

次世代信号制御システムの 輸出促進に向けて



山田秀之

CONTENTS

- I 深刻な都市の道路交通渋滞
- II 既存の交通渋滞軽減・解消対策とビジネスとしての海外での競争力
- III 海外での競争力が期待される日本の次世代信号制御システム
- IV ソフトインフラ輸出と海外での事業展開を支援するNEDO実証事業スキーム
- V 次世代信号制御システムのモスクワ市への導入の試み
- VI 今回の実証事業から得られる示唆

要約

- 1 都市における交通渋滞は、人々の時間的損失、経済的損失、エネルギー損失、環境損失を引き起こすため、その軽減・解消が課題となっている。
- 2 交通渋滞の軽減・解消に向けた対策事業は、中国・韓国などの企業との価格競争の激化や地元の交通利用者の合意形成の取得などビジネス環境としては予断を許さない。
- 3 信号制御機同士で交通情報の交換を行い、各信号制御機自身で青信号の表示時間やタイミングを計算し、リアルタイム制御が実現できる「自律分散制御方式」による渋滞軽減は、国際競争力を持つソフトインフラとして期待される。
- 4 ソフトインフラの導入に際して、導入国の政策担当者は「性能・効果を確認できるまでは導入資金支出を控えたい」という思惑を持ち、輸出する側の日本企業は「性能を証明する段階での多額の費用支出はできるだけ避けたい」という悩みを持つ。これらの思惑、悩みへの対応が期待されるスキームとしてNEDO実証事業がある。
- 5 モスクワ市においてNEDO実証事業スキームを活用した「自律分散制御方式」による渋滞軽減実証事業を行った結果、移動時間・待ち行列台数・遅延時間・エネルギー消費・温室効果ガスなどの削減効果が見られ、さらに燃料消費の削減と時間短縮による経済効果も見込まれた。
- 6 ハードインフラ×ソフトインフラによる「社会システム」としてのインフラの提供・輸出を目指すことで、海外の競合企業との差別化を図ることができる分野は少なくない。

都市の発展に伴う深刻な交通渋滞は、洋の東西を問わず早急な対応が求められている。渋滞軽減には道路拡幅、バイパス整備などのハードインフラ整備だけでなく、次世代信号制御システムなどのソフトインフラ導入による解決が見込まれ、日本はこの分野での海外インフラ輸出には競争力がある。

ところが成果が見えにくいソフトインフラに関して、導入国の政策担当者は「自国現地で性能・効果を確認したいが確認できるまでは導入資金支出を控えたい」という思惑を持ち、輸出する側の日本企業は「海外で性能・効果を証明しその実績をもって海外事業展開を促進させたいが、性能を証明する段階での多額の費用支出は経営基盤を圧迫するためできるだけ避けたい」という悩みを持つ。これらの思惑、悩みをカバーする取り組みとして国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業」がある。本稿では、この事業スキームを活用した次世代信号制御システムのロシア輸出事例を紹介するとともに、同種のソフトインフラ輸出の可能性について読み解く。

I 深刻な都市の道路交通渋滞

都市の発展に伴う交通渋滞は洋の東西を問わず直面している大きな課題である。深刻な交通渋滞は、活動時間の損失や交通・生活環境の悪化による経済的な損失、ガソリン使用量や温室効果ガスの増大などのエネルギー損失、環境損失などを引き起こすため、早急な対応が求められる。

表1は、世界における道路交通渋滞が著し

表1 渋滞が著しい都市ランキング（人口800万人以上の大都市）

順位	都市名	国名	渋滞レベル (%)*
1	メキシコ・シティー	メキシコ合衆国	66
2	バンコク	タイ王国	61
3	ジャカルタ	インドネシア共和国	58
4	イスタンブール	トルコ共和国	49
5	リオデジャネイロ	ブラジル連邦共和国	47
6	北京	中華人民共和国	46
7	ロサンゼルス	アメリカ合衆国	45
8	モスクワ市	ロシア連邦	44
9	広州市	中華人民共和国	44
10	深圳市	中華人民共和国	44

