



NEDO

太陽光発電システム搭載自動車検討委員会

中間報告書

平成30年1月



太陽光発電システム搭載自動車検討委員会
中間報告書

平成 30 年 1 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

太陽光発電システム搭載自動車検討委員会中間報告書 目次

1. 低炭素社会における太陽光発電システム搭載自動車の意義、位置付け	1
1.1. 国際的な温室効果ガス排出削減の動き	1
1.2. 次世代自動車の普及による電力システムへの影響低減	2
1.3. 高効率太陽電池技術のさらなる市場開拓	2
1.4. 太陽光発電システム搭載自動車導入の意義	3
2. 太陽光発電システム搭載自動車の付加価値検討	4
2.1. 太陽光発電システム搭載自動車 1 台あたりの付加価値の考え方	4
2.1.1. 付加価値の算出方法	4
2.1.2. 代表的な走行パターンの想定	7
2.1.3. 系統電力使用量削減効果の算出	8
2.2. 太陽光発電システム搭載自動車 1 台あたりの付加価値の算出	9
2.3. 将来導入量を考慮した付加価値	20
2.3.1. CO ₂ 排出量削減効果と運輸部門における削減への影響	20
3. 太陽光発電システム搭載自動車の開発、普及に係る課題と今後の取り組み	26
3.1. 太陽光発電システム搭載自動車の方向性	26
3.1.1. 乗用車における方向性	26
3.1.2. その他の自動車における可能性	28
3.2. 太陽光発電システム搭載自動車の開発、普及に向けた課題と今後の取り組み	29
3.2.1. 開発、普及に向けた課題	29
3.2.2. 今後の取り組みについて	30
4. まとめ	31

はじめに

COP21 の期間中に採択されたパリ協定が、米国、中国、EU ならびに日本の相次ぐ批准によって発効し、京都議定書以降の温暖化対策の国際的な枠組みに新たな一歩が刻まれた。

一方で、協定加盟国が提出した 165 カ国の約束草案 (INDC) が達成された場合でも、平均気温上昇 2°C 未満に抑えるというパリ協定の目標を満たすためのシナリオを達成することは非常に困難であることが明らかになり、各国にはより野心的な温室効果ガス削減目標の設定が求められている。

現在、太陽光発電や風力発電といった再生可能エネルギーの加速度的な導入により、発電部門における温室効果ガスの排出削減が進む一方で、そのエネルギー需要の大部分を化石燃料に頼っている運輸部門にとって、現状の温室効果ガス削減目標を上回る削減を達成することは、現在想定されていない革新的な技術開発が不可欠である。なかでも、運輸の排出量の大半を占めている自動車においては、今後アジアを中心に急速な普及が見込まれており、これらの温室効果ガス排出量をいかに抑えていけるかもパリ協定の 2°C 目標達成にとって重要なファクターとなると考えられる。

また、欧米を中心に厳しさを増していく自動車の排出ガス規制を満たすため、電気自動車 (EV) やプラグインハイブリッド自動車 (PHV) の販売・導入が始まりつつあるが、これらの自動車も、再生可能エネルギー由来のクリーンな電力を系統から供給することができなければ、温室効果ガス排出量削減効果は限定的となる。

2016 年には、NEDO の研究開発プロジェクトにより、太陽電池モジュールレベルでの変換効率が 31% を達成し、海外では太陽エネルギーのみで飛行するソーラーインパルスが世界一周飛行を達成した。面積の限られるモビリティ用途にとっても、太陽光発電が重要なエネルギー源となる可能性が示唆されている。

こうした状況をふまえ、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) は、太陽光発電システム搭載自動車検討委員会を設置し、高効率の太陽電池を自動車に搭載することにより、運輸部門の CO₂ 排出量削減に貢献できる可能性について検討した。委員会事務局はみずほ情報総研が務めた。本報告書は、太陽光発電システム搭載自動車検討委員会における検討の中間結果を取りまとめたものである。

1. 低炭素社会における太陽光発電システム搭載自動車の意義、位置付け

変換効率が非常に高い太陽電池は、面積制約の大きい機器等の電源としての活用が期待される。そのような限られた面積を活用する用途として、電気自動車等の次世代自動車へ太陽電池を搭載する太陽光発電搭載自動車が考えられる。

ここでは、太陽光発電システム搭載自動車が将来社会において、どのような意義をもたらす可能性があるかについて検討した。

1.1. 国際的な温室効果ガス排出削減の動き

表 1-1 に示すように、COP21 において各国とも積極的な温室効果ガスの排出削減目標が計画されており、世界全体で温室効果ガスの排出削減がよりいっそう進められる見込みとなっている。

世界の運輸部門のエネルギー消費量は、図 1-1 に示すように、自動車 (Light-duty vehicles、Heavy-duty vehicles) が占める割合が非常に大きく、さらに近年拡大しており、これが温室効果ガス排出量の増加の一因となっている。

図 1-2 に、IEA が示す 2DS (温度上昇を 2 度に抑制するためのシナリオ) における温室効果ガス排出量の部門別削減必要量を示す。運輸部門における必要削減量として 2050 年で全セクターの 20% の削減寄与率が期待されている。

表 1-1 主要国の INDC 草案における温室効果ガス排出削減目標¹より作成

国	削減目標		
	目標単位	目標年	削減率
中国	GDP あたり	2030 年までに 2005 年比	60～65%削減
米国	総量	2025 年までに 2005 年比	26～28%削減
EU	総量	2030 年までに 1990 年比	少なくとも 40%削減
インド	GDP あたり	2030 年までに 2005 年比	33～35%削減
ロシア	総量	2030 年までに 1990 年比	25～30%削減
日本	総量	2030 年までに 2013 年比	26%削減

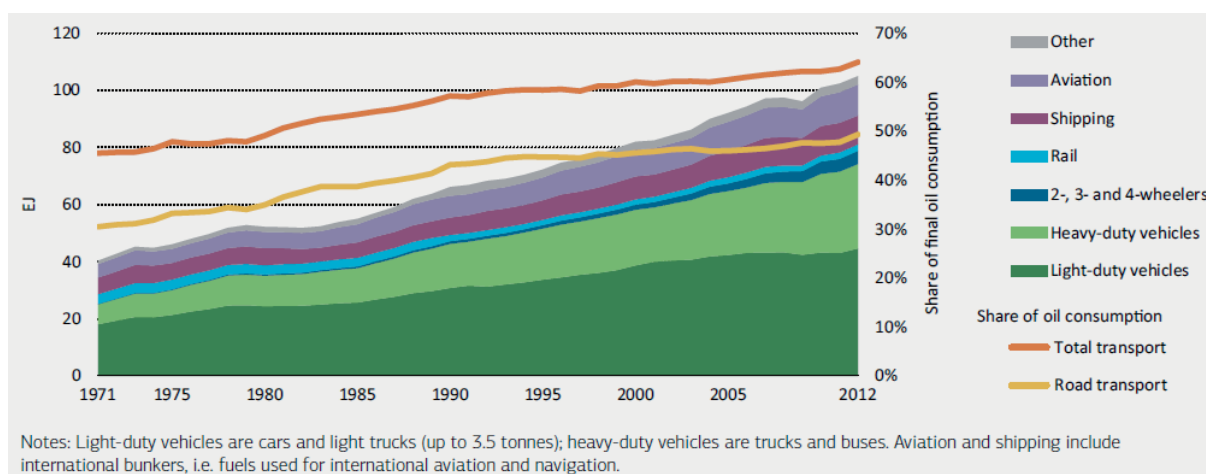


図 1-1 世界の運輸部門のエネルギー消費量²

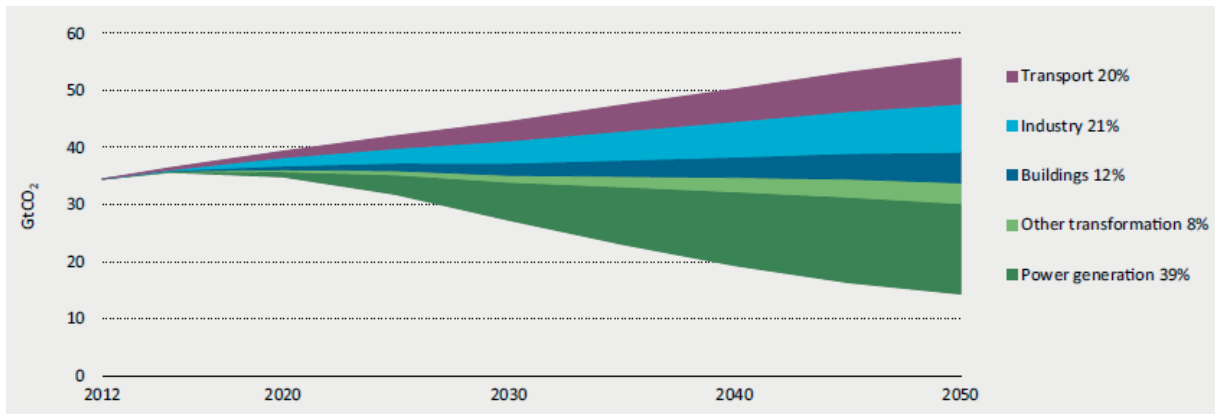


図 1-2 IEA による 6 度上昇 (6DS) から 2 度上昇シナリオ (2DS) に向けて必要な二酸化炭素の排出量のセクター別削減量²

1.2. 次世代自動車の普及による電力システムへの影響低減

運輸部門の温室効果ガスの排出削減に向けて、図 1-3 に示すように、電気自動車 (EV) やプラグインハイブリッド車 (PHV)、ハイブリッド車 (HEV)、燃料電池自動車 (FCEV) といった次世代自動車の普及が見込まれている。IEA の 2DS では、2050 年には新車販売台数のうち約 8 割が PHV、EV および FCEV になると想定されている。

将来これら次世代自動車の普及によって、運輸部門における電力需要が増加することが見込まれており、必要電源の増加や系統容量の逼迫など次世代自動車による電力システムへの影響が大きくなることが想定される。太陽光発電システム搭載自動車の実現可能になれば、次世代自動車へ系統を経由せずにオンサイトで電力供給ができるため、電力システムへの影響低減につながる。

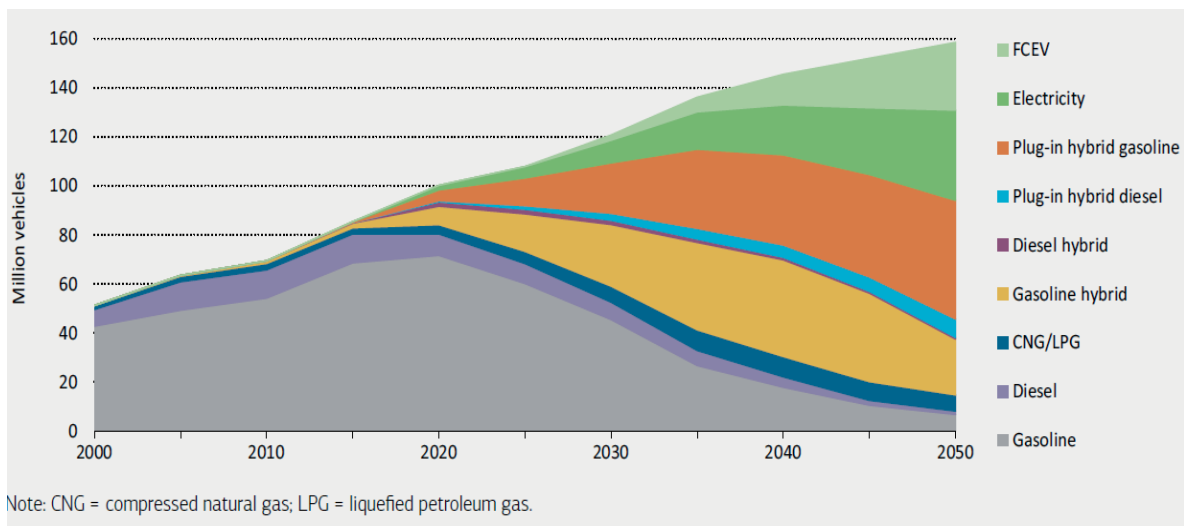


図 1-3 IEA による 2 度上昇シナリオ (2DS) における乗用車の車両構成内訳の想定²

1.3. 高効率太陽電池技術のさらなる市場開拓

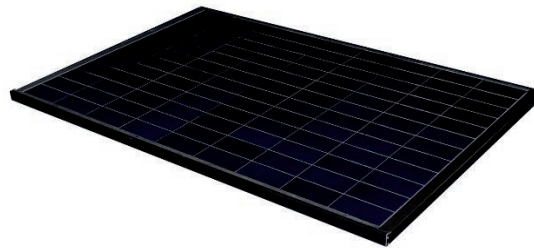
我が国の太陽電池の技術開発では、発電コストの低減に向けて太陽電池の高効率化を進めており、世界トップレベルの高効率太陽電池が開発されている。一方、市場をみると高効率太陽電池は現時点では一部の用途にしか活用されておらず、今後のさらなる市場開拓が課題となっている。

市場開拓によって高効率太陽電池の価格をさらに低減させ、様々な用途で導入されれば、結果として社会における多大な環境負荷低減に寄与することが可能となる。

高効率太陽電池は、より少ない面積で高い発電量が得られるため、面積制約がある様々な環境下でより競争力を持つ。そのうちの一つの有望な市場として次世代自動車への搭載が考えられる。



シャープ株式会社 モジュール
変換効率 31.17% (968cm²)



株式会社カネカ モジュール
変換効率 24.37% (13,177cm²)

図 1-4 高効率太陽電池の例

1.4. 太陽光発電システム搭載自動車導入の意義

1.2 および 1.3 で記載したように、太陽光発電システム搭載自動車は、高効率太陽電池をはじめとした太陽光発電産業の付加価値向上と市場の拡大、次世代自動車産業においては系統への影響を低減するための技術として、さらなる付加価値向上につながる可能性がある。

両産業の取り組みの結果、太陽光発電システム搭載自動車を実現し普及できれば、世界の運輸部門における温室効果ガス排出量の削減に向けて、多大な貢献が可能であると考えられる。

