

# 省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発

Program Director 谷口研二

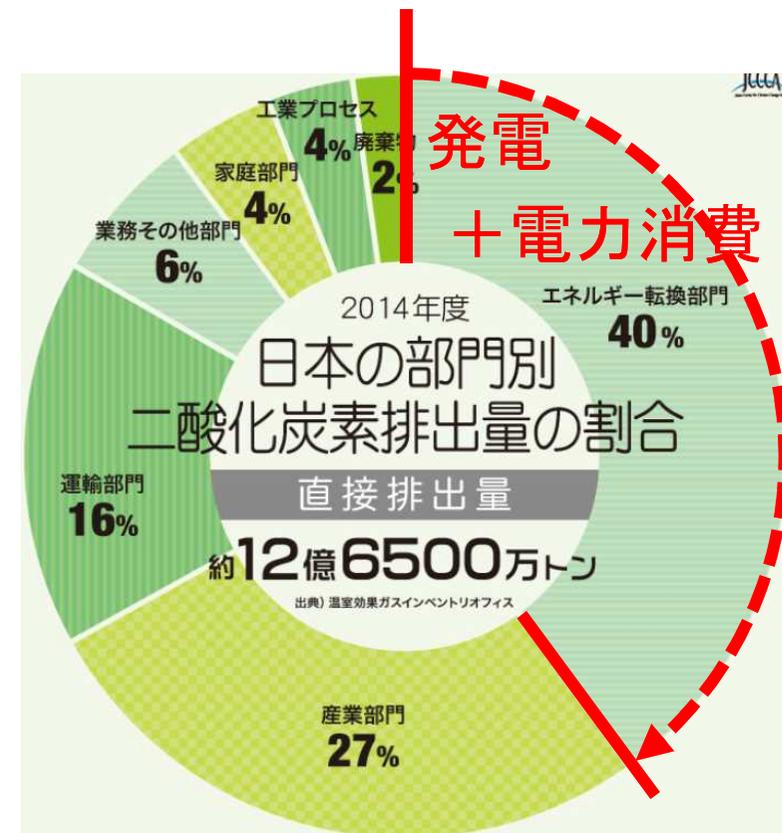
背景 2015.12 気候変動枠組条約(パリ協定: COP21)



2050年までにCO<sub>2</sub>排出量を1/5に削減(2013年比)目標

高効率エンジン、断熱材・蓄熱材、廃熱の再利用、蓄電など様々な技術分野

CO<sub>2</sub>排出量: 電力関係  
発電時(7%)と電力消費(33%)で、4割



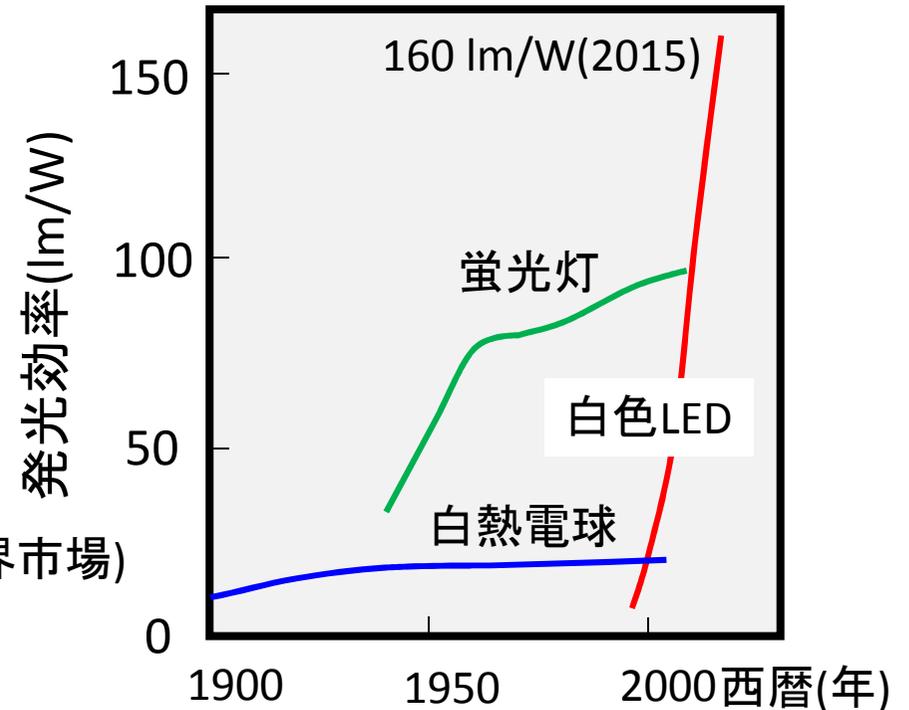
(出典: 国立環境研究所、日本国温室効果ガスインベントリオフィス、ウェブサイトより)

