

路面電車の架線網から街の直流マイクログリッドへ

森田 均*

From the Tram Overhead Line Network to the City's DC Microgrid

Hitoshi MORITA*

*長崎県立大学国際社会学部

概要 この論文は、地域発 ITS モデル「STING (integrated Service of Transport, Information Network and Grid)」の最終段階は運輸、情報通信、エネルギーの3要素が協調して再生可能エネルギーとの親和性が高い街の直流マイクログリッドとして分散型エネルギーインフラの機能を有すること、その機能が地域公共交通に新たな事業の可能性をもたらすことを明らかにした[森田 21]を踏襲して、理論的考察から実践へと移行する段階として大学と自治体、企業が協働するプロジェクトの成立背景と現状、展望について報告する。

キーワード : 分散型エネルギーインフラ, 路面電車, ITS(高度交通システム)

1. はじめに

この論文では、電力事業や軌道鉄道事業の起源に遡り地域公共交通としての路面電車が担ってきた役割の変遷を考察し、地域社会にとっての、また事業者にとっての望ましい発展形態を展望した[森田 21] (なお、この論文の補遺として、長崎県内の路面電車事業としては、現存する長崎市に加えて、大正年間に佐世保市にも敷設計画[三浦 96]あったことを付記する)を踏襲して、理論的考察から実践へと移行する段階として大学と自治体、企業が協働するプロジェクトの成立背景と現状、展望について報告する。

2. 応募・採択されたプロジェクト

2.1 募集事業

分散型エネルギーインフラプロジェクト (マスタープラン策定事業)に係る事業 (総務省)。[総務省 20]

2.2 応募・採択案件と支援の根拠

長崎市環境部ゼロカーボンシティ推進室より「路面電車の架線網を活用した直流マイクログリッドによる長崎市レジリエンスリノベーション構想」として令和4年4月に上記事業へ応募し同年6月に採択され、事業化可能性調査が実施されている。

筆者は、この事業の策定から実施に渡って、「長崎県立大学と長崎市との包括連携協定」(2020年締結)、「長崎市における地域活性化・地域課題解決に関する産学官金連携協定」(2021年締結)、「長崎県立大学と長崎電気軌道株式会社との包括連携協定」(2022年締結)に基づき専門的知識を提供し、ビジネスモデルを提唱するまでの包括的な支援を行っている。

以下に立案し提供した計画と支援内容について報告す

る。

3. 参照した資料及び計画・企画

3.1 資料・統計・白書

- (1) 長崎電気軌道 100年史[長崎電気軌道 15]
- (2) 長崎電気軌道会社概要[長崎電気軌道 22]
- (3) 長崎市統計年鑑[長崎市 22e]
- (4) 長崎県統計年鑑[長崎県 14]
- (5) エネルギー白書[資源エネルギー庁 22]
- (6) 直流活用に関する技術マップ及び技術ロードマップ策定に関する調査報告書(NEDO) [電気設備学会 20]

3.2 長崎市関連

- (1) 長崎市第五次総合計画[長崎市 22a]
- (2) 長崎市地球温暖化対策実行計画[長崎市 22b]
- (3) 長崎市中心市街地活性化基本計画[長崎市 22c]
- (4) 長崎市立地適正化計画[長崎市 20] [長崎市 22d]

3.3 長崎県関連

- (1) 都市計画区域マスタープラン(長崎県決定)[長崎県 14]

3.4 政府・官庁・国際機関

- (1) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略[経済産業省 21]
- (2) 第6次エネルギー基本計画[資源エネルギー庁 21]
- (3) 地方公共団体における分散型エネルギーインフラ事業の実現に向けたハンドブック[総務省 20]
- (4) Net Zero by 2050[IEA 21]

3.5 国内・国際規格

- (1) IEC 63152:2020(スマートシティ・災害に対する都市サー

ビスの継続性—電気供給の役割) [IEC 20]

