

# HCU 弁操作用工具の改良

## Improvement on handling tool for HCU valve

(株)中部プラントサービス	杉浦 典幸	Noriyuki SUGIURA	Member
中部電力(株)	辻 建二	Kenji TSUJI	Member
中部電力(株)	松下 博文	Hirohumi MATSUSHITA	Member
中部電力(株)	山内 博	Hiroshi YAMAUCHI	Member

Operators must open or close a lot of HCU valves in a short time during periodical inspection on BWR Nuclear Power Plant. On Hamaoka NPP, the HCU valves are operated by special handling tools. But the tools are not exactly appropriate for operating the HCU valves. So, many operators feel tough, when they operate the HCU valves.

In order to reduce their feeling of toughness, the handling tools have been improved by producing prototypes, examining the touch by mock-up unit, testing durability and so on.

**Keywords:** handling tool, HCU valve, seed-leaf-shaped-notch-socket, Y-shaped-handle, Twin-shovel-handle-shaped-handle

## 1. 背景

浜岡原子力発電所では、定期点検時において、燃料交換前後に制御棒の誤動作を防止するため、また各種検査のために、水圧制御ユニット(HCU)まわりの弁(以下、「HCU弁」という)を、「開から閉」へ、また「閉から開」へ操作している。

HCU弁は浜岡3・4号機では185組(弁総数1480個)、浜岡5号機では103組(弁総数515個)あり、これらの弁を運転員が専用の工具を用いて操作している。

HCU弁は数が多く、また固く閉め込まれており中には非常に固い弁が存在する。

その一方でHCU弁の開閉操作は定期点検のクリティカル作業に連動して行う作業であり、昼夜を問わず短時間での操作完了が要求されている。

以上のとおり、HCU弁操作は非常に固い弁を含む多数の弁を短時間に操作しなければならないため、操作を担当する運転員には大きな負担となっている。

このような状況から、運転員の負担の軽減を図るため、HCU弁操作用工具の改良について検討した。

## 2. 現状調査

### 2.1 現状の専用工具

現状の専用工具は図1に示すとおり、切れ込みをいれたソケットを弁ハンドル部にはさみ、ハンドル部で回転させることにより弁の開閉を行う構造となっている。

ソケットの切り欠き深さは3・4号機で18mm、5号機は10mm程度であり、肉厚はいずれも4mmである。

また、ソケットは配管径15A・20A・25A用と32A用の2種類があり、配管径に応じてソケットを交換できるようにしている。

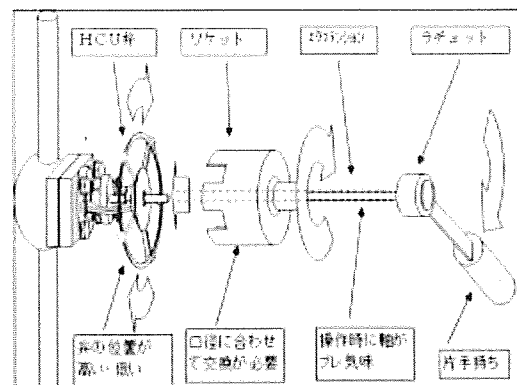


図1 現状工具の概要

### 2.2 作業状況の調査

浜岡3・4・5号機の定期点検中に、HCU弁の開閉作業に立会い、調査を行った。結果は以下のとおり。

連絡先: 杉浦典幸, 〒437-1695 静岡県御前崎市佐倉5561 中部電力(株)浜岡原子力発電所内 保守センター 第1棟 (株)中部プラントサービス 浜岡総括事業所 機械部 原子炉保全課  
E-mail: n-sugiura@chubuplant.co.jp

- ・始動時のトルクは重いものでも 43Nm 程度であり、このトルクは弁が動き始めると小さくなる。
  - ・綿手袋を装着しているため滑りやすく、手が痛くなるほどハンドルを握り締める必要がある。
  - ・始動時は中腰になり、その後しゃがむ姿勢で操作する場合もある (図2 左上・右上)。
  - ・エクステンションが弁棒に対して一直線になっていない場合が多々あった (図2 下)。
- 以上のことから、実際には弁が固いのではなく、操作がしづらいため固く感じるということが判明した。



図2 現状工具を用いた弁操作の状況

### 2.3 アンケート調査

運転員を対象に、HCU 弁操作時の負担に感じる箇所や改良方法等についてアンケート調査を行った。98 名からの回答の概要をまとめると以下のとおり。

- ・操作する際、腕に疲労を感じる。
- ・大きい・重い工具は避けたい。
- ・人力以外の駆動力を求める意見も多い。

### 2.4 市販品調査

人力以外の駆動力を用い、HCU 弁操作に適用できそうなものの市場調査を行った。

その結果、電動式工具と空気作動式工具等を抽出した。

## 3. 改良方法の検討

### 3.1 工具改良の検討

#### 3.1.1 空気作動方式の除外

工具の動力源として空気供給による作動方式については、以下の理由により検討対象外とした。

- ・5号機のHCUエリア(水密室)には、IA(計装用空気)配管しかなく作業用としては使用できない。
- ・空気ポンプ等を背負ってHCU弁を操作することは、現実的ではない。

