

^{54}Mn 在几种海洋生物体内的行为

陈英 蔡福龙 许丕安 邱曼华 林荣盛 赖招才 黄凌毅

(国家海洋局第三海洋研究所)

提要 本文研究了 ^{54}Mn 在罗非鱼、对虾、毛蚶、文蛤体内的浓集、器官分布和几种生物质的含量及代谢。结果表明:罗非鱼、对虾、毛蚶对 ^{54}Mn 的浓集系数在同一个数量级上,经一个月的排泄实验后,罗非鱼中的 ^{54}Mn 大部分都排泄掉,而对虾、毛蚶仅排泄一半左右。毛蚶和文蛤的外壳对 ^{54}Mn 有特殊的浓集能力;消化系统对 ^{54}Mn 的浓集能力最高且排泄很快,而肌肉浓集较少排泄也较慢,核酸系统 ^{54}Mn 含量最高,且RNA大于DNA,有机酸系统含量最少。

主题词 ^{54}Mn 、罗非鱼、对虾、毛蚶、文蛤、浓集

前 言

^{54}Mn 是核电厂及其他核设施排出的主要活化产物之一。而Mn又是生物的必要元素,在生物体内通常以+2和+3价两种氧化态存在,它是线粒体中呼吸酶的辅助因子^[1,2],因此海洋生物对该核素的浓集是值得重视的问题。在这方面国际上虽有报导^[1,2],但只对一般体内积累的描述,较少对体内行为的深入研究。本文在 ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{65}Zn 等多种核素存在的情况下,研究了它在几种海洋生物体内的行为,为评价海洋环境质量,保护水产资源提供科学依据。

材 料 与 方 法

在敷设聚乙烯塑料薄膜使池底壁同水隔离的水池里,放入1.2吨的天然海水,加入氯化物形式的 ^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{60}Co , 浓度分别为 $1.34 \times 10^{-7}\text{Ci/L}$, $1.92 \times 10^{-8}\text{Ci/L}$, $1.12 \times 10^{-8}\text{Ci/L}$, $2.40 \times 10^{-8}\text{Ci/L}$,充分搅均后,加入底泥,浸泡10天后,接种扁藻*Platymonas* sp. 和三角褐指藻*Phaeodactylum tricornutum* Bohlin, 5天后放入15条罗非鱼*Tilapia mossambica* Peters, 平均个体重为12.2克;20条对虾*Penaeus penicillatus* Alcock, 平均个体重为7.8克;40个毛蚶*Arca subcrenata* Lischke 平均个体重为9克,90个文蛤*Cyclina sinensis* Gmelin, 平均个体重3克,培养30天后取样,解剖成各组织器官,测其放射性含量后再行生化分离。分别用索氏提取法提取脂肪;苯-碳酸氢钠-乙醚提取法提取有机酸;用高氯酸水解法提取RNA(低温),DNA(高温);用高氯酸沉淀法提取蛋白质。并测定各生化组份的放射性含量。射线仪器用Ge(Li)探头和S-80智能多道分析器。

结 果

一 藻类对 ^{54}Mn 的浓集

由表 1. 可见,在 6 小时内,其浓集系数高达 2313,随着时间延长而下降,至 2 天以后保持在 250—200 左右。这种下降的原因可能是浮游藻类的代谢产物逐渐增多,阻止了藻体对 ^{54}Mn 的吸收。

表 1 扁藻、三角褐指藻对 ^{54}Mn 的浓集进程
Table 1 The process of ^{54}Mn concentrated by *Platymonas* sp.
and *Phaeodactylum tricornutum*

时 间 Time	比 活 性 Specific activity ($\mu\text{Cur./g}$)		浓 集 系 数 Concentration factor
	水 Water	扁藻、三角褐指藻 Algae	
6 (hrs.)	1.73×10^{-5}	4.01×10^{-2}	2313
12 (hrs.)	1.54×10^{-5}	1.95×10^{-2}	1262
18 (hrs.)	1.44×10^{-5}	1.30×10^{-2}	900
24 (hrs.)	1.45×10^{-5}	9.53×10^{-3}	658.6
2 (days)	1.59×10^{-5}	3.97×10^{-3}	250.2
5 (days)	1.19×10^{-5}	2.62×10^{-3}	200

