

濟州道の 地質과 地下水와의 關係 研究(I)

—自然水位와 帶水層과의 關係—

李 文 達 · *韓 圭 彦

A study on the geology and groundwater in JeJu island(I)

—Free Water Level & Aquifer—

Lee Moon-won · *Han Gyoo-eun

Summary

Je Ju island has begun to exist from Pliocene to Quaternary in Geologic age.

In this area, it is a most urgent and important problem to develop ground water for industry, irrigation, domestic use.

The main aim of this paper is describing the relation of free water level and aquifer, and discussing mainly problems of ground water in JeJu island.

Based on the 146 boring holes executed by Agriculture Promotion Corporation, the principal results of the work are as follows.

- 1) The Seoqwipo Formation is most widely distributed along the coast under the surface.
- 2) Free water level in the East area is the lowest among the 4 areas.
- 3) The trend of free water level have closely to related with the trend of the absolute level of Seoqwipo Formation.

I. 序 論

濟州道는 火山活動에 의해 形成된 火山島라는 특수한 地質條件 때문에 年平均降水量이 우리나라 年平均降水量보다 328mm가 많은 1,629mm로 多雨地域이면서도 물이 귀한 섬이다.

本島에 대한 地質調査 및 地下水調査는 1931년 총독 부지질조사소에서 실시한 바 있고 그후 1962년부터 1965년까지 國立地質調査所에서, 1966년에는 韓國地下水資源調査所와 原子力研究所에서 一部地域에 대한 地下水探查를 위한 調査를 실시한 바 있다. 또한 같은 해에 농림부 주관으로 土地聯合會에서도 局地的인 地下水調査를 한 바 있다.

그러나 이들 여러 기관에서의 調査는 단편적인 調査로서 本島全島에 걸친 資料를 얻기에는 불충분한 것이었다.

本島에 대한 本格的인 地下水 調査事業은 農業用水

開發事業의 一環으로 1970년에 착수되었고 1971년에는 '濟州道廣域地下水調査事業'으로 확대되어 濟州道 全島에 대한 地下水 附存狀態와 開發可能性調査를 실시하였으며 精密地表地質調査, 物理探查, 試錐 및 鑿井 揚水調査가 시행되었다. 그후 연차적인 계획에 따라 1977년까지 開發된 地下水現況은 表 1과 같다.

濟州道 집계에 의하면 현재 年間이용되고 있는 用水總量은 1억 5,454만 m^3 에 달하고 있으며 이 중 26%에 해당하는 3,942만 m^3 만을 既開發된 管井에 의한 地下水로 충당하고 있다. 잔여수량은 해안변 湧出水, 河川水, 어승생수원지대 등 地表水로 공급받고 있다. 그러나 地表水는 可用水量에 제한을 받고 있으므로 앞으로 급격하게 소요될 農業用水, 工業用水, 生活用水 등은 계속적인 地下水開發에 의존해야 할 것이다.

濟州道는 地下水의 효율적인 開發과 利用이 各産業

*農業振興公社

Table 1. The table of ground water project in JeJu island (1966~1976)

Year	Pilot Well	Develop-ment Well	Total	Effective Well	Used-Well	Closed-Well	Quality of pumped-out water (m ³ /d)
66	2		2			2	
69	7		7			7	
70	14		14	11	10	3	26,763
71	33		33	26	26	7	48,913
72		30	30	27	27	3	41,008
73	1	20	21	20	16	1	22,568
74	2	15	17	15	15		23,820
75		10	10	9	7	1	8,633
76		12	12	10			18,930
Total	59	87	146	118	91	24	190,635

分野, 觀光開發分野 등의 중요한 관건이 되고 있으며 生活領域擴大를 위한 中山間地域(海拔高度 200~500m)의 開發可能性에 미치는 영향도 크다. 따라서 현재 海拔高度 200m 이하에서 중점 開發된 資料를 分析, 檢討하여 向後 효율적인 地下水開發을 하여야 함은 물론이고 高地帶開發可能性의 研究가 要請되고 있다.

本研究은 濟州島의 특이한 地質下에서의 地下水附存形態 및 그 효율적인 開發可能性을 모색하고 高地帶에서의 地下水開發方向을 제시하려는 研究의 一環으로 '自然水位와 帶水層과의 관계'를 밝히려 한다.

本研究은 本島의 地下水抱藏量의 精確한 추정과 계속적인 開發可能性 및 保存策에 대한 長期계획을 세우는 데 필요한 기초자료가 되리라 생각한다.

II. 調査 및 方法

本研究의 기초자료는 農業振興公社 濟州道 地下水開發事業所의 1971~1976년의 報告書와 부록, 그리고 이미 研究된 濟州島地質에 관한 文獻을 참고로 하였다. 資料分析을 함에 도움을 준 本大學 科學教育科 金尚範 君에게 감사함을 표한다.

III. 結果 및 考察

1. 地形의 概觀

本島는 火山島로서 火山地形의 特徵을 잘 보여 주고 있다. 本島의 平面上的 모양은 長軸이 N70°E의 橢圓形으로 이는 韓半島의 南海岸線과 나란하며 遼東方向과 一致한다. 長軸의 길이는 73km이고 南北方向의 短

軸의 길이는 31km이다. 따라서 漢拏山을 중심으로 하여 東西斜面은 매우 완만(3~5°)하며 南北方向에서는 약간 급한 傾斜(5°内外)를 갖는다.

