

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



# 原子力エネルギー： フランスの「エネルギー移行法」における柱

クリストフ・ベアール

フランス原子力・代替エネルギー庁（CEA）原子力開発局長

2015年4月 - 日本原子力産業協会（JAIF）フォーラム

## ■ フランスの原子力

⇒ 現在の状況、動向、欧州での立場

## ■ フランスのエネルギー移行

⇒ 法律の原理と基本、現在の議論

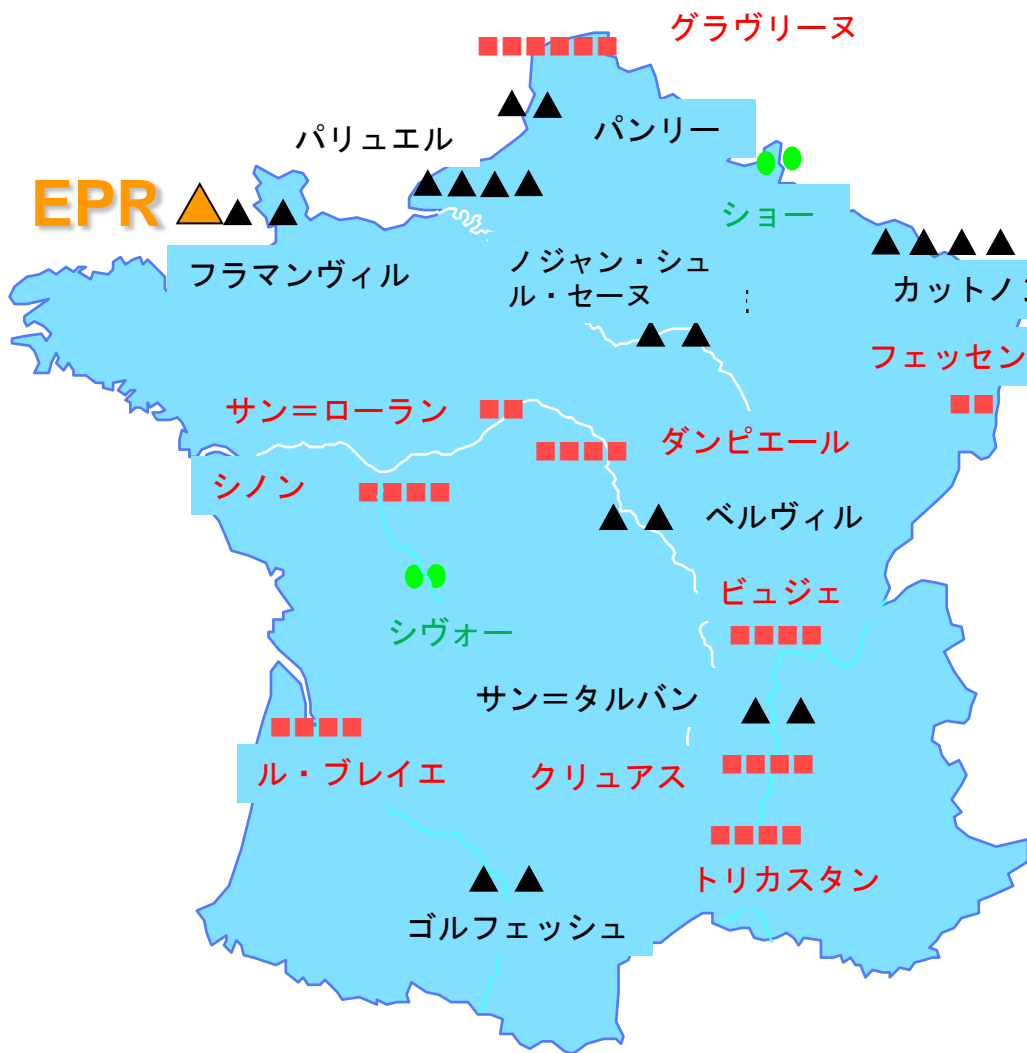
## ■ 未来のために

⇒ 現在のLWR（軽水炉）運転と燃料サイクルの最適化、第IV世代とそれに伴う燃料サイクルの準備

