

道路電源システム

Highway Power Supply Systems

望月 敏明

MOCHIZUKI Toshiaki

安達 俊朗

ADACHI Toshiro

林 憲一郎

HAYASHI Kenichiro

高規格幹線道路^(注1)は、自動車の高速走行を確保するために、都市部の道路や地方都市間を結ぶ幹線道路として整備されてきた。高規格幹線道路のトンネルやインターチェンジには多くの道路インフラ設備が設置されており、これらに電源を供給しているのが道路電源システムである。ITS(高度道路交通システム)の普及に伴い、より信頼性の高い電力の供給や、最適な配電方法、地球環境保護のための省エネルギー化技術が重要な課題となってきた。

当社は、これまで多くの道路電源システムを構築し、システム技術やノウハウを蓄積してきた。道路電源のシステム技術力とITS向けに開発された技術を連携させ、社会のニーズに適合した道路インフラシステムを経済的に構築できると考えている。

High-standard trunk roads have been developed connecting roads in urban areas with regional cities in order to promote high-speed transportation. Road power systems supply power to the many road infrastructure facilities installed in the tunnels and interchanges of these trunk roads. With the diffusion of Intelligent Transport Systems (ITS), highly reliable power supplies, optimum power distribution, and energy-saving technologies for environmental protection have recently become increasingly important.

Toshiba has accumulated many system technologies and a great deal of know-how by having built a large number of road power supply systems. We believe that road infrastructure systems meeting social needs can be economically constructed by integrating the technologies for road power supply systems with the technologies developed for ITS.

1 まえがき

道路電源システムは、高規格幹線道路のトンネルやインターチェンジなどに設置される道路インフラ設備に電源を供給する重要な基幹システムである。

当社は、これまで数多くの道路電源システムを構築し、納入してきた。道路電源システムは、道路インフラ設備の安全な運用を行うために、安定した電力の供給がもっとも重要な課題になっている。

近年のITSの普及に伴い、新たな配電技術や、より信頼性の高い電力供給へのニーズが高まってきている。また、道路インフラ設備の維持管理費の削減や近年の環境意識の高まりから、限りあるエネルギーを有効に活用するための省エネルギー化や、地球温暖化防止対策として、自然エネルギーを利用した発電システムの導入も検討されている。

ここでは、現状の道路電源システムの電源安定化技術を紹介するとともに、ITS導入に伴う電力供給や省エネルギー化技術を含めた、今後の道路電源システムの技術動向について述べる。

(注1) 東名高速道路などの高速自動車道路を言う。

2 道路電源システムの現状

道路電源システムには、トンネル、インターチェンジ、サービスエリア・パーキングエリア、ジャンクション及び路上施設用がある。トンネルを除いた道路電源システムでは、高圧又は低圧で受電するシンプルなシステム構成が適用されている。

