

同位元素를 이용한 濟州地域 水資源에 關한 研究 (第1報)

鄭昌朝, 朴良門, 柳長杰, 柳基中, 安鍾成**

Environmental Isotope—Aided Studies on Water Resources in the Region of Cheju (I)

*Chang—Cho Choung, Yang—Mun Park, Zang—Kual U., Ki—Jung Yoo,
and Jong-Sung An***

Summary

The 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 seas, three springs, and ten ground waters.

The ground water in the midwest area of the city contained 20 TU of tritium and -46 per mill of deuterium, classified as the NaHCO_3 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 mill of deuterium, and appeared to be the CaHCO_3 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 NaHCO_3 or CaHCO_3 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.

序 論

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 대

부분이 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.” 이와 같은 水資源의 문제는 濟州地域產業發展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 되어있다.

*이 논문은 1982年度 文敎部 學術研究 助成費에 의하여 研究되었음. ** 한국에너지연구소

* 한국수문회지 17(2) (1984)에 게재됨.

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%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. 특히, 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 관련된 基礎 調查研究가 切實하다. 이러한 배경하에서 濟州大學校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. 濟州道の 地質

濟州道地域의 岩石은 鑛物과 岩石조직에 따라 picrite玄武岩, 鈔岩質을 함유한 玄武岩, 比정질 玄武岩, 鈔岩質 安山岩, trachyte質 安山岩 및 trachyte로 分類할 수 있다. 海岸線을 따라 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玄武岩內의 節理는 매우 불규칙적이고, 일반적으로 比정질 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단널과 熔岩 lava와 같은 洞孔型 ③透水性 火山쇄설층을 수반하고 있는 2個의 熔岩層의 접촉面에 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수는 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의 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 有效孔隙를 따라 地下로 浸透되며 이들은 계속 깊은 곳으로 浸透되어 基底地下水를 이룬다.⁸⁾

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했는데, 平均 116m의 깊이와 一日 平均產出量은 1,300%에 이르는 매우 良好한 深井을 開發한 바 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 1,176%의 深層地下水를 開發한 바 있다. 이들 外에도 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 靑연적이고 잠재적인 用水源이다. 현재 濟州道の 海岸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 중인데 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 問題는 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 調查가 先行되어야 할 것이다. 綜合的인 地下水資源調查를 하기 위하여 서는 ①海岸地域의 地下水 採取로 因한 淡水和 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 相互關聯시킨 調查研究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 지역의江水와 地下水와의 相互聯關性에 대한 안등¹⁾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 펌프하여 使用하기 때문에 地下水位가 낮아져 오히려 江水가 地下水로 流入된다고 보고했다.¹⁾ 또한 漢江流域內 分布되어 있는 冲積層과 結晶質岩內에 貯有된 地下水 相互關係에 관한 研究에서 안등은 冲積堆積層으로 被覆된 結晶岩帶는 上部冲積層內에 貯有된 淺層地下水가 充填源의 역할을 하고, 漢江下流에 一部 冲積層과 結晶岩內에 貯有된 地下水는 核實驗이전 의 氣象水가 充填되어 있는 반면 漢江上流 石灰岩

帶水層內的 地下水는 滯在期間이 數個月 정도 된다고 보고했다.⁴⁾

濟州道の 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 調查를 통해 地下水의 流通經路와 貯水에 대한 연구를 수행한 바 있다.⁷⁾ 그리고 濟州道の 地下水系는 降水와 流入水와의 關係에 의하여 여러 개의 흐름으로 分類可能한 것으로 報告되어 있다.⁹⁾

