

# 脱炭素社会実現を促進する科学技術成果の社会実装

## 再生可能エネルギー活用と省エネ技術のイノベーション

### 〈地域産学公連携研究開発を基盤とする京都の挑戦〉

地方独立行政法人 京都市産業技術研究所

Kyoto Municipal Institute of Industrial Technology and Culture

公益財団法人 京都高度技術研究所

Advanced Scientific Technology & Management Research Institute of KYOTO: ASTEM RI KYOTO

西本 清一

Sei-ichi Nishimoto, PhD



[nishimoto@astem.or.jp](mailto:nishimoto@astem.or.jp)

# 京都市が推進する地域産学公連携研究開発



京都市



京都大学

グリーンイノベーション  
&  
ライフイノベーション



域内外  
グローバル  
企業  
&  
中小企業



(地独) 京都市産業技術研究所  
KITC



(公財) 京都高度技術研究所  
ASTEM

## 京のアジェンダ21

- ✓① 省エネルギー・省資源のシステムづくり
- ✓② グリーン・エコノミック・ネットワークづくり
- ✓③ エコロジー型新産業システムづくり
- ④ エコツーリズム（環境調和型観光）都市づくり
- ✓⑤ 環境にやさしい交通体系の創出

## セルロースナノファイバー（CNF） 再生可能エネルギーの社会実装

《CNF-合成樹脂複合材料から自動車応用(NCV: Nano Cellulose Vehicle)まで》



京大大学生存圏研究所  
矢野浩之教授

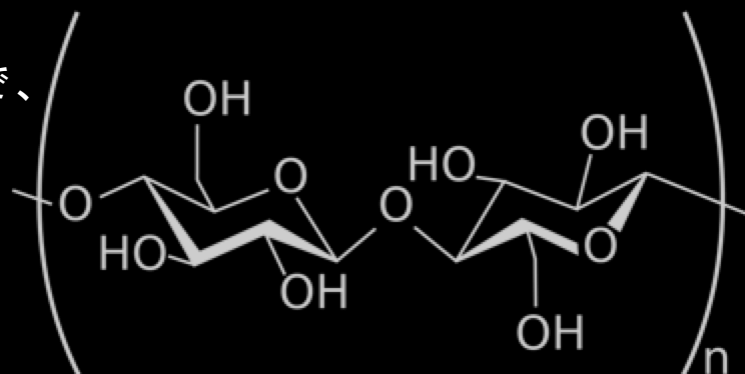


京都市産業技術研究所  
北川和男博士

# セルロースナノファイバー (CNF)

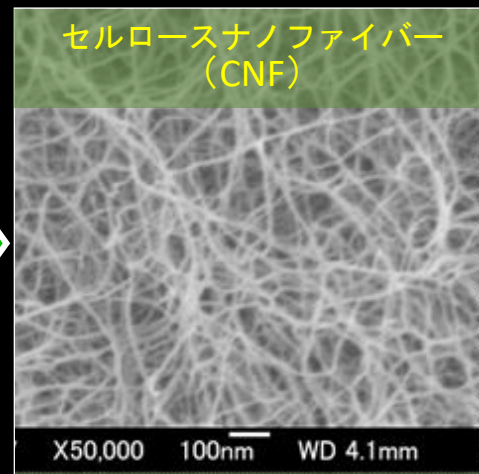
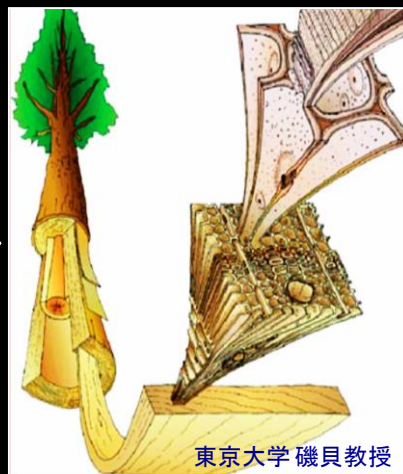
## セルロースは

- 全ての植物細胞における基本骨格物質
- 典型的な再生可能エネルギー（持続型資源）で、地球上に1兆トンの蓄積（埋蔵石油資源の6倍）



## 高性能グリーン・ナノファイバー

- 伸びきり鎖構造の微結晶ポリマー
- 幅 10-200 nm ・ 長さ 1 μm 以上
- 軽量（比重 1.5 g/cm<sup>3</sup>）
- 高弾性（140 Gpa） ・ 高強度（3 Gpa : 鋼鉄に比べて 5-8 倍の強度）
- 低線熱膨張（長さ方向 : 0.1 ppm/K）
- 弾性率不変（-200°C ~ +200°C）
- 高熱伝導性（ガラス相当）





# リグノ-CNF強化プラスチック材料の一貫製造パイロットプラント

大量生産プロセスの確立  
に向けた第一歩



京大生存研に設置された「リグノ・セルロースナノファイバー (CNF) 強化プラスチック材料」の一貫製造パイロットプラント (最大製造量：5トン/年)  ユーザー評価用にサンプル提供