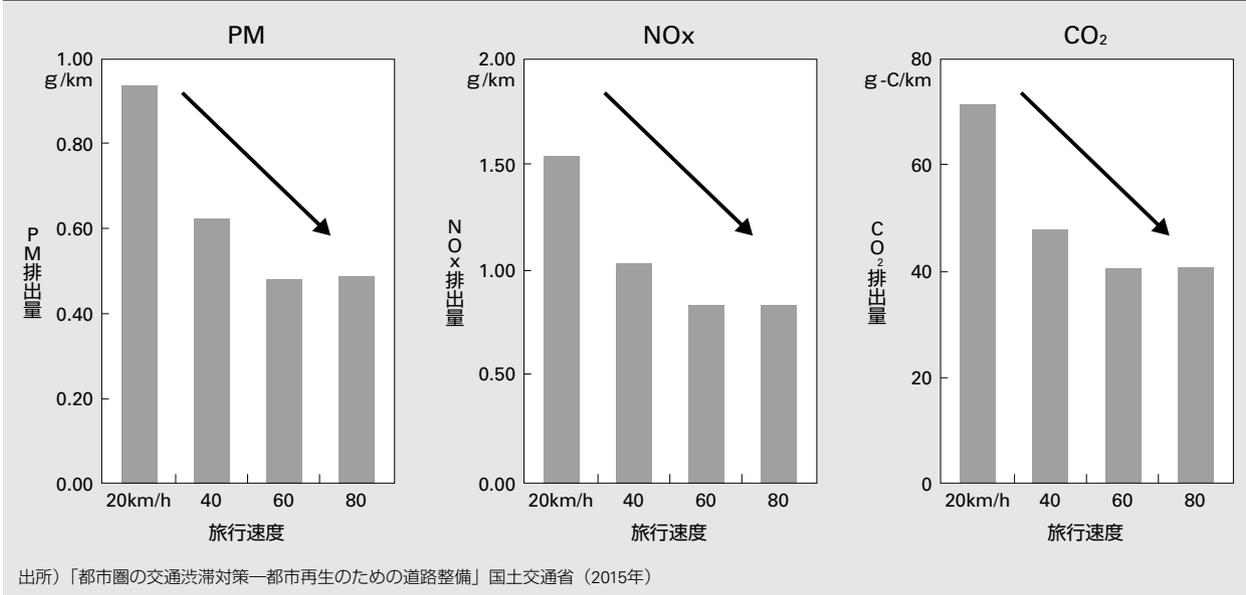
※ 渋滞レベル：非混雑時に要する移動時間と比較した混雑時の移動時間の増大率（出所）『TOMTOM TRAFFIC INDEX』（2017）より作成

い大都市（人口800万人以上）のランキングである。これによると、最も渋滞が著しいのはメキシコ・シティー（メキシコ）であり、次いでバンコク（タイ）、ジャカルタ（インドネシア）と続く。さらには、ロサンゼルス（米国）やモスクワ（ロシア）なども渋滞都市トップ10に名を連ねる状況である。

道路交通渋滞による弊害に関する日本での具体的な例で見ると次のようになる。国土交通省からの報告^{注1}によると、一人あたりの年間渋滞損失時間は約30時間で、日本全国の渋滞損失を貨幣価値に換算すると年間約11.6兆円に達する。これは2017年の名古屋市の市内総生産額に匹敵する。

一方、渋滞の発生による走行速度（旅行速度）の低下は燃費の悪化をもたらし、このことは二酸化炭素（CO₂）の排出量を増加させるほか、窒素酸化物（NOx）、PM（Particulate Matter：粒子状物質）などの大気汚染物質

図1 PM、NO_x、CO₂排出量と走行速度（旅行速度）の関係



の排出量増加にもつながる（図1）。

このように、都市における交通渋滞は、人々の時間的損失、経済的損失、エネルギー損失、環境損失を引き起こすため、その軽減・解消が課題となっている。

ここでは日本の首都圏の交通渋滞の問題を紹介したが、前述の表1で示したような海外の大都市では、いずれもそれ以上に交通渋滞が深刻で大きな社会問題となっており、その解決が喫緊の課題となっている。

