

## 解説

### 砂質堆積物からの放散虫殻の懸濁分離法

板木拓也

産業技術研究所海洋資源環境研究部門

## Elutriation technique for the extraction of radiolarian skeletons from sandy sediment

Takuya Itaki

Institute for Marine Resources and Environment, Geological Survey of Japan, AIST, Tsukuba 305-8567 (t-itaki@aist.go.jp)

### はじめに

放散虫化石は、主に泥やシルトから構成される遠洋性～半遠洋性堆積物に多産し、生層序や古環境解析などに広く用いられている。砂質の陸源碎屑物を主とした堆積物にも稀に含まれるが、多くの場合その含有量は極めて少ない。そのため、多数のプレパラートを観察するために過度の労力を費やすか、または分析を諦める場合が多かった。この様な試料から放散虫などの微化石を効率よく分離するには四塩化炭素などの重液を用いた浮選法が知られている（高柳編, 1978）。しかし、有害な薬品を使う上に珪酸の殻を持つ放散虫の場合は、比重が大きいため完全な分離が困難であるという問題点があった（八尾・本山, 2000）。

能條ほか（1994）では、粒子と水をピーカー内で良く攪拌し、その20秒後に懸濁液をろ過することにより、懸濁液中に浮遊している放散虫を抽出する処理法を用いている。この方法は、水中における放散虫（比重2.1）と他の鉱物粒

子（比重2.3～3.3）の沈降速度差を利用して放散虫を濃縮する処理法（ここでは懸濁分離法と呼ぶ）で、有害な重液を用いずに重い鉱物粒子などを除去する手段として有効である。しかし、当時、この手法では放散虫がどの程度完全に砂粒から分離されるか（分離効率）の検討がなされていなかったため、含有量や群集組成の定量分析には適さなかった。そこで、本研究では砂質試料における定量的な分析手法を確立するため、1回の懸濁分離によって抽出される放散虫はその試料に含まれる全放散虫の何割程度に達するのか、そしてその試料に含まれるほとんどの個体を分離するために何回の懸濁分離を行えば良いのかを検討した。

### 実験方法

この実験に用いたのは、南東太平洋の掘削コアから採取された第三紀および第四紀の半固結または未固結の砂質シルト堆積物6試料である（表1）。最初に従来の放散虫処理

表1. 懸濁分離実験で用いた試料 a～f の乾燥重量、各懸濁分離で抽出された放散虫個体数（Radiolarian Number；RN）、累積個体数（Cumulative RN；CRN）、累積抽出率（Cumulative Extraction Rate；CER）。

Table 1. Samples for the elutriation technique, their dry weight, extracted radiolarian number (RN), cumulative RN (CRN), and cumulative extraction rate (CER).

Sample	Dry wt. (g)		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	residue
a	2.55	RN (#/slide)	370	135	118	34	38	26		26
		CRN (#)	370	505	623	657	695	721		747
		CER (%)	49.5	67.6	83.4	88.0	93.0	96.5		100
b	2.30	RN (#/slide)	321	151	80	55	18			30
		CRN (#)	321	472	552	607	625			655
		CER (%)	49.0	72.1	84.3	92.7	95.4			100
c	2.63	RN (#/slide)	191	72	88	25	15			62
		CRN (#)	191	263	351	376	391			453
		CER (%)	42.2	58.1	77.5	83.0	86.3			100
d		RN (#/slide)	127	48	26	23	8	8	2	5
		CRN (#)	127	175	201	224	232	240	242	247
		CER (%)	51.4	70.9	81.4	90.7	93.9	97.2	98.0	100
e	1.29	RN (#/slide)	43		92					39
		CRN (#)	43		135					174
		CER (%)	22.2		65.7					100
f	2.83	RN (#/slide)	8	9	5	4	3			5
		CRN (#)	8	17	22	26	29			34
		CER (%)	23.5	50.0	64.7	76.5	85.3			100
		Mean CER (%)	39.6	63.7	76.2	86.2	90.8	96.8	98.0	100

