

今津干潟の変遷と堆積環境に関する研究

HISTORICAL CHANGES AND SEDIMENTARY ENVIRONMENT OF IMAZU TIDAL FLAT

島谷幸宏¹・横川翔²・宗琢万³・河口洋一⁴・水垣滋⁵・馬場崎正博⁶
Yukihiro SHIMATANI, Sho YOKOGAWA, Takuma SOU, Yoichi KAWAGUCHI
Shigeru MIZUGAKI and Masahiro BABASAKI

¹フェロー会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区元岡744番地)

²学生会員 九州大学大学院工学府 (〒819-0395 福岡市西区元岡744番地)

³工修 国土交通省北陸地方整備局 新潟国道事務所 (〒950-0912 新潟市中央区南笹口2丁目1-65)

⁴正会員 学術博 九州大学大学院工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区元岡744番地)

⁵農博 筑波大学大学院生命環境科学研究科 (〒305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1)

⁶正会員 福岡市港湾局家環境対策部 (〒812-0031 福岡市博多区沖浜町12番地1号)

The purpose of this study is to demonstrate the process of deposition and influence of human and natural impacts to sediment in Imazu tidal flat. In this study, various impacts on Imazu tidal flat were examined with the use of topographic, aerial photographs, rainfall record. Then, analysis of core sample's gradation, ignition loss, ^{137}Cs and ^{210}Pb was studied to clarify the age of sedimentation and historical change of environment of sediment. The results were as follows. The urban development around Imazu tidal flat has had worse influences on the sedimentary environment. The sedimentation rate of Imazu tidal flat was calculated 0.47-1.12cm/y since 1963, and in 1954-1963 was 1.56-3.56cm/y by the analysis of core samples. It was calculated that 5640-13440m³ sediment was discharged from catchment area annually, and 47520-333720m³ sediment flowed in Imazu tidal flat in 1953 by these results. It was assumed that this was caused by the flood in 1953.

Key Words : sedimentation rate, ignition loss, ^{137}Cs , ^{210}Pb , grain diameter

1. はじめに

干潟は河川の河口域や沿岸に発達した平坦で浅い砂泥域である¹⁾。海と河川の双方から外力を受け、潮汐の影響により干出と水没を繰り返すなど、変動の激しい特殊な環境を有している。そのため、干潟には海水性生物、淡水性生物のみならず、干潟特有の生物も存在する。また、土砂や栄養塩の供給が豊富かつ水深が浅いために光、酸素の供給も豊富であり、付着藻類、底生動物の活動が活発である²⁾。このように、干潟は豊かで高い生産能力を持ち、そこには複雑な生態系が築かれている。

一方で、干潟を含む河口域は古くから人々の生活の場となってきた。周辺地域は農地開発が進められ、沿岸には漁港、港湾が整備されるなど、開発の対象となってきた。高度経済成長期以降、市街化が進み、人口の集中が激化すると、新たな土地を求めて干拓や埋立てが行われた。その結果、1945年以前は全国に82,621ha³⁾存在していた干潟は、1994年の調査で

は51,443ha⁴⁾と4割近くの干潟が消失し、貴重な生物環境が失われてしまった。残された干潟の多くも更なる埋立て、河川構造物の建設、人口増加による汚濁負荷の増加など各種の人為的インパクトにより、環境を変化させ、生態系をも変化させてしまった。

近年では環境に対する関心が高まり、干潟においても生物の生息、生育の場として、水域の浄化の場として、レクリエーションの場としてなど、その重要性が幅広く注目を浴びている。過去に失われた干潟を再生し、残された貴重な干潟を保全しようとする取り組みも始まっており、干潟環境の保全は強く求められている。

研究対象である今津干潟は、絶滅が危惧されているカブトガニやクロツラヘラサギが見られる生物が豊かな干潟として知られている。しかし、近年周辺地域の都市化や各種人工構造物の建設などにより、干潟の底質環境の悪化、底泥の堆積、水質の悪化など環境の大きな変化が見られている。また、九州大学の伊都キャンパスへの移転に伴い、今後更なる開

発による環境悪化が危惧されており、その保全が強く望まれている。本研究では、今津干潟の底質の堆積環境に着目し、底質の形成に関わる要因と各種のインパクトが底質に与えた影響をコアサンプルの分析結果より明らかにすることで、今津干潟の保全に寄与することを目的とする。底質はカブトガニをはじめ干潟に生息する底生生物にとって重要な要素であり、その形成過程を明らかにすることは干潟の保全を考える上では重要な位置を占めると考えられる。

