

**TOSHIBA**

Leading Innovation >>>

# エネルギー事業における技術戦略

2016年10月18日

株式会社 東芝

執行役上席常務

エネルギーシステムソリューション社 統括技師長

風尾 幸彦

# 東芝のエネルギー事業

## グリーンエネルギーの追求とそのマネジメントシステムで 持続可能なエネルギー社会の実現を目指す



基幹電源

おくる

ためる



HVDC



変圧器



SCIB™



蓄電池

短期保存



水力発電  
可変揚水



水素

長期保存

送配電 変電所

蓄電システム

かしこくつかう

工場

交通

ホーム

ビル



## I. グリーンエネルギー

- ・ **世界最高水準の安全性を追求する原子力**
- ・ 高効率システムとCO<sub>2</sub>回収技術で  
ゼロエミッションを目指す火力
- ・ 電力システムの安定化に貢献する水力

## II. エネルギーマネジメント

- ・ 次世代技術により需給バランスの最適制御を追求

## III. 先端技術

- ・ 世界を牽引する先端技術

# 東芝グループの原子力プラント

## 世界最高水準の安全性を有する2炉型を世界展開

### 大容量BWR (ABWR)



- ・ 動的 + 静的安全システム(オプション)
- ・ 大出力 (135~165万kWe)
- ・ 豊富な運転経験 (4基供用中)
- ・ 短工期(37ヶ月)での建設実績

### 革新的PWR (AP1000™)



- ・ 静的 (Passive) 安全システム
- ・ 中出力 (110万kWe)
- ・ 建設中 (8基/米国・中国)
- ・ システム簡素化で保守物量低減

- 苛酷事故対策を反映
- 航空機落下対策・セキュリティ対策・サイバーテロ対策を反映
- 最新施工技術の適用 (モジュール工法・6DCAD™※・他)



Photo © Georgia Power Company. All rights reserved.

大型モジュールの設置風景

# AP1000™の特長

## 実績あるPWR技術をベースにWEC※が開発

- **静的 (Passive) 安全システム**採用
  - 重力落下式の注水冷却
  - 自然循環による炉心冷却
- **大型蒸気発生器**採用による原子炉一次系 2 ループ化
- **シールレス式原子炉冷却材ポンプ**採用
- **最新技術**の適用
  - フルデジタル計装制御システム
  - 高性能タービン
- **モジュール工法**の採用



中国 三門サイト (2015年)

Photo © Sanmen Nuclear Power Company Ltd. All rights reserved.



米国 ボーグルサイト (2016年)

Photo © Georgia Power Company. All rights reserved.

### AP1000™建設風景



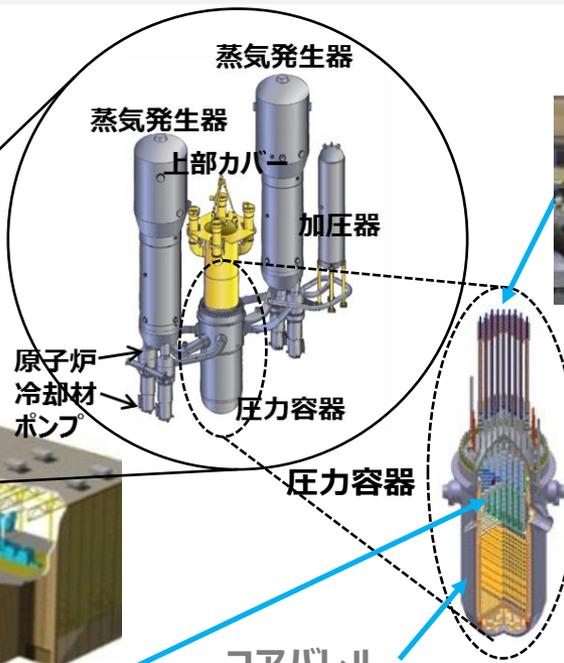
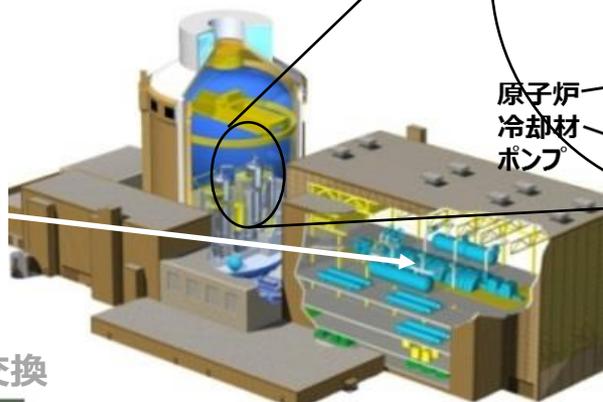
# AP1000™ 建設におけるWECとのコラボレーション

## 東芝の強い技術を適用

● WEC製造技術認証を取得

● 米国AP1000™に採用

タービン・発電機



制御棒駆動機構(CRDM)



復水器・熱交換



原子炉内構造物  
ガイドチューブ



コアバレル



AP1000™  
耐震オプション (現在NRC審査中)

# 東芝グループ燃料関連技術の特徴

## 豊富なラインアップで世界シェアNo.1の信頼性

Westinghouse  
PWRs



PWR用

CE  
PWRs



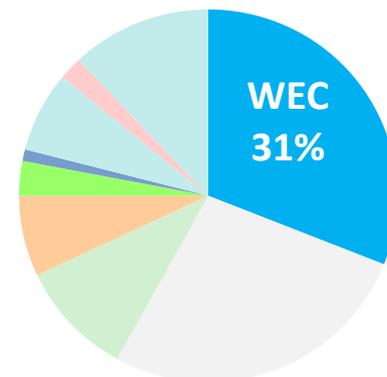
VVER用



BWR用



英国AGR用



軽水炉向け燃料シェア  
(2011年~2013年の平均)

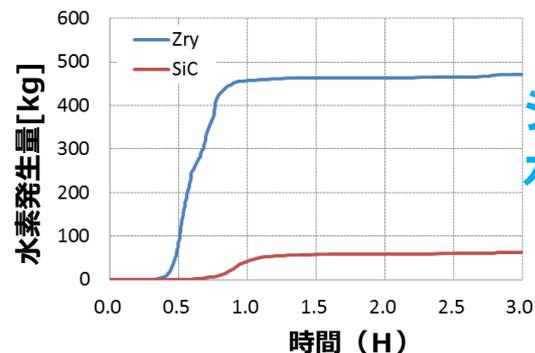
## 事故耐性燃料 – SiC※炉心材料



チャンネルボックス  
(SiC<sub>r</sub>-SiC)



被覆管  
(SiC<sub>r</sub>-SiC)



