

【取扱い厳重注意】

平成24年4月3日

聴取結果書

東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会事務局

局員 加藤 経将

平成24年3月22日及び同月30日、東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証のため、関係者から聴取した結果は、下記のとおりである。

記

第1 被聴取者、聴取日時、聴取場所、聴取者等

1 被聴取者

東京電力株式会社

原子力品質・安全部原子力安全グループ

2 聴取日時

平成24年3月22日午前10時00分から同日午前10時25分まで

平成24年3月30日午後3時31分から同日午後4時4分まで

(休憩なし。)

3 聴取場所

東京都千代田区大手町1丁目3番3号 大手町合同庁舎3号館9階

東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会事務局 919室

4 聴取者

参事官補佐 加藤 経将

主 査 岡田 祐樹

5 ICレコーダーによる録音の有無等

あり

なし

第2 聴取内容

水素の発生源等について

別紙のとおり

第3 特記事項

なし

以上

【取扱い嚴重注意】

別紙

【ボロン・カーバイドの酸化反応による水素発生について】

○ 福島第一原子力発電所（以下「1F」という。）の各号機の制御棒には、中性子吸収剤としてボロン・カーバイド粉末が使用されている。ボロン・カーバイドとは、炭化ホウ素のことをいい、その化学式は B_4C である。

従来、ボロン・カーバイドの酸化反応による水素発生は、BWR型軽水炉における水素発生源として、これまで蓄積された知見の中でも一般的なものとまでは言えなかった。

しかし、過去に海外において、炉心が溶けるというシビアアクシデント状況下のBWR型軽水炉では、ボロン・カーバイドが炉に対して悪影響を及ぼすのではないかという懸念が指摘されたことがあった。そこで、1980年代後半から1990年代にかけて、ドイツのカールスルーエ原子力研究所が、炉心溶融の状況下のBWR型軽水炉でボロン・カーバイドがいかなる反応を示すかという実験を行った。その実験においては、燃料が露出して溶融するに至った後、溶融した燃料を再び冠水させるとボロン・カーバイドの酸化反応により、水素が発生することが模擬された。したがって、ボロン・カーバイドの酸化反応は、MAAPの解析コードの中でも水素発生源としてモデルの中に組み込まれている。

他方で、ボロン・カーバイドの酸化反応により、どの程度の量の水素が発生するかということについて、定量的に水素発生量を示すのは非常に難しい。なぜなら、ボロン・カーバイドの酸化反応と言っても、その反応は様々であり、反応の仕方によって水素発生量は異なるからである（別添資料「ボロン・カーバイド（ B_4C ）酸化による水素発生について」参照）。ただ、別添資料で説明しているように、100%の水-ジルコニウム反応において発生する水素との量的比較はおおまかには可能である。

例えば、対象の炉型をBWR4とし、ボロン・カーバイドの酸化反応による水素発生量をできるだけ多く見積もるために、制御棒は全てボロン・カーバイドのみを充填しているものとし、これが全て酸化すると仮定すれば、ボロン・カーバイドの酸化反応による水素発生量は約200kgとなる。他方で、BWR4の場合、100%の水-ジルコニウム反応により発生する水素発生量は約1,000kgとなる。これらと単純に比較すると、ボロン・カーバイドの酸化反応による水素発生量は、100%の水-ジルコニウム反応による水素発生量の約2割にとどまる。

しかし、実際には、1Fの各号機では、中性子吸収剤として、ボロン・カーバイドのほか、ハフニウムという金属も使用しているため、その使用割合に応じて、ボロン・カーバイドの酸化反応による水素発生量は更に少なくなる。

○ 今回の事故時においても、ボロン・カーバイドの酸化反応によって水素が発生していた可能性は否定できない。1F1号機から3号機まで、一度は燃料が露出した後に、消防車による注水等を実施していることから、ボロン・カーバイドが酸化して水素が発生し得る環境にあったと考えるのが自然である。