2. 今津干潟の概要

本研究の対象地である今津干潟は、福岡市の西部に位置し、博多湾に面している（図-1参照）。干潟の面積は約80ha、干潟部を含む感潮域の面積は約145haである⁵⁾。主な流入河川は瑞梅寺川で、流域面積52.6 km²、幹川延長13.2kmの2級河川である⁶⁾。瑞梅寺川流域の土地利用は、宅地10%、農耕地33%、山林・原野45%、その他12%で、流域内人口は約53,000人であるが、九州大学移転などにより今後の人口増加が見込まれている。上流には1977年に多目的ダムである瑞梅寺ダムが建設されている。また、河道には多数の取水堰が設置されており、瑞梅寺川の水は上水道として、農地用水として利用されている。流入河川としては瑞梅寺川のほか、江の口川、今山川、周船寺川、田尻川、弁天川、水崎川などがあり、これらの小河川には樋門が設けられている。

今津干潟には多数の底生生物が生息しており、瑞梅寺川の河口にはヨシ原も残っているなど、野鳥の生息環境に適している。シギ、カモ等約60種の留鳥、渡り鳥が生息、飛来し、環境省レッドデータブックで絶滅危惧ⅠA類に指定されているクロツラヘラサギ、絶滅危惧Ⅱ類に指定されているズグロカモメ、マナヅルの越冬地となっているほか、同省レッドリストで絶滅危惧Ⅰ類に指定されているカブトガニの産卵地となっている。

3. 今津干潟の底質分布

底質調査を2004年6月18日に行った。試料の採取は、エックマンバージにより表層の採取を行い、平均粒径と強熱減量を調べた。粒度組成は、レーザー回折式粒度分布測定装置SALD-3100（島津製作所製）を用いて分析した。図-2に底質の平均粒径の分布を、図-3に強熱減量の分布を示す。平均粒径は瑞梅寺川河口付近で100～200 μ m程度の細砂であり、その後川幅が広がるにつれて小さくなっており、干潟の中央部ではほとんどがシルトである。カブトガニの産卵地となっている浜崎山の極近傍にだけは、500 μ m程度の中砂が存在し他の場所とは異なる堆積環境を有していると考えられる。しかし、すぐ沖はまた50 μ m以下のシルトとなっている。この場所では強熱減量は10%を超えており、全地点で最も有機物が溜まっている場所ともなっている。なお、この

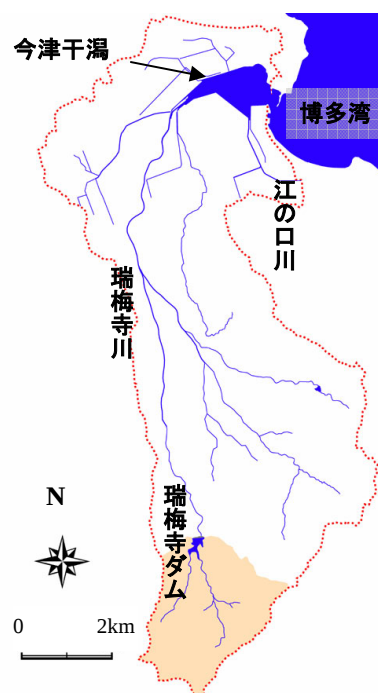


図-1 今津干潟の流域図

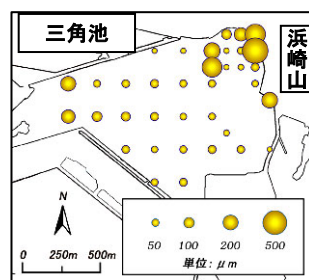


図-2 平均粒径の分布

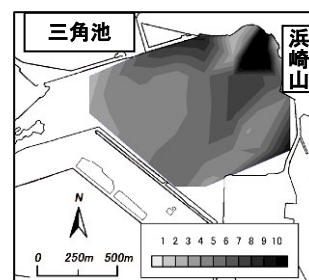


図-3 強熱減量の分布

浜崎山の近傍には、カブトガニの産卵地を保全するために覆砂を行っており、粒径が大きくなったものと考えられる。全体の傾向としては瑞梅寺川河口、江の口川河口付近では値が小さく、三角池や湾口付近で大きくなっている。

4. 今津干潟の経年変化

(1) 空中写真による変遷の解析

図-4に今津干潟流域の変遷を示す。Aエリアでは、1900年には湾口が大きく開いており、海岸も曲線を帯びていることから、自然の状態を保っていたと考えられる。その後、湾口には今津橋が建設され、博多湾との水の交換口が狭くなっている。1972年の写真からは、砂利採取の跡も見られ、これにより滞筋が直線化している。Bエリアでは、1947年当時は水田地帯であったが、1947年から1972年にかけて少しずつ開発が進んだ。1972年から2001年の間には相当数の建築物が建設されており、集中的な開発が行われたことが読み取れる。Cエリアでは、1974年の写真に瑞梅寺ダム建設の様子が写されており、広範囲に渡って森林が開発され、一時的に裸地化しているのがわかる。