シビアアクシデント後  
水素発生抑制

過酷事故時の挙動解析例

# Plant Life Cycle Managementを支える技術開発

## 建設～運転～廃炉まで原子カプルの生涯にわたり維持管理

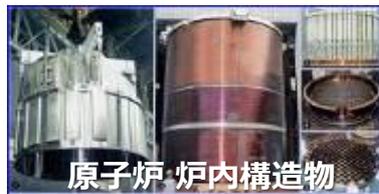
設計

製造・調達

建設

運転

廃炉



レーザピーニング



デジタル I&C

予防保全

監視

検査

補修

更新



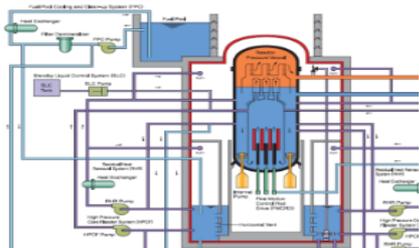
水中検査



発電機補修



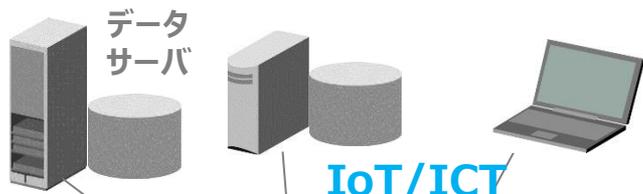
高効率タービン



プラント設計



Photo © South Carolina Gas and Electric Company. All rights reserved.



データサーバ

IoT/ICT

プラント設計・製造情報

データ共有



データサーバ

IoT/ICT

蓄積されたプラント運転・保守データ

# ①福島第一での取組み／②原子力施設の廃炉措置技術

## ①収束安定・廃炉措置に向けた技術開発の推進

汚染水処理技術



多核種除去設備

建屋内 遠隔除染技術



高所用ドライアイスブラスト  
除染装置※

高線量エリア向けロボット



原子炉格納容器内部調査  
ロボット※

使用済み燃料の取出し

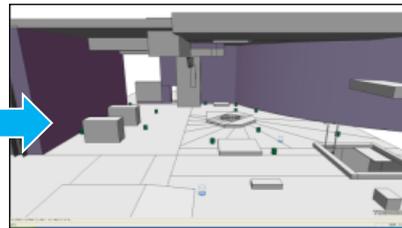


燃料取扱設備

## ②総合計画管理と各要素技術開発・国内海外で豊富な経験



シミュレーションによる計画



不要物撤去  
(スペイン Zorita)



除染技術 (T-OZON™)



計画

解体準備

機器撤去

建屋解体

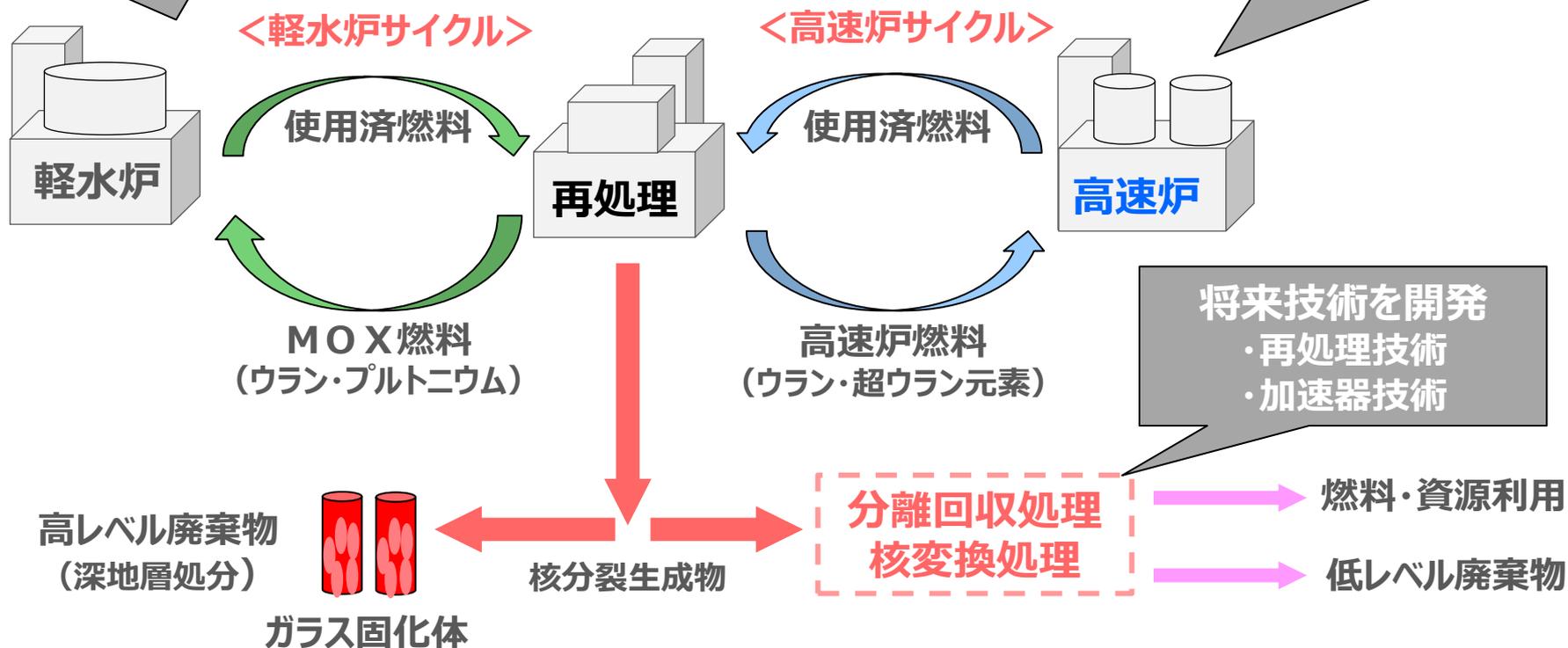
廃棄物処理、廃棄物処分 (切断技術、除染技術、検査技術)

# 将来の核燃料サイクル ～環境負荷低減技術～

## 環境負荷低減を見据えた原子炉／燃料サイクルシステム

超ウラン元素発生量を低減する  
「高減速軽水炉」を開発

超ウラン元素を燃焼する「高速炉」を開発  
「仏ASTRID」計画へ参画



## 廃棄物減容化・有害度低減に関わる国プロ事業等に積極的に参画

# 持続可能なエネルギー社会を目指す取組み

## I. グリーンエネルギー

- ・世界最高水準の安全性を追求する原子力
- ・高効率システムとCO<sub>2</sub>回収技術で  
ゼロエミッションを目指す火力
- ・電力システムの安定化に貢献する水力

