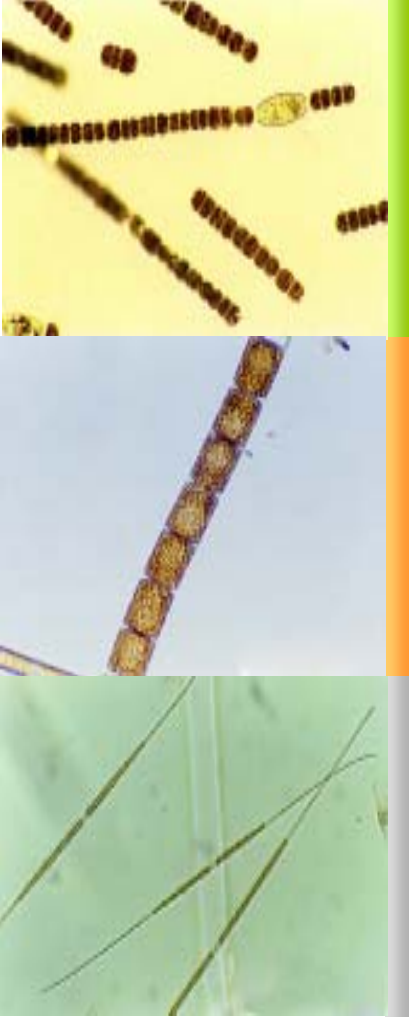


정 책 토 론 회

상수원에 조류 이상 증식시 대응방안

조 항 문
도시환경연구부 연구위원

차례

연구의 개요

연구배경 및 목적

- 최근 상수원을 중심으로 일시적으로 과다하게 발생하고 있는 조류는 정수처리과정에서 장애를 일으킴
- 수돗물에 맛과 냄새를 유발하여 수돗물의 수질을 저하시키는 등 문제를 야기하고 있음.
- 수질오염의 부산물인 상수원의 조류는 수돗물 수질에 민감하게 영향을 미침.
- 시민이 신뢰하는 수돗물의 생산과 공급을 위해 조류의 과다한 발생에 대비한 적절한 대응책 마련이 필요한 실정임.

연구내용 및 방법

- 제Ⅰ장
- 제Ⅱ장
- 제Ⅲ장
- 제Ⅳ장
- 제Ⅴ장

조류 발생에 띠른 장해 분석

↓

서울시 상수원 조류 특성 분석

↓

조류 제어 및 제거 방안 검토

↓

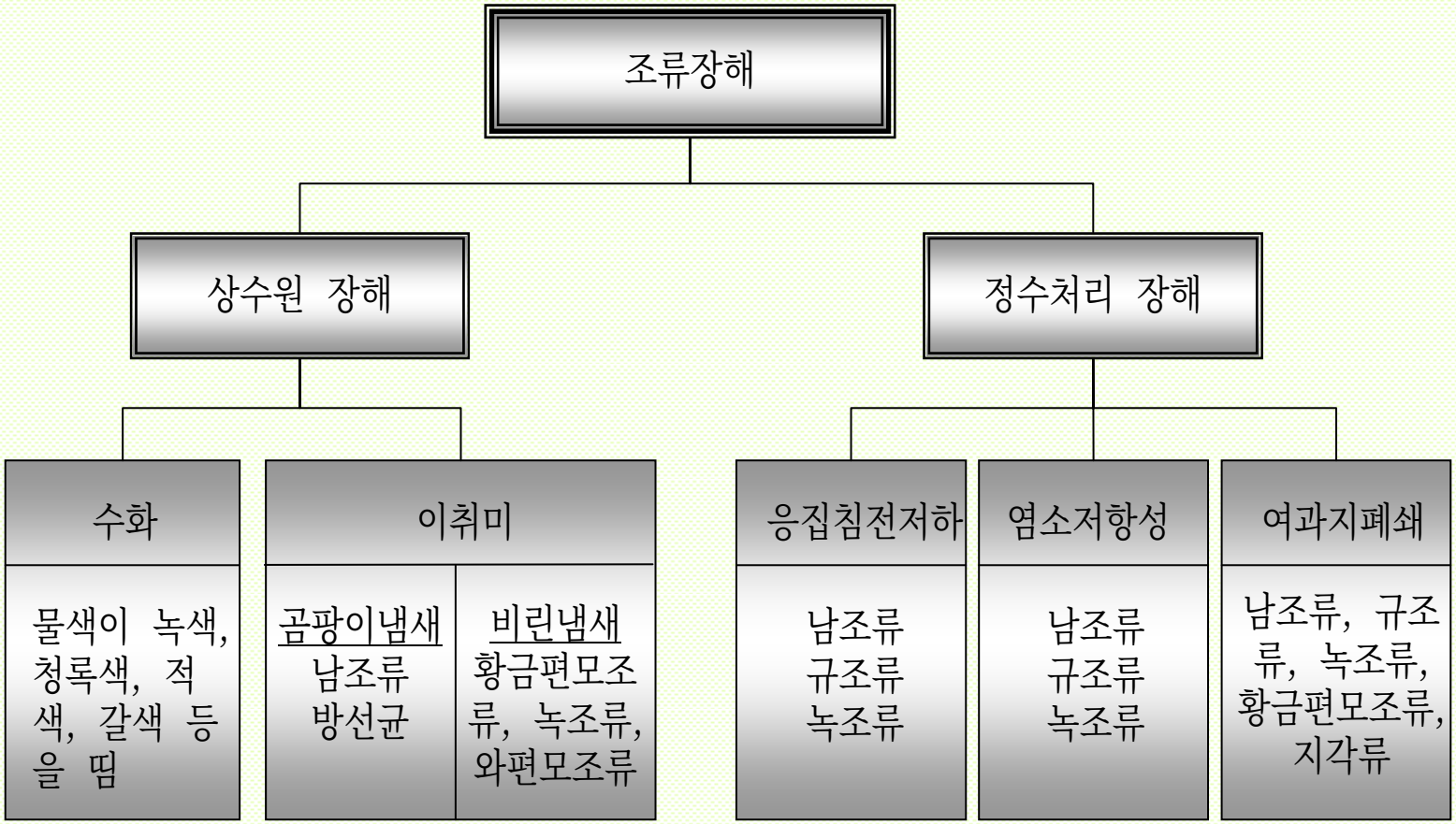
조류예보제의 사례분석 및 개선방안

↓

결론 및 정책건의

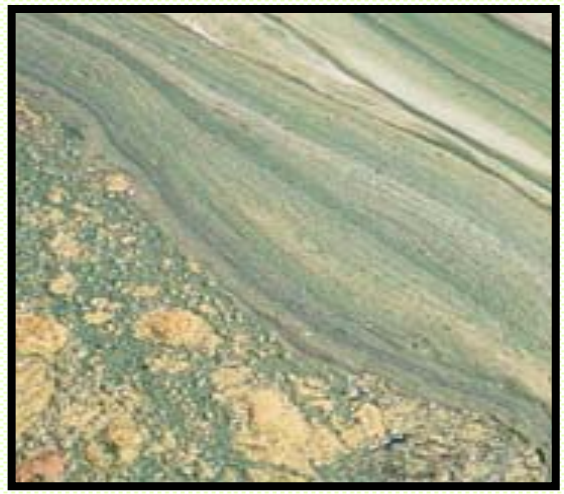
조류의 영향 분석

조류발생에 따른 장해



조류발생에 따른 장해

❑ 녹조현상



- 정의
  - 조류가 다량 발생하여 녹색 또는 남색을 띠는 현상

- 문제점
  - 산소고갈에 따른 어패류 폐사
  - 물의 착색 또는 스컴형성(그림)
  - 고사한 물고기 등으로 인한 시각적 문제
  - 정수 처리시 경제적 비용 증가 및 기능 저하
  - 이취미에 따른 수돗물 신뢰도 하락
  - 일부 독성 조류에 의한 보건상의 문제

조류발생에 따른 장해

제 I 장
제 II 장
제III장
제IV장
제 V 장

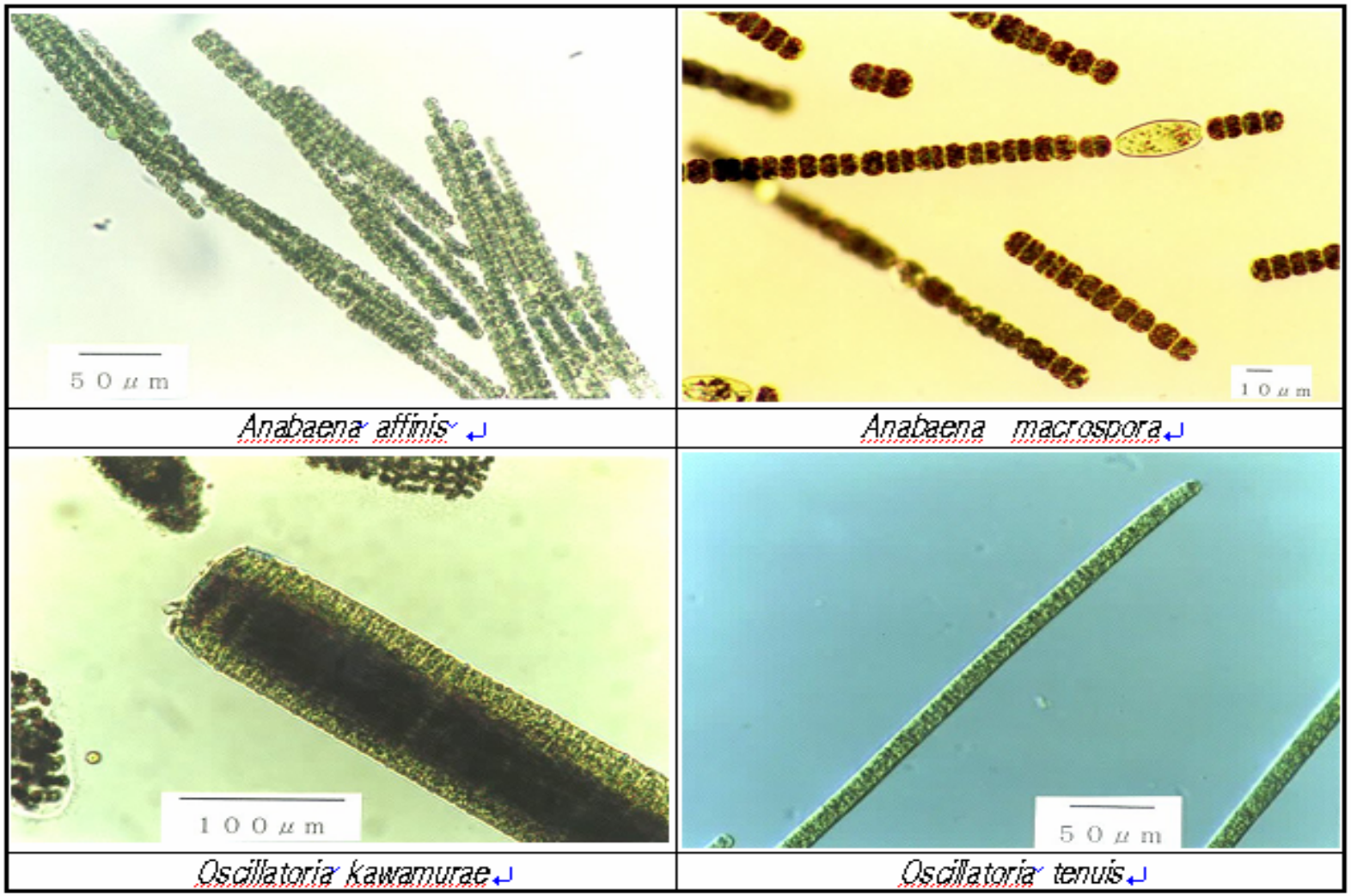
- 남조류 독소에 의한 국내 피해사례는 없음
  - 호주의 뉴잉글랜드, 미국의 위스콘신주, 영국, 독일 등 세계각지에서 피해 사례가 보고
- 단기적인 대책
  - 발생초기에 적극적인 대처가 가장 중요
  - 수중폭기장치 및 조류제거선 가동
  - 고도정수처리시설 운영 강화 등
- 중·장기적인 대책
  - 질소·인 등을 사용하는 업체의 환경기준을 강화
  - 질소비료를 사용하는 농가에 유기농업을 장려
  - 정기적인 호소 및 하천의 준설 등

