

異なる空間スケールからみた  
岩石海岸植生の植物種多様性の維持機構の解明

**Maintenance mechanisms of plant species diversity on  
rocky coast vegetation in different spatial scales**

**2023.3**

東京農工大学大学院  
連合農学研究科  
環境資源共生科学専攻

鐵 慎太郎  
**TETSU Shintaro**

## 目次

1 章 序論 .....	- 6 -
2 章 研究史 .....	- 10 -
2.1. 海岸植生の植物社会学的位置づけ .....	- 10 -
2.2. 岩石海岸の植物群落の地理分布 .....	- 11 -
2.3. 岩石海岸の植物群落と立地環境 .....	- 12 -
2.4. 海岸植物の特性と海岸環境 .....	- 15 -
2.5. 東日本太平洋側の岩石海岸の植物群落および植物相 .....	- 16 -
3 章 東日本太平洋側の岩石海岸における草本群落の種組成の地域間比較 .....	- 25 -
3.1. 背景と目的 .....	- 25 -
3.2. 方法 .....	- 25 -
3.2.1. 調査地域の概要 .....	- 25 -
3.2.2. 調査地域の区分 .....	- 26 -
3.2.3. 植生調査 .....	- 26 -
3.2.4. 出現種の種特性の把握 .....	- 27 -
3.2.5. 地域区分における種組成の特徴の把握 .....	- 28 -
3.3. 結果 .....	- 28 -
3.3.1. 群落区分 .....	- 28 -
3.3.2. DCA による群落単位および地域区分の序列 .....	- 29 -
3.3.3. 出現種の分布域と生育環境 .....	- 29 -
3.3.4. 地域区分の診断種とその特徴 .....	- 30 -
3.4. 考察 .....	- 31 -
3.4.1. 群落単位の地理分布と種組成の特徴 .....	- 31 -
3.4.2. 地域間の種組成の違いをもたらす要因 .....	- 32 -
4 章 三陸北部の岩石海岸に成立する小規模湿地の立地特性と植生 ..	- 50 -
4.1. 背景と目的 .....	- 50 -
4.2. 方法 .....	- 50 -
4.2.1. 調査地 .....	- 50 -
4.2.2. 調査と解析 .....	- 51 -

4.3. 結果 .....	53 -
4.3.1. 小規模湿地のタイプ .....	53 -
4.3.2. 小規模湿地の水環境 .....	54 -
4.3.3. 湿地タイプごとの出現種と出現群落 .....	55 -
4.3.4. 湿地の序列化と環境要因 .....	57 -
4.4. 考察 .....	57 -
4.4.1. 岩石海岸にみられる小規模湿地の成立要因 .....	57 -
4.4.2. 湿地タイプごとの出現種の特徴 .....	58 -
4.4.3. 海岸エコトーンと小規模湿地 .....	60 -
5 章 神奈川県三浦半島の岩石海岸草本植生の立地条件および保全上重要な 種との結びつき .....	75 -
5.1. 背景と目的 .....	75 -
5.2. 方法 .....	75 -
5.2.1. 調査地概要 .....	75 -
5.2.2. 植生調査 .....	76 -
5.2.3. 出現種に関する情報の収集 .....	76 -
5.2.4. 調査スタンドの立地環境データの収集 .....	77 -
5.2.5. 調査地の地形，地質の把握 .....	78 -
5.2.6. 群落区分 .....	78 -
5.2.7. 各群落と立地環境の関係 .....	78 -
5.3. 結果 .....	79 -
5.3.1. modified TWINSPLAN による群落区分 .....	79 -
5.3.2. 保全上重要な植物種の出現状況 .....	80 -
5.3.3. 各群落の立地環境 .....	81 -
5.3.4. 調査地別の出現群落と地形 .....	81 -
5.4. 考察 .....	82 -
5.4.1. 三浦半島の岩石海岸の草本群落とその組成的特徴 .....	82 -
5.4.2. 植物群落の立地条件 .....	83 -
5.4.3. 出現群落と海岸地形の関係 .....	85 -
6 章 岩石海岸草本植生の群落構成種の葉フェノロジー .....	105 -

6.1. 背景と目的 .....	- 105 -
6.2. 方法 .....	- 106 -
6.2.1. 植生調査 .....	- 106 -
6.2.2. 出現種の機能的形質, 地理分布情報の収集 .....	- 106 -
6.2.3. 調査地の立地条件の年変化 .....	- 107 -
6.2.4. 植生タイプの区分 .....	- 107 -
6.2.5. 各植生タイプの植被率および均等度の季節変化 .....	- 108 -
6.2.6. 機能的形質および分布域別の葉被度 .....	- 108 -
6.3. 結果 .....	- 109 -
6.3.1. 調査地の気候, 立地条件 .....	- 109 -
6.3.2. 3 植生タイプの合計被度の季節変化 .....	- 109 -
6.3.3. 出現種および科の特性, 機能的形質などと種, 科の関係 .....	- 109 -
6.3.4. 3 植生タイプにおける季節別の出現種の被度順位 .....	- 110 -
6.3.5. 3 植生タイプにおける出現種および科の被度の均等度 .....	- 111 -
6.3.6. 機能的形質別の被度変化 .....	- 111 -
6.4. 考察 .....	- 113 -
6.4.1. 海岸環境の季節変化 .....	- 113 -
6.4.2. 群落構成種の葉フェノロジー特性 .....	- 113 -
6.4.3. 海岸環境に対する葉フェノロジーの適応的意義 .....	- 114 -
7 章 総合考察 .....	- 151 -
7.1. 異なる空間スケールからみた海岸植生の植物種多様性の維持機構 .....	- 151 -
7.1.1. 地域間の種組成の違いをもたらす要因 .....	- 151 -
7.1.2 3 章 (地理的スケール) と 5 章 (微地形スケール) の比較 .....	- 151 -
7.1.2. 4 章 (冷温帯における微地形スケール) と 5 章 (暖温帯における微地形スケール) の比較 .....	- 152 -
7.2. 保全に向けて .....	- 153 -
7.2.1. 海岸の開発による影響 .....	- 153 -
7.2.2. 気候変動に伴う群落種組成, 種多様性への影響 .....	- 154 -

謝辭.....	- 157 -
引用文献 .....	- 158 -

## 1 章 序論

海域と陸域の境界域に位置する海岸は、強い風とそれに伴う海水のしぶき、飛砂、潮汐や高潮による海水の侵入といった海域からの影響を受け、内陸部と違ったタイプの植生である海岸植生が分布する（石塚 1977）。海岸植生を構成する植物種の中には、海岸を主な生育地とし、それ以外の立地にはほとんど出現しない海岸植物が含まれ、内陸の植生とは異なる種組成となっている。海岸植物の種数は日本の在来維管束植物の約 4%にあたる 280 種であり、それらの約 30%にあたる 82 種は日本固有種である（澤田ほか 2007）。加えて、加えて、海岸特有ではないものの沿海地を中心に生育する植物種（澤田ほか 2007）や、海岸に都道府県唯一、あるいは重要な生育地を持つ植物種も存在しており（財団法人千葉県史料研究財団 2003; 佐久島会 2008; 永松 2010; 神奈川県植物誌調査会 2018）、海岸植生は国レベル、地域レベルの植物種多様性の維持に大きく貢献している。

海岸環境の中で、硬い岩石を基質とし、主に侵食作用によって形成される岩石海岸（海崖、岩礁海岸）は、砂礫海岸（砂丘などを含む）や塩沼地（マングローブなどを含む）といった他の海岸環境と比較して、分布域の狭い海岸植物（国あるいは地域固有の海岸植物）の種数が際立って多く、海岸植物の種数全体も砂礫浜と並んで多い（van der Maarel & van der Maarel-Versluys 1996; 澤田ほか 2007）（図 1-1）。また、海岸は、湿原や高山などと並び、日本において数少ない自然草原が成立する立地に挙げられており（湯本 2010）、特に岩石海岸の植生は植物社会学的に半自然草原（二次草原）と共通するススキクラスに位置付けられる（鈴木 1994）。近年、人的影響の低下により内陸の半自然草原が減少、消滅し、多くの草原生生物の絶滅が危惧されている（須賀 2008; 新井・大窪 2014）。したがって、岩石海岸の草本植生は、海岸特有の植物相や植物種多様性の保全のみならず、草原生生物の種多様性の保全の観点からも重要性が高くなっているといえる。

岩石海岸に成立する植生、特に、草本主体の群落は分布域の狭い植物種によって特徴づけられ、地域ごとに異なる種組成をもつことが知られている（Nakanishi 1980 ; Asensi & Garretas 2017）。また、砂浜の海浜植物群落は、構成種の耐乾性・耐塩性の強さや立地の安定性と関係して、海岸からの距離にともなう成帯的な分布を示すことが多い（矢野ほか 1983; Miyawaki & Suzuki 1993; 鈴木 1994; 中西 2005; 岡ほか 2008）が、岩石海岸では海食崖の岩壁や岩棚、海食崖から崩落した岩塊の堆積地、岩礁の合間にできる小規模な礫浜、水供給、生物的要因などを受けてさまざまな生育環境が混在しており、それぞれの環境に対応して多様な植物群落が形成されている（Petch 1933; Goldsmith 1973; 大場 1982; 鈴木 1994）。さらに、岩石海岸の植物群落は、砂礫浜や塩沼地に成立する植物群落と比較して群落構成種が多い傾向にある（中西 2018）。したがって、岩石海岸の植物種多様性は、①地理的（大スケ

ール)：地域間での植物群落の種組成の差異，②微地形（中スケール）：多様な植物群落の成立，維持をもたらす立地環境，③群落スケール（小スケール）：同一空間（植物群落）における群落構成種の共存，の3つのスケールによって成立していると解釈できる．しかし，開発や海岸侵食などの影響を受けやすく，保全上の重要性が高いとみなされている砂礫浜や塩沼地の植物群落（澤田 2014；上田ほか 2014；由良 2014）と比較すると，岩石海岸の植物群落を対象とした研究は限られている．

日本の海岸植生は，暖流（黒潮）と寒流（親潮）の影響などを受けており，前者の影響を受ける地域では熱帯・亜熱帯と共通する植生が，後者の影響を受ける地域では亜寒帯・周極域と共通する植生が多くみられる（鈴木 1994）．植物社会学的な植生単位からみると，関東地方から東北地方にかけての東日本太平洋側の岩石海岸は，北方系の草本群落のキリンソウーオオウシノケグサオーダー *Sedo kamtschatici-Festucetalia rubrae* H. Nakanishi 1980 の南限と南方系の草本群落のイソアオスゲオーダー *Caricetalia meridiana* H. Nakanishi corr. H. Nakanishi 2017 の北限に位置し，両者が接する地域でもある（Nakanishi 1980；大場 1980e；奥田 1986a；鈴木 1994）．したがって，日本列島における岩石海岸の植物群落の諸特性を明らかにする上で適した地域であると考えられる．

そこで，本研究は東日本太平洋側の岩石海岸に成立する草本群落に着目し，異なる空間スケールから植物種多様性の維持機構を解明することを試みる．

2章では，海岸植生や海岸植物に関する先行研究をレビューし，特に岩石海岸の草本群落の特性を整理するとともに，植物種多様性の維持，保全の観点から検討すべき課題を述べる．3章から6章では，東日本太平洋側の岩石海岸を研究対象とする．3章では東日本太平洋側の広域の岩石海岸を対象とし，地域間での群落構成種の違いを明らかにするとともに，その要因となる種特性や立地条件を考察する（地理的スケール）（鐵ほか 2017）．4章では冷温帯の東北地方の三陸北部において，岩石海岸の立地環境として着目されることが少ない小規模湿地の植物相や植物群落を把握し，岩石海岸における植物の生育環境としての湿地の重要性を考察する（微地形スケール）（鐵ほか 2021）．5章では暖温帯の神奈川県の新三浦半島を研究対象とし，岩石海岸に成立する草本群落と立地環境の関係を網羅的に把握するとともに，群落と保全上重要な植物種との結びつきを明らかにし，植物群落と植物種多様性の双方の保全にあたって留意すべき点を考察する（微地形スケール）．6章では5章で扱った草本群落を対象とし，群落構成種の共存機構を明らかにするために，植物種間の時間的すみ分けに寄与することが知られるフェノロジー（生物季節）に特に着目して研究する（群落スケール）．最後に，7章では3章から6章の結果をもとに，海岸植生，特に岩石海岸の植物種多様性の維持機構を総合的に考察するとともに，植物群落や植物種多様性の保全において重要な視点を考察する．

断りがない限りは，本論文中における植物の学名は，「BG Plants 植物和名

ー学名インデックス (Y list)」(<http://ylist.info/>, 2015.11 参照)に, 群集およびその上級単位の和名と学名は, 群集名は和名, 学名とも「日本植生便覧」(奥田・藤原 1994) および Phytosoc WEB-J (<https://www.jise.jp/db/index.html>, 2019.10 参照)にしたがった.

また, 本研究では研究対象の立地を Richmond & Mueller-Dombois (1972) や Nakanishi (1980), 鈴木 (1994), 澤田ほか (2007), 中西 (2018) などに準じ, 岩石海岸 (rocky coast) と呼ぶ. 海崖や海岸断崖地 (coastal cliff, sea cliff, cliff) と表記する文献 (Tatewaki 1931; Petch 1933; Pook 1955; 川村 1972; 大場 1982 など) が多いものの, 植物群落が成立する立地は崖地には限られておらず, より広義の意味を持つ語を用いるのが適切であると判断した.

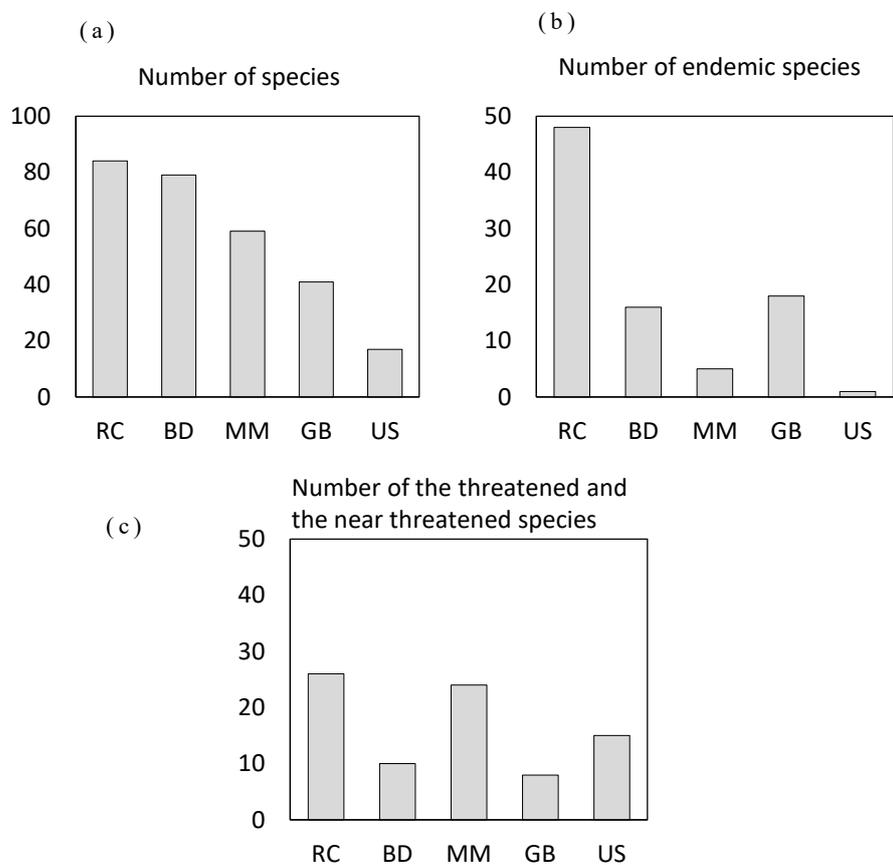


図 1-1. 生育環境別の日本の海岸植物の種数. 海岸植物の選定および生育環境の区分は, 澤田ほか (2007) に従う. (a) 全海岸植物の種数, (b) 日本固有種の種数, (c) 環境省レッドリスト掲載種の種数. RC: 岩石海岸 (岩場・海崖・隆起サンゴ礁), BD: 砂礫浜 (砂浜・砂丘・礫浜), MM: 塩沼地 (マングローブを含む), GB: 海岸林, 海岸風衝草原, US: 浅海域.

## 2 章 研究史

### 2.1. 海岸植生の植物社会学的位置づけ

植物社会学的手法にもとづいた調査により，海岸に成立する植物群落記載され，その位置づけが明らかにされてきた．植物群落の基本単位である群集 (association) は，標徴種 (特定の群落に結びつく植物種) によって特徴づけられ，上位の標徴種によって上位単位の群団 (alliance)，オーダー (order)，クラス (class) に統合される (鈴木ほか 1985)．また，群集に内部的な種組成の違いがある場合に，識別種によって下位単位である亜群集，変群集などに細分される (鈴木ほか 1985)．

表 2-1 に，奥田・藤原 (1994) に掲載されている群集および上級単位のうち，海岸植生に当てはまるものを示す．これらのうち，岩石海岸に成立するのが 7 クラス，8 オーダー，11 群団，46 群集であり，他の海岸環境と比較してクラス，オーダー，群集のレベルで単位の数が最大である．また，砂礫浜に成立するものは 6 クラス，6 オーダー，16 群団，26 群集である．塩沼地に成立するものは 4 クラス，5 オーダー，6 群団，21 群集である．海岸林 (砂礫浜や岩石海岸の内陸側に成立) に該当するものは 3 クラス，4 オーダー，5 群団，17 群集である．海岸植生の中には，群落体系上の位置づけが定まっていない植物群落が存在しており，例えば九州南部以南の塩沼地に成立するマングローブは，ヒルギダマシーマヤブシキクラス *Avicennio-Sonneratieta* Knapp 1965 に位置づける見解がある (大場 1980b) が，奥田・藤原 (1994) では取り上げられておらず，諸説ある．したがって，上記の数値は海岸の植物群落の多様さを正確に表すものではないが，岩石海岸において特に多様な植物群落がみられることは明らかである．また，ヨシクラスのヒトモトススキ群集 *Cladietum chinensis* Ohba et Sugawara 1980 のように，表 2-1 で塩沼地の群落に含めているが，主に岩石海岸上に成立する群落 (大場・菅原 1980) もあり，岩石海岸上の群落単位はより多様であると考えられる．

岩石海岸の植物群落は，九州以北においてはヨモギクラス *Artemisietea principis* Miyawaki et Okuda 1972，ススキクラス *Miscanthetea sinensis* Miyawaki et Ohba 1970，ハマツメクサクラス *Saginetea maximae* Ohba et Sugawara 1978，ホウライシダクラス *Adiantetea* Br.-Bl. 1947 が分布する (鈴木 1994)．これらのうち，ハマツメクサクラスを除く 3 つのクラスには内陸の植物群落も含まれている (奥田・藤原 1994; 鈴木 1994)．また，南西諸島や小笠原諸島においては，隆起サンゴ礁上などに特有なソナレムグラレーイソマツクラス *Hedyotido-Limonietea* Miyawaki et K. Suzuki 1976，イソフサギクラス *Philoxeretea* Miyawaki et K. Suzuki 1976，ミツバノコマツナギクラス *Indigoferetea trifoliatae* Miyawaki et K. Suzuki 1976 が分布する (鈴木 1994)．海外の岩石海岸と比較すると，近隣の韓国 (朝鮮半島や済州島) の岩石海岸においては，日本と共通する群落単位，あるいは共通種群を持つ草

本群落は報告されている（大場・菅原 1979a; Jung et al. 2019）。一方、ヨーロッパの岩石海岸の植生（Rodwell et al. 2002）とはクラスが異なり、種組成の共通性は低い。

対照的に、塩沼地の植物群落はヨシクラス *Phragmitetea* Tx. et Prsg. 1942 を除くと塩沼地に特有である、また、全てのクラスがヨーロッパを始めとするユーラシアの塩沼地に分布しており（Golub 1994; Rodwell et al. 2002）、北半球の温帯、亜寒帯の塩沼地植生のグループにまとめられる。砂礫浜の植物群落は、6 クラス中 2 クラス（セイヨウオオバコクラス *Plantaginetea majoris* Tx. et Prsg. 1950、ノイバラクラス *Rosetea multiflorae* Ohba, Miyawaki et Tx. 1973）が内陸の植物群落と共通するクラスである（奥田・藤原 1994）。また、2 クラス（セイヨウオオバコクラス *Plantaginetea majoris* Tx. et Prsg. 1950、ハマハコベーハマニンニククラス *Honkenyo-Elymetea* Tx. 1966）がヨーロッパなどに広く分布する（Rodwell et al. 2002）。以上のように、日本本土部の岩石海岸の植生は、他の海岸環境と比較して内陸の草本植生との共通性が高く、他地域（東アジア以外）の海岸植生との共通性が低いのが特徴である。

海岸の植物群落の中で、ススキクラスに位置付けられる群集が 27 ともっとも多い（表 2-1）。これは、岩石海岸がいくつかの科や属における種分化の場となっており、それらの種によって特徴づけられる地域固有の群集が存在するためであり、岩石海岸に生育し、地域固有分類群を複数含むグループに、キク科キク属やアゼトウナ属、オオバコ科クワガタソウ属、ススキノキ科ワスレグサ属などが挙げられる（堀田 1974, 1993; Nakanishi, 1980; いがり 2007）。

## 2.2 岩石海岸の植物群落の地理分布

日本の岩石海岸に成立する植物群落のうち、ススキクラスに位置付けられる草本群落については、各地域に固有の群集が記載されている（表 2-1）。なお、一部の群団の名称は、最新の植物分類学的の知見などを元に、中西（2017）が標徴種名および識別種名を変更したものである。大場（1971）と Nakanashi（1980）より、これらの群集はボタンボウフウ群団 *Peucedanion japonici* Ohba 1971、カワラナデシコーウシノケグサ群団 *Diantho-Festucion ovinae* H. Nakanishi 1980、イブキボウフウ群団 *Seselion japonicae* H. Nakanishi 1980（ハマイブキボウフウ群団 *Seselion ugoensis* H. Nakanishi corr. H. Nakanishi 2017）、エゾカワラナデシコーホロマンノコギリソウ群団 *Diantho superbi-Achilleion angustifoliae* H. Nakanishi 1980 の 4 群団にまとめられ、前 2 者をハマアオスゲオーダー *Caricetalia fibrillosae* H. Nakanishi 1980（イソアオスゲオーダー *Caricetalia meridiana* H. Nakanishi corr. H. Nakanishi 2017）に、後 2 者をキリンソウーオオウシノケグサオーダー *Sedo kamtschatici-Festucetalia rubrae* H. Nakanishi 1980

にまとめられる。ボタンボウフウ群団は太平洋側では千葉県以西、日本海側では島根県以西に、カワラナデシコーウシノケグサ群団は西日本の日本海側（山陰から北陸）に、イブキボウフウ群団は太平洋側では茨城県以北、日本海側では北陸以北、エゾカワラナデシコーホロマンノコギリソウ群団は東北北部から北海道に分布する（図 2-1）。

岩石海岸の群落単位の地域固有性の高さは、日本に限らず世界各地で認められており、ヨーロッパの岩石海岸に分布するクラス（Crithmo-Staticetea）のオーダーのうち、地中海地域に分布する Crithmo-Staticetalia は 10 群団を含み、イソマツ科イソマツ属 *Limonium* などで標徴される多様な群集が地域ごとに分布する（Rodwell et al. 2002; Asensi & Garretas 2017; Tomaselli & Terzi 2019）。また、ニュージーランド南島においても、地域によって海岸崖地の植生の種構成が異なることが知られている（Wilson & Cullen 1986）。

日本の海岸の植物群落の地理分布をもたらす原因として、鈴木（1994）は潮流と森林植生（気候に対応した、内陸の中性立地の潜在自然植生）を挙げ、潮流については暖流（黒潮）と寒流（親潮）の違いが種子の供給経路や海水温、微気象変化などをもたらし、前者の影響を受ける地域では熱帯・亜熱帯と共通する植生が、後者の影響を受ける地域では亜寒帯・周極域と共通する植生が多くみられるとしている。また、森林植生との関係では、海岸風衝低木林が常緑広葉樹林（ヤブツバキクラス）域では常緑広葉樹林となり、夏緑広葉樹林（ブナクラス）域では夏緑広葉樹林となると述べている。また、Nakanishi（1980）は岩石海岸の植物群落の群団レベルでの地理分布について、南方系の構成種（中国南部や南アジア、台湾から日本本土、特に西南日本を中心に分布するもの）の割合がボタンボウフウ群団、カワラナデシコーウシノケグサ群団、イブキボウフウ群団、エゾカワラナデシコーホロマンノコギリソウ群団の順で低くなり、北方系の構成種（シベリアやサハリン、カムチャッカ半島から日本に分布するもの）は対照的な変化をみせる点から、地域間での構成種のちがいは大きくは気候的要因によるものと考察している。しかしながら、岩石海岸の草本群落の多様性と地域固有性をもたらす要因については、十分には明らかになっていないのが現状である。本研究の 3 章では、異なる植生単位の境界域に着目し、地域間での種組成の違いに結びつく要因を明らかにすることで、岩石海岸における植物群落の地域固有性がどのように成立、維持しているかを考察する。

### 2.3. 岩石海岸の植物群落と立地環境

#### 成帯構造

波打ち際から内陸にかけての出現種群の変化、すなわち植生の成帯構造（zonation）は、湖岸を含む砂浜において最初に注目された（Cowles 1899; Beck 1901）。その後、岩石海岸においても成帯構造に着目した研究が行われるようになり、Petch（1933）はイギリスのアウターヘブリディーズ諸島の海

崖において、海崖下部（高潮線の直上）と海から完全に離れた海崖上部で異なる種が出現することを報告している。イギリスのノースコーンウェルの海崖の植生を研究した Hepburn (1943) は、海崖下部と上部、崖上の緩斜面で出現種が異なっており、この要因として、海崖下部は強風と塩風にさらされるのに対し、海崖上部は強風にはさらされるものの塩風の影響は小さくなること、崖上は立地が安定し土壌が発達することを挙げている。以降の研究においても、汀線－内陸方向、あるいは海拔のちがいに応じた環境傾度との対応が着目され、日本の南西諸島（日越・新納 1975）や九州（Nakanishi 1979）、東北地方（高山 1987）、韓国（Jung et al. 2019）やオセアニア（Pook 1955; Wilson & Cullen 1986 など）、ハワイ諸島（Richmond & Mueller-Dombois 1972）、中米（Randall 1970）など、世界各地の岩石海岸で植物群落の成帯構造が明らかにされてきた。

岩石海岸における汀線－内陸方向の環境傾度に応じた植物群落の成帯構造は、一般的には砂礫浜と共通した特徴を有しており、汀線に近い側から順に一、二年生草本植生－多年生草本植生－低木林－高木林が配列される（大場 1979）。他方で、岩石海岸における植物群落の成帯構造は、立地条件に応じて多様なものとなっている。海水の影響を強く受ける汀線近くでは、塩沼地生の植物群落がみられ（大場 1980d; 大場・菅原 1980; Wilson & Cullen 1986; Rodwell et al. 2000）、日本ではイソヤマテンツキ群集 *Fimbristylidetum ferrugineae* Ohba 1970 やタチドジョウツナギ群集 *Puccinellietum nipponicae* Ohba et Sugawara 1980、ミヤコジマハマアカザ群落などが報告されている（大場 1980d; 大場・菅原 1980）。隆起サンゴ礁上においては、岩石海岸の最前線からイソフサギクラスに位置付けられる多年生草本植生がみられ、一、二年生草本植生を欠く（日越・新納 1975; 大場 1980d）。ハワイ諸島においては、外洋の影響が弱まる場所などにおいて草本植生のゾーンを欠き、最前線から木本が群落を構成する（Richmond & Mueller-Dombois 1972）。

### さまざまな立地環境と植物群落の関係

岩石海岸においては、上述した汀線－内陸方向の環境傾度に応じた植生の成帯構造に当てはまらない、岩石海岸上の特定の立地条件と結びついた植物群落も報告されている（van der Maarel 1993; 鈴木 1994; Cresswell 2011）。

石塚（1951）は、北海道の岩石海岸の礫崖（崖錐）において、礫崖の新旧や土質のちがいなどに応じて、ミヤコグサーハマエンドウ群落やススキ群落などが成立することを報告している。大場・菅原（1979b）は磯の肥沃環境に成立する植物群落に着目し、イワタイゲキ群集 *Euphorbietum jolkinii* Ohba et Sugawara 1979 やハマアカザミ群集 *Cirsietum maritimi* Ohba et Sugawara 1979 などを記載した。なお、これらの群集の中には礫浜などにも成立するものがある。

陰湿な海食崖には、着生のシダ植物などを主体とする植物群落が成立し、ハマホラシノブ－オニヤブソテツ群集 *Sphenomero-Cyrtomietum falcati* Ohba

1971 やイワホウライシダ群集 *Adiantetum ogasawarensis* Ohba et Sugawara 1977 などがある (大場 1971; 大場 1980c). ヨーロッパにおいても, 類似の立地にチャセンシダ属 *Asplenium* などで構成される植物群落が成立する (Goldsmith 1973; Rodwell et al. 2002).

立地の乾湿と植物群落の関係は, 初期の研究において既に注目されており, Tatewaki (1931) は千島列島の海食崖において, 湿った立地と乾いた立地で出現種が異なることを指摘している. 日本の岩石海岸の湿性立地に成立する植物群落として, ヒトモトススキ群集 *Cladietum chinensis* Ohba et Sugawara 1980 のほか, 前述のイソヤマテンツキ群集やタチドジョウツナギ群集などが記載されている (大場 1980c; 鈴木 1981).

淡水が供給される場所では, 内陸の湿地と共通する植物群落が報告されているが, 限られた地域でのわずかな研究事例にとどまる. 東北地方や北陸地方の淡水が供給される海食崖では, タヌキランやダイヤモンドソウなどが生育する植物群落は報告されており (宮脇・佐々木 1980; 佐藤・滝沢 1994), 新潟県では固有分類群のイソニガナも出現する (佐藤・滝沢 1994). また, イソヤマテンツキの分布しない北日本において, ヤマイを主とする群落は近似の環境に生じている (大場 1980d).

地質との関係については, 南西諸島や小笠原諸島において, 隆起サンゴ礁上においてはソナレムグラ・イソマツクラス, イソフサギクラス, ミツバノコマツナギクラスに位置付けられる植物群落は分布し, 非石灰岩質の岩石海岸においては, ススキクラスに位置付けられるオキナワギク・ハチジョウススキ群集 *Astero miyagii-Miscanthenum condensati* Miyawaki et al. 1972 やオガサワラススキ群集 *Miscanthenum boninensis* Ohba et Sugawara 1977 が分布する (奥田・藤原 1994). イギリスにおいては, 崩れやすい白亜 (石灰岩) の崖地において, ヤセイカンラン *Brassica oleraceae* の群落は *Crithmo-Spergularietum* に代わって成立することが知られる (Rodwell et al. 2000).

生物的要因, 特に海鳥の営巣による草本植生への影響も注目されてきた. 海鳥の営巣は, 多くの場合は群落構成種の単純化や特定の種の増加と結びついている (Kamijo & Hoshino 1995; Maesako 1999). Petch (1933) や Goldsmith (1973) はイギリスの海崖において, 海鳥の営巣地に耕地生の植物種などで構成される植物群落を報告しており, 排せつ物による窒素分の増加 (Petch 1933) や海鳥による種子の移入 (Goldsmith 1973) との関係を考察している. 日本においても, ウミネコの営巣地においてスベリヒユやオヒシバの雑草群落や, ホソバアカザやカモガヤ, ナタネ類などからなる植生がみられる (Ishizuka 1966; 石塚 1977). Kamijo & Hoshino (1995) はオーストラリアのタスマニア島において, ハシボソミズナギドリ *Puffinus tenuirostris* の高巣穴密度地では *Poa labillardieri* (イネ科) が優占し, ヨーロッパ原産の帰化植物などを伴う草本群落が形成されることや, 巣穴の密度が植物の種多様性に負の効果を与えることを明らかにしている. Maesako (1999) は高知県の島嶼において, オオミズナギドリの繁殖地の植生の一タイプにヒゲスゲや

ハチジョウススキの優占群落があり，他地域（非営巣地）と比べて種組成が単純であることを報告している．

以上のように，岩石海岸では汀線－内陸方向の環境傾度に応じて成立する植物群落と，それに当てはまらない，岩石海岸上の特定の立地条件と結びついた植物群落の双方が明らかになっている．しかし，後者については一つの群落や限られた範囲を対象とした研究が多く，各群落がどのような空間分布を持ち，海岸植生を構成しているのかを網羅的に研究した事例（Cresswell et al. 2011）はきわめて限られている．また，岩石海岸の局所的な立地環境は，気候などのマクロスケールの環境要因の影響を受けていると考えられる．異なる気候下の地域で調査を行い比較することにより，岩石海岸に成立する群落および群落構成種の種多様性の成立，維持の背景をより明らかにできると考えられる．そこで，本研究では4章において冷温帯の東北地方の三陸北部において，5章において暖温帯の神奈川県の新三浦半島において調査をおこない，両地域において群落と微地形条件などの関係を把握する．さらに，総合考察（7章）において両章の結果を比較することで，微地形スケールの群落の成立に対する地理的スケールの環境条件の影響を明らかにする．

#### 2.4. 海岸植物の特性と海岸環境

海岸に生育する植物は，形態学的・生理学的・生態学的な観点から，海岸環境への適応が指摘されてきた．

一般的な海岸植物の形態的特徴として，葉については分厚さやクチクラ層などの表皮組織の発達，毛の有無が，根系については長い地下茎や長く長い主根が挙げられ，いずれも乾燥や強い日光，強風などといった海岸環境への適応と考えられる（矢野ほか 1983；中西 2018）．これらの特徴は，海岸型と呼ばれる種内分類群の分類の根拠ともなっており，葉の厚さや光沢の強さ（クチクラ層の発達），毛の有無，常緑性，草丈の低さといった特徴をもとに，変種や品種が記載されている（北村 1973；神奈川県植物誌調査会 2001；Konta & Matsumoto 2006；近田 2007）．

塩分への耐性は，砂浜や塩湿地に生育する塩生植物（halophyte）についての知見が多く（例えば Oosting 1945；Flowers & Colmer 2008），海水を超える塩分濃度でも発芽する種も明らかになっている（Ungar 1978）．岩石海岸の植物における知見は限られているが，由良（2000）は，海岸植物のイソギクと非海岸生のセイタカアワダチソウの幼個体に海水を噴霧する実験を行い，イソギクのみが生存することを確認している．また，海岸から内陸にかけて広く生育するオオウシノケグサは，岩石海岸に生育する個体群でソルトスプレー（塩水の噴霧）への高い耐性が報告されている（Humphreys 1982）．

生態学的には，種子散布様式がもっとも注目されてきた．代表的な様式は潮流によって散布体（種子，果実など）が運ばれる海流散布を行うもので

(Ridley 1930; 中西 1994), 日本の海岸植物では少なくとも 5 分の 1 程度は海流散布植物に該当するとみなされる (中西 1994). 海流散布植物の中には, 数か月, あるいは 1 年以上にわたり塩水中で散布体が浮遊し, 種子が発芽能力を保つものがある (Ridley 1930; Nakanishi 1988; 中西 1994; 澤田・津田 2005). 一方, 散布体の浮遊期間が短いものもあり (澤田・津田 2005; Yang et al. 2012), 散布能力の程度は種によって異なる. また, ニガカシュウでは珠芽 (むかご) が散布体として機能する可能性がある (Ridley 1930; 中西ほか 2006). 海流散布植物は砂浜に生育する種に多く, 塩沼地においても, 熱帯・亜熱帯地域の木本の多くは海流散布に適した散布体を持っており, 温帯, 亜寒帯に分布する草本の多くも短距離の散布が可能であると考えられる (中西 2018). 一方, 岩石海岸の植物では海流散布の能力に乏しい種が多く, 風散布のものが比較的多いと考えられる (中西 2018). また, 熱帯・亜熱帯地域の海岸植物に多く, 温帯や亜寒帯の海岸植物に少ない傾向があり (Ridley 1930; 中西 1994), 暖温帯の海岸低木林の代表的な構成種は鳥被食散布である (中西 1994).

展葉や落葉, 開花結実といったフェノロジー (生物季節) も調査され, いくつかは海岸環境との関係が考察されているが, 対象種や対象地域は限定的で, いずれも定性的なデータにとどまる. イワタイゲキやハマウドは秋に葉を出して冬を越し, 夏に地上部が枯れるフェノロジーを持ち (中西 2018), 秋から春の温暖な季節に生育し, 高温で生育不適な盛夏を避ける生態と解釈される (近田 2007). ハマカンゾウは葉の常緑性が変種, あるいは近縁種に位置付けられるノカンゾウやヤブカンゾウとの重要な識別点となっており (松岡・堀田 1966), この特性も温暖な海岸環境への適応と考えられる (近田 2007). また, 黒田 (2021, 2022) は近畿地方や中国地方において, 海岸植物の生育状態 (展葉, 開花, 種子散布など) を毎月観察, 記録している.

以上のように, 海岸植物が持つ諸特性は, 主に海岸環境への適応と解釈されており, 植物種間の相互関係に着目した例はない. しかし, 海岸植生においても, とりわけ群落構成種の多い岩石海岸の植物群落においては, 種構成や種多様性に対する植物種間の関係が無視できないと考える. そこで本研究の 6 章では, 上述の種特性の中から, 種間の時間的すみ分けに寄与すると考えられるフェノロジー, 特に展葉時期のパターンといった葉フェノロジー (leaf phenology) に着目していく.

## 2.5. 東日本太平洋側の岩石海岸の植物群落および植物相

序論で述べた通り, 関東地方から東北地方にかけての東日本太平洋側は北方系の海岸植生と南方系の海岸植生の接点に当たり (Nakanishi 1980; 奥田 1986a; 鈴木 1994), 本地域を分布の北限, 南限とする植物や地域固有分類群の種数が多く (鈴木 1970; 福島県植物誌編さん委員会 1987; 勝山ほか 1997;

財団法人千葉県史料研究財団 2003; 宮城県植物誌編集委員会 2017), 植生地理学および植物地理学の観点から注目されてきた。

ススキクラスに位置付けられる草本群落については、西南日本に分布するイソアオスゲオーダーと北日本に分布するキリンソウーオオウシノケグサオーダーの境界域となっており、千葉県以南では前者に位置付けられるイソギクーハチジョウススキ群集 *Chrysanthemo-Miscantheum condensati* Ohba 1971 が、茨城県以北では後者に位置付けられるラセイタソウーハマギク群集 *Boehmerio-Chrysanthemetum nipponici* H. Nakanishi 1980 が分布している (奥田 1986a; 鈴木 1994)。一方、木本群落は、内陸の森林群落とおおむね対応した分布を持ち、ヤブツバキクラスに位置付けられるマサキートベラ群集 *Euonymo-Pittosporum tobira* Miyawaki et al. 1971 が岩手県南部を北限に分布する。

イソギクーハチジョウススキ群集の分布域である静岡県東部から千葉県、伊豆諸島にかけての地域には、多くの地域固有分類群が分布する。杉本 (1938) は、富士川以東の富士山や箱根山周辺、伊豆半島にマメザクラ、ハコネコメツツジ、ハコネラン、マツノハマネングサ、タテヤマギクなどの固有分類群が分布することや、伊豆諸島に多産し伊豆半島に分布が達するハマアジサイ (ガクアジサイ) やイガアザミ、ワダン、コハクサンボクなどが存在することを指摘している。その後、前川 (1949) は本地域を含む日本列島の植物区系区の一つとしてフォッサマグナ地域 (*Fossa Magna region*) と扱い、植松 (1951) は本区系区を特徴づける植物群をフォッサマグナ要素と名づけた。フォッサマグナ要素の植物分類群の生育環境は、海岸から亜高山・高山帯まで広範囲に及び、海岸の岩場や砂礫地、島嶼部 (伊豆諸島) にも複数の固有分類群が生育する (勝山ほか 1997)。それらのうち、房総、三浦、伊豆半島の海岸と伊豆諸島に生育するワダンやオオバヤシヤブシ、ハマコウゾリナなどは、伊豆諸島で種分化し、その後二次的に本州沿岸に渡った可能性がある (大場 1975, 1990)。

また、本地域は北方系の植物 (北日本に分布の中心を持つ植物) の分布の南限、あるいは南方系の植物 (西南日本に分布の中心を持つ植物) の北限であることが知られており、千葉県 (財団法人千葉県史料研究財団 2003)、茨城県 (鈴木ほか 1981)、福島県 (福島県植物誌編さん委員会 1987)、宮城県 (宮城県植物誌編集委員会 2017)、岩手県 (岩手県植物誌調査会 2018) の各県において、これらの県を分布の南限もしくは北限とする海岸植物や沿海地生の植物が複数種知られている。南方系の海岸生の植物は千葉県を分布の北限とするものが多いが、ハマナデシコやツワブキ、イヨカズラのように東北地方南部まで分布し、暖温帯 (ヤブツバキクラス域) の範囲とおおむね一致した分布を持ち、岩石海岸の草本群落におけるオーダー (イソアオスゲオーダー、キリンソウーオオウシノケグサオーダー) の境界とは分布が一致しない植物種も存在する。

本研究では、日本の植物地理学上重要な場所に位置し、固有分類群も多く分布する東日本太平洋側を調査対象とすることで、日本の海岸植生全般に適用可

能な知見を得るとともに、本地域の植物種多様性や植物相の保全に向けて注目すべき事柄を明らかにしていく。

表 2-1. 日本の海岸植生の群落体系（奥田・藤原 1994；村上ほか 2016；中西 2017 を参照）。

砂礫浜の植物群落 Sand and shingle beach communities
セイヨウオオバコクラス <i>Plantagineae majoris</i> Tx. et Prsg. 1950
オオバコオーダー <i>Plantagineae asiaticae</i> Miyawaki 1964
カモジグサーギシギシ群団 <i>Agropyro kamoji-Rumiclon japonici</i> Miyawaki et Okuda 1972
ハマダイコン群集 <i>Raphanetum raphanistroidis</i> Murakami in Miyawaki 1982
オカヒジキクラス <i>Salsotea komarovii</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
オカヒジキオーダー <i>Salsotelia komarovii</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
オカヒジキ群団 <i>Salsolion komarovii</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマヒルガオーオカヒジキ群集 <i>Calystegio soldanellae-Salsotetum komarovii</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
オカヒジキーハマアカザ群集 <i>Salsolo-Atriplicetum subcordatae</i> W. Lohm. et Miyawaki 1962
ホソバノハマアカザ群団 <i>Atriplicion gmelinii</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
アキノミチヤナギーホソバノハマアカザ群集 <i>Polygono polyneuron-Atriplicetum gmelinii</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ホソバノハマアカザーハママツナ群集 <i>Atriplici-Suaedetum maritimae</i> Miyawaki et Ohba 1969
ハマハコベーハマニンニククラス <i>Honkenyo-Elymetea</i> Tx. 1966
ハマハコベーハマニンニクオーダー <i>Honkenyo majoris-Elymetalia mollis</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
エゾオグルマーハマニンニク群団 <i>Senecioni pseudo-amicae-Elymion mollis</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハチジョウナーハマニンニク群集 <i>Soncho brachyotis-Elymetum mollis</i> Tx. 1966
ハマペンケイソウーハマニンニク群集 <i>Mertensio asiaticae-Elymetum mollis</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
エゾノコウボウムギーハマニンニク群団 <i>Carici macrocephalae-Elymion mollis</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマボウフウーエゾノコウボウムギ群集 <i>Glehnio littoralis-Caricetum macrocephalae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
スナビキソウーハマニンニク群団 <i>Messerschmidio-Elymion mollis</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
スナビキソウーハマニンニク群集 <i>Messerschmidio-Elymetum mollis</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマボウフウクラス <i>Glehnietalia littoralis</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマボウフウオーダー <i>Glehnietalia littoralis</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
コウボウムギ群団 <i>Caricion kobomugi</i> (Tx. 1966) Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマニンニクーコウボウムギ群集 <i>Elymo-Caricetum kobomugi</i> Miyawaki 1967
ハマグルマーコウボウムギ群集 <i>Wedelio-Caricetum kobomugi</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ウンランーケカモノハシ群集 <i>Linario japonicae-Ischaemetum antheophoroidis</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマグルマーケカモノハシ群集 <i>Wedelio-Ischaemetum antheophoroidis</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマニンニクーオニシバ群集 <i>Elymo mollis-Zoysietum macrostachyae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマグルマーオニシバ群集 <i>Wedelio prostratae-Zoysietum macrostachyae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマニガナービロードテンツキ群集 <i>Ixerido-Fimbristylidetum sericeae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマニガナークロイワザサ群団 <i>Ixerido-Thuareion involutae</i> Ohba 1973
ハマアズキーグンバイヒルガオ群集 <i>Vigno-Ipomoeetum pedis-caprae</i> Miyawaki et K. Suzuki 1976
オニシバ群集 <i>Zoysietum sinicae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマボウフウーツキイゲ群集 <i>Glehnio-Spinificetum littorei</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ミルスベリヒユ群集 <i>Sesuvietum portulacastri</i> Niuro et Miyagi 1981
ハマゴウクラス <i>Viticetea rotundifoliae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマゴウオーダー <i>Viticetalia rotundifoliae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
クロイワザサーハマゴウ群団 <i>Thuareio-Viticion rotundifoliae</i> Miyawaki et K. Suzuki 1976
クロイワザサーハマゴウ群集 <i>Thuareio-Viticetum rotundifoliae</i> Miyawaki et K. Suzuki 1976
キダチハマグルマ群集 <i>Wedelietum biflorae</i> Miyawaki et K. Suzuki 1976
ケカモノハシーハマゴウ群団 <i>Ischaemo-Viticion rotundifoliae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
チガヤーハマゴウ群集 <i>Imperato cylindricae-Viticetum rotundifoliae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ウンランーハマゴウ群集 <i>Linario-Viticetum rotundifoliae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマゴウーハイネズ群集 <i>Vitici rotundifoliae-Juniperetum confertae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマゴウーハイビャクシン群集 <i>Vitici rotundifoliae-Juniperetum procumbentis</i> Itow et Kawasato 1980
ノイバラクラス <i>Rosetea multiflorae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマナスオーダー <i>Rosetalia rugosae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマナス群団 <i>Rosion rugosae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ヤマブドウーハマナス群集 <i>Viti coignetiae-Rosetum rugosae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマナスーハイネズ群集 <i>Roso-Juniperetum confertae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
アキグミーハマナス群集 <i>Elacagno umbellatae-Rosetum rugosae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ハマナスーエゾノコリンゴ群集 <i>Roso-Maletum mandshuricae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
キジムシローハマナス群集 <i>Potentillo fragarioidis-Rosetum rugosae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973

表 2-1. 続き.

塩湿地の植物群落 Salt-marsh communities	
ヨシクラス	Phragmitetea Tx. et Prsg. 1942
ヨシオーダー	Phragmitetalia eurossibiricae Tx. et Prsg. 1942
ヨシ群団	Phragmition W. Koch 1926
	シオクグ群集 Caricetum scabrifoliae Miyawaki et Ohba 1969
	イセウキヤガラ群集 Scirpetum iseensis Miyawaki et Ohba 1969
	アイアシ群集 Phaceluretum latifolii Miyawaki et Okuda 1972
	ヒトモトスキ群集 Cladietum chinensis Ohba et Sugawara 1980
大型スゲオーダー	Magnocaricetalia Pign. 1953
	ホソバノヨツバムグラー大型スゲ群団 Galio brevipedunculati-Magnocaricion Miyawaki et K. Fujiwara 1970
	ヤラメスゲ群集 Caricetum lingbyei Okuda in Miyawaki 1988
	ムジナスゲ群集 Caricetum occultantis Miyawaki et Yasushi Sasaki 1980
	ヒライーカモノハシ群集 Junco yokoscensis-Ischaemetum glauci Okuda, K. Fujiwara et Miyawaki 1970
1 年生アッケシソウクラス	Thero-Salicometea R. Tx. 1954
1 年生アッケシソウオーダー	Thero-Salicometalia R. Tx. 1954
1 年生アッケシソウ群団	Thero-Salicomion Br.-Bl. 1933
	アッケシソウ群集 Salicometum brachystachyae Miyawaki et Ohba 1965
	シチメンソウ群集 Suaedetum japonicae Miyawaki et Ohba 1966
マリティマイクラス	Juncetea maritimi Br.-Bl. 1931
マリティマイオーダー	Juncetalia maritimi Br.-Bl. 1931
	マリティマドジョウツナギ群団 Puccinellion maritimae Tx. 1937
	ヒメウシオスゲ群集 Caricetum subspathaceae Ko. Ito 1963
	チシマドジョウツナギ群集 Puccinellietum kurilensis Miyawaki et Ohba 1965
	ドロイ群集 Juncetum gracillimi Ko. Ito 1963
	オオシバナ群集 Triglochinum maritimae Du Rietz et al. 1925
	ウシオスゲ群集 Caricetum ramenskii Miyawaki et Ohba 1965
ウラギククラス	Asteretea tripolium Westhoff et Beeftink 1962
ナガミノオニシバオーダー	Zoysietalia sinicae nipponicae Miyawaki et Ohba 1969
ナガミノオニシバ群団	Zoysion sinicae nipponicae Miyawaki et Ohba 1969
	ナガミノオニシバ群集 Zoysietum sinicae nipponicae Miyawaki et Ohba 1969
	フクド群集 Artemisietum fukudo Miyawaki et Ohba 1969
	ハマサジ群集 Limonietum tetragoni Miyawaki et Ohba 1969
	シバナ群集 Triglochinum maritimae asiatica Miyawaki et Ohba 1969
クラス, オーダー, 群団未定	Class, order, and alliance unknown
	ツルヒキノカサウミドリ群集 Ranunculo-Glaucetum obtusifoliae Miyawaki et Ya. Sasaki 1980

表 2-1. 続き.

岩石海岸の植物群落 Rocky-coast communities	
ススキクラス <i>Miscanthetea sinensis</i> Miyawaki et Ohba 1970	
キリンソウ-オオウシノケグサオーダー	<i>Sedo kantschatici-Festucetalia rubrae</i> H. Nakanishi 1980
エゾノカワラナデシコ-ホロマンノコギリソウ群団	<i>Diantho superbi-Achilleion angustifoliae</i> H. Nakanishi 1980
オオウシノケグサ-エゾネギ群集	<i>Festuco rubri-Allietum schoenoprasi</i> H. Nakanishi 1980
イワヨモギ-エゾヤマルリトラノオ群集	<i>Artemisio iwayomogi-Veronicetum miyabei</i> H. Nakanishi 1980
カラフトニンジン-シコタンスグ群集	<i>Conioselino kantschatici-Caricetum scabrinerviae</i> H. Nakanishi 1980
ハマオトコヨモギ-コハマギク群集	<i>Artemisio macrocephalae-Chrysanthemetum yezoensis</i> Okuda, K. Fujiwara et Miyawaki 1970
ハマイブキボウフウ群団	<i>Seselion ugoensis</i> H. Nakanishi corr. H. Nakanishi 2017
イソアオスゲ-エチゴトラノオ群集	<i>Carici meridiana-Veronicetum maritimae</i> H. Nakanishi corr. H. Nakanishi 2017
ハマボッス-キリンソウ群集	<i>Lysimachio mauritiana-Sedetum kantschatici</i> H. Nakanishi 1980
ラセイトソウ-ハマギク群集	<i>Boehmerio-Chrysanthemetum nipponici</i> H. Nakanishi 1980
イソアオスゲオーダー	<i>Caricetalia meridiana</i> H. Nakanishi corr. H. Nakanishi 2017
カワラナデシコ-ウシノケグサ群団	<i>Diantho-Festucion ovinae</i> H. Nakanishi 1980
ハマベノギク-チョウセンガリヤス群集	<i>Heteropappo-Kengietum hackelii</i> H. Nakanishi 1980
アキカラマツ-ワカサハマギク群集	<i>Thalictro-Chrysanthemetum wakasaense</i> H. Nakanishi 1980
ウシノケグサ-ハマボッス群集	<i>Festuco ovinae-Lysimachietum mauritiana</i> H. Nakanishi 1980
シマカンギク-トウテイラン群集	<i>Chrysanthemo indicum-Veronicetum ornatae</i> H. Nakanishi 1980 nom. corr.
ダルマガキ-ホソバワダン群集	<i>Astero-Crepidiastretum lanceolati</i> H. Nakanishi 1980
ボタンボウフウ群団	<i>Peucedanion japonici</i> Ohba 1971
イソギク-ハチジョウススキ群集	<i>Chrysanthemo-Miscantheum condensati</i> Ohba 1971
キノクニシオギク-アゼトウナ群集	<i>Chrysanthemo-Crepidiastretum keiskeani</i> Miyawaki et K. Fujiwara 1969
アシズリノジギク-アゼトウナ群集	<i>Dendranthemo ashizuriensis-Crepidiastretum keiskeani</i> Ohba et Sugawara 1979
シオギク群集	<i>Dendranthemum ornati</i> Ohba et Sugawara 1979
ホソバワダン-ボタンボウフウ群集	<i>Crepidiastro-Peucedanetum japonici</i> H. Nakanishi 1980
アゼトウナ-ハマナデシコ群集	<i>Crepidiastro keiskeani-Dianthetum japonici</i> Nakanishi 1980
ツワブキ-ノジギク群集	<i>Farfugio-Chrysanthemetum japonensis</i> H. Nakanishi 1980
サツマノギク-ホソバワダン群集	<i>Chrysanthemo ornati-Crepidiastretum lanceolati</i> K. Suzuki 1981
オキナワギク-ハチジョウススキ群集	<i>Astero miyagii-Miscantheum condensati</i> Miyawaki et al. 1972
オオシマノジギク-ホソバワダン群集	<i>Chrysanthemo crassi-Crepidiastretum lanceolati</i> K. Suzuki 1979
イソノギク-コウライシバ群集	<i>Astero asa-gray-Zoysietum tenuifoliae</i> K. Suzuki 1979
シマチカラシバ群集	<i>Pennisetum sordidi</i> Miyawaki et al. 1974
オオハマギク-ウ-シマチカラシバ群集	<i>Lobelio boninensis-Pennisetum sordidi</i> Ohba et Sugawara 1977
オガサワラススキ群集	<i>Miscantheum boninensis</i> Ohba et Sugawara 1977
ナンヨウカモジグサ-ススキ群集	<i>Gamotio-Miscantheum sinensis</i> Okutomi 1982
ヨモギクラス <i>Artemisietea principis</i> Miyawaki et Okuda 1972	
ヨモギオーダー <i>Artemisietalia principis</i> Miyawaki et Okuda 1972	
ツワブキ群団	<i>Farfugion japonici</i> Ohba et Sugawara 1979
イワタイゲキ群集	<i>Euphorbietum jokinii</i> Ohba et Sugawara 1979
ハマアザミ群集	<i>Cirsietum maritimi</i> Ohba 1973
オニヤブマ-ハマウド群集	<i>Boehmerio-Angelicetum japonicae</i> Miyawaki et al. 1980
シマアザミ-ハマウド群集	<i>Cirsio-Angelicetum japonicae</i> Murakami in Miyawaki 1986
ハチジョウアザミ-アシタバ群集	<i>Cirsio hachijoensis-Angelicetum keiskei</i> Murakami in Miyawaki 1986

表 2-1. 続き.

岩石海岸の植物群落 Rocky-coast communities
ソナレムグラ-イソマツクラス Hedyotido-Limonietea Miyawaki et K. Suzuki 1976
ソナレムグラ-イソマツオーダー Hedyotido-Limonietalia Miyawaki et K. Suzuki 1976
モクビャクコウ-イソマツ群団 Crossostepho-Limonion Miyawaki et K. Suzuki 1976
イソマツ-モクビャクコウ群集 Limonio wrightii-Crossostephietum Miyawaki et K. Suzuki 1976
ソナレムグラ-コウライシバ群団 Hedyotido-Zoysion tenuifoliae Miyawaki et K. Suzuki 1976
ソナレムグラ-コウライシバ群集 Hedyotido-Zoysietum tenuifoliae Miyawaki 1967
イソフサギクラス Philoxeretea Miyawaki et K. Suzuki 1976
イソフサギオーダー Philoxeretalia Miyawaki et K. Suzuki 1976
イソフサギ群団 Philoxerion Miyawaki et K. Suzuki 1976
イソフサギ群集 Philoxeretum wrightii Miyawaki et K. Suzuki 1976
ハマツメクサクラス Saginetea maximae Ohba et Sugawara 1978
ハマエノコロ-ハマツメクサオーダー Setario pachystachyos-Saginetalia maximae Ohba et Sugawara 1978
ハマエノコロ-ハマツメクサ群団 Setario pachystachyos-Saginion maximae Ohba et Sugawara 1978
ハマエノコロ-ハマツメクサ群集 Setario pachystachyos-Saginetum maximae Miyawaki et al. 1980
タチドジョウツナギ群集 Puccinellietum nipponicae Ohba et Sugawara 1980
ホウライシダクラス Adiantetea Br.-Bl. 1947
ホウライシダオーダー Adiantetalia Br.-Bl. 1931
ホウライシダ群団 Adiantion Br.-Bl. 1931
ハマホラシノブ-オニヤブソテツ群集 Sphenomero-Cyrtomietum falcati Ohba 1971
イワホウライシダ群集 Adiantetum ogasawarense Ohba et Sugawara 1977
ミツバノコマツナギクラス Indigoferetea trifoliatae Miyawaki et K. Suzuki 1976
ミツバノコマツナギオーダー Indigoferetalia trifoliatae Miyawaki et K. Suzuki 1976
ハリツルマサキ-テンノウメ群団 Mayteno-Osteomeleon anthyllidifoliae Miyawaki et K. Suzuki 1976
ハリツルマサキ-テンノウメ群集 Mayteno-Osteomeletum anthyllidifoliae Miyawaki et K. Suzuki 1976
シラゲテンノウメ-イワザンショウ群集 Osteomelo lanatae-Zanthoxyletum beecheyani Ohba et Sugawara 1977
コハマジンチョウ群集 Myoporetum boninense Ohba et Sugawara 1977
アツバクコ群集 Lycietum griseoli Ohba et Sugawara 1977
ボロジノニシキノウ-ミズガンビ群集 Euphorbio sparmanni-Pemphisetum acidulae Niiro et Miyagi 1981
クラス, オーダー, 群団未定 Class, order, and alliance unknown
イソヤマテンツキ群集 Fimbr y stylidetum ferrugineae Ohba 1970
ハマフウロ-ヒロハクサフジ群集 Ceranio pseudopalustris-Vicietum japonicae Tx. 1967

表 2-1. 続き.

海岸林 Coastal scrub and forests
ヤブツバキクラス <i>Camellietea japonicae</i> Miyawaki et Ohba 1963
カクレミノースダジイオーダー <i>Dendropanaco-Castanopsietalia</i> Miyawaki et Ohba 1963
トベラ群団 <i>Pittosporion tobira</i> Nakanishi et H. Suzuki 1974
アカテツ-ハマビワ群集 <i>Planchonello-Litsetum japonicae</i> Miyawaki et al. 1974
オニヤブソテツ-ハマビワ群集 <i>Cyrtomio-Litsetum japonicae</i> Sumata, Mashiba et Suz-Tok. 1969
ホソバワダン-マルバニッケイ群集 <i>Crepidiastro-Cinnamometum daphnoidis</i> H. Nakanishi et H. Suzuki 1974
トベラ-ウバメガシ群集 <i>Pittosporo-Quercetum phillyraeoidis</i> Suz-Tok. et Hatiya 1951
マサキ-トベラ群集 <i>Euonymo-Pittosporum tobira</i> Miyawaki et al. 1971
ブナクラス <i>Fagetea crenatae</i> Miyawaki, Ohba et Murase 1964
シオジ-ハルニレオーダー <i>Fraxino-Ulmetalia</i> Suz-Tok. 1967
エゾイタヤ-シナノキ群団 <i>Aceri glabri-Tilion japonicae</i> Ohno in Miyawaki 1987
エゾイタヤ-シナノキ群集 <i>Aceri glabri-Tilietum japonicae</i> Mochida et Tohyama ex Ohno in Miyawaki 1987
エゾイタヤ-ケヤキ群集 <i>Aceri glabri-Zelkovetum serratae</i> Hukushima et al. 1973 corr. Ohno in Miyawaki 1985
オーダー未定 Order unknown
カシワ群団 <i>Quercion dentatae</i> Miyawaki et Ya. Sasaki 1980
エゾノヨロイグサ-カシワ群集 <i>Angelico anomalae-Quercetum dentatae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
エゾノヨロイグサ-モンゴリナラ群集 <i>Angelico anomalae-Quercetum mongolicae</i> Ohba, Miyawaki et Tx. 1973
ヤマカモジグサ-カシワ群集 <i>Brachypodio-Quercetum dentatae</i> Miyawaki et Sasaki 1980
オオクマガサ-カシワ群集 <i>Saso chartaceae-Quercetum dentatae</i> Murakami in Miyawaki 1988
オオハマボウ-アダンクラス <i>Hibisco-Pandanetea</i> Miyawaki et K. Suzuki 1976
オオハマボウ-アダンオーダー <i>Hibisco-Pandanetalia tectorii</i> Miyawaki et K. Suzuki 1976
アダン群団 <i>Pandanion tectorii</i> Miyawaki et K. Suzuki 1976
アダン群集 <i>Pandanetum tectorii</i> Miyawaki et al. 1974
モンパノキ-クサトベラ群集 <i>Messerschmidio-Scaevoletum taccadae</i> Miyawaki et K. Suzuki 1976
オガサワラピロウ-タコノキ群集 <i>Livistonio boninensis-Pandanetum boninensis</i> Ohba et Sugawara 1977
クロミノオキナワスズメウリー-オオハマボウ群集 <i>Melothro-Hibiscetum tiliacei</i> Miyawaki et K. Suzuki 1976
ハマボウ群団 <i>Hibiscion hamabo</i> K. Suzuki in Miyawaki 1981
ハマボウ群集 <i>Hibiscetum hamabo</i> H. Nakanishi 1979
クラス, オーダー未定 Class and order unknown
イボタクサギ-シイノキカズラ群団 <i>Clerodendro-Derriion trifoliatae</i> Miyawaki et al. 1985
イボタクサギ-シイノキカズラ群集 <i>Clerodendro-Derriietum trifoliatae</i> Miyawaki et al. 1985
シイノキカズラ-オオハマボウ群集 <i>Derrio-Hibiscetum tiliacei</i> Miyawaki et al. 1985

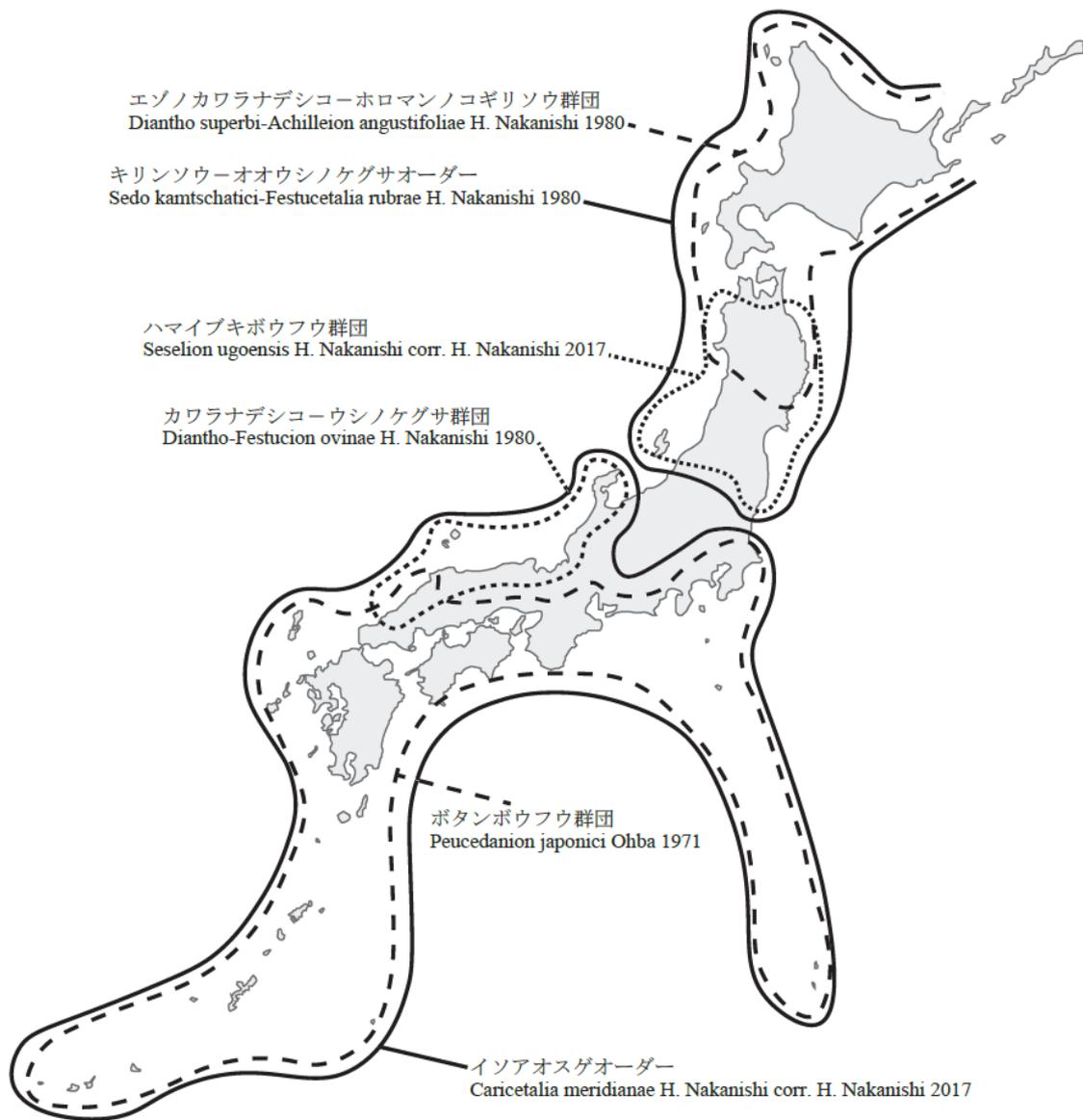


図 2-1. イソアオスゲオーダーとキリンソウ-オオウシノケグサオーダーおよび両オーダーに含まれる群団の地理分布 (Nakanishi 1980; 奥田 1986a; 鈴木・矢ヶ崎 2001 の情報を参考に作成).

