

독도의 자연이야기

미생물 / 원생생물



문화재청



경상북도

독도의 자연이야기 미생물/원생생물

인쇄일 2017년 6월 10일

발행일 2017년 6월 15일

발행인 경상북도

경상북도 안동시 풍천면 도청대로 455 경상북도청

T 054-880-2114 | **F** 054-880-4999 | www.gb.go.kr

기획 경북대학교 울릉도·독도 연구소 | **T** 053-950-7874 | www.dokdoknu.com

지은이 김사열, 황예지, 손진수, 박종수

편집 서영우

인쇄 한림커뮤니케이션 | **T** 053-425-666

ISBN 978-89-965641-9-5

정부간행물 발간 등록번호 75-6470000-000706-01

독도의 자연 이야기 미생물/원생생물

경북대학교 울릉도·독도 연구소

독도의
자연 이야기
미생물

독도의 미생물 Q&A

독도를 지키는 과학자들의 방법은?

자연과학 분야의 연구원들이 독도에 가서 지속적으로 독도의 생물상과 지질학적 측면에 대해 모니터링 하는 것도 과학적 증거확보 노력으로 볼 수 있겠지요. 독도의 자연에 대해 새로운 여러 가지 과학적 발견을 하는 것도 과학자가 할 수 있는 독도사랑의 방법입니다.

독도에서 어떻게 새로운 생물종을 발견하게 되는가요?

쉽게 눈에 띄는 식물이나 동물은 새로운 생물종이 발견되기 어렵지만 무척추동물이나 미세곤충, 미생물의 경우는 그간 충분한 조사를 하지 못했고 연구도 진행되지 않았기 때문에 신종 미기록종을 발견하는 것이 가능합니다. 독도가 신종 미생물의 보고로 알려져 가고 있을 정도로 많은 신종들이 보고되고 있습니다.

독도에는 어떤 미생물들이, 얼마나 살고 있는지요?

아직 정확하게 파악되어 있지는 않습니다. 일단 실험실에서 배양이 가능한 수천종의 세균을 분리해서 연구해보니 독도에는 다양한 종류의 미생물이 서식하는데 특히 독도의 열악한 환경에 잘 적응한 포자형성세균이 많다는 정도가 알려져 있습니다. 그리고 메타게놈실험으로 배양이 가능하지 않은 미생물까지 조사를 해보면 어느 정도 윤곽을 알 수 있게 될텐데요, 아마도 독도에는 많은 종류의 미생물이 무수히 많이 살고 있다고 봅니다.

독도에서는 어떤 미생물이 신종으로 보고되었나요?

2005년에 한국생명공학연구원에 윤정훈 · 오탉광 박사 팀이 버지바실러스 독도넨시스를 연구해서 국제미생물계통분류학회지에 발표했습니다. 현재까지 41종의 신종 세균이 국제 학회지에 알려져 왔습니다.

그 중에 동해아나 독도넨시스는 나중에 우주인 이소연씨가 우주비행을 할 때 가져간 2종의 미생물 중 하나로 널리 알려져 있죠. 물론 새롭게 발견한 신종 41종이 모두 중요합니다. 각각의 기능에 대해서 충분히 아직 연구를 하지 않았기 때문에 연구가 이루어지면 잠재성이 드러나게 된다고 볼 수 있습니다.



경북대학교 생명공학부
김사열 교수

독도 미생물 자원의 유용성 대한 연구는 누가 최초로 했나요?

독도 미생물 신종연구에 대한 것은 2005년에 시작했지만 실제 유용성에 대한 연구는 2007년에 한국생명공학 연구원에 이충환 박사 연구팀이 했습니다.

이 연구팀은 당시 독도에서 분리한 4종의 세균이 담즙 생합성을 한다는 사실을 밝혀내 국제적 수준의 학술지에 발표했습니다. 특별히 동해어나 독도넌시스라는 이

