

## 未来社会に向けた鉄道への期待 Expectation for railroad toward future society

林 泰弘<sup>\*1</sup>

Yasuhiro HAYASHI  
Professor, Waseda University



### Abstract

Since the COP21 Paris Agreement, energy and environmental issues has become more and more important in government policies and strategies. In recent years, concepts as governmental goals, the super-smart society, “Society 5.0”, “Sustainable Development Goals (SDGs)” have attracted great attention. Accordingly, in every business and service, environmental management is one of the primary matters and a new concept such as “Environmental, Social, Governance (ESG) investments” has been one of the key indices which measure a social value of corporations. In this paper, we discuss the social value of a railway system with an analogy of an electric energy system focusing on viewpoints of “point” (station), “line” (railway), and “surface” (area and city) approaches. We point out that expanding “surface” in collaboration with local government, industries and commercial sectors, not only improving “point” and “line”, will become a key to contribute to the super-smart city which is highly convenient, comfortable and carbon-free.

●**Keywords:** Zero Energy Building; ZEB; Community Energy Management System; CEMS; Society 5.0

## 1. 緒言

近年、SDG's、ESG投資などへの対応が企業経営の新たな軸として姿を現し始め、地球環境問題が企業の経営戦略に深く関わりつつあります。我が国では、COP21<sup>1)</sup>の協定を受け、「地球温暖化対策計画」(2016年5月閣議決定)<sup>1)</sup>で宣言したCO<sub>2</sub>削減目標(2030年に9億トン/年(2013年度比26%削減)、2050年に2億トン/年(80%削減)の達成のため、あらゆる業界が不断の努力を重ねることはもとより、相互連携によりこれまでにない効果を創出していく必要があります。内閣府が提唱する超スマート社会 Society5.0<sup>2)</sup>では、社会インフラのバリューチェーン最適化によって、住みやすく高効率、低環境負荷の優れた都市の実現を目指しています。筆者は、電力・エネルギーのインフラの革新やこれを起点に広がる未来社会を目指して仕事をしていますが、人口減少と高齢化が不可避の我が国の将来像を考える上で、電力・エネルギーとの関係が深く、同様に社会の基盤インフラである鉄道は、この二大インフラがさらに高次の結びつきを成し遂げることができるとSociety5.0に大きな貢献ができるのではないかと日々考えています。

本稿では、鉄道が追及する「交通」×「エネルギー」×「サービス」の一層のレベルアップによって、環境経営や新たな価値連鎖などSociety5.0への寄与の視点から未来の街にどのような貢献が期待できるか、鉄道を自ら所有する駅(点)、路線と車両(線)、そして他者との連携・融合・展開としての地域や街(面)の切り口から考察してみたいと思います。

## 2. 鉄道に期待されるSociety5.0の超スマート社会への貢献

鉄道は、エネルギーを使用する移動手段の中で圧倒的に環境負荷が小さく、このことによって社会的に既に大きく環境に貢献<sup>3), 4)</sup>してきたといえるでしょう(図1)。今後、再生可能エネルギーの拡大に伴い電力源の低炭素が進むことから、一層の脱炭素に向かうこととなります。では、鉄道の更なる超スマート社会への貢献としてどのようなことが期待されるでしょうか。人を運ぶ鉄道の物理

\*1早稲田大学 教授

的な性格のもとに、筆者の専門領域である電気を運ぶ電力のネットワークとのアナロジーも取り入れながら考えてみたいと思います。

電力ネットワークは、人のあらゆる生活・社会活動の基盤として、万人に電気を送り届けることを基本に作られてきました。発電所で作られた電気は“線”である送電設備によって地域の拠“点”としての変電所に送られ、さらに配電“線”によって需要家に届けられます。しかし、近年、需要家は太陽光発電やコジェネレーションなどの発電設備や電気を貯めたり出したりできる蓄電池を自ら保有するようになり、電気を消費するコンシューマーから電気を作るプロシューマーに変化しつつあります。さらに電気自動車の普及が見込まれ、これは動く蓄電池の登場を意味します。すなわち、電気を作る・使う場所が“面”的に広がってきているといえ、このような、点・線から面への展開によって電力システムは従来の姿から進化し、これまでになかった様々な連携や新たなサービス<sup>5)</sup>が生まれて行くことが期待されています。

