2023 年 9 月 9 日

# 低温下における EV 一充電走行距離性能ベンチマーキング

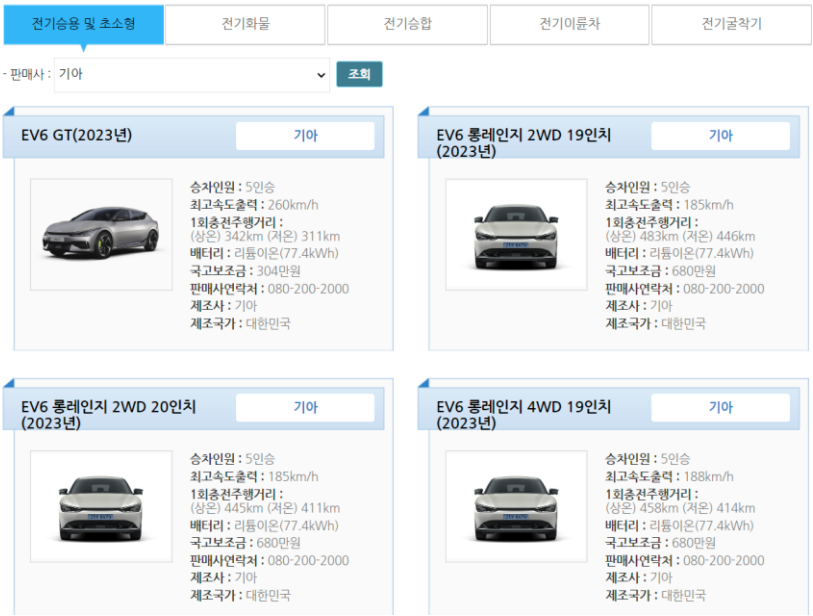
株式会社インプリミス

一充電走行距離は満充電状態から完全放電状態に至るまでに走行できる距離と定義され、電気自動車（EV）の性能として非常に重要な指標と考えられる。 内燃機関車では燃費が主要指標の一つと考えられるが、これは燃料がリッターあたり単価で販売されているために、主に経済性の面からの関心事と考えられる。 一方 EV の場合、ユーザには走行中に充電電力が無くなる不安感があり、内燃機関車の燃費指標より以上の重要性があると考えられる。

一充電走行距離は、EV メーカがモード測定値として発表しているが、低温下では航続距離が減少することが知られている。 しかし、どのくらい低下するかという具体的なデータは国内では発表されていない。

EV の普及を加速させている韓国環境部の無公害車統合ホームページ（https://www.ev.or.kr/）には EV を含む無公害車の普及促進に向けて、補助金、充電スタンド、電気自動車に関する包括的な情報が公開されている。

当サイトの「購入補助金対象車種」には、対象車の常温および低温での充電 1 回あたりの走行距離情報が公表されている。補助金対象車としての認定を受けるには、製造メーカは普及対象評価に関する規定に定められた走行試験を実施し、環境部の認定を受ける必要がある。　本稿では 2023 年 9 月現在、当サイトに掲載されている EV の一充電走行距離データをもとに常温走行距離に対する低温走行時の距離低下率のランク付けを行った。




