

海水揚水発電プラント用ポンプ水車の開発

Development of Water Turbine for Seawater Pumped-Storage Power Plant

藤原哲雄 Tetsuo Fujihara 大嶋勝宏 Katsuhiro Ôshima
今野晴夫 Haruo Imano



電源開発株式会社沖縄海水揚水建設所海水揚水発電技術実証試験パイロットプラントの全景

写真上方の八角形が上ダムで、下方の海にわたる部分がポンプ水車の下ダムにあたる。テトラポッドで囲まれた部分が放水口である。

近年、環境アセスメントなどによる制限から、河川水を利用した揚水発電地点を得ることが困難になってきている。反面、海に囲まれたわが国では、海水を利用した揚水発電、すなわち海水揚水発電所の建設に好適な場所が多い。海水揚水発電所は海が上ダムあるいは下ダムになるため、建設費の大幅なコスト低減が期待できることに加えて、冷却水の確保の面から、火力・原子力発電所が海岸に建設されることが多いため、海水揚水発電所をこれらに隣接して建設すると、送電コスト低減・系統運用面からも有利となる。

しかし、海水用ポンプ水車は、従来の淡水用ポンプ水車に比べて腐食が著しく、過酷な条件で使用される。さらに、はめあい部すなわちすきまが多く、かつ、主要部

品が埋設されるなど、防食対策を行ううえでも厳しい条件にあり、従来の防食技術だけでは解決できない課題が多い。

そこで、通商産業省資源エネルギー庁が電源開発株式会社に委託し、世界初の海水揚水発電技術実証試験パイロットプラントを沖縄県国頭村に建設中である。1999年3月完成のあと、5年間の実証試験を実施する予定である。

日立製作所は、海水揚水用模型ポンプ水車の試験結果を基に、実証プラント用の海水揚水発電用ポンプ水車を設計、製作した。この設計にあたっては、材料・構造・塗料・防食技術や、海生生物付着防止対策についての検討を行った。

1. はじめに

海水揚水発電については、通商産業省資源エネルギー庁が「海水揚水技術実証試験調査」として、電源開発株式会社に委託し、同社で1981年から、海水揚水の実用化に向けた基礎的な調査・研究が行われた。さらに、実証プラント地点と海水の成分、温度、海生環境が類似している沖縄本島中部で、1984年から実機と同材質で幾何学的にも相似な3台の模型ポンプ水車により、実機を模擬した運転条件で金属材料の腐食特性、防食塗料の効果、電気防食、海生生物付着特性などについての総合的な検証が行われた。