# 京都プロセスの概要

京都プロセスによる  
リグノセルロース  
ナノファイバー強化  
プラスチック材料  
の一貫製造



原料バイオマス



パルプ化



予備解繊



シート化



化学処理



粉碎 & 樹脂複合

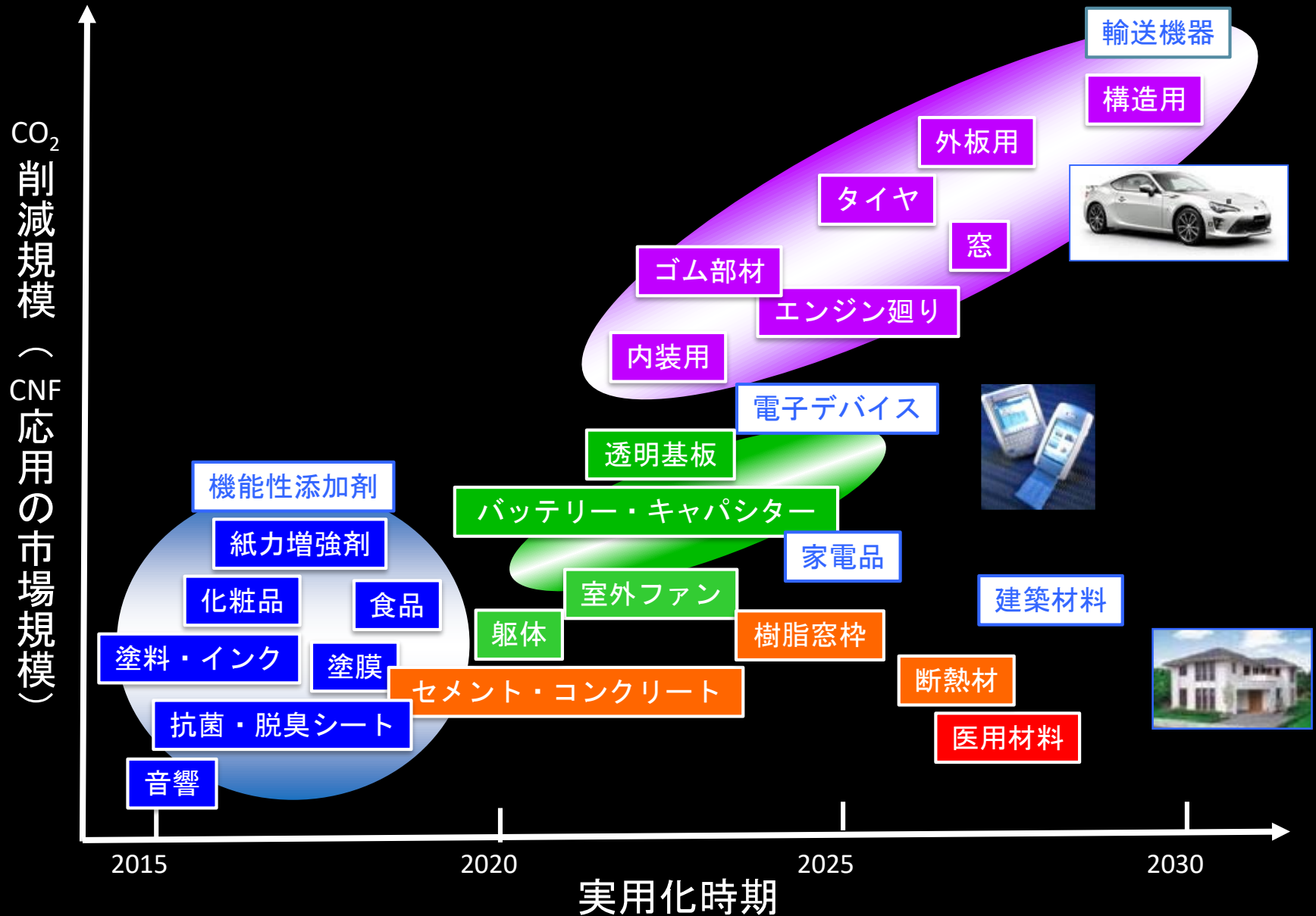


ナノ解繊 & マスターバッチ化



射出成形

# CNF材料の応用分野とCO<sub>2</sub>削減規模



# CNFの地域展開：地域拠点間相互連携・協力協定

平成28年12月8日提携



## 〈協定内容〉

- 研修等人財育成の相互支援
- 実用化・事業化に関する相互支援
- 各地域間における企業シーズ・ニーズのマッチング
- その他本協定の目的を達成するために相互に必要なと認める事項





# CNFの伝統産業応用：京焼・清水焼

〈京都市産技研：窯業（セラミック）チーム〉

乾燥収縮率の小さい高純度な先進セラミック原料 + 乾燥収縮性の高いCNF  
セラミックスの鑄込成形における離型性の向上  $\square$  高生産性



従来の清水焼



透光性・マットな艶消し感

CNF応用新清水焼（試作品）



陶葵(株)製 〈2019年夏シーズン〉  
新作風の京焼・清水焼『ゆうはり』



# CNFのスポーツ産業応用：シューズ

〈京都大学・京都市産技研・星光PMC(株)・(株)アシックス〉

ランニングシューズの履き心地は底の『ミッドソール』が決め手  
次世代高機能素材のCNFを『ミッドソール』に活用



2018年6月1日：プレスリリース & 販売開始



2018年8月：販売開始

2018年 8月 DYNAFLYTE 3  
2018年10月 DYNAFLYTE 3 SOUND  
2019年 1月 GEL-KAYANO 25 東京マラソンモデル  
2019年 1月 GEL-NIMBUS 21

〈2019年3月現在〉

国内外で500万足超の販売実績

# 環境省：NCV (Nano Cellulose Vehicle) プロジェクト

【期間】 2016(平成28)年度～2019(平成31・令和1)年度

2016(平成28)年10月26日：コンソーシアム設立

CO<sub>2</sub>削減を目的とし、セルロースナノファイバー(CNF)を複合化した樹脂材料について、材料から自動車など最終製品までの一連の流れを俯瞰した評価を実施する。

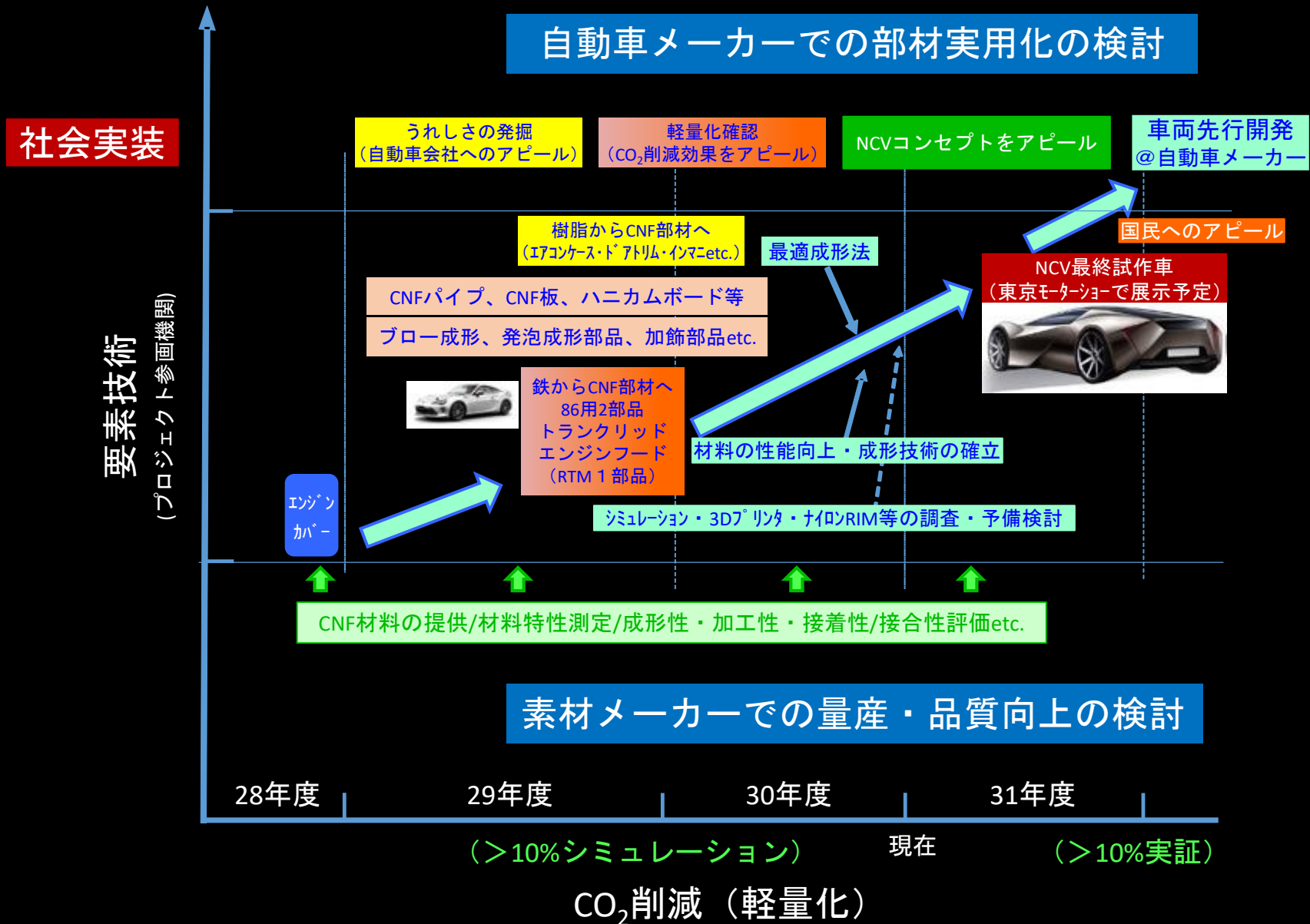
【重点課題1】 社会実装に向けたCNF軽量材料の開発及び評価・検証

【重点課題2】 自動車分野におけるCNF軽量部品の導入実証および性能評価・検証

## 参画22機関・企業

京都大学・(一社)産業環境管理協会・京都市産業技術研究所・金沢工業大学・名古屋工業大学・秋田県立大学・昭和丸筒／昭和プロダクツ・利昌工業・イノアックコーポレーション・キョーラク・三和化工・ダイキョーニシカワ・マクセル・デンソー・トヨタ紡織・トヨタカスタマイジング&ディベロップメント・アイシン精機(H29年度～)・東京大学・産業技術総合研究所・宇部興産(H30年度～)・トヨタ自動車東日本(H30年度～)