EV 充電 1 回あたり低温下での走行距離低下率ランキング（乗車定員 5 名以上）

| Rank | Make | Model | Version | 走行距離（常温:km） | 走行距離（低温:km） | 低温距離低下率 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Hyundai | G80 | Electrified | 433 | 411 | 5% |
| 2 | Hyundai | GV60 | Standard AWD 19 inch | 403 | 378 | 6% |
| 3 | Kia | EV6 | Long Range AWD 20 inch | 407 | 380 | 7% |
| 4 | Hyundai | IONIQ5 | Long Range AWD 19 inch | 418 | 386 | 8% |
| 5 | Kia | Niro Plus | | 393 | 353 | 10% |
| 6 | Stellantis | DS3 | | 265 | 235 | 11% |
| 7 | Hyundai | GV70 | AWD 20 inch | 376 | 333 | 11% |
| 8 | Tesla | Model Y | Performance | 447.9 | 393.9 | 12% |
| 9 | Tesla | Model 3 | Performance | 480.1 | 415.8 | 13% |
| 10 | Hyundai | GV70 | Electrified AWD 19 inch | 408 | 353 | 13% |
| 11 | Hyundai | Kona | Standard 2WD 17 inch | 313 | 269 | 14% |
| 12 | BMW | iX1 | xDrive30 | 313 | 268 | 14% |
| 13 | Hyundai | IONIQ6 | | 499 | 418 | 16% |
| 14 | Mercedes | EQA250 | | 302.644 | 244.662 | 19% |
| 15 | Stellantis | Peugeot e-2008 | | 237 | 187 | 21% |
| 16 | Stellantis | Peugeot e-208 | | 277 | 218 | 21% |
| 17 | Toyota | RZ450e | | 377 | 290 | 23% |
| 18 | BMW | i4 | M50 | 385 | 295 | 23% |
| 19 | Kia | EV9 | | 490 | 370 | 24% |
| 20 | Volvo | C40 | | 407 | 305 | 25% |
| 21 | BMW | i4 | eDrive | 444 | 327 | 26% |
| 22 | Mercedes | EQB300 | | 312.59 | 225.665 | 28% |
| 23 | Volvo | XC40 | | 337 | 243 | 28% |
| 24 | BMW | iX3 | M Sport | 356.9 | 255.1 | 29% |
| 25 | VW | ID.4 | | 405 | 288 | 29% |
| 26 | Volvo | C40 | | 356 | 251 | 29% |
| 27 | GM | Bolt | EUV | 403 | 279 | 31% |
| 28 | VW | Audi Q4 | e-Tron | 411 | 268 | 35% |

注：補助金対象車に同一メーカの複数モデルが登録されている場合、低温での距離低下率が最も低い車種を掲載した。

１位は現代ジェネシス G80 で常温と低温での走行距離低下率はわずか 5%であった。 試験条件は後述するが低温下では暖房装置を最大に作動させる試験条件にもかかわらず、低下率が非常に小さく抑えられている。

ジェネシス G80 （Genesys web サイトより）

以下 3 位は起亜 EV6、4 位は現代 IONIQ5 と現代、起亜勢が占めた。

EV6 （Kia web サイトより）

IONIQ5(Hyundai web サイトより)

6 位にステランティスの DS3 が入っているがこのモデルの一充電走行距離は常温で 265km、低温で 235km と距離の絶対値が短い。 8 位はテスラモデル Y、9 位はモデル 3 が占めた。メルセデスは EQA250 が低下率 16%で 14 位、EQB300 が 28%で 22 位であった。

唯一日本車として対象車種として登録されているレクサス RZ450e は常温 377km、低温 290km で低温下での距離低下率は 23%の 17 位であった。

レクサス RZ450e（レクサス韓国 web サイトより）

このほか、ボルボ、GM、VW ブランドの EV は低温での走行距離低下率が 25%を超えている。

試験方法

試験は SAE J1634：Battery Electric Vehicle Energy Consumption and Range Test Procedure (バッテリー式電気自動車のエネルギー消費と航続距離試験手順)に沿って実施されるが、低温環境温度は－7℃で実施する。 一充電走行距離試験は以下の手順により実施する。

常温試験：完全充電状態で試験開始前 4 時間以上 20-30℃の周囲温度に放置。冷暖房装置は作動しない条件で走行する。

低温条件：試験開始前に常温状態で完全充電し、暖房装置を最大に作動させた状態で走行試験を行う。

シャシーダイナモによる走行試験のための道路負荷設定は UDDS(Urban Dynamometer Driving Schedule)に従う。試験車両の走行が終了するまで都市走行モード（UDDS＝FTP72）、高速道路走行モード（HFED=HWFET）及び定速走行モードを繰り返し走行し、主バッテリに充電された電気エネルギーが全量消費され、走行が終了する時点までの走行距離を測定、その後、普通充電で充電を行いバッテリー容量を計測する。

