

「次世代自動車材料」に関する cLCA 評価

2017年7月25日

旭化成株式会社
宇部興産株式会社
住友化学株式会社
三井化学株式会社
株式会社三菱ケミカルリサーチ

次世代自動車材料

1. 調査の目的

プラグインハイブリッド自動車や電気自動車、燃料電池自動車などの次世代自動車は、自動車の走行段階において、従来のガソリン自動車やディーゼル自動車に比べて電気や水素などを用いることで化石燃料の燃焼を必要としない、もしくは燃費向上により少ない化石燃料で同じ走行距離を得られることから、運輸部門における温室効果ガス排出量削減の対策として期待される。

化学製品は、次世代自動車に必要な部品の材料として使用されている。例えば、電気自動車やハイブリッド自動車に必要な二次電池の材料、燃料電池自動車の水素タンク用材料など、化学製品は次世代自動車の実現に役立っている。

本事例は、次世代自動車用の材料となる化学製品を評価対象とし、評価は、自動車1台を機能単位として、次世代自動車と従来型ガソリン自動車について、ライフサイクル全体における GHG 排出量の比較を行った。

調査責任者

- ・旭化成株式会社
- ・宇部興産株式会社
- ・住友化学株式会社
- ・三井化学株式会社
- ・株式会社三菱ケミカルリサーチ

調査実施者

- ・みずほ情報総研株式会社

2. バリューチェーンにおけるレベル

本事例における GHG 排出量の削減効果は、主には、自動車走行時の化石燃料消費に伴う GHG 排出量の、次世代自動車と従来型ガソリン自動車との違いに基づく効果であり、本事例評価におけるバリューチェーンレベルは「最終使用レベル（自動車）」となる。

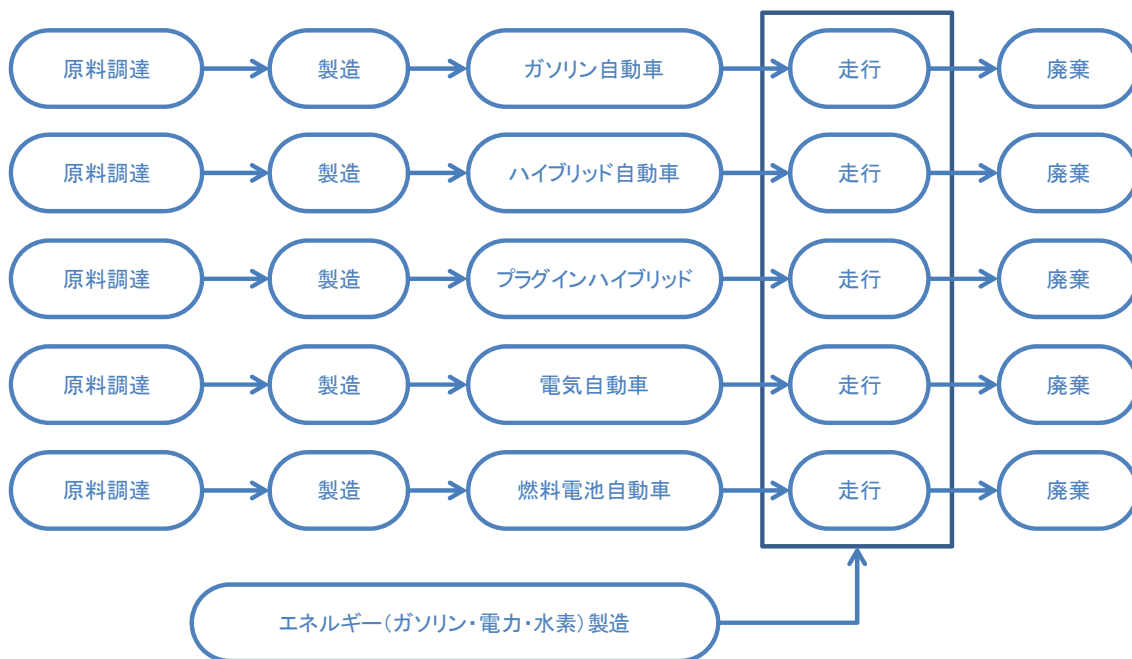


図1 本事例のバリューチェーン

3. 製品の比較

本事例では、次世代自動車用の材料となる化学製品を評価対象製品とする。評価の機能単位は自動車とし、評価対象製品を搭載した次世代自動車とこれを搭載していない比較対象となる従来型ガソリン自動車を比較した。どちらも走行時のエネルギー源（ガソリン、電力、水素）の製造まで考慮してGHG排出量を算定している。なお、評価対象として、複数の次世代自動車を対象としており、削減貢献量の結果も次世代自動車の種類ごとに算定を行った。