# 環境省：NCV (Nano Cellulose Vehicle) プロジェクト

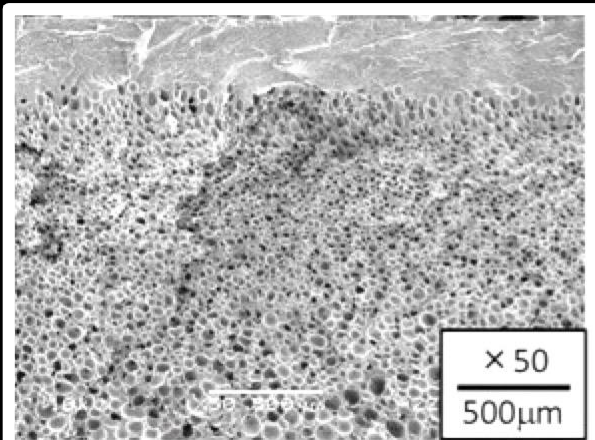




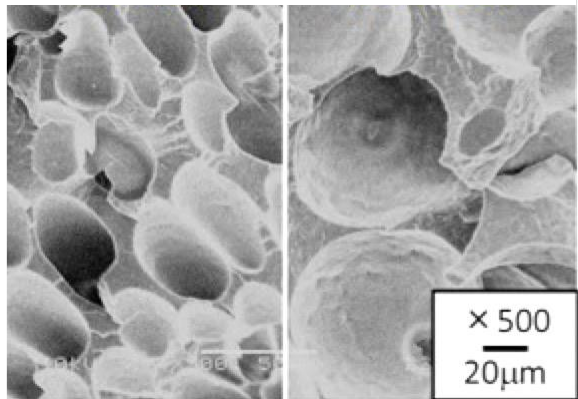
# CNF強化プラスチックの発泡成形

〈京都市産技研：伊藤彰浩ほか〉

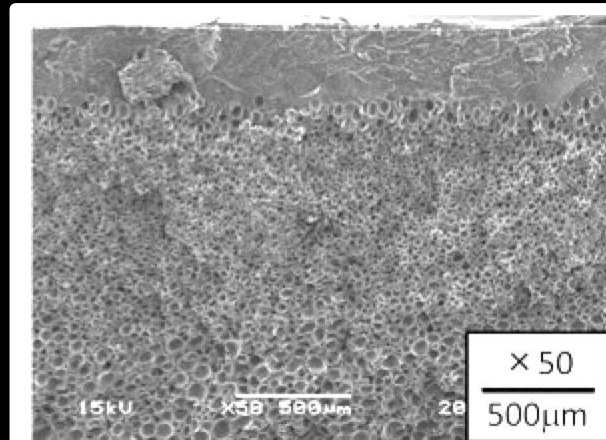
発泡径: PA6 ≧ ミネラル 5% > CNF (5%) 強化



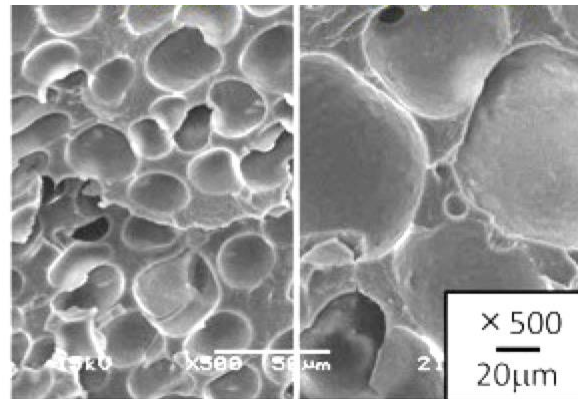
スキン近傍 厚み中心近傍



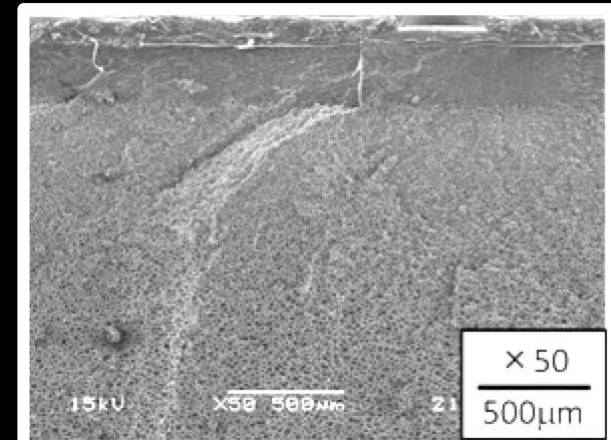
ポリアミド6 (ナイロン6)



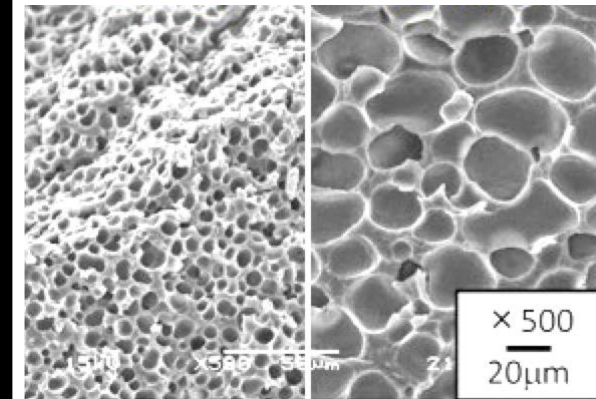
スキン近傍 厚み中心近傍



ミネラル 5%





スキン近傍 厚み中心近傍



CNF (5%) 強化

# CNF強化PA6のエンジンカバー応用

CNF強化プラスチック PA6 の発泡成形品  $\rightarrow$  30% 軽量化

	CNF 5%, 発泡 PA6	GF 30%, 非発泡 PA6
製品外観		
厚さ	4.6 mm (2 倍発泡)	2.75 mm
剛性 (EI: 10 mm 厚)	0.13 Pa m <sup>4</sup>	0.13 Pa m <sup>4</sup>
重量	660 g	960 g

# CNF強化プラスチック部材の試作例



## 射出成形 (PP)



ドアトリム  
ポリプロピレン(PP)-CNF(10%)

## 射出成形 (PA6)



インテークマニホールド\* (吸気部品)  
ナイロン6(PA6)-CNF(15%)  
【NEDOからの提供品を使用】

## RTM成形



エンジンフード (ボンネット)  
エポキシ樹脂+CNF

## 射出発泡成形 (PA6)



トランクリッド ロア\*  
ナイロン6(PA6)-CNF(5%)  
【NEDOからの提供品を使用】

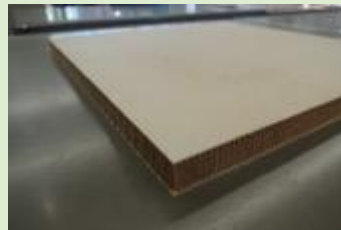
# CNF強化プラスチック部材の試作例



## 100%CNF成形体



トランクリッド アッパー  
100%CNF成形品



ハニカム

## ビーム等補強加工



紙筒+CNFシート

## フロー成形品（デッキボード等）



エンジンフード（ボンネット）  
ポリプロピレン(PP)+CNF(10%)

