# 『산학연협력 기술개발성공사업』
# 사 업 설 명

2020 . 04.

# 요 약


1. 기술개발 목표

□ 국산 장석사암(고령토)을 이용한 천연 조류(algae) 제거능을 평가하고, 녹조가 발생할 때 현장에서 바로 사용할 수 있는 천연 조류 제거제를 개발하였음.
□ 조류의 밀도와 종류에 따른 고령토의 조류 제거능을 기존의 황토 및 무기응집제(PACl)와 비교
□ 고령토의 입도별 조류 제거능을 정량적으로 평가하고 제품화를 목표로하였음.

2. 기술개발 내용 및 방법

□ 장석사암의 조류 제거능을 기존의 황토 및 무기응집제와 비교(성공)
□ 조류의 밀도와 종류에 따른 조류 제거능 평가 성공
□ 장석사암의 입도(particle size)별 조류 제거능 평가
□ 장석사암의 투입이 수체의 수질변화에 미치는 영향 조사
□ 실험실규모의 간이 수조를 제작하여 녹조류를 효율적으로 제거 가능하도록 구성

3. 기술개발 기대효과

□ 국산 광물을 이용한 천연 조류(algae) 제거제의 개발성공
□ 상수원을 포함한 호소에서 조류 대발생 억제 및 수질 개선 성공
□ 녹조 및 적조 피해의 최소화95%이상 제거가능성의 성공


## 1. 기술개발의 개요

### 1-1. 개발대상기술(또는 제품)의 개요 및 필요성

○ 최근 갈수 및 이상고온 등 기후변화의 영향으로 부영양화 된 호수나 유속이 느린 하천에서 조류(algae) 발생이 심화되고 있다. 특히 부유성 조류가 대량으로 증식하여 수면의 물색을 현저하게 녹색으로 변화시키는 것을 녹조현상이라 칭하는데, 남조류

(Blue-green algae 또는 *Cyanobacteria*)에 해당되는 *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria, Aphanizomenon*속 등이 녹조현상의 원인 미생물이라고 알려져 있다.

○ 남조류는 질소 고정능, 휴면포자 형성능, 체내 인축적능, 부상능, 수온 및 pH 적응성, 군체 형성능 등이 다른 조류에 비해 우수하여 부영양화 된 수역에서 우점하여 녹조현상을 일으킨다. 환경부에서 실시하는 조류예보제는 남조류 세포수를 기준으로 500 cells/mL 이상일 경우 조류주의보, 5,000 cells/mL 이상일 경우 조류경보, 1,000,000 cells/mL 이상일 경우 조류대발생경보로 나눠진다.

○ 수계의 조류에 의해 발생되는 이취미 물질은 수돗물의 냄새를 유발할 수 있고, 일부 조류가 발생하는 독소물질은 인체 및 가축의 건강을 해칠 수 있다. 또한 조류가 정수장으로 유입될 시 정수과정 중 여과지 폐쇄, 응집·침전 효율저하, 과다염소처리로 인한 소독부산물 발생 등의 문제도 일으킬 수 있어 조류가 대량으로 발생하는 것을 방지하고, 또 생성된 조류를 조속히 처리하기 위한 선제적 대응과 국가 차원의 체계적인 관리가 필요한 실정이다.

○ 지난 30여 년간 일본과 한국을 비롯한 여러 나라에서 황토를 이용한 유해조류 제거에 대한 연구 및 활용이 많이 진행되어 왔다. 황토살포는 비용이 저렴하고 환경에 미치는 영향이 적어 효율적이라고 알려져 있다. 최근에는 개량된 토양이나 광물질을 인(P)이나 중금속 등의 제거에 활용하고자 하는 연구도 진행되고 있다(김 등, 2013, 박 등, 2002).
그러나, 현장의 관계자들은 “대안일 뿐” 효과는 없다라고 증언함.

## 1-2. 기술(또는 제품)개발시 예상효과 및 활용방안

○ 광물학적인 특성을 갖는 국산 장석질의 고령토(arkose 일반고령토kaolin)를 대상으로 조류 제거능을 평가하고, 녹조가 발생할 때 현장에서 바로 사용할 수 있는 천연 조류제거제를 개발하여 상수원 보호구역의 이 취미 및 물고기 떼죽음을 예방이 가능할 것으로 기대된다.

