

〈論 文〉

灌漑用 貯水池의 堆砂量과 捕捉效率의 推定 Estimating Sediment Deposits and Trap Efficiencies for Irrigation Reservoirs

金 鎮 澤*, 朴 承 禹**
KIM, Jin Taek and PARK, Seung Woo

Abstract □ The objectives of this paper were to apply the gross erosion and sediment delivery ratio method for estimating sediment deposits at selected reservoirs of various sizes, and to define their trap efficiencies. Twenty reservoirs that have sediment survey data were selected and the annual average soil losses from subareas within each watershed were estimated using the Universal Soil Loss Equation (USLE). The gross erosion was defined from the soil losses and estimated channel erosion. By applying the sediment delivery ratios that were defined from an empirical relationship with watershed areas, net incoming sediment yields at reservoirs were defined. Trap efficiencies were applied, sediment deposits estimated, and compared to the surveyed data. The results were in general agreement with the data.

Trap efficiencies were also defined from the ratios of sediment deposits to incoming sediment yields. They were within 20% differences from Brune curve, which indicates that Brune curve may be applied for irrigation reservoirs. And an empirical relationship was proposed, that appeared more reliable for estimating trap efficiencies for typical irrigation reservoirs.

요 지 : 관개용 저수지의 堆砂量 추정을 위해 총유실량-유사운송비법을 적용하고 대상 저수지의 流砂 捕捉效率을 추정하는 것이 본 논문의 목적이다. 관개용 저수지 20개를 선정하여 실측자료를 구하고 土壤流失量式 (Universal Soil Loss Equation, USLE)를 이용하여 저수지 유역의 연평균 토양유실량을 산정하였다. 총토양유실량은 경사지 토양유실량과 河道 유실량으로부터 정의되며 유사운송비를 적용하여 저수지 유입유사량을 정하였다. 저수지 捕捉效率을 적용한 추정 저수지 퇴사량과 측정 퇴사량자료를 비교한 결과 대체로 양호한 결과를 나타내었다. 저수지 捕捉效率은 堆砂量의 流入土砂에 대한 비로서 본 연구의 결과가 Brune값과 비교하여 20% 정도의 오차를 보였으며 이를 개선한 관개용 저수지 捕捉效率 推定式을 제안하였다.

1. 序 論

저수지에서 流砂의 堆積은 내용적의 감소를 초래하여 유효 저수량을 감소시키게 되는 데, 이로 인하여 해당 저수지의 耐勞 能力의 감소를 일으키게 된다. 또한, 저수지의 堆砂는 濁度의 증가, 水質의 저하 등 여러가지 부작용의 원인이 된다.

灌漑用 貯水池의 堆砂量에 대한 최근의 연구 결

과는 대상 저수지의 당초 내용적의 20% 정도의 손실을 초래한 것으로 알려지고 있다 (朴, 1992). 이와 같은 결과는 비교적 규모가 큰 농지개량조합 관리 저수지를 기준으로 한 것으로, 그밖의 小溜池 등을 포함할 경우에 손실량은 상당한 정도에 이를 것이다. 실제로, 약간의 한발에 대하여도 상당수의 저수지가 바닥을 드러내거나, 제 기능을 충분히 발휘하지 못하는 일이 빈번하여 매년 한발 대책에 많은 노력과 경비를 쓰고 있는 것이 사실이다.

* 정희원, 서울대학교 대학원 농공학과 박사과정 수료

** 정희원, 서울대학교 농업생명과학대학 부교수

저수지의 堆砂量 推定 方法에는 1) 堆砂量 經驗式에 의한 방법과 2) 流入 流砂量을 정하여 貯水池內에 堆積되는 率, 즉 捕捉效率을 고려하여 구하는 방법으로 대별할 수 있다. 堆砂量 經驗式은 저수지 堆砂量과 유역의 기상, 수문 및 지상인자 등과의 경험적 관계를 추정하는 것으로, 그 예는 尹(1981), 徐等(1988), 金等(1993)이 있다.

流域 流砂量의 推定 方法에는 1) 流量-流砂量 관계에 의한 방법, 2) 流砂量 經驗式에 의한 방법, 3) 總流失量-流砂運送比에 의한 방법, 4) 流砂量 推定 模型에 의한 방법 등이 있다. 이들 중 總流失量-流砂運送比 法은 流域에서의 流失量을 추정하고, 流失量 중 運送되어 流砂量을 이루는 비율, 즉 流砂運送比를 적용하여 정하는 방법으로 미국 토양보전국(US SCS)의 표준 방법이다. 이 방법은 기타 방법의 단점, 즉 장기간의 관측 자료가 필요하거나, 流砂量 關係式의 추정에 이용된 지역의 국한성 등이 없으므로, 적절한 훈련과 경험이 있는 경우 상당히 정확한 추정 결과를 얻을 수 있는 장점이 있다.

한편, 유입된 토사 중 일부가 저수지에 堆積되는 데, 이들의 比를 捕捉效率이라고 한다. 그런데, 捕捉效率에 대한 국내의 자료는 전무한 실정으로 외국의 조사 자료 혹은 관계식 등을 그대로 이용하고 있는 실정이다. 그러나, 捕捉效率은 저수지의 조작 방식이나 유지 관리 특성 등에 따라 상당한 차이를 보이며, 捕捉效率의 經驗式 간에도 상당한 차이를 보이므로, 灌溉用 貯水池의 堆砂量 결정에 사용할 수 있는 捕捉效率에 대한 검토가 중요하다 하겠다.