本島의 地形을 高度와 傾斜度에 의해 구분하면

1) 標高 200m 이하, 傾斜度 4°이하의 매우 완만한 海岸低地帶

2) 標高 200~600m, 傾斜度 5~10°의 臺地斜面形態를 이루는 中山間地帶

3) 標高 600~1,200m, 傾斜度 10~20°의 다소 傾斜가 급한 斜面을 이루는 山岳地帶

4) 傾斜度 20°이상의 급사면을 이루는 標高 1,200m 이상의 漢拏山 頂山附近地域인 高山地帶이다.

2. 水 系

本島의 水系는 地勢가 漢拏山을 頂上으로 하여 圓錐狀을 이루고 있어 放射狀水系를 나타낸다. 그러나 南北兩側 斜面에 比하여 傾斜가 완만하고 긴 斜面과 넓은 熔岩臺地가 發達하는 東西 쪽에서는 水系의 發達이 훨씬 빈약하다.

漢拏山을 중심으로 한 頭部侵蝕의 先端은 標高 1,600m까지 이루고 있으며 河川의 水源은 1,400~1,600m 地點에서 發源한다. 그들의 流路는 單斜面上에서 直線的이고 V字形계곡을 이루고 있으며 海岸地帶에 이르기까지 下刻作用이 매우 활발하여 幼年期地形의 特徵을 잘 나타낸다. 이러한 地形上的 特徵과 流路上에 있는 透水層과 河床에 발달하는 柱狀節理에 의해 河水는 伏流하여 흔히 乾川을 이룬다. 이들의 水源을 이루는 湧川은 어승생천, 영실천, 구구곡천, 성판악천 등이

유명하며 이들은 두 熔岩類사이의 부정합면에 湧出되며 모두 標高 1,300m 상에 위치한다. 本島의 南斜面과 北斜面에서의 河川發達의 양상은 약간 차이를 나타낸다. 南斜面의 河川들은 下流에서 길이 20m에 달하는 협곡을 형성하고 있는데 반해서 北流하는 河川들은 下流에서의 河幅이 20~30m에까지 달하나 谷深은 3~4m에 불과하다. 南流하는 천지천, 천계천, 안덕천등의 下流에서는 길이 40~50m의 深谷을 형성한다.

이러한 南, 北兩斜面에서의 河川 발달의 차이는 1) 北海岸에 비하여 南海岸의 隆起速度가 크므로 활발한 下刻作用이 진행되었다. 2) 南斜面下流部の 河床 및 谷壁은 柱狀節理가 발달한 粗面岩이어서 그에 따르는 blocking에 원인이 있다.

3. 降水量

本島는 韓國의 最南端의 海上에 位置하고 있어 氣候가 바다의 영향을 많이 받고 있다. 本島의 降水量의 分布는 表 2와 같다. 年間平均降水量은 1,629mm로 韓國에서 最多雨地域이다. 月別降水量은 濟州와 西歸浦가 漢拿山의 地形의 영향으로 차가 난다. 月別降水量이 濟州는 7~9월이 많은 반면 西歸浦는 5~9월이 많다.

4. 地 質

本島의 地質은 第 3紀末플라이오세와 第 4紀 플라이스토세에 속하는 火山岩類와 소규모 堆積岩類가 分布되어 있다.

元鍾寬(1975)은 本島의 火山活動을 크게 5회의 噴出 輪廻로 구분하고 총 79회 이상의 熔岩噴出이 관찰됨을 밝히고 本島의 形成過程을 크게 5段階로 구분하고 있다.

첫째, 基盤의 形成

둘째, 熔岩臺地의 形成

셋째, 쉘드火山의 形成

넷째, 寄生火山의 形成

다섯째, 隆起와 次地形에로의 變化

이제까지 밝혀진 本島의 火山噴出順序에 따른 地質系統과 濟州島 形成段階와의 關係는 表 3과 같다.

本島의 形成過程을 火山噴出順序와 地質系統과를 관련시켜 설명하면 다음과 같다.

1) 基盤의 形成

本島의 基盤은 현재까지 알려진 바에 의하면 基底玄武岩과 西歸浦層으로 構成되어 있다. 基底玄武岩은 地表에 露出은 없으나 試錐調査結果 西歸浦層下部에서

확인된 바 있다. 西歸浦層은 西歸浦附近에서 소규모로 露出되어 있으나 試錐調査結果 表 5와 같이 本島 地表面에서 고르게 확인되는 것으로 보아 漢拿山外郭을 環狀으로 堆積되어 있는 것으로 생각된다.

上記 兩岩石은 初期 濟州島基盤으로서 臺地狀 平坦面을 이루었으리라 추측된다. 한편 時代未詳의 花崗岩과 호른펠스화된 堆積岩이 露出되어 있는 곳은 없으나 別牙峰을 構成하는 火山角礫中에서 發見된다. 따라서 이들의 深度는 알 수 없으나 本島의 下部에서 基盤을 이루었으리라는 생각을 갖게 한다. 原口九萬(1931)에 의하면 火山角礫中 花崗岩은 巨文島에 分布하는 것에 對比시켜 白堊紀末에 속하는 佛國寺花崗岩임을 시사한 바 있다.