○ 조류의 밀도와 종류에 따른 고령토의 조류 제거기능을 기존의 황토 및 무기응집제(PACl)와 비교하고, 고령토의 입도별 조류 제거기능을 정량적으로 평가하여, 상수원을 포함한 호소에서 조류 대발생 억제 및 수질 개선에 도움이 될 것으로 평가된다.

○ 국산 광물을 이용한 천연 조류(algae) 제거제를 개발함으로써, 관련 소재산업의 발전을 촉진하고, 상수원 수질 개선에 이바지하여 안전한 상수도 공급에 기여한다.

### 2-1-3. 조류제거제 기술개발

○ R&D

*연구기관

- 과제책임자는 94년 현재 근무하고 있는 대학에 전임강사로 부임하였다. 이후 20년간 대학 교수로 재직하는 동안에 환경미생물학, 수질관리, 상수도공학, 하수도공학 등을 강의하였다.

- 대학 교수로 부임한 이후에는 중부권 최대의 상수원인 대청댐의 수질(조류 맛·냄새) 문제를 중심으로 상수도분야에 관심을 가지고 다수의 연구를 수행하였다. 과제책임자가 수행한 상수도분야 선행연구 목록을 다음 표에 요약하였다.

<선행연구 목록>

| 일련번호 | 과제명 | 연구기간 | 지원기관 |
|---|---|---|---|
| 1 | 수처리제 최적투입위치 및 방법선정에 관한 연구 | 1995. 12 ~ 1998. 11 | 한국수자원공사, 환경부 |
| 2 | 상수원수 내 미량유기물(NOM)의 물리화학적 특성에 관한 연구 | 1996. 7 ~ 1997. 7 | 한국학술진흥재단 |
| 3 | 실용적인 조류 이취미 측정법의 개발 | 1999. 12 ~ 2001. 11 | 한국학술진흥재단 |
| 4 | 상수원수 내 조류 이취미의 모니터링 및 정수공정에서의 제거방안 | 2000. 5 ~ 2002. 12 | 한국과학기술연구원 |
| 5 | 조류 이취미 관점에서 대청댐 조정지댐 원수의 수질평가 | 2006. 4 ~ 2007. 2 | 대전환경기술개발센타 |
| 6 | COD 원인물질 등의 변화 특성 분석 및 저감방안 | 2013. 4 ~ 2014. 12 | 금강수계관리위원회 |

○ 기업

- 당사는 경북 영덕군 창수면 백청리에 장석사암 광산(백청광산)을 보유하고 있으며, 농업용 종이멀칭, 토양개량용 고령토, 식물영양제 고령토, 동물영양제 고령토 등의 제품을 생산하고 있다(그림 1 참고).

고령토채광

- 당사의 광산에서 약 600 m 하류에 위치한 백청저수지는 인근의 다른 저수지와 달리 조류(algae)가 발생하지 않는다는 사실을 매번 관찰하였다.

- 당사 기술진들은 비이커 등을 이용한 현장실험을 통해 장석사암의 조류 제거기능을 확인하였다.

- 이상과 같은 배경에서, 본 산학연협력 사업을 통해 “국산 장석사암(고령토)을 이용한 조류(algae) 제거제의 개발“에 필요한 정량적인 실험 데이터를 확보하고자 하며, 녹조를 제거하기 위한 최적의 장석사암 주입기술을 확보하고자 하였다.

- 본 산학연협력 과제를 통해 장석사암을 이용한 천연 조류 제거제를 개발함으로써 기업의 재무구조를 탄탄히 하고 수질 환경보전에 이바지하고자 한다.

