

# EV等の環境性能評価

武井 泰典

日本メタル経済研究所 特任アナリスト

2024年7月26日

## 本日の内容

---

1. 自己紹介
2. EVのコストイメージ
3. 環境性能評価の例
4. まとめ

## 自己紹介

- ✓ 1982年 名古屋大学工学部応用物理学科卒業
- ✓ 1982年 トヨタ自動車工業入社 (同年6月に工販合併、現トヨタ自動車)
  - エンジン部：本体設計
  - 材料技術部：燃料・油剤
  - エネルギー調査企画室：エネルギー  
2010~2012年中国(北京)駐在
  - 未来開拓室：エネルギー・資源
  - 先進技術統括部：資源・環境技術
- ✓ 2019年 トヨタ退社後、広州汽車研究院入社
  - 戦略企画部
- ✓ 2022年 広州汽車研究院退社、日本へ帰国
- ✓ 現在 日本メタル経済研究所 特任アナリスト

# 燃料のお仕事

- ガソリン：～10種類の基材の混合物、200種類以上の炭化水素・含酸素化合物から成る  
200以上の国・地域へ輸出、国により燃料規格・品質管理もバラバラ
- 燃料品質が車両性能へ与える影響
  - ✓ 信頼性(金属・ゴム・樹脂へのダメージ、堆積物生成等)
  - ✓ 運転性能 (加速性能、ノッキング等)
  - ✓ 排出ガス (VOC/NOx/PM/未規制物質)

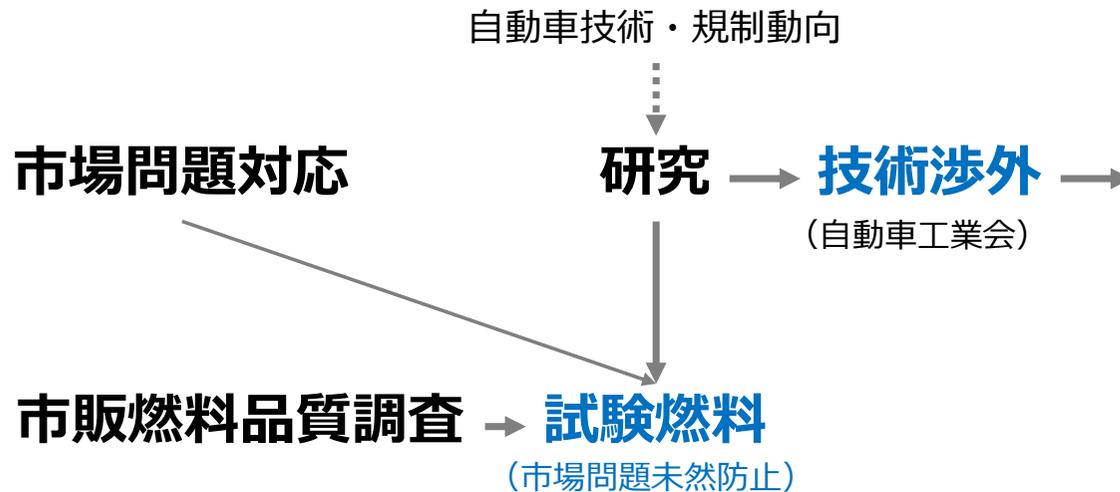
表 ガソリン規格

■揮発油(ガソリン)規格一覧

項目	基準	
強制規格	鉛	検出されない
	硫黄分	0.001質量%以下
	MTBE	7体積%以下
	*酸素分	1.3質量%以下
	ベンゼン	1体積%以下
	灯油	4体積%以下
	メタノール	検出されない
	*エタノール	3体積%以下
	実在ガム	5mg/100ml以下
	色	オレンジ色
標準規格	オクタン価	1号(ハイオク)…96以上 2号(レギュラー)…89以上
	密度(25℃)	0.783g/cm <sup>3</sup>
	蒸留性状	10%留出温度・70℃以下
		50%留出温度・75℃以上110℃以下
		90%留出温度・180℃以下
		終点…220℃以下
		残油量…2体積%以下
	銅板腐食(50℃、3h)	1以下
蒸気圧(37.8℃)	44～78kPa(夏季用は上限65kPa、寒 候用は上限93kPa)	
酸化安定度	240min以上	

\*E10対応ガソリン車の燃料として用いるガソリンを販売又は消費しようとする場合における規格値は、それぞれ以下のとおりとする。  
酸素分:3.7質量%以下  
エタノール:10体積%以下