では、鉄道ではどうでしょう。鉄道は人の移動手段として、電気同様生活・社会活動の基盤を支えるインフラとして整備されてきました。近代化の中においては、鉄道を街づくりの起点として公共・商業施設、2次交通、住宅などが構築されてきたといえるでしょう。しかし、我が国では今後の人口減少が確実であり、特に地方における街の再構築、行政コスト・社会コストの低減が大きな課題です。このような状況において、従来の役割に加え、社会に起きつつある変革と密接に結び付くことで、控えている大きな課題を解決していく中核としての活躍に期待があるのではないのでしょうか。即ち、自らが保有する設備である駅をはじめとする施設（点）、車両・線路（線）に関する脱炭素化や利便性を一層高めていきつつ、この上でさらに行政をはじめ街造りに関わる様々な関係者と連携し、電力システムと同じように、“面”的に展開を創りだしていくことがキーになるのではないかと考えられるのです。

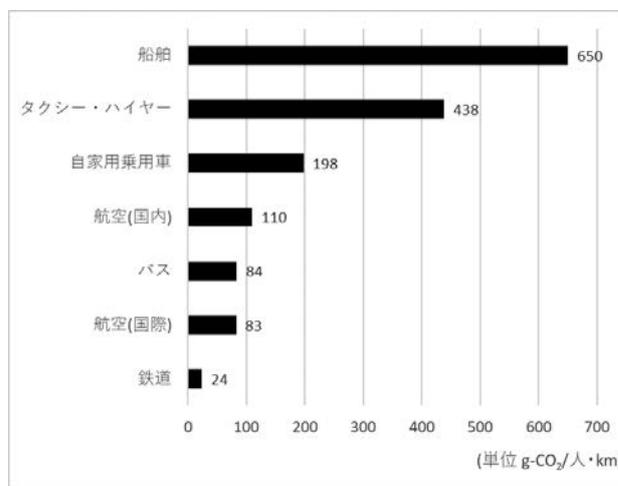


図1 様々な交通手段における1人を1km運ぶのに排出するCO<sub>2</sub>の比較 (文献4) に基づく試算)

### 3. 鉄道における点・線・面の視点での「交通」×「エネルギー」×「サービス」価値の展開

本節では、前節で触れた鉄道ネットワークを起点に創出される「点（駅）、線（路線）、面（都市）の価値連鎖」について考えてみたいと思います。

大変大胆ですが、図2に、将来の鉄道システムから広がるスマート化・脱炭素化と超スマート都市のイメージを描いてみました。駅拠点にはZEB (Zero Energy Building)<sup>6)</sup>の導入、路線とその沿線ではエネルギー融通・協調制御の実施を脱炭素化の要素としてあげています。さらに、鉄道を起点に広がるサービス展開として2次交通との連携、災害対策への貢献（地域BCP実現）をあげ、これらが情報ネットワークを介してつながることで「点、線、面の価値連鎖」が生まれる、というものです。