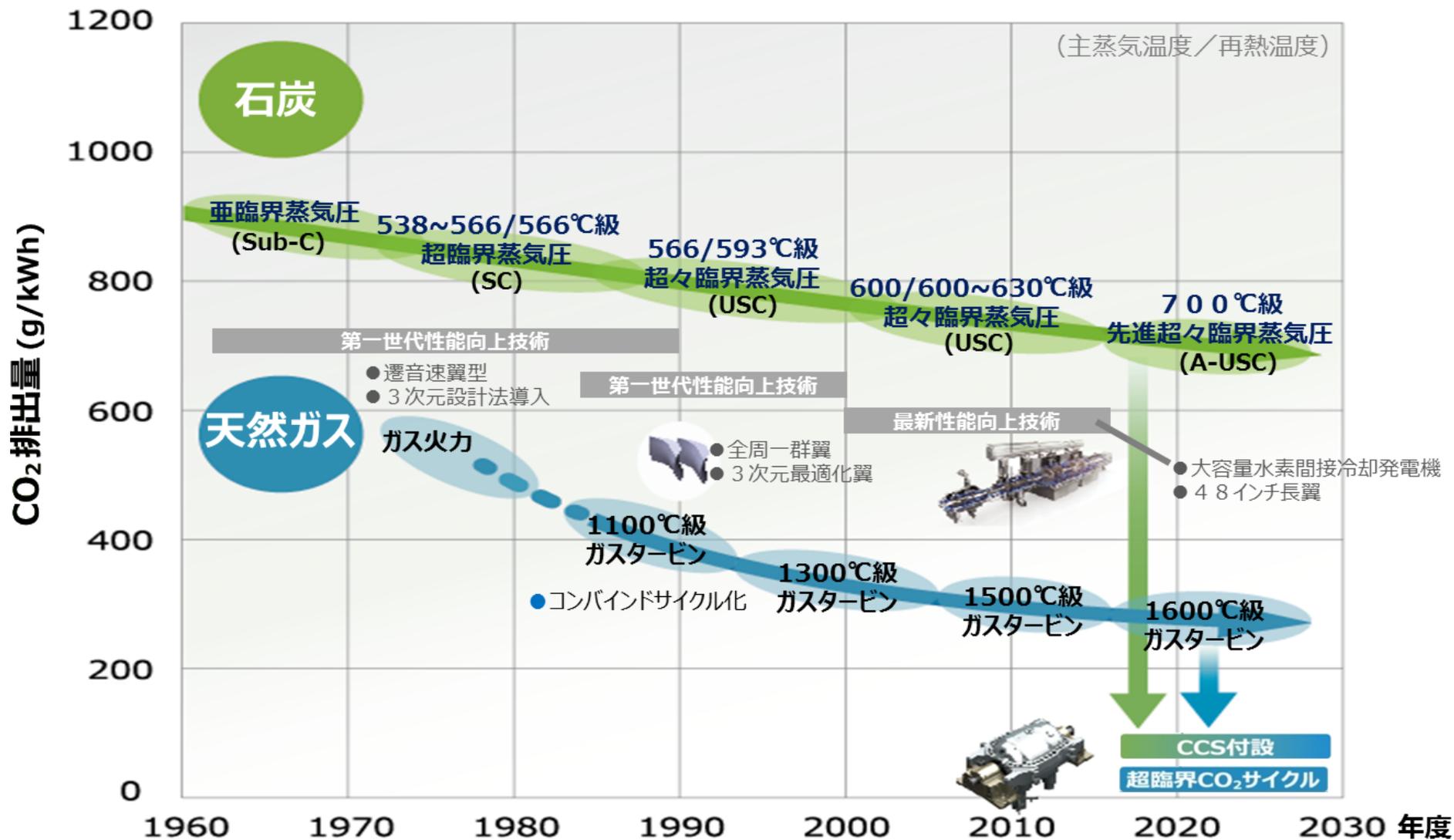
## II. エネルギーマネジメント

- ・次世代技術により需給バランスの最適制御を追求

## III. 先端技術

- ・世界を牽引する先端技術

# 火力プラントにおけるCO<sub>2</sub>排出量削減への取組み



# 火力プラントの効率向上への取組み

## 700℃を超える蒸気で更なる効率向上

### 石炭火力

**USC 最高効率：約42%**（送電端HHV）

主蒸気圧力：25Mpa

主蒸気温度／再熱蒸気温度：600／600℃



**A-USC 効率：更に10%向上**

主蒸気圧力：35Mpa

主蒸気温度／再熱蒸気温度：700／720／720℃



## ガスと蒸気との組み合わせで究極の効率実現(コンバインドサイクル)

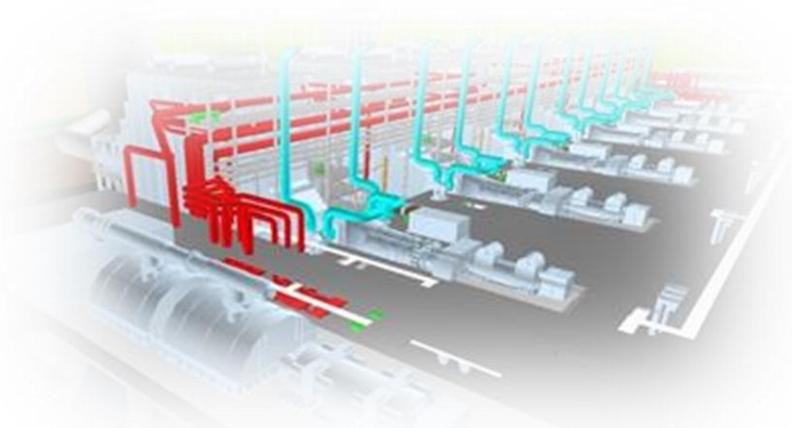
### ガス火力

**最高効率：約62%**（発電端LHV）

1600℃ガスタービン＋最新蒸気タービンサイクル



**サイクル改善で更なる高効率**



# 燃焼後CO<sub>2</sub>分離回収への取り組み

## あらゆる排出源からCO<sub>2</sub>を分離回収する

### 技術の特徴

- ・ 高い純度でCO<sub>2</sub>を分離回収
- ・ フレキシブルな設計が可能（CO<sub>2</sub>回収量、既設への追設が可能）
- ・ 石炭火力発電所での実績（10,264時間運転）

