

解説 記事

原子力発電所における核セキュリティと課題 (1) 核セキュリティの基礎

東京大学大学院工学系研究科原子力専攻
出町 和之 Kazuyuki DEMACHI

はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は日本周辺における観測史上最大の地震となり [1]、この地震に伴い発生した津波が東京電力福島第一原子力発電所(以下、1F)を襲った。1Fは全交流電源喪失状態に陥り、原子炉内部や核燃料プールへの注水を行えず、原子炉を冷却できなくなったことで炉心溶融に陥り、最終的には大気中、土壌、溜まり水、立坑、海水、および地下水への広範囲に渡る放射性物質の放出事故に至った。この事故は国際原子力事象評価尺度 (INES: International Nuclear Event Scale) において、1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故と同レベル最悪のレベル7(深刻な事故)に分類され [2]、かつ1999年の東海村JCO臨界事故のレベル4を超える、日本史上最悪の原子力事故となった。

事故発生後、さまざまな新聞、テレビ、インターネットを通して、安全上の枢要設備等が図解付きで、かつアクセスルートも含めて複数の専門家らに解説され、1F事故の詳細な内容が世界中に広く知れ渡ることとなった。その中には、外部電力供給施設などの重要な機器、設備で周辺監視区域外に設置されているものが存在することや、電源装置や冷却装置を代表とする枢要設備を意図的に破壊することで、同等の事故を引き起こせると連想できる内容のものもあった。このことにより、敵対する国に対してのテロリズムを狙うテロリスト集団や個人にとって、原子力発電所は魅力的な攻撃ターゲットのひとつと認識されてしまった可能性が否定できない。いまや、原子力発電所を含む原子力施設の枢要設備を狙ったテロリズムに対するセキュリティの強化が急務であることは世界共通の認識となっており、いかにそれを実現するかが各国における重大な課題となっている。

そこで、原子力発電所に関する核セキュリティはどのように考えれば良いのか? また、これまで想定されていなかった課題は無いのか? またその課題の解決法は何が

あるのか? などの点を整理することを目的に、本記事を執筆することとした。本記事は下記の第1章～第8章により構成され、計4回のシリーズとして執筆する予定である。

- 第1章：核セキュリティに関する重要な歴史と脅威の高まり
- 第2章：核セキュリティの基礎
- 第3章：物理的防護システム
- 第4章：核セキュリティ技術
- 第5章：内部脅威者対策
- 第6章：福島第一発電所事故の教訓
- 第7章：安全とのインターフェイス
- 第8章：新たな核セキュリティ脅威

1. 核セキュリティに関する重要な歴史と脅威の高まり

実は、核セキュリティ強化の早急な実施の必要性は、1F事故以前に起きた様々な事象により、徐々にではあるが、すでに世界中で共通認識になりつつあった。

Fig. 1に核セキュリティに関する重要な事象の年表を示す。

1970年代は、世界が東西に分かれて冷戦の真っ只中にあり、またハイジャックなどの国際テロリズムが頻発した時代であった。そのような状況の元、核テロ防止のための核物質防護を目的とした取り決めを纏めようという動きが、国際原子力機関 (IAEA: International Atomic Energy Agency) を中心に始まった。その結果、核物質の不法な取得・使用から守ることを目的とする条約である「核物質防護条約 (CPPNM: Convention on the Physical Protection for Nuclear Material)」が1972年に採択され、さらに3年後の1975年9月には、核物質の防護を必要とする施設および輸送中の核物質防護の要件を示す勧告書である「核物質防護に関する勧告 (Nuclear Security

