

原子炉格納容器内部調査装置の開発および実証 ～ 形状変化型ロボット ～

Result of Site Test for Investigation Robot for inside Primary Containment Vessel of 1F-1 - Shape Changing Robot -

IRID/日立GE	岡田 聡	Satoshi OKADA	Member
IRID/日立GE	石澤 幸治	Koji ISHIZAWA	Member
IRID/日立GE	高橋 良知	Yoshinori TAKAHASHI	Member
IRID	遠藤 洋	Hiroshi ENDO	Member

Abstract: Shape changing robot was developed for a narrow space installation and a rough plane stable movement in severe environment. This robot consists of three parts of the slim main body and two crawlers attached to the both ends. When this robot moves a narrow space, three parts lie in a straight line like “I” shape and when the robot moves on a rough plane, three parts are formed like “U” shape. We minimized the use of electric parts in the main body against high temperature and high radiation environment.

And we carried out the first-floor investigation (B1 investigation) using the robot to obtain information necessary for a basement floor investigation in April, 2015. As a result, we were able to acquire environmental information necessary for the equipment development for debris investigations. In this paper, it is described the outline of the shape change robot and summary of the B1 investigation.

Keywords: Shape changing robot, Narrow space, Rough plane, Severe environment, Grating, Debris investigation

1. 概要

福島第一原子力発電所の廃止措置に向け、資源エネルギー庁の発電用原子炉等事故対応関連開発費補助事業の一環として、格納容器 (PCV) 内部を調査するための装置を開発している。PCV 内は極めて放射線量が高いため、放射線飛散防止の観点から、内部へアクセスするための開口部は極力小さくする必要があり、装置の小型化が必要となる。また、内部での調査時はグレーチング上を走行するため、高い踏破性が求められる。そこで、アクセス時の配管の通過と、調査時のグレーチング上の平面走行を両立させるため、形状が変化可能なロボットを開発した[1]。PCV 内部調査は、炉心から熔融し地下階に拡散したと想定される燃料デブリの分布を調査することを最終目的としている。その一環として、地下階調査に用いる装置開発に必要な情報を取得するため、本年4月、1号機の1階のグレーチング上の調査を実施した。本報告では、形状変化ロボットの開発概要と、格納容器内部の調査結果について報告する。

2. 形状変化ロボットの開発

2.1 PCV の概要と適用対象

図1 [2]に、PCV の概要と本ロボットの適用対象を示す。PCV 内部調査は、ペDESTAL外地下階に拡散していると想定されている燃料デブリを調査することを最終目的としており、今回の調査は、地下階調査装置の開発に必要な情報を取得することを目的として、ペDESTAL外側の映像、温度、放射線量率等の環境情報を取得するものである。図中のX-100Bペネから挿入し、1階グレーチング上を移動し、ペDESTAL外周の調査を実施する。これまでの調査によると、PCV 内部は最大約70Sv/h程度と、極めて高い放射線環境であることが分かっている。

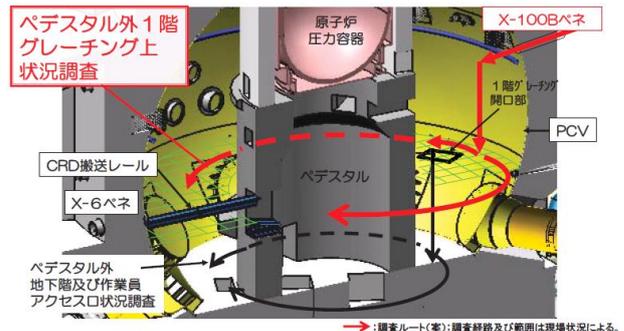
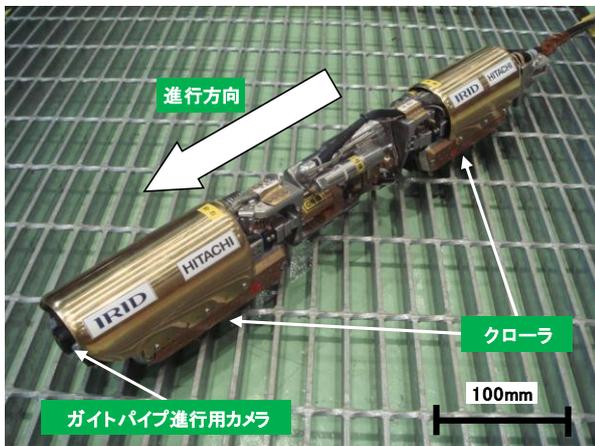