## 2-2. 국내·외 시장현황

(단위 : 억원)

| 구 분 | 현재의 시장규모(2011년) | 예상 시장규모(2020년) |
|---|---|---|
| 세계 시장규모 | 3조 6000 | 5조 2000 |
| 국내 시장규모 | 1,195 | 1,593 |
| 산출 근거 | - Global Information, 뉴스와이어기사(2012-03-15)<br>- 한국에너지기술평가원, 자원개발기술 전략로드맵(2011) | |

### 2-2-1. 국내・외 주요시장 경쟁사

| 경쟁사명 | 제품명 | 판매가격 (1,000 톤기준/천원) | 연 판매액 (천원) |
|---|---|---|---|
| ① 황토대왕 | 천연황토 마감재, 황토분말 등 | 3,450,000 | 1,500,000 |
| ② 고창황토 | 황토벽돌, 분말, 생황토, 황토흙침대, 황토페인트 등 | 1,200,000 | 5,000,000 |
| ③ 황토나라 | 황토벽돌, 황토몰탈, 황토페인트, 황토파우더, 황토천연대리석 등 | 3,000,000 | 3,450,000 |

### 2-2-2. 국내・외 주요 매출실적

| 구분 | 거래처 | 제품명 | 판매가격 (1,000 톤기준/천원) | 연 판매액 (천원) |
|---|---|---|---|---|
| 국내 | ① 황토대왕 | 황토분말 | 3,450,000 | 1,500,000 |
| | ② 고창황토 | 황토분말, 황토벽돌 | 1,200,000 | 5,000,000 |

## 2-3. 국내·외 지식재산권 현황

| 지식재산권명 | 출원인 | 등록여부 | 출원국/출원(등록)번호 |
|---|---|---|---|
| 1) 황토와 퍼라이트, 질석과 숯을 혼합한 천연보드, 타일 및 벽돌제조방법<br>2) 구문초와 흙(점토)과 펄프(삼 또는 등나무 또는 칡)를 혼합한 건축물 표면 마감재의 제조방법<br>3) 초피와 흙(점토)과 펄프 (닥나무 또는 등나무 또는 칡)를 혼합한 건축물 표면 마감재의 제조방법 | 황토대왕 | 등록 | 1)한국/제10-2011-0042142<br>2)한국/제10-2011-0042141<br>3) 한국/10-2011-0038112 |
| 1) 황토분말 및 한방추출물을 함유하는 필-오프 황토영양 팩의 조성물 및 제조방법 | 고창황토 | 등록 | 1)한국/제10-2009-0015039 |
| 1) 건축 장식용 몰딩 구조체 | 황토나라 | 등록 | 1)한국/제10-2010-0055379 |

## 2-4. 기술개발 차별화 및 선행특허 회피 전략

○ 기술개발 차별화 : 백청광산에서 생산되는 장석사암에는 $Al_2O_3$가 약 19%가 함유

되어 있어 알루미늄의 응집(coagulation) 효과와 함께 미세입자의 침전(sedimentation) 작용에 의해 조류가 발생하지 않았다. 또한, 장석사암의 입도별 조류 제거능을 평가하고, 조류제거를 위해 장석사암을 투입할 때 건식 또는 슬러리(slurry) 형태 중 어떤 형태가 적합한지에 대한 연구를 수행하여 국산 고령토 응집제를 상품화 한다.

o 선행특허 회피전략 : 장석사암을 이용한 조류 제거제의 기술은 임치되었음.
이 물질은 국내에서 극소수로 유일하게 본 사의 광산에만 존재한다.

# 3. 기술개발내용

## 3-1. 개발내용

본 연구의 목표는 국산 장석사암(본사의 고령토arkose, 일반고령토kaolin)을 대상으로 조류(alge) 제거능을 평가하고, 녹조가 발생할 때 현장에서 바로 사용할 수 있는 천연 조류 제거제를 개발하는 것이다. 이를 위하여 조류의 밀도와 종류에 따른 장석사암의 조류 제거능을 기존의 황토 및 무기응집제(PACl)와 비교하고, arkose의 우수한 기능을 이용하여 조류 제거능을 정량적으로 평가하였으며 이를  제품화하고자 하였다(그림 참고).

제품과 분사기

국산 장석사암(고령토)의 조류(algae) 제거능을 과학적으로 평가하고, 녹조를 제거하기 위한 최적의 장석사암 주입기술을 확보하였다. 이를 위한 기술개발 내용은 다음과 같다.

