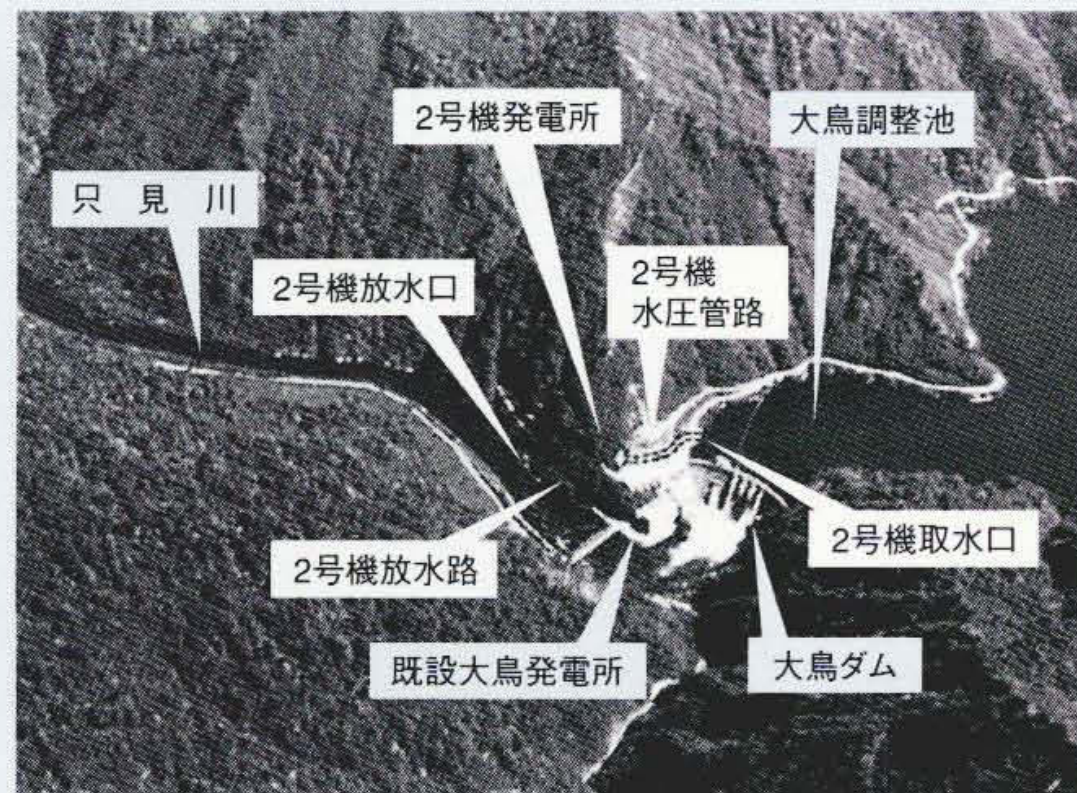


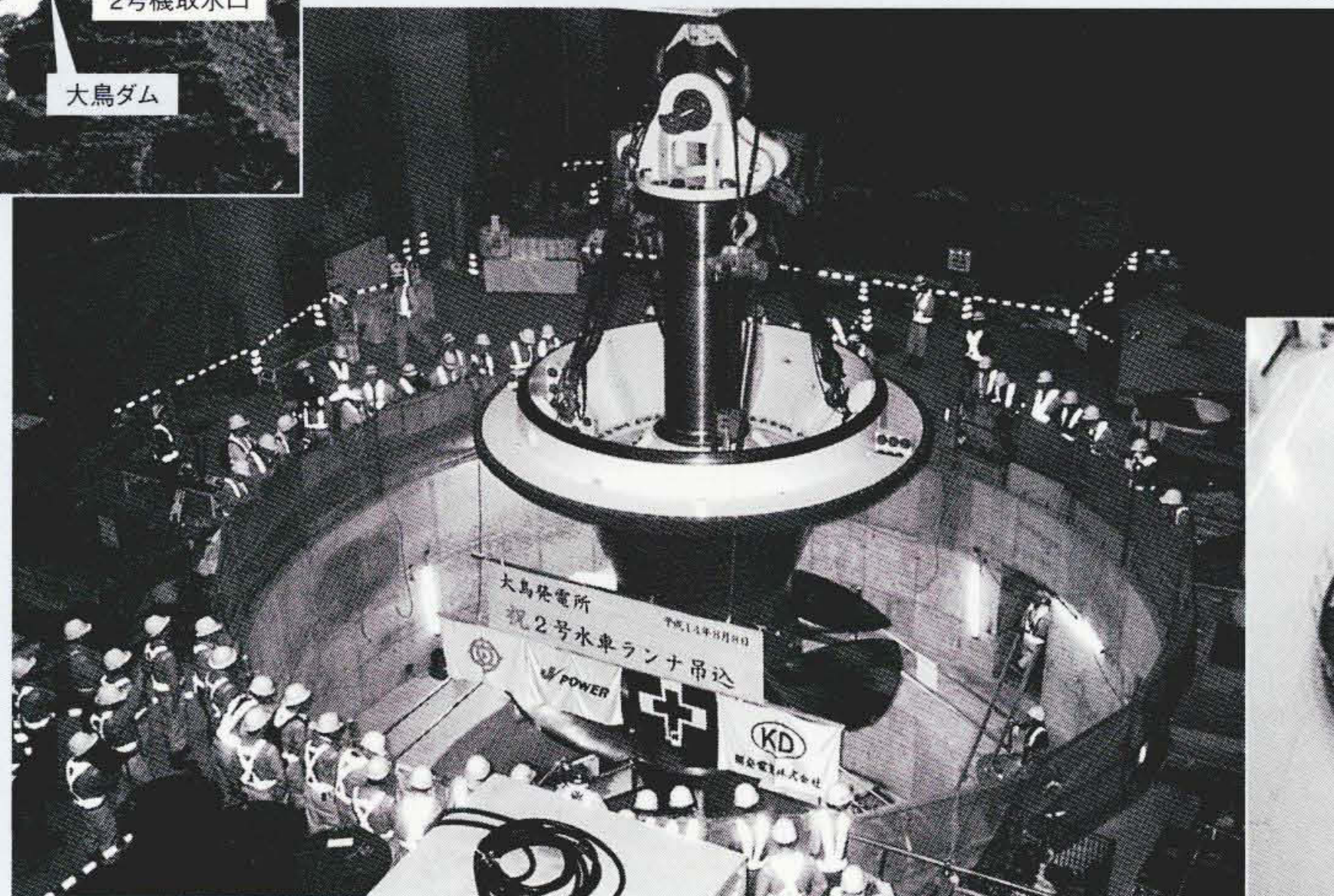
J-POWER電源開発株式会社納め大鳥発電所 2号機カプラン水車・発電機の運転開始

Commissioning of 87,000 kW Kaplan Turbine and Generator for Otori Power Station

佐藤 朝美 Asami Satô 後藤 啓一 Keiichi Gotô



(a)



(b)



(c)

J-POWER電源開発株式会社大鳥発電所の鳥観と主要機器

カプラン水車・発電機が据え付けられた地下発電所ダムの中観(a)、カプラン水車ランナの取り付け状況(b)、発電機の全景(c)をそれぞれ示す。

環境保全の観点から、水力発電所には、周囲の環境に配慮した計画、設計、建設が求められている。日立製作所がJ-POWER電源開発株式会社に納入した大鳥発電所2号機が、2003年6月に営業運転を開始した。これは、尾瀬を源とする阿賀野川の最上流部にある既設の大鳥ダムを上部ダムとし、9万5,000 kW水車・発電機の同発電所に隣接して、新たに8万7,000 kWカプラン水車・発電機を増設したものである。

大鳥発電所は豊かな自然に恵まれた越後三山只

見国定公園の特別地域内に位置し、工事区域の近くには希少な猛禽(きん)類が生息している。これらの貴重な自然との共存を考え、(1)地上の改変をできるだけ避けるように主要構造物を地下に配置する、(2)猛禽類の営巣期には地上部の工事を休止する、(3)工事に伴う廃棄物をできるだけ有効に利用するなど、環境負荷を低減するための努力の下に建設が行われた。