본 연구에서는 저수지 堆砂量 資料로 부터 流砂量을 구하고, 流域의 總流失量을 추정하여 기존의 捕捉效率을 적용하여 구한 堆砂量 추정치와의 비교를 통하여 總流失量-流砂運送比法의 적용성을 검토해보고, 捕捉效率을 정하여, 기존 捕捉效率과 비교함으로써 그 적용성을 검토하도록 하였다.

II. 總流失量-流砂運送比法

總流失量-流砂運送比法은 流域에서의 年平均 土壤 流失量을 구하여, 특정 지점까지의 운송되는 값으로 부터 流域 流砂量을 추정하는 방법이다. 그

결과에 저수지의 捕捉效率을 적용하면 比堆砂量을 추정할 수 있다. 總流失量-流砂運送比法에 의한 저수지의 比堆砂量 推定法은 比堆砂量 推定式의 제한 조건, 즉 통계적 經驗式이 갖는 위치적 제한성(site-specific)을 극복할 수 있다. 또한, 流失量을 줄일 수 있는 방법을 고찰할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그것은 總流失量의 산정에서 流域 流砂量에 기여가 큰 지역에 대한 자료를 얻을 수 있기 때문이다.

1. 總流失量

總流失量은 土流에서의 土壤 流失量, 걸리(Gully) 침식, 하천의 河床 및 제방에서의 流失量의 합으로 정의된다. 경사지의 土壤 流失量은 土壤 流失量式(USLE, Wischmeier & Smith, 1978)를 이용하여 추정할 수 있는데, 여기서 USLE의 적용은 地表 越流가 발생하는 구간, 즉 集中 流路가 발달하기 전의 구간 또는 土砂의 堆積이 발생되기 전의 土流로 제한된다.

河道나 河川에서의 流失量은 ① 항공사진 등을 이용한 걸리의 발달 정도, ② 하천단면 변화의 측량 결과, ③ 하천단면의 발달과 관련된 자료, ④ 기타 현장 조사를 통한 하천단면의 연평균 발달 정도 등으로 부터 추정한다 (SCS, 1971).

1) 土壤流失量式

土壤流失量式(USLE)는 다음과 같다.

$$A = 2.24 R K L S C P \quad (1)$$

여기서, A=平均 土壤流失量(ton/ha/yr), R=강우인자, K=토양인자, LS=지형인자, C=작물 영농인자, P=침식조절방법인자이다.

식 (1)의 각 인자등에 대한 값을 정리하면 다음과 같다.

① 降雨因자

강우인자 R은 연간 강우사상별 빗방울에 의한 타격 에너지, 즉 강우에너지와 강우강도로 부터 다음 식으로 정의된다.

$$R = \frac{\sum E I_{30}}{100} \quad (2)$$

여기서, R=강우인자, E=강우 에너지(kg·m/m²·mm), I₃₀=30분 최대 강우강도(mm/hr)이다.

강우인자는 수년간의 강우자료로 부터 구한 연평균 R 값으로 정의되는 데, 우리나라에서는 112~681등의 범위로써 전국 평균은 430이다(鄭 等, 1981).

② 土壤因子

토양인자는 토양의 浸蝕性(erosibility)을 정량적으로 나타낸 것으로, 식 (1)에서 강우인자와 流失量 실측 결과로부터 환산하여 정한다. 토양인자는 토양의 물리화학적 성질에 따라 좌우되는데, 그 주요인자는 입경분포, 토양구조, 투수성, 有機物含量 등이다. Wischmeier 等 (1971)는 이들 인자로부터 K값을 정할 수 있는 Nomograph를 제시하였는데, 그림 1과 같다. 그림 1의 토양침식인자에 대한 적용성 검토에 관한 연구의 결과는 우리나라 토양에 대하여도 타당한 것으로 보고된 바 있다. (鄭 等, 1976)

③ 地形因子

지형인자는 土壤 流失量에 영향을 미치는 지형의 경사장(L)과 경사도(S)의 값으로서 경사장인자는 다음과 같다.

$$L = (\lambda/22)^n \quad (3)$$

여기서, λ, n=경사장(m), 경사도에 따른 지수이다.

경사도인자는 다음식으로 정의된다.

$$S = (0.43 + 0.30s + 0.043s^2) / 6.574 \quad (4)$$

여기서, s=地面 傾斜度(%)이다.

④ 作物營農因子

작물영농인자는 토양, 경사도가 같고 동일한 강우에 대한 休耕地 상태의 土壤 流失量과 특정한 작물 영농상태의 土壤 流失量의 비로서 정의되며, 작물 종류, 경작 상태, 耕耘 방법, 생육 정도 등의 여러 조건에 대한 土壤 流失量의 영향을 표시하여 준다.

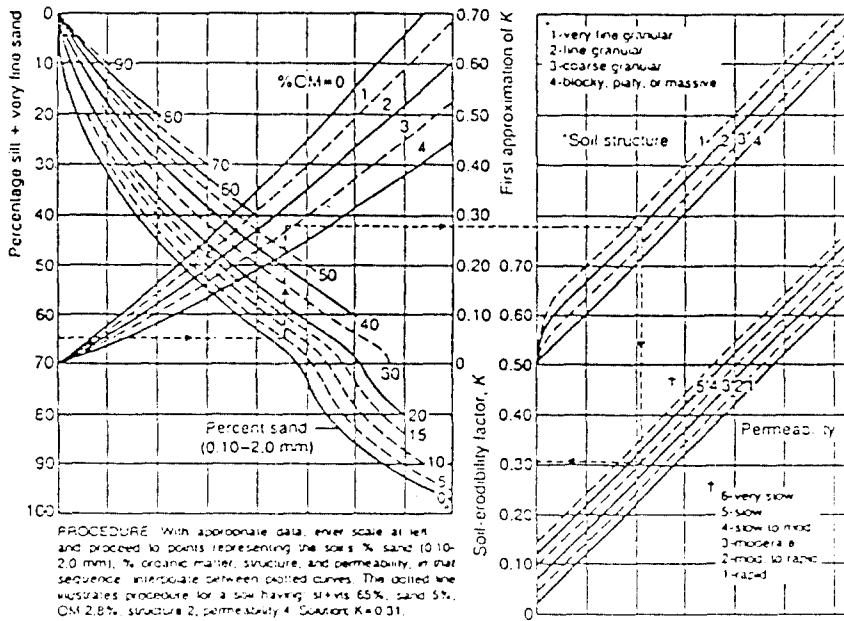


Fig. 1 Nomograph for soil erodibility factor (Wischmeier and Smith, 1971)