（2016年10月10日現在）

### 適用事例



#### 三川※パイロットプラント

2009年9月～  
石炭火力排ガスより  
10t/日回収



#### 佐賀CCUプラント

2016年9月～  
清掃工場排ガスより  
10t/日回収・利用



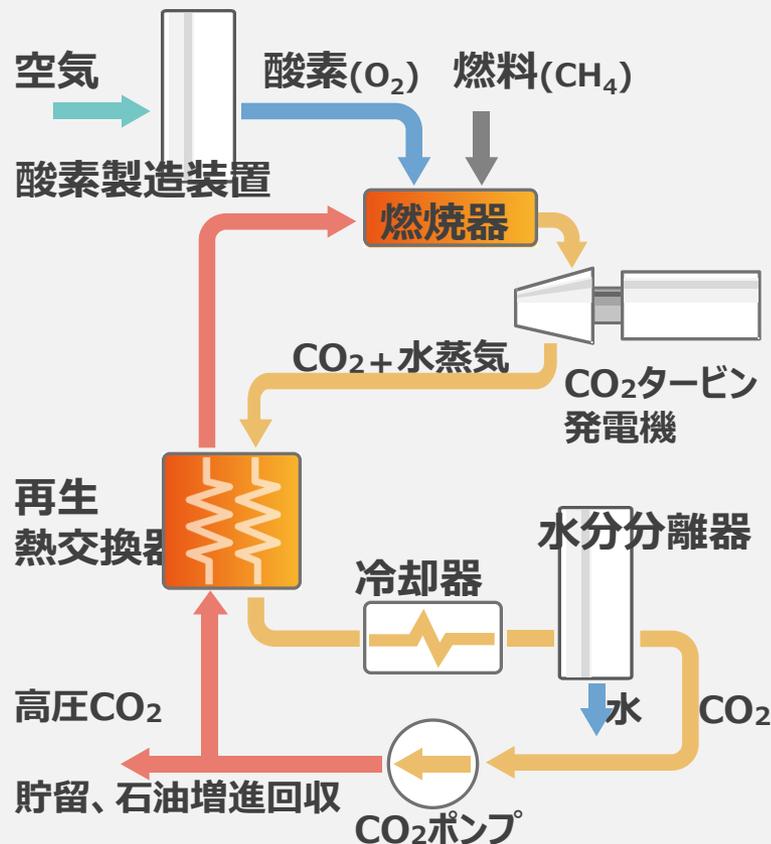
#### 三川環境省PJ実証プラント

2020年（予定）  
石炭火力排ガスより  
500t/日以上回収

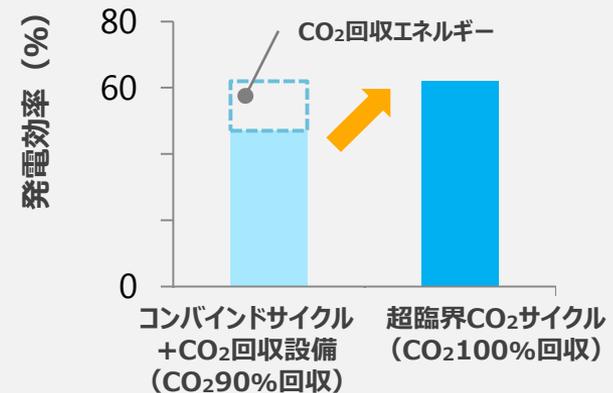
# 超臨界CO<sub>2</sub>サイクル発電

## 分離回収装置なしでCO<sub>2</sub>100%回収

### 超臨界CO<sub>2</sub>循環サイクル



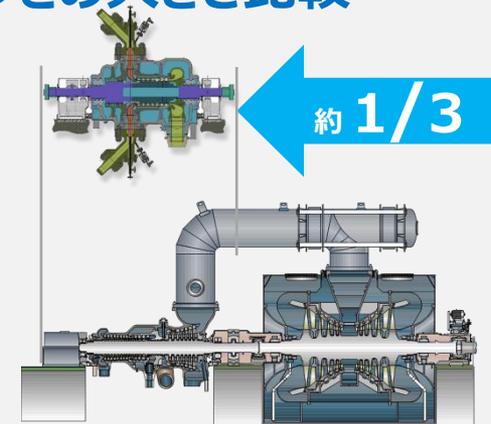
### コンバインドサイクルとの効率比較



### 従来タービンとの大きさ比較

250MWクラス  
CO<sub>2</sub>タービン

250MWクラス  
蒸気タービン



# 持続可能なエネルギー社会を目指す取り組み

## I. グリーンエネルギー

- ・世界最高水準の安全性を追求する原子力
- ・高効率システムとCO<sub>2</sub>回収技術で  
ゼロエミッションを目指す火力
- ・電力システムの安定化に貢献する水力

## II. エネルギーマネジメント

- ・次世代技術により需給バランスの最適制御を追求

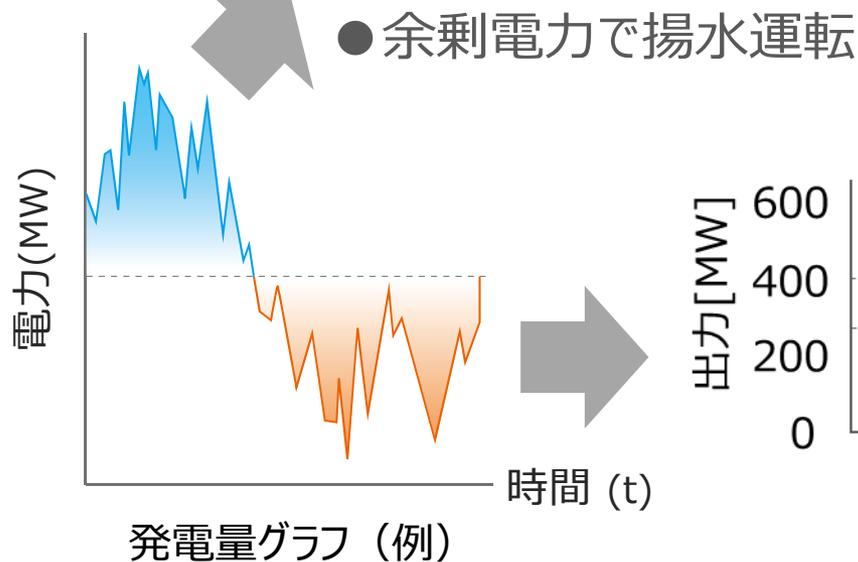
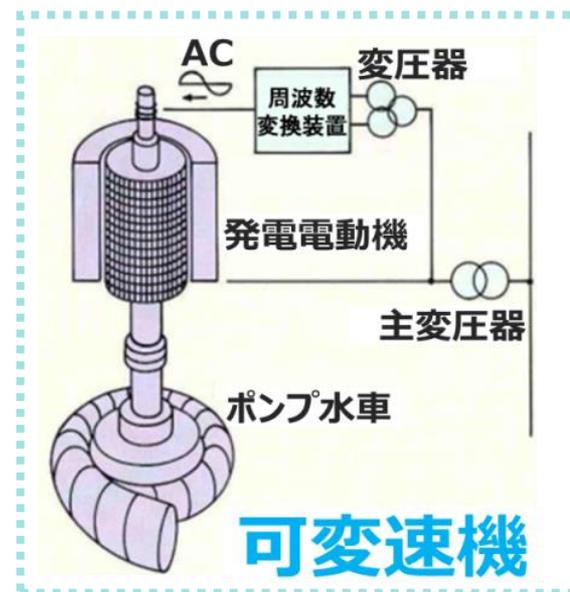
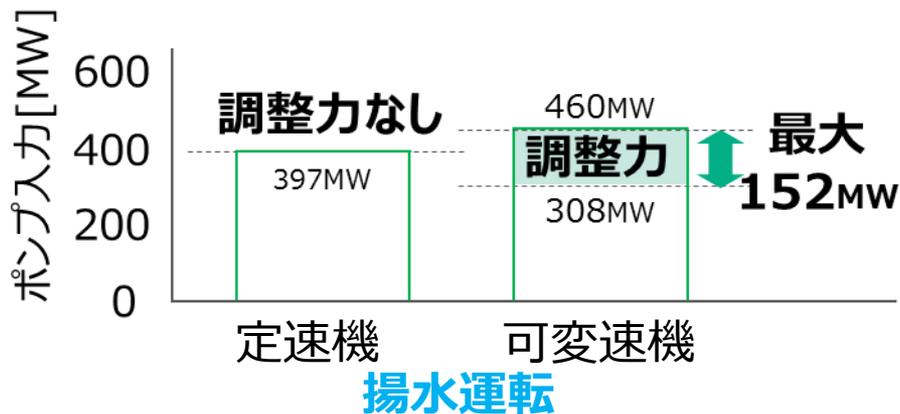
## III. 先端技術

