

유역규모에서의 퇴적물 관리를 위한 퇴적물 수지와 개념적 틀 제안

김진관*

전남대학교 지리교육과

Proposal for a conceptual framework and budgets for sediment management at the river basin scale

Jin Kwan Kim*

Department of Geography Education, Chonnam National University

요 약 : 기후 변화 및 큰 규모의 인간 간섭으로 인하여 유역 내 유량 및 퇴적물 이동 패턴이 변하면서 하도의 불안정성을 높아진다. 퇴적물과 관련된 문제해결에 있어서 국지적 관점, 즉 특정 지점 또는 지역에서의 특정 문제점들이 존재하고, 이들 문제점들의 해결은 단기적·지역적에 국한되어 다른 시간적·공간적인 영향 및 충격이 발생한다. 그리하여 본 연구에서는 유역 내 퇴적물과 관련된 문제 해결을 위한 유역 규모의 관점에서의 종합적인 퇴적물 관리에 대한 개념적 틀의 소개와 제안하고자 하였다. 유역 규모에서는 종합적 퇴적물 관리가 이뤄져야 할 것이며 이를 위해서는 과학-정책-운영-주민과의 협력이 수반되는 퇴적물 이동과 관련된 종합적인 이해가 우선적으로 이뤄져야 할 것이다.

주요어 : 유역 규모, 하천 퇴적물, 퇴적물 관리, 유역 거버넌스

Abstract : Climate change and large-scale human interference increase flow instability due to changes in watershed flow and sediment transport patterns. There are local problems in solving problems related to sediments, namely the existence of specific problems at specific sites or areas, and the resolution of these problems is limited to short-term and regional, resulting in other temporal and spatial influences and impacts. Therefore, this study intends to introduce and propose a conceptual framework for comprehensive sediment management in terms of watershed scale for solving problems related to sediments in watersheds. In the watershed scale, comprehensive sediment management should be done, to do this, a comprehensive understanding of the movements of sediments accompanied by cooperation with science-policy-operation-residents should be given priority.

Key words : watershed scale, river sediment, sediment management, watershed governance

1. 서론

유역 내에서의 대규모 인간간섭 이후의 하도 불안정화에 대해서는 4대강 사업 이후 방송 및 신문에 잘 알려져 왔다. 이러한 큰 규모의 인간 간섭은 하천의 침식·퇴적 프로세스, 물질이동, 그리고 지형형성과정에 다양한 변화를 발생시킬 수 있다(Rinaldi and Simon, 1998; 김진관, 2003; Lim et al., 2014). 기후변화로 인한 퇴적물 이동과 관련된 문제들(침식, 이동, 퇴적, e.g. 토양침식, 해안침식, 산사태, 수질저하, 댐 퇴사, 홍수 등)의 변화 및 대형화되고 있으나, 퇴적물과 관련된 문제해결에 있어서 국지적 관점, 즉 특정 지점 또는 지역에서의 특정 문제와 이의 해결에 있어서의 문제점들의 존재한다. 이들 문제점들은 해결이 단기적이며, 특정 지역의 문제 해결로 인하여 다른 지역으로의 영향 및 충격 발생하기도 한다. 그러므로, 보다 근본적이고, 자연친화적이며, 사회경제학적으로 보다 폭넓은 이익을 줄 수 있는 퇴적물 관리 방법이 요구된다.

그리하여 본 연구에서는 유역 내 퇴적물과 관련된 문제 해결을 위한 유역 규모의 관점에서의 종합적인 퇴적물 관리에 대한 개념적 틀의 소개와 제안하고자 한다. 이를 위해 1) 기존의 퇴적물 관리제도에 대한 국내외 상황과 이를 통한 현재상황을 파악하였으며, 2) 기존의 퇴적물 관리 관점의 문제와 새로운 퇴적물 관리 관점의 소개와 전망을 다루었으며, 마지막으로 3) 토사유출에 대한 관리 기법 소개와 문제점들을 소개하였다.

2. 기존의 퇴적물 관리 관련 제도

2.1. 국외에서의 기존의 퇴적물 관리 제도

세계적, 학문적, 과학적 등의 입장에서 고려해 보았을 때, 퇴적물 관리와 관련한 가장 진보

된 그룹은 아마도 유럽연합 그룹인 SedNet이라고 할 수 있을 것이다. 2014년에 SedNet에서는 앞으로의 퇴적물 관리를 위한 메시지를 발표하였다(SedNet, 2014). SedNet은 목표 환경상태를 이루기 위한 유럽의 전략들에의 퇴적물 주요 쟁점과 지식의 총합과 퇴적물 관리를 지원하기 위한 새로운 기술의 개발을 목표로 한 유럽 연합이다. SedNet은 2002년 유럽 연합집행 기관(European Commission)의 재정적 지원으로 한 주제별 네트워크(thematic network)로서 시작하였다. 본래의 계획은 오염된 퇴적물에 초점을 두었으나, 유역 퇴적물 관리를 위한 권고안들로 이끄는 것이었다. 그리고 본래의 계획에 의해 형성된 과학적 지식들은 4권의 책으로 출간되었다. 2005년 이후로 SedNet은 과학, 운영, 그리고 관리를 대표하는 기구들과 함께하여 왔으며, 범위를 하천부터 바다까지 모든 범위의 퇴적물로 넓혔다. 8번의 국제 컨퍼런스와 두 번의 원탁회의를 해 온 것을 바탕으로 SedNet 핵심그룹은 이번 2014년에 퇴적물 관리와 관련된 핵심내용을 브로셔로 발간하였다. 퇴적물은 자연과 수생 시스템의 통합된 부분으로 이는 보호와 관리가 필요한 중요 자원이다(SedNet, 2014).

2014년에 발간된 SedNet 브로셔의 내용은 아래와 같이 소개되었으며, 이는 SedNet에서 어떤 부분을 중요하게 여기고 있으며, 앞으로 어떤 부분을 더 고려해야하는지를 말하고 있다. 이와 같은 내용은 앞으로 우리 또한 진지하게 고려해야 할 부분이라고 생각한다.

2.1.1. 퇴적물 양과 하천지형학

퇴적물 이동은 자연적인 하천지형 체계에서 없어서는 안 될 요소이다. 대부분 유럽하천들의 인간에 의한 관리로 자연 퇴적물 운송프로세스가 상당히 수정되어왔으며, 때로는 하천과 해안의 안정성에 심각한 결과를 이끌었다.

European Water Framework Directive는 수생 시스템의 재연결을 통하여 좋은 하천지형 상태의 회복을 바라며, 이것은 주의 깊은 위험 평가(risk assessment)를 요구한다. 하천지형학적 평가의 신뢰와 조절 방법들의 적절성을 보장하기 위하여 현재상황과 잠재적 충격들에 대한 더 나은 이해가 필요하다.

2.1.2. 퇴적물 질과 재동

오염된 퇴적물의 환경, 사회경제학적 영향 뿐만 아니라 오염과 퇴적물의 기원, 이들의 이동·확산 과정, 기후변화에 대한 변화에 대한 이해들이 필요하다고 하였다. 이 부분은 퇴적물 뿐만 아니라 오염물질과 수질에 대한 동시적 이해를 필요로 하는 부분이다.

