

海岸林造成における砂草帯の幅について

坂本知己^{1*}

On the width of the sand grass zone in the establishment of coastal forests.

Tomoki Sakamoto^{1*}

要旨: 海岸林造成における砂草帯の幅の決め方について文献調査を行ったところ、砂草帯の幅の決め方を記したものを確認することはできなかった。クロマツ林にしなかった、あるいはできなかった樹林帯の海側の部分が結果として砂草帯になっていると考えられた。そこで、砂草帯の幅に対する考え方について提起した。砂草帯は常に砂草に被覆されているわけではなく、自らが捕捉した飛砂によって一時的に砂地になる。この一時的な砂地が、樹林帯前縁に到達しないことが砂草帯の幅の判断基準となる。すなわち、一時的な砂地が樹林帯前縁に到達するのであれば、砂草帯の幅は不十分と判断される。

1 はじめに

海岸砂丘地に造成された海岸林（樹林帯）の海側には砂草が生育する区域（砂草帯）があることが一般である。この砂草帯の幅について、かつて、「冬期間の飛砂に埋めつくされないだけの幅を確保することが理想である」（坂本，2013）と記したことがあるが、その際、必ずしも既存の知見を十分に確認したわけではなかった。そこで、海岸砂丘地に造成されたクロマツ海岸林において、砂草帯の幅がこれまでどのように決められてきたかを整理することとした。

なお、砂草には異なる用語が使われることがある。すなわち、砂草（諸戸，1921）のほかに、海岸植物（富樫，1939）、砂地植物（星野，1939）、砂丘植物（河田，1940）、好砂植物（原，1950）が使われている。以下の記載では、原文のまま引用する場合を除いて、基本的に砂草とした。

本論では海岸林を砂草帯と樹林帯から構成されるものとし、海岸林は砂草を含む概念として用いている。また、樹林帯は基本的にクロマツ林を想定している。

2 既存の知見についての確認方法

既報（坂本，2018）と同様に、まず、「治山技術基準解説 防災林造成編」（林野庁，2015a；以下、「技術基準」）での記載を確認した。続いてその元となったと考えられる海岸林造成に関する教科書、ならびに現場の実践例が記された報告書等を確認した。なお、実践の記録は特定の海岸林造成に基づいて書かれたもの、教科書は一般化して書かれたもの、と便宜的に区別したに過ぎず、後述の富樫（1939）は東北地方日本海側の海岸林造成に基づく教科書、河

田（1940）は生態学的な知見を関東地方太平洋側の海岸林造成に適用した事例で示した教科書と位置づけることもできる。

教科書は、諸戸（1921，1938）、伊藤（1948，1958）、原（1950）、林野庁（1959）、若江（1961）、飯塚（1964）、矢野（1968）、末（1969）、倉田（1979）、遠藤（1985）、金内（1985）、難波（1986）、石川（1988）、奥村（1991）、高谷（1991）、鈴木（1992）、遠藤（1992）、河合（1997）を参照した。

実践例は、まとまった記録として、農商務省山林局（1918）、三浦（1923）、金澤営林署（1938）、富樫（1939）、星野（1939）、河田（1940）、秋田営林局（1965）を参照した。なお、秋田営林局から出されている「秋田営林局管内海岸砂防事業概要」（1938）は、実質、富樫によるものとして参照した。一方、「秋田営林局管内の海岸砂地造林」（秋田営林局，1963）、「秋田営林局の海岸砂地造林」（秋田営林局，1965）は、富樫によって整理された海岸林造成法を、その後一部見直したものと位置づけられる。

3 「技術基準」における砂草に関する記述

「治山技術基準解説 防災林造成編」（林野庁，2015a；以下、「技術基準」）では、砂草植栽は覆砂工のひとつとして位置づけられ、①「砂草植栽は、砂草の繁茂による砂地表面風速の緩和効果及び根系の砂地表層の緊縛効果により、砂地を固定するものとする」、②「砂草は、海岸砂地の生育環境に適し、砂面の固定機能の高いものを選定するものとする」の2点が示されている。

「技術基準」の解説（林野庁，2015b）には、③「砂丘の造成が終了したら、森林造成箇所には、早急に静砂工を施して植栽を行うとともに、汀線付近の森林造成の困難な箇所には、覆砂工を行い、砂草の導入を図る」④「砂草植栽は、砂地を固定するものであるから、砂草が生育可能な砂丘面を植栽対象

¹ 森林総合研究所，Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687 Japan

*Corresponding author: safe@ffpri.affrc.go.jp

地とし、その全面に植栽する」、⑤「植栽対象地は、砂丘及び陸側砂地で砂草により砂の移動を防止する範囲とし、汀線付近については、波浪による侵食などを考慮して決定する」、⑥「植栽種の選定に当たっては、自然環境への影響を考慮して、在来種の利用に努める」とある。

①は砂草導入の目的、砂草の機能に、②、⑥は草本種に、③、④、⑤は砂草帯の範囲に関係する。これによれば、砂草帯を造成するのは、砂草が生育可能で森林造成が困難な箇所となる。

4 教科書での記述

諸戸（1921, 1938）は、前砂丘には砂草を、前砂丘の内陸側の平地ならびに後丘には樹木を使用するとした。ドイツの主要砂草として、*Ammophila arenaria*（ヨーロッパビーチグラス）、*Ammophila baltica*（*Ammophila arenaria* と *Calamagrostis epigejos*（ヤマアワ：ノガリヤス属）の雑種）、*Elymus arenarius*（ライムグラス：エゾムギ属）を紹介している。*Ammophila arenaria* は、フランス、英国、米国でも使われているとした。なお、これらはわが国には自生しない。諸戸は、わが国に自生する砂草29種についてその種名とその特徴を列挙したが、飛砂との関係に言及したのは「能く土砂を扞止す」と記したハマニンニクだけである。

伊藤（1948）は、2列の堆砂垣で前砂丘を造成し、堆砂垣が2回（2段）埋まった段階で砂草を植栽するとした。わが国で前砂丘に植栽するのに適する砂草を、ハマニンニク、ケカモノハシ、ハマエノコログサ、ハマスゲ、コウボウムギ等とした。前砂丘以外の植栽範囲を記していない。なお、砂草が飛砂を捕捉して埋まるにつれて前砂丘が高まり前砂丘の広がりに合わせて植栽範囲が広がると記している。

