

海底泥のエネルギー量の測定法について

河村芳文・今林博道・斉藤英俊・河合幸一郎

広島大学生物生産学部, 東広島市 739-8528

1998年10月20日 受付

要旨 海底泥の含有エネルギー量を熱量計によって測定するために、最適な試料重量、有効燃焼時間および燃焼回数を検討した。試料として、広島湾中央部において採取した海底泥（含泥率95%、強熱減量12.8%）を使用した。本研究で用いた微量熱量計（測定筒内水量 550g）では、最適な試料重量は0.04g~0.2g dryであり、また、燃焼時間は7分間を要した。無機鉱物を多く含む海底泥は、3回の繰り返し燃焼によって、完全にエネルギーを放出させることができた。

キーワード：エネルギー、海底泥、熱量計

緒 言

広島湾や備後灘などの富栄養化された浅海域では、植物・動物プランクトンの増殖・死滅および河川からの流入物によって、多量の有機物を含んだ海底泥が堆積している。海底泥のエネルギー含有量や、そこに住む堆積物食性の生物のエネルギー含有量を測定することは、海域生態系のエネルギー収支を研究するために重要である (LINDEMAN, 1942; SLOBODKIN, 1962)。有機物質のエネルギー含有量は、乾燥した素材1gが完全に燃焼する間に放出するカロリーとして定義され、熱量計を用いて測定するのが一般的である (CRISP, 1984)。いろいろな生物のエネルギー含有量を測定した研究はいくつか見受けられる (例えば、GOLLEY, 1961; SLOBODKIN and RICHMAN, 1961) が、海底泥は塩化ナトリウムや珪素などの無機鉱物を多く含んでいて燃えにくいので、熱量計を使用してエネルギー含有量を測定した研究は、まだ確立されていない。特に、海底動物やその糞のエネルギー含有量を測定する場合は、試料の採取が困難で、また少量しか採取できないため、より微量型の熱量計が使用されている。本研究の予備実験として、海底泥を熱量計で測定したが、その際に点火から何分後に燃焼が終了するのかが不明であること、試料の重量によって測定値が大きく変動すること、1回の燃焼では全エネルギーを放出しないことが示唆された。

本研究では、熱量計を用いて海底泥のエネルギー含有量を測定するための最適な試料重量、有効燃焼時間および燃焼回数を検討した。

材料と方法

本研究で用いた熱量計は、小川サンプリング(株)製の真空断熱式のO.S.K 220 (測定筒内水量 550g、標準試料重量 0.2g dry weight) であり、最低30cal.から測定できる微量型である。熱量計としては一般的なタイプで、小型で安価、操作方法が安易という特徴がある。

試料として、広島湾中央部において有機物を多量に含んだ海底泥（含泥率 95%、強熱減量 12.8%）を採取した。125 μ mの篩を通過させて夾雑物を取り除いた試料は、110℃で8時間乾燥させた後、乳鉢ですりつぶし、完全に均一な粉末にして使用した。ステンレス製の燃焼筒に試料を入れ、酸素を充填し、断熱された測定筒内の水中に燃焼筒を入れて試料に点火し、水温上昇を温度計で読み取ってカロリーに換算した。

測定前の水温安定時間は10分間とし、また燃焼時間に関する検討以外は点火から15分後に水温読み取りを行った。

試料重量

予備実験において、海底泥の単位重量あたりの含有エネルギー量の測定値は、試料重量によって変動することが認められたので、0.02g dry weightから0.42g dry weightまで試料重量を変化させて放出エネルギー量

を求めた。1つの試料重量につき、2~3回測定した。

燃烧時間

無機鉱物を多く含んでいて燃えにくいとされる海底泥の有効燃烧時間を決定するため、放出エネルギー量の経時変化を記録した。0.1g dry weightの海底泥について、点火から20分経過するまで1分ごとの温度上昇を記録し、放出エネルギー量を算定した。

燃烧回数

予備実験において、1回の燃烧では含有する全エネルギー量を放出しなくとも、同一試料を繰り返し燃烧させることによりエネルギーを放出することが推察された。そこで、0.1~0.3g dry weightの海底泥について、繰り返しの燃烧による放出エネルギー量を測定した。1つの試料重量について、2回測定した。