2.1.3. 퇴적물과 하천생태

퇴적물은 수중생태계에 있어 기본적으로 중요한 요소이다. 하도의 발달 사이에서의 지속가능한 균형을 이루는 것과 생태계의 좋은 상태를 이루려는 목적을 충족시키는 것은 관련 주민들의 건설적인 토의, 더 좋은 정책조합, 그리고 효과적인 국가간 협력에 의해 좌우된다.

2.1.4. 제설물질 관리

제설물질의 지속가능한 관리를 위해서는 기존의 쓰레기라는 인식에서 제설 퇴적물 또한 자원이라는 인식의 전환이 필요하다.

유럽의 SedNet 에서는 퇴적물관리를 기존의 사이트, 거점 규모에서 유역 규모에서 여러 요인들의 상관관계 및 이의 영향을 대해 종합적인 이해를 기반으로 한 관리체계를 추구하고 있다. SedNet에서 제안하는 유역 퇴적물 관리와 관련한 보다 자세한 사항은 다음 3장에서 다루었다.

2.2. 국외에서의 기존의 퇴적물 관리 제도

토양 및 퇴적물과 관련된 법률로는 「하천법」, 「소하천정비법」, 「토양환경보전법」, 「자연환경보전법」, 「환경정책기본법」, 「수질 및 수생태계보전에 관한법률」, 「수도법」, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」, 「산림관리법」, 「사방사업법」, 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」, 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」, 「농지법」 등이 있다.

유역규모의 퇴적물 관리와 관련하여 퇴적물의 기원, 이동, 퇴적, 그리고 시간에 대해 고려해 볼 수 있다. 하지만, 본 보고서에서는 하천에서의 유사와 직접적으로 관련되는 법률상의 검토로는 크게 사면에서의 토양, 이들의 이동과 관련된 토석유출, 그리고 하천 내에서의 유사에 대해서만 다음과 같이 검토하였다.

2.2.1. 토양보존 및 평가에 관련한 국내법률

법률 중에 하천 퇴적물 수지에 영향을 주거나, 혹은 이로 인하여 하천의 안정화에 영향을 줄 수 있는 사항들로는 「환경정책기본법」 제3조 4에서 환경훼손의 정의에 표토의 유실을 포함시켰다. 「토양환경보전법」[시행 2015.3.25.] [법률 제12522호, 2014.3.24., 일부개정] 제 6조 ①항에서는 표토의 침식으로 인한 토양환경의 실태를 파악기 위하여 해당지역, 즉 상수원 보호구역, 한강, 낙동강, 금강, 영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률 제4조에 따라 지정 고시된 수변구역으로 정하였으며, ②항에서는 표토의 침식정도가 환경부령으로 정하는 기준을 초과하는 경우에는 이에 대한 대책을 수립하여 시행하여야 한다. 그리고 이의 시행령으로는 「토양환경보전법」 시행규칙 5조의 2에서 기술되어 있으며, 내용은 조사 방법에 대한 내용으로 위치, 표고, 지형, 토지이용현황,

유역규모에서의 퇴적물 관리를 위한 퇴적물 수지와 개념적 틀 제안

토양특성, 강우특성, 식생 및 작물재배 현황, 유실방지 및 관리현황과 토양침식량 산정에 대한 것이다.

「표토의 침식 현황 조사에 관한 고시」[시행 2012.7.18] [환경부고시 제2012-124호, 2012.7.18., 제정]에서는 제5조 (표토의 침식량 조사 절차와 산정방법)에서의 2항에서는 표토침식량 산정방법을 별표1에 다루었다. 표토침식량 산정은 다음과 같은 USLE 공식을 활용하였다.

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

여기서,

A : 연평균 토양 유실량(Mg/ha.yr)

R : 강우인자(MJ.mm/ha.yr.hr)

K : 토양침식성인자(Mg.hr/MJ.mm)

LS : 경사인자(무차원)

C : 식생피복인자(무차원)

P : 보전관리인자(무차원)

1차 예비조사에서는 기존에 구축된 데이터베이스를 활용하여 토양유실예측모형을 통하여 표토침식량을 산정하고, 2차 현장조사에서는 현장조사결과를 이용하여 토양 유실 예측 모형의 각 인자를 구한다. 이를 위해 모형의 주요 인자인 강우인자, 토양침식성인자, 경사인자, 식생피복인자 및 보전관리인자의 자료를 각 필지별로 조사한다.

2차에서 사용되는 인자별로 살펴보면 강우인자는 Jung et al. (2004)에서 제시된 국내 158개 지점에 대한 연간강우인자(R) 값을 사용한다. 토양침식성인자(K)는 채취된 토양을 분석하여 유기물 함량, 입경, 구조지수, 그리고 투수등급을 활용하여 산출한다. 경사인자(LS) 값은 1차에서 사용된 식과 같이 사용되며 식은 아래와 같다.

$$LS = (\lambda/22)^m \times (65.41 \times \sin^2\theta + 4.56 \times \sin\theta + 0.065)$$

여기서,

λ : 평면 거리 (m)

θ : 경사각 (°),

$$\theta = \arctan\left(\frac{\text{고저차}}{\text{평면거리}}\right)$$

m : 경사 상황 변수(무차원)

$$\text{경사도}(\%) = \left(\frac{\text{고저차}}{\text{평면거리}}\right) \times 100$$

여기서 m은 경사각에 범위에 따라 0.2, 0.3, 0.4, 그리고 0.5 값을 주었다. 그리고 식생피복인자(C) 값은 현장조사에 따라 세분한 표를 제시하고 이에 따라 값을 준다. 보전관리인자(P) 값은 현장조사를 통해 제시된 표에 따라 보전관리인자 값을 준다.

본 표토의 보존과 관련한 환경부에서의 표토의 침식정도를 파악하는 것으로 이를 위해서 USLE를 사용하였다. 침식정도를 파악하는 데 있어 USLE는 전세계적으로 가장 일반적으로 사용하는 것으로 큰 무리는 없는 것으로 생각된다. 하지만, 침식정도를 파악하는 것이 아니라 하천으로 유입되는 양적 개념으로 접근할 때에는 큰 문제가 발생한다. 바로 연결성(connectivity)과 전송률(delivery ratio)의 문제이다. 일반적으로 사람들은 침식이 많은 곳에서 하천의 퇴적물에 더 많은 기여를 하는 것으로 생각하지만, 이는 완전히 잘못된 생각으로, 단위사면 간, 또는 사면과 하천의 연결성, 그리고 거리에 따른 전송률에 대한 것을 전혀 무시된 관점이다. 하천에서 이동되는 퇴적물은 그 기원에 대한 정보와 이들의 연결성, 그리고 전송률에 대한 문제를 함께 고려되어야만 한다.

