

新型ナノハイブリッドキャパシタ

超高出力・ナノ結晶チタン酸リチウムにより、現行の電気二重層キャパシタの3倍のエネルギー密度を達成

直井勝彦、玉光賢次

東京農工大学大学院 共生科学技術研究院

直井研究室

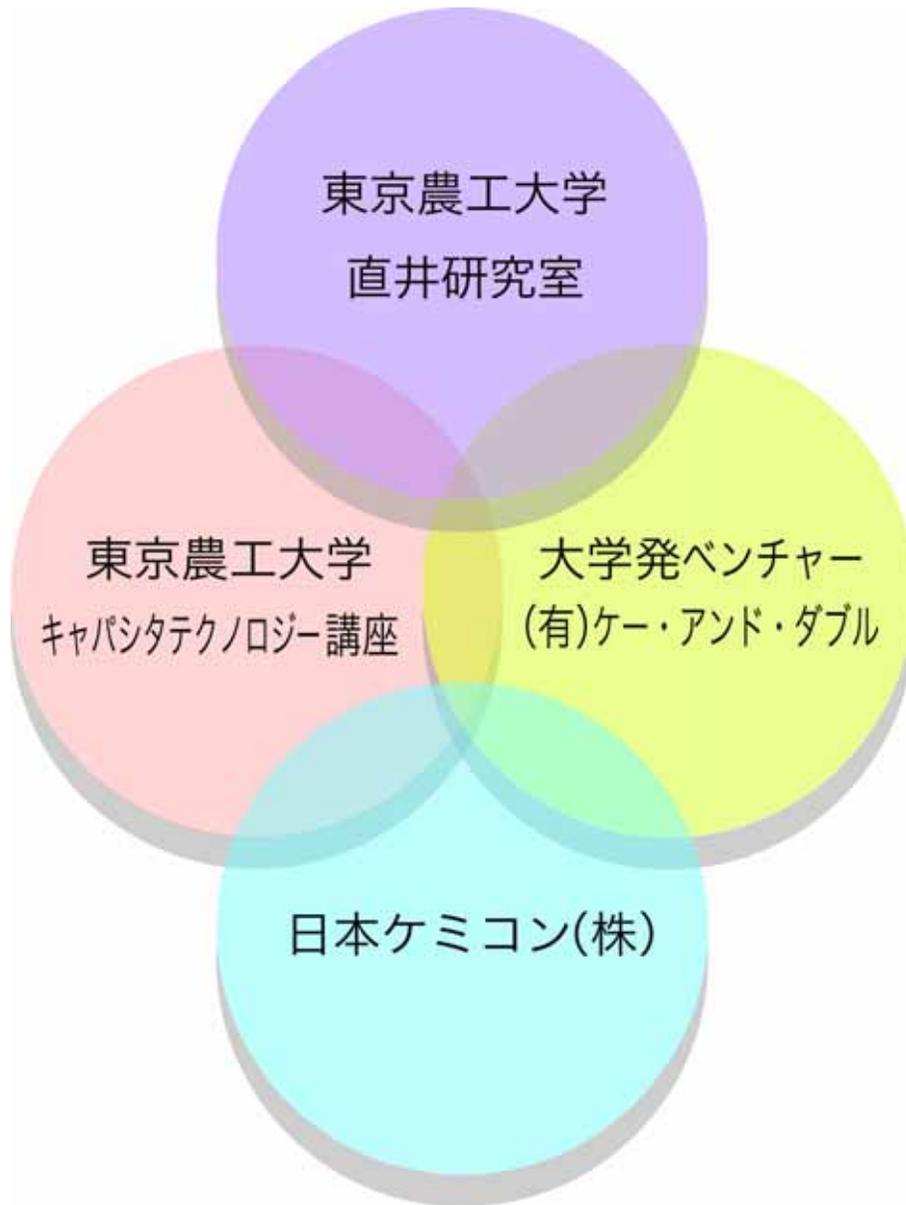
キャパシタテクノロジー講座

日本ケミコン(株)

(有)ケー・アンド・ダブル

東京農工大学独自の産学連携

キャパシタ分野のコラボレーション



研究

キャパシタのサイエンスの確立
新しいキャパシタの研究・開発と応用
世界的なジャーナルへの投稿

人材育成

キャパシタ開発に特化した人材育成
(キャパシタ開発に即戦力となる人材を育成する)
実用的な技術の研修(On the Job Training)

社会活動

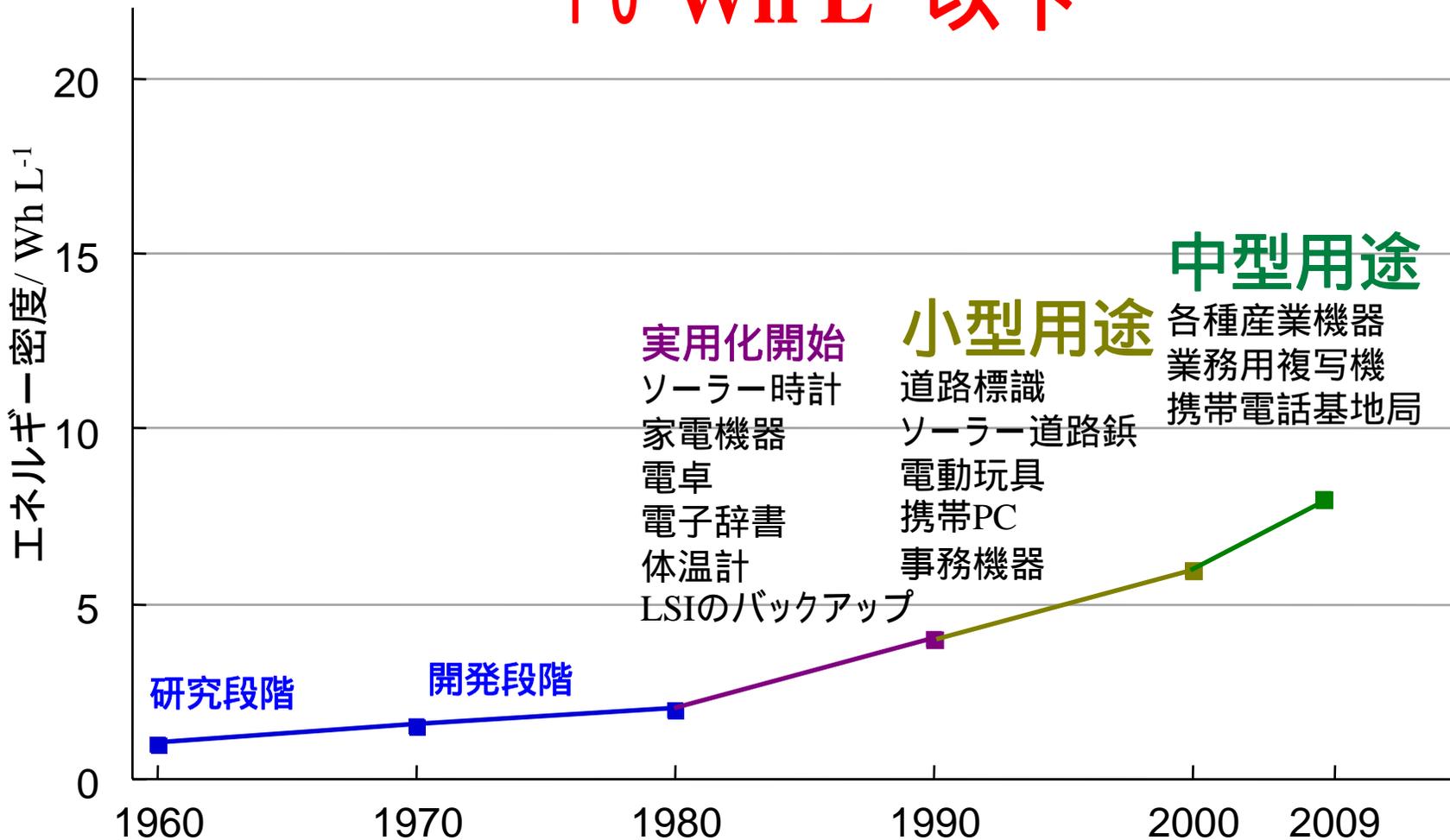
キャパシタの社会的認知度をあげる
(キャパシタについてのわかりやすい著書を出版する)
(一般的な科学雑誌にどんどん投稿する)
(公開セミナーなどの企画を行う)

