

〈 掘込み式漁港における掘削土砂を活用した防風壁の効果 に関する風・飛塩観測調査 〉

Observation study of wind and wind-blown salt at the fishing port to examine the effects of windbreak-wall constructed by the excavated material

業務名	南大東漁港環境影響調査 (14-699, 15-699)
委託者	沖縄県
担当者	(我原弘昭), 坂井隆行, 小原正寛

At Minami-daitou Fishing Port, windbreak walls are constructed around the fishing port to alleviate strong wind, by using excavated materials. The observation study of wind and windblown salt is carried out in winter and typhoon seasons to examine the effects of the windbreak wall and shelterbelts. The energy distributions in strong wind from the north show that wind velocity behind the windbreak wall is considerably weakened. Meanwhile, wind direction is irregularly changed along the windbreak wall. And in case of strong wind from the north, the density of wind-blown salt behind the windbreak wall is approximately one tenth compared with that at the coastal area. As for the reuse of the future excavating materials to expand the basins, numerical simulation is to be conducted in order to determine appropriate scale and layout of windbreak wall on the basis of observation results.

Key words: Windbreak wall, wind-blown salt, wind velocity, wind direction

1. 調査の目的

南大東島は、沖縄本島の東方約 360km に位置し、隆起珊瑚礁によって形成されたフィリピンプレート上に突出した海嶺島で、島の周辺は水深 4,000m の深海である。南大東島の外周の海岸部は、10～20m の断崖であり、漁船等の船舶係留に支障を来たすため、使用する漁船は陸揚げ可能な規模（3t 未満）に限られていた。このような状況の中で、南大東島の北西部（図-1 参照）に南大東漁港を建設することが計画され、1989 年度より、島外側の岩礁地帯を掘削することにより整備が進められている。南大東漁港施設の内、第 1、第 2 泊地は完成しており、2003 年度には、第 3 泊地の掘削が着手された。南大東漁港の整備に伴い、泊地背後には、図-2 に示すように高低差は約 40m（勾配 1:0.5～1:0.7）の急斜面が形成され、漁港背後地には防風林や、掘削土砂（琉球石灰岩）を利用した防風壁（石積堤）が設置されている。

本研究では、漁港周辺の複雑な地形条件下における風及び飛塩の状況と漁港背後の防風林・壁の効果を把握することを目的とした現地調査を行った。

2. 調査の内容および方法

風及び飛塩の現地調査は、南大東漁港周辺で強風が発生する冬季季節風及び夏季台風時を対象として、2002 年度の冬季（2002 年 12 月 20 日～2003 年 2 月 20 日）及び 2003 年度の夏季（2003 年 8 月 5 日～10 月 25 日）に実施した。