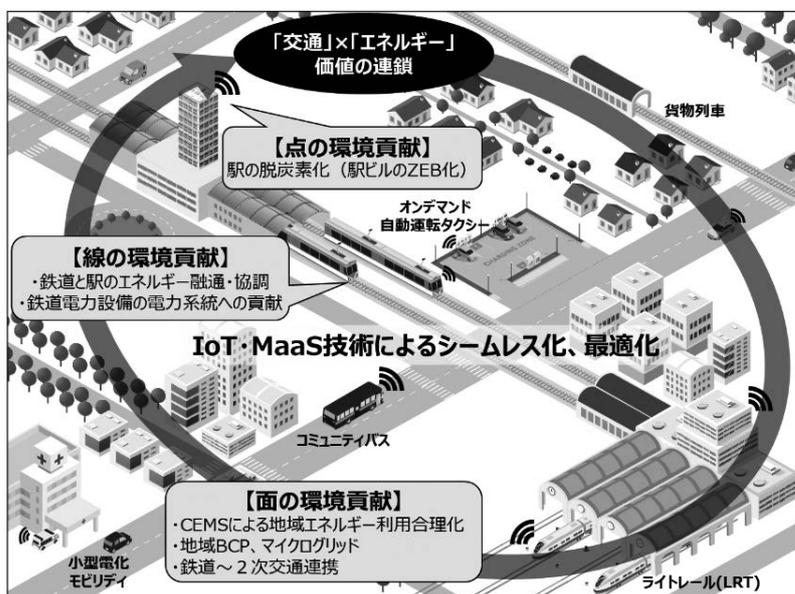


図2 鉄道が担う未来の脱炭素化と超スマート都市のイメージ

以下、ここであげたものを中心に、駅（点）、路線と車両（線）、都市、地域、街（面）、それぞれの脱炭素化と、価値連鎖によるサービス連携について説明を加えます。

### 3・1 駅拠点のZEB化 ～点の環境貢献～

鉄道における駅の建築物は空調、照明などで鉄道全体の約2割のエネルギーを消費しています。これを低減する施策として、近年注目されているZEB技術を紹介します。

ZEBはビル施設の建物由来の消費エネルギーを自家発電も含めて年間でゼロサムにする取り組みであり、性能に応じて3段階に分類して定義されています。

ZEB Ready：ビルの建物由来の年間消費エネルギーを標準の50%以上削減したビル施設

Nearly ZEB：同じく年間消費エネルギーを標準の75%以上削減したビル施設

ZEB：同じく年間消費エネルギーを標準の100%以上削減したビル施設

一般に、これらの要件を実現するには、ビル施設の断熱性の向上、ビル内の各設備の高効率化、運用の効率化等の総合的対応が必要であり、特に、ZEB達成には、太陽光発電設備等の再生可能エネルギー電源を併用することが不可欠になります。駅ビルもZEBを達成することが求められていくと考えられますが、その建築構造を最大限に活かし、

- ・ 地下空間などを活用し、施設全体を高気密、高断熱化（建物性能の改善）
- ・ 地中熱を利用した高効率空調システム、調光制御付きLED照明などを導入（機器効率の改善）
- ・ 乗客の人数、混雑度を予測し、エリア限定、局所冷暖房など空調負荷を柔軟に調整（運用の改善）
- ・ 高度なBEMS（Building Energy Management System）を導入し、デマンド制御、デマンドレスポンス、複数ビル管理などの全体最適化を実現（エネルギー管理の高度化）
- ・ 駅周辺・屋根などの余剰スペースに太陽光パネルの設置、環境価値の市場取引（将来）（再生可能エネルギー導入・利用の最大化）<sup>(注1)</sup>

などの方策が考えられるのではないのでしょうか。

(注1) 現在の我が国のZEB認定制度では、再生可能エネルギーの外部調達は考慮されていませんが、今後の制度拡大が議論されています。

### 3・2 鉄道車両高効率化、鉄道～駅のエネルギー融通・協調制御、電力系統への貢献 ～線の環境貢献～

鉄道車両、そこへ電力を供給するき電線や受変電設備では、鉄道システム全体の8割のエネルギーが消費されます。車両駆動システムにおける高効率モータや最新のパワー半導体素子による鉄道車両の高効率化においては、我が国の技術は世界トップレベルを誇ります。また、将来的には、地上き電設備への蓄電池の普及による負荷平準化、鉄道設備と複数の駅ビルの電力負荷群とのエネルギー融通・協調制御、さらには、受電端から先の電力系統との協調運用（調整力）による送配電系統への貢献が期待されます。例えば、太陽光発電が多く導入された地域では、晴天時の余剰電力発生に対し、一時的に負荷を増やし、それらを有効活用するデマンドレスポンスなどの連携制御機能の普及が望まれています。同様に各駅ビル負荷の日パターンや外気条件、利用客人数に応じた負荷変動に対しても、鉄道路線側の負荷も含めた協調制御によって鉄道施設全体の電力負荷平準化が期待できます。<sup>(注2)</sup>