模型ポンプ水車によるこれらの検証結果に基づいて、日立製作所は、海水揚水発電実証試験パイロットプラント(図1, 2参照)用ポンプ水車(以下、海水揚水用ポンプ

水車と言う。)を設計、製作した。

ここでは、これに適用した材料・塗料・防食方法、海生生物付着防止対策などについて述べる。

2. ポンプ水車の構造

海水揚水用ポンプ水車の仕様を表1に示す。

海水揚水用ポンプ水車は、分解・組立が容易に行えるようなランナ下抜き構造とした(図3参照)。

また、流水面側の構造はできるだけすきま腐食が生じないように単純化し、腐食発生要因を可能なかぎり少なくした。個々の部品の腐食防止構造について以下に述べる。

(1) 主軸封水装置

シール部にはセラミックスを使用した。また、漏水が上カバー内に流れないように、排水ピットまでの排水管を設けた。

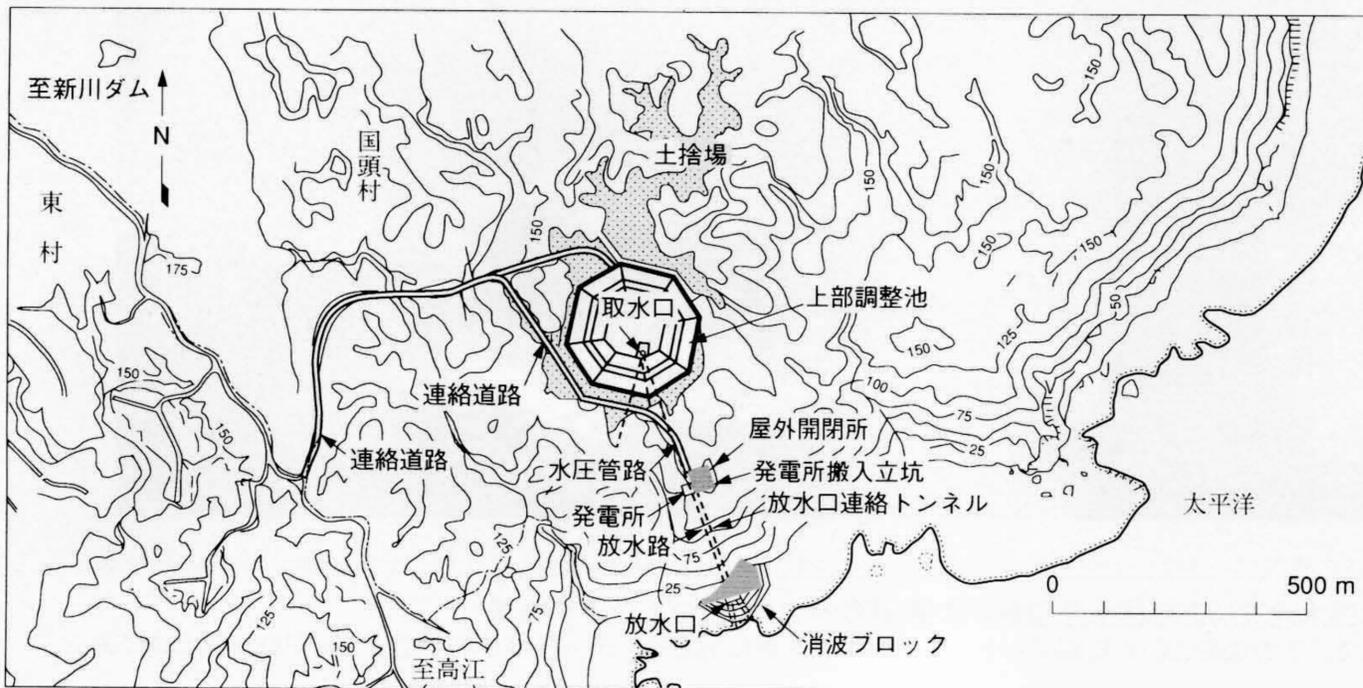


図1 海水揚水発電プラントの平面図
海水揚水発電プラントとして好立地条件にある八角形の上ダムは、海岸からわずか500mの距離にあり、海拔150mに位置する。

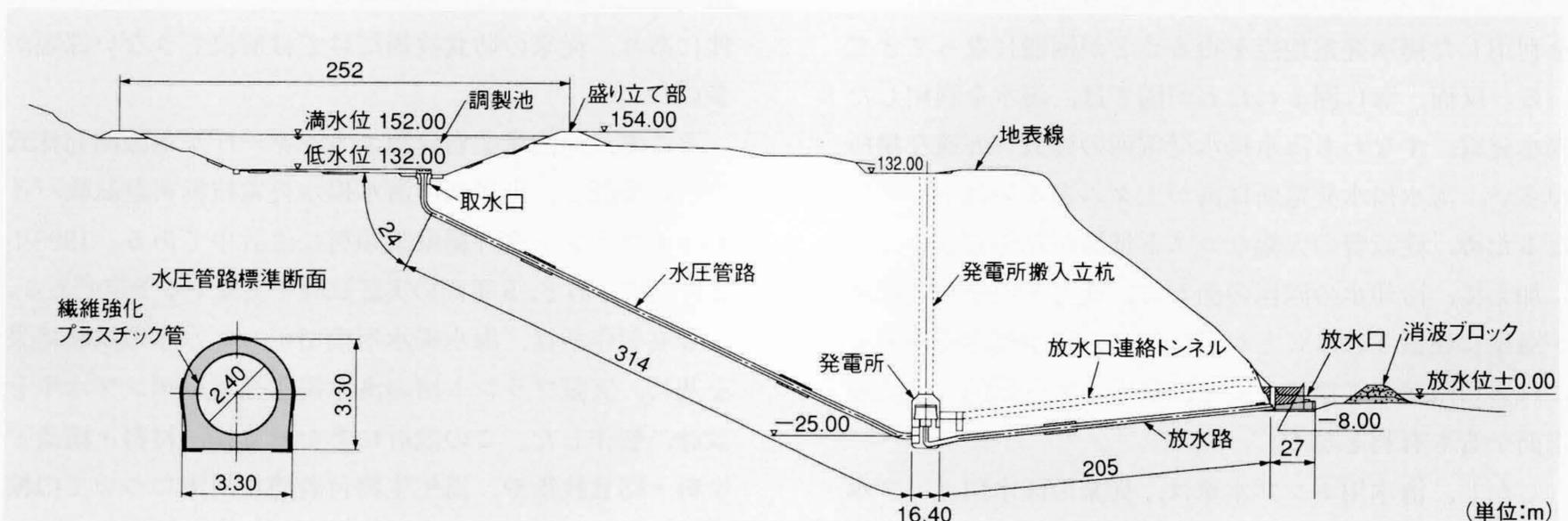


図2 海水揚水発電プラントの断面図
発電所の建屋は地上から150m直下にある。

表1 海水揚水用ポンプ水車の仕様
可変速のポンプ水車である。