出典：経済産業省中部産業局



燃料は、全ての自動車市場で性能（運転性能・環境性能・信頼性）を発揮するために非常に重要なファクター

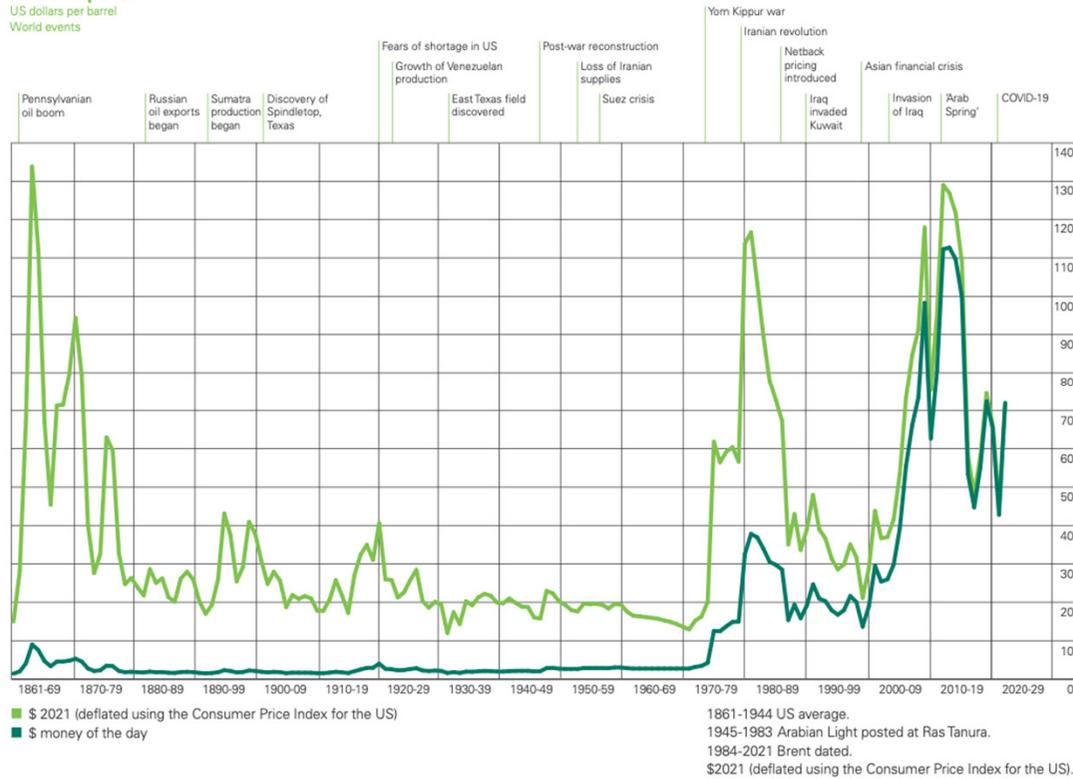
## 燃料のお仕事（市場で起きている事の例）



※写真は全てイメージ

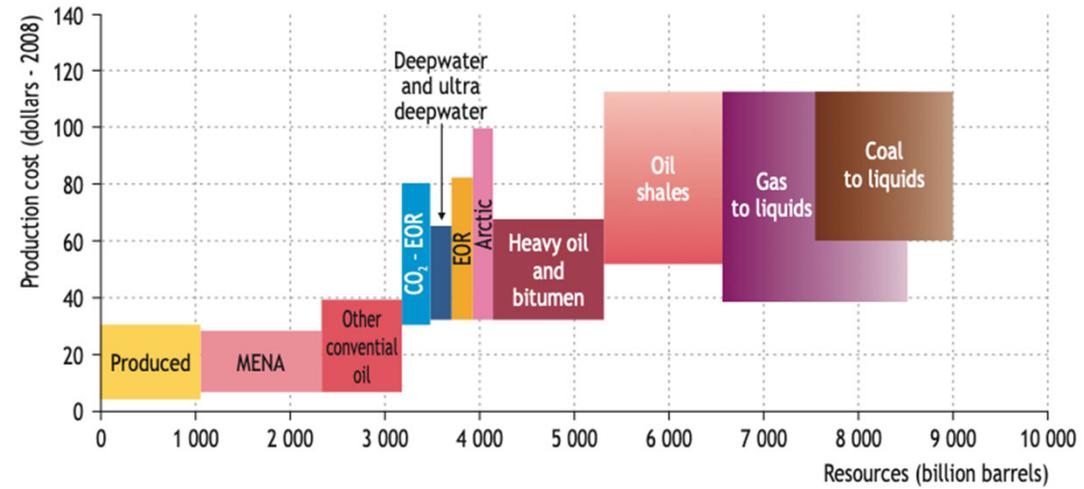
# エネルギーのお仕事

**Crude oil prices 1861-2021**  
US dollars per barrel  
World events



## 油価の推移

出典：BP statlcal review of World Energy 2022



年間石油消費：約1億bbl/d(約36B bbl)  
1000B bbl → 37年分

## 採掘コストと石油資源量

出典：IEA World Energy Outlook 2008

シナリオ分析に基づくリスクとオポチュニティの見える化と構えの推進

## 中国でのお仕事

- 入郷随俗
- 飲んで○んだらお友達
- 出張は1泊2日



※写真は全てイメージ

古き良き中国の伝統が残っていた時代の話

## 趣味（ハマった事・ハマっている事）

### ✓ 漫画・アニメ

世代：怪傑ハリマオー・スーパージェッター・鉄人28号

### ✓ お酒（好きだけど、弱い😓）

日本酒：空（愛知）、作（三重）、浦霞 禅（宮城）、賀茂泉（広島）等

白酒：五粮液（四川省）、口子窖（安徽省）、劍南春（四川省）、老白干（河北省）等

※味は13種：五粮液、劍南春-浓香型、口子窖-兼三型(浓香, 酱香, 清香)、老白干-老白干香、茅台-酱香型

### ✓ 自動車いじり（過去）

セリカ(中古)、KP61、[AE86](#)、[JZA80](#)、EP71 (中古)、カロゴン、ノア、[SXE10](#)、WISH、プリウスa、ピクシスバン

### ✓ TVゲーム（時々）

ファイナルファンタジー・ゼルダの伝説等

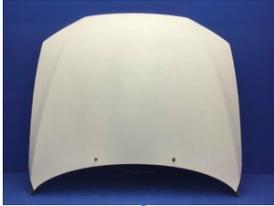
### ✓ ソロキャン・車中泊（現在）

まだ駆け出し、道具の見極め中

### ✓ 陰謀論（現在）

# SXE10 (アルテッツァ) 改造箇所

CFRPボンネット  
(白色塗装)



キノコ  
HKSパワーインターク



タワーバー (FR/RR)



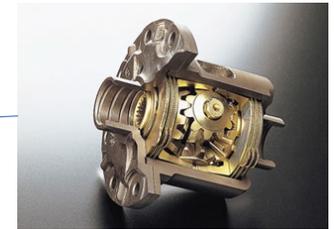
TRD  
セミメタルクラッチ・軽量フライホイール



TRD Frバンパー



TRD機械式LSD



エキゾーストマニフォールド  
フジツボたこ足



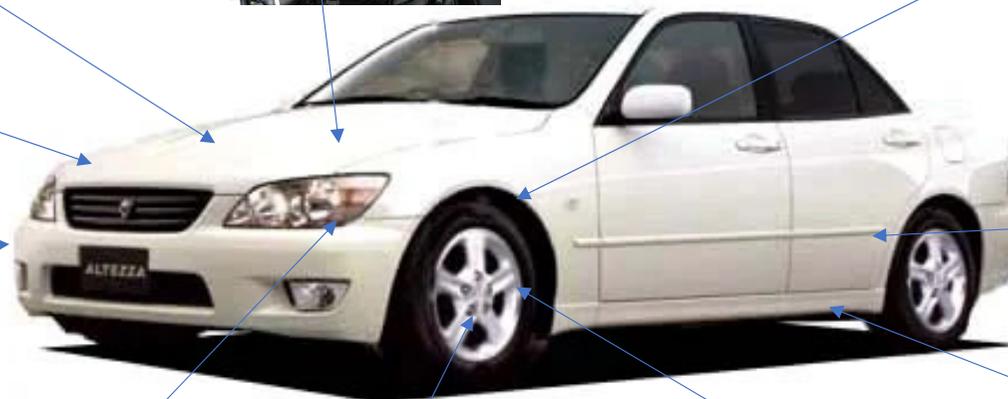
タイヤ+ホイール インチアップ  
215/45R17⇒225/35R18  
ボルクレーシング RAYS



OHLINS C-ring車高調



排気管  
五次元ボーダー



※写真はイメージ

# 最近の活動例



プリウスα(2014年製) 燃費22~25km/L  
道の駅 どんぐりの湯(愛知)



ピクシスバン(2024年製) 燃費17~18km/L  
第2東名 遠州森町SA (静岡)



本栖湖 洪庵キャンプ場



鬼無里ランタンビレッジ (長野)



和知野川キャンプ場 (長野)



冬キャンの定番

# 米国のガソリン車・EV平均価格比較

単位：US\$

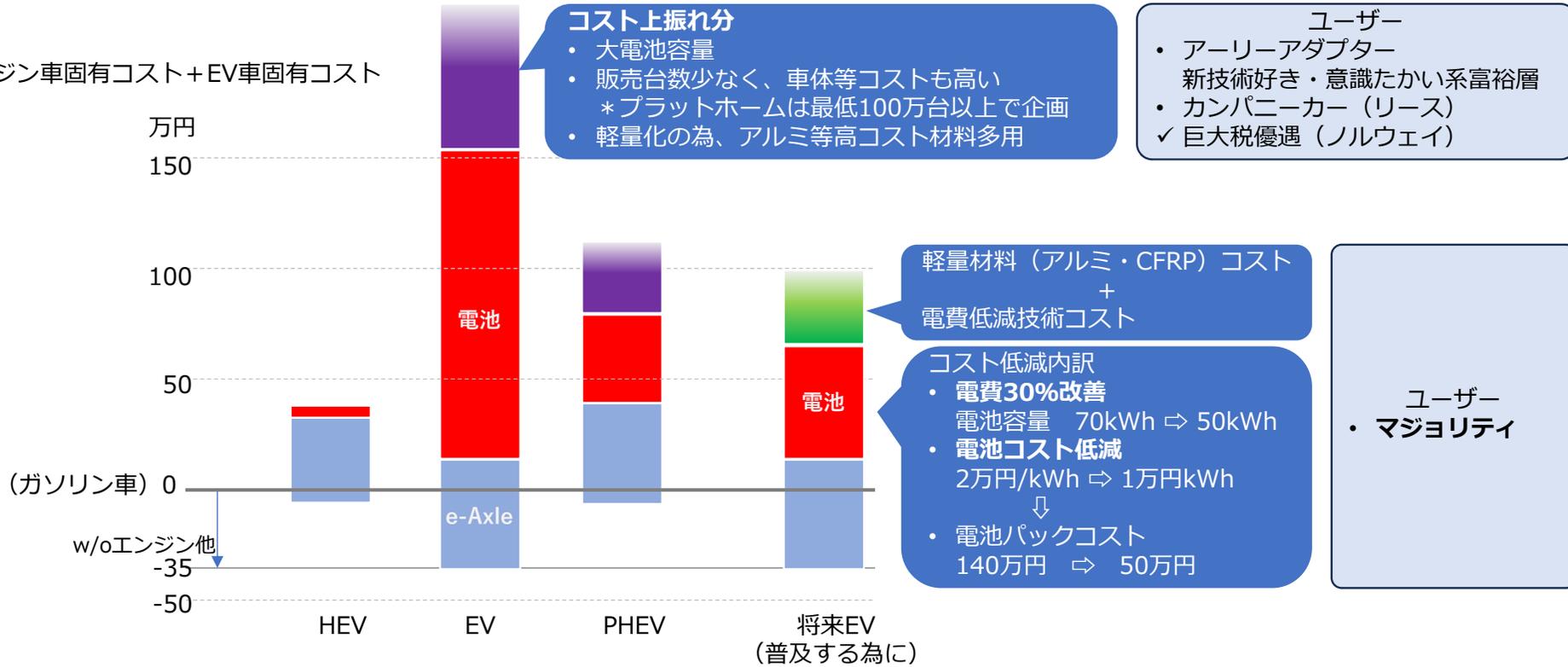
車両カテゴリー	ガソリン車 上段：平均価格 下段：車種例	EV 上段：平均価格 下段：車種例	価格差 w/o補助金
Subcompact	22627	31895	<b>9268</b>
	Nissan Versa	Mini EV	
Subcompact SUV	28990	40917	<b>12027</b>
	Honda HR-V	Hyundai Kona	
Compact	26301	34538	<b>8237</b>
	Toyota Corolla	Nissan Leaf	
Compact SUV	35722	53048	<b>17326</b>
	Toyota RAV4	Ford Mustang Mach-E	
Midsize	32035	49554	<b>17519</b>
	Toyota Camry	Tesla Model 3	
Midsize SUV	48916	72046	<b>23130</b>
	Ford Explorer	Tesla Model Y	
Large	49988	72240	<b>22252</b>
	Toyota Crown	Tesla Model S	
Large SUV	78774	101145	<b>22371</b>
	Ford Expedition	Tesla Model X	
Large Truck	64784	76475	<b>11691</b>
	Ford F150	Ford F150 Lightning	