조류발생에 따른 장해

❑ 이·취미장해

이취미장해	원인생물	비고
곰팡이냄새 흙냄새	남조류 -- *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Anabaena* 등	원인물질로는 2-MB, Geosmin이 알려짐
	방선균 -- *Streptomyces*, *Nocardia*, *Actinomadura*, *Micromonospora* 등	
비린냄새, 생선냄새· 해조류냄새	황금편모조류 -- *Uroglena*, *Malomonas*, *Synura*, *Dynobryon* 등	원인물질로는 알데히드류 2,4-Heptadienal이 알려짐
	녹조류 -- *Volvox* 등	
	와편모조류 -- *Peridinium* 등	
조류냄새· 풀냄새	규조류·녹조류	장해는 적으나, 대량증식시 식물플랑크톤의 주된 냄새
방향	규조류	장해는 적으나, 규조류 대량증식시 발생하며 여과장해에 문제로 작용

조류발생에 따른 장해



Anabaena affinis

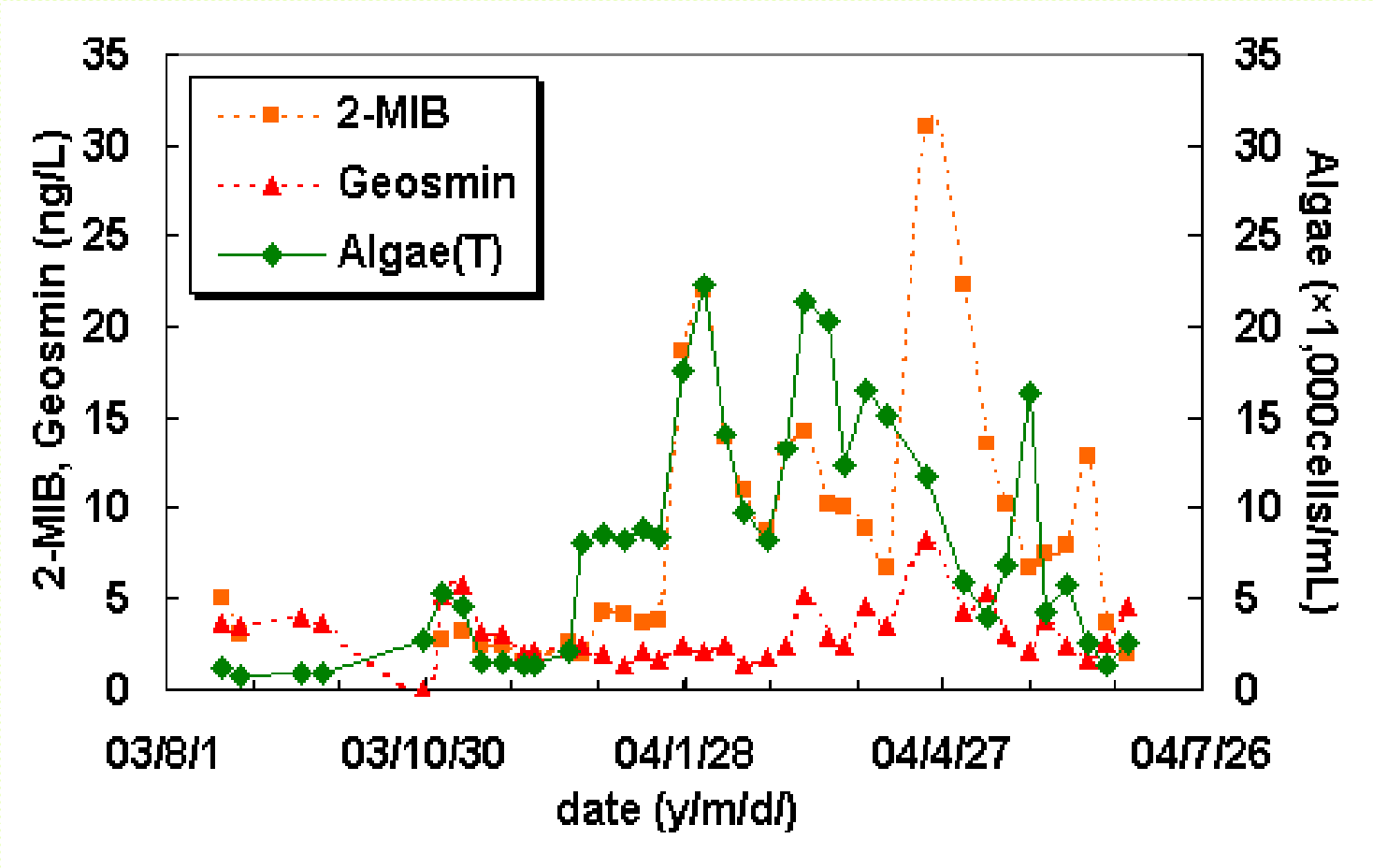
Anabaena macrospora

Oscillatoria kawamurae

Oscillatoria tenuis

서울시 상수원의 조류발생 특성

■ 조류와 맛·냄새물질 발생(구의)

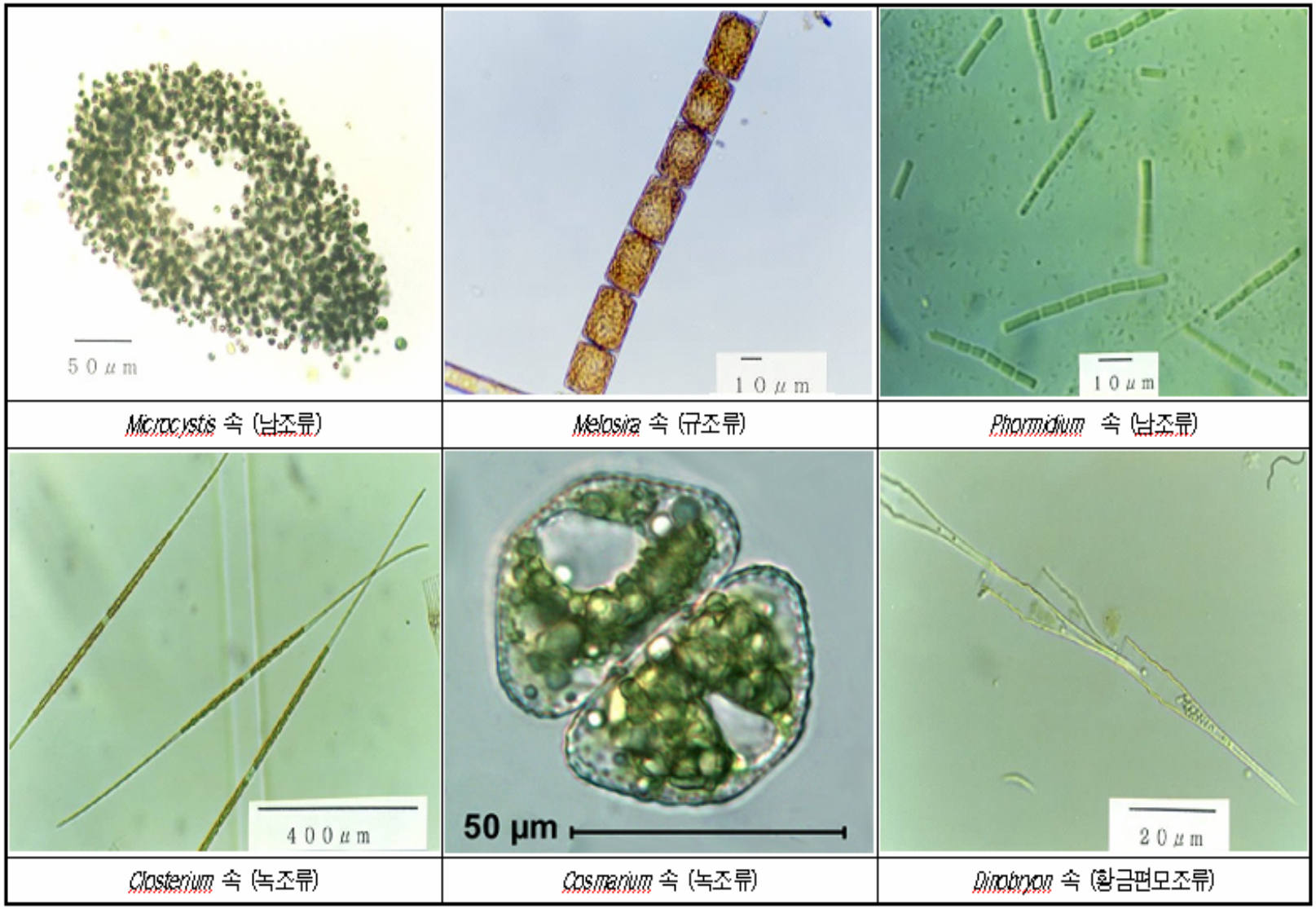


조류발생에 따른 장해

❑ 정수처리장해

정수처리장해	유발조류	비고
응집 · 침전방해	남조류 - *Microcystis, Oscillatoria, Anabaena* 등	식물플랑크톤
	규조류 - *Melosira, Synedra* 등	
	녹조류 - *Dictyosphaerium, Closterium* 등	
염소저항성 강화	남조류 - *Phormidium anbiguum* 등	식물플랑크톤
	규조류 - *Achnanthes affinis* 등	
	녹조류 - *Tetraspora gelatinosa, Coccomyxa lacustris, Cosmarium regnellii* 등	
여과지폐쇄	남조류 - *Microcystis, Anabaena* 등	식물플랑크톤
	규조류 - *Melosira, Cyclotella, Stephanodiscus, Synedra, Phizosolenia, Attheya, Fragilaria,* 등	
	녹조류 - *Sphaerocystis, Closterium* 등	
	황금편모조류 - *Dinobryon* 등	
	지각류 - *Daphnia, Bosmina* 등	동물플랑크톤

조류발생에 따른 장해



Microcystis 속 (남조류) | *Melosira* 속 (규조류) | *Phormidium* 속 (남조류)

Closterium 속 (녹조류) | *Cosmarium* 속 (녹조류) | *Dinobryon* 속 (황금편모조류)

