

최적관리기법 이행을 위한 우선관리지구 선정



장 태 일
전북대학교 지역건설공학과
tjang@jbnu.ac.kr



George Vellidis
미국 조지아대학
yiorgos@uga.edu

본 내용은 Jang et al.에 의하여 2013년 1월 'Environmental Management' 저널에 실린 "Model for Prioritizing Best Management Practice Implementation: Sediment Load Reduction" 논문의 내용을 요약한 것임을 밝힌다.

1. 머리말

본 연구는 미국 농무성 (U.S. Department of Agriculture)의 CEAP (Conservation Effects Assessment Project) Synthesis 과제 중 하나로 최근 사회적 문제로 제기되고 있는 비점원오염 관리를 위한 최적관리기법 (Best Management Practices, BMP)을 지역적 규모에서 가장 경제적이고 효과적인 이행을 위하여 우선관리 대상지구를 선정하기 위한 모형을 개발하는 것이다.

비점오염의 제어와 관리를 위해서는 적절한 BMP를

선정하여 시행하는 일이 필요하다. 이론적으로 최선의 BMP를 선정하거나 이를 이행하였을 때 유역으로부터 비점오염을 어느 수준까지 줄이는 등 제어와 관리 목표나 수준을 추정하는 데는 기술상 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 그러나 실제로 적용지역 특성에 맞춘 적절한 BMP를 이행하는 일은 쉽지 않다. 이는 실제로 BMP를 시행하는 주체는 토지소유자나 농민들, 그리고 행정 관료이기 때문에 적절한 수준의 수확량 증수효과나 경제적 인센티브가 보장되지 않을 경우 이를 시행하도록 하는 일이 쉽지 않은 까닭이다 (최, 2006). 따라서 다양한 종류의 BMP를 유역 내 위치하는 모든 오염원에 적용하기 보다는 비점오염 배출부하량이 가장 큰 지역에 대하여 지역 특성에 맞춘 최고의 BMP를 제시하는 것이 더욱더 중요하다고 볼 수 있다. 현재 선정 방법은 몇몇 수문·수질 환경전문가들에 의하여 추정되거나 예상되는 지역에 방문하여 조연하거나 관리 및 적용하는 것이 현실이다 (환경부, 2007). 최근 이러한 한계를 극복하기

위하여 신 등 (2007)은 AHP기법과 공학적 이해를 기반으로 BMP 적용지역의 우선순위를 결정하려는 방법을 제시하였다. 그러나 이러한 BMP 우선관리지구 선정을 위한 연구는 생태환경적인 접근이나 경제적인 관점을 고려하지 않아 실제 정책적 대안으로 고려하기에는 한계를 가지고 있다.

미국의 경우에도 이러한 한계점을 인식하고, 미농무성 자연자원보전국 (USDA Natural Resources Conservation Service)은 효과적인 BMP 이행을 위한 연구를 2003년부터 진행하고 있다 (Maresch et al., 2008). 이러한 연구는 다양한 유역에서 토지이용 형태에 따른 BMP 효과를 장기간의 모니터링을 통하여 생태환경적인 측면에서 그 효과를 분석하는 것을 포함하고 있다. 또한 그 결과들을 통합하는 통합시스템 연구도 이와 함께 이루어지고 있다.

본 연구는 하천 및 호소의 수질오염에 미치는 영향이 큰 비점원오염 관리, 그 중 본 연구에서는 유사를 중심으로 이를 위한 BMP 이행시 생태환경 영향 및 경제적 효과를 고려한 우선관리 대상지구의 선정에 관한 모델을 개발하고 이를 평가하기 위한 것이며, 이를 위하여 시놉틱 평가기법 (Synoptic Assessment)을 도입하였다. 또한 이러한 결과를 GIS에 구현하여 정책수립에 보다 효과적인 관리수단을 마련하고자 한다. 현재 국내의 경우는 BMP 이행에 있어 행정기관 위주의 주관적인 기준으로 이루어지는 경향이 크다. 따라서 본 연구는 보다 합리적인 선정 기준을 통해 도출된 비점오염 배출 기여도를 바탕으로 경제적 또는 생태환경적인 측면에서 배출오염 우려가 가장 큰 지역을 우선 선정하는데 그 목적이 있으며, 효과적인 수질관리를 위해서도 필요할 것으로 보인다.

