

風洞実験による軽石の漂流特性と風による鹿児島湾内表層流動の検討

鹿児島大学工学部 学生会員 ○松田健宏
 鹿児島大学工学部 非会員 井崎丈
 鹿児島大学工学部 正会員 長山昭夫

1. 背景・目的

近年、鹿児島県の桜島は噴火活動が活発であり、大正大噴火級規模の噴火の発生が示唆されている（内閣府防災担当）。桜島の大正大噴火（大正3年1月）では噴煙が1万mまで達し、大量の溶岩流、軽石・火山灰が鹿児島湾内全域に広がり主要漁港は航海不全に陥ったことが報告されている。しかしながら、鹿児島湾内での軽石の漂流過程について詳細に検討した事例は見当たらない。さらに軽石は密度が0.4~0.9 g/cm³と海水と比べて1.1~2.6倍小さく、海面付近で長時間浮遊することを想定すると、その移動特性は風場に強く影響される。以上より本研究では、軽石を漂流物と設定し、密度の近い木材を比較対象物として風洞実験を行い軽石の漂流特性を検討した。さらに Princeton Ocean Model(POM)により鹿児島湾を対象に風場の変動が表層流速に与える影響について検討を行った。

2. 実験方法

図-1 に使用した風洞装置を示す。風洞実験装置は長さ30m、幅1.1m、高さ1.1m、最大水深0.64mである。陸側に設置してある送風機から風を吸い込み波を発生させる。風速計と波高計は図-1 に示す通り z1・z2・z3 の斜面位置に設置した。沖合における有義波高は0.32m、有義周期0.16s、平均風速10.6m/sとなった。漂流物の緒元を表-1 に示す。漂流物は、軽石はAからJまでの10個・シュリザクラ・ケヤキ・ピンポン玉とした。これらを図-1 の投入位置(14m)から自由落下させて実験を行った。

3. 実験結果

図-2 に各漂流対象物の移動距離の時間変化を示す。図中の点線は、静水深0.105mを示す。この図より、軽石C以外は静水深0.15mまで一次線形的に移動し、することがわかった。また0.15mよりも浅い場合は、

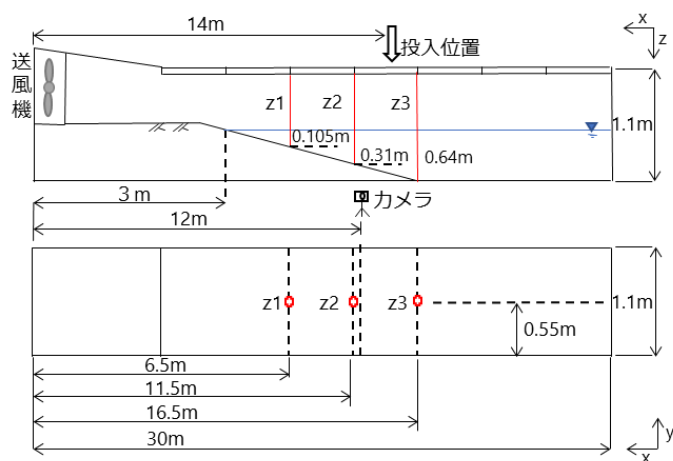


図-1 風洞実験装置

表-1 各標流物の緒元

漂流対象物	質量 [g]	体積 [cm ³]	密度 [g/cm ³]
軽石 A	65.8	108.1	0.609
軽石 B	60.0	102.4	0.586
軽石 C	71.3	109.1	0.654
軽石 D	37.0	60.5	0.612
軽石 E	25.1	43.3	0.580
軽石 F	67.5	121.4	0.556
軽石 G	48.6	87.6	0.555
軽石 H	61.0	109.6	0.557
軽石 I	50.5	79.7	0.634
軽石 J	83.8	141.7	0.591
ケヤキ	62.7	98.8	0.630
シュリザクラ	83.8	148.0	0.570
ピンポン玉	1.50	33.5	0.040

撮影画像から底面との接触により移動速度が落ちることがわかった。水深0.15m以深における軽石の速度は0.184m/s、同密度のケヤキやシュリザクラは0.2m/sとなり、軽石の移動速が遅い結果となった。これは軽石の多孔質部に浸水することで軽石全体の密度が大きくなったことが原因だと考えられる。特に軽石Cは投下直後から水没し、水面上に一度も露出しなかった。つまり軽石Cは水面上の風による影響をほとんど受けず、この移動速度が波動のみに影響されることがわかる。一方、市販のピンポン玉内部は中空であるため沈水することなく水面上に露出しているため、移動速度は0.81m/sとなり、軽石の平均速度よりも約4.4倍大きくなる結果となった。

