

# 내장저수지의 장래 퇴적량 및 퇴적분포 추정

## Estimation of Future Sediment Deposition and Sediment Distribution on Nae jang Lake

고재영\*, 박승우\*\*, 이은정\*\*\*, 장태일\*\*\*\*,  
Jae young Ko, Seung woo Park, Eun jung Lee, Tae il Jang

### 요 지

본 연구의 목적은 내장저수지의 장래 퇴적량 및 퇴적분포를 추정하는 것으로 연구 결과는 다음과 같다.

- 1) 내장저수지 유역의 장래 토양유실량을 추정하기 위해 Landsat-5 TM 1984년 영상과 2001년 영상을 분석하여 토지이용변화를 알아보고, 연간 토양유실량 변화를 추정하였다.
- 2) 내장저수지 유역의 토양유실량을 추정하기 위하여 범용토양유실공식(USLE, Universal Soil Loss Equation)을 이용하였으며, 담수호로 유입되는 양을 추정하기 위하여 유사운송비법을 사용하였다. 담수호로 유입된 유사량 중 퇴적되는 양을 추정하기 위하여 유사량-포착효율법을 이용하였다.
- 3) 토양유실량의 연평균증가율을 바탕으로 장래 유입 유사량 및 퇴적량을 예측하였으며, Lara법에 의한 수위-내용적 관계 및 표고별 퇴적분포를 추정하였다.

**핵심용어 : USLE, 유사운송비법, 유사량-포착효율법, Lara법**

### 1. 서 론

농업용 저수지는 그 주요 목적이 농업용수 공급이라는 측면에서 살펴볼 때 이양기와 같이 많은 양의 관개를 필요로 하는 시기에 용수를 안정적으로 공급해 줄 수 있어야 한다. 농업생산기반정비사업통계연보(농림부, 2003)에 의하면 농업기반공사에서 관리하고 있는 농업용 저수지 3,312개소 중 74%에 해당하는 2,438개소가 준공 후 36년 이상 경과되었고, 주요 저수지 1,180개소의 내한 능력을 검토한 결과 저수지의 43%만이 10년 빈도 내한 능력에 해당하는 것으로 나타났다. 또한 토양유실에 의한 토사의 유입 등으로 인해 설계 당시 계획된 저수지의 내용적이 계속해서 줄어들어 결국 적정시기에 관개를 해줄 수 없는 상황이 발생하게 된다. 이에 대한 대책으로 보조수원공 개발, 저수지 시설 보강, 도수시설 보강 및 저수지 준설 등의 방법이 제기되고 있다. 따라서 본 연구에서는 저수지의 장래 유사퇴적량 및 퇴적분포를 추정함으로써 저수지 시설보강 및 저수지 준설 등에 있어서 기초자료를 마련하고자 한다.

### 2. 연구 방법

#### 2.1 내장저수지 유역의 개요

새만금 유역 상류에 위치한 내장저수지 유역은 정읍천 상류 9.91 km를 주하천으로 하며, 면적이 2,317 ha

\* 서울대학교 지역시스템공학부 대학원 · E-mail : captain9@snu.ac.kr

\*\* 서울대학교 지역시스템공학부 교수 · E-mail : swpark@snu.ac.kr

\*\*\* 서울대학교 지역시스템공학부 대학원 · E-mail : tweety45@snu.ac.kr

\*\*\*\* 서울대학교 지역시스템공학부 대학원 · E-mail : uriduri7@snu.ac.kr

이고, 연평균기온 12.8℃이고, 연평균 강수량은 1,294 mm, 유역의 평균폭은 2.34 km, 형상계수는 0.236이다. 전체유역의 80%이상이 산지로 이루어져 있어 유역 대부분이 급경사지이며, 토지이용은 논보다는 밭이 상대적으로 많이 분포하고 있다. 그림 1은 내장저수지의 유역도를 나타내는 것이다.