2.1 風観測調査

風の観測は、図-3 の現地調査位置図中の 印の位置に、自記式風向・風速計を設置し、1 時間毎に 10 分間の平均風向風速データを収録した（図-4 参照）。

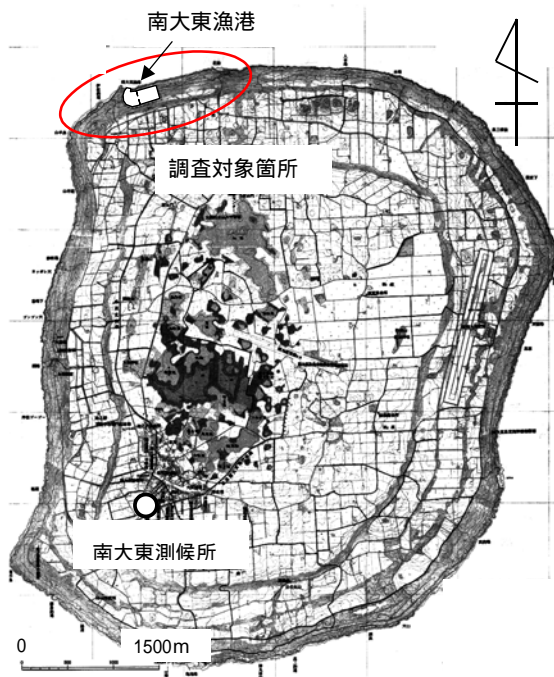


図-1 調査対象箇所

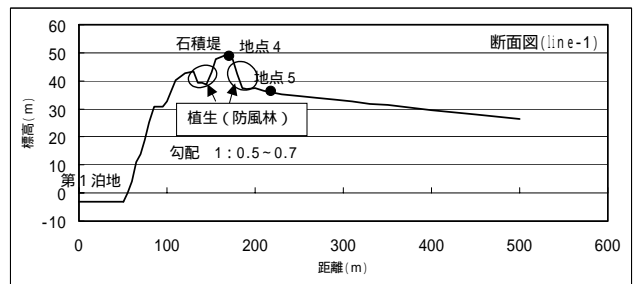
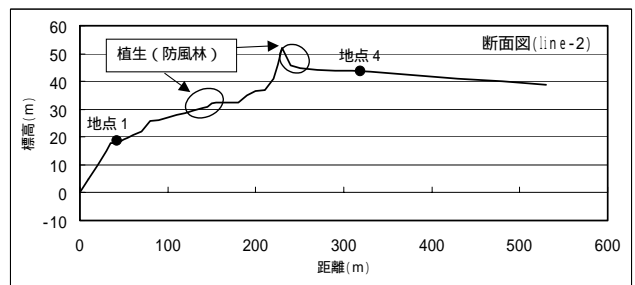
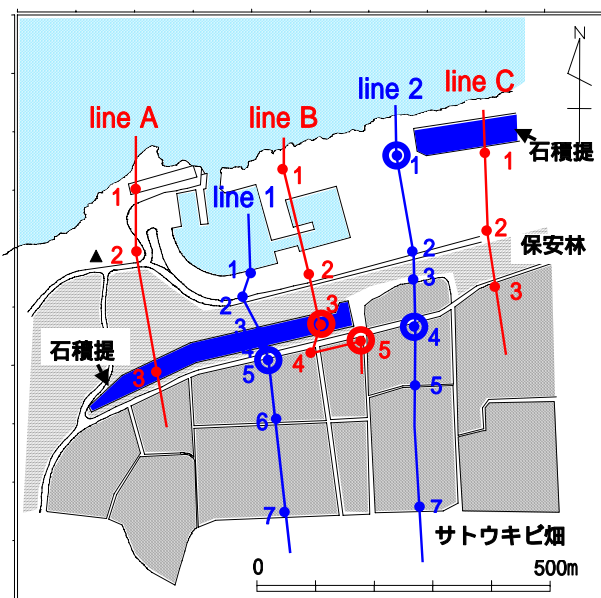


図-2 南大東漁港の断面



冬季の観測では、line-2の地点1,4において、風の鉛直分布を把握することを主目的として、地上3m及び10mに風向・風速計を設置した。

夏季観測では、漁港背後の石積堤周辺の風況平面分布を把握するためにline-1の地点5及びline-Bの地点3,5の地上3mと、line-2の地点1の地上3m,10m及びline-2の地点4の地上3mに風向・風速計を設置した。