조류발생에 따른 장해

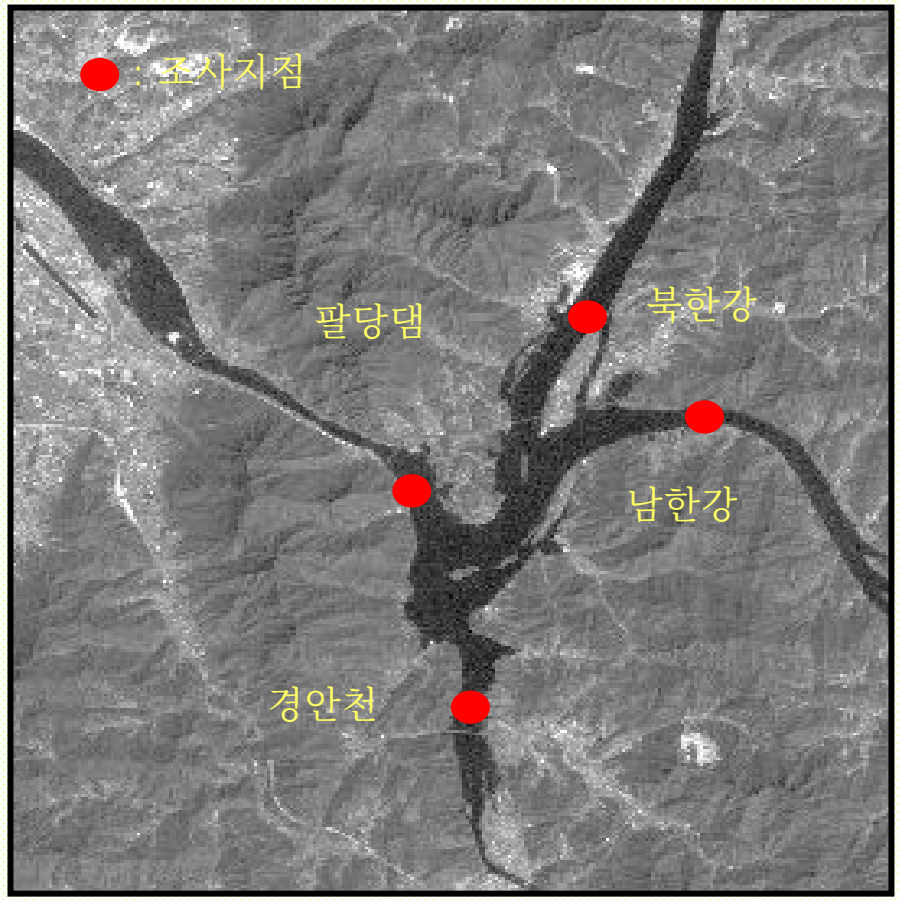
❑ 독소생성

종 명	생성물질	독성물질
Anabaena flos-aquae	Anatoxin-A	Neurotoxin (신경독)
	Anatoxin-A(S)	
	Saxitoxin	
	Neosaxitoxin	
Microcystis aeruginosa	**Microcystin-LR**	**Hepatotoxin** (간장독)
Nodularia spumigena	Nodularin	Hepatotoxin (간장독)

서울시 상수원의 조류발생 특성

❑ 팔당호에서의 조류발생 현황 및 특성

- 조사지점 (한강물환경연구소, 2004)
  - 북한강수계
  - 남한강수계
  - 경안천수계
  - 팔당댐



서울시 상수원의 조류발생 특성

- 조류발생 양상(2002~2004)
  - 오염도가 가장 높은 경안천의 조류발생량이 가장 높고 북한강이 가장 낮음
  - 시기별로 여름과 가을에 비해 봄의 조류 발생이 더 활발함
  - 계절적 조류발생 패턴
    - ✓초여름 : 규조류 우점
    - ✓여름~초가을 : 남조류와 녹조류가 우점
  - 남조류의 경우 수적인 큰 변화 없음
    - ✓이취미장해, 정수처리장해, 독성생성 등의 문제를 야기하는 *Anabaena, Microcystis, Oscillatoria, Phormidium* 등의 남조류는 꾸준히 출현
  - 녹조류의 경우 종수가 감소 하였으나 다시 증가하는 양상

서울시 상수원의 조류발생 특성

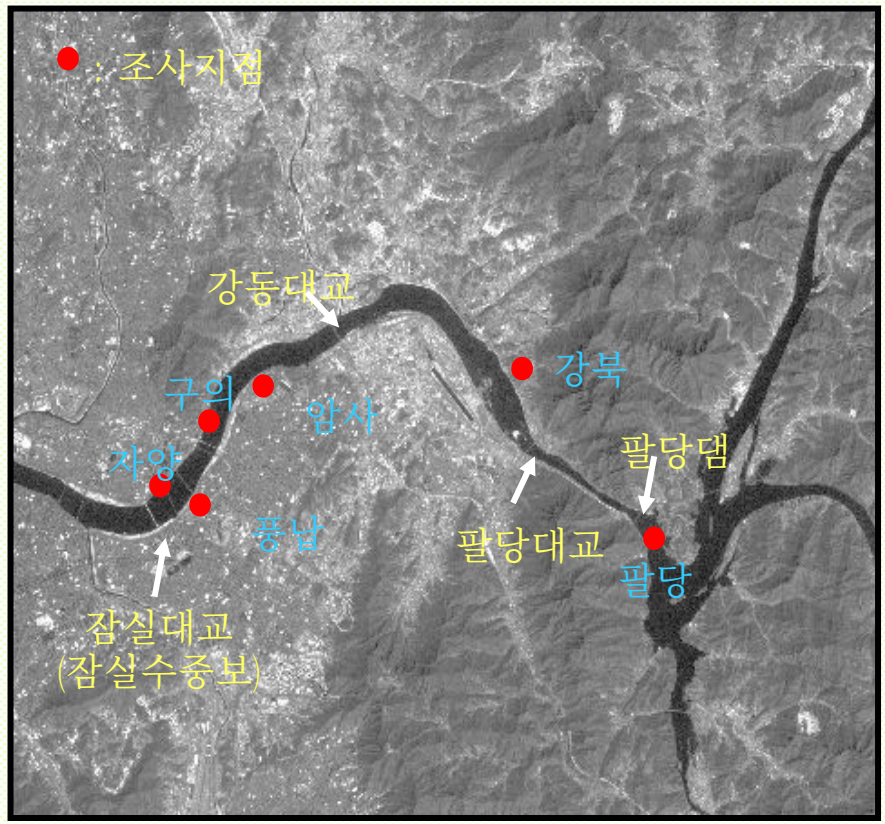
– 출현 조류종수

분류군	2002		2003		2004	
	종수	%	종수	%	종수	%
남조류	7종	19.44	6종	21.43	7종	23.33
규조류	4종	11.12	5종	17.86	6종	20.00
녹조류	18종	50.00	11종	39.28	14종	46.67
기타조류	7종	19.44	6종	21.43	3종	10.00
합계	36종	100.00	28종	100.00	30종	100.00

서울시 상수원의 조류발생 특성

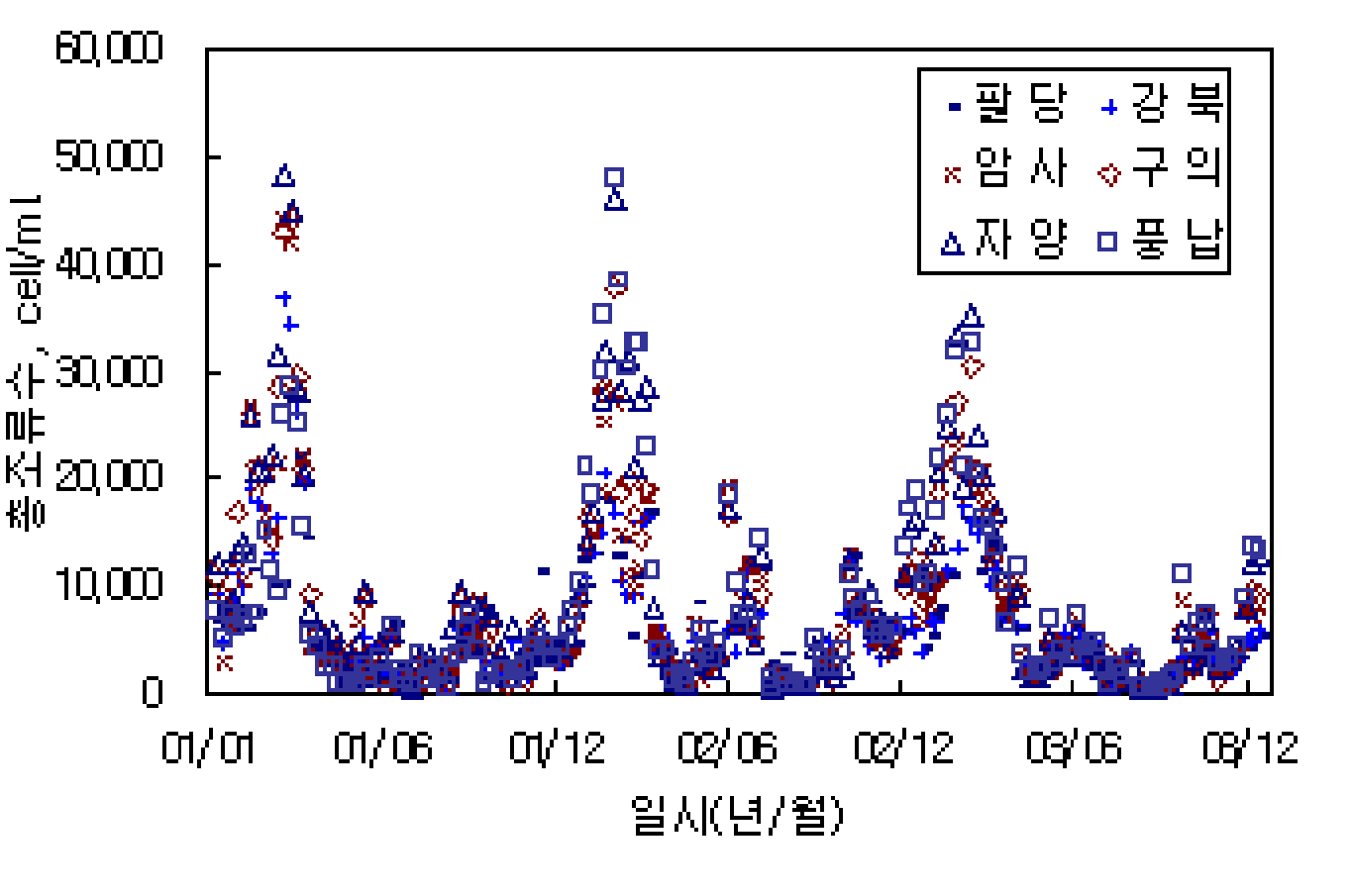
❑서울시 취수원의 조류발생 현황 및 특성

- 조사지점 (서울시상수도연구소, 2003)
  - 광역상수도 1~2단계 취수장
    - ✓팔당
  - 서울시 5개 취수장
    - ✓강북
    - ✓암사
    - ✓구의
    - ✓풍납
    - ✓자양



서울시 상수원의 조류발생 특성

■ 취수장별 총조류 발생 추이('01~'03)



서울시 상수원의 조류발생 특성

- 남조류(1995~2002)
  - 전지점별 연평균 발생량은 구의지점이 최저(20cells/mL), 팔당지점이 최고(640 cells/mL)
  - 발생량은 비교적 정체수역인 팔당과 풍납 지점이 많은 것으로 나타남
  - 장해발생 기준수치를 1,000cells/mL 로 볼 때
    - ✓연평균 발생일수는 10~14일/년
    - ✓최고 42일/년
  - 1999~2001년까지는 장해발생 일수가 꾸준히 증가하다가 2002년에는 전반적으로 장해발생 일수가 감소하는 경향
  - 1주일 사이에 남조류가 급격히 증가하기도 함
    - ✓(150 → 7,700cell/mL)

