

長崎県諫早湾の干潟堆積物の強熱減量

(海底堆積物の強熱減量—その1)

鎌田 泰彦・西岡 幸一*・木寺 久美子

(長崎大学教育学部地学教室)

(昭和52年10月31日受理)

Ignition Loss of the Tidal Deposits in the Isahaya Bay, Nagasaki Prefecture

(Ignition Loss of the Marine Sediments—Part 1)

Yasuhiko KAMADA, Kouichi NISHIOKA and Kumiko KIDERA

Department of Geology, Faculty of Education,
Nagasaki University

Abstract

The tidal flat deposit samples collected from 15 locations along the coast of Isahaya Bay (Sensui Sea), a branch of Ariake Bay, Nagasaki Prefecture, were measured on their grain size and values of ignition loss. The DEAN's modified ignition loss method is here used to determine the organic and carbonate carbon content in the tidal flat sediments. Averages of value of ignition loss of organic matter and carbon-dioxide which were heated at 550°C and 850°C in a muffle furnace for each one hour are 7.89% and 2.41% respectively. The result shows that there is a high correlation between the values of ignition loss of organic matter and median diameter or mud content in the fine-grained sediments of the tidal flat in Isahaya Bay.

1. はじめに

堆積物中に含まれる有機物量を迅速に知る方法として、古くから強熱減量(灼熱減量)の測定が行なわれている(TWENHOFEL and TYLER, 1941)。これは、“るつぼ”に入れた乾燥粉末試料をマッフル炉の中で強熱し、有機物の放出を重量の損失によって計るものである。しかし、試

* 現在—長崎大学教育学部教育工学センター

料中にかなりの炭酸塩鉱物か粘土を含む場合は、これらも加熱中に分解されるため、この方法は有機物量の測定にはあまり有効ではないとされてきた (TRASK, 1938)。最近、DEAN(1974)は石灰質の堆積物や堆積岩中の炭酸塩と有機物を、強熱減量によって測定する方法について詳細な研究を行ない、この方法が多量の試料を処理する場合に、他の方法と同様の正確さをもって、より迅速に測定できることを報告している。

筆者らの地質研究室には、昭和51年度の特別設備として、CHN アナライザー (柳本CHN コーダー, MT-500S 型) を設置し、海底堆積物の地球化学的分析に着手しているが、本機の導入を前提として、昭和50・51年度に DEAN 法による強熱減量の測定を試みた。昭和50年度には、長崎県諫早湾 (泉水海) の干潟堆積物について、粒度組成と強熱減量との測定を行なったので、その結果を報告する。

2. DEAN 法 (1974) の原理と方法

示差熱分析 (DTA) において、有機物と炭酸カルシウムを含んだ乾燥粉末試料をマッフル炉で熱する際、有機物は約200°C で灼熱が始まり、およそ550°C に達すると完全に焼却される。炭酸カルシウムから CO₂ の放出は 800°C 付近より始まり、炉の温度が 850°C に達すると大部分の CO₂ が放出される。もし試料中にドロマイト (白雲石) が存在するならば、カルサイト (方解石) よりも低い温度 (700~750°C) で CO₂ が放出する。

DEAN による強熱減量法 DEAN's Modified Ignition Loss Method は次の手順で行なわれる。

(a) 粉末試料を、重量を計った磁製のつぼに入れ、乾燥器内の90~100°C で1時間乾燥する。デシケーター内で室温まで冷却した後、試料とるつぼを秤量する。これで減量計算の基準となる試料の乾燥重量が求められる。

(b) 試料とるつぼをマッフル炉に入れ、550°C で1時間熱する。室温まで冷した後、試料を再び秤量する。この重量と乾燥重量との差が焼却された有機炭素の総量となる。