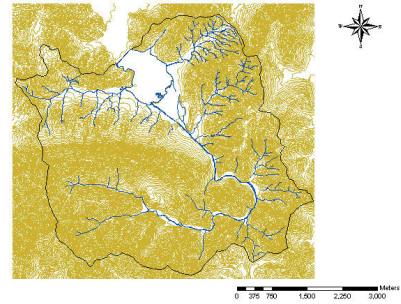


그림 1. 내장저수지 유역도

## 2.2 장래 유사량 추정방법

유역내에서 발생한 토양유실량이 내장저수지로 유입되는 양을 추정하기 위하여 유사운송비법을 이용하였으며, 담수호로 유입된 유사량 중 담수호에 퇴적되는 유사량의 비율은 포착효율법을 이용하여 추정하였다. 총유실량은 상류유역의 토양유실량과 하도구간에서의 침식량을 합한 값으로 추정하고, 상류유역의 범용토양유실량추정식(USLE, Universal Soil Loss Equation) 을 이용하여 추정하였으며, 하도구간의 유실량은 하천단면측량 등의 자료나 유사량식으로부터 추정하였다. 내장저수지 유역의 장래 유사량 추정을 위해서 1984년과 2001년의 Landsat-5 TM 영상을 이용하여 토지이용 변화를 파악한 후, 해당연도의 토양유실량을 추정하여 토양유실량의 증감을 알아보고 이를 바탕으로 장래 토양유실량을 추정하였다.

## 2.3 퇴적분포 추정 방법

Borland와 Miller(1958)는 저수지에서의 당초의 수심과 내용적의 기울기의 역수를 취하여 형상계수  $m$ 이라 하고 이 값에 따라 저수지 형태를 표 1과 같이 4가지로 분류하였다. 이 방법은 침전이 계속되어도 저수지의 형상계수( $m$ )는 변화하지 않는다는 조사결과에 따라 당초 용적의 수심과 용적으로부터 계산한 것이다. Lara(1962)는 위의 이론에 기초하여 저수지 유사 침전을 예측하는 방법을 제시하였으며 Lara법 또는 USBR(United States Bureau of Reclamation)법이라고 부른다. 본 연구에서는 내장저수지의 장래 퇴적분포를 추정하기위하여 Lara법을 사용하여 5년 후, 10년 후, 25년 후, 50년 후의 내장저수지의 퇴적분포를 알아보았다.

표 1. 총 저수지 깊이와 총 저수지 유사량과의 관계에 따른 저수지 구분

저수지 형태	구분	형상계수, $m$	상대침전면적 공식
1	Lake	3.5-4.5	$a = 5.047p^{1.85}(1-p)^{0.36}$
2	Flood-plain foothill	2.5-3.5	$a = 2.487p^{0.57}(1-p)^{0.41}$
3	Hill	1.5-2.5	$a = 16.967p^{1.15}(1-p)^{2.32}$
4	Gorge	1.0-1.5	$a = 1.486p^{-0.25}(1-p)^{1.34}$

( $m$  = 형상계수, 수심과 내용적의 기울기의 역수)

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 유사량과 퇴적량

#### 3.1.1 토지이용변화

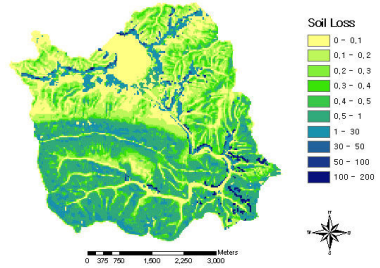
본 연구에서는 내장저수지 유역 일대의 토지이용 변화를 알아보기 위하여 Landsat-5 TM 1984년 7월 30일 영상과 2001년 9월 23일의 다시기 영상을 이용하여 1984년과 2001년의 2개년에 대하여 내장저수지 유역의 토지이용변화를 알아보았다. 토지이용분류는 논(Paddy), 밭(Upland), 산림(Forest), 인공구조물(Built-up) 및 물(Water) 등의 5가지 속성으로 분류하였다. 내장저수지 유역의 토지이용 변화는 표 2에서 보는 바와 같이 산림의 면적이 줄고 논과 밭 그밖에 시가지 및 도로의 면적이 커지는 것을 알 수 있었다.

