

2023.06.26 NEDO VIPワークショップ

次世代キャパシタ・高速蓄電デバイスの進化

太陽光発電の自立化・高効率化・気象変動対応

東京農工大学 元理事/副学長・名誉教授 直井 勝彦



東京農工大学小金井キャンパス

次世代キャパシタ研究センターに設置 (2016.05)
太陽電池 = キャパシタ = リチウムイオン電池の実証試験



太陽電池
発電量 5 kW
京セラ製
多結晶シリコン製



リチウムイオン電池

キャパシタ

変換装置

パワーコン

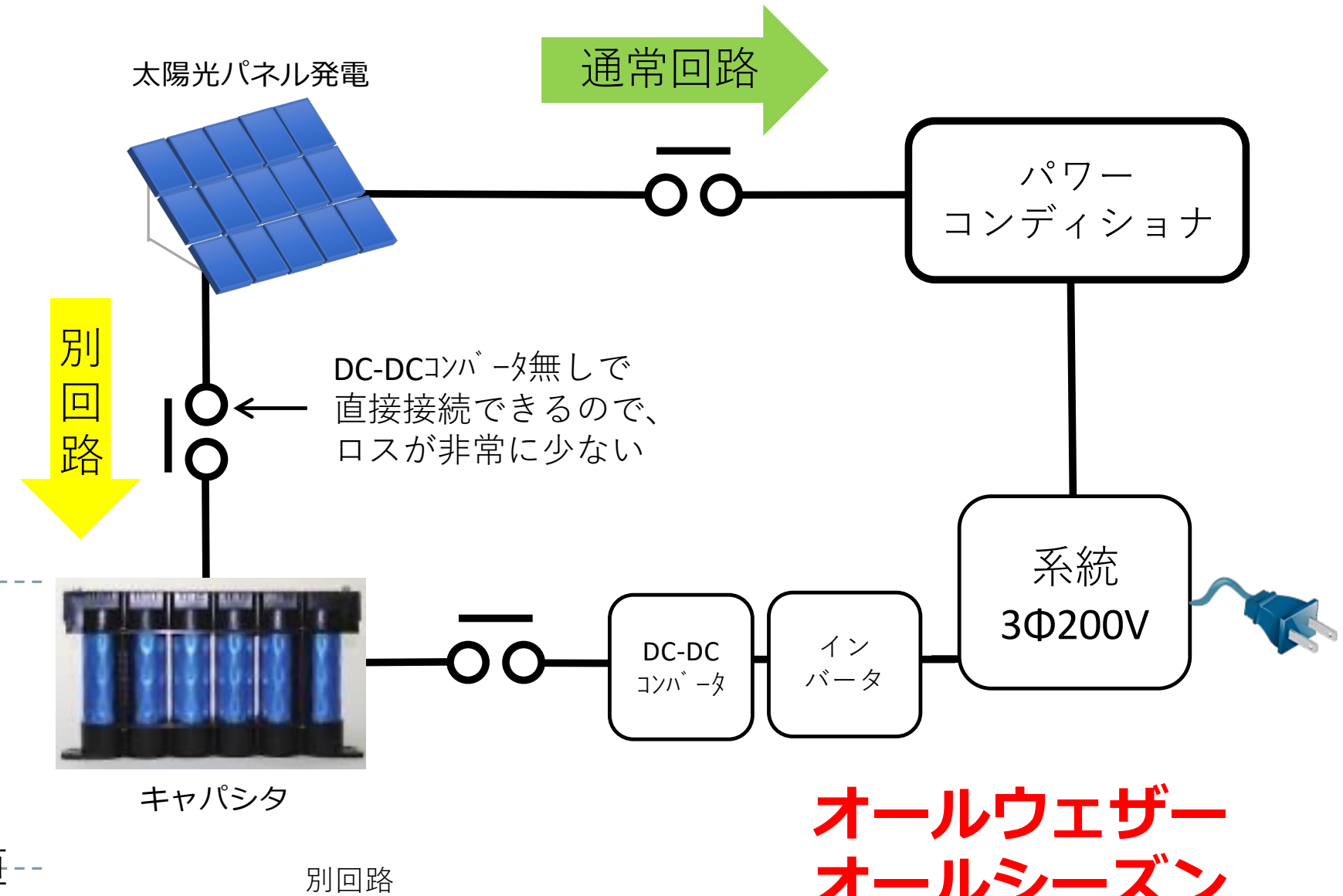
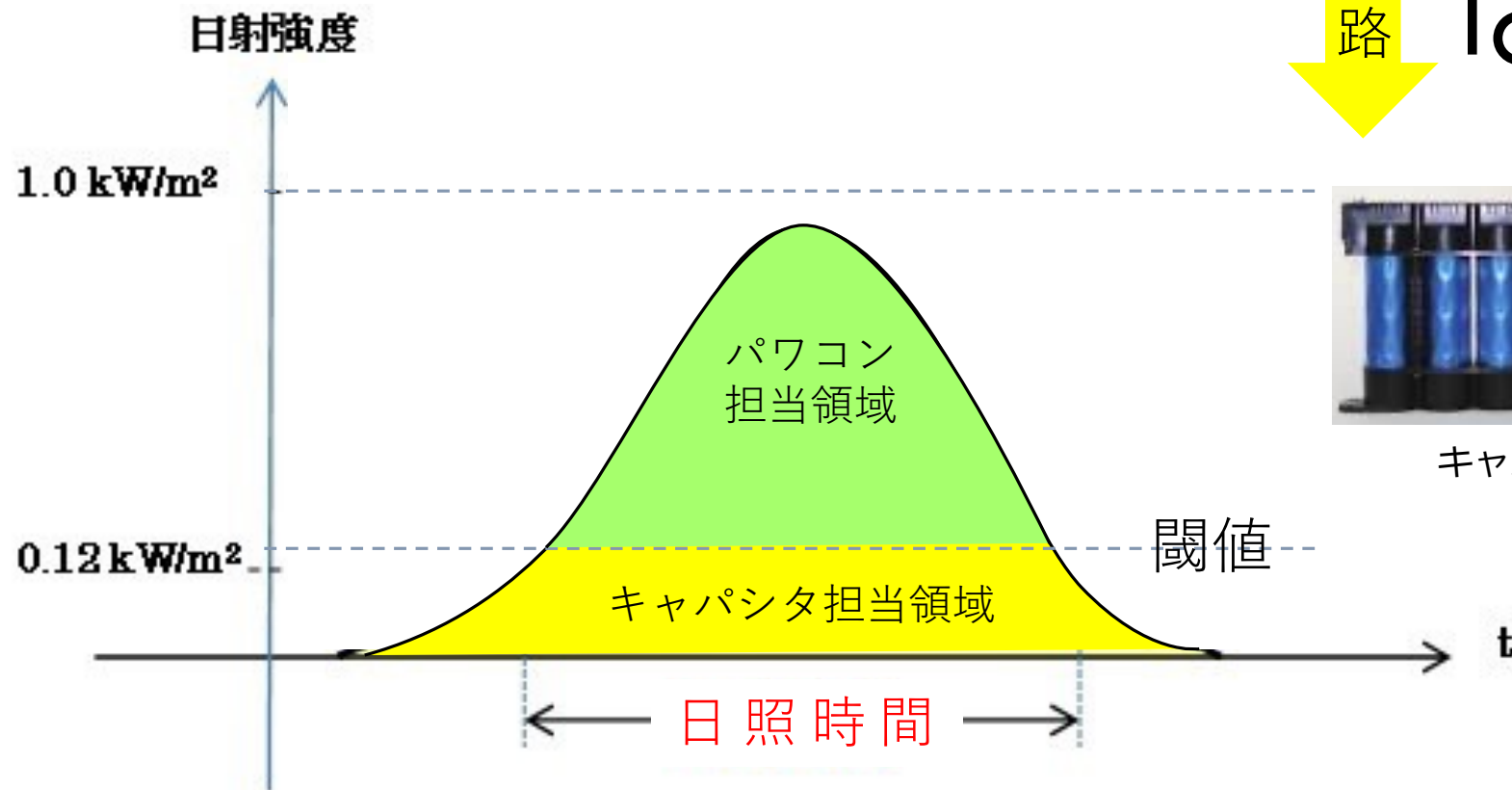
コントロール
パネル