**① 국산 장석사암(고령토)의 조류 제거능을 기존의 황토 및 무기응집제(PACl)와 비교** : 백청광산에서 채취한 장석사암을 이용하여 대청호 조류를 제거하기 위한 자테스트(jar-test)를 수행한다. 각각의 조류제거제 투입 전후의 DO, 탁도, Chl-a, 조류 개체수 및 우점종, DOC(dissolved organic carbon) 변화를 정량적으로 비교・분석한다. Jar-test는 급속교반(250 rpm) 2분, 완속교반(20 rpm) 10분, 그리고 침전 20분으로 수행하며, 침전 후 표층수를 대상으로 수질을 분석하였다(배와 김, 2003).

다음은 2015년 5월에 장석사암과 황토를 이용하여 예비실험을 수행한 결과이다. 충북 옥천군에 위치한 구일저수지에서 채취한 조류를 대상으로 Jar-test를 수행하였다(그림 3 참고). 구일저수지에서 채취한 원수의 Chl-a는 294.0mg/$m^3$이었고, 침전이 끝난 후 상등액을 채취하여 Chl-a를 측정하였다(그림 4 참고). 다. 황토와 고령토를 3g을 투입하였을 때 Chl-a는 각각 197.3mg/$m^3$, 91.1mg/$m^3$이었다. 이 결과는 고령토의 조류 제거능이 황토보다 2배 이상 높음을 의미한다. 현재는 고령토의 조류 제거능을 황토뿐만 아니라 PACl에 대해서도 비교하고 있다.

