

東京電力福島第一原子力発電所 4号機における水素爆発の感度解析

Sensitivity Analyses on Hydrogen Explosion at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Unit 4

*西村 健、堀田 亮年

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

東京電力福島第一原子力発電所 4号機で発生した水素爆発について、爆発解析コードによる感度解析を実施した結果を紹介する。

キーワード：水素爆発、シビアアクシデント、爆発解析、東京電力福島第一原子力発電所事故

1. はじめに 東京電力福島第一原子力発電所 4号機において発生した水素爆発に関して、原子力規制庁は4号機の水素爆発が発生した箇所について現地調査結果に基づき「床及び天井の損傷から、少なくとも4階南西部で強い爆発が発生したと考えられる。また、3階北西部及び5階の2箇所についても床及び天井並びに壁の損傷等から、爆発があった可能性が考えられる。」と推定した[1]。一方、この推定では着火源や爆発に至るまでの火炎伝播の過程などのメカニズムは分かっていない。そこで、着火してから爆発に至るまでの挙動を数値実験するために、爆発解析コード FLACS により 4号機原子炉建屋の水素爆発に関して感度解析を行った。本報告では、その一例を紹介する。

2. 感度解析 解析体系は、資料[1]等から排気ダクトを含めて 4号機原子炉建屋構造を推定してモデル化し、気体濃度分布等の初期条件を設定するために以下の仮定の下に水素流入の予備解析を実施した。

- 4号機原子炉建屋に流入する水素量は、野崎らの評価[2]を参考に 500 kg として、3階床北東部に位置する排気ダクト昇り管内に境界条件を設定する。
- 流入する水素混合気はその組成が不明であるため、空気と混合して水素濃度 50%と仮定し、水蒸気は凝縮したものととしてその濃度を考慮しない。
- 水素混合気は 500 秒間に一定流量で全量流入し、流入終了後に 500 秒の静定期間を設定する。

予備解析の結果では、流入した水素が 3階の排気口がある区画の天井付近に滞留しやすい傾向を示したが、静定期間を経て3階から5階にかけて 13%前後の水素濃度で概ね一様分布した。

爆発解析では、着火位置を3階または4階として20か所を想定した。外壁の喪失は考慮したが、天井・床、排気ダクトを含む内部構造物の変形は無視した。感度解析結果の例として4階東側区画中央付近で着火したケースの概要を述べる。火炎は4階東側区画南北の階段を通じて上下階に伝播し、南西の機器ハッチ開口部等を通じて上下階から4階西側区画に伝播する。4階西側区画全域に火炎伝播するまでに4階及び5階で大きな圧力上昇があり、それによって5階及び4階の多くの壁が破壊される結果となった(図1)。

他の着火位置のケースでも4階及び5階の壁が破壊されやすい傾向にあったが、着火位置により火炎の伝播経路が異なるために破壊される壁の位置に違いがあった。3階壁は上階と比べて外壁が厚いため破壊される程度は小さかったが、3階ではなく4階で着火した場合の方が3階東側壁の破壊がされやすい傾向が見られた。

なお、13%固定の水素濃度を3階から5階にかけて一様分布させ初期の対流の影響を無視した場合は、爆発的な燃焼に至らず大規模な外壁の破壊は見られなかった。本解析手法においては、建屋内に僅かに残存する乱流エネルギーが乱流燃焼速度に影響し、火炎伝播とその後の燃焼挙動に感度を与えたものと考えられる。今後、想定される3号機から流入する水素量をパラメータとした感度解析等を実施し、4号機建屋の水素爆発のシナリオの検討を継続する予定である。

3. 謝辞 本解析では株式会社爆発研究所の吉田正典氏、石倉修一氏及び熊木竜也氏のご協力を頂いたのでここに謝意を表する。

参考文献

[1] 原子力規制委員会、東京電力福島第一原子力発電所事故の分析 中間報告書、平成 26 年 10 月

[2] 野崎ら、「東京電力福島第一原子力発電所炉内状況把握の解析・評価(95)」、日本原子力学会 2017 年秋の大会

*Takeshi Nishimura, Akitoshi Hotta

Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority(S/NRA/R)

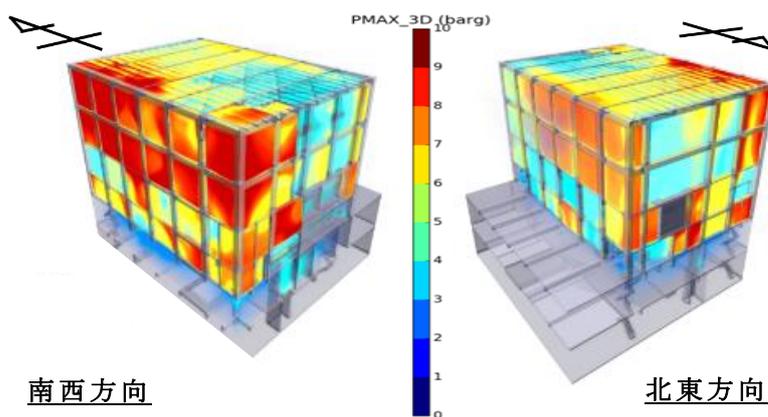


図1 感度解析結果、最大圧力分布[bar, gage]