ただし、炉心における水素発生原因に関する知見として、ボロン・カーバイドの

【取扱い嚴重注意】

酸化反応はあまり重視されていない。なぜなら、既に説明したとおり、水-ジルコニウム反応による水素発生と比べると、その発生量は限定的だからである。

- シビアアクシデントに関する研究は、1980年代以降、継続して進められ、水素対策も大きなテーマの一つとして取り上げられてきた。そして、新たに得られた知見については、水素の発生モデルとしてMAAPやMELCORといった解析コードの中にも組み込まれてきた。

したがって、仮に、ボロン・カーバイドの酸化反応によって水素が大量に発生するのであれば、これまでの知見として研究が蓄積されているはずである。

しかし、米国原子力規制委員会の「Light Water Reactor Hydrogen Manual」を見ても、炉における主な水素発生源として、

- ・水-ジルコニウム反応
- ・水-金属反応
- ・水の放射線分解
- ・コア・コンクリート反応
- ・亜鉛腐食反応
- ・アルミニウムの腐食反応

が挙げられているものの、ボロン・カーバイドの酸化反応は含まれておらず、これまでの知見としても、ボロン・カーバイドの酸化反応が水素発生源として重視されていないことが分かる。

【CAMS 校正用水素について】

- 1Fの各原子炉建屋には、格納容器雰囲気放射線モニタ（以下「CAMS」という。）の校正に使用するための水素ガスボンベが1本ずつ設置されている。

このボンベは、約15気圧で加圧された状態で47リットルの容量となっており、0℃かつ大気圧状態で換算すると約7m³の容量である。また、濃度は水素4%、窒素96%であるため、ボンベそのものが燃えることはない。ボンベに含まれる実際の水素量は0.28m³であり、原子炉建屋の容積と比べれば極めて少ないため、この水素が原子炉建屋の主たる爆発原因であったとは考え難い。

- CAMS 校正用の水素ボンベは、1Fの場合、1号機では原子炉建屋2階南西側に、3号機では原子炉建屋2階北側に、4号機では原子炉建屋3階西側にそれぞれ設置されている。

CAMS 校正用水素ボンベから何らかの原因により水素ガスが漏えいする可能性は否定できないが、CAMS 校正用水素ボンベは、耐震クラスAとして設計されたラックに格納されており、今回の地震でボンベが倒壊して破損した可能性は低いと考えられる。

【原子炉建屋内に存在する電池を内蔵した設備等について】

- 原子炉建屋内には乾電池を内蔵した設備・機器がある可能性は十分にあるが、乾電池は可燃物としての管理対象とはなっていないため、逐一把握できない。

R/B 内に備え付けられた電池を内蔵する機器としては、例えば、原子炉建屋内の

【取扱い嚴重注意】

作業場所に電池内蔵式の壁掛け時計があったかもしれない。

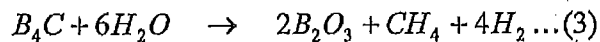
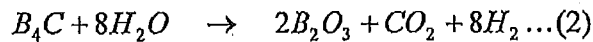
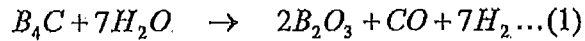
- 建物の非常口に設置されている非常口案内板が原子炉建屋内にあったか否かについて定かな記憶まではないが、仮にこれがあったとしても、その電源は電池ではなく、直流バッテリーから供給されているはずである。

また、建屋内の非常用照明についても直流バッテリーから供給されている。

以 上

ボロン・カーバイド (B4C) 酸化による水素発生について

海外 (独、カールスルーエ原子力研究所) の論文※においては、B4C 酸化による水素発生
の反応式として、以下が示されている。



ここでは、上記のうち B4C の単位モル数当たり最も水素発生量の多い(2)式を用いて評価
する。評価条件としては、対象炉型は BWR4 とし、水素発生量を多く見積もるために、制御
棒は全て B4C のみを充填しているものとし、内蔵する B4C は全て酸化するものとする。結果、
B4C の酸化による水素発生量は約 200kg となる。

なお、BWR4 の場合、100%の水-ジルコニウム反応において発生する水素量は約 1,000kg
であり、保守的な計算結果ではあるものの、B4C の酸化による水素発生量はその約 2 割程度
に相当する。

※S.Hagan, et al., Comparison of the Quench Experiments CORA-12, CORA-13, and
CORA-17, FZKA-5679, August 1996.

以 上