貯水池 土砂沈澱에 對하야

金 學 榮

I. 概 論

古今을通하여 우리地球上에있어 어느나라를 莫論하고 基礎的自然資源中에서 가장 重要한 물의利用策은 流水하는 河川을 人工的으로 締切하여 運河, 灌漑, 飮料, 工業水의供給, 發電, 其他公益事業等으로 水資源을 開發利用하고 經濟的基盤을 確立시키며 人類의生活水準 向上을 圖謀하여 왔다는것은 周知된 事實이다.

이 水資源開發에있어 各國에많은 土木 技術者가 關與하여 이方面에技術的인 設計, 企劃, 施工, 材料等 多方面의發展을 가져왔다. 特히 물에對한 基礎的資料蒐集 및 實驗等의 發展이 顯著하였으며 世界各國의 主要河川에는 長期日에 걸치여 組織的인 물의流出量이 測定되어 河川開發의 設計와 企劃에關하여 要求되는 水利學 及 水文學分析에는 滿足할만하고 適合된 資料가 完備되어 있으나, 他面 水問題와隨伴되여 上流로부터 土砂가流出되어온다는 問題 卽 이에 對한 關心을 가지고 이에 對한 硏究가 各國에있어 多少差異는 있으나 先進的 位置에있는 美國에있어서도 最近二十餘年의 일에 不過하다.

◎世界主要河川의 土砂浮流含有量(重量)%

河 川 名	浮流包含量	
	平 均	最 大 %
코로라도(美)	1.54	3.81
黃 河(中)	0.40	1.00
나이로(埃)	0.05	0.158
간지스(印)	—	0.194
세이느(佛)	0.004	0.274
信濃川(日)	0.01~0.06	0.15~0.24

水資源開發에있어 물에對한 硏究資料 蒐集보다 土砂流出에對한 硏究및資料蒐集이 相當히 뒤떠러졌다는 理由로서는 過去에 水資源開發事業이 主로 河川의上流部로서 恒常 淸水가흐르는 山間僻地에 設置되었다는 事實을 들수있다. 이것은 經濟的 技術的見地에서 有利한 場所이였기 때문이다. 그中에는 勿論 土砂流出量이甚한 位置에 選定되어 貯水地의 埋沒로 因한 被害및 維持管理上 莫大한金額이 所要된 箇所도 있었으나 極히 少數에 不過하였고 그나마 土砂流出로因한 被害는 長時日에걸쳐서 나타났기때문에 等閑視된 傾向에 있었다. 今日에있어 自然人口增加와 生活水準의 向上은 더욱 河川開發(水資源)利用의 必要性이 커지며 漸次的으로 土砂流出量이 많은 位置에도 堰堤를築立하지 않으면 않될 立地條件에 서게된다.

過去에는 一個貯水池를 築造하는데 이에對한 利用壽命에 對하여 考察하지 아니 하였다. 土砂流出로因한埋沒과 堰堤의經濟的壽命은 少數地區이나마 埋沒의被害를 입고서 비로소 土木工事의 價値 效率을 再檢討 하게되여 國土保存이란 流域管理問題가 擡頭된것이다. 河川의土砂累積, 貯水池의埋沒, 水路의土砂沈澱 및 流去, 流域에 걸친農業, 林野地帶에서 發生하는 土壤侵蝕問題와 이에對한 對策이다. 卽 農地保存策으로, 地被物의造成 土地의有機的利用과輪作 保存灌漑, 排水, 洪水調節, 牧野地造成 等等에 對策과 硏究가 必要하게 되었다. 美國에있어서는 不過二十餘年前부터 이土砂沈澱에對한硏究및 資材蒐集에 꾸준한努力이 持續되었으며 試驗器具, 現場에서의 試料採取等으로 近來十餘年間에는 土砂沈澱에關한硏究發表, 算出方法, 試料採取器의發明및 發展, 試驗器具의 續出을보아 本格的인 調査및對策과 資料의蒐集發表를 보게되었다.

우리나라 實情을도리켜보건데 主要河川에 對한 流出量測定과 主要測候所의雨量測定으로 水文學, 水利學에必要한 資料는 完備되어있다하여도 過言이 아니다. 反面에 土砂流出量의測定設

備는 全無하며 單只 現在林業試驗所에서 數個의 plot를 作成하여 降雨와地被, 傾斜에서 이러나는 土壤流出量의試驗等을 着手한것이 最近의 일에不過한 實情이며 土砂流出로因하여 全國에散在하는 灌漑用의大小貯水地 및 防水堤改築費에 對한 被害額은 莫大한것이며 特히 小溜池에對한 被害는 顯著한것이 있다. 特히 强調하고싶은것은 國內主要河川要所에 물에對한 流出量測定所가 設置되어 記錄되며 將次 물利用問題의 設計資料로서 提供되드시 土砂流出量과 累積狀態를 測定하여 그數値가 記錄되며 물과 同等하게 將次있을 土木工事의 設計資料를 提供케 하는것이 緊要한것으로 믿고있는바이다.

