

## 風食面における草方格設置による海浜植生の修復試験

岡浩平<sup>1</sup>・吉崎真司<sup>2</sup>

### Experiments for Restoring Coastal Vegetation by Using Straw Checkerboard on Wind Erosion Area

Kohei OKA<sup>1</sup>, Shinji YOSHIZAKI<sup>2</sup>

**Abstract:** Straw checkerboard is a sand dune fixation technique. This study was conducted on the experiments for restoring coastal vegetation by using straw checkerboard to control wind erosion. Straw checkerboard prevented wind erosion, and trapped shifting sand to an elevation of half itself. It also provided  $\text{N}-\text{NO}_3^-$  into soil, because the straw was resolved in soil. Then it was supposed that seedlings of *Carex Kobomugi* Ohwi grew up well by using the  $\text{N}-\text{NO}_3^-$ . Moreover coastal vegetation invaded bare land in speed of 1-2m in one year, when we controlled wind erosion by using straw checkerboard. As a result, it was considered that straw checkerboard was effective for restoring coastal vegetation on wind erosion area.

#### 1. はじめに

都市化や産業化に伴う沿岸域の開発や海岸侵食によって自然海岸は減少傾向にあり<sup>[6]</sup>、それに伴い、海岸に成立する海浜植生も減少しつつある。開発

(2002) は車の乗り入れや海岸侵食とその防止のための護岸工事の影響によって、海浜植物の生育地が減少していることを報告している。また海浜植物は国レベルでは絶滅の危険性が認識されにくいが、都道府県レベルにおいて絶滅の危険性が高いことが報告されている<sup>[13]</sup>。これらのことから、各地域において海浜植生の保全が必要な状況であることが推察される。

わが国の海岸事業は、これまで海岸災害から背後の人命や財産を守ることを目的として進められてきたが、平成11年の「海岸法」の改正により、「海岸環境の整備と保全」及び「公衆の海岸の適正な利用」の観点が加えられ、防護・環境・利用の調和のとれた総合的な海岸の保全が推進されるようになった<sup>[7]</sup>。今後の海岸事業では海浜植生の保全・復元を積極的に実施し、海岸環境の保全と整備に努めることが求められる。一方、海浜植生は飛砂抑制効果を持つことから<sup>[15]</sup>、砂浜の後方に設置されている自転車道などの人工構造物や海岸林を、飛砂から保護する機能を持っているといえる。そのため、海浜植生の保全は、海岸利用及び海岸防護の観点からも非常に重要である。

神奈川県に位置する湘南海岸では、海岸侵食や沿岸域の開発に加えて、過剰利用に伴う砂浜の踏みつけが激しく、海浜植生の減少が憂慮されている<sup>[14]</sup>。残存する海浜植生では、風食によって裸地化が発生している場所がある。このような場所を放置すると、周囲へと裸地化が拡大する危険性があるため、風食を阻止し、さらに海浜植生による修復が必要である。

中国の乾燥地ではムギ、イネ、ヨシなどのワラを格子状にして砂中に埋め込み、地上高20~30cmを露出させる「草方格」という伝統的な防風・防砂工

法がある(図1)。わが国の砂防造林における苗木保護のためのワラ立て工に類似したものである。草方格の格子のサイズは、大きくなると露出する砂面の面積も大きくなり、風食されやすくなることから、1m×1mの格子サイズが適当とされている<sup>[11]</sup>。このサイズの草方格を設置した場合、砂丘表面における風食がほとんど発生しないことが報告されている<sup>[11]</sup>。わが国の事例では海岸の飛砂害の防止のために草方格が設置され、飛砂固定に効果があったことが報告されている<sup>[10]</sup>。

本研究では風食防止機能が期待される草方格を砂浜の風食面に設置することにより、風食による裸地化を阻止し、さらに海浜植生の自然侵入による風食面の修復を目指すこととした。なお、本研究では砂浜における草方格の風食防止効果を明らかにするとともに、草方格が海浜植生の侵入に及ぼす影響を明らかにすることとした。

本研究をまとめにあたり、藤沢土木事務所なぎさ港湾課の方々には数々の便宜を図っていただきました。厚くお礼を申し上げます。



図1 研究対象地に設置した草方格  
(2004年7月撮影)

1, 2 : 武藏工業大学大学院環境情報学研究科

Faculty of Environmental and Information Studies,  
Musashi Institute of Technology

