

## 濟州道 水資源의 環境學的 調查研究

Environmental Study of Water Resources in Cheju Island

주관연구기관	한국지질자원연구원
연구책임자	崔淳學
발행년월	1990-03
주관부처	과학기술부
사업관리기관	한국지질자원연구원
NDSL URL	<a href="http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO200200004680">http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO200200004680</a>
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/03 09:10:16

### 저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

KR-89-(B)-4

# 濟州道 水資源의 環境學的 調查研究

Environmental Study of Water Resources in Cheju Island

研 究 機 關

財團法人 韓國動力資源研究所

科 學 技 術 處

200-9  
262

# 提 出 文

科學技術處長官 貴下

本 報告書를 “濟州道 水資源의 環境學的 調查研究” 課題의 最終  
報告書로 提出합니다.

1990. 3.

主管研究機關名 : 韓國動力資源研究所

總括研究責任者 : 崔 淳 學

研 究 員 : 趙 震 東

金 然 基

# 要 約 文

## 1. 題 目

濟州道 水資源의 環境學的 調查研究

## 2. 研究開發의 目的 및 重要性

濟州道 地下水의 地化學的 循環過程과 地下水의 水質特性을 糾明하여 既存 地下水 開發地域에 대한 海水侵入 與否를 判別할 수 있는 水質의 特性和 本島 東部地域에 대한 地下水의 電氣傳導度 水平分布圖와 深度別 垂直分布圖의 作成을 위한 研究로서 海水 侵入에 의한 地下水 汚染 豫防과 地下水의 水質特性을 把握하는데 있다.

## 3. 研究開發의 內容 및 範圍

東部地域에 散在된 既存 地下水 開發孔에 대한 鑿井柱狀圖와 揚水 試驗資料를 蒐集하였으며, 上記孔에 대하여 水位, pH, EC, Salinity 등을 測定하였으며, 特히 海水의 侵入을 把握하기 위하여 深度에 따른 EC 값을 測定하였다.

## 4. 研究開發의 結果 및 活用に 對한 建議

東部地域에 散在된 既存 地下水 開發孔인 22 個所에 대한 地下水의 類型別 賦存形態를 把握하였으며, K, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>가 地下水汚染 與否를 判別할 수 있는 主要成分이고 特히 Mg와 Ca의 含量 比率이 海水 侵入 與否를 判別해 주는 重要な 成分임이 確認되었다. EC값은 500-4,300 $\mu$ S/cm의 높은 값을 보이고 있어 이러한 地域에서 地下水를 生活用水로서의 活用に 注意가 要望된다.

## Environmental Study of Water Resources in Cheju Island

### SUMMARY

Cheju Island is a dormant volcano which was formed by more than 20 volcanic activities during the late Tertiary to the early Quaternary and also has about 360 parasitic cones along the long axis of the elliptically shaped Island. Geology of this Island is mainly composed of olivine basalt flows with some trachyte, trachyandesite, tuff and pyroclastics, etc.

Two kinds of the hydrogeological factors to control groundwater existing on Cheju Island are permeable and impermeable elements. Permeable elements are primary porosity, secondary fracture, pyroclastics, clinker and different kinds of voids and impermeable elements are dense rocks, paleosols and old pyroclastics. There are two types of groundwater existing on Cheju Island so called basal and high level groundwater(perched water).

Groundwater level measurements for 45 sites selected from the whole existing wells are taken routinely each month together with pH, electric conductance and salinity measurement.

A full chemical analysis has been carried out from samples taken 11 springs and 34 wells.

According to the trilinear diagram by Piper, a type of Cheju groundwater characteristics belongs to Carbonate-Hardness.

And also it seems to be originated from the same source of groundwater except eastern part of the island.

There are no significant hydrogeochemical processes other than simple weathering, occurring in the geochemically "simple" Island.

## CONTENTS

SUMMARY .....	5
1. INTRODUCTION .....	11
2. FORMATION OF CHEJU ISLAND .....	12
3. EXISTING CHARACTERISTICS OF WATER RESOURCES .....	14
3-1. Surface Water .....	14
3-2. Spring .....	14
3-3. Groundwater .....	15
4. GEOCHEMICAL CICLE OF GROUNDWATER .....	22
5. GROUNDWATER QUALITY .....	26
6. CONCLUSIONS .....	37

# 目 次

SUMMARY .....	5
第 1 章 序 言 .....	11
第 2 章 濟州島의 形成 .....	12
第 3 章 水資源賦存의 特性 .....	14
第 1 節 地表水 .....	14
第 2 節 湧出水 .....	14
第 3 節 地下水 .....	15
第 4 章 地下水의 地化學的 循環 .....	22
第 5 章 地下水의 水質 .....	26
第 6 章 結 言 .....	37



## 第 1 章 序 言

濟州島에 對한 水資源開發의 最初 着眼은 1963年부터로서 高地帶의 地表水와 海岸邊에서 湧出되는 湧泉水의 活用方案을 檢討하기 始作한 것으로 비롯된다. 그동안 政府關聯機關에서 斷片的인 調査가 이루어진바 있으나 本格的인 調査는 1970年初에 이르러 廣域的이고도 細部的인 地下水調査가 體系的으로 實施됨으로서 火山島 特有的의 地下水産狀이 서서히 糾明됨과 同時에 本島의 급격히 增加되고 있는 用水需要에 對比한 解決策의 일환으로 全島에 걸친 地下水開發事業이 廣域的으로 遂行되어 왔다. 따라서 이제까지는 水資源의 探查와 活用方案에 對한 調査研究에 더욱 直重한 바 있으나 이제는 開發해는 이들 水質源을 어떻게 合理的으로 保全해야 하며 어떻게 하면 汚染이나 其他 海水侵入을 豫防할 수 있느냐 하는 環境保存側面에서 다루어져야 할 시점에 와 있다.

그동안 本島 水資源에 對한 調査研究는 前述한 바와 같이 持續的으로 遂行되어 온바 本島 水資源의 賦存樣相이나 水理地質學的인 特性은 어느정도 밝혀진 바 있으나 本島 水資源의 水質特性에 對한 體系的인 研究가 없었음이 또한 事實이다. 무엇보다도 本島 水資源의 環境學的 側面에서의 研究를 爲하여는 既存資料의 蒐集과 더불어 이에 對한 分析과 水質의 變化過程을 考察해야 함이 妥當할 것이다.

이에 本島 水資源의 環境學的 調査研究를 爲해 本島의 形成과 水資源의 賦存特性 및 地下水의 地化學的 循環過程과 地下水의 水質特性을 考察하여 그 1次年度 報告書를 펴낸바이다. 아울러 本 研究事業이 持續的으로 移行되어 本島 水資源이 環境學的 側面에서 보다 合理的으로 保存되기를 바라는 마음 간절하다.

## 第 2 章 濟州島의 形成

濟州島는 地質時代로 보아 第三紀末 플라이오세로부터 第四紀(지금으로부터 7~2백만年前)에 걸쳐 수십회의 거대한 火山活動에 의하여 形成된 火山島이다. 火山活動은 歷史時代까지도 계속된 休火山으로서 AD 1002, 1007, 1455 및 1670 年에 火山活動이 있었다는 歷史記錄이 있으며 그중 1회의 噴出은 本島 西北部에 位置하고 있는 飛揚島라고 생각된다.

本島는 第三紀末 現在의 基盤玄武岩(감람석 휘석 현무암으로 推定)이 火山活動에 의하여 一次的으로 육지부를 形成한 後 오랫동안 風化, 浸蝕作用을 받아 局部的으로 완만한 구릉지를 이루는 한편 全般的으로는 平坦한 용암대지를 形成하였다가 沈降運動에 의해 本島의 東쪽 方向이 우세한 傾動沈降이 일어났다. 이때 堆積된 西歸浦層은 基低玄武岩인 감람석 휘석玄武岩을 不整合으로 覆복하고 있으며 本島 西歸浦層의 堆積時期는 古生物學的으로 第三紀末 플라이오세에 해당됨이 判明되었다.

本島는 N70E의 長軸을 갖는 東西 約 74 km 南北 32 km의 타원형의 火山島로서 中央의 한라산(1,950 m)을 中心으로 원추형을 이루며 地形浸蝕輪廻上으로 보아 幼年期에 해당한다.

山斜面은 短軸인 南北方向은 급경사를 이루고 長軸인 東西方向은 완만한 용암대지가 해안에 連하며 그 위로 360여개의 奇生火山이 矗립하여 장관을 이루고 있다.

濟州島는 海水準面 以下 約 300 m下部에 分布할 것으로 推定되는 結晶質基盤岩으로부터 噴出된 火山島이다. 本島는 또한 한라산 부근에서 產出된 噴出物에 의해 주로 形成된 錫드 火山이다.

濟州島의 生成을 3 段階의 形成過程으로 分類하는 理論으로서 3 回の 巨大한 噴出時期에 따라 獨特한 地形의 特色을 보인다. 第 1 段階로는 섬의 구릉地나 海岸地帶를 形成한 용암대지형성 段階로 廣域的인 알카리 玄武岩類라바의 流出로 이는 巨大한 광역열하噴出에 依한 것으로 해저분출로부터 始作된 것이다. 第 2 段階는 한라설드 火山形成段階로 現在와 같은 설드型 火山地形을 만들어낸 中央火道를 中心으로 強力한 火山活動이 展開되어 粗面岩類 마그마의 流出로 한라산 등을 形成하였다.

