



THE JOURNAL OF INNOVATION FUSION

イノベーション融合ジャーナル

2022

Vol.7 No.1 2022 年 11 月
都市生活のイノベーション

日本イノベーション融合学会

学会誌 Vol. 7, No. 1

目次

報告：「高梨智弘先生を偲ぶ会」について

藤掛正史（大会実行委員長・知のオリンピック組織委員会委員長）・・・・・・・・・・1

【原著論文】テレワークを効果的に推進する動く職場「オフィスカー」の試作・評価研究

西山敏樹，信太洋行，小見康夫，斉藤圭，諫川輝之（東京都市大学）

平賀俊孝，根本正樹（KIWA ART AND DESIGN）・・・・・・・・・・4

【研究ノート】半導体業界における常用電源導入に関する考察

福原 成太（三重大学大学院地域イノベーション学研究科 博士後期課程・キオクシア株式会社企画部参事），坂内 正明（三重大学大学院地域イノベーション学研究科 特任教授），三宅秀人（三重大学 工学研究科 電気電子工学専攻 教授）・・・・・・・・・・13

報告：「年次大会・知のオリンピック大会」について

藤掛正史（大会実行委員長・知のオリンピック組織委員会委員長）・・・・・・・・・・23

報告:「高梨智弘先生を偲ぶ会」について

藤掛正史 (大会実行委員長・知のオリンピック組織委員会委員長)

Masashi Fujikake (Intellectual Olympic Organizing Committee Chairman)

(一社)日本イノベーション融合学会(西山敏樹理事長)と株式会社経済産業新報社(高橋成知代表取締役社長)の共同主催により「高梨智弘先生を偲ぶ会」が、2022年6月17日(金)に開催(会場:衆議院議員会館・多目的ホール)された。この催しは株式会社経済産業新報社の役員・社員・支援者たちが中心となり、設営及び運営をしていただいた。司会進行は藤掛正史専務理事が担当した。

定刻の16時30分に西山敏樹理事長の開会の挨拶は始まり、来賓挨拶として、1・片岡方和氏(ちふれホールディングス株式会社 代表取締役社長)、2・富田達夫氏(独立行政法人・情報処理推進機構(IPA)理事長)、3・佐々木昭雄氏(一般社団法人中央政策研究所 小島敏郎理事長代理)、4・土屋元彦氏(富士ゼロックス株式会社 元代表取締役専務)、5・澁谷裕以氏(NPO法人ITコーディネータ協会会長)、6・尊田京子氏(東京メディカルコンサルティング株式会社 代表取締役社長)、7・住田孝之氏(住友商事グローバルリサーチ株式会社 代表取締役社長/元内閣府知的財戦略推進事務局長)、以上の7名からそれぞれ5分程度の挨拶があった。

また来賓として、岡田秀一氏(石油資源開発株式会社 特別顧問/元経済産業省審議官/小泉純一郎元総理大臣秘書官)が紹介された。

弔電紹介では、青木愛参議院議員(立憲民主党)、北村誠吾衆議院議員(自由民主党)、長坂康正衆議院議員(自由民主党)、播磨崇氏(NPO内部統制評価機構 前会長)の4名の弔電が読み上げられた。

閉会の挨拶では、高橋成知氏(株式会社経済産業新報社 代表取締役社長)が壇上に立った。

その後、地下食堂(衆議院第一議員会館)に移動し、18時から懇親会は開始された。献杯の音頭を有賀貞一氏(日本イノベーション融合学会 前会長)がとり、酒井学雄氏(株式会社スプレnderコンサルティング 代表取締役社長)、山本哲朗氏(株式会社アンダーナ代表取締役社長)、黒瀬晋氏(特定非営利活動法人内部統制評価機構 理事長)の3名が挨拶を述べ、定刻19時に懇親会は終了した。「高梨智弘先生を偲ぶ会」の参加者は81名であった。

コロナ禍の中であって、多数の会員の皆様が「年次大会・知のオリンピック大会」及び、「高梨智弘先生を偲ぶ会」に参加下さったことに敬意と感謝の意を表します。





テレワークを効果的に推進する動く職場

「オフィスカー」の試作・評価研究

Research on Prototype and Evaluation of Moving Workplace

“Office-Car” to Support Citizen’s Telework Effectively

西山敏樹, 信太洋行, 小見康夫, 斉藤圭, 諫川輝之 (東京都市大学)

平賀俊孝, 根本正樹 (KIWA ART AND DESIGN)

Toshiki Nishiyama, Hiroyuki Shida, Yasuo Omi, Kei Saito, Teruyuki Isagawa (Tokyo City University), Toshitaka Hiraga, and Masaki Nemoto (KIWA ART AND DESIGN)

Abstract—Due to the Covid-19 epidemic, many companies and workers in Japan have shown interest in teleworking. Houses in Japan are generally small. So, it is surprisingly difficult for residents to make enough space to become their working rooms. On the other hand, what is called “WORKATION”, working while playing outside, is also popular. In this situation, the social significance of the moving workplace, what is called “OFFICE-CAR” increases. The authors prototyped an office car and made citizens evaluate it. As a result, many people wanted to use office cars for daily work. It was also found that the prototype “OFFICE-CAR” was a space suitable for labor. And citizens decide that subscription style is good when using “OFFICE-CAR”. The amount of money they would pay was JPY5000 to JPY10000 in one month for the subscription. Overall, “OFFICE-CAR” was highly evaluated by citizens.

Keyword: Teleworking, Work from home, Moving workplace, WORKATION, OFFICE-CAR

1. はじめに

Covid-19 は、都市生活の様々なシーンに多様な影響を与えている。緊急事態宣言及びまん延防止等重点措置等で、都市生活者の経済活動に大きな制約が加わった。しかし、悪い側面だけではない。都市生活者にとってのもっとも良い一面として、テレワークの議論が再度活性化し実際にテレワーク環境の整備を進める機運が高まっている。テレワークは、厳しい通勤ラッシュの回避、職場での人間関係によるストレスの減少、ライフワークバランスの維持、更には労働者個人のウェルビーイング向上に資する等の効果が期待されている。一方では、労働者の活動の詳細が見えにくい、労働者の評価が行いにくい、テレワーク環境の整備コストがかかる等、雇用者側が問題点を指摘する。そのような

中で、労働者の評価システム、活動状況の可視化システムのパッケージも、次々と開発・販売されている。こうした中、筆者の既存研究では20代～30代の若手層を中心に、テレワークやワーケーションの志向が強い点が判っている(西山, 21 著書)。インターネット等の通信環境の加速度的な改善状況を考えてもテレワークやワーケーションの推進が確実な状況である。

そこで本研究では、テレワークを有効に推進するツールとして動く職場「オフィスカー」の試作・評価を実施した。都市生活者のワーケーション(インターネットを活用し、仕事・休暇を共に旅先で行う現代に適した新しい働き方のこと。Work と Vacation の造語)や手軽な書斎の確保に動くオフィスは色々と可能性がある。

本研究では、トレーラーハウスの様な建築的

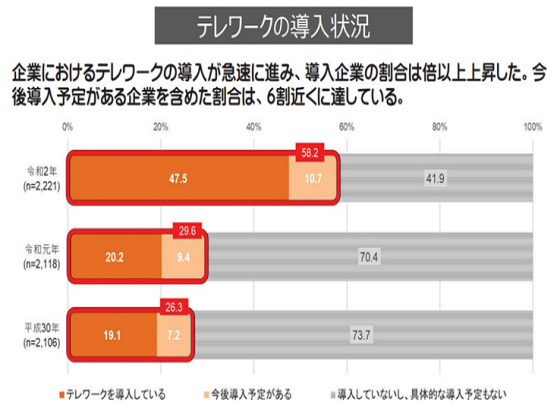


図1 国内企業のテレワークの導入状況
(令和2年 通信利用動向調査による)

発想でなく、ダウンサイジングを進める自動車の発想で動くオフィスを仕立て、都市生活者の仕事の支援可能性について、20名の常勤労働者の体験調査を含めて有効性の評価を行った。

2. テレワークを取り巻く環境変化と動く職場への期待

テレワークの志向の変化については令和2年通信利用動向調査(総務省・令和3年6月18日公表)で、「今後導入予定がある」を含め、国内のおよそ6割の企業が、導入を推進する意思を示している(総務, 2021)。特に、導入を進める企業の68.3%は災害時や感染症流行等の非常時に備える目的で、43.1%は勤務者の移動時間の短縮と混雑回避の目的で、導入を決めている(複数回答可)。テレワークにも色々種類があるが、基本的には導入している9割の企業が在宅ワークを基本にしている。こうした中で行った筆者らの郊外都市でのテレワーク意向調査で、
・ワーケーションも可能な空間及びモビリティ
・在宅ワークを考慮した書斎空間の容易な確保
に対する生活者のニーズが高く示された(西山, 21の論文より, 有効回答者824)。在宅ワーク者が増え、夫婦共々自宅で仕事をすると、書斎的空間の捻出に問題を抱える人が増える。またライフワークバランス重視の観点で、ワーケー



図2 筆者らの勤務する大学と同じグループに属する東急不動産が開発したコックピット型ワークスペースのイメージ

ションを自分の都市生活に含めていきたいという意思を持つ人も多くいる。諸外国と比べた際、日本の平均住宅面積は狭く、今はアメリカの3分の2程にすぎない。アメリカやイギリス、ドイツ等の欧州では、住宅が比較的広く、働く専用スペースを作った都市生活者が多く存在する。国内でもそうした国際的動向を意識した住宅が販売されている(図2)。国内だけで見ても住宅面積の地域格差は大きい。都市生活者の多く集中する東京都民は、茨城県民と比べて3分の1の広さの家に住んでいる。家賃も東京は全国と比べてずば抜けて高い。収入にかなりの余裕がないと広い部屋に住めない状況である。

