



환경부

보 도 자 료

다시 도약하는 대한민국
함께 잘사는 국민의 나라

보도 일시	2022. 12. 5.(월) (배포 후 즉시)	배포 일시	2022. 12. 5.(월)
담당 부서	국립환경과학원 상하수도연구과	책임자	과 장 이수형 (032-560-8340)
		담당자	연구관 최인철 (032-560-8341)

대구시 수돗물필터 공동조사 결과, 수돗물 안전 확인

- 남세균 독소는 불검출, 필터 녹색물질은 독소와 무관한 녹조류 -

- 환경부 소속 국립환경과학원(원장 김동진)과 대구광역시 소속 상수도사업본부(본부장 김정섭)는 대구 문화방송(MBC)과 공동으로 실시한 대구 가정집 수돗물필터 조사 결과를 12월 5일 오후에 공개했다.
- 이번 공동조사는 대구시와 대구 문화방송이 수돗물필터의 남세균 검출 논란을 해소하기 위해 지난 10월 26일 수돗물필터에서 녹색 물질이 발견된 대구시 달성군 현풍읍 소재 아파트 가정집에서 필터와 수돗물을 공동으로 수집하여 대구시, 국립환경과학원, 경북 대학교에서 정밀 분석을 수행했다.
- 분석방법은 수돗물필터에서 발견된 녹색물질의 실체를 확인하기 위해 현미경 분석법과 유전자 분석법을 활용했고, 수돗물에서 조류독소가 검출되는지 확인하기 위해 '액체크로마토그래프-텐덤 질량분석(LC-MS/MS)법'과 '효소면역분석(ELISA)법'을 활용하여 분석했다.
- 이번 공동조사에서 현미경을 활용한 형태학적 분석과 유전자 분석인 염기서열을 분석한 결과, 수돗물필터의 녹색물질이 인체에 무해한 녹조류의 일종인 코코믹사(*Coccomyxa*)와 일치하는 것으로 나타났다.

- 아울러 수돗물에서 조류독소가 검출되지 않았던 점으로 볼 때 수돗물필터의 녹색물질은 유해 남세균이 아닌 것으로 판명됐다.

□ 세부적인 조사 결과는 다음과 같다.

□ 현미경을 이용한 형태학적 분석은 대구시와 국립환경과학원에서 국립환경과학원 고시인 수질오염공정시험기준에 따라 실시했다.

- 녹색물질 분석 결과, 전체적인 모양이 타원형 또는 구형으로 길이는 4~8 μm 내외, 폭은 2~4 μm 내외로 측정되었고, 세포 내부에 엽록체가 관찰되는 등 형태학적으로 녹조류인 코코믹사와 매우 비슷했다.

* (코코믹사 특징) 녹조류의 일종으로 구형 또는 타원형이며, 세포벽 안쪽에 단순한 엽록체가 존재하고 점액질에서 군체를 형성하거나 단독으로 생장함

- 한편, 수돗물필터와 수돗물 시료에 대한 현미경 분석에서 마이크로시스티스, 아나베나 등 유해 남세균은 발견되지 않았다.

□ 유전자 분석의 경우 국립환경과학원에서는 녹색물질의 염기서열 분석과 필터의 마이크로바이옴 분석을 실시했고, 경북대학교에서는 마이크로바이옴 분석만 실시했다.

- 국립환경과학원의 18에스 알알엔에이(18S rRNA*) 염기서열 분석 결과, 코코믹사 속인 코코믹사 심플렉스(*Coccomyxa simplex*) 외 2종 이상과 99.66% 일치했다.

* 진핵생물(녹조류 포함) 세포의 기본 구성요소이며, 종 확인에 이용되는 유전자

* 녹색물질의 DNA추출 후 PCR(중합효소연쇄반응)을 통해 18S rRNA 부위를 증폭하고 염기서열을 확보하여 녹조류 등의 염기서열과 유사성(일치율) 확인

- 마이크로바이옴 분석법을 이용하여 미생물 군집(진핵생물, 세균)을 분석한 결과에서는 녹조류 디엔에이(DNA)가 68.4%~99.4%로 대부분을 차지했다.

- 남세균 디엔에이는 소량 검출(0.1~5.3%) 되었으나, 분석법의 한계로 마이크로바이옴 분석결과만으로는 검출된 남세균 디엔에이의 활성도*를 확인할 수 없었다.