太陽光発電の高効率化を可能とする新型キャパシタの開発

2ウェイ方式高効率太陽電池=キャパシタ蓄電システム

日射・発電電力によって
分けて電力を回収する
2-ウェイシステム

パワコンの担当する領域
キャパシタの担当する領域

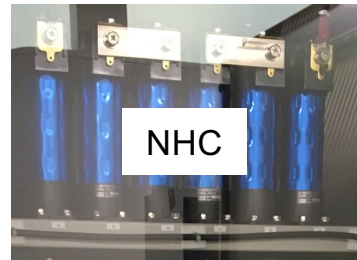
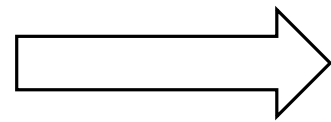


オールウェザー
オールシーズン
オールロケーション
2ウェイ高効率太陽電池システム

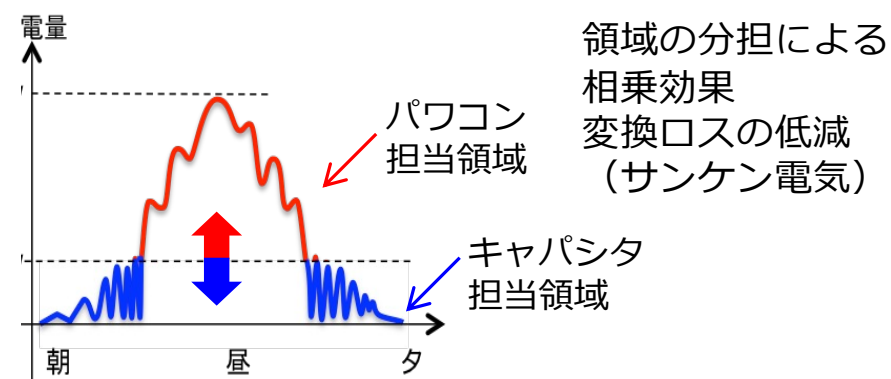
東京農工大学・新エネルギー産学協働プロジェクト

「次世代キャパシタ研究センター」 x 「ゼロエミッションセンター」 x 「3企業」

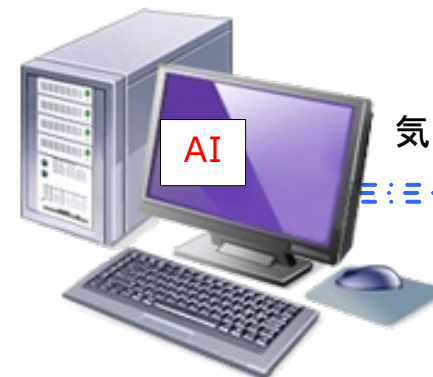
- 1) ZEB本格実証試験、パネル規模の拡大/ ZEH⇒ZEBで5 kW⇒35 kW
- 2) 現行キャパシタ⇒容量3倍の新開発「ナノハイブリッドキャパシタ」を初めて導入
- 3) AIの導入と気象庁予報との連携⇒最大効率の最適化
- 4) 新開発パワコンによるキャパシタとの相乗効果



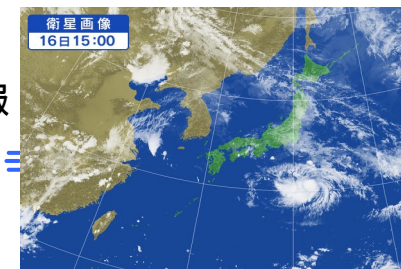
現行キャパシタ(EDLC)から、容量3倍の新開発「ナノハイブリッドキャパシタ(NHC)」モジュールの導入。
システム的大幅小型化/効率化
(日本ケミコン/東京農工大直井研)



IOTとAIの活用 (IHI計測)



