

체사피크만의 수질관리 사례와 시사점



장정렬 | 한국농어촌공사 농어촌연구원 책임연구원, wjang@ekr.or.kr

1. 서론

새만금 간척사업은 1991년 첫 삽을 뜬 이후 20여년의 시간이 흘렀다. 당초 농업개발 단일목적 사업으로 출발하였으나, 시화호 수질오염을 계기로 새만금 방조제 완공 후 새만금호의 수질오염을 우려하여 2차례 공사가 중단되기도 하였다. 정부에서는 민관공동조사단을 구성해 새만금호의 수질오염을 방지하기 위하여 정부조치계획을 수립·추진하였다(허유만 등, 2001). 하지만, 새만금사업은 국내·외 사회·경제적 여건변화를 고려하면서 내부개발 토지이용계획을 당초 농업 위주에서 농업과 비농업(도시, 관광, 산업 등 복합용도)을 3:7의 비율로 조정되었고, 새만금호의 목표수질도 도시용지 등 복합개발 하류구간은 III등급, 농업용지의 상류구간은 IV등급으로 설정하고 2020년 1단계 개발 완료를 목표로 추진되고 있다(국무총리실, 2011).

새만금사업의 성패는 당연히 새만금호의 목표수질 달성여부에 달려 있다. 정부에서는 새만금 유역 수질개선 종합대책을 수립하여 1단계 2001년부터 2010년까지 1조 1,859억 원을 투입하였으며, 2단계로 2011년부터 2020년까지 2조 9,570억 원을 투입하여 45개 사업을 추진하고 있다(환경부, 2011). 새만금 유역 2단계 대책에서는 2015년 새만금호 수질중간평가를

실시하여 새만금호의 담수화시기를 결정하기로 하였다. 현재 관련 중앙부처와 기관에서는 새만금호 수질중간평가를 위한 수질개선대책 사업의 추진 실적을 점검하고 목표수질 달성 여부에 대한 나름대로의 평가를 진행하고 있다. 따라서 2015년 새만금호 수질중간평가가 향후 새만금사업의 용지별 개발 속도와 필요시 수질개선대책 추가 발굴 또는 투자시기 조정 등 일련의 변화가 예상된다.

새만금호는 유역면적이 3,032km², 동진강(43.9km)과 만경강(57.0km)의 2개의 국가하천이 유입되고 있다. 또한 유역 이외에서 금강, 용담댐과 탐진댐으로 부터의 농업용수, 발전용수 등이 새만금호의 수질에 영향을 미치고 있다. 유역에는 전라북도와 7개 시·군이 포함되어 있으며, 농식품부, 환경부, 국토부 등 중앙부처가 관련되어 있다. 새만금사업의 총괄은 국토부산하 새만금개발청이며, 수질 등 환경분야는 환경부에서, 농업용지개발은 농식품부에서, 그리고 전북도와 유역 내 시군 지자체에서도 참여하고 있다. 새만금사업의 최고 의사결정기구는 국무총리실의 새만금위원회이다. 이상과 같은 새만금사업은 중앙정부와 지자체, 직접유역과 간접유역 등 다양한 이해관계자로 얽혀있다.

한편, 미국의 동북부에는 미국에서 가장 큰 반폐쇄성 수역인 체사피크만(Chesapeake Bay)이 있다. 만의 길이만

512km에 달하고 평균 폭은 40km이고, 유역면적은 163,840km²에 달한다. 유역 내에는 워싱턴 D.C와 6개주가 포함되어 있으며, 약 100,000개 이상의 지류지천이 있어 주요 유입하천 수만 150여개에 달하고, 그 중에서 Susquehanna, Potomac, Rappahannock, York, James 강이 대형 하천이다. Chesapeak Bay에는 348종의 어류와 173종의 갑각류, 3,600여종의 동·식물, 이 중에서 식물이 2,700여종이며, 16종이상의 수중식물도 포함한다. 만에서는 매년 227천 톤의 수산물이 생산되고 있다(NRC, 2011). 하지만, 체사피크만에서는 1970년대 초에 어류폐사 등 급격한 수질오염 현상이 나타나게 되어 수질개선과 생태계 복원을 위한 노력을 추진하여 왔으며, 현재도 계속 진행되고 있다. 본고에서는 체사피크만(Chesapeak Bay)에서의 지난 수십 년 동안의 수질관리의 경험에 대하여 고찰하여 보고 이를 새만금호 수질관리에 적용하기 위한 방안을 도출해 보고자 한다.

2. 체사피크만과 새만금호의 유역특성 비교

새만금호는 유역면적이 3,032 km², 수면적 118 km², 평균수심 4.0m, 호 내용적은 약 6.8억m³이며, 유역 내 농경지의 비율은 38%로써 우리나라 일반적 농경지 비율 20%보다 높은 편이다. 유역 내 인구는 2010년 현재 1,368천명이며, 전라북도 전주, 익산, 군산, 김제, 부안, 정읍, 완주, 고창군의 8개 시군을 포함하고 있다. 한편, 체사피크만의 유역면적은 163,840km²이고, 만의 수면적은 11,500km², 평균수심 6.4m, 저수량은 570억m³이며, 유역 내 농경지의 비율은 약 28%이다. 유역 내 인구는 2010년 현재 약 17,000천명이 거주하고 있으며, 워싱턴 D.C와 펜실베니아, 뉴욕, 델라웨어, 매릴랜드, 버지니아, 웨스트버지니아의 6개주가 포함되어 있다. 체사피크만은 새만금호와 비교하여 유역면적은 새만금의 약 54배로써 남한 전체면적 보다도 넓고, 수면적은 97배, 저수량 84배에 달한다.



(a) Watershed of Chesapeake Bay



(b) Watershed of Saemangeum

Source: http://www.chesapeakebay.net/maps/map/land_cover_chesapeake_bay_watershed

Figure 1. Chesapeake Bay and Saemangeum

Table 2. Pollutant sources and loads in the Chesapeake Bay watershed and Saemangeum Lake watershed

Item		Chesapaek Bay	Saemangeum	Remark ¹⁾
Watershed Area(km ²)		163,840	3,032	54
Water surface Area(km ²)		11,500	118	97
Mean Depth(m)		6.4m	4.0m	1.6
Storage(billion m ³)		57	0.68	84
Population(Thousand Capita)		17,000	1,368	12
Population density(Capita/km ²)		104	451	1/4
Pollutant Load (N-ton/yr)	Total Nitrogen	149,800	14,185	11
	Total Phosphorous	9,500	1,518	6
Unit Plt. Load (ton/km ² /yr)	Total Nitrogen	0.9	4.7	1/5
	Total Phosphorous	0.06	0.50	1/8
Agricultural land's ratio to watershed (%)		28%	38%	-
Annual Mean Rainfall(mm/yr)		1,000	1,274	-

1) Scale for Chesapeake bay watershed to Saemangeum watershed

Table 1. Comparing of watershed characteristics between Chesapeake Bay and Saemangeum lake

Item	Pollutant Source	Total Nitrogen		Total Phosphorous	
		Load (ton/yr)	Ratio to sum(%)	Load (ton/yr)	Ratio to sum(%)
Chesapeake Bay	Agriculture	73,457	47.3%	4,177	38.3%
	Urban runoff	9,534	6.1%	1,044	9.6%
	Point source	41,269	26.6%	4,585	42.1%
	Septic	3,723	2.4%	-	0.0%
	Forestry	25,379	16.3%	1,044	9.6%
	Atmospheric deposition	1,861	1.2%	45	0.4%
	Sum	155,223	100.0%	10,896	100.0%
Saemangeum	Domestic wastewater	3,664	25.8%	354	23.3%
	Animal Manure	3,719	26.2%	416	27.4%
	Landuse	659	4.6%	100	6.6%
	Industry	5,659	39.9%	516	34.0%
	Others	485	3.4%	132	8.7%
	Sum	14,185	100.0%	1,518	100.0%

유역 내 인구는 새만금의 12배이지만, 인구밀도는 약 104인/km²으로써 새만금 450의 약 1/4로 낮고, 농경지 비율은 28%로써 새만금의 38%보다 낮다(Table 1).

