

물 과

氣 象

金 光 植

차 례

- I. 水文豫報
- II. 水利 및 治水事業의 設計
- III. 流域 및 물의 관리
- IV. 관 개 수

- V. 潮水와 大氣와의 관계
- VI. 기 후 변 동
- VII. 물 순환의 조절

—水資源 開發에 對한 氣象學의 役割—

地球上에 있는 모든 生命은 물에 依하여 維持되어 가고있다. 우리 人間은 물을 마시고, 물로 沐浴을 하고 음식물, 농작물의 成長은 勿論, 강철과 백주를 만드는데 까지 물을 利用하고 있다. 나아가서는 水泳, 建物의 冷却, 消火作業, 汚物除去, 航海, 發電과 灌溉等에도 물은 必要不可缺한 要素가 되고 있다. 이 물은 사람의 需에 不足할 때도 있으며 때로는 너무 많아 人命과 財產에 피해를 주기도 한다. 地域에 따라서는 豊富한 물이 있는 湖水和 河川이 있는가 하면 反對로 물의 不足을 免하기 어려운 乾燥한 地方도 있다. 한 발과 홍수의 인인은 무엇이든 地球上에는 왜 물이 均一하게 分布되어 있지 않을까? 이 물의 分布는 地質學的인 性質, 土壤과 植物의 영향도 있겠지만 그 보다도 湖水和 河川의 形成과 維持 沙漠과 洪水 및 旱災의 原因이 되는 氣象과 氣候 素에 左右되고 있다. 모든 淡水의 源泉은 구름에서 떨어지는 비와 눈이다. 地上에서 물의 損失은 空로 蒸發에 依하여 大氣로 되돌아가는 것이다. 蒸發된 水蒸氣는 구름이 되고 다시 大氣에서 降水가 되어 地面에 到達한 물은 河川 湖水 그리고 바다로 흘러 간다. 이와 같은 繼續的인 過程을 “물의 순환”이라고 부른다. 大氣의 運動에 依하여 移現되고 있는 大部分의 水蒸氣는 鹽分이 많은 바다물에서 蒸發된 것이다. 이와 같이 물의 순환과정은 鹽分이 있는 바다물을 수증기로 變化 시킨후 地上에 淡水로 떨어트리게 하는 即 바다의 鹽水를 淡水化 하는 大規模의 天然工場이라고 볼 수 있다.

地球上에 있는 모든 물중에 아주 적은 量만이 물의 순환과정을 통하여 移送되고 있으며 이 적은 量이 人間の 需에 利用되고 있다. 地球上에 있는 모든 물의 97%가 바다물이고 나머지 3%중의 約 3%이 兩極의 冰山에 貯藏되어 있으며 그 나머지의 大部分이 地下水로 되어있다. 地球上이 있는 全淡水의 1%중의 1/2은 湖水나 河川이 所有하고 1/10은 大氣中에 떠있다.

即 降水量으로 換算하면 約 26mm가 水蒸氣로서 空氣中에 包含되어 있는 셈이 된다. 그러나 짧은 時間에 對한 물의 分布量은 잘못 理解되기 쉬운 것이다. 瞬間的으로 生寔하던 大氣가 比較的 적은 量을 含有하고 있지만 地球를 둘러싸고 있는 空氣는 항상 움직이고 있기 때문에 오랜 期間을 通하여 計算하면 엄청난 量의 물을 空氣가 移送시키고 있는 것을 알 수 있다. 예를 들면 미국의 乾燥한 洲인 아리조니아에서는 7월에 大氣가 週平均 180億m³나 되는 물을 운반하고 있다. 이 물은 코로라도江의 年總流量에 一致된다. 湖水 河川 우물에 있는 모든 물은 大氣를 通하여 降水라는 形態로 얻어진다. 이와같이 우리 人間이 依存하고 있는 河川과 地下水는 大氣의 現象에 依하여 變化되고 있다. 물의 地理的 分布變化의 主 原因이 될까임은 明白한 事實이다. 氣象學的인 理論과 資料가 水資源開發과 洪水調節의 問題를 解決하는 데 應用되고 있는 氣象學 即 水文氣象學의 重要한 分野에서 世界氣象機構(WMO)는 積極的인 國際調整機關을 組織하여 廣範圍한 技術援助를 하고 있으며, 國際水文의 해(IHD 1965~1974)에 즈음하여 물의 研究事業을 提進시키려고 다른 國際機關과 서로 協助하고 있다.

