

乌塘鳢对⁵¹Cr、⁶⁰Co、¹³¹I、¹⁴¹Ce的吸收和积累

陈英 蔡福龙 邱曼华 黄凌毅

(国家海洋局第三海洋研究所)

摘 要

本文以河口底栖鱼类, 不具鳞片, 对环境适应力强的乌塘鳢为材料, 研究它们以摄食和渗透两种方式对⁵¹Cr、⁶⁰Co、¹³¹I和¹⁴¹Ce的吸收。为了观察在渗透吸收期间个体的差异, 测定了单条活鱼的放射性。在实验中采用多核素示踪法并用S-80智能多道分析器和Ge(Li)探头测量放射性。

结果发现, 当¹³¹I的浓度为 3.4×10^{-7} 居里/升时, 在10小时内所有的乌塘鳢都被杀死, 而¹³¹I在鱼体各组织器官的积累是明显的。器官积累核素数量的顺序是¹³¹I > ¹⁴¹Ce > ⁵¹Cr, 在任何组织器官均未检出⁶⁰Co。

在渗透吸收实验里, 对单条活鱼的测量结果表明, 核素是能够通过皮肤的渗透积累在鱼体内, 并且存在个体差异。同时表明, 生命元素的同位素如¹³¹I、⁶⁰Co容易渗透到鱼体内部器官, 而非生命元素的同位素例如¹⁴¹Ce、⁵¹Cr的渗透是慢的。

⁵¹Cr、⁶⁰Co、¹³¹I、¹⁴¹Ce是沿海核设施常见的放射性废物成分, 有的是具有生态学意义的核素(Goldberg, 1957), 随着沿海核电站的不断兴建, 它们在河口港湾存在的机会越来越多。虽然海洋鱼类和淡水鱼类对它们的浓集有过报道(Hiyama *et al.*, 1964), 但河口生物, 特别是河口的底栖鱼类对它们的吸收和积累, 则研究甚少。

乌塘鳢是生活在河口滩涂的底栖鱼类, 适应于半咸淡的水质, 营杂食, 生活范围较固定, 退潮时, 在滩涂上可见其洞穴, 有较强的生活力, 离开水体长达30小时仍能存活, 也是用以评价河口滩涂环境质量的好品种。

本文以乌塘鳢为对象, 研究它通过摄食和渗透两种途径对⁵¹Cr、⁶⁰Co、¹³¹I、¹⁴¹Ce的吸收和积累, 为评价核电站对河口环境的影响提供参考资料。

一、材料和方法

1. 材料

乌塘鳢(*Bostrichthys sinensis*)在地处九龙江口龙海县的海草床上捕捞, 体长10—15厘米, 体重10—55克。

核素⁵¹Cr、⁶⁰Co、¹³¹I、¹⁴¹Ce均为国产, 其化合物的形式为Na₂CrO₄, CoCl₂, NaI, Ce(NO₃)₄。

海水为厦门沿岸水加蒸馏水调至比重为1.015。

2. 方法

乌塘鳢先于室内试养一个月, 实验前一天终止投饵(扁藻)。实验分成A、B二组。

A组: 鱼体自由游泳在含有上述核素的天然海水中, 加入扁藻(1克/升·天)

B组: 鱼体装在30目筛绢做成的袋里, 悬挂在与A组相同的水体中, 让头部至鳃盖下缘露出水面, 鱼体的其余部分浸泡在水里。

每组10升放养3条鱼, 水温为 28 ± 2 ℃。

⁵¹Cr、⁶⁰Co、¹³¹I、¹⁴¹Ce的浓度分别为 1.5×10^{-7} 居里/升、 3.0×10^{-8} 居里/升、 $3.4 \times$

10^{-7} 居里/升、 5.2×10^{-8} 居里/升,并随时按衰变校正补充短寿命的核素,使其浓度始终保持一致。

用 S-80 智能多道分析器和 Ge(Li) 探头进行放射性测量,测量时间为 1,800 秒。鱼体在测量或解剖之前都先用自来水和 0.5% EDTA 溶液轮流清洗 4 次。

二、结 果

1. 乌塘鳢对核素的摄食吸收

在 A 组实验中,当鱼体放进含有上述放射性核素的海水后 3—4 小时,表现出惊慌不安,经常跳出水面,6—8 小时以后处于疲劳状态,皮肤逐渐变成紫灰色,并出现烧伤样的蜕皮,至 10 小时就完全死亡。

