

小形管井開發과 展望

梁 在 晚*

1. 小口徑 地不水開發의 意義

政府는 農地基盤造成事業을 꾸준히 施行해 왔으나 아직까지 水利畝率은 68%에 머물고 있어 水利畝率을 90%까지 提高시키기 爲해 農業用水 9個年 計劃을 樹立하고 82년부터 이의 施行에 着手하였다.

이 計劃은 米穀自給의 潜在力을 增進시키기 爲해 農地의 高性能化를 期하고 耐旱能力을 提高시키는데 目的을 두고 全國 畝面積 1,307,000ha를 耐旱能力에 따라 5等級으로 區分하여 耐旱頻度에 따라 開發토록 하고 從前 地表水 爲主의 農業用水開發을 水源의 綜合的인 側面을 考慮하여 耐旱性이 강한 地下水開發에 많은 比重을 두고 있음이 그 特徵이라 하겠다.

旱害尤甚地域이나 地表水開發計劃地區中 開發低順位地區에 對한 新規開發과 既水利畝地區內에 水量이 不足한 地區의 補強開發으로써 97,000ha에 이르는 地下水開發을 計劃하고 이中에서 縱來의 沖積層帶水層을 爲主로 開發한 大口徑 地下水開發이 不可한 旱害尤甚地域 60,000ha는 邑面單位에 小形鑿井機를 供給하여 農民 스스로가 地下水를 開發하도록 計劃하여 이제까지 官主導하에 用水開發을 하므로써 依他的이고 消極的인 姿勢를 脫被하여 農民 스스로가 參與意識을 갖고 農民이 願하는 蒙利地에 農民自身이 直接 必要한 農業用水를 開發하므로써 生産意慾을 鼓吹시키고 施設物의 自發的인 維持管理를 할 수 있도록 誘導한 農民主導開發方式을 擇한데 그 意義를 들 수 있으며, 流域面積이 狹小하고 水源이 不足하여 地表水開發이 至難한 開發低順位地域이나 砂礫層等의 良帶水層 賦存缺乏地域으로 大口徑 地下水開發이 不可

한 山麓底部나 丘陵性旱害尤甚地域에 이르기까지 小口徑 地下水를 開發하므로써 從來 局地的 制限性開發에서 廣域的 任意性開發로 轉換하였음에 그 意義가 있다고 보겠다.

開發方法을 從來 人力管井이나 打設管井은 深部掘鑿이 不可하여 그 深度가 不過 4~5m에 이르러 水源枯竭의 原因으로 72% 이상인 廢棄된 事例를 補正하여 機械로 深度 20m~50m에 이르는 深部掘鑿을 하므로써 水源枯竭을 避할 수 있어 所謂 廢孔率을 底下시켰는 한편 鑿井口徑을 最小 75mm에서 150mm까지 小口徑으로 施工케 하므로 低廉한 工費와 工期를 단축시키므로 農民의 負擔을 輕減케 하며 開發이 容易하다. 揚水方法은 水量에 따라 多小의 差異는 있겠으나 家庭用 電氣를 引入 電動 pump를 使用토록 하여 簡便한 施設과 操作으로 使用上 不便을 除去하였다.

이러한 利點을 살려 向後 地表水로나 大口徑 地下水로도 解決이 不可한 萬年旱害常習地를 水利畝化할 수 있는 方案이 될 것으로 豫想된다.

2. 地下水賦存과 開發可能性

가. 水理地質學的인 與件

一般的으로 地下水의 賦存性은 流域面積, 地質分布, 地形, 林相 및 降雨量과 其他 水文學的 要因에 關係된다.

우리나라 地下水 賦存層을 크게 區分하면 沖積層과 岩盤層으로 大別된다. 沖積層의 平均深度는 現在까지 開發實績에 依하면 7m 內外이고 帶水層(Aquifer)은 砂層 砂礫混轉石層을 爲主로 하여 4m의 平均深

* 農業振興公社 地下水部

小形管井開發과 展望

도를 유지하며 이의 平均比產出率(Average Specific yield)는 14%이다. 地層別 地下水 賦存性의 良好한 順位는 砂礫層 泥質砂層으로 나타나며 降雨量에 따라 地下水位는 變動하고 增減幅은 ±15% 程度를 나타내고 있다.

岩盤層 地下水賦存性의 良好度는 火山岩(Volcanic Rock), 堆積岩(Sedimentary Rock), 變成岩(metamorphic Rock), 火成岩(Igneous Rock)의 順位이다. 火山岩類地域(濟州道 및 秋可嶺 地溝帶等)은 噴出岩의 成層面과 柱狀節理에 多量의 地下水가 包藏되어 있고 堆積岩盤인 石灰岩(Limestone)은 空洞에, 砂岩과 Shale類는 層理(Bedding plane)와 節理等의 構造帶에 賦存되며 變成岩類와 火成岩類는 節理와 破碎

帶(Sheared zone)에 賦存하는 것으로, 新鮮한 岩盤內에는 賦存量이 적으나 風化帶의 發達이 용이하고 그 深度가 20m 內外까지 發達되며 良好한 帶水層(Aquifer)을 이룬다.

