

高速道路における CO₂ 削減に向けた ITS 技術援用の可能性の検討

*(財)国土技術研究センター 正会員 ○下川澄雄
日本大学 正会員 福田 敦
日本大学 正会員 森田 紳之

1. はじめに

京都議定書目標達成計画(以降「目標達成計画」という)では、2008年度から2012年度までの間において講ずる温室効果ガス(以降便宜的に「CO₂」という)の削減対策と削減目標量が定められている。しかし、これは、CO₂を削減する対策の一部を列挙しているに過ぎず、例えば高速道路について言えば、ETCによる料金所の渋滞解消やノンストップ化、大型トラックの最高速度の抑制などに限られている。これに対し、ポスト京都議定書や地球温暖化のための長期目標(クールアース 50)など次なる目標に対応していくためには、より包括的で実効性の高いCO₂削減プログラムの策定が求められることとなる。

特に、これまで主として安全性や円滑性の観点から研究開発が進められてきたITS技術は、高速道路を走行する自動車交通からのCO₂削減という観点でみた場合、様々な場面で寄与する可能性が高く、新たなCO₂削減プログラムに明確に位置付けていく必要があると考えられる。

そこで、本研究では、自動車交通に係るCO₂削減策のうち、高速道路で可能とする取り組みを整理し、その中でITS技術の援用の可能性を説明したうえで、これらによるCO₂削減ポテンシャルを明らかにするものである。

2. 自動車交通においてCO₂削減を可能とする取り組み

自動車交通が排出するCO₂は、エネルギー消費量(1)に単位あたりの発熱量(J/l)及び炭素排出係数(t-C/J)を乗じて求められるので、エネルギー消費量を減少・改善させ、または炭素排出係数の低い燃料(厳密には単位あたりの発熱量との積)を用いることで、自動車交通のCO₂削減を可能とすることができる。

ここで、エネルギー消費量は、自動車利用量とエネルギー消費効率の積であり、自動車利用量の抑制には環境負荷の小さい交通モードへの転換も含まれる。

また、エネルギー消費効率の改善は、いわゆる省エネ化を進めることに他ならないが、自動車交通に関しては走行速度とCO₂排出量が下に凸の関係となることから、これに加えて円滑な走行環境を実現することもCO₂削減のための重要な要素となる。このうち、前者の省エネ化は、自動車の燃費の向上や省エネ運転の実現であり、後

者の円滑な走行環境の実現には、それを阻害する物理的障害の解消や道路の効率的利用があげられる。

一方で、炭素排出係数の低い燃料の利用に関しては、クリーンエネルギーなどを用いた自動車の普及であり、バイオマス燃料に代表される新エネルギーの開発・生産もあげられる。

