

海岸林造成における人工砂丘の方向について

坂本知己^{1*}

On the Direction of Artificial Sand Dunes in Afforestation on Sandy Coastal Area in Japan

Tomoki Sakamoto^{1*}

要旨: 海岸林造成時に築設する人工砂丘（前砂丘）の方向については、汀線（海岸線）に平行とする考え方と、主風に直交させる考え方が、二つの方向が一致しない場合の考え方は必ずしも整理されていなかった。そこで、1918年以降の文献に基づいて、人工砂丘の方向について考察した。参照した文献は、海岸林造成に携わった技術者が記録したものと、諸戸（1921）以降の教科書である。その結果、次のように結論づけた。海岸林造成地の人工砂丘は、風・飛砂を集中させないというその目的から、汀線に平行に設置することが基本である。なぜなら、人工砂丘の造成に重機を用いる現在、堆砂垣の捕砂特性を考慮する必要はないからである。また、人工砂丘の防風効果を最大限に求める場合には、人工砂丘を主風に直交させることが有利であるが、防風効果が求められるのは植栽初期に限られることと、代替手段があることから必須ではないためである。

1 はじめに

砂丘造林（原，1932），砂防造林（富樫，1938），海岸砂丘造林（河田，1940），海岸砂地造林，海岸飛砂地の造林（原，1950），海岸林造成（田中，1992），海岸砂防造林（末，1969），海岸砂防緑化（遠藤，1992）と呼び方はいろいろあるが、わが国の海岸砂地においては、飛砂害を軽減・防止することを目的として樹林帯の造成が行われてきた。その結果、我が国の海岸林は、現在、一通り整備され、背後の生活・生産空間を保全している。中島（2000）は、庄内平野を例に、海岸林の大部分が藩政時代に造成されており、その後は、徐々に林帯を海側に広げてきたこと、昭和における造成の最盛期は1952～1965年であり、1970年には大規模な飛砂害の発生は抑えられていたとしている。

見方を変えれば、それから50年近くの間、海岸林を本格的に造成した現場は限られ、それまでに海岸林を造成してきた技術者は、その知見を後進に引き継ぐ現場に恵まれないままに引退したことを意味する。そのため、海岸林造成技術が途切れていることが懸念される。

確かに、海岸林の造成技術は、「治山技術基準解説 防災林造成編」（林野庁，2015a；以下、「技術基準」）にまとめられている。これは、海岸林造成における調査、計画及び設計を実施するために必要な技術上の基本的諸事項を示したものであり、公共事業による海岸林の造成は基本的にこれに基づいて行われている。しかしながら、「技術基準」は、極めて結論的な記載となっており、その元となる考え方を理解できる構成となっていないわけではない。

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

そこで、「技術基準」で書かれている元となった考え方について整理することとした。

海岸林の造成技術は、多岐にわたる個別技術から構成される。その中で一般の造林と比べた場合の特徴のひとつは、植栽に先立って砂の動きを抑える作業・工程が必要なことにある。その一連の基礎工事の中に前砂丘、あるいは前丘と呼ばれる人工砂丘の造成がある。

今回は、人工砂丘の中でもその方向に焦点を当てる。かつて人工砂丘は、堆砂垣によって砂を溜めることで造られた。従って、人工砂丘の方向というのは、堆砂垣（主垣）の方向でもあった。一方、現在の人工砂丘は重機を使った盛土・土塁や、防潮堤を兼ねて表面をコンクリート板等で覆ったものもある。

すなわち、堆砂垣を用いて人工砂丘を造成することは一般的ではなくなっている。それでも、堆砂垣による人工砂丘を造成した時代の考え方を振り返ることは、海岸林造成技術について理解を深めるだけではなく、人工砂丘の補修など、海岸林の維持管理を進める上では有益と考える。

通常考えられる堆砂垣の方向は、2つであろう。すなわち、汀線（海岸線）に平行とするか、主風に直交させるかである。基本的に汀線の向きと主風向とは無関係なので、二つの方向が一致しないのが一般的である。

