

미국 TMDL(Total Maximum Daily Loads) 소개



이병국 >>

한국환경정책·평가연구원 연구위원
bklee@kei.re.kr

1. 머리말

수질개선을 위해 오염총량을 관리하는 대표적인 나라인 미국¹⁾은 1972년 청정수법(CWA : Clean Water Act)의 303(d)항에서 기술중심(technology-based)의 배출수 기준을 준수하는 것만으로는 목표수질을 달성할 수 없는 경우, 각 주로 하여금 오염된 수체를 규명하고 오염의 정도에 따라 순위를 정해서 계절적 변화와 불확실성을 반영한 안전율을 고려하여 수질기준을 달성할 수 있는 총최대일부하량(TMDLs, Total Maximum Daily Loads)을 설정하도록 규정하고 있었다. 그러나 수질중심(water quality-based)의 수질관리 도구로서 TMDL 실행계획을 본격적으로 수립한 것은 1985년 이후이며, 이와 관련하여 TMDL 관련 법령을 1992년, 2000년에 개정하였으나 2000년의 개정안은 시행되지 못하고 현재는 1992년 개정법률이 적용되고 있다.

TMDL(Total Maximum Daily Load)은 수체가 감당할 수 있는 모든 오염원으로부터의 일최대배출부하량의 총량을 의미한다. 따라서 배출되는 오염물질의 총량을 의미하기 때문에 총량관리라 할 수 있는

며, 규제를 위한 것이라기보다는 관리에 가깝다고 볼 수 있다. 실제로 TMDL은 미국의 법령상 수질관리를 위해 오염된 수체의 규명, 오염원의 판별, 오염물질 처리계획의 설계를 위한 계획이다.

2005년 현재 미국에서 손상수체로 보고된 구간은 수질항목별 중복을 고려하면 29,711개소이고, 주요 손상요인은 병원균, 중금속, 영양염류, 토사, 유기물과다 등의 순이다. 1996년 이후 승인된 TMDLs 계획의 수는 14,413개이며 오염원 종류별로는 중금속, 병원균, 영양염류, 토사, 유기물과다 등의 순서이다. 이 숫자는 1996년에 143개에서 2000년에는 1,517개, 2004년에는 2,678개로 TMDLs 계획 수립 정책이 정착되어 가고 있는 것을 알 수 있다.

2. TMDL의 배경

미국은 1972년 청정수법의 발효 이후 막대한 투자와 노력을 통하여 상당한 수질개선을 이루어왔다. 이러한 노력은 주로 점오염원에 대해 일반적인 처리기술을 적용하는 저감방법을 중심으로 시행되어 왔다. 그러나 1996년의 조사 결과, 미국 전역에 걸쳐서 20,000 개가 넘는 40%의 수체 구간이 목표수질을 달성하지 못하는 오염상태인 것으로 판명되었다 즉, 300,000 마일이 넘는 하천과 해안선, 그리고 5백만 에이커가 넘는 호수가 오염되어 있으며, 미국 시민들 중 90% 이상이 이러한 오염된 수체로부터 10마일 이내에 살고 있는 셈인 것이다.

1) Oliver A. Houck, The Clean Water Act TMDL Program : Law, Policy, and Implementation, Environmental Law Institute, 1999

따라서 미국환경청(EPA : Environmental Protection Agency)은 기존의 기술 중심적 오염저감 방법으로부터 유역에 근거한 수체 중심의 수질관리방식으로 전환하게 되었다. 즉, 수체로 유입되는 모든 점오염원과 비점오염원, 그리고 수체를 교란시키는 모든 행위를 대상으로 수질을 개선하기 시작한 것이다. 이를 위하여 청정수법의 303(d) 조항에 따라 지방정부로 하여금 수질목표를 달성하지 못한 손상된 수체의 목록을 제시하고 수체의 수질목표를 달성하기 위해 허용되어야 하는 TMDLs을 계획하도록 하고 있다. TMDL은 수체의 수질기준을 달성하기 위해 할당된 점오염원과 비점오염원의 최대허용부하량이다. 법에 의해 EPA는 지방정부로부터 제출된 손상된 수체의 목록과 TMDLs의 승인여부를 결정해야 하며, 제출된 것이 부적합할 경우 손상된 수체목록과 TMDL을 설정해야만 한다. EPA는 1985년과 1992년에 TMDL 규정인 청정수법의 303(d) 조항을 개정한 바 있다.