表1 評価のためGHG排出量を算定した自動車

次世代自動車 (評価対象製品を搭載)	比較対象自動車
ハイブリッド自動車 プラグインハイブリッド自動車 燃料電池自動車 電気自動車	ガソリン自動車

表 2 評価対象とする次世代自動車材料・部材

評価対象製品（化学製品）			搭載される次世代自動車
リチウムイオン 電池材料 ・部材	正極	リチウム系化合物	ハイブリッド自動車 プラグインハイブリッド 自動車 電気自動車
	負極	炭素系化合物	
	電解液	カーボネート系溶媒	
	セパレータ	ポリエチレン製多孔質膜	
ニッケル水素電 池用材料 ・部材	電池筐体	ポリプロピレン／ポリフ ェニレンエーテルポリマ ーアロイ	ハイブリッド自動車
燃料電池用材 料・部材	セパレータ	変性フッ素系樹脂膜	燃料電池自動車
水素タンク用材 料・部材	ガスバリア膜	ナイロン12膜	
	補強材	カーボンファイバー	

4. 機能単位

4.1 機能及び機能単位の詳細

本事例では、評価対象製品である次世代自動車用の材料を搭載した次世代自動車および従来型ガソリン自動車を、自動車のライフサイクル全体で比較した。このとき、自動車を構成する部材、自動車が走行時に使用するエネルギー源に違いがある。しかしながら、どちらも自動車としての機能は同等であることから、機能単位は自動車1台とし、走行距離を同一とした。なお、次世代自動車で便益を受けるユーザーは、主に自動車の利用者である。

- ・機能

 - 自動車の走行

- ・機能単位

 - 同クラス（5人乗り乗用車、ガソリン車 1700cc 相当クラス(*)）の自動車1台（10万 km 走行）

- ・便益を受けるユーザー

 - 自動車の利用者

*2015 年度実績で、販売台数トップ 20 車種の平均排気量 1703cc

4.2 品質要件

評価対象製品を搭載した次世代自動車と比較製品である従来型ガソリン自動車は、同じ機能を発揮し、且つ、最低限の要件（機械的特性と安全面での特性を含む）を満たしているものとする。

4.3 自動車のサービス寿命

本事例では、自動車の使用年数を 10 年とし、年間の走行距離 10,000km、生涯の走行距離を 100,000km とした。自動車の走行距離はユーザーによって異なるため、日本国内の平均的な乗用車 1 台あたりの年間走行距離を参照しつつ、これに近い年間 10,000km を設定した。

4.4 時間的基準と地理的基準

GHG 排出量の算定は、2014 年、2020 年、2030 年ともに、2007 年度 NEDO 報告書のデータを使用して算定した。ただし、影響が大きいと考えられる走行時の GHG 排出量のデータは、最近のデータを使用した。2020 年、2030 年の需要については、その時期の市場予測値を用いた。

GHG 排出削減量は、評価対象年（2020 年、2030 年）の 1 年間に製造された製品をライフエンドまで使用した際の削減貢献量として算定した。

対象地域は日本全体及び世界全体（日本製品が世界に及ぼす効果）とした。ただし、製品のサービス寿命、5.2 に示す自動車のサイズなど、日本国内の状況に合わせて条件設定を行っているが、本事例では、世界全体の評価にもこの条件を適用した。

5. 算定の方法論

5.1 システム境界

自動車については、原料の製造から部品製造・自動車組立、使用（走行）、廃棄段階について、評価対象製品となる次世代自動車用の材料を搭載した次世代自動車と比較対象の従来型ガソリン自動車について評価した。また、走行段階で消費するエネルギー（ガソリン、電力、水素）に関しては、電力、水素は走行段階でGHGを排出しないことから、それぞれのエネルギー源の製造・供給段階についても評価を実施した。