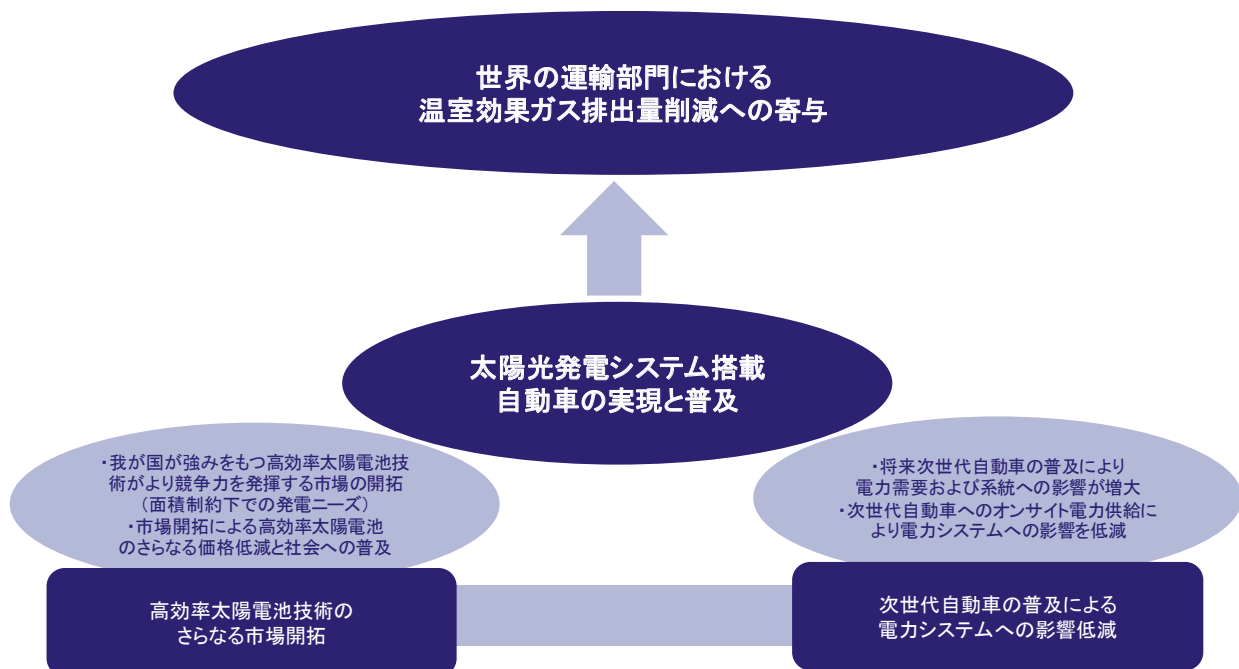


図 1-5 太陽光発電システム搭載自動車導入の意義

2. 太陽光発電システム搭載自動車の付加価値検討

太陽光発電システム搭載自動車の付加価値について、CO₂ 排出量削減効果、経済効果、利便性の観点から分析を実施した。また、太陽光発電システム搭載自動車が普及した場合の社会全体での CO₂ 排出削減効果について試算を実施した。

2.1. 太陽光発電システム搭載自動車 1 台あたりの付加価値の考え方

2.1.1. 付加価値の算出方法

①ベースラインの設定と評価対象

本検討では、EV (EV ケース) とその車両をベースとし太陽光発電システムを搭載した EV (EV+車載 PV ケース) について走行時の CO₂ 排出量を比較した。この比較では、図 2-1 に示すようにベース車両の製造・廃棄に由来する CO₂ 排出量を考慮することなく太陽光発電システムの導入による効果のみを評価した。

社会全体での削減量の評価においても同様に、将来導入が見込まれている次世代自動車の台数は据え置いたまま、車載太陽光発電システム (車載 PV) を搭載しない場合をベースラインとし、次世代自動車に太陽光発電システムを搭載した場合の社会全体の CO₂ 排出量削減を定量化する。

対象とする次世代自動車は HEV・PHV・EV の 3 種類とし、HEV に太陽光発電システムを搭載する場合には、電力を供給することによりガソリンの消費量が減少するものとした。また、走行距離や走行パターンについては、太陽光発電システムを搭載した場合でも搭載していない場合とまったく同一であるものとする。

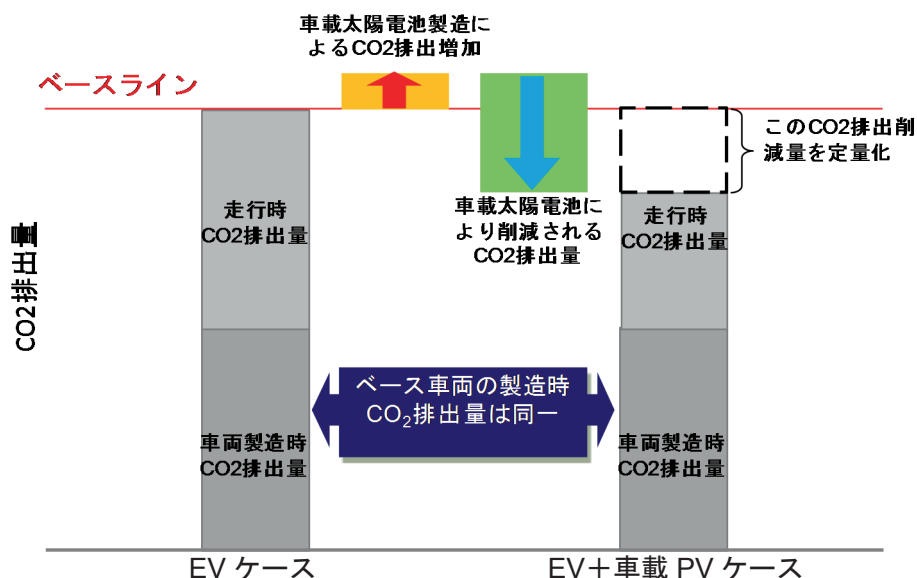


図 2-1 本検討において想定するベースラインと評価対象

②付加価値定量化手法の基本的な考え方

HEV・PHV・EV の 3 種類の次世代自動車に太陽光発電システムを搭載することによって、通常の次世代自動車の消費電力を削減し、系統から充電する電力量や燃料の使用量を削減することにより、発電あるいは燃料の燃焼に伴って発生する主に化石燃料由来の CO₂ を削減できる。

実際の付加価値はユーザーがどのように自動車を使用するかや、自動車の蓄電池容量によって異なるため、車載 PV によって発電した電力の 100% を常に使用できるとは限らない。例えばユ

ユーザーが自動車を運転しない日が数日続き、太陽光発電システムによって発電された電力が徐々に蓄電池に蓄積され、充電できる空き容量がゼロになった場合には、発電した電力は余剰電力となり使用できない。

すなわち、発電量のうち車載蓄電池に貯蔵される電力は、発電量と消費される電力の差で表されるが、発電量が消費電力よりも大きい場合には、残量が車載の蓄電池に貯蔵される。この際に車載蓄電池の充電率が高く、空き容量が少ない場合には太陽光発電システムで発電した電力を車載蓄電池に充電することができず、図 2-2 に例示するように余剰電力となって利用できない電力が発生する。

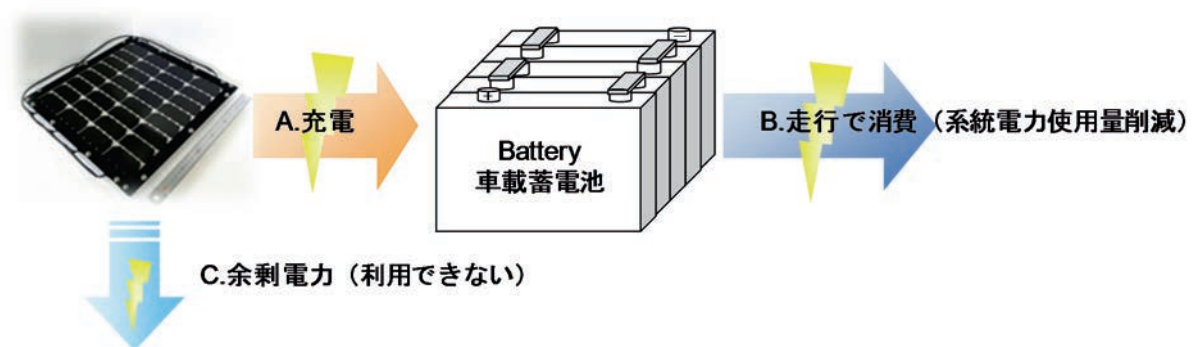


図 2-2 蓄電池制約による余剰電力発生イメージ

定量化にあたっては前述の蓄電池による制約を考慮し、図 2-3 に示すように、実際に車載 PV が発電した電力から、ユーザーの使用パターンや自動車のバッテリー容量に起因した利用できない余剰電力を差し引いた電力量を、車載太陽光発電システムの導入による「系統電力使用量削減効果」とした。この系統電力削減量を基に CO₂ 排出量削減効果、ユーザーにとっての経済効果、そして充電回数の低減効果を評価した。

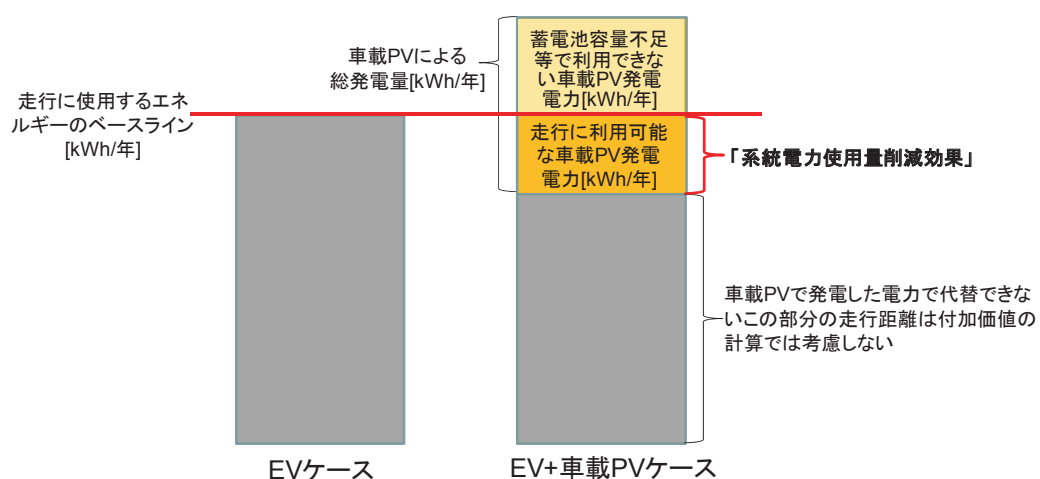


図 2-3 車載 PV の導入効果検討におけるベースラインの設定

なお、HEV と太陽光発電システムを搭載した HEV との比較の場合には、系統電力使用量削減効果ではなく、ある自動車が 1kWh の電力で走行できる距離を表す「電費」と自動車の燃費を用い、車載 PV の発電量をガソリン使用量削減効果に変換したうえで、削減された相当量のガソリンが燃焼する際の CO₂ 排出削減効果を算出するものとした。系統電力使用量削減効果の算出方法については 2.1.3 で後述する。

なお、車載 PV の導入にあたっては、実際は自動車の重量が増加する可能性があるが、本検討では重量の変化、および電費への影響はないものとした。

③CO₂ 排出量削減効果の算出

CO₂ 排出量削減効果は、系統電力使用量削減効果と系統電力の CO₂ 排出係数との積から、車載 PV を追加することにより発生する CO₂ 排出量を引くことによって算出した。

評価に使用したパラメーターに関して、系統電力の CO₂ 排出係数には発電に関連する排出量のみが含まれており、発電所の建設や廃棄に係る排出量は含まれない。同様にガソリンの排出係数についても燃焼によって発生する CO₂ のみを考慮しており、原油採掘・ガソリン精製・燃料輸送時における CO₂ 排出量は含めていない。一方で、車載 PV によって発生した CO₂ については、太陽光発電システムの製造から廃棄までに発生する CO₂ 排出量を考慮している。具体的には、多結晶 Si 系太陽光発電システムのライフサイクル CO₂ 排出量を使用した。

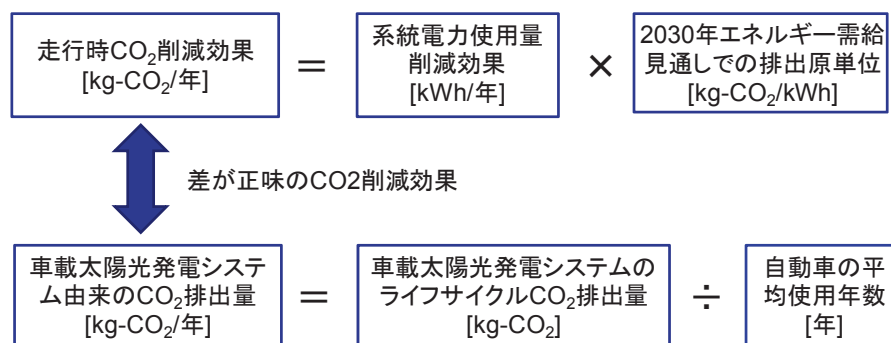


図 2-4 正味の CO₂ 排出量削減効果の算出方法

正味の CO₂ 排出量削減効果の計算にあたっては、車載 PV が発電する電力により減少する系統電力の使用量に CO₂ 排出係数の積をとったものを走行時 CO₂ 排出量削減効果とし、この値と車載 PV の製造から廃棄までの間に発生する CO₂ との差をとったものを正味の CO₂ 排出量削減効果として算出した。なお、太陽光発電システムの搭載により不要になる自動車部品があり、その製造時の CO₂ 排出量も削減効果として含めることも想定されるが、今回の検討では CO₂ 排出量削減効果からは除外した。

④経済効果の算出

太陽光発電システムを自動車に搭載したことで、電力会社から購入する電力が減少し、支払わなくて済んだ電気代をコストメリットとし、そこから車載 PV 価格を引いたものをユーザーの経済効果として評価した。

