

N 原子力研究所地下水の放射能汚染調査について

京都大学工学部 正員 井上頼輝

最近、河海水、期泊水ばかりでなく、地下水も水資源としての価値が認識され、その水質汚染が問題となつて来た。地下水の汚染に関しては、従来し尿の地下滲透と関連して、大腸菌等の細菌による汚染が主として研究の対照とされて来たが、最近はいんあいの埋立てや工場廃水の地下注入処分起因する窒素等の有機汚染や無機毒物汚染、さらには放射性物質による汚染の研究が目立つて来た。放射性物質による地下水の汚染は、その程度に応じて、仮に3つに分類することができよう。1つは Fallout その他の人工放射能による汚染も研究するものであり、通常その濃度は放射性核種の飲用許容限界 (MPC) に比して著しく低いから、放射性物質による危害はあまり問題にならず、低レベル放射能の検出限界が問題となる。他の1つは放射性物質使用、貯蔵施設よりの廃水の漏えいによる地下水の汚染であり、地下水中での放射性核種の移動が問題となる。最後は放射性廃水を地下注入処分した際に生ずる地下水の汚染で、この場合は一段と厳密な放射性核種の地下移動の推定と、環境放射能の厳重な管理が必要となつて来る。本研究は第2の場合、すなわち放射性物質が施設より漏えいした場合を考えて、地下水の汚染を検討したものである。

原子炉施設を建てる場合、廃棄物貯蔵庫など、かなり大量の放射性物質を内蔵する建物は、そこか放射性物質の一部がもれても、周辺に危害を及ぼさないような地点に置くことが望まれる。この意味で、放射性固体廃棄物の半永久貯蔵庫の位置推定に関連して、N 原子力研究所の地下水流動状態を調査するとともに、放射性核種の移動速度と推定した。

理論 地下水中での放射性核種の移動速度に関しては、種々の理論が発表されているが、いずれも *Chromatograph* の理論を応用した均一等方性の地層を一方に流れる地下水に適用可能なもので、実際の複雑な様相を示す地下水流に適用できぬ場合が多い。Kaufman と筆者は、個々に地下水の流速と放射性核種の移動速度との関連性を研究し、放射性核種 A の移動速度 V_A と、地下水の移動速度 V とは、地下水中での拡散を、放射性核種 A の土粒子に吸着される時間を無視すると

$$V/V_A = 1 + \frac{1-f}{f} \rho K_d \quad \dots \dots \dots (1)$$

で与えられることを示した。ここに f は地層の空げき率、 ρ は密度、 K_d は分配係数とよばれるもので、 $K_d = q/C_a$ 。すなわち核種 A の土中と水中との濃度の比である。もし A が土粒子に主として交換吸着されている ion B (多くの場合 Ca または Mg) との間に交換平衡にあるとすれば、 K_d は $K_d = K_{AB} \frac{q_B}{C_B}$ と書ける。ここに C_B は ion B の水中濃度、 q_B は同じく土中濃度、 K_{AB} は ion A と B の換算係数である。なお両者は地下水の拡散を考慮に入れた移動速度推定法を考案したが、ここでは使用しないのをご注意する。

方法 まず地下水の流動状態を調査するために、敷地内24ヶ所をボーリングして試料土を求め、透水係数を測定した。一方地下水位の同時観測により、Darcy の法則から、地下水の流向、流速を推定した。井戸内に食塩水を投入し、その濃度を電導度測定により求めて、濃度の減衰速度より地下水流速を求め、前の結果と比較した。地下水の流速は、 $V = \frac{\pi d \log C_0/C}{8t}$ で与えられる。ここに C_0 は食塩濃度が

(1) 式より f_{A/C_A} を計算するために、ボーリングで得た試料土につき土層の密度、空げき率、分配係数を求めた。密度、空げき率は土質試験法記載の方法による。 k_d は対照とする核種につき、個個に求める必要がある。しかし放射性核種のすべてについて k_d を求めることは困難であるから、ここでは Sr-90, Co-60, I-131, Cs-137 を取り上げ、 $k_d = f_{A/C_A}$ が γ の値を求めることとした。 γ の方法は観測井から採水した地下水に核種 A を混入し、 γ の水中濃度 C_A を測定する。さらに現場より採取した試料土 10g を用いて column を作り、これに上記地下水も、核種 A に肉し飽和するまで加え、流入した A の量から、流出した量と、column の内がき木中に残っている量を差し引いて土に吸着された A の濃度 f_A を求める。 k_d は Sr に 71 ml/g, Co につき 108 ml/g, I については $k_d=0$ となった。Cs は k_d の値があまりにも大きく (1000 ml/g 以上) 正確な数値を得るには至らなかった。I に対する k_d が 0 であるのは、anion として存在する要素イオンは土に吸着されなかったため、地下水と同じ流速で地中を移動することとを平し、一方 Cs は土に強く吸着されて實際上ほとんど移動しないことを示す。

参考文献 (1) Ewing, B.B, W.J. Kaufman and G. Klein, "The Movement of Radiocesium through Porous Media", Sanitary Engineering Research Laboratory, University of California, Berkeley (1957)

(3) Inoue, Y and W.J. Kaufman, "Prediction of Movement of Radio-nuclei in Solution through Porous Media," Health Physics, Vol.9, pp 705 ~ 715 (1963)

(5) Inoue, Y. "Prediction of Radionuclides Migration in Ground Water at the JAERI", Disposal of Radioactive Wastes into the Ground, pp 199~213. IAEA (1967)

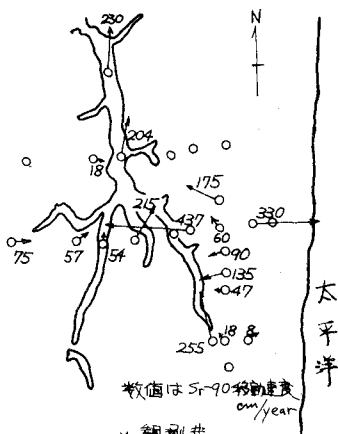


図-1 地下水中の Sr-90 移動速度



Ⅳ-2 地下水中の I-131 移動速度

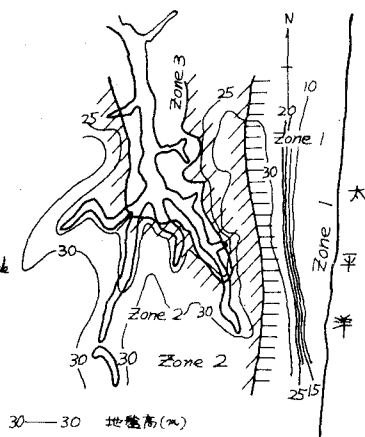


図-3 原子力施設の立地区分