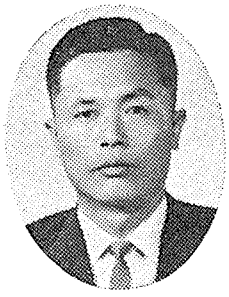
<논 단>



全天候農業과 伏流水開發

農工利用研究所
農業土木科長 韓 旭 東

目 次

1. 農業用水로서의 伏流水開發
2. 集水暗渠에 依한 伏流水利用
3. 伏流水開發의 今後 方向

1. 農業用水로서 伏流水開發

周知하는 바와 같이 물과 農業은 不可分의 關係를 가지고 있으며 特히 우리나라와 같이 稻作中心의 營農體制下에서 農業用水의 確保開發問題는 絕對的인 重要性을 띄우고 있다.

따라서 過去부터 우리나라에서는 農業用水確保를 爲하여 官民이 많은 勞力을 傾注해 왔고 莫大한 費用을 投資해 왔음은 事實이며 이는 當然한 일이라 아니 할 수 없다.

그러한 中 1967年에 이어 1968年度의 繼續的인 三南地方의 酷甚한 旱魃은 우리나라에서 地表水利用 一辺倒로 뿌리 깊게 傳統的으로 해내려 오던 用水確保策을 根本的으로 再檢討케 하고 地下水用開發方向으로 一大轉換을 가져오게 하였으니 即 이는 貯水池, 揚水場, 洑等一連의 地表水利用方法만으로서는 酷甚한 旱魃을 克服할 수 없다는데 緣由된 것으로 본다.

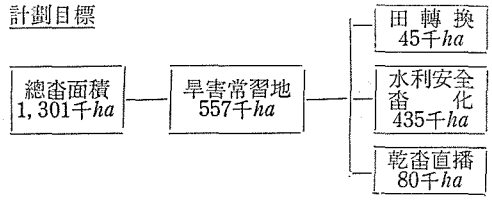
旱魃對策으로 새로이 登場하게 된 이 地下水開發事業은 1968年度 大統領訓令 第22, 23號로 大方針의 決定을 보았고 잇다른 政府의 農業用水開發計劃樹立으로 具體化되게 된 것이다.

그 大要를 살펴보면 表1과 같다.

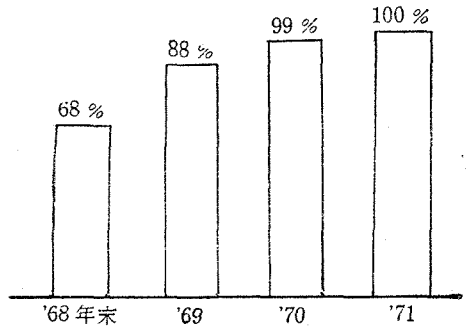
表1

農業用水開發計劃

가. 計劃目標



나. 年次計劃



다. 施設別計劃概要 (68~71年)

施設別 \ 區分	面積		投融資所要額(現金)		備考
	ha	%	金額	%	
			백만원		
管井	171,922	39.5	6,236	15.5	
集水暗渠	87,380	20.0	6.982	17.4	
揚水場	56,931	13.1	9,909	24.7	
導水路	32,451	7.4	1,562	3.9	
洑	12,156	2.8	1,485	3.7	
貯水池	74,421	17,2	13,971	34.8	
計	435,225	100	40,145	100	

表1에서 보는 바와 같이 農業用水開發事業의 目標는 우리나라 總畓面積 130萬ha에서 旱害常習地를 557萬ha로 보고 이 中에서 用水源開發이 도저히 不可能한 12.5萬ha는 田轉換하거나 乾畓直播하도록 하고 殘餘 43.5萬ha는 401億원의 資金을 投入하여 71年까지 完全한 水利安全畓으로 만들자는 것이다.