ただし、部品を自動車組立工場まで輸送する段階、自動車をディーラーまで輸送する段階に関しては、大きな負荷が発生しないと考え、システム境界には加えていない。

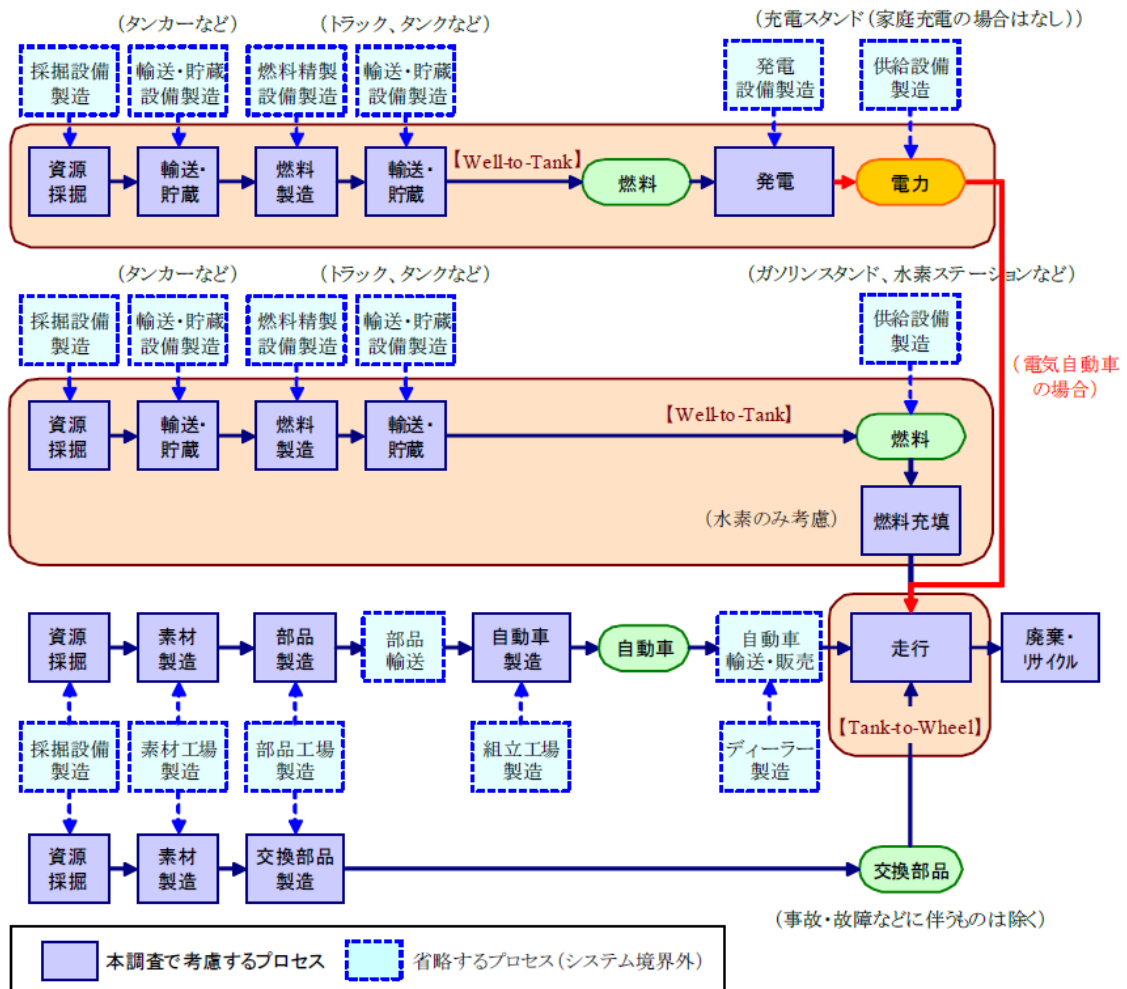


図2 システム境界

5.2 前提条件

評価対象とする自動車及び走行時のエネルギー源に関しては、以下の前提条件に基づいて評価を実施した。

- ・ 自動車のクラス

評価対象の自動車は「普通乗用車」と「小型乗用車」の販売台数を配慮した平均排気量 1700cc クラスとした。ガソリン自動車の重量は約 1,400kg となる。次世代自動車については、NEDO の報告書¹⁾に基づき、自動車の走行性能をガソリン自動車（5 人乗り乗用車、1700cc クラス）と同等とするように電池や燃料電池、モーターなどの仕様を設定した。したがって、次世代自動車の重量は、ガソリン自動車の重量から、固有の部品（エンジン、ガソリンタンクなど）の重量を除き、次世代自動車固有の部品（モーター、電池など）の重量を加えた重量となる。

- ・ 自動車のエネルギー消費効率（1km 走行時のエネルギー消費量）

ガソリン自動車については現在の平均的な燃費と、2020 年、2030 年の改善率、次世代自動車についてはガソリン自動車からの改善率²⁾を考慮した。

表 3 自動車のエネルギー消費量（1km 走行時）

自動車種別		1km 走行時エネルギー消費量		
		2014 年	2020 年	2030 年
ガソリン自動車	[L/km]	0.060	0.056	0.054
ハイブリッド自動車	[L/km]	0.034	0.032	0.031
プラグインハイブリッド自動車 (ガソリン+電気)	[L/km]	0.021	0.019	0.019
	[kWh/km]	0.043	0.040	0.039
電気自動車	[kWh/km]	0.102	0.095	0.092
燃料電池自動車	[Nm ³ /km]	0.068	0.068	0.068

