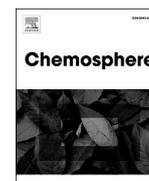


5 學術誌等掲載論文



Two new skeletal analogues of saxitoxin found in the scallop, *Patinopecten yessoensis*, as possible metabolites of paralytic shellfish toxins



Satoshi Numano^{a, b}, Yuta Kudo^{a, c}, Yuko Cho^a, Keiichi Konoki^a, Yoshimasa Kaga^d, Kazuo Nagasawa^e, Mari Yotsu-Yamashita^{a, *}

^a Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, 468-1 Aramaki-Aza-Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8572, Japan

^b Iwate Prefectural Research Institute for Environmental Sciences and Public Health, 1-11-16 Kita-Iioka, Morioka, Iwate, 020-0857, Japan

^c Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, 6-3 Aramaki-Aza-Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8578, Japan

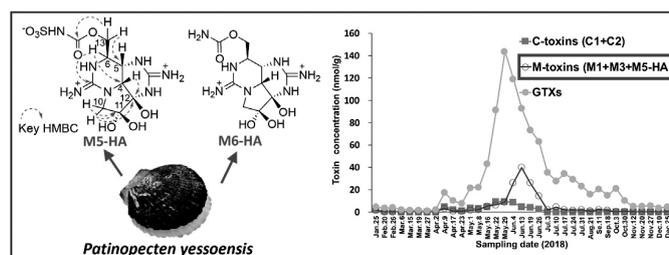
^d Iwate Prefectural Inland Fisheries Technology Center, Yoriki, Matsuo, Iwate, 028-7302, Japan

^e Department of Biotechnology and Life Science, Faculty of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology, 2-24-16 Naka-cho, Koganei, Tokyo, 184-8588, Japan

HIGHLIGHTS

- Two new saxitoxin analogues, M5-HA and M6-HA were found in scallop.
- Structures of M5-HA and M6-HA were elucidated by using NMR and chemical derivatization.
- M5-HA and M6-HA were predicted to be derived from C2 in scallop.
- Chronological analysis of PSTs supported that M1/M3/M5-HA are metabolites of C2.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 December 2020

Received in revised form

9 March 2021

Accepted 10 March 2021

Available online 15 March 2021

Handling Editor: J. de Boer

Keywords:

Saxitoxin

Paralytic shellfish toxins

Scallop

NMR

Metabolites

ABSTRACT

The scallop, *Patinopecten yessoensis*, was screened for new saxitoxin analogues to study the metabolism of paralytic shellfish toxins (PSTs), and this resulted in the discovery of two new analogues: M5-hemiaminal (HA) and M6-HA. M5-HA was isolated and its structure was determined by using NMR spectroscopy. It contains hydrogen at C-4 with opposite stereochemistry to that in saxitoxin, and a hemiaminal was formed between 9-NH₂ and the hydrated ketone at C-12 in α -orientation. This is the first reported structural feature in a natural saxitoxin analogue, whereas the same ring system has previously been reported in a synthetic saxitoxin analogue, FD-saxitoxin. Acid hydrolysis of the carbamoyl *N*-sulfate in M5-HA produced M6-HA which was also identified in *P. yessoensis* by using LC-MSMS. M5-HA was not synthetically produced from M1 (11-hydroxy gonyautoxin-5) and M3 (11,11-dihydroxy gonyautoxin-5) through incubation in aqueous buffers. Furthermore, PSTs in the hepatopancreas of *P. yessoensis*, cultured in a bay located in northeastern Japan, were chronologically analyzed in 2018. The highest concentrations of M1/M3/M5-HA were observed two weeks after C-toxins had reached their highest concentrations, which provides evidence that M1/M3/M5-HA are metabolites of C-toxins. The

* Corresponding author.

E-mail address: mari.yamashita.c1@tohoku.ac.jp (M. Yotsu-Yamashita).

Effectiveness of household water purifiers in removing perfluoroalkyl substances from drinking water

Katsumi IWABUCHI, Itaru SATO

Abstract

Drinking water is one of the major exposure routes to Perfluoroalkyl substances (PFASs). These chemicals are scarcely removed by the conventional process in water purification plants. In the present study, four models of pitcher-type water purifiers (A-D) were tested to evaluate their removal effect on six PFASs including PFOS and PFOA. All of the water purifiers removed PFASs, but the efficiency was dependent on the models. Model C was most effective; more than 90% of all PFASs were removed through the recommended life of the filter cartridge. Model D was least effective; its removal efficiency declined below 50% by the end of the cartridge's life. When compared by the carbon chain length of PFASs, the removal efficiency was "C12 > C10 > C8 > C6" in all models. This study clearly demonstrates that household water purifiers are effective in decreasing the exposure to PFASs through drinking water.

