

담수호의 침전량과 분포 예측에 관한 연구

A Study on the Prediction of Sediment Yield and its Elevation in Fresh Desalted Reservoirs

김 태 철* · 이 재 용** · 윤 오 섭*** · 박 승 기*
Kim, Tai Cheol · Lee, Jae Yong · Yoon, Oh Seop · Park, Seung Ki

Summary

This study was performed to derive the formula of sediment yield and predict the sediment elevation for fresh desalted reservoirs. Data analyzed was from 3 fresh desalted reservoirs of Sapkyo, Asan, and Namyang.

Average sediment yield calculated from the sediment survey data was 279m³/km²/year for Sapkyo lake, 523m³/km²/year for Namyang lake, and 190m³/km²/year for Asan lake.

The trap efficiency for Sapkyo lake was 63%.

The formula of sediment yield was derived as $Q_s = 6,461 \times A^{-0.44}$ for fresh desalted reservoir.

Sediment yield in fresh desalted reservoirs was much higher than that in inland reservoirs located in the same watershed, because of long trap time in fresh desalted reservoirs.

I. 서 론

유사발생현상은 침식, 유송, 침전의 세 단계로 이루어진다. 유사는 크게 부유사와 소류사로 나누며 그 양을 합하여 총유사량이라 한다. 유수에 의해 침식되어 운송되는 유사의 일부는 포착(Trap) 되어 저수지내에 침전되

고 일부는 배수문을 통하여 하류로 배제된다. 침전량은 저수능력을 감소시켜 농업용수부족을 야기시키고 취수구와 배수갑문의 기능을 저하시키고 상류하천의 홍수위 상승으로 주변 농경지와 가옥을 침수시키는 등의 피해를 주고 있다. 따라서, 저수지의 저수능력을 감소시키는 침전량과 그 분포를 정확하게 예측하는

* 충남대학교 농과대학

** 농어촌진흥공사

*** 한국농지개발연구소

키워드 : 담수호, 저수지, 연평균침전률, 유사포착률, 침전량 및 분포예측, 준설

것은 수자원계획에 대단히 중요하다. 많은 관개저수지가 침전량에 의해 기능이 저하되고 있으며 일부는 준설작업으로 기능을 회복하고 있으나 침사지 및 배사문 등의 구조물에 의한 침전물 제거실적은 없다.

담수호는 유역의 최말단부에 위치하여 수자원을 효율적으로 이용할 수 있지만 상류유역에서 유입되는 오염물질과 유사량에 대한 주의가 필요하다. 왜냐하면, 조위에 따라 홍수배제가 영향을 받게 되므로 침전의 물리적 현상은 일반 저수지와는 크게 다르기 때문이다. 자연현상의 우연성 때문에 강우패턴과 하천유황에 의한 침전량은 설계시에 예측한 대로 재현되지 않는다.

이 연구에서는 아산호, 삼교호와 남양호 건설후 실측조사된 침전량자료를 분석하여 침전량 예측공식을 제시하고 침전량의 수심별 분포를 예측하고 예상되는 유효저수량 감소가 관개면적에 미치는 영향과 효율적 담수호 관리방안을 제시한다. 또한, 같은 유역내 24개 저수지의 침전량자료를 분석하여 담수호와 저수지의 연평균침전률을 비교한다.

II. 분석자료 및 방법

1. 유역 및 기상특성

삼교호, 아산호, 남양호의 3개 담수호 침전

량자료와 담수호와 같은 유역내에 있는 24개 저수지 침전량자료를 사용하였으며 각각의 위치는 Fig. 1과 같다.

삼교호 유역에서는 차령산맥을 주산맥으로 홍성군 광천읍 서산(樓山)에서 발원한 삼교천, 무한천과 곡곡천이 합류하여 삼교호를 이루고 있다. 이 하천들은 굴곡이 심하고 하상변동이 많으며 조수에 의한 염해와 침수피해가 많았으나 삼교호 축조후 해수침입이 방지되고 홍수조절로 침수피해가 격감되고 있다. 그리고 유역상류에는 예당지가 있어 농업용수를 공급하고 있다.

아산호 유역에는 상류에 수위관측소 6개소가 있으며, 회화, 동연, 양령 등 3개 지점에서 수위-유량곡선이 작성되어 있으나 대체로 불량한 상태이다. 주하천은 진위천, 안성천, 황구지천 등이 있으며 안성천상류에는 금광지와 고삼지가 있고, 진위천상류에는 이동지가 있다.

남양호 유역은 발안천이 그 중앙부를 관류하고 평탄한 구릉지대로 이루어져 있으며 경사가 완만하다. 남양호 축조후 해수침입이 방지되고 홍수조절로 침수피해가 격감되고 있다.

삼교호, 아산호 및 남양호 유역의 연평균기온은 11.4℃이며 연평균강우량은 약 1,264mm이다. 담수호와 저수지의 제원은 각각 Table 1, 3과 같다.