또한 본 법률의 목적은 표토의 보존이다. 즉, 퇴적물의 수지를 조절하는 의미가 아님을 의미한다. 이는 개별 지역에서의 표토의 보존, 다시 말하자면 표토의 침식을 줄이는 것에만 목표를 삼고 있다. 유역전체규모에서 생각한다면 사면 하부, 또는 하천에 유입되는 퇴적물의 감소를

목표로 하고 있음을 의미한다. 그리하여, 유역 규모에서의 퇴적물의 관리를 위한 퇴적물 수지 평가에서는 현재 환경부에서의 표토보전을 위한 표토침식량 산정을 그대로 이용하기에는 무리가 있는 것으로 판단되며, 이의 정보이용을 위해서는 수정과 보완이 필요할 것으로 생각된다.

2.2.2. 토석의 유출 방지 및 보전에 관한 법률

「사방사업법」 [시행 2014.2.14.] [법률 제 12052호, 2013.8.13., 일부개정]은 제1조(목적)에서 다음과 같이 나타내었다. “이 법은 국토의 황폐화를 방지하고 산사태 등으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하고 국토를 보전하기 위하여 사방사업(砂防事業)을 효율적으로 시행함으로써 공공이익의 증진과 산업발전에 이바지함을 목적으로 한다”.

본 법률의 제2조에서는 사용되는 용어의 정의를 다음과 같이 하였다. 1. "황폐지"란 자연적 또는 인위적인 원인으로 산지(그 밖의 토지를 포함한다. 이하 같다)가 붕괴되거나 토석·나무 등의 유출 또는 모래의 날림 등이 발생하는 지역으로서 국토의 보전, 재해의 방지, 경관의 조성 또는 수원(水源)의 함양(涵養)을 위하여 복구공사가 필요한 지역을 말한다. 2. "사방사업"이란 황폐지를 복구하거나 산지의 붕괴, 토석·나무 등의 유출 또는 모래의 날림 등을 방지 또는 예방하기 위하여 공작물을 설치하거나 식물을 파종·식재하는 사업 또는 이에 부수되는 경관의 조성이나 수원의 함양을 위한 사업을 말한다. 3. "사방시설"이란 사방사업에 따라 설치된 공작물과 파종·식재된 식물(사방사업의 시행 전부터 사방사업의 시행지역에서 자라고 있는 식물을 포함한다)을 말한다. 4. "사방지"란 사방사업을 시행하였거나 시행하기 위한 지역으로서 제4조에 따라 특별시장·광역시장·도지사·특별자치도지사(이하 "시·도지사"라 한다) 또는 지방산

림청장이 지정·고시한 지역을 말한다. 5. "산사태"란 자연적 또는 인위적인 원인으로 산지가 일시에 붕괴되는 것을 말한다. 6. "토석류"(土石流)란 산지 또는 계곡에서 토석·나무 등이 물과 섞여 빠른 속도로 유출되는 것을 말한다.

본 법률의 제3조는 사방사업의 대상에 대한 구분에 대하여 다루고 있다. 크게 산지사방사업, 해안사방사업, 그리고 야계사방사업으로 구분된다. 산지사방사업은 산지에 대하여 시행하는 다음 각 목의 사방사업으로 산사태예방사업, 산사태복구사업, 산지보전사업, 그리고 산지복원사업이 있다. 해안사방사업은 해안 모래언덕 등 해안과 연접한 지역에 대하여 시행하는 다음 각 목의 사방사업으로, 해안방재림 조성사업과 해안침식 방지사업이 있다. 마지막으로 야계사방사업(野溪砂防事業)은 산지의 계곡, 산지에 연결된 시내 또는 하천에 대하여 시행하는 다음 각 목의 사방사업으로 계류보전사업, 계류복원사업, 그리고 사방댐 설치사업이 있다.

그리고 사방댐의 유지·관리 등을 위한 데이터베이스의 구축 등과 관련하여 2015년 2월 3일에 신설되고 2015년 8월 4일이 시행일인 제6조의 2가 있으며, 그 내용은 다음과 같다. ① 산림청장은 사방댐의 체계적인 유지·관리와 안전점검을 위하여 사방댐의 시공연도, 규격 및 안전점검의 여부 등이 포함된 데이터베이스(이하 "데이터베이스"라 한다)를 구축·운영할 수 있다. ② 산림청장은 관계 행정기관의 장 또는 시·도지사에게 데이터베이스의 구축·운영에 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있다. 이 경우 자료제출을 요청받은 관계 행정기관의 장 또는 시·도지사는 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다. ③ 산림청장은 데이터베이스의 효율적인 구축·운영을 위하여 필요한 경우 데이터베이스의 구축·운영을 전문기관에 위탁할 수 있다. ④ 데이터베이스의 구축·운영 및 제3항에 따른 위탁에 필요한 사항은 농림축산식품부령으로 정한다.

위에서 사방사업법의 정의와 대상, 그리고 새로 시행되는 사방댐의 데이터베이스 구축과 관련된 조항을 살펴보았다. 사방사업의 대상으로 보았을 때, 그 범위는 매우 광범위하다. 산사면, 산지 하천, 그리고 해안지역까지 포함하고 있어, 유역규모에서 퇴적물 수지 관점으로 보았을 때, 퇴적물의 기원이 될 수 있는 많은 영역을 대한 관리를 하고 있는 것으로 보여진다. 즉, 하도 내의 퇴적물을 제외하고는 실제로 대부분의 퇴적물 공급에 대한 조절을 하고 있다고 해도 무방하다.

그런데 본 사방사업법은 퇴적물의 발생과 저감, 그리고 이의 대책에 대한 내용을 담고 있다. 바로 하천으로 유입될 수 있는 잠재적 퇴적물의 저감을 위한 법이라고 해도 과언이 아니다. 이는 유역규모의 퇴적물 수지에서 퇴적물의 양이 감소를 야기시킬 수 있어, 소위 배고픈 하천(hungry channel)의 부영향을 발생시킬 수 있다. 여기에서도 또한 퇴적물의 조절이 아닌 감소를 위한 법임을 확인할 수 있다.

그러므로, 본 사방사업법과 관련하여서는 퇴적물 수지에 있어서는 조절이 아닌 감소에 초점이 맞추어져 있는 것으로 유역 내에서의 다른 지역에 대한 여러 영향에 대한 것들은 검토되지 않는 것으로 판단된다. 하지만, 사방댐의 운영과 관련된 데이터베이스 구축은 유역의 퇴적물 관리를 위해서는 꼭 필요한 자료로 활용될 수 있을 것이며, 사방사업법은 퇴적물 관리를 위해서는 일부 수정 및 보완이 필요할 것으로 생각된다.

2.2.3. 하도에서의 유사와 관련된 법률

하천은 퇴적물이 주로 이동되는 통로의 기능을 수행하면서도, 퇴적물의 기원과 퇴적이 발생하는 장소이기도 하다. 하천과 관련된 대표적인 법률은 「하천법」 [시행 2015.1.6.] [법률 제 12994호, 2015.1.6., 일부개정]이 있다. 「하천

법」은 제1조에서 나타나 있다시피, 이 법은 하천사용의 이익을 증진하고 하천을 자연친화적으로 정비·보전하며 하천의 유수(流水)로 인한 피해를 예방하기 위하여 하천의 지정·관리·사용 및 보전 등에 관한 사항을 규정함으로써 하천을 적정하게 관리하고 공공복리의 증진에 이바지함을 목적으로 하고 있다.