우리나라의 地質分布狀態는 始生代 原生代 古生代 中生代 및 新生代에 이르는 全地質時代에 걸쳐 分布되어 있고 地層別로 區分하면 堆積起源 變成岩을 비롯한 花崗片麻岩系, 朝鮮系, 平安系, 慶尙系 第3系 등이 分布되어 있다. 成因別 岩石分布는 表-1에서 보는 바와 같이 火成岩이 全國土의 23.2%(화산암 제외)를 點하고 堆積岩 및 變成岩이 20.9% 26.3%를 點하고 있음을 참고할 수 있다.

表-1. 우리나라 地質分布와 地下水 推定 包藏量

地質分布	區 分	分布面積 (km ²)	分布比率 (%)	平均空際率 (%)	平均比產出率 (%)	開發可能平均深度 (m)	地下水包藏能力 (億 m ³)	可用包藏量 (億 m ³)
陸地部	沖積層	27,378	27.8	35	14.2	7	369	150
	火成岩	22,818	23.2	1	0.25	100	228	57
	堆積岩	20,627	20.9	5	1.25	150	1,547	387
	變成岩	25,855	26.3	1	0.25	100	259	65
	計	96,678	98.2	—	—	—	2,403	659
濟州道	火山岩	1,812	1.8	4	14.7	200	650	7
合 計		98,490	100	—	—	—	3,053	666

※ 分布面積: 小島嶼 除外 沖積層帶水層: 3.85m 濟州道帶水層: 2.6m

나. 小形管井開發 對象 地下水包藏量推定

우리나라 地質分布에 따른 地下水包藏量과 可用包藏量은 表-1에 의와 같이 沖積層의 境遇는 7.0m 平均 深度를 推算했으나 岩盤層의 境遇는 火成岩과 變成岩은 100m 深度까지를 開發可能深度로 보았고 堆積岩은 200m까지 開發可能한 深度로 보아 推定한 包藏量이다. 小形管井開發은 우선 管井口徑이 적고 開發深度를 最大 50m를 開發前提로 할때 沖積層內의 包藏量은 7.0m 深度中 3.85m의 帶水層厚를 계산하였고 小形管井開發 主對象인 風化帶 포장량은 開發深度를 20m로 計算하고 여타 基盤은 小形管井 限界를 50m 深度를 對象地層으로 보아 算出하면 表-2와 같다.

이때 風化帶의 面積은 花崗岩과 花崗片麻岩類(Granite Gneiss)를 合한 것이고 岩盤層中 火成岩과 變成岩은 花崗岩과 花崗片麻岩類面積을 除外한 面積이

다. 이때 空際率은 10% 比產出率은 空際率의 50%로 적용하였으며 小形管井開發可能對象率을 10%(外國에서는 50%까지도 본다)로 보았을 때의 可用水量이므로 餘有있는 算出量으로 볼 수 있다. 風化帶分布面積이 3,856,800ha로 全國土의 39.25%에 해당되며 可用水量은 38.66億m³나 된다. 特히 主目되는 것은 一般 沖積層 地下水가 不利한 山間地域인 江原道에도 風化帶內地下水 開發은 小形管井 개발이 가능한 것으로 判斷된다. 그 反面 慶尙과 같이 堆積岩과 噴出岩이 主로 많이 分布하고 있는 地域은 小形管井 開發은 오히려 不利한 것으로 推測할 수 있다. 即 江原道の 경우 沖積層內의 可用水量은 2.64億m³인 데 비해 慶尙은 3.32億m³인 반면 風化帶內의 可用水量은 江原道가 10.19億m³에 비해 慶尙은 2.29m³로 약 1/5程度에 지나지 않는다. 이러한 結果로 小形管井開發對象은 山間과 平地地帶의 發達에 關係없이 開發이 可能한 것으로 判斷된다.

表-2. 小形管井對象 地下水 包藏量 및 可用水量

單位：億m³

區	分	沖積層			風化帶		岩盤層						計		
		包藏量	可水	採量	岩盤層+ 花崗片麻岩		堆積岩		火成岩 (花崗岩除外)		變成岩(花崗 片麻岩除外)		包藏量	可水	採量
					包藏量	可採	包藏量	可採	包藏量	可採	包藏量	可採			
京	畿	10.1		4.1	11.67	5.85	0.23	0.06	0.10	0.02	0.66	0.16	22.96	10.19	
江	原	6.5		2.64	20.38	10.19	4.38	1.09	0.37	0.09	0.63	0.16	32.27	14.17	
忠	北	4.61		1.87	5.56	2.78	2.15	0.54	0.02	—	0.94	0.23	13.28	5.42	
忠	南	7.92		3.21	8.34	4.17	0.65	0.16	0.03	0.01	0.49	0.12	17.43	7.67	
全	北	7.12		2.89	7.15	3.58	1.21	0.30	0.42	0.11	0.10	0.03	16.00	6.91	
全	南	9.84		3.99	7.33	3.66	6.93	1.73	0.79	0.20	0.01	—	24.90	9.58	
慶	北	11.39		4.62	12.27	6.14	20.72	5.18	0.44	0.11	—	—	44.82	16.05	
慶	南	8.18		3.32	4.58	2.29	15.30	3.83	0.24	0.06	0.03	0.01	28.33	9.51	
計		65.67		26.64	77.28	38.66	51.57	12.89	3.04	0.76	2.86	0.71	190.79	79.50	