大鳥発電所2号機は、今後の水力発電の方向性を示すものとして注目されている。

1 はじめに

近年、地球環境の保全が世界共通の課題としてあげられ

るようになり、水力発電が見直されている。水力発電は自然エネルギーを活用しているので、二酸化炭素の排出量抑制などの面でも優れており、また、ダムを利用した貯水池式水力発電所は、昼夜を問わず電力需要の変化に機敏な対応

が図れることから、優れたピーク電力源として有効に活用できる。

一方、水力発電所の建設にはさまざまな土木工作物を伴うため、自然界への影響をいかに軽減するかが課題となっている。

J-POWER電源開発株式会社大鳥発電所2号機の開発、工事では、発電所が越後三山只見国定公園の特別地域内に位置し、豊かな自然に恵まれ、希少な猛禽類であるイヌワシ、クマタカなどが生息しているという立地条件から、環境負荷を低減することが必須であった。そのため、既設発電所で使用しているダムや放水路を共有するとともに、地上の改変をできるだけ避けるように、主要構造物の地下配置などにより環境負荷の低減を図りながら電力出力の増強を達成した。

ここでは、J-POWER電源開発株式会社納め大鳥発電所2号機(以下、2号機と言う。)の主な特徴について述べる。

2 大鳥発電所の概要

2号機は、最大出力が大鳥発電所の既設機に次いでわが国第2位となる大型カプラン水車である。国際入札を経て、日立製作所が主要機器メーカーとして水車・発電機を納入した。その結果、この発電所の既設1号機、今回の増設2号機ともに日立製作所製の水車・発電機が設置されたことになる。2号機建設後は発電所最大出力が9万5,000 kWから18

