

이공분야 학문후속세대지원(박사후국내연수) 결과보고서

세부 사업명	박사후국내연수	과제 번호	2018R1A6A3A01012375
연구수행기간	2018.9.1.~2019.8.31.	제출일자	2019.9.19.
연구 과제명	국 문	국내 시구아톡신 생산 와편모조류의 종다양성 및 독성연구	
	영 문	Biodiversity and toxicity of ciguatoxin producing dinoflagellates in Korea	

1. 당초 연구목적 및 배경

<연구목적>

- 유독 와편모조류로 인한 중독 피해 가능성을 예측하고 이에 대응하기 위해 국내에 출현하는 열대성 시구아톡신 생산 와편모조류의 종 다양성, 출현시기 및 지역 등의 생태학적 특성을 이해하고 독 생산 여부를 판단하고자 함.

<연구배경>

- 유해조류에 의한 피해에서 적조에 대비한 연구는 국가적 차원에서 지원과 연구가 활발히 진행되고 있는 반면에, 유독 미세조류에 의한 피해 대응 연구는 상대적으로 부족한 상황.
- 시구아테라(Ciguatera)는 시구아톡신(Ciguatoxin)에 중독된 수산물을 섭취후 위장, 신경, 심혈관 장애를 유발하는 식품 매개 질병으로 와편모조류 *Gambierdiscus*가 원인임. 현재까지 전세계 14종이 기록되어왔고 (Guiry & Guiry 2017), 위도 35° 미만의 열대와 아열대 지역에서 주로 분포함.
- 최근 국내 제주 연안에서 *Gambierdiscus* 종들이 다수 보고되었됨 (Baek 2012b, Jeong et al. 2012).
- 국내 기록된 *Gambierdiscus* 종들은 에 의해 보고된 *G. caribaeus*를 제외하고, 대부분 미동 정상태로 발표되었고, 독분석은 수행된 바 없음.

2. 당초 연구내용, 범위 및 방법

<연구내용>

- 국내에 분포하는 시구아톡신 생산 와편모조류의 종 다양성 연구
- 시구아톡신 생산 와편모조류의 국내 출현시기와 서식지에 대한 생태학적 연구
- 국내에서 확보된 와편모조류 종주로부터 독 생산 여부 연구

<연구범위>

- 국내 분포하는 잠재적 시구아톡신 생산 와편모조류 확보
- 확보된 와편모조류 종주의 형태학적, 분자계통학적 연구
- 확보된 와편모조류 종주의 독 분석

<추진전략 및 방법>

- 국내 분포하는 시구아톡신 생산 와편모조류 확보
 - 채집조사 및 종주은행으로부터 확보
- 확보된 종주의 형태학적, 분자계통학적 종 동정

○ 확보된 종주의 독 분석

- *Tigriopus japonicus* 등의 중형동물플랑크톤을 사용한 독성 평가 (Lee et al. 2014)

3. 연구내용 및 결과

○ 국내 분포하는 시구아톡신 생산 와편모조류 확보

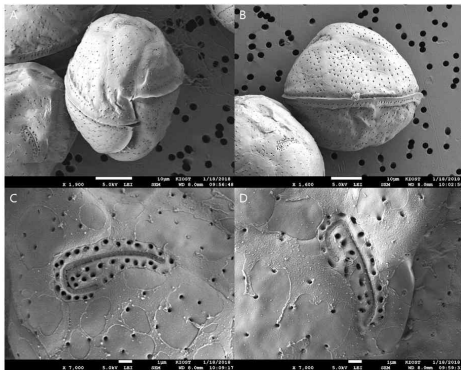
- 채집조사를 통한 확보: 2017년 6월 제주도, 2018년 9월 울릉도 및 독도, 2018년 10월 남해안 일대, 2019년 4월 마이크로네시아 지역의 채집 조사를 수행하여, 잠재적 시구아톡신 생산 와편모조류 19종주와 제주도와 거제도의 조수웅덩이에서 대발생을 야기하는 와편모조류 2종주 확보함.

- 종주은행으로부터 확보: 유독 와편모조류, *Gymnodinium catenatum*, *Alexandrium catenella*, *A. pacificum*, *A. minutum*

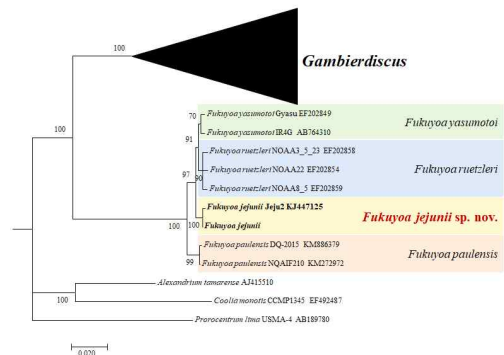
○ 확보된 종주의 형태학적, 분자계통학적 종 동정

가) *Fukuyoa jejunii* sp. nov. (가칭)의 형태 및 분자계통학적 분석

- 제주도에서 확보된 *Fukuyoa* 종주는 형태적으로 *F. yasumoyoi*와 유사하나, 18S rDNA의 분자계통학적 분석은 *F. jejunii*가 *F. yasumotoi*와 *F. ruetzleri*의 자매 그룹에 포함되는 것을 확인함.