- ・世界を牽引する先端技術



# 可変速揚水発電システム

## 定速機の約2倍の出力調整能力



● 不足電力は発電運転

# 持続可能なエネルギー社会を目指す取組み

## I. グリーンエネルギー

- ・世界最高水準の安全性を追求する原子力
- ・高効率システムとCO<sub>2</sub>回収技術で  
ゼロエミッションを目指す火力
- ・電力システムの安定化に貢献する水力

## II. エネルギーマネジメント

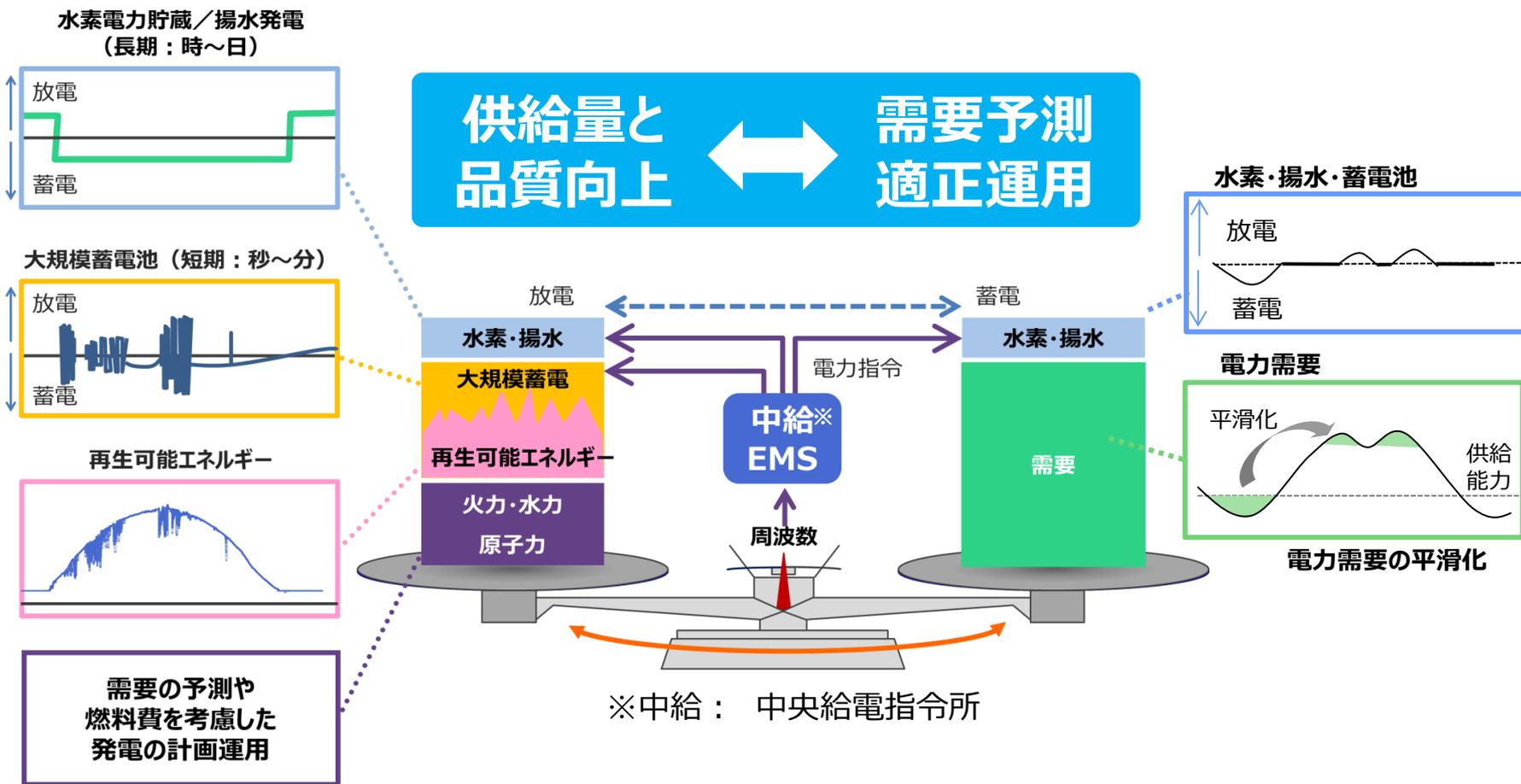
- ・次世代技術により需給バランスの最適制御を追求

## III. 先端技術

- ・世界を牽引する先端技術

# エネルギーマネジメントシステム（EMS）

## 揚水、蓄電池、水素活用による需要／供給バランスの最適制御



# E M S ソリューションへの取り組み

## スマートグリッド開発シミュレータを活用しソリューションを追求

### スマートグリッド研究設備 (2012運用開始)

- 電力系統から需要家までを連携した研究開発設備
- 技術開発、製品試験、設備導入効果検証に活用



### スマートグリッド開発シミュレータ

系統の条件を自由に設定できるリアルタイムシミュレーター