⑤ 浸蝕調節方法因子

침식조절방법인자는 경사 방향의 耕耘 상태의 土壤 流失量을 기준하여 임의의 조절방법을 적용한 상태의 流失量과의 比로서 정의되는데 보통 등고선 재배법, 등고선 대상재배법, 테라스 등의 침식조절 방법에 대한 영향을 나타낸다.

2) 河道 流失量

河道에서의 결리 침식, 河床과 堤防의 流失 등의 量은 總流失量의 상당부분에 달하기도 한다. 급경사지대의 산사태로 인한 매몰 피해 등의 규모를 고려할 때, 하도에서의 流失量의 중요성이 큼을 알 수 있다. 특히, 경사가 급한 하천에서의 流砂 運送에는 모래나 실트, 진흙 등 이외에도 자갈의 운송도 관찰되며, 이는 河道 流失量을 고려해야 함을 알 수 있다.

流域의 流砂 運送比에 영향을 주는 인자에는 유역 면적, 기복량비, 유로장 등의 流域의 地相因子와 流出量 등의 水文特性 등이 있다. 유역 면적이 클 수록 流砂 運送比가 감소하는데, 대략 면적의 0.2 乘에 反比例하는 것으로 알려지고 있다.

Williams와 Berndt(1972)는 Texas주의 0.5~17.5km²의 유역에 대한 流砂 運送比를 측정 한 결과 0.06~1.26의 범위로서 동일 유역의 경우 년도에 따라서도 변화되는 것으로 발표하였으며 실제 運送比는 1.0보다 작아야 하나 總流失量의 추정오차로 인하여 1.0이상이 되는 경우도 있었다.

한편, 流砂 運送比의 추정에는 SCS의 유역 면적에 따른 流砂 運送比 곡선과 Maner式, Williams-Berndt式 등이 있다. 그림 2는 ASCE와 Maner의 값을 보이고 있다(Williams, 1972).

2. 流砂 運送比

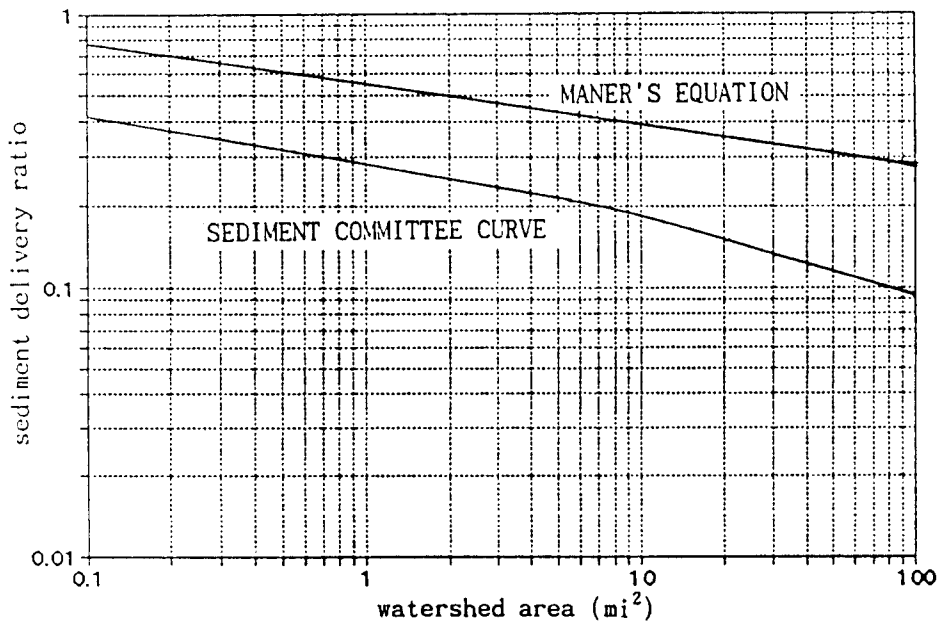


Fig. 2 Variations of sediment delivery ratios with watershed areas

Ⅲ. 貯水池의 流砂量 推定

1. 對象 貯水池

堆砂量 資料가 있는 저수지 중 유역면적, 지역분포 등에 따라 20개를 선정하여 總流失量-流砂運送比法에 의하여 流砂量을 추정하고, 捕捉效率를 적용하여 堆砂量을 추정하였으며, 實測 堆砂量과 비교하도록 하였다.

對象 貯水池의 道別 分布는 경기 3, 강원 2, 충북 2, 충남 3, 전북 2, 전남 2, 경북 1, 경남 5개 소이며 저수지의 체원과 유역특성등은 표-1과 같다.