* 국내외 수돗물에서 죽은 세포에 의한 남세균 디엔에이는 흔히 발견되며 독성과 무관

- 또한, 수돗물필터를 수거한 가정집의 아파트 저수조와 수돗물필터 부착 전후의 수돗물 등 시료 3개를 채취하여 국립환경과학원과 대구시에서 조류독소를 분석했다.

- 국립환경과학원은 '액체크로마토그래프-텐덤질량분석(LC-MS/MS)법'과 '효소면역분석(ELISA)법'을 활용하여 남세균 독소인 마이크로시스틴 6종과 총 마이크로시스틴을 분석한 결과, 모두 검출되지 않았다. 대구시가 '액체크로마토그래프-텐덤질량분석(LC-MS/MS)법'을 활용하여 마이크로시스틴 6종을 분석한 결과에서도 조류독소는 검출되지 않았다.

- 한편, 수돗물필터에서 녹조류인 코코믹사가 발생한 이유로는 가정 내 수돗물 필터에서 조류 생장 요건이 갖춰지면서 자체 발생하여 생장한 것으로 추정되었다.

- 녹조류 씨앗(포자)은 모든 환경에서 존재하며 가정에서 햇빛, 온도 등 녹조류 생장에 적합한 요건이 형성될 때 발생할 수 있으며, 녹조류 자체는 무해하지만 미관상 거부감을 줄 수 있으므로 가정에서 수돗물 필터 사용시 세심한 관리와 주의가 필요한 것으로 확인됐다.

- 참고로, 시료를 채취한 가정으로 유입되는 아파트 저수조와 수돗물에서 녹조류가 전혀 발견되지 않았으며, 가정 내에서도 화장실 필터에서는 발생하지 않고 햇빛이 잘 들어 녹조류 생장요건이 잘 갖춰진 주방 필터에서만 발생했다.

○ 또한, 공동조사에 참여한 경북대학교 연구진도 12월 1일 대구시, 대구 문화방송, 국립환경과학원과 가진 조사 결과 검토회의에 참석하여 “수돗물필터에서 검출된 녹조류 등 미생물군집은 수돗물에서 유래한 것이 아니고 가정용 필터 위생관리에서 기인된 문제로 추정된다”라는 견해를 밝혔다.

□ 김동진 국립환경과학원장은 “마이크로시스틴-엘알(LR)을 먹는물 감시 항목으로 지정한 이후 2014년부터 대구 등 전국의 정수장 수돗물에서 마이크로시스틴-엘알을 4,900여 건 조사한 결과 모두 불검출되었고, 현재 규제하지 않는 마이크로시스틴-알알(RR) 등 8종*의 조류독소도 2017년부터 422건 조사한 결과에서 모두 검출되지 않았다”라며, “환경부, 국립환경과학원, 지자체는 과학적 조사 연구와 정수장 적정 운영·관리를 통해 안전한 수돗물 공급에 최선을 다하겠다”라고 말했다.

* 마이크로시스틴-RR, YR, LY, LA, LF, 실린드로스퍼몹신, 노둘라린, 아나톡신-a

- 붙임 1. 국립환경과학원 수돗물필터 및 수돗물 분석 결과.
2. 대구시 수돗물필터 및 수돗물 분석 결과.
3. 경북대학교 수돗물필터 분석 결과. 끝.

담당 부서	국립환경과학원 상하수도연구과	책임자	과 장	이수형	(032-560-8340)
		담당자	연구관	최인철	(032-560-8341)
	환경부 물이용기획과	책임자	과 장	진명호	(044-201-7110)
		담당자	사무관	서윤식	(044-201-7126)
	대구광역시 상수도사업본부	책임자	부 장	박순형	(053-670-2200)
		담당자	과 장	곽효정	(053-670-2231)
	대구광역시상수도사업본부 수질연구소	책임자	소 장	송희봉	(053-670-2600)
		담당자	과 장	박희선	(053-670-2606)

□ 수돗물 필터 시료 (①현미경 ②염기서열 ③마이크로바이옴 분석)