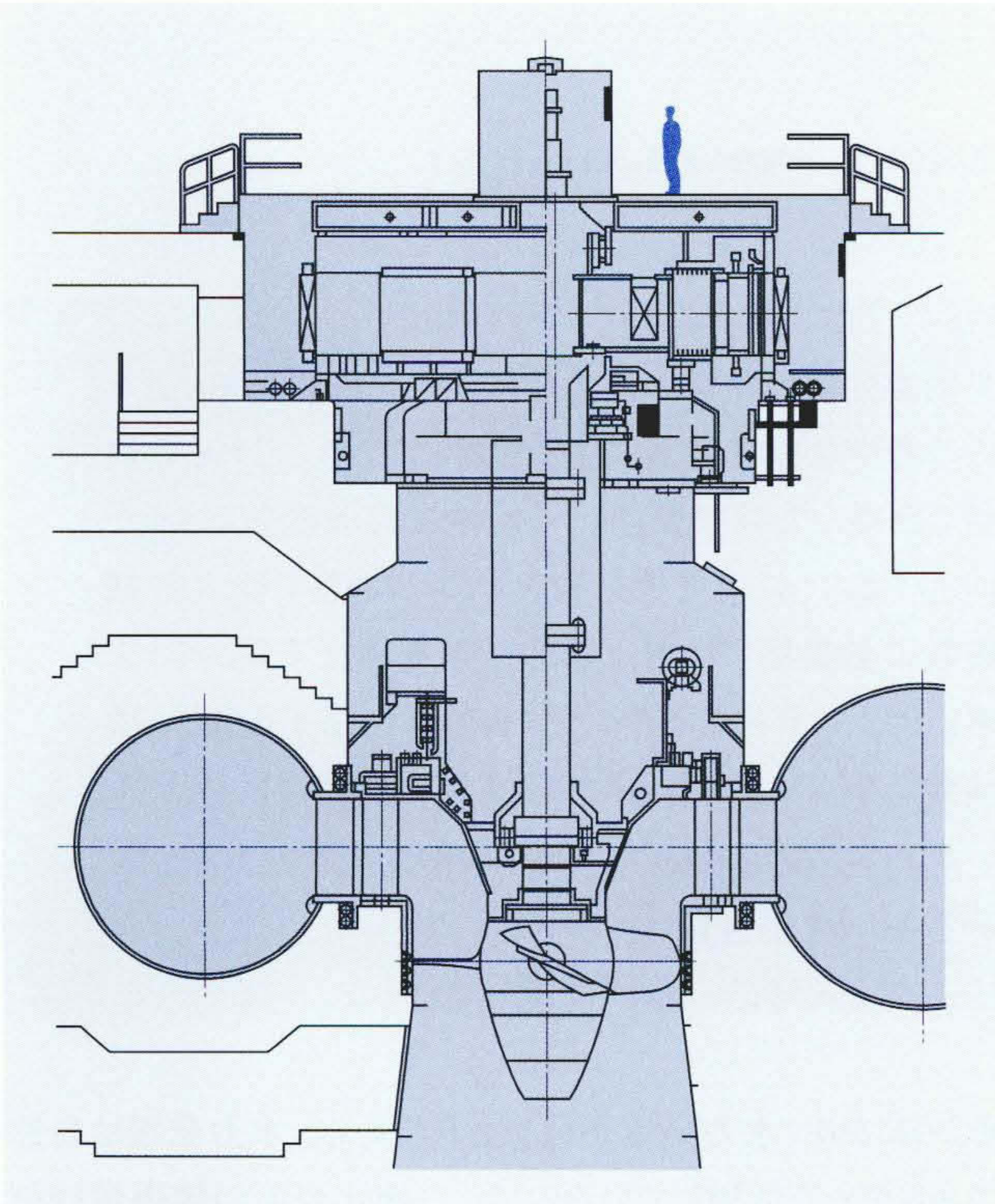


図1 2号機カプラン水車・発電機の断面

水車は、ランナ径5,100 mmの可動翼を持つ立軸渦巻カプラン水車である。発電機は、上部案内軸受を省略した傘形機である。

表1 大鳥発電所の諸元

既設1号機と2号機の主な仕様を示す。

諸元	既設1号機	2号機
最大出力	95,000 kW	87,000 kW
最大使用水量	220.00 m³/s	207.00 m³/s
基準有効落差	50.8 m	48.1 m
運転開始年	1964年	2003年

万2,000 kWに増強された。水車・発電機の組立断面を図1に、既設1号機と2号機の諸元を表1にそれぞれ示す。

2号機工事は1999年に着工し、2003年2月からの試運転を経て、2003年6月に営業運転を開始した。

3 カプラン水車

カプラン水車の主な仕様を表2に示す。

3.1 ランナ

カプラン水車は、落差と出力に合わせてランナベーンの角度を変え、最も効率のよい点で発電運転をするため、エネルギーの有効活用に優れた機種である。

CFD(Computational Fluid Dynamics)により、性能基本設計を行い、それを基に3D-CAD(3-Dimension Computer-Aided Design)による模型設計図の作成、製作、検査を経て、模型試験によって性能の検証を行った。この3D-CADデータに基づいて実機の設計、製作、検査の一元管理を行った結果、各プロセスでの品質管理が容易となり、いっそう品質の高い製品の製作が可能となった。

ランナは羽根直径が5,100 mmで、羽根枚数が6枚である。工場組立の最終確認試験状況を図2に示す。ここでは、環境保全の観点から、油を河川に流さないように、ランナボス内に清水を封入する水ボス方式を採用した。

3.2 ケーシングとステーリング

ケーシングは渦巻型をしており、入口部直径が6,800 mm、最大外形寸法が約20 mとなる大型のものである。現地への搬入ルート of 輸送制限から多分割構造とし、現地で溶接し

表2 大鳥発電所カプラン水車の仕様

既設1号機と2号機の水車仕様を示す。既設1号機はわが国で最大、2号機はそれに次ぐ出力である。

諸元	既設1号機	2号機
形式	VK-1RS	VK-1RS
最高落差	51.0 m	48.1 m
最大出力	100,000 kW	89,500 kW
回転速度	125 min ⁻¹	167 min ⁻¹
ランナ径	6,100 mm	5,100 mm