2. 流域 要素別 流失量

1) 流域 要素의 分割

대상 저수지에 대한 年平均 流失量을 구하기 위하여, 해당유역을 지형, 토지이용, 토양특성 등이 비교적 균일한 요소로 구분하여 각 요소별로 USLE인자의 평균값을 적용하도록 하였다. 유역요소의 분할 예는 그림 3과 같은데, 그림 3은 경남 고성군에 위치한 대가 저수지에 대하여 적용한 것이다. 저수지별 유역요소의 수는 표-2에서와 같이 2~641로서 유역요소의 평균 면적은 0.55km²이었다.

2) 土壤 流失 因子

대상 저수지의 분할 유역 요소별 年平均 流失量의 추정에 적용한 土壤 流失量 係數 등의 값을 정리하면 다음과 같다.

① 降雨因子, R

강우인자는 대상 저수지의 위치를 고려하여 農村 振興廳의 강우인자자료로 부터 정하였다(鄭 等, 1981).

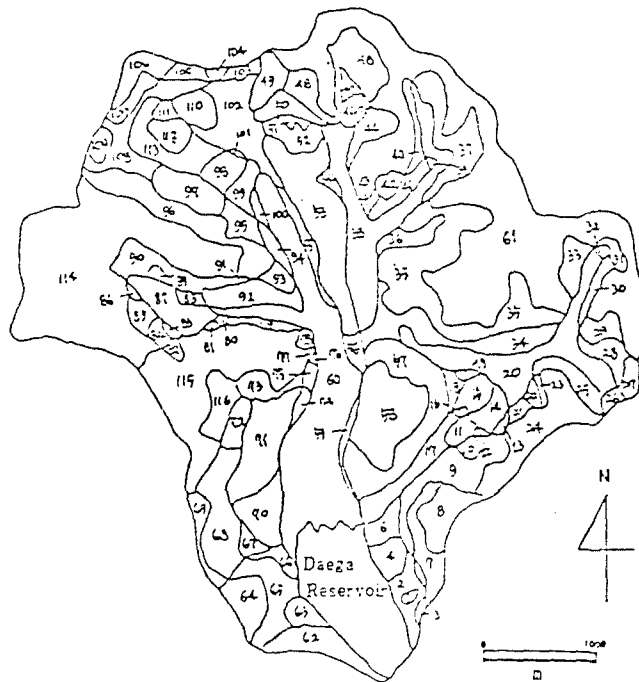


Fig. 3 An example of subarea division for estimating soil losses (Daega Reservoir)

Table-1 Watershed characteristic parameters of selected reservoirs

저지명	지역명	유역면적 (km ²)	경과년	주하천 (km)	유역주장 (km)	형상계수	수계밀도 (km/km ²)	단위면적당저수용량 (m ³ /km ²)	임야면적 (km ²)	논면적 (km ²)	발면적 (km ²)	기타면적 (km ²)	강우인자 (R)	토양인자 (t/a)
고삼	경기 안성	71.0	31	15.8	41.5	0.28	1.01	21338	46.00	10.51	4.64	9.85	490	0.31
금광	경기 안성	48.3	34	1.0	31.6	0.99	1.01	21843	42.83	2.88	0.38	2.21	500	0.31
기흥	경기 용인	53.0	30	13.6	34.4	0.29	1.19	20170	37.96	6.43	3.40	5.21	530	0.32
용화	강원 철원	14.0	26	8.2	25.1	0.31	2.34	14129	13.70	0.05	0.01	0.24	560	0.25
신왕	강원 명주	26.2	26	3.1	26.5	0.15	1.28	4022	21.24	0.42	0.07	4.47	280	0.27
공수	충북 보은	11.4	43	4.3	12.2	0.62	1.39	12668	9.62	0.78	0.22	0.78	420	0.31
무수	충북 진천	8.6	28	4.8	13.0	0.37	1.66	15986	7.33	0.59	0.05	0.63	490	0.25
영천	충남 공주	7.0	26	4.3	12.5	0.38	2.40	18409	6.16	0.18	0.84	0.02	560	0.31
서부	충남 서천	30.7	61	4.9	22.6	0.59	1.01	26852	20.48	5.82	1.01	3.39	460	0.18
양남	충남 홍성	24.1	42	6.7	20.1	0.54	1.05	6913	12.21	3.27	2.10	6.52	540	0.32
성남	전북 임실	10.2	20	5.4	15.0	0.35	1.96	77798	8.69	0.77	0.04	0.70	420	0.20
일대	전북 남원	6.3	38	3.5	10.1	0.52	2.14	126025	2.94	1.27	1.95	0.14	440	0.27
천송	전남 송주	6.9	15	3.2	10.6	0.68	1.27	12987	4.31	1.63	0.28	0.68	530	0.27
천강	전남 강진	9.0	51	4.3	12.8	0.49	1.52	10233	4.68	2.29	1.09	0.94	480	0.25
신월	경북 월성	22.0	10	7.6	21.2	0.30	1.63	7636	13.84	1.81	0.75	5.60	290	0.20
곡밀	경남 밀양	7.0	7	3.9	13.0	0.28	2.27	23127	6.40	0.01	0.01	0.04	370	0.31
천고	경남 고성	13.9	32	4.4	18.0	0.23	1.19	7869	6.87	1.83	0.48	4.72	440	0.32
와삼	경남 삼천포	7.3	28	3.5	10.0	0.59	1.83	15800	6.23	0.01	0.28	0.78	550	0.20
곡사	경남 사천	6.9	28	4.1	10.3	0.41	2.36	8496	6.49	0.01	0.01	0.39	540	0.32
곡진	경남 진해	5.6	3	4.0	11.4	0.35	2.32	27661	5.52	0.01	0.01	0.06	640	0.20

② 土壤侵蝕因子, K

토양침식인자는 각각의 분할 유역 요소별로 1 : 50,000의 토양도로 부터 그림 1에 의하여 추정하여 사용하였다. 추정된 K값의 범위는 0.2~0.6(t/a)이었다.

