

新 創 見 創

学校法人 長崎総合科学大学
大学院 新技術創成研究所 所報

第 19 号

2024年 3 月

Institute for Innovative Science and Technology

Nagasaki Institute of Applied Science

巻 頭 言

小さい大学でも世界的研究を ～新創研20年のふりかえり～

新技術創成研究所 所長 田 中 義 人



研究所を開設して20年が経ちました。当初から関わっているのも、私ぐらいになりましたので、巻頭言として残しておきたいと思います。

2001年、山邊時雄学長が、赤痢と人間環境学部の失敗で低迷した大学の再生を目指して就任されました。そして、大きな目玉政策は、「世界的研究でピッカッと光る大学を！」、長崎総合科学大学、21世紀の幕開けになりました。この勢いに乗って、阪大から来られていた理学・工学博士で、ナノテク・光量子科学の世界的権威である難波進教授とバイオマスの権威である坂井正康教授と村上信明助教授、そして山邊学長の力で研究所設立を目指しました。山邊学長は、京都大学でノーベル賞をとられた福井謙一先生の一番弟子で、福井謙一研究室を引き継がれ、定年を迎えて本学に学長として来られました。2000年、白川英樹先生のノーベル賞受賞のきっかけになったのは、白川・山邊で共編された「合成金属」という本でした。筑波で開催された白川先生のノーベル賞受賞パーティに、私も連れて行かれ驚いたことを覚えています。これでは終わりません。その後ノーベル賞を取られた吉野彰先生にリチウムイオン電池の作り方を教えたのも京大時代の山邊先生でした。このあたりのことは、山邊先生の随想、「基礎科学の創造性と役割」として公開されています。

その頃、私は、まだ40才の助教授で、彼らの下働きをしていました。結果を先に述べますと入学者が200人を切っていた大学が、337人まで回復しました。そして、山邊改革の三三七拍子として、みなさんの記憶に残りました。

2002年、難波進先生を初代所長として研究所が発足しました。そして、研究資金を獲得するために、文部科学省の学術フロンティア拠点推進事業に応募することが決まりました。当時40才の私は、1月付で教授となり、研究代表者としてこの事業に応募することになりました。そして、2003年には学術フロンティアセンターが、研究所の中核事業として発足、現在の研究所建物ができました。その結果、多くの優秀な人材が全国から集まってきました。

研究所は、学術フロンティアセンターの研究と関連して、環境エネルギー、ナノテク、情報技術部門でスタートしました。その後、環境エネルギーとナノテクが統合され、機械と船舶を中心とする海洋・複合新技術部門、電気電子情報部門の3部門で運営されました。さらに、2014年CERNで世界的

に活躍していた、ハイデルベルグ大学の大山先生を本学に迎え入れ、基礎科学部門が発足します。詳しくは、研究所ホームページの「研究所のあゆみ」をご覧ください。

「大学ランキング2015年度版」(朝日新聞出版)によれば、トムソン・ロイター分野別論文引用度数(2008年～2012年)の「物理学分野」で、本学は他を引き離して全国1位、エルゼビア研究業績(2009年～2013年)では「教員一人あたりの被引用数」が東京大学を大きく引き離して全国1位になっています。これは、研究所の成果として考えていいと思います。なぜなら、2012年から2020年にかけて、トップの判断で研究には重点を置かない大学として、予算や出張が制限されていた時期がありました。その結果、2024年版大学ランキングでは、物理学分野では5位にランクダウンしております。しばらくは、ランキングをどんどんと下げて消えていくものと思われま

す。これは、小さな大学でも、頑張ればデータが正直に答えてくれる時代になったことを意味しています。いま、田頭理事長、黒川学長体制になり、研究所設立当初の勢いが戻りつつあります。結果は遅れてしか出てきませんが、みなさま頑張り、今後の巻き返しを期待したいと思います。

目 次

巻頭言

I 技術論文

リチウムイオン電池の劣化情報に関する研究

杉田 勝、山邊 時雄 …………… 1

ダウンドラフト方式を用いた木質バイオマスガス化の研究

中道 隆広、本田 龍星、兵働 陽介、村上 信明 …………… 7

閉鎖循環式陸上養殖浄化システムにおける家庭用浄化槽の応用可能性に関する基礎的研究

—第1報 循環水における家庭用浄化槽の硝化作用—

下高 敏彰、深江 一輝 …………… 13

IT革命以降の企業の発展・持続可能のための戦略

経営革新（オーガニゼーション・イノベーション）

東 良信、東 孝信 …………… 19

FEMを用いた変位加振による振動応答エネルギー最小化の構造最適化に関する研究

黒田 勝彦、岡田 公一 …………… 35

超音速小型管内流れにおける境界層

松川 豊、峰 保貴 …………… 41

RCPSP法による造船工程計画の実践（Ⅱ）—実績を踏まえた工程計画とリスク手法—

梶原 宏之、角田 二郎、緒方 洋典、田口 浩幸、高倉 俊治、荒金 卓也、欽 尚憲 …………… 49

海洋エネルギー利用の現状と展望

影本 浩 …………… 55

II 研究活動報告

1. 研究部門・研究センター活動報告 …………… 75

2. 重点プロジェクト等成果報告書 …………… 93

3. 講演会・セミナー開催状況

第19回新技術創成研究所公開講演会報告 …………… 107

4. 研究所員の研究活動状況 …………… 108

CONTENTS OF TECHNICAL PAPER

<p>Studies of Power Fade Mechanisms in Lithium Ion Batteries</p> <p style="text-align: right;">SUGITA Masaru and YAMABE Tokio</p>	<p>..... 1</p>
<p>Research on woody biomass gasification using downdraft method</p> <p style="text-align: right;">NAKAMICHI Takahiro, HONDA Ryusei, HYODO Yosuke, and MURAKAMI Nobuaki</p>	<p>..... 7</p>
<p>A Fundamental Study on the Feasibility of Applying Domestic Wastewater Treatment Systems in Closed-Cycle Land-Based Aquaculture Purification Systems</p> <p style="text-align: center;">-Part 1 - Nitrification in Recirculating Water by Domestic Wastewater Treatment Systems</p> <p style="text-align: right;">SHIMOTAKA Toshiaki and HUKAE Kazuki</p>	<p>..... 13</p>
<p>Corporate Sustainability Strategy after IT revolution</p> <p style="text-align: right;">HIGASHI Yoshinobu and HIGASHI Takanobu</p>	<p>..... 19</p>
<p>Study on Structural Optimization for Minimizing Vibration Response Energy by Displacement Excitation using FEM</p> <p style="text-align: right;">KURODA Katsuhiko and OKADA Kouichi</p>	<p>..... 35</p>
<p>The boundary layer of supersonic flow in a small-sized tube</p> <p style="text-align: right;">MATSUKAWA Yutaka, MINE Yasutaka</p>	<p>..... 41</p>
<p>Implementation of RCPS method for shipbuilding process planning (II)</p> <p style="text-align: center;">--- Process planning and rescheduling methods based on actual results ---</p> <p style="text-align: right;">KAJIWARA Hiroyuki, Usuki Shipyard Co. Ltd, KADOTA Jiro, OGATA Hironori, TAGUCHI Hiroyuki, TAKAKURA Shunji, ARAKANE Takuya, KUWA Hisanori</p>	<p>..... 49</p>
<p>Current Status and Future Prospects of Ocean Energy Utilization - A Review -</p> <p style="text-align: right;">KAGEMOTO Hiroshi</p>	<p>..... 55</p>

リチウムイオン電池の劣化情報に関する研究

杉田 勝^{*1}・山邊 時雄^{*2}

Studies of Power Fade Mechanisms in Lithium Ion Batteries

SUGITA Masaru and YAMABE Tokio

Summary

We studied power fade mechanisms using Current-Rest-Method in lithium-ion batteries. Surface films as Li_2CO_3 are made on positive electrode during cell discharging and also lithium-ion are lost. Surface Electrolyte Interfaces(SEI) as alkyl carbonate lithium salts are made on negative electrode during cell charging and also lithium-ion are lost.

Charge transfer resistance was made between electrolyte and surface films and the same resistance was made between electrolyte and SEI.

Surface films and SEI are main contributor to cell resistance rise and to lithium-ion loss in electrolyte.

Keywords : lithium ion batteries , power fade mechanisms , charge-transfer resistance, Current-Rest Method ,surface films , surface electrolyte interface (SEI)

1. 緒言

電池がEV等多用途に拡大しており産業上極めて重要でありその電池の劣化は重要なファクターである。

電池の劣化は、電池の内部抵抗、電池容量、各種の分析による電極物質の検出など様々に報告されている。新技術創成研究所の実験の成果は、本学修士論文「リチウムイオン電池（以後LiBと略する）の劣化情報の研究」などとして報告¹⁾してきたが、その後の成果を報告する。

2. 実験前の検討

実験に着手する前に、従来の知見をまとめるとともに、文献調査を行った。

2.1 自然放電について

電池の劣化は先ず自然に劣化する場合を検討する必

要がある。

自然放電の場合、正極では電解液から電子が取り込まれるから電気的に中性を保つためにリチウムイオン（以後Liイオンと略する）も電解液から取り込まれる。これはLiBが放電したことになる。ただしこの場合は充電操作をすればLiイオンは負極へ移動するから電池としては元に回復することになる。

Liイオンが不可逆な物質に変化しないから、一時的に容量は減少するが充電により電池容量はほぼ回復する。しかし電解液が一部酸化分解してしまうから何らかの影響がある。ただ電解液の酸化分解の影響は小さい²⁾。

2.2 難黒鉛化炭素の物性について

我々の実験してきた難黒鉛化炭素系LiBは比較的低

^{*1} 新技術創成研究所 客員教授

^{*2} 新技術創成研究所 特命教授

い初期充放電効率を持っているが、この物性は難黒鉛系炭素の特徴であり LiB 電池の劣化要因ではない^{3),4),5)}。

2.3 負極側の SEI について

LiB 充電時には、Li イオンは負極にドーピングされる前に電解液の溶剤であるカーボネート類と還元反応し、負極表面に SEI (Surface Electrolyte Interface) を形成する^{6),7)}。

SEI は Li イオンを通すが電子絶縁体である^{6),7),8)}。

SEI は主にアルキルカーボネートリチウム塩であり、さらに還元反応が進めば炭酸リチウムと炭化水素ガスに、さらに炭化水素は高分子化する^{2),7),8)}。

SEI の定量的な評価は、充電時の電池の内部抵抗として測定できる。

2.4 正極側の被膜(surface films)について

LiB 放電時には、Li イオンは正極に移動し電解液と反応し複雑な被膜 (surface films) を形成する。正極結着剤 PVDF は分解し LiF を生成、電解液中の電解質は分解し、正極活物質も分解し、複合酸化物、特に炭酸リチウムが生成する²⁾。

被膜 (surface films) の定量的な評価は、放電時の電池の内部抵抗として測定できる。

特に注目すべきは、正極における正極と電解液との界面に形成される電荷移動抵抗である²⁾。

2.5 内部抵抗測定法について

内部抵抗測定は ASI (Area Specific Impedance) 法が報告されている²⁾。

電流停止法で測定する場合は、緩和抵抗がその内部抵抗に相当する。

2.6 電池劣化防止のための参考文献例

難黒鉛化炭素系の試作品の表面を高分子で被覆し、焼成炭素化させ比表面積を減少させることによる初期充放電効率を高める報告もあり参考になる⁹⁾。

2.7 Li イオン電池の容量劣化について

回復しない容量は、正極表面に形成される被膜 (surface films) および負極表面に形成される SEI 等によると考えられる。

正極表面の被膜 (surface films) および負極表面の SEI 形成には Li イオンが関与し、Li イオンが他の物質に変化するために電池内部の電池容量に関与する L

i 量が減少する。そのために充放電に必要な Li 量が減少し容量が低下する²⁾。

2.8 SEI の評価方法

SEI および被膜のファクターは重量、厚さ、容積等であるが、実際の評価方法として抵抗があり、電流停止法による緩和抵抗がこの抵抗に相当する。

2.9 電池劣化と内部抵抗との関係

電池の劣化の一つの指標となる内部抵抗は被膜 (surface films) および SEI 形成に起因し、さらに内部抵抗が次式に相当することが提案されている⁷⁾。

$$R = A \times \exp(-k\sqrt{t})$$

ここに、A は定数、k はアレニウス定数、t は時間あるいは充放電回数を示す。

同式はカーボネートと Li イオンとの負極の還元反応の反応速度論からも類推できる¹⁰⁾。

3. 電流停止法を用いた実験

3.1 電流停止法の説明とその応用

図 1 および図 2 は電流停止法を用いた放電中の理論的な説明図を示す。

一定電流で放電、あるいは充電時において、図の A 部分のように推移するが、ここで電流を停止すると、電圧は B 部分のように上昇する。図において A 点から B 点の変化にはオームの法則が成り立つ。

放電電流 (充電電流) の電流と電池の内部抵抗の積に等しいと考えることが出来る。再び一定電流で放電/充電を開始すると C 部分は A 部分の緑緒線上にで降下/上昇する。

ここに、式 (1) を用いて直流内部抵抗を測定する。

$$R = \Delta V / I \quad (1)$$

ここに、R は停止時の降下分の/上昇分の内部抵抗、I は電流値、 ΔV は停止時の上昇/降下電圧を示す。

この現象を利用すれば、電池の直流内部抵抗の値だけでなく、電圧変化の様子から電子の動きと電池内の Li イオンの動きの違いによる成分分けが可能になる。

図1は電流休止法を用いた放電時の図である。

例えば、図2は図1のA B間を拡大した図である。電流停止法を用いた内部抵抗(R)の成分には2種類ある。

電流を休止した時点で抵抗を計算するオーム成分(R1)と休止して電圧の微小変化分で計算する緩和成分(平衡成分)(R2)に分けることが出来る。

上昇電圧(ΔV)/降下電圧(ΔV)には、電子的なオーム電圧(ΔV1)とLiイオン電池内のイオンの拡散に関する緩和電圧(平衡電圧)(ΔV2)がある。電圧の変化の様子から電子とイオンの動きの違いによる成分分けが可能である。それぞれの成分において、R1とΔV1は電池内の電子の動きを表しており、R2とΔV2は電池内のイオンの動きに関する。ここに、

$$\Delta V = \Delta V1 + \Delta V2 \quad (2)$$

$$R = R1 + R2 \quad (3)$$

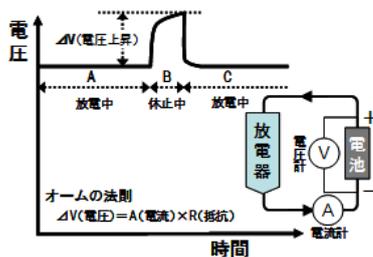
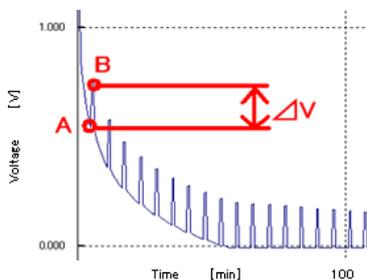


図1. 電流停止法の概略図

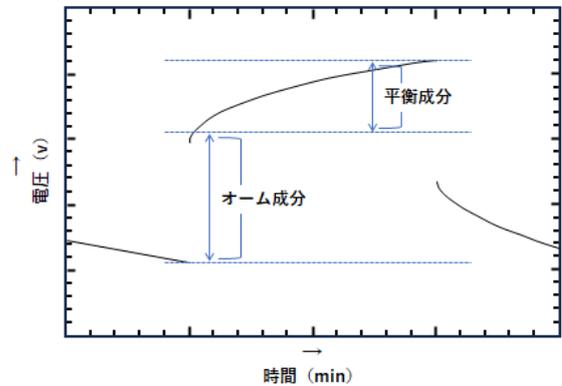


図2. 電流停止法の詳細図(放電)

3.2 実験の詳細

3.2.1 リチウムイオン電池(LiB)の電池構成および充放電操作条件等

電池構成:

正極配合:

LiCoO₂/導電材 AB/結着剤 PVDF: 90/6/4wt/wt%

負極配合:

難黒鉛化炭素(PPhS)/導電材 AB/結着剤 PVDF : 85/5/10wt/wt%

電解液: 1mol-LiPF₆/(3EC:7MEC)L

充放電操作条件: 上限電圧:4.0V, 下限電圧:0.001V,

電流: 10mA

LiB 構造: 二対向積層型 liB

3.2.2 初期充放電効率評価

上記の電池構成および充放電操作条件に従い評価した。

初期充電容量は 294mAh であった。また初期放電の容量は 272mAh であり充放電効率は 93% であった。

この数値は充放電効率からみれば十分とは言えないが電池の劣化ではなく本来の難黒鉛化炭素 (PPhS) の物性である。

3.2.3 電流停止法における緩和抵抗の測定

初期充放電操作後、充放電操作による電池の劣化の可能性を評価した。

電極の定性分析^{11),12),13),14)}、容量測定¹⁵⁾、内部抵抗(オーム抵抗および緩和抵抗)^{3),16)}等のなかで、電流停止法を使用した緩和抵抗の変化を評価方法に選定し、

特に、充放電時における電解液と Li イオン等との充電時の還元反応、放電時の酸化反応に注目した³⁾。

測定条件：初期充放電後、次からの充電操作を評価した。充電 5 分、休止 1 分後の緩和抵抗を測定した。

表 1. 充電時の電流停止法の結果

回数 (t)	(回数) ^{1/2} (√t)	緩和電位 (ΔV)	電流値 (mA)	緩和抵抗 (ohm)
1	1	0.013	10	1.3
4	2	0.011	10	1.1
9	3	0.009	10	0.9
16	4	0.008	10	0.8
25	5	0.008	10	0.8

放電操作条件

初期充放電後、次からの放電操作を評価した。

放電 5 分、休止 1 分後の緩和抵抗を測定した。

表 2. 放電時の電流停止法の結果

回数 (t)	(回数) ^{1/2} (√t)	緩和電位 (ΔV)	電流値 (mA)	緩和抵抗 (ohm)
1	1	0.006	10	0.6
4	2	0.006	10	0.6
9	3	0.007	10	0.67
16	4	0.008	10	0.8
25	5	0.01	10	1.3

3.3 実験の結果

3.3.1 正極側の緩和抵抗

R : 緩和抵抗値、t : 回数として、放電による緩和抵抗すなわち、放電により生成される薄膜 (surface films) の抵抗 R (ohm) は、

$$R = 0.6 \times \exp(0.003\sqrt{t}) \text{ であった。}$$

3.3.2 負極側の緩和抵抗

負極側の緩和抵抗 R (ohm) は、

$$R = 1.4 \times \exp(-0.003\sqrt{t}) \text{ であった。}$$

4. 結論

4.1 電流停止法を用いて、初期充放電後、次からの充放電操作における内部抵抗のうち、Li イオン等と電解液の反応に起因する緩和抵抗の変化を評価した。

4.2 負極側の緩和抵抗 R (ohm) は、

$$R = 1.4 \times \exp(-0.003\sqrt{t}) \text{ であり}$$

充電時に Li イオンと電解液のカーボネート系溶剤が還元反応しアルキルカーボネートリチウム塩が形成され SEI となる。

さらに、還元反応が進めば、SEI を形成するアルキルカーボネートリチウム塩は炭酸リチウムと炭化水素ガスになる。また電解液中の電解質 LiPF₆ が分解され、LiF および Li_xF_y が形成される^{2),10),14)}。これらの生成物による内部抵抗が緩和抵抗に相当する。充電時の内部抵抗は充電により微増する。

4.3 正極側の緩和抵抗 R (ohm) は、

$$R = 0.6 \times \exp(0.003\sqrt{t}) \text{ となり、}$$

正極側に移動した Li イオンと電解液が反応し、さらに正極活物質の分解、正極結着剤の分解などにより複合酸化物、LiF、Li_xPF_y、Li_xPO_y、さらに炭酸リチウム等が堆積され薄膜 (surface films) を形成させた²⁾。

正極側においては正極活物質と電解液との界面において被膜 (surface films) が生成し、電荷移動抵抗が発生するため放電時の内部抵抗は増加する²⁾。

4.4 正極側は放電時に緩和抵抗が増大し、負極側は充電時に緩和抵抗が微増した。

このことは LiB の電池容量に関与する Li イオンが不可逆な物質に変わり、LiB 内のリチウムが減少し、結局 LiB の電池容量の減少に至ることが推定される。

残念ながら正極および負極の活物質表面の定性分析は実施できなかった。

謝辞

新技術創成研究所の方々のご協力を御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 西川祐貴：リチウムイオン電池の充放電に関わる劣化情報の研究、本学修士論文 (2016)

- 2) D.P.Abraham et al., J.P.S 119: 511-516 Sp. Iss ,
June 1 2003
- 3) 矢室享佑、杉田勝、山邊時雄（長崎総科大）
第 53 回電池討論会 3D20, p266 (2012)
- 4) 杉田勝、他（長崎総科大、佐賀大）、第 53 回電
池討論会講演要旨集 3D19、p165 (2012)
- 5) 杉田勝、他、第 52 回電池討論会講演要旨集 1C
09, p186 (2011)
- 6) 芳尾真幸、小沢昭弥著：リチウムイオン二次電池
第二版、日刊工業新聞社発行（2000）
- 7) Bloom I, et.al., J.Power Sources 101(2)
Oct.15,2001
- 8) Masaki Yoshio, Ralph Brodd 著：Lithium Ion
Batteries、Springer 出版（2011）
- 9) 川上知洋、他、公開特許公報：特開 2021-116196
- 10) 田村幹雄著：物理化学 p511~539（至文堂、1966
年刊行）
- 11) 馬場輝久、他（日産アーク社）、第 58 回電池討
論会 3M04 (2017)
- 12) 野中敬正、他（豊田中研、他）、第 56 回電池討
論会 3M03 (2015)
- 13) 福満仁志、住化分析センター、第 56 回電池討論
会 3M07 (2015)
- 14) 井上尊夫、他（豊田中研）、第 58 回電池討論会
1I05 (2017)
- 15) 塩谷真也、他（京大産学官、他）、第 56 電池討
論会 3M18 (2015)
- 16) 仁科辰夫、他（山形大、他）、第 53 回電池討論会
2A-21 (2012)

ダウンドラフト方式を用いた木質バイオマスガス化の研究

中道 隆広^{*1}・本田 龍星^{*2}・兵働 陽介^{*3}・村上 信明^{*4}

Research on woody biomass gasification using downdraft method

NAKAMICHI Takahiro, HONDA Ryusei, HYODO Yosuke, and MURAKAMI Nobuaki

Summary

The shift to renewable energy has been driven by environmental concerns and the rising cost of fossil fuels, and power generation systems such as solar and wind are becoming more widespread.

Gasification technology is a small-scale technology that is easy to operate and manage. Gasification technology has the advantage of producing combustible gases such as CO, H₂, CH₄, etc. from biomass in a thermochemical process, which can be used as a variety of fuels. Therefore, research was conducted on biomass gasification technology that can be used in Japan.

In this experiment, the following points were clarified. As for the thermal characteristics of the woody material, the results of elemental analysis, calorimetric analysis, and differential thermogravimetric analysis indicated that Japanese cedar and cypress are not significantly different from white pellets used as fuel overseas, and can be used as fuel in the same way. In particular, Japanese cedar in the Gifu region has a high K content, and clinker is likely to be formed during combustion. The small gasifier was tested for operation and combustion, and the device was successfully tested. In the future, we will analyze the air ratio conditions necessary for the woody biomass gasification experiment and the composition of the product gas in terms of the physical properties of the raw material, and continue the gasification experiment by improving the small experimental apparatus.

Keywords : (Biomass, Gasification technology, Renewable energy, Resource circulation)

1. はじめに

環境問題や化石燃料の高騰などで再生可能エネルギーへの転換が進められ、太陽光及び風力などの発電システムのほかに、日本国内に存在する木質バイオマスを化石燃料の代替燃料として利用することが検討されている。

現在、実機ベースで稼働・運用が行われているシステムには「ボイラー・蒸気タービン」方式、「Organic Rankine Cycle (ORC)」方式、「熱分解ガス化」方式の3つがある。大型の施設では、バイオマスの燃焼によって高温高压の蒸気を作り、その蒸気タービンで発電する

方法が用いられる。しかし、この方式では 2,000kW 未満のプラントでは発電効率が 10%台と低く¹⁾、また安定的に運用するためには大量の燃料が必要で、国内外からの木質バイオマスの確保が難しく採算が合わず、施設の稼働停止にいたった施設も少なからず存在する。

そこで、小規模で発電効率が比較的高く(20~30%)運転管理が容易な技術として、「熱分解ガス化(以降、ガス化と称す)」方式が注目されている。本方式では、バイオマスを熱化学的プロセスで CO, H₂, CH₄ を主成分とした可燃性ガスに変換する。その生成ガスは直接燃

^{*1}総合情報学部 総合情報学科 生命環境工学コース

^{*2}篠田株式会社 JALCA(日本アジア LCA 研究所)

^{*3}新技術創成研究所 客員研究員

^{*4}新技術創成研究所 特命教授

料として用いられるほか、ガスタービンやガスエンジン、燃料電池など様々な原動機の燃料として適用できる。ただ本方式のガス化技術は、化石燃料の脱却を掲げる欧米を中心に研究開発が行われて来たが、現在商業的に運用されているプラントは、ドイツのブルクハルト社製の小型木質ペレット CHP 施設やフィンランドのヴォルター社製の超小型木質チップ CHP 施設程度である²⁾。

これら施設は日本国内にも導入され運用されているが、タールやクリンカーが原因となって装置の不具合が発生している。ブルクハルト社製の CHP では欧州を中心に広く採用されているペレット規格である EN-plus で最上級の A 1 クラスのペレット利用が前提とされ、日本国内においても木質ペレットの規格として、2014 年度に ISO 17225-2 が制定され、2023 年に日本農林規格 (JAS) が住宅用及び業務用木質ペレット燃料の等級分類について日本農林規格を定めている³⁾。しかし上述の通り、海外製ガス化装置に国内の木質チップやペレット燃料を使用した場合、安定的に稼働しないケースが多くあり、国内の原料に適応したシステムや装置の開発が求められている。また、日本国内では、バークなどが混在した原料の利用検討が行われているところも多い。

本研究では、これらに鑑み、国内で運用可能なダウンドラフトガス化装置開発の手がかりとして、国内の木質バイオマス原料の諸特性(元素割合、熱量、TG-DTA)や灰分組成を、実験的に調査検討した。

2. 木質バイオマスのダウンドラフトガス化

2.1 バイオマスのガス化原理

バイオマスの燃焼では、火種を近づけ高温の状態を維持すると含有有機成分が分解し可燃ガスが発生する。発生した可燃ガスは酸素雰囲気中で高温状態が継続されると燃焼し、さらにその熱で有機物の可燃ガス化が繰り返され燃焼状態が継続する。その結果、十分な空気を供給することで、含有有機分は CO_2 および水蒸気 (H_2O) となって排出される。

ガス化では、空気供給量を燃焼に必要な量の 0.4~0.5 倍に絞ることで不完全燃焼状態を維持させて、有機分から一酸化炭素 (CO) および水素 (H_2) を主体とした可燃性ガスを生成する⁴⁾。実際の運用上大きな課題となるのは、ガス化の過程で副生し、配管、エンジンなど後続機器に悪影響を及ぼすタールの抑制・制御である。

2.2 木質バイオマスのガス化方法

バイオマスのガス化には数多くの方式がある。炉形式で分類すれば、固定床、流動床、噴流床に大別でき、ガス化剤も空気、酸素、水蒸気などが目的に応じて使用される。

本研究の対象であるダウンドラフトガス化方式^{5) 6)}は、固定床型の一形式であり、今回、ガス化剤としては空気を用いる。具体的には、原料バイオマスを炉上部から投入し、空気雰囲気の一部を燃焼させながら残りの有機分の熱分解・ガス化によって、可燃性ガスである CO 及び H_2 を生成する。この方式の利点は、原料バイオマスと燃焼ガスの流れを同一方向にすることで、熱分解ガスが高温の燃焼領域を通過することとなるため、タール生成が抑制できることである⁷⁾。ただし、本方式では、ガス化・燃焼を安定させるため原料の形状やサイズや含水量の条件が厳しく制限され、EN-plus で最上級の A 1 クラスのホワイトペレットが主に利用される。

3. 国内の木質バイオマス熱特性実験

3.1 供試サンプルの作成

本研究では、国内での木質バイオマス原料の樹種や産地における差異を明らかにするために、中部日本から九州 (岐阜、京都、岡山、福岡、佐賀、熊本、大分) の 7 地域のスギ及びヒノキの原木について調査した。まず、各産地から収集した樹皮 (バーク) が含まれた状態の木材を、切削チップ製造装置を用いてチップ化した。ついで粉砕機を用いて粉砕したのち、ふるいを用いて $300\ \mu\text{m}$ 以下とし、さらに 105°C で 24 時間乾燥を行って絶乾状態に調整して供試サンプルとした。また、同様の操作で作成した日本農林規格 (JAS) の市販のホワイトペレット (原料アカマツおよびカラマツ) を比較対象サンプルとして用いた。

3.2 元素分析

木質バイオマスをガス化した際に生成するガスの成分は、含まれる炭素、水素および酸素 (以下、C、H、O と称す) の元素比率によって左右される。元素分析には、長崎窯業技術センターの開放設備として所有する Flash Smart 燃焼型元素分析計 (ThermoFisher、FLASH2000) を使用した。フラッシュ燃焼によって得られた H_2O 、 N_2 、 CO_2

ガスをカラムによって分離し、各成分を熱伝導検出器 (TC) によって検出し定量する。3.1で作成したサンプルを用いて2回測定し、その平均を測定値とした。

3.3 熱量分析

燃料の発熱量としては、高位発熱量(HHV)と低位発熱量(LHV)の2種が使用される。HHVは水蒸気の蒸発潜熱を含めた熱量であり、LHVはそれを含まない熱量である。通常の原動機では発生する水蒸気の潜熱は利用されないため、一般にはLHVを用いることが多い。

各サンプルについて、ボンベ型熱量計((株)吉田製作所、型式1013-J)を使用してHHVを測定後、3.2での元素分析結果をもとに式(1)からLHVを計算した。

$$\text{LHV}=\text{HHV}-((\text{A}\times\text{H}+\text{W})\times\text{B}) \quad \dots \text{式(1)}$$

A: 水素 1 molから発生する水の量 9(g)

H: 水素含有量(%)

W: 含水率(%)

B: 水の蒸発潜熱(25°C) 2.442(MJ/kg)

3.4 熱重量示差熱分析

熱重量示差熱分析(TG-DTA)とは、調査対象試料の加熱・冷却に伴う質量変化測定(TG)と、熱変化を熱的に不活性な基準物質との温度差として連続的に検出する示差熱測定(DTA)とを同時に行い、試料の熱特性を評価するものである。測定機器としては、差動型示差熱天秤((株)リガク,TG8120)を使用した。空気(Air)雰囲気です温速度20°C/minに設定し、開始温度を常温、終了温度800°Cとして計測を行った。サンプルは3.1で作成したもの約10mgであり、各サンプルにつき3回測定し、その平均を測定値とした。

3.5 灰組成分析

バイオマスのガス化においては、含有灰分に十分な配慮が必要である。3.1で作成したサンプルを耐熱容器内でバーナーを用いて予備燃焼し、ついでマッフル炉中、空気雰囲気です550°C、2.5時間の加熱を行って灰化したものをサンプルとした。分析には、長崎窯業技術センターが開放設備として所有するZetiumハイエンド波長分散蛍光X線分析装置を使用した。本装置は、X線管からサンプル

に直接X線を照射し、サンプルよりの蛍光でBeからAmの元素領域を測定できるものである。各サンプルにつき2回測定し、その平均を測定値とした。

4. 国内の木質バイオマス熱特性実験結果

4.1 元素各サンプルの元素分析結果を表1に示す。スギとヒノキの樹種や、木質バイオマスが生育した地域間では各元素に大きな差異はなく、おおむねC:49~46%、H:6~5%、O:47~43%(Oは直接分析できないため、100%からの差分で示される)の間であり、比較対象サンプルであるカラマツおよびアカマツも同様の値を示した。従来の文献値⁸⁾ともおおむね合致する。一方、灰分は0.2~0.7%であり、NおよびSはすべてのサンプルで検出されなかったが、本分析法では検出精度が低いので、実際には別の手法での測定が必要である。

4.2 熱量分析結果

各サンプルの熱量分析結果を表2に示す。熱量測定結果(HHV)と、上記4.1の元素分析の結果とからLHVを算出した結果、スギは18.0~19.5MJ/kg、ヒノキは、17.0~18.0MJ/kgとなり、スギの方が、ヒノキよりもやや高い熱量であった。

4.3 熱重量示差熱分析結果

熱重量示差熱分析結果を図1に示す。すべてのサンプルにおいて、100°C付近で水分が蒸発した後、250°C付近で重量が減少している。さらに高温度域においても、TGの減少傾向に大きな差異は認められなかった。これらの事から今回分析を行ったサンプルでは、実際のガス化反応時の挙動に大きな差異はないものと推察される。

4.4 灰組成分析結果

バイオマスから発生する灰分はアルカリ金属やアルカリ土類金属を含むことが多い。これらの金属は配管内でのクリンカー形成や伝熱管の腐食の原因となるため、重要な検討項目となる。各サンプルについて、灰組成の分析結果を表3に示す。ほとんどすべてのサンプル灰でK、Ca、Mgが上位3元素であるが、ただ地域間では大きな差異が見られる。特に岐阜のスギにはKが多く含まれており、燃料として使用する場合には注意を要する。

表1 各サンプルの元素分析結果

地域	樹種	C	H	O	灰分	合計
岐阜	スギ	48.8	5.7	44.7	0.7	100.0
	ヒノキ	48.1	5.7	46.0	0.3	100.0
京丹波	スギ	48.6	5.7	45.2	0.5	100.0
	ヒノキ	48.4	5.7	45.5	0.4	100.0
熊本	スギ	48.3	5.6	45.3	0.7	100.0
	ヒノキ	47.6	5.6	46.5	0.3	100.0
西粟倉	スギ	47.8	5.7	46.0	0.4	100.0
	ヒノキ	47.5	5.9	46.3	0.3	100.0
福岡	スギ	48.3	5.7	45.5	0.4	100.0
	ヒノキ	46.9	5.6	47.2	0.3	100.0
大分	スギ	48.7	5.8	45.0	0.5	100.0
	ヒノキ	47.0	5.7	47.1	0.3	100.0
佐賀	スギ	47.6	5.6	46.4	0.4	100.0
	ヒノキ	25.8	5.6	68.3	0.3	100.0
比較区	カラマツ	46.6	5.9	47.3	0.2	100.0
	アカマツ	49.8	6.0	43.9	0.3	100.0

(単位：重量%)

表2 各サンプルの熱量分析結果

地域	樹種	HHV	LHV
岐阜	スギ	20.9	19.6
	ヒノキ	18.7	17.4
京丹波	スギ	20.1	18.8
	ヒノキ	19.3	18.0
熊本	スギ	19.7	18.4
	ヒノキ	19.1	17.8
西粟倉	スギ	19.1	17.8
	ヒノキ	19.5	18.2
福岡	スギ	19.8	18.5
	ヒノキ	18.8	17.5
大分	スギ	19.6	18.3
	ヒノキ	18.9	17.6
佐賀	スギ	19.6	18.3
	ヒノキ	19.4	18.1
比較区	カラマツ	18.7	17.4
	アカマツ	19.1	17.8

(単位：MJ/kg)

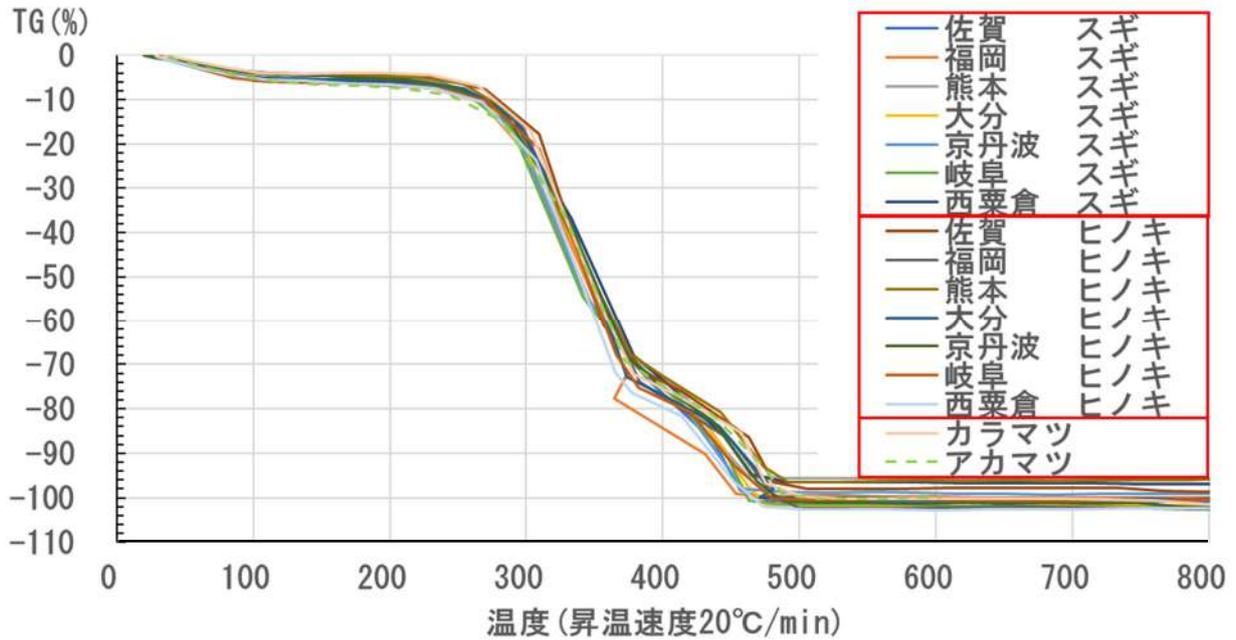


図1 熱重量示差熱分析結果

表3 各サンプルの灰組成分析結果

地域	樹種	K	Ca	Mg	その他	合計
岐阜	スギ	69.6	23.9	3.2	3.2	100.0
	ヒノキ	24.2	55.3	4.9	15.6	100.0
京丹波	スギ	46.2	47.7	2.9	3.2	100.0
	ヒノキ	34.1	49.8	4.3	11.9	100.0
熊本	スギ	43.3	49.0	3.8	3.8	100.0
	ヒノキ	48.6	40.5	3.4	7.5	100.0
西粟倉	スギ	24.7	67.1	4.1	4.1	100.0
	ヒノキ	41.7	43.6	5.7	9.0	100.0
福岡	スギ	26.2	65.8	4.0	4.1	100.0
	ヒノキ	17.4	72.3	4.5	5.8	100.0
大分	スギ	40.7	51.6	4.0	3.7	100.0
	ヒノキ	24.4	65.8	3.8	6.0	100.0
佐賀	スギ	35.7	54.4	5.4	4.6	100.0
	ヒノキ	16.7	73.0	4.5	5.7	100.0
比較区	カラマツ	41.8	39.0	5.1	14.1	100.0
	アカマツ	27.4	52.0	7.7	12.8	100.0

(単位：重量%)

※実際には酸化物だが分析された元素音合計量を100%とした

5. 実験用小型ガス化装置の設計

5.1 小型ガス化装置の作製

木質の熱特性や灰の組成分析から実機を稼働した際の運転状況やダウンドラフト方式を用いたガス化反応の検証を行うために、共同研究企業が所有する150kWのダウンドラフト方式ガス化プラント参考にして、小型ガス化装置の設計・作製を行った。小型ガス化装置はガス化炉を中心に構成し、エアコンプレッサーを用いた押し込み方式の空気供給装置を設置し、生成ガスの水冷式冷却装置と逆火装置を通過後、フレアスタックにて焼却処分が可能な装置構成とした、小型ガス化炉の外観を図2に示す。



図2 小型ガス化装置のガス化炉外観

5.2 小型ガス化装置の動作実験

チップを用いてガス化装置の動作実験を行った。運転実験ではガス化炉内の温度が750℃から800℃まで上昇し、バイオマスの熱分解に必要な温度を保持できることを確認した。熱分解での生成ガスをサンプリングし、ガス検知管にてCO濃度の分析した結果、検知上限である10%以上を示し、本装置における熱分解ガス化が可能であることを確認した。

6. まとめと今後の取り組み

本研究の結果をまとめると次の通りである。①元素分析、熱量分析、示差熱重量分析の結果から、今回検討したスギ・ヒノキは海外で燃料として使われているハワイ

トペレットと大きな違いはなく、ガス化燃料として同様に使用できると考えられる。②灰組成については、地域間で大きな差が見られ、一部地域のスギにはKが多く含まれており、使用する際にはクリンカーの生成などに注意することが必要である。③ダウンドラフト型木質バイオマスガス化装置のガス化反応評価のため小型試験装置を設計・製作し、正常に作動することを確認した。

今後、この小型試験装置を用いて、適切な空気供給の条件、原料バイオマス種類の影響などの調査・解析を行っていく予定である。

7. 引用文献

- 1) 久保山 裕史, 木質バイオマスエネルギー利用の現状と課題, 森林科学, 2004, 40 巻, pp10-16.
- 2) 石丸美奈 木質バイオマス小規模ガス化発電の普及への課題. 一般社団法人 JA共済総合研究所 共済総研レポート, 2017. 4, pp22-29.
- 3) 農林水産省 日本農林規格 (JAPANESE AGRICULTURAL STANDARD, 木質ペレット燃料, 2023
- 4) 笹内 謙一, バイオマスの熱分解ガス化による発電利用, 日本燃焼学会誌, 2005, 47 巻, 139 号, pp31-39
- 5) (社) 日本エネルギー学会 [編], バイオマスハンドブック, (オーム社), pp91 (2002)
- 6) (社) 日本エネルギー学会 [編], バイオマス用語辞典, (オーム社), pp76 (2006)
- 7) 笹内 謙一, 木質バイオマスのガス化発電, 環境技術, 2004, 33 巻, 7 号, pp524-529
- 8) 阿部房子, 森林バイオマスの熱化学的研究, 独立行政法人森林総合研究所 林試験報 1988, No.352 pp1-95

閉鎖循環式陸上養殖浄化システムにおける家庭用浄化槽の 応用可能性に関する基礎的研究

—第1報 循環水における家庭用浄化槽の硝化作用—

下高 敏彰^{*1*2}・深江 一輝^{*2}

A Fundamental Study on the Feasibility of Applying Domestic Wastewater Treatment Systems in Closed-Cycle Land-Based Aquaculture Purification Systems -Part 1 - Nitrification in Recirculating Water by Domestic Wastewater Treatment Systems- SHIMOTAKA Toshiaki and HUKAE Kazuki

Summary

This study investigated the feasibility of using domestic wastewater treatment systems for purification in closed-cycle land-based aquaculture. A domestic wastewater treatment tank (1.4 m³) was connected to an aquaculture tank (2 m³) to circulate and control ammonia nitrogen levels in the water for a nitrification experiment. The results showed that while the nitrification of NH₄-N was sufficiently achieved, the nitrification of NO₂-N and the denitrification of NO₃-N were inadequate, leading to water quality deterioration. These findings suggest that using domestic wastewater treatment systems as they are for closed-cycle land-based aquaculture purification systems is challenging. Improvements in nitrification and denitrification capacities are necessary for effective application in aquaculture.

Keywords : (Closed-Cycle Land-Based Aquaculture, Nitrification, Domestic Wastewater Treatment System)

1. 緒言

長崎県長崎市において2023年7月末から8月上旬にかけて橋湾で発生した赤潮により、トラフグやシマアジ、マダイなどの養殖魚約110万匹が死亡し、被害額は推計で約13億円にも上ると報じられている¹⁾。海洋での養殖は、常に水質悪化に伴う影響を受けるリスクがある。一方、閉鎖循環式陸上養殖技術は、自然環境の影響を受けずに養殖が可能であり、養

殖水を循環浄化しながら利用するため排水がなく環境汚染の軽減が可能である。さらに、気候の影響を受けないため水温や塩分濃度のような水質コントロールが可能であり、人工海水を使用することで汚染された水や病原菌、寄生虫から養殖魚を守ることができる。しかし、循環水を繰り返し使用することから、養殖魚の餌や糞による水質悪化を防ぐためには、水質維持に伴う水質浄化システムが最も重要である。

^{*1} 新技術創成研究所 環境・エネルギー部門 客員研究員

^{*2} 株式会社 PUKPUK

日本における閉鎖循環式陸上養殖の循環濾過式飼育システムに関する研究は1950～1960年代に基礎的な研究がなされ、砂濾過フィルターの有機物分解機能の研究が行われ、浄化微生物とその酸素要求との関係が明らかにされた^{2), 3), 4), 5), 6), 7), 8)}。これらの基礎研究は今日の循環濾過式飼育技術の基準を形成し、現代の浄化システムの基盤を築いている。しかし、現在の閉鎖循環式陸上養殖の浄化システムは大規模な施設が必要であり、高額な初期費用及び運転費用や維持費用がかかるため、コストを軽減できるシステムの開発が求められている。

他方で、水質浄化の歴史の中で下水処理場の活性汚泥法は1913～1914年に英国チェスター市でArdermとLockettにより考案され⁹⁾、現代まで多くの研究と改良が加えられている。現在では家庭用でも利用できるコンパクトタイプが販売されており、その安価さと汎用性の高さから、この下水処理技術を閉鎖循環式陸上養殖の浄化システムに応用できれば、安価で汎用性の高い浄化システムを提供できる可能性がある。本研究では、家庭用浄化槽を用いて閉鎖循環式陸上養殖の浄化システムに応用可能性について検討するために、家庭用浄化槽と養殖水槽を接続し循環させアンモニア態窒素濃度をコントロールした養殖水で硝化実験を実施した。

2. 実験方法

2.1 閉鎖循環式陸上養殖システムの構築

本研究の閉鎖循環式陸上養殖システムは、長崎大学文教キャンパス内にある水産学部棟付近に水槽及び浄化槽を設置した。Fig. 1に設置した閉鎖循環式陸上養殖浄化システムの模式図を示す。浄化槽には、株式会社クボタ製のコンパクト高度処理型浄化槽（窒素除去タイプ）KZII (1.4 m³)を使用した。本浄化槽は、内部構造が好気濾床槽、沈殿分離槽、嫌気濾床槽、担体流動層、接触濾床槽、沈殿槽及び消毒槽で構成されており、硝化、脱窒及び消毒を兼ね備えた浄化槽である。ただし、本実験においては実際の養殖で消毒は行わないため、消毒槽での消毒は行わず、さらに本浄化槽に付属の水質浄化に用いる微生物群は使用せず、自然発生した微生物群を利用した。

養殖水槽は、丸水槽 (180×80cm・満水量 2 m³) のビニール製の水槽を使用した。浄化槽と養殖水槽を塩ビパイプにより流入及び排水ができるようにし、養殖水を循環させるために、養殖水側から浄化槽側へ流入するように水中ポンプ (Thyescom 製・吐出量 2500L/H、最大揚程 2.5M) を使用し、

2500L/Hで循環させた。また、養殖水槽内には、エアーポンプを使用し、68L/minで水槽に曝気を行った。

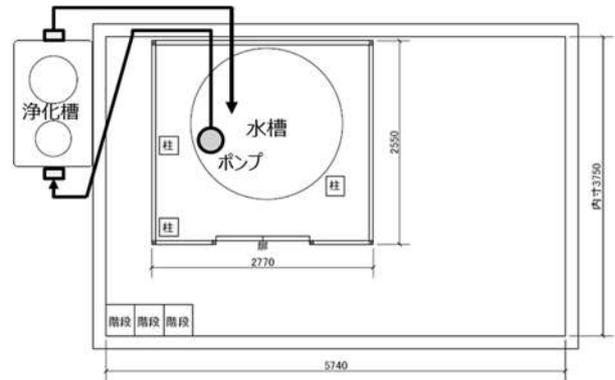


Fig.1 Schematic diagram of the installed closed-cycle land-based aquaculture purification system.

2.2 水質浄化試験

浄化水質試験は、2023年9月29日～11月23日までの56日間実施した。循環水は塩分濃度約20‰の人工海水を作成し使用した。循環水に水質の測定は、水温、塩分濃度、pH、DO、NH₄-N、NO₂-NおよびNO₃-Nについて行った。水温とDOの測定はFUSO社製の投げ込み用プローブ仕様の溶存酸素計PD0-520を使用した。塩分濃度の測定は、アタゴ社製のポケット塩分計PAL-SALTを使用した。pHの測定はApera Instruments社製のpH測定器pH20ペン型を使用した。NH₄-N、NO₂-NおよびNO₃-Nの測定は、共立理化学研究所社製の簡易水質検査パッケージテストをそれぞれ使用した。簡易水質検査パッケージテストのそれぞれの測定範囲は、NH₄-Nが0.2～10mg/Lであり、NO₂-Nが0.005～0.5mg/Lであり、NO₃-Nが0.2～10mg/Lである。水質の測定は塩化アンモニウム投入前と後に1回ずつ測定し以降は毎日測定を実施した。塩化アンモニウムは栗本薬品工業社製を使用し養殖水量約3 m³に対し150 g投入した。

2.3 カサゴ飼育試験方法

2023年11月18日に浄化試験完了後の処理水をそのまま活用し本システムの養殖水槽内に100匹のカサゴの稚魚を投入し、2023年12月12日まで飼育試験を実施した。本試験において、稚魚投入後10日目の11月28日において白点病が発生し稚魚の死亡が確認され始めてから12月12日でほとんどの稚魚が死亡したため飼育試験を終了した。試験中の給餌量に

については給餌状況に応じて調整したが、飼育開始 10 日から白点病の影響により稚魚の死亡が確認されてからは給餌量を抑えて給餌した。

水質の測定については、水質浄化試験方法と同じ項目について測定を実施し、11 月 18 日～11 月 24 日までは毎日測定を実施し、カサゴの稚魚が死亡し始めた 11 月 28 日以降は 2 日に一回の測定を実施した。

3. 結果および考察

3.1 試験期間中の水質

水質データの推移を Fig. 2 に示す。水温の平均±標準偏差は、 $20.5 \pm 2.7^\circ\text{C}$ で試験期間中の最高、最低水温はそれぞれ 27.2°C および 16.5°C であった。試験中の水温は試験開始から試験終了まで減少傾向を示した。硝化細菌の硝化活性における最適温度は $20^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ といわれている。最も行われる水温は 30°C といわれており 15°C 以下になった場合に硝化速度は著しく低下するといわれている。本研究においては、37 日目を降は 20°C を下回る日が続いたが 15°C 以上で推移した。塩分濃度の平均±標準偏差 $19.9 \pm 0.3\text{‰}$ であり、試験期間中の最高、最低塩分濃度はそれぞれ 20.2‰ および 19.0‰ であった。pH の平均±標準偏差は、 7.8 ± 0.2 であった。塩化アンモニウ

ム投下前の pH の値が 7.9 に対し、投入後は 7 まで低下したが翌日には 8 になり、以降は $8.3 \sim 7.6$ の範囲で推移した。pH は、一般的に $7.4 \sim 8.4$ の範囲で良好な消化作用が維持されるといわれており¹⁰⁾、pH が 7 以下になると硝化細菌の活性が低下するが、本研究における pH の範囲は硝化細菌の活性範囲内であった。DO の平均±標準偏差は $8.3 \pm 0.9\text{mg/L}$ であり、最高、最低 DO はそれぞれ 8.9mg/L および 4.5mg/L であった。DO の最低値の 4.5mg/L については 10 月 15 日および 11 月 5 日にエアポンプが停止し酸素供給が止まったため低い値を示した。以上の結果より、硝化細菌の活性における水質条件としては問題ないことが示唆された。

3.2 家庭用浄化槽における硝化特性

本浄化システムにおける循環水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の結果を Fig. 3 に示す。Fig. 3 より塩化アンモニウム投入後は $\text{NH}_4\text{-N}$ が急激に上昇し、検出限界以上の濃度に達した。一方、 $\text{NO}_2\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度に変化はなく、投入前と同程度を示した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は循環 19 日目から 45 日目まで減少傾向を示し、以降は検出限界以下を推移した。一方、 $\text{NO}_2\text{-N}$ は循環 16 日目に、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は 17 日目に濃度が上昇し始め、濃度上昇は、 $\text{NO}_2\text{-N}$ では 33 日目まで、 $\text{NO}_3\text{-N}$ では 35 日目まで上昇し検出限界以

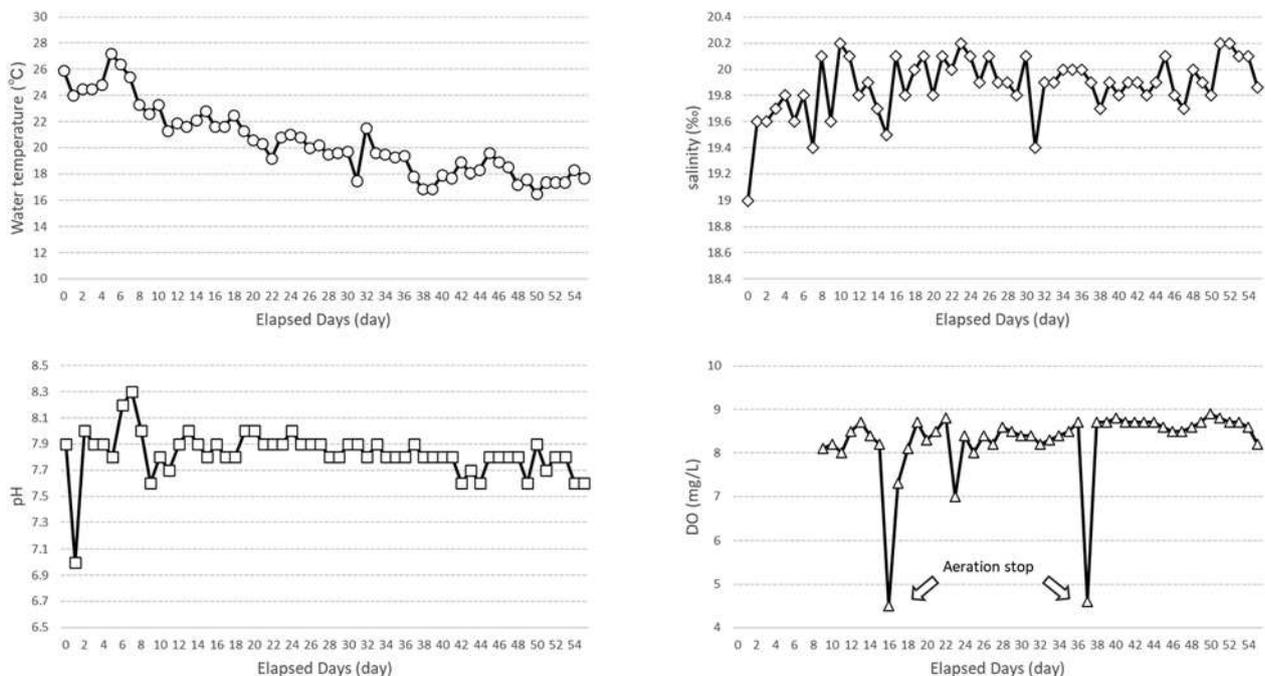


Fig.2 Transition of water quality data during the water purification test.

