

第2回 運輸部門における温室効果ガス排出削減の見通し

近江 貴治 (中村学園大学)、歌川 学 (産業技術総合研究所)

特集第2回目の今回は、運輸部門の排出削減の可能性について考えていきます。今日、陸海空の様々な輸送手段が利用されていますが、それらによるCO₂排出の実態を踏まえながら、本年策定された「地球温暖化対策計画」に対して考察し、「CASA2030年モデル」における対策内容について説明するとともに、今後の見通しについても考えていきたいと思います。

1. 運輸部門におけるCO₂排出の実態

日々の生活で乗用車、鉄道、バスなどの交通手段を利用しない人はほとんどいないだろう。また、身の回りにあるものは、ほぼ全て何らかの輸送手段で運ばれて我々の手元に届いており、物流は現代社会において欠かせない機能となっている。経済活動のグローバル化に伴って、人もモノも大量かつ広範囲に移動が行われ、運輸部門の活動は我々の生活や経済活動にはとって不可欠である。

2014年度の日本の温室効果ガス排出量のうち、運輸部門からは17.2%となっている。そのうち47%が自家用乗用車から、35%が貨物自動車(トラック)からの排出である。運輸部門の特徴は、これら自動車のほか多くがCO₂の移動排出源であり、それぞれ化石燃料を積んで燃やし、走行、飛行、航行しながらCO₂を排出している。

運輸部門のCO₂排出量は、2000年代に入ってから減少傾向が続いている。これは、乗用車の小型化と低燃費車の普及、長期的不況による貨物輸送の減少などが主な要因であるが、原油の高騰によるガソリン、軽油価格の上昇も影響したとみられる。旅客輸送需要もここ数年は景気回復や外国人観光客などによって増加しているが、人口が減少傾向にあることから、長期的には減っていくものと見込まれる。

このような状況から、日本の運輸部門からのCO₂排出は今後も減少を続けていくと思われるが、パリ協定やその先の大幅な排出削減に向けた見通しを踏まえると、これからどのような対策を行っていくべきであろうか。以下、本年策定された地球温暖化対策計画と、CASA2030モデルについて解説しつつ、今後の方向性について考えてみたい。

2. 地球温暖化対策計画におけるCO₂排出削減対策

地球温暖化対策計画では、2013年度の運輸部門(旅

客を含む)の排出量は225Mt-CO₂であり、2030年の排出量は163Mt-CO₂を目安にしている。しかし、「地球温暖化対策計画における対策の削減量の根拠」として公表されている運輸部門の各対策は、全ての削減量を足し合わせても41Mt-CO₂ほどにしかならず、21Mt-CO₂が不足している状態である(表1)。前記の通り、今後の輸送需要の減少による自然減が、このギャップに相当すると理解できなくもないが、詳細を見ていくと、その算定法には多くの疑問符が付くような内容となっている。また、従前の「京都議定書目標達成計画」と類似の対策が大半であり、運輸部門の排出削減の多くは「次世代自動車の普及、燃費改善」に依存する内容となっている。

運輸部門の排出量のうち、85%が自家用乗用車やトラックを含む自動車によることを踏まえれば、自動車の排出削減対策に重点を置くことは間違っていない。ただし、パリ協定に盛り込まれた、工業化以前からの気温上昇を2℃未満に抑え、1.5℃未満となるよう努力する、という目標を踏まえれば、2030年以後に向けたドラスティックな排出削減への見通しを、運輸部門でも示してほしかったところである。

3. CASA2030モデルにおける運輸部門の対策

CASA2030モデルの「CASA技術対策ケース」においては、すべて現在の技術水準から見て現実的であるという原則に基づいて設定している。輸送手段ごとのエネルギー効率の改善を示したものは、図1である。ここでは、自家用乗用車をはじめとする自動車での効率改善が大きくなっている。

