

## 浮葉植物に作用する流体力（風力・波力）の計測

防衛大学校 正会員 林 建二郎  
 防衛大学校 学生会員 山岸 貴幸  
 陸上自衛隊少年工科学校 中澤 晃子

### 1. はじめに

海岸や湖岸に生育している水辺植生に作用する流体力特性を把握することは、水辺植生の保持・育成法の検討や、水辺植生が有する抵抗則や消波機能の評価において重要である<sup>1)</sup>。茎部の断面積に比べて広い面積の葉部が水表面に浮いている浮葉植物や、干潮時の水表面に現れ浮遊しているアマモの浮葉部においては、波力に合わせて水表面上の風による風力が作用する。本研究では、浮葉植物の一種であるアサザに作用する波力と風力の流体力特性を室内模型実験により調べた。

### 2. 実験装置および方法

実験には、図-1 に示す長さ 40m、幅 0.8m、高さ 1m の吸収式造波装置付き 2 次元造波水槽を用いた。造波板の前方 1m には送風機が、水槽の他端には 1/20 勾配消波斜面が設けられている。送風機の前方には格子板製の整流装置を取り付けた。造波板より岸側 26m 間の水槽部には上蓋を設けた。静水深は  $d=40\text{cm}$  とした。

比重が 1 以下の生分解性発砲部材（古河電工(株)製）を使用し、実アサザと類似な動揺特性を示すアサザ模型（茎長=60cm、茎幅=0.3cm、浮葉部の直径=7cm）を作製した。

造波板より岸側 27.4m の水槽床下部の水路幅中央に設置した小型二分力計（容量=20gf、日章電機(株)製）に本アサザ模型 1 本を取り付け、アサザ模型に作用する波の進行方向および鉛直方向の流体力  $F_x, F_y$  を計測した。

二分力計設置点およびその岸側 45cm の位置に容量線式波高計を設置し、波の水位変化を計測した。アサザ模型葉部の浮遊近傍位置の水槽幅中央より横断方向に 13cm 離れた位置における、波の水粒子速度および水面上風速の鉛直方向分布を 2 成分レザ流速計（ダンテック社製）を用いて計測した。波の水粒子速度の水平・鉛直方向成分を  $u, v$ 、水面上風速の水平・鉛直方向成分を  $U, V$  とする。

### 3. 実験条件

行なった実験ケースを表-1 に示す。静水表面上 36cm の位置における風速  $U$  の時間平均値を代表風速  $U_c$  とする。Case-1 は風のみの場合である。送風機の回転数を調整し  $U_c=7 \sim 18\text{m/s}$  と変化させた。発生風波の有義波高は  $H_{1/3}=2 \sim 8.2\text{cm}$  であった。Case-2 は波のみの場合である。周期は  $T=3\text{sec}$  の 1 種類とし、波高を  $H=2 \sim 16\text{cm}$

表-1 アサザ模型の力と波高に関する実験条件

case	風	波	$U_c$ (m/s)	$T$ (sec)	波高 $H$ (cm)
1			7.3 ~ 18.7	$T_{1/3} = 0.3 \sim 0.66$	$H_{1/3} = 2.4 \sim 8.2$
2		(規則波)		3	$H = 2 \sim 16$
3-a			7.3	$T_{1/3} = 3$	$H_{1/3} = 12.3 \sim 19.2$
3-b			9.8		$H_{1/3} = 13.0 \sim 20.3$
3-c			12.3		$H_{1/3} = 13.6 \sim 19.8$
3-d			14.3		$H_{1/3} = 14.3 \sim 19.7$
3-e			18.2		$H_{1/3} = 16.8 \sim 19.4$

キーワード 浮葉植物, 風速, 流速, 風によるせん断力, 水平方向の力の最大値

連絡先 〒239-0811 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL 046-841-3810

と変化させた。Case-3は波と風の場合である。代表風速  $U_c=7.3, 9.8, 12.3, 14.9, 18.7\text{m/s}$  とした。それぞれに、数種の波高  $H$  を有する  $T=3\text{sec}$  の規則波を重ねた。発生波の有義波高は  $H_{1/3}=12\sim 21\text{cm}$  であった。Case-3の波は、Case-1で発生した真の風波とは異なる。

4. 実験結果

アサザ模型に作用する波の進行方向流体力  $F_x$  の、計測時間内 ( $20 \times T=60\text{sec}$ ) における最大値を  $F_{xmax}$  とする。 $F_{xmax}$  の波高 ( $H$  or  $H_{1/3}$ ) に対する変化特性を各ケース別に図-2に示す。

波のみの場合 (Case-2) の  $F_{xmax}$  は、 $F_{xmax} < 5\text{gf}$  と非常に小さい。波と風速  $U_c$  がある場合 (Case-3) の  $F_{xmax}$  は、有義波高  $H_{1/3}$  の増加に伴い急激に増加している。風の場合 (Case-1) は、有義波周期が  $T_{1/3}=0.3\sim 0.66\text{sec}$  と小さいため、 $T_{1/3}=3\text{sec}$  の波と風の場合に比べて波形勾配が大きくなる結果、小さな  $H_{1/3}$  でも大きな  $F_{xmax}$  が生じている。