結 果

試料重量

試料重量と放出エネルギーの関係を図1に示す。放出エネルギー量は試料重量によって変動するが、3つの相 (a, b, c) に区分された。放出エネルギー量は試料重量0.04g以下 (a相) では減少するが、0.04gから0.2gまで (b相) 直線的に上昇した。0.12g以上 (c相) でもやや上昇するものの、ばらつきが大きかった。特にb相では、放出エネルギー量 (y, cal) は試料重量に正比例して上昇しており、有意な一次式 $y=260x+9.8$ ($r=0.901$, $n=23$, $p<0.001$) が成立した。

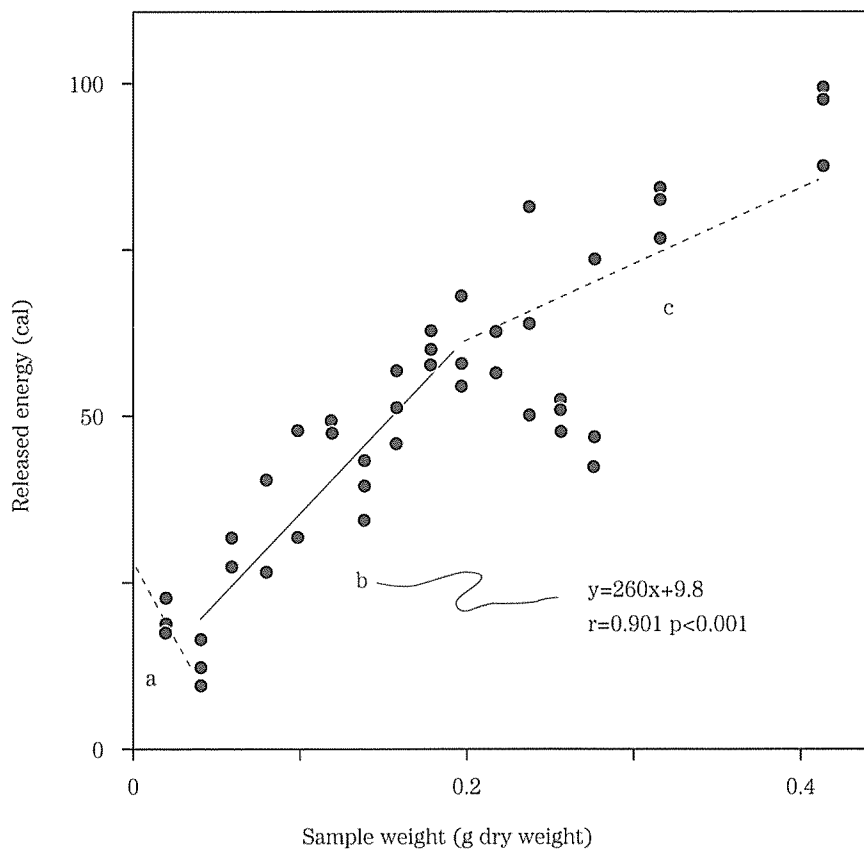


Fig. 1. Relationship between sample weight and released energy in marine sediment. The relationship was divided into three phase (a, b, c).

燃焼時間

燃焼時間と放出エネルギー量の関係を Fig. 2 に示す。海底泥の放出エネルギー量は燃焼開始直後から急激に上昇し、5分を過ぎると温度の上昇が緩やかになった。7分後には、エネルギー量の放出は停止した。