또한 施設別計劃에서 볼수 있는 바와 같이 本計劃의 特徵으로서는 43.5萬餘ha의 水利安全化計劃面積中 이의 59.5%에 該當하는 25.9萬ha가 管井 또는 集水暗渠

等 地下水開發에 依存하고 있다는 點이다.

地下水開發計劃에서 적지 않은 比重을 차지하고 있는 集水暗渠에 對하여 筆者는 오래전부터 相當한 關心을 가지고 이 部門에 對한 약간의 試驗研究도 한바 있어 여기 이를 中心으로 몇가지 言及해 보고자한다.

원래 地下水는 被壓面地下水, 自由面地下水의 2種으로 大別할 수 있겠는데 集水暗渠에 利用되는 地下水는 自由面地下水中에서도 主로 河床淺層에서 潛流하는 伏流水인 것이다.

이 伏流水는 旱魃時 地表水 涸渴로 用水不足이 招來되었을 때 餘他 地下水源과 더불어 用水不足을 解決해줄수 있다는 利用上의 利點에서 뿐만 아니라 우리나라 特有의 與件 때문에 그 開發展望은 極히 밝다고 볼수 있다.

그러면 우리나라 特有의 與件이란 무엇인가?

干先 地形的, 氣象的 特異性을 들수 있다.

우리나라는 國土面積의 67% 以上이 山地로 되어 있는 山岳國인데다가 林相葉廢로 因하여 山林의 水源涵養機能이 極度로 低下되어 있어 一但 降雨가 있으면 이것이 短時間에 河川으로 流出되어 버리며 이때 流出水는 多量의 土砂를 隨伴하여 이것을 河床에 堆積시키므로 年年 河床이 높아지게 하고 있다는 것이다. 또한 降雨의 季節的 分布가 고르지 못해서 夏季인 6月 下旬부터 9月上旬間에 年降雨量의 約 $\frac{2}{3}$가 降下하고 있기 때문에 이 期間에 내린 비는 大部分 洪水狀態로서 流出되어 버리는 實情인 것이다.

以上과 같은 條件은 우리나라의 河川을 最小流量과 最大流量이 比인 河床係數가 他國의 그것에 比하여 엄청나게 큰 값을 보여 주게 하고 있는 것이다. (表2참조).

表2　　河床係數比較表 (建設部 1965)

河川名	國名	河床係數 平均値 (最小流量 : 最大流量)	指數
漢江	韓國	1 : 393	2807
洛東江	〃	1 : 372	2657
錦江	〃	1 : 298	2129
蟾津江	〃	1 : 715	5107
利根江	日本	1 : 236	1686
淀川	〃	1 : 117	836
信濃川	〃	1 : 85	607
楊子江	中國	1 : 22	157
메콩江	越南	1 : 35	250
갠지스江	印度	1 : 35	250
나일강江	에집트	1 : 30	214
세-느江	佛蘭西	1 : 23	164
라인江	獨逸	1 : 14	100

이러한 事實은 우리나라에 있어 河川水 利用施設인 揚水場, 淨等이 어떻게 하여 그 機能을 喪失케 되는가를 잘 說明해 주고 있다.

그러나 以上과 같이 우리나라의 河川은 河川水의 利用面에서는 매우 不利한 與件으로 되어 있으나 다행히도 높아진 河床에는 多量의 伏流水가 潛流하고 있어 이것을 開發해 주기만 하면 旱魃時 貴重한 水資源이 될 수 있는 것이다.

이 點이야말로 우리나라 畓의 大部分이 河川을 中心으로 分布되어 있다는 事實과 더불어 伏流水開發의 展望을 밝게 해 주고 있는 要因인 것이다.

다음은 技術的, 經濟的面에서 伏流水開發은 매우 效果的이라는 點이다.

地下水開發에 있어 自由面地下水나 被壓面地下水의 具體的 開發手段인 管井은 그 施工上 상당한 技術과 裝備가 必要함은 勿論 維持管理에 따른 問題點이 전혀 없는 것도 아니다. 우리나라와 같이 帶水層의 發達이 充分치 못한 地質條件下에서 管井 1個孔學 蒙利面積을 大面積으로 期待하기는 困難하다. 따라서 大面積灌漑를 要할 시는 必然的으로 相當數의 管井施工이 要求되게 되는 것이다.