出典：<https://www.edmunds.com/car-buying/average-price-electric-car-vs-gas-car.html#:~:text=The%20category's%20average%20ICE%20model,average%20EV%20price%20of%20%2453%2C048.>

Teslaを除きEV事業は赤字であることから、現在の実際のコスト差はこの価格差以上あると想定される

# 推定EVコスト

考え方  
EVコスト  
= ガソリン車コスト - エンジン車固有コスト + EV車固有コスト



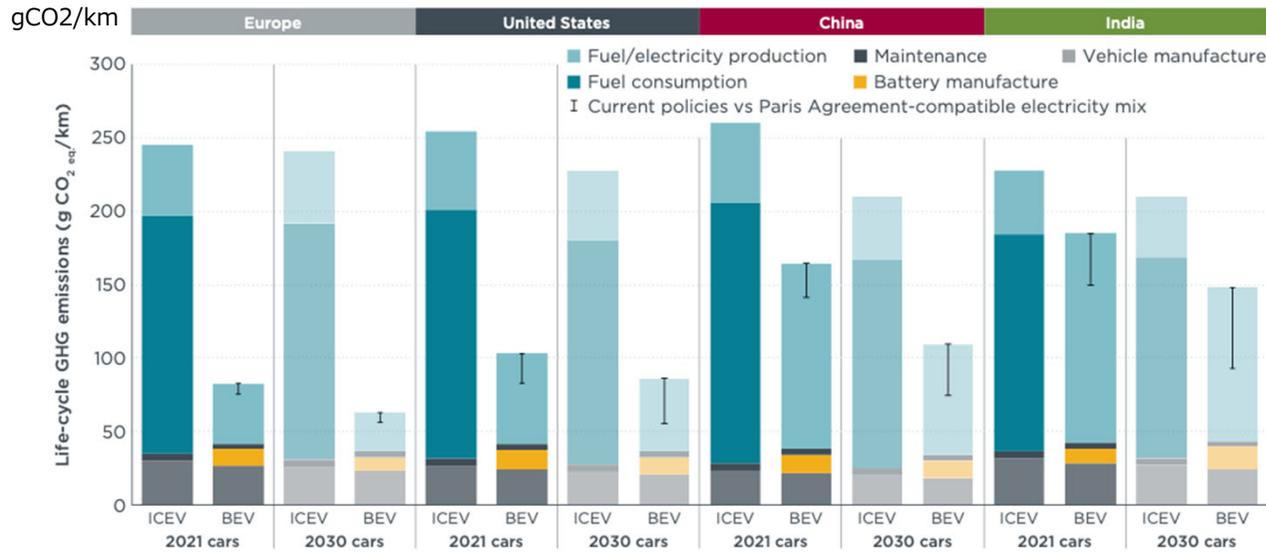
- 仮定：
- ガソリン車：300~350万円前後の2L 4気筒エンジン、ガソリン車固有コスト 35万円
  - HEV：Li電池 1kWh 電池コスト 5万円、電池以外HEVシステム 40万円
  - EV：Li電池 70kWh、電池コスト 2万円/kWh、e-Axle他 50万円、電費 130Wh/km⇨500km強
  - PHEV：Li電池 20kWh、電池コスト 2万円/kWh e-Axle他 45万円

EVの普及は、利益を確保しつつ「お客様が払っても良い」価格で提供できるか？が鍵  
EV義務化は新車市場をシュリンクさせる可能性

# LCA評価 (CO2) の例 (ICCT)

ICCT : International Council on Clean Transportation Europe

地域別ガソリン車・EVのLCA評価結果



電池種・地域別の電池製造LCA評価結果

kg CO <sub>2 ec</sub> /kWh	Europe	United States	China	South Korea	Japan
NMC111-graphite	56	60	77	69	73
<b>NMC622-graphite</b>	<b>54</b>	<b>57</b>	<b>69</b>	<b>64</b>	<b>68</b>
NMC811-graphite	53	55	68	63	67
NCA-graphite	57	59	72	67	70
LFP-graphite	34-39	37-42	51-56	46-50	50-55

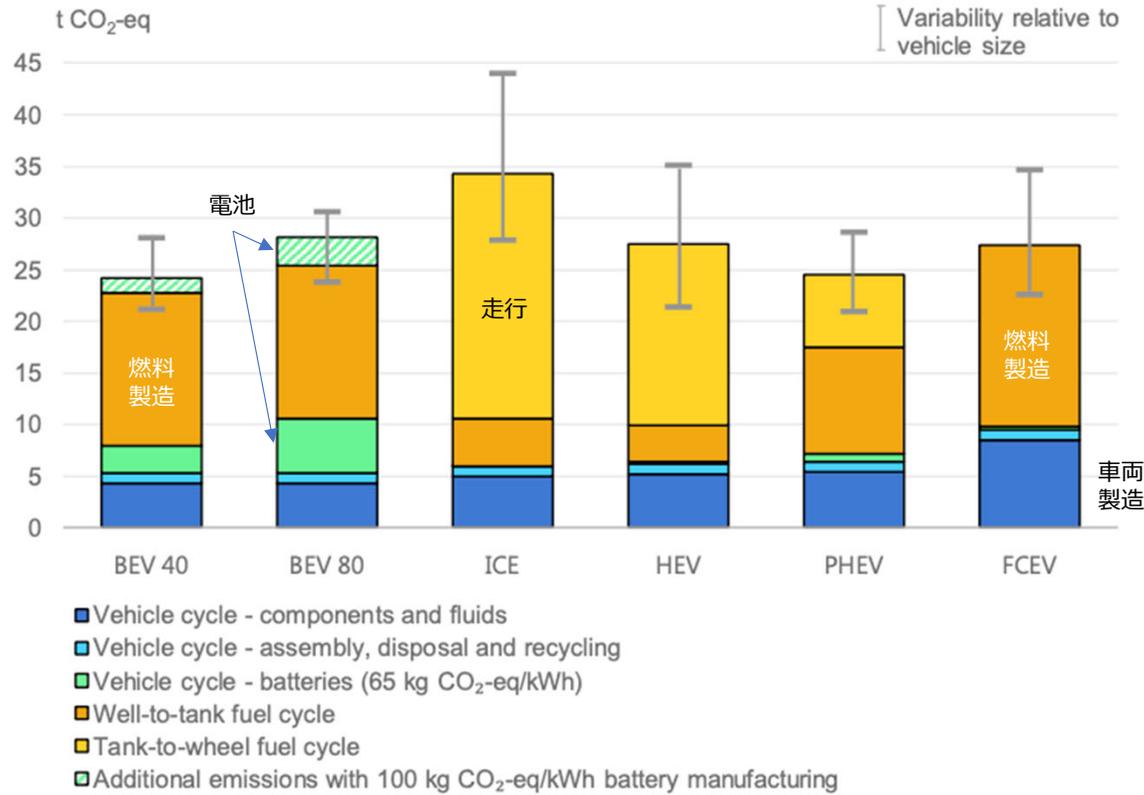
他前提条件

- **GREETモデル計算** (電池)
- 車齢: 18年
- 総走行距離: 19.8万km (小型) ~27万km (SUV)

出典: ICCT White paper 2021/A GLOBAL COMPARISON OF THE LIFE-CYCLE GREENHOUSE GAS EMISSIONS OF COMBUSTION ENGINE AND ELECTRIC PASSENGER CARS