本 島 最終段階의 火山噴出은 백록담을 中心으로 本 島 타원형의 長軸方向인 東西로 發達된 裂谷帶(rift zone)를 따라 形成된 바 地形的으로 완만한 능선이 잘 發達되어 있으며 360 여개에 達하는 奇生火山中 約 3 분의 2 가 本 裂谷帶를 따라 分布함이 특징적이다.

Haraguchi (1931)는 本 島의 火山活動을 3 段階로 보아 그 첫 段階는 第三紀末에 粗面質 熔岩의 噴出에 支配받으며 第二段階는 플라이스토世 初期에 始作하여 粗面質 安山岩類를 분출하였고 第二段階는 가장 強力한 火山活動을 展開하여 수많은 신더콘을 形成하였으며 많은 玄武岩類가 섬 전체를 覆복하게 되었다고 하였다.

Haraguchi 는 또한 분출은 산성용암으로 始作하여 中性 라바를 계속 噴出한 후 염기성용암을 끝으로 분출을 마친 것이라고 주장한바 있다.

本 島의 主 分布岩石은 粗面岩, 粗面質安山岩, 감람석玄武岩, 凝灰岩, 火成碎屑層 및 砂丘로 構成되어 있으며 岩脈類는 發見되지 않는다.

이는 同一時代에 噴出한 하와이의 火山島에서 볼 수 있는 岩脈의 分布와는 相異한 地質構造를 갖고 있어 本 島 特有의 水理地質學的인 여건을 形成해 준다.

### 第 3 章 水資源의 賦存特性

#### 第 1 節 地表水

本 島는 한라산과 東西長軸을 分水嶺으로 30 여개의 河川이 北流 또는 南流한다. 本 島는 東西部地域에서는 河川이 거의 形成되지 않는 것이 특징적이다. 이들 河川의 大部分은 降雨時 一時에 流下하는 이른바 乾川이며 年中 물이 흐르는 河川은 7~8 個所를 헤아릴 수 있으나 이들의 水源은 河口 가까이 있는 湧出水이다.

本 島의 年平均 降雨量은 1,870 mm로 本土 平均 1,246 mm 보다 624 mm가 더 많으며 年間 降雨量의 60%가 6月에서 9月 사이에 내린다. 지금까지 알려진 바로는 年間 降雨量中 約 26%가 地表로 流出되고 있으며 34%가 集水面蒸發量으로 蒸發되고 있음이 알려져 있다.

#### 第 2 節 湧出水

本 島의 湧出水는 一種의 地下水로서 두 가지 形態로 分類될 수 있다. 하나는 降水가 水理地質學的 構造線을 따라 下部로 流下하다가 不透水層을 만나 이의 垂直降下가 이루어지지 못한채 地表로 스며나와 形成된 소위 高地帶에서의 上位湧出水이며 또 하나는 二次龜裂을 통하여 오랫동안 地下로 삼투한 地下水가 水理地質學的 勾配를 따라 海岸邊으로 流動하여 海水面과 接하게 되어 涌출되는 基底湧出水(Basal spring)가 그것이다. 湧出水는 島 全域에 散在하고 있으나 주로 海岸線을 따라 涌출되고 있으며 極히 一部가 高地帶(해발 700 m以上)와 山岳地帶(어승생, 영실等)에서 涌출되고 있다.

또한 定量的인 推算은 不可하나 新村 三陽等地의 海低湧出은 막대한 量으로 보고 있다. 現在까지 알려진 全 島의 湧出量은 約 300여개소에 746,000 m<sup>3</sup>/d (ISWACO, 1981)이라고 되어 있으나 水量調査의 方法과 또는 계절의 영향에 따라 水量의 增減이 일어날 것으로 보인다.

### 第 3 節 地下水

本 島의 地下水는 火山島가 지닌 特殊한 地質 및 地形條件으로 因하여 特異한 賦存樣相을 갖고 있다. 本 島는 前述한 바와같이 數十次에 걸친 火山活動에 依하여 20여종에 達하는 熔岩類를 流出시켰으며 이들 熔岩類 사이에는 火山砂나 火山灰 등의 火成碎屑物이 狹在되어 있다. 降水는 本 島의 主 地下水源인 바 大部分 地表面이나 溪谷을 따라 流去 바다로 流入되고 極히 一部分은 地表의 節理 및 裂隙을 따라 地下로 스며들게 된다. 또한 本 島는 火山島 特有의 地質條件에 따라 沖積層의 發達이 아주 빈약하여 陸地部에서의 沖積層을 對象으로 한 淺部地下賦存은 기대하기 어려운 실정이다.

本 島 地下水賦存을 決定해 주는 主 構造要因은 크게 두 가지로 大別되는데 透水性要素와 不透水性要素가 그것이다. 前者는 緻密質岩石과 古期土壤 卽, Paleosols라 할 수 있다. 古期火成碎屑物은 보통 粘土粉을 含有하고 있어 不透水性으로 看做되어 엄밀히 관찰해 보면 半透水性 要因에 屬한다.

本 島는 여러 種類의 熔岩類가 쌓이고 쌓여 形成된 火山島라 함은 前述한 바 있거니와 이들 熔岩類는 각각 다른 方向과 體積 및 規模도 다를 뿐더러 다른 化學成分을 갖고 섬의 여러 곳으로 流出

되었다. 몇개의 熔岩 卽, 玄武岩類는 처음에는 液體狀態로 流動的이며 개스도 풍부하였으나 冷却된 후 多孔質이며 節理가 發達된 岩石으로 된다. 다른 熔岩類 卽 粗面岩과 安山岩類等은 非流動的이며 개스도 不足하여 冷却된 後 緻密한 岩石과 空隙形成이 빈약한 岩石이 된다.

透水性要素로서의 節理는 一次와 二次로 特徵지워질 수 있는 바 一次的인 節理形成은 冷却過程中에 形成되는데 熔岩中心部로 向해 各 熔岩類의 上下部로부터 軋쳐 形成되며 大部分의 節理는 熔岩 全體를 가로질러 形成하지 않으며 中央部는 그대로 남아있다.

그러므로 節理는 한 方向으로는 열려져 있으나 다른 便으로는 닫혀져 있는 상태로 地下水는 含有될 수는 있으나 節理를 따라 流動할 수는 없다. 따라서 이들 節理는 本 島의 地下水循還에는 아무런 意味를 갖고있지 않는 要因이다.

熔岩이 冷却된 後 어느 정도의 時間(地質學的인 時間)이 經過되면 本 熔岩內에는 二次的인 龜裂이 形成된다. 이들은 주로 地體構造運動과 局部的인 接觸變成作用 및 風化作用의 結果에 起因된 것이다. 또한 二次龜裂의 規模는 多樣하여 그 길이에 있어서 數cm에서 數100 cm이고 그 幅에 있어서는 數cm에 이른다. 二次龜裂은 또한 一次와 달리 모든 種類의 岩石을 絶斷함으로(때로는 地表가까이까지) 地下水 流路形成에 아주 重要한 역할을 한다.

濟州島 地下水의 主 流路形成은 바로 이 二次龜裂이며 垂直으로 發達되어 있을 때 急速한 流動現象이 일어난다. 透水性要因으로서는 또한 크린커(Clinker)와 多樣한 空洞(Void) 熔岩 또는 라바튜브等이 추가된다. 이들은 二次空隙과 함께 良好한 地下水流動 通路가 된다.

古期土壤은 不透水層으로서 地下水의 下降을 차단해 주는 중요한 역할을 해준다. 이들 Paleosols은 모든 種類의 熔岩類가 土壤이나 粘土 또는 火成碎屑層을 덮어 流出할 때 이들을 高溫으로 구어서 만들어지게 되며 보통 10 ~ 60 cm의 두께를 갖고 不透水性的 赤色古期土壤을 生成한다. 이는 노출된 단단한 岩石위를 熔岩이 흘러갈 때는 生成되지 않는다. 실제로 本 島의 수많은 深部試錐 및 鑿井結果로 얻어진 岩石 코어 사이에는 많은 Paleosols가 狹在되어 있음을 볼 수 있다. 熔岩流出形成의 多樣性으로 因하여 下部 熔岩流 사이에 狹在되어 있는 Paleosols은 그 연장이나 規模面에서 分布의 多樣性으로 不規則하고 不連續적이다. 그러므로 地下로 침투된 降水는 이들 층에서 차단되거나 斜角을 갖고 分布하는 곳에서는 그 傾斜를 따라 流下하기도 한다.

以上은 本 島의 地下水를 賦存시킬 수 있는 水理地質學的인 構造的인 要因에 對해 論述한 것으로 이들 要約해 보면 透水性要素로서는 節理와 火成碎屑層 크린키 또는 熔岩터널等を 들수 있고 不透水性要素로는 緻密質의 粗面岩과 安山岩類 그리고 Paleosols이며 경우에 따라서는 古期火成碎屑物이라 할 수 있다. 이들 두 部類의 要素는 바로 本 島의 地下水賦存과 그 產狀을 決定해 주는 主 因子이다. 그러면 本 島의 地下水는 어떤 過程과 經路를 따라 地下로 流下하여 產出되고 있는가?