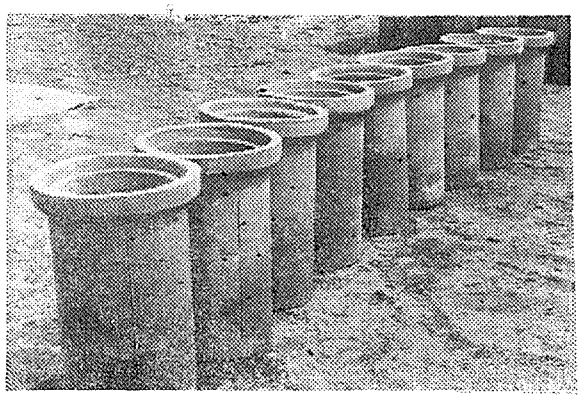
反面, 伏流水의 開發에는 特別한 技術이나 裝備가 必要치 않으며 大量採水의 可能性이 얼마든지 있다는 利點을 가지고 있는 것이다. 따라서 伏流水開發의 通常的 手段인 集水暗渠로서 1個所當의 支配面積은 管井의 그것보다 一般的으로 커지게 마련이고 이에 따른 運營費는 절감되어 事業效率面에서 매우 有利하다고 볼수 있는 것이다. 結局 우리나라 特有의 地形的, 氣象的 與件과 技術的, 經濟的面等을 考慮하여 볼때 伏流水開發의 展望은 매우 밝다고 볼수 있겠다.

2. 集水暗渠에 依한 伏流水利用

伏流水開發을 爲한 水利施設로서는 集水井과 集水暗渠를 들수 있다. 이 中에서 가장 널리 採用되고 있는 方法이 集水暗渠인바 이에 對해서 言及코자 한다.

集水暗渠의 採水原理는 一般管井과 다를바 없으나 다만 管井은 井筒을 垂直으로 깊게 埋設한데 대해 集水暗渠는 河川에 도랑을 파고 여기에 透水性이 좋은 暗渠材料를 橫으로 길게 埋設하여 集水된 물을 場水, 保用하게 된다는 點이 다르다.

集水暗渠는 우리나라에서도 오래전부터 施工한 痕跡이 엿보인다. 이것은 지금부터 60餘年前 忠南 禮山郡에 集水暗渠가 施工되었음이 記錄上에 나타나 있는 것으로도 알수 있다. 勿論 이때에 集水暗渠는 施工 材料面에서 아주 貧弱한 것으로 河川에 도랑을 파고 나뭇단, 자갈, 돌暗渠를 埋設한 것이 大部分이었다. 近來에 와서는 Cement 製品化의 發達로 耐久性 있고 多樣한 形狀의 Concrete 管이나 흄管의 製作이 可能해짐에 따라 管表面에 多數의 구멍을 뚫은 所謂 有孔集水管이 登場



寫眞 : 有孔 Concrete管 製作試驗

하게 되어 요즘음의 集水暗埋施工에는 大部分 이것은 使用하고 있다.

그러나 아직도 農村에서는 旱魃이 來襲하면 臨渴求井格으로 河川에 도랑만을 파헤쳐서 伏流水를 採水하거나 暗渠材料로서 非効果的인 나뭇단, 자갈 等을 埋設使用하는 等 技術的으로나 効率面에서 原始性을 면치 못하고 있는 경우가 許多하다. 河川에 도랑을 파서 伏流水를 採水하는 경우 施工當年에는 使用이 可能하지만 旱魃이 지나고 장마가 들거나 洪水가 나면 貴重한 勞力을 들여 파놓은 도랑은 全部 埋沒되어 버려 그 利用度가 單年에 그치고 마는 非經濟的인 方法이 되고, 나뭇단이나 자갈, 돌暗渠 등은 透水性이 크게 優秀하지 못하고 施工後 얼마 안가서 土砂가 充塡되어 버려 集水効能이 低下되는 等 改善되어야 할 점이 매우 많은 것이다. 또한 大規模 集水暗渠工事의 경우에도 가장 經濟的이고 効果的인 施工技術上의 指針이나 이에 關한 硏究가 적고 施工經驗의 不足等으로 施工完了後 豫想量의 물이 안나오는 등 解決되어야 할 問題點들이 많은 것이다.

