

スパイラルシャフト機構を用いた浮体式波力発電装置の大型化 および出力持続性の評価

日大生産工(院) ○生源寺 圭
日大生産工 鶴見 浩一

1. はじめに

地球温暖化や気候変動が深刻化するなか、化石燃料に依存しない再生可能エネルギーの確保は急務となっている。さらに、AIやデジタル社会の普及に伴い、データセンターや通信網などの電力需要は増加の一途をたどり、将来的な電力不足が懸念されている。こうした状況下で、波力は昼夜・季節を問わず安定して存在する海洋エネルギーとして、電源の多様化・分散化に寄与し得る。

本研究では、二次元造波水槽での水面変動を利用して、フロートとカウンターウェイトの上下運動をスパイラルシャフトで回転に変換して小型DCモーターを駆動する発電装置を構築し、その有効性と開放電圧を検証した。昨年度の小型試作機の結果を踏まえ、本年度は大型試作機を新規製作し、発電の安定性と開放電圧の向上を目的に、同一波浪条件下で比較評価を行った。

2. 実験概要

図-1に模型実験の概要図を示す。2次元造波水槽（長さ28.0 m、幅0.7 m、深さ1.0 m）を使用して実験を行った。スパイラルシャフト機構を用いた浮体式波力発電装置について、水深0.50 mにおける規則波（波高0.15 m、周期1.0/1.5/2.0 s）を作成させ、小型試作機と大型試作機を同条件下で比較し、開放電圧および発電の持続性を定量評価する。図-2に小型試作機の概要を示す。ベルト伝動により回転数を増倍し、起電力を高めることで開放電圧の向上を狙う。図-3に大型試作機の概要を示す。スパイラルシャフト機構直下にフライホイールを同軸直結し、慣性付与による入力変動の平滑化と回転途切れの抑制を狙う。なお、図-3の構造物には一部ステンレス材を導入し、耐久性の向上を図る。従来課題であった出力の連続性に対し発電量および発電の持続性の観点から比較し、性能向上に資する設計指針の明確化を試みる。なお現段階の計測は無負荷条件で実施しており、評価指標は開放電圧に限定する。

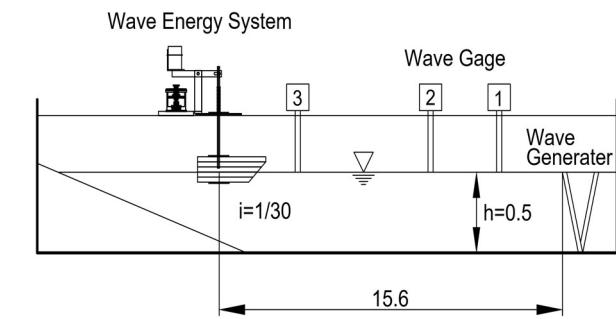


図-1 二次元造波装置の断面図(単位:m)

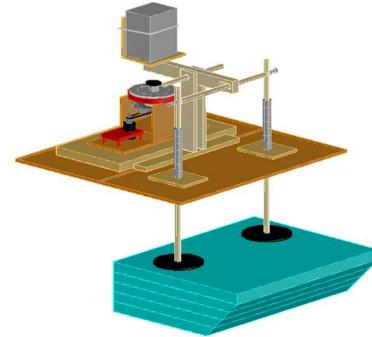


図-2 小型試作機

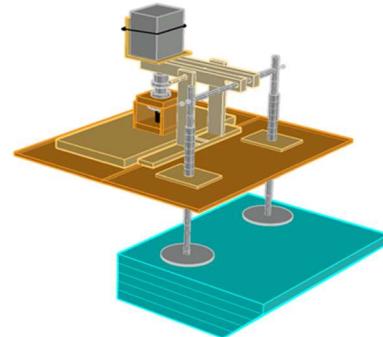


図-3 大型試作機

表-1 実験諸元

| 模型 | 装置 | 重錠の質量 | 発電方式 | ギア比 |
|-------|-------|-------|-----------|-----|
| TypeA | 小型試作機 | 5.0kg | ベルト伝動 | 1:3 |
| TypeB | 小型試作機 | 5.0kg | ベルト伝動 | 1:1 |
| TypeC | 大型試作機 | 5.0kg | フライホイール併用 | - |

Scale-up of a Floating Wave Energy Converter Using a Spiral-Shaft Mechanism and Evaluation of Sustained Power Output