表 4 自動車のエネルギー消費量（生涯走行時：100,000km）

自動車種別		走行時エネルギー消費量		
		2014 年	2020 年	2030 年
ガソリン自動車	[kL]	6.0	5.6	5.4
ハイブリッド自動車	[kL]	3.4	3.2	3.1
プラグインハイブリッド自動車 (ガソリン+電気)	[kL]	2.1	1.9	1.9
	[MWh]	4.3	4.0	3.9
電気自動車	[MWh]	10.2	9.5	9.2
燃料電池自動車	[10 ³ Nm ³]	6.8	6.8	6.8

- ・電力の CO₂ 排出係数（1kWh あたりの発電に伴い排出された CO₂ 排出量）

電気自動車やプラグインハイブリッド自動車の場合は、電力の排出係数が、そのライフサイクルにおける GHG 排出量に大きく影響する。そのため、本事例では、評価対象年によって異なる排出原単位を設定した。以下の排出原単位は日本における原単位であるが、本事例では、世界全体の評価に対しても、この排出原単位を適用した。なお、これらはいずれも、その年のエネルギーミックスを反映したものである。〈使用した排出原単位〉

○2014 年：0.484 kg-CO₂/kWh

○2020 年：0.416 kg-CO₂/kWh³⁾

○2030 年：0.363 kg-CO₂/kWh³⁾

- ・水素の製造方法と排出係数（水素 1Nm³ あたりの製造・供給に伴い排出された CO₂ 排出量）

現在、実用化されている水素の製造方法をもとに、本事例の中では都市ガスを水素ステーション上で改質する方法（都市ガスオンサイト改質）を用いた。排出係数は、文献⁴⁾より 1.17 kg-CO₂/Nm³ と設定した。

- ・ガソリンの CO₂ 排出係数（1L あたりの製造に伴い排出された CO₂ 排出量）

○ガソリン製造時：0.48 kg-CO₂/L

○ガソリン燃焼時：2.32 kg-CO₂/L

5.3 主要パラメータ

GHG 排出量全体に与える影響の大きい主要パラメータは、自動車寿命、走行距離、走行時エネルギー消費効率、電力、水素製造時の GHG 排出係数である。

5.4 不確実性と将来的進展シナリオの統合

シナリオ分析：エネルギー消費効率のみ将来の変化予測を考慮した。その他の条件については、何の変化も起こらないと想定（2007 年度 NEDO 報告書のデータを使用した）。

6. 貢献の度合い（重要性）

評価対象製品の導入により、自動車走行及び走行エネルギー源の製造・供給に伴う GHG 排出量を削減することができる。この GHG 排出削減貢献量は、化学産業だけに帰属しておらず、原料調達から自動車製造、自動車の利用者を通じたバリューチェーン全体に帰属している。

本事例において、化学製品は、その材料が果たす機能により、「主要部材の機能発現に不可欠な材料」（必要不可欠）と「CO₂排出削減機能には直接には寄与しないが、評価対象製品（次世代自動車）の実現には必須の材料」（実質的）のいずれかに区分される。以下に本事例の対象となる化学製品の具体的な貢献度合いを示す。

表 5 評価対象製品（化学製品）の機能と貢献の度合い

評価対象製品（化学製品）			機能（役割）	貢献の度合い
リチウムイオン電池材料・部材	正極	リチウム系化合物	自動車用に、最も重要な、高エネルギー密度二次電池の必須構成部材	必要不可欠
	負極	炭素系化合物		
	電解液	カーボネート系溶媒		
	セパレータ	ポリエチレン製多孔質膜		
ニッケル水素電池用材料・部材	電池筐体	ポリプロピレン／ポリフェニレンエーテルポリマーアロイ	低水分透過性、耐薬品性、高耐熱性を併せ持つ必須材料・部材	実質的
燃料電池用材料・部材	セパレータ	変性フッ素系樹脂膜	負極で生成したプロトン、正極へ移動する必須部材	必要不可欠
水素タンク用材料・部材	ガスバリア膜	ナイロン12膜	小型、軽量な水素タンクの必須材料・部材	実質的
	補強材	カーボンファイバー		