気象庁予報



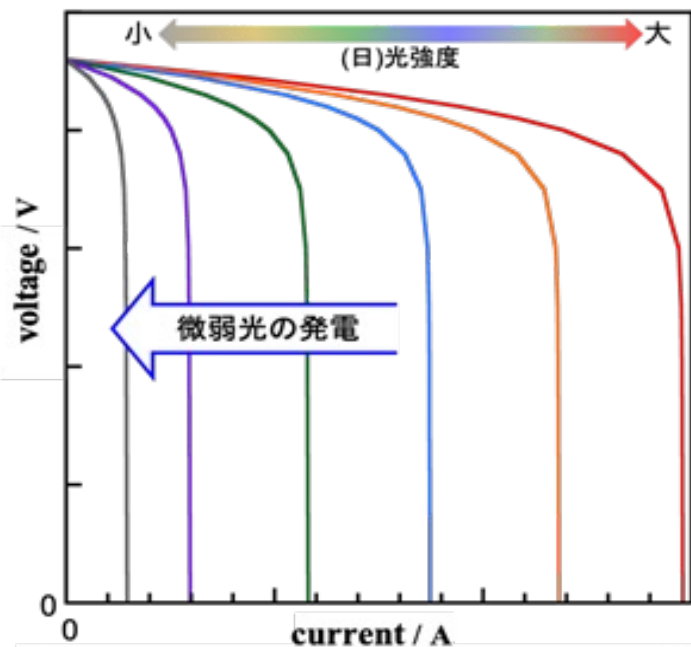
東京農工大学イノベーションパーク構想2018

FS (フーズイビリティ・テスト) を経て
本格的な実証試験へ→環境省CO2削減プロジェクト

ソーラーパネルと直結 → キャパシタ的充放電プロファイル

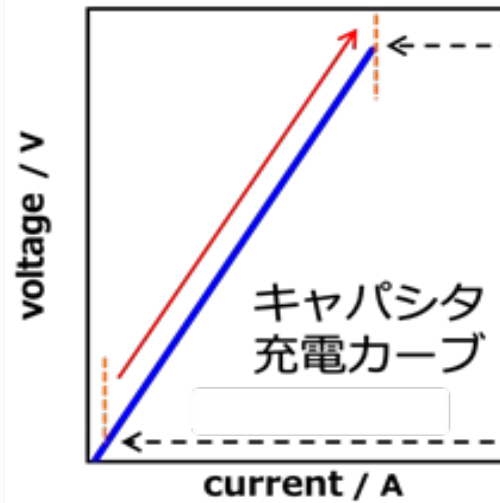
【DC-DCコンバータ不要】 【微弱太陽光発電の受入性を最大化】

太陽光パネルの発電のI-Vカーブ



発電のI-Vカーブはスロープ、微弱電流であるほど、傾斜が急峻になる

キャパシタ

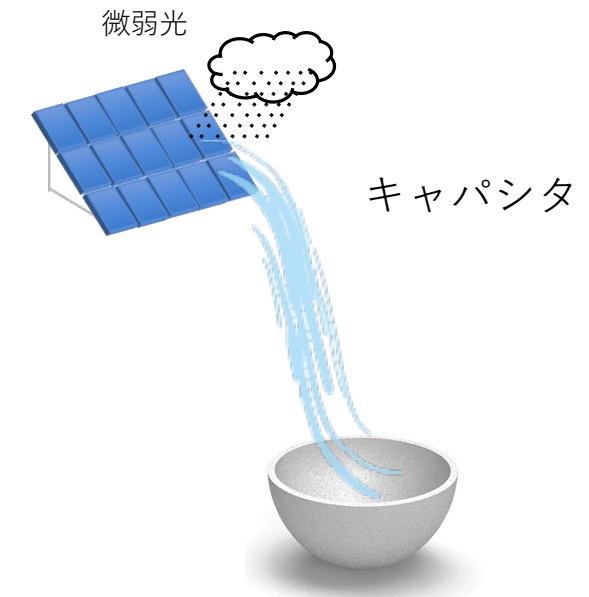


DC-DCコンバータ不要
直づけ可、深いSOC

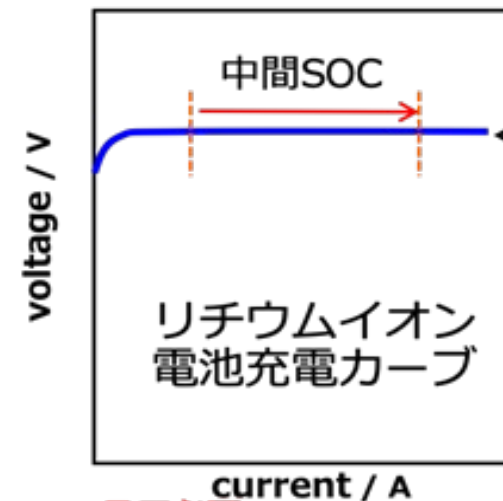
高SOC

PVからの受入性が良い

0 V付近(低SOC)から、そのまま充電できる。すなわち微弱電流が貯められる。太陽光パネルと直付けできる。



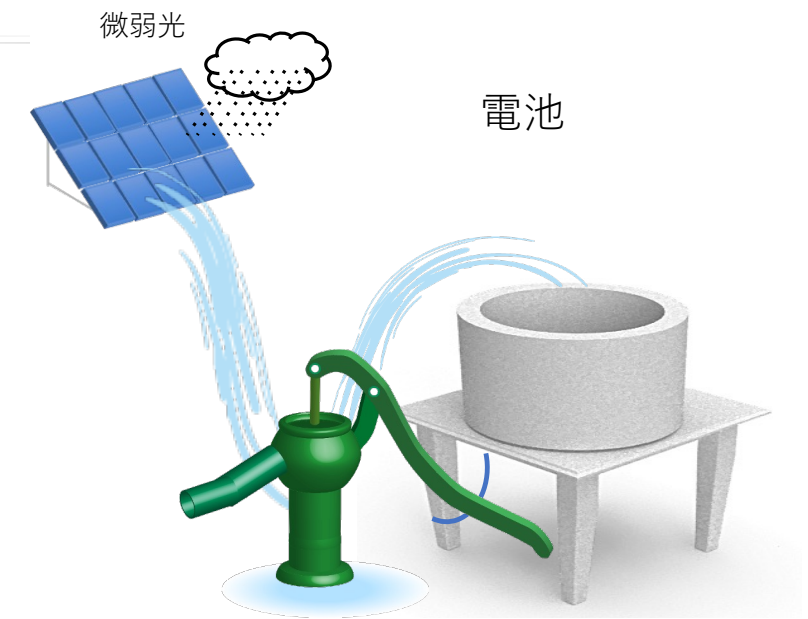
リチウムイオン電池



昇圧必要
DC-DCコンバータ必要
直づけ不可、浅いSOC

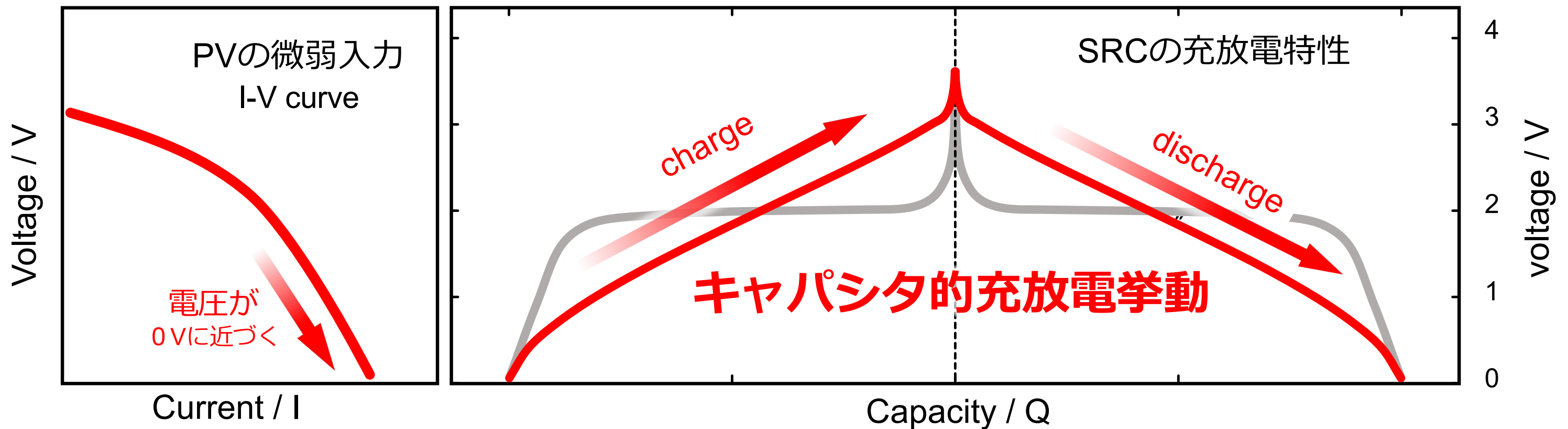
この電圧まで、DC-DCコンバータで昇圧しなければ充電できない。この電圧以下の微弱電流は受け入れられない。