Case-1.3における大きな  $F_{xmax}$  の出現時には、水面に浮遊している「葉部がめくれ」ていることをビデオ撮影より確認した。「葉部めくれ」時には、葉部の一部は水表面上に突出し、残りの葉部は水中に水没する。その結果、葉部の風や水粒子速度に対する投影面積が増加し、作用流体力が衝撃的に増加したと考えられる。 $F_{max}$  に占めるこれら風力と波力の割合は評価できないが、「葉部めくれ」時には、風が無い規則波の場合 (Case-1) よりも大きな波力を受けると考えられる。その結果、風波中のアサザの消波効果は、風が無い規則波の場合より大きくなると推測できる<sup>1)</sup>。

波水粒子速度の水平方向成分  $u$  の波の周期内における最大値を  $u_{max}$  とする。 $u_{max}$  の水深方向分布の一例を図-3に示す。 $T=3\text{sec}$ 、 $H=16\text{cm}$  の規則波とほぼ同じ波浪緒言 ( $T_{1/3}=3\text{sec}$ 、 $H_{1/3}=16.9\text{cm}$ ) を有する波と風の場合の  $u$  は、水表面上の風速 ( $U_c=14.3\text{m/s}$ ) の影響 (吹送流) を受け、水表面付近で大きな値を示している。

$U_c=14.3\text{m/s}$ 、 $T_{1/3}=3\text{sec}$ 、 $H_{1/3}=16.9\text{cm}$  の波浪緒言を有する波と風の場合における、水表面風速  $U_{max}$  の鉛直方向分布を図-4に示す。波の峰は  $z=50\text{cm}$ 、波の谷は  $z=33\text{cm}$  の位置にある。波の峰部近傍の風速  $U_{max}$  の境界層の存在による  $z=76\text{cm}$  の位置における代表流速  $U_c=14.3\text{m/s}$  からの低下は少ないが、波の谷部近傍の風速  $U$  は、波の峰部による遮蔽効果のため、 $U_c=14.3\text{m/s}$  より著しく低下している。

参考文献

- 1) 林ら：湖岸や海岸に成育している水辺植生に作用する波力と消波機能の評価法に関する研究，海岸工学論文集，第49巻，pp.721-725，2002。

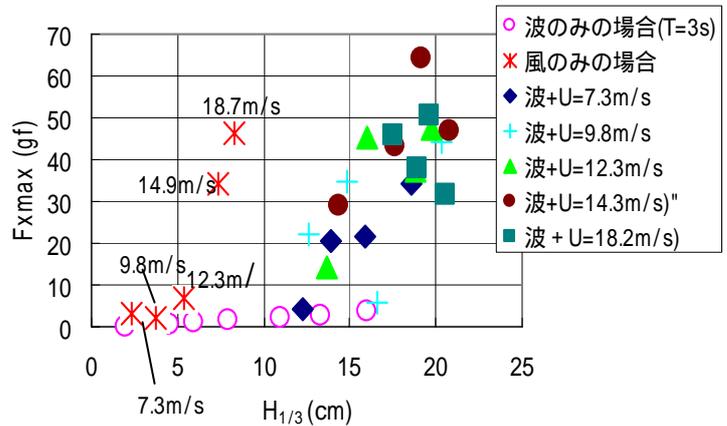


図-2  $F_{xmax}$  と  $H_{1/3}$  の関係に及ぼす  $U$  の影響

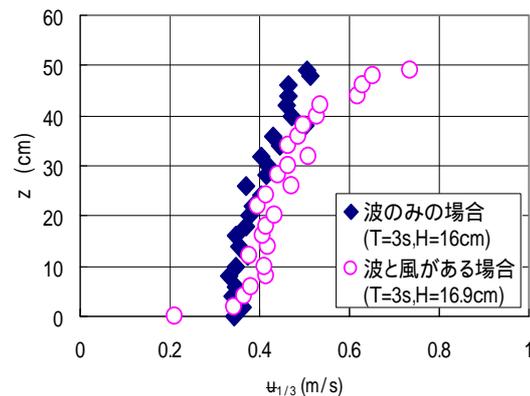


図3 水面下における水平方向の流速分布

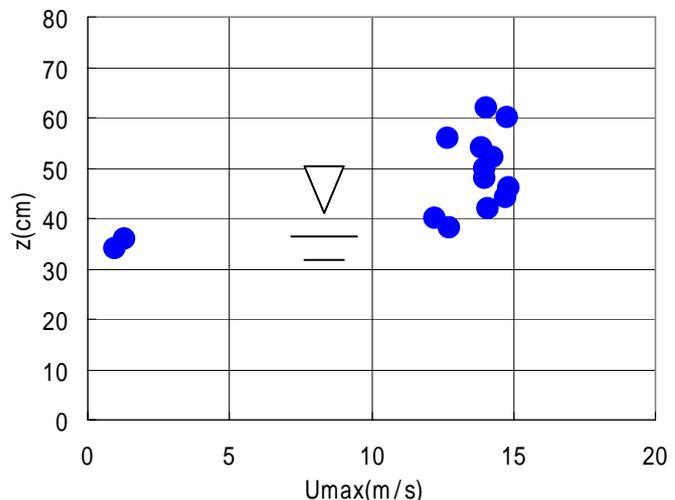


図-4 水表面上の風速分布 ( $d=40\text{cm}$ 、 $U_c=14.3\text{m/s}$ 、 $T=3\text{s}$ 、 $H_{1/3}=16.9\text{cm}$ )