

日本原子力学会 水化学部会 第4回定例研究会 講演(5)

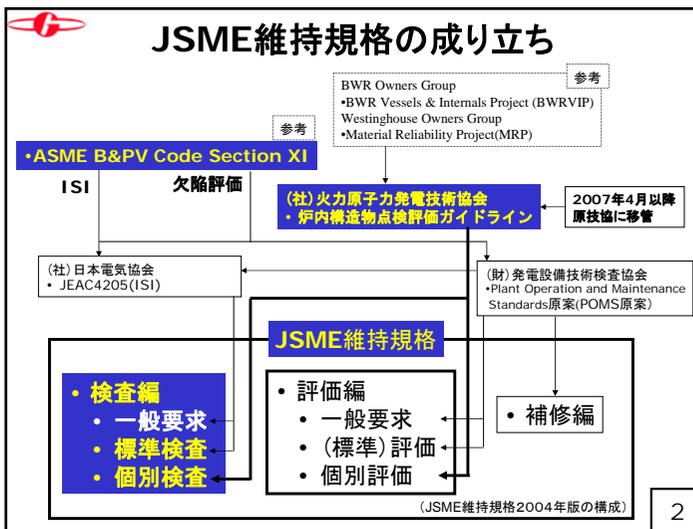
## 維持規格の検査規定に関する現状と今後の課題について

平成20年6月13日  
日本原子力発電(株)  
堂崎 浩二

## 目 次

- 背景
  - JSME維持規格の成り立ち
  - 炉内ガイドライン(GL)とJSME維持規格
  - 一般点検(GL)と標準検査(維持規格)
- 課題の概要
  1. より合理的な検査規定体系の実現
  2. 標準検査のさらなる適正化
    - (1) 試験範囲の適正化による新技術の有効活用
    - (2) リスクの考え方を取り入れること
      - ✓ 複数溶接継手の検査の例
      - ✓ 極端に少ない対象範囲の検査の例

1



## 炉内ガイドライン(GL)とJSME維持規格

□ 炉内ガイドラインにおける点検の考え方

**個別点検**

特定機器、特定部位の特定の損傷モードが対象

例: 炉心シュラウドのSCCをMVT-1で点検

**一般点検**

個別検査を補足するため、部位、損傷モードを限定しない点検

例: 炉内構造物をVT-3で点検

□ 維持規格 検査編の体系

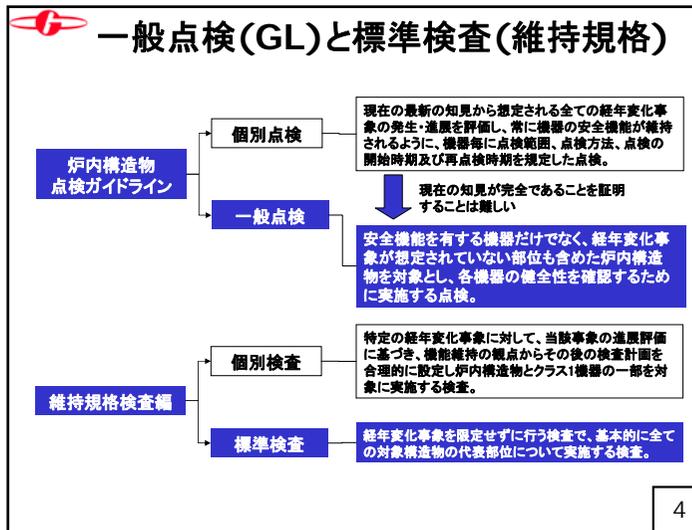
**個別検査**

炉内ガイドラインの個別点検を取り入れた

**標準検査**

標準検査は、JEAC4205(供用期間中検査規程)を取り入れたもので、ガイドラインにおける一般点検と同じ意味ではない。

3



## 課題の概要

- より合理的な検査規定体系の実現
  - 個別検査と標準検査
    - 個別検査規定の拡充(例: PLR配管, PWR管台の SCC)
    - 標準検査の概念の整理
- 標準検査のさらなる適正化
  - 試験範囲の適正化による新技術の有効活用
  - リスクの考え方を取り入れること
    - (例1) 複数の溶接継手の検査規定の合理的運用
    - (例2) 検査間隔の経過年要求の柔軟な運用

5

## 1. より合理的な検査規定体系の実現

### (1) 個別検査と標準検査

個別検査規定の拡充(例: PLR配管, PWR管台の SCC)

個別検査規程の拡充に伴う標準検査の概念の整理

6

## PLR配管の検査規定

- PLR配管溶接部のSCCを経験(低炭素ステンレス鋼のSCC)
- き裂が溶金にまで進展する場合あり。HAZ部の進展速度が速い。
- 改良UTによるき裂サイジング、健全性評価手法について原子炉安全小委で検討され、NISA文書で点検指示。
- 維持規格では、標準検査 B-Jカテゴリで25%/10年、呼び径100A以上の管継手は体積試験を要求。欠陥評価は標準的手法。