※ 產出方法：包藏量(可用水量)=面積×平均深度×空隙率(比產出率)×開發對象率(10%) 濟州道는 除外

表-3. 道別 地質 分布 現況

單位：ha

區	分	沖積層	火成岩類			堆積岩類	變成岩類			合計			
			花崗岩	類其	他小		計	花崗片 麻岩類	其	他小	計	面積	比率(%)
京	畿	412,375	262,000	19,700	281,700	9,200	322,800	131,000	453,800	1,157,075	17.7		
江	原	265,820	364,000	74,000	438,000	175,000	655,000	126,000	781,000	1,661,820	16.9		
忠	北	188,288	207,900	3,900	211,800	85,800	70,300	187,100	257,400	743,288	7.6		
忠	南	323,214	233,600	6,500	240,100	25,900	183,500	98,300	281,800	871,014	8.8		
全	北	290,628	271,100	84,900	351,000	48,500	86,600	20,800	107,400	803,528	8.2		
全	南	401,693	184,400	158,400	342,800	277,300	182,000	1,200	183,000	1,204,793	12.2		
慶	北	464,713	215,100	88,600	303,700	828,900	398,600	—	398,600	1,995,913	20.3		
慶	南	333,960	113,200	48,700	161,900	612,100	115,900	6,600	122,500	1,230,460	12.5		
濟	州	54,490	—	126,700	126,700	—	—	—	—	181,190	1.8		
計		2,737,841	1,851,100	611,400	2,463,700	2,062,700	2,014,700	571,000	2,585,500	9,849,081	100		

다. 試驗調查 結果로 是 開發 可能性

農業用水 開發 5次 5個年 計劃의 一選으로 '81年 度에 京畿道 廣州郡 一圓(沖積層 對象)과 仁川直割 市 南區 論硯洞 一圓(風化帶 對象)에 걸쳐 農業振興

公社에서 實施한 小形管井開發 試驗研究(沖積層 4孔 +風化帶25孔) 調查結果, 沖積層에서는 孔當 平均 175m³/D, m當 可採水量 29.7m³/m, 風化帶에서는 孔當 平均 69.8m³/D에 m當 可採水量 4.3m³/m를 보 였다.

小形管井開發斗展望

表-4. 小形管井開發實績(沖積層 對象)

孔番	鑿井		井戸口徑	스트레이나		(m) 風化岩深度	揚水量(m ³ /D)	
	深度(m)	口徑		開孔形態	開孔率		總揚水量	m當揚水量
4-1	6.0	6"	4"	빗금型	4.0	—	240	40.0
4-2	6.0	4"	2"	"	4.0	—	156	26.0
4-3	5.8	3"	2"	"	4.0	—	148	25.5
4-4	5.8	3"	2"	Slotted	4.0	—	158	27.2
計(4孔)	23.6	—	—	—	—	—	702	—
平均	5.9	—	—	—	—	—	175	29.7

表-5. 小形管井開發實績(風化帶 對象)

孔番	鑿井		우물口徑	스트레이나		(m) 風化岩深度	揚水量(m ³ /D)	
	深度(m)	口徑		開孔形態	開孔率		總揚水量	m當揚水量
1-1	21.0	Nx	2"	Slitted	6.6	15.4	49	3.2
1-2	20.0	4"	2"	圓型	5.0	16.0	54	3.4
1-3	20.0	4"	2"	Slotted	5.2	15.7	77	4.9
1-4	20.0	4"	2"	"	3.9	16.1	77	4.8
1-5	20.0	6"	3"	"	6.9	16.1	133	8.3
1-6	20.0	6"	3"	圓型	3.7	16.2	86	5.3
1-7	20.0	4"	3"	Slotted	5.6	16.3	86	5.3
1-8	20.0	Nx	2"	빗금型	3.0	16.3	25	1.5
2-1	21.5	6"	3"	Slotted	11.0	17.9	253	14.1
2-2	22.0	4"	2"	圓型	5.5	17.2	103	6.0
2-3	22.0	4"	2"	Slotted	11.6	17.5	133	7.6
2-4	16.1	4"	2"	"	5.2	11.0	86	7.8
2-5	23.0	Nx	2"	圓型	4.0	19.5	86	4.4
2-6	20.0	4"	2"	Slotted	11.2	16.5	86	5.2
2-7	20.0	6"	4"	빗금型	4.0	17.0	54	3.2
2-8	20.0	Nx	2"	"	4.0	17.0	25	1.5
3-1	20.0	6"	3"	Slitted	7.0	17.1	48	2.8
3-2	22.0	Nx	2"	"	3.0	19.0	26	1.4
3-3	22.0	4"	2"	Slotted	11.6	18.8	43	2.3
3-4	22.0	Nx	2"	"	3.9	17.5	35	2.0
3-5	20.0	4"	2"	"	11.2	14.8	39	2.6
3-6	20.0	Nx	2"	빗금型	3.0	14.7	35	2.4
3-7	20.0	4"	2"	圓型	5.5	14.7	35	2.4
3-8	20.0	Nx	2"	빗금型	3.0	14.5	20	1.4
3-9	20.0	6"	3"	圓型	7.8	14.9	50	3.5
計(25孔)	511.6	—	—	—	—	407.7	1,744	—
平均	20.5	—	—	—	—	16.3	69.8	4.3