Inflow and outflow loads of 484 daily-use chemicals in wastewater treatment plants across Japan

Kiwao KADOKAMI, Takashi MIYAWAKI, Katsumi IWABUCHI, Sokichi TAKAGI, Fumie ADACHI, Haruka IIDA, Kimiyo WATANABE, Yuki KOSUGI, Toshinari SUZUKI, Shinichiro NAGAHORA, Ruriko TAHARA, Tomoaki ORIHARA, Akifumi EGUCHI

Abstract

With the increasing number and volume of chemicals used in modern life, their adverse effects on human health and aquatic organisms have increased concerns as well. To formulate appropriate management plans, the amounts/volumes used and emitted of these chemicals must be regulated. However, no data are available on the use of most chemicals, particularly daily-use chemicals such as pharmaceuticals and personal care products (PPCPs). Herein, we tested eight activated sludge wastewater treatment plants (WWTPs) across Japan, each servicing populations of over 200,000, to investigate the emissions of 484 chemicals including 162 PPCPs. Twenty-four-hour composite samples were collected before and after the activated sludge component of treatment in each season of 2017. Targeted substances were solid-phase extracted and subsequently measured by LC-QTOF-MS-Sequential Window Acquisition of All Theoretical Fragment-Ion Spectra Acquisition. The mean number of the detected substances and their mean total concentrations in inflows (n=32) and outflows (n=32) were 87 and 92 and 108,517 and 31,537 ng L⁻¹, respectively. Pharmaceuticals comprised 50% of the screened chemicals in the inflow. The median removal efficiency was 31.3%: 29.2% for pharmaceuticals and 20.2% for pesticides, which were similar to those in the literature. Cluster analysis showed that spatial differences among the WWTPs are larger than seasonal differences in the same WWTP. Regardless, we detected seasonal differences in the amounts of substances in the inflows: the amounts of sucralose, UV-filters, and insecticides were larger in summer than in winter, whereas those of ibuprofen and chlorpheniramine were larger in winter than in summer. The total inflow and outflow population equivalent loads estimated using wastewater volume, detected concentrations, and populations were 44.7 and 13.0 g 1,000 capita⁻¹ d⁻¹, respectively. The extrapolated total annual Japan-wide inflow and outflow loads were 2,079 and 671 tons y⁻¹, respectively. Using the data obtained in this study, we identified 13 candidates of marker substances for estimating real-time population in a sewage treatment area and 22 candidates of marker substances for sewage contamination.

胚培養による宇宙リンゴ“ふじ”の苗生産

Embryo culture method for production of space apple ‘Fuji’ seedlings

小山田智彰¹⁾, 鞍懸重和¹⁾, 佐藤晋也²⁾, 越谷晋樹³⁾, 佐藤雄大³⁾

¹⁾ 岩手県環境保健研究センター
〒020-0857 岩手県盛岡市北飯岡1-11-16

²⁾ Satoshin Project Office 8113
〒038-0042 青森県青森市大字新城字山田587-131

³⁾ 青森県立五所川原農林高等学校
〒037-0093 五所川原市大字一野坪字朝日田12-37

Tomoaki Oyamada¹⁾, Shigekazu Kurakake¹⁾, Shinya Sato²⁾, Shinji Kosiya³⁾, Yudai Sato³⁾

1) *Iwate Prefectural Reserach Institute for Environmental Sciences and Public Health. 1-11-16, Kitaiioka, Morioka, Iwate 020-0857, Japan*

2) *Satoshin Project Office 8113. 587-131, Yamada, Shinjo, Aomori, Aomori 038-0042, Japan*

3) *Aomori Prefectural Goshogawara Agriculture and Forestry High School. 12-37, Asahida, Ichinotubo, Goshogawara, Aomori, 037-0093, Japan*

受付日：2020年2月18日

受理日：2020年5月11日

要 旨

青森県立五所川原農林高校は弘前実業高校藤崎校舎と協力して「宇宙教育プロジェクト事業」に参加した。リンゴ“ふじ”を収穫して果実から種子を採取した後、乾燥による保存処理を行って「準原木のふじ (40 粒)」と「標準木のふじ (40 粒)」の種子 80 粒を準備した。この種子をスペースシャトル「アトランティス号」に搭載して国際宇宙ステーション「きぼう」に運び、6ヶ月間宇宙に滞在させた。地球帰還後、発芽試験に取り組んだが発芽に至らなかった。そこで、植物組織培養技術を持っている岩手県環境保健研究センターで胚培養による発芽試験を実施した。植物成長調節物質としてオーキシンのインドール酪酸 (IBA) とサイトカイニンのチジアズロン (TDZ) を添加した培地で、IBA の添加量を多くしたオーキシン優占区において最も高い発芽率を示したが、この苗には「下胚軸の異常伸長」と「幼根の短化」が多発生し、さらに、根が培地から逆方向に向かう「反重力伸長」も発生した。そこで、培地固形物質に紙とバーミキュライトを混合成型した「ペーパーライト培地」に苗を継代し、培養容器に自作した無菌通気フィルターを設置した「無糖培地培養法」による育成培養に取り組んだところ、苗の成長が進んだ。この取り組みで作出した宇宙リンゴの苗 15 個体 (標準木の苗 8 個体、準原木の苗 7 個体) を五所川原農林高校に提出した。今後、宇宙リンゴの初収穫が実現すれば、高校教育や地域資源としての活用が期待される。