以上により、自動車交通においてCO₂削減を可能とする取り組みは、図1のように整理されよう。

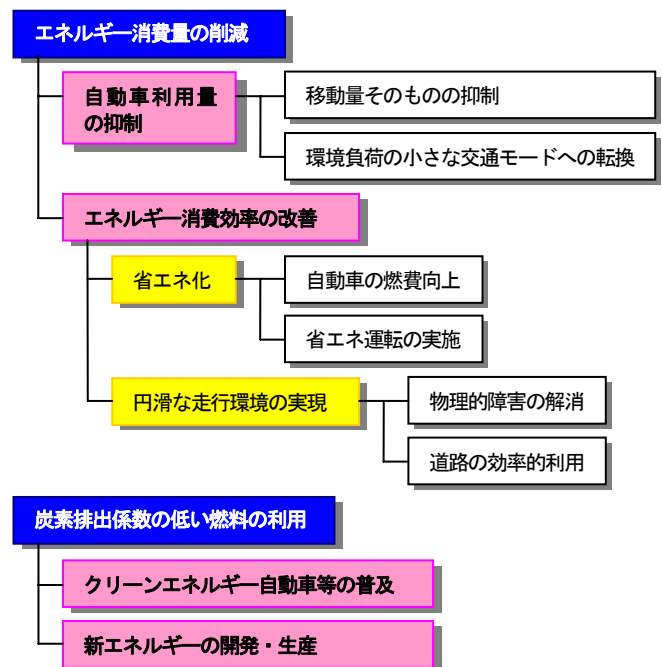


図1 自動車交通においてCO₂削減を可能とする取り組み

2.1 目標達成計画における自動車交通のCO₂排出削減策

我が国では、京都議定書を受け1998年10月に地球温暖化対策推進法が公布された。この中では、CO₂の排出量を第1約束期間において1990年レベルと比べて6%の削減に取り組むための枠組みとともに、この削減目標を履行するための目標達成計画(部門ごとの具体的取り組みとCO₂削減目標量)を定めることとしている。運輸部門の場合、2010年度時点で2005年度実績値に対し14~17百万t少ない2.4億tを削減目標としている(基準年に対し11~12%増)。また、自動車交通に係るCO₂削減策の多くは、この運輸部門の中に含まれており、図1の項目に照らせば、以下のように整理される(ここでは、削減目標量が示されている対策のみを列挙)。

Keywords: 高速道路, CO₂排出量, ITS

* 連絡先: s.shimokawa@jice.or.jp

(Phone) 03-4519-5005

(1) 自動車利用量の抑制

人流については、テレワークによる通勤トリップの削減を除けば、移動量そのものを削減しようとする対策は示されていない。また、他の交通モードへの転換に関しても、自転車や鉄道新線、大規模事業所での通勤トリップの公共交通への転換のみが想定されている。

一方、物流については、車両の大型化など積載効率の向上のほか、内航海運や鉄道への転換、国際貨物の陸上輸送距離の削減などの対策が含まれている。

(2) 省エネ化

省エネ化のうち自動車の燃費向上は、トップランナー基準を前提としている。

また、省エネ運転については、運送事業者や荷主企業が実施する省エネ促進のための管理システムや大型トラックにおける最高速度の抑制(スピードリミッタの装着)は盛り込まれているが、一般車を想定した省エネ運転の実施方法は、具体的デバイスを含め示されていない。

(3) 円滑な走行環境の実現

円滑な走行を阻害する物理的障害の解消に対しては、料金所での渋滞やノンストップ化、踏切渋滞の解消、路上工事の縮減のみを対象としており、高速道路ではサグ・トンネル部や合流部など、一般道ではボトルネック交差点などでの渋滞が含まれていない。さらに、路上工事については、一般道を想定したものであり、交通事故によって生ずる渋滞についても扱われていない。

道路の効率的利用に対しては、VICSによる走行中の道路交通情報の提供やETCによる料金施策、交通制御が含まれている。加えて、道路交通情報の提供については、出発前情報による交通行動の変化や動的な予測時間情報の提供なども含めるのが妥当であろう。

(4) 炭素排出係数の低い燃料の利用

ハイブリッド自動車や水素・燃料電池車などのクリーンエネルギー自動車、新エネルギー対策としてバイオマス由来輸送用燃料の利用が含まれている。

2.2 高速道路における自動車交通のCO₂削減策の提案

自動車交通に係るCO₂削減策は、図2のように高速道路及び一般道それぞれで可能とする対策、並びにネットワーク全体によって可能とする対策に分類できる。

例えば、2.1のうち、VICSによる道路交通情報の提供、他モードへの転換や料金施策による一般道から高速道路への転換は、ネットワーク全体によって成立する対策であり、自動車燃費の向上や炭素排出係数の低い燃料の利用もこの中に含めることができる。一方、高速道路で可能とする取り組みとしては、

①大型トラックの最高速度の抑制

②ETCによる料金所渋滞の解消及びノンストップ化のみである。これは、多分に京都議定書の約束期間が

2008年から2012までの5年間であるため、短期間で確実に実現可能な対策を選定しているためと推察される。

そこで、以下では、既往の研究開発の動向等を踏まえつつ、高速道路においてCO₂削減を可能とする施策を提案する。



図2 自動車交通に係るCO₂削減策の枠組み

(1) 省エネ運転の実施

大型トラックについては、2003年9月に装着が義務付けられたスピードリミッタによって交通事故やCO₂の削減効果が既に顕著に表れている¹⁾。一方で、大型トラックを除く車両(以降「一般車」という)においても、走行速度を一定に抑えて安定走行を行う省エネ運転は、CO₂の削減に有効であり、渋滞解消によるそれと比べても大きな削減効果が期待できることは、既に筆者らの研究²⁾などによって明らかにされている。

