

山口大学	学生会員	○平石 直也
(株) 建設技術研究所	正会員	種浦 圭輔
山口大学	正会員	朝位 孝二
山口大学	学生会員	Pallav KOIRALA
山口大学	フェロー会員	羽田野 袈裟義

1. はじめに

著者らは図-1 に示すプリー・ワイヤー・フロート・カウンターウェイト・ラチェット機構から構成される浮体式波力発電装置を研究・開発が行われている。装置の構造は、フロートを水面に浮かべた状態で水面変動が起きますと、フロートとカウンターウェイトが交互に上下運動し、その運動がプリーの反転反復運動としてワイヤを通して伝わり、ラチェット機構を有した回転変換機により一方向に変換し、変速機により増速して発電するシステムである。しかし、このシステムでは、直接フロートが波による外力を受けており、ある波の条件ではフロートはうまく上下運動しない場合がある。この問題を解決するため、図-1 のようにフロート外周部に遊水室を設置することで、外海からの波の影響が抑えられ、遊水室内の水面変動が安定し、装置に必要な以上の負荷がかからなくなり、さらに遊水室の内部構造物を工夫することにより内部の波の振幅が大きくなると期待されている。

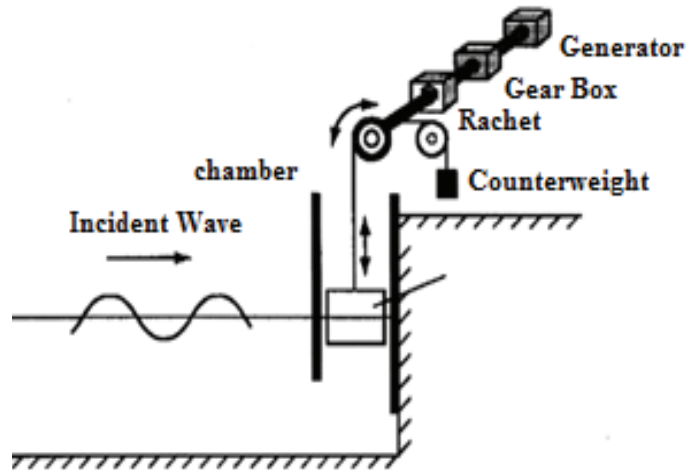
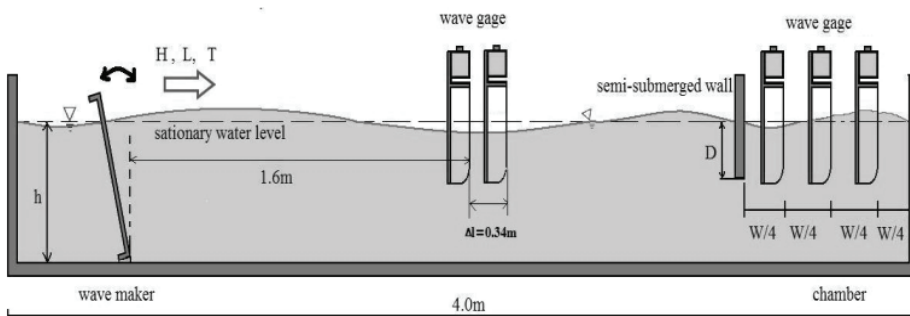


図-1 遊水室を設置した場合の浮体式波力発電装置

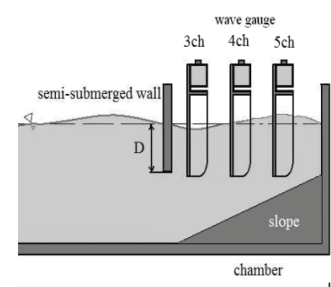
今回、図-2 に示すように、2次元造波水槽に一部没水の隔壁を設け、擬似遊水室を想定し、遊水室全体の反射率、その内部の振幅を評価し、また隔壁周辺の水速分布を示し、遊水室の評価を行った。また、図中(b)は遊水室内に傾斜板を設置した場合を示しており、一部没水の隔壁を設けた場合と同様な評価を行い、遊水室による波高増幅の効果を検討した。