Kei SHOGENJI and Hirokazu SUMI

3. 実験結果

本研究では、二次元造波水槽（長さ28.0 m, 幅0.7 m, 深さ1.0 m）で規則波を発生させ、同一波浪条件下でベルト伝動の小型試作機と、フライホイール同軸直結の大型試作機でフロートの上下運動をカウンターウェイトでスパイラルシャフト機構に伝達し、小型DCモーターを発電機として無負荷状態で実験を行った。評価指標は開放電圧Vocとし、最大値に加えて発電の持続性を用いて性能を比較した。図-4～図-6に実験結果を示す。T=1.0sではTypeAが造波開始後約15sでVocが急伸し、発電が確認された。TypeCは造波開始直後にVocを確認でき、電圧量は他の模型条件と比べて低いが、発電の安定性が高いことがわかった。また、T=1.5sおよび2.0 sでは、TypeAとTypeBが造波開始と同時にVocの上昇を示し、ギア比の影響によりTypeAのVocがTypeBより高い。同じ周期条件ではTypeCも造波開始直後にVocを確認でき、電圧量が低いと示す一方、発電の安定性を維持した。さらに、周期が長くなるとすべての模型条件でVocは一貫して低下することが分かった。

4. 考察

本研究では、既製スパイラルシャフト機構を改良した小型試作機に加え、昨年度の結果を踏まえて大型試作機を新規製作し、二次元造波水槽下で発電量の向上と発電の安定性の改善を目的に比較検討した。実験の結果、全ての周期条件においてType Cは発電の安定性が向上した一方、開放電圧は小型試作機に及ばなかった。また、周期が長くなると開放電圧は低下した。大型試作機の開放電圧が低かった主因は、フライホイールとDCモーターの接合部で十分な回転数が得られていないと示唆される。

5. 今後の展望

本研究の今後の方針は、大型試作機の開放電圧を向上させるとともに、計測範囲を電力Wまで拡張することである。開放電圧の向上については、フライホイール-DCモーター接続部での回転数不足が主因と考えられるため、当該部に増速機を導入して軸回転数を高め、Vocの増加を図る。計測の拡張については、従来の無負荷計測（開放電圧のみ）に加え、電子負荷を接続して電圧V・電流A・電力Wを取得し、負荷条件下の発電特性を評価する。これにより、大型機では増速によって回転数を確保しつつ開放電圧の不足を補い、あわせて電力を評価できる。

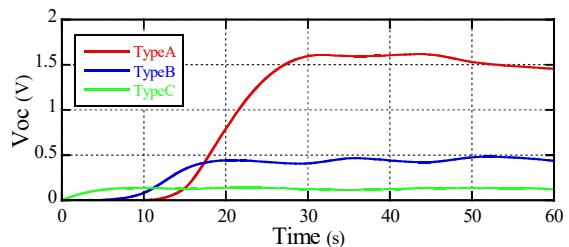


図-4 T=1.0s の実験結果

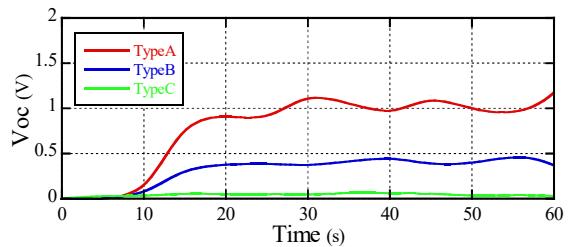


図-5 T=1.5s の実験結果

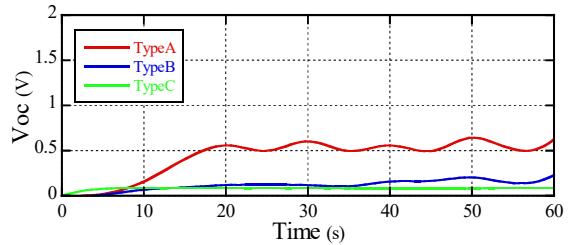


図-6 T=2.0s の実験結果

参考文献

- 1) 羽田野袈裟義,種浦圭輔,渡邊誠,中野 公彦, 斎藤俊, 松浦 正己:浮体式波力エネルギー変換の力学, 土木学会論文集B2 (2006)62巻3号p. 270-283
- 2) 羽田野袈裟義, 櫻田操, 斎藤俊, 尾崎哲二:複数浮体式波力エネルギー変換装置の開発, 水工学論文集, 第42巻, pp. 817-822, 1998
- 3) 木豊田 和隆, 永田 修一, 今井 康貴, 瀬戸口 俊明, 小野 圭介:浮体型振り子式波力発電装置の研究(第一報)-規則波中発電特性試験-, 日本船舶海洋工学会論文集 (2011) 13巻 p. 67-74
- 4) 科水俣市丸島漁港における浮体・釣合錘式波力発電装置の実証試験, 土木学会論文集B3(2011) 67巻2号p. 172-177
- 5) 芝池 明彦, 真田 雅之, 森本 茂雄:波力発電用リニア発電機における埋込磁石構造の検討, パワーエレクトロニクス学会誌, (2006) 32巻 p. 213