原（1950）は、基本的に諸戸（1921）の内容に、後述する富樫（1939）、河田（1940）の実践例を加えた構成になっている。砂草の導入については、諸戸（1921）の内容を倣ったものになっており、前砂丘が希望する高さとし、形を有するようになったとき植付けるとしている。なお、前砂丘以外の場所については言及していない。

伊藤（1958）は、伊藤（1948）の改訂版と位置づけられる。「前丘の築設及び維持のほか一般に飛砂地の固定にも多量の砂草を要する」として、砂草の増殖法に言及している。すなわち、砂草の植栽を前砂丘に限定していない。なお、具体的な砂草は、伊藤（1948）とは少し書き方を変えて、ハマニンニクを最適とし、他にコウボウムギ、ケカモノハシを記している。

林野庁（1959）には、「一般には前砂丘風上面には樹木を植えることは塩水や強風のため不適当であるので砂草植栽を行う場合が多い」と記されている。

若江（1961）は、前砂丘風上面には砂草植栽としている。なお、これ以外に砂草を植栽する場所に関する記述はない。

飯塚（1964）は、砂草被覆工を防浪砂堤ならびに前砂丘の固定のための覆砂工のひとつとして位置づけている。

矢野（1968）は、砂草をもって砂面を固定する工法として砂草被覆工を取り上げている。砂草被覆工の対象地については、前砂丘以外には明示していない。

末（1969）は、砂草を前砂丘の風上斜面の疎度を大ならしめるものとして位置づけ、前砂丘が所期の断面に達した場合は、時をおかず静砂工によって飛砂を完全に抑止し、あわせて強風、飛塩の害を防ぎながら砂防造林に着手するとしている。静砂工には、静砂垣、立工、伏工に並んで砂草植栽を位置づけている。「砂防造林に着手する」という記述と、他の静砂工の通常の実施位置から判断すると、砂草を植栽した場所にも樹木を植えることになる。

倉田（1979）は、「飛砂防止工によって自然に野草の侵入が促進されるが、早期に全面的緑化するには、コウボウムギ、ハマニンニク、ギョウギシバなどの地下茎、ほふく茎によって繁殖するものを主とし、ケカモノハシ、ハマススキなどを含めて筋状、面状に導入する」としている。ただし、早期に全面的に緑化する具体的な範囲については言及していない。なお、倉田（1958）は、ワセオバナ（ハマススキ）について、茨城県波崎の海岸林造成地で列状植栽された状況を確認し、飛砂防止用に利用価値があるとしていた。

遠藤（1985）は、「林縁部で枝下が高くなりすぎている時には風の吹き抜けを生じて不利であるので、すみやかに草類あるいは下木の植栽を計画すべきである」、また「飛砂の供給源である前砂丘をビーチグラスあるいはハマニンニクのような草類で被覆するのがよい」としている。すなわち、前砂丘だけでなく、林床も砂草導入の対象箇所になっている。

金内（1985）には、前砂丘には砂草を植栽し堆積面を被覆固定するとある。一方、「静砂工が完成した部分からその地域に適した樹種の植栽を行う」とある。「完成した部分」の解釈次第だが、砂草植栽は、静砂垣、立工、伏工と同列で静砂工に入れられているため、末（1969）と同様、砂草植栽箇所に樹木を植栽すると解釈される。

難波（1986）は、「砂草類は飛砂を生じやすい人工砂丘の表面や汀線側飛砂地の緑化に効果的」と記している。なお、砂草類としては、コウボウムギ、ハマニンニク、ケカモノハシ、ギョウギシバ、オニシバを記し、比較的条件のよいところでは一般緑化工用のウイーピングラブグラス、ケンタッキー31フェスク、メドハギが使えるとし、「飛砂の多いと

ころではハマニンニクやアメリカンビーチグラスなどがすぐれている」としている。

石川 (1988) は、飛砂が林内に侵入するのをできるだけ防止するために、林の風上側の砂面を砂草で被覆するとしている。砂草帯を前砂丘に限定していないが、樹林帯の前縁の位置については言及していない。

奥村 (1991) は、前砂丘は適当な砂草で被覆して砂を固定するとしている。

高村 (1991) では、造林地内の砂の移動を防ぐために静砂工、覆砂工、砂草被覆工を行うとしている。造林地を狭い意味での植林地と解釈すると、末 (1969)、金内 (1985) と同様、砂草で被覆した場所に樹木を植えることになる。

鈴木 (1992) は、前砂丘をはい上がった砂が後方の樹林帯を攻撃することを避けるために、前砂丘を植生で被覆することが絶対に必要と強調している。

遠藤 (1992) では、砂草植栽は、前砂丘の砂面

の安定を図る覆砂工の一つとして位置づけられている。

河合 (1997) では、「海岸線側の強風地帯で樹木の成立の見込みのないところで長期的に砂地を固定するため砂草を植栽して静砂する」と、林野庁 (1959) に対応した記述になっている。

これらの教科書に記載されている具体的な砂草は 20 種類を超えるが、ほとんどの教科書に共通して掲載されているのは、ハマニンニクとコウボウムギである (表 1)。

ハマニンニクは、諸戸 (1921) が紹介した砂草の中で飛砂との関係に言及した唯一の種である。新潟県を中心に研究を進めた伊藤ほか (1954) は、前砂丘に植栽する植物としてハマニンニクは他の追従を許さないとしている。なお、伊藤 (1958) は、ハマニンニクが自生しない中部以南は、それに替るものとして福井県坂井郡稗村 (現在は福井市) での観察から落葉灌木のハマゴウがよいとした。

表 1. 教科書に記された海岸林造成に用いられる砂草の種類

著者	伊藤	原	伊藤	林野庁	若江	飯塚	矢野	末	倉田	遠藤	金内	難波	石川	奥村	高谷	鈴木	遠藤	河合
発行年	1948	1950	1958	1959	1961	1964	1968	1969	1979	1985	1985	1986	1988	1991	1991	1992	1992	1997
ウンラン						△												
オニシバ		○		○	○	○	△	○			○	○					○	○
カワラヨモギ						△												
ギョウギシバ						△			○			○						
ケカモノハシ	○		○	○	○	○	△	○	○		○	○	○	○				○
コウボウシバ							△											
コウボウムギ	○	○	○	○	○	○	△	○	○		○	○	○	○		○	○	○
シロヨモギ						△		○										
スナピキソウ						△		○										
ハマエノコログサ	○																	
ハマエンドウ						△	△	○										
ハマギク						△	△											
ハマスゲ	○						△											
ハマゴウ		○	○	○	○						○							
ハマゴボウ						△												
ハマニガナ						△	△	○										
ハマニンジン						△												
ハマニンニク	○		○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ハマハタザオ						△												
ハマヒルガオ						△	△	○										
ハマベノギク							△											
ハマボウフウ						△	△	○									○	
ハマヨモギ							△											
マツヨイグサ						△		○										
メドハギ												○						
ワセオバナ							△		○							○		
アメリカンビーチグラス						△			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ウィーピンググラス						△			○			○			○	○		
ケンタッキー31フェスク												○			○			
パーミューダーグラス																○		