○ 현미경 분석 : 형태학적으로 녹조류 코코믹사(*Coccomyxa* sp.) 추정



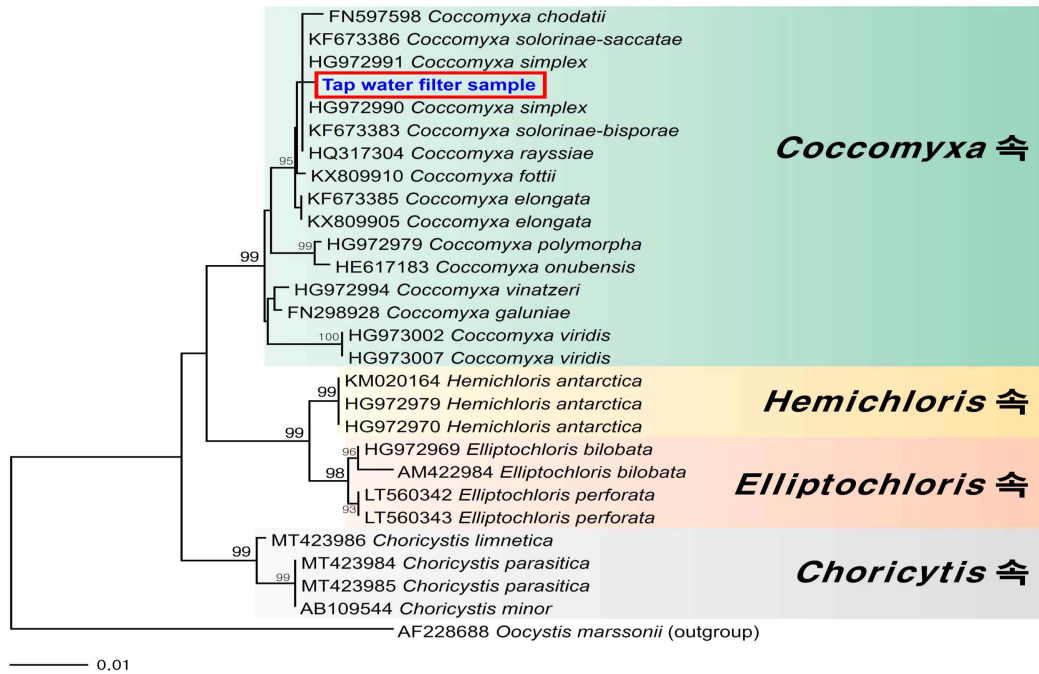
- (A) 필터의 섬유 사이에 존재하는 코코믹사 확인
- (B,C) 타원형 또는 구형의 세포로서, 세포 내부에 엽록체가 관찰
- 길이는 3.8~8.5 µm, 폭은 1.6~4.2 µm로 측정됨

○ 염기서열 분석 : 녹조류 코코믹사(*Coccomyxa* sp.) 확인

- 필터의 녹색물질 동정을 위해 18S rRNA 염기서열 분석 결과, *Coccomyxa simplex* 외 2종 이상과 99.66% 일치 확인

구 분	NCBI database blast 결과 (유사도 분석 결과)
18S rRNA	<i>Coccomyxa simplex</i> , <i>C. rayssiae</i> , <i>C. solarinae-bisporae</i> 99.66%
ITS	<i>Coccomyxa</i> sp. 99.56% <i>C. simplex</i> 90.71%
rbcL	<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (syn. <i>Coccomyxa simplex</i>) 97.72%

※ 조류의 경우 18S rRNA외에 ITS, rbcL 영역 등이 종의 동정에 사용됨



< 18S rRNA 염기서열 기반의 계통도 >

○ 마이크로바이옴 분석 : 필터시료 전체에 존재하는 세균의 군집분석(16S rRNA)과 진핵생물의 군집분석(18S rRNA) 결과, 각각 남세균門(남조류)이 0.1~5.3%, 녹조식물門(녹조류)이 68.4~99.4%로 확인됨

구 분		시료-1	시료-2	시료-3	시료-4
16S rRNA	남세균 門	1.6%	5.3%	0.1%	0.1%
	프로테오박테리아 등	98.4%	94.7%	99.9%	99.9%
18S rRNA	녹조식물 門	99.4%	98.0%	83.6%	68.4%
	곰팡이 등	0.6%	2.0%	16.4%	31.6%