## めっき加工（射出成形後）

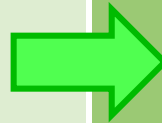


エンジンカバー  
ナイロン6(PA6)-CNF  
【NEDOからの提供品を使用】



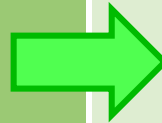
# CNF強化プラスチック部材を用いた一次試作車

ボンネットフード（水平外板）



エンジンフード（エポキシ樹脂+CNFシート）  
製作：金沢工業大学

トランクリッド（垂直外板）



トランクリッドアッパー（CNF100%）  
製作：利昌工業(株)  
トランクリッドロアー（PA6-CNF5%）  
製作：ダイキョーニシカワ(株)

【CNF置換部品】 トヨタ86 外板2部品

【組付け】 トヨタカスタマイジング&ディベロップメン

## 京のアジェンダ21

- ✓① 省エネルギー・省資源のシステムづくり
- ✓② グリーン・エコノミック・ネットワークづくり
- ✓③ エコロジー型新産業システムづくり
- ④ エコツーリズム（環境調和型観光）都市づくり
- ✓⑤ 環境にやさしい交通体系の創出

## 炭化珪素（SiC）

### 超省エネ型パワーエレクトロニクスの実装

《家電から自動車・鉄道までSiCパワー半導体搭載製品の本格普及》



京都大学  
大学院工学研究科  
木本恒暢教授



京都大学  
大学院工学研究科  
引原隆士教授



ローム(株)  
中村 孝博士



JST



京都コアクラスター



長野サテライトクラスター



福井サテライトクラスター

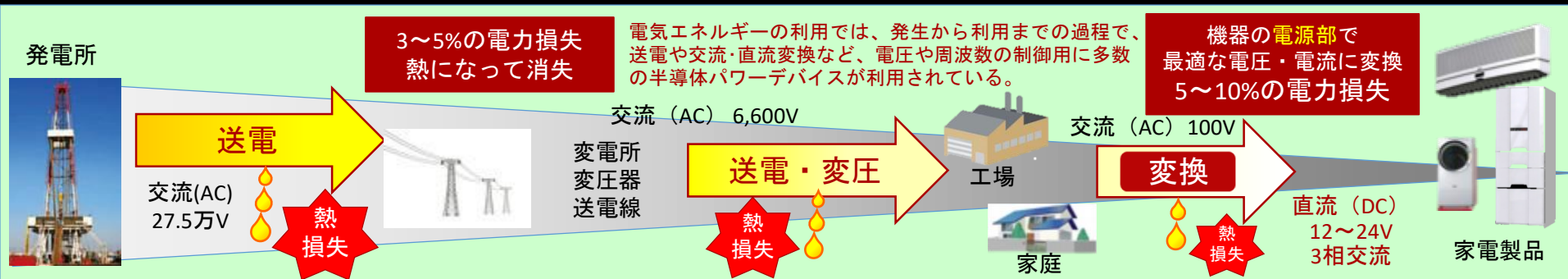


滋賀サテライトクラスター



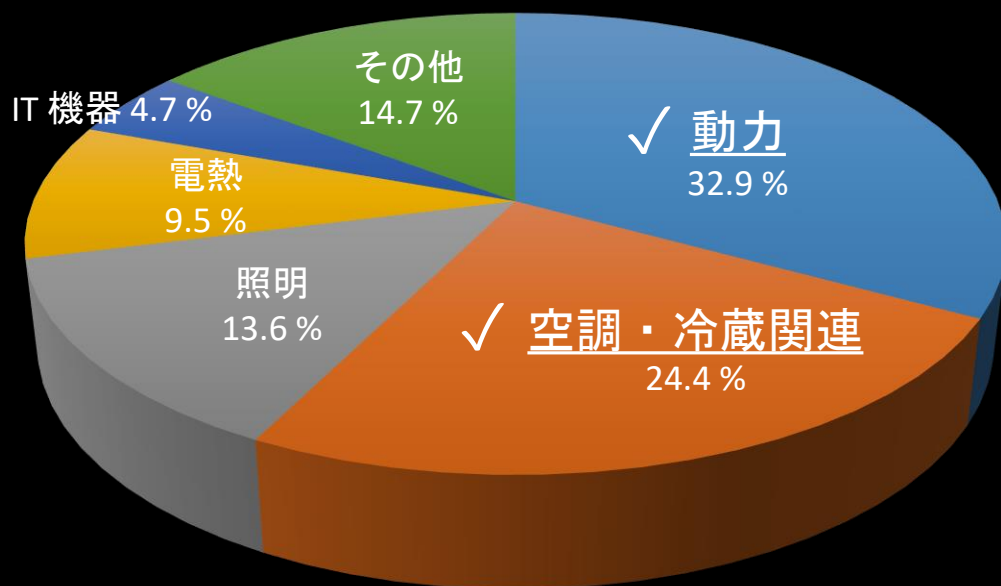
顕著な省エネルギー効果が注目されている小型・高効率・簡易冷却の SiC（炭化珪素）パワーデバイスの本格普及で電力損失を大幅に節減

# 京都地域における省エネ技術の産学公連携研究開発



日本の総電力損失量（500~1,000億kWh）は  
火力発電所13~26基分または原子力発電所7~14基分に匹敵

先進SiCパワーエレクトロニクス技術 → 火力10~20基分の省エネ達成！



日本の  
総電力需要(2005年実績)