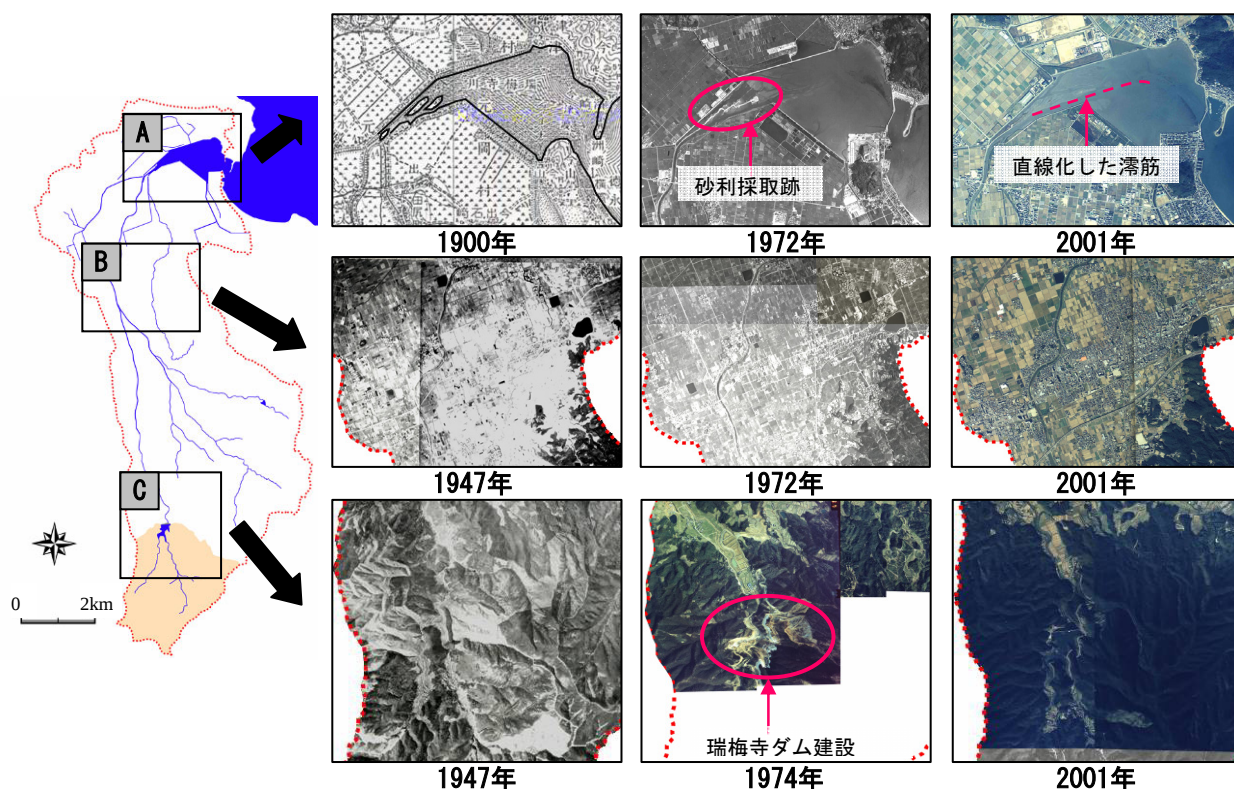


図-4 地形図、空中写真による今津干潟流域の変遷

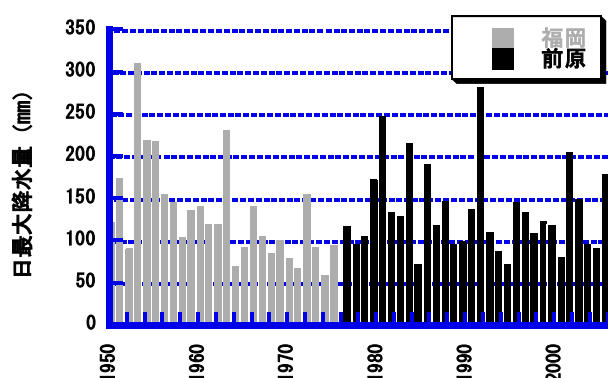


図-5 福岡・前原における最大日降水量
(福岡：1950～1975、前原1976～2005)