本 島 地下水의 主 根源은 前述한 바와 같이 降水로서 地表로 流出 또는 蒸發되는 一部를 除外(約 60%)하고는 重力에 依해 透水性의 二次龜裂을 통해 地下로 삼투된다(約 40%). 이들은 連續性的의 二次龜裂을 따라 流下하다가 下部에 發達한 不透水層인 緻密質 岩石이나 粘土層에 이르러 더 以上の 垂直降下를 방해받게 되어

賦存되는 所謂 宙水 (Perched Water) 를 形成한다. 이들 宙水는 不透水層이 끝나거나 二次龜裂이 열려진 곳을 따라 또 다른 不透水層을 만날 때 까지 流下하여 여러개의 Perched aquifer 를 形成하며 또한 不透水層의 勾配를 따라 서서히 흘러 地表로 湧出하게 되어 下位湧出水를 形成한다.

本 島에는 이러한 宙水形態의 湧出水가 高地帶에 散在되어 있는데 영실, 어승생, 구구곡, 돈내코 등이 좋은 例이다. 反面에 降水가 地下로 침투하는 過程에서 不透水層에 의해 차단되지 않고 그대로 基底로 流入되어 바다와 接하여 海岸邊에서는 海岸湧出水로 심 下部에서는 렌즈의 상태로 부존되는 所謂 基底地下水가 있다.

圖 1 은 宙水와 基底地下水와의 產出狀態를 모식한 그림이다. 基底地下水는 地下로 流入된 淡水와 바닷물과의 比重差 (1:1,025) 로 淡水體가 淡水體 下部에 렌즈狀으로 떠 있는 상태로 이를 Ghyben-Hertzberg 原理로서 說明될 수 있다.

圖 2 는 Ghyben-Hertzberg 原理를 나타내 주는 그림으로 이 그림에서 A 점이 받는 水壓을  $P_A$  라 하면

$$P_A = \rho_s \cdot g \cdot H \dots\dots\dots ①$$

단,  $P_A$  = A 점이 받는 水壓

$\rho_s$  = 海水의 比重

$g$  = 重力加速度

$H$  = 海水의 두께

같은 方法으로 B 점이 받는 水壓은

$$P_B = \rho_f \cdot g ( h + t ) \dots\dots\dots ②$$



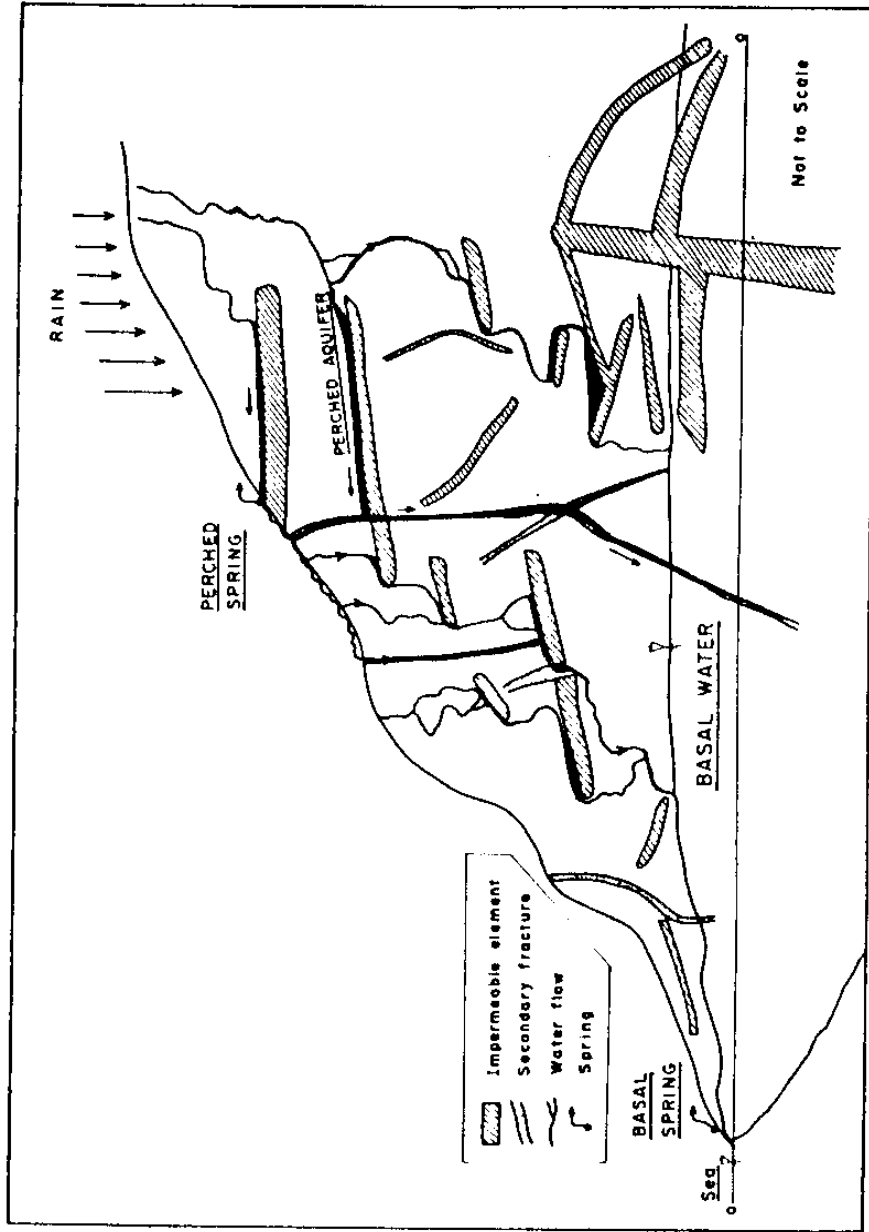


Fig. 1. Simplified Sketch Showing Groundwater Movement in Che Ju volcanic island.

단,  $P_B = B$  點이 받는 水壓

$\rho_f =$  淡水의 比重

$t =$  海水面 上部에 떠있는 淡水層의 두께

$H =$  海水面 下部에 잠겨있는 淡水層의 두께

그러나 A 點과 B 點이 平均을 유지하기 爲해서는  $P_A = P_B$  이어야 하므로 ①과 ②로부터

$$P_A = P_B$$

$$\text{即, } \rho_s \cdot g \cdot H = \rho_f \cdot g \cdot (h+t)$$

$$\rho_s \cdot H = \rho_f (h+t) \dots\dots\dots \text{③}$$

그런데 실제로 그림에서  $h = H$  이고

$\rho_s = 1.025$ ,  $\rho_f = 1.00$  인 고로

$$(1.025 - 1)H = t$$

$$\therefore H = 40t$$

即 Ghyben-Hertzberg 原理란 海水위에 淡水層이 떠있어 基底地下水를 形成하고 있는 경우에 海水準面下部의 렌즈의 두께는 海水準面 上部 두께의 40 배가 된다는 理論이다. 이러한 原則이 成立되기 爲하여는

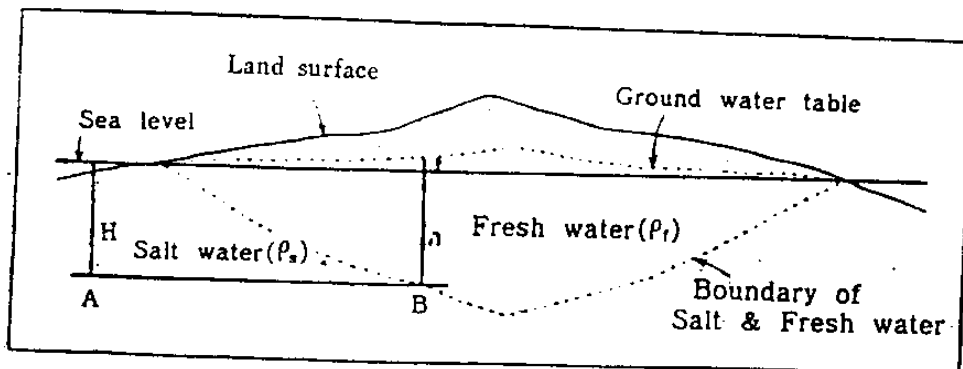


Fig.2. Diagram of Ghyben-Hertzberg Relation between Fresh and Saline Water.

- 1) 地下水面은 平均海面 下部에 位置하고
- 2) 海岸의 모든 岩石은 均質한 透水性 物質로 構成되어야 하며
- 3) 地下水는 海岸쪽으로 流動하여야 한다.

一般的으로 Ghyben-Hertzberg 原理는 海水가 安定狀態에 있다는 것을 假定하나 실제로 海水面은 干滿의 差(本島는 約 1~3 m) 등으로 安定狀態에 있지 않으며 繼續적인 流動狀態를 이루고 있어, 本島의 경우 약간의 動的 平均을 유지하는 것으로 생각되며 流水와 海水가 接하는 곳에서는 어떤 幅을 갖는 混合部分인 漸移帶를 形成한다. 이러한 漸移帶는 干滿의 差, 海水의 流入 및 其他 揚水에 依한 地下水位의 變化에 따라 擴散된다. 實際로 既存 地下水 開發孔이나 既存湧出水의 水位變化는 海岸邊에 가까울수록 海水 干滿의 差에 민감하여 海岸中心部로 갈수록 둔화된다.