# 技術背景



名古屋大学: 高品質GaN結晶(1986年)  
⇒ LEDによる**照明革命: 省電力(実績)**

GaN基板供給: 日本企業のシェア83%(世界市場)



2020年 照明の70%をLEDに置き換え

**全発電量の約7%削減 (原子力発電所十数基分に相当)**

経済波及効果  
3,500億円

応用製品総売上  
3.6兆円

雇用創出  
3.2万人

2005年 JST

**(インフラを持たない)世界15億人を照らす**

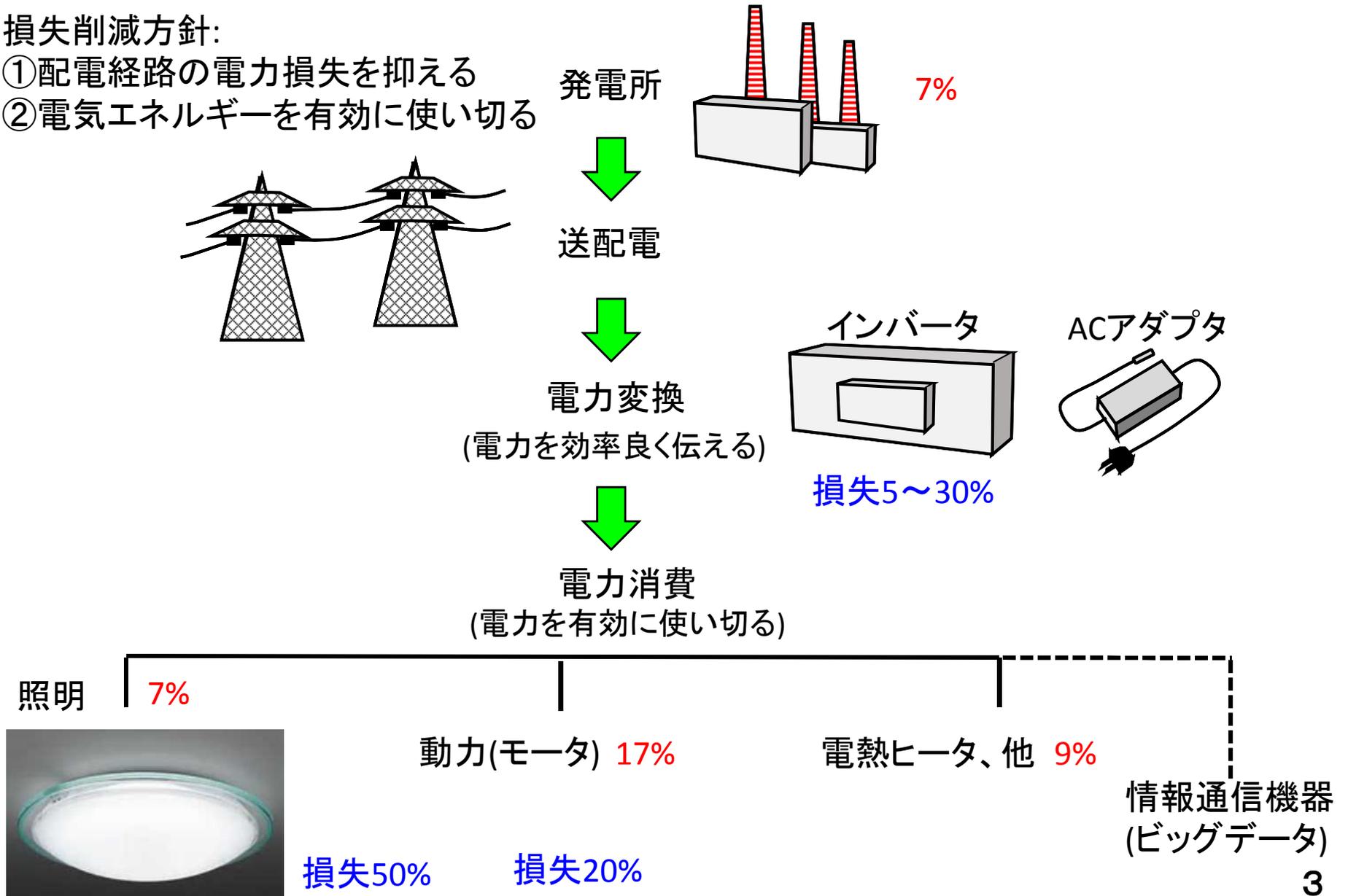
—ノーベル財団発表文より—

NASA night vision

# 電力損失の内訳

損失削減方針:

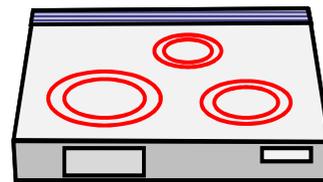