PVからの受入性が悪い



蓄電デバイス { 高電圧化/高容量化
太陽電池受入性/高寿命化

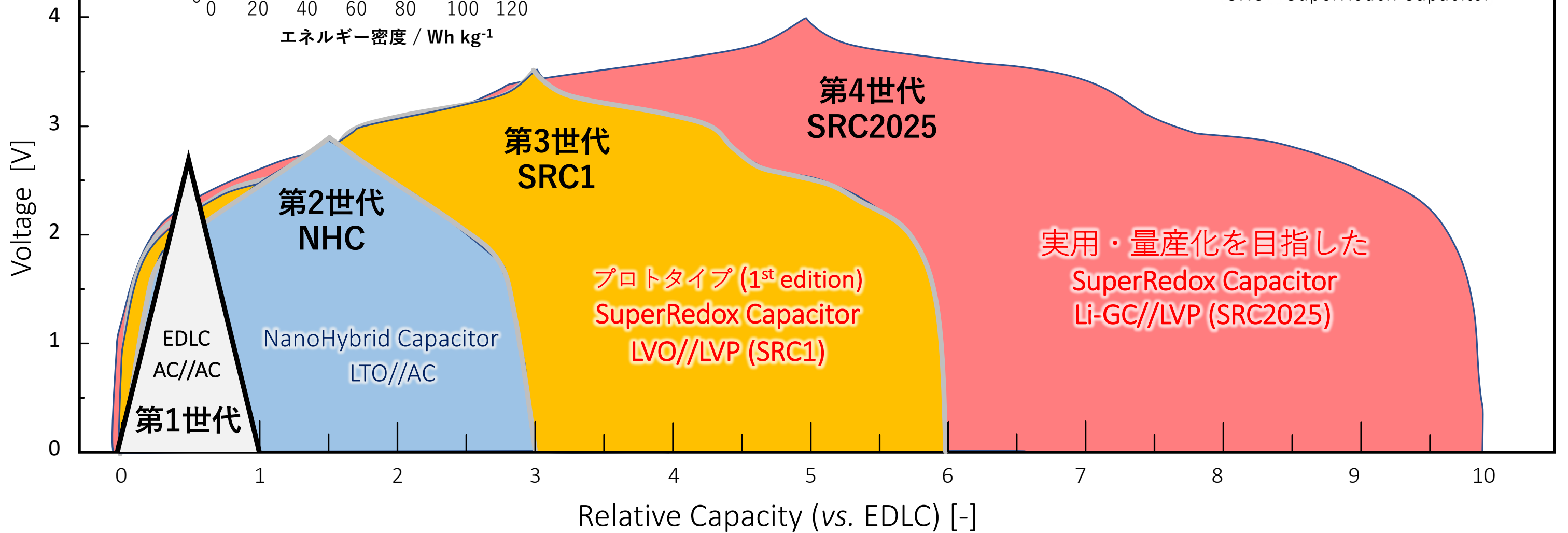
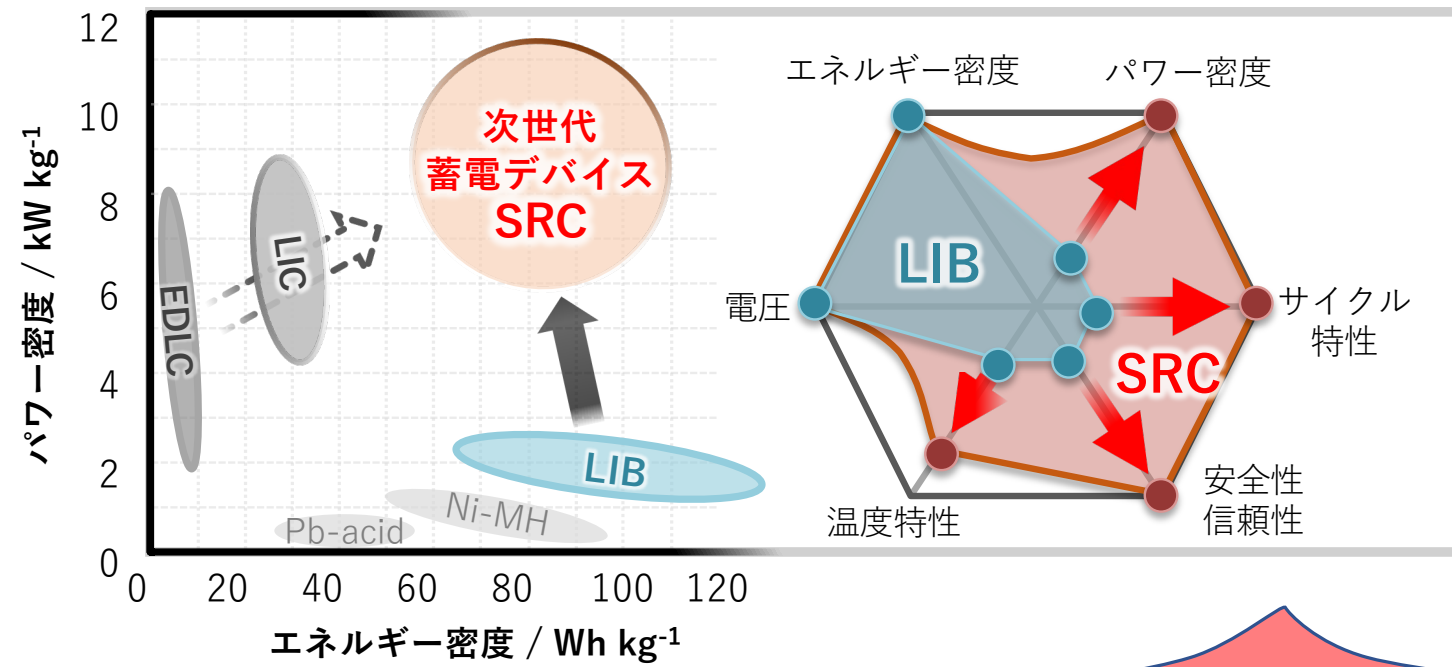