注：ハマゴウは木本であるが、砂草に準ずるものとして掲載した。飯塚 (1964) は、本文に記されたものを○、その他として注釈記されたものを△とした。矢野 (1968) は、網羅的に紹介していると解釈して△とした。鈴木 (1992) は表にあるもののほかに出現種を記している。

また、外来種のアメリカンビーチグラス（オオハマガヤ：Ammophila breviligulata）は、倉田（1979）以降は全てに登場する。これらにケカモノハシ、オニシバが続き、それらが主要草種と考えられる。なお、ケカモノハシについては、団状に群生するために堆砂が均質ではなく、砂面に凹凸ができて一様な堆砂面とはならない欠点が指摘されている（山本，1923；富樫，1939；加沢・高橋，1959；金内，1985）。

5 実践の記録にける記述

5.1 農商務省山林局（1918）

国有林海岸砂防植栽事業の参考として、当時の海岸林造成の主要箇所である水林国有林（秋田県，1899 年事業開始）、大聖寺海岸国有林（現在の加賀海岸国有林：石川県，1911 年事業開始）、吹上浜国有保安林（鹿児島県，1899 年事業開始）の沿革、成績の概要が記されている。これは、諸戸（1921）以前に出されている。

水林国有林については、飛砂の安定するのを待たずに植栽した場所は成績がよくないことが記され、今後の方針として、草本ではないが、グミ、ネム、ハイネズ等を植えてからそれらの安定を待ってクロマツを植栽することを記している。

大聖寺海岸国有林では、雑草木叢生しているところでは飛砂の憂いなきとして、草本の効果を認めているが、積極的に砂草を植栽した記述はない。

吹上浜国有保安林では、事業の種類として、砂防垣（堆砂垣）工、羊歯埋立工、雑草小灌木植付け、クロマツ植栽を記している。砂地が固定されるとススキ、ハムギ等の雑草が発生すること、さらに飛砂を抑えるためには雑草、小灌木の植付け、クロマツ植栽が必要としている。なお、雑草の植栽はクロマツ植栽の予備事業なので飛砂の状況が抑えられている箇所については、その必要はないとしている。

共通するのは、砂防垣（堆砂垣）で地形を整え、地表を安定させることと、それだけでは植栽にあたって飛砂の発生を十分に抑えられないので、クロマツの植栽に先立って雑草、小灌木の植付けを行っていることである。なお、砂草という用語は使われていない。

5.2 三浦（1923）

三浦（1923）の報告によれば、新潟市海岸砂防林造成事業は、元々は 1901 年から国有地で国が実施していたところ、1904 年に日露戦争で経費不足で再び荒廃し、払下げを受けて 1908 年から新潟市が進めたものである。塵芥汚泥工を実施した箇所で雑草が繁茂することを認めているが、積極的な砂草植栽については記していない。なお、地盤の固定と造林目的で苗畑で挿木で 1 年かけて発根・生育させ

たグミ¹を使っている。ただし、成績はよかったが、経済的な理由で使わなくなったと記されている。

5.3 金澤営林署（1938）

砂濱国有林（現在の加賀海岸国有林）では、砂地を安定させるために、堆砂垣を海岸砂丘全体にわたって配置した。また、その配置の仕方を随時見直している。

国有林の事業は、1911 年から実施されているが、前砂丘の造成は第二次計画の 1916 年からである。前砂丘は当初一列の堆砂垣で作られたが安定せず、1924 年度から堆砂垣を 2 列に変更している。それでも前砂丘は安定せず、1928 年以降は、さらにチガヤ、ハマゴウ、コウボウムギ、ハマニンニク等を毎年補植し、その上に敷き菰、敷き藁を施工している。これは部分的には効果が見られたが、安定した前砂丘にはならなかった。

前砂丘が安定したのは、1933 年以降、汀線に平行な堆砂垣に翼砂垣、小翼砂垣を設置し、海側斜面にハマゴウ、アキグミの網状植栽、ネムの筋状植栽、内陸側斜面にクロマツ、ネム、グミ等の混植を実施してからであった。なお、本文には、コウボウムギ等も植栽したとあるが、掲載されている配置略図には草本はなく、飛砂の安定とともに「コウボウムギ、ハマゴウ、ハマヒルガオ、ハマグルマ、ウンラン、スナビキソウを主」とする海岸植物が繁殖するようになったとある。主ではないが、ハマニンニクも記されている。

5.4 富樫（1935，1939）

富樫（1939）には、秋田県と山形県で実施されてきた海岸砂防事業に基づいて、海岸林の造成法がまとめられている。その中にハマニンニクの網状植栽が行われた写真が載せられていることと編柵工によって造成した防浪砂堤にコウボウムギ、オニシバ、ケカモノハシ等を植付け固定することの重要性を強調している。富樫（1937a）にも、防浪砂堤について「計画高に達すれば砂草を植栽して固定する」とある。従って、砂草の植栽は行われていたと考えられるが、堆砂垣によって造成した前砂丘を砂草で固定することについては言及していない。

実質的な著者が富樫と考えられる秋田営林局（1938）では、前砂丘とその海側を灌木、砂草類の生育地としている。そして、灌木の植栽に関する記述はあるが砂草の植栽は確認できず、「砂草の生育を誘致させ」という表現が見られる。

富樫（1939）は、「何處迄も砂防が主で、植栽は従でなければならない」として、飛砂の安定した箇所からクロマツ植栽を広げていくことの重要性を強

¹ アキグミと思われる。

調している。そして、飛砂の安定した箇所には砂草が発生するようになることを記している。

また、富樫 (1935a) には、「海岸砂防の終極の目的は海岸植物を成るべく底辺付近近くに駆逐して内陸植物をして之に代らしむる状態に導くに在る」という記述がある。これは、できれば砂草を内陸性植物に置き換えていきたいと考えていたことを意味し、富樫の目標とする海岸林の姿には、砂草帯は描かれていなかったのかもしれない。