配管外表面  
母材  
溶接金属  
配管内表面

定期検査を実施  
定期検査はUT測定値として解析

SCCの深さが破壊評価を満足する厚さ及び  
膜厚の70%に達しない場合は隔年点検

7

## PWR管台のSCC

- 2007年9月以降、複数のPWRプラントで蒸気発生器一次冷却水入口管台の異材継手において、PWSCCと見られるき裂を発見。
- 美浜-2、敦賀-2等：予防保全対策工事（ショットピーニング）の事前確認としてECTを行ったところ、指示が認められた。

### 一次冷却水入口管台の構造

### 異材継手部

8

## 敦賀-2 SG入口管台の例

- A-SGのECT指示部に対するSUMP観察では、手直し溶接部の周囲に肌荒れ（微細なきず）が認められ、溶接後、グラインダ+バフ仕上げの後に手直し溶接し、再度グラインダ加工したと見られる領域と一致。
- C-SGのECT指示部に対するポートサンプル調査では、手直し溶接がなくとも、強いグラインダ加工+バフ仕上げでグラインダ加工跡が残っている領域に高い引張応力が残留し、PWSCCが発生したと推定。
- 他プラントでは、機械加工により表面に高い引張残留応力が生じたと推定された場合もある。

マクロエッチング観察

グラインダ+バフ仕上げ領域

9

## 維持規格との関係

- 維持規格では、当該異材継手には体積試験及び表面試験（外表面）を要求。
- 体積試験（外面からのUT）では、管台側の幾何学的形状のため、探傷不可範囲が存在。
- 維持規格IA-2360「接近性」における免除規定を適用。
  - ・ IA-2360 (1) コンクリートに埋設または囲まれた機器、ガードパイプ内の支持構造物、取外し困難な補強材、遮へい材、保護部材等で囲まれている機器あるいは幾何学的形状等のため構造上接近または検査が困難な機器の当該箇所は検査を免除してもよい。ただし、このような機器の当該箇所を、記録しておくなければならない。（後略）

B-Fカテゴリ：容器管台とセーフエンドの異種金属溶接継手

敦賀-2の場合のUT探傷不可範囲

10

## NISA文書における当該部位への検査要求

蒸気発生器（一次側） 呼び径 100mm 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	UT(注1)及びPT(注2)	溶接継手(注6)	不可
		BMV(注7)	溶接継手(注8)

(注1) UT(Ultrasonic Testing)は、重直法及び経波斜角法による超音波探傷試験である。

(注2) PT(Penetrant Testing)は、浸透探傷試験である。

(注6) 各検査間隔中の試験程度は、母材又は溶接金属が600系Ni基合金であって、一次冷却材に接触する溶接継手については、類似の設計、寸法のもの代表1台の全ての当該溶接継手の試験可能な範囲とし、それ以外の溶接継手については、類似の設計、寸法のもの代表1台の溶接継手数の25%とする。後者の場合において、最初の検査間隔で選定した溶接継手は、原則として後の検査間隔においても定点サンプリング方式で試験しなければならない。

(注7) BMV(Bare Metal Visual examination)とはベアメタル検査、すなわち、保温材をはがして地金にホウ酸の付着がないかを目視により確認する検査である。

(注8) 各検査間隔中の試験程度は、母材又は溶接金属が600系Ni基合金であって、一次冷却材に接触する全ての溶接継手の試験可能な範囲とする。

「原子力安全・保安院、加圧水型軽水炉の一時冷却材圧力バウンダリにおけるNi基合金使用部位に係る検査等について」、NISA-163a-03-1、平成15年12月12日 より抜粋

