

45. 長期の石狩川河口沿岸域の底質堆積特性と海底地形変化

The long-term characteristics of bottom sedimentation and topography change
in the estuary of Ishikari river

山下俊彦*・藤井賢介**・le son viet*・宮武 誠***・山崎真一****

Toshihiko Yamashita, Kensuke Fujii, Le Son Viet, Makoto Miyatake, Shin-ichi Yamazaki

ABSTRACT ; Before Meiji Era, Ishikari river was nearly primitive river. Beginning development of Hokkaido, river basin development and improvement were carried out. And it was thought that sediment supplied from Ishikari river to river mouth was significantly changed in nearly 100 years. In this study, about 3m columnar cores were obtained in Ishikari bay, and 14c Measurement with Accelerator Mass Spectrometry and zinc content analysis were conducted. In the result, it turns out that the amount of sediment deposition increased more than 10 times in the past 90 years. Moreover, velocity of shoreline advance was estimated in nearly 100 years.

KEYWORDS ; bottom sedimentation, topography change, sediment budget

1. はじめに

河川から流出した種々の粒径の土砂の多くは、河口沿岸域で堆積し、地形・底質・底質に生息する生物等に大きな影響を及ぼしている。また、水系一貫の総合土砂管理の観点から、河川から流出した土砂の堆積、移動特性及び河口沿岸域での土砂収支を把握する必要がある。本研究で対象とした石狩川は、明治以前は原始河川に近く、明治以降は北海道の開拓が始まり、流域開発や河川改修が実施され、石狩川河口域への河川供給土砂量は、最近 100 年で著しく変化したものと考えられる。

そこで、まず石狩川河口沿岸域で深さ 3m 程度の柱状採泥を実施し、底質粒度、コア中に含まれる貝の年代を調べることにより開発以前の 1000 年オーダーの堆積特性を把握する。次に明治以降実測された河口地形図と柱状コア中の亜鉛含有量の分析により、最近約 100 年の堆積特性を把握し、開発以前と以後の河口沿岸域での堆積特性の変化の推定を試みる。さらに、石狩川河口周辺の 1974 年から 2001 年までの深淺図を用いて、河口沿岸域での土砂量の変化特性を把握する。

2. 調査方法

図・1 に海上保安庁水路部発行の沿岸の海の基本図より得られた石狩川河口沿岸域の表層底質分布及び調査地点を示す。石狩川から流出した土砂のうち、粗粒成分は河口から南西方向、細粒成分は河口から北方向に主に堆積していることがわかる。粗粒成分は主に洪水時に供給され、河口付近に堆積し、冬期の高波浪で

*北海道大学大学院, **(株)協和エクシオ, ***日本データサービス(株), ****北海道開発土木研究所
Hokkaido University, Kyowa Exeo Co.,Ltd, Nippon Data Service Co.,Ltd, Civil Engineering
Research Institute of Hokkaido

巻き上げられ、河口より主に南西方向の海域、細粒成分は大部分が春～夏期の北東流やコリオリ力を受けて北東方向へ曲がる河川流出流によって運ばれ堆積したもの（山下ら、2000）と考えられている。

柱状採泥地点は、現海水準で主に土砂が堆積した水深 40m 以浅（山下ら、2000）で表層底質に特徴ある 6 地点を選定した。St.A は最も細粒成分の土砂、St.E は最も粗粒成分の土砂が堆積する地点である。柱状採泥は 2001 年 9 月にバイプロコアラを用いて 2.3～4.3 m のコアを採取した。採取したコアは 1m の長さに切断した後、ワイヤーソーなどで二つ割りにしてアクリルパイプに収納し、柱状試料の目視観察を行った。分析項目は、粒度、含水比、 ^{14}C 年代測定、亜鉛含有量及び強熱減量である。粒度分析は、表層から 100 cm までは 5 cm 毎、100 cm 以下は 10 cm 毎あるいは 50 cm 毎の試料をレーザー粒度分析器、ふるいわけ分析及び沈降分析で、含水比は、100 cm までは 5 cm 毎、100 cm 以下は 10 cm 毎にサンプリングを実施した。 ^{14}C 年代測定は、コア中に含まれる貝のうち、流動による移動が少ないと考えられる表面に磨耗の発生していないものを採取し、加速器質量分析法（AMS ; Accelerator Mass Spectrometry）で実施した。亜鉛分析は、原子吸光法で実施した。

