

## 해조류 내 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 측정

유종수\* · 천병수<sup>1</sup> · 김남길<sup>2</sup>

한국해양대학교 해양과학기술연구소,  
<sup>1</sup>가톨릭의과대학 의과학연구원 암연구소, <sup>2</sup>경상대학교 양식학과

## Determination of Na<sup>+</sup> Channel Blocker in Seaweed

Jong Su Yoo\*, Byeung Soo Cheun<sup>1</sup> and Nam-Gil Kim<sup>2</sup>

Research Institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University,  
Pusan 606-791, Korea, <sup>1</sup>Catholic Research Institute of Medical Science,  
Research Institute of Cancer, Catholic University, Seoul 137-701, Korea, <sup>2</sup>Department of Aquaculture,  
Gyeongsang National University, Tongyeong, Kyongnam 650-160, Korea

**Abstract** - A tissue biosensor was developed for the continuous determination of Na<sup>+</sup> channel blockers. The proposed sensor was applied to the determination of Na<sup>+</sup> channel blockers in seaweed. It was found that Na<sup>+</sup> channel blocker content displayed seasonal variation; it was high from February to April and decreased thereafter (May~August). From these results the present proposed method may be used for high sensitive determination of Na<sup>+</sup> channel blockers contained in the seaweed organisms and environments. Therefore, it may be important to monitor Na<sup>+</sup> channel blocker content of seaweed throughout the year.

**Key words** : Seaweed, Na<sup>+</sup> channel blocker, Biosensor

### 서론

바다에 생육하고 있는 해조류에는 지구상에 알려진 많은 원소들이 축적되어있다고 알려져 있다. 특히 해조류는 이들 원소를 표면 전체로부터 흡수하여 수배에서 수만배에 이르기까지 농축함으로 미네랄의 보고라고도 불려지고 있다(Ikegami *et al.* 1979).

일반적으로 해조류는  $\beta$ -carotene보다도 많은 황성산소를 가지며, 소독 작용이 있어 항암 효과가 강한 것으로 보고되고 있다. 또한 해조류 특유의 점질 다당류는

수용성 섬유질로서 적은 양이라도 생리 활성이 높고, 아르긴산, 미네랄, 특히 나트륨이온을 섭취 할 경우 해조류에 포함된 아르긴산이 나트륨이온을 흡착시켜 배설시켜 주므로 혈압 상승을 억제한다. 아르긴산은 임상적으로 지혈작용과 소화관 상피 세포 보호에까지 널리 쓰이고 있다(Shiomi *et al.* 1982).

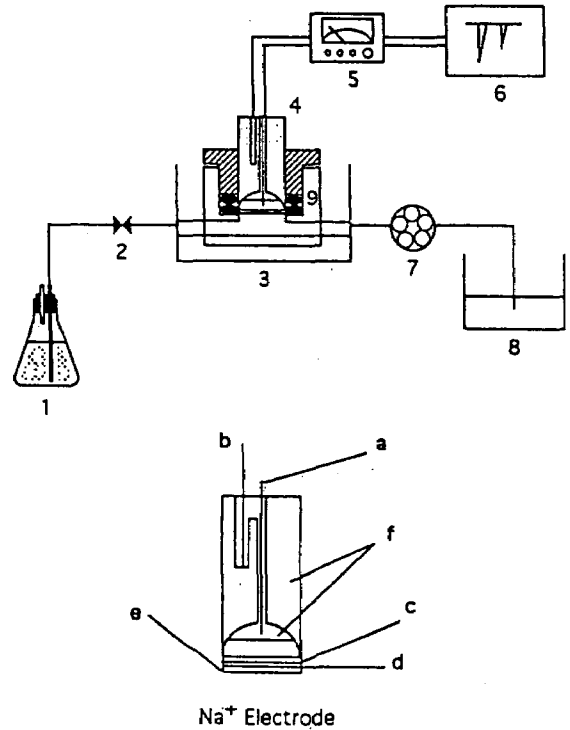
조직센서(Biosensor)를 이용한 Na<sup>+</sup> 채널 차단물질의 측정에 관한 연구는 복어, 패류 등 유용 어패류의 독성 검사, 유독플랑크톤에 의한 독화기작 해석, 한약 재료에 대한 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성 물질의 탐색에 대한 연구가 있으며, 해조류에 관한 연구는 방사무늬 김(*Porphyra yezoensis*)의 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성 물질의 존재에 대한 연구가 있을 뿐이다(Cheun *et al.* 1997, 1998a, b, c;