二. 几种海洋生物对 ^{54}Mn 的浓集与排出

罗非鱼、对虾、毛蚶、文蛤进行一个月的浓集实验后,留一部分养于清洁海水中进行一个月的排出实验,其结果如表 2 所示

表 2 ^{54}Mn 在罗非鱼、对虾、毛蚶、文蛤体内的残留量
Table 2 The remains of ^{54}Mn in the tilapia, penaeid prawn,
bloody clam and peibald clam

种 类 Specieses	浓集实验比活性 Specific activity in concentration ($\mu\text{Cur./g}$)	浓集系数 concentration factor	排泄实验比活性 Specific activity in excreting($\mu\text{cur./g}$)	1月后核素残留量 remains after a month(%)
罗非鱼 Tilapia	3.02×10^{-4}	25.4	9.76×10^{-6}	3.2
对 虾 Penaeid prawn	2.50×10^{-4}	21.0	1.20×10^{-4}	47.7
毛蚶(整体) Bloody clma (entire)	2.20×10^{-4}	18.5	3.94×10^{-4}	178.8
毛蚶(可食部分) Bloody clam (edible)	3.79×10^{-5}	3.2	2.58×10^{-5}	63.2
文蛤(整体) Piebald clam (entire)	3.70×10^{-5}	3.1	—	—
文蛤(可食部分) Oiebald clam (edible)	1.24×10^{-5}	1.0	—	—

表2可以看出,罗非鱼,对虾,毛蚶对⁵⁴Mn的浓集系数都是在同一数量级上,而文蛤比它们小一个数量级;毛蚶和文蛤的可食部分为全样的1/3—1/6;经过一个月排出实验后,罗非鱼几乎全部排出,残留量仅占3.2%;对虾排出50%左右;毛蚶反而升高达1.78倍,但可食部分残留量则为68.2%。

三、⁵⁴Mn在海洋生物各器官和部位的分布

1. 罗非鱼

从表3可看出罗非鱼各器官对⁵⁴Mn的浓集系数很不相同,其顺序为肠道>生殖腺>肝胆>鳞片>鳍>鳃>骨>头>肌肉。另外,由于肠道内的内含物的浓集系数高达1003,由此可见肠道本身浓集系数高是个假象,肠道组织本身的浓集系数未必很高。而真正值得注意的是生殖腺、肝、胆,这些重要器官的浓集系数都比较高。不过可食部分—肌肉的浓集能力最低。就总体的含量分布而言,除肠道外,各器官的比例尚属均匀。

表3 ⁵⁴Mn在罗非鱼各部位的分布及浓集系数

Table 3 The distribution and concentration factors of ⁵⁴Mn in organs and positions of tilapia

部位或器官 Positions and organs	重量 Weight(g)	放射性总强度 Radioactivity (uCur.)	比活性 Specific activity (uCur./g)	浓集系数 Concentration factor	分布百分比 Distribution (%)
头(head)	16.63	4.80×10^{-4}	288×10^{-5}	2.4	4.2
鳞(scale)	3.18	3.97×10^{-4}	1.5×10^{-4}	10.5	3.4
鳃(gill)	9.00	5.50×10^{-4}	6.10×10^{-5}	5.1	4.8
鳍(fin)	4.86	3.18×10^{-4}	7.28×10^{-5}	6.1	2.8
肝胆(liver and gall-blader)	2.22	4.93×10^{-4}	2.22×10^{-4}	8.6	4.3
肠(intestines)	2.59	8.06×10^{-3}	3.11×10^{-3}	261.6	70
生殖腺(gonad)	1.55	7.73×10^{-4}	3.69×10^{-4}	31.0	5.0
肌肉(muscle)	35.10	3.69×10^{-4}	1.05×10^{-5}	0.88	3.2
骨骼(bone)	4.95	2.79×10^{-4}	5.64×10^{-5}	4.74	2.4

