

重大事故発生時の対処において 水素爆轟の危険がある

滝谷紘一

1

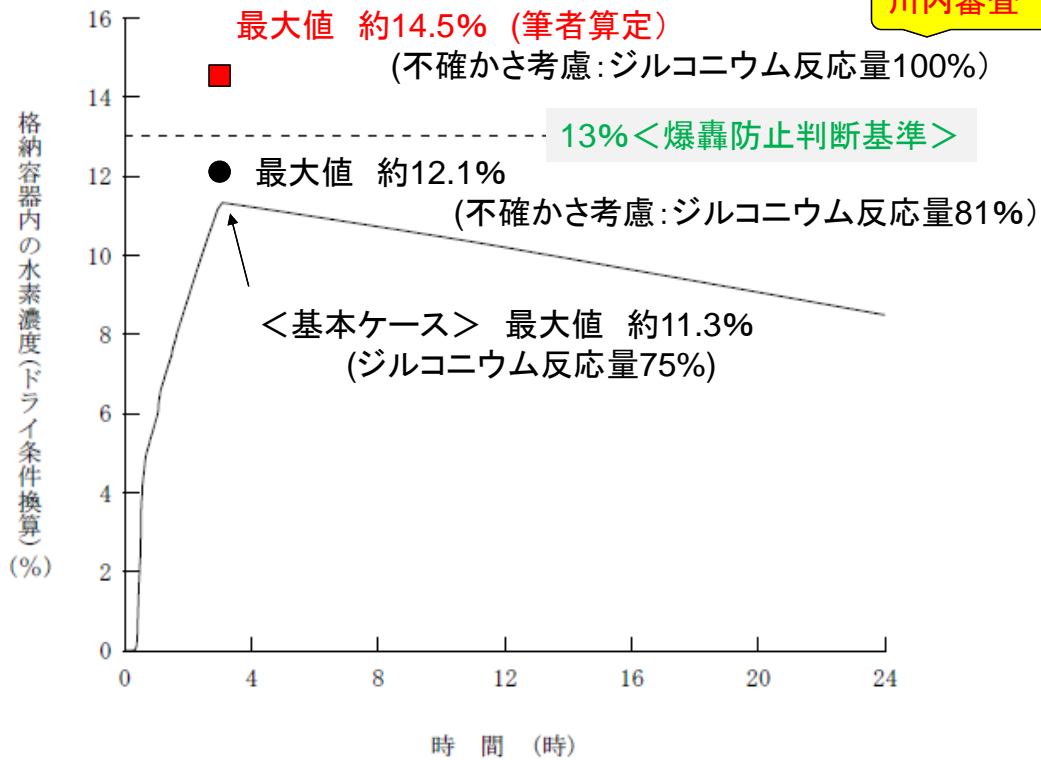
要旨

規制委員会は、重大事故等対策の有効性評価における水素爆轟の防止に関して、ジルコニウム-水反応と熔融炉心・コンクリート相互作用により発生する格納容器内の水素濃度は、解析の不確かさを考慮しても判断基準を満足するとした事業者の評価を承認した。

しかし、この不確かさの考慮には科学的妥当性を欠いていることが、先行した川内1・2号機の審査結果との対比から明白である。

川内1・2号機と同じ不確かさの考慮をすると、伊方3号機は判断基準を満足しておらず、新規制基準に適合していない。規制委員会は設置変更許可を取り消すべきである。

2

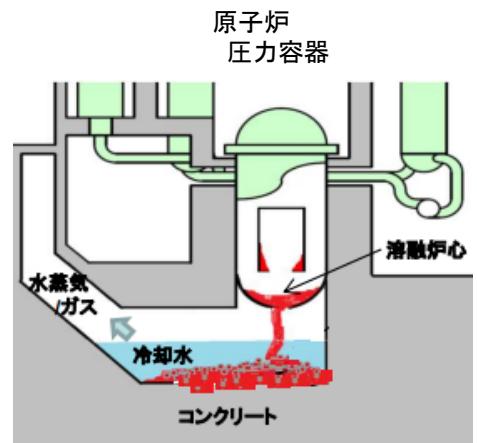


格納容器内の水素濃度の評価

■ 重大事故における格納容器内水素量評価の条件 <審査ガイド>

- ① 原子炉圧力容器が破損するまで:
全炉心内ジルコニウム量の75%が水と反応
- ② 原子炉圧力容器が破損したあと:
熔融炉心・コンクリート相互作用(MCCI)
による可燃性ガス及びその他の非凝縮
性ガス等の発生を考慮

残存ジルコニウムが水と反応して水素発生
⇒ この解析に大きな不確かさがある



★爆轟防止判断基準: 水素濃度(ドライ条件換算) 13vol%以下

■有効性評価の手法 <審査ガイド>

- 実験等を基に検証され、適用範囲が適切なコードを用いる。
- 不確かさが大きいモデルを使用する場合又は検証されたモデルの適用範囲を超える場合には、感度解析結果等を基にその影響を適切に考慮する。