또 現在까지 貯水池設計에있어 灌漑用必要水量에對한 內容積을算出하여 計算上便利한데로 堰堤高를 決定하여왔다. 그實例로서는 過去設計認可된分의 必要貯水量과 實有效貯水量을 對照하여 容積餘裕量을 내본結果 求禮의九鷺池는 必要貯水量 191,4町米에 實有效貯水量 214,9町米로서 2割3分5厘의 比率을 내었으며 冠山의聖山池는 必要貯水量 72町米에 對하여 實有效貯水量이 72,15町米로서 不過1分5厘의 比率을 나타냈으며 平均比率을 5分5厘를 나타내고 있다. 參考로 이들의比較表를 보면 다음과같다. 流域狀態에對한 設計書에 記載된 內容을 보면 備考欄에 記入된것과같이 粗略的이며 全然記載조차 없는 地區가 많다.

貯水池必要貯水量과 實貯水量의 比較表

道別	組合名	貯水池名	蒙利面積	流域面積	必要貯水量	實有效貯水量	餘裕量	同比率	備考
			(町步)	(町步)	(町米)	(町米)	(町米)	%	
忠北	淸美	(擴張地區)	880	4,675	448.8	449.19	0.39	0.08	全無
	報靑	水汗地	200	2,227	100.0	112.5	12.5	12.50	〃
		屯德池	120	265	50.3	51.3	1.0	1.98	〃
		五德池	190	403	85.7	88.3	2.6	3.03	〃
全南	鵲川	月南池	460	1,150	205.3	221.7	16.4	7.98	傾斜急하고林相良好
		鶴洞池	160	400	71.4	74.7	3.3	4.62	林相比較的良好耕地比率小
	求禮	九灣池	580	8,100	191.4	214.9	23.5	12.27	全無
	冠山	農安池	170	365	81.6	82.19	0.59	0.72	草生池, 急傾斜耕地比率小
		聖山池	150	317	72.0	72.15	9.15	0.21	草生地急傾斜
		魚陰池	100	230	40.0	44.76	4.76	11.90	大部分草生地急傾斜, 耕地比率小
平均								5.53	

II. 土砂流出에關한 算定

a. 美農務省農地保存處에서 實施하고있는一方法

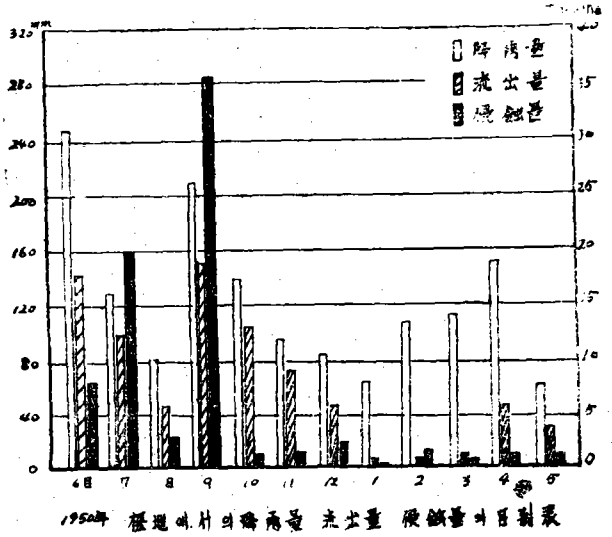
比較的 狹少한流域을가진 小溜池를 築造함에있어 集水流域의實態調査를 實施한다.

實態調査內容은 現狀態의土地利用區分인 耕作地, 林野地, 荒蕪地, 牧草地로 細分하고, 地被物(輪作으로因한作物) 및 傾斜度, 傾斜長을 測定한다. 勿論美東南部七個州에對한 年雨量分布 및 土性試驗 (물에對한 滲透率 및 各土質에對한 물飽和率)等은 調査되어 各各係數를 定하고있는것으로서 上記된 條件下에 惹起되는 表面土砂侵蝕値는 農地保存試驗場에서 多年間 試驗된値가 基礎로된다. 이係數를 一定한 公式에 挿入하여 年間侵蝕量 및 貯水池의 埋沒値를 算出하고 그貯水池의經濟的壽命이 五十年으로 되어있으면 이 年間値에五十倍가 堆積되여 內容積이 減少된다는 豫想下에 堤塘高을決定하고있다.

勿論 이 算出法에있어 現在의流域狀態下의 侵蝕量, 流域管理및 保存事業을 實施한 後에 이러나는 侵蝕値가 各各 相違하며 保存地區에있어서는 保存事業實施後에 減少된 侵蝕量을 乘하게 된다. 土砂의貯水池沈澱問題는 自然의힘으로써

人力으로 全的인防止는 不可能하나 어느程度의減少를 가져 올수있는것은 流域管理및保存事業에 期待되는 바가 크다. 上記한 一方法의內容은 農業土木會誌 第一卷 第二號에 土壤侵蝕算出法에 詳細히 記述하였으니 參考로 一讀하시면 大體的인 輪廓을 把握할수 있으리라고 믿는다. 이러한 方法은 長期間에걸쳐 끝임없는 試驗研究의 結晶으로서 莫大한金額과 人員이 動員되여 蒐集된試驗値에 應用으로 現在 美東南地方七箇所 農地保存處地方事務所에 沈澱關係技術者들間에 使用되고있는 一例이다. 前記한바와如히 우리나라에서는 數年前에 中央林業試驗場內에 傾斜度, 地被物(樹木)과 雨量에서 오는 土壤流出値를 蒐集하고 있는것을 보았는데 한거름 더나아가서 田作, 耕作物 傾斜와雨量에對한 流出土砂量에 試驗은 아직도 着手하지 못하고 있는 實情에있다.

參考로 이러한試驗에對한 日本에서의 試驗結果를 略記하면 다음과같다.