## ■ ASTRID プロジェクト

## ■ まとめ

# 現在の原子力発電所



- 900 MWe      34基      ■
- 1300 MWe    20基      ▲
- 1500 MWe    4基      ●

**PWR 58基**  
**63130 MWe 設置**

2014年に**416 TWh**を発電

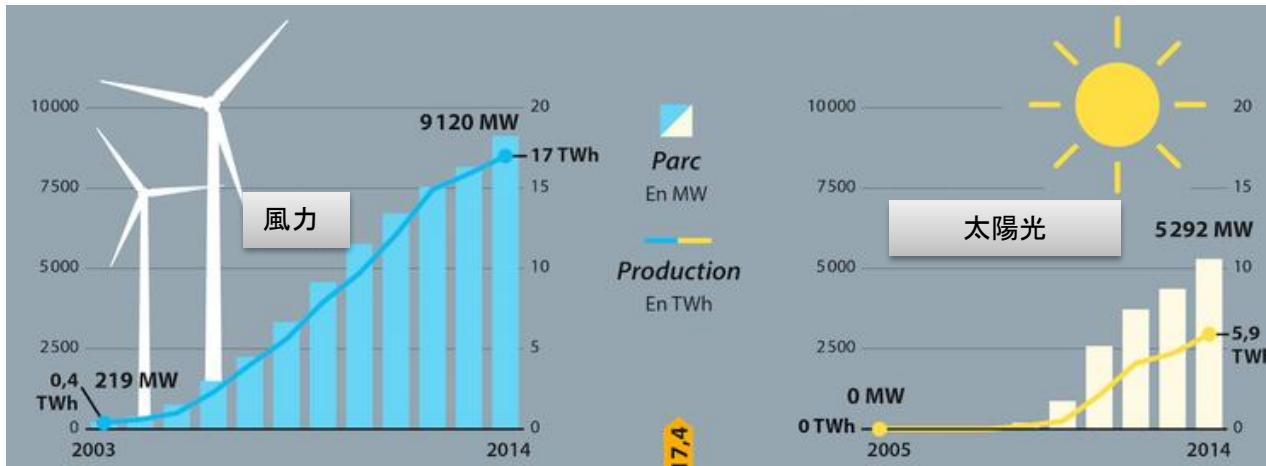
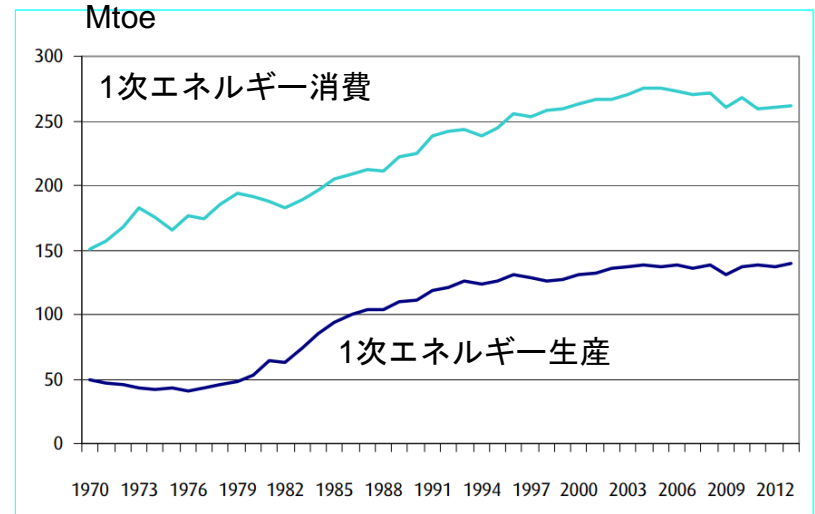
エネルギー自給率  
**2013年は53%**