9,996 億 kWh

モータ関連で  
総需要の57.3%を消費



# SiCパワーエレクトロニクスの社会実装と本格普及

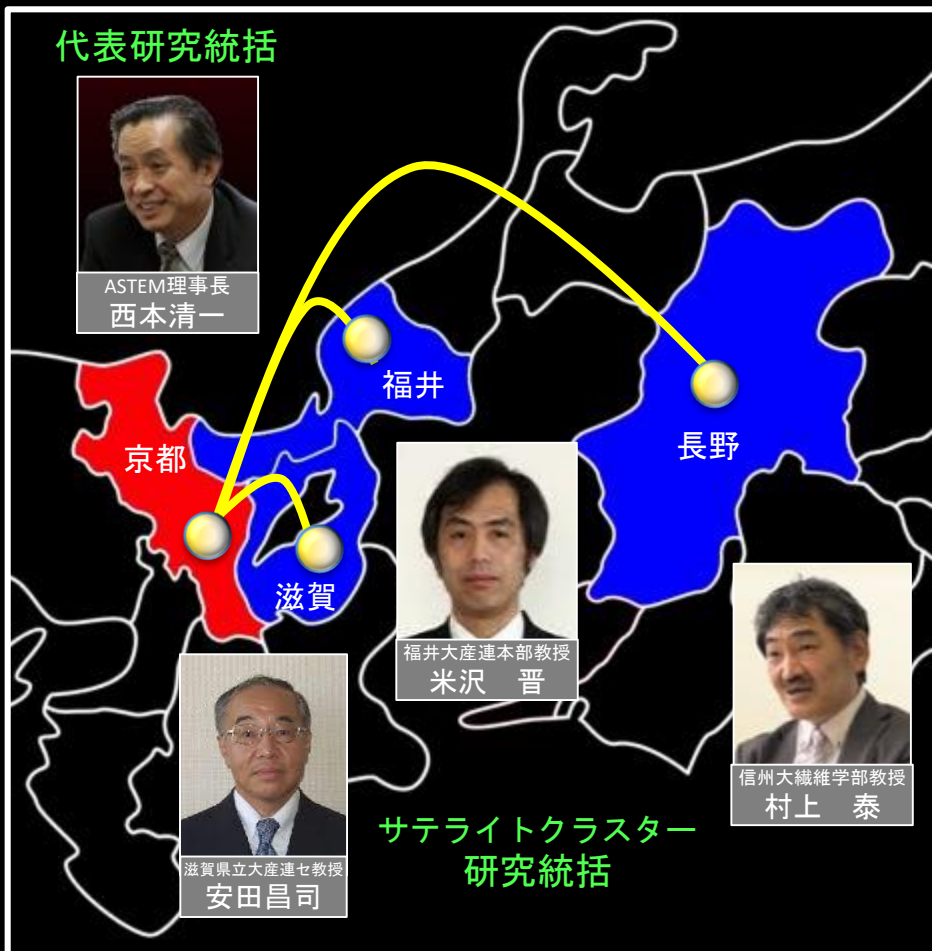
## 京都地域スーパークラスター

《京都・長野・福井・滋賀地域広域連携》

### 代表研究統括



ASTEM理事長  
西本 清一



### サテライトクラスター 研究統括



福井大産連本部教授  
米沢 晋



信州大繊維学部教授  
村上 泰



滋賀県立大産連セ教授  
安田 昌司

## 京都コアクラスター研究開発リーダー

高性能材料・デバイス  
研究開発グループ

回路・システム  
研究開発グループ



京大工教授  
木本 恒暢



京大工教授  
引原 隆士

産産学連携実装化推進  
研究開発グループ



ローム(株) 博士  
中村 孝

《参画企業(50音順)》

オムロン・カネカ・京セラ・サムコ・島津製作所・住友電気工業  
ニチコン・日本電産・堀場製作所・村田製作所・ローム

《産産学連携認定企業(50音順)》

アイケイエス・アドテックプラズマテクノロジー・京都電機器  
近畿レントゲン工業社・栗田製作所・神戸電機産業・竹中製作所  
日新技研・パルスパワー技術研究所・福島SiC応用技研・和晃技研

# 進化するSiCパワーデバイス

## 産学連携社会実装化推進研究開発

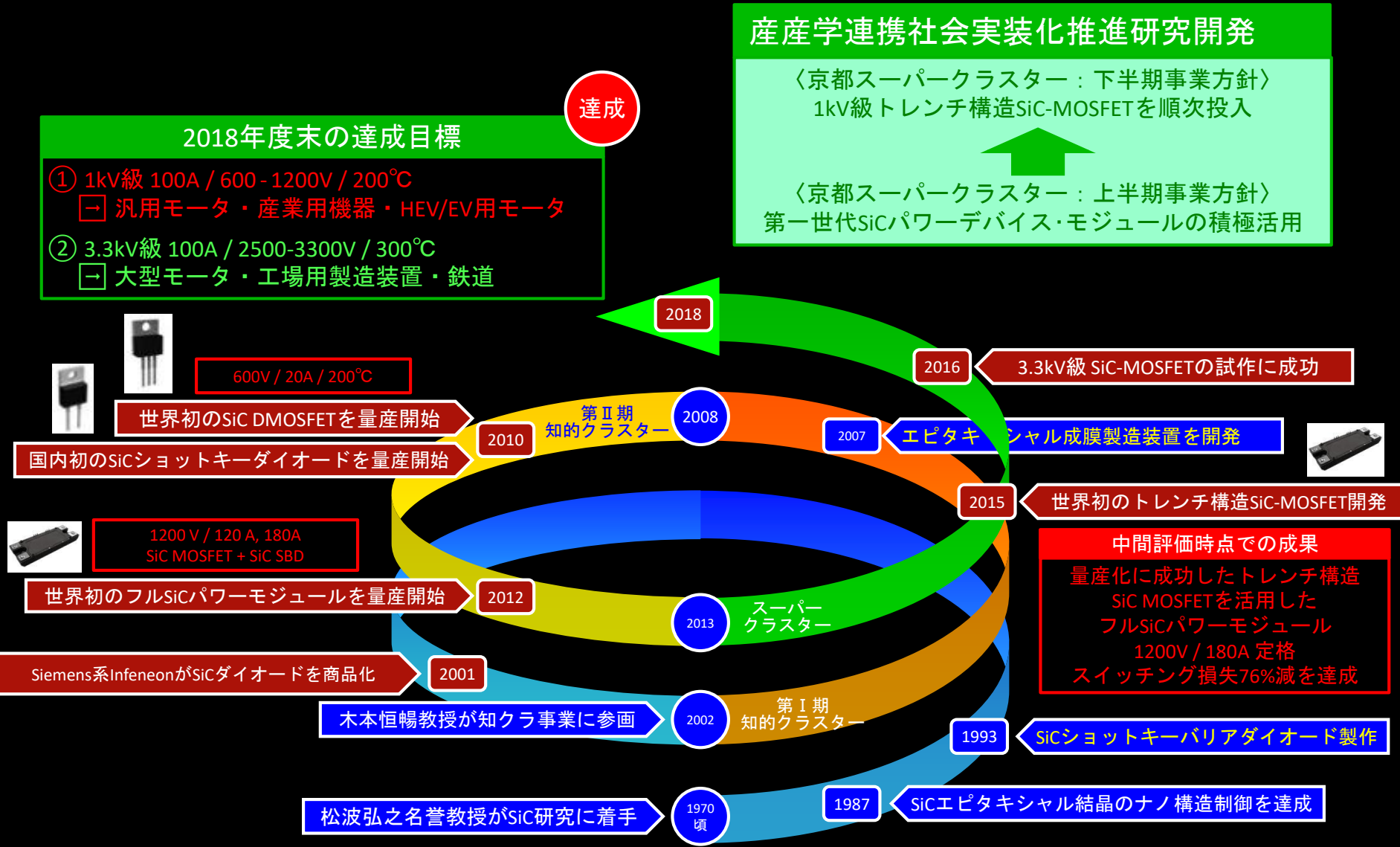
〈京都スーパークラスター：下半期事業方針〉  
1kV級トレンチ構造SiC-MOSFETを順次投入

