

道路施設のエネルギー有効活用 に向けた検討

大河内 恵子¹・井上 隆司¹・吉永 弘志¹

¹正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路交通研究部道路環境研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

E-mail:do-kan@nilim.go.jp

近年、エネルギーの分野において制度改革・技術革新が進展している。平成25年7月には道路施行令の改正に伴い道路占用料の大幅減額等が実施され、道路空間への再生可能エネルギーの導入が期待されている。このような社会的状況の変化やエネルギー技術の進展に対応し、道路分野においても、エネルギーの有効活用を検討する必要性が高まってきた。本稿では、道路施設のエネルギーに関する現状を把握し、道路施設と周辺地域とのエネルギー面での連携可能性について検討することを目的とした。

調査の結果、道路施設においては、道路照明、トンネル設備、融雪設備が多くの電力を必要としており、これらで約8割の需要を占めていた。道路施設と周辺地域との連携可能性について、道の駅を例にあげて試算した結果、一次エネルギーが約24%削減され、投資回収年数が11.7年となった。したがって、道路施設と周辺地域が連携して、エネルギーの需給バランスを調整することにより、エネルギーを有効に活用できると言える。

Key Words : road infrastructure, energy saving, renewable energy, smart community, energy management

1. はじめに

近年、エネルギーの分野において、電力システム改革が進められており、2016年には電力小売り自由化が実施される。また、地域のエネルギーの供給側と需要家が連携し、賢く電気を使うスマートコミュニティの仕組みが実施され、各地で展開されている。

平成25年7月には道路施行令の改正に伴い、道路占用料が約9割減額され、道路空間への再生可能エネルギーの積極的導入が期待されている。そこで、道路分野においてもエネルギーに関する技術動向を収集し、エネルギーの有効利用方策を調査研究する必要性が高まってきている。

本稿では、道路施設のエネルギーに関する現状を把握し、道路施設と周辺地域とのエネルギー面での連携可能性について検討することを目的とした。

2. 道路施設での電気の使われ方

道路において電力を消費する施設には、道路照明、道

路情報板、融雪設備、トンネル換気設備、排水ポンプ、道の駅等、様々な施設がある。これら道路施設における電力消費の実態を把握するため、直轄国道における電力使用量を調査した。

(1) 電力使用量調査

直轄国道での電力使用量を把握するため、電力会社から送付される電気料金請求書を調査した。電気料金請求書は、各道路を管轄している国道事務所が管理しているため、全国に約100ある事務所から10事務所を調査対象として抽出し、平成24年度の電気料金請求書（10事務所分）に基づき、電力使用量を集計した。

調査対象事務所の抽出にあたっては、管理延長、交通量、管轄する道路施設の種類、各地方整備局等の都合を考慮した。

(2) 電力需要量推計

調査対象の10事務所の電力使用量集計結果から、全国の直轄国道における電力需要量を推計する方法を検討した。

道路施設の設置には各種基準^{1)・2)}が定められているた

め、施設規模に対する用途別電力需要量は一定であると仮定した。そこで、電力の用途別に電力需要の原単位を設定し、原単位に道路延長を乗じて電力需要量を推計するため、国道事務所における電力使用量の実績値を道路照明、トンネル設備、融雪設備、排水設備、中継所、情報板等の用途別に分類し、原単位を求めた。

なお、国道事務所・出張所等の庁舎については、本検討の対象外とした。

a) 道路照明

道路照明の基準¹⁾や設置実態を鑑みて、電力需要量は車線数別の道路延長に比例すると言える。そこで、車線数別の電力消費原単位 (kWh/km) を求め、原単位に車線数別道路延長を乗じて、電力需要量を推計することとした。

2車線、4車線、6車線、8車線のモデル道路を想定し、それぞれに必要なとされる道路照明の消費電力および設置間隔等を設定した上で、車線数別の負荷割合を算定した。次に、車線数別の負荷割合を考慮して、電力使用量および道路延長から原単位を算出した。