社会貢献

世界初のスーパーキャパシタの実用化
太陽電池、風力発電、ハイブリッド車などとキャパシタとの組み合わせなどの提案

電気二重層キャパシタのエネルギー密度 (蓄えられる電気量)

10 Wh L⁻¹以下



高エネルギー密度化による 環境エネルギー分野への市場拡大

ナノハイブリッド
キャパシタ



HEVエネルギー
回生用途

再生可能エネルギー貯蔵用途

20 Wh L⁻¹

Energy Density / Wh L⁻¹

1960 1970 1980 1990 2000

研究段階

開発段階

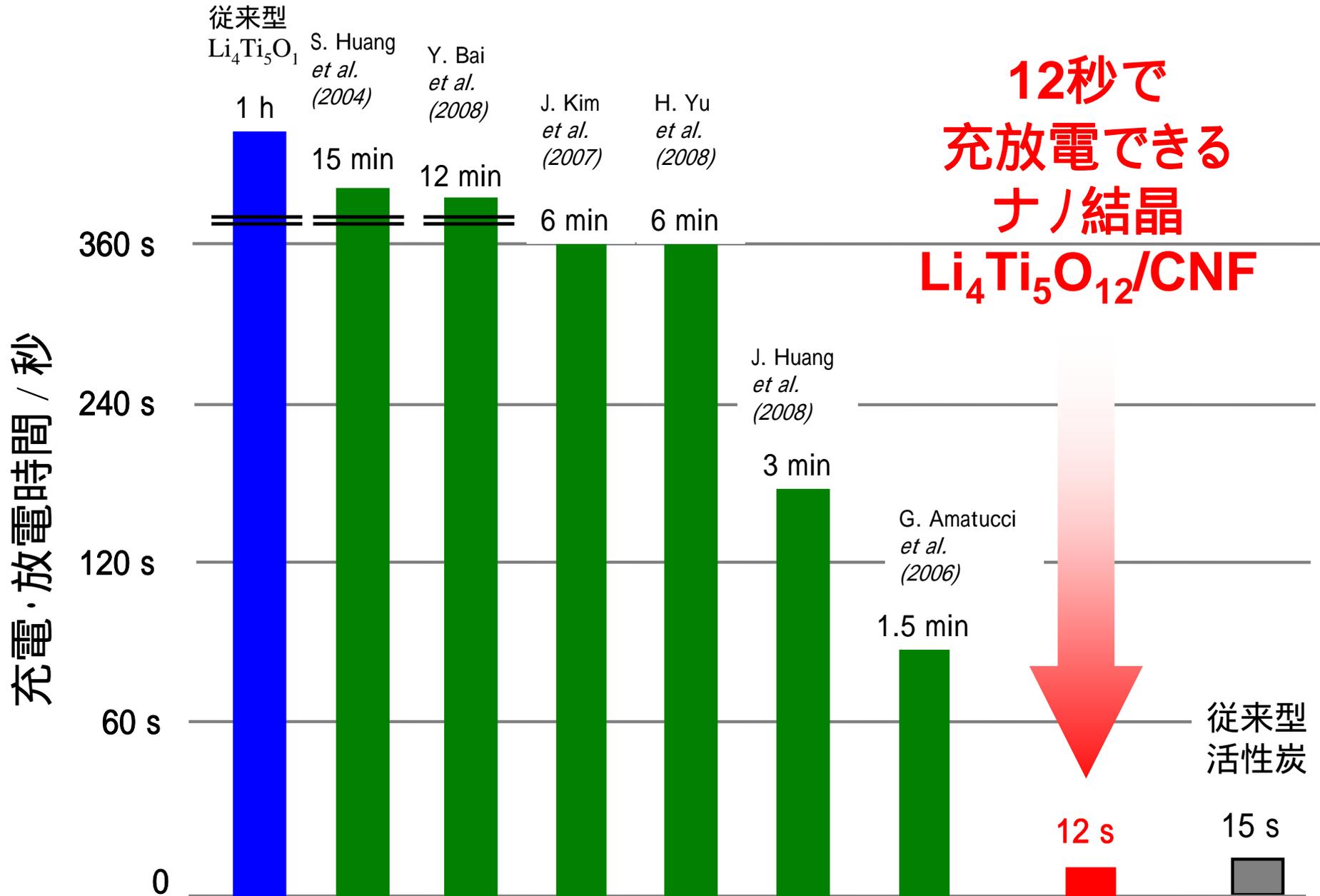
実用化段階
ソーラー時計
家電機器
電卓
電子辞書
体温計
LSIのバックアップ

