

〈技術報文〉

同位元素를 利用한 濟州地域 水資源에 關한 研究

Environmental Isotope-Aided Studies on Water Resources in the Region of Cheju

Jong-Sung Ahn(安種成)*

Jeong-Sang Hahn(韓楨相)**

Jeong-Ho Lee(李鉦浩)*

Chang-Jo Jeong(鄭昌朝)***

Jang-Hyu Yoo(柳長杰)***

Summary

This investigation was carried out by analyzing water types and measuring the environmental isotopes (tritium and deuterium) for development of water resources and protection of ground waters from sea water intrusion.

The water samples were taken monthly from April to June, 1983 from sixteen sites in the Cheju metropolitan area; three sea, three spring, and ten ground waters.

The ground water in the midwest area of the city contained 20 TU of tritium and -46 per mille of deuterium, classified as the NaHCO₃ type of ground water, generally deep seated.

The spring water and ground water in the southern part of the city contained 15 TU of tritium and -39 per mille of deuterium, and appeared to be the CaHCO₃ type of shallow ground water, easily affected by precipitation.

The results of tritium and deuterium analyses showed that the ground waters in the coastal area were not affected by sea water intrusion, although they changed from NaHCO₃ or CaHCO₃ type to NaCl type in May and June. It is concluded that the high Na and Cl content in those ground waters might come from municipal sewage. The sea water in the Yong-duam area was influenced by spring water.

1. 序 言

濟州道는 火山熔岩으로 構成된 特殊上層構造로 되어 있어서 韓國最大의 降雨量을 가지면서도 用水의 不足을 면치 못하고 있다. 熔岩孔隙으로 降水의 대부분이 流失되거나, 地下로 침투되어 河川의 대부분은 乾川이며, 道內水源으로는 一部の 地表水와 湧泉水, 地下水 이외는 기대하기 어렵다.¹⁾ 이와 같은 水質源의 문제는 濟州地域産業發展에 큰 制限要因이 되고 있어서 水資源의 開發과 確保는 濟州道開發의 基本課題로 되어 있

다.

1970년부터 濟州道는 水資源開發을 위하여 地下水開發을 시작한 이래 1982年末 現在 190個所의 地下水用 管井을 掘鑿하여 1日 200,000屯의 地下水를 供給하고 있다. 濟州道の 用水量은 人口增加, 觀光開發 및 農水産業의 發達로 인하여 매년 增加되고 있으며, 限定된 地下水의 保護와 이의 적절한 活用을 위한 對策이 시급하다. 特히, 地下水源의 過多利用으로 海水의 浸透에 따른 地下水 荒廢化는 島嶼地方에서 흔히 問題가 되는데, 濟州地域의 地下水保護를 위해서는 이와 關連된 基礎 調查研究가 切實하다. 이러한 배경하에서 濟州大

* Korea Advanced Energy Research Institute

** HANS Engineering Co., Ltd.

*** Applied Radioisotope Research Institute, Che Ju National University.

學校와 韓國에너지研究所가 共同으로 環境同位元素인 tritium과 deuterium分析을 中心으로, 水資源保護에 대한 研究를 遂行하였다.

1. 濟州道의 地質

濟州道地域의 岩石은 鑛物과 岩石조직에 따라 picrite 玄武岩, 감람석을 함유한 玄武岩, 비정질玄武岩, 감람석安山岩, 비정질安山岩, trachyte質 安山岩 및 trachyte로 分類할 수 있다. 海岸線을 일부의 모래와 礫 및 火山灰로 구성된 堆積岩層이 分布되어 있으나 그 규모와 分布面積은 그리 넓지가 않다. 성읍리 부근에 分布된 picrite武玄 岩內의 節理는 매우 불규칙적이고, 일반적으로 비정질火山岩은 節理의 발달상태가 불량하다.⁸⁾