II 既存の交通渋滞軽減・ 解消対策とビジネスとしての 海外での競争力

交通渋滞の軽減・解消に向けての対策としては、「交通容量の拡大」と「交通需要（交通行動）の調整」が講じられる。

「交通容量の拡大」としては、道路幅員拡大工事やバイパス道路の整備、環状道路整備に

よる域内交通の削減、連続立体交差事業による踏切解消などのインフラ整備が挙げられる。しかし、これらを実施する際に日本にしかできない特殊な技術が必要なわけではなく、また、建設コストがかさむため、海外へのインフラ輸出の観点から見ても、日本企業が特に競争力に秀でているわけではない。

「交通需要（交通行動）の調整」としては、鉄道、バス、モノレールなど異なる種類の公共交通インフラの整備導入と利用促進により、過度な自動車利用の軽減を目指すマルチモーダル (Multimodal) 事業が挙げられる。これについては、近年、わが国でも公共交通インフラの輸出や事業参画を通じて海外事業参入を始めたところであるが、中国・韓国などの企業との価格競争が激化しており、容易に事業機会を得ることは難しくなっている。

さらにTDM (Transportation Demand Management: 交通需要管理) の考え方に基づく「交通需要（交通行動）の調整」として、時

差出勤やロードプライシング（交通混雑する都心部などに乗り入れる車に特別に料金を課し、混雑緩和や排出ガス対策を図ろうとする方策）なども実施され始めているが、これを実行するには地元の交通利用者の合意形成が必要であり、海外での導入に関しては日本が特段の優位性を持っているわけではない。

Ⅲ 海外での競争力が期待される 日本の次世代信号制御システム

これまで述べてきたように、既存の交通渋滞軽減・解消対策は、建設コストがかさむ上に、地元交通利用者の合意形成が必要であるなど、海外新興国における導入に関して日本が特段のビジネス優位性を持つ余地は少ない。

ここでは、比較的安価で簡便に都市の交通渋滞を軽減することが期待できる新たな取り組みとして、日本の次世代信号制御システムの導入事例を紹介する。

日本の次世代信号制御システムの説明をする前に、諸外国における従来の信号制御システムによる渋滞軽減・解消の限界について述べておく。従来の（諸外国の）信号制御システムには大きく分けて「定周期制御（非中央制御）方式」と「中央制御方式」がある。「定周期制御（非中央制御）方式」は、定時間隔での信号点灯時間を設定する方式なので、実際の交通量を反映することができないため、渋滞削減効果は低い。一方、「中央制御方式」は現場交差点の交通量情報をいったんホストコンピュータに集約し、それから個別交差点の信号点灯時間を算出し、指示を出す方式である。このため、タイムラグが生

じ、これが累積することにより、現場交差点交通状況とは大きく異なる信号点灯時間を算出・指示してしまう恐れがある。このように、従来の信号制御システムは実際の交通状況を正確に把握し、これを反映して個別の交差点の青信号時間を算出・指示することが難しいため、渋滞軽減どころか新たな交通渋滞を引き起こすことも少なくない。

これに対し、本論考で紹介する日本の次世代信号制御システムは、信号制御機同士で交通情報の交換を行い、各信号制御機自身が青信号の表示時間やタイミングを計算し、リアルタイムでの制御が実現できる「自律分散制御方式」を採用している。この「自律分散制御方式」は、ホストコンピュータに依存しないシステム構築ができるため、信号システムの設備投資規模を小さくすることが可能である。

その代表例として、京三製作所の自律分散（予測）制御方式信号システム（ARTEMIS：Autonomous and Real-Time signal control based on Estimation traffic demand for Minimization of Signal waiting time）が挙げられる。京三製作所は1917年に創立された交通インフラ設備メーカーで、交通信号機、鉄道信号システムなどを製造販売する。2017年9月に創立100周年を迎えた東証1部上場企業である。