注) 図中 ○ は定点風観測地点(沖縄県)
● は風、飛塩観測地点, その他は飛塩観測地点

図-3 現地観測位置図

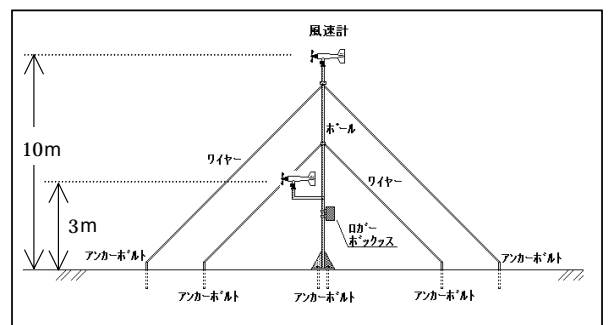


図-4 風向・風速計設置状況図

2.2 飛来塩分調査

飛来塩分調査は、上記風観測期間中において、図-3の現地調査位置図に示す各地点（及び印）に捕塩器を設置し、通常時（長期）と強風時の塩分量の観測を行った（写真-1参照）。観測地点の内、line-1の地点4（石積堤上）、5とline-2の地点1,4では、塩分の鉛直分布を把握するために、地上2~7mに1m間隔で捕塩器を設置し、その他の観測地点では、地上3mに設置した。塩分量の分析は、捕塩器内に設置したガーゼを回収し、蒸留水250mlに浸して1時間沸騰し、一昼夜静置した後、25℃における電気伝導度を測定した。測定した電気伝導度は、式(1)¹⁾により100ml中の塩分量に換算した。

$$Y = 0.05274 X - 0.6002 \quad \text{式(1)}$$

ここで、Yは100ml中の塩分量（mg）

Xは電気伝導度（ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）

各観測時の飛塩量については、捕塩器の面積と観測期間を考慮して、単位面積の日単位数（ $\text{mg}/\text{cm}/\text{day}$ ）に変換した。



写真-1 捕塩器設置状況

3. 風観測結果

3.1 南大東漁港と南大東測候所の風速相関

現地調査期間中の風況特性を把握するために、定点観測が行われている南大東漁港（沖縄県管理）と南大東測候所の風データを収集した。図-5に2002年度冬季と2003年度夏季の南大東測候所と南大東漁港の風速相関図を示す。

冬季には、北西の季節風が卓越するため、南大東島のほぼ中央部に位置する測候所の風速より、南大東漁港の風速が速い。夏季（台風期）では、台風が南大東島の西方海上を北上する場合にはS系の強風（測候所の風速が速い）が観測され、東方海上を北上する場合にはN系の強風が観測されるため2極化した相関分布を示す。

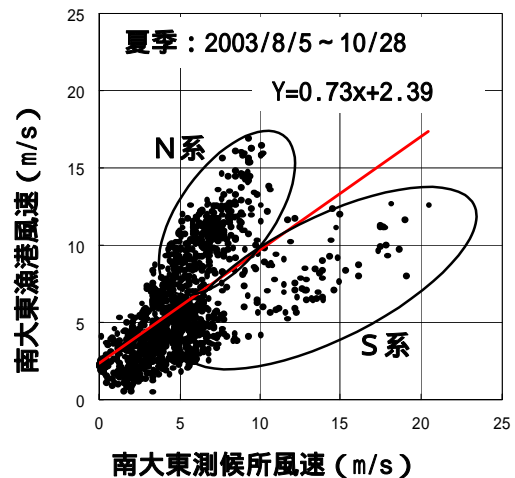
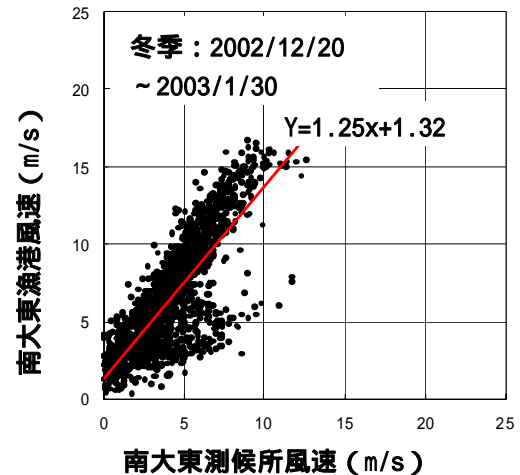


図-5 南大東漁港と南大東測候所の風速相関図

3.2 南大東漁港周辺の風況特性

(1) 強風時の風況経時変化

図-6は、南大東島の西方海上を台風（2003T10号）が北上した時の風況経時変化である。台風の接近・通過に伴い、各観測地点の風向はE、S、W方向へ変化している。風向がS方向となった場合には、風上側に位置する南大東測候所や防風林及び石積堤による風速の減衰効果を受けないline-Bの地点3では、他の観測地点に比べて風速が速い。line-2の地点1では、風向がSの場合に、漁港背後の標高が高く、また防風林が存在するため、極端に風速が減衰する。