UDDS1(SOC100%) – HFED1– UDDS2– constant (65mph) – UDDS3– HFED2– UDDS4– constant (65mph) (SOC0%)

走行距離は以下の式で計算する。 また、常温では 0.7 を乗じて算定する。

一充電走行距離＝0.55 x 都市走行モード走行距離（FTP72）＋ 0.45 x 高速道路走行距離（HWFET）

低温による走行距離低下の原因

低温下での一充電走行距離低下の原因としては、バッテリーセルの内部抵抗の上昇、暖房による電力消費、電池を保護するための回生制限が要因として挙げられる。EV の走行性能は各社電費性能と一充電走行距離を高めるための工夫をしているが、今回の結果をもって、低温走行距離低下率が最も低かった現代ジェネシス G80 が、最良の熱マネジメントシステムを装備しているとまでは言い切れない。

その理由として、米国 WLTP 低温試験では、空調制御 HVAC は 22℃オートに設定されるが、韓国の低温試験では、暖房を最大値に設定する。 この際、現代ブランド乗用車の空調機は暖房最高温度が 27℃であり、Tesla Model Y は 28℃となっている。一方、低温距離低下率が 27 位（－31%）の GM Bolt は、暖房の最高温度制限がなく最大値に設定した場合、室内温度は制限なく上昇するよう暖房がフル稼働を続ける。 このような仕様で、韓国の低温試験モードを走行すると空調用に電力が大量に消費されることは容易に想像される。 低温での距離低下率の大きかった他の OEM 車についても、車両の詳細仕様は確認していないが、HVAC の最高温度や温度上昇設定が影響した可能性がある。

また、ジェネシスの低温走行距離低下が少ない理由として、このモデルは大型の高級車であり、82.5kWh の大容量バッテリーを搭載していることがあげられる。

一般に、電費効率の高い車両ほど、低温性能の低下率が大きくなり、電費効率の低い車両ほど低温試験の電費効率の低下割合は少なくなる。 この一つの原因として、電費効率の低い大型車は走行に使用される電力に対して空調に使用される電力の比率が、高効率の車両に比べ相対的に小さくなるからである。

例として、同じ熱マネジメントシステムを採用している車両の低温試験の際に稼働する HVAC システムの消費電力は一定（例：4kWh）と仮定し、電費効率の良い車両とあまり良くない車両を比較すると以下のようになる。

電費効率の良い車両は走行用に平均 5kW を使用すると仮定、

低温試験消費電力 ＝ 平均 9kW (走行用 5kW、HVAC 用 4kW) 80%の増加（5kW→9 kW）

電費効率の良くない車両は走行用に平均 8kW を使用すると仮定、

低温試験消費電力 ＝ 平均 12kW (走行用 8kW、HVAC 用 4kW) 50%の増加（8kW→12 kW）

つまり、電費効率の悪い車両の方が、低温時の空調仕様に伴う電費効率悪化割合は小さくなる。今回の結果でも、容量の大きいバッテリーを搭載する IONIQ5 Long Range モデルが Standard モデルよりも低温での走行距離低下率が少ない傾向を結果を示した。

| Make | Model | Version | バッテリー容量（kWh） | Driven wheels | Tire (inch) | 走行距離（常温） | 走行距離（低温） | 低温での距離低下 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hyundai | IONIQ5 | Long Range | 77.4 | AWD | 19 | 418 | 386 | 8% |
| Hyundai | IONIQ5 | Standard | 58.2 | AWD | 19 | 319 | 280 | 12% |
| Hyundai | IONIQ5 | Long Range | 77.4 | AWD | 20 | 397 | 342 | 14% |
| Hyundai | IONIQ5 | Long Range | 77.4 | 2WD | 20 | 423 | 362 | 14% |
| Hyundai | IONIQ5 | Standard | 58.2 | 2WD | 19 | 342 | 292 | 15% |