2. 地下水 產出狀態

濟州地域 岩盤內에 포함된 深部地下水의 產出狀態는 ①節理나 裂隙과 같은 小構造帶內에 포함된 地下水 ②熔岩네펀과 熔岩 lava와 같은 洞孔型 ③透水性 火山쇄설층을 수반하고 있는 2個의 熔岩層의 접촉면에 포함된 地下水로 구분된다. 또한 濟州의 地下水는 他火山岩 分布 地域과 同一하게 上位地下水和 基底地下水로 區分된다. 上位地下水는 基底地下水 上層에 帶水層을 이루고 있으며, 基底地下水는 淡水가 水理學的으로 軟水와 직접 접촉해있는 帶水層內에 있는 深層地下水이므로 多量의 用水로 開發할 수 있다. 일반적으로 濟州地域에 水文循環은 降水에 의해 地上으로 내린물이 節理, 熔岩孔洞 및 岩石접촉면과 같은 二次 有効孔隙를 따라 地下로 浸透되며 이들은 계속 깊은 곳으로 浸透되어 基底地下水를 이룬다.⁹⁾

濟州道에는 UNDP事業으로 1969이후 120個所의 試驗井과 30個所의 揚水井을 設置하였는데, 平均 116m의 깊이와 一日平均產出量은 1,300톤에 이르는 매우良好한 深井을 開發한바 있다. 또한 1973年 이후 農業振興公社에 의해 20개의 揚水井을 設置하여 試驗을 시행한바 平均 深度 116m에서 一日平均 1,176톤의 深層地下水를 開發한 바 있다. 이들 외에도 많은 深井을 開發하여 生活用水 및 農業用水로 利用하고 있다.

3. 地下水 開發의 問題點

基底地下水는 앞으로 濟州道 用水開發에 가장 關連적이고 잠재적인 用水源이다. 현재 濟州道の 海岸線을 따라 상당수의 深井을 開發하여 基底地下水를 採水하고 있으며 現在도 深井을 開發하고 있는 중이나 그중 일부 深井은 海岸線에 너무 隣接해서 掘鑿을 했으므로 多量의 揚水로 인하여 淡水帶內로 鹽水가 侵入될 우려가 있다.⁸⁾ 그러므로 基底地下水開發 이전에 가장 시급하게 시행해야할 문제는 鹽水가 淡水帶內로 侵入되지 않는 범위내에서 深層地下水를 開發할 수 있는 綜合的인 地

下水 調査가 先行되어야 할 것이다. 綜合的인 地下水 資源調査를 하기 위하여서는 ① 海岸地域의 地下水 採取로 인한 淡水와 鹽水와의 水理的인 關係가 究明되어야 하고 ② 降水와 地表水도 地下水資源과 相互聯關시킨 調査研究를 環境同位元素를 利用 遂行되어야 할 것이다.

4. 研究史

水文學 研究에 環境同位元素를 利用한 것은 그리 오래지 않으나, 水素의 同位元素인 deuterium, tritium을 利用한 水文學 研究가 近來에 와서 활발히 遂行되고 있다.¹²⁾

環境同位元素를 利用한 國內의 水文學的 研究現況을 보면 deuterium, tritium 및 oxygen-18에 의한 서울地域의 江水和 地下水와의 相互聯關性에 대한 안등¹³⁾의 研究가 있는데, 이들에 의하면 서울都心地에서 降水가 地下水로 流入되는 경우가 적고, 또한 이地域에는 人口密度가 높아서 地下水를 양수하여 使用하기 때문에 地下水位가 낮아져 오히려 江水가 地下流入된다고 보고했다.¹¹⁾ 또한 漢江流域內 分布되어 있는 沖積層과 結晶質岩內에 貯溜된 地下水 相互關係에 관한 研究에서 안등은 沖積堆積層으로 被覆된 結晶質岩은 上部沖積層內에 貯有된 地下水는 核實驗이전의 氣象水가 充填되어 있는 반면 漢江上流 石灰帶岩水層內의 地下水는 滯在期間의 數個月 정도 된다고 보고했다.¹⁴⁾

濟州道의 水資源研究로는 中山間 地帶의 水資源開發에 관한 研究가 있으며, 濟州道 地下水源에 대한 地質學的인 調査를 통해 地下水의 流通經路와 貯水에 대한 연구를 수행한바 있다.⁷⁾ 그리고 濟州道の 地下水系는 降水和 流入水와의 관계에 의하여 여러개의 흐름으로 分類可能한 것으로 報告되어 있다.⁹⁾

II. 材料 및 方法

1. 試料採取

濟州市地域의 試料는 figure 1과 table 1에서 보는 바와 같이 海水(C1, C6, C11), 湧泉水(C2, C5, C12)와 地下水(C3, C4, C7, C8, C9, C10, C13, C14, C15, C16)로 區分하여 4, 5, 6월에 각각 化學分析用 1/와 環境同位元素測定用 2/씩 採集하였다. 降水는 2, 3, 4, 5, 6월에 各 1/씩 tritium 含量을 測定하였다.