5.5 星野 (1939)

星野 (1939) は、1932 年ころから実施された猿ヶ森地方 (青森県) の海岸林の造成で、整形した砂丘に葎草を用いた覆砂工を実施した際に、試験的にススキ、雑草、イタチハギ、クロマツ等を植栽している。これについては見るべき生育はほとんどなかったが、4 年後、砂地植物が自然に多数発生しているのを確認したと記している。砂草植栽にあたるものはこの試験的な植栽のみで、本格的な実施はしておらず、意識的に砂草帯を造成しようとした記述はない。

5.6 河田 杰 (1940)

河田 (1940) には、1917 年から実施された村松海岸 (茨城県) で行われた海岸砂防試験事業 (海岸林造成) について、考察編、事業編、参考編に分けて整理されている。考察編は生態学的な視点からの海岸林造成の考え方を述べたもので、植生連続 (植生遷移) の概念に照らし合わせて、荒地造林 (海岸林造成) においては地表の静止 (飛砂の抑制) が不可欠であることを説いている。時間的な植生の変化について説いている一方で、空間的な変化、即ち砂草帯から林帯への変化については言及していない。

また、事業編には実践した具体的な手順を整理しているが、砂草を積極的に導入したことは記しておらず、人工砂丘の造成後、それを固定するために砂草を導入することも記していない。参考編には砂丘植物の全国的な分布について簡単に記しているが、海岸林造成との関係で触れているわけではない。

なお、ここまでの実践例は、諸戸 (1921) の教科書と伊藤 (1948) のそれとの間に出されている。

5.7 秋田営林局 (1963)

秋田営林局 (1963) は、富樫 (1939) が体系化した海岸林造成法に、戦後新たに導入された肥培管理、砂草の積極的導入、薬剤処理等の方法を加えた。すなわち、少なくとも東北日本海側では、砂草の積極的導入は富樫 (1939) 以降ということになる。

富樫が「砂地造林は植栽によって飛砂を静める」という考え方はいけないことで、何処までも砂丘によって地形を整理して飛砂を静め、これを永久的に

安定、固定するために植栽するものである。従って植栽は急いではないし、砂防が主で植栽が従である」していたものを、それでは前砂丘とその前後の固定が困難で、「前砂丘に対しては積極的に砂草と肥培で固定する」とした。なお、このことについて「砂防を主とし、植栽を従とした考え方から、植栽を主とし、砂丘を植栽導入の手段としたもの」と位置づけているが、基本的な考え方は必ずしも富樫と変っていないと筆者は解釈している。

積極的な砂草の導入を可能としたのが、冬期でもある程度、砂地を被覆するハマニンニク、アキグミの利用とこれらを増殖する肥培法の進歩としており、「従前、砂地特に汀線より強風地帯を被覆固定する適当な砂草が無かったこと、又これらを積極的に増殖する肥培法が無かった」としている。ただ、その通りだとすると、富樫 (1937a, 1939) が計画高に達した防浪砂堤にコウボウムギ、オニシバ、ケカモノハシ等を植付け、固定することが重要としていたが、前砂丘より海側にある防浪砂堤はより条件は厳しいので、砂草で固定することは実際には難しかったのではと思われる。

なお、由良 (2006) によれば、秋田県の砂草帯はオオハマガヤ (アメリカンビーチグラス) に広く覆われていた。秋田営林局 (1963) にはハマニンニクとあるが、その後、より砂地を固定する機能の高いアメリカンビーチグラスに変更されたことの他に、1950 年代に導入されるようになったアメリカンビーチグラス (原・田中, 1958) がハマニンニクに混じって導入された可能性も考えられる。なお、秋田県では 1961 年度、1963 年度に、アメリカンビーチグラスの植栽試験をしている (松岡, 1966)。

秋田営林局 (1963) では、また、それまでの方針を変更して前砂丘の完成を待たずに後方のクロマツ植栽を開始するようにした。これは、前砂丘完成後に比べて、堆砂垣で飛砂を捕捉している期間の方が植栽地への飛砂が少なく、最も保護を必要とする植栽木の活着、初期生育にとって有利と判断したからであろう。なお、荒木ほか (2015) は、堆砂垣の後方に移動する飛砂は 0.1 %程度であるが、堆砂垣の高さ 0.5~0.7 まで堆砂すると 1 %程度になり、満砂すると 10 %程度が後方に通過するとしている。

6 既存の知見の整理

富樫 (1937a, 1939) は、計画高に達した防浪砂堤にコウボウムギ、オニシバ、ケカモノハシ等を植付け、固定することが重要としたが、それを除くと、砂草の出現・繁茂をむしろ飛砂の落ち着いた場所を判断する材料に使って、クロマツを植えられる場所を決めた。その後に秋田営林局 (1963) は、富樫 (1939) の技術体系を見直し、砂草を積極的に導入

するようにした。すなわち、少なくとも東北日本海側では、富樫（1939）の段階では、砂草の積極的な導入は行われていなかったことになる。河田（1940）は、人工砂丘で環境を整えながら富樫に比べて規則的に内陸側から植えていったが、富樫同様、砂草帯はとくに設定していない。1940年までのその他の実践例にも、予め砂草帯の範囲を設定したものは見つけられなかった。諸戸（1921）には砂草の重要性が記されているが、秋田営林局（1963）が富樫（1939）の技術体系を見直すまで、実際の現場での砂草の導入は、技術的には確立していなかったのではないかと考えられる。

このことに関連して、田中・佐伯（1954）は、「我国に於ける飛砂地の砂草被覆工が種々の長所が認められながら余り実施されなかったのは主として飛砂固定能力の大きな砂草類に欠けているものと思われる」と記している。そして、従来の土木の工事に代えてアメリカンビーチグラスを導入したところ、生育がよく砂地を覆い、飛砂固定能力が高いことを確認している。吉田（1959）も、鳥取県では「前砂丘を固定するに好適な草類に恵まれていなかったので、堆砂垣により飛砂を防止し」ていたが、原、田中の一連の研究成果（原・田中、1958）に基づいてアメリカンビーチグラスの導入を1959年度事業に組み入れたと記している。すなわち、1950年代に鳥取県で外来のアメリカンビーチグラスの導入が精力的に進められたのは、諸戸（1921）が紹介した海外の砂草導入事例を現場で展開するにあたってわが国には適当な砂草がなかったことが背景にあったとされている。