2. 시놉틱 평가기법 (Synoptic Assessment)

2.1. 시놉틱 평가기법이란

시놉틱 평가기법은 Leibowitz et al. (1992)에 의해 최초 습지의 보호와 복원을 위한 우선관리지구 선정을 위해 개발되었으며, 이는 일련의 생태학적 현상을 기반으로 하고 있다. 이러한 평가기법은 정보와 자원이 제한적인 환경 아래에서 전문가 집단에 의한 최선의 전문적 판단 (Best Professional Judgment)에 기초하여 관리자로 하여금 빠른 판단을 위하여 개발되었다. 본 기법은 Abbruzzese와 Leibowitz (1997), Hyman과 Leibowitz (2000), 그리고 McAllister et al. (2000)에 의하여 단계적으로 수정 보완되었으며, 습지의 복원뿐만 아니라 생태환경을 포함한 다양한 분야에 우선관리 대상지구 선정에 관한 연구가 적용되어 왔다. 또한 본 평가기법은 대상지구 내 세부단위, 즉 지구 내 유역 혹은 행정경계 단위에서 관리대상의 합수적 역학관계 또는 그 기작을 평가할 수 있는 지수를 개발하고, 비용/편익 프레임워크를 통하여 경제적 제한인자에 따른 평가에 용이하다. 최근, Velldidis et al. (2003)은 투자비용 대비 유사량 저감을 최소화하기 위한 관리대상지구의 우선순위를 결정하기 위한 개념모델을 개발하여 적용된 바 있다.

본 평가기법은 Table 1과 같이 4 단계로 구성된다. 이중 시놉틱 평가지수 (Synoptic Indices)의 정의와 경관지표 (Landscape Indicator)의 선정이 무엇보다 중요하다. 종관평가지수는 특정 환경 내에서 일어나는 실제 현상과 값들을 반영하며, 일련의 지수들은 그 관계가 수학적으로 표현된다. 이러한 지수들은 수학적 관계함수나 유의미한 지수 등의 다양한 형태로 나타날 수 있으며, 각 지수들은 이를 표현할 수 있는 여러 형태의 지표

Table 1. Major steps in conducting a Synoptic Assessment.

Step 1	Define Goals and Criteria	Define Assessment Objectives Define Intended Use Assess Accuracy Needs Identify Assessment Constraints
Step 2	Define Synoptic Indices	Identify Target Type Define Assessment Objectives Define Intended Use Assess Accuracy Needs Identify Assessment Constraints Identify Target Type Describe Natural Setting Define Landscape Boundary Define Target Functions Define Target Values Identify Significant Impacts Select Landscape Subunits Define Combination Rules
Step 3	Select Landscape Indicators	Survey Data and Existing Methods Assess Data Adequacy Evaluate Costs of Better data Compare and Select Indicators Describe Indicator Assumptions Finalize Subunit Selection Conduct Pre-Analysis Review
Step 4	Conduct Assessment	Plan Quality Assurance/Quality Control Perform Map Measurements Analyze Data Produce Maps Assess Accuracy Conduct Post-Analysis Review

들을 통하여 세부항목별로 지표화된다. 경관지표는 앞서 언급한 평가지수들을 나타낼 수 있는 이용 가능한 형태의 데이터를 말한다. 인자들의 선택은 제한된 정보, 시간, 투자비용 등으로 인하여 단순화되고 임의로 가정된 인자의 도출이 필요하다. 예를 들어, 비점원오염원을 평가하기 위해서는 관심인자의 도출에 용이한 경작지 등이 포함된 토지이용도가 가장 중요한 경관지표가 된다. 따라서 평가지수와 경관지표의 분리는 반드시 지켜

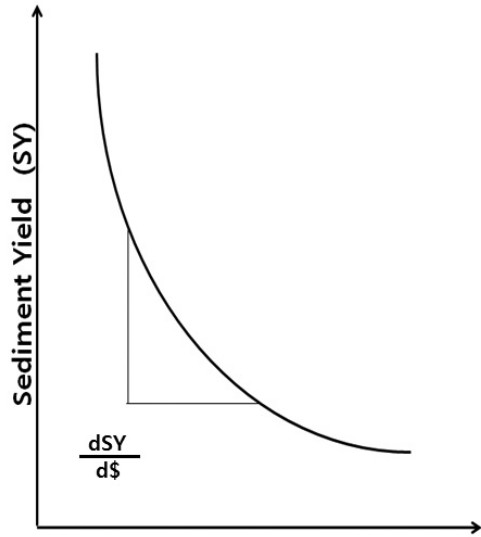


Fig. 1. Relationship between sediment yield and invested conservation money (dollars)

여야 하며, 또한 그 관계가 논리적으로 타당하여야 한다. 즉, 경작지가 포함된 토지이용 형태가 관리대상은 아니며 비점원오염원을 나타낼 수 있는 하나의 유용한 지수가 됨을 의미한다.