<p>1972年 IAEAが核物質防護条約(CPPNM: Convention on the Physical Protection for Nuclear Material)を採択</p> <p>1975年 IAEAが「核物質防護に関する勧告 (INFCIRC/225)」を発行</p> <p>1977年 IAEAがINFCIRC/225/Rev.1発行</p>	1970年代	<p>1974年 インドが核実験を成功</p>
<p>1987年 IAEAがCPPNM を発効</p> <p>1988年 日本がCPPNMに加入</p> <p>1988年 日本が原子炉等規制法を一部改正。核物質防護規定および核物質防護管理者等を追加</p> <p>1989年 IAEAがINFCIRC/225/Rev.2を発行</p>		1980年代
<p>1993年 IAEAがINFCIRC/225/Rev.3を発行</p> <p>1999年 IAEAがINFCIRC/225/Rev.4を発行</p>	1990年代	
<p>2004年 国際連合が安全保障理事会決議1540を採択。</p> <p>2005年 CPPNM改正</p> <p>2010年 第1回核セキュリティサミット(ワシントン)</p> <p>2011年 IAEAがINFCIRC/225/Rev.5を発行</p> <p>2012年 第2回核セキュリティサミット(ソウル)</p> <p>2014年 第3回核セキュリティサミット(ハーグ)</p> <p>2016年 第4回核セキュリティサミット(ワシントン)</p>		2000年代
<p>2011年 福島第一原子力発電所事故</p>	2010年代	

Figure 1: 核セキュリティに関する重要な事象と年表

Recommendations

on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (INFCIRC/225)」が発行された。INFCIRC とは Information Circulars の略であり直訳すると「情報回覧」であるが、IAEA が主要な論点をまとめて発行する拘束力のないガイドラインという位置づけである。この INFCIRC/225 発行の前年にあたる 1974 年 5 月、インドが国連常任理事国以外の国で初めて核実験を成功させ、米・ソ・英・仏・中に続き世界で 6 番目の核兵器保有国となった。この核実験をきっかけに INFCIRC/225 は発行からわずか 2 年後の 1977 年に第 1 回の改訂 (INFCIRC/225/Rev.1) を行い、核物質の防護を必要とする施設および輸送中の核物質防護の要件を示す世界初の文書となった。一方で、1979 年 3 月には米国でスリーマイル島原子力発電所事故が発生し、世界初の原子力事故となった。また、米ソ冷戦の緊張をさらに高めるきっかけとなったソ連によるアフガニスタンに侵攻が始まったのも 1979 年である。このように 1970 年代とは、東西冷戦の副産物として核セキュリティ脅威の種 (たね) が

生み落とされ、かつその東西冷戦自体も膨れ上がっていった時代であった。

米ソ冷戦の緊張がまだ収まる気配を見せない 1980 年代の半ば、1986 年に発生したのがソ連 (現ウクライナ) でのチェルノブイリ原子力発電所事故である。この事故が遠因でソ連は崩壊したとも言われており、原子力は歴史さえも左右し得る、ということを感じさせる。一方、事故から 1 年後の 1987 年 2 月に、核物質防護条約 (CPPNM) が採択から 15 年の年月を経て発効された。その 1 年後の 1988 年には日本もこの条約に加入し、核物質防護規定および核物質防護管理者等を追加する原子炉等規制法の一部改正と関連法令の整備を行った。1989 年 12 月、チェルノブイリ事故から 3 年後に当たるこの年に、地中海のマルタ島で米ソ両首脳により開催されたマルタ会談にて「東西冷戦の終結」が宣言されるという、まさに世界平和が大転換する事件が起きた。このように 1980 年代は、核セキュリティに関する基本文書が成立し始めるとともに、長く続いた東西冷戦により幕が下りた時代でもあった。しかし、「東西冷戦の終結」は新たな脅

威をも産み出した。

「東西冷戦の終結」宣言から2年後1991年、政治的権威が著しく失墜していたソビエト連邦が、ついに崩壊した。これには、チェルノブイリ原子力発電所事故がソ連の技術力・社会組織に対する信頼性を大きく損ねたことも深く関わっているはずである。一方、ソ連崩壊は、管理が甘くなった原子力施設・核関連施設からの、核兵器や核物質の海外への不法移転を誘発した。すなわち、「国などが管理しない」核物質が、大量に世に放たれてしまったのである。国際原子力機関(IAEA)が提供する不法取引データベース(ITDB: Incident and Trafficking Database)のFact Sheet 2016 [3]によると、1993年から2015年までに131の加盟国から報告された「核セキュリティに関する不法行為」の件数は2889件であった。実に、3日に1件の割合で発生しているという驚くべき頻度で、世界のどこかで核セキュリティの不法行為が発生しているのである。その端緒は紛れもなくソ連の崩壊であった。このように、1990年代は、核戦争の脅威に代わって新たに核テロの脅威が頭を擡げた時期であった。そしてこの時代に同時に頭を擡げ始めたのが、イスラム原理主義者によるテロ事件である。テロ事件自体は1970年代から起き始めていたが、その件数が急増したのが1990年代後半であった。

