

水の放射線分解のG値に係る電力共同研究の実施状況について

1. 水の放射線分解のG値に係る電力共同研究の実施状況について

シビアアクシデント時の水の放射線分解のG値の不確かさの検討を目的に、水の放射線分解のG値に係る電力共同研究^{[1][2]}を実施している。

研究（フェーズI）では、要素試験により気相水素分圧等を変化させた場合のG値への影響を確認した。また、確からしさについては十分に検討が出来ているものではないが、要素試験結果から仮定したG値の気相水素分圧依存性を用いた場合の参考評価を実施した。参考評価の結果、格納容器内の酸素濃度は「3. 今回の要素試験結果に基づく参考評価」に示すように、DBA-G値を適用した場合の酸素濃度を下回り、G値の不確かさとして想定される範囲に包絡される結果となった。

なお、シビアアクシデント時の水の放射線分解のG値については、図1-1に示す研究ロードマップに基づき、引き続き研究を実施していく予定である。

2. 要素試験の実施内容及び結果の概要

- ・水の放射線分解に関する従来知見の収集・整理を行い、水の放射線分解のG値に影響を及ぼす要因（水質、気相水素分圧、沸騰／非沸騰等）を特定するとともに、これらのシビアアクシデント時の変動範囲について整理を行った。
- ・上記の整理に基づき要素試験（カプセル試験（図2-1）及びループ試験（図2-2））を実施し、G値に及ぼす影響を確認した。
- ・要素試験より、液相による素が存在する場合にはG値が大きくなるという結果が得られた。また、G値は気相水素分圧の増加に伴って低下していき、気相水素分圧が平衡水素分圧に達するとG値は0になるという結果が得られた（図2-3）。加えて、平衡水素分圧は液相のよう素濃度の増加に伴い大きくなるという結果が得られた。
- ・なお、今回の要素試験では、実験室の室温の変化や放射線照射に伴う試験水温度の変化によりG値の測定結果にばらつきが生じることが示唆されるなど、試験結果の確からしさについては十分に検討できてはいないことから、引き続き電力共同研究の中で検討を実施していく予定である。

3. 今回の要素試験結果に基づく参考評価

- ・要素試験の結果に基づき G 値の気相水素分圧依存性について仮定した。図 2-3 に液相のよう素濃度が $5 \times 10^{-5} \text{mol/L}$ の場合の試験結果及び試験結果から仮定した G 値の気相水素分圧依存性の具体例を示す。また、確からしさについては十分に検討が出来ているものではないが、今回仮定した G 値の気相水素分圧依存性を用いた場合の参考評価を実施した。
- ・参考評価の結果、格納容器内の酸素濃度は DBA-G 値を適用した場合の酸素濃度を下回り、G 値の不確かさとして想定される範囲に包絡される結果となった。
(参考評価結果の詳細は表 3-1, 表 3-2 及び図 3-1 から図 3-3 を参照)

4. 今後の対応

研究（フェーズ I）の結果を踏まえると、シビアアクシデント時の水の放射線分解の G 値については継続した検討が必要であると考えており、電力共同研究の中で引き続き検討を実施していく予定である。

5. 参考文献

- [1] 電力共同研究「シビアアクシデント時の放射線水分解に関する研究」（2019 年 3 月）
- [2] 電力共同研究「シビアアクシデント時の放射線水分解に関する研究（その 2）」（2021 年 3 月）