河口地形図は、北海道開発局石狩川開発建設部で測定された明治 7 年、31 年、昭和 12 年、48 年、59 年の 110 年間のうち 5 時期のものを用いた。

3. 結果および考察

3.1 底質堆積特性

図-2 に St.A～St.F に中央粒径を示す。これらの結果と目視観察を合わせて各地点の底質堆積特性について述べる。St.A は、河口から 5 km、水深 19.5m 地点で、浅い層では泥炭と粘土の互層構造となっており、出水の履歴をある程度示しているものと考えられる。中央粒径は $10\sim 20\mu\text{m}$ 程度である。深度 1.0m 以深からは細砂成分が増加し、細砂と粘土とシルトの互層構造をなし、中央粒径は $20\mu\text{m}$ 程度から深度 2.5m では $130\mu\text{m}$ 程度となっている。この表層の底質は図-1 の底質分布と一致し、石狩川河川水の SS の沈降域（山下ら、2000）のため中央粒径が小さくなっている。石狩川河川水の SS の中央粒径は $10\sim 15\mu\text{m}$ 程度であり、海域表層底質の中央粒径はその粒径より少し大きくなっている。St.B は、河口から 10 km、水深 25.5m で、St.A に比べて河川からの影響は少ないものの、堆積環境には変動がみられる。全体的に細砂が多い構造であり、深度 2.0m までは細砂に貝殻片や粘土層が挟在しており、中央粒径は $60\sim 100\mu\text{m}$ 程度で、深度 0.3～0.5 m の粘土シルト層では $20\mu\text{m}$ 程度である。この表層底質は図-1 の底質分布と一致し、St.A よりかなり中央粒径は大きくなっている。St.B でも河川水中の SS の沈降等は発生すると考えられるが、波・流れ等の外力により移動させられる量の方が多いと推定される。深度 0.3～0.5m の細粒土砂については、過去に SS が大量に流出したものが残存している可能性が考えられる。深度 2.0m 以深では、細砂にシルトや粘土が不規則に混在する構造で中央粒径は $20\sim 40\mu\text{m}$ 程度である。St.C は、河口から 16 km、水深 33m で、深度 1.2m までは細砂が多く、中央粒径は $80\sim 100\mu\text{m}$ 程度で、それ以深では 4.2m まで漸的にシルト成分が増加し、