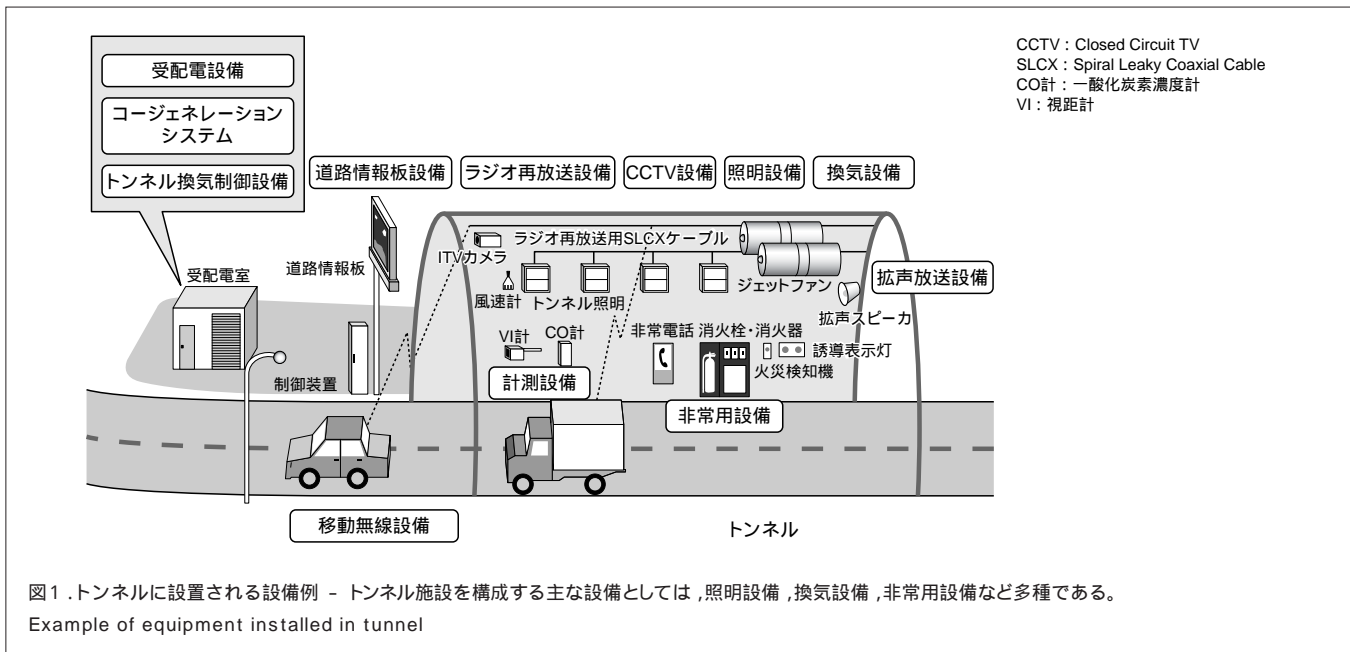
トンネル用の電源システムは、トンネル長や規模で配電系統や負荷容量が異なってくるため、トンネルごとに特徴を持ったシステム構成になっている。

トンネルの主な設備としては、照明設備、換気設備、非常用設備及び道路情報板設備などがある。トンネルに設置される設備例を図1に示す。

2.1 道路電源システムの課題

2.1.1 電圧変動 トンネルの電源システムでは、トンネル長に比例して配電距離が数kmに及ぶことがあるため、構内の電圧降下が問題となる。更に、トンネルは山間部に設置されることが多いため、電力会社の供給変電所から受電地点まで遠距離となり、電源インピーダンスが高く、定常運用時の電源系統の電圧降下も問題となる。

また、トンネル換気設備は、換気方式により単機大容量の電動機が用いられる場合がある。大容量電動機の起動によ



る瞬時電圧降下の影響も課題となっている。大容量電動機の起動時に発生する無効電力は大きく、系統の電圧に悪影響を及ぼし、瞬断によるITV(工業用テレビ)、無線、伝送装置などの電子応用製品の停止やトンネル照明器具の立消え現象が発生することがある。

2.1.2 エネルギー消費の増大 トンネル照明設備は、トンネルの出入口の照度に合わせ点灯されるため、昼間のエネルギー消費が大きくなる。電力量料金は、昼間は高価であるが、夜間(深夜)は安価になる。したがって、昼間の電力量を削減することが重要である。

トンネル換気設備は、トンネル内を通過する車両が発生する汚染物質を速やかにトンネル外へ排出する目的で運転され、交通量の多い時間帯での運転が多い。そのため、交通量により、消費電力量が大きく左右される。

更に今後、ITSなど24時間稼働する負荷の増加が予想され、消費電力量の増加が懸念されている。

2.1.3 設置スペース 都市部に建設されるトンネルは、用地確保の問題があり、電源システムの設置スペースの確保が困難である。また、山間部のトンネルでも電気室の所要面積が限られ十分なスペースが確保できないため、省スペース化が望まれている。

2.1.4 環境保全 道路附帯施設においても環境保全対策が望まれている。近年の地球規模の環境対策として、二酸化炭素(CO₂)の削減や、電気絶縁ガスとして使用されている六フッ化硫黄(SF₆)ガスの低減などを考慮したシステム構成が要求されている。更に、リサイクル化を考慮した部品の使用も要求されている。

2.2 電圧変動対策

以下に、トンネル施設の道路電源システム系統で問題となる電圧変動の対策について述べる。

電圧の変動は、使用される負荷設備の許容電圧範囲内に収める必要がある。

以下に、一般的な電圧低下低減対策を示す。

- (1) ケーブルインピーダンスの低減 ケーブルサイズの変更など
- (2) 変圧器インピーダンスの低減 変圧器容量の変更など
- (3) 電動機起動電流の抑制 電動機の起動方式の変更など