2. 環境同位元素測定

가. Tritium測定

1) 試料의 前處理

降水를 除外한 모든 물試料는 蒸溜하여 鹽을 除去한 후 600g을 取하고, 電氣分解로 濃縮하는 동안에 電極

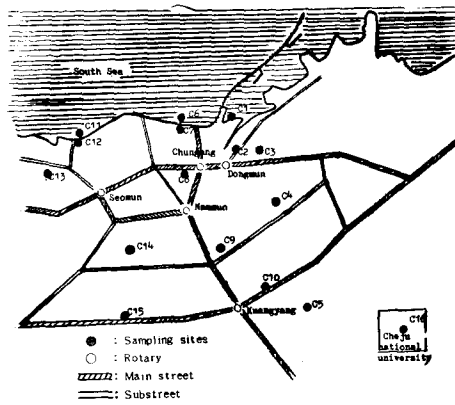


Figure 1. Location of sampling sites of Cheju metropolitan area.

Figure 1. Location of sampling sites of Cheju metropolitan area.

의 腐蝕을 防止하기 위하여 0.67%의 sodium peroxide를 加하여 alkali로 되게 하였다.⁶⁾

2) Tritium濃縮

前處理된 試料은 電氣分解槽을 이용하여 20g까지 濃縮하였다. 試料을 電氣分解할때는 $-1\sim 0^{\circ}\text{C}$ 유지하여 tritium의 蒸發을 防止하였고, 結水을 防止하기 위하여 冷凍槽內에 10% ethylene glycol을 加하였다. 또 最初 電流는 120mAcm^{-2} 의 電流密度가 되도록 調整하였고 電氣分解가 進行됨에 따라 200mAcm^{-2} 를 초과하지 않게 調整하였다.

濃縮時間은 約 210時間이 所要되었으며, tritium 含量을 이미 알고 있는 2個의 tritiated water를 다른 試料과 同一하게 處理하여 濃縮係數를 計算하였다. 試料의 濃縮이 完了된후 試料內 sodium hydroxide의 濃도가 約 20%정도이므로 CO_2 gas를 注入시켜 Sodium carbonate로 만든 다음 乾燥될때 까지 蒸淺하여 蒸溜凝縮된 액체부분을 tritium測定試料로 하였다.

3) Tritium計測

tritium濃縮 및 蒸溜가 完了된 試料을 計測용기에 10 ml를 취하고, 여기에 instagel 10ml를 加하였다. 試料中의 閃光 混合物은 1個月이상 安定性이 유지되도록 했다. 計測용기는 閃光混合物에 의해 浸透되거나 化學反應이 일어나지 않으며 計測效率(E)이 높고 background가 낮은 閃光混合物과 함께 tritium을 測定하여 E^2/B 값이 큰 teflon계측용기를 使用하였다⁶⁾. Background用 tritium free water는 호주原子力研究所(AAEC)에서 分讓받아 使用하였다. tritium試料은 액체섬광계수기(Packard model 3255)로 計測하였다. 이때 기기의 discriminator 45-600, amplification 100%, 그리고 sample changer 內의 溫度를 8°C 로 調整하였고, 每試料마다 20分씩 25회 반복 計測하였다. tritium計測值는 Syber computer, JSAHN program에 의하여 Tu(Tritium unit; $1\text{Tu}=3.24\times 10^{-3}\text{pCi g}^{-1}$)로 換算하였다³⁾.

tritium의 單位는 初期 自然表面水中 tritium含量이 水素 10^{18} 原子當 約 1個의 ^3H 原子가 있다는 것이 발견

Table 1. Specifications of the sampling sites in Cheju metropolitan area.