(2) 降雨の履歴

図-5は気象庁観測の福岡・前原における各年の最大日降水量を示している。1953年には300mmを超える降雨を記録しており、過去50年で最大となっている。1953年には、福岡県内で他の水害と比較しても群を抜いて多い6572箇所の山崩れ、がけ崩れが発生しており⁷⁾、大量の土砂が河川を通じて今津干潟にも流入したと考えられる。その他1954年、1955年、1963年、1980年、1983年、1991年、2001年に200mmを越す降雨を記録している。これらの年に、特に1953年には今津干潟に大量に土砂が流入し、大きなインパクトとなった可能性がある。

5. コアサンプルの解析による堆積速度推定

(1) 試料および分析方法

¹³⁷Csは、1954年以降盛んに行われた大気圏内核

実験により大気中に放出された人工の放射性核種であり、自然界には存在しない。降下した¹³⁷Csは堆積物中に取り込まれ、その後半減期30.17年に従い減少する。1963年に放出のピークを迎えており、土壌の深度方向の濃度を調べ、ピークが測定された層を1963年として平均堆積速度を算出することができる。また、¹³⁷Csが検出され始めた層である1954年の層を検出限界深度とし平均堆積速度を算出できるが、この場合、当時の¹³⁷Cs濃度が現在では極めて小さくなっているため、再移動や検出器の誤差などに影響を受けやすく、正確な年代測定には適用し難い。このため、1963年を指標として堆積速度を算定する方法が多く利用されている⁸⁾。¹³⁷Csが検出された層を1963年と仮定すると、平均堆積速度は(1a)式で表される。

$$W = D / (T_0 - 1963) \quad (1a)$$

W：1963年以降の平均堆積速度[cm/y]

D：検出された¹³⁷Csのピーク層と表層からの深さ

T₀：コアサンプルの採取年

²¹⁰Pbは²³⁸Uから²²⁶Raや²²²Rnなどを経て生成される半減期22.3年の自然の放射性核種である。

²²⁶Raから生じた²²²Rnが気体であるため、一部は堆積物中から大気中へと放出される。大気中の²²²Rnから生じた²¹⁰Pbは地表に降下し、堆積物中に取り込まれ、半減期に従って減少する。つまり、堆積物中には一旦大気中に出てその後堆積物に取り込まれた²¹⁰Pbと、もともと堆積物中に存在した²¹⁰Pbの2種類が存在する。堆積速度の測定に利用

されるのは大気起源の ^{210}Pb である。この大気起源の ^{210}Pb を過剰 ^{210}Pb ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$) とし、 ^{226}Ra と堆積物起源の ^{210}Pb との間の放射平衡を仮定し、放射平行時は ^{226}Ra は ^{214}Pb と同じであるため、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の放射能は(1b)式で与えられる⁹⁾。

$$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}} = \text{全}^{210}\text{Pb} - ^{214}\text{Pb} \quad (1b)$$

本研究では $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の放射能変化による堆積速度の測定に、CIC (Constant Initial Concentration) モデルを用いた。CICモデルは、堆積初期の濃度、ある一定期間の堆積速度が一定であると仮定し、対数プロットした $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の直線の傾きより堆積速度を算出する。深さ z における $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の放射能を $A(z)$ とすると、(1c)式で与えられる。

$$A(z) = F / W \cdot \exp(-\lambda \cdot z / W) \quad (1c)$$

F : $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ のフラックス[Bq/cm²/y]

W : 堆積速度[g/cm²/y]

λ : 壊変定数[1/y] (=0.03114)