(2) JIS Q 22301:2020 (セキュリティ及びレジリエンス—事業継続マネジメントシステム—要求事項) [JIS 20]

(3) JIS Q 22313:2021 (セキュリティ及びレジリエンス—事業継続マネジメントシステム—JIS Q 22301 使用の手引) [JIS 21]

4. 長崎市における路面電車の架線網を活用した直流マイクログリッドによる長崎市レジリエンスリノベーション構想

4.1 概要

「路面電車の架線網を活用した直流マイクログリッドによる長崎市レジリエンスリノベーション構想」は、エネルギーによるまちのリニューアルを目指し、既存交通インフラを活用してコージェネ設備や蓄電池を最適配置することで分散型エネルギーインフラを構築し、災害時にまちの機能を最低限維持して強靱性を高める事業である。

4.2 目的

「長崎市第五次総合計画」[長崎市 22a]では、A から H の 8 つのまちづくりの方針が示されている。

そのうちの一つに「D：私たちは「環境と調和した持続可能なまち」をめざします」とあり、その基本施策の一つとして、「脱炭素社会の実現」を掲げている。

さらに、「長崎市地球温暖化対策実行計画」[長崎市 22b]において、重点アクションプログラムを 5 年ごとに定めており、令和 4 年度～令和 7 年度のアクションプログラムは、以下のようなアクションを明記している。

重点アクション I：移動手段の脱炭素化

重点アクション II：再生可能エネルギーの活用と地産地消

重点アクション III：リフューズ（断る）とリデュース（減らす）の推進

重点アクション IV：脱炭素型のライフスタイルへの転換

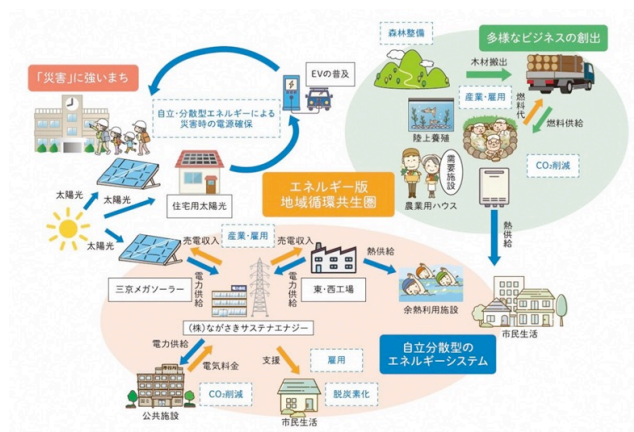


図 1：長崎市エネルギー版地域循環共生圏

本事業は、上記の方針等に基づき、長崎市における分散型エネルギーインフラの機能を「リノベーション」と「レジリエンス」をキーワードとして平常時及び非常時の双方（フェーズフリー）で利用可能な機能を備えたシステムとする整備計画の策定、事業化可能性調査を行うこと。加えて、既存の再生可能エネルギー活用促進政策に交通インフラの二次利用案を接合させた新しいタイプの分散型エネルギーインフラを地域創生に寄与させるとともに、長崎市全体の持続可能な発展に寄与する新たな基盤インフラとして位置付けることを大きな目的とする。（図 1 参照）

また、事業化可能性調査において、公共交通のインフラ（路面電車の架線網）をまちのエネルギーインフラ（直流マイクログリッド）へ発展させるために必要となる措置への対応や整備を行い、平常時には、既存のエネルギー活用計画の拡充と交通インフラの二次利用（リノベーション）によってまちづくりの総合的事業の構築を目指し、非常時には、リノベーションの成果によってレジリエントな分散型エネルギーインフラ整備事業（地域エネルギー事業）を市役所と民間事業者が連携して事業化を目指し、さらに各ステークホルダーが役割を理解しつつ事業に参画し、中心市街地活性化をはじめとする長崎市のまちづくりに寄与することを目的とする。