1950年 樣地에서의 降雨量 流出量 侵蝕量의 月別表

上記圖面에서 流出量은 降雨量에 比例되나 侵蝕量은 比例되지않은것을 알수가있다. 9月의侵蝕量이 特히大한것은 五分間降雨强度 103粍降雨에 對하야 28.2ton/ha의 土壤侵蝕을生한것이며 反對로 六月은 降雨量에比하야 强度가 적은것을 表示하였다. 이外에 降雨의性質과土壤侵蝕, 帶狀作付와土壤侵蝕과의關係 傾斜地의實驗等을 實施하였으며 土壤의性質과 侵蝕과의關係等을 實驗研究對象으로하고있다.

傾斜地試驗地에서의 實驗結果의一例(參考)
傾斜의長및耕作方法과土壤侵蝕과의關係

	緩傾斜				急傾斜			
	流出率	土壤侵蝕量(kg)			流出率	土壤侵蝕量(kg)		
	(%)	生育中	收穫後	合計	(%)	生育中	收穫後	合計
斜距離25m								
縱畝栽培	2.3	43	2,887	2,930	1.5	29	5,336	5,365
横畝栽培	0.9	34	78	112	1.2	20	170	190
帶狀栽培	0.9	26	13	39	1.0	23	18	41
斜距離50m								
縱畝栽培	1.9	54	62	116	3.4	607	3,380	3,987
横畝栽培	1.9	82	55	137	3.0	704	165	869
帶狀栽培	1.7	56	96	152	3.0	730	38	768

(1) 縱畝栽培에서의 土壤侵蝕狀態는 傾斜度 7°~8°의 緩傾斜로서 斜面長 50m에있어서는 横畝栽培 및 帶狀作付에 比하야 그差異를 볼수가 없으나 斜距離 25m區에 있어서 著大한 것이있다. 急傾斜에 있어서는 斜距離 25m및 50m의 縱畝의 土壤侵蝕이 一層甚하다.

(2) 横畝및 帶狀栽培의 雨耕作法은 共히 有效한 侵蝕防止의 效果가 認定되며, 둘다 農業上憂慮될만한 侵蝕程度는 아니며 雨耕作法의 實用的優劣의 判定이 困難하였다.

(3) 測定期間中에있어 土壤侵蝕은 春播小麥의 收穫後의 降雨로서 이러나고 있으나 刈株 및 根의配列이 等高線上에 남어있어 效果가 좋았다.

上記參考資料는 流域에農地保存策과 貯水池에 到達될 土壤侵蝕作用 및 流出에對한 資料가 될뿐아니라 將次 우리가 解決치않으면 않될 農耕地擴大策의 하나로서 傾斜地開墾과 爾後管理, 河川流域全般的인 흠과물對한 保存으로에서 貴重한 一資料가 된다고 思料되는바이다.

b. 貯水池에 있어 堆砂에 關한 研究

美開拓局에서 發行된 "貯水池에있어 堆砂에關한 研究"로서 貯水池의堆砂分布內容을 略記하여 紹介하는바이다. 詳細한 內容은 역시 "農業土木會誌" 第一卷 第二號의 咸俊鎭氏가 紹介한바如하며 이것을 要略記述하고저 한다. 多目的貯水池의 計劃發展上 그의 土砂貯留位置를 決

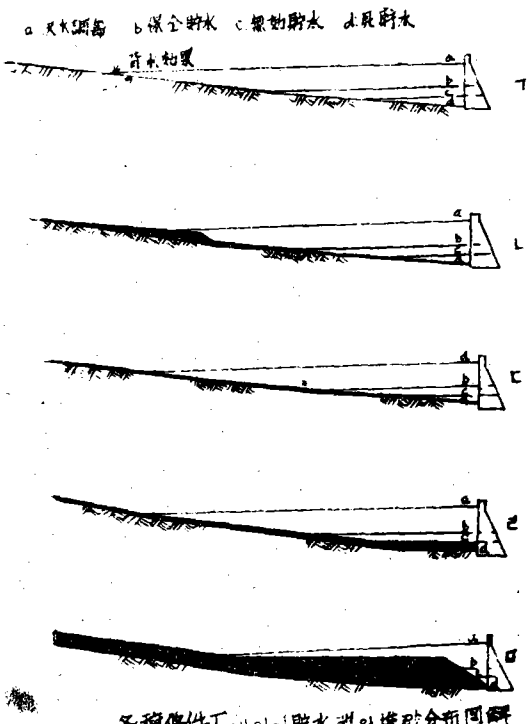
定할 必要가있다. 卽 堆砂의分布狀態는 現貯水容量, 貯水池의出口, 標高, 背水條件等에影響되는 것으로서 堰堤計劃에 있어서는 貯水池內에 堆砂에對한 槪念的分布를 豫知한必要가 있다. 美開拓局의 Borland및Milleer 兩氏가 檢討하고 있는 貯水池의 分布豫知法의槪要는 다음과같다.

貯水池의堆砂分布에影響을주는要因이 많으나 그中 主要한것을 列擧하면 다음과같다.

