

# 琴湖江流域 地下水資源

Groundwater Resources of Kum-Ho River Basin.

産業應用技術士(地下水調査)

韓 楨 相 ※

## 目 次

序 言

1. 流域概要

2. 地形 및 地質

가. 位置 및 交通

나. 地 形

다. 水理地質

1) 洛東亞層群

2) 新羅亞層群

3) 火成岩類

3. 帶水層과 水理地質

가. 地下水의 分類와 水文순환

나. 地下水 賦存量

다. 帶水層의 水理性

4. 地下水의 化學的 特性

結 論

## 序 言 (Introduction)

經濟成長 및 産業의 高度化에 따라 점차 地表水流況만으로는 增大되어 가는 물 需要의 供給을 뒤따를 수 없고 그 不足分의 供給을 위해 洪水時流出되는 물의 一部를 貯溜해서 活利水에 關한 流域의 綜合的인 水資源開發計劃의 一環으로 多目的 댐을 建設하였으나 地表水로 부터 取得 가능한 물 利用量은 그 限度가 있어 降水量 以上은 利水가 不可能하며 또한 물 利用 施設의 開發도 經濟的인 制約으로 말미암아 地下水 開發도 講究되어야 할 시점에 놓여 있다.

특히 經濟成長, 國民生活 水準의 高度化 및 大都市의 急激한 膨脹과 産業發展等으로 여러방면에서 물 需要는 急增하나 이를 充足시킬 수 있는 施設이 단 時間內에 擴大增設이 不可能하며 水資源綜合開發計劃으로 計劃된 모든 多目的 및 利水用 댐을 建設하더라도 1990年代에는 年

間 統 81.6億톤의 막대한 用水不足을 招來케 되며 또 이러한 開發計劃은 莫大한 豫算과 時間을 投入해야 이루어질 수 있다.

2000年代에 이르러서는 漢江流域의 경우만 하더라도 全體可能 地表水를 모두 利用하더라도 全體需要의 75%밖에 充足할 수 없어 殘餘 25%는 地下水로 利用充當해야 함을 考慮할 때 地下水資源의 開發은 時急한 問題이다.

뿐만 아니라 특히 生活用水에 있어서는 깨끗한 물을 即時에 廉價로 그리고 豊富하게 需要者에게 供給하여야 한다.

大規模 上水道 施設은 거의 大部分이 地表水를 利用 處理 使用하고 있으나 都市下水, 産業廢水 등이 上水道 水源인 地表水를 完全히 汚染시켜 그 淨化能力이 限界點에 達하여 이를 處理하는데 보다 많은 經費가 所要되고 또 地表水源은 核戰爭時 放射能落塵에 完全無防備 狀態로 露出되어 있다. 經濟成長의 高度化로 인하여 上水道 用水의 需要量이 時間이 지남에 따라 急速

※韓國建業(株)資源開發部擔當理事

히 增加하여 당초 施設된 上水道 施設은 急增하는 물 需要를 따를 수 없을 뿐만 아니라 그 需要에 맞는 必要한 施設을 適期에 그리고 最短時日內에 增設 및 新設치 못하는 關係로 大都市는 만성적인 물 不足을 초래하고 있다.

또한 中小都市는 都市區域內 혹은 隣近 河川을 水源으로 한 小規模 上水道 施設이 急增하는 都市發展으로 인하여 물 需要가 增大됨에 따라 水源不足을 招來하게 되어 遠距離에서 새로운 水源을 구해야 하는 實情이다.

이에 따라 政府에서는 廣域的인 上水道 施設을 計劃하고 있으나 이는 長久한 時日과 莫大한 豫算이 所要될 뿐만 아니라 비록 이計劃이 成就하더라도 2'000年代에는 물 不足現象을 地表水만으로 解決치 못하는 實情에 있으므로 필자는 現在 물 不足現象이 가장 심각하고 莫大한 量의 地下水가 賦存되어 있음에도 불구하고 終末까지는 이를 無視하고 地表水源만 利用하여 用水 解決을 시도하려는 琴湖江 流域을 對象으로 본 論文을 作成하는 바이다.

本流域面積은 約 2,088km<sup>2</sup>이며 이中 淺盡 地下水가 賦存된 沖積層과 風化土의 分布面積과 그 地下水 貯水量과 開發可能量은 各各 658km<sup>2</sup> 3,115×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> 및 737×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>이며 深層地下水가 賦存된 慶尙系 堆積岩은 그 厚가 2,000餘 m에 達하고 그 分布面積은 堆積岩이 1,379km<sup>2</sup> 火成岩이 425km<sup>2</sup>으로 地下水 賦存量은 370億 m<sup>3</sup>이고, 開發可能量은 76億m<sup>3</sup>에 達하는 莫大한 地下水 資源이 開發對象 深度 300m以內에 貯溜되어 있다. 故로 地下水資源의 保存을 고려하여 開發對象 水量 76億屯中 年間 이의 10%씩만 開發하라고 하더라도 年間 7.6億屯을 開發할 수 있으며 上記量은 流域內 全體年間 降雨量의 38%

。 該當하는 量이다.

### 1. 流域概要(Summary of the Basin)

本流域의 面積은 約 2,088km<sup>2</sup>에 이르며 洛東江 流域面積의 約 9.1%에 該當한다.

또한 洛東江 11個 主要支流中 일찍부터 農業이 가장 發達한 地域이지만 그 降雨量이 極히 적어 旱魃指數가 가장 높은 地域中에 하나이다. 琴湖江 流域은 流況이 極히 不良하여 관계 用水의 大部分을 小規模로 雨水를 貯水한 小溜池에 依存하고 있으며 貯水池 灌溉 面積은 全水利 安全畝의 70%를 차지하나 기존 貯水池는 容量이 充分치 못하여 渴水期에는 必要水量은 地下水 및 他方法에 依存하고 있다.

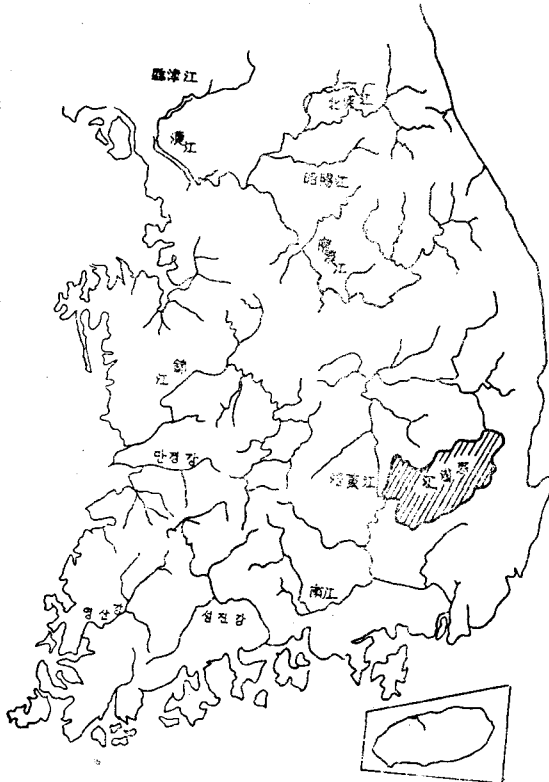
現在 本流域의 水源에 依存하는 生, 工用水量은 農業用水에 比하면 小量이지만 東村地點에서의 低水量이 172,800m<sup>3</sup>/D(2m<sup>3</sup>/sec)에 불과하기 때문에 이러한 不良한 流況의 地表水源만으로는 本流域의 用水供給은 勿論 大邱市 自體의 用水供給도 保障할 수 없는 狀態이다.