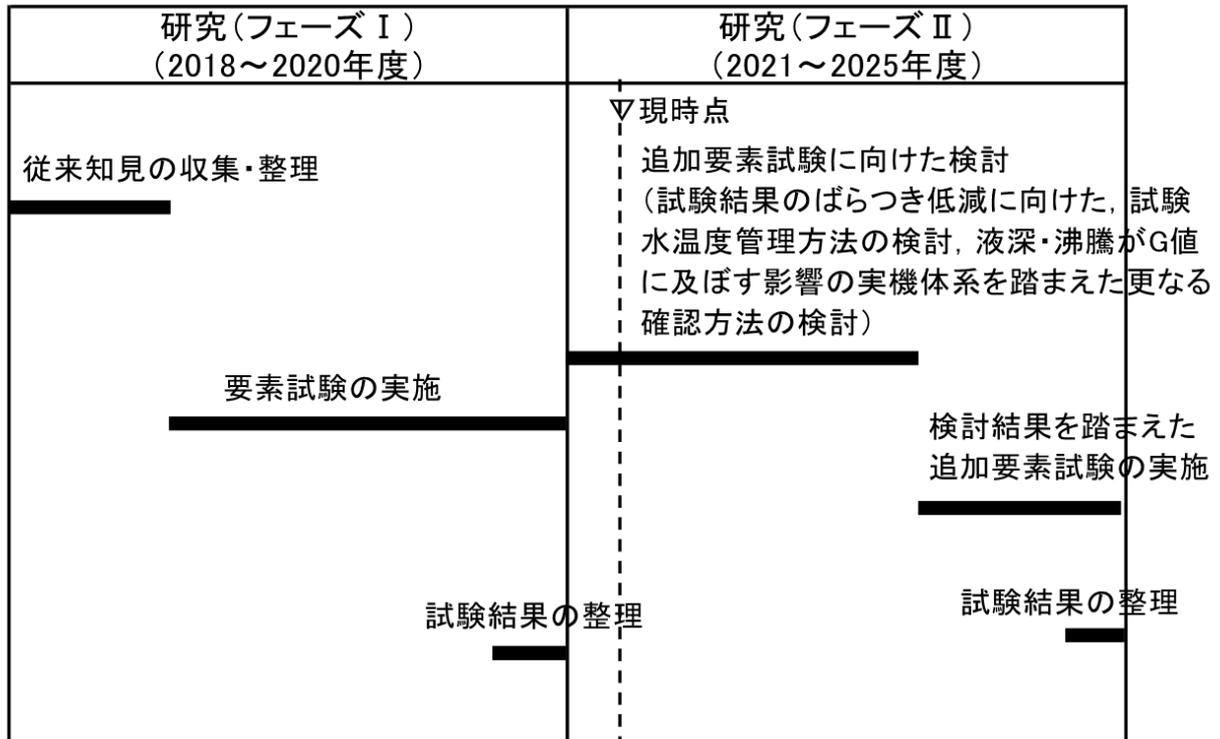


図 1-1 研究ロードマップ^{※1}

※1 研究ロードマップについては、必要に応じて適宜見直すこととする。

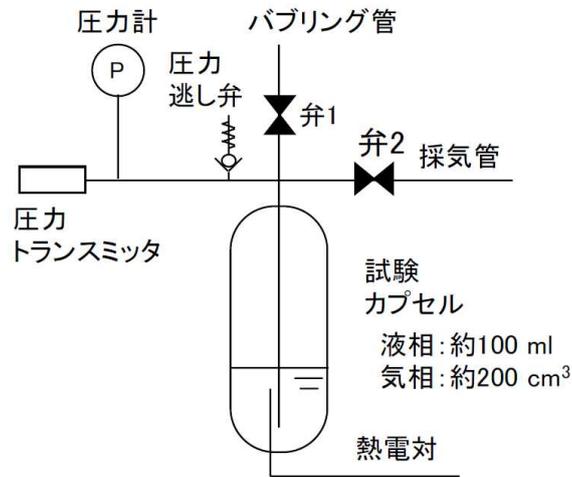
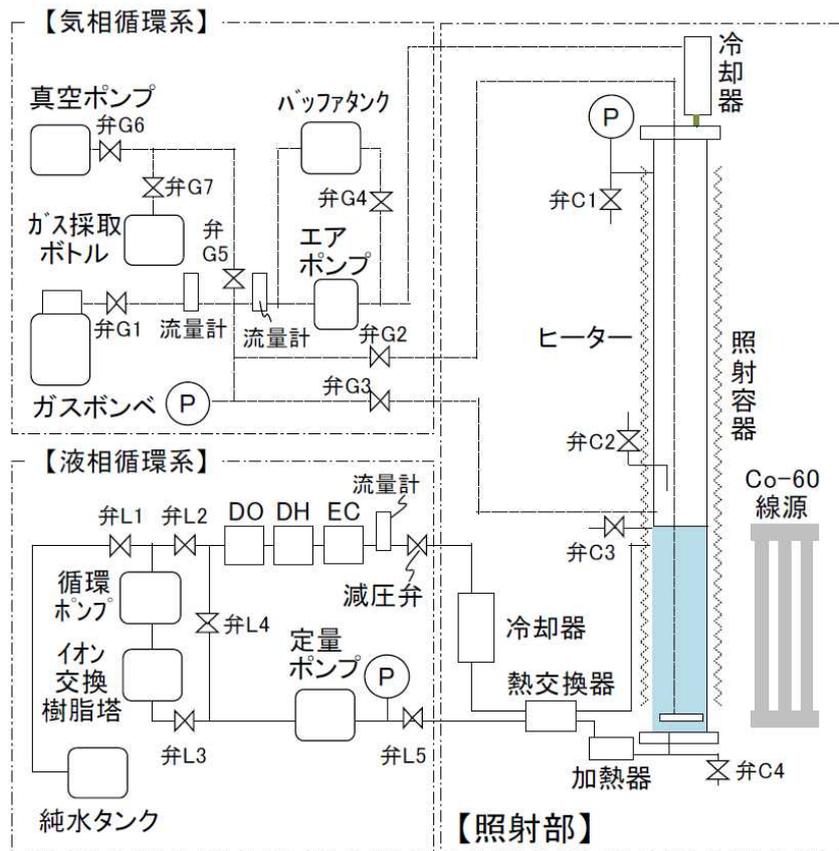