I. 水文豫報

물 뿐만 아니라 어떤 資源이든지 有効하게 利用하기 爲하여서는 그 資源에 對한 未來의 狀態를 正確하게 豫想하는 것이 가장 重要하다. 예를 들면 動力과 洪水調節의 두 目的을 가진 댐을 効率的으로 運營하기 爲하여서는 貯水池에 流入되는 流量과 所費 時間의 豫想이 必要하다. 萬一 洪水가 豫想되면 이 洪水를 막기 爲하여 그 貯水池를 미리 비워 두어야만 하며 그렇지 않으면 보다 많은 물을 貯藏하여 여러 面으로 利用할 수 있도록 하여야 할 것이다. 이와 같이 改善된 豫報의 經濟的 價値는 매우 크다고 하겠다. 예를 들면 캐나다의 피스江에 對한 春季洪水豫報를 1%程度만 改善하여도 포-메이지(Portage)山에 設立되고 있는 巨大

한 水力댐의 運轉面에서 100만달의 利得을 推算 할 수 있다. 洪水豫報와 警報는 洪水調節댐이 없는 江에 對하여 財産과 人命의 損失을 最少限으로 減少시키는 데 重한 價値가 있다. 氣象情報과 豫報는 河川流의 豫報와 洪水警報를 發表하는 데 重한 資料가 된다. 氣象學者와 水文學者 사이에 密接한 關係를 갖기 爲하여 오스트랄리아 폴란드 스위스 미국 그리고 소련과 같은 많은 國家들은 流量 및 洪水豫報業務를 그들의 國家氣象機關이나 혹은 水文氣象 서비스機關에서 맡고 있다. 그밖의 나라에서도 물에 關係되는 國家機關은 正確한 河川豫報를 하기 爲하여 氣象機關과 긴밀한 關係를 맺고 있다. 降雨나 融雪에 의한 河川流量을 豫報하기 爲한 節次는 세段階로 크게 나눌 수 있다. 첫째는 降雨나 融雪에 의하여 그 流域에 集水된 全容量이 各 觀測所의 降水量 觀測值와 境遇에 따라서는 氣象데이에 의한 降水分布 觀測值로부터 推算되어야 한다. 둘째로 이 全容量의 물이 河川에 到達할 率은 얼마나 되는가를 計算하여야 한다. 어떤 流域에 對해서는 이 量은 季節 土壤의 蒸潤狀態 降水의 強度 및 融雪率에 의하여 左右된다.

셋째 段階는 河川流量의 全容量을 時間적으로 豫想하는 것이다. 水位가 점차적으로 上昇할 것인가 下降할 것인가 혹은 갑자기 上昇하느냐 下降하느냐가 問題된다. 以上 세 節차는 일반적으로 圖解法과 統計的方法으로 豫報者에 의하여 遂行된다. 그러나 많은 나라에서는 流出과 氣象要素에 關係되는 方程式을 풀기 위하여 보다 複雜한 分析 方法과 電子計算機를 利用하고 있다.

降雨과 融雪에 의한 河川流의 豫報뿐만 아니라 여러 地域에서는 流出量의 季節的 豫想이 重하다. 特히 灌溉地에 播種計劃을 함에 있어 使用可能한 물의 量을 미리 把握하는 데 流量의 季節豫想이 必可하다. 正確한 季節豫報는 冬期降水가 大部分 눈의 狀態로 있는 地域에서 可能하다. 이러한 地域에서는 積雪觀測을 하던지 觀測所에서 降水量을 觀測하면 春季流出容量과 積雪量 사이에는 一般적으로 相關關係가 存在하고 있으므로 눈의 자료를 가지고 季節的 流量을 豫想하는 데 利用된다. 冬季 積雪量의 正確한 測定은 信託性 있는 季節豫報를 하는 데 重하다.

그러므로 이 測定을 위하여 새로운 方法이 考案되고 있다. 氣象人工衛星의 寫眞은 觀測하기 어려운 地方에 있는 積雪의 面積을 決定하는 데 크게 도움이 된다.