1. 貯水池形態(廣,狹,長,短)
2. 堆砂特性(土性을말하며, 細粗粒度 膠質性等)
3. 貯水池操作의 型式(常時滿水하느냐, 每年全部放收하느냐等).
4. 貯水容量과 堆砂量의比(一定한期間中에 堆砂에서 損失된 原貯水量의 百分率)
5. 流入水量과貯水容量과의關係(C/I比)

貯水地에流入되는 支流의位置, 流入水量上流三角州附近에植生, 密度流가考慮되어 以上과같은 要因은 相互關連性이 있으며 이러한 各要因의總括的檢討로서 비로서 堆砂分布豫知法의完璧을 期할수가있다. 貯水池는 이들堆砂分布를 支配하는 各種要因으로 貯水容量減少損失을 가지고오나 各種의堆砂條件에 있어 堆砂狀態을 圖式解說하면 다음과같다.

a: 洪水調節 b: 保存貯水 c: 無効貯水 d: 死貯水



各種條件下에있어貯水池의堆砂分布圖解

이圖中에서 (ㄱ)圖는 沈澱堆積이없는 初期條件에 있는貯水池를 標示하며 (ㄴ)圖는 貯水池가主로 粗粒徑으로된 沈澱物이 部分的으로 埋沒되는것으로서 이때의 貯水池는 通常滿水이다. (ㄷ)圖는 貯水池가 主로 細砂, 微砂와같은 粒徑의沈澱物로서 部分的埋沒된것을表示하고 이때는 普通若干의 放出이있다. (ㄹ)圖는 貯水池에 主로 微砂粘土粒子로된 沈澱物이 部分的으로埋沒된것을 標示하며 (ㅁ)圖는 貯水池의沈澱堆積物이 堆沒된것을表示하며 이段階로서는 阻止率이 零%가되며, 殘留有効貯水容量은 出口에있는 水門으로서 保持된다.

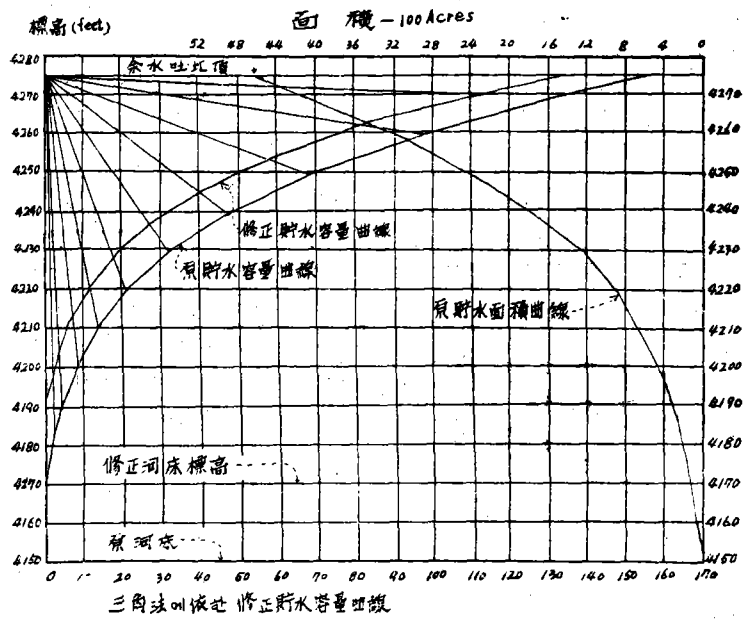
美開拓局에서 從來부터 檢討되어있는 堆砂分布豫知法을列擧하면 다음과같다.

1. 三 角 法
2. 容量換算法
3. 試算誤差法
4. 設計曲線便覽法
5. Van't Hul 法 및 Van't Hul 修正法
6. 面積增加法
7. 經驗的面積換算法

以上各種豫知法의 比較檢討에 오른 Alamogoreo 貯水池는 1936~1944 間에 堆砂로서 貯水池容量의約16%가 損失되었는데 이것은 開拓局關係의 普通貯水池로서 50~100年間에 損失되는 百分率으 相當된다. 이 貯水池의 全死水貯留量의 大部分은 堰堤施工中인 1937 年에 이러난 洪水期間에 損失되었다. 여기에서는 三角法과 設計曲線便覽法, 經驗的面積換算法에 對하야 紹介하고자 한다.

(1) 三 角 法

이方法의 適用範圍는 貯水容量이 約 75,000~250,000 Acre- ft 程度의 貯水池로 되어있다. 이方法은 二個의 基本으로된 因子 (卽 原貯水容量曲線과 堆砂後의 貯水容量曲線)를 써서 圖解및 數理的手順으로 組合시키는것인데 이의 缺點은 修正貯水容量曲線에 支配되는것 혹은 平滑面積曲線을 得하기依한 試算誤差手順에 不必要한點이 있다는 것이다. 于先 다음圖에 標示한것과같이 橫軸에다 貯水容量, 縱軸에다標高 (깊이)



三角法에 依한 修正貯水容量曲線

를 取整面積 또는 調整容量算定에 使用된다. 이 計算結果를 呈示한것이 表 — 1 이다.

三角法에 依한 貯水池堆砂分布豫知法.