### 3 章 東日本太平洋側の岩石海岸における草本群落の種組成の地域間比較

#### 3.1. 背景と目的

東日本太平洋側の岩石海岸は，ススキクラスにまとめられる2つのオーダー，群団の草本群落の境界域となっており，千葉県以南にイソアオスゲオーダーのボタンボウフウ群団に位置づけられるイソギク－ハチジョウススキ群集 *Chrysanthemo-Miscanthenum condensati* Ohba 1971 が，茨城県以北にキリンソウ－オオウシノケグサオーダーのハマイブキボウフウ群団に位置づけられるラセイタソウ－ハマギク群集 *Boehmerio-Chrysanthemetum nipponici* H. Nakanishi 1980 が分布している (Nakanishi, 1980; 奥田 1986a) (図 2-1)。

本地域の海岸植生や沿海地の植生のうち，木本群落のトベラ－マサキ群集 *Euonymo-Pittosporum tobira* Miyawaki et al. 1971 やイノデータブ群集 *Polysticho-Perseetum thunbergii* Suz.-Tok. et Wada 1949 は，どちらもヤブツバキクラスに位置づけられる木本群落であり，暖温帯のほぼ北限の岩手県南部まで分布している (藤原 1990)。塩沼地の植物群落も，仙台湾付近を境界に北方型のマリティマイオーダー *Juncetalia maritimi* Br.-Bl. 1931 と南方型のナガミノオニシバオーダー *Zoysietalia sinicae nipponicae* Miyawaki et Ohba 1969 が分布しており (大場 1980a)，暖温帯と冷温帯の境界と一致する分布を持つ。一方，岩石海岸の草本群落のオーダー，群団の分布境界は，前述のとおり千葉県と茨城県の間であり，暖温帯と冷温帯の境界と一致しておらず，種組成の地域差には気候以外の要因も関わっている可能性がある。また，ツワブキやハマナデシコ，イヨカズラといった南方系の岩石海岸生の種の中には，両オーダーの境界をこえて茨城県以北まで分布するものが存在する (鈴木ほか 1981; 福島県植物誌編さん委員会 1987; 宮城県植物誌編集委員会 2017; 岩手県植物誌調査会 2018) が，既存の植生学的な研究 (Nakanishi 1980) ではこれらの種群は触れられておらず，オーダー，群団の境界域における群落構成種の特徴は十分に把握されていないと考えられる。

そこで本章では東日本太平洋側の岩石海岸において，特にススキクラスに位置づけられる草本植生を研究対象とし，地域ごとの種組成の特徴とその違い，およびその背景となる諸要因を明らかにすることを目的とする。

#### 3.2. 方法

##### 3.2.1. 調査地域の概要

宮城県から静岡県伊豆半島にかけてを調査範囲とした (表 3-1)。調査スタンドは，宮城県で9スタンド，茨城県で5スタンド，千葉県で46スタンド，神奈川県では65スタンド，静岡県で41スタンド，計166スタンドである。

千葉県と神奈川県、静岡県の伊豆半島では、主要な海崖をなるべく網羅するように調査スタンドを設定した。宮城県と茨城県の調査スタンド数は少なく、福島県では調査できていないが、後述する地域区分を網羅するように調査スタンドを設置しており、調査地域の主要な岩石海岸すべてを対象に調査できたと考える。

調査地最寄りの気象観測所の1991年–2020年の観測データ(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2022.10 参照)を表3-2に示す。年平均気温は約11.5°Cから17.2°C、暖かさの指数(WI)は89から146°C・月、寒さの指数(CI)は0から–11°C・月で、全域が暖温帯に属する。銚子以南では年平均気温が16°Cから17°C程度、暖かさの指数が130以上、寒さの指数が0°C・月であるが、茨城県以北では緯度の上昇とともに大きく気温が低下する。

### 3.2.2 調査地域の区分

岩石海岸の間に存在する砂浜や海域は、岩石海岸生の植物の分散制限の要因になると想定される。そこで、直線距離が9 km以上の大規模な砂浜、もしくは海域にもとづき海崖を区分した。以降、断りがない限りは本区分を用い、行政区分(都道府県)は用いない。9 km以上という数値は、神奈川県の三浦半島と千葉県の房総半島の岩石海岸のおおよその最短距離である。三浦半島に分布するヒロハクサフジが房総半島で絶滅以降再確認されていないこと(千葉県レッドデータブック改訂委員会2009)や、現地観察でも東京湾を挟んだ両半島で出現種に差異がみられたことから、岩石海岸生の植物にとって、ある程度の分散制限をもたらす距離と判断した。この定義に従うと、調査地域は宮城(宮城県の全調査地。9スタンド)、茨城(茨城県の全調査地。5スタンド)、銚子(銚子市の全調査地。5スタンド)、房総1(いすみ市から鴨川市。24スタンド)、房総2(南房総市から富津市。17スタンド)、三浦(三浦半島全域。61スタンド)、伊豆半島(神奈川県真鶴町と伊豆半島全域。45スタンド)の7地域に区分される。

### 3.2.3. 植生調査

各調査地においてススキをはじめとする高茎草本が優占する群落を対象に植生調査を実施した。調査スタンドの面積は4 m<sup>2</sup>を基本としたが、群落の広がりに応じて2 m<sup>2</sup>–4 m<sup>2</sup>の間を取った。スタンド内に生育する全植物種の被度%、植被率、植生高(1スタンドあたり5箇所測定)を記録した。各スタンドの位置はGPSロガー(GPSmap62s, GARMIN社製)で記録した。調査期間は2017年から2019年5月にかけてである(表3-1)。得られた植生調査資料をもとに、表操作法(Mueller-Dombois & Ellenberg 1974)によって植生単位の識別を行った。加えて、出現種の有無データを用いて、DCA(Detrended Correspondence Analysis)による調査スタンドの序列化を行った。DCAでは、隣接地域の植生単位に対する種組成の類似性を把握するため、宮脇(1984)から紀伊半島に分布するキノクニシオギクアゼトウナ群集

*Chrysanthemo-Crepidiastretum keiskeani* Miyawaki et K. Fujiwara 1969  
の植生資料を引用して解析を行った。

#### 3.2.4. 出現種の種特性の把握

##### 分布域による区分

大橋ほか（2015, 2016a, 2016b, 2017a, 2017b）と中西（2018）、調査地域の植物誌など（鈴木 1970; 福島県植物誌編さん委員会 1987; 財団法人千葉県史料研究財団 2003; 宮城県植物誌編集委員会 2017; 神奈川県植物誌調査会 2018）を参照し、北方系（関東地方や中部地方、あるいは西南日本の山地を分布の南限とするもの）、南方系（関東地方や東北地方南部を分布の北限とし、分布域が概ね暖温帯の範囲と対応するもの）、広域（日本国内に広く分布するもの）、固有（関東地方とその周辺に固有な分類群）、外来（外来種）の5タイプに区分した。

##### 生育環境による区分

「岩石海岸生」、「準岩石海岸生」、「非岩石海岸生」の3つに区分した。岩石海岸生は岩石海岸にほぼ生育が限られる分類群である。準岩石海岸生は、主要な生育環境が岩石海岸であるものの、海岸林や砂礫浜といったその他の立地環境にも生育する分類群である。非岩石海岸生は、岩石海岸以外の立地環境に広く生育し、岩石海岸に特徴的な植物とはみなせない分類群である。区分にあたっては、澤田ほか（2007）と中西（2018）を主に参照したが、各種の生育地点が詳しく示された文献（財団法人千葉県史料研究財団, 2003; 神奈川県植物誌調査会, 2018）も補足的に確認した。

##### 種子散布様式による分類

文献（主に石川 1994; 中西 1994, 2018; 財団法人千葉県史料研究財団 2003）と観察結果にもとづき、出現種の種子散布型を①水流（TH）（海水に浮かび散布されるもの）、②雨滴（OM）（蒴果が上向きに開き、雨粒で種子が散布されるもの）、③風（微細）（AN(s)）（種子や胞子サイズが小さく、風で飛ばされるもの）、④風（綿毛）（AN(po)）（冠毛などを持ち、風で飛ばされるもの）、⑤風（翼）（AN(pt)）（翼を持ち、風で飛ばされるもの）、⑥振動（AB）（果実上部が開き、花茎が風で揺られて種子散布するもの）、⑦被食（EN）（果実が動物に被食されて種子散布するもの）、⑧付着（EP）（動物や人に果実や種子が引っかかって散布されるもの）、⑨アリ（MY）（種子に付属物を持ち、アリが種子散布するもの）、⑩重力（BA）（種子散布のための特別な構造を持たないもの）、⑪栄養繁殖（VE）（通常は種子繁殖せず、地下茎などによって栄養繁殖するもの）、⑫自動（AU）（植物体の構造により、自力で種子を弾き飛ばすもの）の12タイプに区分した。なお、財団法人千葉県史料研究財団（2003）で重力散布とされているものであっても、種子サイズや形状がラン科植物と同程度の種（約0.5 mm以下か、約1 mm以下で翼を持つもの）については、風（微細）とみなした。

本章においては、基本的には変種以上の分類群を独立したものとして扱った。ただし、以下の分類群は明確な分類が困難であったため、本研究では一つの分類群として扱った。

ススキ *Miscanthus sinensis* とハチジョウススキ *Miscanthus condensatus* についてはススキとして扱った。両種は雑種であるエノシマススキを生じ、区分がしばしば困難であるためである。また、ヘクソカズラ *Paederia foetida* と変種のハマサオトメカズラ var. *maritima*, ノブドウ *Ampelopsis glandulosa* var. *heterophylla* と変種のテリハノブドウ var. *hancei* についても、中間型の存在で区分が困難だったため、それぞれヘクソカズラとノブドウとして扱った。メダケ属 *Pleioblastus* の分類群のうち、アズマネザサ *P. chino*, キボウシノ *P. kodzuma*, メダケ *P. simonii* のメダケ属 3 分類群は正確な判別が困難だったため、メダケ属の一種 *Pleioblastus* spp. としてまとめて扱った。

### 3.2.5. 地域区分における種組成の特徴の把握

各地域区分を特徴づける出現種、すなわち診断種群を明らかにするために、各スタンドにおける出現種の有無データを用いて  $\Phi$  係数を算出した。 $\Phi$  係数は -1 から 1 の範囲を取り、群集や群落に偏在する種、すなわち診断種 (Diagnostic species) の抽出に用いられる。Tichý & Chytrý (2006) の手法に従い、すべての群落のサンプル数を均等化したのちに算出した。 $\Phi$  係数 0.2 以上、フィッシャーの正確確率検定  $P < 0.01$  の種を診断種と判断した。

## 3.3. 結果

### 3.3.1. 群落区分

表操作の結果、調査地の植生調査データは以下の 2 群落 5 下位単位に区分された (表 3-3)。

#### A: ハマギクーススキ群落

宮城県および茨城県の植生調査データが該当し、ハマギクとマルバトウキを識別種とする。ハマギクを識別種とし、ラセイトソウの常在度が高いことから、ラセイトソウ-ハマギク群集に同定される。

#### Aa: オオウシノケグサ下位単位

宮城の植生調査データが該当し、コハマギクやオオウシノケグサ、ヒメヤブランなど 17 種を識別種とする。優占種はススキやハマギク、オオウシノケグサ、コハマギクなどである。コハマギクやオオウシノケグサなどを識別種とすることから、スカシユリ亜群集 Subass. *Lilietosum maculati* に同定される。出現種数は平均 17.7 種 (13 種から 26 種) である。

#### Ab: オニヤブソテツ下位単位

茨城の植生調査データが該当し、オニヤブソテツやテリハノイバラ、ツワブ

キ、ツボクサ、スギナなど 8 種を識別種とする。優占種はハマギクとススキである。識別種にスギナを含む点やラセイタソウの常在度や優占度が高い点でヤマカモジグサ亜群集 *Subass. Brachypodietosum sylvatici* に類似するが、ツワブキやツボクサといった南方系の種も識別種に含む点で異なる。出現種数は平均 17.4 種（12 種から 25 種）である。

#### B：イソギクーススキ群落

銚子、房総 1、房総 2、三浦、伊豆の植生調査データが該当し、イソギク、ボタンボウフウ、マルバアキグミ、ラセイタソウを識別種とし、イソギクーハチジョウススキ群集に同定される。

#### Ba：スイカズラ下位単位

銚子の全スタンド、房総 1、房総 2、三浦、伊豆の植生調査データが該当し、スイカズラやメダケ属、ヘクソカズラ、カタバミ、コマツナギなど 10 分類群を識別種とする。出現種数は平均 21.8 種（12 種－38 種）で、3 つの下位単位の中でもっとも多い。

#### Bb：典型下位単位

房総 1、房総 2、三浦、伊豆の植生調査データが該当し、特定の識別種を持たない。房総 1、房総 2、三浦のスタンドでは、ワダンやハマナデシコの常在度が高い傾向がある。出現種数は平均 11.3 種（6 種－28 種）である。

#### Bc：アゼトウナ下位単位

伊豆の植生調査データが該当し、アゼトウナを識別種とする。出現種数は平均 10.4 種（6 種－19 種）で、3 つの下位単位の中でもっとも少ない。

### 3.3.2. DCA による群落単位および地域区分の序列

現地調査資料と紀伊半島の既存植生資料を用いた DCA の結果を図 3-1 と図 3-2 に示す。図 3-1 より、1 軸値の高い方から順に、ハマギクーススキ群落オウシノケグサ下位単位 (Aa)、オニヤブソテツ下位単位 (Ab)、イソギクーススキ群落スイカズラ下位単位 (Ba)、典型下位単位 (Bb)、アゼトウナ下位単位 (Bc)、キノクニシオギクーアゼトウナ群集が序列された。

また、図 3-2 より、1 軸値のもっとも高い範囲に宮城のスタンドが序列され、次いで高い範囲に茨城に序列された。銚子から房総 1、房総 2、三浦、伊豆のスタンドは 1、2 軸値ともかなり重複しているが、銚子のスタンドは 1 軸値が相対的に高い範囲に序列された。伊豆のスタンドは 1 軸値が相対的に低く、紀伊のスタンドに近い範囲に序列された。

### 3.3.3. 出現種の分布域と生育環境

図 3-3 に各調査スタンドにおける出現種の分布域別の割合を、図 3-4 に出現種の生育環境別の割合を示す。なお、調査スタンドは、グラフの左側から緯度が高い順に並べて示している。

宮城の 9 スタンドでは広域分布が平均 57.4%、北方系が平均 36.0%、南方系が平均 1.8%、外来が 4.7%であり、全地域区分の中で北方系と外来の種の割

合がもっとも高く、南方系の種の割合がもっとも低かった。生育環境別にみると、岩石海岸生が平均 5.9%、準岩石海岸生が平均 14.4%、非岩石海岸生が平均 79.6%だった。

茨城の 5 スタンドでは広域分布が平均 72.9%、北方系が平均 10.5%、南方系が 15.8%、外来が平均 0.8%で、全地域区分の中で広域分布の種の割合がもっとも高く、北方系の種の割合が宮城ブロックに次いで高かった。生育環境別にみると、岩石海岸生が平均 6.1%、準岩石海岸生が平均 14.2%、非岩石海岸生が平均 79.7%であり、各タイプが宮城とほぼ同じ割合を示した。

銚子より南では、いずれの地域区分においても広域分布（平均 41.2%から 59.0%）、南方系（平均 19.7%から 46.2%）、固有（平均 8.4%から 17.4%）の順で割合が大きかった。その中で、銚子は北方系の割合が平均 3.9%と相対的に高く、南方系の割合が平均 19.7%と相対的に低かった。伊豆は南方系の種の割合が平均 46.1%ともっとも高かった。

生育環境別にみると、銚子で岩石海岸生が平均 6.6%、準岩石海岸生が平均 19.8%、非岩石海岸生が平均 73.6%であり、千葉 1 以南と比較して各タイプ岩石海岸生の種の割合や、岩石海岸生と準岩石海岸生の合計の種の割合が低かった。伊豆は岩石海岸生が平均 22.5%、準岩石海岸生が平均 25.3%、非岩石海岸生が平均 52.2%であり、全地域区分の中で岩石海岸生と準岩石海岸生が占める割合がもっとも高く、非海岸生の種の割合がもっとも低かった。

### 3.3.4 地域区分の診断種とその特徴

表 3-4 に 7 地域の診断種の一覧を示す。また、図 3-5 に各地域区分における診断種の分布域別の割合を、図 3-6 に診断種の種子散布様式別の割合を、図 3-7 に診断種の生育環境別の割合を示す。

宮城の診断種はコハマギクやオオウシノケグサ、ゼンテイカ、ハمامギ、ハマギクなど 16 種で、北方系の種の割合が 62.5%と最も高かった。種子散布様式は風（綿毛）の割合が 31.3%ともっとも高く、風（翼）と被食がそれぞれ 25%と次いで多かった。生育環境は純岩石海岸生が 6.3%、準岩石生が 12.5%、非岩石性が 87.5%だった。

茨城の診断種はハマギクとスギナ、ヤハズエンドウ、ラセイタソウ、ハマボスの 5 種で、北方系のハマギクを除く 4 種は広域分布だった。種子散布様式は風（微細）が 2 種で、風（綿毛）と振動、自動がそれぞれ 1 種だった。生育環境は純岩石海岸生が 1 種、準岩石と非岩石海岸生がそれぞれ 2 種だった。

銚子の診断種はタチツボスミレやツルボ、ケカモノハシ、ハマアキノキリンソウなど 11 種で、広域が 63.6%、固有が 27.3%、北方系が 9.1%であり、固有の割合がもっとも高かった。種子散布様式は重力と風（翼）の割合がそれぞれ 27.3%でもっとも高く、風（綿毛）が 18.2%と次いで高かった。生育環境は純岩石海岸生が 0%、準岩石海岸生が 27.3%、非岩石海岸生が 72.7%だった。

房総 1 の診断種はガクアジサイとヒロハイヌツゲ、ツワブキ、ホタルブクロ、イソギクの 5 種で、南方系が 3 種、固有と広域分布が 1 種だった。種子散布様

式は風（綿毛）が 2 種で，風（微細），振動，被食が 1 種だった．生育環境は純岩石海岸生が 0 種，準岩石海岸生が 1 種，非岩石海岸生が 4 種だった．

房総 2 の診断種はケネザサやキンエノコロ，イソアオスゲ，ナンテンハギ，ホソムギなど 10 種で，広域分布が 60%，南方系が 30%，外来が 10% だった．種子散布様式は重力散布の割合が 30% ともっとも高く，次いで被食が 20% と高かった．生育環境は純岩石海岸生が 0%，準岩石海岸生が 10%，非岩石海岸生が 90% だった．

三浦の診断種はヒゲスゲやタマムラサキ，ボタンボウフウ，チョウセンガリヤス，ヒロハクサフジなど 12 種で，広域分布が 63.6%，南方系が 27.3%，北方系が 9.1% だった．種子散布様式は重力の割合が 36.4% ともっとも高く，風（翼），被食，自動がそれぞれ 18.2% と次いで高かった．生育環境は純岩石海岸生が 18.2%，準岩石海岸生が 0%，非岩石海岸生が 81.8% だった．

伊豆の診断種はアゼトウナ，イズアサツキ，ウバメガシ，ヤマハギ，ハマアザミの 5 種で，南方系が 3 種，固有が 1 種，広域分布が 1 種だった．種子散布様式は風（綿毛）と重力がそれぞれ 2 種で，風（翼）が 1 種だった．生育環境は純岩石海岸生が 2 種，準岩石海岸生が 0 種，非岩石海岸生が 3 種だった．

### 3.4. 考察

#### 3.4.1. 群落単位の地理分布と種組成の特徴

宮城県から静岡県伊豆半島にかけての岩石海岸で得られた植生調査資料は，表操作により，宮城と茨城の資料がラセイタソウーハマギク群集に同定されるハマギクススキ群集に，千葉県銚子以南の資料がイソギクーハチジョウススキ群集に同定されるイソギクススキ群集に分けられ，さらに 5 つの下位単位が識別された（表 3-3）．この結果は，茨城県以北にラセイタソウーハマギク群集および上級単位のキリンソウーオオウシノケグサオーダーが分布し，千葉県以南にイソギクーハチジョウススキ群集および上級単位のイソアオスゲオーダーが分布するとする既存研究（Nakanishi, 1980; 奥田 1986a）の見解と一致していた．

識別された群落単位には，おおむね緯度・経度の変化に応じた地理分布がみられた（表 3-3）．すなわち，ハマギクススキ群集オオウシノケグサ下位単位は宮城，同群落オニヤブソテツ下位単位は茨城に分布していた．イソギクススキ群集の 3 下位単位の地理分布には重複が見られるものの，スイカズラ下位単位は銚子の全スタンドが該当し，伊豆では局所的であり，やや高緯度に偏った分布を持っていた．一方，アゼトウナ下位単位は伊豆のみに分布していた．DCA の結果（図 3-1）からは，これら高緯度から低緯度にかけて分布する 5 つの下位単位は，ある程度の連続性を持って種組成が変化していることが示されており，南方系の漸次的な増加あるいは北方系種の減少と主に関連していると考えられる（図 3-3）．こうした結果は，ラセイタソウーハマギク群集の南限

域（本研究におけるハマギクススキ群落オニヤブソテツ下位単位）の種組成において明瞭であり，西南日本に分布の中心を持つツワブキやツボクサが識別種群に含まれていた．先行研究では，ラセイタソウーハマギク群集の成立域の南限に位置する茨城県や福島県において，識別種がヤマカモジグサとスギナの2種で，平均出現種数が7種，あるいは10種前後と少ないヤマカモジグサ亜群集が記録されており（Nakanishi 1980, 奥田 1986a），千葉県以南のイソギクーハチジョウススキ群集の種組成との類似性は指摘されていなかった．一方で，ツワブキやツボクサ，ハマナデシコといった南方系の種が茨城県以北まで分布することは以前から知られていた（鈴木ほか 1981；福島県植物誌編さん委員会 1987；宮城県植物誌編集委員会 2017；岩手県植物誌調査会 2018）．本研究の結果は，地域フロラの研究結果とよく対応するものであるといえる．また，イソギクーハチジョウススキ群集の西南限（本研究におけるイソギクススキ群落アゼトウナ下位単位）において，同じくイソアオスゲオーダーに位置付けられ近畿地方に分布するキノクニシオギクーアゼトウナ群集との種組成の類似性がみられた（図 3-1）．同一の上級単位に含まれる群集間においても，種組成は連続性を持って変化していると考えられる．

#### 3.4.2. 地域間の種組成の違いをもたらす要因

調査地の気候はいずれも暖温帯だが，緯度の低下とともに平均気温や暖かさの指数が上昇している（表 3-2）．南方系あるいは北方系の種の割合が緯度に沿って連続的に変化していること（図 3-3）や，DCA1 軸値による調査スタンドの序列が緯度の違いとおおむね対応していることから，東日本太平洋側の岩石海岸において，ススキクラスの草本植生における種組成の地域間の違いは，第一には緯度に沿った温度勾配によってもたらされていると考えられる．加えて，銚子以南に分布し，茨城県以北には分布しない種群，すなわちイソギクーハチジョウススキ群集の分布域と対応する植物種も存在し（表 3-3），ラセイタソウーハマギク群集，あるいは両群集の上級単位（キリンソウーオオウシノケグサオーダー，イソアオスゲオーダー）との境界は明瞭であった．銚子以南は年平均気温 15°C 以上で，一部を除いて年最低気温が -3.5°C 以上であり，Koshimizu (1938) のハマオモト線（年平均気温 15°C，年最低気温 -3.5°C）の基準線よりも南にあたり，寒さの指数が 0 である（表 3-2）．それに対して，茨城以北では年平均気温や年最低気温が低く，寒さの指数も算出された．ハマオモト線は，ハマオモトを始めとする暖地性の植物種の分布北限と対応している（Koshimizu 1938）．また，寒さの指数が 0 の等値線付近より南では常緑広葉樹の二次林が成立し，暖地性の園芸植物も多く栽培されている（貝塚・竹内 1986）．したがって，ハマオモトの分布北限などで指標される気温条件がイソギクーハチジョウススキ群集を特徴づける種群の分布域を決定づけている可能性は十分に考えられる．

他方で，岩石海岸の草本群落のオーダー，群団の分布境界は暖温帯と冷温帯の境界より南に位置しており，森林植生や塩沼地植生においてクラス，オーダ

一の境界が東北地方南部に存在し（大場 1980; 藤原 1990）、気候帯の境界と一致するのとは異なっている。また、現在は銚子が分布北限のイソギクは、過去に茨城県南部での生育が記録されており（鈴木ほか 1981）、分布域外の福島県いわき市でも園芸由来と思われる逸出個体が採集されている（根本秀一氏私信）など、各種の分布域と耐寒性は必ずしも一致していない。ラセイタソウーハマギク群集の分布範囲（宮城県、茨城県）ではイソギクーハチジョウススキ群集の分布範囲と比較して非岩石海岸生の種が高い傾向がみられた（図 3-4）。非岩石海岸生の種の大半は内陸にも生育する植物種であり、海岸特有の環境ストレスへの耐性が小さいと考えられる。茨城県以北は気温が低いことに加えて本州東岸に位置するため、南側や西側から移動してくる台風や季節風の影響を受けにくく、過去 50 年間に上陸した台風の個数は、千葉県から静岡県では計 29 個だが、茨城県から宮城県では 1 つも上陸していない

（[https://www.data.jma.go.jp/yoho/typhoon/route\\_map/index.html](https://www.data.jma.go.jp/yoho/typhoon/route_map/index.html), 2022.11 参照）。これらの背景が、非岩石海岸生の種の多さと関わっていると考えられる。海岸植物は、内陸生の植物との競争に不利であるとされる（由良 2000; 黒田ほか 2017）。また、ラセイタソウーハマギク群集の標徴種のハマギクは、日本産のキク科として数少ない木本であり（いがり 2007）、草本のイソギクなどと比べて種間競争に有利であると考えられる。したがって、イソギクーハチジョウススキ群集の構成種の多くが茨城県以北に北上できず、オーダーや群団の境界が千葉県と茨城県の間に位置する背景には、気温低下の直接的な影響だけでなく、高緯度地域での環境ストレスの低下に伴う非岩石海岸生、あるいは大型の植物の増加による植物種間競争の増大も寄与している可能性も考えられる

加えて、各地域の診断種の種子散布様式を見ると、アリ散布や重力散布といった散布距離が短いと考えられる種も含まれていた（図 3-6）。海岸植物には海流によって種子が長距離散布される種が存在するが、岩石海岸の植物では海流散布の能力に乏しい種が多く（中西 2018）、このことも地域間での種組成の違いに寄与していると考えられる。

最終氷期から後氷期にかけての気温変化は植物種や植生の分布の変化をもたらし、関東地方の平野部においては後氷期初期の 8000 年前にはナラを主体とする落葉広葉樹林が成立していたのが、約 4000 年前には温帯性針葉樹を含む常緑広葉樹林に限られた範囲ながら成立するようになったことが花粉分析から判明している（内山 1998）。冷温帯林の優占種であるブナは、最終氷期に北緯 38°（新潟県、東北地方南部）以南に分布し（塚田 1984）、後氷期の 1200 年前には現在の分布北限付近である北海道の黒松内低地に達し（紀籐・瀧本 1999）、現在もゆっくりとしたペースで分布拡大が続いている（田村ほか 2016）。また、砂浜においてはグンバイヒルガオやハマゴウの越冬個体の新たな北限が記録されており（中西 2016; 横川・自然と本の会 2018; 中村ほか 2020）、海流散布による明らかな分布拡大が生じている。岩石海岸の草本植生の分布変遷を明示する研究例はないものの、やはり後氷期にキリンソウーオオ

ウシノケグサオーダーを特徴づける北方系の種群の分布の後退と、イソアオスゲオーダーやイソギクハチジョウススキ群集を特徴づける南方系、あるいは関東地方固有の種群の分布の北上が起こったことが推測される。しかしながら、岩石海岸生種と内陸生種との競争、種子散布制限などの要因によって各種の分布拡大のペースはゆるやかなものになり、現在の群落単位の境界が成立するとともに、地域間での群落構成種の差異が維持されていると考えられる。

表 3-1. 調査地一覽.

Prefecture	Region	Location	Site names	Number of stands	Latitude	Longitude	Survey period
宮城県 Miyagi Pref.	宮城 Miyagi	Karakuwacho, Kesenuma city	KAR	9	38°54' - 38°51'	141°40' - 141°40'	Sep. 2018
茨城県 Ibaraki Pref.	茨城 Ibaraki	Hirakatacho, Kitaibaraki city Tajiricho, Hitachi city	KIT HIT	3 2	36°51' 36°37'	140°48' 140°41'	May 2019
	銚子 Choshi	Choshi city	CHO	5	35°43' - 35°43'	141°50' - 140°52'	Sep. 2017
		Cape Taitou, Misakicho, Isumi city	TAI	4	35°19'	140°24'	
		Cape Hachiman, Oohara, Isumi city	HA	4	35°14'	140°24'	
		Oohatsuki, Iwawada, Onjuku town	OH	5	35°11'	140°22'	
	房総1	Hebara, Katsuura city	HB	2	35°10'	140°20'	
	Bousou 1	Cape Kurogahana, Matsube, Katsuura city	KR	4	35°08'	140°18'	
千葉県 Chiba Pref.		Osenkorogashi, Oosawa, Katsuura city	OSE	2	35°07'	140°13'	Oct. 2018 - Nov. 2018
		Kazuragasaki, Amatsu, Kamogawa city	KZ	1	35°07'	140°09'	
		Emitayuuuzaki, Kamogawa city	EM	2	35°04'	140°05'	
		Cape Nojima, Shirahamacho, Minamibousou city	NJ	2	34°54'	139°53'	Oct. 2018 - Nov. 2018
		Mera, Tateyama city	ME	4	34°55'	139°49'	May 2019
	房総2	Funakata, Tateyama city	FUK	2	35°01'	139°50'	
	Bousou 2	Iwaifukuro, Kyonan town	IW	1	35°06'	139°50'	Oct. 2018 - Nov. 2018
		Kanaya, Futtu city	KN	3	35°11'	139°49'	
		Isonozaki, Kokubo, Futtu city	IS	5	35°16'	139°51'	
		Amezaki, Minamishimouracho, Miura city	AM	4	35°09'	139°41'	
		Tsurugizaki, Minamishimouracho, Miura city	TR	10	35°08'	139°41'	
		Nusuttogari, Minamishimouracho, Miura city	NU	5	35°08'	139°38'	
神奈川県 Kanagawa Pref.	三浦 Miura	Jogashima Island, Misakicho, Miura city	JO	14	35°08'	139°37'	Sep. 2017 - Oct. 2017
		Moroiso, Misakicho, Miura city	MO	6	35°09'	139°36'	
		Cape Kurosaki-no-hana, Hassecho, Miura city	KU	8	35°11'	139°37'	
		Nahama, Hassecho, Miura city	NA	2	35°11'	139°37'	
		Cape T sukuda-arashizaki, Yokosuka city	TK	9	35°11'	139°36'	
		Cape Arasaki, Nagai, Yokosuka city	AR	5	35°12'	139°36'	
		Manatsuru, Manazuru town	MAN	4	35°09' - 35°08'	139°08' - 139°09'	Nov. 2018
		Jogasaki, Futo, Itou city	JOS	3	34°54'	139°08'	
		Igaigane, Yawatano, Itou city	IG	1	34°53'	139°07'	
		Atagawa, Naramoto, Higashiizu town	AT	2	34°49'	139°05'	
		Hama, Kawazu town	KW	1	34°45'	139°00'	
		Cape Onigasaki, Yatsu, Kawazu town	ON	1	34°45'	139°00'	
		Cape Mihogasaki, Sirahama, Shimoda city	MH	3	34°41'	138°59'	
静岡県 Shizuoka Pref.	伊豆 Izu	Suzaki, Shimoda city	SZ	8	34°40' - 34°39'	138°59' - 138°59'	Nov. 2018
		Touji, Shimoda city	TO	3	34°39'	138°55'	
		Irouzaki, Minamiizu town	IR	2	34°36'	138°51'	
		Senjoujiki, Iruma, Minamiizu town	SE	4	34°37'	138°48'	
		Koura, Minamiizu town	KO	3	34°40'	138°47'	
		Cape Ajou, Nishina, Nishiizu town	AJ	3	34°46'	138°46'	
		Cape Kogane, Ugusu, Nishiizu town	KG	3	34°50'	138°46'	
		Heda, Numazu city	HE	2	34°58'	138°46'	
		Ushifuse, Shimokanuki, Numazu city	US	2	35°04'	138°52'	

表 3-2. 調査地最寄りの気象観測所における年平均気温，年最低気温，月平均気温から算出される暖かさの指数と寒さの指数，年降水量（1991年－2020年平年値）．年降水量を除くデータは，標高 0 m 換算値（気温遞減率 0.6°C/100 m）を示す．

	Miyagi Pref.				Ibaraki Pref.				Chiba Pref.					
	Kesennuma	Kitaibaraki	Hitaichi	Choshi	20	Katsuura	Kamogara	Tateyama	5	6	Kisarazu	60		
Altitude (m)	62	5	34	20	12	5	6	60						
Latitude	38°54.4	36°50.0	36°34.8	35°44.3	35°9.0	35°6.7	34°59.2	35°21.7						
Longitude	141°33.4	140°46.3	140°38.7	140°51.4	140°18.7	140°6.0	139°51.9	139°56.4						
Annual mean temperature (°C)	11.5	13.3	14.5	15.9	16.1	16.1	16.3	16.1						
Annual minimum temperature (°C)	-8.0	-5.4	-4.0	-1.4	-1.7	-3.1	-4.0	-3.4						
WI (°C × month)	89.2	101.9	114.3	131.3	133.5	133.0	135.2	133.6						
CI (°C × month)	-10.9	-2.5	-0.2	0	0	0	0	0						
Annual precipitation (mm)	1368.2	1447.1	1455.8	1712.5	2002.5	1838	1845.9	1669.7						

	Kanagawa Pref.				Shizuoka Pref.			
	Miura	Ajiro	Inatori	Irouzaki	Matsuzaki	4		
Altitude (m)	42	67	130	52	4			
Latitude	35°10.7	35°2.7	34°46.9	34°36.2	34°45.3			
Longitude	139°37.8	139°5.5	139°2.9	138°50.5	138°47.0			
Annual mean temperature (°C)	16.4	16.7	16.9	17.2	16.4			
Annual minimum temperature (°C)	-1.3	-0.5	-1.0	0.9	-3.9			
WI (°C × month)	136.7	140.9	143.1	146.3	137.0			
CI (°C × month)	0	0	0	0	0			
Annual precipitation (mm)	1574	2012.7	2357.7	1781.2	1962.2			

表 3-3. 調査地の 2 群落 5 下位単位の要約表. 各種の常在度は, 5 スタンド以上で出現の場合は常在度階級 (ローマ数字) で, 4 スタンド以下で出現の場合はスタンド数 (アラビア数字) で示す. 常在度階級の区分は次の通り.  $0\% < I \leq 20\%$ ,  $20\% < II \leq 40\%$ ,  $40\% < III \leq 60\%$ ,  $60\% < IV \leq 80\%$ ,  $80\% < V \leq 100\%$ .

Community type	B				
	A		B		
Subunit	Aa	Ab	Bb		
Region	Ba		Bc		
Izu	US	8.5	Izu	US	8.5
Izu	HE	11	Izu	HE	11
Izu	KG	7	Izu	KG	7
Izu	AJ	8	Izu	AJ	8
Izu	KO	13	Izu	KO	13
Izu	SE	6	Izu	SE	6
Izu	IR	7	Izu	IR	7
Izu	TO	14.7	Izu	TO	14.7
Izu	SZ	13	Izu	SZ	13
Izu	MH	14	Izu	MH	14
Izu	KW	7	Izu	KW	7
Izu	AT	6	Izu	AT	6
Izu	IG	10	Izu	IG	10
Izu	JOS	9.5	Izu	JOS	9.5
Izu	KG	9.5	Izu	KG	9.5
Izu	AJ	7.5	Izu	AJ	7.5
Izu	KO	11	Izu	KO	11
Izu	SE	7.3	Izu	SE	7.3
Izu	IR	8	Izu	IR	8
Izu	SZ	13	Izu	SZ	13
Izu	ON	8	Izu	ON	8
Izu	AT	9	Izu	AT	9
Izu	MAN	7	Izu	MAN	7
Miura	AR	9	Miura	AR	9
Miura	TK	13.5	Miura	TK	13.5
Miura	KU	11	Miura	KU	11
Miura	MO	18	Miura	MO	18
Miura	JO	12	Miura	JO	12
Miura	NU	14.5	Miura	NU	14.5
Miura	TR	8.2	Miura	TR	8.2
Miura	AM	10.3	Miura	AM	10.3
Bousou2	IS	9	Bousou2	IS	9
Bousou2	KN	10.5	Bousou2	KN	10.5
Bousou2	IW	11	Bousou2	IW	11
Bousou2	ME	20	Bousou2	ME	20
Bousou2	NJ	13.5	Bousou2	NJ	13.5
Bousou1	EM	10	Bousou1	EM	10
Bousou1	OSE	28	Bousou1	OSE	28
Bousou1	KR	15	Bousou1	KR	15
Bousou1	KZ	12	Bousou1	KZ	12
Bousou1	HB	14	Bousou1	HB	14
Bousou1	OH	10.7	Bousou1	OH	10.7
Bousou1	HA	11.3	Bousou1	HA	11.3
Bousou1	TAI	16	Bousou1	TAI	16
Izu	KO	24	Izu	KO	24
Izu	SZ	18.5	Izu	SZ	18.5
Izu	MH	22.5	Izu	MH	22.5
Izu	MAN	20	Izu	MAN	20
Miura	AR	18.5	Miura	AR	18.5
Miura	TK	21	Miura	TK	21
Miura	NA	19.5	Miura	NA	19.5
Miura	KU	27.7	Miura	KU	27.7
Miura	MO	25.2	Miura	MO	25.2
Miura	JO	17.4	Miura	JO	17.4
Miura	NU	18.7	Miura	NU	18.7
Miura	TR	24.2	Miura	TR	24.2
Miura	AM	17	Miura	AM	17
Bousou2	IS	27.3	Bousou2	IS	27.3
Bousou2	KN	18	Bousou2	KN	18
Bousou2	FUK	18	Bousou2	FUK	18
Bousou2	ME	29.3	Bousou2	ME	29.3
Bousou1	OSE	25	Bousou1	OSE	25
Bousou1	KR	20	Bousou1	KR	20
Bousou1	OH	20	Bousou1	OH	20
Bousou1	TAI	20	Bousou1	TAI	20
Choshi	CHO	22.8	Choshi	CHO	22.8
Ibaraki	HIT	18.5	Ibaraki	HIT	18.5
Ibaraki	KIT	16.7	Ibaraki	KIT	16.7
Miyagi	KAR	17.8	Miyagi	KAR	17.8
Number of stands	9	3	2	5	1
Mean number of species	9	3	2	5	1
Differential species	V	3	2	II	I
ハマギク	V	1	1	II	1
マルバトウキ	V	1	1	II	1
オオウシノケグサ	V	1	1	II	1
コハマギク	V	1	1	II	1
ヒメヤブラン	V	1	1	II	1
アオツラフジ	V	1	1	II	1
キリンソウ	V	1	1	II	1
センテイカ	V	1	1	II	1
ツタウルシ	V	1	1	II	1
ハマムギ	V	1	1	II	1
イブキボウフウ	V	1	1	II	1
センニンソウ	V	1	1	II	1
ハチジョウナ	V	1	1	II	1
サルトリイバラ	V	1	1	II	1
セイヨウタンポポ	V	1	1	II	1
ヒロハウシノケグサ	V	1	1	II	1
ミヤマビヤクシン	V	1	1	II	1
ヤマアワ	V	1	1	II	1
ハマアオスゲ	V	1	1	II	1
オニヤブソテツ	V	1	1	II	1
チリハノイバラ	V	1	1	II	1
ヤハズエンドウ	V	1	1	II	1
ミツバアケビ	V	1	1	II	1
ツワブキ	V	1	1	II	1
ツボクサ	V	1	1	II	1
スギナ	V	1	1	II	1



表 3-3. 続き.

Community type	A											B																																							
	Aa		Ab		Ba							Bb										Bc																													
	KAR	HIT	CHO	TAI	OH	KR	OSE	ME	FUK	KN	IS	AM	TR	NU	JO	MO	KU	NA	TK	AR	MAN	AT	ON	SZ	IR	SE	KO	AJ	KG	US																					
Companion species																																																			
ススキ	V	3	2	V	1	2	3	1	3	2	1	4	1	V	3	V	V	V	IV	3	2	4	1	3	4	3	2	1	1	1	1	2	1																		
ヤマカモジグサ	II	1	2	V	1	1	2	1	3	1	3	III	IV	V	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1																
トベラ	III	2	II	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															
ハマボソ	III	3	2	I	1	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
ラセイトソウ	III	3	2	I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
オオジシバリ	III	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
ハマエノコロ	I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
ツルボ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
シバ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
マサキ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
スカシユリ	II	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
オガルカヤ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
ソナレムグラ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
ワダン	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
フシギチガヤ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
オオバイホタ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
ヒロハクサアジ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
エビソル	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
タイトゴメ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
ノゲシ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
ノゲシ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
チョウセンガリヤス	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ノコンギク	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ハマナヂシロ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
コゴメスゲ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ハマコウゾリナ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ノアザミ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
スズメノヤリ	III	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ミヤコグサ	III	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
タマムラサキ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ノブドウ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
スズメノヒエ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ネコハギ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
オオバグミ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ハマアキノキンソウ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
アキメヒシバ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
クロマツ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
オトコヨモギ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ケカモノハン	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

表 3-3. 続き.

Community type	A		B																																
	Aa / Ab		Ba										Bb										Bc												
	KAR	HIT KIT	CHO	TAI	OH	OSE	KR	ME	FUK	KN	IS	AM	TR	NU	JO	MO	KU	NA	TK	AR	MAN	AT	ON	SZ	IR	SE	KO	AJ	KG	US					
イガアザミ			I																																
オオシママハイネズ																																			
ホタルアブクロ																																			
ヤマハギ																																			
ヨモギ																																			
ヒメオニヤブソテツ																																			
ヒサカキ																																			
アツバスマレ																																			
イズアサツキ																																			
キツタ																																			
センダイスゲ																																			
ツタ																																			
ツユクサ																																			
ウバメガシ																																			
イヨカズラ																																			
イヌビロ																																			
ガクアジサイ																																			
ハマダイコン																																			
ホンバヒカガスゲ																																			
ホソムギ																																			
ヤブコウジ																																			
ハマアザミ																																			
クサスギカズラ																																			
アシタバ																																			
オオバウマノスズクサ																																			
オニタビラコ																																			
カラスザンショウ																																			
キンエノコロ																																			
ソナレマツムシソウ																																			
タンキリマメ																																			
ツルナ																																			
ナンテンハギ																																			
ネズミノオ																																			
オオハイヌツゲ																																			
ホタルカズラ																																			
ヤマツツジ																																			
ハマゼリ																																			
アケビ																																			
エノキ																																			

表 3-3. 続き (1 回出現の種は省略).

Community type	B																																							
	A					Ba					Bb					Bc																								
Submit	Aa	Ab	KAR	HIT	KIT	KAR	CHO	TAI	OH	KR	OSE	ME	NJ	EM	ISE	IW	KN	IS	AM	TR	NU	JO	MO	KU	TK	AR	MAN	AT	ON	SZ	IR	SE	KO	AJ	KG	US				
Site names																																								
ギンギシ																																								
コブナグサ																																								
ケネザサ																																								
シマスズメノヒエ																																								
センブリ																																								
ツルウメモドキ																																								
ナキリスゲ																																								
ヤブニツケイ																																								
ヤマグワ																																								
ヤマノイモ																																								
ヤクシソウ																																								
ハマツメクサ																																								
ハマエンドウ																																								
ハマオモト																																								
イブキ																																								
ハマナタマメ																																								
アオカモジグサ																																								
アカメガシワ																																								
イソヤマテンツク																																								
ウシノケグサ属の一種																																								
オオアレチノギク																																								
オニウシノケグサ																																								
オニドコロ																																								
カジイチゴ																																								
カモガヤ																																								
カワラナデシコ																																								
クグテンツク																																								
コマツヨイグサ																																								
チヂミザサ																																								
ツルソバ																																								
ニオイタチツボスミレ																																								
ニワゼキショウ																																								
ノハラクサブシ																																								
ハゼノキ																																								
ハマオトギリ																																								
ハマホラシノブ																																								
ママコノシリヌグイ																																								
メヒシバ																																								
セイタカアワダチソウ																																								

表 3-4. 7 地域の診断種 ( $\phi$  係数が 0.2 以上, フィッシャーの正確確率検定  $P < 0.01$ ).  
 数値は  $\phi$  係数. 各種の種子散布様式と分布パターンを合わせて示す.

Scientific name	Japanese name	Miyagi	Ibaraki	Choshi	Bousou 1	Bousou 2	Miura	Izu	Seed dispersal types	Distribution pattern
<i>Chrysanthemum yezoense</i>	コハマギク	0.28							AN(po)	Northern
<i>Festuca rubra</i> var. <i>rubra</i>	オオウシノケグサ	0.28							AN(po)	Northern
<i>Hemerocallis middendorffii</i> var. <i>esculenta</i>	ゼンテイカ	0.28							BA	Widely
<i>Elymus dahuricus</i> var. <i>dahuricus</i>	ハمامギ	0.28							AN(pt)	Northern
<i>Sonchus brachyotus</i>	ハチジョウウナ	0.28							BA	Northern
<i>Phedimus aizoon</i> var. <i>floribundus</i>	キリンソウ	0.28							AN(po)	Northern
<i>Liriope minor</i>	ヒメヤブラン	0.28							AN(s)	Northern
<i>Taraxacum officinale</i>	セイヨウタンポポ	0.28							EN	Widely
<i>Clematis terniflora</i>	センニンソウ	0.28							AN(po)	Alien
<i>Toxicodendron orientale</i> subsp. <i>orientale</i>	ツタウルシ	0.28							AN(po)	Widely
<i>Libanotis ugoensis</i> var. <i>japonica</i>	イブキボウフウ	0.28							EN	Northern
<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i>	ミヤマビャクシン	0.28							AN(pt)	Northern
<i>Deyeuxia epigeios</i>	ヤマアワ	0.28							EN	Northern
<i>Cocculus trilobus</i>	アオツツラフジ	0.28							AN(pt)	Widely
<i>Ligusticum scoticum</i> subsp. <i>hultenii</i>	マルバトウキ	0.28							EN	Widely
<i>Chrysanthemum nipponicum</i>	ハマギク	0.28	0.65						AN(pt)	Northern
<i>Equisetum arvense</i>	スギナ		0.60						AN(s)	Widely
<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra</i>	ヤハズエンドウ		0.52						AU	Widely
<i>Boehmeria splitgerbera</i>	ラセイタソウ		0.51						AN(pt)	Widely
<i>Lysimachia mauritiana</i>	ハマボッス		0.42						AB	Widely
<i>Scabiosa japonica</i> var. <i>lasiophylla</i>	ソナレマツムシソウ			0.74					BA	Endemic
<i>Viola grypoceras</i> var. <i>grypoceras</i>	タチツボスミレ			0.70					MY	Widely
<i>Barnardia japonica</i>	ツルボ			0.68					AN(pt)	Widely
<i>Ischaemum anthechoroides</i>	ケカモノハシ			0.68					TH	Widely
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>leiocarpa</i> var. <i>ovata</i>	ハマアキノキリンソウ			0.66					AN(po)	Endemic
<i>Carex fibrillosa</i>	ハマアオスゲ			0.61					BA	Widely
<i>Festuca</i> sp.	ウシノケグサ属の一種			0.60					BA	Northern
<i>Artemisia japonica</i>	オトコヨモギ			0.60					AN(po)	Widely
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i> f. <i>rotundifolia</i>	ハマシヤジン			0.60					AN(pt)	Endemic
<i>Swertia japonica</i>	センブリ			0.59					AN(s)	Widely
<i>Rhododendron kaempferi</i> var. <i>kaempferi</i>	ヤマツツジ			0.51					AN(pt)	Widely
<i>Hydrangea macrophylla</i> f. <i>normalis</i>	ガクアジサイ				0.43				AN(s)	Southern
<i>Ilex crenata</i> var. <i>crenata</i> f. <i>latifolia</i>	オオバイヌツゲ				0.38				EN	Southern
<i>Farfugium japonicum</i>	ツワブキ				0.38				AN(po)	Southern
<i>Campanula punctata</i> var. <i>punctata</i>	ホタルブクロ				0.34				AB	Widely
<i>Chrysanthemum pacificum</i>	イソギク				0.30				AN(po)	Endemic
<i>Pleioblastus variegatus</i>	ケネザサ					0.39			VE	Southern
<i>Setaria glauca</i> var. <i>pallidifusca</i>	キンエノコロ					0.37			BA	Widely
<i>Carex tosaensis</i>	イソアオスゲ					0.35			BA	Southern
<i>Vicia unijuga</i>	ナンテンハギ					0.34			AU	Widely
<i>Lolium perenne</i>	ホソムギ					0.33			BA	Alien
<i>Dianthus superbus</i> var. <i>longicalycinus</i>	カワラナデシコ					0.32			AN(pt)	Widely
<i>Lathyrus japonicus</i>	ハマエンドウ					0.32			TH	Widely
<i>Paederia scandens</i> var. <i>maritima</i>	ハマサオトメカズラ					0.28			EN	Southern
<i>Imperata koenigii</i>	フシゲチガヤ					0.25			AN(po)	Widely
<i>Ardisia japonica</i>	ヤブコウジ					0.20			EN	Widely
<i>Carex wahuensis</i> var. <i>bongardii</i>	ヒゲスゲ						0.35		BA	Southern
<i>Allium pseudojaponicum</i>	タマムラサキ						0.34		AN(pt)	Southern
<i>Peucedanum japonicum</i> var. <i>japonicum</i>	ボタンボウフウ						0.31		AN(pt)	Southern
<i>Cleistogenes hackelii</i>	チョウセンガリヤス						0.31		BA	Widely
<i>Vicia japonica</i>	ヒロハクサフジ						0.28		AU	Northern
<i>Paspalum thunbergii</i>	スズメノヒエ						0.27		BA	Widely
<i>Polygala japonica</i>	ヒメハギ						0.24		MY	Widely
<i>Ligustrum ovalifolium</i>	オオバイボタ						0.24		EN	Southern
<i>Indigofera pseudotinctoria</i>	コマツナギ						0.23		AU	Widely
<i>Lespedeza cuneata</i> var. <i>serpens</i>	ハイメドハギ						0.22		BA	Widely
<i>Lespedeza pilosa</i>	ネコハギ						0.22		BA	Widely
<i>Vitis ficifolia</i>	エビヅル						0.20		EN	Widely
<i>Crepidiastrum keiskeanum</i>	アゼトウナ							0.66	AN(po)	Southern
<i>Allium schoenoprasum</i> var. <i>idzuense</i>	イズアサツキ							0.34	AN(pt)	Endemic
<i>Quercus phillyraeoides</i>	ウバメガシ							0.31	BA	Southern
<i>Lespedeza bicolor</i>	ヤマハギ							0.28	BA	Widely
<i>Cirsium maritimum</i>	ハマアザミ							0.28	AN(po)	Southern

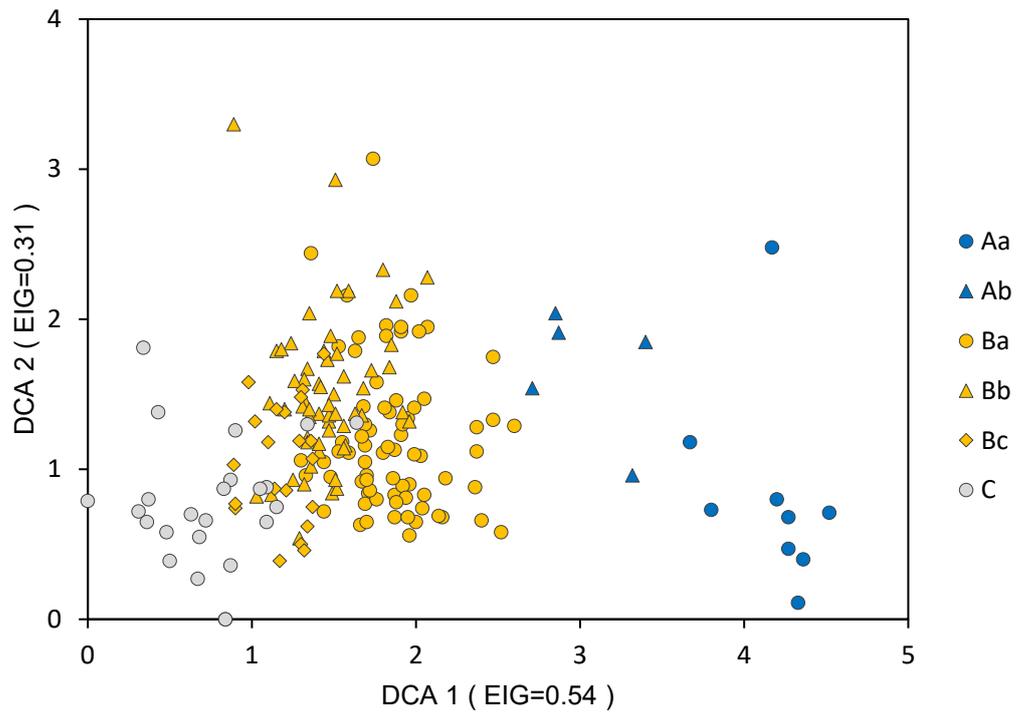


図 3-1. 調査スタンドの種組成データを用いた DCA の結果。異なる色と形は植物群落の違いを示す。Aa: ハマギクーススキ群落オオウシノケグサ下位単位, Ab: ハマギクーススキ群落オニヤブソテツ下位単位, Ba: イソギクーススキ群落スイカズラ下位単位, Bb: イソギクーススキ群落典型下位単位, Bc: イソギクーススキ群落アゼトウナ下位単位。

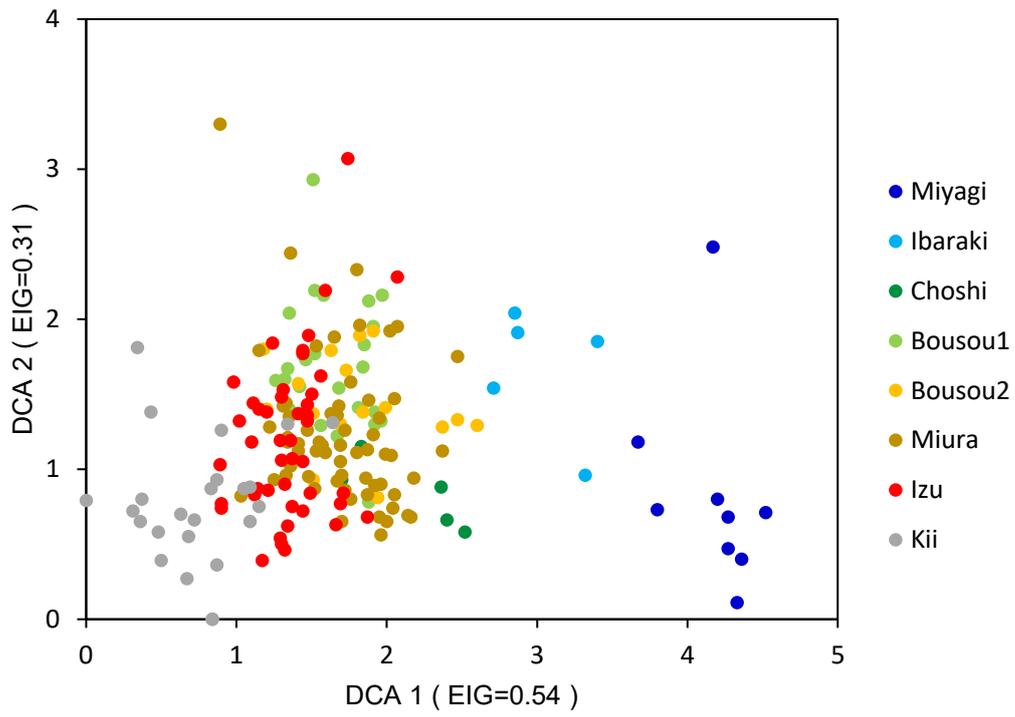


図 3-2. 種組成データを用いた DCA による調査スタンドの序列結果. 異なる色は調査地域の違いを示す.

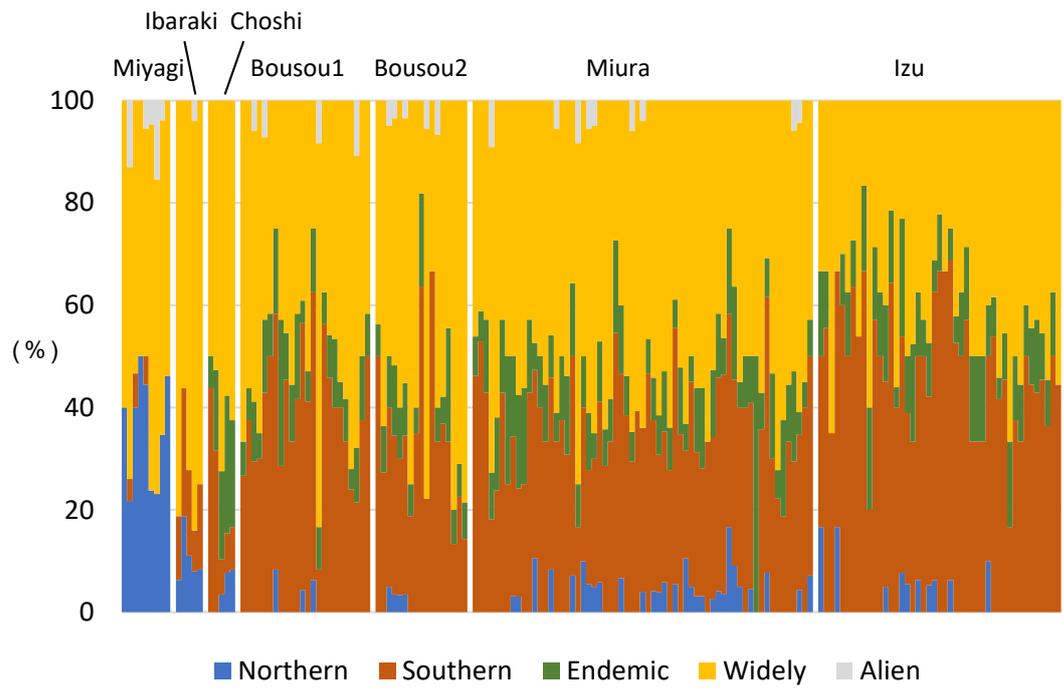


図 3-3. 各調査スタンドにおける出現種の分布域別の割合。  
 Northern: 北方系, Southern: 南方系, Endemic: 関東地方固有, Widely: 広域分布,  
 Alien: 外来種.