수질에 영향을 미치는 오염부하량은 체사피크만이 질소와 인에 대해서 새만금호에 비하여 각각 11배와 63배 많지만, 유역단위면적당 부하량으로 평가하면 새만금호의 1/5배와 1/8

배에 지나지 않는다(Table 1). 따라서 새만금호가 절대적인 오염부하량은 적지만, 단위면적당 부하로 평가한다면 유역으로부터 오염물질 유입부하에 취약함을 알 수 있다. 한편, 두 유역에 대하여 각 오염원별 오염부하량의 직접비교는 곤란하지만 전체 부하량에 대한 비율로 평가하여 보면, 새만금 유역에서 토지계(택지, 논, 밭, 임야, 기타) 비점오염원이 전

체 수질오염 배출부하에 미치는 비율은 TN 40%, TP 34%이고, 체사피크만에서는 농업, 도시강우유출수와 임야를 비점오염원으로 본다면 TN 71%, TP 58%, 특히 농업은 TN 47%, TP 38%의 영향을 미치고 있다(Table 2). 따라서 두 유역에서 비점오염원이 수역의 수질오염부하에 미치는 영향이 높음을 알 수 있다. 특히, 체사피크만에서 농업이 수질에 미치는 영향을 저감하기 위한 노력을 살펴보면 새만금에서도 적용가능한 방법론을 도출 가능할 수 있겠다.

3. 체사피크만의 수질관리 역사와 노력

3.1 체사피크만 수질관리 역사

체사피크만 유역은 400여 년 전 유럽식민 시절부터 산림지역과 습지가 농지와 도시 개발로 변화를 겪어 왔지만, 여전히 유역면적의 69%는 산림지로 이루어져 있고 농지가 22%, 도시지역이 7%를 차지하고 있다. 이러한 개발로 인하여 1980년대 중반에는 식민시대와 비교하여 질소는 7배, 인은 16배나 많은 부하를 체사피크만 수역에서 받게 되었다(NRC, 2011). 체사피크만의 수질오염은 1972년 허리케인 아그네스로 인하여 만으로 엄청난 양의 쓰레기의 유입과 만내 퇴적물 교란, 부영양화로 인한 적조현상 등 심각한 수질오염 현상이 발생함에 따라 1976년부터 5년간의 연구를 통하여 1983년 “Chesapeake Bay: A framework for Action” 보고서 소위 Chesapeake Bay Program(CBP)를 작성하였다. CBP를 통해 만의 상태와 변화를 평가하고 가장 심각한 문제점의 해결방안에 대한 기본골격을 다루었다. CBP 보고서에서 가장 핵심 이슈로는 1)만의 생태 복원과 보호를 위한 실행 가능한 대책을 개발하고 이를 달성하기 위한 질소, 인 및 유사 부하량 삭감목표를 설정, 2)관련 주 및 연방정부와 협약, 3)협약을 달성하기 위한 실행 노력, 4)실행결과에 대한 보고를 선정하였다(NRC, 2011). 이를 토대로 하여 1983년 “Chesapeake Bay Agreement”가 체결되었다. 체사피크만의 수질관리 역사를 살펴보면 다음과 같다.

1970년대 초반 체사피크만의 극심한 수질오염으로 인하여 70년대 중반 상원의원으로 제안으로 27백만 불의 지원을 받아 미환경청에서 5년간 연구를 기초로 Chesapeake Bay Program을 마련하였다. 이를 근거로 1983년 한 장의 간단

한 “Chesapeake Bay Agreement”를 체결하였고, 이 체결서에는 매릴랜드, 펜실베이니아, 버지니아 주지사와 워싱턴D.C 시장, 연방환경청장과 체사피크만위원회(Chesapeake Bay Commission) 위원장이 서명하였다. 이 서명서를 계기로 체사피크만관리청이 매릴랜드 주도인 Annapolis에 설치되었고, 협약서 체결 당사자들은 체사피크만 집행위원회(Chesapeake Bay Program Executive Council)의 위원이 되었다. 1987년에는 체사피크만 협약서에 처음으로 정량적인 오염감축량과 생태복원 목표가 설정되었다. 감축목표는 2000년까지 1985년을 기준년도로 하여 질소와 인 부하량을 40% 감축하는 것이었다. 1992년에는 체사피크만협약이 오염발생원 중심의 영양염류 저감과 유역규모에서 독성물질감축의 전략을 포함하는 것으로 수정되었다. 또한, 주요 어종이 서식할 수 있는 목표수질 달성을 위한 만과 지류하천에 대한 “체사피크만지류정책”을 추진하였다. 2000년에는 “Chesapeake 2000”을 수립하였다. 여기에는 비전과 전략을 명확히 하여 오염저감, 서식처 복원, 생물상보호, 건전한 토지이용과 시민참여 등 102개의 목표를 설정하였다. 또한, 이때부터 만의 유역에 포함된 모든 주가 체사피크협약서에 서명함으로써 참여하게 되었다(웨스트버지니아주는 2002년에 서명함).

하지만, Chesapeake 2000의 성과는 복합적이었다. 어느 지역에서는 토지보존, 완충림복원, 어도복원 등과 같은 뚜렷한 가시적인 복원효과를 거두었지만, 굴뚝부성이나 농업과 도시지역의 영양염류 감축과 같은 분야에서는 가시적인 효과를 얻을 수 없었다. 2003년에는 만의 용존산소량 목표수질 달성을 위하여 10년 평균 장기의 질소와 인의 허용부하량을 설정하였다. 2007년 CBP는 허용부하량에 대하여 재평가를 하였으나 목표수질을 달성할 만큼의 충분한 진전은 없었음을 인식하게 되었다. 이 평가로부터 CBP에서는 “Two-year Milestone Strategy”, “Chesapeake Bay TMDL”과 “Watershed Implementation Plan”을 도입하게 되는 계기가 되었다.

체사피크만 프로그램 당사자들은 좀 더 획기적인 만의 복원정책이 필요함을 느끼고, 2009년 “Milestone”이라는 단기 달성목표를 설정하여 추진하는 정책을 수립하게 되었으며, 이를 “Two-year Milestone”으로 명명하였다. 모든 만의 유역에 속한 행정기관들은 2025년까지 만의 복원목표 달성을 위한 모든 동원 가능한 대책을 설정하고, Two-year Milestone으로 매 2년마다 점검·평가 받는데 동의하였다. 또한, 2009년 오바마 대통령도 체사피크만의 복원을 위한 연방정부의 노

력을 지시(Executive order 13508)하게 되면서 2010년에 미 환경정에서는 “체사피크만 수질오염총량관리제(Chesapeake Bay TMDL)”를 본격 시행하게 되었다. 따라서 각 주에서는 2025년의 오염감축목표 달성을 위한 구체적인 세부단계별 목표를 설정하여 추진하는 향후 10년간의 유역실행계획(WIP, Watershed Implementation Plan)을 수립하게 되었다. 그리고 이러한 WIP는 Two-milestone으로 점검평가와 피드백을 받게 되도록 되었다.