一般的にPHVやEVのオーナーは自動車メーカーなどが提供する充電スタンド利用契約を締結しているが、太陽光発電システムを自動車に搭載することにより充電回数がほとんど0になったとしても完全に充電フリーになるケースは稀であり、外出先で充電する場合もありえる。このため、その利用契約費は車載PV導入による経済効果には見込まず、また所有者が住宅でEVやPHVを充電するために、電力会社との契約アンペア数に応じて支払う電気の基本契約料金についても経済効果には見込まないものとした。なお、本検討では経済効果をすべて1年あたりの金額で算出するため、割引率は適用していない。

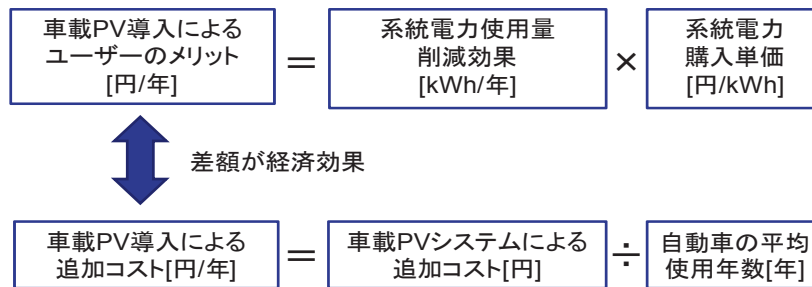


図 2-5 経済効果の算出方法

2.1.2. 代表的な走行パターンの想定

自動車の走行パターンはユーザーの居住地やユーザーの属性に応じ、多種多様であると想定されるが、過去の研究では道路における自動車交通量は1年間サイクルまたは1週間サイクルで周期的に変動することが知られている。

そこで本検討では、既往調査によって得られた自家用乗用車の1週間サイクルの10種類(C1～C10)の運転パターンを類型化し、図2-6に示す通り6種類の走行パターンを得た。これら6種類の運転パターンの詳細と、その運転パターンで想定されるユーザーイメージを表2-1に示す。

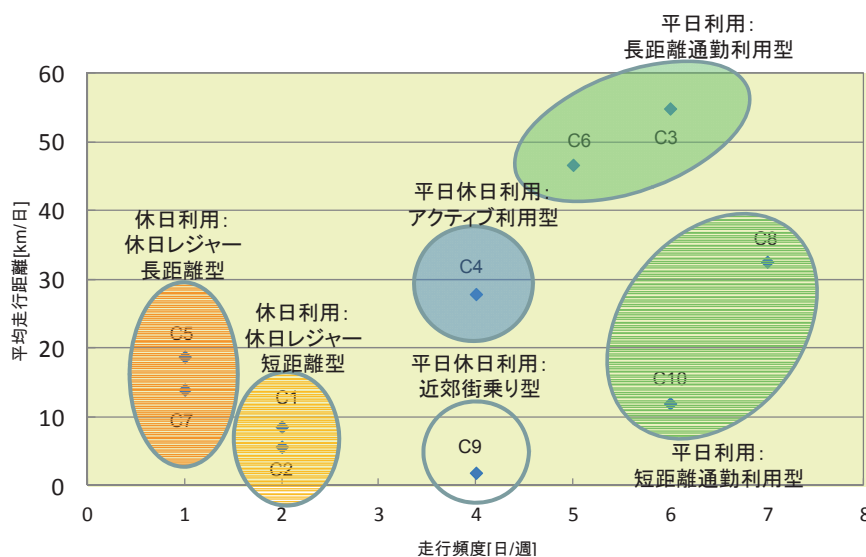


図 2-6 代表的な走行パターンの検討

表 2-1 導入効果の評価対象とした代表的な自動車利用パターンとユーザーイメージ

パターン	タイプ	一回あたりの 走行距離 (km)	ユーザーイメージ
A 休日利用	A-1 休日レジャー 長距離型	150km @2 日間 (土曜日、日曜日)	遠距離先へのレジャー等で休日 (土曜日、日曜日)にのみ利用。
	A-2 休日レジャー 短距離型	50km @2 日間 (土曜日、日曜日)	近距離先へのレジャー等で休日 (土曜日、日曜日)にのみ利用。
B 平日休日利用	B-1 アクティブ 利用型	50km @4 日間 (月水金日)	シニア世代など、休日、平日問わず アクティブに利用。
	B-2 近郊街乗り 利用型	5km @4 日間 (月水金日)	主婦層など、休日、平日問わず、近 郊の店舗などへの買い物に利用。
C 平日利用	C-1 長距離通勤 利用型	50km @5 日間 (平日)	遠距離先への会社などへの通勤に 平日のみ利用。
	C-2 短距離通勤 利用型	15km @5 日間 (平日)	近距離先への会社などへの通勤に 平日のみ利用。

2.1.3. 系統電力使用量削減効果の算出

図 2-3 における系統電力使用量削減効果は、太陽光発電システムによって発電される電力量と走行に使用できない電力量のバランスによって計算され、走行に使用できない電力量は蓄電池の充電率と走行パターンによって決定される。

走行によって消費される電力量は、自動車の使用パターンによって大きく異なっており、今回は 2.1.2 で設定した 6 種類の代表的な走行パターンを利用して算出した。

車載 PV によって発電される電力量は天候や季節による日長の変化により日々変化するが、評価にあたっては代表値として東京における 1 年間の平均日射量から 1 日あたりの平均的な発電量を算出し、毎日一定量の発電量が得られるものとし、自動車と搭載された太陽光発電システムが常に日光のあたる状態にあるということを想定した。

図 2-7 に系統電力使用量削減効果の計算フローを示す。

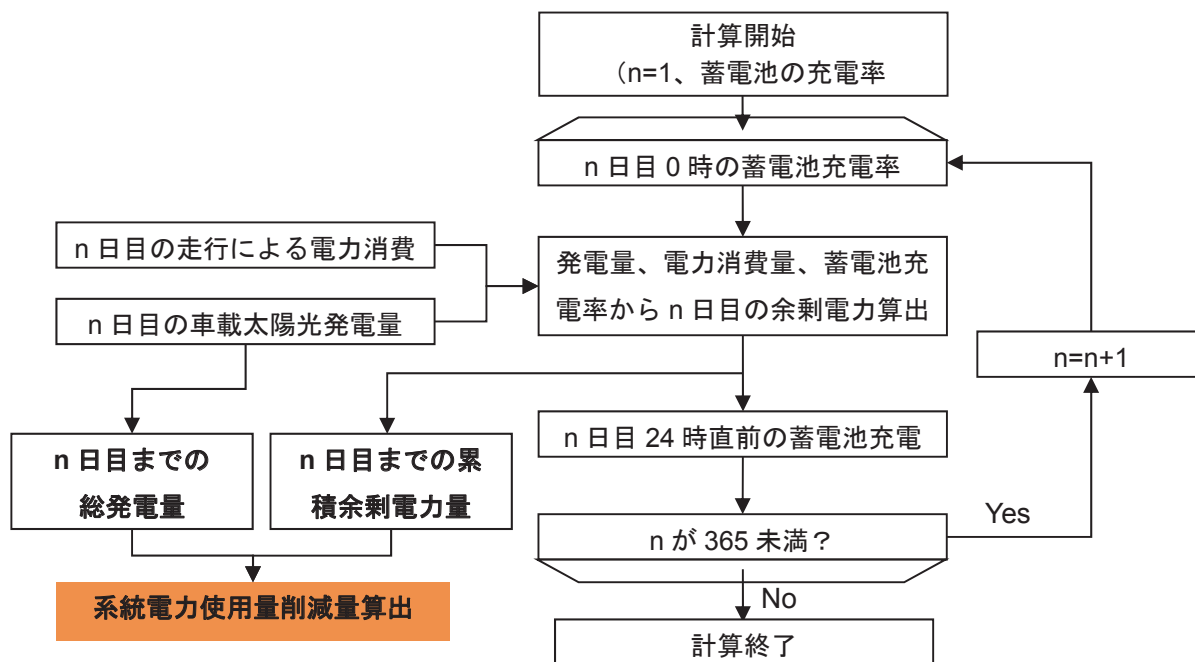


図 2-7 系統電力使用量削減効果の算出フロー

評価にあたっては、太陽光発電システムで発電した電力は一時的に太陽電池のための予備の蓄電池に蓄積されるものと想定した。これは太陽電池を搭載しているトヨタ自動車のプリウスPHVにも採用されている方式である。この予備の蓄電池を用いることで1日のどの時間帯に乗車するかどうか依存せず、1日単位で発電量と消費電力の正味の値を計算することにより効果の試算を行う。

2.2. 太陽光発電システム搭載自動車1台あたりの付加価値の算出

(1) 前提条件

付加価値を算出するにあたっての各種前提条件を表 2-2 に示す。計算の前提となる数値は、太陽光発電システム搭載自動車の実用化時期として想定する 2030 年までに達成可能と見込める数値を採用した。

自動車に搭載する太陽電池のモジュール出力については想定値として 1kW を採用した。現在の太陽光発電モジュールの最高効率は NEDO/シャープ株式会社により達成された 31.17%³であり、将来車載 PV が実用化される段階で十分に達成可能な水準として 31%と設定した。この条件において 1kW の出力を得るために必要な太陽電池モジュール設置面積は水平投射面積で 3.23 平方メートルとなり、現在市販されている HEV、PHV、EV の屋根とボンネットを合わせた面積とほぼ同程度の水準となる。

系統電力の CO₂ 排出係数は、IEA によって公表されている World Energy Outlook 2015 の New Policies Scenario に基づき算出した 0.35 kg-CO₂/kWh⁴を使用した。

EV の電費 (1kWh 当たり走行可能距離) については、既往の文献調査では季節によって幅のある 5.0~10.2km/kWh という値が報告されているが⁵、将来的に二次電池の技術開発が進み、車両と車載蓄電池の軽量化が進む場合の値として NEDO「二次電池技術ロードマップ 2013 (Battery RM2013)」における 2030 年までに達成する開発目標値として EV については 12.5km/kWh、PHV

については 10.0km/kWh をそれぞれ採用した⁶。

HEV の燃費については、将来の開発目標値としては 2012 年にジュネーブモーターショーで国内自動車メーカーが発表したコンセプトカーの JC08 モードでの燃費である 47.6km/l を採用した。

車載 PV の価格については NEDO の III-V 系太陽光発電システムの開発目標価格をもとに 12 万円/kW と設定した。このシステム価格目標は架台や一部の周辺機器 (BOS) といった車載時には不要である構成品の費用を含んだ値になっており、開発目標が達成された場合の車載 PV 価格はこれを下回る可能性もある。

蓄電池容量については NEDO 「二次電池技術開発ロードマップ 2013(BatteryRM2013)」に基づき、EV と PHV に関してそれぞれ 40 kWh/台、10kWh/台と想定した⁶。HEV に関しては現状での値を基に 1.3kWh/台と想定したが、この他に太陽電池で発電した電力を一時的に貯蔵する補助バッテリーを搭載し、補助バッテリーは 1 日の平均的な発電量を貯蔵できる程度の容量 (実効容量で 2.6kWh) を持つものと想定した。

自動車の平均使用年数については、直近の統計値をもとに 12 年とした⁷。太陽光発電システムのライフサイクル CO₂ 排出量に関しては、既往文献で報告されている結晶シリコン系太陽電池を採用した太陽光発電設備の生涯 CO₂ 排出量 1.17 トン (20 年間発電すると想定した場合の排出係数は 0.059kg-CO₂/kWh)⁸を、自動車の平均使用年数 12 年間における車載 PV の発電量で割ったものを採用している。

EV および PHV を充電する際には一般に 100V~200V の低圧電源が用いられることから、充電のために電力会社からユーザーが購入する電気料金の単価については、電気事業連合会が集計している一般電灯料金の 2014 年全国平均値 25.5 円/kWh⁹を設定した。また、ハイブリッド自動車消費するガソリンの価格については、資源エネルギー庁の統計から 2015 年度の小売価格平均値 133 円/l¹⁰を採用した。

日射量については NEDO 日射量データベース¹¹の東京都における値を採用し、発電時における電力損失係数については既往文献¹²による値の 0.739 を採用した。この損失係数にはパワーコンディショナー (PCS) による DC/DC 変換効率 0.9、蓄電池への充電損失係数 0.95、温度補正係数 0.91、最大電力点追従 (MPPT) 損失係数 0.95 が含まれる。またコントロールユニット (ECU) による消費電力 0.12kWh/日も考慮した。

表 2-2 付加価値分析にあたっての前提条件一覧

パラメーター			出典
太陽電池	太陽電池出力	1.0 kW/台	想定値
	太陽光発電モジュール効率 (2016 年実績)	31 %	2016 年に達成の III-V 系太陽電池モジュール効率 ³
	太陽電池面積	3.23 m ²	(=太陽電池出力÷モジュール効率)
	車載 PV 価格目標値 (2030 年時点)	12 万円/kW	III-V 系太陽電池システムの NEDO 開発目標
EV	電費	12.5 km/kWh	NEDO 「二次電池技術開発ロードマップ 2013」の「自動車用二次電池ロードマップ」2030 年想定 ⁶
	蓄電池容量	40 kWh/台	NEDO 「二次電池技術開発ロードマップ 2013」の「自動車用二次電池ロードマップ」2030 年想定 ⁶
PHV	電費	10 km/kWh	NEDO 「二次電池技術開発ロードマップ 2013」の「自動車用二次電池ロードマップ」2020 年想定 ⁶
	蓄電池容量	10 kWh/台	NEDO 「二次電池技術開発ロードマップ 2013」の「自動車用二次電池ロードマップ」2020 年想定 ⁶
HEV	電費	10 km/kWh	プリウス PHV の値
	蓄電池容量	1.3 kWh/台	プリウス (第 4 世代) の値
	HEV 自動車燃費	47.6 Km/L	ジュネーブモーターショー、2012
EV、PHV、HEV	自家用車の平均使用年数 (2015 年度実績)	12 年	一般財団法人自動車登録情報協会：統計情報 ⁷
CO ₂ 排出係数：太陽光発電		0.099 kg-CO ₂ /kWh	みずほ情報総研「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」 ⁸ より家庭用多結晶太陽電池のライフサイクル CO ₂ 排出量を車載 PV が 12 年間に発電する電力量で割ることにより導出
CO ₂ 排出係数：系統電力		0.35 kg-CO ₂ /kWh	IEA：World Energy Outlook 2015、2015 ⁴
CO ₂ 排出係数：ガソリン		2.322 kg-CO ₂ /l	経済産業省・環境省：「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令」
系統電力単価		25.5 円/kWh	電気事業連合会統計委員会：電気事業便覧 ⁹ の 2014 年度従量電灯単価を全国平均値として算出
ガソリン小売単価		133 円/L	資源エネルギー庁：給油所小売価格調査 (ガソリン、軽油、灯油) 2015 年度平均値 ¹⁰