그리고 제2조에서는 하천, 하천구역, 하천시설, 하천공사, 유지보수, 수문조사시설 등에 대한 용어의 정의에 대하여 다루고 있는데, 특히 하천시설에는 가. 제방·호안(護岸)·수제(水制) 등 물길의 안정을 위한 시설, 나. 댐·하구둑(「방조제관리법」에 따라 설치한 방조제를 포함한다)·홍수조절지·저류지·지하하천·방수로·배수펌프장(「농어촌정비법」에 따른 농업생산기반시설인 배수장과 「하수도법」에 따른 하수를 배제(排除)하기 위하여 설치한 펌프장을 제외한다)·수문(水門) 등 하천수위의 조절을 위한 시설, 다. 운하·안벽(岸壁)·물양장(物揚場)·선착장·갑문 등 선박의 운항과 관련된 시설 등이 포함되고 있다. 즉, 유역 규모에서 볼 때, 퇴적물을 운반하는 물의 이동과 관련된 거의 모든 시설들이 포함되고 있다.

제17조(수문조사의 실시) ①에서는 유사량 조사에 대한 내용을 다음과 같이 담고 있다. 국토교통부장관은 하천유역의 물 순환 구조의 파악, 하천시설의 설치, 각종 구조물의 설계, 하천 주변지역의 이용 및 관리 등을 위하여 하천의 수위·유량·유사량(流砂量) 및 하천유역의 강수량·증발산량과 하천유역의 토양에 함유된 수분의 양을 과학적인 방법으로 관찰·측정 및 조사[이하 "수문조사(水文調査)"라 한다]하여야 한다. <개정 2009.4.1., 2013.3.23.> 그리고 제33조에서는 ①항 4. 토지의 굴착·성토·절토, 그 밖의 토지의 형질변경, 5. 토석·모래·자갈의 채취에 대해 점용허가에 대한 내용을 담고 있다.

그리고 「하천법」과 「하천법 시행령」 [시행 2015.1.1.] [대통령령 제25840호, 2014.12.9.,

타법개정]에서는 댐, 유역관리, 홍수조절, 물이용에 대해서는 중요하게 다뤄지고 있었다. 하지만, 퇴적물 관리와 관련된 법률은 매우 적으며, 주로 골재채취와 관련되었다. 예를 들어 「하천법 시행령」에서는 제36조(하천점용허가의 금지) ② 법 제33조 제4항 제2호에서 "대통령령으로 정하는 골재채취 등 하천 및 하천관리시설을 훼손하거나 훼손할 우려가 있는 행위"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 말한다. 1. 퇴적구간을 우선 채취하여야 한다는 원칙에 위배되는 채취 행위, 2. 하천 상류측에서 하류측으로 채취하거나 하천 양쪽 기슭[양안]에서 중심으로 채취하는 행위, 3. 하천구역에 골재를 쌓아 두는 행위. 다만, 해당 하천관리청이 하천관리상 지장이 없다고 인정하여 허용한 범위에서는 채취한 골재를 쌓아 두거나 선별 또는 세척할 수 있다. 4. 평탄하게 골고루 채취하지 아니하여 웅덩이가 생기도록 채취하는 행위, 5. 골재채취 후 하천 바닥에 남아 있는 토석을 정리하지 아니하고 방치하는 행위에 대해서 제한하고 있다. 이는 국지적인 규모에서 하천의 퇴적물 수지에 직접적으로 영향을 주는 행위, 특히 골재채취의 행위와 채취물의 적치에 대한 것을 다루고 있다. 하지만, 유역규모에서 특히 하류 및 해안에의 영향에 대한 것은 고려되지 않고 있음을 확인할 수 있다.

그러므로, 본 하천법에서는 하천과 관련된 모든 것들을 다루고 있지만, 주요 초점은 물의 이용과 홍수방지에 초점이 맞추어져 있었다. 퇴적물 수지의 변화로 인한 하천의 변형과 이로 인한 피해에 대한 부분은 골재채취와 연관된 부분을 제외하고는 다루지지 않고 있다. 유역 규모에서 퇴적물 관리 및 조절, 그리고 이로 인한 피해의 복구 및 예방에 대한 부분을 위한 논의와 관련 연구들이 진행되어야 할 것으로 생각된다.

2.2.4. 국내 주요법률 검토의견

앞에서 유역 규모에서 토양, 퇴적물 기원과 이의 제어, 그리고 하천에서의 관리와 직접적으로 관련된 주요 법률에 대하여 살펴보았다. 이들을 검토의 대상으로 하였을 때의 유역 규모에서의 퇴적물 관리에 대한 의견은 다음과 같다.

- ① 퇴적물의 기원, 즉 발생과 관련하여서는 퇴적물의 양적 저감이 기본 목표다.
- ② 유역 전체에 대한 고려를 기본으로 하는 것이 아니라, 단지 지역 및 개체를 중심으로 고려된다.
- ③ 유역 규모에서의 퇴적물의 이동과 관련된 재해의 정의가 이뤄지지 않았으며, 이의 관리에 대한 필요성조차도 제기되지 않은 상태이다.
- ④ 그나마 다행스러운 것은 관련 자료들이 데이터베이스화되었거나, 진행 중에 있다고 하는 점은 유역규모의 퇴적물 관리에 있어 긍정적이라고 할 수 있다.
- ⑤ 유역 규모에서의 퇴적물 관리를 위해서는 위에서 언급된 법 이외 뿐만이 아니라 범정부적 협의 체제를 마련하여야 할 것이다.

3. 유역규모 퇴적물 관리의 개념적 틀

특정 지역이나 지점 (specific site-scale)에서의 퇴적물 관리는 상당히 오랜 기간 동안 학문적 · 과학적 · 행적적 · 정치적으로 다루어져 왔다. 주로 토사유출과 토양침식과 같이 퇴적물의 형성 및 이동에 프로세스의 이해, 평가 및 예측, 그리고 이의 저감 등에 대하여 많은 관심을 받아왔다. 그리하여 많은 연구결과들이 특정 지역이나 지점에 대한 것들이며, 실제로 많은 규범 및 법률 또한 특정지역에 대한 문제점과 이의 해결에 대한 것들로 귀결된다. 하지만, 퇴적물이 주로 하천을 통해 이동된다는 가정이 무너지지 않는 범위에서 퇴적물은 연속된 공간들 사이에서 상호작용하고, 그 결과로 다른 지역에 영향을 미치게 된다. 그리하여, 특정 지역이나 지점에서의 퇴적물의 관리가 아닌 유역 규모

(basin-scale) 에서의 퇴적물 관리의 필요성이 대두되게 된다.

본 절에서는 유역 규모에서의 퇴적물 관리와 관련하여 유역 규모의 종합적 퇴적물 관리의 필요성(Köthe, 2003), 유역 규모의 퇴적물 관리의 개념(Apitz & White, 2003), 퇴적물 수지 관점의 고려(Owens, 2005)와 다른 고려해야할 사항들(Slaymaker, 2003), 그리고 앞으로의 방향(SedNet, 2014)에 대하여 다루었다.