3.2 체사피크만 수질관리 노력

체사피크만에서 영양염류와 유사를 관리하기 위한 전략은 다음과 같이 1)자연 상태 토지의 보전과 복원을 위한 활동, 2)농업으로부터 오염제어 활동, 3)도시지역에서의 오염제어 활동, 4)대기오염제어 활동으로 분류할 수 있다.

자연 상태 토지자원의 보전과 복원에 대한 노력은 다음과 같이 1)하안완충대에 식재나 재산립화를 통한 하안완충림을 조성, 2)기존 또는 신규 개발에 대한 보다 향상된 관리계획의 마련, 3)토지와 개방공간의 보전의 3가지 접근 방법으로 축약할 수 있다. CBP에서는 2000년에 2010년까지 하천변에 2010mile(3216km)의 완충림을 조성하는 목표를 설정하였고, 8년을 앞당긴 2002년에 목표를 달성하였다. 2003년에는 이를 확장하여 2010년까지 10,000mile의 하안완충림대 복원을 목표로 설정하였으며, 2008년 현재 6,172miles이 복원되었으며, 2007년에는 산림보전이행(Forest Conservation Initiative)을 통해 만유역 하천둑의 70%에 하안완충림이 복원될 때까지 매년 900mile 씩 복원사업을 추진하고 있다. 또한, 2010년까지 체사피크만 유역면적의 2/3인 9.2백만ha에 대하여 유역관리계획을 수립하여 시행하기로 하였으며, 2007년 현재 57%인 5.3백만ha에 대해 유역관리계획이 수립되었다. 2007년 현재 CBP는 유역면적의 20%에 해당하는 약 2.8백만ha를 영구히 보전하고 있으며, 2007년 말에는 2020년까지 281천ha를 추가하기로 하였다.

체사피크만에서 농업으로부터 오염제어를 위한 것은 유역면적의 22%를 차지하고 있는 농지에서 영양물질 저감에 중점이 잡혀 있다. 이를 위해서 복원목표 달성을 위해 필요한 오염부하 삭감량의 절반이상을 비용효과적인 농업지역에서 최적관리기법(BMP, Best Management Practices)을 실행하는 것에 두고 있다. 이러한 농업지역에서 BMP는 아주 긴 역

사를 가지고 있다. BMP의 종류에는 농지맞춤형 양분관리, 농지와 인접 수변 사이에 식생대 조성이나 보전농법 실행과 같은 것이 포함되어 있다. 이러한 BMP는 대부분이 비구조적인 것이어서 매년 실행되어야한다는 전제가 있다. 이러한 BMP에 대한 기초 기술개발과 실행을 위한 기술 및 재정적 지원은 미농업부의 자연자원보전국(National Resources Conservation Service)에서 담당하고 있다. 또한 미농업부의 농업지원청(Farm Service Agency)에서 보전농법 실행을 위해서 추가적인 재정지원 하고 있다. 2007년부터 2010년 체사피크만에서 이들 두 기관에서 시행하는 EQIP(Environmental Quality Improvement Program), WRP(Wetland Reserve Program), CRP(Conservation Reserve Program), WHIP(Wildlife Habitat Improve Program)을 통하여 약 327백만 달러가 투입되었다. 이를 통하여 유역 6개주의 상당한 농업지역에서 BMP가 실행되고 있으며, 특히 5개주(Delaware, Maryland, Pennsylvania, Virginia, West Virginia)에서는 주차원의 BMP-Cost Share program(비용분담)을 시행하고 있다. 하지만 아직도 이러한 농업BMP 실행에 따른 유역차원에서 수질이 뚜렷하게 개선되었다는 사례 보고가 제한적이라는 점은 아쉬움이 남는다.

도시지역에서는 여러 가지 구조적인 BMP가 적용되고 있다. CBP에서는 도시하수와 산업폐수에 대해 획기적으로 오염물질 감축에 성공하였다. 2005년 질소와 인에 대해 추가적인 삭감을 위해서 새로운 고도처리기술 적용을 의무화 하였다. 이를 통하여 2009년 기준으로 질소 삭감목표량의 78%인 삭감목표량의 99%를 달성할 수 있게 되었지만, 유역 내에서 지속적인 인구증가와 도시개발로 처리하여야할 오염부하량이 증가되고 있는 것도 현실이다.

한편, 도시지역에서 강우유출수의 처리는 하수처리에 비하여 미약한 것이 사실이다. 2009년 현재, 고비용-저효율의 구조적 특성을 가진 도시BMP 기법이 유역에서 유일하게 오염부하가 증가되는 결과를 초래하고 있다. 저영향개발(LID, Low Impact Development)과 같은 도시지역에서 유사와 영양물질 저감을 위한 다양한 기법들이 적용되고 있다. LID는 신규개발지에서는 효과적일 수 있으나, 기존 도시지역에서의 적용은 용지 매수비나 설치 적지의 부재 등 난점이 있지만 꾸준히 늘려가고 있다. 도시BMP는 농업BMP와는 달리 설치규정이나 방류수 기준이 있고, 비용분담 방식이 드물다는 점이 있으며, 농업BMP와 같이 유역규모에서의 장기적이고 비용-효율적인 삭감효과에 대한 사례가 드물다는 공통점이 있다.

대기도 체사피크만에서는 주요한 질소 오염원 중에 하나이다. 바로 NOx와 NHx 질소성분 때문이다. CBP는 1970년 환경청에 의해서 질산화질소(NO_x)가 규제항목으로 설정되어 지난 40년 동안 감소되어온 덕을 보고 있다. 이러한 영향으로 예로, 1985년부터 2008년 동안 미국 인구는 30%가 증가하였지만, 1인당 NO_x 배출량은 1985년 33m³에서 2008년 16.5m³으로 오히려 감소하였다. 이러한 국가차원의 NOx 방출의 감소는 결과적으로 체사피크만 유역에서 대기로부터 NO_y 오염 부하를 줄이는 효과를 나타내었다. 하지만, NHx는 아직 미환경청의 규제항목이 아니어서 오히려 같은 기간 동안 증가하였다. 종합적으로 2009년 현재, 대기강하오염 삭감량은 목표량에 대해서는 10%미만으로 저조하다.

체사피크만 복원을 위하여 약 15억 달러(약 16조원)의 예산이 투입되었지만, 2009년 기준으로 체사피크만의 종합적인 건강성은 목표의 46% 달성 수준에 거치고 있어 2008년에 비하여는 6%가 증가한 수치이다. 세부적으로는 2007년에서 2009년 기간 동안 체사피크만과 지류하천의 12%만이 목표 수질을 달성하고 있고, 이는 2006~2008년 기간보다는 오히려 5% 감소한 수치를 보이고 있다. 체사피크만의 투명도는 26%가 기준을 달성하고 있으며, 이는 2008년에 비하여 12%나 증가하였다. 수중식물 존재지역은 만 전체면적 34,800ha 중에서 약 3,600ha인 10%이다. 반면, 만의 저서생물의 개체군은 꾸준히 증가하고 있어 목표의 56%를 상회하여 만의 회복을 나타내고 있다. 결론적으로 여러 가지 논쟁의 여지가 있고 CBP의 달성목표와는 아직 거리가 있지만, 체사피크만 유역으로부터 1985년 이후 질소와 인이 각각 29%와 32%가 삭감되었다는 점은 분명한 사실이다.

