

日中节能环保综合论坛  
洁净煤技术与火力发电分论坛



## 洁净煤技术的技术开发

2018年11月25日

国立研究开发法人

新能源产业技术综合开发机构 ( NEDO )

环境部 统括主管 青木登

# 目 录

---

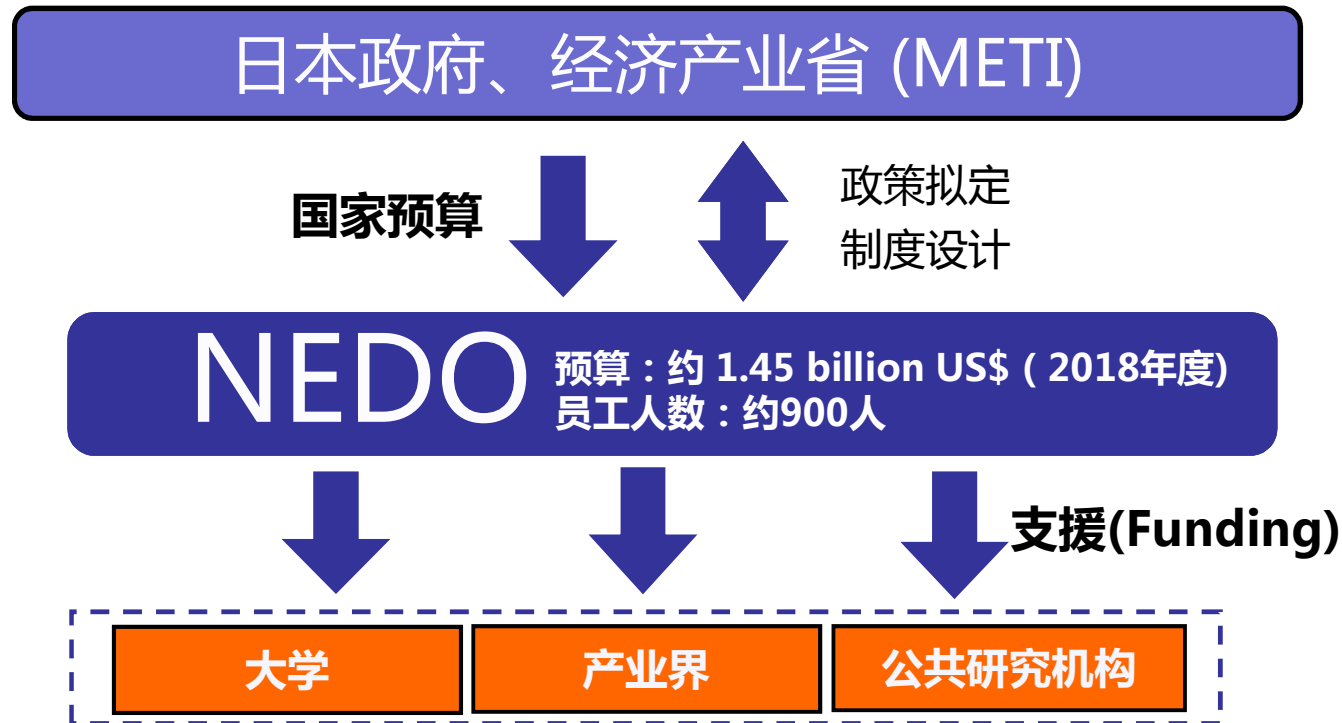
1. **NEDO简介及其举措**
2. **煤炭火力发电的定位**
3. **高效率低排放技术（HELE）**
4. **二氧化碳分离回收及封存运用技术**
5. **煤炭火力发电运用升级**
6. **HELE技术普及推广**
7. **总结**

# 1. NEDO简介及其举措

---

# NEDO简介(1/2)

- **NEDO是日本最大级别公共研发管理机构，担负着经济产业行政重任，致力于完成①能源与地球环境问题的解决及 ②产业技术实力的增强等两大使命的国立研发法人。**