東京等の大都市圏での自宅内の書斎的空間の容易な確保と、ワーケーションの支援の同時解決を考えた場合に、動く職場：オフィスカーという着想へと自ずと至る。しかも、上記西山の論文ではオフィスカーの使用について、購入ではなくサブスクリプション、シェアリングで活用することを求めた。こうした都市生活者のニーズを基に、オフィスカーの試作を進めた。

オフィスカーが出来れば、都市生活者が働く場所を選ばなくなる。インターネットを通じた単発の仕事であらゆる現場やその近くで金を



図3 三協フロンティアのユニットハウストレーラー



図4 オフィスカーのデザイン

稼働働き方も増えるし、そうした仕事から金が回る経済も近く普通になると予想されている。まさに「ギグ・エコノミー (Gig Economy)」やクリエイティブなフリーランス層が増える都市生活にもオフィスカーは対応可能である。

3. オフィスカーのコンセプトの構築

筆者はまず、オフィスカーの概念設計を実施した。最終的に、言葉での説明を次の様にした。
「オフィスカーは、パーソナル空間そのものを移動させて、持ち運ぶことが可能な点が革新性である。建築の分野でも、トレーラーハウスの可能性が従前も研究されてきた。動くオフィスとしても、すでに三協フロンティアがユニットハウストレーラーを開発している(図3)。対応可能サイズも2坪(4帖)~5坪(10帖)と多様では



図5 オフィスカーの利用イメージ

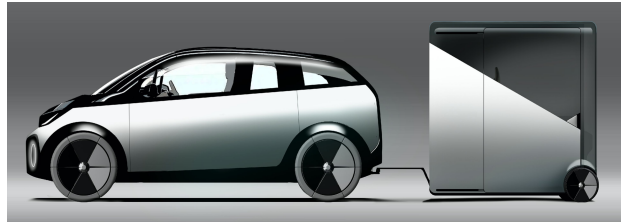


図6 カプラー連結によるオフィスカーの移動

ある。しかし、建築学的発想がベースのために、サイズがやむなく大型になり、重量面でも懸念が多かった。そこで、建築学の研究者ではないモビリティの研究者によるコンパクトな動く職場の具現化戦略を試作開発に付与することにした。そして、購入ではない所有形態であるサブスクリプションやシェアリングにも対応させる。そして自宅等の建物の外部へのワークスペース設置が未来の居住環境では十分ありうることを示す。建物の外部のスペースは居住空間を妨げないメリットがあるほか、空間そのものの移動を容易にすることはワーク(or パーソナル)スペースを任意の場所に設置可能な事になる。この車により新しい働き方や価値観を更に拡大させることも可能である。住宅の中の騒音からの解放、集中できる書斎空間、趣味や休息に集中できる空間にもなり、多様な問題の解決を可能にする。誰もが仕事しやすく、その場所や時間の制約からも開放出来る。まさしくユニヴァーサルデザインな労働環境で通勤者を減らせて、交通エネルギーの軽減にもつなげられる。SDGs 実現にも寄与するツールである」

4. オフィスカーのデザインと設計の経過

オフィスカーのコンセプトを固めて、つぎに

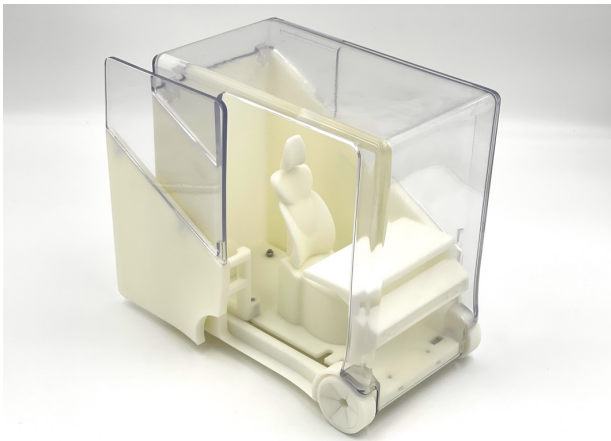


図 7 オフィスカーの 1/8 立体モデル



図 8 オフィスカーの完成イメージ

コンセプトを未来のワークシーンのあるべき姿としてデザイン，視覚化した．いずれは自動運転技術と融合し，ワーケーションを希望する場所まで運転せず，仕事をしながら移動出来る未来を意識した．自動運転が普及・定着する迄は，自家用車や各種パーソナルモビリティ等にカプラー連結してワーケーションを希望する場所まで運ぶことを想定した．以上より，可能な限りのダウンサイジングをテーマに据えて，誰もが気軽に使える動く職場を目指した(図 4)．移動での利用だけでなく，自宅での書斎確保が難しい方の支援にもなるよう企画をした(図 5)．自動運転前の移動のイメージも検討した(図 6)．

上記のようなオフィスカーの利活用シーンやサブスクリプション，シェアリング等も考慮



図 9 Happier Camper のエクステリア



図 10 Happier Camper のインテリア

して，全長 2,000mm，全高 2,000mm，全幅 1,300mm を基本寸法として設計作業を進めた．

都市生活者の評価を得る目的で，基本寸法も念頭に置いた 1/8 モデル(図 7)と完成イメージもまとめた(図 8)．検討用 1/8 モデルは WeNext 社(香港・深圳)の協力を得て実施した．光造形プリントモデルにより，具体的な利用シーンについて議論・評価出来る 1/8 モデルに仕立てた．完成イメージにかんしては，Autodesk Alias による 3D レンダリング製作を進め，完成させた．

実社会でも，ワーケーションを念頭に置けるトレーラーハウスが生まれている．例えば，多用途に展開出来るアメリカ製軽量キャンパーとして Happier Camper なる製品が生まれている(図 9・10)．乾燥重量 499 kg，全長(アームを含)4200mm，全幅 2140mm，全高 2270mm で，牽引免許が不要，レイアウトも自由自在に可変出来る長所がある．今回の筆者のオフィスカーは，Happier Camper の様な小型の多用途キャンパー車輛と比較して，一層コンパクトで

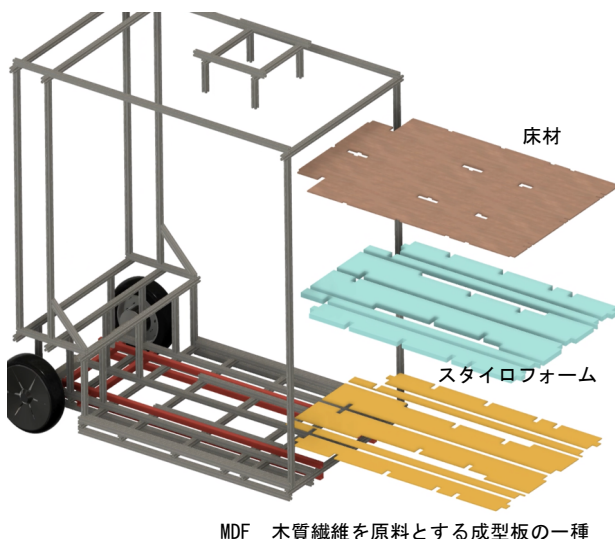


図 11 試作車輛の床面整備の方向性

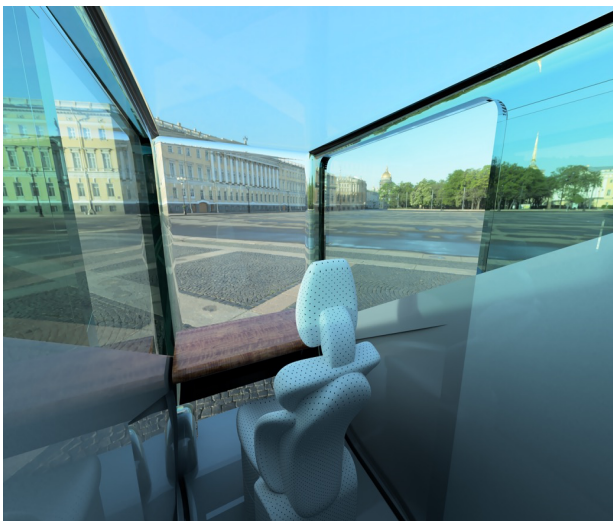


図 12 AR 用モデル. 3DCG の車内環境の製作.
Adobe Aero /AR ゴーグルの Oculus を用い没入感のある検証を実施できる様評価環境を整備.