小型用途の拡大
道路標識
ソーラー道路釘
電動玩具
携帯PC
事務機器

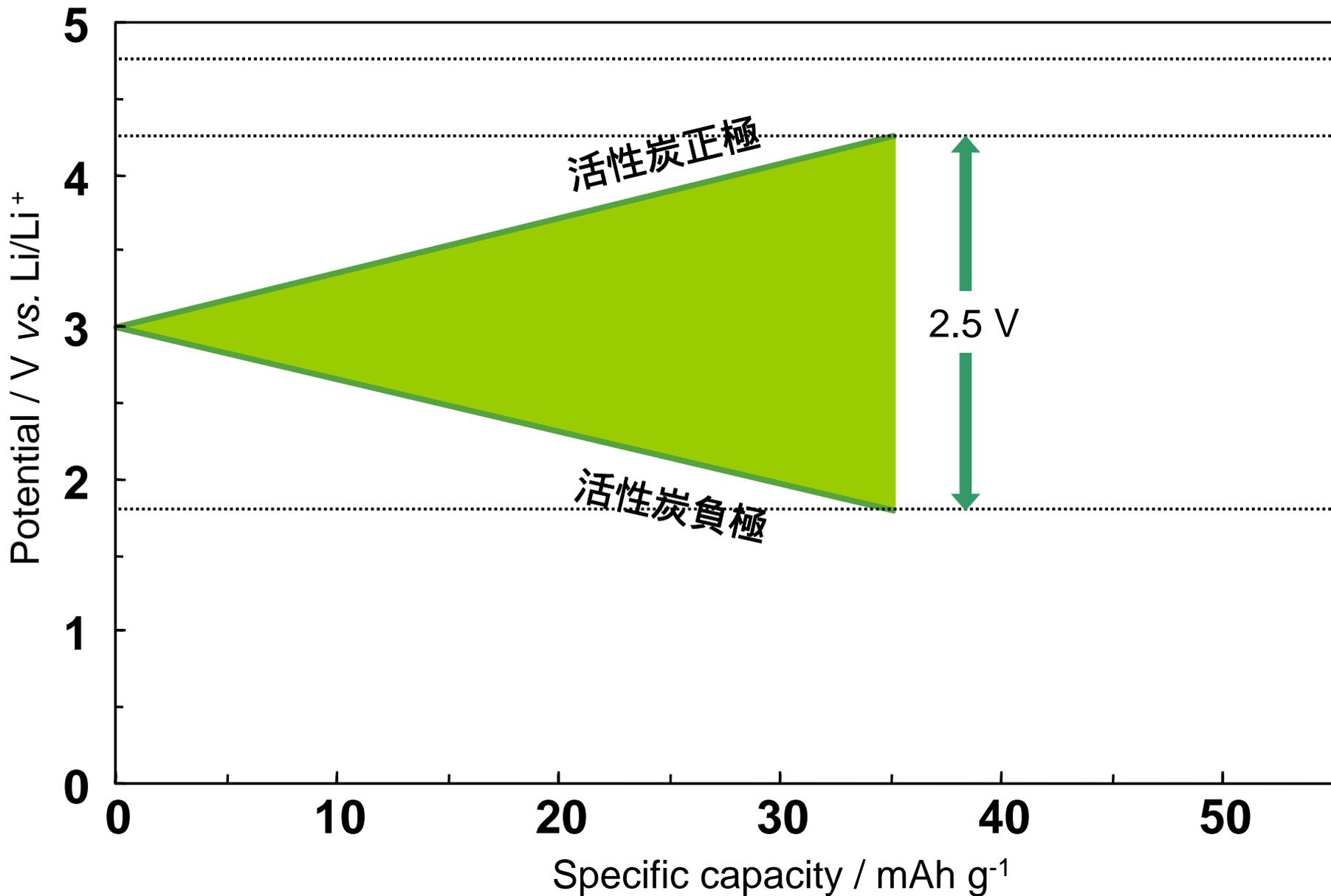
中型用途の拡大
各種産業機器
業務用複写機
携帯電話基地局



従来の $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ の研究との比較