3.1. 유역 규모의 종합적 퇴적물 관리의 필요성

Köthe (2003)는 유역규모의 종합적 퇴적물 관리에의 필요성과 이의 적절한 법률제정을 위하여 당시 현존하는 관리 프로그램들에 대한 조사를 수행하였다. 그리하여 본문에서는 Köthe (2003)의 논문의 내용을 아래에 정리하여 서술하였다.

2002년 4월 베니스에서의 SedNet WG 4의 첫 번째 컨퍼런스에서 현존하는 퇴적물 관리 설명지침의 조사는 하천유역 퇴적물 관리 계획을 위한 기회를 설명하기 위한 중요한 선행조건임을 결정하였다. 유역 전체를 다루기 위해서는 하천의 구간에 따라 자연 및 인간 활동들에 대한 이해가 필요하다. 그리하여 유역 내에서 서로 다른 사람들이 함께 일하면서 결국 최적관리 전략에 이르렀으며, 이러한 관점에서 보았을 때, 유역 규모의 계획(programs)을 살필 가치가 있다.

퇴적물 이동과 관리를 위한 전략과 방법들은 개발된 홍수조절프로그램에서 파악될 수 있다. 홍수관리를 위한 현존하는 프로그램들 EUROTAS와 IRMA-SPONGE가 있으며, 이는 아래와 같다.

① EUROTAS

- ▶ EUROTAS project (1998-2000)

- ▶ 통합 유역 모델링을 위한 뼈대 구축: 특별한 모델링 시스템이 아닌 다른 모델링 요소들 간의 소통을 위한 계획(protocols)구축

② IRMA-SPONGE

- ▶ IRMA-SPONGE Umbrella Program
- ▶ flood risk management
 - flood risk and hydrology
 - flood protection and ecology
 - flood risk management and spatial planning

해양환경보호를 위한 규약(conventions)을 살펴보면, 유럽에서의 아래의 세가지 규약에서의 가이드라인들은 바다에서의 준설토의 재배치에 대한 것이었다.

① London Convention - 1972. prevention of marine pollution

② OSLO-PARIS (OSPAR) Convention - 1992. protection of marine environment of North-East Atlantic

③ Helsinki (HELCOM) Convention - 1992. protection of marine environment of Baltic Sea

이들은 유역 내 하구와 해안지역에서 퇴적물 관리를 위해 중요하게 여겼으며, 특히 퇴적물과 쌓이는 TBT 관리(OSPAR)에 초점을 맞추었다.

하구역에서의 위험쓰레기의 이동에 대한 규약으로는 Basel convention이 있다. 하지만, 저자의 현재까지의 경험으로는 퇴적물이 오염정도는 매우 낮거나 거의 없으며, 오염된 퇴적물의 다른 나라로의 이동 또한 알려지지 않았거나, 또는 예외적인 것임을 밝혔다.

그리고 준설물질 관리를 위한 국제적 권장사항들로는 다음과 같이 두 개의 예를 소개하였다.

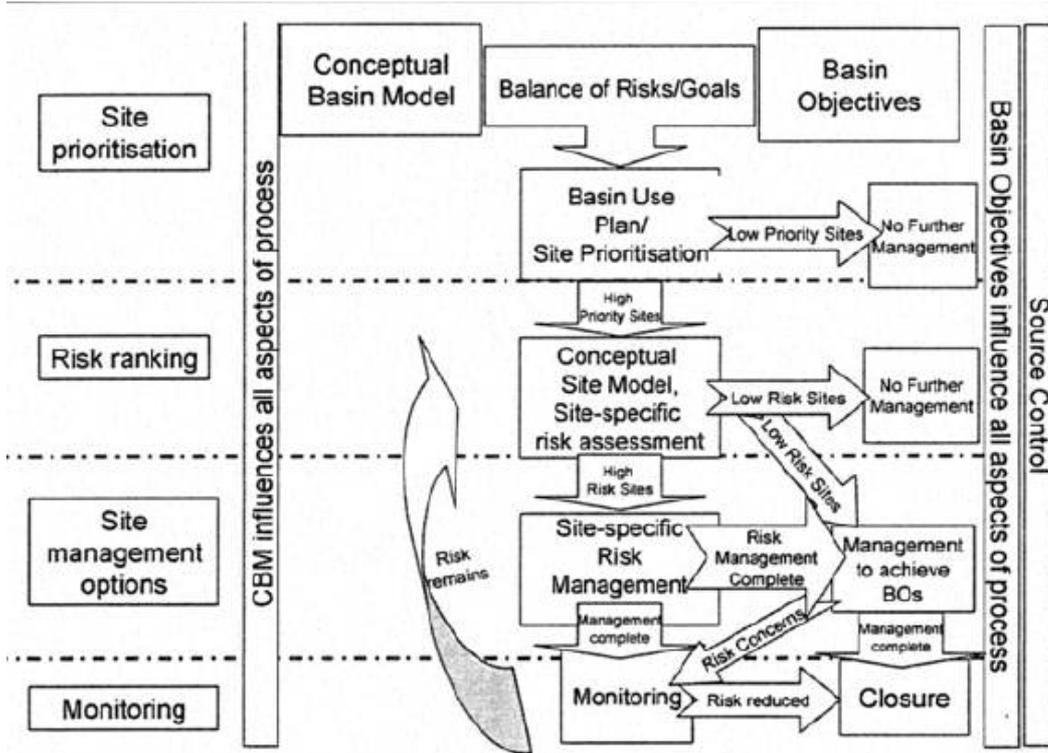


그림 1. 유역 규모의 퇴적물 관리를 위해 제안된 개념적 접근 (source from: Apitz & White, 2003)

PIANC - International Navigation Association
 CEDA - Central Dredging Association

3.2. 유역 규모의 퇴적물 관리의 개념

Köthe(2003)는 현존하는 계획들(programs), 의사결정 지원 시스템, 그리고 규약인 것들에 대해 토의하고, 현재로서는 세계적(유럽적) 또는 국가적 차원에서 종합적인 하천유역 퇴적물 관리 지침이 전혀 없다고 결론지었다. 그리고 대부분의 퇴적물 관리 지침들은 항해를 위한 수심 유지를 위함이었음을 밝혔다. 그리하여 저자 Köthe 는 법률제정에서의 적절한 규정을 찾는 방법에 대해서는 이 질문을 던지는 것이다: “what will happen with the sediment/dredged material?” 라고 하였다.