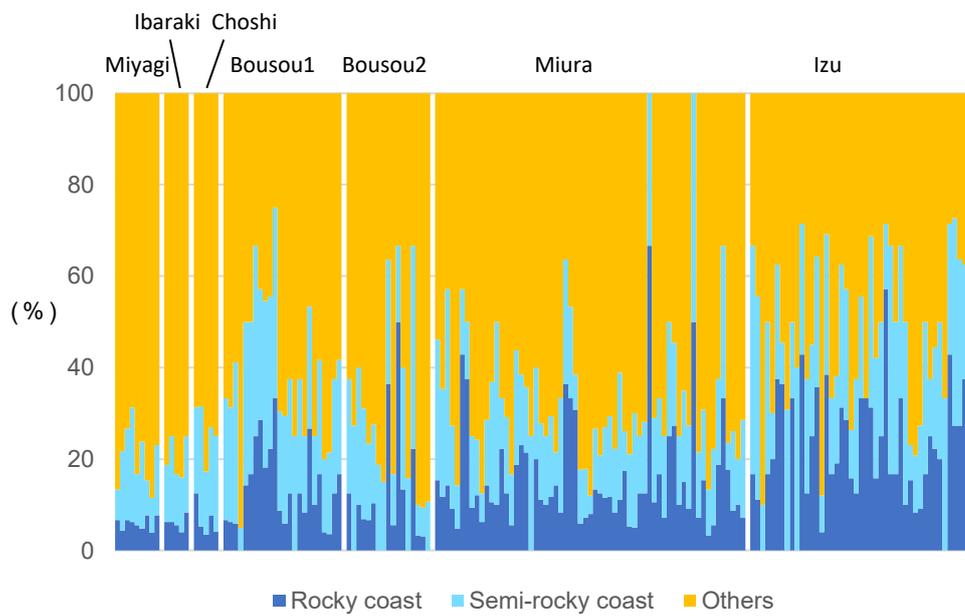


図 3-4. 各調査スタンドにおける出現種の生育環境別の割合。  
 Rocky coast: 岩石海岸生, Semi-rocky coast: 準岩石海岸生, Others: その他.

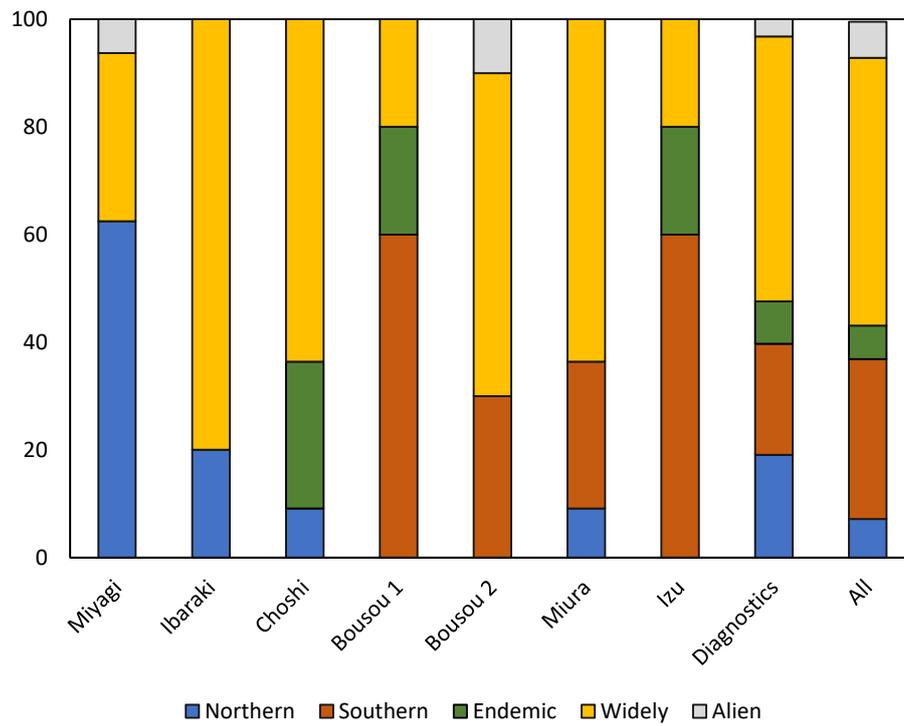


図 3-5. 7 地域の診断種の分布域別の割合. Diagnostic は全診断種における割合を, All は全出現種における割合を示す.  
 Northern: 北方系, Southern: 南方系, Endemic: 関東地方固有, Widely: 広域分布, Alien: 外来種.

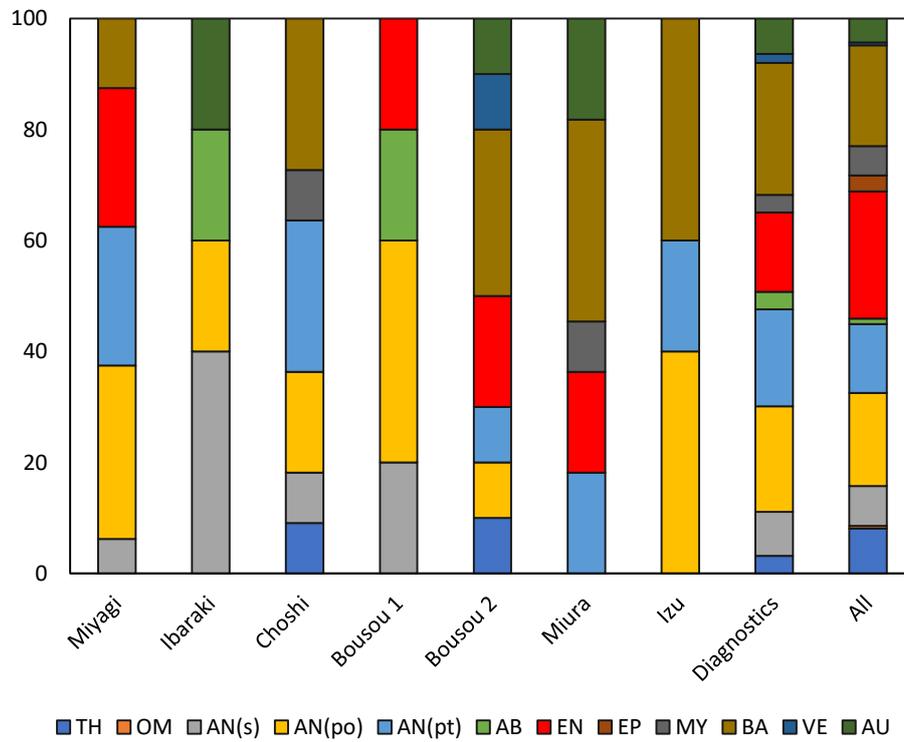


図 3-6. 7 地域の診断種の種子散布様式別の割合. Diagnostic は全診断種における割合を, All は全出現種における割合を示す.  
 TH: 水流散布, OM: 雨滴, AN(s): 風 (微細), AN(po): 風 (綿毛), AN(pt): 風 (翼), AB: 振動, EN: 被食, EP: 付着, MY: アリ, BA: 重力, VE: 栄養繁殖, AU: 自動.

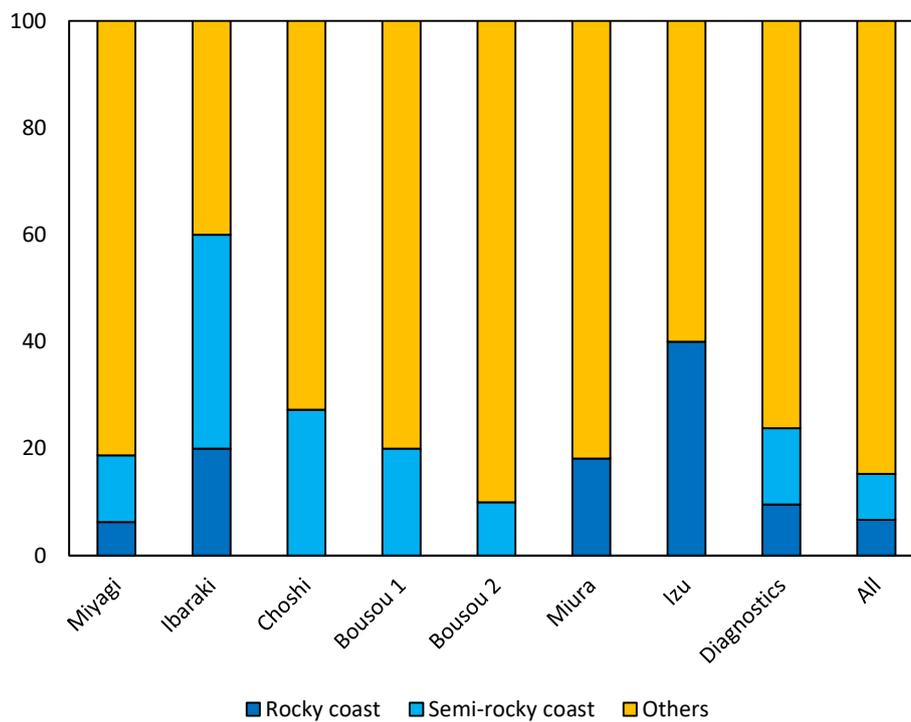


図 3-7. 7 地域の診断種の種子散布様式別の割合. Diagnostic は全診断種における割合を, All は全出現種における割合を示す.  
 Rocky coast: 岩石海岸生, Semi-rocky coast: 準岩石海岸生, Others: その他.

## 4 章 三陸北部の岩石海岸に成立する小規模湿地の立地特性と植生

### 4.1. 背景と目的

青森県南部から岩手県にかけての三陸海岸の北部は、背後に海食崖をひかえた岩石海岸であるが、ところどころに陸域から淡水の供給を受けて維持されている、面積が数  $m^2$  から数百  $m^2$  の小規模な湿地が点在している。これらの小規模湿地には、周辺の高崖植生の構成種とは明らかに異なる植物が生育しており、岩石海岸の中では特異な環境である。

このような小規模湿地は、従来、岩石海岸における植物の生育環境としてはほとんど取り上げられてこなかった。しかし、海岸を陸域と海域の生態系が接するエコトーンとして捉えた場合、両者の相互作用によって成立する境界域独自の生育環境としての重要性が示唆される。小規模湿地では、潮風や波浪といった海域からの影響だけでなく、陸域からの淡水の供給や土砂・栄養塩類の流入なども、植物の生育に強く影響を及ぼしていると予想されるためである。陸域と水域のエコトーンにみられる一般的な特性として、有機物や栄養塩類などの物質の保持力が大きく、かつその移動が激しいことのほか、隣接する環境と比べて植物の種多様性が高いことが挙げられている (Risser 1995 ; Lachavanne & Juge 1997)。そのため、岩石海岸において例外的な環境にみえる小規模湿地も、淡水や土砂が滞留することで上述のような特性をもち、岩石海岸の植物の生育環境のひとつとして重要な役割を果たしている可能性があると考えた。

本章ではこのような小規模湿地に着目し、①成立基盤や水環境からみた小規模湿地の類型化を行い、それらの成因となる陸域と海域それぞれの作用を明らかにするとともに、②タイプの異なる小規模湿地に成立・生育する植物群落および植物種を調査して相互に比較し、岩石海岸における植物の生育環境としての小規模湿地の重要性を検討した。

### 4.2. 方法

#### 4.2.1. 調査地

調査は、青森県八戸市から岩手県久慈市にかけての三陸海岸北部のうち、小規模湿地が集中的にみられた八戸市鮫海岸 (略号 SA)、八戸市種差海岸 (TN)、八戸市金浜 (KH)、および久慈市侍浜 (SH) の4地域で行った (図 4-1)。

青森県から宮城県にまたがる三陸海岸は、岩手県宮古湾を境に、それより南は沈降によって生じた典型的なリアス式海岸であるのに対し、調査地域を含む宮古湾以北は明瞭な海岸段丘がみられる隆起海岸である (岡崎 1970 ; 堺 2013)。調査地域では、最下段の段丘崖が海に接して高さ数十 m の海食崖とな

り、その下部に幅の狭い岩石海岸をもつ場所が多い。ただし、種差海岸のように、段丘面が緩やかな傾斜をもって海岸に連続する場所や、侍浜のように、海食崖の途中に海岸線と平行に幅数 10 m のテラス状の露岩地をもつ場所もみられた。本研究では、こうした海食崖から汀線の間にもみられる小規模湿地を調査の対象とした。

三陸海岸には広い砂浜や塩沼地はないため、海岸植生のほとんどを海崖植生が占めている（高山 1987）。海岸の最前線には、塩沼地と共通するタチドジョウツナギ群集 *Puccinellietum nipponicae* や、一年生草本を主とするハマエノコロハマツメクサ群集 *Setario pachystachyos - Saginetum maximae* が、海食崖の風衝地には、多年生草本を主とするハマオトコオモギーコハマギク群集 *Artemisio macrocephalae - Chrysanthemetum yesoensis* や、半低木を交えるラセイタソウハマギク群集 *Boehmerio - Chrythanthemetum nipponici* が成立している（鈴木 1987；Takayama 1987；高山 1987）。さらに、海食崖上の土壌が発達した場所には、周辺の二次草原群落と同様の種組成をもつノハナショウブススキ群集 *Iridi - Miscanthetum sinensis* がみられる（宮脇・佐々木 1980）。本研究の対象とした小規模湿地は、これらの群集が分布する領域に位置するものである。

本研究の調査地域は、調査を実施する 2 年前の 2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震による津波の影響を受けている。鮫海岸と種差海岸では、岩石海岸全体が冠水したことが目撃情報や当日の写真から明らかである。侍浜付近においても、津波の遡上高が 10–20 m に達した痕跡が認められている（東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ 2011；仁科ほか 2013）ほか、現地でも海食崖の最上部に葉が褐変して枯死したアカマツが観察されたことから、海食崖の上部まで津波が達したものと推定される。しかし、三陸海岸北部の海食崖で、津波による浸食や崩壊などが観察されたのはごく一部であり、物理的な破壊作用はそれほど大きくなかったとみられる（原・樋口 2013；島田 2014，吉川・鮎川 2014）。

八戸（alt. 27 m）の気象観測地点における 1981 年から 2010 年の年平均気温は 10.2°C、年降水量は 1025.1 mm、久慈（alt. 13 m）ではそれぞれ 9.8°C、1164.6 mm である（気象庁気象統計情報 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>, 2015.10 参照）。吉良の暖かさの指数を求めると、八戸で 79.2°C・月、久慈で 74.2°C・月であり、気候帯としては冷温帯下部にあたる。降水は夏季に集中し、冬季の降雪は少ない。また、4 月から 9 月にはしばしば霧が発生し、八戸での霧の年間発生日数は 33.3 日にのぼる（1981–2010 年の平均，気象庁気象統計情報 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>, 2015.10 参照）。

#### 4.2.2. 調査と解析

2013 年 6 月に調査地域を踏査し、鮫海岸の 7 箇所（SA1–5，SA4 は 3 つの湿地が水路によって連絡していたが、それぞれを独立したものとして扱った：

SA4N, SA4C, SA4S), 種差海岸の 7 箇所 (TN1-7), 金浜の 4 箇所 (KH1-4), および侍浜の 7 箇所 (SH1-7) の計 25 箇所の小規模湿地を調査対象として選定した (図 4-1).

#### 湿地の地形・水文の調査

湿地の地形的・水文的特徴を把握するために, 現地で各湿地の形状や大きさ, 開放水面の有無とその範囲, 水の流動・停滞状況, 表流水の流入・流出箇所などを観察して記録した. そして, これらの情報をもとに湿地の地形的・水文的なタイプを類型化した.

また, 満潮時の汀線 (海藻や固着生物の生育状況から判断) から湿地の下端までの高さ と 水平距離を, 巻尺とクリノメーターを用いて測定した. ただし, 汀線に接近できず実測が困難な場合には, GPS (GPSMAP60CSX, GARMIN 社製) で記録した湿地の緯度経度より, web で公開されている空中写真 (Google Map, <https://www.google.co.jp/maps/>, 2013.11 参照) 上で汀線からのおよその水平距離を測定し, 高さは GPS による計測値を用いた. さらに, 植物の生育に影響すると考えられる日射量の指標として, 各湿地の中心で, 1 m の高さで魚眼レンズを用いた全天空写真のデジタル撮影を行い, 得られた画像から全天空写真解析ソフト Hemiphot (Steege 1993) を用いて GSF (Global site factor: 全日射量に対するその地点の日射量の割合) を算出した.

#### 湿地の水環境の調査

それぞれの湿地を涵養する水の理化学性を知るため, 2013 年 7 月に湿地の表流水または停滞水を採取して持ち帰り, 当日のうちに以下の水質項目を測定した. pH と酸化還元電位 (ORP) は, それぞれガラス電極 (型式 6156-0.65W, DKK 社製), 金属電極 (型式 6154-0.65W, DKK 社製) を用いて測定した. 電気伝導度 (EC) の測定には, ポータブル EC 計 (型式 HI991300, ハンナインスツルメンツ・ジャパン社製) を用いた. また, 溶存イオンについて, 簡易的な水質測定キット (パックテスト, 共立理化学研究所製) を用いて, 水の栄養塩濃度や海水の影響の指標となると考えられる全窒素 (TN), 硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ ), リン酸イオン ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) の濃度を測定した.

また, 水温の季節変化を調べるため, 5 箇所の湿地 (SA1, SA4N, SA4S, TN5, TN7) において, 小型の長期記録型温度計 (サーモクロン G タイプ温度ロガー, NK ラボラトリーズ社製) を深さ 5 cm の水底に設置し, 2013 年 6 月 18 日から 9 月 11 日の間, 1 時間ごとに水温を記録した. 記録した水温から 10 日間ごとの日最高水温と日最低水温の平均値を算出し, 同じ期間の八戸測候所における日最高気温および日最低気温 (気象庁気象統計情報 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>, 2015.10 参照) と比較した.

#### 湿地に生育する植物と植物群落の調査

各湿地について 2013 年 6, 7, 10 月の 3 回, 植物群落と植物相の調査を行った. 湿地内に植物群落として認識できる広がりをもつ植分がある場合には,

植物社会学的方法 (Braun-Blanquet 1964) による植生調査を行った。植生調査によって得られた 71 資料から、表操作によって群落の識別を行い、識別された群落について、地形・水文的特徴によって分類された各湿地タイプとの対応表を作成した。

調査した湿地はいずれも小規模であり、植物群落として認識できるほどの広がりをもつ植分が 1-2 箇所しかみられない場所もあった。そのため、植物群落の調査だけでは、湿地の生育環境としての特徴を十分に把握できないので、それを補うために湿地に生育する全植物種 (維管束植物とコケ植物) の記録も行った。

得られた出現種のリストから、植物社会学的方法の要領で、各湿地タイプに特徴的に出現する種群の抽出を行った。特定の湿地タイプでの出現回数が他の湿地タイプでの出現回数よりも多いかどうかを一定の基準で評価するため、群落に対する種の適合度の数値化に用いられる  $\phi$  係数 (Sokal & Rohlf 1995) を利用し、特定の湿地タイプにおいて  $\phi > 0.5$  となる種をその湿地タイプの指標種とみなした。

さらに、出現種と環境要因 (汀線からの距離、水質に関する測定項目、GSF 値) のデータを用いて、CCA (Canonical Correspondence Analysis) による湿地と出現種の序列化を行った。序列化の際にはすべての出現種を用いるのではなく、各湿地タイプの生育環境に結びついていると考えられる、群落の識別種と指標種のみを用いた。なお、クラスター分析と CCA の計算には、多変量解析ソフト PC-ORD var. 5.10 (MjM Software Design 社製) を使用した。

### 4.3. 結果

#### 4.3.1. 小規模湿地のタイプ

調査した 25 箇所の湿地は、現地で観察した海岸地形上の位置、主要な水の供給源、開放水面の有無や大きさに基づいて、砂干潟型 (Tidal flat type : 略号 TF)、停滞水域型 (Pool type : P)、斜面湿地型 (Sloping fen type : S)、後背湿地型 (Back-marsh type : BM)、流水辺型 (Streamside type : SS) の 5 タイプに分類できた (表 4-1, 図 4-2)。上記の複数のタイプが組み合わさっている場合は複合型 (Complex type : C) とした。

砂干潟型は、汀線近くの岩隙に砂が堆積した平坦地に成立するもの (図 4-2a) で、種差海岸と金浜にみられた。浅い水たまりができる小規模な干潟状の湿地で、満潮時は海水によって浸水する場所もある。陸地からの恒常的な表流水の流れ込みは確認できなかったが、たまり水の EC の値は (後述のように) 海水よりも明らかに低かったので、主に伏流水によって涵養されていると推定できた。

停滞水域型は、岩礁の凹地にプール状の停滞水域をもつもの (図 4-2b) で、鮫海岸、種差海岸、金浜にみられた。汀線からの距離は 15 m 以内で、海水が溜まった潮だまりのようにも見えるが、海とは岩によって隔離されており、通

常の潮汐による海水の流入はみられない。このタイプに分類された 6 箇所のうち 4 箇所では、陸地側の斜面から豊富な表流水の流入がみられた。

斜面湿地型は、海に向かって地滑り状に崩壊した斜面に形成されたもので（図 4-2c）、種差海岸、金浜、侍浜にみられた。5 つのタイプの中で最も規模が大きな湿地であった。このタイプに分類された 7 箇所のうち 3 箇所では、湿地の末端部から、湿地を涵養した浅い地下水の流出がみられた。斜面に沿った流路跡も観察され、降雨後に地下水位が上昇すると表流水も現れると推定された。他のタイプと異なり、表層には明らかな黒色土が形成されていた。

後背湿地型は、岩礁が卓越する調査地域の中で、局所的にみられる砂浜の後背地に形成されたもので（図 4-2d）、鮫海岸にのみ確認された。ここでは、背後の岩壁から浸出した水が、その直下の砂浜のわずかな凹地を涵養することで湿地が形成されていた。枯死した植物の密な根茎が分解せずに泥炭状になり、砂の上を覆っていた。

流水辺型は、海食崖の上部から湧出した水が岩壁に沿って流れ、ところどころの岩隙や岩上の窪みに水たまりを作ることによって形成される湿地で（図 4-2e）、種差海岸と侍浜にみられた。とくに侍浜では、海食崖から湧出した水がテラス状の露岩地を流れることによりこのタイプの湿地が多く形成されており、これらは汀線からの水平距離が 25 m 以上、かつ海面から 12 m 以上の高さに位置し、最も海水の影響を受けにくい場所に成立していた。海食崖上の樹林に近い部分に日陰となり、GSF 値が 0.9 に満たない場所もあった（表 4-1）。

このほかに複数の特徴をあわせもつ湿地も 2 箇所あった。これらはそれぞれ、停滞水域型と後背湿地型の複合型、停滞水域型と流水辺型の複合型とみなした。

#### 4.3.2. 小規模湿地の水環境

##### 理化学性

地表面に採取可能な水がなかった 2 箇所を除く 23 箇所の湿地の水質測定結果を表 4-2 に示す。前述の湿地タイプ間で測定値を比較すると、以下のような傾向が認められた。

pH は砂干潟型と停滞水域型の湿地で高く、いずれも 7.0 以上であった。とくに砂干潟型では 9.06 と極端に高い値を示す場所（TN2）もあった。一方で流水辺型では pH が低い傾向があり、1 箇所（TN6）を除いては 7.0 未満であった。EC は、pH と同様に砂干潟型と停滞水域型のすべての湿地で 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  以上となり、他のタイプより高かった。とくに砂干潟型では、4 箇所中 3 箇所が 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  というきわめて高い値を示した。ORP はいずれも正の値であり、還元的な環境にある場所はなかった。

栄養塩類の濃度では、キャンプ場の直下に位置する流水辺型の TN7 で全窒素（TN）が 10 mg/L と大きな値を示したが、それ以外は 3 mg/L 以下であった。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は斜面湿地型の KH2 と流水辺型の TN7 で 2 mg/L とやや高かったが、それ以外では 0.5 mg/L 以下の場所が多く、砂干潟型では検出されなかった。PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>も直接海水が入り込む砂干潟型の KH1 を除いて 0.5 mg/L 以下であ

った。Ca<sup>2+</sup>は砂干潟型で 30–40 mg/L とやや大きな値を示す傾向があり、流水辺型の一部 (SH3, SH6) では 2–5 mg/L と小さな値を示した。

#### 水温の変化

図 4-3 に、水温を測定した 5 箇所の湿地のうち 3 箇所 (SA4N, SA1, TN7) について、日最高水温と日最低水温の 10 日間ごと (7 月下旬と 8 月下旬は 11 日間) の平均値の変化を示した。

停滞水域型で表流水の流入がない SA4N では、水温は近接する気象観測地点で記録された気温と同調して変化していた。ただし、測定期間を通じて、最低水温は最低気温よりも 1.4–3.0°C 高かった ( $P < 0.05$ , ウィルコクソン検定, 以下同じ)。6 月下旬と 7 月中旬には、最高水温も最高気温より有意に高い値を示した。

停滞水域型と流水辺型の複合型である SA1 の停滞水域部分で測定した水温も、ほぼ気温と同調した変化を示した。しかし、SA4N に比べ、最低水温と最低気温の差が小さく、水温が気温よりも有意に高くなったのは 4 期間のみであった。最高水温は 6 月下旬には最高気温よりも高かったが、8 月中旬以降は逆に最高気温よりも有意に低くなっていた。

以上の 2 箇所に比べ、つねに岩隙からの豊富な湧水の供給を受けていた流水辺型の TN7 では、測定期間を通じて、最高水温、最低水温とも、気温よりも大幅に低かった ( $P < 0.01$ )。最高水温と最高気温の差が最も大きかった 8 月中旬には、最高気温が 30.6°C であったのに対して最高水温は 18.8°C にとどまり、その差は 12.8°C にも及んだ。最高水温は 15.6–18.8°C、最低水温は 12.6–15.8°C で推移し、上述の 2 箇所に比べるとその変動幅が小さいのも特徴であった。

なお、図示していない SA4S と TN5 (いずれも表流水の流入がある停滞水域型) は、SA1 と類似した水温変化を示した。

以上のように、外部からの明らかな水の流入がない湿地では水温が気温よりも高くなる傾向があるのに対して、表流水の流入がある湿地では水温の変動が緩和され、とくに湧水の供給が多い湿地では、夏の間でも水温が気温よりもかなり低い状態で安定していることがわかった。

#### 4.3.3. 湿地タイプごとの出現種と出現群落

##### 湿地に生育する植物

25 箇所の海岸湿地から記録された植物種は、種子植物 250 種 (同定が不確実な 14 種を含む)、シダ植物 9 種、コケ植物 23 種の計 282 種であった (表 4-3)。全出現種のうち外来種は 20 種 (7.1%) であった。湿地タイプ別にみると、斜面湿地型は調査地点数が少ないにもかかわらず 185 種が出現し、このタイプだけで全出現種数の 65.6% を占めていた。一方、塩沼地型は 6 地点で 41 種の植物しか出現せず、シダ植物は記録されなかった。流水辺型は、コケ植物の出現種数が 13 種と最も多かった。

ひとつまたはいくつかの湿地タイプに特徴的に出現する指標種とみなすこと

ができたのは、表 4-4 に示す 9 種群 74 種であった。塩沼地の植物を主とした種群 1 は、砂干潟型と停滞水域型に共通して出現した。エゾツルキンバイやエゾヒナノウスツボを含む種群 2 は、停滞水域型に特徴的に出現した。後背湿地型、斜面湿地型、流水辺型には相互に共通する種群が多かったが、チダケサシ、タチアザミ、サワギキョウなど湿生の高茎草本を多く含む種群 7 は斜面湿地型に、岩上着生植物のダイモンジソウやコケ植物を含む種群 9 は流水辺型に特徴的に出現した。

#### 湿地に成立する植物群落

植生調査によって得られた 71 スタンドの資料を用いて表操作を行った結果、11 群落が識別できた (表 4-5)。

主な群落としては、塩沼地の植物から構成されるドロイータチドジョウツナギ群落 (表 4-5, B)、ウミミドリヒメキンポウゲ群落 (C)、カモノハシイヌイ群落 (I)、湿生草原の植物から構成されるヨシ群落 (J)、ゼンテイカーノハナショウブ群落 (K) があげられる。このうち、ヨシ群落は、泥質な土壤に成立するオオヨモギ下位単位、ヨシが抽水状態で生育する典型下位単位、次の群落との共通種を多く含むクサレダマ下位単位に下位区分された。また、ゼンテイカーノハナショウブ群落は、高茎草本が多く黒色土上に成立するチダケサシ下位単位、主に岩場にみられるオギ下位単位、流水辺に生じるアゼスゲ下位単位、岩からの浸出水の周辺に生じるモウセンゴケ下位単位に区分された。

このほか、スタンド数は少なかったが、停滞水域中に生じる沈水植物群落であるホザキノフサモーカーワツルモ群落 (A)、停滞水域に生じる抽水植物群落であるオオクグ群落 (G) やヤラメスゲ群落 (H)、砂質立地に成立するコウボウシバ群落 (D) やアイアシ群落 (E)、岩場の流水辺に成立するツルヨシ群落 (F) が識別できた。

これらの群落が出現した湿地タイプを表 4-6 に示す。砂干潟型の湿地では、塩生湿地の植物群落であるドロイータチドジョウツナギ群落とウミミドリヒメキンポウゲ群落が主に成立していた。斜面湿地型では、湿生の高茎草本が優占するヨシ群落のクサレダマ下位単位、ゼンテイカーノハナショウブ群落のチダケサシ下位単位とアゼスゲ下位単位がみられた。後背湿地型ではゼンテイカーノハナショウブ群落とカモノハシイヌイ群落が記録された。

上記の湿地では、植分として認識できる程度の広がりをもつ群落は 3-4 タイプであったのに対し、停滞水域型と流水辺型では、より多様な群落がみられた。すなわち、停滞水域型では、カモノハシイヌイ群落、アイアシ群落のほか、水域の周囲に抽水状態で生育するヨシ群落、オオクグ群落、ヤラメスゲ群落、水中にみられるホザキノフサモーカーワツルモ群落が記録された。また、流水辺型では、ゼンテイカーノハナショウブ群落のうち、土壤が未発達な場所に成立するオギ下位単位とモウセンゴケ下位単位が出現した。このうちモウセンゴケ下位単位は、とくに湿地上部の樹陰地で、岩から水が滲出する周囲に特徴的にみられるものであった。湿った岩上には、ツルヨシ群落が発達することもあった。

#### 4.3.4. 湿地の序列化と環境要因

各湿地に出現した指標種と群落の識別種を用いて、CCAによる序列化を行ったところ、2軸までで説明される変異は23.5%にとどまったが、いくつかの環境要因と対応した序列結果が得られた。すなわち、1軸は主に汀線からの距離やEC、pH、2軸はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度との関連がみられた(図4-4)。

砂干潟型と停滞水域型の湿地はすべて1軸値が負の範囲に配置された。とくに砂干潟型の配置は、pHおよびECのベクトルの方向とよく一致していた。一方、流水辺型は、1軸値と2軸値がともに大きい領域に配置された。これらは汀線からの距離のベクトルの方向に沿って展開されており、停滞水域型とは対照的な位置にある。斜面湿地型は1軸値が正の範囲に配置されたが、2軸値によって2地点ずつが離れた位置に配置された。後背湿地型のSA5は、その中間に配置された。これらは他の湿地タイプと比べてNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度のベクトルとの関連が強かった。

#### 4.4. 考察

##### 4.4.1. 岩石海岸にみられる小規模湿地の成立要因

三陸北部の4地域の岩石海岸において、少なくとも25箇所の小規模湿地が存在したことから、こうした小規模湿地は決して稀なものではなく、岩石海岸の生育環境の構成要素のひとつとみなせることがわかった。また、それらの小規模湿地は、成立基盤となる地形や、湿性環境の維持に関わる水の供給源の違いに応じて、おおむね5つのタイプ(砂干潟型、停滞水域型、斜面湿地型、後背湿地型、流水辺型)に分類することができた。いずれの湿地でも、2011年3月の津波による物理的攪乱の痕跡は軽微であった。したがって、これらの湿地は津波のような大規模な攪乱イベントでも消失しない持続的な立地であり、一時的に生じる短命な生育環境ではないと考えられた。

これらの湿地の成立基盤の形成には、タイプによって異なる陸域と海域双方からの作用が関わっていると考えられた。砂干潟型や後背湿地型では、波浪の作用によって堆積した砂地が成立基盤となっている。一方、表層に土壌が形成されている斜面湿地型は、陸地側から海側へ向けての土砂移動によって形成された立地である。薄井ほか(1983)は、北海道日高地方の海岸段丘崖の崩壊地において、浅層を流れる地下水が斜面崩壊を誘発した場所にヨシが優占する植生が卓越することを観察している。本調査地における斜面湿地型の湿地も、これと同様に浅い地下水によって、海に面した斜面が表層の土壌を保ったまま地滑り状に崩れた場所に成立したものであると考えられた。

湿地を涵養する主要な水の供給源は、水質や水温の季節変化からある程度推定することができた。調査地を含む八戸市から久慈市にかけての海水浴場で測定された海水のpHは8.0から8.5の範囲にある(環境省水・大気環境局2013)。

また、塩分濃度 3.5 %の標準的な海水の EC は 48000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  程度である（日本海水学会・ソルトサイエンス研究財団 1994）。一方、比較のために種差海岸に流入する小河川 2 箇所採取した水の pH は 7.17 と 7.03，EC は 330  $\mu\text{S}/\text{cm}$  と 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  であった。これらの値から、pH，EC の数値が大きくなることは海水の混入の指標となると考えられた。

汀線に近い場所にみられる砂干潟型と停滞水域型では、すべての場所で EC が 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  以上と高い値を示し、pH も河川水より高い場所が多かったことから、海水の影響があることが示唆された。しかし、EC の値がおよそ 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  を超える砂干潟型の湿地でも、その値は海水と比べれば一桁小さく、海水に多く含まれる  $\text{PO}_4^{3-}$  や  $\text{Ca}^{2+}$  の濃度も、他のタイプに比べて明らかに大きいとはいえなかった。これらのことから、砂干潟型では、目に見える表流水の流入がなくとも陸地からの地下水の供給を受けており、干潮時には主に淡水で涵養されていると判断できた。停滞水域型も主に表流水で涵養されており、直接の海水の流入はないが、海水の飛沫が入り込んだり蒸発によって濃縮されたりすることで、他のタイプに比べると EC が高くなっているものと考えられた。

斜面湿地型や流水辺型では、上述の 2 タイプよりも pH と EC が低い傾向があり、海水の影響が少ないことが示された。とくに流水辺型では、汀線からの距離が近い TN6 を除いて pH が河川水よりも低く、岩隙から湧出する地下水が主要な水の供給源になっていると考えられた。

また、地表に常時水体がみられる停滞水域型と流水辺型の湿地については、夏季の水温の変動から、陸上から供給される表流水と地下水への依存の程度を推定することができた。外部からの明らかな表流水の流入がない湿地では、水温の変化が気温と同調しており、日射による岩礁表面の温度上昇の影響を受けやすいものと考えられた。これに対して、つねに表流水の流入がある湿地では水温の上昇が抑えられ、とくに豊富な湧水の流入が観察された湿地では、水温が気温よりも 10°C 以上も低い状態で安定していた。すなわち、陸水の流入は湿地の温度環境に大きな影響を与えており、とくに湧出した地下水で涵養される流水辺型の湿地は、夏季に高温となる岩石海岸において、局所的に冷涼な環境を形成しているといえる。

以上のように、岩石海岸の小規模湿地は、地形的にも水文的にも陸域と海域の双方からの作用を受けて成立したものであり、その作用の違いが多様な湿地タイプを創り出していることが明らかになった。

#### 4.4.2. 湿地タイプごとの出現種の特徴

上述のような湿地タイプごとの生育環境の違いと対応して、それぞれ特徴的な植物群落や植物種が出現した（表 4-4，4-5）ことから、異なるタイプの小規模湿地の存在が、さまざまな植物種に生育場所を提供することで、岩石海岸の植物種の多様さに寄与していることが明らかになった。

砂干潟型と停滞水域型の湿地は、塩沼地の植物から構成されるウミドリーヒメキンボウゲ群落やドロイータチドジョウツナギ群落によって特徴づけられ

た。これらの群落に生育するウミミドリ、シバナ、ヒメキンポウゲ、エゾツルキンバイは、小川原湖など下北半島南部の海跡湖で記録されたツルヒキノカサ（ヒメキンポウゲ）－ウミミドリ群集 *Ranunculo - Glaucetum obtusifoliae* の主要な構成種である（宮脇・佐々木 1980；藤原 1987）。砂干潟型や停滞水域型の湿地の存在が、岩石海岸における塩沼地植生の断片的な植分の成立を可能にしているといえる。また、ウミミドリ、シバナ、ヒメキンポウゲ、エゾツルキンバイこれら4種は、いずれも北方系の海岸植物であり、岩手県以南の太平洋側では稀な植物である。下北半島から仙台湾までの間には、大規模な塩沼地植生が形成されるような海岸はないため、その間に位置する三陸海岸の小規模湿地は、これらの種が仙台湾以南との分布の連続性を維持するために重要な役割をもっていると考えられる。また、タチドジョウツナギは日本では三陸海岸に分布が限られる植物であり（大場・菅原 1980；高山 1987；長田 1989）、この種の生育にとってもこれらの小規模湿地は重要であることがわかった。

停滞水域型の湿地では、塩沼地の植物群落に加えて、抽水植物群落（オオクグ群落、ヤラメスゲ群落など）や、沈水植物群落（ホザキノフサモ－カワツルモ群落）が成立することが特徴であった。オオクグやヤラメスゲは海岸近くの塩湿地に生育する抽水植物である（勝山 2005）。また、カワツルモは汽水域に特徴的な沈水植物であり、ホザキノフサモは主に淡水に生育するが強い塩分耐性を持ち、汽水域でも生育することができる（角野 1994；國井 1995）。停滞水域型の湿地は、水深のある持続的な水域をもつことで、これら汽水域の水生植物に生育場所を提供しているといえる。

斜面湿地型では、高茎草原から構成されるゼンテイカーノハナショウブ群落やヨシ群落が広い面積を占め、草原生の植物や林縁生の植物など、さまざまな要素が含まれていた。代表的なのは、ゼンテイカ、ノハナショウブをはじめとする、東北地方の代表的な二次草原または海岸近くの自然草原群落であるノハナショウブススキ群集の構成種である。調査地周辺では、海岸段丘上の平坦地が古くから牧畜に利用されてきたことから、草原が広がっている。斜面湿地型では有機質に富む土壌が存在することで、こうした草原の要素が斜面湿地に沿って海岸付近にまで下降していると考えられた。もうひとつは、クサレダマ、ヒメシロネといった低層湿原（ヨシクラス）の構成種である。傾斜地であっても定常的な浅層地下水の流れがあることで、これらの種の生育が可能になっていると考えられた。CCA による序列化から、このような高茎草本の出現は、他の湿地タイプに比べると  $\text{NO}_3^-$  濃度の高い、栄養分を含む地下水が供給されていることが関係していることが示唆された。

流水辺型では、岩上に着生するダイモンジソウや、貧栄養湿地に生育するモウセンゴケを含む群落がみられたほか、チャボマツバウロコゴケなどのコケ植物が特徴的に出現した。流水辺型の湿地は、林縁に近い急傾斜地に位置することが多いため日陰になりやすいこと、水温が低い湧水に涵養されるため周囲の地温も高くないこと、他の湿地タイプに比べると水質が酸性・貧栄養であることなどが、これらの種の出現に影響を与えていると考えられた。

海岸植生の研究では通常、コケ植物が対象にされることはないが、今回の調査では、岩石海岸における蘚苔類フロラ的一端も明らかにすることができた。確認された種はいずれも低地の地上や湿った岩上に生育する種であり、海岸に特徴的なものではなかった。しかし、ヒメジャゴケなど都市を含む低地の普通種も記録されたことから、海岸に特徴的な種以外にも、海岸の立地環境に適応できるコケ植物が存在することが示唆された。

#### 4.4.3. 海岸エコトーンと小規模湿地

生態系の中に現れる小規模な湿性環境が、その地域の種の豊富さに大きな影響を及ぼす例は数多くみられる。たとえば、中国地方や東海地方の山地や丘陵地にみられる小規模な湧水湿地では、わずかな面積に多くの絶滅危惧種や地域固有種が生育している（植田 1994；下田 1999；井上・大畑 2007；富田 2010）。また、乾燥した礫床河川の河川敷では、河川敷内にある本流と隔離された水域に、本流沿いとは異なる多くの水湿生植物が生育することも報告されている（星野・吉川 2001, 2004）。これらの例と同様、岩石海岸の小規模湿地は、周囲の乾燥した海食崖の植生とは異なる植物種のハビタットとして機能しており、岩石海岸の植物種の多様性に大きく貢献していると考えられる。

海岸植生とその立地環境に関する研究はこれまでも数多くおこなわれているにもかかわらず、陸水の影響を受ける立地環境は重要視されてこなかった。その理由として、小規模湿地が海岸植物の典型的な生育環境とは認識されていなかったことが考えられる。南西日本の岩石海岸では、湧水や小河川の流入で湿地となっている場所に、海岸近くの淡水湿地に特有なヒトモトススキ群落が発達している例が報告されている（鈴木 1981；財津ほか 2007）。しかし、このような海岸湿地に特有の植物群落は種類が少なく、多くの場合、小規模湿地の周囲には、内陸の湿性立地に本拠をもつ群落が断片的に出現するにすぎない。そのため、小規模湿地は海岸植生の調査対象からは除外されることが多かったのかもしれない。

しかし本研究の結果から、岩石海岸の小規模湿地は、その成立基盤や水の供給において、陸域と海域の双方の作用を受けて成立したものであり、三陸海岸北部においては、おおむね 5 タイプに類型化できる一定のパターンをもっていることがわかった。一般に、異なる生態系が接するエコトーンは、それ自体に固有の種構成や構造を持ちながらも、両方の生態系の特性を備えているため、他に比べて種の多様性が高くなることが示されている（Naiman & Décamps 1990；Risser 1995；James & Zedler 2000；Traut 2005）。この原因として、隣接する生態系からの物質の移動や、隣接する生態系の生物との相互関係が重要であるとされている（Risser 1990, 1995；Lachavanne & Juge 1997）。本研究の対象とした小規模湿地も、陸域と海域それぞれからの堆積作用や、陸域からの淡水の供給によって、海岸以外に生育地の中心をもつ植物の生育場所として機能しており、岩石海岸のエコトーンとしての特徴を反映した生育環境であると結論することができる。

表 4-1. 各湿地タイプの地形学的, 水文学的特徴.

Site No.	Topography	Visible water supply	Depth (cm) <sup>*1</sup>	Area (m <sup>2</sup> ) <sup>*2</sup>	Height (m) <sup>*3</sup>	Distance (m) <sup>*4</sup>	Deposits or soil	GSF <sup>*5</sup>
Tidal-flat type (TF) 砂干潟型								
TN2	tidal flat	sea water	< 5	40	1	2	sand	0.946
TN3	tidal flat	sea water	< 5	60	1	2	sand	0.921
TN4	tidal flat	sea water	< 5	50	1	2	sand	0.957
KH1	tidal flat	sea water	< 5	220	0.2	10	sand	0.973
Pool type (P) 停滞水域型								
SA2	rocky reef	surface flow	30	100	1.5	10	silt	0.937
SA4N	rocky reef	-	30	20	2.5	15	-	-
SA4C	rocky reef	surface flow	50 <	80	2	10	sand	0.975
SA4S	rocky reef	surface flow	50 <	110	1.5	3	silt	-
TN5	rocky reef	(surface flow) <sup>*6</sup>	50 <	90	1.5	13	sand	0.945
KH3	rocky reef	surface flow	50 <	40	1.5	15	sand, silt	0.948
Sloping fen type (S) 斜面湿地型								
TN1	gentle slope	spring outflow	-	150	1.5	11	black soil	0.624
KH2	alluvial cone	ground water	-	270	0.5	14	black soil	0.927
KH4	alluvial cone	ground water	-	300	1.5	12	black soil	0.899
SH7	alluvial cone	ground water	-	250	12	18	black soil	0.914
Back-marsh type (BM) 後背湿地型								
SA3	sandy coast	seepage	-	70	2	22	peat-like soil	0.941
Streamside type (SS) 流水辺型								
TN6	sea cliff	spring outflow	< 5	80	1.5	6.5	sand	0.856
TN7	sea cliff	spring outflow	20	120	1.5	9	sand	0.529
SH1	sea cliff	spring outflow	10	110	13	30	-	0.885
SH2	sea cliff	spring outflow	< 5	50	13	32	-	0.859
SH3	sea cliff	seepage	-	50	19	58	-	0.938
SH4	sea cliff	spring outflow	< 5	20	19	47	-	0.941
SH5	sea cliff	spring outflow	< 5	90	15<	33	-	0.931
SH6	sea cliff	spring outflow	< 5	30	12	25	-	0.957
Complex type (C: P+BM) 複合型(停滞水域型+後背湿地型)								
SA5	sea cliff	seepage	20	50	15	22	silt	0.901
Complex type (C: P+SS) 複合型(停滞水域型+流水辺型)								
SA1	rocky reef	surface water	20	20	1	8	-	0.967

\*1: depth of water pool, \*2: area including open water, \*3: height from the sea level, \*4: horizontal distance from the seashore,

\*5: global site factor estimated from hemispherical photograph, \*6: observed occasionally.

\*1: 停滞水域の水深, \*2: 開放水域を含む面積, \*3: 海水面からの高さ, \*4: 汀線からの水平距離,

\*5: 全天空写真にもとづくGSF(全日射量に対するその地点の日射量の割合), \*6: 一時的な表流水.

表 4-2. 各湿地タイプの水質.

Site No.	pH	EC( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	ORP (mV) <sup>*1</sup>	TN (mg N/L) <sup>*2</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)
1. Tidal-flat type (TF)							
TN2	9.06	1208	276	0	0	0	30
TN3	7.92	2148	208	0	0	0	40
TN4	7.27	959	279	0	0	0	40
KH1	7.08	1197	387	1	0	10	40
2. Pool type (P)							
SA2	7.02	909	342	1	1	0.2	30
SA4N	7.75	731	316	1	0.1	0.2	30
SA4C	7.61	514	300	1	0.1	0.2	20
SA4S	8.10	513	278	0	0.3	0.2	20
TN5	7.70	592	270	0	0	0	30
KH3	7.01	730	367	1	0.5	0	20
3. Back-marsh type (BM)							
SA3	-	-	-	-	-	-	-
4. Sloping fen type (S)							
TN1	7.02	303	400	1	0.3	0	15
KH2	7.50	512	379	3	2	0.5	15
KH4	-	-	-	-	-	-	-
SH7	6.67	424	174	3	0.1	0	20
5. Streamside type (SS)							
TN6	7.54	492	331	3	0.5	0.2	40
TN7	6.80	476	116	10	2	0	20
SH1	6.79	384	145	0	0.05	0	10
SH2	6.80	387	146	3	0.2	0	20
SH3	6.25	647	159	0	0	0	5
SH4	6.42	600	161	3	0.1	0	20
SH5	6.61	411	161	0	0.1	0	30
SH6	6.96	200	109	0	0	0	2
6. Complex type (C: P+BM)							
SA5	6.65	614	264	0	0	0.2	20
7. Complex type (C: P+SS)							
SA1	6.86	456	401	1	0	0.5	15

<sup>\*1</sup>: oxidation-reduction potential, <sup>\*2</sup>: total nitrogen.

<sup>\*1</sup>: 酸化還元電位, <sup>\*2</sup>: 全窒素.

表 4-3. 各湿地タイプにおける種子植物, シダ植物, コケ植物の出現種数.

Wetland type	<i>n</i>	Spermatophyte	Pteridophyte	Bryophyte	Total
Tidal-flat type (TF)	4	39	0	2	41 (4)
Pool type (P)	6	112	1	3	116 (12)
Back-marsh type (BM)	1	71	4	3	78 (9)
Sloping fen type (S)	4	173	3	9	185 (11)
Streamside type (SS)	8	119	3	13	135 (8)
Complex type (C)	2	58	3	5	66 (4)
All		250	9	23	282 (20)

表 4-4. 特定の湿地タイプに特徴的な種群 ( $\phi$  係数 > 0.5). 数値は各種の生育地点数を示す.

生育環境は, B: 砂浜, R: 岩石海岸, S: 塩沼地, W: 淡水湿地, G: 草原や林縁, F: 森林, C: 農耕地や荒地 (佐竹ほか 1981, 1982a, 1982b; 奥田・藤原 1994; 奥田 1997 を参照).

Species	Wetland type						Total	$\phi$	Habitat
	TF	P	BM	S	SS	Number of sites			
Group 1									
<i>Carex pumila</i>	4	4	•	•	1	9	0.748	B	
<i>Triglochin asiatica</i>	3	4	•	•	•	7	0.764	S	
<i>Cnidium japonicum</i>	3	3	•	•	•	6	0.688	B	
<i>Halerpestes kawakamii</i>	4	2	•	•	•	6	0.688	S	
<i>Lysimachia maritima</i> var. <i>obtusifolia</i>	4	4	•	•	3	11	0.523	S	
<i>Juncus gracillimus</i>	2	6	•	•	3	11	0.523	S, W	
Group 2									
<i>Phacelurus latifolius</i>	•	4	•	1	•	5	0.656	S	
<i>Leymus mollis</i>	1	3	•	•	•	4	0.521	B	
<i>Potentilla anserina</i>	1	3	•	•	•	4	0.521	S	
* <i>Rudbeckia laciniata</i>	•	3	1	•	•	4	0.521	C	
<i>Scrophularia alata</i>	•	4	•	•	•	4	0.777	R	
* <i>Stellaria media</i>	•	3	•	•	•	3	0.657	C	
<i>Cardamine fallax</i>	•	2	•	•	•	2	0.525	C	
<i>Carex rugulosa</i>	•	2	•	•	•	2	0.525	S	
* <i>Cirsium vulgare</i>	•	2	•	•	•	2	0.525	-	
<i>Galium pseudoasprellum</i>	•	2	•	•	•	2	0.525	F	
<i>Myriophyllum spicatum</i>	•	2	•	•	•	2	0.525	W	
<i>Persicaria longiseta</i>	•	2	•	•	•	2	0.525	C	
Group 3									
<i>Aster microcephalus</i> var. <i>ovatus</i>	•	5	1	3	2	11	0.652	C, G	
<i>Lycopus maackianus</i>	•	3	1	4	1	9	0.633	W	
<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>heterophylla</i>	•	3	1	3	1	8	0.533	G	
<i>Rubia jesoensis</i>	•	3	•	3	•	6	0.564	W	
<i>Petasites japonicus</i>	•	4	1	3	2	10	0.548	C, G	
Group 4									
<i>Cirsium aomorense</i>	•	4	1	4	6	15	0.628	G	
<i>Festuca rubra</i> var. <i>rubra</i>	•	3	•	3	8	14	0.572	B, R	
Group 5									
<i>Liriope minor</i>	•	•	1	1	7	9	0.703	G	
<i>Chrysanthemum yezoense</i>	•	•	1	2	5	8	0.641	B, R	
<i>Miscanthus sinensis</i>	•	•	1	1	6	8	0.641	G	
<i>Thelypteris palustris</i>	•	•	1	4	3	8	0.641	W	
<i>Equisetum arvense</i>	•	1	1	2	5	9	0.524	C	
<i>Hypericum erectum</i>	•	1	1	1	6	9	0.524	G	
<i>Juncus decipiens</i>	•	•	1	3	2	6	0.521	W	
<i>Vicia japonica</i>	•	•	1	1	4	6	0.521	G	
Group 6									
<i>Vitis ficifolia</i>	•	•	1	4	1	6	0.887	G	
<i>Hydrocotyle ramiflora</i>	•	•	1	4	1	6	0.887	G	
<i>Elsholtzia ciliata</i>	•	•	1	2	•	3	0.735	C	
<i>Geranium thunbergii</i>	•	•	1	2	•	3	0.735	C, G	
<i>Onoclea sensibilis</i> var. <i>interrupta</i>	•	•	1	2	•	3	0.735	W	
* <i>Solidago gigantea</i> subsp. <i>serotina</i>	•	•	1	2	•	3	0.735	C, G	
<i>Epilobium pyrricholophum</i>	•	1	1	4	1	7	0.797	W	
<i>Achillea alpina</i> subsp. <i>japonica</i>	•	1	1	3	1	6	0.647	G	
<i>Aster glehnii</i> var. <i>hondoensis</i>	•	1	1	3	1	6	0.647	G	
<i>Dioscorea tokoro</i>	•	1	1	3	1	6	0.647	F, G	
* <i>Plantago lanceolata</i>	•	•	1	1	•	2	0.586	C	

表 4-4. 続き.

Species	Wetland type						Total	φ	Habitat
	TF	P	BM	S	SS	Number of sites			
	4	6	1	4	8	23			
Group 7									
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	ヤマカモジグサ	・	・	・	4	・	4	1.000	F, G
<i>Astilbe microphylla</i>	チダケサシ	・	・	・	2	・	2	0.673	G, W
<i>Astilbe odontophylla</i>	トリアシショウマ	・	・	・	2	・	2	0.673	F
<i>Berchemia racemosa</i>	クマヤナギ	・	・	・	2	・	2	0.673	F, G
<i>Carex capillacea</i>	ハリガネスゲ	・	・	・	2	・	2	0.673	W
<i>Celastrus orbiculatus</i> var. <i>strigillosus</i>	オニツルウメモドキ	・	・	・	2	・	2	0.673	F
<i>Cirsium inundatum</i>	タチアザミ	・	・	・	2	・	2	0.673	W
<i>Dioscorea japonica</i>	ヤマノイモ	・	・	・	2	・	2	0.673	F, G
<i>Filipendula kamschatica</i>	オニシモツケ	・	・	・	2	・	2	0.673	W
<i>Lobelia sessilifolia</i>	サワギキョウ	・	・	・	2	・	2	0.673	W
<i>Prunella vulgaris</i> subsp. <i>asiatica</i>	ウツボグサ	・	・	・	2	・	2	0.673	G
<i>Senecio cannabifolius</i>	ハンゴンソウ	・	・	・	2	・	2	0.673	G, W
<i>Oxalis corniculata</i>	カタバミ	・	・	・	2	・	2	0.673	C
<i>Ranunculus japonicus</i>	ウマノアシガタ	・	1	・	2	・	3	0.503	G
<i>Moehringia lateriflora</i>	オオヤマフスマ	・	・	・	2	1	3	0.503	G
* <i>Oenothera biennis</i>	メマツヨイグサ	・	1	・	2	・	3	0.503	C
<i>Carex maximowiczii</i>	ゴウソ	・	1	・	2	・	3	0.503	W
Group 8									
<i>Juncus krameri</i>	タチコウガイゼキショウ	・	1	・	3	8	12	0.826	W
<i>Zoysia japonica</i>	シバ	1	・	・	3	5	9	0.589	G
<i>Osmunda japonica</i>	ゼンマイ	・	・	・	3	3	6	0.569	F, G
<i>Hemerocallis dumortieri</i> var. <i>esculenta</i>	ゼンテイカ	・	1	・	2	5	8	0.516	G, W
<i>Lilium maculatum</i>	スカシユリ	・	1	・	2	5	8	0.516	R
Group 9									
† <i>Euryhynchium eustegium</i>	オニヒツジゴケ	・	・	・	・	4	4	0.628	-
<i>Lysimachia mauritiana</i>	ハマボッス	1	1	・	・	6	8	0.617	R
<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i>	ミヤマビャクシン	・	・	・	1	5	6	0.606	R
<i>Luzula capitata</i>	スズメノヤリ	・	・	・	・	3	3	0.530	G
† <i>Blepharostoma miunus</i>	チャボマツバウロコゴケ	・	・	・	・	3	3	0.530	-
<i>Saxifraga fortunei</i> var. <i>alpina</i>	ダイモンジソウ	・	・	・	・	3	3	0.530	-
Others									
<i>Juncus fauriei</i>	イヌイ	3	6	1	4	8	22	-	B
<i>Calamagrostis epigeios</i>	ヤマアワ	2	5	1	4	6	18	-	G, W
<i>Nipponanthemum nipponicum</i>	ハマギク	1	4	1	4	7	17	-	R
<i>Lythrum anceps</i>	ミソハギ	1	4	・	4	8	17	-	W
<i>Sonchus brachyotus</i>	ハチジョウナ	3	6	1	1	6	17	-	C, G
<i>Fimbristylis subbispicata</i>	ヤマイ	2	4	・	2	8	16	-	W
<i>Phragmites australis</i>	ヨシ	1	6	1	4	4	16	-	W
<i>Plantago japonica</i>	トウオオバコ	3	6	・	2	5	16	-	G
<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>	ミヤコグサ	1	4	1	2	7	15	-	G
<i>Puccinellia nipponica</i>	タチドジョウツナギ	3	6	・	1	4	14	-	R
<i>Sagina maxima</i>	ハマツメクサ	3	5	・	2	4	14	-	G, R
<i>Phedimus aizoon</i> var. <i>floribundus</i>	キリンソウ	2	2	・	3	7	14	-	G, R
<i>Allium schoenoprasum</i> var. <i>foliosum</i>	アサツキ	3	3	・	2	5	13	-	R
<i>Ischaemum aristatum</i> var. <i>crassipes</i>	カモノハシ	2	5	・	3	2	12	-	S, W
<i>Toxicodendron orientale</i>	ツタウルシ	・	3	1	4	4	12	-	F
* <i>Taraxacum officinale</i>	セイヨウタンポポ	・	5	・	2	5	12	-	C

表 4-4. 続き.

Species	Wetland type						Total	φ	Habitat
	Number of sites	TF	P	BM	S	SS			
<i>Artemisia montana</i>	オオヨモギ	2	4	1	2	3	12	-	C, G
<i>Iris ensata</i> var. <i>spontanea</i>	ノハナショウブ	•	2	1	2	6	11	-	G, W
<i>Ligusticum scoticum</i> subsp. <i>hultenii</i>	マルバトウキ	•	5	•	2	4	11	-	G
<i>Eupatorium lindleyanum</i> var. <i>lindleyanum</i>	サワヒヨドリ	•	3	1	3	4	11	-	G, W
<i>Sonchus oleraceus</i>	ノゲシ	•	4	•	3	3	10	-	C
<i>Inula salicina</i> var. <i>asiatica</i>	カセンソウ	•	2	1	2	5	10	-	G, W
† <i>Bryhnia novae-angliae</i>	ヤノネゴケ	•	4	•	1	4	9	-	-
† <i>Bryum pseudotriquetrum</i>	オオハリガネゴケ	1	1	1	1	5	9	-	-
* <i>Dactylis glomerata</i>	カモガヤ	•	3	1	3	2	9	-	C
<i>Rubus parvifolius</i>	ナワシロイチゴ	•	3	1	3	2	9	-	C, G
* <i>Rumex crispus</i>	ナガバギシギシ	2	3	•	2	1	8	-	C, W
* <i>Erigeron canadensis</i>	ヒメムカシヨモギ	•	3	•	2	3	8	-	C
<i>Cocculus trilobus</i>	アオツツラフジ	•	2	•	1	5	8	-	C, G
<i>Commelina communis</i>	ツユクサ	1	2	•	3	2	8	-	C
<i>Lysimachia vulgaris</i> var. <i>davurica</i>	クサレダマ	•	1	•	3	3	7	-	W
<i>Phragmites japonicus</i>	ツルヨシ	1	1	•	1	4	7	-	G
<i>Elymus dahuricus</i>	ハマムギ	•	1	•	2	4	7	-	B
<i>Geum aleppicum</i>	オオダイコンソウ	•	2	1	2	1	6	-	G
* <i>Erigeron annuus</i>	ヒメジョオン	•	3	•	2	1	6	-	C
<i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>japonica</i>	コウゾリナ	•	3	•	1	1	5	-	C, G
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	キジムシロ	•	2	1	2	•	5	-	G
<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	ハマエノコロ	•	2	•	2	1	5	-	B
<i>Carex thunbergii</i>	アゼスゲ	•	•	1	2	2	5	-	W
* <i>Bidens frondosa</i>	アメリカセンダングサ	•	2	•	2	1	5	-	W
<i>Pilea pumila</i>	アオミズ	•	2	1	2	•	5	-	G, W
<i>Persicaria sagittata</i> var. <i>sibirica</i>	ウナギツカミ	•	1	1	2	1	5	-	W
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i>	アキノキリンソウ	•	2	1	2	•	5	-	G
* <i>Holcus lanatus</i>	シラゲガヤ	•	•	1	2	2	5	-	C
<i>Hosta sieboldii</i> var. <i>rectifolia</i>	タチギボウシ	•	•	1	2	2	5	-	W
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	オギ	•	•	•	2	3	5	-	W
<i>Fallopia sachalinensis</i>	オオイタドリ	•	2	1	1	1	5	-	C, G
<i>Persicaria thunbergii</i>	ミゾソバ	1	2	•	2	•	5	-	W
<i>Rosa multiflora</i>	ノイバラ	•	1	1	2	1	5	-	G
† <i>Conocephalum japonicum</i>	ヒメジャゴケ	1	•	•	1	2	4	-	-
<i>Impatiens noli-tangere</i>	キツリフネ	•	2	1	1	•	4	-	F, W
<i>Smilax china</i>	サルトリイバラ	•	•	•	1	3	4	-	G
<i>Carex lanceolata</i> ?	ヒカゲスゲ?	•	•	•	1	3	4	-	-
<i>Coelopleurum gmelinii</i>	エゾノシシウド	•	2	•	1	1	4	-	G
* <i>Schedonorus phoenix</i>	オニウシノケグサ	•	2	1	1	•	4	-	C
<i>Oenanthe javanica</i>	セリ	•	2	1	1	•	4	-	W
* <i>Rumex obtusifolius</i>	エゾノギシギシ	1	•	•	1	2	4	-	C
<i>Sanguisorba tenuifolia</i>	ナガボノワレモコウ	•	2	•	2	•	4	-	W

Species occurred in less than 4 sites were omitted.

\*: alien species, †: bryophytes.

表 4-5. 調査地の湿地群落の常在度表. 各種の常在度は, 5 スタンド以上で出現の場合は常在度階級 (ローマ数字) で, 4 スタンド以下で出現の場合はスタンド数 (アラビア数字) で示す. 常在度階級の区分は表 3-4 に準ずる. 常在度階級の横の数字は, 優占度の範囲を示す.