Sample	Location	Description	Distance from sea(km)	Depth(m)
C1	Könip-dong	sea water	—	—
C2	Könip-dong	spring water	0.20	—
C3	Könip-dong	ground water	0.30	45
C4	I 1 do 2-dong	ground water	0.80	80
C5	I do 1-dong	spring water	1.90	—
C6	Samdo 2-dong	sea water	—	—
C7	Samdo 2-dong	ground water	0.05	—
C8	I do 1-dong	ground water	0.45	13
C9	I do 1-dong	ground water	1.13	78
C10	I do 1-dong	ground water	1.63	90
C11	Yongdam-dong	sea water	—	—
C12	Yongdam-dong	spring water	—	—
C13	Yongdam-dong	ground water	0.37	—
C14	Samdo 1-dong	ground water	1.15	55
C15	Samdo 1-dong	ground water	1.75	90
C16	Ara 1-dong	ground water	7.00	240

되어 試料中の $^1\text{H}10^{18}$ 原子當 ^3H 原子的 數를 Tu로 나타냈다.⁶⁾

나. Deuterium測定

물試料中 D/H ratios는 질량분석기를 使用하여 測定하였고¹⁰⁾, 물試料中 安定同位元素인 deuterium함량(SD)은 다음과 같이 표시하였다.

$$SD = \left[\frac{(D/H)_{\text{Sample}}}{(D/H)_{\text{V(smow)}}} - 1 \right] \times 1000$$

V(smow) : Volume of standard mean ocean water (IAEA, Vienna供給).

다. 理化學的 分析

採取한 試料의 理化學的 分析은 다음과 같이 行하였다.

1) 水溫 : 水銀溫度計를 使用하여 試料採取現場에서 測定하였다.

2) pH : 採取하여 실험실로 운반후 즉시 Corning pH 측정장치(Model 5)을 使用測定하였다.

3) 電氣傳導度는 Conductivity bridge(Y.S.I. Model 31)을 使用測定하였다.

4) 陽이온($\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$)는 원자흡광분광기(Perkin Elmer, Model 2380)로 측정하였다. 특히 Ca^{2+} , Mg^{2+} 인 경우 酸化간섭을 줄이기 위해 0.25% La_2O_3 용액을 처리하였다.

5) 陰이온($\text{Cl}^-, \text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-, \text{SO}_4^{2-}$)인 경우 Cl^- 은 AgNO_3 滴定法, $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ 는 0.05N- H_2SO_4 滴定法, SO_4^{2-} 는 탁도경량(turbidity method, standard method, 1981) 方法으로 測定하였다.

라. 海水, 湧泉水 및 地下水의 化學的 分類

海水, 湧泉水 및 地下水의 分類는 양이온 및 음이온의 ppm(parts per million) 값을 epm(equivalents per million)단위로 換算한뒤

陽이온의 경우는

$$\frac{\text{Ca}^{2+} \text{ or } \text{Mg}^{2+} \text{ or } \text{Na}^+ + \text{K}^+ \text{ or } \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} \times 100$$

陰이온의 경우는

$$\frac{\text{Cl}^- \text{ or } \text{SO}_4^{2-} \text{ or } \text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-}{\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + [\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-]} \times 100$$

으로 계산해서 Piper의 trilinear diagram¹¹⁾으로 나타냈다.

Ⅲ. 結果 및 考察

核實驗으로 figure 2에서 보는 바와 같이 1963年 國內의 降水에 約 1,300Tu 정도의 tritium이 降下되었다.¹⁾ 現在 國內의 地表水와 地下水에는 figure 3에서와 같이 濟州에는 20Tu의 tritium이 含有되어 있고, 國內의 경우 北쪽지방으로 갈수록 많은 量이 含有되어 있다. tritium은 地上에서만 生成되고 地下에서는 生成이 안되므로 이를 利用, 地表水 海水 및 地下水의 相互聯

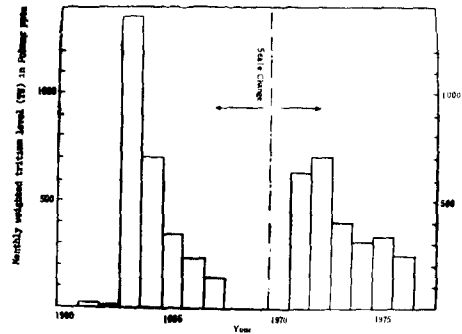


Fig. 2 The Variation with time of the monthly weighted tritium levels in Pohang rainfall.

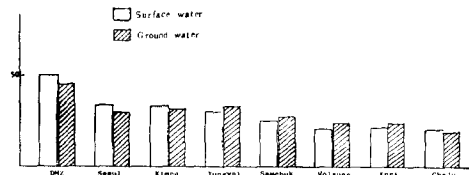


Fig. 3 Distribution of tritium concentration in Korea.