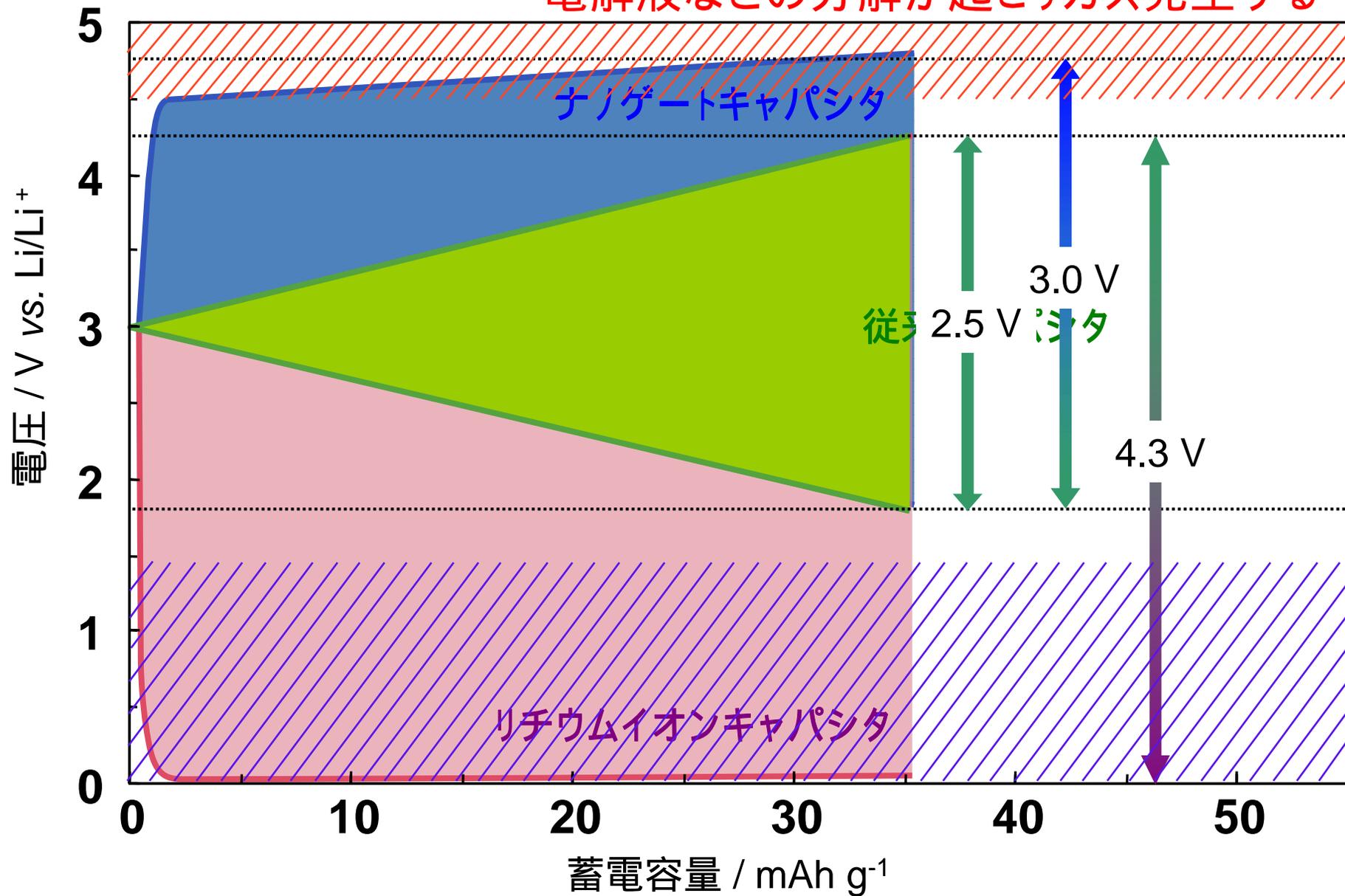


従来のキャパシタ



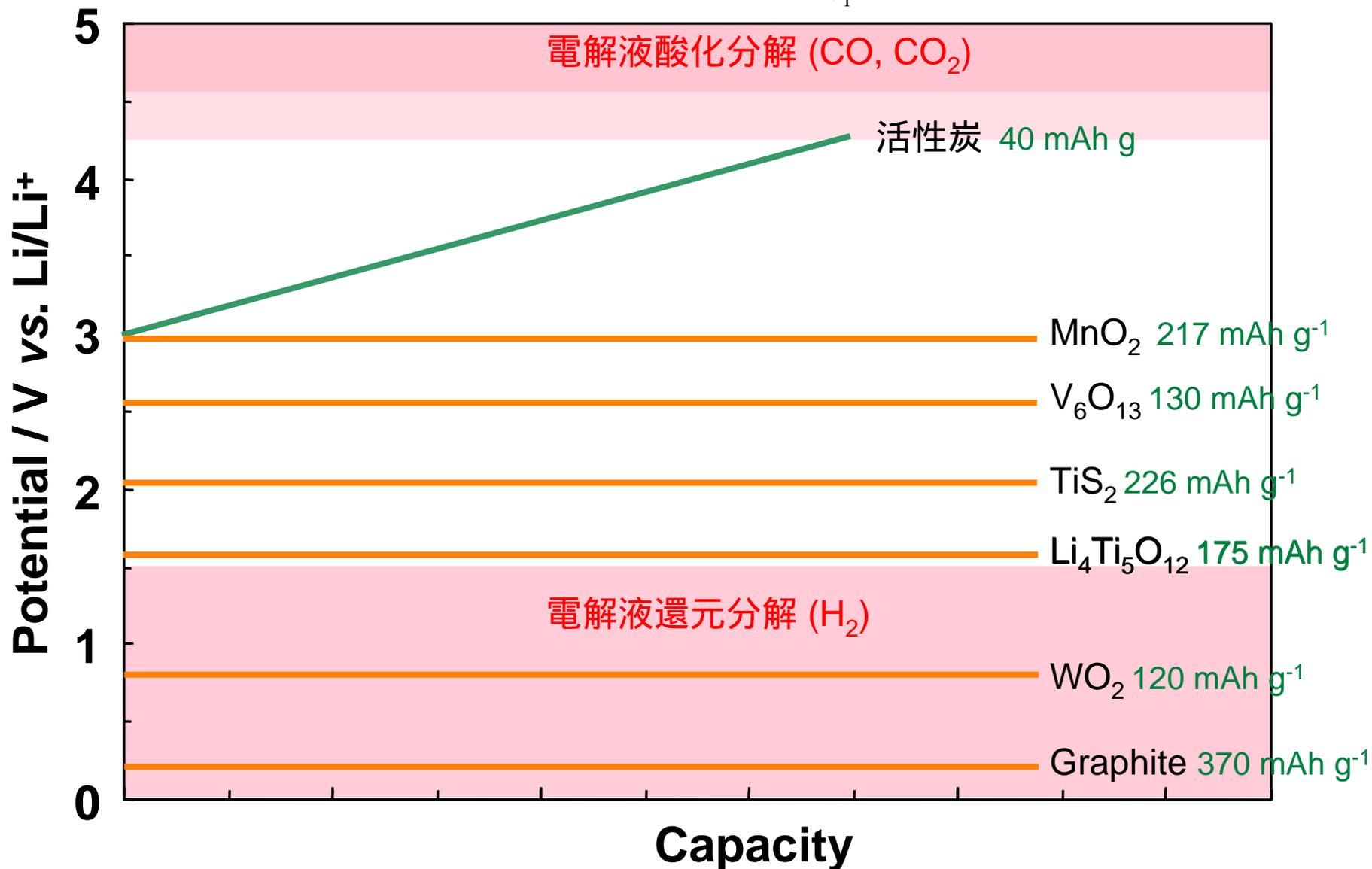
次世代キャパシタ: サイクル充放電を繰り返すと

電解液などの分解が起こりガス発生する

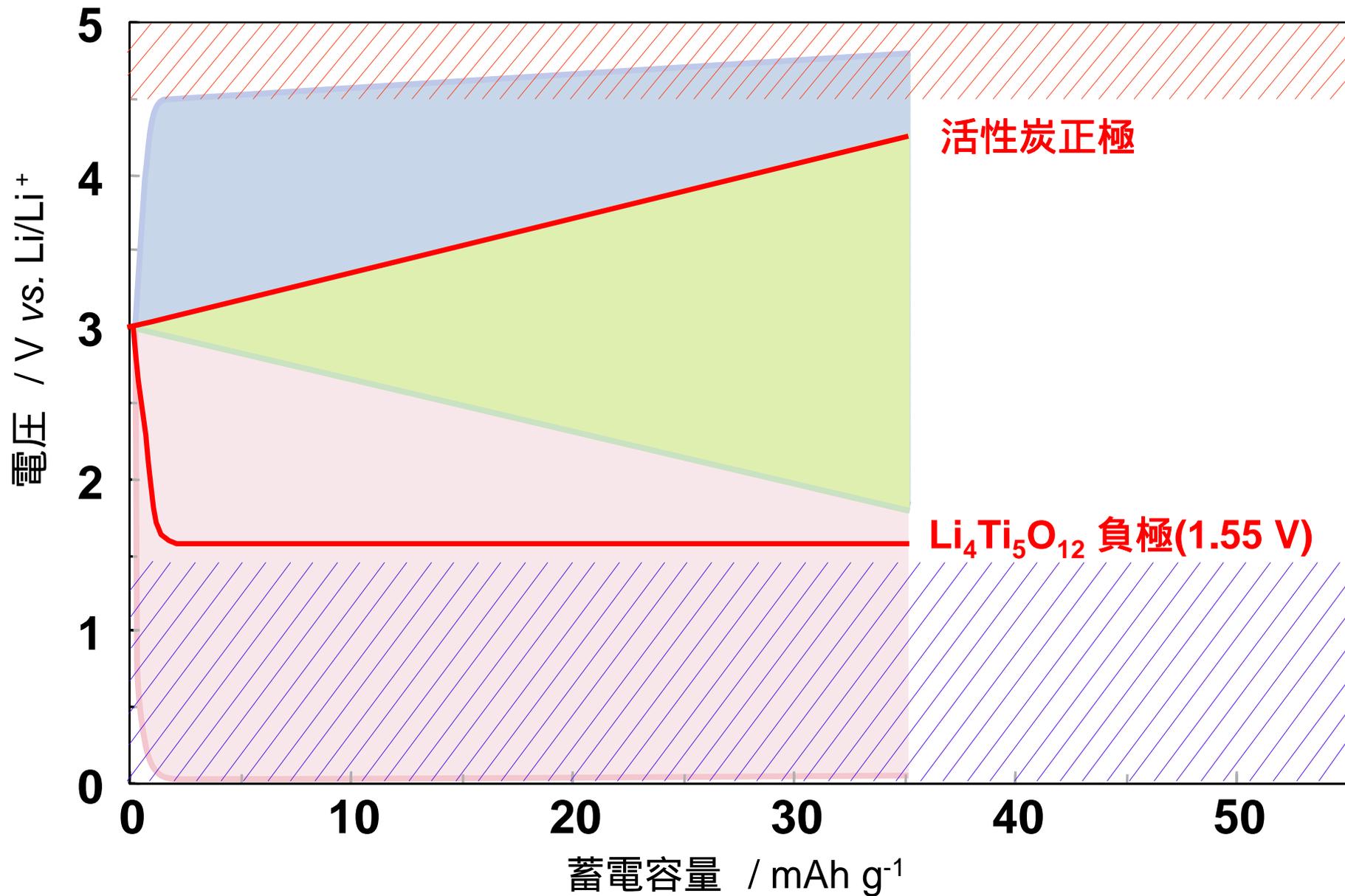


キャパシタ負極材料の選定