Differential species	No. of stands													Number of occurrence										
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K			
	2	5	2	5	9	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	1	10	4	3	3	4	4	
<i>Myriophyllum spicatum</i>	2 <sup>1,5</sup>																							2
<i>Ruppia maritima</i>	1 <sup>5</sup>																							1
<i>Juncus gracillimus</i>		V <sup>+4</sup>																						9
<i>Puccinellia nipponica</i>		IV <sup>2,3</sup>																						5
<i>Sagina maxima</i>		IV <sup>+1</sup>																						7
<i>Plantago japonica</i>		III <sup>1,2</sup>																						6
<i>Lysimachia maritima</i> var. <i>obtusifolia</i>		I <sup>2</sup>																						10
<i>Poa tenuis</i> subsp. <i>pauciflora</i>		I <sup>+</sup>																						7
<i>Heteropogon kawaiianus</i>																								3
<i>Triglochin asiatica</i>																								2
<i>Carex pumila</i>		I <sup>1</sup>																						3
<i>Phacelurus latifolius</i>																								7
<i>Phragmites japonicus</i>																								3
<i>Carex rugulosa</i>																								2
<i>Carex lyngbyei</i>																								2
<i>Ischaemum aristatum</i> var. <i>crassipes</i>																								10
<i>Fimbristylis subspicata</i>																								5

- A: *Myriophyllum spicatum* - *Ruppia maritima* com. ホザキノフサモ-カワツルモ群落  
 B: *Juncus gracillimus* - *Puccinellia nipponica* com. ドロイ-タチドジョウツナギ群落  
 C: *Lysimachia maritima* var. *obtusifolia* - *Heteropogon kawaiianus* com. ウミミドリ-ヒメキンボウグ群落  
 D: *Carex pumila* com. コウボウシバ群落  
 E: *Phacelurus latifolius* com. アイアシ群落  
 F: *Phragmites japonicus* com. ツルヨシ群落  
 G: *Carex rugulosa* com. オオクグ群落  
 H: *Carex lyngbyei* com. ヤラメスガ群落  
 I: *Ischaemum aristatum* var. *crassipes* - *Juncus fauriei* com. カモノハシ-スイス群落  
 J: *Phragmites australis* com. ヨシ群落

- a: *Lysimachia subunit* エゾソノハギ下位単位  
 b: Typical subunit 典型下位単位  
 c: *Lysimachia vulgaris* var. *daurica* subunit クサレタマ下位単位  
 K: *Heteropogon dumortieri* var. *esculenta* - *Iris ensata* var. *spontanea* com. ゼンテイカイ-ノハナシヨウブ群落  
 a: *Astilbe microphylla* subunit チャクサシ下位単位  
 b: *Miscanthus sacchariflorus* subunit オギ下位単位  
 c: *Carex thunbergii* subunit アゼスガ下位単位  
 d: *Drosera rotundifolia* subunit モウセンゴケ下位単位

表 4-5. 続 改

Differential species	No. of stands										Number of occurrence							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		K						
	2	5	9	2	2	2	2	1	10	4	3	9	7	4	4	5	4	
<i>Juncus fauriei</i>	.	.	V <sup>1-4</sup>	.	.	.	.	.	V <sup>+5</sup>	.	1 2	II <sup>1-2</sup>	I <sup>+</sup>	4 2,3	III <sup>1-4</sup>	2 3,4	31	
<i>Imula salicina</i> var. <i>asiatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	II <sup>+1</sup>	.	.	.	II <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>	IV <sup>+</sup>	.	12	
<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>+1</sup>	.	.	I <sup>+</sup>	.	2 <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	.	9	
<i>Phragmites australis</i>	.	I <sup>+</sup>	II <sup>+</sup>	.	1 <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>	1 3	III <sup>+1</sup>	4 4,5	3 3,5	V <sup>2-5</sup>	I 1	1 2	.	2 <sup>+</sup>	35	
<i>Lythrum salicaria</i>	.	.	.	.	.	.	1 <sup>+</sup>	.	II <sup>+</sup>	3 2,3	.	.	I <sup>+</sup>	.	.	.	8	
<i>Arenaria montana</i>	.	.	.	.	1 1	.	1 <sup>+</sup>	.	I <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	.	.	I <sup>+</sup>	.	II <sup>+2</sup>	.	11	
<i>Comelinia communis</i>	.	.	.	.	.	.	1 <sup>+</sup>	.	I <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup>	.	I <sup>+</sup>	.	I <sup>+</sup>	.	6	
<i>Galium pseudoasprellum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2 <sup>+</sup>	.	.	.	.	.	.	2	
<i>Rumex crispus</i>	.	.	.	.	.	.	1 <sup>+</sup>	.	.	2 <sup>+</sup>	.	.	.	.	.	.	3	
<i>Rudbeckia laciniata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2 <sup>+</sup>	.	.	.	.	.	.	2	
<i>Toxicodendron orientale</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>+</sup>	V <sup>+1</sup>	.	.	11	
<i>Lysimachia vulgaris</i> var. <i>davurica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>+2</sup>	.	.	.	8	
<i>Lythrum anceps</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>1-3</sup>	.	.	.	.	.	.	.	27	
<i>Eupatorium lindleyanum</i> var. <i>lindleyanum</i>	.	.	.	.	1 1	1 <sup>+</sup>	.	.	I <sup>+</sup>	.	.	.	V <sup>1-4</sup>	2 <sup>+</sup>	II <sup>2,4</sup>	4 <sup>+2</sup>	18	
<i>Thelypteris palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV <sup>+2</sup>	2 <sup>+</sup>	I 2	2 <sup>+</sup>	17	
<i>Lycopodium macleanii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV <sup>1-2</sup>	2 1	II <sup>1,2</sup>	1 2	16	
<i>Hemerocallis dumortieri</i> var. <i>exculenta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1 <sup>+</sup>	.	.	II <sup>+2</sup>	V <sup>+1</sup>	I <sup>+</sup>	.	15	
<i>Iris ensata</i> var. <i>sponianea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I <sup>+</sup>	.	.	.	.	V <sup>+5</sup>	3 <sup>+2</sup>	II <sup>1,3</sup>	2 3	15
<i>Hosta sieboldii</i> var. <i>recifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I <sup>+1</sup>	.	.	.	.	III <sup>+</sup>	4 1,3	II <sup>1,2</sup>	4 <sup>+2</sup>	15
<i>Aster géhni</i> var. <i>kondoensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>1-3</sup>	1 1	I <sup>+</sup>	3 1,3	9
<i>Cirsium amurense</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I <sup>+</sup>	III <sup>+1</sup>	1 4	.	2 <sup>+3</sup>	7
<i>Achillea alpina</i> subsp. <i>japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1 <sup>+</sup>	.	.	I <sup>+</sup>	V <sup>+1</sup>	1 <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	.	11
<i>Sanguisorba tenuifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	.	5
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	.	.	.	.	1 <sup>+</sup>	.	1 <sup>+</sup>	.	.	2 3	.	.	II <sup>+</sup>	V <sup>+2</sup>	.	.	.	12
<i>Astilbe microphylla</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II <sup>+1</sup>	IV <sup>+2</sup>	.	I <sup>+</sup>	.	8
<i>Berchemia racemosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 2	IV <sup>+2</sup>	.	.	.	6
<i>Rubus jesoensis</i>	.	.	.	.	1 1	.	.	.	II <sup>+1</sup>	.	.	.	II <sup>+</sup>	III <sup>+</sup>	.	.	.	6
<i>Rubus parvifolius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>+</sup>	.	.	.	8
<i>Pericaria thunbergii</i>	.	.	.	.	2 <sup>+</sup>	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>+1</sup>	.	.	.	6
<i>Carex maximowiczii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1 <sup>+</sup>	.	.	III <sup>+</sup>	.	.	.	5
<i>Potentilla freyniana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>+2</sup>	.	.	.	4
<i>Veratrum maackii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>+</sup>	.	.	.	3

表 4-5. 続 次

	No. of stands																Number of occurrence
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		K		Kd			
	2	5	9	2	2	2	2	1	10	4	3	9	7	4	5	4	
<b>Differential species</b>																	
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	.	.	.	.	.	1+	.	.	.	.	.	.	.	4 <sup>+2</sup> 2 <sup>+4</sup>	.	.	5
<i>Osmunda japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I <sup>2</sup>	.	.	.	3
<i>Carex thunbergii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III <sup>1-5</sup>	.	3
<i>Epilobium pyrricholophum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I+	.	.	III+	.	4
<i>Juncus krameri</i>	.	.	I <sup>1</sup>	.	.	1+	.	I+	I+	I <sup>1</sup>	I+	I+	.	.	III <sup>+1</sup>	1+	10
<i>Aster microcephalus</i> var. <i>ovatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1+	II <sup>1-2</sup>	.	3
<i>Geranium thunbergii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II+	.	2
<i>Drosera rotundifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4 <sup>+3</sup>	4
<i>Hypericum erectum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I+	.	.	I+	.	1+	.	3+	6
<i>Saxifraga fortunei</i> var. <i>alpina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2 <sup>+2</sup>	2
<i>Haloragis micrantha</i>	.	.	.	.	.	1+	.	.	.	.	.	.	I+	.	.	2 <sup>1</sup>	4
<i>Agrostis scabra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2 <sup>+</sup>	2
<b>Companion species</b>																	
<i>Calamagrostis epigeios</i>	.	.	I+	.	.	.	.	1+	IV <sup>+2</sup>	4 <sup>+2</sup>	I <sup>2</sup>	IV <sup>+2</sup>	III <sup>+2</sup>	.	I <sup>2</sup>	1+	26
<i>Nipponanthemum nipponicum</i>	.	.	.	.	.	1+	.	.	I+	.	.	II <sup>+2</sup>	III <sup>+1</sup>	1 <sup>1</sup>	.	2+	10
<i>Equisetum arvense</i>	.	.	.	.	.	1+	.	.	.	.	.	II <sup>+1</sup>	.	1+	III+	1 <sup>1</sup>	9
<i>Sonchus brachyotus</i>	.	.	I+	.	I <sup>1</sup>	1+	.	.	I+	.	I+	.	.	1 <sup>1</sup>	.	1+	8
<i>Juncus decipiens</i>	.	.	.	.	.	1+	.	.	.	.	I+	II <sup>+1</sup>	II <sup>+2</sup>	.	I+	.	7
<i>Pheclinus atoon</i> var. <i>floribundus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	II <sup>+1</sup>	.	.	I	I <sup>1</sup>	2 <sup>1-2</sup>	.	1+	7
<i>Festuca rubra</i> var. <i>rubra</i>	.	.	.	.	I <sup>1</sup>	.	.	.	.	.	.	II <sup>+2</sup>	I <sup>1</sup>	.	I <sup>2</sup>	1+	6
<i>Hydrocotyle ramiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II <sup>+2</sup>	.	1+	I <sup>2</sup>	1+	6
<i>Pteris hieracitoides</i> subsp. <i>japonica</i>	.	.	.	.	1+	.	.	.	I+	1+	.	.	.	.	I+	.	5
<i>Pilea pumila</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Viola verecunda</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II <sup>+1</sup>	II <sup>+</sup>	.	.	.	4
<i>Ligusticum scoticum</i> subsp. <i>hultenii</i>	.	.	.	.	.	I <sup>2</sup>	.	.	I+	.	.	II <sup>+</sup>	II <sup>+</sup>	.	.	.	4
<i>Vicia japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I+	.	.	II <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	1 <sup>1</sup>	.	1+	4

Species occurred in less than 4 sites were omitted.

表 4-6. 各湿地タイプで記録された植物群落. 数値はスタンド数を示す.

Coastal wetland community	Wetland type				
	TF	P	BM	S	SS
A. <i>Myriophyllum spicatum</i> - <i>Ruppia maritima</i> com.	-	2	-	-	-
B. <i>Juncus gracillimus</i> - <i>Puccinellia nipponica</i> com.	4	1	-	-	-
C. <i>Lysimachia maritima</i> var. <i>obtusifolia</i> - <i>Halerpestes kawakamii</i> com.	5	2	-	-	1
D. <i>Carex pumila</i> com.	-	1	-	-	1
E. <i>Phacelurus latifolius</i> com.	-	2	-	-	-
F. <i>Phragmites japonicus</i> com.	-	-	-	-	2
G. <i>Carex rugulosa</i> com.	-	2	-	-	-
H. <i>Carex lyngbyei</i> com.	-	1	-	-	-
I. <i>Ischaemum aristatum</i> var. <i>crassipes</i> - <i>Juncus fauriei</i> com.	-	6	1	-	3
J. <i>Phragmites australis</i> com.					
a. <i>Lythrum salicaria</i> subunit	-	4	-	-	-
b. Typical subunit	1	2	-	-	-
c. <i>Lysimachia vulgaris</i> var. <i>davurica</i> subunit	-	-	-	6	3
K. <i>Hemerocallis dumortieri</i> var. <i>esculenta</i> - <i>Iris ensata</i> var. <i>spontanea</i> com.					
a. <i>Astilbe microphylla</i> subunit	-	-	1	6	-
b. <i>Miscanthus sacchariflorus</i> subunit	-	-	1	-	3
c. <i>Carex thunbergii</i> subunit	-	-	1	3	1
d. <i>Drosera rotundifolia</i> subunit	-	-	-	-	4

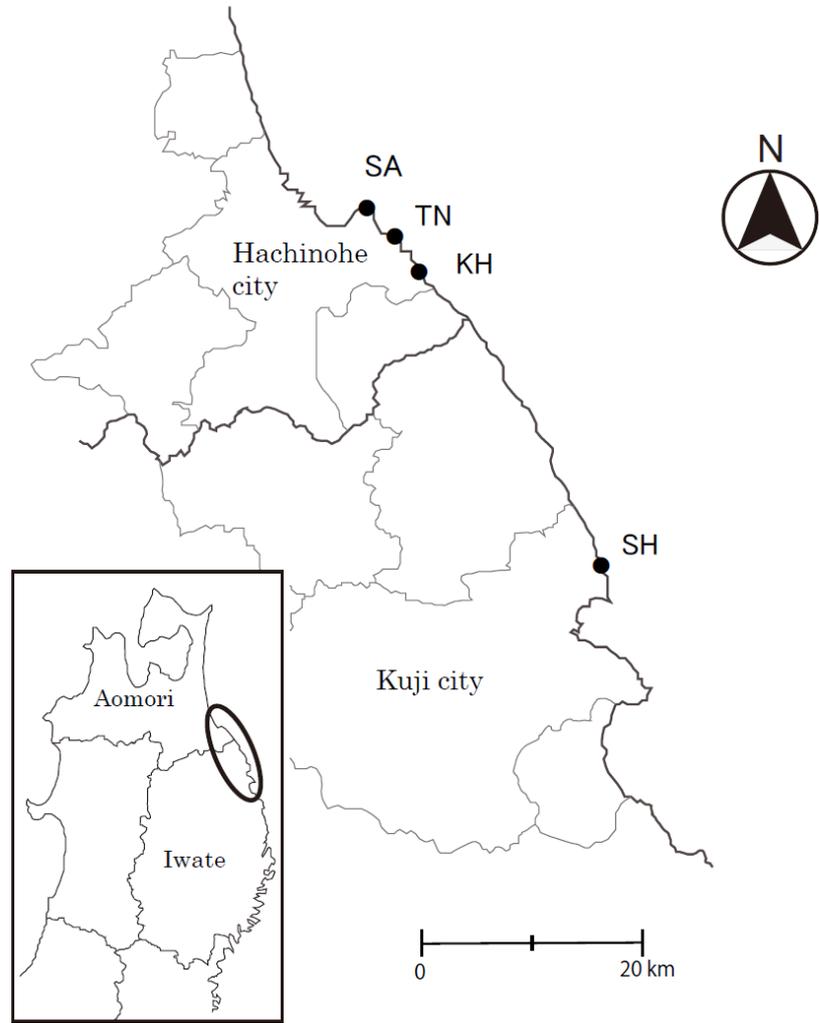


図 4-1. 調査地位置. SA: 鮫, TN: 種差, KN: 金浜, SH: 侍浜.

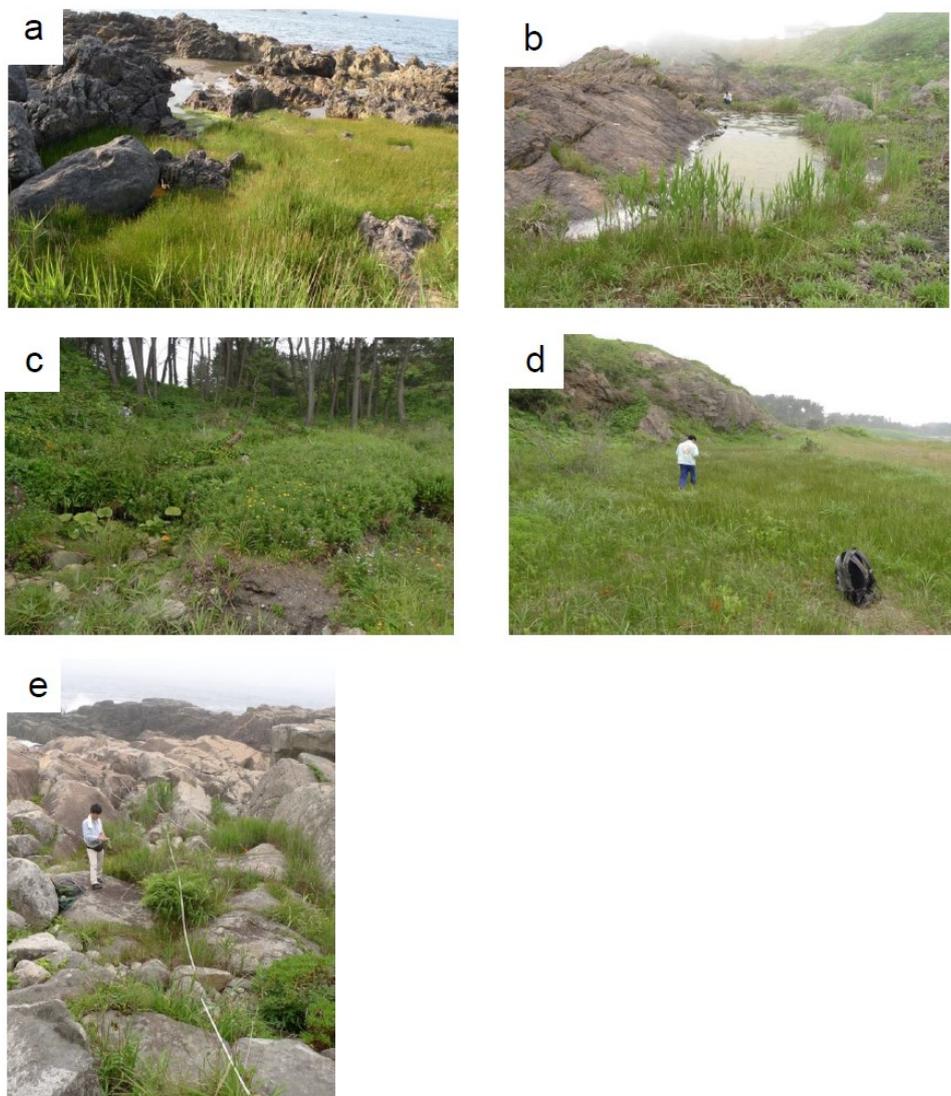


図 4-2.5 湿地タイプの景観写真. a: 砂干潟型 (KH1), b: 停滞水域型 (SA4C), c: 後背湿地型 (SA3), d: 斜面湿地型 (KH2), e: 流水辺型 (SH5)

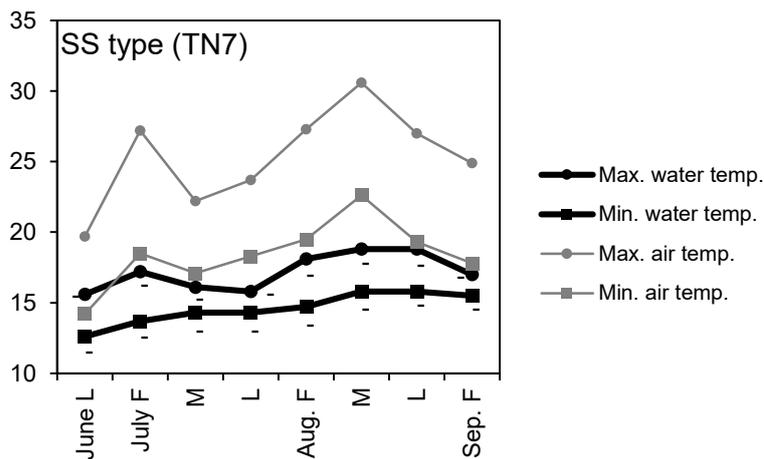
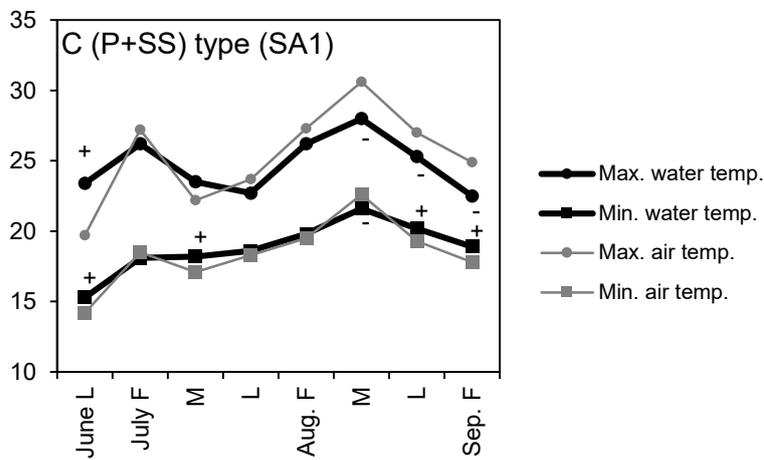
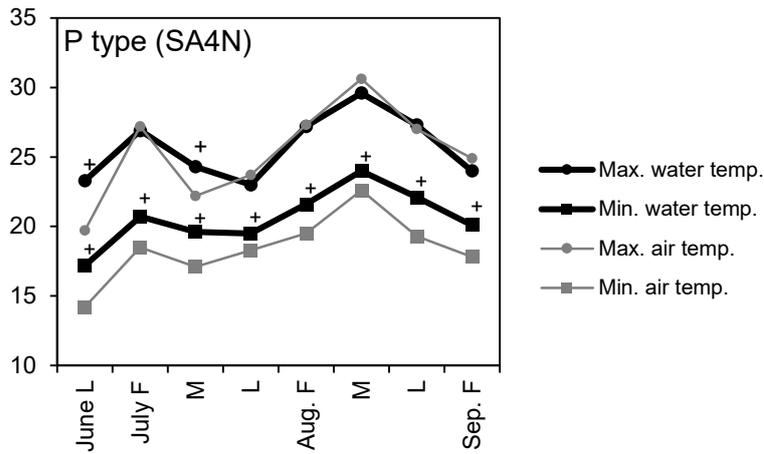


図 4-3. 3つの湿地における水温の季節変化と気温との比較. 数値は, 各月の上旬, 中旬, 下旬の日最高温度と最低温度の平均値. +と-は, 気温に対して温度が有意に高い, もしくは低いことを示す ( $P < 0.05$ , Wilcoxon test).

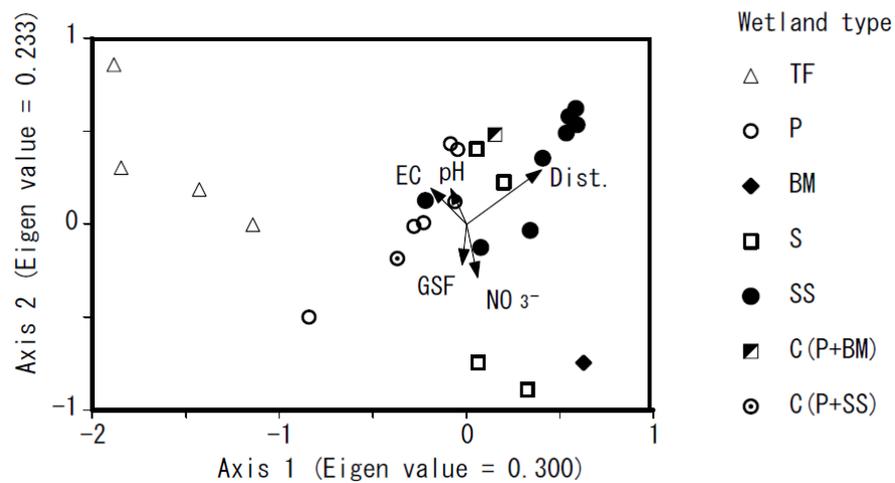


図 4-4. 各湿地の指標種と群落の識別種を用いた CCA による湿地の序列化. 1 軸と 2 軸で説明される変異は, それぞれ 15.4%と 8.1%. TF: 砂干潟型, P: 停滞水域型, BM: 後背湿地型, S: 斜面湿地型, SS: 流水辺型, C: 混合型

## 5 章 神奈川県三浦半島の岩石海岸草本植生の立地条件および保全上重要な種との結びつき

### 5.1. 背景と目的

三浦半島においては、半島全域、あるいは海岸部に着目した植物社会学的な研究(村瀬 1967; 川村 1972; 大場・菅原 1980; 山田ほか 1998; 国際生態学センター 2001)が数多く行われてきた。本地域の岩石海岸にはイソギクハチジョウススキ群集 *Chrysanthemo-Miscanthenum condensati* Ohba 1971 やイソヤマテンツキ群集 *Fimbristylidetum ferrugineae* Ohba 1970, ハマエノコロハマツメクサ群集 *Setario pachystachyos-Saginetum maximae* Miyawaki et al. 1980, ヒトモトススキ群集 *Cladietum chinensis* Ohba et Sugawara 1980 といった草本群落の分布が知られている。これらの植物群落は「神奈川県レッドデータ生物調査報告書 2006」の植物群落に関する記述(田中 2006)の中において、三浦半島から報告された群落複合の構成要素に挙げられているものも多く、岩石海岸を特徴づける重要な群落といえる。加えて、神奈川県のレッドリスト掲載種のホットスポットの一つに三浦半島が挙げられていること(田中 2005)や、神奈川県植物誌調査会(2018)の記述からレッドリスト掲載の草本や関東地方南部に固有な植物が三浦半島の沿海地に生育するのが明らかことから、岩石海岸に成立する草本植生は植物種多様性の保全の観点からも重要であると考えられる。しかし、岩石海岸に成立する各群落の立地環境を定量的なデータにもとづいて解明した研究はない。また、上述の既存群落との結びつきが不明なレッドリスト掲載種や地域固有分類群が多く、植物群落の保全と植物種多様性の保全とを結びつける知見が不足している。

本章では三浦半島において、①岩石海岸の草本植生を構成する植物群落を網羅的に把握するとともに、②植物群落と保全上重要な植物種との結びつきを明らかにし、③植物群落の成立に関わる立地環境を明らかにすることを目的とする。また、植物群落と植物種多様性の双方の保全にあたって留意すべき点を考察する。

### 5.2. 方法

#### 5.2.1. 調査地概要

事前の現地踏査や衛星写真判読にもとづき、草本植生が発達する岩石海岸 9箇所(横須賀市で荒崎 AR と佃嵐崎 TK, 三浦市で長浜 NA, 黒崎の鼻 KU, 諸磯 MO, 城ヶ島 JO, 盗人狩 NU, 劔崎 TR, 雨崎 AM)を調査地に選んだ(図 5-1, 表 5-1)。なお、調査地は 3 章と同一である。各調査地での調査範囲は自然植生が成立する場所とし、代償植生が成立する場所は対象外とした。調査地

の間は砂浜や河川，市街地によって明瞭に区切られている。

調査地最寄りの気象観測所（三浦，海拔 42 m）の 1981 年-2010 年の観測データ（<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>，2019.2 参照）によれば，年平均気温は 15.8°C，最寒月（1 月）の平均気温は 6.4°C，暖かさの指数は 129.7 であり，暖温帯に属する。平均年降水量は 1556.8 mm である。

三浦半島中南部の主要な地質は海成堆積物で形成された三浦層群であり，調査地周辺には三崎層（泥岩と凝灰質砂岩及び凝灰岩の互層からなる）と初声層（スコリア質及び軽石質の粗粒砂岩からなる），およびそれらの上位に風成層の関東ローム層が分布し（赤嶺ほか 1956；小玉ほか 1980；江藤ほか 1998），これらの露頭が岩石海岸を構成している。

三浦半島の岩石海岸の地形は，海拔 2-6 m の隆起海食台と比高約 20 m の海食崖で主に成り立っており，半島西部の荒崎などには波食棚も分布する（鈴木ほか 1970；吉川ほか 1973；小玉ほか 1980；町田 1984）。波食棚は 1923 年の大正関東地震もしくは 1703 年の元禄関東地震などに伴う隆起で生じたものである（鈴木ほか 1970；小玉ほか 1980）。また，海食崖よりも内陸側には三崎面と呼ばれる海拔 30-40 m の海岸段丘の段丘面がみられる（小玉ほか 1980）。草本植生の主要な成立範囲は隆起海食台や波食棚から海食崖にかけてであり，高海拔で海岸線から離れた段丘面上は森林や耕作地などになっている。

### 5.2.2. 植生調査

岩上，あるいは岩上の堆積土砂や土壌の上に成立する草本植生を対象に植生調査を行った。調査にあたっては，各調査地に成立する自然植生の全群落タイプを網羅するようにつとめた。各スタンド（1 m<sup>2</sup>，2 m<sup>2</sup>，4 m<sup>2</sup>のいずれか）における出現種のパーセント被度，植生高（cm），植被率を記録した。スタンド面積を一定にしなかったのは，調査対象の群落に小型草本が優占するものから大型草本主体のものまでが含まれており，それらに応じた面積の設定が必要と判断したためである。また，スタンドの形状は原則として正方形としたが，異質な群落や地形条件などにより設置が困難な場合は長方形とした。植生高は 1 スタンドあたり 5 箇所（四隅と中央）で測定し，解析ではその平均値を用いた。1 調査地あたりのスタンド数は 3-32 で，計 123 スタンドである。調査時期は 2017 年 9 月下旬から 10 月中旬と 2018 年 10 月上旬である。

なお，一部のスタンドは，3 章でも研究対象としている。

### 5.2.3. 出現種に関する情報の収集

出現種について，環境省（国レベル）および神奈川県（都道府県レベル）のレッドリスト掲載状況，地域固有性，生育立地を確認した。レッドリスト掲載状況については「環境省レッドリスト 2019」（<http://www.env.go.jp/press/106383.html>，2019.4 参照）と「神奈川県レッドデータ生物調査報告書 2006」の維管束植物の記述（勝山ほか 2006）を参照した。地域固有性は神奈川県植物誌調査会（2018）の記述から判断し，関東地

方南部（千葉県，神奈川県，伊豆諸島，伊豆半島）のみに分布，もしくは分布がほぼ限られるものを関東地方南部の固有分類群として扱った．生育立地は①海崖生（海岸風衝（草）地を含む）（略号 SC），②砂浜生（砂浜，砂丘，礫浜に生育するもの）（SD），③海岸湿地生（海岸や沿海地の湿地に生育するもの．干潟，塩沼地を含む）（CW），④その他海岸生（①から③に該当しない海岸生，沿海地に限って分布するもの）（CO），⑤草原生（芝地，土手，土堤，河川敷などを含む．海岸風衝草地は含まない）（GR），⑥内陸湿地生（海岸以外の湿地に生育するもの．水田，河川沿いの湿地を含む）（IW），⑦林縁生（FE），⑧森林生（FO），⑨路傍・畑地生（市街地，荒地を含む）（RS），⑩その他（生育立地が幅広いものや，生育立地の記述がないもの）（Other）の10タイプに区分した．生育立地の区分にあたっては，神奈川県内における生育立地が記述されている文献（神奈川県植物誌調査会 2018）を参照したが，補助的に中西（2018）の記述も参照した．

出現種のうち，BG Plants 和名－学名インデックス（YList）（<http://ylist.info>，2019.1 参照）に非掲載の一部の分類群については神奈川県植物誌調査会（2001）と Konta & Matsumoto（2006）の記述にしたがった．YList に非掲載の分類群は，エノシマススキ *Miscanthus condensatus* x *M. sinensis* とハマオトギリ *Hypericum erectum* var. *arenicolum*，エノシマキブシ *Stachyurus praecox* var. *ovalifolius*（神奈川県植物誌調査会 2001），ケナシヒメハギ *Polygala japonica* f. *nudicaulis*（Konta & Matsumoto 2006）の4分類群である．調査地ではこれらの分類群の形態に合致する個体が大半を占めており，海岸環境に適応した独立分類群として扱うのが妥当と判断した．イガアザミ *Cirsium nipponicum* var. *comosum* は YList においてタイアザミ var. *incomptum* の別名とされているが，神奈川県植物誌調査会（2001）に従い独立分類群として扱った．また，ササ類にはアズマネザサ *Pleioblastus chino*，キボウシノ *P. kodzuma*，メダケ *P. simonii* のメダケ属3分類群が含まれている可能性があるものの正確な判別が困難だったため，メダケ属 *Pleioblastus* spp.としてまとめて扱った．

#### 5.2.4. 調査スタンドの立地環境データの収集

各スタンドにおいて傾斜角度，露岩率，土壌深（60 cm 長の金属ペグで測定），土湿（触診で乾，やや乾，適，やや湿，湿の5段階），表層土壌で優占する粒径（礫，粗砂，細砂，シルト以下の4段階）を記録した．土壌硬度は，有効な測定結果を得るのが困難なスタンド（土壌深が浅い，常に過湿）を除き，山中式土壌硬度計を用いて測定した．また，水文環境，すなわち水域の有無と恒常性，海域/陸域からの水供給の有無と恒常性を確認するとともに，水サンプルが得られた場合には pH をコンパクト pH メーター（LAQUAtwin pH-22，堀場製作所製）を用いて，EC（塩分濃度の指標）はコンパクト電気伝導率計（TWINCOND B-173，堀場製作所製）を用いて測定した．環境調査は基本的には植生調査と同時に行ったが，天候により測定値が左右されうる土壌硬度と

土湿，水質については，植生調査時が雨天だった場合には後日の晴天時に行った．土壌深と土壌硬度は，1 スタンドあたり 5 箇所 (スタンドの中心と四隅) 測定し，解析には平均値を用いた．水文環境は季節や天候，潮位などによる変動を把握するために，時期を変えて 3 回以上調査した．海拔と海岸線からの水平距離は，GPS ロガー (GPSmap62s, GARMIN 社製) で記録した各スタンドの位置情報 (緯度経度) を元に，国土地理院の地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/>, 2019.1 参照) 上において計測した．地質については小玉ほか (1980) と江藤ほか (1998) を参照した．ただし，関東ローム層の分布は既存資料から判断できないため，現地を確認した．

#### 5.2.5. 調査地の地形，地質の把握

国土地理院の地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/>, 2019.1 参照) 上での航空写真や地形図の判読，および現地踏査結果をもとに，海食台の幅 (図 2 中の a)，隆起海食台の幅 (b)，海食崖の幅 (c)，海食崖の海拔 (海食崖と段丘面との地形変換点付近の海拔) (d) を測定した．また，各調査地の広がり指標として，海岸線長を測定した．海岸線長を除く各項目は調査地の広がりに応じて 5-10 箇所 (調査範囲の狭い NA では 3 回) 測定し，解析ではそれらの平均値を用いた．なお，波食棚は隆起海食台との判別が難しいことから，本研究では隆起海食台と区別せずに扱った．地質については，調査地を図幅に含む地質図 (小玉ほか 1980; 江藤ほか 1998) から判読した．

#### 5.2.6. 群落区分

植生調査資料の群落区分を行うために，modified TWINSpan (Roleček et al. 2009) を実施した．modified TWINSpan では異質性 (heterogeneity) の高いグループから順に分割がおこなわれ，任意のグループ数を得ることができる点や，異質性の判断に用いる係数などの選択も可能な点で従来の TWINSpan よりも柔軟な解析手法である．本研究では Pseudospecies cut levels はデフォルトの 0, 2, 5, 10, 20 を，異質性の算出には Simpson 係数 (average) を用い，非類似度指数 0.3 以下で分割を終了させる設定を選んだ．各群落の診断種 (diagnostic species) は， $\Phi$  係数が 0.2 以上かつフィッシャーの正確確率検定で有意な偏り ( $P < 0.01$ ) がみられた種とした． $\Phi$  係数については Tichý & Chytrý (2006) の手法に従い，すべての群落のサンプル数を均等化したのちに算出した．

#### 5.2.7. 各群落と立地環境の関係

modified TWINSpan で得られた群落について，成立に関わる諸要因を明らかにするために，2つのスケールでの解析を実施した．

第一に，各群落の立地環境を要約して把握するために，スタンドごとに記録・測定した環境データを用い主成分分析 PCA (principal component analysis) によりスタンドの序列化を行った．PCA に用いた環境データは，海

岸線からの水平距離，海拔，傾斜角度，露岩率，土壤深，優占粒径である．水域の有無と恒常性，水供給の恒常性と供給源（海水か淡水か），水サンプルのEC，pH，土壤硬度についてはデータの欠測が多いことから，PCAに用いず個別に比較した．データの順位付けが困難な表層地質（三崎層，初声層，関東ローム層）も個別に比較した．

第二に，各調査地の出現群落と地形条件の関係を明らかにするために，まず，9 調査地別の各群落の出現有無データを用いて非計量多次元尺度法 NMDS (nonmetric multidimensional scaling) による調査地の序列化を行った．NMDS においては Sørensen 指数を用い，解析結果の評価には STRESS 値を用いるとともに，STRESS 値の統計的有意性はモンテカルロ法（繰り返し回数は 250 回）により確認した．次に，NMDS 軸値と地形データ（海食台，隆起海食台，海食崖それぞれの平均幅，海食崖の平均海拔，海岸線長）との相関関係を Spearman の順位相関係数により評価した．また，調査地別の出現群落数と軸値の相関関係も同様の手法で評価した．なお，結果および考察で後述するように，modified TWINSpan の第一分割により，湿地生の植物が主体の 5 群落と非湿地生の植物が主体の 6 群落に大別された．両群落グループは構成種の特徴から立地環境への応答が異なることが予想されたため，全 11 群落の出現数に加えて前 5 群落の出現数，後 6 群落の出現数の計 3 パターンで相関係数を算出した．

modified TWINSpan の実施と群落診断種の抽出には，フリーのデータ解析ソフトである JUICE ver. 7.0 (Tichý 2002) を用いた．NMDS には PC-ORD, 5.0 を用いた．その他の解析には R ver. 3.4.2 (R Core Team 2019) を用いた．

### 5.3. 結果

#### 5.3.1. modified TWINSpan による群落区分

modified TWINSpan により，調査地の草本植生は 11 群落 (A-K) に分けられた．表 5-1 に各群落の平均植生高と平均植被率，平均出現種数と，出現種の生育立地を付記した組成表を示す．また，図 5-3 に分割過程のデンドログラムを，図 5-4 に代表的な群落の相観写真を示す．図 5-3 に示すように，modified TWINSpan の第一分割で A-E の 5 群落を含むグループと F-K の 6 群落を含むグループに分けられた．

A はホソバハマアカザやハマゼリが優占する一年生草本主体の群落であり，診断種のホソバハマアカザとハマゼリはともに海岸湿地生である．B はナガミノオニシバが優占する多年生草本主体の群落である．診断種のナガミノオニシバは海岸湿地生であり，その他の群落構成種も海岸湿地生のものが多かった．C は海岸湿地生のナガミノオニシバやイソヤマテンツキが優占する多年生草本主体の群落である．本群落は診断種が得られなかった．D はシオクグやヨシ，カモノハシなどが優占する多年生草本主体の群落である．診断種は海岸湿地生

のトウオオバコやシオクグ，ナガボテンツキと，内陸にも生育するヨシやケナシチガヤ，カモノハシの計 6 種である．E はイソヤマテンツキやシバ，ヤマイなどが優占する多年生草本主体の群落である．診断種は海岸湿地生のトウオオバコとイソヤマテンツキ，内陸湿地生のヒメクグ，海崖生のハマボス，草原生や路傍生のオオジシバリとキンエノコロの計 6 種である．

F と G はシバが優占し，両群落共通の診断種はシバとミヤコグサである．また，F では海崖生のソナレムグラと砂浜生のハマヒルガオの 2 種も，G では草原・路傍生のアキメヒシバやネズミノオなど，沿海地生のハイメドハギや海崖生のクグテンツキなど 7 種も診断種だった．H はヒメオニヤブソテツやラセイタソウが優占する多年生草本主体の群落であり，診断種はともに海崖生のラセイタソウとヒメオニヤブソテツである．I, J, K はエノシマススキやイソギクといった海崖生の種が主に優占する群落である．このうち，I は多年生草本主体であり，ツワブキ，オニヤブソテツ，カモガヤが診断種である．J は多年生草本もしくは木本主体であり，診断種のエノシマススキ，イソギク，ボタンボウフウ，マルバアキグミ，ハマエノコロ，ワダンなど 9 種はいずれも海崖生である．K はエノシマススキやイソギクの他にメダケ属やヤマカモジグサなどが優占する多年生草本もしくは木本主体の群落であり，診断種は J と共通するエノシマススキ，イソギク，ボタンボウフウ，マルバアキグミと，K 固有の 39 種，計 43 種である．K 固有の診断種にはヒゲスゲ，イソアオスゲ，ハマカンゾウなどの海崖生の種だけでなく，スイカズラやヤマカモジグサ，ツルボ，オガルカヤといった草原・林縁生の種も多く含まれていた．

### 5.3.2. 保全上重要な植物種の出現状況

調査スタンドで出現した計 161 分類群（種，亜種，変種，品種含む）のうち，関東地方南部の固有分類群と環境省・神奈川県レッドリスト掲載種を表 5-2 に示す．地域固有分類群は 8 分類群であり，そのうちイソギク *Chrysanthemum pacificum* とワダン *Crepidiastrum platyphyllum* の 2 分類群は種レベルでの固有分類群，ハマオトギリやハマシャジン *Adenophora triphylla* var. *japonica* f. *rotundifolia*，ハマコウゾリナ *Picris hieracioides* subsp. *japonica* f. *maritima* など 6 分類群は固有変・品種である．環境省レッドリスト掲載種はヤリテンツキ *Fimbristylis ovata* やソナレマツムシソウなど 4 分類群であり，神奈川県レッドリスト掲載種はこれら 4 分類群に加えてオキナワハイネズ *Juniperus taxifolia* var. *lutchuensis*，やセンダイスゲ *Carex lenta* var. *sendaica* やシオクグ *C. scabrifolia*，ハマシャジン，ハマアキノキリンソウなど 9 分類群，計 13 分類群である．

modified TWINSpan で区分された 11 の群落と地域固有分類群やレッドリスト掲載種との関係を見ると，ナガミノオニシバは群落 B の，アイアシとナガボテンツキ，シオクグは D の，イソギクは I, J, K の，ワダンとオキナワハイネズは J の，イガアザミとハマアキノキリンソウ，ハマコウゾリナ，ハマシャジン，センダイスゲは K の診断種だった．また，診断種ではないもののヒ

ロハノカワラサイコは G のみに、ソナレマツムシソウとハマオトギリ、イブキボウフウ、シランは K のみに、ヤリテンツキは G と K のみに出現しており、K には地域固有分類群やレッドリスト掲載種が集中的に出現していた。

### 5.3.3. 各群落の立地環境

各スタンドの立地環境データを用いた PCA の結果を図 5-5 に示す。1 軸と 2 軸、3 軸の寄与率はそれぞれ 32.5%、24.4%、17.9% で、3 軸までの累積寄与率は 74.8% である。2 軸値に沿った群落の序列は modified TWINSpan の第一分割とおおむね対応しており、軸値の小さな範囲に A-E の 5 群落、大きな範囲に F-K の 6 群落配置された。また、個々の群落については H と J、特に H は 1、2 軸値ともに大きい範囲に、K は 1 軸値が小さく 2 軸値が大きい範囲に序列された。A は 3 軸値の大きい範囲に序列された。F と J についても、それぞれ類似する群落 (F に対する G、J に対する I や K) と比較して 3 軸値が大きい傾向がみられた。1 軸と正の相関がみられた立地環境は、露岩率と傾斜角度、負の相関がみられたのは土壌深と汀線からの距離である。2 軸と正の相関がみられたのは海拔と傾斜角度、負の相関がみられたのは土湿である。3 軸と正の相関がみられたのは優占粒径、負の相関がみられたのは土湿である。

各群落と表層地質の関係を図 5-6 に示す。多くの群落は三崎層と初声層の両方に出現したが A と B の立地は三崎層のみであり、D も 14 スタンド中 13 スタンドが三崎層上だった。また、関東ローム層上に出現したのは G と K のみだった。

水供給の有無、恒常性と供給源、水域の有無と恒常性についてを図 5-7 に示す。湿地生の植物が優占する群落 (A-E) をみると、海水の直接の供給を確認できたのは A のみだった。D と E は一部のスタンドで陸域からの表流水供給を常時もしくは一時的に受けていたが、表流水の供給の形跡を確認できないスタンドも多かった。B と C はどのスタンドでも表流水の供給を確認できなかった (図 5-7a)。滞水域が常時存在したのは D と E のみで、A と B では満潮時あるいは多雨期に一時的に存在していた (図 5-7b)。滞水域がみられたスタンドで測定した EC は B から E で 0.5-13.5 mS / cm、A で測定上限 (約 29 mS / cm) 以上だった。pH は A で 7.6、D で 6.8-8.9、E で 8.2-8.5 だった。

土壌硬度の測定結果を図 5-8 に示す。シバが優占する F と G は、エノシマ ススキなどが優占する I、J、K よりも土壌硬度が高かった。A-E、H の 6 群落では、土壌が過湿であったり土壌深が浅すぎたために、有効な測定値が得られなかった。

### 5.3.4. 調査地別の出現群落と地形

表 5-3 に、9 調査地で記録された各群落のスタンド数を示す。各調査地で記録された群落の種類数は、2 群落から 8 群落だった。調査地別に出現した群落の組み合わせをみると、7 調査地 (AR, KU, MO, JO, NU, TK, TR) では

湿地生の植物が優占する群落 (A-E) と海崖生や草原生などの植物が優占する群落 (F-K) の両方が分布していた。NU と JO では前者の群落は 3 群落以上と特に多様であり，両調査地にほぼ固有の群落 (A, D) もあった。一方，NA と AM では A-E の群落が見られなかった。また，調査地を構成する各地形の測定結果と分布する地質 (関東ローム層除く) を表 5-4 に示す。隆起海食台は 3 調査地 (AR, JO, NU) において平均幅が 40 m 以上と顕著に発達していた。NA と AM においては，隆起海食台と海食崖の平均幅，海崖の平均海拔がいずれも低い値だった。地質については，JO のみで初声層と三崎層の両層が分布し，他 8 調査地ではどちらか一方のみが分布していた。

図 5-9 に，各調査地の出現群落データを用いた NMDS の結果を示す。STRESS 値は 0.079 ( $P = 0.044$ ) であり，得られた結果は妥当なものであると判断された。表 5-5 に，NMDS の 1, 2 軸値と地形データの相関関係 (Spearman の順位相関係数) を示す。1 軸値と地形データの関係をみると，海食台の幅と海食崖の海拔で有意な負の相関がみられた。また，海岸線長と隆起海食台の幅については有意ではなかったものの相関係数が 0.6 以上と高かった。2 軸値と有意な相関がみられる地形データはなく，相関係数は最大で 0.41 だった。また，各調査地における出現群落の数と軸値の相関関係をみると，A-E の群落数と 1 軸値に負の相関が，F-K および全 11 群落の群落数と 2 軸値に正の相関がみられた。

#### 5.4. 考察

##### 5.4.1. 三浦半島の岩石海岸の草本群落とその組成的特徴

三浦半島南部の岩石海岸の草本植生は，modified TWINSPLAN により 11 群落 (A-K) に区分された (図 5-3, 表 5-1)。これらの群落の診断種と種組成を，既存群集の標徴種および種組成と比較したところ，多くの群落は神奈川県や周辺地域での既存研究 (川村 1972; 藤間 1972; 大場・菅原 1980; 山田ほか 1998; 国際生態学センター 2001) で報告されている群集に相当，もしくは類似していた。

ホソバハマアカザが優占する A はホソバノハマアカザーハママツナ群集 *Atriplici-Suaedetum maritimae* Miyawaki et Ohba 1969 に相当すると考えられる。ナガミノオニシバが優占する B はナガミノオニシバ群集 *Zoysietum sinicae nipponicae* Miyawaki et Ohba 1969 に相当すると考えられる。C は診断種を見出せなかったものの，その種組成はナガミノオニシバ群集，もしくはイソヤマテンツキ群集に類似している。ヨシやシオクグ，アイアシなどが優占する D には，いずれもヨシ群団 *Phragmition* W. Koch 1926 に属するシオクグ群集 *Caricetum scabrifoliae* Miyawaki et Ohba 1969 やアイアシ群集 *Phaceluretum latifolii* Miyawaki et Okuda 1972，ヒトモトススキ群集が含

まれると考えられる。イソヤマテンツキなどが優占する E は、イソヤマテンツキ群集に相当するものと考えられる。ヒメオニヤブソテツなどが優占する H は、ハマホラシノブーオニヤブソテツ群集 *Sphenomero-Cyrtomietum falcati* Ohba 1971 に相当すると考えられる。なお、本群集の標徴種にはオニヤブソテツが挙げられているが、村上ほか (2015) は海崖生の亜種であるヒメオニヤブソテツが標徴種により適していると指摘しており、本研究もその見解に従った。エノシマススキなどが優占する I, J, K は、いずれもイソギクハチジョウススキ群集に相当するものと考えられる。A-E に相当、もしくは類似する群集のうち、イソヤマテンツキ群集とヒトモトススキ群集は三浦半島南部の岩石海岸から報告されていた (川村 1972; 大場・菅原 1980)。一方、その他の群集については一部地域 (横須賀市の天神島など) を除けば内湾や河川河口の干潟からのみ報告されていた (藤間 1972; 国際生態学センター 2001)。本研究の網羅的な調査の結果から、三浦半島の岩石海岸には、湿地生の植物種で構成される多様な植物群落が成立していることが明らかになった。

既存群集に相当、類似する群落が多かった一方で、関東地方から報告されている群集に当てはまらない群落もあった。シバが優占する F, G のうち、F はハマエノコロハマツメクサ群集との共通種群や砂丘生のハマヒルガオなどを含んでいた。また、G は九州北部から記載され、九州各地や中国地方、紀伊半島南部の沿海地から報告されているツボクサーシバ群集 *Centello-Zoysietum japonicae* Itow 1970 (Itow 1970; 伊藤 1981, 1983; 奥田 1984) と種組成が類似しており、同群集の標徴種のツボクサとハイメドハギは、G の診断種でもあった。F, G とともに神奈川県を含む関東地方平野部に分布し、三浦半島の小網代地区などからも報告されているゲンノショウコシバ群集 *Geranio-Zoysietum japonicae* Suganuma 1966 (奥田 1986b; 山田ほか 1998) とは種組成が明らかに異なるものである。とりわけ、G が区分されたことは、ツボクサーシバ群集が西南日本のみならず暖温帯の沿海地に広く分布する可能性を示唆していると考えられる。

イソギクハチジョウススキ群集に相当する群落のうち K は、診断種にマサキトベラ群集の標徴種であるマサキヤトベラなどが含まれており、既存研究 (川村 1972; 国際生態学センター 2001) で報告された亜群集の中ではマサキトベラ群集との境界域の亜群集 (マルバシャリンバイ亜群集, トベラ亜群集) に種組成が類似している。他方で、地域固有変・品種や草原生植物などが多種出現している点で既存の亜群集とは異なっている。K が区分されたことは、イソギクハチジョウススキ群集の中において、地域固有分類群などを多く含む植生単位が存在することを示唆している。

#### 5.4.2. 植物群落の立地条件

PCA などの結果からは、各群落の立地条件の違いが示された (図 5-5 から図 5-8)。第一に、PCA の 2 軸に沿ったスタンドの序列から示されたように、調査地に成立する群落は低海拔で平坦な湿性立地に成立するもの (A-E) と、相

対的に高海拔で乾いた立地に成立するもの (F-K) の 2 つに分かれる傾向があり、これは modified TWINSPLAN の第一分割と対応していた。以下、A-E を湿性立地の群落、F-K を乾性立地の群落とする。

各群落に着目すると、岩石海岸上の非帯状で多様な立地環境と関わって成立することが示された。湿性立地の群落では群落間で水文環境や水質などが異なっていた。ホソバハマアカザなどが優占する A の立地は、海水の流入が直接確認され、EC 値が非常に高く、全群落中で海水の影響をもっとも強く受けていた。ナガミノオニシバ群集相当の B と C の立地は表流水の涵養を受けず、恒常的な水域がみられなかった (図 5-7)。D と E の立地条件の違いは本研究で測定した環境データからは明示できなかったが、両群落ともに恒常的な滞水域や陸域からの水供給を有するスタンドが含まれる点で特徴的であり、これらの立地条件が群落構成種 (例えば抽水植物のヨシやシオクグ) の出現に関わっている可能性がある。また、A, B, D は三崎層の分布と結びついていることが示された。その一因として、三崎層からなる隆起海食台や波蝕棚では差別浸食に起因する凹凸の地形が発達する (鈴木ほか 1970; 長浜 1992) ため、初声層と比較して滞水域や湿性環境が発達しやすく、これらの群落の立地環境が形成されやすいことが考えられる。

乾性立地の群落については、シバが優占する F と G はイソギクハチジョウススキ群集相当の I, J, K と比較して土壌硬度の高い立地に成立していた (図 5-8)。F と G の立地に着目して比較すると、砂丘生のハマヒルガオなどが診断種に含まれる F は粒径が大きく砂礫質の立地に成立する傾向があった。これに対し、G は粒径が相対的に小さな基質上に成立する傾向があり、関東ローム層上に成立する点でも特徴的だった。I, J, K とハマホラシノブーオニヤブソテツ群集相当の H の立地に着目すると、H, 次いで J が急傾斜で露岩率の高い立地に成立し、I と K は相対的に傾斜角度の緩い立地に成立しており、傾斜角度の違いに伴う立地の安定性や土壌発達の程度が群落の差異に関わっていると考えられる。また、K は他 3 群落と比較して高海拔で海から離れた立地に成立する傾向があり、G とともに関東ローム層上に特徴的に分布していた。関東ローム層はレス (主にシルト粒子からなる均質で無層理の未固結堆積物) に相当するものであり (早川 1995)、波浪による侵食に対してぜい弱であると考えられることから、関東ローム層が存在する立地は波による侵食をほとんど受けず、物理的に安定していると考えられる。G や K では草原生や林縁生などの非海岸生の植物が多く、K ではツリガネニンジンに対するハマシャジンやコウゾリナに対するハマコウゾリナのように、草原生種が海岸環境に適応したとされる地域固有変・品種 (北村 1973; 近田 2007; 神奈川県植物誌調査会 2018) も特徴的に出現した。G や K を特徴づけるこれらの種群の存在には、風衝作用などを受け一方、侵食などの物理的攪乱はほとんど受けない、という両群落の立地条件の特性が寄与している可能性がある。

#### 5.4.3. 出現群落と海岸地形の関係

9 調査地間において出現群落や群落の種類数は異なっており、特に湿性立地の群落は偏在する傾向があった(表 5-3)。また、調査地の出現群落データを用いた NMDS の結果は、軸値と出現群落数の相関関係から、1 軸方向への調査地の序列が湿性立地の 5 群落の多様さ(出現群落数)と、2 軸方向への序列が乾性立地の 6 群落の多様さと結びついていると解釈できる(図 5-9, 表 5-5)。なお、2 軸値と全 11 群落の多様さにも正の相関がみられたが、これは出現頻度の高い乾性立地の群落に影響された結果であると考えられる。

NMDS 軸値と地形条件の関係をみると、1 軸値と海食台(砕波帯)の幅、海食崖の最大海拔、隆起海食台の幅、海岸線長との間には負の相関関係がみられたことから、これらの地形の発達が多様な湿性立地の群落の立地環境の形成・維持に寄与しているといえる(表 5-5)。平坦で低海拔の隆起海食台は湿性立地の群落の成立に適した湿潤環境を創出していると考えられる。また、砕波帯は波のエネルギーや波高を減衰させる効果を持つ(木村 1973)ことから、低海拔地の隆起海食台や波食棚における植物群落の維持に寄与していると考えられる。天神島(横須賀市)においては、外洋に面する場所での植物群落の成立に岩礁や海食棚外縁による風波の阻止が寄与することが指摘されており(村瀬 1967)、房総半島の外房地域においても、外洋に面する海食台(波蝕棚)のくぼみに塩沼地植生が発達することが報告されている(由良 2001)。本研究で得られた結果は、これらの先行研究の報告を支持しているといえる。また、海食崖の海拔は淡水の供給源となる崖の背後の陸域の体積の大きさを指標し、海食台への安定的な淡水供給と間接的に関わっている可能性がある。

一方、2 軸と地形条件の相関は不明瞭であり、乾性立地の群落の多様さについては、航空写真や地形図から判読可能なスケールの地形条件との対応があるとはいえなかった。乾性立地の群落については、個々の群落と立地環境の関係の結果(図 5-5, 5-8)が示すように傾斜角度や土壌の性質、露岩率といった立地環境との結びつきがみられたことから、海食崖上あるいは隆起海食台上のより小さなスケールの地形の発達が群落の多様さに寄与していると考えられる。

#### 5.4.4. 植物種多様性の保全と岩石海岸の草本植生

調査地では関東地方南部に固有な 8 分類群と環境省および神奈川県のリッドリスト掲載の 13 分類群を記録した(表 5-2)。また、他の出現種についても、神奈川県植物誌調査会(2018)の記述から岩石海岸が唯一、もしくは主要な生育立地であると考えられるもの(海崖生の種)が多い。三浦半島は神奈川県のリッドリスト掲載種のホットスポットの一つであり(田中 2005)、岩石海岸上の草本植生は三浦半島の景観を構成する一要素として、国および神奈川県における植物種多様性の保全の面から重要な存在であるといえる。

本研究の結果からは、上述の保全上重要な植物種と群落との結びつきも明らかになった。リッドリスト掲載種や地域固有分類群は全 11 群落中 7 群落に出

現しており、特定の群落と強く結びついて出現することも多かった（表 5-2）。地域固有分類群やレッドリスト掲載種が集中的に出現したのはイソギク－ハチジョウススキ群集に相当する K であり、本群落の保全は植物種多様性の保全の観点からもっとも重要であるといえる。また、湿性立地の群落（B, C, D）には海岸湿地生のナガミノオニシバやナガボテンツキ、シオクグなどが、シバ群落（G）にはヤリテンツキやヒロハノカワラサイコが、イソギク－ハチジョウススキ群集相当の J にはワダンやオキナワハイネズが結びついて出現した。これらの群落も地域固有分類群やレッドリスト掲載種の保全上、重要な存在であると考えられる。

**表 5-1.** 調査地の 11 群落の要約表 (次ページに示す). 常在度 (各群落における出現頻度) は出現回数 5 回以上の種はローマ数字で, 4 回以下の種はアラビア数字で示す. 常在度階級は  $0\% < I \leq 20\%$ ,  $20\% < II \leq 40\%$ ,  $40\% < III \leq 60\%$ ,  $60\% < IV \leq 80\%$ ,  $80\% < V \leq 100\%$  である. 常在度の右側の数字は, 各群落における平均被度を示す.

各種の生育環境は次の 10 タイプに区分した. SC: 海崖, SD: 砂浜, CW: 海岸湿地, CO: 海岸, 沿海地, GR: 二次草原, IW: 内陸湿地, FE: 林縁, FO: 森林, RS: 路傍, 耕作地, Other: その他, 生育環境の情報なし. \*: 外来種.