2.2. 시놉틱 평가를 위한 기준인자

시놉틱 평가기법은 보전 대상지구 선택시 상대적인 순위 평가를 위한 우선순위 기준(prioritization criteria)을 기반으로 한다. 우선순위 기준 ($\frac{dF}{dE}$)는 단위 관리투자 (dE) 당 생태함수의 한계변화 (dF)의 관계로 정의된다. 다시 말해, 두 대상지구가 동등한 환경에 처해있다면, 가령 똑같은 유수량 저감능을 갖고 있다면, 가장 비용/편익이 높은 곳에 보전 대상지구로 선정 또는 투자된다는 것을 의미한다. 이는 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다.

비점원오염원 중 본 연구의 대상인자인 유수량 관점

에서 살펴보면 우선순위 기준인자는 한계유사부하량 (dSL , $kg/km^2/day$) 당 기대보전비용 ($d\$, \$$ 혹은 원)으로 표현된다. 그 관계는 Fig. 1에서와 같이 비선형 관계와 음의 기울기로 나타날 것이다. 본 관계식은 연쇄법칙에 의하여 보전대상지의 함수로 확장할 수 있으며 이는 다음과 같다.

$$\frac{dSL_j}{d\$_j} = \frac{dCA_j}{d\$_j} \times \frac{dSL_j}{dCA_j} \quad (1)$$

여기서, $\frac{dSL_j}{d\$_j}$ 는 유역내 한계기대보전비용 대비 한계유사부하량, $\frac{dCA_j}{d\$_j}$ 는 유역내 한계기대비용 대비 보전대상지구, 그리고 $\frac{dSL_j}{dCA_j}$ 는 유역내 보전대상지구 대비 한계유사부하량을 의미한다. 각각의 항들은 그 특성에 맞는 적합한 인자들을 통하여 구현되며 이는 앞서 설명한 지표들을 기준으로 도출될 수 있다.

3. 모형의 평가

3.1. 대상지구

앞서 설명한 모형을 평가하기 위하여 미국 동남부 조지아주 티프톤 (Tifton) 인근에 위치한 Little River Experimental Watershed (LREW) 유역을 대상지구로 선정하였다 (Fig. 2). LREW 유역은 14 미국 농무성 농업연구소 (USDA-Agricultural Research Service)에서 벤치마크하는 곳으로 미농무성 농업연구소와 미국 조지아대학에서 공동으로 운영되고 있다. 본 유역은 1968년부터 수문 및 수질을 위한 모니터링 시스템이 구축되어 지금까지 관리되고 있으며 미국에서도 대표적인 농업유역으로 소개되고 있다.

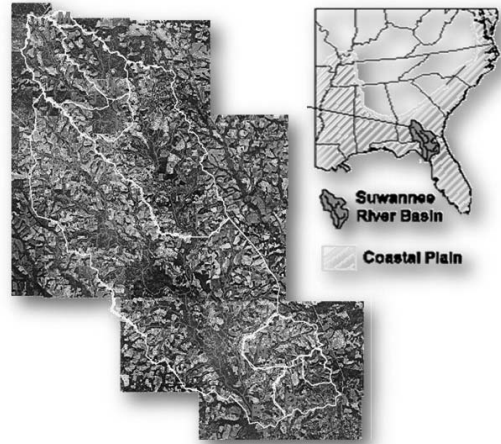


Fig. 2. Map of the Little River Experimental watershed (LREW)

위성영상 분석 결과, 대상지구의 41% 목화 등의 줄뿌림 작물 재배지로 나타났으며, 1980년 이후로 미 농무성 자연자원보전국과 연방에서 다양한 형태의 최적관리기 프로그램들이 본 대상지구로 적용되어 왔다. 전체 보전기법 중 초생수로가 9.6%, 대상재배법이 9.5%, 그리고 테라스가 8.8%를 차지하고 있다. 본 모형의 적용성을 평가하기 위하여 본 대상지구를 21개의 소유역으로 구분하였으며, 이는 소유역 내에서 우선관리 대상지구의 순위를 결정하기 위한 것이다. 가장 높은 순위가 투자대비 토양유실 저감이 가장 높다는 것을 의미하게 된다.