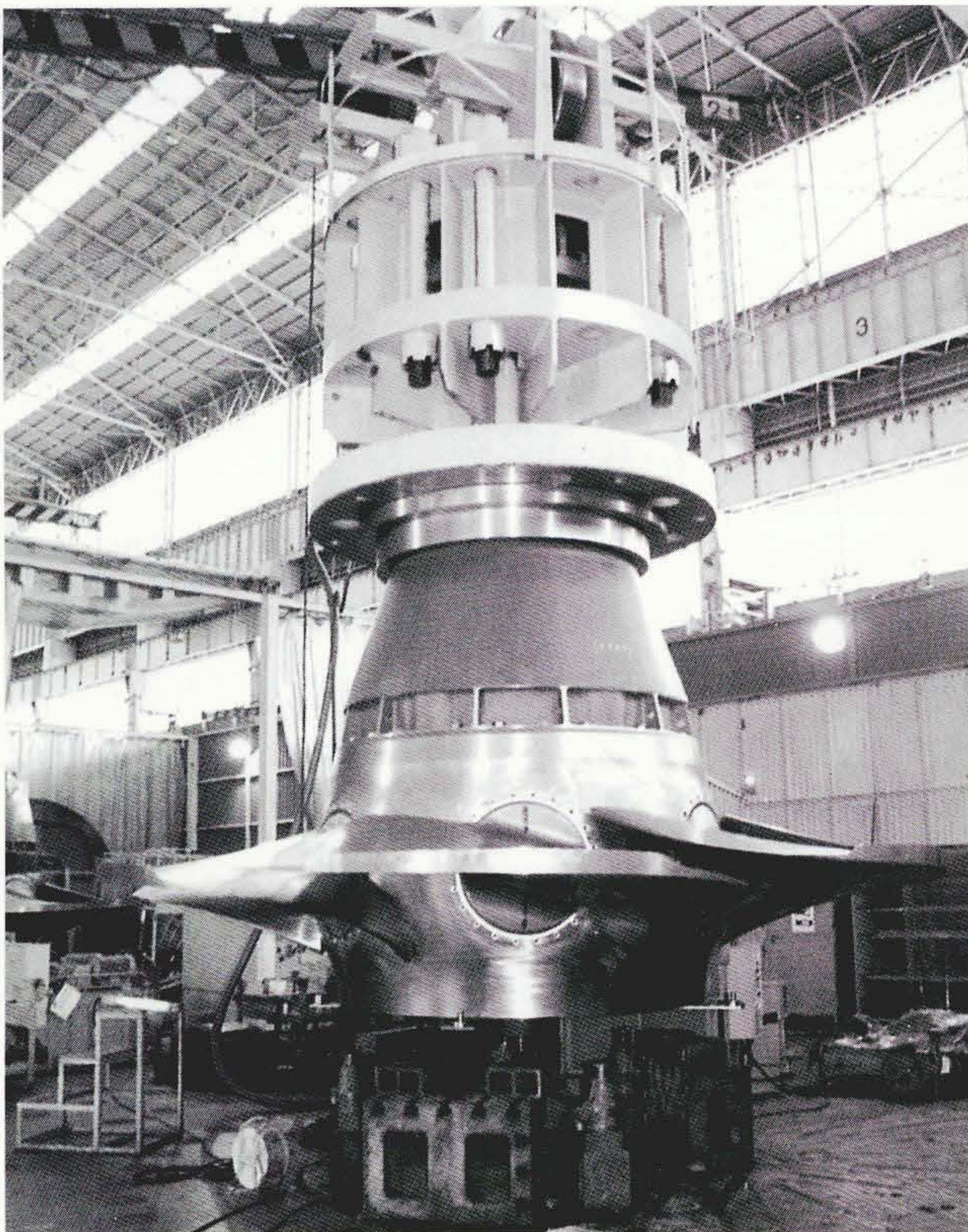


図2 2号機ランナの工場組立最終確認試験の状況

ランナを一体に組み立てて、静バランス試験を実施している状況を示す。

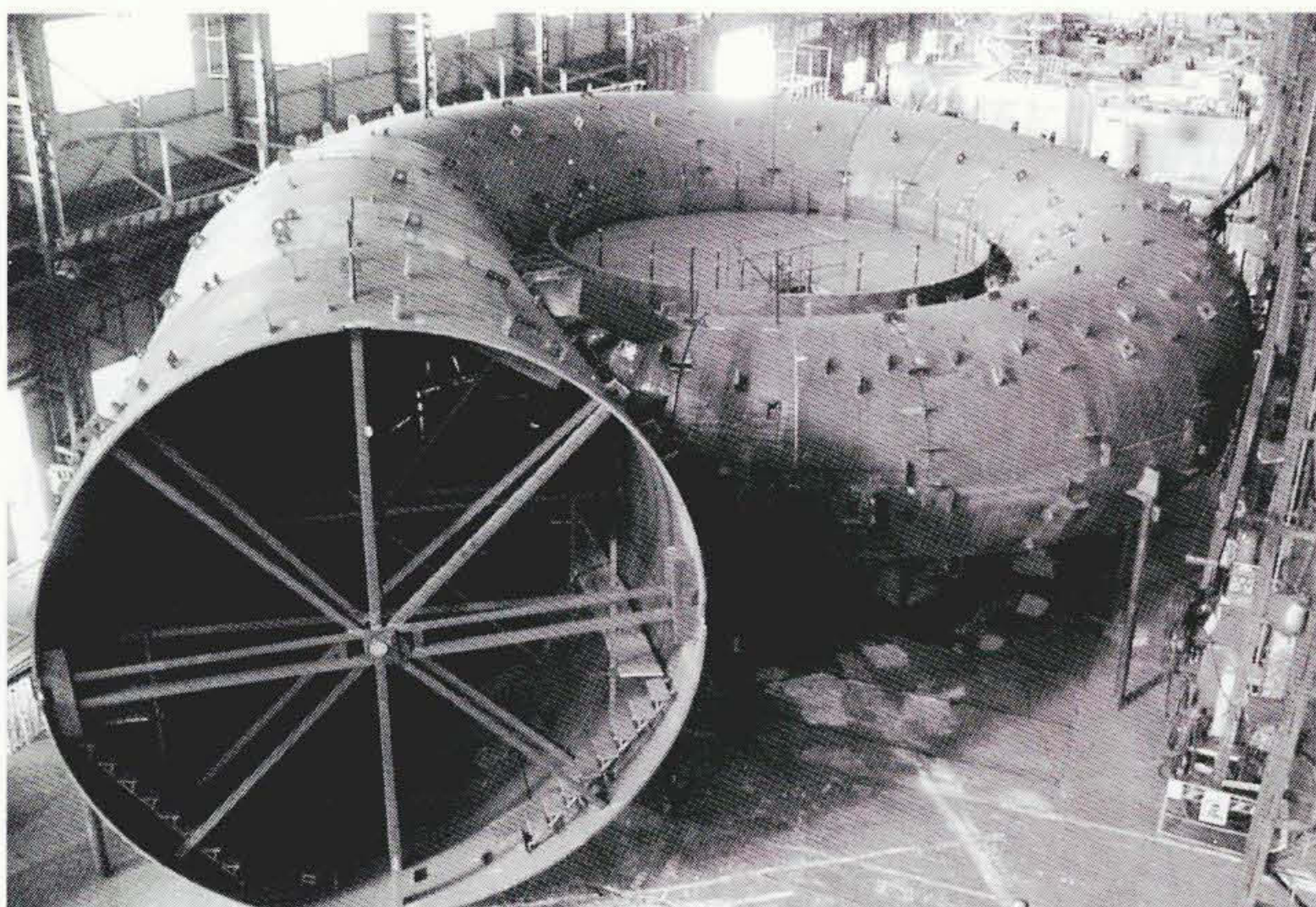


図3 2号機カプラン水車のケーシング工場組立

入口部直径が6,800 mm、最大外形寸法が約20 mの大型ケーシングである。多分割構造とし、現地での溶接で一体構造とした。

て一体化した。その工場組立の状況を図3に示す。制約がある現地での作業環境の中で、3か月という短期間でこの大型ケーシングの現地据付けを完成させた。ケーシングの現地溶接線の非破壊検査には、自動記録式超音波探傷検査を採用した。

ステアリングの現地据付け状況を図4に示す。水車の効率を向上することを目的として、ケーシング巻き終わり部のステアベーン配置を不等間隔とした。また、ステアリング入口主板部分に、水を整流するフローガイドを設置した。