Community type	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Number of stands	3	3	3	14	14	9	10	3	8	15	41
Mean vegetation height (cm)	24	16	13	55	24	3	3	15	53	25	39
Mean vegetation cover (%)	35	68	45	76	64	78	81	15	79	73	87
Mean number of species	2.7	6	7.7	7	8.3	7.1	10.7	4.7	11.8	11.9	21.6
Habitat											
Diagnostic species											
<i>Atriplex patens</i>	3 26										
<i>Chlidium japonicum</i>	2 8										
<i>Zoysia sinica</i> var. <i>nipponica</i>		3 56.7	2 25		I 9					I 12	
<i>Plantago japonica</i>		2 0.6		III 22	III 4.8						
<i>Carex scabrifolia</i>		2 4.5		V 32.2							
<i>Phragmites australis</i>				III 18.3	I 50						I 0.5
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> f. <i>pallida</i>				III 4.7	I 20						
<i>Ischaemum aristatum</i> var. <i>crassipes</i>				II 55.2	I 60						I 9
<i>Fimbristylis longispica</i>				II 3.7							
<i>Fimbristylis sieboldii</i>	3 3.7	2 4.5	3 7.7	IV 5.4	V 17.7						
<i>Ixeris japonica</i>			2 0.5	III 0.8	IV 1.5	II 2.3	III 0.4			I 0.1	II 0.2
<i>Setaria pumila</i>		2 0.5		II 0.9	IV 5.5	III 1.4	III 1.2			I 5	I 2
<i>Lysimachia mauritiana</i>		2 1		I 1.6	IV 0.7	III 0.7	II 0.7		II 0.4	II 0.9	I 0.1
<i>Cyperus brevifolius</i> var. <i>letolepis</i>					II 8.7						I 1
<i>Zoysia japonica</i>				II 2.8	III 38.5	V 69.2	V 67		I 0.02	II 19.5	III 2.2
<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>		1 0.1	1 dead	III 0.1	III 2.2	IV 2.4	III 0.7				I 0.4
<i>Hedyotis strigulosa</i> var. <i>parvifolia</i>		1 1		I 0.1	I 1	III 1				II 8.8	I 0.1
<i>Calystegia soldanella</i>						II 2.8					SD
<i>Digitaria violascens</i>			2 2.1		I 1	I 3	V 1.6				I 0.2
<i>Lespedeza cuneata</i> var. <i>serpens</i>			1 2		I 4	I 8	V 3.8				II 1.8
<i>Fimbristylis dichotoma</i> var. <i>diphylla</i>					I 0.2		IV 3.3				I 0.4
<i>Centella asiatica</i>					I 1	II 0.1	III 1.6				II 0.7
<i>Liriope minor</i>					I 2		III 3.3			I 0.3	II 2.6
<i>Sporobolus fertilis</i>							II 1.8				I 1
<i>Gentiana squarrosa</i>							I 0.1				RS,GR
<i>Cyrtomium falcatum</i> subsp. <i>littorale</i>								3 6.1		I 1.3	
<i>Boehmeria spligerbera</i>								2 7.5	II 1.6	I 0.1	I 0.6
<i>Farfugium japonicum</i>									IV 9.7	I 0.1	II 1.7
<i>Cyrtomium falcatum</i>									II 3.7	I 2	I 3.7
* <i>Dactylis glomerata</i>									II 1.1		
<i>Miscanthus condensatus</i> x <i>M. sinensis</i>			1 0.5		II 4.1	II 3.5	I 8	1 2	IV 44.7	V 17.4	V 26.2
<i>Chrysanthemum pacificum</i>					I 2	I 0.01	I 0.01	2 0.4	V 13.1	V 10.2	V 17.9
<i>Peucedanum japonicum</i> var. <i>japonicum</i>		1 3		I 0.5	II 1.7	II 1.1	I 0.1	1 1.5	IV 3.4	V 4	IV 3.2
<i>Eleoagnus umbellata</i> var. <i>rotundifolia</i>				I 6						II 13.7	II 3

表 5-1. 続キ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Habitat
<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	.	1 0.1	3 2.7	.	.	III 2.6	I dead	1 0.5	I 2	IV 1.3	II 0.1	SC,SD
<i>Crepidastrium platyphyllum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	II 20	III 6.5	I 3.3	SC
<i>Dianthus japonicus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 1.2	.	SC
<i>Juniperus taxifolia</i> var. <i>tutchuensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 71.7	.	SC
<i>Lonicera japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	III 2	III 2	I 0.3	V 2.1	FE,RS
<i>Rosa luciae</i>	.	.	1 1	II 1.1	II 0.6	I 0.5	II 1	.	IV 1.2	III 3.4	V 1.8	SC,GR
<i>Carex wahuensis</i> var. <i>bongardii</i>	.	.	.	.	I 4	.	.	2 3.5	IV 19.5	IV 3.5	IV 4.8	SC
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	.	.	.	.	I 0.1	.	.	1 0.3	I 6	II 5	IV 9.5	FE
<i>Carex meridiana</i>	.	.	.	.	.	I 1	II 0.1	.	I 1	II 0.6	III 0.7	SC
<i>Pleioblastus</i> spp.	.	.	.	.	.	.	I 0.1	.	.	II 4.5	III 21.4	Other
<i>Paederia scandens</i> var. <i>maritima</i>	.	.	.	.	I 0.1	.	.	.	II 0.8	I 1.1	III 0.9	CO
<i>Barnardia japonica</i>	.	.	.	.	.	II 0.5	III 1.1	.	.	I 0.3	III 1.3	GR
<i>Hemerocallis fulva</i> var. <i>litorea</i>	.	.	II 1.3	II 1.2	I 2	I 2	I 2	1 0.1	II 1.7	III 3.2	III 1.8	SC
<i>Pitiosporum tobira</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I 4	II 4	III 5.4	CO
<i>Indigofera pseudotinctoria</i>	.	.	1 0.1	.	I 0.01	.	.	.	.	I 1	III 3.4	GR,FE
<i>Oxalis corniculata</i> var. <i>trichocaulon</i>	.	.	.	.	.	.	II 0.3	.	.	I 5	II 0.2	CO
<i>Rhaphirolepis indica</i> var. <i>umbellata</i>	.	.	.	.	I 0.2	.	.	.	II 2.7	II 1.5	II 2.7	CO
<i>Cymbopogon torilis</i> var. <i>goeringii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 3.3	II 6.5	GR
<i>Lilium maculatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.4	II 0.9	SC
<i>Euphorbia lasiocaula</i> f. <i>maritima</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.6	CO
<i>Ligustrum ovalifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.2	II 2.6	CO
<i>Cleistanthes hackelii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.02	II 3	CO,FE
<i>Euonymus japonicus</i>	.	.	.	.	.	.	.	II 8.3	II 8.3	I 8	II 6.9	CO
<i>Polygala japonica</i> f. <i>nudicaulis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.5	Other
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.5	CO
<i>Vicia japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 5	II 6.5	CO
<i>Allium pseudojaponicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.5	SC
<i>Cocculus trilobus</i>	.	.	.	.	.	.	.	II 0.6	II 0.6	I 3	II 0.8	FE,GR
<i>Vitis ficifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I 1	I 0.5	II 1.1	FE,GR
<i>Clematis terniflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 1.5	FE,GR
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	.	.	.	.	I 4	II 1.3	.	.	.	.	II 7.7	RS,GR
<i>Paspalum thunbergii</i>	.	.	.	.	.	.	I 0.1	.	.	.	II 0.8	RS,GR
<i>Sanguisorba officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 1.2	GR
<i>Smilax china</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 1.2	FE,FO
<i>Aster microcephalus</i> var. <i>ovatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 4	GR,FE
<i>Lespedeza pilosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 1	GR
<i>Carex brunnea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 2.9	SC,GR
<i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>japonica</i> f. <i>maritima</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 4.8	SC
<i>Akebia trifoliata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 1	FE
<i>Carex lenta</i> var. <i>sendaica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 1.1	SC,FO
<i>Cirsium nipponicum</i> var. <i>comosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 6.1	CO
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>leiocarpa</i> var. <i>ovata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.2	SC

表 5-1. 続

Companion species	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Habitat
<i>Carex pumila</i>	.	1.8	1.1	.	II 2.4	II 2.3	.	.	.	.	.	SD
<i>Cirsium japonicum</i>	.	.	.	.	.	I 1.5	I 0.6	.	.	.	I 0.8	GR
* <i>Paspalum dilatatum</i>	.	.	.	I 1	.	I 1	.	.	I 0.01	I 0.02	I 1.8	RS
<i>Elaeagnus macrophylla</i>	.	.	.	I 10	II 21.7	.	.	.	.	I 7	I 3	CO
<i>Fimbristylis subbispicata</i>	.	.	.	.	I 0.5	.	.	.	I 0.1	I 5	I 0.1	IW,CW
<i>Sedum japonicum</i> subsp. <i>oryzifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.3	.	I 5.4	Other
<i>Hedera rhombea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.8	SC,FE
<i>Libanotis ugoensis</i> var. <i>japonica</i>	.	.	I 0.1	I 0.1	I 0.02	.	.	.	.	I 0.2	.	SC,RS
<i>Sagina maxima</i>	.	.	.	.	.	.	.	II 0.5	II 0.5	I 1	I 0.1	RS,FE,GR
<i>Sonchus oleraceus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.1	FE
<i>Akebia quinata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 7.3	CO
<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>hancei</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	II 5	.	I 4	CO
<i>Angelica keiskei</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 4	I 17.8	IW
<i>Arthraxon hispidus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.4	SC,CO
<i>Asparagus cochinchinensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 1.1	FO
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 2.3	FO,FE
<i>Carex lenta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.1	.	I 0.1	RS
<i>Commelina communis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.1	I 0.1	I 0.2	RS
<i>Digitaria ciliaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 2.7	Other
<i>Eurya japonica</i> var. <i>japonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 1	SC
<i>Fimbristylis ovata</i>	.	.	.	.	.	.	I 4	.	.	.	I 1	CO
<i>Ischaemum antheperhoroides</i>	.	.	.	I 5	.	.	I 2	.	.	.	I 1	CO
<i>Lathyrus japonicus</i>	.	.	.	.	.	II 2.6	.	.	.	.	I 0.1	RS,SD
* <i>Oenothera laciniata</i>	.	.	.	.	.	II 0.1	.	.	I 1	.	I 2.5	Other
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.8	CO
<i>Rhynchosia volubilis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IW
<i>Typha orientalis</i>	.	.	.	I 8	I 16.5	.	.	.	.	.	.	IW
<i>Viola grypoceras</i> var. <i>grypoceras</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.3	GR,FE,RS
<i>Viola obtusa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.1	GR,FO
<i>Artemisia indica</i> var. <i>maximowiczii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.4	Other
<i>Celtis sinensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.5	.	I 3	Other
<i>Cinnamomum yabunikkei</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.4	CO
<i>Crepidiasium denticulatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 1.1	FE,GR
<i>Cyperus sanguinolentus</i>	.	.	.	.	I 2	.	.	.	.	.	.	IW
<i>Hypericum erectum</i> var. <i>arenicolum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.3	SC
<i>Luzula capitata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.2	GR,RS,FE
<i>Morus australis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	I 4	.	FE
<i>Persicaria senticosa</i>	.	.	.	I 0.3	.	.	.	.	I 0.2	.	.	GR,IW,CO
<i>Phacelarus latifolius</i>	.	.	.	I 37.5	.	.	.	.	.	.	.	CW
<i>Pinus thunbergii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.1	SC

表 5-1. 続き

Companion species	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Habitat
<i>Raphanus sativus</i> var. <i>hortensis</i> f. <i>raphanistroides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.1	.	CO,GR
<i>Rubus trifidus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 2	CO
<i>Rumex japonicus</i>	.	.	1 1001	.	.	.	.	.	I 0.1	.	.	RS,GR
* <i>Sisyrinchium rosulatum</i>	.	.	.	.	I 3	.	.	.	.	.	I 0.1	RS,GR
<i>Tetragonia tetragonoideis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I 10	I 1	.	SC,SD
<i>Viola mandshurica</i> var. <i>triangularis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 3	CO
<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 2	I 0.1	Other

Species occurred in only one stand

**C:** *Eclipta thermalis* タカサブロウ (Coverage:0.02%; Habitat, IW), \**Hainardia cylindrica* ハリノホ (2%; CO), \**Taraxacum officinale* セイヨウウタンボク (1%; RS)

**D:** *Cladium jamaicense* subsp. *chinense* ヒトモトススキ (50%; CW), *Cyperus difformis* タマガヤツリ (3%; IW)

**E:** *Cyperus polystachyos* イカガヤツリ (12%; CO), *Echinochloa crus-galli* イスビユ (15%; IW), *Phyla nodiflora* イワダレソウ (0.5%; CO)

**G:** *Euchiton japonicus* チチコダサ (0.2%; GR), *Potentilla niponica* ヒロハノカワラサイコ (3%; GR, SO)

**I:** *Ficus erecta* var. *erecta* イスビワ (2%; CO), \**Lolium perenne* ホンムギ (0.1%; RS, GR), *Lycium chinense* クコ (5%; CO, FE), *Mallotus japonicus* アカメガシワ (0.3%; Other), *Neolisea sericea* シロダモ (0.02%; Other), *Polystichum fibrillosopaleaceum* アスカイノデ (0.1%; FO), *Sonchus brachyotus* ハチジョウウナ (3%; CO), *Youngia japonica* オニタビラコ (0.1%; RS, GR, FE)

**J:** *Elymus racemifer* アオカモジグサ (dead: RS, GR)

**K:** *Andropogon virginicus* メリケンカルカヤ (0.1%; RS, GR), *Aristolochia kaempferi* オオバウマノスズクサ (0.1%; FE), *Artemisia japonica* オトコヨモギ (8%; GR, FE), *Berula striata* シラン (0.1%; FO, GR), *Celastrus orbiculatus* var. *orbiculatus* ツルウメモドキ (0.3%; Other), *Dioscorea japonica* ヤマノイモ (5%; FE, RS), *Dioscorea tokoro* オニドコロ (0.1%; FE, GR),

表 5-2. 各群落における関東地方南部の固有種とレッドリスト掲載種の出現回数. 太字はその群落の診断種であることを示す. 国レベルのレッドリストのカテゴリーは 環境省 (<http://www.env.go.jp/press/106383.html>), 県レベルのレッドリストのカテゴリーは勝山ほか (2006) を参照した.

Scientific name	Japanese name	RL category		Community type										
		Japan	Kanagaw	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
			a	n=3	n=3	n=3	n=14	n=14	n=9	n=10	n=3	n=8	n=15	n=41
Endemic species in the southern part of the Kanto region														
<i>H. erectum</i> var. <i>arenicolum</i>	ハマオトギリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>A. triphylla</i> var. <i>japonica</i> f. <i>rotundifolia</i>	ハマシャジン	-	EN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
<i>C. pacificum</i>	イソギク	-	-	-	-	-	1	-	1	2	7	13	37	
<i>C. nipponicum</i> var. <i>comosum</i>	イガアザミ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>C. platyphyllum</i>	ワダン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	7	4	
<i>P. hieracioides</i> subsp. <i>japonica</i> f. <i>maritima</i>	ハマコウゾリナ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>S. virgaurea</i> subsp. <i>leiocarpa</i> var. <i>ovata</i>	ハマアキノキリンソウ	-	CR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>S. japonica</i> var. <i>lasiophylla</i>	ソナレマツムシソウ	EN	EN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Threatened species (non endemic)														
<i>B. striata</i>	シラン	NT	EN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>J. taxifolia</i> var. <i>lutchuensis</i>	オキナワハイネズ	-	CR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
<i>C. lenta</i> var. <i>sendaica</i>	センダイスゲ	-	VU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>C. scabrifolia</i>	シオクグ	-	NT	-	2	-	13	-	-	-	-	-	-	1
<i>F. longispica</i>	ナガボテンツキ	-	CR	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
<i>F. ovata</i>	ヤリテンツキ	NT	CR	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1
<i>P. latifolius</i>	アイアシ	-	VU	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Z. sinica</i> var. <i>nipponica</i>	ナガミノオニシバ	-	CR	-	3	2	-	2	-	-	-	-	1	-
<i>P. niponica</i>	ヒロハノカワラサイコ	VU	EN	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>L. ugoensis</i> var. <i>japonica</i>	イブキボウフウ	-	EN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4

表 5-3. 9 調査地における 11 群落 (A-K) 別スタンド数および群落のタイプ数.

Site names	Community types											Number of communities
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
AR (n=10)	-	-	2	-	2	1	-	1	1	-	3	6
TK (n=12)	-	-	-	-	1	1	-	1	1	3	5	6
NA (n=3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2
KU (n=17)	-	-	1	-	1	1	5	1	1	1	6	8
MO (n=12)	-	1	-	-	2	1	1	-	-	1	6	6
JO (n=32)	-	1	-	4	5	4	4	-	1	3	10	8
NU (n=19)	3	1	-	9	1	-	-	-	-	2	3	6
TR (n=14)	-	-	-	1	2	1	-	-	2	3	5	6
AM (n=4)	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	1	3
All stands (n=123)	3	3	3	14	14	9	10	3	8	15	41	11

表 5-4. 各調査地の地形と地質学的特徴.

Site names	Length of the coastal line (m)	Mean width of the abrasion platform (m)	Mean width of the elevated abrasion platform (m)	Mean width of the sea cliff (m)	Mean a.s.l. of the sea cliff (m)	Bedrock geology
Arasaki (AR)	560	33.5	41.0	10.0	9	Misaki Formation
Tsukuda-arashizaki (TK)	670	48.5	15.0	16.0	12.8	Hasse Formation
Jogashima Island (JO)	1280	43.8	53.2	16.7	13	Hasse Formation / Misaki Formation
Tsurugizaki (TR)	760	68.8	15.4	18.8	25.4	Misaki Formation
Moroiso (MO)	470	41.5	26.8	16.0	9.8	Misaki Formation
Nusuttogari (NU)	1540	58.2	55.5	13.2	20.9	Misaki Formation
Kurosaki-no-hana (KU)	560	38.2	21.8	18.0	11.8	Hasse Formation
Amezaki (AM)	270	38.0	10.0	5.7	7.8	Hasse Formation
Nahama (NA)	60	41.0	7.7	7.0	5.3	Hasse Formation

**表 5-5.** (nonmetric multidimensional scaling) 軸値と地形データ (海食台, 隆起海食台, 海食崖それぞれの平均幅, 海食崖の平均海拔, 海岸線長) および調査地別の出現群落数の相関関係 (Spearman の順位相関係数).

	Length of the coastal line	Mean width of the abrasion platform	Mean width of the elevated abrasion platform	Mean width of the sea cliff	Mean a.s.l. of the sea cliff
NMDS1	-0.64	-0.70 *	-0.67	-0.55	-0.70 *
NMDS2	0.19	-0.35	0.38	0.41	0.10

	Number of communities		
	A - E	F - K	All communities
NMDS1	-0.80 *	-0.06	-0.50
NMDS2	0.28	0.82 **	0.72 *

\*  $P < 0.05$  \*\*  $P < 0.01$

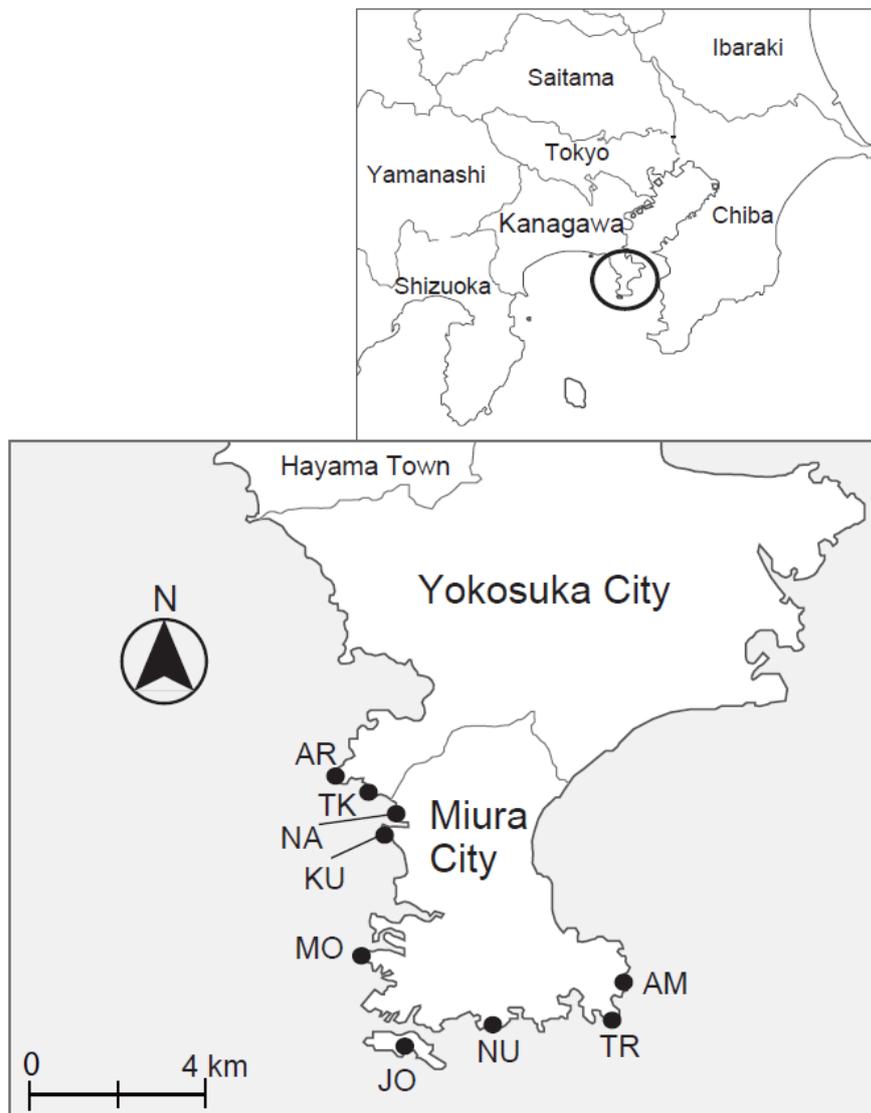


図 5-1. 調査地の位置. AR: 荒崎, TK: 佃嵐崎, NA: 長浜, KU: 黒崎の鼻, MO: 諸磯, JO: 城ヶ島, NU: 盗人狩, TR: 劔崎, AM: 雨崎.

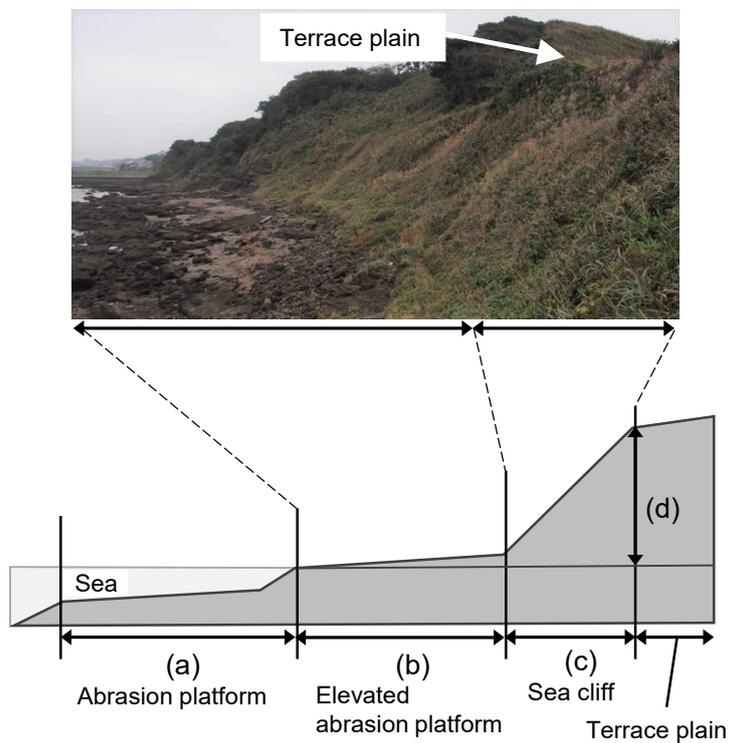


図 5-2. 調査地の景観（黒崎の鼻）と地形断面の模式図.

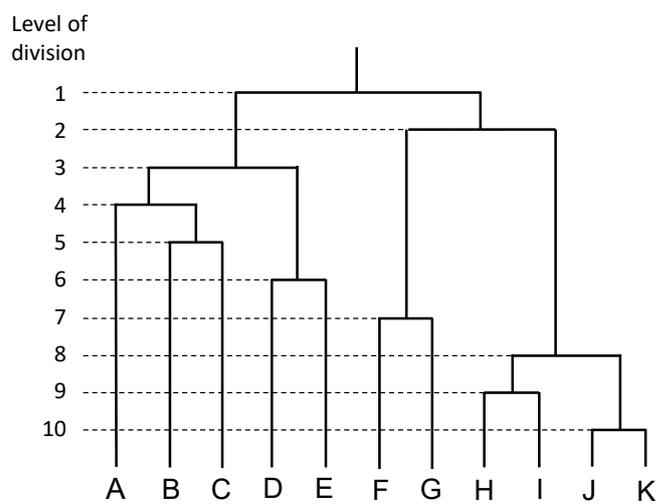


図 5-3. modified TWINSpan にもとづく 123 調査スタンドのデータの群落区分. アルファベット (A-K) は群落名.

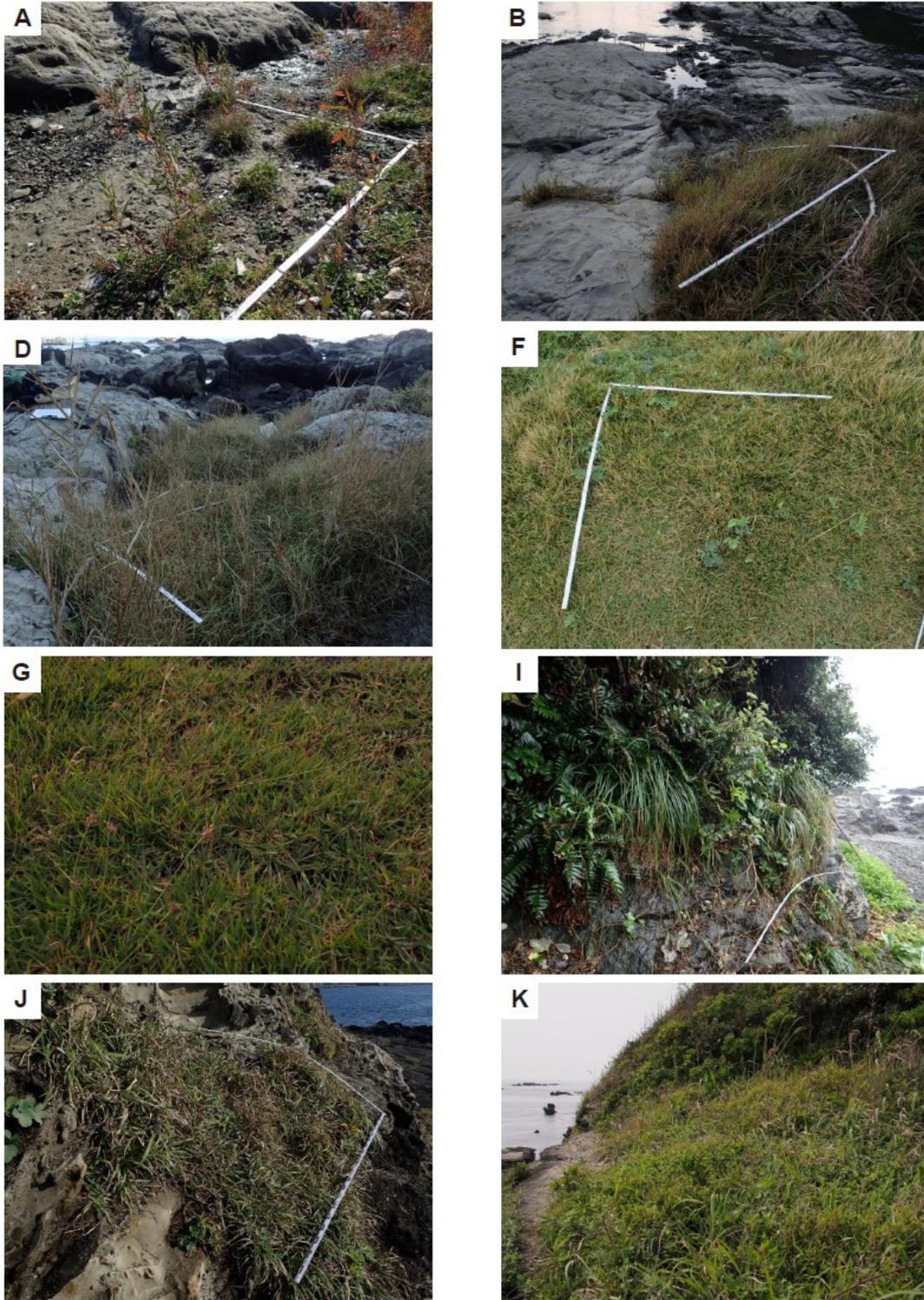
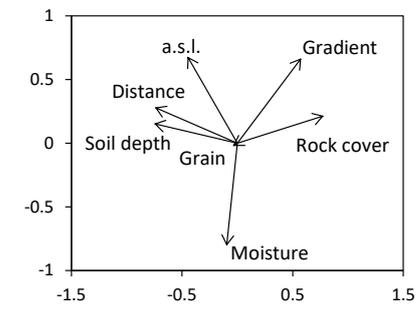


図 5-4. 各群落の相観. 代表として A, B, D, F, G, I, J, K を示す.

(a)



(b)

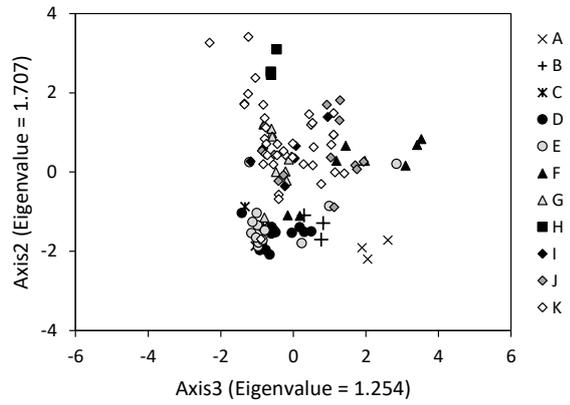
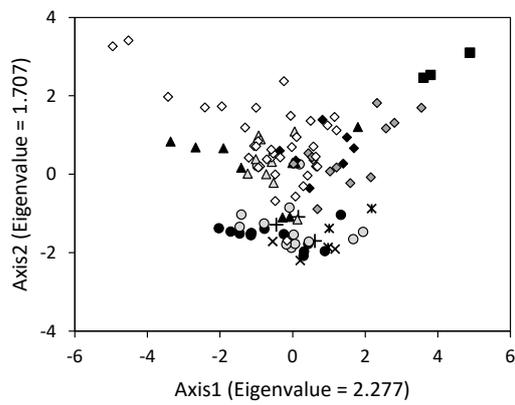
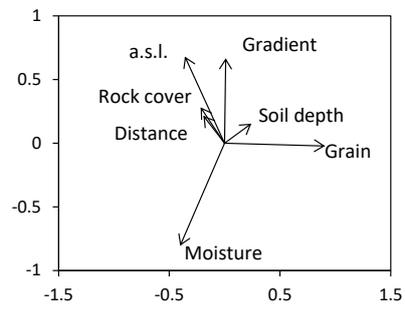


図 5-5. 調査スタンドの環境データにもとづく PCA (principal component analysis) による調査スタンドの序列結果. 上図は環境変数 (矢印) を, 下図の異なるシンボルは群落の違いを示す. (a) 1, 2 軸値によるプロット, (b) 2, 3 軸によるプロット. a.s.l.: 海拔, Distance: 海岸線からの直線距離, Moisture; 土湿, Grain: 表層の優占粒径.

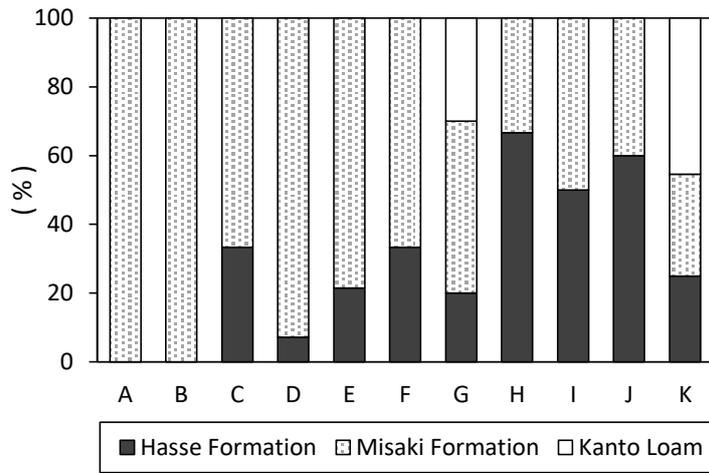
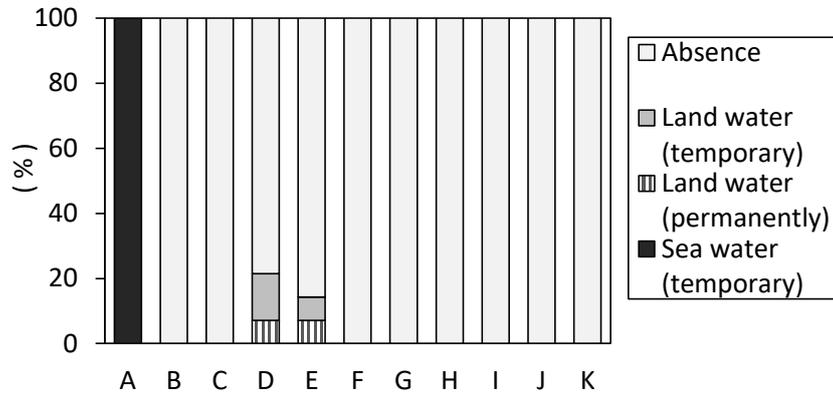


図 5-6. 11 群落 (A-K) における調査スタンドの表層地質 (初声層, 三崎層, 関東ローム層) の割合.

(a)



(b)

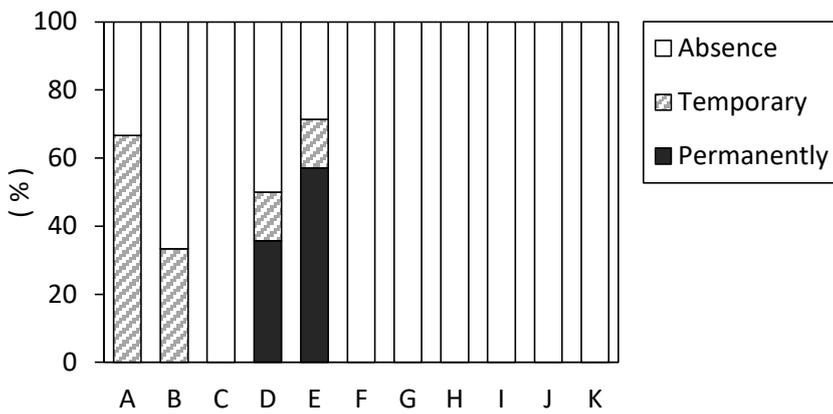


図.5-7. 11 群落 (A-K) の水環境. (a) 水供給源とその恒常性, (b) 水域の有無と恒常性.

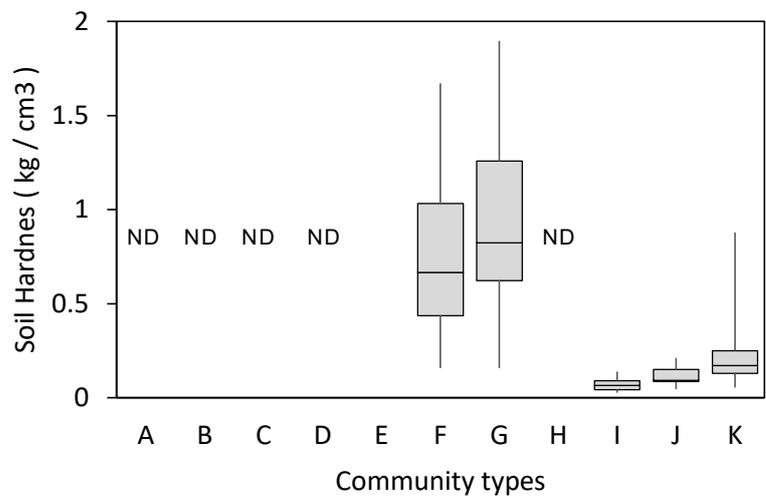


図 5-8. 11 群落 (A-K) の土壌硬度の箱ひげ図. ボックスは四分位範囲を示し、ボックス内の線は中央値を示す. 上下のひげは最大値と最小値を示す.

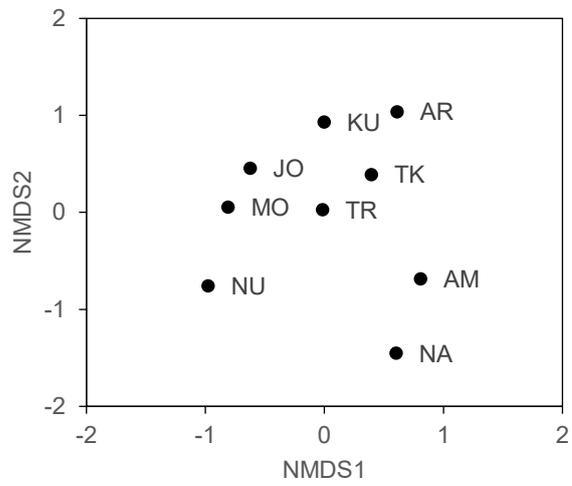


図 5-9. 各調査地における 11 群落の有無データを用いた NMDS (nonmetric multidimensional scaling) による 9 調査地の序列. 調査地名は表 5-1 を参照.

## 6 章 岩石海岸草本植生の群落構成種の葉フェノロジー

### 6.1. 背景と目的

植物のフェノロジー（生物季節）は、同所的に生育する植物との種間関係と関連づけて考察されてきた。落葉樹林における草本と木本の葉フェノロジー（展葉時期など）のずれ（Mullar 1978; Richardson & O'Keefe 2009; Higgins et al. 2011 など）は、光をめぐる競争に有利な木本に対する草本の”Phenological escape”（Crawley 1997）あるいはニッチ分割（niche separation）（Higgins et al. 2011）とみなされている。また、同じ階層内においても、形態的特徴や光合成特性と関連する種間の葉フェノロジーの違い（大塚・倉本 2016）が知られている。内陸のススキ群落においては、地下器官の発達するユリ科植物の被度のピークが初夏に起こり、夏以降に被度が増大するイネ科やキク科の植物と季節的なすみ分けと解釈できる現象がみられること（岩城 1971）などが報告されている。また、低温条件下での光合成に適する  $C_3$  型光合成を行う種（ $C_3$  植物）が早い時期に成長し、高温・乾燥条件下での光合成に適する  $C_4$  型光合成を行う種（ $C_4$ ）が遅れて成長のピークを迎えることも知られている（Monson et al. 1983; 横山・及川 2001; 井楯ほか 2002）。さまざまな機能的形質とかかわる葉フェノロジーの多様性は、群落構成種の時間的なすみ分けをもたらし、種多様性の維持に貢献していると考えられる。

岩石海岸の植物群落は砂浜や塩沼地の植物群落と比較して同一面積における種数が多い（中西 2018）ことから、群落構成種の葉フェノロジーの違いが群落構成種の共存および群落レベルでの種多様性の維持に寄与していると考えた。また、海岸植生を構成する植物種は、葉の多肉化や葉面のクチクラ層や毛の発達、植物体の小型化、地下器官の発達、耐塩性など、海岸環境に対する形態的・生理的適応を持つことが知られている（矢野ほか 1983; Flowers & Colmer 2008）。一方、フェノロジーの観点からの生態学的研究はほとんどなく、イワタイゲキやハマウドが秋に葉を出して冬を越し、夏に地上部が枯れるフェノロジーを持つこと（近田 2007; 中西 2018）や、黒田（2021, 2022）による海岸植物の展葉、開花、種子散布時期などの記録などに限られる。海岸特有の環境ストレスは気温の変化や台風の影響などによって季節変動すると考えられることから、フェノロジーに着目した研究は、海岸環境に対する植物種の適応戦略を明らかにする上でも重要である。

そこで本章では、岩石海岸の草本群落において春、夏、秋、冬の各季節に群落構成種の葉被度を記録し、その変化傾向から各種の葉フェノロジーの特徴を明らかにするとともに、葉フェノロジーと関連する形質の把握を行った。また、群落レベルの種多様性の維持に対する群落構成種の葉フェノロジーの寄与や、葉フェノロジーが持つ海岸環境への適応的意義を考察した。

## 6.2. 方法

### 6.2.1. 植生調査

現地調査は5章と同一の調査区において、季節を変えて4回実施した。ただし、5章で設定した123スタンド中55スタンドは、2017年10月に平成29年台風第21号(Lan)に伴う高波や高潮の影響を受けており、同一条件での追跡調査が困難であった。したがって、本章では台風の影響が十分に小さいとみなせる69スタンドを対象とした。

植生調査の時期は、春は2018年4月22日-5月16日、夏は2018年7月23日-8月12日、秋は2017年9月26日-10月17日、冬は2019年2月22日-3月2日である。各スタンドにおいて、全ての出現種の被度(%)と植生高(1スタンドあたり5箇所)を記録した。

### 6.2.2. 出現種の機能的形質、地理分布情報の収集

機能的形質については、ラウンケアの生活型、葉の形態的特徴と乾燥耐性、地下器官の特徴、光合成特性を、植物体の計測と観察、もしくは文献調査で確認した。

ラウンケアの生活型は、主に奥田・藤原(1994)の各種に関する記述を引用した。本文献に掲載されていない一部の分類群については、同種内の別分類群や同属の近縁種の生活型を用いた。また、奥田・藤原(1994)では一年草・二年草を一つ(Th)にまとめているが、夏型一年草と冬型一年草、二年草では生育特性が大きく異なるため、本研究ではこれらを区分した。出現種が該当する生活型は、夏型一年草(ThS)と冬型一年草(ThW)、二年草(Bi)、地中(土中)植物(G)、接地(半地中)植物(H)、地表植物(Ch)、微小地上植物(N)、小形地上植物(M)、大形地上植物(MM)、水湿植物(HH)の10タイプである。

葉の形態的特徴については、厚さや表面のクチクラ層や毛といった海岸植物の特徴と結びつけられる形質(中西2018)に着目した。厚さはデジタルノギス(最小単位0.01 mm)で現地もしくは採集個体の葉をしおれる前にすみやかに10枚(10枚得られなかった場合は、1枚の葉の2, 3箇所を測定し、計10データを得た)測定し、平均値を元に3段階(1:測定した種の中で葉厚の値が下から0%-25%未満(0.196 mm未満), 2:25%-75%未満(0.196 mm以上, 0.374 mm未満), 3:75%以上(0.374 mm以上))に区分した。葉面のクチクラ層(表面の光沢やワックスの存在などから判断)と毛の発達については、現地もしくは採集個体の葉を目視で確認し、3段階(1:クチクラ層が発達せず無毛, 2:クチクラ層は発達せず疎毛あり, 3:クチクラ層が発達, 多毛)に区分した。

葉の乾燥耐性については、現地で採集した葉を実験室(約15-25°Cの室温, 日陰)の机の上に置き、完全にしおれるまでの日数を確認し、3段階(1:1日以内に完全にしおれるもの, 2:5日以内に完全にしおれるもの, 3:5日以上水

分を保つもの)に区分した。

地下器官の特徴については、現地調査および文献調査(主に中西(2018)と大橋ほか(2015, 2016a, 2016b, 2017a, 2017b)を参照)で確認し、3段階(1:ひげ根などの細い地下器官のみを持つ、2:太い主根、根茎を持つ、3:塊茎や塊根、鱗茎といった肥大した地下器官を持つ)に区分した。

光合成特性は吉村(2015)にC<sub>4</sub>植物と記述されているものをC<sub>4</sub>植物、それ以外をC<sub>3</sub>植物と扱った。

分布域情報については、大橋ほか(2015, 2016a, 2016b, 2017a, 2017b)と中西(2018)、調査地域の植物誌など(鈴木1970;福島県植物誌編さん委員会1987;財団法人千葉県史料研究財団2003;宮城県植物誌編集委員会2017;神奈川県植物誌調査会2018)を参照し、北方系(関東地方や中部地方、あるいは西南日本の山地を分布の南限とするもの)、南方系(関東地方や東北地方南部を分布の北限とし、分布域が概ね暖温帯の範囲と対応するもの)、広域(日本国内に広く分布するもの)、固有(関東地方とその周辺に固有な分類群)、外来(外来種)の5タイプに区分した。

#### 6.2.3. 調査地の立地条件の年変化

調査地最寄りの気象観測所(三浦, 海拔42 m)の日観測データ(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2022.1参照)から、各季節の平均気温と降水量を確認した。対象は、4季節の調査最終日からさかのぼる30日間の日観測データであり、春は4月9日-5月8日、夏は7月14日-8月12日、秋は9月18日-10月17日、冬は2月1日-3月2日(うるう年は2月1日-3月1日)である。各季節の調査期間は3週間程度であり、調査期間とその直前を含む日数である。各季節の平均気温は日平均気温の平均値、降水量は日降水量の積算値である。

また、各季節の平均気温と日照時間を変数に用い、ソーンズウェイト式(Thornthwaite 1948)で各季節の可能蒸発散量(PE)を求め、降水量を比較した。降水量から可能蒸発散量を減じた値が0を下回る場合、蒸発散量に対して降水量が不足していると推測できる。

加えて、調査地を含む関東地方に接近あるいは上陸した台風の個数の30年平均値(1989年-2018年)を求めた。春は4月-5月、夏は7月-8月、秋は9月-10月、冬は2月-3月である。

#### 6.2.4. 植生タイプの区分

5章のmodified TWINSpanで得られた結果をもとに、解析に用いる植生タイプを決定した。ただし、2章で扱った11個の群落区分を用いると、スタンド数が1-3個と少なく、傾向を読み取ることが困難な群落も多い。そこで、本章ではmodified TWINSpanのdivision 2までの結果を用いて3つの植生タイプに分けて解析を行った。タイプ1は16スタンド、タイプ2は14スタンド、タイプ3は39スタンドである。5章の結果より、タイプ1は湿性立地に

成立する群落（5章における B, C, D, E）で、ヨシクラスやイソヤマテンツキ群集、ナガミノオニシバ群集などに該当する。タイプ 2（5章における F, G）は乾性立地で土壤硬度が高い立地に成立するシバ群団に、タイプ 3（5章における I, J, K）は乾性立地で土壤硬度の低い立地に成立するイソギクハチジョウススキ群集に該当する。したがって、各タイプに出現する植物種は同所的に生育しているか、異所的に生育していても類似した立地環境、植生に生育しているとみなした。

#### 6.2.5. 各植生タイプの植被率および均等度の季節変化

はじめに、3つの植生タイプごとに4季節それぞれの積算被度（出現種の被度の積算値）を求め、季節間で値を比較した。積算被度の季節間の違いについては、Wilcoxonの符号順位検定（Holm法で有意水準を調整）を用いて有意性を確認した。また、出現種の各植生タイプにおける平均被度を季節ごとに算出し、表および図にまとめた。

次に、出現種の被度の均等度を明らかにするために、Shannonの均等度指数を算出した。均等度指数はShannonの多様度指数から種数の要素を除いたもので、群落構成種の被度の均等度を定量化できる。

Shannonの多様度指数（ $H'$ ）は、以下の式であらわされる

$$H' = - \sum_i^s p_i \ln p_i$$

ここで、 $S$ は群集内の種数、 $p_i$ は*i*番目の種の個体数や被度が群集に占める割合（相対優占度）である。 $H'$ はすべての種の個体数や被度が等しい時に最大値  $H'_{max}$  をとり、

$$H'_{max} = - \sum_i^s p_i \ln p_i = -S \times \frac{1}{S} \ln \frac{1}{S} = \ln S$$

となる。

次に、Shannonの均等度指数（ $J'$ ）は、以下の式であらわされる

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

$J'$ は0から1の間をとり、 $H'_{max}$ のときに1となる。

本研究においては、種に加えて、科レベルでも均等度を算出した。均等度が低下する季節は、特定の種や科が優占する傾向があると解釈できる。

#### 6.2.6. 機能的形質および分布域別の葉被度

出現種を3植生タイプ別に、ラウンケアの生活型（10タイプ）、光合成特性（2タイプ）、葉厚（3段階）、葉面のクチクラ層や毛の発達（3段階）、葉の乾燥耐性（3段階）、地下器官の発達程度（3段階）、分布域（5タイプ）でまと

め、季節間で値を比較した。積算被度の季節間の違いについては、Wilcoxon の符号順位検定 (Holm 法で有意水準を調整) を用いて有意性を確認した。

### 6.3. 結果

#### 6.3.1. 調査地の気候、立地条件

図 6-1 に、4 季節の平均気温 (°C)、降水量 (mm)、降水量－可能蒸発散量 (mm) の調査期間の値と 1989 年－2018 年平年値を示す。平均気温は夏が 27.48°C (平年値は 25.98°C) で最も高く、次いで秋が 20.65°C (20.70°C)、春が 17.16°C (15.56°C)、冬が 8.07°C (7.02°C) だった。降水量は秋が 444.5 mm (平年値は 227.48 mm) で最も多く、次いで春が 113 mm (120.53 mm)、夏が 102.5 mm (102.92 mm)、冬が 55 mm (90.82 mm) だった。降水量－可能蒸発散量は秋が 398.84 mm (平年値は 180.71 mm) と最も大きく、次いで春が 45.83 mm (63.74 mm)、冬が 17.10 mm (37.15 mm) 夏が 2.71 mm (30.07 mm) だった。調査期間の観測値と平年値の間において、季節間の値の順位は一致していた。

台風の接近個数は、秋が平均 0.97 個でもっとも多く、夏が 0.65 個、春が 0.02 個、冬が 0 個だった。

#### 6.3.2. 3 植生タイプの合計被度の季節変化

図 6-2 に、3 つの植生タイプの春、夏、秋、冬の合計被度を示す。タイプ 1 においては、春から夏にかけて合計被度が大きくなり、夏から冬にかけて減少する傾向がみられた。タイプ 2 においては春から秋にかけての被度変化は不明瞭であり、冬のみ大きく減少していた。タイプ 3 においては全季節間で合計被度に有意差がみられ、タイプ 1 と同様に春から夏にかけて合計被度が大きくなり、夏から冬にかけて減少する傾向がみられたが、値の変化は相対的に小さく、冬でも平均被度は 58% と高かった。

#### 6.3.3. 出現種および科の特性、機能的形質などと種、科の関係

表 6-1 に出現種の一覧と各種の種特性を、表 6-2 に科別の特性を示す。調査対象のスタンドにおいて、56 科 144 種 (変種等含む。また、メダケ節は複数種を含む可能性がある) が出現した。イネ科が 28 種で最も多く、次いでカヤツリグサ科 (16 種)、キク科 (14 種)、マメ科 (9 種) が多かった。

ラウンケアの生活型は、接地植物 (H) が 23 科 67 種で最も多く、次いで地中植物 (G) が 12 科 19 種、小形地上植物 (M) が 9 科 14 種と多かった。

葉の形態的特徴は、厚さ (75 種を測定) のランク 1 (0.196 mm 未満) が 8 科 21 種、2 (0.196 mm 以上、0.374 mm 未満) が 23 科 33 種、3 (0.374 mm 以上) が 15 科 21 種だった。葉面のクチクラ層と毛の発達程度は、1 が 19 科 49 種、2 が 9 科 15 種、3 が 41 科 80 種だった。

葉の乾燥耐性（62種を確認）のランクは，1が5科14種，2が23科27種，3が17科21種だった。

地下器官の発達程度のランクは，1が5科37種，2が48科98種，3が7科9種だった。

光合成特性は，C<sub>3</sub>植物が56科118種，C<sub>4</sub>植物が2科26種であり，C<sub>4</sub>植物の種はすべてイネ科かカヤツリグサ科だった。

分布域は，広域分布のものが40科89種，南方系のものが20科36種，北方系のものが3科3種，関東固有のものが6科10種，外来のものが3科6種だった。

#### 6.3.4.3 植生タイプにおける季節別の出現種の被度順位

表6-3，6-4，6-5に，植生タイプ1，2，3それぞれにおける4季節別の出現種の平均被度を，全季節の平均被度の高い順に示す。また，代表的な植物種として，全季節，もしくはいずれかの季節に平均被度が各植生タイプにおいて上位10種（出現種の多いタイプ3のみ上位20種）となる植物種について，相対的な被度（表6-3，6-4，6-5のCに示した値）を用いたグラフを。図6-3，6-4，6-5に示す。なお，出現種のうちハマボスは，2018年以降に非常に多くの個体の発芽が観察され，前年の台風の影響を受けている可能性があり，ハマボスおよび本種が大きな割合を占める二年草については，調査結果の適切な解釈は難しい。

タイプ1においては50種が出現し，シオクグ，ヨシ，カモノハシ，シバ，イソヤマテンツキの順で全季節の平均被度が高かった。被度順位の季節変動が大きく，シオクグを除くと4季節全てで10位以内を保つ種はなかった。多くの出現種は夏もしくは秋に被度が最大となっていたが，ハマカンゾウやテリハノイバラ，ハマツメクサのように春に最大値を示すものや，オオジシバのように冬に最大値を示すものもみられた。

タイプ2においては34種が出現し，シバ，ハイメドハギ，ヒメヤブラン，オオジシバ，クグテンツキの順で全季節の平均被度が高かった。被度順位の季節変動が大きく，シバとヒメヤブランを除くと4季節全てで10位以内を保つ種はなかった。また，被度が最大となる季節は全季節の平均被度が高い種間でもまちまちであり，上位10種のうち春に最大値を示すものが4種，夏に最大値を示すものが4種，秋に最大値を示すものが2種だった。

タイプ3においては121種が出現し，エノシマススキ，イソギク，メダケ節，ヒゲスゲ，ヤマカモジグサの順で全季節の平均被度が高かった。他2タイプと比べると被度順位の変動は小さく，上位10種のうち7種は全ての季節で10位以内を保っていた。上位の種の多くは夏や秋に被度が最大となるか，年間を通して被度がほとんど変化しないものが多かったが，テリハノイバラやハマカンゾウなどは春に被度が最大で，夏から秋にかけて顕著に低下していた。

出現種の中には，複数の植生タイプにまたがって出現するものもみられた。それらのうち，3植生タイプで被度順位が高いシバ，ハマカンゾウ，オオジシ

バリ，テリハノイバラに着目すると，被度の季節変化のベクトル（増減パターン）タイプ間は概ね共通しているものの，ハマカンゾウやオオジシバリの春から夏にかけての被度低下はタイプ2と3でより顕著であり，タイプ1では相対的に緩やかだった．また，タイプ1と2に多いミヤコグサでは，タイプ1で夏の被度の上昇がより顕著だった．

#### 6.3.5.3 植生タイプにおける出現種および科の被度の均等度

図6-6に，3つの植生タイプにおける4季節別のShannonの均等度指数を示す．種レベルでみると，タイプ1では夏に均等度が最大となり，春と秋の値に対して有意に高かった．タイプ2では季節間で有意差はみられなかったものの，冬に均等度が最大になる傾向がみられた．タイプ3では春と夏の均等度の値が秋と冬の値に対して有意に高かった．

科レベルの被度の均等度をみると，タイプ1と3では夏から秋にかけて均等度が低下し，冬に回復する傾向がみられた．タイプ2では季節間で均等度に有意差はみられなかったものの，他2植生タイプと類似する変化を示した．

#### 6.3.6. 機能的形質別の被度変化

図6-7に，植生タイプ1，2，3における4季節別の出現種の平均被度を，ラウンケアの生活型別に示す．また，ラウンケアの生活型を含むすべての機能的形質について，季節間の被度の変化量の積算値を表6-6に示す．

夏型一年草は，タイプ3で秋の被度が他季節に対して有意に高く，他2植生タイプでも同様の傾向がみられた．冬型一年草はタイプ1と2で春と冬の被度が夏と秋に対して有意に高く，タイプ3では検定に十分なサンプル数が得られていないものの春と冬のみ出現し，夏と秋はまったく出現しなかった．地中植物はタイプ2と3で春の被度が他季節に対して有意に大きく，夏以降は被度が低下していた．一方，タイプ1では春，夏，秋の被度に有意差はみられなかった．半地中植物は，全ての植生タイプで夏の被度が他季節に対して有意に大きかった．微小地上植物は，タイプ3で夏の被度が他季節に対して有意に大きかった．小型地上植物は春と夏の被度が他季節に対して有意に大きかった．水湿植物は春から秋にかけて被度はほとんど変化せず，冬に有意に低下した．二年草と接地植物，大形地上植物では季節間で有意差はみられなかった．

図6-8に，植生タイプ1，2，3における4季節別の出現種の平均被度を，葉の厚さのランク別に示す．なお，葉の厚さを測定した種の平均被度が4季節の平均積算被度に占める割合は，タイプ1で78.4%，タイプ2で95.8%，タイプ3で94.9%である．葉の厚さと被度の季節変化は，植生タイプ1ではランク2と3で夏から秋に低下した．タイプ2ではすべての厚さで春から秋にかけての被度に有意差がみられなかった．タイプ3ではすべての厚さで秋の被度が夏と比べて有意に低かった．また，被度変化の積算値はタイプ1と3でランク3がもっとも小さく，タイプ2においてはランク2と3が同程度だった．

図6-9に，植生タイプ1，2，3における4季節別の出現種の平均被度を，葉

面構造の発達程度のランク別に示す。ランクが 1（無毛でクチクラ層なし）と 2（疎毛ありでクチクラ層なし）は、全ての植生タイプで冬の被度が他季節に対して有意に低かった。一方、ランクが 3（密毛もしくはクチクラ層が発達）では、全ての植生タイプで秋の被度が夏に対して有意に低く、ランク 1 と 2 よりも早い時期に被度が低下する傾向がみられた。また、被度変化の積算値はすべての植生タイプにおいてランク 3 がもっとも小さかった。

図 6-10 に、植生タイプ 1, 2, 3 それぞれにおける、4 季節別の出現種の平均被度を、葉の乾燥耐性の段階別に示す。なお、葉の乾燥耐性を測定した種の平均被度が 4 季節の平均積算被度に占める割合は、タイプ 1 で 53.8%、タイプ 2 で 94.4%、タイプ 3 で 94.1%である。ランク 1（もっとも早く乾燥する）では全ての植生タイプで夏の被度が他季節に対して有意に高く、春と秋では有意差なし、もしくは秋の被度が高かった。ランク 2 では植生タイプ 3 のみで夏の被度が他季節に対して有意に高く、タイプ 1 と 2 では春から夏にかけて有意な変化なし、もしくは有意に低くなった。ランク 3 では春の被度が高く、夏にかけて有意な変化なし、もしくは有意に低くなった。また、全植生タイプにおいて春の被度が秋の被度より有意に高かった。被度変化の積算値はすべての植生タイプにおいてランク 1 で大きかった。

図 6-11 に、植生タイプ 1, 2, 3 それぞれにおける、4 季節別の出現種の平均被度を、地下器官の発達程度のランク別に示す。全ての植生タイプで地下器官が発達するほど被度のピークが早い時期にずれ込む傾向があり、ランク 1 では夏や秋に被度が最大になるのに対し、ランク 3 では植生タイプ 2 と 3 で春の被度が最大で、タイプ 1 でも春と夏の被度が秋以降よりも大きかった。また、被度変化の積算値はすべての植生タイプにおいてランク 3 がもっとも大きかった。

図 6-12 に、植生タイプ 1, 2, 3 それぞれにおける、4 季節別の C<sub>3</sub> 植物と C<sub>4</sub> 植物の平均被度を示す。C<sub>3</sub> 植物は、全ての植生タイプで春と夏の被度が秋と冬の被度に対して有意に大きく、タイプ 2 では春の被度が夏に対しても有意に大きかった。C<sub>4</sub> 植物はいずれも植生タイプでも夏と秋の被度が春と冬の被度に対して有意に大きく、タイプ 2 では秋の被度が全季節に対して有意に大きかった。また、被度変化の積算値はすべての植生タイプにおいて C<sub>4</sub> 植物の方が大きかった。

図 6-13 に、植生タイプ 1, 2, 3 それぞれにおける、4 季節別の平均被度を分布域別に示す。広域分布と南方系、固有の植物の被度変化は類似しており、夏に最大、あるいは春から夏、秋にかけて被度が高く、冬に低下する傾向がみられた。一方、北方系の植物は春に被度が最大で、夏以降に低下する傾向があり、タイプ 3 の北方系では春、夏、秋、冬の順に被度が有意に低くなった。外来の植物はサンプルが少なく有意差はみられなかったが、いずれの植生タイプにおいても春と冬に高く、夏と秋に低い傾向がみられた。

## 6.4. 考察

### 6.4.1. 海岸環境の季節変化

調査地の平均気温は、全季節を通して  $5^{\circ}\text{C}$  を上回っていた (図 6-1). 吉良 (1948) は植物の生育に有効な月平均気温を  $5^{\circ}\text{C}$  以上としている. また、冬季の平均気温が調査地とほぼ同程度の水俣 (熊本県) において、照葉樹林の剰余生産量 (総生産量 - 葉層呼吸量) が冬もそれほど落ち込まず、物質生産の点からは冬も休眠期ではない (吉良 1978; 飯泉・菊池 1980). したがって、常緑性の植物などにとっては、本調査地の気温は年間を通して生育に十分な高さであると考えられる.

一方、降水量と可能蒸発散量の推定値から、秋や春は土壤水分が豊富であり、夏や冬は相対的に乾燥する傾向にあることが示された (図 6-1). 特に、調査期間の夏は降水量が少なく、可能蒸発散量の値とほぼ等しかった. Thornthwaite 法のような簡便な蒸発散量の推定法は推定精度の問題が存在する (小澤ほか 2012) もの、調査地において夏にしおれた植物がみられ、他季節と比較して厳しい水分条件である可能性は高い.

5 章の結果 (図 5-5) より、草本植生の成立する立地条件は群落間で異なり、植生タイプ 1 (ヨシクラスなどの湿性立地の群落) は湿った立地に、植生タイプ 2 (シバ群団) とタイプ 3 (イソギクハチジョウススキ群集) は乾いた立地に成立することが示されている. 湿性立地の群落 (タイプ 1) は周囲からの水供給を受けることで、降水量が少なく蒸発散量が多い時期においても土壤水分が保たれ、湿潤環境が維持されていると考えられる. 一方、シバ群落 (タイプ 2) とイソギクハチジョウススキ群集 (タイプ 3) の立地は周囲からの安定した水供給が認められず、降水量と気温の季節変化が土壤水分条件に大きく関わり、特に夏は乾燥しやすく厳しい立地環境であると考えられる.

### 6.4.2. 群落構成種の葉フェノロジー特性

3 つの植生タイプの積算被度の季節変化は、タイプ間で変化量の違いはあるものの、おおむね夏にかけて増加し、冬に低下する傾向がみられた (図 6-2). 一方、出現種の被度がピークを迎える時期は種間で異なり (図 6-3, 6-4, 6-5, 表 6-3, 6-4, 6-5), いずれの植生も多様な葉フェノロジーを持つ植物で構成されていることがわかった.