\* Corresponding author: Jong Su Yoo, Tel. 051-410-4107,  
Fax. 051-404-3538, E-mail. jsyoo@hanara.kmaritime.ac.kr

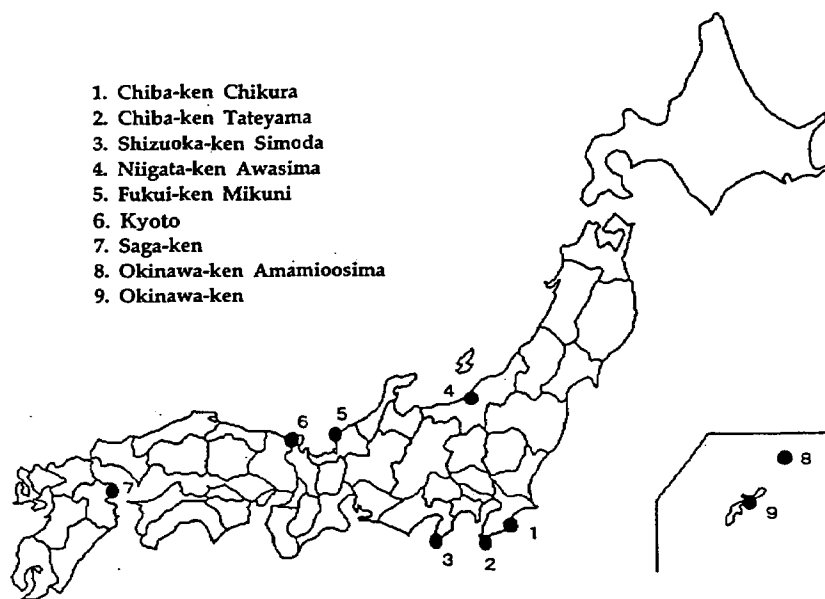
Lee *et al.* 2000). 이러한 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성 물질 등은 단지 유독생물이 먹이연쇄에 의해 비펩티드성 신경성 독으로 Na<sup>+</sup> 채널에 특수하게 작용한 것으로만 보고되었지만 (Nagashima *et al.* 1988), 우리 선조들은 예전부터 이러한 독성분들을 이용해서 신경성 약으로 사용해 왔으며, 본 연구진은 생물체에 존재하는 미량 성분들의 추적에 많은 관심을 갖게 되었다. 최근에는 국내외적으로 자연에서 채취한 TTX (tetrodotoxin), STX (saxitoxin), GTX (gonyautoxin) 등의 독성분을 이용한 신경성 신약 개발 뿐 아니라 해양생물로부터 신물질 및 유용물질 개발에 활발한 연구가 진행 중에 있다 (KORDI 1997). 따라서 본 연구는 해조류 내 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 존재를 확인함으로써 해조류를 이용한 신성분 개발의 기초자료를 확보할 목적으로 수행되었다.

### 재료 및 방법

본 연구는 1998년에서 1999년 사이에 일본 千葉縣 (Chiba-ken)의 千倉 (Chikura)와 館山 (Tateyama), 静岡縣 (Shizuoka-ken)의 下田 (Simoda), 新潟縣 Niigata-ken의 粟島 (Awaisima), 福井縣 (Fukui-ken)의 三國 (Mikuni), 京都 (Kyoto), 佐賀縣 (Saga-ken), 沖縄縣 (Okinawa-ken)의 奄美大島 (Amami-Oshima)와 沖縄 본섬 등 9개 지역에서 채집된 해조류를 냉장 운반 후 실험실에서 종을 동정, 분리하여 분석에 이용하였다 (Fig. 1). 분석에 사용한 해조류는 녹조류 13종, 갈조류 42종, 홍조류 36종으로 총 91종이었다 (Table 1).