なお、本事業後の計画としては、九州をはじめとする再生率の高いエリアで発生する解列問題を緩和し、併せてエネルギーの地産地消を促進し地域の経済効率向上、CO2削減に資する都市エネルギーシステムのひな型を実証する。ゼロベースの開発ではなく、既存設備の改修（リノベーション）を基本とし地域インフラのライフサイクルコスト低減に資する方式を実証する。

このため、直流で運用されている路面電車、鉄道の送電線の空き容量を活用し、沿線の公共施設や業務ビル、集合住宅などエネルギー密度の高い設備に直流電力の供給、適切な位置への蓄電池設置により、平常時のエネルギーコストの削減、既存交流電力網の電力安定供給への貢献、災害時など、交流電力網の停電時の自治体機能、市民生活の維持を実現する。

現状での都市部/商業エリアでの電力機器（PC、エレベータ、揚水ポンプ、照明）の内部は交流電力から変換された直流電力で駆動されており、これらは直流で駆動することが可能である。例えば、スマートフォンの充電で利用する USB は代表的な直流電源であり、既設建築物に USB 電源を追加することで、照明、情報機器、扇風機や石油ファンヒーターなどの駆動が可能になる。エレベータや給水ポンプの大半もインバータ化されており、直流電力の供給で高層建築物住民などが災害時に「空の難民化」することも回避できる。

公共設備の周辺に原動機を配置し、温冷水蓄熱槽を実装することで周辺への熱供給も併せて行うことにより、直流電力の供給を災害時も可能とできる。温冷水蓄熱槽に蓄え

た水は災害時の生活雑水として利用できる。平時には路面電車架線近傍に最適配置された蓄電池群/原動機を統合制御することで、交流電力網の変動を吸収し再エネ解列問題を緩和させることを目指す。将来的には、余剰再エネ電力により水素などを製造し原動機のCO2フリー化を目指す。

現在長崎市で運用されている路面電車の大半は、電力回生機能を実装しておらず、可能なものについては電力回生機能を付与する改修を検討する。これらの検討はメーカ及びそれに準ずる企業が設計を担当し、改修事業は地元企業の協力を基本とする。これらの実証において目指すのは、バランスを欠いて増えすぎてしまった再エネを真に役立つものとするための、エネルギーシステムの社会実装を低コストで実現することである。

公共的な設備は、適切な追加投資によって、利便性、経済性、再エネ利用率を向上させ、人にも環境にも優しい都市を実現することとなる。ゼロベースで最適なものを実装する場合には、フリーハンドで理想を追求できるが、まだ耐用年数のある設備については、無理のない範囲で最適化することを考える。こうした具体例は、長崎市を分散型エネルギーインフラのモデル都市として全国的に、また国際的なショーケースとすることが出来る。

4.3 基本方針

1 本地域における分散型エネルギーシステムの考え方は以下の通りである。

(1) 路面電車架線を活用して長崎市内中心部に直流マイクログリッドを構築する

ア 交流変換システム接続によって売電を行っていた再生可能エネルギー発電設備の送電網として活用する。

イ 既存の路面電車架線を活用するため、市内中心部の公共施設、商業施設、観光施設が集積する地域に新たに架線するよりも安価にグリッドを構築できる。

ウ 交通インフラをエネルギーインフラとして複合的に活用する方策は、都市リノベーションと、交流網と並立することによるレジリエンスを同時に獲得できる。

(2) 再生可能エネルギー地産地消の促進により日本版シュタットベルケを目指す

ア 太陽光やごみ焼却による発電、地域エネルギー事業者によるエネルギーマネジメントに加えて送電網を得ることにより地産地消を促進する。

イ ゼロカーボンシティの実現に向けて長崎市内の設備、装置を活用することで、将来的には都市OSへの発展も見越した発電から送電まで一貫したシステムを得ることができる。

ウ 交通事業者の設備施設を活用することによって、地域公共交通のあり方に新たな考え方を導入することができる。

(3) 災害時のレジリエンス向上のために平時のリノ

バージョンを実施する

なお、直流マイクログリッドについては、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構による『直流活用に関する技術マップ及び技術ロードマップ策定に関する調査報告書』（2020年3月）[電気設備学会 20]で活用のイメージを以下の図2によって示している。