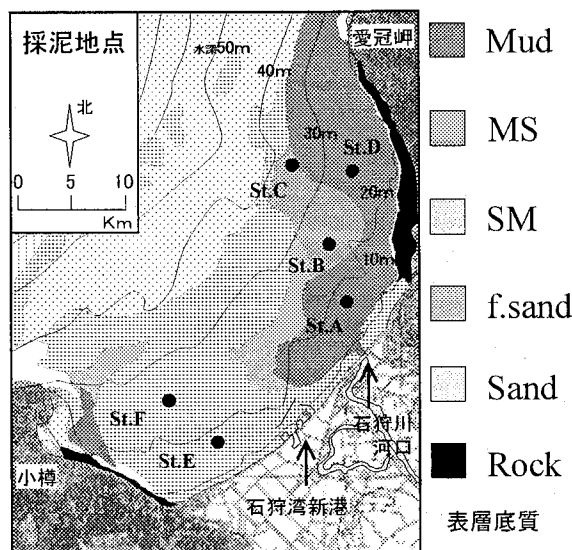


図-1 表層底質分布と柱状採泥地点

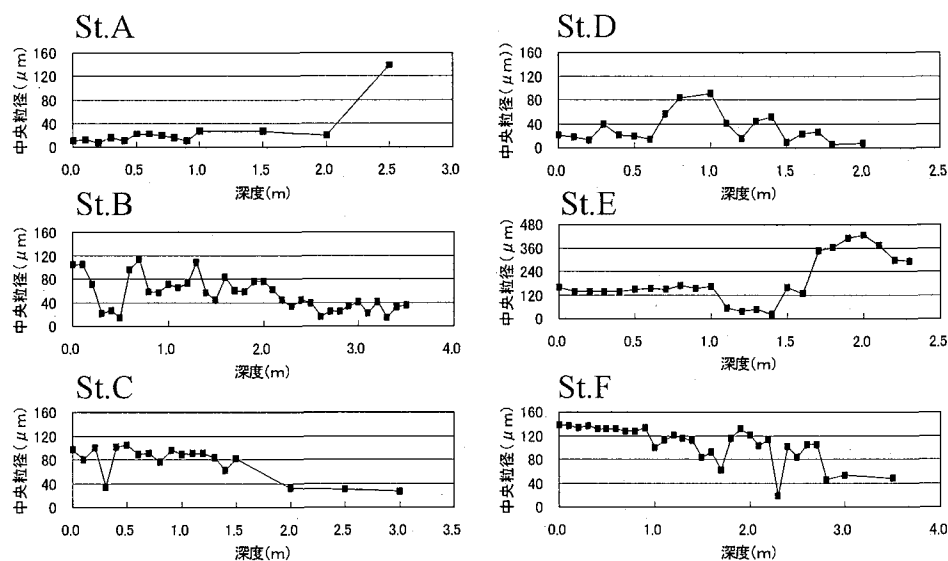


図-2 柱状コアの中央粒径

深度 3.5m では $30\mu\text{m}$ 程度になっている。St.C の中央粒径の鉛直分布は St.B とよく似ていることがわかる。St.C の深度 0.3m 付近には、St.B と同様、細粒土砂が存在し、深度 1.5m までの平均的な中央粒径は河口からの距離が遠く河川からの SS が沈降しにくい St.C の方が少し大きく、さらに深度 2~2.5m 以上で中央粒径は $30\mu\text{m}$ 程度と小さくなっている。St.D は、河口から 15 km、水深 25m で、河口からの距離は St.C と変わらないが、0.4m より浅い層には特に泥炭層が多く含まれており、中央粒径は $20\mu\text{m}$ 程度である。深度 0.4m ~1.6m は砂質シルト層であり、その中に泥炭、貝殻が混在し中央粒径は $20\sim 90\mu\text{m}$ である。深度 1.6~2.0m は粘土層であり、1.8m 以深では腐植土が混在しており中央粒径は $10\sim 20\mu\text{m}$ である。この表層地質も図-1 の底質分布と一致し、St.A と同様河川水 SS の堆積域となっている。St.E は、河口の西側にあり、水深 19m で、全体的に細砂、中砂で構成され、深度 1.0m までは細砂が多く中央粒径は $130\sim 170\mu\text{m}$ 程度である。深度 1.0m と 1.6m には不整合面があり 1.0~1.5m の中央粒径は $30\sim 50\mu\text{m}$ 程度と小さく、深度 1.6~2.4m では中砂の割合が増加し、中央粒径は $300\sim 400\mu\text{m}$ である。St.E の表層底質は石狩川流出土砂の粗粒成分が一度河口沖に堆積し、波浪・流れにより輸送されてきた(山下ら, 2000)ものと考えられ、中央粒径はほぼ $150\mu\text{m}$ である。St.F は、河口の西川の水深 30m で、深度 1.0m までは単純な細砂層で中央粒径は $130\sim 140\mu\text{m}$ である。1m にある不整合面から深度 2.8m までは、貝殻片を含むシルト混じりの細砂層で中央粒径は $40\sim 120\mu\text{m}$ 程度である。深度 2.8~3.5m は砂質シルト層で中央粒径は $50\mu\text{m}$ 程度である。St.F の表層底質も St.E と同様に移動させられたと考えられ、水深が St.E よりも深いため中央粒径が少し小さくなっている。

このように、表層付近の底質は図-1 の表層底質分布とほぼ同じであるが、鉛直方向にはかなり底質特性が異なることがわかる。特に深度 2~3m 以上の層にはシルト粘土系の細粒成分の土砂が多く、数千年前には河口が現在より内陸の位置にあり、また海水準も高く細粒土砂が堆積しやすい環境であったと推察できる。

3.2 堆積速度

図-3 に各地点における年代測定結果と堆積深度との関係を示す。St.B, St.C, St.F の 3000~4000 年前に注目すると、その年代の堆積速度が大きくなっていることがわかる。これは、3000~4000 年前の期間は縄文海進が終わり、ほぼ現在の海水準に低下した時期に相当しているが、遠藤らの研究によると 3000~3500