Table-1. Freshen desalted reservoirs studied

Item	Unit	Sapkyo	Namyang	Asan	Remark
Watershed Area	km ²	1,639.5*	209.0	1,634.0	*Yedang dam included
Surface Area	ha	2,017	800	2,800	
Irrigated Area	ha	13,760	4,004	14,415	
Total Volume	10 ³ m ³	84,082	38,000	142,000	
Effective Volume	10 ³ m ³	62,787	25,000	115,000	
Dead W. L.	El.m	-1.5	-3.30	-2.0	
Full W. L.	El.m	+2.5	+0.50	+2.5	
Flood W. L.	El.m	+5.1	+2.10	+4.5	



Fig. 1. Location map of fresh desalted reservoirs and inland reservoirs

2. 연구 방법

담수호와 저수지에서 측정한 침전량과 유역 특성으로부터 침전량 예측과 수심별 침전량 분포를 예측하였다.

가. 조사 방법

수심측량 실시로 내용적변화를 파악하여 침전량을 조사하였다. 수심측량은 DM-60R 또는 PS-10E 등 천해용 정밀음향측심기를 사용하여 발사된 음파가 해저에 반사되어 수신되기까지의 소요시간을 측정하여 수심을 구하였다. 기계적 오차를 줄이기 위하여 수심이 깊은 곳을 찾아 Bar check를 실시하여 이상유무를 확인하였다. 측심기록은 매일의 수위에 따라 다르므로 배수갑문에 설치된 수위계의 기록치에 의해 평균해면을 기준으로 한 수심으로 변경하였다.

$$D=1/2 \times V \times T \dots\dots\dots (1)$$

여기서, D : 수심(m),
 V : 수중음파의 평균속도(m/sec),
 T : 음파가 발사되어 수신까지의
 소요왕복시간(sec)

조사는 음향측심기에 의하여 측심예정선을 따라 항주하는 측량선상에서 육상에 설치된 3개의 기준점을 선정하여 2대의 육분의에 의해 동시에 두 협각을 측각하는 순간 기록지상에 표기하여 위치번호를 기록하고 측정된 각을 Boat sheet상에 삼각분도기에 의해 선상위치를 결정, 측량선을 예정된 측심선상으로 유도하는 방법으로 실시하였다. 하폭이 좁은 구간에서는 육상에 200m 간격으로 설치된 위치를 통과하는 순간 기록지상에 표기하여 위치를 결정한다.

나. 분석 방법

1) 침전량 예측

(1) 부유사, 소류사 및 유출량 측정자료가 있는 경우

하천유량별로 부유사량을 측정하여 유량-부유사량곡선을 작성하였다. 이 곡선에 하천유황곡선을 적용하여 부유사량을 추정하였다. 소류사량은 측정이 어렵고 부정확하기 때문에 측정한 부유사량의 평균농도에 따라 적합한 백분율을 적용하여 소류사량을 추정하는 일반적인 방법을 택하였다. 유황곡선작성에 필요한 일유출량은 DAWAST모형¹⁰⁾을 적용하여 추정하였다.

(2) 침전량 조사자료가 있는 경우

USBR¹⁶⁾에서는 유역면적의 크기와 초기저수량이 침전률에 밀접한 관계가 있는 것으로 추정하여 식 (2), (3) 등으로 나타내고 있다.

$$Q_s = a \times A^b \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_s = a \times A^b \times IRC^c \dots\dots\dots (3)$$

여기서, Q_s : 연평균침전률($m^3/km^2/year$),
 A : 유역면적(km^2),
 IRC : 초기저수용량($ha \cdot m$),
 a, b, c : 상수

2) 침전량 분포예측

예측한 침전량이 수심별로 어떠한 분포로 침전이 되는 지를 알아야 내용적곡선 변화를 알 수 있다. 침전량분포를 추정 또는 예측하는 방법에는 Borland & Miller¹³⁾가 제안한 Empirical area-reduction method가 주로 적용되고 있다. 대수지에서 당초수심과 내용적 기울기의 역수를 취하여 형상계수 m이라하고 이 값에 따라 저수지를 4가지 형태로 분류하였다. 저수지형태에 따라 총침전량, 저수용량, 깊이, 면적의 무차원함수인 F와 상대깊이 p와의 관계로 부터 수심별 침전량분포¹⁷⁾를 해석하였다. Fig. 7에서 저수지형태에 해당되는 곡선과 경과년의 p-F 곡선과의 교차점에서 새로운 바닥침전깊이를 결정할 수 있는 po를 구할 수 있었다. 상대깊이 p에 대해 저수지형태별로 상대침전면적(Relative sediment area) a를 구하였다.

$$F = (S - V_h) / H A_h \dots\dots\dots (4)$$

여기서 S : 총 침전량,
 V_h : 표고 h의 저수용량,
 H : 건설당시의 저수지 깊이,
 A_h : 표고 h의 저수지 면적

3) 침전물의 입도분포

침전물을 건설자재인 세골재로 이용할 수 있는지를 파악하기 위하여 한국공업규격(KSF 2302)에 의하여 입도시험을 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 침전량 조사결과