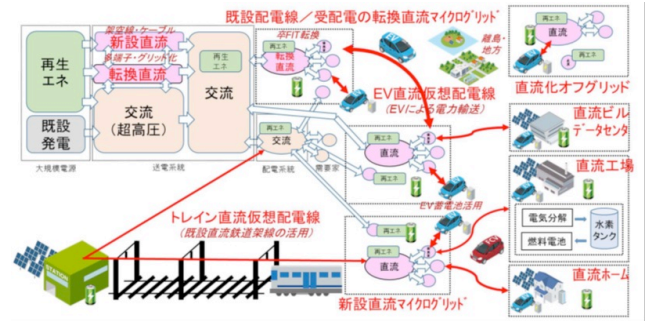


図2：直流活用のイメージ (NEDO 資料)

また、同報告書には、直流適用のシナリオとして「シナリオ3：モビリティでの直流適用」（次頁図3）には、シナリオ想定背景として「2）鉄道分野においては、鉄道の架線で直流電力を電車に供給しており、これは電力輸送インフラとして、既存電力システムに次ぐ規模である。」と記されており、直流活用展開として以下のような想定が列記されている。

1) 電気自動車（EV）や燃料電池自動車（FCV）はEV用充電器を双方向潮流に対応させることで自動車としての機能に加え、需要家用の主力蓄電池の役割も兼ねたものにする事で、電力融通対応やレジリエンス・防災対応が可能となる事が想定される。（EVやFCVは直流であるため、需要家側が直流であれば変換効率が向上する）。

2) 電力の貯蔵には蓄電池のほか、水素をエネルギー貯蔵装置としての利用が想定される。（水素と電気の連携による脱炭素社会への貢献）

3) 鉄道の電車線には電車による回生電力が発生するが、電車線の電力を直流のトロリーバスや電動バスの充電用に用いることで回生エネルギーを有効に利用することが想定される（設備利用率が高まり、社会資本のコストを下げる事が期待できる）。

4) 海運では、電気推進船の普及が見込まれ、当面は内燃力機関と電気推進のハイブリッドも一部利用されるほか、完全電気推進船も内航航路などで実現するとともに、港湾施設においても大容量充電設備など直流利用が進むことが想定される。

5) 航空部門では、航空機においては小出力近距離の小型機の電動化が図られ、次第に大型の旅客機電動化が、バイオ燃料や水素とのハイブリッドも含めて利用されることが想定される。また、電導ドローンが荷物の配達や監視・警備な

どで利用される。

6) そのほか、電動バイクや軽車両などモビリティ部門における利用拡大が想定される。



図3:モビリティにおける直流適用のイメージ (NEDO)

本事業においては、上記事項を路面電車に適用することを目指す。なお、技術の実現可能性として同報告書では「モビリティ・グリッド連系」を2020年代、「モビリティ・グリッドネットワーク」を2030年代と想定している。