### 適用例：SCiB™の特性を生かした制御検討

#### 目的

- 電力需給差低減、系統周波数安定化の追求
- デマンドレスポンス、アンシラリーサービス、バーチャルパワープラントの実現

#### 評価結果例



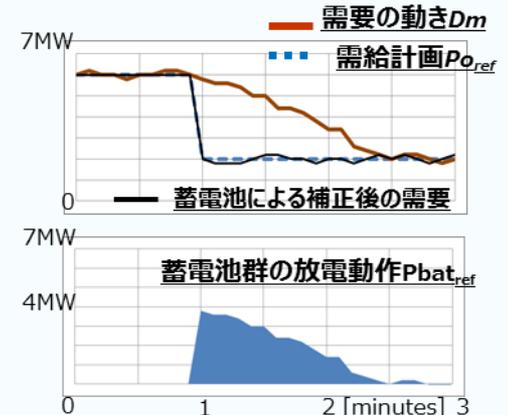
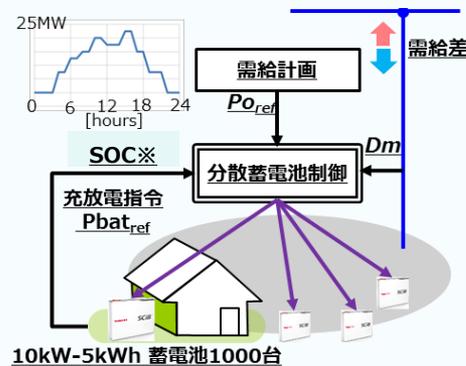
40,000回以上の充放電

誤差±3%以内のSOC※推定

0.25sec以内の高速応答

SCiB™蓄電システムの特徴

#### 需給計画と分散蓄電池制御



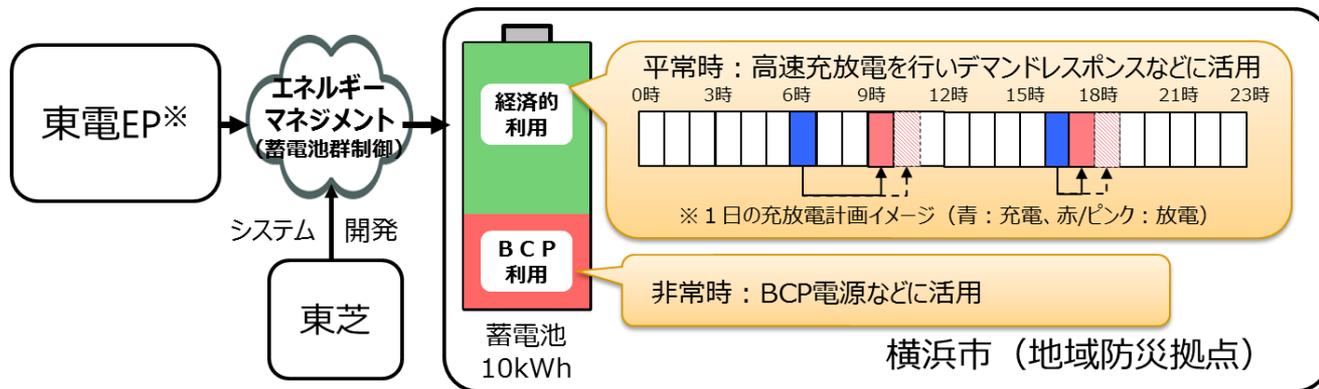
① SCiB™の特徴を活かした寿命推定が可能

② 電池群充放電シミュレーションにて需給差3%以内を確認

# スマートレジリエンス・バーチャルパワープラント構築事業

## 横浜市・東電EP※・東芝にて協定締結

**事業内容** 蓄電池を市内の小中学校に設置 (18校予定) (期間:H28/7/6~H30/3/31)



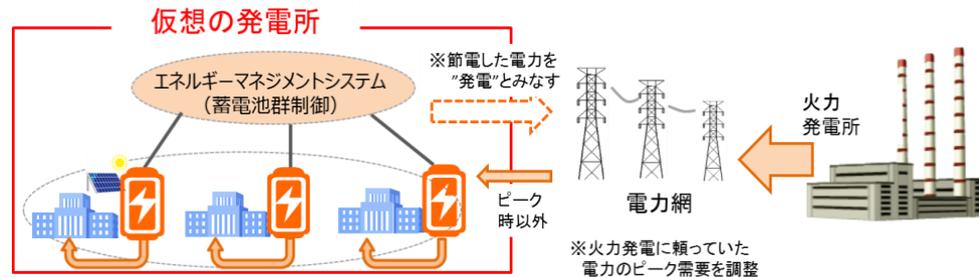
基本協定を  
2016年7月6日に締結

(BCP ; Business Continuity Plan / 事業継続計画)