なお、トンネルに設置している照明は、トンネルごとに一括して受電していることから、トンネル設備に含めることとした。

b) トンネル設備

トンネルの電気設備には、照明、換気設備、排水ポンプ、融雪設備等の様々な設備が設置されている。トンネル設備の電力使用量は、道路照明施設設置基準¹⁾、道路トンネル技術基準²⁾および設置実態を踏まえると、トンネルの規模 (500 m以下、500～1000 m、1000 m以上) により電力使用傾向が異なるため、トンネル規模別に電力消費原単位 (kWh/m) を設定した。電力需要量は、電力消費原単位にトンネル延長を乗じて推計することとした。トンネル規模別の電力消費原単位は、直轄国道のトンネルの電力使用量およびトンネル延長から算出した。

c) 融雪設備

国道事務所における融雪設備の電力使用量および管理延長から、電力消費原単位 (kWh/km) を算出した。算定対象とする国道事務所は、融雪の電力需要があり、事務所からの提供資料により融雪設備の電力消費量が明確に把握可能な3事務所とした。

d) 排水設備、中継所、表示板等

排水設備、中継所、情報板等は、他の道路施設と比較して電力使用量が少ないことから、これらをまとめて扱い、電力使用量を管理延長で除することで、電力消費原単位 (kWh/km) を算出した。

e) 道の駅

道路管理者は、道の駅の駐車場、トイレ、情報提供施設等を管理しており、主な電力使用用途は、駐車場照明とトイレ照明である。駐車台数と電力需要量が比例する

ことが考えられることから、電力使用量および駐車台数から、電力消費原単位 (kWh/台) を算出した。対象とする道の駅は、事務所からの提供資料により道の駅の電力消費量 (道路管理者が管理している施設のみ、商業施設は除く。) が明確に把握可能な6施設とした。

f) 原単位の検証・補正

算出した原単位を用いて、10事務所における用途別の電力需要量を求め、その結果と電力使用量 (集計値) を比較し、補正率 (乖離率) を求め、原単位の検証を行った。さらに、先に求めた原単位に補正率を乗ずることににより、原単位を補正した。

(3) 電力需要量推計結果

補正した原単位を用いて全国の直轄国道における電力需要量を推計した結果、約581 GWhとなった。用途の内訳は図-1に示すとおり、道路照明、トンネル設備、融雪設備での需要が多く、これらだけで約8割を占めていた。

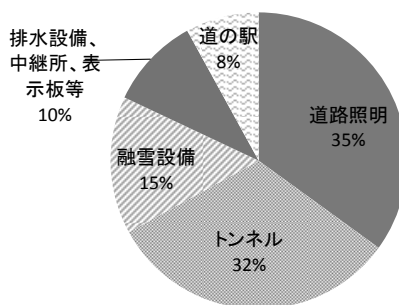


図-1 直轄国道の電力需要量推計結果

(4) まとめ

道路における電気の使われ方の特徴は主に2つある。1つ目は電力需要は、道路照明、トンネル設備、融雪設備で約8割を占めており、道路照明は夜間に稼働、融雪は冬期に稼働、排水設備は雨天時に稼働というように、季節変動・時間変動が大きいことが言える。2つ目は、融雪の熱需要があり、地中熱などの再生可能エネルギーを活用した融雪システムも提案・採用されているが、融雪設備の電力需要が地域によっては年間需要量の過半数を占めること等が大きな特徴である。

