



International Symposium on  
**Design for the  
Sustainable  
Society via Digital  
Technology**

- Cooperated by Digital Transformation,  
Semiconductor, and Manufacturing -

20  
23 **2.2** Thu **13:00-17:45**

20  
23 **2.3** Fri **10:00-17:10**

Tachibana Conference Hall,

**Sendai International Center / Online**

**Program**

# Program

**Thursday, February 2, 2023**

Chair: Toshiyuki Takagi (Tohoku University)

13:00-13:15

## **Opening Remarks**

Motoko Kotani (Executive Vice President for Research, Tohoku University)

Tatsuya Nagakubo (Corporate Officer, Tokyo Electron Limited)

Yu-Han Tsou (Senior Advisor, General Director, Science and Technology Division, NSTC in Taiwan/Taipei Economic and Cultural Representative Office in Japan)

## **Plenary Talk**

13:15-13:45

Tetsuo Endoh (Tohoku University)

## **Game Change by Spintronics Low-Power Semiconductors and its Contribution to Carbon-Neutral Society**

## **Session 1: Perspectives on Semiconductor and its application on Digital Technology**

Chair: Tetsuo Endoh (Tohoku University)

13:45-14:30

Shigeki Tomishima (Intel Corporation) [Online]

## **The Role and Importance of Semiconductor Memory in High-Performance Computing**

14:30-15:15

Makoto Onodera (TSMC Japan Limited)

## **Perspectives of semi-conductor market and TSMC**

15:15-16:00

Hiroshi Okajima (Toyota Motor Corporation)

## **Reforming Our Company to Become a "Mobility Company"**

16:00-16:15

Break

**Session 2: TEL Special Session**

Chair: Mitsuyuki Yamaguchi (Tokyo Electron Limited)

16:15-17:00

Tsuyoshi Moriya (Tokyo Electron Limited)

**Utilize Informatics on Semiconductor Manufacturing Process**

17:00-17:45

Yuji Ogino (Tokyo Electron Limited)

**Toward the realization of a sustainable society**

**Friday, February 3, 2023**

**Session 3: Digital Technology for solving the social issues**

Chair: I-Ching Chen (Tohoku University)

10:00-10:45

Ching-Chuan Jiang (Fu Jen Catholic University Hospital)

**MAC WARD-An Innovative Negative-pressure Isolation Ward**

10:45-11:30

Tomoko Konishi-Nagano (Fujitsu Limited)

**Cross-Industry Collaboration Challenge of Scope3 CO<sub>2</sub> emissions  
data exchange through Data Visualization Project of Green x Digital  
Consortium**

11:30-13:00

Lunch Break

**Session 4 Designing the sustainable society via Digital Technology**

Chair: Yoshiaki Maeda (Tohoku University)

13:00-13:30

Kiyotaka Naoe (Tohoku University) [Online]

**Introduction to the TEL-TFC joint program for 2022-2024**

13:30-14:15

Kazuyo Matsubae (Tohoku University)

**Pros and Cons of Digital Society from socio-economic perspectives**

14:15-15:00

Makoto Takahashi (Tohoku University)

**Importance of Human Positive Contribution to Safety  
-Need for Reciprocal Relationship of Human and AI technology-**

15:00-15:10

Break

### **Session 5: Concluding Discussion**

15:10- 15:40

Moderator:

Yasuhiro Fukushima (Tohoku University)

Panelists:

- Kazuyo Matsubae (Tohoku University)
- Yuji Ogino (Tokyo Electron Limited)
- Makoto Takahashi (Tohoku University)
- Yasunori Yamanouchi (Tohoku University)

### **Session 6: Presentation by Junior Researchers**

15:40- 16:50

Presentation

16:50- 17:00

Award Ceremony

17:00-17:10

Closing Remarks

Tetsuya Nagasaka (Vice President for Social Outreach and Research Collaboration, Tohoku University)

# プログラム

**2023年2月2日(木)**

座長：高木 敏行(東北大学知の創出センター 副センター長)

13:00-13:15 開会挨拶

小谷 元子 (東北大学理事・副学長 (研究担当)、東北大学知の創出センター長)

長久保 達也 (東京エレクトロン株式会社 専務執行役員)

鄒 幼涵 (Yu-Han Tsou) (台北駐日経済文化代表処 科学技術部顧問)

13:15-13:45 基調講演

遠藤 哲郎 (東北大学 国際集積エレクトロニクスセンター長)

**スピントロニクス省電力半導体による ゲームチェンジと、カーボンニュートラル社会への貢献**

Session 1 : 半導体とデジタル技術の活用

座長：遠藤 哲郎(東北大学 国際集積エレクトロニクスセンター長)

13:45-14:30

富嶋 茂樹 (インテルコーポレーション、データセンター & AI グループ・データプラットフォームス  
プリンシパル・エンジニア) [オンライン]

**高性能コンピューティングにおける半導体メモリの位置づけと重要性**

14:30-15:15

小野寺 誠 (TSMC ジャパン株式会社 代表取締役社長)

**半導体市場の展望と TSMC のご紹介**

15:15-16:00

岡島 博司 (トヨタ自動車、先進技術統括部 主査・担当部長)

**モビリティカンパニーへの変革に向けて**

16:00-16:15 休憩

Session 2 : TEL 特別セッション

座長：山口 光行(東京エレクトロン株式会社 サステナビリティ統括部)

16:15-17:00

守屋 剛 (東京エレクトロン株式会社 先端データ企画部 部長)

**半導体製造プロセスへの情報技術の適用**

17:00-17:45

荻野 裕史 (東京エレクトロン株式会社 サステナビリティ統括部 部長)

**サステナブルな社会の実現に向けて**

**2023年2月3日(金)**

座長：陳 怡靜(東北大学知の創出センター プログラムコーディネータ)