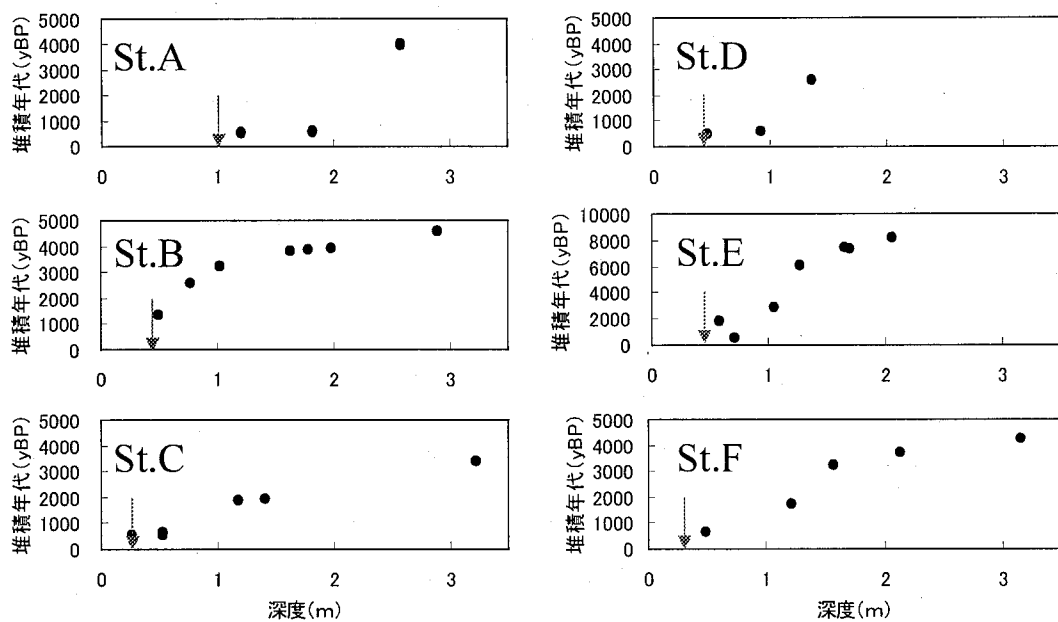


図-3 年代測定結果

年前は降雨量が増加し、洪水が頻発した時代であることに
対応している。また、各地点で 1000～3000 年前の堆積速
度は小さく、現代との切片はある値を持ち、明治以降の堆
積速度が非常に大きいことが推定される。

図-4 に各地点の亜鉛含有量と強熱減量の鉛直分布の結
果を示す。これをみると、亜鉛含有量が増加している深度
は、先程の年代測定結果での切片の深度とほぼ一致してい
る。亜鉛等の金属元素は、河川上流に鉱山、精錬所等がで
きるまでとそれ以降では流出土砂中に含まれる含有量が
大きく変化する。石狩川流域では今から 90 年前の 1914 年
に豊羽鉱山で亜鉛の採取が開始されており、切片の深度以
浅の土砂は 90 年間で堆積したと推定される。亜鉛含有量
が増加している深度を参考のため図-3 に矢印で示す。な
お、この海域は底質が波浪等により移動・混合されることが
考えられ、90 年間で堆積した層厚を大きく見積もる傾向と
考えられる。以上を考慮した各地点の堆積速度を表-1 に示
す。これをみると、現海水準である 1000～3000 年前の最大
の堆積速度は St.C の 0.7mm/年で、最小は St.B の 0.25mm/
年である。一方、同時期における St.A の堆積速度は、河
口より最も近く、多量の土砂が供給されると考えられるが、
0.30mm/年と比較的小さい値を示している。これは、水深
が浅いため、堆積してもすぐに流動によって移動したため
と考えられる。3000～4000 年前の堆積速度は、1000～
3000 年前の 2～4 倍大きく、最近 90 年では 10 倍程度大
きい。明治以降の流域開発や河川改修等により河川
供給土砂量が増加したと考えられる。