EV推進派の分析  
 gCO2/kmで比較、HEV無、電池LCA数値、総走行距離、インド・中国EV搭載電池小

# LCA評価 (CO2) の例 (IEA)



他前提条件

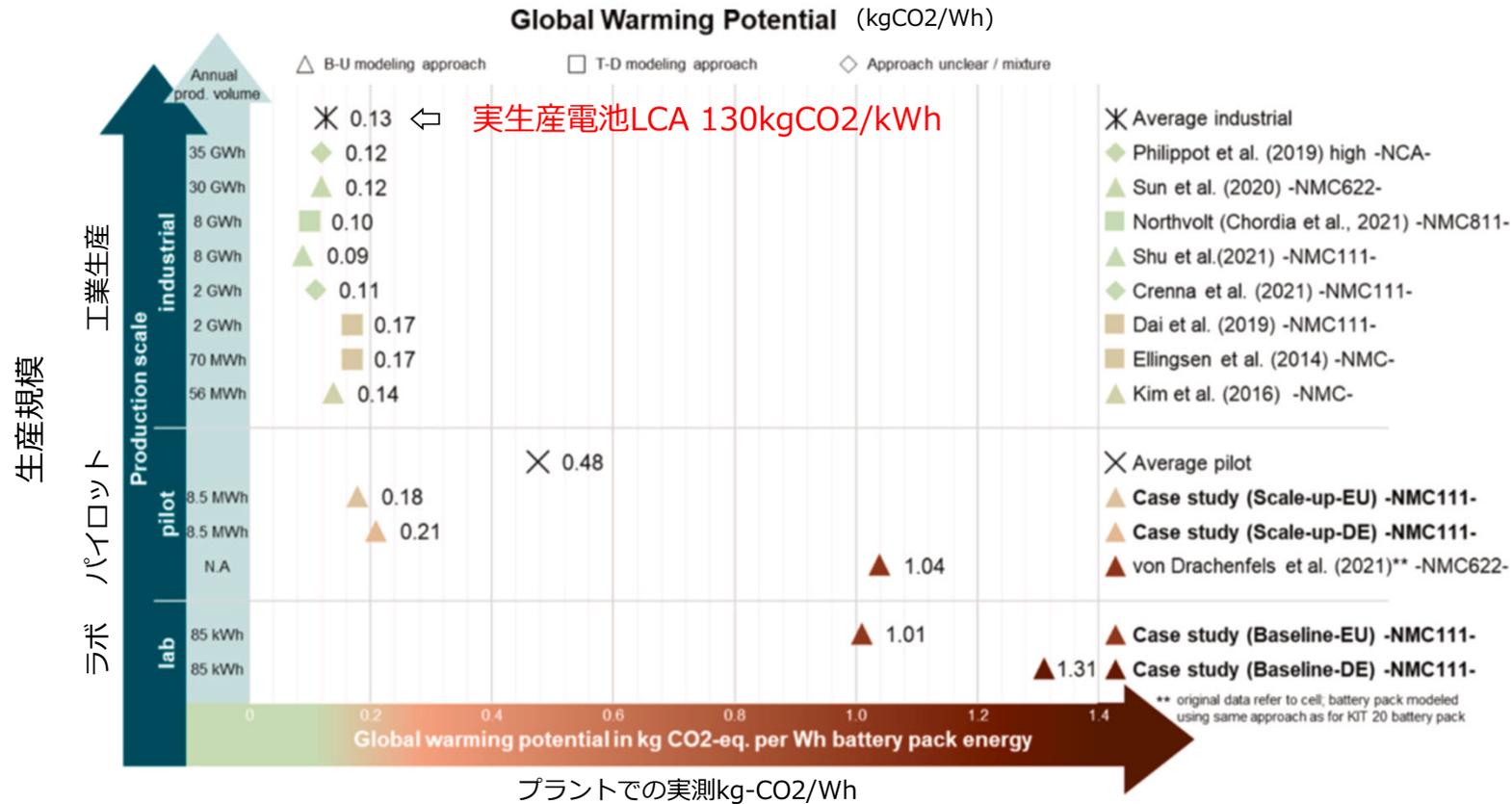
- 電池製造LCA : 100kg CO<sub>2</sub>/kWh
- GREETモデル計算 (電池)
- 総走行距離 : 20万km (推定)

出典 : IEA Global EV Outlook 2022

比較的中立な機関の分析  
 総CO2排出量で比較、電池容量記載、HEV/PHEV/FCEVも評価、電池製造LCAはICCTより高い値採用

# 電池のLCA評価 (CO2) の例 (KIT)

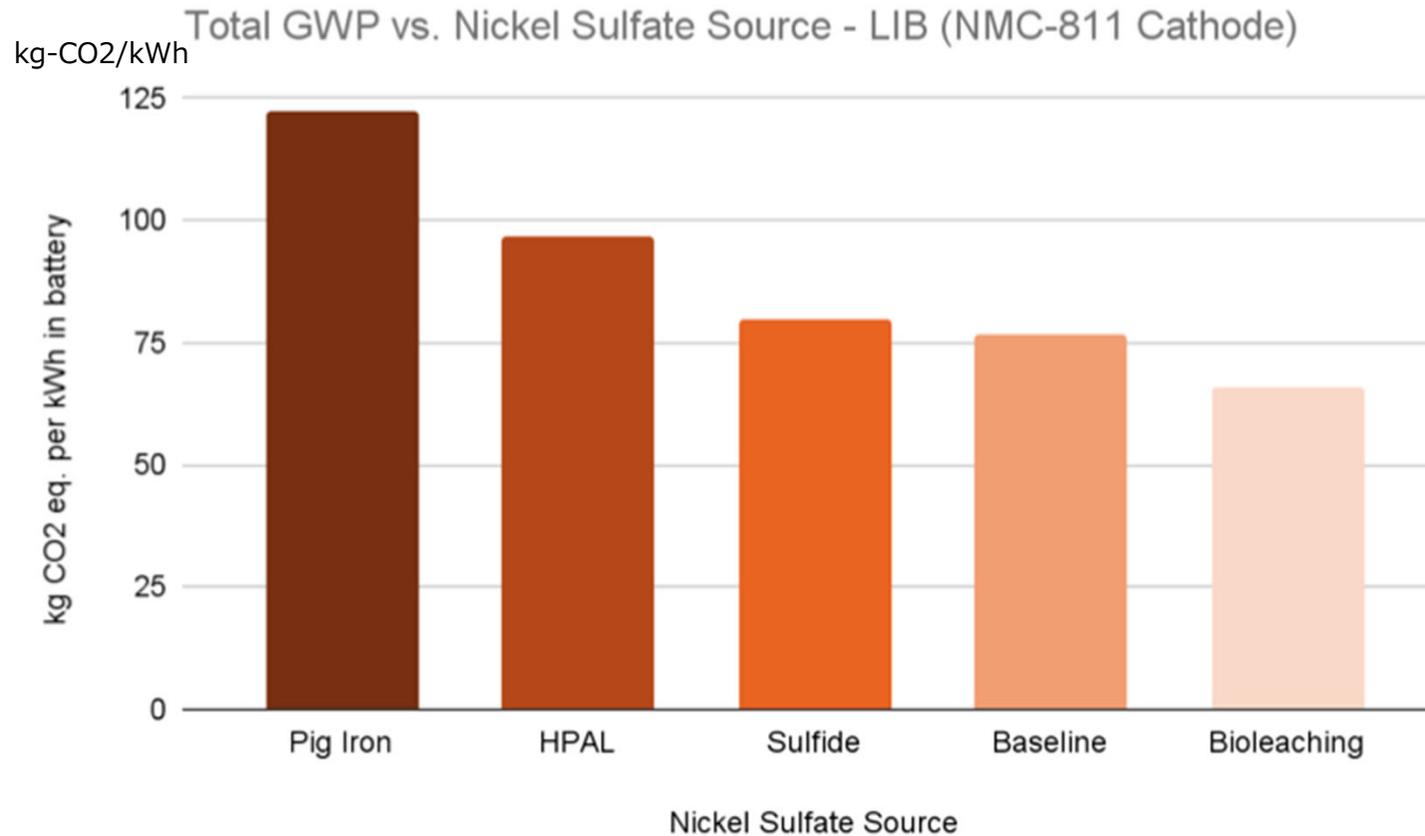
KIT : Karlsruhe Institute of Technology (ドイツの大学)



出典 : Closing gaps in LCA of lithium-ion batteries: LCA of lab-scale cell production with new primary data Journal of Cleaner Production 384 (2023) 135510

研究機関による既存文献調査  
CO<sub>2</sub>排出 : モデル計算 < 実プラントデータ、実生産での歩留

## 電池のLCA (CO2) 評価の例 – 原料の影響



出典 : [https://te-cdn.ams3.cdn.digitaloceanspaces.com/files/2022\\_07\\_LCA\\_research\\_by\\_Minviro.pdf](https://te-cdn.ams3.cdn.digitaloceanspaces.com/files/2022_07_LCA_research_by_Minviro.pdf)