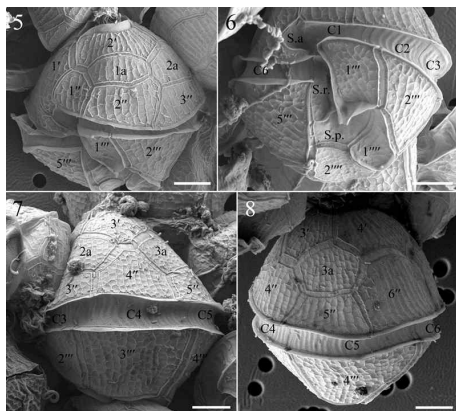
SEM images of *Fukuyoa jejunii*



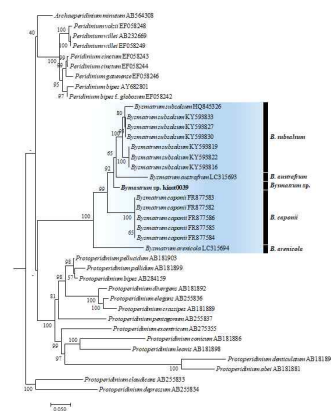
Phylogenetic tree of *Fukuyoa jejunii*

나) *Bysmatrum* sp.의 형태 및 분자계통학적 분석

- 제주도와 거제도에서 확보된 *Bysmatrum* 종주는 형태적으로 *B. subsalsum*과 유사하나, 28S rDNA D1-D3의 분자계통학적 분석은 *Bysmatrum* sp.가 *B. subsalsum*과 *B. austrafum*의 자매 그룹에 포함되는 것을 확인함.



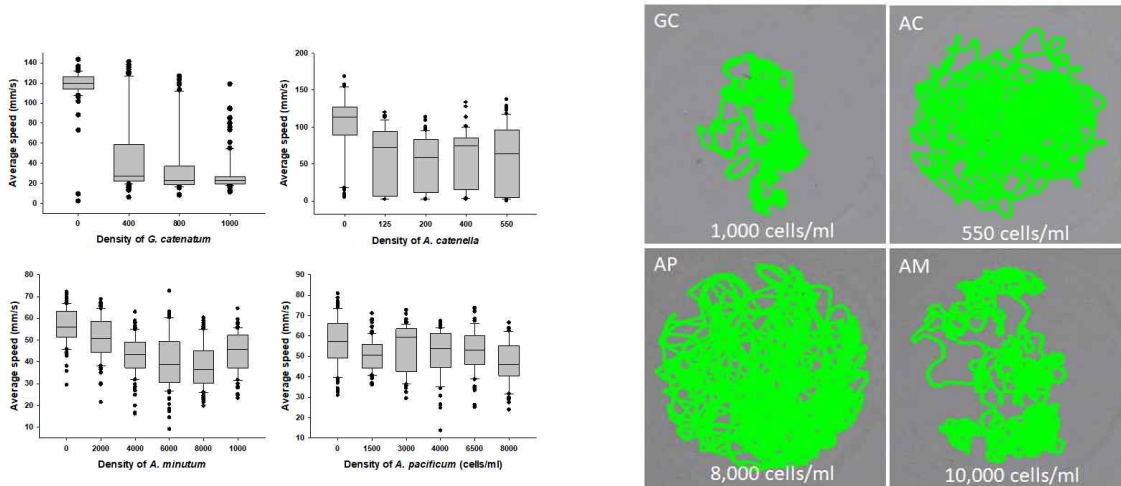
SEM images of *Bysmatrum* sp.



Phylogenetic tree of *Bysmatrum*

○ 확보된 종주의 독 분석

- *Artemia franciscana*의 행동학적 반응을 통해 유독 와편모조류, *Gymnodinium catenatum* (GC), *Alexandrium catenella* (AC), *A. pacificum* (AP), *A. minutum* (AM)의 독성평가를 수행한 결과, *Artemia franciscana*의 한시간동안의 유영속도는 GC의 처리에서 현저히 감소하였고, AC와 AM에서 유의적이며, AP에서는 뚜렷한 변화가 없었음.