서울시 상수원의 조류발생 특성

제 I 장
제 II 장
제III장
제IV장
제 V 장

- 4월부터 시작하여 5월까지 간헐적으로 발생하다가, 6월부터는 장마 또는 집중강우 초기인 7월까지 *Anabaena*와 *Microcystis*이 급격히 증가
- 이 시기에 연중 가장 많은 양이 발생하며, 6~7월의 장마기간 동안은 강우 정도에 크게 좌우되는 특성을 보여줌.
- 남조류의 대량발생은 조류독소 및 이·취미 발생, 소독부산물 발생량 증가 등의 실질적인 수질장해를 초래
- 조류독소 중에서는 Microsystins는 가축, 야생동물 및 사람에게도 영향을 끼칠 수 있기 때문에 서울시에서도 2000년부터 감시항목으로 관리하고 있음

서울시 상수원의 조류발생 특성

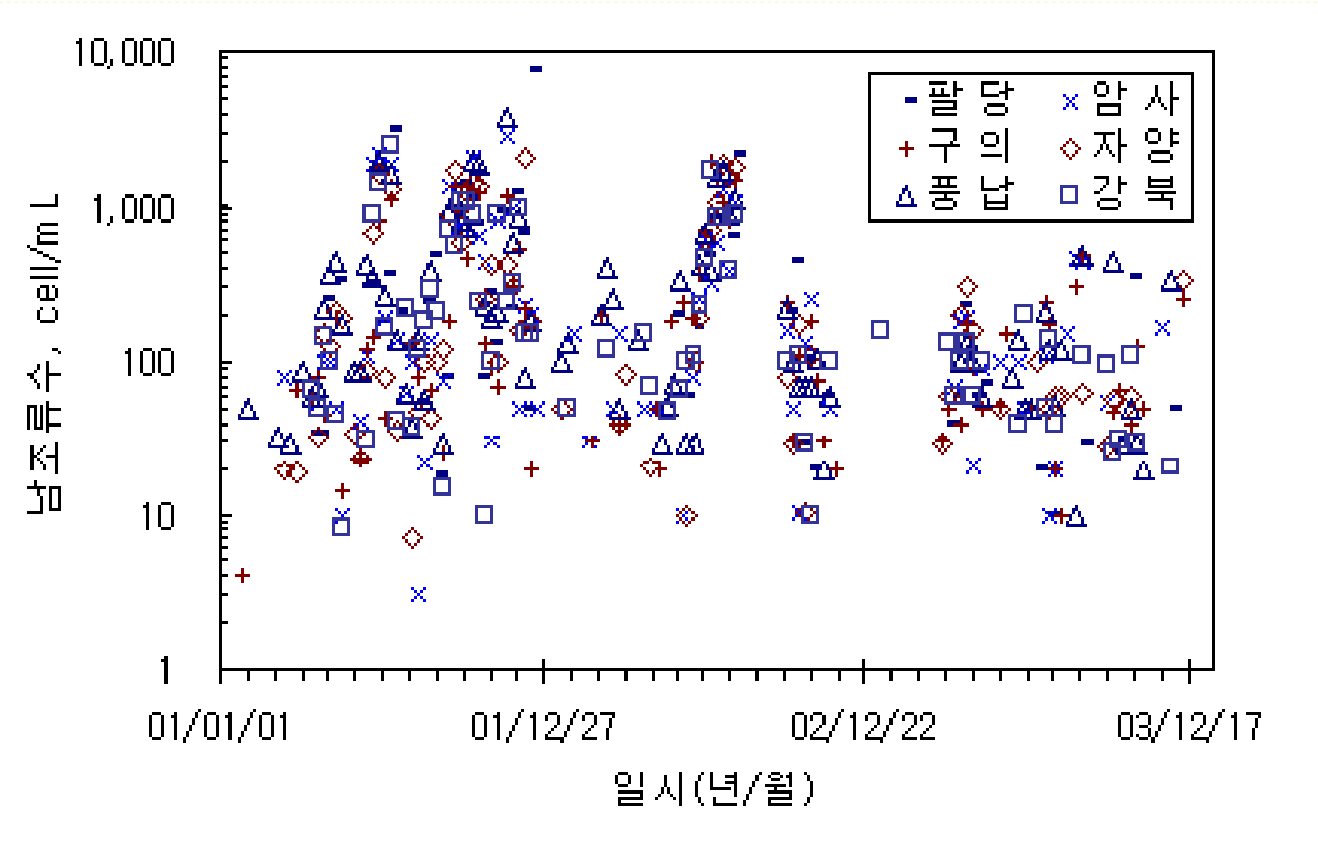
제 I 장
제 II 장
제III장
제IV장
제 V 장

– 1995~2002년간 서울시 취수원 남조류 발생량과 장해일수

구분 \ 지점		팔당	강북	암사	구의	자양	풍납
연평균 (%)		60~640 (0.9~9.8)	50~260 (0.9~4.7)	60~360 (0.7~5.1)	20~190 (0.3~2.4)	60~290 (0.7~3.4)	70~400 (0.9~4.3)
상위 5% 발생량	범위	900~ 17,060	500~ 2,510	820~ 4,390	700~ 4,070	720~ 4,390	920~ 3,850
	평균	2,830	1,100	1,770	1,160	1,530	1,700
장해발생 해당일수 * (일/년)	1995	7	-	7	7	7	7
	1996	0	-	0	7	7	7
	1997	0	-	14	0	14	21
	1998	0	-	0	0	0	7
	1999	7	7	14	14	7	7
	2000	21	28	14	21	14	14
	2001	42	21	42	28	42	35
	2002	7	0	14	7	7	7
	평균	10.5	14.0	13.1	10.5	12.3	13.1

서울시 상수원의 조류발생 특성

– 취수장별 남조류 발생 추이('01~'03)



서울시 상수원의 조류발생 특성

- 정수처리장해성 규조류군
  - 전지점별 연평균 발생량은 구의지점이 최저 (700cells/mL), 풍납지점이 최고(2,400 cells/mL)
  - 하류로 갈수록 증가하여 풍남지점이 가장 많음
  - 장해발생 기준수치를 5,000cells/mL 로 볼 때
    - ✓연평균 발생일수는 8~15일/년
    - ✓최고 49일/년

서울시 상수원의 조류발생 특성

- 봄과 가을철에 다량 발생
- 응집지에서부터 침전지 사이에 플럭 부상현상 발생
- 부상된 플럭은 스컴층을 형성하게 되어, 여과사 입경이 작고 생산량이 많은 정수장의 여과지에서는 여과지속시간이 단축되어 생산량이 급격히 줄어드는 결과를 초래
- 정수처리공정이나 여과수에서는 조류취 또는 물비린내라고 표현하기도 하는 냄새가 발생
- 전염소처리 등 산화제 처리에 의하여 소독부산물 생성

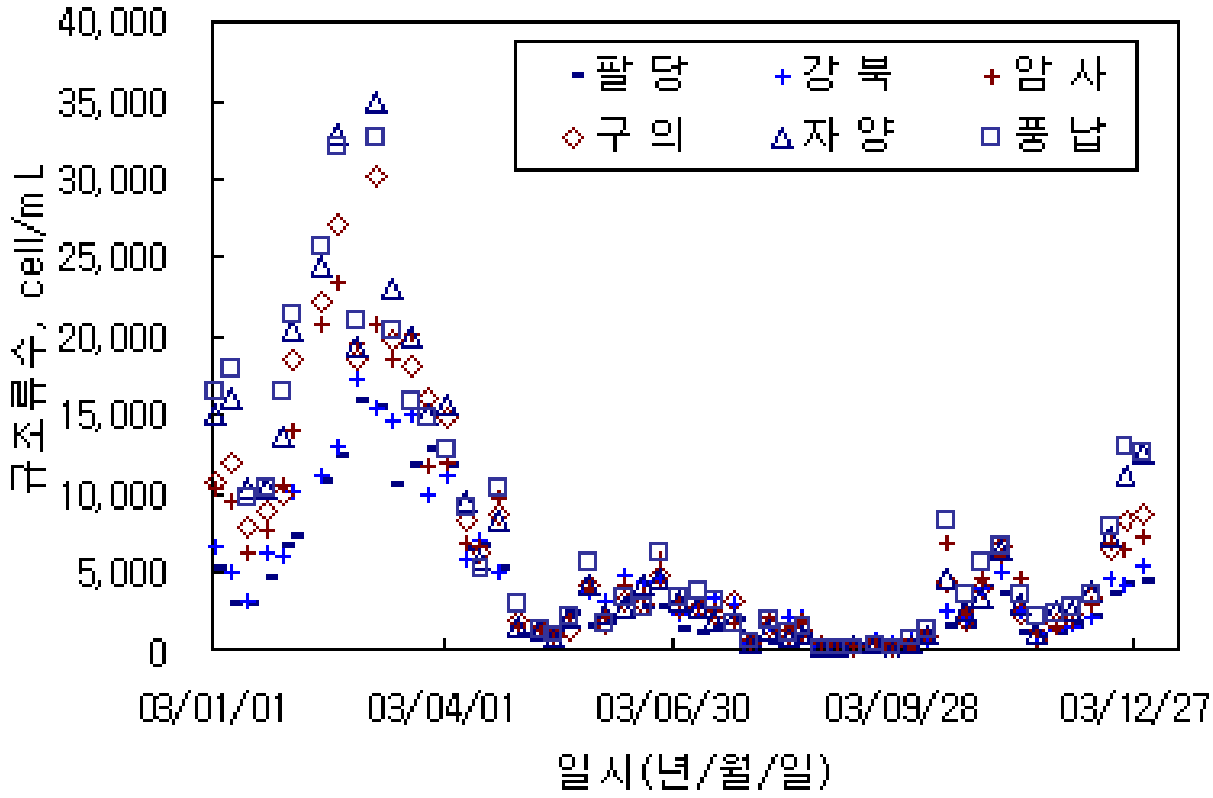
서울시 상수원의 조류발생 특성

– 1995~2002년간 서울시 취수원 규조류 발생량과 장해일수

구분 \ 지점		팔당	강북	암사	구의	자양	풍납
연평균 (%)		710~ 1,710 (14~25)	860~ 1,780 (16~25)	760~ 2,110 (13~26)	700~ 2,230 (12~26)	970~ 2,240 (12~25)	880~ 2,400 (14~26)
상위 5% 발생량	범위	3,980~ 10,970	3,610~ 10,500	3,990~ 11,570	4,710~ 10,570	4,310~ 12,420	4,820~ 11,140
	평균	5,600	5,210	6,180	6,430	7,020	7,170
장해발생 해당일수* (일/년)	1995	0	-	7	14	14	14
	1996	7	-	7	7	7	7
	1997	7	-	0	0	7	14
	1998	0	-	0	0	0	0
	1999	7	7	7	7	7	7
	2000	14	21	42	49	42	49
	2001	7	0	0	14	0	14
	2002	21	14	14	14	14	14
	평균	7.9	10.5	9.6	13.1	11.4	14.9

서울시 상수원의 조류발생 특성

– 취수장별 규조류 발생 추이(2003)



서울시 상수원의 조류발생 특성

- *Synedra acus*
  - 300 μm 정도 크기의 길고 가는 바늘 형태를 하고 있는 조류로서, 다른 정수처리장해성 규조류보다 적은 개체수로도 장해를 초래하는 특성을 가짐.
  - 전지점별 연평균 발생량은 최저(30cells/mL), 최고(380cells/mL)으로 지점간의 차이 없음.
  - 장해발생 기준수치를 1,000 cells/mL로 볼 때
    - ✓연평균 일수는 지점별로 7~16일/년
    - ✓최고 49일/년
    - ✓1998년부터 2000년까지 3년 연속 지점별로 14~49일로 장해발생 일수를 초과하였고, 그 외의 연도에는 장해발생 기준을 초과한 일수가 없었음.