5

<四国電力の評価>

■基本ケースの解析

- ・解析コード： MAAP
- ・原子炉下部キャビティに十分な水量を確保することで、MCCIによる有意な水素発生はない
- ・ジルコニウムの反応量： 全炉心量の75%
- ・水素濃度最大値： 約11.3%



■MCCIの不確かさ影響解析

(溶融炉心の拡がり面積、水への伝熱量等の感度解析)

- ・MCCIによるジルコニウムの反応量： 約6%
- ・ジルコニウムの反応総量： 全炉心量の約81%
- ・水素濃度最大値： 約12.1% <判断基準値 13%

これが問題

6

■MCCIによる水素発生量の不確かさの考慮

(川内審査と伊方審査の対比： 各審査書「IV-1.2.2.5 水素燃焼」抜粋)

	川内審査書	伊方審査書
2. 審査結果	解析コードに依拠せずジルコニウム最大反応量で評価しても、格納容器破損防止対策の評価項目(f)*を満足している。	MCCIに伴い発生する水素の不確かさを考慮して評価しても、格納容器破損防止対策の評価項目(f)*を満足している。
3. 審査過程での主な論点	<p>①・・・MCCIにより発生する水素は、全てジルコニウムに起因するものであり、反応割合は全炉心内のジルコニウム量の約6%である。</p> <p>②全炉心内のジルコニウムが水と反応すると仮定した場合において、...水素濃度は最大約12.6%であり...。規制委員会は、上記の申請者の評価が<u>十分保守的</u>であるため妥当であると判断した。</p>	<p>① (川内審査書と同文)</p> <p>②上記①のMCCIによる水素発生の不確かさを考慮した場合において、...水素濃度は最大約12.1vol%であり...。規制委員会は、上記の申請者の評価が<u>保守的</u>であるため妥当であると判断した。</p>

MAAP解析値

解析コードに依拠せずジルコニウム最大反応量の想定は妥当

MAAP解析に依拠した評価は保守的でなく、不当

(下線は筆者、*は「爆轟を防止すること」)

7

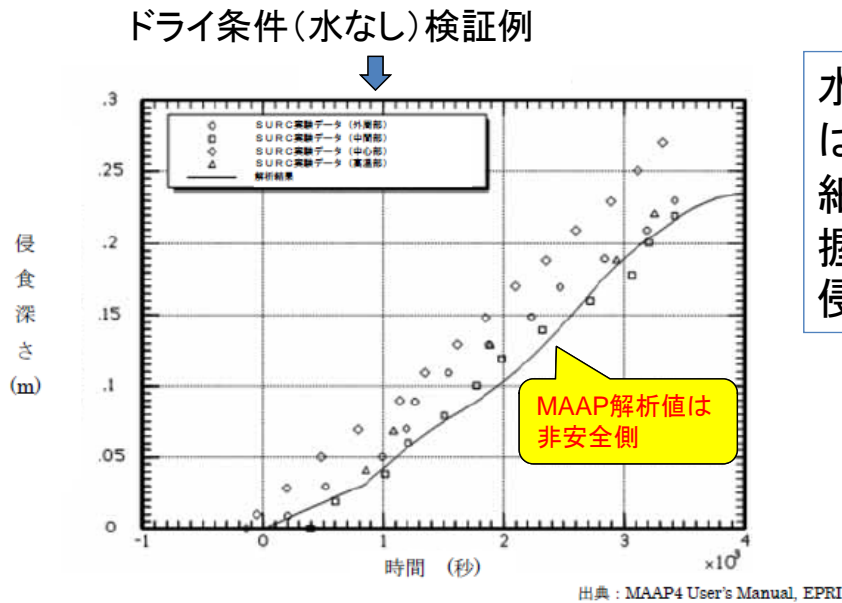
■ジルコニウムの反応量と水素濃度最大値

ジルコニウムの反応量 (全炉心量に対する割合)	川内1・2	伊方3
75% (基本ケース:MCCI分0%)	9.7	11.3
81% (不確かさ:MCCI分6%)	(記載なし)	12.1
100% (不確かさ:MCCI分25%)	12.6	14.5

- ・水素濃度の単位:ドライ%、数値に付く約は省略。
- ・赤字は筆者算定

■MAAPは水中条件で精度検証されていない。

ドライ条件での検証には非安全側に評価する事例あり。



水プール中のMCCI実験はDEFOR実験のみ。細粒化と堆積挙動の把握に注目し、コンクリート侵食データはなし。

水中条件での適切な実験データがなく、解析コード検証ができないのが実状

SURC実験データによるMAAP検証

(PWR4社連名、MAAPの説明資料、平成26年4月3日)

9

■解析コードは水中でのMCCIを取り扱うレベルに達していない。

MAAPは非安全側に極端な結果を与える特性がある。

① 更田豊志規制委員長代理の見解 (定例記者会見 2014.9.24)

