海洋体系中稀土元素的富集系数与停留时间的相关性研究

柴之芳　毛雪瑛　马淑兰

（中国科学院高能物理研究所，北京）

在上一篇文章中[1]，我们利用高灵敏度、且具多元素分析能力的中子活化法，测得了近 20 种元素在海洋体系中的富集系数，并给出了它们与停留时间的负相关方程式.

本文将要讨论稀土元素的情况，因为目前文献中关于海洋体系中稀土元素的停留时间值非常稀少[2]. 为此，我们在以前工作的基础上，利用上述负相关方程式，结合中子活化分析法测得的一组深海岩心样品中的稀土元素浓度，研究稀土元素在海洋体系中的富集系数与停留时间之相关性，从而估算出一套具有内在相关性的停留时间值.

一、实　验

本工作所用的深海沉积物岩心样的地理位置为112°26′E 和 18°27′S，水深为 3070 米，具体取样情况见我们以前的文章[3].

样品分析方法见文献[4]. 为保证稀土元素的分析质量，在实验过程中，利用美国地质调查局的 AGV 和 GSP 作为控制分析误差的标准参考物质，一般单值的分析误差在 5—10%.

对于分析过程中可能存在的干扰因素(例铀裂变对稀土分析的影响)作了考虑，本文从略.

二、结果与讨论

表 1 列出了我们用中子活化法测得的 AGV 和 GSP 中的稀土元素的含量，并与文献值

表 1　本工作测得的稀土元素准确度之检验

元素	AGV(ppm)			GSP(ppm)		
	实验值	文献值[5]	文献值[6]	实验值	文献值[5]	文献值[6]
La	39±1	35	36	200±5	191	195
Ce	61±5	63	71	422±5	394	360
Nd	38±1	39	37	248±10	188	
Sm	6.2±0.2	5.9	5.9	27.8±0.3	27.1	25
Eu	1.74±0.05	1.7	1.6	2.49±0.4	2.4	2.4
Tb	0.69±0.02	0.7	0.7	1.30±0.04	1.3	1.4
Yb	1.73±0.1	1.7	1.9	1.87±0.04	1.8	1.9
Lu	0.26±0.02	0.28	0.3	0.24±0.01	0.23	0.2

作了比较. 由表 1 可见，实验值本身之相对标准偏差均小于 10%，与文献值的误差基本上也在10%以内. 唯一例外是 GSP 中的 Nd，看来，进一步测定 GSP 中的 Nd 含量是需要的.

表 2 列出了我们用中子活化测得的 La、Ce、Nd、Sm、Eu、Tb、Yb 和 Lu 的含量之平均值、

本文 1985 年 5 月25日收到.

标准差及变异系数. 利用实验值以及大洋水中的元素平均浓度[6]，可计算元素的富集系数，结果列于表3. 尽管大洋水中的稀土元素浓度随地理位置和水深有一定的变化，但随着现代海水分析技术的改进，可认为这些元素的浓度变化一般不超过一个量级，因此，表3中的富集系数也可认为大体上在一个量级的范围内是准确的. 我们在上一篇文章[1]中，曾根据实验结果，推导出了一个描述痕量元素在海洋体系中的停留时间 τ 与其富集系数 f 的相关性的方程式:

$$\lg\tau = -0.826\lg f + 8.03, \qquad (1)$$

表 2　用中子活化法测得的一组深海岩心样品中八个稀土元素的浓度（单位 ppm）

元素	平均浓度	标准差 σ	变异系数 C(%)
La	12.3	2.8	22.9
Ce	10.4	3.3	31.7
Nd	12.0	4.1	34.2
Sm	2.32	0.51	22.0
Eu	0.621	0.122	19.6
Tb	0.369	0.090	24.3
Yb	1.15	0.20	17.4
Lu	0.20	0.04	20.0

表 3　本实验给出的元素富集系数与其停留时间值

元素	海水中浓度(PPb)[7]	计算得的富集系数	本实验给出的停留时间(年)	停留时间文献值[2](年)
La	0.0034	3.6×10^6	410	440
Ce	0.0012	8.7×10^6	200	81
Nd	0.0028	4.3×10^6	360	270
Sm	0.00045	5.2×10^6	230	180
Eu	0.00013	4.8×10^6	330	300
Tb	0.00014	2.6×10^6	540	?
Yb	0.00082	1.4×10^6	900	530
Lu	0.00015	1.3×10^6	950	450

利用式(1)和实验给出的富集系数，便可计算出八个稀土元素的停留时间，列于表3，表中还给出了仅有的文献值[2]. 由表中数据可见，这些稀土元素的停留时间与文献值基本上在1倍的误差范围内相符. 考虑到海水中元素浓度有一定的波动，以及停留时间文献值的准确度有待验证，实验值与文献值的符合是可以接受的. 鉴于目前文献中还没有 Tb 的停留时间值，我们根据实验结果作了估算，Tb的停留时间值为 540 年.

参　考　文　献

[1] 柴之芳等，用中子活化法研究元素在海洋体系中的富集系数与停留时间的相关性，科学通报，**30**(1985)，15: 1193.

[2] 刘英俊等，元素地球化学，科学出版社，1984，213.

[3] 柴之芳等，海洋学报，**7**(1985)，2: 240.

[4] 柴之芳等，深海钻孔样品中微量元素地球化学行为的中子活化研究，地球化学(在印刷中).

[5] Flanagan, F. J., *Geochim. Cosmochim. Acta*, **33** (1973), 1189.

[6] Abbey, S., *Geostandards Newsletter*, **2** (1978), 141.

[7] Goldberg, E. D., in *Chemical Oceanography* (Eds. Riley, J. P. and Skirrow, G.), 2nd Edition, Academic Press, **1** (1975) (刘光等译，化学海洋学，第二版，第一卷，海洋出版社，1982，534—536).