暗渠排水에 對한 小考

閔 丙 璧

I 緒 論

農耕地의 生產力向上과 農業經營의 合理化 乃至 近代化를 現實目的으로 하는 農業土木事業에 있어서 韓國의 現實이 天水畓 乃至 水利不安全畓을 水利 安全畓化하는 事業 即 灌漑改善事業을 가장 緊要視하지 않으면 안될 處地임으로 各種農業土木事業中 最重點을 이 部門에 두고 推進中임은 當然之事라 하겠으나 一便 排水改善事業도 其效果와 必要性이 至大함에도 不拘하고 一般的으로 이 方面에 對한 認識과 關心이 稀薄한 感이 不少한 此際 政府當局의 農業土木事業에 對한 將來計劃에 約 13萬 5千町步의 畓의 排水事業에 依하며 約 61萬石의 增產을 圖謀코저 하는 案을 樹立하고 있거니와 이畓의 排水에 依한 效果는 非單 過濕에 起因하는 害毒을 除去함으로서 增產을 期할 수 있을 뿐만 아니라 우리 南韓에 있어 氣候的으로 可能한 畓裏作으로서의 麥類栽培를 可能케 한다는 點에서 實質的으로 耕地의 擴張과 同一成果를 얻을 수 있다는 點에 想到할때 一層 重要視하여야 할 것이며 이러한 效果를 얻기 爲한 畓의 排水方法으로서는 暗渠排水에 依據함이 가장 效果的이라고 思料되기 때문에 이 暗渠排水事業計劃을 樹立함에 있어 參考가 될 몇 個事項에 關하여 略說코저 하거니와 一地區의 農地改良事業計劃에 있어서는 灌漑改善, 排水改善, 區劃整理, 農道設置等 全體이고 完全한 事業計劃과 施工을 함이 原則的이고 結果的으로는 보다 經濟的인 恒久的이고 合理的인 事業이 될 것이며 百年大計라 할 수 있을 것이다.

勿論 現在의 事業計劃에도 地區에 따라서는 排水工事도 包含되어 있으나 이는 主로 降雨期의 一時的인 浸湛水害에 對한 極히 粗略的이고 附隨的인 取扱에 不過하다 하겠고 眞實한 意味의 排水改善事業은 거의 等閑視되고 있음이 事實이며 耕地整理事業으로서의 耕地의 區劃, 形質의 變更 及 農道設置等은 全然 無視되고 있는 形便인데 近代農業國家로 自處할려면 農業經營의 合理化 또는 近代化를 爲하여서는 前記한 諸事業도 必然的으로 要請되는 바이니 部分的 計劃인 灌漑改善만을 爲主로하는 事業計劃을 止揚하여 全體綜合的인 計劃의 實踐化를 爲한 努力과 方途의 開拓이 摸索되어야 할 것이다.

然而나 排水改善은 降雨에 起因하는 一時的 浸水 또는 湛水害를 防止하는 것과 常時 過濕狀態에 있는 耕地의 排水改善의 二方面이 있으며 普通 前者는 Open canal drainage에 依하고 後者는 Under drainage에 依함이 適切할 것이며 따라서 過濕에 依한 害毒의 除去를 爲하여서나 裏作으로서의 麥類作導入을 爲하여서나 Under drainage에 依據함이 妥當하다고 하겠다.

然而나 治病에는 病因을 究明함으로서 根治가 可能함과 한가지로 排水改善 亦是 其不良原因을 完全把握함으로서 비로소 가장 效果的이고 根本的인 對策樹立이 可能한 것인데 이 排水不良의 原因을 列記하면 다음과 같다.

II 排水不良의 原因

(a) 地形에 依하는 것. 即 耕地의 周圍 全部 또는 三面 乃至 二面이 高臺地로 되며있는 경우.

(b) 河川等의 外水位에 依하는 것. 即 耕地面보다 河川床面이 높은 경우는 말할 것도 없거니와 洪水時 河川水面이 上昇하여 耕地面 보다 높아짐으로서 排水不能이 되는 경우

(c) 水路等의 施設에 依하는 것. 即 水路의 設置로 因하여 排水路가 用水路로 遮斷되거나 其能力不足으로 停滯水가 生기든지 水路로 부터의 滲出水로 因하여 低便 側耕地가 過濕狀態로 되는 경우

(d) 土性에 依하는 것. 即 容水量이 큰 腐植質이 過多한 土壤 또는 重粘土等의 不透水性土

壤의 경우 또는 不透水性의 心土의 경우 或은 不透水性土壤上에 물이 貯溜되고 地下水面이 地表面에 接近하여 있든지 또는 地表에 나타나 泉으로 되여 있는 경우等

上記한 各種原因의 또는 2以上이 重複되어 結局 排水不良을 露呈하게 되는 것인데 要는 洪水時 같은 降雨에 依하여 一時的인 浸水被害를 받는 경우와 平常時에도 湛水狀態를 持續하며 排水不良을 露呈하는 경우로 區分考察할 수 있다. 이러한 各種 原因에 對한 解決策으로서는 前記 (a), (b)에 起因하는 경우는 客土法을 考慮할수 있으나 이는 面積의 廣狹 土量 또는 適當한 質의 土取場의 有無等에 따라 決定할 것이며 萬一 客土法이 收支採算上으로 不可能時에는 (a)의 경우에는 周圍의 高臺地와 耕地의 境界線에 Catch canal (承水溝)을 둘여 外水의 流入을 防止하는 同時에 地區內의 停滯水는 可能하면 自然排水에 依할것이고 不然이면 Pumping drainage을 採擇할 것이다.