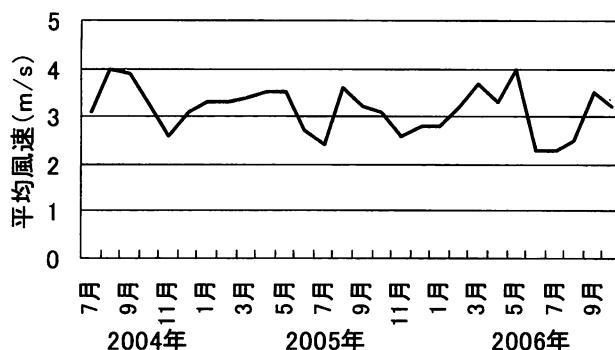
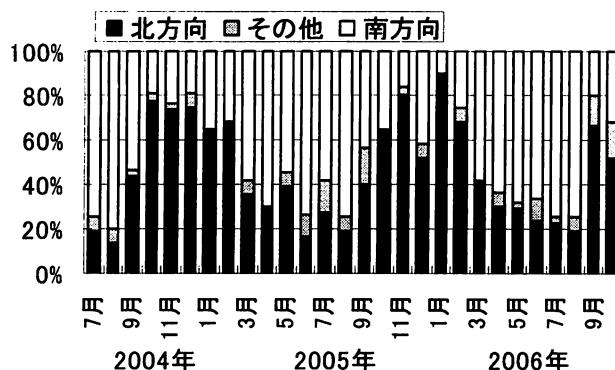


図2 試験地周辺の月平均風速



※風向が西及び東はその他に分類

図3 試験地周辺の風向

## 2. 研究対象地の概要

### 2.1 試験地概要

本研究では湘南海岸の中の辻堂西海岸の風食面に試験地を設置することとした。辻堂西海岸は神奈川県藤沢市に位置し、海側から内陸方向に向かって、約80mの幅の砂浜、自転車道、海岸林の順番に配列されている。試験地は平成8年の航空写真と現地の観察結果によると、以前はコウボウムギ群落が成立していたが、近年、風食により海側から内陸方向に向かって裸地化が進行している。裸地化した場所の周辺にはコウボウムギ群落が残存しているが、風食によって裸地化が拡大傾向にある。

### 2.2 気象状況

対象地に最も近い辻堂観測所における1992年～2000年の気象データによると、平均気温15.9℃、平均降水量1386.6mm、平均風速3.4m/sである。

試験期間中の月平均風速は、2.5～4m/sの値を示し、台風の影響を受けた8,9月及び春先の3～5月の風速が強い傾向にあった(図2)。

次に、試験期間中の日最大風速とその風向データについて解析した。風向は明瞭な季節変動を示し、3月～9月に南風が卓越し、10月～2月に北風が卓越する傾向にあった(図3)。また10m/s以上の風の風向は、南風が顕著に多く、90%以上を占めていた。つまり風向は季節変動を示していたが、10m/s以上の強風の場合、季節に関係なく、ほとんどが海側の南方向から発生していた。

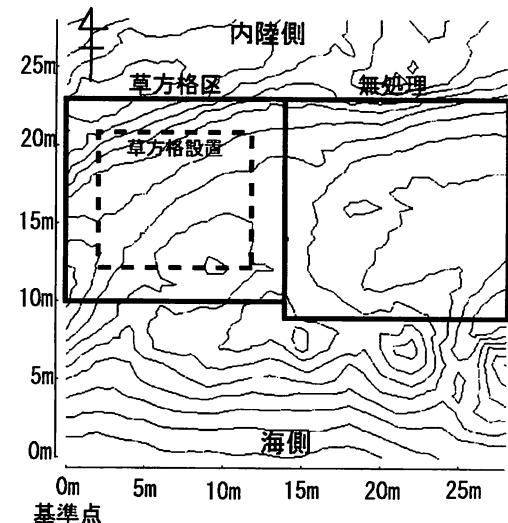


図4 処理区の設置について

## 3. 調査方法

### 3.1 処理区の設置

試験地に2つの処理区を設置した(図4)。各処理区は隣接するように設置し、それぞれ13m×14m(草方格区)と14m×14m(無処理区)の方形区とした。汀線から図4中の基準点までの距離は約40mである。各処理区は風食面である裸地とその周辺に残存するコウボウムギ群落が入るように設置した。草方格区には草方格を9m×10mの方形区内に1m格子状にして設置した。草方格には稻ワラを使用し、高さ20cmにそろえて設置した。2004年7月に草方格を設置し、試験を開始した。