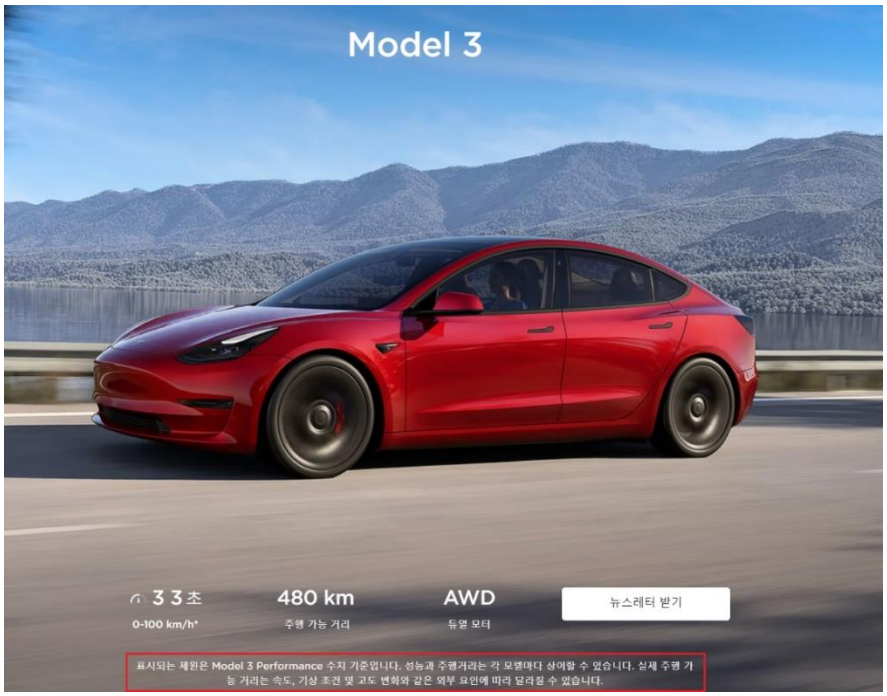
正確な走行距離表記の重要性

韓国公正取引委員会は 2023 年 1 月 3 日、テスラに対し、低温時に同社製ＥＶの航続距離が短くなることを消費者に適切に伝えていなかったという理由で、28 億 5000 万ウォンの罰金を科すと発表した。

公取委によると、テスラは 2019 年 8 月以降、自社ウェブサイトで、充電 1 回当たりの走行距離を「528 キロ以上の走行が可能」と宣伝していたが、この距離は常温で都心と高速道路における最大走行距離を測定し、それに加重値をかけて算出した値であることが明らかになった。 これ以外の走行条件、特に低温で都心を走行したケースでは、1 回の充電走行距離は 220.7 キロと半分以下に低下し、偽り・誇張があると判断された。1), 2)

米国では、2023 年 8 月 2 日にテスラが航続距離の評価を「誇張」していると 3 人のテスラオーナーが集団訴訟でテスラを訴えた。 原告は、保有するテスラ車の航続距離が、テスラが告げたものと食い違っていることに気づき「テスラが電気自動車を消費者に販売する際に著しく過大評価した航続距離の虚偽広告」を行っているとしている。3)

今後、EV の普及に伴い、航続距離は電気自動車の重要な情報であり「消費者が電気自動車を購入する際に考慮する最も重要な情報のひとつである」と考えるユーザの絶対数が増えると考えられる。 その場合、自動車メーカがウェブサイトや広告等に航続距離を表示し、それがある走行環境下での走行距離と著しく異なる場合は、ユーザの不満が訴訟に発展する事態が増えることも考えられる。




テスラ韓国の WEB サイトでは各車両のトップページの走行距離表示の下（上の写真の赤で囲われた箇所）に「表示される性能はモデル 3 Performance の数値基準です。 性能と走行距離は各モデルで異なる場合があります。実際の走行可能距離は、速度、気候条件、および高度変化などの外部要因に応じて変化します」と表記している。 一方、日本ではテスラモデル 3 ロングレンジの走行距離は WLTC モード 629km と表示され、条件により後続距離が変化するという記載はない。

