
사회문제해결 10대 실천과제

- 공동기획연구결과(안) -

3 녹조로부터 안전한 상수 공급

2014. 6. 3.

환경부, 미래부, 국토부

목 차

제1장 추진배경 및 필요성	1
1. 사회문제 정의 및 구조 분석	1
2. 과제 추진배경	6
3. 사회문제 해결의 필요성	7
4. 과제 추진경과	9
제2장 국내·외 환경분석	11
1. 국외 정책동향	11
2. 국내 정책동향	14
3. 연구개발동향	20
4. 국내·외 시장동향	24
5. 조류 관련 R&D 중복성 검토	25
6. 종합 분석결과	29
제3장 과제 추진목표 및 내용	33
1. 사회문제 해결 기본방향	33
2. 과제 목표 및 범위	35
3. 과제 추진전략	37
4. 과제 추진내용	40
제4장 과제 추진체계 및 운영방안	68
1. 과제 추진체계	68
2. 과제 운영방안	74
제5장 성과활용 및 기대효과	84
1. 성과활용	84
2. 기대효과	86
[부 록] RFP	87

제1장 추진배경 및 필요성

1. 사회문제 정의 및 구조 분석

가. 사회문제 정의

□ 핵심 사회문제 선정 배경

- 미래창조과학부의 「과학기술기반 사회문제해결 종합실천계획 핵심 사회문제 선정(‘13.11)」에서는 삶의 질 저해도가 크고 과학기술을 통한 해결이 가능하며, 정부 투자가 필요한 사회문제를 핵심 사회문제로 정의
 - 정부 R&D 투자가 사회문제 해결에 효과적으로 기여하기 위해 국가적·정책적 우선 대응이 필요한 핵심 사회문제 도출
 - * 개인행복 저해 및 사회적 심각도(사회적 비용, 사회구성원의 삶의 질에 미치는 영향) 고려
- 국민체감도를 높이고 내실있는 실천과제 발굴을 위해 일반국민, 전문가, 각 부처의 수요를 모두 고려한 우선순위 도출
- 동 분야는 매년 녹조발생으로 인한 수질악화에 따른 국민 불안과 사회적 논란이 반복되면서, 핵심 사회문제로 대두

□ 그간 추진경위

- 30개 주요 사회문제 도출
 - 「‘더 행복한 대한민국’ 新과학기술 프로그램 추진전략」 수립(‘12.12, 부처합동)
 - * 국내외 현황분석, 국민설문, 전문가조사 등을 통해 33개 사회문제 후보군 제시
 - 33개 사회문제 후보군을 토대로 사회환경 및 정책여건 변화 등을 고려한 수정·보완 작업을 거쳐 30개 주요 사회문제 도출
 - * 제1회 민관협의회(‘13.7.24), 전문가 워크숍(‘13.8~9), 분과별 민관협의회(‘13.10.17) 등을 통해 주요 사회문제 검토 및 확정
- 핵심 사회문제 선정을 위한 우선순위 도출 의견수렴(‘13.10)
 - 지역, 나이, 성별을 고려하여 대상자를 안배하고 개인행복 저해, 과학기술 기여도, 공공투자 필요성을 기준으로 대국민 설문조사 (2,000명 대상)
 - * 지역 및 세대별 인식 차이를 반영하기 위해 인구통계학적 비율에 따라 설문대상자 배분

○ 전문가 워크숍을 통한 심층 분석('13.11)

- 민관협의회 및 소위원회 민간위원을 대상으로 사회적 심각도, 과학기술적 해결가능성, 정부투자 필요성에 대해 개별평가와 그룹토의 병행

* 정량적이고 단편적 평가의 단점을 개선하기 위하여 합의 형태로 과학기술적 해결가능성과 정부투자 필요성을 평가

○ 종합분석 결과를 토대로 10대 핵심 사회문제 선정('13.12)

- 既도출된 30개 주요 사회문제에 대해 대국민 설문조사 및 전문가 워크숍 결과, 부처 수요를 고려하여 10개 핵심 사회문제 선정

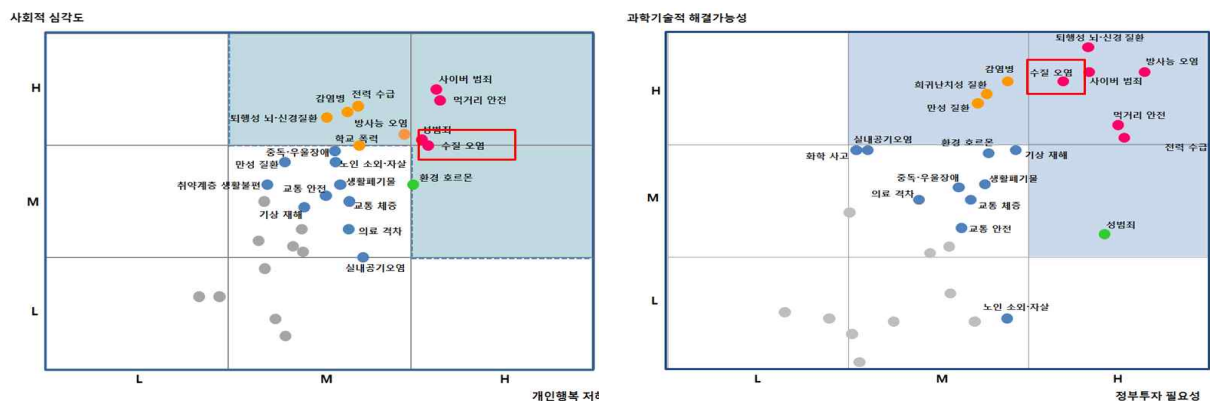
* 선정 기준 : 삶의 질 저해도, 과학기술적 해결가능성, 정부투자 필요성

□ 「과학기술 기반 사회문제 해결 종합실천계획」 수립

○ 수질오염 분야(③ 녹조로부터 안전한 상수 공급)

- 동 분야는 삶의 질 저해도 평가 결과 및 정부역할 중요도 평가결과 2개 분야에서 모두 상위그룹에 포진, 다부처 공동기획의 필요성 제시

* 개인행복 저해(국민설문), 사회적 심각도(전문가워크숍)에 따라 각 사회문제를 H(high), M(medium), L(low)로 그룹화



【삶의 질 저해도 평가결과】

【정부역할 중요도 평가결과】

[그림 1] 핵심 사회문제 선정(안)(미래부, '13.11)

- 수질오염 분야의 주안점으로 제시된 녹조로부터 안전한 먹는 물 공급을 목표로 환경부, 미래부, 국토부의 공동기획 실시

나. 사회문제 구조 분석

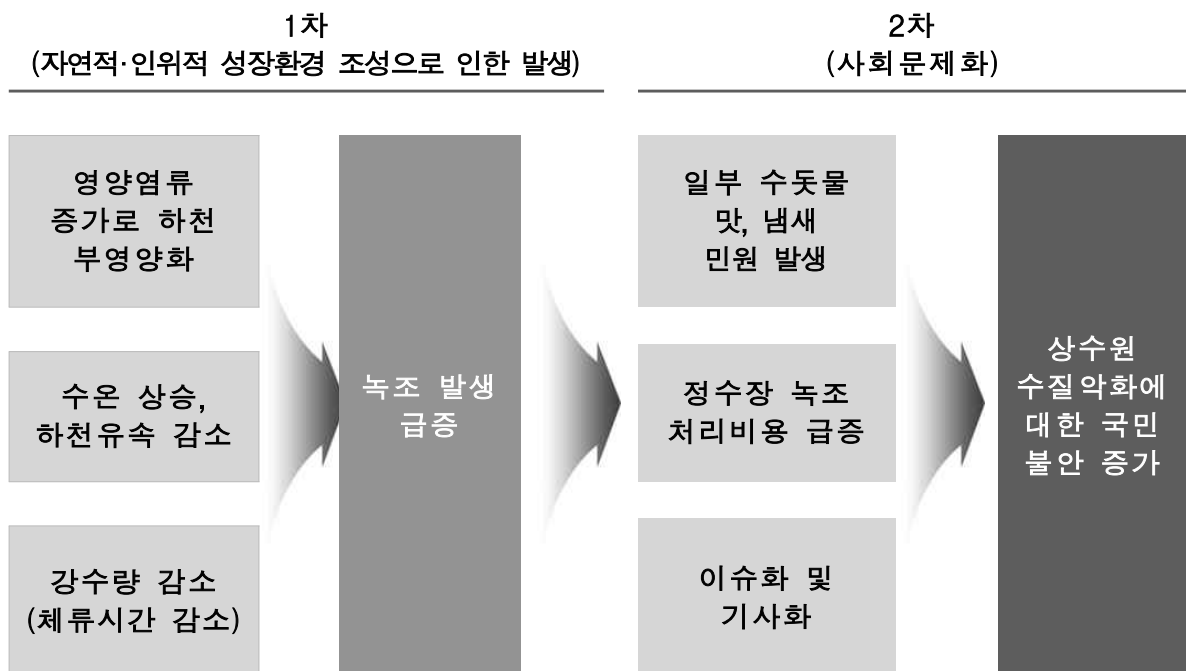
□ 녹조 발생 자체는 자연적 현상

- 조류 성장의 주요 인자는 빛, 수온, 영양염류(총인, 총질소 등), 체류시간
- 강수량 감소로 인한 체류시간 감소, 수온 상승, 비료 및 축산폐기물로 인한 주요 하천의 부영양화 등 자연적·인위적 성장 조건이 갖추어짐에 따라 대규모 하천 등 녹조 현상 빈번

□ 녹조 대발생으로 정수처리 과정에서의 부담이 가중되면서 수돗물에서 맛·냄새 발생

- 녹조 발생은 여과지 폐색 및 활성탄, 염소 등 투입약품 증가 등 정수처리장의 비용적인 부담이 가중시키며, 일부 수돗물에서는 맛·냄새 민원 증가 야기
- 정수장 내 유입된 녹조로 인한 맛·냄새·독성은 표준처리공정으로는 처리 곤란, 고도처리공정으로 처리가 가능하나 높은 설치비용이 소요
- 정수처리장에 따라 고도처리공정 도입이 곤란하거나, 일부 정수장에서는 표준처리공정조차 미비하여 정수장에 따라 수돗물 처리의 질적 편차 발생

□ 또한, 녹조 발생에 대한 언론 및 기타 단체에 의한 지속적 이슈화로 녹조 발생이 사회문제로 부각



[그림 2] 녹조 발생의 사회문제 구조

□ 사회문제 해결을 위한 대응체계 분석

- 녹조 발생 후 대응체계는 녹조예측 및 모니터링 → 녹조 사전·사후 관리→정수장 녹조관리로 구분 가능
- 녹조예측 및 모니터링 : 녹조 발생을 사전에 예측하고 녹조 발생단계별 사전에 실시간으로 모니터링*하는 단계
- 녹조 사전·사후 관리 단계 : 녹조 발생을 예방하거나 녹조 확산을 방지·지연시키기 위한 기술
 - 녹조 사전관리 : 고농도 비점오염원 오염물질 처리·관리
 - 녹조 사후관리 : 조류경보제와 연계하여 조류 확산을 방지하기 위한 친환경 조류 제거 및 처분기술
- 정수처리 : 정수장 유입 녹조로 유발되는 독소 및 이취미물질 처리 단계

□ 주요 이해 관계자

- (환경부) 국가전체의 수질 및 수계관리, 지방상수도, 수질관리자
- (국토부) 국가전체 수량관리 및 댐·하천관리, 광역상수도, 수면관리자(한국수자원공사), 수도사업자(한국수자원공사)
- (지방자치단체) 수면관리자, 수질관리자, 수도사업자

<표 1> 대응 단계별 이해관계자

구분	모니터링	예방	조류관리(제거·저감)		정수처리
			[수면관리자]	[수질관리자]	[수도사업자]
환경부	4대강물환경연구소 (국립환경과학원)	점·비점오 염원관리 (유역지방 환경청)		유역(지방)환경청	
	유역(지방)환경청				
	한국환경공단(수질자 동화시스템운영)				
국토부		하천설계	한국수자원공사		한국수자원공사
지자체			지방자치단체	지방자치단체	지방자치단체

2. 과제 추진배경

< 녹조 >

◆ 부영양화된 호소나 유속이 느린 하천에서 부유성 조류가 대량증식하여, 하천이 현저하게 녹색으로 변화하는 현상

- (조류) 물속에서 광합성을 통해 이산화탄소, 질소, 인을 양분으로 유기물과 산소를 만드는 미생물(진핵생물¹⁾)로 산소 발생형 광합성 미생물)
- 우리나라 조류는 크게 남조류, 규조류, 녹조류로 구분하며, 이중 남조류는 독소(마이크로시스틴 등)를 생성

□ 낙동강, 영산강 등 주요 하천에 대규모 녹조 발생

○ 최근 수온의 증가와 강수량 감소 등으로 장기간 녹조 현상 발생 및 지속

* 낙동강 '13년 녹조발생일수는 99일, 7월말 발령된 조류 경보 10월 중순 해제

* 금강 대청호 녹조 발생일수 : '10년 59일, '11년 57일, '12년 63일(한국수자원공사)

○ 주요 하천의 총인(TP) 농도는 OECD 부영양화 기준(0.035mg/L)을 초과

* 한강 0.061, 낙동강 0.055, 금강 0.060, 영산강 0.100 ('13년 1~11월 평균, 환경부)

□ 녹조 현상 지속으로 수질악화 및 식수 안전성에 대한 국민 우려 급증

○ 남조류에 의한 녹조발생은 건강위해, 물고기 폐사 등의 피해 유발('12, 환경부)

- (생태계·건강) 용존산소 감소로 인한 물고기 등 수중 생물폐사, 남조류 독소에 의한 가축, 야생동물 폐사 등 초래
- (수돗물) 남조류 독소 및 악취 생성에 따른 음용 불쾌감, 여과지 폐색, 응집, 침전 저해 등의 정수처리 기능장애 초래
- (심미적) 착색, 스컴(Scum)형성, 악취로 인해 친수활동 시 시각적·후각적 불쾌감 유발
- (경제적) 레크리에이션 활동 및 여행의 저해로 인한 지역 경제적 손실, 농업용수, 산업용수 부족으로 인한 경제적 손실, 정수처리 비용 증가

1) 진핵생물(眞核生物) : 핵막으로 둘러싸인 핵을 가지며, 유사 분열을 하는 세포로 이루어진 생물

○ 독성물질을 배출하는 유해조류에 대한 정보 전파로 하천과 먹는 물에 대한 불안 확산

- 낙동강 등 녹조 우심지역의 남조류 독성물질 검출로 인한 수돗물에 대한 국민 불안감 확산

* 일부 남조류에서는 마이크로시스틴(Microcystin)과 같은 독소가 생산되는데 이를 섭취한 동물들은 간질환, 소화불량, 황달, 호흡곤란 증세를 보인다는 보고가 존재. 인체에 미칠 수 있는 영향에 대해서는 연구결과 불명확

○ 녹조 발생으로 맛·냄새 나는 수돗물이 일부 지역에 공급

- '13년 8월 북한강과 팔당호에 폭염으로 녹조 발생, 수돗물 냄새민원 399건 제기(경기도)

* 남조류 일부종 에서는 악취물질(geosmin, 2-MIB)이 방출되면서 곰팡이, 흙냄새 등과 같은 불쾌한 맛과 냄새를 유발

□ 올해 녹조는 지난해보다 더 이른 시기에 나타날 전망

○ 봄철 평균기온이 예년보다 높은 반면 강수량은 감소할 것으로 예상되어 '13년 발생한 녹조보다 더 큰 피해 예상

* 녹조는 적절한 수온과 영양염류 조건이 맞고 유속이 느릴 경우, 녹조 발생이 확산

* 영산강의 '13년 6월 댐저수율은(42~65%),, '14년 6월 댐저수율(32~39)로 전년대비 저수율이 12~26% 감소



【 녹조발생 (전) 】



【 녹조발생 (후) 】

[그림 3] '13.7~8 한강수계 조류 발생 현황

3. 사회문제 해결의 필요성

□ 녹조 발생으로 인한 피해 및 수질처리·개선 비용 증가

- 조류로 인한 가장 큰 피해는 여과지 폐색과 처리수의 이취미물질 발생으로 정수장의 피해로 귀결, 조류발생 33일간 정수처리비용 9억 이상 소요(환경부, 2010)
 - 남조류는 독소와 이취미물질 생성, 규조류는 이취미물질과 여과장애유발 등
 - 한국수자원공사에서 수도권 7개 정수장의 조류발생 33일('09.06.08~'07.10)간 투입된 정수처리 비용을 조사한 결과 이취미물질 제거를 위해 459백만원 외에도, 활성탄투입 442백만원, 수질검사비 12백만원, 이송료 5백만원 등 전체 처리비용 918백만원 증가('10 환경부)
 - 경제적 가치로 환산하지 못한 조류발생에 따른 간접적인 피해인 하천·호소 생태계의 영향까지 포함할 경우 매우 큰 경제적 손실 비용 발생
- 대규모 녹조 발생·확산으로 녹조 제거 시설, 인력 등의 비용 증가
 - 대부분 한시적으로 발생하는 녹조 관리 및 운용에 높은 비용이 소요
 - '13년 환경부에서는 조류 관련 30억원 이상 예산 투입(조류경보제 운영 8.2억, 조류감시선 도입 9.7억, 조류제거시설 시범운영 14억)

□ 4대강 등 大하천 및 정수장에서 활용 가능한 녹조 제거·저감 기술 부재

- 현재 개발된 기술은 소규모 호소의 녹조 제거 적용 효과만 확인된 상태로, 대규모 하천에서의 녹조 제거 효율에 대한 검증은 미비

■ 기존기술 검토 결과 : 녹조 발생 후 대처 중심이며 소규모 호소에만 적용 가능한 제거·저감기술 개발에 국한
※ 사회문제해결 10대 실천과제 사전기획연구결과(안), 미래부

- 정확한 정보를 국민들에게 전달하기 위한 녹조 관련 연구기반 미흡
 - 녹조의 발생 특성이나 행동기작, 인체에 미치는 영향에 대한 연구 미미
 - 녹조 발생시 예상되는 피해에 대한 정확한 정보 전달 곤란
- 상수원 취수구 주변에서 급격하게 발생하는 녹조가 정수장에 유입될 경우, 비용효과적으로 녹조를 제어할 수 있는 기술 개발 시급

<표 2> 녹조관련 국내 기술수준 분석

분야	기술명	현재기술수준
녹조에측 및 모니터링	녹조 조기 예측 감시기술	현재 : 냄새/독소 유발물질 등의 정확한 측정에 한계 ☞ 국내 상황에 맞는 센서개발을 통한 녹조 감시 및 조기경 보 실시간 모니터링 시스템 구축 필요
녹조 관리	녹조 생태학적 제거기술	현재 : 실험실 규모의 연구수준 ☞ 현장적용가능 유효 살조세균 규명 및 배양기술개발 필요
	천연물질 이용 살조제 개발기술	현재 : 구리성분이 많아 장기간 살포시 2차 환경피해 가능 ☞ 생태계에 무해한 친환경 살조제 개발 필요
	물리·화학적 호소 및 하천 녹조제거 기술	현재 : 하천/호수 등에 직접 적용 가능한 실증기술 부족 ☞ 발생녹조 차단/집중화 기술, 이동식 녹조제거장비 등 필요
정수장 녹조관리	정수장 유해녹조 및 독소제거 관리기술	현재 : 정수장 고도처리 실시 중이나 비용효과적 처리기술 미흡 ☞ 비용효과적 처리 위한 단위 공정 성능개선 필요

※ 출처: 조류감시·제거·활용기술개발 기획보고서('13.6, 환경산업기술원)

□ 녹조발생 후 대응으로는 국민 불안 해소 부족

- 녹조는 제거 속도보다 빠르게 확산되므로 한번 발생하기 시작하면 녹조 현상이 상당기간 지속
- 하천 및 호소 녹조 발생 후 정수처리가 이루어지고 있으나, 식수원 및 수질악화에 대한 국민 불안은 여전
 - 기존 표준처리공정으로는 녹조로부터 유발되는 이취미, 독성물질의 효율적 처리 곤란
 - 지자체 및 기관별 정수처리장 운영·예산에 따라 수돗물의 질적 편차 존재

□ 녹조 발생 급증과 함께 정부차원의 대책마련 요구 증대

- 하천 및 호소, 정수장 녹조에 대한 지자체 및 수처리 기관별 단독 해결은 불가능한 상황
 - 수계별 관리체계가 일원화 되어있지 않고, 일부 기관의 경우 가용 자원 부족
- 녹조 발생부터 녹조 저감·제어, 정수처리 전 과정에 걸친 다부처간 협업이 필요
 - 현 물관리 체계는 댐·보, 유역 등 환경부, 국토부 등으로 나뉘어져 있는바 녹조로부터 안전한 먹는 물 공급을 위한 부처 간 협력이 필요
 - 녹조 제거·저감 기술의 현장 적용성 및 경제성 확보를 위한 부처 간 협력이 요구

4. 과제 추진경과

□ 10대 실천과제별 기획연구 착수 및 인터뷰('14.2.7 ~ 2.27)

- '녹조(수질오염) 분야' 환경 분석 실시('14.2.7~)
 - 부처별 업무계획 및 국내외 정책 및 연구개발 동향 조사·분석 수행
 - 부처담당자 및 전문가 인터뷰를 위한 질의서 작성
- '녹조(수질오염) 분야' 관련 부처담당자 및 부처 추천 전문가 인터뷰 수행
 - 환경부, 국토교통부, 미래창조과학부 부처담당자 및 부처 추천 전문가 인터뷰 진행('14.2.17 ~ 2.27)

□ 10대 실천과제 기획연구 착수보고 및 전문가 의견 수렴('14.2.24)

- 10대 실천과제별 사회문제 해결방향에 및 사업설계 대한 전문가 의견 수렴
 - 실천과제의 문제를 구체화시키기 위해 다양한 대안을 점검하고, 충분한 의견수렴을 통해 해결방향을 제시하도록 추진 요청
- 분야별 이해관계자 및 수요자 의견수렴을 위한 추가 인터뷰 진행을 위해 일정 수정 방안 논의

□ 10대 실천과제별 기획연구 중간점검('14.2.26)

- 실천과제별 인터뷰 진행 상황 및 이슈 점검
 - 부처간 역할분담 및 사업 구성방안 논의
 - 실천과제별 인터뷰 진행 상황점검
- 실천과제별 문제해결방향 점검 및 일정 수정
 - 분야별 이해관계자 및 최종 수요자(수혜자) 의견수렴 방안 논의

□ 10대 실천과제별 사전기획 프레임 점검('14.3.5 ~ 3.7)

- '녹조(수질오염) 분야' 사전기획 프레임 점검 회의('14.3.6)
 - 녹조 발생방지, 정책·법·제도개선 연구과제 추가에 관련 부처 합의
 - 미래창조과학부 사회문제해결형 사업 녹조 과제를 녹조발생·모니터링·녹조 관리·정수처리 분야부터 정책·법·제도개선 연구까지 확대하기로 합의

□ 사전기획연구('14.3.7 ~)

- '녹조(수질오염)' 실행계획 수립 보고서 작성('14.3.7~20)
- 사전기획연구 결과(안) 검토('14.3.21~24)
 - 사회문제해결 민관협의회 및 다부처 특위 민간위원 간담회
- 사전기획연구결과(안) 심의('14.4)
 - 사회문제해결 '10대 실천과제' 사전기획연구결과(안) 심의('14.4.1, 국과심)

□ 공동기획연구('14.4~5)

- 사회문제해결 R&D 공동기획연구 착수회의('14.4.11)
 - 사회문제해결형 R&D 사업 공동기획연구 추진방안, 공동기획 가이드라인 설명 및 과제별 향후 공동연구계획 등 논의
- 상세기획 및 공동기획 보고서 작성('14.4.22~)
 - 연구개발 및 제도개선 상세기획(RFP 작성 등), 공동기획보고서 작성

제2장 국내·외 환경분석

1. 국외 정책동향

□ 국제기구

○ (OECD) 조류항목에 국한되지 않고 수체의 부영양화 상태와 연계하여 권고 성격의 기준을 제시

- 총인(TP)과 조류생체량(클로로필-a) 항목에 대하여 5단계로 호소의 영양 상태 판정기준 제시

* 클로로필-a는 남조류, 녹조류, 규조류 및 편모조류 등 모든 조류에 비슷한 농도로 공통으로 포함되어 있는 광합성 색소로 물속에 존재하는 총 조류의 농도를 나타내는 기준으로 사용됨