③ 地形因子, LS

지형인자는 분할 유역 요소별 평균 경사도와 경사장으로 식 (3), (4)로 부터 추정하였다. 경사도는 1 : 25,000 지형도로 부터 구하였으며, 경사장은 분할 요소의 평균 경사장을 구하고, 그 값과 최대 경사장 중 작은 값을 취하였다. 여기서, 최대 경사장은 경사지에서 집중흐름이 발생하지 않은 최대 거리인 데, 산림지 등에서는 보통 50 m 내외가 되며, 밭의 경우에도 이 보다 큰 경사장이 드물기 때문에 이를 택하였다.

④ 作物營農因子, C

작물영농인자의 값은 토지이용 상태를 기준하여 피복정도 등을 가정하고, 그 결과로 부터 연평균 값을 추정하였다. 토지이용 상태는 산림지, 논, 밭, 대지 등으로 구분하였다. 산림지의 C값은 SCS의 기준을 적용하여 0.01로 하였으며, 논, 밭의 경우는 본 답기에는 水面을 가정하여 0.0, 이양전과 수확후는 별도의 후작을 고려하지 않고 휴경상태로 하였으며, 월간우 분포를 고려한 C값은 0.11로 하였다. 밭의 경우는 줄과로 가정하여 0.3으로, 대지 및 기타는 0.10으로 하였다.

⑤ 浸蝕調節方法因子, P

USLE의 침식조절방법인자는 논, 밭의 경우 테라스로 하여 경사도를 수평으로 가정하여 0.01을 적용하였으며, 산림, 밭, 대지 등은 1.0으로 하였다.

3) 年平均 流失量

USLE를 이용하여 貯水池別 年平均 流失量의 추정결과는 표-2와 같이 790~19,050ton/km²/yr로서 평균 4,950ton/km²/yr의 상당히 높은 流失量을 보여주었다.

3. 推定 流砂量

대상 저수지 유역에 대한 總流失量은 앞서 논의한 경사지 流失量과 河道에서의 流失量의 합으로 정의되는데, 河道 流失量을 流域要素의 總流失量의

15%로 가정하였을 때 표-2와 같다. 또한, Maner의 값을 사용하여 구한 저수지의 流砂運送比를 總流失量에 곱한 값은 저수지의 比流砂量 추정치가 된다. 표-2와 같이 저수지 유역의 比流砂量의 추정치는 218~3,737ton/km²/yr의 범위로서 평균 1,117ton/km²/yr였다.

4. 堆砂量의 比較

總流失量-流砂運送比法에 의한 流域 流砂量 추정치와 Brune 捕捉效率(medium curve)로 부터 저수지 比堆砂量과 측량결과로 얻은 比堆砂量을 비교하면 그림 4와 같았다. 여기서 推定 比堆砂量은 比流砂量을 堆砂의 경과년도에 따른 단위중량으로 나눈 값으로 부터 구한 결과이다. 저수지 단위중량은 국내 측정자료를 이용한 金等(1993)의 값을 사용하였다.

그림 4와 같이 추정치와 실측 比堆砂量은 1 : 1 곡선을 중심으로 산포하고 있으며, 그 추정치와 측정치의 상관계수는 0.79 이며 총유실량법에 의한 추정값이 퇴사량 조사결과보다 약 15%정도 큰 값을 나타내었다.

이상의 결과로 부터 總流失量-流砂運送比法에 의한 流域 流砂量 추정을 통한 저수지 堆積量 추정은 流失量 추정 방법에 따른 오차를 감안할 때 적용성이 있을 것으로 생각되었다. 그러나, 堆砂量의 결정에 따른 오차 등을 고려할 때, 결과의 일반화에 대하여는 의문의 여지가 있는 것이 사실이므로 이 방법의 실용화를 위하여는 보다 광범위한 자료에 대한 검증이 필요할 것으로 생각되었다.