(2) 車載 PV による付加価値の定量化

① EV の場合

1) 車載 PV 由来電力の利用率と付加価値の関係

EV をベース車両とした場合に、車載 PV で発電した電力のうち走行に利用可能な割合（0%～100%）と経済効果および CO₂ 排出量削減効果の関係を分析した。その結果を図 2-8 に示す。

車載 PV で発電した電力の利用率を 0%から 100%までの範囲で変化させた際の経済効果を分析した結果、車載 PV で発電した電力の利用率が 42%以上では太陽光発電システムを搭載するほうが搭載しない場合よりもユーザーが負担するコストが低くメリットがあると示されたが、42%未満の場合では、太陽光発電システムを搭載してもメリットがないという結果となった。

同様に CO₂ 排出量削減効果を分析した結果、車載 PV で発電した電力の利用率が 27%以下では CO₂ 排出量削減効果がマイナス、すなわち太陽光発電システムの製造・使用・廃棄によって排出される CO₂ が、系統電力の使用量低減による CO₂ 排出量削減効果を上回り、正味の CO₂ 排出量がプラスとなることが明らかになった。これは、ユーザーの走行距離が短い場合など、余剰電力が多い場合には車載 PV の効果がないことを表している。

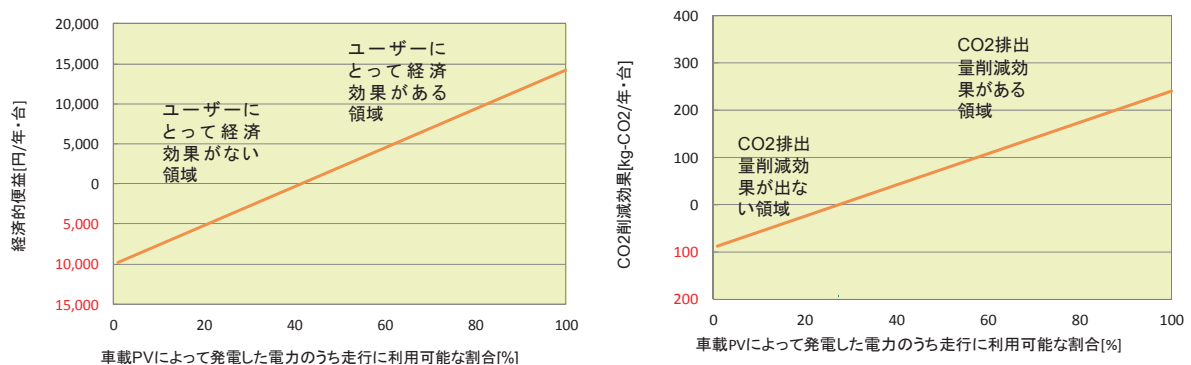


図 2-8 EV における車載 PV 由来電力の利用率と CO₂ 排出量削減効果および経済効果の関係

2) 利用パターンによる付加価値マッピング

次に EV（蓄電池容量 40kWh）に車載 PV を搭載した場合について、1 日あたりの走行距離と走行頻度を変化させ、CO₂ 排出量削減効果、経済効果を分析した。その結果をマッピングしたものを図 2-9 に示す。

EV の場合は蓄電池容量が大きいため、車載 PV による発電量のほとんどを利用できる。また、CO₂ 排出量削減効果と経済効果が期待できる領域が大きい。

- CO2排出量削減効果も経済効果もあり充電が不要となる領域
- CO2排出量削減効果はあり充電も不要だが経済効果はマイナスとなる領域
- 充電は不要だがCO2排出量削減効果がなく経済効果もない領域
- CO2排出量削減効果と経済効果がプラスになるが充電が必要な領域

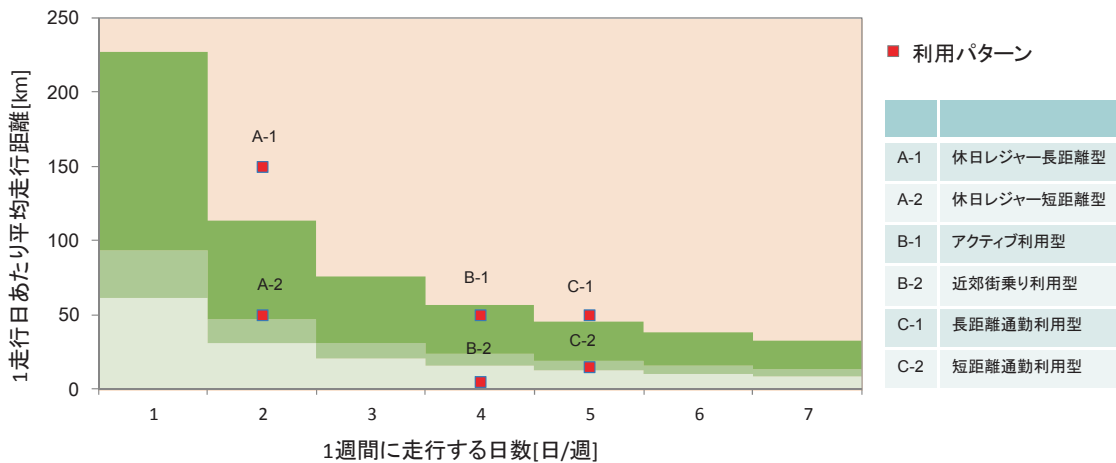


図 2-9 EV の利用パターンにおける付加価値マッピング

3) 代表的な利用パターンごとの付加価値定量化

図 2-8 により CO₂ 排出量削減効果と経済効果は、いずれも車載 PV によって発電した電力のうち利用可能な割合が重要な変数であり、それによって大きく変化するということが示された。C1 や A1 といった、1 週間の総走行距離が長い利用パターンでは経済効果、CO₂ 排出量削減効果ともに大きい。一方、A-2 や C-2 といった 1 週間の総走行距離が短い利用パターンでは、走行で消費する電力が 1 週間の発電量の合計よりも小さいために、車載 PV で発電した電力が蓄電池からあふれてしまい、車載 PV によって発電した電力の利用可能な割合が小さくなるため、表 2-3 に示すように他のケースと比較して付加価値が小さくなっている。

表 2-3 EV の利用パターンごとの経済効果と CO₂ 排出削減効果

パターン	タイプ	一回あたりの走行距離 (km)	車載 PV によって発電した電力のうち利用可能な割合	経済効果 (円/台・年)	CO ₂ 排出量削減効果 (kg-CO ₂ /台・年)
A 休日 利用	A-1 休日レジャー長距離型	150km @2 日間 (土曜日、日曜日)	100%	14,200	240
	A-2 休日レジャー短距離型	50km @2 日間 (土曜日、日曜日)	44%	650	54
B 平日休日利用	B-1 アクティブ利用型	50km @4 日間 (月水金日)	88%	11,300	200
	B-2 近郊街乗り利用型	5km @4 日間 (月水金日)	9%	-7,820	-23
C 平日利用	C-1 長距離通勤利用型	50km @5 日間 (平日)	100%	14,200	240
	C-2 短距離通勤利用型	15km @5 日間 (平日)	33%	-2,010	18

・マイナスの経済効果はユーザーにとって太陽光発電システムを搭載したほうが搭載しない場合と比較して割高になる事を表し、マイナスの CO₂ 排出量削減効果は CO₂ 排出量が増加することを表す

B-2 は 1 週間に 20km しか自動車を利用しないライトユーザー層を想定しており、車載 PV で発電した電力量の 9%しか使用できておらず、CO₂排出量削減効果もマイナスになっている。B-2 のような走行距離が短いユーザーは、現在想定している 1kW より小さい太陽光発電システムを搭載しても走行に必要な電力量を得ることができ、かつ車載 PV 由来の CO₂排出量が減少し、正味の CO₂排出量削減効果を改善することが可能である。余剰電力は活用できないという前提の中で付加価値を高めるためには、利用パターンに応じた太陽電池容量を選択することも重要であるということが示唆される。

次に車載 PV を導入することによる充電回数の変化を算出した。その結果を表 2-4 に示す。A-1 と C-1 を除く利用パターンの範囲内では、完全な充電フリー化が可能となり、ユーザーの利便性が向上する。一方で、A-1 と C-1 のように走行距離が長く消費電力が大きい利用パターンの場合では、走行に必要な電力が車載 PV の発電量を上回っており、走行エネルギーを車載 PV ですべてまかない、完全なエネルギー自立を達成するためにはより大きい容量の太陽電池を搭載する必要がある (A-1 の場合 1,270W、C-1 の場合 1,070W (表 3-1))。

表 2-4 EV の利用パターンごとの利便性向上 (充電回数低減) の検討

パターン	タイプ	一回あたりの 走行距離 (km)	PV 搭載した場合の 充電回数
A 休日利用	A-1 休日レジャー 長距離型	150km @2 日間 (土曜日、日曜日)	充電回数は減るが 充電は必要
	A-2 休日レジャー 短距離型	50km @2 日間 (土曜日、日曜日)	0 回/年が達成可能
B 平日休日利用	B-1 アクティブ 利用型	50km @4 日間 (月水金日)	0 回/年が達成可能
	B-2 近郊街乗り 利用型	5km @4 日間 (月水金日)	0 回/年が達成可能
C 平日利用	C-1 長距離通勤 利用型	50km @5 日間 (平日)	充電回数は減るが 充電は必要
	C-2 短距離通勤 利用型	15km @5 日間 (平日)	0 回/年が達成可能

② PHV の場合

1) 車載 PV 由来電力の利用率と付加価値の関係

PHV の場合は蓄電池の容量が 10kWh と比較的小さいため、図 2-11 に示すように、1 週間に走行する日数が 1 日と 2 日であるパターンに限り、蓄電池の空き容量がないため発電した電力が利用できないケースが生じる。例えば、1 週間に 1 日しか乗車しない場合には、走行しない 6 日間の PV の発電量が 15.6kWh (=2.6kWh/日) となり車載蓄電池の全容量をこえるため、蓄電池からあふれる電力が生じる。車載蓄電池に貯蔵した電力を、例えば住宅に融通する Vehicle to Home 等のエネルギーマネジメント技術を活用すれば、車載 PV で発電した電力を有効活用できる可能性がある。

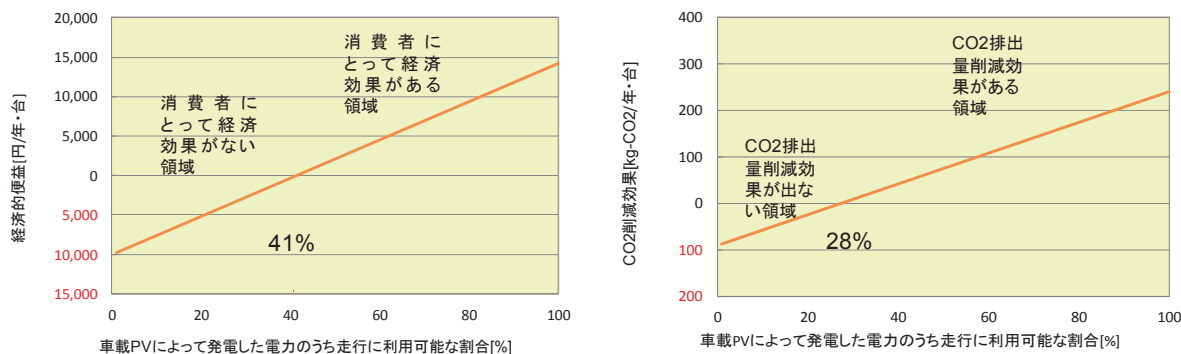


図 2-10 PHV における車載 PV 由来電力の利用率と付加価値の関係

2) 利用パターンによる付加価値マッピング

PHV の場合の利用パターンによる付加価値のマッピング結果を図 2-11 に示す。PHV の場合、EV の蓄電池容量と比較して 4 分の 1 である 10kWh/台であるため、1 週間の走行日数が 1 日および 2 日の場合に、車載 PV により発電した電力が蓄電池に充電できずあふれてしまうケースが発生する。3 日以上使用する場合は蓄電池容量の制約による問題はないが、PHV は電費が EV よりも 20%低いいため、車載 PV の電力だけで走行エネルギーをまかなえる領域が EV と比較して小さくなっている。