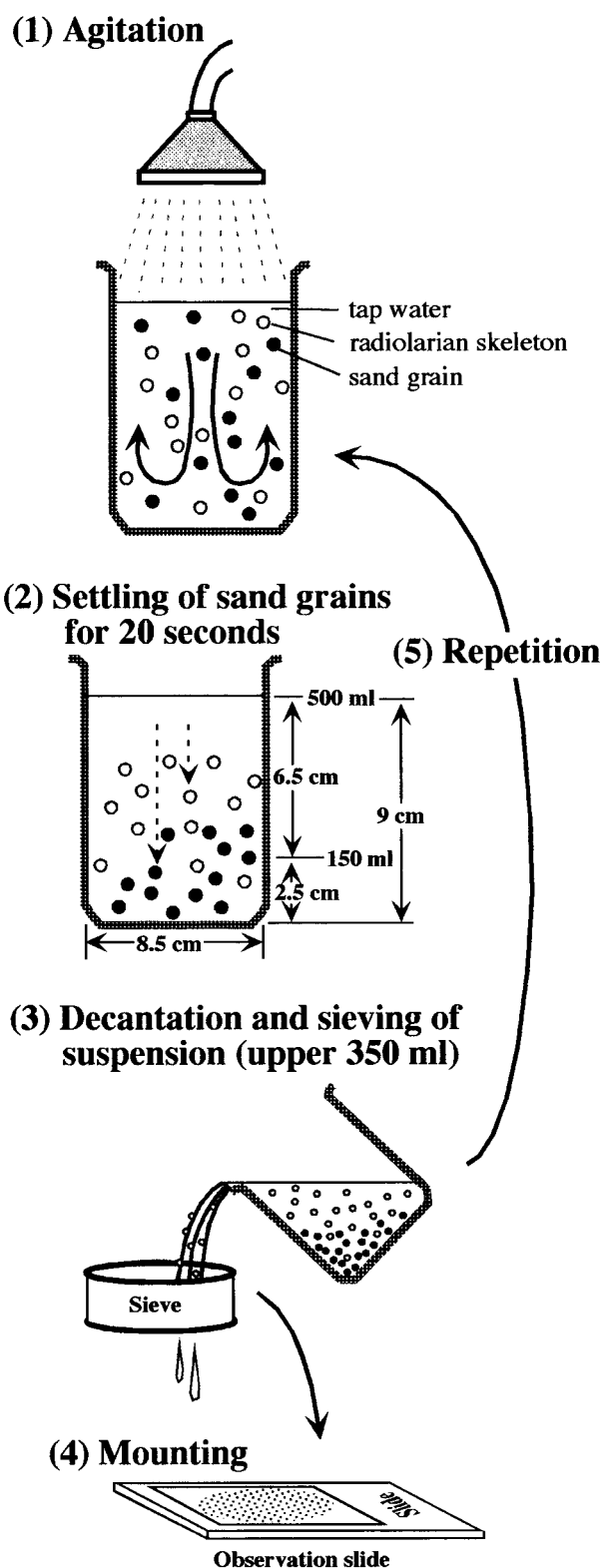


図1. 懸濁分離の実験手順。  
Fig. 1. Experimental procedure for the elutriation technique.

で行われるように（高柳編，1978），堆積物試料（乾燥重量にして1～3g）に過酸化水素水と塩酸を加えて有機物と炭酸塩を除去した後，63 $\mu$ mメッシュのふるいをを用いて水洗した。その後，ふるいに残された残渣をもとに以下の手順

で実験を行った（図1）。

(1) 残渣をビーカー（ここでは直径8.5cmの容量500mlのものを使用）に移し，深さ約9cm（500mlの線）まで水を入れて粒子が均一になるまでよく攪拌した。攪拌では，ビーカーに水を満たす際にシャワーの水圧を利用すると粒子がより均一に懸濁する。

(2) 水平な卓上でビーカーを放置して粒子を沈降させた。

(3) 約20秒後，ビーカーの底の沈殿物と150ml分の懸濁液を残し，深さ6.5cmまでの懸濁液（約350ml）を，63 $\mu$ mのふるいにかけた。これによって，比重の大きい粒子はビーカーに残り，比重の小さい粒子の一部がふるいの上に分離される。この時，ビーカーの底の粒子を可能な限り巻き上げないように注意する必要がある。また，出来るだけ素早くにかつ正確な量の懸濁液を濾過できるように，ビーカーにはあらかじめ濾過する水位に印を付けておくと効果的である。

(4) ふるいに集められた全ての粒子をピペットで摘出し，スライドガラスに散布した。水分が蒸発した後，粒子をエンタランニューで封入して観察用のプレパラートを作成した。

(5) 上述の手順(3)でビーカーに残った粒子をもとに(1)から(4)までの作業を3～7回繰り返して懸濁分離1回毎にプレパラートを作成した。ただし，サンプル-eについては，2回目と3回目の分離粒子を合わせてプレパラートを作成した。また，懸濁分離終了後にビーカーに残った全ての粒子についてもプレパラートを作成した。これらのプレパラートに含まれる放散虫の個体数を光学生物顕微鏡下で計数した。