### <使命>

- 能源与地球环境问题的解决
- 产业技术实力的增强

# NEDO简介(2/2)

洁净煤技术预算：  
约211百万US\$(2018年度)(NEDO预算总额的15%)



## 新能源领域

- 太阳能●风力●燃料电池与氢气●生物质●地热●海洋



超高效率太阳能电池单体  
(如若完成, 将达世界最高水平)



海洋风力发电实证研究

## 蓄电池及能源系统领域



世界尖端蓄电池解析设施  
(RISING2放射光束线)

## 洁净煤技术领域

- 煤炭火力发电低碳化
- 运用低品位煤
- 制铁业低碳化



吹氧煤气化复合发电实证设备  
(大崎CoolGen项目)

## 地球变暖对策领域

- 推动地球变暖对策技术普及等工作

## 节能领域



超导电缆系统实际联合运行

- 能源转换供给
- 产业
- 家用及商用
- 运输
- 跨部门

## NEDO

## 国际拓展支援

- 智能社区
- 提高国际能源消耗效率等技术



运用电动汽车 (EV)  
智能电网技术验证 (美国夏威夷州毛伊岛)

## 环境及节能领域

- 水循环
- 3R(Reuse · Reduce · Recycle)
- 环境化学
- 氟利昂对策



节能型MBR (膜分离活性污泥)  
中试装置

## 2. 煤炭火力发电的定位

---

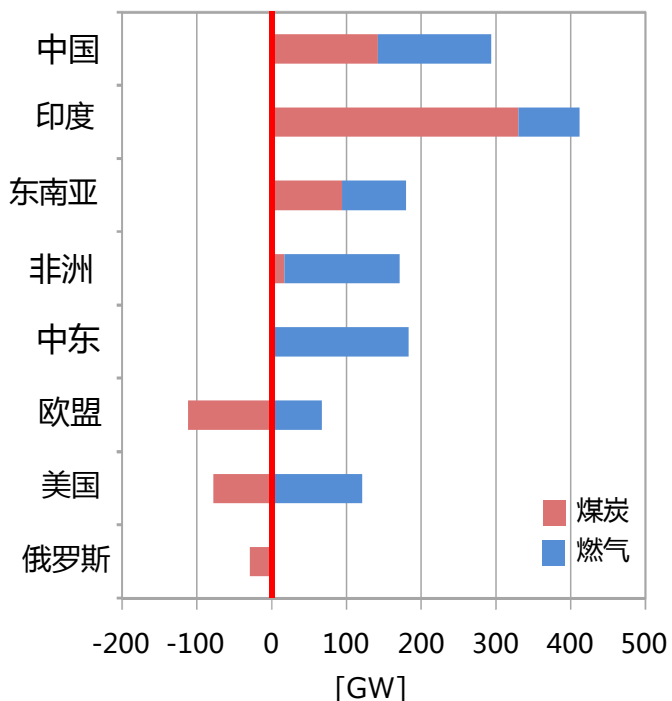
# 全球煤炭火力发电需求走势



New Energy and Industrial Technology Development Organization

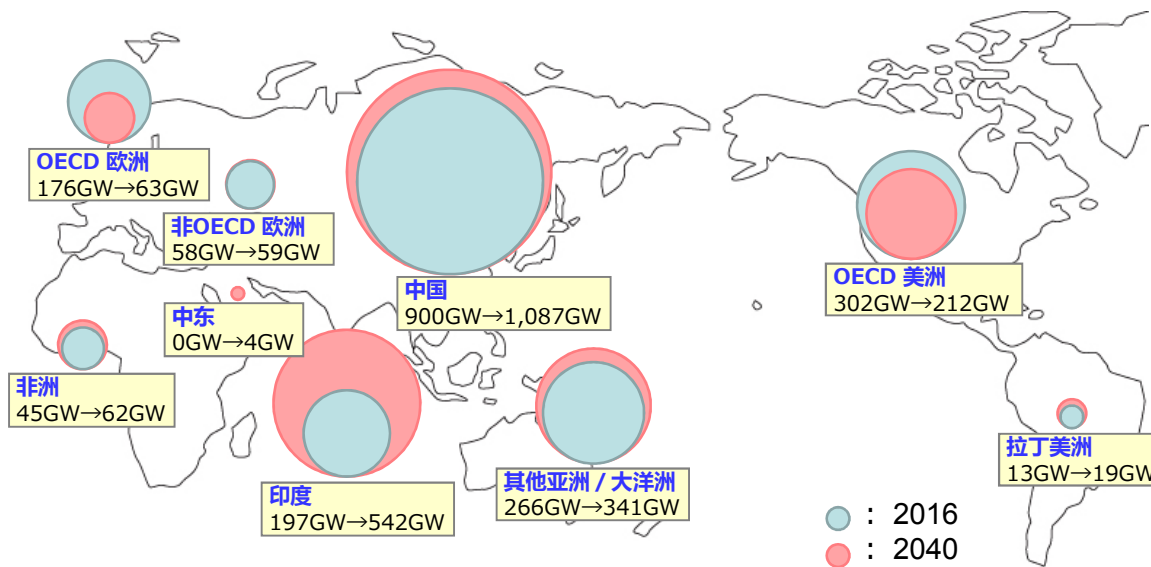
煤炭火力发电今后的需求预测方面，预计欧美将较目前减少，而**亚洲地区**等新兴经济体，随着经济发展，预计将出现**需求扩大局面**。

### 主要地区煤炭火力及燃气火力发电容量增减预测 (2017-2040)



出处：IEA World Energy Outlook 2017 新政策设计

### 全球煤炭火力发电设备容量预测



出处：IEA World Energy Outlook 2017 新政策设计

# 煤炭火力发电所面临的严峻环境



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 2015年COP21通过了巴黎协定，认为全球需要进一步减排CO<sub>2</sub>。