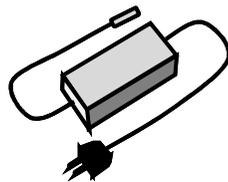
- ①配電経路の電力損失を抑える
- ②電気エネルギーを有効に使い切る



# GaN結晶が有する潜在的な可能性

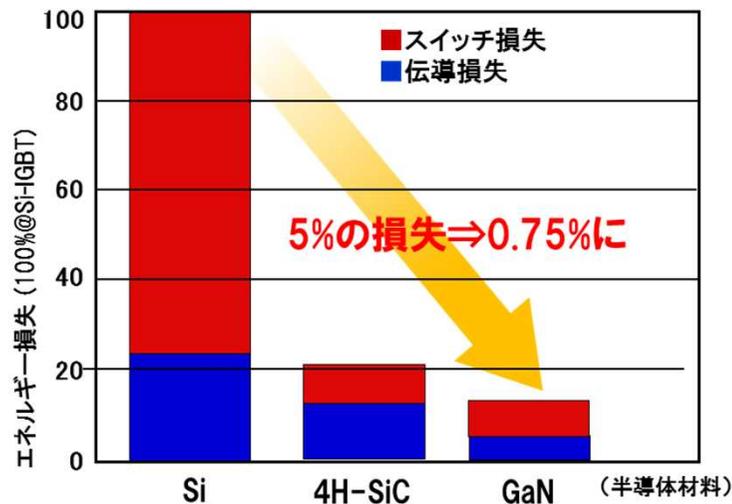
GaN: 潜在的な可能性を秘めた夢の結晶

- ・発光素子 → LEDの社会実装による照明革命
- ・高速スイッチング素子 → 電力変換効率の大幅な向上・小型化(パワエレ革命)



インバータ

- ・電車
- ・電気自動車
- ・エアコン



- ・ Si-IGBTやSJ-MOSFETをGaNパワーデバイスに置き換えると、全発電量のうち9.8%省エネ。
- ・ 電源回路のサイズを1/10以下。
- ・ 製造プロセス工数を大幅に削減。

