
- 5) 秋山章男・松田道生：干潟の生物観察ハンドブック, 東洋館出版社, 1974年.
- 6) エコポート(海域)技術ワーキンググループ：港湾における干潟との共生マニュアル, 港湾空間高度化センター, 港湾・海域環境研究所, 年, pp. 4-

5.

- 7) 海洋産業研究会：多目的干潟・藻場・浅場の造成に関する調査研究報告書, 1998年, pp. 9-11.
- 8) 長谷川博・植田紳治・小川幸夫・笠松清：測量(I), コロナ社, 1991年, pp. 174-208.
- 9) 宇野木早苗：海洋の沿岸物理学, 東海大学出版会, 1995年, pp. 235-241.
- 10) 堀川清司：海岸工学, (財)東京大学出版会, 1995年, pp. 245-247.

付録A SSのフラックス計算結果(平成8年度)1996年9月

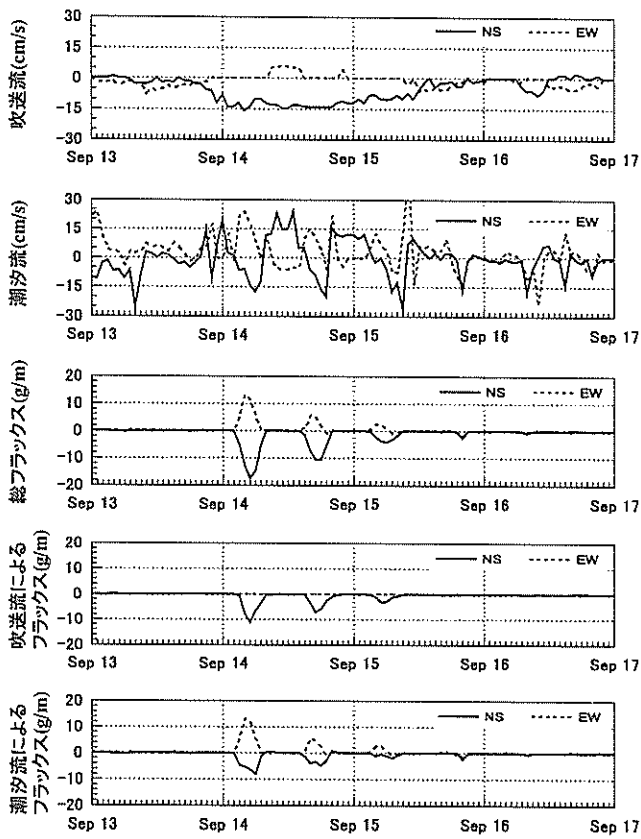


図-A.1 St. 2

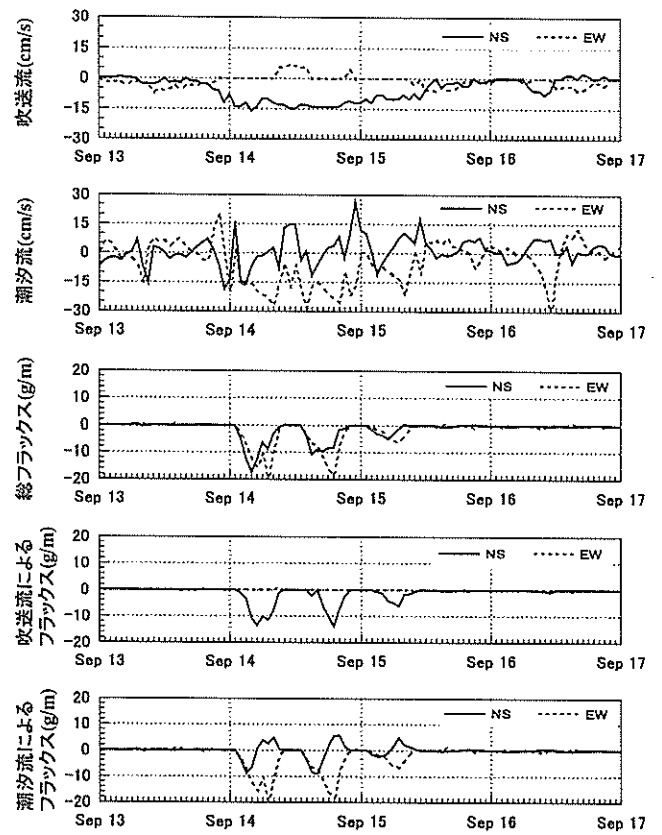


図-A.2 St. 3

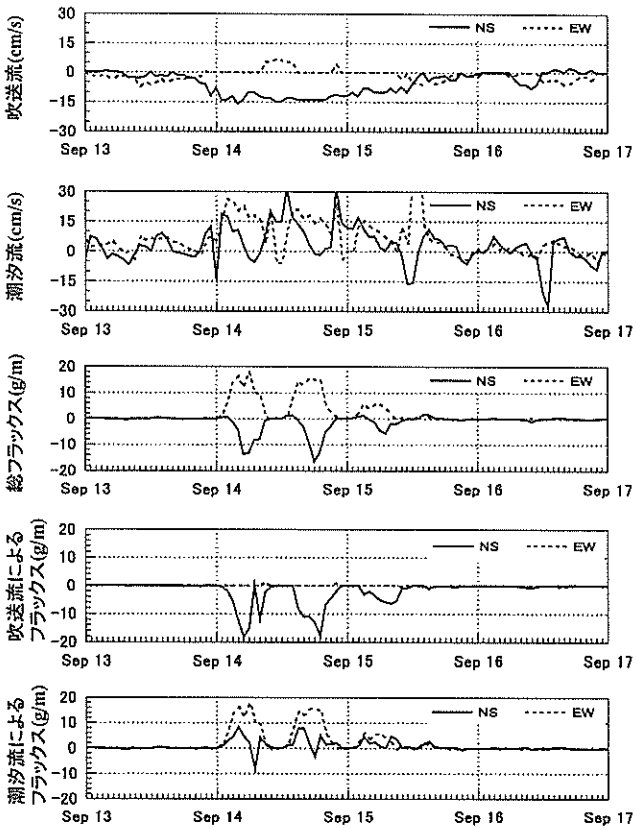


図-A.3 St. 6

付録B.1 S Sのフラックス計算結果（平成10年度）1998年9月

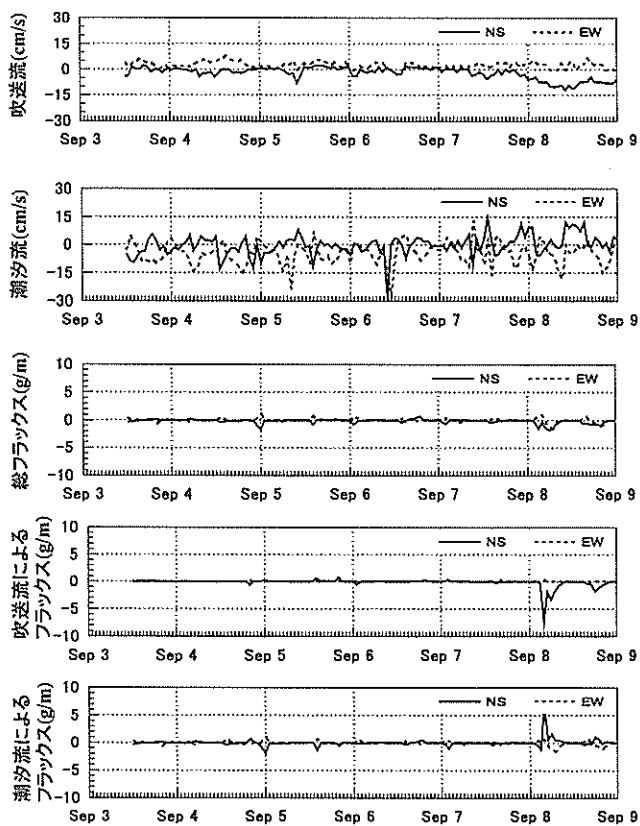


図-B.1.1 St. 2