**Fig. 2.** Schematic diagram of the tissue biosensor flow system used for determination of GTX, STX and TTX toxicity. 1, 8% NaCl (pH 4.8) tank; 2, injection port; 3, thermostatically controlled bath; 4, Na<sup>+</sup> electrode; 5, electrometer; 6, recorder; 7, peristaltic pump; 8, 10 N NaOH reservoir. a, working electrode; b, reference electrode; c, cellulose acetate membrane; d, frog bladder membrane; e, cellulose acetate membrane; f, 1 N NH<sub>4</sub>Cl.



**Fig. 1.** Map showing the sampling stations in Japan.

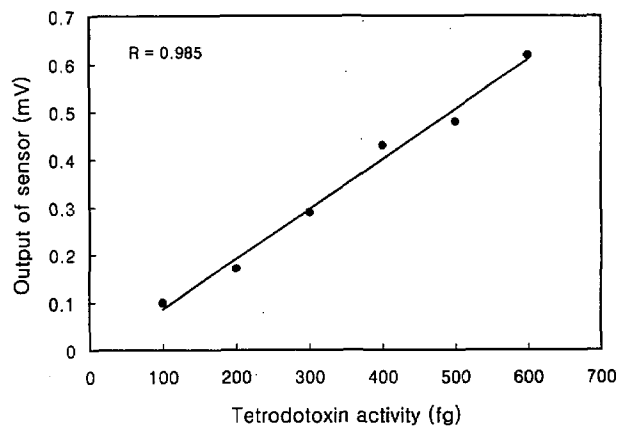
**Table 1.** A list of marine algal species detected Na<sup>+</sup> channel blocker

<p><b>CHLOROPHYTA (13)</b></p> <p><i>Enteromorpha linza</i>  <i>Ulva arasaki</i>  <i>Ulva pertusa</i>  <i>Valoniopsis pachynema</i>  <i>Cladophora wrightiana</i>  <i>Cladophora vaucheriaeformis</i>  <i>Acetabularia ryukyuensis</i>  <i>Caulerpa serrulata</i>  <i>Codium divaricatum</i>  <i>Codium contractum</i>  <i>Codium fragile</i>  <i>Codium latum</i>  <i>Halimeda discoidea</i></p>	<p><i>Myagropsis myagroides</i>  <i>Myelophycus simplex</i>  <i>Pachydictyon coriaceum</i>  <i>Padina arborescens</i>  <i>Padina minor</i>  <i>Punctaria latifolia</i>  <i>Sarcodia ceylanica</i>  <i>Scytosiphon lomentaria</i>  <i>Sphaerotrichia divaricata</i>  <i>Spatoglossum crassum</i>  <i>Spatoglossum pacificum</i>  <i>Undaria peterseniana</i>  <i>Undaria pinnatifida</i>  <i>Sargassum confusum</i>  <i>Sargassum hemiphyllum</i>  <i>Sargassum horneri</i>  <i>Sargassum kjellmanianum</i>  <i>Sargassum micracanthum</i>  <i>Sargassum nigrifolium</i>  <i>Sargassum nipponicum</i>  <i>Sargassum patens</i>  <i>Sargassum piluliferum</i>  <i>Sargassum ringgoldianum</i>  <i>Sargassum serratifolium</i>  <i>Sargassum yamadai</i>  <i>Sargassum yamamotoi</i>  <i>Sargassum yendoi</i></p>	<p><i>Ceratodicyon spongiosum</i>  <i>Chondracanthus tenellus</i>  <i>Chondrus crispus</i>  <i>Chondrus elatus</i>  <i>Chondrus ocellatus</i>  <i>Chondrus verrucosus</i>  <i>Cladophoropsis vaucheriaeformis</i>  <i>Galaxaura falcata</i>  <i>Galaxaura fastigiata</i>  <i>Galaxaura subfruticulosa</i>  <i>Gelidium elegans</i>  <i>Gelidium pacificum</i>  <i>Gracilaria incurvata</i>  <i>Gracilaria textorii</i>  <i>Grateloupia filicina</i>  <i>Grateloupia livida</i>  <i>Grateloupia sparsa</i>  <i>Hypnea charoides</i>  <i>Hypnea pannosa</i>  <i>Hypnea saidana</i>  <i>Laurencia okamurai</i>  <i>Laurencia undulata</i>  <i>Liagora caenomyce</i>  <i>Liagora farinosa</i>  <i>Liagora japonica</i>  <i>Lomentaria catenata</i>  <i>Martensia denticulata</i>  <i>Mastocarpus mamillosus</i>  <i>Meristotheca papulosa</i>  <i>Pachymeniopsis lanceolata</i>  <i>Pseudogloioploea okamurai</i>  <i>Scinaia japonica</i>  <i>Solieria pacifica</i></p>
<p><b>PHAEOPHYTA (42)</b></p> <p><i>Chnoospora implexa</i>  <i>Chorda filum</i>  <i>Colpomenia bullosa</i>  <i>Colpomenia sparsa</i>  <i>Petalonia binghamiae</i>  <i>Dictyopteris divaricata</i>  <i>Dictyopteris latiuscula</i>  <i>Dictyota dichotoma</i>  <i>Ecklonia cava</i>  <i>Ecklonia kurome</i>  <i>Ecklonia stolonifera</i>  <i>Eisenia bicyclis</i>  <i>Hizikia fusiformis</i>  <i>Hydroclathrus clathratus</i>  <i>Ishige okamurai</i></p>	<p><b>RHODOPHYTA (36)</b></p> <p><i>Actinotrichia fragilis</i>  <i>Ahnfeltiopsis paradoxa</i>  <i>Carpopeltis prolifera</i></p>	