#### 3.1.2 人力式と電動式の検討

ソケットの肉厚を 2mm とし、弁口径 15A・20A・25A で共用化と軽量化を図った。また、弁ハンドル部から外れにくくするために、双葉型の切り欠きを設けた (図3 左上)。

ハンドルは、操作性向上の観点から、棒状型・Y字型・スコップ型を考案した (図3 下)。

市販品の中から最大トルク 50Nm の電動工具を選定した (図3 右上)。

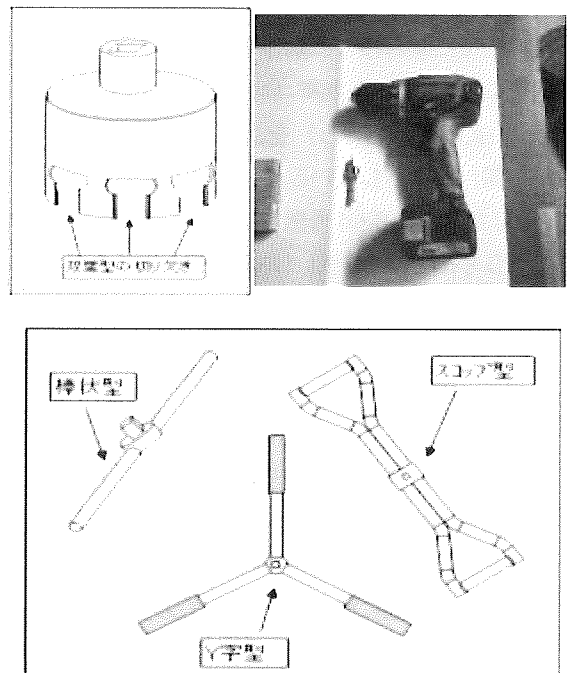


図3 改良方法の検討

### 3.2 モックアップ装置の製作

原子力発電所内の実物の HCU 弁を本検討のために操作することはできないため、モックアップ装置を製作して検討することとした (図4)。

モックアップ装置は以下をもとに設計・製作した。

- ・3・4・5号機のHCU弁の取付位置（高さ・前後関係）および干渉状態を再現できるようにした。
- ・操作に影響する部位の材質は原子力発電所と同一のものをを用いた。
- ・現地調査と同程度のトルクとなるよう弁の固さを調整した。

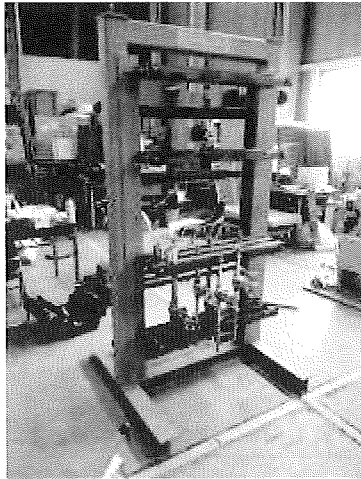


図4 モックアップ装置の概観

### 3.3 モックアップ装置による確認

#### 3.3.1 確認結果

試作した工具では、以下のことが確認できた。

- ・双葉穴型ソケットは簡単には外れず、適度なホールド感がある。
- ・Y字型ハンドルは連続的に回転することができる
- ・スコップ型ハンドルは自由な握り方ができて力を込めやすい。

電動ドライバーでは、以下の注意点が判明した。

- ・注意していないと回転させすぎ、停止時の反動が大きくなる。
- ・リミッター機能を使うとトルク上限が低すぎるため、弁ハンドルを十分に回せなかった。

#### 3.3.2 アンケート結果

試作した工具を運転員にモックアップ装置にて操作してもらい、アンケートにて意見を聴取した。アンケート結果の概要を以下に示す。

- ・回答者の90%以上から、電動ドライバーは現場には適用できないとの意見があった。
- ・ソケットについては、薄型双葉穴型（双葉穴型ソケットの肉厚2mmのもの）が高い評価を得られた。
- ・ハンドルについては、Y字型とスコップ型の双方に高い評価が得られた。これは操作者ごとの好みの問