**표 2. 내장저수지 유역의 토지이용 현황**

구분		물	논	산림	밭	시가지/도로	합계
1984년	비율 (%)	4.09	2.15	86.86	4.59	2.30	100
	면적 (ha)	94.86	49.77	2,012.76	106.38	53.37	2,317.14
2001년	비율 (%)	3.46	2.85	85.64	5.38	2.68	100
	면적 (ha)	80.10	66.15	1,984.32	124.56	62.01	2,317.14

3.1.2 토양유실량 추정

토양유실량을 추정하기 위하여 USLE 각 인자별 주제도를 이용하여 내장저수지 유역의 토양유실량을 추정하였다. 내장저수지 유역의 토양유실량 추정에 이용된 격자의 크기는 30×30 m 로 그림 2는 2001년의 토양유실량 추정결과를 보여주는 것이며, 표 3은 토지이용 변화에 따른 토양유실량 추정결과를 요약하여 정리한 것이다. 표 3에서 보는 바와 같이 내장저수지 유역의 토양유실량은 연평균 48,000~81,000천 ton의 범위이며, 1984년 유실량 대비 2001년 토양유실량은 논과 밭의 증가, 주거지와 도로 등의 시가지의 증가로 인해 약 1.66배 증가하였다.



**그림 2. 내장저수지 유역 토양유실량 (2001년)**

**표 3. 토지이용변화에 따른 토지이용별 토양유실량 추정 결과**

구분	토양유실량 (ton)					백분율 (%)
	논	밭	산림	주거지/도로	합계	
1984년	1,367	32,670	9,487	5,245	48,770	100
2001년	1,741	62,749	9,353	6,941	80,784	166

3.1.3 내장저수지 유사 퇴적량

상류에서 발생한 토양유실량이 내장저수지로 유입되는 양을 추정하기 위하여 총유실량 중 실제로 해당지점까지 운송되는 유사량의 비를 나타내는 유사운송비(sediment delivery ratio, SDR)를 이용하였다. 이를 위해 유역면적-유사운송비 관계를 이용하여 내장저수지 유역의 유사운송비를 추정하였으며 내장저수지 유역의 경우 21%로 추정되었다. 내장저수지로 유입되는 유사량은 연도별 토지이용 변화를 고려하여 연평균 11,030~18,271 ton의 범위로서 평균 14,650.5 ton으로 추정된다. 내장저수지의 포착효율은 유효저수량과 유사유입량을 이용하여 Brune의 저수지 포착효율곡선으로부터 구하였으며, 이때 사용된 유효저수량과 유사유입량은 표 4에 나타나 있으며, 이를 이용하여 포착효율 97%를 추정하였다. 내장저수지 유입 유사량에 포착효율을 적용한 결과는 표 5에서 보는 바와 같이 연평균 퇴적량은 14,211 ton으로 추정되었다. 연도별 퇴적량은 1984년대의 연평균 10,699 ton에서 2001년대 17,723 ton으로 17년 동안 약 66%정도 증가하였다. 이는 연간 약 3%의 증가율을 나타낸다.

**표 4. Brune 포착효율 곡선을 이용한 내장저수지 포착효율 추정**

유효저수량 (천 m <sup>3</sup> )	유입량 (천 m <sup>3</sup> )	저수량-유입량 비	포착효율 (%)
4,677	18,858	0.248	97

**표 5. 유사량-포착효율법에 의한 내장저수지 퇴적량 추정결과**

구분	총유실량 (ton)			유사운송비 (%)	유사량 (ton)	포착효율 (%)	퇴적량 (ton)
	토양유실량 (ton)	하천침식량 (ton)	총유실량 (ton)				
1984년	48,770	3,755	52,525	21	11,030	97	10,699
2001년	80,784	6,220	87,004	21	18,271	97	17,723
평균	64,777	4,987.5	69,764.5	21	14,650.5	97	14,211