Table-2 Sediment yields and trap efficiency of selected reservoirs

저수지명	유역면적 (km ²)	분할유역		총유수량 (Ton/km ² /yr)	유사 운송비 (2)	유역 비유수량 (3) = (1) × (2)	비퇴수량 추정치 (4)	단위 증량 (5)	퇴적유수량 (6) = (4) × (5)	Brune 포착율 (7)	비유수량 (퇴적량) (8) = (6)/(7)	추정 포착율 (6)/(3)
		갯수	평균									
고삼	71.0	641	0.11	경사지 2293 하도 344 합계(1) 2637	0.15	395.6	87.7	1.31	114.9	68.0	169.0	29.0
금광	48.3	173	0.28	2157	0.17	421.7	146.1	1.31	191.6	66.0	290.4	45.4
기흥	53.0	556	0.10	2284	0.16	420.3	138.4	1.31	181.3	65.0	279.0	43.1
용화	14.0	29	0.48	3456	0.20	794.9	318.7	1.30	416.8	55.0	757.9	52.4
신왕	26.2	48	0.55	2810	0.19	614.1	77.9	1.30	101.8	30.0	339.6	16.5
궁	11.4	63	0.18	19048	0.16	3505.0	883.8	1.31	1163.0	58.0	2004.8	33.1
무수	8.6	35	0.25	4283	0.18	886.7	791.8	1.30	1036.4	80.0	1295.6	116.8
양천	7.0	54	0.13	10929	0.24	3016.5	1274.7	1.30	1667.3	66.0	2526.1	55.2
서부	30.7	363	0.08	1917	0.17	374.8	128.4	1.32	169.6	75.0	226.2	45.2
홍양	24.1	387	0.06	3804	0.18	787.4	256.9	1.31	337.8	47.5	711.4	42.9
성남	10.2	42	0.24	3611	0.22	913.7	198.3	1.30	258.5	47.5	544.4	28.3
일대	6.3	57	0.11	14128	0.23	3737.0	2880.6	1.31	3785.1	91.0	4258.6	101.2
백운	48.6	136	0.36	3414	0.17	667.5	259.7	1.30	338.1	43.5	777.6	50.6
금진	32.3	81	0.40	3905	0.17	763.6	161.9	1.30	211.4	38.5	848.4	27.6
만운	23.8	177	0.13	3815	0.18	789.7	660	1.30	863.2	51.0	415.2	109.3
개운	6.7	20	0.34	790	0.24	218.2	314.7	1.31	413.2	71.0	1220.8	189.3
서암	13.8	45	0.31	1702	0.20	391.7	103.5	1.30	135.4	71.0	190.8	34.5
인곡	7.0	2	3.50	6628	0.24	1829.5	796	1.28	1026.0	72.5	1415.5	56.0
대가	20.3	116	0.18	2951	0.19	644.8	114.9	1.32	151.6	72.5	209.1	23.5
가천	13.9	98	0.14	5096	0.20	1172.3	232.1	1.31	304.2	41.0	742.2	25.9
평균	23.9	156	0.4	4951	0.2	1117.3	491.3	1.3	643.4	60.5	961.1	56.3
편차	18.0	179	0.7	4470	0.0	1031.4	637.2	0.0	836.4	15.4	977.1	41.1

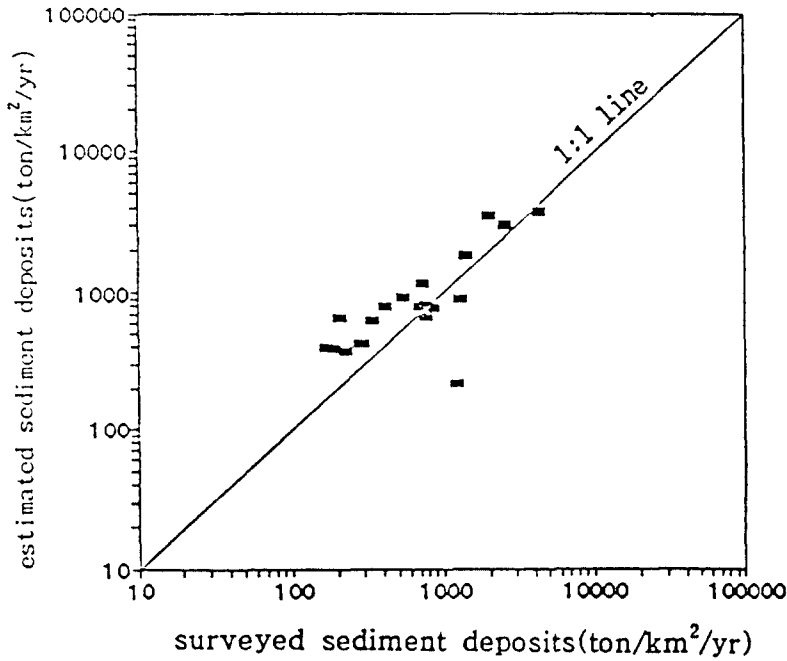


Fig. 4 Comparison between the estimated specific sediment deposits and the surveyed results

IV. 貯水池의 捕捉效率

1. 捕捉效率의 推定

總流失量-流砂運送比法에 의하여 추정한 比流砂量을 流入 流砂量으로 하고, 내용적 측정결과로부터 얻은 比堆砂量에 단위중량을 곱하여 구한 比流砂量과의 비로 부터 捕捉效率를 추정하였다. 貯水池別 捕捉效率의 추정치는 표-2와 같이 16~189%의 범위로서 궁, 일대, 개운 저수지등의 推定 捕捉效率의 값이 100% 이상이었는데, 이상의 저수지의 유역면적이 여타의 경우 보다 작았다. 이와같은 결과는 流失量 혹은 運送比가 과소 추정되었거나 堆砂量의 추정 오차 등의 여러가지 요인에 의한 것으로, 앞서 고찰한 바와 같이 Williams 等 (1972)의 실측 流砂量과의 비교에서도 100% 이상의 경우가 있었다.

貯水池別 推定 捕捉效率를 저수지 내용적, 유입량의 비에 대하여 도시하면 그림 5와 같았다. 그림 5에서는 표-2에서 捕捉效率이 100%보다 큰 값을 100%으로 하였으며, Brune (상한, 중앙, 하한곡선) 및 Churchill곡선과 비교하고 있다. 捕捉效率의 추정치는 Brune곡선의 하한치와 근사한 값을 보여주고 있음을 알 수 있으며 chuchill의 값과 비교하여 작은값을 보이고 있다.