가. 담수호 침전량

삽교호⁵⁾는 1990년, 아산호는 1차⁶⁾ 1986년 2차⁸⁾ 1994년, 남양호⁷⁾는 1989년에 침전량조사를 실시하였다. 이 가운데 삽교호의 수심별

Table-2. Storage volume of Sapkyo lake

El. (m)	Original (1978)		Present (1990)		Remark	
	Area (10 ³ m ²)	Volume (10 ³ m ³)	Area (10 ³ m ²)	Volume (10 ³ m ³)		
2.5	20,179	86,856	19,128	80,702	Full W.L.	
2.0	19,237	77,027	18,815	71,216		
1.0	16,897	59,010	18,117	52,750		
0.0	14,602	43,261	14,464	36,459		
-1.0	12,229	29,845	10,870	23,791		
-1.5	11,152	24,269	9,135	19,224		
-2.0	10,075	18,693	7,400	14,656		Dead W.L.
-3.0	6,991	10,160	4,588	8,662		
-4.0	3,581	4,874	2,830	4,953		
-5.0	717	2,725	1,607	2,734		
-6.0	471	2,130	806	1,527		
-7.0	344	1,722	466	891		
-8.0	290	1,405	204	555		
-9.0	251	1,133	145	380		
-10.0	202	906	93	261		
-11.0	162	724	74	177		
-12.0	148	568	56	112		
-13.0	134	426	44	62		
-14.0	117	300	33	24		
-15.0	90	196	11	1		
-15.3	85	171	0	0		
-16.0	74	114				
-17.0	62	45				
-18.7	19	4				
-18.5	0	0				

저수량 변화는 Table-2과 같다.

나. 저수지 침전량

담수호 침전량과 저수지 침전량의 형태를 비교하기 위하여 담수호와 같은 유역에 있는 Fig. 1의 24개 관개저수지¹⁻³⁾에서 실측한 자료로부터 침전량을 구하였는데 그 내용은 Table-3과 같다.

2. 연평균침전률

가. 부유사, 소류사 및 유출량 측정자료로 구하는 경우

농진공⁴⁾은 저수지 침전량을 고려한 저수용

Table-3. Reservoirs data used for sediment estimation

No	Name	Built year	Surveyed year	Water shed (km ²)	Benefit area (ha)	Storage Volume		Sediment yield (m ³ /km ² /yr)	Remark
						Original (10 ³ m ³)	Surveyed (10 ³ m ³)		
1	Pajang	1971	1988	1.44	-	473	451	888.8	Asan watershed
2	Illweol	1945	-	2.77	128.4	315	-	559.5	
3	Chunhong	1959	1987	5.00	288.2	851	571	2,240.0	
4	Sungnae	1958	1987	6.40	324.3	16,371	13,371	1,616.3	
5	Bongjae	1944	1987	7.93	343.7	14,810	14,535	806.4	
6	Sinhyu	1954	1987	8.42	303.0	13,875	13,400	1,709.4	
7	Ryecheon	1929	1987	9.33	688.1	20,280	19,741	996.0	
8	Giheung	1957	1987	53.0	2,364.7	10,690	10,477	138.3	
9	Kumkwang	1953	1987	48.3	1,994.1	10,550	10,310	146.1	
10	Gosam	1956	1987	71.0	3,119.3	15,150	14,957	87.6	
11	Yidong	1964	1987	93.0	2,303.2	17,288	16,934	165.4	
12	Munbang	1952	1974	2.1	68.0	287	229	1,262.1	Sapkyo watershed
13	Baekmi	1938	1974	2.2	74.6	212	164	604.7	
14	Juksan	1942	1974	3.22	116.8	621	368	2,457.1	
15	Sinchang	1954	1974	3.86	101.5	785	718	869.6	
16	Sucheol	1931	1974	4.8	172.4	785	664	584.8	
17	Bongrim	1944	1974	7.5	232.5	991	817	774.8	
18	Sindae	1976	1987	9.25	217.8	15,990	15,819	1,632.9	
19	Janggok	1978	1987	10.64	248.9	1,317	1,170	1,535.0	
20	Okgye	1957	1987	11.82	302.8	1,404	1,304	282.0	
21	Hongdong	1955	1987	14.8	236.6	912	795	247.0	
22	Masan	1928	1974	17.9	580.5	3,196	2,615	705.7	
23	Dogo	1930	1974	21.1	1,097.8	4,666	4,182	521.7	
24	Hongyang	1945	1987	24.1	457.0	1,666	1,406	256.8	

량을 결정하기 위하여 1971~73년에 걸쳐 삼교천, 곡교천, 무한천에서 유속, 수위측정에 의하여 유량을 측정하였다. USDH-48 시료채취기로 부유사를 채취하여 식 (5)의 유량-부유사량곡선식을 작성하고 일유출량에 의한 하천유황곡선으로부터 부유사량을 추정하였다. 시료채취가 어렵고 부정확한 소류사는 Brown 공식을 적용하여 평균 총유사량을 추정하였다. 삼교호에서 부유사, 소류사 및 유출량 측정자료로부터 구하는 절차는 다음과 같다.