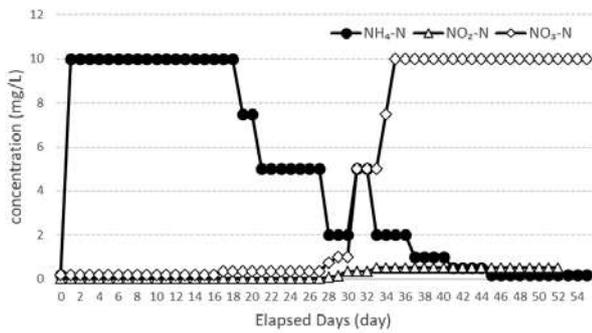


Fig.3 Results for NH₄-N, NO₂-N, and NO₃-N in the recirculating water of this purification system.

上に達した。どちらもそれ以降は検出限界以上の値を推移した。

NH₄-N の硝化の流れは、硝化細菌により NH₄-N が硝化され NO₂-N へ変化し、次に硝化細菌により直ちに NO₃-N へ変化する。本研究において NH₄-N の硝化が開始された日は、19 日目まで濃度が検出限界以上を示していたため明確にはわからないが、硝化の流れから 16 日目に NO₂-N が上昇したことから 16 日目から硝化細菌の活性が活発化し 45 日目には硝化作用が安定するものと考えられた。この結果は、本浄化槽の硝化作用が

開始されてから立上がり安定するまでに要する期間が、45 日間であることを示唆しており、一般的な浄化槽の立上げ期間が約 1~2 ヶ月といわれていることと同程度であることが明らかとなった。また、本浄化システムにおいて NH₄-N の硝化は確認されたが、NO₂-N および NO₃-N が検出限界以上から減少しなかったことから NO₂-N の硝化および NO₃-N の脱窒作用は不十分であることが推測された。

3.3 カサゴ飼育試験結果

カサゴ飼育試験時における水質データの推移を Fig.4 に示す。水温の平均±標準偏差は、17.9±2.3°Cで試験期間中の最高、最低水温はそれぞれ 24.5°Cおよび 14.1°Cであった。試験中の水温は試験開始から試験終了まで減少傾向を示した。カサゴの稚魚の選好温度は 18.5°C~21.1°Cであり、馴致温度は、15°C~25°Cであるといわれているため¹¹⁾、本実験においては最適な温度を推移していた。塩分濃度の平均±標準偏差 20.5±0.6‰であり、試験期間中の最高、最低塩分濃度はそれぞれ 21.4‰および 19.6‰であった。pH の平均±標準偏差は、7.7±0.2であり、最高および最低 pH はそれぞれ 8 および 7.5 であった。DO の平均±標準偏差は 8.5±0.3mg/L であり、最高、最低 DO はそれぞれ 8.9mg/L および 8.0mg/L であった。以上の

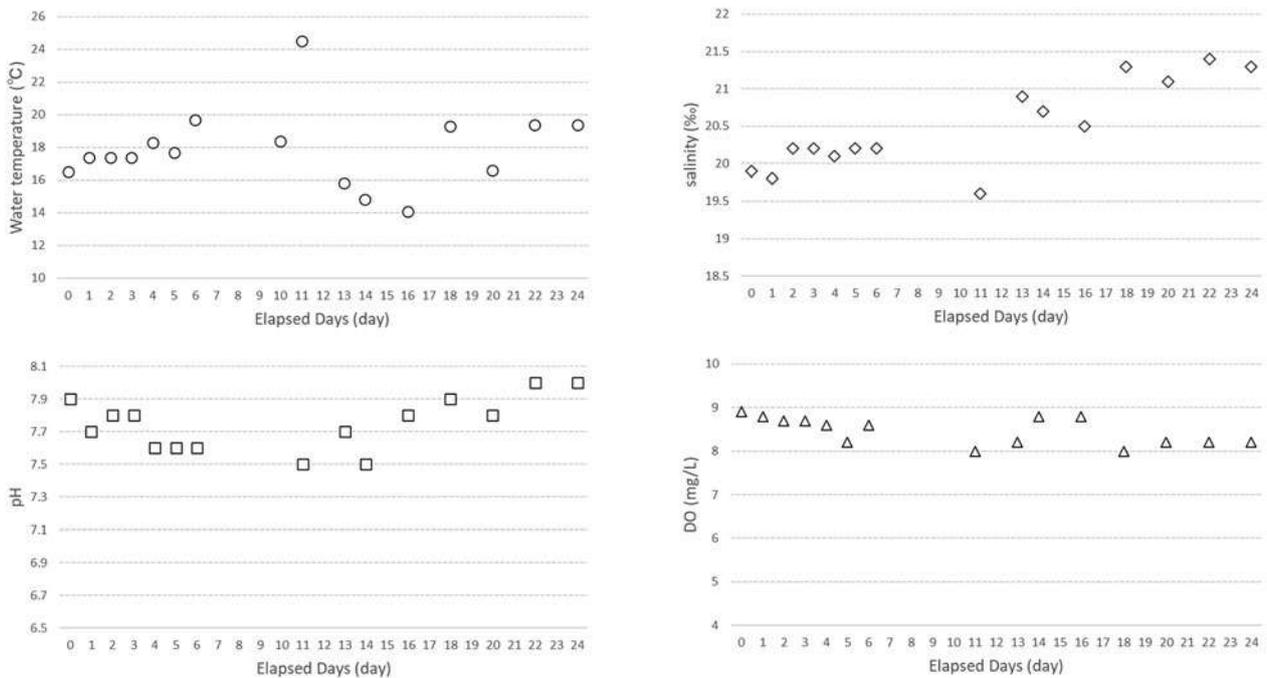


Fig.4 Transition of water quality data during the cultivation of rockfish

結果から、カサゴを飼育する水質条件としては最適であった。

カサゴ飼育時における循環水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の結果を Fig. 5 に示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は試験開始から終了まで検出限界以下の値を示し、水質内における $\text{NH}_4\text{-N}$ の上昇は確認されなかった。しかし、水質浄化試験時の循環水をそのまま利用したこともあり、飼育試験開始から $\text{NO}_2\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度は検出限界以上を示し、終了まで減少することはなかった。 $\text{NO}_2\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の魚類に対する毒性についての報告はいくつかあり、特に高濃度の $\text{NO}_2\text{-N}$ は魚類を死亡させる原因となる^{12),13)}。本試験において $\text{NO}_2\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ は高濃度を推移しており、なおかつ水質悪化に伴うカサゴの活性が弱ったと考えられ、付着していたと思われる白点病菌により疾病が発生し、試験開始から 24 日目の 12 月 12 日にはほとんどのカサゴが死亡した。

硝化作用が順調であれば、 $\text{NH}_4\text{-N}$ から $\text{NO}_2\text{-N}$ に変化後、直ちに $\text{NO}_3\text{-N}$ へと変化されるが本実験においては水質浄化試験の結果と同様で、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の硝化作用が不十分であった。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ についても同様の結果であり脱窒作用は確認されなかった。

家庭用浄化槽は、家庭内トイレにおける汚泥を処理するために用いられるものであるため、1 日のトイレ使用回数における浄化を想定において設計されている。すなわち、トイレ使用時しか汚水の移動がなく、トイレ使用時外には浄化槽内を滞留している。そのため、十分な消化および脱窒に要する時間があるため浄化が十分行われている。一方で、閉鎖循環陸上養殖の浄化システムは循環を想定しているため常に養殖水が循環している。そのため、浄化槽内における脱窒層に流入してきた養殖水は脱窒に必要な時間を確保できないまま循環されてしまうため、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が上昇すると考えられる。

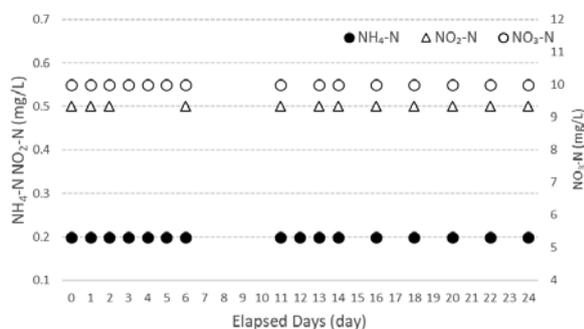


Fig.5 Results of $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, and $\text{NO}_3\text{-N}$ in the recirculating water during rockfish cultivation.

しかしながら、本研究に使用した 1.4 m^3 の浄化槽と 2 m^3 の養殖水槽を用いた循環浄化システムでは十分な $\text{NO}_2\text{-N}$ の硝化が行われなかったことから、家庭用浄化槽をそのままの状態でも閉鎖循環式陸上養殖の浄化システムとして利用することは困難であることが示唆された。すなわち、家庭用浄化槽を閉鎖循環式陸上養殖で利用するためには、硝化および脱窒能力を向上させるための工夫を要することが明らかとなり、ろ過材、循環速度、容積など検討する必要がある。

4. まとめ

本研究は、家庭用浄化槽を用いて閉鎖循環式陸上養殖の浄化システムに応用可能性について検討するために、家庭用浄化槽 (1.4 m^3) と養殖水槽 (2 m^3) を接続し循環させアンモニア態窒素濃度をコントロールした養殖水で硝化実験を実施した。研究の結果、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化は十分行われたが、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の硝化作用および $\text{NO}_3\text{-N}$ の脱窒作用が不十分であり水質悪化につながった。以上の結果より、家庭用浄化槽をそのままの状態でも閉鎖循環式陸上養殖の浄化システムとして利用することは困難であることが示唆され、家庭用浄化槽を閉鎖循環式陸上養殖で利用するためには、硝化および脱窒能力を向上させるための工夫を要することが明らかとなった。

5. 参考文献

- 1) 読売新聞, "長崎で赤潮発生、トラフグ・マダイなど養殖魚 110 万匹死ぬ...被害 13 億円," <https://www.yomiuri.co.jp/economy/20230907-OYT1T50092/>, (2023 年 9 月 7 日)
- 2) 佐伯有常: 魚介類の循環濾過式飼育法の研究基礎理論と装置設計基準, 日水誌, 23 (1958) pp.684-695.
- 3) 平山和次: 海産動物飼育海水の循環濾過式浄化法に関する研究—I, 濾過による海水浄化量の指標としての溶存酸素の減少量, 日水誌, 31 (1965a) pp.977-982
- 4) 平山和次: 海産動物飼育海水の循環濾過式浄化法に関する研究—II, 濾過速度および砂層の厚さと海水浄化量との関係, 日水誌, 31 (1965b) pp.983-990
- 5) 平山和次: 海産動物飼育海水の循環濾過式浄化法に関する研究—III, 濾砂の粒径と海水浄化量(OCF)との関係, 日水誌, 32 (1966a) pp.11-19
- 6) 平山和次: 海産動物飼育海水の循環濾過式浄化法に関する研究—IV, 飼育魚による海水の汚濁, および循環濾過

式飼育水量の安全収容量, 日水誌, 32 (1966b) pp.20-27

- 7) 河合章, 吉田陽一, 木俣正夫: 循環濾過飼育水槽の微生物科学的研究—I, 魚の飼育に伴う水質ならびに微生物相の変化について, 日水誌, 30 (1964) pp.55-62
- 8) 河合章, 吉田陽一, 木俣正夫: 循環濾過飼育水槽の微生物科学的研究—II, 濾過砂の硝酸化成作用について, 日水誌, 31 (1965) pp.65-71
- 9) Arden, E. and W. T. Lockett. : Experiments on the oxidation of sewage without the aid of filters. J. Soc. Chem. Ind. 33, (1914) p. 523.
- 10) 北尾高嶺: 廃水・廃棄物処理 廃水編, 生物学的硝化・脱窒 (岩井重久・加藤健司・左合正雄・野中八郎 編), 講談社, 東京, (1977)pp.180-183
- 11) 土田修二: 沿岸性魚類の温度選好に関する実験的研究, 海生研研報, 第4号 (2002) pp.11-66
- 12) 阿久津崇, 鈴木究真, 清水延浩, 田中英樹: 人工アユの亜硝酸態窒素耐性, 群馬県水産試験場研究報告, 第25号 (2019-3) pp. 17-18
- 13) 杉山元彦, 田中秀樹, 福所邦彦: ブリ若魚に対するアンモニア態, 及び亜硝酸態窒素の毒性, 養殖研究所研究報告, 第9号 (1991-3) pp.31-33

IT 革命以降の企業の発展・持続可能のための戦略

経営革新（オーガニゼーション・イノベーション）

東 良信^{*1}・東 孝信^{*2}

Corporate Sustainability Strategy after IT revolution

HIGASHI Yoshinobu and HIGASHI Takanobu

Summary

With the advancement of the digital society, many companies are starting up new businesses and focusing on businesses that cannot be imagined from the company name. What is important for the corporate development and sustainability is for companies to implement the business in perfect harmony among vision, self-improvement and communication to recognize and reflect on themselves. Companies are continued to adapt or conform them to economic and social changes by creatively implementing initiatives (structure improvement, restructuring, second start-up, M&A) and constantly launching new businesses.

Keywords : digital society, open innovation, corporate development and sustainability

キーワード: デジタル社会, オープンイノベーション, 企業の発展と持続可能性

1. はじめに 本研究の目的

IT 革命以後の社会では、今までのビジネス上の通例や常識が変化してきた。本稿では、企業がデジタル社会の社会経済状況特に情報・技術の飛躍的・非連続的發展にどう適応し、企業を存続させていっているのか、企業の実態について考察する。IT 革命後では、経済社会の変化が激しいがゆえに、企業の発展・持続可能性にとって大切なことは、主要事業の利益を確保・向上することだけでなく、その既存事業の絶え間ない進化と変化に順応した新規事業の立ち上げが重要である。それを実行するために企業がどのように事業の探索、試作、マーケティングテスト、事業の深堀を行い、新規事業などの PDCA サイクルを回すかは重要な論点である。

現在の研究では企業を立ち上げ、どのようにしたら成長できるかを調査しているものが主であるが、本稿では企業は第 2 創業など経営革新（オーガニゼーション・イノベーション）の懸命な努力をしており、その「企業の発展・持続可能のための戦略」について考察する。

2. IT 革命以後の企業環境

現在は Society5.0 の時代と言われている。東良信, 東孝信 (2023) にて示した通り、現状は以下である。その特徴は第 1 に、IOT 及びビックデータの活用である。工場の機械の稼働状況から交通、気象、個人の健康状況まで様々な情報がデータ化され、それらをネットワークでつなげてまとめ、これを解析利用することで新たな価値を

*1 大学院 新技術創成研究所 客員教授

*2 法政大学 経済学研究科 修士卒業

生み出すというものである。第2に、AIの活用である。AI内には既に必要な情報や勘所が組み込まれており、人間がコンピューターに対してあらかじめ分析上注目すべき要素を与えなくとも、コンピューターが自ら学習し、一定の判断を行うことが可能になっている。加えて、従来のロボット技術でなされていた作業よりもさらに複雑な作業が可能となっているほか、省スペースで複雑な工作物の製造も可能となっている。また、従来は人間によって行われていた単純労働・補助業務はAI及びロボットによる補助・代替への変更をも可能にした。例えば3Dプリンターの発展により、開発や量産試作の過程を経ずとも、他社の模造品を精度高く複製する企業も現れた。¹⁾

さらに、情報・技術の飛躍的・非連続的な進歩により、如何なる国の如何なる企業でも簡単にデータコピーすることが可能なインフラが整う環境となり、大手企業の既存製品の模造品や類似品の作成を簡単にまた短期間で行うことが可能となり、既存の会社は勿論のこと、新規参入事業者であっても消費者側すなわち利用者に製品を容易に提供できるようになった。そうして、消費者側の商品などの選択に配慮せざるを得ないようになり、商品寿命・知識・スキルの賞味期限の短縮が生じ、企業が追及すべきこととしては規模の拡大よりも付加価値の生産・創造となった。¹⁾

企業側からみれば、これまでの財・サービスの生産・提供の在り方が大きく変わり、付加価値の生産・創造へ路線変更することが求められ、また生産の効率が飛躍的に向上する可能性をもたらした。他方、消費者から見れば、これまでの財・サービスがより低価格で好きな時に適量入手できるようになった。企業は世界的市場競争に巻き込まれ、長く愛用されている商品であっても、コモディティ化されてしまい、消費者が潜在的に欲していた新しい付加価値の高い財・サービスを企業は提供を行うことを模索する必要に迫られるようになった。¹⁾

日本企業においては、1980年代～1990年代において盛んだった日本的経営の行き詰まりの状況が生じた。ここでいう日本的経営について、野中郁次郎(2020)は、日本企業が成功した理由として、「製造力、安い資本コスト、企業と顧客、下請け、官庁との間の緊密な協力関係、終身雇用・年功制などの人事慣行など」が重要としながらも、「組織的知識創造」の技術・技能こそが日

本企業成功の最大要因」と主張している。²⁾

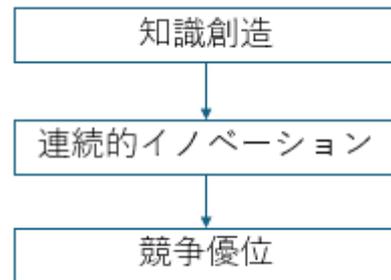


図1：日本の競争優位,野中郁次郎(2020)より²⁾

従来型の日本企業における製品開発は、主に、日欧米先進諸国のメーカーが開発した製品を分解・解析し、良い点を自社製品に取り入れて、機能改善や原価低減活動を行うものであり、世界的に新しい製品を創ることよりもその製品を工場で安く効率的に造るための工程の改善を図ることが至上命題であった。多くの日本企業の経営スタイルは経済社会の工業化に合わせてきたもので、競争に勝つ組織の手段は、規模の追及であり、工場や販売組織などにかく規模を大きくして、かつ品質を落とさないようにすることが求められた。この規模の経営を追求する組織には、上位下達の軍隊式の命令系統が適しており、本社或いは日本の主要拠点を頂点とした中央のガバナンスを強めれば強めるほどよかったわけであり日本的経営はこのような中央集権的経営として完成されたものであった。しかし、society5.0にもなると、多くの企業はこのような従来の日本型経営のやり方だけでは通用しなくなり、変革の重要性を認識し始めている企業が多い。¹⁾

日本企業が競争に勝つことに苦勞しているデジタル社会はリアルな「モノ」や「サービス」をデジタル化することで、新しい価値を生み出し、文化、産業、人間のライフスタイルを一変させていく社会である。したがって、日本企業は、この変化を受け止め、単一的・画一的製品・サービスの大量生産から多様な付加価値の高い製品・サービスの大量生産へと経営方針を変化させざるを得ない状況になっており、新たなパーパスを制定する企業が増えている。

もう一つ企業環境の変化がある。交通網、物流、通信

の発展がみられ、それにより、世界との結びつきがより一層密接になり、国家や企業間の国際的な相互依存関係が出来上がった。すなわち、グローバル化である。それは、貿易を通じた商品・サービスの取引にとどまらず、資本や労働の国境を越えた移動が活発化することによって世界における国家間や企業間の結びつきがさらに深まった。グローバル化の過程は、国内において分業が進展していく過程と基本的には同じで、分業によって経済活動の専門化が進み、技術革新と相まって経済成長がもたらされる。そしてその経済成長は所得水準の向上をもたらし、さらなる分業化・専門化を可能にし、経済成長の好循環が生まれた。¹⁾

この点においても過去日本企業は競争優位を保っていたが、近年では、インターネットなどの情報伝達の分野の技術革新がグローバル化に革命的な影響を与え、各種サービスの機能の向上と瞬時の世界規模での経済取引の可能性をもたらして、経済成長の好循環のスピードを速めている。日本企業は高スピードの世界に追いつき、追い越さなければならない。²⁾

グローバル化は経済発展をもたらすものであるが、このグローバル化の便益を享受するためには、企業としては、遅れることなく、自身の技術革新を図り、それに企業組織を迅速に適應させなければならないというのに、さらに、社会全体としては貿易など、経済社会制度の障害を取り除くとともに、次の第3章で述べるが、技術革新を担う人材の育成も取り組まなければならない。そして、グローバル化に伴う世界的な競争の結果によって、先進国でも産業の空洞化や人材・技術の海外流出をもたらすことがある。

3. Society5.0 における人的資源をめぐる企業環境の変化

Society5.0 の時代では、第2章で見てきたとおり、IOT 及びビックデータの活用や AI の活用など、デジタル化された情報を基に、新規参入事業者であっても優れた製品を容易に提供できるようになった。今まで伝統的に維持してきたビジネスモデルを破壊してしまうようなことが往々にして起きる。そのため、リアルな「モノ」や「サービス」をデジタル化することで新しい事業価値を生み出し、文化、産業、人間のライフスタイルを一変

させていくことができる社会だといえる。

今までのビジネス上の通例や常識が通用しなくなった企業では、このようなデジタル社会の社会経済状況特に情報・技術の飛躍的・非連続的發展に適應するため、事業活動の目標やパーパスを単なる量的拡大から臨機応変な質・付加価値への対応という観点が加わった拡大に変化させる必要がある。そして、資本、労働、技術など各種生産要素の組み合わせや業務内容を見直して、迅速により効率的な諸経営資源の組み合わせを作り生産性を向上させていかなければならなくなった。他方、多様な集団とつながりを容易に持つことが可能となったため、内部の経営資源に限定されない立場にたって組み合わせを創ることができるようになった。

このような社会の変容については、Tomas Loren Friedman (2010) のアメリカのソフトウェア産業のグローバル化の記述が象徴的である。IT によるグローバル化によるフラット化する社会を主張し、「ベルリンの壁が崩壊し、中国とインドが世界経済に門戸を解放しはじめていた 1989 年以降、ウインドウズ・コンピュータを使う人々は飛躍的に増大した。文字、音楽、写真、データ、動画など、あらゆるものをデジタル情報で表現し、全世界でそうしたデジタル情報を交換するのを、誰も阻止できなくなった。」と述べている。³⁾

さらにリカードの比較生産費説を採用しつつ、「インド人技術者がみな比較優位なことをして、そこで得た収入で逆にアメリカの比較優位な製品（コーニングのガラスからマイクロソフトのウインドウズまで）をアメリカから買えば、過渡期にインド人やアメリカ人が多少転職せざるをえなくなったとしても、どちらの国も利益を得られるはずだ。ここ数年間のアメリカーインド間の輸出入の激増に、こうした相互利益の根拠を見ることができる。」とし、インド人によるソフトウェア開発を推奨している。人材のグローバル化も急速に進んでおり、今までの人材確保における常識は通用しなくなっている。³⁾

Lynda Gratton, Andrew Scot (2016) は人々の労働観が変わることを伝えている。第4次産業革命、人口減少時代を迎え、情報・技術の飛躍的・非連続的發展もあり、従来の就職→仕事→引退の「3 ステージの人生」、一社で40年働くという時代が終わりをつげ、人生で3回転職するという時代になると述べている。例えば、「エ

クスプローラー（探求者）」の期間、フリーの「インディペンデント・プロデューサー」の期間、子育て期間など人生を整える「リ・クリエーション」の期間も含め、人生はマルチステージ化し、文字通りライフシフトしていく状態となる。⁴⁾

さらに、同時に2、3の仕事を経営する「ポートフォリオ・ワーカー」という例も示しており、現在では兼業や副業によりそれが可能な時代へと変化してきている。人間は各ステージで、今迄経験しなかった様々な経験をするにより、大きく成長していくことになる。⁴⁾

Society5.0 時代では、このような労働観の多様化も加わって、オープンイノベーションのマッチング方法は無限大である。その為の機会インターネットを介すると、個人個人でのやり取りでも完結可能な状態になっており、その方法も数多く存在し、益々増加の一途をたどっている。

Frey C.B. , Osborne M.A. (2010) は、「これまでのコンピューター化は単調な作業に限定されていたが、現在ではコンピューターテクノロジー機器が、わずか 10 年前には自動化は不可能と思われていた複雑な作業を行っている事例が数多くある」と述べている。具体的には自動運転や IBM の watson や Apple の siri によるビックデータ活用、Google 翻訳などを挙げている。⁵⁾

さて、AI やロボットにより仕事が削減する事例として銀行についてみてみよう。銀行においても、組織・運営に変化が生じている。

岡内幸作 (2017) は、窓口業務に関して言えば、スマートフォンの登場は電子マネーの普及を加速させ、一般個人の預金者が金融機関の窓口に行く頻度を確実に減らし、ATM の設置も窓口業務を軽減するのに大いに役に立っていることが述べられている。「コンビニエンスストアの ATM は従来金融が設置できなかった地域をカバーし、その利便性をさらに上げている。」という事例や「融資や外為業務においても、AI を使った中小企業者や個人の審査は既に行われており、偽札のチェックや本人確認も機械に任せればよいというようになってきている。」という事例、「有人店舗は人件費が重荷になると閉鎖か統合されていたが、さらにデジタル化によって労働の効率化が図られ省力化・無人化が進むことになり、銀行の店舗の閉鎖に拍車がかかっている」という

事例が記載されている。⁶⁾

また岡内幸作 (2017) は、銀行ではデジタル化によって多くの失職者が出ることも記載しており、それを要約すると、人員削減が確実な業務として、「①預金・振込・税金その他の窓口」「②融資や外為業務」「③証券・投資信託」「④本部スタッフ」「⑤国際部門」「⑥システム部門」「⑦信託業務」、出向先の減少により行き場を失った「⑧中途半端に偉くなった行員」をあげ、「⑨総合職・専門職・一般職の選択制の廃止」も進められているという。⁶⁾

一方、AI による自動化ができにくい業務も存在している。前述の Frey C.B. , Osborne M.A. (2010) の調査表によると、電車運転士、路線バス運転者、経理事務員、一般事務員、検針員、積みおろし作業員、レジ係、梱包工、製本作業員が 99.7%自動化可能と判定された。一方、対人関係を主とする業務である精神科医、国際協力専門家、作業療法士、言語聴覚士、産業カウンセラー、外科医、はり師・きゅう師、盲・ろう・養護学校教員、メイクアップアーティスト、小児科医は自動化可能性が 0.01%と判定された。⁵⁾

また、日本には企業活動に影響を及ぼす大きな社会問題がもう一つある。それは、人口動態の変化すなわち人口減少、年齢別就業構造の変化である。企業活動はその担い手である労働人口に左右される。人口急減・超高齢化の流れが現状のまま続くとしたら、パーソル総合研究所・中央大学 (2023) によると、「生産年齢人口 (15～64 歳) は 2017 年 7,423 万人から 2030 年には 6,656 万人、2060 年には 4,505 万人へと加速的に減少していく」と予測されている。「総人口に占めるその割合も、2017 年は約 59.5%あったものが 2060 年には約 50.7%となる」と予測される。⁷⁾

従って、労働人口減により一人当たりの負担が上昇し、が経済成長にマイナスの負荷をかける「人口オナズ」という状況に陥ってしまうことが懸念される。著名なスタートアップ企業家の堀江貴文氏も橋下徹、堀江貴文 (2021) にて、現状でも日本企業の時価価値について懸念を示しているが、急激な人口減少は、国内市場の縮小をもたらし、投資先としての魅力を低下させ、人々の集積や交流を通じたイノベーションを生じにくくするという悪循環を生む状況に陥ってしまう。⁸⁾

急激な人口減少は一企業が解決するには難しい課題であるため、社会全体で解決に取り組むべきである。企業には人口の急激な減少の影響を最小限にするための努力は求められている。Society5.0では、情報化、AI化、ロボット化で人間の手作業の代行を行うことにより、省力化・無人化も可能である。この点は一企業の自助努力により、社会課題である人口減の悪影響を弱めてくれるのではないかと期待されている。

4. IT 革命以後の経営革新（オーガニゼーション・イノベーション）

Society5.0では、2章と3章で述べたが、多様な集団につながることで新たな価値が創出される社会であり、その社会で生きていくためには、各企業や個人が知識や技術を持ち寄りながら製品や事業を行っていく「オープンイノベーション」といわれる「つながり・創出」のための仕掛けが必要である。また、デジタル社会でのビジネスは、既存のビジネス形態と異なる部分も多く、個人のマインド変革や業務手法とともに、従来の組織から新たな組織への変化が求められる。

Robert Bernard Reich (2008) は、行き過ぎた資本主義に警鐘を鳴らし、経営者が競争に巻き込まれ、その結果労働者が失業の危機から過度な労働を強いられている状態になっている点を述べている。その状況の一例として、アメリカの企業が昔の社内完結の組織形態からオープンイノベーションのスタイルを求めて大都市に進出している事例を既に21世紀初頭に記している。

「アルコアは、本社をまだ公式的にはピッツバーグの六階建てのランドマークとなるビルにおいている。だが、2001年にアラン・ベルダがCEOに就任してすぐ、ニューヨークのパークアベニューにあるリバービルにオフィスを確保し、アルコアの幹部を引き連れていった。アルコアが正式にそれを発表したわけではないが、事実上そこに本社が移った。」⁹⁾

「ピッツバーグは過去30年間でほとんど全ての工場、人口の半分、街の商業地区の多くを失った。ピッツバーグにあったアルコアも必要としていた工場や、そこで働くブルーカラー従業員を全て失った。しかし、現在ではアルコアのグローバル・サプライチェーンがあるので問題は生じない。生産の為の資産は世界中にあまねく存在

している。」⁹⁾

「現在のアルコアの新たなニーズはニューヨークにあるのであり、そこでならアルコアの役員はもっとも優れた金融の専門家、弁護士、事業コンサルタント、報道関係者とすぐにコンタクトできるのである。アメリカの企業も、すべての部門を一社内で完結する企業組織やスタイルではなく、各専門会社とのオープンイノベーションを求めている。」⁹⁾

以上、アルコアは既に21世紀初頭に従来の事業から大きく変貌を遂げることを選択している。超資本主義かもしれないが、アメリカのライバルはハイレベルな競争に巻き込まれており、日本企業もそのような競争に後れを取ってはならない状況に追い込まれている。すなわち、企業はグローバル化及びデジタル社会への進展で、企業内の資源やノウハウという小さな範囲内で新しい製品や事業を作り上げる「クローズドイノベーション」に加えて、外部の知見を取り入れた大きな範囲内で、市場が求める抜本的に新しい製品や事業を開発する「オープンイノベーション」への順応、大量生産型から付加価値生産型へと大きく変貌しなければならないのである。当然、企業の組織・組織運営の在り方も変貌する。フラットでオープン化し、自律性が重んじられ多様な柔軟な対応が可能になり、マスカスタマイゼーションができるように、企業自身が進化していくこととなる。組織・組織運営は人に支えられているので、その進化の過程は単純労働を担う人材の確保と同時にデジタル社会で通用する高度人材の育成・確保の努力の過程を含むことになる。

そして、工業化社会における規模の追及に対し、情報化社会では、コンテンツとスピードの追及が重要であるという思想が企業の進化の根底にあることを見過ぎてはならない。

企業は、デジタル社会の社会経済状況特に情報・技術の飛躍的・非連続的發展に適応するため、自らの目標やパーパスを臨機応変な質・付加価値への対応を加えた拡大に変化させ、迅速に諸経営資源の効率的な組み合わせを創り生産性の向上を図る取り組みを行うこととなる。これら企業の経営革新（オーガニゼーション・イノベーション）は、主として、企業体質改善の展開、リストラの展開、第2創業による事業の展開、M&Aによる事業の展開があげられる。

では具体的に、デジタル社会に順応する企業の発展・持続可能のための戦略すなわち経営革新（オーガニゼーション・イノベーション）をそれぞれの事業展開において重要な点に焦点をあてて見てみる。

4.1 企業の体質改善の展開

デジタル社会の進展により、付加価値重視の経営、情報化、AI化、ロボット化による単純労働の無人化・省力化等経営環境が変化するなか、企業にとって、経営資源（ヒト、モノ、カネ）をいかに効率よく活用して高い付加価値を出していくか、すなわち生産性の向上は大変重要な課題である。とりわけ、非製造部門の生産性の向上が極めて重要になっている。ここではこの点に注目して述べる。

日本生産性本部（2018）によると、「労働生産性は、G7では最下位で、アメリカを100としたとき、日本のサービス業は49.9で、製造業は69.7」という水準である。¹⁰⁾

日本での生産性が低い理由としては業務の非効率化があげられている。価格に転嫁されない仕事に時間をかけすぎること、日本だけしか通用しない商品サービスのガラパゴス化、結論の出ない会議、自己防衛や反論が出た場合のリスク回避のために作成する追加書類の多さ、長時間労働ばかりが是とされる人事評価の未成熟などが生産性の悪化に拍車をかけているとされる。全世界的な資本主義の競争に巻き込まれている日本企業はこれを改善する必要がある。

そして、日本においては、製造部門では、業務の効率化の有無は目に見える形で生産性に直結する問題として認識されて積極的に実施されているが、非製造部門は業務の改善の効果が見えにくいいため、改善活動は評価されにくい傾向にあった。

しかし、デジタル社会では、付加価値を生み出す非製造部門の生産性向上が企業の成長及び持続可能性を大きく左右する。企業の非製造部門にとっては、生産性向上が至上命題となっている。

多くの企業は、業務改善特に非製造部門の事務作業者の作業改善により自社の体質改善を図ろうと試みている。Society5.0の時代においてもビッグデータの活用法やAI化を考える際に、重要視されるのは各個人が持つノウハ

ウや暗黙知の表出であり、業務改善の第1歩は、「業務のみえる化」である。それは、仕事の棚卸によってなされ、作業や仕組みの洗い出し、さらには新しい業務課題に対応するために行う社内のルール、体制の見直しまでも含むものである。野中郁次郎（2020）は、欧米人は形式知が得意であり、日本人は暗黙知が得意であるとし、その暗黙知をどのように生成・継承するか、或いは改善するか、組織的知識創造の技術・技能であるナレッジマネジメントの重要性を説いている。²⁾

企業が行っている具体的な例をあげよう。まずは作業者に5分ごと15分ごとに行った作業を記録させる。最近では1か月間など期間を設けて行われることが多い。上司部下間で業務分析し、それを部課内業務の全体最適化という新しい観点も加えた業務や作業の「As is To Be」を検討する。そうして、作業者の作業及びマニュアルの手順を改善していく。最近では、上司部下間の分析結果をRPA（Robotic Process Automation）^{注1)}に組み込み、作業効率の改善をさせる取り組みもある。

また、RPA化する以前に、上司部下間での分析結果で出てくる作業者のみでは解決しえない問題、例えば、会議の長時間化、決まらない会議などについては、発表資料枚数制限や資料事前配布などのルール化や会議時間15分ルール化など会議ルールの追加という形で改善させる。もしそれらがうまくいかない場合は全体最適という観点から企画や管理部門の増設或いは増員が行われる。最終的には各部署の改善時間が報告され、その報告に従い人員や部署の配置転換・削減が行われる。

これにより、無意味な労働の排除すなわち必要以上に時間をかけて仕事をしている事務作業者の排除や、定型的な事務を難しく処理することに生きがいを感じているいわゆる単純作業を行うだけの組織の序列低下を行うことになる。また全体最適化の観点から全社的な組織的再編の検討がなされるとともに、責任者を取り巻いている幹部、顧問弁護士、コンサルタントなどの組織の必要性の再検討、仕事を割り振るだけの中間管理職の官職廃止などが行われることとなる。この結果、事務作業者をめぐる業務環境は大きく変革・改善される。

しかし、作業や仕組み、ルールの改善を行っても、それを非製造部門の全社員が全体最適化という観点で同じ問題意識をもって実行しなければ改善の効果は上がらな

い。すなわち組織全体としての生産性は向上しないのである。したがって、既成概念、価値観、社内の暗黙なルール、モチベーション等の考え方、つまり「人」の分野にも改善・見直しのメスを入れなければ企業の体質改善のプロジェクトは終わりとならない。一人一人が決めたことを自主的かつアイデア豊かに実行し全体最適化に努める「体質」にならなければ、本来の目的である社員の意識改革であるカイゼン活動の定着化やDNA化とはならず、形だけの成果なき改善活動で終わってしまう。

また、作業や仕組み、さらにはルールの改善活動を進めていく中でよい意味での現状否定により、各人の意識改革を図っていくことがもめられる。そのために、ジョブディスクリプション制度といわれる制度の導入を行い、「人の見える化」すなわち「スキルの洗い出し」と客観的な事実に基づく「人事評価」がなされる。

多くの企業では、習得レベルのチェックをスキルマップやスキル基準に基づき、個人スキルの洗い出しをおこなっている。これは最近ジョブディスクリプション制度といわれる制度の導入の初期段階である。こうすることにより、人事的な対策が打たれ、一人で仕事をしたがる人、現状の事務処理に満足している人、担当業務や評価に不満を持つ人達は排除されていく。こうして、形だけの改善活動に終わらせないようにしている。

さらに、「人」の分野の改善・見直しは、さらにレベルを一段階進めることが求められる。それは、自分の意見は述べ、他人の意見にも耳を傾け、柔軟に、自分の意見に固執しない姿勢である。また、現状を把握し、効率化を図り事務の無駄をなくし、新しい事業展開をリードする人材の確保、育成である。これらは、以前は部下への傾聴という文脈で語られることが多かったが、今は、SDGs や多様性（ダイバーシティ）活動からの文脈で語られることが多い。この多様性は先述の「オープンイノベーション」とのかかわりが深い。多様な価値観やそこから生まれた技能をまず受け入れる社内環境にならなければ、他者とのコラボレーションを実施してイノベーションしようという話も始まらない。ましてや、その後他者と入り混じって議論することや、社内の業務に他者の手法を取り入れることは困難を極める。

企業の体質改善活動は作業、仕組の改善からルールの改善へ繋がり、そして、最終的には「人」の思考や行動

の改善ができて初めて、本当の企業体質改善が成し遂げられたといえるのである。

4. 2 リストラの展開

デジタル社会で生き抜くためには、資本、労働、技術など各種生産要素の組み合わせや業務内容を見直し、迅速により効率的な諸経営資源の組み合わせを作り生産性を向上させなければならない。山積した経営課題への対応や新たな経営環境に適応するためのフレキシブルな組織再編成・人員整理の取り組みは以前にも増して不可欠なものとなってきた。これは所謂リストラクチャー（再構築）である。

これは、業務を行うためのプロセスを抜本的に見直し、組織を再構築して、業務改革を行うビジネスプロセスリエンジニアリング（BPR）の観点から見ると前項の企業体質改善の次の段階であり、この場合大規模な組織再編も必要となる。

この取り組みをするにあたっては、その取り組みを行うトップの決断力、実行力が重要で、ここではこの点に注目して述べる。

リストラは人員整理というのが一般的な意味で使われている傾向がある。しかし本来のリストラで行わなければならないものは、企業にとっては、リストラクチャリングと読み取るべきで、人員を最適に配置し直すという組織の再編やトランスフォーメーションの意味ととらえるべきである。

経済合理性を考えると利益率を高めるためには、収益の多くを占める費用を効率化するのが合理的である。それは人件費である。余剰人員の排除という意味で人員整理を捉える場合があり、また、組織改廃に伴う人事異動などもその範疇に含まれる。最近、大企業において採用されている最悪の事態になる前に収支改善や年齢構成の適正化のためとのことでの職業支援を含めた早期退職制度もこの範疇に含まれる。

組織再編やトランスフォーメーションにおいて、特に企業の事業が立ち行かなくなった状態でそれを行う場合、最も大切なのは経営者の志とビジョンそしてそれに裏付けられた決断力と実行力であると考え。この志とビジョンによって社員をはじめとした企業関係者からの納得と協力が得られ、決断力と実行力で企業発展・再建は実

現できるのであると考える。あまり企業再建の実態を生々しく表に出したものは少ないが、そのうちの一つであるダイエーの再建の事例を例に挙げる。

ダイエーは創業者中内功氏が「価格破壊」を標榜して瞬く間に全国展開を遂げたGMS（総合スーパー）である。1972年には小売業でナンバーワンとなるが、1990年代に入りバブルが崩壊すると、それまでの拡大戦略が裏目に出て業績が悪化し、2004年には企業再生法の適用及び産業再生機構からの支援を受けるようになってしまった。

11)

元ダイエーの社長樋口泰行は樋口泰行（2007）で、ヘッドハンターから再建中のダイエーの社長のオファーをもらった時から社長をやめるまでの話を記している。オファーをもらったのは、当時在籍していたコンパックコンピュータとヒューレットパカードとの合併が完了し、日本ヒューレットパカード社長として過去売上最高の一兆円を目指していた時であった。そんなときに、なぜ火中の栗を拾う様な決断をしたことについて、樋口氏は、投資ファンドからダイエーの社員たちの窮状ぶりを聞き、「もともと経営者になりたいと思うようになったのは、社員が生き生きと働ける理想の職場を作りたいからだ」ということを思い出し決断したことが記載されている。

11)

実際、社長に就任してみると、非常に停滞感を感じ、社員一人一人が高い能力を持っているのに自発的に考えて行動するという文化が醸成されていないように感じたという。そこで始めたのが「社長直轄プロジェクト」である。「野菜の鮮度向上プロジェクト」「店舗改造（改装）プロジェクト」「デリカ（総菜）プロジェクト」「コスト削減プロジェクト」など10の社長直轄プロジェクトを立ち上げて、「経営と現場に横たわる目に見えない壁を乗り越え社長自ら社員と活発なコミュニケーションをとったことにより、それまでの停滞していた社員の意識を前向きなものに変え、社員に成功体験を植え付けることができた」ということも記載されている。

逆に、店舗閉鎖、人員削減、ノンコア事業からの撤退なども徹底的に行っている。そのうちの店舗閉鎖では、閉鎖する54店舗すべてに売り上げと利益の推移、置かれている状況、閉鎖の理由、今後のダイエーの体制を説明に行っている。「責任ある人間がいかなければ誠意は伝

わらないし、また現場の気持ちを正面から受け止められない」からだというのが理由である。11)

実際に閉鎖店舗の社員へ説明をしにいくと、やはり「お通夜みたいな雰囲気になっていることが多くそのなかでの説明」となるとのこと。社員の中には最初から最後まで無然として話を聞く者もいれば、腕をつかんで「どうして閉めるんですか」と迫る者もいた。逆に「ほんとによく来てくれました。これで気持ちが収まりました」と感謝されたところや明るく締めようということでも胸上げされた」こともあったようだ。11)

以上、このような経験をもとに樋口氏はリーダーにとって必要な3つの力は「現場力」、「戦略力」、「変人力」であるといっている。前の2つの力は、現場大事と戦略の重要性ということで分かりやすいが、「変人力」とは何であろうか。これは、ヒューレットパカードとコンパックコンピュータとの合併及びダイエーの再生という社長経験から、修羅場のリーダーに必要な力はオペレーションの能力以上に周囲が何を言おうとも自分の信念を押し通す力、底知れない執念で変革をやり遂げる力であると導き出している。言い換えると、それはぶれない戦略的な軸を持ち異常なほどの実行力を持つことに他ならない。この現場力、戦略力、変人力は、決断力と実行力とも言い換えることもできる。

当時のダイエーのような倒産寸前の会社にはリーダーシップ型の経営者が必要であり、ワンマンでもよいので、企業再生機構側はそのような人材を登用した訳であった。しかし強いリーダーシップだけでは実は企業経営はできない、柔軟性も持たなくてはならないということであろう。様々な経験、多面的な視点、多様な価値観や文化を理解する力がなければ、会社や組織が空中分解をしてさらに管理不能となるリスクがある。11)

また、樋口（2007）は以下のことも語っている。「特に再生が必要な企業というのはこれまでの価値観や慣習をことごとく否定していかなければならない。マイナスの慣性が働いている環境の中で再生を断行しようとすれば、周りから見れば異様に思えるまでの執念で、敢えて調和を乱して反対を押し切って、社員を新たな方向に向かわせる必要がある。現場で人を動かすのは、魂と魂とのぶつかり合いで、気概の伝播しか手はない。自分の熱い思いや哲学を恥ずかしげもなく語り続けることが必要

である。」¹¹⁾

ダイエーは価格低減を最大限行うことで、小売業界のナンバーワンとなった企業である。しかし、バブル以降は日本の中産階級の減少および高級化志向という外部要因の変化と、ワンマン経営と揶揄されていた中内オーナー亡き後は、内部環境の崩壊という状況によって戦略不能に陥った。そこで様々な経験、多面的な視点、多様な価値観や文化を理解する樋口氏は「現場力」、「戦略力」、「変人力」の3つの力を基に社員へのダイレクトコミュニケーションを行い、ダイエーの倒産を免れようとしたわけである。

樋口氏の例のような倒産状態になった大企業の再生までいかになくとも、変化の激しい時代、特にリストラクチャリングが必要になるほど企業のコントロールが不能になり、改革を行わなければならない場合には、トップ経営者自身の決断力、実行力の重要性が増すこととなる。企業の経営陣は、ボトムアップ型、調整型からリーダーシップ型へと変化してきている。またそういったことができる経営人材育成の重要性も増している。

4. 3 第2創業の展開

Society5.0の時代は変化の激しい時代であり、それに応じて事業や会社組織の行き詰まりがあり、それと同時に事業の立ち上げ直しが必要となる。第2創業（企業再生）とは、ある企業がある事業を興くして成功をおさめたが、成功した事業の成長が鈍化し、あるいは事業が下降気味の状況になり、既存のこの事業ではこの先難しいと考える状況で、企業存続のために別の業態又は事業に主たる事業を移すことである。また事前の準備として又は更なる発展のために新たな事業に挑戦することも含めて論じることが多い。

デジタル社会の到来により企業が追及すべきは付加価値の生産・創造となったことにより、企業の生存競争が激化した。商品寿命・知識・スキルの賞味期限の短縮が生じ、この第2創業による企業発展は企業にとって必要不可欠な取り組みとなってきた。

株式会社ビーアンドイーディレクション代表取締役島田直樹が記した島田直樹（2018）には、新規事業の創出について多くの事例を交えながら記述されている。その中で、成長が鈍化している企業では、「①闇雲に鉄砲を

撃っている②時代に適応できていない③顧客にとってわかりにくい事業になっている④各所で水漏れが起きている状況がみられる」と指摘している。一言でいえば、顧客のニーズがわからなくなった企業といえるだろう。これらの企業にとっての第2創業（自主的な事業再生）は困難なものになってきている。¹²⁾

新規事業が既存事業の傍らでふと湧いてきたアイデアで事業化まで漕ぎ着けられることは稀で、多くの場合、新規事業は利益を出すまでには2～3年はかかるので、事前に新規事業にトライしておかなければ企業存続の危機に陥ってしまう。また、新規事業は既存事業とのシナジー効果がどこまで訴求できるかが要点である。GEのジャック・ウエルチはGEが経営危機に陥った際、核となる事業を定めそれ以外の事業を切り捨て、核となる事業に合うような事業体を取り込んでGEを復活させた。

しかし、現実問題として、大企業においてもそうであるが特に一般的な中小企業は、既存の事業を守るだけで精一杯で新規事業にトライアルすることはままならない状況にある。

そういう状況の中でも、企業環境の変化を受け止めている多くの企業では、既存の事業で徹底的な効率化を行うことでより高い利益率を目指しつつ、一方では、既存の事業が下降気味になったときのために既存事業の組織とは別の組織体での新規ビジネスプランの検討やマーケティングテストを行うなど、新規事業を育成していく必要がある。例えば創業当時に新しい金融手法であったリース業から始まったオリックスは新規事業の成功と失敗を重ねながら多角化し、様々な金融サービス業を扱う投資銀行へと大きく発展した企業である。これは既存事業で利益を確保することをいながら、新規事業にトライアルを重ねていく所謂近年「両利きの経営」としてもはやされている経営手法である。^{13),14)}

一方、大企業を中心に、社内に新規事業を残さなければならないことはわかりつつも、現実的には新規事業がなかなか残っていないというイノベーションのジレンマと呼ばれる現象も起こっている。大企業においては、組織が大きいと、開発やスタッフの役割ウエイト効率の観点から、利益が出にくい上に売上が小規模な事業は、育成対象どころか事業継続対象から外されることがよくある。事業が大きいと、確実に大きくなると想定できる事