### 3.2 砂面変動

各処理区に高さ25cmの目盛り付きの杭を5本ずつ設置し、砂面変動を測定した。2004年7月～2005年9月の期間はほぼ1ヶ月に1回の頻度、2005年9月～2006年10月の期間は3～6ヶ月に1回の頻度で測定を行った。杭の設置は海側から内陸方向にむかって2m間隔で行った。なお、5本の平均値を各処理区の砂面変動の値として採用した。また測定間隔中(例:「9月の杭の目盛り」-「8月の杭の目盛り」)の砂面変動を月別砂面変動とした。つまり2004年7月～2005年9月まではほぼ1ヶ月間の変動値、それ以降は3～6ヶ月間の変動値を意味する。またそれらを合計したものを積算砂面変動として解析を行った。

杭の目盛りに変化がなかった場合、「砂面変動が全くなかった。」、「砂面の侵食と堆積の両方が発生したが、両者の変動量が同じであった。」の2つの状況が考えられる。本研究の測定方法では、上記の2つを区別することはできないが、杭の目盛りに変動がなかった場合、前者の「砂面変動が全くなかった。」と想定し、議論を進めることにした。

### 3.3 土壌分析

各処理区において、2005年9月に土壌採取を行った。草方格区において草方格の1m×1m格子の中央(草方格内)で3地点、草方格の根元で3地点、無

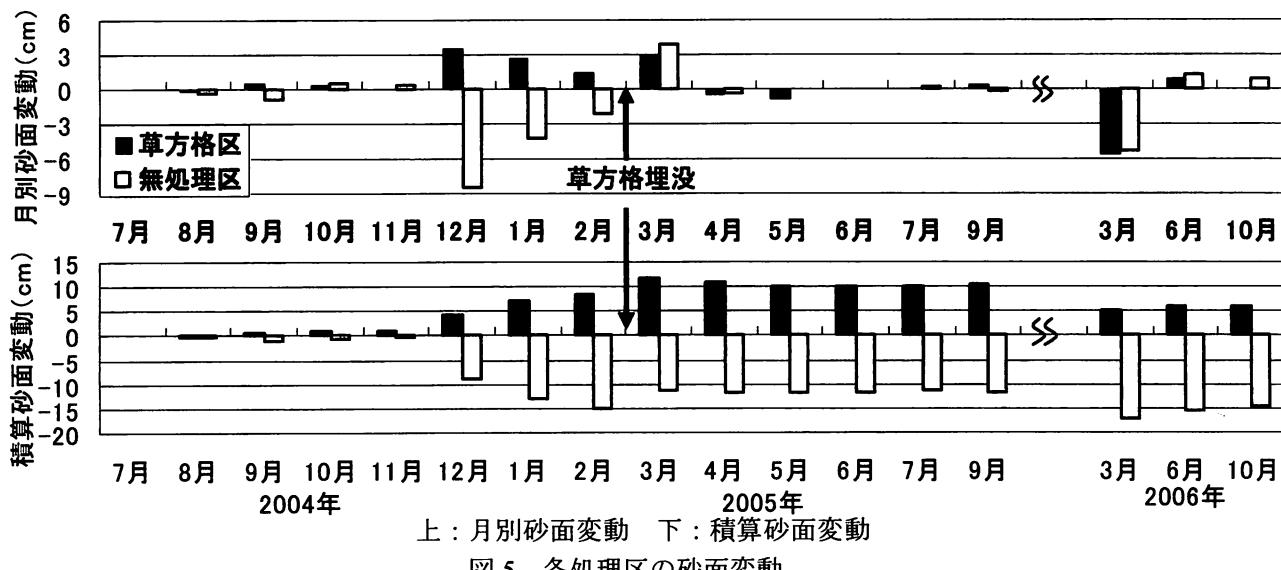


図 5 各処理区の砂面変動

処理区においても 3 地点、合計 9 地点で土壤採取を行った。各地点において乾砂層下にあたる深さ 5–10cm の土壤を採取した。

採取した土壤の未風乾土 200~300g から飽和抽出液を作成し、土壤溶液とした。土壤溶液では  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ , 電気伝導度 (EC), pH を測定した。 $\text{N-NO}_3^-$  はイオンクロマトグラフ (DX-100),  $\text{N-NH}_4^+$  は分光光度計 (U-1500) で測定を行った。また採取した土壤の約 10g を  $105^\circ\text{C}$  で 24 時間乾燥させ、含水比を算出した。