## 次世代半導体研究開発拠点の方向性

省エネ社会実現のため、GaN等の次世代半導体に関し、  
我が国の強みを活かし、実用化に向けた研究開発を一体的に加速する

### 事業概要

- 省エネ効果の高いシステムの実現に向け、材料創製からデバイス化・システム応用まで、次世代半導体の研究開発を一体的に加速するため、産学官が結集した研究開発拠点を構築
  - オールジャパンで産学官の強みを活かした研究開発体制を構築
- 事業化に向けて研究開発をリードできる結晶創製拠点を中核とし、物性や原理の解明を行う評価基盤領域、幅広い分野で活用が期待されるパワーエレ应用のため研究開発領域が連携して一体的な研究開発を実施

### 2030年の目標

- 高周波・高出力で小型、軽量のパワーデバイスの社会実装
- パワーデバイスと制御回路等を融合した革新的なスマートパワーデバイス

### 【5年後の目標及び実施項目】

- 結晶：パワーデバイスに活用可能な高品質の結晶の革新的作製技術の確立
- 評価：結晶および要素デバイス構造の評価法の標準化
- デバイス：パワーデバイスを安定的に作製できる革新的なプロセス技術の研究開発

# 省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発

- 電力損失の大幅削減が見込める次世代半導体パワーデバイス
- 次世代半導体材料、窒化ガリウム(GaN)：基礎的に解明できていない課題が多い

次世代半導体に関する、**結晶創製、評価、パワーデバイス・システム応用の研究開発を一体的に行う拠点**を構築することにより、**実用化に向けた研究開発を加速**

## <体制>

PD：谷口教授(阪大)  
PO：上田教授(京都工芸繊維大)  
松本常務(太陽日酸)

