

(技術資料)

バーナブルポイズン棒(燃料集合体構成部材)の減容装置

BP Volume Reduction Equipment



北村義則*
Yoshinori Kitamura



室尾洋二*
Yoji Muroo



浜中 勲*
Isao Hamanaka

A new type of burnable poison (BP) volume reduction system is currently being developed. Many BP rods, a subcomponent of spent fuel assemblies are discharged from nuclear power reactors. This new system reduces the overall volume of BP rods. The main system consists of BP rod cutting equipment, equipment for the recovery of BP cut pieces, and special transport equipment for the cut rods. The equipment is all operated by hydraulic press cylinders in water to reduce operator exposure to radioactivity.

まえがき = 現在、青森県六ヶ所村に建設中の日本原燃(株)再処理施設は、各原子力発電所より発生する使用済燃料を再処理するための施設で、2006年7月の操業に向けて最終の試運転段階に入っている。使用済燃料を再処理する際に、同燃料集合体の一構成部材であるバーナブルポイズン棒(BP棒)が、不要部材として発生する。

これまでこのBP棒は各発電所にて集合体より切離し(1次減容)、約10×約4000mmの長尺棒の状態では保管されていた。しかし、最終処分するまでの中間貯蔵には取扱いにくいことから、当社では、1986年より電力十社及び日本原燃(株)よりの受託研究として、BP棒の減容技術の開発を行ってきた。

その後、元請会社である(株)東芝よりの発注のもと製作・工事を完了させ、現在、最終顧客である日本原燃(株)への納入前の試運転段階にある。本稿では、BP棒の減容装置の設備概要を紹介する。

1. BP棒切断技術の開発

本設備は、電力十社及び日本原燃(株)からの受託研究をベースに、その後の自社改良を加えて現在の形を構成している。これまでの受託研究ならびに自社改良の概要を以下に示す。

受託研究においては、機械式切断方式をベースにBP棒の切断に耐え得る切断刃の開発を主にモックアップ装置を製作し、研究を進めてきた。当社では、超硬ドリルなどの製造を通じて超硬材に対する知見を多数有していることもあり、いくつかの超硬材をもとにその切断性能、耐久性に対する実験を行った。その結果、切断刃の材質、形状、切断力などをデータとして得、今回の実機に反映している。

その後、自社研究では、付帯技術を中心に課題を選定し、試験装置を製作し研究を進めた。選定した課題は、

切断部へBP棒を供給するための「BP棒送出し機構」の改良、切断されたBP棒を回収するための「BP棒収納機構」の改良、切断時に発生する切粉などを回収するための「副次生成物回収機構」の改良の3点である。

2. BP棒減容装置

2.1 BP棒

処理対象となるBP棒は、種々の原子力発電所より集められた燃料集合体に附属するもので、約10mm×約4000mmの長尺棒である。このBP棒は、約200本ごとに収納箱に収納された状態でBP棒減容装置に受入れる。

2.2 BP棒減容装置

図1に装置の外観図を、写真1に外観を示す。

装置は、大きく3つの機構に分かれており、BP棒を受入れて切断部へ送出すための送出し機構部、BP棒の切断を行う切断機構部、切断片を収納する収納機構部である。

2.3 駆動機構

BP棒は、使用済燃料の付属品であり放射線量が高いことから、使用済燃料と同様、水中で取扱うことが前提条件となっている。

このため、水中使用に耐え得る駆動機構を選定する必要があること、またBP棒の切断時に大きなせん断力を必要とすることから、油圧駆動機構をベースに加圧媒体を油から水に置換えた水圧駆動機構を採用しているのが大きな特徴となっている。

水圧駆動機構は、水圧ポンプ、電磁弁、水圧シリンダの3つの主要な要素で構成されており、一部の水圧シリンダの動作端には歯車機構さらにはチェーン駆動機構を取付けている。図2に駆動系統図を示す。水圧シリンダ以降の動作端は全て水中で動作することから、油圧系の