電圧低下の低減では、一つの方法で解決できることもあるが、各方法を組み合わせることで低減効果が有効になることが多い。上記の電圧低下低減対策以外に、道路電源システムで適用している電圧低下低減手法を述べる。

- (4) 無効電力補償装置の導入 無効電力補償装置(SVC)は、大容量電動機起動時に大きくなる無効電力を補償することにより電源側力率を改善して、変圧器及びケーブルでの電圧低下を抑制する。応答時間も1サイクル以内なので、系統瞬時電圧低下への対策には有効である。

SVCは、高速スイッチング素子として高性能・低損失のIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を採用した電圧形インバータで構成される。SVCの主回路構成例を図2に示す。

この装置は、本来は高調波抑制装置として開発された装置で、電源障害や通信障害を引き起こす高調波電

流の抑制を行うことができる。高調波電流や基本波無効電流を補償することで、電源系統の高品質化が図れる。

- (5) 変圧器のタップ調整 定常時における電圧降下が大きくなる場合には、変圧器一次側タップ電圧を下げることで、二次側電圧を上げて電圧降下を低減することが可能である。大規模トンネルの変圧器では、負荷時タップ切換器の導入により、負荷変動に対して運転状態のままにタップ切換え調整を行い、二次側の電圧を調節することが可能になる。

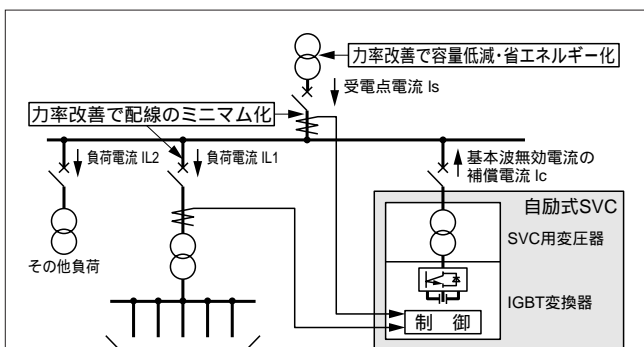


図2 . SVCの主回路構成例 - 最先端のIGBTを採用し、高性能及び低損失の機器構成を実現している。
Example of configuration of reactive power compensator main circuit