Average swimming speed of *Artemia* on the dinoflagellates feeding during one hour

Trajectories of *Artemia* after dinoflagellates feeding

4. 향후 연구결과의 기대효과 및 활용 방안

<기대효과>

- 열대성 와편모조류의 국내 유입 경로와 위도별 분포 한계점을 확인함으로써 한반도 아열대화 현상 실제 확인
- 시구아톡신 생산 와편모조류의 국내 출현시기와 지역 등 생태학적 특성에 기반하여 향후 시구아테라증 피해 가능 지역과 시기를 예측하고 대비할 수 있는 기초자료 제공

<활용 방안>

- 시구아톡신의 시공간적 변화와 생태독성평가결과를 기반으로 한 국가적 정책마련으로 어류 섭취여부, 섭취량 및 섭취시기 규제가능
- 유독 와편모조류로부터 얻어진 유효물질로부터 새로운 의약품개발 기대
- 시구아톡신 생산 와편모조류로부터 분리된 독의 표준시료 확보방법 개발을 통한 안정적인 분석표준시료 공급과 분석자료의 신뢰성 확대

5. 참고문헌

- Adachi, R. and Fukuyo, Y. 1979. The thecal structure of a marine toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* gen. et spec. nov. collected in a ciguatera-endemic area. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 45: 67-71.
- Baek, S.H. 2012a. First report for appearance and distribution patterns of the epiphytic dinoflagellates in the Korean Peninsula. Korean Journal of Environmental Biology 30: 355-361.
- Baek, S.H. 2012b. Occurrence of the Toxic Benthic Dinoflagellate *Gambierdiscus* spp. in the Uninhabited Baekdo Islands off Southern Coast and Seopsom Island in the Vicinity of Seogwipo, Jeju Province, Korea. Ocean and Polar Research 34: 65-71.
- Dickey, R.W. and Plakas, S.M. 2010. Ciguatera: A public health perspective. Toxicon 56: 123-136.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 10 August 2017.
- Jeong, H.J., Lim, A.S., Jang, S.H., Yih, W.H., Kang, N.S., Lee, S.Y., Lee, S.Y., Yoo, Y.D. & Kim, H. S. 2012. First Report of the Epiphytic Dinoflagellate *Gambierdiscus caribaeus* in the Temperate Waters off Jeju Island, Korea: Morphology and Molecular Characterization. Journal of Eukaryotic Microbiology 59: 637-650.
- Jung, S.W, Joo, H.M, Park, J.S. and Lee, J.H. 2010. Development of a rapid and effective method for preparing delicate dinoflagellates for scanning electron microscopy. Journal of Applied Phycology 22: 313-317.
- Kretzschmar, A. L., Verma, A., Harwood, T., Hoppenrath, M., & Murray, S. 2017. Characterization of *Gambierdiscus lapillus* sp. nov. (Gonyaulacales, Dinophyceae): a new toxic dinoflagellate from the Great Barrier Reef (Australia). Journal of Phycology 53: 283-297.
- Kim, H.S., Yih, W., Kim, J.H., Myung, G., Jeong, H.J. 2011. Abundance of Epiphytic Dinoflagellates from Coastal Waters off Jeju Island, Korea During Autumn 2009. Ocean Science Journal 46: 205-209.
- Lee, K.-W., Kang, J.-H., Baek, S. H., Choi, Y.-U., Lee, D.-W., and Park, H.-S. 2014. Toxicity of the dinoflagellate *Gambierdiscus* sp. toward the marine copepod *Tigriopus japonicus*. Harmful Algae 37: 62-67.
- Meyer, L., Carter, S. and Capper, A. An updated ciguatoxin extraction method and silica cleanup for use with HPLC-MS/MS for the analysis of P-CTX-1, PCTX-2 and P-CTX-3. Toxicon 108: 249-256.
- Nakajima, I., Oshima, Y. and Yasumoto, T. 1981. Toxicity of benthic dinoflagellates in Okinawa. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 47: 1029.
- Park, J.S. and Lee, J.H. 2014. Description of the pseudocryptic species *Conticribra weissflogiopsis* sp. nov. (Thalassiosirales, Bacillariophyta) isolated from brackish waters in Korea, based on its cingulum structure and molecular analysis. Phytotaxa 191:115-128.
- Park, J.S. and Lee, J.H. 2015. A new gelatinous colony-forming *Thalassiosira minicosmica* sp. nov. (Bacillariophyta) from Korean coastal waters and a consideration of the *Thalassiosira subtilis* group. Diatom Research 30:163-173.
- Park, J.S., Alverson, A.J. and Lee, J.H. 2016a. A phylogenetic re-definition of the diatom genus *Bacterosira* (Thalassiosirales, Bacillariophyta), with the transfer of *Thalassiosira constricta* based on morphological and molecular characters. Phytotaxa 245:1-16.
- Park, J.S., Jung, S.W., Lee, S.D., Yun, S.M. and Lee, J.H. 2016b. Species diversity of the genus *Thalassiosira* (Thalassiosirales, Bacillariophyta) in South Korea and its biogeographical distribution in the world. Phycologia 55:403-423.