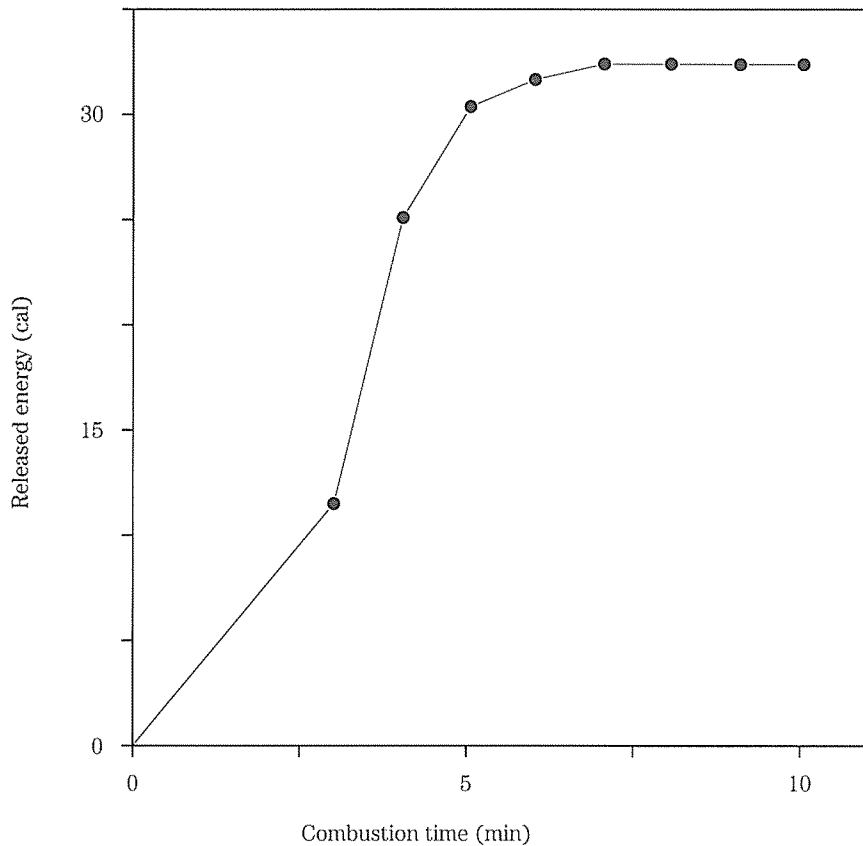


Fig. 2. Relationship between combustion time and released energy in marine sediment.

燃焼回数

燃焼回数と放出エネルギー量の関係を Fig. 3 に示す。海底泥 0.1~0.3g dry weight の各試料区において、1回目の燃焼で放出されるエネルギー量は非常に大きく、総放出エネルギー量の75~90%に達した。2回目の燃焼で10~17%、3回目で0~10%と漸次低下し、4回目以降でのエネルギー放出はみられなかった。また、海底泥0.1、0.2gのエネルギー放出量はそれぞれ40、80calを示し、試料重量とエネルギー量の関係は正比例していた。しかし、海底泥0.3gにおいては、エネルギー放出量(80cal)の増加がみられなかった。

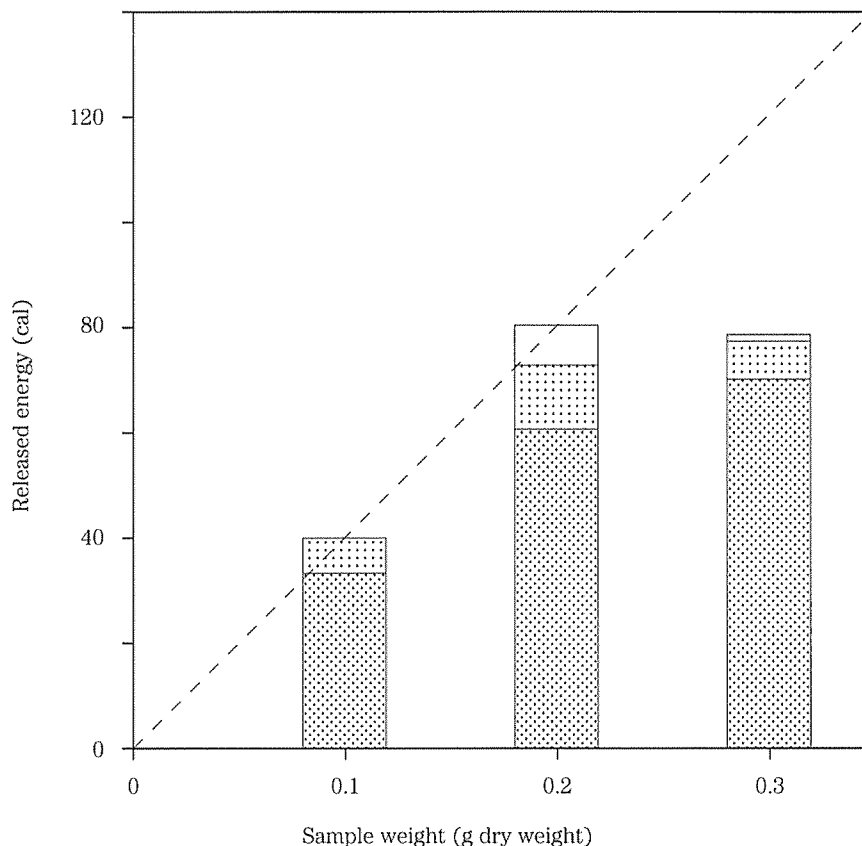


Fig. 3. Total energy released from three replicates of combustion in marine sediment. The symbols, \boxtimes , \boxplus and \square , denotes energy released at first, second and third combustion, respectively.