(Alanogord› 貯水池)

標高	原貯水容量	原貯水面積	修正貯水容量	容量增分	調整容量增分	調整面積	調整容量	備告
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
4275	156,750	4650	132,171	20,971	21,970	4640	132,170	餘水吐頂
4270	133,550	4100	111,200	37,300	35,200	4160	110,200	
4260	97,000	3200	73,900	25,100	27,660	2880	75,000	
4250	63,750	2450	48,800	17,300	17,840	2050	50,340	
4240	47,750	1750	31,500	11,800	12,800	1520	32,500	
4230	32,750	1250	19,700	8,000	8,500	1040	19,700	
4220	22,000	900	11,700	5,200	5,075	660	11,200	
4210	14,250	650	6,500	3,300	2,955	350	6,155	
4200	8,750	450	3,200	1,800	1,800	240	3,200	
4190	5,000	300	1,400	1,000	1,000	120	1,400	
4180	2,500	200	400	400	400	80	400	
4170	1,000	100	0			0	0	新河床
4160	250	50	0			0	0	
4150	0	0	0			0	0	舊河床

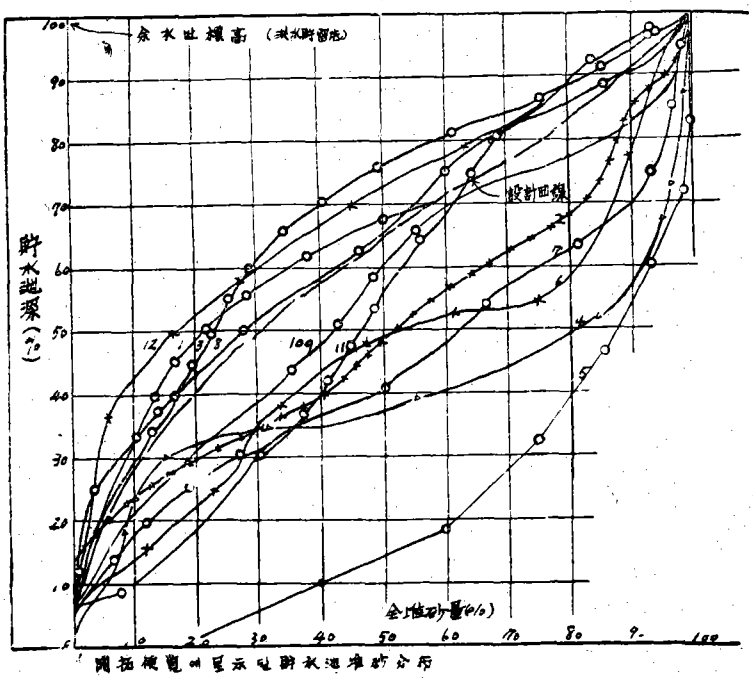
表—1 註 (1) : 堰堤에 標高 (2)~(3) : 實測値 (4) : 圖—1의 修正曲線으로부터 得하게됨
(5) : (4)欄의 標高間差 (6) : 平滑面積曲線에서 得하게된 調整面積
(7) : 兩斷面平均法計算後에 調整貯水容量

(2) 設計曲線便覽法

이方 法은美開拓局發行의 開拓便覽(Reclamation Manual Vol 7 chapter 9. 1948)中 貯水池堆砂의 項가운데 提示된 堆砂量(%) 對 貯水池深(%)의 曲線을 基礎삼고있으며 다음圖—2에서 보는바와如히 十二箇所의 貯水池堆砂分布例를 들었으며 이것을 基礎材料로서 設計曲線을 그린다는것이 一般性을 缺하다고는 하나 參考로서 紹介하는 바이다.

貯水池의堆砂傾向

曲線 No.	貯水池	資料의 額	期間	原貯水容量 計 (ac ft)	原貯水容量 流域當 (ac ft)	平均年流入量 acft)	貯水容量損失 (%)
I	Guerhsey	1	20	73,810	13.67	1,195,000	33.41
2	Roosevelt	1	38	1,533,000	240.47	853,000	9.88
3	Elephant Butte	1	32.3	2,833,860	100.0	1,200,000	16.72
4	Excheguer	2	19.6	289,000	283.0	989,000	1.16
5	Magalia	1	28.0	3,718	453.0	11,558	1.87
6	Builards Bar	3	19.2	31,500	66.0	1,058,590	8.28
7	Stony Gorge	1	17.3	48,889	206.0	176,900	1.37
8	Combie	2	7.3	8,545	66.0	204,620	8.25
9	Alamogado	1	7.9	156,750	41.9	191,000	15.66
00	Little Rock	2	18.5	4,256	7.8		19.74
11	Sona Anria Lake	2	92.5	1,045	96.4		30.00
12	Lake Corpos Christi	2	7.4	54,000	12.27	980,388	20.00



開拓便覽에 呈示된 貯水池堆砂分布

(3) 經驗的面積換算法 (Empirical Area-reduction Method)

Moody氏에 依하야 作成된것으로서(1954) 이 方法은 다음의 二段階를 걸쳐서 堆砂分布가 決定된다.

1. 實測資料를 基礎로한 4種의基本的인 標準型曲線을 使用하야 貯水池의分類를 行한다.

ii. 計算容量이 豫定容量과 相等될때까지 兩斷面平均法을 使用하여 試算誤差型의 計算을行하였다. 貯水池深(%) 對一堆砂容量(%)의 4種標準型曲線을 23個貯水池의資料에다 基礎를주고 30個貯水池의實測資料를 使用하였다. 그資料의 內容은 다음과같다.