TMDLs은 1972년 제정된 청정수법에 의해 필요한 수체에 대해 정하도록 하고 있었으나 최근까지도 많이 적용되지는 않았었다. 수년전부터 시민단체는 EPA에 손상된 수체를 찾아내고 TMDLs을 개발하도록 법적인 행동을 하였으며, 현재 38개주에서 40개의 법적 행동이 진행중이다. 법원의 결정에 따라 각 주와 EPA는 TMDLs을 수립하고 있다.

3. EPA의 TMDL 계획 보완과정

가. 연방자문위원회(Federal Advisory Committee) 수질기준 달성과 TMDL 계획 개선을 위해 EPA는 1996년 EPA와 주의 청정수법 303(d)에 대한 책임을 종합적으로 평가하기 시작하였다. 이를 위해 농업, 산림, 환경, 산업, 지방정부 등 다양한 배경을 가진 20인의 개인들로 구성된 연방자문위원회법에 의한 위원회를 구성하였다. 이 위원회는 1996년에 권고안을 제시하였다.

나. 새로운 TMDL 법령의 준비

연방자문위원회의 권고안은 TMDL 관련법령을 개정하기 위한 근거가 되었으며, EPA는 초안을 1999년 8월 제시하였다. 오랜 검토기간과 수백번의 회의와 모임, 많은 토의, 그리고 EPA의 검토와 34,000개가 넘는 의견을 고려하여 2000년 7월 13일 최종안이 공표되었다. 그러나 의회는 새로운 법령을 보완하는 조건으로 2000년과 2001년 세출예산을 승인하였다.

다. 현재의 TMDL 계획

개정법령이 최종 효력을 발휘하지 못하게 됨에 따라 1985년에 제안되고 1992년에 보완된 법령(40 CFR Part 130, Section 130.7)의 적용을 받는다. 이 법령은 지방정부들은 손상되거나 위협받는 수체의 목록을 작성하고 TMDLs을 수립하도록 하고 있다.

4. 현재 적용중인 1992년 TMDL 법령의 개요

가. 손상수체의 목록 범위

- 지방정부는 오염물질에 의해 손상되거나 위협받고 있는 수체들의 목록을 작성하여야 한다.
- 목록은 TMDL을 필요로 하는 수체로 구성된다.
- EPA가 TMDL을 승인한 후나 수질기준이 달성되기 전까지 지방정부는 해당 수체를 목록에 남겨두어야 한다.

나. 2년 주기 목록화

- 지방정부는 2000년을 제외하고는 매 짝수년 4월 1일까지 손상된 수체들의 목록을 제출하여야 한다.

다. 목록 작성시 사용되는 방법

- 지방정부는 오염된 수체목록을 작성하는 동안 입수가 가능한 모든 수질과 관련된 정보를 고려해야 한다.

- 측정되고 평가된 자료를 사용할 수 있다.
- 목록이 제출될 때 목록작성 방법도 동시에 EPA에 제출해야 한다.
- EPA가 요구하면 지방정부는 목록으로부터 수체를 포함하거나 제거한 타당한 이유를 제공해야만 한다.

라. TMDL의 구성

- TMDL은 적용가능한 수질기준을 이행하기 위해 필요한 수준으로 할당된 오염부하량의 합으로 점오염원으로부터 할당된 양(WLA: Waste Load Allocation)과 비점오염원과 자연 배경 조건으로부터 할당된 양(LA : Load Allocation)으로 구성된다.
- TMDL은 안전율과 계절적 변화를 고려한 부하량을 포함하여야 한다.