2) 熔岩臺地의 形成

西歸浦層 堆積面上에 처음으로 熔岩臺地를 形成한 玄武岩은 表善里玄武岩이다. 表善里玄武岩은 西歸浦를 중심으로 한 漢拿山—軍山—南元面爲美里三角地帶를 제외한 島全城 海岸低地帶에 分布하고 있다. 試錐調査에 의하면 上記 三角地帶의 地表面에서는 表善里玄武岩이 分布하지 않음이 밝혀졌다. 이와같은 사실은 表善里 玄武岩臺地가 形成되기 전에 西歸浦層이 漢拿山地點을 통과하는 南北방향의 軸으로 하여 撓曲되었고 그 撓曲軸이 北쪽으로 轉진되었으리라는 생각을 갖게 한다. 熔岩臺地上에서의 熔岩流出은 城山層과 和順層 堆積期에 이르기까지 西歸浦粗面岩 및 中文粗面岩의 流出이 第 2噴出의 終末에 있었다. 表善里熔岩臺地의 形成은 西歸浦層 堆積後, 新陽里層 堆積前에 이루어졌다.

3) 쉘드火山의 形成

火山活動이 진전됨에 따라서 廣域噴出을 하였던 噴火口는 점차 白鹿潭 火道 가까이 모여져 20회에 달하는 熔岩流出이 일어나 쉘드火山을 形成하였다.

이러한 火山活動은 第 3噴出期에서부터 第 4噴出期에 걸쳐 있었다. 第 4噴出期初에 流出된 始興里 玄武岩은 東西兩海岸低地帶에 이르기까지 表善里 玄武岩臺地上에 流出되었으나 그밖의 모든 熔岩類들은 本島全城에 걸쳐 있었으리라고 믿어지는 廣域噴出에서부터 점차 漢拿山頂山 가까이로 噴火口들이 이동, 마침내 白鹿潭을 頂點으로 하여 中心噴出하여 傾斜가 완만한 圓錐火山을 形成하였다.

4) 寄生火山의 形成

Table 2. Monthly mean precipitation(1931—1973, 1967—1973)

Monthly Location	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual Mean
Jejusi	59.2	75.6	75.1	82.3	88.8	158.1	209.8	226.6	249.5	87.5	69.2	60.2	1,441.9
Seoqwipo	32.4	58.5	146	150.8	232.3	262	224.6	196.7	260.2	97.6	120.0	35.8	1,816.9
Mean	45.8	67.0	110.5	116.5	160.5	210.0	217.2	211.6	254.8	92.5	94.6	84	1,629.4

Table 3. The table of the sequences of the volcanic eruptions and some sedimentary rocks and the cycle of volcanic eruptions.

The cycle of the volcanic eruption	The geologic sequence	The process of the island's evolution
V	Shell-sand Formation ~~~~~unconformity~~~~~	Parasitic volcano
	Parasitic volcanic ejectas ~~~~~unconformity~~~~~	
	Baegrogdam Basalt ~~~~~unconformity~~~~~	
	Hansan, Trachy-andesite ~~~~~unconformity~~~~~	
IV	Hansan. Basalt ~~~~~unconformity~~~~~	Shield volcano
	Seongpanak Basalt ~~~~~unconformity~~~~~	
	Sihungri Basalt ~~~~~unconformity~~~~~	
	~~~~~Beobjeongri Trachyte~~~~~ Hahyori Basalt	
III	~~~~~unconformity~~~~~ Jeju Basalt ~~~~~unconformity~~~~~	
	Sinyangri Formation ~~~~~unconformity~~~~~	
	Jungmun Trachyte Seoqwipo Trachyte	
	~~~~~unconformity~~~~~ Pyoseonri Basalt ~~~~~unconformity~~~~~	
II	~~~~~unconformity~~~~~ Seoqwipo Formation	Iava platue
	~~~~~unconformity~~~~~ Basal Basalt	
I	~~~~~unconformity~~~~~ Basal Basalt	basements
	~~~~~unconformity~~~~~ Basal Basalt	

城山屬 및 和順屬堆積期에 形成된 火山丘를 제외하고는 대부분의 寄生火山은 最終期에 形成된 것이다. 이들의 대부분은 噴石丘로서 30°内外의 圓錐狀斜面을 이룬다. 그들의 높이는 多様하여 35m(弓山)에서부터 250m(御乘生岳)에까지 이른다.

5) 次地形에로의 變化

本島의 地形構成에 重要한 역할을 한 寄生火山들은 대부분 火山活動의 最終期에 形成된 것이므로 時間的으로 보아 火山原地形들이 變化的 영향을 적게 받았음을 뜻하는 것이다. 本島의 地形變化에 重要한 역할을 한 隆起現象은 北쪽에 비하여 南海岸쪽이 현저하여 北쪽으로 기울어져 南海岸에 사는 海岸段丘를 비롯한 隆起海岸地形의 特色을 잘 나타내고 있다.

5. 地下水의 附存形態

5-1. 地下水의 一般的인 附存形態

地下水는 地表面下の 地層構成物質空間에 포화되어 있거나 流動하는 物質을 통칭할 수 있다. 이는 대부분이 地上의 降水현상에 의해 地下로 滲透流入되고 地表面의 屈曲形態에 따라 自然水面을 形成한다. 그러나 地層中에 不透水層이 개재되어 있어서 이 不透水層上部에 地下水가 附存되어 있기도 한다.

地下水는 附存되는 母體에 따라 크게 두가지 形態가 있다. 하나는 沖積層의 構成物質인 흙(점토) 모래, 자갈 등의 空間에 포화되어 있는 沖積地下水와 또 다른 形態로는 基盤岩中の 節理面 및 破碎面의 構造帶, 틈널 등의 空間에 포함되어 있는 岩盤地下水이다.

濟州島는 火山活動에 의해 形成된 火山島이므로 沖積層이 거의 발달되어 있지 않다. 따라서 沖積地下水는 없고 岩盤地下水에 의존할 수밖에 없다.