図 2-1 カプセル試験装置の概要



DO : 溶存酸素計, DH : 溶存水素計, EC : 導電率計

図 2-2 ループ試験装置の概要

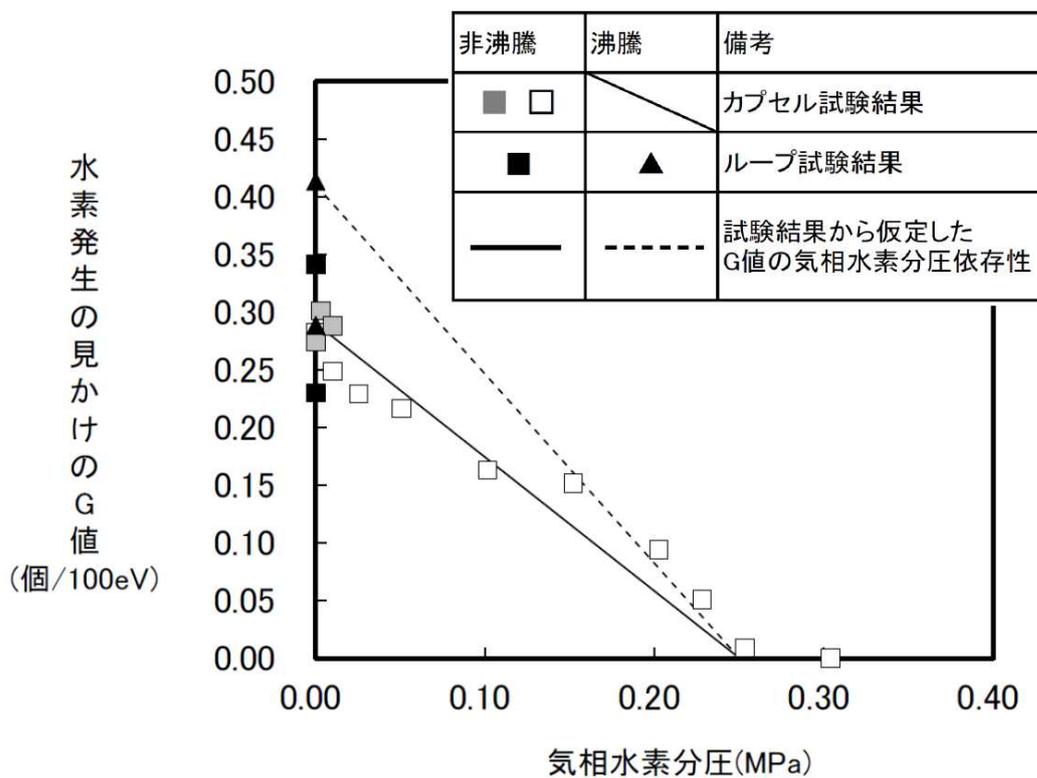


図 2-3 試験結果及び試験結果から仮定した G 値の気相水素分圧依存性