表-6. 岩種別 深井 地下水 開發 實積

岩 種 別	管 井 數	平均深度(m)	揚水量(m ³ /D)	m當揚水量(m ³)	50m基準 揚水 可能量(m ³)	
火 成 岩	花崗岩(Granite)	29	56.3	358.43	6.4	318
	安山岩(Andesite)	7	41.2	162.08	3.9	196
	玄武岩(Basalt)	17	90.3	1,112.58	12.3	6 16
堆 積 岩	砂 岩(Sand stone)	6	74.9	519.3	6.9	347
	셰 일(Shale)	10	98.9	515.1	5.2	260
變 成 岩	礫 岩(Conglo merate)	3	50.0	396.7	7.9	397
	凝灰岩(Tuff)	2	35.3	356.0	10.1	504
變 成 岩	石灰岩(Lime stone)	2	46.0	525.0	11.4	570
	片麻岩(Gneiss)	20	54.8	292.95	5.3	267
	片 岩(Schist)	3	50.4	359.67	7.1	356
計		101	598.2	4,597.61	—	—
平 均		—	59.8	459.76	7.7	384

위 調查結果로부터 가장 經濟的인 小形管井의 適地는 沖積層이며, 二次的으로는 濟州道를 除外한 8個 道에 걸쳐 38.66億m³의 可採水量(包藏量 77.28億m³)을 갖는 風化帶가 適地임을 알 수 있다. 勿論 同 調查의 分析結果 風化帶는 沖積層보다 孔當 平均 揚水量이 105m³/D程度 적고, 小形管井의 基準 揚水量을 50m³/D(現在 適用 基準)로 볼때, 調查孔數 25孔中 11孔이 廢孔으로 나타나 廢孔率 44%를 보이나, 向後 位置 選定에 좀더 科學的인 電氣批抵抗探查等 物理探查를 導入하여 지층구조를 선 확인후 위치선정을 엄선하면 廢孔率을 低下시킬 수 있을 것이다. 10個年 恒久的 地下水開發 計劃中 小形管井開發 對象 面積이 60,000ha인바 調查結果의 廢孔率 44%를 適用하면, 最大 掘進孔數 172,800孔이면 小形管井 對象 面積의 旱害는 解決될 것이다.

라. 實積으로 본 岩盤 地下水의 開發可能性

只今까지 開發된 農業用 地下水는 沖積層을 對象으로 하였으나 既 開發된 生活用水 및 工業用水用 深井 地下水의 實積을 概括分析해 보면 岩盤地下水의 農業用水로서의 開發可能性을 推定할 수 있을 것이다. 1970年 以後 農業振興公社에서 受託事業으로 施行한 深井 地下水의 管井開發 資料를 參考하면 다음과 같다.

表-6에서 볼때 岩盤 地下水는 沖積層이나 風化帶

를 對象으로 한 地下水보다 開發 深度를 깊게 掘착해야 하나 揚水量이 충분하므로

1) 物理探查를 利用하여 位置 選定에 좀더 正確性을 期하고

2) 既施工된 岩盤地下水의 平均深度가 50.8m이고 鑿孔口徑도 8—12"로 大口徑이며 폐공율을 약50%로 볼때 小形管井보다 우선적인 조건을 갖고 있으나 小形管井의 孔當 計劃深度와 口徑을 調整하고 低廉한 價格으로 좀더 쉽게 掘鑿할 수 있는 裝備 및 工法 改善이 이루어 진다면, 沖積層 風化帶 다음으로는 必然的으로 岩盤이 小形管井의 對象이 될 것이다. 岩種別로 產出한m當 揚水量을 表-6에서 참고하여 產出한 50m 基準 揚水 可能量을 보면, 安山岩에서 196m³/D로 最小, 平均 可能 揚水量 384m³/D로 나타난다. 이를 小形管井開發에 적용할때 다소의 폐공율과 구경축소를 감안한다해도 小形管井 深度를 50m로 調整하면 岩盤內에서의 小形 管井地下水開發을 期待해 볼 만하다.