ただし、立石（1989）は、「藩制時代はともかく、明治末年にはハマニンニクやコウボウムギなどの砂草が、庄内砂丘においても地元民によって植栽されていた。ただ、当事者がこの事実注目しなかっただけである」と記している。その一方で、砂草植栽について不明点が多いこと、砂草（ハマニンニク、萱）の生育が不良であったことを示唆する記録に触れていることから、砂草は植栽されていたが、技術的には確立していなかったのではないかと考える。

以上のことから、諸戸（1921）の海外事例の紹介によって、前砂丘の固定を中心として砂の移動を抑えるために砂草の導入が有効なことは知られていたが、ハマニンニクを除いて適当な砂草がなかったために、あるいは、導入技術が開発されてなく、積極的に技術展開されるようになったのは1950年代と考えられる。そのため、1950年代までは、クロマツが植栽されなかった砂浜以外の砂地が、結果として砂草帯として残ったと理解するのが妥当と考える。

「技術基準」の解説（林野庁、2015b）には、被覆することで飛砂の発生を抑えることを目的とした

砂草の導入が明示されている。その対象となる場所は、樹木が生育できず砂草が生育できる所で、具体的には前砂丘およびその陸側の砂地としている。その具体的な範囲には言及していないが、林帯の海側の砂地という意味合いと解釈される。教科書の中には砂の動きが激しいときには林縁部や造林地内にも砂草を導入すると記すものもあったが、基本的には教科書でも、砂草帯とするのは、環境が厳しく樹林を成立させるのが難しいが、砂草なら導入できる場所という表現に止まる。従って、どこを砂草帯とするか、あるいはどこが砂草帯として残るのかということについて判断する方法は示されておらず、砂草帯と樹林帯との境を具体的に決定する方法や考え方は示されていない。言い換えれば、1950年代以降も砂草帯の幅の決め方は記されてこなかった。

砂草帯の幅が計画されたものではなく、結果としてマツ林にしなかったところ、できなかったところが砂草帯だとすると、その幅は合理的なものか、すなわち、狭すぎたり広すぎたりしないかという疑問が生じる。次章では、砂草帯の必要幅について議論するきっかけとして私見を展開してみたい。

7 砂草帯の必要幅に関する考え方

砂草帯と樹林帯とをどのように配置するかは、それぞれに期待する役割が関係する。そこで、飛砂害防止という点から海岸林（砂草帯＋樹林帯）の役割、砂草帯の役割を確認した上で、砂草帯がその役割を果たすのに必要な幅について考えたい。

7.1 海岸林の役割

海岸砂地に造成する海岸林の目的は、砂地を植生で覆うことで、表砂の移動、すなわち飛砂の発生を抑え、背後の保全対象（生活・生産空間）に飛砂害が生じないようにすることである。従って、海岸林の幅は、海岸砂地の広さに対応する。港湾建設など土地利用によって砂地が減少すれば、飛砂発生源としての荒廃砂地が減るわけであるから、必要な海岸林の幅は狭くなる。

海岸林の働きは飛砂の発生を抑えること、すなわち発生源対策が第一義であるが、海岸林の造成後も波浪のために植物が生育できない砂浜が飛砂の発生源として残るため、海岸林には、飛砂の発生を抑えることに加えて発生した飛砂を捕捉すること、すなわち緩衝帯としての働きも必要である。

7.2 樹林帯の緩衝帯としての特徴

樹林帯が一定幅以上あれば、飛砂のうち葡行、転動するものは林帯内に停止するので、樹林帯の実用的な捕捉率は100%とみなしてよいだろう。砂草帯も飛砂を捕捉するが、ハマニンニクやアメリカンビーチグラスなどの背丈の高い種類で全面的に被覆

されていない限り、葡行・転動によるものであっても飛砂は通過するので捕捉率 100%とはならない。そのため、砂草帯だけでは緩衝帯としての機能は果たせず、海岸林としての飛砂に対する緩衝機能は、これを樹林帯が担っている。

飛砂は前縁部を除いて風速が飛砂の移動限界以下になる林帯内を移動できないので、樹林帯に到達した飛砂は樹林帯全体ではなく前縁部分に堆積する。堆積する飛砂の厚みには上限（最大捕捉厚）があり、それは樹高を超えない。最大捕捉厚に達した樹林帯の前縁部は砂地になり、その後の飛砂はその砂地を通過し、内陸側の新たな前縁部を順次埋めて砂地を広げていく。

クロマツは、最大捕捉厚に達すると、飛砂を捕捉できなくなるだけでなく枯死する。枯死して枝葉を失ったクロマツは、それまでに捕捉した砂の再移動を抑えられなくなるので、飛砂に埋もれた箇所は、飛砂が通過するだけでなく、いずれ飛砂の発生区間（発生源）となる。捕捉した飛砂が再移動した箇所には枯れた樹木が姿を現す。すなわち、飛砂が続く場所では時間軸を長くすると、樹林帯は飛砂の通過区間であり、緩衝区間として働くのは一時的に過ぎない。

樹林が飛砂に埋もれて砂地になり、その砂地が風食を受けて、かつての樹林が立ち枯れた樹木の集団となって再び姿を見せることは、富樫（1939）が報告しているし、星野（1939）もかつて飛砂で埋没したヒバ林が再び姿を見せたと推定される状況を記している。そして、岡本ほか（2000）は、このヒバ林の埋没が過去にも繰り返されていたことを明らかにしている。

すなわち、樹林帯は飛砂を確実に捕捉し、砂草帯に比べて最大捕捉厚は大きい。飛砂が供給される限り、前縁から砂地になり、緩衝機能だけではなく飛砂の発生を抑える機能も失う。樹林帯を長く存続させるためには、樹林帯に到達する飛砂量をできるだけ少なくする必要がある。

7.3 砂草帯による飛砂の捕捉

立石（1989）は、秋田営林局管内の海岸砂地造林事業は 1963 年度でほぼ終了し、その後は、造林地への飛砂の侵入を防止するために、多大な事業費が組まれ造林地の前面に砂草が植栽されたとしている。これは、砂地の樹林帯の存続に砂草が必要なことを示している。

飛砂の発生を抑える働きならびに緩衝帯としての働きにおいて、樹林帯が砂草帯に勝るのであれば、樹木が生育できない場所だけ砂草帯にするという考え方でよい。すなわち、砂草帯については樹木が生育できない場所からの飛砂の発生を抑える働きを評価し、飛砂を捕捉する働きは評価する必要がない