図-7は、南大東島の南方海上より台風（2003T17号）が接近し、東方海上を北上した時の風況経時変化である。南大東漁港背後に設置されている石積堤より海側の観測地点であるline-2の地点1では、N方向からの10m/sを

越える強風が観測された。漁港背後の防風林を挟んだ観測位置となる line-B の地点 3 及び line-2 の地点 4 では、漁港側の line-2 の地点 1 に比べて風速が半減している。また、漁港背後に設置されている石積堤周辺の line-1 の地点 5 と line-B の地点 5 では、風速がさらに減衰し、風向は石積堤に沿って西側へ向かうように変化している。

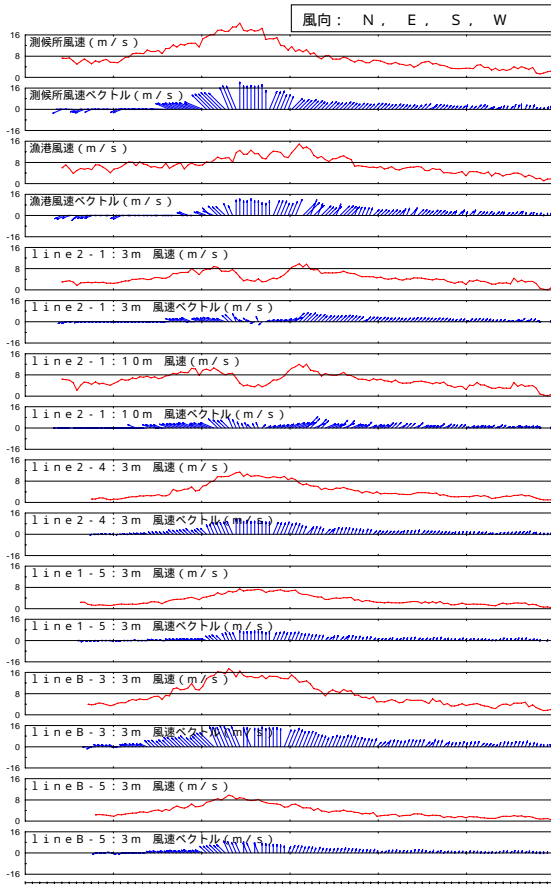


図-6 S系台風時の風況経時変化

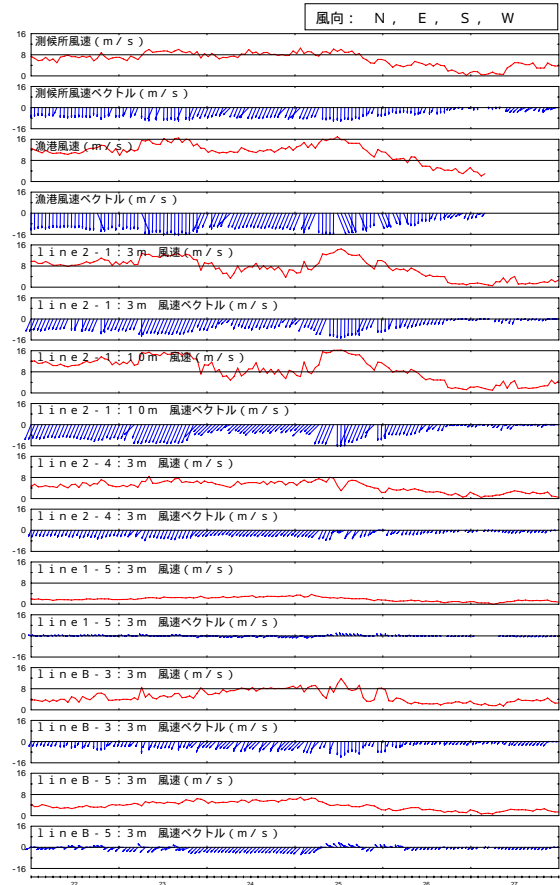


図-7 N系台風時の風況経時変化

(2) 風況平面分布

図-8 及び図-9 は、N系強風時の南大東漁港周辺の風況平面分布を示したものである。

図-8 は、南大東漁港の風向がNW方向の場合に、Line-2 の地点 4 は漁港背後の石積堤の風速減衰域となっているため、風速が大きく減衰しているが、地上 3m の風向は 10m とは逆に S 方向を示す。