3. 周辺地域と道路施設の連携方策検討

(1) 周辺地域との連携可能性の検討

一般に、需要家が各々使いたい時に電気を使用すると、電力需要ピーク時の供給を賄うために、発電所の増強等が必要になることが問題である。そこで、近年では、需

要家が工夫して蓄電池を活用したり、電気を融通し合ったり、電力需要変動に合わせて地域のエネルギー需給バランスを最適化したりするような、電気を賢く使うスマートコミュニティへの取組みが各地域で盛んに進められている。そこで、道路施設にもこの仕組みを応用できるのではないかと考え、スマートコミュニティ実証4地域の横浜市、豊田市、けいはんな学研都市、北九州市に、道路施設と周辺地域とのエネルギー面での連携についてヒアリング調査を実施した。

調査の結果、エネルギー面での連携に関連する内容では、4地域とも道路施設とは連携していないこと、エネルギーマネジメントにおいて要である蓄電池は非常に高価であること、夜はエネルギー需要が少ないためコージェネレーションを停止しているところもあること等がわかった。

(2) 連携方針

道路施設の電力需要の特徴およびスマートコミュニティ実証地域へのヒアリング調査結果を踏まえ、道路施設が周辺地域との連携するための方策について、次のa)～c)の3つの方策から検討することとした。

a) 周辺地域に存在するエネルギー設備を有効活用

夜間に停止していることがあるコージェネレーションやボイラー稼働状況を把握し、夜も安定的にエネルギー需要がある道路施設との連携を検討する。

b) 周辺地域・道路の双方の課題に協同で解決模索

例えば、法面等に設置した太陽光パネルで発電した電力(PV電力とする)は、発電時間帯と電力需要時間帯が異なり、発電した電力を道路照明に直接供給できない。一方、周辺地域では、デマンドレスポンスなどを活用して電力のピークカットやピークシフトに取り組んでいるが、ピークカットの目標達成は容易ではない。そこで、PV電力を周辺地域のピークカットに活用し、夜間の道路照明には周辺地域側の設備から供給し、道路側と地域側の双方にメリットがあるような検討をする。

c) 電気だけでなく熱も含めた連携方策の検討

道路施設は、融雪等の熱需要も多く存在する。ヒアリング調査結果より、スマートコミュニティでは、熱のマネジメントにも注力している。道路施設側でも熱需要を把握し、周辺地域側と協力した熱の有効利用方策を検討する。

上記の方針を絵に表したものを図-2に示す。

(3) 道の駅での連携案

道路施設と周辺地域がエネルギー面で連携する場合の連携案、導入効果、費用等について積雪寒冷地の道の駅Aを対象に検討した。

道路管理者は、道の駅の駐車場、トイレ、情報提供施

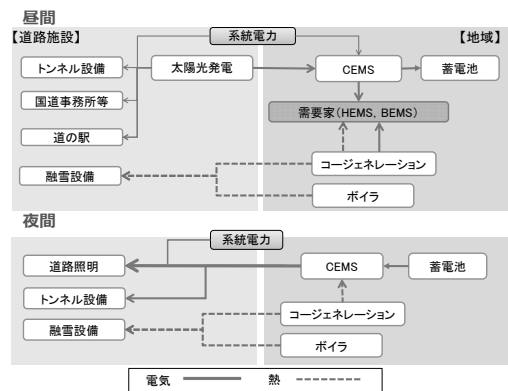


図-2 道路施設と周辺地域の連携方針（冬期）

設等を管理するが、本導入案の検討では、市町村等が管理する地域振興施設（レストラン・売店等）も含めて検討する。

a) 検討対象道の駅Aの概要

道の駅Aの概要は次のとおり。駐車場は、46台（大型32台、小型12台、バリアフリー2台）、館内施設はレストラン、直売所（以下、レストランおよび直売所を「店舗」という。）、情報コーナー等がある。店舗営業時間は、4月～10月は9:00～18:00、11月～3月は9:00～17:30（水曜日と1/4～1/6は休み）であり、情報コーナーのみ24時間稼働している。

また、地域防災計画にて避難・救援活動拠点として位置付けられ、災害時でも活動できることが求められており、道路管理者と地方自治体が連携し、必要な施設整備を進めている。道路管理者は、防災用トイレ・情報提供装置・防災資材倉庫の整備、資材備蓄を進めている。非常時に備えて、非常用発電施設を有しているが、通常時は稼働していない。