서울시 상수원의 조류발생 특성

- 정수처리장해성 규조류보다 총발생량이 적기 때문에 플럭부상에 의한 침전지에서의 장해는 심하지 않음
- 그러나, 침전지에서 제거되지 못하고 여과지로 유입되어 여과지 표면에 그대로 쌓면 여과지의 조기 폐색현상이 심하게 나타남
- 결과적으로 여과지속 시간을 크게 단축시켜 잦은 역세척에 의한 생산량의 감소를 초래
- 정수처리장해성 규조류와 마찬가지로 정수처리 공정이나 여과수에서는 조류취 또는 물비린내를 발생

서울시 상수원의 조류발생 특성

– 1995~2002년간 서울시 취수원 *Synedra acus* 발생량과 장해일수

구분 \ 지점		팔당	강북	암사	구의	자양	풍납
연평균 (%)		40~240 (0.4~4.7)	30~250 (0.4~4.5)	30~300 (0.4~4.9)	30~300 (0.3~4.9)	30~380 (0.4~4.5)	30~320 (0.5~5.0)
상위 5% 발생량	범위	560~ 2,280	640~ 1,870	900~ 2,300	810~ 2,850	880~ 3,150	950~ 2,860
	평균	1,180	1,220	1,510	1,390	1,670	1,690
장해발생 해당일수 * (일/년)	1995	0	-	0	0	0	0
	1996	0	-	0	0	0	0
	1997	0	-	0	0	0	0
	1998	21	-	35	35	49	35
	1999	14	28	35	14	35	28
	2000	21	35	35	42	35	49
	2001	0	0	0	0	0	0
	2002	0	0	0	0	0	0
	평균	7.0	15.8	13.1	11.4	14.9	14.0

서울시 상수원의 조류발생 특성

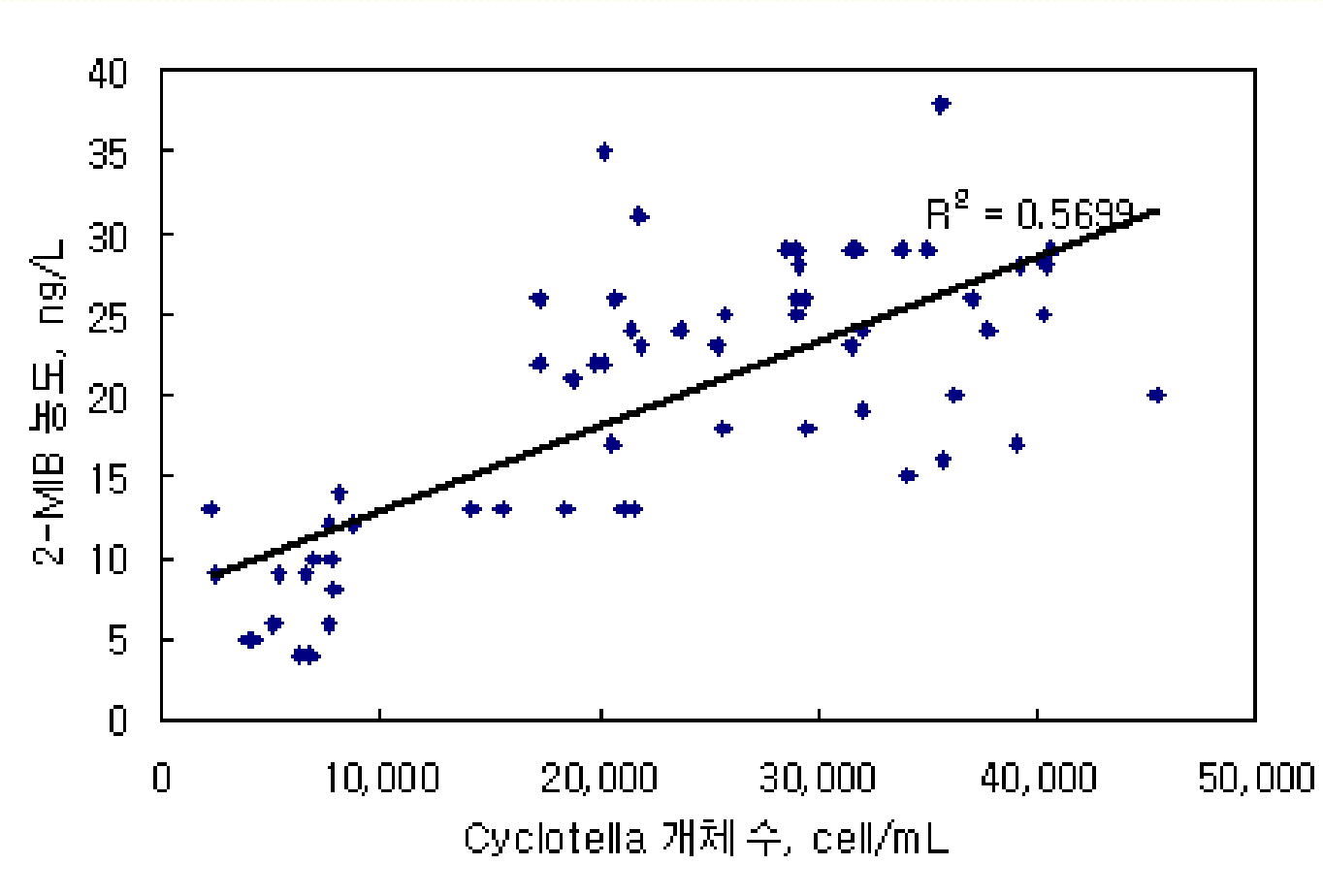
- *Cyclotella* spp. (*Stephanodiscus* spp.)
  - 한강에서 가장 우점하는 조류종이고, 계절에 관계없이 연중 발생
  - 특히 다른 조류들이 거의 발생하지 않는 겨울동안에도 발생
  - 전지점별 연평균 발생량은 팔당지점이 최저(3,510 cells/mL), 풍납지점이 최고(8,030 cells/mL)
  - 하류로 갈수록 증가상태로 풍납지점이 가장 많음
  - 장해발생 기준수치를 20,000 cells/mL 로 볼 때
    - ✓연평균 일수는 지점별로 5~24 일/년
    - ✓최고 63 일/년

서울시 상수원의 조류발생 특성

- 팔당지점의 경우 1995년과 1998년, 2001년 등 3회, 하류로 갈수록 장해발생 일수가 꾸준히 증가하여 풍납 지점의 경우 1997년을 제외하고 해마다 발생
- *Cyclotella* spp.에 의한 장해는 잘 드러나지는 않음
- 전체 조류 발생량 중에 그 양이 많고 얇은 원통형 모양에 크기가 7.5~12.5 μm 정도로 크기와 형태상의 특징으로 여과지를 그대로 통과
- 결과적으로 응집·침전 효율이 떨어지는 곳에서는 여과수의 탁도를 상승시킬 수 있음
- 여과수에서는 조류취, 물비린내, 곰팡이냄새를 발생

서울시 상수원의 조류발생 특성

- *Cyclotella* 출현과 2-MIB 농도 상관관계



서울시 상수원의 조류발생 특성

– 1995~2002년간 서울시 취수원 *Cyclotella* spp. (*Stephanodiscus* spp.) 발생량과 장해일수

구분 \ 지점		팔당	강북	암사	구의	자양	풍납
연평균 (%)		3,510~5,120 (59~75)	3,790~4,290 (60~77)	4,250~5,310 (61~78)	4,520~6,060 (61~79)	4,640~7,180 (55~79)	4,940~8,030 (63~80)
상위 5% 발생량	범위	14,580~28,650	12,100~26,220	17,720~33,740	19,760~40,820	25,800~44,480	23,930~45,470
	평균	19,000	16,910	23,020	27,360	30,550	32,240
장해발생 해당일수 * (일/년)	1995	14	-	21	28	28	35
	1996	0	-	0	0	7	7
	1997	0	-	0	7	0	0
	1998	7	-	7	7	7	7
	1999	0	0	7	14	21	21
	2000	0	7	14	14	21	21
	2001	21	21	21	28	35	35
	2002	0	0	14	21	49	63
	평균	5.3	7.0	10.5	14.9	21.0	23.6

서울시 상수원의 조류발생 특성

- 조류 독소(Microsystins)
  - 한강에서 취수원수로 유입되는 남조류는 전체 조류 중에서 0.3~9.8%의 낮은 비율
  - 남조류는 다른 조류군과 달리 비교 적은 양이 발생하나 단기간에 급증하였다가 소멸하는 특성을 가지고 있어 즉각적인 대응이 매우 어려움
  - Microsystins에 대한 상수원 조류 독소의 조사결과에서는 팔당댐으로 유입되는 상수원으로부터 남조류와 그 독소인Microsystins이 일부 유입되며, 댐 자체내에서는 정체된 수질오염지역에 다량으로 발생하는 것으로 확인
  - 다량으로 생성된 남조류와 Microsystins은 수역환경의 급변시 취수원으로 일시에 유입될 가능성을 가지고 있음

