

福島第一原子力発電所 1 号機非常用復水器の動作状況の評価について

福島第一原子力発電所 1 号機の非常用復水器（以下、IC という）については、平成 23 年 10 月 18 日に実施した現場調査で、格納容器外側の機器、配管に冷却材の流出に至るような損傷は確認されなかった。また、現場で確認した IC の冷却水量を示す胴側水位レベルについても A 系が 65%、B 系が 85%であることを確認した。今回、この確認した胴側水位に基づき実施した IC の動作状況の評価結果について、以下の通りとりまとめた。

1. IC の胴側冷却水水位

- IC の系統構成を図 1 に示す。IC は、原子炉の蒸気を導き、IC の冷却管をその蒸気を通ることによって、胴側の冷却水と熱交換する。これにより原子炉からの蒸気は冷却・凝縮され、原子炉へ戻ることで原子炉を除熱する機能を有する設備である。
- 当該系統は図に示す通り、A 系、B 系の 2 系統があり、それぞれ格納容器を挟むように 4 つの弁（A 系の弁：1 A～4 A、B 系の弁：1 B～4 B）から構成される。通常状態では、これらの弁のうち A 系では 3 A 弁、B 系では 3 B 弁が閉となっており、その他の弁は開の状態となっている。
- 通常の起動／停止は、この 3 A 弁または 3 B 弁の開閉により行われる。
- 現場調査により確認された冷却水の水位（A 系 65%、B 系 85%）は、通常水位が 80% であることから、A 系は「胴側の冷却水が減少しており、ある一定程度機能していた」、B 系は「胴側冷却水は減少していないため、短時間しか機能していない」と考えられる。