しかし、省エネ運転を実行し確実な成果を得るためには、一般ドライバーへの啓発とともに、それを支援するための何らかのデバイスが必要となろう。例えば、燃費計が標準装備された車両は多く市販されており、燃費情報をドライバーが得ることによって燃費改善に一定の効果があることは既に知られている³⁾。また、ドライバーが設定した速度や前方車との速度に応じた車間距離を維持するACC(Adaptive Cruise Control systems)も走行速度の抑制を結果的に行うこととなる。

さらには、ISA(Intelligent Speed Adaptation)も有効なデバイスとなると考えられる。スウェーデンでは、交通安全対策の一環としてISAプロジェクトを推進しており、ITS技術を活用し速度超過車両への速度抑制に資する情報提供を行う車載装置を開発し実用化のための実証実験を行っている⁴⁾。スピードリミッタとの違いは地図データと連携しているか否かである。我が国では、地図データベースをもとに走行速度に応じて安全支援情報を車載器から図形や音声で提供する地図連携サービスが実現している⁵⁾。この技術を応用すれば、実現化している種々の安全支援サービスに加え、燃費改善やCO₂削減といった新たなサービスが同じツールにより可能となる。

(2) 円滑な走行に資する物理的障害の解消

①交通集中渋滞の解消

ETC車載器の普及とともに、今や高速道路での渋滞は、サグ・トンネル部や合流部が支配的である。

このうち、サグ・トンネル部では、これまで車線の増設や付加車線の設置といったハード対策が主体であった。

これに対し、昨今では、ACC を装着した車両の販売、渋滞発生前の追越車線への交通の偏りを是正させる情報板による情報提供や AHS (Advanced Cruise-Assist Highway Systems) 技術を活用した実験的取り組みなどが行われている⁵⁾。さらには、ドイツなどでみられる路肩などを活用した動的な走行車線運用⁶⁾に対する期待も高い。また、このような交通容量の安定的な提供に加え、渋滞先頭での発進遅れを改善させることで、渋滞発生後に低下する発進流率を向上させ、一旦発生した渋滞の早期解消を図る方法も考えられる。これについては、渋滞の先頭付近の情報板や LED 標識車によって速度回復情報を提供することにより注意喚起を促す取り組みがあげられるが、路車間通信を用いたこれらの情報提供も可能となろう。

合流部の渋滞対策についてもランプの線形改良や加速車線の延伸といったハード対策が中心である。また、一部ではチャンネルリゼーションの変更なども行われているが、交通需要の時間変動が大きな JCT において円滑な合流を支援する路車間通信を用いた動的変換チャンネルリゼーションについても、その適用可能性に関する検討が行われている⁷⁾。

②工事・事故渋滞の解消

高速道路で発生している渋滞のうち約 4 割は、工事や交通事故にともなうものであり⁸⁾、それらの削減によっても多くの CO₂ が削減されるはずである。

これまで、路上工事の縮減対策、種々の交通安全対策により、工事件数、交通事故件数は確実に減少している。今後は、これらの一層の推進とともに、特に交通事故については、AHS や ASV (Advanced Safety Vehicle) などの ITS 技術によって全体の 75% にも及ぶ認知・判断・操作の誤りといったヒューマンエラーによる事故を回避していくべきである。しかし、十分な対策を講じたとしても、工事や交通事故が全く無くなることはあり得ないので、工事や交通事故が起こってもそれによる渋滞を最小化させる動的な車線運用なども講じられるべきである。

(3) 道路の効率的利用

我が国の高速道路ネットワークは、東名高速道路と中央自動車道の関係のようにリダンダンシーが確保できているとしても、日常の交通行動においてこれらを対象として経路選択を行うことは僅かであろう。