このARTEMIS信号制御システムは、信号コントローラ（制御機）と、車両を検出するセンサー（感知器）およびこれらを結びつける通信ネットワークから構成されており、複数の信号機を有機的に結び付け、かつセンサー情報を共有化する。ARTEMIS信号制御システムが担当する交差点に設置されているセ

センサーが収集する交通量データは、その交差点のコントローラ自身が計算処理し、さらに近隣の交差点の信号コントローラからのデー

タを加味して、最適な信号パラメータをリアルタイムに計算して信号制御に反映させるという仕組みになっている。たとえば上流の交差点から、「20秒後に5台の車が行きますよ」という予測交通情報を、隣接する交差点の信号コントローラ同士が直接リアルタイムに交換し合い、それぞれの交差点において渋滞が最少になるように青信号の時間やそのタイミングを計算して、それをすぐに信号表示に反映させる、という仕組みである。このように各交差点が同様な予測制御を行うことにより、ARTEMIS信号制御エリア全体の渋滞を効果的に軽減・削減することが可能となる(図2)。

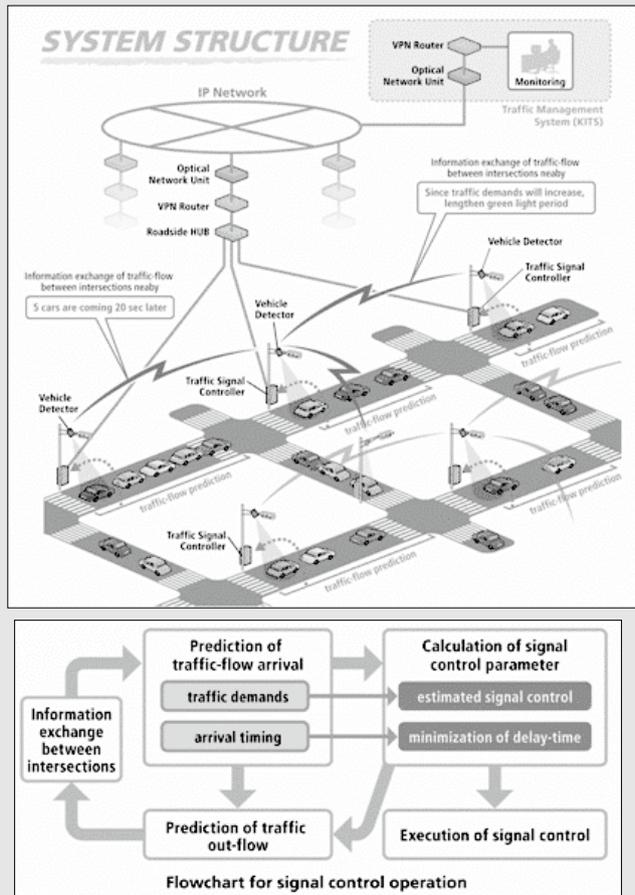
ARTEMIS信号制御システムは、既に日本では全国の複数都市^{注2}で導入され、渋滞緩和に貢献している。たとえば、10年に静岡県磐田市内30交差点に導入した事例では、従前に比べて最大35%渋滞が緩和された実績が報告されている。

IV ソフトインフラ輸出と 海外での事業展開を支援する NEDO実証事業スキーム

日本の次世代信号制御システムは、複数の国内実績から見て海外都市の交通渋滞の軽減・解消に対して有効なインフラであることが期待される。

とはいえ、それだけでただちに海外で渋滞を抱える国の交通政策担当者が、無条件で日本の次世代信号制御システムを導入することにはならないだろう。当該国の交通政策担当者としては「自国現地で性能・効果を確認したい。実際に性能・効果を確認できるまでは