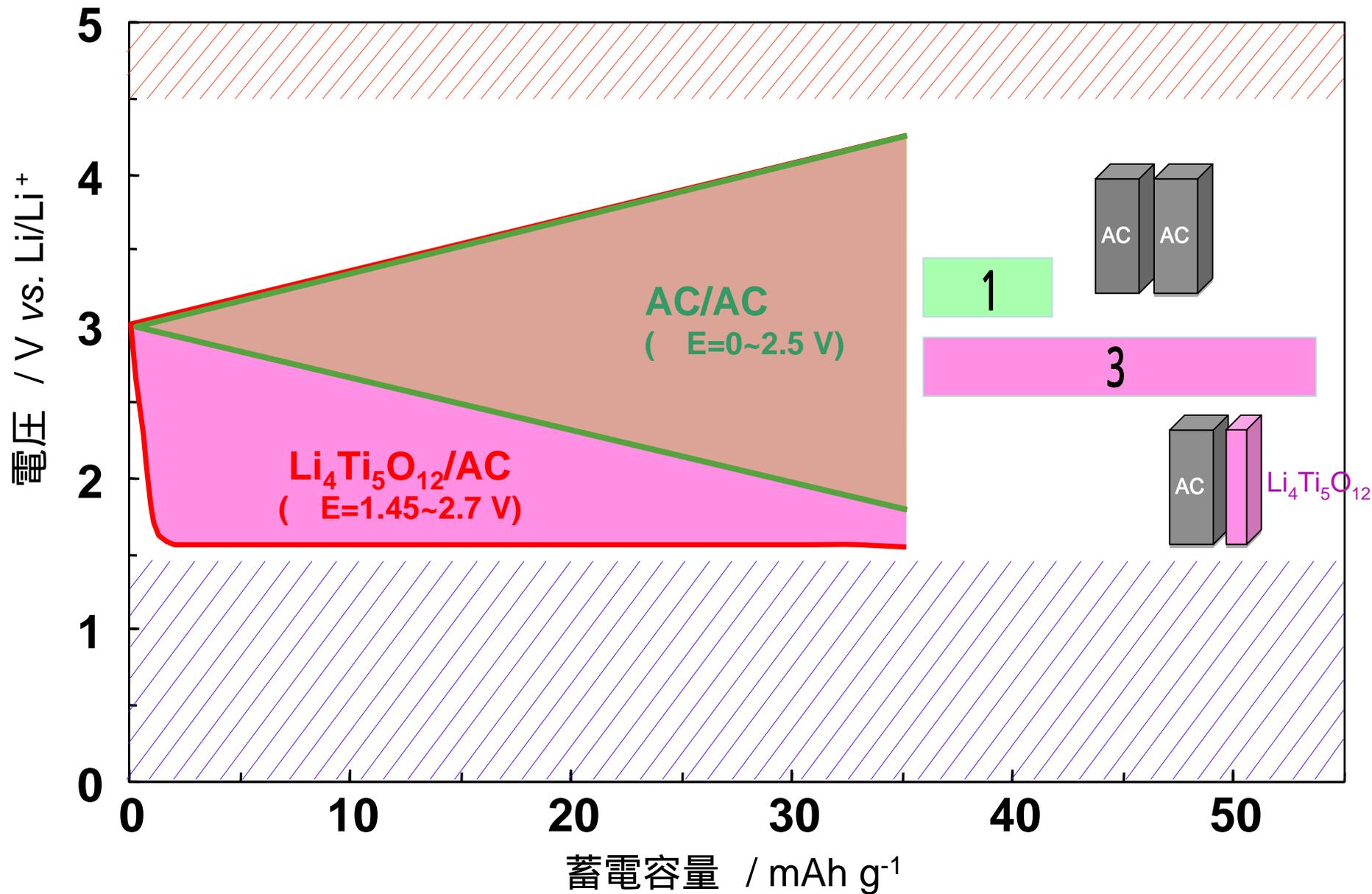
$$Energy(Wh/kg) = C_{cell} \int_{V_1}^{V_2} (V) dV$$



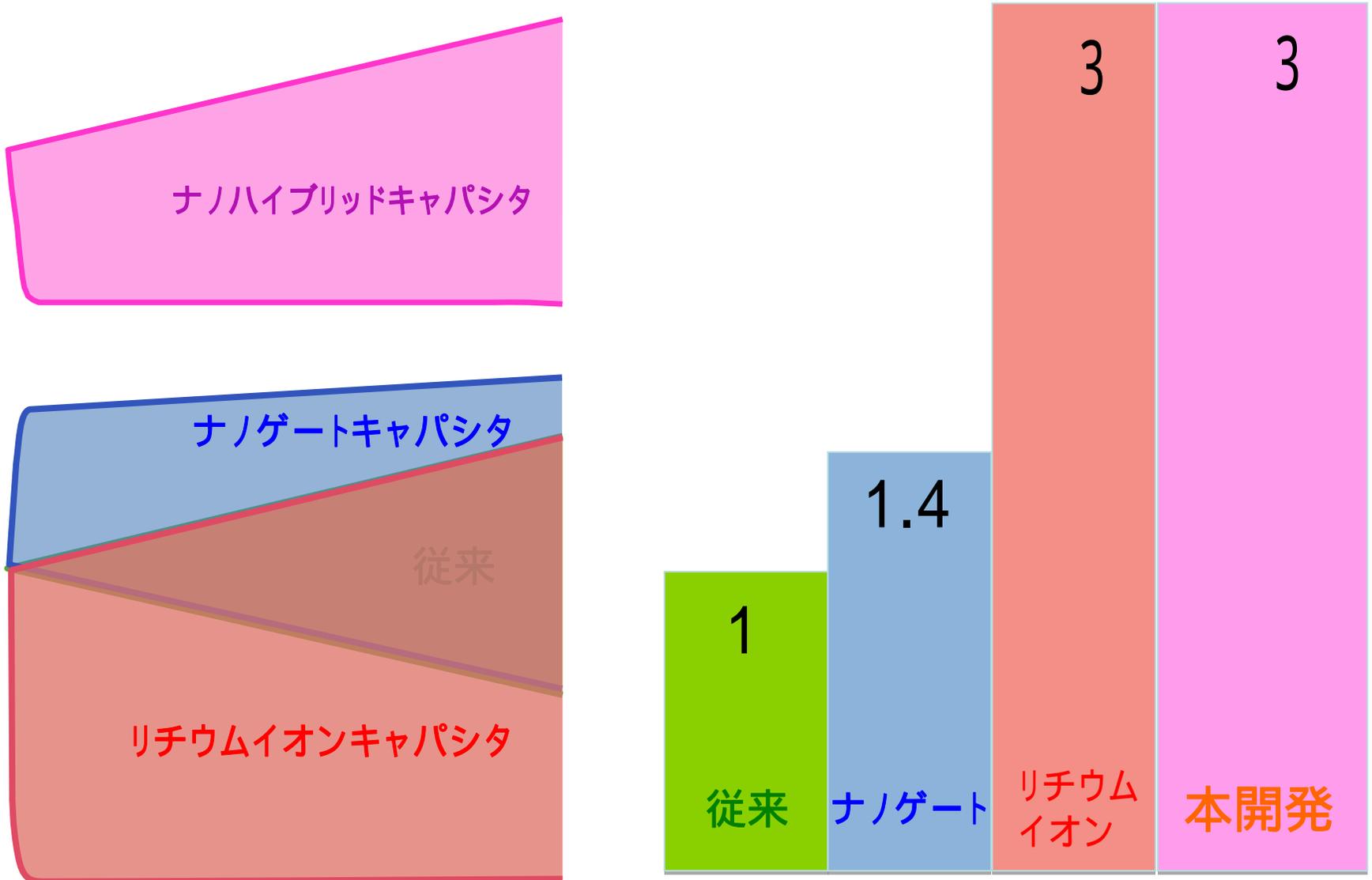
ナノハイブリッドキャパシタ ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ /活性炭)