標準型曲線作製에 쓰인 貯水地

貯水池名	※型	場所	※※目的	貯水池年齡(年)	貯水容量 原容量	貯水容量 2年後容量	損失%	平均年流入量 長期間	平均年流入量 堆砂期間	※※※C/I	堰堤高餘水吐頂	滿水面積(Acres)	流域面積(Sq. mile)
Alamogordo	2	뉴우멕시코	FC. I	20	(1000Af) 156.8	(1000Af) 132 2	15.7	(100Af) 196 4	(年) 7	0.813	(ft) 132	4,650	4,393
Aitus	2	오구타홈	D. FC. I	14	156.7	148.6	5.1	127.0	7	1,234	85	6,793	2,560
Arrowrock	3	아이다	I	42	279.2	271.6	2.8	1,572.5	32	0,178	255	3,089	2,170
Belle Fourche	2	南다코다	I	54	203.8	192.0	8.1				78	8,040	4,480
Buffalo Bill	1	와이오밍	FC	47	455.8	439.8	3.5	979.5	31	0.466	233	6,771	1,470
Bulards Bor	3	加州	P	38	31 5	28.9	8.3	1,058.6	20	0.0295	175	500	400
Cold Springs	2	오레곤	I	49	55.3	50.3	9.1				85	1,550	
Combie	1	加州	I	29	8.6	7.8	8.3	204.6	7	0.0418	69	338	130
Con chas	1	뉴우멕시코	FC. I. P	18	601.0	566 2	5.8	266.5	10	2.253	178	13,552	7,350
Cucheras	1	코로라도	I	45	38.3	23.0	39.8		27			1,349	608
Elphhant Butte	1	뉴우멕시코	FC. P	40	2,634.8	3 197. 6	16.6	1,077.6	32	2,445	193	57,848	25,923
Exchequer	3	加州	I. P	31	239 0	235.6	1.2	989.0	20	0,292	302	2,939	1,027
Fort Supply	3	오구타홈	FC	16	107.3	106.1	1.1	61.5	8	1,745	48	7,282	1,735
Great Salt Plains	1	오구타홈	FC	16	308.0	292.0	5.1	424.0	8	0,726	38	38,600	3,200
Guergey	1	와이오밍	FC	30	73.8	49.2	33.4	1,195.0	20	0.063	91	2,329	16,200
John Martin	4	코로라도	FCI	15	701.2	675.1	37.3	453.2	6	1,546	110	30,252	18,933
Lake Chees man	1	코로라도	D. FC	56	79.1	78.0	1.4	140.8	31	0,562	212	874	1,766
Lake Corps Christi	1	텍사스	D	23	54.4	39.4	27.6	730.4	14	0,0745	46	5,493	16,800
Lake Mead	2	아리조나	P	22	31,250.0	29,827.0	4.6	13,200.0	12	2,368	571	158,000	167,800
Lake Texo ma	2	오구타홈	FC. P	15	5,859.0	5,720.0	2.4	4,531.0	6	1,176	130	266,524	38,291
Lake waco	3	텍사스	D	27	39.4	22.0	44.1	497.2	17	0,0867	44	2,801	1,666
Little Rock	2	加州	I	33	4.2	3.4	20.5		22		101	94	63
Mc millan	2	뉴우멕시코	FC	63	91.0	38.7	57.5	273.5	46	0,333	32	5,400	16,985
Pathfinder	3	와이오밍	P. I	48	1,056.0	1,016.0	3.3	1,350.5	41	0,782	184	22,600	10,700
Roosevelt	2	아리조나	D	50	1,522.0	1,381.6	9.2	793.7	39	1,918	235	17,280	5,670

San Corlos	3	아리조나	I	29	1,267.4	1,210.0	4.5	255.1	19	4.97	215	19,581	12,900
Santa Ahita	2	몬 다 나	I	20	1.1	0.8	300				30		
Seminee	1	와이오밍	P,I	18	722.0	712.9	1.0	906.8	11	1,131	195	15.280	7,348
Strong Gorge	2	加 州	L	29	48.9	48.2	1.4	176.9	17	0,285	114	1,275	199
Tangue River	2	와이오밍	FC.I	18	72.5	69.4	4.2	310.0	9	0,234	72	3,497	1,740

註※ 型 貯水池의種類 ※※ D=上水道 FC=洪水調節 I=灌 漑 P=發 電 ※※※ C=原貯水池容量 I=平均年流入量

1 Lake (野池, 皿池的인것)
2 Flood Plain foothill (麓池的인것)
3 Hill
4 gorge (山池的인것)

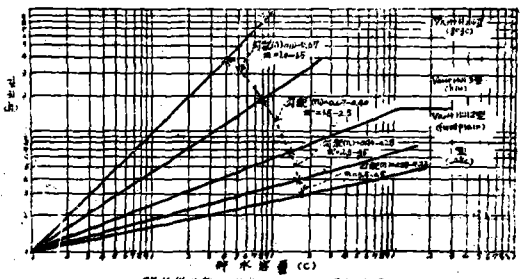
이들 貯水池는 上記表에서 보는바와같이 4種의 標準型을 決定하는데 그의場所, 貯水池操作 혹은 堆砂特性等에 對하야 相當히 廣範圍한 것이었으며 그의 貯水容量은 40,000~30,000,000 Acre-ft의 範圍로서 또한 그의 깊이는 堰堤地點河床標高(零容量)와 滿水面標高間의差에 依한 것이다. 이 30個貯水池資料의 分析으로서 一般的인 分類는 Van't Hul에 依하야 作成된 것으로서 다음과 같다.