これに対し、例えば、新東名の整備により、現東名とダブルネットワークが形成され、また首都圏の 3 環状道路の整備によりドライバーは無数の経路を選択でき、これによって高速道路相互の効率的利用が可能となる。しかし、ドライバーは、予測情報を含めたリアルタイムで正確な経路情報が与えられることによりはじめてこの道路ネットワークを使いこなすことができ、これによって交通混雑の最小化を図るための交通誘導も可能となる。

3. 高速道路での CO₂ 削減にあたっての ITS の期待

交通事故や渋滞など道路交通上の諸問題に対し、近年はデータ取得や解析技術の向上により、その発生要因が科学的に明らかにされ、交通シミュレーションなどの評価技術の向上により、適切な対策を講ずることが可能となってきた。さらに、情報技術の進展は、より根源的要因を解決するための合理的な処方箋を可能としている。つまり、充足されつつある我が国の道路ストックにおいて、道路交通問題を効率的・効果的に解決するためには、ITS 技術の活用が不可欠であることは論を待たずもない。

一方で、2.2 で明らかなように、安全性や円滑性の向上のために講じられる対策は、CO₂ の削減にとってトレードオフの関係ではなく、むしろ良好な関係を有していることは間違いなく、道路交通問題を解決する ITS 技術は CO₂ 削減対策においても重要なツールとなる。

ここで、表 1 は、2.2 に対して高速道路において CO₂ の削減を可能とする対策(縦軸)とそのツール(横軸)を示したものである。それぞれの対策に対し個々の ITS 技術がどの程度 CO₂ 排出量の削減に寄与できるかを定量的に示すことはできないが、いずれも多くの方策メニューとの関わり合いをもった合目的なツールであるといえる。

4. 高速道路における CO₂ 削減ポテンシャル

目標達成計画では、高速道路で可能とする取り組みとして、大型トラックの最高速度の抑制、料金所渋滞の解消及びノンストップ化による 2008 年度から 2012 年度までの 2005 年度実績に対する CO₂ 削減量がスピードリミッタ装着率及び ETC 利用率とともに公表されている。この中で、スピードリミッタ装着率は 2012 年に 100% に達するが、ETC 利用率は 100% に達しないので、上記の値から外挿して求めると、前者は 104 万 t-CO₂/年(国土政策総合研究所の排出係数⁹⁾による値)、後者は 23 万 t-CO₂/年(6 万 t-CO₂/年が料金所渋滞の解消分)となる。

一方、既往研究では、料金所を除く交通集中渋滞及び工事・交通事故渋滞の解消がもたらす CO₂ 削減量は、2005 年度比でそれぞれ 12 万 t-CO₂/年、6 万 t-CO₂/年と試算されている²⁾。

また、一般車の省エネ運転に関しては、ピーク時重方向交通量が 720 台/h 車線を下回る多車線区間を対象として、既往の実勢速度分布¹⁰⁾を用いて速度超過車両がもたらす CO₂ 排出量を小型車・大型車の別に算出している²⁾。これに対し、渋滞によって影響を及ぼす区間や時間帯は全体から比べて僅かであり、またボトルネック上流では自由流状態から僅かな時間で渋滞に陥ることから、速度超過車両による影響を押し並べてみるのであれば、高速道路全ての多車線区間にこれを適用しても支障ないものと考えられる。このことを踏まえて、速度超過車両がもたらす小型車の CO₂ 排出量を算出し直すと、100km/h 以上

を速度超過とした場合は年間 68 万 t、90km/h 以上の場合
は年間 108 万 t となる。なお、小型車にはバスや大型ト
ラックを除く貨物車等が含まれない。以上を整理した結
果を表-1 に示す。これらの推計した CO₂削減量を足し合
わせると年間 213 万 t～253 万 t 程度となり、目標達成計
画で示されている値の 1.7～2 倍程度のポテンシャルを
有していることとなる(但し、道路の効率的利用による交
通混雑の最小化は、渋滞削減に含まれるものとした)。

5. まとめ

本研究は、高速道路で可能とする自動車交通に係る CO₂
排出削減策を京都議定書目標達成計画との比較も加えな
がら提案を行った。これによれば、これまで研究開発が
進められてきた安全、円滑に資する ITS 技術が CO₂排出
削減を進めていく上で不可欠な要素であり、しかもそれ
ぞれが複数の対策に対応可能な合理的システムであるこ
とが確認された。