5-2. Ghyben-Herzberg의 原理

大洋에 위치하는 섬의 透水性岩石내에 발달하는 海水上部에 놓이는 淡水層의 조건은 Ghyben-Herzberg의 原理로 설명될 수 있다. 물리학에서 일반적으로 널리 알려진 사실이지만 어느 액체중에 떠 있는 物體는 그 特體와 同一한 무게의 액체를 밖으로 밀어 올린다. 이와같은 原理에 의해 淡水와 海水의 比重差에 의해 淡水面의 海底深度가 결정된다.

Ghyben-Herzberg의 原理란 海水에 淡水層이 떠 있어 基底地下水를 이루는 平均海面하부의 두께는 海水面 上部의 두께의 40배가 된다는 것을 뜻한다.

이러한 경우 淡水層은 地形勾配에 따라 形成되는 自然水位線에 의해 불투렌즈와 같은 모양을 갖게 되므로 이를 'Ghyben-Herzberg의 렌즈'라고도 한다.

그러나 이 Ghyben-Herzberg의 렌즈가 존재하기 위해서는

- 1) 地下水面은 平均海水面 上部에 위치하여야 하고
- 2) 海岸은 透水性物質로 構成되어야 하며
- 3) 地下水는 海岸쪽으로 流動해야 한다.

5-3. 濟州島 地下水 附存形態

本島의 地下水는 火山島가 지닌 특수한 地質 및 地形條件 때문에 몇가지 특이한 附存形態를 나타낸다.

降水는 本島의 水資源인 年降水量中 60%가 地表面로 流出 또는 증발되고 40%가 地表面의 節理 및 裂縫을 통하여 地下로 스며들게 된다.

이제까지 調査된 結果에 의하면 本島의 地下水發達에 영향을 주고 있는 地質條件은 다음과 같다.

- 1) 礫石의 節理 및 裂縫과 같은 透水性構造
- 2) 礫岩틈새나 熔岩류
- 3) 火成碎屑物을 침투하는 上下熔岩流 사이의 접촉面
- 4) 堆積岩

基盤地下水

降水가 地表面조건에 따라 스며든 地下水는 계속 낮은 곳으로 흘러 끝내는 基底地下水 包藏體에 도달할 것이다.

이때 Ghyben-Herzberg의 原理의 조건이 만족된다면 Ghyben-Herzberg의 렌즈를 形成할 것이다.

本島의 地下水包藏量은 農業振興公社(1971)에 의해 本島의 中心部의 自然水位가 127.9m임을 산출하여 Ghyben-Herzberg의 原理를 적용시켜 계산되었다. 海水面을 기준으로 上部에 7억9천3백만톤, 下部에 333억6백만톤, 총 340억9천9백만톤으로 산출한 바 있다.

그러나 本島의 경우 Ghyben-Herzberg 原理가 적용되기 위한 조건중 海岸이 透水性物質로 構成되어야 한다는 조건이 충족되고 있지 않음이 開發過程에서 밝혀지고 있다. 따라서 Ghyben-Herzberg의 原理를 그대로 적용시켜 包藏量을 산출한다는 것은 무리이며 매우 복잡한 形態의 Ghyben-Herzberg 렌즈가 形成될 것이다.

그러므로 變形된 렌즈形態와 岩盤의 飽和空率에 대한 연구가 더욱 이루어진후에 地下水 包藏量이 다시 검토되어야 하겠다.

上位地下水

降水가 基底地下水에 도달하기 전에 火成碎屑層, 粘土 혹은 礫灰岩등 不透水層을 만나면 垂直下降을 방해받게 되며 따라서 不透水層의 勾配를 따라 地表로 湧出하는 경우가 있다. 西歸浦層, 城山層은 地下水를 廣域으로 遮斷하는 대표적인 예에 속한다. 이와같이 不透水層上部에 由水(perched water) 상태로 있거나 降水가 基底地下水에 이르기전에 流出되는 水量과 上

位에서 공급되는 水量에 의해 다소 可變的으로 形成되는 水位를 上位地下水라 부르며 基底地下水과 구분한다. 上位地下水는 개념상 地域에 따라 標高를 달리하는 여러 層이 존재할 수 있으며 本島에서는 西歸浦層, 城山層에 의한 上位地下水外에는 특기할만한 것이 없다.

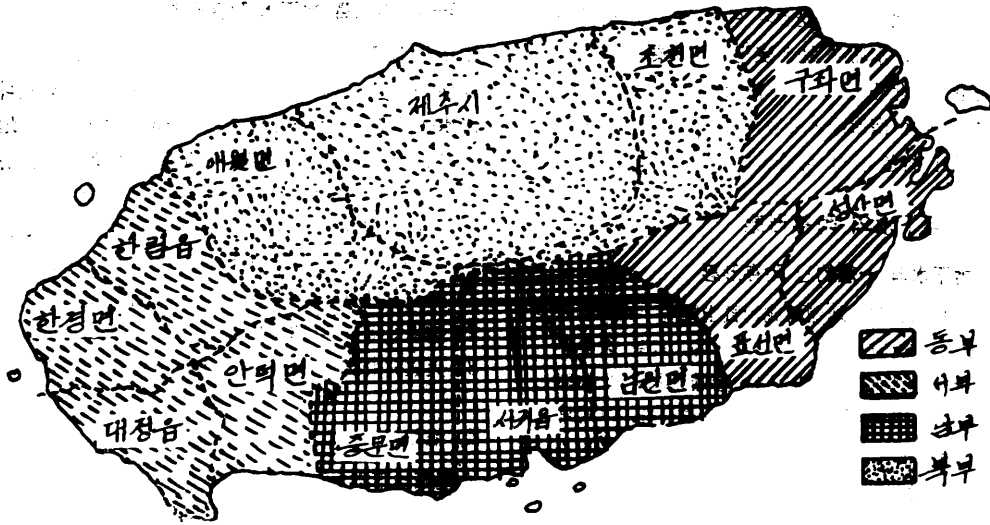


Fig.1 A division map of the study area.