2. 对虾

表4的数据表明:⁵⁴Mn在对虾内脏中的浓集系数最高,而肌肉最低,其顺序为内脏>外壳>附肢>头胸>肌肉。就整条虾的绝对值而言,含量最高的仍是附肢,最少的是肌肉。

3. 毛蚶

从表5来看,毛蚶各部位的浓集系数顺序为外壳>肠>外套膜>鳃>闭壳肌>消化腺>血液>腹足。其中外壳的浓集能力与各器官相差甚大,在整体中的含量仍是外壳最多,达86.6%,腹足最少仅占0.5%。

4. 文蛤

表6的数字表明,文蛤的外壳对⁵⁴Mn具有特异的浓集能力,不管是其浓集系数还是

表4 对虾各部位⁵⁴Mn的分布和浓集系数Table 4 The distribution and concentration factor of ⁵⁴Mn in positions of penaeid prawn

部 位 Positions	重 量 Weight (g)	放射性总强度 Radioactivity ($\mu\text{Cur.}$)	比 活 性 Specific activity ($\mu\text{Cur./g}$)	浓集系数 Concentration factor	分布百分比 Distribution (%)
附肢 Appendages	15.3	5.33×10^{-3}	3.47×10^{-4}	29.2	30.6
头胸 Cephalothorax	19.92	3.42×10^{-3}	1.72×10^{-4}	14.4	19.6
壳 Shell	4.3	3.12×10^{-3}	7.25×10^{-4}	60.9	17.9
肌肉 Muscle	25.64	6.82×10^{-4}	2.66×10^{-5}	2.24	3.9
内脏 Internal organs	4.32	4.85×10^{-3}	1.12×10^{-3}	94.3	27.9

表5 ⁵⁴Mn在毛蚶各部位的分布和浓集系数Table 5 The distribution and concentration factor of ⁵⁴Mn in positions of bloody clam

部 位 Positions	重 量 Weight (g)	放射性总强度 Radioactivity ($\mu\text{Cur.}$)	比 活 性 Specific activity ($\mu\text{Cur./g}$)	浓集系数 Concentration factor	各部位的分布 Distributions (%)
血液(Blood)	49.94	1.39×10^{-3}	2.79×10^{-5}	2.34	5.1
外套膜(Pallium)	6.54	6.75×10^{-4}	1.03×10^{-4}	8.67	2.4
鳃(gill)	7.73	6.46×10^{-4}	8.36×10^{-5}	7.02	2.3
斧足(Pelecypodium)	19.63	1.42×10^{-4}	7.24×10^{-6}	0.61	0.5
肠(Intestines)	1.01	1.83×10^{-4}	1.82×10^{-4}	15.20	0.7
消化腺(Digestive gland)	4.60	1.97×10^{-4}	4.28×10^{-5}	3.50	0.7
壳(Shell)	53.76	4.79×10^{-2}	8.16×10^{-4}	68.60	86.6
闭壳肌(Muscle)	6.30	3.89×10^{-4}	6.17×10^{-5}	5.19	1.4

表6 文蛤各部位⁵⁴Mn的含量和浓集系数Table 6 The contents and concentration factor of ⁵⁴Mn in positions of peibald clam

部 位 Positions	重 量 Weight (g)	放射性总强度 Radioactivity ($\mu\text{Cur.}$)	比 活 性 Specific activity ($\mu\text{Cur./g}$)	浓集系数 Concentration factor	分布百分比 Distribution (%)
软组织(Soft tissue)	57.28	6.72×10^{-4}	1.17×10^{-6}	0.99	11.4
外壳(Shell)	45.99	4.50×10^{-3}	9.79×10^{-6}	8.23	76.2
体液(Body fluid)	56.62	7.34×10^{-4}	1.30×10^{-5}	1.09	12.4

整体的分布都表现了这一点。

综上所述,可以认为对虾、毛蚶、文蛤的外壳对⁵⁴Mn都有特殊的吸附能力,这可能是因外壳的钙质对锰具有特别的亲和力及表面吸附力的结果;胃肠道的浓集系数高的原因同它们摄食含有核素的藻类、悬浮物,甚至是底泥有关;在肝、胆等脏器部分的含量比任何可食部分都高,是因为肝(消化腺)含有丰富的金属酶,而锰是某些酶的辅基所造成的。

