

令和4年度シンビオ社会研究会第2回研究談話会次第

- 1.日時：令和5年3月8日(水)14:30～17:30
- 2.会場：京都大学宇治キャンパス5F本館会議室(N571)及びWEBによる
- 3.主催：特定非営利活動法人 シンビオ社会研究会
- 4.共催：京都大学エネルギー理工学研究所ゼロエミッション(Ze)研究拠点
- 5.趣旨

本年度の研究談話会では、当会が取り組んでいる研究調査事業の進展を会員の皆様に紹介している。今回の研究談話会は、次の3つの講演で構成している。講演Ⅰと講演Ⅱでは、令和4年度に自主事業として新たに取り組んだアクティブラーニングのパイロットスタディと、京大エネルギー理工学研究所 Ze 拠点への提案型共同研究「ICT 適用による保全技術高度化」の実施状況について、担当理事が報告し、会員の意見を令和5年度の取り組みの発展に反映したい。次いで講演Ⅲでは、システムの信頼性解析手法の研究で世界的にご活躍の松岡猛先生をお招きし、先生が最近発表されたシステム信頼性解析法 GO FLOW の研究の進展と、それによる実際の解析の PC による実演を含めて講演をお願いした。多数の会員の参加を期待している。

＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝プログラム＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝

総司会 副会長 辻倉 米蔵 理事

1. 開会の挨拶 14時30分～14時35分

吉川榮和シンビオ社会研究会会長（京大名誉教授）

2. 講演Ⅰ 14時35分～15時15分

司会：森下 和功理事(京都大学准教授)

表題 「アクティブラーニングによるエネルギー科学のパブリックアウトリーチ」

【講師】八尾 健 氏（シンビオ社会研究会・理事、京都大学名誉教授）

【略歴】1973年京都大学工学部工業化学科卒業、1978年京都大学大学院工学研究科博士課程修了、同年京都大学工学部助手、助教授を経て1995年京都大学工学部教授、1996年京都大学エネルギー科学研究科教授・工学部教授、2005年京都大学評議員、2006年京都大学エネルギー科学研究科長、2008年京都大学経営協議会委員、同年文部科学省 GCOE 拠点リーダー、2014年京都大学名誉教授、同年国立香川高等専門学校校長、2018年国立香川高等専門学校名誉教授、2019年富山県立大学客員教授、2022年シンビオ社会研究会理事。X線結晶学、材料電気化学、生体材料学が専門 工学博士、第1種放射線取扱主任者、第1種情報処理技術者



【講演要旨】

従来、原子力に関する社会へのコミュニケーションは、その安全性や有用性に重心が置かれているが、原子力の是非をめぐって感情的な極論に陥ることを防ぎ、合理的・客観的な判断を得るためには、技術の基盤にある基礎学理の理解が不可欠である。我が国では、原子力の知識において、専門家と非専門家との間の知識のギャップが大きく、専門家の真意が十分伝わらない恐れがある。この状況においては、アクティブラーニング（主体的対話的な深い学び）活動を進めることが非常に有効と考えられる。専門家の説明をそのまま取り入れるのではなく、グループで討論を重ね、互いに教え合うことにより、メン

バーに相応する理解が醸成され、大きな学修効果が得られる。また教材も、科学者の伝記や社会的ノンフィクションを選択することにより、人物や事件に興味を持ちながら、原子力に理解が進み、大きな効果を生み出すことが期待される。シンビオ社会研究会において、令和4年12月に、京都大学の学生5名（理系2名・文系3名）を対象に、エンリコ・フェルミの伝記を教材として、科学者の人物像に迫ることを目的として、アクティブラーニングを実施した。実施後のアンケートでは、「科学者に興味を持った」や「原子力に興味を持った」の項目に多数があり、当初の目的が達成された。来年度においても、本アクティブラーニングを継続して実施する。