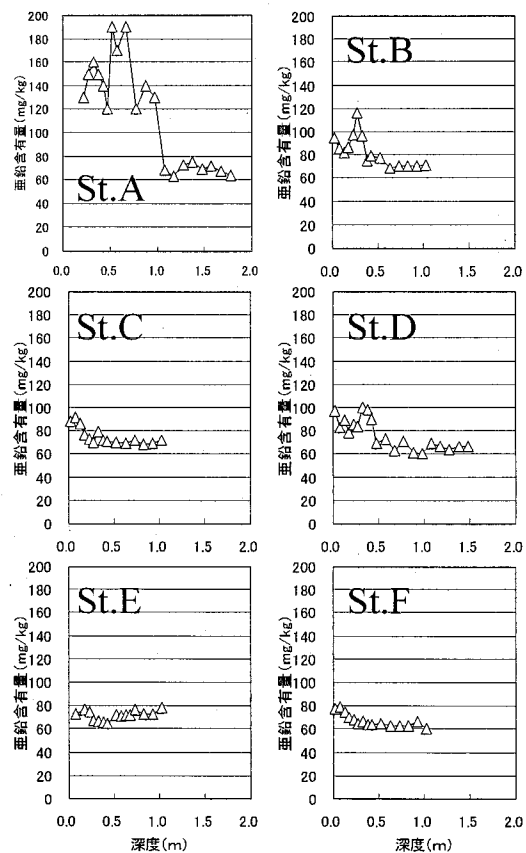


図-4 亜鉛含有量の鉛直分布

堆積速度についての研究は、現在から 4000 年前までのサロマ湖、中海、八郎潟において報告されている（伊藤ら，1996）。堆積速度は、それぞれ 2.8mm/年、1.5mm/年、1.1mm/年で、石狩湾において流域開発が行われる以前のものに比べかなり大きい。しかし、サロマ湖等は閉鎖性水域であるのに対して、石狩湾は開放性水域であり、外海へ流出する土砂を考慮すると妥当な数値であるものと考えられる。

表-1 堆積速度 (mm/年)

	0-90年前	1000-3000年前	3000-4000年前
St.A	11.1	0.3(1000-4000年前)	
St.B	4.4	0.25	1.1
St.C	3.3	0.70	1.3
St.D	4.4	0.45	
St.E	4.4	0.40	
St.F	3.3	0.45	1.4

3.3 河口地形変化

図-5 に明治 7 年～昭和 59 年（1874～1984 年）の石狩川の河口地形変化を示す。これをみると、昭和 49 年（1974 年）に導流堤が設置されるまで河口砂州は北方向に移動し汀線も前進している。その地形変化速度は年代により異なり、1898 年から 1937 年の変化が最大である。汀線の前進速度を表-2 に示す。明治 31

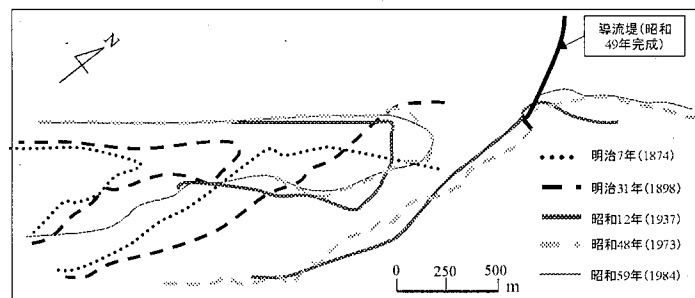


図-5 石狩川の河口地形変化

表-2 汀線前進速度

	1874-1898	1898-1937	1937-1973	1973-1984
汀線前進速度 (m/年)	0.83	2.60	0.55	0.45

年までは流域開発や石狩川の河川改修はほとんど実施されておらず人為的な影響のない汀線前進速度は、明治 7 年（1874）から明治 31 年（1898）の 0.83 m/年と推定できる。明治 31 年（1898）から昭和 12 年（1937）の汀線前進速度は 2.60m/年と前の期間の約 3 倍に増加している。これは、流域開発や石狩川の最初のショートカットが最下流の生振捷水路で大正 7 年に開始され昭和 6 年に完成していることや、夕張川新水路工事（大正 7 年開始，昭和 11 年完成）等の河川改修により、河川流出土砂量が増加したと推定される。昭和 12 年（1937）から 48 年（1973），48 年から 59 年（1984）の汀線前進速度は、各々 0.55m/年、0.45m/年とかなり減少している。これはダム建設や河道浚渫等による海域への供給土砂量の減少が影響していると推定される。河口地形変化は洪水等の影響で複雑な変化を受け、供給土砂量と汀線前進速度には比例関係が成立しない場合もあると考えられる。今後は深淺データやより広域の汀線変化を検討し、精度向上を図る必要がある。