조류 제어 및 제거 방안

정수처리단계에서의 제어 방안

❑남조류의 대한 처리 방안

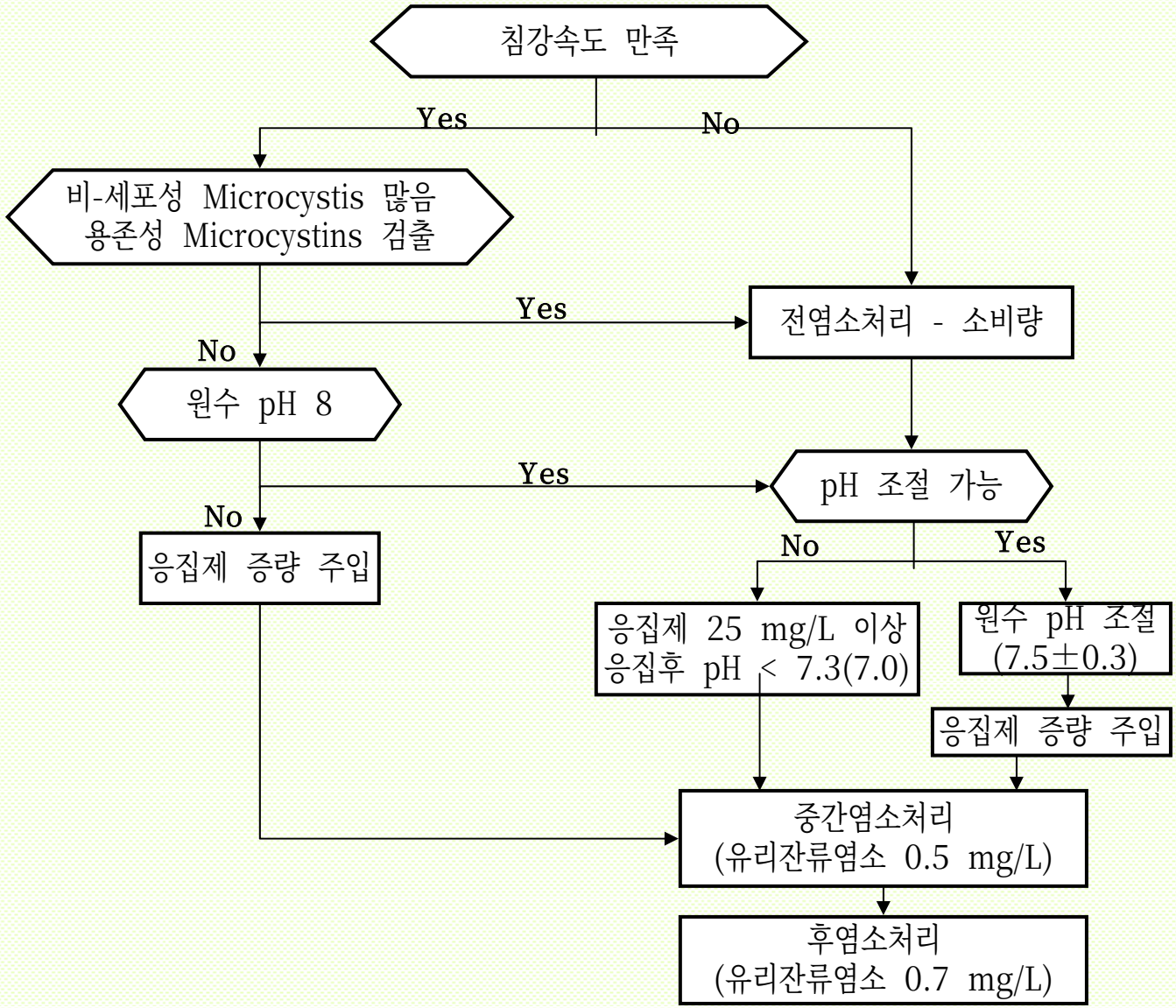
처리조건
■ *Microcystis* spp. : 500 cells/mL 이상 ■ *Anabaena* spp. : 500 cells/mL 이상 ■ *Aphanizomenon* spp. : 2,000 cells/mL 이상 ■ pH 9 내외, 알칼리도 50 CaCO3 mg/L 내외

설정조건
■ 전염소처리 : pH 7~8 - 침강효율개선, 조류독소 제거 양호 ■ 염소전처리 없음 : pH 7~8 - 용존유기물 저감 ■ 응집제 주입량 증가 : pH 높은 원수 및 전염소처리시 응집특성 및 수질개선에 중요

정수처리단계에서의 제어 방안

처리방법검토
■ 산화제 : 오존 – 철염응집제 사용시 양호 과망간산칼륨 - 소독부산물 저감, 철염응집제와 사용검토 ■ 응집제 : Alum – 침강속도, 입자수, 잔류 Al 등 가장 양호 ■ 응집보조제로 polyamine 을 사용시 효과 예상

정수처리단계에서의 제어 방안



정수처리단계에서의 제어 방안

❑ *Synedra acus*, 정수처리장해성 규조류에 대한 처리 방안

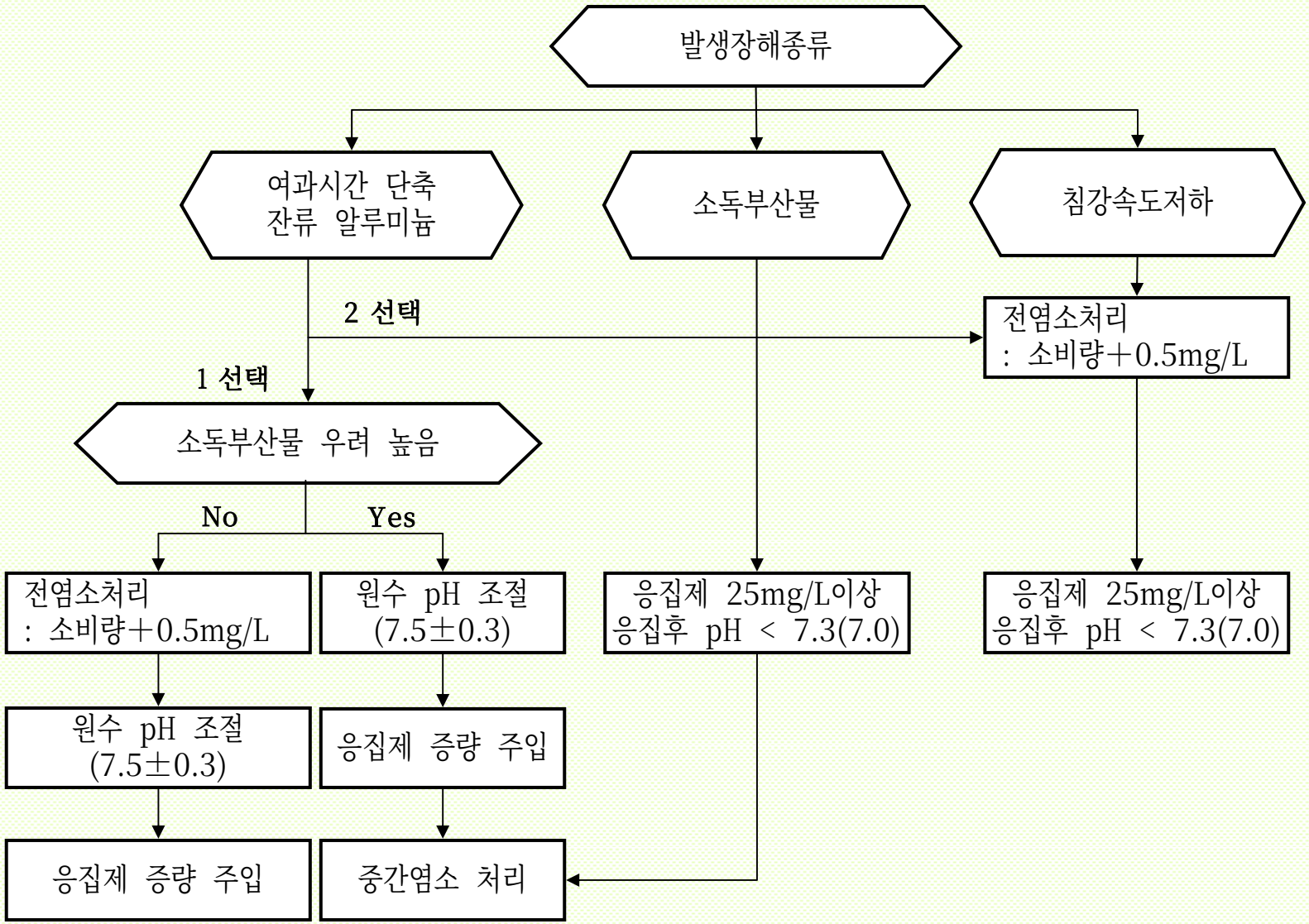
처리조건
■ *Synedra acus*. : 500 cells/mL 이상 ■ 정수처리장해성 규조류 : 5,000 cells/mL 이상 ■ pH 9 내외, 알칼리도 50 CaCO3 mg/L 내외

설정조건
■ 전염소처리 : pH 7~8 - 침강효율개선, 조류독소제거양호 pH 9 - 침강효율 양호 ■ 염소전처리 없음 : pH 9- 용존유기물 저감

정수처리단계에서의 제어 방안

처리방법검토
■ 산화제 : 과망간산칼륨 ■ 응집제 : 철염 - (장점) 잔류 Al 문제없음, 침강속도 및 침전수의 입자수 양호 (단점) 여과지속시간 단축 Alum – 침강속도, 입자수, 잔류 Al 등 전반적으로 Al계 중에서 양호 ■ 응집보조제 : polyamine – 주응집제에 추가적으로 사용

정수처리단계에서의 제어 방안



정수처리단계에서의 제어 방안

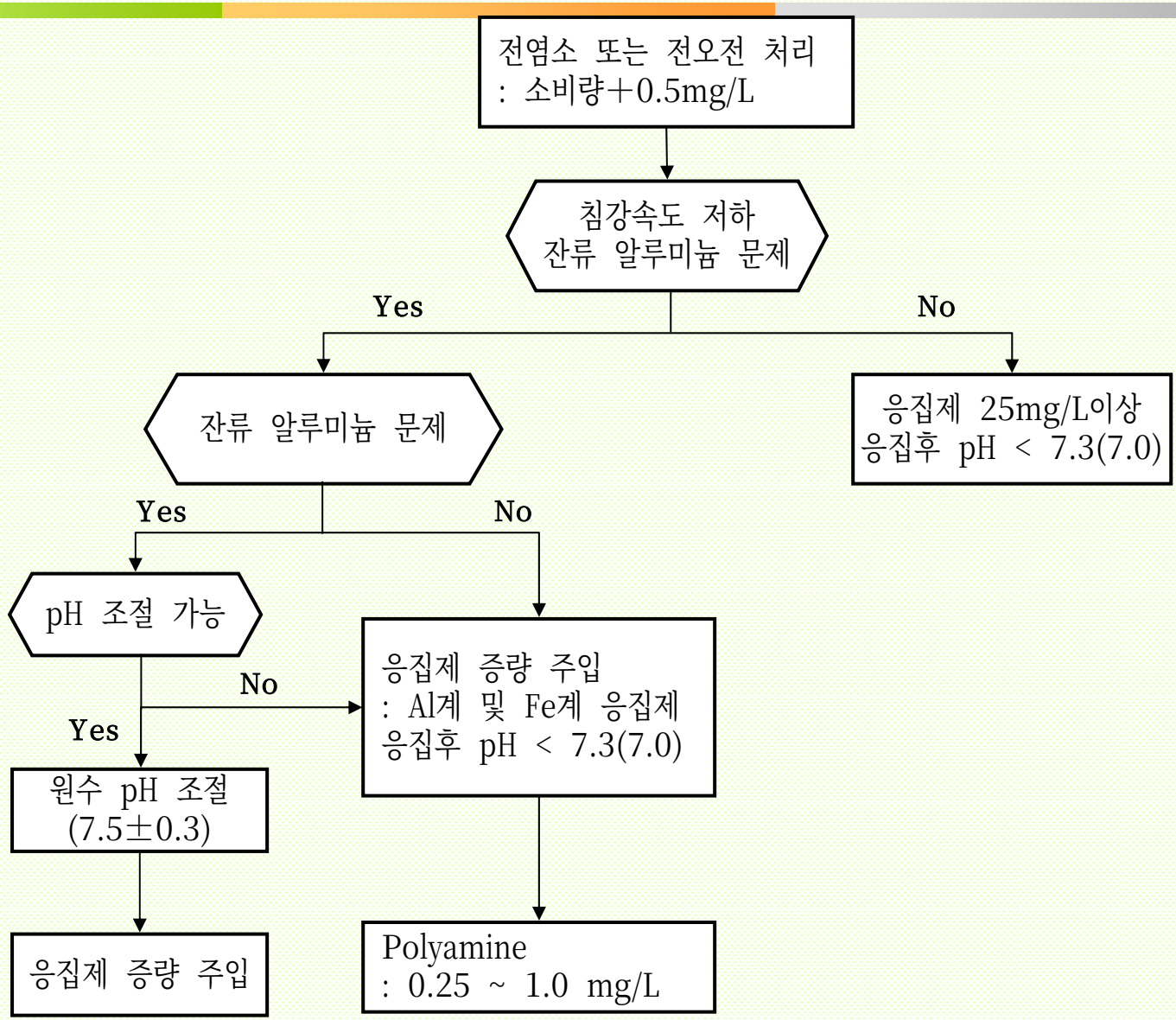
❑ *Cyclotella* spp. (*Stephanodiscus* spp.) 에 대한 처리 방안