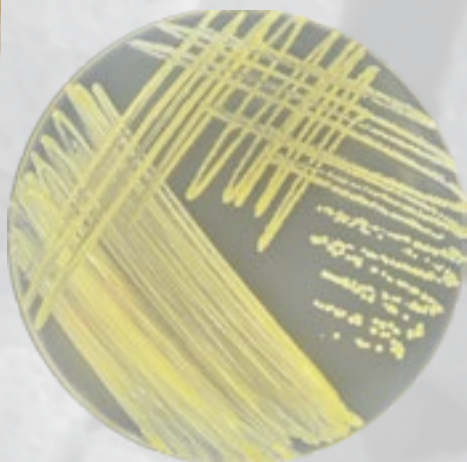
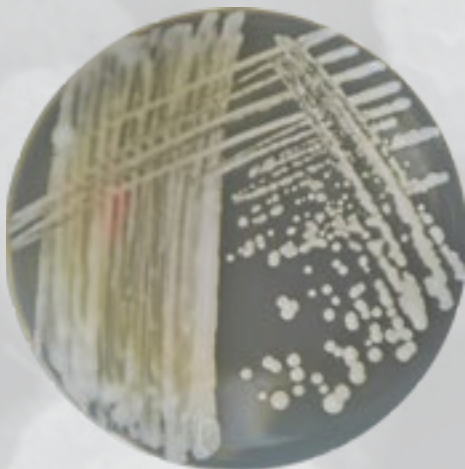
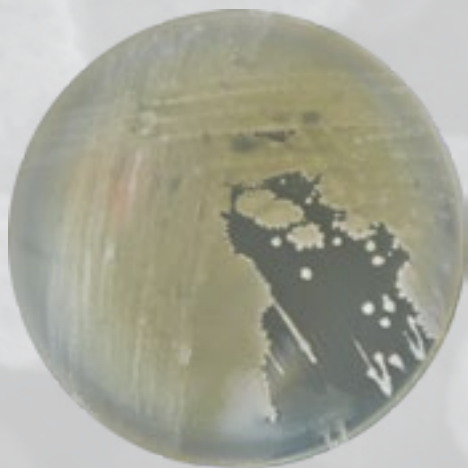
름을 붙인 신종 분리 균주가 항세균 물질을 생산한다는 것을 발표했습니다.

경북대 독도미생물 연구팀에서도 독도에서 분리한 세균이 2가지 다른 유용성이 있음을 밝혔습니다. 하나는 식물에게 병을 이기게 하여 농업에 응용할 수 있는 가능성을 열었고 다른 하나는 세균이 사람 몸에 생기는 결석과 같은 탄산칼슘을 형성해서 건축공학에 적용할 수 있는 가능성을 제시하기도 했습니다.

미생물의 잠재적 가치는 무엇인가요?

오토박터룸이라는 세균이 있는데 독도의 까마중이라는 식물 뿌리로부터 분류했습니다. 이것을 연구해보니 담배나 고추에서 식물의 생장을 촉진하고 질병을 막는 내병성 기능을 가지고 있어서 특허로 출원,등록되었습니다. 독도에서 발견된 스테노트로포모나스라고 하는 세균은 탄산칼슘생성세균으로 확인되어 건축공학적인 연구를 수행하고 있는데 이 종균도 역시 특허등록이 되었습니다.

독도 미생물에 대해서 추가적인 기능이 알려진다면 학술적으로뿐만 아니라 산업적으로도 독도의 부가가치가 높아지는 셈이겠지요.



독도에서 분리된 다양한 세균의 배양사진

독도의 미생물

독도 미생물 연구의 시작

독도의 생태계에 대한 연구는 식물, 조류, 어류, 포유류, 무척추동물, 곤충 등에 대하여 학술적이고 경제적인 이유로 비교적 이르게 이루어졌다고 볼 수 있다. 하지만 독도의 미생물상에 대한 연구는 육안으로는 존재를 관찰할 수 없는 미생물의 특성으로 인해 21세기에 들어서 본격적으로 시작되었다.

우리나라 미생물 분류의 선도 연구그룹이자, 몇 년 전까지 세계적으로 가장 많은 신종 세균 논문을 발표하기도 했었던 윤정훈 · 오태광 박사 팀이 대표적이다. 윤 · 오 박사 팀은 독도에서 채취한 시료에서 분리한 세균 중 4종의 신속과 33종의 신종 세균을 다수 발견하여 학계에 보고하였다.

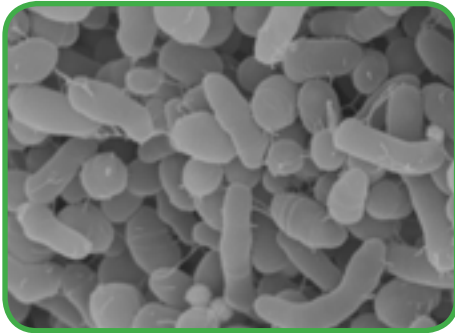
현재 학명 안에 독도의 지명을 포함한 세균 속은 2005년과 2006년에 윤정훈 박사가 보고한 *Dokdonia* 속과 *Dokdonella*속이 있으며, 마찬가지로 2006년 보고되어 ‘동해’에서 이름을 따 명명된 *Donghaeana*가 있다. 독도에서 발견되었다는 의미의 ‘*dokdonensis*’라는 종명으로 명명된 신종은 21종이 있다.

이중에서 동해아나 독도넌시스는 2008년 4월 한국인 최초 우주비행사인 이소연 씨가 우주 실험을 위해 국제우주정거장으로 가져갔던 6종의 생물 및 세포 (2종 미생물) 중 한 종으로 채택되었다. 이 세균은 항생물질을 분비하며, 그람음성의 포자를 형성하지 않는 세균이다.