1) 일 유출량 추정

삼교천 수촌지점(254.8km²)에서 1983~88년에 관측된 수위-유량곡선을 이용하여 구

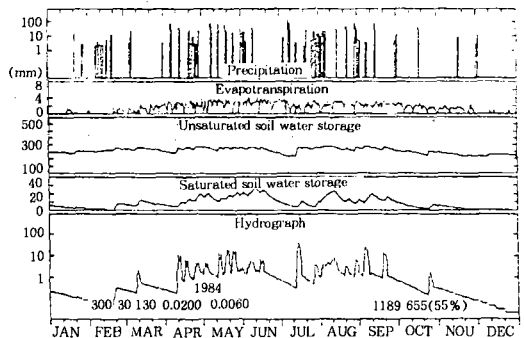


Fig. 2. Daily streamflow simulated by DAWAST model at Sapkyo lake in 1984

한 DAWAST모형의 최적매개변수는 UMAX

300mm, LMAX 30mm, FC 130mm, CP 0.020, CE 0.006 이었다. 이 매개변수를 적용하여 DAWAST모형으로 1978~90년의 13년간 일유출량을 추정하였는데 삼교호 관측-추정 일유출량 수문곡선의 1984년도의 예는 Fig. 2와 같다. 이 때 사용자료로서 강수는 홍성, 증발량은 서산자료를 이용하였다. 이 기간의 연평균강수량은 1,182mm이고 연평균유출률은 54.5%였다.

2) 유향곡선의 작성

13년간의 일유출량 자료로 구한 삼교호지점의 유향곡선은 Fig. 3과 같다.

3) 부유사량과 소류사량의 추정

(1) USBR¹⁶⁾의 유사운송량 추정방법

Fig. 3의 삼교호 유향곡선과 식 (5)의 무한천 유량-부유사량곡선식으로 구한 삼교호의

유사운송량은⁴⁾ Table-4와 같다. 부유사의 평균농도가 520mg/ℓ으로 Condition 1 (10~35%)에 속하므로 소류사량은 부유사량의 30%를 적용하였다. 홍¹²⁾은 안성천에서 소류사량을 부유사량의 14~36% (평균 22%)를

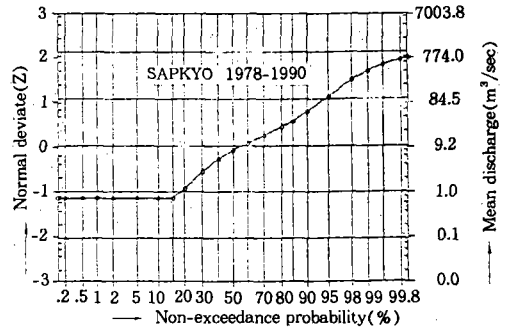


Fig. 3. Flow duration curve for Sapkyo lake

Table-4. Calculation of suspended load based on flow duration curve

(1) Class %	(2) Step %	(3) Mean %	(4) Discharge m³/sec	(5) Sediment ton/day	(2)×(4) Runoff ton/day	(2)×(5) Sediment ton/day
0.00~ 0.02	0.02	0.01	992.860	215322.8	0.198	43.0
0.02~ 0.10	0.08	0.06	916.730	183611.9	0.733	146.8
0.10~ 0.50	0.40	0.30	616.450	83124.8	2.465	332.5
0.50~ 1.50	1.00	1.00	388.940	33136.0	3.889	331.4
1.50~ 5.00	3.50	3.25	158.900	5545.6	5.561	194.1
5.00~15.00	10.0	10.0	52.410	605.3	5.241	60.5
15.00~25.00	10.0	20.0	24.800	135.8	2.480	13.6
25.00~35.00	10.0	30.0	16.720	61.8	1.672	6.2
35.00~45.00	10.0	40.0	11.71	30.3	1.171	3.0
45.00~55.00	10.0	50.0	8.030	14.2	0.803	1.4
55.00~65.00	10.0	60.0	5.220	6.0	0.522	0.6
65.00~75.00	10.0	70.0	2.720	1.6	0.272	0.2
75.00~85.00	10.0	80.0	1.170	0.3	0.117	0.03
85.00~95.00	10.0	90.0	0.731	0.1	0.073	0.012
95.00~96.50	3.50	96.75	0.731	0.1	0.025	0.042
98.50~99.50	1.00	99.00	0.731	0.1	0.007	0.001
99.50~99.90	0.40	99.70	0.731	0.1	0.002	0.000
99.90~99.98	0.08	99.94	0.731	0.1	0.000	0.000
99.98~100.0	0.02	99.99	0.731	0.1	0.000	0.000
계					25.23	1,133.5

적용한 바 있다. Table-4를 기초로 계산한 연 평균유출량은 $7.96 \times 10^8 \text{m}^3$ 이고 부유사의 평균농도가 $520 \text{mg}/\ell$ 이므로 부유사량은 413,723ton/yr이다. 소류사량 백분율을 30%로 취하면 소류사량은 124,117ton/yr이다. 따라서 총유사량은 537,840ton/yr이고 평균단위중량을 $1.12 \text{ton}/\text{m}^3$ 으로 취하면 연평균 약 48만 m^3 의 침전량이 발생한다.