キーワード：国際宇宙ステーション, 胚培養, ペーパーライト培地, 宇宙リンゴ

<報文>

岩手県における東日本大震災津波の影響調査：海浜性希少植物の動態*

小山田智彰**・鞍懸重和**・千崎則正**

キーワード ①東日本大震災 ②津波 ③岩手県沿岸部 ④海浜性希少植物 ⑤いわてレッドデータブック

要 旨

2011年3月11日の午後2時46分に三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の巨大地震によって大津波が発生した。この東日本大震災の津波は岩手県沿岸部に甚大な被害をもたらし、海岸植生にも多大な影響を及ぼした。2011年は、全域調査を実施した。2012年から2015年までは調査対象種を消失の危険性が高い植物に限定して調査し、2016年は震災5年後として全域調査を行った。2017年から2019年は消失の危険性が高い植物に限定して調査した。2020年は、6月から9月の期間中に調査未実施であった箇所も追加して大規模調査を行った。

東日本大震災発生から9年が経過し、この間に復興工事が進んで震災前とは景観が大きく変化した。また、大雨や台風・高潮などの自然災害も発生している。今回は、震災後の海浜性希少植物の状況について報告する。

1. はじめに

東日本大震災津波が発生した2011年の調査では、津波によって消失した「海浜性希少植物(以下、希少植物)」は、砂浜・礫浜を自生地とするものが多かった¹⁾。消失した希少植物の生育基盤の改変の大きさと個体数の減少には正の相関がみられた。これらの結果から、海浜性植物の消失・減少はその生育地である砂浜・礫浜が流出したことにより引き起こされたと考えられた。東日本大震災から9年が経過し、その後の状況にも変化があることから、いわてレッドデータブック(IRDB)に記載されている希少植物を中心に残存調査を行い、確認した全種の消失リスク評価を行って動態を把握した。

2. 方法

2020年に実施した調査地を図1に示し、調査地名および調査種名を表1に示した。2020年の6月から8月にかけて、青森県境から宮城県境までの岩手県沿岸部において、東日本大震災発生前に確認し、震災直後に消失しなかったIRDB記載植物の自生地と、震災直後から2016年に確認された希少植物の自生地の計17調査地、また新規の調査地16調査地を加えた計33の調査地について調査した。

調査は、図1に示した調査地内の希少植物が生育する地点(以下、調査地点)を踏査し、希少植物の有無、個体数を記録後、生育位置をGPSに記録した。また、表2に示した「自生地消失リスク評価表」を用いて、津波前後と2016年の調査で希少植物を確認した29調査地点について、「繁殖」、「立地」、「採集」、「個体数」、「自然災害の影響」、「生育基盤の変化」の6項目を5段階で評価し、得点が高

いほど消失リスクが高い種として評価した。

本調査は2011年と2016年に同様の調査を実施しており、震災直後自生地が消失しなかった調査地点と、2016年に個体が確認できた調査地点のデータを経年データとして使用した。

希少植物の有無の情報は、震災直後から2016年、2016年から2020年の消失率の算出に用い、2011年から2020年の調査内で、岩手県の希少植物の分布にとって重要な消失、新規確認事例を抽出した。

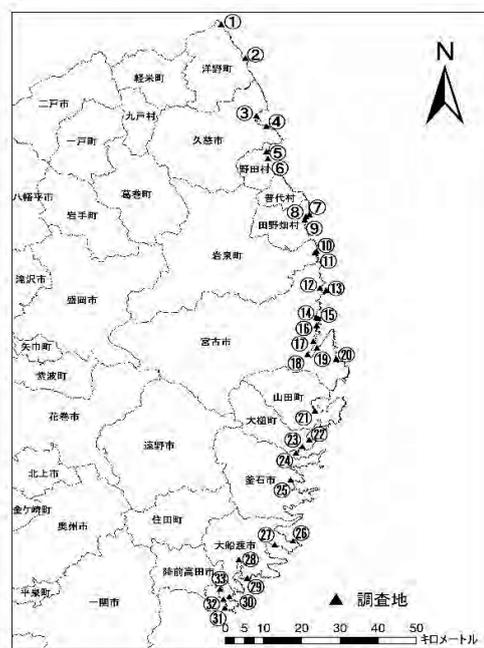


図1 調査地点

*Survey on influence by the tsunami of the East Japan great earthquake disaster in Iwate Prefecture: Change of disappearance risks of coastal plants

**Tomoaki OYAMADA, Shigekazu KURAKAKE, Norimasa SENZAKI (岩手県環境保健研究センター) Iwate Prefectural Reserach Institute for Environmental Sciences and Public Health