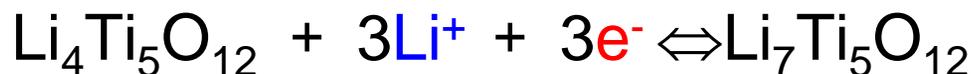
エネルギー密度は従来キャパシタの3倍



次世代キャパシタのエネルギー密度比較



問題点: $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ の遅い充放電速度

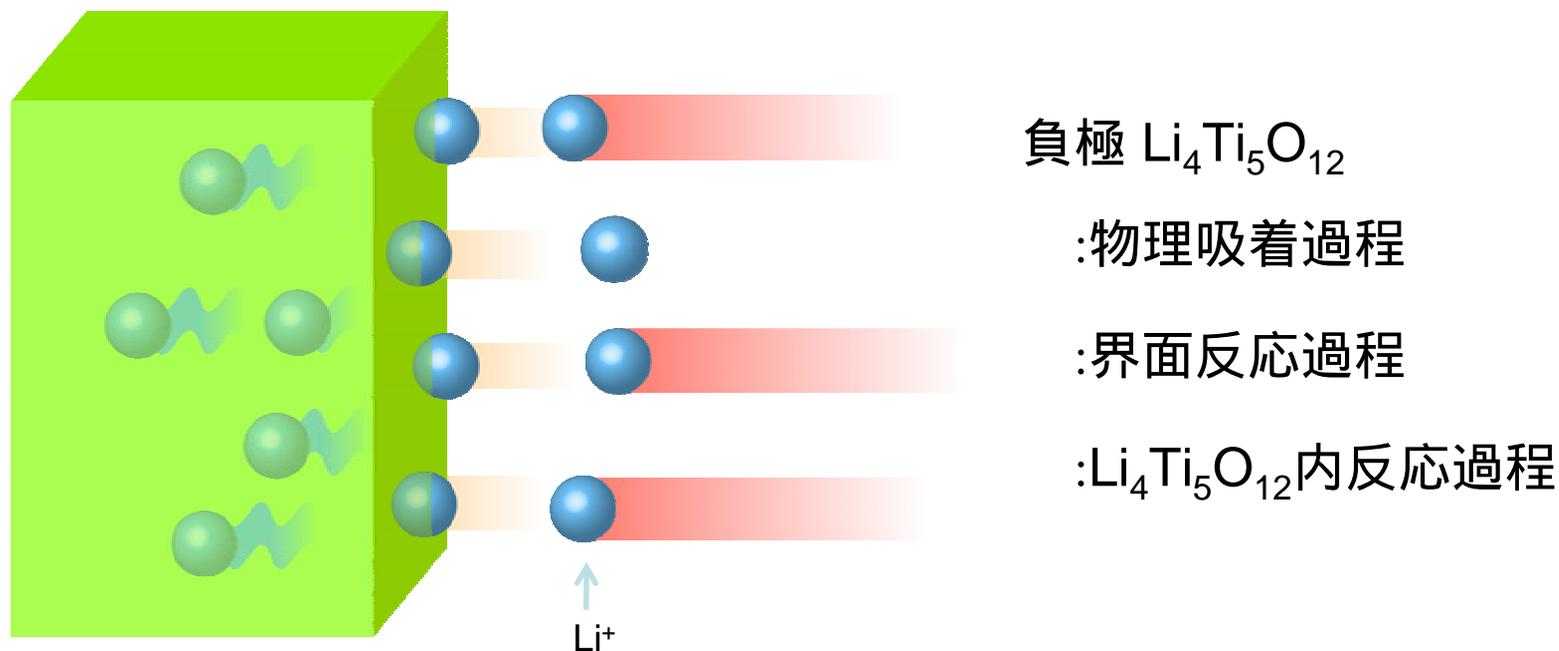


遅い Li^+ 反応速度 ($< 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$)

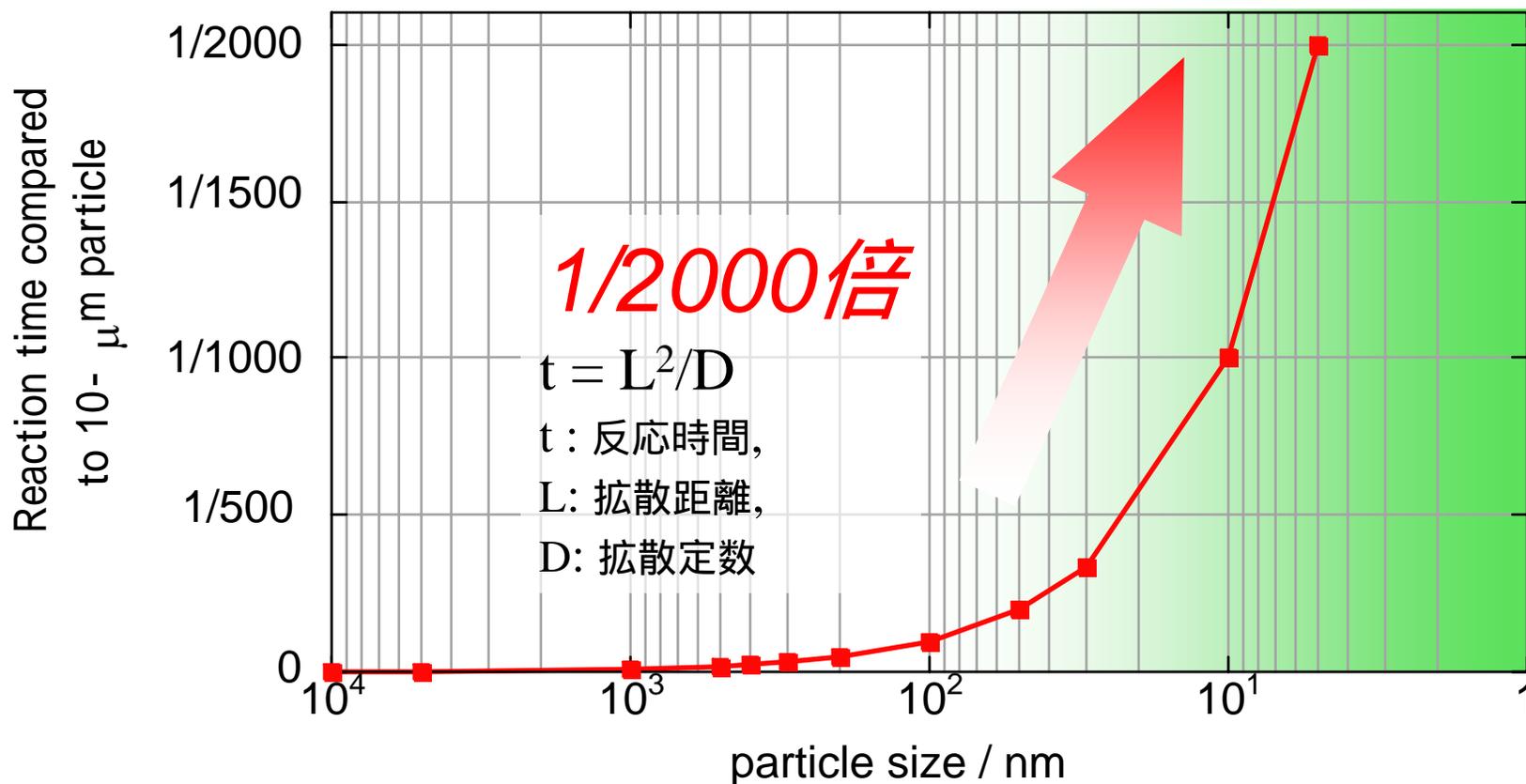
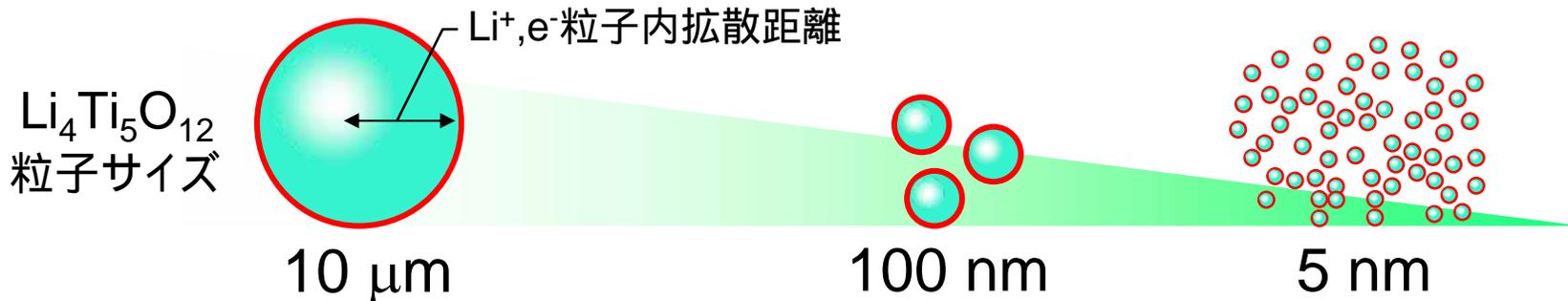
ナノ粒子化

低い電気伝導度 ($< 10^{-13} \text{ }^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