(ヨウ素 5×10^{-5} mol/L 程度) ※2

※2 安全上の観点より、水素爆発下限濃度以下で試験する必要があることから、初期気相水素分圧が高い場合のループ試験については実施していない。

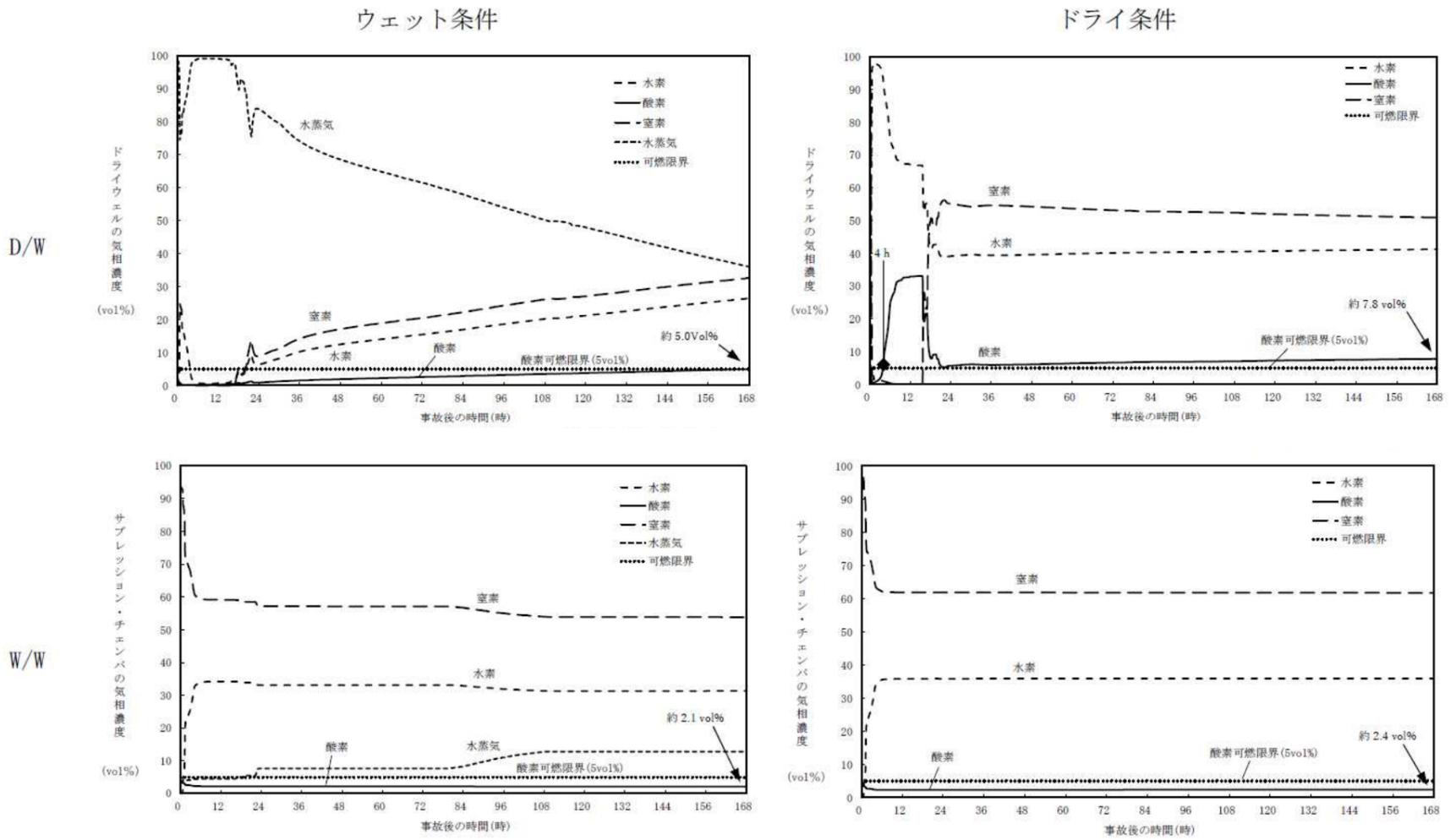