6. 自然水位와 帶水層

自然水位形成과 帶水層과의 관계를 찾기 위해서 地下水開發過程에서 나온 結果를 Fig.1과 같이 地域別로 구분하고 또 各地域에 따라 0~50m, 50~100m,

100~150m, 150m이상 등으로 구분하여 分析하였다.

地域別, 標高別 自然水位와 吐出量은 表 4와 같다. 表 4에서 地域間의 다음과 같은 自然水位의 特徵을 찾을 수 있다.

Table 4. Free water level under the altitude in each study area 0~50m

Study Area	No. of Wells	Mean Altitude(m)	Mean Depth (absolute)(m)	Absolute Free Water Level(m)	Quality of Pumped-out Water(m ³ /d)
East Area	26(13)	36.55	51.38(-14.83)	2.79	1433.30
West Area	37(31)	25.38	76.21(-50.83)	8.45	2046.71
South Area	10(5)	33.54	51.55(-18.01)	14.93	1389.4
North Area	17(16)	32.47	67.67(-35.2)	11.5	1963.13

50~100m

Study Area	No. of Wells	Mean Altitude(m)	Mean Depth (absolute)(m)	Absolute Free Water Level(m)	Quality or Pumped-out Water(m ³ /d)
East Area	15(6)	71.55	91.55(-20.0)	3.23	1318.17
West Area	16(10)	78.67	84.59(-5.92)	37.58	984.7
South Area	22(9)	77.44	74.4(+3.0)	35.84	1343.89
North Area	19(10)	78.11	81.70(-3.59)	16.1	1046.8

100~150m

Study Area	No. of Wells	Mean Altitude(m)	Mean Depth (absolute)(m)	Absolute Free Water Level(m)	Quality of Pumped-out Water(m ³ /d)
East Area	11(2)	120.50	123.75(-3.25)	8.27	1272.5
West Area	8(5)	120.10	150.5(-30.4)	41.21	1073.0
South Area	4(1)	132.35	121.23(+11.12)	41.60	800
North Area	14(9)	114.91	132.66(-17.75)	17.98	976.3

Above 150m

Study Area	No. of Wells	Mean Altitude(m)	Mean Depth (absolute)(m)	Absolute Free Water Level(m)	Quality of Pumped-out Water(m ³ /d)
East Area	10(2)	217.83	182.4(+35.43)	42.01	—
West Area	7(1)	173.23	90(+83.23)	139.73	156
South Area	16(6)	205.51	119.27(+86.24)	128.55	769
North Area	19(2)	286.45	94(+186.45)	229.80	1200

East Area (Pyo Sun Mean, Sung san Mean, Gu Zwa Mean)

Altitude(m)	No. of Wells	Mean Altitude(m)	Mean Depth (absolute)(m)	Absolute Free Water Level(m)	Quality of Pumped-out Water(m ³ /d)
0~50	26(13)	36.55	51.38(-14.83)	2.79	1433.30
50~100	15(6)	71.55	91.55(-20.0)	3.23	1318.17
100~150	11(12)	120.50	123.75(-3.25)	8.27	1272.5
150~	10(2)	217.83	182.4(+35.43)	42.01	—

West Area (An Dock Mean, De Jong Aup, Han Kong Mean, Han Lin Aup)

Altitude(m)	No. of Wells	Mean Altitude(m)	Mean Depth (absolute)(m)	Absolute Free Water Level(m)	Quality of Pumped-out Water(m ³ /d)
0~50	37(31)	25.38	76.21(-50.83)	8.45	2046.71
50~100	16(10)	78.67	84.59(-5.92)	37.58	984.7
100~150	8(5)	120.10	150.5(-30.4)	41.21	1073.0
150~	7(1)	173.23	90(+83.23)	139.73	156

South Area (Jung Moon Mean, Seoqwi Aup, Nam Won Mean)

Altitude(㉿)	No. of Wells	Mean Altitude(㉿)	Mean Depth (absolute)(㉿)	Absolute Free Water Level(㉿)	Quality of Pumped-out Water(㉿/㉿)
0~50	10(5)	33.54	51.55(-18.01)	14.93	1389.4
50~100	22(9)	77.44	74.4(+3.0)	35.84	1343.89
100~150	4(1)	132.35	121.23(+11.12)	41.60	800
150~	16(6)	205.51	119.27(+86.24)	128.55	769

North Area (Ae Wal Mean, Jeju Si, Jo Chun Mean)

Altitude(㉿)	No. of Wells	Mean Altitude(㉿)	Mean Depth (absolute)(㉿)	Absolute Free Water Level(㉿)	Quality of Pumped-out Water(㉿/㉿)
0~50	17(16)	32.47	67.67(-35.2)	11.5	1963.13
50~100	19(10)	78.11	81.70(-3.59)	16.1	1046.8
100~150	14(9)	114.91	132.66(-17.75)	17.98	976.3
150~	19(2)	286.45	94(+186.45)	229.80	1200

1) 地域間 各 標高別 自然水位는 東部가 가장 낮고 西部, 北部, 南部 順으로 높다.