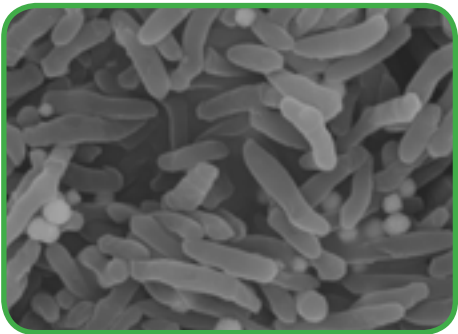
이를 포함해, 독도에서 2016년까지 발견된 신속은 7속, 신종은 44종이다.

외에도 독도에서 발견된 미생물은 독특하거나 강한 생리활성을 가진 것이 통상적인 육상의 환경에서보다 월등히 높은 비율로 발견되고 있다. 이러한 독도 미생물의 특성은 다양한 응용분야에서 산업적, 경제적으로도 주목 받고 있으며, 그 가능성과 잠재가치에 대한 연구가 점차적으로 진행되어가는 시작단계에 있다.

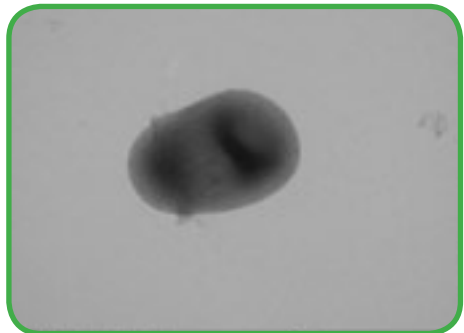
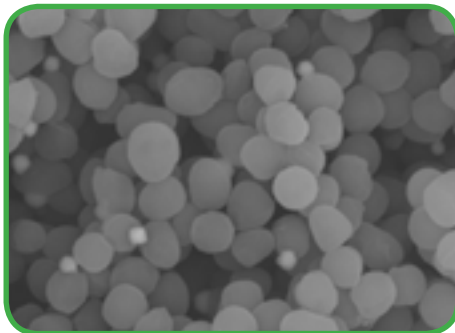
독도에는 신종세균이 많다.



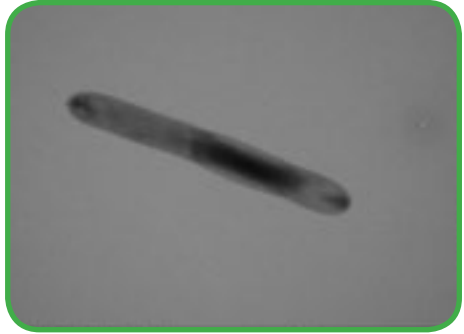
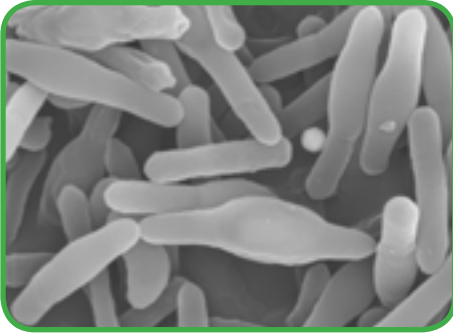
독도에서 분리된 노카르디오이데스 (*Nocardioideae*) 속 방선균의 전자 현미경 사진



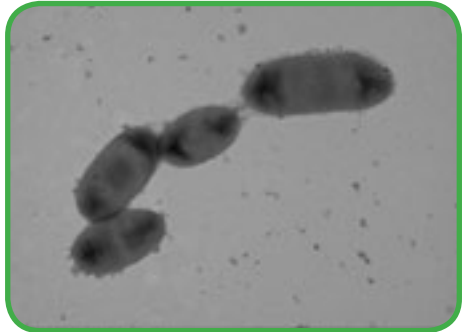
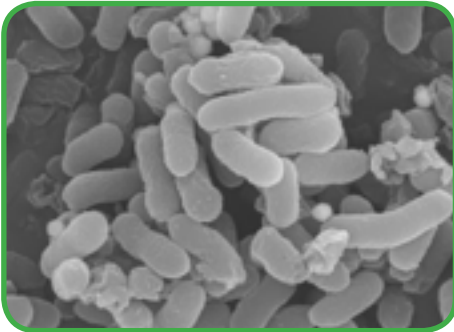
독도에서 분리된 암니박테리움 (*Amnibacterium*) 속 방선균의 전자 현미경 사진



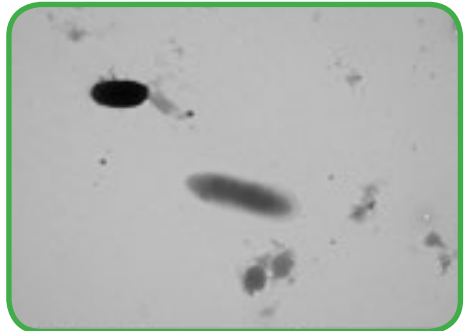
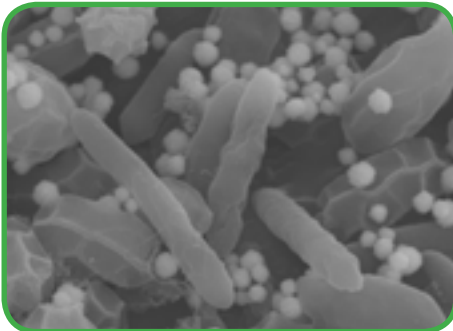
독도에서 분리된 마이크로루나투스 (*Microlunatus*) 속 세균의 전자 현미경 사진