7. GHG 排出量の算定結果（自動車 1 台あたりの算定結果）

7.1 2014 年時点の GHG 排出量算定結果

評価対象製品である次世代自動車用の材料を搭載した次世代自動車と比較対象の従来型ガソリン自動車の自動車 1 台あたりの GHG 排出量を原料採取～自動車製造、走行（エネルギー製造・供給、走行）、廃棄・リサイクルの段階毎に算出した。

●原料採取～自動車製造、部品交換～廃棄・リサイクル¹⁾

次世代自動車と従来型ガソリン自動車の製造までの GHG 排出量は、自動車 1 台あたりでガソリン自動車が 5.7t-CO₂、次世代自動車は 6.3～7.8t-CO₂ となっている。ここで、化学製品が使用されている次世代自動車の固有部品（二次電池、燃料電池、水素タンク、モーター等）による GHG 排出量は 0.5t～3.2t-CO₂ と推定されている。

部品交換および廃棄・リサイクルの GHG 排出量は、自動車 1 台あたりでガソリン自動車が 0.53t-CO₂、次世代自動車は 0.57～1.62t-CO₂ となっている。

●自動車走行

次世代自動車と従来型ガソリン自動車の走行時（エネルギー製造・供給段階、走行段階）の GHG 排出量は、自動車 1 台 100,000km 走行でガソリン自動車が 16.9t-CO₂、次世代自動車は 4.9～9.7t-CO₂ となっている。電気自動車や燃料電池自動車は、走行中にガソリンを燃焼しないため、走行時には GHG の排出が生じないが、エネルギーである電力の発電や発電用燃料の製造、水素の製造などで GHG が排出されている。それらの合計を走行時として考えた場合、従来型ガソリン自動車が最も多い GHG 排出量となっている。

・自動車 1 台あたりの GHG 排出削減貢献量

自動車 1 台あたりの GHG 排出量と削減貢献量は以下の通りである。

表 6 自動車 1 台あたりの GHG 排出量と GHG 排出削減貢献量（2014 年）

	1 台あたりの GHG 排出量と GHG 排出削減貢献量[t-CO ₂ /台]				
	比較対象	評価対象製品を搭載した次世代自動車			
	ガソリン自動車	ハイブリッド自動車	プラグインハイブリッド	電気自動車	燃料電池自動車
製造段階	5.7	6.3	6.5	6.7	7.8
素材	4.3	4.3	4.3	3.4	3.4
部品	0.55	0.55	0.55	0.38	0.38
固有部品		0.51	0.65	2.2	3.2

組立	0.81	0.89	0.89	0.89	0.89
エネルギー製造・供給段階	2.9	1.7	3.1	4.9	7.9
走行段階	14.0	8.0	4.8	—	—
交換段階	0.42	0.42	0.42	0.38	0.38
廃棄段階	0.11	0.15	0.19	1.24	0.35
ライフサイクル全体	23.1	16.5	14.4	13.2	16.4
GHG 排出削減貢献量	—	6.6	8.7	9.9	6.7

*廃棄段階の電気自動車の GHG 排出量が大きい理由は、二次電池の廃棄段階に関する GHG 排出量が大きいこと、電気自動車に搭載する二次電池の重量が、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッドと比較して、大きいことによる。

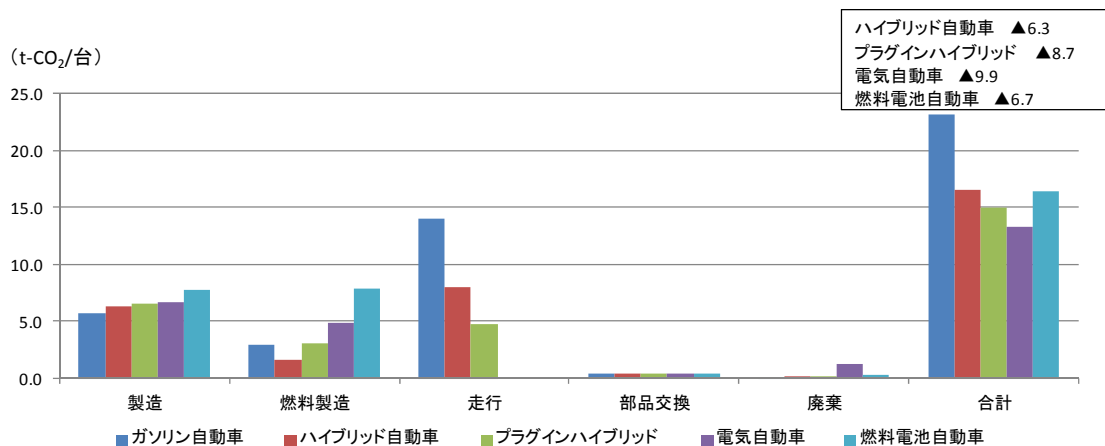


図3 自動車1台あたりのGHG排出量とGHG排出削減貢献量 (2014年)