### 3.4 植生

2004 年 7 月、2005 年 7 月及び 9 月、2006 年 10 月に植生調査を実施した。各処理区内を  $1\text{m} \times 1\text{m}$  の方形区に分割して、出現した植物種の被度・群度及び草丈、総植被率を記録した。また 2005 年 7 月に実生個体の種名及び個体数を記録した。大量に発生が確認されたコウボウムギ実生については、2005 年 9 月、2006 年 10 月に生存状況を記録した。

## 4. 調査結果

### 4.1 砂面変動

図 5 に各処理区の砂面変動について示す。試験開始の 2004 年 7 月～11 月の期間では、両処理区において大きな砂面変動は確認されなかった。ただし、草方格は高さ 20cm が露出するように設置していたが、この期間に一部のワラが倒れてしまったため、高さが 10~15cm になっていた。

2004 年 12 月～2005 年 2 月の月別砂面変動において、処理区間に差が認められた (U-test,  $p < 0.05$ )。この期間に草方格区では堆積傾向を示し、2005 年 2 月に積算砂面変動が +8.5cm を記録した。一方、無処理区では侵食傾向を示し、2005 年 2 月に積算砂面変動が -15.2cm を記録した。この期間に草方格はほぼ埋没し、地上にわずかに露出した部分も地表面に倒れてしまっていた。

草方格の埋没後、2005 年 3 月には両処理区において堆積傾向を示した。それから 2005 年 9 までの期

間は、両処理区においてほとんど砂面変動が確認されなかった。また 2005 年 9 月～2006 年 3 月の期間に両処理区ともに侵食傾向を示し、約 6 ヶ月の期間に無処理区で 5.3cm、草方格区で 5.6cm が侵食されていた。

次に処理区間の砂面変動に共通の傾向があるのかどうかを解析するために、処理区間の月別砂面変動の値の相関分析を行った。調査期間すべての月別砂面変動の値を使用して相関分析を行ったところ、処理区間に有意な差は認められなかった ( $r_s=0.04$ ,  $p>0.05$ )。次に草方格が埋没する以前 (2004 年 7 月～2005 年 2 月) と埋没以後 (2005 年 3 月～2006 年 10 月) に分けて処理区間の相関分析を行った。草方格が埋没する以前では、処理区間に負の相関関係が認められた ( $r_s=-0.76$ ,  $p<0.05$ )。つまり図 5 が示すように、草方格区の砂面変動が堆積傾向を示すとき、無処理区では侵食傾向であった。一方、埋没以後では両処理区に正の相関関係が認められ ( $r_s=0.79$ ,  $p<0.05$ )、処理区間の砂面変動は同調傾向にあった。つまり、草方格の埋没の前後によって、処理区間ににおける砂面変動の関係が異なっていた。

風食面における砂面変動の季節変動を把握するために、無処理区の砂面変動に着目したところ、冬季に侵食の被害が激しいことがわかった。図 5 が示すように、1 年目では 2004 年 12 月～2005 年 2 月、2 年目では 2005 年 9 月～2006 年 3 月の期間に激しい侵食が発生していた。この期間以外では 2005 年 3 月に 4.0cm の堆積が確認された他に、大きな砂面変動は確認されなかった。つまり対象地の風食面では冬季に侵食が激しく、それ以外の期間は砂面変動がほとんど発生していないことがわかった。

### 4.2 土壤

表 1 に各処理区における土壤の分析結果を示す。3 地点の含水比は平均で 3.9~4.2% を示し、大きな違いは確認されなかった。EC では草方格内が他の地点と比較するとやや低い値を示したが、大きな違いは確認されなかった。pH では草方格区の 2 地点が

表1 各地点における土壤分析結果

		含水比(%)	EC ( $\mu\text{m}/\text{cm}$ )	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)
草方格区	草方格内	4.2±0.2	146.7±50.2	7.3±0.3	0.4±0.1	0.9±0.1
	草方格根元	4.1±0.3	230.5±88	6.9±0.2	3.9±1.3	1±0.3
	無処理区	3.8±0.7	230.3±78.6	7.8±0.6	0.2±0.1	0.9±0.9