材料 및 方法

1. 試料採取

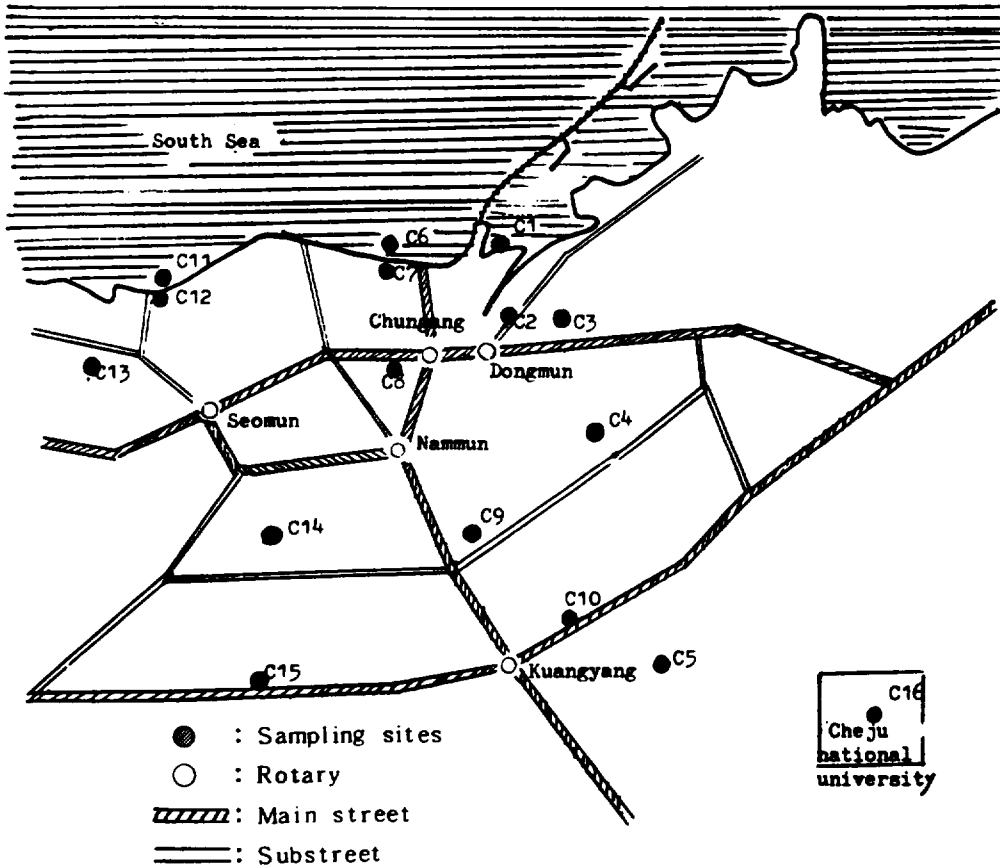


Figure 1. Location of sampling sites of Cheju metropolitan area.

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

Sample	Location	Description	Distance from sea (km)	Depth (m)
C1	Konip - dong	sea water	-	-
C2	Konip - dong	spring water	0.20	-
C3	Konip - dong	ground water	0.30	45
C4	Ildo 2 - dong	ground water	0.80	80
C5	Ido 1 - dong	spring water	1.90	-
C6	Samdo 2 - dong	sea water	-	-
C7	Samdo 2 - dong	ground water	0.05	-
C8	Ido 1 - dong	ground water	0.45	13
C9	Ido 1 - dong	ground water	1.13	78
C10	Ido 1 - dong	ground water	1.63	90
C11	Yongdom - dong	sea water	-	-
C12	Yongdom - dong	spring water	-	-
C13	Yongdom - 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

濟州市地域에서 試料은 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 化學分析用 1ℓ와 環境同位元素測定用 2ℓ씩 採取하였다. 降水는 2, 3, 4, 5, 6월에 각각 1ℓ씩을 採集하여 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은 鹽을 除去한 후 600g을 取하고, 電氣分解로 濃縮하는 동안에 電極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를 이용하여 20g까지 濃縮하였다. 試料을 電氣分解할 때는 $-1\sim 0^{\circ}\text{C}$