グリッド接続

- 1号機(フェッセンアイム1) 1977年 4月
- 58号機 (シヴォー2)            1999年12月

# フランスのエネルギー事情 (1)

- 2000年以降フランスの1次エネルギー消費はほぼ安定
- エネルギー自給率は約50%
- 電力の約75%が原子力発電による
- フランスの電力の90%以上がCO2フリー
- 再生可能エネルギー開発



## 2014 年の発電

風力 : 4%  
太陽光 : 1%

フランスはEUの2020年気候変動・エネルギー政策パッケージに合わせて目標を固定

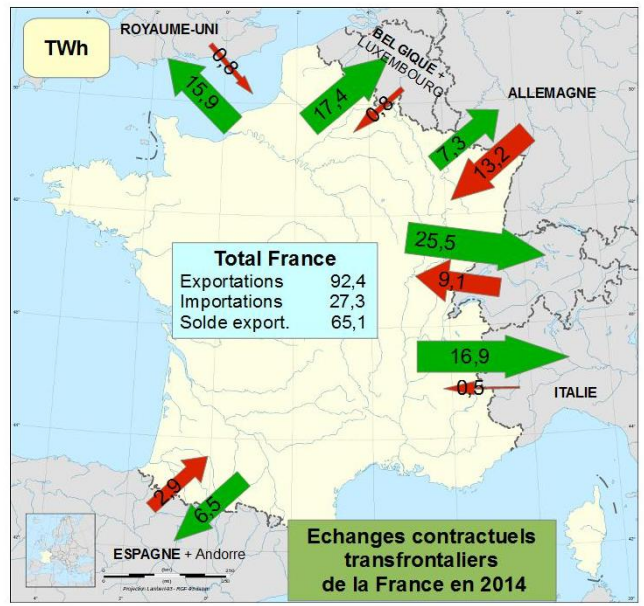


## 原子力と再生可能エネルギー

- 再生可能エネルギー：断続的供給
- 原子力：ベースロード供給



フランスは欧州グリッドに統合された電力純輸出国 (2014年は65 TWh)



- エネルギー需要の制御と、エネルギー効率・エネルギー節約の促進
- エネルギー供給源の多様化、化石燃料使用の低下、再生可能エネルギーのシェア拡大
- 市民、企業、地方自治体などすべての利害関係者の関与
- エネルギー価格やコストを含めた透明性と情報提供の保証
- エネルギー分野における研究開発の推進
- ニーズに合ったエネルギー輸送・貯蔵方法の確保

## 原則に基づいた具体的な目標

- 2030年までに化石燃料の消費を30%、温室効果ガス（GHG）を40%削減し、2050年の全エネルギー消費量を2012年の半分に引き下げる。
- 原子力発電の設備容量を現在レベル（63 GWe）で上限とし、2025年までに原子力のシェアを75%から50%に引き下げる。
- 最終エネルギー消費量に占める再生可能エネルギーのシェアを2020年までに23%、2030年までに32%に引き上げる。
- 5年ごとに見直される多年度エネルギー計画（MEP）を策定し、エネルギーミックスの展開を定める。

- 法案が10月18日に国民議会（下院）で審議
- 修正法案が3月3日に元老院（上院）で審議
  - ↪ 原子力発電容量の上限を64,8 GWとする。
  - ↪ 原子力発電を電力の50%にするが、期限は「しかるべき時期」とする。
  - ↪ 2030年までに再生可能エネルギーを40%とする。
  
- 3月10日、上下両院委員会で二つの法案について和解に達しなかった。
  
- 最終審議のため法案を下院に再提出
  - ↪ フランス憲法によると両院不一致の場合の最終議決権は下院にあるが、最終法案の今後は不明。



## ■ マニユエル・ヴァルス首相の発言

- ⇒ « 原子力は未来のエネルギーである。それは、我が国の主権と地球温暖化対策にとって不可欠である »
- ⇒ « 第IV世代炉は燃料のマルチ（多重）リサイクルを可能にし、我々のエネルギーの安全保障を強化する。この未来の原子炉は特にCEAにおける研究開発の優先事項としなければならない »