(2) 일별 유사운송량에 의한 추정방법

USBR 이 제시한 유량-부유사량곡선과 유황곡선에 의하여 유사유송량을 추정하는 방법은 일별로 계산하는 번거로움을 피하기 위하여 유출량 범위별로 평균치를 적용하여 계산하고 있다. 이 연구에서는 DAWAST모형으로 추정한 일 유출량을 유량-부유사량곡선 식 (5)에 적용하여 일별로 부유사량을 구하고 부유사량의 평균농도에 따라 10~30%의 소류사량을 추가하였다.

$$\Sigma Q_s = \Sigma 0.223 \times Q_w^{2.0} \dots\dots\dots (5)$$

여기서, Q_s : ton/day,

$$Q_w : \text{m}^3/\text{sec}$$

Table-5에서 총유사량은 627,200ton/yr이므로 평균단위중량을 $1.12 \text{ton}/\text{m}^3$ 으로 취하면 연평균 약 56만 m^3 의 침전량이 발생한다. 삼교호 1984년의 일별 유출량과 부유사량 추정곡선의 일례는 Fig. 4와 같다.

4) 유사포착률(Trap efficiency)

USBR 방법과 일별유사량 방법은 약 14%의 상대오차를 보이고 있다. 삼교호의 총운송량을 56만 m^3/yr 으로 취하면 실제 유사침전량이 35만 m^2/yr 이므로 유사포착률은 약 63%이

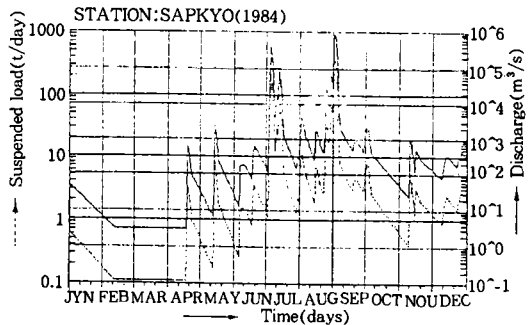


Fig. 4. Estimated daily streamflow and suspended-load

Table-5. Calculation of suspended-load on a daily basis in Sapkyo lake

Year	Runoff $10^6 \text{m}^3/\text{yr}$	Suspended load $10^3 \text{ton}/\text{yr}$	Concentration mg/ℓ	Bed load percent %	Bed load $10^3 \text{ton}/\text{yr}$	Total sediment $10^3 \text{ton}/\text{yr}$
1978	752.2	679.6	903.6	30	203.9	883.5
1979	847.7	455.7	537.6	30	136.7	592.4
1980	961.1	569.6	592.6	30	170.8	740.4
1981	648.7	375.7	579.1	30	112.7	488.4
1982	492.6	129.7	263.4	30	38.9	168.6
1983	797.4	165.2	207.3	30	49.5	214.8
1984	771.6	690.4	894.7	30	207.1	897.5
1985	909.4	277.6	305.2	30	83.2	360.8
1986	821.8	415.9	506.1	30	124.7	540.6
1987	1,566.8	1,374.8	877.5	30	412.4	1787.3
1988	212.9	27.8	130.7	30	8.3	36.1
1989	812.4	342.7	421.9	30	102.8	445.6
1990	1,396.2	766.9	549.3	30	230.0	997.0
Mean	845.4	482.4	520.0	30	144.7	627.2

다. Brune¹⁴⁾ 곡선에 의한 삼교호 저수용량/연평균유입량 값이 0.097인 경우의 유사포착률은 약 80%이다.

나. 침전량과 유역특성으로 구하는 경우

침전현상은 강우량과 강우강도, 토양형태와 지질학적 구조, 식생피복, 토지이용, 지형, 유출, 침전특성 및 저수지운영방법 등 복잡한 상호작용으로 이루어지므로 물리적 해석이 대단히 어렵다. 따라서, 소유역(4 Sq.mile 이하)에서는 USLE 등으로 추정하지만 일반적으로 유역면적과 저수용량을 주요인자로 취급하고 있다.

1) 담수호

삼교호의 당초 총저수량은 8,685.7만m³이

며, 1990년에는 8,070.3만m³으로 615.4만m³의 저수량이 감소되었으나 이 가운데 157.6만m³는 개담으로 감소된 양이므로 13년간의 실제 토사침전량은 457.8만m³이었다.