PV微弱入力をSRCでスムーズに回収



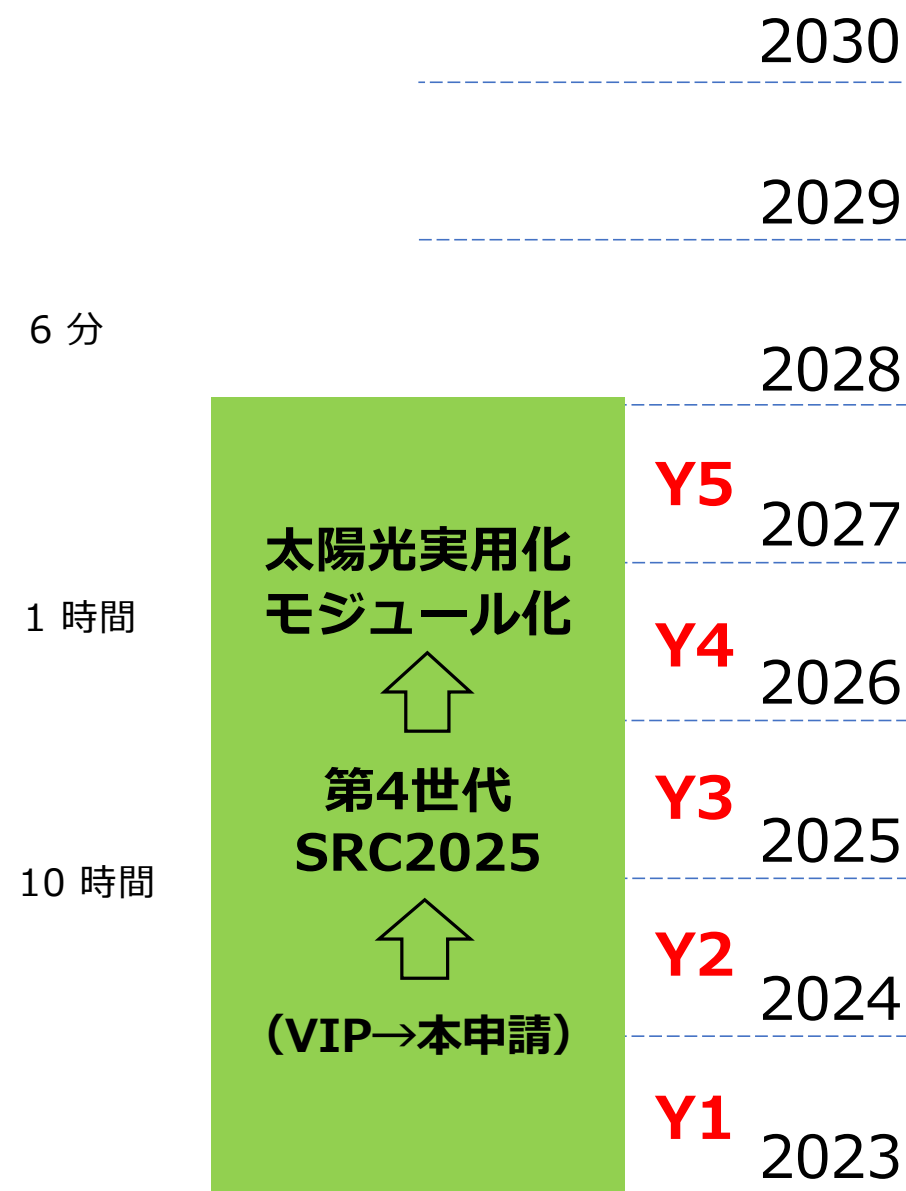
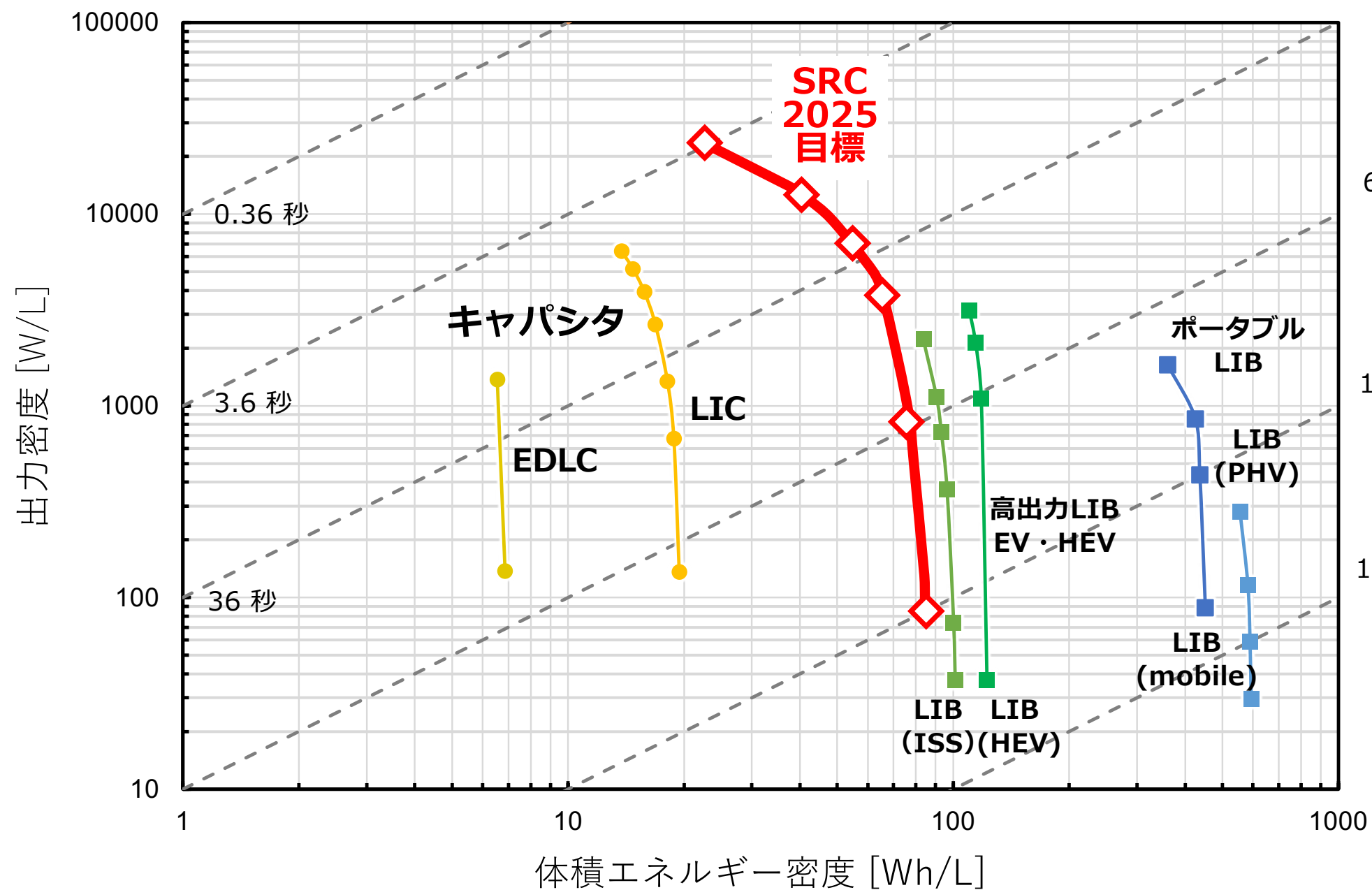
革新的ナノ材料と Liプレドープ技術の導入