그러면 以上과 같은 集水暗渠의 施工으로 伏流水를 開發하는데 있어 어떤 問題點들이 있으며 그 解決方法은 어떠한가에 對해 살펴 보기로 한다.

于先 伏流水開發에 있어 問題點으로 들수 있는 것은 다음의 세가지로 要約될수 있다.

即 첫째 基礎調査問題
둘째 施工材料問題
세째 施工技術問題

등이 그것이며 그 各各에 對한 現況과 解決方案에 대해 言及하면 다음과 같다.

基礎調査問題 : 現在 우리나라에는 伏流水開發을 爲한 基礎調査事業이 거의 없는 形便이다 勿論 地下水調査事業의 一環으로 土聯에 依해 몇몇군데 調査되기도 했지만 이것은 氷山의 一角에 不過하며 보다 徹底한 伏流水開發事業을 爲해서는 全國的으로 地域別, 水系別 調査事業이 이루어져야 할 것이다.

付流水開發을 爲한 基礎調査의 內容으로서는

첫째 水系別 流域調査를 들수 있다. 伏流水開發은 河川을 中心으로 이루어지게 마련이므로 이의 合理的 開發을 爲해서는 水系別 自體流域에 對한 徹底한 調査가 必要하게 된다. 流域內의 林相, 土性, 流出率, 流況等 一般的인 流域調査事項外에 流失土量의 測定까지도 包含되어야 할 것이다.

둘째는 河川狀況調査로서 河川地層狀態 河川形狀等의 調査가 必要하다.

一般的으로 河川伏流水 開發適地로서는 砂礫이 많은 沖積層, 扇狀地, 河川合流點等이라는 事實을 考慮하여 水系別로 帶水層의 深度나 透水係數, 河川屈曲狀態等伏流水開發에 必要한 基本資料가 調査되어야 할 것이다.

세째는 伏流水位變動狀況調査이다. 伏流水는 深層地下水와는 달리 氣象狀態에 따라 그 水位의 變動이 敏感한 것으로 알려져 있다. 水位의 變動과 湧出量과의 사이에는 큰 關係가 있으므로 이에 對한 調査가 반드시 必要하게 되는 것이다.

伏流水開發을 効果的으로 遂行키 爲해서는 徹底한 基礎調査가 이루어져야 함은 累言한바와 같다. 地下水開發을 위한 보다 正確하고 廣範圍한 調査事業이 必要할진대 伏流水에도 큰 比重을 두어 調査가 遂行되어야 함은 勿論, 이 基礎調査事業의 範圍는 江이나 大河川에만 局限될 것이 아니라 交流를 包含한 中, 小河川에 이르기까지 廣範圍한 것이어야 할 것이다.

施工材料問題 : 集水暗渠에 있어서 가장 重要한 部分이 暗渠部이다. 暗渠部는 多數의 集水管을 一列로 連結한 構造로 되어 있으며 管井에 있어서 Strainer와 같은 구실을 한다. 따라서 集水管構造의 良否는 採水量 多寡에 가장 큰 影響을 미치고 있으며 매우 重要한 問題라고 볼수 있다.

오즈음 널리 使用되고 있는 有孔 Concrete管이나 흄管은 管表面에 多數의 구멍(以下 流入孔으로 稱함)이 뚫린 構造로 되어 있는바 이 流入孔의 크기나 個數는 採水量에 增減을 크게 左右하는 것이다.