2) 西部에서는 標高 50~100m, 100~150m에서 다른 地域에 비해 크게 상승한다.

3) 南部에서는 自然水位가 0~50m에서 東部보다 12m, 西部北部보다 7~8m 더 높다.

4) 東部에서는 自然水位가 海面이하인 곳도 있다

5) 吐出量은 西部가 가장 많고 다음 北部, 東部, 南部 順으로 많다.

6-1. 西歸浦層과 自然水位와의 관계

表 4에서 나타난 各 地域間의 自然水位의 特徵이 西歸浦層과 어떤 관계에 있는가를 밝히기 위해 西歸浦層의 分布 및 海面을 기준으로 하였을 때의 西歸浦層의 分布, 標高, 層厚를 비교하면 表 5와 같다.

表 5에서 北部地域 標高 0~50m의 西歸浦層 捕捉深度가 海面準下 60m 정도로 되어 있으나 이 調査地點들은 西部地域에 가까운 곳이기 때문이다. 최근(1977)의 開發資料나 濟州市一帶에 活潑히 進行되는 개인용 鑿井 개발결과에 의하면 北部에서의 西歸浦層 絶대포착심도는 海面準下 10~40m를 나타낸다.

이점을 고려하여 各 地域間이 西歸浦層의 深度를 比較하여 보면 東部에서 가장 낮고, 西部, 北部, 南部의 順으로 높아져 南部가 가장 높다. 이와같은 경향은 地域別 自然水位의 高底와 일치한다.

뿐만 아니라 西部의 標高 50m 이상 地域에서의 自然

水位의 급격한 변화는 地下에서의 西歸浦層의 絶대고도의 급격한 변화와 일치하고 있다. 이와 같은 경향은 西歸浦層의 分布狀態 즉 絶대고도가 自然水位形成과 밀접한 관계가 있음을 실증하고 있으며 同一標高에서의 各地域間의 自然水位의 高底差를 유발시키고 있음을 알 수 있다.

이와 같은 사실은 西歸浦層이 廣域의인 遮水層역할을 하고 있으며 降水의 地下浸透를 방해할 뿐만 아니라 基底나 上位를 막론하고 地下水를 받쳐주고 있음을 뜻한다.

또한 南部地域의 29個의 管井의 自然水位가 形成되는 地層에 대한 分析結果 南部地域에서 대부분의 管井들이 西歸浦層 上部에 自然水位線을 形成하고 있는 점을 발견할 수 있다. 이와 같은 사실은 西歸浦層이 自然水位形成과 밀접한 관계가 있음을 암시한다.

6-2. 帶水層 考察

濟州島에서 Ghyben-Herzberg 原理가 理想的으로 적용된다고 가정하면

1) 自然水位線이나 安定水位線이 海面準面이하로 降下되었을 때는 곧바로 海水의 浸入을 받아 塩水가 揚水되어야 할 것이다.

2) 管井開發 鑿井時 自然水位線 이하에 도달하면 어느 곳에서나 바로 採水量을 얻을 수 있어야 한다. 따라서 海面準面이하까지 鑿井할 필요가 없을 것이다.

그러나 현재 開發過程에서는 上記한 點과는 달리 淺

Table 5. The table of Seoqwipo Formation distribution and absolute depth in each study area

East Area				
Location	Altitude (m)	Depth(Absolute) (m)	Absolute Depth of Seoqwipo Formation(m)	Thick-ness of Seoqwipo For- mation(m)
Song Dang	130	119(+21)	+47.7	26.7+
Duck Chen	130	158.5(-28.8)	-22.5	6.3+
Jung Dong	200	231(-31)	-22	9+
West Area				
Du Mo	13.26	85(-71.74)	-61.74	10+
Sin Do	10	82(-72)	-43	29+
Ko San 1	18	85(-67)	-59.5	7.5+
Ko San 2	16	82(-66)	-58.5	7.5+
Ko San 3	16	80(-64)	-54	10+
Yeng Rack	20	56(-36)	-30.5	5.5+
Yeng Rack	20	130(-110)	-97.5	29+
Sin Do	20	82(-62)	-49.8	12.2+
Pan Po	24.99	110(-80.01)	-70.51	9.5+
Mu Rung	34.76	114(-79.24)	-66.74	12.5+
Jo Su	73.73	86.4(-12.67)	-4.17	8.5+
Dong Myung	123.95	153.6(-29.65)	-18.65	11.0+
Seo Kwang	132.35	152(-19.65)	-11.65	8.0+
Kam San	111.93	135(-15.07)	+44.93	60.0+
Kam San	130	203(-73)	+54.20	127.2+
Ken Gon	185	174(+11)	+10	1+
Kum Aac	225	255.2(30.20)	+53.60	83.8+
South Area				
Te Peng 1	22.92	94(-71.08)	-25.58	45.5+
Te Peng 2	50	56(-6)	+7	13.0+
Se Hong	70.35	42.5(+27.85)	+21.15	6.7+
Bo Mok	60	72(-12)	+9.6	21.6+
Bo Mok	70.74	70(+0.74)	20.85	21.6+
Se Hnng	90	109(-19)	+10.2	29.2+
Kang Jeng	70	65.0(+5)	+20	15+
Su Mang	160	172.7(-12.7)	+25.80	38.5+
Sin Yea	160	202(-42)	+31	73.0+
Popho Chun	220	147(+73)	+191.5	118.5+
Ki Mok	290	173(+117)	+138.8	21.8+
Mi Aac	240	94.7(+145.3)	+149.3	6+
Se Hong	275	168(+107.0)	+590	48+

North Area*				
Gyi Aeam	41.6	135(-93.4)	-77.10	16.3+
Sin Chon	35	62(-27)	-24	3+
Gu Aeam	29.8	130(100.17)	-74.97	25.2+
Bon Dong	150	205.8(-55.8)	-50.40	5.4+
Da Heol	158.45	213(-54.55)	-49.15	5.4+
Kwang Ryung	200	213.3(-31.3)	-12.30	19
Ae Aum	220	223.9(-3.9)	+90.20	0.2+

* 최근에 확인된 개인용 심정개발에 의하면 제주시 지역은 평균 0~30m에서 서귀포층이 포착된다.