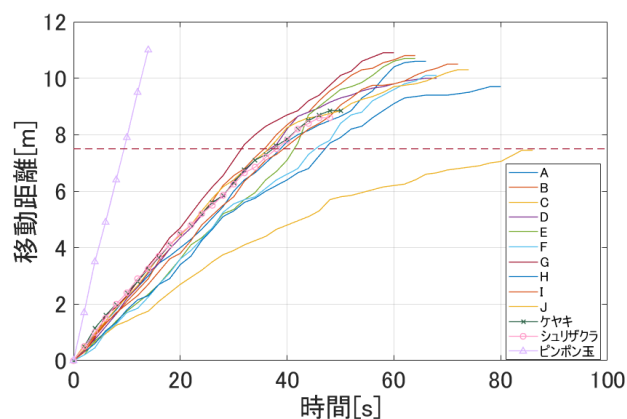


図-3 に各物体の移動距離と時間

4. 計算結果

POM は水深方向の静水圧近似と Boussinesq 近似された Reynolds 方程式を基礎式としている。このモデルは鉛直座標系に σ 座標を採用し、水平および鉛直方向の渦動粘性係数の評価に Smagorinsky モデルと Mellor and Yamada モデルを採用している。計算領域は図-5 に示す南北方向 82km、東西方向 48km とし、潮位変動は NAO.99Jb モデルから取得した値を設定し、その間は線形補完を行った。風荷重は気象庁の 2019 年鹿児島湾沿岸域の統計データを参考に 10m/s とした。風荷重を考慮しないモデルを case1、夏季(6 月から 8 月まで)の最多風向である南東風を設定した case2、鹿児島の年間最多風向きである北西風を想定した case3 とした。

また鹿児島湾の地形は、桜島と鹿児島市を挟む狭窄部である桜島水道、鹿児島市から指宿市にかけての沿岸域沖合と指宿市南部の湾口部沿岸域は遠浅となり水深がおよそ 50m 程度である。一方、湾内中央部と湾奥の水深は最深部で 100m から 200m となり、遠浅形状から一気に水深が深くなるという特徴がある。鹿児島湾内の潮位位相は、屋久島や種子島における位相とほぼ変化がなく、湾口部から鹿児島市までの沿岸域においては特徴的な差異は見られない。また下げ潮から満潮時の潮位上昇時には、湾口部と桜島水道で北向きの 1.0m/s 程度の流速が発生し、満潮から下げ潮時には南向きの同程度の流速が発生する特徴がある。これらより、上げ潮時には湾口部と桜島水道部では北向きの流速が発生するが風荷重によりこの流速がどのように変動するのかについて考察を行うために風荷重を考慮した case と考慮し

ていない case の差分を図-4 と図-5 に示す。図-4、図-5 は水深が浅い鹿児島市から指宿市までと鹿屋市の沿岸部が風の影響を受けていることがわかる。また湾内中央と湾奥は水深が 100m から 200m と深いため、風の影響が少ないことがわかる。それぞれの桜島水道周辺の拡大図を見て見ると図-4 では北向きに図-5 では南向きに流速ベクトルが見られた。水深が浅い桜島水道で風の影響が小さい原因としては水路の狭い桜島水道や湾口部では流速が早いためであると考えられる。

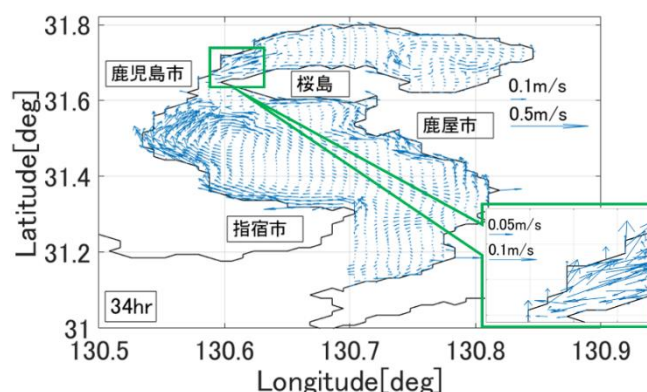


図-4 風荷重無し case と南東風作用 case の表層流速ベクトル

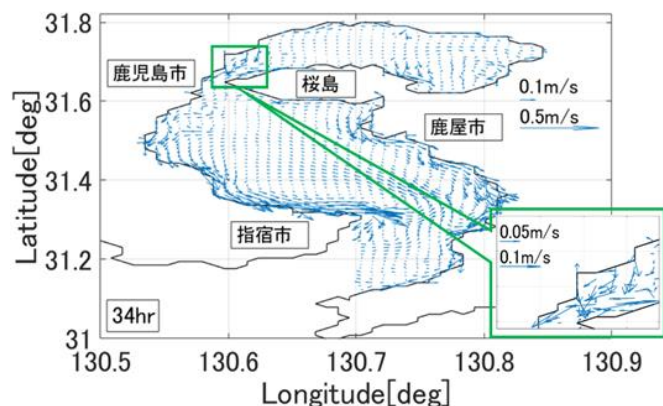


図-5 風荷重無し case と北西風作用 case の表層流速ベクトル

5. まとめ

- (1) 軽石の移動速度の特徴は風洞実験より時間が進むと同じ 0.6 g/cm^3 程度の物質に比べて速度が 0.02m/s 程度遅くなる。ことから水密度と軽石の密度の差異による水面に露出した面積により移動速度が決定する可能性がある。
- (2) 風荷重を加えた流速ベクトルは数値実験より、鹿児島湾の地形によって風の影響に差が見られ、潮流の影響が大きい桜島水道は風の影響が小さくなるということがわかった。