図2 京三製作所の自律分散制御方式信号システムARTEMIS



それぞれの交差点の信号コントローラが、
最適なパラメータを独自に決定する！

交通量が増えるので
青信号の点灯時間を長くしよう！



5台の車が
20秒後に行きますよ！

予測制御が実現できる！

出所) 京三製作所資料

表2 NEDO実証事業スキーム（抜粋）

実証前調査	実証事業を実施する上で必要となる計画策定、設備、規模、方法、サイト機関および普及の蓋然性、持続的なビジネス展開、省エネルギー効果、温室効果ガスの排出抑制効果などについて調査し、実証事業の実現可能性や実証終了後の技術・システムの普及性などを評価する
実証	NEDOは、事業の実施にあたって、その実施内容および方法、業務分担などを規定する基本協定書（MOU）などをカウンターパートとの間で締結する。実施者と相手国のサイト機関は、実証事業の実施の詳細を規定する協定付属書（ID）を締結し、共同で事業を実施する。実証事業の実施期間は原則3年（36カ月）以内とする。ただし、事業規模などにより、当該期間内に十分な実証が行えない場合は、事業目的の達成に必要な期間とする
普及促進事業 （フォローアップ事業）	技術・システムが相手国において普及することを実現するため、相手国への技術専門家の派遣による啓発、技術指導などを行うとともに、普及が想定される地域における技術者などを事業実施サイトに招聘し、人材育成を含む研修などの取り組みを実施する。実施にあたって、実証事業と同一企業が実施するフォローアップ事業では、基本的に費用のうち主たる経費のみを対象とし、その他の事業実施にかかる経費は委託先の負担とする

出所）国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業」基本計画より抜粋

資金支出を控えたい」という思惑がある一方で、日本の次世代信号制御システムの海外展開を希望する企業としては、「海外で自社製品の性能を証明し、その実績をもって海外事業展開を促進させたいが、性能を証明する段階での費用支出はできるだけ避けたい」といった点が悩みの種である。

ここでは、このような海外政策担当者の思惑と日本企業の悩みの双方に対応できるNEDOの「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業（以降、実証事業と略す）」スキームを紹介する。同スキームは、「国際展開支援」「省エネルギー」「スマートコミュニティ」「太陽光」「バイオマス」などの日本が強みを有するエネルギー技術・システムに関する実証事業を、相手国政府・公共機関との協力の下で実施することを通じて、日本企業の国際競争力の強化や地球規模のエネルギー環境問題の解決に貢献する目的で実施される支援事業である。しかもNEDO実証事業は「実証前調査」「実証」「普及促進事業」の一連の事業を1テーマと見な

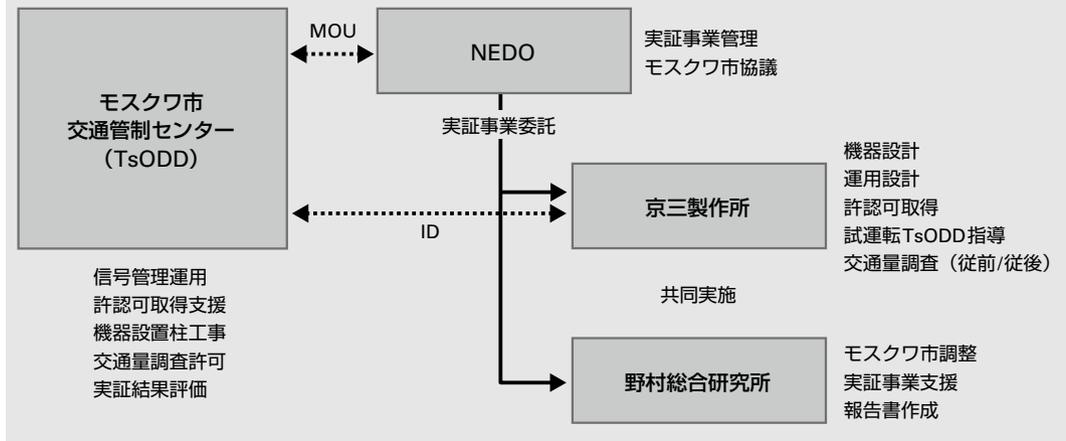
しているため、実証事業を契機に当該国への事業参入と普及促進を目指す企業にとって、魅力的な支援スキームになっている（表2）。

V 次世代信号制御システムのモスクワ市への導入の試み

ここからは、新興国などにおける社会課題の解消に貢献するソフトインフラ輸出の具体例として、前述のNEDO実証事業スキームを活用した次世代信号制御システムのロシア市場参入の試みの事例を取り上げることにする。