水車運転		ポンプ運転	
最大出力	31,400 kW	最大入力	31,800 kW
最高有効落差	141 m	全揚程	160 m
最大流量	26 m ³ /s	揚水量	20.2 m ³ /s
比速度	178.2 m-kW	比速度	51.4 m-m ³ /s
回転速度	450±6% rpm		

(2) ガイドベーン軸受回り

ガイドベーン軸受ではステムパッキンを二重化し、上流側のパッキンから海水が万一漏れても軸受に浸入しないようにくふうした。またガイドベーン軸受では、上下カバーを分解せずに交換できるような構造とした。

(3) ガイドベーン シールパッキン

上下カバーにはすきま腐食防止のため、シートライナ

は設けないので、ガイドベーン シールパッキンは、ステンレス鋼の台金にゴムを焼き付ける構造とした(図4参照)。

(4) 主軸・ランナ

主軸とランナの締結部は、すべてゴムガスケットで封水し、締付ボルトに海水が浸入しない構造とした。

3. 材料と防食方法

ポンプ水車の各部品の材料と防食方法は、耐食性に加えて、経済性も考慮して選定した。流速の比較的遅い部分には普通鋼に塗装を施し、流速の速い部分はステンレス鋼にした。さらに、塗装の損傷による孔食とすきま腐食にも備えて、電気防食装置を設置した。腐食は流速が速いほど助長されるので、電気防食装置には、防食電流の調整が可能な外部電源方式を採用した。

