

海岸での護岸の有無および潮位の変化が 海水飛沫粒子の発生個数と粒子径に及ぼす影響

学籍番号1090410 氏名 伊藤 隆洋

高知工科大学工学部社会システム工学科

要旨: 海岸での護岸の有無および潮位の変化が海水飛沫粒子の発生個数と粒子径に及ぼす影響を明らかにした。複数の護岸構造物設置海岸において、発生海塩粒子個数や粒子径を観測した。護岸構造物設置の有無による発生粒子個数と粒子径の違いが明らかとなった。また、潮位が上がる事で発生粒子個数が増加する傾向にあることが分かった。

キーワード: 飛来塩分量, 海塩粒子, 粒子個数, 粒子径, 潮位

1. はじめに

海岸方向から風により運ばれる飛来塩分は、鋼構造物だけではなく、鉄筋コンクリート構造物に浸透中の鉄筋を腐食させる塩害が発生する。そのため、構造物の飛来塩分量を推定し構造物の劣化予測を経済的に行う維持管理が必要である。本研究では各種海岸で発生する海塩粒子個数や粒子径を測定するため鉛直方向での実験観測を行った。鉛直方向での粒子個数や粒子径を空間的に表すことで、飛来塩分の特徴や分布を明らかにするのが目的である。

2. 実験概要

既往の研究では、土研式捕集器具やJIS Z 2381によるドライガーゼ法が多用されている。しかし、塩化物イオン濃度を検出することができても、粒子の個数や粒子径を把握することは困難である。実際にガーゼ法を用いた実験方法で観測を行い、滴定機による滴定試験を行ったが、鉛直方向での塩分濃度の分布しか分からない。また、海塩粒子は $250\mu\text{m}$ レベルの非常に小さい粒子径であり、ガーゼの構造上、直径 $210\mu\text{m}$ の繊維で縦×横の糸との間が約 $700\mu\text{m} \times 700\mu\text{m}$ で構成されているガーゼでは、飛来塩分粒子がガーゼを通過していることが1)によって説明されている。また、何重に重ねてもその捕捉率から測定値に期待ができない。本研究は粒子レベルでの観測を行うことで鉛直方向による海塩粒子の個数・粒子径を把握することが可能となった。

実験には、縦横 $40\text{cm} \times 37.5\text{cm}$ の感水紙を使用した。感水紙とは、水に反応する薬液が施してあり、水滴が感水紙に付着すれば青い斑点となる。これを写真-1に設置し図-2の鉛直方向に作成した実験器具で開始した。留意する点として、感水紙を長時間設置すると粒子同士が重なり個数に誤差がでることから、5分間以内の観測を行うことや、風方向からの風に対し感水紙が常時直角に当たるように行う。これは、陸からの風で平均風速 3m/s でガーゼ法の観測実験を行った場合、滴定機が塩化物イオンを検出できなかったからである。これは、海から飛来塩分が発生し

ても陸からの風で押し戻されたと考えられる。また、感水紙は微粒子でも反応する点から観測開始を行う際、十分に注意して保管しなければならない。実験日時は1月11日、実験場所は島根県出雲市杵築東($35^{\circ} 23' 52''$ 度 $132^{\circ} 40' 22.97''$) 稲佐の浜で行った。天候は雪時々曇り。高さ方向(図2)では、風速の違いが考えられるため、 $1.3\cdot 5\text{m}$ にKestrelの風速計を設置した。



4) 図-1 観測地点



図-2 飛来塩分捕集器具

写真-1 感水紙設置状況

表-1 資料別の海岸地形, 潮位レベル (cm), 平均風速 (m/s)

資料番号	海岸地形	潮位 (cm)	平均風速 (m/s)
3	消波ブロック	1	10.4
4	消波ブロック	2	9.2
6	消波ブロック	3	8.0
8	砂浜	5	9.5
9	砂浜	6	8.5
10	砂浜	7	8.9
11	消波ブロック	8	10.2
12	消波ブロック	9	9.8