Session 3 : デジタル技術の活用と社会課題解決

10:00-10:45

Ching-Chuan Jiang (Vice Superintendent, Fu Jen Catholic University Hospital)

**MAC WARD-An Innovative Negative-pressure Isolation Ward**

10:45-11:30

永野 友子 (富士通株式会社 サステナビリティ推進本部環境統括部 環境デザイン部 マネージャー)

**Green x Digital コンソーシアムの見える化 WG を通じた Scope3 CO<sub>2</sub> 排出量データ交換  
の産業連携チャレンジ**

11:30-13:00 休憩

Session 4 : デジタル×サステナブル社会のデザイン

座長：前田 吉昭(東北大学知の創出センター 特任教授)

13:00-13:30

直江 清隆 (東北大学大学院文学研究科 教授) [オンライン]

**TEL 協働プログラムの紹介**

13:30-14:15

松八重 一代 (東北大学大学院環境科学研究科 教授)

**デジタル社会を支える資源需要、その光と影**

14:15-15:00

高橋 信 (東北大学大学院工学研究科 教授)

**安全に対する人間のポジティブな寄与の重要性 -人間と AI 技術の互恵的関係の必要性-**

15:00-15:10 休憩

Session 5 : 全体討論

15:10-15:40

モデレータ :

福島 康裕 (東北大学大学院環境科学研究科 教授)

討論者 :

荻野 裕史(東京エレクトロン株式会社)

松八重 一代(東北大学大学院環境科学研究科)

高橋 信(東北大学大学院工学研究科)

山内 保典(東北大学高度教養教育・学生支援機構)

Session 6 : ポスターセッション審査および表彰

15:40-16:50 ポスターセッション審査

16:50-17:00 審査発表

17:00-17:10 閉会挨拶

長坂 徹也 (東北大学副学長 (社会連携・研究評価担当) )

## ポスターセッション Poster Session

[P1] 地球くん：持続可能な社会づくりのための未来のシステム

Chikyu-kun: The Future System for Creating Sustainable Society

寺山隼矢<sup>1</sup>, 崔 多蔚<sup>2</sup>, 門間晴風 (<sup>1</sup> 東北大学大学院工学研究科、<sup>2</sup> 東北大学大学院文学研究科)

[P2] エラーに耐性ディープニューラルネットワークを用いた不揮発性デバイスの低消費電力化手法

Power Reduction Method of Non-volatile Devices with Error-resilient Deep Neural Networks

Tao Li, Zhang Li, Yitao Ma, and Tetsuo Endoh (Graduate School of Engineering, and Center for Innovative Integrated Electronic Systems (CIES))

[P3] STT-MRAM のための高計算効率、低ハードウェアの複雑さ誤り訂正方法

High-calculation efficiency, Low hardware complexity Error Correction Method for Spin-Transfer Torque Magnetic Random-Access Memory

Zhang Li, Tao Li, Yi Tao Ma, Tetsuo Endoh (Graduate School of Engineering, and Center for Innovative Integrated Electronic Systems (CIES))

[P4] プロセス工業のための自動化されたハイブリッド分離配列合成フレームワーク

Automated hybrid separation sequences synthesis framework for process industry  
WANG ANQING (Department of chemical engineering, Tohoku university)

[P5] 再エネを誰もが売り買いできる社会 —ブロックチェーンを使ったサステナブルな電力利用システム

A Society Where Anyone Can Buy and Sell Renewable Energy -A Sustainable Electricity Utilization System Using Blockchain

渡部澄葵, 大森駿之介, 山谷知輝, 佐々木夏音 (東北大学)

[P6] 再生可能資源供給可能量を基準とした技術選択によるフェノール製品製造システムの構築

Technology choice for manufacturing phenolic products based on renewable resource capacity

渡邊侑己, 福島康裕, 大野肇 (東北大学大学院 工学研究科)

[P7] 塩化ビニルからの脱塩素技術は物質好循環をもたらすのか - 多目的かつ他地域性を考慮した技術選択モデルを用いた分析



Can introduction of PVC de-chlorination technology bring circularity benefits? - An analysis using a multi-objective, multi-regional technology choice model

牧野凌大, 福島康裕, 大野肇 (東北大学 工学研究科 化学工学専攻)

[P8] 低炭素社会実現に向けた日本国内の窒素フロー解析

Nitrogen flow analysis in Japan for the realization of low carbon society

猪上拓朗, Aurup Ratan Dhar, 張 政陽, 松八重 一代 (東北大学)

[P9] 量子アニーリングマシンによる化学プロセスの設計に向けた試行 分離プロセスの構造最適化を例として

Trial for designing chemical process using quantum annealing machine Case study: Separation process configuration optimization

福島一期, 大野肇, 福島康裕 (東北大学大学院工学研究科)

[P10] GHG 排出量に基づく CO<sub>2</sub> 利用ポリカーボネートジオール合成の脱水手法評価

A cradle-to-gate greenhouse gases emission perspective for assessment of CCU technologies - Comparison of process options in non-reductive CO<sub>2</sub> utilization for poly-carbonate diol production

ホンソクジン Seokjin Hong (東北大学大学院工学研究科)

[P11] 動的マテリアルフローを用いたリサイクルプロセスの炭素循環性評価

Carbon-circularity-based evaluation of recycling process with dynamic MFA approach

長瀬陽亮, 福島康裕, 大野肇 (東北大学)

[P12] 銅鉱山の採掘に伴う土地改変：機械学習による衛星画像解析

Land Use Change Induced by Copper Mining: Satellite Image Analysis Using Machine Learning

肖 俊彬, 山肩 洋子, 駒井 武, 松八重 一代 (東北大学)

# Abstract

Thursday, February 2, 2023

## 基調講演 Plenary Talk

### スピントロニクス省電力半導体による ゲームチェンジと、カーボンニュートラル社会への貢献 Game Change by Spintronics Low-Power Semiconductors and its Contribution to Carbon-Neutral Society

