

II-266

溶存希ガス分析による熊本平野地下水の年代測定

(財)電力中央研究所 正員 馬原保典

1. はじめに: 廃棄物処分の環境影響評価ならびに地下水資源の開発においては、降水を含めた大きな水の循環を把握することが重要である。その際、水の循環速度とりわけ地下での水の滞留時間と地下での異なる滞留時間の地下水の地下での混合割合を知ることは、地下水流動評価の上できわめて意義深いことである。本研究では、溶存希ガス(HeとNe)を用いた地下水年代測定法をフィールド(熊本平野)に適用し、実測した地下水年代分布と地下での異なる年代の地下水の混合評価例について述べる。

2. 溶存希ガス地下水年代測定法の概要: 溶存Heを利用した地下水年代法としては、若い地下水年代を対象とした「 $^3\text{H} + ^3\text{He}$ 法」と非常に古い地下水を対象とした「U・Thの α 崩壊による溶存過剰He評価法」とがある。前者は、降水に含まれるトリチウムの β 崩壊によって生成される ^3He と地下水のトリチウムを測定することにより地下水年代Tは、次式

$$T = 17.69 \ln(4.01 \times [^3\text{He}]_{\text{tri}} / [^3\text{H}]_w \times 10^{14} + 1) \quad \dots(1)$$

ここで、 $[^3\text{He}]_{\text{tri}}$: ^3H の β 崩壊によって生成された ^3He (ccSTP/g)

$[^3\text{H}]_w$: 地下水のトリチウム濃度(TU)

で与えられる⁽¹⁾。一方、後者は、帯水層を構成する岩石中に含まれるU、Thとその娘核種の α 崩壊によって岩石ならびに地下水中に蓄積される過剰He濃度より地下水年代Tは次式

$$T = \frac{[\text{He}]_{\text{ex}} \times p \times \rho_w}{(12.1 \times [\text{U}] + 2.9[\text{Th}]) \times (1-p) \times \rho_R \times (1-L)} \times 10^{14} \quad \dots(2)$$

ここで、 $[\text{He}]_{\text{ex}}$: 過剰He(ccSTP/g)、 $[\text{U}]$ 、 $[\text{Th}]$: 岩石中のウラン、トリウム濃度(ppm)

p: 岩石中の空隙率、 ρ_R 、 ρ_w : 岩石および水の密度、L: 岩石中でのHeの保存係数(0.1)

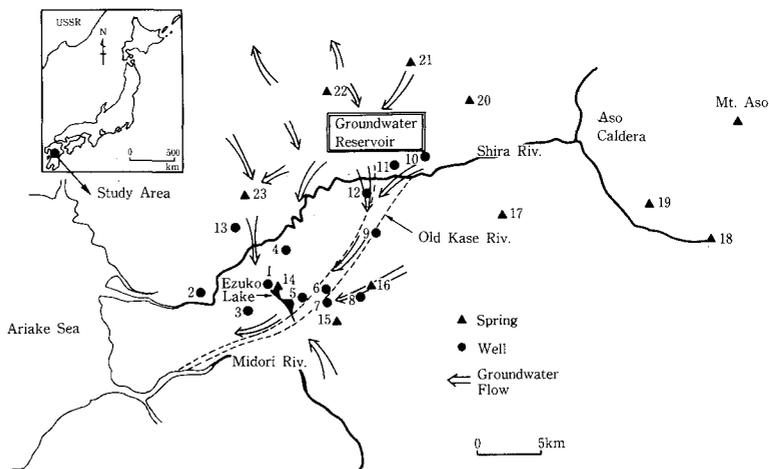
で与えられる⁽²⁾。

3. 地下水調査の概要と結果:

比較的広い領域で古くから地下水調査が行なわれ地下水理構造が良く把握されている地下水盆である熊本平野の地下水を対象に上記年代測定法を適用し、地下水の平均的な滞留時間を求めた。Fig-1に採水を行った地点をTable-1に測定結果を示す。平均的な滞留時間は、過去の調査において想定されていた大きな地下水流(古加勢川河床)に沿って上流より下流へ向けて滞留時間が長くなる傾向が認められる。また、実測した平均の地下水年代を基に大津一深迫一健軍、ならびに砥川一沼津山を直線で近似し地下水の実流速を概算すると各々3 m/dayと2 m/dayとなる。

4. 地下水の混合割合の評価

例: 井戸の中の地下水は、いろんな流路を経た異なった年代を持つ地下水の混合体と考えられる。一方溶存Heはその成因の違いによって($^3\text{He}/^4\text{He}$)比、($^2\text{Ne}/^4\text{He}$)比が大きく異なる⁽³⁾。ヘリウムは、3成分(マントル成分、地殻成分、大気成分)から構成されているから、



No.	Sampling Site (Well)	9	Fukasako (GL-77m)	18	Shirakawa Suigen
	Sampling Date	10	Outsu (GL-103m)	19	Shioisha Suigen
	1990. 5/21-5/24	11	Kubota (GL-90m)	20	Maki Yusui
1	Suizenji (GL-40m)	12	Kikuyo (GL-110m)	21	Kusubaru Yusui
2	Rendaiji (GL-45m)	13	Tsuboi (GL-40m)	22	Kikouji Yusui
3	Tamukae (GL-45m)		Spring	23	Tsuboi Kawa
4	Shinnabe GL-50m)		No Sampling Date		
5	Kengun (Spout)		1989. 12/5-12/8		
6	Akitsu (GL-45m)	14	Kamiezuko		
7	Numayamatsu (GL-70~140)	15	Ukishima		
8	Togawa (Spout)	16	Akai		
		17	Hakamano		

Fig-1. Groundwater sampling sites in the Kumamoto Plains for groundwater dating.

次式

$$\left. \begin{aligned} [R_{He}]_{sample} &= [R_{He}]_a \cdot A + [R_{He}]_m \cdot M + [R_{He}]_r \cdot R \\ [R_{Ne}]_{sample} &= [R_{Ne}]_a \cdot A + [R_{Ne}]_m \cdot M + [R_{Ne}]_r \cdot R \\ A + M + R &= 1 \end{aligned} \right\} \dots(3)$$

ここで、 $[R_{He}]$: ($^3\text{He}/^4\text{He}$)比、
 $[R_{Ne}]$: ($^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$)比、 A, M, R : 各成分の存在割合、 a, m, r : 大気、マントル、地殻の各成分、 $[R_{He}]_{sample}, [R_{Ne}]_{sample}$: $[R_{He}], [R_{Ne}]$ のサンプル実測値

から各He成分の割合 A, M, R を決定する。ただし、 $[R_{He}]_a = 1.4 \times 10^{-8} \sim 4.0 \times 10^{-8}$, $[R_{He}]_m = 1.1 \times 10^{-8}$, $[R_{He}]_r = 1 \times 10^{-7}$, $[R_{Ne}]_a = 4.24$, $[R_{Ne}]_m = [R_{Ne}]_r = 10^{-3}$ である。今回測定が終了した試料の ($^3\text{He}/^4\text{He}$)、($^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$)比をFig-2に示す。このモデルを用いて蓮台寺(No.2)、健軍(No.5)、大津(No.10)、菊陽(No.12)の各地下水の若い地下水と古い地下水の混合割合を評価する。その際マントルHe成分は、直接地下水年代に寄与しないものと仮定し、マントルHe成分を除いたHe量を基に(1)式、(2)式を用いて地下水年代を決定した。また、周辺岩盤中で生成されるHe量は、阿蘇火砕流堆積物中に含まれるU, Th分析結果⁽⁴⁾を用いると 10^{-11} (ccSTP/g \cdot y $^{-1}$)と推定される。その結果、蓮台寺では、32年の若い地下水25%と 2×10^4 年と非常に古い地下水75%、健軍では32年の若い地下水60%と8000年の古い地下水40%、大津では25年の若い地下水95%と8000年の古い地下水5%、菊陽では、27年の若い地下水60%と8000年の古い地下水40%の混合体であるとの結果となった。