業のみが社内でも育成される。

例えば、ソニー株式会社では、長らくテレビやパソコン事業がメインであった。従って、ソフトウェアであるゲーム事業は脇に置いてある事業と受け止められており、テレビやパソコンの周辺的な商品としてしか認識されて来なかった。あまり投資に力を入れてこなかったのである。しかし、デジタル化によりその立場が逆転した。TVやPC事業が中国等の企業に競争で負け、1つの事業に集約される中、ゲーム事業はソニー株式会社の1つの事業の柱となっている。現在ではゲーム機で利益を稼げなくともゲームのみで利益を稼ぐことができる。インターネットが普及したことで、インターネット用ゲームが全世界の人々の間で購入されることとなったためである。更には近年の、コロナ禍のステイホーム時の需要増もあり、順調に事業を成長させている。

しかし、これからデジタル・ディスラプション（市場への破壊的イノベーション）を興そうとするような先行き不透明なアイデアのシーズやまだ売上が多くない新規事業は、社内の新規事業ビジネスプラン検討段階で、或いはその後の事業計画でのポートフォリオ調整でふるいにかけて消滅していく現象がよくみられる。¹⁵⁾

つまり、大企業はベンチャーを含めた中小企業が育成した新規事業がある程度大きくなった状態で買収又は統合し、新規事業として始めている例がある。例えばスタートトゥデイを創設した前澤友作氏は、ファッションと雑貨のイーコマース事業で会社を大きくすることに成功し、ソフトバンクに会社を売却している。ソフトバンクにおいては、そのスタートトゥデイがZozotownとして、メディア・EC事業の中核事業の一つとして君臨している。

その結果、イノベーションのジレンマは、大企業が事業継続できないような破壊的イノベーションで将来を担う新規事業を興そうと志し、デジタル・ディスラプションによる業界参入を目指す中小企業にとってはチャンスがあることを意味するのである。

いずれにしても「両利きの経営」が出来ている企業であろうと、成長が鈍化、下降気味の企業であろうと、第2創業であろうと、企業が発展・存続するためには新しい事業を立ち上げていかざるを得ないわけであるが、その企業にシーズが無ければ、新たなシーズが必ず必要と

なってくる。そして既存事業を見直し、CANとCANNOTを考え、強みを活かし、課題から弱みを排除していく。

新たなシーズの発見及び獲得はいわゆる第2創業においては最も重要であり、その確保方法はその内容が近年大きく変化した。その方法は、大きく分けて2通りあり、自社が保有している経営資源を中心にしながら外部に一部のシーズを求めて新事業を立ち上げていく方法と必要な経営資源（シーズを含む）を完全に外部に求めていく方法である。後者のM&Aは4章4項で述べ、この4章3項では前者である社内の経営資源を活用したイノベーションについて述べる。¹²⁾

以下、島田直樹（2018）における企業のイノベーション取り組みを要約する。多くの企業は、事業部や研究所などが社内でも保有している技術などを活用するなど、既存事業と近い領域での新規事業を立ち上げている。この場合は、立ち上げは比較的容易であるが、既存事業と似通った事業・アイデアになることが多くインパクトに欠ける欠点が指摘されている。¹²⁾

また近年では、社内ベンチャー制度などの社内公募でのシーズ集めも盛んにおこなわれている。社内ベンチャー制度は、日本においては、事業創造を活発にするためには有効な仕組みである。アメリカでは優秀な人材は独立志向であるが、日本では新規技術、アイデア及び優秀な人材は大企業に集積している。無名ブランドよりは有名ブランドのほうに日本の顧客は価値を見出す傾向にあるため、すでにある程度知られた企業の社内ベンチャー制度には優位性はある。さらに、企業がこの社内ベンチャー制度を導入する理由が3点ある。第1は社員に新たなことに挑戦する機運を高めることである。つぎは自社内で力のある他事業から切り分けて、新事業組織が主たる事業からの影響を取り除いた状態で事業展開をすることが可能となることである。最後は他事業と切り分けているので、育成しないと判断した場合、売却が比較的容易であることである。¹²⁾

しかし新規事業は、研究所など新規部署を立ち上げて他社の技術やノウハウを取り込みながらすなわち外部の資源を活用して、立ち上げていくという方法を多くの企業がとっている。富士フイルムでは、写真のネガとなるフイルム事業が縮小したが、そのフイルムを作るための

薬剤を利用して、新規事業を興し、現在では化学メーカーとして君臨している。それは、社内で保有している技術などと外部企業、研究所、大学のそれとの有機的な結合により価値を創造していく方法である。それらの具体的な方法は、外部企業との共同開発やクロスライセンス、あるいはオープンイノベーションさらにはコーポレートベンチャーキャピタル融資などである。¹²⁾

以上が島田直樹(2018)の前半部の要約である。なかでも、オープンイノベーションは近年ビジネス界を席卷している。自前型イノベーションから企業環境の変化により進化したものである。1980年~90年代にかけて盛んであった自社のなかだけで研究者を囲い込み、研究開発を行う自前主義、垂直統合型のイノベーションモデル(クローズドイノベーション)は、日本だけにしか通用しない商品サービスのガラバゴス化が主流であった時代には大変有効であった。世界を席卷した任天堂の初期ゲームソフト開発のように、そこで生まれたまだに世界的に知られていない工業製品を突如として世界へ輸出し「ジャパンアズナンバーワン」と驚かせたのは遠い昔の話である。当時はこのような研究開発が多くみられ、これは日本が世界一の経済大国になった一因ともいわれている。これは近年両利きの経営としてもはやされている経営手法であると言っても過言ではない。ゲームソフト開発は、花札などで一大企業に躍進した任天堂が、次の一手の一つとして1から作り上げた新規事業であるからである。

しかし、このデジタル社会では、競争環境の激化、研究開発に係る費用と時間などの理由から、自社以外の技術、アイデアを積極的に活用していく開発手法へと昇華することが求められ、オープンイノベーションへと変化したのである。¹⁶⁾

オープンイノベーションは、社外の知恵や技術を借りてイノベーションが起こせるような商品、サービスを開発することである。例えば、アップル社のiPhoneはアップル社員だけでなく、フィリップス、ジェネラルマジック、工業デザインのIDEOなどの技術者たちも加わって完成したといわれている。オープンイノベーションの相手は必ずしも企業などには限らない。例えば、ブロック積み木で有名なLEGOなどはLEGOの顧客のアイデアが他の顧客に支持されその新しいアイデアが製品化さ

れた。¹²⁾

富山和彦(2019)では、シリコンバレーのネットワークを通じてロシアやアメリカのベンチャー企業の力を活用して事業のイノベーションを成功させた会社としてコマツをあげている。¹⁷⁾

その当時のコマツの事例を紹介する。コマツの最大のIOT事例として、KOMTRAX(コムトラックス)の管理システムがあることは有名である。KOMTRAXは、建設機械にGPS(全地球測位システム)やセンサーを取り付けた機械である。こうすることによって、いつでもどこでも稼働状況をモニタリングしてリスク管理ができる。その展開事例と思われるイノベーション事例が2017年に発表された。

コマツ(2017)では、高齢化や熟練工の減少などによる労働力不足という課題ニーズに対応するため、コマツと新半導体会社NVIDIAとが建設現場におけるAIの導入について協業し、労働力不足を解消し、建設現場の安全と生産性の向上を目指すことを表明した。具体的には、「コマツは今後、スマートコンストラクションの現場にNVIDIAのGPUを導入していきます。同社のGPUはコマツのパートナーでもあるSkyCatchのドローンと通信し、3D画像を収集して地形データを作成、可視化します。また、IoT管理ソフトウェア企業OPTIMは、現場の地理情報に紐づけしてGPUで認識した人や建機を可視化するためのアプリケーションを提供します」と発表した。¹⁸⁻¹⁹⁾

富山和彦(2019)ではこうも記している。「坂根(正弘)さん(コマツ元社長)や野路(國夫)さん(コマツ取締役会長)が強調されるのは、コマツではトップ自身が現地に行って、迅速に即断即決でやってきたからああいう世界で相手にされる、有力なベンチャーとオープンイノベーションができたという話です。」¹⁷⁾

企業は、いろいろな手段で見つけたシーズをもとに新規事業を興し、よりよい事業立地を見つけ、製品・サービスを具体化させ、量産化させることによって、顧客価値を具現化し、顧客を維持・獲得するということができることとなる。このような新規事業の立ち上げ、オープンイノベーションを行うには、役職が有る人間か無い人間かは関係なく、多様な人間と人脈を作り、共同で物事を行うことが必要となってくる。そのためには異なった

考え方を受け止め、受け入れ、まとめ上げると共に、人間的にも信頼されるといった人間的な要素がなければ、多くの人間の叡智は集まらない。既存の部門から派生した商品を開発した部門を切り離して別会社として立ち上げる第2創業のような場合にも重要な要素である。各企業では、このようなイノベーションが実行できる人材の獲得、育成することが人材戦略の重要な課題となっている。

4. 4 M&Aによる新事業の展開

M&A (Mergers and Acquisitions) とは、既に実際に結果として現れている売上、或いは利益を持つ別の会社などを買収することである。買収された会社などが持つ販路や商品カテゴリーなどを、研究開発や成熟するまでにかかる時間及び費用をかけずに、その経営資源とともに自社に加えて、新事業を展開することでもある。その多くは新規事業を立ち上げるに必要なシーズを外部に求める典型的な方法である。M&A において一番課題とされているのが、買収後の統合である。

そもそも買収前は別々の会社・組織体であり、別々の風土、文化とそれに基づいた事業活動がある。買収された会社・組織体のすべてを強引に買収した会社のやり方にしてしまうと、買収された会社・組織体がそれまで作り上げてきた風土と文化を壊してしまう。すると買収された会社・組織体の強みが失われ、買収された会社・組織体の今迄の事業活動に破綻が起き、売り上げと利益が計画通りいかないことがまま起こる。

PwC あらた有限責任監査法人 (2007) では、この買収後の統合、いわゆる PMI (Post Merger Integration) の難しさを 8 点挙げている。それを要約すると、①通常業務に PMI 作業がプラスされるだけで負担だけが大きくなる ②PMI 成功時のメリットが感じられない ③そもそも PMI 作業は面倒くさい ④文化が違うから端から交わり難い ⑤現場がより汗をかき不公平な気がする ⑥M&A を決めた経営層は近い将来退職することを考えると無責任さを感じる ⑦本当に社員のための決断なのかかわからない ⑧日々忙しいため時間的余裕がないというものであり、企業全体が混乱しそうである。職員の意識に関するものが多く、統合を順調に進めるには相当苦勞しそうなものばかりである。²⁰⁾

また、同じ PwC あらた有限責任監査法人 (2007) では、以下の 10 点が成功ポイントであるとしている。①生感 (現場感) を大切に、人の感情に訴える (人の琴線を鳴らす!) ②「~すべき」という「べき論」をしない③できることに集中する (できないことを決める) ④数値がプラスになる領域を変革する⑤定性目標は人のモチベーションの基になる⑥変え難いのが文化であることを理解する⑦シャドワークに目を向ける (黒子的な調整、ファシリテーション等、業務分掌に書きにくい役割) ⑧業務のルーティン化に注力する⑨営業領域の統合は絶対に無理をしない (対応を間違くとマイナスインパクト) ⑩PMI は時間がかかること (年単位の時間が必要) というものである。²⁰⁻²¹⁾

PMI を成功させるためには、利益にならない事業は切り捨てることも考えなければならない。その後には大切なこととしては、①一旦買収を行った会社を買収された会社・組織体の今迄のやり方を受け入れ、尊重することが大切である。次に②デューデリジェンスの時点で分析された「買収にあたって業務を正常化するために絶対必要な項目」が一番効果の高い買収直後の 100 日の間で完了することを買収相手側に認めさせて、仕組みを作らせ実行させることが必要である。そして③買収を行った会社と買収された会社・組織体による相乗効果 (シナジー効果) を生み出していく計画をしっかりと立て実行していくことが必要である。

多くの M&A を行い成功した企業は、この成功ポイントを踏まえた計画を策定し、粘り強く実施している。成功に導くキーは、M&A を行う前に意識改革や責任者の変更など、組織内の「人」の改革まで踏み込んだ「企業の体質改善」を行ったかどうかである。

5. 企業の価値創造に対する支援の事例

企業の経営革新 (organization innovation) にとりオープンイノベーション (open innovation) の役割はその重要性を高めている。オープンイノベーションではどのような取り組みが良いのであろうか。経営者塾、異業種交流会、企業マッチング、産学連携などの政策的支援、人材シェアリングなどはその良い事例である。

デジタル社会では価値の創造が重要視される社会で、多くの場合「企業の内部と外部のアイデアを有効・有機

的に結合させ価値を創造すること」となる。そのためには、多様な集団とつながり新たな価値が創造される仕組み、すなわち「オープンイノベーション」を支える仕掛けが必要である。その「オープンイノベーション」を支える仕組みにおいて重要な要素は4点ある。第1点は、テクノロジーイノベーションだけでなく、テクノロジーを活用して顧客提供価値をあげ収益モデルを変革するビジネスモデルの個々の企業での構築である。第2点は、新たなテクノロジーを生み出す成長のサイクルを維持するため、大学、公的機関、企業がつながり、資金やモチベーションが循環する仕組みの存在があることである。第3点は、デジタル社会でのスピーディな変化と価値を生み出す急速なテクノロジーの進展に対応して俊敏にビジネスを立ち上げる環境と顧客体験を獲得する仕組みである。第4点は、膨大なビックデータを解析するデータサイエンスを備えたデータプラットフォームの存在である。第1点は、企業だけで対応できるが、その他は企業だけでは不十分、または出来ないものである。

すなわち外部との連携の取り組みは、企業だけの努力では不十分であり、多様な集団とつながり新しい価値が創造される仕組みは社会全体として対応すべきものである。社会全体で、企業以外での、例えば、国を筆頭とした公的機関、学校などの研究機関、金融機関、業界団体である。また、有識者の努力・支援は重要であり、これも欠かせない重要な要素である。

5. 1 経営者塾、異業種交流会

経営者塾、異業種交流会などは、経営革新に取り組むうえで、時代の変化への対応、企業の活性化のために有用といわれている。

これらの活動は、日本では商工会議所などが、欧米ではライオンズクラブやロータリークラブなどがその機会の提供を行うほか、卒業校の交友関係など、個人的な繋がりの延長で行われる場合もある。これまでは、これらは、極度に進行した分業体制の硬直化の解消や企業トップ層の意識改革のためという色彩が強かった。

しかし、デジタル化など社会の変化につれて、これらの活動には様々なレベル・方向性のものがみられるようになり、内容も、単なる商品の開発・流通からニッチ市場への対応、あるいは新規市場の創出まで拡大し、さら

には企業間、団体内の人材の交換、研修会の合同開催など人材育成のためのものまで現れている。

5. 2 企業マッチング

企業マッチングとは、自社の持っていないソースを探し、見つける企業とそれらを持っている企業との出会いの場を提供することである。その代表的なものは、経産省関連の CREATIVE MARKET TOKYO、地方自治体関連の企業活性化センター、業界関連の自動車部品生産システム展などがあげられる。それをサービスとして提供する事業体は多く存在し、展示会主催者、銀行、自治体、ビジネスマッチング業者があり、ビジネスマッチングサイトまである。

5. 3 企業の価値創造に対する支援の事例

新技術の研究開発や新事業の創出を図ることを目的の一つとして、企業と大学などの教育機関・研究機関が連携することが多くなった。これに政府・地方自治体などが加わることもある。

1990年代に入り、欧米の強力な特許保護政策により日本経済が次第に力を失い、産学官連携と知的財産の活用による経済振興策を国策とする必要が生じた。そのため、世界的な知の競争に勝てるように、1995年から2006年にかけて、30兆円を超える多額の公的資金の大学等への投入がなされ、特許などの権利関係の改善が図られ、科学技術基本法、新教育基本法などの法改正がなされるなど対策が打たれた。研究成果の社会還元が大学の使命の一つとして明記されたこともあり、特許などの権利を活用した産学間連携が活性化した。

5. 4 企業の価値創造に対する支援の事例

中核人材、専門人材など高度人材の需要が伸びる一方で供給に限られる中であって、日本の経済を持続的に発展させていくためには人材を囲い込むのではなくニーズに合わせて企業や様々な組織が人材を共有することが不可欠である。

この共有ということについて、従来は、取引関係や連携関係など特定の枠組みの中で、事業体同士の契約の下で、派遣、出向させ、あるいは共同事業に参画させるといったものであったが、現在では、関連のない複数の事業

体が他での雇用の有無に関係なく、それぞれの裁量で特定の知識やスキルを有する一個人と個別に契約し、その能力を活用するものも出てきている。

これは「人材シェアリング」と呼ばれるものであり、今多くの企業で採用されつつある副業や兼業の制度はその手法のひとつである。

人材シェアリングを前向きにとらえる企業も増えている。社員の副業や兼業については解禁、容認、検討中などと回答した企業の割合は、経産省委託調査などにおいて上昇しており、2017年20%前後から2019年には30%以上となっている。また業種も多様化しており、2010年前半はIT産業中心であったが、2019年には食品、日用品、電気などのメーカー、商社、不動産会社、運輸などにも広がり地方自治体でも解禁するところが出てきた。²²⁻²⁷⁾

人材シェアリングは、組織、業種、地域といった既存の枠組みを越え、複数の事業体で、一定の知識、技術、ノウハウを持つ人材をニーズに応じて活用するもので、その効果は、過去の事例集など参考に整理すると、人材不足の緩和に加えていくつか挙げられる。

まずは、効率的な人材の活用が可能となる。とりわけ、人材確保に課題を持つ事業体にとっては大きなメリットである。次は、受け入れ企業の社員の成長がみられる場合があることである。事業体においては高度人材を受け入れることにより、彼らの知識やスキルが社員に伝授され社員のレベルアップが図られる。そして、イノベーションにつながる可能性が出てくる。また、人材を共有したため、そのシェアリング人材を通じてネットワークが拡大する可能性が高まるというものである。

6. おわりに

IT革命以後、日本企業における事業環境が大きく変化した。Society5.0の時代においては、情報化・AI化・ロボット化が行われることにより、以前よりさらに経営環境の変化のスピードが上がっている。

企業の発展・持続可能性にとって重要なことは、絶え間ない経営革新（オーガニゼーション・イノベーション）であり、事業変革である。それは、企業は既存事業で利益を確保しつつも、既存の事業を絶え間なく進化させ、同時に新規事業を見つけ、事業化を進めることであ

る。企業はその取り組み（体質改善、リストラ、第2創業、M&A）すなわち経営革新（オーガニゼーション・イノベーション）を創意工夫して徹底的に行い、新規事業を絶え間なく立ちあげるなどして、経済社会の変化へ対応・順応しようとしている。

注1) RPA (Robotic Process Automation) とは、認知技術（ルールエンジン・機械学習・人工知能等）を活用した、おもにホワイトカラー業務の効率化・自動化の取り組みである。人の作業を補完して業務を遂行できることから、仮想的労働者 (Digital Labor) とも言われている。²⁸⁾

参考文献

- 1) 東良信, 東孝信: 寄稿 デジタル社会における経営戦略, 『統計』2023年5月号, 日本統計協会, (2023) pp.35-41
- 2) 野中郁次郎: 知識創造企業, 東洋経済新報社, (2000), pp. 1, pp. 6, pp. 9-12
- 3) Tomas Loren Friedman: The World is Flat: A Brief History of the Globalized World in the Twenty-first Century 和訳版 フラット化する世界 [普及版] (上・中・下), 日本経済新聞出版社, (2010), pp.80-81, 44-45
- 4) Lynda Gratton, Andrew Scot: LIFE SHIFT 和訳版, 東洋経済新報社, (2016), pp. 57-86, pp. 218-260, pp. 291-314
- 5) Frey C.B., Osborne M.A.: 日本におけるコンピューター化と仕事の未来, 野村総合研究所, (2010), pp. 5, 11
- 6) 岡内幸策: 銀行員大失職, 日本経済新聞出版社, (2017), pp.75-76, pp.106-109, pp.98-116
- 7) パーソル総合研究所, 中央大学: 労働市場の未来推計 2030, (2023), 2023/04/16 取得, URL: <https://rec.persol-group.co.jp/thinktank/spe/roudou2030/>, p. 6
- 8) 橋下徹, 堀江貴文: 生き方革命 未知なる新時代の攻略法, 徳間書店, (2021), pp.114
- 9) Robert Bernard Reich: 暴走する資本主義, 東洋経済新報社, (2008), pp.125, pp.162
- 10) 日本生産性本部: 労働生産性の国際比較 2018,

- (2018), 2022/09/04 取得, URL: <https://www.jpc-net.jp/research/detail/002746.html>
- 1 1) 樋口泰行: 変人力, ダイヤモンド社, (2007), p.16-22, pp.26, pp.41-42, pp.50-55, pp.60-63, pp.66, pp.168-171
- 1 2) 島田直樹: 事業創造 理論と実践, WAVE 出版, (2018), pp.12-16, pp.52-55, pp.34-35, pp.46, pp.60, pp.62-64
- 1 3) 宮内義彦: 私の経営論, 日経 BP 社, (2016), p.50
- 1 4) A. O'Reilly Charles, L. Tushman Micael: Lead and Disrupt: How to Solve the Innovator's Dilemma 和訳版 両利きの経営「二兎を追う」戦略が未来を切り拓く, 東洋経済新報社, (2019), pp.27-29, pp.381-383
- 1 5) Joseph L Bower, Clayton M. Christensen: Disruptive Technologies: catching the wave, HBR, (1995) (2009Diamond Harvard Business Review 和訳版「イノベーションのジレンマ」(2009)), pp.93
- 1 6) Henry W・Chesbrough, Andrew R. Garman: How Open Innovation -Can Help You Cope in Lean Times, HBR, (2009) (2010Diamond Harvard Business Review 和訳版「インサイド・アウト型」オープン・イノベーション(2010)), pp.23-26
- 1 7) 中西宏明, 富山和彦: 社長の条件, 文藝春秋社, (2019), pp.282, pp.38-39
- 1 8) コマツ HP: コマツと NVIDIA、建設現場における AI の導入で協業 建設現場の安全と生産性の向上を目指す, (2017), 2022/9/11 取得, URL: <https://www.komatsu.jp/ja/newsroom/2017/20171213>
- 1 9) コマツ HP: -無人ダンプトラック運行システム上での自動走行と自動散水を実現- コマツ初、大型ダンプトラック HD785-7 ベース 無人散水車を開発, (2021), 2022/9/11 取得, URL: <https://www.komatsu.jp/ja/newsroom/2021/20210913>
- 2 0) PwC あらた有限責任監査法人 HP: Pwc's View vol.6 特集: 経営統合—Post manager Integration (PMI), pp.19, pp.20, (2017), 2017/11/7 取得, URL: <https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/prmagazine/pwcs-view/201701.html>
- 2 1) 一條和生, 徳岡晃一郎: シャドーワーカー知識創造を促す組織戦略, 東洋経済新報社, (2007), p.26-28
- 2 2) 株式会社リクルートキャリア: 兼業・副業に関する企業の意識調査, 株式会社リクルートキャリア, (2018), pp.1, 2022/09/04 取得, URL: https://www.recruit.co.jp/newsroom/recruitcareer/news/20181012_02.pdf
- 2 3) 株式会社日本経済新聞社: 経済産業省委託事業 平成28年度産業経済研究委託事業 働き方改革に関する企業の実態調査報告書, 日本経済新聞社, (2017), pp.21, 2022/09/04 取得, URL: <https://www.work.or.jp/pdf/data/data003.pdf>
- 2 4) 株式会社情・株式会社パーソル総合研究所: 平成30年度関東経済産業局における地域中小企業・小規模事業者の人材確保支援事業 兼業・副業による人材受け入れニーズ調査報告書, 株式会社情・株式会社パーソル総合研究所, (2018), pp.26, pp.29, 2022/09/04 取得, URL: https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/jinzai/data/kengyo_hukugyo_chosa_houkokusho.pdf
- 2 5) 独立行政法人労働政策研究・研修機構: 多様な働き方の進展と人材マネジメントの在り方に関する調査, 独立行政法人労働政策研究・研修機構, (2018), pp.26, pp.23, 2022/09/04 取得, URL: <https://www.jil.go.jp/press/documents/20180911.pdf>
- 2 6) エン・ジャパン株式会社: 中小企業の副業・兼業実態調査—『人事のミカタ』アンケート—, エン・ジャパン株式会社, (2019), 2022/09/04 取得, URL: <https://corp.en-japan.com/newsrelease/2019/19205.html>
- 2 7) 経済産業省・中小企業庁: 我が国産業における人材力強化に向けた研究会報告書, 経済産業省・中小企業庁, (2018), 2022/09/04 取得, <https://www.chusho.meti.go.jp/koukai/kenkyukai/jin>

zaikyoka/2018/180314jinzaikyokakondankai.htm

- 28) Canon : RPA ツールでできることとは？マクロとの違いを詳しく解説, Canon, (2024) ,2024/11/06 取得, URL:<https://canon.jp/biz/trend/rpa-guide>

FEM を用いた変位加振による振動応答エネルギー最小化の 構造最適化に関する研究

黒田 勝彦^{*1}, 岡田 公一^{*1}

Study on Structural Optimization for Minimizing Vibration Response Energy by Displacement Excitation using FEM

KURODA Katsuhiko and OKADA Kouichi

Summary

This paper presents a structural optimization method that allows selection from two values (original and damping material) as design variables. The target structure is a thin plate simulating a beam structure that connects the left and right joints of an automobile suspension, and using the input method of forced displacement excitation by base excitation using FEM, the vibration response energy is used as the objective function. As a result, it was shown from the comparison results of the vibration response energy that a vibration mode that is not excited in one direction is excited by moment excitation. Furthermore, by averaging the frequencies in a one third octave band, we were able to propose a structural optimization method that makes it easy to select the objective function.

Keywords : (Base Excitation, FEM, Vibration of Continuous System, Forced Vibration)

1. はじめに

現在自動車産業において、燃費規制が厳しくなり燃費向上のため車体の軽量化が要求され、高剛性の薄い鋼板が部分的に使用されることで複雑な構造形態となっている。また、駆動にモータを用いる EV, HV や PHV の車では内燃機関の車に対して常時比較的静かであることが要求されており、振動騒音解析の技術者にとって可聴周波数域までの振動騒音対策が不可欠となっている。現在、高級な価格帯の EV では、これまで内燃機関の車で採用されてきた数十点からなる複数の鋼製の薄板を溶接することによってボディを構成していた方法を見直し、アルミの押し出しによる一体成型によってそれらを代替えす

るメガキャストやギガキャストと呼ばれる製造方法がとられつつある。可聴周波数域の振動・騒音問題を解決する手法の一つに、統計的エネルギー解析法 (Statistical Energy Analysis; 以下 SEA) ⁽¹⁾がある。SEA は、対象系を要素の集合体とみなし、要素間のパワー平衡に注目する手法である。

これまで著者らは、実験 SEA をベースとした固体音低減プロセスを提案し⁽²⁾、各種機器に適用し有効性を検証してきた。このプロセスは、対象全系から固体音を低減するために有効な箇所、すなわち変更すべき SEA パラメータ (内部損失率や結合損失率) の特定を目指したものである。そこで、特定された部分構造のみを対象とした

^{*1} 工学部 工学科 機械工学コース 教授

FEM モデルを用いて、パワー注入法 (Power Injection Method: 以下 PIM) ⁽³⁾に基づき結合損失率を評価する手法 (FEM-SEA) を提案した⁽⁴⁾. FEM は、対象系の形状の制限がほとんどなく、寸法、境界、荷重などの解析条件を実物に即して作成すれば、任意の周波数、任意の位置の詳細な応答予測が可能である. FEM を援用した SEA モデル構築における構造加振では、SEA パラメータの評価のために SEA 要素における入力パワーと要素エネルギーを算出する必要があり、rain-on-the-roof 加振⁽⁵⁾が推奨されている. ここで、rain-on-the-roof 加振とは、「残響振動場が残響音場にある要素の要素間において、広帯域の周波数範囲で互いに無相関に加振される」という SEA 仮定を満たすための具現化した一つの方法として、点加振を全ての節点、または要素に適用することである. しかし、高周波数域の解析になると、構造メッシュが細くなり加振点数や応答点数が増え、解析に時間がかかるため、より短時間で効率的に結果を得ることが求められている. この問題を解決するため著者は、基礎励振により構造を加振する方法を提案し⁽⁶⁾⁽⁷⁾、1, 2 要素系の構造を対象に検討を進め⁽⁷⁾、基礎励振により得られた応答結果を用いて SEA パラメータを評価する方法の有効性を論じている.

以上の背景の下、本報では、自動車のサスペンション部の左右の連結部をつなぐようなはりを模擬した薄板を対象構造とし、FEM による基礎励振の一種で複数の点で同時に加振力を加え、それぞれの位相を変化させるマルチポイント加振の入力方法を用いて、振動応答エネルギーを目的関数とし、設計変数として 2 値 (オリジナルと制振材) から選択できるような構造最適化法を検討することを目的とする.

2. FEM によるモデル構築と構造最適化の基礎理論

2.1 基礎励振 FEM を用いて基礎励振を実現する方法には、①変位強制振動解析、②ラージマス解析、③スペクトル解析、④ランダム振動解析、があり、④のランダム振動解析は、③のスペクトル解析の一種で、スペクトル成分が特定できない振動に対するものである. それぞれ加振により応答の周波数特性 (①と②は応答の大きさと位相、③と④は大きさ) が算出される. 本報では、

基礎励振として、①変位強制振動解析で検討する. 目的関数である振動応答エネルギー E は、以下の式で示される.

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 \sum_r x_r^2 \quad (1)$$

ここで、 m は対象構造物の質量、 ω は中心角振動数、 x_r は節点 r の応答変位である.

2.2 FEM ベースの構造最適化 FEM を用いた構造最適化において、設計変数は、密度、ヤング率、減衰等の材料特性に関する変数、板厚、形状や要素間の結合状態 (ばね定数等) の構造に関する変数が考えられる. 制約条件は、質量、剛性 (変位)、応力、座屈荷重、振動数等が考えられる.

2.3 最適化問題の定式化 FEM 要素形状を決定する最適化問題の定式化について、本研究での目的関数は振動応答エネルギー E であり、それらを最小にする場合を例に定式化を行う.

設計領域 D (本報では 2 値の a もしくは b) において、制約関数 $g(\{x_j\})$ の制約のもと、周波数帯域 i における目的関数 $E_i(\{x_j\})$ を最小化する場合、以下ようになる.

$$\text{Minimize} \sum_i \left(E_i(\{x_j\}) \right) \quad (2a)$$

$$\text{Subject to } g(\{x_j\}) - g_{\max} \leq 0 \quad (2b)$$

$$x_j = a \text{ or } b \quad (2c)$$

ここで、 g_{\max} は $g(\{x_j\})$ の上限値である.

3. 単純構造への適用

3.1 対象構造物と問題設定 図 1 に示す長さ 0.2 m、幅 0.02 m、厚さ 2 mm の鋼製のはり構造を対象とし、境界条件は両端部の 4 個の節点の面外方向の自由度への変位加振、他の両端部の節点の 5 自由度は拘束している. 図 1 に示す番号は要素番号である. 最適計算においてオリジナル状態である生板と生板に制振材貼付 (ブチルゴム 2 mm) の 2 値を選択する際の基準となる構造物の材質特性は、生板と制振材の密度 7542 kg/m³ と 9651 kg/m³ 及び内部損失率 0.1 % と 5 % とした. なお、縦弾性係数 2.1×10¹¹ Pa とポアソン比 0.3 は、生板と制振材貼付で同値とする. モデルの作成には、汎用有限要素解析ソフトウェア ANSYS 2021R1 (要素タイプは弾性シェル要素 shell 181) の APDL 言語を使用し、1/3 オクターブの計算

には MATLAB を，構造最適化には，CAE プロセスの自動化と統合化及び最適化が可能な OPTIMUS10.18 を使用する．要素サイズは，5k Hz の曲げ波長に 6 節点が含まれるように 0.02 m×0.01 m とすると，節点数は 42，要素数は 20 となる．表 1 にオリジナル状態の 5k Hz までのモー

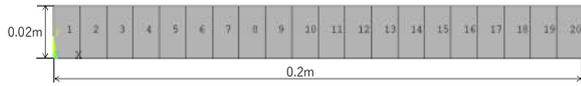


Fig.1 Apparatus of test beam structure.

Table 1 Natural frequency for original model.

Order	Original [Hz]	Mode type
<u>1</u>	274	bending L
2	536	bending W
<u>3</u>	766	bending L
4	1499	bending W
<u>5</u>	1531	bending L
6	1660	torsional
<u>7</u>	2595	bending L
8	3003	bending W
9	3340	torsional
<u>10</u>	4002	bending L

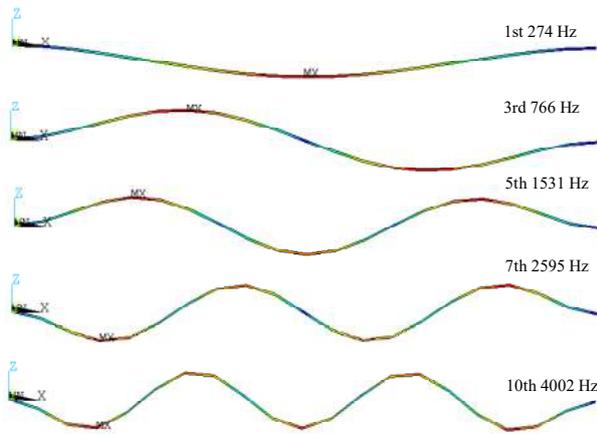


Fig.2 Mode shape of targeted natural frequency

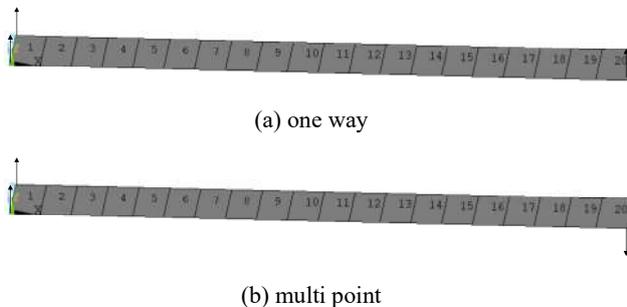
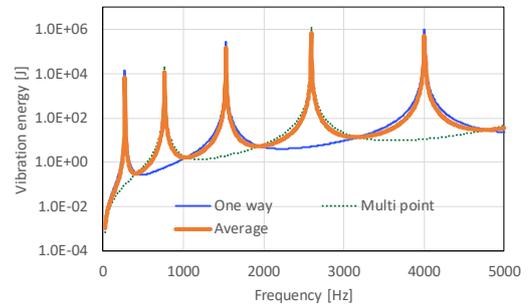


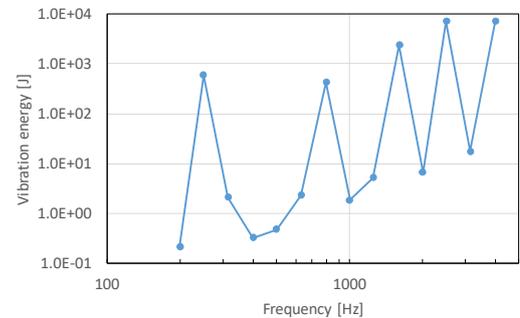
Fig.3 Direction of vibrating the beam structure for the forced displacement vibration analysis.

ド解析の結果を示す．表 1 のモードの種類で示す L は長手方向，W は幅方向である．図 1 で示す z 方向の面外振動のみを検討対象とするために，表 1 のモード次数にアンダーバーのある図 2 で示す 1 次，3 次，5 次，7 次，10 次の固有振動数が構造最適化の検討対象となる．

変位加振においては，両端の節点の面外方向に 1 mm の変位を与え，図 3 のように，上部への一方に加振する one way と左右で加振方向の異なるマルチポイント加振でそれぞれ加振した．変位応答は，25 Hz から 5k Hz まで 5 Hz 刻みの離散周波数で算出したのち振動応答エネルギーを計算し，MATLAB により 50 Hz から 4k Hz までの 1/3 オクターブ帯域周波数特性を算出した．それぞれの加振結果及びそれらを平均した離散周波数の振動応答エネルギー結果を図 4(a)に示す．また平均した離散周波数の振動応答エネルギー結果を 1/3 オクターブ帯域周波数で整理した結果を図 4(b)に示す．図 4(a)より，one way では 1 次，5 次，10 次が励起され，一方マルチポイント加振では，3 次と 7 次が励起されていることから，全ての振動モードを励起するために最適化の対象はその平均値を選択することにした．更に目的関数を設定しやすいように，図 4(b)で示す 1/3 オクターブ帯域周波数での結果を

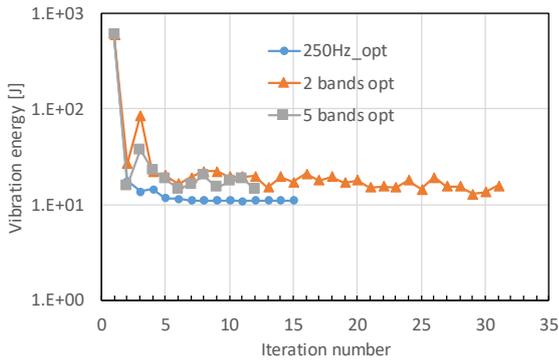


(a) discrete frequency in each excitation

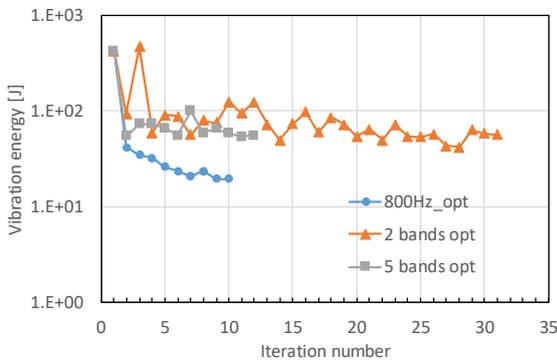


(b) one-third octave band frequency

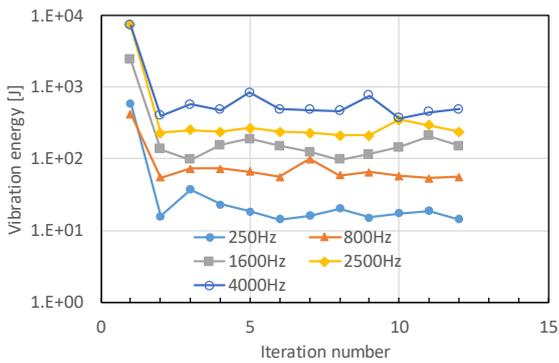
Fig.4 Magnitudes of vibration energy results by the forced displacement vibration analysis.



(a) Results for the 250 Hz band in the case of single-objective optimization, and results for the 250 Hz band in the case of multiple-objective optimization with 2 bands, and 5 bands as the objective function



(b) Results for the 800 Hz band in the case of single-objective optimization, and results for the 250 Hz band in the case of multiple-objective optimization with 2 bands, and 5 bands as the objective function



(c) Multiple-objective optimization results for each of the 5 bands

Fig.5 Comparison of the vibration energy results of iteration history.

選択することとした。最適計算においては、図 1 に示すように両端の加振要素も含む 20 エリアを対象とし、オリジナル状態と制振材貼付の 2 値が選択できる設計変数とした。制約条件は質量で、オリジナル状態では 0.06034

Table 2 Optimum results. “○” are structure modified location. The numbers are according to the figure 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
250 Hz_opt	○	○								○	○	○									○
800 Hz_opt					○	○	○								○	○	○				○
2 bands	○								○	○			○	○	○						○
5 bands	○	○		○					○						○						○

kg であり、上限値は初期値の 1 割増しの 0.066374 kg とすると、上限は 7 エリアまでの制振材付加となる。目的関数は、①250 Hz 帯域（初期値 592.1 J）、②800 Hz 帯域（初期値 423.4 J）それぞれの単目的最適化と③250 Hz 帯域と 800 Hz 帯域（図 5 と表 2 の結果においては 2 bands と示す）、そして④250 Hz 帯域、800 Hz 帯域、1.6k Hz 帯域（初期値 2381.3 J）、2.5k Hz 帯域（初期値 7268.3 J）、4k Hz 帯域（初期値 7208.2 J）全て（図 5 と表 2 の結果においては 5 bands と示す）を含んだ多目的最適化の 4 水準で振動応答エネルギーの最小化を目標に検討した。

3.2 結果と考察 OPTIMUS のソフトウェア上では最適化アルゴリズムが選択でき、本報では、単目的最適化には、一般的な非線形計画問題に対して大域的最適化手法の一種である GA の Self-Adaptive Evolution（以下 SAE）を、多目的最適化には、非優越ソート GA である Non-Dominated Sorting Evolutionary Algorithm（以下 NSEA+）を用いた。また、単目的最適化の 250 Hz 帯域、800 Hz 帯域と多目的最適化の最適化過程における反復数と最適化の目標である振動応答エネルギーの推移結果を図 5 に示す。単目的最適化の推移結果より、最小値を示した①では 15 回の計算のうちの 11 回目（図 5(a)の丸印）、②では 10 回の計算のうちの 9 回目（図 5(b)の丸印）、そして、多目的最適化では、複数の帯域の合計の最小値を最適化結果とし、③では 31 回の計算のうちの 28 回目（図 5(a), (b)の三角印）、④では 12 回の計算のうちの 2 回目（図 5(a), (b)の四角印）を最適化結果とした。さらに、それぞれの最適化結果における制振材の付加位置を表 2 に○で示し、その数値は、図 1 の要素番号に対応している。表 2 より、全ての最適化結果において、質量制約の上限である 7 エリアに達していることがわかる。

最適化結果は、250 Hz 帯域と 800 Hz 帯域の単目的最適化では、それぞれ初期値の 98.2 %、95.4 %減少しているが、多目的最適化では、③の条件で 250 Hz 帯域が 97.4 %、④の条件で 250 Hz 帯域が 97.3 %、③の条件で 800 Hz 帯域が 90.1 %、④の条件で 800 Hz 帯域が 87.0 %減少してお

り、単目的最適化の結果よりも減少する量は小さいことがわかる。さらに、図 5(c)の④の条件の結果から、2 回目の計算がそれぞれの周波数帯域での最小値ではないが、全ての帯域を加算した場合の最小値となっている。また、表 2 と図 2 のモード形状の結果より、条件①、②の場合、モードの腹の振幅を抑えようとする位置に制振材が貼付されるリーズナブルな結果が得られている。条件③の場合は、上述したように 28 回目で最小値が得られているが、単目的最適化の結果よりも減少幅は小さく、表 2 より条件①と②の結果を含んだ制振材配置となっている。条件④の場合は、図 4(b)より 1.6k Hz, 2.5k Hz, 4k Hz 帯域の値が、250 Hz, 800 Hz 帯域の値に比べて大きくなっており、図 2 よりモードの腹の数が増えるに従って、応答を最小化するように分散して制振材が貼付されていると考えられる。

4. おわりに

本報は、自動車のサスペンション部の左右の連結部をつなぐようなはりを模擬した薄板を対象構造とし、FEMによる基礎励振のマルチポイント加振の入力方法を用いて、振動応答エネルギーを目的関数とし、設計変数として 2 値（オリジナルと制振材）から選択できるような構造最適化法を検討した。

その結果、マルチポイント加振を行うことにより一方向の加振では励起されない振動モードが励起されることを振動応答エネルギーの比較結果から示し、さらに 1/3 オクターブ帯域の周波数平均をすることで、目的関数の選択がしやすくなる構造最適化法を提案することができた。最適化で得られた制振材の貼り付け位置は、オリジナル状態におけるモード形状とエネルギー振幅の応答値より、リーズナブルな結果が得られた。今後は、本手法の更なる有効性を検討するため、①アルミの押し出し材に活かせるように板厚を設計変数とする最適化法の構築、②左右の連結部とシャーシ部を加えた大型のモデルにおける板厚を設計変数とする最適化法の構築、③実験による最適化結果の検証、が必要であると考えている。

謝辞

本研究の一部は、長崎総合科学大学重点プロジェクト及び競輪*の補助（2024M-518）からの助成を受けて実施したものです。ここに謝意を表します。

参考文献

- (1) R. H. Lyon, *Statistical Energy Analysis of Dynamical Systems: Theory and Application*, MIT Press, (1975).
- (2) 山崎徹, 黒田勝彦, 森厚夫, SEAによる機械製品の固体音低減プロセス, 日本機械学会論文集C編, Vol. 73, No.726 (2007), pp.446-452.
- (3) D. A. Bies, and S. Hamid, In situ determination of loss and coupling loss factors by the power injection method, *Journal of Sound and Vibration*, 70, (1980), pp. 187-204.
- (4) 山崎徹, 黒田勝彦, 鎌田実, 部分構造を対象としたFEMによるSEAパラメータの評価 (FEM-SEAの提案), 日本機械学会論文集C編, Vol. 74, No.747 (2008), pp.2655-2661.
- (5) B. R. Mace and P. J. Shoter, Energy Flow Models from Finite Element Analysis, *Journal of Sound and Vibration*, 233, (2000), pp. 369-389.
- (6) 黒田勝彦, 並川修平, 基礎励振による構造SEAモデル構築に関する研究, 日本機械学会論文集, Vol. 85, No.879 (2019), pp.1-15.
- (7) 黒田勝彦, FEMを用いた基礎励振による構造SEAモデル構築法に関する研究, 長崎総合科学大学所報第17号, (2022), pp.27-34.

超音速小型管内流れにおける境界層

松川 豊^{*1}・峰 保貴^{*2}

The boundary layer of supersonic flow in a small-sized tube

MATSUKAWA Yutaka, MINE Yasutaka

Summary

We studied the supersonic boundary layer flow in a small-sized tube. The designed Mach number of the supersonic nozzle is 1.5. The cross-section of the test section is square and its area is 10 mm square. The measurement of the total pressure distribution along the wall showed that the boundary layer in this tube was laminar. Meanwhile, pasting a sandpaper on the wall made the boundary layer turbulent.

