

# 飛砂対策としての自生種を用いた植栽方法について（第2報）

小樽開発建設部 小樽港湾事務所 保全課 須藤 賢哉  
 蛭川 浩一  
 (独)寒地土木研究所 寒冷沿岸域チーム 上久保 勝美

石狩湾新港土砂処分場は浚渫土砂造成地かつ海浜地であり、飛砂発生による周辺環境への影響が懸念されたため、飛砂対策として経済的・効果的な植栽方法について検討した。平成16年の風況調査結果から、海側の年間平均風速が内陸側よりも約1.5倍大きく、自然環境条件が異なることが判明した。そこで植栽試験地を、海からの強風の影響を受ける海岸線から距離100mまでの区域、海岸線から距離100～550mの区域、の2区域とした。では石狩湾新港周辺の自生植物を用いた工種、では芝草類による早期緑化から自生種への推移・定着を期待して芝草類の工種とし、植栽方法を検討した。

キーワード：海浜地、飛砂対策、自生植物

## 1. まえがき

海浜地における飛砂対策は、現地周辺に自生する植物を活用するのが経済的かつ効果的な場合がある。しかし、海浜地の自然環境条件は内陸部に比べて一般的に厳しく、乾燥・塩害や強風による飛砂などのために、種苗が活着しにくいことから、海浜地での植栽の成功事例は多いとは言えない。本報告では、写真-1に示す石狩湾新港西埠頭の土砂処分場における飛砂対策を目的とした植栽について、平成16年度より開始した調査・植栽試験に基づき自生植物や芝草類を用いる方法などを探った。これにより石狩湾新港周辺の海浜地において、風・飛砂など特に厳しい条件下でも効果的で適用性の高い植栽方法について提案する。



写真-1 石狩湾新港西地区土砂処分場

## 2. これまでの経緯

これまでの経緯について図-1のフローに示す。石狩湾新港土砂処分場は石狩湾新港西埠頭に位置しており、風・飛砂の影響が懸念されたため、平成16年度に風況調査・風況シミュレーション・飛砂対策工が提案された。風況調査結果から、海側の年間平均風速が内陸側よりも約1.5倍大きく、自然環境条件が異なることが判明した<sup>1)</sup>。数値計算による将来予測および飛砂対策工の検討により、「植栽工+飛砂防止フェンスの設置」が有効と判断された<sup>1)</sup>。以上により、平成17年度以降に植栽試験が実施された。

平成17年度から緑化試験施工を実施し、翌年以降に追跡調査を実施した。この結果を基に平成18年度には風・飛砂の影響が少ないと考えられた内陸側で工法を改良し、芝草類の播種・吹付による植栽試験を実施した。また、強風を受ける海側では平成17年度の植栽試験結果を受けた自生種苗植栽の本施工を実施した。以上の経緯の詳細は平成18年度に報告している<sup>2)</sup>。