最近에 어떤 나라에서는 積雪에 의하여 地面의 自然放射能이 變하는 感度를 航空機로서 觀測하여 積雪에 該當하는 물의 量을 計算하고 있다. 高緯度 地方에서

는 얼음의 形成 移動 解氷의 豫報가 水力댐의 效率의 인 運轉과 運河計劃을 하는 데 重한 役割을 하고 있다. 물과 空氣사이의 熱交換에 影響을 주고 있는 氣象要素 即 氣溫 바람 太陽輻射 등은 얼음의 形成과 解氷에 大端히 重하다.

II. 水利 및 治水事業의 設計

每年 해야 될 수 없는 數千의 建造物이 물을 配分하고 調節하기 위하여 작은 水路, 큰 河川 또는 湖水 등에 建立되고 있다. 이들 적고 큰 댐을 비롯하여 幹線道路의 교량, 市街의 下水口 設計 飛行場 排水施設 나아가서는 建物の 처마의 배수봉에 이르기까지 配分하고 調節할 必可가 있는 물의 量에 依據하여 設計되지 않으면 안된다.

이와같은 流量은 降水量에 依하여 推算된다. 降水量資料에 依하여 設計된 工事費가 美國 한 나라에서 만도 年 100億弗에 해당된다. 全世界의 으로 생각하면 몇 百億이 될 것이다.

큰 江에 大規模의 댐이나 교량을 設置하는 데는 設計者가 十年間의 觀測된 流量資料를 얻을 수 있는 境遇가 많지만 작은 河川에 工事를 하려면 觀測 流量을 充分히 얻을 수 없는 것이 現實情이다. 이것이 水文 氣象學者나 水文學者가 現在 當面하고 있는 가장 큰 難點의 하나이다. 正確한 流量을 降水量과 그 外的 氣象 素로부터 어떻게 計算할 것인가? 기상資料는 一般적으로 流量觀測值보다 많고 觀測期間도 길기 때문에 이 氣象要素로부터 流量이나 湖水의 水位를 計算하는 方法이 많이 있다.

1) 큰 댐

큰 江에 對하여서는 設置된 저수지가 얼마만한 물의 容量을 最大로 저장할 수 있겠는가를 평가할 수 있는 流量觀測值가 充分히 있지만 設計者는 大洪水에 依한 被害를 당하지 않겠끔 댐을 設置하기 위하여 얼마만한 크기의 安全放水路를 만들어야 하는 가를 알아야 한다. 江下流邊에 큰 도시가 있고 그 上流에 댐을 設置하는 境遇에는 完全한 安全設計 基準를 사용하지 않으면 안된다. 10年乃至 50年間의 短期流量 觀測值의 統計學的 分析은 큰 洪水의 크기를 正確히 計算하기는 적합하지 않다. 그러므로 水利事業 設計者는 다음과 같은 疑問을 가깝 한다. 自然히 이 江에서 일어날 수 있는 最大의 洪水는 얼마나 되겠는가? 이 大답을 하려는 氣象學者는 그 江에서 發生할 수 있는 最大의 洪水를 豫想하기 爲하여 그 流域의 降雨量, 果積雪, 融解率 그 밖의 氣象要素로서 物理學的인 最大限界值를

計算하지 않으면 안된다. 이러한 計算值가 大部分의 水利工事に 對한 設計基準으로서 利用되고 있다. 特殊한 氣象狀態로부터 設計 洪水의 換算은 최근에 計算機로서 行하고 있다. 이 計算過程은 처음 河川流域의 상태를 묘사하는 數學的인 모델에 氣象要素를 代入시켜 洪水流量을 얻는 것이다.

2) 流域工事

每年 市當局은 市外地域을 확정하거나 또는 새로운 豪雨에 對應할 工事を 많이 하고 있다. 그外 飛行場 設計者나 도로 및 철도機關에서는 해아릴 수 없는 교량을 設置하고 있다. 水位觀測所가 없거나 短期間의 記錄만을 가진 河川에서는 降雨強度와 빈도에 기초를 두고 設計하여야 한다. 豪雨에 대비할 下水口 工事は 주어진 再現期間에 對하여 短期間의 最多 降水量으로서 設計한다. 設計基準을 초과하는 洪水의 再現頻도가 平均 5년 내지 10년 사이에 있는 境遇, 위치에 따라 다르겠지만 下水口의 工事費가 洪水 피해액 보다 많을 境遇가 가끔 있다. 設計基準은 自記雨量計에 依한 觀測資料로부터 求한 降水強度에 따라 빈도 分析을 한 값으로부터 얻을 수 있다.