かと問われれば、以下で述べるように否である。

教科書では砂草被覆工の目的を、飛砂の発生を抑えることとしているが、微地形の影響によらずに砂草が飛砂に埋まることは、見方を変えれば、砂草が飛砂を捕捉したことにはほかならない。樹木に比べて格段に丈の低い砂草が飛砂を捕捉できるのは、飛砂の大部分が地表付近を移動しているからである。例えば、田中（1962）は、飛砂量の 80%程度が地上 10 cm、95%程度が地上 20 cm までに、石川ほか（1964）は、90%以上は地上 20 cm 以内、荒巻（1971）は、90%以上が地上 30 cm の範囲内に集中し、地上 1 m 以上の飛砂量はきわめて少なく、10 m/s の強風時でも全体の飛砂量の 0.1~0.01 %に過ぎなかったとしている。

造成された砂草帯は、砂地からの飛砂の発生を抑えるだけでなく、緩衝帯としても機能して樹林帯に到達する飛砂量を抑えることになる。

7.4 砂草帯の緩衝帯としての特徴

寺崎（1919b）は、能代後谷地国有林（秋田県）について「クロマツ林を造成するは本砂丘とその前面の砂丘に止め前砂丘には造林せず唯草生地として茲に波打ち際より吹き上ぐる砂を吹きたまらむる事としたる工夫とその実現は称賛に値ある」と砂草帯の飛砂捕捉機能を認め海岸林を造成した先覚者を高く評価している。そしてそれゆえ、「草生地は勝手に草を採取せしめ又牛馬を放ち彼等の荒廢するにまかせ何等の取締をなさず且つ草生地の一部たる前砂丘の破壊を修理する事なく烈風の破壊するに任し居る」と当時の現状を批判した。

砂草帯は、樹林帯と同様、飛砂を捕捉することで自らは砂に埋まり砂地になり、捕砂機能を失い完全な飛砂の通過地帯に変る。緩衝帯から通過帯への変化は海側から林帯に向かって順次拡大する。しかもこの拡大の速度は、最大捕捉厚が少ない分、樹林帯に比べて格段に早い。しかし、このようにして砂地になった箇所の砂草は、埋もれても飛砂の発生を抑えている（虞・奥村，2001；虞ほか，2001）。また、埋もれて枯死するわけではなく、翌春、砂地の上に新たに地上部を展開して飛砂の発生を抑制する機能、飛砂を捕捉する機能を回復させる。このように、砂草帯の飛砂捕捉機能は樹林帯に比べて不完全で、最大捕捉厚が少ないために樹林帯と比べて極めて短期間に失われるが、回復する点で樹林帯と異なる。

砂草帯の最大捕捉厚は、樹林帯のそれと比べると格段に少ない。秋田営林局（1963）が海岸林の造成手順を見直したように、堆砂垣に劣るかもしれない。しかし、堆砂垣が飛砂を捕捉できるのは満砂までである。また、堆砂垣に限らず、人工工作物（死物材料）は劣化するので、飛砂の発生抑止、飛砂の

捕捉の効果は一時的であり、次第に失われる。

そこで重要になるのが活物材料の砂草である。砂浜からの飛砂が樹林帯に到達するのを継続して緩和するためには、例えその能力が不十分でも砂草帯が必要である。

海岸林造成において砂草は砂地を固定するために、すなわち飛砂の発生を抑えるために植えられており、飛砂の捕捉機能を評価する記述は教科書等には見当たらなかった。しかし、時間軸を延ばすと、樹林帯は埋砂に弱く、砂草が飛砂を捕捉する働き、すなわち、砂草帯の樹林帯に対する緩衝帯としての働きが必要である。

7.5 砂草帯の必要幅の評価

砂草帯の前縁の位置は、できるだけ広く砂地を植生で覆うために「可能な限り汀線に近く」で異論はないだろう。問題は、樹林帯と砂草帯の境界、すなわち、樹林帯の前縁の位置である。

「技術基準」の解説（林野庁、2015b）には、汀線付近の森林造成の困難な箇所には砂草の導入を図ることと記されている。森林造成の可否は、植栽木が活着できるという一時的な条件だけでなく、その後の生育まで含めて判断する必要がある。植栽木が、成林後も飛砂に埋もれて枯死しないことが重要である。そのためには、砂草帯は樹木の活着可能性から判断する場合より広く設定する必要がある。森林造成が困難な場所は汀線付近に限定されずより内陸側まで含める必要がある。

このように考えると、砂草帯は、空間としての捕砂機能を失わないためには広い方が有利で、一部は砂地（飛砂の通過区間）に変わったとしても、少なくとも一部は年間を通して砂草帯（捕砂帯）として残るだけの幅が必要になる。具体的に必要な幅は、対象地の飛砂発生量のほか、砂草の種類や被覆度・密度によって飛砂捕捉率、最大捕捉厚が異なるので、場所によって異なる。

寺崎（1919a）は、能代後谷地国有林と本荘水林国有林（いずれも秋田県）についての所感で、前者は、クロマツ林の前の海岸植物が多く生育する砂浜地（砂草帯）が広く後者は狭いが、両者に海岸林造成の考え方に違いはなく、飛砂をもたらす風向・地表の起伏の違いが反映されたものとしている。極めて簡単な記述のみで具体的にどのような条件の違いが砂草帯の幅にどのようにして反映されるかは記していないが、砂草帯の必要幅が現地条件によって異なること、そして森林造成が困難な場所が汀線付近に限定されないことを指摘している。

具体的に必要な砂草帯の幅を諸条件から導くには知見が不足しているので、海岸林造成技術としては、既存の海岸林を参考に樹林帯前縁を設定し、砂草帯が砂地に変る状況からその位置を調整すること

が現実な方法と考える。

調整にあたっては、適正と考えられる幅と比べて現状が十分かどうかを砂草帯の状況で判断する。砂草帯の幅が不十分な場合、砂草帯は回復する前に全面的に飛砂の通過域となり、拡大した砂地が樹林帯前縁まで広がる。こうなった場合、砂浜からの飛砂は砂草帯で捕捉されることなく樹林帯前縁まで達する状況となっているので、その後の砂浜からの飛砂のほぼ全量が樹林帯前縁付近に生じる減風域に堆積し、前縁木が埋砂されていく。このような状態は、砂草帯の幅が不十分であると判断される。

砂草帯の幅が不足すると判断された場合、既存の砂草帯の幅を広げることが考えられる。それは、造成した樹林帯の前縁の位置を内陸側にずらすことを意味し、管理者は難しい決断を求められるが、少なくとも造成初期に植栽木が飛砂で埋没することを繰り返す場合には、有力な選択肢のひとつである。