表1 調査地と調査種および結果一覧

No	市町村名	調査地名	種名	IRDB* ランク	備考	No	市町村名	調査地名	種名	IRDB ランク	備考
①	洋野町	角の浜	オオアカバナ	A		⑭	宮古市	女遊戸海岸	カワラナデシコ	C	消失
			キタノコギリソウ	B					ナミキソウ	C	2020年新規確認
②	八木港	八木港	ハマボウフウ	B		⑮	中の浜	-	ハマベンケイソウ	D	2020年新規確認
			ナミキソウ	C					消失	確認なし	
③	久慈市	久慈川	ハマボウフウ	B	2020年新規確認	⑯	津軽石川河口	-	ウミミドリ	A	2019年新規確認
			シロヨモギ	B					消失	確認なし	
④	野田村	十府ヶ浦北	ホソバエゾノコギリソウ	情報不足	確認なし	⑰	太田浜	里海岸	マルミノシバナ	A	2020年新規確認
			ハマボウフウ	B					消失	消失	
⑤	米田海岸	米田海岸	ハマベンケイソウ	D	2020年新規確認	⑱	山田町	織笠川	エゾオグルマ	A	2020年新規確認
			ナミキソウ	C					消失	消失	
⑥	明戸海岸北	明戸海岸北	カワヂシャ	C	2020年新規確認	⑲	大館町	吉里吉里海岸	エゾオグルマ	A	2020年新規確認
			エゾオオバコ	C					消失	消失	
⑦	野田村	明戸海岸北	ハマボウフウ	B	2020年新規確認	⑳	大館町	大館川	カワヂシャ	C	2020年新規確認
			ナミキソウ	C					消失	消失	
⑧	明戸海岸南	明戸海岸南	カワヂシャ	C	2020年新規確認	㉑	山田町	織笠川	エゾウルキンバイ	A	2020年新規確認
			エゾオオバコ	C					消失	消失	
⑨	平井賀海岸	平井賀海岸	ハマハタザオ	B	確認なし	㉒	大館町	小鏡川	ウミミドリ	A	2020年新規確認
			消失	消失					消失	消失	
⑩	岩泉町	小本海岸北	カワラナデシコ	C	2020年新規確認	㉓	大船渡市	小壁崎	カワラナデシコ	C	2020年新規確認
			ハマハタザオ	B					消失	消失	
⑪	小本海岸南	小本海岸南	エゾオオバコ	C	2020年新規確認	㉔	大船渡市	小壁崎	カワラナデシコ	C	2020年新規確認
			ハマベンケイソウ	D					消失	消失	
⑫	宮古市	沼の浜	ハマボウフウ	B	消失	㉕	陸前高田市	大野海岸	ハマヒナノウスツボ	-	確認なし
			シロヨモギ	D					消失	消失	
⑬	真崎灯台	真崎灯台	スナビキソウ	A	2020年新規確認	㉖	陸前高田市	大野海岸	マルミノシバナ	A	2020年新規確認
			ハマベンケイソウ	B					消失	消失	
⑭	宮古市	沼の浜	シロヨモギ	D	2020年新規確認	㉗	陸前高田市	大野海岸	アオノイワレンゲ	C	2020年新規確認
			ハマボウフウ	B					消失	消失	
⑮	宮古市	沼の浜	ハマボウフウ	B	2020年新規確認	㉘	陸前高田市	大野海岸	ナミキソウ	C	2020年新規確認
			ハマボウフウ	B					消失	消失	
⑯	宮古市	沼の浜	エゾオオバコ	C	2020年新規確認	㉙	陸前高田市	大野海岸	ハマボウフウ	B	2020年新規確認
			エゾオオバコ	C					消失	消失	
⑰	宮古市	沼の浜	エゾオオバコ	C	2020年新規確認	㉚	陸前高田市	大野海岸	ハマナデシコ	A	2020年新規確認
			ハマボウフウ	B					消失	消失	
⑱	宮古市	沼の浜	ハマベンケイソウ	D	2020年新規確認	㉛	陸前高田市	大野海岸	ハマナデシコ	A	2020年新規確認
			シロヨモギ	B					消失	消失	
⑲	宮古市	沼の浜	ハマボウフウ	B	2020年新規確認	㉜	陸前高田市	大野海岸	ハマナデシコ	A	2020年新規確認
			アオノイワレンゲ	C					消失	消失	
⑳	宮古市	沼の浜	ハマハタザオ	B	2020年新規確認	㉝	陸前高田市	大野海岸	ハマナデシコ	A	2020年新規確認
			カワラナデシコ	C					消失	消失	

* A：環境省レッドデータブックカテゴリーの「絶滅危惧Ⅰ種」の基準に相当する種。または岩手県固有で分布が局限しており、存続基盤が極めて脆弱な種。B：環境省レッドデータブックカテゴリーの「絶滅危惧Ⅱ種」の基準に相当する種。C：環境省レッドデータブックカテゴリーの「準絶滅危惧」の基準に相当する種。D：次のいずれかに該当する種。現状では絶滅の恐れはないが、最近減少が著しい等、Cランクに準ずる種。優れた自然環境の指標となる種。岩手県を南限または北限とする種や、特殊な分布をする種。