- Park, J.S., Jung, S.W., Ki, J.-S., Guo, R., Kim, H.J., Lee, K.-W. & Lee, J.H. 2017. Transfer of the small diatoms *Thalassiosira proschkiniae* and *T. spinulata* to the genus *Minidiscus* and their taxonomic re-description. PLOS ONE 12:e0181980.
- Rhodes, L., Smith, K.F., Verma, A., Curley, B.G., Harwood, D.T., Murray, S., Kohli, G.S., Solomona, D., Rongo, T., Munday, R. and Murray, S.A. 2017. A new species of *Gambierdiscus* (Dinophyceae) from the south-west Pacific: *Gambierdiscus honu* sp. nov. Harmful Algae 65: 61-70.
- Shah, M., Mahfuzur, R., An, S.-J., & Lee, J.-B. 2013. Presence of benthic dinoflagellates around coastal waters of Jeju Island including newly recorded species. Journal of Ecology and Environment 36: 347-370.
- Smith, K.F., Rhodes, L., Verma, A., Curley, B.G., Harwood, D.T., Kohli, G.S., Solomona, D., Rongo, T., Munday, R. & Murray, S.A. 2016. A new *Gambierdiscus* species (Dinophyceae) from Rarotonga, Cook Islands: *Gambierdiscus cheloniae* sp. nov. Harmful Algae 60: 45-56.
- Tindall, D.R., Dickey, R.W., Carlson, R.D. and Morey-Gaines, G. 1984. Ciguatoxicogenic dinoflagellates from the Caribbean Sea. In: Seafood Toxin (ed. Ragelis, E.P.). American Chemical Society, Washington, pp. 225-240.
- Tindall, D.R. and Miller, D.M. 1989. Toxicity of *Ostreopsis lenticularis* from the British and United States Virgin Islands. In: Toxic Marine Phytoplankton Blooms (eds. Graneli, E.S. Sundstrom, B. Edler, L. and Anderson, D.M.). Elsevier Press, New York, pp. 424-429.
- Yasumoto, T., Nakajima, I., Bagnis, R. and Adachi, R. 1977. Finding of a Dinoflagellate as a Likely Culprit of Ciguatera. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 43: 1021-1026.

6. 연구성과

사업명	이공분야학문후속세대양성_박사후국내연수	연구책임자	박준상	주관기관	한국해양과학기술원
과제번호	2018R1A6A3A01012375	과제명	국내 시구아톡신 생산 와편모조류의 종다양성 및 독성연구		

※산학강좌,기술이전 및 기술평가는 현재 입력 받지 않는 항목입니다.

과학기술/학술적 연구성과(단위 : 건)													
전문학술지 논문게재				초청 강연 실적	학술대회 논문발표		지식재산권				수상 실적	출판실적	
국내논문		국외논문			국내	국제	출원		등록			저역서	보고서
SCI	비SCI	SCI	비SCI				국내	국외	국내	국외			
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

인력양성 및 연구시설(단위 : 명,건)							
학위배출		국내외 연수지원				산학강좌	연구기자재
박사	석사	장기		단기			
		국내	국외	국내	국외		
0	0	0	0	0	0	0	0

국제협력(단위 :명,건)					
과학자교류		국제협력기반			학술회의개최
국내과학자 해외파견	외국과학자 국내유치	MOU체결	국제공동연구	국제사업참여	학술회의개최(국내, 국제 통합)
0	0	0	0	0	0

산업지원 및 연구성과 활용(단위 : 건)								
기술확산				연구성과활용(사업화 및 후속연구과제 등)				
기술실시계약	기술이전	기술지도	기술평가	후속연구추진	사업화추진중	사업화완료	기타목적활용	기술마케팅
0	0	0	0	0	0	0	0	0

기타 성과(단위 : 건)					
언론보도 성과	생명자원/신물질/화합물	원자력연구개발사업실적(원자력연구개발사업에한함)			
		기술보고서	설계문서	장비구축 및 개발	분석방법개발
0	0	0	0	0	0

학술대회 논문발표 성과정보

과제번호	발표년월	학술대회명	저자	논문제목	학술대회구분	개최국
2018R1A6A3A0 1012375	201905	해양학회	박준상, 박예은, 이균우	A cloud-like mass bloom forming dinoflagellate, <i>Bysmatrum</i> sp. at the tidal pool of South Korea	국내학술대회	대한민국