

京大工 正員 岩井重久

〃 〃 井上頼輝

〇 〃 〃 青島 泰

放射性廃棄物による海洋の汚染に関して、次のような諸問題を研究する必要がある。  
 放流処分とは、使済水の希釈作用により放射能濃度を低下せしめようとの意図をもつもの  
 であるから、放流先における潮、潮流による輸送と拡散希釈、小規模海域では風波、密度  
 流などにによる拡散希釈の程度を考慮も取らねばならない。また水中生物の中には水中放射性核  
 種を蓄積、数千倍もの体内濃度として濃縮するものがあり、通常こうした汚染生物を人体  
 内に摂取することによる二次的な内部被曝が問題となるから、当該領域における放射性核  
 種の生物による蓄積作用と、その領域の同位体、すなわち汚染物濃度と量の消費状態な  
 どを考慮する必要がある。海洋へ放出する放射性物質量は、人体に与えるリスクとこの移行  
 を上述のよう考慮のもとに定量的に把握し、最終的には人体に与える許容放射線量を基  
 に設定した規準値として規制をおこなうべきでない。しかしこの規準値に関しては、水産物  
 以外の飲食物に汚染があるか否か、他の原因による人体放射線照射の有無、また、海洋の  
 汚染が一時的でありしかるが、汚染水産物を人間が摂取することによって起こる内部被  
 曝も一時被曝であるか、抑えては汚染が定常的に被曝も長期的であるかといふ、此問題につ  
 いて適正な判断をなし、これに基づいて行政的に決定しなければならぬ。

現在我々はこうした問題に多岐にわたる検討を行なう、つまり、今後は汚染が一時的であ  
 る場合の拡散希釈と、海洋生物による放射能の濃縮作用との関連につき、理論的に考察し  
 た結果を報告する。

環境水から水産生物への放射性物質の移行は、大別して直接汚染と間接汚染があるとい  
 えながら、自然界では実際にはこの二つは同時に併行して起こっている。直接汚染の場合  
 は生物体表面に汚染が起るが、これは体表面積の大きい生物、例えば魚類に  
 著しい。ついでこれは体の内外の表皮を通して血液や体内に入り、問題となる器官  
 (Critical organ) に到達、蓄積されると共に過剰分が排泄される。体表汚染は一時的なもので  
 あり、体内蓄積が問題となるが、この機構は、海水中放射性物質濃度を  $C$ 、生物体内濃  
 度を  $g$ 、体積を  $V$ 、海水中から体内への摂取速度定数を  $k_1$ 、排泄速度定数を  $k_2$  とすれば (1) 式  
 で表わされ、 $t=0$  で  $g=0$  とすれば (2) 式、 $t \rightarrow \infty$  では平衡濃度に従う (3) 式が得られる。

$$\frac{d(gV)}{dt} = k_1 C - k_2 g \quad \text{---(1)} \quad g = \frac{k_1}{k_2} C \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{k_2}{V} t\right) \right\} \quad \text{---(2)} \quad g = \frac{k_1}{k_2} C \quad \text{---(3)}$$

ここに  $K = k_1/k_2$  はいわゆる環縮係数に相当するものであり、各種水産生物、放射性核種  
 について  $C$  が一定条件下での  $g$  の変化から実験的に  $k_1$ 、 $k_2$  共に求めることがでる。

間接汚染は、直接汚染によって生じた汚染生物を能率的に水産生物が摂取することによ  
 り起こるもので、複雑な食物循環の経路をたどるが、放射性物質は移行してゆく。この  
 機構は、生物の食物摂取が2段階で起こるとすれば (4) (5) 式で表わされ、第2段階生物の体  
 内放射能濃度は (6) 式で示される。

$$V_1 \frac{dg_1}{dt} = k_{11}C - k_{21}g_1 \quad \dots (4) \quad V_2 \frac{dg_2}{dt} = k_{12}C - k_{22}g_2 \quad \dots (5)$$

$$g_2 = \frac{k_{11}k_{12}}{k_{21}} C \left\{ \frac{1}{k_{22}} - \frac{1}{k_{22}-k_{12}} \exp\left(-\frac{k_{21}}{V_1}t\right) + \frac{k_{21}}{k_{11}(k_{22}-k_{12})} \exp\left(-\frac{k_{22}}{V_2}t\right) \right\} \quad \dots (6)$$

ここに  $k_{11}$ ,  $k_{21}$  は縮水から第1段生物への摂取, および排泄速度定数,  $k_{12}$ ,  $k_{22}$  は第1段生物から第2段生物への摂取速度定数, 第2段生物から縮水への排泄速度定数である。

縮水における汚染物質の拡散に関しては 投入・排出の方法や直後の状態, 地形状況などの初期・境界の条件, 干渉項, 潮流による輸送の有無や拡散混合状態のそれぞれに応じて種々の取りあつかいがあるが, 今の詳細なふしを第13回に譲る。ここでは

Joseph, Sender 流に 小規模の縮水による輸送の影響は拡散係数に含め, 拡散係数は拡散の規模に比例するとして考察を進める。こうした場合に 生物による吸着を考慮した拡散の基礎式は, 円柱座標で表わすと

$$\frac{\partial}{\partial t} \{ (1-e)C + eg \} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (Dr^2 \frac{\partial C}{\partial r}) \quad \dots (7)$$

ここに  $e$  は単位体積の縮水における生物体の割合であるが ここでは極めて小さいから無視し, 初期条件として 縮水が半径  $a$ , 深さ  $d$  の円筒状に, 初期濃度  $C_0$  で放出されることをとく。この解は (8) 式であらうが, cloud の 中心における濃度は (9) 式で示される。

$$C(r,t) = \frac{C_0}{2Dt} e^{-\frac{r^2}{4Dt}} \int_0^a e^{-\frac{r'^2}{4Dt}} I_0\left(\frac{rr'}{2Dt}\right) r' dr' \quad \dots (8) \quad C_{max} = C_0 (1 - e^{-\frac{a^2}{4Dt}}) \quad \dots (9)$$

さて, 永年生物への放射能物質の蓄積は, 縮水汚染度の最大地帯で考えれば安全側になる。汚染度最大地帯での任意時間における生物体内濃度は, 永年生物の食物摂取が一段階だけ行われるとすれば (11), (9) 式より示される。

$$g = e^{-k_1 t} \left\{ \frac{k_1}{k_2} C_0 (e^{k_2 t} - 1) - k_1 C_0 \int_0^t e^{-\frac{a^2}{4Dt} + k_2 t} dt \right\} \quad \dots (10)$$

いま, 永年生物としてエビ, 枝類として  $^{137}\text{Cs}$  を例にとり, 拡散係数による縮水放射能濃度の減少と, 蓄積による生物体内濃度変化を図-1の如くにする。明らかな如く, 縮水中濃度の高い拡散の初期においては, 生物体内への摂取の効果が大きいため体内濃度は急激に増加を来せよが, 縮水中濃度が減少するにつれ, 摂取に比べ排泄効果が大きくなり, 体内濃度はピークに達した後減少する。減少の有様は, 摂取速度定数は排泄速度定数より大きいから, 増加の段階に比べ相当のゆるやかな減少となり, 長時間後においてはかなりの体内汚染が残る。

上記の解析法では, 最大の放射能汚染を問題とし, これをゼロに放出制限を行おうと欲してはいけず, 同位体総量を低くおさえるとの観点から, 平均的な汚染と見做し, 解析を進める方法については後述の必要があることを 最後に付言しておく。