독도에서 분리된 바실러스 (*Bacillus*) 속 세균의 전자 현미경 사진



독도에서 분리된 슈도모나스 (*Pseudomonas*) 속 세균의 전자 현미경 사진



독도에서 분리된 패니바실러스 (*Paenibacillus*) 속 세균의 전자 현미경 사진

독도에서 보고된 신속 미생물 (7속)

No.	Year	Name	Isolated from	Journal	Correspondence
1	2005	<i>Dok-donia donghaensis</i>	Seawater	IJSEM	Jung-Hoon Yoon
2	2006	<i>Dok-donella koreensis</i>	Soil	IJSEM	Jung-Hoon Yoon
3	2006	<i>Donghaeana Dok-donensis</i>	Seawater	IJSEM	Jung-Hoon Yoon
4	2007	<i>Humicoccus flavidus</i>	Soil	IJSEM	Jung-Hoon Yoon
5	2007	<i>Flagellimonas eckloniae</i>	Rhizo- sphere of <i>Ecklonia kurome</i>	IJSEM	Jung-Hyun Lee
6	2008	<i>Croceitalea eckniae</i>	Rhizo- sphere of <i>Ecklonia kurome</i>	IJSEM	Jung-Hyun Lee
7	2008	<i>Croceitalea Dok-donensis</i>	Rhizo- sphere of <i>Ecklonia kurome</i>	IJSEM	Jung-Hyun Lee

독도에서 보고된 신종 미생물 (44종)

No.	Year	Name	Isolated from	Journal
1	2005	<i>Virgibacillus dokdonensis</i>	Soil	IJSEM
2	2005	<i>Maribacter dokdonensis</i>	Sea Water	IJSEM
3	2005	<i>Marinomonas dokdonensis</i>	Sea Water	IJSEM
4	2006	<i>Variovorax dokdonensis</i>	Soil	IJSEM
5	2006	<i>Algoriphagus terrigena</i>	Soil	IJSEM
6	2006	<i>Porphyrobacter dokdonensis</i>	Sea Water	IJSEM
7	2006	<i>Flavobacterium soli</i>	Soil	IJSEM
8	2006	<i>Stenotrophomonas dokdonensis</i>	Soil	IJSEM
9	2006	<i>Pedobacter sandarakinus</i>	Soil	IJSEM
10	2006	<i>Sphingomonas dokdonensis</i>	Soil	IJSEM
11	2006	<i>Polaribacter dokdonensis</i>	Sea Water	IJSEM
12	2006	<i>Isoptericola dokdonensis</i>	Soil	IJSEM
13	2007	<i>Nocardioideus insulae</i>	Soil	IJSEM
14	2007	<i>Flavobacterium terrigena</i>	Soil	IJSEM

15	2007	<i>Devosia insulae</i>	Soil	IJSEM
16	2007	<i>Sulfitobacter donghicola</i>	Sea Water	IJSEM
17	2007	<i>Loktanella maricola</i>	Sea Water	IJSEM
18	2007	<i>Pedobacter insulae</i>	Soil	IJSEM
19	2007	<i>Pedobacter lentus</i>	Soil	IJSEM
20	2007	<i>Pedobacter terricola</i>	Soil	IJSEM
21	2007	<i>Jannaschia donghaensis</i>	Sea Water	IJSEM
22	2007	<i>Brevundimonas lenta</i>	Soil	IJSEM
23	2007	<i>Pedobacter terrae</i>	Soil	IJSEM
24	2007	<i>Nocardioides terrigena</i>	Soil	IJSEM
25	2007	<i>Roseomonas terrae</i>	Soil	IJSEM
26	2007	<i>Cellulosimicrobium terreum</i>	Soil	IJSEM
27	2008	<i>Nocardioides hankookensis</i>	Soil	IJSEM
28	2008	<i>Phycococcus dokdonensis</i>	Soil	IJSEM
29	2008	<i>Agromyces terreus</i>	Soil	IJSEM
30	2008	<i>Sphingomonas insulae</i>	Soil	IJSEM
31	2009	<i>Microbacterium insulae</i>	Soil	IJSEM
32	2006	<i>Pseudomonas segetis</i>	Soil	IJSEM
33	2008	<i>Nocardioides dokdonensis</i>	Sand sediment	IJSEM
34	2010	<i>Arcobacter marinus</i>	Vicinity	IJSEM
35	2011	<i>Lysobacter dokdonensis</i>	Soil	IJSEM
36	2011	<i>Zobellella aerophila</i>	Sand sediment	IJSEM
37	2012	<i>Shewanella dokdonensis</i>	Sea Water	IJSEM
38	2012	<i>Burkholderia dendrificans</i>	Soil	JM
39	2013	<i>Sunxiuqinia dokdonensis</i>	Marine sedi- ment	JM
40	2014	<i>Paenibacillus dongdonensis</i>	Soil	IJSEM
41	2014	<i>Nocardioides paucivorans</i>	Soil	JM
42	2015	<i>Lutibacter oricola</i>	Sea Water	IJSEM
43	2016	<i>Arthrobacter echini</i>	Gut of a purple sea urchin <i>Heliocidar- iscrassispina</i>	IJSEM
44	2016	<i>Bowmanella dokdonensis</i>	Sea Water	AVL