- 根据2015年达成共识的OECD方针，决定对CO<sub>2</sub>排放量较多的低效煤炭火力发电限制公共融资，**仅对高效煤炭火力允许公共融资。**

## COP21中主要国家的CO<sub>2</sub>减排目标

国名	削減目標	
中国	2030年までに GDP当たりのCO <sub>2</sub> 排出を <b>60-65%</b> 削減	2005年比
EU	2030年までに <b>40%</b> 削減	1990年比
印度	2030年までに GDP当たりのCO <sub>2</sub> 排出を <b>33-35%</b> 削減	2005年比
日本	2030年までに <b>26%</b> 削減 ※2005年比では25.4%削減	2013年比
俄罗斯	2030年までに <b>70-75%</b> に抑制	1990年比
美国	2025年までに <b>26-28%</b> 削減	2005年比

平成27年10月1日現在

出处：摘自温室效应气体库存办公室全国防治地球变暖活动推进中心网站 (<http://www.jccca.org/>)

## OECD公共出口信用安排

### 煤炭火力发电部门认可 (ANNEX VI) 中最长还款及偿还期限

发电设备功率 (总设备容量)	500MW以上	300~500MW	300MW以下
超超临界压力 (例: 蒸汽压>240bar, 蒸汽温度≥593℃) 或CO <sub>2</sub> 排放量: <750gCO <sub>2</sub> /kWh	<b>12年</b> <sup>*1</sup>	<b>12年</b> <sup>*1</sup>	<b>12年</b> <sup>*1</sup>
超临界压力 (例: 蒸汽压>221bar, 蒸汽温度>550℃) 或CO <sub>2</sub> 排放量 750~850gCO <sub>2</sub> /kWh	排除在支持对象之外	10年 国际发展协会 (IDA) 仅限符合贷款 <sup>*4</sup> 资格的国家 <sup>*1,2,3</sup>	10年 国际发展协会 (IDA) 仅限符合贷款 <sup>*4</sup> 资格的国家 <sup>*1,2,3</sup>
亚临界压力 (例: 蒸汽压<221bar) 或CO <sub>2</sub> 排放量 >850gCO <sub>2</sub> /kWh	排除在支持对象之外	排除在支持对象之外	10年 国际发展协会 (IDA) 仅限符合贷款 <sup>*4</sup> 资格的国家 <sup>*1,3</sup>