가장 合理的인 構造의 集水暗渠用 集水管을 製作키 爲해서는 여러 要素들이 考慮되어야 한다. 于先 流入孔數가 過多하면 管製作上 품이 많이 들어 不利하고 管의 強度가 低下되며 구멍수가 過少하면 集水能의 低下로 採水量이 줄어들게 된다. 또한 流入孔의 直徑이 過大하면 土砂의 流入이 많아지고 流入徑이 過小하면 集水能의 低下와 管製作上 困難을 招來한다.

이 外에도 帶水層 모래의 粒徑에 따라서 構造가 달라

져야 하며 運搬의 便宜性도 考慮하지 않으면 안된다. 이로 미루어 合理的 構造의 集水管을 製作키 爲한 基準設定에는 많은 硏究와 經驗을 必要로 함을 알수 있다.

表3은 1968年 遂行한 筆者의 硏究結果로서 管徑 1 m 以下의 境遇 有孔集水管이 流入孔徑은 20 mm로 하고 流入孔數는 管表面積 1 m²當 20個 配列하는 것이 集水能, 管製作 및 管의 耐壓強度面으로 보아 가장 效果的이라는 試驗結果와 管表面에 對한 流入孔의 配列은 $S \geq \sqrt{2gd}$ (但 s : 流入孔의 行間間隔, g : 流入孔의 列間間隔, d : 流入孔徑)의 條件을 滿足시키되 Zig Zag 式으로 엇갈리게 配列하는 것이 外壓에 對해 安全할 것이라는 結論을 基礎로 有孔 Concrete管의 製作基準表를 作成한 것으로서 이는 帶水層 모래의 粒徑이 比較的 微細한 境遇에 適合할 것이다.

表3 流 入 孔 配 値 基 準 表

有孔콩크리트管直徑	管의 길이	流入孔直徑	流入孔行間間隔	1行의孔數	流入孔列間間隔	1列의孔數	1本當總孔數	流入孔總面積
cm	cm	mm	cm	個	cm	個	個	cm²
30	60	20	12	3	19	2	12	37.68
60	90	〃	10	4	25	4~5	36	113.04
100	100	〃	11	10	18.5	4	80	251.20

한편 農林部에서는 表~4와 같이 有孔管의 基準을 提示하고 있다.

表4 鐵筋콘크리—트管(有孔管)規格標準(m當)

管의規格		孔口			備考
內徑	外徑	內徑	外徑	구멍수	
m	m	m	m	개	
0.6	0.73	0.025	0.02	60	구멍의配列은 Zigzag式으로한다
0.7	0.85	〃	〃	70	
0.8	0.98	0.030	0.025	80	
0.9	1.10	0.035	0.030	90	
1.00	1.20	〃	〃	100	
1.10	1.32	〃	〃	110	
1.20	1.44	〃	〃	120	

여기서 筆者가 提示한 規格과 農林部의 그것 사이에 약간의 差異가 있으나 이는 앞으로 實用效果에 따라 漸次 差異가 接近될 것으로 믿는다.

以上은 集水管規格面에서 考察해 본 것인데 材料面에서는 어떠한가?

集水管製作材料로서 가장 많이 使用되고 있는 것이 Concrete라 함은 前述한바 있다. 集水管으로서 갖추어야 할 條件이 耐久性 있고 強度가 높으며 集水能이 優秀하면서 價格이 싸야 한다는 點을 감안하여 Cement製品인 Cement管이나 흄管이 集水管으로서의 適合한지 與否는 여기서 結論지을수 없으나 其他의 材料로서 우리의 關心을 끄는 것은 P.V.C를 들수 있다. 이는 萬一 P.V.C로, 集水管을 製作한다면 集水能을 얼마든지 높일수 있을것이 期待되기 때문이다.