한편 성장 시기에 따른 해조류 내 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 함유량 차이를 파악하기 위하여 千葉縣 千倉에서 유용 해조류인 감태 (*Ecklonia cava*), 대황 (*Eisenia bicyclis*), 툃 (*Hizikia fusiformis*), 진두발 (*Chondrus ocellatus*), 가는참우뚝가사리 (*Gelidium elegans*)를 대상으로 2월, 4월, 5월, 6월에 채집 분석하였다.

해조류 시료 조정법은 해조류를 종별로 1g씩 측정 분리해서, 하나는 500 ml 비이커에 넣어 반복해서 약 5시간 정도 인공해수에 잘 씻은 것과, 다른 시료는 현장에서 운반된 상태로 비이커에 담았다. 각 시료에 0.1 N HCl 용액 26 ml씩 넣고 100°C에서 10분간 가열한 후 실온에 냉각시켰다. 시료는 센서의 이송 용액 (NaCl 8%)과 똑같은 농도로 조절 한 뒤 이것을 다시 4,000 rpm으로 5분간 원심분리해서 10 N KOH 용액으로 pH를 이송액 (pH 4.8)과 똑같이 조절한 것을 사용했다 (Cheun *et al.* 1998b).

Na<sup>+</sup> 채널 차단 물질 센서 제작에서 개구리 방광막 처리, Na<sup>+</sup> 전극 및 Na<sup>+</sup> 채널 차단 물질 측정용 센서 등의 제작에서 센서의 영향이 있는 측정 조건은 Cheun *et al.*



**Fig. 3.** Standard calibration curve for determination of tetrodotoxin (TTX) in the tissue biosensor.

(1997)의 방법을 따랐다. Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질 측정용 시스템으로는 NaCl 용액용기, 개구리 방광막을 장착시킨 Na<sup>+</sup> 전극, 페리스타펄프, 레코더 등으로 구성되어 있다 (Fig. 2). 8% NaCl 용액을 이송한 후 출력이

안정된 상태에서 시료를 50 µl 주입시킨 다음, 센서 출력 변화량으로 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성 물질을 측정해서 pg wet g<sup>-1</sup>로 나타냈다.

실험에 사용한 해조류의 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 측정은 TTX 검출선을 기준으로 온도 30°C, pH 4.8, 유속 0.8 ml/min, NaCl 농도 8%의 조건하에서 측정하였다(Fig. 3).