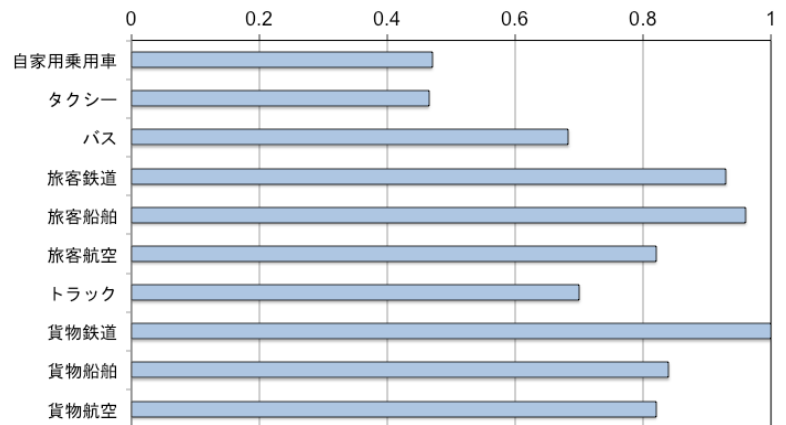
この効率改善をもたらす対策は、表2のとおりである。旅客、貨物とも自動車関係が中心になっているが、前記のとおりトラックを含む自動車からの排出が大半であることから、自動車での改善率が全体の排出を大きく左右する。

表1 「地球温暖化対策計画」における運輸部門の対策

番号	区分	対策名	具体的内容	排出削減見込量 (万t-CO ₂)	
				2013 年度	2030 年度
1	道路	旅客	次世代自動車の普及、燃費改善	702.5	2,379
2	道路	旅客 貨物	道路交通流対策(自動走行の推進)	5.1	140
3	道路	旅客 貨物	環境に配慮した自動車使用等の促進による自動車運送事業等のグリーン化	-	66
4	鉄道	旅客	公共交通機関及び自転車の利用促進(公共交通機関の利用促進)	-	178
5	鉄道	旅客 貨物	鉄道分野の省エネ化(鉄道のエネルギー消費効率の向上)	-	177.6
6	海運	旅客 貨物	船舶分野の省エネ化(省エネに資する船舶の普及促進)	-	157
7	航空	旅客 貨物	航空分野の低炭素化(航空分野の低炭素化の促進)	-	101.2
8	道路	貨物	トラック輸送の効率化、共同輸送の推進(トラック輸送の効率化)	-	206
9	道路	貨物	トラック輸送の効率化、共同輸送の推進(共同輸送の推進)	-	2.1
10	海運	貨物	海運グリーン化総合対策、鉄道貨物輸送へのモーダルシフトの推進(海運グリーン化総合対策)	-	172.4
11	複合	貨物	海運グリーン化総合対策、鉄道貨物輸送へのモーダルシフトの推進(鉄道貨物輸送へのモーダルシフトの推進)	-	133.4
12	複合	貨物	港湾における取組(港湾の最適な選択による貨物の陸上輸送距離の削減)	-	96
13	複合	貨物	港湾における取組	-	0.73
14			(港湾における総合的低炭素化)	・省エネルギー型荷役機械の導入の推進 ・静脈物流に関するモーダルシフト・輸送効率化の推進	-
15	複合	旅客 貨物	各省連携施策の計画的な推進(運輸部門)	5.3	5.3
計					4,138

「地球温暖化対策計画における削減量の根拠」より作成。
 インフラ整備に係る道路交通流対策は除外したが、
 排出削減見込量の計には算入。

その中心的対策となるのは、乗用車の燃費改善である。車両重量別に2015年時点で市場に出ている最も効率のよい乗用車の燃費を、今後販売される乗用車がすべて達成するよう規制を強化し、保有車両が順次効率の良い車両に置き換わることを想定している。その結果、2030年には保有車両全体でのCO₂排出原単位が40%以上改善することとなる。



(注) エネルギー消費原単位は2013年を1とし、数値が下がるほど効率性が改善されている。

図1 2030年の運輸部門のエネルギー消費原単位の改善予測 (2013年比)