一方、INFCIRC/225は、1993年9月と1999年6月にそれぞれ3回目と4回目の改訂版であるRev.3とRev.4を発行している。日本ではこのRev.4を取り入れて2005年に原子炉等規制法及び関係省令を改正し、防護体制の充実(核物質防護検査の実施・設計基礎脅威の策定・秘密保持精度の導入)を図った。

そして2001年9月11日、冷戦の勝者としてPax Americana(アメリカによる平和)を謳歌していたアメリカで、米国本土への初の攻撃となる同時多発テロ事件が発生し、3,000人を超える犠牲者を生んだ。この事件が証明したのは、「テロは国境を越えてやってくる」、「核テロも起こり得ないという保証はない」という厳しい現実であった。さらに3年後の2004年、パキスタンの「核開発の父」と言われたアブドゥル・カディール・カーン博士を中心とした核の闇市場「カーンネットワーク」の存在が明らかにされるとともに、リビア、イラン、北朝鮮に核技術の提供があったことが発覚したことで、核テロ脅威とは決して夢物語ではなく現実の脅威であるということの世界に知らしめたのである。国際連合はこの事態に対処するため、加盟国に大量破壊兵器拡散抑止のための具体的な国内法整備を求める安全保障理事会決議

1540を、2004年4月に採択した。また、核物質防護条約(CPPNM)も、国内輸送・使用・貯蔵中の核物質および原子力施設への適用範囲の拡大、および防護措置の強化、条約上の犯罪の拡大等を骨子として2005年7月に改正された。このように2000年代は、核テロ脅威が現実になり得る脅威になるまで成長し、世界が核セキュリティ強化のための対策に本格的に取り組み始めた時代であった。

この流れを受けて、米・オバマ大統領が提唱し、2010年4月にワシントンで開催されたのが第1回核セキュリティサミットである。サミットには各国の首脳および国際機関が集い、核テロ対策のための基本姿勢や取り組み状況、国際協力の在り方が議論された。また2011年2月には、INFCIRC/225の第5回目の改訂版であるRev.5が発行されている。そして同年3月、日本では悲劇的な災害が起こった。3月11日の東北地方太平洋沖地震とこれに伴う津波によってもたらされた1F事故である。事故の詳細についてはここでは改めて述べないが、1F事故の教訓、およびINFCIRC/225/Rev5を取り入れ、2012年3月に原子炉等規制法関係省令が後述のように改正されている。なお、第2回サミットは2012年3月に韓国・ソウルにて開催された。

その後、第3回サミットは2014年3月にオランダ・ハーグにて開催された。第3回で採択された成果文書であるコミュニケでは、核セキュリティと安全とのインターフェースの重要性が初めて盛り込まれた。そして最終回である第4回サミットは2016年4月に再び米国・ワシントンで開催された。第4回コミュニケでは、全ての核物質及びその他の放射性物質並びに各国の管理下にある原子力関連施設のセキュリティを、あらゆる段階において効果的に維持することの国家の基本的責任が再確認されるとともに、国際協力のためのIAEAの責任と重要性も再確認された。

2. 核セキュリティの基礎

ここでは基礎としてまず、核セキュリティとは何か?を、IAEAによる核セキュリティ脅威の定義に基づいて説明し、かつIAEAが構築しようとしている対策を、IAEA文書体系から説明することを試みる。

2.1 核セキュリティの定義

核テロリズム脅威とは核セキュリティが相対する脅威のことであり、盗難、放射線物質の散布、水や空気の汚染、妨害破壊行為の4種類が国際原子力機関(IAEA)に

よって想定されている [4]。具体的には、以下の4つの脅威が現実のものとならないよう取られる措置のことを核セキュリティと呼ぶ (Fig.2)。

- ① 軍用核兵器の盗取
- ② 核物質の盗取と核兵器製造
- ③ 放射性物質の発散装置の製造
- ④ 原子力発電所や再処理工場に対する妨害破壊行為

①の脅威では、核兵器製造・保管施設等の軍事施設から核兵器を盗取し、これをテロに使うことを目的とする。②の脅威では、核燃料製造・貯蔵・再処理施設等から核燃料物質を盗取し、これを用いて核兵器を製造することが目的である。③は放射性物質取扱施設や病院等から盗取した放射性物質を爆弾に混ぜ公衆で爆発させることで放射性物質を散布する放射能兵器 (RDD: Radiological Dispersal Device) や、散布装置を用いて公衆を被ばくさせる放射線散布装置 (RED: Radiological Emission Device)