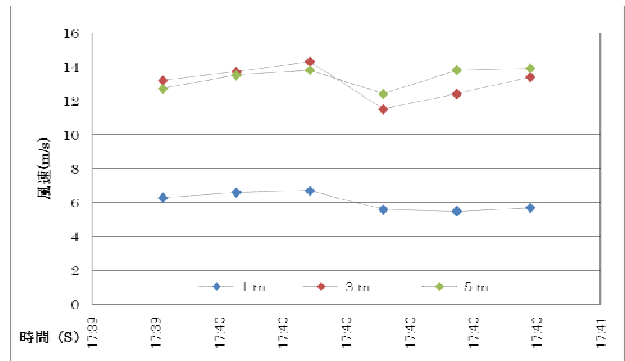


図-3 高さ方向と (m) と風速 (m/s) の関係

3. 解析方法

写真-2のように採取した感水紙をパソコンのスキヤナで読み取り300dpiの画質で保存。その写真を「まいAの〜ど」というソフトで画像解析を行い、重なった粒子同士の収縮分離作業などを行った。そして、解析終了後、各高さ別に感水紙の粒子個数と粒子直径・液滴直径が自動で計算される。そのうち付着した粒子直径を付着する前の粒子状態で計算された液滴直径から、粒子を球体と定義し球の体積を算出した。これを高さ方向別に総体積を求めた。そして、気象庁による1月11日現在の海水温から比重を考慮し、海水1mgに含まれる塩化物量を計算し総体積から最終的に飛来塩分量(mdd)を算出したものである。



写真-2 感水紙 飛来塩分の採取後

表-2 資料別による各項目の順位

資料番号	mdd	順位	総粒子個数	順位	地形
3	0.259	5	5151	5	
4	0.377	3	7690	4	テトラ
6	0.373	4	7476	3	ラ
11	0.640	2	11026	2	
12	0.708	1	11239	1	

資料番号	mdd	順位	総粒子個数	順位	地形
8	0.282	2	8341	3	砂浜
9	0.218	3	9252	2	浜
10	0.365	1	11368	1	

平均風速や観測時間が同じ条件の中、資料番号3から12にかけて徐々に満潮に近づくのだが、粒子個数と塩分濃度が順に多くなっている事が表-2からも分かる。また、消波ブロックと砂浜のグラフは最大値が違ってくるのだが、粒子個数の発生量が砂浜では圧倒的に多い。

4. 海岸地形と潮位による粒子個数と塩分濃度

図-4から図-7にかけて塩分濃度(mdd)と粒子個数は観測点が高くなるにつれて減っていくのが分かる。また、2mから5mまでほぼ比例関係にあるが、1mは両方の結果が極端に低くなっている。この要因は、同実験地で風速計を使用した結果から、地面による粗度状況による影響が考えられる。図-3のように3m, 5mの風速に相違はないが、1mの風速が明らかに低くなっていることで分かる。ここで資料別にmddと粒子個数の値から順位をつけた。(表-2)