各種の葉フェノロジーは、機能的形質と強く結びついていることが分かった. 地下器官の発達が発達する種は、未発達の種と比較して被度のピークが早い季節 (春) に偏る傾向がみられた (図 6-11). 長野県のススキ草地において、地下貯蔵器官を持つユリ科 (新エングラ体系) のニッコウキスゲやスズラン、チゴユリなどがススキよりも早い季節に被度のピークを迎えることが示されている (岩城 1971). 岩石海岸の草本植生においても、地下器官が発達する種は貯蔵物質を利用することで、他種に先駆けて成長していると考えられる. また、光合成特性、すなわち  $\text{C}_3$  植物と  $\text{C}_4$  植物を比較すると、 $\text{C}_3$  植物は春と夏

の被度が秋と冬の被度よりも大きく、C<sub>4</sub>植物は夏と秋の被度が春と冬の被度よりも大きく、C<sub>3</sub>植物で被度ピークが早い季節に偏る傾向がみられた(図 6-12)。低温条件下での光合成に適するC<sub>3</sub>植物と、高温・乾燥条件下での光合成に適するC<sub>4</sub>植物の混生条件下において、C<sub>4</sub>植物が遅れて成長のピークを迎えることが知られており(Monson et al. 1983; 横山・及川 2001; 井柁ほか 2002)、岩石海岸の草本植生においても、気温の季節変化に応じた同様の現象が起きていると考えられる。その他、葉構造、すなわち葉厚や葉表面のクチクラ層や毛の存在は、被度のピーク時期との関係は不明瞭であったものの、発達程度が大きい場合に被度の季節変化が小さくなる傾向がみられた(図 6-8, 6-9)。葉構造の発達は海岸植物の形態的特徴の一つであり、乾燥や強い日光、強風などへの適応と考えられる(矢野ほか 1983; 中西 2018)。これらの植物は、葉構造への投資を行うことで、年間の成長スピードは遅くなるものの、海岸の環境ストレスに耐え、年間を通し安定して展葉している可能性がある。

以上のように、岩石海岸の草本植生においては、群落構成種が地下器官や光合成特性、葉構造といった種特性と結びついた葉フェノロジーを持ち、種間の葉フェノロジーにずれが生じていた。このことが群落構成種の季節的なすみ分け、ニッチ分割(niche separation)(Higgins et al. 2011)をもたらすとともに、群落優占種(シオクグ、シバ、エノシマススキ)に対する季節的な競争回避,” Phenological escape”(Crawley 1997)を可能にすることで、群落内での植物種多様性の維持に重要な役割を果たしていると考えられる。また、各植生タイプにおける種レベル、科レベルでの被度の均等度をみると、特に科レベルにおいて秋に均等度が低下する傾向がみられた(図 6-6)。秋はイネ科やカヤツリグサ科といった限られたグループのみが高い被度を持ち、他季節はより多くの分類群が同一空間を共有していると考えられ、科レベルでの分類群の多様性に対しても、季節間のすみ分けが重要な役割を果たしていると考えられる。

#### 6.4.3. 海岸環境に対する葉フェノロジーの適応的意義

3 植生タイプの被度変化を比較すると、湿性立地の群落において、夏の積算被度上昇がもっとも顕著である(図 6-2)。また、湿地立地と乾性立地にまたがって出現する種の被度変化に着目すると(図 6-3, 6-4, 6-5, 表 6-3, 6-4, 6-5)、ハマカンゾウとオオジシバリは湿性立地の群落で夏の被度低下が小さく、ハマツメクサでは湿性立地の群落でのみ夏と秋にわずかに葉が残っていた。また、ミヤコグサは夏の被度上昇がより顕著である。これらの結果は、岩石海岸において、夏場の乾燥が群落構成種の成長の阻害要因となっていることを示すとともに、いくつかの種が海岸環境、特に土壤水分条件に応じたフェノロジーの可塑性を持つことも示している。

また、長野県においてススキ草地の構成種のフェノロジーを調査した研究(岩城 1971)では、イネ科植物やキク科植物が8月末に地上部の植物体重量のピークを迎えるのに対し、ユリ科に属するニッコウキスゲやスズラン、チゴ

ユリなどが6月にピークを迎えることが示されている。このような傾向は、イソギクハチジョウススキ群集（タイプ3）の群落構成種の葉フェノロジーにおいてもみられる。他方で、調査地においては、冬に被度が最大となるオオジシバリやイブキボウフウや、ヒゲスゲやマサキ、トベラなどのように被度の季節間でほとんど変化しない常緑性の種もみられた。また、茨城県の内陸草地においてC<sub>3</sub>植物の葉面積指数が7月中旬に最大となり、6月中旬と8月中旬が次いで高く、5月中旬は低い（横山・及川 2002）のに対し、イソギクハチジョウススキ群集やシバ群団（タイプ2）ではC<sub>3</sub>植物の葉被度のピークが春（4月下旬-5月中旬）にあり、夏（7月下旬-8月中旬）には低くなっており、ピーク時期の早期化が起こっていた。岩石海岸の群落構成種に特有な葉フェノロジーの存在や、内陸の草原植生に対する被度ピークの早期化は、海岸の温暖な気候、あるいは夏以降の乾燥や台風による攪乱といった環境ストレスの回避といった適応的意義を持つ可能性がある。

表 6-1. 出現種のラウンケアの休眠型、葉の厚さの測定値と厚さのランク、葉表面の構造と発達程度のランク、葉の乾燥耐性のランク、地下器官の構造と発達程度のランク、光合成特性、分布域の一覧。種名は科名、属名のアルファベット順に示す。科は APG 体系 (APGIII) にもとづく。

科	種名	学名	ラウンケアの 休眠型	葉の厚さ 平均値 (mm)	葉の厚さ ランク	葉表面の特徴 毛, クチクラ層	乾燥耐性 ランク	地下器官 構造	地下器官 ランク	光合成 特性	分布域
1	Aizoraceae	ツルナ	Ch	0.886	3	疎毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	広域
2	Anaryllidaceae	タマムラサキ	G	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	鱗茎	3	C3	南方
3	Anacardiaceae	ハゼノキ	MM	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2	C3	南方
4	Apiaceae	アンタバ	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2	C3	固有
5	Apiaceae	ツボクサ	H	0.219	2	疎毛, クチクラ無	2	主根	2	C3	南方
6	Apiaceae	ハマゼリ	Th(W)	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2	C3	広域
7	Apiaceae	イブキボウフウ	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2	C3	北方
8	Apiaceae	ボタンボウフウ	H	0.397	3	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	南方
9	Araliaceae	キツネ	MM	0.240	2	無毛, クチクラ無	1	主根	2	C3	広域
10	Aristolochiaceae	オオバウマノスズクサ	M	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ無	2	N.D.	2	C3	南方
11	Asparagaceae	クサスギカズラ	G	1.007	3	無毛, クチクラ有	3	塊根	3	C3	南方
12	Asparagaceae	ツルボ	G	0.700	3	無毛, クチクラ無	1	鱗茎	3	C3	広域
13	Asparagaceae	ヒメヤブラン	G	0.479	3	無毛, クチクラ無	1	太い不定根	2	C3	広域
14	Asteraceae	ヨモギ	H	0.129	1	密毛, クチクラ無	3	主根	2	C3	固有
15	Asteraceae	オトコヨモギ	H	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ無	2	N.D.	2	C3	広域
16	Asteraceae	ノコンギク	H	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ無	2	N.D.	2	C3	広域
17	Asteraceae	イソギク	H	0.534	3	密毛, クチクラ無	3	主根	2	C3	固有
18	Asteraceae	ノアザミ	H	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ無	3	N.D.	2	C3	広域
19	Asteraceae	イカアザミ	H	0.468	3	密毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	固有
20	Asteraceae	ヤクシノウ	Bi	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	2	C3	広域
21	Asteraceae	ワダン	Ch	0.336	2	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	固有
22	Asteraceae	タカサブロウ	Th(S)	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	2	C3	広域
23	Asteraceae	ツウアキ	H	0.579	3	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	南方
24	Asteraceae	オオジシバリ	H	0.240	2	無毛, クチクラ無	1	根茎	2	C3	広域
25	Asteraceae	ハマコウゾリナ	Bi	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ有	3	N.D.	2	C3	固有
26	Asteraceae	ハマアキノキノソノウ	H	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ有	3	N.D.	2	C3	固有
27	Asteraceae	ハチジョウウナ	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2	C3	広域
28	Boraginaceae	ホタルカズラ	H	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ無	2	N.D.	2	C3	広域
29	Campanulaceae	ハマシヤジン	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2	C3	固有
30	Cannabaceae	エノキ	MM	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ無	2	N.D.	2	C3	広域
31	Caprifoliaceae	スイカズラ	N	0.328	2	疎毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	広域
32	Caprifoliaceae	ソナレマツムシノウ	H	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ有	3	N.D.	2	C3	固有
33	Caryophyllaceae	ハマツムクサ	Th(W)	0.513	3	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	広域
34	Celastraceae	ツルクメモドキ	M	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	2	C3	広域
35	Celastraceae	マサキ	M	0.445	3	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	広域
36	Convolvulaceae	ハマヒルガオ	G	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2	C3	広域
37	Crassulaceae	タイトゴモ	H	1.569	3	無毛, クチクラ有	3	根茎	2	C3	南方
38	Cupressaceae	オオシマハイツネズ	N	0.697	3	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	南方

表 6-1. 雑草

科	種名	学名	ラウンケアの 休眠型	葉の厚さ 平均値 (mm)	葉の長さ ランク	葉表面の特徴 毛, クチクラ層	乾燥耐性 ランク	地下器官 構造	地下器官 ランク	光合成 特性	分布域	
Cyperaceae	コゴメスゲ	<i>Carex brunnea</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	細い不定根	1	C3	南方
Cyperaceae	ホンバヒカガスゲ	<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	細い不定根	1	C3	広域
Cyperaceae	ナキリスゲ	<i>Carex lenta</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	細い不定根	1	C3	広域
Cyperaceae	センダイスゲ	<i>Carex lena</i> var. <i>sendaica</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	根莖	2	C3	南方
Cyperaceae	イソアオスゲ	<i>Carex meridiana</i>	H	0.192	1	無毛, クチクラ有	3	1	細い不定根	1	C3	南方
Cyperaceae	コウボウシバ	<i>Carex pumila</i>	G	0.282	2	無毛, クチクラ有	3	N.D.	根莖	2	C3	広域
Cyperaceae	シオクグ	<i>Carex scabrifolia</i>	G	0.313	2	無毛, クチクラ有	3	N.D.	根莖	2	C3	広域
Cyperaceae	ヒガスゲ	<i>Carex waltuensis</i> var. <i>bongardii</i>	H	0.347	2	無毛, クチクラ有	3	2	細い不定根	1	C3	南方
Cyperaceae	ヒトモトススキ	<i>Cladium jamaicense</i> subsp. <i>chinense</i>	HH	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	細い不定根	1	C3	南方
Cyperaceae	ヒメクグ	<i>Cyperus brevifolius</i> var. <i>leiolepis</i>	H	0.206	2	無毛, クチクラ有	3	N.D.	根莖	2	C4	広域
Cyperaceae	カワラスガナ	<i>Cyperus sanguinolentus</i>	Th(S)	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	細い不定根	1	C4	広域
Cyperaceae	クグテンツキ	<i>Fimbristylis dichotoma</i> var. <i>diphylla</i>	H	0.473	3	無毛, クチクラ有	3	1	細い不定根	1	C4	南方
Cyperaceae	ナガボテンツキ	<i>Fimbristylis longispica</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	3	N.D.	細い不定根	1	C4	南方
Cyperaceae	ヤリテンツキ	<i>Fimbristylis ovata</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	細い不定根	1	C4	南方
Cyperaceae	イソヤマトンツキ	<i>Fimbristylis sieboldii</i>	H	0.535	3	無毛, クチクラ有	3	1	細い不定根	1	C4	南方
Cyperaceae	ヤマイ	<i>Fimbristylis subspicata</i>	H	0.282	2	無毛, クチクラ有	3	1	細い不定根	1	C4	広域
Dioscoreaceae	ヤマノイモ	<i>Dioscorea japonica</i>	G	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	担根体	3	C3	広域
Dioscoreaceae	オニドリコ	<i>Dioscorea tokoro</i>	G	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	塊莖	3	C3	広域
Dryopteridaceae	オニヤブソテツ	<i>Cyrtomium falcatum</i>	H	0.386	3	無毛, クチクラ有	3	3	細い不定根	1	C3	広域
Dryopteridaceae	ヒメオニヤブソテツ	<i>Cyrtomium falcatum</i> subsp. <i>littorale</i>	H	0.730	3	無毛, クチクラ有	3	N.D.	主根	2	C3	南方
Elaeagnaceae	ホオバギ	<i>Elaeagnus macrophylla</i>	M	0.308	N.D.	密毛, クチクラ有	3	N.D.	主根	2	C3	南方
Elaeagnaceae	マルバアキギ	<i>Elaeagnus umbellata</i> var. <i>rotundifolia</i>	M	0.289	2	密毛, クチクラ有	3	2	主根	2	C3	南方
Euphorbiaceae	ハマタカトウダイ	<i>Euphorbia lasiocaula</i> f. <i>maritima</i>	G	0.156	1	無毛, クチクラ有	3	2	主根	2	C3	固有
Fabaceae	コマツナギ	<i>Indigofera pseudotinctoria</i>	N	0.120	1	密毛, クチクラ無	3	1	主根	2	C3	広域
Fabaceae	ハマエンドウ	<i>Lathyrus japonicus</i>	G	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	根莖	2	C3	広域
Fabaceae	ハイメドハギ	<i>Lespedeza cuneata</i> var. <i>serpens</i>	H	0.147	1	密毛, クチクラ無	3	N.D.	主根	2	C3	広域
Fabaceae	ネコハギ	<i>Lespedeza pilosa</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	3	N.D.	主根	2	C3	広域
Fabaceae	ミヤコグサ	<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>	H	0.205	2	無毛, クチクラ無	1	1	主根	2	C3	広域
Fabaceae	タンキリマメ	<i>Rhynchosia volubilis</i>	G	N.D.	N.D.	密毛, クチクラ無	3	N.D.	主根	2	C3	南方
Fabaceae	シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	主根	2	C3	外来
Fabaceae	ヒロハクサフジ	<i>Vicia japonica</i>	G	0.206	2	無毛, クチクラ有	3	2	主根	2	C3	北方
Fabaceae	ヤハズエンドウ	<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra</i>	Th(W)	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	主根	2	C3	広域
Gentianaceae	コケリンドウ	<i>Gentiana squarrosa</i>	Th(W)	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	主根	2	C3	広域
Gentianaceae	センブリ	<i>Sweria japonica</i>	Bi	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	主根	2	C3	広域
Hypericaceae	ハマオトギリ	<i>Hypericum erectum</i> var. <i>arenicolium</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	主根	2	C3	固有
Iridaceae	ニワゼキショウ	<i>Sisyrinchium rosulatum</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	細い不定根	1	C3	外来
Juncaceae	スズメノヤリ	<i>Luizula capitata</i>	H	0.136	1	疎毛, クチクラ無	2	1	細い不定根	1	C3	広域
Lamiaceae	アキノタムラソウ	<i>Stachya japonica</i>	H	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ無	2	N.D.	主根	2	C3	広域
Lamiaceae	コバノタツナミ	<i>Scutellaria indica</i> var. <i>parvifolia</i>	H	N.D.	N.D.	密毛, クチクラ無	3	N.D.	主根	2	C3	南方
Lardizabaleae	アケビ	<i>Akebia quinata</i>	M	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	主根	2	C3	広域
Lardizabaleae	ミツバアケビ	<i>Akebia trifoliata</i>	M	0.196	2	無毛, クチクラ無	1	2	主根	2	C3	広域

表 6-1. 続 次

科	種名	学名	ラウンケアの休眠型	葉の長さ 平均値 (mm)	葉の厚さ ランク	葉表面の特徴 毛, クチクラ有	乾燥耐性 ランク	地下器官 構造	地下器官 ランク	光合成 特性	分布域
80 Lauraceae	ヤブニッケイ	<i>Cinnamomum yabunikkei</i>	MM	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	広域
81 Lauraceae	タブノキ	<i>Machilus thunbergii</i>	MM	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	広域
82 Liliaceae	スカシユリ	<i>Lilium maculatum</i>	G	0.618	3	無毛, クチクラ有	3	鱗茎	3	C3	北方
83 Menispermaceae	アオツツゾフジ	<i>Cocculus trilobus</i>	N	0.216	2	密毛, クチクラ無	3	主根	2	C3	広域
84 Oleaceae	オオハイボタ	<i>Ligustrum ovalifolium</i>	M	0.252	2	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	南方
85 Onagraceae	コマツヨイグサ	<i>Oenothera laciniata</i>	Th(W)	0.274	2	密毛, クチクラ無	3	主根	2	C3	広域
86 Orchidaceae	シラン	<i>Blattella striata</i>	G	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D. 塊茎	3	C3	広域
87 Oxalidaceae	ケカタバミ	<i>Oxalis corniculata</i> var. <i>trichocaulon</i>	Ch	0.121	1	密毛, クチクラ無	3	主根	2	C3	広域
88 Penstemonaceae	ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i> var. <i>japonica</i>	M	0.280	2	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	広域
89 Pinaceae	クロマツ	<i>Pinus thunbergii</i>	MM	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	広域
90 Pittosporaceae	トベラ	<i>Pittosporum tobira</i>	M	0.304	2	無毛, クチクラ有	3	主根	2	C3	南方
91 Plantaginaceae	トウオオバコ	<i>Plantago japonica</i>	H	0.288	2	無毛, クチクラ無	1	主根	2	C3	広域
92 Poaceae	メリケンカルカヤ	<i>Andropogon virginicus</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C4	外来
93 Poaceae	コブナグサ	<i>Arrhaxon hispidus</i>	Th(S)	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C4	広域
94 Poaceae	ヤマカモジグサ	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	H	0.119	1	密毛, クチクラ無	3	2 細い不定根	1	C3	広域
95 Poaceae	チヨウセンガリヤス	<i>Clasigenes hackellii</i>	H	0.065	1	疎毛, クチクラ無	2	N.D. 細い不定根	1	C4	広域
96 Poaceae	オガルカヤ	<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>	H	0.132	1	無毛, クチクラ無	1	1 細い不定根	1	C4	南方
97 Poaceae	メヒシバ	<i>Digitaria ciliaris</i>	Th(S)	N.D.	N.D.	疎毛, クチクラ無	2	N.D. 細い不定根	1	C4	広域
98 Poaceae	アキメヒシバ	<i>Digitaria violascens</i>	Th(S)	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C4	広域
99 Poaceae	アオカモジグサ	<i>Elymus racemifer</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C3	広域
100 Poaceae	トボシガラ	<i>Festuca parvigluma</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C3	広域
101 Poaceae	ハリノホ	<i>Hainardia cylindrica</i>	Th(W)	0.156	1	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C3	外来
102 Poaceae	フシグチガヤ	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	G	0.146	1	疎毛, クチクラ無	2	1 根茎	2	C4	広域
103 Poaceae	ケナシチガヤ	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>pallida</i>	G	0.148	1	無毛, クチクラ無	1	1 根茎	2	C4	広域
104 Poaceae	カモノハシ	<i>Ischaemum aristatum</i> var. <i>crassipes</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C4	広域
105 Poaceae	ケカモノハシ	<i>Ischaemum aristatum</i> var. <i>crassipes</i>	H	N.D.	N.D.	密毛, クチクラ無	3	N.D. 細い不定根	1	C4	広域
106 Poaceae	ボウムギ	<i>Lolium rigidum</i>	Th(W)	N.D.	2	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C3	外来
107 Poaceae	エノシマススキ	<i>Miscanthus condensatus</i>	H	0.197	2	無毛, クチクラ有	3	2 細い不定根	1	C4	南方
108 Poaceae	シマスズメノヒエ	<i>Paspalum dilatatum</i>	H	0.135	1	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C4	外来
109 Poaceae	ズズメノヒエ	<i>Paspalum thunbergii</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	3	N.D. 細い不定根	1	C4	広域
110 Poaceae	アイアシ	<i>Phacelurus latifolius</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D. 根茎	2	C4	広域
111 Poaceae	ヨシ	<i>Phragmites australis</i>	HH	0.220	2	疎毛, クチクラ無	2	1 根茎	2	C3	広域
112 Poaceae	メダケ節	<i>Pleiblastus</i> spp.	N	0.103	1	無毛, クチクラ無	1	1 根茎	2	C3	南方
113 Poaceae	ヒエガエリ	<i>Polyopogon fugax</i>	Th(W)	0.141	1	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C3	広域
114 Poaceae	キンエノコロ	<i>Setaria pumila</i>	Th(S)	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C4	広域
115 Poaceae	ハマエノコロ	<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	Th(S)	0.175	1	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C4	広域
116 Poaceae	ネズミノオ	<i>Sporobolus fertilis</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D. 細い不定根	1	C4	南方
117 Poaceae	カニツリグサ	<i>Trisetum bifidum</i>	H	0.120	1	密毛, クチクラ無	3	N.D. 細い不定根	1	C3	広域
118 Poaceae	シバ	<i>Zoysia japonica</i>	H	0.123	1	疎毛, クチクラ無	2	1 根茎	2	C4	広域
119 Poaceae	ナガミノオニシバ	<i>Zoysia sinica</i> var. <i>nipponica</i>	HH	0.119	1	疎毛, クチクラ無	2	N.D. 根茎	2	C4	南方

表 6-1. 続き.

科	種名	学名	ラウンケアの 休眠型	葉の厚さ 平均値 (mm)	葉の長さ ランク	葉面の特徴 毛, クチクラ有	乾燥耐性 ランク	地下器官 構造	光合成 特性	分布域
120 Polygalaceae	ケナシヒメハギ	<i>Polygala japonica</i> f. <i>nudicaulis</i>	H	0.244	2	無毛, クチクラ有	3	主根	2 C3	広域
121 Polygonaceae	ママコノシリヌグイ	<i>Persicaria senticosa</i>	Th(S)	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	2 C3	広域
122 Polygonaceae	ギシギシ	<i>Rumex japonicus</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	2 C3	広域
123 Primulaceae	ハマボツス	<i>Lysimachia mauritiana</i>	Bi	0.529	3	無毛, クチクラ有	3	主根	2 C3	広域
124 Ranunculaceae	センニンソウ	<i>Clematis terniflora</i>	G	0.374	3	無毛, クチクラ有	3	2 主根	2 C3	広域
125 Rosaceae	ヒロハノカワラサイコ	<i>Potentilla niponica</i>	H	N.D.	N.D.	密毛, クチクラ無	3	N.D.	2 C3	広域
126 Rosaceae	シャリンバイ	<i>Rhaphiolepis indica</i> var. <i>umbellata</i>	N	0.604	3	無毛, クチクラ有	3	主根	2 C3	南方
127 Rosaceae	テリハノイバラ	<i>Rosa luciae</i>	N	0.244	2	無毛, クチクラ有	3	2 肥大した地 <sup>1</sup>	2 C3	広域
128 Rosaceae	カジイチゴ	<i>Rubus trifidus</i>	N	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2 C3	南方
129 Rosaceae	フレモコウ	<i>Sanguisorba officinalis</i>	H	0.221	2	無毛, クチクラ無	1	1 主根	2 C3	広域
130 Rubiaceae	ソナレムグラ	<i>Hedyotis strigulosa</i> var. <i>parvifolia</i>	H	0.932	3	無毛, クチクラ有	3	3 主根	2 C3	南方
131 Rubiaceae	ハマサオトメカズラ	<i>Paeonia scandens</i> var. <i>maritima</i>	N	0.252	2	疎毛, クチクラ有	3	2 主根	2 C3	南方
132 Rutaceae	カラスザンショウ	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	MM	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2 C3	広域
133 Santalaceae	カナビキノウ	<i>Thesium chinense</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	2 C3	広域
134 Smilacaceae	サルトリイバラ	<i>Smilax china</i>	N	0.250	2	無毛, クチクラ有	3	2 根茎	2 C3	広域
135 Stachyuraceae	エノシマキブシ	<i>Stachyurus praecox</i>	M	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2 C3	南方
136 Typhaceae	コガマ	<i>Typha orientalis</i>	HH	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	2 C3	広域
137 Urticaceae	ラセイタソウ	<i>Boehmeria spliogerbera</i>	H	0.313	2	無毛, クチクラ有	3	2 主根	2 C3	広域
138 Violaceae	タチツボスミレ	<i>Viola grypoceras</i> var. <i>grypoceras</i>	H	0.104	1	疎毛, クチクラ無	2	N.D.	2 C3	広域
139 Violaceae	アツバスミレ	<i>Viola mandshurica</i> var. <i>iriangulans</i>	G	0.334	2	無毛, クチクラ有	3	2 主根	2 C3	南方
140 Violaceae	ニオイタツツボスミレ	<i>Viola obtusa</i>	H	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ無	1	N.D.	2 C3	広域
141 Vitaceae	テリハノブドウ	<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>hancei</i>	M	0.234	2	無毛, クチクラ有	3	2 主根	2 C3	広域
142 Vitaceae	ツタ	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	M	N.D.	N.D.	無毛, クチクラ有	3	N.D.	2 C3	広域
143 Vitaceae	エビヅル	<i>Vitis flexifolia</i>	M	0.255	2	密毛, クチクラ無	3	2 主根	2 C3	広域
144 Xanthorrhoeaceae	ハマカンゾウ	<i>Hemerocallis fulva</i> var. <i>littorea</i>	H	0.290	2	無毛, クチクラ有	3	3 塊根	3 C3	南方





表 6-3. 植生タイプ 1 における出現種の季節別の被度とその相対的位置. 種名は全季節の平均被度が大きいものから並べた. A. その季節の平均被度値の順位, B. その季節における平均被度 (%), C. その種の全季節の平均被度を 1 とした時の, その季節の平均被度の相対値. A と B における太字は, 上位 10 位以内の値であることを示す. 下線は, その種において 4 季節間で最大の被度であることを示す.

種名	全季節の平均被度 (%)	春			夏			秋			冬			出現回数
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1 シオクグ	9.604	<b>1</b>	<b>12.406</b>	1.292	<b>1</b>	<b>13.019</b>	1.356	<b>1</b>	<b>11.719</b>	1.220	<b>4</b>	<b>1.272</b>	0.132	8
2 ヨシ	7.664	<b>2</b>	<b>8.875</b>	1.158	<b>2</b>	<b>11.906</b>	1.554	<b>3</b>	<b>9.875</b>	1.288	33	-	-	7
3 カモノハシ	5.611	<b>7</b>	<b>3.375</b>	0.602	<b>3</b>	<b>7.750</b>	1.381	<b>2</b>	<b>11.313</b>	2.016	28	0.006	0.001	4
4 シバ	5.227	<b>3</b>	<b>6.625</b>	1.268	<b>5</b>	<b>7.000</b>	1.339	<b>5</b>	<b>6.906</b>	1.321	11	0.375	0.072	3
5 イソヤマテンツキ	4.970	<b>6</b>	<b>4.408</b>	0.887	<b>4</b>	<b>7.428</b>	1.495	<b>4</b>	<b>7.847</b>	1.579	13	0.196	0.039	12
6 ナガミノオニシバ	3.625	<b>5</b>	<b>4.688</b>	1.293	<b>7</b>	<b>4.375</b>	1.207	<b>6</b>	<b>5.313</b>	1.466	16	0.125	0.034	2
7 アイアシ	3.078	<b>8</b>	<b>3.063</b>	0.995	<b>6</b>	<b>4.563</b>	1.482	<b>7</b>	<b>4.688</b>	1.523	33	-	-	2
8 ハマカンゾウ	2.458	<b>4</b>	<b>5.313</b>	2.161	<b>9</b>	<b>3.125</b>	1.271	21	0.325	0.132	<b>6</b>	<b>1.069</b>	0.435	6
9 ヒトモトススキ	2.422	<b>10</b>	<b>2.188</b>	0.903	11	2.500	1.032	<b>8</b>	<b>3.125</b>	1.290	<b>3</b>	<b>1.875</b>	0.774	1
10 オオジシバリ	1.670	11	1.463	0.876	17	1.201	0.719	15	0.913	0.546	<b>1</b>	<b>3.106</b>	1.860	9
11 ヤマイ	1.613	17	0.813	0.504	<b>9</b>	<b>3.125</b>	1.938	<b>9</b>	<b>2.500</b>	1.550	24	0.013	0.008	2
12 ミヤコグサ	1.480	13	0.979	0.662	<b>8</b>	<b>3.656</b>	2.471	18	0.533	0.360	<b>7</b>	<b>0.751</b>	0.508	9
13 ケナシチガヤ	1.255	15	0.875	0.697	13	<b>2.081</b>	1.659	<b>10</b>	<b>2.063</b>	1.644	33	-	-	5
14 ハマボッサ	1.236	18	0.776	0.627	15	1.613	1.305	24	0.219	0.177	<b>2</b>	<b>2.338</b>	1.891	9
15 ボタンボウフウ	1.159	12	1.406	1.214	16	<b>1.550</b>	1.338	17	0.534	0.461	<b>5</b>	<b>1.144</b>	0.987	5
16 テリハノイバラ	1.111	<b>9</b>	<b>2.219</b>	1.997	14	1.769	1.592	27	0.175	0.158	12	0.281	0.253	5
17 トウオオバコ	1.059	23	0.375	0.354	12	<b>2.206</b>	2.083	11	1.475	1.392	15	0.181	0.171	8
18 ヒメクグ	0.641	21	0.500	0.780	20	0.750	1.171	12	<b>1.313</b>	2.049	33	-	-	2
19 ナガボテンツキ	0.539	21	0.500	0.928	18	<b>0.969</b>	1.797	16	0.688	1.275	33	-	-	3
20 ハマゼリ	0.489	28	0.144	0.294	24	0.525	1.073	13	<b>1.256</b>	2.569	21	0.031	0.064	2
21 ヒゲスゲ	0.484	26	0.250	0.516	19	<b>0.875</b>	1.806	23	0.250	0.516	<b>8</b>	<b>0.563</b>	1.161	2
22 コウボウシバ	0.455	15	<b>0.875</b>	1.924	23	0.625	1.375	25	0.194	0.426	16	0.125	0.275	3
23 キンエノコロ	0.443	35	0.039	0.088	26	0.481	1.088	14	<b>1.250</b>	2.825	33	-	-	4
24 エノシマススキ	0.388	25	0.269	0.694	20	<b>0.750</b>	1.935	19	0.513	1.323	<b>22</b>	0.019	0.048	2
25 ハマツメクサ	0.355	14	<b>0.950</b>	2.673	33	0.069	0.193	37	0.009	0.026	<b>10</b>	<b>0.394</b>	1.108	6
26 ヒエガエリ	0.327	20	0.625	1.912	22	<b>0.626</b>	1.916	41	0.000	0.000	20	0.056	0.172	3
27 ハリノホ	0.281	19	<b>0.688</b>	2.444	43	-	-	41	0.000	0.000	<b>9</b>	<b>0.438</b>	1.556	2
28 ヒメヤブラン	0.266	26	0.250	0.941	25	<b>0.500</b>	1.882	28	0.125	0.471	14	0.188	0.706	1
29 ハマエンドウ	0.203	23	<b>0.375</b>	1.846	30	0.125	0.615	22	0.313	1.538	33	-	-	1
30 コガマ	0.172	30	0.063	0.364	30	0.125	0.727	20	<b>0.500</b>	2.909	33	-	-	1
31 イソギク	0.141	29	0.125	0.889	28	<b>0.188</b>	1.333	28	0.125	0.889	16	0.125	0.889	1
32 カワラスガナ	0.125	49	-	-	27	<b>0.313</b>	2.500	26	0.188	1.500	33	-	-	1
33 ソナレムグラ	0.094	30	0.063	0.667	28	<b>0.188</b>	2.000	32	0.063	0.667	19	0.063	0.667	1
34 ハイメドハギ	0.066	39	0.013	0.190	30	<b>0.125</b>	1.905	28	<b>0.125</b>	1.905	33	-	-	1
35 タイトゴメ	0.041	30	<b>0.063</b>	1.538	34	<b>0.063</b>	1.538	35	0.031	0.769	28	0.006	0.154	1
36 シマスズメノヒエ	0.039	36	0.031	0.800	34	<b>0.063</b>	1.600	32	<b>0.063</b>	1.600	33	-	-	1
37 ハマエノコロ	0.034	39	0.013	0.364	43	-	-	28	<b>0.125</b>	3.636	33	-	-	1
38 スカシユリ	0.031	30	<b>0.063</b>	2.000	34	<b>0.063</b>	2.000	41	-	-	33	-	-	1
39 アキメヒシバ	0.024	48	0.001	0.026	37	0.031	1.325	32	<b>0.063</b>	2.649	33	-	-	1
40 ギシギシ	0.023	30	<b>0.063</b>	2.667	40	0.013	0.533	41	-	-	22	0.019	0.800	1
41 ヤマカモジグサ	0.020	36	<b>0.031</b>	1.538	37	<b>0.031</b>	1.538	38	0.006	0.308	24	0.013	0.615	1
42 イソアオスゲ	0.008	38	<b>0.019</b>	2.400	43	-	-	41	-	-	24	0.013	1.600	1
43 ボウムギ	0.006	39	<b>0.013</b>	2.000	43	-	-	41	-	-	24	<b>0.013</b>	2.000	1
44 ママコノシリヌグイ	0.005	43	0.003	0.571	43	-	-	36	<b>0.019</b>	3.429	33	-	-	1
45 タカサブロウ	0.005	49	-	-	39	<b>0.019</b>	3.750	39	0.001	0.250	33	-	-	1
46 ツルナ	0.004	39	<b>0.013</b>	3.200	43	-	-	41	-	-	32	0.003	0.800	1
47 シロツメクサ	0.004	43	0.003	0.800	41	<b>0.006</b>	1.600	41	-	-	28	<b>0.006</b>	1.600	1
48 ヤハズエンドウ	0.002	43	0.003	1.333	43	-	-	41	-	-	28	<b>0.006</b>	2.667	1
49 ツワブキ	0.001	46	0.001	1.143	42	<b>0.003</b>	2.857	41	-	-	33	-	-	1
50 コマツナギ	0.000	46	0.001	<b>2.667</b>	43	-	-	40	0.001	1.333	33	-	-	1

表 6-4. 植生タイプ 2 における出現種の季節別の被度とその相対的位置. 種名は全季節の平均被度が大きいものから並べた. A. その季節の平均被度値の順位, B. その季節における平均被度 (%), C. その種の全季節の平均被度を 1 とした時の, その季節の平均被度の相対値. A と B における太字は, 上位 10 位以内の値であることを示す.

種名	全季節の平均 被度 (%)	春			夏			秋			冬			出現回数
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1 シバ	47.056	<b>1</b>	<b>60.786</b>	1.292	<b>1</b>	<b>60.000</b>	1.275	<b>1</b>	<b>65.929</b>	1.401	<b>3</b>	<b>1.511</b>	0.032	14
2 ハイメドハギ	2.268	<b>6</b>	<b>1.543</b>	0.680	<b>2</b>	<b>4.807</b>	2.120	<b>2</b>	<b>2.721</b>	1.200	25	0.001	0.000	9
3 ヒメヤブラン	2.177	<b>2</b>	<b>3.129</b>	1.437	<b>3</b>	<b>2.336</b>	1.073	<b>4</b>	<b>1.193</b>	0.548	<b>1</b>	<b>2.050</b>	0.942	5
4 オオジシバリ	1.004	<b>4</b>	<b>1.771</b>	1.764	24	0.101	0.101	11	0.579	0.577	<b>2</b>	<b>1.564</b>	1.558	6
5 クグテンツキ	0.922	17	0.286	0.310	<b>4</b>	<b>1.821</b>	1.976	<b>3</b>	<b>1.571</b>	1.705	22	0.008	0.009	6
6 ミヤコグサ	0.908	<b>9</b>	<b>0.930</b>	1.024	<b>5</b>	<b>1.764</b>	1.942	<b>8</b>	<b>0.764</b>	0.841	11	0.175	0.193	10
7 ハマヒルガオ	0.646	<b>3</b>	<b>1.786</b>	2.762	19	0.214	0.331	12	0.571	0.884	19	0.014	0.022	1
8 エノシマススキ	0.618	13	0.464	0.751	<b>7</b>	<b>0.857</b>	1.386	<b>5</b>	<b>1.071</b>	1.733	14	0.080	0.129	3
9 ハマカンゾウ	0.589	<b>5</b>	<b>1.714</b>	2.909	14	0.321	0.545	16	0.286	0.485	17	0.036	0.061	3
10 テリハノイバラ	0.566	<b>10</b>	<b>0.821</b>	1.451	<b>6</b>	<b>0.900</b>	1.589	15	0.300	0.530	<b>8</b>	<b>0.244</b>	0.430	4
11 ツルボ	0.472	<b>7</b>	<b>1.286</b>	2.722	31	-	-	13	0.532	1.127	15	0.071	0.151	7
12 アキメヒシバ	0.458	30	0.011	0.023	<b>8</b>	<b>0.764</b>	1.669	<b>6</b>	<b>1.057</b>	2.308	29	-	-	8
13 ボタンポウフウ	0.425	11	0.611	1.438	<b>9</b>	<b>0.666</b>	1.569	20	0.250	0.589	12	0.171	0.404	5
14 ハマボッサ	0.385	18	0.280	0.728	<b>10</b>	<b>0.644</b>	1.674	22	0.171	0.445	<b>4</b>	<b>0.444</b>	1.153	7
15 ボウムギ	0.339	<b>8</b>	<b>1.071</b>	3.158	31	-	-	32	-	-	<b>6</b>	<b>0.286</b>	0.842	1
16 コウボウシバ	0.339	14	<b>0.429</b>	1.263	11	<b>0.429</b>	1.263	16	0.286	0.842	<b>9</b>	<b>0.214</b>	0.632	1
17 ヒロハノカワラサイコ	0.286	14	<b>0.429</b>	1.500	11	<b>0.429</b>	1.500	21	0.214	0.750	15	0.071	0.250	1
18 ネズミノオ	0.275	19	0.207	0.753	13	0.393	1.428	14	<b>0.500</b>	1.817	25	0.001	0.003	4
19 ツボクサ	0.265	20	0.164	0.620	18	0.250	0.943	<b>10</b>	<b>0.614</b>	2.316	18	0.032	0.121	6
20 ハマエノコロ	0.261	31	0.006	0.025	16	0.289	1.107	<b>9</b>	<b>0.750</b>	2.869	29	-	-	3
21 キンエノコロ	0.250	31	0.006	0.026	22	0.193	0.772	<b>7</b>	<b>0.800</b>	3.202	29	-	-	6
22 ハマツメクサ	0.224	12	<b>0.571</b>	2.556	31	-	-	30	0.001	0.006	<b>5</b>	<b>0.321</b>	1.438	3
23 ソナレムグラ	0.177	24	0.079	0.444	17	0.257	1.455	16	<b>0.286</b>	1.616	13	0.086	0.485	3
24 ケカモノハシ	0.171	24	0.079	0.458	14	<b>0.321</b>	1.875	16	0.286	1.667	29	-	-	2
25 ハリノホ	0.158	16	<b>0.371</b>	2.348	31	-	-	32	-	-	<b>7</b>	<b>0.261</b>	1.652	5
26 イソアオスゲ	0.142	22	0.143	1.006	23	0.164	1.157	24	0.082	0.579	<b>10</b>	<b>0.179</b>	1.258	5
27 ヤリテンツキ	0.099	27	0.036	0.360	19	<b>0.214</b>	2.162	23	0.143	1.441	24	0.004	0.036	1
28 コマツヨイグサ	0.093	22	0.143	1.538	19	<b>0.214</b>	2.308	32	-	-	19	0.014	0.154	1
29 ケカタバミ	0.063	21	<b>0.144</b>	2.309	26	0.030	0.480	25	0.075	1.200	25	0.001	0.011	3
30 シマスズメノヒエ	0.039	29	0.014	0.364	25	<b>0.071</b>	1.818	26	<b>0.071</b>	1.818	29	-	-	1
31 ハマエンドウ	0.021	26	<b>0.071</b>	3.333	31	-	-	27	0.014	0.667	29	-	-	1
32 ノアザミ	0.018	28	0.021	1.200	27	<b>0.029</b>	1.600	28	0.007	0.400	19	0.014	0.800	1
33 スズメノヒエ	0.004	33	0.002	0.522	28	<b>0.007</b>	1.739	28	<b>0.007</b>	1.739	29	-	-	1
34 ハマコウゾリナ	0.002	34	0.001	0.333	30	0.001	0.333	32	-	-	23	<b>0.007</b>	3.333	1

表 6-5. 植生タイプ 3 における出現種の季節別の被度とその相対的位置. 種名は全季節の平均被度が大きいものから並べた. A. その季節の平均被度値の順位, B. その季節における平均被度 (%), C. その種の全季節の平均被度を 1 とした時の, その季節の平均被度の相対値. A と B における太字は, 上位 20 位以内の値であることを示す.

種名	全季節の平均被度 (%)	春			夏			秋			冬			出現回数
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1 エノシマススキ	15.139	<b>1</b>	<b>16.159</b>	1.067	<b>1</b>	<b>19.482</b>	1.287	<b>1</b>	<b>19.259</b>	1.272	<b>4</b>	<b>5.656</b>	0.374	38
2 イソギク	13.394	<b>2</b>	<b>12.646</b>	0.944	<b>2</b>	<b>17.485</b>	1.305	<b>2</b>	<b>15.128</b>	1.129	<b>2</b>	<b>8.318</b>	0.621	34
3 メダケ節	11.240	<b>3</b>	<b>10.526</b>	0.936	<b>3</b>	<b>12.974</b>	1.154	<b>3</b>	<b>13.128</b>	1.168	<b>1</b>	<b>8.333</b>	0.741	24
4 ヒゲスゲ	5.804	<b>6</b>	<b>5.572</b>	0.960	<b>4</b>	<b>6.569</b>	1.132	<b>5</b>	<b>4.987</b>	0.859	<b>3</b>	<b>6.087</b>	1.049	30
5 ヤマカモジグサ	4.644	<b>9</b>	<b>3.415</b>	0.736	<b>5</b>	<b>6.026</b>	1.298	<b>4</b>	<b>6.872</b>	1.480	<b>8</b>	<b>2.262</b>	0.487	29
6 テリハノイバラ	4.188	<b>5</b>	<b>8.049</b>	1.922	<b>7</b>	<b>4.678</b>	1.117	<b>15</b>	<b>1.396</b>	0.333	<b>7</b>	<b>2.629</b>	0.628	36
7 ポタンポウフウ	4.174	<b>7</b>	<b>4.956</b>	1.187	<b>6</b>	<b>5.110</b>	1.224	<b>7</b>	<b>2.673</b>	0.640	<b>5</b>	<b>3.956</b>	0.948	30
8 オオシマハイネズ	3.654	<b>8</b>	<b>3.590</b>	0.982	<b>8</b>	<b>3.846</b>	1.053	<b>6</b>	<b>3.462</b>	0.947	<b>6</b>	<b>3.718</b>	1.018	2
9 ハマカンゾウ	3.440	<b>4</b>	<b>9.628</b>	2.799	<b>9</b>	<b>2.305</b>	0.670	<b>18</b>	<b>1.056</b>	0.307	<b>15</b>	<b>0.771</b>	0.224	29
10 マサキ	2.160	<b>11</b>	<b>2.397</b>	1.110	<b>10</b>	<b>2.238</b>	1.036	<b>10</b>	<b>1.941</b>	0.899	<b>9</b>	<b>2.064</b>	0.955	10
11 トベラ	1.772	<b>13</b>	<b>1.828</b>	1.031	<b>13</b>	<b>1.933</b>	1.091	<b>12</b>	<b>1.754</b>	0.990	<b>11</b>	<b>1.574</b>	0.888	19
12 シバ	1.578	<b>14</b>	<b>1.812</b>	1.148	<b>11</b>	<b>2.192</b>	1.389	<b>8</b>	<b>2.300</b>	1.457	65	0.010	0.006	21
13 シャリンバイ	1.510	<b>15</b>	<b>1.672</b>	1.107	<b>16</b>	<b>1.715</b>	1.135	<b>17</b>	<b>1.062</b>	0.703	<b>10</b>	<b>1.592</b>	1.054	20
14 ヒメヤブラン	1.361	<b>12</b>	<b>1.859</b>	1.366	<b>17</b>	<b>1.676</b>	1.231	22	0.776	0.570	<b>13</b>	<b>1.133</b>	0.833	13
15 スイカズラ	1.361	<b>17</b>	<b>1.463</b>	1.075	<b>14</b>	<b>1.926</b>	1.415	<b>16</b>	<b>1.140</b>	0.838	<b>14</b>	<b>0.914</b>	0.672	30
16 ヒロハクサフジ	1.273	<b>16</b>	<b>1.623</b>	1.275	<b>19</b>	<b>1.569</b>	1.233	<b>13</b>	<b>1.577</b>	1.239	23	0.323	0.254	10
17 オガルカヤ	1.241	23	0.864	0.696	<b>15</b>	<b>1.869</b>	1.506	<b>9</b>	<b>2.218</b>	1.787	60	0.012	0.010	14
18 コマツナギ	1.211	<b>19</b>	<b>1.187</b>	0.980	<b>12</b>	<b>2.095</b>	1.729	<b>14</b>	<b>1.445</b>	1.193	35	0.118	0.098	19
19 マルバアキグミ	1.054	<b>18</b>	<b>1.399</b>	1.327	<b>18</b>	<b>1.613</b>	1.530	<b>19</b>	<b>0.964</b>	0.915	26	0.241	0.229	11
20 フシゲチガヤ	0.948	<b>28</b>	<b>0.618</b>	0.652	<b>20</b>	<b>1.279</b>	1.350	<b>11</b>	<b>1.774</b>	1.872	34	0.119	0.126	8
21 ツワブキ	0.931	<b>20</b>	<b>1.141</b>	1.225	24	0.854	0.917	28	0.594	0.637	<b>12</b>	<b>1.136</b>	1.220	7
22 ツルボ	0.893	<b>10</b>	<b>2.838</b>	3.178	105	0.008	0.009	26	0.667	0.747	<b>45</b>	<b>0.059</b>	0.066	21
23 オオバイボタ	0.824	22	<b>1.015</b>	1.232	21	1.000	1.213	23	0.749	0.908	<b>19</b>	<b>0.534</b>	0.647	11
24 イガアザミ	0.808	21	<b>1.077</b>	1.333	21	1.000	1.238	27	0.641	0.794	<b>20</b>	<b>0.513</b>	0.635	3
25 イソアオスゲ	0.710	25	0.790	1.113	23	<b>0.949</b>	1.336	30	0.439	0.619	<b>17</b>	<b>0.662</b>	0.932	30
26 ハマコウゾリナ	0.588	27	0.645	1.098	27	0.644	1.095	24	<b>0.741</b>	1.261	24	0.321	0.546	6
27 チョウセンガリヤス	0.489	45	0.269	0.550	25	0.777	1.589	<b>20</b>	<b>0.908</b>	1.858	76	0.002	0.004	11
28 ワダン	0.447	39	0.323	0.723	28	0.591	1.322	25	<b>0.718</b>	1.606	31	0.156	0.350	6
29 スカシユリ	0.439	24	<b>0.852</b>	1.942	32	0.567	1.292	34	0.336	0.766	87	-	-	21
30 コゴメスゲ	0.431	33	0.427	0.990	31	<b>0.572</b>	1.326	29	0.449	1.041	25	0.277	0.642	7
31 ハマサオトメカズラ	0.386	36	0.364	0.943	26	<b>0.746</b>	1.932	32	0.433	1.122	78	0.001	0.003	21
32 センダイスゲ	0.357	37	0.362	1.012	39	<b>0.423</b>	1.184	36	0.296	0.829	22	0.349	0.976	8
33 ワレモコウ	0.326	29	<b>0.590</b>	1.811	35	0.485	1.488	39	0.228	0.701	87	-	-	7
34 ミツバアケビ	0.318	26	<b>0.697</b>	2.191	38	0.435	1.366	55	0.126	0.395	58	0.015	0.048	6
35 ノアザミ	0.297	32	0.436	1.469	52	0.182	0.613	63	0.090	0.302	21	<b>0.479</b>	1.616	6
36 ハマタカトウダイ	0.292	34	0.415	1.420	29	<b>0.585</b>	1.999	49	0.151	0.517	56	0.018	0.063	12
37 エビヅル	0.290	31	0.449	1.545	34	<b>0.495</b>	1.704	40	0.218	0.751	87	-	-	9
38 カモノハシ	0.289	35	0.385	1.330	33	<b>0.513</b>	1.774	37	0.256	0.887	73	0.003	0.009	1
39 ノコンギク	0.285	42	0.287	1.007	36	<b>0.446</b>	1.564	35	0.300	1.052	37	0.108	0.378	6
40 ハイメドハギ	0.284	61	0.121	0.424	30	<b>0.579</b>	2.041	31	0.436	1.535	87	-	-	9
41 イブキポウフウ	0.280	44	0.272	0.969	60	0.140	0.498	65	0.085	0.302	<b>18</b>	<b>0.626</b>	2.231	4
42 ケナシヒメハギ	0.268	38	0.356	1.330	40	<b>0.390</b>	1.455	50	0.151	0.565	29	0.174	0.651	14
43 コブナグサ	0.266	89	0.013	0.048	56	0.154	0.578	21	<b>0.897</b>	3.373	87	-	-	1
44 オオジシバリ	0.260	43	0.277	1.066	93	0.021	0.080	77	0.046	0.178	<b>16</b>	<b>0.695</b>	2.676	12
45 サルトリイバラ	0.257	39	0.323	1.255	37	<b>0.438</b>	1.704	37	0.256	0.996	61	0.012	0.045	9
46 ハマシャジン	0.246	30	<b>0.528</b>	2.148	43	0.305	1.241	51	0.134	0.543	57	0.017	0.069	10
47 センニンソウ	0.227	51	0.172	0.756	44	0.285	1.252	33	<b>0.346</b>	1.522	38	0.107	0.470	10
48 ツボクサ	0.221	49	0.188	0.851	42	<b>0.356</b>	1.609	44	0.183	0.828	30	0.158	0.712	11
49 アオツヅラフジ	0.201	41	0.297	1.477	41	<b>0.377</b>	1.874	56	0.121	0.598	64	0.010	0.051	11
50 ヒサカキ	0.192	53	0.162	0.840	46	<b>0.218</b>	1.133	41	0.210	1.093	28	0.179	0.933	3

表 6-5. 続き.

種名	全季節の平均 被度 (%)	春			夏			秋			冬			出現回数
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
51 アツバスミレ	0.168	46	<u>0.259</u>	1.539	47	0.208	1.234	46	0.155	0.922	50	0.051	0.305	2
52 カジイチゴ	0.156	50	0.179	1.148	49	<u>0.205</u>	1.311	59	0.103	0.656	32	0.138	0.885	2
53 アシタバ	0.147	48	<u>0.205</u>	1.391	53	0.179	1.217	59	0.103	0.696	39	0.103	0.696	2
54 オトコヨモギ	0.141	54	0.154	1.088	49	<u>0.205</u>	1.451	43	<u>0.205</u>	1.451	78	0.001	0.009	1
55 タムムラサキ	0.141	47	<u>0.215</u>	1.531	63	0.113	0.802	57	0.119	0.846	36	0.115	0.820	9
56 ネコハギ	0.132	70	0.074	0.564	45	<u>0.244</u>	1.849	42	0.209	1.586	87	-	-	8
57 キツタ	0.131	56	0.131	0.995	55	<u>0.156</u>	1.190	58	0.108	0.820	33	0.131	0.995	2
58 オオバグミ	0.128	62	0.103	0.800	56	<u>0.154</u>	1.200	47	<u>0.154</u>	1.200	39	0.103	0.800	1
59 エノシマキブシ	0.122	57	0.128	1.053	49	0.205	1.684	47	<u>0.154</u>	1.263	87	-	-	1
60 スズメノヒエ	0.093	87	0.022	0.234	54	0.174	1.869	45	<u>0.177</u>	1.897	87	-	-	9
61 ハチジョウナ	0.090	57	0.128	1.429	56	<u>0.154</u>	1.714	68	0.077	0.857	87	-	-	1
62 ホソバヒカゲスゲ	0.087	59	<u>0.123</u>	1.412	74	0.051	0.588	64	0.087	1.000	42	0.087	1.000	3
63 オニヤブソテツ	0.086	67	0.082	0.955	64	<u>0.110</u>	1.284	67	0.079	0.925	43	0.072	0.836	3
64 ヤマノイモ	0.085	100	0.005	0.060	47	<u>0.208</u>	2.436	53	0.128	1.504	87	-	-	1
65 ソナレムグラ	0.083	73	0.059	0.708	61	<u>0.128</u>	1.538	65	0.085	1.015	44	0.062	0.738	2
66 ツタ	0.083	75	0.051	0.615	56	<u>0.154</u>	1.846	53	0.128	1.538	87	-	-	2
67 ヒメオニヤブソテツ	0.074	65	<u>0.090</u>	1.207	66	<u>0.090</u>	1.207	71	0.064	0.862	47	0.054	0.724	2
68 ケカタバミ	0.073	74	0.058	0.803	68	0.086	1.192	62	<u>0.093</u>	1.280	48	0.053	0.725	17
69 スズメノヤリ	0.065	55	<u>0.138</u>	2.139	94	0.021	0.317	97	0.008	0.119	41	0.092	1.426	7
70 ハマボッサ	0.064	88	0.015	0.233	79	0.041	0.642	87	0.020	0.309	27	<u>0.180</u>	2.816	9
71 ヤマイ	0.058	82	0.026	0.444	61	<u>0.128</u>	2.222	68	0.077	1.333	87	-	-	1
72 エノキ	0.058	62	<u>0.103</u>	1.778	74	0.051	0.889	68	0.077	1.333	87	-	-	1
73 ラセイタソウ	0.056	62	<u>0.103</u>	1.839	66	0.090	1.609	79	0.031	0.552	87	-	-	2
74 トボシガラ	0.055	52	<u>0.167</u>	3.023	112	0.005	0.093	115	-	-	51	0.049	0.884	3
75 ハマエノコロ	0.052	95	0.008	0.163	71	0.071	1.356	52	<u>0.129</u>	2.481	87	-	-	12
76 ネズミノオ	0.051	77	0.038	0.758	72	0.062	1.212	59	<u>0.103</u>	2.020	81	0.001	0.010	4
77 カニツリグサ	0.049	60	<u>0.121</u>	2.449	92	0.022	0.441	113	0.001	0.010	46	0.054	1.100	6
78 テリハノブドウ	0.045	81	0.026	0.575	65	<u>0.103</u>	2.285	74	0.051	1.140	87	-	-	2
79 アケビ	0.045	66	<u>0.085</u>	1.899	86	0.031	0.691	94	0.010	0.230	48	0.053	1.180	3
80 ミヤコグサ	0.042	72	<u>0.065</u>	1.527	69	0.082	1.927	94	0.010	0.242	59	0.013	0.303	3
81 ヒメクグ	0.038	68	<u>0.077</u>	2.000	74	0.051	1.333	81	0.026	0.667	87	-	-	1
82 ハマアキノキリンソウ	0.038	79	0.032	0.827	70	<u>0.072</u>	1.882	80	0.027	0.706	55	0.022	0.585	5
83 アキノタムラソウ	0.037	68	<u>0.077</u>	2.069	80	0.038	1.034	81	0.026	0.690	67	0.008	0.207	1
84 クサスギカズラ	0.029	71	<u>0.072</u>	2.478	84	0.036	1.257	97	0.008	0.265	87	-	-	4
85 ヤブニッケイ	0.029	80	0.031	1.067	85	<u>0.033</u>	1.156	89	0.018	0.622	52	<u>0.033</u>	1.156	2
86 タンキリマメ	0.028	93	0.010	0.372	80	0.038	1.395	72	<u>0.056</u>	2.047	71	0.005	0.186	2
87 キンエノコロ	0.026	113	0.001	0.020	74	<u>0.051</u>	1.990	74	<u>0.051</u>	1.990	87	-	-	1
88 ナキリスゲ	0.026	82	<u>0.026</u>	1.000	89	<u>0.026</u>	1.000	81	<u>0.026</u>	1.000	53	<u>0.026</u>	1.000	1
89 ソナレマツムシソウ	0.026	82	0.026	1.000	80	<u>0.038</u>	1.500	92	0.013	0.500	53	0.026	1.000	1
90 タチツボスミレ	0.025	76	<u>0.040</u>	1.566	88	0.028	1.101	86	0.023	0.909	63	0.011	0.424	6
91 シマスズメノヒエ	0.021	98	0.008	0.364	89	0.026	1.212	74	<u>0.051</u>	2.424	87	-	-	1
92 ツルウメモドキ	0.019	89	0.013	0.667	73	<u>0.056</u>	2.933	99	0.008	0.400	87	-	-	1
93 ハマオトギリ	0.018	89	0.013	0.699	78	<u>0.044</u>	2.378	91	0.015	0.839	77	0.002	0.084	2
94 ヤクシソウ	0.018	112	0.001	0.073	98	0.013	0.727	72	<u>0.056</u>	3.200	87	-	-	2
95 ヤリテンツキ	0.017	106	0.003	0.153	80	<u>0.038</u>	2.290	81	0.026	1.527	81	0.001	0.031	1
96 オオバウマノスズクサ	0.016	77	<u>0.038</u>	2.400	96	0.018	1.120	103	0.003	0.160	71	0.005	0.320	2
97 クグテンツキ	0.015	104	0.004	0.298	94	0.021	1.404	78	<u>0.033</u>	2.281	85	0.000	0.018	3
98 ケカモノハシ	0.013	118	-	-	89	<u>0.026</u>	1.980	81	<u>0.026</u>	1.980	81	0.001	0.040	1
99 ヨモギ	0.010	96	0.008	0.800	98	0.013	1.333	89	<u>0.018</u>	1.867	87	-	-	2
100 ニオイタチツボスミレ	0.009	105	0.004	0.414	100	<u>0.012</u>	1.241	94	0.010	1.103	61	<u>0.012</u>	1.241	3

表 6-5.. 続き.

種名	全季節の平均被度			春			夏			秋			冬			出現回数
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
103 アキメヒシバ	0.008	115	0.000	0.031	97	0.014	1.719	88	<u>0.018</u>	2.250	87	-	-	4		
104 ギンギン	0.008	82	<u>0.026</u>	3.333	116	-	-	103	0.003	0.333	73	0.003	0.333	1		
105 タブノキ	0.007	93	<u>0.010</u>	1.441	101	<u>0.010</u>	1.441	99	0.008	1.081	85	0.000	0.036	1		
106 カナビキノウ	0.007	89	<u>0.013</u>	1.818	101	0.010	1.455	101	0.005	0.727	87	-	-	1		
107 センブリ	0.006	106	0.003	0.444	105	0.008	1.333	92	<u>0.013</u>	2.222	87	-	-	1		
108 ニワゼキショウ	0.005	106	0.003	0.500	105	<u>0.008</u>	1.500	103	0.003	0.500	67	<u>0.008</u>	1.500	1		
109 コバノタツナミ	0.004	100	0.005	1.143	101	<u>0.010</u>	2.286	115	-	-	73	0.003	0.571	1		
110 アオカモジグサ	0.004	98	<u>0.008</u>	2.000	116	-	-	115	-	-	67	<u>0.008</u>	2.000	1		
111 カラスザンショウ	0.004	100	0.005	1.333	105	<u>0.008</u>	2.000	103	0.003	0.667	87	-	-	1		
112 シラン	0.004	100	0.005	1.333	105	<u>0.008</u>	2.000	103	0.003	0.667	87	-	-	1		
113 ハリノホ	0.003	96	<u>0.008</u>	2.308	116	-	-	115	-	-	70	0.006	1.692	2		
114 ハゼノキ	0.003	106	0.003	0.800	105	<u>0.008</u>	2.400	103	0.003	0.800	87	-	-	1		
115 オニドコロ	0.003	118	-	-	104	<u>0.008</u>	3.000	103	0.003	1.000	87	-	-	1		
116 メリケンカルカヤ	0.003	118	-	-	105	<u>0.008</u>	3.000	103	0.003	1.000	87	-	-	1		
117 ホタルカズラ	0.002	106	<u>0.003</u>	1.143	113	<u>0.003</u>	1.143	103	<u>0.003</u>	1.143	78	0.001	0.571	1		
118 タイトゴメ	0.001	106	<u>0.003</u>	2.353	114	0.001	1.176	113	0.001	0.471	87	-	-	1		
119 クロマツ	0.000	113	0.001	1.143	116	-	-	112	<u>0.001</u>	2.857	87	-	-	1		
120 コケリンドウ	0.000	115	0.000	1.333	116	-	-	115	-	-	81	<u>0.001</u>	2.667	1		
121 ツルナ	0.000	115	<u>0.000</u>	2.000	115	<u>0.000</u>	2.000	115	-	-	87	-	-	1		

表 6-6. 各機能的形質と分布域における，相対被度の季節間変化量とその合計値（平均値）．2 季節間の値は 0 から 4 を，合計値は 0 から 16 の間を取り，値が大きいほど被度の季節変化が大きいことを示す．

	植生タイプ1						植生タイプ2						植生タイプ3						
	冬-春	春-夏	夏-秋	秋-冬	合計		冬-春	春-夏	夏-秋	秋-冬	合計		冬-春	春-夏	夏-秋	秋-冬	合計		
Th(S)	0.28	1.22	0.73	2.23	4.46 (n=9)		0.05	1.39	1.07	2.51	5.02 (n=17)		0.26	1.14	0.95	2.35	4.69 (n=19)		
Th(W)	0.39	1.26	0.34	1.21	3.20 (n=15)		1.88	2.60	0.23	0.94	5.65 (n=10)		1.14	2.57	0.00	1.43	5.14 (n=5)		
Bi	1.41	0.74	0.85	1.53	4.53 (n=9)		0.47	0.40	0.76	0.84	2.48 (n=8)		0.49	0.06	0.66	0.22	1.44 (n=18)		
G	1.12	0.36	0.73	0.74	2.95 (n=19)		1.87	1.95	0.36	0.28	4.46 (n=15)		1.43	0.58	0.24	0.61	2.85 (n=115)		
ラウン ケアの 生活型	H	0.49	0.77	0.64	0.62	2.51 (n=79)		0.66	0.43	0.31	0.79	2.19 (n=83)		0.57	0.09	0.34	0.32	1.31 (n=464)	
Ch	2.40	3.20	0	0.80	6.40 (n=1)		2.33	1.34	0.34	0.65	4.66 (n=3)		0.23	0.25	0.17	0.30	0.94 (n=24)		
N	1.58	0.31	0.76	0.51	3.16 (n=6)		1.52	0.64	0.35	0.54	3.05 (n=4)		0.65	0.25	0.61	0.29	1.80 (n=174)		
M	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		0.73	0.01	0.50	0.24	1.49 (n=81)		
MM	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		0.67	0.09	0.06	0.70	1.53 (n=9)		
HH	1.24	0.01	0.01	1.22	2.48 (n=11)		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		
葉の 厚さ	1	0.72	0.07	0.29	0.50	1.58 (n=21)		1.01	0.02	0.29	0.75	2.06 (n=40)		0.50	0.43	0.16	0.77	1.87 (n=230)	
	2	0.67	0.65	0.82	0.50	2.64 (n=63)		0.82	0.03	0.32	0.48	1.65 (n=34)		0.82	0.08	0.51	0.22	1.64 (n=337)	
	3	0.28	0.13	0.59	0.17	1.18 (n=39)		0.84	0.48	0.19	0.17	1.68 (n=38)		0.67	0.33	0.25	0.10	1.35 (n=196)	
葉表面 の特徴	1	0.20	0.83	0.41	0.62	2.05 (n=58)		0.75	0.18	0.30	0.87	2.10 (n=57)		0.76	0.31	0.03	0.48	1.57 (n=174)	
	2	1.40	0.05	0.36	1.09	2.89 (n=12)		1.08	0.14	0.14	1.36	2.71 (n=20)		0.78	0.27	0.08	0.97	2.11 (n=77)	
	3	0.66	0.16	0.60	0.23	1.64 (n=79)		0.76	0.13	0.52	0.37	1.77 (n=63)		0.64	0.10	0.46	0.28	1.49 (n=658)	
乾燥耐 性	1	0.62	1.15	0.78	0.99	3.56 (n=34)		0.77	0.73	0.59	0.91	3.01 (n=44)		0.57	0.45	0.27	0.74	2.03 (n=146)	
	2	0.59	0.15	0.50	0.24	1.48 (n=40)		0.97	0.75	0.08	0.30	2.09 (n=25)		0.68	0.15	0.46	0.37	1.66 (n=300)	
	3	0.20	0.14	1.03	0.69	2.06 (n=27)		0.97	0.74	0.21	0.02	1.93 (n=32)		0.76	0.39	0.34	0.03	1.52 (n=277)	
地下貯 蔵器官	1	0.43	0.67	0.15	0.95	2.21 (n=42)		0.42	0.63	0.34	1.40	2.79 (n=46)		0.35	0.36	0.12	0.59	1.42 (n=231)	
	2	0.46	0.37	0.56	0.28	1.67 (n=95)		0.73	0.00	0.41	0.33	1.47 (n=80)		0.53	0.22	0.41	0.34	1.50 (n=555)	
	3	1.54	0.20	1.30	0.03	3.07 (n=12)		2.44	2.03	0.28	0.69	5.43 (n=14)		1.93	1.37	0.40	0.16	3.85 (n=123)	
光合成 特性	C3	0.47	0.19	0.70	0.05	1.40 (n=104)		0.94	0.48	0.39	0.07	1.87 (n=91)		0.69	0.10	0.41	0.18	1.37 (n=775)	
	C4	0.71	0.93	0.05	1.59	3.28 (n=45)		0.55	0.91	0.46	1.92	3.84 (n=49)		0.59	0.83	0.13	1.55	3.11 (n=134)	
分布域	広域	0.49	0.45	0.45	0.50	1.88 (n=105)		0.89	0.01	0.04	0.84	1.78 (n=94)		0.71	0.05	0.28	0.48	1.52 (n=438)	
	南方	0.73	0.48	0.66	0.56	2.43 (n=37)		0.47	0.55	0.24	0.78	2.05 (n=36)		0.52	0.08	0.38	0.22	1.21 (n=348)	
	北方	2.00	0.00	2.00	0	4.00 (n=1)		-	-	-	-	-		1.54	0.52	0.47	0.55	3.09 (n=35)	
	固有	0.00	0.44	0.44	0	0.89 (n=1)		0.11	0.44	0.11	0.67	1.33 (n=3)		0.74	0.13	0.38	0.50	1.75 (n=81)	
	外来	0.00	0.88	0.32	1.20	2.40 (n=5)		1.66	2.31	0.00	0.65	4.62 (n=7)		0.92	0.95	0.26	0.29	2.42 (n=7)	

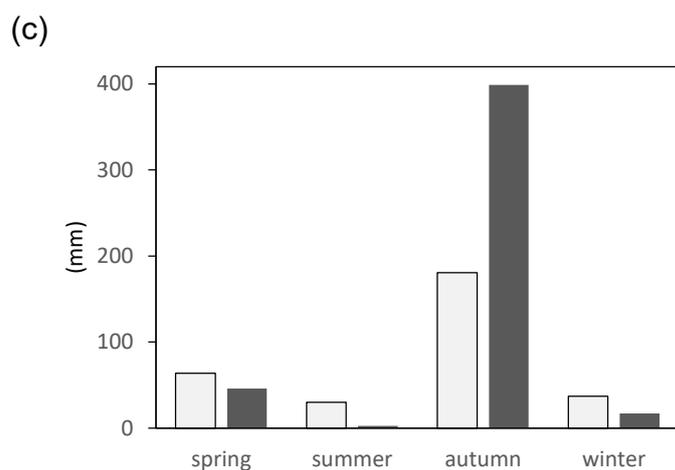
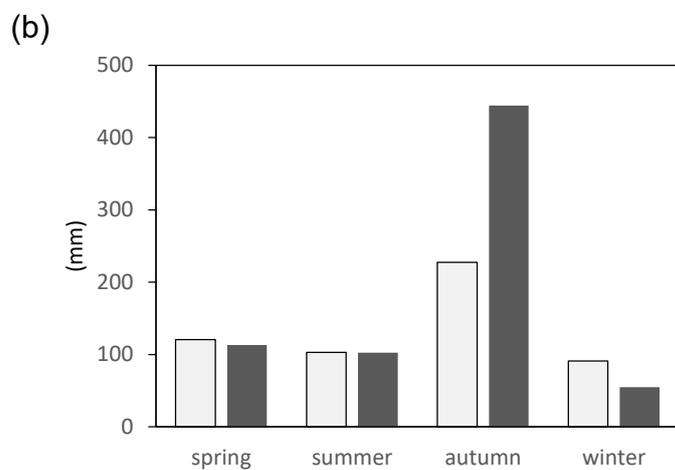
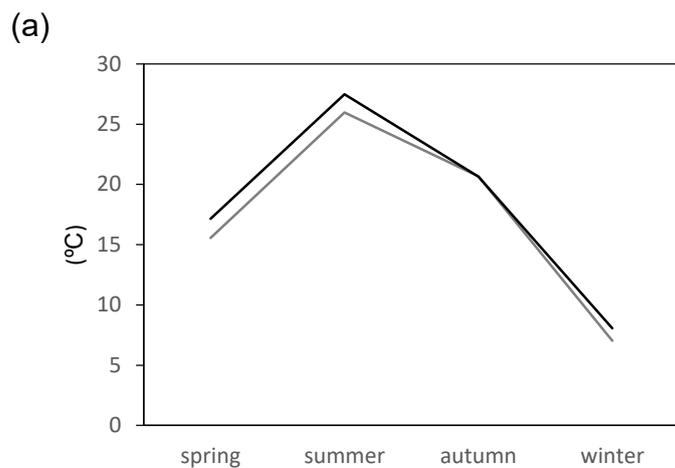


図 6-1. 調査地の 4 季節の気候条件. 黒色の線とバーは調査期間内 (2017 年~2019 年) の平均値を, 灰色の線とバーは 1989 年~2018 年の平均値を示す. (a) 平均気温. (b) 降水量 (c) 降水量-可能蒸発散量 (PE). spring: 4 月 9 日-5 月 8 日, summer: 7 月 14 日-8 月 12 日, autumn: 9 月 18 日-10 月 17 日, winter: 2 月 1 日-3 月 2 日.