貯水地形態에 依한 分類

"m"	Van't+Hul曲線	貯 水 池 型	備 考 (11)
1.0~1.5	4	山峽을締切한貯水池 (Gorge) ※	(1.0~0.67)
1.5~2.5	3	小山, 丘의貯水池 (Hili) ※※	(0.67~0.40)
2.5~3.5	2	洪水土砂의堆積平野山麓小丘의貯水池(Flood Plain foot hill)※※	(0.40~0.28)
3.5~4.5	1	湖 (Lake) ※※※	(0.28~0.22)

註 ※ : 河川의本流혹은主要支川를山間溪谷에있어締切한것 (Mauntain Peservoir)
※※ : 麓池 (Hill-side reservoir) 山麓의小溪流혹은丘陵의窪地를締切한것
※※※ : 野池 (Field reservoir) 平野地의窪地라든가若干의高低差를利用하여締切한것

上記表上에 "n"는 下記 貯水池型態에 依한 Van't Hul型 設計曲線에서 보는바와같이 兩對數方眼紙의 縱軸에다 貯水池深 橫軸에다 貯水容量을 Plot하야 得하게되는 直線의勾配 "n"의 逆數로서 前述과같이 Lake Type라하야 必히 平坦地라고 限定되지않으며 또 Gorge type라하야 必이 山地라고 限定되지않으나 이資料中에서 Gorge type (4型)의 資料가 第一적다.



貯水型形態에 依한 Van't Hul型設計曲線

提供된貯水池에 이標準型曲線을 適用할때에는 第一먼저 그貯水池에 適合한型을 決定할必要가 있으며 그型의選定은 兩對數方眼紙에 初期容量對깊이를 Plot 함으로서 得하게된다. (上記圖參照) 이것은 普通一直線으로 表示되나 어느때에는 二直線으로 될때가있으며 이線의勾配 "n"는 그型을 暗示하는것이다. 例하면 一般으로 깊이에 對하야 急激한 容量增加를 標示하는 曲線은 大盆地型貯水池를 標示하며 깊이에 對하야 若干의 容量增加를 標示하는것은 Covge type의 貯水池를 標示한다. 이報告에는 貯水池를 그形態에 依하야 一端分類하고 있으나 이標準型曲線은 其他의條件 例하면 貯水池操作, 流入堆砂 혹은 C/I 比等을 考慮할必要가 있을때는 各各 選擇調整할수가 있다. 最後에採用된 堆砂容量 (%) 對

깊이(%)의 曲線型은 二種의組合으로 된것인지 혹은 四種基本型에있는 二種間에 符合으로된것인지는 모르나 一般으로 그가 包含되고있는 條件이 좋은 貯水池로서는 圖面 및 設計地勢圖의 不備(六·二五事變)等으로 如意치 못하고 不得已 道廳所在地附近으로서 設計當時 內容積測量이 되어있는 貯水池를 擇하게된結果 竣功年數가 짧아서 所期의 確信할만한 資料를 得하지못하였으나 天安(忠南), 文竹堤(慶南),의 兩貯水池가 各各 18%와 5.3% 의土砂沈澱을 보고있다는 것이 判明되였다. 이에對한 內容은 別紙와 같다.

今後에는 貯水池에 數個所式 沈澱測量을 實施

道名	組合名	貯水池名	蒙利面積	流域面積	流域狀態 地被 密生林地	疎生林地	開濶地	裸地其他	勾配 20°以下	20°~40°	40°以上	竣功年月日
忠北	明岩堤	龍亭	80	186	15%	35%	35%	15%	30%	50%	20%	(1年) 92.6
忠南	天安	天湖池	270	850	—	60	30	10	40	50	10	(5年) 90.6
全南	芝山	大野堤	80	220	—	15	70	15	30	50	20	(2年) 91.3
慶北	琴湖江	大美堤	70	285	5	25	40	30	40	10	50	(27年) 65.5
慶南	青良	文竹堤	240	1,070.0	15	40	—	45	30	20	50	(7年) 86.4
江原	牛頭	後坪地	80	220	50	10	10	30	30	40	30	92

道名	組合名	貯水地名	調査年月日	(貯水量)設計當時內容積	現在貯水池狀態 現在內容積	土砂流入量	比率	年間土砂流入狀態 土砂流入量	比率	備考
忠北	明岩堤	龍亭	92.11	町/米 19,820	町/米 24,028	未詳	—	町/米 未詳	—	內容增加는 堤塘築造時 內部土取에起因
忠南	天安	天湖池	92.11	140,638	115,079	25,559	18.1	8,520	6.0	
全南	芝山	大野堤	92.12	31,877	32,215	未詳	—	—	—	內部土取에 起因
慶北	琴湖江	大美堤	92.12	—	3,087	未詳	—	—	—	土砂沈積으로貯水池上半部는陸地化하고있으나設置當時의內容積未詳으로對比不能
慶南	青良	文竹堤	92.12	76,556	72.508	4,048	5.3	0,580	0.75	
江原	牛頭	後坪地	92.12	32,774	33,677	未詳	—	—	—	內部土取에 起因

하여 現河床標高 및 地盤標高의 確認과 아울러 每年 이에對한 沈澱測量으로서 沈澱狀態를 調査하여 沈澱物에對한 試料를 採取檢討해야된다. 最少限 二·三十個貯水池에 對하야 全般的인 調査를 實施하며 長久한時日에 流域狀態, 雨量分布, 流量狀態 貯水池의型態 및 操作, 土性等에 關하야 多角度의 資料를 蒐集함으로서 信賴性있는 어떠한 Data를 作成할수 있고 將次堰堤設計에 있어 貴重한 一標準을 作成할수 있을 것이며 經濟的壽命問題에도 어떠한 指針이 될것으로 믿는바이니

C. 沈澱土砂의資料

沈澱土砂의 資料에는 浮動土砂 (Suspended Load)와 河床土砂 (bed Load)가 있다. 浮動土砂라하면 어떠한 時期를 通하야 河床에 저축되지아니하고 流水力에도 移動 土砂를말한다. 河床土砂라함은 恒常 河床과 接觸되어 移動되는 土砂를 말하며 流水力으로 河床에서 移動되는것을 말한다.