3.2. 보전경비 대비 한계보전지구 ($dCA/d\$$)

보전지구에서 정(+)의 한계변화, 즉 이의 증가는 보전비용의 효용을 이끈다는 가정에서 출발한다. $dCA/d\$$ 지수는 보전경비에 투입에 따른 보전대상지구의 증가를 평가할 수 있는 중요한 인자로서 각 지표들의 정의와 인자수집에 사용된다. 본 지수는 유역의 보전활동과 BMP

이행의 효율 제고를 위한 지구 내 각 기관들의 지원과 거주자들의 참여의지의 함수관계로 정의되며, 관계식은 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{dCA_j}{d\$_j} = f \left(\begin{matrix} \text{conservation support and willingness,} \\ \text{conservation cost and availability} \end{matrix} \right) \quad (2)$$

이 관계식은 위 지수를 평가할 수 있는 지표를 정의할 수 있게 해 준다. 본 지수와 위에 따른 지표, 그리고 중점에서의 측정값에 대한 자세한 내용은 Table 2에서와 같다.

보전지원 및 참여의지 (Conservation Support and Willingness): 이는 유역 보전활동을 향한 유역내 거주자들의 성향의 정도를 관측함으로써 지표화 할 수 있다. 가령, 현재 활동 중인 유역보호단체 및 환경보호단체의 숫자로 환경보호에 대한 이들의 관심정도를 지표화 할 수 있다. 또 다른 유용한 지표로는 사유지 또는 정부차원에서의 지역권 (타인의 토지를 환경보호 차원 등의 특정 목적으로 이용할 수 있는 권리)을 행사할 수 있는 프로그램 (easement program)등의 토지보전정책의 이행 정도를 지표화 하는 것이다. 이러한 일련의 환경보전으

로의 강력한 의지 혹은 지원이 이루어지고 있는 유역에서는 이미 정부차원이거나 민간차원에서의 여러 다른 형태의 정책적 책무가 이행되고 있기 때문에 BMP 이행이 타 유역 또는 지역보다 용이하게 이루어질 수 있다. 즉, 개인적 또는 환경단체 등의 자발적 활동으로 인하여 보전경비의 비용절감 효과를 거둘 수 있다. 다시 말해, 보전지구 내 선택된 지표들의 활성화는 곧 보전비용의 절감과 이어지게 된다. Fig. 3은 유역보호단체 및 환경보전 지수의 데이터 현황과 출처를 보여주고 있다.

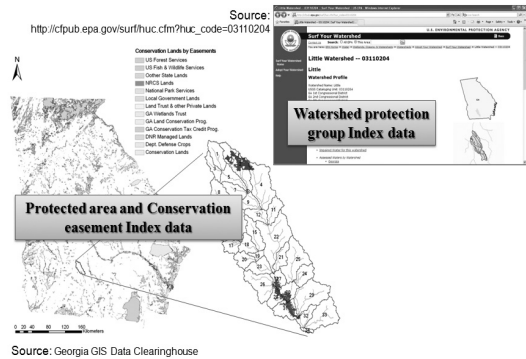


Fig. 3. Examples of GIS data acquisitions

Table 2. Descriptors, indicators, and data sources for the marginal change in conserved area per conservation dollar (dCA/d\$) (modified from Vellidis et al., 2003).

Descriptors	Indicators	Measurement end point	Data sources
Conservation support and willingness	watershed protection activities	presence of watershed protection groups	USDA-NRCS, EPA, local govt.
		presence of environmental group chapters	national, state offices of environmental groups, web sites
	conservation programs	conservation easement for any program	USDA-NRCS, state environmental regulatory agency, local govt.
		locally organized protected areas	local govt.
Conservation cost and land availability	implementation cost	cost of conservation actions	county tax offices, US Census of Agriculture
	land availability	conservation practice areas	USDA-NRCS
		stability and disturbance	land use maps