(b)에 對하여서도 客土法이 採用不可能時는 該地區耕地面보다 低水面이 될 位置까지 排水路를 開鑿하여 河川에 連結排除하는 自然排水에 依하든지 Pumping drainage에 依하든지 或은 地區內 排水路斷面을 擴大하여 耕地面의 湛水深을 作物에 無害할 程度로 低下시키면 된다. (c)에 對하여서는 水路를 橫斷하는 排水潛管 또는 暗渠의 新設이나 增設을 하든가 水路의 Lining으로 漏水를 防止하면 되며 (d)에 대하여서는 Open canal이나 Under canal으로 地下水面의 低下를 圖謀하여야 할것이지만 營農作業上으로나 耕地面積의 潰滅이 없이 하는 面으로나 水路의 維持管理面上으로나 Under canal을 採擇함이 良策일 것이며 特히 裏作으로서 麥類栽培를 圖謀코저하면 水稻와 麥類와는 其適當한 地下水面이나 土壤中의 含有水量의 適量에 顯隔한 差異가 있으니 이를 必要時에 任意로 調節할려면 Relief well (水閘)을 具備하는 完全한 Uuder drainage에 依하여 비로소 所期의 目的을 達할 수 있을 것이다.

上述한 諸排水不良原因의 究明에 立脚하여 이에 適合한 對策을 講究하였을때 果然 어떠한 効果가 나타날 것인가 特히 暗渠排水의 効果에 대하여 略說하면 다음과 같으다.

III 暗渠排水의 効果

(a) 土壤溫度의 上昇 : 土壤水의 蒸發은 蒸發熱때문에 地熱의 減少를 갖어 오는데 地下水가 깊을수록 蒸發은 작고 따라서 熱의 發散도 減少된다. 따라서 排水한 土壤은 溫度가 上昇하는데 其程度는 田地에서는 1年을 通하여 約 平均 5.5°C, 畓에서는 1~2°C이며 곳에 따라서는 數度높아진다.

Parkes氏의 試驗에 依하면 土壤溫度의 上昇度는다음 第1表와 같다.

第 1 表

土壤의 種類	非排水土地	排水土地	溫 度 差
地下 18cm 깊이의 溫度	8.3°C	10.6~18.9°C	2.3~10.6°C
地下 30cm 깊이의 溫度	7.8″	9.4~13.9	1.6~5.1

一便 king氏의 實驗結果는 第2表와 같다.

第 2 表

月	日	氣溫(°F)	排水土地	非排水土地
4	24	60.5	66.5°F	54.0
	25	64.0	70.0	58.0
	26	45.0	50.0	44.0
	27	53.0	55.0	50.7
	28	45.0	47.0	44.5

上表에 依하면 排水한 土地의 地溫은 氣溫보다 2°~6°F 높으며 排水않은 土地의 地溫은 氣溫보다 0.5°~6°F 얕음을 알 수 있다.

一便 Ebermayer氏는 植物生育에 가장 適當한 土壤溫度는 60°F~70°F의 範圍라 하였고 地溫 45°F 以下이면 發育에 有害라고 報告하고 있다. 이러한 結果는 餘寒의 害를 減少시키고 作物의 凍死를 없이 한다. 寒冷地帶에서 冷害를받는 경우에도 暗渠排水施工 地區에서는 이를 防止冒免하였으며 確實한 收穫을 얻고 있다. 이에 關한 日本에서의 實例를 들면 다음 第3表와 같으다.

第3表 暗渠排水에 依한 冷害防止

地域	品種名	草丈	穗數	穗長	反當收量	一穗의粒數	病虫害에 對한 抵抗力
		尺	本	寸	石	粒	
施行地	愛國	3.783	13.8	3.04	2.550	131	強
	陸羽135號	3.578	14.2	5.05	2.160	104	強
	黑稻 2號	3.380	14.5	4.32	2.040	89	強
	平均	3.580	14.2	5.14	2.250	108	

未施行地	愛　國	3.640	12.7	5.60	1.860	132	普通
	陸羽132號	3.406	12.8	4.82	1.500	103	普通
	黑糯 2號	3.285	11.5	4.26	1.350	84	普通
	平　均	3.444	12.3	4.89	1.570	106	

(b) 土壤中에 空氣의 流通을 잘되게 함.

土壤은 排水로 因하여 軟化되며 酸性이 中和된다. 물로 차있든 空隙은 排水後에는 空氣로 채워진다 即排水管의 設置로 因하여 微細한 龜裂이 土壤中에 造成되며 雨水는 이 龜裂을 通하여 暗渠에 到達하고 其結果空隙의 擴大, 土壤의 軟化가 促進된다. 空氣의 流通 及 土壤中의 물과 空氣와의 循還作用으로 土壤中의 榮養分이 酸化되여 可吸收態로 되는 同時에 空氣와 더부러 土壤의 空隙 內에 熱이 들어가며, 이 空氣와 熱이 土壤의 分解即土壤의 化學的作用과 微生物의 活動을 刺戟하여 鑛物質과 有機質의 完全한 分解를 促進하는 것이다. 都是 土壤中의 微生物은 細菌類, 菌類, 藻菌類, 酵苔類 及 原生動物等인데 이들은 好氣菌과 嫌氣菌으로 區分되며, 空中窒素固定菌, 窒素菌, 硝酸生成菌, 亞硝酸生成菌等은 好氣菌이며, Ammonia 生成菌, 硝酸還元菌에는 好氣菌도 있고 嫌氣菌도 있다.