## ■ セゴレーヌ・ロワイヤル エコロジー・持続可能開発・エネルギー大臣の発言

- ⇒ « 目的は、第III世代炉（EPA, ATMEA1）の運転フィードバックを活用して、より少ない燃料で、統合されたリサイクル能力を持ち、より低い放射能濃度のより少量の放射性廃棄物を生成する第IV世代を準備することである »





**原子力は今後もフランスの  
主要発電源であり続ける**



## 未来に備えてやるべきことは？

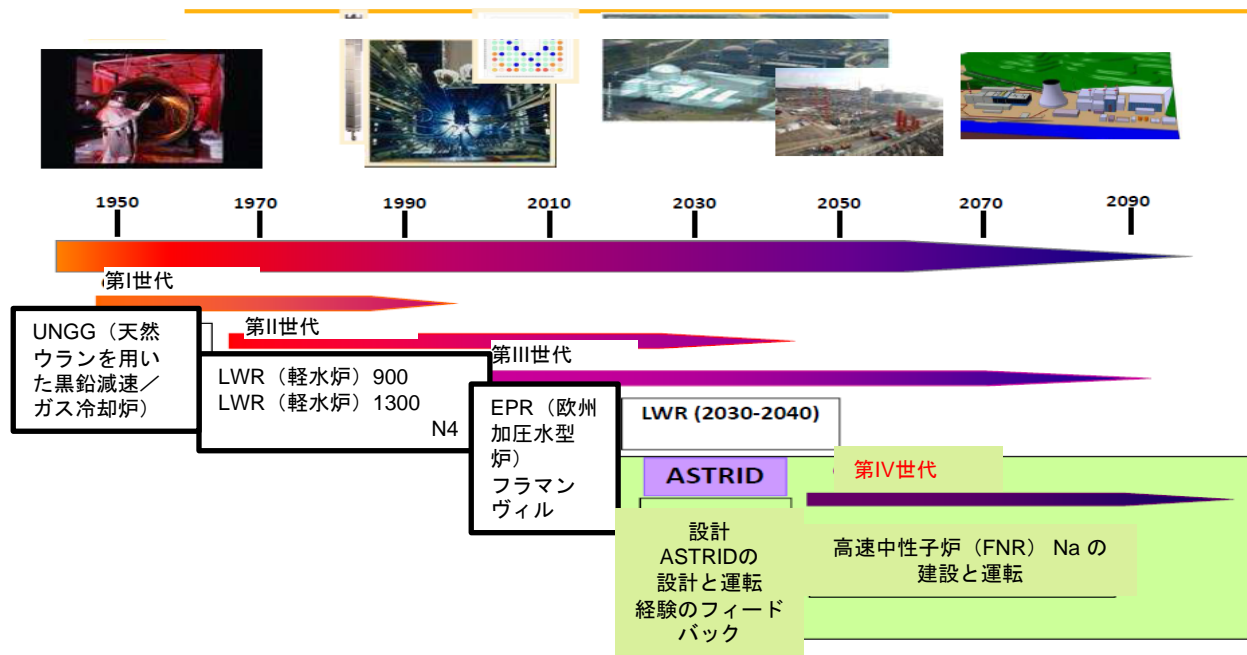
- LWR（軽水炉）の寿命を延ばす。
- クローズド燃料サイクルを継続し、再処理を最適化する。
- 高速中性子炉とそれに伴うクローズド燃料サイクルで未来に備える。
  - ↪ プルトニウムのマルチリサイクルを可能にする。
  - ↪ 使用済み燃料のエネルギー・ポテンシャルをすべて使う。
  - ↪ 高レベル核廃棄物の最終排出量と放射能毒性を最小化し、未来の地層処分のより良い活用を可能にする。