마. TMDL 계획의 우선순위와 일정

- 지방정부는 오염의 심각성과 물의 용도(예를 들면 낚시, 수영, 음용 등)를 고려하여 수체목록의 우선순위를 설정하여야 한다.
- 목록은 수체손상의 원인이 되는 오염물질을 수체별로 규명하여야 한다.
- 지방정부는 향후 2년동안 TMDL 계획의 대상이 되는 수체를 규명해야 한다.

바. 시민 검토와 참여

- TMDL 설정시 부하량의 계산은 주정부의 연속계획과정에서 정의된 시민 검토과정을 거쳐야 한다.

사. 수체목록과 TMDLs에 대한 EPA의 역할

- EPA는 지방정부의 수체목록과 TMDLs의 승인 여부를 30일 이내에 결정해야 한다.
- EPA가 지방정부의 목록이나 개별 TMDL을 승인하지 않을 경우 EPA는 30일 이내에 수체목록이나 TMDL을 설정해야 한다. 이 경우 수체목록

과 TMDL 설정에 대해 시민의 의견을 청취하여야만 한다.

아. TMDL 계획을 위한 1997년 해설 지침

EPA는 1997년 8월 TMDL 계획 개발과정에서 제기된 몇가지 문제에 대한 지침을 제시하였다. 여기에는 수질기준을 달성하기 위해 TMDLs를 계획하고 이행하기 위해 국가적으로 이전보다 더 일관된 접근방식을 취하기 위해 다음과 같은 여러 가지 제안사항들이 포함되어 있다.

- 지방정부는 8년에서 13년 이내에 신속하게 TMDLs를 계획하기 위한 개발일정을 만들어야 한다. EPA 지역사무소들은 관할지역내 각 지방정부와 이러한 일정에 대한 문서화된 협약을 체결하여야 한다. 일정 작성시 고려되어야 할 인자들은 다음과 같다.

- 손상된 수체구간의 수
- TMDLs이 필요한 하천, 호소, 기타 수체의 길이
- 유역안에서 목록에 등재된 수체간의 인접도
- TMDLs의 수와 상대적인 복잡도
- 오염원 종류별 수와 유사성 또는 차이점
- 측정자료 또는 모델의 가용도
- 환경적인 유해 또는 위협의 상대적인 중요도

- 지방정부는 비점오염원에 의해 전적으로 또는 주로 오염된 수체들에 대해 다음의 사항들을 고려하여 비점부하량 할당 이행계획을 기술하여야 한다.
 - 비점부하량달성 달성률의 타당성 입증 : 비점부하량 할당량이 달성될 수 있도록 하는 동기유발 방법, 비규제적이거나 규제적인 방법의 타당성 입증. TMDL 이행은 농업, 산림 또는 도시개발과 관련된 토지소유자와 시민 또는 사기업들이 참여하게 된다. 주요 이행 방법은 지방정부가 청정수법 319 조항의 비점오염원 관리계획을 지방정부와 연방정부의 토지관리 계획과 연계하는 것을 포함할 수 있다.

- 시민 참여 과정
- 다른 유역관리 방법과 계획의 파악 : 지역 수자원 보호와 도시 강우수 관리계획, 주정부의 청정수법 303(e) 조항의 지속적인 계획 과정 등이 고려되어야 한다.

5. TMDL을 위한 EPA의 기술지원과 관련 현황

가. TMDL 관련 지침서

EPA는 TMDL을 본격적으로 시행하기 위하여 다음과 같은 일련의 기술 지침서들을 발간하여 TMDL 수립에 참고하도록 하고 있다.