〈京都スーパークラスター：上半期事業方針〉  
第一世代SiCパワーデバイス・モジュールの積極活用

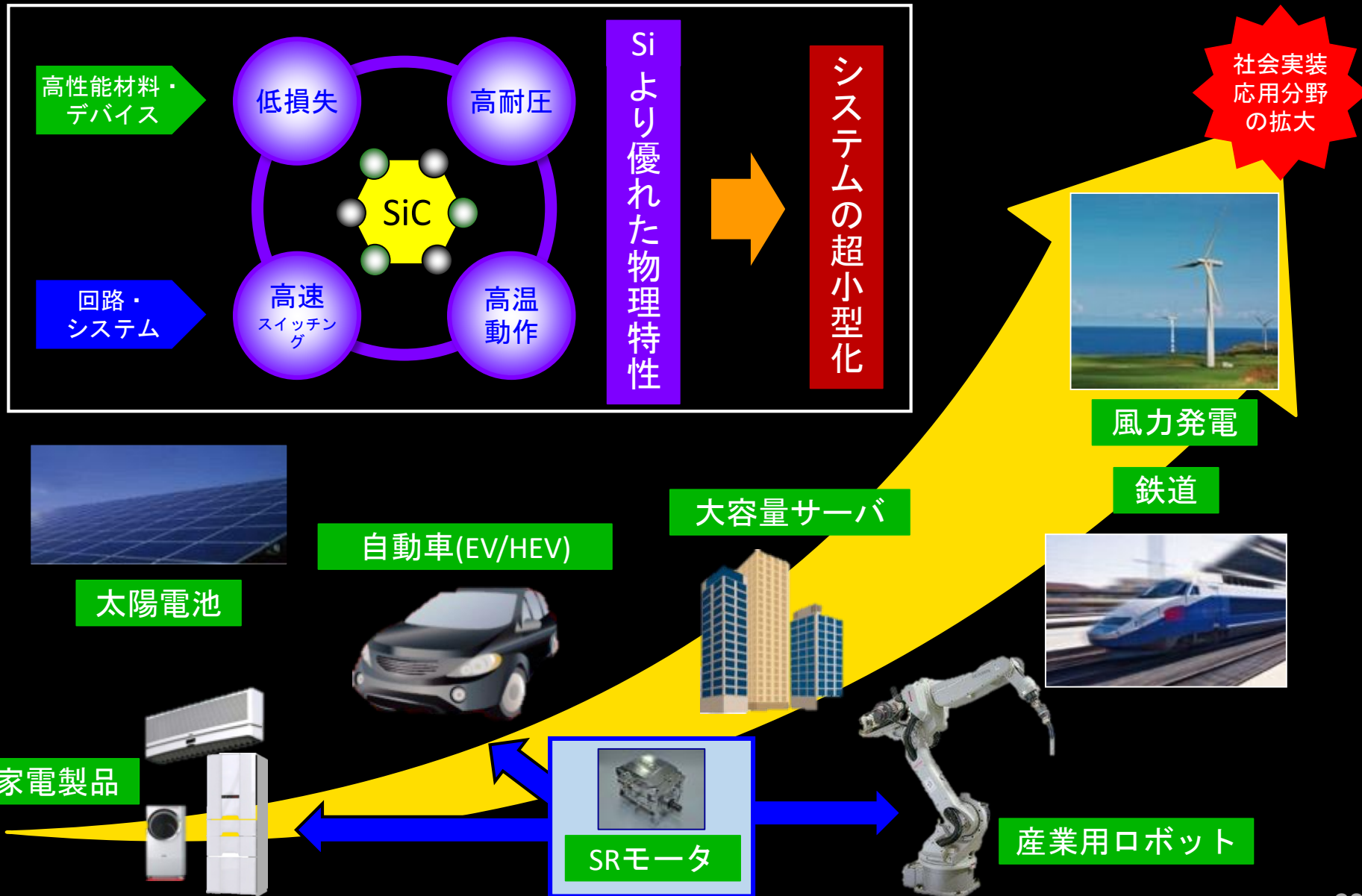
### 2018年度末の達成目標

達成

- ① 1kV級 100A / 600-1200V / 200°C  
→ 汎用モータ・産業用機器・HEV/EV用モータ
- ② 3.3kV級 100A / 2500-3300V / 300°C  
→ 大型モータ・工場用製造装置・鉄道



# SiC パワーデバイスの社会実装と波及

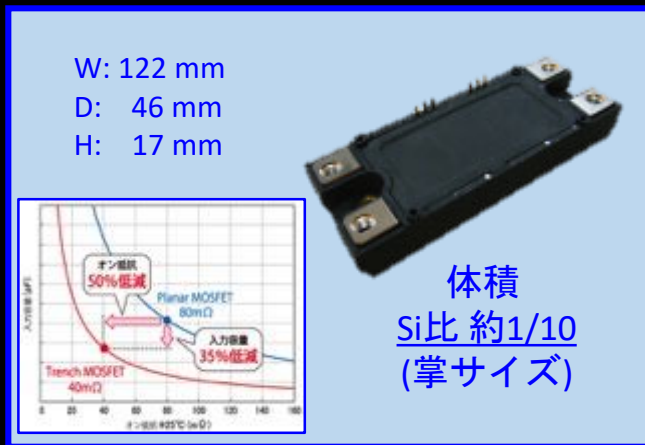


# トレンチ構造 SiC MOSFET の量産化へ

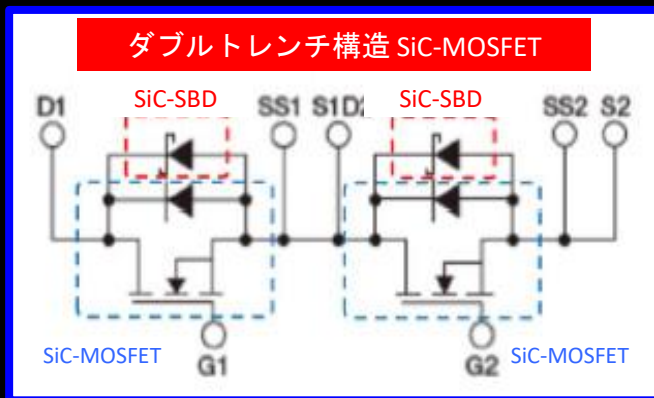
2015年6月 量産開始 (世界初)

◎市販パワートランジスター中で最高性能

- 1200V / 180A モジュール
- トレンチMOSFETs  
650V / 118A & 1200V / 95A



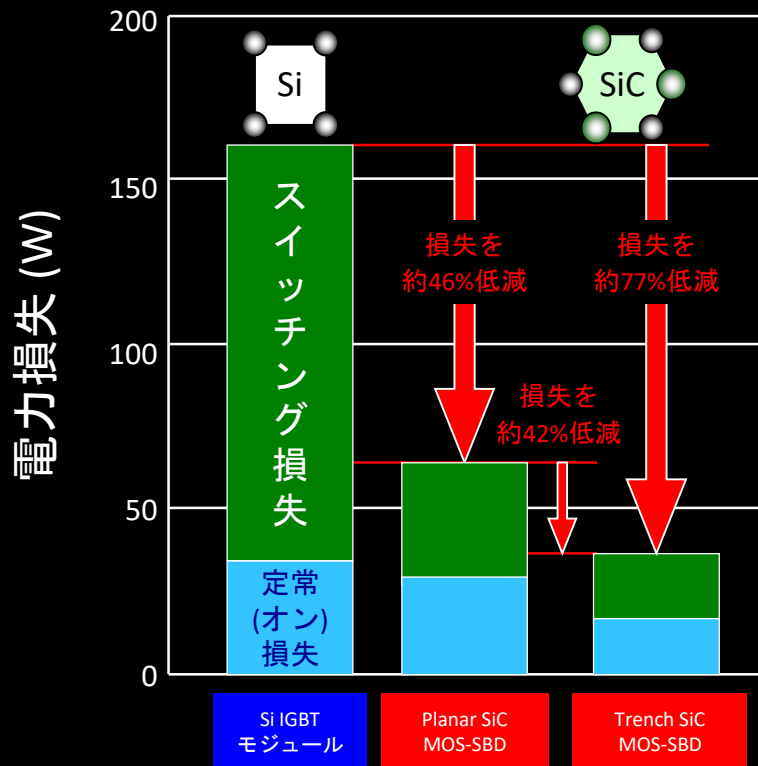
回路構成 (ハーフブリッジ)



1200 V – 180 A  
SiC MOSFET + SiC SBD

## 三相PWMインバータの損失比較

キャリア周波数=20kHz



システムレベルでの省電力を実証 (量産品)



木本恒暢(京大)



# SiC 高速・高周波スイッチングゲートドライバの実装効果

## 業界最高クラスの小型・高効率化を実現

省エネ  
小型化

### 開発電源（京都企業・大学の技術力）

京都の企業および大学との産学連携・産産連携で実現

- 京都大学  
高周波ゲート回路
- ローム株式会社  
SiCパワーデバイス
- ニチコン株式会社  
DC-DCコンバータ



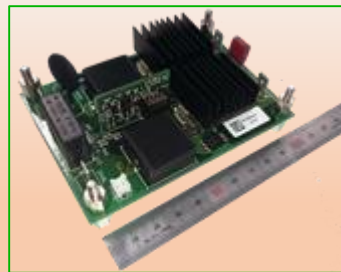
### 開発電源仕様

- 非絶縁DC-DCコンバータ
- スwitching周波数：1MHz
- 出力電力：1 kW
- 入力電圧：DC200V
- 出力電圧：DC400V
- サイズ：37%小型化
- 重量：30%ダウン
- 効率：94%