3.4 河口沖合の変化土砂量

図-6 に石狩川河口における沿岸方向 2000m、岸沖方向 2000m の等深線図を示す。これをみると、1981 年 8 月の最大流量 10000m³/s を超える大洪水の影響で河口テラスが形成されているのがわかる。洪水が起こる前の 1981 年 7 月と比較すると 5m の等深線は約 1200m も沖合方向に前進している。また、洪水後みお筋は深く削り取られ、最深部は 13m 程度になっている。河口を中心とする河口テラスを含む沿岸方向 1300m、岸沖方向 2000m の範囲の変化土砂量を図-7 に示す。これをみると、土砂量は激しく変動しており、主に洪水による増減を繰り返している。1975 年の洪水では、約 120 万 m³ の土砂が堆積しているが、4 年後には浸

食されて洪水前と同じになっている。一年あたり 30 万 m^3 の土砂が沿岸方向あるいは岸沖方向に移動していることになる。そこで石狩浜の総延長が 30 km 、この海域における土砂の移動限界水深を 10 m とすれば、汀線前進速度は 1.0 m/y となる。これは、河口地形図から得られた 1937 年以降の汀線前進速度よりも大きくなっているが、河口沖に堆積した土砂の岸沖方向への流出があることを考えるとほぼ妥当な数値であると言える。また、1981 年 8 月洪水では、約 260 万 m^3 の土砂が流出している。

4. おわりに

本研究で得られた主な結果は以下の通りである。

①石狩川河口沿岸域の表層底質に特徴ある 6 地点で柱状採泥を実施し、底質粒径とコア中に含まれる貝の年代を調べることにより、各地点の 1000 年スケールの底質堆積速度と底質特性を把握した。

②4000 年前から現在までの堆積速度は、3000～4000 年前が 1000～3000 年前よりも約 2～4 倍大きく、明治以降最近 90 年の堆積速度は 1000～3000 年の約 10 倍大きいことがわかった。

③石狩川の河口地形変化から最近 100 年スケールの汀線前進速度を推定した。人為影響がほとんどない明治 7～31 年の汀線前進速度は 0.83 mm/年 、明治 31 年～昭和 12 年は流域開発や河川改修で供給土砂量が増加し、 2.6 mm/年 、昭和 12 年以降はダム堆砂・河道浚渫等により供給土砂量が減少し、約 0.5 mm/年 である。

④石狩川河口周辺における土砂量は著しく変化している。その変化から汀線前進速度を求めた結果、河口地形図から求めたものとほぼ一致していた。

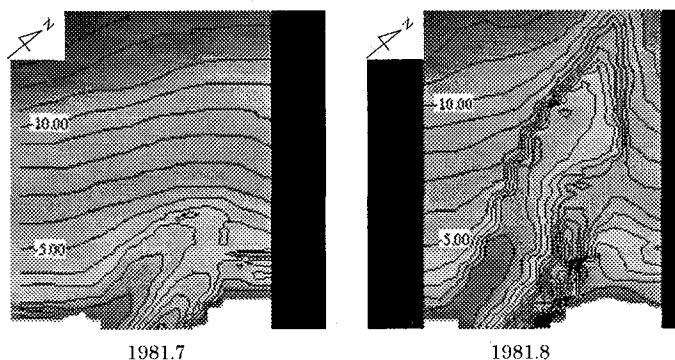


図-6 河口中央の等深線図

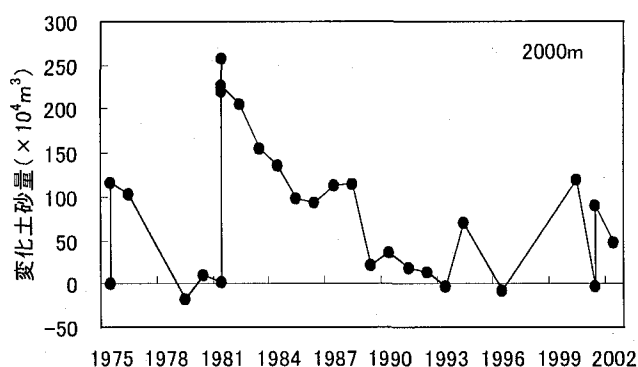


図-7 河口中央の変化土砂量

伊藤久敏 (1996) : 古環境評価による地球温暖化の影響評価の試み, 電力中央研究所報告, 財団法人電力中央研究所, pp.1-29.

海上保安庁水路部 (1974) : 海底地形図石狩湾 20 万分の 1, 第 6323 号.

山下俊彦・新山雅紀・菅沼 剛・早川哲也 (2000) : 石狩川から供給された粒径別土砂の河口沿岸域での堆積特性と土砂収支の試み, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp.676-680.