### 今後の展開

#### 電力自由化を踏まえた「スマートレジリエンス・エネルギーサービス」の構築・展開

- ①環境性に配慮した防災性の向上
- ②再エネ有効活用と電力安定化の両立
- ③蓄電池設備を活用した新たなエネルギーサービスプロバイダー事業の確立



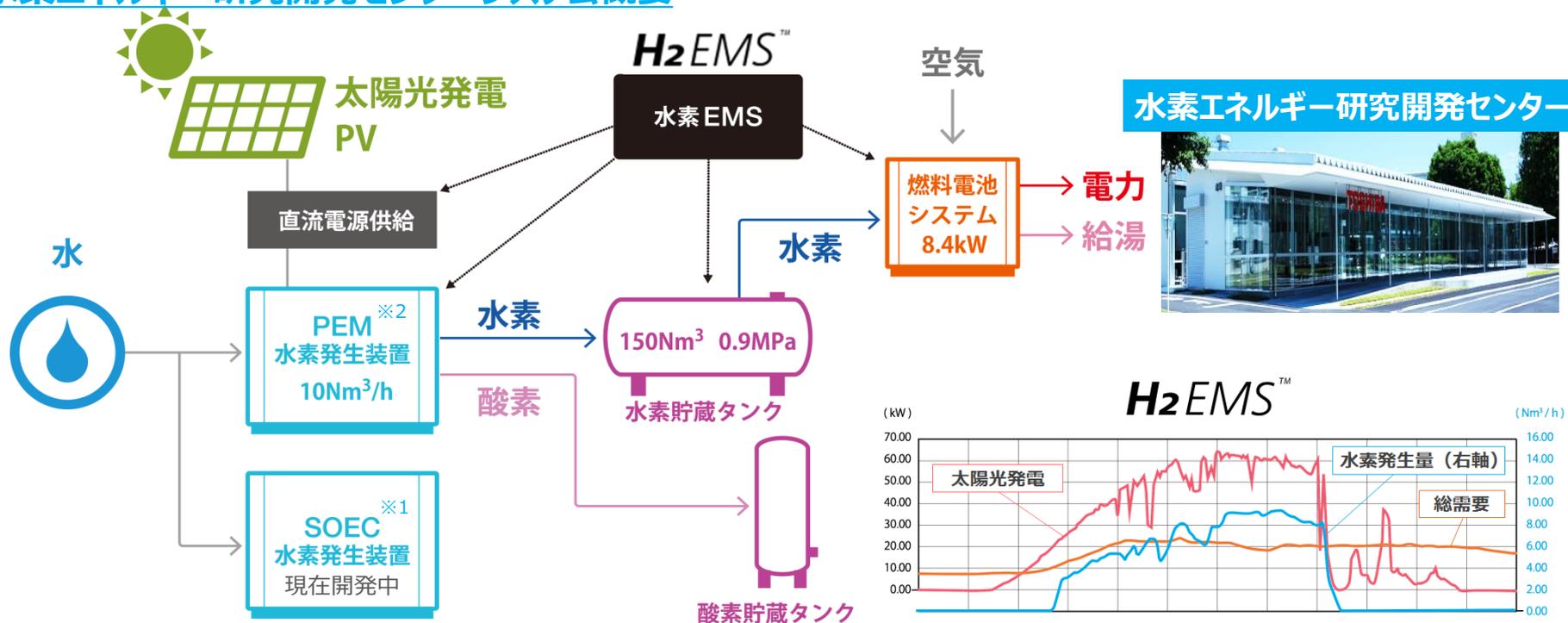
<関係補助金>  
経産省H28年度予算  
・バーチャルパワープラント構築事業費補助金

➡ **防災性、環境性(省エネ推進・再エネ拡大)、経済性(新サービス)の向上**

# 東芝の水素利活用技術

## 水素EMSにより、再生可能エネルギーの利用効率を最大化

### 水素エネルギー研究開発センターシステム概要



- 負荷に対して使える再生可能エネルギー出力はそのまま利用し、余剰電力は水素の生成・貯蔵に活用
- 再生可能エネルギーでは不足する電力は、貯めた水素を活用して燃料電池発電により補完
- 気象データとの連携、ノウハウの蓄積により、長期間に渡ったエネルギーマネジメントを実現



# H<sub>2</sub>One™の展開

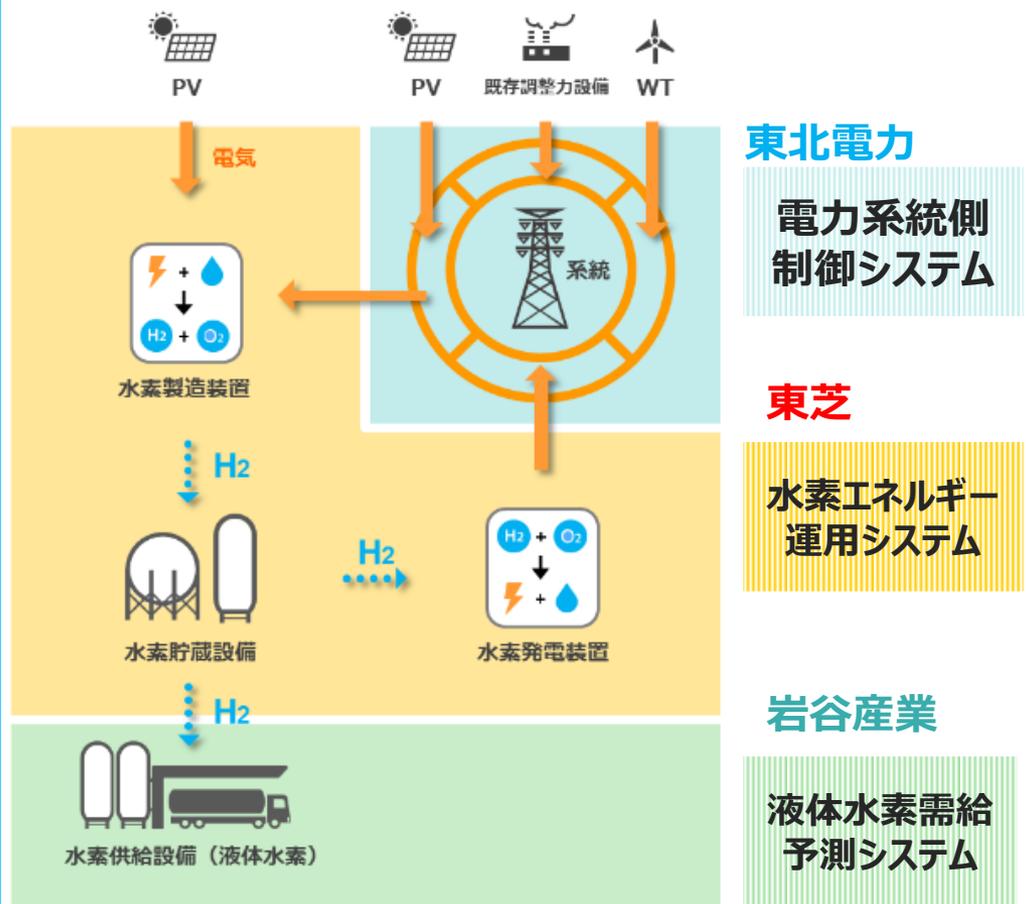
## 自立型エネルギー供給システム H<sub>2</sub>One(エイチツーワン)



## 世界最大規模の水素エネルギーシステム

(2016年度NEDO委託事業※)

- 福島県内を対象
- 事業可能性調査：2016年10月～2017年9月



# 持続可能なエネルギー社会を目指す取り組み

## I. グリーンエネルギー

- ・世界最高水準の安全性を追求する原子力
- ・高効率システムとCO<sub>2</sub>回収技術で  
ゼロエミッションを目指す火力
- ・電力システムの安定化に貢献する水力