3.3 체사피크만의 TMDL과 Two-year Milestone Program

TMDL(total maximum daily load), 우리에게는 수질오염총량관리로 알려져 있는 제도로써 의미는 주어진 수질기준을 만족할 수 있는 수준에서 수체가 받아들일 수 있는 최대 허용오염부하량이다. 체사피크만에서 TMDL은 오바마 대통령의 실행명령에 의해 미환경청에서 관련 계획을 수립·시행하여야 하며, 각 주에서는 체사피크만의 TMDL을 위한 WIP를 마련해야 한다. 체사피크만 TMDL은 2010.12월에 마련되었으며, 대상항목은 만의 복원을 위해 필요한 용존산소와 투명도와 관련된 질소 및 인과 유사하다. TMDL 달성 목표연도

는 2025년이나, 2017년까지 목표의 60%를 달성하도록 하고 있다. 체사피크만의 TMDL은 미국 내에서 어느 TMDL 적용 지역보다 가장 넓은 지역을 대상으로 하고 있다. 1995년 이후 미국 내에서 4,700곳의 TMDL 대상지역이 지정되어 있지만, 하구기수역 지역은 드물다.

체사피크만에서는 2009년 5월에 Two-year Milestone (TYM) 프로그램을 실행하였다. 과거 CBP의 10년 단위 장기 계획은 소위 “디딤목 없는 사다리”로 평가되었고, 선출직 행정관들의 임기와 시간적프레임이 다른 경우가 있어서 실행력을 얻기 어려웠다고 볼 수 있다. 따라서 TYM은 장기적으로 설정된 CBP에 대한 실행력을 높이기 위해 단기 점검평가 프로그램으로 보완한 것으로 볼 수 있다. 이러한 일련의 TYM을 통하여 2025년까지 체사피크만의 복원목표달성 계획을 실행하겠다는 것이다. 물론 지체시간(Lag time)에 의해 실제 만의 수질항목 기준달성은 2025년 이후에 나타날 수 있다는 것을 주지하고 있다. 1단계 TYM은 2009년 12월부터 2011년 12월까지 기간으로 이기간 동안 각 주에서는 토지기반 BMPs나 하수처리장 질소와 인 고도처리시설 보강 등과 같은 실행 계획을 2025년까지 장기계획을 고려하여 수립하여야 하고, 만일 주요 저감대책이 동 기간 내에 실행되지 못할 경우를 대비한 계획도 포함하여야 한다. 1단계 TYM 동안에는 제안된 대책이 모두 실행된다면, 질소 7,200ton과 인 500ton을 저감 가능하며, 이량은 2025년까지 감축하여야 할 목표량의 각각 21%와 22%에 해당된다. 체사피크만에서 TYM은 처음에는 만의 복원목표 달성을 위한 수단이었지만, 현재는 2017년과 2025년의 TMDL WIP를 단계적으로 점검 평가하는 대책으로 진화되었다고 볼 수 있다.

1972년부터 수질환경법(CWA)-303(d)에 의해 모든 주에서는 매 2년마다 수질기준을 달성하지 못한 모든 수역의 리스트를 공표해야 한다. 이들 미달성 수역은 TMDL 달성계획을 수립하여야 한다. WIP는 체사피크만 유역 내 6개 주에서 언제, 어떻게 TMDL을 달성할 것인가에 대한 계획서를 말한다. EPA에서 이들 6개주에 대한 WIP를 TYM를 통하여 점검평가 하게 된다. 만약 이행실적이 저조할 경우에는 EPA는 각 주에 이미 할당된 TMDL을 강화하거나 개발계획을 유보시키는 등의 강제조치를 취할 수 있다.

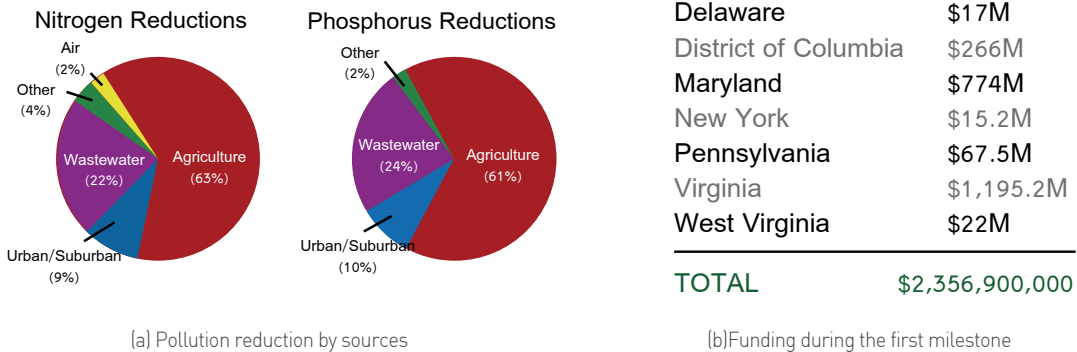


Figure 2. Pollution reduction targets and funding during the first two-year milestone program in the Chesapeake Bay

3.4 농업비점오염 저감 최적관리기법(BMPs)

농업지역에서 오염물질 배출에는 여러 가지 물리적, 관리적 인자가 영향을 미친다. 이러한 영향인자에는 토양종류, 피복, 영농방법, 식생대, 가축분뇨관리, 하안립, 기후적조건 등을 들 수 있다. 최적관리기법(BMPs, Best Management Practices)을 실행하게 되면 농업 비점오염물질의 배출을 상당히 저감할 수 있다. 예로 작물수확 후 경지의 지표에 식물 잔재물로 덮어두고 보전농법을 실행한다면 지표유출량을 63%나 줄일 수 있다. 농업 BMPs는 크게 구조적 방법이며, 그 예로 들어 식생수로, 우회수로, 테라스, 식생여과대, 가축분뇨 저장조, 하천복원 등과 비구조적 방법 즉 영농방법을 변화시키는 것이다. 대표적으로 작물윤작, 보전경운, 등고선제배, 피복작물제배 등이 있다. 또한 관리방법으로 양분관리나 농약관리 등을 말한다.

Logan(1993)은 9개의 구조적 BMP와 11개의 영농BMP, 5개의 관리BMP가 침식, 지표수, 지하수, 토양수 및 대기의 오염정도에 미치는 영향을 평가하였다. 그의 결론은 비료 및 농약관리BMP와 다른 BMP들을 혼용할 경우에는 아주 뚜렷한 오염저감 효과를 볼 수 있었다고 한다. 체사피크만유역은 3가지 지형대로 구분된다. Shirmohammadi 등(1992)은 체사피크만의 3가지 지형대 즉, Coastal Plain지대에 5가지 BMP, Piedmont 지대에 10가지 BMP, Appalachian Mountain 지대에 10가지 BMPs를 적용 하였을 경우에 대한 각 BMP의 오염저감효과에 대한 순위를 정하는 연구를 수행하였다(Table

3). 주요 결과로써 지형대의 조건에 관계없이 보전농법-상하경운 조합이 가장 최악이었으며, 무경운-등고선제배 조합이 지하수의 질산성질소 관점에서는 최악으로 나타났으며, 가장 효과적인 BMP는 양분관리로 나타났다. 결론적으로 3가지 지형조건에 관계없이 최적의 조합은 양분관리-무경운-동계지표피복 조합으로 나타났다. 그리고 BMP의 검증은 지표수뿐만 아니라, 지하수를 포함하여 평가되어야 함을 제안하였다.