유지하여 tritium의 蒸發을 防止하였고, 結氷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 처리하여 濃縮系數를 計算하였다. 試料의 濃縮이 完了된 후 試料內 sodium hydroxide의 濃도가 約 20%정도이므로 CO_2 gas를 注入시켜 sodium carbonate로 만든 다음 乾燥될 때 까지 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 10ml를 취하고, 여기에 instagel 10ml를 加하였다. 試料中の 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 E²/B 값이 큰 teflon계측용기를 使用하였다⁶⁾
 Tritium試料은 액체섬광계수기(Packard model 3255)
 로 計測하였다. 이때 기기의 discriminator 45-600,
 amplification 100%, 그리고 sample changer內이
 溫度를 8℃로 調整하였고, 每試料마다 20분씩 25회
 반복 計測하였다. tritium計測値는 Syber computer,
 JSAHN program에 의하여 TU (Tritium unit; 1TU
 = 3.24 × 10⁻³ pCi g⁻¹)로 환산하였다.³⁾

Tritium의 單位는 初期 自然表面水中 tritium含量
 이 水素 10¹⁸ 原子當 約 1個의 ³H原子가 있다는 것
 이 발견되어 試料中の ¹H 10¹⁸ 原子當 ³H原子의 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 deuterium함
 량(SD)은 다음과 같이 표시하였다.

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

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하
 였다.

- 1) 水溫: 水銀溫度計를 使用하여 試料採取現場에
 서 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(Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)는 원자흡광
 분광기(Perkin Elmer, Model 2380)로 측정하였다.
 특히 Ca²⁺, Mg²⁺인 경우 화학간섭을 줄이기 위해
 0.25% La₂O₃용액을 처리하였다.
- 5) 陰이온(Cl⁻, CO₃²⁻ + HCO₃⁻, SO₄²⁻)인 경우
 Cl⁻은 AgNO₃ 滴定法, CO₃²⁻ + HCO₃⁻는 0.05N-
 H₂SO₄ 滴定法, SO₄²⁻는 탁도정량(turbidity
 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 음이
 온의 ppm (parts per million) 값을 epm(equivalents
 per million) 단위로 換算한 뒤
 陽이온의 경우는

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

陰이온의 경우는

$$\frac{Cl^{-} \text{ or } SO_4^{2-} \text{ or } CO_3^{2-} + HCO_3^{-}}{Cl^{-} + SO_4^{2-} + [CO_3^{2-} \quad HCO_3^{-}]} \times 100$$

으로 계산해서 Piper의 trilinear diagram¹¹⁾으로
 나타냈다.

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되

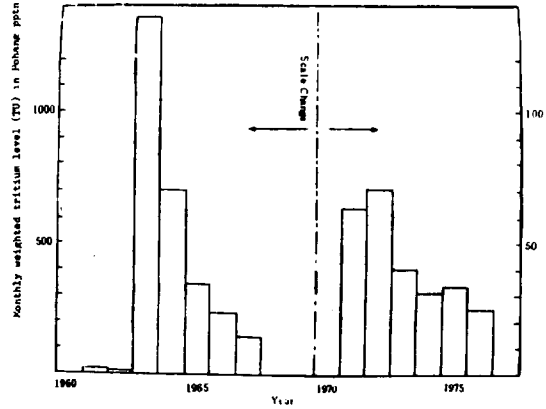


Figure 2. The Variation with time of the monthly weighted tritium levels in Pohang rainfall.