モスクワ市は、欧州最大都市として成長を続ける一方、市内の慢性的な交通渋滞が極めて深刻な問題であり、同市の経済活動を阻害する大きな原因の一つとなっている。このため、モスクワ市は大規模な信号システムの更新をはじめ、交通ソリューションの刷新を図ろうとしており、既に2012～16年までのモスクワ市総合発展プログラムでは、交通インフラ分野だけで合計1兆ルーブル前後の規模の

図3 NEDO実証事業の実施体制



予算が執行されている。

ロシアへの次世代信号制御システム事業の参入を目指す京三製作所は、NEDO実証事業のスキームを利用し、モスクワ市交通管制センター (TsODD)^{※3}と共同で、同社の自律分散信号制御による高度交通信号システム (ARTEMIS) 導入による交通渋滞軽減効果測定をモスクワ市内で実証することとなった。具体的には、15年12月21日にNEDOとTsODDとの間で当該実証事業の実施に関する基本協定書 (Memorandum Of Understanding : MOU) が締結され、次いで17年3月14日に京三製作所とTsODDが当該実証事業に関する協定付属書 (Implementation Document : ID) を締結した (図3)。

なお野村総合研究所 (NRI) はモスクワ支店を中心に、本実証事業実施に向けてNEDOおよび京三製作所とモスクワ市 (交通インフラ局) およびその傘下のTsODDとの調整、実証事業における走行画像データの測定、本実証事業報告書の取りまとめなどを行った。

実証サイトとして、モスクワ市北部オニエジスカヤ通りの連続した5カ所の交差点 (全

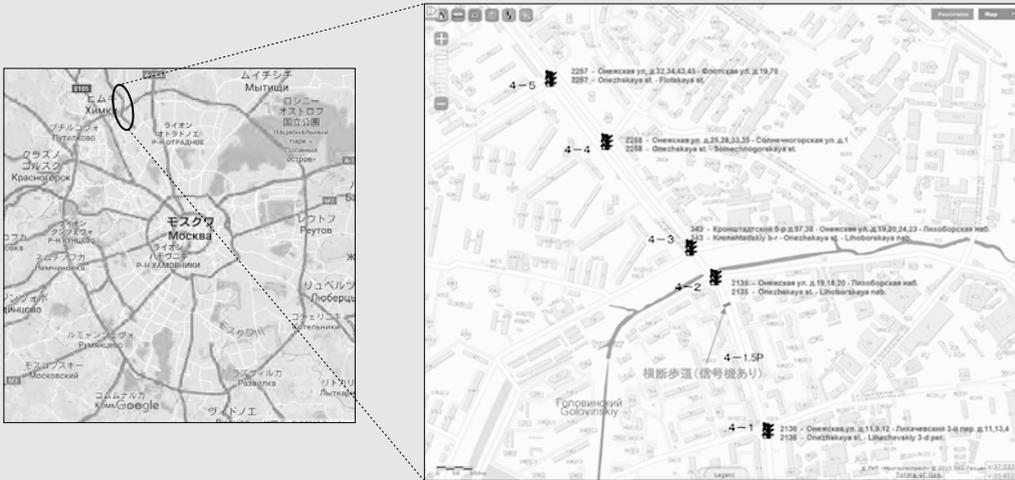
長約2 km) を設定し、走行時間の短縮と待ち行列長の短縮を測定し、自律分散信号システム (ARTEMIS) の運用による渋滞軽減効果を測定した (図4、5)。

〈実証場所〉モスクワ市 オニエジスカヤ通り
 〈実証時期〉従前：2017年7月22日～28日／
 従後：7月29日～8月4日

〈実証内容〉連続した5カ所の交差点 (全長約2 km) にシステムを設置し、走行する車の移動時間を実証前後で計測。計測は朝夕の混雑時間帯 (朝：7時～9時、夕：17時～19時) で行い、実証前・実証後それぞれ一週間計測