3 道路電源システムの今後の動向

今後の道路電源システムでは、ITSの普及により、いっそうの信頼性の向上や省エネルギー化が望まれる。以下に、今後の道路電源システムの技術動向について述べる。

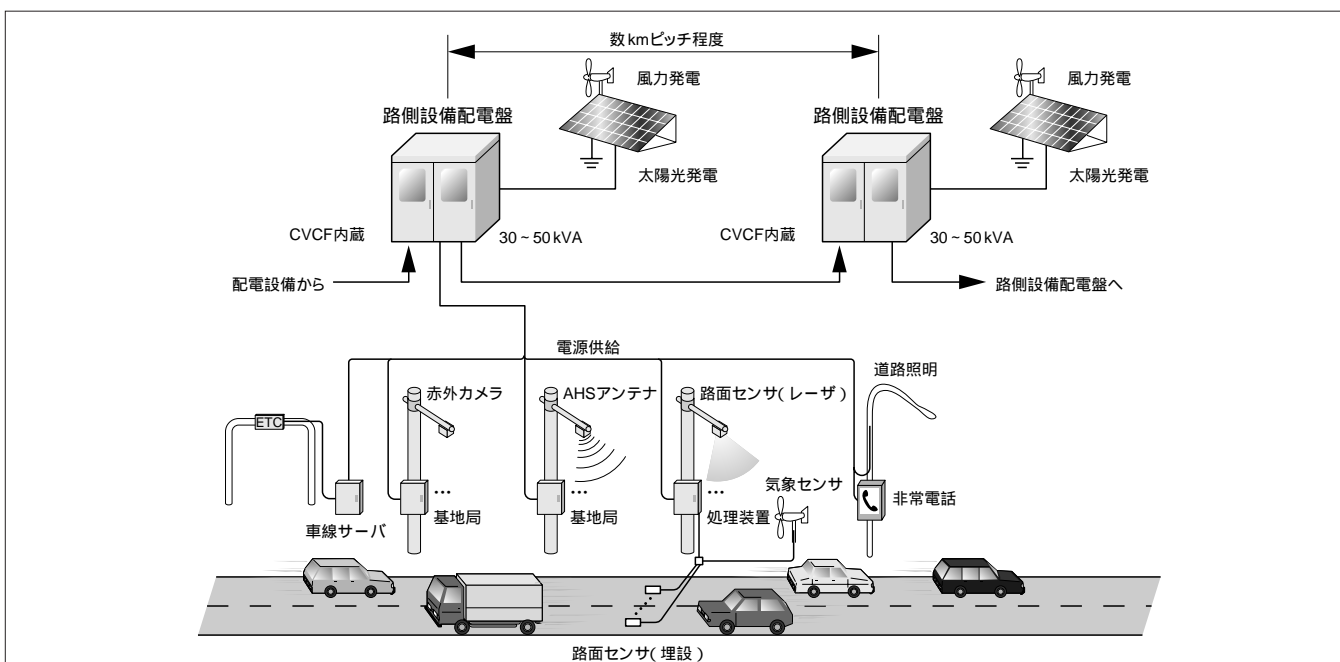
3.1 ITSへの電力供給

ITSでは、数十mから数百mの間隔で路側にAHS(走行支援道路システム)アンテナ、路面センサなどの設置が想定されるため、その各種機器に電力を供給する必要がある。更に、それらの機器は、安全で快適な道路交通を守るために、高信頼性で高品質な電力の供給が必要となる。

ITSへの電力供給では、小容量24時間運転の分散負荷となるため、電力供給方法が問題になる。電力供給方法には、トンネルやインターチェンジなどの道路電源システムから電力を送る方法と、個別に受電する方法などがある。

道路電源システムから電力を送る場合、路側に設置される負荷を配電距離に応じて数kmごとに区分し、路側設備配電盤を設置して電力供給することが考えられる。

路側設備配電盤では、電圧降下に対処するため、高圧受電又は高圧配電とする。路側設備配電盤では、太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーを利用した、ハイブリッド型分散電源などの新エネルギーの適用も可能である。また、無停電電源装置(UPS)を設置することで、無停電化対策も可能になると考える。図3に路側設備配電盤を使用した電



CVCF: 定電圧定周波数電源
AHS: 走行支援道路システム

図3 . 路側設備配電盤からの使用電力供給イメージ - 数kmピッチに設置する路側設備配電盤(分散電源, CVCFを含む)からAHSなどへ電源供給を行う。
Image of power supply from roadside equipment switchboard

力供給イメージを示す。

3.2 省エネルギー化技術

近年では、道路維持管理費の削減が望まれており、道路電源システムにおいても省エネルギー化が望まれている。

道路電源システムでは高効率変圧器を適用し、省エネルギー化を実現している。

道路は、24時間稼働の負荷が多く存在している。これら負荷へ電源供給するための変圧器には、負荷損失(銅損)及び無負荷損失(鉄損)による電力損失がある。

高効率変圧器では、高配向性けい素鋼板や磁区制御形けい素鋼板などの高性能鉄心材料や、一部銅巻線の採用などにより、大幅な損失低減を実現している。高効率変圧器は従来に比べ20%~30%、超高効率変圧器では50%の損失低減を可能にしている。従来型の標準変圧器、高効率変圧器

及び超高効率変圧器の損失と質量の関係を図4に示す。

高効率変圧器導入による省エネルギー効果の推定試算を次に示す。

(1) 条件

- ・型式：三相モールド変圧器
- ・容量：500 kVA
- ・平均負荷率：60%
- ・稼働日数：365日
- ・損失：標準変圧器(設計値)
無負荷損失1,550 W, 負荷損失5,300 W
- 高効率変圧器(設計値)
無負荷損失1,080 W, 負荷損失4,900 W

(2) 電力量試算

- ・標準変圧器の年間消費電力：30,292 kWh
 - ・高効率変圧器の年間消費電力：24,913 kWh
- したがって、年間の省電力量は5,379 kWh相当になる。