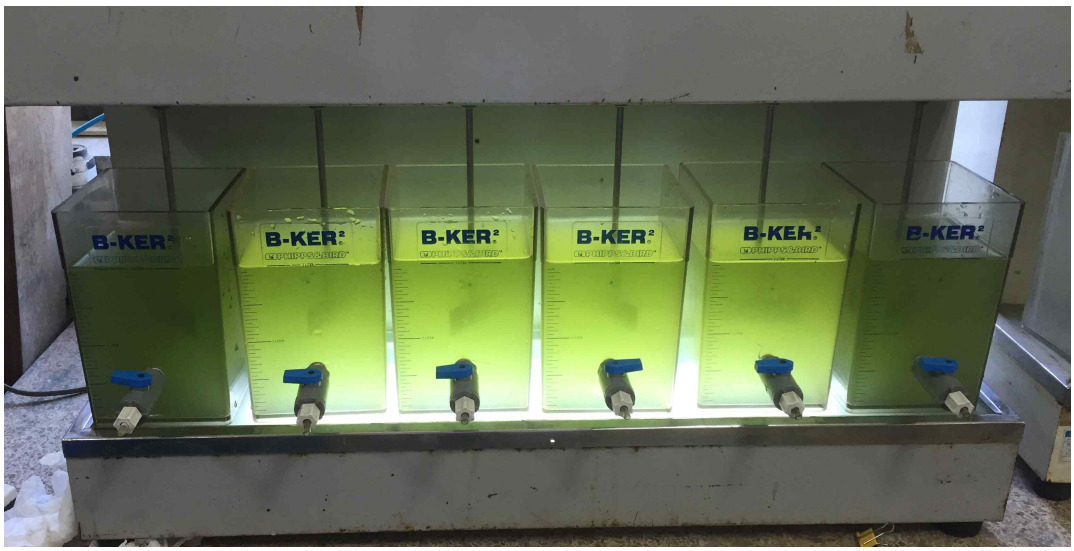



그림 3. Jar-test 사진

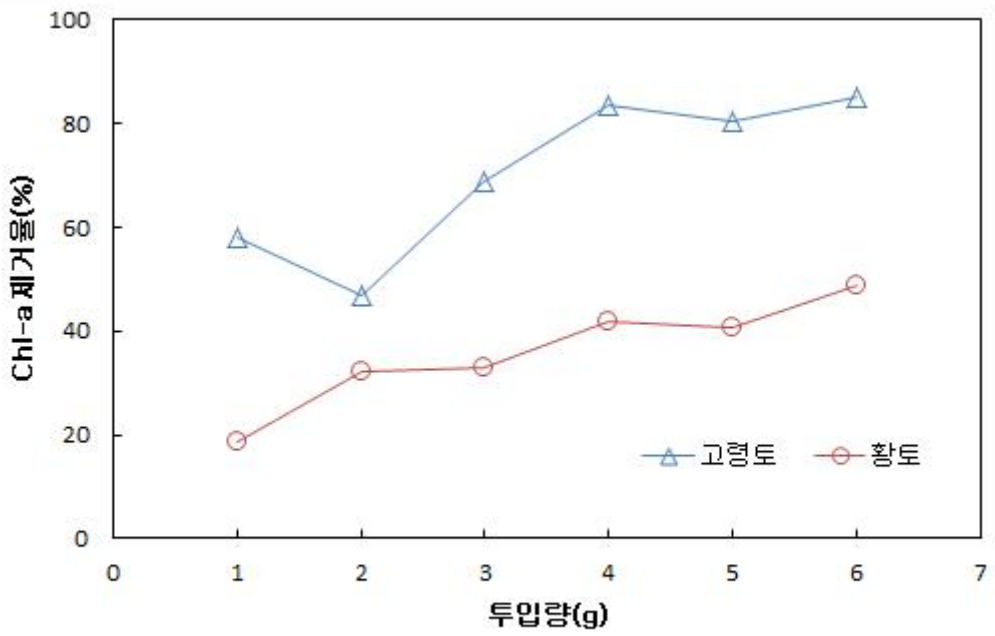



그림 4. 투입량(g)에 따른 Chl-a 제거율(%) 비교

**② 조류 종류 및 밀도별 적정 투입량 평가(투입량 대비 조류 제거율 관계 도출)** : 장석사암 투입량을 달리한 조건에서 조류의 농도(cells/ml)와 종류에 따른 조류 제거능을 평가하고, 이로부터 장석사암 투입량과 조류제거율 관계를 도출한다(배, 1997).

**③ 장석사암의 입도(particle size)별 조류 제거능 평가** : 최적의 조류 제거율을 달성할 수 있는 입도와 경제성을 고려한 입도를 도출하여, 상품화에 필요한 기초 자료를 확보한다. 이를 위해 장석사암을 체 분석한 후 조류제거능이 가장 우수하면서 경제적인 입경을 선정한다. 현재 구상하고 있는 입경의 범위는 80mesh(317.5$\mu$m), 200mesh(127$\mu$m)이다(그림 5 참고).

**④ 장석사암의 투입으로 인한 수체의 물리화학적 특성 변화** : 장석사암 투입 전후의 pH, 인($PO_4^{3-}$) 농도, 중금속 농도(철, 황, 망간, 칼슘, 칼륨)의 변화를 정량적으로 비교한다.

⑤ **장석사암 최적 투입 방법** : 조류제거를 위해 장석사암을 투입할 때 건식으로 투입하는 것이 좋은지, 아니면 슬러리(slurry) 형태의 습식으로 투입하는 것이 좋은지에 대해 비교 실험을 수행하고자 한다. 장석사암을 습식으로 투입하는 경우, 현장에서 다루기에 적합한 농도에 대해서도 조사하고자 한다.

⑥ **실험실 규모의 간이 수조 제작** : 쟈테스트(jar-test)를 통해 녹조류가 고령토로 제거 된다는 사실이 확인되면 실험실 규모의 간이 수조를 제작하여 응집·침전 실험을 계속한다. 그림 6은 본 연구에서 사용될 실험실 규모의 간이 수조의 모식도이다. 3개의 고령토 습식조에 각각 고령토의 농도, 주입시간, 주입량 등을 다르게 하여 조류 제거능을 비교하고자 한다.