表2 消失リスク評価表

<p>a. 繁殖</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自然状態での繁殖能力 5 ほとんど増殖が認められない 4 弱い増殖力がある 3 中位の増殖力が認められる 2 著しい増殖力がある 1 強大な増殖力がある 	<p>d. 個体数</p> <ul style="list-style-type: none"> ・分布地点における個体数 5 消失 4 10個体未満 3 10個体以上数十個体 2 100個体以上数百個体 1 1,000個体以上
<p>b. 立地</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハビタットの消失危険度 5 極めて強い 4 強い 3 中 2 弱い 1 無い 	<p>e. 自然災害の影響</p> <ul style="list-style-type: none"> ・東日本大震災後の自然災害（台風・高潮） 5 完全に消失 4 ほとんどが消失し復元が困難 3 個体の減少が激しい 2 個体の減少がある 1 変化なし
<p>c. 採集</p> <ul style="list-style-type: none"> ・選択的採集の危険度 5 極めて強い 4 強い 3 中 2 弱い 1 無い 	<p>f. 生育基盤の変化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・復興工事等の人為的な改変によるもの 5 完全な改変あり 4 大規模な改変あり 3 部分的な改変あり 2 一部に改変あり 1 変化なし

消失リスク得点は、各リスク項目6項目と、6項目を合計した「消失リスク合計得点」の平均値の算出に用い、「震災前」、「震災直後」、「2016年」および「2020年」の消失リスク得点の推移を示した。また消失リスク合計得点については、震災前と震災直後、震災直後と2016年、2016年と2020年の3群を、FERをHolm法で調整後、ウィルコクソンの符号付順位検定で比較した。

3. 結果

3.1 岩手県の海浜性希少植物の消失・確認事例

2011 年は、東日本大震災が発生する前に確認してい

た希少植物情報を中心に対象種の確認調査を実施した。沿岸北部の調査では、洋野町角の浜において確認したオオアカバナが岩手県初確認となり、いわてレッドデータブックに新たな絶滅危惧種として掲載された²⁾。沿岸中央部の宮古市織笠川河口では、塩性湿地に見られるマルミノシバナが津波によって激減し、また、太田浜の砂浜に自生しているエゾオグルマも津波によって激減した（写真1）。このエゾオグルマは、環境省指定植物群落調査の指定地にされ、国内分布の南限とされている。ここは、砂浜にまとまった小集団を形成していたが、津波によって砂浜が大量に流失した。2011 年の調査時に掘り出されたエゾオグルマ 14 個体を見つけたため、自生地付近に植え戻した³⁾。

2016 年は、復興工事の環境アセス調査からもたらされた情報を追加して調査を実施した。沿岸北部の調査では、田野畑村明戸海岸でカワヂシャを河口付近で確認した。岩手県北部におけるカワヂシャの分布は稀である。また沿岸南部の調査では、盛川でマルミノシバナを確認し、県内では貴重な自生地となる。2011 年に絶滅回避策として移植を行ったエゾオグルマは、移植後初の開花を確認したが、その後の台風や高潮による移植地の土壌浸食が確認された。

2020 年は、全域調査を行いながら東日本大震災以降から確認できていないスナビキソウとハマハタザオの確認を行った。その結果、宮古市の沼の浜と陸前高田市の長崎海岸においてスナビキソウを確認し、田野畑村の