- (MAAPは)一旦始まったら全部止まるというような解析結果を与える。(MELCORは)一旦始まると終わらないという解析結果を与える。
- どちらも両極端の結果を与えるので、実際問題としては、MCCIについては工学的判断に基づいて判断を下すのが状況であって、**解析コードの成熟度がMCCIを取り扱うようなレベルに達しているという判断にはない。**

② IAEAの解析手法調査報告書 (Safety Reports Series No.56, 2008)

- 水中での予測には解析コード間で驚くほどの違いがある。**MAAPのモデルは一極端にあり、溶融物から一定の熱流束で除熱されると仮定している。**

10

■不確かさ評価のまとめ

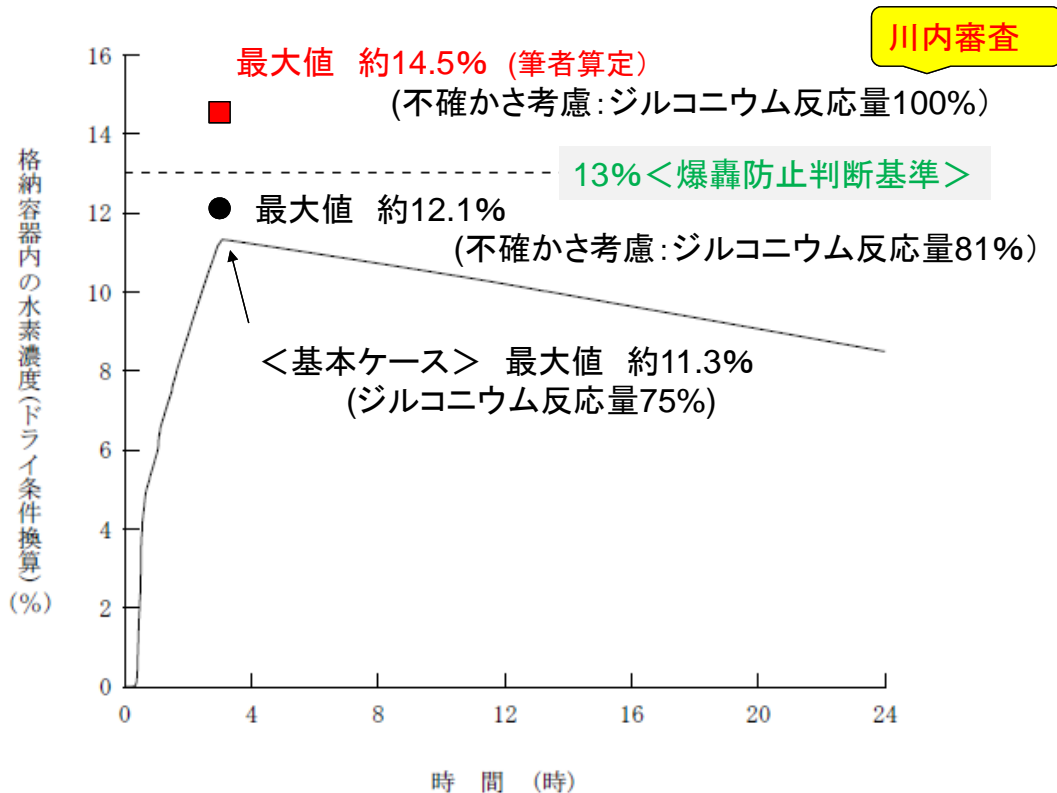
○MAAPは、水中条件での検証がされていないから、それを用いた感度解析結果には信頼性がない。

さらに非安全側に極端な評価をする特性があり、感度解析結果もMCCIを過小評価しているおそれがある。

○従って、MCCIによる水素発生量の不確かさ評価として、川内審査で採用されたMAAP解析に依拠しない最大のジルコニウム反応量(全炉心存在量の100%)とすることが、科学的に妥当である。

○伊方3号機では、ジルコニウム全量反応を想定した場合、水素濃度最大値は14.5%になり、爆轟判断基準を超える。

11



格納容器内の水素濃度の評価 (再掲)

12

■ 結語

- ①解析コードMAAPに依拠したMCCIの不確かさ評価には科学的厳正さがなく、不適切ソフトウェアを用いて恣意的に基準適合を図るものであり、不当。
- ②不確かさを考慮した水素発生量は、川内審査どおり解析コードに依拠せず全炉心内ジルコニウム量100%の反応で評価すべきである。
⇒水素濃度最大値は約14.5%
爆轟防止基準13%を超え、新規制基準に不適合。
審査書撤回、設置変更許可の取り消しを求める。

<参考文献>

- ・滝谷紘一「加圧水型原発の溶融炉心・コンクリート相互作用と水素爆発に対する対策は新規制基準に適合しない」科学、2015年1月号
- ・滝谷紘一「検証・高浜審査書(案)：水素発生量の評価を川内審査書より緩めて爆発防止基準に適合とする判断は認められない」科学、2015年3月号