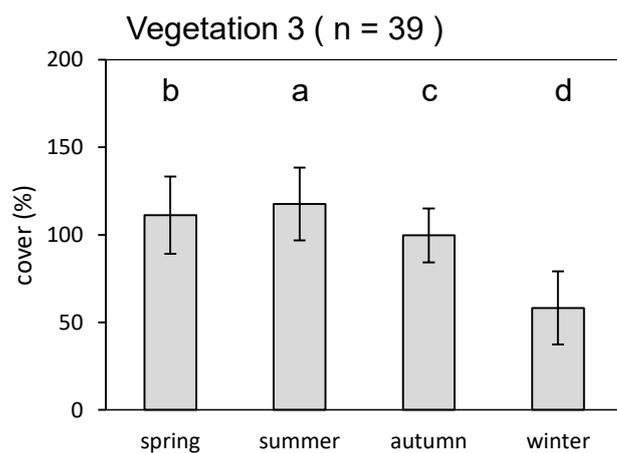
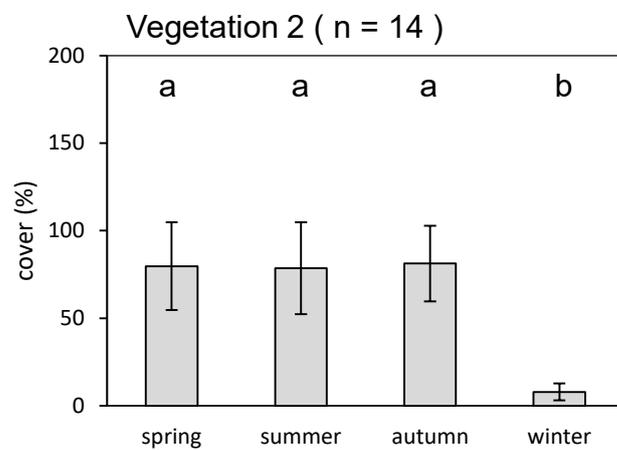
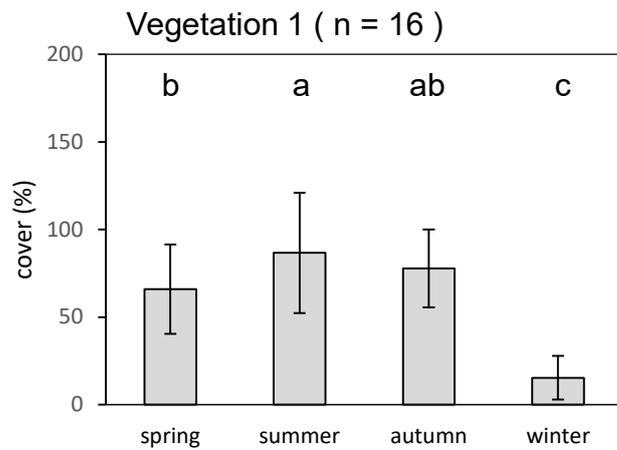


図 6-2. 3 植生タイプの積算被度値の季節変化. 棒グラフは平均値を, エラーバーは標準偏差の範囲を示す. 異なるアルファベットは値が有意に異なることを示す (Wilcoxon の符号順位検定, Holm 法) .

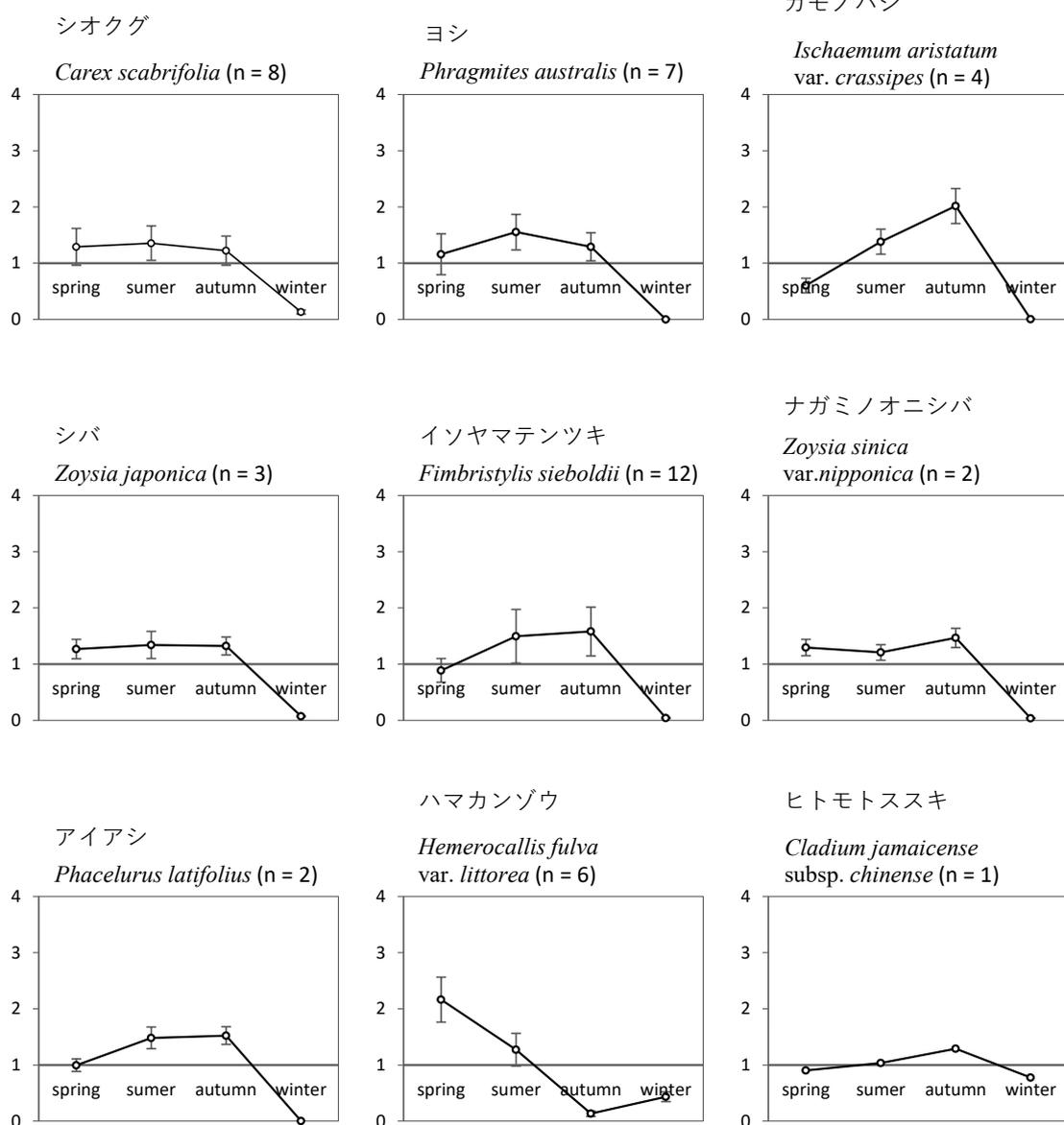


図 6-3. 植生タイプ 1 の代表的な出現種 (4 季節を通しての平均被度の上位 10 種と、ある季節の平均被度上位 10 種) の平均被度値の季節変化. 数値は、4 季節の平均値を 1 とした時の相対値で示す. 折れ線は平均値を、エラーバーは標準偏差の範囲を示す.

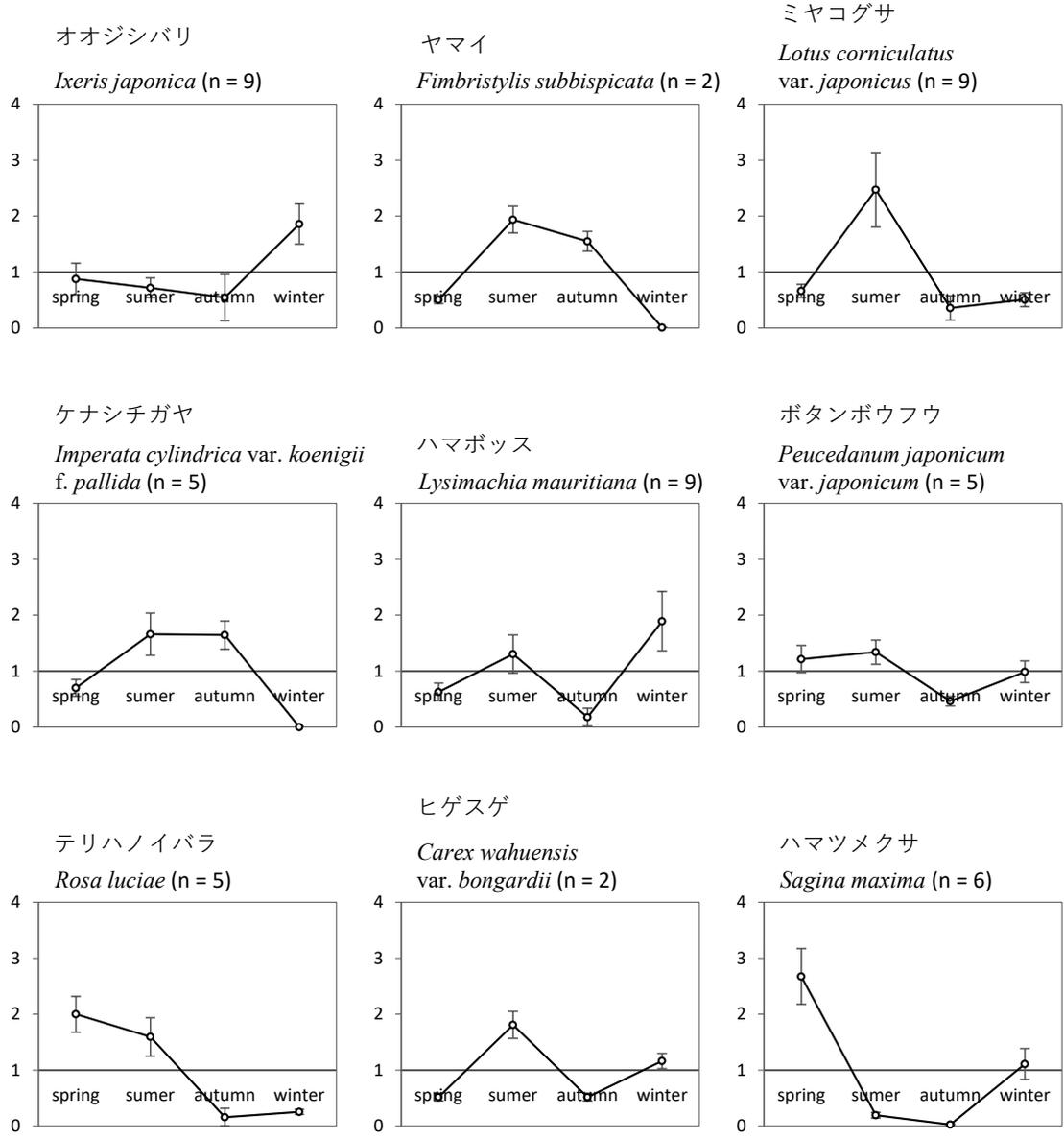


図 6-3. 続き.

ハリノホ

*Hainardia cylindrica* (n = 2)

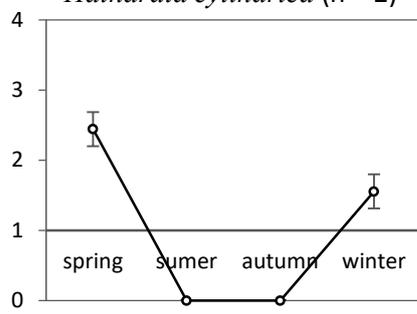


図 6-3. 続き.

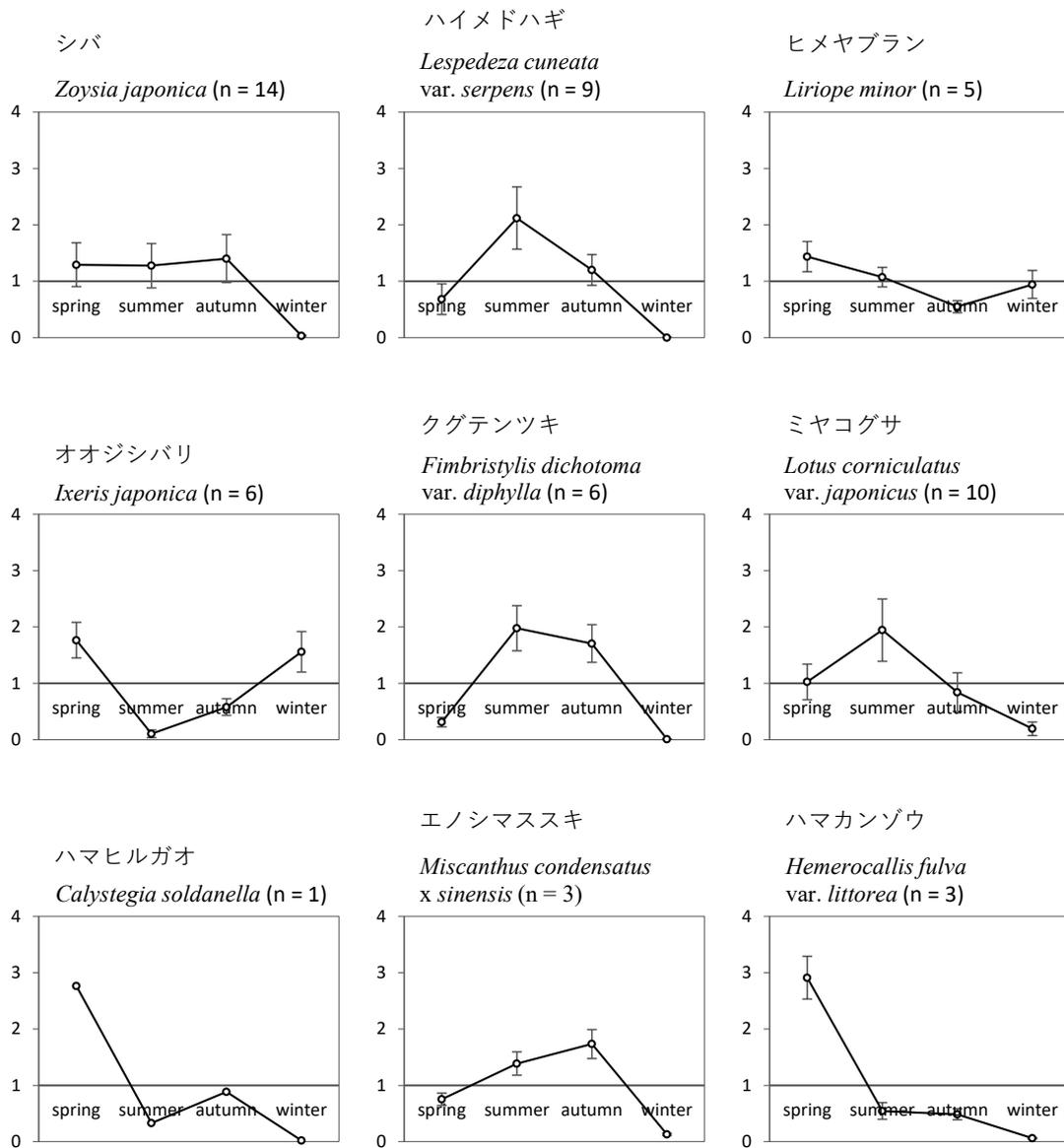


図 6-4. 植生タイプ 2 の代表的な出現種 (4 季節を通しての平均被度の上位 10 種と、ある季節の平均被度上位 10 種) の平均被度値の季節変化. 数値は、4 季節の平均値を 1 とした時の相対値で示す. 折れ線は平均値を、エラーバーは標準偏差の範囲を示す.

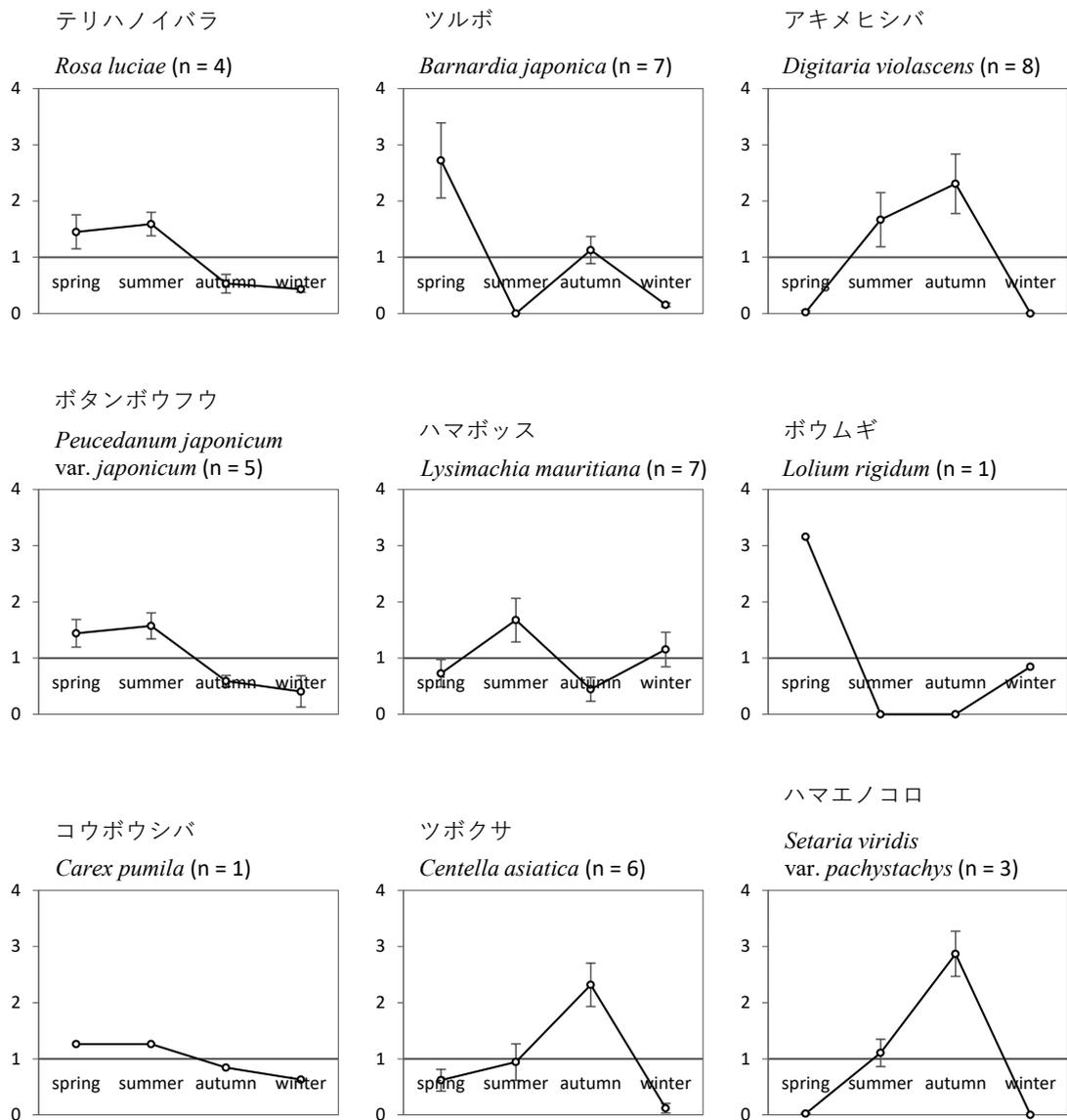


図 6-4. 続き.

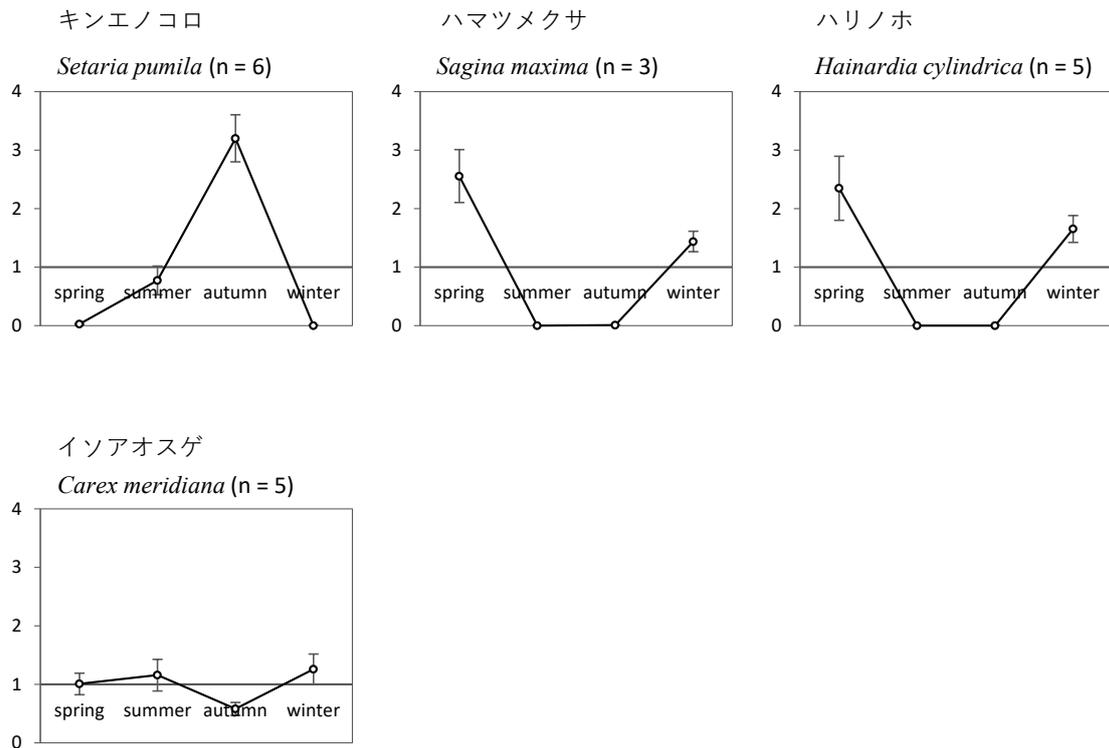


図 6-4. 続き.

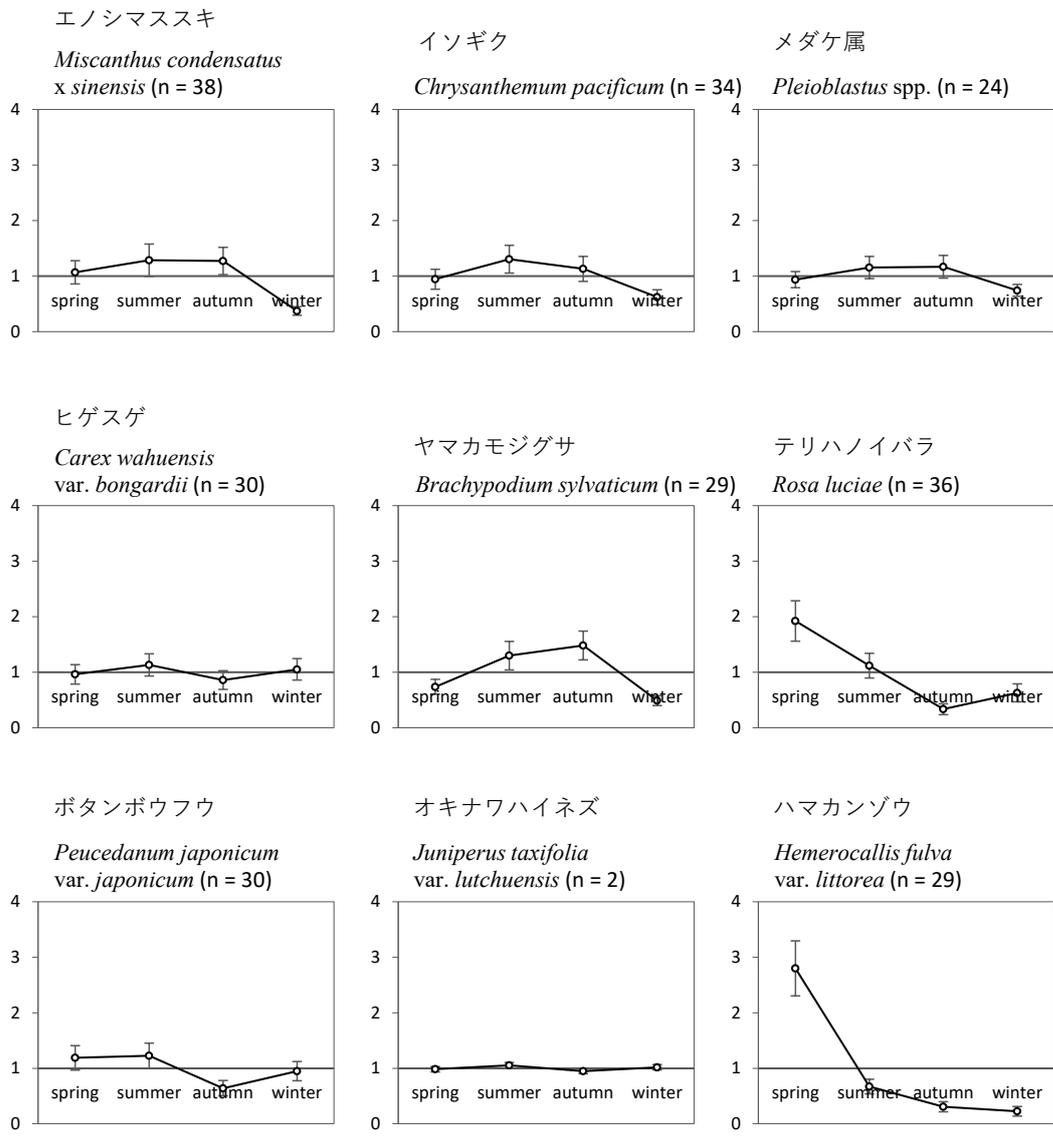


図 6-5. 植生タイプ 3 の代表的な出現種 (4 季節を通しての平均被度の上位 20 種と、ある季節の平均被度上位 20 種) の平均被度値の季節変化. 数値は、4 季節の平均値を 1 とした時の相対値で示す. 折れ線は平均値を、エラーバーは標準偏差の範囲を示す.

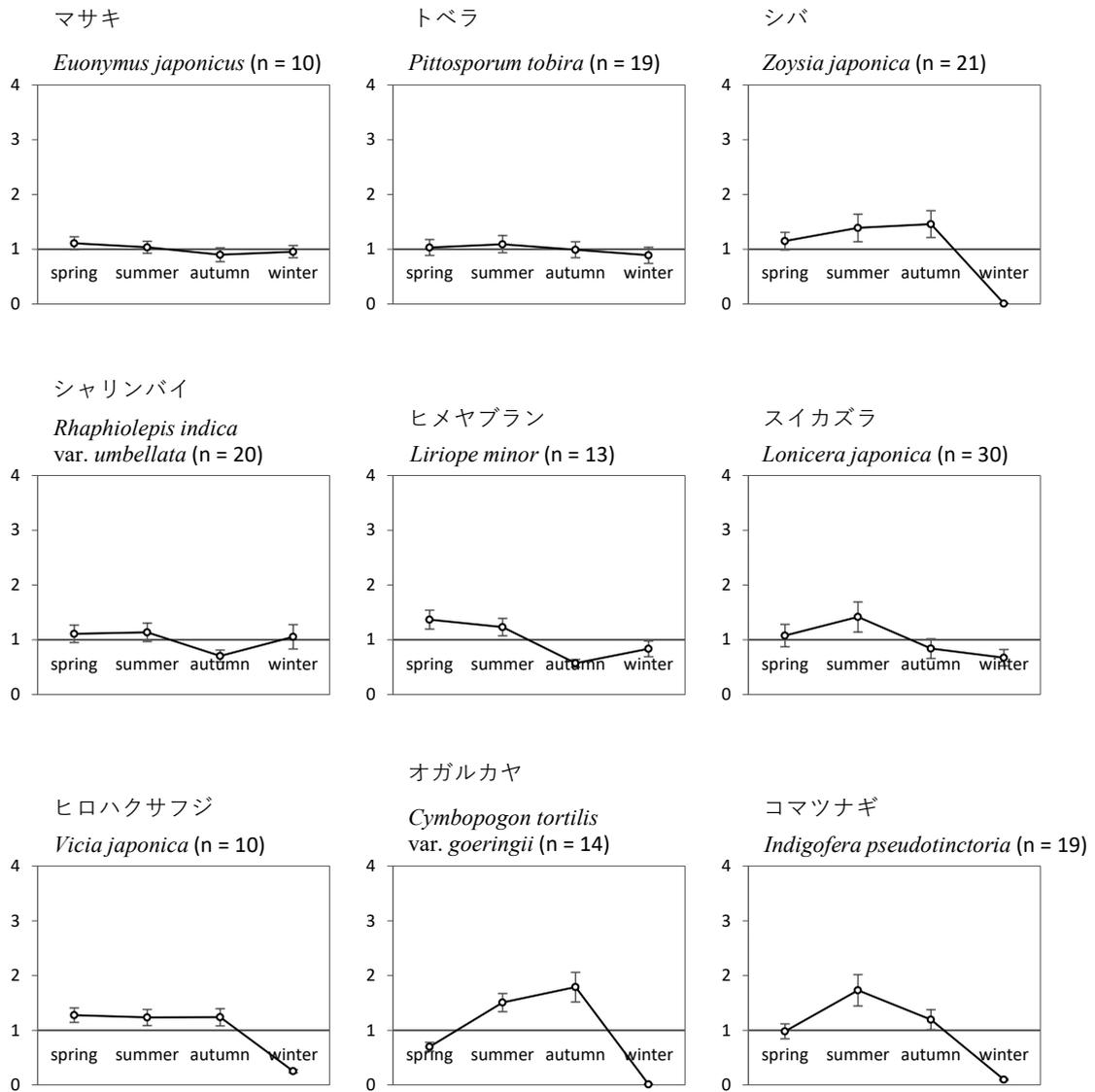


図 6-5. 続き

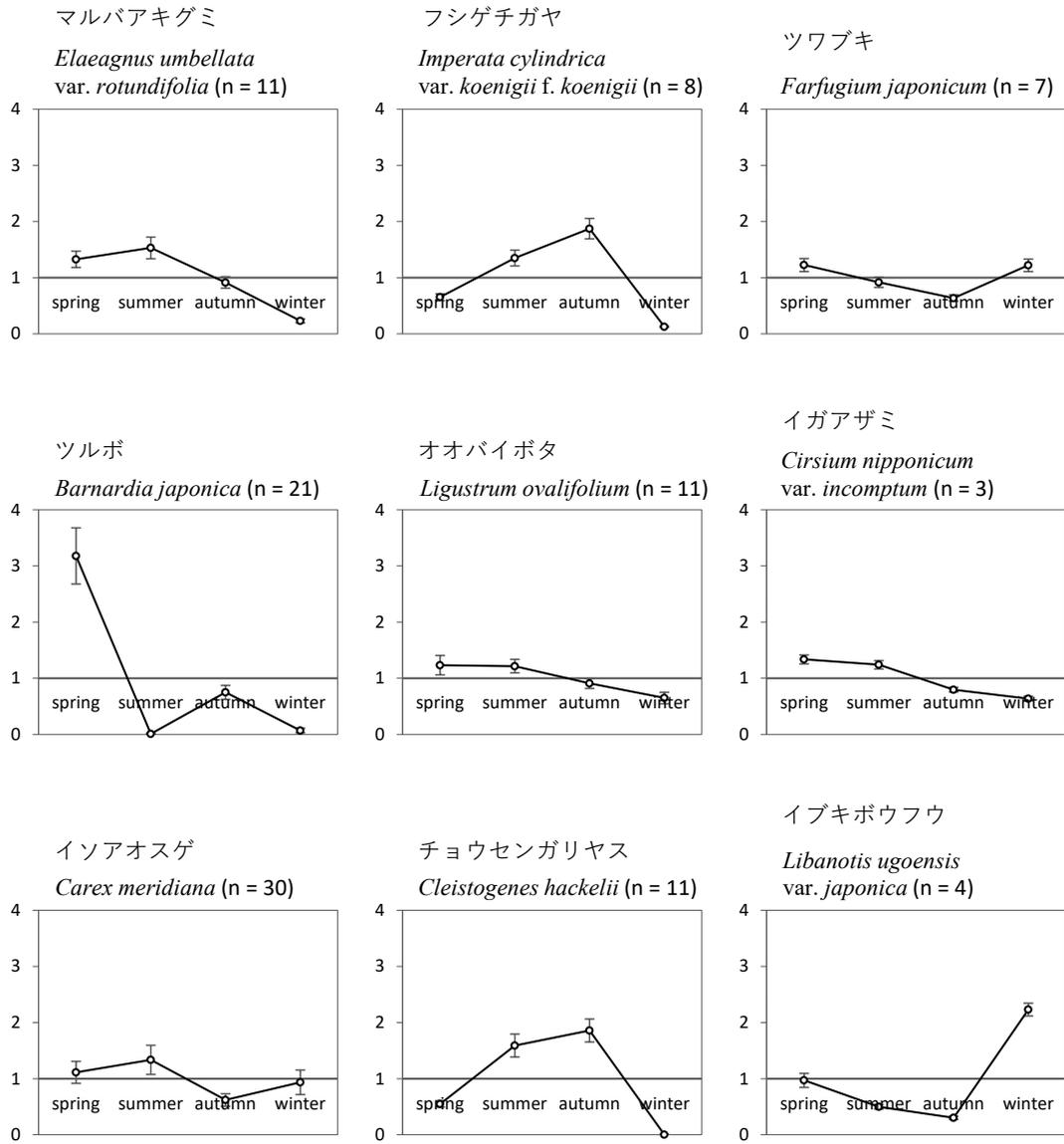


図 6-5. 続き

オオジシバリ

*Ixeris japonica* (n = 12)

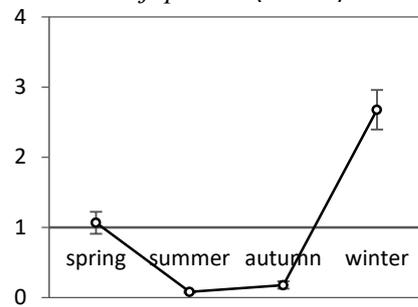


図 6-5. 続き

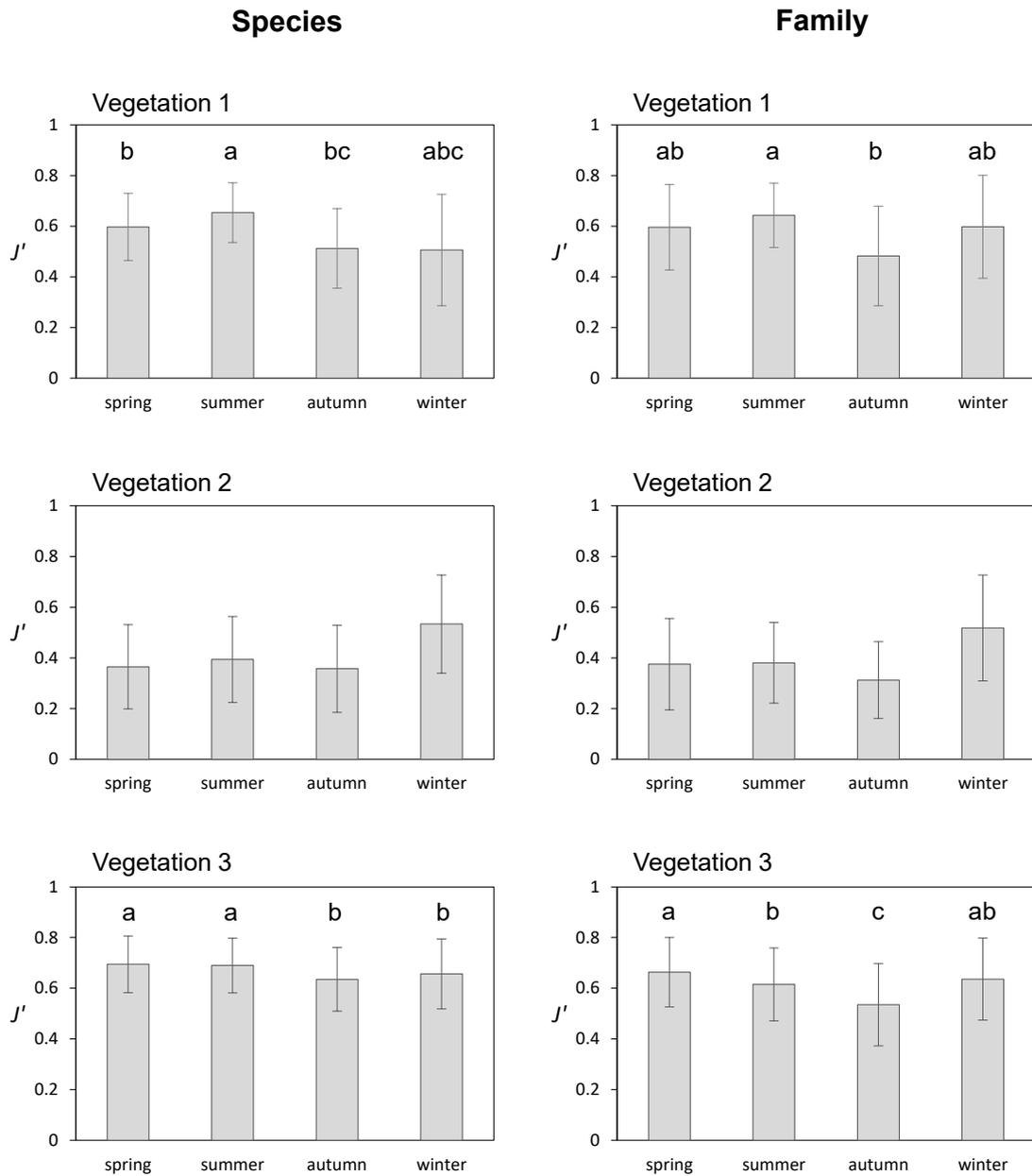


図 6-6. 種レベルおよび科レベルでの Shannon の均等度指数 ( $J'$ ) の季節変化. 棒グラフは平均値を, エラーバーは標準偏差の範囲を示す. 異なるアルファベットは値が有意に異なることを示す (Wilcoxon の符号順位検定, Holm 法).

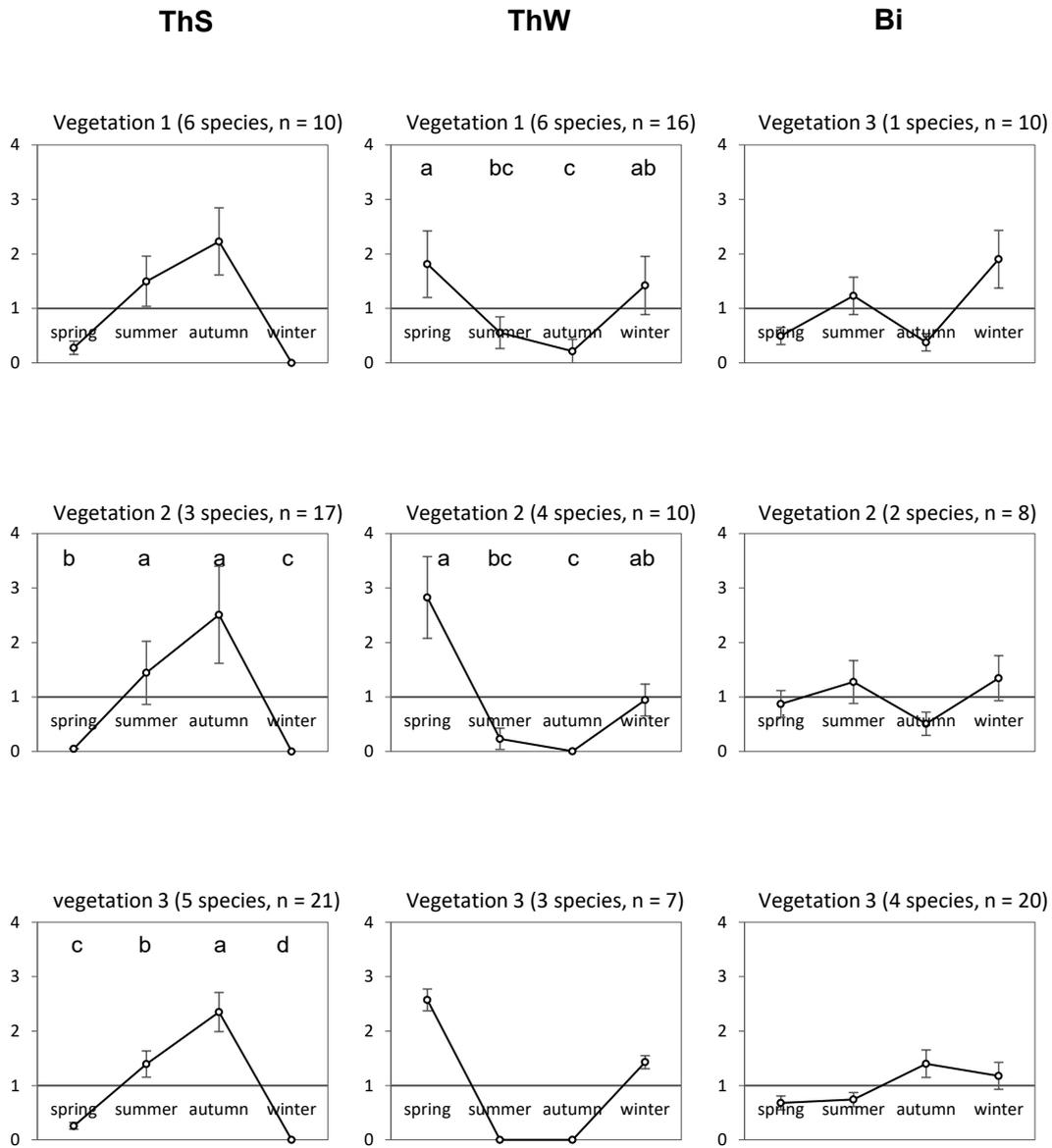


図 6-7. ラウンケアの生活型別の平均被度値の季節変化。数値は、4 季節の平均値を 1 とした時の相対値で示す。折れ線は平均値を、エラーバーは標準偏差の範囲を示す。異なるアルファベットは値が有意に異なることを示す (Wilcoxon の符号順位検定, Holm 法)。Th2: 夏型一年草, ThW: 冬型一年草, Bi: 二年草。

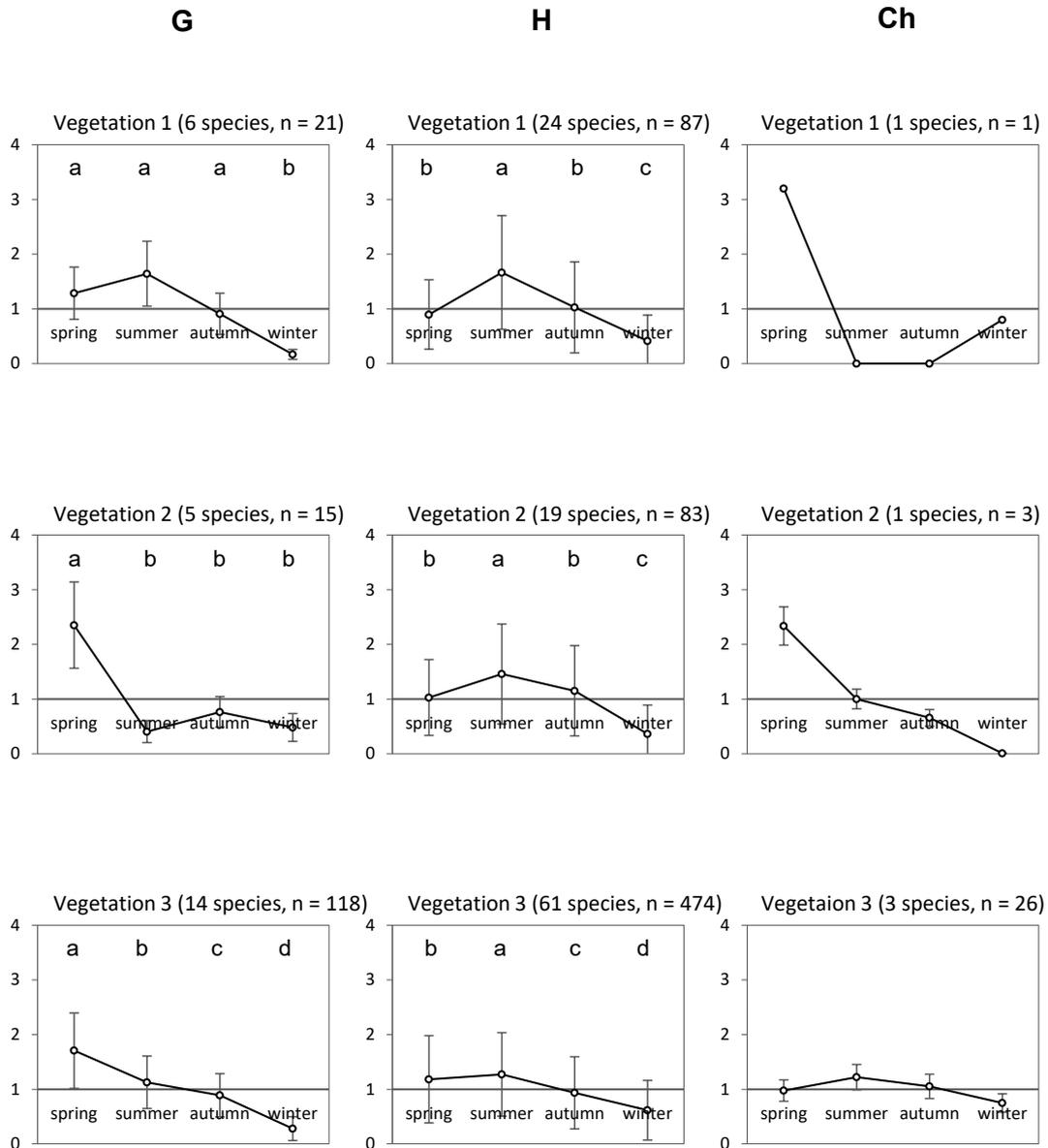
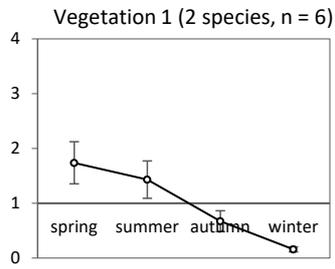
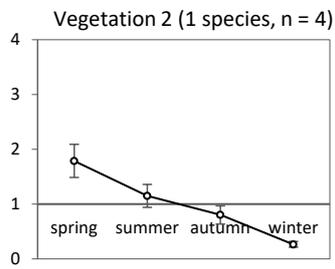
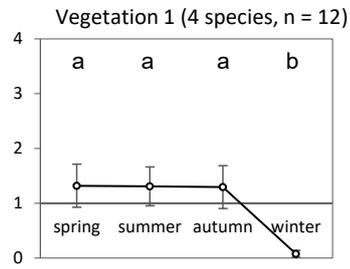


図 6-7. 続き. G: 地中植物, H: 接地植物, Ch: 地表植物.

**N**

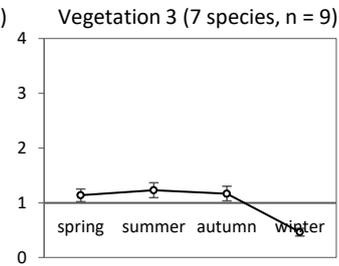
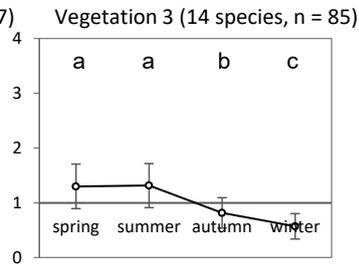
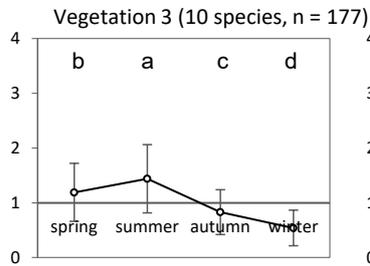


**HH**



**M**

**MM**



☒ 6-7. 続き. N: 微小地上植物, M: 小形地上植物, MM: 大形地上植物, HH: 水湿植物.

## Leaf thickness

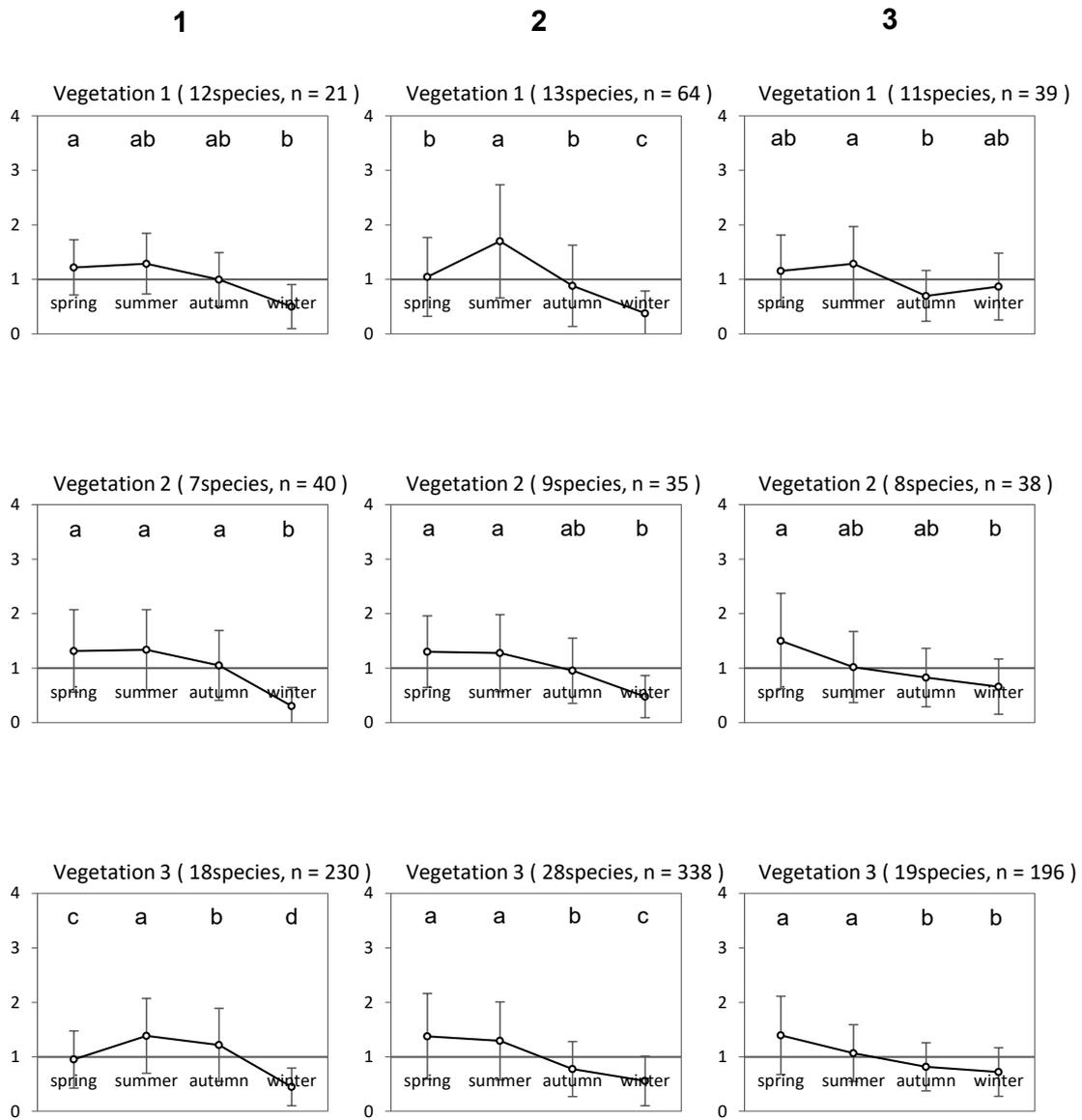


図 6-8. 葉厚別の平均被度値の季節変化. 数値は, 4 季節の平均値を 1 とした時の相対値で示す. 折れ線は平均値を, エラーバーは標準偏差の範囲を示す. 異なるアルファベットは値が有意に異なることを示す (Wilcoxon の符号順位検定, Holm 法). 1: 測定した種の中で葉厚の値が下から 0% - 25% 未満, 2: 25% - 75% 未満, 3: 75% 以上.

## Leaf surface structure

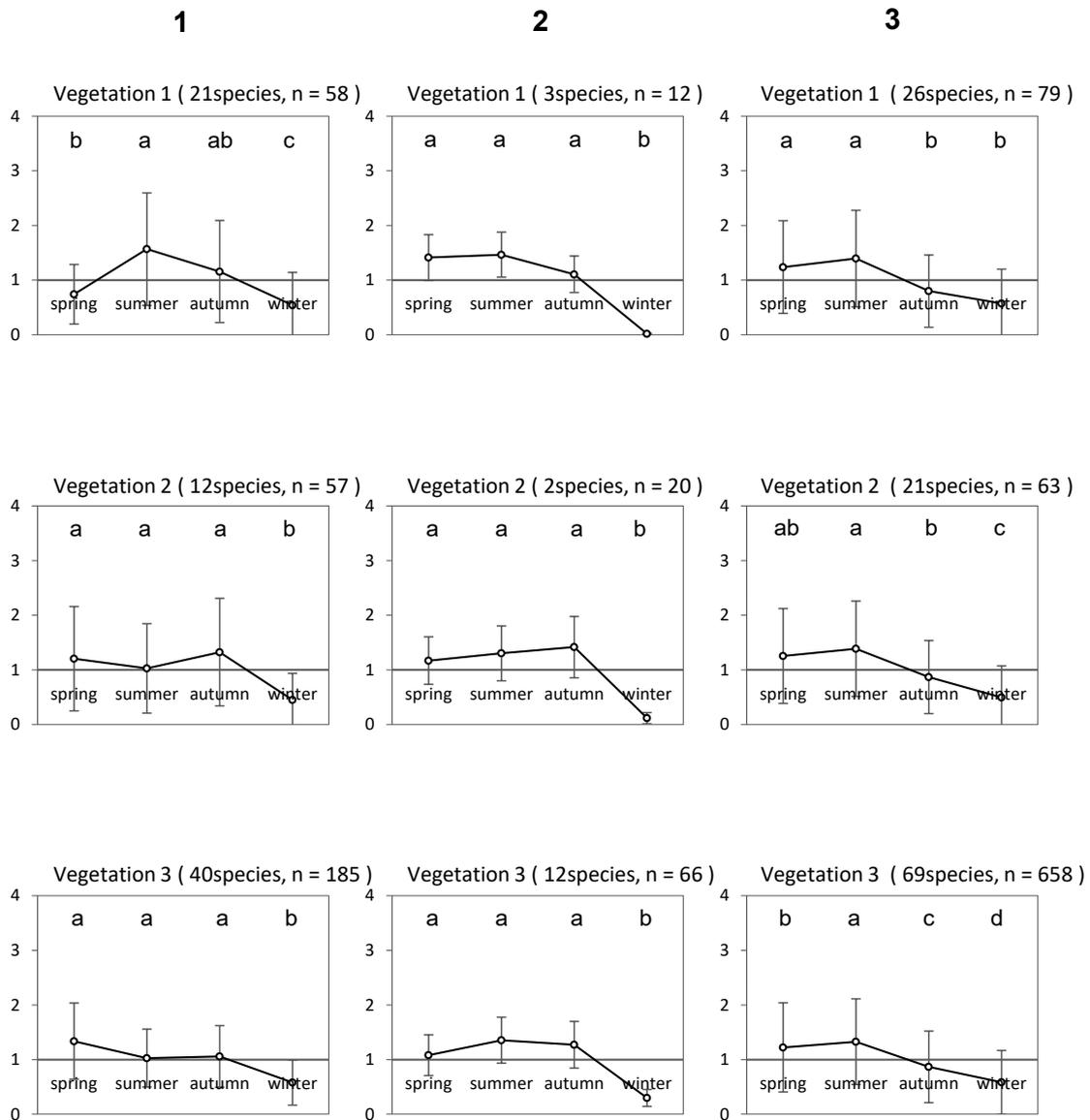


図 6-9. 葉面のクチクラ層と毛の発達程度別の平均被度値の季節変化. 数値は, 4 季節の平均値を 1 とした時の相対値で示す. 折れ線は平均値を, エラーバーは標準偏差の範囲を示す. 異なるアルファベットは値が有意に異なることを示す (Wilcoxon の符号順位検定, Holm 法). 1: クチクラ層は未発達で無毛, 2: クチクラ層は未発達で疎毛あり, 3: クチクラ層が発達もしくは密毛あり.

## Drouhgt tolerance of leaves

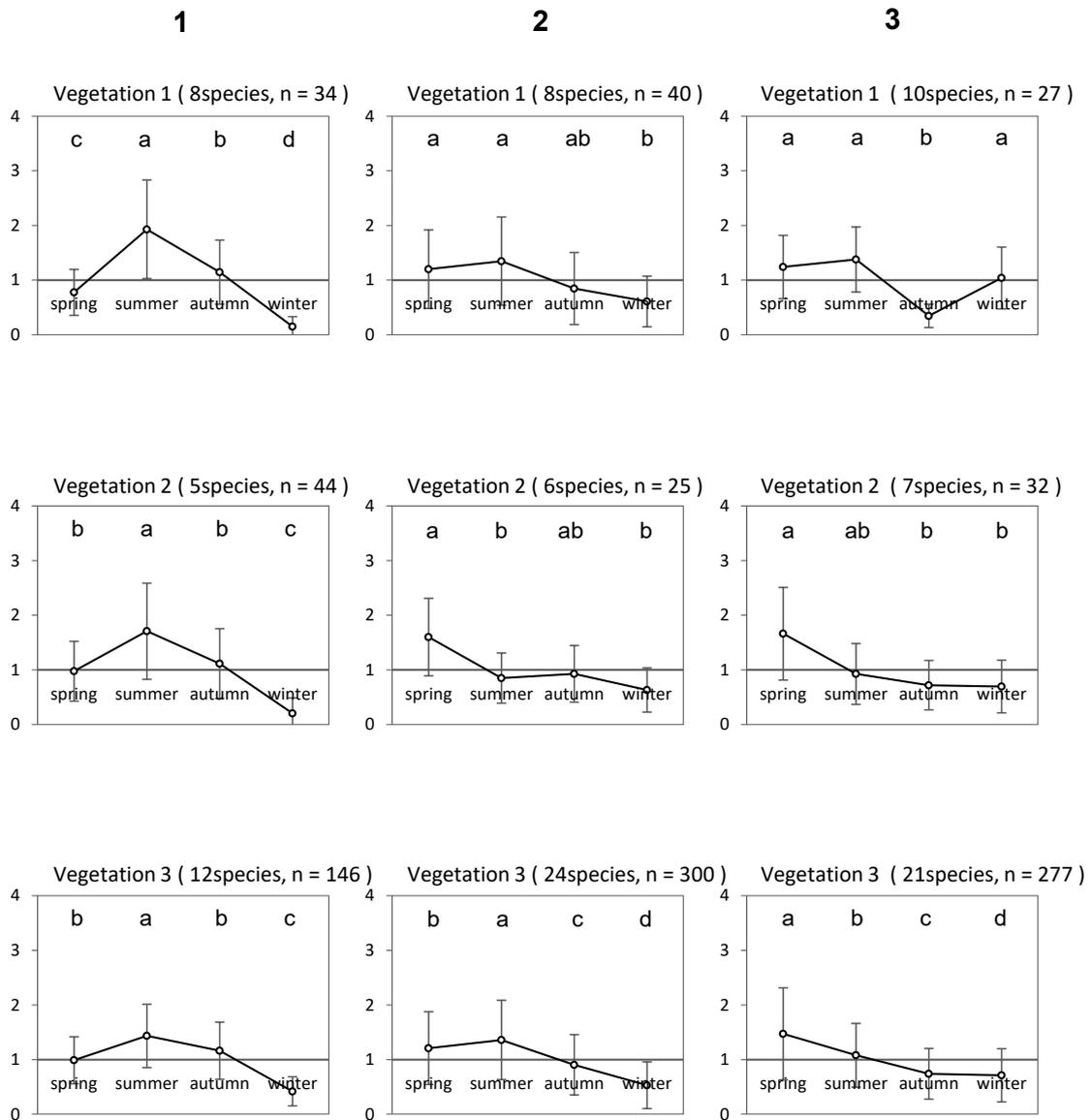


図 6-10. 葉の乾燥耐性の程度別の平均被度値の季節変化. 数値は, 4 季節の平均値を 1 とした時の相対値で示す. 折れ線は平均値を, エラーバーは標準偏差の範囲を示す. 異なるアルファベットは値が有意に異なることを示す (Wilcoxon の符号順位検定, Holm 法). 1: 1 日で完全にしおれる, 2: 2 日 - 5 日で完全にしおれる, 3: 6 日以上水分を保つ.