表2 CASA技術対策ケースの運輸部門の主な内容

機関	技術	普及率		効率(車は燃費[km/L])			エネルギー種	備考
		対策前	対策後	対策前	対策後	改善率		
自家用乗用車	燃費改善	(100%)	100%	14.0	24.9	44%	ガソリン	軽以外の乗用車対象
	燃費改善	(100%)	100%	18.4	30.1	39%	ガソリン	軽乗用車対象
	ハイブリッド車導入	(18%)	20%	24.9	30.8	22%	ガソリン	軽以外の乗用車のみ。燃費改善に織込済のため、ガソリン車燃費改善への上乗せ分を計算(追加導入率は2%)。
	電気自動車導入(軽以外)	(0%)	10%	24.9	73.1	27%	ガソリン→電気	軽以外の乗用車対象。
	電気自動車導入(軽)	(0%)	20%	30.1	95.9	33%	ガソリン→電気	軽乗用車対象。
	アイドリングストップ装置導入	(10%)	100%	-	-	10%	ガソリン	
	エコドライブ(事業用、軽以外)	(0%)	40%	-	-	10%	ガソリン	軽以外の自家用乗用車。家庭用自家用車では見込まない。
タクシー	燃費改善	(100%)	100%	8.8	14.8	41%	LPG	
	アイドリングストップ装置導入	20%	100%	-	-	10%	LPG	
	配車距離縮小	(0%)	100%	-	-	13%	LPG	
バス	燃費改善	(100%)	100%	6.0	7.2	16%	軽油	燃費6.0は2010年度ストック平均推定値
	天然ガスバス導入	(0%)	30%	-	-	(0%)	軽油→ガス	燃料転換のみ
	アイドリングストップ装置導入	20%	100%	-	-	10%	軽油	
	エコドライブ	(0%)	100%	-	-	10%	軽油	
トラック	大型貨物車燃費改善	(100%)	100%	7.05	7.77	7%	軽油	大型トラック
	小型ディーゼル貨物車燃費改善	(100%)	100%	14.4	16.0	10%	軽油	小型トラック。燃費14.4は2010年度ストック平均推定値。
	ガソリン貨物車燃費改善	(100%)	100%	14.4	16.7	14%	ガソリン	ガソリントラック。燃費14.4は2010年度ストック平均推定値。
	アイドリングストップ装置導入	(20%)	100%	-	-	10%	軽油	
	天然ガス車導入	(0%)	30%	-	-	(0%)	軽油→ガス	燃料転換のみ
	エコドライブ	(0%)	100%	-	-	10%	軽油	
船舶	省エネ船舶導入	(100%)	100%	-	-	16%	重油	
航空	省エネ機材導入	(100%)	100%	-	-	18%	ジェット燃料	

加えて、2030年時点でハイブリッド車が20%を占めること、電気自動車が軽乗用車で20%、それ以外の乗用車で10%を占めることなどを見込んでいる。

自動車の燃費改善は、これまで省エネ法で設定された「トップランナー基準」を順調に達成していることから、2015年時点の「トップランナー」の技術が、2030年にはすべての車両に行きわたるといえるのは、ほぼ問題ないであろう。電気自動車も市販車が普及しつつある現状から、さほど過大な見込みではない。

そのほか、鉄道、船舶、航空の効率改善は、国立環境研究所の試算を参考に設定したが、燃料電池車やバイオ燃料の導入は見込んでいない。また、モーダルシフトの効果も限定的なものとして設定している。

次節では、これらの理由とともに、運輸部門における将来的な排出削減の見通しについて考えてみたい。

4. 運輸部門における排出削減の視点

運輸部門での排出削減を検討するにあたり、以下のとおり分けて考えてみたい。(1) エネルギー効率の改善、(2) 燃料もしくはエネルギーの転換、(3) 輸送手段の転換、(4) 輸送需要のコントロールまたは輸送そのものの削減、の4分野である。これらで現在考えられ得る対策のほとんどを網羅できるはずである。