2. 実験の概略

実験水槽は、図-2 に示す通り、全長 4m、高さ 0.5m、幅 0.5m で、フラップ型の造波板を有している。図中にある h は水深、 H は波高、 T は波周期、 L は波長、 D は隔壁没水深、 W は遊水室幅である。波浪条件、



(a) 一部没水の隔壁を設置した場合



(b) 傾斜板を追加設置した場合

図-2 造波水槽の概略図

遊水室の諸元はそれぞれ表-1 と表-2 に示す。遊水室は遊水室幅と隔壁没水深を変化させた。また遊水室内に傾斜板を設けた場合は遊水室幅を 0.8m に固定し、傾斜版高さと傾斜版長さをそれぞれ変化させ、評価を行った。実験は遊水室内の振幅、遊水室周辺の速度分布を調査した。実験の手順などの詳細は以下に示す。

表-1 波の条件

波の条件	水深(m)		0.3	
	入射波	波高H ₀ (m)	0.025	0.037
		周期T ₀ (s)	0.70	0.70
		波長L ₀ (m)	0.75	0.76

表-2 遊水室の諸元

遊水室のみの実験条件	遊水室幅W(m)	0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.3				
	没水深D(m)	0.05, 0.10, 0.15				
遊水室内に傾斜版を設置した場合の実験条件	遊水室幅W(m)	0.80(固定)				
	没水深D(m)	0.05(振幅評価のみ), 0.10				
	傾斜版長さSL(m)	0.8	0.8	0.8	0.6	0.4
	傾斜版高さSH(m)	0.1	0.15	0.2	0.2	0.2
	傾斜角度SD(degree)	7.1	10.6	14.0	18.4	26.6

2.1遊水室全体の反射率の評価

表-1 の波の条件で行い、表-2 に示すように遊水室幅 W(m)、没水深 D(m)を変化させ、図-2 に示すように波高計を設置し、波高を測定した。計測は 2 分間、計測間隔は 0.01 秒とした。波高計は前方からそれぞれ 1ch、2ch (図-2 参照)と呼ぶ。波高計設置場所は 1ch を造波装置から 1.6m と固定し、2ch は 1ch から $\angle$ Lm 離れた所に設置した。反射率算定には、合田らの構造物および多重波を考慮した分離推定法⁵⁾により解析を行った。また遊水室内に傾斜板を設置した場合は、表-2 に示すように遊水室幅 W(m)、没水深 D(m)を固定し、傾斜板長さ SL(m)、傾斜高さ SH(m)を変化させ同様の手法で実験、解析を行った。

2.2 遊水室内の振幅評価

波浪条件と遊水室諸元は前述の通りである。波高計は図-2 に示すように、遊水室幅を 4 等分したポイントに設置している。その 3 つの波高計を前方からそれぞれ 3ch、4ch、5ch(図-2 参照)と呼ぶことにする。振幅の算出には 3ch、4ch、5ch それぞれの水位変動の時系列から、高速フーリエ変換法によって、水位変動の周波数評価を行った。図-3 はその評価方法の一例である。波浪条件は図の左上の通りで、縦軸に振幅(cm)、横軸に周波数(Hz)をとっている。図より 1.39Hz、2.78Hz (2 倍周波数)、4.17Hz (3 倍周波数)で振幅が大きくなっている。これら卓越周波数における振幅のピーク値の 2 乗和を振幅とした。なお、この手法は合田らの分離推定法をもとに求めている。