テスラは、現在はヒートポンプを採用し、航続距離性能を伸ばしながら、自社韓国ウェブサイトの航続可能距離表記は実際に近い数値に変えるという対策を済ませている。

消費者や公正取引委員会からのクレームは痛手ではあるが、これらの批判を生かし改善を図るところは強かである。 日本製 EV に関しては、市場ユーザから大きな批判が聞かれることはあまりないが、失敗やクレームが少ないのは、ある意味ユーザによる走行評価の機会が少ないためで、その是非は今後の EV シフトの進展の中で評価されることになると思われる。

競合車ベンチマーキングの必要性

本稿では、韓国の環境部の公表値をもとに低温下での一充電走行距離の比較を行った。 こうしたデータは、通常、自社製品、技術の評価や製造メーカの性能や技術目標設定のためのターゲット車両の選定に使用される。 ターゲットを明らかにした上で、実際に自社の製品開発に役立てるには、業界ベスト性能の車両を詳しく解析し、自社製品のシステム（ハードウェアとその制御）と何が異なるかを明確にしていく必要がある。

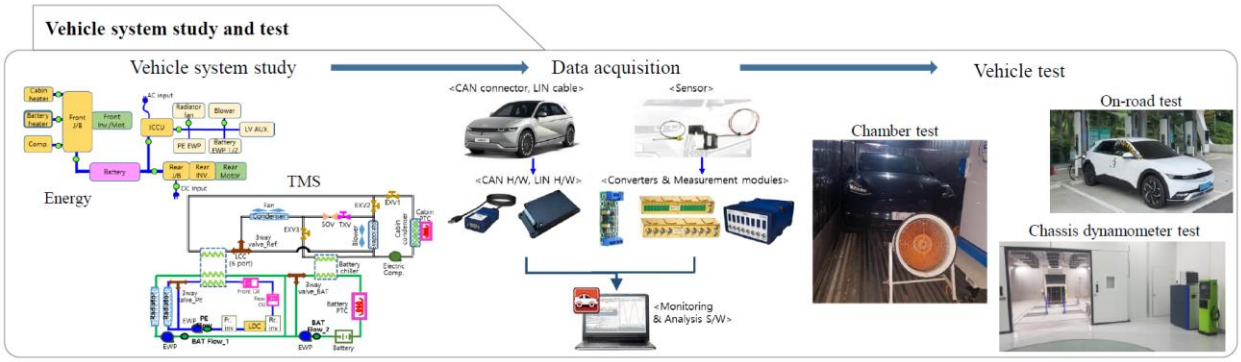
当社は 2013 年以来、韓国の自動車エンジニアリング会社 Tenergy 社と提携して EV の解析業務を展開してきた。 Tenergy 社はお客様の達成したい目標や要望のヒアリングをもとに、以下の手順により提案を作成、試験、報告を行ってきた。

1) 机上調査：車両マニュアルや特許文献調査により、制御システムの仮説を推定

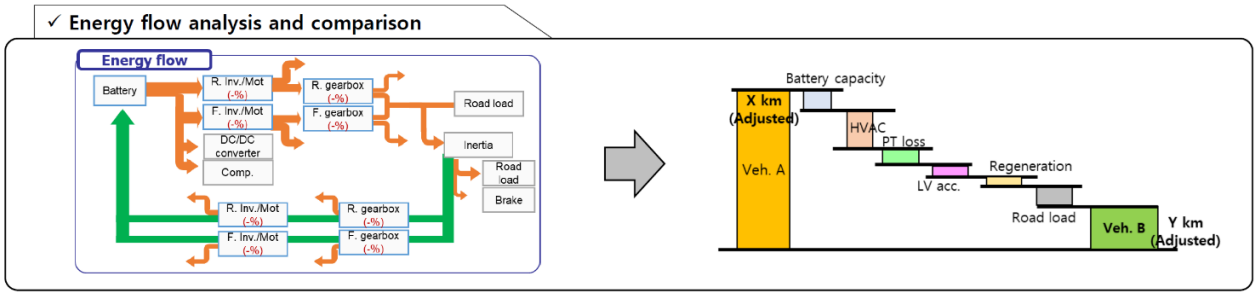
2) 試験プランの作成/提案： 車両毎の熱マネジメント特性を考慮した試験条件の決定