- 연평균농도와 봄철 혹은 연 최고농도의 기준을 동시에 기재

<표3> OECD에 의한 영양상태의 구분 및 기준치(단위:µg/L, ppb)

항목	극빈영양 (ultra-oligotrophic)	빈영양 (Oligotrophic)	중영양 (Mesotrophic)	부영양 (Eutrophic)	과영양 (Hypertrophic)
총인 (연평균농도)	<4	4-10	10-35	35-100	>100
총인 (봄최고농도)	<5	5-10	10-30	30-100	>100
Chl-a (연평균농도)	<1	1-2.5	2.5-8	8-25	>25
Chl-a (연최고농도)	<2.5	2.5-8	8-25	25-75	>75

※ 출처 : 수생태 안전성 향상을 위한 조류저감기술('12, 환경부)

○ (UN) OECD와 유사하게 총인과 총질소, 클로로필-a에 대해 다섯 가지 단계로 호소와 하천의 부영양화상태를 제시

- 하천의 총인과 클로로필-a의 농도는 호소보다 1.5배 높게 설정

<표4> UN에 의한 영양상태의 구분 및 기준치(단위:µg/L, ppb)

단 계	대상항목별 기준					영양상태
	TP		TN	Chl-a		
	호소	하천		호소	하천	
I	<10 µg/L	<15 µg/L	<300 µg/L	<2.5 µg/L	<4 µg/L	빈영양상태
II	<10-25 µg/L	15-40 µg/L	300-750 µg/L	2.5-10 µg/L	4-15 µg/L	중영양상태
III	<25-50 µg/L	40-75 µg/L	750-1,500 µg/L	10-30 µg/L	15-45 µg/L	중부영양상태
IV	50-125 µg/L	75-190 µg/L	1,500-2,500 µg/L	30-110 µg/L	45-165 µg/L	부영양상태
V	>125 µg/L	>190 µg/L	>2,500 µg/L	>110 µg/L	>165 µg/L	과영양상태

※ 출처 : 수생태 안전성 향상을 위한 조류저감기술('12, 환경부)

- (WHO, 세계보건기구) 유해남조류의 세포밀도를 인체에 미치는 영향의 정도로 구분하여 3단계 기준으로 제시
 - '98년 음용수에서 남조독소(Microcystin-LR) 1ug/L(ppb)를 잠정적인 가이드라인으로 제시
 - 그 외의 독소에 대해서는 신뢰할 만한 자료가 부족하므로, 마이크로시스틴(Microcystin-LR)에만 국한되어 적용
 - 친수활동 중 남조류와 마이크로시스틴에 노출될 동안 건강에 급성적 효과를 유발할 가능성에 대한 가이드라인도 포함

<표5> WHO(2006)의 유해조류 관리기준

단계	대상항목별 기준(남조류세포수)	의미 혹은 권장조치
Level 1	◦ 20,000 cell/mL (남조류가 우점종이며 Chl-a농도가 10 µg/L 이상)	◦ 인체에 비교적 적은 영향을 끼치는 단계
Level 2	◦ 100,000 cell/mL	◦ 인체에 영향을 끼치는 단계 ◦ 60kg의 성인이 2L 이상 섭취한 경우 관련 질병이 발병 가능 ◦ 15kg의 어린이의 경우 250 mL 섭취시 악영향이 일어날 가능성이 있음
Level 3	◦ 100,000 cell/mL 이상	◦ 인체에 높은 영향을 끼치는 단계 ◦ 스킴발생 ◦ 소량으로도 치명적인 해를 입을 수 있음

※ 출처 : 수생태 안전성 향상을 위한 조류저감기술('12, 환경부)

□ 미국

- 연방정부 EPA(Environmental Protection Agency)에서 영양상태 혹은 조류농도에 대한 부영양화 기준을 설정하여 주정부에게 권고
 - (부영양화) 각 지역별 환경의 특성을 고려하여 미국 전역을 14개 생태 권역으로 나누고 호수와 하천에 각기 다른 부영양화 관리기준을 제시
 - * 부영양화관리기 권장기준 (생태구역13플로리다 해안습지 제외) Chl-a 10mg/m³
 - (조류) 유해조류 대발생 가이드라인, 수질기준 법제 등은 부재하나 남조류세포수와 남조류 독소를 후보오염물질로 명기하여 관리
 - * 안전한 음용수법에 근거, 공공수역에서 발생이 예측되는(기존발생 포함) 미규제 오염물질의 목록을 작성하여 단계를 제시하고, 조류 세포수와 남조류 독소를 후보오염물질로 포함

- 주정부는 주로 남조류 독소와 남조류세포수를 주 관리대상으로 지정
- (예시) 인디애나 주의 경우 Microcystin-LR와 Cylindrospermopsin를 대상 항목으로 4단계로 제시
 - * Level 1 Microcystin-LR : < 4 µg/L, 위험정도가 매우 낮거나 없음
 - * Level 2 Microcystin-LR : 4-20 µg/L, 위험정도는 낮음에서 보통, 친수활동 줄임
 - * Level 3 Microcystin-LR : > 20 µg/L, 심각한 위험정도. 독소에 대한 위험이 감소되는 수준까지 물접촉을 피함
 - * 경고 Cylindrospermopsin : 5ppb, 독소에 대한 위험이 감소되는 level까지 물에 대한 접촉을 피함

□ EU

○ EU의 수질관련 체계는 물관리 기본지침(Water Framework Directive: Directive 2000/60/EC, WFD)*과 환경질기준을 중심으로 각국에게 권고기준으로 적용

- * 모니터링, 음용수 취수원 관리, 물공급 서비스에 대한 비용 산정(직접비, 환경비, 자원비), 점·비점오염원관리 등의 내용이 포함되어 있으며, 유역관리계획 입안시 행정단위간 조정을 강조
- 수영용수, 음용수, 목욕수, 상수원수, 지하수 등 물의 사용목적에 따른 지침과 기준을 설정
- (환경질기준) EU의 수질기준으로서 수생생물과 사람의 건강보호를 목적으로 수영용수, 담수어 보호 등 물사용으로 인한 건강상 위해를 예방하기 위한 수질기준치를 도출하여 별도로 운영

○ (프랑스) WHO가이드라인에 따라 음용수 내 microcystin-LR에 대한 수질기준 1ug/L로 설정하여 규제

- * 프랑스의 전반적 물 정책을 담당하고 있는 정부부처는 환경부, 에너지부, 지속 개발부, 해양부를 통합한 기관에서 담당(Ministry of Ecology, Energy, Sustainable Development and the Sea)
- '03년 의사결정나무 알고리즘을 이용한 지표수계 관리시스템 구축
- 상기 시스템을 통해 현미경 관측 및 가시적 모니터링 분석 결과를 기반으로 고농도의 조류가 지속적으로 검출되는 경우 엄격한 수준의 모니터링 시스템 수행을 위해 남조류 수준에 따라 3단계 관리*가 수행
 - * Level 1 남조류 세포수 : 20,000cells/mL±w 20% 이하, 여가 활동 지속 가능하나 현장에 시민들에게 조류농도에 대한 정보제공
 - * Level 2 남조류 세포수 : 20,000 ≤ ~ ≤ 100,000 cells/mL, microcystin-LR : 25 µg/L이상.수영 등 접촉 많은 활동금지 (단, 운동선수는 제외), 보트 등 접촉 적은 활동 가능
 - * Level 3 남조류 scum이 수영가능지역에서 발생, 모든 활동금지

- 독일, 네덜란드 등의 나라에서는 microcystin-LR과 조류세포수를 주 관리 대상항목으로 설정하여 관리기준을 제시
 - 여가용수 및 음용수 별 다른 기준치를 적용하고 있으며 각 단계별로 수영 금지, 입수 비권장, 모든 활동 차단 등의 권장조치를 함께 기재

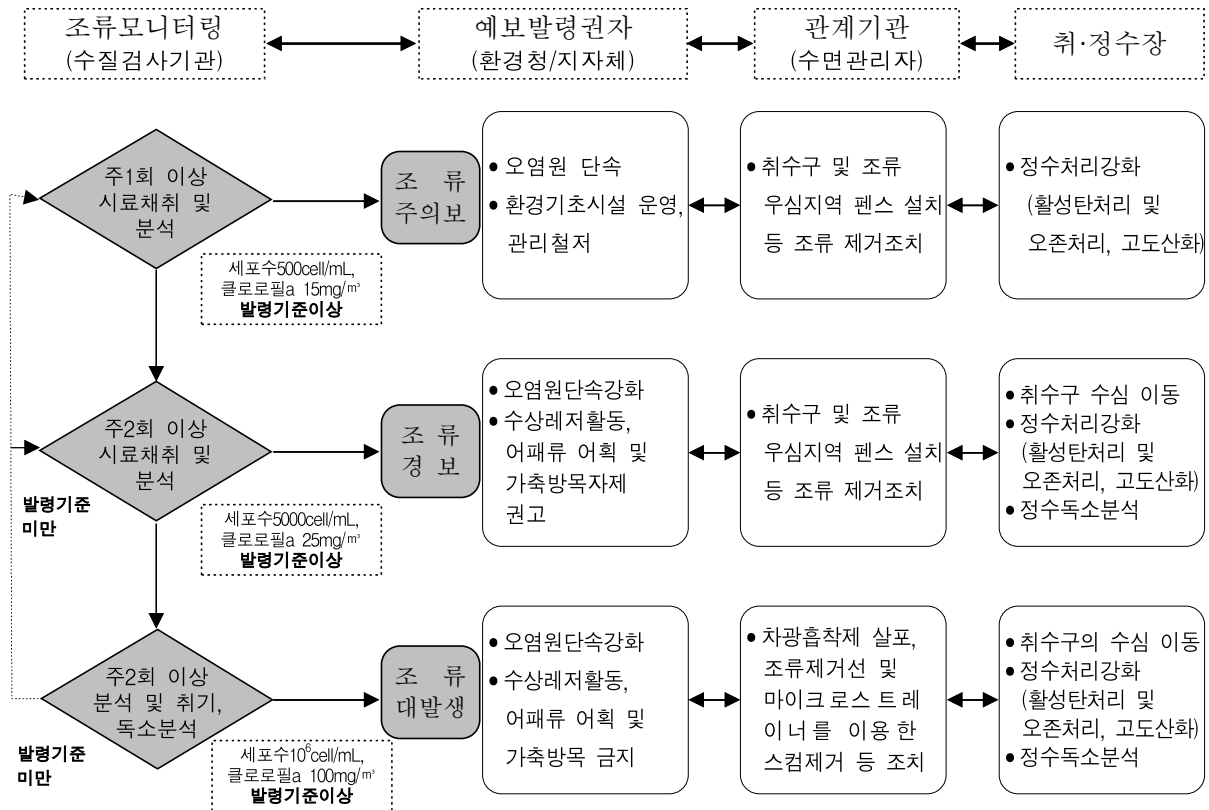
□ 일본

- (수질환경기준) 용수의 목적에 따라 각기 다른 총인과 총질소 기준을 설정
 - * (자연환경보전) TN 0.1mg/L, TP 0.005 mg/L 이하
 - * (수도) 수도1급(여과등에 의한 간단한 정수조작만을 행하는 급수), 수도2급(침전, 여과 등 일반적인 정수조작), 수도3급(전처리를 포함한 고도정화조작) TN 0.2mg/L, TP 0.01 mg/L 이하 수도3급의 특수정화조작을 한 경우 TN 0.4mg/L, TP 0.03 mg/L 이하
 - * (수영) TN 0.2mg/L, TP 0.01 mg/L 이하
- (수질규제기준) 호소에 대한 질소와 인의 발생원이 다양하기 때문에 제조업종별 총인, 총질소의 별도 배출기준을 제시
 - * 시가현의 경우 음료품제조업, 도시락제조업, 섬유공정, 화학공정, 젤라틴제조업 등으로 나누며 시설치 도시락제조업에 가장 높은 기준을 적용

2. 국내 정책동향

□ 녹조 발생 관련 '조류경보제' 운영 및 관련 조치사항

- 조류경보제
 - (목적) 조류발생에 따른 정수처리장 기능 저하 및 일부 남조류의 독성 피해 최소화 등 상수원 안정성 확보
 - (기준항목) 전체 조류량을 의미하는 클로로필 a와 남조류 세포수
 - (발령기준) 급성독성 농도인 microcystin 1 $\mu\text{g/L}$ 에 해당하는 마이크로시스티스(Microcystis) 세포수 약 5000 cells/mL를 조류경보로 정함
 - * WHO 음용수가이드라인 제안 : microcystin-LR 1 $\mu\text{g/L}$
 - '98년부터 시행, '11년 현재 총관리호소는 총178개(환경부 : 90개, 시·도지사 : 88개)



※ 출처 : 조류경보제 운영 매뉴얼('12, 환경부)

[그림 4] 조류경보제 수행 체계도

○ 조류경보제 단계별 발령기준 및 관계기관별 조치사항

<표6> 조류경보제 관계기관별 조치사항

단계	발령기준	관계기관	조치사항
조류 주의 보	◦ 2회 연속 채취시 클로로필-a 농도 15mg/m³ 이상 ◦ 남조류 세포수 500cells/ml 이상 ※ 이상의 조건에 모두 해당 시	4대강 물환경연구소장(시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	◦ 주 1회 이상 시료채취 및 분석 ◦ 발령기관에 대한 시험분석결과와 신속한 통보
		수면관리자	◦ 취수구와 조류 우심지역에 대한 펜스설치 등 조류제거 조치 실시
		취·정수장 관리자	◦ 정수처리강화(활성탄처리, 오존처리)
		유역·지방 환경청장(시·도지사)	◦ 조류주의보 발령 ◦ 주변오염원에 대한 철저한 지도단속
조류 경보	◦ 2회 연속 채취시 클로로필-a 농도 25mg/m³ 이상 ◦ 남조류 세포수 5,000cells/ml 이상 ※ 이상의 조건에	4대강 물환경연구소장(시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	◦ 주 2회 이상 시료 채취·분석(클로로필-a, 남조류 세포수, 취기, 독소) ◦ 발령기관에 대한 시험분석결과와 신속한 통보
		수면관리자	◦ 취수구와 조류 우심지역에 대한 펜스설치 등 조류제거 조치 실시

	모두 해당 시	취·정수장 관리자	<ul style="list-style-type: none"> 조류증식 수심 이하로 취수구 이동 정수처리강화(활성탄처리, 오존, 고도산화처리) 정수의 독소분석 실시
		유역·지방 환경청장(시·도지사)	<ul style="list-style-type: none"> 조류대발생경보의 발령 및 대중매체 통한 홍보 주변오염원에 대한 지속적인 단속강화 수상스키·수영·낚시·취사 등의 활동 자제 권고 어패류어획·식용 및 가축방목의 자제 권고
조류 대발 생경 보	<ul style="list-style-type: none"> 2회 연속 채취시 클로로필-a 농도 100mg/m³ 이상 남조류 세포수 10⁶cells/ml 이상 ※이상의 조건에 모두 해당 시 	4대강 물환경연구소장(사도 보건환경연구원장 또는 수면 관리자)	<ul style="list-style-type: none"> 주 2회 이상 시료 채취·분석(클로로필-a, 남조류 세포수, 취기, 독소) 발령기관에 대한 시험분석결과와 신속한 통보
		수면 관리자	<ul style="list-style-type: none"> 취수구와 조류 우심지역에 대한 펜스설치 등 조류제거 조치 실시 황토 등 흡착제 살포, 조류제거선 등을 이용한 조류제거 조치 실시
		취·정수장 관리자	<ul style="list-style-type: none"> 조류증식 수심 이하로 취수구 이동 정수처리강화(활성탄처리, 오존) 정수의 독소분석
		유역·지방 환경청장(시·도지사)	<ul style="list-style-type: none"> 조류대발생경보의 발령 및 대중매체 통한 홍보 주변오염원에 대한 지속적인 단속강화 수상스키·수영·낚시·취사 등의 활동금지 어패류어획·식용 및 가축방목 금지
해제	<ul style="list-style-type: none"> 2회 연속 채취시 클로로필-a 농도 15mg/m³ 이하 남조류 세포수 500cells/ml 이하 ※이상의 조건 중 하나에 해당 시 	4대강 물환경연구소장(사도 보건환경연구원장 또는 수면 관리자)	<ul style="list-style-type: none"> 발령기관에 대한 시험분석결과와 신속한 통보
		유역·지방 환경청장(시·도지사)	<ul style="list-style-type: none"> 각종 경보의 해제 및 대중매체를 통한 홍보

※ 출처: 조류감시·제거·활용기술개발 기획보고서('13.6, 환경산업기술원)

○ 수질오염감시경보(환경부고시 제2012-65호)

* 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제9조 및 21조에 근거)

- (목적) 상수원 및 수계의 수질관리 업무를 효율적이고 능동적으로 수행하고 수질 오염사고 발생 시 신속한 대응조치를 할 수 있는 조기경보체계 구축·운영
- 수질오염감시경보를 위한 측정소별 측정항목과 항목별 정보기준을 고시

- 클로로필 a농도, 수소이온농도, 용존산소, 총질소, 총인, 중금속 등이 수질 자동측정망을 통해 측정되고 있으며 이에 따라 관심-주의-경계-심각-해제 단위로 경보 발령

<표7> 수질오염감시경보 발령 및 해제기준

경보 단계	발령·해제 기준
관심 (Blue)	가. 수소이온농도, 용존산소, 총 질소, 총 인, 전기전도도, 총 유기탄소, 휘발성유기화합물질, 페놀, 중금속(구리, 납, 아연, 카드뮴 등) 항목 중 2개 이상 항목이 측정항목별 경보기준을 초과하는 경우 나. 생물감시 측정값이 생물감시 경보기준 농도를 30분 이상 지속적으로 초과하는 경우
주의 (Yellow)	가. 수소이온농도, 용존산소, 총 질소, 총 인, 전기전도도, 총 유기탄소, 휘발성유기화합물질, 페놀, 중금속(구리, 납, 아연, 카드뮴 등) 항목 중 2개 이상 항목이 측정항목별 경보기준을 2배 이상(수소이온농도 항목의 경우에는 5 이하 또는 11 이상을 말한다) 초과하는 경우 나. 생물감시 측정값이 생물감시 경보기준 농도를 30분 이상 지속적으로 초과하고, 수소이온농도, 총 유기탄소, 휘발성유기화합물질, 페놀, 중금속(구리, 납, 아연, 카드뮴 등) 항목 중 1개 이상의 항목이 측정항목별 경보기준을 초과하는 경우와 전기전도도, 총 질소, 총 인, 클로로필-a 항목 중 1개 이상의 항목이 측정항목별 경보기준을 2배 이상 초과하는 경우
경계 (Orange)	- 생물감시 측정값이 생물감시 경보기준 농도를 30분 이상 지속적으로 초과하고, 전기전도도, 휘발성유기화합물질, 페놀, 중금속(구리, 납, 아연, 카드뮴 등) 항목 중 1개 이상의 항목이 측정항목별 경보기준을 3배 이상 초과하는 경우
심각 (Red)	- 경계경보 발령 후 수질 오염사고 전개속도가 매우 빠르고 심각한 수준으로서 위기발생이 확실한 경우
해제	- 측정항목별 측정값이 관심단계 이하로 낮아진 경우

※ 출처 : 수질자동측정망(낙동강물환경연구소)

○ 수질예보제

* 환경부훈령 제956호, '11년 11월 제정

- 환경정보 융합기술과 수치 모델링을 활용해 조류 등 오염물질 농도를 1주일 간격으로 예측하여 알리는 제도로 낙동강, 금강, 한강, 영산강 수질의 선제적 관리를 목적으로 제정
- 실시간 기상 관측 및 예측자료, 오염원 (TMS : Tele-monitoring system) 및 수질관측 자료들을 수치 모형에 입력하여 관심 오염물질의 농도 변화를 시·공간적으로 산정, 발표
- 수질예보항목은 수온, 클로로필-a 농도 등

<표8> 수질예보제의 수질관리단계

클로로필-a 예측 농도 (mg/m³) \ 남조류 세포수 (세포/mL)	10,000 미만	10,000 이상	50,000 이상	2×105 이상
35mg/m³ 을 초과하고 7일 중 4일 이상 유지	-	관심단계	주의단계	경계단계
70mg/m³ 을 초과하고 7일 중 4일 이상 유지	관심단계	주의단계	경계단계	심각단계
105mg/m³ 을 초과하고 7일 중 4일 이상 유지	주의단계	경계단계	심각단계	심각단계
140mg/m³ 을 초과하고 7일 중 4일 이상 유지	경계단계	심각단계	심각단계	심각단계
175mg/m³ 을 초과하고 7일 중 4일 이상 유지	심각단계	심각단계	심각단계	심각단계

※ 출처: 수질예보 및 대응조치에 관한 규정 개정('13.6, 환경부)

□ 녹조 발생 관련 부처별 역할 및 법률 현황

- (행정체계) 수질·수량·유역·하천 등의 기능 중심으로 분할되어 다원화된 구조
 - 환경부는 수질관리 및 수계관리, 국토부는 수량관리 및 하천관리를 관할
 - 농업용수는 농림부, 발전용 댐건설은 산통부 소관

<표9> 물관리 행정체계

구분	수질관리	수량관리
환경부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 수질보전정책수립 유역물 통합 수계관리 ◦ 먹는 물, 하천/호소수, 지하수 등 수질관리 ◦ 하/폐수 처리장 건설 등 생활오수, 산업폐수, 축산폐수 관리 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 지방상수도 및 농어촌 간이 상수도 개발/관리 ◦ 먹는 샘물 개발/관리
국토부	-	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 수자원 개발정책 수립 ◦ 다목적 댐 건설 및 관리 ◦ 광역상수도 개발/관리 ◦ 하천관리 및 홍수 통제 ◦ 지하수 수량관리 ◦ 친수구역 개발/관리
농림부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 농업용수 수질오염방지대책 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 농어촌용수 개발계획의 수립/조정 ◦ 농업용 댐 건설/관리, 지하수개발
산통부		<ul style="list-style-type: none"> ◦ 발전용 댐건설 및 관리

※ 출처 : 물관리체계 변화의 영양요인 분석 ('12년도 한남대학교 석사논문, 이창욱) 재인용

- (법·제도) 정부 부처의 기능에 따라 수질개선, 유역관리 등의 관련 법률이 분할
- 환경부는 수질환경보전법, 수도법, 하수도법 등 수질·수량·유역관리 분야에서, 국토부는 하천법, 댐건설 등 수량분야에서 법률을 소관, 그 외 농림부 및 안행부가 관련 법률을 담당

<표10> 부처별 소관 법률 및 법정계획

구분	환경부	국토교통부
수량	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 수도법, 먹는물관리법 ◦ 4대강수계법 ◦ 지하수법(환경부, 국토교통부 공동) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 하천법, 지하수법 ◦ 댐건설 및 주변지역 지원등에 관한 법률
수질	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 환경정책기본법, 환경영향평가법 ◦ 수질 및 수생태계보전에 관한 법률 ◦ 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 ◦ 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 ◦ 하수도법, 4대강 수계법, 먹는물관리법 	-
유역관리	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 4대강 수계법 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 친수구역특별법
법정계획	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 물환경관리 기본계획, 오염총량관리 기본계획 ◦ 하수도정비기본계획, 물 재이용 기본계획 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 수자원장기종합계획, 유역종합치수계획 ◦ 지하수관리기본계획, 댐건설장기계획

※ 출처 : 물관리체계 변화의 영양요인 분석('12년도 한남대학교 석사논문, 이창욱)

3. 조류 관련 연구개발 동향

가. 조류 관련 연구개요

- 조류발생을 예측 및 측정하는 모니터링 단계부터 조류제거·저감 및 정수장 유입조류를 처리하는 단계 등으로 기술의 일반적인 구분은 아래와 같이 분류 가능
 - (모니터링) 직접측정(샘플링, 개체수 체크등), UV 등 센서측정법, 초음파 및 전자선 조사 등
 - (비점오염원 관리) 하천으로 유입되는 비점오염원 관리를 위한 식생수로, 인공습지 등의 자연형, 여과형, 스크린형 등의 인공형 시설 등
 - (조류제거·저감) 황토 및 살조제(조류제거화학물질) 살포, 먹이연쇄·천적 생물 활용, 조류제거선 등
 - (정수처리) 조류 차단막, 천연 응집제, 세균 미생물, 가압부상시설, 염소, O₃ 처리 등