# 原子力発電所とサイクル施設発電のタイムフレーム

LWR（軽水炉）から  
SFR（ナトリウム冷却  
高速炉）へ

第III世代は数十年にわたって  
主役として残り続けるだろう。

だが、今から未来に備える必要がある。



## サイクル技術

現在のサイクル技術は原子力発電所の第III世代と第IV世代の架け橋になることができる。

だが、未来のプラントのための適応が必要である。



ラ・アージュ再処理工場



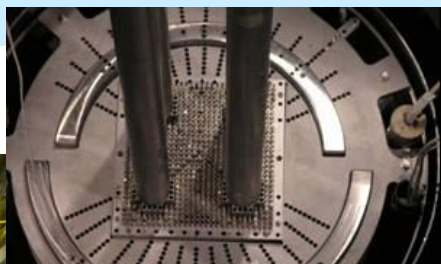
六ヶ所再処理工場



メロックス工場

## 原子炉

- 原子力発電所の運転寿命を延長する。
- パフォーマンスレベルを向上させる。  
(利用可能性など)
- 原子力安全レベルを向上させる。



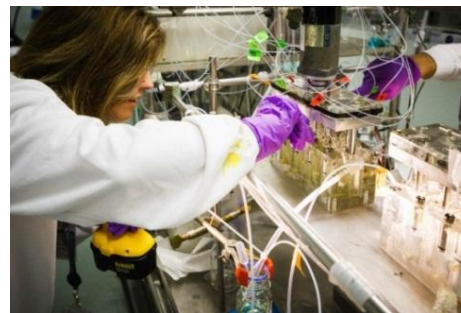
EOLEにおける 1300 MWe 出力  
原子炉容器に吸収されたフルエンスの研究



サクレ研究所における  
照射済み物質と燃料の検査

## サイクル

- 競争が非常に激しい市場で産業界のニーズを満たす。
- リサイクル産業（ラ・アーク & メロックス）、放射性廃棄物生成者、放射性廃棄物管理公社（Andra）をサポートする。
- 効率的な新工程を整備する。
- 原子力・代替エネルギー庁（CEA）の開発を国際社会で売り込む。



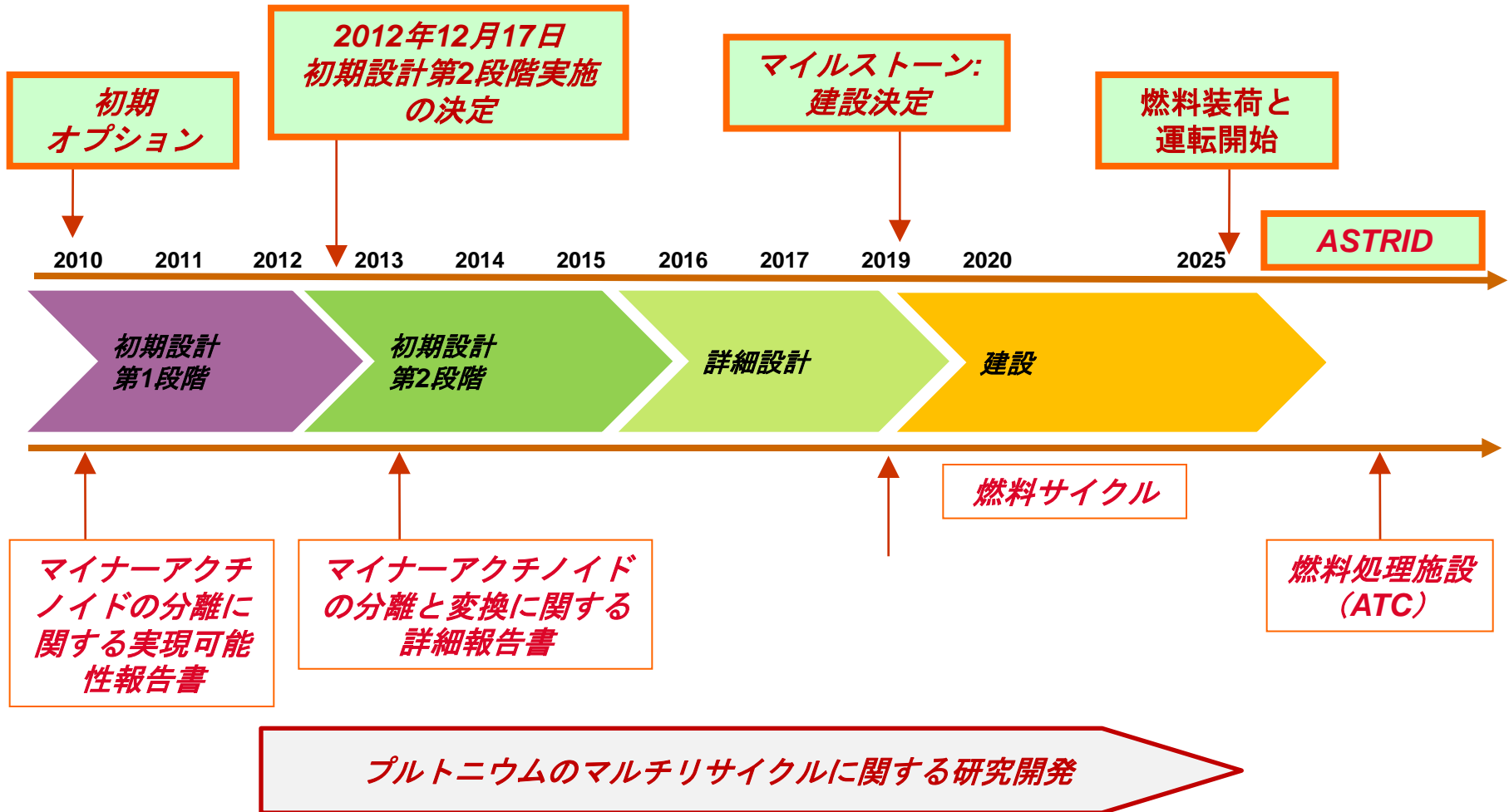
ウランの選択抽出工程の性能を実験室規模で確認するためのかくはん機と沈降機を載せた実験台