\*1 当符合各种条件时，有时可延长最长还款及偿还期限。

\*2 为应对能源不足，在受理出口信用申请书的时点，对于电化率在90%以下的国家，可提供为期10年的出口信用支持。

\*3 在难以适用其他替代方式，判断认为在现有环境中所建议项目为最佳可引进技术的从地理上偏远的地区，可对非IDA贷款资格国家提供出口信用支持。

\*4 国际发展协会 (IDA) 是世界银行面向发展中国家的支持资金。对于对外债务偿还能力低的加盟发展中国家，提供旨在增进健康和教育、基础设施建设和农业、经济发展和组织发展的支持。



# 煤炭火力发电在第五次能源基本计划中的定位

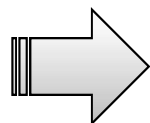


New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 2018年7月，日本政府基于能源方面国内外形势的变化，前瞻2030年乃至2050年，由内阁部长会议通过了“第五次能源基本计划”。
- 根据基本计划，今后将在推动煤炭火力发电走向高效化和新一代化的同时，致力于非效率煤炭火力发电方式的逐步退出，**将煤炭火力发电作为从长期降低环境负荷前提下运用的能源进行定位。**

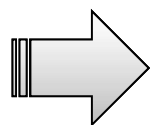
➤ 日本政府将促进以下技术开发。

- 大幅改善发电效率
- 大幅削减单位发电量的温室效应气体排放量 等



**“IGCC, CCUS” 等**

➤ 如当事国提出要求，日本政府将支持其引进**世界最新锐USC**以上级别发电设备。



**促进洁净煤技术普及**

### 3. 高効率低排放技术 (HELE)

---

# 新一代火力发电技术路线图简介



发电效率

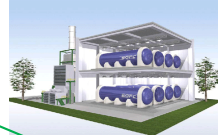
New Energy and Industrial Technology Development Organization

65%

燃气轮机燃料电池复合发电(GTFC)

燃气火力power

超高温燃气轮机复合发电

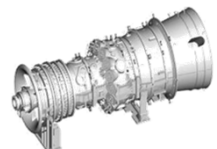


发电效率 : 63%  
CO<sub>2</sub> 排放 : 280 g/kWh左右  
确立技术 : 计划2025年度前后

GTFC

煤炭火力

60%



发电效率 : 57%左右  
CO<sub>2</sub> emissions : 310 g/kWh左右  
确立技术 : 计划2020年度完成

1700 °C级 GTCC

CO<sub>2</sub> 削减约一成

CO<sub>2</sub> 削减约两成

CO<sub>2</sub> 削减约三成

55%

燃气轮机复合发电(GTCC)

发电效率: 52%  
CO<sub>2</sub> 排放: 340 g/kWh

CO<sub>2</sub> 削减约两成

IGFC

煤气化燃料电池复合发电(IGFC)

50%

高湿度空气利用燃气轮机(AHAT)

发电效率 : 51%  
CO<sub>2</sub> 排放 : 350 g/kWh  
确立技术 : 计划2017年度前后

1700 °C级 IGCC



发电效率 : 55%  
CO<sub>2</sub> 排放 : 590 g/kWh  
确立技术 : 计划2025年度前后

45%

IGCC (空分验证)

A-USC

先进超超临界压力(A-USC)

煤气化复合发电(IGCC)

40%

超超临界压力(USC)