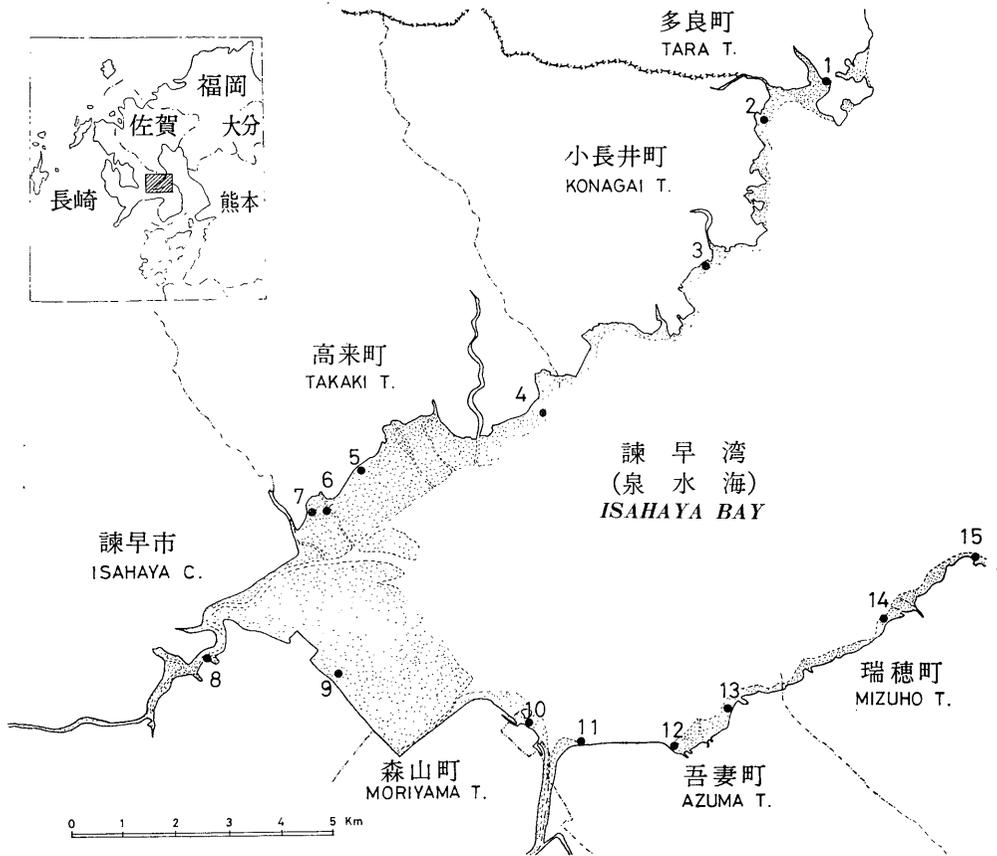
(c) 試料をマッフル炉に戻し、1000°C で1時間熱する。550~1000°C の間の減量が、炭酸塩鉱物から放出した CO₂ の総量である。この CO₂ の値を0.44で割ると CaCO₃ 量が求められる。

3. 諫早湾干潟における試料採取

諫早湾 (泉水海) は、有明海北西部における支湾であり、北の多良岳と南の雲仙岳の火山山麓を湾岸としている。湾奥部には干拓によって造成された平地が開け、また多良岳に源を発する本明川が流れ込んでいる。北岸の中央部には境川がつくる湯江のデルタが発達する。

湾岸には干潮時に広い干潟が露出する。湾奥 (西部) と北岸にそった干潟は広い泥質平坦地 (mud flat) を形成するが、南岸ぞいは砂質の干潟で、幅もせまい。

干潟堆積物の試料は、湾岸の1~4 km 間隔の15地点において、干潮時に採集した (第1図)。採集方法は、原則として1地点より表層1 cm を薄くすくった A 試料と、深さ5~20 cm の表層下の B 試料の2つを採集した。砂質堆積物では表層と表層下層の区分がつかない所もあり、その場合には一括試料とした。