2. 捕捉效率 推定式

捕捉效率의 추정 결과와 기존 문헌의 값을 비교하기 위하여, Brown式, Brune곡선, Churchill곡선 등에 의한 貯水池別 捕捉效率를 구하여 표-2의 결과와 비교하였다. 저수지의 推定 捕捉效率은 그림 5에서와 같이 Brune 곡선의 하한치의 결과와 유사한 분포를 나타냈으나, 그 상관성에 있어서는 중앙치 곡선을 적용할 경우 0.59 하한치를 적용할 경우는 0.60을 나타내었다. 한편, Churchill 곡선

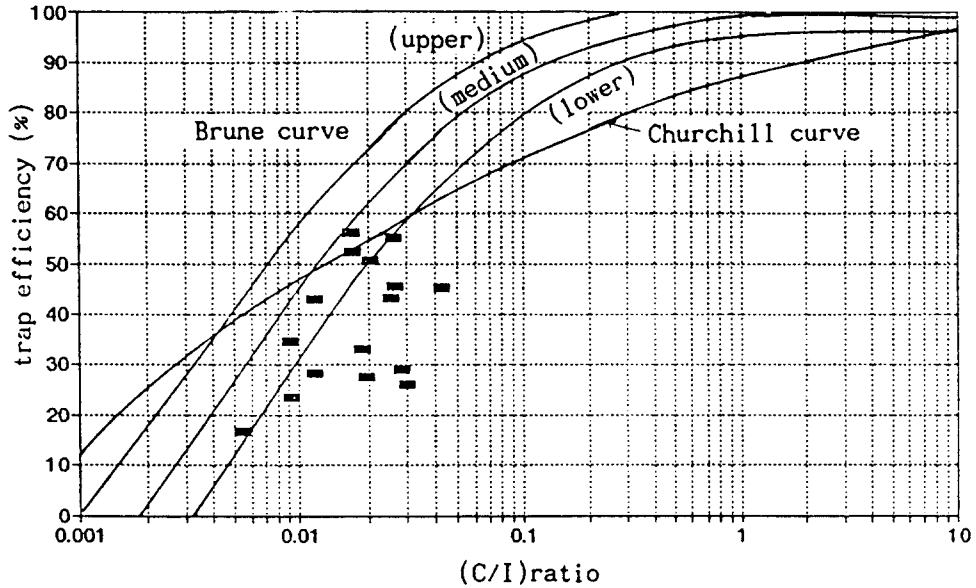


Fig. 5 Comparisons between estimated and Brune trap efficiencies as related to inflow-capacity ratios

의 경우는 각 貯水池別 捕捉效率과의 상관성은 0.56으로서 Brune 곡선의 값과 유사한 값을 나타내었다. 그러나, Brown式에 의한 捕捉效率의 값은 조사 대상 저수지의 경우 대부분 포착효율이 98%~100% 정도의 값으로 적용이 어려운 것으로 판단되었다.

灌漑用 貯水池의 捕捉效率의 추정을 위한 經驗式을 구하기 위하여 貯水池別 지상인자 등과 推定 捕捉效率의 회귀모형을 시도하였는데 그 결과는 표-3과 같다. 표-3에서와 같이 회귀모형으로는 1) Brune 곡선에 의한 추정치, 2) Churchill 곡선에 의한 추정치, 3) 내용적-유입량비와의 함수식, 4) 내용적-유입량비와 지상인자의 다중회귀모형을 시도하였다. 회귀모형의 결정계수는 Brune곡선에 의한 값을 적용할 경우 대수함수식으로 나타냈을 때 결정계수가 0.35 및 0.32 등으로 정상치 또는 半對數値의 회귀식 값보다 높았다.

한편, 내용적-유입량비를 사용했을 경우는 결정

계수가 0.27로서 Brune 곡선의 추정 결과 보다 낮았으나, 유역면적을 포함한 다중회귀식에서의 결정 계수는 0.63으로 상당히 개선된 결과를 나타내었다.

따라서, 灌漑用 貯水池의 捕捉效率의 추정을 위한 經驗式으로 다음식을 제안하였다.

$$T_r = 61.77 \left(\frac{C}{I} \right)^{-0.145} A^{-0.41} \quad (5)$$

식 (5)에 의한 貯水池別 捕捉效率의 추정치와 표-3의 결과를 비교한 것은 그림 6과 같다. 그림 6과 같이 捕捉效率의 추정 결과는 1:1 직선에 비교적 근접한 결과를 보였으며, 식(5)에 의한 추정 포착효율과 조사결과간의 평균오차는 17% 정도였으며 추정 포착효율의 평균은 37.25%이고 조사 자료의 평균 값은 38.08%로서 추정오차는 2%내외의 값을 보였다.

Table-3 Results of regression analysis

Cases	Regression equatons	R ²
Brune value vs. T _e	$T_e = 0.916Br^{0.913}$	0.353
Churchill value vs. T _e	$T_e = 0.065Ch^{1.584}$	0.317
C/I value vs. T _e	$T_e = 143.75(C/I)^{0.343}$	0.271
C/I, A value vs. T _e	$T_e = 61.77(C/I)^{-0.145} A^{-0.409}$	0.625

T_e=estimated trap efficiency(%), Br=Brune trap efficiency(%), Ch=Churchill trap efficiency(%), C/I=reservoir capacity per inflow rate, A=watershed area(km²)

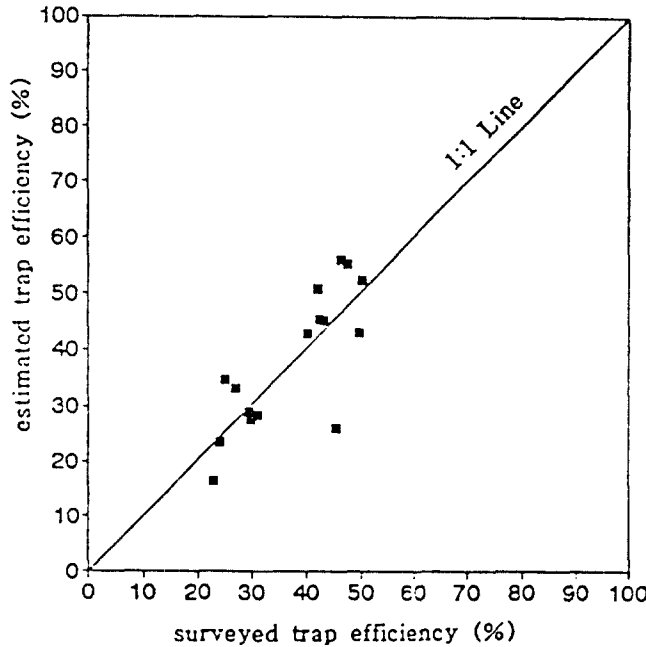


Fig. 6 Comparisons between estimated and trap efficiencies.