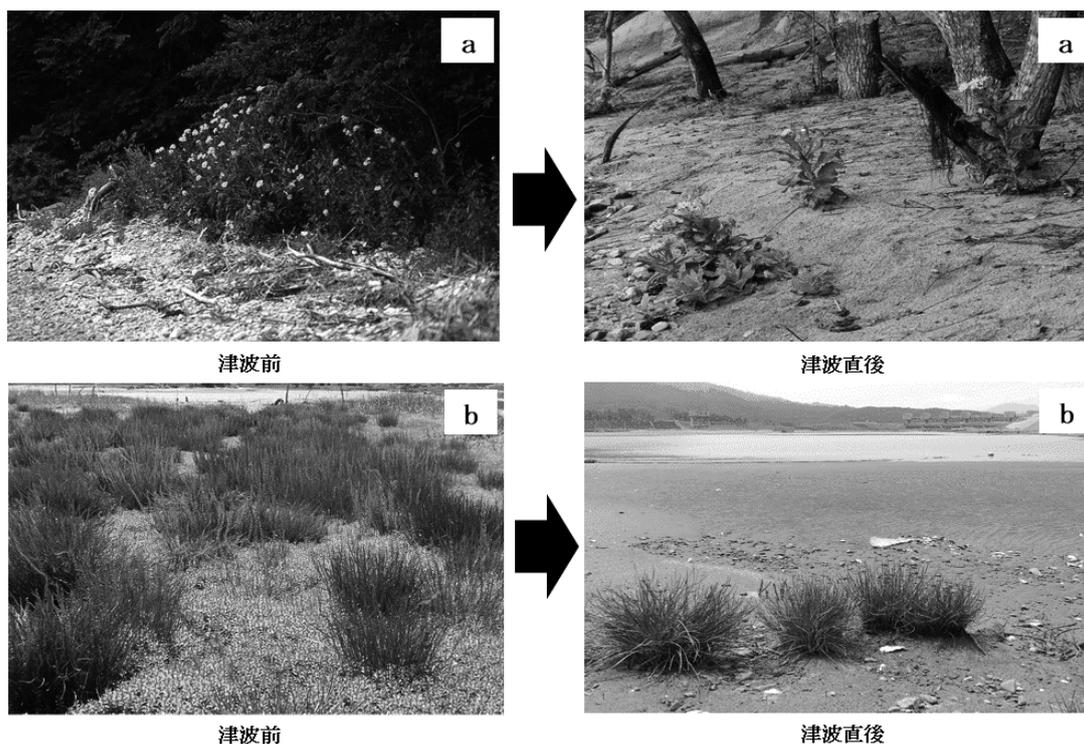


写真1 東日本大震災の津波によって激減したエゾオグルマ(a)とマルミノシバナ(b)



写真2 2020年の調査で新規確認したハマハタザオ(a)とスナビキソウ(b)

明戸海岸南側と岩泉町の小本海岸北側および宮古市の真崎灯台においてハマハタザオを確認した(写真2)。この調査では33の調査地で調査を行い、12の調査地において11種のIRDB記載植物を新規確認したが、6調査地で5種の消失が確認された(表1)。また、本県では太田浜のみに自生しているエゾオグルマは、消失したことが明らかになった。

3.2 海浜性希少植物の消失率と消失リスク得点の推移

「消失リスク評価表」を用いた調査から、継続確認してきた希少植物を表3に示した。

津波直後から2016年の消失率は7.6%であったが、2020年の消失率は21.4%に増加した。

津軽石川河口のウミミドリは、生育地点にコンクリートブロックが新設されたため、2016年に消失を確認した。小本海岸南側のハマボウフウは、道路工事により砂利が敷かれたため、2020年に消失を確認した。大槌川のカワヂシャは、自生していた橋の基礎補強工事によって2016年には個体数が減少し、2020年に消失を確認し

表3 消失リスク評価の結果一覧

調査地名	種名	津波前	津波直後	2016年	2020年
角の浜	オオアカバナ		9	10	9
角の浜	キタノコギリソウ	14	15	10	11
八木港海岸	ハマボウフウ			20	13
久慈川	ナミキソウ	14	16	9	13
久慈川	ハマボウフウ			18	24
小袖海岸	ホソバエゾノコギリソウ	9	10	9	13
明戸海岸北	ハマボウフウ			14	11
明戸海岸北	ナミキソウ			13	10
明戸海岸北	カワヂシャ			19	17
小本海岸北	カワラナデシコ			24	12
小本海岸南	ナミキソウ	8	8	11	11
小本海岸南	ハマベンケイ			17	13
小本海岸南	ハマボウフウ			18	消失
津軽石川	ウミミドリ	6	14	消失	
津軽石川(塩生湿地)	マルミノシバナ	6	15	23	21
津軽石川(塩生湿地)	ウミミドリ			11	8
太田浜	エゾオグルマ	12	19	20	消失
里海岸	アオノイワレンゲ			12	9
織笠川	ウミミドリ	10	15	11	10
織笠川	エゾツルキンバイ	9	13	20	20
大槌川	カワヂシャ	6	7	17	消失
小槌川	カワヂシャ	11	14	19	16
甲子川	カワヂシャ			21	17
盛川	カワヂシャ			20	消失
盛川	マルミノシバナ			15	18
大野海岸	ハマボウフウ	9	17	14	16
大野海岸	ナミキソウ			11	12
大野海岸	アオノイワレンゲ			12	13
泊漁港	ハマナデシコ			24	消失

た。盛川のカワヂシャは、河川工事が行われた後に衰退して2020年には消失を確認した。泊漁港のハマナデシコは公共トイレの敷地内に自生していたが、漁具の仮置場になるなどし、2020年に消失を確認した。太田浜のエゾオグルマは、津波発生後に行った移植措置によって生存を維持していたが、2019年に発生した台風19号によって移植地を含む砂浜が破壊され、2020年の調査によって消失を確認した。

消失リスク評価を実施した29調査地点について、評価6項目の消失リスク合計得点の推移を図2に示した。

消失リスク合計得点の震災前、震災直後、2016年および2020年の平均値は、それぞれ9.5 (n=12)、13.2 (n=13)、15.8 (n=28) および13.8 (n=23)であった。

震災直後の消失リスク合計得点は震災前より有意に高く、震災直後と2016年、2016年と2020年のそれぞれの消失リスク合計得点に有意差はなかった。

全地点の平均値の推移は、震災前より震災直後が高く、2016年で最も高くなった。2020年は、2016年よりも低くなったが震災前および震災直後に比べると高かった。この中で、久慈川河口のハマボウフウと津軽石川河口のマルミノシバナは高い得点で、残存1個体となり消失寸前であった。復興工事に伴って移植された織笠川河口のエゾツルキンバイは、298個体から81個体に激減しており、得点が高くなった。