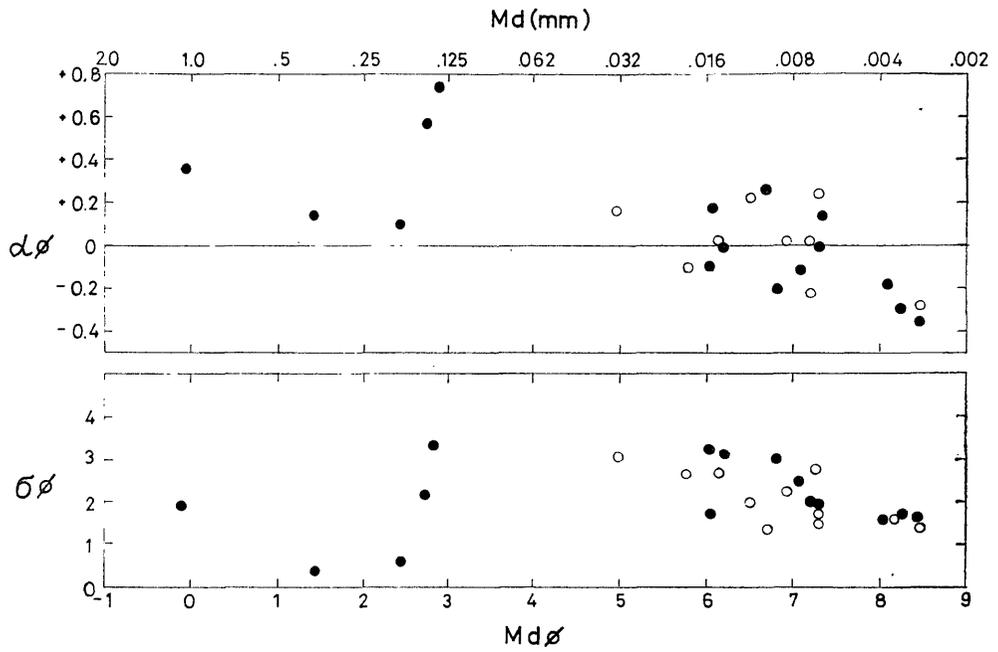
第1図 長崎県諫早湾の干潟堆積物試料採取地点

4. 粒度組成

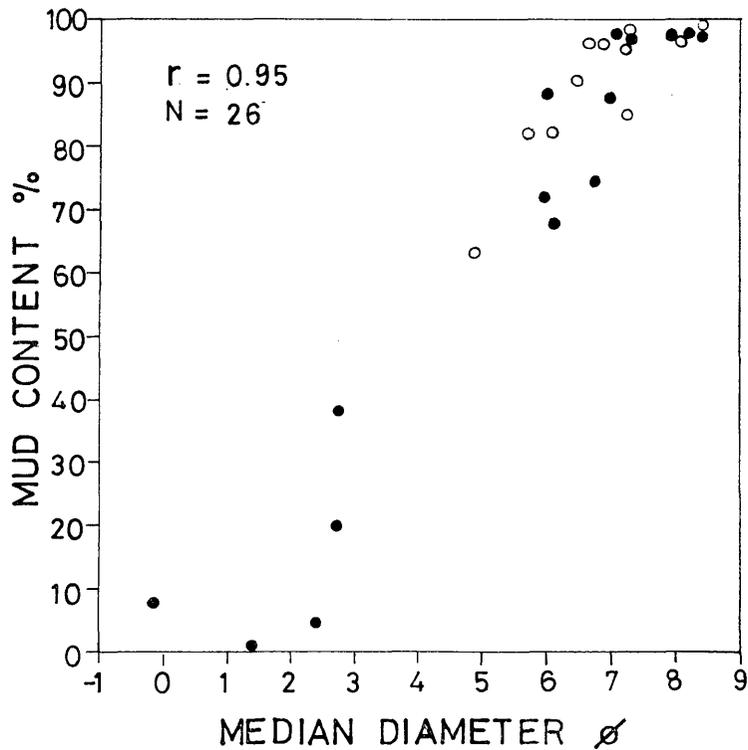
粒度分析は、泥質部はピペット法、砂質部は篩分法により、それぞれ $1/2\phi$ 刻みで行ない、結果を集計して試料全体の粒度分布を求めた。堆積物の統計値として、含泥量、中央粒径値 ($Md\phi$)、TRASK の分級度 S_o 、歪度 S_k 、同じく INMAN の $\sigma\phi$ 、 $\alpha\phi$ を求めた (第1表)。INMAN の係数によって、 $Md\phi$ に対する $\sigma\phi$ 、 $\alpha\phi$ を図示すると粒度分布が明らかになる (第2図)。15地点の26試料を大別すると、 Md が 3ϕ より粗粒を示す砂質堆積物と、 $5 \sim 8.5\phi$ の範囲に集まる泥質堆積物となる。有明海全体の底質の堆積型 (鎌田, 1967) に対比すれば、砂質部はII型に、泥質部は、 $Md\phi$ が $5 \sim 8$ のIII b型と、 >8 のIV型となる。

表層と表層下との粒度組成上の相違は、湾奥の本明川の河口付近の泥質平坦地では全く認められない。しかし、カキ礁のよく発達する所 (北岸の St. 4) や、干潟が泥質より砂質に移行する部分 (南岸の St. 12) では、表層下の砂質堆積物を、泥質の薄層が被覆する状態が知られる。

含泥量%が中央粒径値との間に高い相関をもつことは、すでに長崎県の千々石湾の底質調査の際、両者が片対数紙上において直線関係をもつことを指摘した (鎌田・他, 1973)。諫早湾の干潟堆積物においても、個数はわずか26個であるが、相関係数が0.95であり、含泥量が $Md\phi$ に対