V. 要約 및 結論

本研究의 目的은 既存 灌溉用 貯水池의 堆砂 資料로 부터 流砂量을 구하고 流域의 總流失量을 推定하여 구한 堆砂量 추정치와의 比較를 통하여 總流失量-流砂運送比法의 적용성을 검토하고 捕捉效率을 정하여 기존 捕捉效率과 比較함으로써 그 적

용성을 검토하도록 하였다.

本研究의 結果를 要約하면 다음과 같았다.

1. 未計測 流域의 저수지 堆砂量 추정을 위하여 20개 저수지를 선정 總流失量-流砂運送比法을 적용하여 流砂量을 구하고, 堆砂量 측정결과에 捕捉效率을 나누어 구한 流砂量과 比較한 결과, 평균 15% 내외의 오차를 보였다.
2. 總流砂量-流砂運送比法에 의한 流砂量과 측정

- 결과의 堆砂量으로 부터 貯水池 捕捉效率의 추정치는 Brune 捕捉效率(중앙치)보다 작은 값을 보였으며, Brune 곡선의 하한치에 근접한 값을 보였다. 또한, Churchill의 포착효율과 비교할때 작은 값을 보였으며 상관계수도 낮았다.
3. 貯水池 捕捉效率의 추정을 위하여 내용적-유입량 비와 유역면적의 다중회귀식을 제안하였으며, 그 결과의 추정오차는 17% 내외의 값을 보였다. 그러나, 식에 사용된 저수지 포착효율이 측정 저수지 퇴사량과 토양유실량식의 추정 저수지 유입 유사량으로 구한 값이므로 실제 측정 포착효율에 대한 비교 보완이 요구되었다.
 4. 이상의 결과로 부터 總流失量-流砂運送比와 捕捉效率法에 의한 저수지 堆砂量의 개략적인 추정이 가능할 것으로 생각되었으며, 본 방법의 실용화를 위하여 유역 유실량, 유사운송비, 퇴사의 단위중량 등에 대한 국내 유역 측정 및 분석이 수행되어야 할 것이다.

感謝의 글

이 論文은 1992년도 建設部 韓國建設技術研究院의 위탁연구에 의하여 研究되었으며, 이에 感謝를 드립니다.

參 考 文 獻

1. 金鎮澤, 1989, 小流域의 土壤浸蝕 및 堆積模型의 適用, 서울大學校 大學院 碩士學位論文.
2. 金鎮澤, 朴承禹, 1991, 傾斜地의 耕種別 流出 및 土壤 流失에 관한 研究, 學術振興財團 研究報告書, 15 p.
3. 金鎮澤, 朴承禹, 徐承德, 1993, 灌溉用 貯水池의 堆砂量 과 流域 流砂量 推定式, 韓國農工學會誌 35 (2).
4. 農林水産部, 農漁村振興公社, 1988, 오원저수지 堆積實態調査 報告書
5. 朴承禹, 金鎮澤, 1992, 既存의 灌溉用 貯水池 堆砂 資料 調査 分析, 韓國建設技術研究院 研究報告書, 40 p.
6. 朴承禹, 金鎮澤, 金秉辰, 1988, 小流域의 土壤浸蝕 및 堆積模型의 應用, 서울大 農學研究 13(2) : 37-45.
7. 朴承禹, 1986-1988, 海面 및 海底堆積層 變化豫測 研究 - 아산호 및 삼교호의 流砂 堆積量 推定, 農水産部, 農業振興公社 研究報告書.
8. 徐承德, 林興益, 千萬福, 尹慶惠, 1988, 流域의 地相的 要因과 貯水池 比堆砂量과의 關係分析, 韓國農工學會誌 30(4) : 45-61.
9. 尹龍男, 1981, 灌溉用 貯水池의 年平均堆砂量과 貯水容量 減少年의 算定, 大韓土木學會 論文集 1 (1) : 69-76.
10. 鄭英祥, 愼劑晟, 愼鏞華, 1976, 傾斜土壤의 浸蝕性 因子에 關하여, 韓國土壤 肥料學會誌 9(2) : 109-115.
11. 鄭弼均, 高文煥, 1981, 降雨特性分析, 試驗研究報告書 (土壤肥料篇), 農業 技術研究所.
12. Brune, Gunnar M., Trap Efficiency of Reservoirs, Transactions of American Geophysical Union, vol. 34, No. 3, June 1953.
13. Vanoni, V. A.(Ed.), 1975, Sedimentation Engineering, ASCE, 745p.
14. United States Soil Conservation Service(1971). Sediment sources, yields and delivery ratio. SCS National Engineering Handbook (Section 3, chapt 6), USDA.
15. Williams, J. R. and H. D. Berndt, 1972, Sediment Yield Computed with Universal Equation, J. of the Hydraulics Div., ASCE, Vol. 98, No. HY12, pp. 2087-2098.
16. Wischmeier, W. H., C. B. Johnson, and B. V. Cross, 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation. 26(5) : pp. 189-193.
17. Wischmeier, W. H., and Smith, D. D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses—a guide to conservation planning. Agric. Handbook 537. USDA. SEA.