など、いわゆる「汚い爆弾 (=ダーティボム)」の製造を目的としている。さらに④は、破壊行為によって安全機能を喪失させ、重大過酷事故を引き起こすことが、その目的である。

上記の4つの脅威の内、原子力施設への主要な脅威は妨害破壊行為であると考えられている。なぜならば、原子力施設はそもそも放射線物質を内部で扱っている都合上、放射性物質による汚染への耐性を十分に持っているため、汚染によって施設自身への機能損失には直接の影響を与えることはないと考えられるためである。また、原子力発電等で保管する使用済み核燃料が盗難にあう可能性も存在するが、この脅威も施設そのものの機能へ甚大な影響を与えることはない。一方で、妨害破壊行為は原子力施設の枢要設備に直接的な被害を与えることを目的としており、これにより安全機能を喪失させ得る。喪失する機能によっては、1F事故のような重大事故に至る可能性もある。このため、妨害破壊行為への対応が原子力施設では最重要視されている。



Figure 2: IAEA が提唱する4種の核セキュリティ脅威と対象施設等 [4]

2.2 IAEA 核セキュリティ文書

IAEA は、核セキュリティ計画を立ち上げ、加盟国が自国の核セキュリティ体制を確立、実施、維持するのに使うことができるように勧告及び手引きを提供するための文書シリーズを策定した。

Figure 3 に、IAEA が発行する核セキュリティに関する文書、Nuclear Security Series (NSS) の体系を示す。NSS は基本文書 (Fundamentals)、勧告文書 (Recommendations)、実施方針 (Implementing Guides)、技術手引き (Technical Guidance) の4つの階層構造から成る。

最上層に位置するのが基本文書に相当する NSS No. 12, “Objective and Essential Elements of a States Nuclear Security Regime” であり、核セキュリティの目的・概念および原則を含み、第2層である勧告文書の基礎となる。

第2層に位置するのは「What: なにをすべきか」を定義する3つの勧告文書 NSS No. 13, 14 および 15 であり、対策として不可欠な要素を詳細化し、基本文書を適用しようとする加盟国によって実施されるべき勧告要件としての最良事例 (ベストプラクティス) を示している。これら3つの勧告文書は互いに補完的で整合性のあるものであり、包括的な国の核セキュリティ体制を確立するためには3つの文書のすべての勧告が実施されるべきであるとされている。

- NSS No. 13, “Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities” (核物質および原子力施設の物理的防護に関する勧告)
- NSS No. 14, “Nuclear Security Recommendations on Radioactive Material and Associated Facilities” (放射性物質および関連施設に関する勧告)
- NSS No. 15, “Nuclear Security Recommendations on Nuclear and Other Radioactive Material out of Regulatory Control” (規制上の管理を外れた核物質およびその他の放射性物質に関する核セキュリティ勧告)

この中で NSS No. 13 は「核爆発装置」のための盗取や妨害破壊行為に対抗するための防護措置に関する勧告を、NSS No. 14 は RDD や RED などの「汚い爆弾 (= ダーティボム)」のための核燃料物質や放射性物質の盗取に対抗するための防護措置に関する勧告を、それぞれ提供している。そして NSS No.15 は、核物質や放射性物質

が盗取された場合等、それがテロに使用される前に、回収し、安全な状態にするための体制や対応計画等に関する勧告を提供している。

NSS No.13 はまた、INFCIRC/225/Rev.5 を兼ねてもいる。Rev.5 の新たな強調点は以下の16点であった。

- ① 基本原則 (改正核物質防護条約及び基本文書との関係)
- ② 段階的手法と深層防護の深化
- ③ 対抗部隊との協力と演習の実施
- ④ 性能基準に基づく物理的防護システムの設計、評価及び改善
- ⑤ セキュリティ計画及び危機管理計画の作成
- ⑥ 放射線影響に基づく妨害破壊行為に対する防護レベル区分
- ⑦ 核セキュリティのための計量及び管理
- ⑧ 内部脅威者の脅威に対する防護
- ⑨ スタンドオフ攻撃に対する防護
- ⑩ コンピューターセキュリティ
- ⑪ 立入制限区域の設定 (深層防護の徹底)
- ⑫ 慣行による慎重な管理の要件を定義
- ⑬ 中央警報ステーションの非常時における基本機能継続のための冗長性確保
- ⑭ 行方不明の核物質の発見及び回収
- ⑮ 妨害破壊行為の影響の緩和及び最小化
- ⑯ 安全とセキュリティのインターフェースの明確化と協力推進の必要性