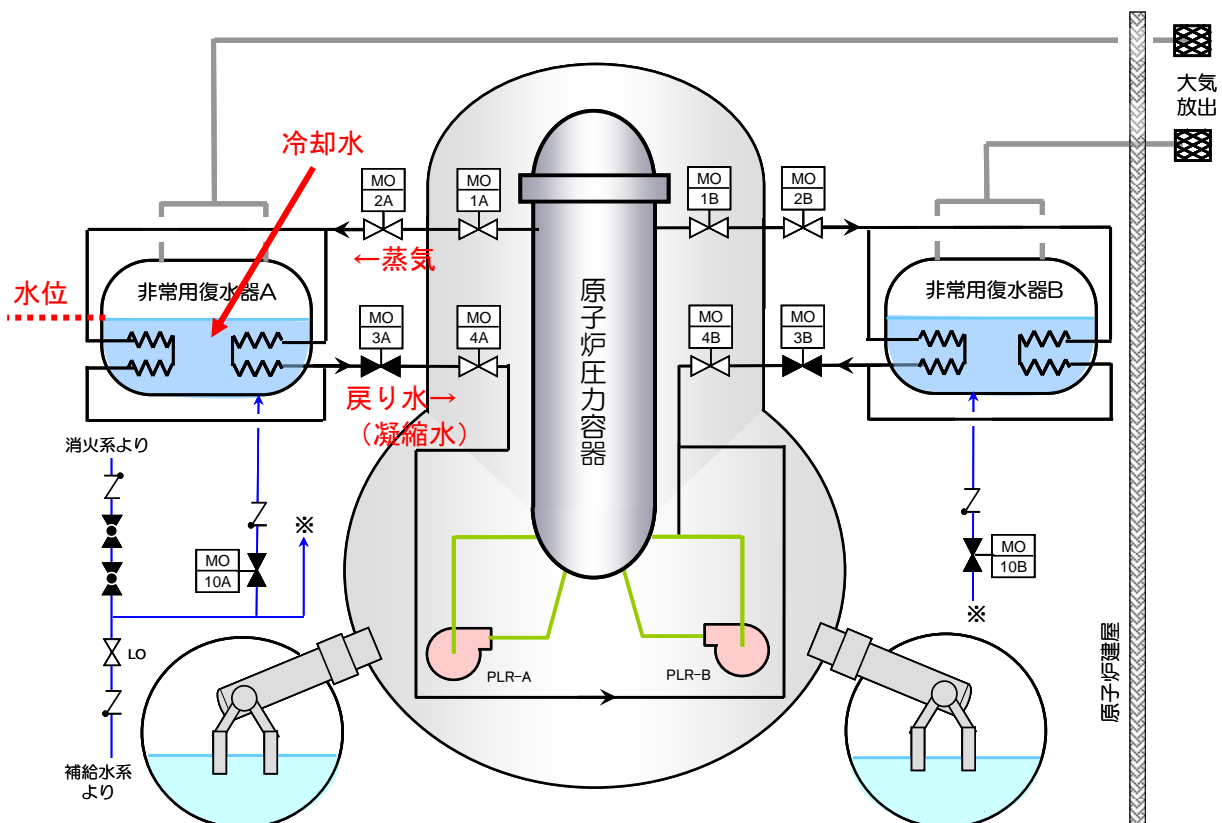


図 1：非常用復水器の系統構成

## 2. 地震発生以降、津波到達までのIC冷却水の水位変化の評価

- 地震発生以降、ICは3月11日14時52分に「原子炉圧力高」により自動起動するが、その後A系、B系ともに一旦手動で停止し、津波到達までA系のみを手動で起動/停止し、圧力制御を行っていることが、原子炉圧力や原子炉冷却材再循環ポンプ（PLRポンプ）入口温度のチャート等から確認できている。（平成23年5月24日公表）
- また、ICの冷却水温度のチャート（平成23年5月16日公表済：図2に示す）を確認したところ、蒸気と冷却水の熱交換により、A系、B系ともに冷却水温度が上昇していることが確認できる。A系は自動起動した後、一旦停止するまでに約70℃まで上昇するが、その後も津波が到達する15時30分頃まで継続して上昇し約100℃に到達している。一方、B系は一旦停止する15時以降、約70℃で一定となっている。
- このように冷却水のチャートに残されている温度推移は、地震後のICの使用実績から考えられる挙動と一致する。
- したがって、A系のICは、津波到達まで断続的に使用されたために、原子炉からの蒸気により冷却水が約100℃まで上昇し、B系のICでは、自動起動から手動停止するまで（14時52分から15時03分頃）の間に、冷却水が約70℃まで温度上昇した。このため、ICの自動起動から津波到達までに交換された熱は、A系、B系ともに主に冷却水の温度上昇のために使われ、水位変化を伴う冷却水の蒸発は少なかったものと考えられる。