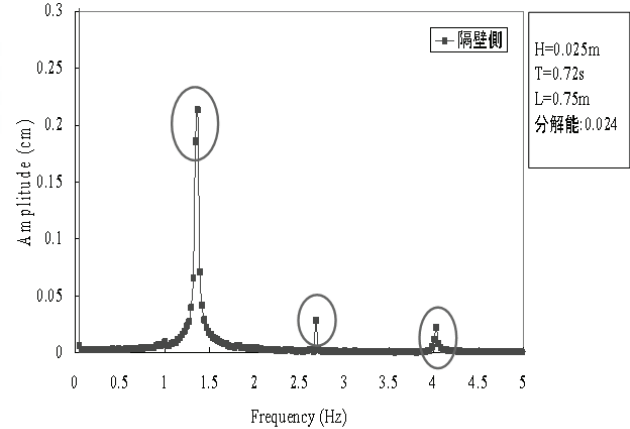


図-2 高速フーリエ変換法における周波数と振幅の関係

2.3 遊水室前方と内部の速度分布評価

波浪条件と遊水室諸元は前述の通りである。遊水室前方および内部の水平速度 u と鉛直速度 v を細かく間隔をとって計測した。測定箇所は全 72 点、遊水室に傾斜板を設置した場合は測定箇所は全 55 点である。測定は約 2 分間、造波装置を稼働させ、計測間隔は 0.05 秒とした。また、10 秒から 120 秒の間で計測した各速度の 2 乗和を算出し、その平方根を求め、平均した値 $\bar{V}$ として、速度分布を表現する。

3. 実験結果

3.1遊水室全体の反射率の評価

図-3 は遊水室のみ設置した場合の反射率 K_R と遊水室幅 W/波長 L の関係を各波形勾配 H/L において示した図である。

隔壁没水深 $D=0.10\text{m}$ の場合で評価している。概ね K_R は 0.2~0.5 の間で波状に推移している。次に図-5 は遊水室内に傾斜板を設置した場合の K_R の評価を行う。遊水室幅 $W=0.8\text{m}$ ，隔壁没水深 $D=0.1\text{m}$ において，図の a) は傾斜板高さ $Sh=0.2\text{m}$ で固定し，傾斜板長さ $Sl=0.8, 0.6, 0.4\text{m}$ に変化させ，傾斜板の角度によって K_R を評価し，図の b) は傾斜長さ $Sl=0.8\text{m}$ に固定し，傾斜高さ $Sh=0.1, 0.15, 0.20\text{m}$ に変化させ評価をした。また図中の傾斜角ゼロは傾斜板がない場合であり，比較のために遊水室のみの $W=0.8$ のときの K_R である。図より，傾斜板設置をした場合はどの傾斜角の K_R も遊水室内に傾斜板がない場合と比べ小さくなっている。これにより，遊水室内部へのエネルギーの透過が考えられる。また，傾斜板がある場合も遊水室のみの場合と同様に，傾斜角の変化に伴って，反射率 K_R は波状に変化している。

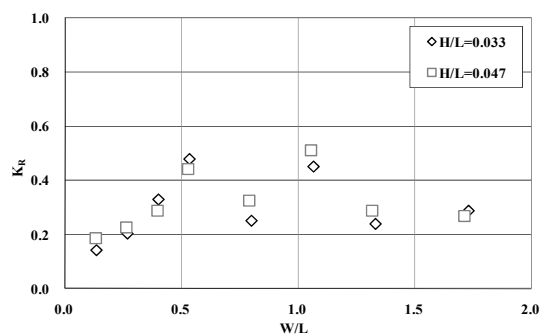
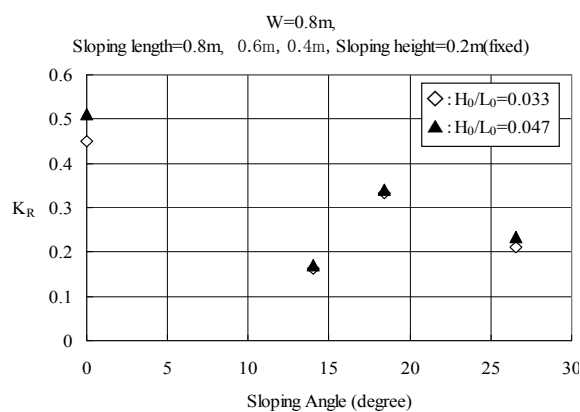
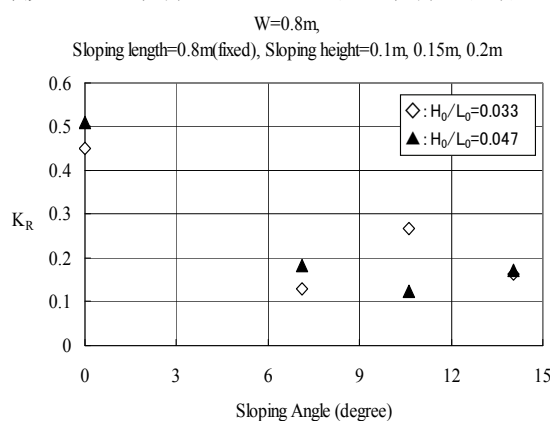