第2図 諫早湾干潟堆積物の粒度分布 (○ 表層試料, ● 表層下試料)



第3図 中央粒径値Mdφに対する含泥量% (○ 表層試料, ● 表層下試料)

し、高い相関をもつことが認められる(第3図)。したがって、粒度組成の代表値として、この含泥量を基にして強熱減量との相関関係を考察することにする。含泥量を代表値とする理由の一つには、含泥量が250メッシュの篩(0.0625mm目)のみでも簡単に求められるからである。

5. 強熱減量

諫早湾の干潟堆積物における強熱減量は、基本的には前に述べたDEAN法を用いた。しかし、CO₂が550~850°Cで殆んど消失することにより、最高温度を1000°Cとしないで850°Cで1時間熱した。これはマッフル炉の安全性も考慮に入れたためでもある。したがって、この場合のCO₂量は実際よりやや少な目になっているものと思われる。また在来法が500~600°Cで6時間強熱している(浜田, 1963, 1966, 1970)所から、550°Cで6時間強熱した際の減量をもあわせて測定し、DEAN法との比較を試みた。その結果を第2表に示す。

有機物量に相当する550°Cにおける強熱減量は、最高値がおよそ12%になる。全体の平均値は7.89%(N=26)である。地域的には湾の南岸ぞいの本明川より有明川までの間の干潟の表層下(B)において、10%前後の安定した値をとる。550°C, 6時間の強熱減量は、550°C, 1時間より高い値をとるが、地域的の変化の傾向は類似する。

第1表 諫早湾干潟堆積物の粒度組成

| 試料 No. | 含泥量 (%) | 中央粒径値 Mdφ | 統計値 (TRASK) | | 統計値 (INMAN) | | |
|-----------|------------|--------------|-------------|------|-------------|------|-------|
| | | | So | Sk | σφ | αφ | |
| 1 | A | 81.91 | 5.77 | 2.02 | 0.80 | 2.53 | -0.10 |
| | B | 88.41 | 6.05 | 1.86 | 0.95 | 1.71 | 0.17 |
| 2 | A | 62.55 | 4.96 | 4.72 | 0.78 | 3.11 | 0.17 |
| | B | 71.46 | 6.02 | 5.56 | 1.40 | 3.19 | -0.10 |
| 3 | A | 90.73 | 6.51 | 3.08 | 0.65 | 2.04 | 0.22 |
| | B | 67.44 | 6.18 | 6.34 | 1.49 | 3.16 | -0.08 |
| 4 | A | 84.89 | 7.27 | 3.82 | 1.71 | 2.58 | -0.23 |
| | B | 38.59 | 2.84 | 5.05 | 0.10 | 3.25 | 0.75 |
| 5 | A | 97.88 | 7.30 | 2.12 | 0.63 | 1.51 | 0.24 |
| | B | 97.22 | 7.30 | 2.51 | 0.79 | 1.95 | -0.01 |
| 6 | A | 73.56 | 6.81 | 5.41 | 1.98 | 3.00 | -0.20 |
| | B | 96.86 | 8.16 | 2.22 | 1.38 | 1.57 | -0.20 |
| 7 | A | 96.86 | 8.16 | 2.22 | 1.38 | 1.57 | -0.20 |
| | B | 97.42 | 8.25 | 2.43 | 1.75 | 1.68 | -0.29 |
| 8 | A | 99.20 | 8.47 | 2.02 | 1.42 | 1.44 | -0.28 |
| | B | 97.92 | 8.43 | 2.34 | 1.84 | 1.66 | -0.36 |
| 9 | A | 95.89 | 6.68 | 1.50 | 0.97 | 1.38 | 0.26 |
| | B | 97.83 | 7.21 | 2.92 | 0.88 | 2.01 | 0.02 |
| 10 | A | 96.15 | 7.31 | 2.24 | 0.65 | 1.69 | 0.13 |
| | B | 96.84 | 8.08 | 2.25 | 1.34 | 1.59 | -0.18 |
| 11 | A | 95.47 | 6.91 | 3.51 | 0.98 | 2.26 | 0.01 |
| | B | 87.24 | 7.08 | 3.49 | 1.15 | 2.42 | -0.12 |
| 12 | A | 81.82 | 6.13 | 3.97 | 0.71 | 2.75 | 0.03 |
| | B | 19.96 | 2.74 | 1.53 | 0.96 | 2.15 | 0.57 |
| 13 | | 8.12 | -0.11 | 3.15 | 0.47 | 1.91 | 0.36 |
| 14 | | 4.53 | 2.44 | 1.29 | 0.98 | 0.60 | 0.11 |
| 15 | | 0.00 | 1.44 | 1.23 | 0.95 | 0.40 | 0.14 |