四、生物各部位⁵⁴Mn的排泄

罗非鱼、对虾和毛蚶的排泄实验的结果如图1。

从图1可看出,三种生物的不同部位对⁵⁴Mn排泄的共同点是原来浓集量最大的肠

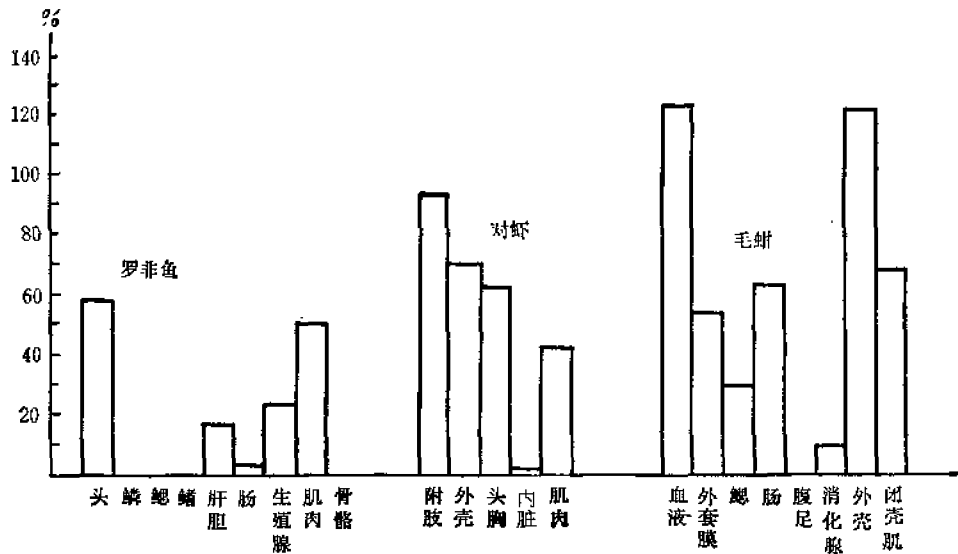


图 1 一个月排泄实验后,上述三种生物各部位 ^{54}Mn 的残留量(以%计)

fig 1 The remains of ^{54}Mn in positions of tilapia, penaeid prawn and bloody clam after excreting experiment for one month

胃、肝脏(消化腺),其排出十分明显;具有特殊浓集能力的外壳的排出不明显,原来浓集能力较差的肌肉排出却相当慢,说明对 ^{54}Mn 的排出与器官的新陈代谢有关。其中毛蚶的外壳和血液的 ^{54}Mn 的浓集量反而比排出以前的高,这是由于它们对其它生物排入水中之 ^{54}Mn 重新吸收的缘故。就生物而言, ^{54}Mn 的残留量最少的是罗非鱼,仅为 3.2%,其次是对虾为 47.7%,最多的是毛蚶则为 68.2%,这与毛蚶营滤食性的习性有关。

五、 ^{54}Mn 在海洋生物体内生化物质中的分布

由表 7 可以看到,罗非鱼、对虾、毛蚶三种生物中 RNA 的 ^{54}Mn 含量最高,有机酸含量最少,其顺序如下:

罗非鱼: RNA > DNA > 脂肪 > 蛋白质 > 有机酸

对虾: RNA > DNA > 蛋白质 > 脂肪和有机酸

毛蚶: RNA > DNA > 蛋白质 > 脂肪 > 有机酸

表 7 罗非鱼、对虾、毛蚶各种生化物质中的 ^{54}Mn 含量

Table 7 The Contents of ^{54}Mn in Biochemistry materials of tilapia, penaeid prawn and bloody clam 单位: 微居里/克($\mu\text{Cur./g}$)

生化成分 Biochemistry material	罗非鱼 Tilapia	对虾 Penaeid prawn	毛蚶 Bloody clam
DNA	1.74×10^{-2}	1.24×10^{-1}	2.30×10^{-2}
RNA	2.54×10^{-1}	3.26×10^{-1}	1.54×10^{-1}
有机酸(Organic acid)	2.17×10^{-5}	—	1.28×10^{-5}
脂肪(fat)	1.22×10^{-2}	—	1.09×10^{-3}
蛋白质(Protein)	5.77×10^{-3}	2.04×10^{-3}	1.02×10^{-2}