遠藤 哲郎 (東北大学 国際集積エレクトロニクスセンター長)

Tetsuo Endoh

(Center for Innovative Integrated Electronic Systems, Tohoku University  
Graduate School of Engineering, Tohoku University)

本講演では、カーボンニュートラル等の世界のメガトレンドに基づき、東北大学 CIES コンソーシアムでの取り組みを紹介しながら、消費電力と演算性能のジレンマを解決するゲームチェンジ技術であるスピントロニクス省電力半導体を議論する。

具体的には、STT/SOT-MRAMから AI プロセッサ等のスピントロニクス省電力半導体の研究成果を紹介すると共に、スピントロニクス融合半導体創出拠点（文部科学省次世代 X-nics 半導体創生拠点形成事業）での活動や、データセンタ応用・宇宙応用に向けたスピントロニクス省電力半導体の研究活動を紹介する。

さらに、東北半導体・エレクトロニクスデザイン研究会での半導体人材・サプライチェーン確保に向けた取り組みと、世界の半導体企業や東北大学発ベンチャーのパワースピン(株)でのスピントロニクス省電力半導体の実用化状況を紹介する。

そして、ゲームチェンジ技術であるスピントロニクス省電力半導体が切り拓く未来を議論する。

In this invited presentation, based on global megatrends such as carbon neutral society, while introducing the efforts of the Tohoku University CIES consortium, we will discuss spintronics low-power semiconductors, a game-changing technology that solves the dilemma between power consumption and computing performance.

Specifically, in addition to introducing the research results of spintronics low-power semiconductors such as AI processors from STT/SOT-MRAM, at the spintronics fusion semiconductor creation base (next generation X-nics semiconductor creation project by the Ministry of Education) activities and research activities on spintronics low-power semiconductors for data center applications and space applications will be introduced.

In addition, we will introduce efforts to semiconductor human resources and supply chains at the Tohoku Semiconductor and Electronics Design Study Group, and the practical application of spintronics low-power semiconductors at semiconductor companies around the world and Tohoku University's venture Power Spin Co., Ltd. Then, we will discuss the future opened up by spintronics low-power semiconductors, a game-changing technology.

## **Session 1 : 半導体とデジタル技術の活用 Perspectives on Semiconductor and its application on Digital Technology**

### **高性能コンピューティングにおける半導体メモリの位置づけと重要性**

#### **The Role and Importance of Semiconductor Memory in High-Performance Computing**

富嶋 茂樹(インテルコーポレーション、データセンター & AI グループ・データプラットフォームス プリンシパル・エンジニア)

Shigeki Tomishima (Intel Corporation)

Si 半導体プロセステクノロジーにおける最先端微細化の競争が激化する中、昨今の「Artificial/Augmented intelligence (AI)」のトレンドがけん引し、更に、最新のボンディング・積層技術の進化により、コンピュータ産業は、更なる高性能化、高集積化、データの大容量化が必要とされています。講演の前半では、高性能コンピューティングの性能を評価する上で大切な指標を、グーグルの TPU の論文を基に紹介致します。そして後半では、その中で重要な指標の一つである半導体メモリについて、それぞれのメモリデバイスの位置づけや住み分けを具体的な例を用いて紹介し、今後の展望と最新の動向で締めくくります。

During the competition of Si semiconductor process technology development is getting severe. Furthermore, by driving by the hot trend of Artificial/Augmented Intelligent (AI) and the bonding/stacking technology evolvments. The recent computing industry is looking for the higher performance, the denser integration and the larger data volume.

In the first half of this presentation, the author explains about the important key factors to determine the computing performance with using the TPU-1 ISCA paper(2017) from Google.

In the 2nd half, the definition and the positioning of major semiconductor memory devices in the market are introduced with the memory architecture as well.

Finally, the presentation concludes by the latest memory trend and projection.

## 半導体市場の展望と TSMC のご紹介 Semiconductor Market Outlook and TSMC introduction

小野寺 誠 (TSMC ジャパン株式会社 代表取締役社長)  
Makoto Onodera (TSMC Japan Limited)

半導体のイノベーションは、5G を実現化し AI との強力なシナジーにより 更なるイノベーションを創造する上で極めて重要である。5G と AI を用いたアプリケーションの進展はデータ量の劇的な増加をもたらす。その結果、過去にないレベルで強力な演算能力や電力効率に優れたエッジ・デバイス、クラウドデータセンター、ネットワークインフラに対する需要が生まれている。

半導体の更なる微細化、電力効率に優れたコンピューティング、3D 積層パッケージング技術など、継続的なイノベーションは、次世代デジタル・トランスフォーメーションの実現に向け、その可能性を高めている。今から 30 年程前に確立された専業ファウンドリーモデルは、半導体による技術革新の加速に貢献し、我々の生活の様々な分野に影響を及ぼしてきた。TSMC は専業ファウンドリーモデルの先駆者として変革をリードしている。TSMC はお客様のビジネス拡大をサポートするためグローバル化を推進しており、日本においても製造拠点と研究開発拠点を構築中である。

IC innovation is a key enabler that makes 5G a reality, which leads to the powerful synergy of 5G and AI to fuel more technology innovations. The proliferation of 5G and AI applications are driving explosive data growth. The result is unprecedented demand for higher computing power and greater need for energy efficient computing in edge devices, cloud datacenters and networking infrastructures.

Continuous innovation in semiconductor technologies, including geometry scaling, energy-efficient computing, and 3D chip stacking and packaging, will unleash even more potential for the next-wave digital transformation.

Since its inception 30 years ago, the dedicated foundry model has made significant contributions to unleash and speed up IC innovation that has nearly transformed every aspect of our lives. TSMC, as the first of these dedicated foundry companies, has been at the forefront of this transformation. To support customers' business growth, TSMC has been expanding global manufacturing and R&D footprint including in Japan.