## 実験結果

作成した懸濁物のプレパラートには，生物源粒子（主に放散虫と珪藻）の他にも鉱物粒子が幾分含まれていた（鉱物粒子の量は試料によってばらつきがある）。このように，懸濁分離によって鉱物粒子を完全に除去することは困難であるが，放散虫の観察に支障がある程ではない。数回の懸濁分離の末，ビーカーの底に残った最終的な残渣に含まれるわずかな放散虫個体は，殻の中に泥が充填するなど砂粒とともに沈殿しやすい状態になっていた。

実験の結果，各試料に含まれる放散虫の総個体数は34～747個体の値を示す（表1）。総個体数の大小に関わらず，懸濁分離を重ねる毎に摘出される放散虫の累積個体数は増加するものの，その増加率は減少する傾向がある（図2-a）。

一方，累積摘出率（Cumulative Extraction Rate：CER）は，次式で示されるように，その試料に含まれる放散虫総個体数に対する摘出された個体数の割合を言う。

$$\text{CER} (\%) = (\text{CRNi} / \text{CRNr}) \times 100$$

この時，CRNiは*i*回目までに分離された放散虫の累積個体数（Cumulative Radiolarian Number），CRNrはその試料に含まれる放散虫の総個体数を示す。試料中に含まれる放散虫総個体数が比較的少ないサンプル-eとサンプル-fは累

積摘出率が他の試料に較べると幾分低い傾向がある (図2-b). 1回目の懸濁分離では試料によって累積摘出率が22.2~51.4% (平均40%) とばらつきがあるが, 分離回数を重ねるのに伴い収束していき, 5回目の懸濁分離では累積摘出率が85.3~95.4% (平均91%) となる.

懸濁分離は回数を重ねる毎に放散虫殻の摘出率が100%に近くなるが, 作業の手間が増す上に, 試料によっては回数を増やし過ぎると鉍物粒子の混入が多くなってきてプレパラートでの観察が困難になってしまう場合がある. これは, 懸濁分離の回数を重ねる毎に生物片の割合が減少し, 相対的に鉍物粒子の混入割合が増加するためと考えられる. したがって, 実際の研究においてプレパラートを作成する際には, 5~7回程度の懸濁分離を行い, それにより分離された粒子をまとめて1枚のプレパラートに封入することが望ましい.

考察

Takahashi and Honjo (1983) は, 室内実験で水温 3℃,

10℃, 20℃の静水状態における放散虫殻の沈降速度を測定している. 今回の懸濁分離実験では, 攪拌直後の粒子の沈降速度が対流の影響を受けていることは間違いないが, 均一に攪拌されているとすれば, 平均的な沈降速度を反映していると考えられる. そこで, Takahashi and Honjo (1983) が示した水温10℃ (今回の実験に用いた水道水に近い温度) における放散虫殻 (堆積物中に保存される Polycystina 目) の沈降速度から分離効率の理論値を導き出し, 懸濁分離実験で得られた結果と比較した.

放散虫の沈降速度は種によって異なるが, 最も早い種が184m/日, 最も遅い種が18.7m/日で, 多くの種は, その中間の値をとると考えられる. 最も早い種は 20 秒間で水柱を4.2cm沈降するので, 500ml ビーカー内で攪拌20秒後に, 水面から深さ6.5cm までの懸濁水に含まれる全個体数は, 攪拌直後に深さ2.3cm までの懸濁水中に存在していたものである (6.5cm-4.2cm=2.3cm). したがって, 一回の試行により分離される放散虫個体の割合 (摘出率) は約26%となる (2.3cm/9cm × 100=25.5%). 同様に後者は20秒で0.4cm 沈降するから 68 %が分離できる計算となる (6.1cm/9cm ×