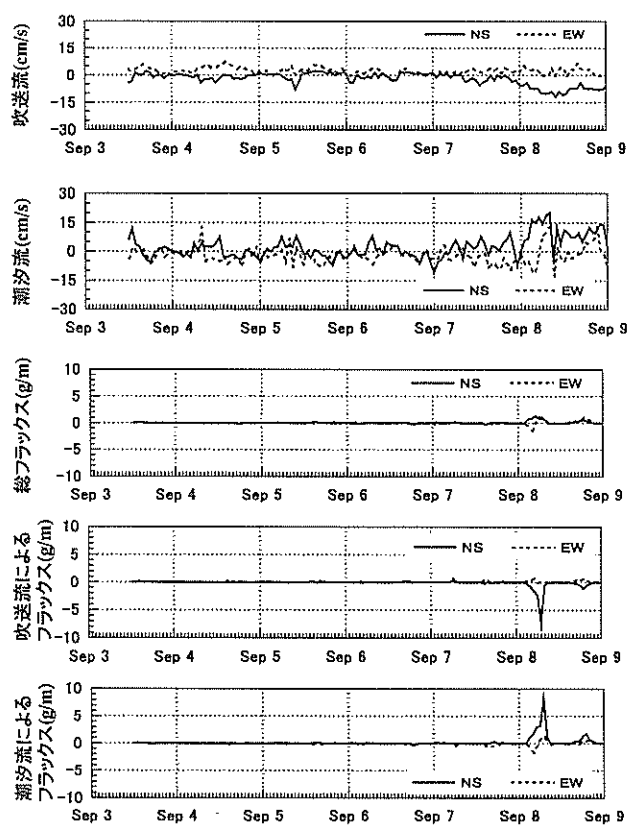


図-B.1.2 St. 5

付録B.2 S Sのフラックス計算結果 (平成10年度) 1999年3月

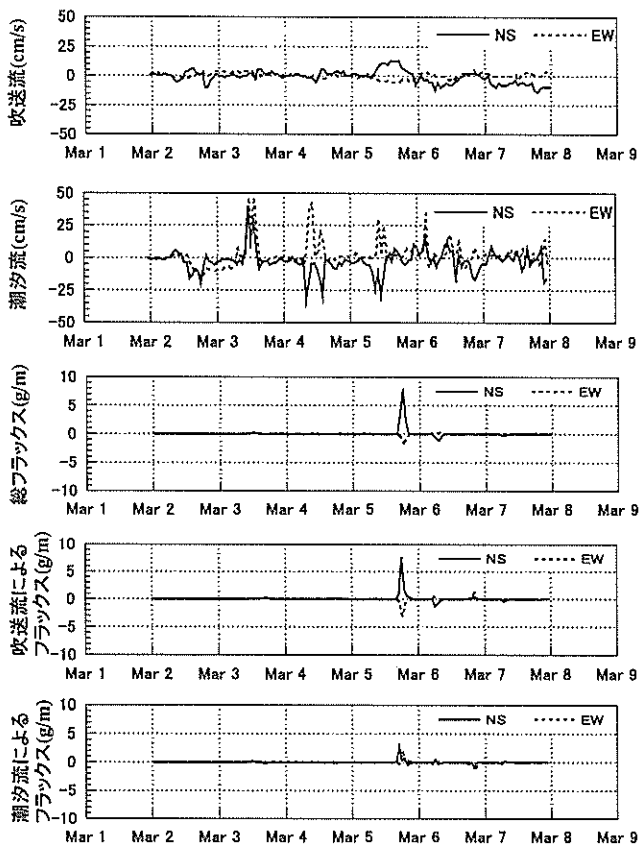


図-B.2.1 St. 1

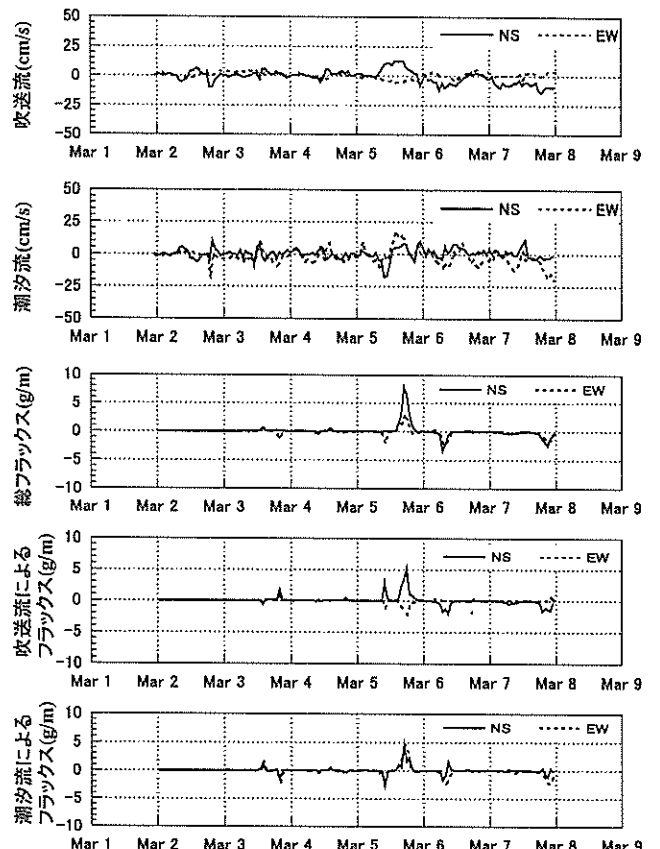


図-B.2.2 St. 3

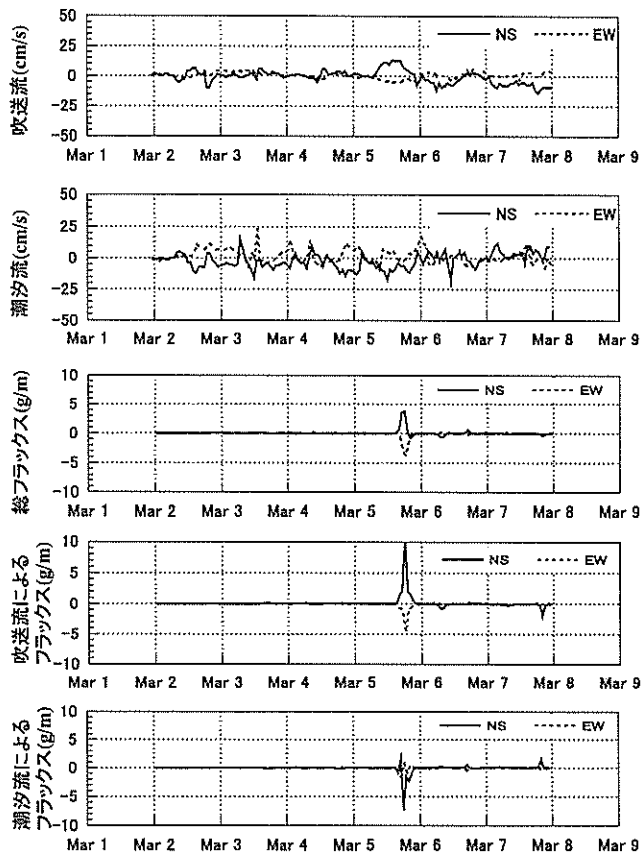


図-B.2.3 St. 4

付録C S Sのフラックス計算結果（平成11年度）2000年2月