퇴적물 평가와 관리를 통합하는데 있어 가장 핵심적인 문제는 관리 틀 내에서의 의사결정의 계층을 확립하는 것이다. 이와 관련하여 유역 규모에서의 퇴적물 관리의 개념적 틀은 Apitz & White (2003)에서 가장 잘 정리되어 있다(그림 1). 유역 규모에서의 평가, 즉 퇴적물이 유체역학적으로 연결되어 있어 하류로의 위험이 영향을 미치는 것에 대한 우선 순위를 두고 관리하는 것은, 기원부터 퇴적까지의 전체적인 퇴적물과 오염물 수지를 고려하는 방식이다. 더 나아가, 다른 위험의 감소까지를 목표로한 퇴적물 관리 행동들은 유역 내의 추구하는 목표들과

유역규모에서의 퇴적물 관리를 위한 퇴적물 수지와 개념적 틀 제안

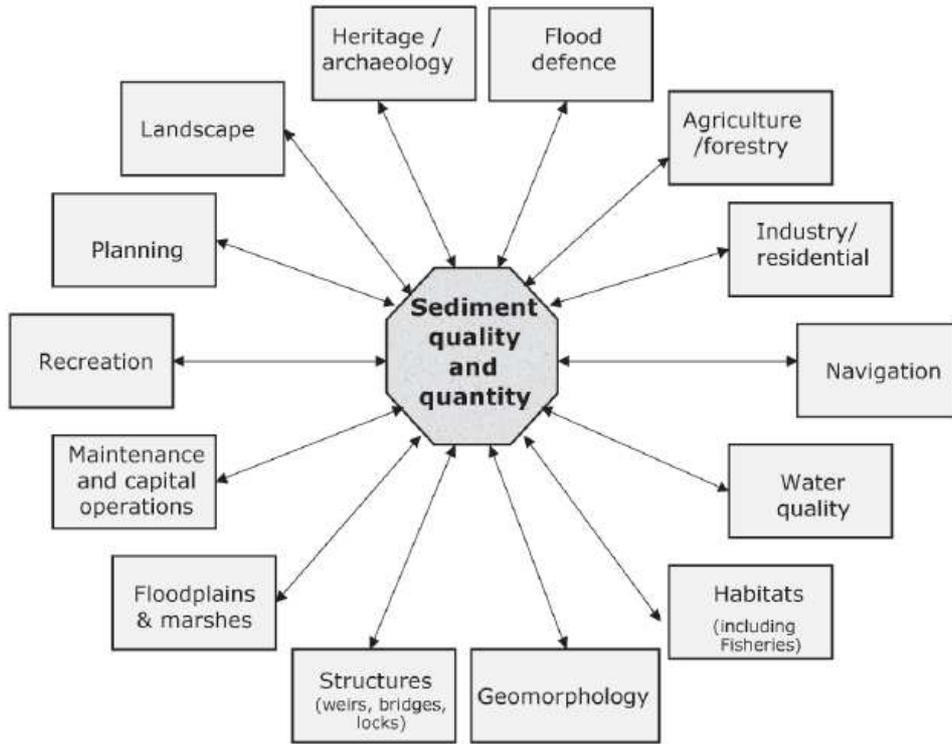


그림 2. 유역 내에서 퇴적물에의 주요 영향과 충 격들의 개념적 표현(source from: Owens, 2005)

의 협력 속에서 그 충격 및 이익들이 평가될 수 있다. 바로 이것이 지속가능한 발전으로의 길일 것이다.

유역 규모에서의 개념적 틀은 크게 주요한 두 가지 의사결정으로 나뉜다. 하나는 유역규모에서의 평가(site prioritisation)이고 그 다음으로는 특정장소의 평가(risk ranking)이다. 유역 규모에서의 평가는 개념적 유역 모델 (Conceptual Basin Model)과 유역이용계획 (Basin Use Plan)을 만드는 유역 규모의 목표들 (Basin-scale Objectives)과의 균형이 포함된다. 특정장소의 평가와 관리는 특정장소의 위험에 대한 평가와 확인이 포함된다. 특정장소의 관리 옵션들은 특정장소의 위험, 그리고 이의 유역 목표들에의 충격, 기술적 실현가능성, 그

리고 규정들에 의해 이끌리며, 그리하여 이들은 특정장소와 유역규모의 충격 면에서 함께 평가되어야만 한다.

높은 위험 지역은 적절한 관리행동들이 적용되어지고 난 후에 적절한 수준으로 위험이 낮아질때까지 모니터링을 수행하여야만 한다. 개념적 유역모델은 계속적 또는 주기적으로 갱신되고 검토되어야 하며, 또한 유역 규모의 목표들과 유역이용계획의 변화와 재균형이 이루어져야 한다. 그러므로 퇴적물 관리는 반복적인 과정이 될 것이고, 이들이 적절히 수행된다면 최대한의 이익이 창출될 것이다.

결론적으로, 유역 규모에서의 퇴적물 관리 접근에 대한 인정과 이행은 기술적으로나 정치적인 면에서 매우 중요한 일이며, 이를 통해 지속

가능한 퇴적물 관리가 가능해질 것이다

3.3. 유역 규모의 퇴적물 관리에서 퇴적물 수지 및 다른 고려해야할 사항들

Owens (2005)는 왜 유역규모에서 퇴적물 관리를 해야하는지에 대해 3가지 주요이유를 들었다. 첫 번째로는 의사결정은 유역의 전체 상황 속에서 요구되는데, 이는 국지적인 교정은 대부분의 사례에서 유역의 다른 지역에 충격을 주기 때문이다. 두 번째로는 세계의 대부분 큰 유역은 인구밀도가 매우 높거나 또는 인간활동에 의한 변경이 이루어졌기 때문에, 유역 내에는 퇴적물의 많은 이용객체와 유용함들이 있다 (Fig. 2). 마지막 세 번째로는 유역은 관리를 위한 적절한 규모로 대표된다. 왜냐하면 많은 사례에서 기원조절(source control)은 가장 이상적이고 장기적인 해결책이기 때문이며, 이는 환경적, 사회적, 그리고 경제적이다.

또한, Owens (2005)은 유역 규모에서 퇴적물 관리의 관점에서 다음과 같은 주요 정보를 포함하여야 한다고 한다.

- ① Environments within a river basin
 - atmosphere
 - land
 - river channels
 - lakes and reservoirs
 - floodplains
 - groundwater zone
 - estuaries and harbours
 - coastal zone
- ② Identification of sediment and contaminant sources
 - point sources
 - non-point (or diffuse) sources
- ③ Identification of pathways
 - 물에 의해 이동되는 퇴적물의 경로에 대한

식별은 관리 관점에서 매우 유용하다. 왜냐하면 경감 옵션의 개발에 도움을 주고 하천과 저수지에 위험이 될 수 있는 잠재적 퇴적물을 예방하는데 또한 도움을 주기 때문이다.

- ④ Identification of storage elements
 - 유역 내에는 퇴적물이 퇴적되거나 축적될 수 있는 다양한 환경들이 있으며, 이들에서의 축적은 다양한 시간 규모에서 다르게 작용한다.

또한 Slaymaker (2003)은 유역 규모에서의 퇴적물 관리를 위해 동질의 물질 수지 접근법의 관점에서 살펴보았다. 여기서 그는 축적 시간의 물리적 중요성, 퇴적물 수지에서의 공간적 · 시간적 규모 설정의 문제, 퇴적물 수지산정에서의 오차들과 불확실성에 대한 문제, 퇴적물 수지 모델에서의 시스템의 반응 및 민감도에 대한 문제, 그리고 마지막으로 관리에 의한 유역 내에서의 영향에 대한 문제들이 중요하게 고려되어야 한다고 하였으며, 이와 관련된 연구 사례들을 소개하였다.

실제로 Slaymaker (2003)이 제기한 문제들은 현재 학계 내에서 많은 부분들이 연구가 진행되는 부분에 있다. 특히, 여기서 제시된 시간 규모에서 비교적 오랜 시간의 규모와 관련된 이슈들은 국내에서의 연구는 찾아보기 힘든 상황이므로 이에 대한 연구가 시급하다.