安定的に飛砂を堆積させることを考えると、堆砂垣を主風に直交させることとなる。しかしながら、主風方向が汀線に直交していない場合に、堆砂垣を主風に直交させると、堆砂垣の位置と海岸線の長さにもよるが、堆砂垣が汀線と交差することになる。

二つの方向が一致しない場合、問題は、どちら

を優先させるかということと、片方を優先させた場合、そのことによる問題をどう解決するかということになる。本総説の焦点はここにある。

通常考えられる人工砂丘の方向は、汀線に平行とするか、主風に直交させるかである、と述べたが、遠州灘（静岡県）には、どちらでもない方向に人工砂丘が残る事例がある。ただし、これは前砂丘ではなく、除砂砂丘と位置づけられている（静岡県林務部，1959）。詳細は別の機会に譲るが、不整形の砂丘地を粗朶立または簣垣を設置することで、その周囲を含めて整形し、整形後は防砂砂丘自体が飛砂によって海へと除砂されることを目指したものである（静岡県林務部，1959）。目的としては、整地工に通じるものである。汀線に対して人工砂丘が平行でなく斜めになることから、斜め砂丘と呼ばれている。

2 参考とした文献

筆者自身は海岸林造成に直接携わったことはない。自らの経験に基づいて論ずることはできない。そこで、過去の代表的な文献を繙いて、「技術基準」に記された表現の元となったであろう考え方を整理することとした。

代表的な文献は、いわゆる教科書的な文献と、現場で実践された技術書である。後者は、海岸林を成立させた実績のある海岸林造成の記録で、実践に基づいてその地の条件下における技術を体系化しようとしたものとして、前者は、複数の実践記録に基づいた原理原則を整理したものとして位置づけられる。

「技術基準」の元になった考え方を知るために、できるだけ古い文献を中心に人工砂丘の方向に関する記述を拾うことにした。具体的には、農商務省山林局（1918）、諸戸（1921）、三浦（1923）、河田（1931，1932，1940）、富樫（1938，1939）、星野（1939）である。

これらの文献のうち、諸戸（1921）以外は、いずれも現地で実際に海岸林造成に携わった技術者が記したものであるから、現場体験に基づいて実証されたものと位置づけられる。そのため、その地域の条件に限定的に当てはまるものであるかもしれないが、逆にそこでの諸条件に対応して最終的に海岸林を成立させた総合的な技術の実績として貴重である。

なお、農商務省山林局（1918）は、当時実施されていた海岸林造成のうち、3箇所（秋田県水林国固有林、石川県大聖寺国固有林（その後の砂濱国固有林、現在の加賀国固有林）、鹿児島県吹上濱国固有林）についての状況を伝えるものである。実際の執筆者が明示されていないが、具体的な内容から現場に近い者によると思われる。その後の各国有林における海岸林造成記録の下敷きとなっている点でも貴重な記録である。

農商務省山林局（1918）に記された海岸林造成

法は、刊行年から判断すれば諸戸（1921）に基づいて行われたものではなく、現地の経験に基づいて整理されたものと考えられる。ただし、個別に諸戸の指導を受けたことは考えられる。

諸戸（1921）は、ヨーロッパ（ドイツ、フランス、イギリス）の技術を中心にまとめられた教科書である。また、当時の我が国における海岸林造成事例も紹介されている。諸戸（1921）は、その後の海岸林造成で参考にされ、その後の教科書の元となっていると考えられる。

出版年代から考えて、農商務省山林局（1918）以外は、造成記録を取りまとめる際に、あるいは造成においても、諸戸（1921）を参照していたことが考えられる。富樫（1939）には、そのことが明記されている。

もっとも、諸戸（1921）が出されてから海岸林造成が始められたわけではないので、諸戸（1921）にそのまま従ったわけではなく、現場状況に照らし合わせながら参考にすると想像する。逆に諸戸（1921）は、我が国の植栽方法について6県（秋田県、新潟県、石川県、福井県、鳥取県、鹿児島県）の例を紹介している。