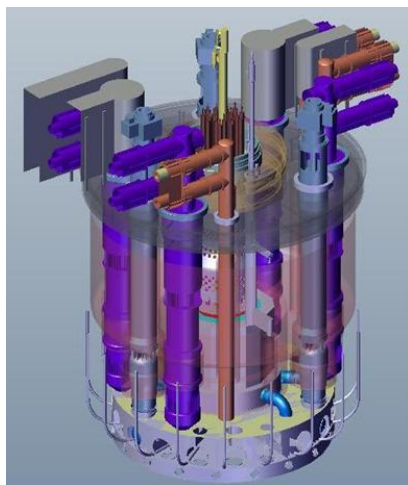
マルクールにおける原子力環境適合のコールドクルーシブル溶融装置を搭載した進化ガラス固化プロトタイプの大規模観

# 将来の配備計画 に沿ったASTRID のスケジュール

2030年半ばに十分なフィードバックを行えるよう、2020年半ばに運転開始



# ASTRID – 協力関係



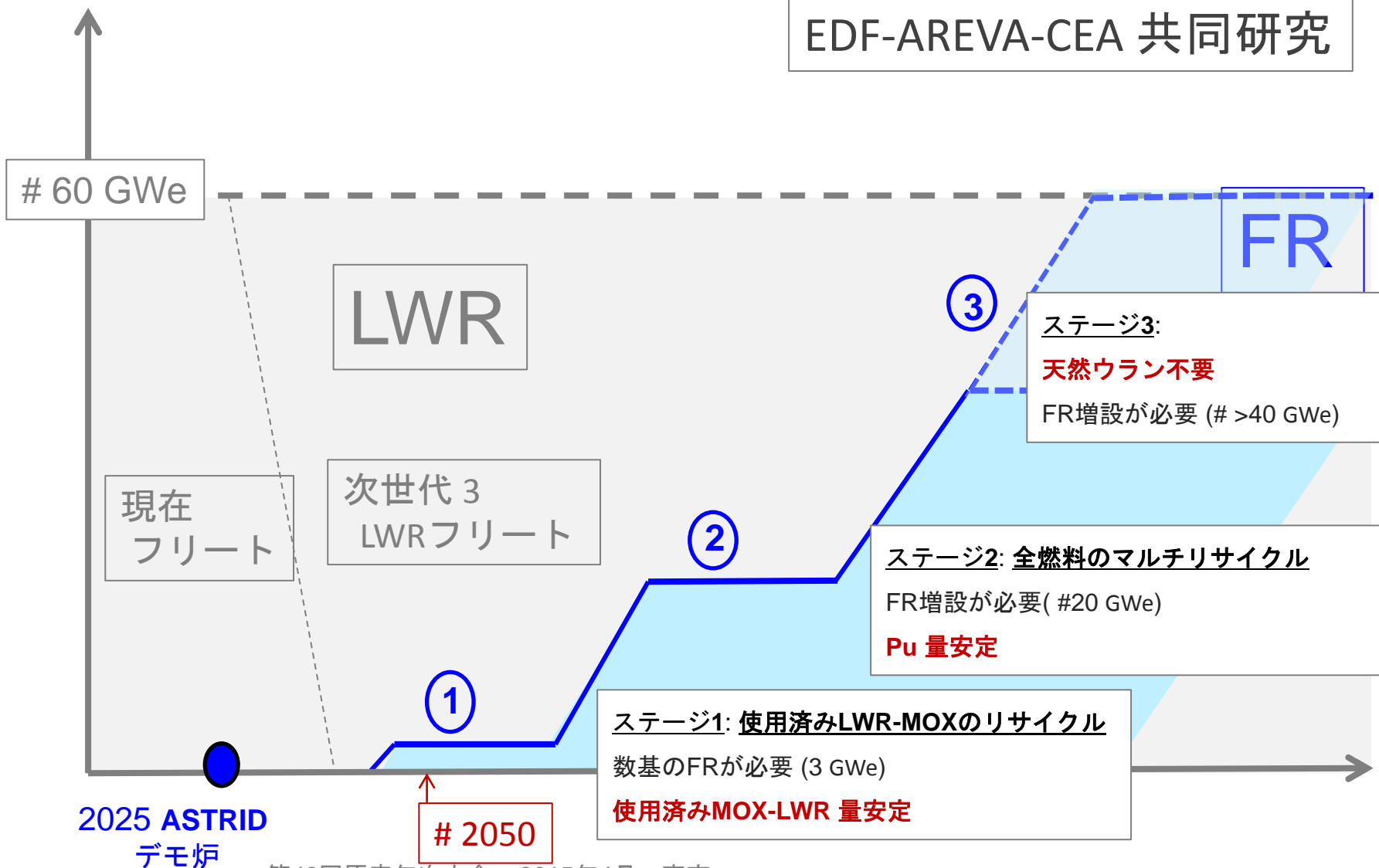
研究開発機関	産業パートナー	国
フランス電力公社 (EDF)	JAEA + MHI + MFBR	日本
AREVA	AREVA	ロシア (ロスアトム)
スイス・ポールシェラー研究所 (PSI)	フランス電力公社 (EDF)	米国 (エネルギー省)
フランス国立科学研究センター(NEEDSプログラム)	COMEX Nuclear	
インディラ・ガンジー原子力研究センター (IGCAR)	ALSTOM	
米国エネルギー省 (DOE)	東芝	
ロスアトム (ROSATOM)	BOUYGUES	
英国立原子力研究所 (NNL)	ROLLS-ROYCE	
日本原子力研究開発機構 (JAEA)	JACOBS	
欧州原子力共同体 (欧州プロジェクト)	ASTRIUM	
	ALCEN	