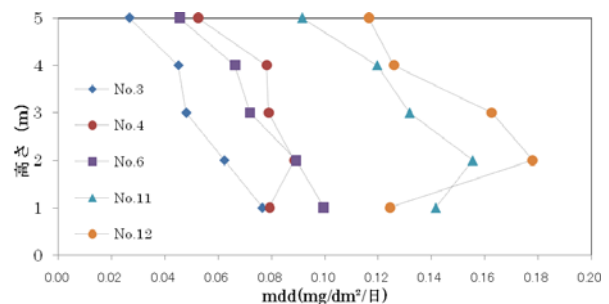


図-4 消波ブロックにおける高さ (m) と飛来塩分量 (mdd) の関係

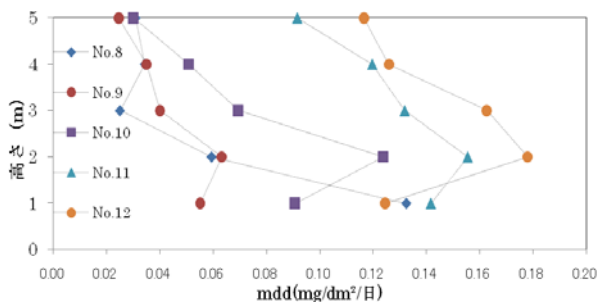


図-5 砂浜における高さ(m)と飛来塩分量(mdd)の関係

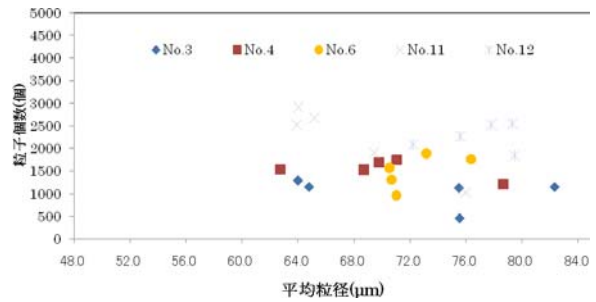


図-8 消波ブロックにおける平均粒子径(μm)と粒子個数の関係

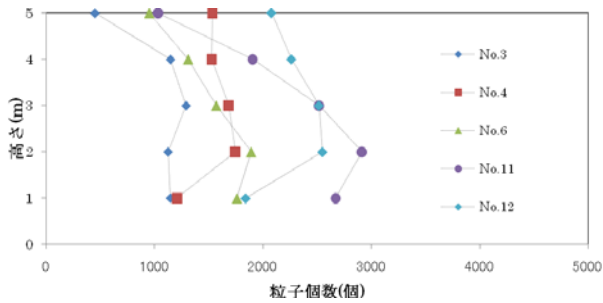


図-6 消波ブロックにおける高さ(m)と粒子個数の関係

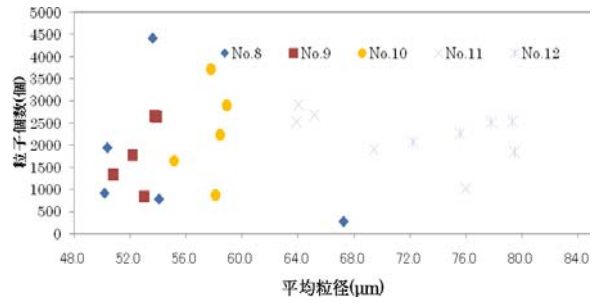


図-9 砂浜における平均粒子径(μm)と粒子個数との関係

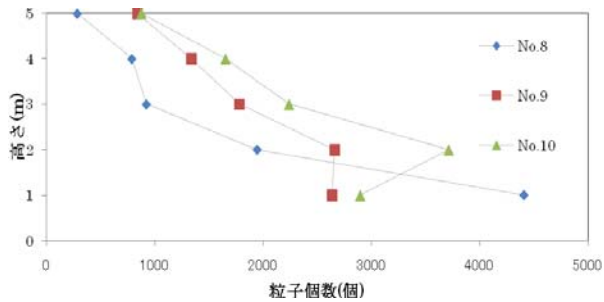


図-7 砂浜における高さ(m)と粒子個数の関係

5. 海岸地形と潮位による平均粒子径と粒子個数

各種海岸にわけて平均粒子径と粒子個数の関係を表したのが、図8, 9であるが、消波ブロック有の海岸では60μmより大きい粒子が、砂浜では60μm以下の小さい粒子が主に発生し、潮位が増す事に粒子個数が増える事が明らかとなった。各種海岸も観測地点が高いほど粒子個数が、減少傾向にあり、消波ブロックでは横軸にプロットが広がっていることから、平均粒子径のばらつきが大きいといえる。また、消波ブロックでは高度が上がるにつれ、粒子の細かい小粒径粒子が観測されている傾向にあるが、図-9の傾きでは砂浜の海岸は粒子径の変化は少ないと言える。しかしながら、砂浜では4m地点で平均粒子径が若干小さくなるという傾向が見られた。

観測では、消波ブロックでは5mの高さでも平均粒子径75μmの海塩粒子が飛来しており、砂浜でも一部飛んでいる事が確認できた。

そこで、以下に資料別にまとめた粒子径と粒子個数との関係を表した。

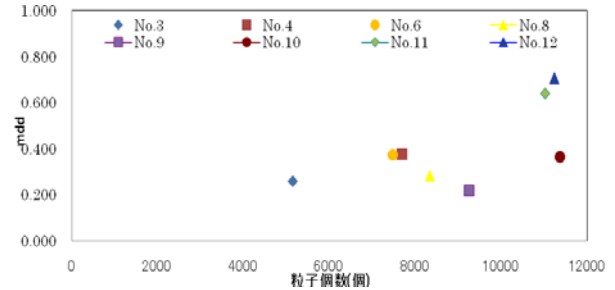


図-10 資料別における粒子個数(個)とmddの関係

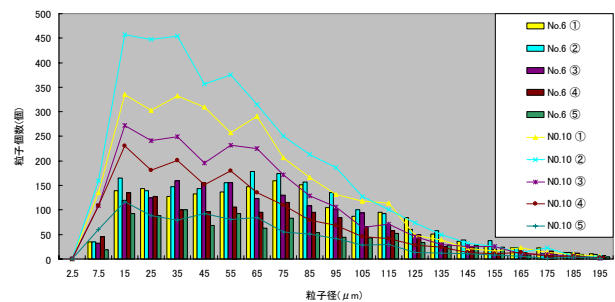


図-11 砂浜と消波ブロックにおける粒子径(μm)と粒子個数の関係

5. まとめ

消波ブロックと砂浜では、発生粒子個数の割合が約1:2であると言える。そして、満潮時では粒子個数が合計で1万個（観測5分の場合）に達するが、中潮時では粒子個数が合計1万個以下と粒子個数の発生量に差がある。