처리조건
■ *Cyclotella* (*Stephanodiscus*) : 20,000cells/mL이상 ■ pH 9 내외, 알칼리도 50 CaCO3 mg/L 내외

설정조건
■ 전염소, 전오존 처리 : pH 7~8 – 잔류 Al 양호 : pH 9 – 침강효율 양호 ■ 응집보조제 사용 : polyamine - 침강효율 향상, 잔류 Al 감소

정수처리단계에서의 제어 방안

제 I 장
제 II 장
제III장
제IV장
제 V 장



수역에서의 제어 방안

❑약품처리

- 살조제 처리
  - 상수원에서 살포제로 사용되고 있는 약품으로는 동계, 염소계 등으로 분류할 수 있고 동계로는 황산동($CuSO_5 \cdot 5H_2O$) 등이 있고, 염소계로는 이산화염소, 차아염소산칼슘, 차아염소산칼륨, 시마진(Simazine) 등이 사용
- 황산동 살포
  - 초기에 처리하는 것이 가장 효과적
  - 장해가 일어나기 전에 처리하는 것이 바람직함
  - 이를 위해서는 정기적인 조류의 모니터링조사가 동반되어야 하며, 장해를 일으키는 주요 종에 대해서는 그 동향을 항시 감시하도록 함

수역에서의 제어 방안

– 처리상의 주의사항

- ✓황산동은 어류 등 수중생태계에 영향을 미침: 수돗물생산에 심각한 장해유발 시 적용
- ✓약품의 사용방법은 충분한 양을 한번에 사용하는 것이 바람직함 (내성이 생길 수 있음)
- ✓약품의 주입방법은 대상조류의 생태환경 등을 고려하여 결정하고, 균일하게 살포 또는 혼합시키는 것이 중요

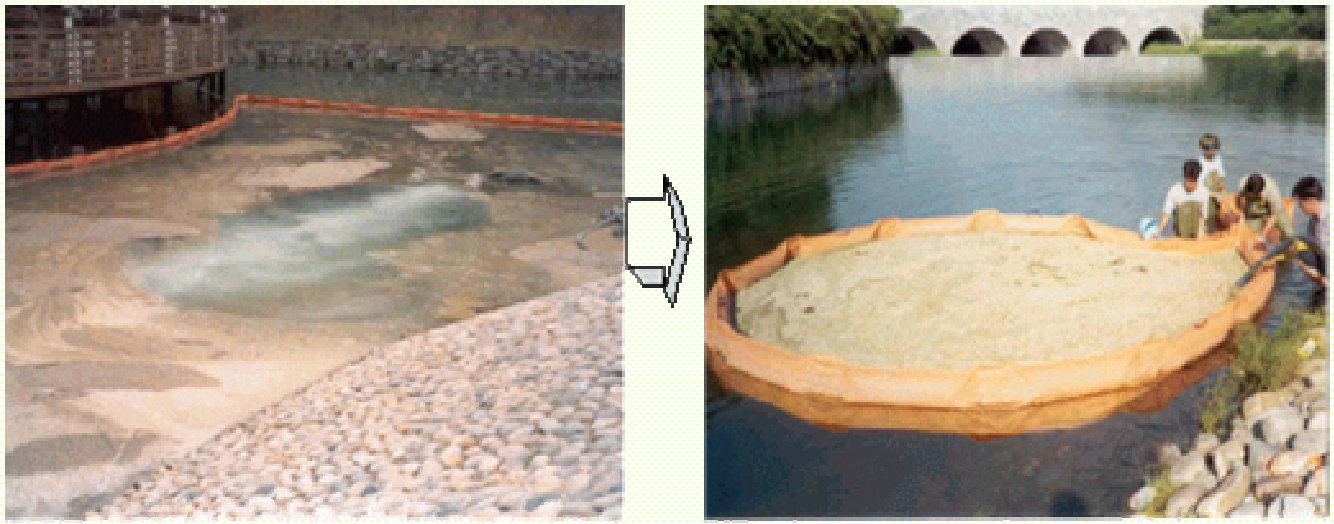
수역에서의 제어 방안

❑황토살포

- 국내에서 구하기 쉬운 황토를 조류가 대발생된 지역에 살포함으로써 차광에 의한 조류의 발생 억제와 발생된 조류를 응집·침전 시켜 제거하는 방법
- 황토살포는 2차 오염에 대한 가능성도 적음
- 국내 어디에서나 구할 수가 있기 때문에 비용면에서도 매우 저렴한 방법
- 해양의 적조발생시에도 이미 황토를 살포하여 큰 효과를 얻은 바 있음
- 단기적 대책으로서 효과적인 것으로 나타나 최근까지 널리 사용
- 최근 해양에서 적조발생에 황토살포가 가두리양식장에 피해를 준다는 연구결과도 보고있으나 담수 어류에 대한 영향은 보고된 바 없음

수역에서의 제어 방안

❑부상분리



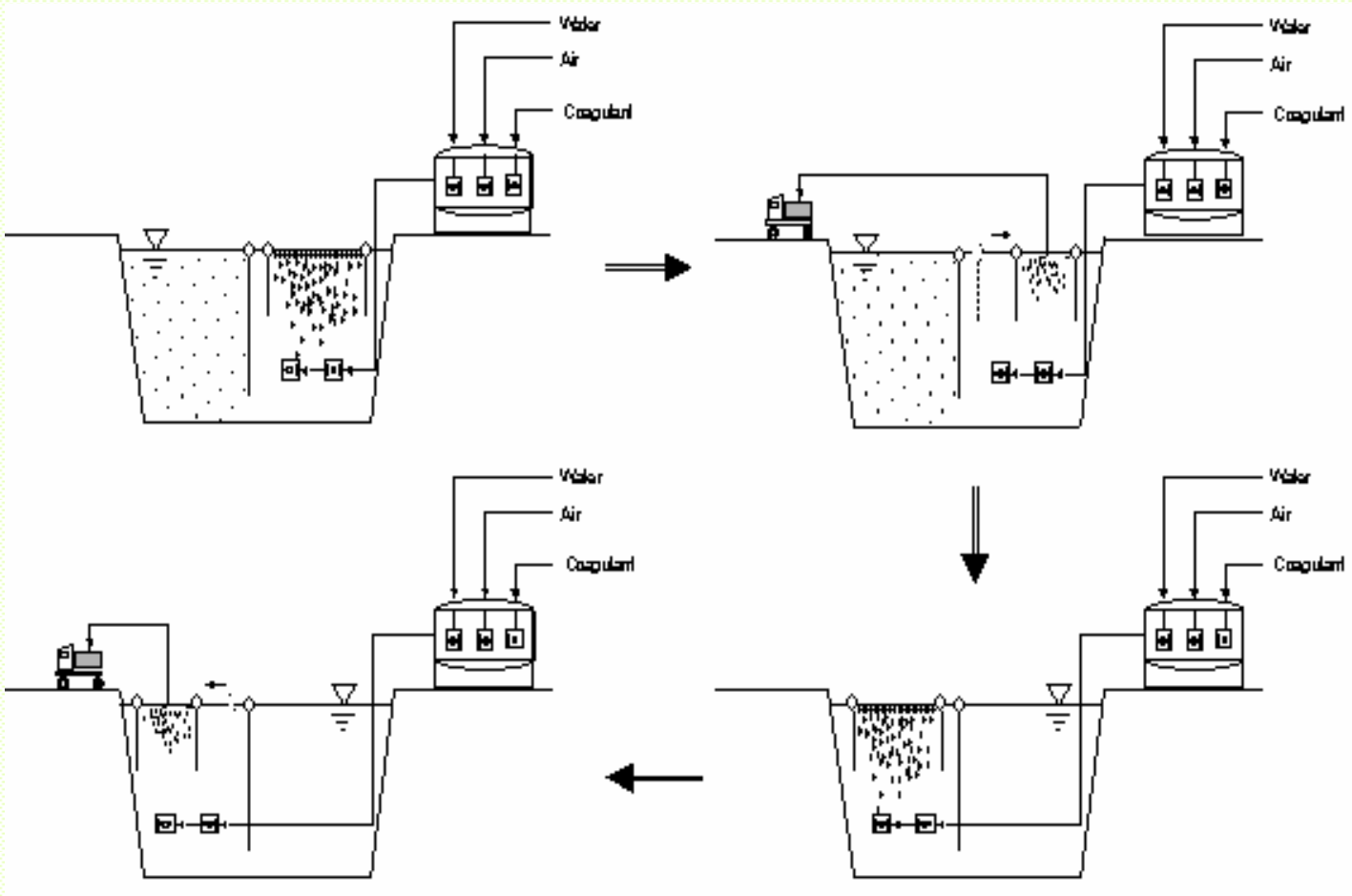
- 부유물질에 작은 기포를 부착시켜서 비중을 작게 하여 물의 표면에 정지시켜 물로부터 분리하는 방법

수역에서의 제어 방안

- 기존의 부상분리공법(dissolved air flotation)공법과 원리는 같으나, 부상분리조를 별도로 설치하지 않고 하천이나 호소의 수면으로 오염물질을 부상시켜 제거하는 방법
- 부상부리공법은 오염물질을 수역으로부터 배출시키기 때문에 효과적인 방법(2차오염의 위험성의 없음)
- 부상부리공법은 서울시의 공원 연못과 석촌호수 등 소규모 수역에 적용되고 있으며, 경안천 하류에도 적용하여 효과가 입증된 바 있음
- 공법 적용과정에서 사용되는 응집제는 정수장에서 수돗물생산과정에서 사용되는 수도용 PAC나 alum 등으로 독성이 없음
- 주성분인 알루미늄은 부상분리 과정에서 대부분제거 됨으로써 물고기 등에 피해를 주지는 않는 것으로 나타남

수역에서의 제어 방안

- 현장가압부상공법의 작업과정 예시



조류관리 사례

국외 조류관리 사례

❑ 호주의 국가부영양화관리프로그램(NEMP)