### 開発電源（京都企業・大学の技術力）

京都の企業および大学との産学連携・産産連携で実現

- 京都大学  
高周波ゲート回路
- ローム株式会社  
SiCパワーデバイス
- ニチコン株式会社  
DC-DCコンバータ



### 開発電源仕様

- 非絶縁AC-DCコンバータ
- スwitching周波数：1MHz
- 出力電力：1 kW
- 入力電圧：AC200Vrms
- 出力電圧：DC400V
- サイズ：75x105x34mm
- 効率：94.8%

# SiCパワーモジュール用スナバコンデンサモジュールの開発

ローム(株)製SiCパワーモジュール

BSM300D12P2E001

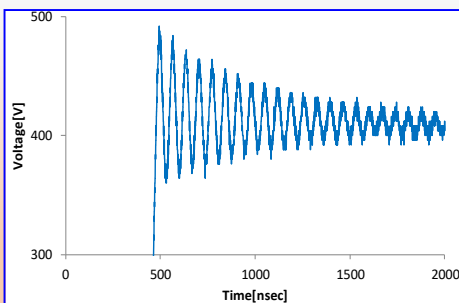
CR-Snubber



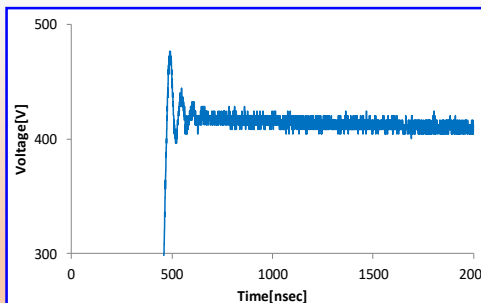
- DC-link capacitor 1600 $\mu$ F/8nH
- ゲート抵抗 : 0.2  $\Omega$
- 遮断電流 : 約 70 A

- Cスナバはサージを低減するが、リングングを抑制できない。
- CRスナバはサージとリングングを同時に低減・抑制。

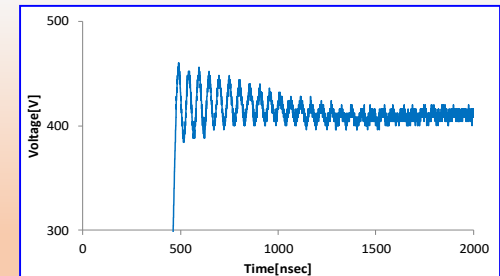
Snubber-less



CR-Snubber (1 $\Omega$ )



C-Snubber



産学連携  $\rightarrow$  産産学連携に発展



大阪大学



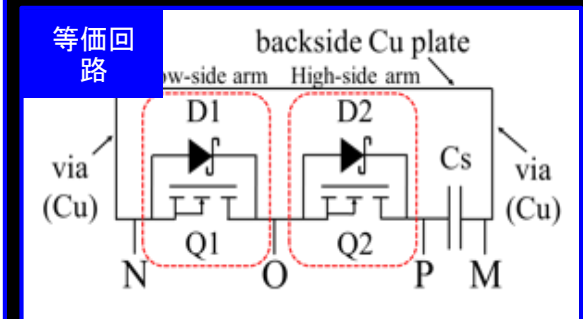
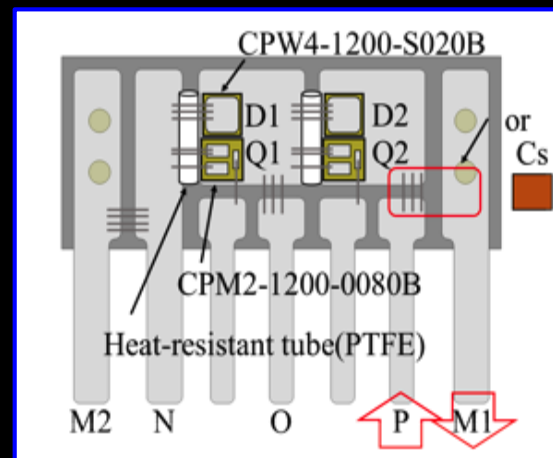
ローム(株)



(株)村田製作所



京セラ(株)



多層セラミック基板に SiC MOSFET とスナバコンデンサを実装した HBM

# 産産学連携実装化推進研究開発グループ

省エネ  
小型化

(京都5-1)  
超小型加速器の開発



福島SiC応用技研(株)/ローム(株)  
京都大学

省エネ

(京都5-2)  
大型カスタム電源試作開発



(株)アイケイエス/ローム(株)  
大阪大学

省エネ  
小型化

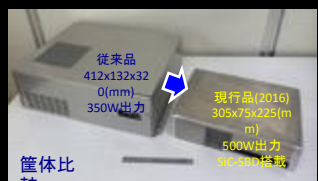
(京都5-3)  
直流高圧電源の試作開発



(株)栗田製作所/ローム(株)  
大阪大学

省エネ  
小型化

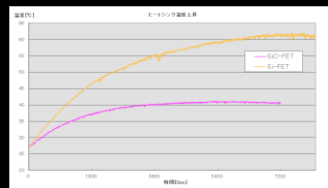
(京都5-4)  
X線発生電源試作開発



(株)近畿レントゲン工業社  
ローム(株)/大阪大学

省エネ  
小型化

(京都5-5)  
プラズマ用電源の試作開発



(株)アドテックプラズマテクノロジー  
ローム(株)/京都大学

省エネ  
小型化

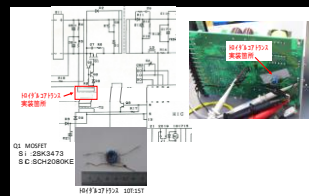
(京都5-6)  
直流電源の試作開発



京都電機器(株)/ローム(株)  
京都大学

省エネ  
小型化

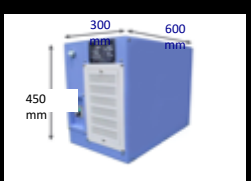
(京都5-7)  
高効率省エネ非常用電源開発



和晃技研(株)/ローム(株)  
大阪大学

省エネ  
小型化

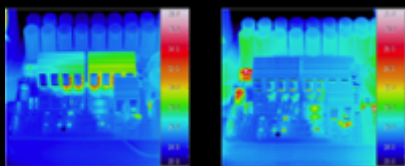
(京都5-8)  
高周波電源の試作開発



日新技研(株)/ローム(株)  
京都大学

省エネ  
小型化

(京都5-9)  
高電圧パルス電源の試作開発



パルスパワー技術研究所(株)  
ローム(株)/大阪大学

省エネ  
小型化

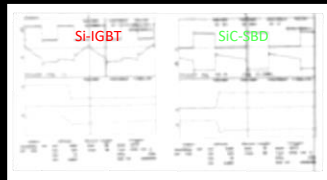
(京都5-10)  
高圧パルス電源の開発



(株)竹中製作所/ローム(株)  
大阪大学

省エネ  
小型化

(京都5-11)  
高効率電力変換器の試作



神戸電機産業(株)/ローム(株)  
京都大学

スーパークラスター  
プログラム開始後の  
極めて短期間に  
標準品およびカスタム品  
双方合わせて  
8品目13機種  
の新製品が市場投入

# SiC搭載機電一体SRモータシステム

産学連携から産産学連携『オープンイノベーション』によるSiC実装化推進研究開発に発展

世界の電力消費量は約19兆kWh (2012年) → 約57%をモータ一関連製品が消費



国立研究開発法人科学技術振興機構

京都地域スーパークラスター



大阪大学 [舟木教授]