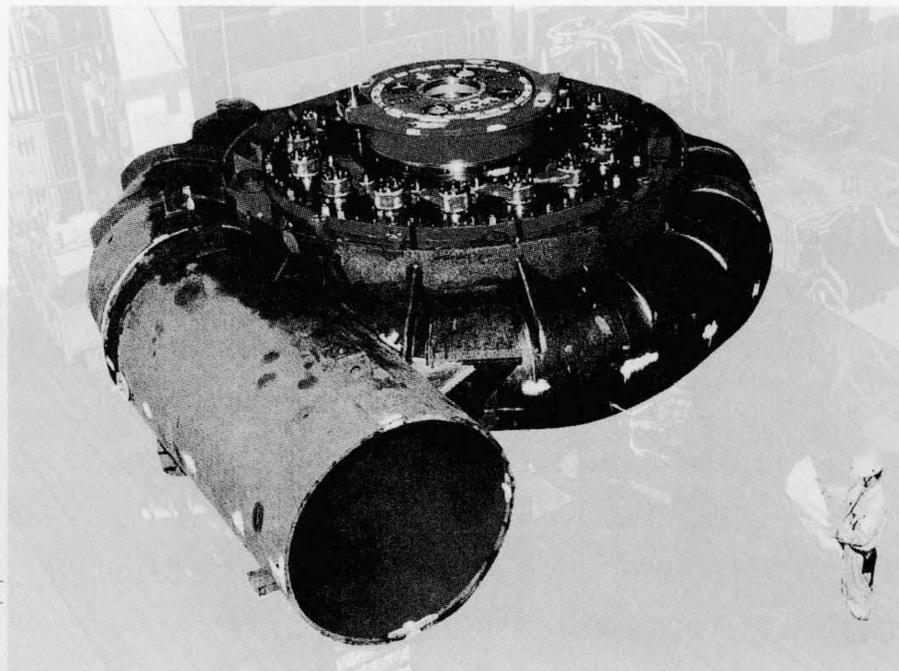
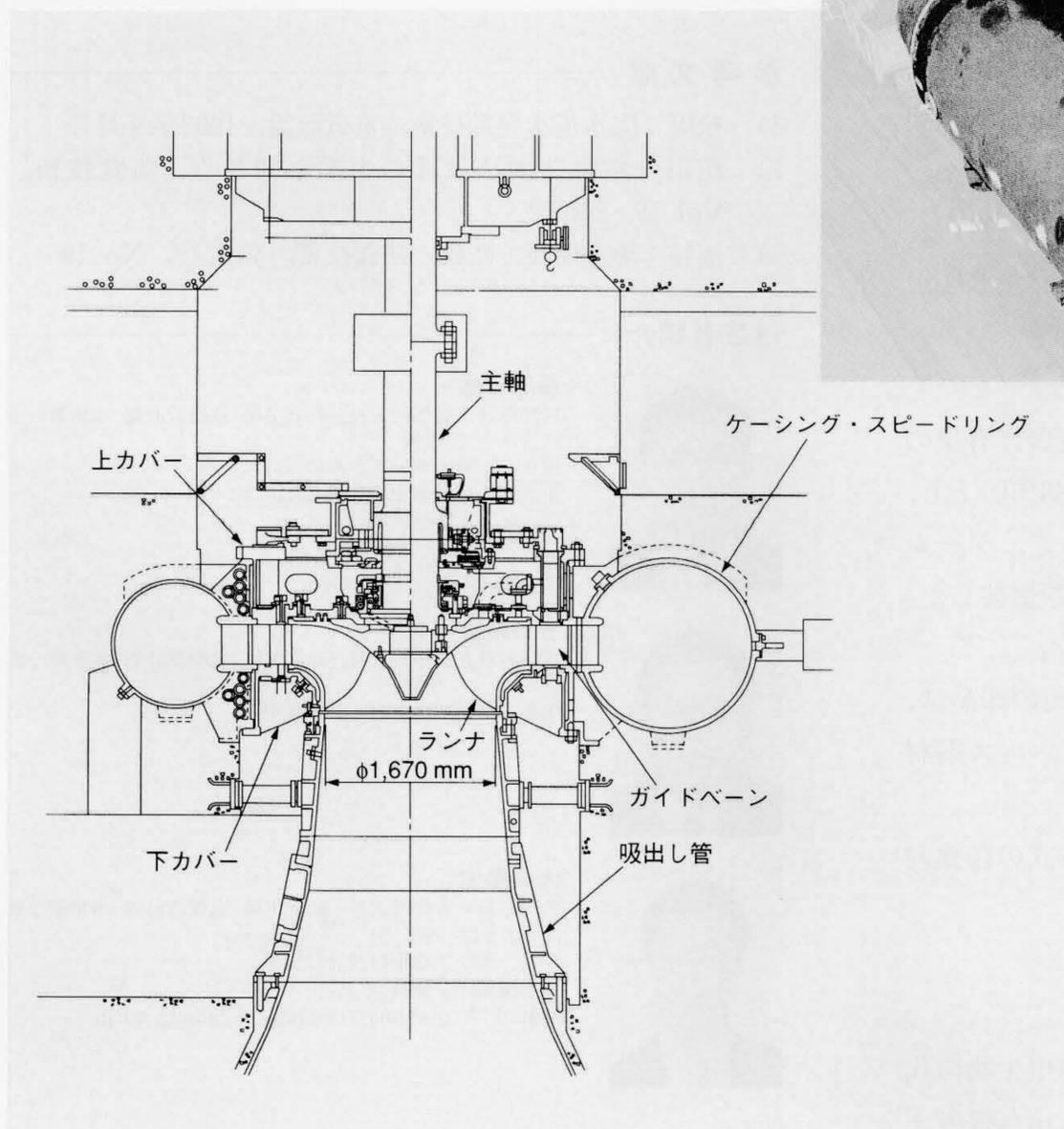