发电效率 : 40%  
CO<sub>2</sub> 排放 : 820 g/kWh左右



发电效率 : 46%  
CO<sub>2</sub> 排放 : 710 g/kWh  
确立技术 : 计划2016年度前后



发电效率 : 46 to 50%  
CO<sub>2</sub> 排放 : 650 g/kWh左右  
(1700 deg. C 级)  
确立技术 : 计划2020年度前后

\* 图中的发电效率、单位功率排放量预测值是基于现阶段各种假设测算而得。

Present

2020年度前后

2030年度

照片提供 : 三菱重工业株式会社、常磐共同火力株式会社、三菱日立电力系统株式会社、大崎CoolGen株式会社  
参展 : 新一代火力发电技术路线图 (2016,6)

# 先进超超临界压力发电 ( A-USC )



New Energy and Industrial Technology Development Organization

## ■ 技术简介

基于超超临界压 ( USC ) 发电技术，提高蒸汽轮机的蒸汽温度到700°C以上，力求提升发电效率的技术。

## ■ 特点

几乎不改变传统粉煤火力发电系统，即可达到46%发电效率 ( 送电端效率、HHV )

## ■ 确立技术时间

2016年前后

## ■ 二氧化碳排放量

约710g-CO<sub>2</sub>/kWh

## ■ 送电端效率 (HHV)

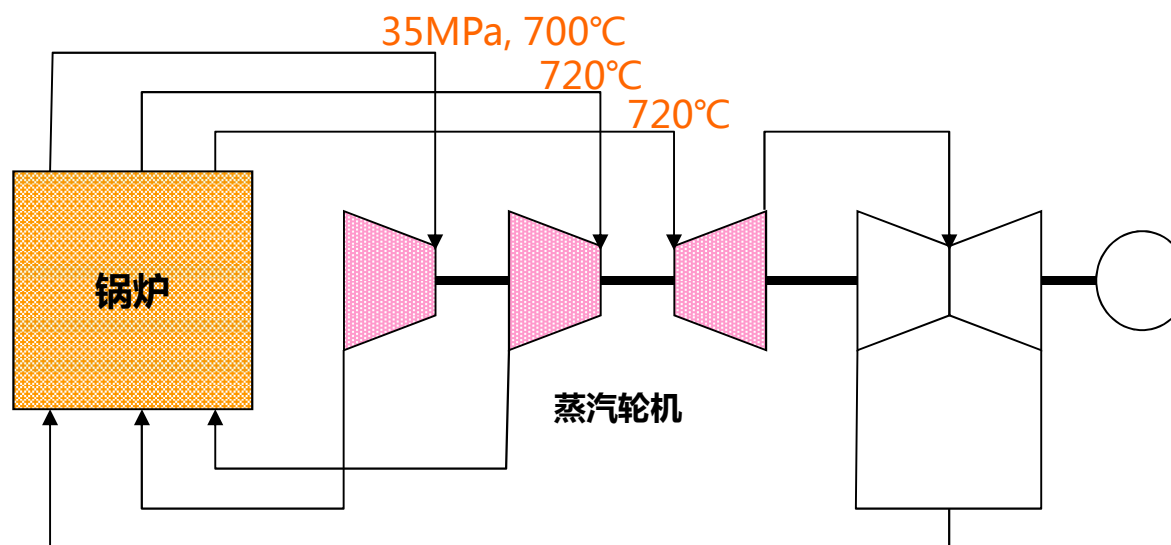
约46%

## ■ 目标成本

与传统透平同等成本



高温大径管材  
(Provided by Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation)



(Source: The material for the 1<sup>st</sup> Next-generation Thermal Power Generation Council (A-USC development promotion committee) (June 2015))

# 煤气化复合发电（IGCC）（1/2）



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- IGCC是煤气化、燃烧，运行燃气轮机，回收余热，产生蒸汽，
- 运行蒸汽轮机的复合发电系统。
- 发电效率约为46~50%，二氧化碳排放量为约700g/kWh。
- 自2013年起，在福岛县勿来，日本首台IGCC商用成套设备正在运行。