3) 蒸發 損失

濕한 地域에서는 저수지의 建立이 그 流域의 蒸發損失을 크게 증가 시키지 않으나 乾燥한 地方에서는 다르다. 예를 들면 수단(Sudan)에 있는 저수지의 蒸發損失은 一年에 平均 3.1m로 推算된다.

이와 같이 저수지 설계를 하는데도 증발 손실에 대한 계산이 필요함은 두말 할 것도 없다. 증발 손실을 充分히 考慮하지 않으면 물 需者는 건조하기에 물의 不足을 免치 못하게 된다. 反對로 지나치게 과대 평가하게 되면 댐의 높이를 필요없이 높여야 하는 결과가 된다. 그러므로 水文氣象學者들은 신뢰성 있는 蒸發量을 推算하지 않으면 안된다. 이 값을 正確히 豫想하기 爲하여서는 저수지의 水温과 太陽輻射 等の 氣象要素에 關한 資料가 必要하다.

Ⅲ. 流域 및 물의 관리

流量이나 지하수의 水位는 그 流域의 조목상태에 크게 좌우되고 있으나 아직 여기에 대한 세밀한 연구가 적은 편이다. 광범위한 벌목지역, 미개발된 땅이 농장으로 된 곳과 농장지대가 주택지로 변한 곳에 관해서 水文관계자는 이들 변화가 그 流域의 유량과 물 收支에 미치는 영향을 충분히 고려하지 않으면 안된다. 조목상태의 변화는 국지적인 일기 및 대기후의 변화를

기저온다. 山林地帶가 풀밭으로 변함에 따라 일반적으로 증발과 증산이 감소되고 木草잎에 남은 비나 눈의 양이 줄어들며 눈을 融解시키는 因子의 分布도 變하게 한다. 結果的으로 대기후의 效果는 流量의 變化를 크게 초래하게 한다. 最近에 미국의 오래근호에서 研究報告한 것을 보면 작은 流域의 山林을 30%程度 伐木 하므로서 여름의 低流기간에 80%의 流量이 增加했다. 이와같은 경우는 세계 여러 곳에서도 볼 수 있다. 예를 들면 東아프리카에 있는 작은 流域의 山林지대를 茶(Tea) 농장으로 만든 결과 降水에 依한 山水量이 年降水量 1.8~2.3m의 1.3%로 부너 36%가 增加했다. 都市의 效果에 對하여서는 美國 워싱턴市와 가까이 있는 開發地帶의 작은 流域에서 洪水의 最高 水位가 平均 50% 增加했다. 이들 效果에 대한 연구는 實地地域에서 進行되었다. 氣象觀測과 대기후 조사는 이 실험 유역조사에 緊要한 部門이다. 이에 대한 氣象學者의 主要 業務는 降水量과 蒸發量, 降水量의 차단에 관한 조목의 효과와 積雪, 融雪 및 蒸發散에 관한 것을 調査研究하는 것이다.

Ⅳ. 관개수(灌溉水)

人間の 福利를 위하여 물의 循環을 利用하는 가장 오래된 方法의 하나는 乾燥地帶에 있는 農作物을 灌溉시키는 것이다. 紀元前 約 2,000년에 아시리아(Assyrian)의 女王인 세미라미스(Semirani)는 그의 墓碑에 다음과 같은 글을 새겨 놓았다. “나는 거대한 江을 나의 意志대로 흐르도록 변화시켰고 그 물을 利用하여 이전에 住民이 없던 不毛地帶을 沃土로 만들었다.” 이 오래된 灌溉事業은 지금의 이라크에서 이루어졌으며 그 거대한 江은 지금의 티그리스(Tigris) 江이었다. 그때부터 現在까지 數世紀에 걸쳐 여러 관개시설을 하여 왔고 또는 한번 旱魃이나 다른 原因에 依하여 失敗도 하였다. 많은 灌溉事業을 計劃하는 데 가장 重要한 問題의 하나는 農作物의 失敗를 막기 위하여 관개시기에 必要한 물의 量을 推算하는 것이다. 토양수분상태를 長期間에 一定한 量 以下로 떨어지지 않게 하여야 한다. 그렇지 못하면 農作物은 죽거나 發育이 妨害될 것이다. 植物이 枯死點에 達하는 限界條件보다 많은 土壤水分을 유지하는 데 必要한 물의 量을 計算하기 위하여 많은 科學者들은 土壤水分 收支過程을 考察하였다. 이들 過程에서 植物이 使用할 수 있는 土壤水分을 流通資金으로 비유한다면 여기서 降水量은 貯金이 되고 植物에 依한 蒸發散은 引出이 될 것이다. 이 貯金과 引出을 每日每日 記錄하여가면 引出이 많아서 貯金運轉이 遲하게 있다. 이때 관개수로서 追加貯金이