3. 帶水層의 分類

小形管井開發은 沖積層(未固結層)이 主對象이 되고 있으며 岩盤을 對象으로, 小形 管井 開發이 可能的 帶水層을 類型別로 보면, 岩石의 種類, 構造·地層間의 接觸關係 等과 地下水의 流速을 基準하여 分類해 보면 가) 緩流型, 나) 急流型, 다) 複合流

型으로分類可能하다. 이들을細分하면

- 가) 冲積層型
- 나) 緩流型 { ① 風化帶型
 ② 接觸帶型
- 다) 急流型 { ① 空洞帶型
 ② 破碎帶型
 ③ 岩脈帶型
- 라) 複合流型 ① 玄武岩地帶型 等이다.

가. 冲積層(未固結層)型

冲積層은 이제까지 施行된 管井 開發의 主 對象이었으며 가장 良好한 帶水層을 形成하는 地層으로서, 流域 內에 分布되어 있는 岩石의 風化 生成物이 運搬 堆積되어 이루어진 것이다. 그 構成 成分은 그 供給源인 母岩의 成分과, 母岩의 物理的 化學的 風化 過程에 의하여 決定된다. 冲積層과 關聯된 母岩(Country Rock)의 役割을 보면 花崗岩類와 花崗片麻岩類는 造岩 鑛物의 粒子가 比較的 크며, 主構成 成分인 石英, 長石, 雲母 中 長石 및 雲母의 風化物는 遠距離에 運搬 堆積되나 石英은 무겁고 粗粒質이어서 가까운 곳에 堆積하여 帶水層으로서는 良好한 모래層을 形成한다. 其他 岩石類는 中粒 乃至 細粒으로 構成되므로 이들 岩石에 比較 모래層의 形成이 不利하다. 따라서 가장 良好한 冲積層의 帶水層은 花崗岩이나 花崗片麻岩의 分布地域 下流部에 位置하나 其他 岩石類에 依한 冲積層도 比較的 帶水層으로서 良好한 便이다. 우리나라 冲積層의 分布 面積은 27,378km²이며 推定 計算된 地下水 包藏量 67,010백만m³(제주도 포함)中 可採水量은 27,180백만m³에 達한다.

나. 風化帶 型

모든 基盤岩 上部에는 規模의 差異는 있으나 風化帶가 發達한다. 그러나 帶水層의 役割을 할 수 있도록 粗粒으로 構成되어 있고 充分한 風化 深度를 갖는 것은 花崗岩類 或은 花崗片麻岩類에 制限되고 있다. 이들 岩石의 風化 深度는 30~40m에 이르는 곳이 相當히 많으며, 風化 深度가 깊은 곳은 透水係數도 $\alpha \times 10^{-2} \sim \alpha \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ 가 普通으로서 地下水 開發에 有利한 條件을 갖추고 있다. 本 風化帶는 相當한 地下水 包藏 能力을 갖고 있으므로 地表水로부터의 涵養만 充分하면 良好한 帶水層을 이룬다. 風化帶 中 가장 重要한 帶水層은 花崗岩類 및 花崗片麻岩類의 風化帶이다. 서울 附近 抱川 周圍

에서 開發한 孔深度 80m內외의 管井에서는 500m³/D의 揚水가 可能하였고 新都 地區 外 14個 地區에서는 53m 孔深度에 揚水量 320m³/D를 記錄하였다.

다. 接觸帶 型

1) 花崗岩과 片麻岩의 接觸帶: 片麻岩地帶에 花崗岩이 貫入할 境遇 片麻岩의 接觸部에 破碎 現象의 發生으로 帶水層을 形成한다. 이때 花崗岩內에는 節理를 따라 흐르는 小量의 地下水가 存在하나, 片麻岩 內에는 450~550m³/D의 揚水 實積이 記錄되고 있다.

2) 花崗岩과 安山岩類의 接觸帶: 安山岩類가 花崗岩類 中에 脈狀으로 貫入될 때는 孔深度 50m 基準에서 290m³/D의 揚水가 可能하여 比較的 良好한 帶水層으로 取扱된다. 그러나 花崗岩과 安山岩類가 單純 接觸 貫入되는 境遇에는 前者보다 地下水 開發에 不利하게 나타났다.

3) 火成岩과 凝灰岩類의 接觸帶: 火成岩과 凝灰岩과의 接觸部에서 破碎性 節理帶가 發達되어 帶水層을 形成하고 있음이 釜山 地區에서 確認되었다. 釜山 양정國民學校 內에서는 深度 30.5m掘進하여 215m³/D의 地下水開發 實積을 들수 있다.

4) 安山岩과 凝灰岩類의 接觸帶(互層帶): 釜山의 元洞產業地區와 全北 임실地區에서 確認된 바로는 安山岩과 凝灰岩의 互層帶에서 290m³/D가 開發되었으며 孔深度는 30m內外였다.

라. 空洞帶 型

1) 石灰岩 空洞帶型: 石灰岩(Limestone) 內에는 CO₂를 含有한 地下水에 依해 溶解된 溶蝕石灰岩(Wormed Limestone)이 많다. 江原道--忠淸北道--慶尙北道에 걸쳐 分布하는 大石灰岩統 內에는 大小規模의 많은 空洞이 發達하고 있으며, 이 空洞이 地下水의 流路를 이루고 있다. 忠北 단양의 여의곡地區와 別陽地區에서는 孔深度 46.0m에 525m³/D의 地下水 揚水가 可能하였다.