## モビリティカンパニーへの変革に向けて

### Reforming Our Company to Become a "Mobility Company"

岡島 博司 (トヨタ自動車、先進技術統括部 主査・担当部長)

Hiroshi Okajima (Toyota Motor Corporation)

これまでトヨタは、自動車産業という、確立されたビジネスモデルの中で成長を続けてきました。しかし今、「CASE※」と呼ばれる技術革新によって、クルマの概念そのものが変わろうとしています。そして、クルマの概念が変われば、私たちのビジネスモデルも変えていかなければなりません。これから先は人々の暮らしを支える全てのモノ、サービスが情報でつながり、クルマを含めた町全体、社会全体という大きな視野で考えること、すなわち、「コネクティッド・シティ」という発想が必要となります。

Toyota's growth to date is within the established business model of the automotive industry. In light of technological innovations in "CASE,"\* the very concept of the automobile is on the verge of major change. Given this situation, we must transform our business model into one that is in line with the CASE era. From now, information will link all items and services that support people's daily lives. Considering this, we will strive to adopt a broad, community-level and society-level perspective that includes cars, which in essence is the concept of the "connected city."

## Session 2 : TEL 特別セッション TEL Special Session

### 半導体製造プロセスへの情報技術の適用

#### Utilize Informatics on Semiconductor Manufacturing Process

守屋 剛 (東京エレクトロン株式会社 先端データ企画部 部長)

Tsuyoshi Moriya (Tokyo Electron Limited)

「半導体デバイスは、シリコン基板にさまざまな微細加工を施して製造されており、ナノメートルオーダーの加工精度が求められます。このような微細加工プロセスでは、物理化学反応や材料の物性など多くのデータを考慮し装置制御パラメータを決める必要があります。本講演では、機械学習を応用して新しい材料や製造プロセスを探索した結果を紹介します。」

Semiconductor devices are manufactured by subjecting silicon substrates to various microfabrication processes, which require processing accuracy on the order of nanometers. In such nano-fabrication processes, it is necessary to determine equipment control parameters by considering many data such as physicochemical reactions and physical properties of materials. In the presentation, I will introduce the results of applying machine learning to search for new materials and manufacturing processes.

## サステナブルな社会の実現に向けて

### Toward the realization of a sustainable society

荻野 裕史 (東京エレクトロン株式会社 サステナビリティ統括部 部長)

Yuji Ogino (Tokyo Electron Limited)

「近年、気候変動や人権などの課題はさらに深刻化しており、半導体産業のエコシステムもこれらの課題と深くかかわっています。グローバルな社会課題解決のためには、国や政府のみならず民間セクターの関与が不可欠です。本講演では、ICT（情報通信技術）産業に関わる立場から、これらの課題解決に貢献し、サステナブルな社会を実現していくための企業における取り組みについて紹介します。」

In recent years, issues such as climate change and human rights have become even more serious. The semiconductor ecosystem is closely related to these issues.

For development of a global society, the involvement of the private sector as well as states and governments is essential.

I will talk about corporate initiatives that contribute to solving such issues in order to realize a sustainable society from a perspective of the ICT (Information, Communication and Technology) industry.

**Friday, February 3, 2023**

### **Session 3 : デジタル技術の活用と社会課題解決 Digital Technology for solving the social issues**

#### **MAC WARD-An Innovative Negative-pressure Isolation Ward**

Ching-Chuan Jiang (Fu Jen Catholic University Hospital)

During the COVID19 pandemic, there was an overwhelming demand for negative-pressure isolation ward. At the start of the pandemic in 2020, the Center For Innovation (CFI) at FJCUH collaborated with TDRi and Miniwiz to create MAC WARD (M:Modular, A:Adaptable, C: Convertible), by utilizing upcycled hospital-grade materials, nano-coated with recycled aluminum materials. Through CATIA, coupled with LCA, BIM and CAD/CAM Digital Technologies, the real-size MAC WARD prototype was built within one month. The modularity allowed MAC WARD to adapt to any space, converting normal patient wards into negative-pressure isolation wards. Moreover, it can be easily dissembled and transported, and the materials can be reused repeatedly. Indeed MAC WARD revolutionized hospital

ward, redefined responses to future pandemic, reset how hospital ward is perceived. MAC WARD at FJCUH started receiving patients in June 2021; by December 31, 2022, it has received over 3,000 patients, including those with severe case COVID-19. Six ICU MAC WARD incorporated smart medical technologies, enabling doctors and nurses to monitor patients and operate respirators from a distance, greatly reducing physical contacts and viral transmission.

MAC WARD received numerous accolades and media attention, including iF Design Award 2021, 2021 Good Design Award in Japan, and CNN coverage.

### **GreenxDigital コンソーシアムの見える化 WG を通じた Scope3 CO<sub>2</sub> 排出量データ交換の産業連携チャレンジ**

Cross-Industry Collaboration Challenge of Scope3 CO<sub>2</sub> emissions data exchange through Data Visualization Project of Green x Digital Consortium

永野 友子（富士通株式会社 サステナビリティ推進本部環境統括部 環境デザイン部マネージャー）  
Tomoko Konishi-Nagano (Fujitsu Limited)