必要하게 된다. 여타해 동안 每日每日 이러한 過程을 遂行하고 降水量과 蒸發散의 長期間記錄值를 利用함으로써 特殊한 作物에 對하여 灌溉水가 얼마나 必要하다는 것을 알 수 있게 된다. 灌溉조작의 經濟的 技術的 設計는 물의 需要에 關한 物理的 乃至 統計的인 知識에 依하여 評價될 수 있다. 물론 灌溉시설이 설치되고 나면 그 運轉者에게 어느 時期에 灌溉수를 放出하고 언제 灌溉수를 中斷하는 方法을 아는 方法이 考案되어 있어야 한다. 토양수분 收支過程에서 灌溉수 운영자가 現在 狀態를 基準하여 利用하게 되면 農夫가 물을 必要로 하는 時期와 얼마만한 量을 放出하여야 될 것인가를 알 수 있을 것이다.

↓ 降水量의 正確한 豫報가 하루 혹은 그 以上 期間에 앞서 可能하다면 灌溉수의 利用에 있어서 보다 經濟的인 方法이 될 것이다. 即, 來日의 農作物에 適合한 量의 降水量豫報가 있다면 오늘 不必要한 물을 防出하여 消費시키지 않을 것이다. 그러나 降水量의 正確한 豫報를 하기에는 아직 어려운 實情에 놓여 있다. 그런 까닭에 世界各國에서는 降水量豫報의 技術을 改良하기 위하여 많은 研究가 進行되고 있다. 이 研究結果는 灌溉 시설의 效率인 운영을 하도록 할 것이다.

V. 潮水와 大氣와의 關係

潮水邊에 人口가 많이 集中되고 있거나 潮水가 航海나 動에 利用되고 있는 곳에서는 水의 水位變動이 매우 重要하다. 長期間에 걸쳐보면 비나 눈 그리고 蒸發이 大部分의 水位變動의 原因이고 短期間을 생각하면 일은 湖水面에서 바람의 效果가 현저함을 알 수 있다. 例를 들면 北美에 있는 큰 湖水中에 제일 알은 에리(Erie) 湖水에 西南西에서 強風이 불면 湖水의 東端이 正常水位보다 2.5m 개나 上昇하게 된다. 이 結果로 西端에서는 비슷한 量만큼 下降한다. 強風이 弱하여져서 멎은 다음에는 물이 洗面器에 담긴 물처럼 앞뒤로 출렁거리기 始作하여 漸漸 조용한 湖水面으로 된다. 앞뒤로 출렁이는 이 運動의 週期는 湖水 低面 모양에 左右된다. 에리 湖水에서는 約 12時間의 週期를 보였다. 貯水池와 湖水上에 發生할 수 있는 最大風速과 波高는 그 水位를 調節하는 堰과 水利施設을 設計하는데 考慮하여야 할 重要한 要素이다. 따라서 湖水나 貯水池內에서 바람으로 因한 물의 흐름은 流入口가 가까이에 汚物들이 밀려 流入되거나 吸收되지 않겠음 排水口의 位置를 定하는데도 特別 重要한 役割을 하고 있다.

이와 같은 問題는 原子力發電所等의 冷却裝置에서 冷水는 流入口로 溫水를 出口로 定하는데도 利用된다. 原子力發電所와 같은 경우는 많은 冷却水를 要하

므로 排出된 溫水를 물의 흐름에 依하여 流入口 또는 吸收口로 移動시킨다면 그 發電所의 效率은 저하될 것이다. 湖水의 흐름 最大波高와 바람에 對한 氣候를 調査하는 데 가장 難點의 하나는 큰 湖水에 있어서 바람 觀測值가 거의 없다는 것이다. 이 問題에 關係되는 設計者는 湖水和 貯水池에 있어 바람의 效果에 關하여 氣象學者에게 바람 資料에 對한 전문적인 說明을 들어야 한다.