3.4. 유역 규모의 퇴적물 관리를 위한 앞으로의 방향

기후변화로 인해 퇴적물 관리의 미래 변화가 요구된다. 해수면 변화, 강우의 계절적 변화, 그리고 극한 사상들의 변화는 침식, 유량, 그리고 퇴적의 패턴 변화를 야기시킬 수 있다. 그리고 SedNet은 앞으로 유럽의 유역에서의 전문적인 연구경험들을 더 수행하고 공유해나갈 것이며, 관리에서의 실제적인 측면에서 좀 더 집중할 계획이다. 또한 더 많은 컨퍼런스들을 통하여 정

책-관리-과학이 연계된 토의들을 지속적으로 수행하려고 한다. 그리고 앞으로도 관련된 내용은 계속 열린 토의를 통하여 개념적으로 실제적으로 퇴적물 관리에 대한 내용들을 발전시킬 예정이다.

SedNet의 현재 상황으로 보았을 때, 유역 규모에서의 통합적인 퇴적물 관리를 위한 개념적·실제적인 방안들을 마련하기까지에는 앞으로도 많은 시간이 소요될 것으로 예상된다. 무엇보다도 많은 분야와 연계되어야 하며, 또한 시·공간적으로도 넓은 규모를 고려해야 되기 때문에 이를 뒷받침하기 위한 과학적 자료의 생산도 필요하기 때문이다. 또한 유럽이라는 특수성, 즉 하나의 유역에 많은 나라가 존재하기 때문에 나라들 간의 협조도 불가피하기 때문이다.

우리나라는 4대강 살리기 사업이후에 많은 이슈들이 쏟아졌으며, 이로 인한 국민적 관심 또한 높은 상황이다. 그리고 많은 지역에서 대규모의 인간간섭들이 있어왔다. 하지만, 우리나라 또한 대부분의 퇴적물 관리에 대한 관점은 국지적인 측면이 강하며, 이를 관리하는 기관 및 법률 또한 비슷한 상황이다. 이러한 관점은 앞에서 논의 되었듯이 한시적이며, 국지적인 처방이며, 또 다른 지역으로 피해를 전가시키는 방법이다. 그러므로, 이제는 우리나라에서도 퇴적물에 대한 관리는 장기적으로는 유역 규모의 통합적인 관리로의 전환이 필요한 시점이라고 생각된다. 과학적인 연구경험 및 결과, 그리고 관련 전문가들이 유럽 전체에 비해서는 적은 규모는 상대적으로 약점이지만, 유럽과는 달리 다른 나라와의 협력과 관련된 부분은 상대적으로 유리하다. 당장 닥친 문제를 해결하는 것도 중요하지만, 보다 길고 넓은 관점에서의 해결이 요구되는 시점이다.

4. 토사유출에 대한 관리 기법

앞 절에서 유역 규모에서의 퇴적물 관리를

위한 개념적 틀에 대하여 고찰하였다. 이와 관련된 선두적 그룹인 SedNet에서조차도 개념적 틀 이외에 세부적인 전략 및 방법에 있어서 또한 많은 연구와 협의를 수행하고 있는 중이다. 그리하여, 유역 규모에서의 하도 안정화에 대한 다각적이고 광범위한 논의는 본 절에서 수행될 수 없음은 주지의 사실이다. 하지만, 이의 해결을 위해서는 SedNet과 같은 진행방식은 매우 본받을 만 하다.

유역 규모에서의 퇴적물 관리는 현재의 지식 및 기술 상황에서 구체적인 방법을 도출해내기는 어렵다. 하지만, 지역규모 혹은 특정지점에 대한 퇴적물 관리는 이전부터 많이 수행되어왔다. 이의 장점은 바로 그 지점에 대한 문제를 해결할 수는 있지만, 이와 같은 방법은 단기간, 국지적인 미봉책이라는 단점이 있다. 단점에 대해서는 앞선 절에서 충분히 제기되었지만, 가장 큰 문제는 특정지점의 퇴적물 관리가 주변 환경 또는 하류로의 미치는 영향에 대한 충분한 검토를 바탕으로 이뤄지고 있는가에 대한 부분이다. 그럼에도 불구하고, 우선적으로 현재 문제가 발생하고 있는 지점을 해결하기 위해서는 현재 사용될 수 있는 퇴적물 관리기법들에 검토가 필요하다.

다음의 토사유출 관리기법들은 손광익(2013) 교수가 작성한 유역유사 예측 및 유사관리 기술 보고서에서 그대로 인용하였다. 토사유출 조절 기법 유형은 다음과 같이 크게 몇 가지 기준에 따라 분류할 수 있다.

첫째, 토사생산의 발생이나 이송 등 토사생산 과정에 따라 침식의 원인이 되는 강수의 유출과정을 조절하는 기법과 발생과정인 침식을 조절하는 기법, 그리고 이미 발생된 토사의 이송 및 퇴사과정을 조절하는 기법으로 분류할 수 있으며 한 예로써 Malaysia(1997)는 이와 같은 분류방법에 따라 <표 1>과 같이 각종 토사유출 조절기법을 분류.기술하였다.

둘째, 조절기법의 물리적 특성에 따라 식물을

김진관

표 1. 토사발생 과정별 조절기법 (Malaysia, 1997)

대분류	조절기법		
Drainage control	Catch drain and perimeter bank		
	Diversion channel		
	Stream bank stabilization	Rock lined channel	
		Concrete lined channel	
	Drain	Berm drain	
		Cascading drain	
		Roadside catch drain/table drain	
	Temporary culvert crossing		
	Check dam (Loose-rock dam)		
	Gabion		
Dikes	Temporary diversion dike		
	Temporary perimeter dike		
	Temporary interceptor dike		
Erosion control	Mulching		
	Sodding (Turfing)	Revegetation (Turfing)	
		Spot-turfing and close-turfing	
	Fibromatting and hydroseeding		
	Cover crops		
	Vetiver grass		
	Terracing/Benching		
	Structural protection of steep slope	Interlocking concrete block	
		Crib wall	
		Reinforced concrete wall	
		Reinforced earth wall	
		Reinforced steel anchor wall	
		Rubble wall	
	Plastic sheet		
	Rip-rap		
Bakau-fencing			
Soil-cement treatment			
Sand bund/bag			
Earth bund			
Geotextiles for erosion control			
Road base and pavement			
Sediment control	Sediment retention pond		
	Sediment basin		
	Filter dam and sediment weir		
	Sump		
	Sump pit		
	Vegetative buffer strip		
	Shake-down area		

유역규모에서의 퇴적물 관리를 위한 퇴적물 수지와 개념적 틀 제안

이용하는 기법과 구조물을 이용하여 침식 및 토사유출을 조절하는 기법과 기타 기법으로 나눌 수 있으며 한 예로써 EPA(1997)는 이와 같은 분류방법에 따라 <표 2>와 같이 분류하였다. Haan(1995)은 위 두 가지 분류방법을 혼용하여 <표 3>과 같이 각종 토사유출 조절기법을 분류 기술하기도 하였다.