カーボンニュートラルを達成するゼロエミッションのための対象となるエネルギーは、原子力発電と核燃料サイクル技術、各種の再生可能エネルギーに加え、核融合、水素エネルギー、宇宙太陽光発電等ゼロエミッションに貢献する将来のエネルギー、加えて現在の化石燃料の排ガス処理法の改善をも広く含む非常に広範なものである。さらにこれらの専門領域が、複雑に関係しあっており、ゼロエミッションの実現には、幅広い総合的な思考が不可欠である。各研究者の専門が細分化され、幅広い考察を妨げている弊害を取り除き、先端エネルギー科学の確固たる専門分野を有するとともに、専門外分野においても、深い理解を示す若い人材の育成を行う、パブリックアウトリーチ活動が重要である。そのため、科学者の伝記を教材として、科学者の業績を時間軸に沿って理解し、幅広い科学知識を学修するアクティブラーニングを行うことを、新規に計画した。卓越した業績を上げた科学者は、また幅広い研究を行っている。一人の人間が、幅広い研究を行ったことを実感すれば、若い世代への大いなる刺激にもなるであろう。

八尾健氏の発表資料 [こちら](#)

—————休憩(15時15分～15時25分)—————

3. 講演Ⅱ 15時25分～16時05分

司会：松岡 猛 氏（宇都宮大学教授）

表題 「ICT適用による保全工学高度化に関する共同研究の進展」

【講師】吉川 榮和 氏（シンビオ社会研究会・理事、京大名誉教授）15時25分～15時40分

【略歴】1970年京大大学院工学研究科博士課程電気工学第二専攻修了（工学博士）その後京大原子エネルギー研助手、動燃副主任研究員を経て81年8月京大原子エネルギー研助教授、92年8月教授。96年5月新設の大学院エネルギー科学研究科に移動。2004年評議員、2005年エネルギー科学研究科長、2006年3月末京大定年退職、4月より京大名誉教授。2007年7月より現在までNPO法人シンビオ社会研究会会長。原子力安全、マンマシンシステム、エネルギー情報学が専門



【質疑応答】 15時40分～15時45分

吉川榮和氏の発表資料 [こちら](#)

【講師】新田 純也 氏（シンビオ社会研究会・理事、アルカディア・システムズ（株）取締役）

15 時 45 分～16 時 00 分

【略歴】1977 年同志社大学工学部電子工学科卒業。日本楽器製造株式会社を経て、日本メカトロン株式会社に入社。その間約 20 年間、計測制御アプリケーションプログラム開発及びシステクエンジニアリングに従事。その後、アルカディア・システムズ株式会社に転籍。約 20 年前に高調波診断技術に出会い、その普及活動に従事。その間、国からの助成金を得て HAMOS（高調波による電機設備の状態監視システム）を試作開発する。専門は、高周波移動体通信、半導体特性の評価及び解析、材料強度（ヤング率、剛性率、ポアソン比、内部摩擦）の温度依存性測定技術及びそのシステム開発（-150 度から +300 度、RT から 1250 度）現在は高調波診断技術の普及と後身の指導に注力。



【講演要旨】

京大エネルギー理工学研究所には、ゼロエミッションエネルギーインフラの構成要素になる各種の計測器、電動機、変圧器、弁、配管、電線ケーブル等多数の機器があり、個々の機器の劣化や故障の検知・診断方法の開発検証の場を提供するばかりでなく、無線でセンサネットワークを構成して設備全体の信頼性の評価や予測を行う予測解析手法の開発検証が実験的に行える。

令和 4 年度は機器構成が比較的小規模な量子・加速粒子総合工学研究棟 DuET 施設の協力を得て、高調波診断法による電気機器の異常や劣化、故障を診断する実験を行った。具体的には DuET でのサンプル試験片照射実験時の 2 つのイオン加速部の真空ポンプの電源とイオン軌道を曲げる電磁石コイルの電源に高周波診断システムに適用して実験を行い、得られた実験結果を解析した結果を報告する。

令和 5 年度の研究では構成が DuET より機器構成が複雑なヘリオトロン J 実験施設を対象に、ヘリオトロン J の異常検知診断や運転制御への高度 ICT の新たな適用を試みる。具体的には複雑システムの機能構造の図式表現法であるマルチフローモデル (MFM) の適用、GO-FLOW による運転制御システムの動的信頼性の定量解析、さらには観測データと数値シミュレーションの融合をはかるデータ同化や AI 応用など、高度 ICT の適用性に関する研究への発展を検討している。

【質疑応答】 16 時 00 分～16 時 05 分

新田純也氏の発表資料 [こちら](#)