아산호의 당초 총저수량은 9,826만m³이며, 1994년에는 9,795만m³으로 약 31만m³ 감소되었는데, 이는 이 기간에 약 588만m³의 토사를 준설하였기 때문이다.

유역면적이 작은 남양호의 당초 총저수량이 3,149만m³인데 1989년에는 2,973.8만m³으로 16년간 토사침전량은 175.2만m³이었다. 총침전량을 경과년수로 나누면 연평균침전량이고 이를 유역면적으로 나누면 연평균침전률이다.

담수호 3개소의 연평균침전률을 유역면적으

Table-6. Observed sediment yield of fresh desalted reservoirs

Name of reservoir	Period year	Watershed area (km ²)	Full water area (km ²)	Total sedi. (10 ³ m ³)	Sediment ratio (m ³ /km ² /yr)
Sapkyo	13	1,263	19.13	4,578.1	278.9
Namyang	16	209	7.61	1,751.7	523.2
Asan	13	1,634	23.22	4,026.7	189.6
"	7	1,634	23.22	2,163.3	189.0

로 나타내면 식 (6) 및 Fig. 5와 같다. 유역면적이 큰 담수호에서는 유역면적이 증가함에 따라 침전률이 감소하는데, 이는 유역면적이 큰 곳에서는 단위시간당 배제수량이 많아지고 유사포착시간이 상대적으로 작기 때문인 것으로 판단된다.

$$Q_s = 6,461 \times A^{-0.466} \dots\dots\dots (6)$$

2) 저수지

저수지의 침전에 영향을 미치는 인자는 여러가지가 있으나 유역면적과 저수지 초기용량만을 고려하여 연평균침전률을 식 (7)로 나타내었다¹¹⁾. 연평균침전률은 유역면적이 감소하고 초기저수용량이 증가함에 따라 증가하고 있다. 유역면적만을 고려한 경우보다 유역면

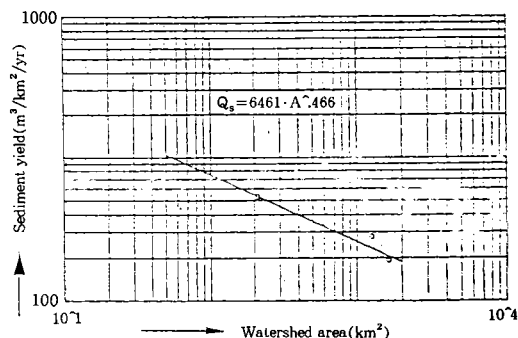


Fig. 5. Sediment yield formula for fresh desalted reservoir

적과 초기저수용량을 동시에 고려한 경우가 양호하게 추정되는 것으로 나타났다.

$$Q_s = 830.5 \times A^{-0.902} \times IRC^{0.315} \dots\dots\dots (7)$$

Table-3의 저수지 침전량자료를 이용하여 연평균침전률과 저수지 유역면적간의 관계를 나타내면 식 (8)과 같다. 미국 남서부 반건조 지역¹⁶⁾의 저수지 연평균침전률 $Q_s = 1,098 \times A^{-0.24}$ 와 비교된다.

$$Q_s = 2,340 \times A^{-0.598} \dots\dots\dots (8)$$

다. 담수호와 저수지의 연평균침전률 비교

유역면적 100km²인 경우를 예를들면, 식 (6)에 의한 담수호는 739m³/km²/year, 식 (8)에 의한 저수지는 149m³/km²/year 이므로 담수호의 평균침전률이 약 5배 정도 크게 추정되고 있다.

3. 침전량 분포예측

USBR¹⁷⁾ 방법으로 담수호의 침전량과 분포를 예측하였으며 그 가운데 아산호의 분석결과를 예시하면 다음과 같다. 조사된 침전량으로 작성한 아산호의 침전량분포 설계곡선 (Sediment distribution design curve)은 Fig. 6과 같고 Type I으로 평탄지에 속한다. 아산호의 형상계수 m은 3.7로 역시 Type I이다.

상대깊이 (p)와 무차원함수로 부터 작성한 Fig. 7의 경과년에 따른 p-F곡선으로 부터 50년후, 100년후의 새로운 저수지 바닥표고와

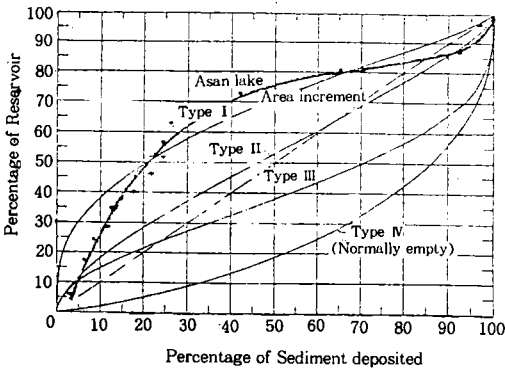


Fig. 6. Reservoir storage design curve for reservoir types and Asan lake

수심별 내용적분포는 Table-7과 같이 예측할 수 있으며, 이를 도시하면 Fig. 8와 같다. 이때 50, 100년후의 바닥 상대깊이(po)는 각각 0.35, 0.45로 취하여 구한 50, 100년후의 예측 바닥표고는 각각 El.-8.7m, El.-5.4m 이었다. 저수지의 침전량과 분포는 “관개저수지의 이수관리모형(IRRIMA)”⁹⁾으로 예측할 수 있다.

