

水中ドローンを活用した取水塔点検手法の構築

Development of Inspection Methods for Intake Towers Using Underwater Drones

浜岡原子力発電所における水中ドローンの実用化とその成果

浜岡原子力発電所では、従来のダイバーによる点検の安全性に問題があった。そこで、水中ドローンを使った新しい点検方法を試してみた。FullDepth社のDiveUnit300を使ったところ、ダイバーの目視に匹敵する鮮明な映像が得られた。これにより、安全性と効率性がアップし、災害リスクを避けつつリアルタイムで確認やデータ保存が可能になった。今後は、遠隔監視や高画質映像の取得で、点検の精度と安全性がさらに向上することが期待される。



執筆者

原子力安全技術研究所
地震・津波・防災グループ
久住 隆夫
浜岡原子力発電所
土木課
三浦 涼音

1

背景および目的

浜岡原子力発電所は、日本で唯一、約600m沖合から取水塔と取水トンネルを用いて海水を取水する方式を採用している。この独特な取水方式は、発電所が遠浅の海岸に立地しているため、港湾の建設が困難であることに起因している（第1図）。



第1図 浜岡原子力発電所前面海岸状況

原子力発電所における海水の取水は、原子炉やタービンの冷却に不可欠であり、その安全性と効率性は発電所の運転に直結する。

従来、取水塔の点検はダイバーによる目視で行われていたが、潜水作業には酸欠や溺水、減圧症などの危険が伴う。過去には、取水トンネルの点検作業中にダイバーが死亡する事故も発生しており、安全で効率的な点検手法の確立が求められている。本研究では、これらの課題を解決するために、水中ドローンを活用した新たな点検手法の構築を行った。

2

実証試験方法

本研究では、FullDepth社のDiveUnit300（第2図）を用いて、浜岡原子力発電所の取水塔における実証試験を実施した。

水中ドローンは、潜航が可能な有線式の小型無人潜水機であり、操縦者は船上や陸上から遠隔操作により機体を操縦し、リアルタイムに水中映像を確認することができる。

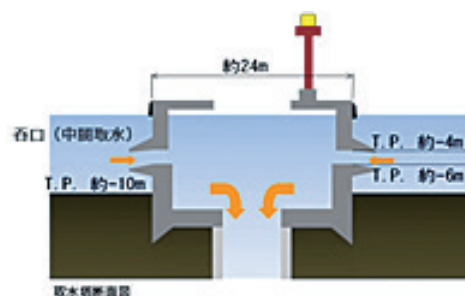
近年、港湾施設や洋上風力、海中ケーブル敷設のための海底調査、ダムの水中調査、河川調査などにおいて、従来のダイバー点検に代わる技術として注目されている。



第2図 FullDepth社DiveUnit300

今回使用したDiveUnit300は、取水塔の位置する外洋でも安定した動作が出来るよう、スラスター出力アップ機能やホバリング機能を強化することで、波高や潮流に対する安定性を向上させた。スラスター出力アップ機能は、電源回路を改良することで全スラスターの最大推進力を50%アップさせ、ホバリング機能は水中で一定の位置に停止する機能を追加することで、潮流があっても流されないように機能を強化した。

実証試験は、2号機の取水塔（第3図）を対象に、1月、3月、4月の計3回にわたり実施し、外観目視点検と海象調査（水質および流向・流速）を行った。試験は、交通船により御前崎港から取水塔地点まで移動し、これまでのダイバーによる外観目視点検を水中ドローンに変更して実施した。



第3図 取水塔断面イメージ

3 実証試験結果

実証試験の結果、水中ドローンによる点検映像はダイバーの目視に匹敵する鮮明さを持ち、点検計画の要件を満たすことが確認され、特に濁度や流速が低い良好な条件下では、非常に高品質な映像が得られた（第4図）。

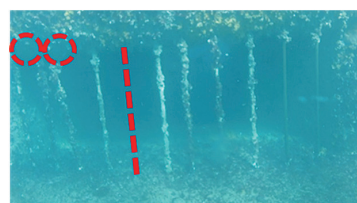
具体的には、1回目と2回目の試験では、非常に鮮明な点検映像が撮影され、取水塔の状態を良好な画質で確認することができた。3回目の試験では、やや不鮮明な映像となったが、これは濁度やクロロフィルの値が高かったことが影響していると考えられる。流向・流速の状況は、全3回ともに非常に穏やかであり、撮影ブレなどの影響はほとんどなかった。