気軽にワーケーション用途に特化して利活用出来る牽引可能車輛というポジショニングになる。オフィスカーの全長 2,000mm, 全高 2,000mm, 全幅 1300mm のサイズは人間中心設計(ヒューマン・センタード・デザイン)での考え方に基づくもので、人間がオフィスワークをするのに必要なサイズに基づいている。筆頭著者の研究室の大学院生・学部生, 又共同研究者の合計 13 名にもワークシーンを念頭に寸法の検討も行った。オフィスカーのコンパクト性に対するニーズが前述の(西山, 21)の研究でも

高いことが判っており, このニーズにも応えることを重視した。結果上記寸法に落ち着いた。

5. オフィスカーの試作の実際

これまで述べてきたデザイン及び設計作業をもとに, 試作作業を進めた。本来, 図 8 の様に完成させるべきところであるが, 研究費用の限界もあるので, 今回は都市生活者の各種ワーキングに有用なものか, また改善点はどこかを整理することを主眼に置き, スケルトンモデルを試作した。試作では Autodesk Fusion360 の利用で, CAD/CAM/CAE を一体化させた無駄のない設計を心がけた。併せて, 部品の入手性が非常に高い建築用資材を多用し, 規格アルミフレームをボルト接合することで容易な組み立てを実現することにした。こうした試作上の配慮で, 誰もが気軽に仕立てられるようにユニ



図 13 完成したオフィスカースケルトンモデル
(東京都市大学西山研究室の大学院生が業務を行うイメージであり実際の被験者とは異なる)

ヴァーサルデザインのセンスを重視している。床面についても、MDF(木質繊維を原料とする成型板の一種)及びスタイロフォームをベースにして一定のレベルの強度を担保した(図 11)。

また、エクステリアを含めた試作まで、研究費用の関係で実現不可能であったため、日照量や UX を検討するために、AR/VR を活用することにした。車輛基本設計モデルをベースに、環境を切り替えられる 3D のモデルを製作している。Oculus / Autodesk Alias / Adobe Aero 等を用いて、自動車メーカーの開発環境と同じレベルの検証評価環境を整備している(図 12)。

前述のように 13 人に協力してもらい、パソコンでのワークシーンを調査して状況を設計の過程で考慮した。以上の様なエルゴノミクスの工夫も入れ、最終的に出来るだけコンパクトな車を効率的で効果的に試作することとした。

6. オフィスカーのユーザー評価調査

筆者は、このオフィスカーのスケルトン試作モデルをもとに労働者へ評価調査を実施した。

2021 年 12 月 1 日から 2022 年 3 月 8 日までの間に評価調査を実施した。有効回答者数は、20 代が 9 名(男性 5 名・女性 4 名)、30 代が 4 名(男性 2 名・女性 2 名)、40 代が 2 名(男性 1 名・女性 1 名)、50 代が 3 名(男性 1 名・女性 2 名)、60 代が 2 名(男性 1 名・女性 1 名)の合計 20 名の常勤労働者である。有効回答者全員が、日常的に事業所でパソコンを活用したデスクワークを行う常勤労働者である。オフィスカーを試作した東京都市大学総合研究所未来都市研究機構室を評価会場にした。デスクを仕立てスケルトンモデルの車内に着席し、30 分間パソコンを軸にした日常的な仕事をしてもらった(図 13 の様なイメージで仕事をしてもらった)。その後、30 分間のヒヤリング調査を実施し、オフィスカーの評価及びニーズ聴取に進んだ。



図 14 折り畳み式電気自動車「Armadillo-T」

評価には図 4 から図 10 の様な筆者が製作したマテリアルを用い、有効回答者に説明をした。以上のインプットを基に評価をしてもらった。

・オフィスカーの活用意思と支払意思額

20 代の男性 1 名のみが、今後の本格的使用を希望しなかったが、残りの 19 名の有効回答者は、オフィスカーを用いたテレワークやワーケーションを実施したいと回答した。オフィスカーの概念、エクステリアデザインおよびインテリアデザイン、スケルトンモデルについては全員が 5 段階での 5 点評価(最高得点)であった。日本特有の住宅事情もあり、自宅の中で安定的な書斎を家族全員が担保することは難しいとの回答が多く、ワーケーションと共に、追加的なテレワーク用オフィスとしての関心も高い。

特に、ワーケーション志向が強い 20 代～30 代でのオフィスカーの利用希望が強く、実際に活用出来たらワーケーション推進にオフィスカーが有用に作用することが期待できる回答であった。ただし、自分での所有で活用したいという方は皆無であった。活用したい 19 名の

全員が、サブスクリプション方式が最適と回答している。オフィスカーのサブスクリプション方式での利用に対する支払意思額も質問しているが、概ね一か月税込み 5,000 円から 10,000 円の間であれば、日常的に使ってみたいという回答が 17 名で確認された。他にも、デイリーレンタル方式で 15 分=150 円程度であれば活用したいという意見もあった。今回の調査では、あえてビジネスとしてペイ出来る参考金額は提示せず、いくらまでならオフィスカー使用に支払う意思があるかを調査した。まずは制約のない状態での支払意思額を把握し、ビジネス化に向けて参考となる情報の整理に努めた。この支払意思額の精緻な調査は今後の研究の課題である。実際のオフィスカーの活用には事業者と労働者の相互負担への期待も大きい。様々な活用シナリオを描き調査を試みる必要がある。

ビジネス化して、オフィスカーを社会に波及させる上で購入して貰う戦略は現実には難しい。自宅の近所等でサブスクリプションのようなシェアリングベースの方式での波及が現実的と判る。気軽に利活用する観点から、概ねコンビニエンスストア、スーパーマーケットの様な住宅街の近くにある公共施設で借りられる未来の都市生活シーンを期待する回答者が 13 名いた。自家用車とのカプラー連結が可能なら今後キャンピングカーを貸し出す会社の事業化に期待する、という有効回答者も 2 名いた。

・ワーキング環境としての評価

仕事の環境としては、先の使用したくないという 1 人を除き、4 点以上の評価をした(5 段階で 5 点が 15 名、4 点が 4 名)。特に世代間及び性別間での特徴的な評価格差はなかった。基本的に、日常的に仕事で図面および書類を大きく広げる方はおらず、パソコンを軸にしたワークスタイルの方には満足してもらえるスペース

になっていることが判った。ただし、4 点の人の中には、「もう少し幅があると色々な仕事に柔軟に対応出来る」、「息抜きの趣味にも使えることを前提に、少し机が大きくなると良い」という意見もあった。机の幅等を可変式に仕立て一層多くの方の満足度を高める必要性も判る。

その他、シートそのものや、車輦そのもののサイズにかんしての意見は確認されなかった。

・車輦そのものに期待する機能

サブスクリプション及びレンタルを前提にして、先の一か月税込み 5,000 円から 10,000 円の間、デイリーレンタル方式の 15 分=150 円程度を支払う前提として、有効回答者サイドは

- ・インターネット(仕事に使える高速のもの)
- ・コンセント
- ・冷暖房設備
- ・飲料水(ワーケーションに使えるように)

が価格に含まれていることを希望した。車輦のメンテナンスや安定的なサービスのためにも、キャンピングカー事業者のビジネス展開を期待する声も 2 件確認出来た。また、仕事上の情報管理、プライバシー管理の観点でマジックミラーの取り付けを希望する声も 2 件確認出来た。さらに、ワーケーションでの移動過程で狭い駐車スペースも予想されるので、車輦を折り畳める機構、小型化出来る機構を希望する 20 代の女性も 1 件だが確認出来た。各意見は現実的波及を目指す過程での考慮要件となる。折り畳める車は、韓国科学技術院緑色交通大学院の研究チームが開発している超小型の折り畳み式電気自動車「Armadillo-T」などがある(図 14)。こうした動向も踏まえた車輦の仕様を考えていくことも、都市生活者の支持を得る上で重要となる。また、車輦に挟んで移動出来るようにし、極力全長が短くなるような工夫等も生活者の支持を得る上では必要である(図 15)。

7. おわりに

本研究で動く職場のオフィスカーは、スケルトンモデルながらワーキングスペースとして有効に作用することがユーザー評価で判った。

併せて、現実的な波及については、購入前提のビジネスモデルよりも、サブスクリプションを前提にしたビジネスモデルに期待が持てそうなことも判った。また、サブスクリプションのビジネスに付加が期待されるサービスの像も明確になった。これらの成果を基に、スケルトンモデルを類例のない完全な試作車輛へと昇華させることを課題とする。そして試作車を用いて都市生活者にワーケーションを体験して貰いユーザー評価を推進する所存である。

さらに、都市設計の中にオフィスカーの様なモバイルルームの存在を位置付けてワーケーション文化(ハードとソフトとビジネスモデル等)を醸成するための社会戦略的研究に深掘りしていくことも必要であり、実践に移したい。

建築学的研究とモビリティ的研究との対比的な表現も、好ましくないという意見がある。同じ要求項目及びそのレベルを与えた場合、同じような方向性のデザインがアウトプットされる可能性がある。必ずしも建築学と移動体学の違いによって、根本的な差が出るとは考えられないという議論である。建築学的な発想を切り捨てるのではなく、むしろ建築学的研究にコンパクトなモビリティとしての要求を明示した場合にどんなアウトプットが生まれるか、という立場から当該分野の研究にフォーカスしてみる必要がありそれも今後の課題である。

謝辞：

本研究は、東京都市大学総合研究所未来都市研究機構のヒューマン・センタード・デザイン研究ユニットの成果の一部である。学内公募の資金を得ながら、未来都市の都市生活のあり方



図 15 オフィスカーを極力コンパクトに運ぶ為には、画像のような新しい連結方式もありうる。

を人間中心設計で研究した成果となる。上記の主旨を理解頂きこの研究に多額の資金を配分した東京都市大学には厚く御礼を申し上げる。

参考文献：

- [1] 総務省, 令和2年通信利用動向調査, 2021.
- [2] 西山敏樹, 信太洋行, 小見康夫, 斉藤圭, 諫川輝之, ニューノーマル時代の新しい住まい, 2021.
- [3] 西山敏樹, 信太洋行, 小見康夫, 斉藤圭, 諫川輝之, 在宅ワークを有効に支援する未来の住まいでの新しい装置に関する研究, イノベーション融合ジャーナル, 6 (1), pp.5-12, 2021.