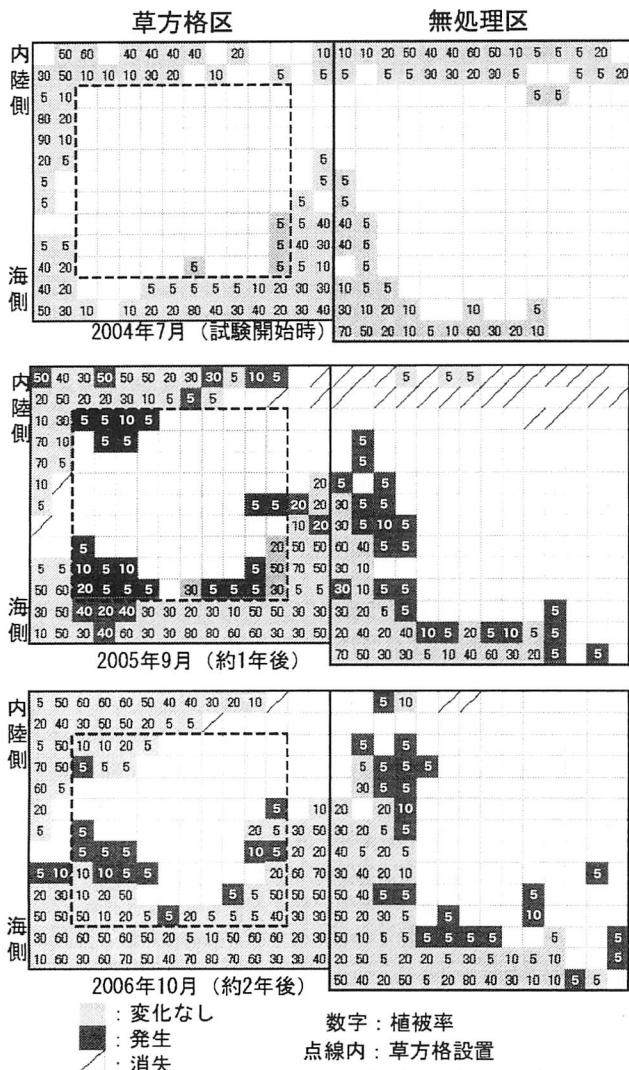


図6 各処理区における植生の分布の変化

処理区	調査日	変化なし	発生	消失	総数
草方格区	2004年7月	—	—	—	69
	2005年9月	64	32	5	96
	2006年10月	94	15	2	109
無処理区	2004年7月	—	—	—	52
	2005年9月	29	23	23	52
	2006年10月	50	23	2	73

6.9, 7.3と中性に近い値を示したのに対して、無処理区では7.8と弱アルカリ性を示した。土壤中の主要な栄養塩であるN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は、草方格内及び無処理区の値がそれぞれ0.4mg/l, 0.2mg/lであったのに対して、草方格の根元が3.9mg/lと顕著に高い値を示した。草方格の中でも格子の中央と根元では、N-NO<sub>3</sub>

<sup>-</sup>の値が大きく異なることが確認された。またN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>では各地点において違いが確認されなかつた。

#### 4.3 植生の分布の変化

試験地に出現した種は、海浜植物であるコウボウムギとハマヒルガオの2種だけであった。図6に各処理区の植生の分布の変動を示す。なお、実生個体について解析対象から除外しており、栄養繁殖による植生の分布の変動について示している。両処理区ともに、試験開始時には海側と内陸側の一部に植生が分布しているのに対して、中央が裸地化していた。

試験開始から約1年後にあたる2005年9月には、両処理区に大きな差が認められた(表2)。処理区間の植生の変動量を比較するために、各処理区の1m方形区内の植生の発生区数と消失区数を比較したところ、処理区間に差が認められた(Fisher's Exact test, p<0.05)。草方格区では周辺に生育していたコウボウムギやハマヒルガオが草方格内へ侵入し、植生が増加していた。また植生が消失した方形区は5箇所だけであった。一方、無処理区では海側の植生が増加していたが、内陸側の植生の消失が顕著であり、23箇所の方形区で消失していた。

試験開始から約2年後にあたる2006年10月では処理区間の植生の発生区数と消失区数に差が認められず(Fisher's Exact test, p>0.05)、両処理区が同様の傾向を示していた。つまり、両処理区において、植生の消失がほとんど起きておらず、海側のコウボウムギやハマヒルガオが内陸方向の裸地に向かって侵入し、植生が増加していた。