尸体立即取出,解剖成各个组织器官,测量其放射性,如图 1 所示。

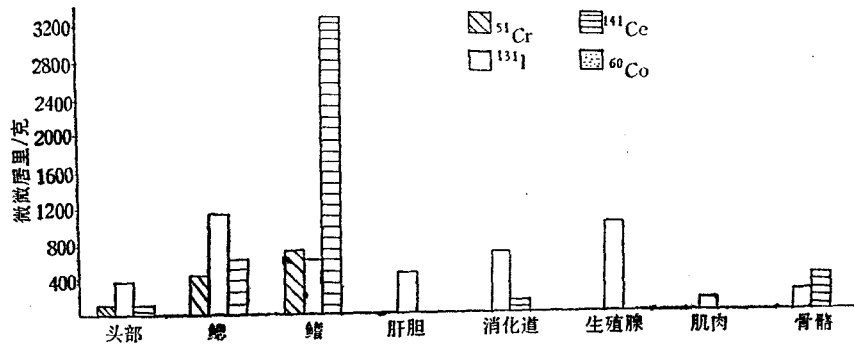


图 1 摄食吸收的核素在乌塘鳢各组织器官中的分布

Fig. 1 The distribution of feeding nuclides in the tissues-organs of *Bostrichthys sinensis*

可以看到头部、鳃、鳍、肝胆、消化道、生殖腺、肌肉、骨骼等组织器官普遍都积累了 ^{131}I ,其中鳃和生殖腺含量最高,分别达到1,094微微居里/克鲜重和973微微居里/克鲜重,最低的为肌肉也有155微微居里/克鲜重。其顺序是鳃>生殖腺>消化道>鳍>肝胆>头部>骨骼>肌肉。可以认为鱼体死亡是碘中毒所致。 ^{51}Cr 只在头部、鳃、鳍等器官积累; ^{141}Ce 在头部、鳃、鳍、消化道、骨骼中积累,其中鳍的含量最高,竟达3,170微微居里/克鲜重。同时可以看到 ^{141}Ce 在生物体内的转移速度也是相当快的,10小时内就可到达骨骼,积累量也不少(394微微居里/克鲜重)。 ^{60}Co 始终未能检出,说明它的吸收速度不如上述几种核素快。

2. 乌塘鳢对核素的渗透吸收

对B组分别测量大、中、小活鱼的放射性。

从图 2 可以看到,乌塘鳢通过皮肤渗透吸收核素是可观的,尤其对 ^{131}I 的吸收。在第 1、2 天里吸收量随时间而增加,高达 184—216 微微居里/克鲜重,并表现了一定的个体差异,即小个>中个>大个。反映了小个体新陈代谢旺盛的特点。第 2 天以后,鱼体皮肤也开始转为深灰色,并有烧伤样的脱皮,故第 3 天时积累量下降。这是由于皮肤的渗透功能受阻。原来的积累量损失一部分所致。 ^{51}Cr 、 ^{141}Ce 的渗透速度较慢,到第 2 天才检出,第 3 天略有上升,这两种核素只在某些个体上检出,或偶尔出现,也表现了一定的个体差异。与

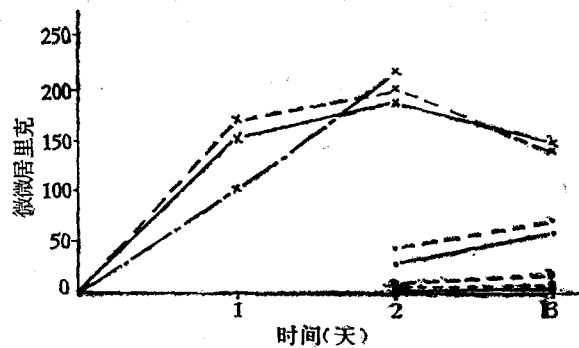


图2 大、中、小鸟塘鳢对 ^{51}Cr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{141}Ce 的渗透吸收

Fig. 2 The penetrating absorption of Cr-51 , Co-60 , I-131 , Ce-141 in the big, middling and small size *Bostrichthy sinensis* respectively

$\cdot$ ^{51}Cr $\circ$ ^{141}Ce $\times$ ^{131}I $\triangle$ ^{60}Co — 大 中 - - - - 小

摄食吸收不同, B 组实验在大、中个体里检出 ^{60}Co , 可是含量低(均在25微微居里/克鲜重以下), 反映了 ^{60}Co 的渗透吸收缓慢。

3. 核素由渗透途径进入的部位

B 组在第3天活体测量结束后, 立即解剖成组织器官, 再行放射性测量。从图3可以看到在各个组织器官也检出 ^{131}I , 但和A组相比, 其积累量的顺序略有不同, 即鳃>消化道>肝胆>鳍>生殖腺>头部>骨骼>肌肉。其中积累量最高的仍然是鳃(1,482微微居里/克鲜重), 比A组高35%, 消化道、肝胆和鳍的积累量都比生殖腺高, 最低仍为肌肉, 但与A组相近。说明由渗透吸收进入体内的 ^{131}I , 其转移能力相当可观。