## 实证试验结果

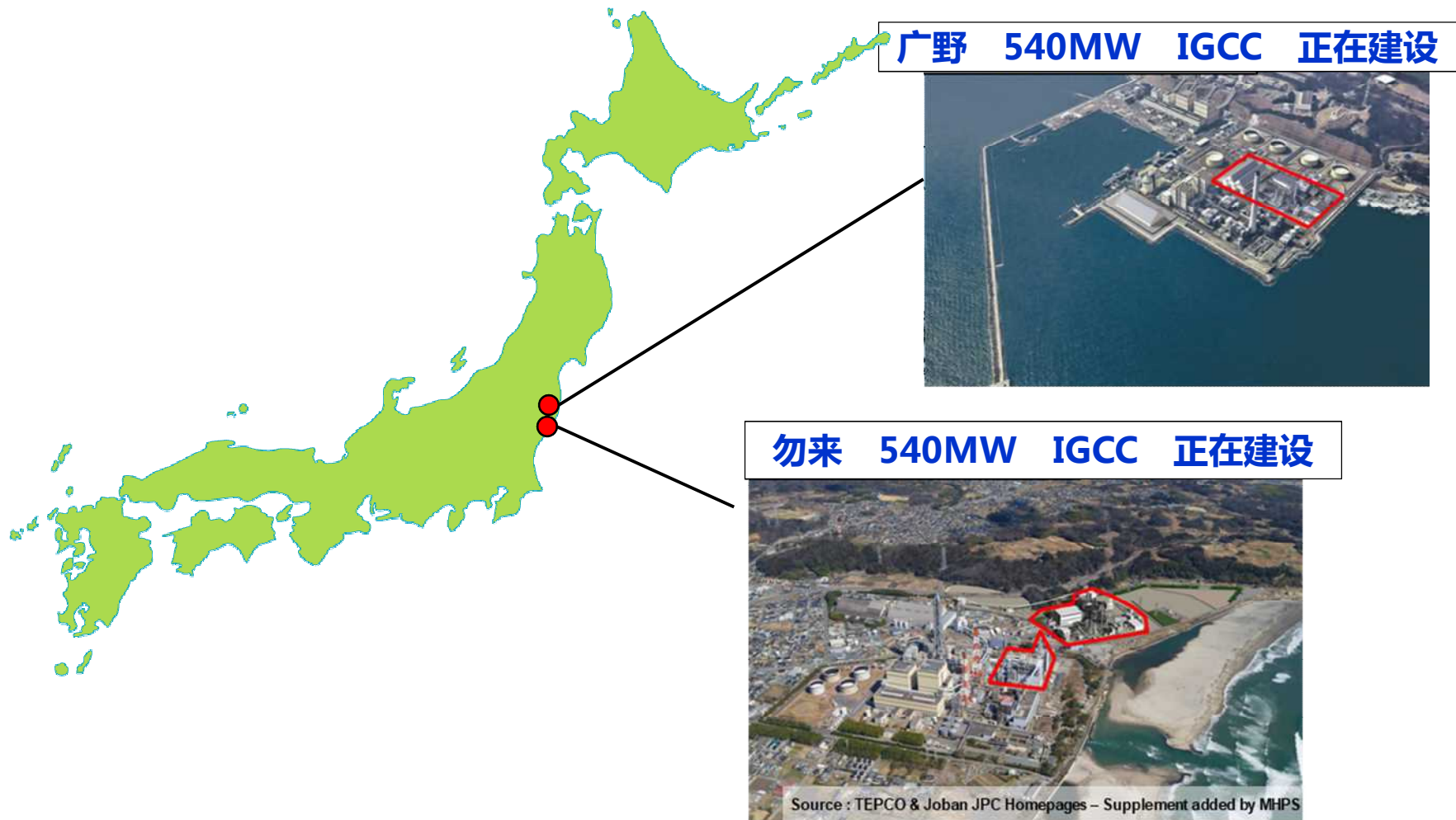
- ✓ 2008年起实施实证试验
- ✓ 实证试验结束后，自2013年起向日本首台IGCC商用成套设备进行过渡。
- ✓ 2018年8月末，累计运行时间达43,000小时。