나. 국외 연구동향

□ (호주) '95~'03년까지 8년간 7,217천달러를 투자하여 발생방지에 초점을 둔 Nemp프로그램을 운영

- 농업이 발달함에 따라 비료사용에 따른 영양염류의 유입 증가로 다양한 조류 발생문제 경험
- 부영양화에 의한 조류발생을 제어하기 위한 NEMP(National Eutrophication Management Program)을 실시하여 부영양화 원인과 발생기작 위주로 연구 진행
- 사업 후기에는 실제 하천의 모델링, 하천관리, 조류독성, 총인, 총질소 억제에 초점

□ (미국) 미국 내 해안지역에서 유해조류 문제가 대두됨에 따라 '94년부터 조류관련 기초과학 연구 프로그램을(ECOHAB) 운영

- Ecology and Oceanography of Toxic Algal Blooms(ECOHAB)*은 조류발생 원인분석 및 인체영향 등을 연구대상으로 하여, 연간 3억 달러 투입

* Program element 1: 유해조류의 이화학적, 생화학적, 유전학적 특성에 대한 조사 및 분석을 목적으로 하는 기초과학 연구 프로그램

- * Program element 2: 유해조류의 발생과 성장 그리고 확산 등에 영향을 끼치는 환경요인의 제한인자를 결정하고, 조류별로 우점종이 발생하는 환경 등 조사
- * Program element 3: Tropical interactions의 유해조류의 성장 등에 대한 영향조사 및 유해조류에 의한 trophic structure, processes, interaction 영향 조사

□ (미국, 스웨덴, 캐나다, 독일 등) 친환경 녹조제거 기술 개발·추진

- (세정시스템) 미국 농림부와 메릴랜드대학은 햇빛을 이용하여 오염된 하천 및 호소에서 영양분을 추출하고 산소 수준을 회복시키는 세정 시스템 개발
- (부영양화억제기술) 스웨덴 예테보리 대학(University of Gothenburg) 연구진은 발틱 해의 깊은 해수로를 이용, 산소를 주입하는 방법을 통해 자연이 스스로 인(phosphorus)을 처리할 수 있도록 도와줌으로써 부영양화를 억제
- (초음파) 캐나다 Smoky Trout Farm는 사람, 동물, 수중생물 등에 무해하며 적용범위 및 사용용도에 따라 다양한 모델이 적용가능한 초음파 활용 녹조 제거 기술 적용 제품 출시
- (친환경 생물학적 방법) 독일 베를린 공대 스테판 플럼마커 리마 교수는 하천 주변에서 자생하는 식물을 이용해 녹조를 효과적으로 줄일 수 있는 친환경 녹조 저감 기술인 '그린 리버 시스템' 개발

□ 조류를 이용한 바이오매스, CO₂ 제거 등과 연계된 연구도 활발히 진행中

다. 국내 연구동향

□ 그간 추진되었던 조류 관련 R&D 사업에서는 실험실 수준의 연구 추진 사례는 있으나, 현장에 적용가능한 기술개발 성과는 미흡

○ 2001년 이후 환경부에서 수행한 녹조 관련 R&D사업은 19개 과제로 총 132억 투입(한국환경산업기술원)

- '01~'10년까지 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업에서 조류 모니터링 기술, 고전압 펄스를 이용한 조류 제거 기술 등을 개발하였으나, 현장적용에 한계 발생
- '11년 환경부 에코이노베이션사업을 통해 조류관련 연구들이 시작되었으나, 대부분 조류를 이용한 바이오연료생산에 초점을 두어 녹조 발생에 따른 문제 해결 기여도는 미흡
- '12년 환경부 물환경변화 대응 및 침단수질관리시스템구축을 통해 모니터링과 발생방지 관련 기술개발을 시작

* 물환경변화대응 및 침단수질관리시스템구축사업은 '07~'11년까지 생활환경조사연구로 수행되었으며, '11년까지 매년 1개 과제를 수행하여 사업 규모 미미, '12년 사업은 기술 개발단계

○ 최근 환경부(한국환경공단)는 현장 적용기술 확보를 위한 사업을 수행하고 있으나 시범사업 성격

- ('12년 조류저감기술 시범사업) 조류저감 기술을 보유한 9개 업체를 선정하여 하천·호소 3개 지역 시범설치·운영을 통한 현장적용 가능성 확인
- ('13년 살포용 조류제거기술 현장적용 시범사업) 조류제거물질을 직접 생산하며 살포용 조류제거기술 보유 업체를 대상으로 업체당 40백만원 지원

<표11> 환경부 수행 녹조 대응 기술 과제

(단위 : 백만원/건)

구분	모니터링		녹조관리		기타	
	과제수	연구비	과제수	연구비	과제수	연구비
차세대 핵심 환경기술 개발사업	4	1,466	9	4,996	· 비점오염저감기술 및 하천·호소정화기술(27개 과제) · 하·폐수 고도처리기술(51개 과제) · 정수처리기술(13개 과제)	
차세대 에코이노베이션사업(EI)			2	2,640		
수생태복원사업단	2	1,190	1	550		
기술료사업 등 기타			1	2,000		
합계	6	2,656	13	10,187	91	356

※ 출처 : 한국환경산업기술원

□ 녹조 발생 시 가이드라인과 지침에서는 적용 기술 및 방법을 기재

○ (하천 및 호소) 조류경보제에서는 방어막, 황토, 흡착제, 조류 제거선등을 통한 녹조 제거방법으로 기재

- (정수처리) 조류 발생시 Geosmin, 2-MIB 등의 부산물로 맛·냄새가 유발되므로 이의 처리가 필수적으로 요구

<표12> 조류예보 발령기준

구분	조류경보	정수장 조류 대응 가이드라인
모니터링	<ul style="list-style-type: none"> ◦ (조류주의보) 1회 이상 시료 채취 및 분석 독소 분석 ◦ (조류경보 및 대발생경보) 주2회이상 시료 채취·분석(클로로필a, 남조류세포수, 취기, 독소) 	
조류관리 (제 거 · 저 감)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ (조류주의보 및 조류경보) 방어막 설치 등 ◦ (조류대발생경보) 방어막 설치, 황토 등 흡착제 살포, 조류 제거선 등을 이용 	
정수처리	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 정수의 독소분석 실시 ◦ 정수 처리 강화(활성탄 처리, 오존 처리) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 취수시설 주변 조류방지막 설치 ◦ 응집제 사용 ◦ 규조류에 의한 비린내 발생시 전염소 처리 강화 ◦ 남조류에 의한 흙곰팡이 냄새 발생시 분말활성탄 투입 ◦ 원수 pH 상승시 pH 조정설비(황산 CO2) 가동 ◦ 냄새 농도 및 빈도가 높을 경우 고도정수처리공정 도입

※ 출처 : 조류경보제 운영 매뉴얼('08, 환경부 국립환경과학원) 및 정수장 조류 대응 가이드라인('12, 환경부)

4. 국내·외 시장동향²⁾

□ 조류관련 시장 정의

- 조류와 관련된 시장은 정수처리를 포함한 수처리제 시장과 자원화 시장으로 구분 가능
 - 수처리제 시장의 경우, 물리, 화학, 생물학적 다양한 기술 가운데 조류는 일부 비중을 차지하여 정확한 시장 규모 및 동향 파악 곤란
 - 조류로 인한 바이오에너지 생산의 경우 본 과제 범위와 상이하므로 제외

가. 국외 시장동향

□ 수처리제 세계 시장 규모는 290억 달러 수준으로 중국과 아시아가 높게 성장할 전망

- 세계 최대 인구를 보유한 중국은 현재 연평균 10~15%이상 고도성장 중
- 유럽지역에서 가장 활발하게 시장이 형성되고 있으며, 아시아 지역은 현재 비중이 낮으나 성장 잠재력 보유

□ 세계적으로 수자원에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데, 특히 중국, 인도 등 신흥 공업국들의 수처리제 수요가 급증

나. 국내 시장동향

□ 국내 수처리제 시장 규모는 약 620억 규모로 도시하수와 제지분야가 40%를 차지, 염색, 제철 등 산업분야에서 주로 활용

- 연평균 9.5%성장하고 있는 것으로 파악
- 관련 기업으로는 이양화학, 한솔케미칼, 송원산업 등이 있으며 '11년 기준 전체시장 점유율은 이양화학이 가장 높은 비중을 차지, 코오롱생명과학의 경우 수출성장률이 매년 30%를 초과

2) '코오롱 생명과학 분석 보고서(2012)' 및 '중소기업기술로드맵(2013)' 재구성

5. 조류 관련 R&D 중복성 검토

□ 기존 사업과의 중복성 검토

- 범부처(국토부, 지경부, 농림부, 교과부, 환경부) 차원에서는 대부분 해양조류 및 조류 단일종 순수바이오에너지화 사업 관련 R&D에 편중('12, 환경부)
- 본 과제 유관부처는 환경부, 국토부, 미래부
 - 환경부 중심으로 관련 연구가 진행, 수자원공사의 경우 바이오매스 및 플랜트화 가능 기술 중심
 - 미래부는 '13년 신설 부처로 관련 연구개발사업 부재

□ 기존 조류관련 개발기술의 연계·활용

- 녹조 관련 기 연구된 중·소규모 실용기술(Lab-Scale 등)의 개선·활용을 통한, 현장 적용을 목적으로 하므로 우수기술의 사장을 방지
- 녹조가 발생하는 4대강 수계에 적용가능한 기술 개발을 유도하고 기존 검증된 기술을 활용하여, 실증화사업* 형태로 연구개발 추진

* 실증화사업 : 개발된 기술의 실증설비 적용을 위하여 최적화·규모확장 및 주변기술 확보 등을 목적으로 추진

□ '12년 사업기준 NTIS 분석결과, 녹조로부터 비용효과적으로 안전한 먹는 물 공급을 위한 연구기반과 연구체계가 취약

* KISTEP에서 keyword를 통해 '12년도의 관련 R&D사업 137개 리스트를 추출. 이를 바탕으로 과제ID가 중복된 50개를 제외

* 86개 과제를 녹조 발생단계별로(발생방지-모니터링-조류관리-정수처리) 분류. 해양 녹조, 녹조를 이용한 자원화, 소재 개발 등의 52개 과제는 기타로 분류

- 녹조 발생방지→발생 모니터링→조류관리(제거 및 저감)→정수처리와 직접적으로 관련된 과제는 34개로 관련 연구기반 취약
- 녹조가 국민 불안을 야기하는 등 사회문제로 진화하고 있음에도 관련 연구개발은 부처에서 개별적으로 진행하는 등 연구체계 미흡

<표 13> 환경부 주요 녹조관련 기술개발사업 현황

(단위:건, 백만원)

구 분	물환경변화대응 및 첨단수질관리 시스템 기반구축 (‘07년~’12년)		차세대에코이 노베이션기술 개발사업 (‘12년)		차세대에코이 노베이션기술 개발사업 (‘11년)		환경융합신기술 개발 (‘09~’12년)		합 계	
	과제수	정부 연구비	과제수	정부 연구비	과제수	정부 연구비	과제수	정부 연구비	과제수	정부 연구비
발생방지	5	261	13	4,624	15	4,977	2	570	33	9,862
모니터링	7	1,147	1	130					7	1,147
녹조관리			3	985	1	206			4	1,191
정수처리 (조류 관련)			1	500					1	500
정수처리			17	6,390	15	4,155			31	10,295
녹조를 이용한 바이오 연료 생산			8	1,880					8	1,880
댐, 보 관련	3	142							3	142

※ 출처 : NTIS 환경부 세부사업 재구성(‘00~’12년)

<표14> 과제금액 기준 NTIS 분석결과(단위: 억)

부처	사업	발생방지	모니터링	조류관리	정수처리	무관
교육부	국가수리과학연구소 연구운영비 지원		15.2			
	글로벌연구실사업					4.6
	기초연구기반구축	0.7	0.3	0.0		1.0
	대학연구인력국제교류지원					0.3
	일반연구자지원	1.0	1.0	1.6		2.7
	중견연구자지원					1.0
	한국원자력연구원연구운영비지원				0.3	
	해양극지기초원천기술개발					2.4
	합계	1.7	16.5	1.6	0.3	11.9
국토해양부	한국해양연구원연구운영비지원					12.9
	해양과학조사및예보기술개발					55.0
	해양생명공학기술개발					60.6
	해양안전및해양교통시설기술개발					5.0
	해양환경기술개발					29.0
	합계					162.5
농림수산식품부	농촌개발시험연구	1.0				
	수산시험연구		0.9			
	융복합연구센터지원		0.0			2.7
	합계	1.0	0.9			2.7
농진청	국책기술개발	0.3				
중소기업청	산학협력기술개발			0.6		1.3
	중소기업R&D기획역량혁신					0.2
	중소기업기술혁신개발			2.5		2.0
	중소기업상용화기술개발지원			2.0		
	창업성장기술개발			1.9		5.0
	합계			7.0		8.5
지식경제부	광역경제권선도산업육성		3.0			
	산업집적지경쟁력강화사업				1.8	
	신재생에너지융합원천기술개발(에특)					15.0
	지역전략산업육성					1.1
	합계		3.0		1.8	16.1
환경부	물 환경변화 대응 및 첨단 수질관리시스템 기반구축		1.5			
	미래유망녹색환경기술산업화촉진					8.9
	차세대 에코이노베이션기술개발사업			7.3	3.3	3.5
	토양지하수오염방지기술개발	1.5				
	환경융합신기술개발		2.2		2.1	
	합계	1.5	3.7	7.3	5.4	12.4
합계		4.5	24.2	16.0	7.5	214.1

※ 출처 :NTIS (정부부처는 '12년 기준)

<표 15> 조류 관련 기술개발 현황 및 추진방향

구분	녹조 모니터링	녹조 제어기술	
		녹조 사전 관리	녹조 사후 관리
기개발 기술 현황	<ul style="list-style-type: none"> - 현 개발된 광학식 측정센서는 이취미 유발물질, Chl-a 등의 물질을 정확한 측정에 한계 - 現 녹조 모델 정확도는 61%('12)로 녹조 문제를 신속하게 대응하기 위해서는 센서 정확도 향상 필요 	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 비점오염원 사전오염 관리기술은 단순히 접촉재를 지천 유로에 설치하여, 수중의 오염물을 제거하는 기술로 제거율 30~50%(BOD) 불과 - 타겟물질도 낮은 농도의 BOD 혹은 SS에 국한되었음. 녹조 발생의 주요인자인 고부하의 총인(TP) 제거에 적용될 수 없음 	<ul style="list-style-type: none"> - 녹조대발생시 하천/호수 등에 직접 적용 가능한 녹조제거 실증기술 부족 - 조류경보제 도입에 따른 시나리오별 녹조 사후관리 기술 부재
부처별 역할	<ul style="list-style-type: none"> - (환경부) 조류 발생 예측/감시 	<ul style="list-style-type: none"> - (환경부) 비점오염원 관리 * 제2차 비점오염원 종합대책(범부처) 	<ul style="list-style-type: none"> - (국토부) 정체수역(하천 등) 관리 및 취수구 관리 - (환경부) 상하수도 오염관리 및 수질개선 - (농림부) 농업용 저수지 관리
동사업 추진 방향	<ul style="list-style-type: none"> - 녹조예측 정확도 향상에 기여할 수 있는 개발시 수요자(과학원) 연계가 가능한 실시간 모니터링 실증기술 개발 추진 	<ul style="list-style-type: none"> - 녹조현상을 축산단지 인근 소규모 지천에 적용하여 비점오염원에 적용가능한 총인 포함 오염물 부하 저감기술 개발 추진 (지자체 보급 가능한 기술개발 추진) 	<ul style="list-style-type: none"> - 4대강 수계에서 녹조발생 직전 단계에서 녹조확산을 예방하기 위한 초동대응용 녹조제거기술 개발 추진

6. 종합 분석결과

<종합 분석결과>

□ 대규모 수계와 정수장에서 실제 활용 가능한 비용효과적인 녹조관리 기술 개발 및 확보가 시급

- 소규모 호소 적용가능 기술만으로는 대규모 하천에서 발생 후 빠르게 확산하는 녹조의 효율적 제거가 곤란
 - 점·비점 오염원, 하천, 정수장에서 실제 활용 가능한 기술이 필요
- 발생 후 대처와 함께 발생 전 신속한 대응을 통하여 처리 비용 절감 및 피해 최소화 도모

□ 다부처 협력을 통한 녹조 대응과 협력이 요구

- 우리나라 물관리 체계는 기능별로 다원화 되어있어 녹조 문제 해결을 위한 다부처간 협력과 대응이 필요

□ 주요 선진국은 조류에 의한 피해로부터 국민을 지키기 위한 수질 및 조류 관련 지표를 세부적으로 제시

- 녹조 발생 시, 국민들이 막연한 불안감을 갖지 않고 위험하고 안전한 정도를 인지해 실질적으로 대응할 수 있는 세부적인 가이드라인이 필요

가. 한계점 및 이슈분석

□ 녹조 대응 단계별 기존 한계점

- (발생방지) 녹조발생 원인 물질의 저감 및 유입 관리
 - (R&D) 점·비점오염원 관련 기술은 비용 대비 낮은 효용
 - (법/제도) 점오염원의 총인 저감을 위해 5천억 원을 투자했으나 비점오염원으로 부터의 총인 유입 저감을 위한 투자는 미흡
 - * 비점오염원이 하천 오염부하의 약 68%를 차지하나, 예산 투자는 점오염원 관리사업 대비 2.3%('12년 기준)에 불과한 실정임

- 녹조 발생 자체는 자연현상이나 급격한 발생 증가에 따라 이슈 및 기사화
 - 주요 하천 녹조에 대한 언론 및 시민단체의 지속적인 이슈화
- (모니터링) 녹조예측기술 보완 필요
 - (R&D) 국립환경과학원(현 물환경평가연구과) 클로로필-a(Chl-a) 예보 구간별 적중률 시행 첫 해('12) 61%에 불과
 - (인프라) 4대강 16개 보 대표지점에서 주 1회 조류 모니터링(우점종, 유해 남조류 개체수) 실시中
 - Chl-a 뿐만 아니라 T-N, T-P, 일부 남조류 농도 등을 자동 모니터링 시스템을 현재 가동 중이나, 자동·수동 측정값간의 정확도 비교 평가 등 정도관리에 대한 이슈 존재
 - * 1 point 채수 방식으로 녹조발생 강도 및 추세 파악은 가능하나 조류의 공간적 분포 파악 불가
 - (인프라) 수질원격감시시스템(TMS), 수질자동측정망 등을 통해 방류수질 및 하천 수질을 실시간 모니터링하여 이를 물환경정보시스템을 통해 수질 예보에 반영
 - * '14.1월 현재 TMS 722개소, 수질자동측정소 67개소 운영 중
 - (법/제도) 조류로 인한 맛·냄새·독성 등의 실질적인 피해에 대한 관리제도 미흡
 - * 환경부에서는 '14년 현재 조류경보제를 개선 추진 중(현행 조류경보제는 클로로필 a와 남조류 세포수로 조류발생단계를 규정)
- (녹조 관리)실질적인 녹조 저감 기술 부재로 인한 녹조 확산 및 피해 지속
 - (R&D) 녹조 제거 시, 제거 속도보다 녹조 확산속도가 빨라 대규모 녹조 현상 지속
 - (R&D) 차단막 설치, 직접 제거, 생물학적 처리 방법 등 현존하는 녹조 제거 기술의 효율이 낮으며 실질적으로 하천에 적용 가능한 기술 부재, 개발 기술의 경우 현장 적용성을 확보하지 못한 lab-scale이 대부분
 - * 물리적 처리방법은 경제성 부족, 화학적 처리방법은 제거물질 살포에 따른 수질·수생태계 영향 검증 미흡, 생물학적 처리방법은 실제 적용가능성에 대한 검증 미흡
 - (R&D/인프라) 한시적으로 발생하는 녹조 관리 비용이 매우 높게 소요
 - (법/제도) 하천에 인공구조물 설치 금지, Test-bed 및 검증 프로그램 미흡 등으로 인한 개발된 기술의 검증과 적용 곤란
 - (정수처리) 조류로 유발되는 독성 및 이취미물질 처리를 위한 약품투입비 증가 등 많은 운영비 발생
 - (R&D) 조류로 인한 맛, 냄새, 독성은 고도처리공정에서 제거가 가능하며

높은 설치·운영비용 발생

- (인프라) 소규모 지자체의 경우 예산부족으로 일반처리시설 설치 및 운영조차 미비, 지자체별 정수처리의 편차 발생

* 수자원공사는 3,000억원을 투입하여 현재 3개지역에 고도처리시설 설치를 완료하였으며, '16년까지 5개 추가 설치 예정

* 서울시 역시 '16년까지 자체예산으로 서울 전역에 고도처리 시설 설치 완료 예정

나. 사회적 수요 파악

- 핵심 이해관계자 및 관련 분야 전문가 대상 인터뷰를 통해 정책 및 기술적 측면에서의 사회적 수요를 파악
- (기술개발) 현장 적용이 가능한 기술 및 기존기술을 비용효과적으로 공급할 수 있는 기술의 개발이 필요
 - (발생방지) 비용효과적인 총인 저감 기술 개발이 필요
 - (모니터링) 녹조예측정확도를 향상 시킬 수 있는 기술의 보완과 면단위 광역 모니터링 및 남조류 측정 센서 등의 기술 개발이 요구
 - (녹조관리) 새로운 기술의 개발과 함께 기존 기술의 실용화, 사후관리를 통한 현장 적용성 확보 방안 고려
 - (정수처리) 녹조발생시 정수장 유입원수를 비용효과적으로 전처리하여 '안전한 먹는 물'을 공급할 수 있는 기술의 개발이 요구
- (법/제도) 기술개발을 위한 제도 개선(안) 마련이 요구
 - (발생방지) 점·비점오염원 관리를 위한 규제 합리화를 고려할 수 있으며, 기술적인 측면과 함께 병행되어야 할 부분으로 판단
 - (녹조관리) 기존 lab scale 기술이 현장 적용성을 확보하기 위해, 유관부처의 기술 실증 절차 간소화 및 테스트베드 제공 등의 협조가 필요
 - (정수처리) 원수와 더불어 먹는 물의 수질개선을 위한 지원책 필요
- (인프라) 기구축되어있는 인프라 활용
 - (모니터링) 기구축되어 있는 물환경정보시스템과 수질예보 전담 조직인 국립환경과학원 물환경평가연구과를 활용하는 방안 고려
 - (정수처리) 비용효과적인 수처리 요소기술의 개발과 더불어 이의 공급을 통한 인프라 확충이 필요

<표16> 대응체계별 한계와 사회적 이슈 매핑(mapping)

구분		사회문제 해결을 위한 대응체계			
		녹조 발생		녹조관리	정수처리
		발생방지	모니터링		
한 계	기술 개발	점·비점오염원 관련 기술은 비용 대비 낮은 효용	국립환경과학원 수질통합관리센터의 Chl-a 예보 구간별 적중률은 시행 첫 해 61%에 불과	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 현존하는 녹조 제거기술의 낮은 효율 ◦ 실질적으로 하천에 적용 가능한 기술 부재. 개발기술의 경우 현장 적용성을 확보하지 못한 lab-scale이 대부분 ◦ 한시적으로 발생하는 녹조 관리 비용이 매우 높게 소요 	조류로 인한 맛, 냄새, 독성은 고도처리공정에서 제거가 가능하나 높은 설치·운영비용 발생
	법/ 제도**	녹조 발생 자체는 자연현상이나 급격한 발생 증가에 따라 이슈 및 기사화	조류로 인한 맛, 냄새, 독성 등 실질적인 피해관리제도 미흡	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기술실증절차 복잡·불편 	원수의 수질개선을 위한 투자에 비해 먹는 물의 수질개선을 위한 예산 부족
	인프라		현재 물환경 정보시스템을 통해 연계 중이며 수질예보에 반영 중		일부 수처리기관의 경우 일반처리시설 설치 및 운영조차 미비, 수처리기관별 정수처리의 편차 발생
수 요	제 반 인프라		기구축 되어있는 시스템과 조직을 활용 및 보완		수처리 시설의 공급 및 인프라 확충
	정책 수요	규제합리화		<ul style="list-style-type: none"> ◦ 테스트베드 제공 및 현장검증위한 절차 간소화 	먹는 물의 수질개선위한 예산 지원체계
	기술 수요	비용효과적인 총인 저감 기술 개발	남조류 측정 센서 등의 개발	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 새로운 기술의 개발과 함께 기존 기술의 현장 적용성 확보 	고도처리공정과 표준처리공정의 비용효과적인 기술개발