題と考えられる。

#### 3.3.3 改良型工具の選定

以上から、薄型双葉穴型ソケットとY字型あるいはスコップ型ハンドルを改良型工具として採用することとした。

### 3.4 耐久性と弁への影響

ソケットの肉厚を従来の4mmから2mmとすると、繰返し使用することによる変形や、誤って落下させてしまった場合の変形が想定される。

また、ハンドル操作が楽になると、知らず知らずのうちに従来よりも固く弁を締めることができってしまうことになり、弁へ何らかの影響を及ぼしてしまう可能性がある。

そのため、これらを確認するための試験を行った。

#### 3.4.1 繰返し試験

薄型双葉穴型ソケットとY字型ハンドルにて開閉操作各100回を実施した。その後薄型双葉穴型ソケットとスコップ型ハンドルにて開閉操作各100回を実施した。

その結果、弁体に影響はなく、またソケット・ハンドルにも変形や破損はなく十分な耐久性があることを確認した（図5）。

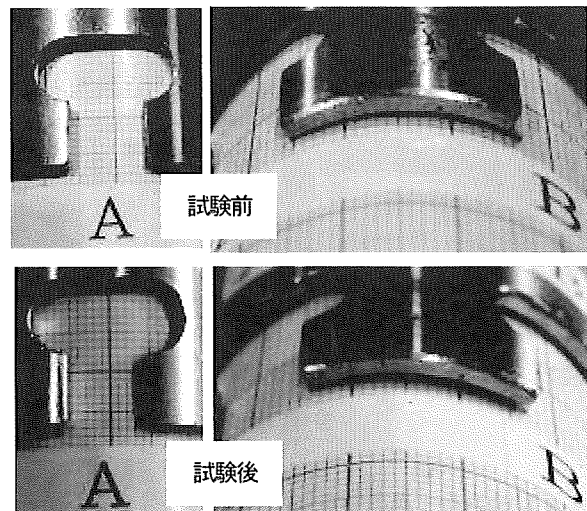


図5 繰返し試験前後のソケットの外観（双葉薄肉ソケット）

#### 3.4.2 落下試験

2mの高さからグレーチングへ薄型双葉穴型のソケットを10回落下させた。なお、ソケットがグレーチングと衝突する箇所が毎回同じとなるように落下させた。

その結果、最初の落下で1.6mm程度変形し、10回落下後の変形量は2mm程度であった（図6）。

### 3.4.3 破壊試験

調査した始動トルクの最大 43Nm をはるかに超え、体重をかける等した時に発生する最大の力を 200Nm と想定した。この力にて薄型双葉穴型ソケットを用いて閉め込む試験を実施した結果、ソケットよりも弁が先に損傷するという結果になった (図7)。

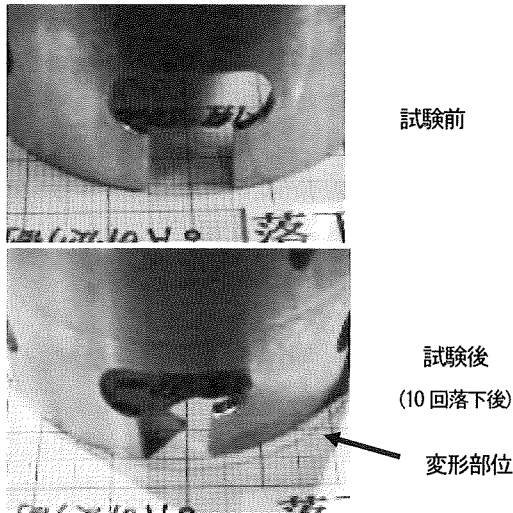


図6 落下試験前後のソケットの外観 (双葉薄肉ソケット)

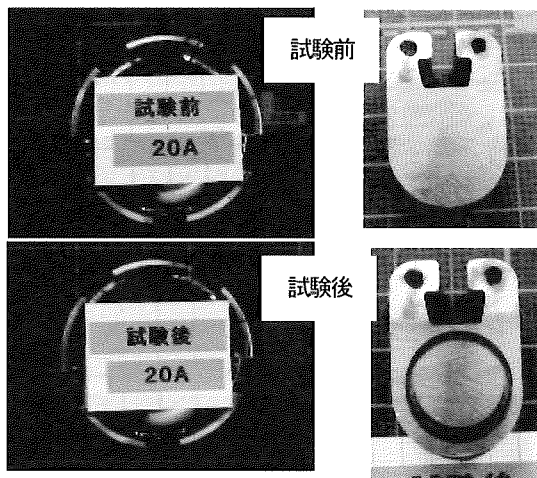


図7 破壊試験前後のソケットの外観 (双葉薄肉ソケット) と弁体の外観

### 3.4.4 改良型工具の注意点

以上のことから、改良型工具で通常の操作を行うにあたって問題はないことが判明した。

ただし、持ち運びの際や操作の際に注意した方が望ましい点として、以下の2点が判明した。

- ・薄型双葉穴型ソケットについては落下させないよう取り扱いを丁寧にする。
- ・両手操作が可能となり力が入りやすいハンドル構造であることから、弁を“ガツン”とシートにあてる