著者紹介：



西山 敏樹(Toshiki NISHIYAMA)
東京都市大学 都市生活学部 准教授。専門は、ユニヴァーサルデザインやモビリティ論。日本イノベーション融合学会理事長。



信太 洋行(Hiroyuki SHIDA)
東京都市大学 都市生活学部 准教授。専門は、住宅の生産及び構法。



小見 康夫 (Yasuo Omi)

東京都市大学 建築都市デザイン学部 教授。専門は、建築構法、建築生産。



斉藤 圭 (Kei SAITO)

東京都市大学 都市生活学部 准教授。専門は、都市の環境デザイン。



諫川 輝之 (Teruyuki ISAGAWA)

東京都市大学 都市生活学部 准教授。専門は、都市の安全及び防災。



平賀 俊孝 (Toshitaka HIRAGA)

KIWA ART AND DESIGN 代表取締役社長。専門はデザイン全般。特にスペキュラティブ・

デザインの分野で、先進的な活動を展開。日本イノベーション融合学会事務局 DX 担当次長。



根本 正樹 (Masaki NEMOTO)

KIWA ART AND DESIGN

取締役。専門はデザイン全般。特にスペキュラティブ・デザ

インの分野で、先進的な活動を展開する。

【研究ノート】本論文は、明確な評価基準に基づき、複数名の査読を経て掲載されております。

半導体業界における常用電源導入に関する考察

—A Consideration for Introducing Continuous Power Generation to the Semiconductor Industry—

福原 成太（三重大学大学院地域イノベーション学研究科 博士後期課程・
キオクシア株式会社企画部参事）

坂内 正明（三重大学大学院地域イノベーション学研究科 特任教授）

三宅 秀人（三重大学 工学研究科 電気電子工学専攻 教授）

Jota Fukuhara (PhD Course Student, Graduate School of Regional Innovation
Studies, Mie University/Chief Specialist, Kioxia Corporation)

Masaaki Bannai (Specially Appointed Professor, Graduate School of Regional
Innovation Studies, Mie University)

Hideto Miyake (Professor, Graduate School of Engineering Department of Electrical
and Electronic Engineering, Mie University)

Abstract: Cost verification is important in case of considering continuous power generation. When verifying the cost of electricity generation, it is important to compare the cost with electricity purchase prices. Cabinet decided the Sixth Strategic Energy Plan last 22 Nov. According to them, fossil fuel power generation ratio is expected to decrease and non-fossil fuel power generation ratio is expected to increase. In addition, fuel prices are expected to fluctuate due to recent geopolitical influences.

Electricity prices are projected for the year 2030, assuming variable fuel costs, fossil fuel power generation ratio, and non-fossil fuel power generation ratio. Similarly, the cost of generating power for a continuous generator is estimated and compared. Under the scenario of higher fuel costs, our results show that the increment of unit price produced by private continuous power generation become higher than that of an electric rate by power company.

Keyword: The Sixth Strategic Energy Plan, generating cost comparison, fuel costs variation, fossil fuel power generation, semiconductor industry

1. 研究の背景と目的

半導体業界は、昼夜を問わずに電力需要の負荷率が高いので、電力価格を構成する2つの料金（基本料金と電力量料金）のうち、基本料金は約30%と相対的に小さく、電力量料金比率が70%と高い。使用量で決まる電力量料金のうち、現在の日本では化

石燃料が占める割合が高いため、燃料価格の変動が大きな事業リスクとなっている。半導体業界において国内外で、自家発電設備の納入実績や計画も多い[1][2]。また、半導体業界以外でも自家発電導入事例は枚挙に暇がない[3][4][5]

ところで、事業者が電気代削減を目的として常用

電源の導入を検討する際、そのコストと電力会社の電力価格とを比較し、経済合理性の観点から判断を行う。

発電コスト予測という意味では、経済産業省が令和3年7月に発電コスト検証を行っている[6]。そこでは、石油の価格が上昇していくのに対して、液化天然ガス（以降 LNG）や石炭は価格が下がっていくとされている。また、自然エネルギー財団は2030年の再エネコストを検証している[7]。また、“コスト比較”では、家庭用燃料電池による石炭火力代替の検討を行った研究もある[8]。

しかし、燃料価格は昨今のウクライナ危機に代表される地政学的リスクにより大きく高騰した。一方、令和3年10月に第6次エネルギー基本計画（以下、第6次計画と略称する）が提出され、2030年の火力発電比率の目安が示された。本研究では、第6次計画の発電比率を前提に電力価格と常用電源発電原価とを将来予測する手法をモデル化し、両者を比較することで、半導体製造業界における今後の常用電源導入の可能性を示した。

また、基本料金の推移については、3.1(1)で過去22年間の推移から論じる。

この分野での研究は、電気と化石燃料を用いた自家発電コージェネレーションのリスク分析[9][10][11]で従来から行われており、その研究で行われた電力会社の平均燃料価格の考え方を本研究でも適用した。

今回の予測モデルは、内外の状況が変化した時にその時の条件を入れれば電力価格の予測に柔軟に対応できる。

2. 本研究全体の進め方と本論文の立ち位置

2.1 本研究全体の進め方

本研究を行うにあたり、電力単価を下記の Step で検討を進める。 Step1：火力発電比率を現状と同じと仮定し、燃料分の変動を計算する。 Step2：火力発電比率変動を考慮した燃料費分の変動を計算

する。 Step3：減価償却等についての変動を計算する。 Step4：非火力発電原価を考慮した場合を計算する。 Step5：再エネ賦課金の変動を考慮する。 Step6：CO₂排出価値の変動を考慮する。

2.2 本論文の立ち位置

本論文では、予測を2030年を節目として、上記6つの Step のうち、最も電力評価に占める割合が大きい燃料費の変動リスクを評価することとし、Step3までの計算を試みた。次に、Step4から6についても考慮した検討を行う。

2030年の火力発電の発電比率は、第6次計画の数値を用いる[12]。第6次計画では、2019年と2030年との間で、火力発電比率が示されている。ここでの2030年の発電比率は国の計画値として示されている。2030年の α 、 β 、 γ の値は、2019年値をリファレンスとして採用し、そこから独自に算出する。なお、以降は図や表において、2019年は19年、2030年は30年と略記する。

3. 2030年電力価格の将来予測

3.1 電力価格の前提条件について

電力価格は、(1)式で示すように、電気の契約(kW)で決まる「基本料金」と、使用電力量(kWh)に応じて決まる「電力量料金」に再生エネルギー発電促進賦課金(FIT 賦課金)を加えた合計の数値である。このうち電力量料金は発電事業者が調達する平均燃料価格と基準燃料価格を比べ「燃料費調整額」として燃料価格の変動に応じて加算あるいは差し引いて決まる。

$$\text{電力価格} = \text{「基本料金」} + \text{「電力量単価} \times \text{使用電力量」} + \text{「再エネ賦課金」} \quad (1)$$

(1) 基本料金の推移(2000年から2022年の実績値より)

基本料金は電力会社が設備投資した発電・送電設

備の償却費に相当する費用である(図1, 表1)。2000年からの22年間で中部電力の場合には2.1%(年平均にすると0.09%)であり、変化は小さい。この結果から、基本料金は2030年までは本論文では一定値と推定した。

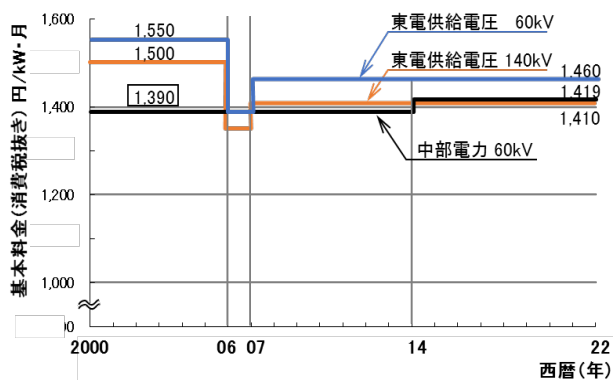


図1 東電特別高圧 タイプB 基本料金の推移

表1 基本料金の変化(2000年～2022年の22年間)

電力会社	基本料金 (60kV, 円/kW)	年平均の料金変化
中部電力	1,390→1,419 2.1%上昇	年0.09%上昇
東京電力	1,550→1,460 5.8%低下	年0.26%低下

(2) 電力価格と燃料価格

筆者が所属する企業は中部地方にあり、中部電力の発電のうち化石燃料比率が国内で最も高いことから、平均燃料価格については、中部電力の公表値[13]を活用する。また、電力価格については、中部地方電力販売価格(以下電力価格)の特別高圧の値を用いた。2016年4月から2021年12月までの値で、その2つの相関を求めると下記の図2を得る。

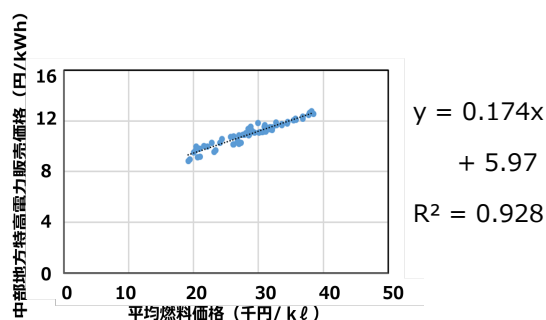


図2 平均燃料価格 vs. 中部地方特高電力販売価格

また、各月の平均燃料価格は下式(2)のように公表されている[13]。

平均燃料価格(千円/kL)

$$= \text{各月の原油燃料価格(千円/kL)} \times \alpha \\ + \text{各月のLNG燃料価格(千円/t)} \times \beta \\ + \text{各月の石炭燃料価格(千円/t)} \times \gamma \quad (2)$$

ここで、 α , β , γ は3つの火力の発電比率と発電効率から原油の価格に統一するための価格係数(価格換算係数)であり、2019年ではそれぞれ0.0275, 0.4792, 0.4275である。