図1. PCV の概要と適用対象

2.2 形状変化ロボットの概要

2.1 節に示したとおり、PCV 内部は、極めて高い放射線環境であるため、使用する機器には、耐放射線性能が求められる。今回、開発したロボットは、電子部品を極力使用しない構成とすることで、耐放射線性能を確保した。また、本ロボットは、狭隘部の通過と平面走行を両立するために、走行部位によって形状を変化させる構成とした。図2に、形状変化動作を示す。カメラを搭載した本体に対し、2つのクローラを直角に配置した平面走行形状と、本体と2つのクローラを直線に配置した管内走行形状の2つの形状を、自在に変形する機構とした。これにより、図1の狭隘な管内通過と、凹凸面上の安定走行が可能になる。



(a) 管内走行形状



(b) 平面走行形状

図2. 形状変化動作

図3に、2.1 節に示した2つの形状におけるクローラの動作を示す。平面走行形状時は、左右のクローラを同一方向に駆動することで前後進動作をさせ、反対方向に駆動することで旋回動作をさせる。また、管内走行形状時は、左右のクローラ反対方向に駆動することで、前後進動作をさせる。



動作	左(後)	右(前)
前進	正転	反転
後進	反転	正転

動作	左	右
前進	正転	正転
後進	反転	反転
右旋回	正転	反転
左旋回	反転	正転

図3. 走行時のクローラ動作

2.3 モックアップ試験による動作確認

2.3.1 エントリの確認

図4に、X-100B に設置されたガイドパイプを模擬したモックアップを用いたエントリの確認状況を示す[2]。図に示す通り、ガイドパイプの前方には、構造物があり、2つのクローラの角度を変えながら、エントリを実施するため、モックアップを用いて、手順の確認を実施した。



図4. エントリ確認の状況

2.3.2 グレーチング上走行確認

図5に、グレーチング上の走行確認試験を実施した状況を示す。X-100B の位置からグレーチング上に着座後、PCV 内部をほぼ半周走行し、反対側にある X-6 ペネ周辺まで走行することを目標として、走行確認を実施した。

この走行試験においては、障害物が存在した場合の回避方法や、ケーブルを牽引する性能確認等を実施した。モックアップ試験の結果、図5に示してある CRD 搬出入ブリッジすなわち X-6 ペネ周辺まで、走行可能であることが確認できた。



図5. グレーチング上走行確認の状況

3. 現地実証試験の結果

3.1 実証試験の概要

第2章で示した形状変化型ロボットを、2015年4月10日および4月15日～20日に、福島第一原子力発電所1号機の原子炉格納容器(PCV)内部に投入し、1階部分を調査する実証試験(B1調査)を行った。図6に、調査概要を示す。実証試験は、PCV内部の状況把握のため、映像、温度、放射線線量率等の情報取得と、地下階デブリ燃料調査(B2調査)の計画立案に資するため、地下階アクセス開口部、CRD搬出入ブリッジ等の状況調査を目的とした。

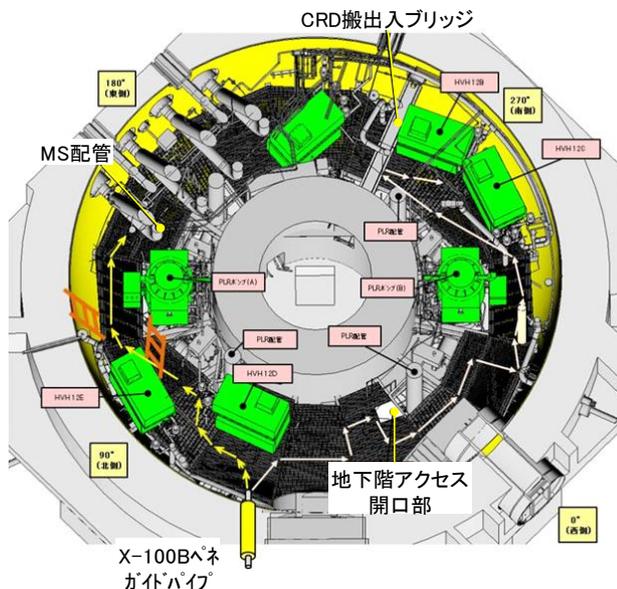


図6. PCVの概要と適用対象

3.2 実証試験で得られた情報

今回の実証試験で得られた情報を列挙する。

- ① B2調査で使用する可能性がある地下階への開口部を調査した。図7[3]に、地下階アクセス部の状況を示す。図より、今後の調査に支障となるような干渉物が周囲にないことを確認できた。