原料ソースも電池LCAに大きく影響

# 日本でのLCA計算 (CO2) の前提条件

LCA試算に使用した車種の諸元

日本データ →

	ガソリン車	HEV	PHEV	EV
車種	カローラ	プリウス	プリウス	Bz4X
グレード (排気量)	G (1.5L)	U (1.8L)	Z (2.0L)	Z
J-WLTC 燃費 km/L	19.4	32.6	26	—
J-WLTC 電費 km/kWh	—	—	7.46	7.81
電池容量 kWh	0	1.1 (NiH)	13.6 (Li)	71.4 (Li)
EVレンジ km	—	—	87	559
EV走行割合 %	—	—	80	100

出典：自動車メーカーWEBサイト及びNET記事

中型乗用車の生産・廃車LCA評価例

IEAデータ →

	EV	PHEV	HEV	ガソリン車
車体生産 t-CO2/台	<b>4.28</b>	5.33	5.11	5.0
廃車 t-CO2/台	0.98	0.86	0.83	0.75
電池製造 t-CO2/kWh	0.1	0.1	0.1	-

出典：IEA Global EV Outlook 2020(図から読み取った数値)

使用時のエネルギー由来CO2前提

日本データ →

	ガソリン	電気
Tank to Wheel (TtW)	2.29 kgCO2/L *1	0.444 kgCO2/kWh *2
Well to Tank (WtT)	0.382 kgCO2/L *3	0.022 kgCO2/kWh *4

出典：※1 [https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/study/2022/stdy\\_20221216\\_12.pdf](https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/study/2022/stdy_20221216_12.pdf)

※2 [https://www.fepec.or.jp/library/pamphlet/pdf/21\\_environment.pdf](https://www.fepec.or.jp/library/pamphlet/pdf/21_environment.pdf)

※3 IEA Global EV Outlook 2020 (図から読み取ったWtTとTtW CO2 割合から換算)

※4 送電ロス分のみ。2010年日本平均4.8%

# 日本でのLCA (CO2) 計算結果例

前提：走行距離 **1万km/年**、廃車車齢・電池寿命 15年、**総走行距離 15万km**  
PHEVのEV/HEV走行割合は認証条件

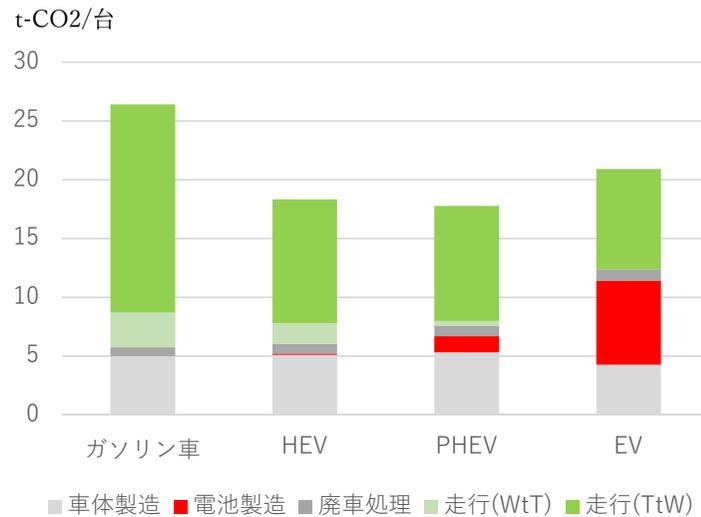


図 15万走行時のLCA評価例

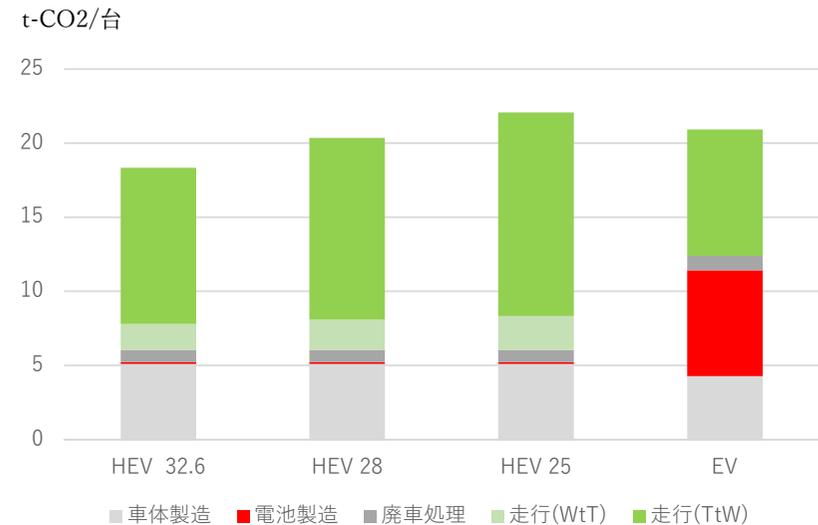
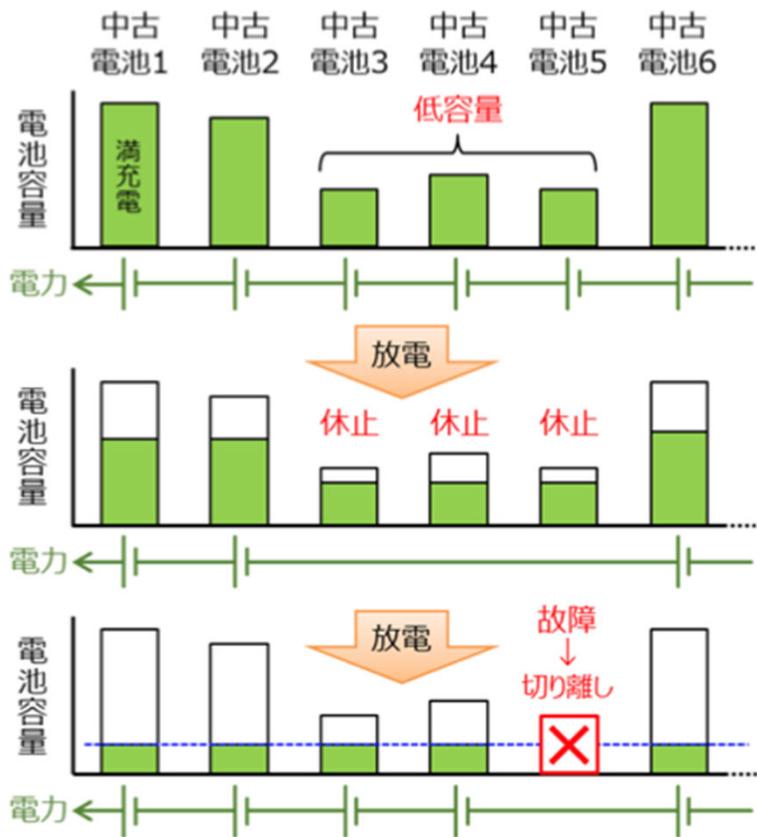


図 HEV燃費のLCA CO2への影響

参考) 各社EVの電池保証  
トヨタ・ホンダ：8年or16万km/容量70%  
日産：8年or16万km/容量9セグ  
三菱：8年or16万km/容量66%

前提条件でLCAの結果は変わる。走行距離の短い日本では電池容量が小さく、燃費の良いPHEV/HEVがCO2低減に優れる  
※電池交換未考慮。今後、市場の実態が明らかになるのを待って判断必要