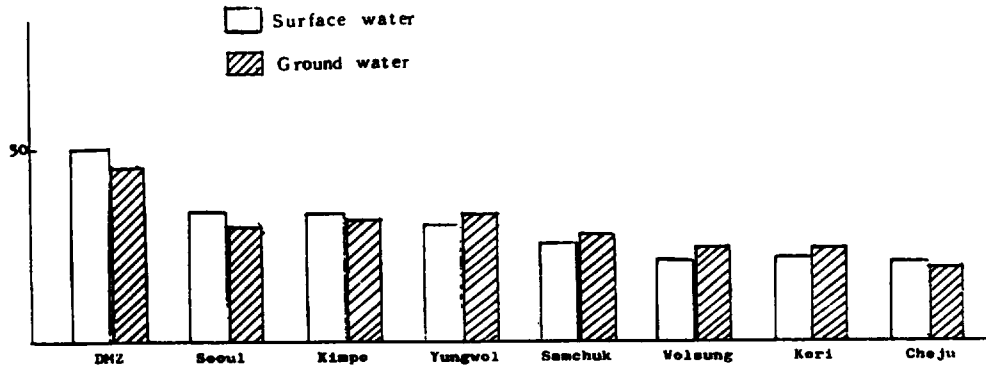


Fig. 3. Distribution of tritium concentration in Korea.

었다.¹¹ 現在 國內의 地表水와 地下水에는 Figure 3 에서와 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

Table 2. Tritium concentration of precipitation at Cheju 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

에서는 生成이 안되므로 이를 利用, 地表水 海水 및 地下水의 相互聯關係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 있

으며, deuterium含量은 海水에 -3.6 per mill 을 보이고 있다.

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

海水는 pH8정도이고 地下水는 海水보다 낮은 傾向을 보이고 있으며, 電氣傳染度는 海水가 높았으며 地下水는 낮았다. 이는 NaCl 등의 鹽이 海水中에

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

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

Table 4. Chemical data of water samples from Cheju 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	8.5	10400.0	410.0	200.0	1200.0	18711.0	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	14.5	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

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 NaHCO_3 型, 火山性 地下水에 분포되는 것으로 알려진 CaHCO_3 型 등으로 구분할 수 있다.

濟州市 地域 물에 있어서 4月和 6月の tritium과 deuterium含量은 Table 8과 같다.

試料採取地點 C11은 海水로 4月에는 tritium含量

이 일반海水보다 높은 18.5TU이며, deuterium은 海水보다 낮은 -42.5per mill 인데, 이것은 試料採取場所 주변의 湧泉水에 의해서 영향을 받았기 때문이다. 그러나 6月에는 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 미루