Keywords : (fluid dynamics, supersonic flow, visualization)

1. 研究目的

超音速流れは流れの流速が流体の音速よりも速い流れである。流れの流速が流体の音速よりも速い場合、流体の密度が変化し、衝撃波と膨張波が発生する。そのため、超音速流れの性質は低速流れの性質とは異なる。

このような超音速流れは、超音速旅客機や極超音速航空機等の飛行体周りの流れや、ロケットエンジンやジェットエンジン等の流体機械内の流れに現れる。そのため、超音速流れは工学的課題になっている。例えば、極超音速航空機のスクラムジェットエンジン内における燃料の超音速混合の課題や、ロケットエンジン始動時における過大横推力の課題等が挙げられる。

流れにおいて衝撃波が発生すると、衝撃波は物体表面に生じる境界層と干渉して流れに大きく影響する。この影響は、特に管内流れのような内部流れの場合に著しい。管内流れにおける衝撃波と境界層の干渉による流れへの影響については不明な点が多く、特に管径が mm や cm 単位の小型管内流れにおいてはよく分かっていない。ま

た、実用的な管内流れにおいては、衝撃波と境界層の干渉が生じる場面で境界層は乱流の状態にある。

超音速流れは超音速風洞を使用して実験的に調べられる。本研究室の小型超音速風洞¹⁾を使用してこの衝撃波と境界層の干渉を実験的に調べる場合、風洞内の境界層が課題となる。境界層は流れの上流側で始め層流の状態にあり、下流側に流れるにつれて乱流へと遷移する。本研究室の風洞の流路は短いため、流路全域で境界層は層流の状態にあると考えられるが、実際の状態は確認しておらず不明である。

本研究は、超音速小型管内流れにおける衝撃波と境界層の干渉を調べることを目的として、まず風洞内の境界層の状態を調べた。そして、境界層が層流の状態にある場合は乱流化することを目指した。

2. 実験方法

2.1 実験の基本構成

^{*1} 工学部 工学科 機械工学コース 准教授

^{*2} 工学部 工学科 機械工学コース

本研究で実施した実験の基本構成を図 1 に示す。エアコンプレッサで生成した圧縮空気をエアドライヤで除湿し、メインタンクに貯蔵する。そしてボールバルブを開くとノズルと矩形管からなる流路に高圧空気が供給され、流路内に気流が発生する。本装置ではタンクと流路を直結しているため、通風中はタンク内圧縮空気の圧力低下に伴って、流路内の気流の圧力も時間の経過と共に変化してゆく。

気流の計測としては、流路における壁面圧力と全圧を圧力センサで計測し、また、シュリーレン法²⁾により気流を光学的に可視化した。

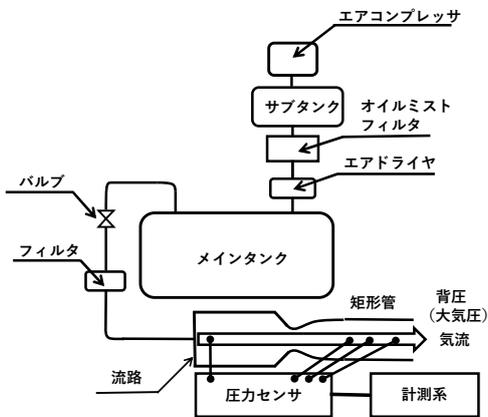


図 1 実験の基本構成

2.2 流路とディフューザの形状

流路の形状を図 2 に示す。ノズルの設計マッハ数は 1.5 である。ノズルのスロートの高さは 8.35 mm である。矩形管の断面形状は高さ 10 mm・幅 10 mm の 10 mm 四方であり、矩形管の長さは 50 mm である。ノズル出口の下流 30 mm から 50 mm (矩形間出口) の長さ 20 mm の区間を、図 3 に示すスロープ型 (約 6 度の傾斜角) とステップ型の 2 種類のディフューザに交換できる。本研究では気流の持続時間がより長いスロープ型を使用した。また、ノズル出口からディフューザ入口までの長さ 30 mm の区間を測定部と呼ぶことにする。

2.3 試験体と圧力の計測位置

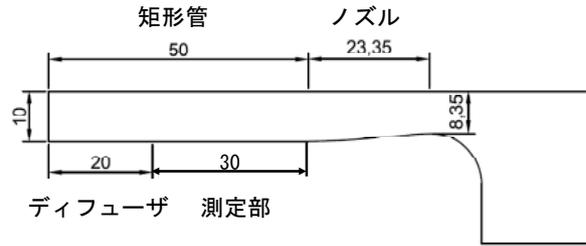


図 2 流路の形状

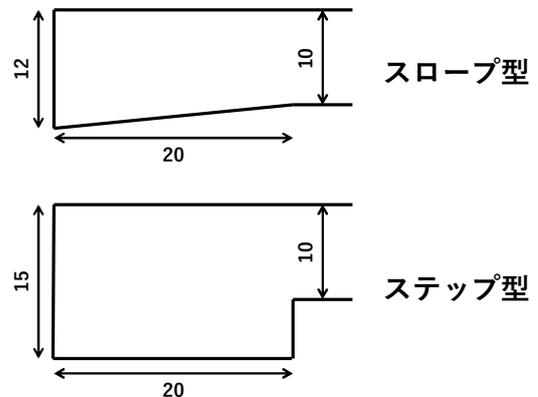


図 3 ディフューザの形状

図 2 と図 3 に示した流路とディフューザの形状に基づいて、アクリルを加工して実験で使用する試験体を作製した。スロープ型のディフューザを設置している試験体を図 4 に示す。ノズルと矩形管は空気供給口を設けたアクリルの板材に取り付けられており (2 枚のアクリルの板が流路の側壁となる)、タンクから集合洞に供給された空気はノズルを経由して矩形管内を流れ、実験室内に流出する。なお、写真において白く見えるのはシールのための液状ガスケットである。

この試験体では、集合洞の圧力、およびノズル出口・ノズル出口から下流 30 mm・下流 35 mm・下流 40 mm・下流 45 mm の 5 箇所での壁面圧力を計測できる。本研究では、集合洞の圧力、および測定部入口 (ノズル出口)・測定部入口から下流 30 mm・下流 40 mm の 3 箇所での壁面圧力を計測した。また、ノズル出口より 10 mm 間隔で流路の壁面にマーキングして、流れの可視化における位置確認に利用した。

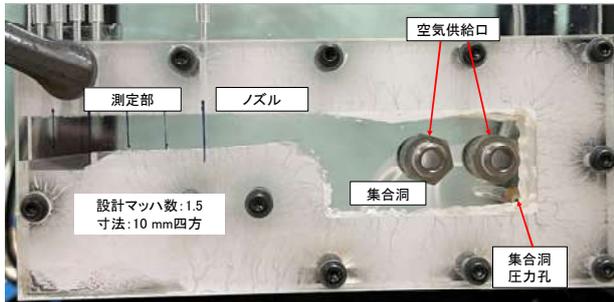


図4 試験体

2.4 圧力の計測法

前述した圧力計測位置に設けた圧力孔に対してそれぞれ 1 台ずつの圧力センサで圧力を計測し、圧力センサから、アナログ出力を A/D 変換したうえで、PC において記録した。A/D 変換におけるサンプリング周波数は 50 Hz とした。

2.5 圧力とマッハ数の関係

超音速流れにおいて、圧力とマッハ数の間には、次式の関係がある³⁾。

$$\frac{P_s A^*}{P A} = \left(\frac{\gamma + 1}{2}\right)^{\frac{\gamma + 1}{2(\gamma - 1)}} M \sqrt{1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2} \quad (1)$$

ここで、 P_s は集合洞の圧力、 P と A と M は任意の位置での圧力と断面積とマッハ数、 A^* はスロートの断面積、 γ は比熱比である。この式に基づいて、計測した圧力よりマッハ数を算出した。

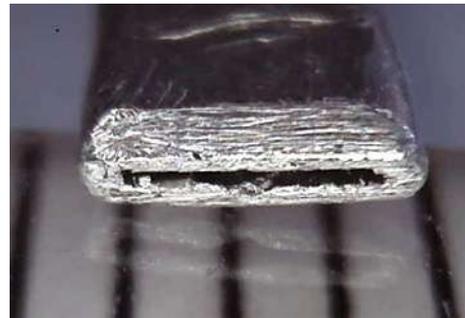
2.6 全圧の計測法

流路壁面上の境界層の状態を調べるために、壁面近傍の流れの全圧をピトー管により計測した。使用したピトー管を図 5 に示す(図中の目盛りは 1 mm)。ピトー管は外径 2.1 mm・内径 1.5 mm のアルミ円筒を加工して作製した。ピトー管の下側平坦部が流路壁面上に位置するように配置することで、壁面から約 0.5 mm の位置での

流れの全圧を測定できる。境界層が層流の状態であれば壁面近傍の全圧は下流側に減少してゆくが、乱流への遷移があれば全圧は増加する。このように、壁面近傍の全圧を計測することで、乱流への遷移を調べることができる。



(a) 全体



(b) 先端部

図5 ピトー管

2.7 紙やすりによる乱流化

層流の状態にある境界層を乱流化させる方法として、流路壁面に紙やすりを貼り付ける方法を実施した。壁面に紙やすりを貼ることにより壁面は不規則な凹凸を持つ粗面となり、壁面上の境界層に擾乱を与える。この擾乱が引き金となり、層流から乱流へと遷移する。

紙やすり表面の凹凸の大きさ(目の粗さ)は粒度で指定され、本研究では粒度が 60 番と 240 番の二種類の紙やすりを使用した。粒度 60 番の方が目は粗く、砥粒の大きさは両者で約 4 倍異なる。この二種類の紙やすりを使用することで、境界層に与える擾乱の大きさによる影響を調べられる。以降では、粒度 60 番の方を「粗い紙やすり」・粒度 240 番の方を「細かい紙やすり」と呼ぶ。紙やすりは両面テープにより流路壁面に貼り付けた。両面

テープを含めた紙やすりの厚みは、粗い方が約 0.55 mm、細かい方が約 0.35 mm である。

3. 実験結果

3.1 マッハ数の時間履歴

測定部入口とその下流 30 mm（測定部出口）におけるマッハ数の時間履歴を図 6 に示す。測定部入口においては、通風開始後しばらくはマッハ数が 1.4 の一定の超音速流れになっている。その後、下流から移動してきた衝撃波が到達してマッハ数が下がる。通風開始後からマッハ数が下がるまでの時間が、この位置における気流の持続時間である。一方、測定部入口から下流 30 mm においては、マッハ数が 1.3 に低下している。これは、流路壁面から受ける摩擦抵抗による減速のためである。

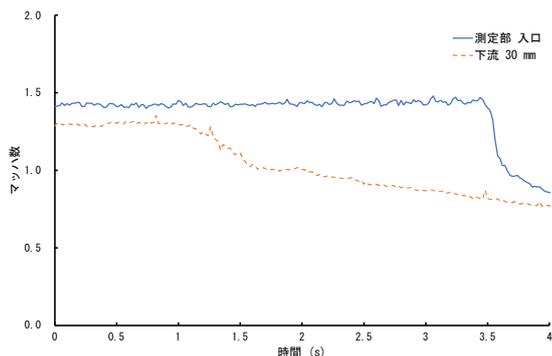


図 6 マッハ数の時間履歴

3.2 壁面上の全圧分布

測定部下面の壁面近傍における全圧の計測結果を図 7 に示す。全圧は流れの下流側に向かってほぼ単調に減少している（減少率は緩やかになってゆくが）。この結果より、測定部における境界層は層流の状態にあると考えられる。

3.3 紙やすりの貼り付けについての考察

次に、測定部の壁面に紙やすりを貼り付けて、境界層に擾乱を与えた場合を調べた。

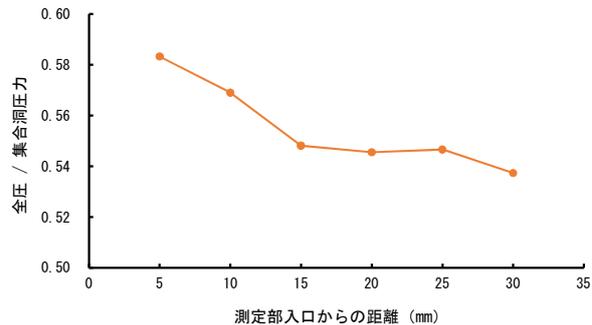


図 7 壁面上の全圧分布

まず、測定部入口に長さが 10 mm（紙やすりの幅は測定部と同じ 10 mm で全ての場合で共通）の細かい紙やすりを貼り付けた場合の流れの可視化画像を図 8 に示す。図より、紙やすりの上流側であるノズル内部に衝撃波が発生していることがわかる。測定部入口におけるマッハ数の時間履歴は図 9 のようになり、測定部入口における流れが影響を受けていることがわかる。この結果より、紙やすりは測定部入口からもっと下流側に貼り付ける必要があることがわかった。

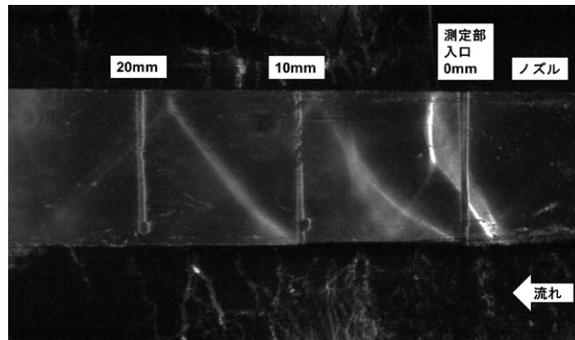


図 8 流れの可視化画像（測定部入口に紙やすり）

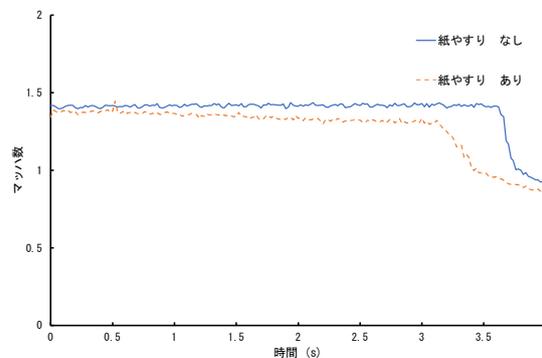


図 9 マッハ数の時間履歴（測定部入口に紙やすり）

次に、貼り付ける紙やすりの長さについて考察するために、測定部入口の下流 5 mm から下流 30 mm（測定部出口）までの範囲に長さ 25 mm の粗い紙やすりを貼り付けた場合を調べた。流れの可視化画像を図 10 に示す。図より、この場合もノズル内部に衝撃波が発生していることがわかる。また、測定部入口における流れのマッハ数を調べると、図 11 に示すように、マッハ数が 1 以下の亜音速流れになっている。これは、紙やすりによる流れへの影響が強すぎるためと考えられる。紙やすりを貼り付けることにより壁面は粗面となり、流れが壁面から受ける摩擦抵抗は紙やすりがない滑面の場合よりも大きくなる。この場合は摩擦抵抗による流れの減速が大きすぎたために、測定部において流れが超音速に達しなかったと考えられる。この結果より、紙やすりの長さは 25 mm よりももっと短くする必要があることがわかった。

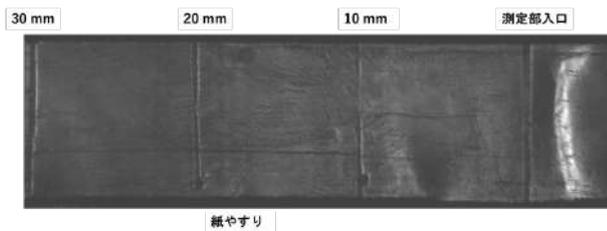


図 10 流れの可視化画像（測定部入口に長さ 25 mm の紙やすり）

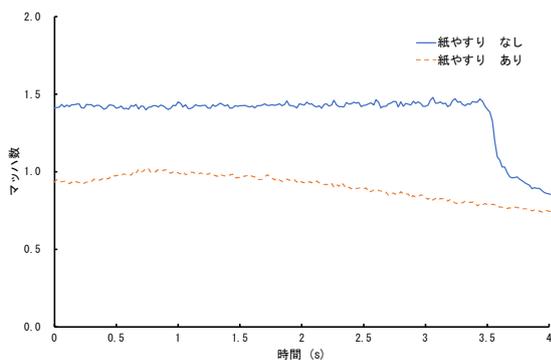


図 11 マッハ数の時間履歴（測定部入口に長さ 25 mm の紙やすり）

3.4 紙やすりによる影響（測定部入口から下流 5 mm）

以上の考察に基づいて、長さが 10 mm の紙やすりを測定部壁面に貼り付けた場合を調べた。

まず、粗い紙やすりを測定部入口から下流 5 mm の位置に貼り付けた場合の流れの可視化画像を図 12 に示す。図より、紙やすりの前方に衝撃波が発生しており、また、紙やすりの後方（後縁）より膨張波が発生していることがわかる。測定部入口から下流 30 mm におけるマッハ数の時間履歴は図 13 のようになり、マッハ数の変化は 0.1 以下である。このように、画像では紙やすりからこれらの波が発生していることが確認できるが、流れへの全体的な影響は小さく、測定部における流れは超音速に保たれている。

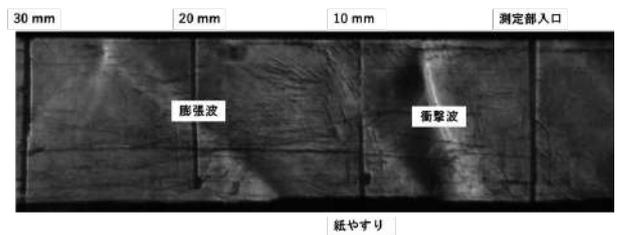


図 12 流れの可視化画像（測定部入口から下流 5 mm に紙やすり）

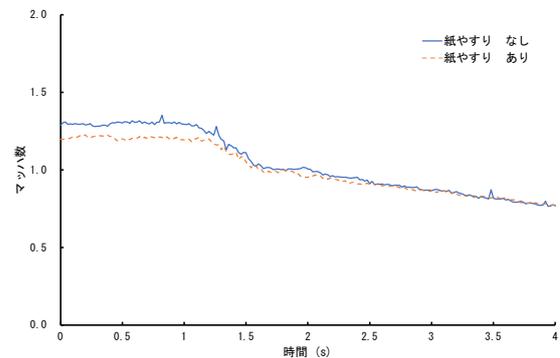


図 13 マッハ数の時間履歴（測定部入口から下流 5 mm に紙やすり）

この場合における壁面上の全圧分布を図 14 に示す。まず、測定部入口から下流 20 mm の位置での全圧を見ると、紙やすりがない場合よりも低くなっている。これは前述したように、紙やすりから受ける摩擦抵抗による流れの損失により全圧が低下した結果と考えられる。そして、この位置より下流側に向かって全圧は増加し、測定部出口の位置で低下する分布となっている。この分布より、紙やすりの下流側で境界層は層流から乱流の状態に遷移していると考えられる。このように、測定部入口から下流 5 mm の位置に紙やすりを貼り付けることで境界層を

乱流化できたと考えられるが、境界層が完全に乱流の状態にあるのは、測定部後方から約 2 mm の領域である。

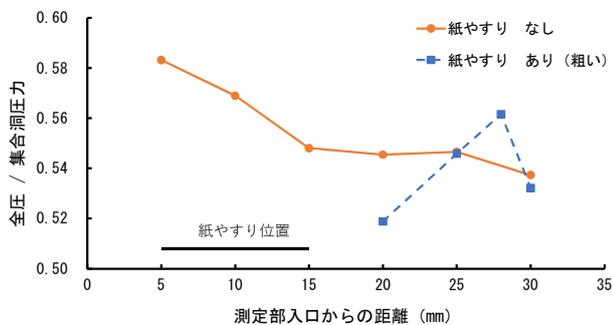


図 14 壁面上の全圧分布 (測定部入口から下流 5 mm に紙やすり)

3.5 紙やすりによる影響 (測定部入口から下流 10 mm)

次に、先ほどの場合よりも下流側に紙やすりを貼り付けた場合を調べた。紙やすりの貼り付け位置は測定部入口から下流 10 mm の位置である。また、細かい紙やすりの場合も調べた。

壁面上の全圧分布を図 15 に示す。粗い紙やすりの場合は先ほどの場合と同様に、紙やすりの後方で全圧の上昇が見られ、乱流の状態に遷移していると考えられる。また、その分布は先ほどの場合での分布を下流側に平行移動したものに近いことから、紙やすりの後縁からほぼ同じ距離で遷移が生じていると考えられる。

細かい紙やすりの場合も、粗い紙やすりの場合と同様な傾向が見られる。すなわち、紙やすりの後方では紙やすりが無い場合よりも全圧が低下しており、そこから全圧が増加している。ただし、紙やすりの後方での全圧の低下量は粗い紙やすりの場合よりも小さい。これは、流れが受ける摩擦抵抗が粗い紙やすりの場合よりも小さいため、流れの損失が小さくなるためと考えられる。また、流れに与える擾乱も小さいため、その後の全圧の上昇も小さくなっていると考えられる。

また、紙やすりによる影響についての参考として、壁面に両面テープのみ (剥離紙付きで厚さ 0.20 mm) を貼り付けた場合も調べてみた。図より、両面テープだけの場合は全圧への影響はほとんどないことがわかる。

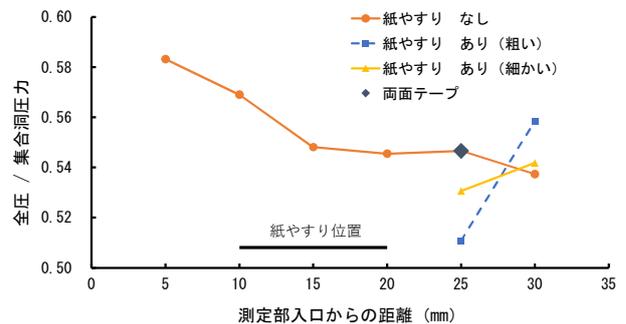


図 15 壁面上の全圧分布 (測定部入口から下流 10 mm に紙やすり)

4. 結論

本研究は、超音速小型管内流れにおける衝撃波と境界層の干渉を調べることを目的として、まず風洞内の境界層の状態を調べ、そして、境界層が層流の状態にある場合は乱流化することを目指した。その結果、以下の成果が得られた。

1. 測定部壁面上の全圧分布を計測した結果、測定部における境界層は層流の状態にあると考えられる。
2. 測定部壁面上に紙やすりを貼り付けることにより、境界層を乱流化できたと考えられる。目の粗さが異なる二種類の紙やすりによる結果を比べると、目が粗いほうが乱流遷移を早めると考えられる。
3. 紙やすりで境界層を乱流化した場合でも、乱流の状態にあるのは長さ 30 mm の測定部後方の約 2 mm の領域だけであり、超音速小型管内流れにおける衝撃波と乱流境界層の干渉を調べる際にはもっと長い測定部が必要がある。

参考文献

- (1) 松川豊, 下山大貴: 小型超音速風洞のディフューザ内流れの可視化, 長崎総合科学大学新技術創成研究所所報, 第18号 (2023) pp.31-36

(2) 流れの可視化学会編：流れの可視化ハンドブック，朝倉書店，(1986)

(3) 松尾一泰：圧縮性流体力学，理工学社，(1994)

RCPSP 法による造船工程計画の実践 (II)

—実績を踏まえた工程計画とリスケ手法—

長崎総合科学大学 梶原 宏之*

臼杵造船所 角田二郎・緒方洋典・田口浩幸・高倉俊治・荒金卓也・鎌 尚憲

Implementation of RCPSP method for shipbuilding process planning (II)

--- Process planning and rescheduling methods based on actual results ---

Nagasaki Institute of Applied Science Hiroyuki Kajiwara*

Usuki Shipyard Co. Ltd, Jiro Kadota, Hironori Ogata, Hiroyuki Taguchi,

Shunji Takakura, Takuya Arakane, Hisanori Kuwa

Summary

In this paper, as a sequel to the previous report¹⁾, we reported on the results of our study on the following issues in order to alleviate the deviation from the process actually used. (1) Shipbuilding process planning based on actual process results. (2) Rescheduling method and its application. Regarding (1), we proposed a method using two stages of virtual activities, noting that in the process performance, there was an appropriate change of location from the work area to the waiting area. In the RCPSP method, the work period is determined from the number of work hours, and the work location is assigned for that period, and the location is changed at that point. Next, regarding (2) the key is to inherit the resources used by the activity in progress, and we developed this method using the RCPSP solver OptSeq^{2,3)}.

Keywords : shipbuilding process, scheduling problem, RCPSP, Rescheduling

1. 緒言

一般に、造船工程計画は、日程計画、定盤計画、配員計画の3つからなるが、お互いに連動しており、また大規模な組合せ問題となることから、これらの立案は困難を極め、その自動化が期待されている。

そのために、著者らは、造船工程計画問題を RCPSP (Resource Constraint Project Scheduling Problem、資源制約付きスケジューリング問題)¹⁾として定式化し、このソルバーとして久保と野々部により開発された

OptSeq^{2,3)}を用いるアプローチに注目している。

特に、前報⁴⁾において、次の要件を満たすブロック組立から搭載までの造船工程計画を、実データを用いて検討した。

- 1) 搭載日程からのプル型計画であること
- 2) 作業時数が平準化され、作業期間も自動調整されること (日程計画、艀装計画)
- 3) 自動調整された作業期間中に使用する作業場所の割付けを行うこと (定盤計画)

*1 新技術創成研究所 特命教授 (研究当時)

これらの要件を満足させるために、RCPSP ソルバー OptSeq のもつ「小作業並列化」と「仮想アクティビティ」の機能を用いることができ、この手法を確立したことは重要な貢献と考えている。

この RCPSP 法は工程計画者の支援に役立つことが期待されているが、前報の結果は、次のような現実に運用されている工程との乖離が見られる。

一つ目には、前報の結果は全工程を可能な限り、搭載日程に引き付けており、また外注ブロックは入荷後必要な作業が直ちに行われることを前提にしている。実際には、利用できるプラスト・塗装棟の制約から、搭載日程ばかりでなく、プラスト日程も所与のものとされており、これを変えることは現段階では期待されていない。また外注ブロックの納品日は外注先との協議の上、決められるものであって、計画サイドの都合でタイミングを変えて入荷させることは難しい。これらの事情に起因する場所の不足から、実際には場所替えや段積みなどが適切に行われている。これらは、続くアクティビティに場所を譲るためのものと考えられるが、場所替えや段積みのタイミングを計る手法は確立されていない。

二つ目には、実際の連続建造工程では、1隻分の工程計画において、その序盤には前船が、終盤には後船（次船）の工程が、Fig. 1 に示すように重なってくる。すなわち当該船だけでなく前後船も関係してくるので、工程計画は1隻分を立てても十分ではない。そこで一定期間ごとの再計画（リスクジェーリング）すなわちリスクの手法が求められていると言える。リスクの枠組み自体は自明なものなのであるが、この部分的な計画が3隻全体の計画とどう整合性が取れるか、例えば搭載日程を守れるかは、興味深いところである。

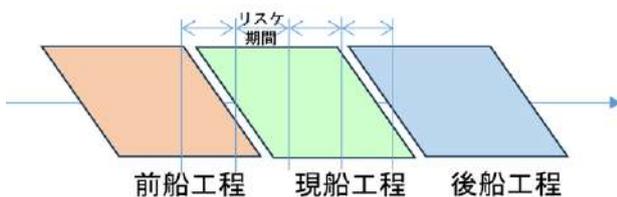


Fig. 1 連続建造工程のオーバーラップとリスク期間

本研究では、日々稼働している造船工程において、どのブロックをどこにどれくらいの期間置いたかの記録を取り、これを RCPSP 計画にどう反映させるかの検討を行

っている。具体的には、同型船の「標準計画」を求め、これを連続建造する場合のリスク手法を確立することを試みている。

2. 実績を踏まえた工程計画

2.1 工程実績から抽出すべき情報

RCPSP（資源制約付きプロジェクトスケジューリング問題）は、先行制約と資源制約（場所、配員など）の制約条件もとで、評価関数（納期遅れ、最大完了日など）を最小化するように、アクティビティ（組立作業、艀装作業など）の開始日を決定する問題で、通常、大規模な組み合わせ最適化問題となる。造船工程計画問題を RCPSP 定式化した場合、搭載日程より遅れることは許されないため、制約条件を満足する日程計画・定盤計画・配員計画が存在するかどうかの問題となる。提案法では、まず作業時間をカバーするような作業期間と平準化された配員を求め、次に作業場所の確保を行っている。

したがって、工程の実績から各アクティビティについて抽出すべき情報は、次の通りである。

- (1) 船番、ブロック名、作業種別（取付、溶接、鉄艀装、甲板配管、機関配管、棟内塗装、棟外塗装など）
- (2) 作業場所、作業時数
- (3) 運搬作業（開始、入荷、反転、正転、運搬など）の実施日

ここで作業期間の実績は、前後の運搬作業の日付から分かる。また一つの場所で行う作業は複数個が考えられ、場所取りを中心としたアクティビティの先行関係の一例は Fig. 2 のようである。

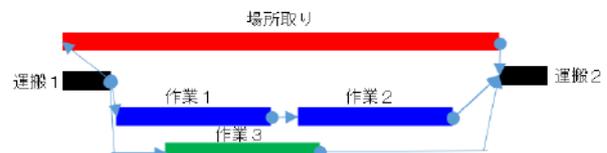


Fig. 2 場所取りを中心としたアクティビティ群

2.2 工程実績の記録

Fig. 3 は当該造船所のある日のブロック配置を記録した2次元CAD図である。まず、工場に配置されている組立定盤のサイズと位置、台船のサイズ（位置は任意）を正確に印した画層を準備し、これにその日に配置されているブロックを上からみた簡易図形として配置している。

画層には日付による名前が付けられているので、あるブロックの特定の場所の占有開始日と占有完了日を知ることができる。これを工程実績の1次資料としており、当該造船所では、すでに5隻目の記録を行っている。



Fig. 3 当該造船所におけるブロック配置

RCPSP 法ではソルバーとして OptSeq を用いているが、その解として、アクティビティごとに、選択されたモード、および start (開始日の前日)/duration (期間) /completion (完了日) を出力できる。ここでモードは

[定盤 ID][矩形左上座標][矩形右下座標]

のような書式で出力している (座標は 1 m メッシュに対応している)。そこで、場所取りの実績記録もこの書式に倣って表し、この CSV ファイルを 2 次資料 (その 1) としている。

場所取り以外の情報は、ブロックごとにガントチャートをソフトウェア「工程 s'」(WEBI 社製)を用いて表現する。その一例を Fig. 4 に示す。



Fig. 4 「工程 s'」を用いたブロックの工程実績記録の例

ここで、Fig. 2 に対応して、1 段目が場所取りを、2 段目が運搬作業を、3 段目以下が組立作業・積装作業を表している。バーをクリックして、作業場所の詳細 (座標) 以外のすべての情報を登録できる。これを 2 次資料 (その 2) とする。

工程実績は当然のことながら制約条件を満たすはずであるから、また探索は不要なことから、RCPSP の一つの解として瞬時に得られることに注意する。

2.3 工程実績に基づく標準計画の策定

実績を踏まえた工程計画のためには、工程実績の 2 次資料から、同型船の標準アクティビティを抽出する必要がある。工程実績を表すガントチャートを分析することにより、代表的な内作ブロックのアクティビティのシーケンスを Fig. 5 のように表すことができる。

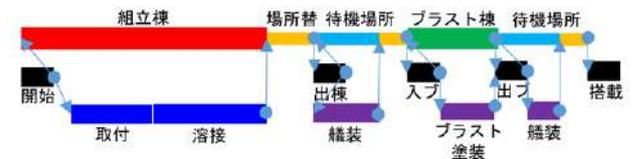


Fig. 5 内作ブロックの代表的なアクティビティ系列

ここで、出棟前までの組立工程と、出棟後搭載までの積装工程に大きく 2 つに分けられ、矢線は先行関係を表している。運搬アクティビティ「入ブ」「出ブ」はプラスト棟への搬入・搬出表す。

留意すべきは、黄色のバーで示す場所替え (段積みを含む) が行われており、これを標準計画の中にどのように組込むべきかである。一つのアプローチは、作業時数から決まる主作業の場所取りと作業期間を、仮想アクティビティを利用して決めたように、場所替えも仮想アクティビティとして定義し、実績を参考にして場所替えの候補を指定することである。実際、場所替えを行った先は、仮置き場所であることが多い。すなわち、特定の作業を想定できないので、作業時数からの決定はできないが、他のブロックとの相互関係を調整するために必要となるものと考えられる。

そこで、標準計画では、第 1 章で述べたことから、搭載と入ブと出ブは固定して考える。また、出棟については、最初は固定し、これから組立工程をプルして計画を行う。作業時数から決まる主作業の場所取りは、最初は実績の場所にピンポイントで行い、場所替えは仮置き場所または主作業の定盤全体から適当な場所を決めるものとする。外注ブロックの入荷日は実績日を踏襲する。さらに、主作業の場所取りを実績定盤の全体を候補とすることで、次第に標準計画に近づくものと考えられる。また、ブロックの形状は矩形を基本とするが、その向き (横長か縦長か) は実績を参考にし、また実績が入れ子のような置き方であれば、まとめて矩形とすることが考えられる。

2.4 標準計画策定における暫定的対応

前節で述べた手法により、当該造船所の標準船1隻分の標準計画を求めようとしているが、現段階ではまだ最終的な結果を得ていない。ここでは、その原因と対策について考察する。

Fig. 6a と Fig. 6b に、当該造船所の標準船型の2重底ブロックの工程計画を示す。



Fig. 6a 2重底ブロック(外注)の工程計画

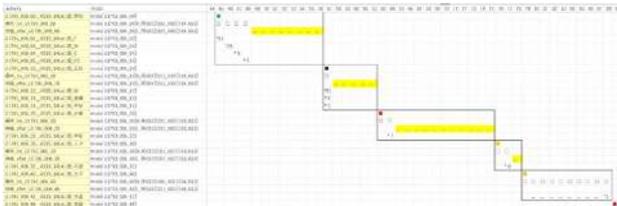


Fig. 6b 2重底ブロック(内作)の工程計画

まず、Fig. 6a は外注ブロックに対するもので、上から13個のアクティビティが並んでいる。各アクティビティの名前の最後に作業内容が付されている。運搬作業：入荷・入ブ・出ブ・搭載の実績日はそれぞれ通し日で73、86、90、99であり、これらは固定している。入荷すると直ちに作業場所の確保が行われる。このブロックに対する作業内容は甲板配管で作業時数は32時間であり、4人の作業員で実施できるので、作業期間は2日で十分である。その場所はピンポイントで実績に合わせている（最終的に拡大する可能性あり）。したがって、次の運搬日までは待機期間となり、その場所が確保されている（作業場所の特定が難しい場合は、実績の場所替え先を参考にする）。

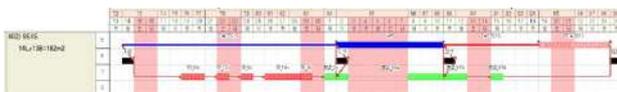


Fig. 7a 工程計画 Fig. 6a のベースとしての工程実績



Fig. 7b 工程計画 Fig. 6b のベースとしての工程実績

ちなみに、工程計画 Fig. 6a のデータセットは、2次資料（その2を Fig. 7a に示す）に基づいて作成した。入荷後ブラストまでは作業場所と同じ場所取りが行われている。また、甲板配管作業は分散されているが、計画ではまとめて平準化が行われている。

次に、Fig. 6b は内作ブロックに対するものである。詳細な説明は省くが、Fig. 6a と Fig. 7a の場合と同様に、Fig. 6b と Fig. 7b の比較においても、場所替えの要不要、またタイミングに、実績とのずれが観察される。もちろん、これらを実績に合わせる必要はないが、平準化された作業期間より待機期間が長く、実績とは異なる点が見られる。このことが1隻分全体（アクティビティ総数1367個）の工程計画を困難にしている一因と考えられる。

そこで、対策として、出棟日からプル型の工程計画を試みた結果を Fig. 8a と Fig. 8b に示す。待機期間がかなり減っていることに注意する。



Fig. 8a 2重底ブロック(外注)の工程計画(pull型)

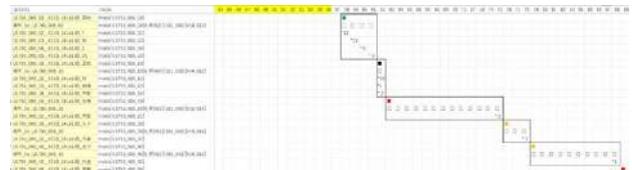


Fig. 8b 2重底ブロック(内作)の工程計画(pull型)

特に強調したいのは、1隻分全体に対して、比較的短時間でプル型の工程計画が求められることで、Fig. 8a と Fig. 8b はその一部である。Fig. 8b のブロックが最初に製作されることから、リードタイム（全工程期間）が57-44=13日間短縮されている（待機期間は2日に短縮）。出棟日からプルするのではなく、ブラスト日程、搭載日程からプルすれば、さらなる短縮が期待される。紙幅の関係で、すべての作業平準化の結果は割愛するが、小作業の並列化手法による平準化の効果が認められる。

しかしながら、待機場所の割付は行っていない。その開始日と完了日が明らかになるので、あとは別途場所取りを行うだけである。これは経験豊富な定盤管理者自身が行うこともできるが、プル型工程計画の精度が上げれば、RCSPSPとして定式化もできる。

3. リスケ手法の適用

3.1 リスケの手法



Fig. 9 3隻の建造工程開始日と完了日の実績値

Fig. 9 に当該造船所において実際に建造された3隻の建造工程の開始日(最初のブロックの製作開始日)と完了日(最後のブロックの搭載日)を示す。これから、

当該船の計画には、前後船の計画が絡むことが分かる。

一方、工事の遅れなど諸般の事情から、工程計画は絶えず見直しを迫られ、そのための手法、すなわちリスクの手法が必要となる。

リスクの手法の要点は次の通りである。

- 1) リスケ時点において実施中のアクティビティについては、使用中のリソースはそのまま継続する
- 2) リスケ時点以降のアクティビティについては、再度計画を行う

すなわち 2) では仕掛ブロックのリソースを使用できない。たとえば、使用中の作業場所の変更はできない。本研究では OptSeq を用いて、そのような手法の開発を行った。

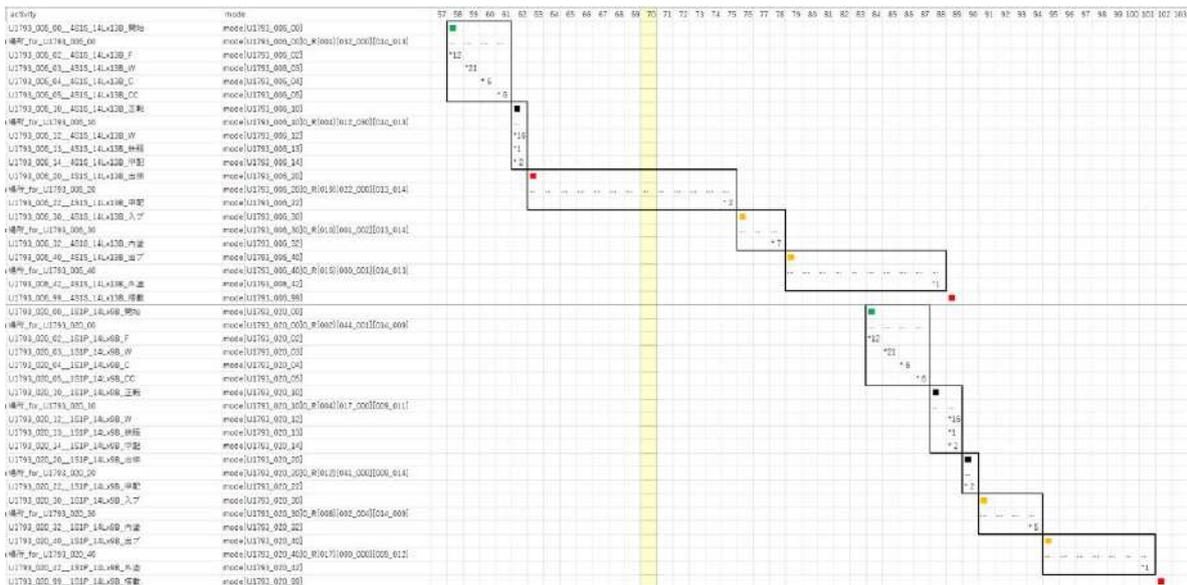


Fig. 10 2つの2重底ブロックのRCPSP工程計画

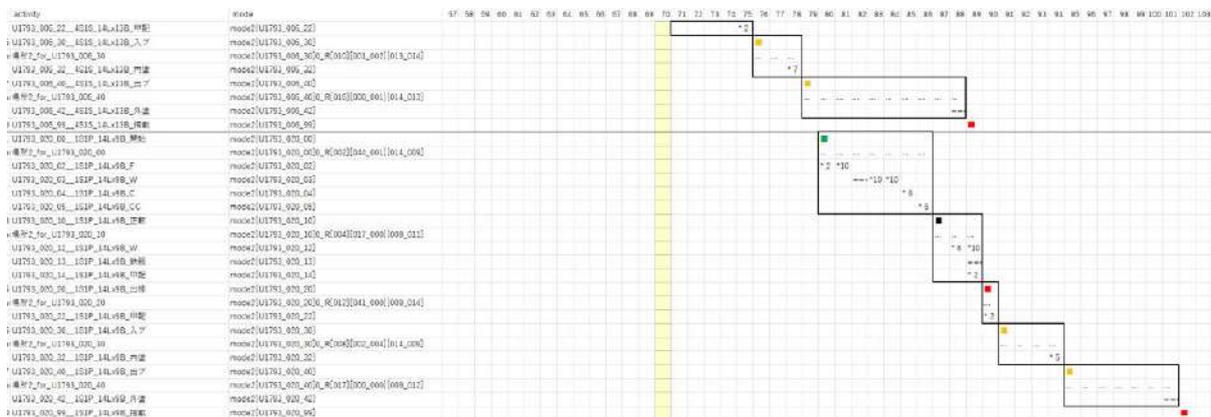


Fig. 11 Fig. 10 において通し日 70 日目でのリスク結果

(取付職と溶接職を減員した場合)

3.2 リスクの実施結果

2個の2重底ブロックについて、リスク前とリスク後の工程計画の例を、それぞれFig.10とFig.11に示す。リスクは通し日70日目においてブロック組立工程における取付職と溶接職の減員を想定して行っている。リスクのタイミングは第1番目のブロックが出棟して、プラスト待ちしているときである。したがって、その待機場所は変えることなく、リスク日以降のアクティビティについて、再計画している。リソースの変化は組立工程における取付職と溶接職の減員であるから、リスク後の第1番目のブロックの組立工程の期間が延びていることが観察される。

4. 結 言

本稿では、前報⁴⁾の続編として、現実に運用されている工程との乖離を緩和するために、次の課題に関する検討結果について報告した。

- ① 工程実績を踏まえた造船工程計画
- ② リスク手法およびその適用

まず①については、工程実績では、作業場所から待機場所への適切な場所替えが行われていることに注目して、仮想アクティビティを2段階用いる手法を提案した。RCPSF法では、作業時数から作業期間が決まり、その期間の作業場所に割付けを行うが、その時点で場所替えを行うこととした。ここで、作業場所の候補は、まず実績にピンポイントで合わせているが、今後はピンポイントを含む定盤全体、その他の適当な場所に広げる必要がある。ただし、作業時数の特定に検討の余地があり、また場所の割付けは別途行うこととしている。これらは、今後の課題としたい。

次に②については、仕掛っているアクティビティが使用しているリソースを継承することがポイントとなるが、この手法を、OptSeqを用いて開発した。これはプログラミングの課題であるので、本論文は割愛する。

課題①と②に対応する手法の目途をつけたことで、今後、実績の記録を重ねていけば、当該造船所における代表船型の標準計画が得られるものと思われる。そしてこの手法が他の造船所でも、または新設の造船所でも、適用されることを期待したい。

当該造船所では、ライブカメラによる工場の見える化を実施し、生産性向上に寄与する事例を見出している。これに文献⁵⁾示したブロックや設備の3D表示技術を使えば、サイバー空間内に造船工場のデジタルツインを実現でき、工場の見える化は、より促進される。文献⁶⁾においては、計画管理者が作業実施者に対して計画の妥当性を主張することが重要であると指摘されている。工程の遅れや何らかのトラブルが発生したとき、RCPSF法によるリスクを行い、その妥当性を造船デジタルツイン上で確認することが考えられる。

参考文献

- 1) 梶原宏之：造船工程計画のための新技術 RCPSF 法について，長崎総合科学大学新技術創成研究所報，第14巻，pp.39-44，2019
- 2) 野々部宏司，茨木俊英：資源制約付きスケジューリング問題の定式化と近似解法，数理解析研究所講究録，vol.1120，pp.88-97，1999
- 3) 久保幹雄，小林和博，斉藤努，並木誠，橋本英樹：Python 言語によるビジネスアナリティクス，近代科学社，2016
- 4) 梶原宏之，角田二郎，荒金卓也，高倉俊治，鉦尚憲，緒方洋典：RCPSF 法による造船工程計画の実践（Ⅰ）—連動する日程計画・定盤計画・艤装計画の同時計画—，長崎総合科学大学新技術創成研究所報，第18巻，pp.25-30，2023
- 5) 角田二郎，緒方洋典，高倉俊治，荒金卓也，鉦尚憲，梶原宏之：造船工程のデジタルツインの実現に向けて—白杵造船所の場合—，日本船舶海洋工学会講演会論文集（37）ROMBUNNO.2023A-GS11-1，2023
- 6) 山崎真喜：造船の計画管理，成山堂書店，1995

海洋エネルギー利用の現状と展望

影本 浩^{*1}

Current Status and Future Prospects of Ocean Energy Utilization

- A Review -

KAGEMOTO Hiroshi

Summary

Current status and future prospects of ocean energy utilization are reviewed. Since European countries are current frontrunners in ocean energy utilization, current ongoing and future prospected activities in European countries are mainly focused on.

Keywords : (review, ocean energy, renewable energy)

1. 緒言

海洋エネルギー利用について、技術開発の現状と展望につき、主として以下の3つのレポートを基にレビューとしてまとめた。

①ETIP Ocean (2019), 'Powering Homes Today, Powering Nations Tomorrow'

②IRENA (2020), 'Innovation Outlook, Ocean Energy Technologies'

③NREL (2021), 'Marine Energy in the United States : An Overview of Opportunities'

ここで、ETIP Ocean, IRENA, NREL は以下の組織名の省略形である。

ETIP Ocean: European Technology & Innovation Platform for Ocean Energy

IRENA : The International Renewable Energy Agency

NREL : National Renewable Energy Laboratory

①ETIP Ocean とは、the Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)の一部として、European Commission に対する認知された諮問機関。

②IRENA とは、海洋エネルギーを含む再生可能エネルギーを世界規模で普及促進するための国際機関。再生可能エネルギー技術の移転を促進し、実用化や政策の知見を提供することを目的として2009年1月26日に設立された。2021年時点で加盟国は日本を含め163カ国。(ウィキペディアより引用)

③NREL とは、米国エネルギー省に属する再生可能エネルギーとエネルギー効率に関する研究開発を行なう基礎研究所。所在地は米国コロラド州ゴールデン。1974年に設立され、1977年に太陽エネルギー研究所(Solar Energy Research Institute)として活動を始め、1991年9月に米国エネルギー省(DOE)の国立研究所となり名称を現在の名前に変更した。(ウィキペディアより引用)

*1 元長崎総合科学大学 海洋エネルギー研究センター センター長

海洋エネルギーとしては各種あるが、主たるものとして潮汐エネルギー（潮汐差と潮流エネルギー）・海流エネルギー・波エネルギー・海洋温度差エネルギー・濃度差エネルギーを取り上げ、利用の形態としては発電を対象とする。その他、洋上風力エネルギーを利用した発電は、既に大規模な商業化が進み、現状も展望もその他の海洋エネルギー利用をはるかにしのぐ規模であるが、風力発電は陸上でも行なわれており、本レビューでは海洋

でのみ利用可能なエネルギーを対象とすることとして、洋上風力エネルギー利用は取り扱わない。

Fig.1.1には計画中的のものも含めた海洋エネルギーによる電力供給の地域別の割合を示すが、海洋エネルギーを利用して現在既に供給中の電力量の3/4、計画中の電力量の1/2以上が欧州におけるものであるので、欧州における海洋エネルギー利用の現状と展望を中心としてレビューを行なった。

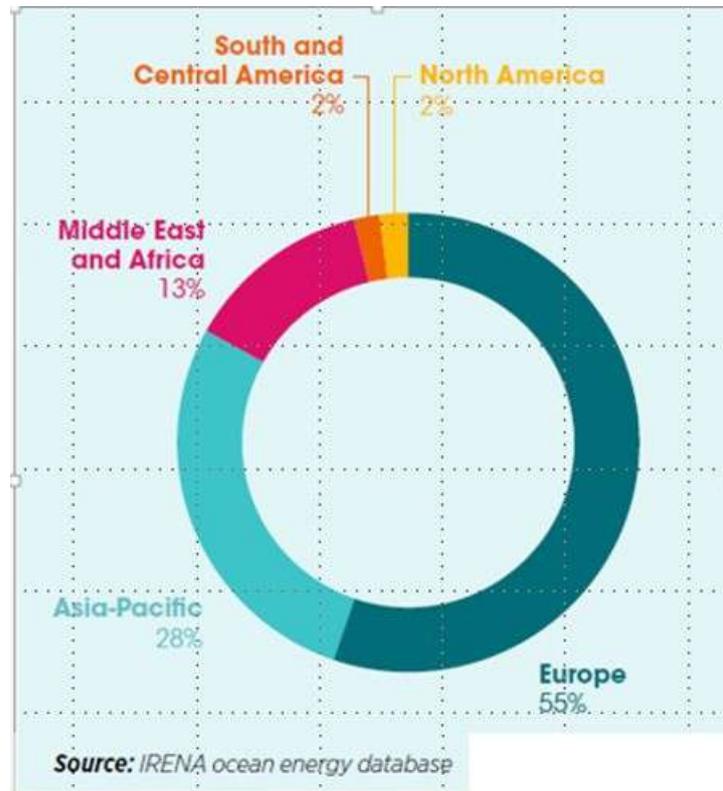


Fig.1.1 計画中的のものも含めた海洋エネルギーを利用した電力供給の割合
(文献②より引用)

2. 潮汐エネルギーの利用

潮汐のエネルギーを利用する方法としては、現在のところ2つの方法がある。

一つは潮の干満時の水位差に伴う位置エネルギーを利用する方法であり、もう一つは干満に伴って生じる流れ（潮流）の運動エネルギーを利用する方法である。

2.1 干満の水位差に伴う位置エネルギーを利用する方法（潮汐差発電）

潮汐による満潮時と干潮時の海水面の高さの差に伴う位置エネルギーを利用してエネルギーを取り出す。

Fig.2.1 に示すように満潮時の高い水位を利用して仕切り(tidal barrage)の内側に海水を貯留し、干潮時に仕切りの内部と外部における水面高さを利用して、満潮時に仕切り内に溜め込んだ海水を水位の低い仕切りの外に開放して、その中途に設置したタービンを回転させて発電を行なう。（インターネットなどで調べると、「潮汐力発電」といった呼び方が多いが、潮流を利用する「潮流発電」に対して「潮汐差」を利用するということを明確にするために、本レビューでは「潮汐差発電」と呼ぶこととする。）潮汐差発電は技術的には既存の水力発電と同様の技術なので、他の海洋エネルギー利用に比べて技術的ハードルは低い。

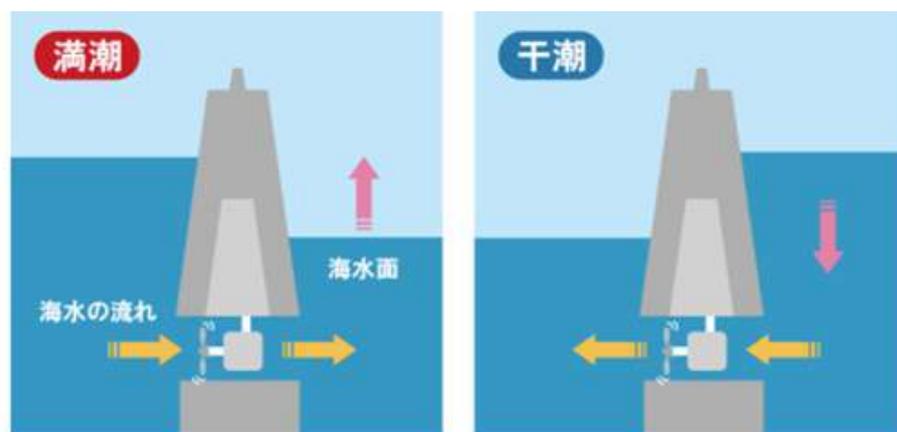


Fig.2.1 潮汐差発電の仕組み

出典: パワーアカデミー「身近な電気工学 第32回 引力と潮力発電 なんと、潮の満ち引きで発電できた!」

<https://www.power-academy.jp/electronics/familiar/fam03200.html>

2.2 干満に伴って生じる流れの運動エネルギーを利用する方法（潮流発電）

干満に伴う流れ（潮流）によってタービンを回転させ発電を行なう。潮流発電のためのタービンは、動作する環境は異なるが、風力発電タービンと同様な原理で作動する。水は空気の 832 倍の密度を持つので、潮流発電デバイスは風力発電デバイスと比べて、より多くのエネルギーをとらえることができる。従って、潮流発電デバイスは風力発電デバイスより小型にすることができ、また、複数のデバイスを展開するファームでは各デバイス間の設置間隔を狭くできるので、ファームの占有面積も風力発電ファームより小さくすることができる。潮流発電タービンは Fig.2.2 に示すように海底に固定することもできるし、Fig.2.3 に示すように係留によって海底に繋ぎとめられ風(kite)のように水面近くに浮かぶものも提案されている。潮流を利用した発電方式として提案されているものはいくつもあったが、結局、潮流発電用タービンとしては、風力発電の風車と同様に2翼あるいは3翼の水平軸型タービンに収束しつつある。Fig.2.4 に稼働中の潮流発電装置の各種タービン方式の内訳を示す。発電方式が一つの方式に収束するという事は、商業化に向けての重要なステップである。即ち、潮流発電タービンの標準的な設計が決まってくると、共通の標準仕様が定まり、タービンの各部品として既製品が使用できることになり、競争力を持ったサプライチェーンができる。このことが、潮流エネルギー利用のためのコストの低減化を促進する。



Fig.2.2 海底設置型の潮流発電タービン
(川崎重工業のプレスリリースより引用)



Fig.2.3 Tidal Kite (BBC News より引用)

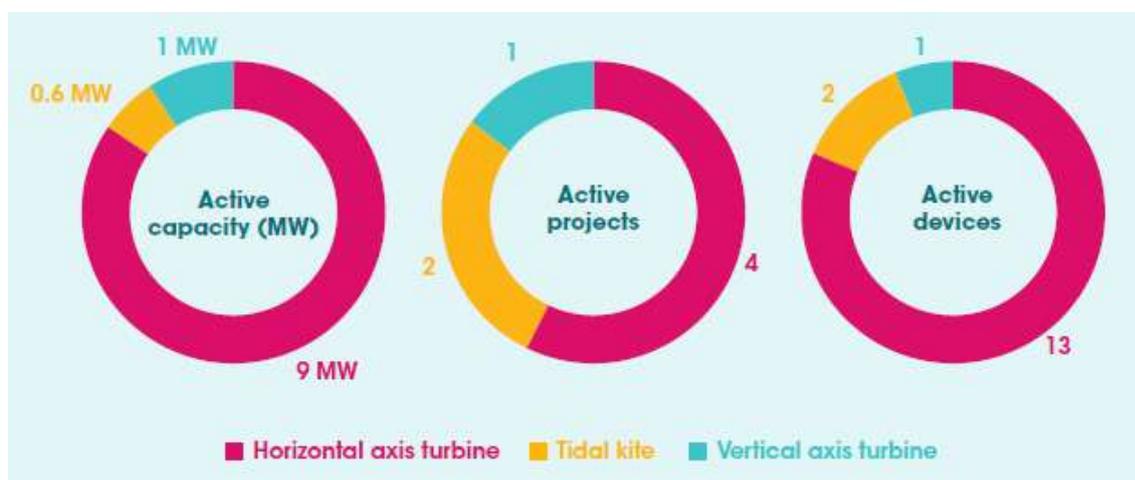


Fig.2.4 稼働中の潮流発電装置の各方式の内訳 (文献②より引用)

Fig.2.5 に示すように、電力を実際に供給している既設（2020年時点）の各種海洋エネルギーを利用した発電装置容量の中で、潮汐差発電(Tidal barrage)の容量が飛びぬけて大きく（全体の98%）、残りの2%の中で発電装置の容量が最も大きいのが潮流発電(Tidal stream)である。一方、Fig.2.6には、潮汐差発電と潮流発電について、電力を実際に供給している既設（2020年時点）の電力容量(active capacity)と、今後電力供給を開始することが計画されているプロジェクト（2020年時点）の電力容量(active project)を示すが、計画中のプロジェクトの電力容量は潮汐差発電より潮流発電の方が多く、今後は潮流発電の方がはるかに急速に増えるであろうと予想されており、将来的に潮流発電の総容量は2.4GW、潮汐差発電の総容量は5.5GWにまで達するであろうと予測されている。数年前までは潮流発電タービンの容量は100kW程度であっ