East Area					
Altitude	No. of Wells	Mean Height (m)	Mean Depth (Absolute) (m)	Absolute Depth of Seoqwipo Formation(m)	Thickness of Seoqwipo Formation (m)
0~ 50	—	—	—	—	—
50~100	—	—	—	—	—
100~150	2	130	138.7(-3.9)	+12.6	16.5+
Above 150	1	200	231 (-31)	-22	9+

West Area					
0~ 50	10	19.3	90.6(-70.80)	-59.12	11.62+
50~100	1	73.73	86.4(-12.67)	-4.17	8.5+
100~150	4	124.55	160.9(-34.35)	+68.83	51.55+
Above 150	2	205	214.6(+9.6)	+31.8	42.4+

South Area					
0~ 50	2	36.46	75(-38.54)	-9.29	29.25+
50~100	5	72.22	71.7(+2.59)	+8.4	18.82+
100~150	—	—	—	—	—
Above 150	6	224.17	115.94(-64.60)	+99.24	50.89+

North Area					
0~ 50	3	35.43	109.0(-73.53)	-58.69	14.84+
50~100	—	—	—	—	—
100~150	—	—	—	—	—
Above 150	4	182.12	218.50(-36.39)	+21.25	30.98+

은 의문점이 도출되고 있다. 이미 調査開發된 管井에서 1) 自然水位나 安定水位가 海水準이하이면서도 淡水를 採水할 수 있었던 곳이 5~6개소되며 2) 전체 管井의 半數이상의 管井深度가 海水準이하까지 굴착하여야 採水 가능한 양을 얻을 수 있었으며 가장 管井深度가 깊은 곳은 海水準下 115m까지 굴착한 후 揚水량을

확보하는 경우도 있었다. 이와 같은 현상은 地下水開發을 地域的 經濟的으로 標高가 낮은 地點에 국한시키는 한계성을 주고 있다.

이와 같은 事實은 Ghyben-Herzberg原理의 가정중 均質한 透水性物質의 地層으로 構成되어야 한다는 조건을 本島는 충족시키지 못하기 때문이라고 사료된다.

따라서 本島의 地下水는 均質의 透水層에 地下水가 附存되어 있다고 보다는 局地的인 몇가지 地質條件에 따라 帶水層 역할을 하여 地下水가 附存되고 採水可能함을 시사하고 있다.

本島는 火山岩地帶로서 다음과 같은 地質條件이 帶水層 役割을 할 수 있다고 생각된다.

- 1) 火山岩類 특유의 收縮節理(柱狀節理가 많음)나 균열
- 2) 熔岩터널이나 熔岩류브
- 3) 上下熔岩類 사이에 협재되어 있는 火成碎屑層
- 4) 西歸浦層, 城山層과 같은 堆積岩類에 있어서의 透水層 등

그러나 위의 帶水層들은 火山岩類나 堆積岩類에 크게 分布하고 있지 않으므로 帶水空間의 연속성과 降水流入의 통로에 많은 제약을 받고 있다. 이들 帶水層들이 自然水位線 위에 위치하고 있을 때는 地下水涵養에는 助力할지 모르나 地下水附存 및 採水에는 큰 영향을 주지 못한다. 많은 地下水管井을 開發함에 있어서 火山岩節理나 熔岩터널은 管井크기(직경: 250mm 이하)의 한계성때문에 管井과의 접촉빈도가 거의 없다. 이와 같은 事實은 火山岩의 節理나 균열 또는 熔岩터널, 류브와 같은 地質條件은 帶水層의 역할을 한다고 볼 수 없다는 생각을 갖게 한다.

따라서 本島의 地下水發達에 큰 역할을 하는 地質條件으로는 全地域에 걸쳐 火山岩類 사이에 分布된 水平인 構造 즉 火成碎屑層과 堆積岩類이다. 따라서 本島의 地下水開發은 火成碎屑層과 堆積岩類의 透水성과 관계가 있다고 하겠다.

火成碎屑層은 火山塵, 火山灰, 火山砂, 火山礫 등 多樣한 粒度分布를 보이고 있다. 이들중 火山塵, 火山灰로 構成된 치밀한 粘上層은 完全不透水, 遮水層 役割을 하나 火山砂, 火山礫 등은 양호한 地下水流路 및 包藏帶를 형성하고 있으며 그 두께는 1~20m에 이른다.

그러나 火成碎屑層이 火山岩類 사이에 협재되어 있는 간격은 一定하지가 않다.

일반적으로 20~30m 간격으로 협재되어 있으나 어느 深度에서는 약 5m 간격으로 또 특수한 경우에는 100여 m 이상의 간격으로 협재되어 있는 곳도 있다.