琴湖江 流域에는 洛東江 流域의 最大水源汚染源인 大邱市가 位置하고 있어 그 生活下水의 容量이 240,000m<sup>3</sup>/day에 이르며 農土灌溉時에는 河川流量이 全無한 例가 있으므로 下水處理場 設置가 時急하며 大都市 地域의 各工場에서 排出되는 工場廢水는 琴湖江 뿐만 아니라 洛東江 本流의 河川의 自然淨化 및 稀釋作用 能力과 河川 還元水를 處理할 수 있는 能力이 限界點에 達하여 大邱市 上水道源까지 피해를 줄 狀況下에 놓여 있다. 이와 같이 大邱市의 경우 下水處理施設이 完工되더라도 渴水期에는 琴湖江의 汚染이 심각한 狀態에 達하여 最小限의 河川流域 用水는 維持시켜야 하는 등 本流域의 물 不足現

(74. 11. 15~11. 16)

琴湖江	八達橋	좌우	탁도	PH	D.O	B.O.D	S.S	경도	E.C	배장균	수온
			64	8.5	12.6	31	126.5	157.2	370	24,000	3.5
		중	33	8.2	12.5	28.3	123.7	158.3	370	15,000	4.0
		우	35	8.7	12.4	28.1	117.1	156.6	370	2,000	4.5
	城窟	좌	37	7.4	1.2	28.6	111.2	164.7	400	15,000	7
		중	35	"	1.0	24.7	102.9	162.4	405	11×10 <sup>6</sup>	4.5
		우	37	"	1.5	27.3	108.4	164.7	420	18×10 <sup>6</sup>	

第 1圖 南韓의 主要水系圖의 調査地域位置圖



狀과 汚染問題는 매우 深刻한 社會問題로 認識되고 있다.

生活用水基準으로는 B.O.D.는 3-5ppm以下이어야 하고 D.O는 4ppm以下이어야 하는데 參考로 琴湖江 下流 八達橋와 城西支點에서의 地表水 水質試驗結果는 下記表 1-1과 같다.

이러한 琴湖江 自體의 물 不足狀況이 解決되지 않는 現時點에서 雪上加霜으로 浦項製鐵의 擴張計劃에 따라 增加되는 用水需要를 浦項自體에서는 解決이 不可能하여 그 水源을 地形的으로 流域變更이 可能한 琴湖江 流域으로 부터 供給할 것으로 計劃하여 永川댐을 1967年中을 竣工目標로 流域內에 建設하고 있다.

1968年 5月中旬부터 7月中旬까지는 琴湖江 河川이 完全히 枯渴되어 심각한 물 不足現象을 招來한 바 있으며 本流域의 用水需要는 그 大部分이 農業用水임으로 河川維持用水를 考慮치 않을 경우 本流의 물 不足은 大개 畚의 灌溉期인 5月과 8月의 사이에 發生한다.

本流域 上流에 永川댐을 建設하더라도 이는 大部分의 可用水를 浦項市의 生, 工用水로 利用될 것이므로 이로 因하여 上流 流量이 많이 遮斷되어 流域內에서는 물 不足現象은 더욱 增加될 것이다.

(74. 11. 12~11. 23)

琴湖江	八達橋	과중우	과	탁도	P.H	D.O	B.O.D	S.S	경비	6.C	대장균	수용
				41	8.4	11.4	31.6	125.2	156.1	300	25×10 <sup>3</sup>	6.5
				35	〃	11.8	27.8	121.3	157.2	300	14×10 <sup>3</sup>	6
				34	8.2	11.4	27.8	119.5	156.7	300	3000	6
	城西	과		94	7.4	1.2	97.2	115.7	166.2	500	29×10 <sup>4</sup>	6
		중		94	〃	1.2	85.6	113.8	164.1	500	32×10 <sup>4</sup>	6
		우		100	〃	1.2	97.4	281.5	165.3	500	57×10 <sup>4</sup>	6

表 1-1

뿐만 아니라 工業地인 大邱地域에서 放流하는 工業廢水로 因한 琴湖江河川水의 極甚한 汚染을 防止하기 위해서라도 河川維持用水를 2m<sup>3</sup>/sec程度는 維持시켜야 한다. 故로 琴湖江流域의 本流 및 支流의 물 不足量은 地表水 資源만으로는 勿論히 解決不可能한 狀態에 處해 있다.

下記表 1-2는 河川維持用水가 2m<sup>3</sup>/sec일때의 本流 및 支流의 물 消費量과 이에 따르는 琴湖

內容	年度 (×10m <sup>3</sup> /year)				
	1973	1976	1981	1986	1991
本流 물 消費量					
農業用水	22.2	26.9	33.6	41.5	47.4
生工業用水	6.6	6.8	7.3	7.8	8.3
河川維持用水	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1
支流 물 消費量	169.5	172.8	182	185.5	192
本流 물 不足量	35.9	39	45.1	51.5	57.7

表 1-2 琴湖江 本流 물 不足量(洛東江流域調查報告書)

江本流의 물不足量을 要約한 것으로 本流域은 他 어느 流域 보다 地表水 資源 不足의 對案인 地下水 資源開發이 時急하게 要求되는 地域이다

## 2. 地形 및 地質

(Topography and Hydrogeology)

### 가) 位置 및 交通(Location and Transportation)

本流域은 北緯 35° 41'~36° 15' 東經 128° 30'~129° 40' 사이에 位置하고 있으며 流域 西部에는 本流域 最大都市인 大邱市가, 東部 中心部에는 永川市가 자리잡고 있다.

本流域은 行政區域上으로 慶尙北道 漆谷郡, 達城郡, 迎日郡의 一部와 慶山郡 및 永川郡이 琴湖江 流域內에 속해 있다. 交通은 京釜高速公路와 京釜間鐵路가 流域中心部를 가로질러 交通은 매우 便利하다.

### 나) 地形(Topography)

山勢는 太白山脈의 줄기 및 그 支脈이 所在함으로 流域全域에 걸쳐 高度의 差가 심한 바 해발고도는 30m에서 961m에 까지 이른다. 一般的으로 流域北部의 分水嶺이 南部의 分水嶺보다 높으며 高山地로는 北部地域에 八公山(809m), 孝姑山(828m), 普賢山(961m)등이며 南部에는 前山(915m), 道德山(703m) 등의 높은 산들이 있다.

反面에 永川 및 大邱市를 잇는 琴湖江 本流 冲積平野隣近部分은 南北部의 高山地帶에 比較的 地形이 낮은 丘陵地를 이룬다.

특히 大邱市는 大邱盆地와 接해 있다.

局部的으로 一部 底地帶는 老年期 地形을 이루고 있으나 全般的인 地勢로 보아 壯年期中 및 未에 屬한다.

大邱南部의 前山, 最項山과 靑龍山은 火山뿌리로 사료되며 風化와 침식에 대한 抵抗力이 弱한 花崗岩類의 分布地域에는 큰 계곡들이 發達하여 小規模 谷床盆地를 이룬다.

一般的으로 安山岩質 岩類는 奇巖 絶고하여 高山地를 形成하나 堆積岩類가 分布된 地域은 底地帶를 이룸이 特徵이다.