好氣菌은 普通 地表面下 5~15cm의 層에 가장 많고 두 種類의 菌全部가 1m 以下의 層에는 거이 없다. Ammonia 生成菌에 依하여 生긴 Ammonia를 硝酸生成菌은 亞硝酸 及 硝酸으로 變化시켜 植物이 吸收할 수 있는 形態로 한다. 또 窒素菌은 空氣를 必要로 하는 것이다. 一便 硝酸還元菌은 硝酸을 還元하여 Ammonai를 만들고, 遊離窒素를 遊離하는 作用을 하며, 이 還元은 植物의 生育에 不利한 것으로서 이菌은 空氣의 流通이 나쁜 濕土壤에서 活動이 旺盛하다. 위에 말한 바와 같이 排水되지 않은 濕潤한 土壤中에서는 分解하지 않고 無效狀態로 放置되어 있든 肥料分이 分解되어 有效化하여 作物에 吸收될뿐더러 人工肥料와 한가지로 天然肥料의 利用도 完全히 이루어지는 것이다. 이 때문에 畓에서는 排水施行後 2~3年 間은 施肥量을 相當히 加減하여야 하며 土質에 따라서는 無肥料라도 收量이 大端이 增加하며, 從前과 同一한 施肥를 함으로서 오히려 稻熱病이 發生하거나 過生長으로 倒伏하여 減收를 본 例도 不少하다.

一般的으로 窒素肥料의 施肥量은 排水施行前 量의 20% 程度 節約함이 適當하다. 또 이 分解는 年次的으로 增大하며 特히 重粘土質 土壤의 軟化는 漸進的으로 일어나는 故로 排水의 完全한 效果는 數年後에 비로소 期待할 수 있는 것이다.

(c) 作物根의 伸長이 增大한다

作物根은 地下水面附近까지 伸長한다. 即其水面은 뿌리의 끝 以下에 있으며 地下水面과 뿌리 끝과의 사이에 끼어있는 土壤層의 깊이는 毛細管 水力으로 뿌리까지 물이 吸上될 만큼의 距離이여야 한다. 排水로 이 距離가 增大하고 榮養分의 攝取圈이 넓어질 뿐더러 뿌리의 伸長으로 作物이 튼튼한 基礎를 갖게 되니까 倒伏을 避할 수도 있고 旱害를 減免할수도 있게 된다.

(d) 確實性 있는 耕作과 耕耘 其他의 作業을 便利케 한다. 排水된 土壤中에 地溫보다 높은 雨水 또는 空氣가 侵入함으로서 地溫의 上昇을 갖어오니까 春季의 耕作이 濕潤한 土壤때 보다 8~14日間 때로는 24日間이나 빨리 着手할수 있다. 이는 特히 高原地帶에서 夏季가 짧은 곳에서는 이 期間이 重要한 意義를 갖게 된다. 即 作物의 成長期間의 延長을 意味하는 것이다. 또 排水된 土壤에 栽培한 作物은 平均的으로 成長이 빠르다는 點도 立證되고 있다. 一便 前述한 바와 같이 排水로 因하여 土壤은 軟化되고 特히 重粘土質도 弛緩하여 軟弱化하니까 耕耘 其他의 作業이 容易하여 生產費의 輕減이 顯著하다. 日本의 實驗例에 依하면 日本의 水稻作의 反當勞動力은 (勿論 地方的으로나 經營方法等에 따라 多少差異는 있지만) 普通은 17~23人인데 暗渠排水에 依하여 15~20% 即 反當 2.5~4.5人의 節約이 된다고 하며 特히 耕地整理와 併行하면 勞力節約의 程度는 一層 크다고 한다. 그리고 前에는 栽培를 完全히 할 수 없었던 여러 種類의 作物이 排水後에는 栽培 可能하게 되며 그 때문에 合理的인 栽培의 實施와 二毛作을 할 수 있는等 集約的인 農業經營이 可能하게 되는것이다.

(e) 病虫害와 雜草의 繁盛을 減少시킨다.

以前의 濕潤土壤에서 繁茂한 雜草의 消失銹病 其他 各種病害는 其 發生狀態가 減少되고 또 濕潤하고 寒冷한 土壤에서와 같이 甚하게 生기지 않는다. 牧草地에서는 排水後에는 酸性土壤에

生育하는 雜草가 消滅하고 良質의 풀이 대신 生기며 田地에서는 雜草가 消滅된다.

(f) 收穫物의 收量增加와 品質의 改良. 排水로 因하여 作物의 生育이 良好하면 其 收量이 增加하고 品質도 良好하여지는데 收穫의 增加는 栽培하는 作物, 土壤, 氣候, 時期 及 栽培方法에 따라 差異가 있지만 各種 試驗 及 調査例를 提示하면 다음과 같다. 即 日本에서의 米穀의 收量增加는 全國平均이 反當 4斗 6升 9合이고 普通 2~8斗이며 施行 前에 不良畓이였든 곳은 增加量이 많고 良畓에서는 其量이 比較的 작은 結果를 보여주고 있다. 即 第4表와 같으다.