たが、現在（2020年時点）では、1.5MWのタービンも成功裏に使用されており、将来的にはさらに大型のタービンが開発されるであろうと予測されている（文献②より引用）。Fig.2.7には、各国における9MW以上の設備容量を持つ計画中の潮流発電装置の容量と個数を示す。

いくつかの潮汐差発電所は既に何年も運転を続けており、その中で上位3つの潮汐差発電所の発電量で、世界中の全潮汐差発電量のほとんど100%を占める。上位3つの潮汐差発電所とは、Rance Tidal Power Station（240MW、フランス、1966）(Fig.2.8)、Annapolis Tidal Power Station（20MW、カナダ、1984）と Sihwa Lake Tidal Power Station（254MW、韓国、2011）(Fig.2.9)である。その他、もっと小規模の潮汐差発電所が中国、ロシアに建設されているが、有意なスケールの潮汐差発電所はここ10年間建設されておらず、他の海洋エネルギーに比べ

て、利用可能な資源量は比較的少ない。

潮汐の源である月と太陽の時々刻々の位置は正確に予測できるため、満潮・干潮の時刻や水位、あるいは潮汐に伴う流れの発生時刻・流速は正確に予測可能であり、このことが他の海洋エネルギーと異なる潮汐エネルギーの大きな利点である。この予測可能性と潮汐・潮流の変動周期が比較的短い（約12時間）という利点のために、たとえば、再生可能エネルギーで電力の100%を賄うことになった場合には、小容量の電力貯蔵デバイスを用意

するだけで潮汐エネルギーをベースロード電源^{注1)}として使えらると思われている。Nova Innovation社（スコットランド）は既に潮流発電アレイとバッテリーパックを統合したグリッドサービスを開始している。また、Sabella社は、Ushant島（イギリス海峡にあるフランス領の島）で同社の発電タービンと貯蔵用バッテリーを統合し、潮流発電によって発電された電力によって波力発電による供給電力の時間変動の平滑化を実現している。

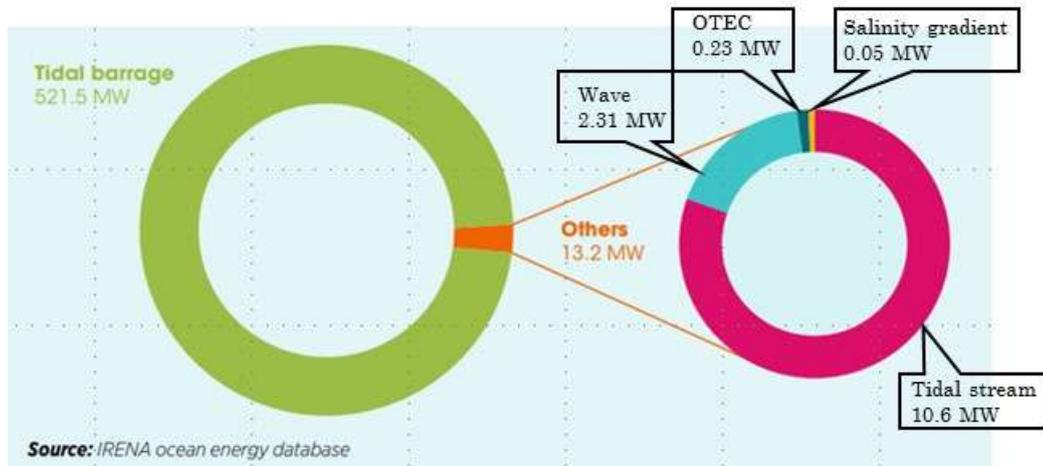


Fig.2.5 世界全体における各種海洋エネルギーを利用した既設の発電設備容量の内訳
(文献②より引用)

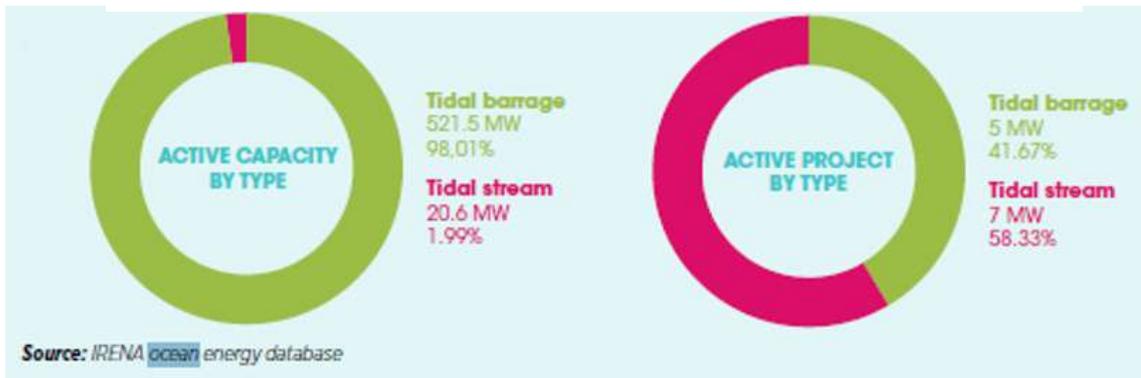


Fig.2.6 世界全体における潮汐差発電と潮流発電の現状(active capacity)と今後(active project)
(文献②より引用)

注1) ベースロード電源：継続的な稼働が可能で、発電単価が安く、安定した供給が見込める電源。動き始めたら止まることなく長期に亘って電力を供給する。日本では、具体的には石炭・原子力・水力・地熱など。（エコめがねエネルギーBLOGより引用）

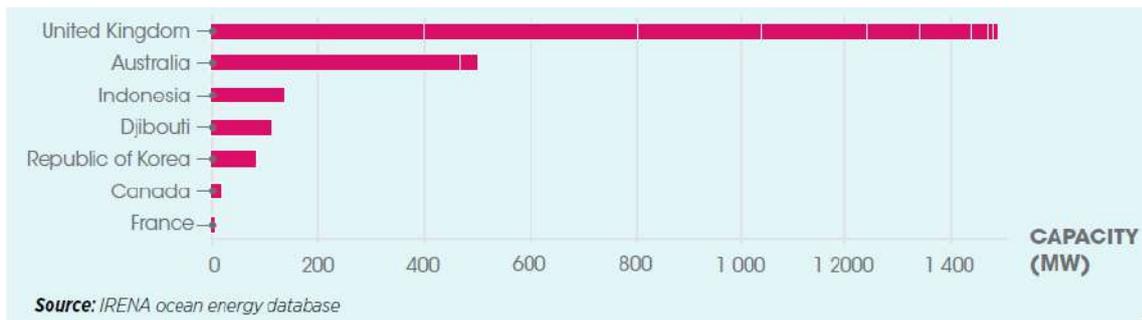


Fig.2.7 9MW以上の設備容量を持つ計画中の潮流発電装置の総容量（文献②より引用）
（複数の計画装置がある場合は、棒グラフ中の縦線ではさまれた部分が各装置の容量を示す）



Fig.2.8 ランス潮汐発電所

La Rance: learning from the world's oldest tidal project - Power Technology (power-technology.com) より引用
フランス電力(EDF)によって、1966年にフランス・ブルターニュ地方のランス川河口に建設されて翌年から運用を開始し現在も電力を供給し続けている世界で最初の潮汐差発電所。24基のタービンで定格出力240MW・平均出力約68MW・年間発電量6億kWh。

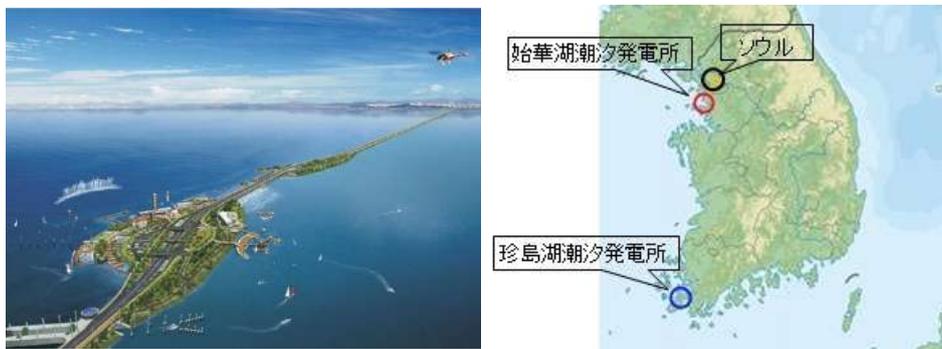


Fig.2.9 始華湖潮汐発電所

(出典：韓国海洋科学技術院(KIOST))

人造湖である韓国始華湖に建設され2011年から稼働を開始した潮汐差発電所。それまで45年間世界最大の発電容量であったランス潮汐差発電所をしのいで世界最大の発電容量254MWを有する潮汐差発電所となった。

上記ランスや始華湖における潮汐差発電コストは1kWhあたり0.02～0.04ユーロで、既存火力や原子力の発電コストと十分競合し得るほど安い。この主たる理由

は、ランス潮汐差発電所の場合は1960年から稼働しているため減価償却済みであること、始華湖潮汐差発電所の場合は、既存の防波堤を利用していることによる。

3. 海流エネルギーの利用

海洋における流れを形成するものとして、潮汐に伴う潮流の他に、地球規模の流れである海流がある。海流は通常潮流より流れの速度は小さいが、流量が潮流に比べて大規模なため、そのエネルギーは潮流エネルギーよりはるかに大きい。また潮流は干満に伴ってその流向が180度反転するのに対して、海流は常にほぼ一定方向に流れるというエネルギー利用面でのメリットもある。

地球上の海流の中で速い流れは、メキシコ湾流 (the Gulf Stream)、南アフリカ沖を流れるアガラス海流 (the Agulhas Currents)、黒潮 (the Kuroshio Current)、東オーストラリア海流 (the East Australian Current) などである。これらの大規模な海流からどのくらいのエネルギーを取り出せるかについての研究は少ないが、たとえばフロリダ海流からは、その断面全体からは20 GWのエネルギーを取り出せる可能性があるとの研究結果もある。

海流からエネルギーを取り出すための技術は、潮流からエネルギーを取り出す技術と同様のものが使えると考えられているが、潮流に比べて流速の小さい海流に適したデバイスを開発することが海流エネルギー利用のための課題の一つとなっている。このような中、Minestro社 (スウェーデンのスタートアップ企業) は Fig.2.3 に示したような潮流発電用の tidal kite が、流速の小さな海流からエネルギーを取り出すことにも使える可能性があるとして主張している。

いずれにしても、地球規模の海流を利用して発電するためには、どのようなデバイス・技術が適しているかについては、現在のところ定まっていない。

4. 波エネルギーの利用

ポテンシャル (潜在利用可能量) はともかくとして、いろいろな海洋エネルギーの中で、実際の利用がもっとも進んでいるのは潮汐エネルギー (潮汐差発電と潮流発電) と波エネルギーであり、その中で、潮汐差発電が商業化に向けて一歩先んじている。潮流発電も、水平軸タービンによる発電方式に収束しつつあり、いくつかの水平軸潮流発電タービンを並べた大規模発電ファームが展開されつつある。

一方、波エネルギー利用は、潮汐エネルギー利用に比

べると、まだ成熟度が劣っており、縮尺モデルを用いた実験から実海域におけるデモンストレーションの段階にある。稼働中の波エネルギーを利用した発電装置 (今後波力発電装置と呼ぶ) で1MWより大きな容量をもつものは、現在 (2020年) のところ、2020年初めにハワイ沖に設置されたものだけである。

Fig.4.1に、潮汐差エネルギー以外の主な海洋エネルギーのポテンシャルを示すが、ポテンシャルとしては波エネルギーは海洋温度差エネルギーに次ぐ大きさを有する。波エネルギーを利用した発電としては、どのような発電方式が最もよいのかについてのコンセンサスは未だ得られておらず、これからも既存の発電方式を超える新しいアイデアがでてくる可能性もある。IRENA: Innovation Outlook Ocean Energy 2020の報告書 (文献②) では、既存の波エネルギー変換装置を次のような8種類に分類し、Fig.4.2に示すように、それぞれの「技術成熟度レベル」をTRL (Technology readiness level) という指標でランク付けしている。

(1) Oscillating water column (TRL 8)

入射する波が空洞内の水面を上昇させ、閉じ込められた空気が圧縮されて上部に開けた穴から外気中に勢い良く流出してタービンをまわす。

(2) Overtopping device (TRL 5)

入射した波によって流体が貯水池に溜め込まれ、シャフトを通して放出される。放出された海水によってシャフトの中に組み込まれているタービンが回転し発電される。

(3) Attenuator (TRL 8)

Attenuatorはいくつかのセグメントを連結したもの、あるいは単一の長い可撓性構造体からなり、波の山谷に沿って変形して波からエネルギーを取り出す。

(4) Point absorber (TRL 7)

水面に浮いている、あるいは水中に水没しているブイの全方位から入射する波により引き起こされる運動によって発電する。

(5) Oscillating wave surge converter (TRL 7)

波による surge 運動を利用して、振動するアームにエネルギーをとらえる。

(6) Submerged pressure differential (TRL 6)

波による水面の上下運動により装置内に圧力差を

生じさせ、圧力ポンプを起動し発電する。

(7) Bulge wave (TRL 5)

このデバイスは波に平行に置かれ、その前後揺れ運動からエネルギーを取り出す。

海水は可撓性のデバイスを通して流れ、タービンを通してデバイス外へ流出する。

(8) Rotating mass (TRL 7)

波の中で上下揺れ・左右揺れをすることによってデバイスの中のウェイトが回転する。

この回転が発電機を駆動する。

なお、TRL (Technology Readiness Level) とは、新技術の開発のレベルを評価するために、1974年にNASA（アメリカ航空宇宙局）により提唱され、1989年に定義された指標。はじめの定義は7つの技術レベルを持っていたが、現在では9つのレベルに拡充され、これが現在広く普及している。

NASAによるTRLの定義(1989)

Level 1・基礎理論の着想段階

Level 2・技術要素の適応・応用範囲の明確化

Level 3・技術実証のデモンストレーション。

この段階から実証試験等を行ない検証を始めていく。

Level 4・実験室レベルでの実証

Level 5・シミュレーション及び実空間での実証

Level 6・地上でのシステムとしての技術成立性の確認

Level 7・宇宙空間でのシステムとしての技術成立性の確認

現在ではこれにLevel 8, Level 9が追加されている。

Level 8・システムの運用テスト、認証試験

Level 9・最終段階、実運用

日本国内においてはJAXA（宇宙航空研究開発機構）が透明化の観点からTRLを採用（NASAと同一基準）している。さらに、環境省が2014年夏に試行を開始したが、始めたばかりで歴史は浅い。

（ウィキペディアより引用）

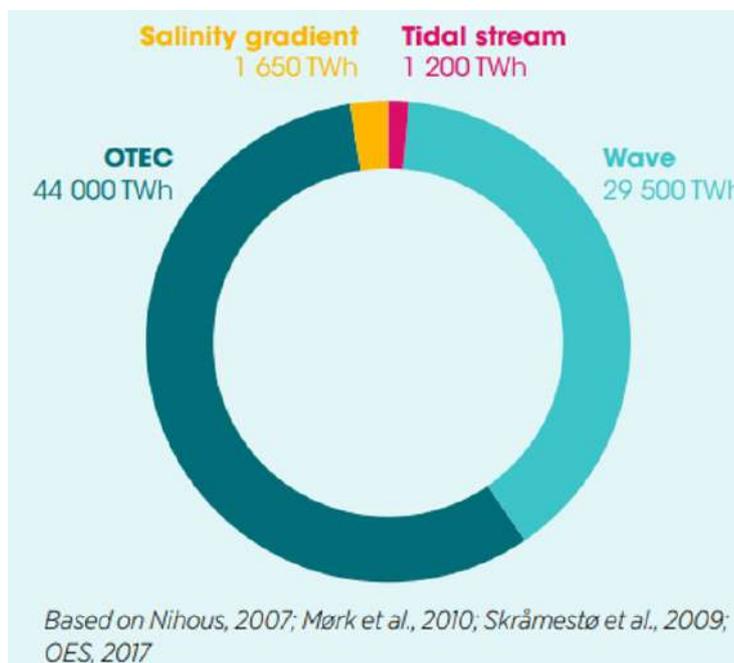


Fig.4.1 世界全体における各種海洋エネルギーを利用した年間発電量のポテンシャル（文献②より引用）

Tidal stream: 潮流発電 Wave: 波力発電

OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion): 海洋温度差発電

Salinity gradient: 塩分濃度差発電

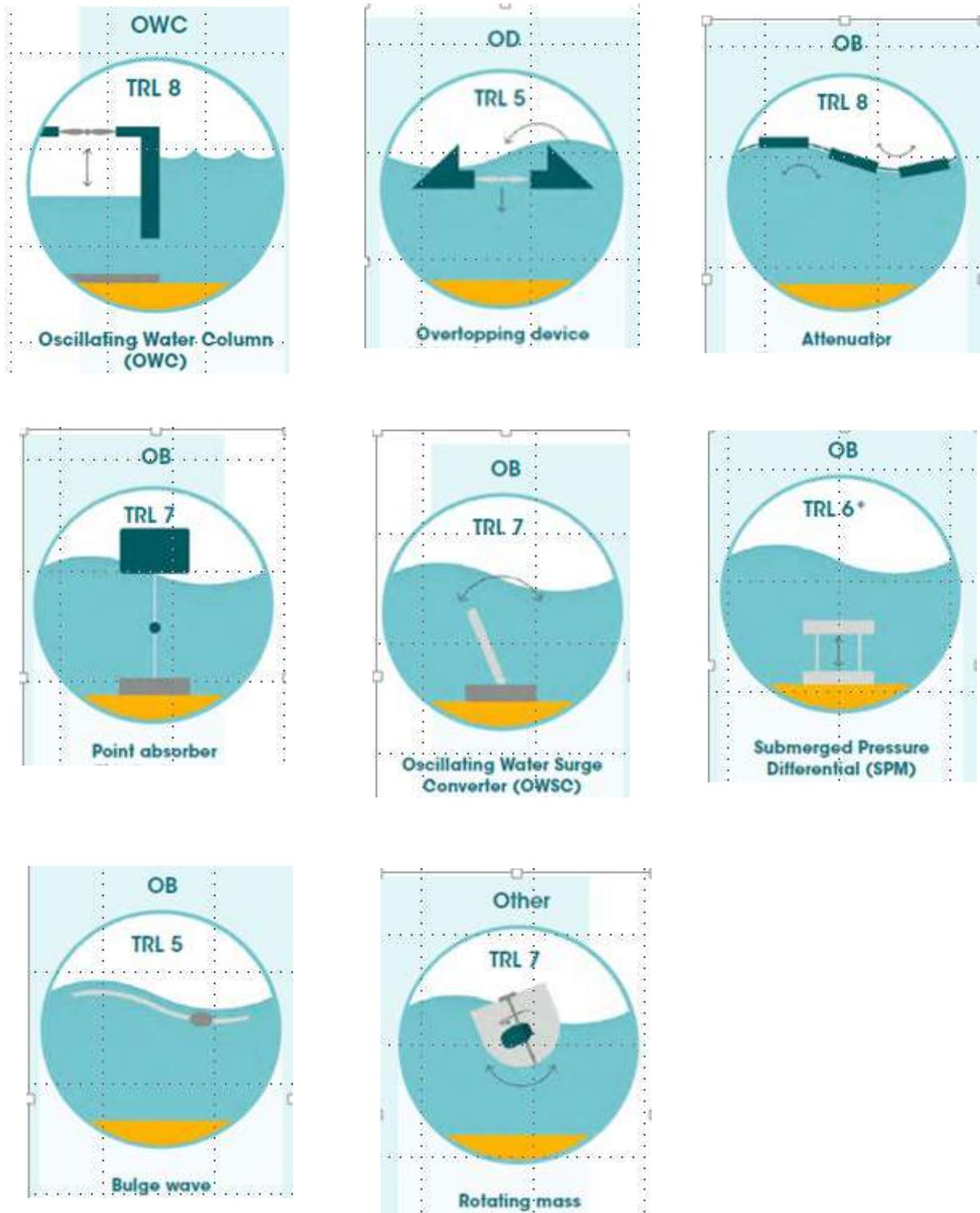


Fig.4.2 各種波エネルギー変換装置の技術的成熟度(TRL) (文献②より引用)

Fig.4.3 には、進行中および計画中の波力エネルギー利用プロジェクトを示す。

波力エネルギーの利用方法としては、大規模な波力発電ファームで発電した電力を陸上のグリッドに送り込む

のとは別に、小規模の波力発電デバイスで得られた電力を当該海域で展開されている養殖施設や海洋石油・ガス開発プラットフォームあるいは近隣の離島で使用する電力として利用するといった使用法も注目を集めつつある。

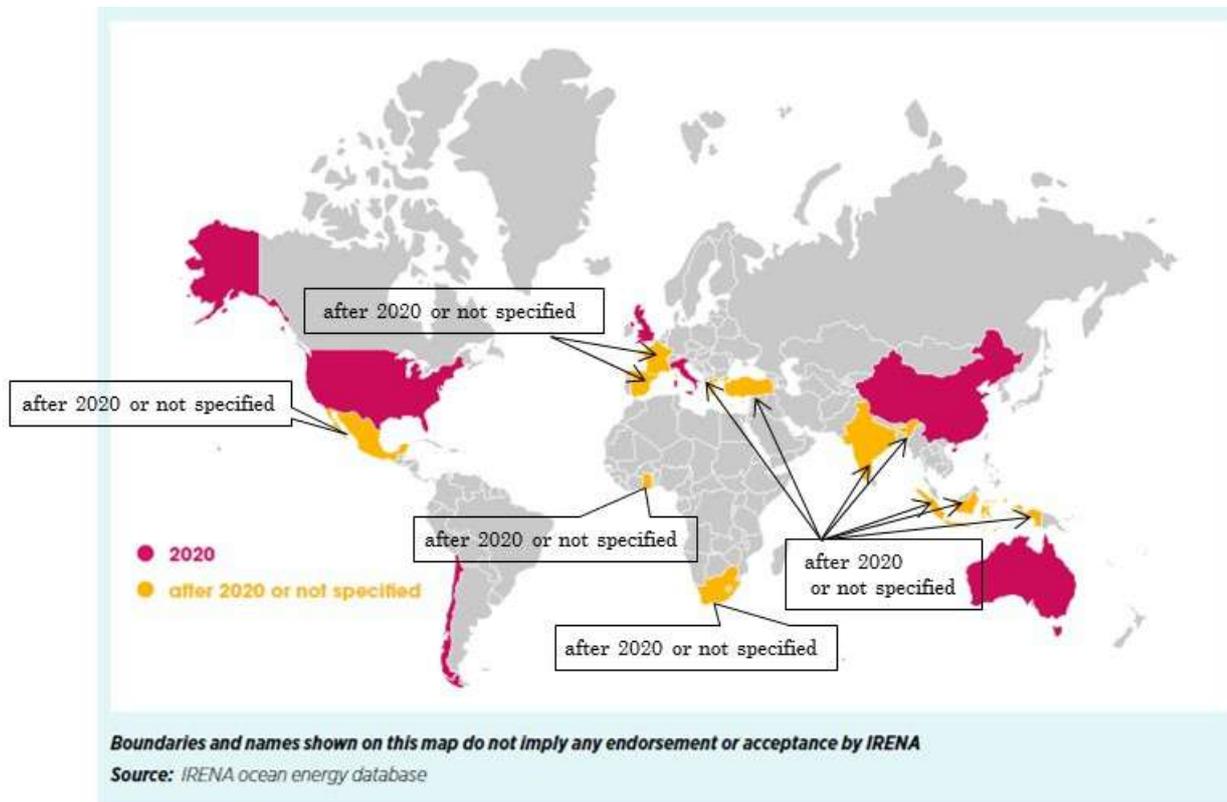


Fig.4.3 進行中および計画中の波力エネルギー利用プロジェクト（文献②より引）

一方で、Aquamarine 社（スコットランド）や Pelamis 社（スコットランド）の破綻により、波力発電は急いで大型のプロトタイプをつくるという従来のやり方から脱して、もっと着実に一步一步波力発電装置の最先端のものを開発していくアプローチに変わりつつある。このアプローチの典型的なやり方は次の6つのフェーズを段階を踏んで実施することから成る。

1. Design, modelling, and control
2. 小水槽における小スケールのデバイス、部品、サブシステムなどの個別水槽試験の実施。
3. より大きな水槽における小スケールの水槽試験の実施。

4. 海象条件などを抑えた実海面での小スケールの実海域試験の実施。
5. 海象条件などを抑えた実海面での中スケールの実海域試験の実施。
6. 海象条件などを抑えない本来の実海面でのフルスケールの実海域試験の実施。

このように着実に段階をふんで進めていくやり方を採用することで、鍵となるコンポーネントなどを含んだモデリングや技術を継続的に検証し、改善することを可能にする。一旦検証されれば、各ステップで学んだことが次のステップに引き継がれて、そのことによってリスクやコストを低減することができる。（ETIP Ocean Powering 社の HP（文献①）より引用）

5. 海洋温度差エネルギーの利用

海洋温度差発電（OTEC: Ocean Thermal Energy Conversion）は海洋表層の暖かい海水と深層の冷たい海水の温度差を利用して発電するものであり、発電が可能となるためには、表層と深層の温度差として少なくとも摂氏で 20 度が必要である。この条件を満たすためには、深層の海水の温度が摂氏 4 度程度で比較的安定しているの、表層の海水の温度が少なくとも摂氏 25 度以上である必要がある。

この条件を満たす海域は、Fig.5.1 に示すように、表層の温度が年間を通じて高く、水深が深く冷たい深層水が得られる南緯 30 度から北緯 30 度程度までの熱帯域に限られている。このように、海洋温度差発電に適した海域は限られているが、そのポテンシャルは年間 44,000TWh で、各種海洋エネルギー利用発電のなかで最も大きい。この大きなポテンシャルの理由の一つは、表層と深層の温度差が年間を通じてほぼ一定で、Table 5.1 に示すように、設備利用率^{注2)}がほぼ 100%であることによる。この特徴により、海洋温度差発電は将来的に 24 時間 365 日時間的に変動しないベースライン電力を供給できる可能性がある。

さらに、海洋温度差発電は冷たく清浄で栄養塩豊富な深層水をくみ上げるので、汲み上げた深層水利用の空調（SWAC）や、海水からの淡水製造（SWRO）、あるいは栄養塩豊富な深層水を当該海域に散布することによって海域を肥沃化して漁場形成を図るなどの複合利用ができる。これらは、海洋温度差発電を利用した新しいビジネスモデルに道を拓くものであり、特に海洋温度差発電に適した海域に存在する小島嶼開発途上国（SIDS）などの熱帯域の島々にとって興味をひくものである。

Fig.5.2 に、海洋温度差発電のために汲み上げた冷たく栄養塩豊富な深層水の海水淡水化・空調・養殖などへの複合利用におけるながれ図を示す。海水からの淡水製造は、深層水でなく表層水を使っても可能であるが、清浄でミネラル豊富な深層水を使うことで、不純物の非常に少ない淡水あるいはミネラル豊富な飲料水や塩などを作

成することができる。

Table 5.2 には、カリブ海の島嶼国（SIDS）において理論的に利用可能な海洋温度差エネルギーと洋上風力エネルギーによる発電量を各国における電力需要量と比較して示す。この表より、利用可能な海洋エネルギー量は当該島嶼国における電力需要量をはるかに超えるポテンシャルを持つことがわかる。

SWAC（海水利用の空調：Sea Water Air Conditioning）

SWRO（逆浸透膜による海水淡水化：Sea Water Desalination with Reverse Osmosis Membrane）

SIDS（小島嶼開発途上国：Small Island Developing States）

海洋深層水を利用した空調（SWAC）

（1）直接利用

汲み上げた冷たい海洋深層水を使って熱交換器で淡水と熱交換を行い、冷たくなった淡水を空調機に送って空気を冷却し、冷却された空気を送風して冷房を行なう。冷房システムとして冷凍機やヒートポンプなどの熱源機を使わず、熱交換器を介して冷房用の冷水を海洋深層水から得るだけなので、電力消費量は送水ポンプだけで済み、一般的な空調機に比べて大きな省エネルギー効果を得ることができる。

（2）間接利用

汲み上げた海洋深層水の温度があまり低くない場合（例えば摂氏 10 数度程度の場合）には、直接利用では十分な冷房効果が得られないので、熱交換器を介して海洋深層水をヒートポンプの冷却水として利用する。ヒートポンプの熱源水として使うことによって暖房にも使える。海洋深層水を熱源水として利用することでヒートポンプの運転効率が向上するため、空気熱源式のヒートポンプと比べると、20~30%程度の省エネルギー効果を得ることができる。

（森野仁夫：海洋深層水を空調に利用する，Deep Ocean Water Research, 18(3),2017 から引用）

注2) 設備利用率(Capacity Factor)：当該発電設備が「ある期間中に定格出力で発電し続けた場合の総電力量」に対する「実際に発電した電力量」の割合

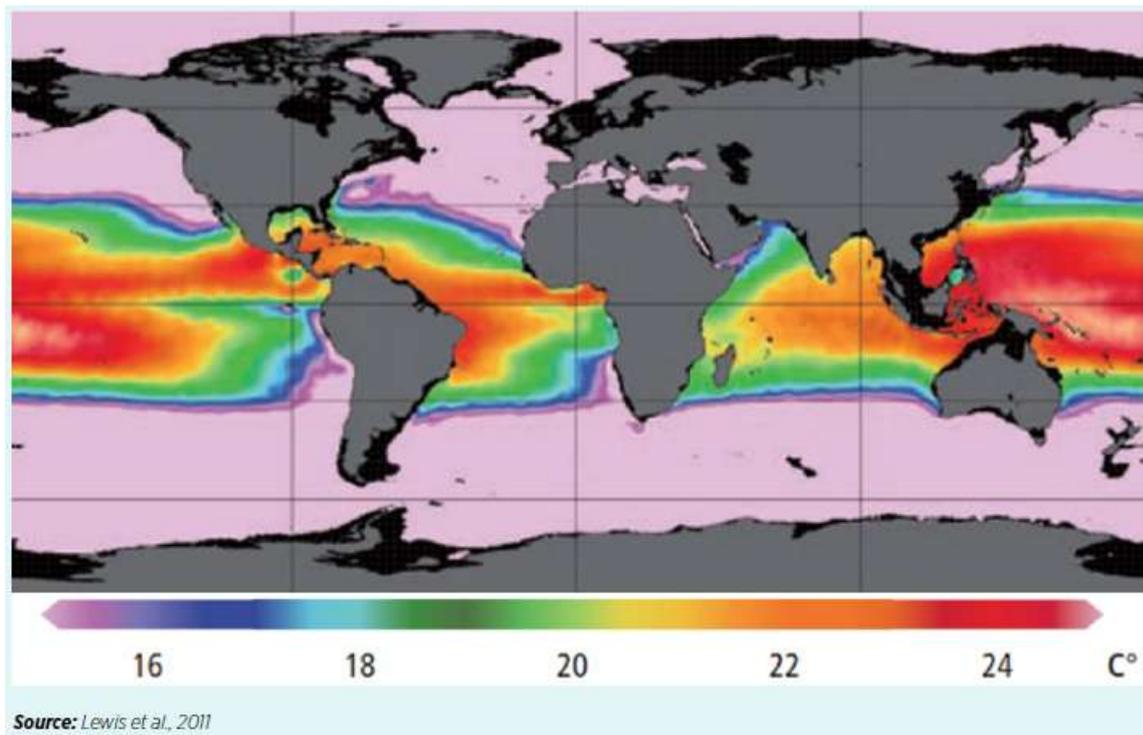


Fig.5.1 水面下 20m と水面下 1000m の海水温度の差 (文献②より引用)

Table 5.1 各種海洋エネルギーを利用した発電の設備利用率 (文献③中の表を基に作成)

Resource Type	Capacity Factor
Wave	30%
Tidal	30%
Ocean-Current	70%
Ocean thermal energy Conversion (OTEC)	100%
River	30%

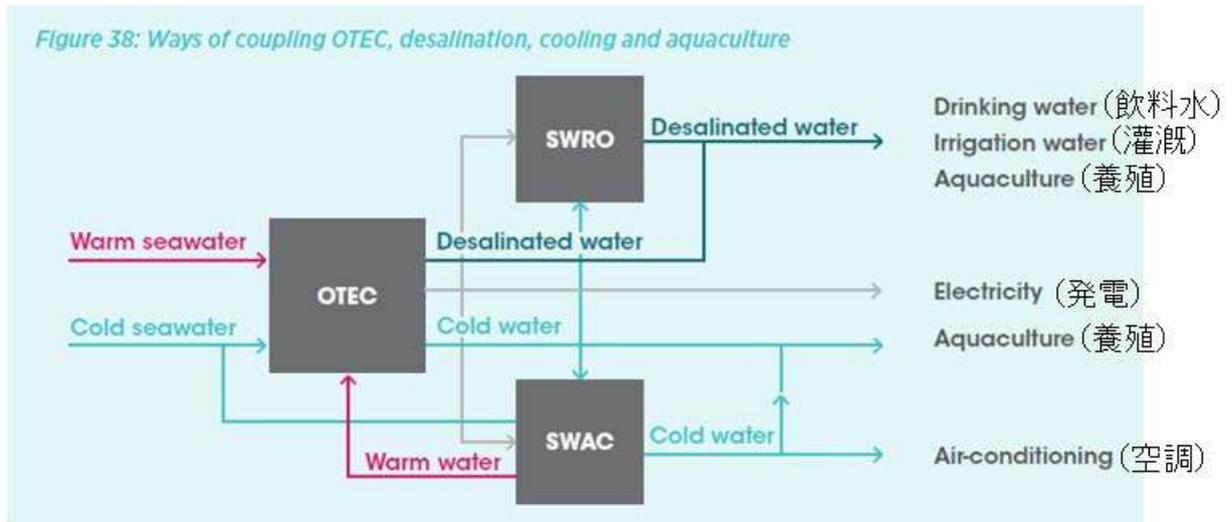


Fig.5.2 深層水の海水淡水化・空調・養殖などへの複合利用におけるながれ図
(文献②より引用)

Table 5.2 カリブ海の島嶼国(SIDS)において理論的に利用可能な海洋温度差エネルギーと
洋上風力エネルギーによる発電量と各国における電力需要量の比較 (文献②より引用)

Country	Maximum technically exploitable resource (MW)					Average electrical demand (MW)
	Fixed offshore wind	Floating offshore wind - conventional	Floating offshore wind - deep sea	OTEC	Total	
Antigua & Barbuda	4 935	1 477	11 718	100	18,230	38
The Bahamas	10 955	6 321	16 723	220	34 219	220
Barbados	0	112	7 063	140	7 315	104
Grenada	2 618	476	7 196	110	10 400	25
Jamaica	1 211	1 848	9 709	180	12 948	498
Saint Kitts & Nevis	399	196	9 135	40	9 770	24
Saint Lucia	105	224	4 025	90	4 444	46
Saint Vincent & the Grenadines	3 227	385	3 017	70	6 699	17
Trinidad & Tobago	16 597	12 460	4 963	50	34 070	1 064
Total	40 047	23 499	73 549	1 000	138 095	2 036

Source: Johnston, 2019

海洋温度差発電で汲み上げた深層水の複合利用は一部で既に商業化されている。モナコでは 1963 年もの前から海水ヒートポンプが使われており、今日ではモナコ公国におけるエネルギー消費の 20%を海水ヒートポンプが賅っている。Google は 2011 年からフィンランド湾においてデータセンターの一つを海水によって冷房している。また、汲み上げた深層水の利用ではないが、深層の冷たい海水の利用として、2018 年には Microsoft のデータセンターが Orkney Islands の海底に設置された。冷たい海水の温度により冷房に必要なエネルギーを最大 95%まで削減することができるとされている。

浮体式の海洋温度差発電装置では、冷たい深層水を汲み上げるために、一方の端が浮体に固定され、もう一方の端がフリーのいわば片持ち梁状の数百メートルに及ぶ長い取水管を吊り下げる必要があり、浮体の動揺に伴って取水管と浮体との接合部に大きな曲げ応力が加わりやすいという構造力学的問題があるため、近年では、海洋温度差発電は陸上への設置にシフトしてきている(Fig.5.3 参照)。陸上の装置から取水管を沖合いに繰り出して、表層の暖かい海水と深層の冷たい海水を取り込む。陸上への設置によって、装置をより大型化することが可能となり、技術的リスクを低減できる。



Fig.5.3 陸上設置型の沖縄久米島における海洋温度差発電のパイロットプラント(WORLD NAOE FORUM 2013 における池上教授(佐賀大学海洋エネルギー研究センター)の発表スライドより引用)

6. 塩分濃度差エネルギーの利用

海水は河川水の 200 倍もの塩分を含有している。海水と河川水が混ぜ合わさると、その結果として生じる化学圧力(Chemical pressure)が継続的な再生可能パワーを生み出す。この大きなポテンシャルをもった技術はまだ初期段階であるが、既に実際にパワーを取り出すことに成功した例もある。河川水の代わりに下水処理水を使うなどの濃度差発電システムも開発されている。

塩分濃度差を利用してエネルギーを取り出す試みはオランダで特に活発に行なわれており、'Reversed Electro Dialysis'という新しい技術がオランダの Afsluitdijk におけるパイロットプラントで成功裏に導入された。

塩分濃度差を利用して発電した電力の一部で水素や酸素を製造する技術も開発されており、ライン川を利用するだけで 1,750MW の電力と年間 1.6 billion m³の水素を得ることができると推定されている。

塩分濃度差を利用するための鍵となるのが膜の技術で、2MW の発電のためには、少なくとも 2,000,000 m²の面積の膜が必要となる。膜のコストが塩分濃度差を利用した発電にかかわるキャピタルコストの 50% ~ 80%を占める。塩分濃度差からエネルギーを取り出すために必要な膜の値段は、現在のところ市販されている標準的な膜の 2 ~ 3 倍である。

塩分濃度差を利用して取り出せるエネルギー量は塩分濃度差に比例するので、河川水と海水の塩分濃度差を利用するのが効率がよいが、そのためには、河川が海に注ぐ河口付近の入り江などに装置を設置することが必要であり、立地に関するこのような制限があるので、塩分濃度差エネルギーのポテンシャルは、他の海洋エネルギーに比べて小さく、年間 1650TWh 程度と見積もられている。

7. まとめ

7.1 各種海洋エネルギー利用の現状と展望

各種海洋エネルギー利用の開発レベル (TRL (Technology Readiness Level)) は、Fig.7.1 に示すように、それぞれのエネルギーについて、いろいろなレベルにある。潮汐差エネルギー利用を除いては、現在既に電力供給を行なっているのは潮流エネルギー利用だけであり、その量もわずかであるが、2020 年時点で電力供給の運用

を計画中のものは、Fig.7.2 に示されているように、500MW 近くの波力エネルギー利用も含めて潮流エネルギー利用と波力エネルギー利用を合わせて 2,830MW にも上る。さらに、IRENA(International Renewable Energy Agency)の予測では、2030 年までにおよそ 10GW が商業的に電力供給されることになるかとされている。

Fig.7.2 中には、潮流エネルギーと波力エネルギー以外の海洋エネルギー利用によるものは量が小さすぎて表示されていないが、たとえば海洋温度差エネルギー利用 2MW、塩分濃度差エネルギー利用 1MW の電力供給の運用がオランダで計画されている(2020 年時点)。

7.2 発電コスト(LCOE)

海洋エネルギー利用はまだ端緒についたばかりなので、海洋エネルギーによる発電コスト(LCOE)^{注3)}を予測することは不確定性が多く難しいが、2018 年時点で、潮流エネルギー利用の発電コストは米国ドル(USD)で 0.20USD/kWh ~ 0.45USD/kWh、波力エネルギー利用では 0.30USD/kWh ~ 0.55USD/kWh と推定されている。

Fig.7.3 には潮流発電と波力発電の現在(2018 年現在の) LCOE と将来予測を示す。将来予測としては、EC (European Commission) による予測曲線と ORE Catapult^{注4)}による予測曲線が示されている。

現在(2018 年)の潮流発電の設備容量は 10.6MW、波力発電の設備容量は 2.3MW で、それらの LCOE は潮流発電 0.20 ~ 0.45 US\$/kWh、波力発電は 0.30 ~ 0.55 US\$/kWh である。Fig.7.3 中に示されている目標 LCOE (Target: 0.11US\$/kWh reference line)は、他の再生可能

エネルギーの LCOE に比べてまだ高いが、発電量の予測が可能なこと(潮流発電)や安定的に電力を供給できることなどを加味すれば、他の再生可能エネルギーと競合できるレベルと考えられている。また、現在はディーゼル発電機などで電力が供給されている離島への電力供給といったニッチマーケットでも潮流発電や波力発電が有力な選択肢になり得る。LCOE の最終目標値に至るまでの過渡的な目標として、EC では、潮流発電については 2025 年までに 0.165 USD/kWh、2030 年までに 0.11 USD/kWh、波力発電については潮流発電に遅れること 5 年で、2025 年までに 0.22 USD/kWh、2030 年までに 0.165 USD/kWh という数値目標を掲げている。

図中に記載されている EC よる LCOE 予測値に比べて ORE Catapult による LCOE 予測値が低い、これは発電容量の大型化、サプライチェーンの整備、ノウハウの蓄積、技術革新などを ORE Catapult が勘案した結果とされている。

図中には更に現在進行中の 10 個のプロジェクトの LCOE が示されているが、(一つを除いて)これらの LCOE は EC や ORE Catapult の推測値より低く、またプロジェクトの規模を更にスケールアップした時(projects when scaled up)の LCOE は更に低減すると予測されており、図中に示されているこれら現プロジェクトとスケールアップしたプロジェクトの LCOE を通る予測曲線(Trajectory according to cost estimates)は、EC や ORE Catapult による予測曲線より更に低い値となっている。

注3) LCOE (Levelized Cost of Electricity) : 均等化発電原価

発電にかかるコストを明示するための指標。

発電所の建設に要する設備費・工事費・部材費などの初期コストと、運転や維持にかかるコスト、設備の廃棄にかかるコストまですべてを合計した全コストを、当該発電システムが稼働し、数十年後に廃棄されるまでに発電する量(生涯発電量)で割ることで算出される数値。

(<https://denki.k-server.info/lcoe/> より引用)

注4) ORE Catapult :

Ocean Renewable Energy Catapult という組織で、2013 年に英国政府によって設立され、英国における海洋再生可能エネルギーの技術革新を主導している(ORE Catapult のホームページによる)。

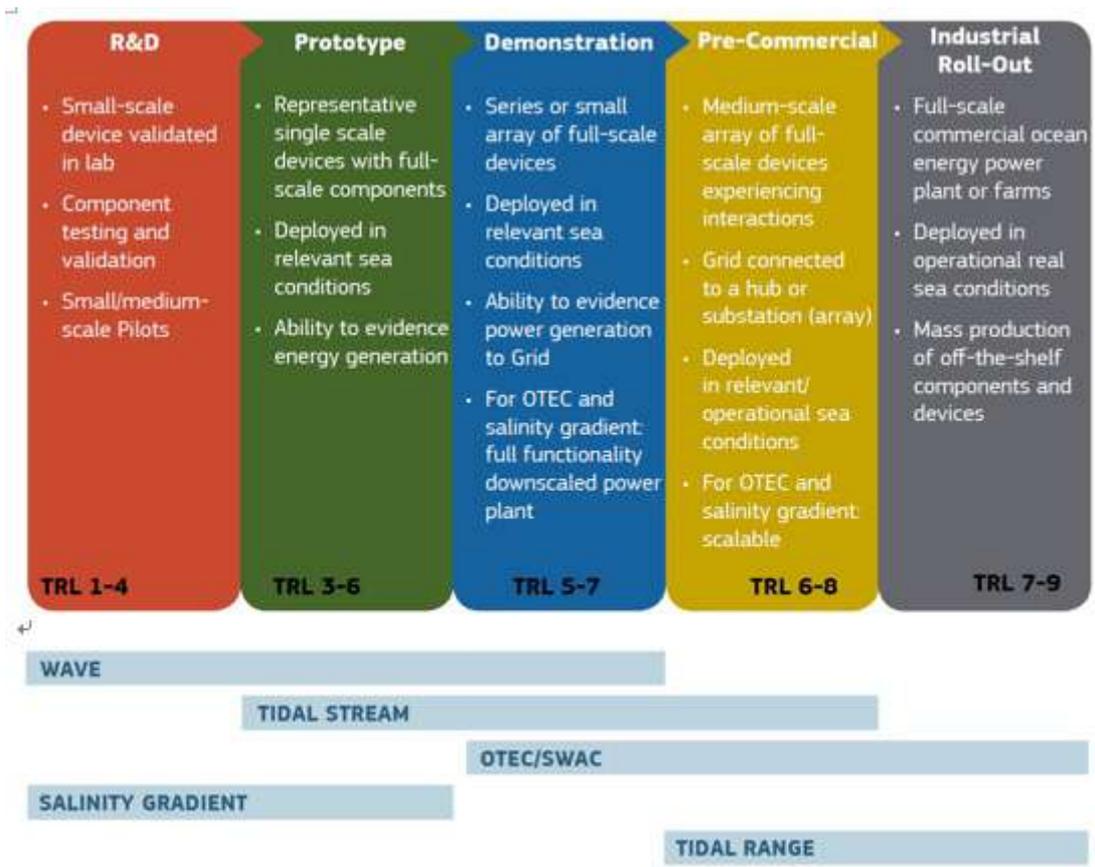


Fig.7.1 各種海洋エネルギー利用の開発レベルの現在位置（文献①より引用）



Fig.7.2 潮流エネルギー利用と波力エネルギー利用の現状(Current)と将来(Pipeline)

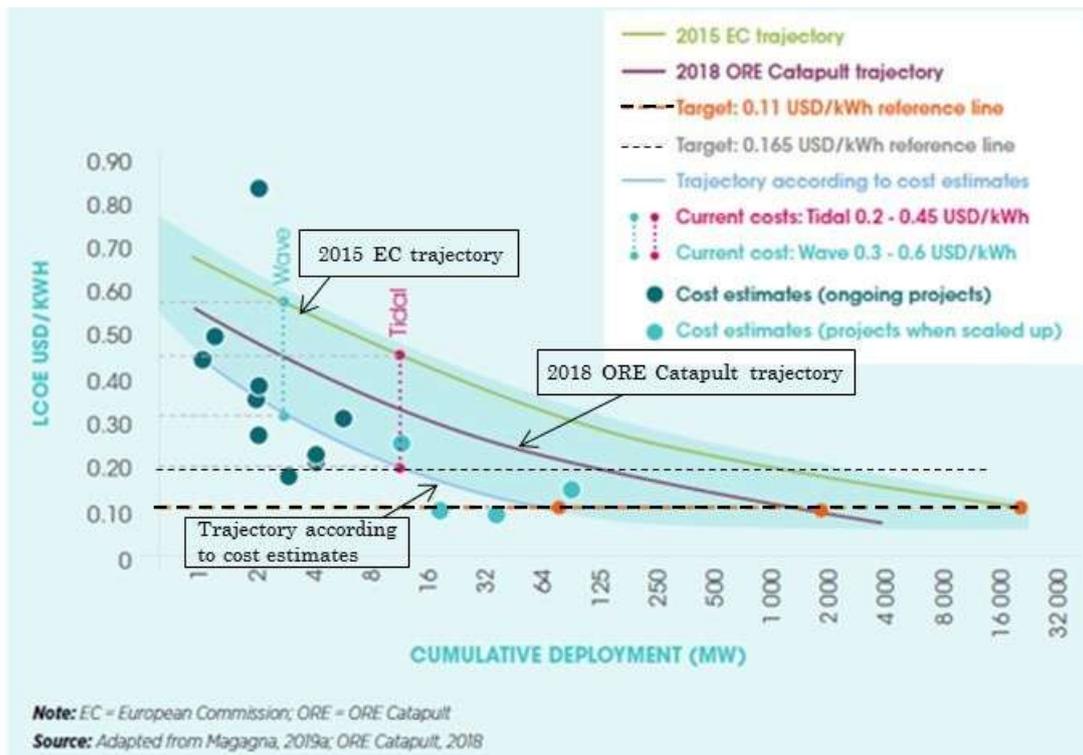


Fig.7.3 各種海洋エネルギーを利用した現在(2018)の発電コストと今後のコスト低減予測 (文献②より引用)

7.3 ハイブリット化

海洋エネルギー利用の今後の進め方の一つとして、他の再生可能エネルギー利用と物理的あるいはシステム的に連携したハイブリット化という有力な選択肢もあり、一部では既に試行がされている。波力発電と太陽光発電の組み合わせ(Fig.7.4)、あるいは波力発電と洋上風力発電の組み合わせ(Fig.7.5)などがその例である。海洋エネルギー利用デバイス同士のハイブリット化だけでなく、海洋エネルギー利用デバイスと陸上の風力発電などの陸上再生可能エネルギー利用デバイスとのハイブリット化も考えられる。ハイブリット化によって、発電量の予測可能性やシステムの信頼性が向上し、さらに当該ハイブリットシステムに電力貯蔵デバイスを加えると、発電量の予測可能性やシステムの信頼性が一段と強化される。波力と風力など異なるエネルギー利用デバイス同士のハイブリット化だけでなく、一つのデバイスに異なる海洋エネルギー利用デバイスを組み込んだハイブリット化も考えられている。

上述したような波力発電と洋上風力発電など異種の海洋エネルギー利用のハイブリッド化以外にも、波力発電と養殖とのハイブリット化なども考えられる。養殖には、養殖いけす内の水流形成・給餌装置・残餌や排出物の処理あるいはセンサー・カメラ・照明などのために電力が必要であり、現在はディーゼル発電機などによって発電された電力が使われていることが多いが、この電力をクリーンな再生可能エネルギーである波エネルギーによって発電した電力で賄うことができれば、養殖業のグリーン化などにも貢献できる。また、波力発電のための設備投資額の内係留システム関連が約 10%を占めるが、養殖とのハイブリット化によって係留システムを共有できれば、この費用を半分にまで低減できる可能性がある。

また、波力発電以外にも、たとえば海洋温度差発電によって汲み上げられた栄養塩豊富な深層水を使って養殖いけす内のプランクトンの増殖を図るといったハイブリット化も選択肢としてある。

Table 7.1 に、海洋エネルギー利用のハイブリット化として可能と考えられる組み合わせの例を示す。



Fig.7.4 波力発電装置と太陽光発電パネルとのハイブリットシステムの例 (文献②より引用)



Fig.7.5 波力発電装置と洋上風力発電装置とのハイブリットシステムの例 (文献②より引用)

Table 7.1 海洋エネルギー利用のハイブリット化の可能性 (文献②より引用)

Market	Role of ocean energy
Coastal tourism	Deliver energy to different sectors in the tourism industry
Hydrogen	Power electrolyzers to produce green hydrogen
Marine algae	Deliver power for marine algae production to, for example, make biofuels more carbon neutral
Data centre	Provide energy to run data centres (see Box 11)
Ocean observatories	Power observation sensors, subsea inspection vehicles, navigation markers, etc.
Underwater vehicle / autonomous vehicle charging	Charge underwater docking stations and recharge vehicles
Seawater mining	Pump seawater, power machinery for mineral extraction and power monitoring equipment
Disaster relief and recovery	Provide quick and scalable power in emergencies