カーボンとの複合化



粒子内拡散距離の減少による反応時間の短縮



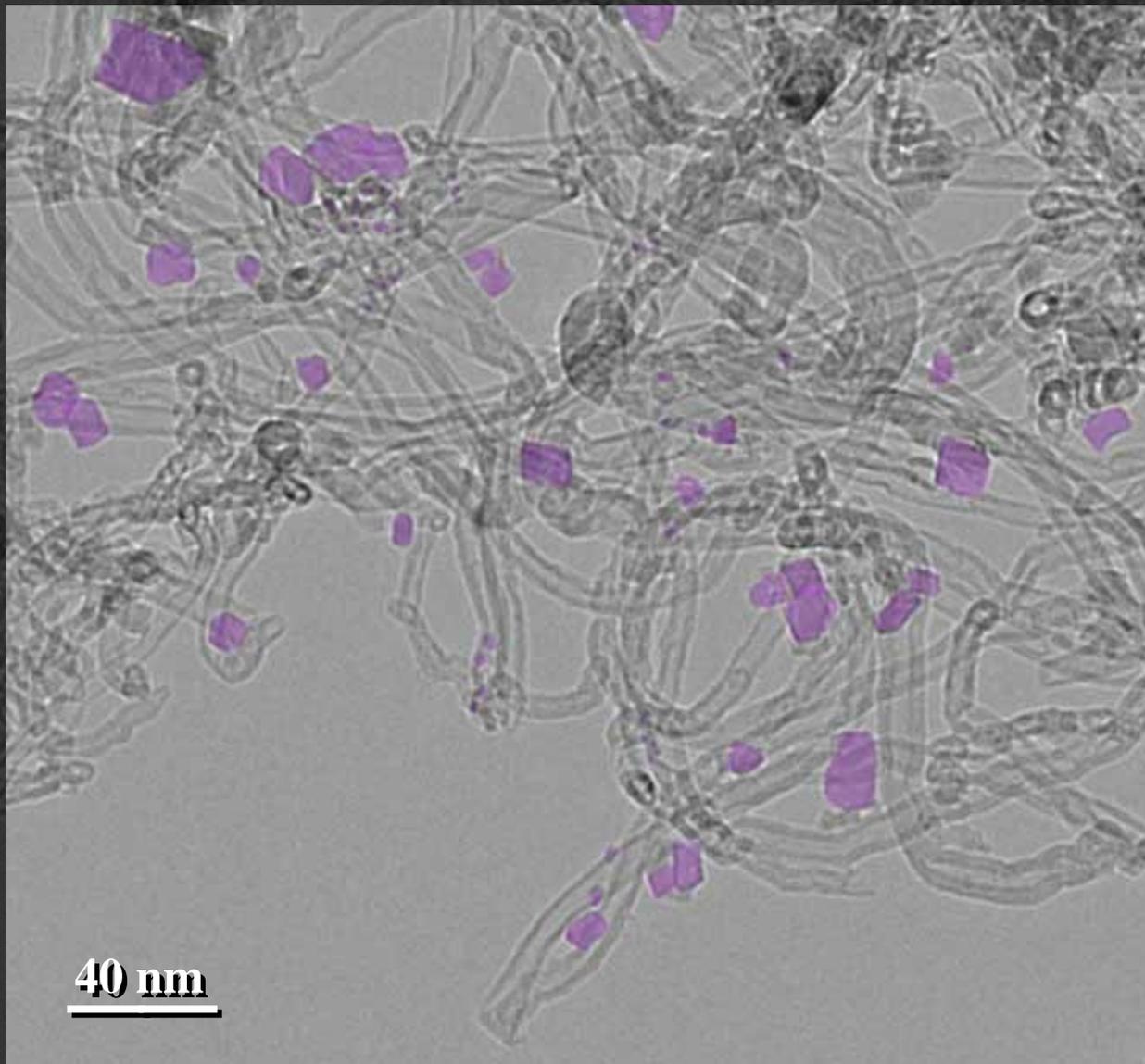
40 nm



CNF上にナノ結晶 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ が高分散担持

ナノ結晶 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ /カーボンナノファイバー複合体

5 ~ 20 nmの高結晶- $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ が高分散担持



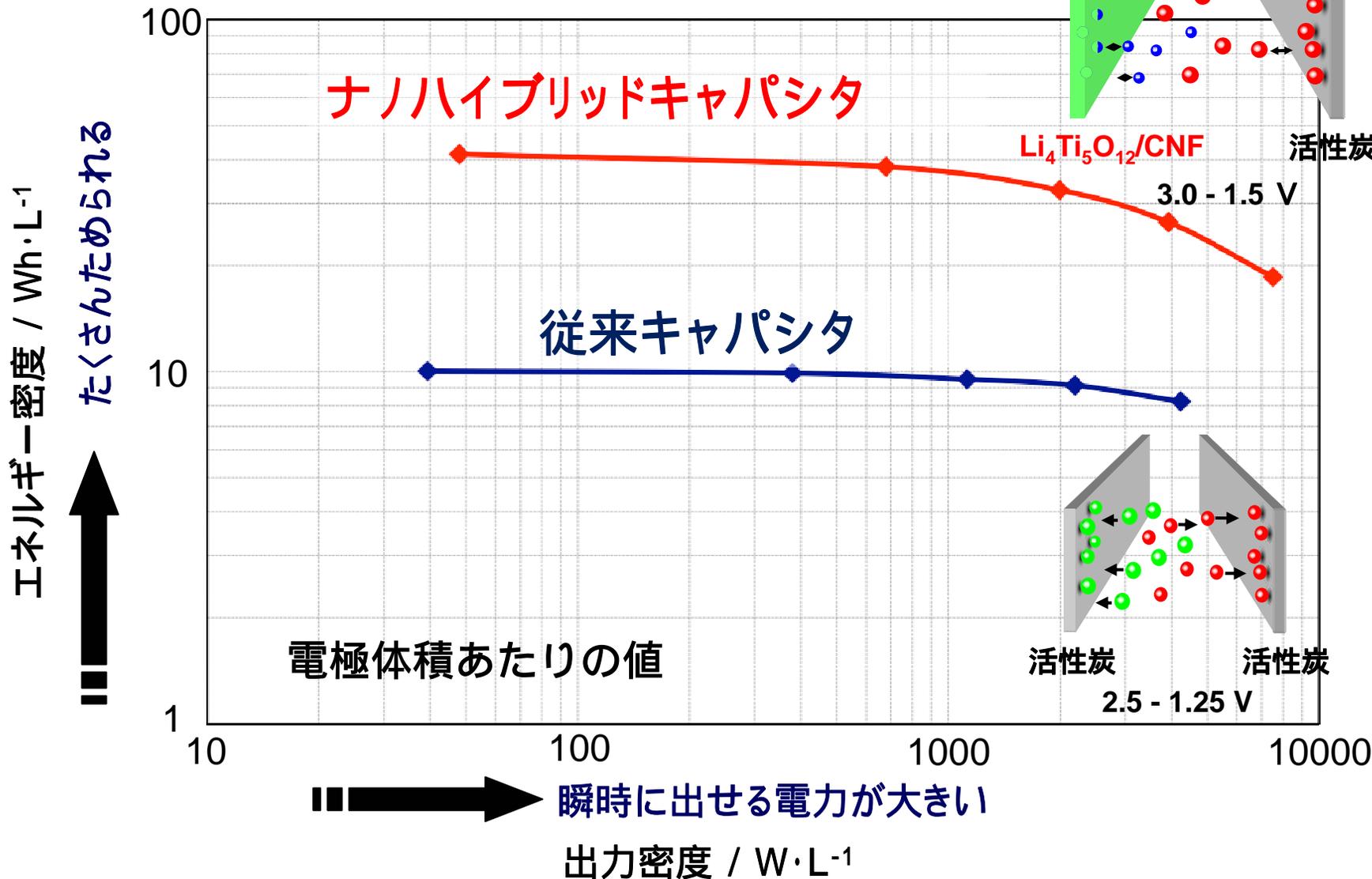
ナノ結晶 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ がカーボンファイバー外部
と内部にも胆持・複合化している