보전비용 및 토지가용성 (Conservation Cost and Land Availability): 보전비용은 최적관리기법의 물리적 설치비용, 관리비용, 이를 채택하는 토지소유자들을 장려하기 위한 장려정책비용 등의 함수로 정의된다. 그러나 이러한 보전비용을 일반적인 기준으로 정의하기에는 사회경제적 관점에서 쉽지 않다. 각 지역보다 토지보상비용 또는 장려금에 대한 이해정도가 다르기 때문이다. 이에 대한 보다 정량적 평가를 위해서는 또 다른 연구가 병행되어야 한다. 토지가용성은 최적관리기법 등이 효율적으로 적용될 수 있는 정도를 토지를 기준으로 나타내는 지표이다. 미국 농무성은 수질 개선 및 유사량 저감을 위하여 다양한 형태의 최적관리기법과 토지권 등의 프로그램을 수행해 오고 있다. 따라서, 최적관리기법이 적용된 유역의 경우 BMP 우선적용 대상지구에서는 그 우선권이 떨어질 수밖에 없으며, 도시지역이나 농경지는 인간 활동에 의하여 환경적인 측면에서 오염원 발생지이기 때문에 토지가용성이 떨어지게 된다. 앞서 언급한 각 인자들 사이의 수학적 관계는 본 지면에서는 생략하고자 한다.

3.3. 보전지구 대비 한계유사부하량 (dSL/dCA)

유역내 보전지구가 증가하게 되면 이에 따라 수문학적 반응능이 감소하게 되며, 즉 수문학적 측면에서 개선된다. 이는 지표에서 유속의 감소와 지체시간의 증가 등을 야기하게 되며, 결과적으로 유사량의 감소로 이어진다. dSL/dCA 지수는 보전대상지구의 증가 혹은 개선에 따른 유사부하량의 한계변화량, 즉 감소를 평가하는 중요한 지표가 된다. 유사량의 발생이 상대적으로 많은 유역의 경우, 그 오염원의 정확한 확인 및 평가가 되어야 한다. 이후 그에 따른 적절한 수준의 대상지구가 선

정되어야 한다. 즉, 오염원의 출처와 그 발생량에 대한 정량적인 평가는 관리대상지구 선정에 있어 매우 중요함을 의미한다. 그러나 강우량, 증발량, 토지, 토지이용 형태, 지리적 인자 등의 다양한 요소들의 시간적 공간적 다양성으로 인하여 이에 대한 정량적 평가가 쉽지 않다. 이런 자연적인 현상을 지표화 하기에는 많은 어려움이 따르며, 이로 인하여 다양한 지역에서 복잡한 수문수질 모형을 통한 정량적 평가가 지금까지 많이 이루어지고 있다. 그러나, 본 연구의 목적은 우선관리 대상지구의 선정에 있기 때문에 이러한 복잡한 모형을 통한 유사부하량의 정량적 평가는 불필요하다. 이를 위한 지수 dCA_j / dCA_j 는 다음과 같다.

$$(dSL_j / dCA_j)' = \frac{SLOAD_j}{SLOAD_{max}} \quad (7)$$

여기서, $(dSL_j / dCA_j)'$ 는 유역 j 내 보전지구 당 유사부하량의 한계변화 지수를 말하며, $SLOAD_j$ 는 유역 j 내 유사부하량, $SLOAD_{max}$ 는 전체 유역에서 최대 유사부하량을 나타낸다.

본 연구에서는 지역 특성을 고려한 복잡한 데이터와 매개변수가 필요한 대상지구 내 상대적 평가를 목적으로 한 범용성이 높은 모델을 활용하였다. 이를 위하여 Brooks et al. (2011)에 의하여 개발된 Hydrologic Characterization Tool (HCT)을 이용하였으며, 본 모형은 WEPP (Water Erosion Prediction Project) 모형을 재개념화한 것이다. HCT 모형은 정량적 평가가 그 목적이 아니라 WEPP 모형의 주요 매개변수와 유출경로를 단순화하여 유역에서의 경지형태에 따른 '특성화'를 위해 개발되었다. 다시 말해, HCT 모형은 각각의 토양 및 토지이용 형태에 따른 상대적인 차이를 살펴봄으로써 일반적인 경향을 가지는 가장 민감한 지역을 찾는