第4表 暗渠排水에 依한 畓反當收量增加

地區數	施行前反當收量 收量	施行前反當收量 平均	施行後反當收量	收量增加	增加率
	石	石	石	石	
2	1.5 以下	1.300	1.900	0.600	46.2%
6	1.5~2.0	1.650	2.163	0.513	31.1
9	2.0~2.5	2.207	2.451	0.244	11.1
9	2.5~3.0	2.659	2.869	0.210	7.9
5	3.0~3.5	3.119	3.318	0.199	6.4
計 31	1.2~3.1	2.319	2.621	0.302	13.0

區分		施行前反當收量	施行後反當收量	收量增加	增加率
		石	石	石	
最高增加比率		1.700	2.600	0.900	52.9%
最低增加比率		2.650	2.710	0.060	2.3 %

一便 日本 西原農事試驗場에서의 成績은 다음 第5表와 같다.

第 5 表

試驗區	玄米收量(屯)	藁草收量(kg)	玄米收量增加率
濕畓無肥料區	0.252	250	100%
乾畓無肥料區	0.324	342	126
濕畓施肥區	0.306	290	120
乾畓(1/3施肥)區	0.334	320	131
乾畓施肥區	0.342	360	137

또 氣候的으로는 可能하나 過濕으로 因하여 栽培不能이였든 畓裏作으로서의 麥類作으로 收量 增收量에 關한 日本各地方의 實績을 例示하면 다음 第6表와 같다.

第6表 日本各縣別裏作反當收量增加

地方名	種類	施行前反當收量	施行後反當收量	收量增加
宮城縣	麥	無栽培	1.8 石	1.8 石
茨城 〃	〃(大麥)	〃	3.0	3.0
群馬 〃	〃(小麥)	〃	2.4	2.4
崎玉 〃	〃	〃	2.0	2.0
岐阜 〃	〃(小麥)	〃	1.2	1.2
靜岡 〃	〃(大麥)	〃	2.6	2.6
三重 〃	〃	1.2	1.6	0.4
京都府	〃	1.9	2.09	0.19
大阪 〃	〃	無栽培	1.8	1.8
山口縣	〃	0.8	1.2	0.4
香川 〃	〃	0.8	2.0	1.2
長崎 〃	〃	—	2.0	2.0
熊本 〃	〃	0.35	1.0	0.65
大分 〃	〃	無栽培	1.6	1.6
宮崎 〃	〃	〃	1.2	1.2
鹿兒島 〃	〃	〃	0.9~1.2	0.9~1.2
福井 〃	紫雲英	〃	146貫	146 貫
岐阜 〃	〃	〃	21 〃	21 〃
茨城 〃	混種	〃	1.6 石	1.6 石
神奈川 〃	〃	〃	1.4~2.5	1.4~2.5

다음에 田地에 施行한 暗渠排水에 依한 收量增加에 關한 調査例를 表示하면 다음 第7, 8, 9表와 같으다.

第7表 田地暗渠排水에 依한 收量增加
(日本北海道)

種類	區分	施行前反當收量	施行後反當收量	增加率
小麥	最高	0.600 石	1.200石	100%
	最低	0.900	1.400	22
	平均	0.820	1.167	42
燕麥	最高	2.000	3.000	50
	最低	2.250	2.750	22
	平均	2.193	3.034	41
馬鈴薯	最高	160.00貫	400.00貫	150
	最低	288.00	400.00	39
	平均	226.08	351.00	55

第8表 田地 暗渠排水에 依한 收量增加

種類	施行前反當收量	施行後反當收量	收量增加	增加率
小豆	0.82石	1.17石	0.35石	43%
燕麥	2.19	3.08	0.89	41
蕎類	1000斤	2000斤	1000斤	100
桑	200 貫	240 貫	40 貫	20

第9表 獨逸에 있어서의 暗渠排水에 依한 收量增加

種類	Rheinland	Eifel	Ober lausitz
라이麥, 裸麥	23~33	55~80	29~74
燕麥	30~42	59~116	24~44
小麥	27~37	—	33~88
馬鈴薯	33~50	80~100	50~73

一便 收量의 增加는 降雨가 順調로운해에 最大이지만 乾燥한 해에 있어서도 排水된 土地는 非排水地에 보다 越等한 收穫을 올리고 있다. 即 1908年에 Böhmen에 大端한 旱魃이 來襲하였는데도 不拘하고 排水한 土地의 收量增加는 牧草地에서 47%, 蕎類는 35%, 禾穀類는 25%라고 記錄되어 있다. 또 1852年 Preussen의 某地方에서 여러가지 깊이로 暗渠를 埋設하고 이것이 洋배추의 栽培上에 미치는 影響을 試驗하였는데 其 結果는 第10表와 같으다.

第10表 暗渠埋設深에 依한 收量 $\left(\frac{1}{4}\text{ha當}\right)$

埋設深	收量	埋設深	收量
1.50m	4400kg	1.05m	3350kg
1.20m	4250kg	無暗渠區	2350kg

排水에 依한 穀類의 品質向上은 收穫된 穀粒의 100.의 重量增加로서 立證되였으며 Böhmen에서의 調査結果는 第11表와 같으나.

(g) 干潟地의 塩分除去를 促進함

干拓地는 多量의 塩分을 含有하고 있어 旱魃로 耕地面이 乾燥하면 土壤內의 毛細管現象으로 塩分이 畓面까지 上昇하여 莫大한 塩害를 주는데 暗渠排水로 塩分을 下層으로부터 吸收耕除하고 一便畓面에는 灌漑를 實施함으로서 塩分의 上昇을 抑制하여 塩分除去를 促進하는 同時에 塩害를 免할 수 있다.