図-9 は、南大東漁港の風向が N、line-2 の地点 1 の風向が NE 方向の場合の風況である。漁港背後の観測地点の風速が大きく減衰されていると共に、石積堤に沿うように風向が W 方向へ変化している状況を示している。

(3) 風のエネルギー分布

line-2 の地点 1 の風向別 (16 方位) に、夏季及び冬季の全観測期間を対象として、各観測地点の風向別の風エネルギー量を算出した。なお、観測地点の内、line2 の地点 4 の地上 10m は冬季のみ、line-B の地点 3,5 は夏季のみのデー

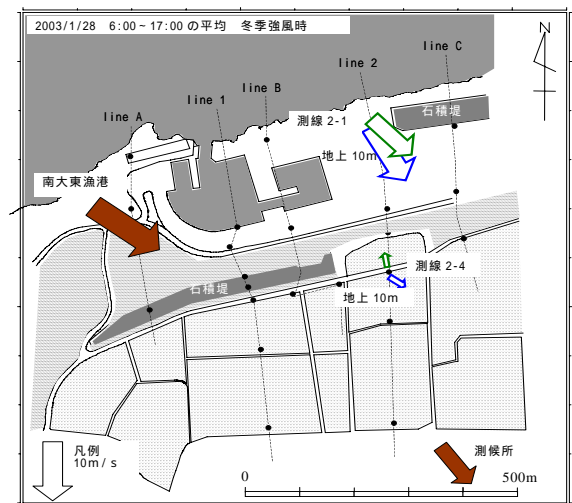


図-8 風況平面分布図 (冬季強風時)

タを用いている。

図-10はline-2の地点1の風向がNの場合の風エネルギー分布である。防風林や石積堤の影響を受け難い県管理の漁港観測地点や石積堤上（line-3の地点3）ではN系のエネルギーが大きい。一方、石積堤周辺（line-1の地点5，line-Bの地点5）ではESE～S方向でエネルギーが分布しており、漁港側や植生及び地形（石積堤）の影響を受け難い観測地点とは異なる傾向を示す。

図-11は，line-2の地点1の風向がNEの場合、図-12は，line-2の地点1の風向がSの場合の風エネルギー分布である。各観測地点の風エネルギーは，line-2の地点1と同じ方向で大きい値を示す。

即ち、石積堤背後の風の減衰域では、風のエネルギーが減衰すると共に、風向は石積堤に沿うように変更されるが、その範囲外では地形や防風林によりエネルギーは減衰するが、方向の変化は少ないことがわかった。