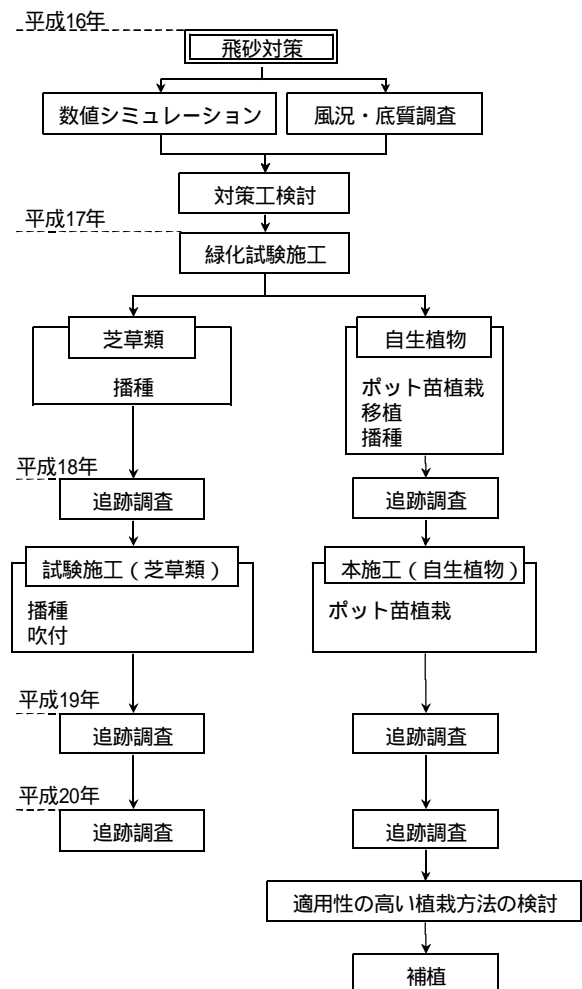


図-1 経緯フロー図

### 3. 植栽試験結果

#### (1) 植栽箇所の設定

土砂処分場における植栽箇所の配置を図-2に示す。土砂処分場の中央よりやや東側寄りの内陸部を中央部埠頭用地(芝草類試験箇所)とし、海岸線に近い海側部をフロント部(海岸線から100mまで、自生種本施工地)として設定した。

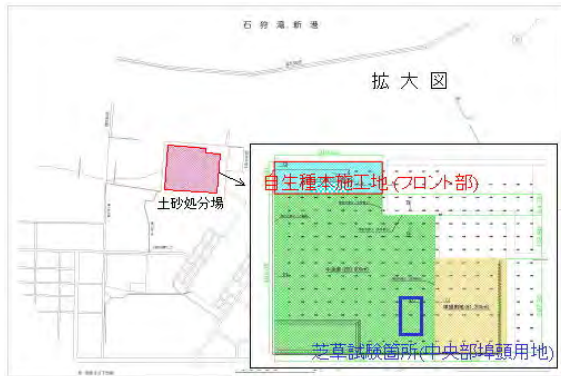


図-2 植栽対象箇所

#### (2) 芝草植生試験<sup>2)</sup> (中央部埠頭用地・平成18年度)

##### a) 実施内容

安定かつ経済的な緑化のためには、現地周辺に生育している自生植物を用いるのが望ましい。しかし、自生植物の種子・種苗を用いる方法では初期生育が遅く早期緑化に適さないため、芝草類による早期緑化を試みた。この方法は初期においては芝草の発芽・生育により飛砂等の影響を抑制しつつ、その後時間経過とともに自生種への推移・定着を期待するものである。芝草植生試験地の配置を図-3に示す。試験地NO.1-1、1-2、1-3では播種工とウッドチップマルチを実施後に生育不良が確認されたことから、陸側半分に追肥を実施した。NO.2-1、2-2、2-3では吹付工のみ実施した。NO.3-1、3-2、3-3では腐植土を混ぜた吹付工を実施した。

平成17年度までに実施した芝草類の植生試験では、吹付した植生基材の上に飛砂による堆砂が進んだため、芝草のほとんどが枯死した(写真-2)。このため、砂移動の抑制と土壤水分の保持を目的としてウッドチップマルチを試験区NO.1-1、1-2、1-3に実施した(写真-3)。さらに、基材を改良した吹付工を試験区NO.2、3に実施した。

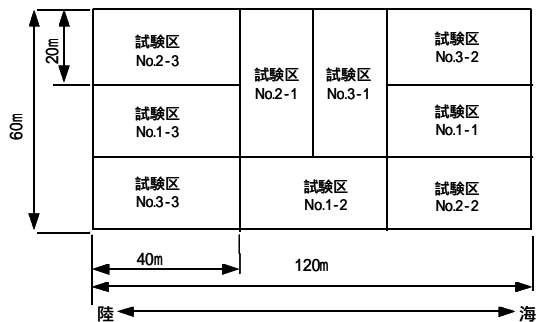


図-3 芝草植生試験地配置図

##### b) 試験結果

播種後約2年が経過した平成20年度の追跡調査における植被率(発芽面積÷試験区面積=%)は、播種後に追肥した試験区NO.1(写真-4)の全体では85%、レッドクローバーが37%、トールフェスクが28%であった。追肥しない試験区NO.1の全体では93%、レッドクローバーが67%、トールフェスクが18%であった。