駆動用SiCインバータの開発



立命館大学 [柿ヶ野准教授]

制御用コントローラの開発



日本電産 (株)

機電一体型SRモータの開発



ローム (株)

インバータ用SiCパワーデバイスの開発



ニチコン(株)

平滑用フィルムコンデンサの開発

※熱解析技術は横浜国大と共同開発

## 機電一体モータのためのSiC回路技術の構築

モータ



〈課題〉  
損失:大  
ノイズ:大  
サイズ:大



インバータなど  
電力制御装置

機電一体化



〈効果〉  
SiCインバータ搭載による  
SRモータ 多数の基本特許保有  
の低消費電力化・小型軽量化



家電・車載・産業分野の機電一体モータに展開可能な電装化技術として日本電産グループへの波及効果が大きい

小型化  
従来比  
32%

軽量化  
従来比  
69%



省電力の切り札

SiC搭載  
低損失化

レアアースフリーモータ

# SiC搭載超小型加速器

- ベンチャー企業の参画による 創造的破壊型イノベーション
- 産産学連携による共同開発



JST京都地域スーパークラスター



福島SiC応用技研(株)



ローム(株)



(有)品川通信計装サービス

- 被加速荷電粒子：重陽子
- 加速エネルギー：100keV
- 最大加速電流：20mA
- ターゲット：重陽子ターゲット
- 中性子発生反応：D(d,n)3He

## SiC 高耐圧・高速スイッチング



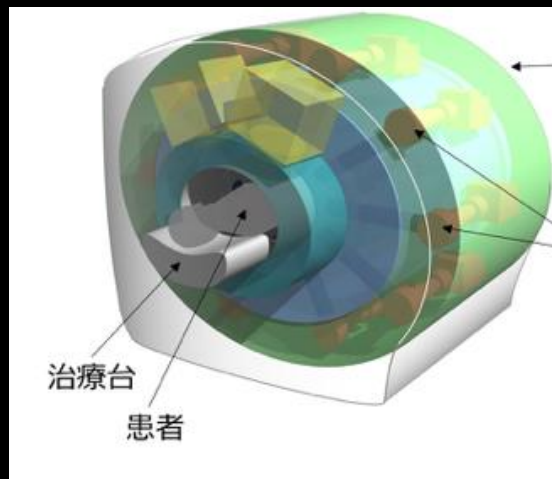
加速器用高電圧パルス発生器

## 医療応用に展開



加速器中性子源（原理検証機）

## 多門照射SiC-BNCTイメージ 〈製作中〉



遮蔽体

SiC 直列共振回路による加速器中性子源

## 事業拡大分野





# 進んだ『オープンイノベーション』の取組事例



加速器用高電圧パルス発生器



加速器中性子源（原理検証機）  
~75cm

- 高耐圧SiCパワーデバイスとの出会い
- 産産学連携による事業化の加速

## ベンチャー企業のGood Practice

Radical or Disruptive Innovation:

創造的破壊型イノベーション〈不連続性〉

☞ 大学や新興ベンチャー企業が優位  
企業外研究に起因する外生的イノベーション



## 京大&ローム産学連携のGood Practice

Incremental Innovation:

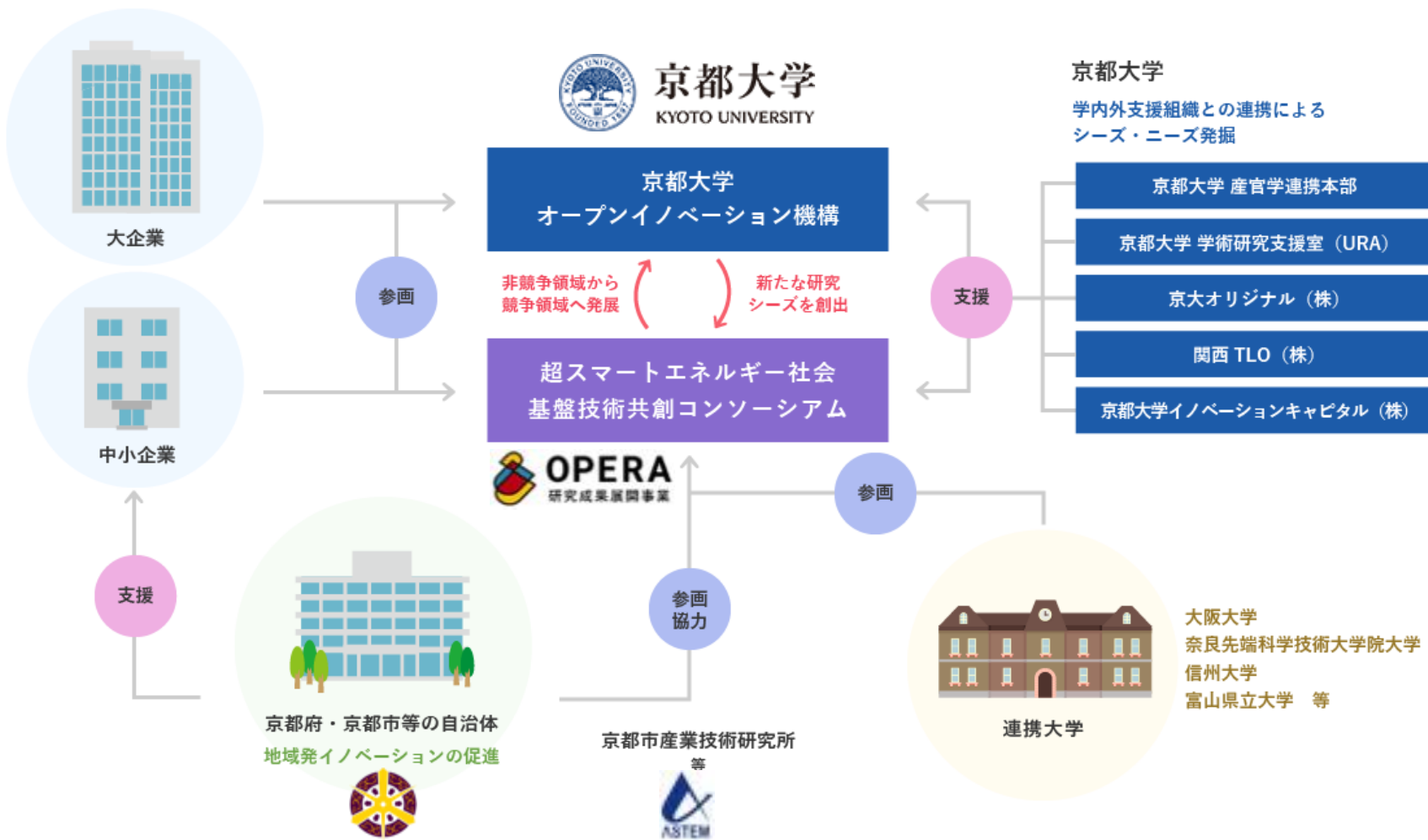
漸進的改良型イノベーション〈連続性維持〉

☞ 成功している既存大企業が優位  
大企業内R&Dによる内生的イノベーション  
☞ 『オープンイノベーション』による限界の克服

服

# 京都大学オープンイノベーション機構

## 京都地域スーパークラスターから京都大学へ



《京都地域発グリーンイノベーション》

脱炭素社会実現を促進する科学技術成果の社会実装

---

に引き続きご注目ください