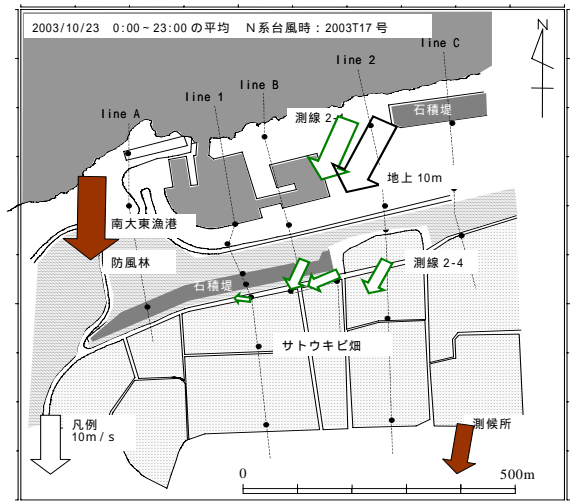


図-9 風況平面分布図（N系台風時）

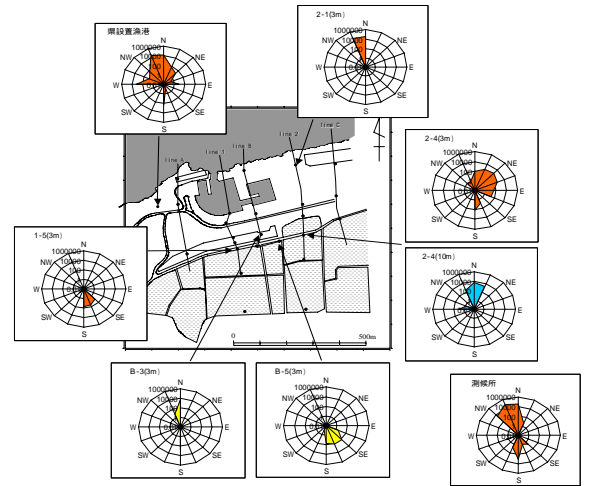


図-10 風のエネルギー分布(line-2-1: N)

単位:W

単位:W

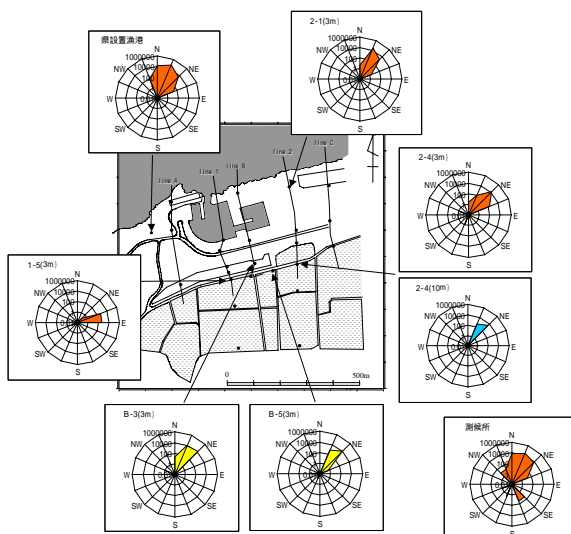


図-11 風のエネルギー分布(line-2の地点1: NE)

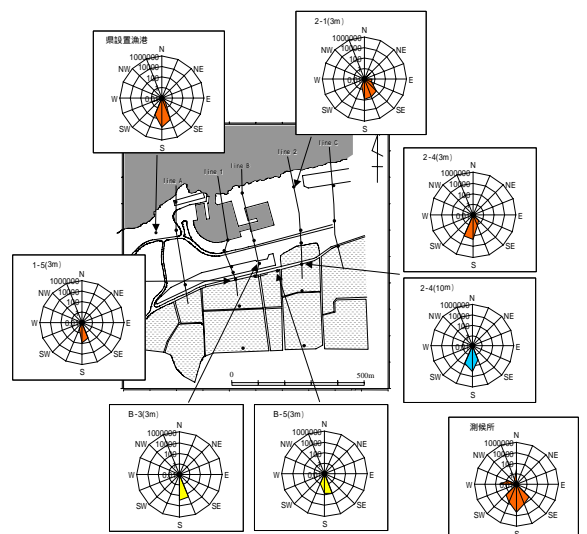


図-12 風のエネルギー分布(line-2の地点1: S)

4. 飛来塩分量観測結果

4.1 飛来塩分量の鉛直分布

(1) S系強風時

S系の強風が観測された2003年8月5日～8日(2003T10号:最大平均風速=20.5m/s:南大東測候所)と2003年9月19日～21日(2003T15号:最大平均風速=14.9m/s:南大東測候所)の飛来塩分量の鉛直分布を図-13に示す。

各観測地点における塩分の鉛直分布に大きな違いは見られない。測線方向では、line-1の観測地点間の距離が近いことため塩分量に大きな差は見られないが、line-2では、漁港背後の地点4の塩分量が、漁港側の地点1の半分程度まで減少している。これは、S系台風時の風向がEからW方向へと回り込むため、海岸に近い場所では、飛沫の影響を受け塩分量がやや大きい値を示すものと考えられる。