(1) エネルギー効率の改善

地球温暖化対策計画やCASA2030モデルを見ると、現在の技術において運輸部門で最も期待できるCO₂削減策は、車両の低燃費化である。近年、軽自動車やハイブリッド車を中心に低燃費化が進み、小型乗用車の需要増と相まって、乗用車によるCO₂排出量減少に寄与している。乗用車等の小型車は、これまで数回にわたる省エネ法のトップランナー方式の燃費基準

をクリアしており、低燃費が消費者の購買行動にも大きく影響するようになってきた。三菱自動車やスズキの燃費不正事件は、その裏返しでもある。

一方、トラック車両の低燃費化は、2006年施行の改正省エネ法により、2015年度を目標とする総重量3.5トン超の車両の燃費目標基準値が導入されたが、トラック製造各社はほぼ問題なくクリアした。乗用車の低燃費化の進展に照らせば、技術的なポテンシャルはまだ余地があるとみられ、さらに2～3割の低燃費化は期待されるところだが、現在のところ新たな基準値は導入されていない。トラックメーカーの経営体力は乗用車メーカーに比べて大きく劣り、技術開発投資には限界があるとも言われているが、トラック各社はいずれも乗用車メーカーをグループに持つ。燃料やエンジン形状が異なるとはいえ、乗用車の低燃費化技術がトラックにも応用されることを期待したい。

加えて、トラックの燃費向上に寄与しているのは、エコドライブである。2000年代に入ってから軽油価格が高騰し、デジタルタコグラフ等の機器やグリーン経営認証制度の普及もあって、多くのトラック輸送事業者でエコドライブは実施されている。しかし、営業用トラックのエコドライブによるCO₂削減はすでに頭打ちになっているとみられる。今後の普及を目指すのであれば、自家用トラックや乗用車がターゲットになる。

ただし、移動体の内燃機関で化石燃料を燃焼させる以上、自動車の燃費改善で排出ゼロに近づけることは難しい。低燃費化は、いずれ頭打ちになることも予想される。船舶や航空機ではまだ改善の余地が大きいだろうが、同様の限界に直面すると考えられる。将来の低炭素社会を見据えると、輸送機器のエネルギー効率改善だけに頼るのではなく、次項以下の取組みを具体化していく必要がある。

(2) 燃料・エネルギーの転換

CO₂を見かけ上排出しない燃料としては、バイオ燃料がある。バイオマスからつくられる燃料であるため、燃焼してもカーボンニュートラルでCO₂を増加させないとみなされる。バイオ燃料として取り上げられているのはバイオエタノール、バイオディーゼルなどである。

しかし、環境省が設置した「エコ燃料利用推進会議」の報告によれば、バイオエタノールの国内供給可能量はガソリン消費量の2～4%程度、バイオディー

ゼルでは軽油消費量の1%に遠く及ばないと見積もられている。地域の廃棄物や余剰資源を活用してバイオ燃料を製造・使用するような取組みは否定されるものではないが、現在のガソリン・軽油に取って代わるような供給力は見込めない。

電気自動車も、エネルギーの転換形態の一つとして位置づけられる。21世紀に入った頃から蓄電密度が高く、寿命も長いリチウムイオンバッテリーが開発・実用化され、実用に耐えうる電気自動車が相次いで市販されるようになった。ガソリンエンジンの同等車と比べるとまだ高価であり、航続距離も短い。三菱自動車の「i-MiEV」や日産自動車の「LEAF」は市中のディーラーでも販売しており、補助金分も加味すれば一般消費者でも手の届く価格になってきている。

では、CO₂排出性能はどうだろうか。電気自動車は電力を使用するので、当然ながらその電力のエネルギー源によって異なる。図3で見ると、石炭火力発電の電力を使用すると、ガソリンハイブリッド車よりも多くCO₂を排出することとなる一方、風力や太陽光発電の電力では劇的な削減が可能となる。

充電スタンドの整備などのハードルを乗り越え、電気自動車の普及が進んだとしても、その低炭素性能を存分に発揮するためには、電力の排出係数を低減しなければならない。すなわち、電気自動車が低CO₂またはCO₂ゼロの輸送手段として活躍するには、自然・再生可能エネルギーによる電力供給が必須なのである。