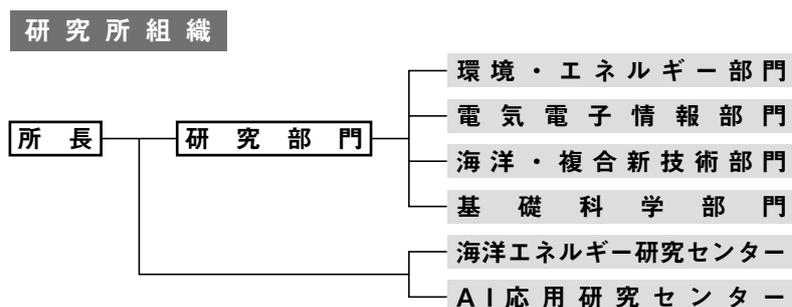
参考文献

- (1) ETIP Ocean (2019), 'Powering Homes Today, Powering Nations Tomorrow'
- (2) IRENA (2020), 'Innovation Outlook, Ocean Energy Technologies'
- (3) NREL (2021), 'Marine Energy in the United States : An Overview of Opportunities'
- (4) Ocean Energy Europe (2023),
<https://www.oceanenergy-europe.eu>

Ⅱ 研究活動報告

1. 研究部門・研究センター活動報告	
(1) 環境・エネルギー部門	75
(2) 電気電子情報技術部門	78
(3) 海洋・複合新技術部門	83
(4) 基礎科学部門	87
海洋エネルギー研究センター	90
AI応用研究センター	91
2. 重点プロジェクト等成果報告書	93
3. 技術交流会・シンポジウム開催状況	
(1) 第19回新技術創成研究所公開講演会「グリーン&Digital」	107
4. 研究所員の研究活動状況	
(1) 学術論文発表	109
(2) 講演・口頭発表	112
(3) テレビ・ラジオ出演	114
(4) 受賞等	114
(5) 書籍出版	114
(6) 研究紹介新聞記事	115
(7) 外部資金受入状況	125
(8) 特許出願状況	127

別図



1. 研究部門活動報告

(1) 環境・エネルギー部門

21世紀に課せられた最大の課題である持続可能な社会の実現に向けた技術革新、具体的にはバイオマスエネルギー等の再生可能エネルギー、エネルギーの有効活用に向けた各種電池開発技術を中心に資源循環型技術開発を進め、環境・エネルギー関連の産官学の連携プロジェクトに取り組んでいる。

- 蒲原 新一 地域における環境マネジメントの運用に関する研究
持続可能な開発にかかわる評価システムに関する研究
- 中道 隆広 高効率メタン発酵技術に関する研究
廃棄物系バイオマス利活用の研究
排水処理における有害物質除去法の研究
- 平子 廉 BDF（バイオディーゼル燃料）を利用したディーゼル機関の燃焼研究
バイオメタンを利用したガソリンおよびディーゼル機関の燃焼研究
- 山邊 時雄 高性能ナノカーボン材料の創製と応用
リチウムイオン電池の開発
- 村上 信明 バイオマスのガス化発電技術、液体燃料製造技術の研究
BDF（バイオディーゼル燃料）の製造技術の研究
- 杉田 勝 リチウムイオン電池の開発.
次世代電池の研究開発.
- 石橋 康弘 環境改善技術およびバイオマスエネルギー変換技術に関する研究
- 薄田 篤生 下水汚泥など国内有機資源を利活用した、自然環境に優しい有機資材（肥料等）の製造プロセスに関する研究.
- 下高 敏彰 陸上養殖技術の安定化に関する研究.
- 兵働 陽介 バイオマスのガス化発電および熱利用技術の研究
地域における木質バイオマス利用に関する研究

令和5年度新技術創成研究所成果報告書

環境・エネルギー部門 部門長 蒲原 新一

〔Ⅰ〕国内バイオマス資源の特性調査

再生可能資源として注目されているバイオマス資源は多種多様な性質があり、これら原料を有効に活用とするには組成分析が必要となる。そのため、原料に含まれる含水率や有機物量などの特性の調査を行った。(中道)

〔Ⅱ〕島原半島におけるメタン発酵処理施設導入と液肥利用の調査

メタン発酵処理後に発生する消化液は窒素およびリン成分を多く含んでいるため、液体肥料として利用する事が出来れば、他地域から肥料の購入量を低下させ、地域循環循環プロセスが構築できる。しかし、消化液の利用はこれまでの農作物への肥料効果や散布方法が異なるため、島原半島から発生する有機性廃棄物を用いたメタン発酵試験と消化液利用に向けた堆肥・肥料とメタン発酵に関するアンケート調査について調査・研究を行った。(中道)

〔Ⅲ〕プラスチックを用いた高温水蒸気ガス化研究

廃プラスチックを高温水蒸気雰囲気酸化で熱分解することで、可燃性ガス生成研究を実施中である。本学に簡易ガス化装置を構築のための基礎的データを採取し、その装置から発生した生成ガスの組成を本学ガスクロマトグラフ (GC-TCD) にて分析を行った。(中道)

〔Ⅳ〕空気ガス化ダウンドラフト方式を用いた木質バイオマスガス化研究

国内のダウンドラフト方式を用いたガス化装置の調査研究を行い、装置構成ガス化方式の基本的な構造解析を行い、小型ガス化装置の開発・作製を行った。

木質の熱特性や灰の組成分析から燃料による影響を把握するために、木質ペレットや国産材の切削チップの組成分析を行い、原料によるガス化の影響を検討しそれぞれの原料での運転マニュアルの作成を行い、ホワイトペレットを用いたガス化実験を実施した。(中道)

〔Ⅴ〕海洋プラスチック問題の現状調査

世界各地で毎年大量のプラスチックゴミが海に流出しており、海洋プラスチックごみ問題の現状調査を行い、九州地方の海洋プラスチックごみ問題を調査を行い、その中でも長崎県対馬を対象として調査を行った。(中道)

〔Ⅵ〕長崎交通圏における交通環境の最適化

自動車販売事業者と連携し、本学の敷地内にカーシェアリングカー拠点を設置し、学生への貸与を行うとともにその利用データ及び走行データの収集を行った。(蒲原)

〔Ⅶ〕太陽光発電電力の有効活用に向けた実験研究(蒲原)

蓄電池やEVを導入することにより太陽光発電電量の効果的な利用に向けた実験を行った。発電量・売電量・買電量・蓄電量を計測し、EVの走行データとともに電費の算出を行った。

(2) 電気電子情報技術部門

世界がグローバル化する今日、情報を入力し、吟味検索し、それを編集し提示することは、その国の存亡に係わっているといっても過言ではない。本部門では、情報を提示するために、バーチャルリアリティやCG、Webの技術を福祉や生活環境や企業経営の改善やコミュニケーションに、より密接に有効利用するための研究開発を行う。また、これらの情報の基盤を支えるハードウェアの高速化、高密度処理、高精密化の専用LSIの開発研究も合わせて行う。

- 松井 信正 スマートグリッド・エネルギーマネジメント・電力制御、電力レジリエンスに関する研究・開発
- 佐藤 雅紀 水中ロボットに関する研究
農業ロボットに関する研究
福祉ロボットに関する研究
- 黒川不二雄 高度情報通信用デジタル制御電源システムの開発研究
カーボンニュートラル対応の直流給電用電源システムの開発研究
衛星のエンジン制御システムの開発研究
- 本村 政勝 自己免疫性神経筋接合部疾患の病態解明と治療法の開発
- 田中 義人 組込みシステムに関する研究.
電力エネルギー・医療分野におけるICT融合化技術に関する研究.
次世代エネルギーおよびマイクログリッドのシミュレーション的研究.
- 川添 薫 医療用処置具・内視鏡治療器具に関する研究開発.
内視鏡保管庫用プラズマクラスター除菌消臭発生装置の開発
経鼻内視鏡用前処置具の開発と検証
輸液ライン小気泡除去に関する研究
手術前自動手指洗浄装置の研究開発
- 田中 賢一 ホログラフィによる立体映像表現
映像やゲームにおけるコンテンツ技術
メディアコンテンツや有価証券の偽造防止技術
学習支援システムならびに教育システムの開発
- 日當 明男 Webによるデータベース活用に関する研究開発.
システム同定によるモデル構築に関する研究
システム制御に関する数学的基礎研究.
- 劉 震 ビッグデータとデータマイニングに関する研究.
情報システムの構築と意思決定支援システムに関する研究.
リハビリロボットに関する研究.
- 下島 真 データ収集／解析システムの開発・構築.
素粒子物理実験用の新しい検出器の開発.
- 清山 浩司 医用デバイスに関する研究（眼内埋植型人工網膜、生体信号計測センサ）、三次元積層型人工知能半導体（AIチップ）に関する研究.

- 田中 雅晴 AIを用いた再生可能エネルギーマネジメントに関する研究
FPGAを用いたコントローラ仮想化アーキテクチャに関する研究
- 崔 智英 動作改善支援のための生体情報の可視化.
- 梶原 一宏 再生可能エネルギーシステムにおけるデジタル制御電源の研究
- 三田 淳司 セキュリティインシデント事例収集
民間資格を活用したICT基礎力育成
- 池 浩司 医療機器の研究開発, カテーテル型凝血塊破碎吸引装置の研究開発
- 清水 悦郎 内視鏡内部洗浄装置の研究開発
食道癌ステント留置術に用いる電導型イングロース焼却ステントの研究開発
- 土居 二人 在宅人工呼吸器と併用可能な新規酸素供給システムの開発
DNAシーケンスによる人工呼吸器回路汚染菌の同定
獣医療に用いられる医療機器の安全管理システム開発
獣医師監修 日本ミツバチ活力剤の開発
閉鎖式吸引垂れ込み防止に関する研究
AIを用いた病理画像判定システムの研究
- 山路 学 ドローンを用いた波佐見焼製造工程の刷新
地方産業活性化のためのリカレント教育
- 王 琦 数理モデルの構築に基づいて最適化問題の解決に関する研究
- 谷山紘太郎 医工連携分野における他大学との新しい共同研究の実現のための研究
- 田中 徹 脳埋込型集積化知能デバイス・完全埋め込み型人工網膜に関する研究
- 小柳 光正 三次元ヘテロ集積化技術を用いた積層型人工知能半導体に関する研究
- 末次 正 パワーエレクトロニクス分野で電力変換器の制御に関する研究
- 関屋 大雄 パワーエレクトロニクス分野で電力変換とその制御の研究
- 森口 勇 リチウムイオン電池および各種二次電池に関する研究
- 川越 祐司 通信分野のエネルギーや環境問題に関する研究
- 有馬 仁志 車載システムのモデルベース設計に関する研究
- 森本 賢一 機能安全やセキュリティに関する研究
- 菊池 秀彦 産業分野のエネルギーシステムに関する研究
- 石橋 隆 産業分野のパワエレクトロニクスに関する研究
- 河村 篤男 EV（電気自動車）やFCEV（燃料電池電気自動車）のための新しい電力変換器、電気自動車の航続距離延伸制御、HEV（ハイブリット電気自動車）のための新しい駆動系、非接触給電、マッチングフィルタに関する研究
- 柴田裕一郎 衛星用デジタル制御POL電源の過渡特性に関する研究
- 多田 彰秀 エネルギーと脱炭素社会のための環境動体解析の研究
- 中村 克也 人工心肺等高度管理医療機器開発および開発手法の研究
近距離通信機能を持った医療デバイスの研究開発
米国、欧州、日本の医療機規制に関する研究
医療ソフトウェア品質管理システム構築とその品質保証に関する研究

- 丸田 英徳 デジタル信号処理の電力変換器制御への応用
- 古川 雄大 電力変換器におけるデジタル制御の設計・解析および検証
- 横井 聖宏 防災用IoT機器に関する研究
- 水野 裕志 医療福祉施設における院内グリッドの最適運用に関する研究
- 王 吉喆 次世代高効率三相交流電源ユニットの開発
- 原之菌一亨 MATLABによる空気調和システムのモデル化
- 木村誠一郎 電力需要・再生可能エネルギー発電の予測技術に関する研究開発
- 藤原 太郎 救命率向上のための一体型薬液バッグ・輸液ラインシステムの開発
- 東 良信 国際会議ICRERAの名誉委員長、国際的な研究の取り組み方の実践
- 大森 秀樹 ワイヤレス給電に関する研究
- 橋本 武敏 電力システムの保全や電力需給の運用に関する経営
- 渡部 慶二 電力のスイッチング制御のGaNデバイスの研究・開発
- 森川 博之 5G/Beyond5G/6G,モノのインターネット、クラウドロボティクス、無線通信/給電、情報社会デザインの研究
- 富山 隆志 高大連携強化の方向性や取り組み方の実践
- ヨハン・W・コラー パワーエレクトロニクス分野の世界的第一人者。グリーン・デジタルの成長を進めるための電力変換およびその制御技術の研究
- 須永 順子 日本のエレクトロニクス企業や車メーカーとのビジネス、通信事業社、部品メーカーとの協業を通して日本の価値向上に取り組む
- 木村 正成 アルカン類の直接的酸化によるアルコール生成、二酸化炭素を用いた炭素固定法の研究
- 大石 潔 制御理論やロボット工学、パワーエレクトロニクスに関する研究
- 槇田 諭 トマト収穫ロボットの研究開発
- 赤木 泰文 パワーエレクトロニクス分野の第一人者。グリーン電力システムに関する研究
- 松永 芳樹 宇宙機の電源に関する研究
- 福田 卓 National Center for Biotechnology Information (NCBI) データベースを活用した胎児性Fc受容体 (FcRn)、免疫グロブリン、および、血清アルブミンの系統発生的遺伝子研究
- 杉本 宏 企業との共同・受託研究の方向性や取り組み方の実践
- 江藤 春日 企業との社会連携におけるデジタル化の分野に関する研究
- 橋本 州史 カーボンニュートラルポートの研究
- 庄山 正仁 グリーンパワーエレクトロニクスに関する研究
- 山下 敬彦 高電圧・送配電技術に関する研究
- 阿部 貴志 EVなどのパワーエレクトロニクスに関する研究
- 湯藤 義文 学生募集（特に船舶分野）や高大連携に関する実践
- 中村 祐喜 GXやDX関連の取り組みに関する研究
- 鈴木 高宏 自動走行ロボットの研究開発

令和5年度新技術創成研究所成果報告書

電気電子情報部門 部門長 松井 信正

〔Ⅰ〕AIの利活用に関する研究

1) AI技術による生物の感情判定の研究

(崔、松井)

ペンギンは世界に18種類が生息している。長崎ペンギン水族館では、18種類のうち9種類のペンギンたちを飼育し、その中でも、ペンギン目のペンギン科のフンボルトペンギン属に分類されるペンギンは、模様や体格に関してその類似性が非常に高い。

長崎ペンギン水族館の3種類のペンギンの模様や体格の特徴に着目し、その特徴量を用いて、ペンギンの種類の判別精度向上を目指す。長崎ペンギン水族館で撮影した画像を畳み込みニューラルネットワーク (CNN) で学習させ、ペンギンの種類の判別のための特徴を検討した。その結果、ペンギンの全身のデータではなく、特徴量トリミング手法と背景除去手法を取り入れた方がより精度があがることがわかった。

2) パワエレクトロニクスのAI技術の活用

(黒川、松井、田中(雅)、梶原)

福岡大学、福岡県、長崎県の地元企業を含めた産学官で進めているNEDO先導研究プログラムにおいて、次世代電力ネットワークのパワエレ信頼性向上に資する技術開発を行い、その有効性を確認した。また、全国規模の産学官の共同研究として再生可能エネルギー分野へのAI適用やパワエレ機器の制御にAIを適用するために必須のデジタル制御回路に関する教育・研究を活発に行っている。再生可能エネルギーとスマートグリッドへのAI応用を扱う本学協賛の2つの国際会議 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA) および International Conference on Smart GRID (icSMARTGRID)、IEEE主催の国際会議 International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA) を主導し、パワエレへのAI活用の情報交換と利用拡大を国内外の産官学界と共に行っている。

〔Ⅱ〕医療、医療用計測装置・システムに関する研究

1) Philips社製、Nasal Alarに関する部位別反応速度について

(池、清水、土居)

Philips社より、鼻に装着して酸素飽和度 (SpO₂) が測定できる「Nasal Alar SpO₂ センサ」が発表された。総合病院のICUや病棟でも循環不全に陥った患者に対して、このセンサは導入されていく見込みである。元来、指先でのSpO₂測定が主流であるが、末梢循環不全の患者に装着すると値が表示されない事例が見受けられることが周知されており、その対策としてこの機種が作成された。鼻での測定は、人体構造の観点からショック状態の患者でも末梢循環よりも脳へ血流が送られるためその原理を活かし開発された。この機種が開発される前には、アウェイク (麻酔導入前) の対策として耳朶にて測定されてきた。臨床で主流に使用される前にこのセンサの計測の速さ及び反応速度等について耳朶との比較検討を行い臨床現場に広く周知する。この研究によりモニタリングの際に測定される部位の選定が早まり、循環動態の把握を行えることが期待される。

2) 閉鎖式吸引カテーテルのフラッシュ時における垂れ込みの検討

(土居、池、川添)

2013年に日本呼吸療法医学会より「気管吸引ガイドライン2013」が公表されて以来、約10年が経った。このガイドラインは、呼吸療法に関わる医師、看護師、理学療法士、臨床工学技士からなるワーキンググループによって作成された。その後、厚生労働省は臨床施設において、医師や看護師でない者でも一定の条件を満たし、目的の正当性、手段の相当性、緊急性があれば気管吸引が行えるという判断を示した。その結果、気管吸引は広く行われるようになった。また、技術の進歩とともに、閉鎖式吸引カテーテルの安全性も考慮され、様々なメーカーのカニューレ商材が使用されるようになった。しかし、リスク管理を周知した研究報告から閉鎖式吸引の安全性についての研究報告は行われていない。そこで、現行のカニューレに関連する問題を再評価するために、研究チームを立ち上げ、現状の解析を行うことにした。

本研究は、気管吸引に関連する諸問題を追跡調査する取り組みであり、将来のガイドライン改訂や安全性向上につながるものと期待している。

3) 高密度ウレタン素材の小円球状形成に関する削りだし装置の研究開発

(清水、川添)

高密度ウレタンを球状に研磨する為の金型4種類の作製(2mm・2.5mm・3mm・3.6mm)の球状研磨金型を電動モータ研磨機(作製機器)に取り付け、一定のサイズに形成した高密度ウレタンを軸回転させると共に、球状研磨金型も回転させてウレタン本体を削りながら球状に形成し、削られた球状のサイズが使用目的のサイズに正確に削りだせる装置の開発している。

基礎実験では、高密度ウレタンは細長く切り取ったものを加工することはその材質の柔らかさから不可能であることが検証されており、その為、工作機器にセットする際に、高密度ウレタンに水を含ませ、冷凍させることで、加工する(削りだす)技術の検討を行なっている。

〔Ⅲ〕地域づくり

1) フードデザートの視点からみた長崎市の地域評価と地域づくり

(王、李、日當)

フードデザート(Food Deserts, 和語でいう「食の砂漠」。以降はFDsと略記)の問題は健康的な食生活の維持が損なわれていることを示す一方、その主因である生活環境の悪化の背後に隠れる社会構造または都市構造の問題を表すもので、地域づくりの重要課題である。英国ではFDsから生じる健康被害について、実際の経済損失と結び付けて研究されている。

長崎市においては、2022年3月末までの高齢化率が33.5%であり、今後増加傾向にあることを予測されている。高齢化に人口減少の問題がのしかかり、そこでFDs問題が一層深刻化し、大きな社会問題として予想される。さらに、パンデミックなどの影響により、商店街の不況、中小食料品店の閉店などの現象が見られ、長崎におけるFDs問題は顕著になっており、実態の把握が緊急課題となっている。本研究はこのような背景と問題意識に基づいて、長崎における今日の状況を調査研究する上、最新版のフードデザートマップを作成し、エリアに適する生鮮食品店舗の数と立地の数理モデルを構築することにより、新たな地域評価と地域づくりの理論的基盤を提案している。

以上

(3) 海洋・複合新技術部門

21世紀の国際的大競争時代を生き抜くためには、モノづくりに直結した生産技術の絶えざる技術革新が不可欠である。また、そのためには、従来の基盤的技術と先端的技術分野を複合した学際的な新技術への展開が望まれる。本部門では、機械システム・船舶・海洋機器・建築物等を主体とした各種構造物の構築・生産・運用に係わる生産技術に関して、材料・構造・流体等の多岐の分野にわたり新技術の研究・開発を行う。

- 本田 巖 流体/構造連成振動解析法に関する研究。
音速の空間分布を利用した音響・振動伝搬抑制構造の検討。
振動エネルギー伝搬解析技術の実用化に関する研究。
音響信号を用いた風力発電装置の異常予知技術に関する研究。
振動による機械構造物の異常検知に関する研究。
音源位置同定技術に関する研究。
- 黒田 勝彦 積層構造物への実験と解析によるエネルギーモデルの適用に関する研究。
タイヤ構造への実験と解析によるエネルギーモデルの適用に関する研究。
機械構造物の入力パワーの変動を考慮した高精度の音圧予測手法の開発。
自動車の微小騒音に関する研究。
FEMを用いたSEAによる構造最適化に関する研究。
FEMを用いた振動加振実験によるSEAパラメータ評価に関する研究。
振動場と音場応答の概念設計に関する研究。
実稼働SEAモデルに関する研究。
SEAとTPAによる入力同定に関する研究。
機械構造物のヘルスマonitoringに関する研究。
データを使ったゴルフスイングとスキルアップに関する研究。
楽器の音響特性を実現する構造特性に関する研究。
- 佐藤 雅紀 水中ロボットの開発および画像処理。
- 林田 滋 潮流発電装置に関する研究。
滑走艇まわりの流体现象に関する研究。
自航試験の精度向上に関する研究。
ペーロン船の抵抗推進性能に関する研究。
- 松岡 和彦 船体構造の合理化及び長寿命化に関連する研究。
熟練者技能継承のための匠の技シミュレータシステム開発に関する研究。
オープンソース造船用3D-CADの開発とモジュール化設計による生産性向上。
海を活かす体験型技術教育の研究。
乗務員の就労環境向上を目的とした低騒音型漁船の開発に関する研究。
海洋産業創出のための潮流下稼働可能型海中ロボットの研究開発。
- 石川 暁 環境に優しく省エネ性に優れた次世代船舶に関する研究
波浪中での船体運動および抵抗増加に関する水槽試験の精度向上に関する研究
CFDによる波浪中船体運動計算法に関する研究
小型船の推進性能推定チャートの開発および模型船と実船の相関調査
外洋における海洋環境観測のためのブイ・テレメータシステムの実用化

- 池上 国広 多連結浮体システムの研究開発。
海洋エネルギー利用技術の研究開発。
浮体係留装置の研究開発。
- 影本 浩 風波浪中における浮体運動に関する研究。
超大型浮体構造物（メガフロート）に関する研究。
魚の推進に関する研究。
- 岡田 公一 溶接構造物の疲労強度評価法の確立に向けた研究。
構造物の最終強度（終局強度）に関する研究。
- 古野 弘志 遺伝発生による人工知能（AI）の生成と初期船殻重量推定システムの開発。
人工知能（AI）を用いたサロゲートモデル（物理代理モデル）の研究開発（AISSEM Series）。
Lagrangeの未定乗数法を用いた連続二重底構造強度評価法の開発（SSEM.SPBeam）。
船体構造の圧縮応力状態の違いによる効果的な座屈補強方法に関する研究。
船体防撓パネルの座屈強度に及ぼす防撓材の影響調査と迅速な簡易座屈固有値推定法の開発（SSEM.SPBeam）。
船体接水防撓パネルの固有振動数に及ぼす防撓材の影響調査と迅速な簡易固有振動数推定法の開発（SSEM.SPBeam）。
遺伝的アルゴリズムを用いた自動船体構造最適設計システムの開発（GAIHS.MBC）。
海洋産業創出のための潮流下稼動可能型海中ロボットの研究開発（TROV）。
人工知能（AI）を用いた北極海の高氷面積予測システムの開発（AIFORECAST.ArcIce）。
中小型商船の実践的な基本構造設計法に関する教育・研究。
- 松川 豊 宇宙輸送機の空力加熱の研究。
電気流体力学（EHD）現象を利用したマイクロポンプの研究。
超音速流れの研究。
- 藤田 謙一 浮体式海洋建築物の動的応答・居住性評価に関する研究
形状可変浮体構造システムおよび動的応答に関する研究
持続可能な建築構造システムおよび地震応答に関する研究
地震・津波などの自然災害に対する地域防災計画に関する研究
- 野瀬 幹夫 初期構造計画時における横断面の反りを考慮した全体強度解析・実用化システムの構築と最適化に関する研究。
グラフ理論による構造解析用実用化システム概念の構築に関する研究。
海洋産業創出のための潮流下稼動可能型海中ロボットの研究開発（TROV）。
- 木下 健 海洋再生エネルギー利用の推進。
海洋構造物の運動、挙動についての研究。
海洋産業創出のための潮流下稼動可能型海中ロボットの研究開発。
- 石井 和男 ロボット分野の幅広い活用に関する研究。
- 松尾 博志 潮流発電装置に関する研究。
潮流発電用タービンの設計、およびCFDシステムによる流体性能の評価。
- 副島 勝則 再生可能エネルギーを活用した発電機の研究開発。
充電ステーションの実証事業。

令和5年度新技術創成研究所成果報告書

海洋・複合新技術部門 部門長 本田 巖

〔Ⅰ〕再生可能エネルギーの開発・利用に関する研究

1) 海洋産業創出のための潮流下稼動可能型海中ロボットの研究開発 (古野, 野瀬, 木下, 佐藤)

本研究で開発を目指す強潮流下 (2m/sec.) で稼動可能なROV (以下, TROVと呼ぶ) は, 海中や海底に潮流発電機などの海洋再生可能エネルギー機器を設置する場合の観測調査や設置後の保守点検などでの使用を前提としており, 稼動水深も100mと深水域での使用となる. 従来, 潜水士が行っていた作業を本研究で開発する世界に類のないTROVで代替することにより, 作業中の危険性低減や海洋再生可能エネルギー機器導入経費の3割から4割を占める観測調査費, 設置・保守点検費を大幅に軽減することができ, これら機器の社会的受容性を向上させることができる.

これまでの研究で, TROVの機器構成について母船, 中間ランチャ (中継器) 及びビークルからなる中間ランチャ方式を採用した.

本年度は, 静力学的平衡条件下でTROV全体に発生する力とその力点を定め, 力の水平方向と鉛直方向の力学的平衡条件を明らかにした. また, 任意の主翼迎角に対する水平尾翼迎角による中間ランチャの揚力調整条件を明らかにすると共に, 水平尾翼の迎角制御機構の検討に基づき制御モータの型式を選定した. これらの研究成果の一部については, 「A Study on Lift Adjustment of The Movable Horizontal Stabilizer Mounted on Launcher and The Control of Tidal Current Remotely Operated Vehicle (TROV)」(英語) の題目で日本船舶海洋工学会 令和6年秋季講演会で行われたポスターセッションとワンミニッツプレゼンテーションで発表を行った.

〔Ⅱ〕構造解析に関する研究

1) FEMを用いた変位加振による振動応答エネルギー最小化の構造最適化に関する研究 (黒田, 岡田)

現在自動車産業において, 燃費規制が厳しくなり燃費向上のため車体の軽量化が要求され, 高剛性の薄い鋼板が部分的に使用されることで複雑な構造形態となっている. また, 駆動にモータを用するEV, HVやPHVの車では内燃機関の車に対して常時比較的静かであることが要求されている. 可聴周波数域までの振動騒音対策を検討する手法の一つに, 統計的エネルギー解析法 (Statistical Energy Analysis; 以下SEA) がある. 対策部位を特定するためのFEMを援用したSEAモデル構築における構造加振では, SEAパラメータの評価のためにSEA要素における入力パワーと要素エネルギーを算出する必要があり, rain-on-the-roof加振が推奨されている.

本研究では, 自動車のサスペンション部の左右の連結部をつなぐようなはりを模擬した薄板を対象構造とし, FEMによる基礎励振のマルチポイント加振の入力方法を用いて, 振動応答エネルギーを目的関数とし, 設計変数として2値 (オリジナルと制振材) から選択できるような構造最適化法を検

討した。マルチポイント加振を行うことにより一方向の加振では励起されない振動モードが励起されることを振動応答エネルギーの比較結果から示し、さらに1/3オクターブ帯域の周波数平均をすることで、目的関数の選択がしやすくなる構造最適化法を提案することができた。最適化で得られた制振材の貼り付け位置は、オリジナル状態におけるモード形状とエネルギー振幅の応答値より、リーズナブルな結果が得られた。

2) 剛-柔構造結合系のモーダルエネルギー伝搬解析法における縮小モデルについて (本田)

自動車などの機械構造物から生じる振動騒音は、静粛性等の商品価値に直結するため、設計段階にて適切に対処することが重要である。これまでに、車体と内装パネルのような、剛構造と柔構造が連成した系に対して、各構造の固有振動モードの間の振動パワーフローを評価する手法であるモーダルエネルギー伝搬解析法を提案すると共に、2自由度近似モデルについても検討し、その有効性を示した。ただし、構造が複雑な実機への適用を図るうえでは、剛構造と柔構造の結合によりモード形状が変化する場合、2自由度近似モデルでは結合系の連成振動の再現性が低下する。このことから、本解析手法の適用範囲の拡大のためには、モード間の連成影響を考慮したうえで振動パワーフローに寄与するモードを特定する手法の構築が必要である。

そこで本報告では、振動パワーの算出式に特異値分解を適用し、特異値に基づいて自由度を縮退することで、振動パワーを算出するのに必要なモード群を抽出する手法を検討すると共に、フレーム・パネル構造へ適用を行い、フレームからパネルへの伝達パワーに寄与の高いモードの抽出、および抽出されたモード群の共通した特性を分析し構造変更を加えることで、伝達パワーおよび振動レベルの低減が可能であることを示した。本研究は「剛-柔結合系のモーダルエネルギー伝搬解析法による振動低減技術」として自動車技術会論文集55巻1号に掲載済。

(4) 基礎科学部門

歴史が物語るように、新技術の創成は、基礎科学を拠り所に行っているものがほとんどである。基礎科学部門では、科学技術の発展を目指し、物理学、化学、生物学、経済学における基礎的な研究を行っている。高エネルギー物理実験分野では、多くの国際共同実験を実施しており、フロントエンド読み取り装置やデータ収集装置の開発を実施してきた。理論化学分野では、新しいかたちの超伝導現象の提案を行い、実験的に検証されつつある。経済物理学の分野でも、新しいプロジェクトチームを結成し、ピケティに迫るような新しい分野の開拓を目指しているところである。

現在の各研究員の主要テーマは、下記の通りである。

- | | |
|-------|---|
| 大山 健 | 高エネルギー物理実験、ALICE実験におけるTPC新型読出しシステムの開発 |
| 加藤 貴 | 理論化学、量子化学、物性物理学、 |
| 濱垣 秀樹 | 高エネルギー原子核物理実験、ALICE実験、量子計測技術 |
| 田中 義人 | 電力エネルギー・医療分野におけるICT融合化技術に関する研究、
ICT街づくり、高エネルギー物理実験、ALICE実験 |
| 澁佐雄一郎 | 素粒子理論、数理物理 |
| 下島 真 | データ収集／解析システムの開発・構築、
素粒子物理実験用の新しい検出器の開発
高エネルギー物理実験 ATLAS実験 |
| 板倉 数記 | 高エネルギーハドロン理論、高強度場の物理、極限環境での物理 |
| 持田 浩治 | ヒトの色彩心理の起源とその応用技術の開発
睡眠クオリティーに影響する生態的・社会的要因の解明 |
| 市瀬 実里 | 発達障害を含めた精神疾患における遺伝的素因に関する研究。
発達障害モデル生物の検討。 |
| 菊森 淳文 | 地域経済マクロ計量分析、経営情報分析（経営戦略・財務・マーケティング）
行政・公企業経営 |
| 房安 貴弘 | 素粒子物理実験用検出器のための先進的読出し回路の開発研究。
GEMを用いた高効率・大面積ガンマ線イメージング装置の開発。 |
| 志垣 賢太 | 高エネルギー原子核物理実験、ALICE実験MFT計画のDetector Control System開発
および物理解析 |
| 八野 哲 | クォーク・グルーオン・プラズマの物性解明を軸とする研究分野における物理解析 |
| 三明 康郎 | 高エネルギー原子核衝突を用いたクォーク・グルーオンプラズマの研究 |
| 伊藤 真 | 深層学習による動物のトラッキング技術の開発 |
| 西川 真理 | AIによる鳥類の音声モニタリング |

令和5年度新技術創成研究所活動報告

基礎科学部門 部門長 大山 健

基礎科学部門は「人類のための21世紀の科学技術を創成すること」を目的とし、環境・エネルギー技術や情報技術、ナノ・新素材技術、バイオ技術などの新分野、さらには高エネルギー物理学をはじめとした様々な研究を推進している。

以下に専任研究員の2023年度の研究概要および成果を述べる。

板倉

2022年度から引き続き、重イオン衝突初期に今まで考えられてこなかったゲージ配位（非可換ゲージ理論に特有な配位）について、その物理的重要性の検討を行った。また、核融合科学研究所の「プラズマ量子プロセスユニット」の外部戦略委員を務めている関係で、ユニットの研究者らとプラズマ物理における磁気再結合現象に関して情報交換を行い、そのクォーク・グルーオンプラズマへの応用の可能性について議論をはじめた。

市瀬

2022年度に引き続き、線条体ニューロンにおけるLRR膜タンパク質の役割について、長崎大学大学院医歯薬学総合研究科医科薬理学教室およびドイツFreiburg大学との共同研究を進めた。遺伝子欠損マウスの線条体におけるプロテオーム解析および電気生理実験の結果から候補結合分子が特定されたため、マウス線条体の凍結脳切片に対する免疫染色を行った。これらの結果をもとに、いくつかの学会で発表を行った。

澁佐

「一般化された不確定性関係に基づいた場の理論」を研究課題として遂行した。通常の不確定性関係からの変更は重力を想定した最小長さの存在から来していると仮定している。

重力理論には未だわかっていない領域が数多く残っており、様々なアプローチが現在もされている。その一つの可能性として有効理論からの議論をしており、第二量子化やエントロピーとの関係についての研究をしている。

持田

JSPS科研費による研究課題『魚類の心理特性に注目した新たな増養殖技術基盤の開発』（挑戦的研究萌芽, 22K19207, 分担）を、新潟大学の高橋准教授、北海道大学の南准教授と行った。「AIを用いた小動物のトラッキング手法の開発」を四天王寺大学の伊藤講師と行った。研究課題「森林生態系保全

と農業被害軽減のためのヒヨドリ警報システムの開発」を、北海道大学の揚妻教授、人間環境大学の西川准教授と行った。研究課題「ヤスデ類におけるミューラー型擬態環の形成、消失、移行をもたらす進化機構の解明」を、熊本大学大学院先端科学研究部の田邊教授と行った。

田中・大山・浜垣

高エネルギー重イオン衝突実験グループでは、客員研究員である志垣（広島大）、房安（佐賀大）、三明（筑波大）、八野（広島大）らと共同で、超高温クォーク物質の物性解明を目指し、欧州合同原子核研究機構（CERN）のALICE実験および次世代計画を推進している。2023年度はJSPS科研費による研究課題『ALICE GEM-TPCを実現する連続読出型データ収集解析基盤の開発と実装展開』（基盤研究A, 20H00165, 代表: 大山）、及び『次世代高輝度重イオン衝突実験がもたらすストレンジネス核物理の新展開』（国際共同研究強化B, 19KK0077, 代表: 大山）の最終年度を迎えた。

基盤研究A課題では、東京大学CNS、熊本大学半導体・デジタル研究教育機構と共同で、これまで開発したデータ収集装置の運用、実験データ収集、及び国際学会などでの成果発表を行った。2月には本研究と関連してKEK、熊本大学等と共同で「ML on FPGA School」として、機械学習とそのFPGAへの実装に関するスクールを開催した。

国際共同研究強化B課題では、広島大学理学部、東京大学CNSらと共同でデータ解析を進めた。5月にはALICEや将来計画におけるエキゾチックバリオンの物理に関する国際ワークショップ「2nd Workshop on Hadron Interaction, Hyper-Nuclei and Exotic Hadron productions at High-Energy Experiments」を東京大学で開催した。

将来計画として、カラー・ガラス凝縮の発見を目指し、ALICEにおける新検出器 Forward Calorimeter (FoCal) 計画におけるトリガ系の開発を、筑波大学の中條講師らと共同で進めた。

海洋エネルギー研究センター

海洋エネルギー研究センターでは、国内外の研究者と広く連携するとともに、船舶工学・海洋工学に係る教育研究約70年の経験を活かし、海洋産業の基盤となる船舶工学・流体力学・構造工学等を用いた研究開発、新事業形成、人材育成に取り組む。

研究メンバー

- センター長：松岡 和彦 教授
- 研究員：池上 国広 特命教授
- 研究員：木下 健 客員教授
- 研究員：野瀬 幹夫 客員教授
- 研究員：林田 滋 特命教授
- 研究員：松井 信正 教授
- 研究員：佐藤 雅紀 教授
- 研究員：古野 弘志 准教授
- 研究員：中道 隆広 准教授

海洋エネルギー研究センター 研究活動報告

センター長 松岡 和彦

当センターは、本学が有する海洋工学に係る教育研究の技術を活かし、海洋産業の基盤となる研究開発、新事業形成、人材育成に取り組んでいる。

研究開発関係では、2023年3月に本格型に昇進した長崎大学他と協力して取組んでいる国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の共創の場形成支援プログラム（地域共創分野）本格型『“ながさきBLUEエコノミー”海の食料生産を持続させる養殖業産業化共創拠点』が、スタートした。本学では、引き続き養殖における「作業を変える」をテーマに海中ロボットや海洋観測技術、沖合養殖システムへの電源供給といった課題に取り組む。また昨年度に引き続き、潮流下稼動可能型海中ロボット（Tidal Current Remotely Operated Vehicle：TROV）の研究開発も行った。

人材育成関係では、地元のNPO等に協力し、伊王島にて「海のモノでモノづくりと海中探検ワークショップ」を実施した。海洋環境に関する座学とフィールドワークを行い、35名の参加者があった。さらに、長崎県造船協同組合や長崎運輸支部と協力し造船技術者向けの社会人研修を実施、あるいは長崎工業高校と本学附属高校の高校生を対象に「海中探索ロボット（ROV）体験学習（製作）」を開催するなどの活動を行なった。

AI応用研究センター

AI応用研究センターは令和2年4月1日付けで設置され、人工知能（Artificial Intelligence, AI）の応用による新技術分野の創成と新しい産業分野の創出を目的としている。

研究メンバー

- センター長：田中 雅晴 准教授
- 研究員：田中 義人 教授
- 研究員：大山 健 教授
- 研究員：影本 浩 客員教授（造船AIプロジェクトリーダー）
- 研究員：石川 暁 教授（造船AIプロジェクト）
- 研究員：松岡 和彦 教授（造船AIプロジェクト）
- 研究員：古野 弘志 准教授（造船AIプロジェクト）
- 研究員：松井 信正 教授（パワエレAIプロジェクトリーダー）
- 研究員：黒川 不二雄 学長（パワエレAIプロジェクト）
- 研究員：古川 雄大 学術研究員（パワエレAIプロジェクト）

AI応用研究センター 研究活動報告

センター長 田中 雅晴

当センターでは、人工知能（Artificial Intelligence, AI）と本学が保有する技術を融合させた手法の応用研究の実施、産学官共同研究による企業や地域社会が抱える課題の解決に向けた取り組み、研究成果のプラットフォーム化とその技術支援や教育支援への活用を行っている。本センターの研究開発体制はプロジェクト制をとっている。

「造船AI」プロジェクトでは、2023年度は、以下のような教育・研究・啓発活動を行なった。

（松岡教授）株式会社シーエーシー（CAC）と協力して「AIを利用した”魚体鑑定システム”の開発」に取組んだ。当該のシステムは、水中カメラで撮影した動画からAIが生簀中の養殖魚の大きさや重さをデータ化するものである。養殖生簀で生育している養殖魚の資産価値を算定するシステムとして養殖DXに取組んでいる。

（古野准教授）2023年度は、船体の構造初期計画段階における人工知能を用いた船殻重量推定システムの開発に係る研究を行った。この研究成果について1編の論文投稿（日本船舶海洋工学会講演会論文集 第38号）を行った。また、昨年度に引き続き、船体接水防撓パネルの簡易固有振動数推定法（SSEM.SPVib）の開発に係る研究成果について1件の招待講演（Altair Technology Conference 2023）を行った。この他の成果として、卒業研究の人工知能を用いた北極海の海水面積予測システム

の開発の指導と修士論文の遺伝的アルゴリズムによる船体構造の自動初期最適設計システムの開発の指導を行い、修士学生については学会賞（日本船舶海洋工学会 奨学褒賞）を受賞した。

「パワエレAI」プロジェクトでは、全国規模の産学官の共同研究として再生可能エネルギー分野へのAI適用やパワエレ機器の制御にAIを適用するために必須のデジタル制御回路に関する教育・研究を活発に行っている。再生可能エネルギーとスマートグリッドへのAI応用を扱う本学協賛の2つの国際会議 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA) および International Conference on Smart GRID (icSMARTGRID)、IEEE主催の国際会議 International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA) を主導し、パワエレへのAI活用の情報交換と利用拡大を国内外の産官学界と共に行っている。さらに、再生可能エネルギーのAI応用によるエネルギーマネジメントに関する研究成果を2つの国際会議ICRERA2023およびicSMARTGRID2023にて発表し、当該分野の発展に努めている。

2. 令和5(2023)年度研究所重点プロジェクト等成果報告書

研究課題名	研究者
*エネルギー透過率低減のための振動抑制リブ構造の最適配置に関する研究	黒田 勝彦 岡田 公一
Philips社製、Nasal Alarに関する部位別反応速度について	池 浩司 清水 悦郎 土居 二人
閉鎖式吸引カテーテルのフラッシュ時における垂れ込みの検討	土居 二人 池 浩司 川添 薫
フードデザートの視点からみた長崎市の地域評価と地域づくり	王 琦 李 桓 日當 明男
AI技術による生物の感情判定の研究（その2）	崔 智英 松井 信正
海洋産業創出のための潮流下稼動可能型海中ロボットの研究開発	古野 弘志 野瀬 幹夫 木下 健 佐藤 雅紀
AIを用いた動物の行動解析に関する研究	持田 浩司 西川 真理 伊藤 真 高橋 宏司 荒木愛美子
高密度ウレタン素材の小円球状形成に関する削りだし器の研究開発	川添 薫 清水 悦郎
空気ガス化ダウンドラフト方式を用いた木質バイオマスガス化研究	中道 隆広 蒲原 新一 村上 信明 兵働 陽介

* 技術論文として掲載

Philips 社製、Nasal Alar に関する部位別反応速度について

池浩司, 清水悦郎, 土居二人

【I】 事業概要

Philips 社より、鼻に装着して酸素飽和度 (SpO_2) が測定できる「Nasal Alar SpO_2 センサ」が発表された。総合病院の ICU や病棟でも循環不全に陥った患者に対して、このセンサは導入されていく見込みである。元来、指先での SpO_2 測定が主流であるが、末梢循環不全の患者に装着すると値が表示されない事例が見受けられることが周知されており、その対策としてこの機種が作成された。鼻での測定は、人体構造の観点からショック状態の患者でも末梢循環よりも脳へ血流が送られるためその原理を活かし開発された。

この機種が開発される前には、アウェイク（麻酔導入前）の対策として耳朶にて測定されてきた。臨床で主流に使用される前にこのセンサの計測の速さ及び反応速度等について耳朶との比較検討を行い臨床現場に広く周知する。この研究によりモニタリングの際に測定される部位の選定が早まり、循環動態の把握を行えることが期待される。

【II】 活動状況

2023 年 7 月に熊本日赤病院の倫理委員会にて実験の承認を得た。最新鋭の Nasal Alar SpO_2 センサは国内の ICU 病棟で使用されているが、まだ稼働台数が少なく本研究に病院関係者からの注目が集まっていることが分かった。まずは、健常状態 20 人に対し指で用いられるパルスオキシメータと比較して FiO_2 の統計解析を行った。指と鼻では、大きな誤差は見られなかったが異常値での計測では統計学的に有意な差が見られた。また、耳朶と鼻でも有意差が見られた。

次に、異常値の条件を色別（疾患別を模擬）、温度別（血管収縮）に反応速度の差異についてそれぞれ実験を行った。疾患別の色とは、黒が壊死、青、緑が薬剤効果、紫が低酸素状態、白、赤がマニキュアでの FiO_2 低下を検討するためそれぞれの資材を発注した。温度については低温での筋肉収縮と血管収縮が FiO_2 に与える影響を考慮し低温資材の発注を行った。

以上の条件を考慮し、現在 20 名分のデータを入力し、統計学的見地から更に 20 名の追加研究を行っている。

【III】 成果など

2023 年 11 月に Society of Advanced Science 学会、12 月にバイオメディカル・ファジィ・システム学会にて発表を行った。11 月の発表では SAS Award の受賞を受け、英論での投稿も行った。2024 年 4 月に “Investigation of site-specific reaction rates for Nasal Alar” のタイトルでアクセプトされた。

【IV】 今後の課題

現在、データ値のバラツキを検証するため追加で 20 名の成人男性・女性のデータを収集する準備を完了した。しかし、機器レンタルの承諾に時間がかかっている。追加研究でデータの精度を高め、IF の高いジャーナル投稿へチャレンジしていく。

閉鎖式吸引カテーテルのフラッシュ時における垂れ込みの検討

土居二人, 池浩司, 川添薫

【I】 事業概要

2013年に日本呼吸療法医学会より「気管吸引ガイドライン 2013」が公表されて以来、約10年が経った。このガイドラインは、呼吸療法に関わる医師、看護師、理学療法士、臨床工学技士からなるワーキンググループによって作成された。その後、厚生労働省は臨床施設において、医師や看護師でない者でも一定の条件を満たし、目的の正当性、手段の相当性、緊急性があれば気管吸引が行えるという判断を示した。その結果、気管吸引は広く行われるようになった。また、技術の進歩とともに、閉鎖式吸引カテーテルの安全性も考慮され、様々なメーカーのカニューレ商材が使用されるようになった。

しかし、Doiら(2018)によるリスク管理を周知した研究報告から閉鎖式吸引の安全性についての研究報告は行われていない。そこで、現行のカニューレに関連する問題を再評価するために、研究チームを立ち上げ、現状の解析を行うことにした。

本研究は、気管吸引に関連する諸問題を追跡調査する取り組みであり、将来のガイドライン改訂や安全性向上につながるものと期待される。

【II】 活動状況

国内の医療機関で使用されている成人3種類と小児2種類の閉鎖式気管カニューレの垂れ込み実験を行った。また、実験に関わる各種部品の選定及び発注した。

次に、吸引シミュレータに垂れ込んだ回数を目視にて確認し、角度、手技、機器に由来するものを結果から解析を行った。垂れ込み防止装置をつけた最新式の閉鎖式気管カニューレでもこれまでにない研究報告以上に新しい要因を突き止めることが出来た。

垂れ込みは患者の気管へ直接流入するため肺炎や炎症の要因となり、医療機関では垂れ込みのない閉鎖式気管カニューレの開発に期待を寄せられている。

以上の実験及び性能試験の結果をもとに、新規閉鎖式気管カニューレの製作チームを立ち上げ実験に協力いただける医療機関の選定と製品開発準備を進めている。

【III】 成果など

潮熊本県臨床工学技士会、九州臨床工学技士会、BMFSA学会にて発表を行った。九州臨床工学会では、最優秀演題賞に選ばれた。2024年の3月にBMFSA学会から英論のアクセプトをいただき(Understanding Dropping Phenomenon with Closed Suction Catheters in Adults and Pediatric Patients)、研究に勢いがついたところである。

【IV】 今後の課題

今後は企業を巻き込んだ新規開発チームの立ち上げと医療機関の協力を得て人体実験を行っていく。大規模な予算も必要となるため、AMED、ハミックなど省庁との連携も視野に入れてコンタクトを取っている。将来的には医療機器として登録し全国の医療機関へ導入していく。

フードデザートの視点からみた長崎市の地域評価と地域づくり

王 琦, 李 桓, 日當明男

【I】 事業概要

フードデザート (Food Deserts, 日本語で「食の砂漠」。以降は FDs と略記) の問題は健康的な食生活の維持が損なわれることを示す一方、その主因である生活環境の悪化の背後には隠れる社会構造または都市構造の問題を表すもので、地域づくりの重要課題でもある。英国では FDs から生じる健康被害を実際の経済損失と結び付けて研究されている。

長崎市においては、2022年3月末までの高齢化率が33.5%であり、今後も増加することが予測されている。さらに、人口減少の問題も重なって、そこで FDs 問題が一層深刻化し、大きな社会問題となることが容易に予想される。また、新型コロナウイルス感染拡大の時期には、中小食料品店の閉店などもあり、商店街の衰退が進み、長崎市における FDs 問題は顕著になっており、その実態の把握が急務となっている。本研究ではこのような背景と問題意識に基づいて、長崎市における今日の状況を調査し、最新版のフードデザートマップを作成し、そのエリアに生鮮食品店舗の適切な数と立地の数理モデルを構築することにより、新たな地域評価と地域づくりの理論的基盤を提案することを目指す。

【II】 活動状況

本年度は、公開情報を中心に調査を行い、実態を把握した。イギリス政府は、FDs 問題を「FDs とは、栄養価の高い生鮮食料品を低価格で購入することが事実上不可能な、インナーエリアの一部地域」と位置づけている[1]。これより FDs 問題の対象として栄養価の高い生鮮食料品を購入することが不可能もしくは難しい人（買い物弱者）であることが多く、既往高齢者（65歳以上）かつ自動車を利用できない人を対象とした研究が多かった。本研究では、高齢単身世帯と高齢夫婦世帯を対象としてデータを収集整理する。また、生鮮食料品を提供する店舗としては生鮮食料品小売業、百貨店、総合スーパー、食料品スーパー、コンビニを対象とした研究が多いが、近年薬局・ドラッグストアでは生鮮食料品も販売している。そこで本研究では、従来の生鮮食料品を提供する店舗以外の店舗も含めて調査分析の対象とする。対象店舗へのアクセスにおいては、消費者と最寄りの店舗の間の直線距離は半径500mで調べた研究がほとんどであるが、長崎市は斜面都市であり、坂道の負担を考慮してアクセスできる距離を再計算する。最後に、線形計画法は一般的な最適施設配置問題の解決法として用いられるが、本研究では都市解析における数学的方法の研究に用い、DEA 手法によって長崎市の地域づくりにおける生鮮食料品店舗の運営効率性を評価する。次年度「長崎市の地域評価と地域づくり—買い物弱者・FDs 問題による分析—（その2）」を進めながら、2024年度の重点プロジェクトに研究申請する。

【III】 成果など

令和元年国勢調査の結果を用いて高齢単身世帯と高齢夫婦世帯データを収集し、整理した。それらのデータを基に、長崎市の高齢者人口の割合マップを作成し、コンビニの分布と一緒に視覚化した。“野菜”が買える九州内の薬局・ドラッグストア（ドラッグストアモリや、ドラッグ新

生堂など)を調査し、ある程度の店舗の住所を整理した。長崎における店舗へのアクセスにおいては、斜面地形を考慮して直線距離ではなく代謝的負荷を換算した距離を用いてフードデザートマップを作成する予定である。代謝的負荷には以下の式で計算される消費エネルギー E を用いる[2]。

$$E = (RMR + 1.2) \times BMR \times W \times T$$

ここで、 RMR はエネルギー代謝率、 BMR は基礎代謝率、 W は体重、 T は活動時間を意味し、エネルギー代謝率 RMR は、勾配を x として、 $RMB = 3.113e^{4.614x}$ で計算する[2]。

[IV] 今後の課題

地域づくりとして買い物弱者対策を行うには、地域の実情を知り、どの対策を選ぶかという意思決定が必要である。農林水産政策研究所は 2020 年食料品アクセス困難人口の推計結果を公表[3]し、説明会を開催(令和 6 年 2 月 27 日)した。そこでは食品アクセス問題に関するデータが多く公表された。今後はそれらの最新データと今年度で収集した資料、データを基にして、長崎市のフードデザートマップを作成し、エリアに生鮮食品店舗の適切な数と立地の数理モデルを構築する。

[1] 岩間信之, 大都市郊外におけるフードデザート問題の現状と課題, オペレーションズ・リサーチ, 57.3 (2012): 112-118.