次に、消失リスク評価の「繁殖」、「立地」、「採集」、「個体数」、「自然災害の影響」、「生育基盤地の変化」の6項目に分け、それぞれの平均値を図3に示した。

その結果、「繁殖」の震災前、震災直後、2016年および2020年の消失リスク得点の平均値は、それぞれ、2.5 (n=12)、2.8 (n=13)、3.8 (n=28) および3.2 (n=23)であった。「立地」では1.7、2.3、2.7および2.5、「採取」では1.6、1.6、1.8および1.1、「個体数」では1.8、2.5、2.8

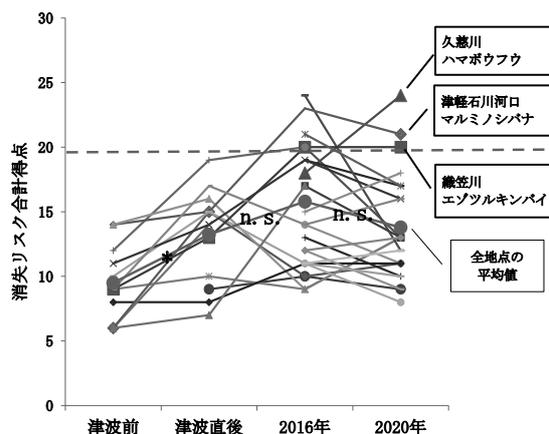


図2 29調査地点の消失リスク合計得点の推移

図中の*はウィルコクソン符号付順位検定により、5%水準で有意差あり、n. s. は有意差なし。

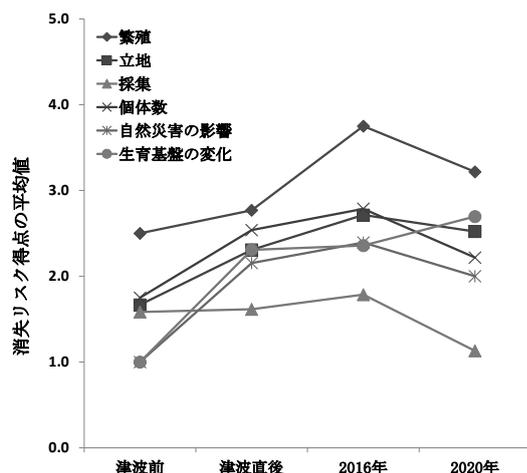


図3 6項目別消失リスク得点の平均値の推移

および2.2, 「自然災害の影響」では, 1.0, 2.2, 2.4および2.0, 「生育基盤の変化」では1.0, 2.3, 2.4および2.7であった。「採集」については, 震災前から2016年まで大きな変化はなく, 2020年は減少傾向を示した。その他の5項目は, 震災前より震災直後が高く, 2016年で最も高くなった。「生育基盤の変化」の1項目のみが2016年よりも2020年が高くなった。これは, 復興時工事を伴う人為的な改変を指しており, 工事が自生環境に影響を及ぼしていることが示唆された。

4. 考察

4.1 岩手県の海浜性希少植物の消失・確認事例

本調査は, 東日本大震災の発生前から岩手県沿岸部で確認していた希少植物の被害状況を把握するために始めたものである。2011年の調査では, 震災前に確認されていた自生個所の破壊状況と対象植物の残存調査を行った。その結果, 写真1のように砂浜や礫浜および塩生湿地に自生する希少植物の減少が顕著にみられた。これは, 津波によって自生基盤となる土壌が流失し, 自生していた希少植物に被害が及んだものと考えられた。

2016年は, 東日本大震災から5年が経過し, 復興工事が盛んになってきた時期でもある。巨大防潮堤の建設工事が進み, そのために実施された環境アセス調査からもたらされた情報を追加して大規模調査を実施した。この報告書に登載されていた希少植物調査では, 大野海岸のハマボウフウとナミキソウ, 甲子川のカワヂシャ, 八木港海岸のハマボウフウ, 盛川のカワヂシャなどが新規確認されたが, 宇留部海岸のハマボウフウとナミキソウ, 小本海岸北側のハマハタザオ, 片岸海岸のハマベンケイソウ, 小白浜海岸のハマベンケイソウは確認できなかった。これは, 多くの工事が同時進行する中で, 希少植物の確

認や保全策の実施に差が生じていることが原因の一つになっていると思われた。織笠川のエゾツルキンバイについては, 津波後に残存個体を確認したものの消失が確認され, その後の調査で織笠川の別地点において自生が確認された。本種は, 津波以降, 生育地の大部分が消失しており, 重点的な保護対策を講じなければ県内絶滅する可能性が高いと思われた。

津波後で掘り出されたため, 絶滅回避策として移植していたエゾオグルマは初開花を確認したが, 台風や高潮等による移植地の土壌浸食が心配されたことから, 継続したモニタリングと追加の保全対策が必要であると思われた。