## II. エネルギーマネジメント

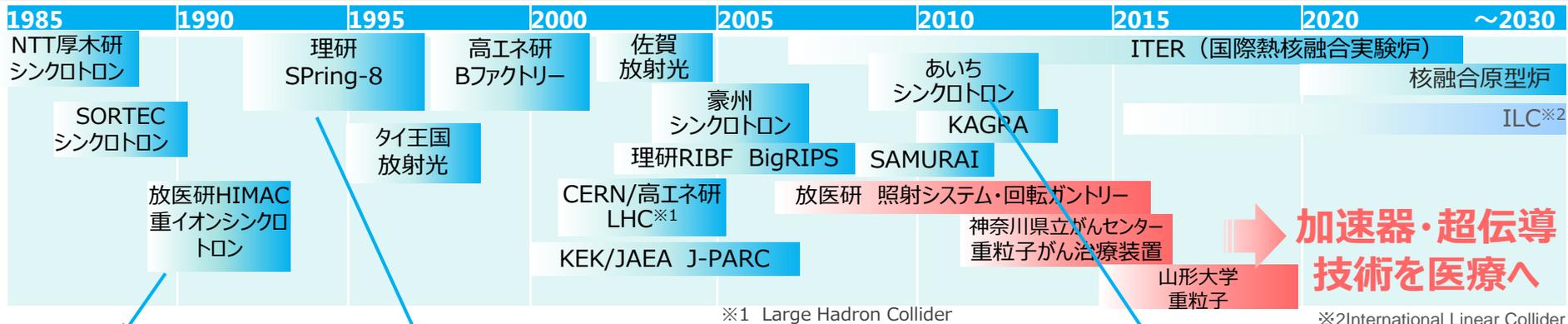
- ・次世代技術により需給バランスの最適制御を追求

## III. 先端技術

- ・世界を牽引する先端技術

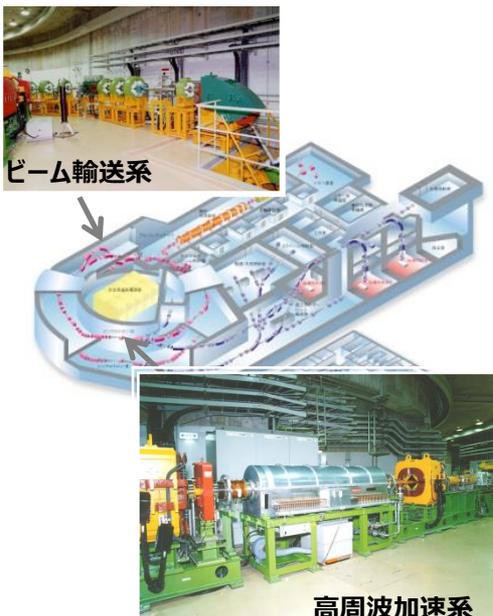
# 東芝の先端技術への貢献 (1/2)

## 加速器・超伝導技術の展開



➔ **加速器・超伝導  
技術を医療へ**

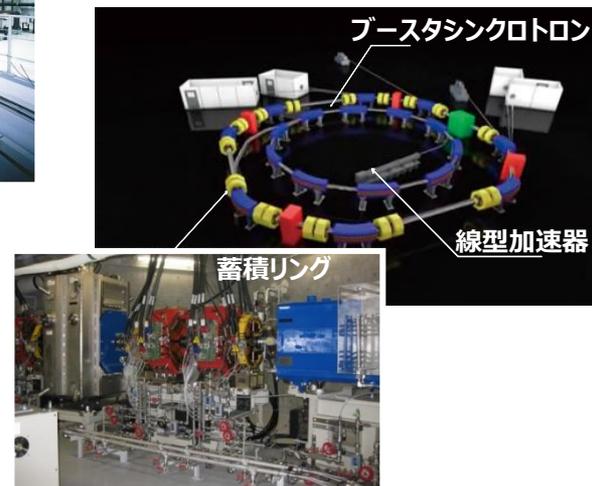
**HIMAC 納入1993年**



**SPring-8 理研1997年供用開始**



**あいちシンクロトロン 2013年運開  
光利用施設  
加速器システム一式取りまとめ**



提供: 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

提供: 国立研究開発法人理化学研究所

# 東芝の先端技術への貢献 (2/2)

## 最先端科学技術成果を支える超伝導技術

LHC※1 ATLAS実験装置に  
超伝導マグネットを納入

光速に近い陽子を衝突させ、発生した  
素粒子の識別を行う粒子検出用ソレノイドコイルと、  
18台のビーム収束用4極超伝導マグネットを納入

2013年ノーベル  
物理学賞受賞  
ヒッグス博士他



(C)CERN/KEK

※1 Large Hadron Collider

重力波望遠鏡KAGRAにクライオスタットを納入

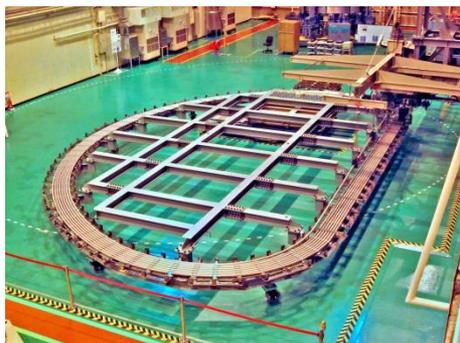
サファイヤ鏡を $-253^{\circ}\text{C}$ 以下に  
冷却するクライオスタットを納入



(C)ICRR/KEK



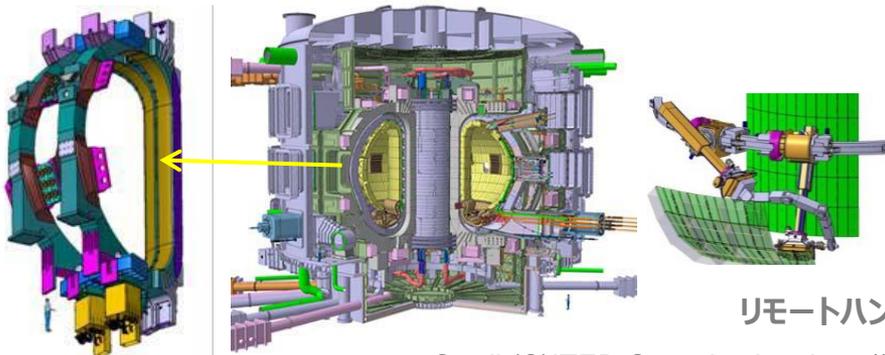
## 未来のエネルギー核融合



TF※2コイル (超大型超伝導コイル)

※2 Toroidal Field (TF)Coil

ITER (国際熱核融合実験炉)



Credit(C)ITER Organization, <http://www.iter.org/>

# 持続可能なエネルギー社会の実現に貢献

原子力では福島第一の収束に尽力すると共に、東芝・WECの総力を挙げて、**世界最高の安全性を追求**していきます。

まだまだ主力電源である火力では、更なる効率の追求とCCSの実現による**ゼロ・エミッションを追求**し、水力、地熱、太陽光、風力などの再生可能エネルギーと共に、“**グリーンエネルギー**”を目指します。

揚水発電、蓄電池、水素製造など、システムの特性を活かした蓄エネルギー技術と高度なエネルギーマネジメント技術、高効率な電力流通システムにより、**電力システムの安定化で、再生可能エネルギーの導入促進に貢献**していきます。

**TOSHIBA**

**Leading Innovation >>>**