水系는 琴湖江이 西流하여 大邱市 西方 강창 附近의 洛東江 本流로 流入하며 總流의 延長은

約 118.4km에 이른다. 大邱南方 은곡동-사방산 등에는 斷層 계곡이 發達되어 있다.

### 다) 水理地質(Hydrogeology)

琴湖江 流域內에 分布된 岩石은 中生代의 慶尙期末의 洛東亞層群과 新羅亞層群의 堆積岩類 및 佛國寺統의 火成岩類와 이를 不整合으로 被覆하고 있는 冲積 및 崩積層으로 構成되어 있으며 그 地質系統은 表 2-1과 같다. (Fig. 1참조)

表 2-1 琴湖江 流域地質系統表

層厚(m)	地 畫 名	地 質 時 代
68	冲積層 및 崩積層	第 四 紀
—	不整合 佛國寺統— 火成 및 火山岩類 貫入	
200~1500	大邱層	新羅統一 洛東統
0 ~ 250	鶴鳳玲岩層	
0 ~ 600	新羅礫岩層	
	不整合	
70~530	漆谷層	慶尙系—
430~1000	東明層	
500~600	靑山洞層	
600~1200	蓮花洞層	
	不整合	

火成岩中에서 花崗岩과 같은 深成岩 및 半深成岩의 分布面積은 約 260km<sup>2</sup>으로 全流域의 12.4%에 該當하고 火山岩 및 脈岩의 分布面積은 450km<sup>2</sup>로서 流域面積의 21.6%에 該當하여 火成岩 占有面積은 全流域面積의 34%에 이른다 殘餘 66%는 慶尙系의 地下水 貯溜性이 良好한 堆積岩類로서 洛東亞層群으로 構成되어 있으며 그 分布面積은 約 1,379km<sup>2</sup>에 이른다.

流域 中心部 全般을 通해 特別 低地帶와 河道를 따라서는 冲積層이 上記岩石들을 不整合으로 被覆하고 있으며 河道以外에 地域은 風化土(Saprolite)로 被覆되어 있다.

冲積層의 分布面積은 約 659km<sup>2</sup>으로 全流域面積의 31.6%에 該當하며 상당량의 地下水가 이들 非固結 地層內에 貯溜된 淺層 地下水 形態로 賦存되어 現在 利用되고 있다.

各地層을 地質 및 水文地質 觀點에서 細論하면 다음과 같다.

#### 1) 洛東亞層群(Nak-dong Subgroup)

洛東亞層群은 慶尙系 堆積層의 下部群으로서 下部로부터 霞山洞層 東明層 및 漆谷層等이 流域 北西部에 널리 分布되어 있으며 大邱 地域에서는 慶尙系 堆積岩이 地下 2,000m 下部에 까지 널리 發達된 것으로 思料된다.

이 中 霞山洞層은 慶尙系 最下部層인 蓮花洞層을 整合으로 被覆하고 있으며 主로 赭色의 세일, 泥岩, 乳白色 내지 淡灰色의 中立質 arkosic 砂岩 및 鑿적 연속성이 不良한 厚 1.5—2m 정도의 礫으로 構成되어 있다.

砂岩과 礫岩의 厚는 比較的 두터우며 礫岩構成物 中 礫은 主로 硅岩, 砂岩, 片麻岩 및 酸性岩脈의 碎屑物로 構成되어 있고 直徑이 1m以上 되는 것도 있다.

泥岩中에는 直徑이 3~4cm되는 同時期的(Syngenetion) 및 後成的(epigenetic)인 石灰質團球(Lime nodulus)를 多量含有하고 있으며 本泥岩中 砂岩은 全體岩石의 약 51%에 該當한다. 本層의 厚는 約 600~1,200m로 推定된다.

東明層은 霞山洞層 上位에 發達되어 있으며 他地層에 比해 赭色層이 欠乏되어 있고 大規模의 僞層(cross bedding)이 잘 發達된 것이 그 特徵이며 그 層厚는 約 900여 m에 이른다.

本層은 主로 灰色砂岩, 黑色 세일, 灰色 泥灰岩 및 礫岩으로 構成되어 있으며 이들 岩石中 灰色, 暗灰色 세일은 石灰質 物質은 多量 含有하고 있고 平均直徑이 1~2cm되는 石灰質 團球를 包含하고 있다. 이와 같은 石灰質 物質을 包含한 세일은 本層中 約 30%程度이며 本層中部에 發達된 黑色 세일中에는 層厚가 約 數10cm에 이르는 炭層이 1~2個 鑿제되었다.

漆谷層은 上記 東明層을 整合의으로 被覆하고 있으며 新羅亞層群의 基底礫岩에 依해 不整合으로 被覆되어 있다. 本層의 厚는 本流域內에서 最大 500餘m에 이르며 主로 赭色 및 雜色의 泥灰岩, 色砂岩, 暗綠, 灰色 및 黑色 세일과 淡灰色 礫岩으로 構成되어 있으며 이中 赭色 泥岩 및 砂質세일은 部分的으로 石灰質로 構成되어 있고 暗色 및 淡灰色 石灰質 團球를 多量含有하고 있다.

本層은 上部로 갈 수록 多少 凝灰質로 變하며 粗粒質이며 또한 上部에는 薄層의 Bentonite가

잘 發達되어 있을뿐만 아니라 漣痕(Ripple Mark) 및 乾裂(Mud Crack)이 간혹 發達되어 있다. 本石灰質岩은 漆谷層中 약 55%에 이른다.

이中 棄理性을 띠고 淡水性인 泥質石灰岩과 炭質 세일을 鑿제하는 東明, 漆谷層은 氾濫源 및 湖沼型인 陸成層으로 全般的으로 石灰質을 多量包含하고 있을 뿐만 아니라 層理 및 節理等의 畧質構造가 잘 發達되어 있어 地下深部에서는 매우 良好한 地下水 貯水池의 역할을 한다.

## 2) 新羅 亞層群(Shin-Ra Subgroup)

本亞層은 洛東亞層群을 不整合으로 被覆하고 있으며 便宜上 表 2-2와 같이 分類한다.

大邱層은 뚜렷한 境界設定이 困難하나 岩相에 依해 便宜上 表 2-2와 같이 咸安層, 半夜月層 및 慈仁層으로 區分한다.

咸安層은 本流域 中心部에 널리 分布되어 있으며 主된 走向과 傾斜는 各各 N45°E 12SE 이다.