### 3.2 장래 퇴적량과 수위-내용적 곡선의 추정

#### 3.2.1 장래 퇴적량의 추정

최근 연평균 토양유실량 증가율 3%를 고려하여 내장저수지의 장래 퇴적량을 예측하였으며, 그 결과는 표 6에서 보는 바와 같다. 장래 내장저수지 연간 퇴적량은 2004년 이후 연평균 3%의 증가를 보여 5년 후에는 22,473 ton, 10년 후에는 26,069 ton, 50년 후에는 85,474 ton으로 증가하게 되어 50년 후 누가 퇴적량은 2,279.2천 ton에 이르러 내장저수지의 내용적은 현재의 약 39.2% 정도로 현저히 감소할 것이다.

표 6. 내장저수지의 장래 퇴적량 예측 결과

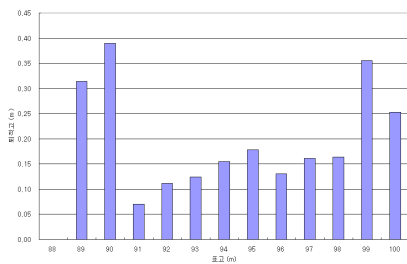
구분	기준년	장래 퇴적변화 추정				비고
	2004년	2009년	2014년	2029년	2054년	
	현재	5년 후	10년 후	25년 후	50년 후	
연 퇴적량 (ton)	19,373	22,473	26,069	40,693	85,474	연 3.0 % 증가
누가 퇴적량 (천 ton)	19.4	125.4	248.3	748.3	2,279.2	
누가 퇴적량 (천 m <sup>3</sup> )	24.2	156.7	310.4	935.3	2,849.0	단위중량 0.8 ton/m <sup>3</sup>
내장저수지 내용적 (천 m <sup>3</sup> )	4,682	4,526	4,372	3,747	1,833	
내용적 비율 (%)	100	96.7	93.4	80.0	39.2	

#### 3.2.2 Lara법에 의한 장래 퇴적분포의 추정

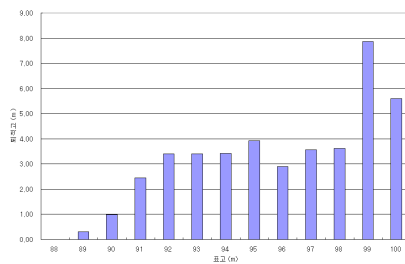
본 연구에서는 앞서 추정된 장래퇴적량을 바탕으로 Lara법을 이용하여 장래 퇴적분포를 추정하였으며, 다음의 표 7은 5, 10, 25, 50년 후의 표고별 예상 내용적 추정결과를 나타내는 것이며, 그림 3(a)~(b)와 그림 4는 Lara 법을 이용한 5년 후와 50년 후의 내장저수지 표고별 퇴적고 비교와 5년 후, 10년 후, 25년 후, 50년 후의 수위-내용적곡선을 추정한 것이다.

표 7. Lara법을 이용한 5, 10, 25, 50년 후 표고별 예상 내용적

표고 (m)	2004년 내용적 (천 m <sup>3</sup> )	예상 내용적 (천 m <sup>3</sup> )				표고 (m)	2004년 내용적 (천 m <sup>3</sup> )	예상 내용적 (천 m <sup>3</sup> )			
		5년 후	10년 후	25년 후	50년 후			5년 후	10년 후	25년 후	50년 후
100.0	4,681	4,525	4,371	3,746	1,832	93.0	684	631	580	415	21
99.0	3,863	3,718	3,576	3,002	1,095	92.0	446	401	357	226	0
98.0	3,092	2,965	2,841	2,348	697	91.0	261	221	183	75	0
97.0	2,402	2,294	2,188	1,778	420	90.0	123	86	51	0	0
96.0	1,826	1,735	1,646	1,312	241	89.0	36	0	0	0	0
95.0	1,361	1,285	1,212	945	135	88.0	4	0	0	0	0
94.0	990	927	866	655	74	87.5	1	0	0	0	0