4.4 事業の実施区域

4.4.1 長崎市中心市街地活性化基本計画

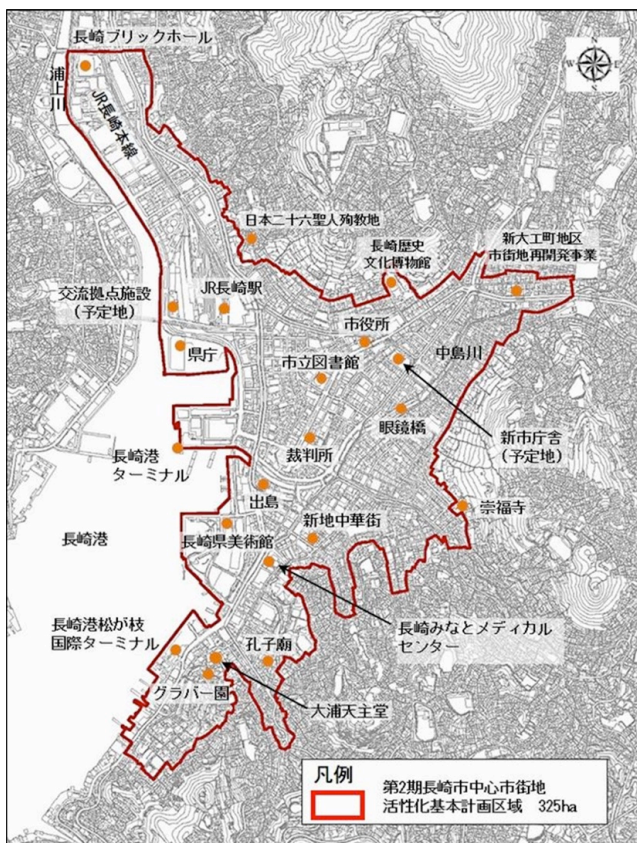


図4:分散型エネルギーインフラ検討エリア(赤枠内)と公共施設(橙丸印)

本事業は、長崎市中心市街地活性化基本計画[長崎市22c]の対象区域を分散型エネルギーインフラ整備の検討を行なうエリアとする。基本計画の区域は、小売業者や都市機能が集中し、商業地域となっている中心市街地で、特に長崎経済のエンジンとしての役割を果たしている区域に加え、中心市街地の活性化に資するポテンシャルが高いと考えられる隣接地(長崎スタジアムシティ等の複合的な集客施設を建設予定である「幸町地区」及び国指定重要文化財である旧グラバー住宅や明治期の洋風建築である旧児童養護施設マリア園等の居留地の魅力を活かしたまちづくりを推進する予定である「東山手・南山手地区」)を加えた区域(図4)とする。(長崎市の面積40,586ha、中心市街地325ha、長崎市全体の面積に対する計画区域の割合約0.8%)

東側境界:寺町通り沿い

西側境界:浦上川左岸及び長崎港東側海岸線沿い

南側境界:南山手エリア沿い(伝統的建造物群保存地区)

北側境界:ブリックホール北側の市道茂里町3号線

この区域の特徴は、以下の通りである。

(1) 長崎市の商業・業務機能が集積している。

長崎市面積(40,586ha)の0.8%を占める中心市街地内には、長崎市の小売店の34.3%が立地し、小売業年間販売額でも市全体の45.8%を占めている。また、事業所数の33.0%、従業者数の32.7%がこの地域で従事している。

(2) 長崎市の大型商業施設が集積している。

長崎市で店舗面積が1万㎡を越える大型商業施設は9店舗あり、15,000㎡を超える上位3店舗を含む計4店舗が中心市街地に集積している。

(3) 長崎市の多様な都市機能が集積している。

中心市街地内には、官公庁、公共・公益施設、交通拠点など、本市の中心的な役割を担う多様な都市機能が集積している。

また、中心市街地内には、出島、丸山、新地中華街、唐人屋敷、眼鏡橋に代表される石橋群など様々な歴史・文化的資産が中心市街地内に存在し、数多くの観光客が来街している。

4.4.2 上位計画との整合

本事業における中心市街地の位置づけ及び活性化の取組みは、次に示す長崎市及び長崎県の上位計画と整合しており、高次都市機能が集積する長崎市において、既存の都市機能のストックや交通結節機能などを活かして、中心市街地の活性化を図ることは、本市及び周辺市町の発展に有効かつ適切である。

(1) 都市計画区域マスタープラン[長崎県 14]

都市計画区域マスタープラン(平成26年10月第1回変

更)では、「高次かつ多様な都市機能が集積し、全県を牽引する都市づくり」を基本理念のひとつに掲げ、長崎都心地区の市街地像を具体例として示している。

(2) 長崎市第五次総合計画[長崎市 22a]