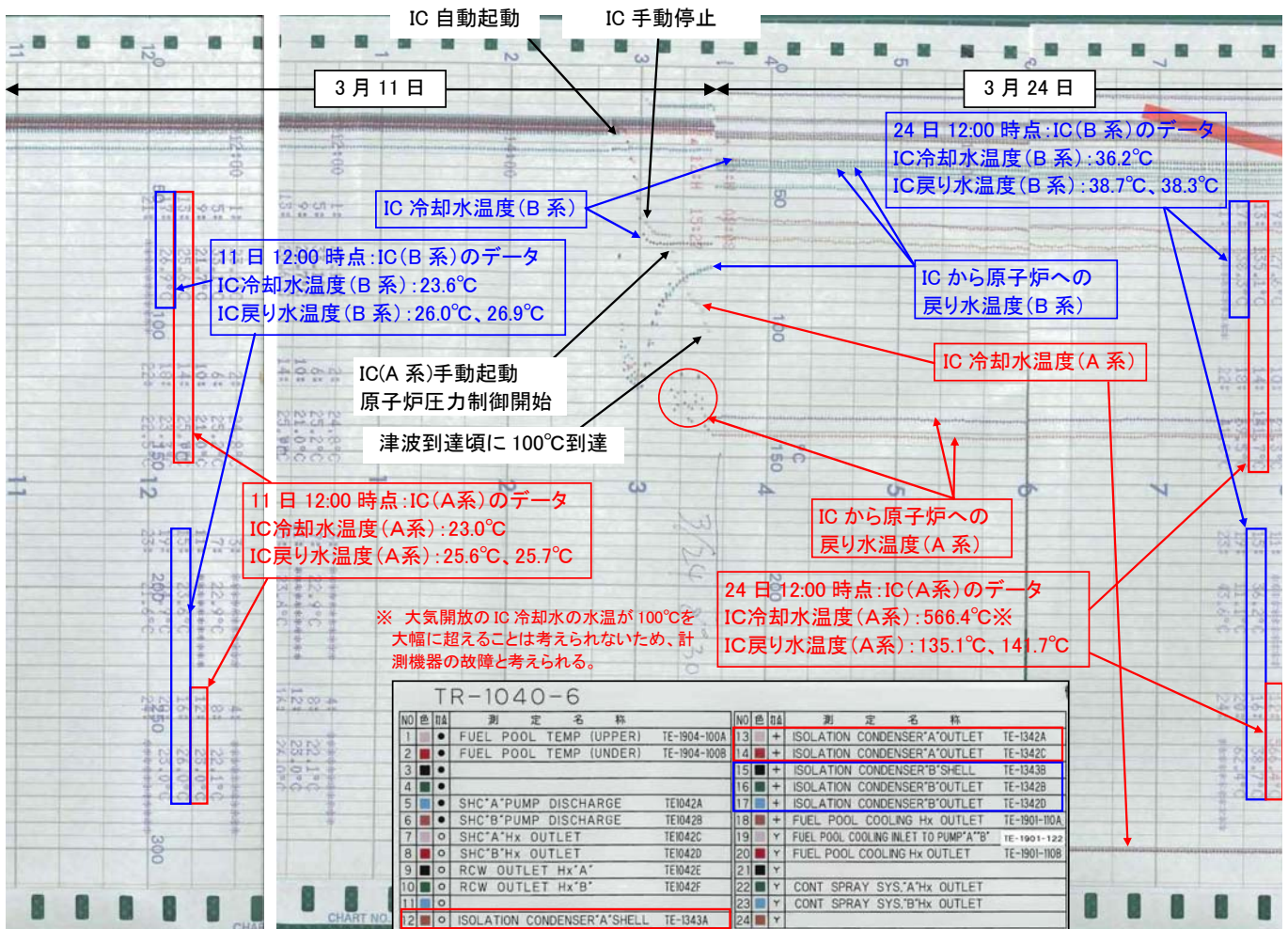


図2 IC冷却水の温度記録チャート（5月16日公表済）

### 3. 津波到達後の I C 冷却水の水位変化の評価

- ・ 前述したように、津波到達時点と同じ頃に A 系の冷却水温度が飽和温度である 100°C 程度に上昇していることから、A 系の冷却水の水位の低下は津波到達後の熱交換による冷却水の蒸発によるものと考えられる。このことは、直流電源喪失に伴い作動したインターロックにより閉動作要求が働いたと考えられる格納容器内側弁 1 A 弁及び 4 A 弁が、開度は不明であるものの、全閉ではないことを意味している。
- ・ 実際、これまでの調査結果から、格納容器外側弁 2 A 弁及び 3 A 弁の開操作を実施し、蒸気の発生を確認していたことが判明している。
  - 津波の影響で喪失していた直流電源が一時的に復活し、2 A 弁、3 A 弁の表示ランプが点灯していることを発見、これらの弁が閉であったことから、18 時 18 分に 2 A 弁、3 A 弁を開操作し蒸気発生確認。その後 18 時 25 分に 3 A 弁の閉操作実施。これは、弁の開操作で一旦 I C の冷却水の蒸気が発生したものの、その後に蒸気発生が停止したことから、1 A 弁及び 4 A 弁が隔離信号により閉となっている可能性や、I C の冷却水である胴側の水が何らかの原因でなくなっている可能性を懸念したものである。また、I C が機能していないと考えるとともに、胴側の冷却水の補給に必要な注水ラインの構成が出来ていなかったことも考え合わせて 3 A 弁の閉操作を実施した。
  - 21 時 30 分に 3 A 弁を開操作し蒸気発生確認。これは、高圧注水系ポンプ（H P C I ポンプ）に期待できない状態の中、ディーゼル駆動消火ポンプが起動できたことで、I C の冷却水の補給にも対応できるようになり、冷却水の不足の懸念が減る一方、3 A 弁の状態表示灯が不安定で消えかかっており、I C の次の操作がいつできるか分からない状況であることから開操作した。
- ・ このため、21 時 30 分以降、I C の弁状態は以下に示すような状態にあったものと考えられる。

表 1 I C を構成する弁の開閉状態

A 系の弁	1 A	2 A	3 A	4 A
開閉状態	開※	全開	全開	開※
B 系の弁	1 B	2 B	3 B	4 B
開閉状態	不明	全閉	全閉	不明

※ 開度は不明

〔 B 系の弁のうち 2 B 弁、3 B 弁については、現場調査（10 月 18 日）時に全閉であることを確認している。1 B 弁、4 B 弁は格納容器内にあるため現場で確認することができていない。 〕

- ・ ただし、A 系の冷却水の水位が約 65% 残っていることから、I C の機能は限定的であったと考えられる。限定的となった理由は次にあげるようなことが考えられる。
  - 燃料の過熱に伴って、水-ジルコニウム反応により発生した水素が I C の冷却管の中に滞留し、除熱性能が低下した可能性が考えられる。
  - 時期は不明だが、遅くとも 12 日 3 時頃には原子炉圧力が低下していることから、この圧力の低下により原子炉で発生した蒸気の I C への流れ込む量が低下し、結果として I C 性能が低下した。

- 「図2 IC冷却水の温度記録チャート」において、3月24日に電源が復旧して再度データが収録されているが、B系の「ICから原子炉への戻り水温度」が約38℃、A系の「ICから原子炉への戻り水温度」が約140℃を示している。このことは以下のことを示しているものと考えられる。
  - B系は少なくとも2B弁、3B弁が閉鎖されているために原子炉からの蒸気流入がなく、戻り水の加熱源がないために低い温度になっていた。
  - A系は格納容器内側の1A弁、4A弁の開度は不明であるものの、全ての弁が開いた状態であるために、若干ながら原子炉からの蒸気が流入し、温度計に熱が伝わっていたものと考えられる。