よって堆積速度 W は、 $A(z)$ を z に対して対数プロットした直線の傾き m より、(1d)式で与えられる。

$$W = -\lambda / m \quad (1d)$$

コアサンプルは2006年5月29日に図-6に示す4地点でバイブレーションコアサンプラーを用いて採取し

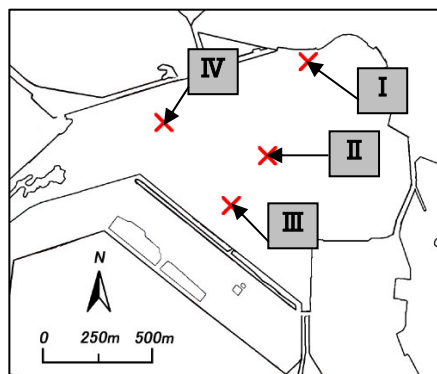


図-6 コアサンプルの採取地点

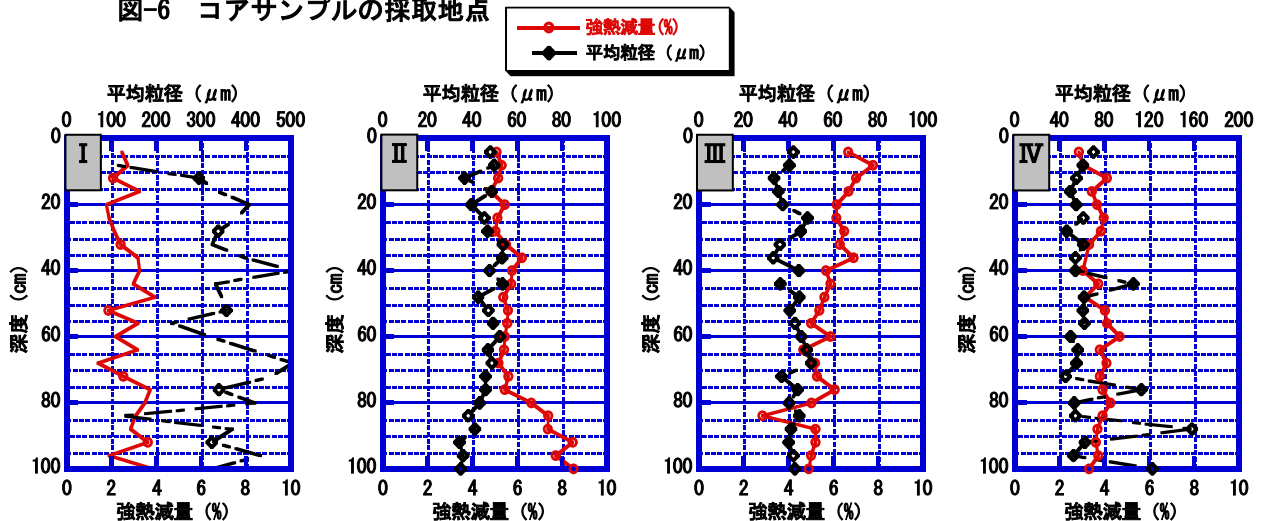


図-7 各地点の平均粒径、強熱減量の測定結果

た。コアの内径は $\phi 10\text{cm}$ で、採取コア長は約200cmであった。分析項目は強熱減量、粒度組成、 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb である。分析用試料は厚さ2cm刻みに分割し、一部を強熱減量、粒度組成を測定し、残りを放射能測定用試料とした。分析は4cmごとで行った。放射能測定用試料は、110°Cで炉乾燥後乳鉢、乳棒ですり潰し、質量を測定してスチロール管瓶（50ml）に入れ、ふたと容器の接合部をパラフィルムで巻いて密封し、21日間以上放置した。これは ^{226}Ra と ^{210}Pb との間の放射平衡状態を実現するためである。放射能の測定は、ゲルマニウム半導体検出器（GMX23, GMX30）を用いた。

(2) コアサンプル土砂の物理性質

図-7に強熱減量と平均粒径のグラフを示す。地点I、地点IVは全体を通して強熱減量が小さく、5%以下である。中央粒径は地点Iでは大きく砂質であり、地点IVではばらつきが大きいものの概ねシルトから細砂である。これは地点Iはカブトガニの産卵地保護のために覆砂を行ったため、地点IVは瑞梅寺川河口で滞筋上であるためであろう。これらの2地点では深度方向の特別な傾向は見られない。地点IIは表層から48cmまでは粒径、強熱減量共にばらついているが、48-76cmまではほぼ一定で、それ以降では次第に粒径は細かく、強熱減量は大きくなっている。これらの違いは堆積環境の違いを表していると考えられる。地点IIIでは、72cm以深では平均粒径に大きな変化は見られない。強熱減量は84cmで大きく減少しているがそれ以外ではほぼ安定している。68cmよりも上部を見ると、68cmで平均粒径が最も大きくなり、その後多少の増減を繰り返しながら表層に向かうに従って減少している。強熱減量はこれとは逆に表層に向かって値が大きくなっており、これらは68cm以浅で次第に有機物が多くなっている傾向にあることを示していると考えられる。これは地点IIIが滞筋の下部にあるため、干潟の下部では流れが遅く、溜まりやすくなっているためであろう。