7.2 2020年、2030年のGHG排出量について (自動車1台あたり)

本事例では、2020年、2030年の自動車走行時のエネルギー消費効率を個別に設定したため、対象年毎に1台あたりの削減貢献量の結果を示す。8.の今後の予測の中では、2020年、2030年の排出削減貢献量をもとに算定を行っている。原料採取～自動車製造、部品交換～廃棄・リサイクル段階は、2020年、2030年とも、2014年度で用いている結果をそのまま活用した。

●自動車走行

次世代自動車と従来型ガソリン自動車の走行時 (エネルギー製造・供給段階、走行段階) のGHG排出量は、2020年では、自動車1台100,000km走行でガソリン自動

車が 15.7t-CO₂、次世代自動車は 7~8.9t-CO₂、2030 年ではガソリン自動車が 15.2t-CO₂、次世代自動車は、6.6~8.7t-CO₂ となっている。

・自動車 1 台あたりの GHG 排出削減貢献量

自動車 1 台あたりの GHG 排出量と削減貢献量は以下の通りである。

表 7 自動車 1 台あたりの GHG 排出量と GHG 排出削減貢献量 (2020 年)

	1 台あたりの GHG 排出量と GHG 排出削減貢献量[t-CO ₂ /台]				
	比較対象	評価対象製品を搭載した次世代自動車			
	ガソリン自動車	ハイブリッド自動車	プラグインハイブリッド	電気自動車	燃料電池自動車
製造段階	5.7	6.3	6.5	6.7	7.8
エネルギー製造・供給段階	2.7	1.5	2.6	3.9	7.9
走行段階	13.0	7.4	4.4	—	—
交換段階	0.42	0.42	0.42	0.38	0.38
廃棄段階	0.11	0.15	0.19	1.24	0.35
ライフサイクル全体	22.0	15.9	14.1	12.3	16.4
GHG 排出削減貢献量	—	6.1	7.8	9.7	5.5

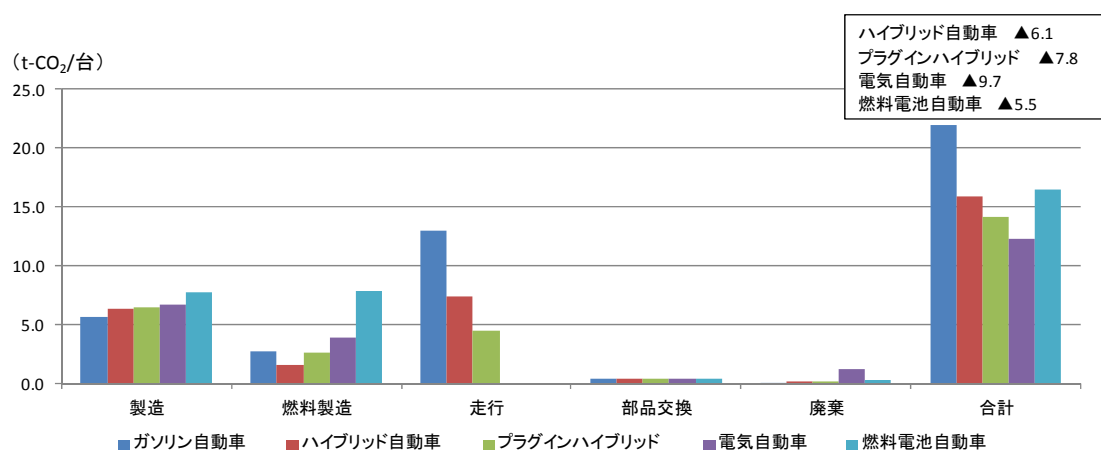


図 4 自動車 1 台あたりの GHG 排出量と GHG 排出削減貢献量 (2020 年)

表8 自動車1台あたりのGHG排出量とGHG排出削減貢献量(2030年)