#### 4.4 実生の発生及び生存

試験地に出現した実生個体は、海浜植物であるコウボウムギ、ハマヒルガオ、マルバアカザ、ツルナの4種と、内陸性の種であるメヒシバの合計5種であった。コウボウムギは両処理区において大量に出現し、無処理区で283個体、草方格区で219個体が出現した。草方格区ではメヒシバ、ハマヒルガオが無処理区に比べて個体数が多い傾向にあった(図7)。またツルナとマルバアカザは一個体ずつであったが、草方格区のみに出現した。

コウボウムギ実生の生存を追跡したところ、2005年9月までの生存個体は、無処理区で3.2%、草方格区で15.1%であり、草方格区の生存割合が高いことが認められた(Fisher's Exact test, p<0.05)。また両処理区のコウボウムギ実生のシュート数を比較したところ、草方格区では最大4本、最小1本、平均1.6本であった。一方、無処理区のシュート数ではすべての個体が1本であり、草方格区のシュート数の方がが多いことが認められた(U-test, p<0.05)。

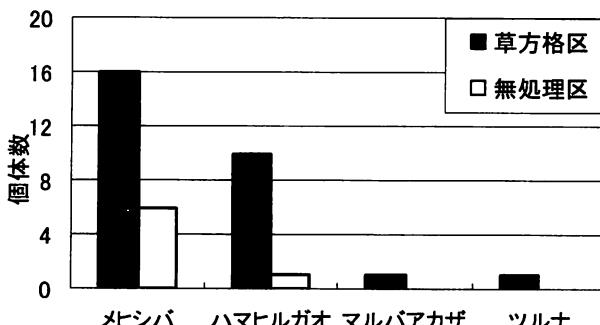


図7 各処理区に発生した実生個体数

2005年9月時において、コウボウムギ実生の生存数は草方格区で33個体、無処理区で9個体であったが、2006年10月までに草方格区で3個体、無処理区で2個体にまで減少していた。発生した実生の2年後の生存率は、草方格区で1.4%、無処理区で0.7%となり、両処理区の生存割合に差が認められなかつた(Fisher's Exact test,  $p > 0.05$ )。

## 5. 審察

### 5.1 砂面変動

辻堂西海岸の砂浜の風食面に草方格を設置して、約2年間の経過を追跡した。草方格は設置して約3ヶ月後に、高さが20cmから10~15cm程度になったことが観察された。これは強風によって、草方格が倒れてしまったためであると予想された。処理区間ににおける月別砂面変動の関係は、草方格の埋没前後によって異なることが認められた。草方格の埋没以前では、処理区間ににおける砂面変動の傾向が異なり、草方格区が堆積傾向を示したのに対して、無処理区では侵食傾向を示した。それ以降の砂面変動では、両処理区が同様の傾向であったことが認められた。これらのことから、草方格が埋没するまでの期間は、草方格の侵食防止さらには堆積効果が確認されたといえる。逆に、埋没後の草方格は堆積機能を失い、無処理区とほぼ同じ状態になってしまったことが予想された。

草方格埋没までに草方格内には8.5cmの堆積高が確認された。奥村ら(1991)は海岸砂地に高さ30cmの草方格を設置し、平均堆積高が約15cmであったことを報告している。この高さになると表層砂が匍匐し、草方格が堆積効果を失ってしまうことをあわせて報告している。一方、今回の試験では草方格の高さが20cm、平均8.5cmの堆砂高であった。この結果と奥村ら(1991)の結果を比較すると、草方格が自身の高さに対して1/2程度まで堆積効果を持つという共通の傾向が確認された。

### 5.2 土壤

無処理区、草方格区の草方格内、草方格の根元の3地点の土壤を比較したところ、草方格の根元において植物にとって主要な栄養塩であるN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>が顕著に高い値を示した。邱ら(2001)は腐敗したワラが土壤有機物含量を高めることを報告している。また稻ワラは微量であるが乾物あたり0.5~2%の窒素を含むことが知られている<sup>[2]</sup>。このことから、本試験

地でも土壤中に埋没したワラの影響によって、草方格の根元の有機物含量が局的に増加した結果、有機物が無機化さらには硝酸化生成作用を経て、N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>が増加したと考えられた。

### 5.3 植生の分布の変化

試験開始から約1年後の処理区間における植生の変動を比較したところ、処理区間に差が認められた。草方格区では植生の消失がほとんどなかったのに対して、無処理区では植生の消失が顕著に多かった。草方格区ではこの期間の砂面変動が堆積傾向であったのに対して、無処理区では侵食傾向であったことから、無処理区では侵食の影響によって植生が著しく減少したものと考えられた。