表 2-2 新羅亞層群

岩 脈 相 酸性岩脈, 硅長岩 Granite 深成岩貫入相			佛國寺統
安山岩質半深成貫入岩			
慈 仁 層 半 夜 月 層 咸 安 層	大邱層	新 羅 統	

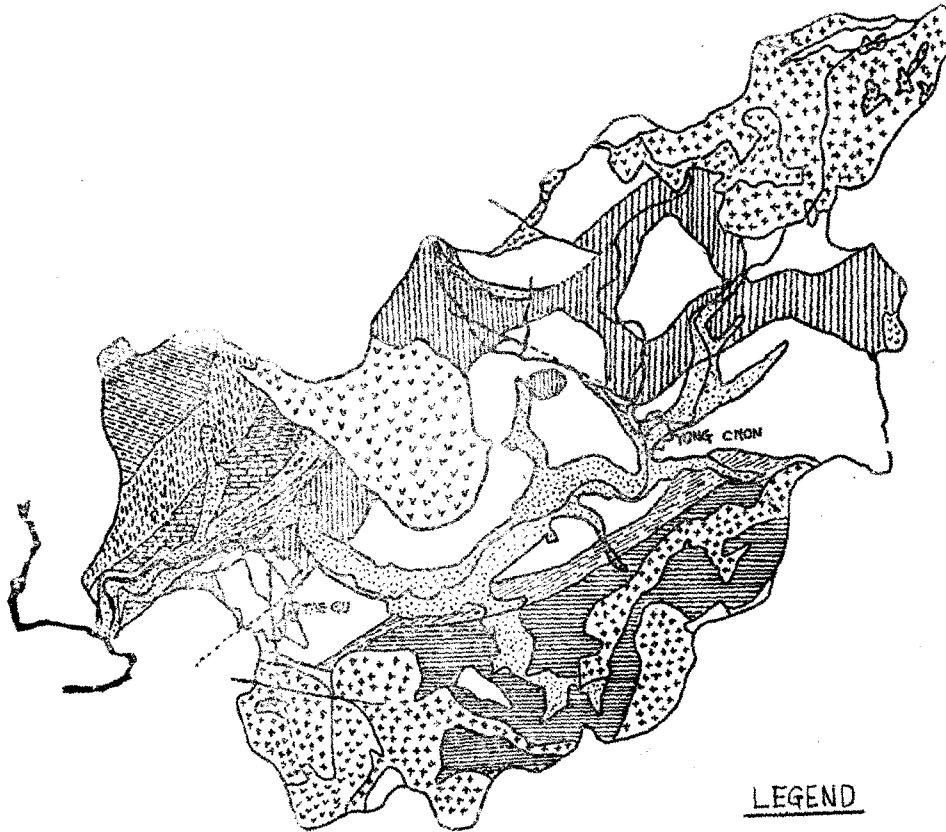
本層은 主로 赭色세일과 泥岩으로 構成되어 있고 大邱南西部에서 凝灰岩, 集塊岩 및 安山岩等의 火山岩類가 赭色 세일層內에 在하기도 했다.

一般的으로 赭色 세일과 泥岩은 石灰分을 많이 含有하고 있으며 現在 大邱 第一毛織, 金福酒, Cocacola 및 新韓전직, 大韓방직 등 大多數의 工場區域에서는 本層中에 設置한 深井에서 1個 孔當 1日 약 1000m<sup>3</sup> 以上の 地下水를 採水하고 있다.





















半夜月層은 本流域 南部에 帶狀으로 分布되어 있어 主된 走向과 傾斜는 N75°E, 20SE이며 大邱南部에 分布된 斑岩類와 安山岩質 角礫岩에 依해 貫入된 周邊部는 Hornfels化되어 있다.

本層은 主로 淡綠色 세일과 泥岩으로 構成되

FIG 1. 琴湖江流域地質圖



LEGEND

- |                                                                                                          |                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  ALLUVIUM             |  CHIL GOK FOR         |
|  GRANITE              |  DONG NYONG FOR       |
|  ANDESITIC ROCK       |  MA SAN DONG FOR      |
|  VOLCANIC ROCK        |  SONG HAE DONG FOR    |
|  JA 'IN DORMATION     |  HAM AN FORMATION     |
|  SONG HAE DONG FOR    |  HAK BONG FORMATION   |
|  HAM AN FORMATION     |  SHIN LA CONGLOMERATE |
|  HAK BONG FORMATION   |  BAN YA WOL FORMATION |
|  SHIN LA CONGLOMERATE |  FAULT                |
|  BAN YA WOL FORMATION |  STREAM               |

어 있으며 地層全般에 걸쳐 岩相이 均質이다.

本層上部에서는 淡綠色에서 부터 漸次 暗灰色을 띄어 暗黑色 세일로 構成되는 慈仁層으로 漸移하므로 慈仁層과 뚜렷한 境界線이 困難하다

本層에서는 1日 500m<sup>3</sup>의 地下水를 開發使用中인 곳이 있다. 慈仁層은 本流域의 南部一帶에 역시 帶狀으로 分布되어 있고 本層은 半夜月層과 漸移의인 關係를 이루고 있으며 主로 暗灰色 내지 黑色 세일로 構成되어 있다. 이들 세일中에는 흔히 薄層의 陸成層인 石灰岩의 葉層이 狹在되어 있어 좋은 帶水層의 역할을 하며 이들 石灰岩의 層厚는 50cm以內이나 어떤 層은 매우 얇은 線狀이 發達되어 있어 黑, 灰白色의 帶狀 構造를 보이는 곳도 있다. 本層中 黑色세일은 상당히 炭化되어 있고 diagonal Joint가 잘 發達되어 있어 鑿井時 붕괴現象을 이끄는 主原因을 이루고 있다.

本層에서는 1個孔에서 1日 1,000m<sup>3</sup> 以上の 地下水를 現在 抽水하고 있다.

本層의 厚는 大邱地域에서 約 400m以上에 達하는 것으로 思料된다.

### 3) 火成岩類(Igneous Rocks)

火成岩類로는 主로 安山岩類와 安山岩質, 角礫岩, 石英安山岩 등이 流域內 南部 및 東部に 널리 分布되어있으며 그中 主로 安山岩은 主로 暗靑 및 綠色을 띄우며 粗粒質로서 慈仁層을 貫入하고 있다. 特히 粗粒質인 安山岩은 暗灰色 내지 黑色이며 主로 斜長石, 輝石, 磁鐵石으로 構成되어 있고 地下水 帶水層으로는 좋은 역할을 하지는 못하나 節理 斷層, 破碎帶와 같은 地質構造가 잘 發達된 곳은 多量의 地下水를 기대할 수 있다.

石英, 安山岩의 貫入相이나 安山岩質 角礫岩은 噴出相으로서 양자 共히 Volcanic plug을 이룬다.

特히 角礫岩 주위는 花崗岩質岩과 岩脈이 ring dyke形式으로 貫入해 있어 溫泉 開發의 可能性도 內在하고 있다.

岩色은 黑褐色 및 黑靑色으로 石基는 主로 安山岩質物質로 構成되어 있으며 流動構造(flow structure)를 나타내는 곳도 있다.

本統에 屬하는 岩石으로는 角閃石, 黑雲母花

崗岩, 花崗斑岩, 石英 Monzonite 玢長岩 및 岩脈으로서 本流域中 大邱 北部의 八公山, 大邱 南部 流域 東部一帶에 널리 分布되어 있다.

이들 岩石 自體는 帶水性이 不良하지만 그 風化土는 空隙率이 相當히 크고 特히 그 風化土가 雨水에 依해 運搬되어 낮은 河道底에 堆積되거나 溪谷 入口에 堆積되어 沖積層이나 또는 崩積層을 이룰때는 매우 良好한 非固結層으로 이루어진 地下 帶水層을 이룬다. 이러한 粗粒質 火成岩의 風化 堆積物로 構成된 地域에는 溪谷과 直角方向으로 地下(Dam)을 抽水하면 매우 經濟的으로 多量의 地下水를 開發할 수 있다.

### 3. 帶水層과 水理地質

(Aquifer and Hydrogeology)

#### 가) 地下水의 分類와 水文 순환

本流域內에 賦存된 地下水는 深度 10m以內에 貯溜된 淺層 地下水와 地下深度 300m以內에 賦存된 深層 地下水로 區分할 수 있으며 淺層 地下水는 대개 火成 및 堆積岩의 風化土가 雨水에 依해 河床에 運搬堆積되어 形成된 沖積層과 河谷 斷崖에 急流에 依해 急激히 運搬 堆積된 崩積層內 賦存된 地下水 및 上記 火成 및 堆積岩의 風化土(Saprolite)內에 賦存된 地下水로 構成되어 있다.