5. 結論： 溶存希ガス地下水年代決定法により評価した熊本平野の深層地下水の年代は、平均的には30年前後と比較的古い。また、地下水年代の異なる地下水の混合割合の結果を地下水の流動性という観点から見ると、比較的速く循環している地下水と非常に停滞性の強い地下水が存在する地下水理構造を持っていると考えることができる。

参考文献

- (1)馬原、電中研研究報告 U90050(1991)
- (2)KAMENSKY, I., L., *Geochim, Cosmochim. Acta.* Vol.55. PP.2895-2899(1991)
- (3)Mamyrin B.A, *Helium Isotopes in Nature*, Elsevier(1984)
- (4)川崎、他 第18回理工学における同位元素研究発表会 P.94(1981)

Table 1. Analytical results of ^4He , ($^3\text{He}/^4\text{He}$), ($^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$) and tritium in groundwater and dating results

Sampling Site	$4\text{He} \times 10^8$ (ccSTP/g)	($^3\text{He}/^4\text{He}$) $\times 10^6$	($^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$)	HTO (TU)	Age(y)
Shirakawa	6.87	1.70	4.76	7.2	2.7
suigen					
Oustu	4.95	2.75	3.94	8.1	27.2
Kubota	4.52	1.54	4.31	8.3	5.3
Kikuyo	7.77	2.03	2.51	7.2	32.6
Fukasako	7.26	3.00	2.69	12.9	31.3
Akistu	4.73	3.94	4.12	8.9	33.3
Kengun	8.10	3.00	2.41	9.2	38.6
Togawa	6.50	3.31	3.00	6.5	41.2
Numayamazu	6.33	5.14	3.08	8.8	45.3
Kamiezuko	8.14	3.10	2.40	8.4	41.4
Tamukae	6.05	2.20	3.22	13.5	20.0
Tsuboi	4.89	1.48	3.99	0.5	38.6
Rendaiji *	29.64	4.56	0.66	8.0	74.0
Suizenji	4.36	1.67	4.47	18.2	3.6
Shinnabe	4.17	1.39	4.68	0.4	—

* The dissolved He in this sample is suspected to be a mixture of mantle He component.

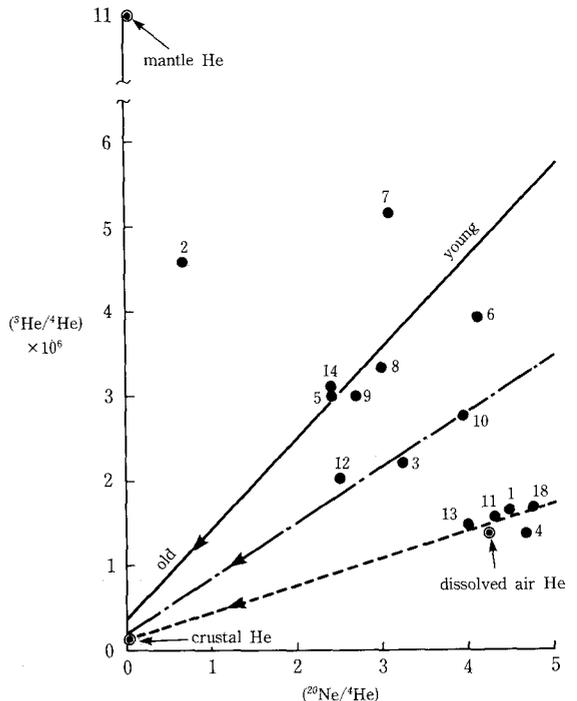


Fig-2. Correlations between the $^3\text{He}/^4\text{He}$ and $^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$ ratios in groundwaters sampled in the Kumamoto plains.