構内の道路照明の電力消費量推移は、道の駅Aの実績を用いた（図-3）。電力消費量は日の短い1月が一番多

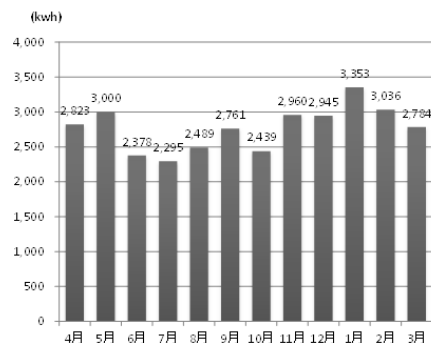


図-3 月ごとの道路照明電力使用量

く、7月が最も少ない。

道の駅A周辺には、高圧の電線は整備されていないため、売電は困難であるが、隣接地域まで都市ガスの主要導管が引かれており、都市ガスの供給を受けることが可能である。

b) 連携方法

道の駅Aの立地条件、自治体の関連計画での位置づけ、保有設備の状況を踏まえ、当該施設の非常用発電をマイクロコージェネレーションシステムに切り替え、道の駅A構内の歩道約75 mに融雪設備を新たに設置し、マイクロコージェネレーションシステムおよびガスから融雪設備へ熱を供給し、エネルギーを有効に活用するシステムを検討する。

図-4に示すとおり、冬期夜間はマイクロコージェネレーションシステムから駐車場照明、トイレ照明、融雪設備に電気と熱（融雪）を供給し、熱が足りない時は、ガスから供給する。マイクロコージェネレーションシステムを夜間も稼働し、得られる熱を融雪設備に活用することで、マイクロコージェネレーションシステムの稼働時間を長くし、投資回収期間の短縮を図る。

冬期夜間以外の時期は、昼間はマイクロコージェネレーションシステムから店舗に熱と電気を供給する。夜間は熱需要がないため、マイクロコージェネレーションシステムを停止し、系統電力を利用する。

(4) 連携効果の試算

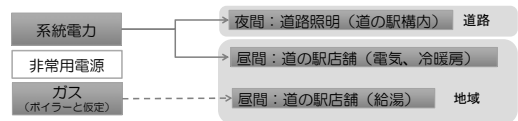
本連携案（5kWのマイクロコージェネレーションシステムを導入し、店舗、道路管理施設照明および融雪設備へ電気および熱を供給した場合）と、現在の設備に電熱式の融雪設備を導入した場合とを比較すると、一次エネルギーが283.3 MWh（約23.7 %）削減される結果が得られた（表-1）。建物形状より、建物は1階建てと仮定して床面積を計算し、燃料消費原単位、月別時刻別燃料消費割合³⁾より、営業時間を考慮して電力消費量および熱消費量を試算した。

(5) 概算費用と投資回収期間

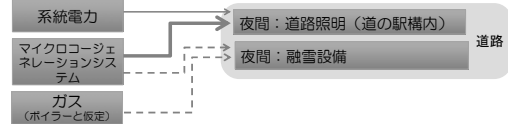
表-2に示すとおり、概算費用を試算し、燃料消費量の変化と合わせて計算すると、投資回収期間は23.4年となった。

一方で、経済産業省では、分散型電源導入促進事業費補助金を制定しており、発電出力5 kW以上かつ省エネルギー率10 %以上の施設を地方自治体等が導入する場合には、半額相当の補助を受けられる。この制度を活用することを前提とすると、投資回収期間は11.7年と短縮され、法定耐用年数の15年と比較し、導入可能だと考えられる。