제3장 과제 추진목표 및 내용

1. 사회문제 해결 기본방향

◆ 4대강 수계별 특성을 고려한 녹조 전주기(발생방지→모니터링→녹조관리→정수처리)에 걸친 대응체계 고도화 필요

□ 주요강 수계별 녹조 발생 메커니즘 규명 및 실시간 모니터링 기술필요

- 주요강내 보설치 이후, 변경된 수환경에 대한 메커니즘 규명 필요
 - 보설치 이후, 불과 1.5년이 지난 시점으로 변화된 물환경 조건을 반영하여 수계별 녹조발생 메커니즘 규명 필요
- 수계별 남조류 발생 메커니즘 규명을 통한 수치모델을 기반으로 하는 한국형 조류예측모델 개발 필요
 - 조류 예측모델과 연동할 수 있는 실시간 녹조 모니터링 시스템을 구축하여 정확한 정보를 제공

□ 발생오염원에 대한 녹조발생 주요인자의 지속적 관리

- 녹조 상습 발생지역의 발생오염원(점·비점) 집중관리가 필요하나, 현재 오염원 관련 기술은 비용 대비 낮은 효율
- 녹조의 사전예방은 근본적으로 발생오염원에 대한 집중관리가 필요하므로 장기적인 관점에서의 정책적 고려가 병행되어야 할 것으로 판단

□ 현장 적용형 녹조관리 기술 확보 및 녹조 저감 제도 활용

- 신규 기술의 개발과 함께 기존 기술의 현장 적용성 검증을 통한 대규모 수계에서 실제 활용가능한 안전한 기술 확보에 주력
- 4대강 수계별 특성을 고려한 최적화된 녹조 제어기술 도출 필요
 - 기술의 현장적용성 강화를 위한 과학↔엔지니어링 결합형 연구팀 구성 유도

□ 취수구부터 수처리 공정까지 통합 관리

- 국민에게 녹조로부터 안전한 먹는 물을 비용효과적으로 공급하기 위해 최종소비자 직전 단계인 정수처리에 집중

AS-IS		⇒	TO-BE	개선방향	기대 효과		
녹조 예측 및 모니터링	조류 예보 적중률 61%	⇒	녹조 예측 정확도 향상	⇒ 기존시스템 및 원격탐사를 활용한 녹조 모니터링 시스템 고도화	⇒ 녹조확산 방지 및 국민 불안 해소		
	조류경보제 기준에 조류로 인한 피해 미포함		조류경보제 개선				
녹조 관리	발생 방지	⇒	영양염류 관리 강화	⇒ 발생오염원의 지속적인 관리	⇒ 녹조발생 원인물질 저감		
			비점오염원 관리 기술 개발 및 기존기술 개선				
			이슈 및 기사화			국민의식 제고 필요	
	사후 관리		⇒	개발된 기술의 실증·개선을 통한 현장적용 기술 확보	⇒ 안전한 현장 적용형 녹조관리 기술 확보	⇒ 수계별 특성에 최적화된 녹조 제어기술 도출	
				현존하는 기술의 낮은 녹조 제거 효율			개발기술 적용을 위한 Test-bed 선정시 유관부처 협조
				개발기술의 현장 적용성, 안전성 미확보			높은 녹조 관리 비용
정수장 녹조 관리	⇒	고도처리공정 높은 비용 발생	⇒ 수처리기관별 적정 시설 설치로 인한 정수처리 고도화	⇒ 안전한 먹는 물의 비용효과적 공급			
		일반처리공정 맛,냄새,독성 제어 어려움					
		정수처리 과정 상 효과적 녹조 대응체계 고도화 필요			취수구 녹조 모니터링 고도화(맛, 냄새물질 실시간 검측 등)		
		정수처리 공정 내 조류, 조류로 인한 유해물질 (독소 등) 최적 처리					

[그림 5] 본 사업의 추진방향

2. 과제 목표 및 범위

□ 비전 및 목표

○ 비전

비전	녹조 R&D를 통한 근본적 녹조문제 해결		
추진 전략	↑		
	녹조 발생예측 및 모니터링 기술개발	녹조 관리 기술개발	정수장 녹조관리 기술개발
목표	↑		
	○ 녹조 예측 정확도 향상·고도화 : 61%('12) ⇨ 70%('17) ○ 수계별, 녹조 발생 단계별 맞춤형 녹조 제어기술 도출 ○ 녹조 대발생에도 '안전한 먹는 물'의 '비용 효과적 공급' 시스템 개발		
추진 과제	↑		
	1. 녹조 예측 및 모니터링 기술 ('14~'17)		
	녹조 발생예측	◆ 녹조 발생 메커니즘 연구('14~'17) ◆ 통합 녹조예측시스템 개발('14~'17)	
	녹조 모니터링	◆ 실시간 녹조 발생 감시기술 개발('14~'17)	
	2. 녹조 관리 기술 ('15~'17)		
	녹조 사전관리	◆ 고농도 비점오염원(인저감) 관리기술 개발('15~'17) ◆ 녹조 유발물질 센싱기술 개발('15~'17)	
	녹조 사후관리	◆ 조류경보에 따른 친환경 녹조 제거 및 처분기술 개발('15~'17)	
	3. 정수장 녹조관리 기술 ('14~'17)		
	정수장 녹조관리	◆ 정수장 유입조류 제어 및 전처리 공정기술개발('14~'16) ◆ 정수장 유입조류 측정에 따른 의사결정 시스템 개발('14~'16)	

[그림 6] 본 사업의 목표 및 추진과제

○ 추진목표

- 녹조에 대한 정확한 대국민 정보제공 및 현장적용 가능한 녹조관리 기술 개발·보급을 통해 녹조피해 최소화
- (단기) 기 개발된 녹조제거 기술의 실증사업화 및 비용효과적인 정수처리 기술개발 등 수생태 안정성 확보
- (중장기) 수계 특성에 최적화된 녹조 제어기술 개발방안 도출 및 녹조원인물질 사전 제어를 통한 녹조 예방 최적화방안 마련

□ 과제 범위

- (대상적 범위) 녹조 발생방지, 모니터링, 녹조관리(제거/저감) 정수처리를 대상으로 현장적용 기술 확보 및 제도 개선
 - (환경부) 녹조 발생방지, 모니터링, 녹조관리 기술개발 및 실증, 제도개선을 대상으로 연구 범위 설정
 - * 국립환경과학원 : 녹조 모니터링 및 예측시스템 고도화 분야
 - * 한국환경산업기술원 : 녹조관리(발생오염원 등), 정수처리 고도화 분야
 - (미래부) 정수장 녹조 처리를 대상으로 취수구부터 수처리공정까지의 기술 개발 및 보급 추진
 - (국토부) 하천구조체를 활용한 녹조 발생방지 및 이의 하천설계기준 반영
- (시간적 범위) 본 과제의 기간은 총 4년(2014~2017)으로 구성
 - (1단계) 개발 기술의 실증과 비용효과적인 기술개발 선 추진
 - (2단계) 현장적용 가능 기술 확보와 이를 반영한 모니터링 시스템 및 제도 운영
- (공간적 범위) 환경부(녹조 예측, 모니터링, 녹조관리 등)와 국토부(하천 등)는 각각의 관할 연구, 미래부는 환경부와 함께 정수장 녹조관리로 연구범위 설정
 - (환경부) 소관 영역 및 제도·법률에 따라 기술개발·확보 및 테스트베드 제공
 - (미래부) 환경부와 합동으로 정수장 녹조 기술 개발
 - * 한국환경산업기술원 : 현장에 직접 적용이 가능하도록 요소기술로 실증 기술개발 추진
 - * 한국연구재단 : 정수장 녹조관리 통합 솔루션 도출을 위한 연구단 중심의 기술개발 추진
 - (국토부) 하천, 호소 구조체 기술개발 및 테스트베드제공, 하천설계 기준(안) 마련



[그림 7] 본 과제 범위

3. 과제 추진전략

◆ 녹조 발생부터 정수처리까지 전주기(발생방지→모니터링→녹조관리→정수처리)별 실제 현장적용이 가능한 비용효과적인 기술개발 추진

□ 추진 전략

○ 환경부 중심의 '범부처 녹조연구 협의체'를 통한 운영

- 물관리 부처가 다원화(환경부, 국토부, 지자체 등)되어 있고, 녹조 관련 연구의 중요성에 따라 관계부처 및 유관기관 담당자 협의체 구성
- 사회문제해결형 다부처 공동기획을 통한 R&D 사업 추진목표 및 연구 내용을 공유하고, 현안 해결 중심의 R&D 추진 체계 재정립

○ R&D 사업을 통해 개발된 기술의 현장적용성을 강화하기 위하여 과학 ↔엔지니어링 결합형 연구팀 구성 유도

<표17> 기술개발의 현장적용성 강화 방안

기 존	향 후
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부처(환경부, 산업부, 농림부 등) 산발형 ▪ 연구자 개별연구, 소액연구 ▪ 실험실 소규모 연구 ▪ 단기연구 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 범부처 공유형 ▪ 통합형연구 · 시스템화 ▪ 현장(실용 · 실증) 중심 ▪ 중장기연구

□ (환경부) 녹조예측 정확도 향상 및 예측시스템 고도화(실시간 모니터링)

○ '녹조 예측 및 모니터링 시스템 구축' 분야는 환경부 일반예산*으로 편성되어 자체 수행

* 조류 R&D 사업 '15년도 사업기획을 위한 유관기관 업무협의 완료('14.5, 환경부)

- (녹조 예측) 4대강 수계별 녹조예측을 위한 '녹조발생 메커니즘' 연구 및 한국형 녹조예측 수치모델의 고도화 → 녹조 발생 및 확산의 단기예측 정확도 향상
- (녹조 모니터링) 녹조발생 예방과 발생 후 신속한 대응을 위한 실시간 광역 녹조관측 및 녹조예측 시스템 연계모듈 개발

- 무인비행시스템과 고해상도 초분광 영상 자료 분석을 통한 실시간 조류 모니터링 시스템 개발

○ 녹조 R&D 로드맵을 중심으로, Test-bed 부지선정 등 시너지 효과를 발휘할 수 있도록 관계기관과 협의하여 연구 추진

□ (환경부, 국토부) 4대강 수계특성을 고려한 비용효과적인 녹조관리 기술개발

○ (환경부) 발생 후 대처만이 아닌 조류 성장인자 제어를 통한 근본적이고 장기적인 녹조문제 해결을 위한 과학↔엔지니어링 결합형 실증화 연구팀 구성

- (녹조 사전관리) 녹조 상습 발생지역의 발생오염원(점·비점) 주변의 수질개선 및 수계(호소, 하천)내 인저감을 통한 녹조대발생 예방기술 실증화 추진

- 녹조발생이 심각한 지역에 Test-bed 부지를 선정하여 수계내 인(TP) 저감을 통한 녹조관리 솔루션을 제공할 수 있는 실증 기술개발

- (녹조 사후관리) 녹조대발생 이후, 녹조가 수계에서의 확산방지 및 친환경 녹조제거기술 개발로 연계 추진

- 현장적용이 가능한 천연물질/산화제 기반의 친환경 살조물질, 생물학적 조류제어물질의 실용화를 통한 비용·효과적 조류제거기술 개발

- 발생조류 현장유도·집중화, 고정·이동형 조류제거기술, 수상 이동형 조류 제거기술 등 물리·화학적 조류제거기술 개발

- (녹조 측정·분석기술) 녹조 발생 사전탐지 및 독성물질 측정을 위한 녹조 안정성 감시 요소(센싱)기술 개발 및 현장 적용

- 융복합센서 등 독성물질 측정기술 개발 및 수질센서 네트워크 구축을 통한 3차원 녹조감시 및 조기경보 모니터링 시스템으로 활용

* 국립환경과학원과의 기술수요조사를 통한 활용가능한 센서개발 추진

○ (국토부) 하천, 호소 등 수변공간에서의 조류 성장인자 제어를 통한 근본적이고 장기적인 녹조문제 해결을 위한 구조체 연구 추진

- 하천 구조체를 활용한 조류 제거시스템 개발

□ (환경부, 미래부) 녹조 대발생에도 '안전한 먹는 물'의 '비용효과적 공급'

○ (환경부) 4대강 수계별 특성에 따른 맞춤형(비용효과적) 녹조 관리 실증화 기술개발 추진

- 중·소형 정수장 경우, 녹조대발생시 설비 부하 증가 및 운영비 부담 심각
 - 이에, 취수구~착수정 중의 전처리공정 기술로 이동·고정형 용존공기부상공정 (DAF) 등 현장에 직접 적용이 가능하도록 요소기술로 실증개발 추진
 - 실제 정수처리장 운영에 애로가 있는 중소규모 정수장을 대상으로 Test-bed구축을 통한 지역현안 해결
 - 수요자(지자체 등) 맞춤형 기술개발을 통한 지역 환경 현안 해결 및 한국형 녹조대응 정수장 관리체계 구축
- (미래부) 과학기술을 중심으로 법·제도 개선, 서비스 전달 등 녹조관리 통합 솔루션 도출을 위한 연구단 중심의 기술개발 추진
- (차별성 확보) 환경부(기술원)-미래부(연구재단) 연구협력 네트워크 구축
- 유사기술의 중복투자 방지를 위해 충분한 상호 검토 후 사업 추진
 - 미래부의 추진 과제와의 중복성검토 결과 전처리 및 공정개발 측면에서 모두 확연한 기술적 접근 방법의 차별성이 있음(한국연구재단, KIST)

구분	주요내용	대상
STEP 1 `14년 신규과제 접수	· `14년 신규과제 접수 완료	기술원
↓		
STEP 2 중복성검토 요청	· 신규 접수과제 중복성검토 요청 - 유사기술 1차 검토	기술원 ⇒ 연구재단
↓		
STEP 3 검토의견 회신	· 중복성 검토의견 회신	연구재단 ⇒ 기술원
↓		
STEP 4 평가위원 추천 요청	· 후보위원 추천 요청 - 전문가 2인 이내(미래부 선정평가 위원 등)	기술원 ⇒ 연구재단
↓		
STEP 5 평가위원 후보 회신	· 선정평가위원 구성·확정	기술원
↓		
STEP 6 선정평가 참석 요청	· 추천위원 포함/선정평가 참석 요청	기술원 ⇒ 연구재단
↓		
STEP 7 선정평가 개최	· 조류 R&D 발표·패널평가 개최 - 유사기술 2차 검토	기술원

[그림 8] 환경부, 미래부 R&D 협력 프로세스(안)

4. 과제 추진내용

□ 사업 추진일정

- 동 사업은 '14년부터 '17까지를 총 사업기간으로 하며 현장 기술개발(℞), 법·제도(ℒ) 및 인프라(①) 개선 등 토탈솔루션 제공을 목표로 추진함
- 환경부는(한국환경산업기술원) '14년에 기확보된 예산 12억원을 투입하여, '안전한 먹는 물' 공급을 위한 정수장 녹조문제 해결을 위한 기술개발 추진
 - '14년에는 지역 환경 현안 해결이 시급한 녹조 우심지역의 정수장 녹조관리를 위해 “녹조 대발생에도 안전한 먹는 물의 비용효과적 공급”을 목표로 정수장 유입조류제어 전처리 공정기술 및 유입조류 측정에 따른 의사결정 시스템 개발 실증화 과제 2개를 추진 중이며, '15년부터 본 과제와 함께 수행 할 예정
 - 주요 수계별 특성을 고려한 조류 감시 및 제거·활용 등 최적 조류관리 실증 기술 개발을 통한 국민 물복지 향상을 목적으로 '17년까지 4년간 시행 예정
- 미래부는 “깨끗하고 안전한 먹는 물 공급 확대”를 주제로 '14년부터 기확보된 예산(25억원)으로 식수원 녹조 모니터링·저감 및 통합관리 시스템 개발을 추진하고 있으며, '15년부터 본 과제와 함께 수행 할 예정
- 국토부는 “하천 수질개선을 위한 수층별 모니터링 기법 및 자연정화 공법 개발 기획”를 주제로 '13년에 기획을 수행하였고, 기획 연구사업에서 추진된 로드맵 일부와 본 사업의 기획보고서의 기술로드맵을 바탕으로 '15년부터 '하천구조체를 활용한 하천내 녹조관리기술 개발'을 추진 할 예정



㉔ : 기술개발, ㉕ : 법·제도, ㉑ : 인프라

[그림 9] 사업추진 로드맵

□ 세부 추진과제 구성

- '녹조 예측 및 모니터링', '녹조 관리(사전관리, 사후관리)', '정수장 녹조처리' 분야로 분리하여 녹조 발생 전주기적 관점의 기술개발 추진

<표 18> 사업 구조

단위 과제		실천 과제		주관부처
녹조에 측 및 모니터링*	기술 개발	국내 출현 남조류의 거동 특성 규명 및 예측모델 고도화		환경부(과학원)
		첨단기술을 이용한 실시간 녹조모니터링 시스템 개발		환경부(과학원)
	법/제도	조류경보제 개선(안) 마련		환경부(과학원)
녹조 관 리	기술 개발	고부하 비점오염원의 인 제거·관리기술 개발		환경부
		녹조발생에 따른 녹조 유발물질 센싱기술 개발		환경부
		하천 구조체를 활용한 하천 내 녹조관리기술 개발		국토부
	법/제도	하천설계기준에 하천구조체 설치 기준(안) 마련		국토부
	기술 개발	조류경보에 따른 친환경 녹조제거 및 처분기술 개발		환경부
		기술의 현장적용을 위한 제도 합리화 방안 마련		환경부
정수장 녹조 관 리	기술 개발	정수장 유입조류 제어 및 전처리 공정기술개발 실증화		환경부
		정수장 유입조류 측정에 따른 의사결정 시스템 개발 실증화		환경부
		녹조로부터 안전하고 깨끗한 먹는 물 공급 체계 구축		미래부
	법/제도	정수처리 선진화 연구 실증을 위한 관련 법·제도 개선방안 연구		미래부
	인프라	취수방식 및 도수관로 개선기술 보급		미래부
		중 소형 정수장에 대한 비용효율적 녹조제거 전처리 기술 보급		환경부
		녹조 관련 사회적 핵심이슈 발굴 및 효과적 소통체계 구축·실증		미래부

* ‘녹조 예측 및 모니터링’ 분야는 환경부 일반예산으로 편성되어 자체 수행 예정

□ (환경부) 녹조예측 정확도 향상 및 예측시스템 고도화

(1) 국내 출현 남조류의 거동 특성 규명 및 예측모델 고도화

○ 국내 출현 유해 남조류의 거동특성 규명과 예측모델 개발 연구

- (목적) 4대강 전역에서 발생하는 녹조에 대한 예측이 불가능한 상황으로 국내 수계에서 녹조를 유발하는 유해 남조류에 대한 예측모델 개발 필요
- (주요 내용) 유해 남조류 발생 메커니즘 및 생리·생태 연구를 통한 녹조 원인/조절 인자 규명과 모듈 개발로 한국형 유해 남조류 예측모델 제시

(2) 첨단기술을 이용한 실시간 녹조모니터링 시스템 개발

○ 실시간 조류모니터링 시스템 개발

- (목적) 고해상도 초분광영상(Hyper Spectral Imagery, HSI)을 이용한 광역 수체의 조류 분포 및 거동변화 파악
- (주요 내용) 낙동강 수계 본류를 대상으로 초분광센서, 무인이동 자동모니터링 시스템, 정밀측량항공기 등 첨단 기술을 이용한 원격 모니터링 체계 도입

<표19> 녹조 예측 및 모니터링 실천과제

단위 과제	실천 과제	주관부처	당해연도 예산(백만원)
녹조예측 및 모니터링*	국내 출현 남조류의 거동 특성 규명 및 예측모델 고도화	환경부(과학원)	700
	첨단기술을 이용한 실시간 녹조모니터링 시스템 개발	환경부(과학원)	1,300

* '녹조 예측 및 모니터링 구축' 분야는 환경부 일반예산으로 편성되어 자체 수행

□ (환경부, 국토부) 4대강 수계특성을 고려한 비용효과적인 녹조관리 기술개발

가. 녹조 사전관리 기술

(1) 비점오염원관리 기술개발

○ 지천관리를 위한 고부하 비점오염원의 인제거 관리기술 개발

- (주요내용) 녹조발생에 주요 인자인 총인(TP) 저감을 통한 수질개선 및 농지, 가축분뇨(고농도)의 인 처리기술 등 수계(호소, 하천)내 인저감 특화 처리 기술 실증화

- (후보기술) ▲인 흡수 식생종 발굴 및 증식·배양 기술 ▲인 회수가 가능한 고효율 인흡착 bedding material 제조 기술, ▲인흡착 bedding 설치/운영 기술 ▲높은 인흡착이 가능한 식생과 인회수 bedding 시스템을 이용한 저에너지 소모형 정화시스템 ▲수거된(인흡착) 총인 자원화 기술 등
- 인저감을 통한 수질개선 및 농지, 가축분뇨의 인 처리기술 등 수계(호소, 하천)내 인저감 특화 처리기술의 실증화
- 기존 기술대비 주요 차별성
 - 기존 지천정화 기술은 단순히 접촉재를 지천 유로에 설치하여, 수중의 오염물을 제거하는 기술로 제거율이 30-50%에 머물렀음. 또한, 제거 대상도 낮은 농도의 BOD 혹은 SS에 국한되었음. 고부하의 인의 제거에 적용될 수 없음
 - Phytodepuration은 시스템 내의 식생과 미생물에 의한 동화/분해 작용, 흡착/흡수/침전 등을 통해서 축산단지에서 유입되는 고부하의 오염물을 저감시킴
 - 식생에 의한 filter 효과와 번식 공간 제공을 통한 미생물 증식 및 질소/인 제거 효율 증대

(2) 수계별 녹조발생에 따른 이취미물질 측정·분석기술 개발

- 녹조발생 사전탐지 및 독성물질 측정을 위한 녹조 안정성 감시 요소(센싱)기술 개발 및 조류경보제 연계 활용
 - (후보기술) ▲영양염 검지용 나노센서 개발 ▲Chl-a 광센서 개발 ▲녹조 유발 냄새물질 센서 개발 ▲녹조 독소물질 감지기술 개발 등
 - 기개발된 센싱기술에 나노-바이오-광학 융복합센서 개발을 통한 관련 시장의 국산화
- 융복합센서 등 독성물질 측정기술 개발을 통한 3차원 녹조감시 및 조기경보 모니터링 시스템으로 활용

(3) 하천구조체를 활용한 녹조관리기술 개발

- 하천 유입 녹조 원인 차단 기술 개발
 - 하천변 녹조 원인물질 차단 및 저감기술
 - 친환경적인 고성능 여재 연계 고정형 조류 포집·여과시스템 개발

○ 조류발생 억제기능 강화 친환경 하천 구조체 개발

- 하천둔치, 식생정화대 등 하천 구조체를 활용한 조류의 제거 시스템 및 관리기술 개발

○ 정책·법·제도 연구

- 하천설계기준에 수질정화공법 반영

<표20> 사업구조 녹조 사전관리 분야 실천과제

단위과제		실천과제	주관부처	당해연도 예산(백만원)
녹조 관리	녹조 사전 관리	비점오염원 관리기술개발	환경부	2,000
		수계별 녹조발생에 따른 이취미물질 측정·분석기술 개발	환경부	800
		하천 구조체를 활용한 하천내 녹조관리기술 개발	국토부	1,000