	1台あたりのGHG排出量とGHG排出削減貢献量[t-CO ₂ /台]				
	比較対象	評価対象製品を搭載した次世代自動車			
	ガソリン自動車	ハイブリッド自動車	プラグインハイブリッド	電気自動車	燃料電池自動車
製造段階	5.7	6.3	6.5	6.7	7.8
エネルギー製造・供給段階	2.6	1.5	2.3	3.3	7.9
走行段階	12.6	7.2	4.3	—	—
交換段階	0.42	0.42	0.42	0.38	0.38
廃棄段階	0.11	0.15	0.19	1.24	0.35
ライフサイクル全体	21.4	15.6	13.7	11.7	16.4
GHG排出削減貢献量	—	5.9	7.7	9.8	5.0

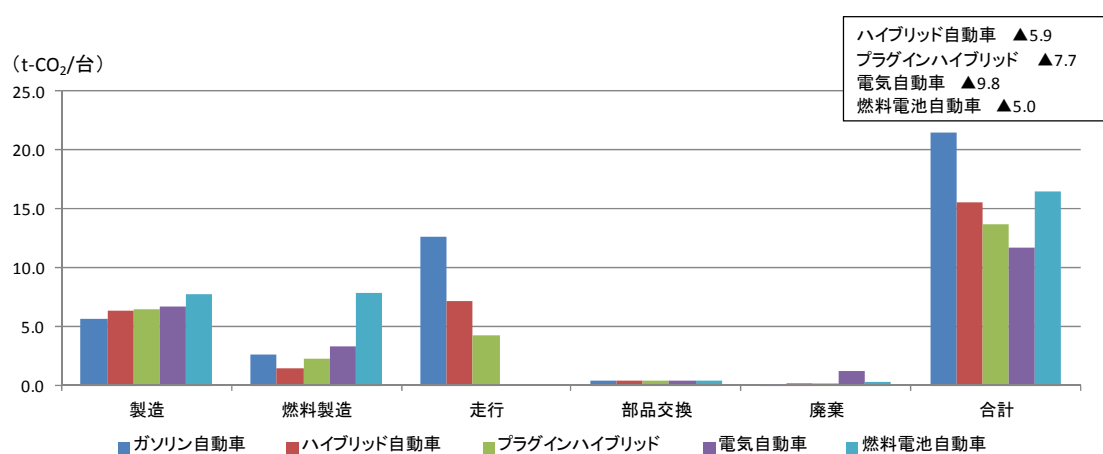


図5 自動車1台あたりのGHG排出量とGHG排出削減貢献量(2030年)

8. 今後の予測

(1) 日本での導入効果

日本の 2020 年、2030 年における GHG 排出削減貢献量は、以下の設定に基づいて算定した。

①次世代自動車の導入台数予測（下表の通り）

表 9 次世代自動車の国内導入台数予測⁵⁾

自動車種別	導入台数（販売台数）（台）	
	2020 年	2030 年
ハイブリッド自動車	1,150,000	1,610,000
プラグインハイブリッド	402,500	575,000
電気自動車	402,500	575,000
燃料電池自動車	46,000	138,000

文献^{5),6)}をもとに推定

②次世代自動車 1 台当たりの GHG 排出削減貢献量（下表の通り）

表 10 次世代自動車 1 台当たりの GHG 排出削減量

自動車種別	GHG 排出削減貢献量（1 台当たり） （t-CO ₂ /台）	
	2020 年	2030 年
ハイブリッド自動車	6.1	5.9
プラグインハイブリッド	7.8	7.7
電気自動車	9.7	9.8
燃料電池自動車	5.5	5.0

③GHG 排出削減貢献量

次世代自動車 1 台当たりの GHG 排出削減貢献量×導入台数予測
算定結果は以下の通り。

表 11 次世代自動車の導入による GHG 排出削減貢献量（国内）

自動車種別	GHG 排出削減貢献量（万 t-CO ₂ ）	
	2020 年	2030 年
ハイブリッド自動車	702	947
プラグインハイブリッド	315	445
電気自動車	390	563
燃料電池自動車	25	69
合計	1,432	2,025

評価対象製品を搭載した次世代自動車の導入による GHG 排出削減貢献量は、表 11 に示した通り、2020 年 1,432 万 t-CO₂、2030 年 2,025 万 t-CO₂ となった。

ちなみに、評価対象製品を搭載した次世代自動車の GHG 総排出量は、次世代自動車 1 台当たりの GHG 排出量（表 7、表 8）と国内導入予想台数（表 9）より、2020 年 2,962 万 t-CO₂（ハイブリッド自動車 1,824 万 t-CO₂、プラグインハイブリッド 569 万 t-CO₂、電気自動車 494 万 t-CO₂、燃料電池自動車 76 万 t-CO₂）、2030 年 4,191 万 t-CO₂（ハイブリッド自動車 2,506 万 t-CO₂、プラグインハイブリッド 788 万 t-CO₂、電気自動車 670 万 t-CO₂、燃料電池自動車 227 万 t-CO₂）であった。