(3) 堆積速度の推定結果

コアサンプルの写真、物理性質より、地点Ⅰと地点Ⅳでは生物による底質攪乱の可能性が示されたため、地点Ⅱ、地点Ⅲを堆積速度の測定を行う地点として選定した。

図-8は地点Ⅱ、地点Ⅲにおける ^{137}Cs の濃度をプロットしたものである。地点Ⅱでは、40cm-48cmにかけて、地点Ⅲでは20cmに明確なピークが見られる。これらの層を1963年と考えて算出すると、1963年以降の堆積速度は、地点Ⅱで0.93-1.12cm/y、地点Ⅲで0.47cm/yとなった。 ^{137}Cs 法では、検出限界深度を1954年として堆積速度を測定することもできるが正確な年代測定は難しい。しかし、本研究では堆積速度の傾向を調べる目的で検出限界による算出を試みた。地点Ⅱでは62cmに、地点Ⅲでは52cmに検出限界が見られる。 ^{137}Cs ピークが見られた層を1963年、検出限界の層を1954年としてこの9年間の堆積速度を計算すると、地点Ⅱは1.56-2.44cm/y、地点Ⅲは3.56cm/yとなり、1963年以降の堆積速度に比べて明らかに大きくなる。これは、1953年に発生した既往最大出水による流送土砂の堆積と想定される。

図-9に、CICモデルによる $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ を用いた測定結果を示す。 ^{210}Pb 法では、圧密の影響を除去するため、間隙率を用いて深度[cm]を質量深度[g/cm²]に変換している。地点Ⅱでは、全深度に渡って平均堆積速度を算出すると、 $w=4.15\text{g/cm}^2/\text{y}$ (4.06cm/y)となった。これは ^{137}Cs 法による測定結果と比較して4倍程度大きい数字であり、整合性が取れていない。