深層 地下水는 慶尙系 堆積層이 陸成層이기때문에 堆積된 당시에 含有했던 處女水와 其他砂岩이나 세일內에 含有된 石灰質物質이 地下水 流動으로 因하여 溶解되어 小規模의 空洞(Cavity) 및 地下流路를 形成하므로 이러한 構造內에 貯유된 地下水와 其他 節理, 斷層과 같은 地質 構造內에 賦存된 地下水로 構成되며 그 深度는 1,000餘m에 이른다. 其他 火成岩도 上記와 같은 地質構造內에 賦存된 深層地下水를 含有하고 있다.

大體的으로 地形 勾配가 急激한 地域이나 우물을 많이 판 井戶揚地域(wellfield)에서는 一次로 深層 및 淺層 地下水는 地表로 排出되고, 그 排出된 部分은 다시 1次 空隙이나 2次 空隙을 통해 降雨 및 池水源의 물이 浸透하여 帶水層內에 다시 賦存되는 순환수의 一種을 이룬다.

特히 대부분의 深層 地下水를 賦存하는 慶尙

系層은 空隙率이 큰 沖積層 및 風化土와 같은 地下水 供給源이 下部에 널리 發達分布되어 있기 때문에 降雨에 의한 含養은 물론 降雨가 없는 乾操期에도 上記 風化土 및 堆積層으로 부터 계속적인 地下水의 含養을 받는다.

그 外에 本層의 走向이 대개 洛東江本流에 直角方向으로 發達되어 있어 層理面이나 石灰質 小規模 空洞을 통해 洛東江 流水가 帶水層內로 流入되는 量은 상당할 것으로 思料된다. 故로 本 慶尙系層은 여과용 모래로 充填된 直徑數拾 km의 排水管이 洛東江 本流에서 流域內 곳곳에 잘 배열된 큰 排水管 구실을 한다고 볼수 있다.

本 流域內의 1907年에서 1961年度까지 降水量 資料에 依하던 年平均 降水量이 洛東江 全流域의 平均 降水量인 1,200m/m의 81%인 974.1m/m로서 比較的 降雨量이 적은 地域이다(Fig.2).

降雨 特性은 雨期인 6月과 9月사이에 全降雨量의 67%가 集中해서 降下하며 乾操期인 10月에서 3月까지 6個月동안은 年 降雨量의 18.6%가 降下하고 4月과 5月 사이에는 잔여분인 約 14.4%가 降下한다.

本 流域에는 冬期에 若干의 降雪이 있지만 全 降水量에 比하면 매우 적은 규모로 高山地帶에 장기간 남아있다가 大部分 증발하던가 解氷期에 녹아 地下 構造帶를 따라 地下로 滲透된다.

一般的으로 6月에서 9月사이에 降下한 降雨中 一部는 漂流하여 洛東江 本流로 流入되며 그 一部는 地表面을 이루고 있는 風化土나 堆積層 및 岩石 露頭部들의 節理나 斷層 및 其他 空隙을 통해 地下로 스며들어 淺層 및 深層 地下貯水池 內에 貯溜된다.

表 3. 流域內 賦存된 地下水量

分 類	地 質	面積(10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> )	空隙率(%)	平均深度(m)	貯溜量10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	備 考
淺層地下水	沖 積 層	658	0.4	6.8	1,789	0.45+0.17 2 =0.31
	風 化 土	425	0.31	10	1,317	
	小 計				3,115	
深層地下水	石灰質砂岩및세일	620.55	0.18	300	23,456	
	砂岩/shale	758.45 70%	0.06	300	9,557	
	火 成 岩	425	0.01	200	850	
	小 計				33,860	
	總 計				36,978≐ 369·	

冬期 동안에 降雪에 依해 凍結된 一部 表面下 水가 降雪이 서서히 解氷된과 同時 地下로 스며 들어 역시 地下水로 變한다. 大邱 地域의 1961年度 까지에 降水量資料를 利用하여 降水누적 曲線을 作成해서 檢討해보면 1932年 부터 1937年 까지의 6年間, 1944年~1947年 까지의 4年間 1955年~1961年의 7年間은 降雨누적 증가현상을 나타내는 時期로서 降雨가 地下로 含養되는 地下水 含養時期 였으며 이에 反해 1961年~1969年까지 9年間, 1937年~1943年 까지 7年間 및 1948年에서 1955年 까지의 8年間은 누적 乾操期 로서 地下로의 地下水含養 보다는 地下 貯水池 內에 賦存된 地下水가 河川으로 排出되는 時期 였다.

結果的으로 地下水 含養期는 平均 乾操期 8年을 周期로해서 그 以後 約 5年間 동안은 地下水 含養期가 發生한다고 할 수 있다.

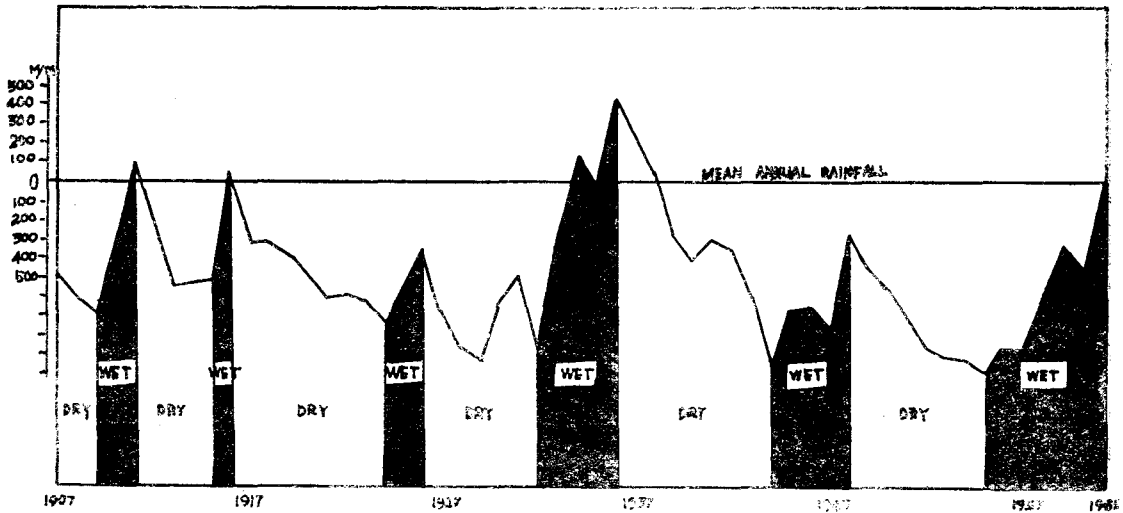
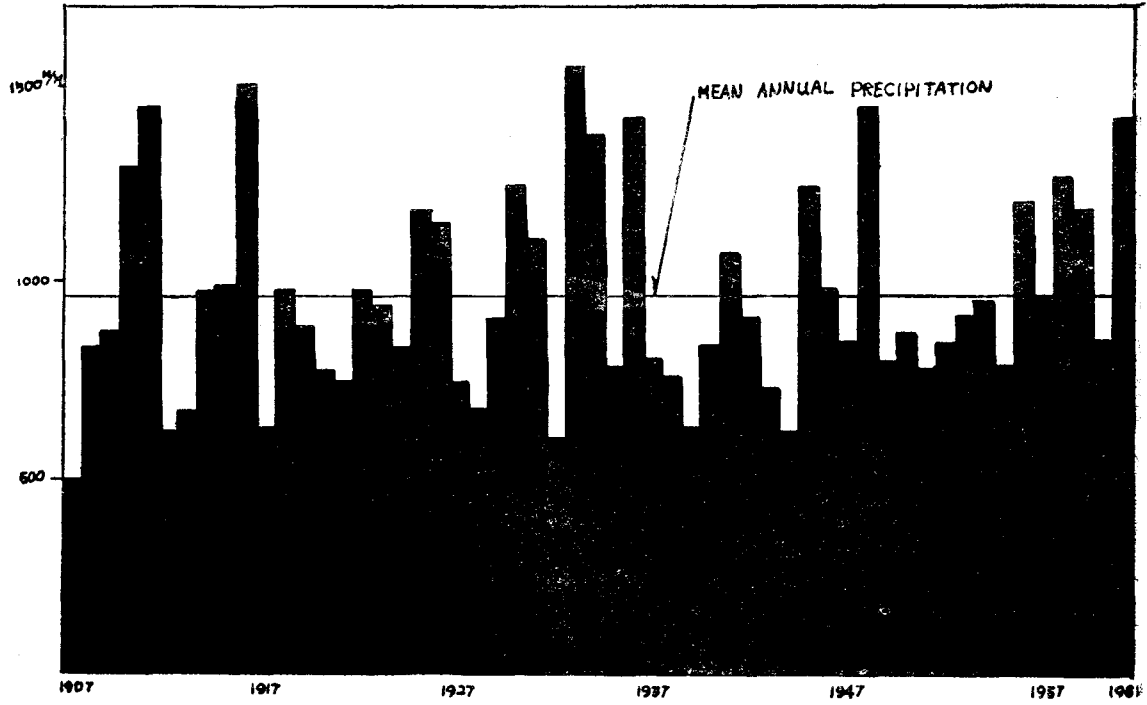
#### 나) 地下水 賦存量(Ground Water Reservoir)