關關係에 關한 研究를 遂行하였다.

濟州地域 降水中の tritium含量은 table 2와 같다. 12-17Tu의 含量을 보이고 있으나 3월에 특히 낮았다. 또한 濟州市地域 물의 tritium은 table 3과 같다. 海水에 平均 5.4Tu, 淺層地下水에는 14.5Tu, 그리고 深層地下水에는 19.5Tu의 含量을 보이고 있으며, deuterium含量은 海水에 -3.6per mille을 보이고 있다.

Table 2. Tritium concentration of precipitation at Che ju in 1983.

Month	Precipitation(mm)	Type	Tritium(TU)
2	63.4	rain	12.4±0.41
3	69.6	"	5.9±0.31
4	85.7	"	13.9±0.43
5	88.9	"	12.1±0.43
6	63.6	"	17.4±0.44

Table 3. Environmental isotope and type of water of the Cheju metropolitan area.

Water	Tritium (TU)	Deuterium (per mille)	Type of water
Sea water	5.4	- 3.6	Na·Cl
Shallow groundwater	14.5	-39.7	Ca·HCO ₃
Deep groundwater	19.5	-45.8	Na·HCO ₃

濟州市地域의 地下水 및 海水의 化學的 組成은 table 4, 5, 6과 같다.

Table 4. Chemical data of water samples from Che ju metropolitan area in April.

Sample	Temp. (°C)	pH	Na (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Cl (ppm)	SO ₄ (ppm)	CO ₃ +HCO ₃ (ppm)	Conductivity (umho cm ⁻¹)
C1	14	8.3	8000.0	470.0	800.0	1600.0	17553.0	3060.0	153.9	22,222
C2	14	7.5	9.5	2.9	5.6	2.8	2.8	3.5	25.8	132
C3	14.5	7.2	17.3	3.8	16.5	6.0	9.1	6.1	39.4	143
C4	16	8.2	9.3	2.9	5.4	2.1	5.5	1.8	37.6	111
C5	15	7.2	27.0	2.8	30.5	14.5	23.8	13.1	91.3	500
C6	14	18.5	10400.0	410.0	200.0	1200.0	1871.0	3060.0	46.6	25,000
C7	13	7.4	39.5	12.0	24.0	9.0	25.6	29.7	75.2	323
C8	16	7.4	18.8	7.7	17.6	12.5	15.5	19.2	75.2	357
C9	14	8.1	29.0	2.8	10.3	17.0	6.4	2.6	23.3	91
C10	13	7.6	13.1	2.8	10.2	5.6	2.1	6.1	46.5	185
C11	14	7.9	770.0	100.0	300.0	130.0	2095.0	215.0	78.7	4,545
C12	13.5	7.7	23.5	12.4	18.0	24.0	45.7	57.6	32.2	1,000
C13	14	7.7	6.7	2.3	3.6	2.1	11.9	3.1	26.8	63
C14	14	7.7	7.4	2.5	5.1	2.4	9.1	3.2	32.2	63
C15	13	7.7	5.7	2.2	3.3	1.8	6.4	2.3	23.3	48
C16	13	7.8	6.2	5.8	7.4	1.2	2.7	1.3	21.5	42

Table 5. Chemical data of water samples from Cheju metropolitan area in May.

Sample	Temp. (°C)	pH	Na (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Cl (ppm)	SO ₄ (ppm)	CO ₃ +HCO ₃ (ppm)
C1	18	8.0	8200.0	400.0	470.0	900.0	14928.0	2857.0	144.5
C2	14	7.4	10.0	2.9	5.6	3.8	29.3	4.3	78.1
C3	14.8	7.4	17.6	4.0	8.3	5.0	26.9	7.5	43.0
C4	16.5	8.2	10.0	3.1	4.8	2.1	36.0	2.3	39.1
C5	15.5	6.8	29.0	3.1	32.5	15.5	70.2	3.0	97.6
C6	18.8	8.5	10300.0	500.0	470.0	1200.0	18264.0	3143.0	158.2
C7	14.5	7.4	37.0	12.5	17.1	9.0	8451.0	17.6	78.1
C8	17	7.4	18.5	7.3	16.2	10.5	62.2	76.0	19.8
C9	14	7.8	6.3	2.4	3.2	1.8	9.5	1.3	27.3
C10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C11	14	7.8	700.0	100.0	55.0	50.0	1130.0	1214.0	31.1
C12	13.5	8.6	750.0	17.1	375.0	3.0	100.9	117.0	33.2
C13	14	7.7	8.0	2.4	4.2	2.3	33.5	2.8	31.2
C14	14	7.7	8.4	2.6	5.4	2.5	39.7	3.3	31.2
C15	13	7.7	5.9	2.1	2.9	1.7	20.5	1.1	27.3
C16	13	8.0	5.2	2.3	2.0	1.4	19.9	2.4	68.3