VI. 氣候變動

長期 水資源 開發計劃에 있어서 오늘날의 水利事業 設計者가 當面하고 있는 가장 심각한 問題는 氣候變動과 循環問題인 것이다. 例를 들면 빅토리아湖(아프리카)는 1960年 以後에 約 2m의 水位가 뚜렷이 上昇했다. 빅토리아 湖의 물을 최대로 利用하기를 願하는 아프리카 國家들에 對하여서는 이 氣候變動이 短期的, 冰久的 또는 半영구적 現象인가를 안다는 것이 가치있는 것이다. 1901年과 1911年 사이에 降水量이 豐富한 中西部 캐나다에서는 농민들이 定着하였으나 1930年頃에 長期旱魃과 먼저, 暴風으로 因하여 그 많은 農夫들이 집을 버리고 移住하지 않으면 안되게끔 했다. 그러므로 이 地域의 灌溉計劃은 不幸했던 1930年頃에 겪은 물의 不足을 免하기 爲하여 設計하고 있다. 그러나 1890年頃의 옛 記錄值는 더 極甚한 旱魃이 發生했었다는 것을 말하고 있기 때문에 이 地域의 灌溉水計劃은 1930年 보다 더 乾燥한 期間에 對하여 設計하여야 할 것인가 또는 最近에 比較的 濕한 期間의 습윤상태에 대한 동향을 基準으로 하여 설계할 것인가가 問題된다. 世界 여러나라에서 時急히 要求되고 있는 이와같은 問題에 대하여 어느程度 答할 수 있다면 水資源 開發計劃者는 더 經濟的인 設계를 할 수 있고 水利施設에 依存하고 있는 農夫나 市民은 몇年前에 미리 適當한 물 供給에 對備하게 될 것이다. 不幸히도 現在까지는 氣候變動에 關한 滿足한만한 理論이 전연 없으므로 未來에 關한 氣候豫想은 不可能에 가깝다. 그러므로 지구 物理 水河 海洋 氣象 水文 氣候와 같은 여러 分野에 從事하고 있는 學者들은 각자 自己 分野에 關係되는 資料를 蒐集하여 氣候變動에 關하여 綜合檢討하기를 努力하고 있다. 이 廣範圍한 分野에 대한 相互協力關係의 解決은 世界的으로 엄청난 經濟的 價値를 賦與하게 될 것이다.

VII. 물循環의 調節

河川의 水位狀態에 대하여서는 “地域과 물의 管理”란 節에서 이미 記述한 바와 같이 그 流域의 草木狀態

의 變化라 住宅等에 依하여 크게 달라진다. 이와 같이 人間은 물의 循環 過程에 대하여 人爲적으로 變化를 가할 수 있다.

1) 人工增雨

비가 오지 않을 때 어떤 곳에서는 사람의 힘으로 비를 誘導할 수 있는 方法이 있다. 二次大戰後 여러나라에서 雲化은의 비립을 구름에 撒布하면 人工增雨가 可能하다는 것을 實驗을 통하여 證明하고 있다. 그러나 이 方法이 우리의 要求에 따라 降雨을 생성시킬 수 있는 程度로 研究되지는 못했다. 最近에 發表된 것을 보면 濕潤 공기와 撒布劑가 산이나 언덕에 의하여 강제 上昇하는 곳에서는 살포법이 가장 効果的이다. 現段階에서 主要 연구 대상이 되고 있는 것은 뚜렷한 撒布 結果를 얻을 수 있는 천기상태의 종류를 調査하는 것과 구름을 形成하고 있는 작은 水晶이나 水滴이 雨滴으로 성장하는 물리적인 과정을 研究하는 것이다. 살포실험의 統計的 가치를 評價하는 데 있어서 重要한 問題中의 하나는 넓은 流域에 對하여 平均하면 매우 적은 量의 增雨이지만 水資源의 利用面에서 본다면 큰 所得이 된다는 것이다. 即 1 km²에서 1mm의 增雨는 100 萬ℓ의 水量이 된다. 이 撒布 結果를 評價함에 있어 一般的인 統計方法을 쓴다면 1mm 程度의 增雨는 조사할 수 없다. 물론 水文學의인 見地에서 보면 乾燥期에는 적은 量의 증우를 하더라도 河川流나 地下水로 되기前에 증발하고 말기 때문에 效果가 없을 것이다. 그러나 우기가 融雪期에는 적은 量의 증우일지라도 表面流出 量을 현저하게 증가시킬 것이다. 不幸히도 世界 여러 곳에서 長期間 旱魃期에는 살포된 적합한 구름이 나타나지 않는 境遇가 많은 것이 흠이다. 간단히 말하면 大氣中의 수자원을 보다 效果적으로 利用하기 爲하여 人工增雨의 가치가 중요하다는 것은 再諒을 要하지 않을 것이다.