このうち⑯にもあるように、NSS No. 16 (INFCIRC/225/Rev.5) には原子力の安全に関する勧告も多く含まれている。第7章でもとりあげるつもりでいるが、ここで、核セキュリティと原子力安全とのインターフェースが重要であることがしっかりと提唱されていることは、原子力発電所の核セキュリティを考える上で、着目すべき重要な点の1つである。

これらの16の強調点を取り入れて2012年3月に行われた原子炉等規制法関係省令の改正では、下記①~⑩が導入された。

- ① 立入制限区域の設定
- ② 核物質の計量及び管理システムの活用等
- ③ 見張人詰所 (中央警報ステーション) の強化
- ④ 見張人詰所 (中央警報ステーション) の機能の冗長化

- ⑤ 不正傍受対策等
- ⑥ 無停電対策
- ⑦ 情報システムの防護 (サイバーセキュリティ対策)
- ⑧ 事業所内運搬における核物質防護
- ⑨ 2人ルール適用
- ⑩ 車両の駐車区域の設定

- 訓練ガイド: IAEA トレーニングコースの概要とマニュアル
- サービスガイド: IAEA の核セキュリティ助言派遣団の行為と範囲についてのガイダンス

国際原子力機関 (IAEA) の文書体系の第3層の実施指針は、「How: どのように実施すべきか」を勧告する文書であり、勧告文書のさらなる詳細を提供し、その実施手段を提供している。実施指針に該当する文書は、Fig. 3 に示す 14 の核セキュリティ文書シリーズが該当する。

国際原子力機関 (IAEA) の核セキュリティ文書体系の第4層の技術手引きは、実施指針を具体的に実現するためガイドラインであり、その内容は以下の通りである。

- 参考マニュアル: 特定分野もしくは行動について実施指針を適用するための詳細な手段と指針

以上のように、IAEA 文書は、基礎文書—勧告文書—実施方針—技術方針の4つの階層構造から成り立っており、IAEA に加盟する国は、これらに基づいて自国の体制を確立することが望まれている。すなわち、IAEA 文書は核セキュリティ対策のために世界各国が共有する指南書のようなものである。我が国も例外ではなく、すべての対策は IAEA 文書に則って構築されている。もちろん、これらの文書を守ってさえいれば対策は万全である、ということはありません。各国はさらなる努力をしなければなりません。しかしながら、IAEA 文書は、国が共有すべき基礎中の基礎なのである。