2020年の調査は, これまで確認していた希少植物の継続調査を行いながら, 東日本大震災以降の調査で確認できていなかったスナビキソウ (IRDB:Aランク) とハマハタザオ (IRDB:Bランク) の2種の確認を調査目的として実施した。その結果, 宮古市の沼の浜と陸前高田市の長崎海岸においてスナビキソウを確認した。宮古市の沼の浜の自生地は, 工事のために堆積した砂の上に発生しており, この砂が工事に利用されれば消失する可能性が高い (写真2)。また, 陸前高田市の長崎海岸で確認したスナビキソウは, 個体数は多いものの開花がなく, 震災から年月を経て一斉に発芽した幼植物体であると推察された。ハマハタザオは, 明戸海岸南側, 小本海岸北側, 真崎灯台で確認したが1~数個体と少なく, 継続調査が必要と思われる (写真2)。今回の調査では, 12の調査地で11種のIRDB記載植物を新規確認しており, 新たな希少種の自生個所として記録することができたが, 6地点で5種の消失も確認されており, 継続したモニタリング調査が植物保護の観点からも重要であると考えさせられた。また, 岩手県内におけるエゾオグルマは消失したことが明らかになった。津波の被害を受けて移植等の保全措置を実施し, 生存を確認した中での消失であることから, この反省を踏まえ, 今回の経験を希少植物の保護策に活かすことが重要と考える。

4.2 海浜性希少植物の消失率と消失リスク得点の推移

表3に示した消失リスク評価の結果一覧から, 津波前から津波後, 2016年, 2020年までの消失リスクの合計得点が上昇傾向にある種は, 消失する危険性が高いと思われる。実際に消失した希少植物は, それ以前の消失評価の合計得点が20点に近い得点を示すもの (表3) が多くみられたことから, 20点前後に達した希少植物は, 消失する可能性が高い種として予測できる。表3および図2より, 久慈川のハマボウフウが24点, 津軽石川河口のマルミノ

シバナが21点、織笠川のエゾツルキンバイが20点と高いことから、消失の危険性が最も高い希少植物として注視しなければならない。

図3に示した項目ごとの消失リスク平均得点の推移より、「繁殖」、「個体数」、「自然災害の影響」、「生育基盤の変化」が「採集」よりも高くなり、消失リスクの主要因となっていると推察された。これは、震災後から9年を経過し、大震災直後の津波による影響から、その後の復興工事を含めた土地改変による地盤の変化が影響していると思われる。土地改変が生じる工事箇所希少植物が確認された場合は、自生地の保全を講じて消失リスクを低減させることが重要となる。

5. まとめ

2011年の調査で確認したオオアカバナは、本県初確認となり、いわてレッドデータブックに絶滅危惧種として掲載された(写真3)。2020年の調査で、宮古市の沼の浜と陸前高田市の長崎海岸においてスナビキソウを確認した。また、田野畑村の明戸海岸南側、岩泉町の小本海岸北側、宮古市の真崎灯台においてハマハタザオを確認した。一方で、久慈川のハマボウフウ、津軽石川河口のマルミノシバナ(写真4)、織笠川のエゾツルキンバイ(写真5)は、消失する可能性が高い。絶滅回避策として移植を行ったエゾオグルマは、消失した。

消失リスク評価から見た全体的な傾向としては以下のようなであった。東日本大震災直後では52.8%で消失していた¹⁾のに対し、2016年は7.6%、2020年は21.4%であった。2020年の調査では、消失リスク評価の6項目のうち、「生育基盤の変化」のみが増加傾向を示し、消失していた6地点中5地点で工事による人為的な影響が確認された。

以上から、東日本大震災の津波によって自生地が消失し消失リスクが高まった後、残存した希少植物の消失リスクは、震災後と同様に高い消失リスクを維持しており、依然として希少植物の消失は散見している。今後は、工事等によって個体数が減少している希少植物を中心に保護策を進めることが望ましい。

6. 謝辞

2011年の調査は、前岩手県環境影響評価技術審査会委員の片山千賀志氏に協力をいただいた。吉里吉里海岸のエゾノコウボウムギは、釜石植物の会会長の鈴木弘文氏より情報をいただいた。津軽石川河口のマルミノシバナは、岩手県立博物館主任専門学芸員の鈴木まほろ氏より情報をいただいた。調査地の作図は、岩手県環境保健研究センター地球科学部の千葉文也自然環境調査技術員より協力をいただいた。ここに記して感謝を申し上げる。

7. 引用文献

- 1) 小山田智彰, 鞍懸重和, 新井隆介, 山内貴義, 片山千賀志: 東日本大震災の津波による岩手県における海浜性植物の消滅. 薬用植物研究, 34 (1), 37-48, 2012
- 2) 岩手県環境生活部自然保護課: いわてレッドデータブック, 44, 2014
- 3) 小山田智彰: 津波による海浜性植物への影響. グリーン・エージ465: 16-19, 2012



写真3 オオアカバナ (2020年7月20日撮影)



写真4 マルミノシバナ (2020年6月26日撮影)



写真5 エゾツルキンバイ (2020年7月22日撮影)