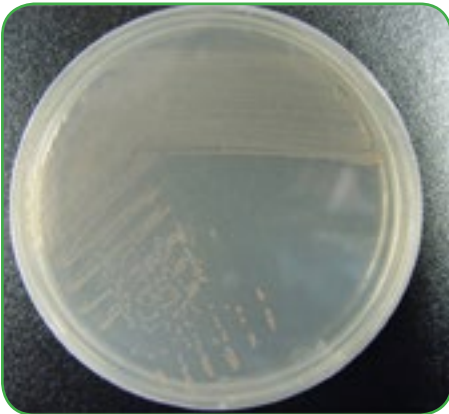
슈와넬라 독도넨시스(*Shewanella dokdonensis*)

Bacteria; Proteobacteria; Gammaproteobacteria; Alteromonadales; Shewanellaceae; *Shewanella*

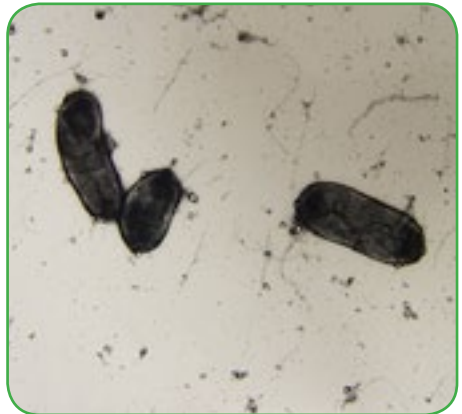
동도의 연안해수로부터 분리.



분리 장소 : 동도 연안해수



슈와넬라 독도넨시스 UDC329T의
한천배지 순수배양 사진



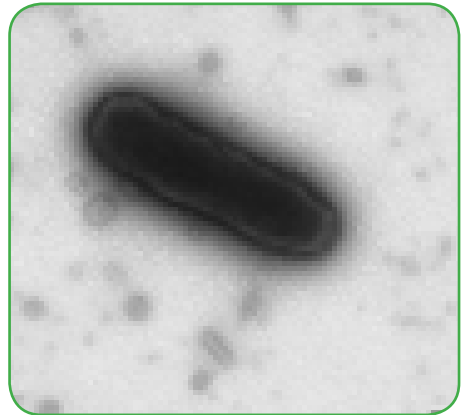
슈와넬라 독도넨시스 UDC329T의
투과전자현미경 사진

루티박터 오리콜라(*Lutibacter oricola*)

Bacteria;Bacteroidetes;Flavobacteria;Flavobacteriales;Flavobacteriaceae;Lutibacter
서도의 연안해수로부터 분리.



분리 장소 : 서도 연안해수



루티박터 오리콜라 UDC377T의
투과전자현미경 사진

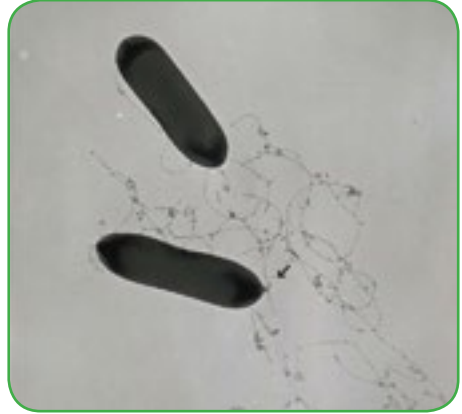
페니바실러스 동도넨시스 (*Paenibacillus dongdonensis*)

Bacteria;Firmicutes;Bacilli;Bacillales;Paenibacillaceae;Paenibacillus

동도의 개밀(*Elymus tsukushiensis*) 근권의 토양에서 분리.