(注2) 現状は、き電線の受電と駅ビルの受電は、一般には異なる電力契約のため、電力融通には、設備、仕組みの工夫、電力会社との契約条件の調整等が必要となります。

### 3・3 駅、鉄道路線から街全体の脱炭素化へ ～面の環境貢献～

各駅拠点と鉄道車両、路線設備と、その周辺の需要設備の連携による都市、地域、街全体の脱炭素化が将来像として期待されます。そこでは、複数の施設や設備群をうまくコントロールする地域のエネルギー管理システムCEMS（Community Energy Management System）の役割が重要となります。例えば、前述の再生可能エネルギーによる余剰電力の有効利用、駅ビル間の

エネルギー融通、個々の施設の省エネ、ZEB化、デマンド制御、デマンドリスポンスは、十分に規模が大きいことが期待できるので、鉄道システムの範囲内で閉じて行うより一層大きな効果を創出できるでしょう。

また、将来の鉄道は、その先の路面電車、路線バスなどの2次交通、タクシーやコミュニティバス、将来の小型モビリティなどの末端交通まで含めた交通システムの電化の促進と、IoT、MaaS技術<sup>7)</sup>の活用によるモバイルバリューチェーンへの貢献が期待されます。乗客だけでなく、物流の脱炭素化においても、トラックを貨物列車に置き換えるモーダルシフト<sup>8)</sup>の推進が望まれています。

さらに、大型自家発電設備・蓄電池、路線や駅スペースに設置した太陽光発電設備、路線スペースを活用した自営電力線の敷設によるマイクログリッド構築によって、災害時の事業継続性（BCP）の確保はもちろん、駅空間に帰宅困難者を受け入れるなど、地域全体のレジリエンス強化、ひいては安全・安心な街づくりにも貢献することが可能です。こうした取り組みは、ICTをフルに活用し、システムや情報関係の仕組みを行政・自治体等と密に連携し、構築していくことが肝要でしょう。

## 4. 結言

本稿では、鉄道の未来社会への貢献について、駅拠点（点）、車両と路線（線）、それらから広がる街、エリア（面）という見方で、都市機能の心棒としての環境性・利便性の向上と低炭素な超スマート都市への発展への期待について述べました。特に、未来社会においても社会基盤インフラとして、行政や商業、2次交通などあらゆるセクターとの連携を強め、新たなサービスを生み出し、Society5.0に謳われる価値連鎖創造のコアになっていくことが重要と考えます。早稲田大学もこのようなスマート社会の実現に向けた研究活動に日々取り組んでいます<sup>9)</sup>。

いつも羨ましく思いますが、鉄道には少なからぬ熱烈なファンがいます。こうした人々とのコラボやアイデア創出も新たな展開を生む予感がします。これからも若い世代の人たちが魅力を感じ、自らの仕事にしたいと入り込んでくる分野を目指し、明るい未来社会の実現に向け、新技術の開発、他分野と連携・融合した展開などを牽引して行っていただくことを大いに期待し、筆をおきたいと思えます。

### 参考文献

- 1) 第五次環境基本計画、環境省、平成30年4月17日  
<http://www.env.go.jp/press/files/jp/108982.pdf>
- 2) 第5期科学技術基本計画、内閣府、平成28年1月22日  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf>
- 3) 環境パンフレット「環境と鉄道」、日本民営鉄道協会  
[https://www.mintetsu.or.jp/eco/pdf/environment-train\\_all.pdf](https://www.mintetsu.or.jp/eco/pdf/environment-train_all.pdf)
- 4) サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出等の算定のための排出原単位データベース（Ver.2.5）、環境省、2018年  
[https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply\\_chain/gvc/files/tools/DB\\_V2.5.pdf](https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/tools/DB_V2.5.pdf)
- 5) 竹内 純子, 他: エネルギー産業の2050年 Utility3.0へのゲームチェンジ, 日本経済新聞出版社, 2017年
- 6) ZEBロードマップ検討委員会とりまとめ、経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー対策課, 平成27年12月  
<http://www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217002/20151217002-1.pdf>
- 7) 次世代交通MaaS、総務省  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/02tsushin02\\_04000045.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin02_04000045.html)
- 8) モーダルシフト推進事業、国土交通省  
[http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/seisakutokatsu\\_freight\\_tk1\\_000003.html](http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/seisakutokatsu_freight_tk1_000003.html)
- 9) 早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構ACROSSの紹介  
<http://www.waseda.jp/across/>