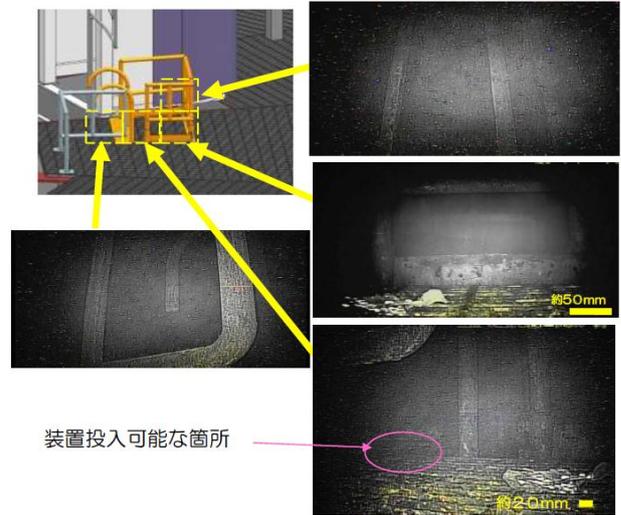


図7. 地下階へのアクセスルート確認状況

- ② 空調機、PLRポンプやベデスタル壁面、等、既存の設備について、映像を分析したところ、図8[4]に示す通り、大きな損傷がないことが確認できた。

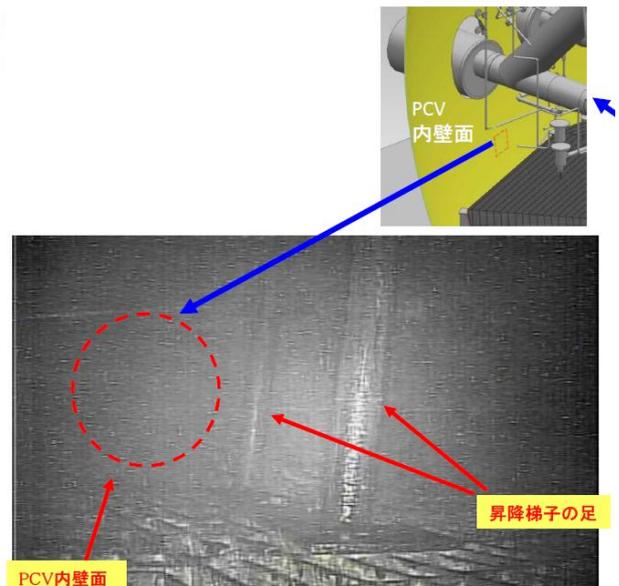


図8. PCV内壁面の損傷有無確認状況

- ③ グレーチング上の放射線量は、最大でも 10Sv/h であり、当初の想定よりも低いことが分かった。

今回の調査では、CRD 搬出入ブリッジまで到達することは出来なかったが、B2 調査の計画を立てるために必要な情報が多く得られた。

4. まとめ

2015 年度の資源エネルギー庁の発電用原子炉等事故対応関連開発費補助事業として、PCV 内部調査用の形状変化ロボットを開発し、1 号機の内部調査を実施した結果、地下階調査装置を開発するために必要な情報を取得することができた、あわせて、今回開発した、形状変化型ロボットの実機における動作性を確認することができた。今回、開発した技術、得られた情報に基づき、今後、地下階の調査計画、および調査装置の開発を進める。

参考文献

- [1] 日立製作所, 日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社, “福島第一原子力発電所での燃料取り出しに向けた調査用の水中走行遊泳型ロボット・形状変化型ロボットを開発”, 2014. 3. 10, 日立製作所 HP, <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2014/03/0310e.html>
- [2] IRID, “原子炉格納容器内部調査装置（形状変化型ロボット）の作業訓練の実施について”, IRID HP, 2015. 2. 3, <http://irid.or.jp/research/20150203/>
- [3] 東京電力株式会社, “原子炉格納容器内部調査技術の開発 ペDESTAL外側1階グレーチング上調査（B1調査）の現地実証試験の実施について【4月10日実施分】”, 東京電力 HP, 2015. 4. 13, http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2015/images/handouts_150413_02-j.pdf
- [4] 東京電力株式会社, “原子炉格納容器内部調査技術の開発 ペDESTAL外側1階グレーチング上調査（B1調査）の現地実証試験の実施について【4月16日実施分】”, 東京電力 HP, 2015. 4. 17, http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2015/images/handouts_150417_10-j.pdf