다만 耐久性, 強度, 그리고 價格面에서 어떨지 未知數이나 硏究의 價値는 充分히 있다고 본다,

施工技術問題 : 集水暗渠施工技術上 問題가 되는 것으로는 다음과 같은 것들이 있다. 即 暗渠의 配列方向問題, 止水壁設置問題, 자갈被覆問題等이 있다. 集水暗渠의 合理的施工은 採水量 增大나 工費節減等效率的 淤流水開發을 爲해 絕對必要한 것이다.

暗渠의 埋設方向問題와 止水壁設置問題는 筆者가 1968年度에 試驗한바 있어 여기 그 結果를 紹介키로 한다.

먼저 效果的인 暗渠의 配列方向은 河川의 狀況에 따라 여러가지로 달라짐을 表5 및 圖表1에서 알수 있다.

表5 河川狀態에 따른 集水暗渠配列方向

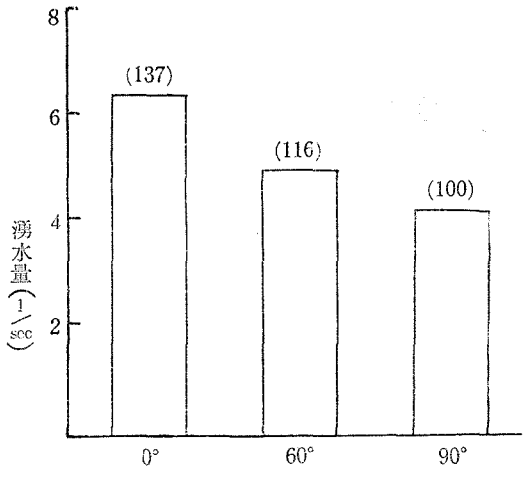
河川狀態	配列方向
河幅이 넓어 帶水層과 不透水層이 無限히 넓고 伏流水의 動水勾配가 거의 없을 境遇	配列方向 不考慮도加함 (導水에 便利한 方向으로 決定)
上記와 같으나 伏流水의 動水勾配가 큰 경우	伏流水流動方向에 直角
河幅이 좁은 경우	伏流水 動水勾配에 關係없이 伏流水 流動方向에 平行

한편 止水壁設置問題에 있어서는 旣往 止水壁을 設置하게 되면 止水壁의 下部端이 不透水層까지 完全히 密着되도록 施工해야 集水能을 높일수 있다는 結論에 到達하였다.

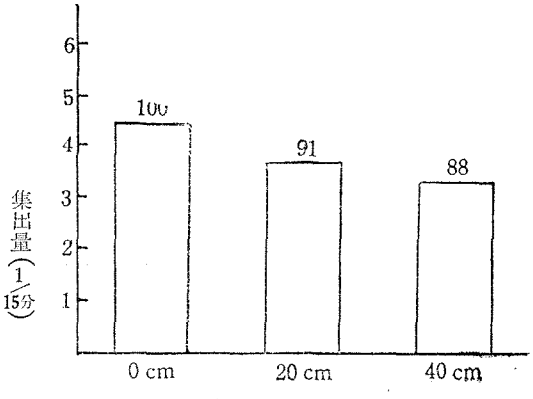
圖表2는 이에 關한 試驗結果로서 止水壁의 下部端이 不透水層으로부터 약간만 떨어져 있어도 集水量이 相當히 減少함을 알수 있다.

다음 暗渠內로 土砂가 流入하는 것을 防止하기 爲해 暗渠周圍에 자갈을 被覆하는 問題에 있어서는 자갈量의 多少와 粒徑에 따라 工事費가 크게 변함과 同時 暗

圖表1 集水暗渠配列 方向別 湧出量 (1968. 農工)
(河幅이 좁은 경우)



圖表2 不滲水層과 止水壁 間隔別 集水量 (1968. 農工)



不透水層과 止水壁間隔

渠內로의 土砂 流入量이 달라지므로 자갈 被覆 두께와 粒徑의 適切한 調節이 必要하다.

以上은 우리나라 伏流水開發에 있어서 提起되는 問題點들의 內容과 現況等에 대해서 記述하였다.