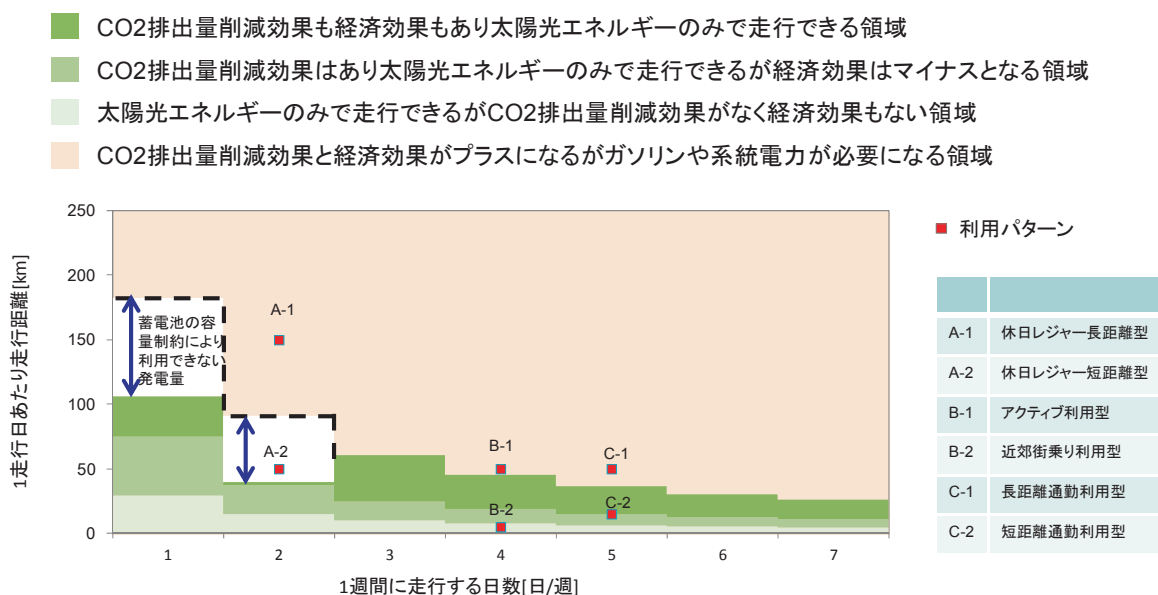


図 2-11 PHV の利用パターンにおける付加価値マッピング

3) 代表的な利用パターンごとの付加価値定量化

経済効果、CO₂ 排出量削減効果のいずれも、車載 PV によって発電した電力のうち利用可能な割合が重要な変数であり、それによって大きく変化する。PHV の利用パターンごとの経済効果と CO₂ 排出量削減効果を表 2-5 に示す。PHV は、EV とは電費と蓄電池の容量が異なり、かつ蓄電池の電力を使い果たした場合はガソリンでの走行に切り替えることができるため、同じ利用パターンであ

っても CO₂ 排出量削減効果と経済効果は EV の場合の結果と異なる。

PHV の場合でも、C-1 では車載 PV で発電した電力が蓄電池からあふれないため、EV と同様に高い付加価値が期待できる。一方で 1 週間のうち、自動車を利用する日数が少ない A-1 パターンでは、蓄電池容量が少ないために EV と比較して車載 PV の付加価値は低下する。車載 PV を PHV に導入する場合、1 週間に 3 日以上乗車するパターンで CO₂ 排出量削減に効果的である。

表 2-5 PHV の利用パターンごとの経済効果と CO₂ 排出量削減効果

パターン	タイプ	一回あたりの走行距離 (km)	車載 PV によって発電した電力のうち利用可能な割合	経済効果 (円/台・年)	CO ₂ 排出量削減効果 (kg-CO ₂ /台・年)
A 休日利用	A-1 休日レジャー —長距離型	150km @2 日間 (土曜日、日曜日)	56%	3,550	94
	A-2 休日レジャー —短距離型	50km @2 日間 (土曜日、日曜日)	44%	650	54
B 平日休日利用	B-1 アクティブ 利用型	50km @4 日間 (月水金日)	88%	11,300	200
	B-2 近郊街乗り 利用型	5km @4 日間 (月水金日)	9%	-7,820	-23
C 平日利用	C-1 長距離通勤 利用型	50km @5 日間 (平日)	100%	14,200	240
	C-2 短距離通勤 利用型	15km @5 日間 (平日)	33%	-2,010	18

③ HEV の場合

1) 車載 PV 由来電力の利用率と付加価値の関係

EV の場合と同様に、車載 PV で発電した電力の利用率 (0%~100%) とガソリン消費を代替した場合の CO₂ 排出量削減効果および経済効果の関係を図 2-12 に示す。車載 PV で発電した電力の利用率が 38%以下では経済効果がマイナスになる。同様に、車載 PV で発電した電力の利用率が 20%未満では CO₂ 排出量削減効果がマイナスになる。

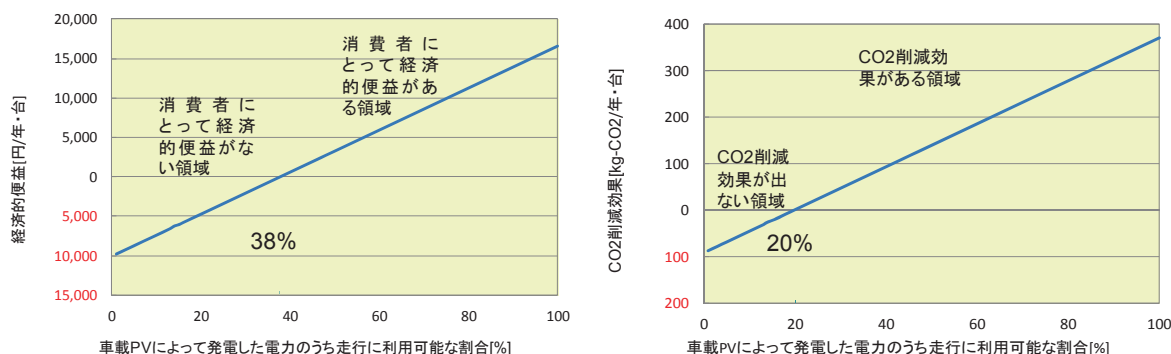


図 2-12 HEV における車載 PV 由来電力の利用率と付加価値の関係

2) 利用パターンによる付加価値マッピング

この分析において 1kW の車載 PV が 1 日あたり平均して発電すると想定する電力は、2.6 kWh であり HEV の車載蓄電池容量より大きい。蓄電池容量を考慮すると 1 日あたり最大 1.3kWh 使用可能（約 50%）となりそれ以上発電した分は余剰電力となる。この場合、週に何回走行するかに関わらず、走行可能な距離は 1 日あたり 13km（=1.3kWh 以上発電した分は余剰電力）となる。

その結果、1 週間に 3 日以上走行する場合のみ CO₂ 排出量削減効果が得られ、2 日未満の場合では CO₂ 排出量削減効果がないという結果となった。HEV の車載蓄電池容量は小さいため、1kW の太陽電池で発電できる電力を有効活用できないということが明らかになった。

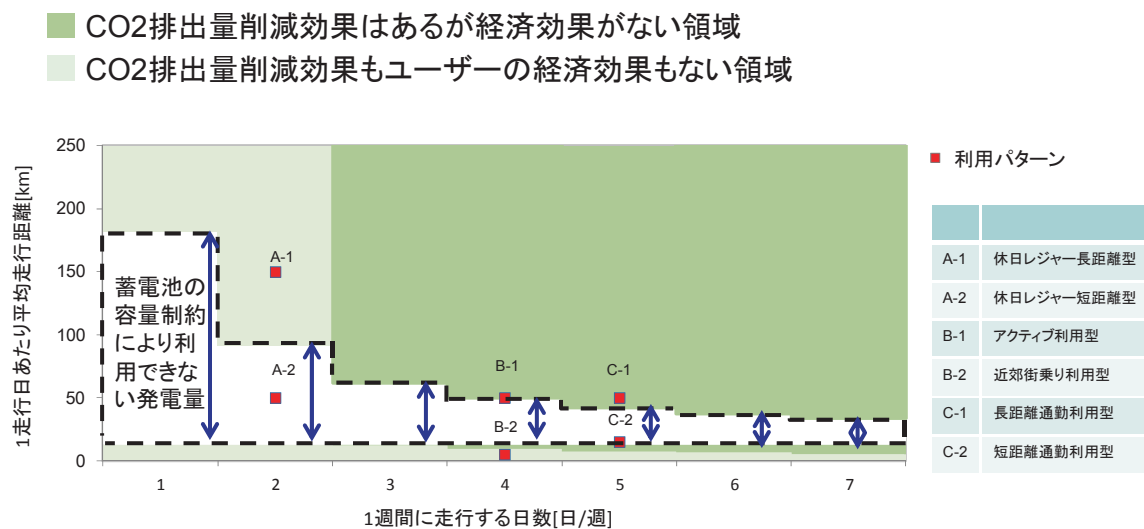


図 2-13 HEV の利用パターンにおける付加価値マッピング

3) 代表的な利用パターンごとの付加価値定量化

HEV の利用パターンごとの経済効果と CO₂ 排出量削減効果を表 2-6 に示す。HEV の場合は蓄電池容量が小さいことが原因となり、車載蓄電池が 1 日で満充電状態になる。車載 PV で発電した電力を有効に活用できないため、経済効果、CO₂ 排出量削減効果は、EV や PHV の場合と比較して小さい。

一方で C-2 のように、走行頻度が高く、走行距離が短いパターンでは EV や PHV よりも高い CO₂ 排出量削減効果を得ることができる。これはガソリンの CO₂ 排出係数が系統電力と比較して大きいため、HEV では図 2-12 に示すように、車載 PV で発電した電力の利用率が低くても CO₂ 排出量削減効果を得ることが可能となるためである。

HEV の場合は短距離を高頻度に走るパターン C-1 や C-2 において EV や PHV よりも付加価値が高くなっている。

表 2-6 HEV の利用パターンごとの経済効果と CO₂ 排出削減効果

パターン	タイプ	一回あたりの 走行距離 (km)	車載 PV によ って発電した 電力のうち利 用可能な割合	経済効果 (円/台・ 年)	CO ₂ 排出量 削減効果 (kg-CO ₂ / 台・年)
A 休日利用	A-1 休日レジャ ー長距離型	150km @2 日間 (土曜日、日曜日)	14%	-6,200	-25
	A-2 休日レジャ ー短距離型	50km @2 日間 (土曜日、日曜日)	14%	-6,200	-25
B 平日休日 利用	B-1 アクティブ 利用型	50km @4 日間 (月水金日)	29%	-2,400	41
	B-2 近郊街乗り 利用型	5km @4 日間 (月水金日)	11%	-7,080	-40
C 平日利 用	C-1 長距離通勤 利用型	50km @5 日間 (平日)	33%	-520	73
	C-2 短距離通勤 利用型	15km @5 日間 (平日)	33%	-520	73

(3) 付加価値の分析まとめ

個別の事例に着目すると、C-1 長距離通勤利用パターンにおいて、すべての車種の CO₂ 排出量削減効果・経済効果が高い。HEV は蓄電池容量が少ないため、一般的に経済効果、環境負荷低減効果ともに小さいが、C-2 短距離通勤利用型では、環境負荷低減効果が EV、PHV と比較して高くなっている。これは、効果算出の際にベースラインとなるガソリンの CO₂ 排出量が、電力と比較して大きいためである。このことから、HEV は蓄電池の容量制約のために車載 PV で発電した電力を有効活用できていないが、ガソリンの代替をする効果があるという観点からみると、発電した電力を有効に利用できれば CO₂ 排出量削減ポテンシャルが大きいということが示唆される。

CO₂ 排出量削減効果と経済効果に対し、ユーザーの利便性、すなわち充電回数低減効果はロードオフの関係にある。これは、長距離を運転するユーザーであれば、車載 PV が発電する電力を 100%使いきることができ、高い CO₂ 排出量削減効果と経済効果を得ることができるが、不足する電力を系統から充電する必要があり、充電フリー化による利便性を享受することができないためである。なお、本検討では評価していないが、車載 PV の利便性は充電フリー化以外にも、例えば、炎天下環境の駐車時における余剰電力を活用した空調による車内環境の維持なども考えられる。

表 2-7 利用パターンごとの付加価値のまとめ

パターン	タイプ	一回あたりの 走行距離 (km)	経済効果 (円/台・年)	CO ₂ 排出量 削減効果 (kg-CO ₂ /台・ 年)	利便性 (充電回数低減 効果・EVのみ 対象)
A 休日利用	A-1 休日 レジャー 長距離型	150km @2 日間 (土曜日、日曜日)	EV : 14,200 PHV : 3,550 HEV : -6,200	EV : 240 PHV : 94 HEV : -25	充電回数は減る が充電は必要
	A-2 休日 レジャー 短距離型	50km @2 日間 (土曜日、日曜日)	EV : 650 PHV : 650 HEV : -6,200	EV : 54 PHV : 54 HEV : -25	0 回/年が 達成可能
B 平日休日利用	B-1 アク ティブ 利用型	50km @4 日間 (月水金日)	EV : 11,300 PHV : 11,300 HEV : -2,400	EV : 200 PHV : 200 HEV : 41	0 回/年が 達成可能
	B-2 近郊 街乗り 利用型	5km @4 日間 (月水金日)	EV : -7,820 PHV : -7,820 HEV : -7,080	EV : -23 PHV : -23 HEV : -40	0 回/年が 達成可能
C 平日利用	C-1 長距 離通勤 利用型	50km @5 日間 (平日)	EV : 14,200 PHV : 14,200 HEV : -520	EV : 240 PHV : 240 HEV : 73	充電回数は減る が充電は必要
	C-2 短距 離通勤 利用型	15km @5 日間 (平日)	EV : -2,010 PHV : -2,010 HEV : -520	EV : 18 PHV : 18 HEV : 73	0 回/年が 達成可能

2.3. 将来導入量を考慮した付加価値

本項目では、次世代自動車の将来導入台数を踏まえて、太陽光発電システムが次世代自動車に導入された場合の、将来の社会全体における CO₂ 排出量削減効果について試算を実施した。

2.3.1. CO₂ 排出量削減効果と運輸部門における削減への影響

(1) 将来の太陽光発電システム搭載自動車導入台数

①次世代自動車導入台数

EV、PHV、HEV それぞれについて、2030 年および 2050 年の累積導入量（保有自動車台数）を、文献¹³における年間販売台数に基づいて推計した。ただし、トラック、バス、超小型モビリティは除いており、使用年数は 12 年と想定した。2050 年については、2025 年から 2035 年の増加トレンドを延長して推計した。各次世代自動車の将来台数を図 2-14 から図 2-16 に示す。