諸戸（1921）以降は、いずれも著者自身が造成に携わった海岸林における実践の記録であり、そこから導き出した造成の原則である。すなわち、三浦（1923）は、新潟市海岸砂防林、河田（1931，1932，1940）は、村松海岸林（茨城県）、富樫（1938，1939）は能代ならびに庄内海岸林、星野（1939）は猿ヶ森海岸林（青森県）である。なお、他にも同時期に造成された海岸林はあると考えられるが、施工の考え方が整理された文献を入手できた上記の海岸林を対象とした。加えて、著者自らの実践例ではないが、浜坂・湖山砂丘（鳥取県）についての記載がある原（1932）を参照した。

教科書的な著作は、諸戸（1921）以降に複数刊行されている。教科書的な著作は、その時代の原理・原則に対する認識を示すものであるから、造成事業が進められて、諸戸（1921）以降、それがどのように変わったかを知ることができると考えられる。今回は、原（1950）、林野庁（1959）、若江（1961）、飯塚（1964）、末（1969）、金内（1985）、高谷（1991）、奥村（1991）、遠藤（1992）、鈴木（1992）、河合（1997）を確認した。

3 堆砂垣の方向

3.1 「技術基準」での記述

技術基準は1971年に作られ、最新の改正は2015年4月1日に行われている（林野庁，2015a）。そこには、「砂丘の方向は、砂丘の造成目的の達成が図られる方向に決定するものとする。」と、目的によって決定することが記されている。これは、それま

で「砂丘の方向は、原則として汀線に平行に決定するものとする。」となっていたものを改正したものである(林野庁, 2015b)。なお、目的については、「砂丘造成は、砂丘により地形を整理し、海岸からの風力の減殺及び均一化を図ることによって、飛砂の軽減及び砂地を固定し、植栽木の正常な生育に資することを目的とする。」と記されている(林野庁, 2015a)。

基準の解説として、「人工砂丘の方向は、砂の均等な供給により安定した砂丘を造成・維持できる方向として、主風向に直角とすることが望ましいが、施工性を勘案し、汀線の方向などを考慮して決定する。」とあり(林野庁 2015c)、その参考として「汀線の方向が主風向に直角となっていない場合が多く、この場合、砂丘の方向を主風向に直角に設定すると堆砂垣が汀線と斜交することとなり、施工が困難となる。

したがって、堆砂工は、汀線に平行に設けることが多いが、汀線の方向と主風向とが著しく異なる場合には、汀線方向に平行に主垣を設け、さらに主風向に直角に短い補助垣(翼垣)を設けて堆砂効果をあげることが望ましい。この場合、風の強い海岸では、主垣と翼垣との接続点付近の主垣の風上側で深掘れが生じる欠点があるので注意する。」と記されている(林野庁, 2015d)。

2015年の改正によって、画一的に汀線に平行にすることを求めず、目的に合わせることとしているが、目的との対応が具体的に説明されていないため、実質的には、堆砂垣が汀線と斜交することを避けるために「汀線に平行」としたと解釈される説明になっている。

その上で、汀線の向きと主風に直交する方向が著しく異なる場合の問題点を、汀線に平行に主垣を設けたうえで、主風に直交する翼垣を設けることで補うことにしている。

なお、「技術基準」では、「補助垣(翼垣)」のように、翼垣を括弧書きにしているが、富樫(1939)では、補助垣は主垣の海側に主垣に平行に設けた堆砂垣の呼称であり、翼垣は、河田(1932, 1940)が汀線に平行な主垣に接続させて設置した主風に直交する短めの堆砂垣に付けた呼称であるので、上では翼垣とした。

3.2 諸戸(1921)での記述

諸戸(1921)は、堆砂垣を海岸線の主方向に平行で直線ととしている。

直線にする理由として、湾曲する海岸線に合わせて設けることが困難で形状が不正(この表現は現在ほとんど使われていない。「不整形」を意味すると考える)になって砂丘が安定せず維持が困難になると記している。

堆砂垣の向きについてはその理由に言及していない。すなわち、堆砂垣の方向については、主風向に対して直交させることを原則とすると記しているが、人工砂丘を海岸線に平行にするために、堆砂垣が主風向に対して30~45度の角度をなすことがあると記載するに止めている。