*エンジニアリングカンパニー 原子力本部 技術部

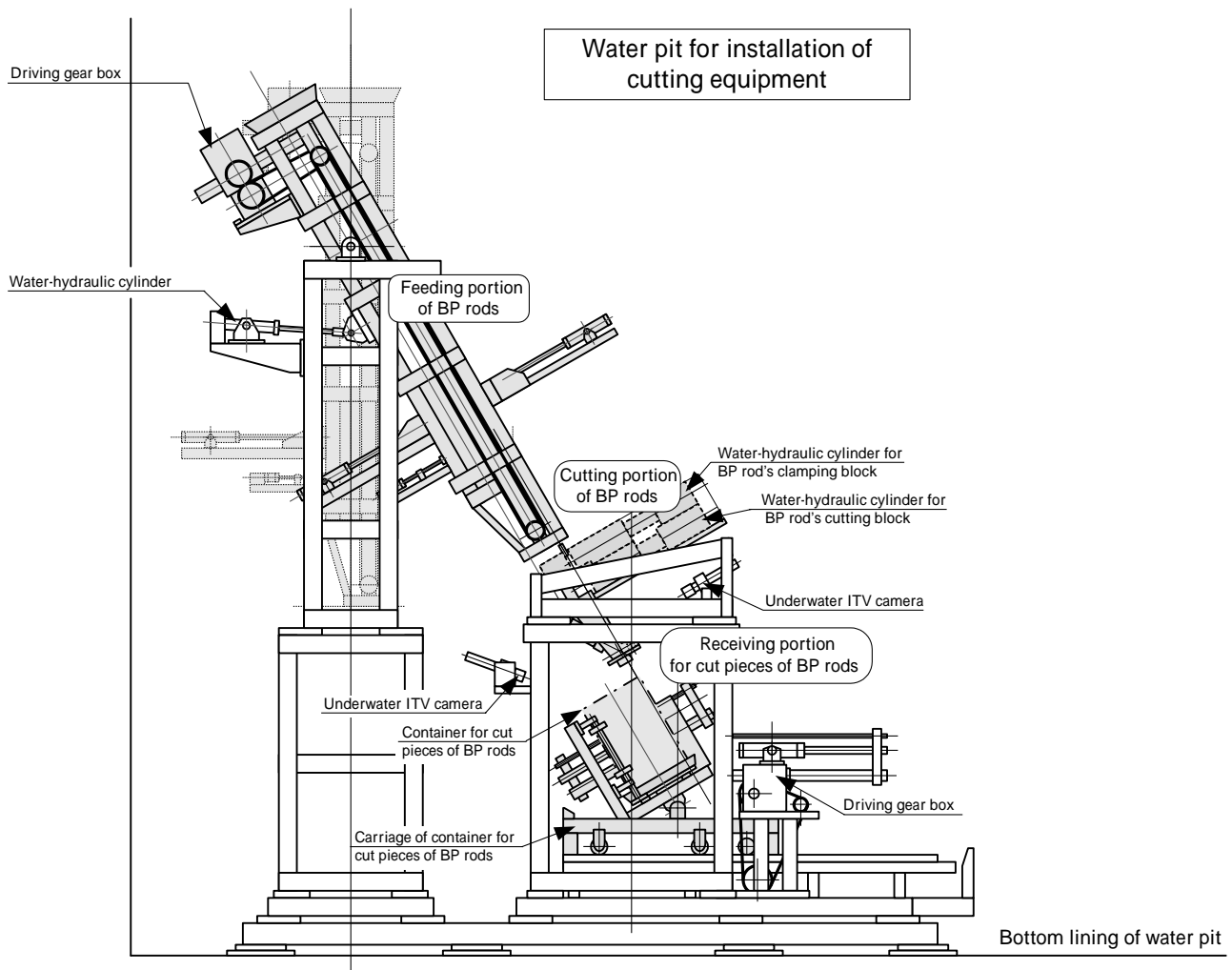


図1 パーナブルポイズン（BP 棒）減容装置外観図
Fig. 1 General view of BP volume reduction equipment



写真1 BP 棒減容装置
Photo 1 BP volume reduction equipment

ような油潤滑のかわりに水潤滑のみを考慮した設計となっている。このため、水圧シリンダは防錆対策としてステンレス鋼を主要材料として選定しており、その摺動部には潤滑効率の悪い水潤滑でも使用に耐え得るオイルレスプッシュを採用している。一方、歯車機構については、水潤滑のみの条件下で、かつ、本装置の荷重条件（増速機構）で使用実績のある歯車がなかったことから、テスト装置を製作し、検証を行った。

歯車は、水圧シリンダの場合と同様、防錆、耐食性を有し、かつ、本装置の設計荷重条件においても歯車の欠け、磨耗といった耐久性にも優れたステンレス鋼（SUS630）を主要材料として選定した。この歯車を組合わせて増速機を構成するにあたっては、一般的な油潤滑系の歯車機構の場合と同様の歯車バランス（増速比率）をもとに、水潤滑による仕事率の低下を仮定した。テスト装置による検証では、仮定した仕事率の妥当性ならびに選定した歯車材が耐久性を有しているかの確認を行った。その結果、設計した歯車増速機が、水潤滑環境下においても十分実機運転用として使用に耐え得ることがわかり、送し機構、収納機構に採用している。