CO₂量を示す850°C、1時間の強熱減量の平均値は2.41% (N=26) であり、最高値に6.40%が出ている。これはCaCO₃換算で約15%である。地域的には、本明川河口で表層の場合に最低値を示しているが、大むね有機物量と逆相関の傾向をもっている(第4図)。

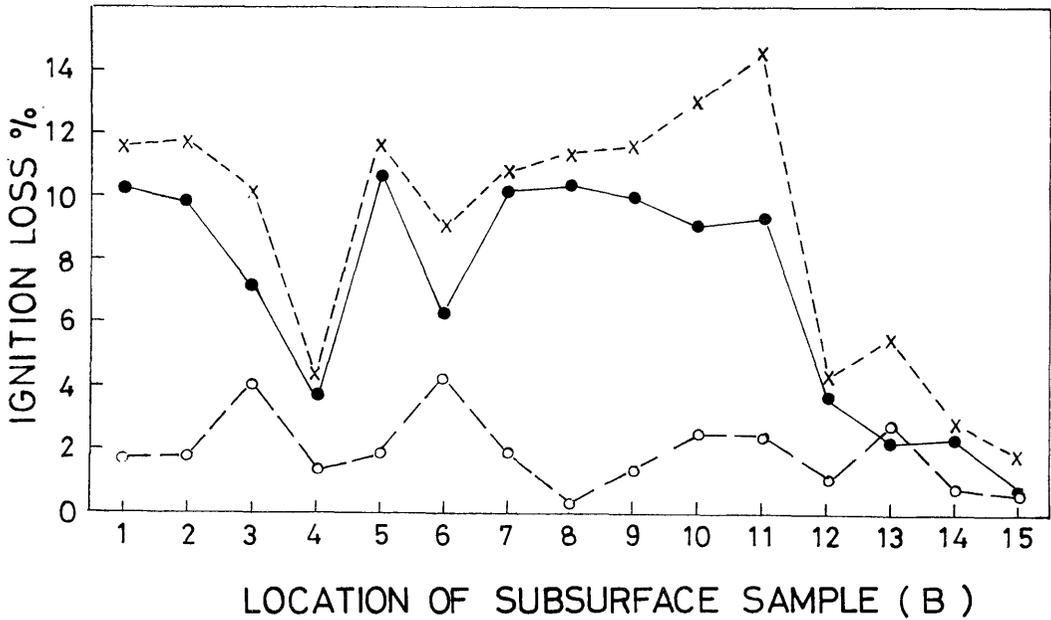
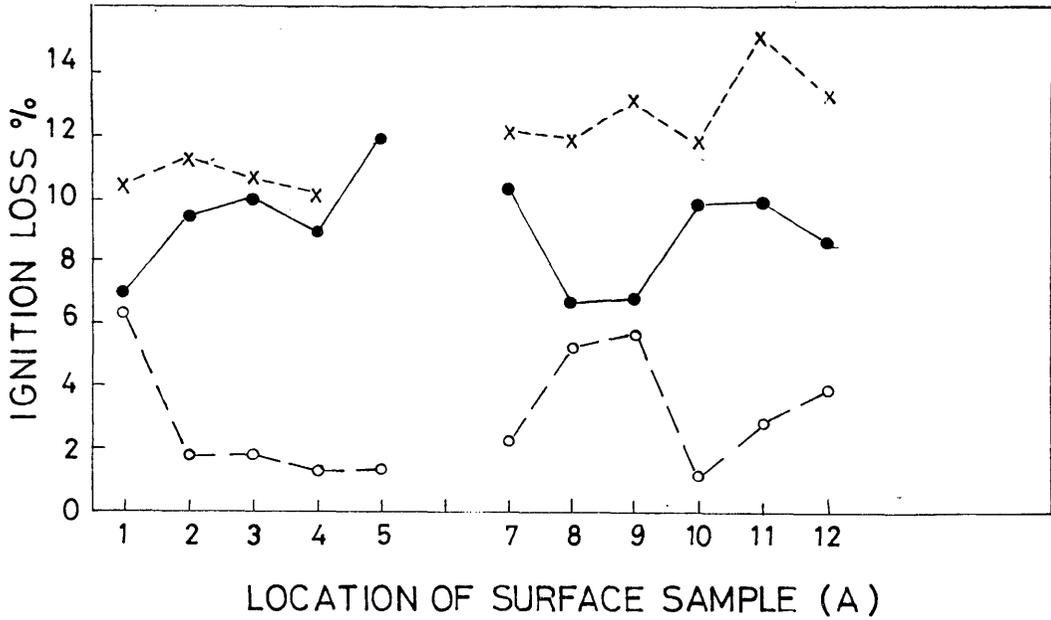
550°Cと850°Cにおけるそれぞれ1時間の強熱減量を加えたものと、550°C、6時間とを比較すると、第2表に示す様にきわめて近似した値をとっている。この類似性の理由を明らかにする実験は行なわれていないが、DEANが述べている通り、550°C、1時間で有機物が放出されるとすれば、6時間強熱で更に減量するのは、炭酸塩か粘土の焼却による減量を考えなければならない。