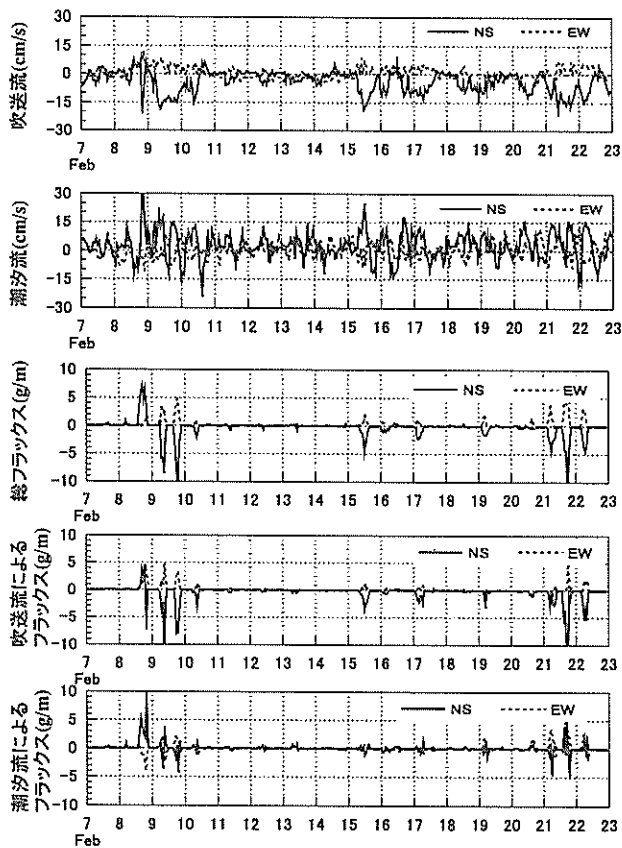


図-C.1 St.1

港湾技研資料 No.965

2000.9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 シ ー ケ ン

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan

Copyright © (2000) by P.H.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I.

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。