**LIBを超える新たなステージ
→次世代蓄電デバイス(SRC)**

*SRC : SuperRedox Capacitor

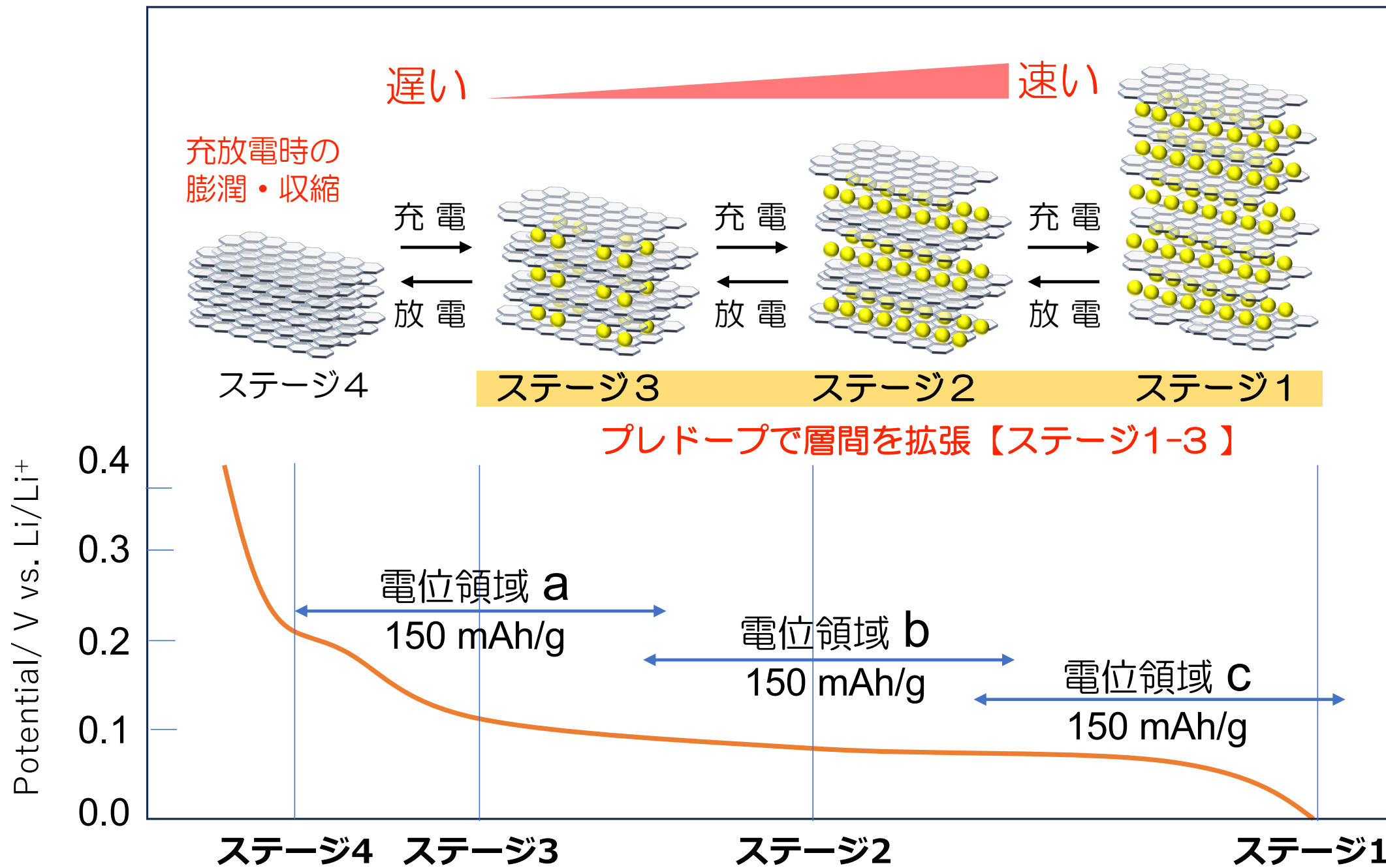


SRC2025のターゲット・目標値



リチウムプレドープ：負極の高入出力化・高サイクル特性

層間を予め拡張→高速充放電、安定したサイクル



リチウムプレドープの副次的効果 6

驚くほど多くのメリットが実証されている

①最適なセル設計が可能

最適な設計による付加価値

プレドープで不可逆容量をキャンセル
→正極と負極の利用範囲を最大・最適化

②エネルギー密度の最大化

正極と負極を最適なバランスで使用可能

③負極の高入出力化・サイクル特性改善

体積変化が小さく、高速な反応領域のみを使用可能

④安全性の向上

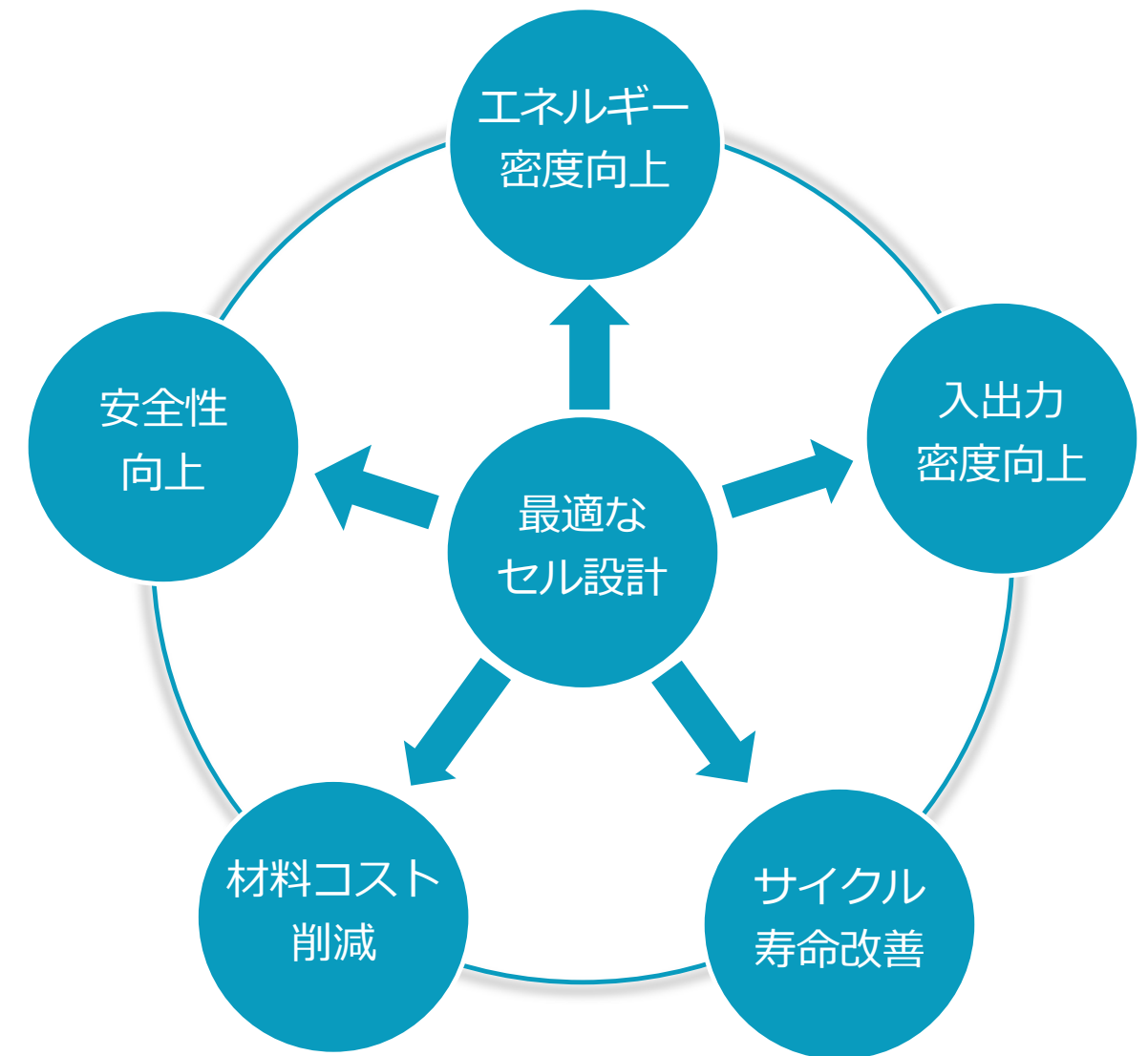
黒鉛GCステージ1だけを使用→Li金属析出リスク激減

⑤対極の正極も安定化

負極表面が安定化→正極側の連続的な溶出を抑制

⑥材料コスト削減

正負極材料の利用率を最大化→材料コストを削減



あらゆるセル特性を最大化できる有効な技術

SRCの設計と太陽光システムへの適用と期待値

セルスペック

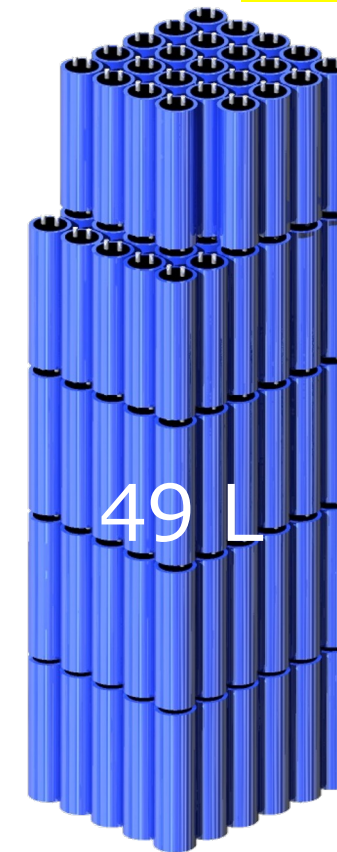
| 主要項目 | EDLC (AC//AC) | SRC2025 (Li-GC//Ti-LVP) |
|------------------------|--------------------|-------------------------|
| セル電圧(V) | 1.3– 2.3 V | 2.5– 4.2 V |
| セル体積(cm ³) | 338cm ³ | 25cm ³ |
| セル容量(mAh) | 620 | 570 |
| セル抵抗(mΩ) | ~1 | 5.8 |
| 体積エネルギー密度(Wh/L) | 3.3 | 83.8 |

モジュールスペック

| | EDLC | SRC2025 |
|------------|------|---------|
| 直列セル本数 (本) | 144 | 76 |
| 総セル体積 (L) | 49 | 1.9 |
| 総エネルギー(Wh) | 160 | 160 |