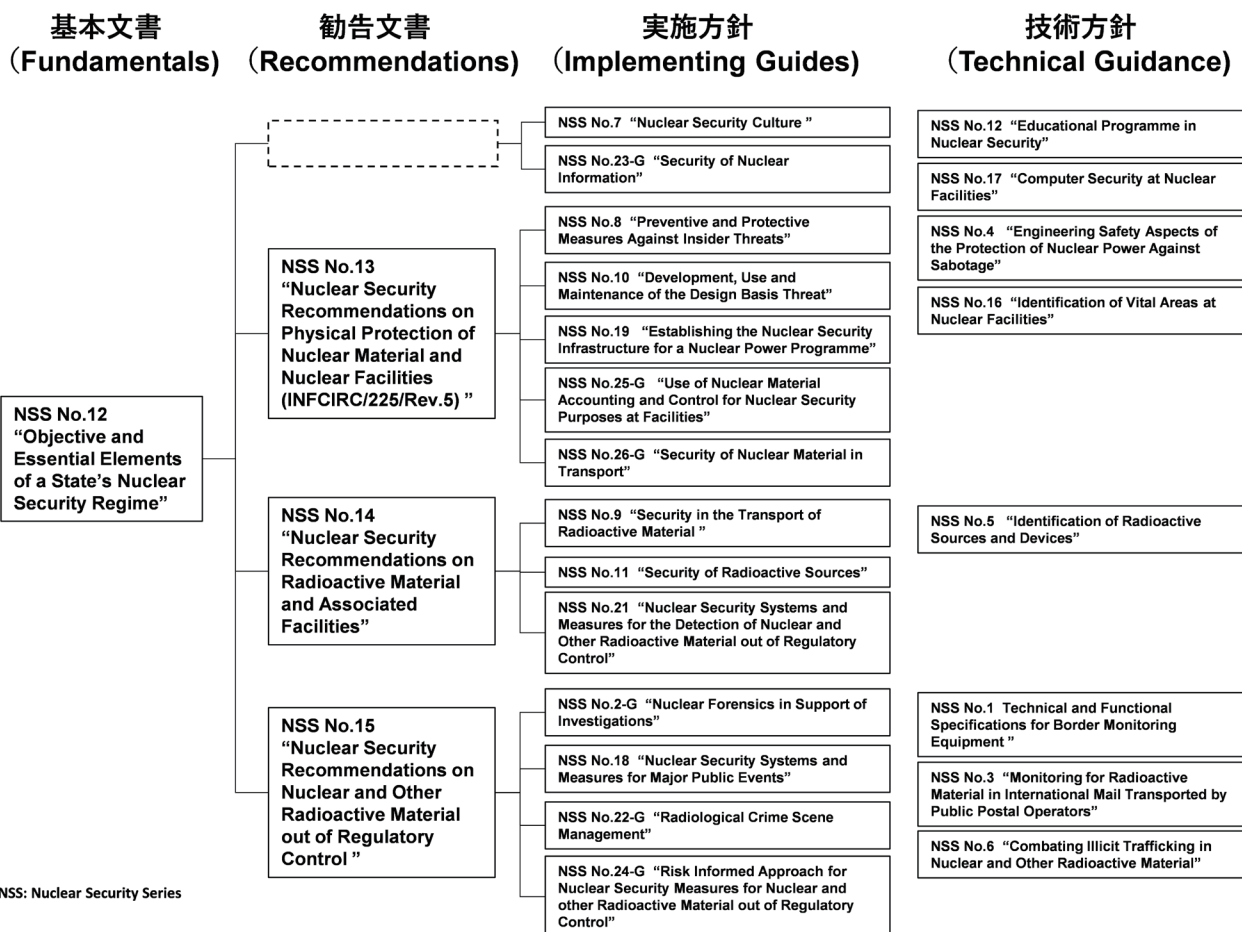


Fig. 3: IAEA が発行する核セキュリティ文書シリーズ (NSS) の体系

おわりに

冒頭で1F事故による原子力発電所への核セキュリティ脅威の高まりを述べ、第1章では1F事故以前から始まっていた核テロの脅威増大の経緯について説明した。また第2章では、核セキュリティ脅威とIAEA文書(NSS)について説明した。

次号では、核セキュリティのための防護システムはどうかあるべきか、また、そのための技術にはどのようなものがあるのか、について、述べさせていただきたい。

(平成29年8月30日)

参考文献

- [1] 気象庁ホームページ, http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2011_03_11_tohoku
- [2] 電気事業連合会ホームページ, http://www.fepec.or.jp/nuclear/safety/past/sw_index_03/
- [3] Incident and Trafficking Database, Fact Sheet 2016 by IAEA, <https://www-ns.iaea.org/downloads/security/itdb-fact-sheet.pdf>
- [4] 外務省ホームページ, http://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page22_000968.html

著者紹介

著者：出町 和之 所属：東京大学大学院工学系研究科原子力 専攻 准教授 専門分野：核セキュリティ工学、医用画像工学、 原子力保全工学
--

日本保全学会誌『保全学』 論文・研究ノート投稿のお願い

日本保全学会では、『保全学』誌への投稿論文・研究ノートを随時募集しております。ご投稿の際には本学会ウェブサイトもしくは本誌巻末にて、「投稿規定」ならびに「執筆要項」をご確認の上、ご投稿ください。

日本保全学会ホームページ 投稿論文について
<http://jsm.or.jp/jsm/paper.html>

皆様からのご投稿を心よりお待ちしております。