

氏名(本籍)	土野 進		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 9822 号		
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	原子力発電所における高エネルギーアーク事象に起因する電気盤およびケーブルの損傷に関する評価		
主査	筑波大学 准教授	博士(工学)	松田 昭博
副査	筑波大学 教授	工学博士	河井 昌道
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	松田 哲也
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	藤野 貴康
副査	東京都市大学 教授	博士(工学)	大鳥 靖樹

## 論文の要旨

審査の対象とする論文は、原子力発電所の高エネルギーアーク事故(HEAF事象)に起因するケーブル火災についての安全性の向上を図ることを目的として、東北地方太平洋沖地震の際に発生した女川原子力発電所での高圧電源盤 HEAF 事象について再現試験を実施し、HEAF 事象での火災の発生要因などの評価を行っている。さらに、HEAF に係る火災時のケーブルの損傷評価において、現行の米国基準を参考とするケーブル損傷基準の妥当性について述べている。

第1章は緒言として、既往の研究及び研究の目的が述べられている。

第2章では、女川原子力発電所の高圧電源盤における HEAF 事象に関する再現試験に基づき、HEAF 事象の挙動を確認するとともに、試験結果に基づいて未だ十分に解明されていない HEAF 事象の総発生エネルギー、HEAF と二次火災火の関係、発生圧力、発生熱流束等における HEAF による影響範囲(ZOI)を解明している。加えて、今後の HEAF 事象に伴う2次火災の防止策、および火災障壁の防護策等に使用可能な知見を明らかにしている。

第3章では、原子力発電施設内で使用される各種ケーブルを対象として、ケーブルの材料区分別の損傷評価を考慮したケーブル火災時の損傷評価に関する試験を実施している。加えて、未だ評価されていない現行のケーブル損傷基準の適用性について評価するとともに、ケーブルが損傷に至るまでの時間を評価する手法について検討している。

## 審査の要旨

### 【批評】

審査の対象とした論文は、原子力発電所の高エネルギーアーク事故（HEAF 事象）とそれに起因するケーブル火災についての安全性の向上を図ることを目的としている。

第2章では、東北地方太平洋沖地震の際に女川 NPP で発生した高電圧開閉器（SWGR）での HEAF 事象を評価事例とした再現試験を行うことによって、発生エネルギーおよび熱、圧力を評価し、発生した電気エネルギーに加え、アーク発生場所のアルミ部材の酸化エネルギーの寄与が大きく、そのために総発生エネルギーが電気エネルギーの 3~4 倍になっていたことを明らかにしている。また、発生圧力の発生源設置空間（機器室、火災区域）への影響が大きく、火災防火障壁として重要な防火扉への影響が大きな課題であることも確認している。さらに、安全性評価基準に係る電源盤 HEAF 時の影響範囲（ZOI）の現行の設定値が必ずしも保守的でないことを明らかにしている。その結果、HEAF 時の全体エネルギーを評価するにはアルミニウム母線材料の酸化エネルギーを発生電気エネルギーに加えて評価することが重要であることを明らかにしている。

第3章では、HEAF 事象に伴う 2 次火災の発火源となるケーブル火災に関連して、現行のケーブル損傷評価基準の妥当性とその評価方法について、ケーブル試験による検討を行っている。熱硬化性（TS）/熱可塑性（TP）混合材ケーブルの場合、既往の研究レポートである NUREG/CR-6850 の熱硬化性（TS）損傷基準を適用することができることを明らかにしている。

以上、第2章の「高エネルギーアーク事故（HEAF 事象）の評価」と、第3章の「材料区分別損傷評価を考慮したケーブル火災時の損傷評価」から、HEAF 事象に関してこれまでに得られていた知見のギャップを埋める知見が得られている。これは、今後の NPP の安全性向上評価に関する審査、および火災 PSA を用いた火災影響評価に活用することができるものと評価できる。

本研究は、原子力発電所の高エネルギーアーク事故（HEAF 事象）とそれに起因するケーブル火災を評価したものとして、高い学術性と実用性を有しており、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な内容となっている。

### 【最終試験の結果】

令和3年1月29日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。