図-4 没水深 $D=0.1\text{m}$ の遊水室内の振幅評価
($H/L=0.033$)



a) 傾斜板高さ Sh 固定，傾斜板長さ Sl 変化の場合 b) 傾斜板長さ Sl 固定，傾斜板高さ Sh 変化の場合

図-4 傾斜板を設置した場合の遊水室内の振幅評価 ($D=0.10\text{m}$ の場合)

3.2 遊水室内の振幅評価

図-5 は没水深 $D=0.1\text{m}$ における遊水室内の振幅の結果を表したものである。横軸は隔壁からの距離/遊水室幅 W であり，縦軸は各点の振幅/入射波の振幅を示しており，以後，増幅率と呼ぶ。凡例には遊水室幅/波長 (W/L) である。結果として $W/L=0.40\sim0.80$ の時に遊水室中央で振幅が小さくなり，全体的に波の節を形成している。また $W/L=1.0$ 以上では，遊水室後方の振幅が小さく，遊水室幅が大きく，波が遊水室内で減衰していると考えられる。

次に，遊水室内に傾斜板を設置した場合の振幅評価を示す。図-5 は隔壁没水深 $D=0.10\text{m}$ の場合であり，縦軸，横軸の説明は前記と同じであり，凡例は傾斜板角度の正接を表している。

結果として，どの傾斜角も減衰傾向にあることがわかった。しかし，傾斜角度が 14.04° (正接 0.25) では，隔壁付近で増幅率は 1.0 を超えている。さらに遊水室中央でも増幅率は 1.0 を超えているが，遊水室後方では波が減衰している。これは，水平方向の流れが，傾斜板の影響により鉛直方向に流れを変え，遊水室中央部で増幅したと予想される。

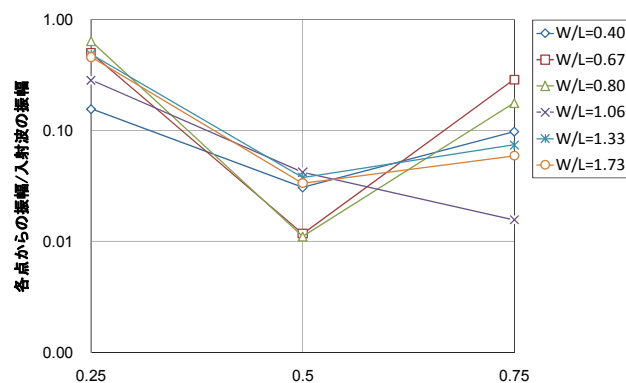
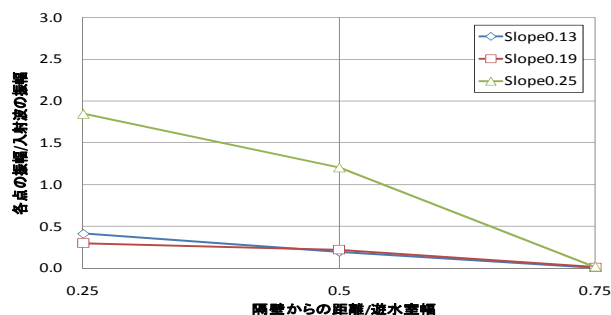
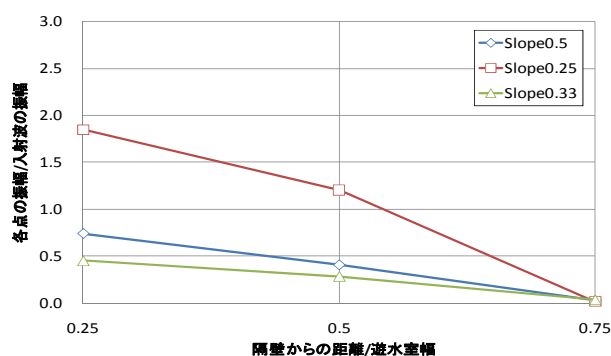