九州西部の内湾である大村湾や千々石湾の海底堆積物において、強熱減量が中央粒径値や含泥量と水平分布において増減の傾向がきわめてよく対応していることが指摘されている(浜田, 1966, 1970; 鎌田・他, 1973)。前に述べた様に、含泥量(%)を粒度組成の代表値としたものと、強熱減量(%)との関係を第5図に示す。550°Cの強熱減量と含泥量の相関係数は0.92であり、きわめて高い相関をあらわしている。これは泥質堆積物中における有機物の蓄積が、粒径の細粒化にともない増加することを示している。

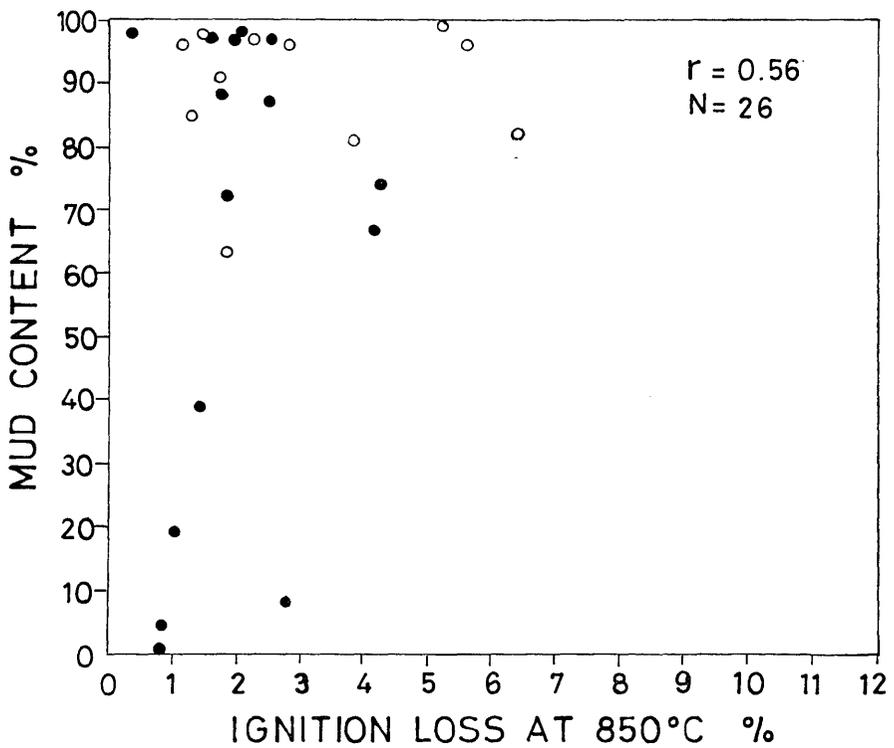
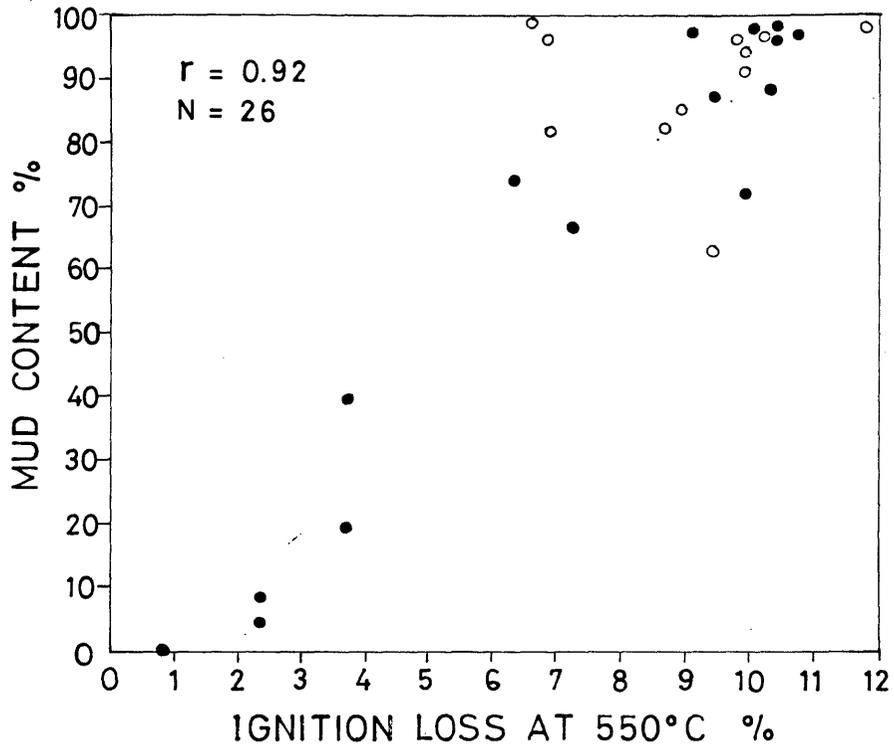
含泥量に対する850°Cの強熱減量においては、一応正の相関を示すとはいえ、相関係数は低い値をとっている。