第 11 表

種類	增加率
小麥	2.6%
裸麥	2.7
大麥	4.5
燕麥	8.7

IV 地下水의 流動降下

暗渠排水의 効果를 充分히 얻어 所期의 目的을 達成할려면 達當한 깊이에 暗渠管을 埋設함과 同時에 暗渠管束의 間隔亦是適當하여야 하는 것이며 反植栽作物의 生育에 가장 適合한 地下水面과 土壤水分의 含有量을 갖게 하기 爲하여 相互密接한 關係가 있는 暗渠의 埋設深과 間隔을 策定함이 가장 重要한 問題인데 이를 理解할려면 먼저 土中에 管을 埋設하였을때 地下水面이 如何히 變化하는 가를 把握할 必要가 있으며 이에는 地下水의 流動降下狀態를 알어야 한다. 이에 關한 Spöttle氏의 說을 紹介하면 如次하다.

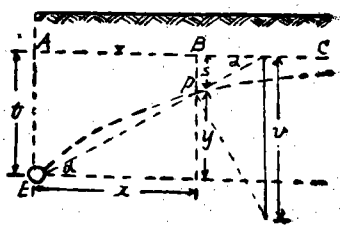
地下水로 充滿되여 있는 Soil 中의 1個所에서 물을 移動시키면 Soil中의 물은 그 Balance가 깨어져 水滴은 靜止狀態로부터 移動을 始作하는 것인데 이 結果 地下水面이 如何히 變化하느냐 하는 問題에 對한 Spöttle氏의 所說은 다음과 같다. 即 그림에서 ABC는 最初의 水平한 地下水面, t는 地下水面下 排水管까지의 깊이, v는 調査時期의 滲透速度라 하고 P를 速度 v로 그時間中에 降下한 地下水位의 1點이며 그 座標를 (x, y)라 하면

$$\overline{EP}=\sqrt{x^2+y^2} \qquad \overline{PB}=v\cdot\sin^2\alpha$$

또 $y=t-v\sin^2\alpha$ ……(1)

$$\sin\alpha=\frac{y}{\sqrt{x^2+y^4}}$$

及 $\sin^2\alpha=\frac{y^2}{x^2+y^4}$ ……(2)



(1)(2) 式으로부터

$$y=t-\frac{vy^2}{x^2+y^2}$$

$\therefore$ $y^3+y^2(v-t)+yx^2-tx^2=0$ ……(3)

또 $x=y\sqrt{\frac{y-t+v}{t-y}}$ ……(4)

一定한 x에 對應하는 y를 (3)式으로부터 求함

即 $y=z-\frac{v-t}{3}=z-a$

(3) 式의 1根은

$$z=\sqrt[3]{-\frac{q}{2}+\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2+\left(\frac{p}{3}\right)^3}}+\sqrt[3]{-\frac{q}{2}-\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2+\left(\frac{p}{3}\right)^3}}$$ ……(5)

(5)式에서 $p=x^2-3a^2$, $q=2a^3-x^3(a+t)$

따라서 一定한 x의 값에 대한 y의 값을 計算할 수 있다. 따라서 水面降下 s는

$S=t-y$……(6)으로 求할 수 있다.

滲透速度 v인 어느 Soil에 對하여 1日間의 滲透速度 v를 各各 1倍, 2倍……n倍하면 排水를 始作한 後 1日, 2日, 3日……n日째의 水面降下 S, 或은 單位時間內의 n倍의 S가 얻어진다. 萬一 滲透速度v가 一定하면 이렇게 하여 求한S로부터 曲線으로 表示되며, 또 딴 v에 對한 S의 값을 近似的이기는하나 얻을 수 있다.

V 暗渠의 埋設深과 그 間隔

暗渠의 埋設深과 그 間隔의 兩者는 相互聯關性이 있는 問題-깊게 埋設하면 그 間隔은 넓어지고 反對로 얕으게 埋設하면 間隔은 좁아야 한다——일뿐 아니라 이들은 暗渠의 種類, 作物의 種類 및 土質等과도 密接한 關係가 있는 것이어서 一律的으로 그 基準을 明示하기는 困難하다. 따라서 다음에 보는 바와같이 試驗이나 調査를 한사람에 따라 若干差異가 있는 것도 無理가 아닐 것이다.

以前에는 石礫暗渠나 粗朶暗渠와 같은 所謂簡易暗渠는 大端히 얕으게 即 0.6m~0.9m 程度로 埋設되었으며 其後 一時는 管暗渠도 1m 程度로 얕으게 敷設되었으나 其後 多數의 試驗과 經驗을 通하야 너무 얕다는 것이 判明되였고 一律工事費面에서도 얕면 地下水面의 降下量이 작으니까 그間隔을 좁게 하여 一定面積內에 敷設하는 管數가 增大되는데 對하여 깊으게 敷設하면 그 間隔을 넓힐 수 있으니까 工事費가 安價로 된다. 그러나 너무 깊게 設置하면 溝渠의 掘鑿과 管의 敷設에 要하는 費用이 急增하게 된다. 따라서 適當한 埋設深에 對한 各種研究가 거듭 되었는데 이에對하여 Friedrich氏는 田畓을 通하여 1.25m~2.50m의 깊이가 適當하다고 하였으며, Perels氏 及 Gerhardt氏는 1.25m를 推薦하였고 Smith氏는 0.90m의 깊이면 充分하다고 하였고 Parkers氏는 最少限度를 1.40m로 하였다. 그러나 現在에는 一般的으로 吸水渠의 最適埋設深은 1.25m 集水渠는 1.30m로 落着되여 있는 形便인데 勿論 이를 機械的으로 適用하여서는 안된다. 即 作物의 種類 及 土質, 地下水狀態, 氣候等의 各條件에 따라 1.25m 보다 깊게 하든지 얕게 하든지 適當히 調節하여야 할 것이다. 例示하면 牧草地나 牧場의 排水時에는 1.25m 보다 얕게 하여야 함이 普通이고 腕豆, 홉프, 葡萄等은 1.25m 보다 相當히 깊게 埋設하여야 한다.