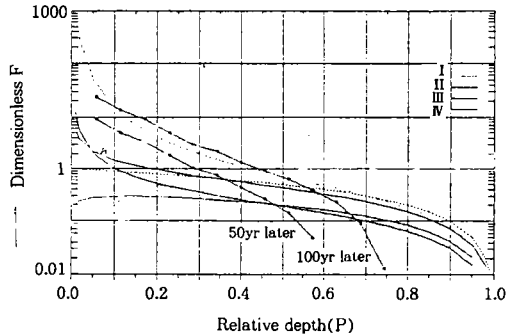


Fig. 7. Curves to determine the depth of sediment at Asan lake

Table-7. Area and capacity of 50 and 100 years later for Asan lake

El.m	50years later		El.m	100years later	
	Surface area (10 ⁴ m ²)	Accum. volume (10 ⁶ m ³)		Surface area (10 ⁴ m ²)	Accum. volume (10 ⁶ m ³)
2.5	2,239.7	8,786.7	2.5	2,239.7	7,107.3
2.0	2,048.3	7,714.7	2.0	1,902.7	6,071.8
1.0	1,722.4	5,829.4	1.0	1,531.3	4,354.8
0.0	1,439.7	4,248.4	0.0	1,236.8	2,970.7
-1.0	1,239.5	2,908.8	-1.0	1,038.7	1,833.0
-2.0	878.4	1,849.8	-2.0	687.2	970.0
-3.0	587.1	1,117.1	-3.0	410.2	421.3
-4.0	321.7	662.7	-4.0	162.1	135.2
-5.0	219.5	392.1	-5.0	78.8	14.8
-6.0	135.4	214.6	-6.0	0.0	0.0
-7.0	92.8	100.5	-7.0	0.0	0.0
-8.0	63.6	222.7	-8.0	0.0	0.0
-8.7	0.0	0.0	-8.7	0.0	0.0
-9.0	0.0	0.0	-9.0	0.0	0.0

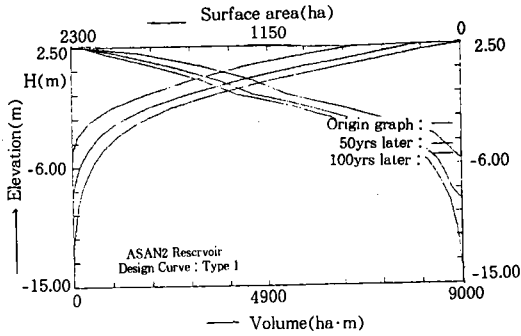


Fig. 8. Area and capacity curves of present, 50 years, and 100years later for Asan lake

4. 침전물의 입도분석

삼교호에서 1개 측선에 3개소씩 31개 측선에서 시료를 채취하여 입도시험방법에 따라 분석한 구간별 침전물의 토성은 다음과 같다.

삼교호 방조제에서 삼교호 중하부까지는 시료채취지점에 따라 점토 0~48%, 실트 11~94%, 모래 10%미만이고 자갈은 없었다. 중상부에서 삼교호 상부인 곡교천 합류부까지는 시료채취지점에 따라 점토 1~16%, 실트 33~88%, 모래 1~66%를 보이고 자갈은 없었다. 삼교천과 삼교호 연결부에서 삼교천과 도고천 합류부까지는 점토와 자갈은 없고, 실트 7~67%, 모래 33~95%의 분포로 하폭이 작아지고 모래의 퇴적이 많다. 삼교호 최상류 구간까지는 점토는 없고, 실트 1~62%, 모래 8~95%, 자갈 0~62%로서 전반적으로 자갈이 많이 나타나고 있다. 삼교호와 곡교천의 합류부에서 곡교천 상류측까지는 점토 3~12%, 실트 1~7%, 모래 13~98%이다.

전체적으로 담수호 방조제측으로는 점토와 실트가 많고, 건설자재인 세골재로 이용될 수 있는 모래는 상류부에 비교적 많이 분포되어 있다.

5. 유효저수량 감소예측

저수지내의 침전량에 따라 유효저수량이 감

소하게 되며, 이를 현재와 50년후, 100년후의 유효저수량과 관개능력 감소를 비교하면 다음과 같다.

삼교호의 경우, Table-8과 같이 1990년 현재 유효저수량은 131만³ 감소되어 관개면적은 약 290ha 정도로 큰 영향이 없으나, 50년, 100년후에는 각각 1,805ha, 4,196ha 감소될 것으로 예상된다. 침전량분포 예측에 의하면 설계수명 50년후에는 EL.-4.4m, 100년후에는 EL.-3.6m까지 퇴적될 것으로 예상되어 저수량 및 배수갑문관리에 대책을 수립하여야 할 것이다.