# 煤气化复合发电 (IGCC) (2/2)

New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 目前，福岛县勿来与广野正在建设540MW的IGCC商用成套设备。
- 勿来预计于2020年、广野预计于2021年开始运行。

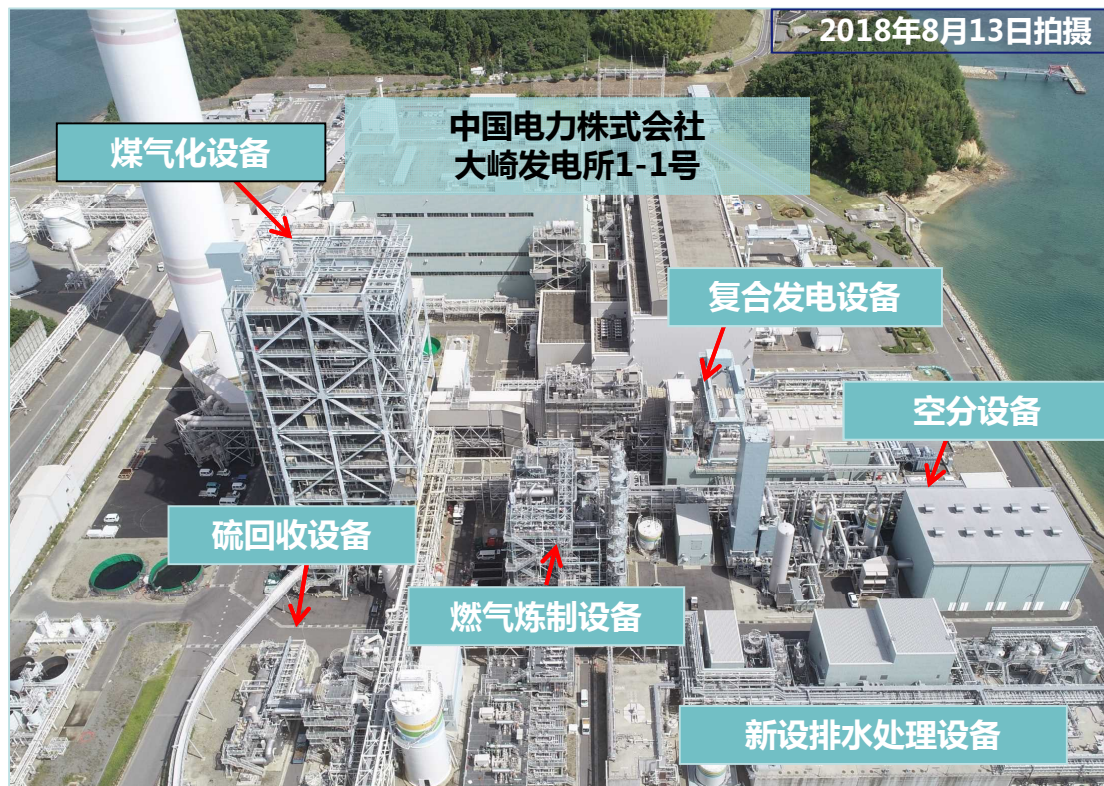


# 煤气化燃料电池复合发电 (IGFC) 实证项目 (1/2)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- IGFC是指IGCC与燃料电池相结合的复合发电技术，被视为终极高效煤炭火力发电技术。
- NEDO正在与**大崎CoolGen株式会社 (\*)**合作，**做一次世界首次的尝试**，将商用规模的燃料电池与CO<sub>2</sub>分离回收型吹氧IGCC相结合的**IGFC实施试验**。
- 自2017年3月起，开始第一阶段吹氧IGCC实证试验。