図 3-1 大 LOCA+代替循環冷却シナリオにおける気相濃度の推移 (本研究 (G 値の気相水素分圧依存性を仮定した場合))

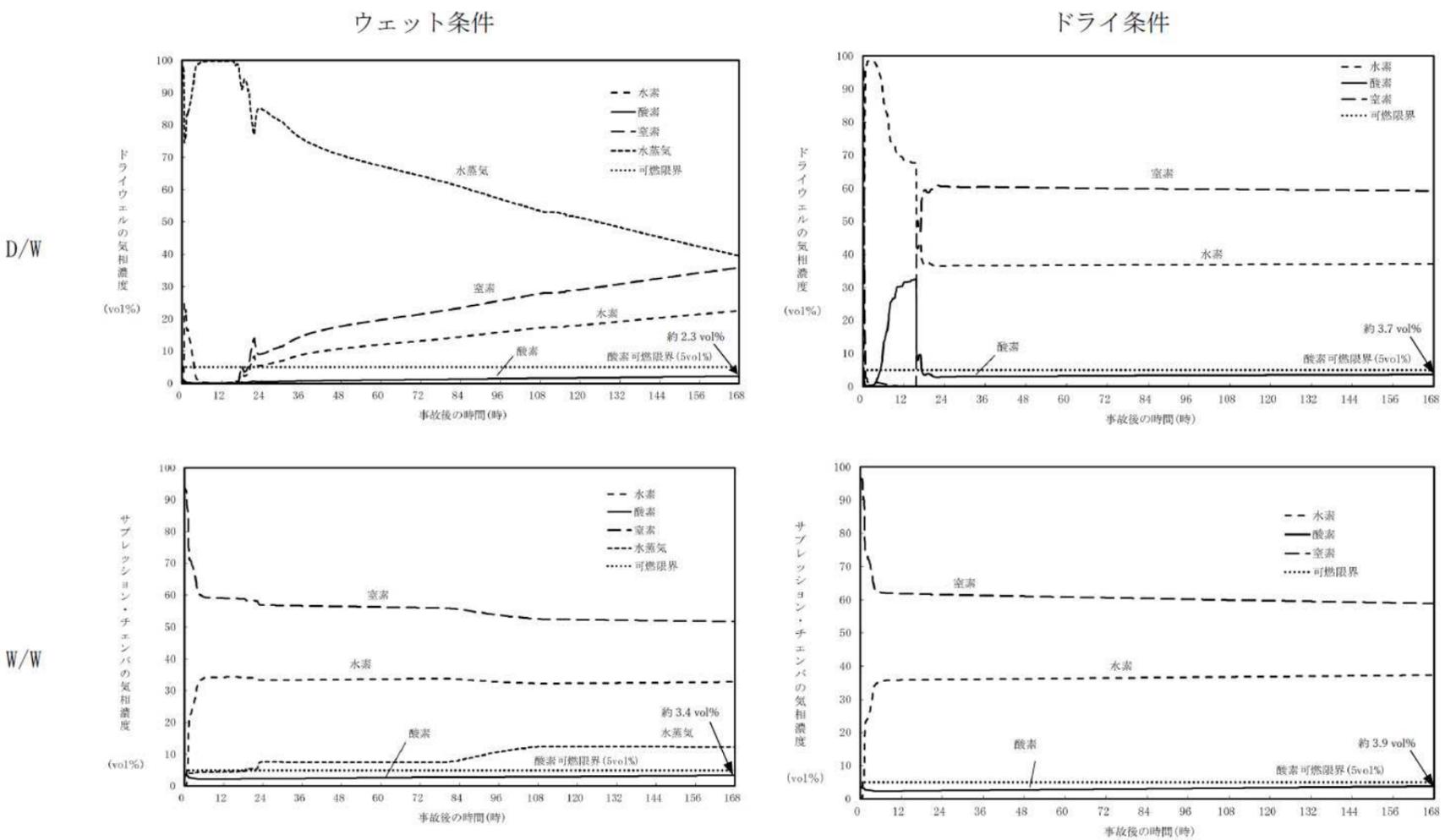
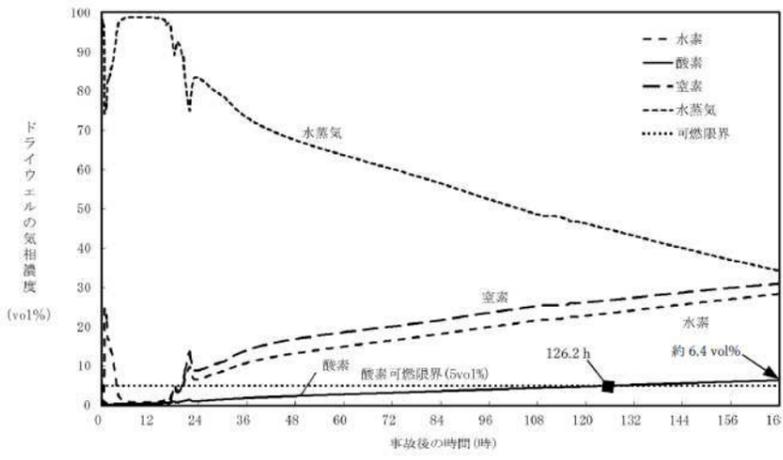