# EVがCO2でクリーンであるために - 電池リユース(トヨタの取組み例) 19



SWEEP SYSTEM制御

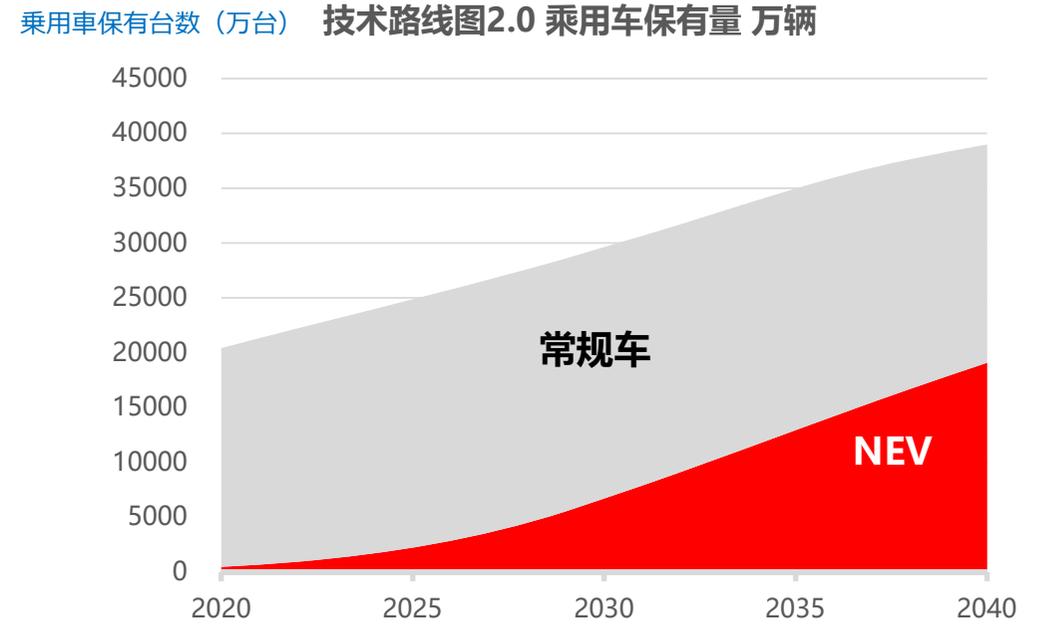
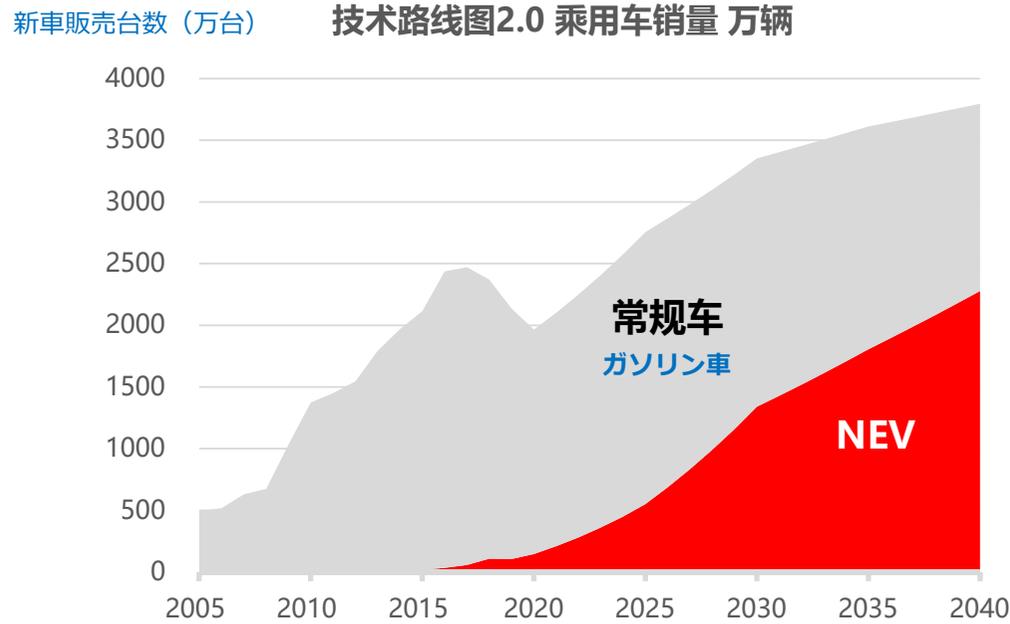
出典：豊田中研、JERA、トヨタ他



# 中国を例にEV政策の影響を試算

## 中国の政策：省エネ車・新エネ車技術路線図2.0

\*EV比率、HEV比率、販売台数、燃費目標（2025/2030/2035年）



- EV : 50%
- ガソリン車 : 50% (全てHEV)

保有台数の前提  
車齢 : 15年、残存率 : 日本のデータ使用

来源：基于节能与新能源汽车技术路线图2.0计算

# 中国を例にEV政策の影響を試算

大幅提高NEV比例降低二氧化碳排放效果有限  
NEV大量投入でもCO2減少は限定的

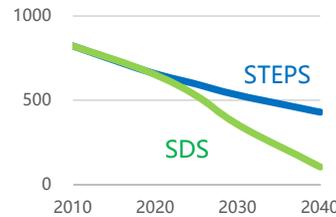


**STEPS**

現在実行計画に織り込まれた政策を実施

電力排放强度: IEA WEO2020 STEPS情景  
燃油车油耗: 路线图2.0

电力排放强度 G-CO2/KWh



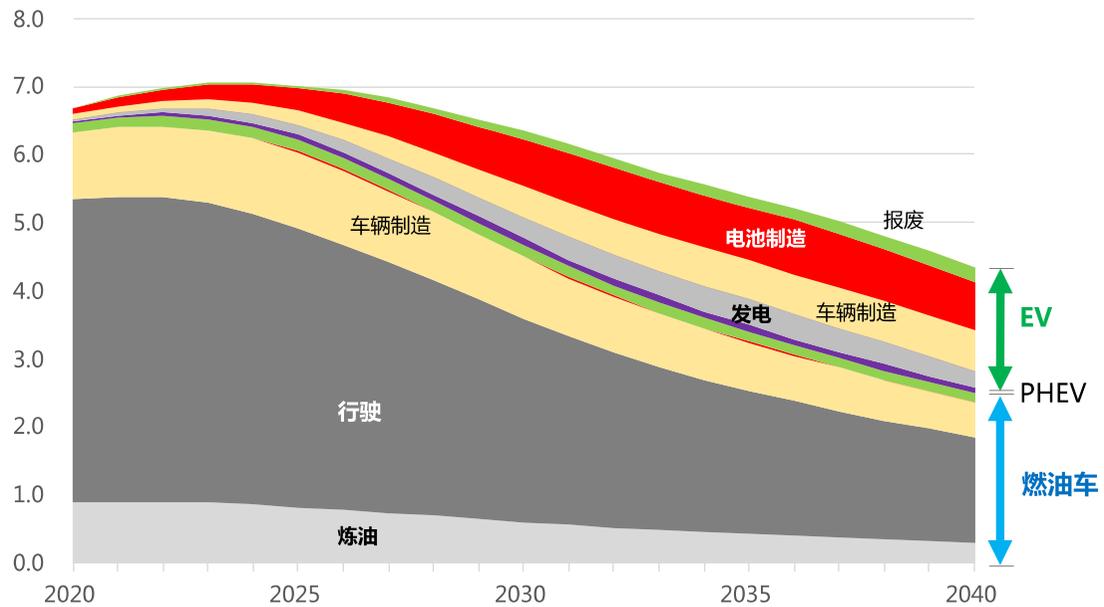
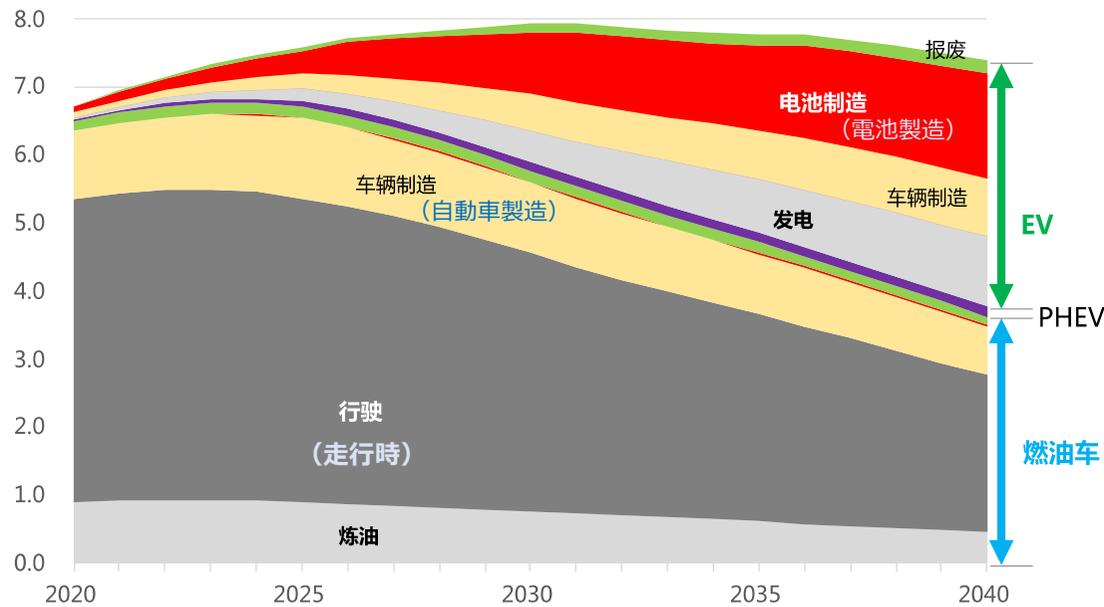
需要NEV之外的其他对策  
NEV以外の施策が必要