나. 녹조 사후관리 기술

(1) 조류경보에 따른 친환경 녹조제어 및 처리기술 개발

- (필요성) 조류 발생 상승, 심화지역 내의 통합방제 및 신속 대응과 2차 환경피해 예방을 위한 물리·화학적 조류제거기술 필요
- 발생조류 현장유도·집중화, 고정·이동형 조류제거기술, 수상 이동형 조류제거기술 등 물리·화학적 조류제거기술 개발
 - (후보기술) ▲수상형 조류 저감기술 실증화, ▲육상형 조류 저감기술 실증화, ▲조류 수거 기술 및 수거 조류의 처리·처분 기술 실증화 등
- 효율적인 녹조 차단(원위치) 및 상수취수원 보호를 위한 능동형 녹조 차단기술의 상용화

<표21> 녹조 사후관리 분야 실천과제

단위과제		실천과제	주관부처	당해연도 예산(백만원)
녹조 관리	녹조 사후 관리	조류 경보에 따른 친환경 녹조제거기술 개발(실증화)	환경부	2,000

□ 취수구부터 수처리 공정까지 통합 관리

○ (환경부) 정수장 현장에 직접 적용이 가능한 비용효과적인 실증화 사업

- (모니터링) 전처리된 유입수에 대한 이취미물질 모니터링을 통한 적절한 약품투입량(염소, O₃, 활성탄 등) 등의 공정 최적화 기술개발

* (과제명) 정수장 유입조류 측정에 따른 의사결정 시스템 개발 실증화

- (녹조저감) 정수장 유입조류 제어를 위한 비용효과적인 전처리 공정개발

* (과제명) 정수장 유입조류 제어 및 전처리 공정기술개발 실증화

○ (미래부) 정수장 녹조제어 최적화 기술 도출을 위한 토탈 솔루션 개발

- (모니터링) 유전자 정보기반 모니터링을 통한 조기경보 시스템 구축
- (녹조저감) 강변여과된 처리수의 집수정(정수처리 공정內) 반응물질을 이용한 2차 처리기술개발

* (과제명) 녹조로부터 안전하고 깨끗한 먹는 물 공급 체계 구축

<표22> 정수장 녹조처리 분야 실천과제

단위 과제	실천 과제	주관부처	당해연도 예산(백만원)
정수장 녹조관리	정수장 유입조류 제어 및 전처리 공정기술개발 실증화	환경부	700
	정수장 유입조류 측정에 따른 의사결정 시스템 개발 실증화	환경부	500
	녹조로부터 안전하고 깨끗한 먹는 물 공급 체계 구축	미래부	3,000

가. 첨단기술을 이용한 실시간 녹조모니터링 시스템 개발(환경부(과학원))

(1) 배경 및 필요성

□ 내용

- 4대강을 포함한 광역수체의 녹조 관리를 위해 흐름·폭 방향의 조류 분포 및 거동변화를 파악할 수 있는 면(面) 단위 원격 모니터링 기술 필요

- 갈수기 녹조대응을 위해 전국 주요 하천의 조류발생 모니터링을 강화하고 있지만, 수 백 km에 달하는 하천구간의 현황을 파악하기에는 부족한 상황

(2) 목표 및 과제 구성

□ 내용

- 초분광센서, 무인비행체, 무인이동 자동수질모니터링시스템 등의 첨단 기술을 이용한 광역수체 녹조 원격 모니터링을 위한 기술 기반 마련

(3) 추진내용

□ 현장실측자료 수집 체계 구축

- 초분광영상 촬영 및 정밀 전처리 기법 개발

- 40회/년, 400km/회 초분광영상 정기 촬영
- 초분광영상의 정량분석을 위한 전처리(보정) 기법 개발

- 현장실측자료 수집을 위한 무인이동 모니터링 체계 구축

- 수질 자동측정센서, 유향 및 유속 자동측정 센서, 기상 자동측정 센서, 측정 자료 무선 송신 모듈을 탑재한 무인이동선체 운용 체계 구축

* 측정항목: 수온, 전기전도도, 용존산소(DO), 탁도, 클로로필, pH

□ 초분광영상을 활용한 녹조 분석 기법 개발

○ 수체 정밀 반사율 산정 기법 연구

- 초분광영상을 이용하여 수중에서 방사되는 에너지 추정 기법 개발

○ 녹조 정량분석기법 개발

- 초분광영상 밴드비, 단일분광화소를 이용한 방법 등을 비교 분석하여 우리나라 담수 환경 조류 분석에 적합한 분석기법 개발

○ 녹조 분광특성 연구

- 녹조 종류별 분광특성 연구 및 분광 라이브러리 구축

□ 실시간 녹조모니터링 시스템 개발

○ 현장실측자료 관리시스템 모듈 개발

- 현장실측자료의 무선 수신 및 저장, 관리를 위한 데이터베이스 모듈
- 원격탐사 기법을 이용한 녹조 분석 결과 정보 저장 및 조회 기능 수행

○ 실시간 녹조 분포 모니터링 모듈 개발

- GIS를 기반으로 한 녹조 분포 조회 및 분석 모듈
- 각종 주제도 중첩을 통한 공간 분석 기능 수행

(4) 연차별 추진계획

□ 1년차

○ 낙동강 수계 녹조 원격 모니터링 연구

- 초분광 영상 촬영(40회/연) 및 영상 전처리 기술 연구
- 조류 종류별 분광특성 연구 및 분광 라이브러리 구축

□ 2년차

○ 3대강 수계 녹조 원격 모니터링 확대

- 초분광 영상 촬영(40회/연) 및 영상 전처리 자동화 연구
- 환경인자 조절에 따른 변화를 반영한 조류 분광특성 연구

□ 3년차

○ 4대강 수계 녹조 원격 모니터링 고도화

- 초분광 영상 촬영(40회/연) 및 영상 통계분석 기법 개발
- 다양한 배양조건과 수계특성을 반영한 조류 종별 분광특성 연구

(5) 기대성과물

□ 녹조 예측모델 지원을 위한 면단위 수준의 데이터베이스 확보

- 고해상도 초분광 영상을 이용해 산정된 면단위 녹조 측정 자료를 녹조 거동 및 예측모델에 사용함으로써 예측모델의 정확도 제고에 기여

□ 실시간 녹조 모니터링 시스템

- 녹조 종류별 환경인자를 조절해 축적한 분광특성 라이브러리 정보를 이용해 신규 촬영된 초분광 영상으로부터 실시간으로 광역수체에 대한 녹조의 정량적 분석이 가능

나. 국내 출현 유해 남조류의 거동특성 규명과 예측모델 개발 연구 (환경부(과학원))

(1) 배경 및 필요성

□ 내용

- 기후변화 및 유역 환경변화로 4대강 전역에 녹조현상이 발생하고 있으나, 남조류 거동 예측이 불가능하여 녹조관리에 어려움이 가중되고 있음
- 국내 수계에 출현하는 유해 남조류의 발생 메커니즘 연구를 통해 녹조 예측모델 인자를 추출하여 한국형 유해 남조류 예측모델 개발이 필요

(2) 목표 및 과제 구성

□ 내용

- 유해 남조류 발생 메커니즘 및 생리·생태 연구를 통한 녹조 원인/조절 인자 규명과 모듈 개발로 한국형 유해 남조류 예측모델 개발

(3) 추진내용

□ 유해 남조류 발생 메커니즘 연구

- 다양한 환경 인자(temperature, light, UV, CO₂, nutrients, hydrologic modification) 조절에 따른 유해 남조류 대발생 특성 연구
 - Bench scale의 기후변화, 부영양화 조절 인자 모의실험
 - Pilot scale의 수문학적 조절 인자 모의실험
 - Test bed를 통한 환경 인자 적용 및 녹조 예측 모의

□ 유해 남조류 생리학적 특성 연구

- 유해남조류 종별 엽록소(클로로필 a), 색소단백질(피코시아닌) 함량 분석
- 유해남조류 종별 대사물질(독소, 이취미) 생성/발현량 및 상호향상 연구

□ 수생태계 먹이망 내 유해 남조류 생태특성 연구

- 수생태계 먹이망 내 유해 남조류 타감작용 연구

- 박테리아, 동·식물플랑크톤, 저서생물, 어류 영양단계별 모델 반응계수 실험

□ 한국형 유해 남조류 예측모델 개발 연구

- 4대강 수계별 녹조예측 모델 생물적 인자 추출 및 모듈 개발
- 4대강 수계별 녹조예측 모델 비생물적 인자 추출 및 모듈 개발

(4) 연차별 추진계획

□ 1년차

- 유해 남조류 발생 메커니즘 연구
 - Pilot scale의 하천수로 제작
 - 기후변화, 부영양화, 수문학적 조절 인자 모의실험
- 유해 남조류 생리학적 특성 및 수생태계 먹이망 연구
 - 유해 남조류 종별 특성 및 수생태계 먹이망 내 유해 남조류 타감작용 연구
- 한국형 유해 남조류 예측모델 개발 연구
 - 생물적/비생물적 인자 추출 및 모듈 개발

□ 2년차

- 유해 남조류 발생 메커니즘 연구
 - Test bed를 통한 환경 인자 적용 및 녹조 예측 모의 (낙동강)
- 유해 남조류 생리학적 특성 및 수생태계 먹이망 연구
 - 수생태계 영양단계별 모델 반응계수 실험 (낙동강)
- 한국형 유해 남조류 예측모델 개발 연구
 - 생물적/비생물적 인자 추출 및 모듈 개발 (낙동강)

□ 3년차

- 유해 남조류 발생 메커니즘 연구
 - 4대강 맞춤형 환경 인자 적용 및 녹조 예측 모의

- 유해 남조류 생리학적 특성 및 수생태계 먹이망 연구
 - 4대강 맞춤형 수생태계 영양단계별 모델 반응계수 실험
- 한국형 유해 남조류 예측모델 개발 연구
 - 4대강 맞춤형 생물적/비생물적 인자 추출 및 모듈 개발

(5) 기대성과물

□ 국내 출현 유해 남조류의 거동특성 규명

- 국내 유해 남조류에 대한 연구성과 집대성, 자료집 발간 ('17년)

□ 한국형 유해 남조류 예측모델 개발

- 4대강 수계별 맞춤형 유해 남조류 예측모델 제시 ('17년)

가. 고부하 비점오염원의 인 제거·관리기술 개발(환경부)

(1) 배경 및 필요성

□ 내용

- 녹조 상습 발생지역의 발생오염원(점·비점) 집중관리가 필요하나 관련 지원과 기술 부족 등으로 현재 오염원 관련 기술은 비용 대비 낮은 효율
 - 오염원별 TP 배출부하량 산정 결과 비점오염원의 축산계 배출부하량은 전체의 38.1%를 차지(제2차 비점오염원관리 종합대책, 환경부)

(2) 목표 및 과제 구성

□ 내용

- 녹조발생에 주요 인자인 총인(TP) 저감을 통한 수질개선 및 농지, 가축분뇨(고농도)의 인 처리기술 등 수계(호소, 하천)내 인저감 특화처리 기술 실증화

(3) 추진내용

□ 지천 수질개선을 위한 통합형 방제기술 개발

- 통합형 방제시스템의 요소기술 확보
 - 인 흡수 식생종 발굴 및 증식·배양 기술
 - 인 회수가 가능한 고효율 인흡착 bedding material 제조 기술
 - 인흡착 bedding 설치/운영기술
 - 높은 인흡착이 가능한 식생과 인회수 bedding 시스템을 이용한 저에너지 소모형 정화시스템
 - 수거된(인흡착) 총인 자원화 기술
- 주요특징
 - (기술스펙) 처리용량: 1,000 m³/day, 소요면적: 600-1000 m², 총인(TP) 제거 효율: 80 % 이상, SS 부하 저감률: 80 % 이상 등

- (적용범위) 4대강 수계 상류 지천, 축산단지 인근 실개천 등
- (주요장점) 강우시 처리가능, 운전방법 간단, HRT : 50-170hr

(4) 연차별 추진계획

□ 1년차

- bedding material 후보물질 선정 및 현장적용성 검토
- 높은 인흡착능이 있는 식생과 인회수 bedding 시스템을 이용한 저에너지 소모형 정화시스템 부지선정(Test-bed) 및 주변 건설 환경 조사
- 인 흡수 식생종 발굴 및 선정

□ 2년차

- bedding material 현장적용(Test-bed) 및 계절별 효과 검증
- 인흡착 bedding 설치기술 확보 및 운영인자 파악
- 저에너지 소모형 정화시스템 현장적용(Test-bed) 및 시운전
- 수거된(인흡착) 총인 자원화 기술개발을 위한 Lab-Test
- 인 흡수 식생종 배양·적용을 통한 계절별 효과 검증

□ 3년차

- 인흡착 bedding 교체기술 확보 및 운영기술 확립
- 저에너지 소모형 정화시스템 계절별 효과 검증
- 수거된(인흡착) 총인 자원화 기술 실증화

(5) 기대성과물

- 고부하 비점오염원의 통합형 인 제거·관리 시스템 적용을 통한 하천 수질개선 ('17)

나. 녹조발생에 따른 녹조 유발물질 센싱기술 개발(환경부)

(1) 배경 및 필요성

□ 내용

- 인체 유해 물질 측정을 위한 독성 측정·분석기술의 국내 수준은 전 세계에 걸쳐 발생하는 녹조대발생 대응에 한계
 - 현재의 측정기술은 국내기술이 아니라 외국기술을 일부만 변경하여 구입하는 수준으로, 국내 조류특성을 반영한 기술개발 지원은 미흡한 실정

(2) 목표 및 과제 구성

□ 내용

- 녹조 발생 사전탐지 및 독성물질 측정을 위한 녹조 안정성 감시 요소(센싱)기술 개발 및 현장적용
- 융복합센서 등 독성물질 측정기술 개발 및 수질센서 네트워크 구축을 통한 3차원 녹조감시 및 조기경보 모니터링 시스템으로 활용

(3) 추진내용

□ 이취미물질 측정·분석기술 개발

- 이취미물질 측정·분석 요소기술 확보
 - 영양염 검지용 나노센서 개발
 - Chl-a 광센서 개발
 - 녹조유발 냄새물질 측정 센서 개발
 - 녹조 독소물질 감지기술 개발
- 주요특징
 - (Chl-a 광센서) 측정범위($0.03 \sim 50 \mu\text{g/L}$), 해수내 부유물에 의한 흡수, 산란을 보정
 - (이취미 물질 센서) 지오즈민, 2-MIB을 선택적으로 인식할 수 있는 핵산 리셉터 개발
 - (녹조 독소물질 검지) 5종 이상 독성물질에 대한 모니터링 시스템과 연계 개발

(4) 연차별 추진계획

□ 1년차

- 영양염 검지용 CNT센서 및 검출용 형광 염료 합성 기술개발
- 광학식 용존산소 센서 및 수소이온 검출용 형광염료 합성 기술 개발
- 지오스민, 2-MIB 선택적 핵산 리셉터 개발
- 최적여기파장 선정 및 Micro-PMT형 흡광기기 개발

□ 2년차

- 영양염 검지용 CNT 센서 내구성 강화 기술개발
- 광학식 수소이온 및 영양염 검출용 센서 회로 개발
- 핵산 리셉터 활용 지오스민, 2MIB 센서 킷 시스템 개발
- 형광강도 보정형 기기 제작 및 한국형 보정 protocol 개발
- 수중용 다중센서 시스템 기술개발

□ 3년차

- 영양염 검지용 CNT센서 수중 환경 기술의 적용
- 센서 킷의 녹조 모니터링 현장 적용성 연구
- 다중센서 신호처리 및 통신 기술개발
- 녹조 감시 및 조기경보 시스템 연계·활용 체계 구축

(5) 기대성과물

- 융복합센서 등 독성물질 측정기술 개발 및 수질센서 네트워크 적용을 통한 3차원 녹조감시 및 조기경보 시스템 구현 ('17)

다. 하천구조체를 활용한 하천 내 녹조관리기술 개발(국토부)

(1) 배경 및 필요성

□ 내용

- 하천, 호소 수변공간에서 녹조를 자체적으로 정화하고, 조류의 발생 억제 기능을 가진 건강한 하천 운영 관리 필요
 - 수변공간을 활용하여 조류를 제어할 수 있는, 실증화 사업으로 추진하여 현안문제 해결을 위한 타겟형 연구 추진

(2) 목표 및 과제 구성

□ 내용

- 하천, 호소 등에서 수변공간에 구조체를 이용하여 녹조를 자체적으로 정화하고, 조류의 발생 억제 기능을 가진 하천운영 관리기술 개발 및 보급
- 본 과제를 통하여 녹조문제 해결을 위한 기술적, 법·제도적, 인프라적 대응체계 및 기반 마련

(3) 추진내용

□ 하도 내 조류발생 신속대응·처리를 위한 현장 조류 저감 기술 개발

- 차량으로 이동이 가능한 현장 조류 저감 기술 개발을 통해 녹조가 발생한 지역의 녹조를 부상 수거하여 하도 내 조류 발생을 억제하는 기술

□ 친환경 살포제 연계 고정형 조류 포집·여과시스템 개발

- 조류가 빈번하게 발생하는 하천구역에 고정형으로 설치가 가능한 조류 포집·여과 구조체를 개발하여 발생된 조류를 수거하는 기술

□ 바이오모듈 수질정화 시스템 개발

- 보, 호안 등 하천구역에 다공성 여재 등을 활용한 바이오모듈 수질정화 시스템을 개발하여 습지 및 하천의 점·비점오염물질의 유입을 저감하는 기술

(4) 연차별 추진계획

□ 1년차

- 하도내 조류발생 억제기능 강화 친환경 하천 구조체 적용방안 도출 및 설계
- 친환경 조류제거 살포제 연계형 조류 포집·여과시스템 적용방안 도출 및 설계
- 바이오모듈 수질정화시스템 적용방안 도출 및 설계하천변을 이용한 녹조 원인물질 차단 및 저감기술

□ 2년차

- 친환경 하천 구조체 개발 및 부지 주변환경 조사
- 하천 구조체를 활용한 조류 제거 시스템 및 관리기술 개발
- 친환경 살포제 및 고성능 여재/필터 연계 고정형 조류 포집·여과시스템 개발
- 바이오모듈 수질정화시스템 개발

□ 3년차

- 개발된 하천 구조체를 활용한 조류 제거·관리 기술 Test-bed 제작 및 시운전
 - 바이오모듈 수질정화시스템 적용
 - 친환경 살포제 및 고성능 여재/필터 연계 고정형 조류 포집·여과시스템 구축
 - 하천내 조류 신속대응 및 처리를 위한 현장 조류제거기술 적용
- 개발된 하천 구조체를 활용한 조류 제거·관리 기술 test-bed 현장검증
 - 바이오모듈 수질정화시스템 검증
 - 친환경 살포제 및 고성능 여재/필터 연계 고정형 조류 포집·여과시스템 구축
 - 하천내 조류 신속대응 및 처리를 위한 현장 조류제거기술 검증
- 하천설계기준에 수질정화공법 반영 추진

(5) 기대성과물

□ 녹조관리를 위한 친환경 하천구조체('17)

- 하천 구조체를 활용한 조류 기반 마련

라. 조류경보에 따른 친환경 녹조제어 및 처리기술 개발

(1) 배경 및 필요성

- 조류경보제와 연계하여 4대강 수계별 조류 발생지역 내의 통합방제 및 신속 대응과 2차 환경피해 예방을 위한 물리·화학적 조류제어기술 필요
- 또한, 개발된 녹조 제어기술과 연동하여, 수거된 조류에 대한 친환경적인 처리·처분기술 개발 등 녹조제어기술에 대한 통합 솔루션 도출

(2) 목표 및 과제 구성

□ 내용

- 조류경보제와 연계하여 실시가 모니터링 기반 조류저감기술 운용기술을 개발하여 녹조 발생초기(조류경보*) 사전 대응을 위한 기술
 - 조류경보제(조류경보 기준) : Chl-a : 25 mg/m³ 이상, 세포수 : 5,000개/mL 이상

(3) 추진내용

□ 수상형 조류 저감기술 실증화

- 조류경보 직전 녹조확산을 지연시키기 위한 하천 광역지역 녹조 처리기술 개발
- 실시간 조류 모니터링 시스템(과학원)과 연동한 녹조저감기술 운영 시스템 개발

□ 육상형 조류 저감기술 실증화

- 국부적으로 조류 발생으로 민원이 심한 강변 등 수상형 장치 접근이 어려운 하천 지역에 적용가능한 이동형 조류 저감기술 개발
- 실시간 조류 모니터링 시스템(과학원)과 연동한 녹조저감기술 운영 시스템 개발

□ 조류 수거 기술 및 수거 조류의 처리·처분 기술 실증화

- 조류 수거기술 및 친환경 처리기술 개발

(4) 연차별 추진계획

□ 1년차

- 기술적용을 위한 하천 부지선정(test-bed) 및 주변 환경 조사
- 하천에 적용가능한 수상형 조류 저감장치 설계·제작 운영

- 이동형 처리시설(녹조 패트롤 시스템) 설계·제작·운영

□ 2년차

- 실시간 조류 모니터링 시스템(과학원)과 연동한 녹조저감기술 운영 시스템 개발
- 수상형 조류 저감기술 현장 적용
- 이동형 처리기술(녹조 패트롤 시스템) 현장 적용

□ 3년차

- 실시간 조류 모니터링 시스템(과학원)과 연동한 녹조저감기술 검증 및 실증화
- 수상형 조류 저감기술 검증 및 실증화
- 이동형 처리기술(녹조 패트롤 시스템) 검증 및 실증화

(5) 기대성과물

- 실시간 조류 모니터링 시스템과 연계된 육상·수상형 친환경 녹조 제어 및 처리기술('17)

가. 정수장 유입조류 제어 및 전처리 공정기술개발 실증화(환경부)

(1) 배경 및 필요성

□ 내용

- 상수원을 포함한 주요 취수원의 녹조관리를 위해 정수장 유입조류의 제어 및 공정부하를 최소화 할 수 있는 전처리 공정기술 필요
 - 소규모 수처리 기관의 경우, 예산부족으로 일반처리공정 설치 및 운영조차 미비하여 지자체별 정수처리의 편차가 발생

(2) 목표 및 과제 구성

□ 내용

- 유입원수 녹조 특성에 따른 전처리 공정, 실시간 조류 모니터링 시스템 개발 등 정수장 공정부하 최소화를 위한 통합시스템 구축

(3) 추진내용

□ 정수장 유입조류 통합관리기술 개발

- 전처리공정 시스템 요소기술 확보
 - 공정부하 최소화를 위한 유입조류 제어기술 개발
 - 조류제거 전처리공정 구축 및 최적화 적용기술 개발
 - 실시간 조류 모니터링 시스템 구축
 - 정수장 유입조류 전처리 공정 연계 운영기술 개발
 - 지자체 Test-bed 구축·운영을 통한 조류제거 효과 검증
- 주요특징
 - (기술스펙) 조류 및 부유성 오염물질 70%이상 제거 전처리 공정, 처리수량 5,000ton/day 이상, SS제거율 80%이상, 남조류 세포수 500cell/mL미만 등

(4) 연차별 추진계획

□ 1년차

- 조류제어 공정 성능개선 및 Pilot Plant 테스트 제작·운전
- 조류 실시간 측정 모니터링 하드웨어 개발
- 정수장 유입조류 개체·생리학적 프로토콜 개발

□ 2년차

- 조류제어 공정의 Test-bed 현장 설치·운영(5,000ton/day 이상)
- 공정부하 최소화 및 운전최적화 성능 검증
- 조류 실시간 측정 모니터링 핵심 알고리즘 및 소프트웨어 통합

□ 3년차

- 조류제어 전처리공정의 설계·시공 및 운영기술 확보
- 실시간 조류 모니터링 장치 연계형 조류제거 통합공정의 표준화
- 경제성 및 바이오에너지화 확보기술 분석·평가

(5) 기대성과물

□ 고효율·컴팩트형 정수장 유입조류 전처리기술 및 공정개발('16)

- 한국형 유입조류 제어장치, 모니터링 연계 운영시스템 확보

나. 정수장 유입조류 측정에 따른 의사결정시스템 개발(환경부)

(1) 배경 및 필요성

□ 내용

- 일반 재래식 처리공정으로 운영되는 대다수 중소규모 정수장의 녹조제거 기술 한계, 녹조로 인한 먹는 물 위해성 최소화를 위한 표준처리 공정별 구조진단 및 개선대책 필요
- 공정모사기 및 수치해석 시스템 등 의사결정시스템에 대한 기술 요구