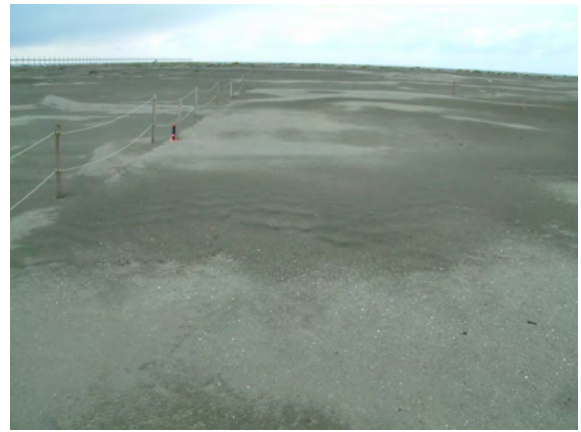


写真-2 吹付基材上の堆砂状況



写真-3 試験区NO.1-1ウッドチップ状況



写真-4 播種試験区1(平成20年、ウッドチップマルチ)

腐植土を施肥した試験区NO.2の全体では81%、トールフェスクが48%、レッドクローバーが10%であった。

腐植土を施肥しない試験区NO.3(写真-5)の全体では77%、トールフェスクが37%、レッドクローバーが13%であった。

以上より、芝草試験地では、早期の植被回復が認められた。

風の影響が大きい芝草試験地海側の防砂ネット(平成18年設置)周辺では堆砂が見られた(写真-7)。一部試験地内への堆砂がみられるものの試験地全体への堆砂は少なく、芝草への堆砂の影響は少ない。この堆砂範囲に接する試験区NO.1-1追肥有、2-2、3-2においては堆砂の影響により、播種のうちイネ科(クリーピングレッドフェスク、トールフェスク)やマメ科(レッドクローバー、ホワイトクローバー)の一部に衰退が見られ、それに



写真-5 吹付試験区NO.3-3 2年後(平成20年)



写真-6 吹付試験区海側堆砂状況 1年後(平成19年)



写真-7 吹付試験区NO.3-3 2年後(平成20年)

替わって植生面積は小さいが自生種(オカヒジキ、コウボウムギ)の侵入が確認された(写真-7)。

### (3) 自生種苗植栽<sup>2)</sup>(フロント部・平成18年度)

#### a) 実施内容

平成17年度の植栽試験結果を受けて、平成18年度に土砂処分場フロント部に、現地周辺の自生植物を用いた自生植物ポット苗(写真-8)を植栽した。ポット苗は現地で種子採取し、種苗工場で育苗後に現地で植栽した。使用種は平成17年度植栽試験で定めた6つの基準(在来種、多年草、郷土種で市場流通が確認可能、植栽試験結果による植栽可能種、種子ポット苗の確保が可能、越冬後の追跡調査結果による植栽可能種)を満たす5種(ハマニンニク、ハマエンドウ、コウボ

ウムギ、アキグミ、エゾヨモギ)と、平成18年の追跡調査結果から導入種として問題ないと判断された3種(クサフジ、ハマナス、ハマボウフウ)の計8種を植栽した。植生保護工は3種のマルチング(ウッドチップマルチ、麻製ネット、ストーンマルチ)のうち、最も定着率の高かったウッドチップマルチ(厚さ10mm)を採用した。



写真-8 自生植物ポット苗(ハマニンニク)

#### b) 苗の定着状況

平成19年(植栽後1年)および平成20年(植栽後2年)の追跡調査における自生種苗の定着状況を図-4、図-5に示す。定着率の定義は植栽面積(4㎡)中の生育本数÷植栽本数(16本)=%である。植栽後1年の定着状況は、アキグミ、ハマエンド