비용분담 BMP 프로그램(Cost-shared program)은 BMP의 실행에 소요되는 비용을 농민과 정부, 또는 주정부가 일정부분 분담을 하는 것을 의미한다. 미국에서 BMP 비용분담금은 농업부의 자연자원보전국(USDA-NRCS)에서 시행하는 다양한 프로그램에 의해서 보조되고, 환경청에서는 NPS-319 프로그램에 의해서 그리고 주차원에서 보조금 프로그램을 운영하고 있다. 먼저 USDA-NRCS의 프로그램에는 1)The Agricultural Management Assistance Program (AMA), 2)The Agricultural Water Enhancement Program (AWEP), 3)Conservation Innovation Grants (CIG), 4) The Environmental Quality Incentive Program (EQIP), 5)The Wildlife Habitat Incentive Program (WHIP)있다. USEPA-NPS-319는 1987년 미수질환경법의 개정 시에 반영된 비점오염원 관리프로그램 조항인 319조를 의미하며, 각 주에서 비점오염원 관리를 위한 예산의 주요항목으로 자리 잡고 있다. 체사피크만 유역에서 유일하게 주 전체가 포함되는 매릴랜드주에서는 이러한 비양분담 프로그램의 종류를 지

Table 3. Ranking of BMPs with respect to surface losses of N and leaching losses of NO₃-N for the three regions in the Chesapeak Bay

Region	BMP'S ^a (1)	N, Surface ^b Loss (2)	NO ₃ -N, Leachate ^b Loss (3)	Sum of 2 and 3	Overall Ranking ^a
Coastal plain region	CT	1	4	5	1
	CT-CN	2	3	5	1
	CT-CN-WC	3	6	9	3
	NT	4	2	6	2
	NT-CN	5	1	6	2
	NT-CN-WC	6	5	11	4
Piedmont physiographic region	CT	1	5	6	1
	CT-NMP	2	10	12	4
	CT-CN	3	4	7	2
	CT-CN-NMP	4	9	13	5
	NT	5	3	8	3
	CT-TR	6	2	8	3
	NT-CN	7	1	8	3
	CT-TR-NMP	8	7	15	6
	NT-NMP	9	8	17	8
	NT-CN-NMP	10	6	16	7
Appalachian mountain region	CT	1	4	5	1
	CT-NMP	2	10	12	4
	CT-CN	3	3	6	2
	CT-CN-NMP	4	9	13	5
	NT	5	2	7	3
	NT-CN	6	1	7	3
	CT-SC-DG	7	51	12	4
	NT-NMP	8	8	16	6
	NT-CN-NMP	9	7	16	6
	CT-SC-DG-NMP	10	6	16	6

notice a) CT: Conventional till; NT: No-Till; CN: Contoured cropping; WC: Winter cover crop; TERR: Terraces; NMP: Nutrient management plan; DG: Diversion-grassed waterway
 notice b) 1 indicates the worst-case scenario and increasing numbers indicate better scenarios.
 Source: Adel Shirmohammadi and Jang(2013)

정하고 보조금 분담율의 상한선을 설정하여 지원하고 있다.

또 한 가지는 CEAP(Conservation effects assessment program)는 미농업부 산하의 여러 기관(ARS, NIFA, NRCS, NOAA)이 참여하는 프로그램으로 미국 전역에서 진행되는 보전농법과 프로그램이 과연 환경에 미치는 영향이 무엇인가에 대한 과학적 근거를 평가하는 프로그램이다. 프로그램의 최종목적은 보전농법 영향을 정량화하고 보전농법의 계획, 실행, 의사결정, 정책의 개선에 필요로 하는 과학적 교육적 근거자료를 제공함으로써 보전농법의 효율성을 높이고자

하는 것이다. 미국 전역에 42개의 연구대상지구 있다(Fig. 3).

BMP의 실행의 우선순위는 체사피크만의 점오염원과 우선 농업유역(Priority agricultural watershed)을 대상으로 한다. 각 주에서는 비점오염관리가 필요한 이러한 hot spot지역을 설정하게 되는데, 이 선정기준에는 화학적 오염물질도 포함되지만, 생태계, 경관보전, 역사적·문화적 가치, 주민의 참여도 등을 종합적으로 평가하여 hot spot지역을 설정하고 지원의 우선순위를 정하는 절차를 따르고 있다(Fig. 4).

3.5 BMP 비용분담 프로그램(Cost-share Program)

체사피크만 유역 내에서 가장 활발한 오염저감 정책을 추진하고 있는 매릴랜드주의 비용분담 프로그램의 사례를 살펴보면 다음과 같다. 매릴랜드주의 Cost-Share

program(CSP) 종류의 보조금 지급대상은 30가지 정도로 구조적 또는 영농방법 BMP가 제시 되어 있다(Table 4).

비용분담은 보조금지원(분뇨운송, 분뇨 살포 및 주입, 피복작물)과 세금감면(저리 융자지원, 인정받은 보전농업 장비구입 시 취득세 감면)로 구분된다. 매릴랜드주에서 CSP는 1984년부터 시작되었으며, BMP 실행경비의 87.5%까지 지원받을 수 있다. 2013년도에는 정부 보조금 26백만 달

Table 5. Examples of CEAP programs

EQIP (Environmental Quality Incentives Program):
천연자원을 관리하고 수질/공기질을 개선하고, 지하수, 지표수를 관리하며, 토양침식을 감소시키고 야생서식지의 보존을 위하여 농민에게 재정 및 기술 지원
CRP (Conservation Reserve Program)
농민이 자발적으로 토양침식도가 높은 경작지역을 생산에서 배제시키는 장기농지은퇴프로그램으로써, 농지소유자는 10년간 농경지를 생산목적으로 사용하지 않기로 약속한 후 보조금 수혜를 받음.
WRP (Wetlands Reserve Program)
습지보호프로그램은 토지 소유자에게 습지를 보호하고, 복원할 수 있도록 기회를 제공하는 자발적 프로그램
WHIP (Wildlife Habitat Incentives Program)
농민의 개인 소유지 (농경지 및 개인 숲)에 동물 서식지를 개발하고 보고하는 농민 자발적 프로그램
CTA (Conservation Technical Assistance Program)
생산적인 농업지역 관리를 위하여 입증된 보존방안을 토지 이용자에게 제공
CSP (Conservation Stewardship Program)
농민이 보존프로그램을 적용하면 보상을 받게 되며, 더 효과가 좋은 보존 프로그램을 적용할수록 보상금이 많음
GRP (Grassland Reserve Program)
초원 보호 및 동식물 종 다양성 증진을 위한 자발적 보존 프로그램

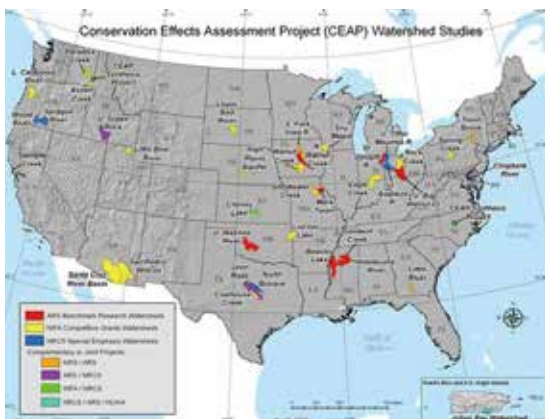


Figure 3. CEAP (Conservation Effects Assessment Projects) - nation-wide watershed studies

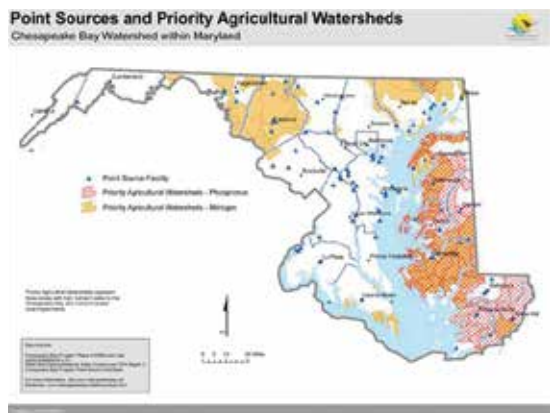


Figure 4. Example of the point sources and priority agricultural watersheds in Maryland (John Wolfe, 2009, Chesapeake Bay Program Office).