図-5 没水深 $D=0.1\text{m}$ の遊水室内の振幅評価
($H/L=0.033$)



a) 傾斜板高さ Sh 固定, 傾斜板長さ Sl 変化の場合 b) 傾斜板長さ Sl 固定, 傾斜板高さ Sh 変化の場合

図-6 傾斜板を設置した場合の遊水室内の振幅評価 ($D=0.10\text{m}$ の場合)

3.3 遊水室前方と内部の速度分布評価

以上, 遊水室全体の反射率と遊水室内の振幅評価によって遊水室のみの場合, 遊水室中央で節が確認され, 遊水室内傾斜板を設置した場合, 遊水室の奥に向かって水面が減少していることが確認された. ここでは速度によってそれら进行评估する.

a) 遊水室のみの速度分布の評価

波の条件は表-1 で示す $H=0.025\text{m}$, $T=0.75\text{s}$, $L=0.75\text{m}$, 遊水室幅 $W=0.8\text{m}$ の時で, 隔壁没水深 $D=0.10\text{m}$ で実験を行った. その速度分布図を図-7 に示す. 縦軸に水底からの距離, 横軸は隔壁から後方を正と, 前方向を負としている. なお, 波の進行方向は図の左から右である. 図より, 隔壁前面で大きな平均合成速度 $\bar{V}$ を示しており, 隔壁によって波が反射されていると考えられる.

b) 傾斜板を設置した場合の速度分布評価

前項と同様の実験条件で遊水室内に傾斜板を設置した場合で評価する. 図-8 より遊水室後方に大きな平均合成速度 $\bar{V}$ を示しており, 後方まで波が透過していると考えられる. しかし前節の振幅評価では, 遊水室後方の振幅は減衰していると評価したが, これは波高計を設置した場所が隔壁から, $0.2, 0.4, 0.8(\text{m})$ に設置したためであり, 図-8 から同地点の速度分布は奥行き方向に進むにつれて小さくなっているのが確認できる.

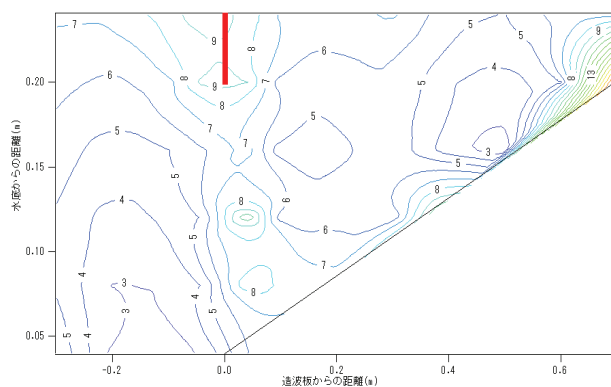
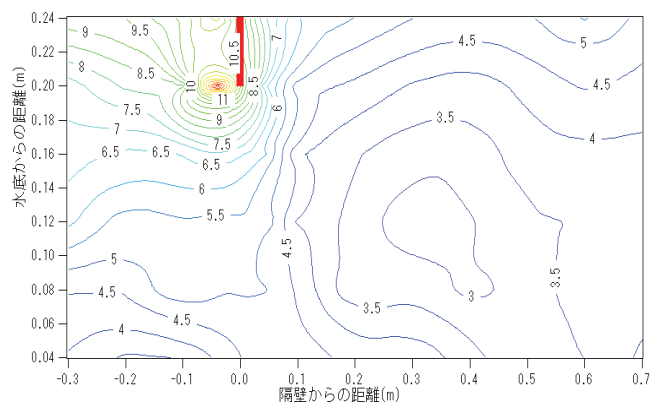


図 - 7 一部没水隔壁のみの場合の速度分布

図 - 8 一部没水隔壁と傾斜板が設置された場合の速度分布

4. まとめ

浮体式波力発電用遊水室の評価として, 水槽実験によって, 遊水室全体の反射率, その内部の振幅を評価し, また隔壁周辺の速度分布を示した. また, 遊水室内に傾斜板を設置した場合によっても同様な評価を行い, 遊水室の効果を検討した. その結果, 遊水室内に傾斜板を設置した方が, 遊水室内の水面変動の振幅は高くなり, 波高増幅の効果があると考えられる.