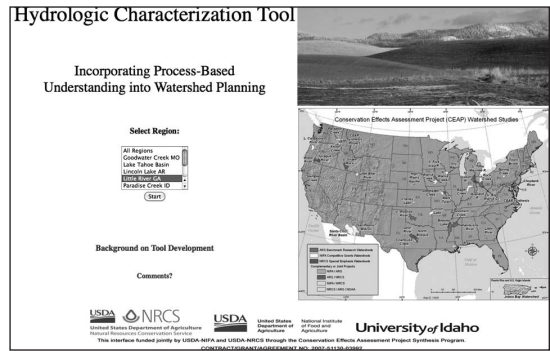
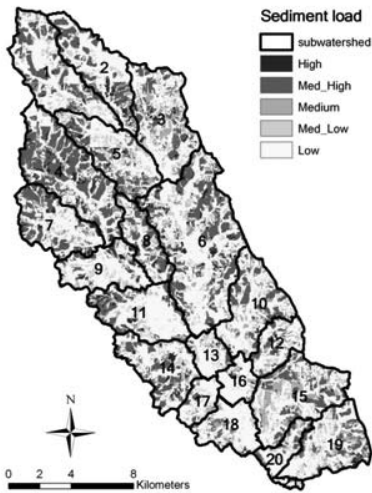


Fig. 4. Comparison of sediment load results simulated by selected model of Hydrologic Characterization Tool (HCT) and the main web-page of HCT (adopted from Brooks et al. 2011).

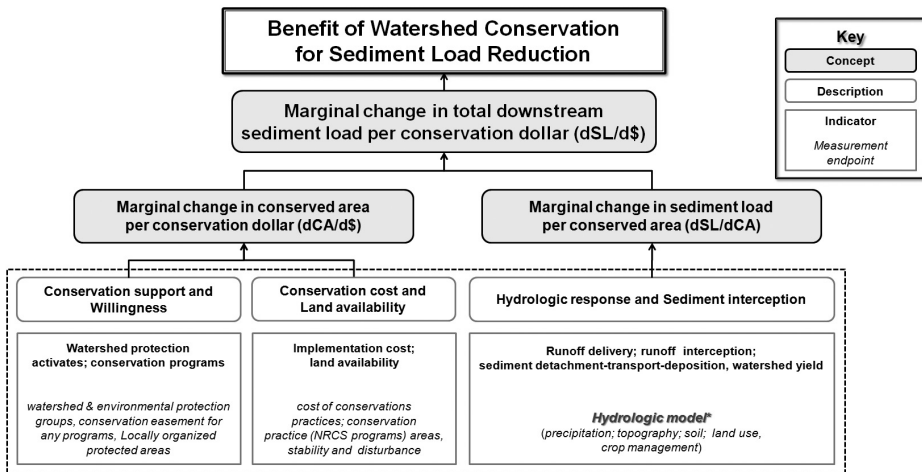


Fig. 5. Flow chart of the conceptual model

데 그 목적이 있다.

3.4. 적용 결과

Table 3은 우선순위의 결정에 있어 최적관리기법 투자 비용을 고려한 경우와 그렇지 않은 경우를 비교하였다.

dSL/dCA 지수의 경우 두 경우 모두 같은 값을 공유하지만 dCA/d\$ 지수는 상반된 결과를 보여준다. 다만, 본 연구 결과는 자료의 한계로 인하여 모든 BMP를 고려하지 못하였다. 본 연구에서는 BMP 비용자료 확보가 가능한 초생수로 설치를 위한 우선대상지구 선정으로 그

Table 3. Ranks comparison of dCA/d\$, dSL/dCA, and dSL/d\$ terms with and without conservation cost in the subwatersheds.

ID	without conservation cost index						with conservation cost index			
	dCA/d\$	dSL/dCA	dSL/d\$	Rank of dCA/d\$	Rank of dSL/dCA	Rank of dSL/d\$	dCA/d\$	dSL/d\$	Rank of dCA/d\$	Rank of dSL/d\$
1	0.559	0.574	0.321	13	10	9	0.013	0.008	19	19
2	0.605	0.689	0.417	4	4	3	0.017	0.012	14	12
3	0.569	0.585	0.333	11	8	7	0.017	0.010	15	16
4	0.513	1.000	0.513	16	1	1	0.006	0.006	21	21
5	0.575	0.637	0.366	9	7	5	0.575	0.366	2	1
6	0.402	0.650	0.261	21	6	14	0.402	0.261	3	2
7	0.577	0.732	0.422	8	3	2	0.015	0.011	16	13
8	0.502	0.780	0.391	18	2	4	0.019	0.015	11	11
9	0.589	0.449	0.264	6	16	13	0.039	0.017	9	9
10	0.471	0.476	0.224	20	14	17	0.014	0.007	18	20
11	0.568	0.568	0.322	12	11	8	0.019	0.011	12	14
12	0.496	0.465	0.231	19	15	15	0.036	0.017	10	10
13	0.680	0.226	0.154	3	21	21	0.142	0.032	5	5
14	0.525	0.659	0.346	15	5	6	0.015	0.010	17	17
15	0.506	0.582	0.294	17	9	10	0.013	0.008	20	18
16	0.689	0.333	0.230	2	17	16	0.273	0.091	4	4
17	0.585	0.305	0.179	7	18	19	0.102	0.031	6	6
18	0.689	0.285	0.196	1	19	18	0.068	0.019	7	8
19	0.537	0.514	0.276	14	12	12	0.019	0.010	13	15
20	0.569	0.503	0.287	10	13	11	0.058	0.029	8	7
21	0.598	0.259	0.155	5	20	20	0.598	0.155	1	3