天然ガスはLNGを気化させたガス(以降天然ガス)、そして都市ガスは熱量を調整するためにガス会社がLNGとLPG(液化プロパンガス)を混合させたガス(以降都市ガス)である。過去の燃料価格(原油, LNG, 石炭)の値は財務省が発表した貿易統計(通関統計)の値を用いた。

2019年の平均燃料価格は[13]により、原油46.5(千円/kL)、LNG57.1(千円/t)、石炭12.2(千円/t)であり、平均燃料価格は(2)式により、33.8(千円/kL)を得る。他方、2019年の電力価格は[13]により、11.7円/kWhであった。また、FIT賦課金の2.95円/kWhを別に付加する。その結果、2019年の電力価格は14.7円/kWhとなる。

平均燃料価格と電力価格との間には、図2の横に示される関係式があり、2019年の平均燃料価格33.8千円/kLと電力価格11.7(円/kWh)を通るように、式(3)のように補正を行った。

電力価格(円/kWh)

$$= 0.174 \times \text{平均燃料価格(千円/kL)} \\ + 5.85 \quad (3)$$

また、2030年の燃料費の将来予測には、IEA(International Energy Agency)が提案した4つのシナリオ(新政策、現行政策、450、低油価)を用いる。新政策シナリオ:各国で採用されようとしている確度の高いエネルギー・環境政策の実施を前提としたシナリオ、現行政策シナリオ:今までのトレンドに大きな変化を織り込まないシナリオ、450シ

ナリオ：温室効果ガスの大気中濃度を 450ppm 以下にするシナリオ、低油価シナリオ：石油価格は 2010 年代まで 50\$/バレル前後の水準にとどまり、その後徐々に上昇に転じ、2040 年に 85\$/バレルとなるシナリオである。

表 2 IEA が予測した 2030 年 4 つのシナリオ

年度	シナリオ	原油 (\$/バレル)	天然ガス (\$/MBtu)	石炭 (\$/t)
19年	19年	64	10.7	77.9
30年	新政策	113	13.0	102
	現行政策	130	14.9	115
	450	97	11.8	79
	低油価	70	10.7	97

3.2 2030 年電力価格予測

3.2.1 燃料価格変動が電力価格に与える影響

各月の燃料価格は、“6 か月前の貿易統計による燃料価格から、4 か月前の貿易統計による燃料価格までの 3 か月平均値”である。2013 年から 2021 年の 9 年間の各月の燃料価格と、為替を考慮した原油・天然ガス・石炭価格の 3 か月平均値との間の相関をそれぞれ図 3、図 4 及び図 5 に示す。ここで、原油、天然ガス、石炭の価格は日本の輸入価格を表わし、各燃料価格は国内で事業者が購入する価格である。

ここで、2019 年度の図の横に記される関係がある。原油価格値：(64\$/バレル) 43.9 千円/kℓ、原油燃料価格 46.5 千円/kℓ、天然ガス価格 10.7 \$/MBtu(1167 円/MBtu) から重量(t)あたりにすると、65.2 千円/t となる。LNG 燃料価格：57.1 千円/t、石炭価格値 (77.9 \$/t) から重量 (t) あたりにすると、8.5 千円/t、石炭燃料価格：12.2 千円/t、以上の 19 年の値をそれぞれ通るように関係式を得た。それらを表 3 の式(4)(5)(6)に示す。

これらの値は 2013 年から 2021 年までの数値を用いているので、今後の為替を 2013 年から 2021 年までの平均為替額の 109.1 円/\$とした。

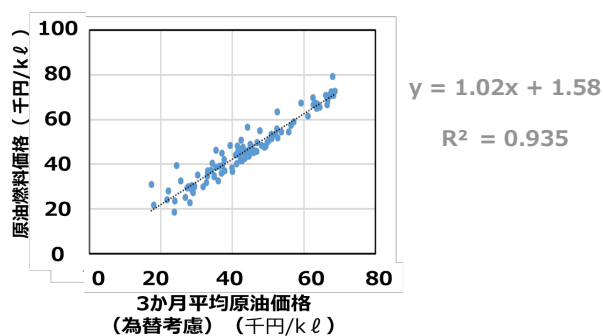


図 3 3 か月平均原油価格(為替考慮) vs. 原油燃料価格 [13]

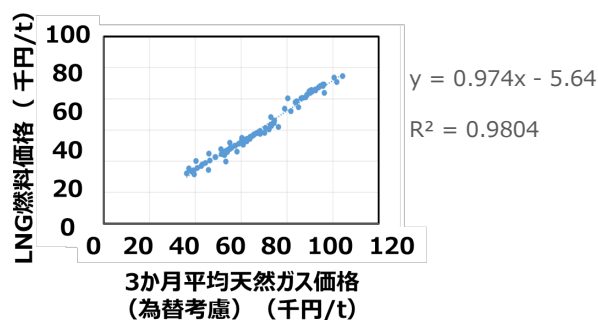


図 4 3 か月平均天然ガス価格(為替考慮) vs. LNG 燃料価格 [13]

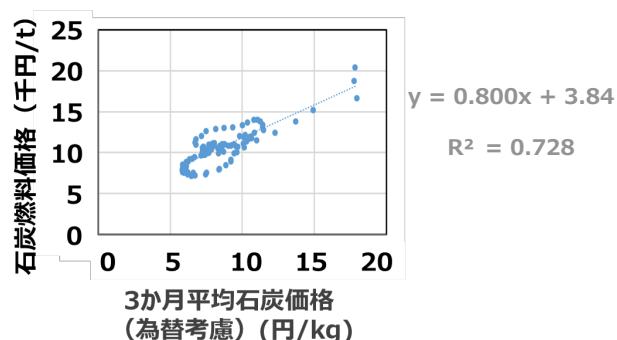


図 5 3 か月平均石炭(オーストラリア)価格(為替考慮) vs. 石炭燃料価格 [13]

表 3 各燃料価格と各価格(為替考慮)との関係式

燃料	燃料価格関係式
原油	原油燃料価格(千円/kℓ) =
	$1.02 \times \text{原油価格(為替考慮)} + 1.72$ (4)
LNG	LNG燃料価格(千円/t) =
	$0.974 \times \text{天然ガス価格(為替考慮)} - 6.46$ (5)
石炭	石炭燃料価格(千円/t) =
	$0.800 \times \text{石炭価格(為替考慮)} + 5.37$ (6)

(2)～(6)の式、表 2 の値と平均燃料価格：33.8 千円/kℓ および、2013 年から 2021 年の為替平均 109.1 円/\$を用いることにより、下記の Step を経て表 4 を得る。

StepA-1) 表 2 IEA の燃料の各数値を 109.1 円/\$を用いて円に変換する。原油は 1 バレルを 159 リットルと換算し、天然ガスは 1MBtu を 17.9kg と換算し、石炭は t を kg へ変換する。 StepA-2) 為替考慮を行った数値と(4)(5)(6)各式を用いて各燃料の年間平均価格を求める。 StepA-3) 各燃料の年間平均価格と(2)式により、平均燃料価格を求める。 StepA-4) 平均燃料価格と(3)式を用いることで電力価格の予測値を計算する。 StepA-5) FIT 賦課金 2.95 円/kWh を加える。

表 4 各シナリオによる電力価格予測値

年度	シナリオ	平均燃料 価格 (千円/kℓ)	電力価格 (円/kWh)
19年	19年	33.8	14.7
	新政策	42.2	16.1
30年	現行政策	48.4	17.2
	450	37.6	15.3
	低油価	34.7	14.8

以降のグラフ表示は、上記価格の最小、最大値である“低油価シナリオ”及び“現行政策シナリオ”に絞ることにする。したがって、火力発電比率が現行のまま、燃料費が変更した前提では電力価格予測は図 6 となる。すなわち、2019 年 14.7 円/kWh だった電力価格は、2030 年には 14.8 円/kWh から 17.2 円/kWh と予測される。

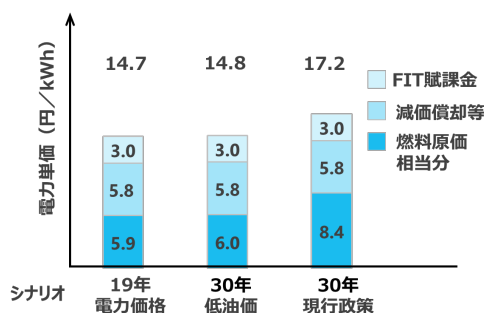


図 6 燃料費変動のみ考慮した場合の電力価格予測

3.2.2 火力発電比率が電力価格に与える影響

実際には、火力発電比率は内外の状況により変動する。第 6 次計画が令和 3 年 10 月に報告され[12]、その中で火力発電比率は表 5 の通りである。

筆者が所属する企業は中部地方にあるため、数値は中部地方の数値を用いることとする。平均燃料単価を求めるための価格換算係数は表 6 のようになる。2030 年の α 、 β 、 γ を(2)式入れて 3.2.1 の StepA-1) から StepA-5) と同様に試算し、表 7 に示す 2030 年火力発電比率を考慮した電力価格を得た。

表 5 第 6 次計画で示された火力発電比率

	全国 (%)		中部 (%)	
	19年	30年	19年	30年
石炭	32	19	18	19
LNG	27	20	54	20
石油	7	2	1	2
非火力	24	59	27	59

表 6 燃料価格換算係数

	係数	19年		30年	
		係数	発電比率	係数	発電比率
石油	α	0.01	0.0275	0.02	0.055
LNG	β	0.54	0.4792	0.20	0.1775
石炭	γ	0.18	0.4275	0.19	0.4513