なお、風溝や風盆等の風裂を補修するための堆砂垣は、主風向に直交させなければならないとしている。これは、堆砂の確実性、安定性を重視したためと考えられる。

3.3 各地の実践例

農商務省山林局(1918)に記された3箇所の海岸林のうち、汀線に平行に人工砂丘を造成したと記されたものはなく、水林国有林:なるべく主風に45度、大聖寺国有林:主風に45度、吹上濱国有林:主風に斜向、と記されている。いずれも理由は明示されていない。

なお、この中で、大聖寺国有林においては、「このことで汀線に平行となる」と書かれていることから、主風に45度することを意図したのではなく、汀線に平行にしようとするれば、主風に45度となった、と解釈できるのではないだろうか。

三浦(1923)は、新潟市海岸砂防林造成事業において、人工砂丘造成のための堆砂垣(前砂垣)を主風に正対させず45度の角度を付けて設置するとした。このことで垣が風から受ける力を減らすことができるとしている。しかしながら、主風に正対しないことは結果に過ぎない可能性がある。なぜなら、掲載されている図では、堆砂垣が汀線に平行に配置されているからである。なお、当該事業では、人工砂丘に直交する方向、すなわち汀線に直交する方向に造られた道路の両側にも堆砂垣(側砂垣)を築設して側丘を造成するとしている。

河田(1931, 1932, 1940)は、堆砂垣(砂防垣)の設置によって堆砂させて人工砂丘(前砂丘)を造成し(図1)、人工砂丘の防風機能で後方の飛砂を抑えた後、植栽するとした。防風機能の点からも、堆砂垣は主風に直交させるとした。汀線近く(最も

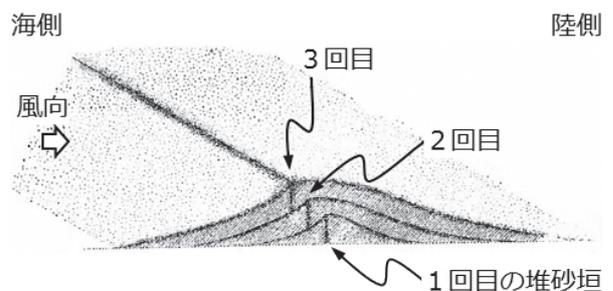


図1 3段の堆砂垣による人工砂丘の造成(原図:河田 1940)

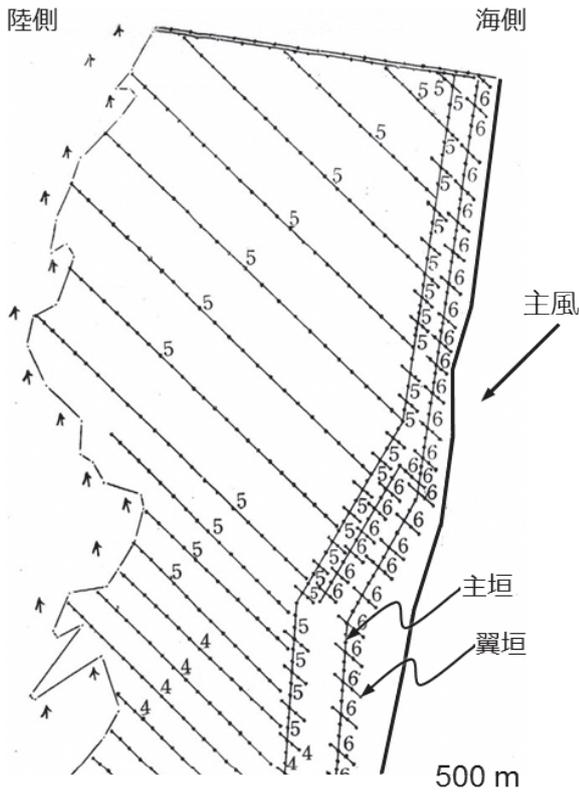


図2 堆砂垣の配置 (原図：河田 1940, 部分)
数字は施工時期を示す (4：1932年, 5：1933年,
6：1934年)。

汀線よりの人工砂丘)では、人工砂丘を汀線に平行させたいので、汀線に平行な主垣と主風に直交させる翼垣を組み合わせるとした (図2)。

後年、末 (1968) は、これについて、翼垣は、比較的風速の弱い地方では堆砂機能が相乗的に働くのに対し、比較的風の強い地方ではいわゆる「吹き抜け効果」が相乗的に働いて逆効果となっていると記している。