Table 4. Maryland Water Quality Cost-Share Program

NRCS PRACTICE NUMBER	ACP REFERENCE NUMBER	BEST MANAGEMENT PRACTICE	COST-SHARE RATE (For extent)	UNIT	PRACTICE	MAINTENANCE LIFE (yrs)
313	WP-4	Waste Storage Structure	87.5%	Structure(s)	15	
318	N/A	Dead Bird Composting Facility	87.5%	Structure(s)	15	
327	CP-1	Conservation Cover	87.5%	Acre(s)	10	
330	SL-13	Contour Farming	87.5%	Acre(s)	5	
331	SL-13	Contour Orchard	87.5%	Acre(s)	5	
342	SL-11	Critical Area Planting	87.5%	Acre(s)	10	
350	WP-1	Sediment Basin	87.5%	Structure(s)	10	
359	WP-4	Waste Treatment Lagoon	87.5%	Structure(s)	15	
362	SL-5	Diversions	87.5%	Linear Feet	10	
378	WC-1	Sediment Control Pond	65.0%	Structure(s)	15	
382	WP-2	Fencing	87.5%	Linear Feet	10	
386	SL-11	Field Border	87.5%	Linear Feet	10	
390		Riparian Herbaceous Cover	87.5%	Linear Feet	10	
391	CP-22	Riparian Forest Buffer	87.5%	Acre(s)	15	
393	SL-11	Filter Strip	87.5%	Acre(s)	10	
410	WP-1	Grade Stabilization Structure	87.5%	Structure(s)	10	
412	WP-3	Grassed Waterway	87.5%	Acre(s)	10	
468	WP-1	Lined Waterway or Outlet	87.5%	Linear Feet	10	
558	WP-5	Roof Runoff Structure	87.5%	Structure(s)	10	
561	WP-4	Heavy Use Area Protection	87.5%	Acre(s)	10	
574	SL-6	Spring Development	87.5%	Number(s)	10	
578	WP-2	Stream Crossing	87.5%	Structure(s)	10	
585	SL-3	Strip Cropping, Contour	87.5%	Acre(s)	5	
586	SL-3	Strip Cropping, Field	87.5%	Acre(s)	5	
587		Structure for Water Control	87.5%	Number (s)	10	
600	SL-4	Terrace System	87.5%	Linear Feet	10	
614	SL-6	Watering Facility	87.5%	Number(s)	10	
635	WP-4	Wastewater Treatment Strip	87.5%	Acre(s)	10	
642	SL-6	Water Well	87.5%	Number(s)	10	
657		Wetland Restoration for Water Quality	87.5%	Acre(s)	15	

러, 농민부담 1백만 달러가 CSP에 투입되었다. 2013년에는 Chesapeake Bay Trust Fund에서 1,5백만 달러의 CSP 예산을 확보하였다. 매릴랜드 주에서는 CSP를 통해서 2011~2013년의 매릴랜드주의 Two-year milestone 유역실행계획(WIP) 8개 사업목표량의 117%~402%까지 초과달성 실적을 거둘 수 있었다. 2013년에는 시설설치 및 BMP실행 등 모두 2,546개의 CSP를 실행하여 26.7백만 달러를 집행하였으며, 이를 통해 질소 1,178 Ton-N, 인 49.7 Ton-P의 체사피크만

유입을 감축 시켰고, 1,158ha 면적에서 16,600 Ton의 토양유실을 방지하는 효과를 달성한 것으로 평가된다.

또한, 2012년부터는 Cost-Share Program 보조금 지급제한금액을 상향하였는데, BMP당 35,000 달러에서 50,000 달러로 상향하지만, 농가당 최대지급액은 150,000 달러로 제한하였다. 축산의 경우에는 BMP당 100,000 달러에서 200,000 달러로 상향조정하고 농가당 최대지급액은 300,000 달러로 제한하였다. 취득세 세금감면 대상으로는 7개가 인정되고 있

는데, 무경운식재기, 심경굴착기, 분뇨살포기, 분뇨주입기, 수직경운기, GPS 장비와 광학 및 양분살포기가 해당된다. 매릴랜드 주에서는 매년 142천ha에 겨울피복(WC, Winter Cover) BMP를 통하여 농업활동 양분감축량의 25% 제거하는 효과를 거두고 있다. WC의 보조금 지급액은 25~55\$/acre로 적용방법에 따라 다양하다. 만일 무수확(Traditional cover crop)한다면 45\$/acre, 또한 일찍 심을 경우에는 10\$/acre 추가 지급받을 수 있다. 수확목적(Commodity Cover Crop)으로 하면 20\$/acre이고 호밀을 심을 경우 10\$/acre 추가 지급 받을 수 있다. 2013년도에는 무수확 62%, 수확목적이 38%이었다.

CREP(Conservation Reserve Enhancement Program)는 환경적으로 민감한 경작지를 10~15년 정도 경작을 중지하고 수질개선과 야생동식물 서식처 제공을 위한 보전기법 설치하는 정책이다. 주로, 수변완충대(Stream Buffer), 습지, 동식물 서식처 조성 등으로서 1997년 이후부터 28,000ha 가 시행되었다. 2013년 113개 지구에서 421,000 달러 집행하였으며, 계약약 보너스로 436,000 달러 집행(CREP 계약약하면 100\$/acre 보너스 지급)되었다. 분뇨운송 프로그램(Manure Transport Program)은 농가에서 생산된 분뇨를 처리장이나 경종농가로 운송비용을 18\$/ton 보조하는 것이다. 특히 양계가 발달된 지역에는 여기에 20% 추가 지급하고 있다.

3.6 양분관리 프로그램(NMP)

체사피크만협약 이전에도 체사피크만 유역에서는 오염저감을 위한 프로그램들이 있었다. 이 중의 하나가 양분관리 프로그램(NMP, Nutrient Management Program)이다. 양분관리란 작물의 생산성을 고려하면서 양분의 투입과 작물요구량과의 균형을 맞추는 것으로 BMPs 중 하나로서 자격이 있는 양분관리사로부터 양분처방을 받음으로서 과도한 영양분의 투입을 제어할 수 있는 가장 효과적인 방법으로 볼 수 있다. 1989년 매릴랜드 농업부에서는 2000년까지 1.4백만 Acre의 매릴랜드 농경지에 대한 양분관리 적용을 목표로 하는 매릴랜드 양분관리 프로그램(MNMP)을 시행하였다. 양분관리는 토양분석, 분뇨성분분석, 목표수확량, 잔류질소량 추정 등으로 구성된다. 이러한 양분관리 처방은 매릴랜드대학의 Agricultural Extension의 전문가 또는 자격증을 받은 민간 컨설턴트로부터 받을 수 있다.