**SDS**

パリ協定の約束事項を全て実施

電力排放强度: IEA WEO2020 SDS情景  
燃油车油耗: 比路线图2.0改善33%

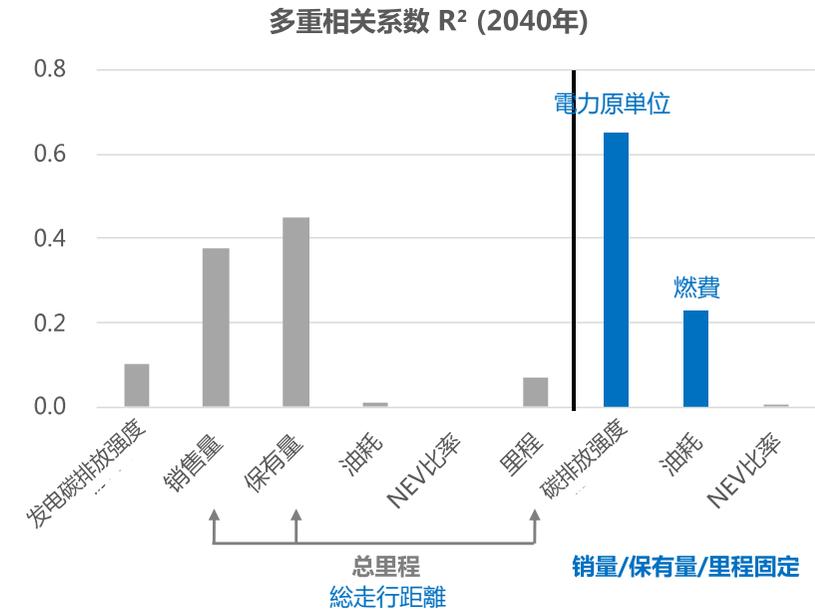
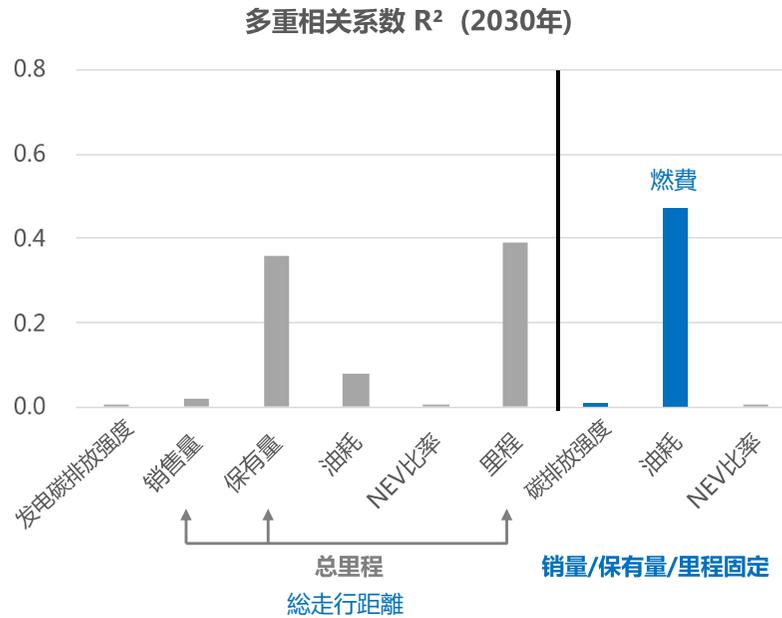


LCA計算の前提  
製造・廃棄時CO2はIEAデータ使用。走行距離1万km/年、車齢15年

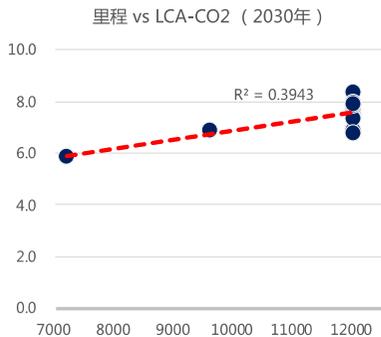
来源: 基于节能与新能源汽车技术路线图、IEA EV Outlook 2020、WEO2020计算

# 中国を例にEV政策の影響を試算

	变化幅度 上: 2030年 下: 2040年		单位
	里程	12000	
销量	3353	2718	万辆
	3797	2929	
保有量	29636	26305	万辆
	38991	30896	
常规车 油耗	4.8	2.9	L/100k m
	3.2	1.9	
NEV比率	48	32	%
	72	48	
发电碳 排放强度	531	256	g-CO2 /kWh
	430	104	

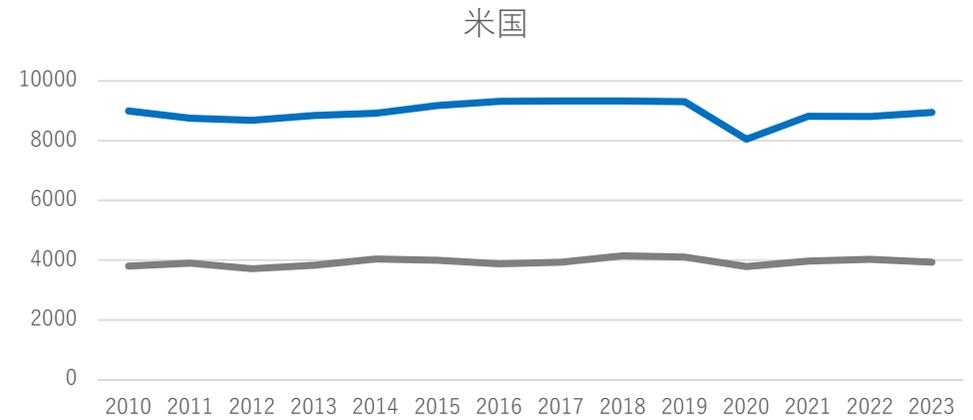
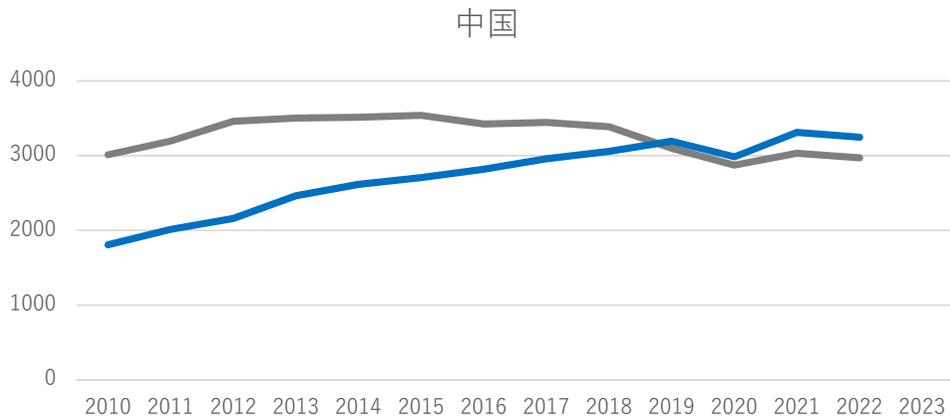
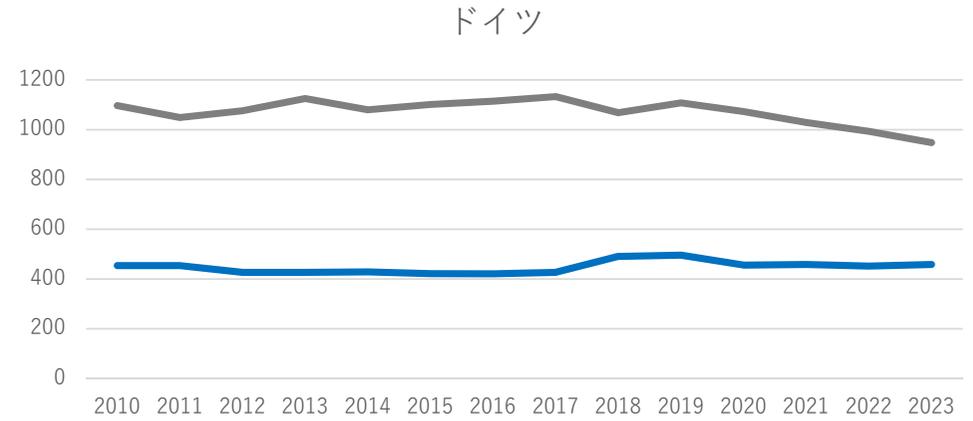
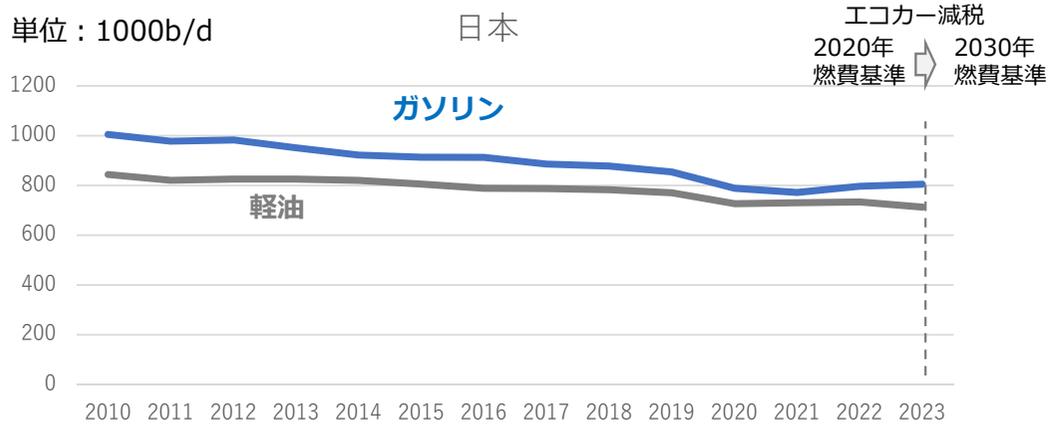