mddは粒子の総個数が多ければ当然高くなるが、実験から満潮時に護岸構造物がある観測地点で捕捉する多くの大粒径粒子がmdd値を高くしている要因だと断言できる。図-10では粒子個数に対して砂浜のmdd値が緩い傾きである反面、消波ブロックでは砂浜より急な傾斜で表現できる。これは、潮位が高くなるにつれ、粒子個数が全体的に増加するのだが、消波ブロック側では図-13と14より、100 μm 以下の小粒径粒子の増加が急激に増えている。また、図-11のグラフは、折線が砂浜(No. 10)で棒グラフが消波ブロック(No. 6)を示している。P. 1の表-2ではmdd値にほとんど違いがないのだが、細かい小粒径粒子個数の量に大差があることがよく分かる。しかし、消波ブロックは砂浜海岸より大粒径粒子が多いためmdd値による差がでなかった。2)によると海塩粒子は海上で碎波時に空気が海中に取り込まれ、その取り込まれた空気が海面に上昇し、海面で破裂する事で微粒子が空气中に放出されるのだが、海洋上で何の障壁もない砂浜海岸より消波ブロック海岸では、波がブロックに当たることで碎波するが多い。これにより空気が海中に多く取り込まれるため微粒子が多く発生することがいえる。

この場合、干潮時では、波は消波ブロックにぶつかるため、多く碎波するのだが、波高の低さから護岸構造物を超えることなく波が押し戻されると考えられるため、粒子個数の発生量が少ないといえる。また、満潮時は波高が高くなるため消波ブロックにあたって越波してくるため、海水滴すなわち波しぶきが風に乗って運ばれてくるのではないかと考えた。現地風の状況から越波できた海水滴は、風により飛散し、今回捕捉できた、海塩粒子の大きさに分散したと考えられる。この考えによると、元々大きな海水滴が分散することで砂浜より比較的大きい粒径の粒子が輸送されているという今回の結果と一致する。

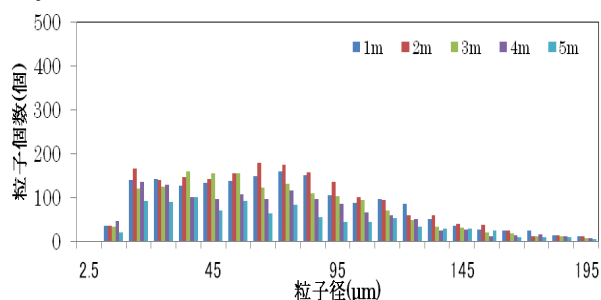


図-13 No. 6における粒子径(μm)と粒子個数の関係

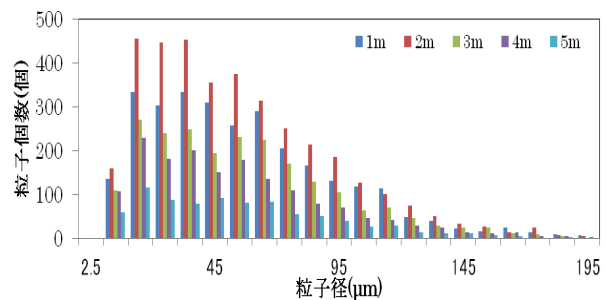


図-14 No. 10における粒子径(μm)と粒子個数の関係

6. 今後の課題

本実験は、鉛直方向でのmdd値だけではなく、 μm レベルの粒子径や粒子個数を護岸構造物の有無や潮位の違いで変化することが確認できた。しかし、多くの課題が残る。3)によれば湿度の増加に伴い海塩粒子の希釈が進み、海塩粒子中の塩素イオン濃度が小さくなるという説もある。また、発生する海塩粒子は大気圏内まで広がっているものであり、今回観測した海塩粒子は低層での観測結果にしかないが、海岸近くに存在する構造物には有用である。しかしながら、台風などが発生した場合、海上の海塩粒子が巻き上げられ、内陸奥地まで運ばれることが現実起きているが、その予測は建物遮蔽率など難しい。今回の実験結果は、観測時の風速で粒子径の大きさや粒子の発生個数を把握したことで、高さ5mまでの海塩粒子の分布が確認できた。このような実験観測で様々な地理、天候、潮位のデータを集めることが出来れば有効な塩害予測ができ、ライフサイクルコストを考えた構造物の維持管理を行う事ができると考える。

参考文献

- 1) 幸喜善福(1978):海岸保全的見地からの沖縄の飛塩に関する研究 p. 435-439
 - 2) 鳥羽良明:海塩粒子の生成と陸上への輸送モデル
 - 3) Von Glasow (GRL, 28, 247-250)
- 堀田健治:沿岸域における海塩粒子の発生に関する研究(P. 2-P. 5)
- 富永禎秀・地濃茂雄・村田亭:論文 数値気候モデルを用いた飛来塩分濃度分布の予測に関する研究(P. 2)
- 4) 引用:国土地理院 電子国土ポータル