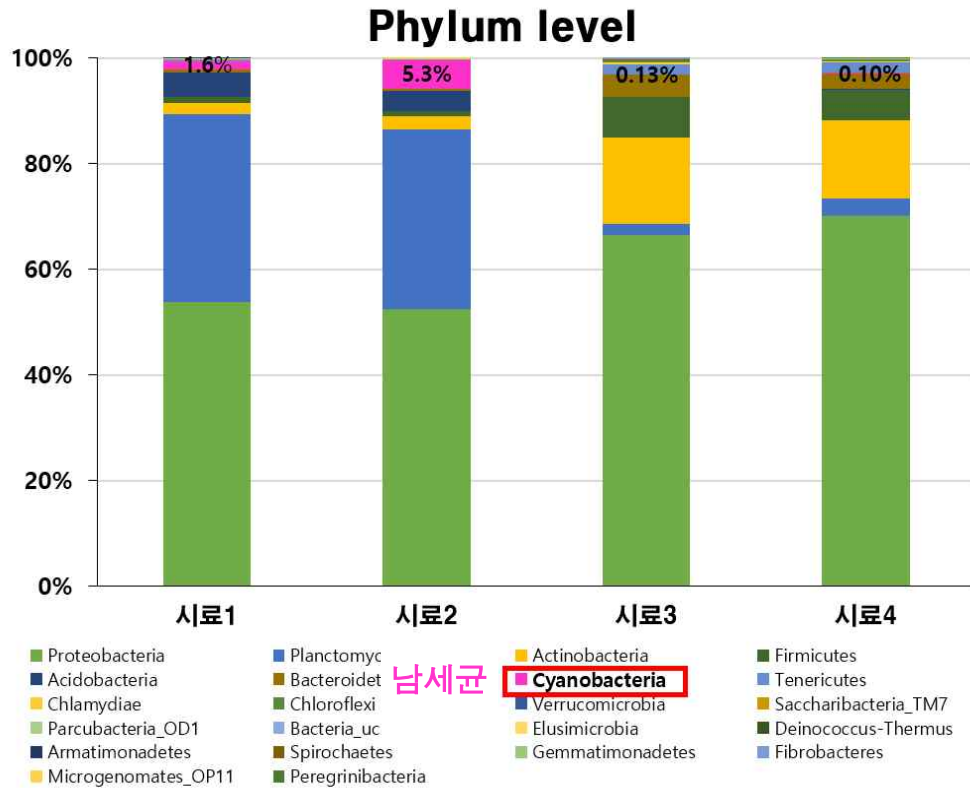


< DNA 추출 >

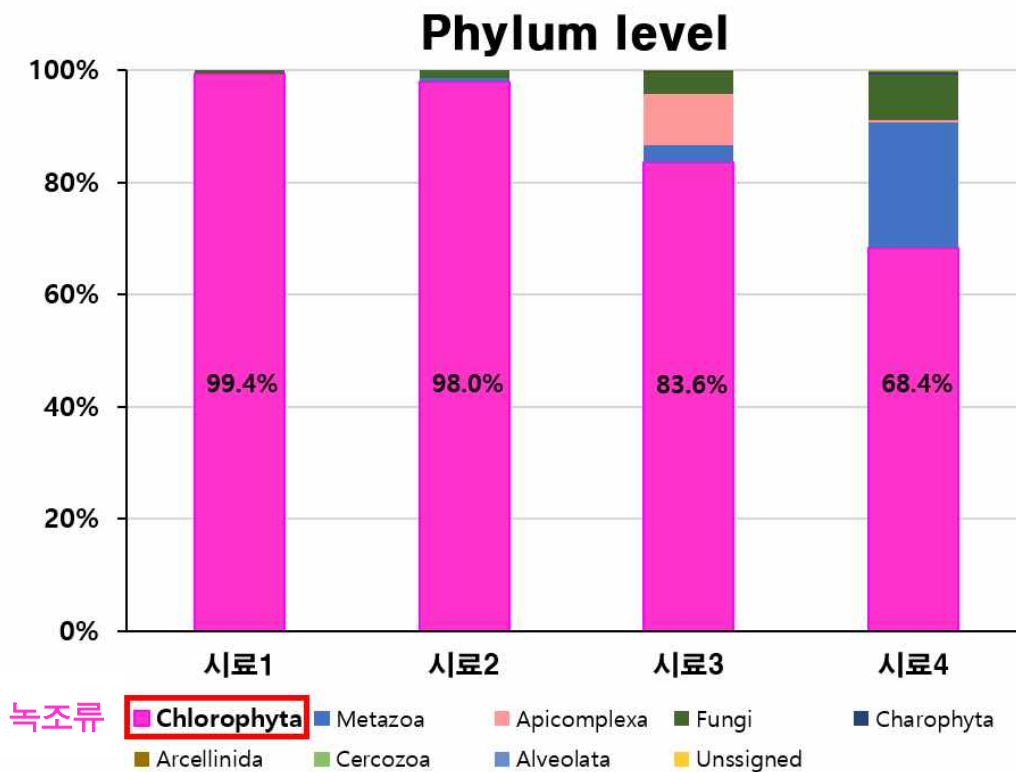
- 시료 1,2 : 녹색부분
- 시료 3,4 : 녹색이 거의 없는 부분

< NGS 분석 (Illumina Miseq) >

- 분석의뢰기관: NICEM, (주)LAS
- 16S rRNA(V3-V4영역)
- 18S rRNA(V4영역)



< 문(phylum) 수준에서 세균군집 분석 결과 >



< 문(phylum) 수준에서 진핵생물 군집 분석 결과 >