富樫 (1938) は、人工砂丘の築設にあたっては、概ね諸戸 (1921) によったとしているが、その走向については、独自に展開している。前述したことと重複するところはあるが、堆砂垣の向きについて、

3つの方法をあげている。方法1は主風に直交、方法2は海岸線に平行、方法3は両者の折衷で、個々の堆砂垣は主風に直交させ、個々の中心を結ぶ線を海岸線に平行にするものである。方法3は、河田 (1931, 1932, 1940) の方法を意識したものではないかと思われる。

多くの場合、主風は海岸線に直交しない。この場合、方法1では、築設される砂丘が海岸線に対して一端は近く、一端は遠くなり、延長が長くなるほど両端の条件が異なるという不利を生むとしている。同じく方法2では、堆砂垣が風を斜めから受けるために堆砂垣の両側の堆砂範囲が短くなり、人工砂丘は不安定な形状になるとしている。そして方法3は、後述のように、人工砂丘を越える風が不整一に乱れるおそれがあり、実行上容易ではないとしている。

そこで富樫 (1938) は、海岸線に平行である内陸側の天然砂丘 (この場合、富樫は、自然にできた砂丘というより、往時の砂防事業の成功による砂丘と認識しており、自然現象に対して抵抗力の強い形に相違ないとした) との関係から海岸線に平行に人工砂丘を築設することとした。風を斜めに受けて不安定な砂丘になる問題に対しては、主垣の海側 (風上側) に主垣に平行な補助垣を設け、その際、主垣との距離と比高を調整して海側の傾斜を任意に誘導する方法をとった (富樫, 1939 : 図3)。また、主風が堆砂垣に直交する場合であっても、主垣だけでは人工砂丘が高くなるにつれて海側の傾斜が急になり陸側の発達も不良となるので、補助垣の設置が有効とした。

堆砂垣の風上側が急になることは、後年、末 (1968) も指摘している。また、末 (1968) は、風上側の最終断面形がくぼんだ形状 (凹斜面) になることを記している。なお、末 (1968) は、補助垣を設けると主垣前方の砂面が侵食されるとした。

富樫 (1939) は、河田 (1931, 1932, 1940) の翼垣についての見解も記している。上述のように人工砂丘を越える風が不整一に乱れるおそれがあるとしているが、これはとくに人工砂丘の造成途上において主垣と翼垣の接合部に風が集中し、過去の事例

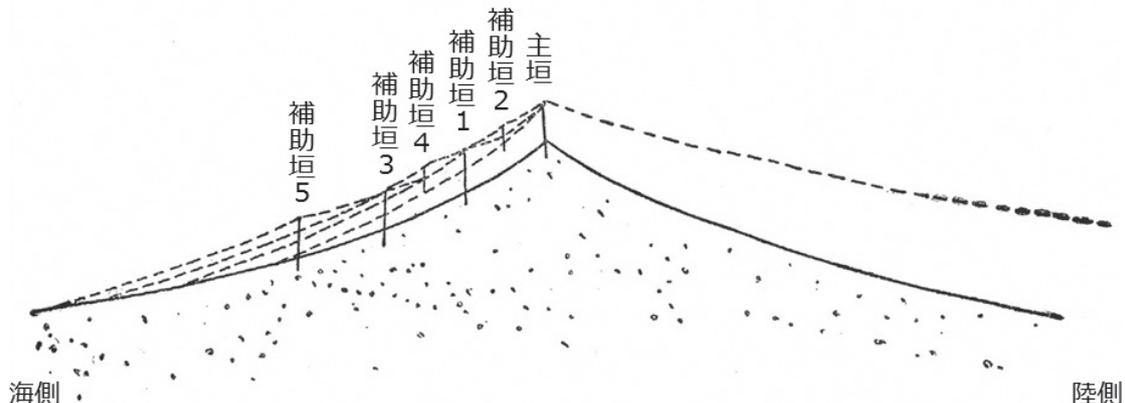


図3 補助垣による堆砂 (原図：富樫 1939)