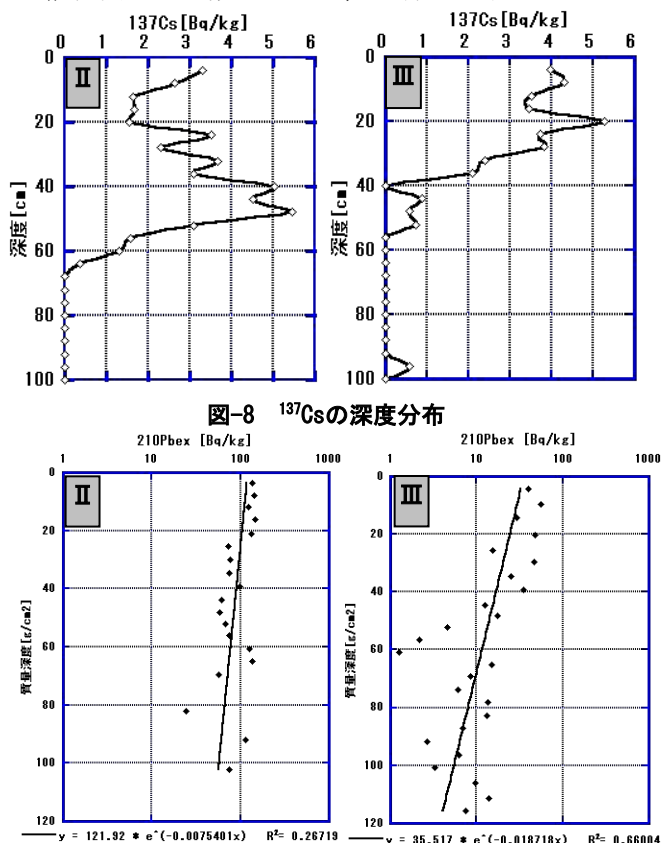


図-8 ^{137}Cs の深度分布

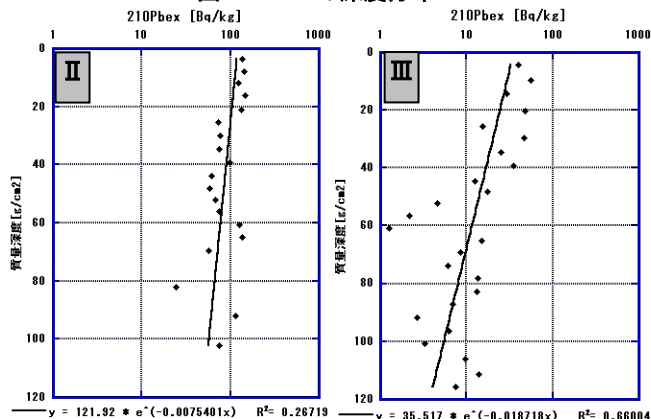


図-9 全深度から求めた回帰曲線

地点Ⅲで、全深度に渡って平均堆積速度を算出すると、 $w=1.66\text{g/cm}^2/\text{y}$ (1.43cm/y)となり、やはり ^{137}Cs 法による算出結果よりも大きな堆積速度となった。 ^{137}Cs のピーク値より求まる堆積速度は1963年以降のものである一方、 ^{210}Pb 法ではコア全量に渡っての平均堆積速度が算出されてしまうため、1963年を境として堆積速度に変化が生じた場合にはこのような結果になる可能性がある。そこで、 ^{137}Cs 法により1963年と特定された地点Ⅱ：48cm (=52.2g/cm²)：地点Ⅲ：20cm (=25.5g/cm²)を境界として、1963年以前と1963年以降の堆積速度を別々に計算する、そのプロットを図-10に示す。地点Ⅱで1963年以前の堆積速度を計算すると、 $2.90\text{g/cm}^2/\text{y}$ (=2.83cm/y)，1963年以降では $2.33\text{g/cm}^2/\text{y}$ (=2.28cm/y)となり、やはり ^{137}Cs による方法とは結果に差があった。地点Ⅲでは、1963年以前は $2.41\text{g/cm}^2/\text{y}$ (=2.08cm/y)，1963年以降は $0.80\text{g/cm}^2/\text{y}$ (=0.70cm/y)となり、1963年以降では ^{137}Cs 法による結果と類似した結果となった。地点Ⅱにおいて、濃度の明確なピークが現れ1963年の堆積層をほぼ特定することができた ^{137}Cs 法に比べると、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の値はばらつきが大きく整合性がよくなく、1963年以降にも堆積速度の変化があったものだと推定される。そこで、2つの方法の間に整合性が取れなかった地点Ⅱにおいては ^{137}Cs を、比較的整合が取れた地点Ⅲにおいてはこれら両方の方法を適用する。

地点Ⅲにおいて、52-61 g/cm² (=44-52cm)では、前後の深度における濃度と比べて著しく小さな値が検出されている。CICモデルでは、堆積初期の濃度が一定と仮定している。このため、出水などによって一時的に土砂の供給が盛んになり堆積速度が上昇すると、大気中から降下する $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の寄与率が低下し、相対的な濃度の低下を引き起こす。また、山崩れや崖くずれが発生した場合には、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度が極めて低い深部の土砂も河川を通じて流入し、堆積することが考えられる。 ^{137}Cs 法の結果から、52cm付近が1954年であることが示唆されており、

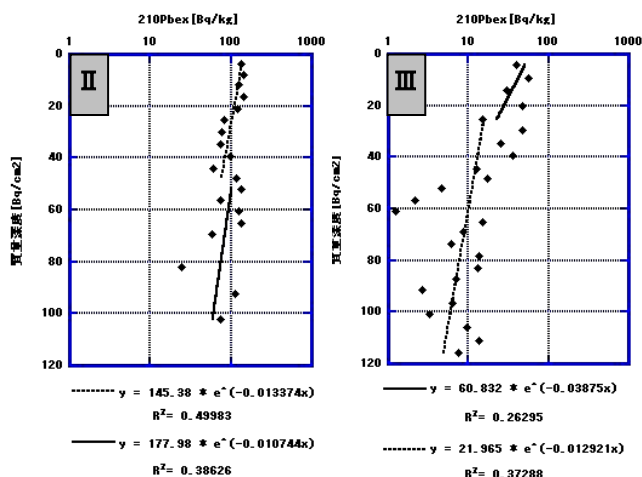


図-10 1963年前後に分けて求めた回帰曲線

CICモデルにおいてもこの層が1953年の崩壊の影響を受けた層であることを裏付けている。よって、地点Ⅲでの ^{137}Cs による1954-1963年の堆積速度の推定結果は、およそ妥当であると考えられる。65 g/cm² (56cm) の層においては $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 濃度はほぼ近似曲線に従った濃度となっていることから、この層は少なくとも1953年以前であることが示唆される。

また、今回 ^{137}Cs のピークから測定した堆積速度が今津干潟（面積約120ha）の平均的な堆積速度と仮定すると、年間5,640-13,440m³/yの土砂が今津干潟に供給されていることになる。芦田ら¹⁰⁾が示した流域面積と年平均流出土砂量の関係と堆積速度の関係（図-11）を比較してみる。瑞梅寺川上流域は背振山地で風化花崗岩よりなり、中国山地と類似した地質状況となっている。したがって、中国山地の河川群である④-⑤群に入っている。瑞梅寺川（流域面積47.3km²）において適用すると、年間の流出土砂量は約2,500-25,000m³程度となり、今回の試算はこの範囲に入っており、風化花崗岩地帯の土砂流出量としては常識的である。また、検出限界層を1954年と仮定し、1954-1963年の間に堆積した土砂量を、1953年の降雨により発生した土砂量と上記の年平均の堆積土砂量の和と考えると、1953年の降雨により堆積した土砂量は47,520-333,720m³程度と見積もられる。国土交通省によれば、太宰府で観測史上最大の降雨を記録した2003年の土石流による土砂量が約300,000-500,000m³と推定されている。流域面積の違い（瑞梅寺川：約47km²、宇美川：約72km²）や河道途中の堆積、地質や降雨の違い、年代の幅もあるので一概に述べることはできないが、今回の試算は概ね整合していると考えられる。