이들 問題點들의 解決에 있어 國家的인 뒷받침은 물론 關係者들의 끊임없는 關心과 硏究가 있어야 함은 再論의 餘地가 없는 것이다.

3. 伏流水開發의 今後方向

全天候農業의 具現이라는 莫重한 課題가 우리 世代에 이룩하지 않으면 안될 必然性을 지닌 것이라면 農業用水開發事業의 成敗야말로 課題解決의 關鍵이라고 아니 할수 없다.

農業用水開發事業의 大宗을 이루고 있는 地下水 및 伏流水開發은 따라서 重大한 意味를 갖게 되는 것이다.

特히 伏流水開發은 우리나라의 地形的, 氣象的 與件과 技術的, 經濟的面에서 그 展望이 밝음은 前述한바 있다.

이러한 諸與件下에서 伏流水開發을 成功的으로 이끌기 爲해서는 正確하고 合理的인 開發方向의 模索과 開發을 爲한 政策的 뒷받침이 이루어져야 하겠다.

伏流水開發이 積極推進되어야 한다는 基本方向의 大前提下에서 具體的으로는 다음과 같은 開發方向을 提示할수 있겠다.

첫째 伏流水關發對象으로서 中, 小河川이 우선 重點的으로 다루어져야 되겠다는 點이다.

언제나 水量이 豐富한 큰 江이나 大河川의 境遇는 큰 問題가 되지 않는다고 본다. 그러나 旱魃이 오면 河川流水가 涸渴되어 버리는, 그리고 旣往에 設置되어 있는 揚水場이나 洑이 그 機能을 發揮할 수 없게 되어 버리는 中·小河川의 伏流水開發이야말로 于先 時急한 問題가 되는 것이다.

平常時(旱魃이 아닌 때) 用水確保를 爲한 水源工으로서의 機能을 가진 洑을 생각해 볼 때 여기에 旱魃時의 用水確保도 可能케 하는 集水暗渠施設도 兼한 地下洑는 우리나라 中·小河川에 가장 適合한 形態의 取水施設이 될수있을것으로 思料된다.

둘째는 調査및 硏究事業의 方向問題이다. 果然 우리나라에는 얼마만큼의 利用可能한 伏流水가 賦存하고 있느냐 하는 問題와 伏流水利用可能 地點의 地域別, 水系別 調査, 그리고 氣候條件에 따른 伏流水의 變動狀況 調査等이 根本的으로 이루어져야 할 것이며 施工材料의 改良을 爲한 硏究, 帶水層狀態에 따른 集水管의 構造에 關한 硏究, 그리고 集水暗渠內로의 土砂流入防止策인 자갈 被覆問題等이 硏究되어야 할 것이다.

또한 伏流水도 一種의 地下水인 만큼 水溫이 比較的 낮으며 水質도 問題가 되는 境遇도 있다고 알려져 있다. 따라서 이 部門에 對한 基礎調査와 溫水對策에 對한 硏究도 이루어져야 할 것이다.

세째는 伏流水開發에 對한 農民들의 關心을 불러 일으키고 이들에 對한 技術指導가 이루어져야 한다는 點으로서 모든 關係經路를 통하여 農民들의 自發的인 開發意識을 고취시켜야 할 것이다.

伏流水關發을 爲한 集水暗渠의 施工에는 高度의 技術이 必要치 않으므로 農民들의 참여정신과 약간의 補助만 있으면 政府의 큰 부담없이도 開發이 可能해지기 때문이다.

再三 強調하거니와 우리나라에 있어서 伏流水開發의 展望은 매우 밝으며 이의 利用度는 더욱 增加될 것인바 合理的인 開發方向의 策定과 이에 따른 政策的 財政的 뒷받침이 強力하게 이루어지기만 하면 伏流水開發은 成功的으로 遂行할 수 있게 되고 大目標인 全天候農業의 具現에 이바지함은 勿論 營農近代化도 한결음 더 가까와질 것이다. ■