분리 장소 : 동도 개밀 근권



페니바실러스 동도넨시스 KUDC0114T의 투과전자현미경 사진

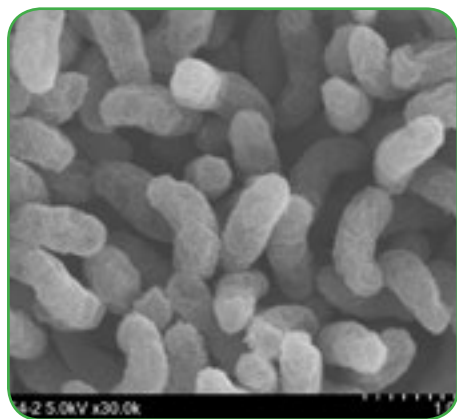
보마넬라 독도넨시스 (*Bowmanella dokdonensis*)

Bacteria;Proteobacteria;Gammaproteobacteria;Alteromonadales;Alteromonadaceae;Bowmanella

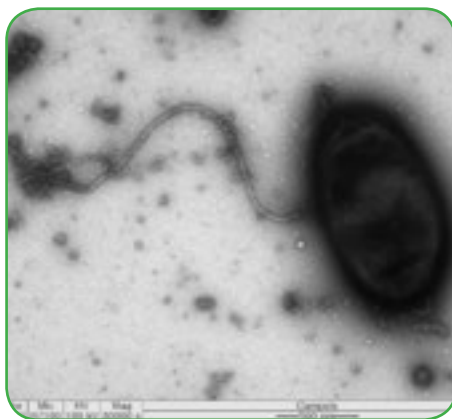
전기생성 능력을 가진 독도 신종 세균 보마넬라 독도넨시스 UDC354T.



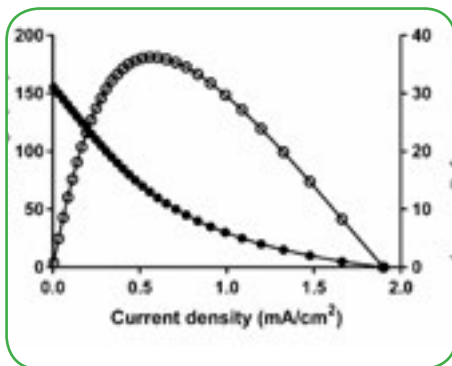
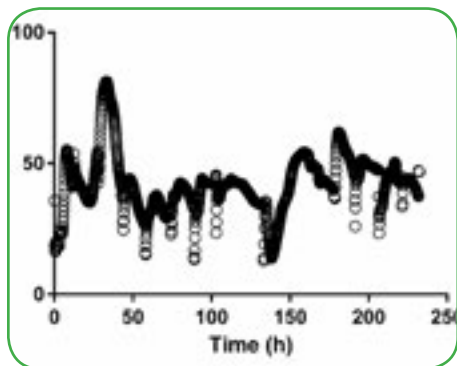
분리 장소 : 서도 연안해수



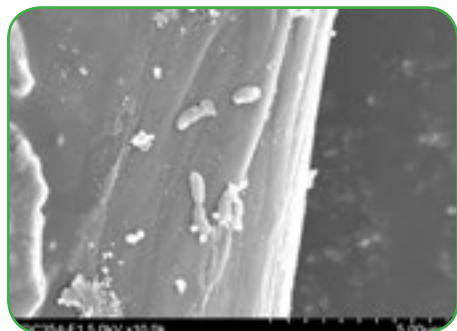
보마넬라 독도넨시스 UDC354T의 주사전자현미경 사진



보마넬라 독도넨시스 UDC354T의 투과전자현미경 사진



보마넬라 독도넨시스의 전기활성 측정 그래프



미생물연료전지의 탄소섬유에 부착한 보마넬라 독도넨시스의 주사전자현미경 사진

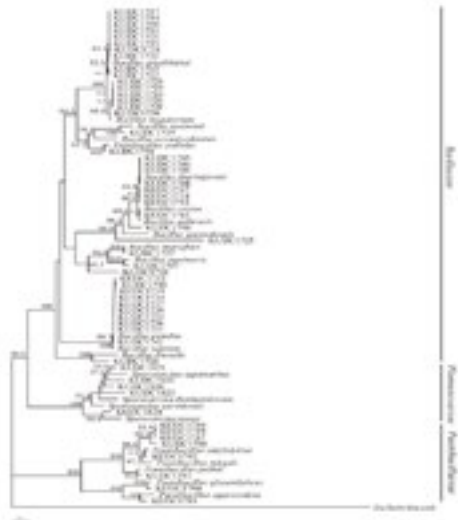
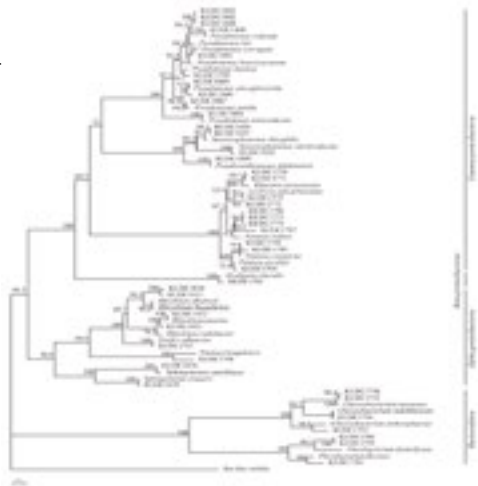
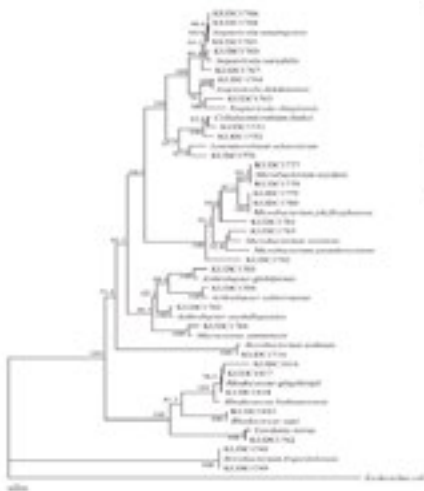
독도 미생물과 식물의 상호작용