以上에서 論述한 바와 같이 本島에는 두가지 形態의 地下水가 賦存되고 있는데 基底地下水는 島 全域에 광범위하게 分布하며 地下水位變動도 아주 미약하여 포장량도 풍부한 反面에 上位地下水는 一部 地域에 局限되어 地下水位는 계절에 따라 매우 可變的이며 水量도 풍부하지 않음이 特徵이다.

上位地下水의 賦存地域으로는 플라이오세에 傾動沈降時 堆積된 西歸浦層과 隆起作用 以後의 陸成堆積層인 城山層 및 플라이스토세에 堆積된 新揚里層이 分布하는 西歸地域, 南元地域 및 濟州地域의 中山間一部 地域에 局限되어 賦存된다.

## 第 4 章 地下水의 地化學的 循環

本島 地下水의 主 根源인 降水는 重力에 依해 地下로 침투하여 水理地質學的인 통로를 통하여 上下部에 地下水賦存體를 形成하고 이 통과 배출의 水文學的 순환과정을 반복하면서 불균형 (Water balance) 을 이루고 있다.

또한 이들은 土壤內部에 存在하면서 이들 母岩의 構成鑛物과 반응 하여 시간이 경과됨에 따라 처음과는 다른 양상의 水質로 變化한다.

自然의 地下水는  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  의 陽이온과  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  및  $\text{CO}_3^{--}$  의 음이온이 절대적 비중을 차지한다. 따라서 보통의 地下水는 이들 主 成分 이외의 성분들을 극히 미량으로 包含 하고 있으며 이들 主要成分의 含量比에 依하여 水質特性이 決定되어 진다. 本島 地下水循環過程의 自然的인 進化과정을 고찰케 해주는 그림 3 은 t . d . S 와  $\text{HCO}_3^-$  와의 상관관계를 잘 나타내 주는 그래프로서 採取된 試料를 分析한 結果 降水로부터 自然의 地下水로의 進化순서가 일직선상에 놓여 있음을 잘 보여주고 있다.

即, 自然의 地下水가 宙水와 基底地下水를 形成하는 과정이 시간이 경과됨에 따라  $\text{HCO}_3^-$  와 t . d . S 가 增加되면서 어떤 직선상의 진 화경향을 나타내주고 있는 반면에 그림에서와 같이 직선 밖의 또 다른 하나의 group 과  $\text{HCO}_3^-$  함유량이 40 ppm 에서 50 ppm 의 범위에 서 t . d . s 값이 200 ppm 以上을 갖는 수직상의 선상에 놓인 또다 른 group 으로의 分類가 可能하다.

따라서 직선밖의 group 에 屬하는 地下水는 1 段階 오염을 나타내 고 있는 地下水이며 수직선상에 놓인 것은 분명히 海水가 침입되었 음을 보여주는 地下水群이라 할 수 있어 Natural evolution trend

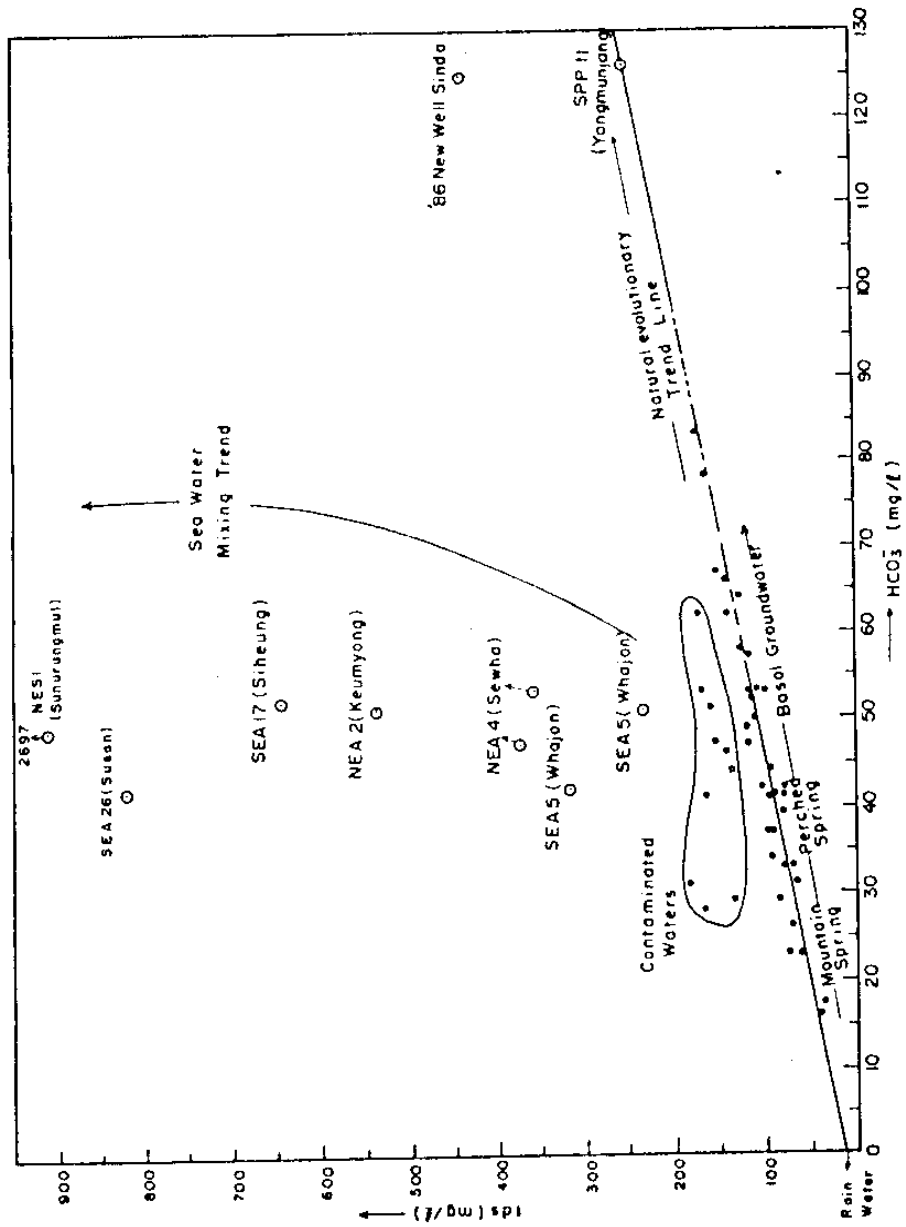


Fig. 3. Graph of total determined solids (TDS) against bicarbonate concentration showing evolutionary and mixing trends. mg/l

line 과는 분명히 구별되고 있음을 보여준다.

해발 800 ML 에 位置하는 CIS2 여러목 용출수는 上位용출수로서 地下水의 基本的인 溶解 pattern 을 보여주고 있는 용출수이다. 이러한 形態는 물이 岩石과 접촉하고 있는 시간에 따라 TDS 와 EC 값의 변화 정도를 暗示해 주고있는 代表的인 湧出水이다.

그러므로 上位地下水는 時間的으로 보아 “younger” 하면서 EC 와 TDS 값을 底地帶의 基底地下水와 比較해 보면 낮은 값을 갖는다.

現在까지의 調査資料를 綜合分析해서 本島 地下水의 EC 와 t.d.s 값을 그 類型에 따라 6 群으로 하여 分類하면 表 1 과 같다.

本表는 現場에서 EC 값을 測定한 후 採取된 地下水가 어느 群에 屬할 것인가를 가장 빨리 판단할 수 있는 좋은 分類表가 된다.

一般的으로 EC, TDS, t.d.s, Na, Cl 과 SO<sub>4</sub> 등의 값이 높으면 海水侵入의 可能性을 나타내 주고 있으나 Mg 과 Ca 의 이온當量比에서 이를 쉽게 認知할 수 있다. 보통은 Ca 가 Mg 의 두배의 比率임에 반해 이들 관계가 反轉되고 있으면 쉽게 海水侵入關係임을 알 수 있다. 一般的으로 地下水가 오염되어가는 過程은 Natural → Contaminate ( 제 1 단계 ) → Pollute ( 제 2 단계 ) 등의 2 단계로 說明되고 있

Table 1. t.d.s. Distribution

Water source	t.d.s limit (ppm)	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	t.d.s Average	EC
Mountain springgs	< 60	< 100	45	75
Perched waters	< 100	< 160	75	120
Natural springs	< 100	< 160	90	150.
Natural wells	< 140	< 225	110	175
Contaminated wells	< 180	< 300	170	275
Seawater intrusion	< 300	< 450	600	1,000

는데 보통성분중  $\text{NO}_3$  는 Contamination 정도를 나타내 주고 K 와  $\text{SO}_4$  는 Pollution 의 정도를 제시해 준다.

전체 試料의 分析結果를 보면 本 島 地下水의  $\text{NO}_3$  값이  $> 2\text{ppm}$  의 범위에 있어 一般的으로는 low level background contamination 段階에 들어 있음을 알 수 있다.

## 第 5 章 地下水의 水質

現在까지 本 島에는 정부주도하에 開發한 地下水管井이 約 260 여 개소 以上이 개발이용되고 있으며 그의 私設管井까지 합치면 全 道를 通하여 約 1,500 여개소 以上の 地下水開發孔이 設置되어 있을 것으로 推定된다. 이들 中 水質分析을 爲한 試料採取는 高地帶의 上位地下水和 基底地下水を 對象으로 하여 地下水管井 34 個所, 湧出水 11 個所等 45 個所에서 試料를 採取하여 一般的인 地下水 水質特性을 알기 爲한 8 가지의 化學分析을 施行하였다 (Fig.4 試料位置圖 參照).