砂面変動の結果から、試験地では冬季に侵食が発生しやすいことが明らかとなった。このことから、植物の生長期間である春から秋にかけては、侵食の被害が少なく比較的砂面は安定していることが推察された。そのため、春から秋にかけて、コウボウムギやハマヒルガオなどの海浜植物が地下茎で裸地部へ侵入していく上では、草方格の有無が大きな影響を及ぼすことはないと考えられる。実際に、各処理区における方形区内の植生の発生区数を比較すると、処理区間に違いは見られなかった。以上のことから、風食面における草方格設置の効果は、草方格による砂面の安定化によって、海浜植生の侵入を増大させるというよりも、特に冬季に発生する風食による植生の消失を減少させることにあると推察された。

両処理区に出現した種は実生を除くと、コウボウムギとハマヒルガオの2種だけであった。これらの種は砂浜の中でも比較的砂の移動の激しい場所に生育が可能な種である。またこの2種の共通の特徴として、横走地下茎が発達していることを挙げることができ、1年間の地下茎の伸張がコウボウムギで1~2m<sup>[8]</sup>、ハマヒルガオで20~70cm<sup>[9]</sup>にも及ぶことが報告されている。本試験においても、図6に示すように、先述した2種が地下茎を伸張させて、1~2m先の裸地部に侵入していることが確認された。これらのことから、砂面が比較的安定した状態であれば、年間1~2m程度のスピードで裸地部が海浜植生によって修復されていくのではないかと考えられた。また、そのためには冬季の風食を草方格などでコントロールすることが重要であると考えられた。

### 5.4 実生の発生及び生存

各処理区のコウボウムギ実生について比較すると、2005年9月時の生存率は草方格区の方が高いことが認められた。この時期には草方格がすでに埋没していたが、草方格区で生存していた実生の多くは、草方格の根元から発生していた。また各処理区に定着した実生個体のシュート数を比較したところ、草方格区のシュート数の方が多いことが認められた。コウボウムギ実生は定着が困難であることが報告されているが<sup>[3][16]</sup>、このように草方格区の実生は良好な生長を示した。この要因として、埋没していた草方格の根元のN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>が顕著に高い値を示したことから、草方格の根元の栄養塩が増加したため、そこから発生した実生個体の定着及び生長が促進されたの

ではないかと考えられた。つまり草方格の根元は実生の発芽床として非常に良好な環境であると推察された。

草方格区のコウボウムギ実生は良好な生長が確認されたが、発生から1年後には両処理区ともにほとんど枯死してしまい、処理区間の生存率に差が認められなかった。枯死の原因として、冬季の侵食の影響が考えられる。冬季にあたる2005年9月～2006年3月の期間に両処理区において、約5cmの砂面の侵食が発生しており、さらに枯死したコウボウムギ実生の多くは、根がむき出しになっていた。これらのことから、コウボウムギ実生は春に発生して、その後定着したとしても、草方格が埋没している場合、冬季の風食の影響によって根がむき出しになり、翌春には枯死してしまう可能性が高いことが推察された。以上のことから、海浜植物の地下茎による侵入と同様に、風食面への実生の定着を考える上でも、冬季の風食の影響を軽減することが重要であると考えられた。

発生した実生の種子の供給源として、主にシードバンク、周辺からの風散布の2点が考えられる。発生したコウボウムギ実生の種子を観察したところ、果胞がとれていたことから、比較的古い種子であることが予想された。またコウボウムギの種子は永久シードバンクを形成することから<sup>[12]</sup>、発生したコウボウムギ実生はシードバンク由来のものが多いと推察された。また草方格の根元から発生したコウボウムギ実生も確認されたことから、周辺から散布された種子を草方格が捕捉したものもあることが予想された。

コウボウムギ以外の実生について各処理区を比較すると、草方格区ではメヒシバ、ハマヒルガオ、マルバアカザ、ツルナの実生の発生及び定着が確認された。これらの種は特に草方格の根元から発生している様子が観察された。一方、無処理区ではハマヒルガオとメヒシバが数個体発生ただけであった。これらのことから、これらの4種は周辺から散布された種子を草方格が捕捉することによって、発芽及び定着が促進されたことが示唆された。