□ 수돗물 시료 (①LC-MS/MS법 ②ELISA법)

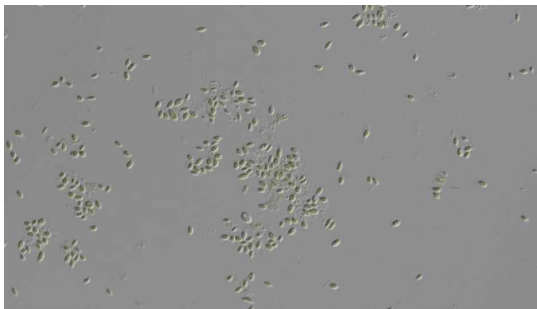
○ LC-MS/MS 분석 : 모두 불검출

○ ELISA 분석 : 모두 불검출

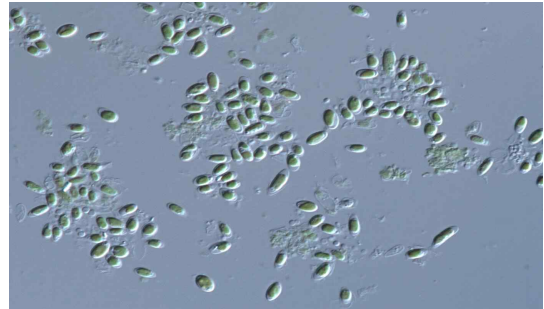
구 분	저수조	필터 전	필터 후
LC-MS/MS (6종)	불검출	불검출	불검출
ELISA (Total)	불검출	불검출	불검출

□ 수돗물 필터 시료 (현미경 분석)

○ 현미경 분석 : 형태학적으로 녹조류 코코믹사(*Coccomyxa*) 추정



A (400배율)



B (1000배율)