でよい結果が得られなかったことと、改めて翼垣を設置してみて主垣に風裂を生じたことを報告している。その結果、人工砂丘が低い場合はよいかもしれないが、当該地区には適切ではないと結論した。

星野 (1939) は、主風 (南東風) に直交するように堆砂垣を設置した。さらに、準主風 (南西風) にも対応する必要を認め、堆砂垣が互いに直交するように堆砂垣を十字形に設置した。なお、飛砂発生源の外縁に樹林地がある場合は、その影響で風が弱められるので十字に配置する必要性はないとした。

また、星野 (1939) は、十字形堆砂垣とは別に、各人工砂丘を連絡する目的で、最前線に汀線に平行に堆砂垣を配置して、概ね良好に堆砂させ人工砂丘を築造している。

すなわち、猿ヶ森海岸林では、汀線に平行な堆砂垣とその内陸側に一辺が主風に正対する十字形に配置された堆砂垣の組み合わせを採用した。また、2種類の堆砂垣は、ほぼ同時期に設置されたようである。

なお、十字形堆砂垣は、平坦地に設置した場合は一様に砂丘が発達するが、起伏が甚だしい砂地や移動している大砂丘に設置した場合は、安定した砂丘を造成できなかったことを記している。また、大砂丘の頂上に砂丘の走向と平行に築設した堆砂垣は、大砂丘が崩壊する原因となったとしている。

鳥取 (浜坂・湖山) では、人工砂丘 (滞砂丘) は、最前線 (最高潮線より 30~50 m) では海岸線に平行、より内陸側 (同 600 m, 1000~1500 m) では主風に直交としている (原, 1932)。現地の海岸線が N76~77E-N103~104W なので、海岸線に直交する風向は北北西~北である。前線と内陸側で砂丘の向きを変えることについて言及していないが、最前線で人工砂丘を主風 (北西風) に直交させると、現地の海岸線の長さから人工砂丘は汀線と交差する。

3.4 その後の教科書での説明

林野庁 (1959) は、汀線に平行にする、主風に直交させる、その中間の三説があるとしている。中間として、河田 (1932, 1940) の主垣 (汀線に平行) と翼垣 (主風に直交) の組み合わせを記している。なお、翼垣については、風が攪乱されて主垣を破壊することがあるとしている。これらは富樫 (1939) に記されていることである。

若江 (1961) は、汀線に平行であることが望ましいとした。主風に直交するという考えに対しては、汀線が主風に直交しない限り、そうすることによって前砂丘の一端は汀線から遠ざかり、他端は汀線に接近することで、供給される砂の量が均等にならず、汀線から適当な距離を取ることも合わず、実行できないことになるとして、疑問を呈している。

飯塚 (1964) は、河田が翼垣で成功したことを

紹介しながらも、富樫 (1939) が指摘したように、主垣と翼垣の接続点付近で、主垣の風上側の根際に深掘れを生ずることに触れ、富樫の補助垣を紹介した。

末 (1969) は、前砂丘は海岸に平行で、なるべく主風に対して直交すること、かつ一直線にすることを理想としている。主風向が堆砂垣に対して斜めである場合に翼垣を使うことを紹介しているが、風の強いときに「吹き抜け効果」が相乗的に働くことで丘頂を水平に保つことを困難にするので避けた方がよいとしている。これは富樫 (1939) が指摘したことでもある。また、主風向が海岸の方向と近い場合の例として、遠州灘海岸で採用された短い人工砂丘 (前述) を海岸線に斜めに複数配置した例を紹介している。

金内 (1985) は、「わが国の海岸砂丘地における前砂丘施工の基流は諸戸が紹介した主としてドイツ、フランス、イギリスで実施されたヨーロッパ工法」として、堆砂垣の方向については、諸戸 (1921) を引用している。