近頃話題に上ることが多い水素は、電気と同じく何から作られたかによってCO₂排出量は大きく異なる。再生可能エネルギーによる電力を用いて水を電気分解して得る水素ならば、CO₂排出を大幅に削減できる。しかし、経済産業省が設置した「水素・燃料電池戦略協議会」がまとめた『水素・燃料電池戦略ロードマップ』では、主に海外で褐炭から水素を取り出して普及させることが目論まれており、これでは石油燃料よりCO₂排出が増えてしまう。2040年以降にCO₂フリー水素への転換を始めるとされているものの、それまでにCO₂排出量を大きく増加させるようでは逆効果である。CO₂フリー水素の製造・普及を前倒して実現することが、水素社会構築の成否を握っていると言える。

ところで、乗用車に次ぐ大きな排出源であるトラックについてはどうだろうか。年間軽油2千万キロリットル(CO₂排出量で5160万トン)以上が普通・特種トラックとバスで消費されている現状では、これらに対

する代替エネルギーの開発も必要だろう。化石燃料である軽油をいつまでも使い続けることは持続可能とは言いがたい。

今後のトラックからのCO₂削減対策に関しては、大幅に削減可能な技術は現在のところ存在していない。バイオディーゼルは、前述の通り供給ポテンシャルに制約があり、現実的に輸送需要を満たすことはほぼ不可能である。乗用車のように電気自動車化するには、大量のバッテリーを搭載せざるを得ないが、バッテリー価格や車両重量の増大などから、現在のところ非現実的である。燃料電池車についても、ガソリンエンジンの代替として開発は進んでいるものの、トラックを含む中・大型車で一般的なディーゼルエンジンに代わる技術は、現在のところ開発されていない。天然ガスの大型トラックに普及の兆しがあるが、天然ガスも化石燃料であり、主成分であるメタンを再生可能エネルギーから生産するか、CO₂フリーの水素をメタン化して供給する道筋を付けなければならず、現時点では遠い道のりとなっている。トラック等大型車で低炭素型エネルギー利用について、研究開発を進めていくことが求められる。

(3) 輸送手段の転換

運輸部門の温暖化対策としてよく話題に上るのは、モーダルシフトである。その言葉が意味するとおりモード（輸送手段）のシフト（転換）であり、具体的には自動車から鉄道や船への転換を指す。当然ながら自動車より鉄道、船のほうが同じ輸送需要を満たす際に排出するCO₂の量は少なく、これらの輸送手段に転換することは、温暖化対策として非常に効果的であるのは間違いない。

モーダルシフトは、とくに貨物輸送のCO₂削減対策として期待されることが多いが、実際にはほとんど進展していない。これはJR貨物と旅客鉄道会社との関係、鉄道貨物インフラ、荷主企業の取組み、JR貨物の経営など複合的な要因が組み合わさっているが、筆者の試算によれば、現在の鉄道コンテナ貨物輸送能力をフルに活用した場合でも、トラック輸送の13.2%に相当するのみで、燃費改善のほうが効果も大きく現実的であることは否めない。

もちろん、鉄道貨物の輸送キャパシティを増やすことは、技術的には可能だが、貨物専用路線の新設など、大規模なインフラ整備が不可欠である。リニア新幹線を自前で整備するというJR東海とは違い、JR貨

物にその経営余力はない。公共事業として行うべきか否か、国民的な議論から始めなければならないのが現実である。

(4) 輸送需要のコントロールまたは輸送そのものの削減

輸送はエネルギーを必要とする活動なので、輸送そのものを少なくすれば、輸送からのCO₂排出量が削減されることは間違いない。人でもモノでも輸送需要が発生するということは、それだけ経済が広域化している証でもある。

経済活動を一定の地域の中で完結させ、輸送需要を少なくして環境負荷を減らす都市の概念は、いわゆる「コンパクトシティ」である。日常的な生活圏、すなわち住居、職場、学校、商業施設、病院等が近接しており、長距離・長時間移動を行わずに生活できる都市である。当然ながら輸送需要が少なくなるので、エネルギー使用量およびCO₂排出量は抑えられるという考えである。