火山岩類만을 굴착하여 管井을 開發하는 경우 대부분의 地下水를 基底水位面 이하에 分布되어 있는 透水性이 좋은 火成碎屑層에서 採水하고 있다. 그러므로

透水性이 좋은 火成碎屑層이 基底水位面 바로 아래에 分布하고 있지 않을 때에는 海水準面이하 수 10m 까지도 굴착하여 帶水層을 포착하여야 한다.

堆積岩類로서는 西歸浦層, 城山層, 和順層, 新陽里層이 있으나 이들중 地下水附存과 밀접한 關係가 있는 것은 分布面積이 큰 西歸浦層과 城山層이고 그외는 分布가 局地的이며 소량이므로 地下水附存에 큰 역할을 하지 못한다고 사료된다.

西歸浦層은 濟州島의 基盤으로서 全島에 環狀으로 分布하고 있다. 西歸浦層과 城山層은 固結도가 미약한 편이지만 構成物質粒度가 細粒粘土質로서 대부분이 不透水層을 이루고 있으며 廣域的인 遮水層 役割을 하고 있다.

이제까지는 西歸浦層과 城山層 자체가 不透水層으로 간주되어 왔다. 그러나 많은 管井에 있어서 基底水位面에서 西歸浦層과 접촉하는 경우 地下水를 採水할 수 있었다. 또한 自然水位面이 이 西歸浦層 바로 위에 形成되는 點으로 보아 上部火山岩類와 下部西歸浦層의 접촉면은 帶水層面을 形成하고 있음을 생각할 수 있다.

한편 西歸浦層 자체의 透水性은 대체적으로 희박하지만 때때로 層自体에 粗粒質透水層을 협재하고 있어 최근 이 地層에서 地下水를 採水하는 경우가 있는 點은 이제까지의 觀點을 再考하게 하고 있다. 예를 들면 高山地區 몇개의 管井에서는 基底水位面에서 西歸浦層을 70m 이상 굴진하여 採水한 예가 있다.

上述한 바와 같이 濟州島의 地下水는 帶水層要因에 의해 큰 제약을 받고 있으며 局部的으로는 Ghyben-Herzberg의 原理가 理想的인 形態로 적용되지 않을뿐만 아니라 Ghyben-Herzberg 렌즈 자체도 帶水層과 遮水層의 分布狀態에 따라 매우 복잡한 형태를 이루고 있다. 따라서 濟州島 地下水 전체 包藏量을 推定하는데 있어서 西歸浦層의 分布面積과 西歸浦層自体의 帶水層 役割이 研究 檢討되어야 할 것이다.

7. 結 果

- 1) 標高 0~50m에서 各 地域間의 自然水位는 東部가 가장 낮고 西部, 北部, 南部順으로 높다.
- 2) 自然水位의 高底變化는 西歸浦層의 絶對高底變化의 경향과 일치한다.
- 3) 西歸浦層은 海岸地帶의 地表下에 環狀으로 全島에 分布되어 있으며 포착절대심도는 西部가 -59m로 가장 낮다.

4) 帶水層役割을 하는 層으로는 火成碎屑層과 堆積層이며 이들 層은 곳에 따라 不透水層役割을 하는 곳도 있다.

5) 西歸浦層의 바로 위의 접촉 部分은 대체적으로 좋은 帶水層役割을 한다.

6) 이제까지 西歸浦層은 完全不透水層으로 遮水層役割만 하는 것으로 보아 왔으나 西歸浦層내에 帶水層役割을 하는 부분이 있음이 밝혀졌다.

7) 地下水附存形態는 帶水層分布의 不規則性에 따라 매우 복잡하다. 따라서 地下水包藏量産出에 理想的인 Ghyben-Herzberg原理를 적용시킬 수 없다.

濟州島의 地下水包藏量은 Ghyben-Herzberg 原理를 적용시켜 産出되었다. 그러나 帶水層分布의 복잡성으로 인하여 理想的인 Ghyben-Herzberg의 Lens形態를 적용시켜 包藏量을 産出할 수 없음이 밝혀졌다. 또한 西歸浦層이 이제까지는 不透水層으로서 遮水層役割만을 하는 것으로 간주되어 왔으나 그 層자체내에서도 부분적으로 帶水層역할을 하고 있음이 밝혀졌다. 따라서 地下水包藏量의 精確한 추정과 經濟的인 開發 및 保存을 위해서는 西歸浦層에 대한 研究가 계속되어야 할 것이다. 西歸浦層의 分布와 分布地域의 層厚, 帶水層역할정도가 밝혀짐으로써 복잡한 Ghyben-Herzberg Lens의 形態가 어떤 형태인지 어느 정도 밝혀질 것이다.

8. 考 察

參 考 文 獻

제주도 지하수 보고서, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976.
 姜庸植, 1976. 濟州道地下水 水量의 標高와 地區別 分析, 濟州實業專門學校 論文集 1 : 19~28
 Kevin C. B. and J. T. Wilso. 1976. Hot spots on the Earth's Surface. Scientific American. p. 46~57.
 南基英外. 1964. 地下水源調查報告. 國立地質調查所 1 : 77~95.

_____. 1966. 제주도의 지질과 지하수. 지하수원조사보고. 국립지질조사소. 3 : 109~129.
 농수산부·농업진흥공사. 1973. 資源으로서의 地下水. 地下水 73-1.
 元鍾寬. 1975. 濟州島의 形成過程과 火山活動에 관한 研究. 理學論集. 建國大學校附設. 應用科學研究所. 1 : 7~8
 山本莊毅. 1968. 陸水 共立出版株式會社. p. 261~299.