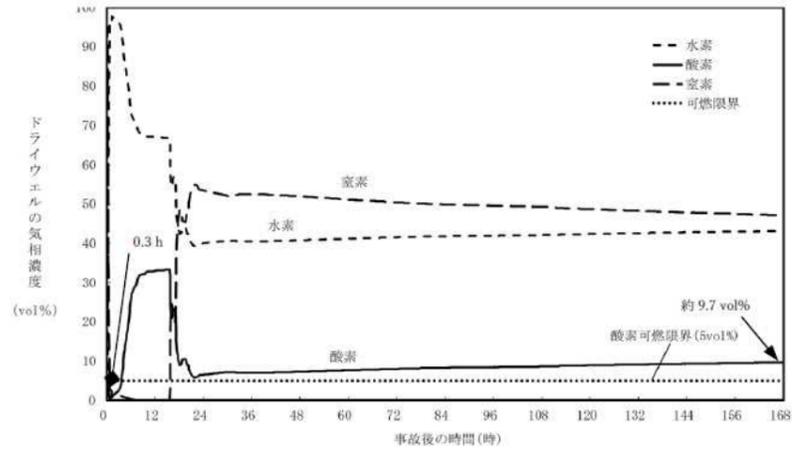
図 3-2 大 LOCA+代替循環冷却シナリオにおける気相濃度の推移 (SA-G 値を適用した場合)