또한 유도결합분산분석기 (ICP) 에 의거 地下水管井 4 個所, 湧出水 3 個所等 7 個所의 試料에 對한 米량분석을 하기 위한 試料도 採取하였다.

採取된 試料의 化學分析結果에 따라 各 이온의 濃度를 ppm 으로 환산하여 Fig.5 와 같이 Piper 의 trilinear diagram 을 작도하였다.

이 그림에서 보는 바와 같이 陽이온도에서는 中央部에 同質性的의 主群이 形成되고 있는 단순한 關係를 보여주고 있는 반면 陰이온도에서는 우측 끝 부분에 몇 개의 Chloride 값이 높은 것 (海水侵入을 의미함) 을 제외하고는 Sulfate type 은 전혀 형성하고 있지 않는다.

本 그림에서 보면 Chloride 와  $\text{HCO}_3$  의 化學的 當量濃度 比率이 거의 같기 때문에 대부분의 점들이 中央을 向해 놓이고 있음을 보여준다. 中央의 다이아몬드 형태에서의 물의 집합점은 주로 중앙부에 밀집되어  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$  (bicarbonate type) 가 우세한 水質組成을 보여주고 있다. 동시에 海水가 混合된 집합점을 向해 꼬리를 形成하는 몇개의 종속적인 group 이 나타나기도 하면서 本 島 地下水 水質의 特性을 보여준다.



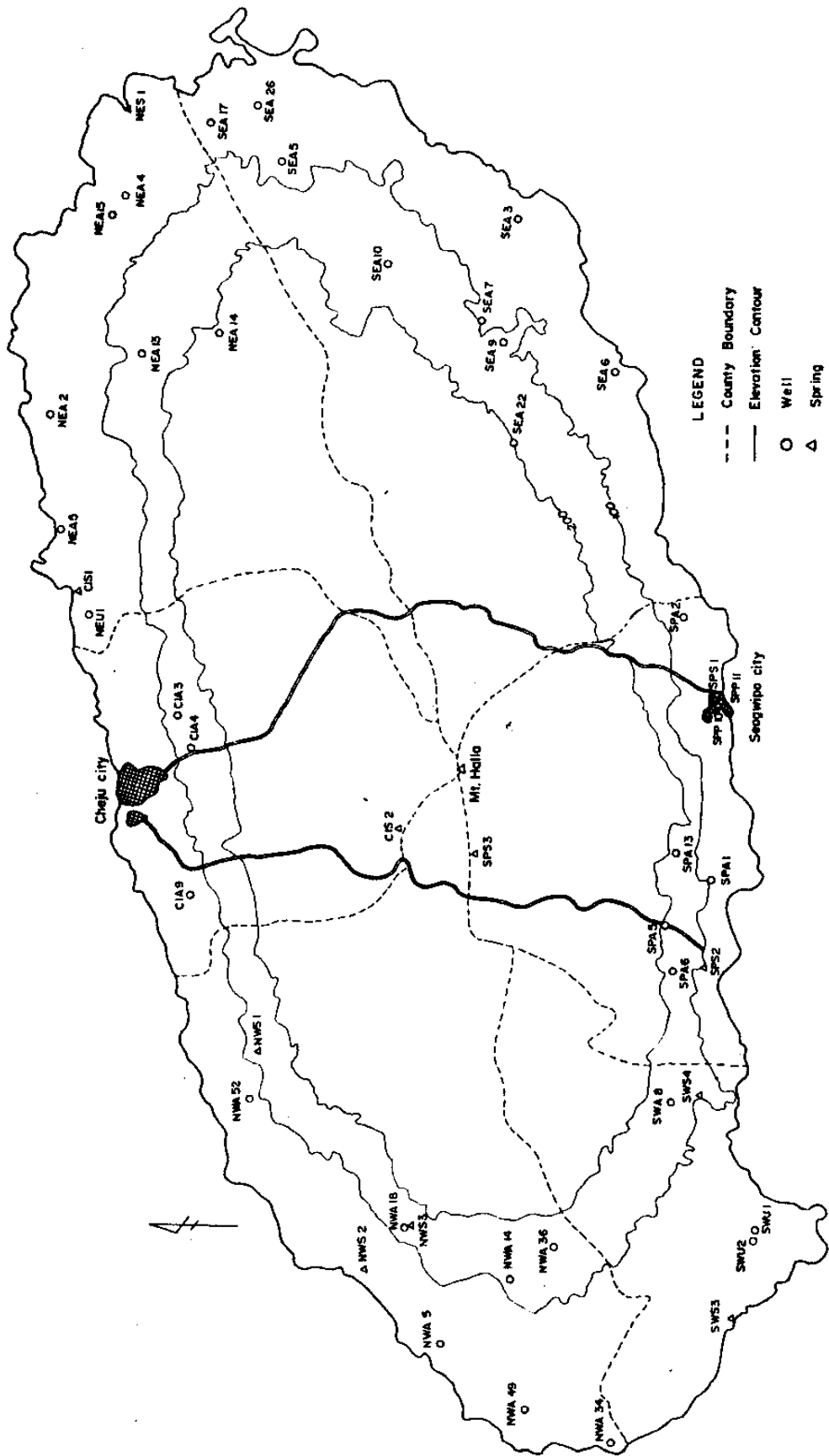


Fig. 4. Location map of representing wells and springs of Cheju area for water analyses.

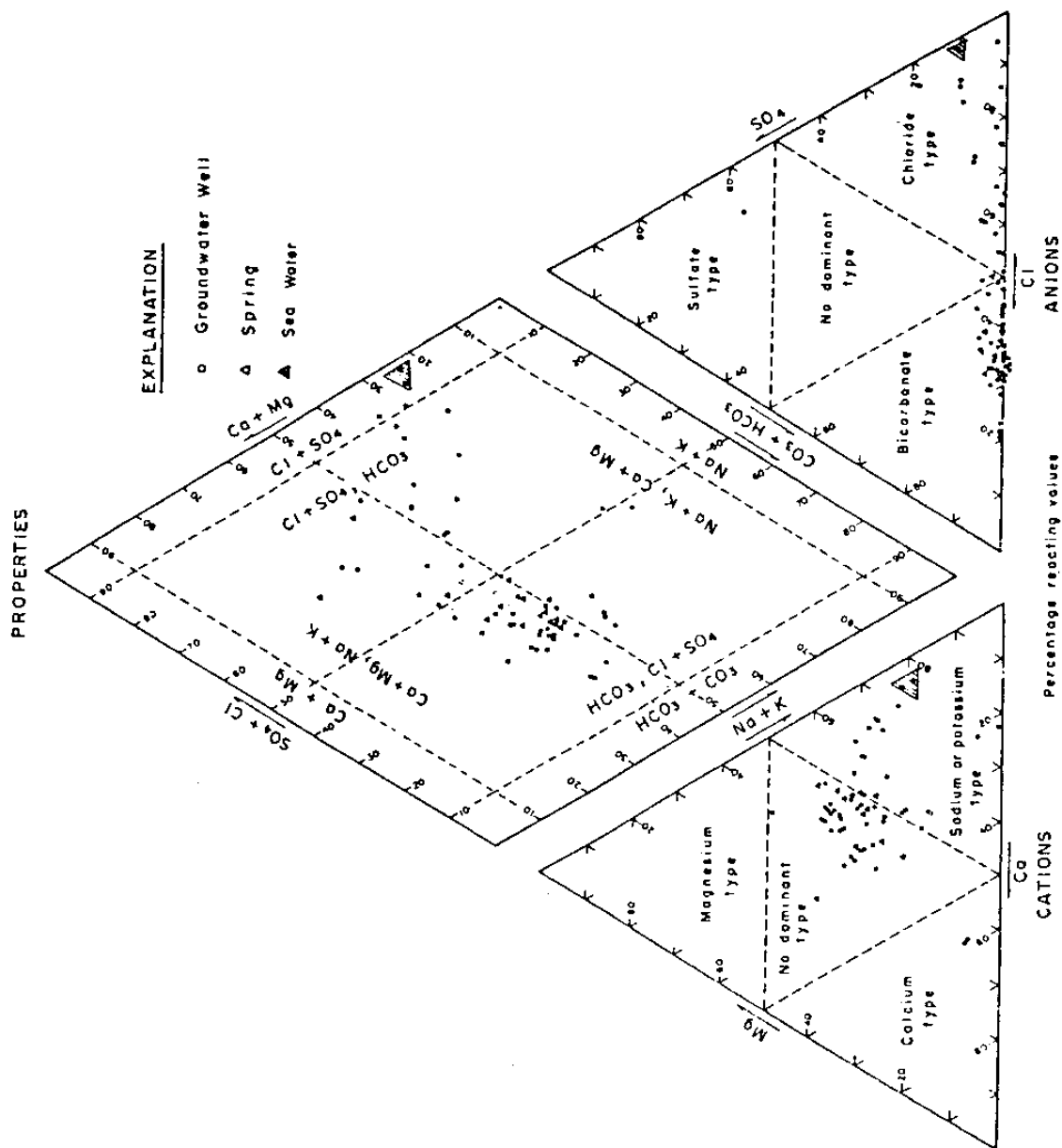


Fig. 5. Ternary diagram for representing analyses of Cheju water quality

表 2 는 地下水와 湧出水의 化學分析表인데 이 중 NES 1 서누령불, NEA 4 세화, NEA 2 금녕, SEA 26 수산, SEA 17 시흥地區等 동부해안면에 位置한 地域으로부터 試料에서는 海水侵入의 흔적이 뚜렷하다.