3) CAN 信号や測定用センサ装着によるリバースエンジニアリング解析

4) 試験実施： コンポーネントの動作と性能測定。機能とアルゴリズムの分析、測定結果に基づく充電、走行性や熱マネジメントシステムの分析




測定結果は、Tenergy 社の独自解析技術であるエネルギーフロー解析として視覚化され、車両に入力されたエネルギーが車両の各システム、コンポーネントを経てどこでエネルギーロスが生じるかを視覚的に評価することができる。 こうして、車両横並びでの詳細な比較が可能となる。




競合車間の優劣比較を通じて、何を改善すべきかの優先順位が明確化されることにより、必要な対策が具体化される。 このように他社の知恵を借りながら自社製品の性能を効率よく改善するというベンチマーキング手法を効果的に実施することが可能になる。

Tenergy 社では EV 化の進展により近年国内 OEM からのベンチマーキング解析プロジェクトの受託実績が急速に増えている。以下は 2019 年以降に解析を行った車両の例である。

➢ Benchmarked vehicles (2019~2023)

EV FCEV

終わりに、ベンチマーキング手法をものまねと否定的に捉える視点に対し、早稲田大学の井上竜彦教授は、日本の失速の原因を日本のイノベーション創出力が衰えたからではなく、模倣力の喪失にあると反論している。 井上教授は「模倣しなくなったから、新しいものを生み出せない」「日本人は世界的に見ても「創造的模倣」にたけた民族なのだから、その強みを自ら捨てる必要はない」

と述べている。4）

未曽有の EV シフトのもと、今、必要なのは急速なキャッチアップモードへの転換であり、ベンチマーキング解析は最も有効な改善手法と考えられる。

以上

参考文献

1) Reuters ビジネス. “韓国当局がテスラに罰金、「低温時に航続距離が減る」説明に不備” https://jp.reuters.com/article/southkorea-tesla-idJPKBN2TJ00R, 2023-01-04.

2) Hankyoreh. “1 回の充電で 528 キロ？ 実際は 220 キロ…韓国、テスラに課徴金約 3 億円” https://japan.hani.co.kr/arti/economy/45531.html, 2023-01-04.

3) Tesla News. “テスラは航続可能距離を誤魔化している！EV 航続距離の「誇張」関連訴訟、その概要” https://lowcarb.style/2023/08/05/tesla-range-exaggeration-lawsuit/, 2023-08-05