沈澱土砂試料採取器具:

沈澱土砂試料器具에對한 많은 發明 및 改良이 있었으나 操作方法으로서 普通 二種으로 大別할수가 있으며 一點型, 隔時型으로 大別을 한다하드라도 器具自體의設計 採取動作等으로보아 文字그대로의 一點型, 隔時型으로 보기가 困難하나 이것을 二種으로 區分한다.

一點試料採取器는 要求되는距離에 選擇된 場所에서의 通過하는 물과 흙의 混合된 試料를 採取하게되어있으며 隔時型은 時間的間隔을두고

徐徐히 瞬間的으로 波動되는 가운데 試料를 採取하게되어 있다. 現在 隔時型을 많이 使用하고 있으며 이는 경고하며 正確한 採取를 할수가 있다.

隔時型 (Integrating type)을 또 細分하면 點—隔間型 (Point Integrating)과 深—隔時型 (deepth Integration)으로 區分된다.

Point Integration은 어느 一點에서 縱的으로 試料를 採取하게 되어있으며 deepth Integration型은 河床에 내려지며 同一한率로서 水面上에 올라어 通過時間間에 連續的으로 採取되거나 혹은 河床부터 水面까지 採取하게되며 어느깊이에 있어 同一한 重量으로서 平均試料를 得하게 되어있어 물과 흙 混合率을 各種깊이에서 得한다.

現在 美國에서 使用하고있는 沈澱試料採取器는 美 "D—43,, 50# 深—隔時型, 美 "P—46,, 100# 點—隔時型, 美 "D—47,, 100# 深—隔時型, 美 "HD—48,, 15# 深—隔時型, 美"D—49" 60# 深—隔時型 等이 있으며 各各 特徵이 있어서 用途에따라 相違하다.

于先 貯水池築造時 河川踏査에 있어 流水中의 沈澱度 및 試料採取를하고 率이 높으면 沈澱土砂에 對한 餘裕容積을 貯水池設計時의 經濟壽命 및 補修工事(將次)에 對하야 檢討하게된다. 特히 重要한 大堰堤築造時에는 그곳에 設置되어있는 河川水位器(Stream Gage)의 記錄을 參考하여 日日試料採取分析혹은 洪·平·渴水期에對한 試料採取等을 하야 將次 있을 沈澱土砂에 對한 計算을한다. 特別한河川에對한 沈澱土砂의 資料에는 日日沈澱土砂量을 알어야한다. 이沈澱土砂는 河川의流出量과 깊은 關係를 가지고 있으며 日日沈澱土砂를 다음과같은 公式으로 算出할수가 있다.

$$Qs = Qw \times C \times K$$

$$K = \frac{W \times T \ 10,000001}{2,000} = \frac{62.4 \times 86,400 \times 0.000001}{2,000} = 0.0027$$

$$Qs = Qw \times C \times 0.0027$$

Qs : 一日의沈澱土砂重量 (屯)

Qw : 24時間中의流出量으로서 Feet³/sec

C : 沈澱場所에서의重量으로 1/1,000,000

W : 1立方呎에對한重量

T : 24時間 (86,400秒)

K : 係 數

2,000 : 美(屯)에對한#

$0.000001 : \frac{1}{1,000,000}$

流水量의 變動이 있을때는 水位表의 集中的影響이 있으며 水量計算에서 그急激한變化의 流量을 計算하듯히 沈澱土量에對하여도 計算을 하며 日日土砂沈澱量은 "屯"으로서 表示된다. 大部分의 美國內에서는 沈澱土砂量의 標示를 水, 흙의 採取分을 普通흙덩어리로 乾燥하였을때의 重量으로서 標示된다. 試驗結果에 爲하면 係數K의 0.027는 日日沈澱土量算出에있어 흙, 물含合試料에 있어 重量이 一立方呎當 62.4# 보다 더 大할때 쓰이며 그의 誤差는 全體沈澱量의 99,000 ppm 혹은 이것보다 少한것으로서 不過 5% 未滿이라고 하였다.

III 結 論

以上 貯水池의 沈澱土砂量算出方法을 要約하여 말하면.

a. 美農地保存處에서 實施하고있는 小溜池에對한 土砂沈澱量算出에必要한 流域調査에 爲한 方法

b. 美開拓局에서 實施하고있는 貯水池內容積에對한 檢討方法

C. 河川에서 흙, 물의試料를가지고 堆算沈澱土砂量算出方法

上記 三段階가 있으며 其他方法도 있으리라고 믿으나 參考書의爲한 以上方法을 簡單히 紹介하는 바이다.

參 考 書 :

1. Recommended Procedures For Sedimentation observation (Bureau of Reclamation)
2. Interim Report Disterbution of Sedimentation (Bureau of Reclamation)
3. Suggested Procedure for Developing Annual Rate of sheet Frosion(U.S.D.A)
4. 治 水 工 學

(筆者; 水聯本會 農地保存係長)