来源: 基于节能与新能源汽车技术路线图、IEA EV Outlook 2020、WEO2020计算



效果	低碳对策	评价
最好	限制汽车保有和行驶	对产业最不利。为规避这种情况，需大幅改善油耗，构建卖车之外的商业模式
第二	能源的低碳化	只能坐等向清洁能源的巨大投资
第三	提高效率	减少能源消费，只有汽车公司能做

# (参考) 日本の政策の効果：実際の運輸での石油消費



出典：https://www.eia.gov/international/overview/world

日本だけが、実質的かつ継続的に運輸の石油消費量 (CO2) を削減

# クリーンな自動車とは？ GreenNCAPの評価

## 走行時

- ・対象車種：2023年に評価した車種
- ・評価対象：テールパイプエミッションとエネルギー供給（充電ロスのみ？）

MAKE & MODEL ↓	OVERALL RATING ↓	AVERAGE SCORE ↓	CLEAN AIR ↓	ENERGY EFFICIENCY ↓	GREENHOUSE GAS ↓	ENGINE ↓
<b>GWM ORA 03 (Funky Cat)</b> ME2 63 KWH ELECTRIC... 	★★★★★ Sep 2023	97%	10.0/10	9.5/10	9.8/10	
<b>Tesla Model S</b> DUAL MOTOR ELECTRIC...	★★★★★ Nov 2023	97%	10.0/10	9.4/10	9.7/10	
<b>BYD ATTO 3</b> M2F1C 60 KWH ELECTRIC...	★★★★★ Sep 2023	97%	10.0/10	9.5/10	9.7/10	
<b>VW ID.5</b> PRO PERFORMANCE ELECTRIC...	★★★★★ Jun 2023	96%	10.0/10	9.4/10	9.6/10	
<b>Nissan Ariya</b> 87 KWH ELECTRIC...	★★★★★ Apr 2023	96%	10.0/10	9.3/10	9.5/10	
<b>MG 5</b> LONG RANGE 61 KWH... 	★★★★★ Nov 2023	95%	10.0/10	9.2/10	9.5/10	
<b>XPENG G9</b> E1L ELECTRIC...	★★★★★ Dec 2023	95%	10.0/10	9.2/10	9.4/10	
<b>Renault Kangoo</b> E-TECH EV45 ELECTRIC...	★★★★★ Nov 2023	90%	10.0/10	8.5/10	8.7/10	
<b>Opel/Vauxhall Mokka</b> 1.5...	★★★☆☆ Feb 2023	57%	6.5/10	5.8/10	4.8/10	
<b>BMW 2 Series Coupé</b> 220D...	★★★☆☆ Jun 2023	55%	7.6/10	5.2/10	3.5/10	

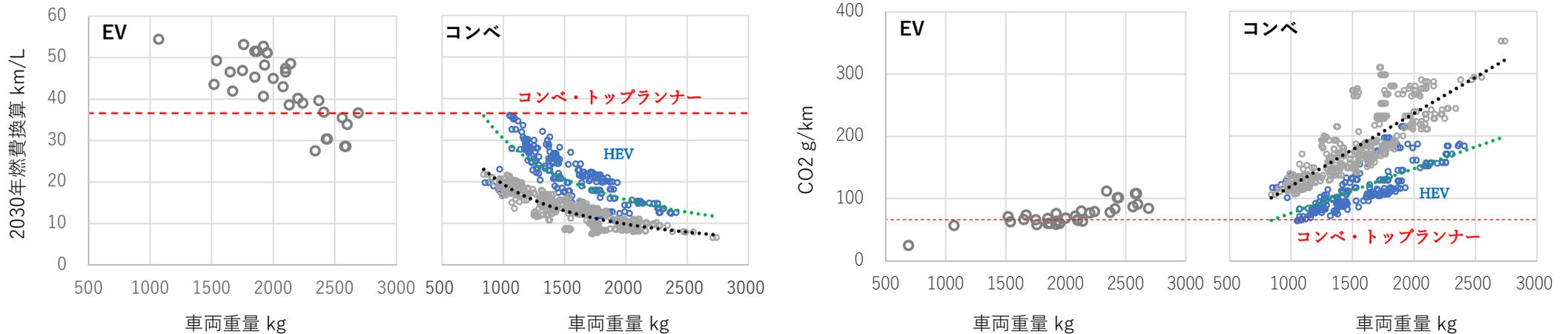
EV

出典： <https://www.greencap.com/assessments/>

# クリーンな自動車とは？ 2030年燃費基準でのEV・ガソリン車比較

## 燃料製造考慮

- ✓ 2030年燃費基準から、LCAの考え方導入し、国内でエネルギー製造・輸送に伴う損失も燃費（電費）に反映
- ✓ CAFÉ（企業平均燃費）= 25.4km/L（2016年実績 19.2km/Lから32.4%強化）



出典：各所情報をもとに筆者作成

エネルギー製造を考慮するだけで、CO2視点でガソリン車がEVと競合できる領域に

# クリーンな自動車とは？ ACEEEの評価

ACEEE: American Council for an Energy-Efficient Economy

LCA

- 対象車種：米国2024MY
- 評価対象：車両製造、走行（排気ガス+タイヤ磨耗等）、燃料製造・供給に伴う汚染物質・CO2  
車両寿命12万mile (19.2万km)、電池交換も考慮（詳細不明）

Rank	Make & Model	Powertrain	Green Score	MSRP	Estimated Annual Fuel Cost*
1	Toyota Prius Prime SE	PHEV	71	\$32,975	\$529
2	Lexus RZ 300e	EV	67	\$55,150	\$651
3	Mini Cooper SE	EV	67	\$30,900	\$747
4	Nissan Leaf	EV	66	\$28,140	\$741
5	Toyota bZ4X	EV	66	\$43,070	\$689
6	Toyota RAV4 Prime	PHEV	64	\$43,690	\$741
7	Hyundai Elantra Blue	Gas Hybrid	64	\$26,250	\$864
8	Hyundai Kona Electric	EV	63	\$34,050	\$695
9	Toyota Camry LE	Gas Hybrid	63	\$28,855	\$907
10	Kia EV6	EV	63	\$43,975	\$689
11	Toyota Corolla	Gas Hybrid	62	\$23,500	\$944
12	Hyundai Ioniq 5	EV	62	\$41,650	\$737

\*ACEEE analysis using EIA data of annual cost—from gasoline, electricity, or a combination—of driving 15,000 miles

<https://www.aceee.org/greener-cars>

クリーン（環境に優しい）の定義、評価する因子の重みづけ\* ⇨ 物差しが重要  
 (\* ) NOx/PM vs CO2 害が大きいのは？ 環境を破壊する太陽光もクリーン？

## まとめ

Q：EVはクリーンか？（どの技術がクリーンか？）

A1：定義（物差し）によって変わる。

**技術エビデンスに裏付け**された、**公正**な“物差し”が存在しない  
今時点では判断はできない。

少なくとも現在ある公開情報を是とするなら、EVがガソリン車より環境性能で優れると断定することはできない

\*地域環境（電力ミックス・走行距離・環境規制等）、電池寿命・電池リユース有無でも異なる

A2：時代の変化（技術進展・社会の変化）によっても変わる

自動運転(所有から利用へ)

非接触充電（利便性）

超小型原子炉・核融合技術（**クリーン**かつ**安価**で**豊富**なエネルギー）

等