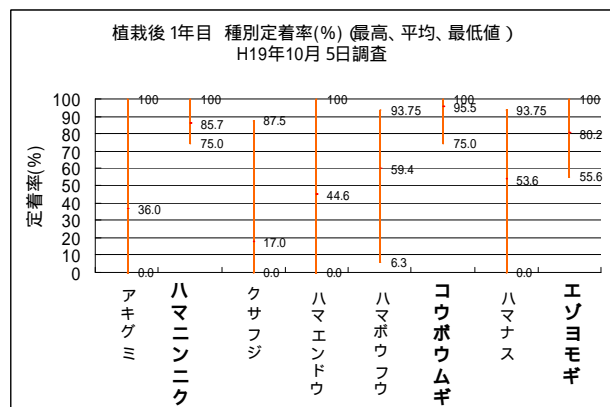


図-4 自生種苗植栽(本施工)の定着率(平成19年調査)

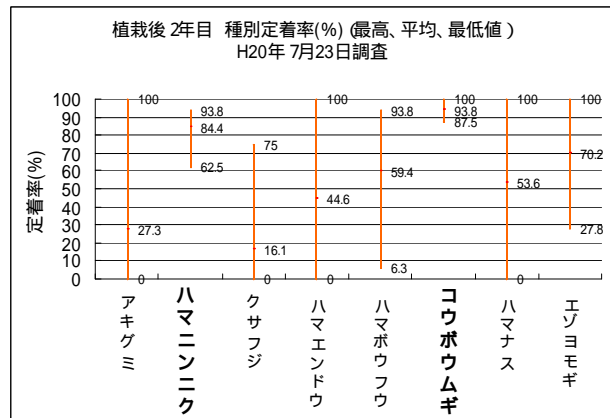


図-5 自生種苗植栽(本施工)の定着率(平成20年調査)

ウでは、定着率0%(全て枯死)から100%まで偏差が大きい。クサフジ、ハマボウフウ、ハマナスについても同様の偏差が見られた。一方でハマニンニク、コウボウムギ、エゾヨモギは、全ての苗で50%以上の定着であり、特にハマニンニク、コウボウムギは70%以上と定着率が高い。植栽後2年の定着状況は、アキグミ、ハマエンドウ、ハマナスでは、定着率0%(枯死した場合)から100%と、偏差が大きく、クサフジ、ハマボウフウについても同様の偏差が見られた。一方でハマニンニク、コウボウムギは60%以上の定着率であり、特にコウボウムギは85%以上と定着率が高い。

環境負荷が大きい不安定帯に見られる海浜植物であるハマニンニクは、埋砂に対する耐性が大きく、地下茎で繁殖し、飛砂の堆積地に最も適した植物と考えられている<sup>3)</sup>。また、石狩浜における砂の移動量が比較的多く不安定な区域には、ハマニンニクやコウボウムギなどが多く分布しているという調査結果がある<sup>4)</sup>。以上より、特に定着率の高いハマニンニクとコウボウムギは、フロント部の植栽において有効な植物種であると判断出来る。

### c) 植生被覆状況

平成20年調査におけるフロント部の植生被覆状況を図-6に示す。西側、中央部、東側で被覆状況に大きな違いが見られた。

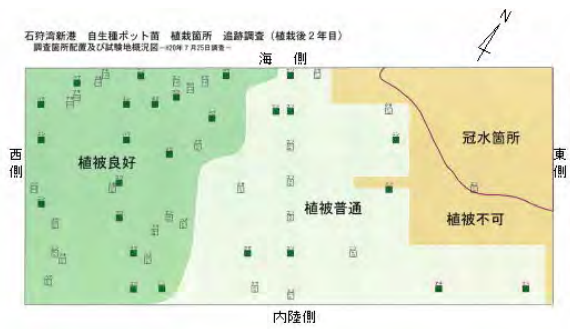


図-6 自生種ポット苗本施工地での植生被覆状況

西側の植生被覆状況は、草丈が大きく植生回復が著しい(写真-9)。この場所は埋立造成前には湿性地で、ヨシなどの湿性植物が生育していた場所であるため、植栽種以外の元来生育していた草本が繁茂しているが、自生種ポット苗施工による植栽種の生育も良好である。元来の生育種とポット苗施工種の混在により最も植生の繁茂が良好である。防砂ネット周辺では堆砂が見られ、植栽地でも堆砂や定着した植物の影響で50cm程度の砂丘状地形が多く見られる。内陸側の芝草試験地に比べて飛砂の影響が大きく、防砂ネットによる砂の移動阻止の効果は小さい。