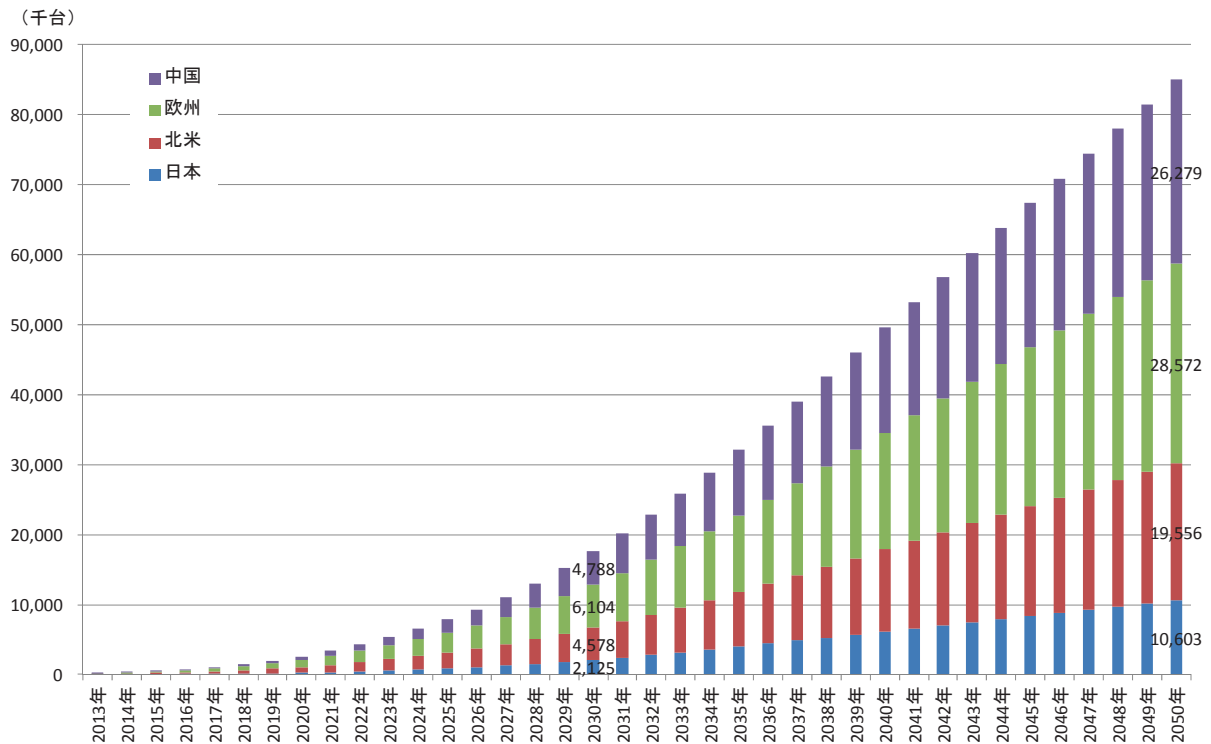


図 2-14 EV の将来導入台数¹³よりみずほ情報総研作成

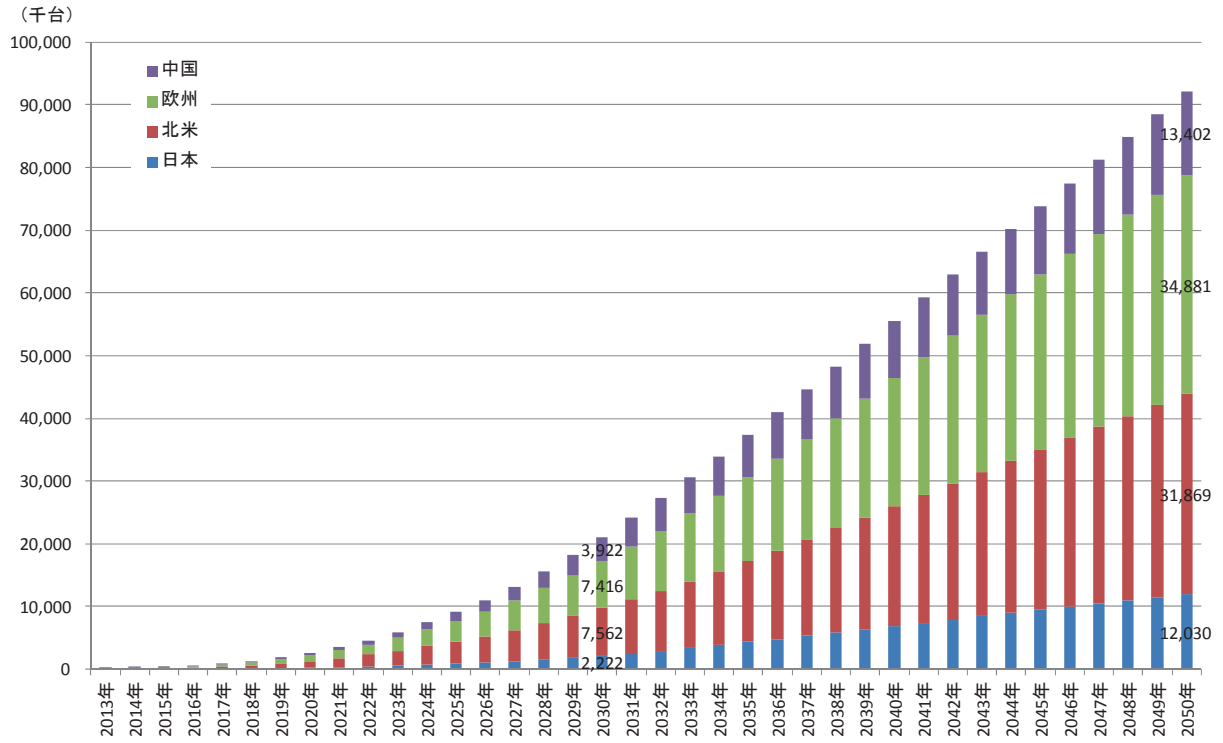


図 2-15 PHV の将来導入台数 13 よりみずほ情報総研作成

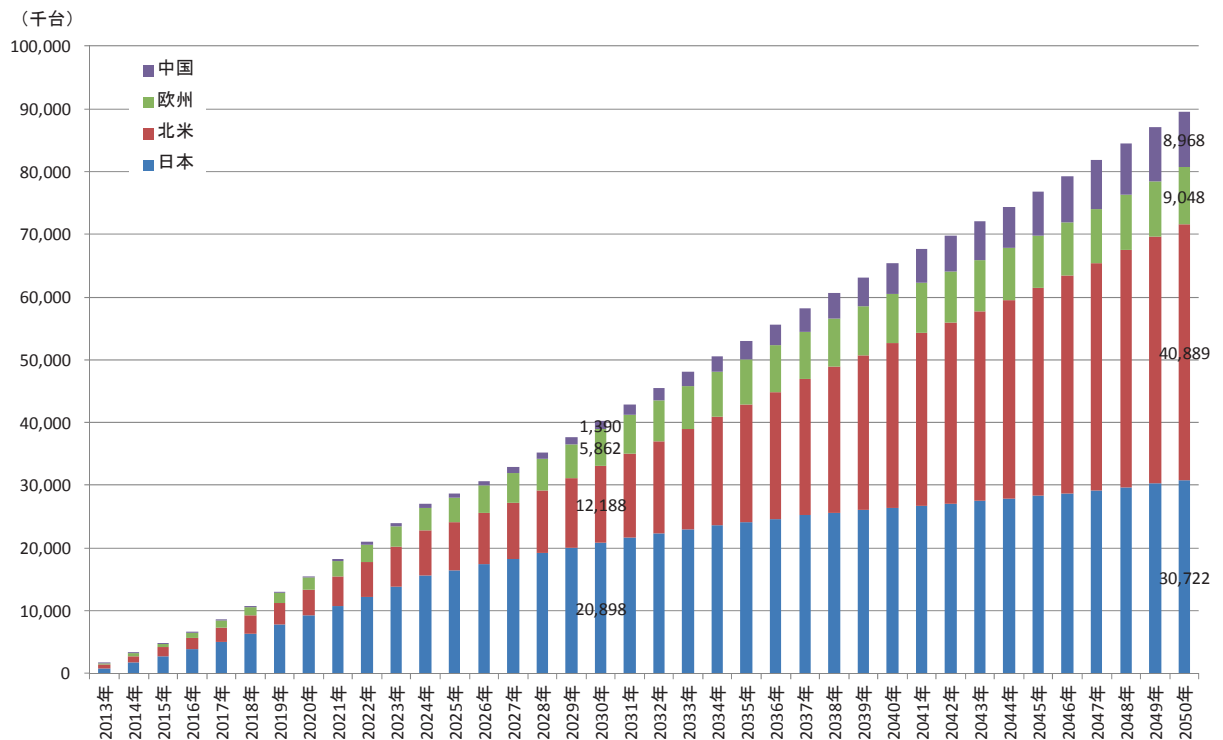


図 2-16 HEV の将来導入台数 13 よりみずほ情報総研作成

②太陽光発電システム搭載自動車導入台数の想定

将来の次世代自動車の導入台数のうち、太陽光発電システム搭載自動車が占める割合について、2つのシナリオ（シナリオ1、シナリオ2）を想定した。1つは太陽光発電システム搭載自動車が2018年から販売されると想定し、2018年以降、次世代自動車の新車販売台数に占める割合が100%となるシナリオ1であり、もう1つは、太陽光発電システム搭載自動車が2025年から販売されると想定し、2029年以降、次世代自動車の新車販売台数に占める割合が100%（2025年は20%、2026年は40%、2027年は60%、2028年は80%）となるシナリオ2である。各シナリオにおける太陽光発電搭載自動車導入台数を図2-17、図2-18に示す。

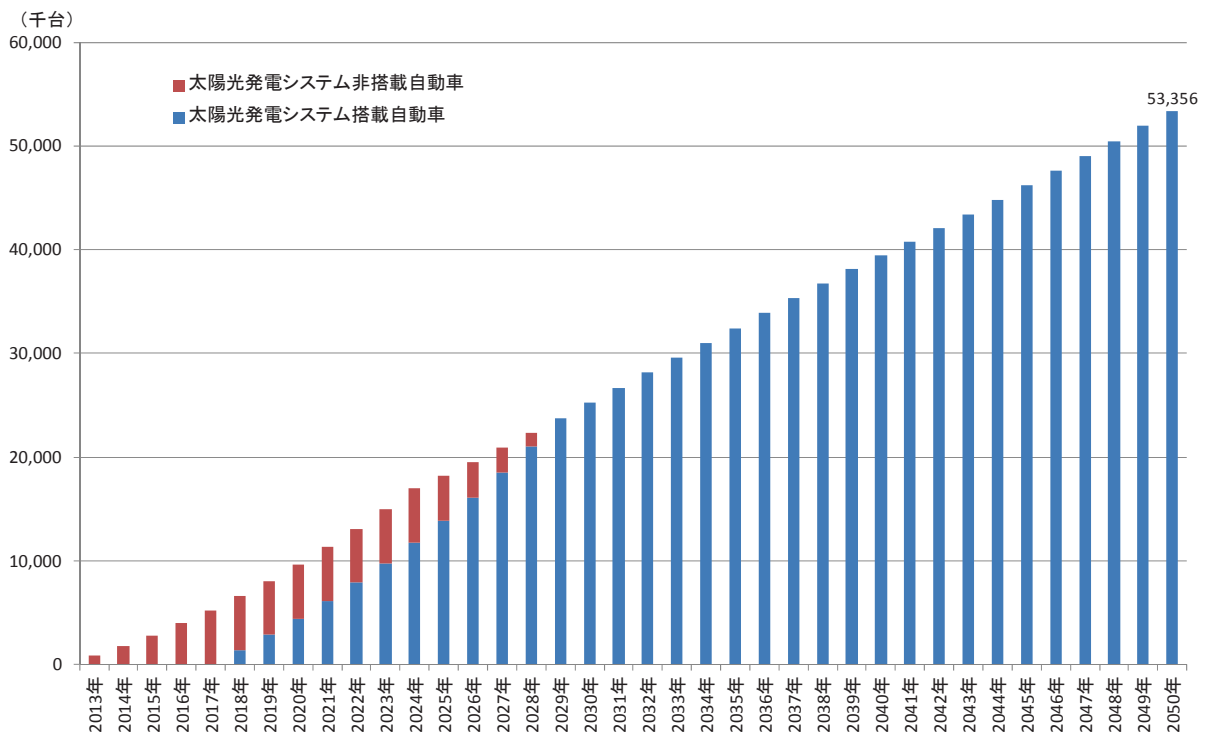


図 2-17 シナリオ1における太陽光発電システム搭載自動車導入台数 13 よりみずほ情報総研作成

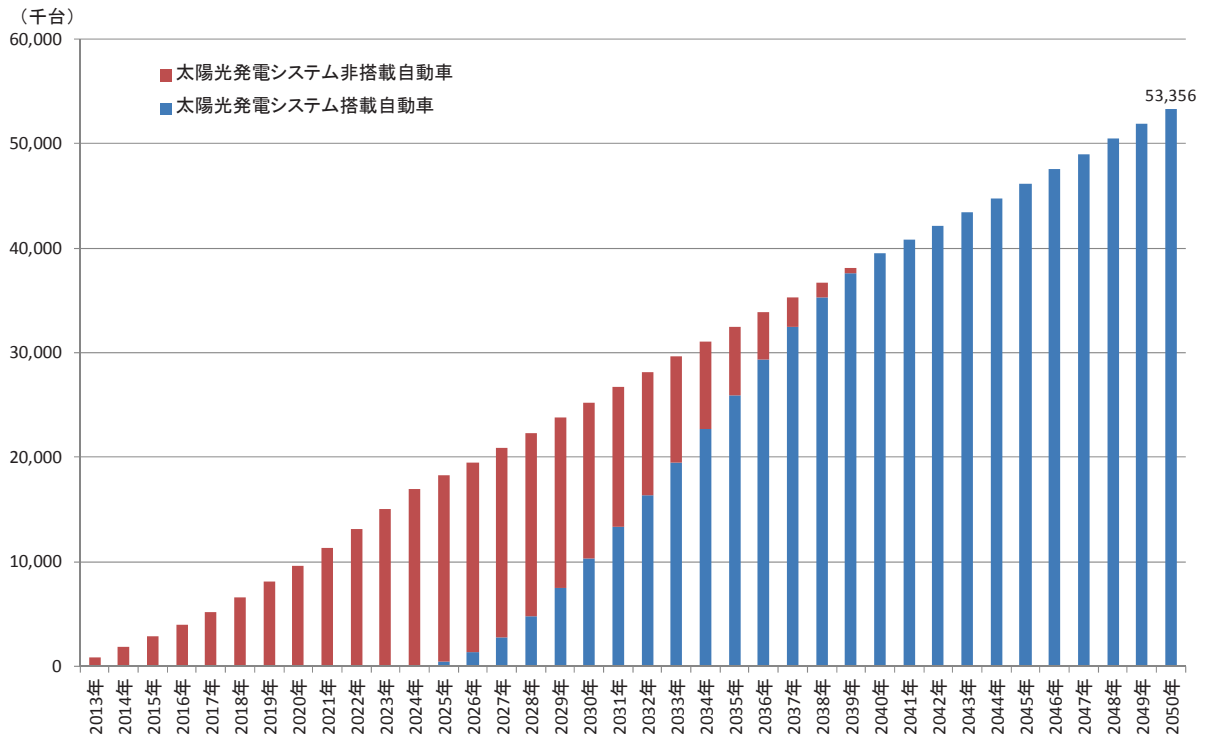


図 2-18 シナリオ 2 における太陽光発電システム搭載自動車導入台数 13 よりみずほ情報総研作成

(2) 国内における CO₂ 排出量削減効果と運輸部門における削減への影響

(1) において想定した太陽光発電システム搭載自動車の導入量と、2.2 において試算した 1 台あたりの CO₂ 排出削減効果から、2030 年の国内全体の CO₂ 排出量削減効果を試算したものが表 2-8 である。ただし、1 台あたり CO₂ 排出量削減効果は、各利用パターンのうち最大のものを使用した。なお、CO₂ 排出量削減効果のベースラインは太陽電池を搭載していない次世代自動車普及した場合の排出量となる。