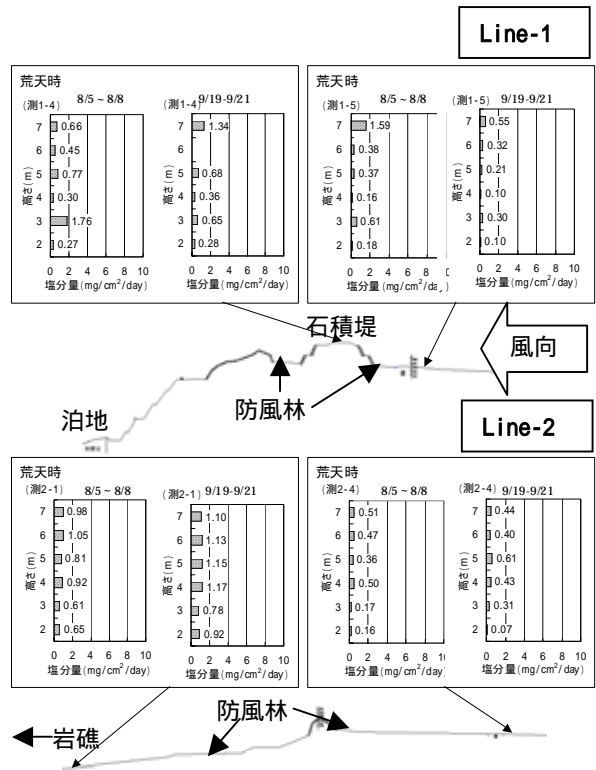


図-13 S系強風時の飛来塩分量の鉛直分布

(2) N系強風時

N方向からの強風が観測された2003年10月23日～10月28日(2003T17号:最大平均風速=17.0m/s:南大東漁港)の飛来塩分量の鉛直分布を図-14に示す。各観測地点の塩分の鉛直分布は、地上2mの塩分量が3mより上層の塩分量より少ないが、3mより上層の鉛直分布の差は大きくない。

line-1の石積堤背後の地点5では、石積堤上の地点4の1/2～1/5倍程度の塩分量となっている。

Line-2では、漁港背後地の地点4の塩分量が、海岸に近い地点1に対して1/10程度まで減少している。

N系強風時には、海岸に近い測点で塩分量が多く、海岸からの距離が離れることと、石積堤や防風林の効果を受ける場所では、塩分量が少ないことが確認された。

また、S系強風時と比較した場合、石積堤背後のline-1の地点5とline-2の地点4では塩分量に大きな違いが見られないことより、この位置では海岸への波の打上げで発生する飛沫の影響がほとんどないことが想定される。

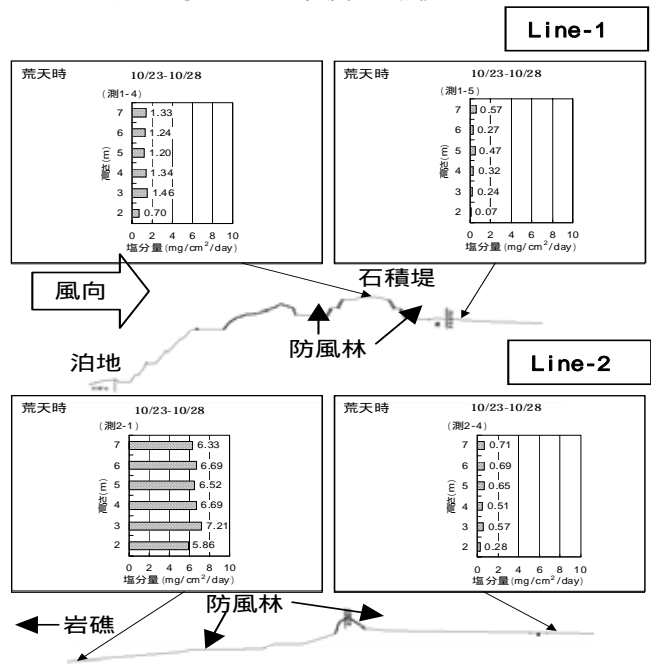


図-14 N系強風時の飛来塩分量の鉛直分布

4.2 飛来塩分量の平面分布



南大東漁港周辺の26地点(鉛直分布観測を含む)で実施した飛来塩分量調査の内、N系台風時(2003年10月23日～28日)の塩分量平面分布を図-15に示す。

南大東漁港の海岸及び漁港港口近くで塩分量が5mg/cm²/day以上と大きな値を示すが、海岸からの距離が離れるにしたがって、塩分量が減少している。

また、漁港の港口から続く第1泊地背後では1~5mg/cm²/dayと塩分がやや大きいですが、背後の防風林と石積堤の効果により塩分量が軽減されていることが確認された。