第2表 諫早湾干潟堆積物の強熱減量

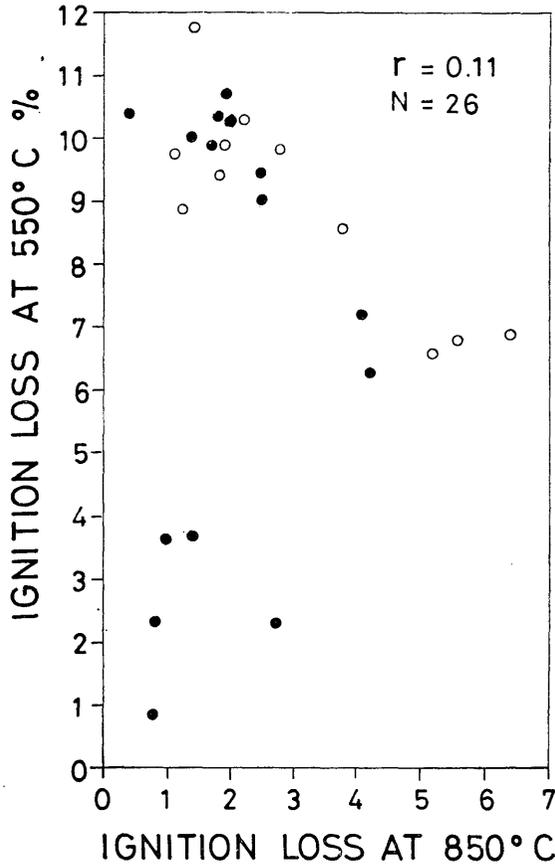
| 試料 No. | ① 550°C (1 hour) | ② 850°C (1 hour) | ③ Total ① + ② | ④ 550°C (6 hours) | ⑤ CaCO ₃ ② ÷ 0.44 |
|-----------|------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------------|
| 1 A | 6.93 | 6.40 | 13.33 | 10.35 | 14.55 |
| B | 10.29 | 1.77 | 12.06 | 11.64 | 4.02 |
| 2 A | 9.38 | 1.82 | 11.20 | 11.22 | 4.14 |
| B | 9.93 | 1.79 | 11.72 | 11.80 | 4.07 |
| 3 A | 9.90 | 1.81 | 11.71 | 10.56 | 4.11 |
| B | 7.22 | 4.12 | 11.34 | 10.22 | 9.36 |
| 4 A | 8.90 | 1.26 | 10.16 | 10.11 | 2.86 |
| B | 3.70 | 1.40 | 5.10 | 4.52 | 3.18 |
| 5 A | 11.79 | 1.39 | 13.18 | — | 3.16 |
| B | 10.69 | 1.92 | 12.61 | 11.70 | 4.36 |
| 6 | 6.28 | 4.25 | 10.53 | 9.08 | 9.66 |
| 7 A | 10.28 | 2.20 | 12.48 | 12.02 | 5.00 |
| B | 10.23 | 1.99 | 12.22 | 10.87 | 4.52 |
| 8 A | 6.57 | 5.22 | 11.79 | 11.82 | 11.86 |
| B | 10.38 | 0.34 | 10.72 | 11.39 | 0.77 |
| 9 A | 6.75 | 5.60 | 12.35 | 13.06 | 12.73 |
| B | 10.08 | 1.42 | 11.50 | 12.66 | 3.23 |
| 10 A | 9.78 | 1.13 | 10.91 | 12.74 | 2.57 |
| B | 9.05 | 2.50 | 11.55 | 12.97 | 5.68 |
| 11 A | 9.83 | 2.79 | 12.62 | 15.08 | 6.34 |
| B | 9.43 | 2.45 | 11.88 | 15.49 | 5.57 |
| 12 A | 8.58 | 3.77 | 12.35 | 13.34 | 8.57 |
| B | 3.66 | 1.03 | 4.69 | 4.26 | 2.34 |
| 13 | 2.32 | 2.75 | 5.07 | 5.63 | 6.25 |
| 14 | 2.37 | 0.79 | 3.16 | 2.87 | 1.80 |
| 15 | 0.86 | 0.81 | 1.67 | 1.98 | 1.84 |