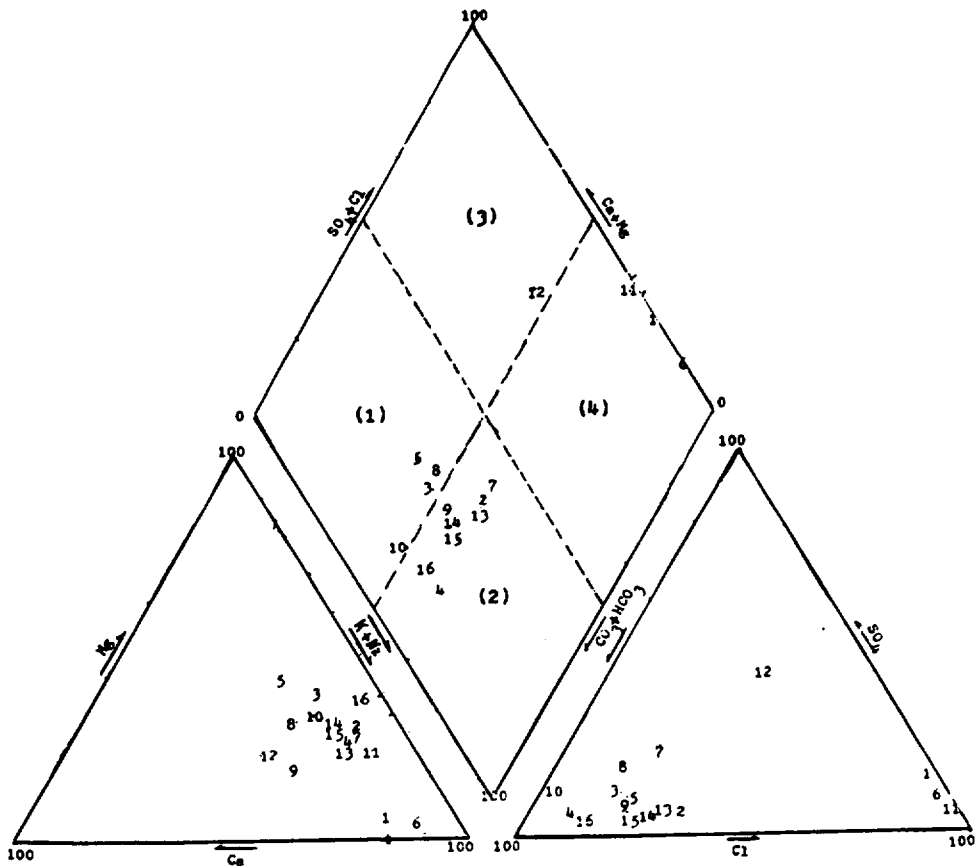


Fig. 4. Trilinear diagram (April)

어 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 牛女泉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 -45.8 per mill이고 water type은 深層地下水에서 볼 수 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

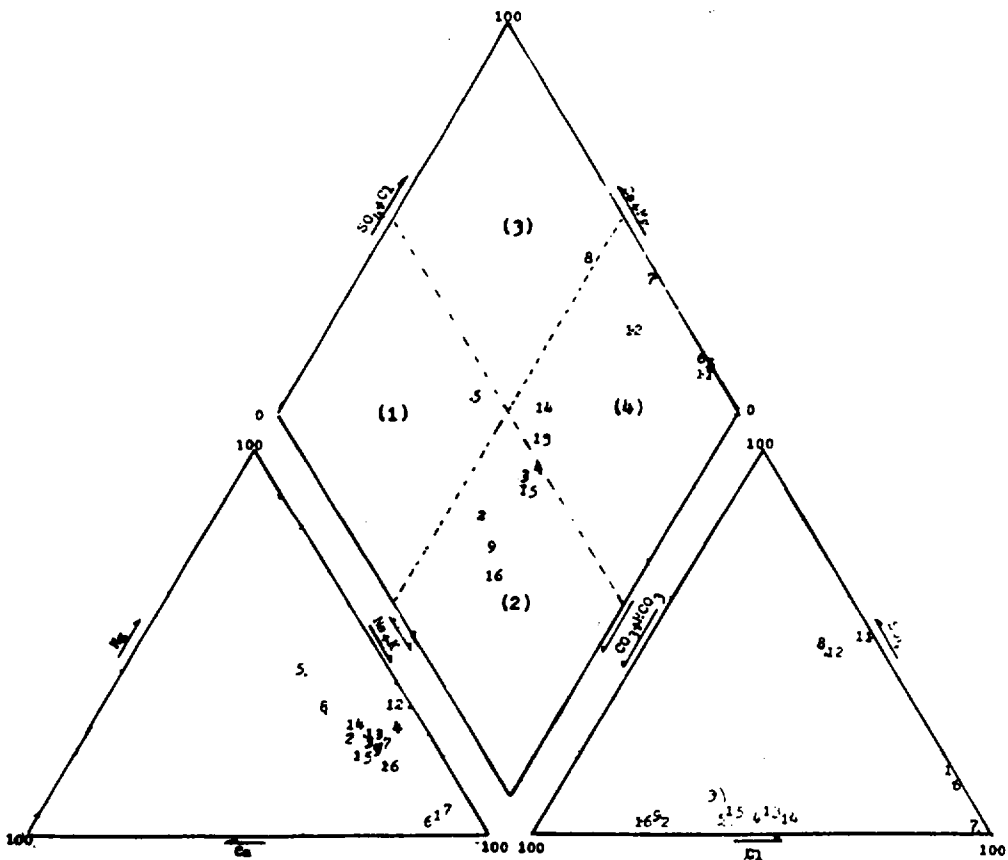


Fig. 5. Trilinear diagram (May)