以上のことから、草方格が海浜植生に及ぼす影響として、次の2点が考えられた。①風食を防止することによって、植生の消失を減少させる。②草方格は飛砂だけでなく、種子も捕捉し、さらにワラ由来の栄養塩によって実生の定着を促進する。

## 6. おわりに

本研究では風食面に草方格を設置することによって、海浜植生の修復を試みた。草方格の機能としては、風食を防止し、さらに海浜植物の実生の侵入を促す効果が期待できることがわかった。また草方格の堆積効果は高さの1/2程度であり、一旦埋没してしまうと、その効果が失われてしまうことがわかった。そのため、草方格埋没後は、侵食の影響を受ける危険性があり、定着した植生が消失してしまう可能性が高いといえる。一方、植生の増加は地表面の粗度長を大きくするため、砂の移動量を減少させることができている<sup>[11]</sup>。つまり、植生が増加することによって、侵食が発生しにくくなる。これらのことか

ら、裸地がある程度、植生によって修復されるまでは、草方格などを設置することによって、侵食を軽減していく必要がある。

また早期に海浜植生の修復を期待する場合、実生にとって好環境であると考えられた草方格の根元に、種子を播種することが効果的である。中国の沙漠化地域では、草方格設置後に草本などの種子を草方格内に播種し、実際に植生の修復を図っている<sup>[5]</sup>。

対象地では海側の南方向から強風が発生しやすく、また冬季に侵食が起こりやすいことがわかった。今後はこのような対象地の気象特性を考慮に入れて、埋没した草方格上に草方格を再設して、さらなる海浜植生の修復を図ることが必要と思われる。その際に、「草方格と砂面変動」、「草方格と海浜植生の侵入」の関係について継続調査するとともに、本研究では十分に検討されていない「草方格と風」の関係について、調査を行っていくことが必要と思われる。

## 引用文献

- [1] David S.G.Thomas(1997) Arid Zone Geomorphology, John Wiley& Sons Ltd, 713pp.
- [2] 土壤保全調査事業全国協議会編(1981)土壤改良剤と資材, 財団法人日本土壤協会, 580pp.
- [3] 石川真一他 (1992) コウボウムギの発芽必要条件と砂丘での実生の定着, すげの会会報 (3) :22-25.
- [4] 開発法子 (2002) 海岸植物群落レッドデータの解析とその保護, 海岸 42 (2) :p50-54.
- [5] 川鍋祐夫他 (2003) 中国内蒙古カルチン沙地における草原沙漠化の実態とその阻止・緑復元対策, 家畜衛生学雑誌 29 (1) :1-9.
- [6] 環境庁編 (1999) 環境白書, 大蔵省印刷局, pp498.
- [7] 環境省編 (2002) 新・生物多様性国家戦略～自然の保全と再生のための基本計画～, 株式会社ぎょうせい, pp315.
- [8] 延原肇(1960)海浜におけるコウボウムギの生育－海浜・砂丘植物の生育型 (I) －, 砂丘研究 6(2):9-19
- [9] 延原肇 (1968) ハマヒルガオの繁殖－海浜・砂丘植物の生育型 6－, 砂丘研究 15 (2) :18-22.
- [10] 奥村武信他(1991)草方格及び古畠を利用した方格工による飛砂固定に関する研究, 日本緑化工学会誌 16(4):10-17.
- [11] 邱国玉他 (2001) 草方格による砂丘固定技術の理論と応用, 沙漠研究 11(1), p45-52
- [12] 澤田佳宏他 (2005) 日本の暖温帯に生育する海浜植物 14種の永続的シードバンク形成の可能性, 植生会誌 22(2):135-146.
- [13] 澤田佳宏他 (2006) 国版および地方版レッドデータブックからみた日本の海岸植物の絶滅危惧の現状－本州・四国・九州における状況, 環境情報科学 20:71-76.
- [14] 高桑正敏他(2006)神奈川県レッドデータ生物調査報告書 2006, 神奈川県立生命の星・地球博物館, 442pp.
- [15] 辻本哲郎(1999)海浜植生を用いた飛砂制御に関する基礎的研究, 海岸工学論文集 46, 506-510.
- [16] 山中典和他(2000)砂の移動がコウボウムギ (*Carex Kobomugi Ohwi*) の埋土種子集団の形成と実生の動態に与える影響, 日本砂丘学会誌 47(1):1-11.

[受付 2006年10月30日, 受理 2006年12月24日]