### 결과 및 고찰

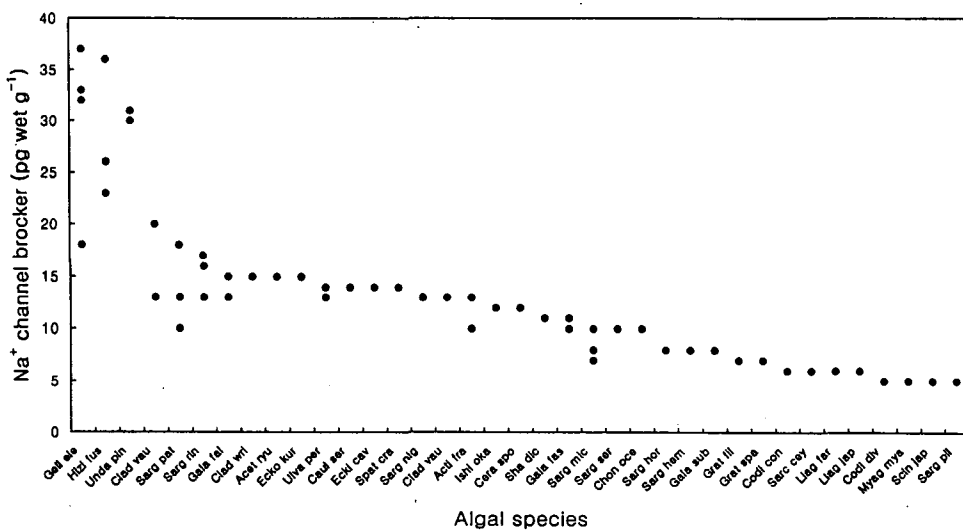
분석에 사용된 해조류 중에서 본 센서에 전혀 반응이 없었던 종은 녹조류 2종(*Enteromorpha linza*, *Valoniopsis pachynema*), 갈조류 14종(*Chnoospora implexa*, *Chorda filum*, *Colpomenia bullosa*, *Petalonia binghamiae*, *Eckonia stolonifera*, *Eisenia bicyclis*, *Myelophycus simplex*, *Pachydictyon coriaceum*, *Scytosiphon lomentaria*, *Undaria peterseniana*, *Sargassum confusum*, *S. kjellmanianum*, *S. nipponicum*, *S. yendoi*), 홍조류 18종(*Ahnfeltiopsis paradoxa*, *Chondrus crispus*, *C. elatus*, *C. verrucosus*, *Gracilaria incurvata*, *G. textorii*, *G. livida*, *Hypnea charoides*, *H. pannosa*, *H. saidana*, *Laurencia okamurae*, *L. undulata*, *Liagora caenomyce*, *Lomentaria catenata*, *Martensia denticulata*, *Mastocarpus mamillolus*, *Pseudogloioploea lkamurae*, *Solieria pacifica*)으로 총 34종이었다. Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질이 30 pg wet g<sup>-1</sup> 이상 검출된 종은 갈조류 2종(*Hizikia fusiformis*, *Undaria pinnatifida*)과 홍조류 1종(*Gelidium ele-*

*gans*)으로 총 3종이었고, 5 pg wet g<sup>-1</sup> 이상 검출된 종은 녹조류 7종, 갈조류 18종, 홍조류 10종으로 총 35종이었다(Fig. 4). 한편, 현장에서 채집한 시료를 바로 사용한 것과 인공해수에서 세정한 시료의 비교 실험에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이 결과로 미루어 볼 때 해조류 내 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 존재가 유독 플랑크톤 또는 박테리아와 같은 생물의 부착으로 발생한 결과가 아니라 해조류의 구성성분 또는 물질대사 과정에서 만들어진 것임을 알 수 있었다.