Table 6. Chemical data of water samples from Cheju metropolitan area in June.

Sample	Temp. (°C)	pH	Na (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Cl (ppm)	SO ₄ (ppm)	CO ₃ +HCO ₃ (ppm)
C1	18.5	7.8	9300.0	390.0	1160.0	310.0	16971.0	2714.0	128.9
C2	13.5	7.4	9.4	2.6	5.6	4.8	23.2	4.3	42.9
C3	14	7.4	15.4	3.3	8.3	6.1	2.2	2.9	42.2
C4	16	7.9	16.6	3.3	4.8	7.5	41.5	8.6	46.1
C5	16	6.9	29.0	2.6	16.0	23.5	61.5	15.4	98.8
C6	22	8.3	7100.0	30.0	860.0	230.0	12840.0	2571.0	27.7
C7	18	7.5	34.0	2.2	8.4	14.8	17.7	34.3	80.1
C8	17.5	7.8	17.4	8.4	4.4	17.4	386.0	6.3	29.3
C9	15	7.4	6.4	2.6	2.1	2.3	6.0	3.1	64.4
C10	14.5	7.6	26.2	3.7	13.0	23.4	71.9	6.0	72.2
C11	18.5	8.5	8550.0	430.0	1004.0	310.0	15925.0	1214.0	23.0
C12	14.5	7.6	100.0	12.0	28.0	15.0	483.0	94.3	32.8
C13	14.5	7.6	8.9	2.8	3.1	4.4	6.0	2.9	33.9
C14	15.5	7.6	8.4	3.0	3.3	5.4	8.6	1.6	31.2
C15	14.3	7.8	5.2	2.0	1.9	2.7	16.8	2.7	26.9
C16	13.5	7.8	4.8	2.5	1.5	1.3	8.2	3.0	21.5

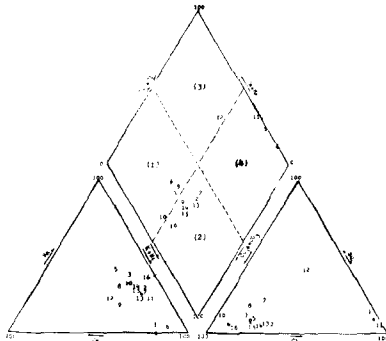


Fig. 4 Trilinear diagram(April)

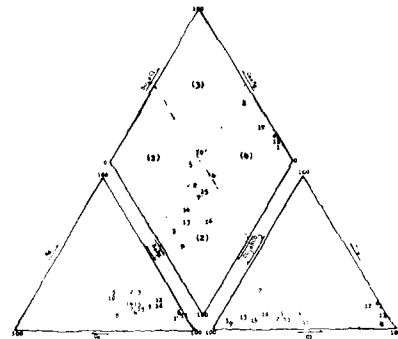


Fig. 6 Trilinear diagram(June)

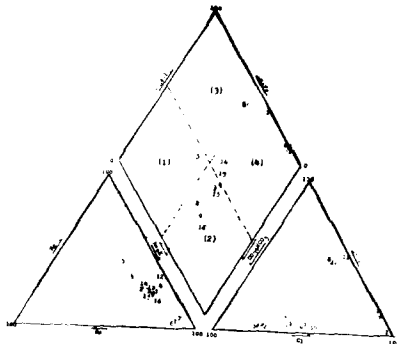


Fig. 5 Trilinear diagram(May)

海水는 pH8 정도이고 地下水는 海水보다 낮은 傾向을 보이고 있으며, 電氣傳導度는 海水가 높았으며 地下水는 낮았다. 이는 NaCl 등의 鹽이 海水中에 많기 때문인 것으로 생각된다.