- Guidance for water quality-based decisions: The TMDL process (1991)
- Technical guidance manual for developing TMDLs. Book II: Streams and rivers, Part 1: Biological oxygen demand/ dissolved oxygen and nutrients/ eutrophication (1995)
- Technical guidance manual for performing waste load allocations. Book II: Streams and rivers, Part 1: Biological oxygen demand/dissolved oxygen and nutrients/ eutrophication (1997)
- Compendium of tools for watershed assessment and TMDL development (1997)
- Protocol for Developing Nutrient TMDLs, First Edition (1999)
- Protocol for Developing Sediment TMDLs, First Edition (1999)
- Protocol for Developing Pathogen TMDLs, First Edition (2001)
- Stressor Identification Guidance (2000)

나. GIS 기반의 정보기술

EPA는 TMDL을 본격화하기 위하여 최근의 컴퓨

터 기술을 광범위하게 활용하고 있다. 특히 GIS 기술과 Web 기반의 자료제공, 그리고 오염원과 수체와의 인과관계 규명을 위한 다양한 수질모델을 일관되게 사용할 수 있는 시스템 구축 등에 상당한 노력을 기울이고 있다. 모든 TMDL 관련 정보는 인터넷에 모두 공개되고 있으며, TMDL 관련 자료를 신속하게 정리할 수 있도록 표준화에 힘쓰고 있다.

이와 관련된 몇가지 예로 먼저 미국 수체의 수질현황을 알아볼 수 있는 303(d) list의 열람과 관련된 TMDL 자료를 살펴볼 수 있는 TMDL 추적시스템을 들 수 있다. 또한 이 자료와 연계하여 인터넷상에서 미국 시민이 자신이 속하는 지역에서의 수질이 기준을 달성하고 있는지? 오염원이 무엇인지? 주정부에서 TMDL 계획이 수립되고 있는지 등에 대한 자료를 쉽게 알아볼 수 있는 서비스를 제공하여 시민의 알 권리를 충족시키고 있다. 이러한 자료들은 웹상에서 GIS화된 그림들로 제공되는데 손상된 수체목록, 지역별 점수상황과 오염된 수체구간의 비율, 그리고 전국의 오염상태와 주별 오염상태 등이다.

이외에도 수질관리시스템을 유역관리 방식으로 변경하는 한편 자료를 일관되게 사용하기 위한 노력을 해 왔는데, BASINS(Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources)가 이러한 노력의 산물이다. BASINS는 GIS 기반의 GUI를 가지고 있는 다목적 환경분석시스템으로 유역과 수질에 근거한 연구를 수행할 수 있다. 이 시스템은 NPDES system과 USGS의 유량자료, 수질측정 자료를 사용하여 정상상태하천모델인 QUAL2E와 동적수체모델인 WASP, 비점오염원유역모델인 HSPF를 구현하기 위한 interface를 가지고 있다.

이 시스템에서 모든 수체는 구간별로 구분되어 표현되며, USGS와 EPA는 공동으로 수체를 구분하기 위한 표준적인 방법인 Reach File Format을 작성하였다. 또한 전국을 수문학적인 유역으로 구분하기 위하여 수문단위도(HUC)를 만들어 이를 기준으로 모든 자료를 정리하고 있다. BASINS에서 사용하는 자

료들은 크게 공간자료와 환경측정자료, 그리고 점오염원 자료로 크게 구분되며 그동안 EPA와 USGS에서 제작하고 보급해온 모든 오염원, 수질, 토지이용 관련 자료들이 망라되어 있다.

다. EPA의 TMDL 추진을 위한 인력과 소요비용

2001년에 조사된 EPA의 TMDL과 관련된 인원은 모두 832명 정도였다. 이중 EPA에는 157명 정도가 업무를 담당하는데, 본부에는 15명이 국가정책과 기술/과학지원을 하고 있고, 나머지 인력들은 10개의 지역사무소에서 50개 주에 대한 TMDL 사업지원과 TMDL 계획의 검토와 승인을 하고 있다. 이외에도 TMDL의 책임이 각 주에 있기 때문에, 각 주에서 TMDL을 담당하는 직원의 수는 EPA의 인력의 수배에 달할 것으로 추정된다. 관련 인력 수요는 향후 2200명은 되어야 할 것으로 전망하고 있다.