2) 安山岩 空曠帶 型: 釜山 地方과 그 一圓에 分布하는 安山岩類 內에는 噴出 當時 生成된 氣孔과 節理가 多數 存在하여 좋은 帶水層을 이루고 있다. 釜山 等地에서의 開發 實積을 보면 孔深度 38m 內외에 揚水量은 120m³/D에 이른다.

3) 礫岩 內의 空曠帶 型: 一般的으로 우리나라의 礫岩(Conglomerate)은 壓碎 變質을 받았기 때문에 空曠의 發達이 적으나, 全北 임실 地區에서

開發한 管井의 境遇 礫岩 內에 發達된 空隙帶가 含水帶를 이루고 있었다. 이들 空隙은 地下水 內에 含有된 炭酸鹽類의 溶解 結果 이루어진 것으로 推定된다. 同 礫岩類는 白堊紀의 馬耳山 礫岩層에 該當되며 開發孔 深度 50m에 揚水量 400m³/D 內外를 보였다.

4) 玄武岩 內의 熔岩空洞 型: 玄武岩(Basalt) 內에는 表皮部가 急激히 冷却 固結後 未固結된 下部 熔岩類의 流動으로 空洞이 形成되기도 하며, 이 境遇 空洞 內를 地下水가 채워 開發 對象이 된다. 國內에서는 濟州道의 境遇가 代表的이다.

다. 破碎帶 型

1) 斷層 型: 基盤岩 內에 存在하는 斷層或은 斷層帶는 좋은 含水帶에 屬한다. 特히 大邱地方의 堆積岩에서는 100m 內外의 深度에 地下水量이 豊富한 斷層帶의 存在가 斷層粘土와 斷層角礫에 依해 確認되었으며 “불로동”地區에서는 孔深度 110m에 580m³/D의 揚水가 記錄되었다.

2) 破碎帶 型 破碎帶는 普通 ① 斷層에 隨伴, ② 貫入岩體 內에 發達 ③ 褶曲軸部를 따라 發達한다. 岩盤에서의 地下水는 玄武岩을 除外하고는 破碎帶의 境遇가 가장 優勢하게 나타나고 있어 揚水量도 平均 深度 60m 內外에 370m³/D를 보여준다. 또한 堆積岩 層理에 直角으로 形成된 破碎帶(主로 慶尙系 세일 或은 砂岩層에 發達)에서는 많은 地下水를 期待하기는 힘들다. 孔深度에 比例하여 採水量은 增加를 보인다. 그 例로는 45m 內外의 開發孔에서는 177m³/D가 揚水되었으나 100m 以上の 孔에서는 500m³/D 以上 揚水된 곳이 多數 있었다.

3) 節理 型: 節理群은 斷層이나 外力에 依한 破碎帶에 比하면 그 規模가 적으나 玄武岩等 噴出岩에는 引張節理나 壓碎節理를 따라 含水帶가 形成되며 花崗岩이나 片麻岩 中에도 形成되는 境遇가 많다. 서울 隣近의 片麻岩과 花崗岩 地域에서는 孔深度 55m 內外에서 222m³/D의 揚水가 可能하였다.

4) 岩脈 型: 地下水와 가장 密接한 關聯을 갖는 岩脈은 石英脈으로서 岩盤部 掘進中 石英脈을 貫通하면 地下水量은 增加를 보이며, 特히 風化帶內에서는 地下 Dam의 役割을 하여 流路를 形成하기 때문에 孔平均 50m에서 380m³/D의 揚水가 可能하였다. 其外 鹽基性 乃至 中性 岩脈의 境遇는 石英脈보다는 地下水 遮斷 能力이 적어, 孔平均 68m

深度에 50m³/D程度만 揚水 可能하였다.

바. 玄武岩地帶 型

第三期 末부터 第四期 初에 걸쳐 여러번 噴出된 濟州道의 玄武岩類는 火山碎屑層 및 噴出을 달리한 熔岩類 사이에 不整合面을 形成하는 바, 이 不整合面과 岩石 內에 存在하는 柱狀節理, 貫入岩脈 等은 地下水의 流路 役割을 하게 된다. '70年 以後 濟州道에서의 開發實績을 보면 孔平均 深度 90m에 1,110m³/D의 平均 揚水量을 보이고 있다.

4. 開發 與件

가. 鑿井 人力

農民이 直接 開發해야 할 60,000ha에 對한 小形管井 開發은 充分한 地下地質 與件만으로는 不充分하다. 鑿井을 爲해서는 位置選定, 鑽孔方法 決定, 裝備稼動, 帶水層 把握, 揚水試驗을 通한 水理常數算出, 揚水施設, 裝備의 運營管理 等 많은 與件이 갖춰져야 한다. 地下水開發과 關聯된 技術은 '65年 以後 相當히 普及되었으나, 專門技術分野로, 一般化되지 못한 點을 고려하면 開發人力 養成이 問題되고 있다.