左画像 凡例

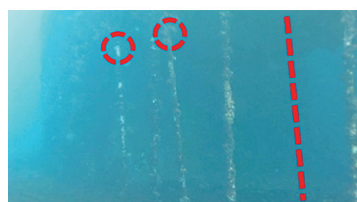
○ 損傷箇所
— 脱落箇所

右グラフ 凡例

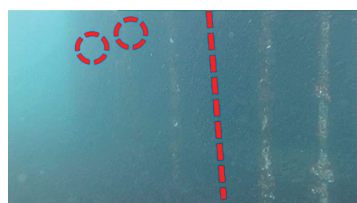
× 濁度
■ クロロフィル
▲ 塩分
● 水温
◆ 溶存酸素
□ 呑口付近データ



(a) 1回目（2025年1月20日）

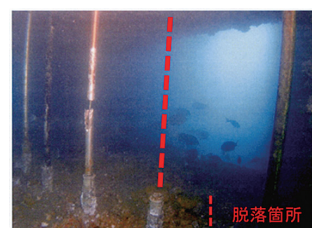
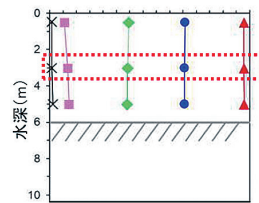
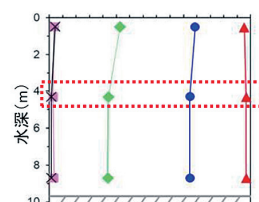
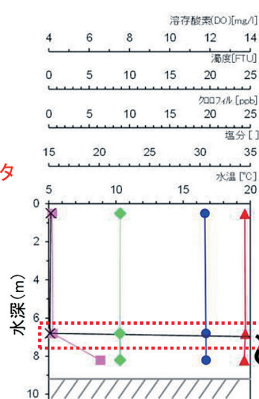


(b) 2回目（2025年3月27日）



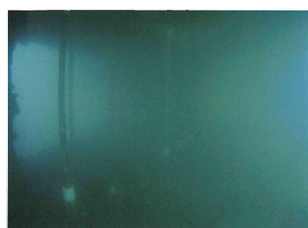
(c) 3回目（2025年4月10日）

第4図 実証試験結果（左：点検映像、右：水質調査）



(a) 鮮明な画像

(2020年10月13日撮影)



(b) 不鮮明な画像

(2012年11月20日撮影)

第5図 これまでの点検画像

これまでのダイバーと今回の水中ドローンの点検画像の比較のために、これまでのダイバーによる撮影画像を第5図に示す。第5図 (a) が比較的鮮明なもの、第5図 (b) が比較的不鮮明なものである。今回の実証試験により得られた水中ドローンの点検画像は、第4図の3枚であり、第4図 (a)、(b) が鮮明な画像、第4図 (c) が不鮮明な画像であるが、ダイバーによる点検画像と比較し、遜色ない結果が得られている。

これらの結果から、取水塔の点検を水中ドローンで行うことにより、ダイバーによる災害リスクを回避しつつ、より安全で効率的な点検が可能であることが実証された。

4 考察

取水塔点検における水中ドローンの活用により、点検の安全性が大幅に向上した。水中ドローンによる映像は、現場監督者が船上からリアルタイムで確認でき、必要に応じて再確認が可能であるほか、映像データの保存により、過去の点検結果との比較が容易になり、長期的な設備の健全性評価に寄与するなど、点検の効率性も向上する。

さらに、今後の改良点として、ネット回線を使用して事務所にてタイムリーに点検映像を確認することも可能である。また高画質の画像が必要であれば、「画像鮮明化装置」を使用することや、水中ドローンに「GoPro」などの高性能カメラを搭載することも可能である。これらにより、より詳細かつ効率的な点検が可能となるほか、点検の安全性をさらに高めることが期待される。

5 結論

本研究を通じて、水中ドローンを用いた取水塔点検手法の有効性が実証された。これにより、ダイバーによる災害リスクを回避しつつ、安全で効率的な点検が可能となった。今後は、さらなる技術の導入を検討し、実装段階での活用を目指す。特に、ネットワークを活用した遠隔監視や高画質映像の取得により、点検の精度と効率性、安全性をさらに向上させることが期待される。

実証試験を実施するにあたり、浜岡原子力発電所土木建築部土木課の方々には多大なるご協力を賜った。ここに記して謝意を表する。