令和4年2月に策定した長崎市第五次総合計画の各基本施策のうち中心市街地活性化に関係するものとして次のように掲げている。

○基本施策「交流のための都市機能を高め、賑わいを創出し、観光まちづくりを進めます」

○基本施策「暮らしやすいコンパクトな市街地を形成します」

(3) 都市計画マスタープラン及び長崎市立地適正化計画[長崎市 22d]

都市計画マスタープランにおける都市づくりの方針として、集約連携型の都市構造(ネットワーク型コンパクトシティ長崎)を目指すため、中心市街地を含む主要な地域に人口規模に応じた、商業・業務、医療・福祉等の都市機能を誘導し、市民の暮らしを支える各種生活サービスの質の確保や投資効率の高い市街地を形成することとしている。

平成30年4月に策定した長崎市立地適正化計画においても、市民にとって安全・安心で快適な暮らしが続けられる都市づくり(ネットワーク型コンパクトシティ長崎)を基本方針とし、居住機能や医療・福祉・商業等の都市機能の立地、公共交通の充実等に関する施策を掲げている。また、中心市街地を含む都市機能誘導区域の施策の方向性として、中心市街地活性化など、都心部・都心周辺部の魅力を向上させるとともに、高次な都市機能の集積を図ることとしており、中心市街地の活性化による都市の賑わいと活力の創出に向けて方針を掲げている。

4.4.3 対象地域の災害対策

本事業計画書の「1.分散型エネルギーインフラ整備の目的と基本方針(1)目的と基本方針」に記したように、本計画は平常時及び緊急時災害時をも想定したものである。「長崎市中心市街地活性化基本計画」においても「防災・災害復興機能」、「防災性の向上」を内容とした事業が位置付けられている。

5. 事業化可能性調査以降の展開

本研究の成果を反映して2022年度末に長崎市により総務省へ事業とりまとめ報告を行う。この報告には長崎市における事業展開の手順を示すのみならず、他地域展開の可能性について具体策を示す。また引き続き各省庁からの支援を得て事業化可能調査から社会実装へと具体化させる。

5.1 レジリエンス方策の確立

東日本大震災からの復興経験に基づき日本から提案して成立した国際規格「IEC 63152:2020:スマートシティー災害

に対する都市サービスの継続性—電気供給の役割」[IEC 20]は、都市のレジリエンスを高めるために有効であり、関連する「JIS Q 22301:2020:セキュリティ及びレジリエンス—事業継続マネジメントシステム—要求事項」[JIS 20]及び「JIS Q 22313:2021:セキュリティ及びレジリエンス—事業継続マネジメントシステム—JIS Q 22301 使用の手引」[JIS 21]とともに本事業における参照規格となる。

5.2 回生電力の活用

路面電車における回生電力の活用については、鹿児島市電への導入事例があり、[東洋電機 07] 福井鉄道では旧型車を改造して回生ブレーキを付加している。[東洋電機 21]鉄道の回生電力は架線網内の全体的なエネルギーマネジメントとして位置付けられている。[竹岡・他 09]事業化可能性調査では、コストと効率の双方から検討する必要がある。

5.3 エネルギーマネジメントから IoE へ

モビリティとグリッドの協調を実証した[電力中央研究所 21]は、MaaS との協調を目指す本事業にとって有益な先行事例である。また、電力のパケット化、電力流通の経路制御を構想する IoE (Internet of Energy)については、スマートメーターとスマホアプリを活用してエネルギーの供給や決済に情報通信技術を導入した国内外の事例を分析した [吉田 21]、エネルギーマネジメントからエネルギーをパケットして IP アドレスを付与する EI (Energy Internet)の段階まで発展段階を分類して技術的な展望を行った[Hassain et al. 20]がなどの業績を参照する。