또한 南部의 SPA 2 신호와 SWS 4 안덕湧出水는 국부적으로 오염되고 있음을 보여준다. 分析된 試料의 化學的인 成分의 特性을 記述하면 다음과 같다.

#### Potassium(K<sup>+</sup>)

12 個所를 제외하고 모든 곳에서 K<sup>+</sup> 값이 5 ppm 미만이다. 정상적인 地下水는 一般的으로 > 5 ppm 의 값을 갖고 있으나 그 이상의 값이 나오면 일단 汚染의 可能性은 있는 것이다. 이들 중 前述한 5 個所는 분명히 海水의 侵入에 依한 것이고 2 개소인 SPA 2 신호와 SWS 4 안덕 용출수는 농약이나 폐기물에 依해 汚染된 것이 틀림없다. 왜냐하면 그들은 比較的 높은 NO<sub>3</sub> 값을 갖고있는 반면에 정상적인 Ca 와 Mg 의 비율을 갖고있기 때문에 海水에 依한 汚染은 분명히 아니다.

#### Sodium(Na<sup>+</sup>)

단지 14 개 지역에서 20 ppm 을 넘고있는 반면 그외 30 개 지역에서는 10 ppm 内外의 Na 成分을 갖고 있으며 이들은 Na 과 Cl 과의 비율이 대체로 정상 상태를 알 수 있다.

前項에서 言及한 바와 같이 NES 1 서누령물外 4 개 地域은 海水侵入可能性이 크며 SPA 2 신호와 SWS 4 안덕지역은 농약 또는 폐기물에 의한 汚染可能性이 높다. 보통 Na 과 Cl 의 成分비율이 Na 값이 Cl 보다 적어야 정상적인 상태의 地下水이고 그 값이 비슷할수록 low mineralization 을 받는 것으로 본다.

Table 2. Characteristics of Cheju water quality (Groundwater and Spring)

unit: ppm. ( ) estimated

Ref No	Name	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>	tds	TDS	EC (tds 0.62)	pH
CLA 3	Whang Sae At	2.6	13.5	9.3	5.5	18.0	0	48	0.5	21	118	182	190	7.7
CLA 4	A ra	2.7	19.5	15.5	10.0	32	0	46	1.4	17	144	258	232	7.4
CLA 9	Do du	3.5	13	7.1	6.3	17.5	0	57	0.5	16.5	121	139	195	7.1
NWA 5	Wol reung	4.3	20	8.3	8.2	31	1.3	44	0.6	19	137	203	221	7.2
NWA 14	Jeuji	5.1	18	6.5	4.9	17.5	1.8	58	0.5	16	128	143	206	7.6
NWA 18	Dongmyung	3.0	11	5.5	5.4	16.5	Tr	41	<0.5	14.5	97	120	156	6.6
NWA 34	Ko san	4.5	26	12	13.0	43	1.7	53	0.9	17	171	260	276	7.1
NWA 36	Myungeedong	2.8	12	3.6	<0.5	14	1.4	(23)	<0.5	17	(74)	94	119	7.4
NWA 49	Yongsoo	5.2	22	14.5	4.5	26	1.1	78	0.5	14	166	157	268	7.7
NWA 52	Ha ga	3.1	8.5	4.7	4.0	12	0	44	0.5	19	96	100	155	7.8
SWA 8	Gamsan	3.9	16	9.2	5.1	20	Tr	(67)	<0.5	32	(154)	133	248	7.5
SPA 1	Wolpyung	2.6	11	19	1.2	18	N.D	(66)	<0.5	29	(147)	130	238	7.4
SPA 2	Sinhyo	6.3	18.5	17.5	11	33	0	29	1.8	16	133	315	215	7.0
SPA 5	Hoesu	3.4	8.9	4.9	5.3	8	N.D	52	<0.5	32	115	73	185	7.2
SPA 6	Sakdal	1.6	11	8.1	4.7	1.5	N.D	(53)	<0.5	13	107	112	172	7.3
SPA 13	Yongheung	2.0	5.3	2.8	2.1	7.2	Tr	(23)	<0.5	18	(61)	48	98	7.8
SPP 10	Midogang	2.7	9	6.9	3.7	14	1.4	41	0	10	89	126	144	7.2
SPP 11	Yongmunjang	6.0	34	16	11	40	7.6	126	0	10	251	263	405	7.6
SEA 3	Pyosun	3.3	14.5	5.7	11.5	28	5.4	62	0.5	14.5	145	138	234	7.6
SEA 5	Whajeon	3.8	30	4.9	8.9	50	2.1	42	0	17	317	201	511	7.2
SEA 6	Taeheung	4.2	30	12.5	11.5	59	1.3	28	0.7	15.5	167	267	269	6.7
SEA 7	Gasi	2.4	8	4.9	4.4	11	0	(42)	0.5	7.3	81	86	131	7.7
SEA 9	Tosan	2.4	7.4	4.7	7.8	9	1.4	39	0.5	13.5	82	82	132	7.7
SEA 10	Sungup	3.3	9.4	5.8	3.8	9.2	0	53	0.5	14.5	100	97	161	7.5
SEA 17	Siheung	9.8	154	20	33	297	49	52	<0.5	30	645	688	1,040	7.1
SEA 22	Sumang	3.2	9.8	6.1	4.9	16	0	37	0.5	18	99	124	160	7.4
SEA 26	Susan	13.5	255	17	38	431	11.5	42	0	16.5	824	1,103	1,329	7.2
NEA 2	Keumyong	9.5	137	14	24	253	43	51	0.5	9.5	541	577	873	7.6
NEA 4	Sewha	7	82	13	18	159	24	53	0.5	16	358	417	577	7.7
NEA 5	Hamdeug	5.7	16.2	15	8.6	29	5.9	83	0.5	12.5	176	179	284	7.3
NEA 13	Dugchun	2.7	8.4	2.6	3.1	9.6	Tr	41	<0.5	14.5	82	95	133	7.6
NEA 14	Songdang	3.2	10	4.3	3.7	16	0.6	29	0.5	15	82	100	132	7.6
NEU 1	Sinchon	2.9	11	5.2	5.3	14	0.7	(51)	<0.5	20	(111)	96	178	7.3
SWU 2	Sage	2.2	16	9.6	2.9	17	Tr	(64)	<0.5	14.5	(130)	99	209	7.7
CIS 1	Samyang	3.0	7.5	2.4	4.1	12	Tr	33	<0.5	15.5	78	98	126	6.8
CIS 2	Eorimok	0.9	3.7	1.5	1.5	6.1	1.1	16	<0.5	10.5	42	49	58	7.5
NWS 1	Jangsumul	2.6	13	9.3	6.1	28	2.2	(47)	0	(10)	118	179	191	7.3
NWS 2	Hanlimchun	4.4	13.5	4.9	6.3	17	Tr	53	<0.5	19	119	132	192	7.3
NWS 3	Dongmyung	3.6	19	2.5	17	43	0.7	41	1.5	15	166	381	268	6.5
SWS 3	Sulim	3.4	11.5	4.6	4.3	18	Tr	34	1.2	16	93	129	150	7.3
SWS 4	Andug	19.5	27	24	11.5	55	1.0	31	2.1	14.5	186	427	299	6.8
SPS 1	Sugwi Hanil Hotel	2.2	6.4	3.9	2.7	12	Tr	26	<0.5	15	69	102	111	6.7
SPS 2	Chunjeoen	2.2	10.5	7.4	4.9	16	Tr	37	<0.5	13	92	139	148	6.8
SPS 3	Yongsil	0.9	3.5	1.5	1.1	6.6	Tr	17	<0.5	6	37	40	60	7.5
NES 1	Sunulungul	41	796	43	109	1,400	249	(49)	<0.5	9.5	2,697	2,881	4,350	6.9

### Calcium(Ca<sup>++</sup>)

約 45 개의 試料中 Ca 성분은 10 ppm 을 초과하고 있는 지역이 15 개소이다. 그중 단지 5 개소가 20 ppm 을 넘고있다. 이들 5 개소중 2 개소와 다른 시료중 7 개소는 Mg > Ca 의 관계를 보이고 있어 일단 海水侵入의 可能性을 생각할 수 있다. 정상적인 地下水는 Ca > Mg 의 관계를 나타내야 한다.

### Magnesium(Mg<sup>++</sup>)

總 試料中 33 개소에서 Mg 의 성분량이 10 ppm 미만이고 그 以上의 함유량을 갖는 試料는 12 개소이며 30 ppm 을 넘는 시료는 4 개소로서 이들은 海水의 侵入이 분명함을 보여준다. 9 개소는 Mg > Ca 의 관계를 보여주고 있으며 이들은 또 인관되어 K, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> (어떤 것은 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 포함) 의 값이 높아 비정상적인 관계를 갖고 있음으로 보아 분명히 신선한 地下水體는 아님을 알 수 있다.