原 (1950)、高谷 (1991)、奥村 (1991)、遠藤 (1992)、鈴木 (1992)、河合 (1997) は、堆砂垣の方向については触れていない。例えば、鈴木 (1992) は、海岸林に関して総まとめされた代表的な教科書「日本の海岸林」(村井ほか編, 1992) の中で「砂防基礎工法」を担当して前砂丘の造成について記しているが、堆砂垣の向きについては触れていない。これは、例えば、丹後地方では 1962 年にはブルドーザによる人工砂丘の造成が始まったこと (中島, 1995) が、あるいは、止別海岸 (当時、北見営林局小清水営林署管内) で 1966 年に人工砂丘 (土塁) が設けられていること (東, 1975) が紹介されているように、原 (1950) を除いて執筆時には重機による造成が多くなっていたことが関係していると考えられる。

4 既存の事例の整理

上述のように、これまで出された教科書的な著作では、堆砂垣は汀線に平行としている。しかしながら、そのことで堆砂垣に対して主風が直交しなくなる可能性を認めながら、その折り合いのつけ方は示されていない。既存の教科書での記述は、諸戸 (1921) の記述の範囲内である。

実際の現場で堆砂垣を汀線に平行にすることよりも主風に直交させることを優先させたことが明らかなのは、河田 (1931, 1932, 1940) と星野 (1939)、浜坂・湖山砂丘の例 (原, 1932) であり、それ以外では汀線に平行に設けている。

なお、三浦 (1923) は、45 度の角度を付けることで垣が風から受ける力を減らすことができるとしたが、前述したようにこれは、汀線に平行にしたこ

との結果であって、目的ではないと解釈する。なぜなら、45度で斜交させること堆砂と防風効果で明らかに不利になることを受け入れてまで風当たりを弱める必要があるとは考えにくいからであり、もしそうであれば、新潟市の海岸と同様に季節風の厳しい能代・庄内の海岸で海岸林造成を行った富樫（1938, 1939）に関連する記述があってもおかしくない。

風向に直交させることの利点は、飛砂を捕捉しやすいことと人工砂丘の防風効果が有効に発揮されることである。堆砂垣を汀線に平行に設置するために主風に直交させられない場合に低下する飛砂の捕捉効果を補う手段として、富樫（1938）は補助垣を使っているが、防風効果を補う手段は講じていない。このことから、人工砂丘に対して、防風効果以上に、人工砂丘を安定させ、潮風・飛砂の集中を防ぐことを求めたと考えられる。

堆砂垣を主風に直交させた河田（1931, 1932, 1940）と星野（1939）や除砂砂丘のある遠州海岸、あるいは浜坂・湖山砂丘の例（原, 1932）でも最前線には汀線に平行な人工砂丘を設けている。これは、人工砂丘の目的として、風・飛砂の集中を抑えることが外せなかったことを表しているものと考えられる。

5 結論

最後に、人工砂丘の方向について、これに求める機能と造成の手段の面から整理し、結論としたい。

人工砂丘の機能のひとつは、風・飛砂を集中させないことであり、もう一つは防風効果をできるだけ発揮させることである。前者の場合、人工砂丘は汀線に平行に設置するのが望ましい。後者の場合の方向は、風向に直交方向となるので、風向の影響を受ける。両者は、汀線に直交する風向の場合に一致するが、それ以外の場合には一致しない。

人工砂丘は、最前線においては例外なく汀線に平行に築設されていた。これは、潮風・飛砂を集中させないことを優先させる必要があったためと考えられる。これに対して、より内陸側の人工砂丘は、汀線に平行な場合と主風に直交させた場合の両者がみられた。風向に直交しない場合、防風効果の点では劣るが、防風効果の不足は、静砂垣や衝立工で補うことが可能で、人工砂丘の防風機能だけに委ねる必要はない。また、植栽木に対する風当たりの緩和が求められるのは、植栽初期に限られる。これに対して、潮風・飛砂を集中させないことは、半永久的に求められるので、防風柵などの一時的な工作物より人工砂丘という地形の改変の方が耐久性の点で有利である。

堆砂垣によって人工砂丘を造成する場合、捕砂の効率ならびに堆砂の安定性から風向に直交させる

方が有利である。問題となるのはそれを優先できない場合であるが、飛砂の捕捉については補助垣あるいは翼垣によって補うことができる。また、現在は、意図する形状の人工砂丘を短期間に確実に造成できることから、堆砂垣によらず重機を用いることが多い。言い換えれば、手段として堆砂垣を用いる場面は限定され、人工砂丘の方向を決めるにあたって堆砂垣の捕砂特性を考慮する必要はなくなったと考える。