## Photosynthetic processes

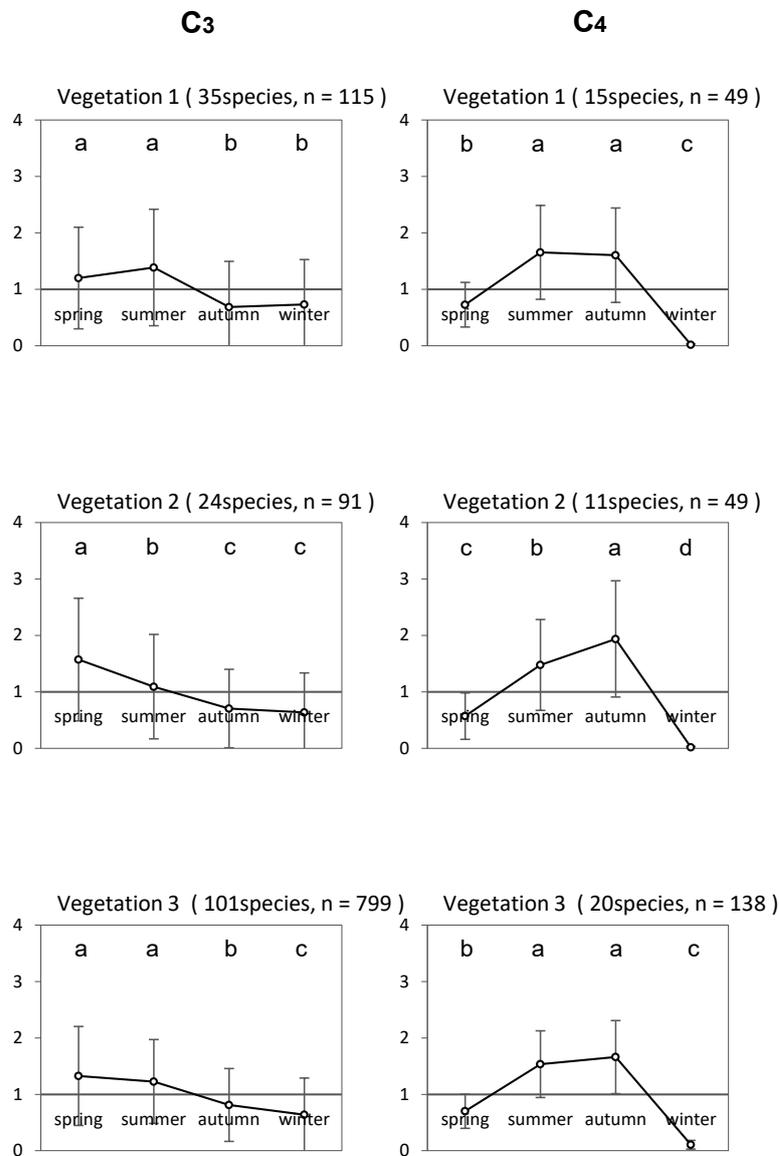


図 6-12. 光合成特性格別の平均被度値の季節変化. 数値は, 4 季節の平均値を 1 とした時の相対値で示す. 折れ線は平均値を, エラーバーは標準偏差の範囲を示す. 異なるアルファベットは値が有意に異なることを示す (Wilcoxon の符号順位検定, Holm 法). C3: C3 型光合成, C4: C4 型光合成.

## Distribution pattern

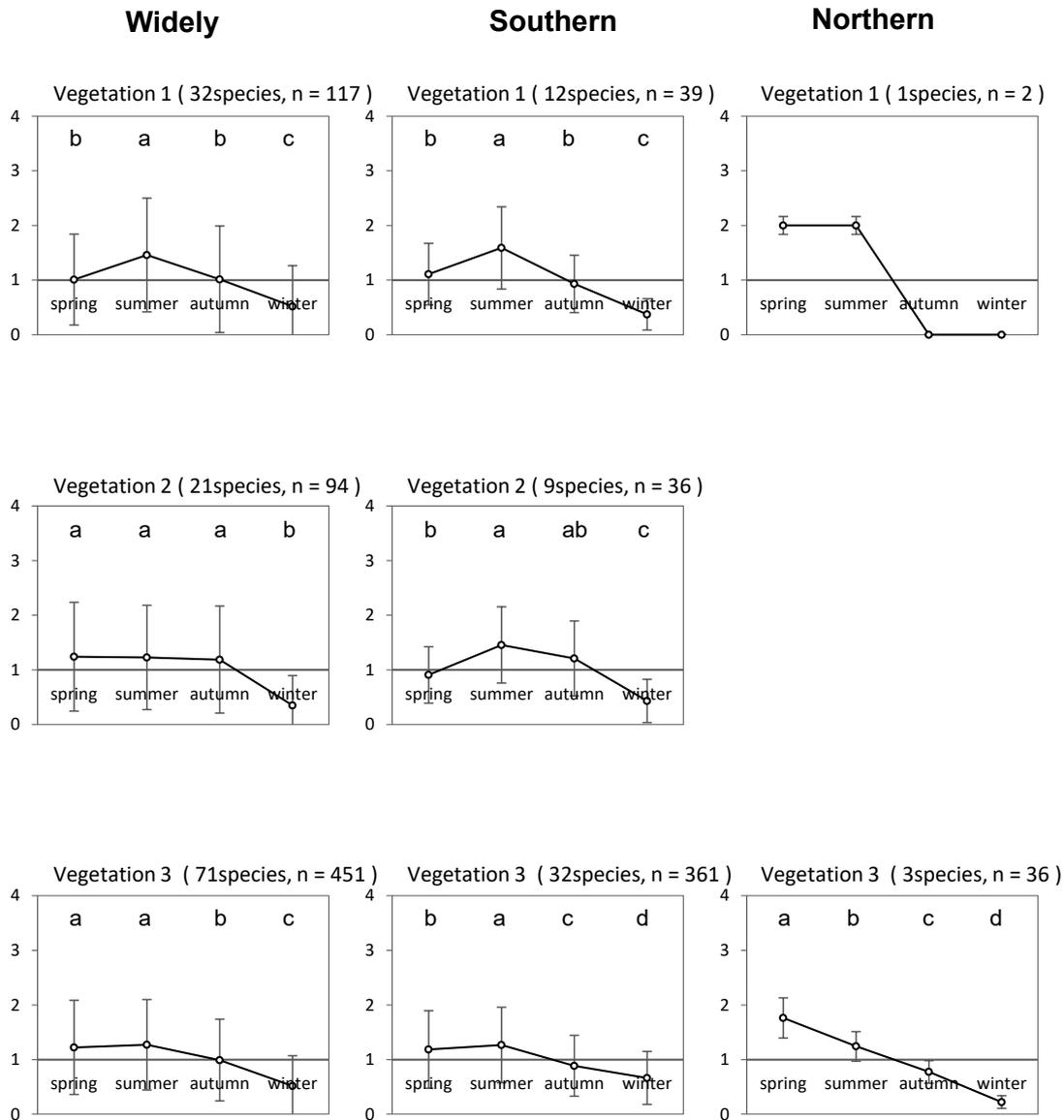


図 6-13. 分布パターン別の平均被度値の季節変化. 数値は, 4 季節の平均値を 1 とした時の相対値で示す. 折れ線は平均値を, エラーバーは標準偏差の範囲を示す. 異なるアルファベットは値が有意に異なることを示す (Wilcoxon の符号順位検定, Holm 法). Widely: 日本国内に広く分布, Southern: 関東地方もしくは東北地方南部が分布東北限, Northern: 関東地方もしくは中部山岳が分布西南限.

## Distribution pattern

### Endemic

### Alien

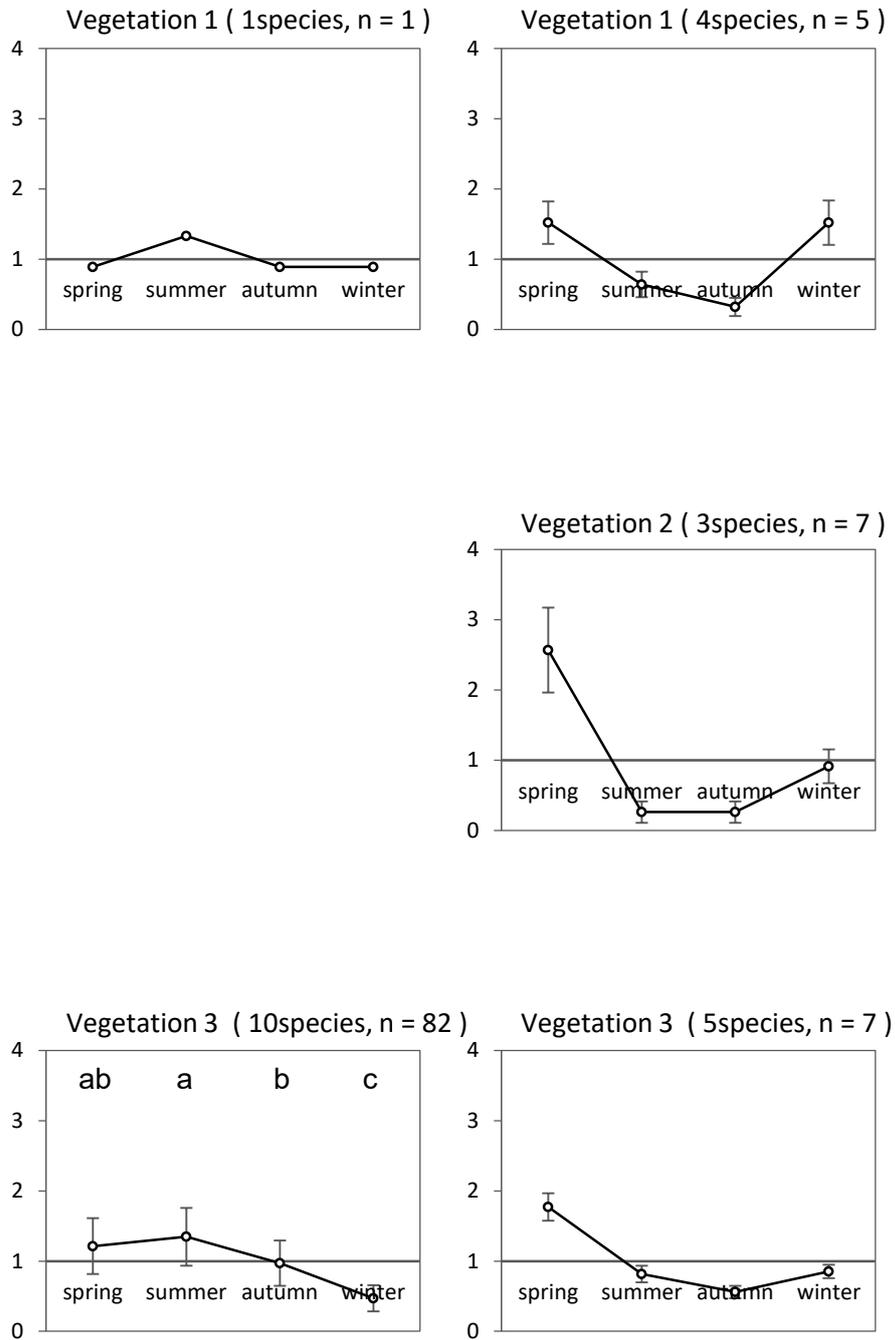


図 6-13. 続き. Endemic: 関東地方と周辺地域 (伊豆・箱根・富士) のみに分布, Alien: 外来種..

## 7 章 総合考察

### 7.1. 異なる空間スケールからみた海岸植生の植物種多様性の維持機構

本研究では東日本太平洋側の岩石海岸の草本植生を対象とし、地理的スケール、微地形スケール、群落スケールの3つの空間スケールから研究を行い、各スケールにおける植物群落の成立要因、群落構成種の種組成や種多様性の解明を行った。

総合考察の本章においては各章の結果をまとめるとともに、それらの結果を結び付けることで、植物種多様性の維持に対する異なる空間スケールの要因を考察する。あわせて、岩石海岸の植生や植物種多様性の保全にあたって注目すべき課題について考察する。

#### 7.1.1. 地域間の種組成の違いをもたらす要因

ススキクラスの草本群落を研究対象とした3章においては、北日本に分布の中心を持つキリンソウ-オオウシノケグサオーダー *Sedo kamschatici-Festucetalia rubrae* H. Nakanishi 1980 に含まれるラセイタソウ-ハマギク群集と、西南日本に分布の中心を持つイソアオスゲオーダー *Caricetalia meridiana* H. Nakanishi corr. H. Nakanishi 2017 に含まれるイソギク-ハチジョウススキ群集の間において、種組成の連続的な変化が示された（図 3-1, 表 3-1）。この変化は、静岡県から宮城県にかけての緯度の上昇にともなう北方系の種の増加と南方系の種の減少に加え、従来から暖地性植物の分布北限のラインとして着目されていたハマオモト線（Koshimizu 1938）のイソアオスゲオーダーの分布の北限がほぼ一致することからも示されている。加えて、両オーダーを比較すると、キリンソウ-オオウシノケグサオーダーにおいて、岩石海岸生の植物の割合が低く、その他の植物（大半が内陸との共通種）の割合が高い傾向がみられた。このことは、本州太平洋側のキリンソウ-オオウシノケグサオーダーにおいて、台風の影響などを受けにくく、海岸特有の環境ストレス（強風、乾燥、飛塩など）が小さいことと関連している。環境ストレスの低下は、内陸生の植物などの生育を可能にするとともに、植物種間の競争の増大をもたらし、このことがイソアオスゲオーダーを特徴づける岩石海岸生の種群の北上を妨げている可能性があると考えられた。

#### 7.1.2 3章（地理的スケール）と5章（微地形スケール）の比較

3章においては東日本太平洋側の広域において、ススキクラスに位置づけられる草本植生を研究対象とし、表操作法（Mueller-Dombois & Ellenberg 1974）による植生単位の識別を行った（表 3-3）。5章においては三浦半島において、草本植生全般を研究対象とし、modified TWINSpan（Roleček et al. 2009）による群落区分を行った（表 5-1）。研究対象の調査スタンドのうち、三浦半島の61スタンドは、3章と5章の両方で解析対象としている。そこで、

両章の解析結果を比較したところ、3章のイソギクーススキ群落スイカズラ下位単位は5章のKに、同群落典型下位単位は5章のIとJにおおむね一致していた(図7-1)。これらの群落単位はイソギク-ハチジョウススキ群集に相当するものであることから、3章と5章は十分に比較が可能であると考えられる。

草原生植物や関東地方固有分類群を多く含む群落単位(3章のスイカズラ下位単位、5章のK)は、3章の結果からイソギク-ハチジョウススキ群集の分布域においてやや高緯度地域に分布が偏る傾向が示された(表3-3)。また、5章の結果から、イソギク-ハチジョウススキ群集に相当する群落単位の中で、相対的に高海拔で傾斜角度が小さく、物理的に安定した立地に成立することが示された。この2つの特性はともに、草原生植物や固有分類群を多く含む群落単位が、岩石海岸において海岸からの環境ストレス(高温や乾燥など)が相対的に小さい立地に依存していることを示していると考えられる。固有分類群の中で、本群落単位に特徴的な分類群には、ハマシャジンやハマアキノキリンソウ、ソナレマツムシソウといった草原生植物などの変種や品種にあたるものが多い。一方、同じく固有分類群であっても、種レベルでの固有種のイソギクはイソギク-ハチジョウススキ群集に広く出現し、やはり種レベルで固有種のワダンが高頻度で出現する群落(5章のJ)は傾斜角度が大きく、相対的に不安定な立地に成立する傾向があるのとは(図5-5)対照的である。また、大場(1975, 1990)は、関東地方南部の本州沿岸に分布する植物種について、伊豆諸島で種分化し、その後二次的に本州沿岸に渡った可能性を指摘している。しかし、本調査地の出現種のうち、ハマアキノキリンソウやソナレマツムシソウなどの分布域に伊豆諸島は含まれていない(神奈川県植物誌調査会 2018)。固有分類群の種分化の場合としても、環境ストレスが相対的に小さい立地に成立する群落は注目すべき存在であるといえる。

#### 7.1.2. 4章(冷温帯における微地形スケール)と5章(暖温帯における微地形スケール)の比較

冷温帯の三陸北部と暖温帯の三浦半島では、どちらも主要な湿地植生を把握するように調査を行なった。その結果を比較すると、三陸北部の群落では塩沼地生の種に加えて内陸の湿地との共通種や草原生の種なども加わり、維管束植物の出現種数(259種)は三浦半島での乾生立地を含めた出現種数(161種)よりも多かった(表4-3, 4-4)。一方、三浦半島の湿地植生は、その多くが塩沼地と共通するものであり、内陸湿地の構成種も含まれてはいたものの、三陸北部と比較すれば断片的であり、湿地植生の多様性、群落構成種の種多様性は低かった(表5-1)。高緯度地域の岩石海岸で湿生植物の生育範囲が広がる現象は、イギリスにおいても報告されており(大場達之 1980c; Rodwell et al. 2002)、類似の現象であると考えられる。

湿性立地の群落の発達程度が地域間で異なる理由については、3章の地理的スケールの研究結果より、乾生立地の群落(ススキクラスの群落)において、高緯度地域で内陸生植物を主とする非岩石海岸生の種の割合が増加しており、

気温の低さや台風や季節風の影響の受けにくさによる環境ストレスの低下と関わっている可能性が示されている。また、6章の群落スケールの研究結果からは、特に乾性立地の群落において、夏場を中心とする乾燥が植物の生育の阻害要因となっている可能性が示唆されている。三陸北部と三浦半島の比較からは、湿性立地の群落の発達に対しても、緯度の上昇にともなう環境ストレスの低下が関わっていると考えられる。

湿性立地の群落をはじめとする岩石海岸の微地形スケールの立地環境に成立する群落については、これまで群落と局所環境との関係が主に着目され、気候などのより大きなスケールの環境要因との関係についての詳細な考察は行われてこなかった。本研究の結果から、岩石海岸に成立する植物群落は、大きくは気候の影響を受けた上で、より局所的な立地条件に対応して成立しているという、異なる空間スケールの環境要因の複合的な作用を明らかにできた。

## 7.2. 保全に向けて

### 7.2.1. 海岸の開発による影響

岩石海岸は砂浜や塩沼地といった他の海岸環境と比較すると、地形の険しさから人為改変の影響を受けにくいと考えられる(由良 2001)。また、澤田(2014)によれば、海崖植物のハビタットと推測される礫浜・海食崖等は自然海岸(人工改変されずに自然状態を保持している海岸)と半自然海岸(一部に人工構造物があるが潮間帯が自然状態を保持している海岸)において最大の割合を持つ海岸環境であり、近年の減少がみられない。このような背景から、岩石海岸上の植生および生態系は、他の海岸環境のものと比較して保全上のリスクが低く扱われている(澤田 2014; European Union 2016)。しかしながら、本研究の結果からは、岩石海岸の植生の保全に関するいくつかの懸念事項が示された。

4章と5章の結果より、湿性立地に成立する植物群落は冷温帯の三陸北部と暖温帯の三浦半島の両地域で確認され、岩石海岸の植物種多様性の維持において重要な存在であることがわかった。これらの群落の多くは、陸域もしくは海域からの水供給によって維持されていると考えられる、したがって、植物群落が成立している立地そのものが破壊されなくても、周辺の開発による水供給の変化、例えば人工構造物の設置による水供給の遮断や、陸域の開発に伴う涵養水の水質や水量の変化などの影響を受ける恐れがある。また、平坦な隆起海食台や波食棚上に成立することが多く、岩石海岸において人の立ち入りの影響をもっとも受けやすいと考えられる。2011年3月に起きた東北地方太平洋沖地震による大津波の被害を受けた東北地方の海岸では、防潮堤の建設や海岸防災林の造成が進められているが、このような海岸防災事業においては、海岸のエコトーンとしての機能を失わないように配慮すべきであることが指摘されている(平吹ほか 2011)。本研究の調査地域の一部は2013年4月に三陸復興国立

公園に編入されており、大規模な防災工事等を行われていないが、海岸に沿った遊歩道の整備などが行われている。岩石海岸の利用においては、小規模湿地のような陸域と海域の相互作用によって維持されている生育環境が存在することを認識し、表流水や地下水の移動を分断したり、流入する水の水質を悪化させたりしないような配慮が必要である。

5章の結果より、乾性立地の群落においても、種多様性が高くレッドリスト掲載種や固有分類群といった保全上重要な植物種などを多く含む群落の立地は、他の群落と比較して相対的に緩傾斜であることから人の立ち入りが容易であり、人的影響を受けるリスクが高いことが示された。また、これらの群落のみが関東ローム層上に成立して侵食などの大規模な攪乱を受けずに物理的に長期間安定していることが考えられることから、立地の攪乱が群落の維持に対して不可逆的な影響をおよぼす恐れがある。岩石海岸における草本群落や植物種多様性の保全にあたっては、群落ごとの立地環境の違いを理解するとともに、立地環境への人為影響の程度や人為改変に対するぜい弱性が異なることに留意する必要があるといえる。

#### 7.2.2. 気候変動に伴う群落種組成、種多様性への影響

近年、地球温暖化やヒートアイランド現象といった気候変動で原因と考えられる生物の生態の変化や分布域の変化が多数報告されており (Parmesan 2006)、極地や高山において開花時期や展葉時期の早期化 (Molau et al. 2005; 工藤・横須賀 2012; Wheeler et al 2015 など)、高山における高木限界の上昇 (Sakio & Masuzawa 2020)、南方系のシダ植物の分布拡大 (田中 1998: 神奈川県植物誌調査会 2018) などがあげられる。また、海岸においては、砂礫浜に生育するグンバイヒルガオやハマゴウといった種子散布様式が海流散布される種において、分布の北限の移動が報告されている (中西 2013; 中村ほか 2020)。岩石海岸の植生においても、各種の生育適温の領域が高緯度にシフトするのにともない、北方系の種については分布の南限域における減少が、南方系の種については分布の北上が生じる可能性がある。一方で、岩石海岸における植物群落の種組成の地域間のちがいは、気候的要因に加えて種間競争に代表される植物種間関係や、種子分散制限なども関わっている可能性が3章の結果から示されている。したがって、気候変動に伴う群落構成種の種組成の変化を予測することは容易ではないが、イソアオスゲオーダーとキリンソウーオオウシノケグサオーダーの境界域にあたる茨城県において、南方系と北方系の種の双方の割合が低く、広域分布種が高い割合が高い群落が成立していることを踏まえると、両オーダーの特徴に乏しい海岸植生が拡大することなどが考えられる。

また、気候変動による植物種の生育への影響は、機能的形質やフェノロジーの特性によって異なると考えられ、群落構造の変化をもたらす可能性がある。5章の結果からは、高温な期間の早期化と長期化にともない、夏から秋に展葉ピークを迎える植物の生育が促進され、冬から春に展葉のピークを迎える植物

の生育を妨げる可能性がある。他方で、台風などによる攪乱の程度の変化により、夏から秋に展葉ピークを迎える植物の生育が阻害される可能性もある。

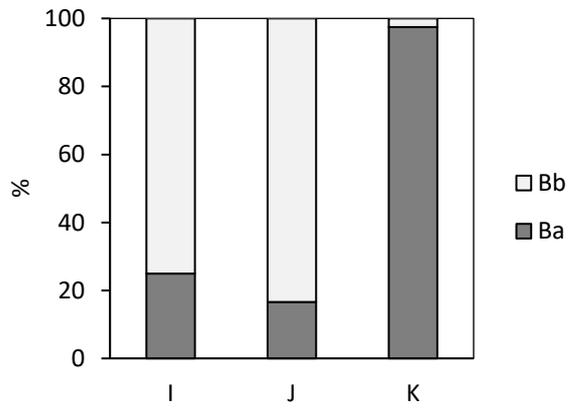


図 7-1. 三浦半島の 61 スタンドにおける 3 章および 5 章の群落区分結果の比較. Ba と Bb は 3 章における区分, I, J, K は 5 章における区分.

## 謝辞

本論文をまとめるにあたり、多くの方々からご指導とご協力をいただきました。吉川正人准教授には、卒業研究の時から常に丁寧なご指導をいただき、就職してからも、研究を行うことを応援、激励いただきました。星野義延教授には、植生学の道に進むきっかけをいただき、また博士課程の指導教官として幅広い視点から助言をいただき、研究の視野が狭くなりがちな私を導いていただきました。学位論文審査の副査である宇都宮大学の久保達人教授、茨城大学の佐藤達雄教授、東京農工大学の戸田浩人教授には、審査にあたり多くの助言をいただきました。八戸工業大学の鮎川恵理准教授には、青森県での調査でお世話になるとともに、投稿論文の共著者として助言をいただきました。博士前期課程の指導教官である兵庫県立大学の石田弘明教授と黒田有寿茂准教授には、博士後期課程においても助言をいただきました。深町篤子博士には、研究への助言だけでなく、研究室の先輩として様々な面で支えていただきました。内田圭博士と設楽拓人博士、井内寛裕氏には、研究設計に関わる助言をいただきました。国立極地研究所の神田啓史教授、千葉県立中央博物館の古木達郎博士には蘚苔類の標本同定に多大なご協力をいただきました。京都大学の伊藤 巖氏、宮崎 卓氏、井関智裕氏には、維管束植物の標本同定に協力をいただきました。根本秀一氏には、イソギクの分布に関する貴重な情報をいただきました。環境省東北地方環境事務所の高橋瑛子自然保護官には、三陸北部の調査地についてのさまざまな情報を提供していただきました。神奈川県立生命の星・地球博物館の大西 亘博士には、標本収蔵にあたりお世話になりました。星野・今給黎順子氏と八木正徳氏には、調査でお世話になるとともに、学生生活を様々な面で支えていただきました。則行雅臣博士には、調査に同行いただくとともに、論文執筆への助言をいただきました。また、社会人として働きながら精力的に研究される姿に刺激をいただきました。矢口 瞳博士には、論文執筆にあたり助言をいただきました。また、子育てと仕事を両立されながら研究に励まれる姿に刺激をいただきました。ヌルビヤ・マイマイティ氏には、国際学会での発表準備などのサポートをいただきました。植生管理学研究室の学生の飯島 論氏、唐津勇人氏、高橋祥真氏、岩瀬祐子氏、鈴木莉野氏、高橋 歩氏、長野祈星氏、永井佑樹氏、川村まなみ氏、枝澤海里氏、加倉井理佐氏、永末るな氏、宮崎奏一氏、山下 葵氏、渡邊英之氏には調査などでお世話になりました。佐藤佑樹氏と館野太一氏、八戸工業大学の小山千穂氏にも調査に同行いただきました。宮崎 卓氏には、投稿論文の執筆にあたり助言をいただきました。現職場である倉敷市立自然史博物館の狩山俊悟学芸員、奥島雄一学芸員、杉本紀明館長、高嶋幸慶前館長には、研究を行うことについてご配慮と励ましをいただきました。大西ちひろ氏とご家族には、新天地の岡山県での生活と研究活動を支えていただきました。植生学会員の皆様をはじめ、ここに書ききれないほど多くの方々にご支援いただいたことを感謝いたします。最後に、常に研究生活を支えてくださり、調査にも同行いただいた父と母、愛犬くりにも多大なる感謝を申し上げます。

## 引用文献

- 赤嶺秀雄・岩井四郎・小池 清・成瀬 洋・生越 忠・大森昌衛・関 陽太郎・鈴木好一・渡部景隆 1956. 三浦半島の三浦層群について. 地球科学, 30: 1-9.
- 新井隆介・大窪久美子 2014. 岩手県に残存する半自然草原群落の現状および過去との比較による保全生態学的研究. 日本緑化工学会誌, 40: 142-147.
- Asensi, A. & Diez-Garretas, B. 2017. Chapter 8 Coastal vegetation. In: *The vegetation of the Iberian Peninsula* (ed. Loidi, H.), 397-432. Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland.
- Beck, G. V. 1901. Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder. In: *Vegetation der Erde* (Herag. Engler, A. und Drude, O.), 534pp. Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie*, 3 Auflage. Springer-Verlag, Wien.
- 千葉県レッドデータブック改訂委員会 (編) 2009. 千葉県の保護上重要な野生生物 -千葉県レッドデータブック- 植物・菌類編 2009年改訂版. 千葉県環境生活部自然保護課, 千葉.
- Cowles, H. C. 1899. The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. *Botanical Gazette*, 27: 95-117.
- Crawley, M. J. 1997. Life history and environment. In: *Plant Ecology* (ed. Crawley, M. J.), 73-131. Blackwell Science, Oxford.
- Cresswell, I. D., Bridgewater, P. & Semeniuk, V. 2011. The coastal habitats and vegetation of the Kimberly region. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 94: 197-206.
- 江藤哲人・谷崎清貫・ト部厚志・磯部一洋 1998. 地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 東京(8) 第84号 横須賀地域の地質. 通商産業省工業技術院 地質調査所, つくば.
- European Union 2016. *European Red List of habitats Part 2. Terrestrial and freshwater habitats*. European Union, Luxembourg.
- Flowers, T. J. and Colmer T. D. 2008. Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*, 179: 945-963.
- 藤原一繪 1987. 塩沼地植生. 「日本植生誌・東北」(宮脇 昭 編), 293-296. 至文堂, 東京.
- 藤原一繪 1990. 常緑広葉樹林. 「日本植物群落図説」(宮脇 昭・奥田重俊 編), 50-127. 至文堂, 東京.
- 福島県植物誌編さん委員会 (編) 1987. 福島県植物誌 1987. 福島県植物誌編さん委員会, いわき.
- Goldsmith, F. B. 1973. The Vegetation of exposed sea cliffs at South Stack, Anglessey. *Journal of Ecology*, 61: 787-818.
- Golub, V. 1994. Class *Asteretea tripolium* on the territory of the former

- USSR and Mongolia. *Folia Geobotanica* 29: 15–54.
- Grime, J. P. 1973. Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature*, 242: 344–347.
- Gurevitch, J. 1986. Competition and the local distribution of the grass *Stipa Neomexicana*. *Ecology*, 67: 46–57.
- 原 慶太郎・樋口広芳 2013. 東日本大震災が生態系に及ぼした影響. *地球環境*, 18: 23–33.
- 早川由紀夫 1995. 日本に広く分布するローム層の特徴とその成因. *火山*, 40: 177–190.
- Hepburn, 1943. A study of the vegetation of sea-cliffs in North Cornwall. *Journal of Ecology*, 31: 30–39.
- Higgins, S. I., Delgado-Cartay, M. D., February, E. C. & Combrink, H. J. 2011. Is there a temporal niche separation in the leaf phenology of savanna trees and grasses?. *Journal of Biogeography*: 38: 2165–2175.
- 平吹喜彦・富田瑞樹・菅野洋・原 慶太郎 2011. 東日本大震災・大津波で被災した仙台湾砂浜海岸エコトーンとその植生状況. *薬用植物研究*, 33: 45–57.
- 日越国昭・新納義男 1975. 指定候補糸満市荒崎の岩礁海岸植物群落：その植生と生活形. 沖縄県教育委員会, 那覇.
- 星野義延・吉川正人 2001. 鬼怒川における河跡池の成立と植物群落の発達過程に関する研究. *河川美化・緑化調査研究論文集*, 10: 63–148.
- 星野義延・吉川正人 2004. 多摩川河川敷の河跡池における植物群落の生育立地と多様性 (財団法人とうきゅう環境浄化財団研究助成・学術研究, 32–No. 236). とうきゅう環境浄化財団, 東京.
- 堀田 満 1974. 植物の進化生態学—第三卷 植物の分布と分化. 三省堂, 東京.
- 堀田 満 1993. アジア特産のユリ科植物—日本のキスゲ属の種類たち. *植物の自然史プラント* (隔月刊) 7月号, 28: 4–13.
- Humphreys, M. O. 1982. The genetic basis of tolerance to salt spray in populations of *Festuca rubra* L.. *The New Phytologist*, 91: 287–296.
- いがりまさし 2007. 山溪ハンディ図鑑 11 日本の野菊. 山と溪谷社, 東京.
- 飯泉 茂・菊池多賀夫 1980. 生物学教育講座 8巻 植物群落とその生活. 東海大学出版会, 東京.
- 井柁史彦・莫 文紅・加藤美恵子・及川武久 2002. 陸域環境研究センター圃場における 2001 年の C3/C4 混生草原の LAI と地上部バイオマスの季節変化. *筑波大学陸域環境研究センター報告*, 3: 17–25.
- 井上雅仁・大畑純二 2007. 島根県浜田市金城町の湿原植生. *島根県立三瓶自然館研究報告*, 5: 1–6.
- 石田弘明・高比良 響・服部 保・武田義明 2014. 扇ノ山における断片化したブナ林の樹林面積と種多様性, 種組成の関係. *植生学会誌*, 31: 51–69.
- 石川茂雄 1994. 原色日本植物種子写真図鑑. 石川茂雄図鑑観光委員会, 東京.

- 石塚和雄 1951. 海岸礫崖の植物群落. 生態学会報, 1: 99-105.
- Ishizuka, K. 1966. Ecology of the ornithocoprophilous plant communities on breeding places of the Black-tailed gull, *Larus crassirostris*, along the coast of Japan. *Ecological review*, 16: 229-244.
- 石塚和雄 1977. 8.7 海岸. 「植物生態学講座 I 群落の分布と環境」(石塚和雄編), 261-284. 朝倉書店, 東京.
- Itow, S. 1970. Centello-zoysietum japonicae, a grazed grassland community in Kyushu, Japan. *Japanese Journal of Ecology*, 20: 53-59.
- 伊藤秀三 1981. 二次草原. 「日本植生誌・九州」(宮脇 昭 編著), 238-252. 至文堂, 東京.
- 伊藤秀三 1983. 二次草原. 「日本植生誌・中国」(宮脇 昭 編著), 258-270. 至文堂, 東京.
- 岩城英夫 1971. 生態学への紹介 3 (全 6 巻) 草原の生態. 共立出版株式会社, 東京.
- 岩手県植物誌調査会 (編) 2018. 岩手県産維管束植物チェックリスト (2018 年版). 岩手県植物誌調査会, 盛岡.
- 岩月善之助 (編著) 2001. 日本の野生植物 コケ. 平凡社, 東京.
- James, M. L. & Zelder, J. B. 2000. Dynamics of wetland and upland subshrubs at the salt marsh-coastal sage scrub ecotone. *American Midland Naturalist*, 143: 298-311.
- Jung, S. H., Kim, A. R., Lim, B. S., Seol, J. W., & Lee, C. S. 2019. Spatial distribution of vegetation along the environmental gradient on the coastal cliff and plateau of Janggi peninsula (Homigot), southeastern Korea. *Journal of Ecology and Environment*, 43: 14.
- 角野康郎 1994. 日本の水草図鑑. 文一総合出版, 東京.
- 貝塚爽平・武内和彦 1986. 気候. 「日本植生誌・関東」(宮脇 昭 編著), 62-63. 至文堂, 東京.
- Kamijo, T. & Hoshino, Y. 1995. Effect of short-tailed shearwater on vegetation in Great Dog, Little Dog and Little Green Islands, Tasmania. *Wildlife Conservation Japan*, 1: 127-135.
- 神奈川県植物誌調査会 (編) 2001. 神奈川県植物誌 2001. 神奈川県立生命の星・地球博物館, 小田原.
- 神奈川県植物誌調査会 (編) 2018. 神奈川県植物誌 2018 電子版 初版. 神奈川県植物誌調査会, 小田原.
- 環境省水・大気環境局 2013. 水浴場水質調査結果. 環境省, 東京.
- 勝山輝男・高橋秀男・木場英久・田中徳久 1997. フォッサ・マグナ要素の植物-富士・箱根・伊豆に特有な植物たち-. 神奈川県立生命の星・地球博物館, 小田原.
- 勝山輝男・田中徳久・木場秀久・神奈川県植物誌調査会 2006. 維管束植物. 「神奈川県レッドデータ生物調査報告書 2006」(高桑正敏・勝山輝男・

- 木場秀久 編), 37-130. 神奈川県立生命の星・地球博物館, 小田原.
- 勝山輝男 2005. 日本のスゲ. 文一総合出版, 東京.
- 川村優子 1972. イソギク-ハチジョウススキ群集 (海岸断崖地植生). 「神奈川県  
の現存植生」 (宮脇 昭・青砥航次・青砥雄子・藤原一繪・古谷マサ  
子・浜田丈二・... 山口千代子), 212-219. 神奈川県教育委員会, 横浜.
- 木村晴保 1973. 磯棚の水理特性について. 水産土木, 9: 33-36.
- 吉良竜夫 1948. 温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて. 寒地農  
学, 2: 143-173.
- 吉良竜夫 1978. 水俣照葉樹林の動態--IBP 研究のまとめ. 自然, 33: 26-39.
- 北村四郎 1973. コウゾリナの変種ハマコウゾリナ. 植物分類地理, 25: 188-  
189.
- 紀藤典夫・瀧本文生 1999. 完新世におけるブナ個体群増加と移動速度. 第四期  
研究, 38: 297-311.
- 小玉喜三郎・岡 重文・三梨 昂 1980. 地域地質研究報告 5 万分の 1 図幅 東京  
(8) 第 93 号 三崎地域の地質. 通商産業省工業技術院 地質調査所, つくば.
- 国際生態学センター (編) 2001. よこすかの植生 -みどりの調査と活用のため  
の提案-. 横須賀市, 横須賀.
- Konta, F. & Matsumoto, S. 2006. New or interesting taxa of vascular  
plants from Suzaki, Shimoda city, central Japan. *Bulletin of the  
National Science Museum Series B (Botany)*, 31: 19-34.
- 近田文弘 2007. 伊豆須崎海岸草木列伝. トンボ出版, 大阪.
- Koshimizu, T. 1938. On the "Crinum Line" in the Flora of Japan. *The  
Botanical Magazine*, 52: 135-139.
- 工藤 岳・横須賀邦子 2012. 高山植物群落の開花フェノロジー構造の場所間変  
動と年変動: 市民場ボランティアによる高山生態系長期モニタリング. 保  
全生態学研究, 17: 49-62.
- 國井秀伸 1995. 汽水域における水生植物の多様性について. 日本海水学会誌,  
49: 136-139.
- 黒田有寿茂・藤原道郎・澤田佳宏・服部 保 2017. 瀬戸内海沿岸における海浜  
植物ウンランの保全・再生の可能性. 植生学会誌, 34: 87-102.
- 黒田有寿茂 2021. 山陰海岸東部における海岸植物 28 種のフェノロジー観察記  
録. 人と自然, 31: 73-92.
- 黒田有寿茂 2022. 播磨灘・周防灘沿岸における海岸植物 20 種のフェノロジー  
観察記録. 人と自然, 32: 115-131.
- Lachavanne, J. B. & Juge, R. 1997. Land-inland water ecotones as  
transitional systems of particularly high biodiversity: Towards a  
synthesis. In: *Biodiversity in land-inland water ecotones* (eds.  
Lachavanne, J-B. & Juge, R.), 277-296. UNESCO, Paris.
- Levine, J. M., Brewer, J. S., & Bertness, M. D. 1998. Nutrients,  
competition and plant zonation in a New England salt marsh. *Journal*

- of Ecology, 75: 174–181.
- 町田 貞 1984. 自然地理学講座① 地形学. 大明堂, 東京.
- 前川文夫 1949. 日本植物区系の基礎としてのマキネシア. 植物研究雑誌, 24: 91–96.
- Maesako, Y. 1999. Relationship between the burrow–nesting of streaked shearwaters (*Calonectris leucomelas*) and the vegetation on Biro Island in southwestern Japan. *Vegetation Science*, 16: 149–158.
- 松岡通夫・堀田 満 1966. 日本および近接地域のキスゲ属の分類. 植物分類, 地理. 22: 25–43.
- 宮城県植物誌編集委員会 (編) 2017. 宮城県植物誌 Flora of Miyagi Prefecture 2017. 宮城植物の会, 大崎.
- 宮脇 昭 (編著) 1977. 日本の植生. 学研, 東京.
- 宮脇 昭 (編著) 1984. 日本植生誌 近畿. 至文堂, 東京.
- 宮脇 昭・佐々木 寧 1980. 下北半島の植生. 横浜植生学会, 東京.
- Miyawaki, A. & Suzuki, K. 1993. Dry coastal ecosystems of Japan. In: *Dry coastal ecosystems: Africa, America, Asia and Oceania* (ed. van del Maarel, E.), 165–188. Elsevier, Amsterdam.
- Molau, U., Norddenhall, U., & Eriksen, B. 2005. Onset of flowering and climate variability in an alpine landscape: A 10–year study from Swedish Lapland. *American Journal of Botany*, 92: 422–431.
- Monson, R. K., Littlejohn, Jr. R. O., & Williams, III G. J. 1983. Photosynthetic adaptation to temperature in four species from the Colorado shortgrass steppe, a physiological model for coexistence. *Oecologia*, 58: 43–51.
- Mueller–Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Mullar, R. N. 1978. The phenology, growth and ecosystem dynamics of *Erythronium americanum* in the northern hardwood forest. *Ecological Monographs*, 48: 1–20.
- 村上健太郎 2014. 愛知県三河湾における海岸植物の種多様性に影響する要因. ランドスケープ研究, 77: 583–586.
- 村上雄秀・西川博章・勝山輝男 2015. 伊豆諸島神津島の植生–熱帯系シダ草原の群落体系–. 生態環境研究, 21, 22: 1–41.
- 村上雄秀・中村幸人・鈴木伸一 2016. 日本の森林植生の群落体系の整理–常緑広葉樹林 (ヤブツバキクラスほか) –. 生態環境研究, 23: 9–21.
- 村瀬信義 1967. 天神島植生調査報告 (天神島 1/500 植生図解説). 横須賀市博物館雑報, 13: 5–19.
- 長浜春夫 1992. 神奈川県最南端の地 –城ヶ島の地層見学–. 「神奈川の自然を訪ねて 日曜の地学–20」 (大木靖衛 監修), 126–141. 築地書館, 東京.
- 永松 大 2010. 浦富海岸鴨ヶ磯 (鳥取県岩美町) の植生構造. 山陰自然史研究,

- 5: 1-7.
- Naiman, R. J. & Décamps, H. (eds.) 1990. The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. UNESCO, Paris.
- 中村 剛・國府方吾郎・佐藤 謙 2020. 北海道におけるハマゴウ属 (シソ科) の初記録. 植物地理・分類研究, 68: 55-57.
- Nakanishi, H. 1979. Zonation of rocky coast vegetation in northern Kyushu, Japan. In: Vegetation und landschaft Japans (Herag. Miyawaki, A. und Okuda, S.) , 289-301. The Yokohama Phytosociological Society, Yokohama.
- Nakanishi, H. 1980. Phytosociological Studies on the Herbaceous Vegetation of Rocky Coasts in Japan. Journal of Science of the Hiroshima University Series B, Div. 2 (Botany), 17: 51-124.
- Nakanishi, H. 1988. Dispersal ecology of the maritime plants in the Ryukyu Islands, Japan. Ecological Research, 3: 163-173.
- 中西弘樹 1994. 種子 (たね) はひろがる 種子散布の生態学. 平凡社, 東京.
- 中西弘樹 2005. 海浜植生. 「図説日本の植生」 (福嶋 司・岩瀬 徹 編), 26-27, 朝倉書店, 東京.
- 中西弘樹 2013. 九州における熱帯産ヒルガオ科植物の海流散布. 生態環境研究, 20: 1-7.
- 中西弘樹 2016. グンバイヒルガオ群落の北限自生地 (長崎県) での生育状況. 漂着物学会誌, 14: 1-3.
- 中西弘樹 2017. 海岸崖地草本植生の群落単位の名称変更. 生態環境研究, 24: 63-64.
- 中西弘樹 2018. 日本の海岸植物図鑑. トンボ出版, 東京.
- 中西弘樹・久保田 信・中西こずえ 2006. ニガカシユウ (ヤマノイモ科) のむかごの漂着と海流散布. 漂着物学会誌, 4: 15-18.
- 中村 剛・國府方吾郎・佐藤 謙 2020. 北海道におけるハマゴウ属 (シソ科) の初記録. 植物地理・分類研究, 68: 55-57.
- 日本海水学会・日本ソルトサイエンス研究財団(共編) 1994. 海水の科学と工業. 東海大学出版会, 東京.
- 仁科健二・川上源太郎・田近 淳 2013. 2011年東北地方太平洋沖地震津波によって形成された三陸海岸の礫質津波堆積物. 北海道地質研究所報告, 85: 27-44.
- 大場達之 1971. 御蔵島の植生. 神奈川県立博物館研究報告, 1: 25-53.
- 大場達之 1975. ハチジョウイタドリ-シマタヌキラン群集 -伊豆諸島のフロラの成立にふれて-. 神奈川県立博物館研究報告, 8: 91-106.
- 大場達之 1979. 日本の海岸植生類型 1-砂浜海岸の植物群落. 海洋と生物, 1: 55-64.
- 大場達之 1980a. 日本の海岸植生類型 3-塩沼海岸の植物群落(2). 海洋と生物, 2: 52-55.

- 大場達之 1980b. 日本の海岸植生類型 5－岩石海岸の植物群落(1). 海洋と生物, 2: 187-189.
- 大場達之 1980c. 日本の海岸植生類型 6－岩石海岸の植物群落(2). 海洋と生物, 2: 299-303.
- 大場達之 1980d. 日本の海岸植生類型 7－岩石海岸の植物群落(3). 海洋と生物, 10: 449-451.
- 大場達之 1980e. 日本の海岸植生類型 8－岩石海岸の植物群落(4). 海洋と生物, 11: 449-451.
- 大場達之 1982. 海崖の植物群落. 「土木工学大系 3／自然環境論 (2)」 (土木工学大系編集委員会 編), 145-152. 彰国社, 東京.
- 大場達之 1990. 伊豆諸島のフロラと植生. 日本の生物, 4: 18-25.
- 大場達之・菅原久夫 1979a. 濟州島の海岸植生. 植物地理・分類研究, 27: 1-12.
- 大場達之・菅原久夫 1979b. 磯の肥沃環境における多年草群落. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (11): 45-60.
- 大場達之・菅原久夫 1980. 日本の海岸植生の新群落単位-1. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (12): 7-13.
- 大橋広好・門田裕一・木原浩・邑田 仁・米倉浩司 (編) 2015. 改訂新版 日本の野生植物 1 ソテツ科～カヤツリグサ科. 平凡社, 東京.
- 大橋広好・門田裕一・木原浩・邑田 仁・米倉浩司 (編) 2016a. 改訂新版 日本の野生植物 2 イネ科～イラクサ科. 平凡社, 東京.
- 大橋広好・門田裕一・木原浩・邑田 仁・米倉浩司 (編) 2016b. 改訂新版 日本の野生植物 3 バラ科～センダン科. 平凡社, 東京.
- 大橋広好・門田裕一・木原浩・邑田 仁・米倉浩司 (編) 2017a. 改訂新版 日本の野生植物 4 アオイ科～キョウチクトウ科. 平凡社, 東京.
- 大橋広好・門田裕一・木原浩・邑田 仁・米倉浩司 (編) 2017b. 改訂新版 日本の野生植物 5 ヒルガオ科～スイカズラ科. 平凡社, 東京.
- 大塚勇哉・倉本 宣 2016. 春植物の地上部消失後の植生と光環境. 日本緑化工学会誌, 42: 80-85.
- 岡 浩平・吉崎真司・小堀洋美 2008. 静岡県遠州灘海岸における海浜植生の成帯構造の成立要因. 日本緑化工学会誌, 34: 57-62.
- 岡崎セツ子 1970. 三陸海岸の地形. お茶の水地理, 11: 27-38.
- 奥田重俊 1984. 二次草原. 「日本植生誌・近畿」 (宮脇 昭 編著), 278-282. 至文堂, 東京.
- 奥田重俊 1986a. 海岸断崖地草本植物群落. 「日本植生誌・関東」 (宮脇 昭 編著), 157-163. 至文堂, 東京.
- 奥田重俊 1986b. 二次草原. 「日本植生誌・関東」 (宮脇 昭 編著), 258-261. 至文堂, 東京.
- 奥田重俊 1978. 関東平野における河辺植生の植物社会学的研究. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要, 4: 43-112.

- 奥田重俊 1987. 二次草原. 「日本植生誌・東北」(宮脇 昭 編), 327-330. 至文堂, 東京.
- 奥田重俊 (編著) 1997. 生育環境別日本野生植物館. 小学館, 東京.
- 奥田重俊・藤原陸夫 (編) 1994. 改訂新版日本植生便覧. 至文堂, 東京.
- Oosting, H. J. 1945. Tolerance to salt spary of plants of coastal dunes. *Ecology*, 26: 85-89.
- 長田武正 1989. 増補日本イネ科植物図譜. 平凡社, 東京.
- 小澤 論・岩松俊哉・鎌田元康・市川憲良 2012. 蒸発散量推定式の簡略化に関する研究 地域特性を考慮した水資源データ構築に関する研究 (その 2). *日本建築学会環境系論文集*. 77: 331-337.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 637-669.
- Petch, C. P. 1933. The vegetation of St Kilda. *Journal of Ecology*, 21: 92-100.
- Pook, E. W. 1955. The coastal communities of Marotiri Island. *The Journal of the Auckland University Field Club*, 7: 7-11.
- Randall, R. E. 1970. Vegetation and environment on the Barbados Coast. *Journal of Ecology*, 58: 155-172.
- R Core Team 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Richmond, T. de A. & Mueller-Dombois, D. 1972. Coastline ecosystems on Oahu, Hawaii. *Vegetatio*, 25: 367-400.
- Richardson, A. D. & O'Keefe, J. 2009. Phenological differences between understory and overstory: A case study using the long-term Harvard Forest Records. In: *Phenology of ecosystem processes: Applications in global change research* (ed. Noormets, A.), 87-117. Springer New York, NY.
- Ridley, H. N. 1930. *The dispersal of plants throughout the world*. L. Reeve & CO., LTD, Ashford.
- Risser, P. G. 1990. The ecological importance of land-water ecotones. In: *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones* (eds. Naiman, R. J. & Décamps, H.), 23-36. UNESCO, Paris.
- Risser, P. G. 1995. The status of the science of examining ecotones. *Bioscience*, 45: 318-325.
- Rodwell, J. S.(editor), Pigott C. D., Ratcliffe D. A., Malloch A. J. C., Birks H. J. B., Proctor M. C. F., Shimwell D. W., Huntley J. P., Radford E., Wigginton M. J. & Wilkins P. 2000. *British Plant Communities: Volume 5. Maritime Communities and Vegetation of Open Habitats*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Rodwell, J.S., Schaminée, J.H.J., Mucina, L., Pignatti, S., Dring, J., & Moss, D. 2002. The diversity of European vegetation: An overview of phytosociological alliances and their relationships to EUNIS habitats. National Reference Centre for Agriculture, Nature and Fisheries, Wageningen.
- Roleček, J., Tichý, L., Zelený, D. & Chytrý, M. 2009. Modified TWINSpan classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity. *Journal of Vegetation Science*, 20: 596–602.
- 堺 茂樹 2013. 三陸海岸, 高田海岸. 「日本の海岸」(柴山知也・茅根 創編), 24–25. 朝倉書店, 東京.
- Sakio, H. & Masuzawa, T. 2020. Advancing timberline on Mt. Fuji between 1978 and 2018. *Plants*, 9: 1537."
- 佐久島会 2008. 佐久島・三河湾島々の植物. 佐久島会, 刈谷.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亙理俊次・富成忠夫 1981. 日本の野生植物 草本III合弁花類. 平凡社, 東京.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亙理俊次・富成忠夫 1982a. 日本の野生植物 草本I単子葉類. 平凡社, 東京.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亙理俊次・富成忠夫 1982b. 日本の野生植物 草本II離弁花類. 平凡社, 東京.
- 佐藤俊男・滝沢則之 1994. 柏崎のイソニガナ生育地の現状報告. 新潟県植物保護, 16: 2.
- 澤田佳宏・津田 智 2005. 日本の暖温帯に生育する海浜植物 14 種の海流散布の可能性. *植生学会誌*, 22: 53-61.
- 澤田佳宏・中西弘樹・押田圭子・服部 保 2007. 日本の海岸植物チェックリスト. *人と自然*, 17: 85–101.
- 澤田佳宏 2014. 海浜植物のレッドリスト記載状況と保全上の課題. *景観生態学*, 19: 25–34.
- 島田直明 2014. 東日本大震災による津波が岩手県の海岸植生に与えた影響およびその後の植生再生と保全状況について. *植生情報*, 18: 44–54.
- 下田路子 1999. 湿地植生の特徴と保全-西日本の湿地の場合-. *植生情報*, 3: 23–32.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1995. *Biometry*. 3rd ed. W. H. Freeman and Company, New York.
- Steege, H. 1993. HEMIPHOT, a programme to analyze vegetation indices, light and light quality from hemispherical photographs. Tropenbos Foundation, Wageningen.
- 須賀 丈 2008. 中部山岳域における半自然草原の変遷史と草原性生物の保全. 長野県環境保全研究所研究報告 4: 17–31.
- 杉本順一 1938. 静岡縣文化叢書第 1 輯. 静岡縣の植物. 明文堂書店, 静岡.
- 鈴木兵二・伊藤秀三・豊原源太郎 1985. 生態学研究法講座 3 植生調査法II-

- 植物社会学的研究法一. 共立出版株式会社, 東京.
- 鈴木邦雄 1981. 塩生湿地草原. 「日本植生誌・九州」(宮脇 昭 編), 178-187. 至文堂, 東京.
- 鈴木邦雄 1987. 海岸崖地草本植物群落. 「日本植生誌・東北」(宮脇 昭 編), 238-242. 至文堂, 東京.
- 鈴木邦雄 1994. 日本の海岸植生・塩生植生. 日本海水学会誌, 48: 360-366.
- 鈴木昌友 1970. 茨城の植物. 茨城新聞社, 水戸.
- 鈴木昌友・清水 修・安見珠子・安 昌美・藤田弘道・中崎保洋・和田尚幸・野口達也 1981. 茨城県植物誌. 茨城県植物誌刊行会, 水戸.
- 鈴木隆介・高橋健一・砂村継夫・寺田 稔 1970. 三浦半島荒崎海岸の波蝕棚にみられる洗濯板状起伏の形成について. 地理学評論, 43: 211-222.
- 鈴木伸一・矢ヶ崎朋樹 2001. 石川県加賀海岸における海岸断崖地の湿生草原群落. 生態環境研究, 8: 75-80.
- 高山晴夫 1987. 三陸海岸. 「日本植生誌・東北」(宮脇 昭 編著), 414-419. 至文堂, 東京.
- Takayama, H. 1987. Coastal cliff vegetation in the Tohoku District, Japan. I. Zonation. Ecological Review, 21: 67-75.
- 高山晴夫 1987. 三陸海岸. 「日本の植生・東北」(宮脇 昭 編), 414-419. 至文堂, 東京.
- 田中徳久 2005. 神奈川県においてレッドデータ植物が集中して分布する地域の抽出. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学), 34: 47-54.
- 田中徳久 2006. 植物群落. 「神奈川県レッドデータ生物調査報告書2006」(高桑正敏・勝山輝男・木場秀久 編), 167-212. 神奈川県立生命の星・地球博物館, 小田原.
- 田中一雄 1998. 神奈川県におけるナガバノイタチシダの分布について. 神奈川自然史資料, 19: 101-104.
- 田中信行・井関智裕・北村系子・斎藤 均・津山幾太郎・中尾勝洋・松井哲哉 2016. 北海道におけるブナの潜在生育域と分布北限個体群の実態. 森林立地, 58: 9-15.
- Tatewaki, M. 1931. The primary survey of the vegetation of the Middle Kuriles. Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido Imperial University, 29: 127-190/
- 鐵 慎太郎・吉川正人・鮎川恵理 2017. 三陸北部の岩礁海岸に成立する小規模湿地の立地特性と植生. 植生学会誌, 34: 65-85.
- 鐵 慎太郎・星野義延・吉川正人 2021. 神奈川県三浦半島の岩石海岸における草本群落の立地条件および保全上重要な種との結びつき. 植生学会誌, 38: 17-35.
- Thorntwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, 38: 55-94.
- Tichý, L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. Journal of

- Vegetation Science, 13: 451–453.
- Tichý, L. & Chytrý, M. 2006. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science*, 17: 809–818.
- 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ 2011. 2011年東北地方太平洋沖地震津波に関する合同現地調査の報告. 津波工学研究報告, 28: 12–133.
- 藤間瀬子 1972. ウラギククラスおよびヨシクラス (塩沼地植物群落). 「神奈川県現存植生」 (宮脇 昭・青砥航次・青砥雄子・藤原一繪・古谷マサ子・浜田丈二・... 山口千代子), 219–235. 神奈川県教育委員会, 横浜.
- Tomaselli, V. & Terzi, M. 2019. Rocky coastal vegetation of the class Crithmo-Staticetea in the south-east of Italy. *Acta Botanica Croatica*, 78: 46–56.
- 富田啓介 2010. 日本に見られる鉍質土壤湿原の分布・形成・分類. 湿地研究, 1: 67–86.
- Traut, B. H. 2005. The role of coastal ecotones: a case study of the salt marsh/upland transition zone in California. *Journal of Ecology*, 93: 279–290.
- 塚田松雄 1984. 日本列島における約2万年前の植生図. 日本生態学会誌, 34: 203–208.
- 内山 隆 1998. 関東地方の植生誌. 「図説 日本列島植生史」 (安田喜憲・三吉教夫 編), 73–91. 朝倉書店, 東京.
- 植田邦彦 1994. 東海丘陵要素の起源と進化. 「植物の自然史」 (岡田 博・植田邦彦・角野康郎 編著), 3–18. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 上田萌子・服部 保・上甫木昭春 2014. 成ヶ島における塩生植物群落の種組成と地形条件および保全活動との関係. ランドスケープ研究, 7: 20–27.
- 植松晴雄 1951. フォッサマグナのもつ植物分類地理学的意義. 植物研究雑誌, 26: 1–8.
- Ungar, I. A. 1978. Halophyte seed germination. *The Botanical Review*, 44: 233–264.
- 薄井五郎・清水 一・成田俊司・柳井清治 1983. 日高地方における海岸段丘斜面の植生実態と崩壊. 北海道林業試験場報告, 21: 75–86.
- van der Maarel, E. 1993. *Dry coastal ecosystems: Africa, America, Asia and Oceania*. Elsevier, Amsterdam.
- van der Maarel, E. & van der Maarel-Versluys, M. 1996. Distribution and conservation status of littoral vascular plant species along the European coasts. *Journal of Coastal Conservation*, 2: 73–92.
- Wheeler, H. C., HØYE, T. T., Schmidt, N. M., Svenning, J.-C., & Forchhammer, M. C. 2015. Phenological mismatch with abiotic conditions—implications for flowering in Arctic plants. *Ecology*, 96: 775–787.

- Wilson, J. B. & Cullen, C. 1986. Coastal cliff vegetation of the Catlins region Otago, South Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, 24: 567-574.
- 山田麻子・大野啓一・奥田重俊 1998. 三浦半島南部小網代地区周辺の植生. *生態環境研究*, 5: 29-52.
- 山戸美智子・服部 保・稲垣 昇 2001. 面積の縮小や管理方法の違いが大阪平野南部の半自然草原の種多様性に及ぼす影響. *ランドスケープ研究*, 64: 561-564.
- Yang, H., Lu, Q., Wu, B., & Zhang, J. 2012. Seed dispersal of East Asian coastal dune plants via seawater – short and long distance dispersal. *Flora*, 207: 701-706.
- 矢野悟道・波田善夫・竹中則夫・大川 徹 1983. 日本の植生図鑑<II>人里・草原. 保育社, 東京.
- 横川昌史・自然と本の会 2018. 大阪府新産のグンバイヒルガオ（ヒルガオ科）と生育状況. *大阪市立自然史博物館研究報告*, 72: 43-45.
- 横山智子・及川武久 2001. 陸域環境研究センター圃場における 2000 年の C3/C4 混生草原の LAI と地上部バイオマスの季節変化. *筑波大学陸域環境研究センター報告*, 2: 37-39.
- 吉川正人・鮎川恵理 2014. 青森県の海岸植生に対する津波の影響. *植生情報*, 18: 41-43.
- 吉川虎雄・杉村 新・貝塚爽平・太田陽子・阪口 豊 1973. 新編 日本地形論. 東京大学出版会, 東京.
- 吉村泰幸 2015. 日本国内に分布する C4 植物のフロアの再検討. *日本作物学会記事*, 84: 386-407.
- 吉岡邦二 1942. 三宅島の植物群落. *生態学研究*, 8: 129-140.
- 湯本貴和 2010. 文理融合的アプローチによる半自然草原維持プロセスの解明. *日本草地学会誌*, 56: 220-224.
- 由良 浩 2000. 海岸の環境と海岸植物. *日本生態学会関東地区会報*, 48: 13-14.
- 由良 浩 2001. 岩石海岸と植生と環境. 「千葉県自然誌 本編 5 千葉県の植物 2 植生 県史シリーズ 44」(財団法人 千葉県史料研究財団 編), 329-334. 千葉県, 千葉.
- 由良 浩 2014. 砂丘植生を取り巻く危機的状況とその要因. *景観生態学*, 29: 5-14.
- 財団法人千葉県史料研究財団 (編) 2003. 千葉県の自然誌 別編 4 千葉県植物誌 県史シリーズ 51. 千葉県, 千葉.
- 財津一行・松岡健吾・太田 謙・波田善夫 2007. 岡山県前島の植生. *Naturalistae*, 11: 31-46.