ような閉め方をせず、徐々に閉めてシートが当たったら“じわっ”と押し付ける程度に閉める

### 3.5 現地試験

改良型工具を用いて浜岡3・4号機にて現地試験を実施した。その結果、実際の使用においても問題がないことが判明した。

また、操作する姿勢は、しゃがんだ状態を維持したまま終了した (図8)。

実際に工具を使用して操作した運転員の意見としては、現状工具に比べて「非常に使いやすい」、「作業が楽になった」と非常に高い評価であった。

4号機では従来工具より3割程度操作に要する時間は短縮できた。ただし、3号機では操作時間に明確な差はなかった。これはエクステンションの影響と思われる。(表1)

表1 HCU 弁の操作時間の比較

号機	弁口径	操作時間の平均 (秒)		
		従来工具	スコップ型	Y字型
3号機	15A	9	10	7
4号機	15A	11	7	9
5号機	32A	50	—※	—※

※：定期点検工程の都合により、未実施

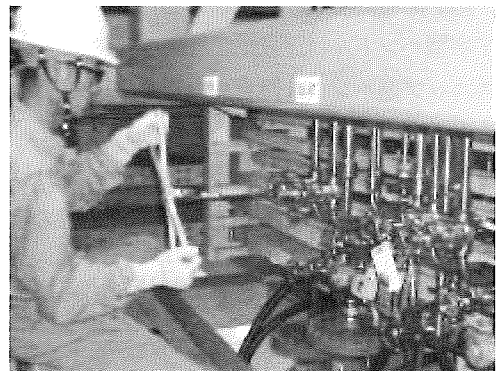


図8 改良型工具を使用したときの作業状況

## 4. 改良方法の評価

改良型工具についてまとめると、以下のとおりとなる。

- ①改良型工具としては、薄型双葉穴型ソケットとY型ハンドルやスコップ型ハンドル (必要に応じてエクステンションを利用) の組合せが最適である (図9)。
- ②操作姿勢について従来工具から以下の点が改善され

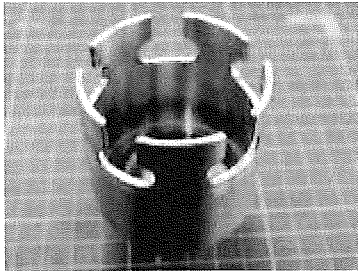
た。

- ・弁棒と工具の軸が一直線上になり操作が楽になった。
- ・同じ姿勢を保ったまま操作を完了できることから、作業の負担を軽減できた。

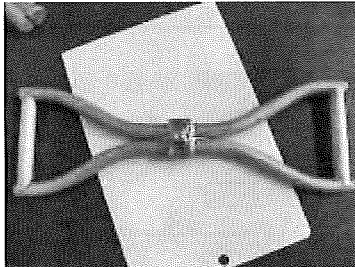
③改良型工具で通常の操作を行うにあたって問題はな  
いことが判明した。

ただし、持ち運びの際や操作の際に注意した方が  
望ましい点として、以下の2点が判明した。

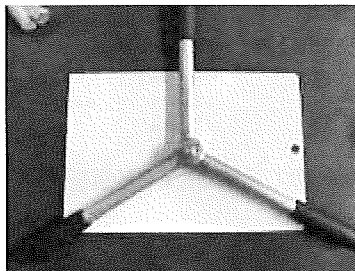
- ・薄型双葉穴型ソケットについては落下させないように取扱を丁寧にする必要がある。
- ・両手操作が可能となり、力が入りやすいハンドル構造であることから、弁を“ガツン”とシートにあてるような乱暴な閉め方をせず、徐々に閉めてシートが当たったら“じわっ”と押し付ける程度に閉める。



薄型双葉穴型  
ソケット



スコップ型  
ハンドル



Y字型  
ハンドル

図9 改良型工具の形状

## 5. まとめ

浜岡原子力発電所では、定期点検時に HCU 弁を操作する際、非常に固い弁を含む多数の弁を短時間に操作しなければならないため、操作を担当する運転員には大きな負担となっている。運転員の負担軽減を図るため、HCU 弁操作作用工具の改良について検討した。

その結果、薄型双葉穴型ソケットと、Y型ハンドルあるいはスコップ型ハンドル（必要に応じてエクステンションを利用）の組合せが最適であることが判明した。

今回の検討の成果をもとに、平成 23 年度に改良型工具を導入する計画である。

今回は HCU 弁を対象に検討を行ったが、ソケットの形状を弁ハンドル部の寸法にあわせ、ハンドルの形状を最適化することにより、HCU 弁以外の開閉が困難な弁についても適用できることが期待できる。

以上  
(平成 23 年 7 月 20 日)