화산분화에 의해 형성된 바위섬인 독도의 자연환경은 기상에 크게 영향을 받는다. 뿐만 아니라 독도의 자생하는 식물은 얇은 토심과 해수로부터 오는 높은 토양염류, 조류의 산란 번식기 동안 노출되는 높은 요산농도, 강한 해풍, 부족한 유기염류, 온도, 건조 등의 다양한 스트레스 환경에 노출되어 있다. 다양한 환경스트레스에도 불구하고 이와 같은 독도의 척박한 환경에 적응한 총 48 분류군의 식물군이 건강한 생태계를 이루고 있는 것으로 보고 되어 있다. 이와 같은 식물들은 불리한 환경의 극복을 위하여 제각각 다양한 적응 기작을 가지게 되었다. 그 중에는 다양한 종류의 스트레스에 저항성을 유도하는 근권미생물과 상호작용도 포함되며, 미생물이 식물의 생장촉진 및 다양한 스트레스에 대한 저항성을 증가시킬 수 있다는 연구결과가 발표된 바 있다. 미생물 또한 식물과의 상호작용을 통해 다양한 생존 전략을 가지고 있는 것으로 보인다.

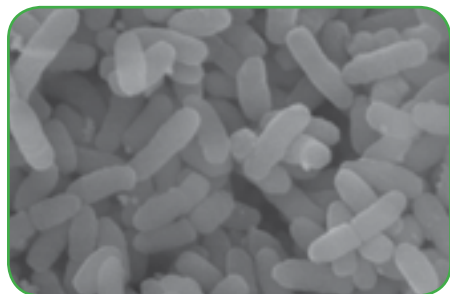
독도에 자생하는 개밀의 야생군락지의 근권으로부터 분리된 균 중 식물의 생장을 촉진하고, 식물의 병원균을 억제하는 것으로 알려져 있는 엔테로박터(*Enterobacter*)속 세균 중 식물의 생장호르몬을 생산하고, 난용성 인을 사용할 수 있는 능력을 가지며, 토양 중의 금속을 식물체가 이용 가능한 형태로 바꾸어 주는 균주들이 일반적인 육상 환경보다 더 높은 비율로 분리되었다. 분리된 균주들은 대표적인 식용작물인 고추에 직접 적용하여 식물의 생장촉진 효과와 병원균에 대한 전신유도저항성을 확인되었다. 그 중 식물의 생장을 촉진시키는 균주와 고추 유묘의 흰별무늬병에 대한 식물의 저항성을 증가시키는 세균이 발견 되었으며, 독도의 미생물 자원이 새로운 생물학적 제재로서 매우 가치 있을 것으로 기대된다.



1



방제 효과를 갖는 독특한 세균 - 오크로박터룸 루피니 KUDC1013 *Ochrobactrum lupini* KUDC1013

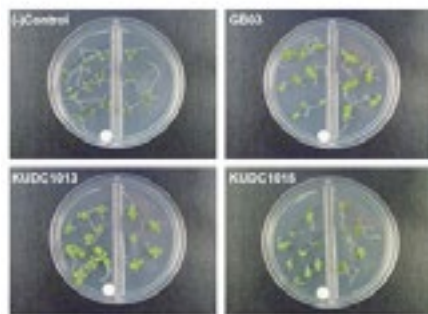


오크로박터룸 루피니 KUDC1013의 주사전자현미경 사진

오크로박터룸 루피니 KUDC1013는 독도의 야생 까마중의 근권에서 분리된 세균으로 담배에서 담배짓무름병원균(*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* strain SCC1)과 고추의 세균성점무늬병원균(*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*)에 대해 식물의 유도 저항성을 강화시키고, 성장을 촉진하는 효과를 보여준다.