D/W

ウェット条件



ドライ条件



W/W

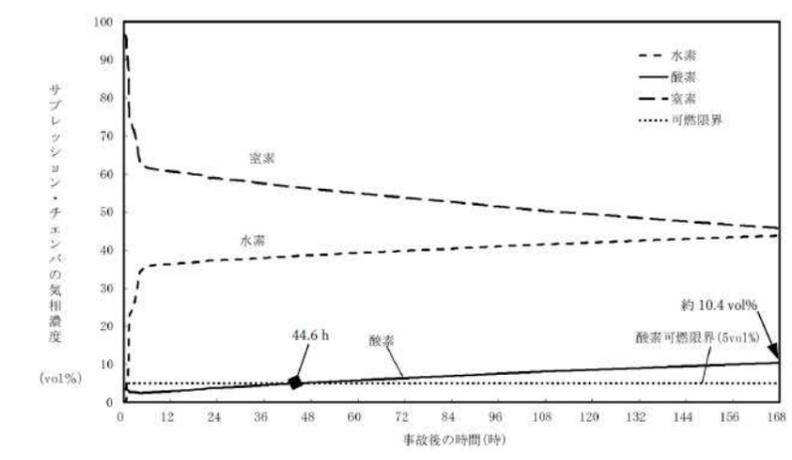
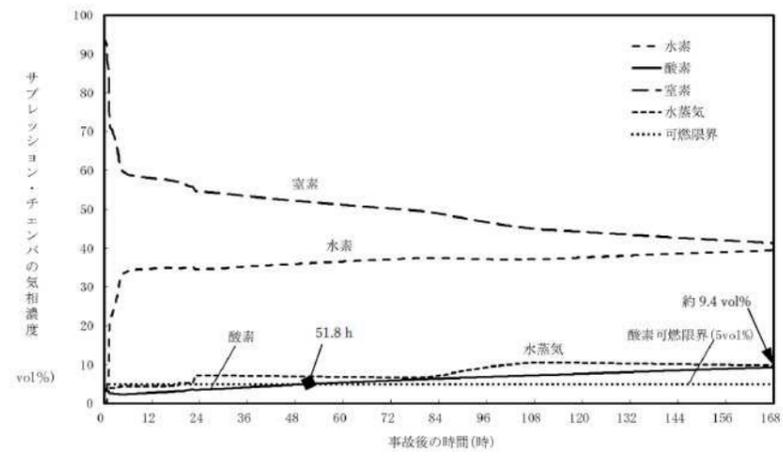


図 3-3 大 LOCA+代替循環冷却シナリオにおける気相濃度の推移 (DBA-G 値を適用した場合)

表 3-1 事象発生から 7 日後（168 時間後）の酸素濃度（ウェット条件）※^{3, 4}

項目	本研究 (G 値の気相水素分圧 依存性を仮定した場 合)	SA-G 値を 適用した場合	DBA-G 値を 適用した場合
酸素濃度 (ドライウエル)	約 5.0vol%	約 2.3vol%	約 6.4vol%
酸素濃度 (サプレッション・チ エンバ)	約 2.1vol%	約 3.4vol%	約 9.4vol%

※3 対象シナリオは「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用する場合）」（大LOCA+代替循環冷却シナリオ），初期酸素濃度は3.5vol%にて評価。また，G 値の気相水素分圧依存性を仮定した場合の評価については，炉内の損傷炉心の放射線吸収割合についてより現実的なものとなるよう見直しを実施している。

※4 ドライウエルの酸素濃度について，SA-G 値を適用した場合の酸素濃度を上回る結果となっているが，これは，損傷炉心の崩壊熱によって発生する水蒸気により原子炉压力容器内の気相水素分圧が継続的に低く抑えられた結果，原子炉压力容器からの酸素発生量が増加したことが主な要因である。

表 3-2 事象発生から 7 日後（168 時間後）の酸素濃度（ドライ条件）※^{5, 6}

項目	本研究 (G 値の気相水素分圧 依存性を仮定した場 合)	SA-G 値を 適用した場合	DBA-G 値を 適用した場合
酸素濃度 (ドライウエル)	約 7.8vol%	約 3.7vol%	約 9.7vol%
酸素濃度 (サプレッション・チ エンバ)	約 2.4vol%	約 3.9vol%	約 10.4vol%

※5 対象シナリオは「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用する場合）」（大LOCA+代替循環冷却シナリオ），初期酸素濃度は3.5vol%にて評価。また，G 値の気相水素分圧依存性を仮定した場合の評価については，炉内の損傷炉心の放射線吸収割合についてより現実的なものとなるよう見直しを実施している。

※6 ドライウエルの酸素濃度について，SA-G 値を適用した場合の酸素濃度を上回る結果となっているが，これは，損傷炉心の崩壊熱によって発生する水蒸気により原子炉压力容器内の気相水素分圧が継続的に低く抑えられた結果，原子炉压力容器からの酸素発生量が増加したことが主な要因である。