범위를 한정하였다. 조지아주의 경우 단위면적 (900 m²) 당 867.34\$의 경비가 소요되는 것으로 나타났으며, 단위 농경지 324,000 m²에 대하여 1/80의 초생수로 설치를 기본으로 한다. 따라서 이를 이용하여 GIS에서 지형인자 조건을 추출하였다. 본 대상구역의 경우 상위 30%에서 앞선 연구 결과와 상반된 dCA/d\$ 지수가 우선순위 결정에 결정적인 인자로 작용하는 것으로 나타났다. 본 연구범위에서는 초생수로의 설치는 농경지 분포에 따라 비례하는 관계를 보이기 때문이다. 그러나 이러한 결과는 보다 다양한 BMP 비용경비를 고려한다면 보다 유의미한 결과를 보여줄 것으로 보인다. 아울러 본 연구

결과는 종관평가기법의 검정에 초점을 맞춘 결과로 보편적인 결과를 위해서는 지수와 지표의 특성을 잘 반영할 수 있는 적절한 구역 규모의 선정이 무엇보다 중요한 것으로 판단된다.

4. 결론 및 향후 계획

본 연구는 BMP 이행을 포함한 보전 노력을 위한 우선순위 결정을 위한 프레임워크를 개발하는 것이며, 이를 통하여 가능한 자원 (투자비용)으로 최대의 유사량 저감 효과를 가질 수 있는 대상지구를 선정하는데 그 목적이

있다. 본 모형의 개발을 위해 먼저 기준인자를 선정하고 이를 평가하기 위한 개념모형을 개발하였다. 이를 바탕으로 유사저감을 위한 기준인자와 지표를 선정하였다. 각 인자들은 1) 보전지원 및 참여의지 (Conservation Support and Willingness), 2) 보전비용 및 토지가용성 (Conservation Cost and Land Availability), 3) 수문학적 과정 (Hydrologic Process), 4) 오염원 (Pollutant Sources)으로 구성된다. 본 모형은 미국 조지아주 LREW 유역에서 검증되었다. 유사량 모의를 위하여 수문특성평가 모형 (Hydrologic Characterization Tool)을 이용하였으며, SWAT 모형과 비교하여 그 적용성을 평가하였다. 그 결과 적용성이 있는 것으로 나타났다. 선정된 지수와 지표를 바탕으로 자료를 구축하였으며 LREW 유역을 21개의 소유역으로 구분하여 우선관리대상지구를 선정하고자 하였다. 본 대상지구의 경우 농경지에서 유사량 발생이 많이 나타났으며, 유사량이 많은 지구가 우선관리대상지구로 선정되었다. 또한 BMP 설치에 따른 경제적 인자를 고려하면 기존의 수문 모형을 적용한 결과와 다른 양상을 보였으며 정책을 결정할 때에는 이러한 점을 고려하여 신중한 판단이 필요할 것으로 보인다.

본 연구 결과는 향후 루이지애나 주에서 버지니아주 까지 9개 주가 포함된 미국 동남부 해안지대에 적용될 것이다. 본 모형의 최종 목적은 이러한 대유역에 대한 우선관리지구를 선정하는데 있다 (Fig. 6). 또한 향후 본 모형은 우리나라의 4대 권역에 대비점원오염원 저감을 위한 사회경제적 효과를 고려한 우선관리대상 선정에 유용한 틀로 활용될 수 있을 것으로 기대하며, 정책결정 과정에 효과적인 역할을 할 것으로 판단된다.