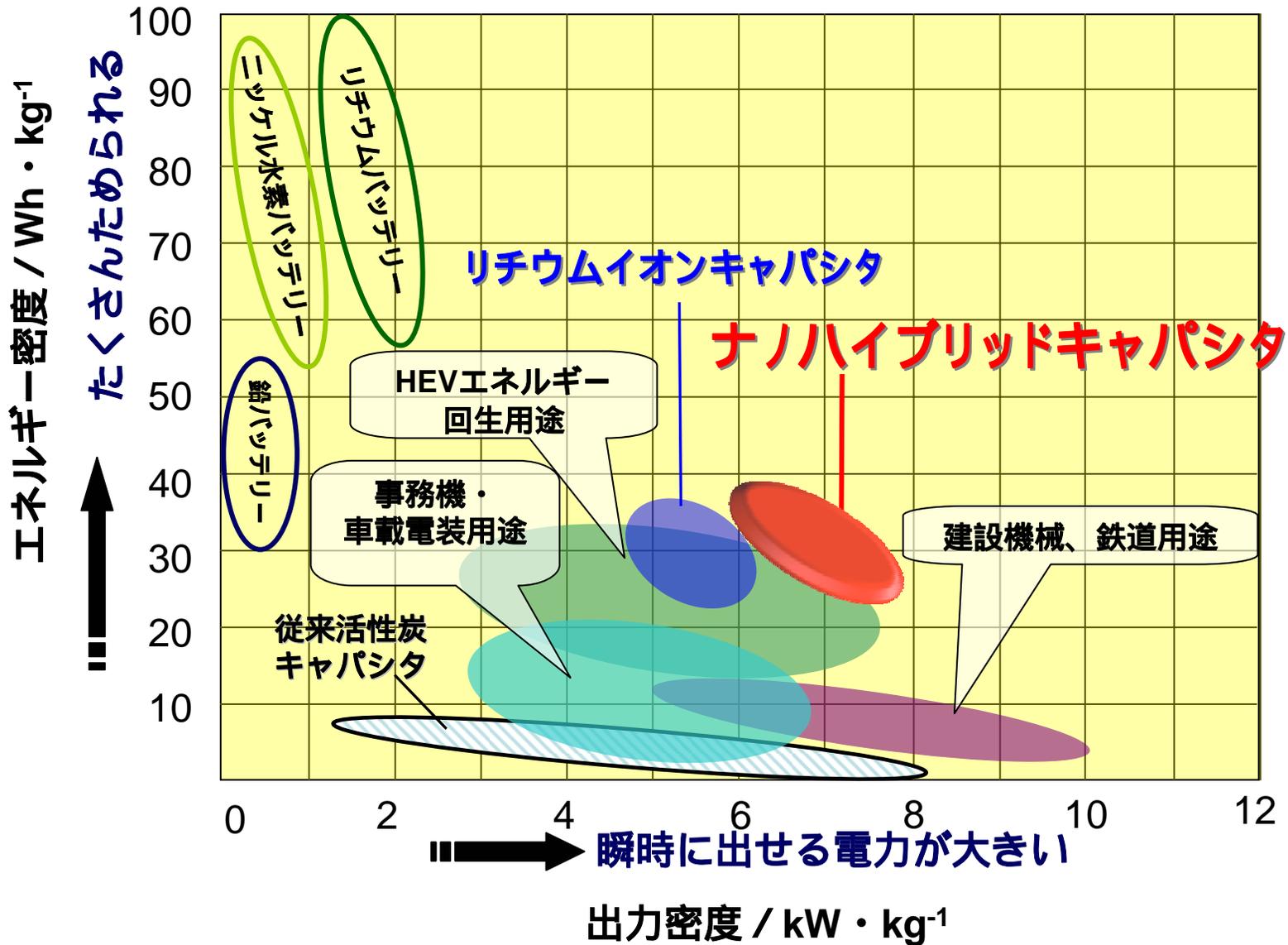
5 nm

(高分解能透過電子顕微鏡像)

新型ナノハイブリッドキャパシタの性能 (実用レベルに近い評価)



ナノハイブリッドキャパシタの性能と市場



総括

ナノ結晶チタン酸リチウムとカーボンの複合化による負極材料の創製により新規ナノハイブリッドキャパシタを開発した。

- 1 現行のキャパシタの3倍のエネルギー密度を達成した。
- 2 電解液の分解や金属リチウム析出の起こらない非常に信頼性、安全性の高い優れた性質をもつ。
- 3 リチウムのプレドープがいらないので、リチウムイオンキャパシタより生産性が高い。
- 4 リチウムイオン電池が1時間かかる充電を12秒で達成。現行のキャパシタの15秒よりも速い。
- 5 さまざまな分野への応用が期待できる。

未来のエコ・エネルギーデバイス

キャパシター

自動車の電動化

ハイブリッド車
電気自動車

リチウムイオン電池の補助電源として
キャパシタを利用



↓
安全性の向上
サイクル性の向上
発進/加速時、坂道走行時のパワーの付与

カーエレクトロニクスの電源として
キャパシタを利用

↓
電子制御ブレーキシステムの補助電源
アイドリング・スタート/ストップの電源
パワーウィンドウ、各種センサー、
システム制御の電源

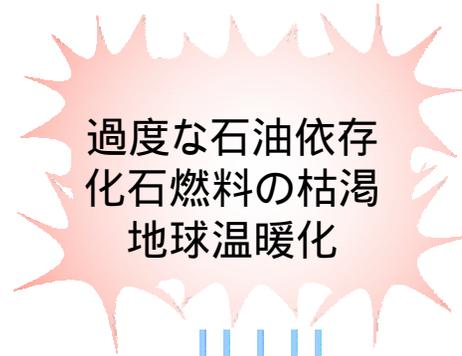
人の移動・貨物輸送の鉄道利用

公共交通手段の積極的利用
(鉄道、バス、市電)



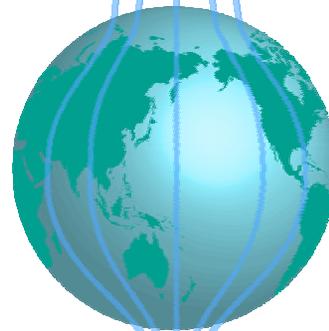
ブレーキ回生の大量電流をキャパシタで回収
変動の多い電車の電送付加の軽減

欧州で進むキャパシタで走る市電システム
(停車場ですばやく充電して走る)



過度な石油依存
化石燃料の枯渇
地球温暖化

石油に頼らず、限られた化石燃料を大切に、
CO₂排出量を大幅に減らす



すべてのエネルギーを
電気エネルギーとして
生産し、貯めて、送電する、
ロスが少なくエネルギー効率の高い
エコロジーな社会の確立

自然エネルギー活用

太陽電池



↓
弱い光からのエネルギーも
キャパシタならもれなく回収

風力発電

↓
パワー変動の多いエネルギーも
キャパシタなら無理なく回収
大電流も無理なく一気に回収

運動エネルギー
回生エネルギー
位置エネルギー
温度差エネルギー



↓
身の回りのエネルギーを電気に変え、
キャパシタがもれなく回収

省エネの徹底

待機電源の無駄を軽減



家電の待機電源をやめ、
キャパシタで瞬時に電源on

コピー機、プリンタの
短時間スタート