[2] 佐藤栄治, 吉川徹, 山田あすか, 地形による負荷と年齢による身体能力の変化を勘案した歩行換算距離の検討: 地形条件と高齢化を勘案した地域施設配置モデル その 1. 日本建築学会計画系論文集, 71.610 (2006): 133-139.

[3] 農林水産政策研究所食料品アクセス問題 (2024 年 3 月閲覧)

https://www.maff.go.jp/primaff/seika/fsc/faccess/a_map.html

AI 技術による生物の感情判定の研究

崔 智英、松井信正

【I】 事業概要

ペンギンは世界に 18 種類が生息している。長崎ペンギン水族館では、18 種類のうち 9 種類のペンギンたちを飼育し、その中でも、ペンギン目のペンギン科のフンボルトペンギン属に分類されるペンギンは、模様や体格に関してその類似性が非常に高い。

2023 年度の取り組みでは、長崎ペンギン水族館の 3 種類のペンギンの模様や体格の特徴に着目し、その特徴量を用いて、ペンギンの種類の判別精度向上を目指す。長崎ペンギン水族館で撮影した画像を畳み込みニューラルネットワーク（CNN）で学習させ、ペンギンの種類の判別のための特徴を検討した。

【II】 活動状況

研究対象のペンギンは、温帯ペンギンゾーンに展示されているフンボルトペンギンとマゼランペンギンとケープペンギンの 3 種類とする。この 3 種類に絞り込んだ理由として、模様や体格の特徴が類似しているからである。3 種類共通の特徴点は胸部から腹部にかけて斑点があり、全体的に色は白黒、首元には黒い線が入っている。種類ごとを比較すると大きく分けて、首元の黒い線、目元の色や嘴の色、長さ、足元の色の特徴が主に異なり、首元と足と頭部に分けられる。首元の特徴は、フンボルトペンギンが黒くて太い 1 本線、マゼランペンギンは黒い 2 本線が特徴である。また、ケープペンギンは黒く細い 1 本線の模様がある。足の特徴では、フンボルトペンギンが全体的に黒く少しピンクの模様が入っており、マゼランペンギンは全体的にピンクで少し黒い模様が入っている。ケープペンギンは全体的に黒く少しピンクの模様が入っている。頭部の特徴は、フンボルトペンギンが目元回りから嘴の根本までがピンクで、マゼランペンギンは目元上部がピンクである。ケープペンギンは目元上部から嘴の根本上部までがピンクである。また、1 種類の中でも個体差がある。胸部から腹部にかけての斑点の多さや首元にある黒の線の太さなども個体ごとに異なっている。

精度向上手法として特徴量トリミング手法と背景除去手法の 2 つを試みた。まず、精度を向上させるために人間が見分けるポイントにトリミングを行う。この際、抽出する特徴は頭と胸と足の 3 つとする。次に、ペンギンの背景を除去する。ここでは、画像から背景を削除するライブラリである Rembg を用いた。

【III】 成果など

ペンギンの全身のデータではなく、特徴量トリミング手法と背景除去手法を取り入れた方がより精度があがることがわかった。

【IV】 今後の展望

これまでの研究成果をもとに、今後は「学習と楽しさを併せ持ったエデュテイメント性」をテーマにした競争的研究にチャレンジしている。

海洋産業創出のための潮流下稼動可能型海中ロボットの研究開発

古野弘志, 野瀬幹夫, 木下健, 佐藤雅紀

I 事業概要

現在, 世の中には数多くの有索式無人水中ロボット(以下, ROV と呼ぶ)が存在するが, これらは静水中での使用を前提としており, 潮流があるとするとケーブルに発生する抗力によって ROV が流され, コントロールが困難となってしまう. 潮流下で稼動可能な ROV は, 火力・原子力発電所の取水路の保守点検で使用実績があるが, これらは概して浅水域の閉空間で使用されるものである. この研究で開発を目指す強潮流下(2m/sec.)で稼動可能な ROV (以下, Tidal Current Remotely Operated Vehicle : TROV と呼ぶ)は, 海中や海底に潮流発電機などの海洋再生可能エネルギー機器を設置する場合の観測調査や設置後の保守点検などでの使用を前提としており, 稼動水深も 100m と深水域での使用となる. 従来, 潜水士が行っていた作業をこの研究で開発する世界に類のない TROV で代替することにより, 作業中の危険性の低減や海洋再生可能エネルギー機器導入経費の 3 割から 4 割を占める観測調査費, 設置・保守点検費を大幅に軽減することができ, これら機器の社会的受容性を向上させることができる.

II 活動状況

本研究は, 潮流 2m/sec., 水深 100m 下において運用可能な有索式無人海中ロボット TROV の研究・開発を目的とする. しかしながら, 水深 100m 下での運用は TROV の制御が難しいことや高額な研究開発費が必要となり研究の遂行に支障をきたす懸念がある. このため, まずは研究の第一段階として, 潮流 2m/sec., 水深 50m 下の海中において運用可能な試作機の研究・開発を行う.

本研究で開発する TROV は, 図 1 に示すように, ビークル, 中間ランチャ, 母船及びその周辺機器から構成される. その中の中間ランチャについては, 主翼, 水平尾翼, 垂直尾翼, 嵌合装置, ケーブル巻取装置で構成される. TROV の運用方法は, まず, 母船に搭載されるクレーンを用いて TROV を海中に降ろし, 1 次ケーブルを繰り出しながら TROV を沈降させていく. およそ水深 40m に達した時点で嵌合装置を駆動させてビークルを分離し, ビークルの推進に合わせて対象物付近まで 2 次ケーブルを繰り出す. 潮流下での中間ランチャの姿勢は, 図 2 のように, 逆翼型の主翼により発生した下向きの揚力を水平尾翼の迎角を変更させて水平尾翼から発生する揚力を調整し, 一定水深で中間ランチャの姿勢を一定に保つ. 反対に, TROV の回収は, 中間ランチャの巻取りドラムで 2 次ケーブルを巻き取り, 嵌合装置を駆動させてビークルを嵌合する. この状態で母船に搭載されるウィンチにより, クレーンでの吊り上げ可能な位置まで曳航ワイヤーを巻き取り, 最後にクレーンを用いて TROV を吊り上げて母船に回収することを計画している.

III 成果など

本年度は, まず, これまでの研究成果を整理し, 静力学的平衡条件下で TROV 全体に発生する力とその力点を定め, 力の水平方向と鉛直方向の力学的平衡条件を明らかにした. 続いて, 中間ランチャの揚力調整方法として, 中間ランチャ曳航点回りのピッチングモーメントの定式化を行い, 表 1 のように任意の主翼迎角に対して水平尾翼迎角を変化させて, ピッチングモーメントが零となる主翼迎角と水平

尾翼迎角の組み合わせを探索した。探索条件としては、中間ランチャに作用する上下方向力が下向きになる状態で検討を行った。最後に、水平尾翼の迎角制御機構の初期検討として、制御機構の検討とその構成部品に発生する力の解析を行い、この力から求まるトルクを用いて制御モータの型式を選定した。

これらの研究成果の一部については、「A Study on Lift Adjustment of The Movable Horizontal Stabilizer Mounted on Launcher and The Control of Tidal Current Remotely Operated Vehicle (TROV)」(英語)の題目で日本船舶海洋工学会 令和6年秋季講演会で行われたポスターセッションとワンミニッツプレゼンテーションで発表を行った。外部研究資金獲得に向けては、造船学術研究推進機構-REDAS-への申請を行ったが残念ながら不採択となったので、仕切り直して協力頂ける企業訪問を継続して行っている。

[IV] 今後の課題

本年度の研究成果は実機による実証実験への大きな弾みとなったが、多くの未解決な課題も残されている。このため、来年度は、水平尾翼制御機構の詳細設計を行ってモックアップを製作し、設計の妥当性について検証する。また、これに合わせて水平尾翼制御機構の迎角制御プログラムの開発を行う。

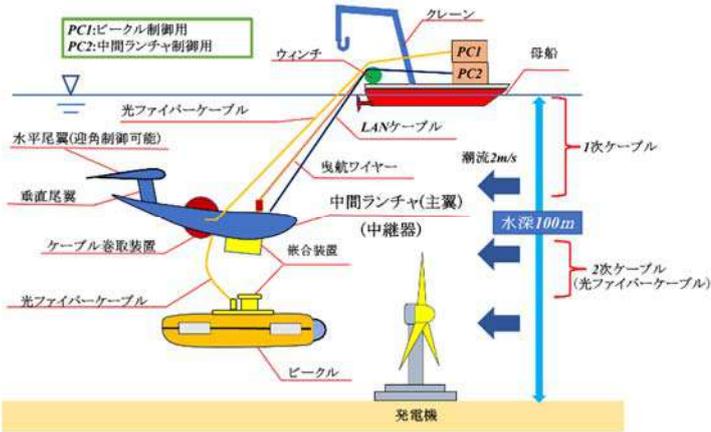


図1 TROVの構成

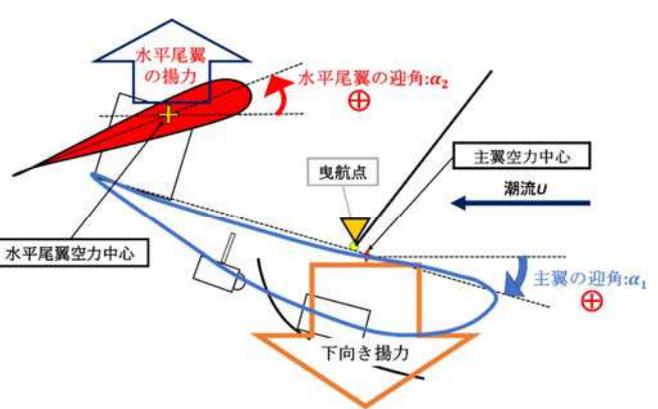


図2 水平尾翼による中間ランチャの下向き揚力調整法

表1 求められたTROVの使用条件を満足する主翼迎角と水平尾翼迎角の関係

		主翼の迎角 α_1																										
		-10.00	-9.00	-8.00	-7.00	-6.00	-5.00	-4.00	-3.00	-2.00	-1.00	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	
水平尾翼の迎角 α_2	-12	-1397.551	-1342.677	-1495.659	-1439.094	-1379.237	-1316.697	-1252.537	-1186.749	-1120.304	-1052.997	-986.247	-920.339	-855.835	-793.354	-733.433	-675.617	-620.463	-574.494	-530.229	-489.161	-451.763	-417.485	-385.922	-356.833	-330.001	-305.401	
	-11	-1360.395	-1312.489	-1472.889	-1415.113	-1354.967	-1292.948	-1229.567	-1164.833	-1100.745	-1037.300	-974.500	-912.344	-850.732	-789.665	-729.143	-669.166	-610.734	-553.857	-498.535	-444.768	-392.551	-341.884	-292.766	-246.193	-202.161	-160.617	
	-10	-1328.905	-1287.913	-1455.813	-1397.519	-1336.806	-1274.283	-1210.548	-1146.501	-1083.141	-1020.366	-958.086	-896.301	-835.011	-774.219	-713.926	-654.133	-594.840	-536.047	-477.754	-419.961	-362.668	-305.875	-249.582	-194.789	-141.496	-89.703	
	-9	-1447.964	-1396.540	-1345.613	-1294.708	-1243.911	-1193.224	-1142.647	-1092.180	-1041.823	-991.576	-941.439	-891.412	-841.495	-791.688	-741.991	-692.404	-642.927	-593.560	-544.303	-495.156	-446.119	-397.192	-348.375	-299.668	-251.171	-202.884	-154.807
	-8	-1178.292	-1128.990	-1175.610	-1126.662	-1078.068	-1029.720	-981.623	-933.776	-886.179	-838.832	-791.735	-744.888	-698.291	-651.944	-605.847	-559.900	-514.113	-468.486	-423.019	-377.702	-332.535	-287.518	-242.751	-198.334	-154.267	-110.550	-67.183
	-7	-1296.423	-1248.920	-1195.363	-1144.862	-1095.514	-1046.317	-997.270	-948.373	-899.626	-851.129	-802.882	-754.885	-707.138	-659.641	-612.394	-565.397	-518.650	-472.163	-425.936	-379.969	-334.262	-288.825	-243.658	-198.761	-154.134	-109.787	-65.720
	-6	-1209.754	-1160.050	-1108.280	-1054.612	-1000.145	-944.878	-888.711	-831.644	-774.677	-716.810	-658.043	-598.376	-538.809	-478.342	-416.975	-355.708	-293.541	-230.474	-167.507	-103.640	-38.873	30.794	100.161	169.328	238.301	307.078	375.659
	-5	-1217.540	-1167.182	-1114.826	-1060.568	-1004.401	-946.334	-887.367	-827.500	-766.733	-705.066	-642.500	-579.033	-514.666	-449.400	-383.233	-316.166	-248.200	-179.333	-109.566	-38.900	31.767	102.934	174.901	246.668	318.235	389.602	460.669
	-4	-1320.919	-1270.713	-1218.544	-1164.513	-1108.716	-1051.153	-991.846	-930.689	-867.682	-802.825	-737.118	-669.561	-599.154	-526.897	-452.690	-377.533	-291.426	-194.369	-86.362	22.595	110.762	182.729	250.496	314.063	373.430	428.497	480.164
	-3	-1020.922	-970.461	-918.980	-866.589	-813.282	-759.059	-703.922	-646.875	-587.918	-527.051	-464.274	-399.587	-332.990	-265.483	-197.056	-127.709	-57.442	12.745	82.472	151.999	221.326	290.453	359.280	427.807	496.034	563.961	631.588
	-2	-818.497	-767.764	-715.529	-661.792	-606.555	-549.818	-490.581	-428.844	-364.607	-297.870	-228.533	-156.596	-81.059	18.078	97.215	175.352	252.489	328.626	403.763	477.900	551.037	623.174	694.311	764.448	833.585	901.722	968.859
	-1	-714.596	-663.590	-610.619	-555.712	-498.885	-440.148	-379.511	-316.974	-252.537	-187.200	-120.963	-53.826	13.211	80.148	151.085	220.022	286.959	351.896	414.833	475.770	534.707	591.644	646.581	700.518	753.455	805.392	856.329
	0	-609.787	-558.496	-505.362	-449.405	-391.628	-332.041	-269.654	-204.467	-137.480	-68.693	10.894	81.831	152.768	221.705	288.642	353.579	416.516	477.453	536.390	593.327	648.264	702.201	755.138	807.075	858.012	907.949	956.886
	1	-503.133	-451.349	-398.156	-342.569	-284.592	-224.325	-161.758	-96.891	-29.924	37.043	108.000	178.957	248.914	317.871	385.828	452.785	518.742	583.700	647.657	710.614	772.571	833.528	893.485	952.442	1010.400	1067.357	1123.314
	2	-401.327	-349.451	-297.793	-245.446	-192.319	-137.402	-80.695	-22.198	36.301	107.258	178.215	248.172	317.129	385.086	452.043	517.999	582.956	646.913	709.870	771.827	832.784	892.741	951.698	1009.655	1066.612	1122.569	1177.526
3	-299.181	-247.069	-195.090	-143.253	-91.566	-40.029	11.358	62.715	113.072	162.429	210.786	258.143	304.500	349.857	394.214	437.571	479.928	521.285	561.642	600.999	639.356	676.713	713.070	748.427	782.784	816.141	848.498	
4	-199.538	-147.073	-94.892	-41.902	11.007	62.414	113.221	162.528	210.335	256.642	301.449	344.756	386.563	426.870	465.677	502.984	538.791	573.100	605.907	638.214	669.021	698.328	726.135	752.442	777.249	800.556	822.363	
5	-103.303	-50.558	3.880	63.684	127.765	192.140	256.815	321.790	387.065	452.640	518.415	584.290	650.265	716.340	782.515	848.790	915.165	981.640	1048.215	1114.890	1181.665	1248.540	1315.515	1382.590	1449.765	1517.040	1584.415	
6	-11.480	-41.539	98.218	158.048	220.584	285.820	352.756	420.392	488.728	557.664	627.200	697.336	768.072	839.408	911.344	983.880	1057.016	1130.752	1205.088	1279.924	1355.260	1431.096	1507.432	1584.268	1661.604	1739.440	1817.776	
7	74.813	128.088	184.896	243.020	302.462	372.218	442.292	512.676	583.370	654.374	725.688	797.212	868.946	940.890	1013.044	1085.408	1157.982	1230.676	1303.490	1376.424	1449.478	1522.652	1595.946	1669.360	1742.894	1816.548	1890.322	
8	134.311	207.821	284.944	325.186	387.963	425.794	494.108	562.002	629.476	696.530	763.174	829.408	895.232	960.646	1025.650	1090.244	1154.428	1218.202	1281.566	1344.520	1407.064	1469.198	1530.922	1592.236	1653.140	1713.634	1773.718	
9	221.574	279.362	344.610	387.014	458.963	524.923	595.140	669.614	748.346	831.330	918.564	1010.048	1105.782	1205.766	1310.000	1418.484	1530.218	1645.102	1763.136	1884.320	2008.654	2137.138	2269.772	2406.556	2547.490	2692.574	2841.808	
10	286.933	349.870	395.378	458.912	522.022	584.746	657.124	729.168	800.882	882.266	973.310	1074.024	1185.408	1307.452	1440.156	1583.520	1737.544	1902.228	2077.572	2263.576	2460.240	2667.564	2885.548	3114.192	3353.496	3603.460	3864.074	
11	336.561	399.672	444.338	498.934	573.271	657.484	751.578	855.562	969.436	1093.200	1226.854	1371.408	1526.862	1693.216	1870.470	2058.624	2257.678	2467.732	2688.786	2920.840	3163.894	3417.948	3682.992	3959.036	4246.080	4544.124	4853.168	
12	372.243	428.533	484.367	542.523	603.811	678.154	766.558	869.022	985.546	1116.130	1260.774	1429.478	1622.242	1839.066	2070.950	2317.894	2579.898	2856.962	3149.086	3456.270	3778.514	4115.818	4468.172	4835.576	5217.930	5615.234	6027.488	

以上.

AI を用いた動物の行動解析に関する研究

持田浩治, 西川真理, 伊藤真, 高橋宏司, 荒木愛美子

[I] 事業概要

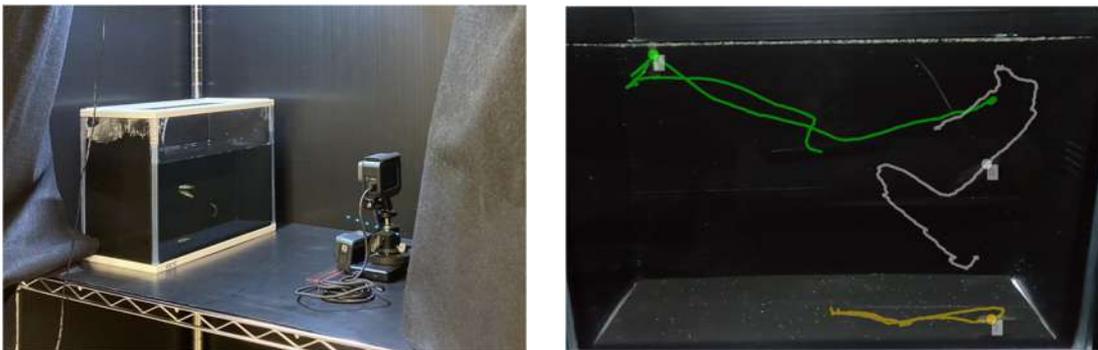
野生動物管理の現場や、畜産・養殖業、動物園や動物病院などでの飼育動物のケアの場面において、遠隔地から自動的に動物の行動を収集し、モニタリングする技術が求められている。リモートセンシングに人工知能 (AI) を組み合わせることにより、こうしたモニタリングが可能になると期待されるが、後者 (AI) にはバックグラウンドノイズの大きい現場での適用に技術的な問題が残る。本研究の目的は、自然、もしくは半自然状態や実験室で撮影・記録されたノイズの比較的大きな映像・画像データから、深層学習を含む人工知能 (AI) 技術を用いて対象動物個体を検出し、追跡することである。そのために、バックグラウンドノイズの異なる条件で動物を撮影し、解析に必要とされるデータ量と各データのアノテーション設定やトレーニング条件などを比較、検討する。

[II] 活動状況と今後の課題

(a) 飼育ゼブラフィッシュ (*Danio rerio*) を対象にした同時複数個体トラッキング

多頭飼育条件で撮影された映像データから複数個体を同時にトラッキングすることを試みた。トラッキング対象の個体が他個体のトラッキングノイズになるため、飼育個体数の異なる環境で撮影し、解析に必要な条件を明らかにした。周囲を黒色の背景で覆った水槽 (20cm×30cm×15cm) にゼブラフィッシュを3もしくは4個体入れ、水槽の上方向から照明を照射し、水槽の側面からカメラ (GoPro8, GoPro Inc.) で行動を録画した (左下写真)。撮影開始30秒後に餌を入れ、対象個体の採餌行動を促した。その後、30秒間撮影を続けた。録画された60秒間の映像データを、UMATracker (深層学習を用いないトラッキングソフトウェア)

(<https://ymnk13.github.io/UMATracker/>) を用いて解析した。



まず10フレーム以上の間に動きのないオブジェクトをトラッキング対象から外すように設定した。映像は、BGRToGrey フィルタでグレースケールに変換、Threshold フィルタで閾値を設定、ErosionKernel フィルタでオブジェクトの輪郭を設定、PolySelection フィルタでトラッキング範囲を限定した。個体が重なり合う一部の場面では、解析者が目視で対象個体の位置情報を補正した。その結果、右上写真のように60秒間、3もしくは4個体を同時にトラッキングすることができた。

(b) 半自然条件でのニホンヒキガエル (*Bufo japonicus*) の同時複数個体トラッキング

よりノイズの大きい半自然条件で撮影された映像データから複数個体を同時にトラッキングすることを試みた。長崎総合科学大学シーサイドキャンパスの圃場に半径約1mの池を作り

(左下写真)、ニホンヒキガエルを4もしくは5個体放逐し、池の中心から2mほど上に設置したカメラ (ZR08DN+ZG2258D, ZOSI) で個体の行動を録画した。対象動物が夜行性動物であることから、池には2台の赤外線照明 (SD20-IR, Energypower) を設置し (下中写真)、カメラの赤外線撮影モードで録画した (右下写真)。



本解析では、(a)の実験と同様に同時複数個体をトラッキングするのに加えて、実験環境の背景が均一でないこと、対象動物が陸上と水中を行き来することから、前述したUMATrackerでのトラッキングができなかった。現在、深層学習技術を取り入れたトラッキングソフトウェア DeepLabCut (<https://www.mackenziemathislab.org/deeplabcut>) を用いて、学習データの作成やプログラムの構築などの作業を進めている。

(c) 自動撮影カメラで撮影した画像データからニホンヤマネ (*Glirulus japonicus*) を検出

自然環境で撮影された画像データから対象動物を検出することを試みた。長崎県諫早市多良岳山系の轟峡の森林で、木の幹2m程の高さに3台の自動撮影カメラ (赤外線センサーで感知した対象物を自動撮影) (Trophycam, Bushnell) を設置した。自然環境で撮影された画像データは、(a)や(b)の撮影環境に比べてバックグラウンドノイズが大きく、ピントが合わないなど画像も明瞭ではない。そこで、画像データから哺乳類を自動検出するのに特化した Megadetector (深層学習を用いないトラッキングソフトウェア)

(<https://github.com/microsoft/CameraTraps/blob/main/megadetector.md>) を用いて、撮影された画像データから、対象動物のニホンヤマネを自動検出し、その検出精度を検証することを試みた。現在、解析者が目視で14,353枚の画像データから対象動物の写っている写真を抽出し終えた。今後、ソフトウェアによる解析結果との整合性について解析する予定である。

高密度ウレタン素材の小円球状形成に関する

削りだし器の研究開発

清水 悦郎, 川添 薫

[I] 事業概要

高密度ウレタンを球状に研磨する為の金型 4 種類の作製 (2mm・2.5mm・3mm・3.6mm) の球状研磨金型を電動モータ研磨機 (作製機器) に取り付け、一定のサイズに形成した高密度ウレタンを軸回転させると共に、球状研磨金型も回転させてウレタン本体を削りながら球状に形成し、削られた球状のサイズが使用目的のサイズに正確に削りだせる装置の開発を目的とする。

基礎実験では、高密度ウレタンは細長く切り取ったものを加工することはその材質の柔らかさから不可能であることが検証されており、その為、工作機器にセットする際に、高密度ウレタンに水を含ませ、冷凍させることで、加工する (削りだす) 技術の検討を行なう。

[II] 活動状況

高密度ウレタンの球状加工技術で最も重要な要素として、電動モータ研磨機 (作製機器) に装着する前の下地処理として長方形にカットしたウレタンでは球状に研磨する際に 4 箇所の抵抗が大きく、凍結させたウレタン材が振動することにより安定的な球状削りが容易でなかったことから、ウレタンを凍結させる前の処理として 6 角形の長いサイズに下地処理を行なう必要性が高いことが分かった。

さらに、電動モータ研磨機においては、回転数を上げすぎると凍結させた高密度ウレタンが微細に振動することから、研磨機への固定の際に中心軸がずれないようにウレタンの長軸の中心に装着部が固定されるように装着しなければ安定した研磨が行なえないことが示唆された。高密度ウレタン削りだし研磨方法の基礎的条件が今回の検証実験で明らかとなった。

[III] 成果など

1. 高密度ウレタンを球状に研磨する際の、下地処理方法が当初検討していた長方形での形状では安定的な球状形成が不可能であることが分かり、最低 6 角形に削った後に凍結処理する必要があることが実験結果から分かった。
2. 電動モータ研磨機 (作製機器) の回転数および高密度ウレタンの固定方法について、安定的な球状研磨の手法を確立することが出来ました。

[IV] 今後の課題

今後は、内視鏡内の吸引チューブのサイズである 2mm・2.5mm・3mm・3.6mm に適合したサ

イズの球状高密度ウレタンブラシの作製と、一度の研磨処理で 5～10 個の球状ブラシが同時に作製できる削りだし金型の作製を行なう必要があります。

空気ガス化ダウンドラフト方式を用いた 木質バイオマスガス化研究

中道隆広，蒲原新一，村上信明，兵働陽介

【I】 事業概要

再生可能エネルギーとして太陽光や風力が注目され、本国内に大量に存在する木質バイオマスを燃料としての利用が注目されている。大型の木質バイオマス発電は化石燃料の代わりに木質バイオマスを燃焼し蒸気タービンで発電を行うが、木質バイオマスを一酸化炭素などの可燃性ガスへ変化させ、ガスエンジンなどの燃料として利用できるガス化技術が再注目されている。しかし、木質バイオマスのガス化技術の多くは海外のガス化技術を国内で採用しているところが多く、国産のガス化装置は実用化されていない現状であるため、本学がこれまでに研究を行ってきた木質バイオマスの知見を活かした小型ガス化装置の開発を行った。

【II】 活動状況

国内のダウンドラフト方式を用いたガス化装置の調査研究を行い、装置構成ガス化方式の基本的な構造解析を実施した。調査した結果を参考に、小型ガス化装置の開発・作製を行った。本研究で開発したガス化装置として、空気投入口が8個・熱電対3本、ガス化反応が行われる箇所の火格子を製作した（図1および図2）。

また、木質の熱特性や灰の組成分析から燃料による影響を把握するために、木質ペレットや国産材の切削チップの組成分析を行い、原料によるガス化の影響を検討しそれぞれの原料での運転マニュアルの作成を行い、本研究では実験条件としてホワイトペレットを用いたガス化実験を実施した。



図1 小型ガス化炉



図2 ガス化装置外観

[III] 成果など

ホワイトペレット用いたガス化実験を実施した。実施条件としてペレットを5kgガス化炉内に充填し、ガス化炉の空気孔をすべて閉鎖確認のち、下部の空気孔の4カ所を開放する。ガス化炉内を陰圧状態にするために、ガス出口部分より吸引ブロアにて空気を引き込みの状態にし、着火孔からガスバーナーで木質ペレットへ着火させ、炉内温度を昇温する(図3および図4)。

着火後は吸引ブロアを停止し、コンプレッサーにより空気を送風し原料の木質チップの上部から空気を押し込むプロセスへ変更する。その後、各所に設置した温度センサーを確認し、炉内温度を500℃から600℃を維持しガス化状況を確認しながら生成ガスをフレアスタックで焼却処理を行い、安定時には生成したガスが連続して燃焼することを確認した。

初期の実験では、ブロワにタールのようなものが詰まり試作運転を中止するなど、ガス化途中で発生するタール状成分で周辺機器の故障が発生したが、これらの原因の追及や改良を行い、連続した可燃性ガスの生成ができるバイオマスガス化装置を構成することができた。



図3 木質チップを投入したガス化炉内

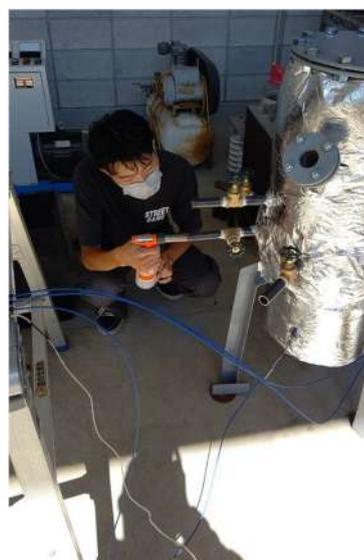


図4 着火風景

[IV] 今後の課題

本研究においてダウンドラフト方式を用いたガス化装置を製作しガス化実験を実施するk十はできたが、生成ガス組成の特定には至っていない。また、ガス化実験開始時に白煙の発生量が多いため、燃焼及びガス化時の空気量の関連性が明らかではないため、空気比の条件を変え実験を継続する必要がある。また、可燃性ガスと同時に発生するタールの生成量が不明なため、投入バイオマスからのマスバラン等の調査と灰組成の分析を行い、安定したガス化条件について研究を継続する。

3. 技術交流会・シンポジウム開催状況

第19回公開講演会

21世紀の科学技術「グリーン&Digital」

日時：令和5年12月23日（土）13：00～17：00

場所：出島メッセ長崎（長崎市尾上町4-1）

開会挨拶 黒川 不二雄 長崎総合科学大学 学長

ご祝辞 鈴木 史朗 長崎市長

座長挨拶 石橋 隆 長崎総合科学大学 客員教授
須永 順子 長崎総合科学大学 客員教授

《 基調講演1 》

「グリーン社会の実現に向けて」

北井上 礼樹（きたいうえ ひろき）氏
（環境省 地球環境局地球温暖化対策課 課長補佐）

《 基調講演2 》

「環境負荷ゼロに向けた、仮想エネルギー需給制御技術」

田中 徹（たなか とおる）氏
（NTT 宇宙環境エネルギー研究所
環境負荷ゼロ研究プロジェクトマネージャー）

《 基調講演3 》

「再生可能エネルギーの新たな挑戦～持続可能な社会の実現にむけて～」

池田 一郎（いけだ いちろう）氏
（京セラ エネルギーソリューション事業部長）

《 基調講演4 》

「長崎サステナブルツーリズムへの期待」

蒲生 篤実（がもう あつみ）氏
（日本政府観光局 理事長）

《 講演1 》

「未利用資源を活用したグリーン社会への転換」

中道 隆広（なかみち たかひろ）氏
（長崎総合科学大学総合情報学部 准教授）

《 講演2 》

「グリーンデータセンターへの挑戦」

梶原 一宏（かじわら かずひろ）氏
（長崎総合科学大学工学部 講師）

閉会挨拶 田中 義人 長崎総合科学大学 新技術創成研究所長

【公開講演会報告】

長崎県内の高校生、一般企業、市民を対象に、21世紀の科学技術「グリーン&Digital」と題して、講演会を開催した。基調講演は、環境省地球環境局地球温暖化対策課 課長補佐の北井上礼樹氏、NTT宇宙環境エネルギー研究所の田中徹氏、京セラ エネルギーソリューション事業部長の池田一郎氏を招き、再生可能エネルギーを用いた脱炭素社会の実現やそれを支えるデジタル技術の動向、先端の技術についてのご講演、さらに日本政府観光局理事長の蒲生篤美氏にGX社会に向けた長崎の持続可能な観光についてご講演いただいた。近年、若年層の理系離れが進んでいる状況の中、理系分野の楽しさを伝え、興味関心を引き出すことが、県内のグリーン・デジタル人材の育成・確保に繋がることを期待している。さらに、本講演会は、大学による地域貢献も兼ねており、先端の技術を通して、近隣地域の賑わい創出にも寄与するものであり、高校生、中学生、一般の方が200名参加し、31件の質問を通して大変盛り上がった講演となった。

【講演内容】

基調講演1 『グリーン社会の実現に向けて』

環境省 地球環境局地球温暖化対策課 北井上 礼樹 氏

グリーン社会の実現のために我が国が掲げている2050年までのカーボンニュートラルに向けた取り組みや課題などを紹介頂いた。

基調講演2 『環境負荷ゼロに向けた、仮想エネルギー需給制御技術』

NTT 宇宙環境エネルギー研究所 田中 徹 氏

NTT宇宙研究所が推進している研究の中で、核融合炉による発電、雷を貯める電力貯蔵技術の研究の取組みと今後の動向について紹介頂いた。

基調講演3 『再生可能エネルギーの新たな挑戦～持続可能な社会の実現にむけて～』

京セラ エネルギーソリューション事業部 池田 一郎 氏

都市と地方のエネルギーの消費の格差、海上での太陽光発電、一般家庭がPPAの方向性について講演頂いた。

基調講演4 『長崎サステナブルツーリズムへの期待』

日本政府観光局 蒲生 篤実 氏

円安によるインバウンドの増加に対する観光公害の事例や対策、またMICE設備の役割や、観光地である長崎市への期待について講演頂いた。

講演1 『未利用資源を活用したグリーン社会への転換』

長崎総合科学大学総合情報学部 中道 隆広 氏

バイオマス燃料の使用と二酸化炭素排出に関するカーボンニュートラルの考え方や、バイオマス資源としての家畜の汚泥や日常性格で排出される排出物の資源活用について講演頂いた。

講演2 『グリーンデータセンターへの挑戦』

長崎総合科学大学工学部 梶原 一宏 氏

社会の中で使用されている直流電源の用途を通して、効率を上げる重要性、電圧を上げることの効果について講演頂いた。

4. 研究所員の研究活動状況

(1) 学術論文発表 (2022.4.1~2023.3.31)

	著者名	論文標題又は書名	掲載雑誌名又は出版社名	巻・号・頁・発行年月日	単著・共著の別 (共著の場合は共著者名)
環境・エネ ルギー部門	1 杉田 勝 村上 信明 山邊 時雄	リグニン由来の難黒鉛化炭素の金属イオン電池への適用に関する研究	長崎総合科学大学新技術創成研究所所報	第18号, pp.7-10, 2023年	
電気電子情報技術部門	1 佐藤 雅紀	Development of Flexion Posture Formation Mechanism in Wearable Type of Flexor Tendon Rehabilitation Equipment	Journal of Robotics and Mechatronics	第35巻(3), pp.577-585, 2023年6月20日	Takeshi Ikeda, Yuki Matsutani, Seiji Furuno, Fusaomi Nagata
	2 佐藤 雅紀	仮想データを用いた深層学習によるトマト果実認識に関する研究	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2023年 一般社団法人 日本機械学会 2023年	2A2-A23(4), 2023	檀 朝暉, 磯兼 大輝, 柴田 哲平, 北島 有美子
	3 佐藤 雅紀	ウェーブレット変換を適用した深度情報による離床判定システムの構築	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2023年 一般社団法人 日本機械学会 2023年	1A2-D21, 2023	西津 希光, 池田 毅
	4 佐藤 雅紀	水中ロボット競技会に向けた小型AUVの開発-第8回水中ロボットフェスティバルin 岩国に向けた取り組み-	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2023年 一般社団法人 日本機械学会 2023年	2A1-A17(3), 2023	七條 大樹, 我那覇 雅大, 榊 昭太郎, 西津 希光
	5 佐藤 雅紀	トマト果実一つ一つの温度計測システムの運用	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2023年 一般社団法人 日本機械学会 2023年	2A2-A22, 2023	磯兼 大輝, 檀 朝暉, 柴田 哲平, 北島 有美子
	6 佐藤 雅紀	協働ロボットSawyerを用いたトマト収穫ロボットの開発	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2023年 一般社団法人 日本機械学会 2023年	2P1-A22(3), 2023	
	7 佐藤 雅紀	包み込み型ハンドを有するトマト収穫ロボットの収穫シミュレーション	第24回システムインテグレーション部門講演会 (SI2023)	3E5-05, pp.3530-3533, 2023	後藤 瑞稀, 池田 毅, 永田 寅臣
	8 Masanori Sato	Experiments of approach posture to divided virtual grid space in work space on automatic harvesting robot	The 2024 International Conference on Artificial Life and Robotics (ICAROB2024)	pp.1189-1192, January 24-26, 2024	Mizuki Goto1, Takeshi Ikeda, Seiji Furuno and Fusaomi Nagata
	9 Masanori Sato	Categorizing the work area for an autonomous robot harvesting the tomato	The 2024 International Conference on Artificial Life and Robotics (ICAROB2024)	pp.1193-1196, January 24-26, 2024	Kazuki Morita, Takeshi Ikeda, Seiji Furuno and Fusaomi Nagata
	10 Kazuhiro Kajiwara Fujio Kurokawa	Amplitude Detection System for 6 kW Hall Thruster	Acta Astronautica	vol. 213, pp. 645-656, Dec. 2023.	Yoshiki Matsunaga, Toru Takahashi, Hiroki Watanabe, Shinatora Cho, Hiroaki Kusawake, Ikkoh Funaki
	11 Yudai Furukawa Kazuhiro Kajiwara Nobumasa Matsui Fujio Kurokawa	Series-parallel dc-dc converter for power supply system using renewable energy as distributed power sources	Proc. of International Conference on Smart Grid	4pages, Jun. 2023.	Daiki Shibahara, Sho Tezuka, Yuji Ohta
	12 Jizhe Wang Kazuhiro Kajiwara Nobumasa Matsui Fujio Kurokawa	Surge voltage suppression using power device embedded module for half-bridge dc-dc converter	Proc. of International Conference on Smart Grid	5pages, Jun. 2023.	Taka Kanayama, Yuji Ohta, Tadashi Suetsugu
	13 Yudai Furukawa Kazuhiro Kajiwara Nobumasa Matsui Fujio Kurokawa	Input voltage unevenness analysis in series-parallel dc-dc converter	Proc. IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications	4 pages, Aug. 2023.	Daiki Shibahara, Sho Tezuka, Yuji Ohta
	14 梶原 一宏 黒川 不二雄	1500V 入力直列フルブリッジコンバータの電圧バランス特性	電気・情報関係学会九州支部連合大会講演論文集	p.392, 07-2P-04, 2023年9月	柴原大貴, 太田雄司
	15 梶原 一宏 黒川 不二雄	直並列ソフトスイッチングDC-DC コンバータのバランス制御手法	電子情報通信学会九州支部学生会講演会・講演論文集	B-27, 2023年9月	鈴田高登, 柴原大貴
	16 梶原 一宏 黒川 不二雄	1500V 入力直列出力並列DC-DC コンバータのバランス制御	電子情報通信学会技術研究報告	vol.123, no343, pp.72-76, 2024年1月	柴原大貴, 太田雄司
	17 梶原 一宏 黒川 不二雄	軌道上におけるホールスラストの放電電流振動計測	第63回航空空動機・宇宙推進講演会講演集	2C12, 2024年3月	松永芳樹, 張科寅, 渡邊裕樹, 舩分宏昌, 船木一幸, 大川恭志, 高橋徹

電気電子情報技術部門	18	本村 政勝	ランバートン・イトン筋無力症候群: 病原性自己抗体の臨床的意義	Brain Nerve	第75巻(7), pp.837-845, 2023年7月	入岡隆
	19	本村 政勝	ランバートン・イトン筋無力症候群(LEMS)の診療	Brain Nerve	第76巻(1), pp.33-40, 2024年1月	北之園寛子, 吉村俊祐, 白石裕一
	20	劉 震	图神经网络原理与应用 (Graph Neural Networks: Theory and Applications)	科学出版社	2024年3月第一版、第一次印刷	趙海興、冶忠林、李明原
	21	劉 震	SurvConvMixer: robust and interpretable cancer survival prediction based on ConvMixer using pathway-level gene expression images	BMC Bioinform	25(1): 133 (2024), 2024年3月	Shuo Wang, Yuanning Liu, Hao Zhang
	22	劉 震	Research on Mechanical Leg Structure Design and Control System of Lower Limb Exoskeleton ReRobot Based on Magnetorheological Variable Stiffness and Damping Actuator	Actuator	pp.1-24, 2024年1月	Chenglong Zhao, Chongsong Zheng, Liucun Zhu, Yuefei Wang
	23	劉 震	A task processing efficiency improvement scheme based on Cloud-Edge architecture in computationally intensive scenarios	Journal of Parallel and Distributed Computing	Volume 181, 2023年11月	Jiahui Feng, Jingze Qi, Yuanning Liu, Liyan Dong
	24	劉 震	GCNfold: A novel lightweight model with valid extractors for RNA secondary structure prediction	Computers in Biology and Medicine	Volume 164, 107246, 2023年9月	Enbin Yang, Hao Zhang, Zinan Zang, Zhiyong Zhou, Shuo Wang, Yuanning Liu
	25	劉 震	A Network Representation Learning Model Based on Multiple Remodeling of Node Attributes	Mathematics(2227-7390)	2023;11(23), 2023年9月	W. Zhang, B. Cui, Z. Ye
	26	劉 震	Lifelong iris presentation attack detection without forgetting	The Journal of Supercomputing	80(1), pp.1-19, 2023年7月	Zhiyong Zhou, Yuanning Liu, Xiaodong Zhu, Shuai Liu, Shaoqiang Zhang, Yuanfeng Li
	27	劉 震	S&OPのコンセプトを取入れたPSI管理高度化の新提案	日本物流学会誌	31巻, pp.65-72, 2023年6月	秦曉梅
	28	劉 震	An enhanced attentive implicit relation embedding for social recommendation	Data & Knowledge Engineering	Volume 145, 2023年5月	Xintao Ma, Liyan Dong, Yuequn Wang, Yongli Li, Hao Zhang
	29	劉 震	Research on Series Elastic Damping Actuator Control System Based on BP Fuzzy Neural Network PID Control	Proceedings of 2023 International Conference on the Cognitive Computing and Complex Data (ICCD)	pp. 304-310, 2023年9月	C. Zhao, L. Zhu and Y. Wang
	30	土居 二人	メタバースを用いた医療講義支援システムの開発	Journal of Advanced Science	VOL35, 2023年5月	山際琉斗, 山川大貴, 藤井響祐, 木村達洋
	31	土居 二人	Evaluation study of inhaled oxygen concentration with combined use of ventilator and liquid oxygen in home oxygen therapy	Journal of Advanced Science	VOL35, 2023年5月	Tsubasa HISHINUMA, Mitsuhiro NISHITANI, Natsumi KUMANO, Mion YAMASAKI, Sora TURUKUBO, Tatuhiro KIMURA
	32	土居 二人	Report on the Effect of Leakage on Inhaled Oxygen Concentration in Combined Ventilator and Oxygen Therapy at Home	International Journal of Biomedical Soft Computing and Human Sciences	VOL28(No.1), pp.9-14, 2023年7月	Tsubasa HISHINUMA, Takeshi IFUKU, Mitsuhiro NISHITANI
	33	土居 二人	獣医療において医療機器を管理する上での臨床工学技士にできること	大分県獣医師会	第34号, pp.22-25, 2023年12月	梅田涼平, 西谷光広, 井福武志
	34	土居 二人	Leakage from Non-Invasive Positive Pressure Ventilation Therapy Masks Affects Fraction of Inspired Oxygen: Comparison of Home- and Institution-Delivered Oxygen Therapy on Simulated Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease	International Journal of Innovative Computing, Information and Control	第20巻(2), pp.497-508, 2024年2月	Mitsuhiro Nishitani, Mayumi Doi, Takeshi Ifuku, Kenta Murotani
	35	山路 学	地方のリカレント教育を取り巻く課題に関する研究	第30回社会情報システム学シンポジウム予稿集	No.30, pp.1-6, 2024年2月	山本 仁志
	36	山路 学	大学生の生産性に影響する要因	経営工学研究	No.26, pp.19-20, 2024年2月	池山 弘哉
	37	山路 学	端島(軍艦島)の住生活の調査分析と映像による可視化と活用	地域論叢	No.39, pp.45 - 50, 2024年3月	橋本 彼路子, 菊森 淳文
38	山路日當王	長崎市式見地区をモデルとした「小規模無人化店舗」戦略の研究	地域論叢	No.39, pp.51 - 54, 2024年3月	藤原 章	
39	王 琦	推移確率行列の区間型推定アルゴリズムの改良について	数理解析研究所講義録	2274, 196-207, 2024年1月	來島 愛子, 堀口 正之	
40	王 琦	遅延を考慮したバス乗務員スケジュールの作成 - 道路交通センサスの交通量をもとに -	経営工学研究	No.26, pp.17-18, 2024年2月	西村和陽	

海洋・複合新技術部門	1	黒田 勝彦	異種材料の積層構造へのSEA適用に関する研究	長崎総合科学大学紀要	第63巻(1), pp.29-34, 2023年6月	村山 誠英
	2	黒田 勝彦	直列結合した構造体への波動ベースの断面形状変更の影響に関する研究	大学院新技術創成研究所所報	第18号, pp.17-23	
	3	黒田 勝彦	エネルギー透過率低減のための振動抑制リブに関する研究	日本機械学会環境工学総合シンポジウム2023	J113.pdf	本沢 眞規
	4	黒田 勝彦	実験SEAによる直列結合した構造体への断面形状変更の影響に関する研究	日本機械学会年次大会(No.23-1)	J122-11.pdf	
	5	黒田 勝彦	SEAを用いたタイヤトレッド振動の解析	自動車技術会秋季大会		村山 誠英, 上田 江美, 堀内 俊, 高田 翔士, 佐々木 達矢
	6	黒田 勝彦	エキサイタを用いた振動と音響放射に関する基礎研究	日本機械学会九州学生会第55回卒業研究発表講演会	412.pdf	堀田 龍
	7	石川 暁	船体FINの船尾流れおよび性能改善に与える影響の数値解析	日本船舶海洋工学会論文集	37巻, pp.1-7 2023年6月	
	8	岡田 公一	造船現場での超音波フェイズドアレイや溶接ビードレーザスキャナによる溶接継手応力集中部測定の実用化	溶接学会九州支部講演論文集(論文発表)	第20号, 2023年8月31日, p.27-36	欽 尚憲, 田口 浩幸, 安東 洋次郎, 金子 正幸, 荒金 卓也, 牟田 良太郎, 緒方 洋典, 松岡 和彦, 谷野 忠和, 矢島 浩
	9	岡田 公一	フェイズドアレイによる溶接継手部欠陥探傷の造船現場での実用化に関する基礎検討	長崎総合科学大学紀要	第63巻 第2号, p.91-98, 2023年12月	欽 尚憲, 田口 浩幸, 安東 洋次郎, 金子 正幸, 荒金 卓也, 牟田 良太郎, 緒方 洋典, 松岡 和彦, 矢島 浩
	10	岡田 公一	ケミカルタンカー用二相ステンレスクラッド鋼板十字溶接継手の疲労強度について	長崎総合科学大学紀要	第63巻 第2号, p.99-106, 2023年12月	荒金 卓也, 欽 尚憲, 緒方 洋典, 松岡 和彦, 矢島 浩
	11	古野 弘志	人工知能(AI)を用いた初期船殻重量推定システムの 擬似アンサンブル学習による汎化性能向上に関する一考察	日本船舶海洋工学会講演論文集	第36号, pp.427-434, 2023年5月	高見 佳奈子, 古賀 慶大
	12	古野 弘志	人工知能(AI)を用いた初期船殻重量推定システムの汎化性能および推定精度の向上に関する研究	日本船舶海洋工学会講演論文集	第38号, (印刷中)	出口 恭平, 西川 京吾, 高見 佳奈子
	13	松川 豊	小型超音速風洞のディフューザ内流れの可視化の向上	新技術創成研究所所報	vol.18, pp.31-36, 2023	下山 大貴
	14	松川 豊	非平衡高温流れにおける振動遷移モデルの考察	日本航空宇宙学会西部支部講演会2023論文集	JSASS-2023-S001, 2023	
	15	藤田 謙一	浮体式洋上風車の風と波による応答および構造損傷発生確率評価に関する研究	構造工学論文集B	Vol.69B, pp.140-150, 2023年4月	矢代 晴実
	16	藤田 謙一	Damage Probability Evaluation of Floating Offshore Wind Turbines Subjected to both Random Wind and Wave Loads	Proceedings of the 33th International Ocean and Polar Engineering Conference	pp.390-397, 2023年6月	矢代 晴実
	17	藤田 謙一	浮体式洋上風車のランダムな風と波に対する損傷発生確率評価 その1 評価方法	日本建築学会大会学術講演梗概集	海洋建築, pp.1-2, 2023年9月	矢代 晴実, 坂場 律和
	18	藤田 謙一	浮体式洋上風車のランダムな風と波に対する損傷発生確率評価 その2 評価結果	日本建築学会大会学術講演梗概集	海洋建築, pp.3-4, 2023年9月	矢代 晴実, 坂場 律和
	19	藤田 謙一	浮体式洋上風力設備の部位別損傷確率の比較	日本建築学会大会学術講演梗概集	海洋建築, pp.5-6, 2023年9月	矢代 晴実, 坂場 律和
	20	藤田 謙一	バージ式浮体式洋上風車の風と波による損傷発生確率(その1:評価方法)	土木学会第78回年次学術講演会講演梗概集	第I部門, I-329, 2023年9月	矢代 晴実
	21	藤田 謙一	バージ式浮体式洋上風車の風と波による損傷発生確率(その2:評価結果)	土木学会第78回年次学術講演会講演梗概集	第I部門, I-330, 2023年9月	矢代 晴実
	22	藤田 謙一	連結式浮体の連結型式による応答変化	日本船舶海洋工学会講演論文集	第37号, pp.487-492, 2023年	
	23	藤田 謙一	ポンツーン型浮体式洋上風車の風と波による流力弾性応答および構造損傷評価	日本建築学会構造系論文集	第89巻, 第816号, pp.235-246, 2024年2月	矢代 晴実
	24	藤田 謙一	韓国漢江における浮体・浮揚建築物の利用	地域論叢, 長崎総合科学大学地域科学研究所・紀要	No.39, pp.23-30, 2024年3月	
基礎科学部門	1	Kazunori Itakura	Strong-field physics in QED and QCD: From fundamentals to applications	Progress in Particle and Nuclear Physics	第133号, 2023年11月	Koichi Hattori, Sho Ozaki
	2	市瀬 実里	高等教育機関におけるソーシャルワークの実践と課題-発達障害および非定型発達を有する学生への介入-	発達障害支援システム学研究	第22巻(2), 2023年12月	
	3	市瀬 実里	神経心理学的手法および基礎医学的手法を用いた高等教育機関における発達障害チェックシステム構築の検討	高次脳機能研究	第44巻第1号, 2024年3月	