세균성점무늬병원균에 대한 오크로박터룸 루피니 KUDC1013의 방제 효과



담배짓무름병원균에 대한 오크로박터룸 루피니 KUDC1013의 방제 효과

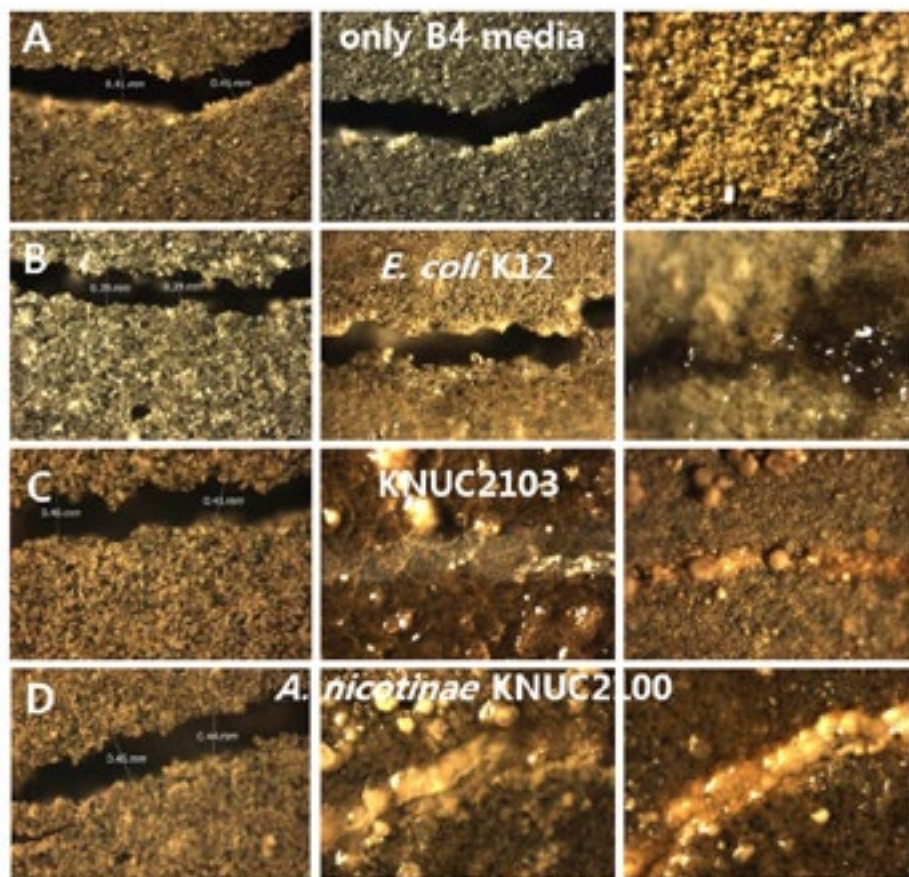
식물의 면역기능을 향상시키는 세균 – 브레비박테리움 아이오디눔 KUDC1716 *Brevibacterium iodinum* KUDC1716

브레비박테리움 아이오디눔 KUDC1716은 스템필리움 솔라니(*Stemphylium solani*)에 의해 발생하는 식물 곰팡이 병인 흰별무늬병에 대하여 식물의 면역에 관여하는 유전자를 활성화 시켜 식물의 질병 저항성을 높이고, 성장을 촉진한다.



브레비박테리움 아이오디눔 KUDC1716의 고추 흰별무늬병에 대한 방제 효과. (좌) 병원균 스템필리움 솔라니만 접종한 고추잎의 흰별무늬병 발병 (우) 브레비박테리움 아이오디눔 KUDC1716을 처리한 후 병원균 스템필리움 솔라니를 접종한 고추잎의 흰별무늬병

독도에는 탄산칼슘형성세균이 많다.



독도에서 분리된 탄산칼슘형성세균이 시멘트에 발생한 미세한 균열을 메우는 것을 관찰할 수 있다.

인공건축물 환경에서 탄산칼슘형성세균을 연구하던 경북대 김사열 교수 연구팀에 의하여 우연히 밝혀진 사실은 독도에서 탄산칼슘형성세균이 많이 발견된다는 것이다. 인공건축 환경에서 10% 이하의 비율로 존재하는 이러한 미생물은 독도에서는 거의 50%에 육박하는 비율로 발견되었다.

아마도 이것은 독도가 화산섬으로서 열악한 환경이며, 새의 산란지라는 것과 연관이 있을 것으로 예상된다. 독도는 갯이갈매기의 산란지로, 해마다 상당히 많은 양의 알 껍질이 남겨지고 분해된다. 또한 독도에는 새의 배설물인 요산이 누적된다. 이 같은 환경에서 위와 같은 물질을 생리적으로 이용할 수 있는 탄산칼슘형성세균이 진화적으로 유리하게 세력을 형성하게 된 것으로 추측된다.

경북대 김 교수 연구팀은 독도에서 분리한 탄산칼슘형성세균에 대하여 건축공학 관련으로 여러 건의 특허를 출원 및 등록하였다. 그 중 아쓰로박터 니코타이나 **KNUC2100**에 대한 발명은 2017년 4월에 경북대학교 산학협력단과 관련 사업체 간에 양도계약이 이루어졌다. 이것은 독도에서 분리한 세균으로써 산업화가 이루어진 예라 할 수 있다.