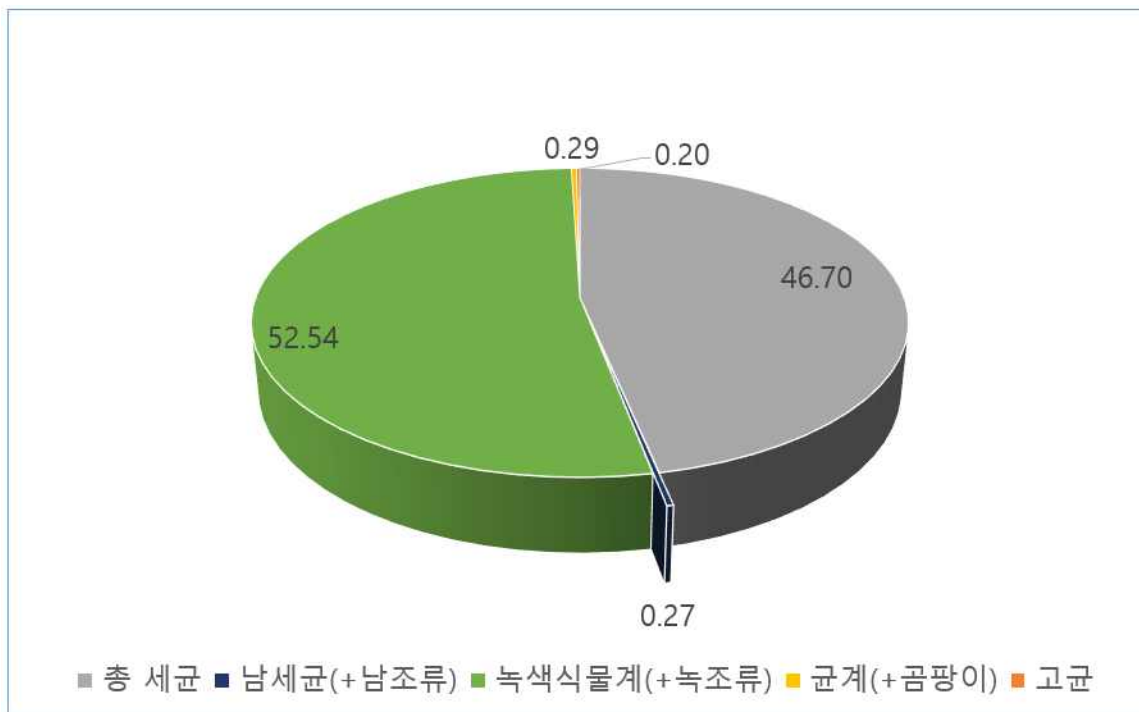
- 타원형 또는 길쭉한 난형 세포로서, 세포 내부에 엽록체가 관찰
- 길이는 4.3~10.6 μm , 폭은 2.3~4.2 μm 로 측정됨

□ 수돗물 시료 (LC-MS/MS법)

○ LC-MS/MS 분석 : 모두 불검출

구 분	저수조	필터 전	필터 후
LC-MS/MS (6종)	불검출	불검출	불검출

□ 수돗물 필터 시료 (마이크로바이옴 분석)



d__Bacteria p__Cyanobacteria	46
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Chroococcales	25
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Chroococcales f__Microcystaceae	23
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Chroococcales f__Microcystaceae g__Microcystis	23
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Chroococcales f__Microcystaceae g__Microcystis s__Microcystis aeruginosa	22
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Chroococcales f__Aphanothecaceae	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Chroococcales f__Aphanothecaceae g__Euhalothece	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Chroococcales f__Aphanothecaceae g__Euhalothece s__Euhalothece natronophila	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Chroococcales f__Chroococcaceae	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Chroococcales f__Chroococcaceae g__Geminocystis	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Chroococcales f__Chroococcaceae g__Geminocystis s__Geminocystis sp. NIES-3709	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Oscillatoriales	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Oscillatoriales f__Coleofasciculaceae	1
Cy	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Oscillatoriales f__Coleofasciculaceae g__Geitlerinema s__Geitlerinema sp. PCC 7407	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales	14
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales f__Nostocaceae	13
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales f__Nostocaceae g__Nostoc	11
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales f__Nostocaceae g__Nostoc s__Nostoc sp. C057	8
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales f__Nostocaceae g__Nostoc s__Nostoc sp. C052	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales f__Nostocaceae g__Nostoc s__Nostoc punctiforme	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales f__Nostocaceae g__Nostoc s__Nostoc flagelliforme	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales f__Nostocaceae g__Anabaena	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales f__Nostocaceae g__Anabaena s__Anabaena cylindrica	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales f__Nostocaceae g__Trichormus	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Nostocales f__Nostocaceae g__Trichormus s__Trichormus variabilis	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Synechococcales	6
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Synechococcales f__Synechococcaceae	6
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Synechococcales f__Synechococcaceae g__Synechococcus	6
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Synechococcales f__Synechococcaceae g__Synechococcus s__Synechococcus sp. A15-62	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Synechococcales f__Synechococcaceae g__Synechococcus s__Synechococcus sp. TAK9802	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Synechococcales f__Synechococcaceae g__Synechococcus s__Synechococcus sp. SynAce01	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Synechococcales f__Synechococcaceae g__Synechococcus s__Synechococcus sp. PCC 7336	1
d__Bacteria p__Cyanobacteria o__Synechococcales f__Synechococcaceae g__Synechococcus s__Synechococcus elongatus	1

총 8,924 중 남세균 46