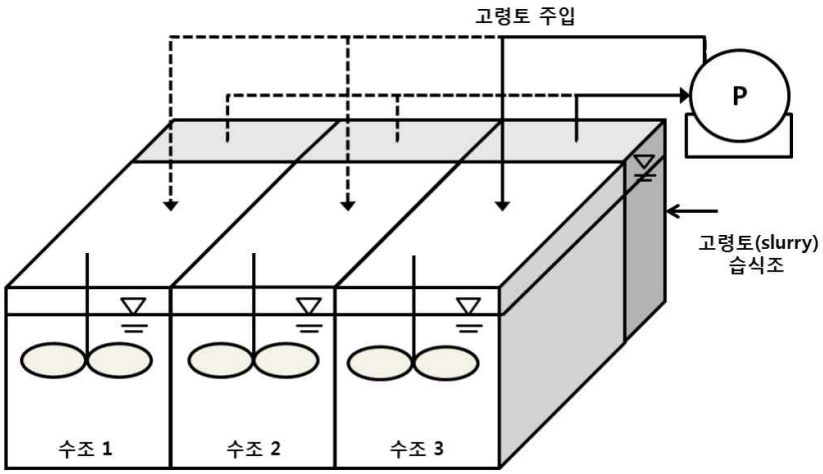



그림 6. 실험실 규모의 간이 수조 모식도

## 3-2. 기술개발(또는 제품)의 평가방법 및 평가항목

| 평가항목<br>(주요성능 Spec[1]) | 단위 | 비중[2]<br>(%) | 세계최고 수준<br>(　　/보유기업) | 연구개발전<br>국내수준 | 개발목표치 | 평가방법[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. 조류 개체수 제거율 | % | 30 | 비교 자료 없음 | 비교 자료 없음 | 24시간 후 표층수에서 90% 이상 | 공정시험법 |
| 2. 탁도 제거율 | % | 30 | 비교 자료 없음 | 비교 자료 없음 | 90% | 공정시험법 |
| 3. Chl-a 제거율 | % | 20 | 비교 자료 없음 | 비교 자료 없음 | 80% | 공정시험법 |
| 4. DOC 제거율 | % | 10 | 비교 자료 없음 | 비교 자료 없음 | 20% | 공정시험법 |
| 5. $UV_{254}$ 흡광도 제거율 | % | 10 | 비교 자료 없음 | 비교 자료 없음 | 20% | 공정시험법 |

## 3-3. 연구개발 추진일정

## 3-4 역할분담

| 수행기관 | 주요 담당 업무 | 기술개발 비중(%) |
|---|---|---|
| 주관기관 | 대전대학교<br>○ 문헌조사<br>- 고령토, 황토, 응집제 등의 문헌 조사<br>○ Jar-test를 통한 침전실험 및 수질분석<br>- 국산 장석사암의 조류 제거능을 기존의 황토 및 무기응집제(PACl)와 비교<br>- 조류의 농도(cells/ml)와 종류에 따른 조류 제거능을 평가<br>- 장석사암의 입도별 조류 제거능 평가<br>- 장석사암의 투입으로 인한 수체의 물리화학적 특성 변화<br>○ 장석사암 최적 투입 방법<br>- 장석사암의 투입형태(건조 혹은 슬러리(slurry))를 비교<br>○ 실험실 규모의 플랜트를 제작하여 실험<br>- 용량 9 L 수조 3개에 녹조를 채취하여 예비실험을 수행<br>○ 보고서 작성 | 70% |
| 참여기업 | ㈜지앤케이코리아<br>- 백청광산(광업권 제 70739호)에 고령토 2만 톤을 보유함<br>○ 황토와 무기응집제(PACl)를 준비<br>○ 실제 현장실험을 수행 | 30% |
| 총 계 | | 100% |

### 3-4-1. 기업연구인력 활용방안

○ 참여기관은 장석사암(고령토)을 이용한 친환경 농자재(토양 개량제, 동식물 영양제)와 원적외선 방사체를 응용한 친환경 건축마감재 생활용품 원료를 개발하여 보급하고 있음.

○ 참여기관은 장석사암에 관한 연구인력을 확보하고 있고, 경북 영덕에 위치한 백청광산을 보유하고 있어 고순도 장석사암의 채취가 가능함.

○ ‘국산 장석사암(고령토)을 이용한 조류(algae) 제거제 개발’ 과제를 성공 지앤케이코리아(주)의 참여인력 모두는 최선을 다 하였음.

### 3-4-2. 주관기관 활용방안

○ 주관기관 연구인력 활용방안

- 주관기관의 과제책임자는 수질관리기술사를 취득하였으며, 상수도 분야에서 오랜 기간 동안 연구를 수행한 실적과 경험이 있어 참여과제에 대한 최상의 결과가 도출되도록 최선의 노력으로 성공
- 석사 2년차 및 1년차 연구원을 '국산 장석사암을 이용한 조류 제거제 개발' 과제에 투입함.
- 학부 4학년 학생을 연구보조원으로 참여시켜 기초 실험을 가르침.