토사 유출량을 예방 및 저감하기 위해 개발 단계에서의 침식 조절 기법은 아래와 같이 크게 일곱 가지로 나눌 수 있다.

- ① 유역내 식물을 가능한 한 많이 남겨놓는다.
- ② 토양이 나지상태로 노출되는 시간을 최소화 한다.
- ③ 교란된 토양을 통해 유출이 발생하는 것을 방지한다.
- ④ 교란된 토양을 최대한 빨리 안정화시킨다.
- ⑤ 유역을 통과하는 유출속도를 저감시킨다.
- ⑥ 개발에 의한 증가 유출량을 배수시킬 수 있도록 배수로를 확보한다.
- ⑦ 유출수에 섞여 유역 외로 방류되는 유사를 제거시킨다.

표 2. 강수 및 유출토사 조절기법 (EPA, 1997)

대분류	중분류	소분류
Vegetative Control	Preservation of natural vegetation	
	Buffer zones	
	Stream bank stabilization	
	Mulching, Matting, and Netting	
	Seeding	Temporary seeding Permanent seeding & planting
	Sodding	
	Chemical stabilization	
Structural Control	Interceptor dikes and swales	
	Pipe slope drains	
	Subsurface drains	
	Filter fence	
	Barrier	Straw bale barrier Brush barrier
	Gravel or stone filter berm	
	Local protection	Storm drain inlet protection Outlet protection
	Sediment trap	
	Sediment basin	
	Check dams	
	Surface roughening	
Gradient terraces		
Flow Diversion	Diversion dike	
	Graded areas and pavement	
Infiltration	Vegetated filter strips	
	Grassed swales	
	Level spreader	
	Infiltration trenches	

표 3. 침식 및 퇴사조절기법 (Haan, 1995)

대분류	조절기법
On-site overland flow control	Chiseling
	Surface roughing
	Vegetation
	Mulching
Contouring	Strip cropping
	Crop rotation
	Conservation tillage
Runoff diversion (Swale)	Vegetated
	Bare soil
	Riprap
	Combination
Channel erosion control	Temporary lining
	Vegetative controls
	Riprap
	Gabions
	Energy dissipator
	Drawdown tubes
Small structures	Culverts
	Filter fence
	Straw bales
	Level spreader
	Swirl concentrator
	Vegetative filter
Sediment basins	Sediment traps
	Dewatered
	Permanent pond
Wetlands	First flush filter

앞에서는 토사 유출량의 조절하는 여러 기법들이 제시되었다. 이들 기법들의 근본적인 목적은 토사 유출량 또는 침식량을 저감시키는 기법들이다. 국지적인 규모에서는 토사유출량 또는 토양침식과 관련된 문제는 이들 양에 대한 문제로서, 이들 퇴적물의 양을 저감시키는 것이 가장 큰 목적이 당연하다. 퇴적물의 이동과 퇴적물 수지 관점에서 보면, 이들의 양을 줄임으로써 하류에서는 퇴적물 공급의 감소로 인한 여러 문제들이 발생할 수 있다. 예를 들어 하천에서의 유사량의 저감은 해안지역에서는 해안선의 침식과 같은 문제를 야기 시키기도 한다. 즉,

유역규모에서 하천과 퇴적물의 연속체 개념에서 유역 규모에서의 퇴적물을 관리하는 함의 목표가 이러한 기술들을 적용함으로써 무조건적인 토사유출량 또는 토양침식량의 저감이 아님을 이해할 수 있다. 특히 퇴적물 수지의 감소로 인한 하도의 변화는 기존의 토사유출량 또는 침식량 저감을 위한 기술로서는 해결할 수 없을 것이다. 이와 같은 문제가 발생하였을 시, 특정지역 및 지점의 문제를 해결하기 위해서는 특정지점에 대한 하도의 강화, 즉 하안과 하상 구성물의 수리저항력을 향상시키든지, 또는 하천력을 상쇄시키는 기법을 적용할 수 있다. 하지만, 이

는 임시방편으로써 특정지점을 위한 인간의 노력은 결국 그 지점 이외의 모든 하도가 위험에 노출되는 형태로 발전해나갈 것이다.

결국, 유역 규모에서의 퇴적물 관리를 함에 있어, 우선적으로 가장 필요한 인식은 유역이 하나의 유기체와 같이 서로 연결되어 상호작용을 하고 있음을 인정하는 일일 것이다.

5. 결론

4대강 살리기 사업과 같은 대형의 인간간섭이 유역에 발생하거나, 기후변화로 인하여 유역 내의 유량패턴과 퇴적물 이동패턴이 변하면서 하도의 불안정성을 높이기도 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 일반적으로는 국지적 접근을 통한 분석과 대응을 마련한다. 하지만, 이러한 국지적 접근은 특정장소 및 지점의 문제는 해결할 수는 있지만, 이로 인하여 다른 지역 또는 다른 문제를 야기시키기 때문에 단기적인 미봉책이 될 수 있다. 퇴적물 관리와 관련한 선진 연구 그룹, 특히 SedNet의 진척상황으로 보았을 때, 우리 또한 나아가야 할 방향은 유역규모에서의 종합적 퇴적물 관리라 할 수 있다. 이를 위해서는 퇴적물 이동과 관련된 종합적인 이해가 우선적으로 이뤄져야 하며, 많은 분야, 즉 과학-정책-운영-주민과의 협력이 수반되어야 할 것이다.

참고문헌

국가법령정보센터, <http://www.law.go.kr>

- 김진관, 2003, 인위적 요인에 의한 제 4기말 하상퇴적물 변동과 재해방지예측모델 수립에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문
- 손광익, 2013, 유역유사 예측 및 유사관리 기술 보고서, 첨단기술 기반의 하천운영 및 관리기술 개발 연구단 기술보고서
- 환경법령/정책, 환경부 사이트,

<http://me.go.kr>

- Apitz, S., White, S., 2003, A conceptual framework for river-basin-scale sediment Management, *J. Soils & Sediments* 3(3), 132-138.
- Jung, K.H., Kim, W.T., Hur, S.O., Ha, S.K., Jung, P.K., Jung, Y.S., 2004, USLE/RUSLE factors for national scale soil loss estimation based on the digital detailed soil map. *Korean J. Soil. Sci. Fert.* 37(4), 199-206.
- Köthe, H., 2003, Existing sediment management guidelines: An overview - What will happen with the sediment/dredged material?, *J. Soils & Sediments* 3(3), 139-143.
- Lim, Y.S., Kim, J.K., Kim, J.W., Hong, S.S., 2014, Evaluation of suspended-sediment sources in the Yeongsan River using Cs-137 after major human impacts. *Quaternary International* 344, 64-74.
- Owens, P.N., 2005, Conceptual models and budgets for sediment management at the river basin scale, *J. Soils & Sediments* 5(4), 201-212.
- SedNet, 2014, Moving sediment management forward, The four SedNet Messages.
- Slaymaker, O., 2003, The sediment budget as conceptual framework and management tool, *Hydrobiologia* 494, 71-82.

2018년 11월 20일 접수
2018년 12월 27일 수정
2018년 12월 27일 승인