(2) 목표 및 과제 구성

□ 내용

- 정수장 유입조류 및 이취미 유발물질(2-MIB, Geosmin) 실시간 모니터링 시스템 및 정수장 연계·제어 의사결정 시스템 개발

(3) 추진내용

□ 정수장 유입조류 및 이취미물질 최적처리를 위한 의사결정시스템

- 실시간 모니터링 시스템 개발
 - 유입조류 및 독성물질 모니터링을 통한 통계적 추론
 - 이취미 유발물질 거동 특성 연구
 - 이취미 유발물질 실시간 분석장치 개발
 - SCADA지원 정수장 공정모사 시뮬레이터 및 수치해석 시스템 개발
- 주요특징
 - 한국형 유입조류 및 이취미 유발물질 실시간 분석시스템 개발
 - 단위공정별 의사결정 시스템 설계기술 확보
 - 모니터링 공정모사 연계제어시스템 검증·평가
 - 불연속 측정을 통한 조류 독소물질 불검출
 - 최적화 운전기법 도입을 통한 원가절감효과 검증

(4) 연차별 추진계획

□ 1년차

- 조류유입 특성 통계적 추론기법을 통한 지표 개발
- 맛·냄새 유발물질(2-MIB, Geosmin) 실시간 분석장치 개발
- 단위공정별 유동해석을 통한 구조진단 및 개선방안 제시(표준처리시설)
- 단위공정별 의사결정 시스템 설계 및 개발
- 유입조류 독성물질 및 맛·냄새 유발물질 거동 특성 분석

□ 2년차

- 정수장 유입조류 특성 지표에 따른 공정별 최적처리 의사결정시스템 개발
- 맛·냄새 유발물질(2-MIB, Geosmin) 실시간 분석 장치 현장적용 및 개선
- 정수공정별 유동해석을 통한 구조진단 및 개선방안 제시(고도처리시설)
- 조류 및 맛·냄새 유발물질 측정 시스템 연동 최적 운전·제어기술 개발
- 유입 조류 독성물질 및 맛·냄새 유발물질 거동 특성 및 개발기술 평가

□ 3년차

- 정수장 유입조류 특성 지표에 따른 공정별 최적처리 의사결정시스템 현장적용
- 맛·냄새 유발물질 (2-MIB, Geosmin) 실시간 분석 장치 현장적용
- 조류 및 맛·냄새 유발물질 측정 시스템 연동 최적 운전·제어기술 시스템 검증
- 조류 및 맛·냄새 유발물질 대응 정수장 운영기술 표준 매뉴얼
- 유입 조류 독성물질 및 맛·냄새 유발물질 거동 특성 및 개발기술 평가

(5) 기대성과물

□ 정수장 유입조류 실시간 모니터링 및 연계공정 제어시스템('16)

- 우리나라 상수원에 적합한 정수장 연계·제어 의사결정 기술 확보

다. 녹조로부터 안전하고 깨끗한 먹는 물 공급체계 구축(미래부)

(1) 배경 및 필요성

□ 내용

- 대규모 녹조 발생으로 인해 맛·냄새가 나는 수돗물이 일부지역에 공급되어 민원 발생
- 장기적인 관점에서 투자해야 하는 원수에 비해 먹는 물의 수질개선을 위한 예산은 턱없이 부족

(2) 목표 및 과제 구성

- 식수원의 녹조 발생 시 국민들에게 안전하고 믿을 수 있는 식수를 제공하기 위한 실증지역 중심의 정수처리 선진화 방안 연구

□ 내용

- 정수장 내 유해조류 관리기술, 정수처리 고도화, 법·제도 개선방안 등 정수처리 선진화 방안 연구

(3) 추진내용

□ 정수장 유해조류 통합관리 기술

- 취수구의 녹조 모니터링 고도화
 - 식수원 녹조 발생 시 실시간 검측(맛, 냄새 물질 등), 자동화 등 모니터링 (DNA Chip) 기술 개발
 - 조류 이취미, 독소에 대한 관계 규명
 - 실증지역 시범적용 및 평가
- 녹조 저감을 위한 취수방식 및 전처리 개선 방안 연구 실증
 - 취수방식의 다변화 및 개선 및 도수관로 수질개선 방안 마련
 - 실증지역 시범적용 및 평가

○ 녹조 발생 시 처리를 위한 정수처리의 선진화

- 보급형 수처리제(대체 흡착제, 산화제 등) 개발 및 인증, 슬러지 처리 등
- 정수처리 공정 내 조류, 조류 기인 유해물질(독소, 맛·냄새 물질 등) 및 소독 부산물 등의 거동 특성 및 최적 처리 방안
- 녹조 발생 시 수처리 공정(흡착, 산화 등)의 효율 증진을 위한 가이드라인 제시
- 실증지역 시범적용 및 평가

○ 대국민 소통체계 제공

- 식수원 녹조와 관련한 사회적 핵심 이슈 발굴 및 효과적인 소통체계 구축 및 실증
- 녹조 발생 시 지역별 맞춤형 정보전달 및 대국민 소통체계 마련

○ 정책·법·제도개선 연구

- 실효성 있는 정수처리 선진화 방안 연구를 위한 식수원 녹조관련 정책 분석 및 개선방안 연구

(4) 연차별 추진계획

□ 1년차

- 남조류 독소 및 이취미 물질 유전자 정보 분석
- 취수방법별 최적 방식 설계조건 검토 및 대상부지 현황 조사
- 녹조 유래 유해물질 제거 최적 소재 확정
- 수질관리 대국민 인식도 조사 및 수질개선 수요 분석
- 녹조 중심 사회현안 발생 현황 조사 및 분석

□ 2년차

- DNA 패턴 모델링을 통한 조기경보 시스템 구축
- 녹조 모니터링 시스템 연동 hybrid 파일럿 시스템 장기모니터링
- 확정 소재 적용 공정기술 최적화
- 녹조 관리 수요의 결정 요인 분석
- 선진 법·제도 분석 및 벤치 마킹

- 대국민 소통체계 개발
- 대정부 창구 확보를 위한 시스템 개발

□ 3년차

- 남조류 기반 유해물질 유전자 검출법 개발
- 녹조 모니터링 시스템 연동 hybrid 취수시스템 확대 실증
- 녹조 발생 연동 유해물질 제어 BAT 기법 연구
- 사회 현안 해결을 위한 대국민 소통 체계 개발

(5) 기대성과물

□ 녹조로부터 안전한 식수공급체계 구축을 통해 국민적 건강 보호(16)

- 신속하고 원활한 대국민 소통체계를 통해 사회적 안정감 증진
- 녹조 관련 정책/법/제도개선을 통해 녹조저감 기술의 실효성 증진
- 최종성과물: 보급형 수처리제 시제품, 수처리공정 가이드라인, 취수구 녹조 모니터링 개선체계, 취수방식 및 전처리 개선방안, 대국민 소통체계 및 정책 개선방안 연구보고서

제4장 과제 추진체계 및 운영방안

1. 과제 추진체계

가. 부처 간 역할체계

< 다부처 추진의 필요성 >

- 현 물관리 체계가 다원화되어있으며, 소관 영역별 개발된 기술의 현장 적용성을 확보하기 위해서는 테스트베드 제공 및 검증 등 부처 간 협력이 필수

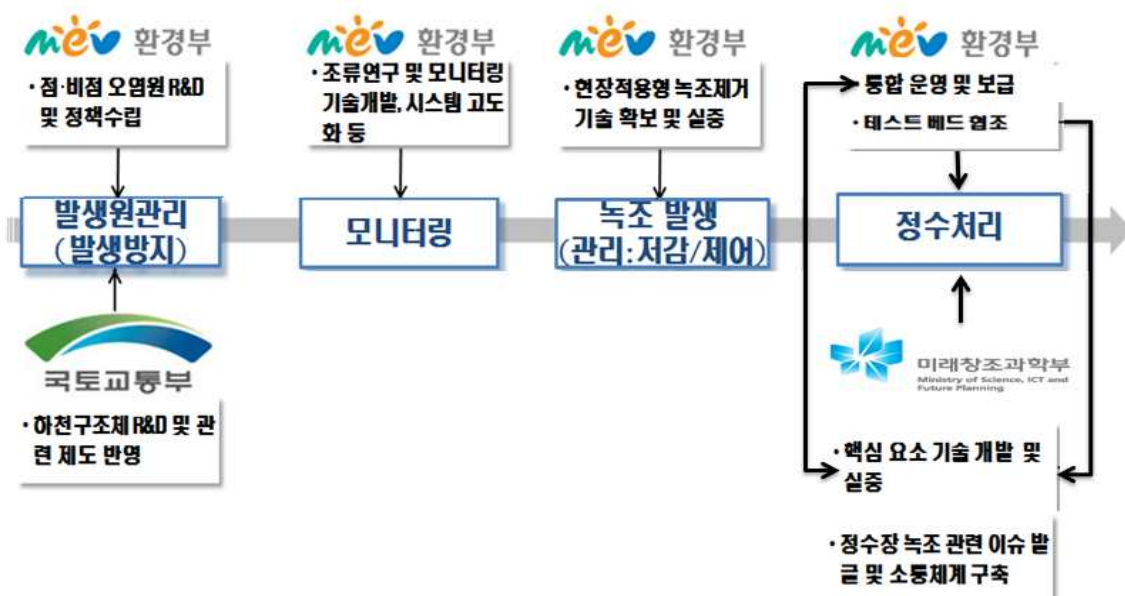
* 환경부(수질, 지방상수도 등), 국토부(수량, 광역상수도 등), 미래부(정수처리 관련 핵심요소기술 R&D)

□ 부처간 연계·협력

- 기존 관리 체계를 기반으로 부처별 역할을 분담하되, 부처 간 적극적인 협조를 통한 사회문제해결 지향

- 현 물관리는 다원화된 체계로 운영되며, 소관 영역별 개발된 기술의 현장 적용성을 확보하기 위해서는 테스트베드 제공 및 검증 등 부처 간 협력이 필수

* 환경부(수질, 지방상수도 등), 국토부(수량, 광역상수도 등), 미래부(정수처리 관련 핵심요소 기술 R&D)



[그림 10] 부처별 역할 및 연계·협력 방안

○ 환경부(주관부처)

- (사유 및 근거) 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 주관 및 수질보전 대책 수립, 수질환경 기준 설정 등을 총괄
- 녹조 예측 및 모니터링 시스템 개발·고도화
 - 효과적인 조류경보제 운영을 위한 실시간 녹조 모니터링 고도화
- 녹조 사전제어
 - 고효율 비점오염원 인 제거·관리 기술(실증)
 - 하천 적용 가능 녹조제거 기술개발(실증)
- 녹조 사후제어
 - 조류 확산방지를 위한 조류경보에 따른 친환경 녹조제거 및 처분기술(실증)
- 정수장 녹조제어
 - 정수장 유입원수의 비용효과적인 녹조 전처리 및 공정 최적화 기술개발(실증화)

○ 미래부(협력부처)

- (사유 및 근거) 국가 R&D 지원 부서
- '14년도 사회문제해결형 사업으로 '정수장 녹조' 과제를 선정 후, 취수구 부터 정수처리 공정까지 녹조문제 해결을 위해 필요한 핵심기술을 타겟팅하여 개발

○ 국토부(협력부처)

- (사유 및 근거) 하천, 댐 및 광역상수도 관리 소관
- 하천구역 관리 및 관련 테스트베드 협조
- 하천구조체 활용을 통한 녹조관리기술 개발

<표23> 부처별 역할 체계

구분	부처명	사유 및 근거	과제 역할 분담
주관 부처	환경부	◦ 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 주관 및 수질보전 대책 수립, 수질환경 기준 설정 등을 총괄	◦ 고부하 비점오염원 관리기술 개발 ◦ 녹조 예측 및 모니터링 시스템 개발·고도화 ◦ 하천 적용 가능 녹조제거 기술개발 및 실증 ◦ 비용효과적인 정수처리를 위한 녹조제거기술개발
협력 부처	미래부	-	◦ 정수처리 관련 타겟형(요소) 기술 개발 ◦ 녹조 관련 사회적이슈 발굴 및 소통체계 구축
	국토부	◦ 하천, 댐 등 소관	◦ 하천구조체를 활용한 발생오염원 저감기술 개발

<표 24> 부처별 과제 및 세부과제

구분		환경부	미래부	국토부
발생오염원 관리	기술 개발	고부하 비점오염원의 인 제거·관리 기술개발		(하천 내) 하천구조체를 활용한 하천 내 녹조 관리기술 개발
	법/제도			하천설계기준에 하천구조체 설치기준(안) 마련
녹조 모니터링 · 예측시스템 고도화	기술 개발	조류 발생기작·거동특성 연구		
		녹조에 측정확도 향상을 위한 실시간 모니터링 기술 개발		
		기존 모델을 개선한 한국형 조류예측모델 개발		
	법/제도	조류예측시스템 고도화		
현장 적용형 녹조관리 기술 개발 및 제도 개선방안 수립	기술 개발	조류 경보에 따른 친환경 녹조제거 및 처분기술 개발 (실증화)		
		녹조발생에 따른 녹조 유발물질 센싱 기술개발		
	법/제도	기술의 현장적용을 위한 제도 합리화		
정수처리 고도화	기술 개발	유입원수 녹조 특성에 따른 통합관리기술	정수장 내 유해조류 관리기술 등	
			식수원 녹조 실시간 측정 · 자동화체계 개선	
			취수방식 개선 및 도수관로 수질개선 연구 및 실증	
			보급형 수처리제 개발과 조류 관련 유해물질 최적처리 등	
	법/제도		상수원 관련 사회적 핵심이슈 발굴 및 효과적 소통체계 구축 및 실증	
	인프라	수처리기관별 고도화된 정수 처리공정 구축		

나. 부처별 추진체계

□ 환경부

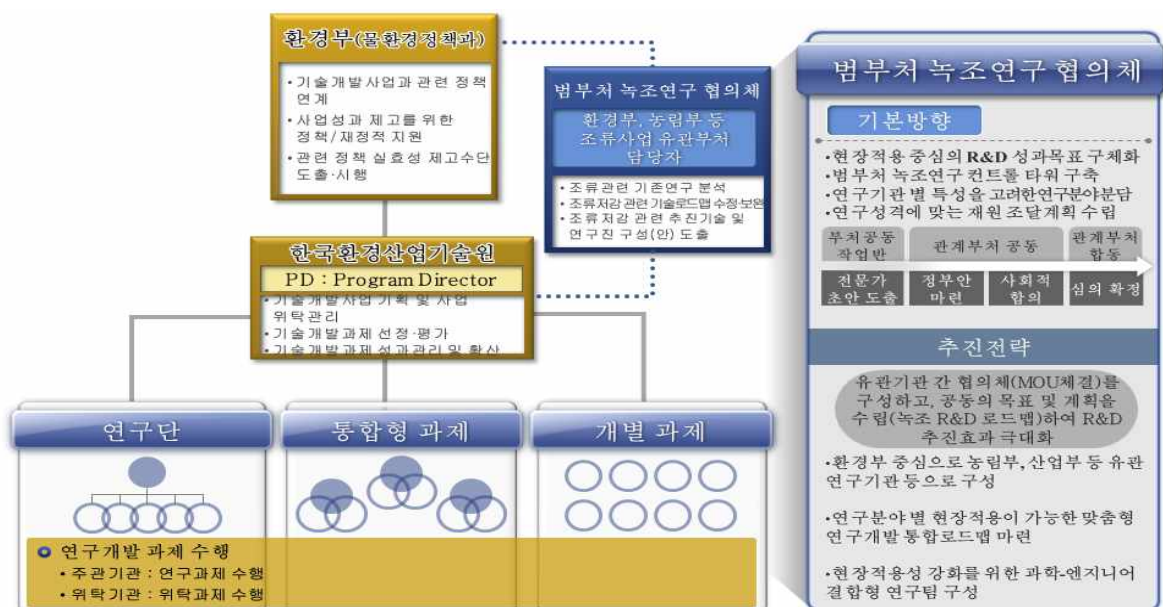
○ 환경부는 공동기획의 주관부처로서 사업 총괄

- 국립환경과학원 : 녹조 모니터링 및 예측시스템 고도화 분야(개별, 통합)
- 환경산업기술원 : 녹조 사전·사후관리, 정수처리 고도화 분야(개별, 통합, 연구단 등)

○ 환경부는 과제 규모별 연구단, 통합형, 개별형 등의 추진체계를 유지하되, 과제별 중복배제 및 연계성 확보를 위해 이해관계자 협의체* 운영

- 연구단 : 기술개발 과제를 진행함에 있어서 중점기술, 핵심기술레벨 뿐만 아니라 프로그램 레벨에서도 과제간의 연계성이 비교적 커서 여러 개의 과제, 중점기술, 핵심기술을 연계하여 기술개발을 추진하는 것이 효율적인 과제
- 통합형 : 기술개발 과제를 진행함에 있어서 중점기술, 핵심기술레벨에서 과제간의 연계성이 비교적 커서 몇 개의 과제를 연계하여 기술개발을 추진하는 것이 효율적인 과제
- 개별형 : 기술개발 과제를 진행함에 있어서 중점기술, 핵심기술레벨에서 타 과제와의 연계성이 비교적 적어 독립적으로 추진하는 것이 효율적인 과제

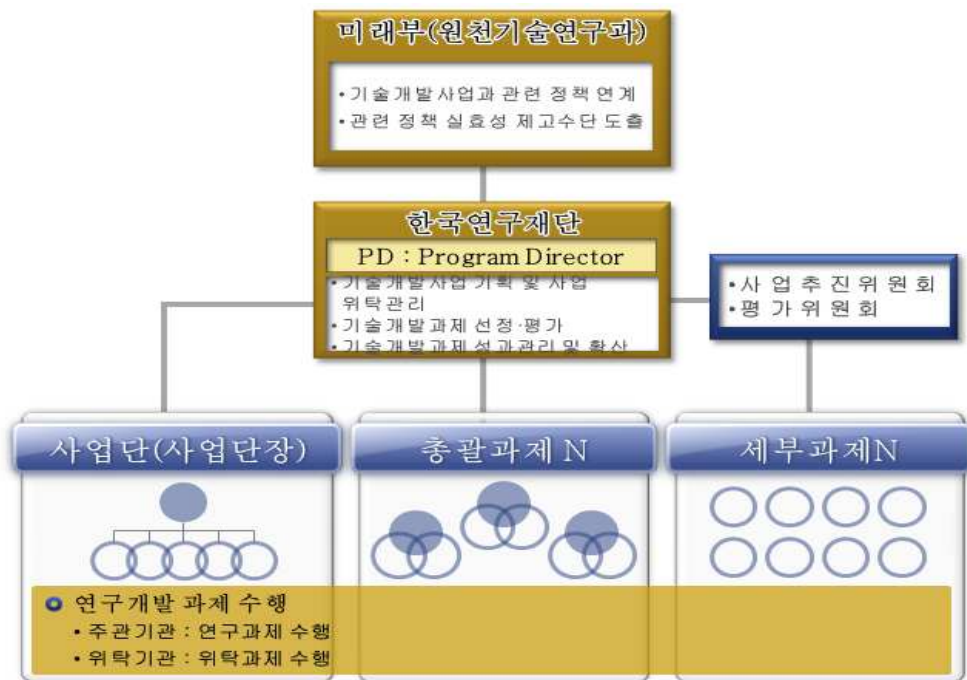
* 환경부는 '14년 신규사업인 조류감시 및 제어활용기술개발 실증화사업의 효율적 추진을 위해 녹조관련 6개 유관 연구기관과 범부처 녹조연구 협력 MOU를 체결('13.12), 운영 중



[그림 11] 환경부 추진 체계도

□ 미래부, 국토부

- 사업단 과제 수는 3개 이상의 총괄 및 단위과제로 구성
 - 총괄과제: 복수의 하위 세부과제를 구성하고 있는 과제
 - 단위과제: 독립된 단일 과제로 구성된 과제(하위 위탁과제 구성 가능)
 - 세부과제: 총괄과제 하위의 과제(하위 위탁과제 구성 가능)
- 사업단은 학연산 컨소시엄으로 구성해야 하며, 산업체 참여를 필수로 함
- 과제성격: 제품 및 서비스가 창출될 수 있도록 최종결과물이 TRL(기술성숙도) 6~8단계까지 달성



[그림 12] 미래부(한국연구재단) 추진 체계도

- 본 사업에서는 과제 간 연관성, 과제규모 등을 고려하여 사업단, 통합형, 개별과제 형식으로 구분하여 추진함

<표25> 목표기술별 과제 추진 방식

항목	주요 연구개발 내용	참여 부처	추진방식		
			사업/연구단	통합형	개별형
고부하 비점오염원의 인 제거·관리 기술개발	인저감을 통한 수질개선 및 농지, 가축분뇨의 인 처리기술 등 수계(호소, 하천)내 인저감 특화처리 기술의 실증화	환경부		○	
녹조발생에 따른 녹조 유발물질 센싱기술 개발	녹조 발생 사전탐지 및 독성물질 측정을 위한 녹조 안정성 감시 요소(센싱)기술 개발 및 현장적용	환경부			○
하천 구조체를 활용한 하천 내 녹조관리기술 개발	하천, 호소 수변공간의 구조체를 이용하여 녹조를 자체적으로 정화하고, 조류의 발생 억제 기능을 가진 건강한 하천의 운영 관리 기술 개발	국토부	○		
조류 경보에 따른 친환경 녹조제거 및 처분기술 개발 (실증화)	4대강 수계에 적용가능한 비용효과적 친환경 조류제거기술 실증화	환경부		○	
정수장 유입조류 제어 및 전처리 공정기술개발 실증화	취수구부터 수처리 공정까지의 통합관리를 통한 녹조의 위해성 저감 및 안전한 먹는 물의 비용효과적인 기술 개발	환경부			○
정수장 유입조류 측정에 따른 의사결정 시스템 개발 실증화	정수장 유입녹조에 대비하여 안전한 먹는 물을 비용효과적으로 공급하기 위한 연계·제어 의사결정 시스템 개발	환경부			○
녹조로부터 안전하고 깨끗한 먹는 물 공급 체계 구축	식수원의 녹조 발생 시 국민들에게 안전하고 믿을 수 있는 식수를 제공하기 위한 실증지역 중심의 정수처리 통합 솔루션 개발	미래부	○		

※ 사업 추진방식은 재원확보 및 연차기획 결과에 따라 변경 될 수 있음

2. 과제 운영방안

가. 부처별 성과 연계방안

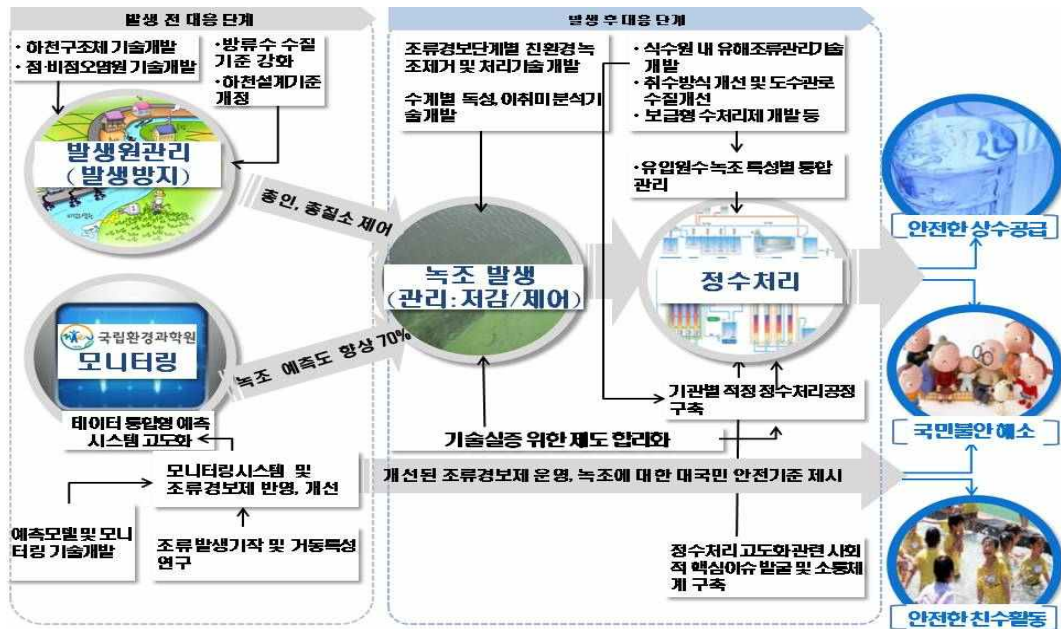
□ 세부 추진과제 구성

○ (발생 전 대응단계) 녹조 예측·모니터링 고도화

- 발생 전·후 신속한 초기 대응을 위한 녹조 모니터링·예측 시스템 고도화
 - 녹조 대발생 전 대응을 통한 처리 비용 절감, 피해 최소화를 위한 실시간 모니터링 기술 및 데이터 통합형 조류 예측 시스템 구축
 - (국민체감 성과) 맛, 냄새, 독성 조류 피해를 반영한 조류경보제 운영으로 안전한 친수활동 및 국민불안 해소 가능
- 녹조 모니터링·예측 시스템 고도화 요소기술의 개발·연계
 - 조류경보제에 활용 할 수 있는 융합형 센싱 기술 등 요소기술의 개발로 한국형 녹조 모니터링·예측 시스템 고도화