### Chloride(Cl<sup>-</sup>)

一般的으로 自然의 地下水에는 보통 10 ppm 内外의 Cl 을 함유하고 있는 것이 통상적이고 海水에서는 平均 19,000 ppm (Garrels et al., 1975) 의 높은 값을 갖고 있음이 알려져 있다. 참고로 本 島의 濟州地域 rain water 에 含有된 Cl 의 量은 8.3 ppm (1987.2.23 試料採取) 이나 本 島 全域의 平均値는 아니다. Table 2 의 分析表에서 Cl 의 함유량 분포는 기의가 50 ppm 以内의 量을 갖고 있으며, S EA17 시흥지구를 비롯하여 4 개 지구는 159 ppm 에서 1,400 ppm 까지 이룬데 이들은 海水侵入으로 인한 Cl 값의 증가가 분명하다.

그중 NES1 서누령물은 가장 높은 값인 1,400 ppm 을 보이고 있는데 이는 blackish water 에 屬한 基底湧出水로서 海水와 直接接

하고 있는데서 起因된다.

#### Sulfate ( $\text{SO}_4^{--}$ )

10개 지역을 제외하고 35개 지역의 試料에서 2ppm 미만의 함유량을 보여준다. 그중 대부분이 trace 이거나 아주 적은 量을 나타내고 있다. 5개의 試料의 11 ppm에서 249 ppm까지의 높은 값을 보여주고 있는데 이들은 분명 해수침입을 나타내고 있다.

#### Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

5개의 試料가 단지 1~2 ppm을 보여주고 있으며 그외 모든 試料가 trace level ( $< 0.5$  ppm)이다. 5개의 海水汚染試料는 모두가 대단히 낮은 값인  $< 0.5$  ppm을 갖고 연관되어 높은 EC와 TDS 값을 보여준다.  $\text{NO}_3^-$  값은 人工的인 (man-made) 汚染여부를 판별해 준다.

#### Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )

38개소에서 60 ppm보다 낮게 나타나고 나머지 7개소가 그 이상의 값을 보인다. 高地帶의 湧出水인 CIS2 어리복과 SPS2 영실에서  $\text{HCO}_3^-$  값은 17 ppm 미만으로 낮은 값을 보여준다. 이는 地下水의 循環過程에서 시간이 경과함에 따라 그의 값이 증가되고 있는 보통地下水에서 볼 수 있는 상태와 같은 현상임을 알 수 있어 시간적으로 젊은 地下水임을 알 수 있다.

#### Silica ( $\text{SiO}_2$ )

$\text{SiO}_2$ 는 地下溫度推定에 좋은 指示成分으로서 그의 용해도는 온도와 비례하기 때문에 地下의 地熱帶分布 여부를 판단할 수 있는 근거가 된다. 本島 地下水試料中 대부분의 地域에서 15 ppm 内外의 값을 보여 주는데 이는 보통의 地下水에서 볼 수 있는 量으로서

地熱과 관련된 특징을 發見하기에는 어렵다.

### 微量元素

4 개소의 地下水管井과 3 개소의 湧出水에 對하여 ICP method 에 의한 미량원소 分析을 실시하였다. Table 3 에서와 같이 各 成分含量을 비교해 보면 NES1 의 서누령불과 SEA17 의 시흥시료의 함량比가 他 試料에서 보다 높은 값을 보여준다. 참고로 같은 시기에 研究된 大邱와 釜山地域에서의 미량원소에 對한 分析值를 比較하기 쉽도록 Table 3 의 下端에 보통의 地下水에 함유된 微量元素와 비교하였다. 表에서 볼 수 있듯이 各 地域의 微量元素 함유량은 보통의 地下水에서 보다 낮으며 단지 前述한 SEA17 과 NES1 에서 S 와 Sr 成分이 他 試料에서 보다 높게 나타나고 있으나 이는 海水의 混合에서 起因된 것으로 보이며 전체 岩石의 類型에서 볼 때 보통의 地下水와 구별될만한 量을 갖고있지 않고 오히려 극미량의 원소함량을 갖고 있어 本 島 地下水의 水質特性을 支配하는데 큰 要因으로 作用하지 않고 있음을 알 수 있다.

Table 3. Trace elements in Cheju groundwater

Ref No	Name	Fe	Li	Mn	P	S	Sr	F	Rock type	
SPA 2	Sinhyo	0.038	0.0063	0.0009	0.092	1.03	0.065	N.D	Basalt	
SEA 17	Siheung	0.033	0.0075	<0.0001	0.065	12.74	0.1166	N.D		
SPA 5	Hoesu	0.038	0.0075	<0.0001	0.059	0.38	0.015	N.D		
NWA 14	Jeuji	0.041	0.0088	<0.0001	0.08	1.51	0.03	N.D		
CIS 2	Eorimok	0.047	0.075	<0.0001	0.081	0.29	0.003	N.D		
SWS 4	Andu	0.019	0.0088	<0.0001	0.045	2.16	0.226	N.D		
NES 1	Sunulungmul	0.03	0.076	<0.0001	0.076	88.1	0.729	N.D		
*TUS 21	Primary school	0.009	0.0067	0.002	0.21	7.52	0.078	0.3		Andesite Granite
**IGA 2	Isan well	0.057	0.01	-	0.037	0.52	0.074	tr		
-	Normal groundwater	<0.5	<	<0.2	<0.1	<15	<10	<2		

\* Data from Taegu area

\*\* Data from Igsan area

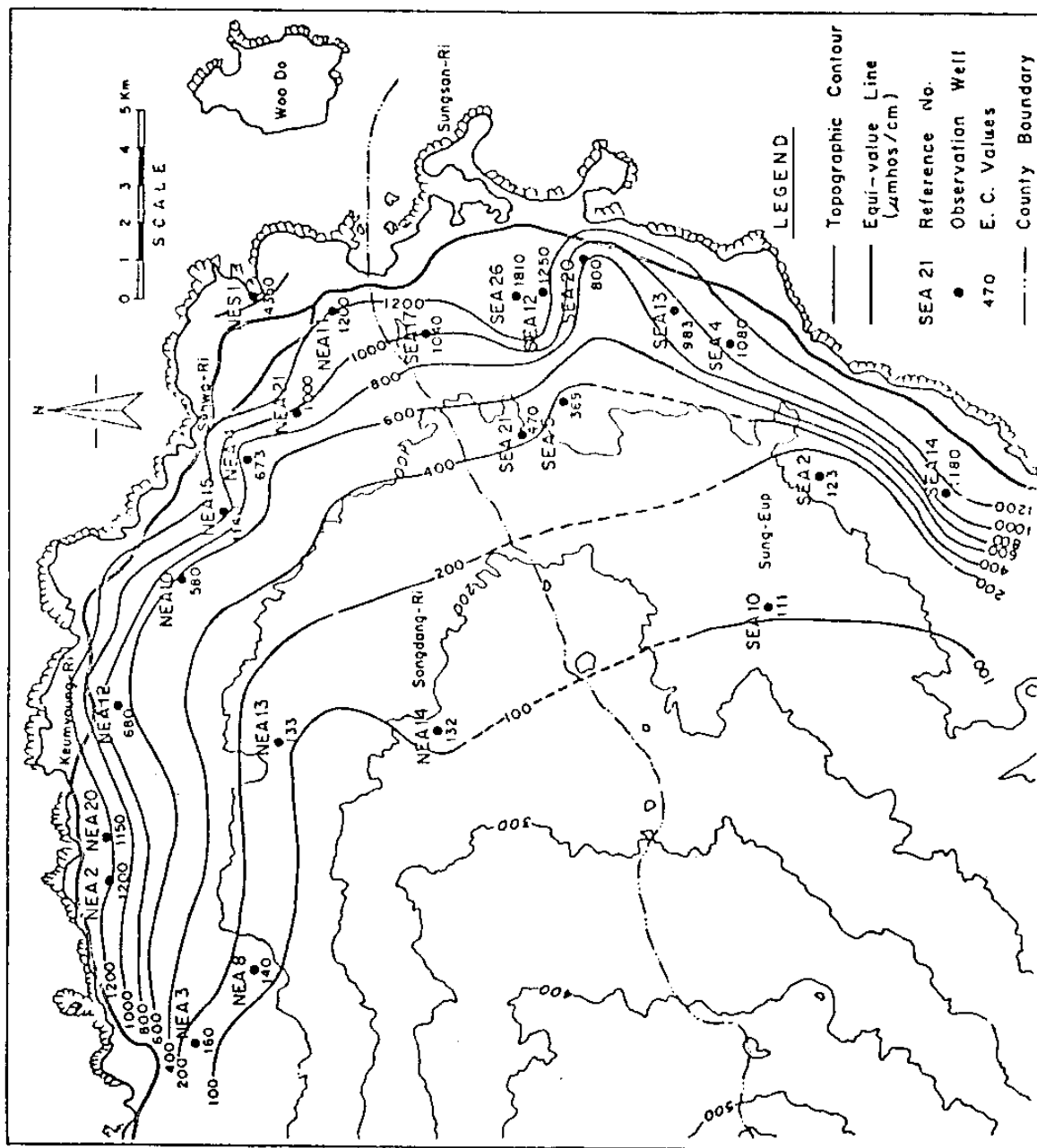


Fig. 6. Map showing electrical conductivity values at eastern area of Cheju island



既存의 調査結果, 海水의 영향을 받은 것으로 알려진 濟州 東部地域의 관정 (pumping well) 중에서 김충 probe 삼입이 용이한 몇 개 지역의 관정을 選定하여 水質 (water quality)의 수직적인 靜的 變化狀態를 調査研究하였다. 選定된 관정 SEA4 호공 (난산), SEA13 호공 (혼인지) 과 SEA17-1, -2 호공 (시흥)에 대해서 fluid conductivity log 를 使用하여 地下水面에서부터 물의 電氣傳導度 (EC :  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )를 測定하였다.