4) 日本経済新聞. 井上達彦, “「猿まね」批判を恐れるな 日本企業、戦略不全からの脱出“, 2022-05-31

付表： EV 充電１回あたり走行距離ランキング（乗車定員５名以上）全データ

| Make | Model | Version | Driven wheels | Tire (inch) | 走行距離（常温:km） | 走行距離（低温:km） | 低温距離低下率 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hyundai | G80 | Electrified | | | 433 | 411 | 5% |
| Hyundai | GV60 | Standard | AWD | 19 | 403 | 378 | 6% |
| Kia | EV6 | Long Range | AWD | 20 | 407 | 380 | 7% |
| Hyundai | GV60 | Standard | AWD | 20 | 386 | 358 | 7% |
| Kia | EV6 | Long Range | 2WD | 20 | 445 | 411 | 8% |
| Hyundai | IONIQ5 | Long Range | AWD | 19 | 418 | 386 | 8% |
| Kia | EV6 | Long Range | 2WD | 19 | 483 | 446 | 8% |
| Kia | EV6 | Standard | 2WD | 19 | 377 | 347 | 8% |
| Kia | EV6 GT | | | | 342 | 311 | 9% |
| Kia | EV6 | Long Range | AWD | 19 | 458 | 414 | 10% |
| Kia | Niro Plus | | | | 393 | 353 | 10% |
| Kia | EV6 | Standard | AWD | 19 | 362 | 324 | 10% |
| Stellantis | DS3 | | | | 265 | 235 | 11% |
| Hyundai | GV70 | | AWD | 20 | 376 | 333 | 11% |
| Hyundai | GV60 | Standard | 2WD | 19 | 470 | 416 | 11% |
| Tesla | Model Y | Performance | | | 447.9 | 393.9 | 12% |
| Hyundai | IONIQ5 | Standard | AWD | 19 | 319 | 280 | 12% |
| Tesla | Model 3 | Performance | | | 480.1 | 415.8 | 13% |
| Hyundai | GV70 | | AWD | 19 | 408 | 353 | 13% |
| Hyundai | IONIQ5 | Long Range | AWD | 20 | 397 | 342 | 14% |
| Hyundai | Kona | Standard | 2WD | 17 | 313 | 269 | 14% |
| BMW | iX1 | xDrive30 | | | 313 | 268 | 14% |
| Hyundai | IONIQ5 | Long Range | 2WD | 20 | 423 | 362 | 14% |
| Hyundai | IONIQ5 | Standard | 2WD | 19 | 342 | 292 | 15% |
| Hyundai | IONIQ6 | Long Range | 2WD | 20 | 453 | 386 | 15% |
| Hyundai | IONIQ5 | Long Range built-in cam not applied | 2WD | 19 | 470 | 399 | 15% |
| Tesla | Model Y | Long Range | | | 511.4 | 432.5 | 15% |
| Hyundai | IONIQ6 | | | | 499 | 418 | 16% |
| Tesla | Model 3 | Long Range | | | 527.9 | 440.1 | 17% |
| Hyundai | IONIQ5 | Long Range | 2WD | 19 | 469 | 389 | 17% |
| Hyundai | Kona | Long Range | 2WD | 19 | 371 | 307 | 17% |
| Hyundai | GV60 | Performance | AWD | 21 | 372 | 302 | 19% |
| Hyundai | Kona | Long Range | 2WD | 17 | 419 | 340 | 19% |
| Mercedes | EQA250 | | | | 302.644 | 244.662 | 19% |
| Hyundai | IONIQ6 | | | | 430 | 342 | 20% |
| Stellantis | Peugeot e-2008 | | | | 237 | 187 | 21% |
| Hyundai | IONIQ6 | | | | 373 | 294 | 21% |
| Stellantis | Peugeot e-208 | | | | 277 | 218 | 21% |
| Hyundai | IONIQ6 | | | | 544 | 428 | 21% |
| Mercedes | EQA250 | | | | 300.805 | 233.769 | 22% |
| Toyota | RZ450e | | | | 377 | 290 | 23% |
| BMW | i4 | M50 | | | 385 | 295 | 23% |
| Kia | EV9 | | | | 490 | 370 | 24% |
| Volvo | C40 | | | | 407 | 305 | 25% |
| BMW | i4 | eDrive | | | 444 | 327 | 26% |
| Kia | EV9 | | | 19 | 508 | 368 | 28% |
| Mercedes | EQB300 | | | | 312.59 | 225.665 | 28% |
| Volvo | XC40 | | | | 337 | 243 | 28% |
| BMW | iX3 | M Sport | | | 356.9 | 255.1 | 29% |
| VW | ID.4 | | | | 405 | 288 | 29% |
| Volvo | C40 | | | | 356 | 251 | 29% |
| VW | ID.4 | | | | 421 | 292 | 31% |
| GM | Bolt | EUV | | | 403 | 279 | 31% |
| GM | Bolt | EV | | | 414 | 273 | 34% |
| VW | Audi Q4 | e-tron | | | 411 | 268 | 35% |