政府에서는 '81年 下半期부터 小形鑿井開發을 爲한 技術人力 開發策으로 全國 市郡의 農地開發 擔當者 300名을 選拔하여 小形鑿井機 運營管理 要員 教育을 2週間에 걸쳐 實施한 바 있고 82년에는 直接 裝備를 運轉하여 鑿井할 運轉要員으로 邑面 單位에서 새마을 指導者 級の 健實한 靑年들을 對象으로 上半期에 300名, 下半期에 500名 計 800名을 教育토록 計劃하여 其中 300名은 2週間의 教育을 既 修了하였다.

表-7. 道別教育修了者現況

		단위 명	
구	분	운영관리교육	운전요원교육
경	기	42	36
강	원	34	20
충	북	22	48
충	남	30	50
전	북	28	30
전	남	44	44
경	북	50	35
경	남	43	20
제	주	3	—
계		296	283

우리나라에는 試錐 技能士 資格制度는 있으나 아직까지 正規 教育機關이나 學院이 없어 實務에서 技能을 스스로 터득하여 온 것이 事實이다. 小形鑿井機運轉要員 教育은 公認된 養成教育으로는 今番이 最初이었으나 反復의 原理에서 터득되는 技能이라는 概念에서 볼 때 2週間은 지나치게 짧은 期間이다. 地下 數10~數100m를 掘鑿하기 爲해서는 많은 經驗을 通해 千差萬別한 地層을 事故없이 掘鑿할 수 있고, 地下 數 100m에서 事故가 發生하였을 때, 어려움 없이 事故 復舊를 遂行할 수 있도록 長期間의 訓練이 必要하다. 이 掘鑿技能은 肉眼으로 判斷이 可能한 單純한 車輛運轉이나 熟練으로 끝나는 旋盤工 作業과는 달리 複雜한 地質을 理解해야 하고, 廻轉式 泥水工法이나 Casing作業, 掘進速度調節, Rod引揚, Eit 使用 等の 地質 및 機械에 關한 知識이 兼備해야 하므로 短時日에 터득되는 技術이 아니라는 點이며, 따라서 技能工 養成의 問題가 惹起된다. 그러나 向後 800名이 技能教育을 修了한 後 1人이 年間 60孔씩 鑿井하면 1年에 總 48,000孔, 廢孔率 50%를 감안하면 24,000孔으로 12,000ha의 農業用水 開發이 可能하다. 따라서 5次 5個年 計劃期間中 60,000ha는 쉽게 開發이 될 것이다. 教育 履修 人員中 50%가 이 業에 從使하고 50%는 他業에 從使하여 小形管井開發에 差跌을 가져 온다고 假定할 때 政府에서 普及될 小形管井開發用 小形鑿井機 800臺의 運轉技能工 充足을 爲해 계속 教育시키는 方法 外에 現在 市中的 既 熟練된 技能工이 2,500名 以上으로 推定되고 있으므로, 이들의 一部로 不足人員을 充當시키면 試錐技能工確保는 可能한 것으로 推定된다.

나. 鑿井裝備

鑿井裝備는 掘鑿方法 및 掘鑿能力에 따라 여러種類로 區分된다. 國內에 導入된 地下 掘鑿裝備는 最少 20m掘鑿用부터 油田開發用으로 4,000m까지 掘鑿할 수 있는 것이 있고, 口徑別로는 Ex(36m/m) Size에서 直徑 3.0m까지 掘鑿할 수 있는 裝備가 있으나, 鑽孔口徑75m/m(Nx)에서 150m/m까지를 小形管井이라고 보면 一般的인 地質調査用과 鑛山用 試錐機는 모두 小形管井 開發이 可能하다 今番 政府에서 普及豫定으로 製作한 小形管井開發用 小形鑿井機는 대체로 農業振興公社에서 保有하고 있는 TLS-1과 類似的한 것이며, 그 能力은 掘鑿深度 50~100m로 보면 妥當하다. 그러나 小形鑿井機는 農民

에게 가장 經濟的이고 農民 스스로가 稼動하여 地下水를 開發할 수 있는, 運轉 및 運搬이 最大로 簡便한 것이어야 한다. 그래서 今番 政府에서 普及하는 試錐機는 所謂 韓國型 試錐機로 경운기 Engine을 利用할 수 있고, 경운기로 運搬이 容易하게 만들도록 되어 있다. 向後 더욱 바람직한 裝備는 어떤地形에서도 運搬이 簡便하도록 最小 單位로 分解되어 1人 運搬이 可能하게 縮小되어야 하며, 動力은 原動機보다는 電動機나 Air로 作動 可能하여 主 動力은 車輛에 積載되어 있고, 電線이나 Air-Hose를 試錐機와 連結하여 使用할 수 있는 分離式, 中央 動力源 多孔 鑽孔式이 바람직하다. 鑽孔單價 節約 方法으로는 鑽孔 能力(Running Meter)向上이다. 鑽孔 能力은 廻轉式보다 高性能型인 衝擊式과 廻轉式의 複合型(Down The Hole)의 小形化가 時急하고, 따라서 Bit의 開發에도 勞力하여야 할 것이다.