#### 4. まとめ

- 地震発生後から津波到達までの間で、ICのA系、B系の冷却水は原子炉からの蒸気との熱交換により加熱され温度が上昇した。(B系は14時52分から15時03分の手動停止の間で温度上昇したが、それ以降、弁の開閉状態から機能していないと考えられる)
- 津波到達後、A系は1A弁、4A弁が全閉となっておらず、2A弁、3A弁が開となっている期間で、A系の冷却水が原子炉からの蒸気との熱交換により蒸発し、冷却水の水位が低下したものの、そのレベルが約60%でとどまっていたことから、ICの機能は限定的であったと考えられる。
- なお、冷却水の水位は、10月18日の現場調査時はA系65%、B系85%であったが、地震発生直後はA系、B系ともに80%弱(5月16日公表の過渡現象記録装置のデータより)であり、4月3日に中央制御室で計器を確認した際はA系63%、B系83%であることから、徐々に計器誤差が生じてきているものと考えられる。

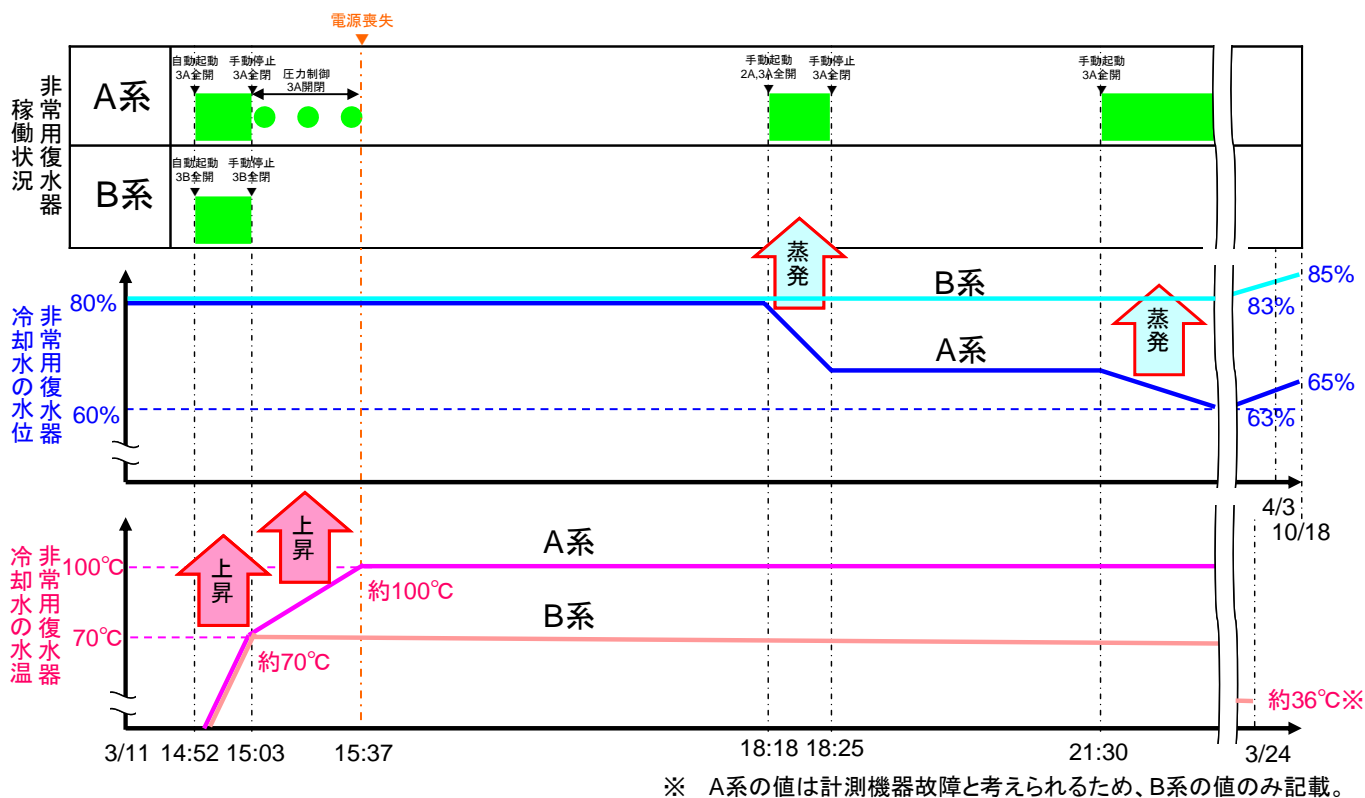


図3 ICの冷却水水位、水温と稼働状況の関係 (イメージ)