「Green x Digital Consortium」は、デジタル化と新たなビジネスモデルの創出を通じて、2050年のカーボンニュートラル実現に貢献することを目的に、2021年10月に設立されました。当コンソーシアムのカーボン・データ見える化WGでは、さまざまな業界の100社以上の企業が参加し、サプライチェーンにおける炭素排出データを可視化するために、デジタル技術を用いてサプライチェーン内の企業間で炭素排出データを交換する仕組みを検討しています。2022年4月から二つのワーキングチームがあります。方法論チームと技術仕様チーム。本WGはデータパートナーシップのための技術仕様とともに炭素可視化フレームワークを作成してきた。サプライチェーンはグローバルベースで運営されているため、作業部会は国際的な枠組みであるWBCSDの炭素透明性のためのパートナーシップ（PACT）とのコミュニケーションも促進している。POCの実証では、炭素の可視化フレームワークとデータ交換のための技術仕様を活用し、さまざまな業界の企業が同じ方法で計算した排出データを異なるソリューション間で交換し、サプライチェーンの排出量を正確かつ効果的に測定できることを確認します。データ交換の技術的検討を伴うフェーズ1は2023年1月まで、実用的評価を伴うフェーズ2は2023年6月に完了する予定です。

The Green x Digital Consortium was established in October 2021 to contribute to achieving carbon neutrality in 2050 through digitization and the creation of new business models. This Consortium's Carbon Data Visualization Working Group has been investigating a mechanism for using digital technologies to exchange carbon emissions data among companies in the supply chain so as to visualize supply chain

carbon emissions data, Scope 3. The members are more than 100 companies across various industries. There are two working teams since April 2022; Methodology Team and Technical Spec Team. The WG has been creating a carbon visualization framework along with technical specifications for data partnership. Because supply chains operate on a global basis, the Working Group is also facilitating communication with the international framework WBCSD Partnership for Carbon Transparency (PACT). The POC experiment will draw on the carbon visualization framework and the technical specifications for data exchange to check that emissions data calculated with the same methods by companies from diverse industries can be exchanged among different solutions to accurately and effectively gauge supply chain emissions. Phase 1, entailing technical investigations into data exchange, will be conducted until January 2023, and Phase 2, entailing practical assessment together with user companies of carbon calculations and other aspects, will be completed in June 2023.

## **Session 4 : デジタル×サステナブル社会のデザイン Designing the sustainable society via Digital Technology**

### **TEL 協働プログラムの紹介**

#### **Introduction to the TEL-TFC joint program for 2022-2024**

直江 清隆 (東北大学大学院文学研究科 教授)

Kiyotaka Naoe (Tohoku University)

人間の Wellbeing に貢献する社会を作っていくために、テクノロジーと共進化しうる未来社会をどのようにデザインしていくべきか。東北大学 知の創出センター × 東京エレクトロンによる TFCxTEL 協働プログラムは、この喫緊の課題に対して、文科系、理科系の研究者、技術者を中心に、企業、学生、様々な世代の市民が、well-being と技術の関係を考え、議論を行ってきました。第 1 期「人の幸せを大切にする IoT 社会のデザイン」に続き、現在第 2 期「デジタル×サステナブル社会のデザイン」が活動しています。その理念と具体的活動について報告します

How should we design a future society that co-evolves with technology and contributes to human well-being? The TFCxTEL Collaborative Program by Tohoku Forum for Creativity x Tokyo Electron Co. has addressed this pressing issue by bringing together researchers in the humanities and sciences, and engineers, as



well as companies, students, and citizens of various generations to consider and discuss the relationship between well-being and technology. Following the first phase, "Designing a Human Centric IoT Society," the second phase, "Designing a Digital\* Sustainable Society," is currently underway. We report on its philosophy and specific activities.

### **デジタル社会を支える資源需要、その光と影**

松八重 一代 (東北大学大学院環境科学研究科 教授)

Kazuyo Matsubae (Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

デジタル技術の普及・導入は温暖化緩和への貢献が期待される。一方でデジタル技術の導入に伴う資源需要の拡大により、温暖化以外のリスク拡大が懸念される。デジタル社会を支える鉱物資源のサプライチェーンの背後には、様々なリスク要因が潜在しており、かつサプライチェーンのグローバル化に伴い、人権、労働、環境、文化に関連する社会問題が顕在化してきている。そのため資源サプライチェーンに内在する直接的あるいは間接的に供給制約となり得るリスク要因を踏まえた戦略的な資源管理が重要な課題となっている。温暖化リスクの軽減のトレードオフとして、新たな鉱物資源の需要拡大が引き起こす環境への悪影響への懸念、また農業と、産業・エネルギー用途間の競合という経済面の懸念がある。社会全体で栄養塩類資源の持続的な管理保全の重要性について意識共有することが、今後ますます重要である。

The large-scale development and diffusion of climate change mitigation technologies is urgently required in our society. The developments of digital technologies, including artificial intelligence and machine learning, are expected to contribute to making our lives more sustainable. However, these new technologies require additional mineral resources and are expected to have various negative impacts on the global environment. With the globalization of the supply chain, various social and environmental issues related to mineral resources need to be considered for raising the resilience of our economic activities. Our society should promote knowledge accumulation and platform development to foster communication among the stakeholders to minimize the impact of supply chain risks related to mineral resources.

**安全に対する人間のポジティブな寄与の重要性 -人間と AI 技術の互恵的関係の必要性-**

**Importance of Human Positive Contribution to Safety**

- Need for Reciprocal Relationship of Human and AI technology-

高橋 信（東北大学大学院工学研究科技術社会システム専攻 教授）

Makoto Takahashi (Management of Science and Technology Dept., Faculty of Engineering, Tohoku University)

IoT、DX、AI などの先端的情報技術の進展は、さまざまな産業分野の効率や安全性のレベルを高めると期待されています。ビッグデータと高度な情報技術の組み合わせは大きな可能性を秘めていると考えられますが、人間とシステムが相互作用してシステム目標を達成する社会技術システムに適用する場合、不確実性が大きく制約の多い現実的な状況下では、その適用がうまくいかない可能性があることにも注意する必要があります。本講演では、人間と AI 技術の互恵的相互作用の重要性について、現在の自動運転システムの不十分な挙動を具体例として紹介する。

The advancement of leading technology such as IoT, DX, and AI etc. are expected to enhance the level of efficiency and safety in various industrial areas. Although the combination of big data and advanced information technology may have significant potential, it should be also noted that the application of such information technology may not work so well when they are applied to the socio-technical systems, where human and system interact each other to achieve system goals under situations with significant uncertainties and unstated restrictions. In this talk, the importance of reciprocal relationship of human and AI technology will be presented followed by the concrete example of insufficient behavior of current automated driving system.