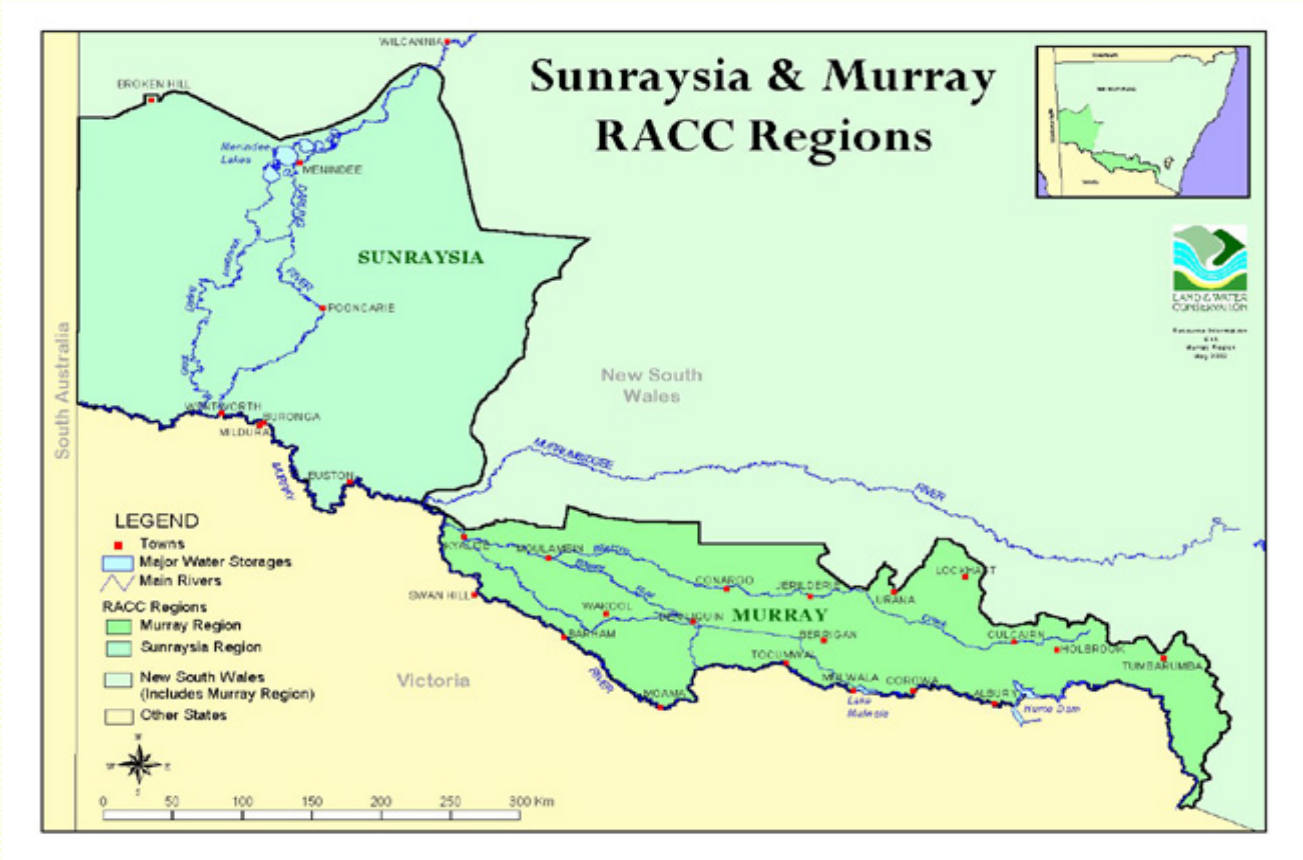
National Eutrophication Management Program

- 1998년 조류대발생의 원인과 결과, 피해정도, 수질에 대한 영향 등을 연구하고 조류출현에 대응
- 주요사업
  - 담수 조류대발생에 의한 환산 비용 추정으로 발생지역에 실제적으로 영향을 주는 피해액을 비용 측면에서 계산
  - 지역에서 발생하는 오염원 등의 부영영화의 결과로 발생되는 조류발생이 농촌지역이나 하천주변의 주민들 뿐 아니라 용수공급 등의 다양한 경로에 추가적인 비용 증가로 나타나 결과적으로 유역 전체 주민에 대한 문제가 되고 있음을 보여줌

국외 조류관리 사례

❑호주의 New South Wales주 조류경보

- NSW주는 총 9개의 Regional Algal Coordinating Committee (RACC)를 두고 남조류 발생에 대하여 관리



국외 조류관리 사례

- NSW지역도 독성물질을 생성할 수 있는 남조류만 관리
- 남조류 발생에 따른 문제들을 물 사용자와 Murray RACC 회원들이 서로 협조하에서 정보를 공유하면서 조류발생에 대해 적극적으로 대처
- Murray RACC의 조류경보(Algal Alerts)는 크게 3단계로 구분되며 단계별로 구체적인 대처방법을 제시함
  - ✓3단계경보(High Alerts) : 수화상태, 15,000cells/mL 이상, 인간과 동물에게 모두 유독할 수 있는 상태. 이·취미 심함
  - ✓2단계경보(Medium Alerts) : 2,000~15,000cells/mL, 이·취미발생
  - ✓1단계경보(Low Alerts) : 500~2,000cells/mL, 적은 개체수로도 이·취미 발생 가능

국내 조류관리 사례

❑조류예보제

- 조류예보제는 1996년에 처음으로 실시
- 뚜렷한 법적 근거가 없이 매년 국무총리령으로 해마다 재시행되는 형태였으나, 2005년 2월 “수질환경보전법”을 개정하여 공포 하면서 법적 근거 마련
- 시행목적
  - 조류발생 상황을 사전에 관계기관 및 관리기관 등에 신속하게 전파하여 취·정수장의 정수처리 강화
  - 단계별 대응 조치를 통해 조류발생으로 인한 피해를 최소화
  - 수돗물의 안전성을 확보

국내 조류관리 사례

■ 단계별 발령기준

구 분	발 령 기 준
조류주의보	○ 2회연속 채취시 클로로필 a 농도 15~25 ㎎/㎥ ○ 남조류세포수 500~5000 cells/mL ※ 이상의 조건에 모두 해당시
조류경보	○ 2회연속 채취시 클로로필 a 농도 25 ㎎/㎥ 이상 ○ 남조류세포수 5000 cells/mL 이상 ※ 이상의 조건에 모두 해당시
조류대발생	○ 2회연속 채취시 클로로필 a 농도 100 ㎎/㎥ 이상 ○ 남조류세포수 1,000,000 cells/mL 이상 ※ 이상의 조건에 모두 해당시
해제	○ 2회연속 채취시 클로로필 a 농도 15 ㎎/㎥ 이하 ○ 남조류세포수 500 cells/mL 이하 ※ 이상의 조건 중 하나 해당시

국내 조류관리 사례

■ 조류예보제 추진 체계 및 대처

수질검사기관(클로로필a 농도 및 조류세포수 등 분석)
: 1회이상 기준초과시 수질분석 결과를 댐관리기관 등 관계기관에 신속하게 통보

↓

지방환경관리청
(경보발령 여부 결정·전파 및 배출업소 지도·단속)
: 1회이상 기준초과시 및 수표면 정체구간이 발생하여 수온상승 등으로 인한 조류발생 가능성이 증가할 경우 댐관리기관으로 하여금 신속하게 방류량 증가 등의 대응 조치 추진 요청

↓

취·정수장
(활성탄 처리 등 정수처리 강화)

↓

지방자치단체
(오염원관리강화)

국내 조류관리 사례

❑서울시 조류예보제 실시

- 실시개요
  - 하절기와 갈수기에 수질이 악화되는 정체수역에 조류가 다량 발생
  - 물고기 집단폐사, 악취발생, 상수 생산성 저해 등의 피해가 우려
  - 조류발생시 신속하게 대응하여 피해를 최소화하고자 함.
- 실시기간 : 2005. 4. 1 ~ 11. 30 (8개월)
- 실시대상 : 한강
- 측정지점 : 총 10개 지점
  - 상수원지역(5개지점) : 강북, 암사, 구의, 자양, 풍납취수장
  - 상수원하류(5개지점) : 성수, 한남, 한강, 마포, 성산대교
- 측정주기 : 주1회 및 필요시 수시 조사

국내 조류관리 사례

- 조류예보 발령
  - 발령권자 : 서울특별시장
  - 발령방법 : 조류 측정결과 발령기준 도달시 구간별 발령
  - 발령기준

구 분	조류 주의보	조류 경보	조류 대발생
Chl-a농도(mg/m^3) 남조류세포수(세포/ml)	15이상 500이상	25이상 5,000이상	100이상 10^6이상

정책건의

정책건의

- 조류예보제 개선
  - 실효성 확보 및 개선방안
    - ✓조류예보를 수질과 정수장 장애유발을 모두 고려하여 개선
    - ✓정수장에서의 장애는 남조류 뿐만 아니라 규조류에 의해서도 발생하므로 규조류 개체수 10,000cell/mL 이상인 경우도 조류주의보 발령
    - ✓조류제거 사업에 소용되는 비용을 한강수계기금에서 지원확대
    - ✓조류정보시스템 구축: 향후 조류예보발령에 따른 대응과 연계하여 활용
    - ✓조류예보의 홍보 및 협력체계구축: 시민에 홍보를 강화하고 시민참여를 유도하여 조류발생과 오염물질배출 등을 감시
    - ✓조류경보제로 명칭변경

정책건의

■ 서울시 조류예보제 개선

조류예보 발령전달체계 개선

조류측정
보건환경연구원
상수도연구소

예보발령
서울시
(수질과)

대책시행
한강시민공원사업소
상수도사업본부
자치구

각 취수장
(매일 측정결과)

정책건의

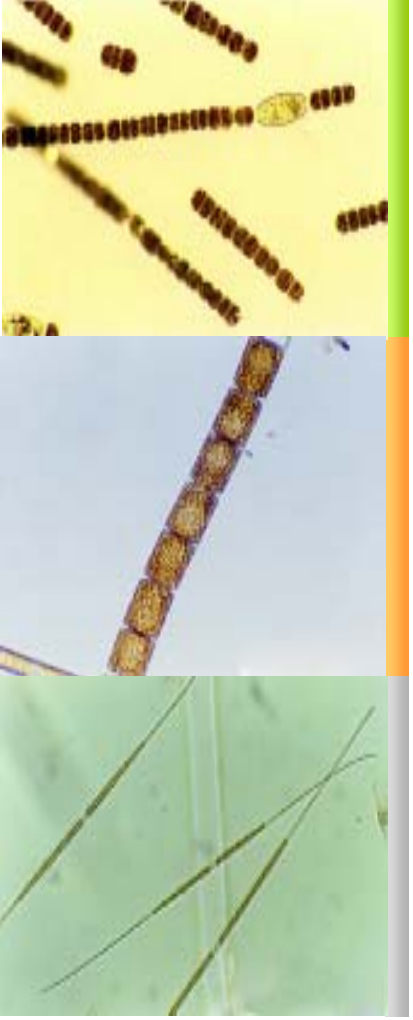
- 조류정보시스템 구축
  - 서울시상수도연구소와 각 정수장에서는 주기적으로 조류를 조사하고 있음
  - 조류의 출현은 수질뿐만 아니라 기상 및 수문조건에도 영향을 받음
  - 조류의 종에 따라 맛·냄새물질의 농도가 다르게 나타나며, 정수장 운영에 미치는 영향도 다르게 나타남
  - 기상, 수문, 수질, 조류, 정수장운영상황 등을 종합적으로 정리하여 정보시스템 구축 하여 향후 유사한 문제 발생시 신속하고 효과적으로 대응할 수 있도록 함

정책건의

- 조류예측시스템 개발
  - 조류 발생을 예측할 수 있는 시스템을 개발하여 효과적으로 대응
  - 수면에서의 조류제거 훈련 및 시범사업실시
- 향후 조류발생에 대비하여 황토살포 훈련 및 시범사업 실시
- 부상분리공법 시범적용
  - 잠실 상수원 및 왕숙천 유입부

정책건의

- 한강수계관리기금의 활용
  - 법적근거
    - ✓한강수계상수원수질개선및주민지원등에관한법률('99.)
  - 재 원
    - ✓물이용부담금, 기금운용수익 등
  - 용 도
    - ✓주민지원사업, 환경기초시설의 설치 및 운영, 녹조방지사업 등
  - 활용방안
    - ✓팔당 하류구간의 조류제거 사업
    - ✓왕숙천 유입수의 수질개선 사업 개발: 부상분리 등
    - ✓조류예측 시스템 개발



경청해주셔서 감사합니다