

京大工学部 学 小池 哲夫
 京大工学部 正 寺島 泰
 京大工学部 正 井上 晴雄

1. はじめに

環境中に放出された放射性物質の生態系での移行・分配については、従来、生物や底質への移行・分配から移行や拡散現象などを対象とする個別的な研究がおこなわれてきたが、実際の環境水中では、液相中から個々の相への移行は、それぞれの法則性にしながらも、相互に依存・関連しあい、連続しておこなわれているものであり、これらの連続的・総合的研究が必要である。また、放出された放射性物質の総量に着目した、系内での移行・分配についての研究も必要であると考えられる。本研究では、以上のような観点から、ひとつの試みとして、[表1]のような水圏生態系モデルを構成し、約1ヶ月にわたり、核種の各相への全体としての移行・分配を追究するとともに、個々の相への移行のメカニズムについて解析的考察を試みた。核種は ^{137}Cs と ^{60}Co を用い、それぞれ約65μCiを液相中に投入した。生物中の放射性核種のγ測定は、生体のまま行った。

2. 実験結果と考察

^{137}Cs と ^{60}Co の、I・II両槽における分配率[%]の変化を[表2]～[表3]に示す。まず、全体的な移行・分配についてみると、 ^{137}Cs の場合は、きわめて早期に大部分が底質に移行すると推定されるのに対し、 ^{60}Co では、当初は、生物相への移行・分配——特に、水生植物への移行がかなりの位置を占めることが特徴的である。すなわち、 ^{137}Cs の場合、35日目には、I槽・II槽でそれぞれ底質相に対し98%、93%の分配率になっている。また、生物相への分配はそれぞれ2%、4%と比較的小さく、初期の体内外の汚染が排泄などにより減少する傾向をもっている。これに対して ^{60}Co の場合は、

水槽	底質相	液相	生物相
I	水田土壌 (含水比1.46) (空け率0.46) 厚さ3cm	水道水 36ℓ	・魚 メダカ(<i>Oryzias latipes</i> ; 110匹, 25g) タナゴ(<i>Acheilognathus morio</i> sp.; 約35匹, 44g) ・貝(巻貝) タニシ(<i>Cipangopaludina japonica</i> ; 約40個, 35g) ・水草 カモシバ(<i>Camomba caroliniana</i> ; 20本, 65g) アマゾン(<i>Sagittaria</i> sp.; 4株, 60g)
II	川砂 (含水比2.11) (空け率0.20) 厚さ5cm	(水深) 20cm	

[表1] 水圏生態系モデルの構成。(水槽の寸法は 60×30×40 cm)

核種 相	^{137}Cs				^{60}Co				
	5	14	24	35	5	14	24	35	
液相	1.30	0.68	0.65	0.27	0.67	0.35	0.00	0.00	
底質相	96.0	96.1	96.2	98.2	46.6	26.6	56.1	76.3	
生物相	2.70	3.27	3.19	1.56	52.7	73.0	43.9	23.7	
生物相内訳	タナゴ	0.26	0.07	0.35	0.38	0.05	0.10	0.20	0.28
	メダカ	0.20	0.15	0.16	0.14	0.09	0.06	0.07	0.06
	巻貝	0.40	0.16	0.15	0.12	2.26	2.55	0.75	0.58
	カモシバ	0.68	1.19	1.41	0.73	23.8	35.1	19.4	17.8
	アモゾン	1.16	1.70	1.12	0.19	26.5	35.2	23.5	5.0

[表2] I槽における核種の各相での分配率(単位:%)

核種 相	^{137}Cs				^{60}Co				
	5	14	24	35	5	14	24	35	
液相	15.6	3.70	3.10	2.30	3.22	2.92	2.89	2.80	
底質相	80.0	91.3	91.9	92.9	15.1	26.2	25.8	19.5	
生物相	4.37	5.00	5.00	4.83	81.7	70.9	71.3	77.0	
生物相 内 訳	タナゴ	0.88	1.36	1.01	0.93	1.49	3.55	1.10	1.53
	メダカ	0.43	0.40	0.52	0.49	0.70	0.55	0.61	0.70
	巻貝	0.43	0.31	0.28	0.17	3.32	3.27	3.60	3.47
	カモシバ	1.46	0.79	1.49	1.71	44.1	17.4	36.5	33.3
	アマゾン	1.17	2.14	1.70	1.53	32.1	46.1	29.5	38.7

[表3] II槽における核種の各相での分配率(単位:%)