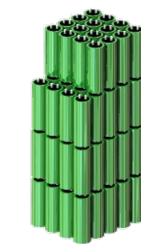
太陽光パネル (320 V)に直列接続

EDLC : 144本



セル本数は約1/2
体積は約1/26 に!
総エネルギー同じ

SRC2025 : 76本



1.9 L

EDLC



SRC2025



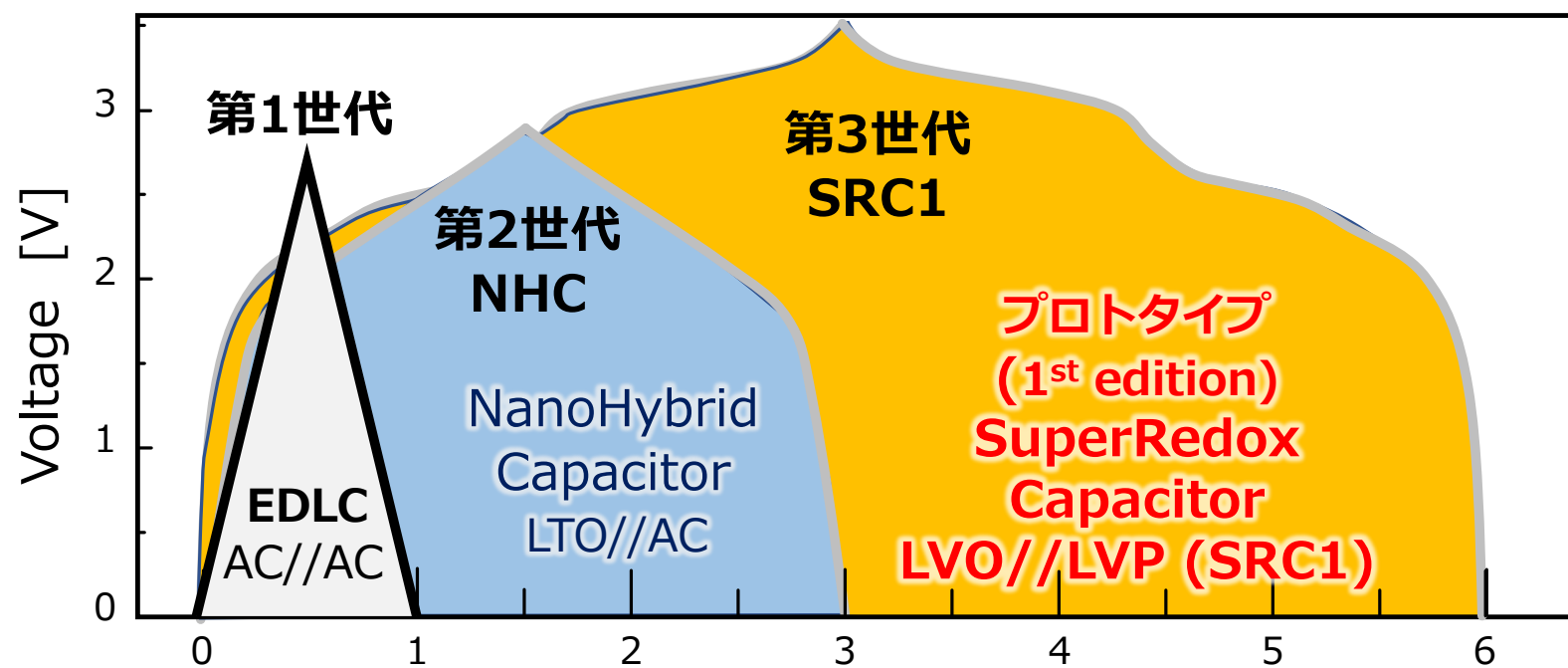
セル体積は約1/14
Wh容量は同じで

338 cm³
50φx175L

25 cm³
21φx70L
(21700)

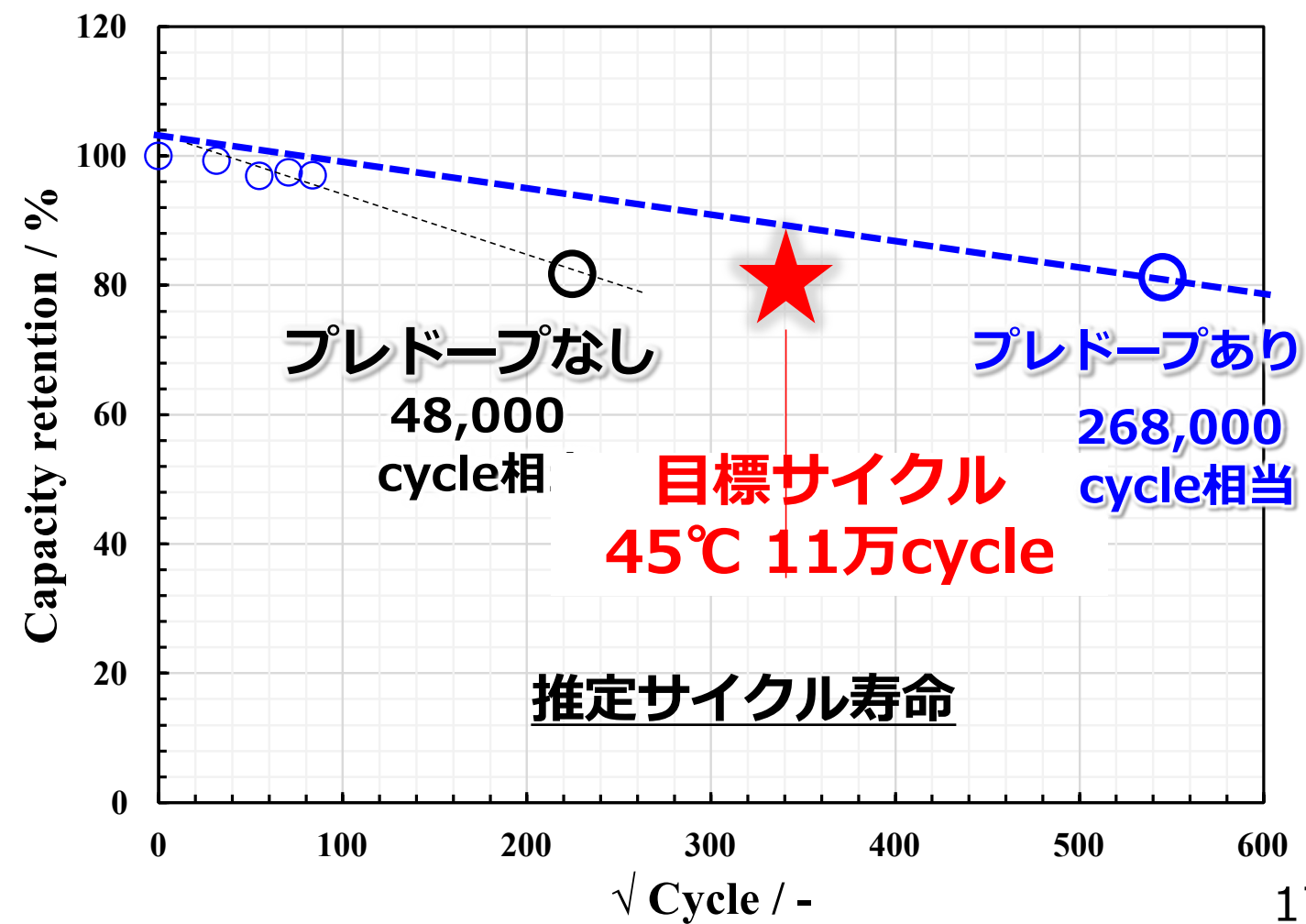
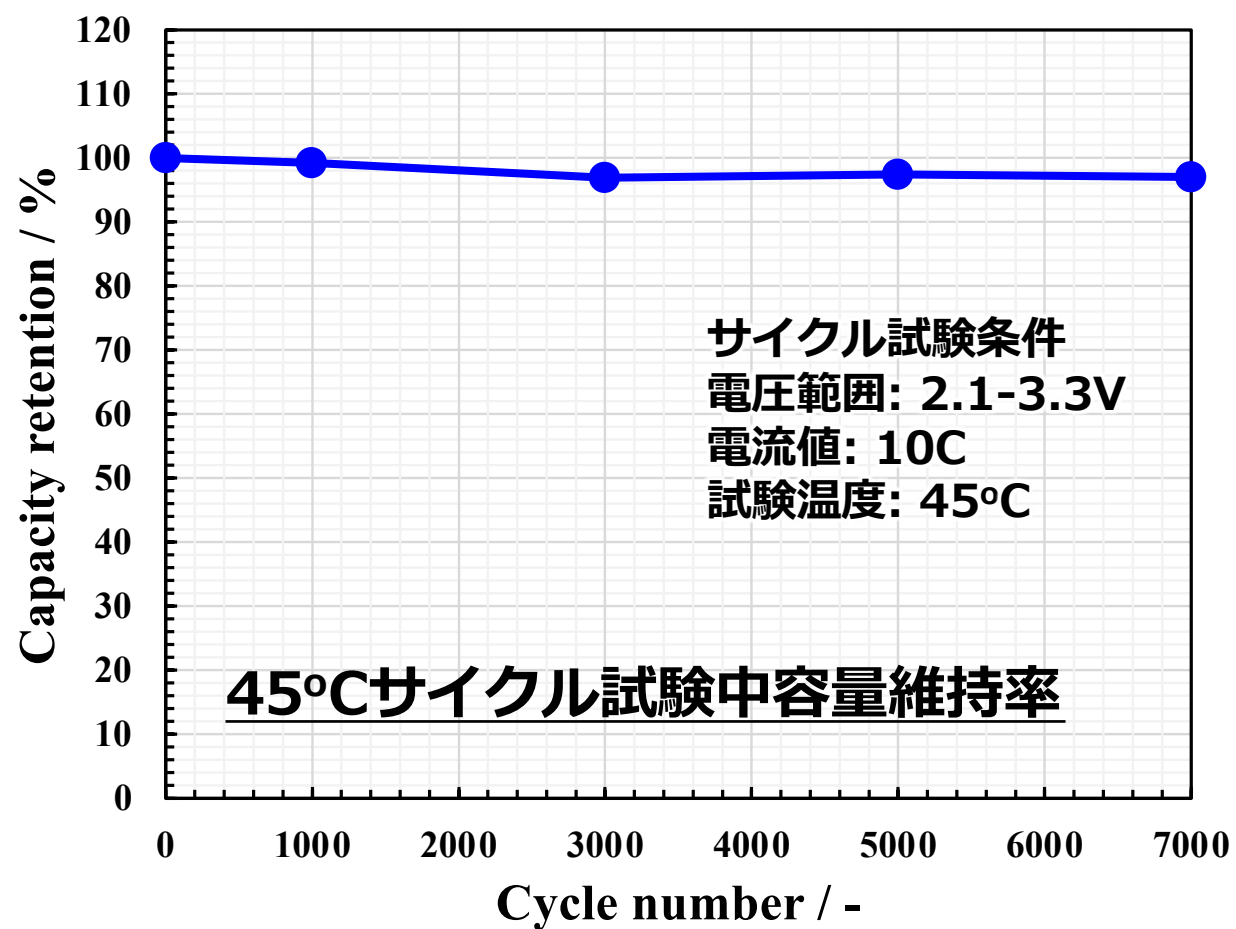
(0.3 L/Wh)