매릴랜드주 농업부의 수질보전 정책은 규제, 기술지원, 재정지원, 연구, 교육의 5가지로 분류 할 수 있고, 이중 규제정책을 압축하면 양분관리 프로그램이라고 볼 수 있다. NMP는 1998년 시범사업 후 2001년 도입되어 2004년과 2012년에 수정을 하였다. 수정내용으로는 2004년에는 수변구역을 지정하였고, 2012년에는 강우 후 48시간이내 분뇨살포금지, 하천이나 수로로부터 비료살포 이격거리 30~10ft, 2016년부터 동계 분뇨살포 금지가 추가되었다.

양분관리 프로그램은 기본사항(General Requirement)으로서 1)연소득 2,500 달러 이상이거나 8,000lbs(3700kg) 이상 축산사육하면 의무적으로 양분관리 프로그램을 이행, 2)양분관리기준은 매릴랜드대학에 제시하는 양분투입율을 준수, 3)모든 농민은 양분관리 실행실적 보고서를 매년 제출하는 것이다. 준수사항(Compliance)으로서는 1)양분관리 계획서 작성, 2)양분관리 실행보고서 제출, 3)감시·점검에 응해야 한다는 점이다. 양분관리 이행실적 점검은 매년 제출자의 10% 이상 점검을 목표로 하고 있으며, 2013년 13.7% 점검 결과, 73% 준수, 16% 기간경과, 6% 과잉투입, 2% 계획부적정, 3% 계획서 미제출로 나타났다. 이행실적 점검 시 벌칙으로는 1차는 경고장 발부이나 2차에는 벌금부과(최대 2000\$/농가)한다는 것이다. 양분관리 기술지원(Nutrient Mgt Consultants)은 사설기관 또는 매릴랜드대학에서 농민에게 양분관리계획서를 작성 지도하고 있으며, 매년 양분관리사 자격자 조사 및 양분관리 프로그램 신뢰성 점검(법적사항)을 실시하고 양분관리사는 매년 활동실적을 보고해야 한다. 양분관리사 자격제도는 1992년부터 도입되었으며 매릴랜드주 농업부에서 관리하고 있다.

3.7 지체시간(Lag time)의 이해

체사피크만의 주민들은 그 동안 수많은 CBP와 WIP, 농업 BMP 등이 시행되었는데 체사피크만과 그 유입지천들의 수질이 크게 개선되지 않는 것에 의문을 가지고 있다. 이는 유역규모에서 나타나는 지체시간을 인지하지 못하기 때문으로 사료된다. 토지기반 BMP의 실행과 이로 인한 체사피크만에서 영양염류의 저감효과의 실제발현 즉 농도의 개선 사이에는 존재하는 지체시간(Lag time)은 이미 지하수에 존재하는 기왕의 질소 때문이다. 이러한 지체시간은 하천차수와 유역의 크기에 비례한다. 예로 체사피크만에서 지하수의 체류

시간은 짧게는 수초에서 길게는 50년까지 분포하며, 그 중앙 값은 10년이다(Lindsay et al, 2003). 따라서 토지기반 BMP 실행을 통한 실제 오염배출 저감효과의 발현은 유역단위로 볼 때는 유역의 크기, 지하수유로의 깊이와 경로, 지하수가 지표수에 미치는 기여도 등과 같은 유역의 지형·지질적 조건에 따라 매우 달라질 수 있다. 또한 일단 만으로 유입된 유사에 포함된 유기질소도 비록 반응시간은 짧지만 무기화 되는 수질반응 때문에 지체시간을 만든다. [Figure5]

인도 마찬가지로이다. 점오염원이나 비점오염원에서 배출된 인은 토양이나 유사에 흡착된 인은 비활성으로서 직접 된다. 예로, Delmava Peninsula의 토양에서 계분으로 인하여 작물요구량의 10배 이상 높은 양으로 집적된 경우도 있다. 이렇게 집적된 인은 수십 년 동안 토양에 고정되어 있을 수 있다. 이렇게 하천이나 만의 바닥의 토양에 고정된 인은 설령 BMP 실행으로 배출을 줄인 후라도 몇 년 동안 상층수의 오염원으로서 기여할 수도 있게 되며, 또한 토양의 수문학적 침식성 정도에 따라서 그 배출기작의 예측이 불가능할 수도 있다. 일단 체사피크만으로 유입된 인은 사층수의 조건에 따라 다르지만 5에서 10년 정도 오염원으로 작용하게 된다고 보고되고 있다. 따라서 정책입안자나 일반 지역주민들은 이러한 유역규모에서의 액션의 실행과 그 결과의 발현 사이에 존재하는 지체시간에 대한 이해가 필요하다.



4. 시사점 및 새만금 유역 농업비점오염 관리 활용 방안

체사피크만은 미국 북동부에 위치한 세계에서 가장 생산적인 하구 시스템 중의 하나였지만, 수질오염으로 인한 수생생물의 감소가 시작했던 1970년대 초이래 수 십 년 동안 미국에서 대중의 관심을 받아 오고 있다. 1972년 허리케인 아그네스는 엄청난 규모의 오염물질을 체사피크만에 쏟아 내었고, 그로 인해 해양식물의 광합성이 차단되고 많은 유기물질의 부패에 관여하는 미생물들이 물 속에 용존된 산소를 소비함으로써 굴의 개체 수와 다른 수생생물의 감소를 야기하면서

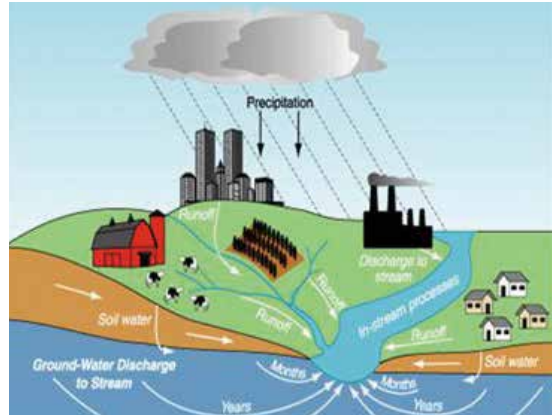


Figure 5. Age of Groundwater draining to Chesapeake Bay (Philips and Lindsey, 2003)

수질오염 문제가 부각되어 체사피크만 유역의 6개 주(NY, PA, DL, MD, VA, WV)와 워싱턴D.C가 서로 손을 잡고 체사피크만을 복원하기 위해 체사피크만 프로그램(CBP)을 운영하고 있다. 40여 년간 지속적인 체사피크만 복원을 위한 정책과 기술을 개발하고, 오염물질의 부하를 방지하기 위한 모니터링, 모델링, BMP 평가 및 수행, 그리고 교육과 비용분담, 인센티브 등의 좋은 실적을 보유하고 있어 새만금유역 수질관리에 귀감이 될 수 있는 사례지구로서 시사점이 높다하겠다.