(a) 5년 후



(b) 50년 후

그림 3. Lara법을 이용한 장래 표고별 퇴적분포

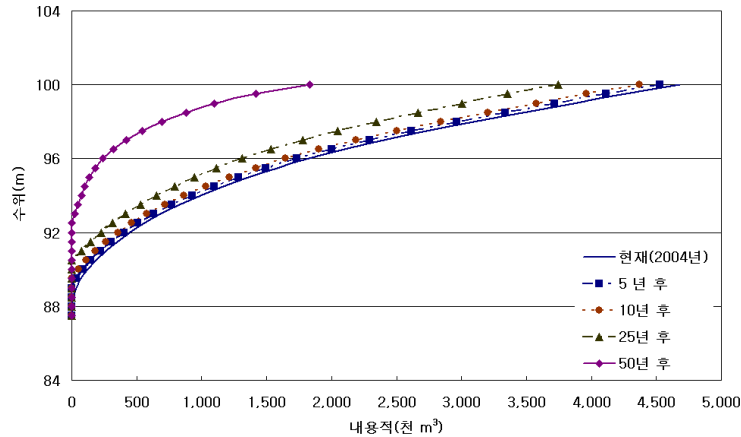


그림 4. 내장저수지의 장래 수위-내용적 곡선

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 내장저수지의 장래 퇴적량 및 퇴적분포를 추정하기 위하여 Landsat-5 TM 1984년과 2001년의 위성영상을 분석하여 토지이용 변화를 알아보았고, 해당연도에서의 토양유실량을 USLE식을 이용하여 추정하였으며, 유사운송비법을 이용하여 내장저수지로 유입되는 유사량을 추정하였다. 내장저수지로 유입되는 유사량 중 호소내에 퇴적되는 유사량은 포착효율법을 이용하여 추정하였다. 장래퇴적량은 내장저수지구역의 1984년과 2001년의 퇴적량의 변화(3%증가)를 이용하여 현재(2004년)의 퇴적량으로부터 예측하여, 5년 후에는 22,473 ton, 10년 후에는 26,069 ton, 50년 후에는 85,474 ton으로 증가하게 되어 50년 후 누가 퇴적량은 2,279.2천 ton에 이를 것이다. 장래 퇴적분포는 Lara법을 이용하여 수위-내용적 관계와 각 표고별 퇴적분포를 알아보았다.

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임

#### 참고 문헌

1. 김상민, 임상준, 박승우, 2004, 농촌유역의 산림지 면적 감소에 따른 유역 토양유실량 변화 추정, 한국농촌계획학회 10(1), pp. 19-26
2. 김윤중, 김원영, 유일현, 이석민, 민경덕, 1994. 금강유역 토양 유실 분석을 위한 GIS 응용연구, The Journal of GIS Association of Korea 2(2), pp. 165-174.
3. 농업생산기반정비사업통계연보, 2003, 농림부 농업기반공사.
4. 아산호 준설사업 타당성 조사연구, 2004, 한국농촌개발연구소
5. 장태일, 김상민, 박승우, 2004, 아산호 용수공급용량 유지를 위한 적정 준설량 산정, 한국농촌계획학회 추계학술발표.
6. 저수지 물관리 연구(III), 1987. 농수산부.
7. 전라북도 정읍시, 2004. 정읍천 하천정비기본계획.
8. Borland, W. M., and Miller, C.R., Distribution of Sediment in Large Reservoir, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 84, No.HY4, Proc. Paper 1587, Apr., 1958, pp. 1587-1~pp. 1587-18.
9. Lara, J. M., 1962. Revision of the Procedure to Compute Sediment Distribution in Large Reservoirs, US Bureau of Reclamation, Denver, Colo.