# ポスターセッション Poster Session

P1

**地球くん：持続可能な社会づくりのための未来のシステム**

**Chikyu-kun: The Future System for Creating Sustainable Society**

寺山隼矢<sup>1</sup>, 崔 多蔚<sup>2</sup>, 門間晴風

Junya Terayama<sup>1</sup>, Dawool Choi<sup>2</sup>, Haruka Momma

- 1) 東北大学大学院工学研究科、Graduate School of Engineering, Tohoku University
- 2) 東北大学大学院文学研究科、Graduate School Faculty of Arts and Letters, Tohoku University

ゴミ処理は地球環境に大きな影響を及ぼす。しかし我々は日々のゴミ捨てにおいてそれをあまり認識できていない。本報告では次の世代へ綺麗な地球環境を残すために、「地球くん」を設置することを提案する。「地球くん」とは VR や AR のキャラクターで、出されたゴミの素材について住民へフィードバックを行う次世代型ゴミ捨てシステムである。ゴミ処理が地球に与える影響を可視化させることで、SDGs を意識した消費・ゴミ捨てを普及させる。

Garbage disposal has a great impact on the Earth's environment. But we don't really understand that in our daily taking out the trash. In this report, we propose the establishment of "Chikyu-Kun" to leave a clean earth environment for the next generations. "Chikyu-Kun" is a VR and AR character, and it is a new garbage disposal system that provides feedback to residents who take out the trash. By visualizing the effects of garbage on the earth, "Consumption activity" and "Taking out the trash" with "SDGs" in mind will be popularized.

P2

**エラーに耐性ディープニューラルネットワークを用いた不揮発性デバイスの低消費電力化手法**  
**Power Reduction Method of Non-volatile Devices with Error-resilient Deep**  
**Neural Networks**

Tao Li, Zhang Li, Yitao Ma, and Tetsuo Endoh

Graduate School of Engineering, and Center for Innovative Integrated Electronic  
Systems (CIES)

本研究では、DNN の耐性と不揮発性デバイスのスイッチング特性を初めて緊密に関連付け、DNN の精度を維持したままデバイスの低消費電力化を実現することを可能にしました。実験結果では、低 8 ビットの DNN のパラメータから 20% のバイナリをランダムに反転させることで 5.63% の消費電力削減、100% のバイナリで 34.84% の消費電力削減が可能であることを実証しています。また、実用的な STT-MRAM チップのエラーマップ（最大エラー率 0.00868）を DNN の下位 8 ビットのパラメータに組み込んでも、スイッチング確率 100% に相当するスイッチング電流では精度（最大損失 0.00067）に影響がないことを実証している。

This study, for the first time, tightly associates the DNNs' fault-tolerance with switching properties of non-volatile devices, enabling to realize devices' low-power consumption without DNNs' accuracy loss. This research theoretically clarifies and derives the relationship between the DNNs' fault tolerance and the switching current of the non-volatile devices and experimentally demonstrates the DNNs' fault tolerance by introducing random errors to its low 8-bit parameters.

The experimental results demonstrate that randomly flipping 20% binaries from the low 8-bit DNNs' parameters can reduce power consumption by 5.63%, and 100% binaries can save 34.84% energy. Incorporating the error maps of six practical spin-transfer torque magnetic random-access memory (STT-MRAM) chips (with a maximum error rate of 0.00868) into the low 8-bit of DNNs' parameters has no impact on its precision (with a maximum loss of 0.00067) under switching current corresponding to 100% switching probability.

**STT-MRAM のための高計算効率、低ハードウェアの複雑さ誤り訂正方法**  
**High-calculation efficiency, Low hardware complexity Error Correction**  
**Method for Spin-Transfer Torque Magnetic Random-Access Memory**

Zhang Li, Tao Li, Yi Tao Ma, Tetsuo Endoh

Graduate School of Engineering, and Center for Innovative Integrated Electronic Systems (CIES)

この研究では、STT-MRAM の BCH コードのエンコードとデコードの両方の時間効率が、提案された除数距離ベース (DDB) 多項式除算法によって最適化された。DDB 除算法は、除数多項式の特徴を利用して並列処理を簡単に実現した。また、DDB 多項式除算法は、並列乗算器 (PM) 型アーキテクチャによって実行され、ハードウェアの複雑さを最小限に抑えた。

Error-correcting codes (ECCs) are important and widely implemented in memories from high-speed SRAM cache to high-volume 3D-NAND. However, from the viewpoint, ECC technology of Spin-transfer torque magnetic random-access memory (STT-MRAM) is not established yet, as the operation speed of STT-MRAM is higher than DRAM/3D-NAND, and its volume is larger than SRAM. Moreover, it is difficult for existing ECCs to guarantee low latency and low hardware complexity while achieving high error correction capabilities.

In this work, the time efficiency of both encoding and decoding of Bose–Chaudhuri–Hocquenghem (BCH) codes for STT-MRAM is optimized by the proposed divisor distance based (DDB) polynomial division method. The DDB division method leverages the characteristics of the divisor polynomial to achieve parallel processing in a simple manner. And DDB polynomial division method is executed by a parallel multiplier (PM) type architecture to achieve the lowest hardware complexity.

The time efficiency of the proposed BCH codes is successfully verified in software, the proposed algorithm increases the time efficiency of encoding by more than 10 times, and the decoding increased by about 10%. The hardware implementation result shows the PM-type DDB divider architecture eliminated the large memory block of the traditional lookup-table-type (LUT) parallel divider.