本地域의 水質은 地下水의 平均電氣傳導度가  $225 \mu\text{S}/\text{cm}$ 를 기준으로 하여, 이보다 작은 값을 나타내는 地下水는 담수 (fresh water), 큰 값을 나타내는 地下水는 농작물, 비료 및 海水에 의해서 오염된 오염수 (Contaminated water) 라고 분리되어 왔다.

그림 7에서 보는 바와같이 SEA4 호공의 地下水面은  $39.4 \text{ m}$ 이며 이때 수온은  $18.4 \text{ }^\circ\text{C}$ 이었으며 地下水의 EC 값은  $1,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로써 測定深度  $47.6 \text{ m}$ 지점까지 同一한 狀態를 보여주고 있다.

SEA13 호공의 地下水面은  $33.3 \text{ m}$ , 이때 수온은  $20.2 \text{ }^\circ\text{C}$ 이며 地下水의 EC 값은  $500 \mu\text{e}/\text{cm}$ 를 나타내며 점진적으로 심부로 갈 수록 증가 추세를 나타내며  $44.13 \text{ m}$ 에서는  $1,200 \mu\text{S}/\text{cm}$ 를 보여준다.

SEA 17-1 호공은 D-54 호공에서 西南쪽으로  $22.8 \text{ m}$  떨어진 관측공으로서 地下水面은  $23 \text{ m}$ 이며 수온은  $18.2 \text{ }^\circ\text{C}$ 이며 地下水의 EC 값은  $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ 를 보여주며  $26.5 \text{ m}$ 에서  $400 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 증가되는 경향을 보여준다.

SEA-17 호공은 관정 D-54 호공에서 西北쪽으로  $26.2 \text{ m}$  떨어진 관측공으로서 地下水面은  $22.7 \text{ m}$ , 이때 수온은  $18.1 \text{ }^\circ\text{C}$ 이었다. 地下水의 EC 값은 약  $20 \text{ m}$  떨어져 있는 SEA 17-1 호공 보다 높은  $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 를 보여주면서 深部로 갈수록 水平的으로 유동하는 地下水에 依

해서 회석되고 있음을 알 수 있으나 39.5 m에서  $1,300\mu\text{s}/\text{cm}$ 의 값을 보여주고 있다.

따라서 4 個孔중 SEA 17-1 호공이 비교적 오염이 안된 상태이며 대부분 오염은 孔하부에서부터 오염된 것으로 추정된다.

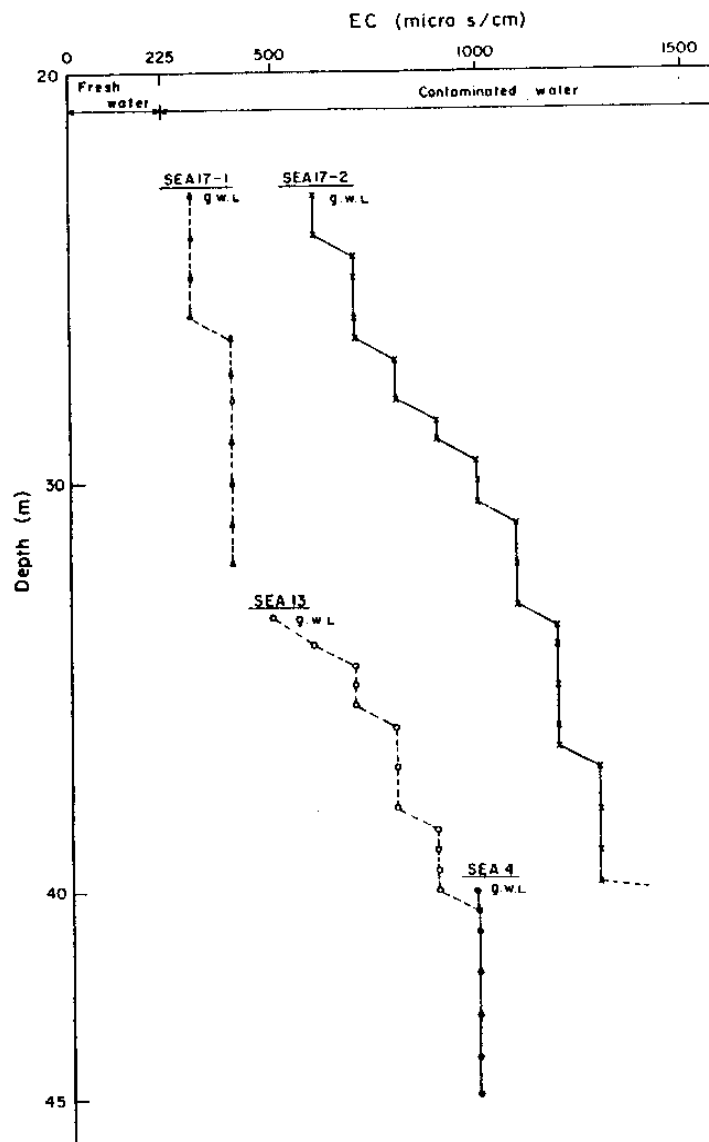


Fig.7. Conductivity profiles derived from fluid column logs.

## 第 6 章 結 言

一般的으로 地下水의 汚染여부를 判別해 주는 가장 좋은 因子는  $K$ ,  $NO_3$  와  $SO_4$  의 농축량에 따라 支配되고 있는데 特히 本 島에서 는  $Mg$  와  $Ca$  의 비율이 海水侵入 여부를 判別할 수 있는 가장 중요한 要因임을 알았으며 위의 두 要因을 적용하여 海水侵入과 폐기물에 의한 汚染을 가려낸 結果 NEA2 금녕을 포함한 5개 地域에서 海水侵入을 確認하였는데 이들 地域은 本 島 타원형의 長軸部の 右側인 東部쪽에 밀집되어 있음을 보여주고 있어 이는 本 島 生成過程을 沈降運動에 依해 東쪽方向이 우세한 傾動(tilted) 沈降이 일어났다고 주장하는 일부 學說을 입증해 준다고 사료된다.

또한 이 地域 地下水의 EC 값은  $500 \sim 4,300 \mu S/cm$ 의 높은 값을보여 주고 있어 他 地域의  $< 140 \mu S/cm$ 와 비교해 보면 아주 높은 값으로 生活用水로서의 活用に 주의가 요망되는 地域이기도 한다(Fig.6, 東部地域 EC 等位線圖 참조).

또한 分析된 試料를 ion balance에 따라 圖式化해 본 結果 本 島 地下水는 Bicarbonate type에 屬한 것이 우세하며 이는 흔히 地表水나 自由面地下水에서 나타나는 水質組成을 보여주고 있어 本 島 地下水는 充填(recharge)과 排出(discharge)의 循環歷史(History of Groundwater Cicle)가 극히 짧다는 것을 暗示해 준다.

이는 地下水의 地下通路가 되는 lava tulle, lava tunnel과 같은 마치 파이프와 같이 地下水의 透수를 급격히 촉진해 주는 매질을 통해 빠른 속도로 순환되고 있음을 입증해 준다.

또한 地下水의 自然進化過程을 고찰해 볼 때 本 島의 地下水는 단 순한 火山島에서 볼 수 있는 단순봉화과정에서 起因된 물의 特徵을

보여주고 있으며 일부지역의 海水侵入을 제외하고는 어떤 심각한 水  
理地化學的인 과정하에서의 地下水特性을 보여주지 않는것이 또한 特  
性이다.

即, 鑛物質의 充填이나 이온交換 (ion-exchange), 溶解沈澱 (solu-  
tion precipitation) 또는 산화-환원 (redox process) 등과 같은 현  
상이 전혀 없음을 뜻한다.

結論的으로 말하면 本 島 水資源의 歷史가 이렇듯 地化學的인 觀  
點에서 瞞음에 비추어 東部 몇개 地域에서의 海水侵入 흔적은 將來  
本 島 水資源의 環境을 해롭게 할 수 있다는 可能性을 제기하므로  
既存 地下水開發孔이나 湧出水等に 對한 水平的 또는 垂直的인 調查  
研究가 持續되어야 할 것이다.

## 参 考 文 献

1. Todd, D.K., 1980, Groundwater Hydrology.
2. Freeze, R.A. and Cherry, J.A. Groundwater.
3. Choi, S.H., 1985, Hydrogeological Study of Cheju island,  
KIER 85-20.
4. Choi, S.H and Kim, Yong Ki, 1989, Geochemical Characterist-  
ics of Groundwater in Cheju Island, Jour. Geol. Soc. Korea,  
Vol.25, No.3.

## 주 의

- 1 . 이 보고서는 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구보고서이다.
- 2 . 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 한다.