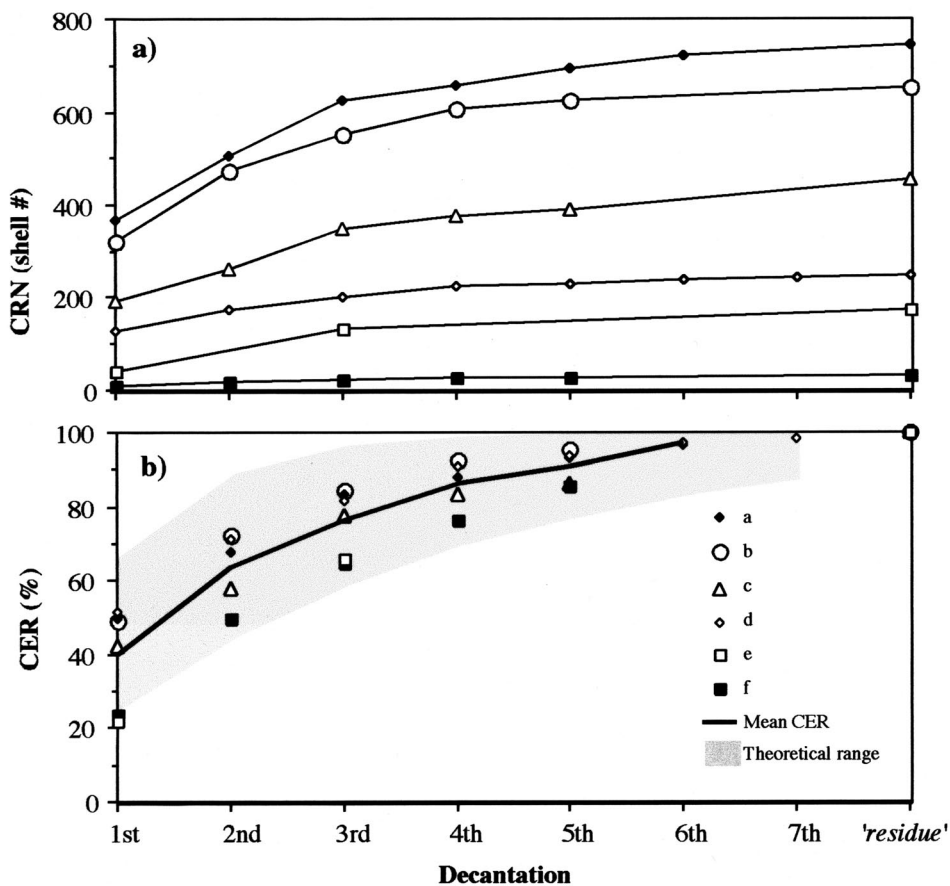


図2. 各懸濁分離で摘出された放散虫殻の(a)累積個体数(CRN)と(b)累積摘出率(CER). (b)の実線は観測値の平均, 灰色のハッチは放散虫殻の沈降速度(Takahashi and Honjo, 1983)から推定した理論値の範囲.

Fig. 2. (a) CRN and (b) CER for each decantation. Solid line indicates mean CER values. Shaded zone shows the theoretical CER range estimated based on sinking speed of radiolarian shells calculated by Takahashi and Honjo (1983).

100=67.7%)。以上のことから、1回の懸濁分離による抽出率の理論値は26～68%となる。2回目以降は、前回の懸濁分離で残された粒子から更に同じ割合ずつ分離される。

実際の観測では、1回目の懸濁分離による抽出率は22.2～51.4%であり、下限が理論値よりもやや小さい値を示したものの、ほぼ理論値の範囲に含まれている(図2-b)。この事は、懸濁分離によって放射虫殻が理論通りに効率よく分離されていることを示しており、懸濁分離法の定量分析の有効性を意味する。ただし、放射虫殻の沈降速度は種により最大約10倍程度違うので、沈降速度の速い種が多い試料に関しては、懸濁分離の回数が十分でないと正確な群集組成が得られない可能性がある。

### おわりに

懸濁分離法は、放射虫殻と他の鉱物粒子の沈降速度差を利用した放射虫の濃集方法の一つである。本報告では、懸濁分離法による放射虫の分離効率を調べる実験の結果を紹介した。試料の乾燥重量は1～3g、500mlのビーカーを使用、沈降時間20秒とした今回の実験条件では、1回の沈降分離で試料中の全放射虫殻の平均約40%、5回の沈降分離で約90%を抽出することができた。実際に懸濁分離法を用いて試料を処理する際の実験条件は、試料の質や量、実験室の環境などにより適宜変えることが必要である。

沈降分離法による放射虫の分析は、これまで敬遠されがちであった陸源碎屑物を多く含む砂質堆積物に有効である。それによって、これまで十分に明らかではなかった例えば浅海域や海水域などの砂質堆積物中の放射虫群集解析に適用されることが期待される。

### 謝辞

筑波大学地球科学系の本山 功博士には粗稿を読んで頂き、多数の有益なコメントを頂いた。また、2名の匿名査読者により、本論文は改善された。以上の方々から謝意を表す。

### 文献

- 能條 歩・都郷義寛・鈴木昭彦・嵯峨山積, 1994. 南西北海道今金地域の新第三系黒松内層の岩相層序と年代. 地質学雑誌, **100**, 771-786.
- Takahashi, K. and Honjo, S., 1983. Radiolarian skeletons : size, weight, sinking speed, and residence time in tropical pelagic oceans. *Deep-Sea Research*, **30**(5A), 543-568.
- 高柳洋吉編, 1978. 微化石研究マニュアル. 191p., 朝倉書店.
- 八尾 昭・本山 功, 2000. II-1-4-3放射虫類. 化石研究会編, 化石の研究法 採集から最新の解析法まで, 73-78. 共立出版.

(2002年6月19日受付, 2002年8月2日受理)