謝辞

本論文は令和4年度長崎県立大学学長裁量研究費による研究成果の一部です。これまでの研究をさらに発展させる機会を与えられたことに深く感謝します。また、「長崎市トラム直流マイクログリッド」を含む「長崎市レジリエンスリノベーション構想」については、筆者の STING 構想を JST イノベーション・ジャパン 2020 特別課題「超スマート社会」Web 展示より見出し、共同研究を続けている JSCA 直流勉強会鉄道架線による給電分科会参加企業及び事務局の NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部の皆様と社会実装に向けて挑戦しているものです。

(2022.11.04- 投稿, 2022.11.04- 受理)

文献

[電気設備学会 20] 一般社団法人電気設備学会直流利活用に関する調査研究会: 直流活用に関する技術マップ及び技術ロードマップ策定に関する調査報告書, 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2020.

(https://www.ieiej.or.jp/activity/environment/pdf/NEDORreport_ieiej2019.pdf)

[電力中央研究所 21] 電力中央研究所: EV アグリゲーションによる VPP 事業の可能性評価 —九州 V2G 実証事業における当所の3か年成果—, 電力中央研究所報告書, 2021.

- (<https://criepi.denken.or.jp/hokokusho/pb/reportDownload?reportNoUkCode=GD21001&tenpuTypeCode=30&seqNo=1&reportId=9795>)
- [Hassain et al. 20] H. M. Hussain, A. Narayanan, P. H. J. Nardelli and Y. Yang, "What is Energy Internet? Concepts, Technologies, and Future Directions," in IEEE Access, vol. 8, pp. 183127-183145, 2020.
(<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9216056>)
- [IEA 21] International Energy Agency: Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector, 2021.
(https://iea.blob.core.windows.net/assets/beceb956-0dcf-4d73-89fe-1310e3046d68/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf)
- [IEC 20] IEC 63152:2020: スマートシティー災害に対する都市サービスの継続性—電気供給の役割, 2020.
(https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsho_id=IEC+63152+Ed.+1.0:2020)
- [JIS 20] JIS Q 22301:2020: セキュリティ及びレジリエンス—事業継続マネジメントシステム—要求事項, 2020.
(https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsho_id=JIS+Q+22301%3A2020)
- [JIS 21] JIS Q 22313:2021: セキュリティ及びレジリエンス—事業継続マネジメントシステム—JIS Q 22301 使用の手引, 2021.
(https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsho_id=JIS+Q+22313%3A2021)
- [経済産業省 21] 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略, 経済産業省, 2021.
(https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/pdf/green_honbun.pdf)
- [三浦 96] 三浦忍: 大正期・佐世保電気軌道の敷設計画, 近代地方交通の発達と市場, pp. 79-156, 日本経済評論社, 1995.
- [森田 21] 森田均: 路面電車は電力事業の夢を見るのか?, 長崎県立大学国際社会学部研究紀要第6号, pp.30-35, 2021.
- [森田・他 17] Web ナビゲーションと近距離無線通信技術によって公共交通の体系化を促し地域発 ITS モデルの構築を目指す研究開発, ICT イノベーションフォーラム 2017 予稿集, pp. 120-121, 総務省, 2017. (招待)
- [森田・他 21] 森田均, 松坂勲, 山口泰生, 曾理恵子, 酒井寿美雄: 街のナビゲータが描く地域発 ITS モデルの発展形, 第19回 ITS シンポジウム 2021 発表論文集 1-A-12, ITS Japan, 2021. (ベストポスター賞受賞)
- [長崎県 14] 長崎都市計画 都市計画区域の整備、開発及び保全の方針(第1回変更)(都市計画区域マスタープラン(長崎県決定)), 長崎県, 2014.