（2）世界での導入効果

世界の 2020 年、2030 年における GHG 排出削減貢献量は、以下の設定に基づいて算定した。

①次世代自動車の導入台数予測（下表の通り）

表 12 次世代自動車の世界の導入台数予測

自動車種別	導入台数（販売台数）（台）	
	2020 年	2030 年
ハイブリッド自動車	8,000,000	28,000,000
プラグインハイブリッド	3,500,000	23,000,000
電気自動車	2,500,000	10,000,000
燃料電池自動車	0	2,000,000

②次世代自動車1台当たりのGHG排出削減貢献量（下表の通り）

表 13 次世代自動車1台当たりのGHG排出削減量

自動車種別	GHG 排出削減貢献量（1台当たり） （t-CO ₂ /台）	
	2020年	2030年
ハイブリッド自動車	6.1	5.9
プラグインハイブリッド	7.8	7.7
電気自動車	9.7	9.8
燃料電池自動車	5.5	5.0

③GHG 排出削減貢献量

次世代自動車1台当たりのGHG排出削減貢献量×導入台数予測
算定結果は以下の通り。

表 14 次世代自動車の導入によるGHG排出削減貢献量（世界）

自動車種別	GHG 排出削減貢献量（万 t-CO ₂ ）	
	2020年	2030年
ハイブリッド自動車	4,881	17,084
プラグインハイブリッド	2,738	17,991
電気自動車	2,424	9,695
燃料電池自動車	-	1,103
合計	10,428	45,874

評価対象製品を搭載した次世代自動車の導入によるGHG排出削減貢献量は、表14に示した通り、2020年10,428万t-CO₂、2030年45,874万t-CO₂となった。

ちなみに、評価対象製品を搭載した次世代自動車のGHG総排出量は、次世代自動車1台当たりのGHG排出量（表7、表8）と世界導入予想台数（表12）より、2020年20,702万t-CO₂（ハイブリッド自動車12,687万t-CO₂、プラグインハイブリッド4,948万t-CO₂、電気自動車3,066万t-CO₂）、2030年92,476万t-CO₂（ハイブリッド自動車44,405万t-CO₂、プラグインハイブリッド32,518万t-CO₂、電気自動車12,265万t-CO₂、燃料電池自動車3,289万t-CO₂）であった。

9. 調査の限界と将来に向けた提言

本事例は、次世代自動車材料を評価対象とし、機能単位として、これを搭載した次世代

自動車（ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車）と従来のガソリン自動車のライフサイクルにおける GHG 排出量を評価した。さらに、2020 年および 2030 年の導入台数予測に基づいて次世代自動車の導入による GHG 排出削減貢献量を算定したものである。前提条件に示した自動車のサイズ、走行時エネルギー消費効率、生涯走行距離が異なる場合は個別の評価が必要であり、その結果によって、GHG 排出削減貢献量の算定結果は異なってくる。また、将来の自動車の需要予測の結果により、GHG 排出削減貢献量の総量は大きく変わってくる。特に世界全体の評価においても、自動車サイズ、生涯走行距離、電力排出係数などについて日本国内平均の前提条件に基づいて算定した自動車 1 台あたりの削減貢献量の結果を適用している。本事例では国別の導入台数が不明であったことから、日本の条件による結果を適用したが、国別の導入状況がわかる場合には、各国の条件を反映していくことで、結果は変わってくる。

参照文献

- 1) NEDO, みずほ情報総研株式会社：定置用燃料電池及び燃料電池自動車のライフサイクル評価に関する調査（2007年）
- 2) 環境省：中央環境審議会地球環境部会 2013年以降の対策と施策に関する検討小委員会（第16回）参考資料 自動車WGとりまとめ（2012年）
- 3) 一般財団法人日本エネルギー経済研究所「平成26年度温暖化対策基盤整備関連調査委託費 産業界の自主的取組による将来の排出削減効果調査等事業」報告書（2015年）
- 4) 一般財団法人日本自動車研究所「総合効率とGHG排出の分析」（2011年）
- 5) 経済産業省「自動車産業戦略2014」（2014年）
- 6) 自動車販売協会連合会「平成26年版自動車ディーラー・ビジョン」（2014年）

※著作権の帰属について

本著作物の著作権は著作者に帰属し、著作物の一部または全部を無断で複製・複製・転記載することを禁じる。なお本著作物の著作者は1. 調査の目的に示した調査責任者とする。