

『高効率電力変換器が拓く電力化社会の夢: 直流配電・再生可能電力貯蔵』

河村 篤男

(横浜国立大学寄付講座教授,日本学術会議連携会員,電気学会Fellow)

高効率電力変換器が拓く電力化社会の夢: 直流配電・再生可能電力貯蔵

キーワード

高効率電力変換器 直流配電 再生可能電力貯蔵

河村篤男 横浜国立大学 寄附講座(パワーエレクトロニクス)

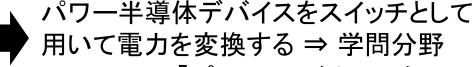




電気エネルギーの変換と「効率」

電気エネルギーを使うものは

ほぼ必ず電力変換が必要



















電気エネルギーの形の変換(⇒"電力変換"と呼ばれる)

- 直流⇒交流(インバータ)
- 交流⇒直流(整流器)
- 直流⇒直流(昇降圧チョッパ)

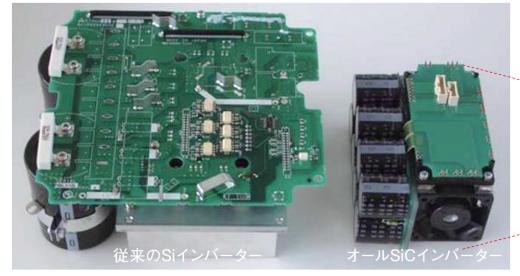
半導体デバイス等で「損失」が発生 → 「効率」の概念



効率99.9%のインパクト

損失が少ない→発熱が少ない→小型軽量

太陽光発電用11kWインバータの比較



本研究で目指す 超高効率インバータ



効率96.1% 損失<u>3.9%</u>(434W)

効率98.8% 損失<u>1.2%</u>(130W)

効率99.9% 損失<u>0.1%</u>(11W)

損失3分の1 損失10分の1 →体積3分の1
→体積10分の1

この高い水準では、たとえ0.1%の効率向上でも非常に大きな意味を持つ



効率99.9%の電力変換がもたらす未来

①EV一充電走行距離の延伸



- インバータの超小型軽量化
- 水冷装置の排除
- 合計で50kg程度の軽量化が可能 効率向上&車体軽量化の相乗効果

一充電走行距離の大幅延伸

②持続発展可能グリーン社会



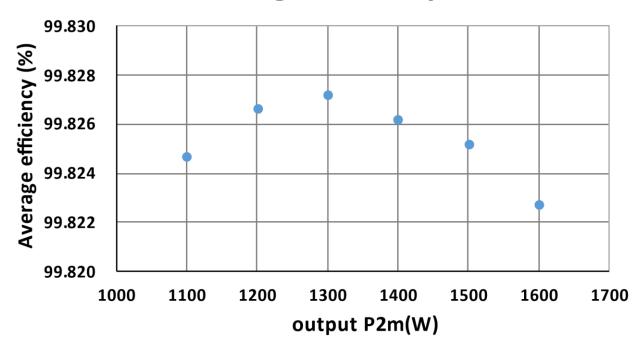
- 従来の電力往復による<u>1割の損失がほぼ0</u>
 - エネルギーロスのない電力網

フレキシブルな電気エネルギーの融通



高効率電力変換器の実用化が広まると?

Average efficiency



効率99.83%

実は、分解能の良い測定法が目新しい!

Fig. インバータの最高効率測定(研究レベル)

Efficiency of SiC-HEECS inverter with improved gate drivers ($R_{g2}=R_{g4}=2.8\,\Omega$, $C_{2ext}=C_{4ext}=4700\,pF$, $R_{g1}=R_{g3}=5\,\Omega$, $C_{1ext}=C_{3ext}=0$) (measured by VTASLM) (1)A. Kawamura et al IEEJ-TEEE 2023.1

A. Kawamura, et al, "Survey of 99.9% Class Efficiency DC-AC Power Conversion and Technical Issues", IEEJ Trans. on Electrical and Electronics Engineering, Vol.18, No.1, pp.6-14, 2023, doi.org/10.1002/tee.23728



1. 河村の夢: 新電力配電網の可能性

既存の送配電網:50 or 60Hzでの交流での送配電

⇒ メリット:変圧器の利用

高効率電力変換器の技術革新により

⇒高効率直流変圧器が実現可能(99.9%級)