水稻根의 成長은 普通 0.60m~0.70m라 말하고 있으니까 畓에서는 收穫後의 休閑時期에 地下水位를 그 以下로 얕게하기 爲하여서는 1.0m 以上의 깊이가 必要하며 1.00m~1.20m를 標準으로 定하고 있는데 萬一 裏作로서 麥類栽培를 考慮한다면 麥類에 適合한 깊이로 埋設하고 水稻生育時는 水位를 水閘으로 調節하는 方法을 取하여야 할 것이다. 作物의 種類와 暗渠埋設深과 이 關係를 表示하면 第11表와 같으다.

第 11 表 作物의 種類와 暗渠埋設深

作物名	水稻	小麥	大麥	麻	甘蔗	쿠로-바-	헷트쿠로-바-	양파	토마도	시금치	감저	홉프포도
主根到達深(m)	0.9~0.9	1.2~1.5	1.2~1.5	0.76	1.5~1.7	1.2~1.4	1.0	1.5	1.2	1.0	1.0	—~—
暗渠埋設深(m)	1.0~1.2	1.2~1.4	0.95~1.25	0.76~0.95	1.2~1.4	1.5~1.8	0.9~1.2	1.05~1.5	1.05~1.2	0.6~0.9	0.9~1.05	1.8~2.0

또한 土質과 暗渠의 깊이와에 關한 例에는 다음 第12表 같은것이 있다.

第 12 表 土質과 暗渠埋設深

土質	砂土	壤土	粘土	泥炭土
深(m)	1.20	1.30	1.4~1.6	1.70

英國에서는 最近 粘土質 土壤에서는 5.0~6.5m 間隔에 0.70~0.85m 깊이로, 壤土에서는 6.5m~9.0m 間隔에 대하여서 0.90m~1.00m 깊이를 採用하고 있다. 然而나 洪積厚層의 土壤의 경우 特히 石灰質이 많은 土壤에서는 보다 더 깊은 暗渠 即 1.30m~1.50m로 吸水渠를 敷設하는 것이 適當하다. 다음에 暗渠의 間隔은

좁게하면 물은 管內에 速히 流入하여 빨리 排水됨으로 排水效果面으로는 可及的 좁은 間隔이 좋으나 不經濟的이 되니까 이 二條件을 잘 考慮하여 適當한 間隔을 擇할 것이로되, 이 間隔을 決定하는 條件은, 降雨量 土壤狀態 及 그透水性, 土壤의 成層, 暗渠의 깊이 及排除期間, 作物의 種類等이다. 그리고 暗渠排水는 그 實施後 最初의 해에는 普通 排水作用이 旺盛하고 그 間隔이 過少한 듯이 生覺될 程度로 排水量도 豊富하지만 數年經過하면 그 技能이 顯著하게 減少되는 것이니 이點도 考慮할 點이다. 多雨地方에서는 寡雨地方보다도 좁은 間隔이 必要하고, 山脈의 降雨側土地는 反對側보다 좁게하고 北面傾斜地는 南面傾斜地보다 좁게 取할것이다. 또 森林附近, 湖海의 沿岸等 土壤面 蒸發量이 작은 地方은 좁게 取할것이다. 土壤의 透水性이 작을때 即 結合性 土壤에서는 그 間隔을 좁혀야 한다. 一便 土壤中에 石灰分이 多量으로 含有되어 있을때에는 含有量 少量일 때 보다 넓게 할것이며 다음과 같이 石灰의 含有量에 따라 그間隔을 다음 數字의 範圍內에서 크게 할 수 있다. 即 石灰含有量 15%인때 0.5~1.0m 同 30%에 대하여 1.0m~2.0m, 同 50%에 대하여 2.0~3.0m.

一便 土壤中의 鐵結合物은 이와는 反對影響을 미치며 鐵分을 含有하지 않는 土壤에서보다 좁게 設置한다. 또 濕潤한 土壤中에 腐植質을 含有하고 있으면 高度의 容水性때문에 空氣의 循環을 妨害하는 故로 腐植質을 含有하지 않는 土壤보다 좁게 敷設하여야 한다. 地表面의 傾斜度도 暗渠間隔에 影響을 미치며 Kopecky氏는 勾配가 增大함에 따라 다음과 같은 範圍內에서 各種 土壤에 對하여 間隔을 넓힐 수 있다고 말하고 있다. 即砂質土壤中의 暗渠間隔은 3.0~4.0m, 壤土中의 것은 2.0m, 粘土中의 것은 1.0m.