濟州市의 물을 化學的 組成에 의해 水文學的으로 分類하면 table 7과 figure 4, 5, 6과 같다.

海水와 같은 NaCl型, 深層水의 일반적 형태인 NaHCO₃型, 火山性 地下水에 분포되는 것으로 알려진 CaHCO₃型 등으로 구분할 수 있다.

濟州市 地域물에 있어서 4月과 6月의 tritium과 deuterium含量은 table 8과 같다.

Table 7. Classification of water samples from Cheju metropolitan area based on trilinear diagram.

Sample	Types of water		
	April	May	June
C1	Na·Cl	Na·Cl	Na·Cl
C2	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃
C3	Ca·HCO ₃	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃
C4	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃
C5	Ca·HCO ₃	Ca·HCO ₃	Ca·HCO ₃
C6	Na·Cl	Na·Cl	Na·Cl
C7	Na·HCO ₃	Na·Cl	Na·Cl
C8	Ca·HCO ₃	Ca·Cl(Na·Cl)	Na·Cl
C9	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃
C10	Ca·HCO ₃	—	Ca·Cl
C11	Na·Cl	Na·Cl	Na·Cl
C12	Ca·Cl	Na·Cl	Na·Cl
C13	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃ (Na·Cl)	Na·HCO ₃
C14	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃
C15	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃
C16	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃	Na·HCO ₃

Table 8. Environmental tritium and deuterium levels in water samples from Cheju metropolitan area in April and June.

Sample	April		June
	Tritium (Tu)	Deuterium (per mille)	Tritium (Tu)
C1	4.3±0.34	— 4.6±0.6	6.5±0.39
C2	18.8±0.40	—	17.9±0.45
C3	19.4±0.42	-43.5±0.7	18.9±0.45
C4	4.9±0.33	-45.6±0.7	7.9±0.42
C5	16.2±0.39	-39.7±0.6	13.0±0.44
C6	4.5±0.32	- 2.5±0.5	5.7±0.39
C7	18.9±0.39	—	18.8±0.45
C8	20.9±0.42	-44.0±0.8	21.7±0.46
C9	20.2±0.42	-46.8±1.3	16.9±0.41
C10	10.3±0.36	-44.8±1.2	12.9±0.41
C11	18.5±0.39	-42.5±1.3	6.0±0.31
C12	20.0±0.40	-46.0±0.5	17.5±0.41
C13	20.7±0.41	—	—
C14	20.3±0.42	-46.0±1.2	17.5±0.43
C15	21.8±0.41	-46.5±1.2	18.5±0.48
C16	21.4±0.43	-44.0±1.2	20.3±0.46

— ; not measured.

試料採取地點 C11은 海水로. 4월에는 tritium含量이 일반海水보다 높은 18.5Tu이며, deuterium은 海水보다 낮은 -42.5 per mille인데, 이것은 試料採取場所 주변의 湧泉水에 의해서 영향을 받았기 때문이다. 그러나 6월에는 tritium含量이 6.0Tu로서 海水의 값과 같은데 이는 試料採取 時期에 따라서 湧泉水에 의하여 海水가 희석되는 정도가 다르기 때문인 것으로 생각된다. C7은 5월에, C8은 6월에 NaCl型 地下水로 나타나 이 시기에 海水의 영향을 받은 것처럼 보이지만, tritium 및 deuterium 수준으로 미루어 보면 海水의 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. 그러므로 NaCl 수준의 증가는 海水이외의 都市下水 등과 같은 다른 要因에 의하여 영향을 받은 것으로 생각된다.

C4에서는 다른 地下水에 비해 tritium水準이 현저히 낮기 때문에 특이한 水源으로 부터 유래된 것으로 생각되었다. C5 半女泉과 C10地下水는 tritium含量으로 보아 降水의 영향을 받은 것으로 생각되었다. C10의 water type은 CaHCO₃형으로 火山性 淺層地下水로 分類되었다. 그러나 C2, C9, C13, C14, C15, C16 地點의 地下水는 table 7, 8과 figure 4, 5, 6에서 보는 바와 같이 tritium 含量이 平均 19.5Tu, deuterium이 -45.8per mille이고 water type은 深層地下水에서 볼수 있는 NaHCO₃型이었다. 濟州地域의 地下水는 環境同位元素의 水準이 時期에 따라 變하는 程度로 보아 一般內陸地方에서와는 달리 물의 순환이 비교적 빠른 것으로 생각된다. 地域別로 區分해 보면 中西部地域 地下水는 tritium含量이 20Tu, deuterium이 -46 per mille이며, NaHCO₃型인 深層地下水이고, 南部地域의 湧泉水와 地下水는 tritium含量이 15Tu, deuterium -39 per mille이며, CaHCO₃型인 淺層地下水로서 降水의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