表 7 2030 年火力発電比率を考慮した電力価格の計算値

年度	シナリオ	平均燃料 価格 (千円/kℓ)	電力価格火 力比率変動 (円/kWh)
19年	19年	18.2	12.0
	新政策	23.4	12.9
30年	現行政策	26.6	13.4
	450	20.6	12.4
	低油価	19.2	12.1

2030 年にかけて、火力発電比率は変わっていく。それに伴い非火力発電の比率も変わるが、それを考慮する。

表 8 は、第 6 次計画に示されている電力需要予測値である。減価償却費等から決まる基本料金相当分は、2030 年には電力需要が 91.2%に減少する。しかし、設備は減却されずに残るものと想定した。その結果、基本料金分は 9.6%上昇するので、2030 年の基本料金相当分は 2019 年の 5.8 円/kWh から 6.4 円/kWh になる。シナリオ毎の電力価格の予測値を図 7 に示す。

即ち、StepA-5)の次の Step として、以下のようになる。 StepA-6) 0.56 (円/kWh) を加算する。

この加算により、2019 年に 14.7 円/kWh だった電力価格は、12.7 円/kWh（@低油価シナリオ）から 14.0 円/kWh（@現行政策シナリオ）まで変動すると予測された。但し、今後は比率が上昇していく非化石燃料の発電原価についてさらに精度をあげつつ議論を継続する必要がある。

表 8 第 6 次計画で示された電力需要予測値[12]

	全国		中電	
	19年実績値	30年予測値	19年実績値	30年予測値
販売電力量 (億kWh/年)	10,240	9,340	1,172	1,069
比率(%)	100	91.2	100	91.2

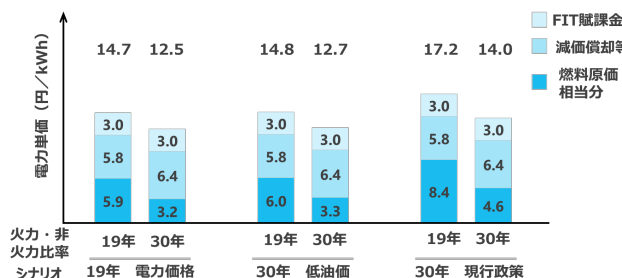


図 7 2030 年シナリオ毎の電力価格予測値

3.2.3 為替（130 円/\$）を考慮した電力価格予測

モデルが確立できたので、為替変動時の試算も可能である。この場合は、例えば StepA-1) で為替の数値を 130 円/\$とすれば同様に計算を行える。図 7 の現行政策シナリオの結果に為替 130 円/\$を適用すると図 8 のようになる。

この結果から、現行政策シナリオにおいて、為替が 109 円/\$から 130 円/\$に変化すると、電力価格は、13.3 円/kWh から 14.8 円/kWh となり、2019 年電力価格と差異は現行政策シナリオで -0.7 円/kWh から +0.1 円/kWh となり、影響が大きい。これは、14.8 円/kWh のうちの燃料費原価相当分である 4.6 円/kWh が為替 109 円/\$から 130 円/\$になることにより 5.5 円/kWh と、為替の比率分変化するためである。

ただし、今回の議論は燃料費に焦点を当てたものであり、厳密には設備の輸入価格、それに伴う非火

力や減価償却費への考慮がまだ不十分なので、今後精度を上げていきたい。

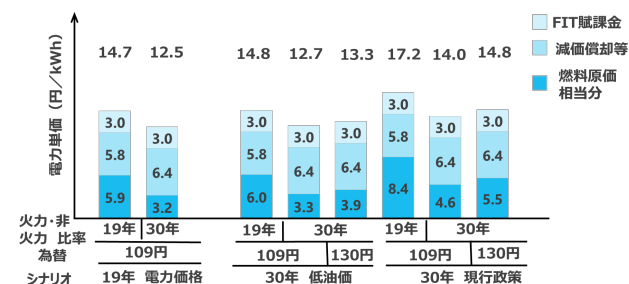


図 8 図 7 の現行政策シナリオに為替 130 円/\$を適用した結果

4. 常用電源発電原価の将来予測

4.1 常用電源発電原価予測の進め方

4.1.1 常用電源発電原価の前提条件

筆者が所属する企業は中部地方にあるので、都市ガス価格については中部・北陸地方都市ガス販売価格の工業用の値を採用した。また、平均 LNG 価格には、東邦ガスの公表値[14]を採用した。

本来であれば、LNG と LPG との平均燃料価格で評価すべきであるが LPG の比率は極めて小さいので、今回は LNG の価格との相関とした。2017 年 4 月から 2021 年末までの値で相関を求め、下記図 9 と式(7)を得た。相関の度合いを示す決定係数(R²)は 0.926 と両者に強い相関があることがわかった。

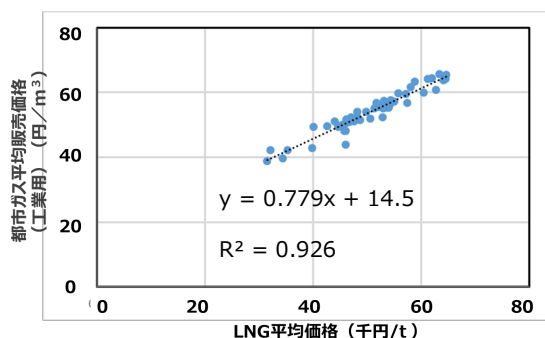


図 9 都市ガス価格 vs. LNG 平均価格

2019 年の LNG 平均価格 57.1 千円/t の時、都市ガス価格は 58 円/m³であったので都市ガス価格は以

下の式から求めることができる。

$$\begin{aligned} & \text{都市ガス価格 (円/m}^3\text{)} \\ & = 0.779 \times \text{LNG 燃料価格 (千円/t)} + 13.6 \quad (7) \end{aligned}$$

4.1.2 電力価格と常用電源発電単価との差

電力価格と常用電源発電原価の得失を比較するため設備費は現在の単価とし、今後の両者の差に着目する。

常用電源の検討対象は、ガスエンジンと燃料電池とする。また、ガスエンジン及び燃料電池の各数値については、表 9 の値を元に算出した。

単位発電量(kWh)当りの燃料費と正味発電効率、ガス価格(円/m³)の間には次の関係となる。

$$\begin{aligned} & \text{燃料費 (円/kWh)} \\ & = 0.0892 / \text{正味発電効率} \\ & \quad \times \text{都市ガス価格 (円/m}^3\text{)} \quad (8) \end{aligned}$$

都市ガスを利用して発電する場合、電力会社では発電所での補機(ポンプやファンなど)を稼働させる必要があり、また需要地までの距離が長い送配電損失も発生する。火力発電所の発電効率は、この 2 項目を考慮した入力エネルギーを電気に変換し需要家に到達した電力で評価する発電効率(受電端発電効率)を用いた。

一方、自家発電設備は需要家の場内に設置されるので、補機電力は必要であるが、送電損失は発生しないので自家発電で発電した電力から補機分のみを差し引いた正味の発電効率で評価した。

補機を動かすために必要な補機をガスエンジンでは 3%、燃料電池では 1%とした。表 9 は都市ガス価格を 58 円/m³とした時の数値である。表中の発電原価は燃料費と設備償却費の合計値である。

表 9 ガスエンジン・燃料電池の性能と評価

	発電効率 (%)	燃料費 (円/kWh)	その他※1 (円/kWh)	合計※2 (円/kWh)
ガスエンジン	49.5	10.8	3.9	14.7
燃料電池	56.0	9.3	5.4	14.7
※1: 設備償却費		※2: 発電原価		

4.2 2030 年常用電源単価予測

4.2.1 2030 年常用電源発電単価予想

3.2.1 と同様に、常用電源発電単価についても下記の Step を踏むことで算出を行う。

StepB-1) 表 2 IEA 天然ガス燃料の値を為替が 109.1 円/\$と 1MBtu を熱量変換し 17.9kg と換算して (千円/t) とする。これが天然ガス価格(為替考慮)となる。 StepB-2) LNG 燃料価格は、天然ガス価格(為替考慮)から (5) 式で算出する。 StepB-3) LNG 燃料価格と (7) 式から都市ガス価格を算出する。 StepB-4) 都市ガス価格を (8) 式に代入することで発電原価のうち、燃料費相当分を算出する。 Step B-5) 表 9 の“その他”の数値をガスエンジン・燃料電池に加えることにより、燃料価格の変動を考慮した常用電源発電単価の予測値を算出する。

この StepB-1) から stepB-5) を経て計算した結果を表 10 及び図 10 に示す。

表 10 各シナリオ毎常用電源発電原価
(燃料価格相当分) 算出結果

	シナリオ	IEA (\$/Mbtu)	ガス料金(円 /m3)	ガスエンジン (円/kWh)	燃料電池 (円/kWh)
19年	19年	10.7	58	10.8	9.3
	新政策	13.0	68.6	12.7	11.0
30年	現行政策	14.9	77.4	14.4	12.5
	405	11.8	63.1	11.7	10.1
	低油価	10.7	58.0	10.8	9.3

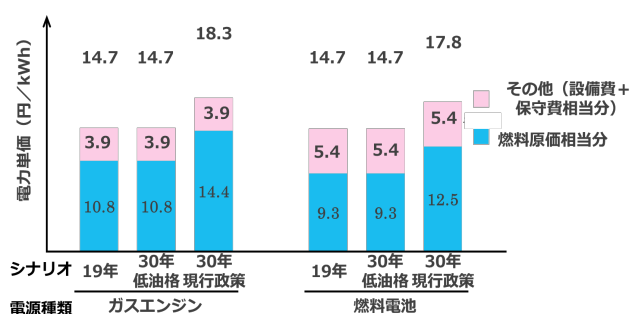


図 10 ガスエンジン・燃料電池の 2030 年発電原価予測結果

2019 年電気料金、ガスエンジン発電原価、燃料電池発電原価をいずれも 14.7 円/kWh となるが、LNG 価格変動を考慮した、2030 年のそれぞれの値は、シ