2030 年における太陽光発電システム搭載自動車の年間 CO₂ 排出量削減効果は、シナリオ 1 で最大 227 万 t-CO₂/年、シナリオ 2 で最大 103 万 t-CO₂/年となる。これは、国内で想定されている 2030 年に向けた乗用車における CO₂ 排出削減量のうち、シナリオ 1 の場合で 11%、シナリオ 2 の場合で 5%相当を占める。

表 2-8 国内における太陽光発電システム搭載自動車の CO₂ 排出量削減効果と
運輸部門における削減への影響

太陽光発電システム 搭載先自動車の 普及想定	CO ₂ 排出 量削減効 果の対象 年	太陽光発電システ ム 搭載自動車による CO ₂ 排出量 削減効果(A)	比較対象 (B)		割合 (A/B)
シナリオ 1: 2030 年に保有され ている <u>全ての</u> 次世代 自動車(乗用車)に搭 載	2030 年	最大 227 万 t-CO ₂	国内の 2030 年に向 けた乗用車における CO ₂ 排出削減量	2,000 万トン	11%相当
	2050 年	最大 591 万 t-CO ₂	国内の 2050 年に向 けた乗用車における CO ₂ 排出削減量	6,400 万トン	9%相当
シナリオ 2: 2030 年に保有され ている <u>一部の</u> 次世代 自動車(乗用車)に搭 載	2030 年	最大 103 万 t-CO ₂	国内の 2030 年に向 けた乗用車における CO ₂ 排出削減量	2,000 万トン	5%相当
	2050 年	最大 591 万 t-CO ₂	国内の 2050 年に向 けた乗用車における CO ₂ 排出削減量	6,400 万トン	9%相当

※2050 年 8 割削減目標達成のための CO₂ 排出削減量：9.6 億トン（日本全体）、2.0 億トン（運輸部門）、6,400 万トン（乗用車）（運輸部門に占める単体対策の寄与率：58.4%、自動車全体の CO₂ 排出量に占める乗用車の割合：55.2%）

※2030 年電力由来 CO₂ 排出係数：IEA World Energy Outlook 2015 New Policies Scenario 2030 年の見通しより作成、2050 年電力由来 CO₂ 排出係数：IEA World Energy Outlook 2015 New Policies Scenario 2040 年の見通しより作成、HEV に関しては日本におけるガソリンの CO₂ 排出係数を用いて計算

(3) 海外における CO₂ 排出量削減効果

ここでは国内との比較として海外における全ての次世代自動車に太陽光発電システムが搭載された場合の北米、欧州、中国における 2030 年および 2050 年 CO₂ 排出量削減効果を試算した。1 台あたりの CO₂ 排出量削減効果は、利用パターンによって異なるが、ここでは日本国内における利用パターンのうち最大のものを、各国の電力由来 CO₂ 排出係数で調整して利用した。なお、2050 年の電力由来 CO₂ 排出係数は IEA World Energy Outlook の 2040 年のデータを使用しており、実際にはさらに下がる可能性があること、また海外における自動車の利用パターンは日本とは異なることに留意が必要である。

表 2-9 海外における CO₂ 排出量削減効果 (2030 年、2050 年)

(t- CO ₂)	日本		北米		欧州		中国	
	2030 年	2050 年	2030 年	2050 年	2030 年	2050 年	2030 年	2050 年
EV	505,750	1,919,143	1,089,564	3,911,200	701,960	1,657,176	2,006,172	9,250,208
PHV	528,836	2,177,430	1,799,756	6,373,800	852,840	2,023,098	1,643,318	4,717,504
HEV	1,232,982	1,812,598	719,092	2,412,451	345,858	533,832	82,010	529,112
合計	2,267,568	5,909,171	3,608,412	12,697,451	1,900,658	4,214,106	3,731,500	14,496,824

※2030 年電力由来 CO₂ 排出係数：IEA World Energy Outlook 2015 New Policies Scenario 2030 年の見通しより作成 北米は米国のデータを利用 2050 年電力由来 CO₂ 排出係数：IEA World Energy Outlook 2015 New Policies Scenario 2040 年の見通しより作成 北米は米国のデータを利用 HEV に関しては日本におけるガソリンの CO₂ 排出係数を用いて計算

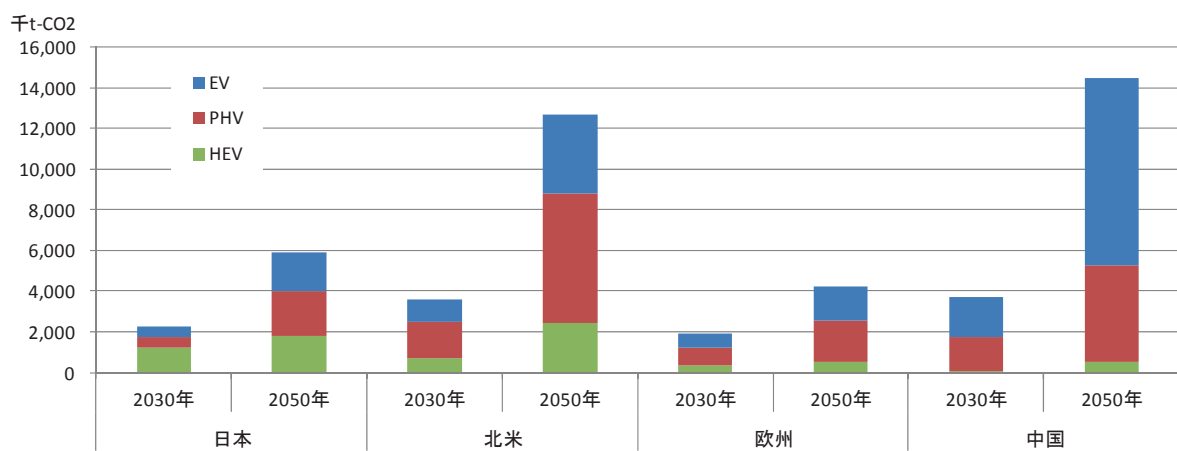


図 2-19 海外における CO₂ 排出量削減効果 (2030 年、2050 年)

3. 太陽光発電システム搭載自動車の開発、普及に係る課題と今後の取り組み

今後、太陽光発電システム搭載自動車の社会への普及を目指すにあたっては、太陽光発電システム搭載自動車の実現に向けた技術的な観点からの課題と、普及推進に向けた課題が想定される。ここでは本検討から得られた太陽光発電システム搭載自動車の方向性について検討するとともに、将来に向けた課題を整理し、今後どのように取り組んでいくかについての案を示す。

3.1. 太陽光発電システム搭載自動車の方向性

3.1.1. 乗用車における方向性

次世代自動車に搭載する太陽電池容量は、表 3-1 に示すように、利用パターンによって最適な容量が考えられる。ここでの最適な容量とは、各利用パターンにおいて、PV で発電した電力を100%使いきり、かつ系統からの充電が不要となる容量であり、経済効果、CO₂排出量削減効果を最大化する太陽電池容量を指す。

蓄電池が 40kWh の場合、長距離利用型では 1kW レベルの容量が最適となるが、短距離利用型では 500kW 以下で最適となる。技術開発目標の観点からは、長距離利用ユーザーまで幅広く利便性、環境性能をもたらす、1kW レベルの太陽電池搭載を目標とするべきであろう。また、自動車が搭載する蓄電池容量の大規模化のトレンドを睨み、将来蓄電池容量がさらに大きくなる可能性があることを考慮すると、1kW レベル以上の太陽電池容量が必要になると考えられる。

表 3-1 経済効果・CO₂排出量削減効果を最大化する PV 容量

パターン	タイプ	一走行日あたりの 平均走行距離 (km)	(参考) 年間走行距離換算	最適な PV 容量 (蓄電池 40kWh)
A 休日利用	A-1 休日レジャー長距離型	150km@2 日間 (土曜日、日曜日)	15,600km	1,270 W
	A-2 休日レジャー短距離型	50km@2 日間 (土曜日、日曜日)	5,200km	460 W
B 平日休日 利用	B-1 アクティブ利用型	50km@4 日間 (月水金日)	10,400km	870 W
	B-2 近郊街乗り利用型	5km@4 日間 (月水金日)	1,000km	130 W
C 平日利用	C-1 長距離通勤利用型	50km@5 日間 (平日)	13,000km	1,070W
	C-2 短距離通勤利用型	15km@5 日間 (平日)	3,900km	350 W

乗用車へ太陽電池を 1kW 搭載するにあたっては、実際の自動車における太陽電池の搭載可能面積を検討する必要がある。表 3-2 に示すように、一般的な乗用車のガラス、ライト類の面積を除いた水平投射面積は一般に 3.5m² 未満であることが多い。ここに 1kW の太陽電池を導入するには 30%以上の高効率太陽電池が必要となる。

表 3-2 市販車における太陽電池搭載可能面積の試算

車種	①ルーフトップ (m ²)	②ボンネット (m ²)	合計面積 (m ²) ①+②
国内 A 社 PHV	1.9	0.9	2.8
国内 A 社 HEV	2.0	0.9	2.9
国内 B 社 EV	2.0	0.7	2.7
国内 C 社 PHV	2.4	1.3	3.7
国内 C 社 EV	1.9	0.1	2.0
国内 D 社 EV	2.3	0.8	3.1
海外 X 社 PHV	2.3	1.4	3.6
海外 Y 社 EV	2.2	1.7	3.9
海外 Z 社 EV	2.2	0.7	2.9

- ・各社が公開しているカタログより水平投射図を利用し試算
- ・ガラス、ライト、ナンバープレート、フロントグリル、アンテナ等を除いた面積を PV 搭載可能な面積とした

表 3-3 に太陽電池 1kW によって発電した電力のうち自動車において利用可能な割合を示す。特に、短距離型の利用の場合には電力が余ることが想定されるため、これらの余剰電力の有効活用ができるような社会システムを検討していくことが重要である。

表 3-3 利用用途と車載 PV(1kW)によって発電した電力のうち利用可能な割合

パターン	タイプ	一走行日あたりの 平均走行距離 (km)	車載 PV (1kW) によっ て発電した 電力のうち 利用可能な割合	経済効果 (円/ 台・年)	CO ₂ 排出量 削減効果 (kg-CO ₂ / 台・年)
A 休日利用	A-1 休日レジャー長距離型	150km@2 日間 (土曜日、日曜日)	100%	14,200	240
	A-2 休日レジャー短距離型	50km@2 日間 (土曜日、日曜日)	44%	650	54
B 平日休日 利用	B-1 アクティブ利用型	50km@4 日間 (月水金日)	88%	11,300	200
	B-2 近郊街乗り利用型	5km@4 日間 (月水金日)	9%	-7,820	-23
C 平日利用	C-1 長距離通勤利用型	50km@5 日間 (平日)	100%	14,200	240
	C-2 短距離通勤利用型	15km@5 日間 (平日)	33%	-2,010	18

3.1.2. その他の自動車における可能性

本調査では自家乗用車における付加価値を検討したが、貨物車などその他の自動車に太陽光発電システムを搭載する可能性も考えられる。図 3-1 に国内自動車の平均走行距離を示す。乗用車（自家用）の平均走行距離は 11,797km/台・年であるが、乗用車（営業用）が 65,618km/台・年、小型貨物車は 21,317km/台・年、普通貨物車 69,602km/台・年など自家用乗用車よりも走行距離が非常に長い利用をしており、これらの次世代自動車に走行距離や利用パターンに合わせた容量の太陽光発電システムを搭載すれば、さらなる CO₂ 排出量削減効果が期待される。

なお、図 3-2 に示すように、国内の運輸部門 CO₂ 排出量のうち、約 5 割が自家用乗用車からの排出となっているが、その次に多いのが営業用貨物車、自家用貨物車であり、35.2%を占める。国内の運輸部門における CO₂ 排出量低減にあたっては、これら、貨物車への対策として太陽光発電システムの搭載を検討することも考えられる。