本流域에 賦存된 淺層 地下水는 沖積 帶水層의 總面積이 658km<sup>2</sup>이고 그 空隙率이 平均 0.4이며 平均두께가 6.8m이므로 沖積層內에 賦存된 地下水量은 1,789×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>이다.

全流域을 통해 風化土가 發達되어 있으나 大體的으로 火成岩類의 風化土가 粗粒質로서 多量의 地下水를 含有하고 있으므로 火成岩 分布面積 708km<sup>2</sup>中 高地를 除外한 約60%에 該當되는 425km<sup>2</sup>內에 平均深度 10m以內에 賦存된 地下水 量만 計算하더라도 그 量은 約 1,317×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>에 이르러 總 淺層 地下水의 賦存量은 約 3,115×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>에 이른다.



FIG 2. VARIATIONS IN YEARLY PRECIPITATION, WET AND DRY PERIOD AT THE BASIN.



深層 地下水는 慶尙系中 하山洞, 東明, 漆各層中에서 石灰質砂岩 및 Shale로 이루어진 部分이 全體層의 約 45%에 該當하므로 本流域 堆積岩 分布面積 1,379km<sup>2</sup>中 그 45%를 上記 石灰質 含有地層으로 計算했다.

물론 地下水 賦存量은 慶尙系 地層의 厚가 本流域內에서는 1,000m以上 되는 곳이 많으나 本論文에서는 便宜上 地下水 開發 可能深度 以內인 平均 300m로 基準하여 本流域內 賦存된 地下水量을 計算했기 때문에 本流域內 賦存 深層 地下水의 最小值로 生覺할 수 있다.

本 貯溜量 計算에 使用한 空隙率은 U.S.G.S Water Supply Paper 1839-D를 參照했다. 뿐만 아니라 慶尙系가 花成岩에 依해 貫入된 接續部에서는 熱變性 및 기타 地質作用에 依해 岩質이 變成되었을 뿐만 아니라 接續部에서는 그 深度도 얕으므로 上記接續部를 제외한 全 堆積層 分布面積中 70%만 地下水 賦存 計算值로 使用했다.

流域內 帶水層內에 賦存된 地下水量은 約 369

億 m<sup>3</sup>로서 이는 沼陽 忠州 1, 2차 여주, 洪川 Dam의 全貯水用量 147.8億 m<sup>3</sup>의 約 2.5배에 該當하는 大容量 自然地下 貯水池가 一般 Dam처럼 심한 증발 현상이나 심각한 汚染 問題를 發生시키지 않고 自熱的으로 이 地方의 大自然의 恩惠를 받고 地下에 貯溜되어 있는 것이다.

流域內 非固結岩部에 賦存된 淺層 地下水量은 全賦存 地下水量의 8.4% 程度이며 深層地下水中에서 火成岩內에는 22%程度이며 殘餘 89.4%는 慶尙系 堆積層內에 賦存되어 있다.

다. 帶水層의 水理性

(Hydraulic characteristic of Aquifer)

現在 慶尙系 大邱層 內에 設置한 1個 우물中 1日 1000m<sup>3</sup> 以上の 地下水를 探水하고 있는 곳은 여러곳이 있다.

이들 우물의 平均深度가 136m일때 平均 探水量은 738.2m<sup>3</sup>/day이며 比揚水量(Specific Capacity)는 77.8m<sup>3</sup>/day/m이다.