直流での送配電が効率面だけを考慮すれば、実用化が可能。

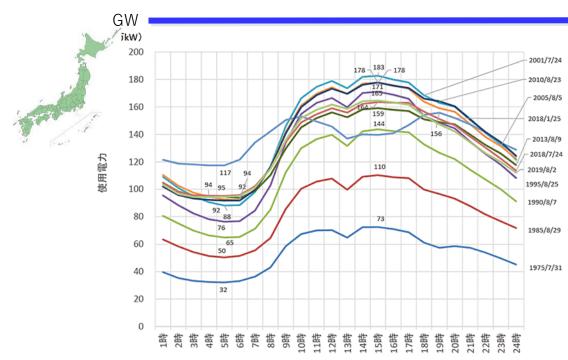
メリット:送電容量の増大、変圧器の小型軽量化、

整流器の削減など

デメリット:システム構築のコスト



2. 河村の夢:遠い将来のエネルギーシステム形態



全日本の1日の電力消費の時間変化

仮定:1日の日本の全電力使用量(エネルギー: wh)が、すべて貯蔵できるくらい大きな、電力貯蔵システムに存在すると仮定すると(夢)、(約120GW × 時間数 ≒ 3TWh/日)



- (1) 日中は、日本中の再生可能エネルギーの発電電力をその地域の電力貯蔵システムに1日分だけ蓄える
- (2) 夜間になって、蓄えたエネルギーを電力消費地の近くの別の電力貯蔵システムへ移す。
- (3) 日中は、この貯蔵した電力を放電して、その地域の電力消費を賄う。(これを繰り返す)
- (4) 十分大きな電力貯蔵と、高効率電力変換器があれば、実現可能(遠い将来)。
- **⇒ エネルギー蓄積要素の候補:**
- ・バッテリ(小型軽量、劣化する)
- ・揚水発電(建設費が高価、長寿命)
- ・水素(燃料電池などの燃料として利用)
- ・その他

 \Rightarrow

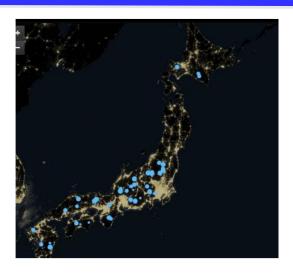
揚水発電と高効率インバータの組み合わせの例を次ページで検討!



Map of

Japan

揚水発電所 + 高効率インバータ駆動モータと発電機



揚水発電 44 sites / 27.50GW **発電設備容量(2021.11)**

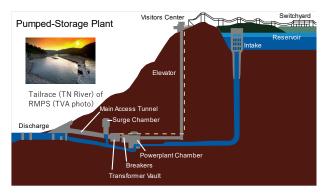
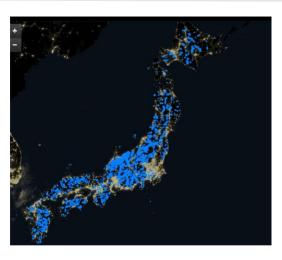


Diagram of the <u>TVA</u> pumped storage facility at <u>Raccoon Mountain</u> <u>Pumped-Storage Plant</u> in Tennessee, United States https://en.wikipedia.org/wiki/Pumped-storage hydroelectricity



水力発電 2469sites/ 22.70GW



火力発電 286sites/ 143.00GW

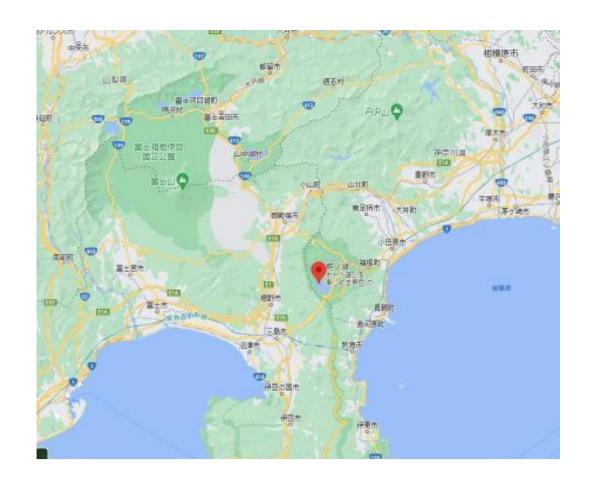
この夢実現の重要技術

エネルギー蓄積システムと高効率電力変換器(99.9%級)

バイオマス 936sites/ 29.00GW地熱発電:88sites/ 0.50GW風力発電:455sites/5.50GW太陽光発電:12700sites/ 34.00GW原子力:17sites/ 49.00GW)



再生可能電力貯蔵 一 可能性



—例:

芦ノ湖ー山中湖ー河口湖 (既存の湖を利用する)

問題点:

- ①湖面の水位の変動
- ②連結水路の建設
- ③発電機ーモータの連係動作
- **4**コスト
- ⑤その他(景観など)

END