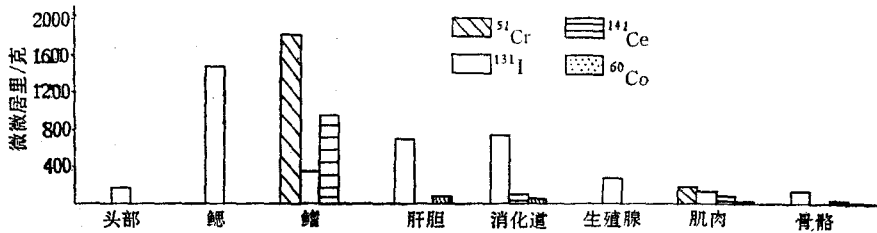


图3 渗透吸收的核素在乌塘鳢各组织器官的分布

Fig. 3 The distribution of penetrating nuclides in the tissues-organs of *Bostrichthy sinensis*

^{51}Cr 的行为就不同, 几乎不深入到内部器官, 只在外部的鳍和肌肉检出, 但鳍的积累量高达1,824微微居里/克鲜重。 ^{141}Ce 除了在鳍、肌肉积累外, 也只能渗透到消化道。说明 ^{51}Cr 、 ^{141}Ce 靠着渗透吸收要深入鱼体而积累在内部脏器是有限的。

^{60}Co 的行为再次显示了它作为生命元素的特点: 它的积累量并不高, 但都出现在肝胆、消化道、骨骼和肌肉等主要内部脏器里。

上述结果表明, 生命元素的同位素容易通过渗透吸收, 转移到各个组织器官, 尤其是内部脏器, 而非生命元素的同位素要通过渗透吸收转移到内部脏器较慢。

4. 对核素的浓集能力

把单位重量的上述组织器官之核素积累量, 除以单位体积的海水之核素含量, 求得浓集系数。

表 1 ^{51}Cr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{141}Ce 在乌塘鳢各组织器官的浓集系数Table 1 The concentration factor of Cr-51, Co-60, I-131, Ce-141 in the tissues-organs of *Bostrichthy sinensis*

项 目	核 素	^{51}Cr	^{60}Co	^{131}I	^{141}Ce
头 部	摄食吸收	0.8	—	1.0	1.5
	渗透吸收	—	—	0.6	—
鳃	摄食吸收	2.7	—	3.2	11.5
	渗透吸收	—	—	4.4	—
鳍	摄食吸收	4.6	—	1.7	61
	渗透吸收	12.2	—	1.0	18.3
肝 胆	摄食吸收	—	—	1.3	—
	渗透吸收	—	2.6	2.0	—
消化 道	摄食吸收	—	—	1.9	2.8
	渗透吸收	—	1.8	2.2	1.7
生 殖 腺	摄食吸收	—	—	2.9	—
	渗透吸收	—	—	0.8	—
肌 肉	摄食吸收	—	—	0.5	—
	渗透吸收	1.2	0.5	0.4	1.4
骨 骼	摄食吸收	—	—	0.6	7.6
	渗透吸收	—	0.6	0.4	—
鱼 体	摄食吸收	8.1	—	13.1	84
	渗透吸收	13.4	5.4	11.7	21

从表 1 可以看出乌塘鳢对核素的浓集能力顺序是 $^{141}\text{Ce} > ^{131}\text{I} > ^{51}\text{Cr} > ^{60}\text{Co}$, 就器官而言, 鳍对 ^{141}Ce 的浓集能力最显著, 两种吸收方式都表现了同样的情况。在摄食吸收的组合里, 鳃和骨骼对 ^{141}Ce 的浓集能力也是可观的。至于两种吸收方式所造成的浓集能力的差异随器官而不同。这种浓集系数都不能代表吸收达到动态平衡时的浓集系数, 关于鱼类对这几核素的浓集系数, 国际上也有过一些报道。如Hiyana 和 Khan曾将 5 种海水鱼饲养在含有 ^{131}I 的海水中 2—3 周, 测得浓集系数为 1—10 (Hiyama *et al.*, 1964)。 ^{141}Ce 的数据尚未见过报道, 而Hiyama和Shimizu把大口鲈虎鱼养在 ^{144}Ce 的海水中 2 周, 其浓集系数分别为肌肉 0.3, 鳃 70, 消化道 20, 骨 4, (蔡福龙等, 1983), 现场的观测值则为 10 (肌肉)。Goldberg (1957) 从稳定元素推算出鱼肉对 ^{51}Cr 的浓集系数为 4×10^2 , 其值相当可观。

在本实验中测得扁藻 (培养 24 小时) 对 ^{141}Ce 、 ^{131}I 、 ^{51}Cr 的浓集系数分别为 1, 246, 26, 236。

三、讨 论

本文研究的乌塘鳢, 其生活力极强, 而我们的实验室曾离水 30 小时仍继续存活, 可是在

A 组实验中仅存活10小时就全部死亡。测其体内各核素的含量, ^{131}I 最高,与正常死亡的肤色不同,其紫灰色的皮肤,显然是碘沉积于体内的结果。说明 ^{131}I 的浓度为 3.4×10^{-7} 居里/升时就足以使鱼类致死。其致死的生物学机制有待于进一步研究。