3.3 カプラン水車の本体

3D-CAD解析により、水車本体の強度を解析し、上カバー

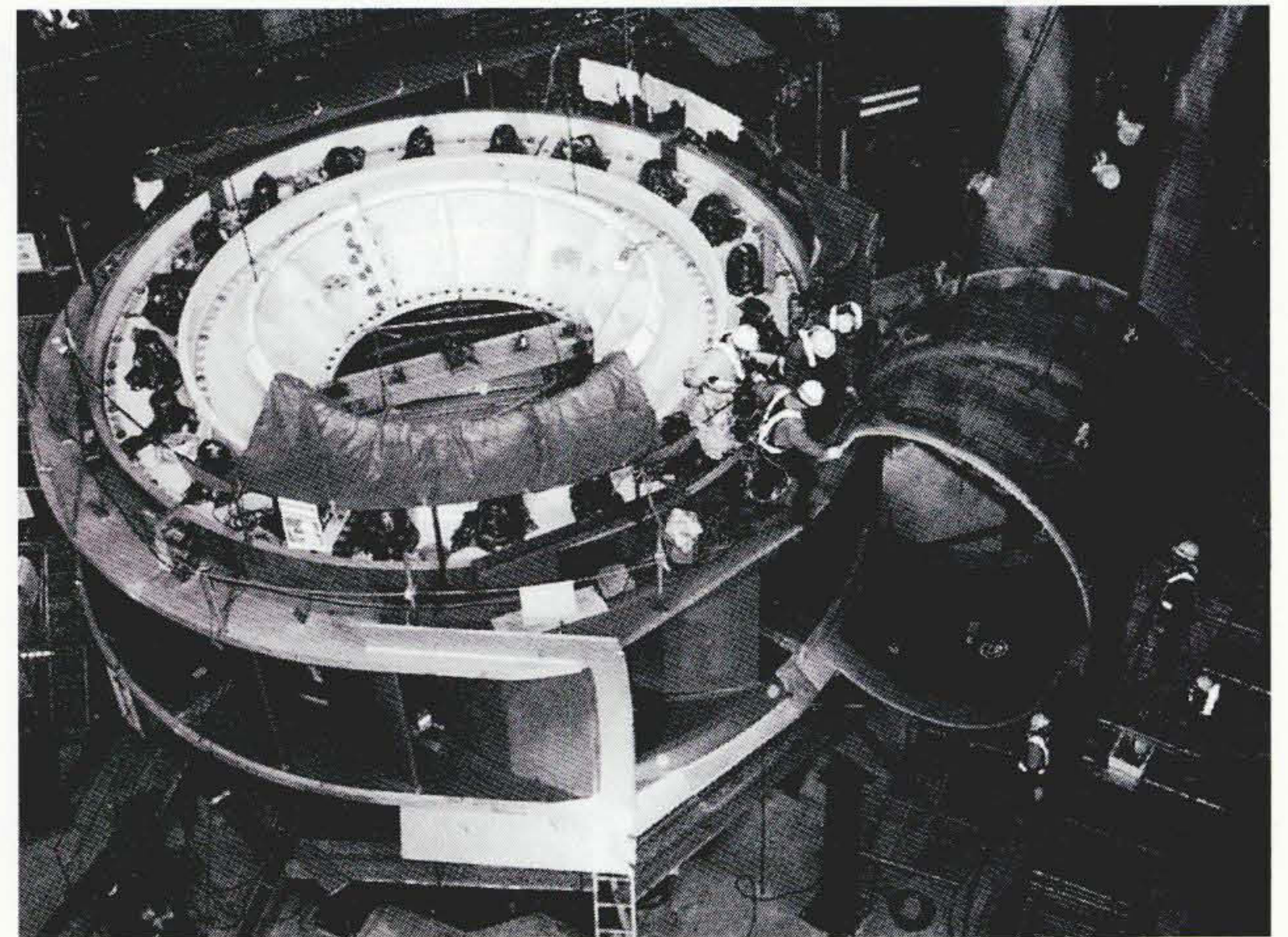


図4 2号機カプラン水車のステアリング現地組立

現地で一体に組み立てられたステアリングに、ケーシング胴板を組み立て始めた状態を示す。巻き終わり部のステアベーン間隔を不等間隔とした。

厚板一枚構造を採用した。ガイドベーン摺(しゅう)動部には、無給油軸受を採用した。

3.4 現地試験の結果

現地試験では、負荷遮断の約14秒後から約6秒間、放水路内に周期0.7秒の水圧脈動が発生することが確認された。原因としては、放水路定在波との共振現象が考えられる。この水圧脈動によって回転体が振動したため、対策として、遮断時のランナベーン開度が所定の開度以下のときは、一定の開度まで開操作するように閉鎖方法を変更した。