滲透나 蒸發에 特別히 큰 影響을 미치지 않는 普通程度의 降雨量의 곳에서 平均 1.25m의 깊이에 埋設된 暗渠에 對하여 傾斜, 土壤의 含水性 或은 結合性, 自然排水가 可能한 透水層에 依하여 影響을 받는 範圍內에서는 다음 第13表에 依據하여 暗渠間隔을 大略 判斷할 수 있다. 이 경우에 土壤의 傾斜와 成層 及 그 自然排水의 狀態如何가 橫斷式 暗渠排水方法을 取하느냐 縱斷式을 取하느냐에 對한 重要한 指針이 된다. 橫斷式은 勾配가 $\frac{1}{250}$ 即 0.4% 以上인 곳에 使用할수가 있는 것이며 土地勾配 $\frac{1}{250}$이 暗渠의 間隔決定上의 限界로 되어 있다. 最右便欄에 쓴 값은 "Schlesien의 指針"에 依하면 橫斷式 暗渠排水時에는 20% 增加하여도 支障이 없다.

第13表 吸收渠의 間隔 (P. Gerhardt)

土壤의 種類	微細汚泥	1:250까지의 平地地 (縱斷式暗渠排水)		1:250以上의 傾斜地 (橫斷式暗渠排水)		Schlesien 州總務委員會
		間隔	備考	間隔	備考	
重粘土	>75%	8~10m	透水層이 있고	8~12m	自然排水路있으	10~12m
普通粘土	75~50	10~12	自然排水路로서	10~15	면 間隔을 넓힐	—
重壤土	50~40	12~14	利用될 때에는	12~18	수 있다.	12~14
普通壤土	40~30	14~16	間隔을 넓힐 수	14~21		14~16
砂質壤土	30~20	16~20	있다.	17~25		16~20
壤質砂土	20~10	20~24		21~30		20~24
輕砂土	10~5	24~30		25~35		24~30

地下自然排水를 利用할 수 있으면 不均等質土壤인 경우 뿐만 아니라 均等質土壤의 경우에도 橫斷式은 縱斷式보다 暗渠間隔을 넓힐 수 있고 더욱히 土地勾配가 急하면 보다 더 넓힐수 있다. 然而나 이에는 限界가 있으며 土地勾配가 어느 一定한 限度를 超過할 때에는 反對로 그 間隔을 좁혀야 하는데 이에 關하여 C. Heinze氏는 2個의 隣接하여 있는 吸收渠의 高低差가 0.5m를 超過하면 안된다고 말하고 있다. 特히 注意할點은 1.2m 以下의 좁은間隔은 急傾斜地에서도 稀少하며 가장 急한 傾斜地에서도 8m 보다 좁게 하여서는 안된다. 이 點 Gerhardt氏가 指示한 暗渠間隔의 範圍 8m~35m는 根據 있는 것이며 이는 經濟的인 暗渠間隔이라 할 수 있다. Kopp

氏는 그 著書에서 吸收渠의 間隔을 다음 第14表와 같이 提示하고 있다.

第14表 吸收渠의 間隔

土壤의 種類	畓 田	牧草地
粘性이 强한 단단한 粘土	10~12	12~14m
軟弱한 壤土	15	18
弛緩한 輕鬆한 土壤 (砂質壤土~壤質砂土)	18~22	22~25
自然排水가 行하여지고 多量의 물이導水되는 層이 있는 土壤	25~28	30~35

土壤의 透水性은 其粒徑에 左右되는 것이며 特히 土壤中의 Colloid分의 含有量에 左右됨이 多大한 만큼 現在 土壤學的 見地에서 暗渠間隔을 選擇하는데 있어 가장 實質的으로 標準的 方法으로 採用되는 것은 機械的土壤分析이며 Kopecky氏는 粒徑 0.01mm 보다 작은 것을 微細汚泥라 名命하고 그 含有容積으로 暗渠間隔의 標準으로 採用하였다. 即

$x=\frac{\text{暗渠의 間隔}}{\text{暗渠의 깊이}}=\frac{e}{t}$에 대하여 다음의 第15表를 報告하고 있다.

第15表 吸水渠의 間隔

土壤의 種類	微細汚泥%	$x=\frac{e}{t}$		t=1.25m에 대하여		備考
		kopecky	Canz	Kopecky	Canz	
重粘土或은粘土	<70	7.0	7.0~8.0	8.5	8.5~9.0	
細砂質粘土	70~55	7.5	8.0 9.0	9.5	9.0~11.0	
砂質壤質粘土	55~40	7.5~9.0	9.0~10.5	9.5~11.0	11.0~13.0	
緻密한壤土	40~30	9.0~10.5	10.5~12.0	11.0~13.0	13.0~15.0	
砂質壤土	30~20	10.5~12.0	12.0~14.0	13.0~15.0	15.0~17.5	
壤質砂土	20~10	12.0~14.0	14.0~16.5	15.0~17.5	17.5 21.0	
輕壤質砂土	<10	14.0~15.5	16.5~19.0	17.5~19.0	21.0~24.0	

一便 Breitenbach氏는 土壤의吸着率 또는 吸濕率을 暗渠間隔에 대한 基準으로 하고 實驗을 通하여 確認한 土壤의 吸着率 H와 暗渠間 隔 e와의 關係를 다음과 같이 提示하고 있다.

即 $e=\frac{1.621-\log H}{0.055}$

이 關係를 表示하면 第16表와 같으다.

第16表 土壤吸着率과 暗渠間隔

間隔	吸着率	間隔	吸着率	間隔	吸着率	間隔	吸着率
5m	22.2%	10m	11.78%	16m	5.51%	22m	2.58%
6	19.55	11	10.38	17	4.85	24	2.00
7	17.22	12	9.14	18	4.28	25	1.79
7.5	16.17	13	8.06	19	3.77	26	1.95
8	15.18	14	7.10	20	3.32	28	1.21
9	13.37	15	6.25	21	2.93	30	0.94

또 Rothe는 이 土壤의 吸着率과 間隔과의 關係를 暗渠의 깊이 1.25m인 경우 다음과 같이 定하였다.