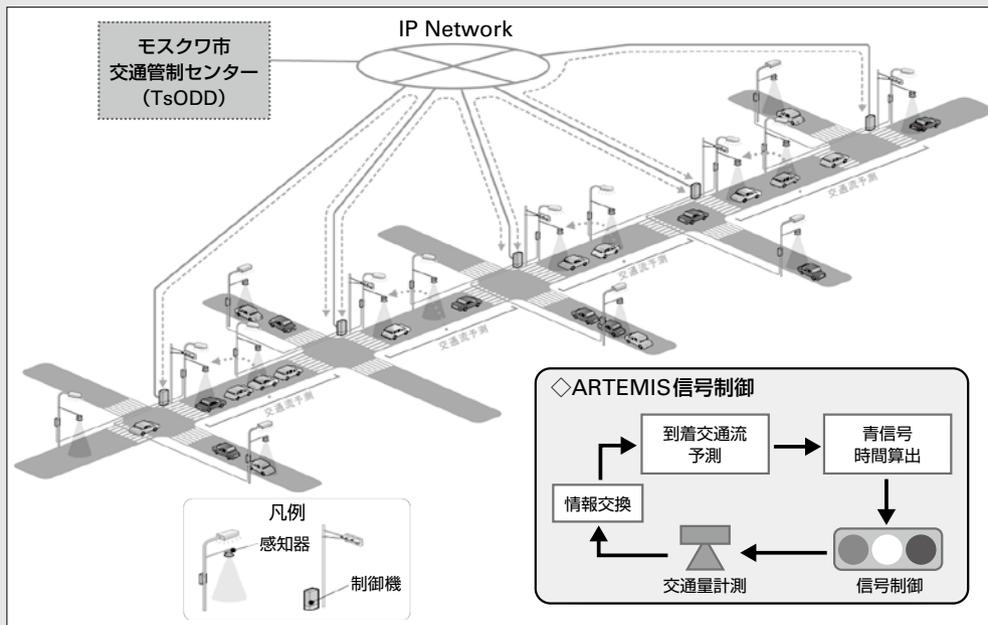
その結果、ARTEMIS導入前と比較して、移動時間は最大40%の削減、待ち行列台数は最大30%の削減、遅延時間は最大で4割削減したことが確認できた (図6)。また、渋滞が緩和されたことによって、自動車の走行速度の向上、燃費の向上、燃料の削減といった一連の省エネ効果も見られた。これにより、年間のガソリンの消費量は約35kl削減され、エネルギー消費は年間約918GJが削減される