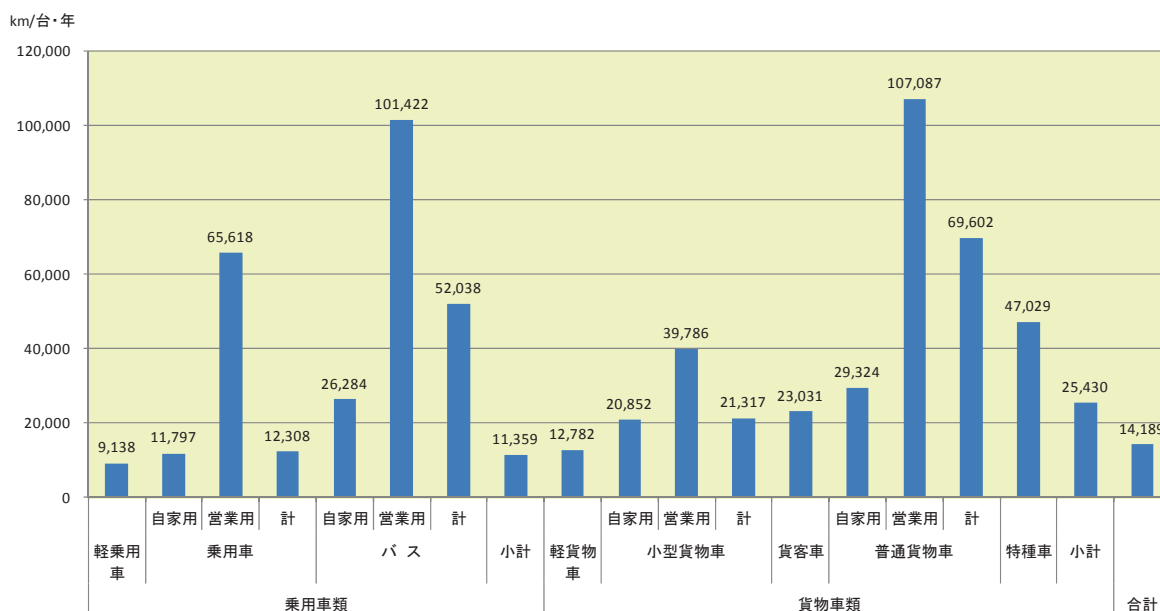


図 3-1 国内自動車の種類別平均年間走行距離¹⁴よりみずほ情報総研作成

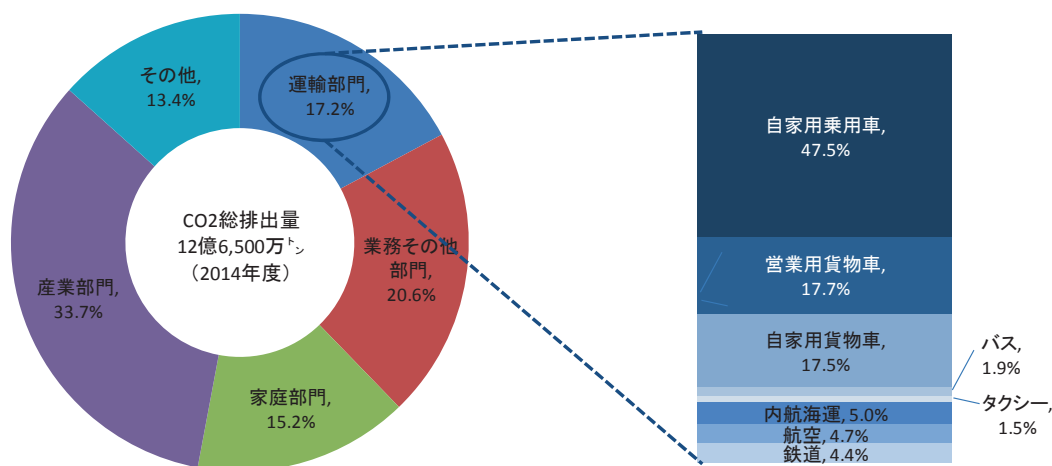


図 3-2 国内の運輸部門における CO₂ 排出量の内訳¹⁵よりみずほ情報総研作成

3.2. 太陽光発電システム搭載自動車の開発、普及に向けた課題と今後の取り組み

3.2.1. 開発、普及に向けた課題

太陽光発電システム搭載自動車の開発、普及に向けた課題例を表 3-4 に示した。実現、開発に向けた課題としては、太陽光発電システムから供給される電力量の向上や、太陽光発電システム搭載自動車の電費向上の他、信頼性や安全性に関する技術的な課題が想定される。一方、各国の市場投入を実現していくにあたっては、各国の既存規制、制度面を把握して課題を認識する必要がある。

また、国際的な普及推進に向けては、例えば、太陽光発電システム搭載自動車をもたらすライフサイクルでの CO₂ 排出量削減効果を訴求できるような規制、制度面の提案や、各国の次世代自動車の走行モードや利用データ、駐車時の日射状況等の市場環境を把握し、各国における太陽光発電システム搭載自動車の具体的な付加価値を検討すること、また太陽光発電搭載自動車の CO₂ 排出量削減効果等の評価手法の提案などが考えられる。

さらに、太陽光発電システム搭載自動車の普及によって今後新たな電力の利用形態が現れると予測される。普及後を見据えて、余剰電力の有効活用の方法等、社会システム全体での検討を実施することが重要である。例えば、国内の太陽光発電システム搭載自動車を大きな一つの電源として捉え、それらを統合的に制御して、国内の系統電力システムに組み込んでいく VPP (Virtual Power Plant) としての活用が想定されるほか、戸建住宅における V2H 等による家庭部門での利用や移動可能な防災電源としての利用も考えられる。

なお、本検討では自家用乗用車を対象としたが、この分野以外にも運輸部門における高効率太陽電池の潜在的市場ニーズが考えられる。これらの潜在的市場を探索することも必要である。

表 3-4 太陽光発電システム搭載自動車の開発普及に向けた課題と検討内容例

検討課題		検討内容	
実現、開発に向けた課題	技術的課題	太陽光発電システムから供給される電力量の向上	発電効率の向上 曲面对応（伸縮性等） 部分影等による発電量低減の抑制 劣化率の低減
		太陽光発電システム搭載自動車の電費向上	太陽電池モジュール、システムの軽量化 太陽光発電システム搭載自動車のシステム省エネ化
		太陽光発電システム搭載自動車の長期信頼性（品質）の向上	次世代自動車への搭載による太陽電池モジュールの長期信頼性への影響（部分影、振動等）
		太陽光発電システム搭載自動車の安全性確保	太陽電池モジュールの強度 衝突時の安全対策 直流電気による感電等防止策
	その他太陽光発電システム搭載による自動車側の課題	太陽電池モジュールの車体設置に際しての課題抽出 太陽光発電システム搭載による自動車システムの課題抽出	
	既存規制、制度面における課題	太陽光発電システム搭載自動車の市場投入にあたっての各国の規制状況把握	
	国際的な普及推進に向けた課題	規制、制度面への提案	安全性、信頼性、品質に関する制度、規制等への提案 燃費規制、排出ガス規制等への提案
市場環境等の把握		各国市場における付加価値検討のための利用状況等に関するデータ収集 各国の次世代自動車市場の見通し	
付加価値、効果評価方法の提案		環境負荷低減効果の評価方法等	
太陽光発電システム搭載自動車の普及と期待される社会システムの構築		余剰電力の有効活用方法の検討	
新たな高効率太陽電池市場の開拓	運輸部門における潜在的市場ニーズの探索		

3.2.2. 今後の取り組みについて

上記課題の検討を実施するため、今後も引き続き太陽光発電システム搭載自動車に関する検討を実施していく。具体的には、NEDOの実証を通じて技術的課題や市場環境の把握に必要なデータ収集等に取り組んでいくとともに、太陽光発電システム搭載自動車を国際的に普及、展開するため、各国と連携しながら国際的な貢献を実施し、標準化等につなげていく。

4. まとめ

(1) 低炭素社会における太陽光発電システム搭載自動車の意義、位置付け

太陽光発電システム搭載自動車は、高効率太陽電池をはじめとした太陽光発電産業の付加価値向上と市場の拡大、次世代自動車産業においては環境配慮技術として、さらなる付加価値向上につながる可能性がある。

また、太陽光発電システム搭載自動車の実現され普及できれば、世界の運輸部門における温室効果ガス排出量の削減に向けて、多大な貢献が可能であると考えられる。

(2) 太陽光発電システム搭載自動車の付加価値検討

太陽光発電搭載自動車の付加価値について、1kW の太陽光発電システムを次世代自動車（EV、PHV、HEV）に搭載した場合の CO₂ 排出削減効果、経済効果、利便性（充電回数）について分析を実施した。また、太陽光発電システム搭載自動車が普及した場合の社会全体での CO₂ 排出削減効果について試算を実施した。

太陽光発電搭載自動車の付加価値は、ユーザーの利用方法によって大きく異なるため主な 6 パターンに分けて分析した。休日（土日）に一日あたり 150km 走る休日レジャー長距離型のユーザーで、EV の場合、CO₂ 排出削減効果が 240kg-CO₂/台・年、経済効果が 14,200 円/台・年と試算された。この場合充電回数は減るが、充電フリーとはならない。平日 4 日に一日あたり 50km 走るアクティブ利用型のユーザーでは、EV の場合、CO₂ 排出削減効果 200kg-CO₂/台・年、経済効果が 11,300 円/台・年となる。このパターンの場合には充電フリーとなり自動車としての利便性の大幅な向上が期待できる。

また、日本全体での 2030 年における CO₂ 排出削減効果は最大 227 万 t-CO₂/年と試算され、国内で想定されている 2030 年に向けた乗用車における CO₂ 排出削減量のうち 11%相当を占めると試算された。

(3) 太陽光発電システム搭載自動車の開発、普及に係る課題と今後の取り組み

太陽光発電システムで発電した電力を 100%使いきり、かつ系統からの充電が不要となる容量最適な太陽電池容量を想定した場合、休日レジャー長距離型では、1,270W となった。様々なユーザーを想定した場合、太陽光発電システム搭載自動車に必要な太陽電池容量は 1kW 程度が必要と想定され、自動車にこの容量を搭載するためには面積制約との関係で変換効率 30%以上の高効率太陽電池が必要となる。

国際的な普及推進に向けては、例えば、太陽光発電システム搭載自動車をもたらすライフサイクルでの CO₂ 排出量削減効果を訴求できるような規制、制度面の提案や、各国の次世代自動車の走行モードや利用データ、駐車時の日射状況等の市場環境を把握し、各国における太陽光発電システム搭載自動車の具体的な付加価値を検討すること、また太陽光発電搭載自動車の CO₂ 排出量削減効果等の評価手法の提案などが考えられる。

さらに、太陽光発電システム搭載自動車の普及によって今後新たな電力の利用形態が現れることが想定される。普及後を見据えて、余剰電力の有効活用の方法等、社会システム全体での検討を実施することが重要である。例えば、国内の太陽光発電システム搭載自動車を大きな一つの電源として捉え、それらを統合的に制御して、国内の系統電力システムに組み込んでいく VPP（Virtual Power Plant）や家庭部門で利用する V2H としての活用等も想定される。

太陽光発電システム搭載自動車検討委員会（所属は平成 28 年度末時点）

本調査レポートは NEDO 内に設置した太陽光発電システム搭載自動車検討委員会において検討した内容を取り纏めたものである。

<委員（○は委員長）（敬称略）>

○山口 真史 豊田工業大学スマートエネルギー技術研究センターシニア研究スカラ

植田 譲 東京理科大学工学部電気工学科講師

佐藤 彰倫 トヨタ自動車株式会社未来創生センター未来研究部主幹

関子 祐輔 日産自動車株式会社総合研究所 EV システム研究所

高本 達也 シャープ株式会社エネルギーシステムソリューション事業本部
新規技術開発センター統轄部長

廣田 壽男 早稲田大学環境総合研究センター客員教授

(オブザーバー)

小山 雅臣 経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部
新エネルギー対策課課長補佐

<事務局>

山田 宏之 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
新エネルギー部 太陽光発電グループ 主任研究員

長谷川 真美 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
新エネルギー部 太陽光発電グループ 主任

河本 桂一 みずほ情報総研株式会社 環境エネルギー第 2 部エネルギーチーム
シニアマネジャー

並河 昌平 みずほ情報総研株式会社 環境エネルギー第 2 部エネルギーチーム
コンサルタント

大山 祥平 みずほ情報総研株式会社 環境エネルギー第 2 部エネルギーチーム
コンサルタント

佐藤 貴文 みずほ情報総研株式会社 環境エネルギー第 2 部エネルギーチーム
コンサルタント

<委員会実施時期>

第 1 回委員会 平成 28 年 4 月 11 日（月）13:00-15:00

第 2 回委員会 平成 28 年 5 月 16 日（月）10:00-12:00

第 3 回委員会 平成 28 年 6 月 13 日（月）10:00-12:00

第 4 回委員会 平成 28 年 7 月 8 日（金）15:30-18:00

第 5 回委員会 平成 28 年 9 月 2 日（金）15:30-17:30

第 6 回委員会 平成 29 年 2 月 28 日（火）10:00-12:00

参考文献

- ¹ UNFCCC : Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)
<http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC>
- ² International Energy Agency, Energy Technology Perspectives 2015, 2015
- ³ NEDO ニュースリリース、2016年5月19日
- ⁴ IEA : World Energy Outlook 2015、2015年
- ⁵ 北海道 EV・PHV 普及促進検討研究会 : EV の利用実態に関する調査、2011年
- ⁶ NEDO : NEDO 二次電池技術開発ロードマップ 2013 (Battery RM2013)
- ⁷ 一般財団法人自動車登録情報協会 : 統計情報 (わが国の自動車保有動向)
- ⁸ みずほ情報総研 (株) : 太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究、2009年
- ⁹ (一社) 電気事業連合会統計委員会 : 電気事業便覧 平成 27 年度版
- ¹⁰ 資源エネルギー庁 : 給油所小売価格調査 (ガソリン、軽油、灯油)
- ¹¹ NEDO : 日射量データベース閲覧システム (MONSOLA-11)
- ¹² Kimura, K., Kudo, Y., and Sato, A., "Techno-Economic Analysis of Solar Hybrid Vehicles Part1: Analysis of Solar Hybrid Vehicle Potential Considering Well-to-Wheel GHG Emissions", SAE Technical Paper 2016-01-1287, 2016, doi:10.4271/2016-01-1287.
- ¹³ (株) 富士経済 : 2015 年版 HEV、EV 関連市場徹底分析調査、2015 年 6 月
- ¹⁴ 国土交通省道路局 : 道路交通センサスからみた道路交通の現状、推移 (平成 22 年平均走行キロ数の推移データ)
- ¹⁵ 国土交通省 : 運輸部門における二酸化炭素排出量
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html