底質に対してはそれぞれ76%、20%であり、生物相についてはそれぞれ24%、77%である。生物相のなかでも、動物は ^{137}Cs とあまり大きな変化はないが、水生植物に対する分配が、それぞれ23%、72%ときわめて大きく、生物相への分配のほとんどを占めている。

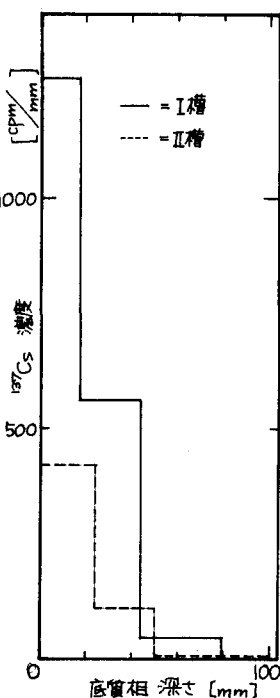
また、底質相のちがい（水田土壌と川砂）によって移行・分配に差があらわれており、イオン吸着性の大きい水田土壌の方が、川砂よりも分配率が高い。それは、底質相内の核種の垂直濃度分布（[図1]～[図2]参照）をみてわかる。このことは、表相での核種濃度の減少のしかたや、生物相への分配にもかなりの影響を与えているといえる。

このような分配状態の相違は、 Cs および Co の物理化学的性質にも由来するところが大きいと考えられる。すなわち、 Cs では粘土鉱物に対する吸着性が、 Co など他の金属イオンと比較しても特異的に高いことや、 Co では、水中の濁質への吸着においてかなり高い濃縮性をもつことなどは、I槽においてとりわけきく濃度の減少していることと無関係ではないと考えられる。また、核種の生物への移行には、その水中での物理化学的存在形態が影響を与えることが知られているが、 Cs の場合は水中ではイオンで存在すると考えられるが、 Co については Cs ほど安定したイオン性がなく、長期的にみた場合、水酸化物コロイド化や錯体形成などの変化が生じる可能性がある。このことと、 ^{60}Co の水生植物への分配の大きさ、動物に対する分配の差の間にも一定の関連が推定できる。

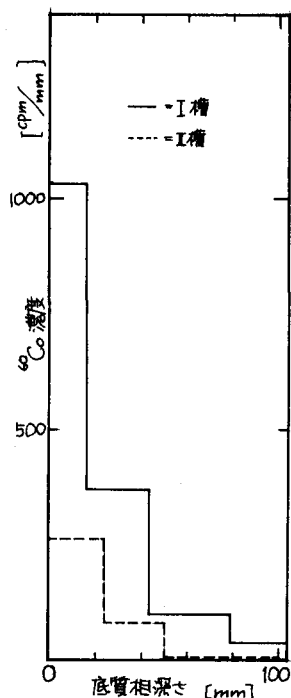
次に、各相間の移行のメカニズムについてみると、まず、表相から底質相への移行については、表相濃度と底質相への移行・拡散の関係について、Fickの拡散法則を用いて各種の理論的考察がおこなわれているが、本研究ではこれらの理論にもとづく数理解析的考察を行なうに十分な結果は得られていない。しかし、底質相内での垂直濃度分布の状態からみて、これらの理論の適用性が示されているといえよう。次に、生物相への移行については、直接摂取と排泄のみを考慮する指数関数モデルに基づくかぎり、生物体内濃度の変化と表相濃度変化に対応して定量的に説明することは困難であり、

本研究の規模の生態系モデルにおいても、生物への移行はかなりの複雑さをもっており、経口摂取の影響のほか、体表面吸着、濁質や底質や水の飲込みなどによる一時的な汚染の影響、さらに、前述の核種の物理化学的性質に起因するものなどが無視できないことが明らかになった。しかし、定性的には、指数関数モデルによっても生物体内濃度の変化の傾向を把握することが可能であった。また、魚については、排泄係数・摂取係数とも ^{60}Co が ^{137}Cs とうまわるようであり、貝については ^{60}Co の摂取・濃縮係数が ^{137}Cs にくらべて高く、水生植物については、前述のように ^{60}Co の濃縮性がきわめて高いことなどが明らかになった。

今後は、底質相から各相への長期的な影響や、生態系モデルそのものの妥当性などについても、さらに詳細な検討が必要であろう。



【図1】 ^{137}Cs の底質相中の垂直濃度分布
(水平単位面積あたり)



【図2】 ^{60}Co の底質相中の垂直濃度分布
(水平単位面積あたり)