以上のことから、人工砂丘の方向について次のように結論したい。すなわち、海岸林造成地の人工砂丘は、風・飛砂を集中させないという目的から、汀線に平行に設置することが基本である。なぜなら、人工砂丘の造成に重機を用いる場合、堆砂垣の捕砂特性を考慮する必要はないからである。また、人工砂丘の防風効果を最大限に求める場合には、人工砂丘を主風に直交させることが有利であるが、防風効果が求められるのは植栽初期に限られることと、代替手段があることから必須ではないためである。

引用文献

- [1]遠藤治郎（1992）海岸砂防緑化. 環境緑化学, 小橋澄治・村井宏・亀山章 編著, 朝倉書店, 188pp, 122-125
- [2]原勝（1932）砂丘造林ニ関スル研究. 鳥取高等農学校学術報告, 1 (3), 99-274
- [3]原勝（1950）砂防造林. 朝倉書店, 257pp
- [4]東三郎（1975）環境林をつくる. 北方林業叢書 55, 北方林業会, 205pp
- [5]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
- [6]飯塚肇（1964）森林防災学. 森北出版, 358pp
- [7]金内英司（1985）前砂丘の設計. 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）86pp, 石崎書店, 53-69
- [8]河田 杰（1931）砂丘造林の実例に対する生態学的解釈. 石川県山林会報, 29, 21-35
- [9]河田 杰（1932）生態学的に見たる砂丘造林. 農林省山林局, 40pp
- [10]河田 杰（1940）海岸砂丘造林法. 養賢堂, 54pp
- [11]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
- [12]三浦慶次（1923）新潟市海岸砂防林経営事蹟. 土木会誌, 9, 177-199
- [13]諸戸北郎（1921）理水及砂防工学 海岸砂防編. 三浦書店, 214pp
- [14]中島正剛（1995）海岸防災林造成と復旧について. 治山, 40, 87-96
- [15]中島勇喜（2000）海岸砂防林の現状と課題—日本

- 海北部砂丘地を中心として－ 農業および園芸,
75, 467-474
- [16]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
- [17]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
- [18]林野庁 編 (1959) 治山計画と実行. (社) 日本治
山治水協会, 863pp.
- [19]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> (2017.11.09 確認)
- [20]林野庁 (2015b) 治山技術基準 (防災林造成編) 新
旧対照表, <http://www.rinya.maff.go.jp/j/sekou/kizyun/pdf/02kijyunnsinkyuu.pdf> (2017.11.09 確認)
- [21]林野庁 (2015c) 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> (2017.11.09 確認)
- [22]林野庁 (2015d) 治山技術基準 (防災林造成編) の
参考 (第3章 (その3)), <http://www.rinya.maff.go.jp/j/sekou/kizyun/pdf/09sannkou3.pdf> (2017.11.09 確
認)
- [23]静岡県林務部 (1959) 静岡県の海岸防災林. 33pp
- [24]末 勝海 (1968) 海岸砂防工に関する基礎的研究.
九州大学農学部演習林報告, 43, 1-120
- [25]末 勝海 (1969) 海岸砂防. 砂防工学, 朝倉書店,
191pp, 149-164
- [26]鈴木 清 (1992) 砂防基礎工法. 「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, 380-382
- [27]高谷精二 (1991) 海岸砂防. 「砂防学概論」, 鹿島
出版会, 172-187
- [28]田中一夫 (1992) 海岸林の沿革. 「日本の海岸林」,
村井 宏・石川政幸・遠藤治郎・只木良也編, ソ
フトサイエンス社, 2-15
- [29]富樫兼治郎 (1938) 日本海北部沿岸地方に於ける
砂防造林. 日本林學會誌, 20, 381-387
- [30]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
- [31]若江則忠 (1961) 日本の海岸林. 地球出版, 東京,
192 pp.
- [受付 平成29年12月28日, 受理 平成30年2月6日]