(2) 講演・口頭発表

	講師	講演テーマ	学会名等	場所	実施日
電気電子情報技術部門	1 佐藤 雅紀	CPUボードを用いた計測・制御についての講義・実習（事前学習）	NiASセミナー（大村高校数理探究科2年 科学探究講座 事前講義）	大村高校	2023年5月31日
	2 佐藤 雅紀	水中ロボット作りませんか？ ～ある大学教員の七転び八起き物語～	NiASセミナー（出前講義）	大村工業高校	2023年7月7日
	3 佐藤 雅紀	水中ロボット作りませんか？ ～ある大学教員の七転び八起き物語～	NiASセミナー（出前講義）	西陵高校	2023年10月12日
	4 佐藤 雅紀	機械工学・メカトロニクス	NiASセミナー（出前講義）	長崎東高校	2024年3月26日
	5 佐藤 雅紀	NiAS大学ロボコン！？～NHK学生ロボコンの操縦体験～	体験学習（佐世保北中学校）	長崎総合科学大学	2023年7月13日
	6 佐藤 雅紀	CPUボードを用いた計測・制御についての講義・実習	体験学習（大村高等学校）	長崎総合科学大学	2023年6月13日
	7 本村 政勝	眼筋型重症筋無力症の病態と臨床	2023 Neurology WEB Seminar	オンライン	2023年6月29日
	8 本村 政勝	重症筋無力症治療の基礎となる解剖、病態生理、および胎児性Fc受容体の役割	第35回 日本神経免疫学会学術集会	東京国際フォーラム	2023年9月15日
	9 本村 政勝	MGモデル動物のABC-AChR, Musk, & Lrp4モデル	第35回 日本神経免疫学会学術集会	東京国際フォーラム	2023年9月15日
	10 本村 政勝	Lambert-Eaton筋無力症候群の病態や診断治療について	エーザイMR社内講演会	エーザイ株式会社長崎出張所	2023年12月11日
	11 本村 政勝	MG治療の基礎となる神経筋接合部病態	第25回神奈川県神経免疫フォーラム	長崎出島メッセ	2023年12月13日
	12 本村 政勝	トリプトファン固定化カラムはIgGのヒンジ部を介してIgGを精製できる	神経免疫班 令和5年度 合同班会議	ステーションコンファレンス東京	2024年1月12日
	13 本村 政勝	筋特異的チロシンキナーゼ(MuSK)抗体を活用したIgG4選択的免疫吸着カラムの基礎研究	神経免疫班 令和5年度 合同班会議	ステーションコンファレンス東京	2024年1月12日
	14 本村 政勝	補体C5阻害剤 ジルコプランの特徴と主要な臨床試験成績	2024 Educational Webinar 2	areNet-J steram 大門スタジオ	2024年2月22日
	15 劉 震	招待講演：Artificial Consciousness and Artificial Intelligence	海南大学	中国・海口	2024年2月26日
	16 劉 震	主旨講演：Predictive Assessment for The Exoskeleton Rehabilitation Robot	The 2023 International Symposium on Rehabilitation and Welfare Engineering (ISRWE2023)	中国・杭州（浙江大学）	2023年12月18日
	17 劉 震	主旨講演：Cognitive Computing and Complex Data	The 2023 International Conference on the Cognitive Computing and Complex Data	中国・淮安	2023年10月22日
	18 劉 震	招待講演：Welfare Engineering and Welfare Industry	The Academics Conference of Welfare Engineering	中国・成都（成都工業学院）	2023年9月13日
	19 劉 震	招待講演：Artificial Cross Big Data	The 2023 International Symposium on Data Mining	中国・西寧（青海師範大学）	2023年9月1日
	20 劉 震	招待講演：New Opportunities and Challenges of AI in The Era of Big Data	吉林财经大学	中国・長春	2023年8月15日
	21 劉 震	主旨講演：Detection Method of Human Lower Limb Motion Intention	The 1st World Conference on Artificial Consciousness	オンライン	2023年8月24日
	22 劉 震	招待講演：Welfare Engineering and Welfare Industry	The Symposium on Welfare Engineering and Welfare Devices	中国・天津（天津大学）	2023年5月12日
	23 梶原 一宏	グリーンデータセンターへの挑戦	長崎総合科学大学公開講演会 21世紀の科学技術「グリーン&Digital」	出島メッセ長崎	2023年12月23日
	24 土居 二人	ネット依存と睡眠障害が身体に及ぼす影響	出張講義	熊本県立熊本工業高等学校	2023年4月24日
	25 土居 二人	在宅人工呼吸器と液体酸素療法の併用が吸入酸素濃度に及ぼすリークの影響	第40回異文化間情報連携学会	順天堂大学	2023年6月3日
	26 土居 二人	御存知ですか？ 青年期の睡眠不足が引き起こす怖い疾患のリスク「スマホ、ゲーム依存からの脱却で本来の健康を取り戻す！」	出張講義	熊本県立鹿本高等学校	2023年6月14日
	27 土居 池 浩司	最新鋭を含む在宅人工呼吸器3機種を用いた酸素療法でリークが吸入酸素濃度に及ぼす影響について比較・検討	第29回熊本県臨床工学会	熊本国際会議場	2023年8月27日
	28 土居 池 浩司	簡易型ペースメーカーカチエカの開発に関する研究	第29回熊本県臨床工学会	熊本国際会議場	2023年8月27日
	29 池 浩司 清水 悦郎 土居 二人	Nasal Alarに関する部位別反応速度について検討	35 th SAS Symposium	東海大学湘南キャンパス	2023年11月10日
	30 池 浩司 清水 悦郎 土居 二人	閉鎖式気管吸引カテーテルがフラッシュ時に引き起こす垂れ込みリスクについて検討	35 th SAS Symposium	東海大学湘南キャンパス	2023年11月10日
	31 土居 二人	睡眠不足が引き起こす身体への影響（ネット依存）	出張講義	熊本県立鹿本高等学校	2023年11月15日
	32 土居 二人	人工呼吸器と酸素療法併用に伴うデバイスの開発	長崎市産業雇用政策課 R&D交流会	長崎市 十八親和銀行	2023年11月21日
	33 土居 二人	医療業へ進出を考える企業様へ在宅医療の最新研究を紹介	長崎都市経営戦略推進会議 第3回医療・福祉機器等ものづくり検討会	長崎市	2023年11月28日
	34 土居 二人	未来を拓くパルスオキシメータ ～通常酸素飽和度の新境地とその非条件下での比較研究～	日本知能情報ファジィ学会九州支部大会	熊本高等専門学校	2023年12月9日

電気電子情報技術部門	35	土居 二人	医工連携と熊本県臨床工学技士会	日本知能情報ファジィ学会九州支部大会	熊本高等専門学校	2023年12月9日
	36	土居 二人 川添 薫	閉鎖式吸引カテーテルによる垂れ込み現象の解明と理解	第36回バイオメディカル・ファジィ・システム学会	早稲田大学	2023年12月16日
	37	池 浩司 土居 二人	Philips Nasal Alar 使用時の正常状態酸素飽和度と非条件下の比較	第36回バイオメディカル・ファジィ・システム学会	早稲田大学	2023年12月16日
	38	土居 二人	在宅人工呼吸器を用いた酸素療法における酸素供給源と供給方法の違いによる吸入酸素濃度の比較	第36回バイオメディカル・ファジィ・システム学会	早稲田大学	2023年12月16日
	39	池 浩司 土居 二人	閉鎖式気管吸引カテーテルにおけるフラッシュ時の垂れ込みについて ～最新式カテーテルでの追加研究～	第18回九州・沖縄臨床工学学会	久留米シティプラザ	2023年11月4日
	40	土居 二人 (座長)	国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) 次世代医療機器拠点整備事業 医工連携イノベーション推進事業の支援のもと人材育成プログラムのセミナー	国立研究開発法人日本医療研究開発機構	長崎総合科学大学	2024年3月16日
	41	山路 学	波佐見のまちづくり	長崎南高校SSH「未来デザインスクール」	長崎南高校	2023年10月27日
	42	山路 学	地方のリカレント教育を取り巻く課題に関する研究	第30回社会情報システム学シンポジウム	電気通信大学	2024年2月9日
	43	王 琦	推移確率行列の区間型推定アルゴリズムの改良について	非線形解析学と凸解析学の研究	京都大学数理解析研究所	2023年8月30日
	44	王 琦	制約付き最小二乗法を用いた推移確率行列の推定について	「確率最適化とその応用」研究部会第9回研究会	上智大学	2023年12月26日
45	藤原 太郎 池 浩司 清水 悦郎 川添 薫	救命率向上のための一体型薬液バッグ・輸液ラインシステムの開発	第98回日本医療機器学会大会	パシフィコ横浜	2023年6月30日	
海洋・複合新技術部門	46	黒田 勝彦	振動基礎と中高周波数域の振動騒音解析法と対策への応用, 事例紹介	おかやまモノづくり大学音響・振動技術セミナー講師		2024年2月29日
	47	石川 暁	大学・船舶工学コース (1)	高大連携授業 (附属高校1年生エンジニアリングコース)	附属高校	2023年6月14日
	48	石川 暁	船舶海洋試験水槽 (雲の上水槽) で実験してみよう	NiASセミナー (体験学習)	長崎総合科学大学	2023年7月27日
	49	石川 暁	船舶工学コースで実施している船舶および海洋構造物に関する水槽実験	第1回オープンキャンパス (雲の上水槽)	長崎総合科学大学	2023年7月27日
	50	石川 暁	船舶工学コースで実施している船舶および海洋構造物に関する水槽実験	第3回オープンキャンパス (雲の上水槽)	長崎総合科学大学	2023年9月24日
	51	石川 暁	船舶工学コースで実施している船舶および海洋構造物に関する水槽実験	春のオープンキャンパス (雲の上水槽)	長崎総合科学大学	2024年3月24日
	52	古野 弘志	船舶海洋工学へのいざない	第1回オープンキャンパス	長崎総合科学大学	2023年7月23日
	53	古野 弘志	サロゲートモデル (CAE×AIによる物理代理モデル) を用いた船体接水防撓パネルの簡易固有振動数推定法の開発	Altair Technology Conference 2023	虎ノ門ヒルズフォーラム	2023年8月25日
	54	古野 弘志	船舶海洋工学へのいざない	第3回オープンキャンパス	長崎総合科学大学	2023年9月24日
	55	古野 弘志	潮流下稼働可能型海中ロボットの中間ランチャ水平尾翼の揚力調整に関する研究	世界の先端技術セミナー「ながさき半導体」ポスターセッション	出島メッセ長崎	2023年11月4日
	56	古野 弘志	ボックスシェイプバルクキャリアの構造初期計画システムの構築 (遺伝的アルゴリズムによる船体構造の最適化)	世界の先端技術セミナー「ながさき半導体」ポスターセッション	出島メッセ長崎	2023年11月4日
	57	古野 弘志	船舶工学コースにおける異学年授業の実施による学修効果	2023 Faculty Development	長崎総合科学大学	2023年11月6日
	58	古野 弘志	A Study on Lift Adjustment of The Movable Horizontal Stabilizer Mounted on Launcher and The Control of Tidal Current Remotely Operated Vehicle (Trov)	The Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineering 2023 Annual Autumn meeting	出島メッセ長崎	2023年11月27日
	59	松川 豊	イオンドラッグ型EHDマイクロポンプ内流れの数値シミュレーション	第37回数値流体力学シンポジウム	名古屋大学	2023年12月17日
	60	藤田 謙一	浮体式洋上風車の風と波による応答および構造損傷発生確率評価に関する研究	第69回構造工学シンポジウム	東京工業大学 大岡山キャンパス	2023年4月15日
	61	藤田 謙一	Stochastic Response Evaluation for Random Wind and Wave Actions of Module-Linked Floating Structures with a Wind Turbine, Proceedings of the Third World Conference on Floating Solutions	World Conference on Floating Solutions WCFS2023 Japan	日本大学 駿河台キャンパス	2023年8月29日
	62	藤田 謙一	浮体式洋上風車のランダムな風と波に対する損傷発生確率評価 その2 評価結果	2023年度日本建築学会大会 (近畿)	京都大学 吉田キャンパス	2023年9月13日
63	藤田 謙一	バージ式浮体式洋上風車の風と波による損傷発生確率 (その1: 評価方法)	令和5年度全国大会 第78回年次学術講演会	広島大学 東広島キャンパス	2023年9月15日	
64	藤田 謙一	バージ式浮体式洋上風車の風と波による損傷発生確率 (その2: 評価結果)	令和5年度全国大会 第78回年次学術講演会	広島大学 東広島キャンパス	2023年9月15日	
65	藤田 謙一	連結式浮体の連結型式による応答変化	日本船舶海洋工学会 令和5年秋季講演会	長崎市 出島メッセ	2023年11月27日	
学基礎部門	66	板倉 数記	相対論的重イオン衝突によるクォークグルーオンプラズマ研究の現状と今後の課題	NIFSプラズマ量子プロセスユニットセミナー	核融合科学研究所	2023年9月20日
	67	板倉 数記	最新の宇宙の知見と私たちとのつながり	第12回 物理分野教材研究講座	長崎大学教育学部	2023年12月3日

(3) テレビ・ラジオ出演

番号	氏名	放送日	放送局	番組名	内容
1	川添 薫	2023年6月26日	NBC長崎放送	Pint	産学官で医療機器開発へ
2	持田 浩治	2023年8月4日	FM Nagasaki	サンライズステーション	「アバトーク」8月5日はペンギンの日スペシャル!
3	黒川 不二雄	2023年12月2日	くまもと県民テレビ		エネルギー最新技術、崇城大学セミナーにて講演
4	山路 学	2024年2月16日	NHK長崎	ニュース	「波佐見焼」製造中の磁器をドローンで運ぶ実証実験 波佐見町

(4) 受賞・認証

令和5年度一般社団法人日本高圧力技術協会科学技術振興賞（令和5年5月26日）

岡田 公一「CFRP積層板の大気中・人工海水中疲労強度に関する一考察」

（圧着技術 第60巻3号）

JACE Best Presentation Award Student Abstracts（第18回九州・沖縄臨床工学会 2023年11月）

宮原龍星, 山下倅輝, 江崎敬太, 池浩司, 土居二人「閉鎖式気管吸引カテーテルにおけるフラッシュ時の垂れ込みについて ～最新式カテーテルでの追加研究～」

SAS Award for Poster Presentation at the 2023 SAS Symposium

（Society of Advanced Science 2023年11月）

高田 奈葉実, 池 浩司, 清水 悦郎, 小田原 愛恋, 江崎 敬太, 木村 達洋, 土居 二人「Nasal Alarに関する部位別反応速度についての検討」

長崎市製品・技術「優れモノ」認証制度（認証期間：令和6年3月22日～令和9年3月31日）

製品名：垂直軸型風力発電機「プラネッツパワー」

副島 勝則（客員研究員・サイエンスリサーチ株式会社 代表取締役）

(5) 書籍出版

村上 信明 【タイトル】 雑説 技術者の脱炭素社会（改訂増補版）

【出版社】 梓書院 2023年11月1日発売

長崎総合科学大 黒川不二雄学長

社会課題に挑む人材を

4月1日に就任した長崎総合科学大の黒川不二雄学長(71)に抱負や、大学ができる地域貢献などを聞いた。

(聞き手は山口栄治)

インタビュー



「長崎から世界に通用する人材を育て、社会に送り出したい」と語る黒川学長
＝長崎市檀町、長崎総合科学大(田中英雄撮影)

―抱負を。

多くの優秀な人材を社会に送り出すことが学長の使命。本学は少子化、高齢者の健康増進、環境保全といった課題に取り組んでいる。昨年の科学雑誌「ニュートン」によると、国内で物理学は13位、本学全体は33位の研究力を誇る。地域、産学官金、国際の各領域で連携を深め、教授陣

や職員と一緒に社会的課題の解決に挑むことで、学生は学問の価値を理解する。

―専門分野は。

エレクトロニクス分野で半導体デバイス、回路、それらを組み込んだ装置やシステムといったハードウェア、その制御を行うAI(人工知能)などを含んだソフトウェアを扱っている。まさに技術分野のDX(デジタルトランスフォーメーション)最前線だ。最近はその中のパワーエレクトロニクスという分野に力を入れている。

―長崎総合科学大の雰囲気は。

学生は就職、臨床工学技士の国家試験受験、地域ビジネスやスポーツ選手のサポートなどを目指している。大学院の博士課程まで進み大学教授を志す者もいる。さまざまな目標を持った学生が混在することで人間性や目的意識の自覚が高まって

いる。

―大学ができる社会貢献は。

地元の産業の付加価値を高めるには、高度な技術者を地域でいかに多く育てるかが大事だ。地域の課題解決や経済発展をサポートしたいという人材にも道筋を示せたらと思う。

工学の「工」という字は、天(自然、真理の探究)と地(人間社会、技術)をつなぐ学問だと言われる。技術は人類全体のものだ。長崎の地にある最高学府として地域の産業や経済、教育関係者とタッグを組み、日本、さらには世界に向けて人材と技術を発信したい。

―これから大学を目指す人や在学生にメッセージを。

付属高校から別科日本語研修課程、学部、大学院修士課程、博士課程、研究所まで最高学府として充実した体制を整えている。国は私立高校の授業料無償化や大学院生の授業料後納などを進めているが、これらは本学が先行し整備してきた高等教育システム。本学で素晴らしい知力を身につけ、一緒に明るい未来を語れるようにしよう。

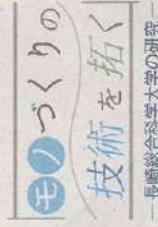
くろかわ・ふじお 山口県出身。工学博士。福岡工大卒。長崎大工学部教授、同大大学院研究科電気・情報科学部門長などを歴任。2017年10月から長崎総合科学大大学院新技術創成研究所学術教授。IEEE(米国電気電子学会)のLife Fellow(終身名誉会員)。

3次元集積回路でくらし便利に

半導体の高性能化

工学部准教授

清山 浩司



2023年12月のサッカーW杯カタール大会、日本対スペイン戦は、逆転1-1に終わった。この試合の前半の折り返しに田中碧選手が試合を翻転していた日本中の人が興奮を覚えた場面でした。

「1回の息継ぎ」と呼ばれた判定は、人工知能(AI)やロボティクス(ロボット)やさまざまなセンサーネットワークで接続して利用する技術が用いられています。まさにこの瞬間では、スマートフォンに見えものの、VAR (Video Assistant Referee) の判定アシスタントとなりました。

この判定を助けた公式球は、リアルタイムボールの位置情報を毎秒100回送る高精度無線センサー、空間での微妙な動きを感知する慣性測定センサーを組み合わせる電子回路(半導体)が搭載されて、「賢いボール」なっています。

私たちの身の回りの電子機器に組み込まれているIoT(モノのインターネット)技術は、スマートフォンやウェアラブルデバイス、自動車の運転に用いられています。このように私たちの活動をセンシング(量的に情報取得)し、業界からデジタル空間の機会を把握することで、そこで半導体が重要な役割を担っています。

私は、半導体を用いた半導体製造(組み立て)や半導体製造の物理的な情報を半導体製造に接続。処理、構築をする半導体集積回路(IC)に関する研究に取り組んでいます。

半導体は電子回路をセンシングまたは制御ができる材料です。ICの性能は半導体材料のシリコン基板に形成・加工されるトランジスタの数に依存します。

トランジスタの集積は、主にデジタル回路で用いる「信号の増幅(計算)」とアナログ回路で用いる「制御」の2つです。ICの高性能化は、トランジスタを小さくして高集積化する「ムーアの法則」(半導体回路の集積度は1年1.2倍で増える)が基本です。こうした従来の増集積に加え、近年、3次元化が注目されています。トランジスタ構造の3次元化、1層層にも3次元化が求められています。

長崎総合科学大学では、超集積3次元集積回路(3D IC)を東北大学共同で



研究しています。通常のICは、シリコンの表面にトランジスタなどの回路が平面(2次元)に配置・配線されます。私たちの3D ICは、機能が増える複数のICを垂直方向に積み重ね、縦方向配線TSV(シリコン貫通)により接続します。

これによってトランジスタの配線層化による性能向上に加え、2D ICと比べ、電気信号の移動距離が短く無駄な消費電力を低減するメリットがあります。

これまでに半導体製造大手、企業共同でNEC(日立エレクトロニクス・産業技術総合機構)の「超集積超3D ICイニシアチブ」の構築、NECの人工知能半導体(AIチップ)開発加速のための「マイクロリソグラフィ」を取り組んできました。

3D ICは、身近なものだとスマートフォンのカメラやスマートフォンに適用され、製品として提供が待っています。さらにスマートフォンやスマート家電、IoT機器の性能向上により便利になっているという優れものもたくさんあります。

新聞などは、時勢急変による整理のためスマートフォンやスマート家電、スマート産業など「スマートIC」といった言葉をよく目にするようになりました。

この「スマートIC」は、センサー、メモリ、CPU(中央演算処理装置)やAIを駆使。環境・状態を感知して必要な消費電力を供給し、応答・最適化が求められるような制御を行うシステムの自律化により「スマート」を実現するものです。

デジタル化が進む中で、あらゆる電子機器はセンサーや二酸化炭素が必須となり、3D IC技術が必須になります。

超集積超3次元集積回路(3D IC)の標準工業や最先端の工業関係、ソフトウェアやハードウェアの新規開発など、ICには半導体関連企業が多く、この分野で働く人材育成のニーズが高まっています。これから3D ICを担う人材の確保を主とした研究・開発を通じ、半導体分野で活躍する人材を育成してまいります。

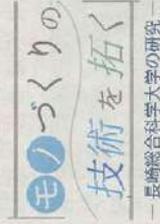
個性を伸ばす

トマトを取る「ドラえもん」へ

収穫ロボットの開発

総合情報学部教授

佐藤 雅紀



「ロボット」といえば何を思い浮かべますか。ドラえもんでしょうか、鉄腕アトム。それとも鉄の卵でしょうか？

現実の世界では稼働ロボットがトローンを占め、体機構造のさまざまなロボットもろくろく自動運転する自動車の差違も増えています。

私は、子どもの頃に見た機動戦士ガンダム（初代）を重く抱いて育ちました。またガンダムに乗って戦う姿に憧れましたが、その頃から「ロボットに憧りたい」というよりは「ロボットを作りたい」と考えていました。なぜなら乗り物酔いがひどいからです。

あれから40年。現在長崎総合科学大で「水中」「農業」「福祉」の3つの分野で「人型ロボット」をテーマに研究をしています。

先ほどの例を挙げるとは、(アニメ)と現実を対比させてみましょう。

機動戦士ガンダムは人が乗って稼働するロボットなので自動車。鉄人の言は人が遠隔で稼働するロボットなのでトローンが近いでしょうか。

ドラえもんや鉄腕アトムは人の手を離れてロボット自身が考え行動するのです。お掃除するロボットや曲芸をするロボットは「自律思考」しているように見えますが、ドラえもんや鉄腕アトムはすべて遠くから遠くから操作されています。またドラえもんのようなロボットは壊れてしまえば、

ロボット自身が考え行動するためには、人工知能（AI）との融合が欠かせません。現在AIの進化が著しくロボットの性能も進んでいます。

それでもまだ、壁が何となく行っている動作をロボットが再現するには、難しい課題がたくさんあります。「カマエコート」を注文して、店内を自律して探している靴屋、コーヒを飲みつつストリートダンスを披露して仕事をこなす。この一歩をロボットで再現するだけでもかなりの技術が必要とされます。

原文のようなAIを駆使して内容を理解する。店内にあるテーブルや椅子の位置を把握して、知らない人と相席にならないように強制的に座席を誘導。コーヒカップの持ち手を指さして、「座らないように持たせて

さくら・まほろ 1976年茨城生まれ。九州工業大学大学院博士課程修了。博士(工学)。財団法人福岡産業・経営持株機構研究員。九州産経大学システム連携部門主任教授を務める。2013年、長崎総合科学大に専任した。



口に運ぶ。たくさんある茶缶の中からパソコンの電源ボタンを押してキーボードとマウスを入力する。一つ一つの課題を達成する技術は存在しますが、それらを統合したロボットが世の中には広く普及するのはまだまだ(もう少し)先のようです。

私自身も常に「人型ロボット」の研究の一環として、トマトを題材とした農業ロボットの研究をしています。農家の皆さんがしている収穫動作をロボットが再現するほど、どこにトマトがあるのか、どのトマトを収穫するのか、どうやって収穫するのか。ロボット自身が考える課題があります。

私たちのロボットはAIや画像処理を駆使して、赤いトマトや緑色のトマト、葉っぱなどが写った画像から赤いトマトがどこにあるのかをまず一つ一つのロボットの位置関係を把握します。次に「収穫」という収穫時に切り取る部分を判別します。最後にトマト果実とロボット、周囲の障害物の位置関係を基準にロボットが安全に収穫する動作をロボットに搭載したコンピュータで計画して収穫します。

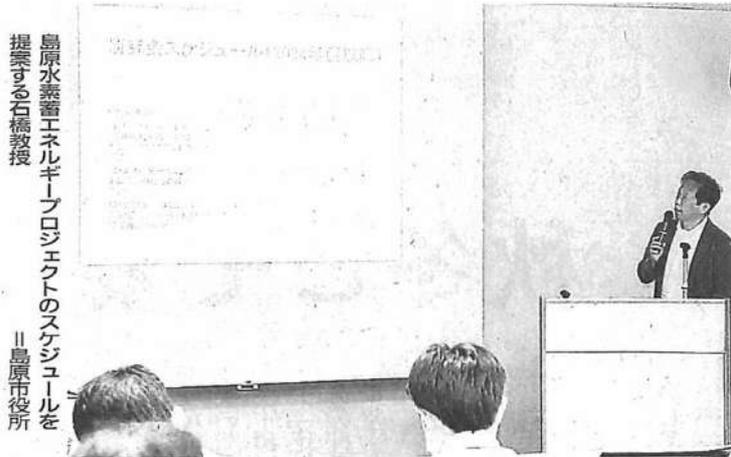
この自動収穫ロボットの開発には10年ほど取り組んで、少しずつロボットが成長しています。

正攻法は自分の手でロボットとトマトを交互に見ながら手取り足取り稼働する機動戦士ガンダム型。その後には遠隔で稼働する鉄人型。5年後には全自動で収穫できるドラえもん型。

の昔よりも2023年ほどトマトを収穫する技術を競う競技会が開催されるようになりました。しかしながら、まだドラえもん型と呼べるレベルはあきません。さらなるレベルアップのため、AIを活用したトマト果実の認識や、果実に傷をつけないように収穫するロボットハンドの開発がさらに求められます。

長崎総合科学大には日々学生ロボコンやトマトロボット、水中ロボットなど、学生が主体となったロボットコンテストが多数あります。めいめい好きな大人を養成し、人とロボットが共存する社会づくりに貢献したいと考えています。

随時掲載します



島原水素蓄エネルギープロジェクトのスケジュールを提案する石橋教授
 〓島原市役所

島原で水素発電連携会議

家畜ふん尿をEV動力源へ

島原市内の家畜のふん尿から生成したメタンガスから水素を取り出して発電し、電気自動車(EV)の動力などへの活用を研究する「島原水素蓄エネルギープロジェクト連携会議」の初会合が9月29日、同市役所であった。

同市は4月、2050年に二酸化炭素(CO₂)排出実質ゼロを目指す「ゼロカーボンシティ」を宣言。同市内で家畜ふん尿からエネルギーを生成した実績のある長崎総合科学大と脱炭素社会構築に向けた連携協定を締結している。

初会合には、市や同大のほか、金融機関、バイオマスエネルギー関連企業、環境系市民団体の関係者など計約40人が参加。同大客員研究員の石橋康弘・熊本県立大教授が、早ければ24年2月にもメタン発酵による水素製造プラント設置を国などに申請し、24年度から2カ年で実証試験、26年度からは実機稼働を目指したいと提案。同市の予約制コミュニティバス「たしろ号」(7台)のEV化にも協力していきたいと述べた。

金子忠教副市長は取材に「経費面も含めてハードルはあるが、実証試験中の24年度からたしろ号の一部EV化を進めていければと思う。身近な交通機関がゼロカーボンとなることで、市民の環境意識啓発にもつながる」と話した。

(緒方秀一郎)

半導体産業の現状と課題 共有

長崎で先端技術学ぶセミナー

半導体の先端技術を学ぶセミナーが4日、長崎市尾上町の出島メッセ長崎であり、大学や企業の研究者・技術者らが、講演やパネル討論を通じて半導体産業の現状と課題を共有した。

産学官で連携し、県内の半導体産業振興を目指す「ながさき半導体ネットワーク」に参画する長崎総合科学大とイサハ電子（諫早市）が共同で開催。業界トップランナーの講演や展示を通じて、半導体への関心を促し、人材育成・確保につなげようと企画した。

基調講演では、東北大未来科学技術共同研究センターのシニアリサーチフェローで、長崎総科大客員教授の小柳光正氏が半導体の技術的進歩や市場競争の経過などを説明。半導体技術の進歩が、微細化した半導体を一つのチップに集積する方式から、複数のチップに分け、立体的に集積する「チップレット」に移行しつつあるとし、「歴史的転換点にある。若い人たちも関心を持ち、業界に参画してほしい」と呼びかけた。

この他、ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング、京セラ、イサハ電子が自社の技術を紹介。大学や企業の技術展示もあった。（六倉大輔）



半導体技術の現状について解説する小柳氏

長崎市、出島メッセ長崎

2030年度の二酸化炭素（CO₂）排出実質ゼロを目指す、環境省の「脱炭素先行地域」に、長崎市の計画が選ばれました。「歴史文化」×「夜景観光」×「脱炭素」を融合させた「長崎版サステナブルツーリズム」として、選ばれる観光都市を世界に発信する計画です。長崎市の脱炭素先行地域計画の関係団体のトップらが昨年末、「ひとつ先の風景へ～ふるさと長崎を産学官連携で紡ぐ～」をテーマに意見交換しました。長崎サミットも今後の動きに注目しています。

長崎サミット 2月号 NEWS



長崎都市経営戦略推進会議
トピックス、活動報告はこちら

脱炭素先行地域の概要

長崎市の脱炭素先行地域の計画では、世界文化遺産を含む、東山手・南山手地区で、住宅や民間・公共施設を中心に照明をLED化し、高効率の空調機器を導入。これらの施設には、最終処分場や遊休地の太陽光発電、廃棄物発電で生み出した再生可能エネルギーを供給。世界新三大夜景の稲佐山から見下ろすライトアップ施設群の脱炭素化を図り、「持続可能な観光ガイドライン(STS-D)」の認証取得も目指しています。



「歴史文化」×「夜景観光」×「脱炭素」

「オール長崎」で推進



長崎市長
鈴木 史朗氏

長崎市の強みである歴史、文化、夜景、そして観光交流。これらと脱炭素を組み合わせ、「サステナブルツーリズムの街」として選ばれる国際観光都市を目指します。環境面に配慮しつつ、ナイトタイムコンテンツを充実し付加価値を高めたいと考えています。目指すところは「オール長崎」。稼げる高付加価値な観光を推進することで、訪問者と事業者、市民の「三方よし」の関係を構築。それを継続し、次世代にわたる持続可能な観光地づくりのモデルをつくります。

歴史と環境で差別化



日本政府観光局(JNTO)
理事長
蒲生 篤実氏

欧米の観光客は、地球環境問題について、センシティブな関心を持っています。選ばれる観光地となるためにはカーボンニュートラルが不可欠です。また高付加価値を望む観光客は、価値観が変わるような体験、そこで見られないものを求めています。長崎は江戸時代をはじめ、国際的な窓口を担ってきた歴史があり、他の地域と差別化できます。それらとカーボンニュートラルをセットにして戦略的に取り組んでおり、非常に先見の明があると思います。

総力挙げ地域活性化

夜景はどうしてもエネルギーを使います。再生可能エネルギーや環境対策のためのハード/ソフトウェア技術を通じ、電気系統でサステナブルのお手伝いをしたいです。さらに本学は、地域のマネジメントや人材育成もできます。地域の企業や商店に技術を提供するなど、総力を挙げて地域活性化につなげたいです。

長崎総合科学大学
学長
黒川 不二雄氏



NTTアーバンソリューションズ
建築エネルギー戦略部
担当部長
安江 直志氏

地域との密着が必須

これからの取り組みで大事になるのは地域、特に民間企業との連携。例えば、太陽光発電を作り、運用して使ってもらうことが、最終的に地域経済につながると考えています。サステナブルの実現は難しく、地域と密着して進めることが欠かせません。

産学連携で質を向上

環境意識が高い人に観光地として選ばれるには、質や体験が大事になります。観光を通じたまちづくりに貢献したいと思っています。オール長崎の取り組みには、産学連携はもちろん、民間同士のつながりが望めます。ぜひ観光コンテンツづくりで参加させていただきたいと考えています。

ゼンリンビジネス企画室
MaaS担当 部長
藤尾 秀樹氏



長崎都市経営戦略推進会議
議長
小川 洋氏

長崎は常に時代を先取りする地域でした。最先端のカーボンニュートラルの取り組みで、新たに注目されることを期待しています。具体的には、歴史的な史跡の中に再生可能エネルギーを監視する「一歩先のコントロールセンター」を建設するなど、面白いチャレンジが必要ではないでしょうか。

私たちは長崎サミットを応援しています

(一社)長崎都市経営戦略支援協会 会員名簿(2023年12月末現在、会員数133、五十音順)

アイティアイ株式会社/アサヒビル株式会社 九州北部統括支社/東公認会計士事務所/安達株式会社/株式会社アルス/AL SOK長崎株式会社/イサハ電子株式会社/株式会社イシマル/株式会社石丸文行堂/有限会社和原屋/株式会社稲佐山観光ホテル/合資会社井上勤紙店/株式会社インテックス/株式会社NDKCOM/扇精光ホールディングス株式会社/オフィスメーション株式会社/株式会社カステラ本家福砂屋/川添硝子株式会社/九州教具株式会社/九州商船株式会社/九州電力株式会社 長崎支店/九州旅客鉄道株式会社 長崎支店/九州ワーク株式会社/株式会社九電工長崎支店/協和機電工業株式会社/久保工業株式会社/株式会社クリーン・マット/光和興業株式会社/後藤運輸株式会社/株式会社西海建設/西部ガス長崎株式会社/崎永海運株式会社/株式会社社さや/株式会社澤山商会/株式会社三基/株式会社シモダアメニティーサービス/株式会社JR長崎シティ/株式会社JTB長崎支店/株式会社十八親和銀行/滲透工業株式会社/株式会社親和土建/株式会社鈴木商店/住友商事九州株式会社 長崎支店/西華産業株式会社 長崎支店/製缶陸運株式会社/医療法人清瀬会/全日本空輸株式会社 長崎支店/株式会社ソラシドエア 長崎支店/損害保険ジャパン株式会社 長崎支店/大和証券株式会社 長崎支店/株式会社タナチョー 長崎支店/株式会社谷川建設/反田海運株式会社/長工醤油味噌協同組合/長星開発株式会社/チョーロ醤油株式会社/株式会社チョーロ/株式会社テクノ・スタ/株式会社テレビ長崎/東栄不動産株式会社/株式会社東美/株式会社ドコモC9九州 長崎支店/トヨタカローラ長崎株式会社/有限会社長崎医学中央検査室/長崎蒲鉾水産加工業協同組合/株式会社長崎銀行/長崎空港ビルディング株式会社/株式会社長崎経済研究所/長崎経済同友会/株式会社長崎ケーブルメディア/長崎県経営者協会/長崎県交通観光株式会社/株式会社長崎国際テレビ/長崎ジーエス株式会社/長崎自動車株式会社/長崎商工会議所/長崎食糧倉庫株式会社/株式会社長崎新聞社/一般社団法人長崎青年会議所/株式会社長崎西部建設/長崎船舶整備株式会社/長崎倉庫株式会社/長崎電気軌道株式会社/長崎トコベツ株式会社/長崎文化放送株式会社/長崎放送株式会社/長崎三菱信用組合/西日本電信電話株式会社 長崎支店/日本航空株式会社 長崎支店/日本紙器株式会社/日本生命保険相互会社 長崎支店/株式会社日本ベネックス/野村證券株式会社 長崎支店/野島商船株式会社/株式会社橋本商会/税理士法人波多野アンドパートナーズ会計事務所/浜市商店連合会/株式会社浜屋百貨店/林田公認会計士事務所/株式会社PAL構造/株式会社ひぐち/株式会社ヒグチコーポレーション/株式会社福徳不動産/株式会社フジオカ/富士フィルムビジネスイノベーションジャパン株式会社 長崎支店/藤村薬品株式会社/不動技研工業株式会社/株式会社プレミア・ニュー長崎/株式会社文明堂総本店/株式会社平安閣/弁護士法人福田・木下総合法律事務所/星野管工設備株式会社/株式会社ホルス/本田商会株式会社/松尾建設株式会社 長崎支店/松藤グループ/株式会社九野/株式会社丸本/有限会社マロニエ/みずほ証券株式会社 長崎支店/三菱重工業株式会社 長崎造船所/三菱長崎機工株式会社/株式会社三ツ輪商事/株式会社メモリード/元船光タクシー株式会社/株式会社森合商会/株式会社森合リース/ヤナセ産業株式会社/やまさ海運株式会社/山田水産株式会社/ユニオンソフト株式会社/株式会社百本ハイテック/ラッキー自動車株式会社

脱炭素 社会動向や最新技術紹介

長崎総科大が講演会



脱炭素を巡る社会情勢や最新技術などが紹介された講演会。長崎市、出島メッセ長崎

長崎総合科学大（黒川不二雄学長）は23日、長崎市尾上町の出島メッセ長崎で公開講演会を開催。「グリーン&Digital」をテーマに、専門家らが脱炭素を巡る社会の動向や最新技術などについて話した。同大は脱炭素に向けた「グリーン・トランスフォーメーション（GX）」の取り組みを推進し、クリーンエネルギーによる

長崎 200人が参加

デジタル社会の実現を目指す。講演会には約200人が参加。環境省や民間企業の専門家ら4人が基調講演し、政府の脱炭素に向けた施策や企業が開発を進めるクリーンエネルギー技術について説明した。

このうち政府観光局の蒲生篤実理事は、温室効果ガス排出量を実質ゼロにする「カーボンニュートラル」の観点で旅行先を選ぶ外国人も多いと紹介。夜景観光の脱炭素化などを掲げ、環境省の「脱炭素先行地域」に選ばれている長崎市について触れ「戦略的にやっていると。この取り組みが他地域にも広がれば」と述べた。

取材に対し黒川学長は「持続可能な社会や観光を実現するためには、GXやデジタルの取り組みが重要。それを支える高度な技術を持った人材の育成に大学として力を入れたい」と語った。

（荒木竜樹）

長崎新聞 2024年2月9日

風力発電 羽根の損傷アプリで点検

機械フロント設計の不動技研工業（長崎市）は4月1日から、風力発電装置の羽根の損傷を音響データで検出する国内初の技術「Chokai（チョーカイ）」のレンタルサービスを始める。

不動技研工業

同社によると、風力発電装置の羽根の損傷検知は現在、ベテラン検査員による聴力頼りだが、この技術を使えば誰でも正確に検査し、損傷を早期発見できるという。

長崎総合科学大の本田敏教授（機械工学）、NPO法人長崎海洋産業クラスター形成推進協議会とともに2017年から研究に着手。20年から再生可能エネルギー発電大手のジャパン・リニューアブル・エナジー（JRE、東京）も加わり、4社で共同開発した。

サービス名は「Mobile型チョーカイ」。アプリを実装したスマートフォンやマイクで構成している。稼働中の風力発電装置の近くで60秒以上録音し、アプリでデータ解析すると、スマホに羽根の損傷の

国内初、4月からサービス開始

有無が表示される。価格は3カ月3万円の試用期間を経て月額3万円。遠隔地にいる管理者にアラームで異常を知らせる「常設型」は研究開発を継続している。

チョーカイの名前は、検証地のJRE酒田風力発電所（山形県酒田市）から望む「鳥海山」が由来。28日から3月1日まで東京ビッグサイトで開催される国際風力発電展「WIND EXPO」に出展する。

（中島泰雄）



解析データを表示したアプリの画面
＝東京

いんてくと 経済

長崎新聞 2024年2月19日

分業制で製造する波佐見焼の器の形をつくる「生地屋」から、色付けして焼き上げる「窯元」に製品を運ぶ手段を車両からドローンに置き換える実証実験が、東彼波佐見町で進められている。共同研究する長崎総合科学大（長崎市）の山路学講師（生産管理）は「波佐見のまち全体を大きな焼き物工場に例えれば、ドローンがベルトコンベヤー代わりになる日が来るかもしれない」と期待感を示した。分業制は高品質と大量生産の両立のため。町内では焼き物の生地を荷台に載せて軽トラで運ぶ。輸送時の破損リスクがあるため、低速で走らなければならないなどの課題がある。実証実験は佐世保市のス

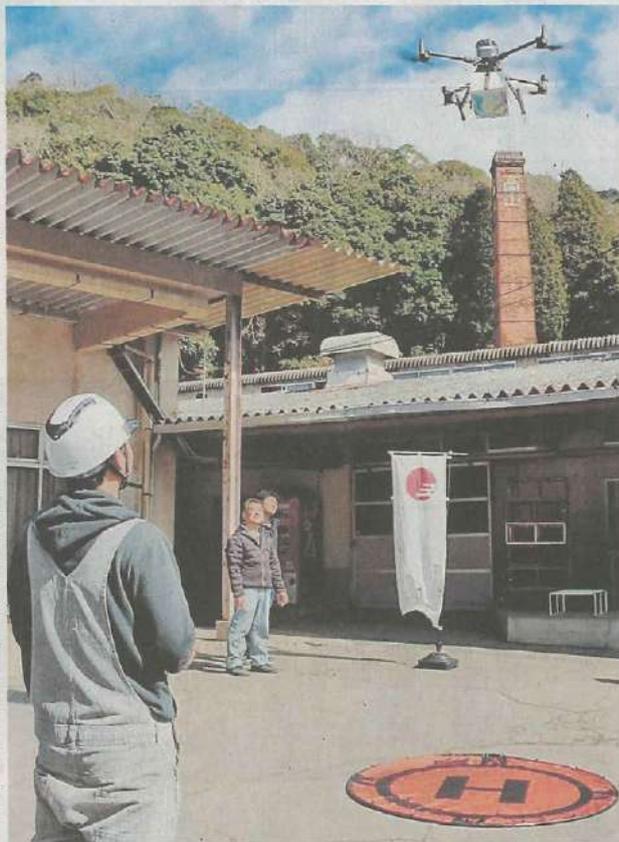
焼き物の生地 ドローンで窯元へ

波佐見で輸送実証実験 軽トラ代わりに

ターゲットアップ（新興企業、ミライステラスや町などが1月から開始。16日に報道陣に公開された実験では、ドローンが小樽郷の生地屋「ニシトウ」から高低差約20

メートルの山を越え、直線距離で約200メートル先の同郷の窯元「高山」に計800キロの生地を半分ほど運んだ。実証実験は今後も継続の方針。ミライステラスの下

高敏彰取締役は「ドローンの性能が向上し、搭載重量が増えれば実用化は可能。人手不足や二酸化炭素（CO₂）削減の解決策にもなる」と話した。（佐崎智章）



ドローンで輸送される焼き物の生地を見守る関係者
＝波佐見町、高山

(7) 外部資金受け入れ状況

1. 科学研究費助成事業 採択状況

令和5年度 合計 16,416千円

文部科学省 科研費

No.	研究課題名	研究者
1	次世代高輝度重イオン衝突実験がもたらすストレンジネス核物理の新展開	大山 健
2	救命率向上のための一体型薬液バッグ・輸液ラインシステムの開発	藤原 太郎
3	ALICE GEM-TPCを実現する連続読出型データ収集解析基盤の開発と実装展開	大山 健
4	災害を踏まえた病院電力システムのレジリエンス強化	松井 信正
5	アミノ酸固定カラムと神経筋接合部に関する病原性自己抗体	本村 政勝
6	プラスチック製廃棄物の小型水蒸気ガス化処理装置開発に向けた基礎研究	中道 隆広
7	在宅人工呼吸器と併用可能な新規酸素供給システムの開発	土居 二人
8	災害を踏まえた病院電力システムのレジリエンス強化 (分担)	田中 雅晴
9	生活環境・バイタルセンサと温熱機能を有するウェアラブル型生活習慣病予防システム (分担)	松井 信正
10	LHC 超前方光子測定によるグルーオン飽和とQGP生成起源 (分担)	大山 健
11	高温QCD物理の新展開: ALICE実験高度化と重クォーク・電子対の高精度測定 (分担)	大山 健
12	ダイレクト集積インモールドエレクトロニクスの基盤創成と浅皮下情報可視化シート開発 (分担)	清山 浩司
13	人と同じ視野角と情報処理機能を有する極低侵襲ピクセル分散型完全埋植人工網膜の開発 (分担)	清山 浩司
14	魚類の心理特性に注目した新たな増養殖技術基盤の開発 (分担)	持田 浩治
15	避難問題フレームワークでのマルコフモデルの推移確率推定と最適経路の研究	王 琦
16	全果実温度計測が実現する高精度な収穫時期予測と高効率な施設園芸	佐藤 雅紀
17	フィードバック制御の操作量を用いたスイッチング電源の経年劣化検出に関する研究	古川 雄大
18	宇宙環境で動作可能な低機能素子を用いた超高速デジタルPOL電源の開発に関する研究	梶原 一宏
19	フレキシブルデバイスの新展開: 先端半導体実装工学が拓くエネルギー貯蔵ロールの創製 (分担)	清山 浩司
20	フレキシブルデバイスの新展開: 先端半導体実装工学が拓くエネルギー貯蔵ロールの創製 (分担)	梶原 一宏

厚生労働科研費

No.	研究課題名	研究者
1	「神経免疫疾患領域における難病の医療水準と患者のQOL向上に資する研究」 役割分担: 重症筋無力症およびランバート・イートン筋無力症候群の全国調査の解析、バイオマーカー、臨床検査の妥当性の検証 (分担)	本村 政勝

2. 奨学寄付金・研究助成金受入状況

令和5年度 合計 5,100千円

No.	寄付の目的	研究者
1	研究助成	岡田 公一
2	下水汚泥など肥料成分を含有する国内有機資源を活用した肥料製造新技術および実証試験等に関する研究	蒲原 新一 薄田 篤生
3	Stage 1 Development of medical devices to prevent infectious diseasesに関する研究	土居 二人
4	スイッチング電源回路に関する研究	黒川 不二雄
5	潮流発電装置の水槽試験による開発	池上 国広 林田 滋

3. 受託・共同研究受入状況

令和5年度 合計 81,178千円

No.	研究内容	研究者
1	車載用降圧DCDCコンバータ開発に関する研究	黒川 不二雄 梶原 一宏
2	漏水位置検知技術に関する研究	本田 巖
3	劣化・故障予測が可能なGaN応用電力変換装置等及びエネルギーマネジメントシステムの研究開発	黒川 不二雄 松井 信正 梶原 一宏 王 吉喆
4	SEAを用いたタイヤ振動放射音の低減に関する研究	黒田 勝彦
5	産業用荷役運搬機械の静的・動的挙動解析に関する研究	本田 巖 田中 雅晴 松井 信正 岡田 公一
6	「ながさきBLUEエコノミー」海の食料生産を持続させる養殖業産業化共創拠点に関する長崎総合科学大学による研究開発（研究成果展開事業 共創の場形成支援（共創の場形成支援プログラム）／共創の場形成支援プログラム 本格型）	松岡 和彦 佐藤 雅紀 藤原 章 山路 学 山路 隆広 中道 隆 本田 巖
7	DERを活用した系統故障検出（Ⅱ）	黒川 不二雄 松井 信正
8	石を使った超長期保存技術に関する研究	大山 健 清山 浩司
9	セキュリティ機器の改ざん自己診断システムの研究	黒川 不二雄 東 良信
10	複合多重経路ネットワークの自動ルーティング処理の考察	黒川 不二雄 東 良信
11	「サーバ電源のアダプティブ制御開発」 (環境省 令和5年度革新的な省CO2実現のための部材（GaN）や素材（CNF）の社会実装・普及展開加速化事業)	黒川 不二雄 王 吉喆 松井 信正 梶原 一宏 古川 雄大
12	長崎交通圏における交通環境の最適化	蒲原 新一 山路 学
13	AIによる電力デマンド予測に関する研究（step1）	松井 信正
14	FPGA適用技術の研究（Ⅴ）	黒川 不二雄 松井 信正
15	大容量産業電力変換器装置における故障診断（予防保全）に関する調査研究（Ⅴ）	黒川 不二雄 松井 信正 梶原 一宏
16	協調制御による高性能システム電源の制御手法に関する研究	松井 信正 王 吉喆 古川 雄大
17	音響を用いた風力発電ブレードの欠陥検出技術に関する研究5	本田 巖
18	ダウントラフトガス化装置の既存装置活用検討と小型装置を用いたガス化研究	中道 隆広 村上 信明
19	AIによる電力デマンド予測に関する研究（step2）	松井 信正
20	風力発電装置機側音に基づく翼損傷検知に関する研究	本田 巖
21	機械学習（AI）等を活用したFIP発電所向け再生可能エネルギー発電所の発電量予測技術の開発（令和5年度五島市再生可能エネルギー分野先端技術開発支援事業）	松井 信正
22	外洋における海洋環境観測のためのブイ・テレメータシステムの実用化 (事業名：令和5年度長崎県海洋エネルギー関連産業進出促進事業)	石川 暁
23	自律式分散型閉鎖循環式陸上養殖水槽における水質浄化と省エネ化に関する基礎研究	蒲原 新一
24	養蜂界の革命児～Keep Bee Goodbyeダニの開発～	土居 二人
25	協調制御による高性能システム電源の制御手法に関する研究（その2）	松井 信正 梶原 一宏 王 吉喆 古川 雄大
26	モデルベースデザインを用いた空気調和装置に関する研究	松井 信正
27	動力生成システムを用いた発電システムのモデル化に関する研究	松井 信正

28	直流給電1500V DCDCコンバータの構成方法の検討 (3)	黒川 不二雄 松井 信正 梶原 一宏
29	Industry Academia Government Collaboration, Veterinarian Led. 環境資材の開発	土居 二人
30	電流モード制御方式コンバータのホールスラスト用電源への適用性評価	黒川 不二雄 梶原 一宏 古川 雄大

(8) 特許出願等状況

No.	発明の名称	発明者
1	電源制御回路、情報処理装置および電源制御方法	黒川 不二雄
2	溶液担持ペレットの製造方法 (特願2024-053211)	薄田 篤生

新技術創成研究所 所報 第19号

新技術創成研究所所長 田中 義人

新技術創成研究所所報 編集委員会

委員長 下島 真 (基礎科学部門)
委員 中道 隆広 (環境・エネルギー部門)
王 琦 (電気電子情報技術部門)
本田 巖 (海洋・複合新技術部門)

学校法人 長崎総合科学大学
大学院 新技術創成研究所 所報
(創見創新) 第19号

2024年12月27日発行

編集発行 長崎総合科学大学大学院
新技術創成研究所
所長 田中義人
〒851-0121 長崎市宿町3-1
TEL : 095-838-5104 (研究所事務室)
TEL : 095-838-3118 (大学院事務室)
FAX : 095-838-5105 (研究所事務室)
E-Mail : grad@nias.ac.jp
U R L : <http://www.iist.nias.ac.jp>
印刷製本 株式会社 岩永印刷所
TEL : 095-821-2341