ナリオに応じ、以下の通り予測する。

ガスエンジンは 14.7 円/kWh (@低油価シナリオ) から 18.3 円/kWh (@現行政策シナリオ) であり、燃料電池は 14.7 円/kWh (@低油価シナリオ) から 17.8 円/kWh (@現行政策シナリオ) である。

4.2.2 発電効率を上げた場合の発電原価予測

前項における式(8)において、発電効率が上がると、燃料費を下げるができる。例えば、ガスエンジン、燃料電池それぞれ相対値で 10%発電効率が向上すると、表 9 の発電効率はガスエンジンでは 49.5%から 54.5%、燃料電池では 56%から 61.6%となる。このとき、StepB-4) の式(8)から発電原価は図 11 のようになる。

その結果、発電効率が 10%改善した場合の 2030 年のそれぞれの発電原価を、以下の通り予測する。

ガスエンジンは 13.7 円/kWh (@低油価シナリオ) から 17.0 円/kWh (@現行政策シナリオ) となり、燃料電池は 13.8 円/kWh (@低油価シナリオ) から 16.7 円/kWh (@現行政策シナリオ) となることから、現行政策シナリオに対して改善幅は、ガスエンジンで 1.3 円/kWh 燃料電池で 1.1 円/kWh であった。

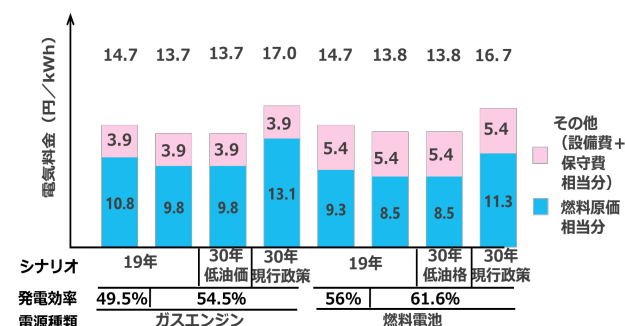


図 11 発電効 10%向上時における常用電源の発電原価予測

4.2.3 為替 (130 円/\$) を考慮した常用電源発電単価予想

StepB-1) において、為替の影響をみるため、現行政策シナリオの 109 円/\$を 130 円/\$として試算した。その結果を図 12 に示す。この結果から、常用

発電の発電単価は、2030 年ガスエンジンが 18.3 円/kWh から 20.7 円/kWh、燃料電池は 17.8 円/kWh から 19.9 円/kWh となり、2019 年電力価格からの差異はガスエンジンが 6.1 円/kWh、燃料電池は 5.2 円/kWh となった。電力価格での 2019 年からの差異は 0.1 円/kWh であった。つまり、その差異がより拡大することになる。

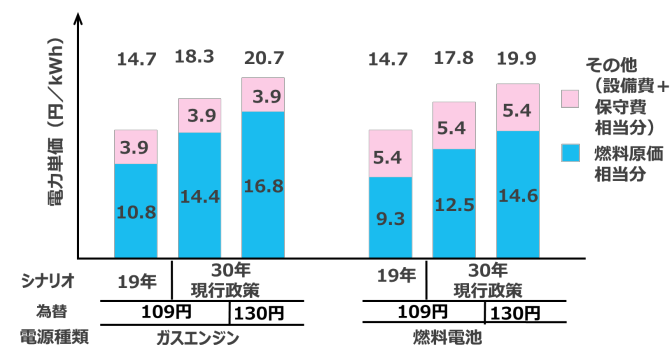


図 12 現行政策シナリオに為替 130 円/\$を適用した常用電源の発電原価試算結果

5. 結果と考察

5.1 電力価格と常用電源発電単価との比較結果

stepA-1) ~StepA-6) の手順を経て電力価格の、及び、StepB-1) ~StepB-5) の手順を経て常用電源発電原価の燃料費相当分の算出手法についてモデル化を行った。

図 10 と図 7 を比較することにより、電力価格と各電源発電原価との比較が可能となる。比較した結果を図 13、図 14 に示す。

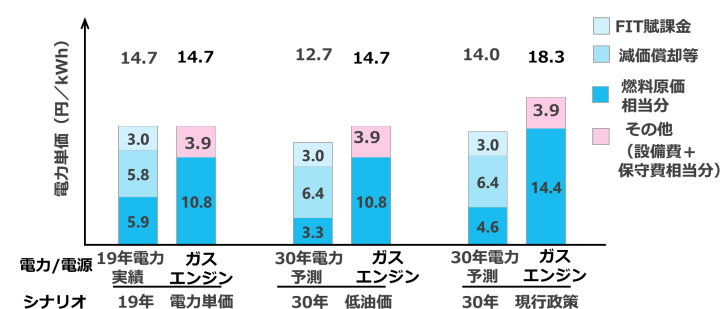


図 13 電力価格とガスエンジン発電単価比較結果

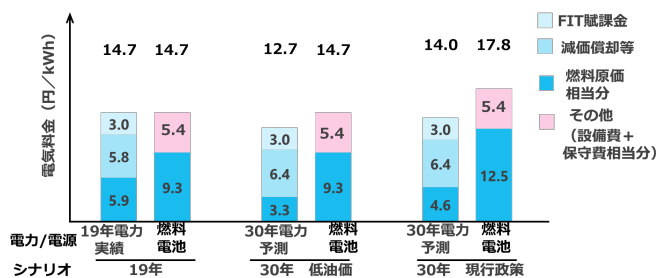


図 14 電力価格と燃料電池発電単価の比較結果

5.2 考察

図 13、図 14 に示されるように、電力価格が 12.7 円/kWh から 14.0 円/kWh と変動幅は最大 1.3 円/kWh なのに対して、ガスエンジンは 14.7 円/kWh から 18.3 円/kWh、燃料電池は 14.7 円/kWh から 17.8 円/kWh となり、変動幅はそれぞれ最大でガスエンジンが 3.6 円/kWh、燃料電池は 3.1 円/kWh となった。現行政策シナリオでの電力価格との差異はガスエンジンでは 4.3 円/kWh、燃料電池で 3.8 円/kWh と広がる。

また、発電効率の向上を 10%とした場合でも、現行政策シナリオの元では、上記の差異を解消できないことがわかった。

6. 結論と今後の課題

6.1 結論

以上の試算や予測結果をまとめる。

結論 1：燃料費が高くなる場合は、燃料費が高額になるほど、電力価格の上昇と比較して常用発電電力単価の上昇額が高くなる。

結論 2：電力価格とガスエンジン、燃料電池との差異がそれぞれ最大 4.3 円/kWh、3.8 円/kWh 広がる。また、電力価格がすでに常用発電電力単価を下回っている現状下では、導入するためのハードルが上がる。発電効率が向上すると、上記差異の縮小には向かうが、10%程度の燃焼効率向上では上記差異の解消にはつながらない。

結論 3：火力の燃料と発電比率からなる平均燃料

価格の概念を取り入れ電力価格や常用電源の燃料相当の発電原価の試算をモデル化した。モデル式の結果から、経済性の視点で今後の常用電源導入の一つの方向性を示した。

事業所で長期間稼働させる常用発電の導入を検討する時、将来の電力会社の化石/非化石発電の長期戦略を視野に入れながら、電力価格の変動を加味した研究は少ない。将来、発電のためのエネルギー種別が大きく変化していく中で、企業の事業戦略に与えるリスクを事前に分析しておく意味は大きい。また本モデルは、電力の負荷率が異なる企業や自家発電を複数企業間や地域内で計画していく際の有効な手法となると考える。

6.2 今後の課題

エネルギー資源が乏しい日本にとって、化石燃料への依存を下げることは重要な国家的命題である。電力会社の化石燃料への依存は当面高止まりで推移すると思われるが、CO₂の付加価値を加味しつつ将来のエネルギー戦略を企業として考える場合、コージェネや再エネを中心とした非化石エネルギーをどのように取り込んでいくのか、現在重要な岐路に立っている。不確定要因を見極めたリスク分析は重要である。今後は、CO₂排出価値、再エネや原子力の導入の度合いに応じた電力価格への影響等、不確定要因を明らかにし、精度を上げて取り組みたい。

【参考文献】

- [1] SK ハイニックス (伊川) スマートエネルギーセンター建設プロジェクト環境影響評価案 <https://m.blog.naver.com/ganseum1/221538327363> (2022 年 6 月 10 日現在)
- [2] 川崎重工業社プレスリリース <https://www.khi.co.jp/pressrelease/> /オンサイト熱電併給事業用コンバインドサイクル発電設備を受注 (対広島日本電気) (2022 年 6 月 10 日現在)