一方、一般的な減速機と異なり、駆動軸の芯ズレによる微小な偏芯や動作端での振動が増幅され、歯車動作時にギクシャクとした動きとして現れることもわかった。

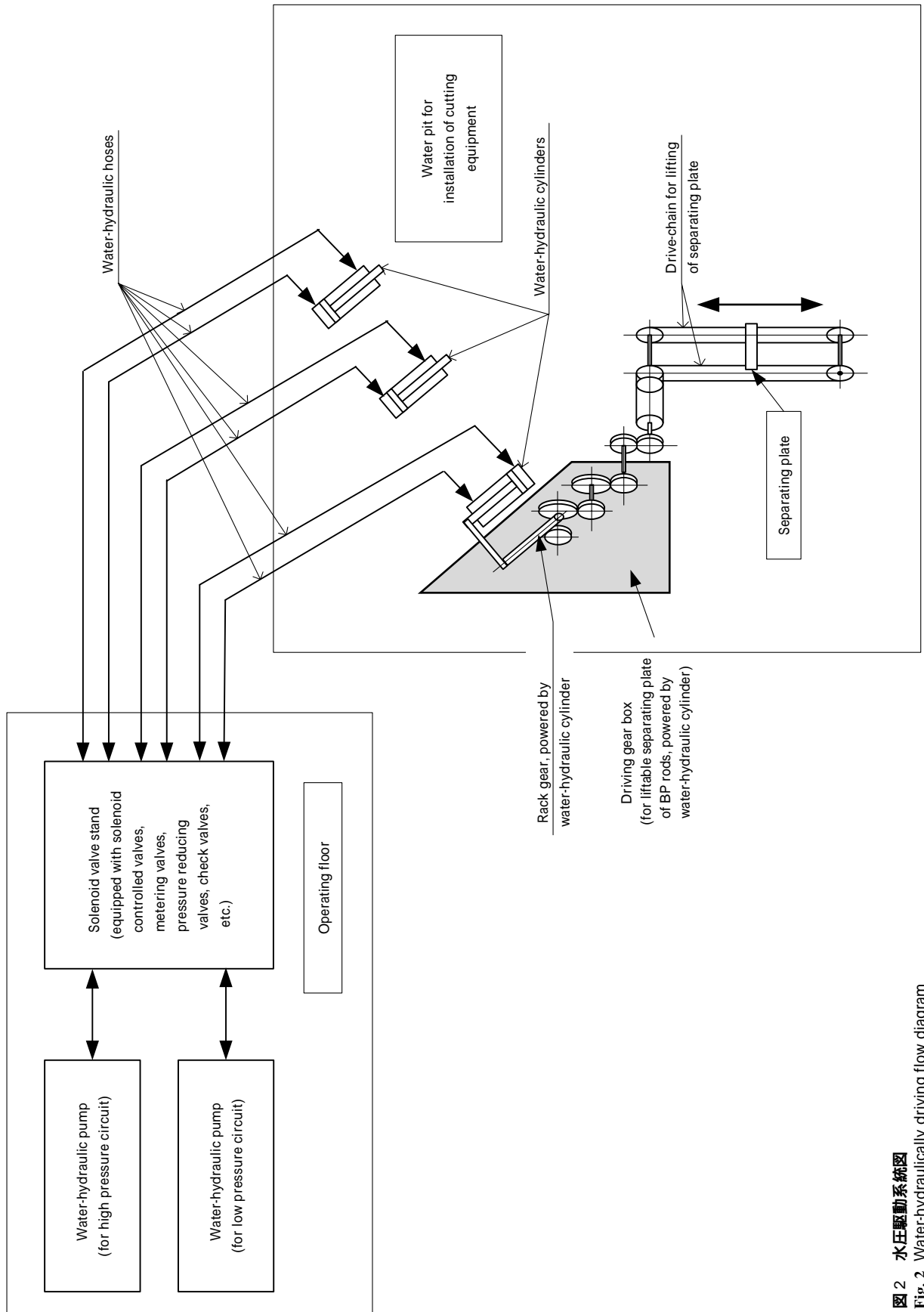


図 2 水圧駆動系統図
Fig. 2 Water-hydraulically driving flow diagram

この結果は、駆動系の組立に際しての非常に厳しい製作公差管理に反映されており、実機では円滑な動きを実現することができた。

以下に、各機構部の概要を説明する。

2.3.1 送し機構部

約 200 本の BP 棒を最大 10 本を 1 列に仕分けて切断機

構部へ送出すためのもので、この仕分けのために仕分け板を昇降させる。仕分け板の昇降は、水圧シリンダの動作を歯車増速機を介しチェーン駆動へ伝達することにより行う。仕分け板の昇降距離約 3 000mm を 1 ストロークのシリンダ動作にて行えるように、約 15 倍の増速比をとっている。

BP 棒は、収納箱に約 200 本収納されており、クレーンに専用吊具を取付け、吊具により吊上げられた収納箱を送出し機構部に挿入する。収納箱は底蓋が開閉する構造となっており、送出し機構部に設けている底蓋を開くためのシリンダを作動させることにより、収納箱内部の BP 棒を装置内へ移し替える。

受け入れた BP 棒は、続いて切断機構部に送す。このために、切断機構部と取合うことができるように、送し機構部を垂直方向に対して 30 度傾斜させた後、仕分けバーを昇降させ、切断機構部へ送出す。

2.3.2 切断機構部

送り込まれた BP 棒は、切断機構部のシュート部へ落下、所定位置（定寸ストップ）で受止めた後、固定ブロックにて固定し、切断ブロックにてギロチン切断する。この切断の原理を図 3 に示す。切断完了後、定寸ストップを開き、シュート部下に配置されている収納容器へ切断片を自然落下させる。切断片落下後、定寸ストップを閉じ、切断ブロックと固定ブロックを引戻す。これにより、切残った BP 棒が滑り落ちてくる。この動作を数回繰返すことにより、約 4 000mm 長さの BP 棒を収納容器へ収納できる寸法に切断する。

固定ブロック、切断ブロックなどの動作は全て水圧シリンダにより行っている。

2.3.3 収納機構部

収納機構部には、収納容器を傾動させるための機構、容器を回転させる機構、さらに、切断された BP 棒を収納するための取合位置と、所定本数を充てんした収納容器を下流側へと払出すための取合位置との 2 つの取合位置を移動するための移動台車としての機構で構成されている。