中央部は西側のように元来の生育種がほとんど無いため植生繁茂状況は劣るものの、ポット苗施工による植栽種の生育は良好である(写真-10)。

東側は、海側の一部で降雨・降雪による冠水が見られた(写真-11)。ポット苗施工による植栽種は、ほぼ全て枯損した(写真-12)。フロント部全域で同様の植栽を実施しており、フロント部では飛砂環境や土壌水分状況に大きな違いは見られないことから、枯損の原因はポット苗が十分に生育しないまま苗が水没により死滅したためと考えられる。冠水の原因特定のため、簡易ポーリング調



写真-9 西側植生繁茂状況



写真-10 中央部生育状況



写真-11 東側冠水状況



写真-12 東側冠水箇所生育状況

査および簡易透水試験を実施した。その結果、冠水域の地盤において不透水層は確認されなかったが、地形が西側および中央部よりもやや低く、表層土の浸透能が低かったため、降雨水が集まり易く、水捌けが悪い条件にあったことが冠水の原因と判明した。水捌けが悪く降雨・降雪で冠水しやすい立地条件においては植栽種の生育が定着せずに枯死するため、冠水が確認された時点で地質調査を実施するとともに土砂置換等の地盤改良が必要である。

#### 4. 植栽試験の評価と考察

##### (1) 中央部埠頭用地(芝草類播種・吹付)

中央部埠頭用地での芝草による植生工の評価を表-1に示す。

追跡調査結果や生育状況などから芝草類の播種・吹付による早期緑化の適応性および飛砂抑制効果が確認出来た。海岸線から200~300m以上内陸であれば、施工時期とウッドチップマルチなどの保護工を行えば芝草の適用が可能である。コストを考慮すると、吹付よりも播種がより有効である。さらに、芝草類による早期緑化の目処が立つことで、植栽初期における飛砂が抑制され、自生種の侵入が促進される可能性がある。播種箇所において自生種(オカヒジキ、コウボウムギ)の侵入が確認されたことから(写真-7)、今後は本来想定していた自生種への推移・定着が進むものと思われる。

表-1 中央部埠頭用地の植栽方法評価

評価項目	芝草類	
	播種(ウッドチップマルチ)	吹付
発芽・定着	発芽・定着状況は良好。海側の一部で、堆砂の影響によるイネ科(刈ベリノレット、フリスカ、トルネリス)、マメ科(レッドクローバー、ホワイトクローバー)の衰退や自生種(オカヒジキ、コウボウムギ)の侵入が確認された。 評価:	発芽・定着状況は良好。海側の一部で、堆砂の影響によるイネ科(刈ベリノレット、フリスカ、トルネリス)、マメ科(レッドクローバー、ホワイトクローバー)の衰退や自生種(オカヒジキ、コウボウムギ)の侵入が確認された。 評価:
緑化速度	発芽定着から、約1年半で被率85~90%と比較的早期の緑化が可能である。 評価:	発芽定着から、約半年ほどで被率80%。と早期の緑化が可能である。 評価:
飛砂抑制効果	早期に被覆が可能であることから、飛砂抑制効果は高い。 評価:	早期に被覆が可能であることから、飛砂抑制効果は高い。 評価:
自然環境	海岸部に生育する海浜植物ではなく、芝草種が主で周辺の自然環境に馴染んでいない1~5年後に衰退が始まれば、徐々に自生植物へ推移する可能性は高い。 評価:	海岸部に生育する海浜植物が主で周辺の自然環境に馴染む。 評価:
コスト	¥7,400/100㎡ 評価:	¥18,000/100㎡ 評価:
総合評価	早期緑化は適応性が確認され、一部に自生種の侵入も確認されたことから、今後、自生種への推移定着が期待できる。ただし、工事発注時期の関係から、秋以降の施工が余儀なくされることにより、十分な生育が見られないままに冬季を迎えた芝草は、冬季間に凍上等によって枯死するか、春の強風期の堆砂や侵食により枯死する危険性が極めて高く、緑化の成功率はかなり低いことが危惧される。 評価:	秋施工、春施工ともに対応可能であるが、前年度に種子採取・育苗が必要となる。大面積施工の際は計画的な育苗が必要。植被回復速度が遅く、飛砂の抑制効果は低い。植生土のうを用いれば確実に定着し、植被速度が上がるため、飛砂抑制効果が発揮できる。 評価:

した植物と考えられている<sup>3)</sup>こと、コウボウムギは環境負荷が大きい不安定帯に見られる海浜植物である<sup>3)</sup>ことである。植被速度が遅く飛砂抑制効果の面から見ると評価は低いが、植栽の最初から自生種を用いていることから自然環境面では評価が高い。平成18年に試験的に設置した植生土のう(ハマニンニク、写真-13)が平成20年には埋砂状態において旺盛に生育し、周辺への被覆状況も確認されている(写真-14)こと、植生土のうが飛砂固定・堆砂効果を有し、コウボウムギの成長と地下茎伸長が確認される事例がある<sup>5)</sup>ことから、植栽基盤と防砂効果を兼ねた植生土のうを組み合わせた工法がより有効である。

表-2 フロント部の植栽方法評価結果

評価項目	自生種苗植栽
発芽・定着	植栽箇所元来の局所的な影響により場所によって生育状況に違いが見られる。石狩海岸周辺の不安定帯で生育しているハマニンニクやコウボウムギの定着状況は良好である。 評価:
緑化速度	定着から約2年ほどで被率13~40%程度と早期の緑化は期待できない。しかし、生育が良好なハマニンニクは地下茎で繁殖する植物であることや、堆砂箇所周辺では地下茎が伸長し被覆の広がりが確認されたことなどから、時間経過とともに植被回復が期待できる。 評価:
飛砂抑制効果	被覆速度が遅く、堆砂が進み一部で砂丘状地形が形成されており、飛砂抑制効果は低い。 評価:
自然環境	海岸部に生育する海浜植物が主で周辺の自然環境に馴染む。 評価:
コスト	¥41,200/100㎡ 評価:
総合評価	秋施工、春施工ともに対応可能であるが、前年度に種子採取・育苗が必要となる。大面積施工の際は計画的な育苗が必要。植被回復速度が遅く、飛砂の抑制効果は低い。植生土のうを用いれば確実に定着し、植被速度が上がるため、飛砂抑制効果が発揮できる。 評価:



写真-13 植生土のう設置状況(H18年設置)

##### (2) フロント部(自生種苗植栽)

###### a) 評価と考察

フロント部における海浜植物苗植栽工法の評価を表-2に示す。

フロント部での自生種苗植栽においては、追跡調査結果、生育状況、植栽方法の評価から、以下のことが判明した。

植栽箇所の地盤条件等の影響で、場所によって生育結果に差が生じた。

堆砂が進み、一部に砂丘状地形が形成されていることから、防砂対策が必要である。

使用種として、ハマニンニクとコウボウムギが最適であると判断される。その理由として、ハマニンニクは埋砂に対する耐性が大きく、地下茎で繁殖する植物であり飛砂の堆積地に最も適



写真-14 植生土のう植生回復状況(H20年8月状況)

b) 有効な植栽方法

植栽に使用する植物は、調査結果から高い適応性が確認できたハマニンニク、コウボウムギとした。緑化方法は、ハマニンニクとコウボウムギの被覆効果を利用し、これらの苗を点在させる方法が有効である。よって、防風・防砂と植回復の2重効果を期待して設置する 防風土塁(図-7)と、植生の被覆を期待して設置する 植生土のう(図-8)の以上2種類の植生土のう設置が有効であると判断した。