図4 実証事業実施位置図



出所) 京三製作所

図5 実証事業で用いたARTEMISシステム概念図



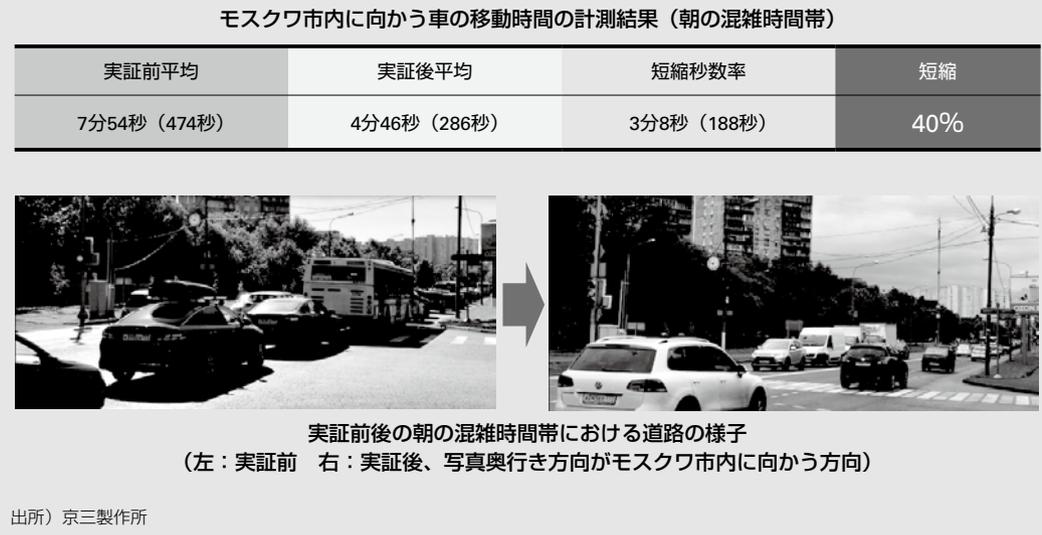
出所) 京三製作所

と推計されている。さらに省エネ効果に伴い、年間約61.6t-CO₂の温室効果ガス排出削減効果も見込まれた。

渋滞緩和による経済効果としては、燃料消

費削減による燃費（ガソリン代）の削減効果と、走行時間短縮効果の2つであるが、燃料消費の削減により年間200万円、時間短縮により年間2800万円、合計3000万円の効果が得

図6 実証事業成果



られることが明らかになった。

京三製作所の自律分散信号制御システム（ARTEMIS）は、NEDO実証事業の一つであるモスクワでの実証事業を通じて極めて有用な信号制御技術であることを証明できた。同社は、2017年10月3日～7日にモスクワで開催されたENES2017^{注4}でこの実証事業で得られた成果を報告した。さらに17年10月31日にモスクワ市内の在露日本大使館で実施された実証完了式においては、モスクワ市政府および関係者に対して本実証事業の成果を披露した。この実証事業は、今後はNEDOの「普及促進事業（フォローアップ事業）」フェーズに移行し、モスクワでの実証事業の成果を基にしたモスクワ以外の地方都市に対する同社の自律分散信号制御システム（ARTEMIS）の認知度向上と事業拡大が予定されている。

京三製作所は、NEDO以外にも、国土交通省のプロジェクトである「ロシアモデル都市における協力プランに係る調査検討業務」^{注5}

や「ロシア交通渋滞問題に係る調査・実証業務」^{注6}の支援を受けて、現在ヴォロネジ市やウラジオストク市でも、自律分散信号制御システム（ARTEMIS）の導入に向けての活動を展開している。

VI 今回の実証事業から得られる示唆

京三製作所の事例のように、ハードインフラ（信号）×ソフトインフラ（次世代信号制御システム、NEDO実証事業制度）を活用して一定の成果を上げることで、海外でのインフラ事業の本格展開への契機を掴むことができる。

今回は、次世代（自律分散）信号制御システムの海外展開の事例を紹介したが、たとえば廃棄物処理の分野でもハードインフラ（リサイクル施設、焼却炉など）×ソフトインフラ（3R：Reduce〈リデュース〉、Reuse〈リユース〉、Recycle〈リサイクル〉）の組み合

わせや、住宅建設の分野でもハードインフラ（省エネ住宅）×ソフトインフラ（住宅ローン制度、住宅性能表示制度など）の組み合わせなど、日本が得意とする「社会システム」としてのインフラの提供・輸出を目指し、海外の競合企業との差別化を図ることができる分野は少なくない。ぜひ、第二、第三の京三製作所のような事例の出現が待たれる。

注

- 1 「都市圏の交通渋滞対策」（2007年3月）国土交通省
- 2 宮崎県、滋賀県、静岡県など
- 3 モスクワ市交通インフラ局に所属する公的機関で市内の交通信号の管理・運営を行っている
- 4 ロシアで毎年開催される省エネルギーとエネ

ギー効率改善の分野に関する国際見本市

- 5 ロシア側の既存の都市計画や事業構想を把握するとともに、日本企業のプロジェクト展開計画とそれらのロシア側の計画・構想の親和性や都市環境整備基準案との相乗効果について検討し、今後の実現性を高めた日露協力プランを検討・作成することを目的とするプロジェクト
- 6 調査・実証対象都市をヴォロネジ市と定め、対象都市における交通渋滞緩和に向けた案件の実現可能性を調査・実証することにより日露双方が裨益する、あり得べき日露協力案件を迅速に形成し、都市交通分野での日本企業のロシア展開を促進することを目的とするプロジェクト

著者

山田秀之（やまだひでゆき）
グローバル事業企画室上席コンサルタント
専門は海外の産業振興、インフラ整備