ただし、コンパクトシティであってもそこで消費されるモノが地域内で完結して供給されることは、現在の経済活動を鑑みるとかなり非現実なものとなる。サプライチェーンがグローバル化している状況において、工業製品の地産地消はほとんど不可能であり、貨物輸送需要を減らすことは難しい。

また、今日の貨物輸送は、多くが荷主企業の指示に基づいて輸送事業者が行っている。すなわち、荷主から預かった貨物を、荷主が指定する宛先に時間どおり届けることが輸送事業者の業務であり、輸送形態は基本的に荷主が意思決定していると言える。モーダルシフトや共同輸配送も、荷主の協力と理解がなければ通常は実施できない。このため、貨物輸送形態の変化を伴うCO₂排出削減は、荷主となる製造業や流通・小売業などがイニシアチブをとって取組むべきである。

荷主企業が物流でのCO₂排出を考慮したサプライチェーン・マネジメントを実施するには、CO₂排出をコストとして認識できるプライシング（価格付け）などの政策が必要である。現在省エネ法により、年間3000万トンキロ以上の貨物輸送がある荷主企業は、「特定荷主」として指定され、その輸送に伴うエネルギー使用量、CO₂排出量の報告と、年率平均1%以上のエネルギー効率改善の義務が課せられている。この制度を発展させ、物流でのCO₂排出量に応じた課徴金や排出量取引を導入することは、検討に値しよう。

もちろん報告データの裏付けや罰則規定なども併せて必要となり、詳細な検討を行わねばならないが、現時点で荷主に対し法的に貨物輸送の省エネ努力を課しているのは、日本のみと思われる。低炭素型の物流を制度的に構築するアドバンテージは日本が有しており、世界に先駆けて低炭素型のサプライチェーンとロジスティクスをつくりあげるチャンスでもある。

ちなみに、輸送需要をコントロールしてCO₂削減を目指すという考えは、海外で広がってきている。

EUでモーダルシフト等を推進する政策の「Marco Polo Programme」では、「Traffic Avoidance」として空車走行の削減やロジスティクスの改善が補助対象になっている。また、アジア開発銀行が示した、持続可能な交通を考える上での「Avoid（輸送の回避） - Shift（輸送手段の転換） - Improve（輸送効率の改善）」の概念は、国際的に受け入れられつつある。

5. 国際輸送からの排出削減と関連動向

運輸部門のCO₂排出は、国内よりも国際輸送で増大しているが、現時点で具体的な対策は見られていない。国際航空輸送についてはICAO（国際民間航空機関）で、国際海上輸送はIMO（国際海事機関）でそれぞれ検討しているが、いまだコンセンサスが得られていない。このため、早期の対策を求める欧州委員会は、凍結している域内発着航空機に対する排出量取引を導入する構えを見せている。もちろん、日本発着の欧州便も対象となる。

その一方、グローバル企

業に対してはカーボン・ディスクロージャー・プロジェクト（CDP）など、輸送を含むサプライチェーンでの排出量算定・公表に対する要望が高まってきている。

「地球温暖化対策計画」は、いまのところ低炭素社会に向けて大きく動き出すようなものとはなっていないが、これまで見たとおり、日本は技術的にも制度的にも運輸部門の低炭素あるいはCO₂フリーを目指す上でアドバンテージを有している。近い将来の大幅削減に向けて、官民の積極的な取組みに期待したい。