指導  
助言

中核拠点  
結晶創製  
研究開発

名古屋大学  
代表：天野教授

分担機関：阪大、豊田中研  
FS機関：東工大、名城大、東大

研究開発  
法人

大学

パワーデバイス・  
システム領域  
名古屋大学  
代表：加地徹

分担機関：北大、  
法政大、豊田中研等

評価基盤領域  
物質・材料研究機構  
代表：小出康夫

分担機関：東北大、  
豊田合成、富士電機等

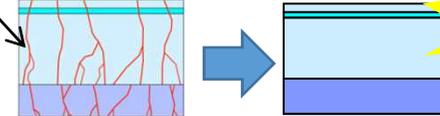
オールジャパン

## <研究開発>

理論・シミュレーション(科学的な方法論)を駆使した基礎基盤研究開発を実施

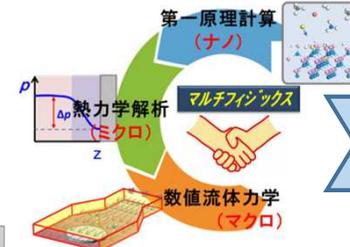
(例) その場観測等による欠陥の解明と制御

転位・欠陥



高品質・低コスト・安定的なデバイス実現

(例) 結晶成長シミュレーションによる結晶成長過程の解明と制御



結晶成長過程の解明  
結晶成長装置設計への反映

革新的結晶成長装置の実現

省エネルギー社会の早期実現

GaN等の次世代半導体の強みを活かした世界市場の獲得



# 研究開発拠点整備状況（GaN研究コンソーシアムの発足）

## 世界初のGaNに関する産学官共創の枠組みが発足。オールジャパン体制を構築。

✓発 足：平成27年10月1日 （注：会員は平成28年5月18日現在）

✓組織形態：任意団体（H28年度中に法人化予定）

✓会 員：合計 16大学、2国立研究開発法人、36企業

● 幹事会員：6大学、2国立研究開発法人、3企業

【大学】名古屋大学、名城大学、名古屋工業大学、豊田工業大学、北海道大学、山口大学

【国立研究開発法人】産業技術総合研究所、物質・材料研究機構

【企業】住友電気工業株式会社、大陽日酸株式会社、トヨタ自動車株式会社

● 法人会員(企業)：33企業

株式会社アドバンテスト研究所、株式会社アルバック、出光興産株式会社先進技術研究所、ウシオオプトセミコンダクター株式会社、株式会社荏原製作所、株式会社エア・ウォーター総合開発研究所、株式会社小糸製作所、株式会社サイオクス、サムコ株式会社、サンケン電気株式会社、株式会社ジェイテクト研究開発本部、シャープ株式会社、株式会社シルバコ・ジャパン、双日ジェクト株式会社、株式会社デンソー、東京エレクトロン株式会社、株式会社東芝、豊田合成株式会社、株式会社豊田中央研究所、日機装株式会社、日産自動車株式会社、日新イオン機器株式会社、浜松ホトニクス株式会社、株式会社パウデック、パナソニック株式会社、株式会社日立製作所、株式会社富士通研究所、富士電機株式会社、三菱化学株式会社、三菱電機株式会社、IMRA AMERICA, INC.、STR Japan株式会社、株式会社SUMCO、

● アカデミア会員の所属する大学：10大学

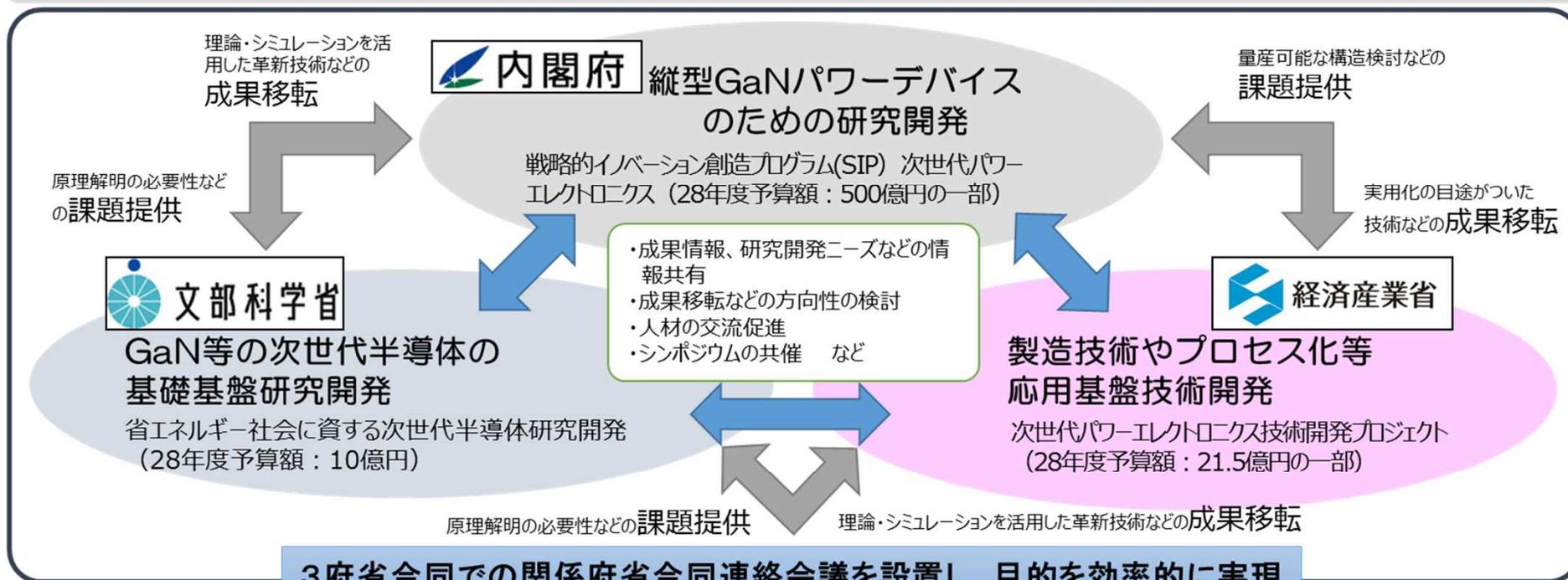
筑波大学、東京工業大学、福井大学、三重大学、京都大学、京都工芸繊維大学、大阪大学、九州大学、佐賀大学、愛知工業大学