図3 海水揚水実証プラント用ポンプ水車の断面と、ポンプ水車本体の固定部組立外観
発電機を分解せずに水車を分解、組立できるランナ下抜き構造である。

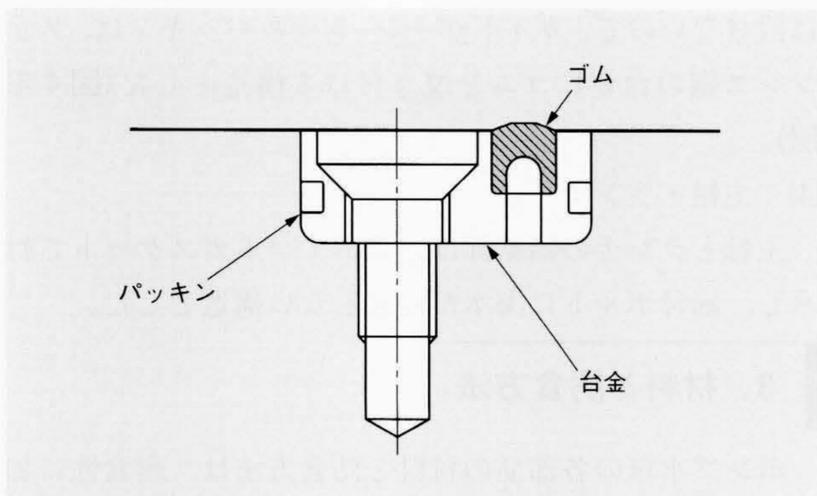


図4 ガイドベーン シールパッキンの構造

ガイドベーンの上・下端から漏水を防止するシールパッキンでは、すきま腐食防止のためにゴムを合金に焼付し、一体化を図った。

(1) ケーシング・スピードリング

材料はすべて溶接構造用圧延鋼材(SM400A)を使用し、流水面をガラスフレーク入りの極厚膜塗料で塗装した。

(2) 上下カバー

流水面の材料には、炭素含有量の少ないオーステナイト系ステンレス鋼材(SUS316L)を使用した。非流水面は、経済性を考慮し、溶接構造用圧延鋼材(SM400A)とした。

(3) ガイドベーン・ランナ・主軸

ガイドベーン・ランナの材料は炭素含有量の少ないオーステナイト系ステンレス鋼材(SCS16A相当材)で、耐食性を向上させるために窒素を添加した。電気防食装置の電源供給用のため、主軸にはスリップリングを設けた。主軸の材料は、オーステナイト系に窒素を含有する圧力容器用ステンレス鋼鍛鋼(SUSF316N)とした。

(4) 吸出し管

流速の速い上部吸出し管の上側の材料は炭素含有量の少ないオーステナイト系ステンレス鋼材(SUS316L)とし、その他の部分は一般構造用圧延鋼材(SS400)で、ケーシングと同様、ガラスフレーク入り極厚膜塗料で塗装した。

(5) 主軸封水装置

シールの材料はセラミックスとした。その他の部品は、炭素含有量の少ないオーステナイト系ステンレス鋼材(SUS316L)とした。

なお、主軸との間が狭いため、犠牲電極方式の防食対策を施した。

4. 海生生物付着防止

ポンプ水車や配管弁類・補機に付着する海生生物の代表例はフジツボである。フジツボは流速が5 m/s程度ま

で付着し、1~2 m/sのとき最も付着しやすくなる。フジツボが付着すると、水路とポンプ水車の効率の低下や配管の閉そくなどの要因になるので、吸出し管やケーシングなどの流れがよどみやすい部位や配管には注意を要する。

フジツボは、付着するときに体内から粘着性物質を分泌し、物体の表面に付着する。粘着性物質は、水をはじく表面には付きにくい。このため、ポンプ水車の流れがよどみやすい部位には、水をはじく無公害型防汚塗料を塗布することが必要である。

5. おわりに

ここでは、海水揚水用ポンプ水車の構造的特徴、防食対策、および海生生物付着防止対策について述べた。

海水揚水用ポンプ水車の防食技術が確立すれば、今後の揚水発電プラントの立地条件が大幅に緩和されるため、需要が増加することが期待される。

終わりに、海水揚水発電用ポンプ水車の開発では、電源開発株式会社の関係各位からご指導をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 松田：海水揚水発電技術，電気評論，1993年9月号
- 2) 花田：電気防食法設計の手順と問題点，防食技術，Vol.19, No. 2
- 3) 福谷：海洋開発と防食，防食技術，Vol.19, No.10

執筆者紹介



藤原哲雄

1970年日立製作所入社，日立工場 重機設計部 水車第一設計グループ 所属
現在，水車・ポンプ水車の設計に従事
E-mail: fujihara@cm.hitachi.hitachi.co.jp



今野晴夫

1959年日立製作所入社，日立工場 重機設計部 水車第一設計グループ 所属
現在，ポンプ水車の設計に従事



大嶋勝宏

1979年日立製作所入社，日立工場 重機設計部 水車第一設計グループ 所属
現在，ポンプ水車の設計に従事
日本機械学会会員
E-mail: k.ooshima@cm.hitachi.hitachi.co.jp