○ 주관기관 기자재 활용방안

- 주관기관은 아래 표와 같은 기자재를 갖추고 있음. 이들 기자재를 활용함으로써 정량적이고 과학적인 분석과 기술개발이 가능하였음.

| 연구기자재 및 연구시설명 | 모델명(제조사) | 수량 | 용 도 | 기관 | 보유 현황 |
|---|---|---|---|---|---|
| TOC Analyzer | TOC-VCPH (Shimadzu) | 1 | 유기탄소 분석 | 주관 | 보유 |
| pH meter | ORION 3 STAR (Thermo) | 1 | pH 분석 | 주관 | 보유 |
| DO meter | 550A (YSI) | 1 | DO 분석 | 주관 | 보유 |
| Ion Chromatography | ICS-900 (DIONEX) | 1 | 음이온분석 | 주관 | 보유 |
| UV/VIS Spectrophotometer | Shimadzu (UV-1800) | 1 | 흡광도 분석 | 주관 | 보유 |
| On-line 탁도계 | Hach | 1 | 탁도분석 | 주관 | 보유 |
| Particle Size Analyzer | SBSS-C (Pamas) | 1 | 입자분석 | 주관 | 보유 |
| Gas Chromatography | Agilent Technologies | 1 | 유기산 분석 | 주관 | 보유 |
| Analytical Balance | XB 220A (Precisa) | 1 | 저울 | 주관 | 보유 |
| DR2010 | Hach | 1 | 질소 분석 | 주관 | 보유 |
| 탁도계 | 2100N (Hach) | 1 | 탁도 분석 | 주관 | 보유 |
| | 2100P (Hach) | 2 | | | |
| $Cl_2$ 측정계 | Hach | 1 | $Cl_2$ 분석 | 주관 | 보유 |

<주관기관이 보유하고 있는 기자재>

# 4. 결과활용 및 사업화방안

## 4-1. 개발된 기술을 활용한 사업화 방안

### 4-1-1. 개발기술의 임치로 기술보호 차별화 전략

○ 기술개발 차별화 : 백청광산에서 생산되는 장석사암에는 $Al_2O_3$가 약 19%가 함유되어 있다(일본 하이텍크 N. E. S. 연구소). 백청광산에서 채취한 장석사암을 이용하여 조류를 제거하고 최적의 장석사암의 투입량을 결정하고, 장석사암의 최적의 조류 제거율을 달성할 수 있는 입도와 경제성을 고려하고 기술보호를 위하여 임치하였다.

### 4-1-2. 제품개발 및 신뢰성(Reliability) 인증 확보

□ 제품

○ 대청호의 조류를 채취하여 실험
- 국산 장석사암의 조류 제거능을 기존의 황토 및 무기응집제와 비교
- 용량 9 L의 수조 3개에 투입하여 조류제거율을 평가
- 조류 개체수 및 우점종 등은 공인기관을 통해 평가받고자 함
- 장석사암의 입도별 조류 제거능 평가

○ 국산 장석사암의 조류 제거능을 과학적으로 평가하고, 녹조를 제거하기 위한 최적의 장석사암 주입기술을 확보하여 임치및 제품기술인증을 확보함

□ 신뢰성 (Reliability) 인증 확보 계획

○ 제품의 지적 재산원 확보 추진
- 과학적 근거를 통한 신뢰성 확보

- 상품화 등록을 통해 개발 기술 및 제품에 대한 지적재산권 확보

○ 조류 개체수 및 우점종 등은 공인기관을 통해 평가(중소기업기술진흥원인증)