비교적 많은 양이 검출된 미역(*Undaria pinnatifida*)과 툯(*Hizikia fusiformis*)에는 아라키돈산이 주성분인데, 아라키돈산은 Na<sup>+</sup> 채널 차단에는 직접적으로 관여하지 않는 것으로 볼 때, 다른 어떤 성분이 Na<sup>+</sup> 채널에 작용할 가능성이 있다고 생각된다. 해조류는 인간의 영양과정에서 다량의 Na<sup>+</sup> 이온을 흡착시켜 배설함으로써 혈압상승을 억제시킨다고 보고된 바 있는데(Shiomi *et al.* 1997), 만일 해조류가 Na<sup>+</sup> 채널 차단물질에 가역적으로 작용한다면 해조류를 이용한 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 추출은 보건의약적으로 중요한 의미를 갖게 된다.

본 연구에서 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성 물질이 측정된 해조류 내 농도는 인간의 식생활에 무해한 극미량의 농도이지만, 간접적으로 인체의 생리활성에 긍정적인 영향을 줄 수도 있어 건강식 개발 등에도 이용 가치가 높은 것으로 생각된다.

한편, 성장시기에 따른 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 차이는 Fig. 5에서 보는 바와 같다. 감태(*Ecklonia*



cava)와 대황(*Eisenia bicyclis*)은 10 pg wet g<sup>-1</sup> 전후로 시기별 차이는 거의 없었고, 가는참우뚝가사리(*Gelidium elegans*)는 조사시기별로 20~40 pg wet g<sup>-1</sup> 높은 값을 보였으며, 툃(*Hizikia fusiformis*)과 진두발(*Chondrus ocellatus*)은 2월에 30 pg wet g<sup>-1</sup> 전후로 높았으나 4월, 5월, 6월로 가면서 낮아지는 경향을 보였다. 이상의 결과에서 2~4월은 다른 시기에 비하여 해조류의 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 양이 대체로 높은 것으로 나타났는데, 이는 일반적으로 이러한 시기에 해조류가 최대로 성장한 후 성숙하여 생식세포를 형성한다고 하는 것과 높은 상관성이 있을 것으로 생각된다(Hori 1993a, b). 이

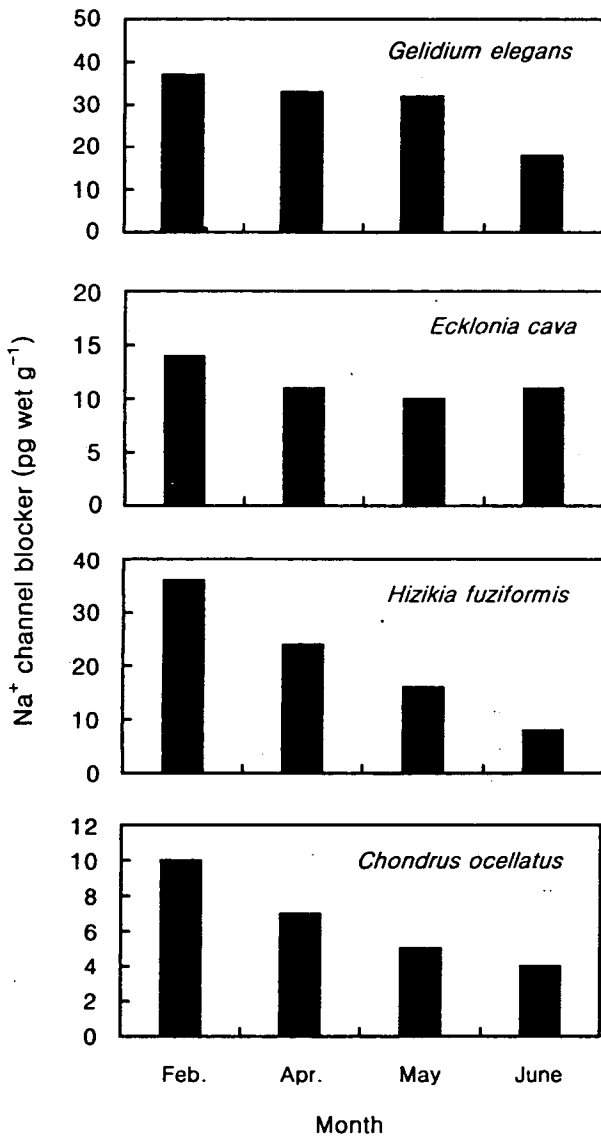


Fig. 5. Monthly fluctuation of the Na<sup>+</sup> channel blocker (pg wet g<sup>-1</sup>) in the seaweed from Chiba-ken Chikura.