**プロセス工業のための自動化されたハイブリッド分離配列合成フレームワーク**  
**Automated hybrid separation sequences synthesis framework for process  
industry**

WANG ANQING

Department of chemical engineering, Tohoku university

In the past, the design of distillation columns in the process industry has mostly been based on an empirical approach, which means that distillation operations, which themselves account for most of the energy use in the process industry, have a huge potential for energy savings. We propose a separation sequences design method based on mathematical programming of the system. First, a superstructure of the separation sequences is constructed by using a shortcut model of the distillation that allows for the inclusion of both simplex and extractive distillation column. Then a mixed integer linear programming model for the distillation sequences is built and solved, optimized with the total annual cost as the objective, and finally the optimal separation sequence configuration or the first few optimal configurations are generated. We demonstrate the application of this framework for energy saving through a case study of automatic synthesis of separation sequences of crude DMC mixtures.

P5

**再エネを誰もが売り買いできる社会 —ブロックチェーンを使ったサステナブルな電力利用システム**  
**A Society Where Anyone Can Buy and Sell Renewable Energy -A Sustainable**  
**Electricity Utilization System Using Blockchain**

渡部澄葵, 大森駿之介, 山谷知輝, 佐々木夏音

Sunao Watabe, Shunnosuke Ohmori, Yamaya Tomoki, Kanon Sasaki

東北大学, Tohoku University

本発表の報告内容は、環境負荷の少ない電力を自ら選び、生産し売買することができる社会とそれを実現するシステムの創造である。①再生可能エネルギーを使う経済的価値と選択するインセンティブの創出、②ブロックチェーンを介した電力生産過程の記録によるトレーサビリティの向上を通して、持続可能な電力利用を目指す。

The content of this poster presentation is the creation of a society in which people can choose, produce, sell, and buy and sell electricity with low environmental impact, and the creation of a system to realize this. Today, the active use and production of “renewable energy” is recommended for environmental conservation and the creation of a sustainable society. On the other hand, it is feasible to call for the use of renewable energy based on the assumption that all people can agree on the ecological value of renewable energy. In addition, as large companies are expected to produce renewable energy in the future, the lack of credibility and uncertainty as to whether these energies will truly be produced by eco-friendly methods may be a consideration. In our project, (1) creating economic value of using renewable energy and incentives to choose it, and (2) improving traceability by recording the energy production process via blockchain, aiming for sustainable electricity use.

P6

**再生可能資源供給可能性を基準とした技術選択によるフェノール製品製造システムの構築**  
**Technology choice for manufacturing phenolic products based on renewable**  
**resource capacity**

渡邊侑己, 福島康裕, 大野肇

Yuuki Watanabe, Yasuhiro Fukushima, Hajime Ohno

東北大学大学院 工学研究科 Department of Chemical Engineering, Tohoku University

化石資源から再生可能資源への転換が進む中で、将来の化学製品に利用可能な資源は制限されていく。本研究では再生可能資源消費量を目的関数とした多目的最適化により、フェノール製品製造システムを設計した。設計したシステムでは最小水素消費量が供給可能性を上回り、将来のシステムにおける課題が明確となった。



P7

**塩化ビニルからの脱塩素技術は物質好循環をもたらすのか - 多目的かつ他地域性を考慮した技術  
選択モデルを用いた分析**

**Can introduction of PVC de-chlorination technology bring circularity  
benefits? - An analysis using a multi-objective, multi-regional technology  
choice model**

牧野凌大, 福島康裕, 大野肇

Ryodai Makino, Yasuhiro Fukushima, Hajime Ohno

東北大学 工学研究科 化学工学専攻

Tohoku University, Graduate School of Engineering, Department of Chemical  
Engineering

Typically, the Cl fraction in PVC wastes dissipates into the atmosphere as HCl if not neutralized by CaCO<sub>3</sub>. The novel PVC de-chlorination technology enabled us to reduce the environmental impact of PVC waste treatment by removing Cl and recovering it as NaCl. Currently, climate changes affect the condition of salt farming for NaCl production. Therefore, the novel technology would make PVC waste an alternative NaCl source and mitigate the stress on the NaCl supply chain by developing a "Cl circulation." For evaluating the potential impact of the novel technology introduction on NaCl supply chain, a multi-objective and multi-regional technology choice model over a series of technologies related to Cl was developed. The benefits (e.g., reduction of GHG emissions and dependence on salt farming areas) and suitable introduction locations were quantitatively investigated. As a result, up to 3.73 % and 44.9 % of GHG emissions and salt farming areas could be reduced compared with the base case scenario without introducing the Cl recovery process. Moreover, the key features of the primary introducing locations of the technology were revealed as low GHG emission intensity in power generation, closeness to major PVC waste generating countries, and the amount of necessary NaCl to satisfy demands.

**低炭素社会実現に向けた日本国内の窒素フロー解析****Nitrogen flow analysis in Japan for the realization of low carbon society**

猪上拓朗, Aurup Ratan Dhar, 張 政陽, 松八重 一代

Takuro Inoue, Aurup Ratan Dhar, Zhengyang Zhang, Kazuyo Matsubae

東北大学 Tohoku University

窒素化合物は、低炭素社会実現に向け今後、社会への導入拡大が予想される水素キャリアとしてのアンモニアや、電動化がもたらす半導体生産に必要とされる工業ガスなど、多様な場面での需要の拡大が予測され、技術変化に伴う反応性窒素の需要構造の解明が必要である。本研究では物質フロー分析を用いて日本における工業部門別窒素フローの解析を行なった。特に半導体生産などに用いられる高純度窒素化合物の需要は経年拡大傾向にあることが示された。

Nitrogen compounds are used in our daily lives in various forms, including food production and chemical products. In the world, about 80% of nitrogen compounds are used in food production, but in Japan, more than half of nitrogen compounds are used in industry. Therefore, analysis of nitrogen flows in the industry is essential. In addition, nitrogen compounds are attracting attention for their use as hydrogen carriers for ammonia, a technology that supports a low-carbon society. In the future, the demand for nitrogen compounds will expand in such diverse situations. To respond to this changing demand, it is necessary to elucidate the demand structure for nitrogen. In this study, I analyzed nitrogen flows by the industrial sector in Japan using material flow analysis.