(0.01 L/Wh)



JST A-Step プロトタイプセル

【第3世代SRC1 : LVO//LVP】
耐久性評価とプレドーピング改良によるサイクル寿命の推定



新産業および新事業創出の可能性

1) 太陽光発電において広がる応用の可能性

日本の日照時間は多くなく（世界平均2500時間、日本1850時間）、かつパネル設置場所も限られている日本において、高効率化は大きく貢献できる。

広がる応用例

日当たりに偏りがある
駐車場、駐輪場など
(位置が低くて周りの影の影響を受ける)

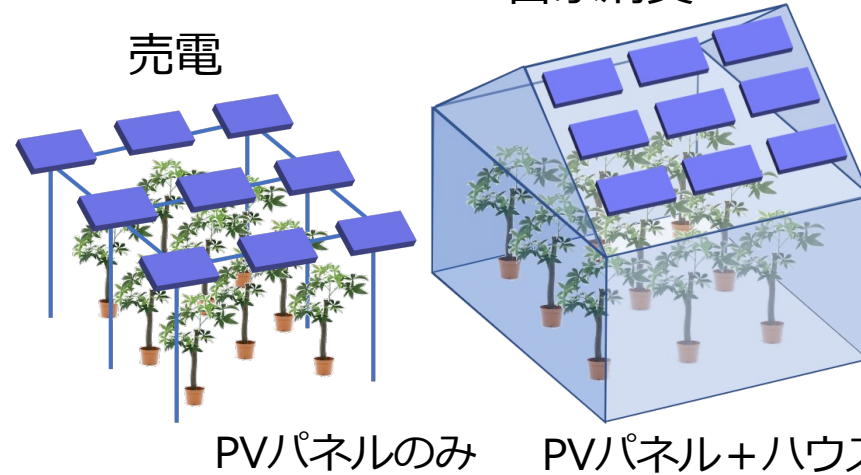


ソーラーシェアリング
農業分野への展開

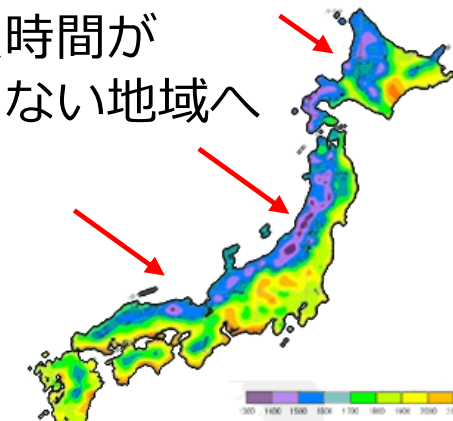


自家消費

売電



日照時間が
長くない地域へ

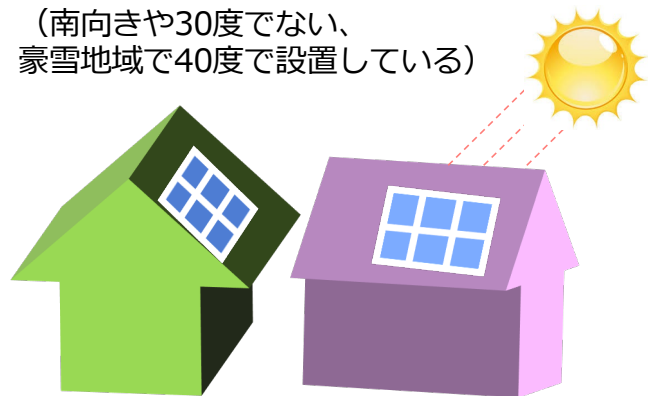


年間日照時間()1971~2000年の平均値

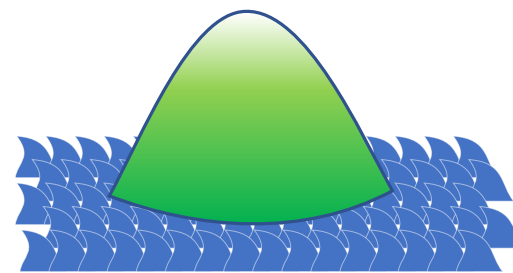
出典 気象庁 気象統計情報 →詳細

屋根の向きが理想的でない

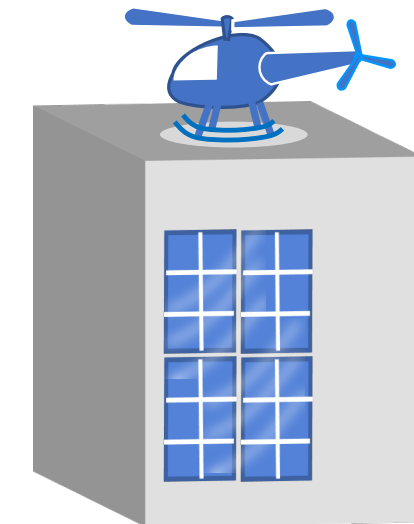
(南向きや30度でない、
豪雪地域で40度で設置している)



孤島
(エネルギーの自立化)



垂直にPVパネルを使う



新産業及び新事業創出の可能性

2) ソーラーシェアリングの例（農業分野）

本システムでは、植物とエネルギーの双方で太陽光が最大限使えるようにできるメリットがあり、農業法人から話を聞いて進めている。

植物の生育を妨害せず太陽光パネルを設置しながら、高効率化を図ることができる。また、ビニールハウスの上に設置する際、屋根の方向や角度に関係なくパネルが設置できる。従来のシステムではその場合MPPT搭載のパワコンを方向別毎に設置しなければならないが、キャパシタシステム利用ではパワコンは1台で良い。

食とエネルギーは、日本は自給率が特に低く、重要な喫緊の問題であるため、是非とも展開して行きたいと考えている。