IV. 摘要

濟州地域의 地下水 資源保護 및 開發을 위하여 1983年度 4, 5, 6월에 海水 3개地域, 湧泉水 3개地點, 地下水 10개地點에서 물試料을 採取하여 陽이온 및 陰이온 그리고 tritium과 deuterium含量을 分析하여 地下水의 水質 및 海水의 地下水로의 浸透如否를 調査하였다.

濟州市 中西部地域 地下水는 tritium含量이 20Tu, deuterium이 -46 per mille인 NaHCO₃型 深層地下水이고, 濟州市 南部地域의 湧泉水와 地下水는 tritium含量이 15Tu, deuterium이 -39 per mille인 CaHCO₃型 火山性 淺層地下水로서 降水의 영향을 비교적 많이 받

는 것으로 나타났다. 濟州市 海岩地域의 地下水는 시기 (5, 6月)에 따라서 NaCl型이 되기도 있으나 tritium 및 deuterium水準으로 보아 그 原因은 海水의 浸透現象이 아닌 都市下水에 의한 것으로 추정된다. 龍頭岩 근처의 海水의 水質은 湧泉水에 의하여 영향을 많이 받고 있었다.

引用 文 獻

1. Ahn, J.S., Kim, J.S. Kim, P. Airey and B. Payne. 1981. Environmental Isotope Aided Studies on River Water and Ground Water Interaction in the Region of Seoul. J. Korean Nucl. Soc. 13(2) : 85~96.
2. Ahn, J.S., J.S. Kim and J.S. Kim, 1980. Studies on Tritium Analysis and its Monitoring with Special Reference to Power Reactor Operation. KAERI/RR-204/80.
3. Ahn, J.S., J.S. Kim, J.S. Hahn, P Airey and B. Payne. 1983. Environmental Isotope-Aided Studies on River Water and Ground Water Interaction in the Han River Basin. J. Korean Asso. Hydro. Scin. 16(4) : 245~252.
4. Ahn, J.S., J.S. Kim and J. You. 1981. Studies on the Tritium of Water Resources and crop at the Nuclear Power Plant. KAERI/RR-327/81.
5. Alvarez, L.W. and R. coming. 1980. Radioactive Hydrogen. A correction Phys. Rev. (2) 58 : 197.
6. Calf, G.E., B.W. Seatonberry and L.W. Smith. 1976. The Measurement of Natural Levels of Tritium in Water, AAEC/E373.
7. Davis, G.H., C.K. Lee, E. Bradley and B. Payne. 1970. Geohydrologic Interpretation of a Volcanic Island from Environmental Isotopes. Water Resources Research, 6(1) : 99~109.
8. Hahn, J.S. J.S. Ahn. 1984. Studies on Isotope Hydrology in South Korea. J. Geolo. Sco. 20 (1) : 72~84.
9. Hahn, J.S., 1981. Ground water of Bed Rocks in South Korean Peninsula. J. Korean Asso. Hydro. Scin. 14(4) : 73~81.
10. Hartley, P.E., 1981. A Rapid Mass Spectrometers Method for the Determination in Water at Natural Levels. Analytical Chemistry, 52 : 2232.
11. IAEA, 1981. Statistical Treatment of Environmental Isotope Data in Precipitation, Tech. Report, No. 206. IAEA, Vienna.
12. IAEA. 1983. Guidbook on Nuclear Techniques in Hydrology, Tech. Report No. 91. IAEA. Vienna.
13. Libby, W.F., 1961. Tritium Geophysics, J. Geophys Research, 66 : 3767~3782
14. Piper, A.M., 1944. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analyses. Am. Geophy. Union Trans., 25 : 914~923.
15. Schell, W.R. 1973. Physical Behavior and Radioactive Contamination in the Atmosphere. 375, IAEA, Vienna.
16. Rard, M.C. 1976. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Amm. Public Health Asso., Washington.