다만, 본 모형의 국내 적용을 위해서는 기준인자 (Prioritization Criterion)의 재정의가 필요하다. 특히,

보전지원 및 참여의지 (Conservation Support and Willingness) 인자는 데이터베이스화하기 힘들뿐만 아니라 한국의 경우 아직 보편화되지 않은 지수이기도 하다. 따라서 이러한 인자들에 대한 정성적 평가가 사전에 이루어져야만 한다. 이를 위해서는 학제간 연구가 병행되어야 할 것으로 보이며, 보다 활발한 연구가 지속되었으면 한다.

감사의 글

본 연구는 미국 USDA-CSREES Integrated Research, Education, and Extension Competitive Grants Program-National Integrated Water Quality Program, Conservation Effects Assessment Project (CEAP) (Award No. 2007-51130-03992)와 한국연구재단 (NRF-2009-352-D00352)에 의하여 지원되었으며 이에 감사드립니다.

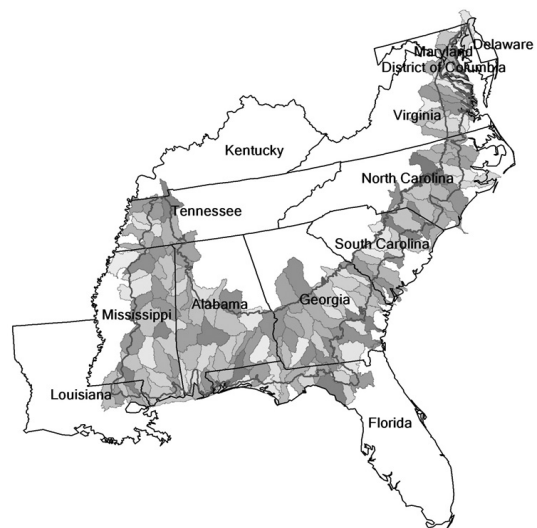


Fig. 6. Map of the coastal plain ecoregion with superimposed boundaries of the 8-digit hydrologic unit codes watersheds.

참고문헌

1. Abbruzzese, B., Leibowitz, S.G., 1997. A synoptic approach for assessing cumulative impacts to wetlands. *Environmental Management* 21(3): 457-475.
2. Brooks, E., Boll, J., 2011. Building process-based understanding for improved adaptation and management. *International Symposium Erosion & Landscape Evolution*, ISELE Paper no. 11077, Alaska.
3. Hyman, J.B., Leibowitz, S.G., 2000. A general framework for prioritizing land units for ecological protection and restoration. *Environmental Management* 25(1): 23-35.
4. Jang, T.I., Vellidis, G., Hyman, J.B., Brooks, E., Kurkalova, L.A., J. Boll, Cho, J.P. 2013. Model for prioritizing Best Management Practice implementation: Sediment load reduction. *Environmental Management* 51(1): 209-224.
5. Leibowitz, S. G., B. Abbruzzese, P. R. Adamus, L. E. Hughes, and J. T. Irish. 1992. A synoptic approach to cumulative impact assessment: A proposed methodology. US Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Corvallis, Oregon. EPA/600/R-92/167.
6. Maresch W., Walbridge, M.R., Kugler, D., 2008. Enhancing conservation on agricultural landscapes: A new direction of the conservation effects assessment project (CEAP). *Journal of Soil and Water Conservation* 63(6): 198A-203A.
7. McAllister, L.S., Peniston, B.E., Leibowitz, S.G., Abbruzzese, B., Hyman, J.B., 2000. A synoptic assessment for prioritizing wetland restoration efforts to optimize flood attenuation. *Wetlands* 20(1): 70-83.
8. Vellidis, G., Leibowitz, S.G., Ainslie, W.B., Pruitt, A.A., 2003. Prioritizing wetland restoration for sediment yield reduction: A conceptual model. *Environmental Management* 31(2):301-304.
9. 신정범, 박승우, 김학관, 최라영, 2007. 계층분석적 의사결정기법을 이용한 비점원오염 관리지역의 선정. *한국농공학 회논문집* 49(3): 79-88.
10. 최지용, 2006. 비점원오염 관리정책의 현황과 전망. *수 자원학회지* 39(12): 12-18.
11. 환경부, 2007. 비점오염원 관리지역 지정방안 마련을 위한 공청회개최 보도자료.