7.6 土地利用の影響

樹林帯前縁は前砂丘の内陸側なので、前砂丘と汀線の距離を砂草帯の幅と読み替えれば、砂草帯の幅が場所によって異なることについては、富樫（1937b）も指摘している。すなわち、砂草帯が秋田県で広く、山形県で狭いことについて、「秋田県は汀線と前砂丘との間を草生あるいは灌木地帯として海中より打ち上げられる砂をこの地域に撒布する。即ち飛砂の清浄地として設けたものであった」、「砂防技術のみより観る時は往時秋田県に於て採り来つた方法は施工も容易であり、且つ安全性を有する」と記している。そして、山形県で砂草帯が狭いことについて、富樫（1935b）は利用できる土地をできるだけ広くするために砂をできるだけ海側で処理しようとしたからとしている。すなわち、砂草帯の幅は、技術的な面だけでなく、土地利用の影響を受けることを指摘し、砂丘地の利用が進展するに従い、秋田県でも山形県のように前砂丘と汀線の間を狭くすることが求められると予想した。

7.7 砂草帯の時間的な変化

先に必要とする砂草帯の幅は、砂草の種類によって異なると述べたが、砂草が砂の動きに影響することで、砂草の種類は時間的に変化することが考えられる。例えば、飛砂固定・飛砂捕捉率の高いアメリカンビーチグラスは、飛砂を止める第一段階の植物であって、その後、より持続性のある植物を第二段階で導入するとされている（Whitfield and Brown, 1948）。倉田（1979）は、「外来草を緑化施工当初に導入するのは、初期の土地保全を早期・確実にする手段としてすぐれているからで、その後も長年にわたって生存することを必ずしも期待していない。つまり、いずれは郷土植物の飛来を待つて定着・発芽

をうながす手段におとりの誘導植物として使うのである」としている。鈴木(1992)も、「外来牧草は最前線の貧養地域では持続性がなく、これらが衰退する前に長期安定型のコウボウムギやハマニンニクなどの在来の植生に速やかに移行するような工夫が必要である」としている。また、檜山(1971)は、酒田の海岸林(山形県)に関して、砂草帯が、導入されたハマニンニクからより安定地型のカワラヨモギ、チガヤなどに変わりつつあることを報告している。

砂草の種類によって飛砂捕捉能力は異なることと、砂草の種類が時間的に変化することを考慮すると、造成段階では砂草帯の幅にはゆとりをもたせておく必要がある。

8 おわりに

わが国の海岸林の造成において砂草帯の幅がどのように決められてきたのか文献を繙いたが、砂草帯の幅の決め方を記したものは確認できず、クロマツ林にしなかった、あるいはできなかった海側の砂地が結果として砂草帯になっているのが実情と考えられた。

そこで、砂草帯の幅に対する考え方を記し、今後の叩き台として提示することにした。砂草帯は常に砂草に被覆されているわけではなく、自らが捕捉した飛砂によって一時的に砂地に変る。一時的というのは、砂草は砂に埋もれても枯死するわけではなく、再び砂地の上に地上部を展開するからである。従って、一時的に広がる砂地が、樹林帯前縁に到達しないことが砂草帯の幅の目安となる。なお、それで十分というわけではなく、一時的な砂地が樹林帯前縁に到達するのであれば、砂草帯の幅は不十分と判断されるというだけである。

砂草帯は、年々、砂浜からの砂を捕捉し続けるので、捕捉した砂の厚み分、上昇する。また、砂草帯の飛砂捕捉率は樹林帯に比べて低いので、最大捕捉厚に達する前であっても、砂草帯を通過した飛砂が樹林帯に到達する。砂草帯を通過した飛砂は、樹林前縁付近の減風域に堆積する。その結果、飛砂量によるが、前縁付近の砂草帯は最大捕砂厚を超えて上昇する。砂草帯や前縁付近の地盤上昇の予測と、そのまま放置することを含めてこれへの対処は今後の海岸林管理技術の課題のひとつであろう。

砂草帯の導入が積極的に技術展開されるようになったのは1950年代と考えられるとしたが、アキグミ、ネムノキなどを肥料木としてクロマツと混植したり、犠牲林帯としてクロマツの植栽に先立って仕立てたりすることは行われていた(例えば、農商務省山林局, 1918; 岸田・山崎, 1934; 金澤営林署, 1938; 秋田営林局, 1938; 富樫, 1939; 原, 1950)。今回は砂草帯に焦点を当てたために扱わなかったが、主林木以外の木本の使い方についても技術的な整理

が別途必要と考える。

9 文献

- [1] 秋田営林局(1938) 秋田営林局管内海岸砂防事業概要. 43pp
- [2] 秋田営林局(1963) 秋田営林局管内の海岸砂地造林. 71pp
- [3] 秋田営林局(1965) 秋田営林局の海岸砂地造林.
- [4] 荒木誠一・志賀守・片野明良・伊藤義将・坂井良輔(2015) 面的防護方式による飛砂対策工の効果. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 71, 661-666
- [5] 荒巻 孚(1971) 海岸. 犀書房, 426pp
- [6] 遠藤治郎(1985) 海岸防災林の機能評価と配置. 砂防学体系シリーズⅢ-9 海岸の砂防, 砂防学会監修, 石崎書店, 45-50
- [7] 遠藤治郎(1992) 海岸砂防緑化. 環境緑化工学, 小橋澄治・村井宏・亀山章 編著, 朝倉書店, 188pp, 122-125
- [8] 原勝(1950) 砂防造林. 朝倉書店, 257pp
- [9] 原勝・田中一夫(1958) 砂丘固定草としてのビーチグラスについて. 砂丘研究, 4 (2), 21-26
- [10] 星野彌平(1939) 猿ヶ森地方海岸砂防林の実態と其の特異性に就て. 昭和十三年度日本林學會大會講演集, 767-798
- [11] 飯塚 肇(1964) 森林防災学. 森北出版, 358pp
- [12] 石川政幸(1988) 森林の防霧, 防潮, 飛砂防止機能. 森林の公益機能解説シリーズ, 日本治山治水協会, 83pp
- [13] 石川与吉・町田 貞・豊島吉則・荒巻 孚(1964) 新潟南浜海岸における飛砂. 地理学評論, 37 (6), 38-39
- [14] 伊藤武夫(1948) 砂防. 実業教科書, 198pp
- [15] 伊藤武夫(1958) 砂防工学. 白楊社, 314pp
- [16] 伊藤武夫・豊島重蔵・加沢貫二(1954) 海岸砂防に関する基礎的研究. 新潟県林業試験場研究報告, 1, 1-16
- [17] 檜山徳治(1971) 酒田の海岸砂地造林地を見て. 蒼林, 20-21
- [18] 金澤営林署(1938) 砂濱国有林海岸砂防事業の概要. 31pp
- [19] 金内英司(1985) 前砂丘の設計・飛砂防備林の造成. 砂防体系シリーズ 海岸の砂防 (田中一夫・中島勇喜・遠藤治郎・金内英司), 石崎書店, 53-82
- [20] 加沢貫二・高橋西三(1959) 北蒲原郡の海岸砂地について一特に県営海岸砂地造林事業との関係一. 新潟県林業試験場研究報告, 4, 13-28
- [21] 河田 杰(1940) 海岸砂丘造林法. 養賢堂, 54pp
- [22] 河合英二(1997) 飛砂防止基礎工. 新編治山・砂防緑化技術, 村井宏・堀江保夫 編, ソフトサイエンス社, 332pp, 65-74