### 4-1-3. 양산 및 판로 확보 계획

제품생산계획도

→광산원료채광

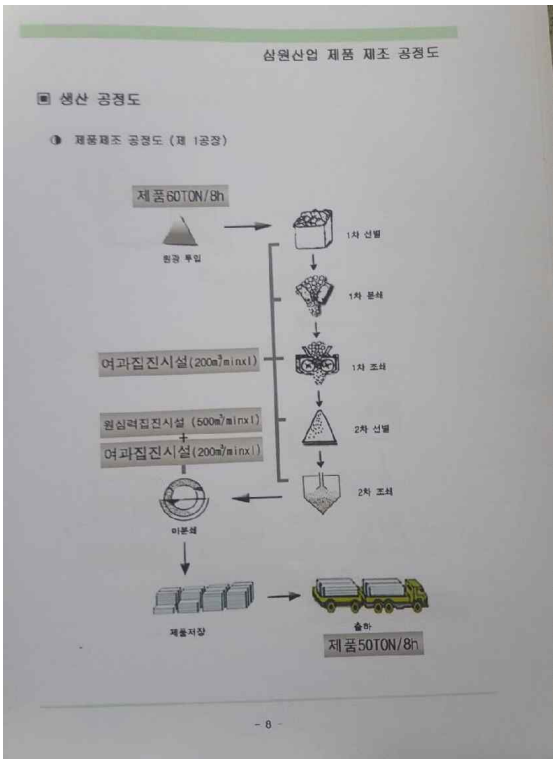
광업권제70739호 제2광구와 노천채광장면

→삼원산업oem분체

분체제조협력업체 삼원산업은 당사와 제조분야 협력사이며, 분체 공정기계설비가 완벽하여 원료 제조에 신뢰함.

공장내부1

공장내부2




원료분체공정도

→완제품포장

수동포장하여 완재품

→제품시비

시비 대상에 따라서 희석량이 다르나 20년생 밤나무에는 액상 킬-알거10L에 물 희석량3,000L가 적당함.

## □ 제품 양산계획

○ 당사는 경북 영덕군 창수면 백청리에 백청광산(광업권 제 70739호)을 보유하고 있으며, 백청광산에는 장석사암이 3억 톤가량 보유하고 있어 대량생산이 가능할 것으로 판단된다.

## □ 판로확보 및 마케팅 계획

○ 학회 논문 발표로 기술홍보

○ 기술의 제품화, 그리고 각종 전시회 참여 등을 통한 제품 홍보로 국내 판매처 확보

○ 대청호 조류를 제거를 시작으로 국내 상수원 및 호소에서 녹조류 제거에 적극적으로 확장해 나가고자 함

## 4-2. 국내·외 주요 판매처 현황

| 판매처 | 국가 명 | 판매 단가 (천원) | 예상 연간 판매량(개) | 예상 판매기간(년) | 예상 총판매금 (천원) | 관련제품 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 수질관련처 (예:환경청) | 대한민국 | | 100,000 | 10 | | 조류제거 및 수질보호 |
| 양식업협회 등 | 대한민국 | | 50,000 | 10 | | “ |
| 녹, 적조류 피해관련 | 대한민국 | | 50,000 | 10 | | “ |
| 토양수질개선 관련기업 | 대한민국 | | 50,000 | 10 | | “ |

## 5. 기대효과

| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 기 술 적 측 면 | - 천연 조류 제거제의 기술을 통한 호소수의 수질환경 보전<br>- 상수원 보호 및 물고기 떼죽음을 예방<br>- 상수원 보호구역의 이취미 문제 해결 |
| 경 제 적 측 면 | - 기존의 황토 및 무기응집제와 비교하여 경제성 평가<br>- 국산 장석사암의 상품화로 매출액 증대 |
| 활 용 방 안 (사업화 방안) | - 학회 논문발표로 기술홍보<br>- 환경부신기술 신청 통한 지식재산권 확보 |

## 참고문헌

김석구, 김동관, 강성원, 안재환, 김일호, 윤상린, 이상협, 그리고 이원태, “천연 무기 응집제를 이용한 조류 제거”, 대한환경공학회, 35(12), pp. 883-888(2013).

류완호, 이종희, 박찬교, 그리고 배장순, “고령토를 이용한 제올라이트의 제조 및 활용”, 한국공업화학회, 15(4), pp. 473-477(2004).

박홍기, 정은영, 이유정, 정종문, 최식영, 그리고 홍영기, “응집제 Ceramic-Zeolite type과 황토를 이용한 *Microcystis aeruginosa* 제거에 관한 연구”, 한국환경과학회지, 11(4), pp. 405-409(2002).

배병욱, “상수원수 내 천연유기물질과 이취미 제거를 위한 분말활성탄의 적용”, 대한환경공학회, 19(12), pp. 1523-1530(1997)

배병욱, 김영일, “Geosmin과 2-MIB 제거를 위한 분말활성탄 최적 투입량 결정”, 대한환경공학회, 25(8), pp. 955-962(2003).