讨 论

从实验的结果看, ^{54}Mn 在海洋生物体内的行为,可以分成如下几种:

1. 吸附:表现在扁藻、三角褐指藻、罗非鱼的头部,鳞片、鳍、鳃,对虾和毛蚶的外壳等部位,随着生物种类、组织器官及生物组成的不同表现出不同的特点。例如扁藻、三角褐指藻对 ^{54}Mn 进行短期的吸附之后又不断地解吸,这可能是海水中生物代谢产物络合了藻体上的 ^{54}Mn 的结果;罗非鱼的鳍、鳃、鳞片等器官对 ^{54}Mn 的吸附在排出实验中容易解吸,对虾的附肢、外壳,毛蚶的外壳对 ^{54}Mn 的吸附,在排出实验中不易解吸,甚至毛蚶外壳在排出实验中反而增加,这是重吸附的结果,说明几丁质和石灰质对 ^{54}Mn 有特异的亲和力。

2. 组织结合:表现在罗非鱼的头部、肌肉、肝胆、生殖腺;对虾的头胸,肌肉;毛蚶的血液、外套膜、闭壳肌、消化腺等器官组织。随着器官组织功能的不同,也表现出不同的特点。三种生物的肌肉及毛蚶的血液对 ^{54}Mn 的浓集能力虽然不高,但结合得较紧,不易排出,肝胆(消化腺)对 ^{54}Mn 的浓集能力虽然较高但比肌肉较易排出体外,不排出的部份 ^{54}Mn ,往往参与生物合成。

3. 分子结合:表现在RNA、DNA、脂肪、蛋白质、有机酸等生化物质都能检出 ^{54}Mn ,其中以RNA、DNA最为明显。 $\text{Mn}(\text{II价})$ 与 $\text{Mg}(\text{II价})$ 具有相似的化学性质,它倾向于与磷酸根这类含有弱配位原子配位体键合,在涉及到磷酸根的反应中, $\text{Mn}(\text{II价})$ 可取代 $\text{Mg}(\text{II价})$ ^[2],这是RNA、DNA含有较多的 ^{54}Mn 之原因。

参 考 文 献

- [1] Anneli Salo, 1980. NEA Seminar on Marine Radioecology, 359—371. Tokyo, OECD.
 [2] Fabano, A. W. and D. R. Williams, 1984. "The Principles of Bioinorganic Chemistry", 27—34.
 [3] Louman F., 1960. Disposal of radioactive wastes. Vienna, IAEA, 2: 106.

ON THE BEHAVIOUR OF ^{54}Mn IN SOME MARINE ORGANISMS

Chen Ying, Cai Fulong, Xi Pian, Qiu Manhua, Lin Rongsheng,
Lai Zhao Cai and Huan Lingyi

(The Third Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

ABSTRACT The concentration and distribution of ^{54}Mn in tilapia fish (*Tilapia mossambica* Poirer) penaeid prawn (*Penaeus penicillatus* Alcock) and Clams (*Arca granosa* Linnus and *Cyclina sinensis* Gemlin) were studied, and the content of ^{54}Mn in some biochemical matters in the body of these organisms was measured. The results showed that concentration coefficient of ^{54}Mn in the fish, prawn and the two clams were in the same order of magnitude. After one month of excretion experiment, most

of ^{54}Mn in the fish was completely excreted, however, in the prawn and the clams only half of ^{54}Mn content were excreted. The shells of two clams had a special ability in absorption and concentration of ^{54}Mn . The digestive systems of all these organisms had highest concentrating and fastest excreting abilities, while their muscles had low concentration and slow excretion abilities. The content of ^{54}Mn was highest in the nuclei acid, but lowest in the organic acid.

KEY WORDS ^{54}Mn , Tilapia fish, *Tilapia mossambica* Poster, Penaeid prawn, *Penaeus penicillatus* Alock, Clams (*Arca granosa* Linnus and *Cyclina Sinensis* Gemlin), Concentration