6. 結論

本研究では底質の形成過程の解明、過去の環境と現在の環境の比較を行うことを目的に、今津干潟の現況と変遷、流況、コアサンプル土砂の分析を行った。本論文により得られた結論は以下の通りである。

- ・地形図や空中写真によって今津干潟流域の変遷を調べたところ、今津橋の建設による湾口の縮小、砂利採取によって滞筋が変化したこと、1972年以降に集中的に開発が進められたこと、瑞梅寺ダム建設に伴って山地が一時的に裸地化されたことがわかった。
- ・コアサンプルの分析結果より、 ^{137}Cs 法で1963年以降の堆積速度を求めると、地点Ⅱでは0.93-1.12cm/y、地点Ⅲでは0.47cm/yの堆積速度が得られた。検出限界を1954年と仮定した場合、1954-1963年には地点Ⅱで1.56-2.44cm/y、地点Ⅲでは3.56cm/yの堆積速度が得られた。これから概算すると平均で5,640-13,440m³/y程度の土砂が、1953年の降雨では47,520-333,720m³程度の土砂が今津干潟に流入したと考えられる。また、地点Ⅲでは

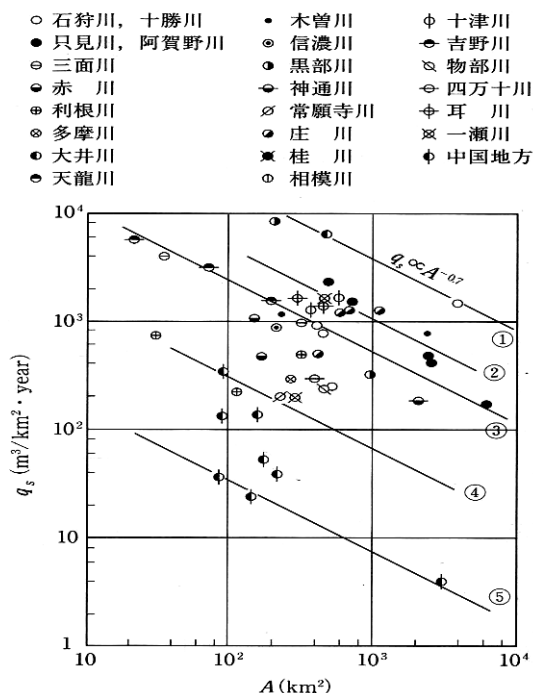


図-11 流域面積と年平均比流出土砂量の関係⁹⁾

表層ほど粒径が細かく、強熱減量が大きくなる傾向が見られ、この地点においては汚濁が進んでいる状況が示された。

なお、本研究は九州大学教育研究プログラム・研究拠点形成プロジェクト（P&P「生物多様性の保全と進化に関する研究拠点形成」）により実施された。

参考文献

- 1) 古川恵太, 藤野智亮, 三好英一, 桑江朝比呂, 野村宗弘, 萩本幸将, 細川恭史: 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 -, 港湾技研資料, No.965, 2000.
- 2) 佐々木克之: 干潟における生物多様性と生物生産力, 海洋と生物 146, Vol.25, No.3, pp.180-186, 2003.
- 3) 環境庁: 第2回自然環境保全基礎調査 海域調査報告書 (全国版), 1980.
- 4) 環境庁: 第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書, 1994.
- 5) 大坪政美, 朝廣和夫, 高見昌二郎, 岡部為信: 底泥の物理・化学性と底性動物の分布からみた今津干潟の特徴, 農業土木学会論文集, No.190, pp.35-43, 1997.
- 6) 福岡県: 瑞梅寺川水系河川整備基本方針, 2003.
- 7) 福岡管区気象台: 福岡の気象百年, 1990.
- 8) Ritchie, J.C., McHenry, J.R.: Application of radioactive fallout Cesium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns, a review. *Journal of Environmental Quality* 19, pp.215-233, 1990.
- 9) 金井豊, 井内美朗, 片山馨, 斎藤文紀: ^{210}Pb , ^{137}Cs 法による長野県諏訪湖底質の堆積速度の見積もり, 地質調査月報, 第46巻, 第5号, pp.225-239, 1995.
- 10) 芦田和男, 奥村武信: ダム堆砂に関する研究, 京大防災研年報, 17号B, pp.555-570, 1974.

(2007. 9. 30受付)