11

## 個別検査および標準検査の対象機器

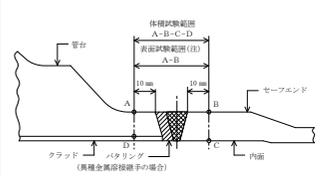
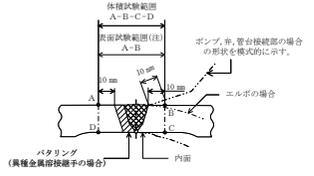
個別検査	標準検査
<p><b>IJB クラス1機器 (BWR) (炉底貫通部)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>中性子計測ハウジング(VT-2、一部MVT-1)</li> <li>制御棒駆動ハウジング(VT-2)</li> </ul> <p><b>IJG 炉内構造物 (BWR)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>シュラウドサポート(MVT-1)</li> <li>シュラウド(MVT-1)</li> <li>上部格子板(VT-3、一部MVT-1)</li> <li>ジェットポンプ(MVT-1)</li> <li>炉心スプレイ配管/スパージャ(MVT-1)</li> </ul> <p><b>(PWR)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>バブルフォーマボルト(UT)</li> <li>バレルフォーマボルト(UT)</li> <li>炉心そう(UT)</li> <li>制御棒クラスタ案内管(VT-1)</li> </ul>	<p><b>IB クラス1機器</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>B-O: 制御棒駆動ハウジング (体積or表面) (耐圧部の突合せ溶接継手)</li> <li>B-P: 全ての耐圧機器 (VT-2)</li> </ul> <p><b>IC クラス2機器</b></p> <p><b>ID クラス3機器</b></p> <p><b>IE クラスMC容器</b></p> <p><b>IF 支持構造物</b></p> <p><b>IG 炉内構造物</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>G-1: 容器内部の構造物・取付物 (VT-3)</li> <li>G-2: 炉心支持構造物 (VT-3)</li> </ul> <p style="text-align: center;">JSME維持規格2004年版による</p> <p>• JSME維持規格2004年版では、炉内構造物等の標準検査の内容を調整し、両者が重複しないようにしている。          • 今後クラス1機器等について、さらに、個別検査を追加しようとすると、標準検査との重複回避が必要不可欠である。</p>

12

## 2. 標準検査のさらなる適正化

### (1) 試験範囲の適正化による新技術の有効活用

□ クラス1機器の異材継手(B-Fカテゴリ)及び配管耐圧部(B-Jカテゴリ)における体積試験範囲を全板厚tから内面t/3に適正化(ASMEと同等)することで、新しい検査技術(P/A-UT)を有効活用できる。

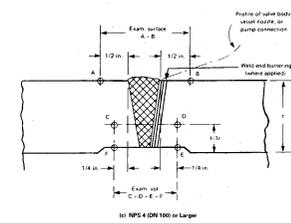
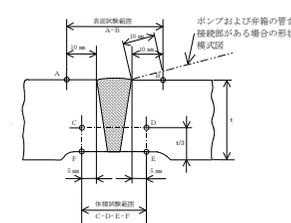
B-Fカテゴリ：セーフエンドまたは管の同種および異種金属溶接継手の試験範囲

13

## 背景：他規定、他規格との比較

□ ASMEの同種(B-F)では内面t/3+外表面 (1976 Winter Addenda 以降)

□ 維持規格でもクラス2(C-F)は内面t/3+外表面

C-Fカテゴリ：管の溶接継手

ASME Sec. XI 2004 Category B-F

14

## 現状の問題点と変更のメリット

□ クラス1機器では全板厚の試験が要求されるため、形状エコ等、意味のない指示の記録が多くなり、試験員の被ばく増大の一因となっている。

□ 試験体積を内面t/3に限定することにより、以下のメリットが期待される。

- 試験員の被ばく低減に寄与
- 自動UT、特にP/A-UTのような新技術の適用を促進 (P/A-UT: フェーズドアレイ法)
- 幅の狭い振動子を複数並べた探触子を用い、個々の振動子に電圧をかけるタイミングを変えることにより、電子走査により(探触子を動かすことなく)超音波ビームの方向を変えたり、ビームの太さを変えて探傷または欠陥深さ測定を行う方法
- 試験体積の限定により、P/A-UTの利点を活用でき、試験時間の短縮が可能になる

15

## 2. 標準検査のさらなる適正化 (2) リスクの考え方を取り入れること

**a. 複数の溶接継手を「全て少しずつ検査」すべきか、「1本にまとめて検査」してもよいか？**

**b. 検査対象範囲が極端に少ない場合に、検査間隔内の経過年に対する検査要求量の規定に例外を設けられないか？**

16

### a. 複数の溶接継手に対する検査規定の例

表-B-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法

試験カテゴリ B-A 原子炉圧力容器および原子炉容器の炉心外周域耐圧部分の溶接継手 <sup>(1)</sup>					
項目番号	試験部位	図番	試験方法	試験の範囲および程度 <sup>(5)</sup>	延期*
B1.101	炉心外周域にある溶接継手				
B1.101	胴の周継手	図 IB-2500-1	体積	溶接継手 <sup>(3)</sup>	可
B1.102	胴の長手継手	図 IB-2500-1	体積	溶接継手 <sup>(3)</sup>	可
B1.103	補修溶接部分 <sup>(2)</sup>	—	体積	補修溶接範囲 <sup>(4)</sup>	可

\* : 検査間隔内での延期

(3) 各検査間隔中の試験程度は、溶接継手長さの7.5%とする。ただし、周継手について5%  
長手継手について10%としてもよい。〔JSME維持規格2002年版より〕