これによる効果は以下のとおりである。

防風土塁については、植生土のうを2段積みとすることで防風・防砂の効果を高める。下段の植生土のう内で苗(ハマニンニク、コウボウムギ)が定着し、土のう周辺の堆砂を利用して地下茎を伸ばしながら周辺に広く分布していく。植生土のうについては、植回復が主目的で植生土のう1段積みとする。土のう周辺の堆砂や土のう内で苗(ハマニンニク、コウボウムギ)が定着し、植回復することで飛砂抑制効果を発揮させる。

なお、本調査で確立された有効な植栽方法である植生土のうを用いて、平成20年にフロント部で自生種苗が枯死した範囲に補植を兼ねた植栽を実施した(図-9)。これについては平成21年春季に、現地で植生状況を確認する予定である。

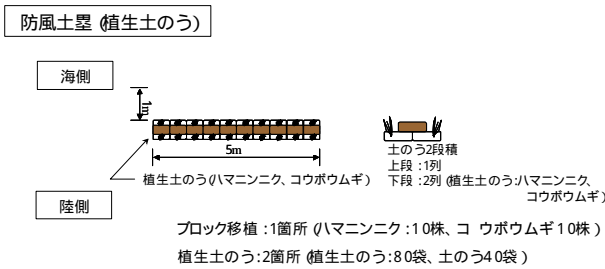


図-7 植生土のう防風土塁配置図

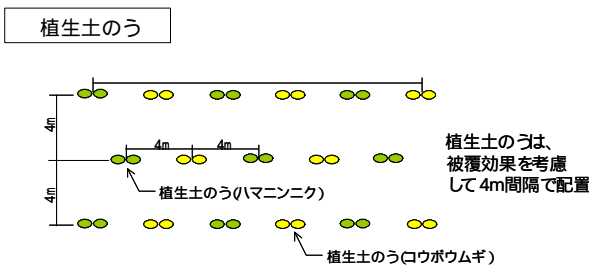


図-8 植生土のう配置図



図-9 フロント部 全体配置図

5. まとめ

平成16年～平成19年までの調査・試験および本年度調査・試験の結果をまとめると以下のとおりとなる。

中央部埠頭用地は海岸線より200～300m内陸であれば、早期緑化の目的で播種(ウッドチップマルチ)および吹付による芝草類の適用が可能であり、「播種(ウッドチップマルチ)」がコスト的には有利である。施工時期は比較的風が弱くて降雨が期待でき、冬までに十分な生育期間のとれる盛夏を除く夏季が望ましい。芝草類が定着した箇所は、時間の経過とともに海浜自生植物が侵入することで自然植生への推移が期待できる。

環境負荷が大きい不安定帯であるフロント部ではハマニンニク、コウボウムギが高い適応性を示し、十分に植栽に活用出来ることを確認した。フロント部での植栽方法は、飛砂の影響と海浜植物(ハマニンニク、コウボウムギ)の被覆効果を考慮した「植生土のう」が最適な工法である。

本調査で確立された植栽方法が石狩湾新港に限らず、他の港湾および海岸周辺部において参考となれば幸いである。

謝辞:本調査にあたっては関係各位に多大なる御協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1)小樽開発建設部小樽港湾事務所:平成16年度石狩湾新港飛砂対策調査検討業務報告書(2004)
- 2)上久保勝美・下山宗生・中村篤:飛砂対策としての自生種を用いた植栽方法について,開発局技術研究発表会 第50回(2006)
- 3)小樽開発建設部小樽港湾事務所:平成10年度石狩湾新港植生調査業務報告書(1998)
- 4)島村崇志・宮木雅美・濱田誠一・西川洋子:石狩浜の海岸植生衰退と砂の移動量との関係,北海道環境科学研究センター所報 39~43,(ISSN09168656)(2007)
- 5)植 弘隆・奥村武信:植生土のう排列による海岸砂地の飛砂固定と緑化,日本緑化工学会誌第27巻/第1号(2001)