考 察

本研究によって、海底泥を1回燃焼させて放出されるエネルギー量は、その試料重量によって影響され、両者の関係は3つの相 (a, b, c) に区別されることが判明した。a相では、海底泥の検出エネルギー量が少な過ぎるため、理論的に矛盾する結果となっている。c相では、試料が多過ぎて完全に燃焼できないため、測定値のばらつきが大きかったものと考えられる。これらに対して、b相においては、放出エネルギー量が試料重量と正比例の関係にあることから、この範囲で適正な測定が行われていることが分かる。適正試料重量は、0.04~0.2g (中央値 0.12g) と推定された。

海底泥から放出されるエネルギー量は燃焼時間によって変化し、適正試料重量の範囲 (b相) のほぼ中央値である0.1gについて計測すると、燃焼開始直後は急激に増加するが、7分後には一定となった。したがって、海底泥のエネルギー量の燃焼時間は7分間でよいことが判明した。

予備実験において、無機鉱物を多量に含んだ海底泥は一回の燃焼ですべてのエネルギーを放出し得ないことが示唆されていたが、本研究によって、1つの試料を繰り返し燃焼させると、2回目以降もエネルギーが放出されることが判明した。すなわち、適正試料重量の範囲内 (b相) である0.1gと0.2gおよび範囲外 (c相) である0.3gの海底泥は、いずれも2回目および3回目の燃焼で全放出エネルギー量の10~17%および0~10%の放出がみられた。したがって、海底泥のエネルギー量の測定においては繰り返しの燃焼が必要で

あることがわかる。

特に、0.1gと0.2gの海底泥では、試料重量と放出エネルギー量が正比例していることから、3回の繰り返し燃焼によって適正な値が検出できる可能性が示された。しかし、0.3gの海底泥の放出エネルギー量は3回目の燃焼によってもほとんど増加せず、0.2gの場合と同一の80calであった。このことは、試料中の無機成分が多すぎると繰り返し燃焼させても放出されないエネルギーが存在すること (PAINE, 1964, 1966) が、影響したものと考えられる。

以上より、海底泥の含有エネルギー量を測定する場合には、0.04~0.2gの試料重量を、7分間の燃焼時間で、3回繰り返し燃焼させる、という条件を満たすことによって正しい値を検出できることが分かった。

引用文献

- CRISP, D. J., 1984, Energy flow measurements. In "Methods for the Study of Marine Benthos" (HOLME, N. A. and MCINTYRE, A. D. ed.), 2nd edition, pp.284-372, Blackwell Scientific Publications, London.
- GOLLEY, F. B., 1961, Energy values of ecological materials. *Ecology*, **42**: 581-583.
- LINDEMAN, R. L., 1942, The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, **23**: 399-418.
- PAINE, R. T., 1964, Ash and caloric determinations of sponge and opisthobranch tissues. *Ecology*, **45**: 384-387.
- PAINE, R. T., 1966, Endothermy in bomb calorimetry. *Limnology and Oceanography*, **11**: 126-129.
- SLOBODKIN, L. B., 1962, Energy in animal ecology. *Advances in Ecological Research*, **1**: 69-101.
- SLOBODKIN, L. B. and RICHMAN, S., 1961, Calories/gm in species of animals. *Nature*, London, **191**: 299.

Method of Measurement for Energy Content of Marine Sediment

Yoshifumi KAWAMURA, Hiromichi IMABAYASHI, Hidetoshi SAITO and Koichiro KAWAI

*Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima, 739-8528, Japan*

Abstract Energy content of marine sediment was measured by a bomb calorimeter. The optimal sample weight, the optimal combustion time and the optimal number of time for combustion were investigated. The mud samples (mud content 95%, ignition loss 12.8%) were collected in the center of Hiroshima Bay. Bomb calorimeters had the optimum range of 0.04g to 0.2g in sample weight and only unreliable values were obtained out of this range. A complete combustion of marine sediment sample took 7 minutes. Energy was completely radiated from a sediment sample, containing much minerals, by repeated combustion.

Key words: calorimeter, energy, marine sediment.