即 $e=\frac{117}{H}$ or $e=\frac{638}{He}$

但 e=間隔(m), H=土壤吸着率(%)

He=徑 0.002mm 以下의 土粒比率

實地調査한 3種類의 土壤에 대한 것을 表示하면 第17表와 같으다.

第17表

土壤의 種類	吸着率(%)	暗渠의깊이(m)	間隔(m)
粘土	15.0	1.25	8.0
粘質壤土	10.0	1.25	11.0
壤土	5.0	1.25	20.0

上記한 外의 各種 試驗調査結果를 表示하여 參考資料로 提供코저 한다.

(i) C.G. Elliot氏에 依하면

土壤의 種類	暗渠深(m)	土壤의種類	暗渠間隔(m)
重粘土	0.60~0.75	重粘土	27.0~36.0
		粘壤土	54.0
輕砂土	1.30	冲積土	63.0~72.0

(ii) A.G. Smith氏에 依하면

暗渠의 埋設深은 平均値로서 1.05m, 間隔으로서는 普通土壤 10.0~24.0m, 透水性砂土 50~60m를 提示하였다.

(iii) G.W. Pickel氏에 依하면

地表下 0.9m로 地下水位를 低下시킬라면 깊

이 1.05m~1.30m에 重粘土質 土壤에는 0.60m ~0.75m에 埋設하고, 間隔은 普通 土壤에서는 16m~33m로, 16m 以下는 特殊作物以外는 經濟的으로 不利하며 廣大地域에서는 50m~60m로함이 可하다 하였다.

(iv) Vincent氏는 暗渠深 1.25m의 경우

土壤의 種類	깊이 : 間 隔	換算한 間隔 (m)
普通土壤	1 : 1 2	15~16
透水性土壤	1 : 1 5	18~19
重粘土	間隔을 充分히 좁힐것	

(v) Wäge氏는 暗渠深 1.25m의 경우

土壤의 種類	間 隔 (m)
粘土 50%以上 含有한 埴土 (山間傾斜地)	7.5~9.5
粘土 50%以上 含有한 埴土 (平 坦 地)	9.5~11.3
粘土 20~30% 含有한 壤土	11.3~18.0
粘土 10~20% 含有한壤質砂土	18.0~22.5
粘土 10%以下 含有한砂質壤土	22.5~36.0

(vi) John氏는 깊이 1.25m의 경우

土壤의 種類	輕砂土	砂質壤土	普通壤土	肥沃壤土	普通粘土	重粘土	重粘土(氣候極濕潤)
間隔(m)	25.0~36.0	18.8	15,0	11,3	9,5	7,5	6.5

(vii) Engel氏는 깊이 1.20m의 경우

土壤의 種類	間隔(m)	土壤의 種類	間隔(m)
淸潔한 粗砂土	16~18	砂質粘土及泥炭土	11~14
鐵分을 含有하는 砂土	13~15	細 砂 土	10~12
粘 質 砂 土	12~14	普 通 粘 土	9~11

(viii) Saatz氏는

土壤의 種類	間隔(m)	土壤의 種類	間隔(m)
重 粘 土	10~12	砂 質 壤 土	16~20
中庸粘土及粘質壤土	12~16	砂 土	20~24

(ix) Kopecky 敎授는 깊이 1.30m의 경우

土 壤 의 種 類	微粒汚泥 (%)	間隔(m)
重粘土 或은 粘土	>55	8~9
細 砂 質 粘 土	55~40	9~10
砂 質 壤 質 粘 土	40~25	10~12
緻密한壤土 或은 砂質壤粘質土壤層	25~15	12~14
砂質이 大端히 많은 或은 細砂質壤土	15~7	14~16
砂質이 많은 壤土, 砂質이 많은 或은 腐植質이 많은 砂土	7~2	16~18
砂質이 작은 或은 腐植質이 작은 砂土	<2	18~20
砂	—	20~24

(x) 日本의 田中敎授는 깊이 1.25m의 경우

土壤의 種類	粘 土	壤 土	砂 土
間 隔(m)	10~14	14~20	20~24

以上 暗渠排水에 關한 몇가지 點에 대하여 論하였거니와 本邦에 있어서 앞으로 食糧增産과 農業經營의 合理化를 爲한 一方策으로서 即 過濕畓에 대한 地下水面의 低下나 畓裏作으로서의 麥類栽培를 爲하여 地下水面의 低下 또는 調節을 圖謀하기 爲하여서 或은 畓에서의 作業能率의 向上을 爲하여 即 畓의 耕耘作業을 비롯한 各種作業에 能率的인 機械導入을 爲한 地下水面의 調節을 目的하고 暗渠排水工事를 實施하게 될 경우 가장 效果的이고 經濟的인 計劃이나 施工을 可能케 할려면 이에 關한 試驗調査研究部門이 白紙인 現實에 비추어 앞으로 暗渠排水를 爲한 各種基礎的인 諸要素에 대한 究明이 切實히 要望되는 바이라 하겠으며 本拙稿가 이 問題에 대한 各會員의 關心을 惹起함에 多少라도 힘이 된다면 望外의 所得이라 하겠다.

(筆者, 忠南大學校 農科大學敎授)