- [3] 菅野伸国, 真鍋洋一郎, 藤尾明久, 長山展, 久山誠二: 神鋼加古川発電所におけるガスタービン・コンバインドサイクル発電設備の導入; R&D 神戸製鋼技報 Research and development, Kobe Steel engineering reports 64 (1), PP33-38, (2014)
- [4] コジェネ財団: コジェネ導入事例検索: https://www.ace.or.jp/web/introductory/index.php?Kiji_List (2022 年 6 月 10 日現在)
- [5] 三重大大学コジェネ事例: 平成 26 年度省エネ大賞」表彰式で最高賞「経済産業大臣賞」
<https://www.mie-u.ac.jp/topics/kohoblog/2015/01/26-24.html> (2022 年 6 月 10 日現在)
- [6] 経済産業省: “発電コスト検証に関するこれまでの議論について”令和 3 年 7 月 12 日
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/2021/data/07_05.pdf (2022 年 6 月 10 日現在)
- [7] 木村啓二, 分山達也: 2030 年における電力需給バランスとコストの検証; (2022 年 6 月 10 日現在)
https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI_2030DemandAnalysis.pdf?msclkid=1f80ea4bcf3311ec89904a4868cd9776
- [8] 青木拓也, 下田吉之: 家庭用燃料電池の火力発電代替ポテンシャル評価; エネルギー・資源学会論文誌 42 (5), PP305-314 (2021)
- [9] M.Bannai and others, Risk heading against the fuel price fluctuation in Energy Service business, Energy, Vol.32, No.11, pp.2051-2060, Nov. 2006
- [10] 坂内正明他, 「コージェネを主体としたエネルギーサービス事業における燃料価格変動の影響とそのリスクヘッジ」 空気調和・衛生工学会論文集, pp63-73, No.96, 2005 年 1 月
- [11] M.Bannai and others, The Influence of Fuel Price Fluctuation on Revenue in Energy Service Business and Risk Hedge There against, PES, IEEE, General Meeting
- [12] 経産省 第 6 次エネルギー基本計画: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/ (2022 年 6 月 10 日現在)
- [13] 平均燃料価格 中部電力プレスリリース
<https://www.chuden.co.jp/publicity/press/> (2022 年 6 月 10 日現在)
- [14] 東邦ガス プレスリリース (2022 年 6 月 10 日現在)
<https://www.tohogas.co.jp/corporate-n/press/>



福原 成太 (Jota Fukuhara)
1991 年東京大学工学系研究科博士前期課程修了。同年 (株) 東芝 (現キオクシア(株)) に入社。
2019 年から BCP や省エネを担当。

2021 年に三重大大学イノベーション学研究所博士後期課程に入学。



坂内 正明 (Masaaki Bannai)
1975 年山口大学工学研究科博士前期課程修了。同年 (株) 日立製作所に入社。産業系事業所の省エネの計画業務に従事。2009

年から三重大大学で CO₂ を削減するスマートキャンパス事業を実施した。現在同学特任教授。博士(工学), 技術士(総合技術監理・機械)



三宅秀人 (Hideto Miyake)
1988 年 3 月 大阪大学院基礎工学研究科博士前期課程修了。2015 年同学地域イノベーション学研究所教授。2017-2021 年同研究科長。現在、同学工学研究科電気電

子工学専攻長。専門は、窒化物半導体エピ成長・評価とデバイス応用に関する研究。博士(工学)。2021 年応用物理学会フェロー。

報告：「年次大会・知のオリンピック大会」について

藤掛正史（大会実行委員長・知のオリンピック組織委員会委員長）

Masashi Fujikake（Intellectual Olympic Organizing Committee Chairman）

2022年6月12日（日）に（一社）日本イノベーション融合学会主催の「年次大会・知のオリンピック大会」が開催された。

日本イノベーション融合学会が一般社団法人化（2022年1月14日登記）し、理事改選後の新体制（西山敏樹理事長）で臨んだ初の年次大会（会場：文京シビックセンター・スカイホール・26F）であった。大会実行委員長は藤掛正史専務理事が担当した。今回は東京都市大学の西山敏樹研究室の大学院生たちが事務局スタッフとしてサポートしてくれた。

西山敏樹理事長の開会の挨拶に始まり、「年次大会」の基調講演者として岸和良氏（住友生命保険相互会社理事）「企業におけるDX検定・DXビジネス検定の活用方法～実際に利用したから分かる企業にとっての価値～」、三宅創太氏（合同会社ツクル代表社員）「イノベーション融合について～イノベーション（新創造）の連鎖反応（融合）をおこす実践検証～」の両氏からそれぞれ講演いただいた。

「知のオリンピック大会」では、1・福島眞粧美氏（株式会社ウーノラボ代表取締役）「エフィニックス（Efinix）FPGAとウーノラボ 1ステージ RISC-V による究極電力効率の実現」、2・高橋香氏（日本工業大学専門職大学院客員教授）「Well-beingとイノベーション」、3・佐藤大輔氏（株式会社コンステック技術本部 調査技術部）「赤外線サーモグラフィ×ドローンによる外壁調査のイノベーション」、4・酒井学雄氏（株式会社スプレnderコンサルティング代表取締役社長）「（一社）社会インフラメンテナンス推進協議会の事業紹介」、5・酒井由紀子氏（世界ギフト&タレント・チルドレン協議会・日本代表/株式会社リエゾン・デートル）「日本におけるギフト・チルドレンの現状と可能性」、6・麻生美咲氏（一般社団法人中央政策研究所東洋思想研究部会 研究員/公益社団法人日本易学連合会 参事）「能楽～神事から芸道へ～日本伝統芸道の知恵に学ぶ～」、7・小野瀬由一氏（NPO 法人 VERSTA 専務理事）「VERSTA ブラジル大西洋沿岸林再生支援活動 10 年の軌跡と今後の支援計画」、8・尊田京子（株式会社東京メディカルコンサルティング代表取締役社長）「健康維持に大きく寄与する口腔ケアのグローバル動向～ヒトからペットまで～」、9・黒瀬晋氏（グローバル・クオリティ・フォーラムメンバー/特定非営利活動法人内部統制評価機構理事長）「ボルドリッジに学ぶ～勝ち抜く会社の 800 のポイントへの応用～」、10・ケイカイン ウィントウラ氏（Hikari Japanese Language Centre 代表取締役/校長）「ミャンマー、ヤンゴンでの日本語教育事業について」、11・小林隼世（東京都市大学大学院 環境情報学研究科都市生活学専攻 ユニバーサルデザイン研究室）「Le marché（ル・マルシェ）の研究～新たな駅商業施設の道である市場機能を持った鉄道車両～」、12・田中晴美（東京都市大学大学院 環境情報学研究科都市生活学専攻 ユニバーサルデザイン研究室）「郊外都市での高齢者・障がい者の移送及び物流を担う UD Mobility とその運用の研究」、以上、12名の発表があった。

発表終了後、西山敏樹理事長から総評があり、小野瀬由一副理事長の閉会の挨拶で終了した。大会参加者は43名（オンライン参加者は9名）であった。



6月12日／日本イノベーション融合学会総会・知のオリンピックプレ発表会

開始時間	所要時間	内容	発表者
9:55	(25分)	設営隊集合	
10:20	(3分)	開会式	西山敏樹 IFSJ理事長挨拶
10:23	(50分)	基調講演1	岸和良 住友生命保険相互会社 理事 (DX検定について)
11:13	(5分)	休憩	
11:18	(50分)	基調講演2	三宅創太 合同会社ツクル 代表社員 (イノベーション融合について)
12:08	(5分)	休憩	
12:13	(2分)	知のオリンピック・プレ発表会	藤掛正史 IFSJ 知のオリンピック実行委員長より大会趣旨説明
12:15	(15分+1分)	発表1	①福島真粧美 株式会社ウーノラボ 代表取締役 「究極のエネルギー効果実現のためのマイクロプロセッサ開発」
12:31	(15分+1分)	発表2	②高橋香 日本工業大学専門職大学院客員教授 「well-being とイノベーション」
12:47	(15分+1分)	発表3	③佐藤大輔 株式会社コンステック 技術本部調査技術部 「赤外線サーモグラフィ× ドローンによる外壁調査のイノベーション」
13:03	(45分)	昼休憩	
13:48	(15分+1分)	発表4	④酒井学雄 株式会社スカイコーポレーションズ 代表取締役「一般社団法人 社会インフラメンテナンス推進協議会が進めるドローン橋梁点検のイノベーション」
14:04	(15分+1分)	発表5	⑤酒井由紀子 世界ギフト&タレント・チルドレン協議会・日本代表 株式会社リエゾン・デートル 「日本におけるギフト・チルドレンの現状と可能性」
14:20	(15分+1分)	発表6	⑥麻生美咲 (一社)中央政策研究所 東洋思想研究会研究員 (公社)日本易学連合会参事 「能楽:神事から芸道へ世阿弥のイノベーションと、伝統芸道の知恵」
14:36	(15分+1分)	発表7	⑦小野瀬由一 NPO法人VERSTA専務理事 「VERSTAブラジル大西洋沿岸林再生支援活動 10年の軌跡と今後の支援計画」
14:52	(15分+1分)	発表8	⑧草田京子 株式会社東京メディカルコンサルティング 代表取締役 「健康維持に大きく寄与する口腔ケアのグローバル動向～人からペットまで」
15:08	(5分)	休憩	
15:13	(15分+1分)	発表9	⑨黒瀬晋 グローバル・クオリティ・フォーラム メンバー 「ボルドリッジに学ぶ」
15:29	(15分+1分)	発表10	⑩ケイカイン ウィントウラ (ミャンマー) HIKARI JAPANESE LANGUAGE CENTRE 代表取締役・校長 「ミャンマー・ヤンゴンでの日本語教育事業について」
15:45	(15分+1分)	発表11	⑪小林隼世 東京都市大学・大学院生 「鉄道サービスのイノベーションに資するマルシェトレインの提案」
16:01	(15分+1分)	発表12	⑫田中晴美 東京都市大学、大学院生 「郊外都市での高齢者・障害者の移送及び物流を担うUMOBILITYとその運用の研究」
16:17	(10分)	知のオリンピック総評	西山敏樹 IFSJ理事長
16:27	(3分)	閉会挨拶	小野瀬由一 副理事長
16:30		撤収	