체사피크만의 사례를 통하여 새만금유역에 가장 시급히 도입하여야 할 점은 중앙정부, 지방정부, 학계, NGO, 지역주민, 지역학교 등이 유역 수질보호를 위해 참여하는 Stewardship 프로그램의 마련이 절실하다는 점이다. 이를 위한 거버넌스 구축을 포함한 매릴랜드대학의 Extension service와 같이 연구와 현장 접목하여 지식정보를 빠르게 소통시키고 이어주는 지역 중심대학의 역할 재정립도 필요함을 시사하였다. 녹색기술기업 재정지원 정책과 같은 것은 한국에서도 실현되고 있으므로 새만금유역에서 이러한 녹색기업활동 활성화의 필요성이 있으며, 또한 새만금유역에서 수질관리를 위한 우선 지역(Hot spots) 선정하는 기법에 대한 도입을 검토할 만하다. 새만금 유역 내에 비점오염관리지역이 지정되어 있지만, 체사피크만에서 Hot spots을 설정하는데 있어 고려되는 항목과 비점관리지역지정시 고려된 항목에 대한 크로서 체크를 통한 보완이 필요하다고 본다.

주민참여를 위해서는 면대면 접촉을 통한 이해와 설득의 중요성을 강조하였으며, 이러한 주민참여와 역량강화를 위한 핵심리더들은 지역의 중년 여성인력이 이러한 역할 수행이



체사피크만 수질관리

유리함을 피력함에 따라서 새만금유역 핵심리더 육성프로그램 구성에 참조할 필요성이 있음을 시사하였다. 또한 학교 교정에 소규모 그린인프라 시설을 설치하여 학생들이 모니터링 하게 하고, 1학교 1하천 가꾸기 등과 같이 어린 시절부터 비점 오염 저감과 필요성에 대한 인식이 확산이 중요함을 시사한다.

체사피크만 농업비점오염 관리는 농업부가 주도적 실행기관이며, 환경부는 규제의 역할을 하고 있었다. 농업비점오염 관리는 양분관리 프로그램 중심(작물양분처방 매릴랜드대학)으로서, 양분관리는 거의 모든 농업, 축산업 종사자가 의무대상(연소득 2,500\$ 이상 또는 8,000lb 이상 축산)으로 된다. 모든 농가는 매년 양분관리 시행실적 보고서를 제출하여야 보 조금 수령할 수 있다. 체사피크만 복원을 위해 농업분야에서는 양분관리를 중심으로 수질오염 부하 저감을 진행하고 있으나, 새만금 유역에서는 아직 이러한 농지의 양분관리 프로

그램이 개발되지 않고 있어 조속히 도입할 필요성이 있다. 새만금을 포함한 우리나라도 농업관련 직불제 보조금지급의 의무사항으로 최소한 비료와 농약사용량, 사용 시기에 대한 자료제출을 의무화 할 필요성이 있다. 유럽에서는 이를 교차준수제(Cross-Compliance)로 법에 의해 의무화 하고 있다. 이러한 기초자료 축적을 통해 유역의 양분상태를 측정하고 관리지침 개발에 활용할 필요성이 있다.

양분관리프로그램 실행을 위해서는 농업인의 협력이 중요하며, 연구자와 학자들은 확실한 자료를 바탕으로 신뢰성이 있는 결과를 농업인에게 설명하고 설득하는 것이 중요함을 강조하고 있다. 이러한 자료의 구축을 위해서는 장기적인 연구와 모니터링 자료가 바탕이 되어야 함을 시사한다. 양분관리 프로그램 실행을 위해 다양한 보조금과 세금감면, 저리융자 제도가 마련되어 있으며, 여러 재원을 활용하여 재정적 지원을 실시하고 있어, 새만금유역에서도 다양한 재정적 지원

방안 마련이 필요함을 시사한다. 또한 양분관리 프로그램 실행을 위해 농업인에게 다양한 기술적 지원제도를 갖추고 있고, 사후 검증관리도 이행되고 있다. 따라서 새만금유역에서도 양분관리 프로그램을 도입하기 위해서는 규제 정책, 기술 지원 정책, 재정지원 정책을 동시에 마련되어야 할 것이다.

체사피크만에서는 동일한 BMP 일지라도 지형 및 토양, 수문특성에 따른 저감효율을 차등 제시하고 있으며, 체사피크만 유역모델 입력 자료로 승인되는 BMP 종류와 지역별 저감효율 제시하고 있다. 새만금 농업비점오염 저감기법 연구에 의하면, 동일한 새만금 유역 내부일지라도 지역과 용수체계, 농민관행에 따라 물관리와 시비관리에 차이가 큰 만큼, 농업비점오염 저감 BMP는 각 소유역의 여러 가지 지형, 토양, 경사, 기후 등의 특성에 맞도록 개발되어야 하며, 장기간의 모니터링 자료를 통한 객관적 과학적 검증 결과를 농민에게 제시하고 설득할 필요성이 있음을 알 수 있다. 또한, 현재 국내 총량관리기술지침에 수록되지 않은 농업BMP의 삭감효율에 대한 인정을 받을 수 있도록 장기적인 농업BMP개발과 효율 산정 로드맵 마련을 통한 조사와 연구가 필요하다.

체사피크만 통합유역관리는 체사피크만관리청(미환경청) 중심이 되어 6개주 합의체로서, 공인된 체사피크만 유역모델, 기수역모델, 시나리오빌더 운영을 통한 신뢰성을 확보하고 있으며, 과학기술위원회(Science and technology advisory)를 통한 모델 입력 자료와 모델에 적용되는 BMP 효율의 검증·승인 절차도 인상적인 부분이다. 새만금호 수질중간평가를 앞둔 시점에서 체사피크만모델(CWM)과 같이 관련 부처간 협업과 소통을 통한 공식수질모델 구축이 필요하고, 모든 입력 자료와 대안 시나리오에 대한 객관적인 검증을 할 수 있는 장치도 필요함을 시사한다.

체사피크만 유역 수질관리를 위한 체사피크 및 대서양연안 신탁기금(Chesapeake and Atlantic Trust Fund) 등과 같은 특별재원조성과 같은 적극적 재정 지원정책 마련이 필요하다. 이 펀드는 체사피크만 유역에서 자원을 이용함으로써 수혜 받는 대상(주유세, 렌트카세, 체사피크만 어업세 등)으로부터 조성된다. 체사피크만 사례와 같이 새만금 유역관리를 통해 수혜를 받는 지역이나 수혜자를 대상으로 유역관리재원을 조성하는 방안에 대한 신중한 접근이 필요함을 시사한다.

1. 국무총리실, 2011, 새만금 종합개발계획
2. 장성렬, 2014, 공무국여행결과보고서, 농어촌연구원
3. 허유만, 노시균, 임문규, 홍주연, 2011, 새만금 스토리, 농림수산식품부·한국농어촌공사
4. 환경부, 2011, 새만금유역 제2단계('11~'20) 수질개선종합대책
5. Adel Shirmohammadi and J.R Jang, 2013, Chesapeake Bay experience and its application to South Korea, Rural Research Institute.
6. Louis Lawrence, 2014, Water quality programs of Maryland Department of Agriculture
7. National Research Council, 2011, Achieving nutrient and sediment reduction goals in the Chesapeake Bay: An evaluation of program strategies and implementation, The national academy of science press, 500 fifth street, N.W, Washington, DC 20001.
8. Rita CVestii, Jitendra Srivastava, Samira Jung, 2003, Application of Nonpoint pollution control and good management practices in the Chesapeake Bay, The World Bank, Washington D.C.
9. Uiversity of Maryland, 2014, Proceeding of the seminar for enhancing waterwhed management strategy in the Saemangeum watershed