【連携前】



【冬期夜間】



【冬期夜間以外】

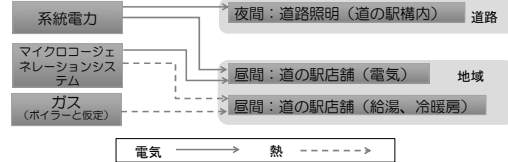


図-4 道の駅Aの連携案

表-1 導入効果試算結果

		供給方法	消費量 (MWh)	一次 エネルギー (MWh)
連携前	館内照明	系統電力	276.4	690.9
	給湯	ガス	28.2	28.2
	冷房	系統電力	40.8	306.3
	暖房	系統電力	11.4	85.8
	道路照明	系統電力	33.3	83.2
連携後	館内照明	系統電力	288.2	720.4
	道路照明	ガス (コージェネレーション)	21.5	25.3
	熱需要	都市ガス	132.2	165.3

表-2 概算費用試算結果

		現況	対策後	差
燃料消費量	系統電力 (MW/年)	361.9	288.2	-73.7
	ガス (千Nm ³ /年)	2.2	12.0	+9.8
運用費用	電気代 (万円/年)	828	659	-169
	ガス代 (万円/年)	35	193	+158
	合計 (万円/年)	863	852	-11
初期費用	マイクロコージェネレーション (万円)	0	264	+264

(6) 導入への課題

本連携案では、都市ガスからマイクロコージェネレーションシステムへガスを供給する仕組みになっている。当該地域は都市ガスの供給区域ではあるが、主要導管は繋がっていないため、インフラ整備が必要となる。また、施設管理上、国道事務所側が非常用電源の代替としてマイクロコージェネレーションシステムを設置することになるが、主な利用者は店舗（地方自治体）となるため、供給方法、費用負担等を定めることが課題となる。

本稿の検討は、道の駅構内に限ったエネルギー面の連携であるが、周辺に地域の施設がある場合は、同様の仕組みで連携していくことで、広範囲のエネルギー需給バランスを調整することができ、よりエネルギー削減効果が得られると考えられる。

また、沿道に設置されている公衆街路灯契約の道路照明や、今後導入促進が期待される法面や高架下で発電した電力も合わせてエネルギーをマネジメントすることで、さらなるエネルギーの有効活用につながると考えている。

4. おわりに

本稿では、道路での電力需要を把握した。周辺地域と道路が連携する仕組みは、エネルギーの需給バランスを調整し、エネルギーを削減する結果が得られたが、経済性の面で課題があることもわかった。

引き続きエネルギーに関する情報収集を進め、今後も道路施設におけるエネルギーの有効利用について検討していきたい。

謝辞：本稿に示したデータは、国土交通省各地方整備局等の多大なるご協力のもとに収集したものです。関係各位に心から謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路照明施設設置基準・同解説、2007。
- 2) 日本道路協会：道路トンネル技術基準（換気編）・同解説 平成 20 年改訂版、2008。
- 3) 日本エネルギー学会：天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008、2008。

(2015. 7. 16 受付)

A STUDY ON ENERGY EFFECTIVE USE IN ROAD FACILITIES

Keiko OHKOUCHI, Ryuji INOUE and Hiroshi YOSHINAGA

In recent years, institutional reform and technological innovation has been progress in the field of energy. Charge for occupancy of roads was significantly reduced by the amendment of Order for Enforcement of the Road Act in 2013. Renewable energy power generation in the road space has been expected. To respond to the changing social situation, in the field of road engineering, it has increased the need to consider effective utilization of energy. The purpose of this study was to understand the current situation on the energy of the road infrastructure and to consider the cooperation potential between the road infrastructure and the community.

As a result, it was found that road lighting, tunnel equipment and snow melting equipment has been demand a lot of power (about 80%) in the field of road infrastructure. The trial calculation result of the energy as an example the roadside station, primary energy consumption was reduced 23.7% per year, payback possibled in 11.7 years.

In conclusion, there is a possibility of utilizing the energy effectively in the field of road infrastructure.