특히 石灰質 Shale을 含有한 大邱層에 設置한

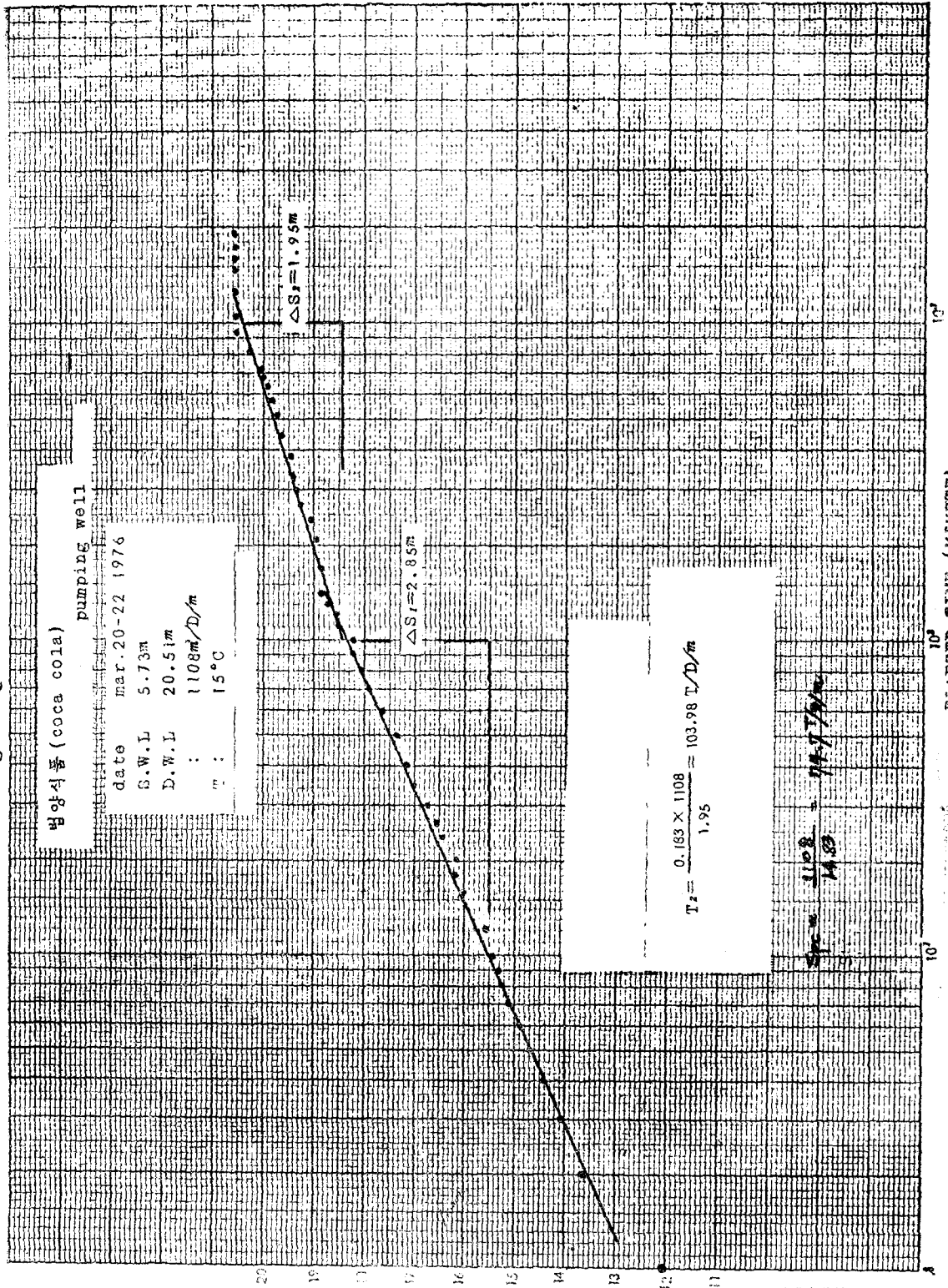
表 3. 深層地下水(慶尙系, 一般)

位 置	深 度(m)	D.D(m)	Q(m <sup>3</sup> /day)	Spc(m <sup>3</sup> /day/m)	Lithology
大 邱 毛 織 1	150	70.6	650	9.2	Shale
" 2	150	33.1	656	19.8	"
大 韓 紡 織	160		300	"	"
慶 北 蠶 絲	190	100	340	3.4	"
普 門 1	186	35.6	412	11.58	"
" 2	150	24.5	495	20.25	"
大 邱	75	33	746	22.60	Sand Ston
"	135	51	239	4.7	"
"	94	15	70	4.6	"
"	101	45.7	245	5.3	"
"	100	—	270	—	"
"	100	—	250	—	"
"	100	—	1,000	—	S.S, Shale
韓 國 Nylon	103	12	800	67	Shale . . . . .
	116	7.9	2,160	273	Shale—   — Shale
金 福 酒	170	—	1,500	—	Shale, S.S
	117	6.4	1,650	250	S.S
Cocacola	120		1,500	—	Shale
金 福 酒	168m		1,000		Sandy shale
東 國 化 섬	168m		800		"
화 원 유 원 지	205m		420		"
平 均	136m	33.7m	738.2m <sup>3</sup> /day	77.8m <sup>3</sup> /D/m	

DD : 수위강하

SPC : 비양수량

Fig. 3. AQUIFER TEST



DRAWN DOWN (m)

BRANDON ET AL. / 1976

우물에서 帶水性 試驗을 實施한 結果 平均 透水量係數(Coefficient of Transmissivity)가 103 T/day/m이며 貯溜係數(Storage Copefficient)는 2,000분 양수후  $2.3 \times 10^{-2}$ 인 것으로 상당期間

帶水性 試驗을 實施하면 貯溜係數는 이보다 커질 것으로 思料된다. (FIG 3참조)

그리고 揚水경과 2,000여分後의 영향반경은 大邱 第一毛織의 경우 500m以內 였다.

表 3-1 產出量 및 賦存量計算用 空隙率과 比產出率 : 註(DD: Drawdown)  
(Spc: 比揚水量)

堆 積 岩										
	Limestone		Peat		Sand stone (fine)		S.S (medium)		tuff	
	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均
透水係數	$6 \times 10^{-4} \sim 540$	44	3-280	140	0.01~48	7	0.05~220	77	$10^{-4} \sim 17$	4
空隙率	66~55.7	30		92	13.7~49.3	33	29.7~43.6	37	7.2~54.7	41
比產出率	0.2~35.8	14		77	2.1~39.6	21	11.9~41.1	27	2~47	21
Silt Stone Clay stone Shale Silt clay										
	Silt Stone		Clay stone		Shale		Silt		clay	
	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均
透水係數	$2.25 \times 10^{-8} \sim 3 \times 10^{-2}$	$4 \times 10^{-8}$	$2 \times 10^{-8}$	$2 \times 10^{-8}$			$4 \times 10^{-8} \sim 23$	2	$2 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-8}$
空隙率	21.2~41.0	35	41.2~45.2	43	1.4~9.7	6	33.9~61.1	46	34.2~56.9	42
比產比率	0.9~32.2	12					1.5~38.6	20	1-1~17.6	6
Sand(fine) Sand(medium) Gravel(Fine) Gravel(medium)										
	Sand(fine)		Sand(medium)		Gravel(Fine)		Gravel(medium)			
	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均
透水係數	0.1~980	94	1~1,900	340	960~66,000	11,000	730~40,000	6,700		
空隙率	26~53.3	43	28.5~48.9	39	25.1~38.5	34	23.7~44.1	32		
比產比率	1~45.9	33	16.2~46.2	32	12.6~39.9	28	16.9~43.5	24		
風 化 土										
	Shist		Granite		Basalt		Gabbro			
	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均	範 圍	平均
透水係數	$4 \times 10^{-5} \sim 24$	4	7~110	35	$4 \times 10^{-5} \sim 0.7$	0.2	1~8	4		
空隙率	4.4~49.3	38	34.3~56.6	45	3.0~35	17	41.7~45	43		
比產出率	21.9~33.2	26								

#### 4. 地下水의 化學的特性

本 流域에 發達한 慶尙系 堆積岩群內에 貯溜된 地下水는 一般的으로  $SO_4$ 의 平均含量이 253.4ppm이고 총 硬度가 平均 278.4ppm으로 他 地域의 地下水 보다 약간 높다.

$SO_4$ 는 含量은 9.7ppm에서 1,050.4ppm에 達하여 그 含量範圍가 廣範圍한데 이는 淡水形으로 慶尙系 堆積物이 堆積될 當時에 含有한 處女

水(connate Water)에 기인한 것으로 思料되며 特히 鈣슌의 含量이 72ppm에서 404.8ppm에 이르고 그 平均値가 128.9ppm인 事實과 총 硬度가 最大 392ppm을 나타낸은 本 慶尙系 堆積層內에 包含한 石灰質 物質이 溶解되어 小規模 地下水 流路가 發達되어 있음을 意味한다.