# 窒化ガリウム(GaN)等の次世代半導体研究開発事業

○**省エネルギー社会の早期実現**及び**世界のパワーエレクトロニクス市場での産業競争力強化**のため、**内閣府、文部科学省、経済産業省の3府省が一体で事業を実施。**

- ・内閣府では、縦型GaNパワーデバイスのための研究開発を実施。
- ・文部科学省では、理論・シミュレーションも活用したGaN等の次世代半導体の基礎基盤研究開発を実施。
- ・経済産業省では、製造技術やプロセス化等応用基盤技術開発を実施。

○3府省合同で**関係府省合同連絡会議を設置**し、研究開発ニーズ・課題を共有するとともに、それぞれの事業の進捗や成果を共有しながら事業を推進。



省エネルギー社会の早期実現  
 世界のパワーエレクトロニクス市場での産業競争力強化

# 今後の展開に向けて

GaN: 夢の結晶 (発光ダイオード(LED)、パワエレ応用以外にも....)

(1) レーザ応用 → 高速光通信

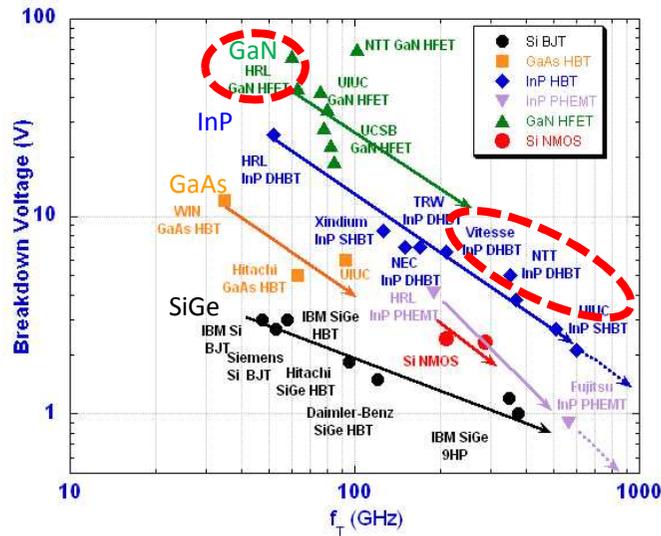
将来展望: ビッグデータ活用: 情報通信分野の電力消費、飛躍的増加傾向  
今後、通信電力低減が必須

(例)GaN: 4K 1.5時間動画を数秒でダウンロード (光データ通信)

(2) 高周波応用 →

- 高出力マイクロ波発振器
- 高速データ通信(無線基地局)

電力損失の軽減



(事例)

マイクロ波による無電極ランプ

マグネトロン  
(軽量・小型化)

加熱、殺菌、化学反応、無線送電、医療応用

# 次世代半導体研究開発拠点の目指すべき方向

次世代半導体GaNは、レーザー応用、パワーデバイス、高周波応用など省エネルギー社会の実現等に向けて多様な貢献が可能

## 省エネルギー社会の実現 (電気消費量の約16%を削減)

安心・安全な生活環境を提供

### レーザー応用

DUV LEDにより  
世界の6.6億人に  
安全な飲み水を提供

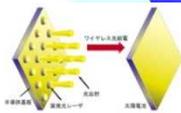


紫外発光デバイス  
(殺菌)

白色照明や  
ディスプレイ応用  
により、  
省エネ効果7%



高効率LED



光給電

### パワーデバイス

電力損失を1/10に減らし、  
省エネ効果 9.8%  
装置小型化で軽量化・燃費向上



鉄道



ハイブリットカー



超小型ACアダプター

回路・実装  
(システム化)

デバイス化

GaN結晶基板

ITによる  
便利な暮らし

### 高周波応用

高速・高品質・省電力  
で情報伝送



レーダ・高速通信

5G

ワイヤレスで機器充電



無線給電

加熱、殺菌、化学反応促進  
無線送電、医療応用