○ (발생 후 대응단계) 녹조발생 사전·사후관리 및 정수장 녹조관리

- 녹조발생 사전·사후관리
 - 고부하 비점오염원의 관리를 통한 녹조발생 사전제어
 - 조류경보제와 연동한 초동대응형 조류제거 기술의 현장 적용을 통한 녹조발생시 조기 대응
- 정수장 녹조관리
 - 정수장 유입조류 제어 및 전처리공정기술개발 실증화
 - 정수장 유입조류 측정에 따른 의사결정시스템 개발 실증화
 - 조류 경보 단계별로 필요한 친환경 녹조제거기술 개발 및 실증화
 - 취수방식 개선, 저가형 수처리제 개발, 유해물질 제거기술 개발 및 적용 제도화



[그림 13] To-Be 이미지

나. 과제 관리방안

(1) 과제 성과관리

□ 성과관리의 중요성

- R&D 사업의 성과관리는 성과 정보의 유통, 거래, 이전을 성과의 공급자(연구개발자)로부터 성과의 수요자(활용자)로의 연구개발성과의 확산을 촉진하기 위한 성과의 체계적 수집, 분석 및 확산 등 전 과정에 대한 인적·물적 관리 활동을 의미
- 조류 R&D 성과를 유형별로 관리 기준을 마련하고 성과 수집 유통체계를 구축하여 종합적인 성과정보를 수집하고 제공함으로써 R&D 투자의 효율성을 높이고 연구 성과 활용을 극대화할 수 있음

□ 성과중심의 사업추진

- 철저한 사전기획을 통해 조류 문제해결에 기여할 수 있는 R&D 과제를 설정하고 이를 달성함으로써 기술적인 성과 및 사회경제적인 성과를 제고할 수 있도록 연구개발사업의 추진체계를 개선
- 과제선정단계에서부터 연구개발 성과의 활용화를 반영하며, 최종평가에 있어서도 성과중심의 평가체계구축
- 성과지표를 설정하고, 성과지표별 목표를 과제 공고 단계부터 명확히 제시하는 성과목표 관리제를 도입

- 항상 새로운 환경변화와 기술수요에 재빠르게 대응하기 위해서 상시 모니터링 시스템구축
- 프로젝트 서포터를 통해 사업 수행 중 정기적으로 모니터링을 할 수 있도록 함
- 추적평가 제도를 도입하여 과제 종류 후에도 지속적으로 사업성과의 정책활용이 제고될 수 있도록 사후 모니터링을 강화
- 평가의 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서 평가단계 및 절차를 간소화하고 평가기관 및 피평가자의 관련 업무와 부담 감소하여 연구 몰입도 제고

□ 성과관리 프로세스

- 기본적인 성과관리 프로세스는 성과정보의 수집, 성과정보 관리, 성과정보 활용의 3단계로 구성됨
 - 성과정보의 수집은 기본적으로 연구를 수행하고 있는 연구책임자들에게 받은 정보를 입력하는 단계임
 - 성과정보의 관리는 조사·분석·평가, 연차평가, 성과 분석 등 조사 결과를 활용하기 위하여 조사 대상과제를 확정하고 이들 과제의 성과를 저장하는 단계임
 - 성과정보의 활용은 조사 대상과제의 분석을 통해 과제 관리에 있어서 미진한 점을 보완하고, 이를 정책에 반영하는 것으로 볼 수 있음

□ 성과정보 수집 체계 강화

- 성과정보 수집이 어려운 점은 전적으로 연구자에게 의존할 수밖에 없기 때문에 연구자가 적극적으로 연구 성과 정보를 제공할 수 있도록 하는 인센티브제도 (예를 들면 과제 선정평가에서 가산점 부여) 도입 검토
- 주관연구기관에서 진행하는 개인의 연차평가 및 기관평가와 관련하여 수집된 연구자의 성과 정보를 연구기관으로부터 온라인으로 제출받아 성과 정보 수집에 활용

(2) 과제 성과관리

□ 사업 모니터링

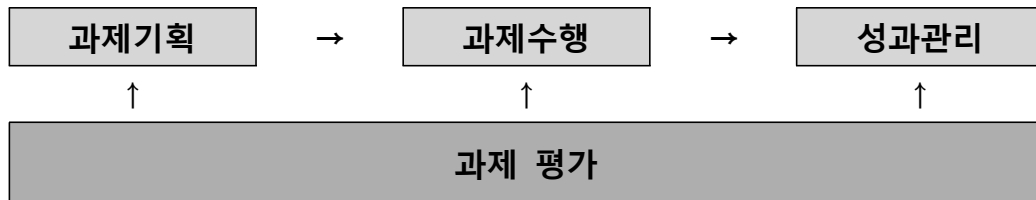
- R&D 비용의 증가와 함께 첨단기술일수록 성과에 대한 불확실성과 위험이 커지고 있어 실패 확률을 줄이기 위해서는 체계적인 사업 모니터링 중요
- 특히 기술변화가 가속화되고 있는 현실을 감안할 때 항상 새로운 환경변화와 기술수요에 재빠르게 대응하기 위해서는 상시 모니터링 시스템 구축 필요
 - 이를 위해 관련 기관 및 전문가로 구성된 프로젝트 서포터를 통해 사업 수행과정에서 정기적으로 모니터링 할 수 있도록 함
 - 이와 함께 사업관리기관의 홈페이지 등을 이용하여 수시로 온라인을 통해 과제 수행과정에서의 중요한 정보를 공개함으로써 관련 전문가들의 상시 모니터링이 이루어질 수 있도록 함

<표26> R&D 사업 모니터링 항목(예시)

구 분	항 목
환경 및 수요	<ul style="list-style-type: none"> ● 조류 관련 분야에서 대두되고 있는 새로운 이슈를 반영하고 있는가? ● 사업에서 다루고 있는 주요 이슈 중에서 그 중요성이 현저히 떨어진 이슈는 없는가? ● 사업에 영향을 미칠 수 있는 최근 정책 변화는 없는가? ● 조류 관련 분야의 국내외 수요 상황에 큰 변화는 없는가?
연구개발 동향	<ul style="list-style-type: none"> ● 조류 관련 분야에서 최근 발표된 중요한 연구개발 성과는 무엇인가? ● 주요 선진국 연구기관에서의 최근 중요한 연구방향의 변화는 없는가?
사업 목표	<ul style="list-style-type: none"> ● 당초 계획된 사업 목표가 어느 정도 달성되었는가? ● 최근 환경변화 및 연구개발 동향 변화에 따라 사업 목표의 수정이 필요하지는 않는가?
사업 수행	<ul style="list-style-type: none"> ● 당초 계획된 사업 진도가 차질 없이 진척되고 있는가? ● 목표 달성을 위해 현재 수행되는 연구방법이 적절한가? ● 사업 목표와 진도에 따라 연구자원이 적절하게 배분 혹은 집행되고 있는가?
사업 성과	<ul style="list-style-type: none"> ● 당초 계획된 연구 성과가 창출되고 있는가? ● 사업을 통해 창출된 성과 정보가 적절하게 관리되고 있는가?
추진 계획	<ul style="list-style-type: none"> ● 향후 사업 추진일정이 적절하게 수립되어 있는가? ● 추진일정의 조정이 가능한 프로그램이나 과제는 없는가? ● 향후 추진 계획에서 환경변화를 적절히 반영하고 있는가?

○ 사업 추진 시 성과관리 방안으로 목표 지향적 Milestone 제도 운영

- 과제에 사전기획부터 착수, 완료에 이르기까지 각 사업추진 단계별 Milestone을 설정하고, 각 Milestone이 종료될 때마다 목표 달성여부를 평가, 향후 계획을 수정 보완



[그림 14] 사업 모니터링 체계

* Milestone : 연구개발 진행상에 있어서 중요한 의미를 갖는 분기점의 목표를 설정하여 연구개발 진행도와 목표달성도를 점검함으로써 과제의 진도를 평가하고 차기 단계로의 진행여부 및 추진방향을 결정하는 단계

- 연구개발 목표 달성에 있어서 핵심적으로 영향을 줄 수 있는 중간 단계에 대해 일정과 주요 예상 결과물을 Milestone으로 설정함
- 도출된 성과물에 대해서는 과제 전담기관과 연구책임자 및 기 참여연구자 모두가 공유하고 지속적으로 참조할 수 있도록 함
- 각 Milestone 별로 필요한 연구개발 Activity를 상세설계하고 각 Activity별 관리 담당 역할을 사전에 명확히 지정함
- 중간성과물 점검 : 과제 수행과정의 중간 결과물 혹은 연구부산물에 대한 주기적 성과보고와 평가를 통해 연구개발에 의한 지적자산을 체계적으로 관리하고 활용

○ 공청회 등을 통해 해당 사회문제에 대한 적극적 이슈관리 추진

(3) 사업 평가체계

□ (환경부) 사업의 평가는 과제 선정평가, 중간점검(Milestone), 최종평가, 자체평가, 성과관리(추적평가)로 구분하여 진행함

- 전문위원과 평가위원회를 연계하여 운영하고, 다양한 평가제를 도입하여 연구개발성과의 체계적 관리
- 성과관리를 적정하게 수행할 수 있는 성과분석 체계를 수립하여 운영

<표27> 주요 평가절차 및 평가항목

평가단계	평가방식/시기	평가 항목	평가자료	평가자
과제 선정 평가	· 전문위원과 평가위원회에서 결정 · 년 1회 공모 및 선정	· 기술 우수성 · 사업 추진계획의 구체성, 실현 가능성 · 경제사회적적 효과 등	· 과제별 사업추진계획서 · 외부 평가기관의 평가보고서	· 1차 : 전문위원 · 2차 : 평가위원회
Mile stone 점검	· 주요 마일스톤에 따라 수시 점검 및 결과보고	· 마일스톤 목표 달성도	· 상시모니터링 결과 · 과제추진 모니터링 결과	· 프로젝트 서포터 · 전문위원
최종 평가	· 전문위원 점검 보고서 등을 바탕으로 최종 평가위원회의 성공여부 평가 · 과제 특성에 따라 유동적이나, 일반적으로 매년 진행	· 목표달성도 · 기술 향후 국가 정책 활용 가능성 등	· 최종 결과보고서, 자체 평가의견서, 성과활용계획서 · 전문R&D 관리기관 평가보고서	· 1차평가 : 전문위원, 점검 보고서 · 2차평가 : 최종평가 위원회
자체 평가	· 사업추진 후 3년마다 진행	· 국가연구개발사업 자체평가 지침 활용	· 종료 후 3년간 매년 제출하는 성과 활용 실적 · 성과보고서	· 자체평가위원회
성과 관리 (추적 평가)	· 프로젝트 종료 5년까지 전문위원이 성과를 추적 평가하여 정리	· 추가적 성과 (경제적/비경제적)	· 종료 후 5년간 매년 제출하는 성과 활용 실적 · 추적평가보고서	· 전문위원이 추적평가 총괄 후 추적평가 보고서

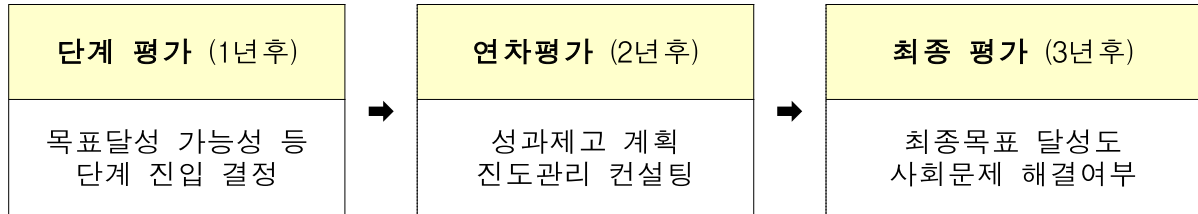
○ 평가 단계별 주요 고려사항

과제 선정 및 진도 관리 (Milestone)	· 과제 선정 시 예상 연구성과를 제출하여 선정평가에 반영 ※ 달성 가능한 기본 성과는 사업비, 과제내용 등을 고려 · 과제 진행 과정에서 매년 예상 연구성과를 수정·제출
↓	
최종평가	· 개발기술의 실적 및 성과활용 현황 또는 활용계획서 등 제출 · 예상 연구성과와 활용계획서 비교 후 최종평가에 반영
↓	
자체평가	· 매 3년마다 실적(또는 성과활용)현황 평가
↓	
추적관리 결과의 활용	· 프로그램평가를 대비한 기초자료 구축 · 성공/실패 보고서 작성 권고 (인센티브 부여) → 지식혁신사례의 경험공유 등

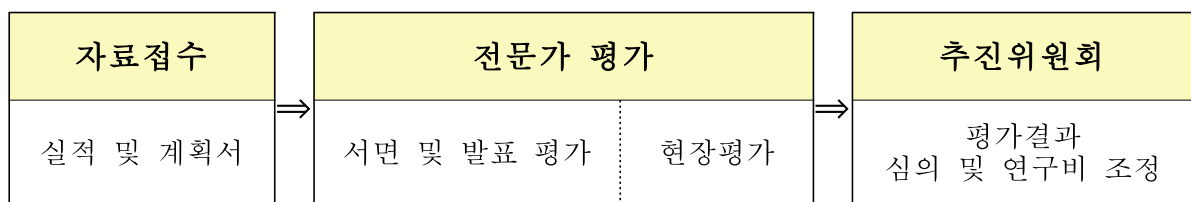
[그림 15] 평가 단계별 주요 고려사항

□ (미래부) 단계평가 및 연차평가를 통해 과제 진도관리 및 성과평가 추진

○ 평가방식: 1년 후 단계평가 및 2년 후 연차평가(1년+2년)



□ 평가추진절차



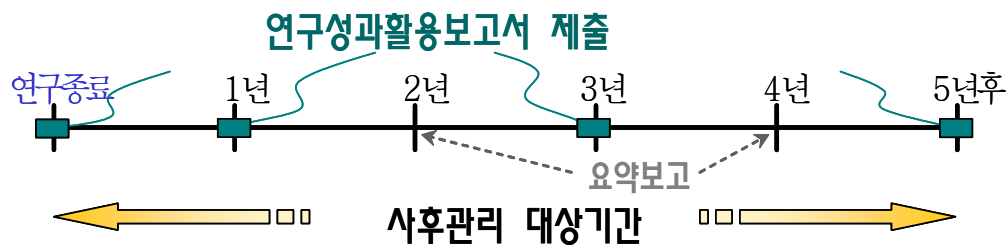
(4) 사후 관리체계

□ 추적평가지제 도입을 통한 연구개발성과의 체계적 관리

- 사업을 통해 도출된 연구 성과의 활용 촉진과 효율적인 관리 방안으로 성과활용 현황, 파급효과 등을 분석할 수 있는 사후 추적관리 시스템 도입
- 사업기간 종료 후에도 준 영구적으로 유지하며 모든 환경관련 R&D사업과 연계할 수 있는 방안 강구
- 성과분석 사업기관이 개별 과제별 성과정보를 추적 모니터링 하는 체계를 갖추고 관련데이터를 일관성 있게 관리하는 체계 구축(DB로 구축·활용)
- 추적평가
 - 조류 R&D 사업으로 추진되는 모든 연구개발과제를 대상으로 연구개발사업 종료 후 5년간 연구 성과 관리·활용에 대해 평가
 - 추적관리 제외 대상
 - 연구기획평가 및 정책연구, 조사사업
 - 최종평가 시 연구개발 목표 달성에 실패한 과제
 - 기타 환경부장관이 추적관리가 불필요하다고 인정하는 과제 등

- 추적관리 주기

- 주관연구기관은 과제 종료 후 5년에 걸쳐 매년 요약보고 등 진행현황 및 향후 발전계획을 정리하여 보고
- 한국환경산업기술원은 과제별 사후 진행사항 모니터링 등을 수행하고 5년 후 사후관리 종료



[그림 16] 사후관리 대상기간

- 추적관리 항목(예시)

- 사회경제적 파급효과, 과학기술적 효과 등

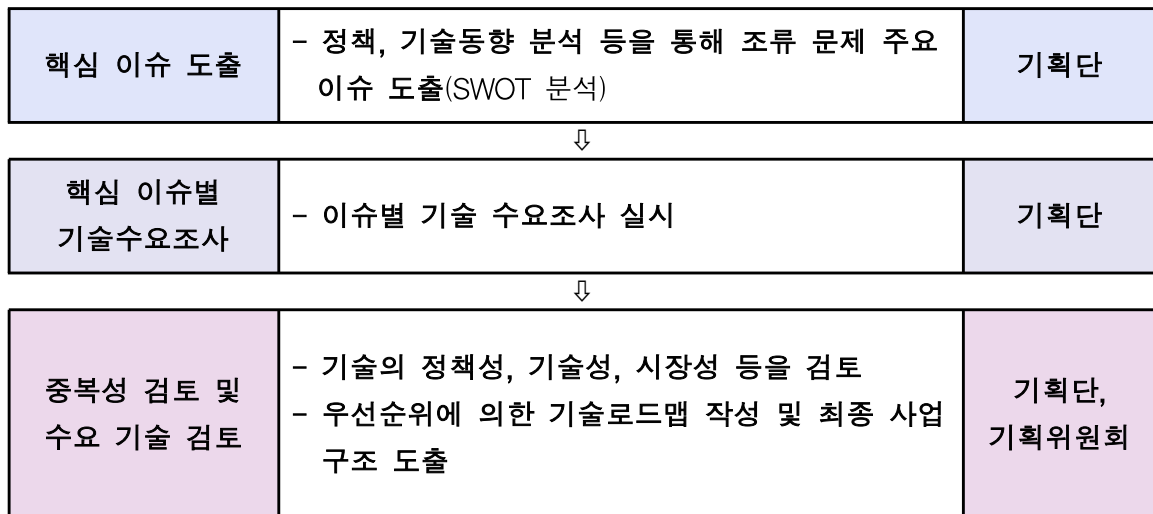
○ 결과의 활용

- 국가의 관련 정책수립 시 반영할 수 있도록 적극 활용하고, 지침/매뉴얼 등이 개발되어 보급될 수 있도록 촉진
- 향후 「프로그래밍평가」를 위한 기본 자료의 확보
 - 과제별 '연구성과 활용결과 보고서'를 종합하여 프로그램평가 및 성과 분석을 위한 기본 자료로 활용

다. 재원규모 및 확보방안

□ 연구기간 및 소요예산

- 기술적 난이도 및 위험성 평가 등 제도적 기반 구성에 소요되는 기간 등을 고려하여 총 4년간 일정으로 추진
- 핵심 이슈별로 전문가로부터 기술수요조사를 받아 대상 기술들에 대한 중복성 검토, 기획위원회 검토를 통해 과제별 사업 기간 및 예산규모를 산정
- 기획위원회에서는 기술의 정책성, 기술성, 시장성, 사업기간의 적절성 등을 검토하여 우선순위를 정함



[그림 17] 사업 구조 및 최종 예산 도출 과정

○ 총 소요예산

- 사회문제 해결형사업 수질분야의 전체 예산은 295억원으로 책정
- SWOT 분석, 기술수요조사 및 전문가 자문을 통해 1차적인 소요예산 파악 후, 국가 및 부처별 R&D 예산 규모를 고려하여 분야별 소요예산을 책정
- 부처별 예산 비중을 보면, 환경부 4년간('14~'17) 총 180억원, 미래부 3년간('14~'16) 85억원, 국토부 3년간('15~'17) 총 50억원 규모임

□ 재원 확보방안

- (환경부) 정수장 녹조관리 분야는 2014년도 조류감시 및 제거활용기술개발 실증화사업의 '14년 신규과제 예산이 확보(12억원)되어 6월부터 사업 착수 예정
 - 녹조관리 및 정수장 녹조관리를 위해 추진될 조류감시 및 제거활용개발 기술 실증화 사업의 총 4년간 투입되는 국고 180억원은 국가연구개발사업 투자예산을 활용하여 조달할 예정(환특회계)
 - * 환경부의 조류 R&D 사업은 실증사업화 유형의 사업으로 당해 연도 총 연구비의 50~75%를 정부 출연금으로 지원하며, 기술개발 완료 후 5년 이내에 총 정부출연금의 20~30%를 기술료로 납부
 - * 민간 매칭 고려 시, 최소 225억원 규모의 총 사업비가 예상됨
- (미래부) 식수원 녹조 모니터링·저감 및 통합관리 시스템 개발은 2014년도 사회문제해결형 기술개발사업의 신규과제로 예산이 확보(25억원)되어 5월 1일부터 사업단 운영 중
 - 식수원 녹조 모니터링의 계속과제 재원은 사회문제해결형 실천과제의 계

속과제 예산으로 지원할 예정

- (국토부) '15년 신규사업의 재원은 본 기획보고서의 기술로드맵에서 확정된 예산을 활용하여 확보할 예정

<표28> 과제 소요예산(안)

(단위 : 억원)

항목	주요 연구개발 내용	참여 부처	연구도별 소요예산				
			'14년	'15년	'16년	'17년	소계
고부하 비점오염원의 인 제거·관리 기술개발	인저감을 통한 수질개선 및 농지, 가축분뇨의 인 처리기술 등 수계(호소, 하천)내 인저감 특화처리 기술의 실증화	환경부	-	20	20	20	60
녹조발생에 따른 녹조 유발물질 센싱기술 개발	녹조 발생 사전탐지 및 독성물질 측정을 위한 녹조 안정성 감시 요소(센싱)기술 개발 및 현장적용	환경부	-	8	8	8	24
하천 구조체를 활용한 하천 내 녹조관리기술 개발	하천, 호소 수변공간의 구조체를 이용하여 녹조를 자체적으로 정화하고, 조류의 발생 억제 기능을 가진 건강한 하천의 운영 관리 기술 개발	국토부	-	10	20	20	50
조류 경보에 따른 친환경 녹조제거 및 처분기술 개발 (실증화)	4대강 수계에 적용가능한 비용효과적 친환경 조류제거 및 처분기술 실증화	환경부	-	20	20	20	60
정수장 유입조류 제어 및 전처리 공정기술개발 실증화	취수구부터 수처리 공정까지의 통합관리를 통한 녹조의 위해성 저감 및 안전한 먹는 물의 비용효과적인 기술 개발	환경부	7	7	7	-	21
정수장 유입조류 측정에 따른 의사결정 시스템 개발 실증화	정수장 유입녹조에 대비하여 안전한 먹는 물을 비용효과적으로 공급하기 위한 연계·제어 의사결정 시스템 개발	환경부	5	5	5	-	15
녹조로부터 안전하고 깨끗한 먹는 물 공급 체계 구축	식수원의 녹조 발생 시 국민들에게 안전하고 믿을 수 있는 식수를 제공하기 위한 실증지역 중심의 정수처리 통합 솔루션 개발	미래부	25	30	30	-	85
총계			37	100	100	68	315

제5장 성과활용 및 기대효과

1. 성과활용

□ 본 과제를 통하여 녹조문제 해결을 위한 기술적, 법·제도적, 인프라적 대응체계 및 기반 마련

- 본 과제를 통한 녹조 대응체계의 전주기적 접근 및 구축
- 녹조 발생부터 정수처리까지 기술, 법·제도, 인프라 수요 충족을 통해 연구 및 녹조대응체계 마련