5. 石積堤及び防風林の効果について

既往文献²⁾では、防風林の密度の違いによる減風効果について、樹高(H)を指標として示されている。これによると防風林の影響を受けない風上側の風速が半減する範囲は、最適な密度の林帯の場合8H、過密な林帯(石積堤に相当)の場合4H程度である。本調査のline-2の場合、漁港背後の石積堤の並びに樹高約6mの防風林が存在することより、この防風林による風速の半減地域は25~50m程度(4~8H)であることが推定される。これに対して、N系強風時に海側観測地点(line-2の地点1)に対して風速が半減していたline-2の地点4は、上記、防風林から約80m離れている。これは、防風林の漁港側にやや標高が高い岩場があることと、近傍に石積堤があるため、風の減衰効果が高められていると考えられる。このように、防風林と石積堤を適切に配置することにより、背後域の防風効果が得られることが期待できる。

-  : 飛塩量: 5 ~ mg/cm²/day
-  : 飛塩量: 1 ~ 5mg/cm²/day

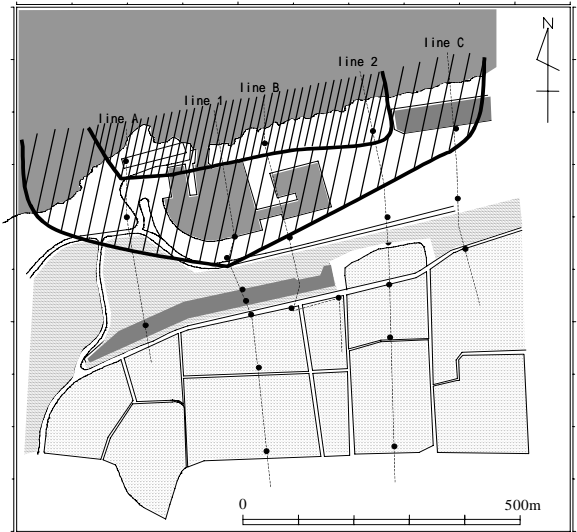


図-15 N系強風時の飛来塩分量半面分布

6. まとめ

本研究では、南大東漁港整備による複雑な地形(漁港掘削による高低差、漁港背後の石積堤及び防風林等)条件下における風況及び飛来塩分の特性を把握することができた。

本研究により得られた主要な結論を以下に示す。

- (1) 南大東漁港背後では、N系の強風時に石積堤及び防風林の効果により風のエネルギーが減衰される。特に、石積堤の影響範囲では風速の減衰効果が大きく、風向は石積堤に沿うように変更される。
- (2) N系強風時には、漁港側の海岸際や泊地周辺で飛来塩分量が多いが、海岸からの距離が離れるに従い塩分量が減少し、漁港背後の石積堤や防風林の背後では、その効果により漁港側の1/10程度の塩分量となる。
- (3) 漁港背後の石積堤及び防風林の影響域では、S系(飛来塩分の発生源からの距離が遠い)とN系の強風時の塩分量が同程度であることより、石積堤と防風林の効果により、海岸際で発生する飛沫の影響がほとんどないことが確認された。

南大東漁港で引き続き掘削土砂による泊地の拡張が計画されている。従って、本調査によって得られた風及び飛来塩分のデータを活用し、石積堤及び防風林の効果を検証した上で、数値シミュレーションにより適切な配置や規模の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 幸喜善福: 海岸保全的見地からの沖縄の飛塩に関する研究, 琉球大学農学部学術報告 第25号, 1978.
- 2) 櫻山徳治: 内陸防風林, 林業技術, 309.pp.23-26, 1967