EPA는 TMDL을 보완하고 수질을 개선하기 위하여 재원을 1993년의 131백만달러에서 2001년에는 410백만달러로 증액하였으며 2001 회계연도에만 TMDL을 지원하기 위하여 45백만달러의 교부금을 증액하였다. EPA에서는 향후 20,000개의 손상된 수체에서 36,000개의 TMDL 계획을 이행하여 수질을 복원하는데 향후 10년에서 15년동안 매년 10억\$ 내지 43억\$가 소요될 것으로 추정된다.

이중 TMDL 계획수립비용은 앞으로 15년간 매년 6,300만\$ 내지 6,900만\$가 소요될 것으로 예상되었다. TMDL 계획 1개를 수립하는데 드는 비용은 52,000\$인데, 작게 소요되는 계획은 26,000\$에서 많이 소요되는 계획은 500,000\$에 달하는 것으로 조사되었다. 이외에도 TMDL의 이행모니터링을 위한 추가적인 수질측정비용이 매년 1,700만\$가 소요될 것으로 추정된다. 이러한 TMDL 비용은 현재 EPA에서 역점을 두고 추진하고 있는 유역접근법에 의해 계획수립비용과 이행비용을 절감할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

라. TMDL 관련 기술교류와 교육

TMDL 관련 기술의 발전과 교류를 위해 EPA에서는 미국 물환경협회(WEF : Water Environment Federation)와 함께 2002년부터 매년 TMDL Conference를 개최하고 있다. 이 회의에는 수백명의 전문가들이 모여 TMDL에 관한 정보와 기술을 교류하고 있으며, 오염원 항목별 TMDLs와 수질기준, 모델링, 강우시 비점오염원 문제, 이해당사자 참여와 시민 참여, 법, 정책, 이행 관련 문제들이 논의된다. 또한 관련 기술 전파와 교육을 위해 유역학교과정(Watershed Academy Course)를 비롯한 BASINS, 기타 수질모델링에 대한 교육기회를 연중 제공하고 있다.

6. 맺음말

이상에 설명된 미국의 총량관리제도인 TMDL 관련자료는 미국 EPA의 홈페이지에서 상세히 제공하고 있으며, TMDL과 관련된 다양한 수질정책과 지역사무소, 주정부, 기타 관련기관의 자료들도 연결해주고 있다. 미국의 TMDL은 점오염원 관리 위주의 정책으로 해결되지 못하는 수질문제를 본격적으로 해소하기 위해 추진되고 있다. 우리나라와의 총량관리제도는 미국의 TMDL 제도와 다소간의 차이가 있으나 접근방식의 원칙은 동일하므로 미국 TMDL 제도와 관련 자료들은 우리나라의 총량관리제도 발전에 도움이 될 것으로 생각한다.

참고문헌

- 이병국(2005). 외국의 오염총량관리사례, 오염총량관리 과정 교재, 국립환경연구원 연수부.
<http://www.epa.gov/owow/tmdl/>, 2005.4.24
 EPA(1996). NPDES Permit Writer's Manual.

- EPA(1999). Protocol for Developing Nutrient TMDLs, EPA 841-B-99-007.
- EPA(1997). Technical Guidance Manual For Developing Total Maximum Daily Loads, Book2 : Streams and Rivers, EPA 823-B-97-002.
- EPA(1991). Technical Support Document For Water Quality-Based Toxics Control, EPA EPA 505-2-90-001.
- EPA(2001). The National Costs of the Total Maximum Daily Load Program, EPA 841-D-01-003.
- EPA(2002). The Twenty Needs Report: How Research Can Improve the TMDL Program, EPA 841-B-02-002.
- National Research Council(2001). Assessing the TMDL Approach to Water Quality Management, Committee to Assess the Scientific Basis of the Total Maximum Daily Load Approach to Water Pollution Reduction, National Research Council.