小形管井 利用에서 고려해야 할 點은 揚水機 問題이다. 小形管井의 地下水量 $50\sim 200\text{m}^3/D$ 程度는 쉽게 揚水할 수 있고, 揚程도 從前 7.0m 内外이던 것을 7.0~20.0m까지 吸入할 수 있는 揚水機가 開發되어 多數 普及되어야 할 것이다. 其外 鑿井用 附帶 裝備로 Air-Surging을 爲한 Compressure가 試錐機 2臺當 1臺씩은 添付되어야 小形管井 開發이 容易하며 管井 維持에도 必須的으로 使用될 수 있을 것이다.

5. 展 望

가. 農民의 意慾增進

小形管井開發은 地表水開發不適地이거나 水源이 不足하여 大口徑地下水開發이 不可한 旱害常習地와 萬年 天水畝에도 地質條件에 따라 開發이 可能한 方法으로서 農民 스스로가 적은 經費를 들어 自力으로 必要한 位置에 必要한 水量을 開發한다는 利點이 있어 農民의 意慾增進에 크게 寄與할 것이다.

나. 地質條件

地質條件은 地下水開發이 가장 容易한 沖積層外에 花崗岩과 花崗片麻岩地帶에 發達하는 風化帶內의 地下水包藏量으로도 小形管井開發基準인 孔當 $50\text{m}^3/D$ 는 可能한 것으로 小形管井開發試驗事業과 深井地下水開發實績에서 나타나고 있으며 同 風化帶는 地形에 關係없이 全國에 고루 分布되어 있

며(39.25%) 그 可用水量도 79.5億 m^3 으로 算出되어 豊富한 地下水資源이 된다.

小形管井試驗事業結果 平均 16.3m 深度에서 69.8 m^3/day , m 當 4.3 m^3/day 가 開發되었으므로 風化帶 開發深度를 20m 基準으로 하면 80 m^3/day 의 開發이 可能하다.

이때 發生한 廢孔率은 44%이므로 向後 農民이 開發해야 할 60,000ha의 120,000孔은 約 214,300孔을 掘鑿하면 完全 可能하게 된다. 岩盤層內의 小形管井開發可能性을 實績으로부터 보면 豊富한 帶水層이 岩盤內에 發達되어 있어 地下水流動量도 相當하므로 向後 物理探查等의 利用度를 높여 位置選定에 主力하던 小形管井深度 50m基準으로 50 m^3/day 水量을 確保하는에는 廢孔率 50%程度 勘察하면 可能할 것으로 推定된다.

다. 開發與件

開發人力은 地質技術者, 鑿井技能工과 鑿井機運營要員으로 區分할 수 있다.

地質技術者는 地質 및 地形判斷에 依한 位置選定과 開發方案提示가 可能하여야 하나 向後 水理地質圖가 完成되면 地質技術者의 代役이 可能하며 技能工은 今年 教育履修者 800名과 市中技能工을 活用하면 可能할 것이다.

그러나 裝備運營管理과 保管을 맡을 運營管理要員은 市郡 農地係員이므로 人力不足이 豫想되며 管理上의 問題가 豫想된다.

라. 開發 裝備

開發裝備는 政府에서 普及하는 國產 小形鑿井機 800臺가 農民에게 直接 普及될 計劃이며 民間人保有小形鑿井機(試錐機)가 約 2,500臺 以上 되기 때

문에 裝備活用은 可能하다.

마. 開發資金

現在 小形管井開發資金은 政府에서 支援하고 있으나 向後 繼續 支援與否는 小形管井開發의 관건이 될 것이다.

6. 問題點

'82年度에 實施한 小形管井運營管理要員과 '82년에 實施한 運轉要員 教育時 分任討議 結果로 提起된 問題點을 들어보면 管理面, 運營面 豫算面 等に 걸쳐 問題가 惹起되고 그 解決方案은 比較的 至難한 것으로 나타난다.

첫째, 管理面으로 提起된 것은 優先 邑面에 支給될 裝備의 保管管理上의 責任問題, 裝備故障時의 修理 至難, 電氣施設 管理가 어려우며 빈번한 上級機關의 確認 點檢에 따른 展示效果의인 管理에의 置重, 그리고 事實上의 維持管理가 問題된다.

두번째 運營面으로는 運轉員의 處遇 問題, 開發地域 優先順位 決定, 運轉員이 交替될 경우나 多數人이 運轉했을 때의 故障우려 等 虛多하게 惹起되고 있다.

세번째 豫算面の 問題인바, 裝備維持管理費의 財源 修理附品費의 財源, 失敗孔에 對한 費用 處理問題 等の 財源 確保方案이 애매한 實情이다.

네번째 小形管井開發範圍가 確定되지 않고 自由로운 位置 選定으로 既設 地表水 地區나 地下水 地區內에 重複 開發로 惹起되는 水稅 負擔 問題와, 向後 策定된 開發地區에 小形管井을 開發하고 區域脫退 宣言을 할 경우 等 問題點이 虛多하다.