- [23] 岸田穎一・山崎亮一（1934）潤葉樹混植が海岸砂防植栽の環境に及ぼす影響に就て．林学会誌，16，888-912
- [24] 倉田益二郎（1958）飛砂防止用草本の早期増殖に関する研究．昭和31年度応用試験研究報告書，林野庁，1-33
- [25] 倉田益二郎（1979）緑化工技術．森北出版，298pp
- [26] 松岡 稔（1966）前砂丘の固定について．治山研究発表会論文集（5回），治山治水協会，（），33-42
- [27] 三浦慶次（1923）新潟市海岸砂防林経営事蹟．土木会誌，9（1），177-199
- [28] 諸戸北郎（1921）理水及砂防工学 海岸砂防編．三浦書店，214pp
- [29] 諸戸北郎（1938）諸戸砂防工学．成美堂書店，492pp
- [30] 難波宣士 編著（1986）緑化工の実際．創文，277pp
- [31] 農商務省山林局（1918）國有林海岸砂防植栽事業調査．山林彙報臨時増刊，68pp
- [32] 岡本透・大丸裕武・池田重人・吉永秀一郎（2000）下北半島北東部に分布するヒバ埋没林の成因に関わる人為的影響．第四紀研究，39，215-226
- [33] 奥村武信（1991）海岸砂地における防災林の造成．新砂防工学，塚本良則・小橋澄治 編，朝倉書店，132-134
- [34] 林野庁 編（1959）治山計画と実行．（社）日本治山治水協会，863pp.
- [35] 林野庁（2015a）治山技術基準解説（防災林造成編），
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/sekou/kizyun/pdf/01kijyun.pdf>（2020.8.14 確認）
- [36] 林野庁（2015b）治山技術基準（防災林造成編）の解説（第3章（その3）），
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/sekou/kizyun/pdf/05kaisetu3.pdf>（2020.8.14 確認）
- [37] 虞毅・奥村武信（2001）草本根系の砂地風食に対する影響．日本緑化工学会誌，26（3），223-233
- [38] 虞毅・奥村武信・末安巳・田熊勝利（2001）砂表面の粗粒化と草本根系の風食への影響．日本緑化工学会誌，27（1），62-67
- [39] 坂本知己（2013）砂草帯の役割．佐々木寧ほか「津波と海岸林ーバイオシールドの減災効果ー」，共立出版，209pp，136-137
- [40] 坂本知己（2018）海岸林造成における人工砂丘の方向について．海岸林学会誌，17，3-9
- [41] 城野裕介・田中規夫・渡辺肇（2003）成長動態解析による海浜植物コウボウムギの適正移植間隔の評価．日本緑化工学会誌，19（1），27-32
- [42] 末 勝海（1969）海岸砂防．砂防工学，朝倉書店，149-164
- [43] 鈴木 清（1992）植生導入技術．「日本の海岸林」，ソフトサイエンス社，村井 宏・石川政幸・遠藤治郎・只木良也編，377-394
- [44] 高谷精二（1991）海岸砂防．「砂防学概論」，東三郎監修・高谷精二編著，鹿島出版会，172-187
- [45] 田中一夫・佐伯浩（1954）飛砂固定用砂草類の導入について．砂丘研究，1，7-11
- [46] 田中一夫（1962）海岸防災林の飛砂固定に関する実験的研究．砂丘研究，8，69-124
- [47] 立石友男（1989）海岸砂丘の変貌．大明堂，214pp
- [48] 寺崎 渡（1919a）海岸黒松林の造成及保護並海岸砂地の保護に就き所感を述ぶ．山林彙報，（大正八年十月號），1-17
- [49] 寺崎 渡（1919b）秋田大林區署管内森林視察所感．秋田大林區署林曹會會報，39，1-20
- [50] 富樫兼治郎（1935a）管内の海岸砂防を繞つて．林曹會報，（218），1-18
- [51] 富樫兼治郎（1935b）日本海北部沿岸地方に於ける前砂丘に就て．林学会誌，17（10），816-821
- [52] 富樫兼治郎（1937a）海岸砂防の側面．林曹會報，241，21-25
- [53] 富樫兼治郎（1937b）海岸砂防の側面（三）．林曹會報，244，74-77
- [54] 富樫兼治郎（1939）日本海北部沿岸地方に於ける砂防造林．興林會，167pp
- [55] 林野庁 編（1959）治山計画と実行．（社）日本治山治水協会，863pp.
- [56] 若江則忠 編（1961）日本の海岸林．地球出版，192 pp.
- [57] Whitfield, Charles J. and Brown, Robert L. (1948) Grasses that fix sand dunes. Series: Yearbook of agriculture Year 1948, USDA, 70-74
- [58] 矢野義男（1968）砂防工学要論（改訂新版）．山海堂，225pp
- [59] 由良浩（2006）海浜植生をむしばむ外来種オオハマギヤ植栽はただちに中止を！．自然保護，493，6
- [60] 山本正夫（1923）鹿児島縣吹上濱海岸砂丘地ニ於ケル砂防試験（第1回報告）．林業試験報告，23，23-61
- [61] 吉田富好（1959）海岸砂防工事に関する考察．林業技術，210，21-25

〔受付 令和2年8月28日，受理 令和2年9月24日〕