□ 본 과제의 성과는 녹조문제 해결을 위한 기반 구축 및 기술 확보 등에 활용

- (조류 발생특성 및 행동기작 연구) 본 과제를 통해 연구된 조류 특성·행동기작은 모니터링시스템 및 조류경보 및 수질예보제와 연계하여 국민 안전 확보에 활용
 - 수계별·환경변화에 따른 조류 연구결과를 통해 조류로 인한 피해 기준설정 및 조류경보·수질예보제와 모니터링에 반영
 - 조류가 유발하는 맛, 냄새, 독성 지표가 반영된 조류경보제 운영으로 안전한 친수활동 및 안전기준 제시 가능
 - 조류 행동기작, 발생특성 관련 연구를 모니터링시스템에 반영하여 녹조발생 예측정확도 향상 및 모니터링시스템 고도화 도모
- (발생원 관련 기술) 연구개발을 통한 발생원 관련 기준·제도 개선
 - 점·비점오염원 관련 기술 개발을 통한 발생원 R&D 기반 마련 및 방류수 수질 기준 설정
 - 고부하 비점오염원 등 지천 유입 인관리 통합 방제기술 개발을 통한 수계 유입 녹조 유발물질 저감
 - 하천구조체 기술개발 후 하천설계기준에 수질정화공법 반영
- (현장 적용 가능 기술) 녹조 제거/저감 및 정수처리 시 현장 적용 가능한 기술 확보로 녹조 발생 시 신속한 대응
 - 확보된 현장 적용 가능 녹조 관리 기술로, 발생 후 신속한 제거/저감 및 관련 비용·피해 저감에 활용

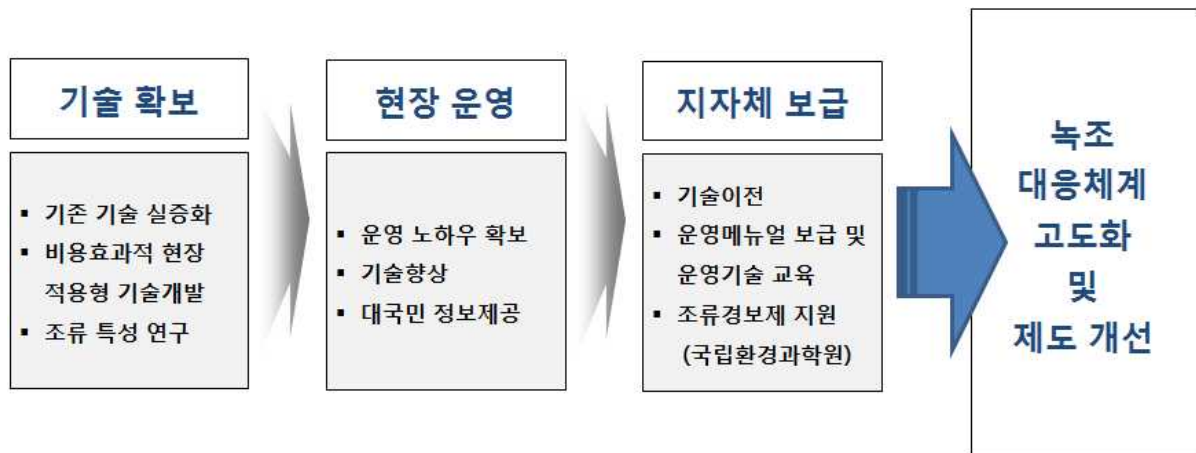
- 보급형 수처리제 개발 등 저가형 정수처리 기술 보급을 통한 지역별·기관별 정수처리 편차 감소 및 표준화 가능

○ (제도) 본 과제를 통해 개선된 제도 및 절차의 지속적 운영

- 조류경보제 개선(안) 및 하천설계 기준(안) 마련(국토부) 등 추진

□ 현장적용 기술 확보를 통한 녹조 대응체계 고도화

- (기술확보) 그간 기개발된 기술을 대상으로 실증화사업을 통하여 비용·효과적이고 현장 적용성이 뛰어난 기술 확보
- (현장운영) 확보된 기술에 대한 운영 노하우를 확보하고 기술개발 성과에 대한 대국민 정보를 제공하여 국민체감도 향상
- (지자체 보급) 개발된 기술을 지자체 등의 기술수요처에 이전하고, 운영메뉴얼을 제작·보급하여 운영기술을 교육



[그림 18] 본 사업 기술개발 이후 활용전략

2. 기대효과

국민이 체감가능한 기대효과

녹조에 대한 정확한 대국민 정보제공 및 현장적용 가능한 녹조관리 기술 개발·보급을 통해 녹조피해 최소화

- ☞ (단기) 기 개발된 녹조제거 기술의 실증사업화 및 비용효과적인 정수처리 기술개발 등 수생태 안정성 확보
- ☞ (중장기) 수계 특성에 최적화된 녹조 제어기술 개발방안 도출 및 녹조원 인물질 사전 제어를 통한 녹조 예방 최적화방안 마련

□ 녹조 예측 정확도 향상을 통한 발생 전 대처 및 대규모 하천 녹조 발생 감소로 수질악화에 대한 우려 해소

- 녹조 발생 예측에 따라, 녹조 대규모 확산 전 대처 가능
- 대규모 하천 녹조 확산 전 대응으로 주요 하천 수질악화에 대한 논란 방지
- 조류경보제 및 실시간 조류 모니터링 시스템과 연계된 조류발생 초기 조류확산 예방·지연을 위한 초동대응 기술개발을 통한 국민 민원 해결

□ 조류 피해(조류로 야기되는 독성, 이취미물질) 관련 안전기준 제공

- 조류발생으로 유발하는 독성, 이취미물질에 대한 대응방안 마련, 비용효과적인 안전한 먹는 물 제공을 통한 국민 불안감 해소

□ 수처리공정 고도화로 비용효과적인 ‘안전한 먹는 물’ 공급

- 정수장 유입녹조 제어를 위한 전처리 공정 및 그에 따른 운전 최적화 기술을 개발하여 국민에게 비용효과적인 ‘안전한 먹는 물’ 공급 및 수돗물의 안전성 전파
- 취수구부터 수처리 공정까지의 통합관리를 통한 녹조의 위해성 저감 및 안전한 먹는 물의 비용효과적인 공급

[부 록] RFP(안)

[환경부]		RFP 번호	1
과제명	고부하 비점오염원의 인 제거·관리기술 개발		
1. 연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 녹조발생에 주요 인자인 총인(TP) 저감을 통한 수질개선 및 농지, 가축분뇨 등에 의해 수계(호소, 하천)로 배출되는 고부하 비점오염원의 인 제거·관리기술 실증화 ○ 지자체에 보급할 수 있도록 비용효과적으로 운전방법을 쉽게 개발하여 보급효율 향상 		
2. 연구내용 및 범위	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인저감을 통한 수질개선 및 농지, 가축분뇨의 인 처리기술 등 수계(호소, 하천)내 인저감 특화처리 기술의 실증화 <ul style="list-style-type: none"> - 인 회수가 가능한 고효율 인흡착 bedding material 제조 기술 - 인 흡착 bedding 설치/운영기술 - 높은 인흡착능이 있는 식생과 인회수 bedding 시스템을 이용한 저에너지 소모형 정화 시스템 - 수거된(인흡착) 총인 자원화 기술 - 인 흡수 식생종 발굴 및 증식·배양 기술 * 성능목표(과제 제안 시 설계 기준 및 목표제시 필수) <ul style="list-style-type: none"> ○ 유입수질 조건 및 유량변동에 최적 대응이 가능한 맞춤형 설계기술개발 <ul style="list-style-type: none"> · 처리수량(on-site): 1,000m³/day 이상 ※ 현장적용 시 처리수량 등 규격에 관한 정량목표치 제시 필요 ○ 성능목표 달성 <ul style="list-style-type: none"> - 총인(TP) 제거 효율 : 80% 이상 - SS 부하 저감률 : 80% 이상 ○ 기타사항 <ul style="list-style-type: none"> - 적용범위 : 4대강 수계 상류 지천, 축산단지 인근 실개천 등 - 강우시 처리가능, 운전방법 간단, HRT : 50-170hr 		
3. 특기 사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기술개발 수준) 개발된 환경기술의 현장적용(실증화)을 통해 환경현안 해결 가능한 기술일 것 ○ (활용방안) 녹조상습 발생 지역의 비용효과적 인저감 기술개발(점·비점오염원) 및 실증화(Test-bed) 적용을 통한 수질개선 기술로 활용 ○ (연구내용 및 예산) <ul style="list-style-type: none"> ※ 연구내용 및 예산 비중은 조정 가능하나, 변경 시 충분한 검증자료 및 산출근거 제시 		
4. 사업규모	'15년도 20억원 내외(3년 총 60억원 내외)		

[환경부]

RFP 번호

2

과제명	녹조발생에 따른 녹조 유발물질 센싱기술 개발
1. 연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 녹조발생 예방과 발생 후 신속한 대응을 위해서는 현장에서의 실시간 측정과 이에 기반한 모델링을 활용한 예측시스템 운영시 감시기술(센싱) 개발 및 현장적용 추진 ○ 국립환경과학원에서 운영 중인 조류정보제와 연계하여, 조류예측 정확도를 향상시킬 수 있는 현장적용이 가능한 실증화 기술 개발 추진
2. 연구내용 및 범위	<ul style="list-style-type: none"> ○ 녹조 발생 사전탐지 및 독성물질 측정을 위한 녹조 안정성 감시 요소(센싱)기술 개발 및 현장적용 <ul style="list-style-type: none"> - 적용대상 후보기술(기술연구회 추진 예정) <ul style="list-style-type: none"> · 영양염 검지용 나노센서 개발 · 클로필 광센서 개발 · 센서막식 광센서 개발 · 녹조유발 냄새물질 센서 개발 · 녹조 독소물질 검지 · 조류측정센서 시제품개발 · 녹조감시 및 조기경보시스템 개발 <p>* 기타사항</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 과학원에서 운영 중인 조류 실시간 모니터링 시스템에 적용 가능한 센싱기술 개발 추진
3. 특기 사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기술개발 수준) 개발된 환경기술의 현장적용(실증화)을 통해 환경현안 해결 가능한 기술일 것 ○ (활용방안) 융복합센서 등 독성물질 측정기술 개발 및 수질센서 네트워크 구축을 통한 3차원 녹조감시 및 조기경보 모니터링 시스템으로 활용 ○ (연구내용 및 예산) <ul style="list-style-type: none"> ※ 연구내용 및 예산 비중은 조정 가능하나, 변경 시 충분한 검증자료 및 산출근거 제시
4. 사업규모	'15년도 8억원 내외(3년 총 24억원 내외)

과제명	하천구조체를 활용한 녹조관리기술 개발
1. 연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하천, 호소 수변공간의 구조체를 이용하여 녹조를 자체적으로 정화하고, 조류의 발생 억제 기능을 가진 건강한 하천의 운영 관리 기술의 개발 및 보급
2. 연구내용 및 범위	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하천 유입 녹조 원인 차단 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 하천변을 이용한 녹조 원인물질 차단 및 저감기술 - 친환경 살포제 및 고성능 여재 연계 고정형 조류 포집·여과시스템 개발 ○ 하도 내 조류발생 억제기능 강화 친환경 하천 구조체 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 하천 구조체를 활용한 조류의 제거 시스템 및 관리기술 개발 - 하도 내 조류 신속대응·처리를 위한 현장 조류제거기술 개발 - 습지 연계형 바이오모듈 수질정화시스템 개발 ○ 정책·법·제도 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 하천설계기준에 수질정화공법 반영
3. 추진 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ (현장 적용형 사업 추진) 현장 적용형 녹조관리 기술개발 및 실증화를 통한 보급체계 정비, 조류 경보 단계별로 필요한 친환경 녹조제거기술 개발 및 실증화 ○ (기술개발 수준) 총 사업 기간(3년) 이내에 성과 창출이 가능하도록, 관련 기술을 확보 가능한 과제 선정 ○ (연구내용 및 예산) 비중은 100을 기준으로, 하천공간 이용 녹조 원인 차단(40), 하천 구조체 활용 조류 저감(50), 정책연구(10) 수준으로 구성 ○ (추진체계) 사업 기간 내 실증이 가능하도록 산·학·연 컨소시엄을 구성하며, 실증지역 및 관련 기관(지자체, 공사 등)과의 협업체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> ※ 기술·정책·법·제도 연구는 관계부처와의 연계·협력을 통하여 진행 ※ 연구내용 및 예산 비중은 조정 가능하나, 변경 시 충분한 검증자료 및 산출근거 제시
4. 특기 사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실증지역을 선정하여 타겟형 연구 및 서비스 구현에 중점을 두며, 상위의 요구사항에 대한 구체적 활용대상, 활용처 실증방안 제시 ○ 본 과제를 통하여 녹조문제 해결을 위한 기술적, 법·제도적, 인프라적 대응체계 및 기반 마련
5. 사업규모	'15년도 10억원 내외(3년 총 50억원 내외)

과제명	조류경보에 따른 친환경 녹조제거 및 처분기술 개발
1. 연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조류경보제와 연계하여 4대강 수계별 조류 발생지역 내의 통합방제 및 신속 대응과 2차 환경피해 예방을 위한 물리·화학적 조류제어기술 추진 ○ 또한, 수거된 조류에 대한 친환경적인 처리·처분기술 개발 등 녹조제어기술에 대한 녹조제거 → 제거된 녹조 처리 등 전과정 통합 솔루션 도출
2. 연구내용 및 범위	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조류경보 직전 녹조확산을 지연시키기 위한 하천 광역지역 녹조 처리기술 실증화 <ul style="list-style-type: none"> - 수상형 조류 저감기술 실증화 ○ 국부적으로 조류 발생으로 민원이 심한 강변 등 수상형 장치 접근이 어려운 지역에 대한 녹조 처리기술 실증화 <ul style="list-style-type: none"> - 육상형 조류 저감기술 실증화 ○ 국립환경과학원에서 운영 중인 조류경보제와 연계하여, 실시간으로 현장대응을 위한 녹조 저감기술 운영시스템 개발 및 실증화 ○ 조류의 수집·응집·고액분리·탈수폐액 및 cake 반출 등 조류제거 전과정 처리 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> ※ 2차 환경오염이 없는 무독성 자연계 응집제 검증 <p>* 성능목표(과제 제안 시 설계 기준 및 목표제시 필수)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 유입수질 조건 및 유량변동에 최적 대응이 가능한 맞춤형 설계기술개발 <ul style="list-style-type: none"> · 처리수량(on-site): 10,000ton/day 이상 <ul style="list-style-type: none"> ※ 현장 적용 시 처리수량 등 규격에 관한 정량목표치 제시 필요 ○ 발생조류 처리 공정별 성능목표 달성 <ul style="list-style-type: none"> - 슬러지 처리량: 0.5ton/day, 슬러지 함수율(고액분리): 80%이하 - 탈수폐액 농도 : Chl-a: 15mg/m³ 미만, TP:0.3 mg/l 미만 <ul style="list-style-type: none"> ※ 슬러지 잔량 처리방법 제시 필요 ○ Test-bed 운전 및 유지관리기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 기존기술 대비 25% 이상의 제거비용 절감 및 높은 유지 관리성 확보
3. 특기 사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기술개발 수준) 개발된 환경기술의 현장적용(실증화)을 통해 환경현안 해결 가능한 기술일 것 ○ (실증지역 중심) 과제 선정평가 시점까지 수요 지자체 또는 공공기관 Test-bed 설치와 관련된 공식적인 협의 문서를 제출 할 것 <ul style="list-style-type: none"> - 낙동강, 영산강 등 4대강 수계 및 주요 하천을 대상으로 선정 ○ (연구내용 및 예산) <ul style="list-style-type: none"> ※ 연구내용 및 예산 비중은 조정 가능하나, 변경 시 충분한 검증자료 및 산출근거 제시
4. 사업규모	'15년도 20억원 내외(3년 총 60억원 내외)

과제명	정수장 유입조류 제어 및 전처리 공정기술개발 실증화
1. 연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 취수구부터 수처리 공정까지의 통합관리를 통한 녹조의 위해성 저감 및 안전한 먹는 물의 비용효과적인 공급
2. 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정수장 유입조류 특성에 따른 통합관리기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 공정 부하 최소화를 위한 유입 조류 제어 기술 개발 - 조류 제거 전처리공정 구축 및 최적화 적용 기술개발 - 실시간 조류 모니터링 시스템 구축 - 정수장 유입조류 전처리 공정 연계 운영기술 개발(모니터링 장치 연계 운영) - 지자체 Test-bed 구축·운영을 통한 조류제거 효과 검증 * 성능목표(과제 제안 시 설계 기준 및 목표제시 필수) <ul style="list-style-type: none"> ○ 조류 및 부유성 오염물질 70% 이상 제거 전처리 공정 ○ 처리수량: 5,000ton/day 이상 ○ SS 제거효율: 80% 이상 ○ 지오스민 및 2-MIB: 70% 이상 ○ 유입 chl-a: 15mg/m³ 미만 ○ 남조류 세포수: 500cells/mL 미만
3. 특기 사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기술개발 수준) 개발된 환경기술의 현장적용(실증화)을 통해 환경현안 해결 가능한 기술일 것 <ul style="list-style-type: none"> - 고효율·컴팩트형 정수장 유입조류 전처리기술 및 공정, 조류제어 시스템 운전 및 유지관리 매뉴얼 등 최종성과물 제시 ○ (실증지역 중심) 과제 선정평가 시점까지 수요 지자체 또는 공공기관 Test-bed 설치와 관련된 공식적인 협의 문서를 제출 할 것 ○ (최종산출물) 특허 출원 및 등록: 3건 이상, 환경신기술인·검증, 녹색기술인증 등 1건 ○ (연구내용 및 예산) '14년도 7억원 내외(3년 총 21억원 내외) <ul style="list-style-type: none"> ※ 연구내용 및 예산 비중은 조정 가능하나, 변경 시 충분한 검증자료 및 산출근거 제시
4. 사업기간 /예산	(기투자) '14년도 7억원 내외(3년 총 21억원 내외)

과제명	정수장 유입조류 측정에 따른 의사결정 시스템 개발 실증화
1. 연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정수장 유입녹조에 대비하여 안전한 먹는 물을 비용효과적으로 공급하기 위한 연계·제어 의사결정 시스템 개발 및 현장적용
2. 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정수장 유입조류 및 이취미 유발물질(2-MIB, Geosmin) 실시간 모니터링 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 유입조류 및 독성물질 모니터링을 통한 조류 유입 특성 통계적 추론 - 이취미 유발물질 (2-MIB, Geosmin) 실시간 분석장치 개발 ○ 정수장 연계·제어 의사결정 시스템 개발 및 현장적용 <ul style="list-style-type: none"> - 유입 조류 독성물질 및 이취미 유발물질 거동 특성 연구 - 조류 분류군별 정수공정 장애 개선 및 대응 기술 개발 - 조류 및 이취미 유발물질 측정 시스템 연동 최적 운전·제어기술 및 시스템 개발 - SCADA 지원 정수장 공정모사 시뮬레이터 및 수치해석 시스템 개발 - 지자체 Test-bed 구축·운영을 통한 물질제거 효과 검증 <p>* 성능목표(과제 제안 시 설계 기준 및 목표제시 필수)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 조류 분류군 및 독성물질 모니터링, 이취미물질 실시간 분석 장치 현장적용 <ul style="list-style-type: none"> - 한국형 유입조류 및 이취미 유발물질 실시간 분석시스템 개발 ※ 과제 제안 시 설계 기준 및 목표제시 필수(10 ng/L 이하 감지 등) ○ 조류 독성물질 및 이취미 유발물질 모니터링 연계·제어 의사결정 시스템 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - 단위공정(별) 의사결정 시스템 설계기술 확보(기존처리 및 고도처리시스템 포함) - 모니터링·공정모사·연계제어 시스템 검증·평가(신뢰도 80% 이상) - 불연속 측정을 통한 조류 독소물질(ex_Microcystin 등) 불검출(WHO 기준 1 µg/L 이하) - 최적화 운전기법을 통한 원가절감 효과 검증
3. 특기 사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기술개발 수준) 개발된 환경기술의 현장적용(실증화)을 통해 환경현안 해결 가능한 기술일 것 <ul style="list-style-type: none"> - 정수장 유입조류 실시간 모니터링 및 연계 공정제어 시스템, 조류 및 이취미 유발물질 대응 정수장 운영기술 표준 매뉴얼 등 최종성과물 제시 ○ (실증지역 중심) 과제 선정평가 시점까지 수요 지자체 또는 공공기관 Test-bed 설치와 관련된 공식적인 협의 문서를 제출 할 것 ○ (최종산출물) 특허 출원 및 등록: 3건 이상, 환경신기술인·검증, 녹색기술인증 등 1건 ○ (연구내용 및 예산) '14년도 5억원 내외(3년 총 15억원 내외) <ul style="list-style-type: none"> ※ 연구내용 및 예산 비중은 조정 가능하나, 변경 시 충분한 검증자료 및 산출근거 제시
4. 사업기간/예산	(기투자) '14년도 5억원 내외(3년 총 15억원 내외)

[미래부]

RFP 번호

7

과제명	녹조로부터 안전하고 깨끗한 먹는 물 공급 체계 구축
1. 연구목표	○ 식수원의 녹조 발생 시 국민들에게 안전하고 믿을 수 있는 식수를 제공하기 위한 실증 지역 중심의 정수처리 선진화 방안 연구
2. 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 취수구의 녹조 모니터링 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - 식수원 녹조 발생 시 실시간 검측(맛, 냄새 물질 등), 자동화 등 모니터링 체계 개선 - 조류 이취미, 독소에 대한 관계 규명 - 실증지역 시범적용 및 평가 ○ 녹조 저감을 위한 취수방식 및 전처리 개선 방안 연구·실증 <ul style="list-style-type: none"> - 취수방식의 다변화 및 개선방안 도출 - 전처리를 통한 도수관로 수질개선 방안 마련 - 실증지역 시범적용 및 평가 ○ 녹조 발생 시 처리를 위한 정수처리의 선진화 <ul style="list-style-type: none"> - 보급형 수처리제(대체 흡착제, 산화제 등) 개발 및 인증, 슬러지 처리 등 - 정수처리 공정 내 조류, 조류 기인 유해물질(독소, 맛·냄새 물질 등) 및 소독 부산물 등의 거동 특성 및 최적 처리 방안 - 녹조 발생 시 수처리 공정(흡착, 산화 등)의 효율 증진을 위한 가이드라인 제시 - 실증지역 시범적용 및 평가 ○ 대국민 소통체계 제공 <ul style="list-style-type: none"> - 식수원 녹조와 관련한 사회적 핵심 이슈 발굴 및 효과적인 소통체계 구축 및 실증 - 녹조 발생 시 지역별 맞춤형 정보전달 및 대국민 소통체계 마련 ○ 정책·법·제도 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 실효성 있는 정수처리 선진화 방안 연구를 위한 식수원 녹조관련 정책/법/제도 분석 및 개선방안 연구
3. 특기 사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기술개발 수준) 총 사업 기간(3년) 이내에 성과 창출이 가능하도록, 관련 기술을 확보 가능한 사업단 선정 ○ (실증지역 중심) 실증지역을 선정하여 타겟형 연구 및 서비스 구현에 중점을 두며, 상위의 요구사항에 대한 구체적 활용대상, 활용처 실증방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 실증지역은 최근 2년 이내 녹조 문제의 심각성이 사회적으로 부각된 식수원 인근 지역 선정 ○ (연구내용 및 예산) 비중은 100을 기준으로, 취수구 녹조 모니터링(25), 취수방식 및 전처리 개선(15), 정수처리의 선진화(55), 녹조 커뮤니케이션 서비스 및 정책연구(5) 수준으로 구성 <ul style="list-style-type: none"> - 식수원의 안전성을 고려하여 실증 가능한 기술 개발(2차 오염 방지 등) ※ 연구내용 및 예산 비중은 조정 가능하나, 변경 시 충분한 검증자료 및 산출근거 제시 ○ (추진체계) 사업 기간 내 실증이 가능하도록 산·학·연 컨소시엄을 구성하며, 실증지역 및 관련 기관(지자체, 공사 등)과의 협업체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> ※ 항목별로 필요한 증빙자료 제출 ※ 기술·정책·법·제도 연구는 관계부처와의 연계·협력을 통하여 진행
4. 사업기간 /예산	(기투자) '14년도 25억원 내외(3년 총 85억원 내외)