平均 TDS가 他 地域의 深層 地下水에 比해 相當히 높은 880ppm 程度이며 最大 1455ppm까지 나타남은 慶尙系內에 貯溜된 地下水가 오랜

시간동안 정체된 被壓 地下水 상태로 존속했음을 의미한다. 또한 大體적으로 深層地下水含養源(Recharge Area)이 帶水層 附近에 있으면

一般的으로 PH의 값이 낮는데 本地域에서 最大 8.5까지 나타남은 地下水의 含養期間이 상당히 긴 狀態였음을 나타낸다.

表 4. 慶尙系地下水水質

番號	位 置	岩 質	PH	SiO <sub>2</sub>	Ca	Ma	Na	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	Fe	TDS	Hardness	채취일자	備考
1	大 邱	威安層	8.5						19.74	—			392.04	76.3	凡 洋
2	"	慈仁層	7.45	9.4	7.2	15.55		157.54	7.8	—	0.48	305	244	"	蠶 絲
3	"	威安層							57.8	3.79	0.15	962	387.6	76.4	凡 洋
4	"	"	7.7	—	25.3	5.2	—	9.7	9.7	—	0.2	198		69.3	
5	"	"	7.1	15	126	5.0	6.5	230	14	0.18	0.2	1455		69.6	
6	"	"	7.2	16	125	5.1	6.9	220	10	0.20	0.22	1180		69.7	
7	慶 山	慈仁層	8.1		20.4	9.47	90	10.1	13.29	—	0.018	247.4	90	74.12	合織
8	大 邱	威安層	7.9	—	404.8	28.2	31.7	1050.4	133.4	0.015	0.16	1911		69.5	
9	"	"													
10	"	"													
平均			7.7	13.5	128.9	11.42	33.78	253.4	33.2	1.04	0.2	880	278.4		
	生活用水 基 準		5.8~ 8.0	5.0				220	150	10.7	0.3	500	300		

### 結 論

本 流域은 洛東江 流域 11個 支流中에서 가장 農業이 일찍부터 發展했던 地域으로 人口密度가 組密하여 1年 平均 人口增加率이 3%에 이른다

本 流域 下流에는 工業園地가 分布되어 있어 장래 用水需要는 勿論 各種 産業施設로부터 放流되는 廢水로 因하여 水 汚染問題와 水不足現像이 가장 심각한 地域으로 本 流域 地表水 資源만으로는 도저히 急增하는 水需要量을 解決할 수 없는 地域이다.

本 流域의 平均 降雨量은 974.1mm로서 降雨量이 極히 貧困할 뿐만 아니라 旱魃指數가 매우 높은 地域이다.

本 地域의 58年間 降雨量 分析 結果에 依하면 地下貯水池로 降水가 地下水로 含養되는 降雨누적용수시기는 平均 8年の 降雨누적갈수기 다음에 5年間 지속 반복한다.

琴湖江流域內에 分布된 各種 帶水層內에 賦存된 地下水는 一般的으로 深度 10m 以內의 非固結堆積物인 沖積層과 風化土內에 貯溜된 淺層地下水和 深度 300m 以內에 賦存된 深層地下水로 區分할 수 있다.

淺層 地下水의 賦存量은 31億屯이고 그 開發可能量은 7億屯이며, 深層 地下水의 賦存量과 開發可能量은 各各 338億屯과 69億屯으로 總賦存量은 369億屯이고 總開發可能量은 20.5%에 該當하는 76億屯이다. 上記 賦存量은 本 流域內에 降下하는 18年間 降水量에 該當하며 總開發可能量의 10%만 年中開發한다 하더라도 그 量은 年平均降水量의 38%에 該當하는 量이다.

慶尙系 堆積層中에 設置한 單一井으로 부터 1日 1000m<sup>3</sup>의 순수한 地下水를 採水할 時의 影響圈의 半徑은 約 500餘m이고, 大部分의 深層地下水는 慶尙系의 二次공극인 層理, 節理, 斷層, 破碎帶 및 溶解空洞內에 貯溜되어 있으며, 本流域의 慶尙系 地層中 地帶가 낮고 非固結岩의 深度가 比較的 깊은 地域에서는 1日 1000~2000m<sup>3</sup>의 地下水 開發이 可能하다.

流域 東部の 永川과 西南部의 慶山地域에 2001年度까지의 生, 工用水需要量 23,900m<sup>3</sup>中 追後所要量 21,300m<sup>3</sup>은 兩地域에 約 20餘個의 深井을 設置하므로 用水問題를 妥善게 解決할 수 있고 大邱 地域의 工業用水 需要量 390,000m<sup>3</sup>도 大邱市內를 中心으로 半徑 10km 以內에 賦存된 地下水를 開發하므로써 現在 深刻한 水 不足現象을 일으키고 있는 琴湖江流域 水 問題를 解決

할 수 있다. 帶水性이 가장 良好한 石灰質 세일의 平均比揚水量은  $77.8\text{m}^3/\text{m}/\text{m}$ 이며 그 透水量係數는 約 $100\text{T}/\text{D}/\text{m}$ 以上이며 貯溜係數는  $2.3 \times 10^{-2}$ 以上이다.

慶尙系內에 貯溜된 地下水의 化學的性質은 S

$\text{O}_4$ 의 含量이 높고 Cl含量이 낮은 것으로 보아 本地層이 淡水形 堆積層임을 暗示하고 있다. 뿐만 아니라 PH의 값이 높은 것으로 보아 地下水의 含量期間이 相當히 긴 狀態였음을 알 수 있다.

## ABSTRACT

### Ground Water Resources of Kum Ho-River Basin

by Han, Jeong Sang

The Kum-Ho river basin is one of the densely populated area having more than 35% of the total population and it was also well irrigated since earlier days in the Nackdong River Basin. Most of the easily developed source of surface water are fully utilized, and at this moment the basin is at the stage that no more surface water can be made available under the present rapid development of economic condition. Since surface water supplies from the basin have become more difficult to obtain, the ground water resources must be thoroughly investigated and utilized greatly hereafter.

In economic ground of the basin what part could ground water play? In what quantities and, for what uses could it be put? The answer to these questions can be relatively simple; the ground water resources in the basin can be put at almost any desired use and almost anywhere in the basin. The area of the basin is at about  $2088\text{km}^2$  in the middle part of Nackdong River Basin and it is located along the Seoul-Pusan Express Highway. The mean annual rainfall is about  $974.7\text{m}/\text{m}$ , most of which falls from June to September during the monsoon. Accumulated wet period is appeared approximately after every 8 year's accumulated dry period with the duration of 5 years.

The water bearing formations in the basin include unconsolidated alluvial deposits in Age of Quaternary, saprolite derived from weathered crystalline rocks, Kyongsang sedimentary formations of the period from late Jurassic to Cretaceous, and igneous rocks ranging of the Age from Mesozoic to Cenozoic.

The most productive ground water reservoir in the basin is calcareous shale and sandstones of Kyongsan system, which occupies about 66% of the total area.

The results of aquifer test on Kyongsang sedimentary formation show that average pumping capacity of a well drilled into the formation with drilling diameter and average depth of  $8\frac{1}{2}$  inch and  $136\text{m}$  is  $738\text{m}^3/\text{day}$  and also average specific capacity of those well is estimated  $77.8 \text{ m}^3/\text{D}/\text{M}$ .

Total amount of the ground water reserved in the basin is approximately estimated at 37 billion metric tons, being equivalent 18 years total precipitations, among which 7 billion metric tons of portable ground water can be easily utilized in depth of 200 meters.