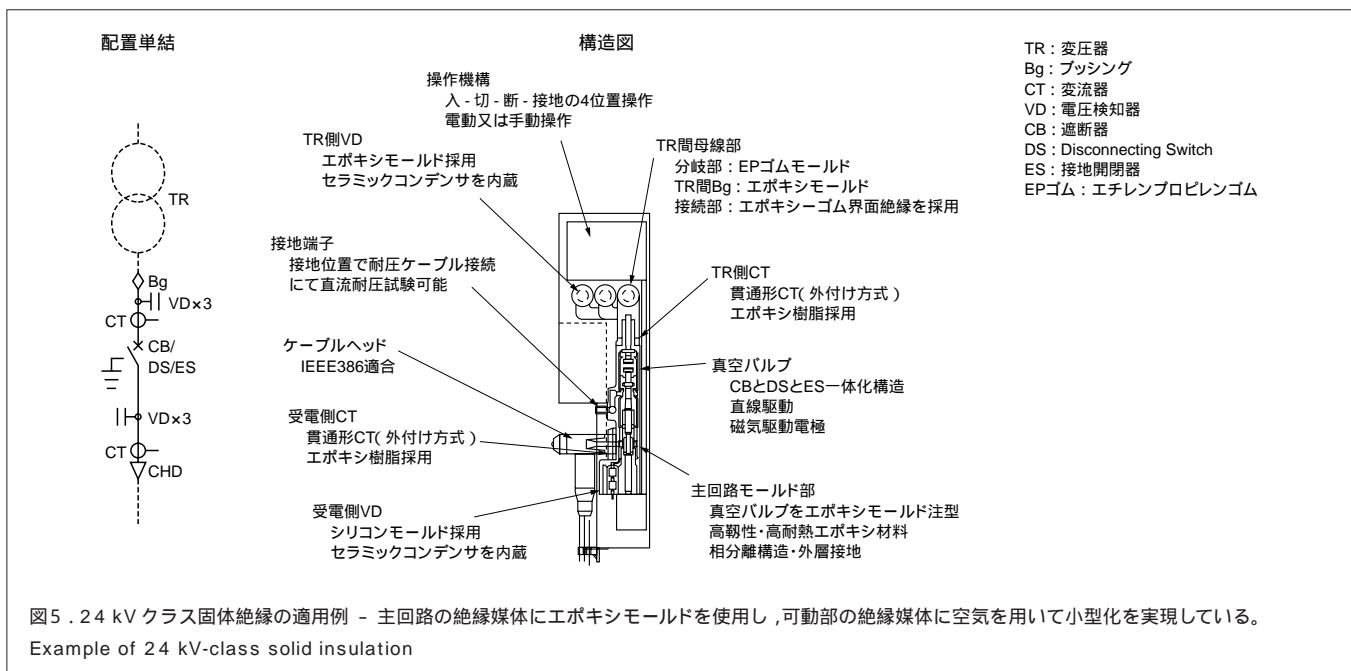
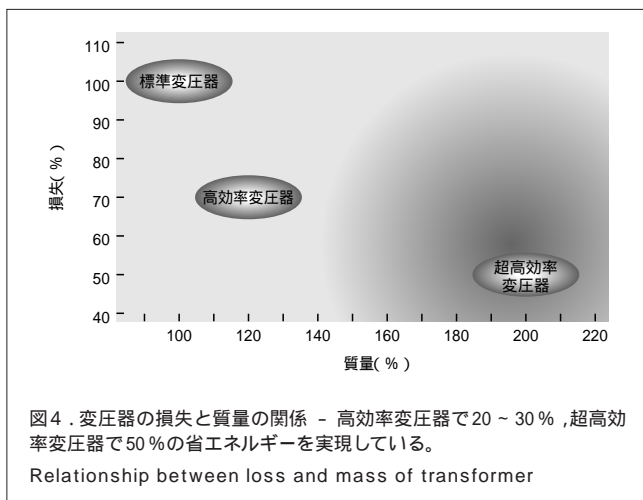
3.3 新技術の適用

道路電源システムでは、安価な夜間電力の電力貯蔵、非常用発電機の有効利用や自然エネルギーの利用が考えられる。道路電源システムで、適用可能な新技術を以下に示す。

(1) 電力貯蔵装置 安価な夜間電力を電力貯蔵装置に貯蔵し、電力需要のピーク時に使用することにより、契約電力の低減効果が期待できる。現在、開発・実用化されているシステムを次に示す。