- 従業員数約250人  
- 初期設計の28%



# FR（高速炉）配置 現在のシナリオ研究

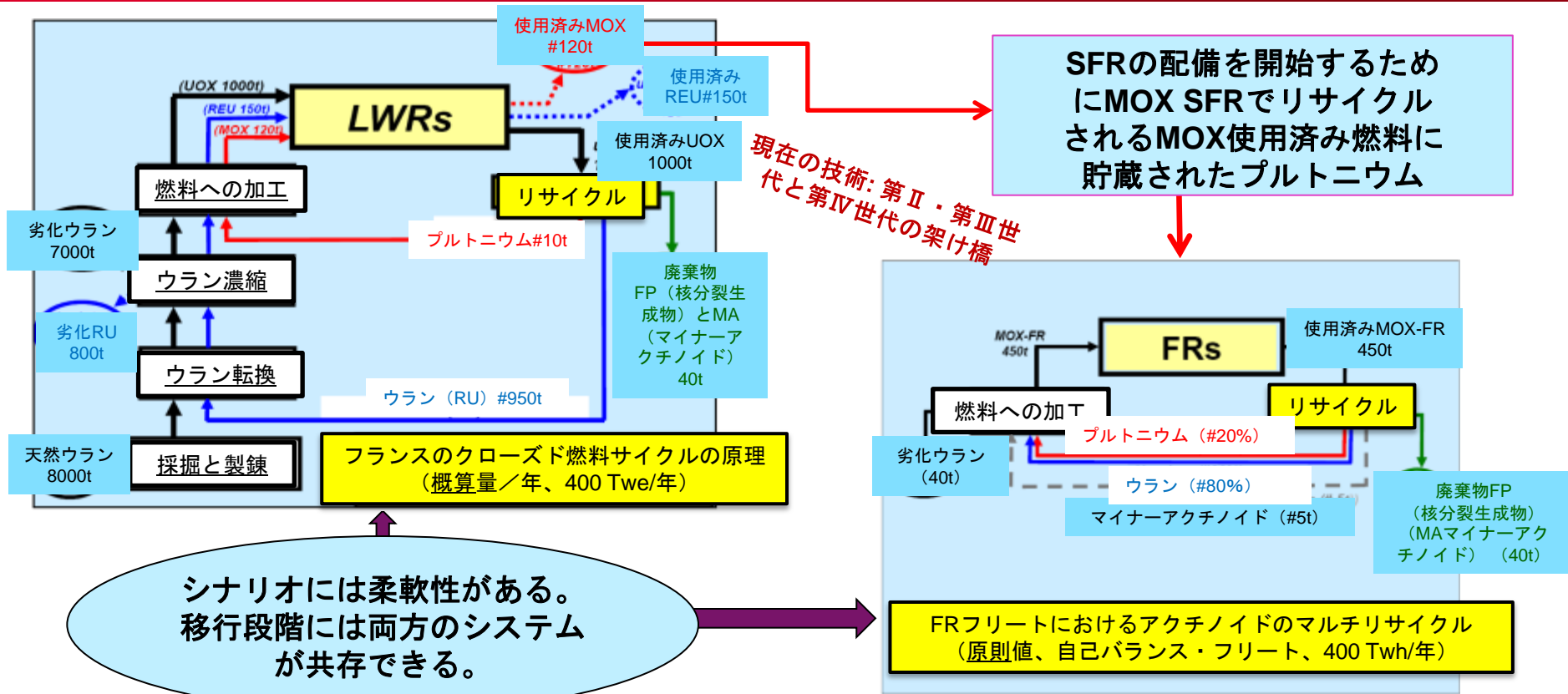
EDF-AREVA-CEA 共同研究





# LWR（軽水炉）のリサイクルからFR（高速炉）のリサイクルへ

ハイドロ・プロセスとSFR（ナトリウム冷却高速炉）のMOX燃料における10年間の経験  
SFRサイクルに必要なとされているのは、躍進ではなく適応である



## 燃料サイクルに関するSFRの利点

- フロントエンド加工段階も濃縮技術も不要 / 劣化ウランを使用、使用済みMOX燃料に含まれるプルトニウムを使用
- プルトニウムのマルチリサイクル / マイナーアクチノイドのリサイクルが可能

## まとめ

- 原子力は、フランスの将来の低炭素エネルギーミックスにおける柱のひとつとして残り続ける。
- クローズド燃料サイクルは、持続可能な原子力開発における2つの鍵のうちの、ひとつである。
- FNR（高速中性子炉）の開発は、この戦略を長期的に支えるための要である。
- 世界の国々と協力することは、この上なく重要である。

ご清聴ありがとうございました。

第48回原産年次大会 – 2015年4月 東京