4. 講演Ⅲ 16 時 05 分～17 時 10 分

司会：五福 明夫 氏（岡山大学教授）

表題 「システム信頼性解析手法 GO-FLOW の新たな展開」

ー ループ構造を考慮したフェイズドミッションシステムの解析例 ー

【講師】 松岡 猛 氏（宇都宮大学、非常勤講師）

【略歴】1968 年 3 月 東京工業大学 理工学部 物理学科卒業，1970 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻（修士課程）修了，1973 年 3 月東京大学大学院理学系研究科物理学専攻（博士課程）単位取得退学。

運輸省船舶技術研究所にて原子力船の安全性研究に従事，1979-1980 年米国 MIT 留学，2000 年 4 月船舶技術研究所部長、領域長を経て，2006 年 4 月宇都宮大学大学院工学研究科教授，2013 年 4 月より現職。システム信頼性工学、安全工学の研究に従事，日本信頼性学会、日本原子力学会，日本工学アカデミー、ANS 他会員。工学博士、宇都宮大学非常勤講師、学術会議特任連携会員。



【講演要旨】

BWR プラント起動時の論理ループ構造を考慮した信頼性解析を実施した。このシステムの起動時の動作は特徴的なフェーズド・ミッション・システム (PMS) となっている。

信頼性解析やアベイラビリティ解析における論理的ループを解く問題は、長い間苦慮されてきた。論理ループのサポートシステム間の依存関係が比較的弱い箇所 で切断し、ループのない新しい論理を展開する試みが従来から多くなされている。Vaurio は論理ループを解消するための反復法を提案した。この方法では、ループ構造の再現性を反復計算で考慮するため、非常に直感的であるが一つの解の可能性を与えるだけである。一方、厳密解を得るためのアプローチが著者によって提案され、論理ループを持つブール関係に対して、任意の集合を持つ形式解を与える方法が提案された。論理的ループ構造を持たないこの解を、フォールトツリー (FT) や図形ベースの信頼性解析手法に利用することによりループシステムの解が求まる。

本解析方法を、簡便性、直接性、厳密性の観点から採用し、図形ベースの信頼性解析手法の一つである GO-FLOW によってシステムのモデル化を行った。実際の大規模システムである BWR 原子力発電所システムを取り上げ、形式的解析解における任意集合の決定方法について詳しく解説する。

技術の発展に伴い、多くのシステムが高度化・複雑化している。これらのシステムの多くは、原子力発電所や航空宇宙システムなど、フェーズド・ミッション・システム (PMS) と呼ばれ、異なるタスクを複数の連続した期間で実行するものとなっている。このような工学システム、特に安全や事故防止といった重要なミッションをサポートするために設計されたシステムにおいては、ミッションの信頼性を正確に求めることが極めて重要である。

一般に、PMS の解析方法は、シミュレーションに基づく方法と解析的な方法の 2 種類に分類される。解析的手法はさらに、(1) フォールトツリー (FT)、バイナリ決定図 (BDD) などの組合せ手法、(2) マルコフプロセス、ベイズネットワーク (BN) などの状態空間モデルベース手法、(3) 前二者の組み合わせであるモジュール手法の三つのグループに分けることができる。

ループ構造を持つシステムを非解析的に解くと、各フェーズで反復計算や数値計算が必要になる。そのため、ループ構造を持つ PMS の解析において、異なるフェーズ間の依存関係を扱うことが非常に困難となる。このため、ループ構造を持つ PMS の信頼性解析の文献はほとんど見られない。本研究では、ループ構造の論理を厳密解の助けを借りて GO-FLOW チャート上に直接モデル化した。また、BWR・PMS を GO-FLOW 解析における PMS オペレータを用いて同じ GO-FLOW チャート上にモデル化している。GO-FLOW 手法は解析的な組合せ手法であり、解析の初期段階で独立した構成要素に対して数値計算を行う。このため、ループ構造を持つ PMS の信頼性解析が容易かつ効率的に、高速に行える様になっている。

以上の技術的要件を説明し、取り上げた BWR 起動時の信頼性解析結果について論じる。

さらに、講演に引き続いて GO-FLOW 解析システムの実演も行う。GO-FLOW プログラムパッケージを PC にインストールし、チャートエディタを立ち上げ、いかに GO-FLOW モデルを作成するかの手順を紹介する。実際に本講演での解析データを用いた解析を行い、解析結果の出力の見方の説明も行う。比較的簡単に GO-FLOW を使用できることが実感できると思います。

松岡猛氏の発表資料

[こちら](#)

5. 閉会の挨拶

17 時 10 分～17 時 15 分

総合司会 辻倉 米蔵 副会長