이 20TU, deuterium이 -46 per mill이며, NaHCO_3 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, deuterium이 -39 per mill이며, CaHCO_3 型인 淺層地下水로서 降水의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

摘 要

濟州市地域의 地下水 資源保護 및 開發을 위하여

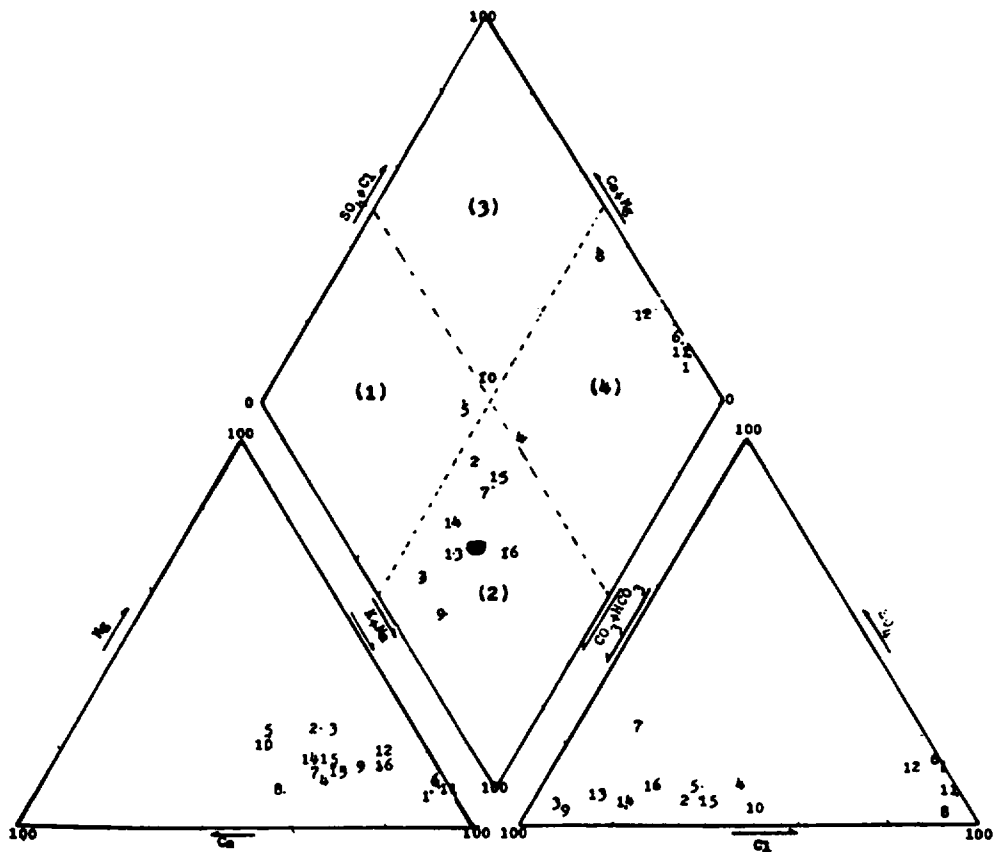


Fig. 6. Trilinear diagram (June)

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.

1983年度 4, 5, 6월에 海水 3개地域, 湧泉水 3개地點, 地下水 10개地點에서 水試料를 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 mill인 NaHCO_3 型 深層地下水이고, 濟州市 南部地域의 湧泉水와 地下水는 tri-

tium含量이 15TU, deuterium이 -39 per mill인 CaHCO_3 型 火山性 淺層地下水로서 降水의 影響을 비교적 많이 받는 것으로 나타났다. 濟州市 海岸地域의 地下水는 시기(5, 6月)에 따라서 NaCl 型이 된 것도 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 影響을 많이 받고 있었다.

參 考 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. Calif, 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. Han, 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. Guidebok 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.