와 같이 계절에 따른 해조류 생리활성 물질의 양 변화는 해양 생태계에서 해조류의 종족유지를 위한 생리적 방어물질로 포식자에 대한 중 보호 기구로서 작용할 수 있음을 나타내며 (Shiraishi *et al.* 1990, 1991a, b, 1992), 이는 Taniguchi *et al.* (1992a, b)에 의해서도 확인되고 있다. 또 한편으로 번식시기에 생식세포를 만들기 위한 특수 영양성분의 물질을 축적시키기 위한 것으로도 해석되고 있는데, 해조류의 생식세포 형성, 방출기에 다량으로 존재하는 생리활성물질의 양과 시기별 변동은 생리활성물질 연구의 중요한 과제로 생각된다.

해조류의 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성 물질 연구에 본 Na<sup>+</sup> 채널 차단물질 측정용 조직센서를 이용한다면, 해조류 중 Na<sup>+</sup> 채널에 특이하게 작용하는 생리활성 물질의 미량 성분 탐색에 중요한 역할을 하리라 생각한다. 특히 포자번식이 일어날 때 해조류는 양분 축적에 생리적 변화를 일으킬 것으로 예상된다. 한편 선박에 의한 중유 유출 사고가 있었던 福井縣 三國에서 유류오염 직후에 채집·측정한 해조류에서는 종별로 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 범위가 3~32 pg wet g<sup>-1</sup> 전로 기타 지역과 큰 차이를 보이지 않는 것으로 보아 유류오염에 대한 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 변화는 없는 것으로 보인다.

Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질은 녹조류보다 갈조류, 홍조류에서 많이 검출되었는데, 특히 녹조류의 대다디말류(*Cladophora*), 갈조류의 미역(*Undaria pinnatifida*), 툃(*Hizikia fusiformis*), 감태류(*Ecklonia*), 모자반류(*Sargassum*) 그리고 홍조류에서는 가는참우뚝가사리(*Gelidium elegans*), 갈라가라류(*Galaxaura*) 등에서 상대적으로 높은 농도가 함유되어 있음을 알 수 있었다. 이로 미루어 볼 때 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질이 많은 해조류는 조하대 또는 조간대 하부에 주로 생육하는 종으로 해수와의 물질교환이 활발한 환경에 있는 것과 무관하지 않으며, 각 종의 성장 시기와와 깊은 관계가 있는 것으로 생각된다. 따라서 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 변화를 보다 정확히 파악하기 위해서는 대상 종의 전 생활사를 통한 변동 주기와 서식 환경요인 등에 대한 상관성을 보다 정확히 파악하는 연구가 필요하다. 또한 해조류의 어떤 성분이 Na<sup>+</sup> 채널을 차단하는가 하는 것을 구명하는 일은 해조류 생체내 포함된 생리활성물질을 이용하는데 가장 중요한 연구 분야로 생각된다.

## 적 요

조직센서는 극 미량의 Na<sup>+</sup> 채널 차단 물질을 측정하기 위해 개발된 고감도 측정 장치로 해조류 내 Na<sup>+</sup> 채

널 차단 생리활성물질의 양을 측정하기에 적합하였다. 본 연구는 해조류 내 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질의 존재를 확인 함으로써 해조류를 이용한 신성분 개발의 기초자료를 확보할 목적으로 수행되었다. 분석에 사용된 해조류는 총 92종으로 녹조류 13종, 갈조류 42종, 홍조류 37종으로, 주요 해조류 내 Na<sup>+</sup> 채널 차단 생리활성물질은 대체로 수온이 낮은 시기에 더 높은 값을 나타내었다. 이 결과로 볼 때 종특성과 환경이 생리활성물질의 농도에 영향을 주는 것으로 생각되고, 각 종에 대한 생활사 변화와 환경특성에 대한 상관성 연구가 필요한 것을 나타냈다.