(<https://www.pref.nagasaki.jp/shared/uploads/2015/03/1425533483.pdf>)
- [長崎県 22] 第68版(令和3年)長崎県統計年鑑, 長崎県, 2022.
(<https://www.pref.nagasaki.jp/bunrui/kenseijoho/toukeijoho/kankoubutsu/nenkan/540691.html>)
- [長崎市 20] 長崎市立地適正化計画(平成30年8月1日公表), 長崎市, 2020.
(<https://www.city.nagasaki.lg.jp/sumai/650000/659001/p029291.html>)
- [長崎市 22a] 長崎市第五次総合計画(計画期間:令和4~12年度), 長崎市, 2022.
(<https://www.city.nagasaki.lg.jp/syokai/730000/731000/p037993.html>)
- [長崎市 22b] 長崎市地球温暖化対策実行計画(令和4年3月改訂), 長崎市, 2022.
(https://www.city.nagasaki.lg.jp/shimin/171000/171100/p004003_d/fil/zentai.pdf)
- [長崎市 22c] 長崎市中心市街地活性化基本計画(第2期)(令和4年3月8日第3回変更), 長崎市, 2022.
(https://www.city.nagasaki.lg.jp/sumai/660000/666000/p034384_d/fil/tyuukatu2kihennkou3.pdf)
- [長崎市 22d] 長崎市都市計画マスタープラン(平成28年12月6日改訂), 長崎市, 2022.
(<https://www.city.nagasaki.lg.jp/sumai/650000/651000/p007000.html>)
- [長崎市 22e] 令和3年度版長崎市統計年鑑, 長崎市, 2022.
(<https://www.city.nagasaki.lg.jp/syokai/750000/754000/p007026.html>)
- [長崎市 22f] 長崎市環境白書令和3年度版, 長崎市, 2022.
(https://www.city.nagasaki.lg.jp/shimin/170000/176000/p003973_d/fil/report-all.pdf)
- [長崎市 22g] 長崎市地球温暖化対策実行計画年次報告書(令和3年度版), 長崎市, 2022.
(https://www.city.nagasaki.lg.jp/shimin/171000/171100/p004003_d/fil/R3.pdf)
- [長崎電気軌道 15] 長崎電気軌道株式会社: 長崎電気軌道100年史, 長崎電気軌道株式会社, 2015.
(<https://www.naga-den.com/pages/421/>)
- [長崎電気軌道 22] 長崎電気軌道株式会社: 令和4年会社概要, 長崎電気軌道株式会社, 2022.
(<https://www.naga-den.com/pages/24/>)
- [NEDO 09] 局所風況マップ, 2009. (第1.2版操作説明書発行年月日に基づく発行年)
(<https://appawl.infoc.nedo.go.jp/inedo/index.html>)
- [資源エネルギー庁 21] 資源エネルギー庁: 第6次エネルギー基本計画(令和3年10月), 2021.
(https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/)
- [資源エネルギー庁 22] 資源エネルギー庁: 令和3年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2022), 2022.
(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/>)
- [総務省 20] 総務省地域力創造グループ: 地方公共団体における分散型エネルギーインフラ事業の実現に向けたハンドブック, 総務省, 2020.
(https://www.soumu.go.jp/main_content/000722457.pdf)
- [竹岡・他 09] 竹岡俊明・畠中啓太・松村寧・山田健一・北中英俊: 回生エネルギー貯蔵システム, pp. 11(655)-12(656), 三菱電機技報 83 巻 111 号, 2009.
(<https://www.giho.mitsubishielectric.co.jp/giho/pdf/2009/0911104.pdf>)
- [東洋電機 07] 東洋電機株式会社: 鹿児島市交通局向け架線電圧補償システム, 東洋電機技報 116 号, 2007.
(<https://www.toyodenki.co.jp/technical-report/pdf/giho116/s11631.pdf>)
- [東洋電機 21] 東洋電機株式会社: 福井鉄道株式会社 880 形更新車両用電機品, 東洋電機技報 144 号, 2021.
(https://www.toyodenki.co.jp/technical-report/pdf/giho144/p26-29_144.pdf)
- [吉田 21] 吉田昌登: 「インターネット・オブ・エネルギー」による電力・ガス分野のブレークスルー, pp. 172-177, ベトロテック 44 巻 3 号, 石油学会, 2021.
(<https://eneken.ieej.or.jp/data/8940.pdf>)