The analysis of nitrogen flows from 2015 to 2020 shows that the total amount of nitrogen compounds used in Japan has decreased yearly. The change in demand for industrial nitrogen compounds was particularly large, reducing by approximately 12%. However, the need for high-purity nitrogen.

**P9**

**量子アニーリングマシンによる化学プロセスの設計に向けた試行 分離プロセスの構造最適化を例として**

**Trial for designing chemical process using quantum annealing machine  
Case study: Separation process configuration optimization**

福島一期, 大野肇, 福島康裕  
東北大学大学院工学研究科

本発表では組み合わせ問題を解くことに特化した量子アニーリングマシン(QA)によって化学プロセスを解くための試行がなされた。対象は CO<sub>2</sub>膜分離を模した気体の理想分離プロセスである。結果として離散、連続の両変数を持つこの課題に対して QA の応用が可能であることが示された。今後は応用範囲拡張のためにシミュレータと QA との接続が求められる。

**P10**

**GHG 排出量に基づく CO<sub>2</sub> 利用ポリカーボネートジオール合成の脱水手法評価**

**A cradle-to-gate greenhouse gases emission perspective for assessment of  
CCU technologies - Comparison of process options in non-reductive CO<sub>2</sub>  
utilization for poly-carbonate diol production**

ホンソクジン Seokjin Hong  
東北大学大学院工学研究科

Non-reductive reaction routes are potentially more energy-saving than other numerous carbon capture and utilization (CCU) routes. Taking the synthesis of polycarbonate diol (PCD) from 1,6-hexanediol and CO<sub>2</sub> as an example, two process options to promote the conversions in this route were compared from a cradle-to-gate greenhouse gas (GHG) emission point of view, a crucial indicator for designing a CCU process. The process inventories were developed via steady state simulations using Aspen Plus V11. The energy consumption and cradle-to-gate GHG emissions were evaluated for a kg of PCD produced with one of the two dehydration options: dehydrating agent (DA); and gas stripping (GS). Choice of DA option leads to significantly higher energy consumption and associated GHG emissions, due to 1) difference in the difficulties separating PCD from the dehydrating agent and solvent/unreacted substrate, and 2) potentially excessive use of the dehydrating agent. Next, exploitation of unutilized heat and use of low carbon energy sources were identified as the key items to elaborate on. A breakeven analysis was designed,

and the results indicated that it was possible that DA becomes more attractive under some scenarios.

**P11**

### 動的マテリアルフローを用いたリサイクルプロセスの炭素循環性評価

## Carbon-circularity-based evaluation of recycling process with dynamic MFA approach

長瀬陽亮, 福島康裕, 大野肇  
東北大学、Tohoku University

カーボンニュートラルの実現に向け、廃プラスチック（WP）のリサイクルは、WP からの炭素散逸を防ぐために重要である。これまで、多くの WP リサイクルの形態が研究されてきたが、リサイクル製品の寿命や循環性についての考察は不足している。本研究では、リサイクル形態によって異なる製品の寿命と分布を考慮し、MaTrace 法を適用して、WP のリサイクルによる炭素循環をモデル化した。

Toward the realization of carbon neutrality, waste plastic (WP) recycling is a crucial activity to prevent carbon release from WP. Although several modes of WP recycling have been studied so far, consideration of recycled products' lifetimes and circularity tended to be lacking. This study modeled carbon circulation through WP recycling activities by applying the MaTrace approach considering product lifetimes and distributions varied with recycling modes. The dynamic material flow analyses of ten resin types (e.g., polypropylene, polystyrene, and polyethylene) were conducted with MaTrace and subsequently integrated into the carbon cycle. Intended for resins newly entering the country in a given year(1955~2050), the state transitions (use, export, dissipation) until 2050 were tracked. By extending the MaTrace approach to consider a multi-year inflow, estimating the current stock status of products and resins, and simulating the carbon circulation in different recycling conditions were conducted. Some scenarios were considered: the current recycling practice in Japan, promoting mechanical recycling (MR), promoting chemical recycling (CR). MR has the characteristic of limited recycling destinations, whereas CR can be recycled into any product. As a result, the scenarios with CR effectively meet the demand for carbon, as a result, a smaller amount of carbon being consumed than with MR was quantified.

銅鉱山の採掘に伴う土地改変：機械学習による衛星画像解析

**Land Use Change Induced by Copper Mining: Satellite Image Analysis Using  
Machine Learning**

肖 俊彬, 山肩 洋子, 駒井 武, 松八重 一代

Junbin XIAO, Yoko Yamakata, Takeshi Komai, Kazuyo Matsubae

東北大学 Tohoku University

Copper is one of the most crucial elements in the context of energy transition towards zero-carbon society. However, the life cycle of copper including mining, refining, processing, and recycling is accompanied by nonnegligible environmental impacts. Relatively mature life cycle assessment (LCA) for the environmental impact of CO<sub>2</sub> emissions, water consumption of mining industry has been formed, however, land use change (LUC) has not been properly evaluated due to the lack of site-specific evaluating method and data. Satellite image analysis is one of the best ways to measure the LUC but it is also labor intensive and difficult to implement because of the multitemporal, multispectral, and multiresolution dataset of the images. Therefore, in this research, machine learning, which has been developed in the field of image recognition in recent years, is utilized for automate satellite image analysis to clarify the LUC induced by copper mining activities.