关于海洋生物浓集放射性核素的途径,无非4个方面:(1)外表吸附;(2)皮肤渗透;(3)通过鳃的呼吸作用;(4)摄食海水和食物。对于1、3、4等三方面的途径,以前我们已做过多次讨论(蔡福龙,1980),本文要强调的是第2种途径,即皮肤渗透。B组的实验表明,这种渗透作用在海洋生物从海水吸收污染物质的过程中,具有一定的作用。但是这种途径的吸收是缓慢的,以 ^{131}I 为例,在3天的渗透中,各个组织器官的浓集系数范围才在0.4—4.4。

这种渗透吸收对于生命元素来说,不是一种单纯的浓度扩散,其中主动传输给予有力的推动,否则 ^{131}I 和 ^{60}Co 的渗透部位无法到达内部脏器和骨骼;可是非生命元素的 ^{51}Cr 和 ^{141}Ce 的渗透部位较浅,只有 ^{141}Ce 渗透到消化道,说明它是以被动传输为主。

鳃对 ^{51}Cr 和 ^{141}Ce 的浓集量颇大,作者认为它不是一种渗透积累而是表面吸附的结果。

四、结 语

1. 乌塘鳢在10小时的摄食吸收中, ^{131}I 迅速转移到各个组织、器官; ^{141}Ce 也在头部、鳃、鳍、消化道检出; ^{51}Cr 只在头部、鳃、鳍等外表器官检出; ^{60}Co 未检出。上述核素都可以通过渗透吸收积累于乌塘鳢体内,活体检测结果,表现一定个体差异。

2. 当乌塘鳢培养在含有 3.4×10^{-2} 居里/升 ^{131}I 的海水里时,于10小时内就足以使它致死。

3. 乌塘鳢对上述核素渗透吸收的程度是 $^{131}\text{I} > ^{60}\text{Co} > ^{141}\text{Ce} > ^{51}\text{Cr}$,表明生命元素的同位素转移到内部脏器较容易,非生命元素的同位素转移到内部脏器较难。

参 考 文 献

- 蔡福龙等 1980 几种海洋生物对 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 浓集问题的初步研究。海洋学报 2(2):81—93。
——1983 放射性污染与海洋生物。第61—93页,海洋出版社。
蔡福龙 1983 海洋放射生态学与核工程。海洋环境科学 2(2):122—132。
Goldberg, E.d. 1957 Biogeochemistry of trace metals. *Geol. Soc. Amer. Memoir.* 67(1):345—358.
Hiyama, Y. and J.M.Khan 1964 On the concentration factors of radioactive I, Co, Fe and Ru in marine organisms. *Rec. Oceanogr. in Japan*, 7:79—106.
Hiyama, Y and M.Shimizu 1964 On the concentration factors of radioactive Cs, Sr, Cd and Ce in marine organisms. *Rec. Oceanogr. Works in Japan* 7:43—77.

THE ABSORPTION AND ACCUMULATION OF ^{51}Cr , ^{60}Co , ^{131}I , ^{141}Ce BY THE FISH (*BOSTRICHTHY SINENSIS*)

Chen Ying Cai Fulong Qiu Manhua Huang Linyi

(Third Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

The paper taken the fish (*Bostrichthy sinensis*) as a material, which is an estuarine benthic fish without scale and powerful resistance for environment, The uptake of ^{51}Cr , ^{60}Co , ^{131}I and ^{141}Ce by them through both ingestion and penetration was investigated. To observe the difference of individuals in penetrating absorption, the radioactivity of single brisk fish was measured. The trace method of multi-nuclides was applied to the experiment and S-80 type analysis with Ge(Li) detector was used for the measurement of radioactivity.

It was found that the fish (*Bostrichthy sinensis*) all could be killed within ten hours, when the concentration of ^{131}I was $3.4 \times 10^{-7} \text{Ci/l}$. At the same time, the accumulation of ^{131}I in every tissue organ by the fish (*Bostrichthy sinensis*) was obvious. The order of amount of nuclides accumulated in the organ was $^{131}\text{I} > ^{141}\text{Ce} > ^{51}\text{Cr}$. The ^{60}Co was not detected in any tissue organ.

In the experiment of penetration, the result of measurement for the single brisk fish showed that the nuclides could be accumulated in the body of fish through penetration of the skin, and there was difference of individual. It was also suggested that the isotopes of living elements such as ^{131}I , ^{60}Co were easily transferred to the internal organ and the isotopes of nonliving elements such as ^{141}Ce , ^{51}Cr were slowly transferred to it.