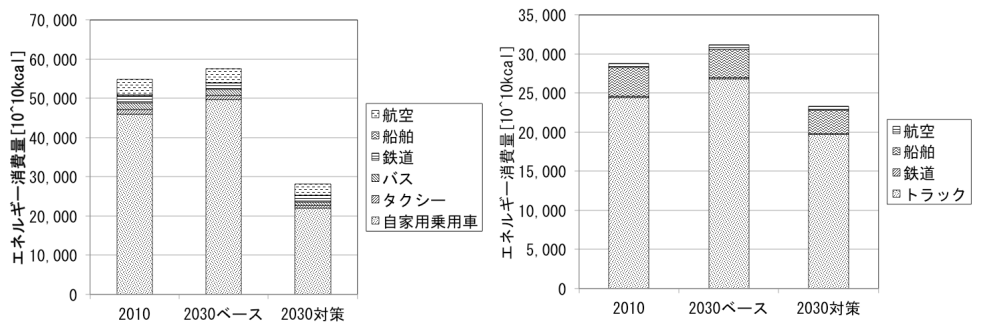


図2 CASA2030技術対策における運輸部門のエネルギー消費量 (左:旅客、右:貨物)

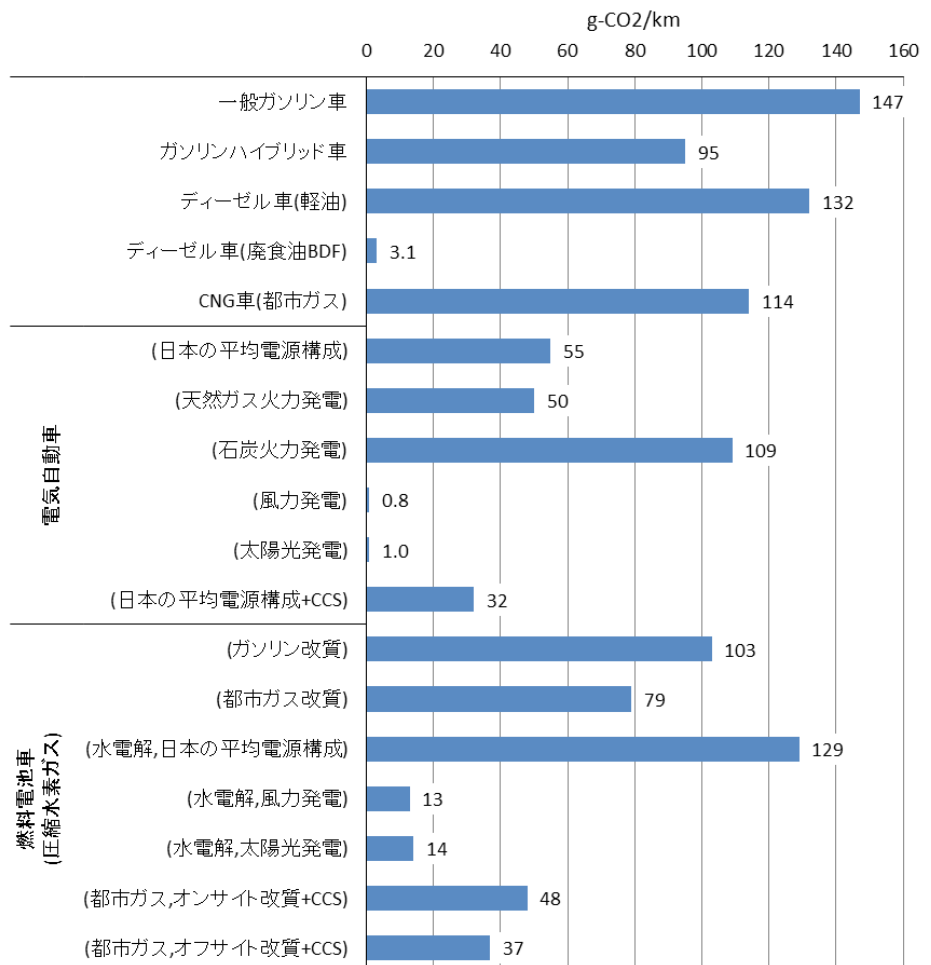


図3 Well-to-Wheelでの温室効果ガス排出量算定結果の例 (走行距離当りCO₂排出量 (JC08モード)、1500ccクラスのガソリン乗用車と同等クラス) (日本自動車研究所 2011『総合効率とGHG排出の分析報告書』より作成)