- (a) NAS(ナトリウム-硫黄)電池
- (b) レドックスフロー電池
- (c) 電気二重層キャパシタ

(2) 非常用兼用の常用発電装置 常用発電装置と非常用発電装置の兼用は、他分野では導入実績がある。トンネル施設での適用により、非常用発電設備の有効利



用が可能になり、電力料金の低減が望める。また、サービスエリアやパーキングエリアでは熱需要があるため、コージェネレーション導入による省エネルギー効果も期待できる。

- (3) 自然エネルギーの利用 太陽光発電及び風力発電は、設置スペースの制限があるが、山間部トンネルであれば、山の傾斜を利用した太陽光発電や風力発電の設置が可能であると考えられる。

3.4 省スペース

道路電源システムでは設置スペースが大きくなり、建築費も含めイニシャルコストが高価になっている。道路電源シ

テムを構成する機器をシェルタ内に直接収納させた、シェルタ型のキュービクルの採用により、低コスト化、省スペース化及び現地据え付け工事の短縮が可能になると考える。

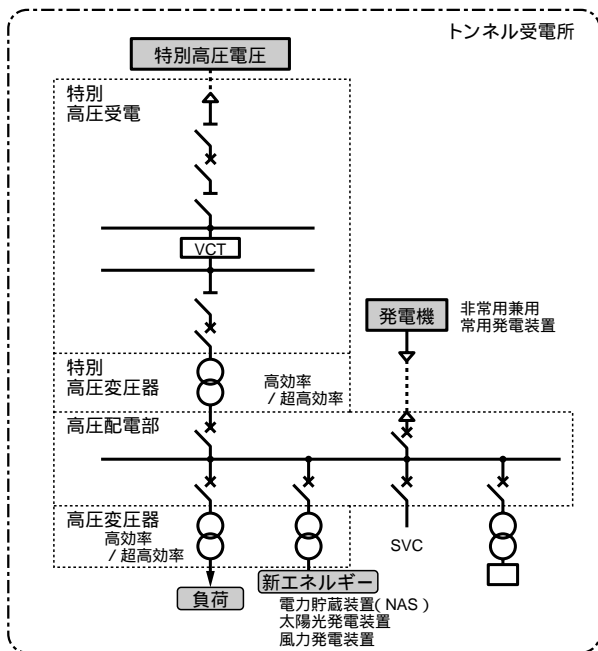
3.5 環境保全への対策

大規模トンネルにおいては、特別高圧受電が採用される。特別高圧受電システムは、省スペース化が望まれており、SF₆ガスを絶縁媒体としたスイッチギヤや変圧器が使用されている。

SF₆ガスは、地球温暖化の原因となる温室効果ガスの一つとして指定されているため、使用量の削減や回収技術の充実が図られている。

当社は、24 kV クラスのスイッチギヤにおいて、SF₆ガスを使用しない固体絶縁スイッチギヤをラインアップしている。24 kV クラスの固体絶縁適用例を図5に示す。

以上、今後の道路電源システムの動向について述べてきた。今後のトンネル施設における道路電源システムのイメージを図6に示す。



VCT: 取引用計器用変成器

図6・今後のトンネル施設の道路電源システムイメージ - 電源安定化機器の適用、高効率機器の採用及び商用系統と連系した新エネルギー導入により、最適な道路電源システムを構築している。

Image of future road power supply system for tunnel facilities

4 あとがき

ここでは、道路電源システムの現状と今後の技術動向について、電力系統の安定化と省エネルギー化の観点から考察した。

今後、ITSの普及により、道路電源システムの担う役割は今まで以上に重要になると思われる。当社では、豊富な道路電源システムの構築実績で培ったシステム技術力と、ITS向けに開発された技術を連携させ、社会のニーズに適合した電源システムの開発を進めていきたいと考えている。



望月 敏明 MOCHIZUKI Toshiaki

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 官公システム技術部主務。道路システムのエンジニアリングに従事。

Public & Industrial Systems Div.



安達 俊朗 ADACHI Toshiro

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 官公システム技術部課長。施設管制システム、トンネル換気制御システム、交通管制システム、ITSの研究・開発とエンジニアリング業務に従事。電気設備学会会員、技術士(電気・電子部門)。

Public & Industrial Systems Div.



林 憲一郎 HAYASHI Kenichiro

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 官公システム技術部。道路システムのエンジニアリングに従事。

電気学会、電気設備学会会員。Public & Industrial Systems Div.