さらに、本研究では、既往研究からそれぞれの対策に
よって可能とする CO₂削減ポテンシャルを明らかにした。
高速道路から排出される自動車交通の CO₂は年間 2,400
万 t 程度²⁾であるので、推計した値は全体の 10%程度に
相当する。しかし、本研究で扱っている領域は、図 2 か
らみても一部なので、今後は検討領域に拡大し、新たな
CO₂削減策の提案を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省自動車交通局；大型トラックのスピードリミ
ッターの効果・影響評価の結果について
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/090821_.html
(アクセス：2009年5月9日)。
- 2) 下川，福田，森田，石坂；高速道路における自動車の走行状
態別 CO₂排出量の推計，交通工学，Vol144 No4，2009.7 掲載
予定。
- 3) 鹿島ほか；燃料消費情報の提供による燃料消費量削減効果
の分析，交通工学，Vol140 No3，pp.76-83，2005.5。
- 4) Swedish National Road Administration；
http://publikationswebbutik.vv.se/upload/3572/88199_isa_intelligent_speed_adaption.pdf(アクセス:2009年5月9日)。
- 5) (財)道路新産業開発機構；ITS HAND BOOK2005-2006。
- 6) 皆川聡一；ドイツアウトバーンにおける路肩の走行車線運
用について，交通工学，Vol141 増刊号，pp.65～69，2006.10。
- 7) 畠中ほか；首都高速道路の合流部における動的変な車線
運用の適用可能性，第 28 回交通工学研究発表会 論文報告集，
pp.41-44，2008.10。
- 8) 全国高速道路建設協議会；高速道路便覧 2007。
- 9) 大城ほか；自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数，
土木技術資料，vol.43，NO.11，pp.50-55，2001.11。
- 10) 規制速度決定の在り方に関する調査研究検討委員会；平成
19 年度規制速度決定の在り方に関する調査研究参考資料，
pp.1-3，2008.3，<http://www.npa.go.jp/koutsuu/kisei38/kisei20080411-3.pdf> (アクセス：2009年5月9日)。

表 1 高速道路において CO₂の削減を可能とする対策とそのツール

	情報技術等	VICS・CAR NAVI※1	ETC	AHS		ASV※2	車両装置※3	その他(ハード対策含む)	CO ₂ 削減ポテンシャル(万t-CO ₂ /年)
				地図連携	路車間通信				
■省エネ運転の実施									
(1) 一般車									
								○	100km/h : 68 90km/h : 108 (文献2)を全ての多車 線道路に適用)
		○	○			○	○		
(2) 大型トラック									
							○		104 (目標達成計画値)
■円滑な走行に資する物理的障害の解消									
(1) 料金所渋滞									
			○						23 (目標達成計画値より 外挿)
(2) サグ・トンネル渋滞									
SAG・TN	交通容量の改善(渋滞発生前) ・車線の増設・付加車線の設置など ・車線利用の適正化/動的な車線運用 ・適切な車間距離の維持	○					○ ○		12 (文献2)より引用)
	発進率の向上(渋滞発生後)	○					○		
合流部	交通容量の向上 ・線形改良、チャンネルリゼーションの変更など ・動的変なチャンネルリゼーション						○	○	
(4) 工事・事故渋滞									
	路上工事縮減対策							○	6 (文献2)より引用)
	交通安全対策 ・従来からの交通安全対策 ・情報技術を活用した新たなヒューマンエラー対策	○	○	○	○	○	○	○	
	動的な車線運用(工事・事故発生後)						○	○	
■道路の効率的利用									
	リアルタイムな道路交通情報の提供	○	○						(渋滞に含まれるもの と想定)

※1 VICS・CAR NAVI には、プローブ技術などを援用したオンデマンド型の道路交通情報提供を含む

※2 ASV には、車載センサで検知した情報を用いて支援する自立検知型と車車間通信や路車間通信による情報を利用する通信利用型を含む

※3 車両装置にはスピードリミッターやエアバックなどの車両安全装置を含む

※4 ETC による交通安全対策には、ETC の音声機能を用いたドライバーへの注意喚起を想定