以来、現在に至るまで、順調な運転を続けている。

4 発電機

発電機の主な仕様を表3に、現地での回転子つり込み状況を図5にそれぞれ示す。この発電機の設計、製作上での特徴について以下に述べる。

4.1 軸構成と軸受

スラスト軸受には、日立製作所が多数の実績を持つ「日立

表3 大鳥発電所発電機の仕様

既設1号機と2号機の発電機仕様を示す。

諸元	既設1号機	2号機
形式	VEFK ₃ W-RD	VTFKW-RD
定格容量	100,000 kVA	97,000 kVA
回転速度	125 min ⁻¹	167 min ⁻¹
定格電圧	13,200 V	11,000 V
定格電流	4,380 A	5,091 A
力率	0.9	0.9
極数	48	36
励磁方式	直流励磁機方式 →ブラシレス励磁方式	ブラシレス励磁方式



図5 2号機発電機回転子の現地組立

発電機回転子のつり込み作業の状況を示す。回転子内部に回転整流器を収納する構造とした。

ピボットスプリングタイプ」を採用した。

既設1号機では、回転子の上部にも案内軸受を設置した準傘形の軸構成を採用したが、2号機では、回転整流器を回転子中心のスパイダ部に内蔵して、回転子軸長を短縮した。この構造により、上部案内軸受を省略した傘形機とし、上部油槽や関連配管を削減することができた。

また、下部のスラスト軸受油槽のオイルダムと主軸間のシール部には二重の油切り構造を採用し、シャフト側からの油漏れ防止対策を強化した。

傘形機の採用により、発電機の構造の簡略化とともに油系統の簡素化が可能となり、環境に配慮した構造とすることができた。

4.2 交流励磁機と回転整流器

メンテナンスフリーの観点から、2号機の励磁方式には、交流励磁機、回転整流器を用いたブラシレス励磁方式を採用

した。日立製作所のブラシレス励磁方式を採用した水車発電機としては、すでにブラシレス化の改修を行った既設1号機発電機に続く大容量機となる。

4.3 固定子

固定子枠は輸送制限を考慮して6分割構造とし、工場での回転試験後に固定子分割片の単位で現地に輸送し、現地での組立を実施した。

固定子コイルにはF種プリプレグ方式の絶縁を採用し、長寿命化を図るとともに、製造時に使用するワニス量の低減にも配慮した。スロット内の構成には、トップリップルスプリングとサイドリップルスプリングを採用し、スロット内コイル支持の長期維持に配慮した構成とした。

5 おわりに

ここでは、J-POWER電源開発株式会社納め大鳥発電所2号機の主な特徴について述べた。

今回の開発、建設では、環境負荷を低減するためのさまざまな制約がある中で、据付け、試運転作業を行い、無事に運転を開始することができた。

日立製作所は、地球温暖化防止が課題となる中で、いっそう高効率でかつ環境保全に配慮した水車発電機の開発、設計に取り組んでいく考えである。

終わりに、大鳥発電所2号機では、計画から設計、製造、建設、運転開始に至るまで、J-POWER電源開発株式会社の関係各位から多大なご指導とご協力をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

執筆者紹介



佐藤朝美

1972年日立製作所入社、電力・電機グループ 火力・水力事業部 水力タービン部 所属
現在、水力発電所用水車機器の設計に従事
E-mail: asami_satou @ pis. hitachi. co. jp



後藤啓一

2000年日立製作所入社、電力・電機グループ 電機システム事業部 電機品質保証部 発電機品質保証課 所属
現在、発電機、電動機の試験・検査業務に従事
E-mail: keiichi-a_gotou @ pis. hitachi. co. jp