17

## 論点

表-B-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法

試験カテゴリ B-A 原子炉圧力容器および原子炉容器の炉心外周域耐圧部分の溶接継手 <sup>(1)</sup>					
項目番号	試験部位	図番	試験方法	試験の範囲および程度 <sup>(5)</sup>	延期*
B1.101	胴の周継手	図 IB-2500-1	体積	溶接継手 <sup>(3)</sup>	可
B1.102	胴の長手継手	図 IB-2500-1	体積	溶接継手 <sup>(3)</sup>	可
B1.103	補修溶接部分 <sup>(2)</sup>	—	体積	補修溶接範囲 <sup>(4)</sup>	可

同一カテゴリ内に複数の溶接継手がある場合、「各」溶接継手と解釈すべきか？

\* : 検査間隔内での延期

(3) 各検査間隔中の試験程度は、溶接継手長さの7.5%とする。ただし、周継手について5%  
長手継手について10%としてもよい。〔JSME維持規格2002年版より〕

18

## RV溶接継手の例

この例では、カテゴリB-Aに属する胴の長手継手が6本存在する

19

### 「各」溶接継手とした場合

— 検査範囲

- 各溶接継手と解釈すると、6本の長手継手それぞれに対して10%ずつ検査することになる
- CV内の配置設計によってはRV外側の空間が狭く、内側からしか検査できず、時間がかかりすぎる

III

IV

20

### 極力まとめた場合

— 検査範囲

同一カテゴリ内の継手全てに対して10%検査すればよいと解釈すると、極力まとめた場合には、1本の長手継手だけの検査で済む

III

IV

21

### 維持規格2004年版における対応

表-B-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法

項目番号	試験部位	図番	試験方法	試験の範囲および程度 <sup>(3)</sup>	延期*
B1.101	炉心外周域にある溶接継手				
B1.102	胴の周継手	図 IB-2500-1	体積	溶接継手 <sup>(3)</sup>	可
B1.102	胴の長手継手	図 IB-2500-1	体積	溶接継手 <sup>(3)</sup>	可
B1.103	補修溶接部分 <sup>(2)</sup>	—	体積	補修溶接範囲 <sup>(2)</sup>	可

\*: 検査間隔内での延期

<sup>(3)</sup> 各検査間隔中の試験程度は、各溶接継手長さの7.5%とする。ただし、周継手について5%、長手継手について10%としてもよい。

なお、特定の溶接継手に対する試験程度の一部または全部を実施せず、その代替として他の溶接継手に対する試験程度に加えて試験を実施することが妥当と判断される場合は、各溶接継手長さに対する割合でなく全溶接継手長さに対する割合としてもよい。

JSME維持規格2004年版より

22

### b. 経過年に対する検査要求量の規定

表 IA-2320-1 各検査間隔内の経過年に対する試験要求量

検査時期 (経過年)	最小の試験終了量 (%)	最大試験量 (%)
3	16	50*
7	50*	75
10	100	100

(注)\*: いずれの試験カテゴリについても、第1検査時期の試験終了量が34%を超える場合、第2検査時期の最小試験終了量は、少なくとも第1検査時期の試験終了量(%)に16%を追加した試験量を行うこと。

〔JSME維持規格2004年版より〕

この規定に従い、3年目、7年目、10年目に、10年間で実施すべき検査対象範囲の、例えば1/3ずつを実施すればよいことになる

23

### 論点

表 IA-2320-1 各検査間隔内の経過年に対する試験要求量

検査時期 (経過年)	最小の試験終了量 (%)	最大試験量 (%)
3	16	50*
7	50*	75
10	100	100

(注)※： いずれの試験カテゴリについても、第1検査時期の試験終了量が34%を超える場合、第2検査時期の最小試験終了量は、少なくとも第1検査時期の試験終了量(%)に16%を追加した試験量を行うこと。

〔JSME維持規格2004年版より〕

10年間で実施すべき検査対象範囲の絶対値がどれほど狭くても、一律に例えば1/3ずつ、経過年において検査を実施すべきか？

24

### クラス2(3種)容器溶接継手の例

- この例では、10年間に実施すべき検査対象範囲が50mmしかない。(溶接継手長さの7.5%)
- 経過年において1/3ずつ検査する場合、1回当りわずか17mmに過ぎない。
- 高線量区域のため、被ばくと労力が検査によって得られるメリットとバランスしているか疑問

25

### まとめ

- 標準検査の位置づけと個別検査との関係について今後整理し、より一層明確な概念を構築し、それに基づき規定内容を適正化していく必要がある。
- 体積試験範囲の適正化等により新たな検査技術を有効に使えるようにしていく必要がある。
- 科学的・合理的検査規定の確立のため、今後はリスクの考え方を取り入れていくことも検討すべきである。

26