2) 人工融雪과 解氷

눈이나 얼음이 季節적으로 重要性을 갖고 있는 나라에서 積雪氷의 용해율을 증가 혹은 變化시키는 方法은 운하기를 延長시킨다든지 유출상태를 變化시키므로 實質적으로 큰 利益이 되고 있다. 눈과 얼음을 녹이는 大部分의 에너지는 地球大氣를 통과하여 地면에 達하는 太陽復射에서 얻어진다. 그런데 깨끗한 積雪面은 이 에너지의 約 80%를 反射한다. 이 반사는 에너지

를 감소시킬 수 있다면 보다 많은 열량이 눈이나 얼음에 흡수되어 보다 빨리 녹일 수 있을 것이다. 도시에 가까이 있는 눈은 매년과 면적으로 넓게 떨어져 있기 때문에 反射率을 減少시킨다. 이것은 눈이나 이 적에 積雪이나 면지를 뿌리게 되면 太陽熱을 보다 많이 吸收하여 빨리 녹일 수 있다는 것을 意味한다. 70년전지와 석탄 재를 使用하여 北極의 港口와 港灣에 있는 얼음을 1個月이나 빨리 녹일 수 있다는 것은 30년에서 實驗을 통하여 밝혔다.

3) 蒸發抑制

蒸發損失을 방지하는 方法이 많이 있다. 그 중 하나는 증발체에 풍속을 減少시키는 장치를 이용하는 것이고 다른 하나는 水面에 化學的인 막을 만들어 減少시키는 方法이다. 스위스에서 실험결과를 보면 密集한 나무로 防風하였을 때 나무 높이의 約 4배되는 거리에서 風速의 最大減少量이 65%만큼 된다는 것을 나타내고 있다. 그러나 風速의 감소는 저수지로 부더의 蒸發損失을 65% 減少시킨다는 결과는 아니다. 왜냐하면 長期間 증발율에 影響을 주고 있는 氣象要素가 바람만이 아니라 水面에 달하는 태양복사 에너지에도 관계되기 때문이다. 바람 遮斷에 의한 증발의 最大減少率은 5~15%에 該當한다. 1955年頃에 오스트랄리아 科學者들은 約 30년전의 物理化學 문헌에 기록된 것을 實用的인 方法으로 利用하기 시작했다. 即, 어떤 物質의 얇은 막은 수면의 증발을 감소시킨다는 것이다. 특수한 지방성 알코올, 옥타데카놀과 헥사데카놀 같은 化學劑가 가장 效果的이라는 것이 알려졌다. 그러나 바람, 파도 및 生物의 活動은 곧 막의 形成을 방해한다. 그러므로 수면에 형성되고 있는 막을 均一하게 오래동안 保存케 하는 方法이 있어야 한다. 파도가 그다지 크지 않고 約 1/2 ha 以下の 적은 수면에 대하여서는 매우 좋은 效果를 얻고 있다. 이러한 貯水池에서는 25%까지 증발량을 감소시키고 있다. 그러나 탄자니아(Tanzania)에 있는 마리아(Malya) 저수지(60ha)와 같은 곳에서는 11~12%(1일간에 360m³)의 감소를 가져왔고 미국 오크라호마에 있는 헤프너(Hefner)湖(1000 ha)와 같이 큰 곳에서는 9%를 감소시켰다.

다음 10~15年 後에는 이 方法을 改良하여 많은 증발손실을 갖고있는 地域에서는 증발해 없어질 물 1000³를 貯藏하는 데 소요되는 經費를 約 8\$로 줄일 수 있다고 推算하고 있다.