これら 3 つの機構についても、水圧シリンダ作動によるものである。傾動機構は水圧シリンダによる直接動作としているが、容器回転機構と台車機構については、水圧シリンダの動作を歯車増速機を介したチェーン駆動に伝達することにより行う。

台車駆動部には、取合位置間距離約 1 400mm を 1 ストロークのシリンダ動作にて行えるように、約 2 倍の増速

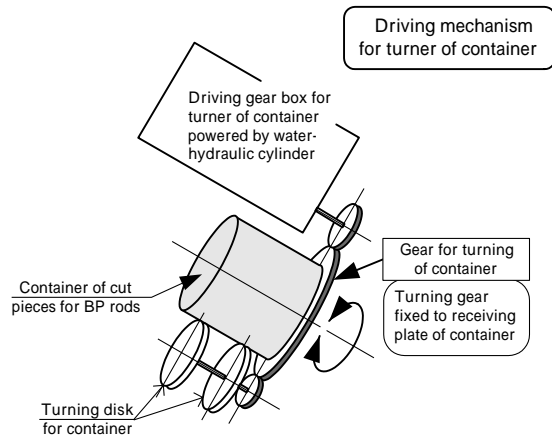


図 4 容器回転機構
Fig. 4 Mechanism of turning drive of container

比をもつ歯車機構を設けている。

容器回転駆動部は、自社研究における収納機構の改良により付加された機能で、容器内の収納効率をあげるため、容器自体を回転させた後、若干の逆戻し回転を行い容器内の BP 棒整列を行う。容器の回転は 1 ストロークのシリンダ動作で行えるように、約 10 倍の増速比をもつ歯車増速機を設けている。また、1 ストロークのシリンダ動作後にわずかな逆戻し回転を行えるように、歯車の歯幅、段数で工夫をこらしている。図 4 に容器回転動作図を示す。

切断片の収納が完了した収納容器は、払出位置まで台車移動させた後、専用吊具を取付けたクレーンにより吊上げて、下流工程へと移送する。

3. ITV による確認

BP 棒切断運転においては、2 カ所に ITV カメラを設置し、次への運転継続に支障がないかの判断材料としている。一つは、仕分けられた BP 棒を確認するために、もう一つは、収納容器内の切断片の収納状態が整然となっているかどうかを確認するために使用する。絡まって収納されたような状況が確認された場合、収納運転時の容器回転を実施する判断材料としている。

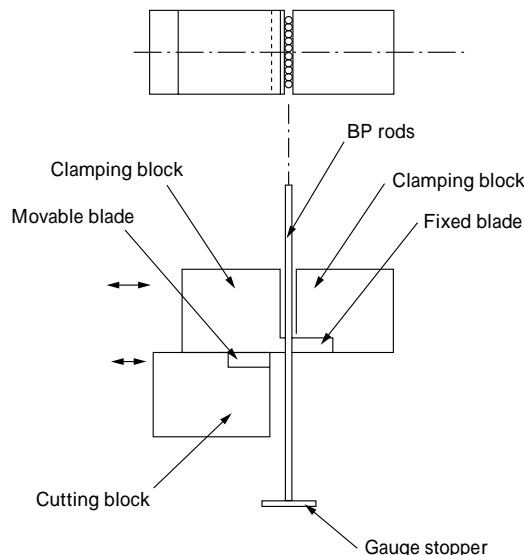


図 3 BP 切断原理と切断方法
Fig. 3 Principle of cutting for BP rod

むすび=当該装置は、当社高砂工場での水中試験を完了し、現在、現地での客先引渡しに向けた試運転を実施中である。末筆ながら、受託研究にてご指導賜りました電力十社ならびに日本原燃㈱、これまで研究開発に携わってこられた関係者の方々、ならびに今回の設備の製作・試験さらには試運転に種々ご協力を頂いている関係各社

の方々篤くお礼を申し上げます。