아산호의 경우, 1994년 현재 유효저수량은 890만³ 감소되었으나 약 588만³의 토사가 준설되어 저수량확보와 상류 침수피해방지가 가능하였다.

남양호의 경우, 1989년 현재 유효저수량이 175만³, 관개면적 약23ha 정도로 감소될 것으로 예상된다. 50년, 100년후에는 각각 50ha, 123ha 정도 감소될 것으로 예상된다.

Table-8. Reduction of effective storage due to sediment deposition at Sapkyo lake

Item	Unit	Original in 1978	Surveyed in 1990	Predicted	
				in 2027	in 2077
Eff. storage	10 ⁴ m ³	6,278	6,147	5,455	4,364
Irrigated area	ha	13,760	13,470	11,955	9,564
Reduced area	ha	0	290	1,805	4,196
Bottom	El.m	-18.5	-15.3	-4.4	-3.6

IV. 결 론

삼교호, 남양호, 아산호 등 3개 담수호의 침전량 실측자료를 분석하여 담수호의 침전량 추정공식을 제시하고 침전분포를 예측하였다. 또한, 3개 담수호와 같은 유역내의 24개 저수지의 침전량 실측자료를 분석하여 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 삽교호 건설이후 13년간 총침전량은 458 만 m^3 로 조사되었으며 연평균침전량은 약 35 만 m^3 이다. 설계시 예측한 연평균침전량 20만 m^3 보다 약 80% 정도 많이 침전되었다. 설계시 100년후의 침전량을 1,100만 m^3 로 예측하였으나 이번 조사에서는 약 1,900만 m^3 로 예측하였다.

2. 아산호 건설이후 20년간 총침전량은 619 만 m^3 로 이었으며 연평균침전량은 약 31만 m^3 이었다. 이 기간에 약 588만 m^3 의 토사가 준설되어 저수량확보와 침수피해방지가 가능하였다.

3. 남양호 건설이후 16년간 총침전량은 175 만 m^3 이었으며 연평균침전량은 약 11만 m^3 이었다.

4. 부유사, 소류사 및 유출량 측정에 의하여 담수호의 총침전량을 계산할 경우에는 유사포착률은 63%, 소류사량 백분율은 30% 정도를 적용할 수 있다.

5. 부유사, 소류사, 유출량등의 측정치가 없을 경우에는 담수호에서의 연평균침전률은 $Q_s = 6,461 \times A^{-0.466}$ 으로 추정 또는 예측할 수 있다.

6. 삽교천과 안성천유역 저수지의 연평균침전률은 $Q_s = 830.5 \times A^{-0.902} \times IRC^{0.315}$ 으로 추정 또는 예측할 수 있다. 담수호 침전률이 저수지 침전률에 비해 크게 추정되었으며, 이는 담수호에서 조위에 따른 배수갑문조작으로 부유물의 체류 및 포착시간이 길기 때문으로 판단된다.

7. 침전물의 토성은 담수호 방조제측으로는 점토와 실트가 많고 건설자재인 세골재로 이용될 수 있는 모래는 상류부에 비교적 많이 분포되어 있다.

2. 농업진흥공사(1988), 준설타당성보고서
3. 농업진흥공사(1987), 수리시설물 수원공 일람표, 5-1, 2
4. 농업진흥공사(1973), 삽교천지구 농업종합개발사업 보고서
5. 한국농지개발연구소(1990), 삽교호 토사 침전량조사 연구보고서
6. 한국농지개발연구소(1986), 아산호 토사 침전 상황조사 연구보고서
7. 한국농지개발연구소(1989), 남양호 토사 침전 상황조사 연구보고서
8. 한국농지개발연구소(1994), 아산호 토사 침전량조사 연구보고서
9. 김태철(1993), IRRIMA 모형의 구조와 사용지침, 충남대학교
10. 김태철(1992), DAWAST 모형의 구조와 사용지침, 충남대학교
11. 이재용(1991), 담수호와 저수지의 침전량 비교, 충남대학교 석사학위논문
12. 홍승만(1976), 유사운동과 유사량에 관한 연구, 한국 농공학회지, 제18권, 제1호
13. Borland, W. M., and C. R. Miller(1960), Distribution of sediment in large reservoirs, Transactions, ASCE, Vol. 125
14. Brune, Gunnar M. (1953), Trap efficiency of reservoirs, Trans. of American Geophysical Union, Vol.34, No.3
15. USBR(1951), Analysis of flow-duration, sediment-rating curve method of computing sediment yield
16. USBR(1973), Design of small dam, 2nd ed., Reservoir sedimentation
17. USBR(1987), Design of small dam, 3rd ed., Reservoir sedimentation

참 고 문 헌

(접수일자 : 1996년 1월 24일)

1. 건설부(1978), 새마을 수문조사 최종기술 보고서, 제5권