第4図 強熱減量の地域的变化。(上) 表層試料, (下) 表層下試料
 (× 550°C, 6h; ● 550°C, 1h; ○ 850°C, 1h)



第5図 強熱減量と含泥量との相関 (○ 表層試料, ● 表層下試料)



第6図 550℃と850℃における強熱減量（1時間）の相関
 (○ 表層試料, ● 表層下試料)

550℃と850℃における1時間の強熱減量の相互関係を第6図に示す。有機物量が6%以上を含む部分は、含泥量60%以上の堆積物であるが、この範囲内では両者は逆相関である。砂質堆積物においては、有機物量もCO₂もともに含有量が少ない。このため、全体的には相関係数は0.11となり、無相関に近い状態となっている。

6. む す び

有明海の支湾である諫早湾における干潟堆積物を15地点より採集し、粒度分析と強熱減量の測定を行なった。強熱減量はDEANの方法を用い、550℃と850℃においてそれぞれ1時間強熱し、焼却する有機物量とCO₂量を測定した。その結果、粒度組成の代表値とした含泥量と、有機物の強熱減量との間には、高い正の相関を示すが、炭酸カルシウム含有量との間の相関は低い。

有明海海底の沖積層に含まれる有機物については、市原・黒田(1964)が有機炭素と窒素量を測定し、Org. C/N比が粒度組成と関係をもつことを明らかにしている。その研究の際、諫早湾口の2本の海底ボーリングの表層をなす泥質堆積物中の有機炭素の含有量として、0.886%と0.791%の値を得ている。強熱減量により求められた諫早湾の干潟上の泥質堆積物の表層における有機物量は、6.57~11.79%の範囲にある。したがって、今後 CHNアナライザーの使用によって正確な有機炭素量や窒素量を測定し、強熱減量によって推定される有機物量との対比の検討を行なう必要がある。

本研究を進めるに当たり、現地における試料採取の際には、福岡市立月隈小学校の多田正伸君の協力を得た。また、製図・浄書には本教室の吉岡優子さんの手をわずらわした。ここに記して厚くお礼を申上げる。

参 考 文 献

- DEAN, W. E. (1974): Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *Jour. Sed. Petro.*, **44**, 1, 242-248.
- 浜田七郎 (1970): 橘湾における堆積物の有機物分布 橘湾をモデルとした海況および魚群分布調査報告 (西海区水研), 33-36.
- 浜田七郎・浜田律子 (1963): 東海黄海の底土に関する研究 第2報 底びき漁場底土の粒度および全窒素含量と強熱減量の分布について 西海区水産研究所研究業績 154, 51-55.
- 浜田七郎・浜田律子 (1966): 大村湾における赤潮発生時の底土の性状 西海区水産研究所研究報告 34, 149-159.
- 市原優子・黒田紀子 (1964): 有明海海底の沖積層に含まれる有機物 地質雑 70, 831, 572-579.
- 鎌田泰彦 (1967): 有明海海底堆積物 長崎大学教育学部自然科学研究報告 18, 71-82.
- 鎌田泰彦・堀口承明・井上昌幸・渡辺博光 (1973): 長崎県千々石湾の底質 一とくに泥質堆積物の分布について 長崎大学教育学部自然科学研究報告 24, 61-79.
- TRASK, P. D. (1938): Organic content of recent marine sediments. *Recent Marine Sediment, Symposium*. Am. Assoc. Petrol. Geol., 428-453.
- TWENHOFEL, W. H. and TYLER, S. A. (1941): *Methods of study of sediments*. McGraw-Hill Book Co., New York & London.