### 인 용 문 헌

- Cheun BS, H Endo, T Hayashi, KS Kim and E Watanabe. 1997. Storage conditions of the frog bladder membrane on using for the Na<sup>+</sup> channel blocker sensor. *Fisheries Science* 63:616-620.
- Cheun BS, JS Yoo, T Suzuki and E Watanabe. 1998c. Tissue biosensor for determination of Na<sup>+</sup> channel blocker in Chinese drug and seaweed (*Porphyra yezoensis* Ueda). *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 13:1-6. (in Korean).
- Cheun BS, M Loughran, T Hayashi, Y Nagashima and E Watanabe. 1998a. Use of a channel biosensor for the assay of paralytic shellfish toxins. *Toxicon* 36:1371-1381.
- Cheun BS, S Takagi, Y Nagashima, T Hayashi and E Watanabe. 1998b. Determination of Na<sup>+</sup> channel blockers in paralytic shellfish toxins and pufferfish toxins with a tissue biosensor. *J. Natural Toxins* 7:109-120.
- Hori T. 1993a. An Illustrated Atlas of the Life History of Algae. Vol. 1. Green Algae. Uchida Rokakuho Publ. Co. Ltd., Tokyo. 367pp.
- Hori T. 1993b. An Illustrated Atlas of the Life History of Algae. Vol. 2. Brown and Red Algae. Uchida Rokakuho Publ. Co. Ltd., Tokyo. 345pp.
- Ikegami C, TT Kato, K Toto. 1979. Use Value of Marine Organism. Kaisei Kagaku shuppan Co. pp. 41-80.
- KORDI. 1997. A Study on the Development of Novel and Biomedically Available Substances from Marine Organisms. BSPN 00317-952-4. 318pp. (in Korean)
- Lee HO, BS Cheun, E Watanabe and MS Han. 2000. Comparison of HPLC analysis and a channel biosensor in the Detection of PSP toxin in natural *Alexandrium tamarense* population. *Algae* 15:61-64.
- Nagashima Y, Y Noguchi and K Hasimoto. 1988. Detection of paralytic shellfish poisons by HPLC. pp.311-318. In *Mycotoxins and Phycotoxins* (Natori S, K Hashimoto and Y Ueno eds.). Elsevier. Amsterdam.
- Shiomi K, H Inaoka, H Yamanak and T. Kikuchi. 1982. Occurrence of a large amount of gonyautoxins in a xanthid crab *Atergatis floridus* from Chiba. *Nippon Suisan Gakkaishi* 48:1407-1410.
- Shiraishi K, K Taniguchi, K Kurata and M Suzuki. 1990. Effects of methanol extracts from the brown alga *Dilophus okamurai* on avoidance behavior of young abalone (*Haliotis discus hannai*). *Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst.* 52:13-15. (in Japanese)
- Shiraishi K, K Taniguchi, K Kurata and M Suzuki. 1991a. Effects of metanol extracts from the brown alga *Dictyopteris divaricata* on feeding by the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* and the abalone *Haliotis discus hannai*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57:1945-1948. (in Japanese)
- Shiraishi K, K Taniguchi, K Kurata and M Suzuki. 1991b. Feeding-detergent effects of metanol extract from the brown alga on *Dilophus okamurai* against the sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57:1591-1595. (in Japanese)
- Shiraishi K, K Taniguchi, K Kurata and M Suzuki. 1992. Feeding-detergent effects of metanol extract from the brown alga *Dictyopteris divaricata* against two herbivorous snails. *Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst.* 52:103-106. (in Japanese)
- Taniguchi K, K Kurata, and M Suzuki. 1992b. Feeding-detergent activity of some Laminariaceous brown alga against the Ezo-abalone. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58:577-581. (in Japanese)
- Taniguchi K, Y Akimoto, K Kurata and M Suzuki. 1992a. Chemical defense mechanism of the brown alga *Eisenia bicyclis* against marine herbivores. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58:571-575. (in Japanese)

(Received 20 February 2001, accepted 6 April 2001)