HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	福島第一原子力発電所 1 号機を中心とした事故の分析と教訓抽出に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	小林, 正英
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11908号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58752
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Masahide_Kobayashi_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　小林 正英

審査担当者　主　査　教　授　奈良林 直
副　査　教　授　森 治嗣
副　査　教　授　村井 祐一
副　査　特任教授　板垣 正文

学位論文題名

福島第一原子力発電所 1 号機を中心とした事故の分析と教訓抽出に関する研究
(Study on lesson and learns through the analysis of the accident mainly on the Fukushima Daiichi nuclear power station unit 1)

2011 年 3 月 11 日に発生したマグネチュード 9.0 の東北地方太平洋沖地震及びそれに伴う津波は、東京電力福島第一原子力発電所を襲い、1 号機から 3 号機の炉心損傷を引き起こすとともに、4 号機の原子炉建屋に甚大な被害をもたらした。事故の詳細な原因分析を行い、同様の事故の再発防止と更なる安全性向上を目指し、しっかりした安全対策を講じる必要がある。

第 1 章においては、本研究の目的が、事故の詳細な分析や解析を通じて事項の原因を明らかにし、再発防止の教訓を得ることであること、そのために、津波来襲前と来襲後の 2 つに分けて検討するとを述べた。

第 2 章においては、地震発生から津波来襲前の段階における記録計や計算機打ち出しによる膨大なデータを詳細に分析し、①各プラントの時系列評価より、津波来襲前までは各プラントとも、所内電源は非常用ディーゼル発電機 (DG) により確保され、主蒸気隔離弁 (MSIV) 全閉時に通常取られる操作で原子炉を冷却していることを示した。また、②格納容器の圧力と温度の分析から、冷却材喪失事故 (LOCA) に相当するような一次系の漏洩はない事を明らかにした。

第 3 章では、津波来襲後の段階での解析を実施した。記録データが非常に少ないため、1 号機を対象に、原子炉工学研究室にて開発した過酷事故解析コード HUSAC(Hokkaido University Severe Accident Code) を用いて解析し、解析結果と記録データから事象を分析した。その結果、③炉心損傷に至った要因は、津波の影響により直流電源を含む全電源を喪失して炉心の崩壊熱の除去に失敗したことであり、設計時に津波の影響を過小評価していたことが更にその要因であったことを指摘した。④津波来襲後は非常用復水器 (IC: Isolation Condenser) が不動作となり、炉心からの蒸気は逃し安全弁を介してサプレッションチェンバーに移行し、原子炉水位が低下し、燃料が露出して炉心損傷に至ったことを示した。また、⑤原子炉圧力容器周りの蒸気の漏洩箇所は逃し安全弁管台フランジ等が想定されてきたが、HUSAC 解析より中性子計装管から漏洩した可能性があることを示した。その後、公表されたデータでは 1 号機 1 階のトラバース式中性子検出器 (TIP) 室の線量が異常に高く、本研究の妥当性が裏付けられた。⑥ 1 号機において IC が 1 基が冷却能力を発揮した場合、約 8 時間で原子炉は大気圧近傍まで減圧され、この間、原子炉水位は維持され、格納容器圧力も上昇しないことより、炉心溶融には至らずに事態を収束できたことを HUSAC コード解析で示した。⑦ IC 隔離弁論理回路の現在のフェイルセーフ設計では、直流電源を含む全電源喪失時に隔離

信号を発することを明らかにした。全電源喪失時に重要な機能を果たす IC に対しては、冷却機能を果たす状態にすることがフェイルセーフ側であるが、IC の伝熱管の破断を想定して原子炉と IC を接続する配管を弁で隔離する (Fail Close) 設計となっている。伝熱管の損傷に対しては、主蒸気の漏洩を伴うので、配管破断を想定して放射能高の検知と AND を取るなど、安全上重要な弁の開閉信号を発する論理回路の総点検が必要であることを指摘した。

第 4 章では、以上の結論 (①〜⑦) に加え、各賞で得られた教訓として、⑧米国では直流電源を含む全電源喪失時には、隔離弁を手動開とし、その訓練も行われていること、全電源喪失発生時の初期ではプラント内の放射線は低く、手動操作が十分に可能であり、この操作により炉心溶融が防げることを指摘した。⑨平時の運転対策として、全電源喪失時のプラントの挙動を論理回路も含めて再点検し、炉心冷却手順に盛り込むことが必要である。作動頻度の少ない安全機器に対して、サーベランス試験実施の有無及び頻度を見直すことも提言した。⑩これらは、新規制基準で考慮されているシビアアクシデント (過酷事故) のアクシデントマネジメント (事故緩和) でも同様であり、平時からのシビアアクシデントに対する十分な検討と準備が重要であることを教訓として指摘した。

以上を要約するに、本研究では、福島第一原子力発電所事故について、(1) 地震発生から津波来襲前の段階では、記録計や計算機打ち出された膨大なデータを詳細に分析し、格納容器の圧力と温度の分析から、LOCA に相当する一次系の漏洩は無い事を明らかにした。(2) 津波来襲後の段階では、記録データが非常に少ないため、1 号機を対象に過酷事故解析コード HUSAC を用いて解析し、炉心損傷に至った要因は、津波の影響により直流電源を含む全電源を喪失して炉心の崩壊熱の除去に失敗したことであり、非常用復水器などの冷却を回復すれば、炉心溶融には至らずに事態を収束できたことを解析で明らかにした。本研究は、厳格な査読を経て既に 3 編の論文として出版された。日本原子力学会の事故調査委員会の報告書にも引用され、事故の技術的知見と教訓を元にした対策案の立案も貢献し、海外へも伝えられた。本研究によって得られた工学的知見は、我が国のみならず、世界の原子力発電所の安全性向上に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があると認める。