(出处: 大崎CoolGen株式会社)

\* 大崎CoolGen株式会社：  
中国电力株式会社与电源开发株式会社的共同出资公司

IGCC  
: Integrated Coal  
Gasification  
Combined Cycle

IGFC  
: Integrated Coal  
Gasification  
Fuel Cell Combined Cycle



# 煤气化燃料电池复合发电 (IGFC) 实证项目 (2/2)

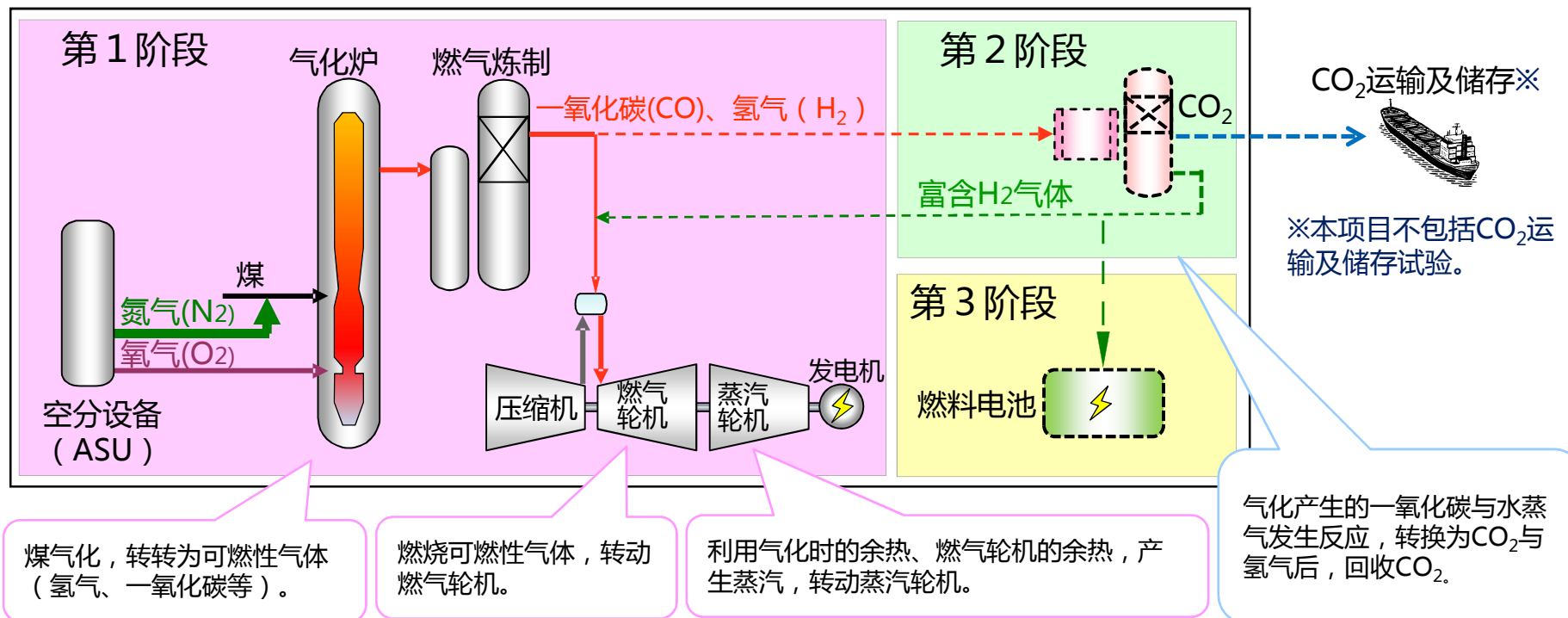


New Energy and Industrial Technology Development Organization

METI项目期间

NEDO项目期间

年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
第1阶段 吹氧IGCC实证	设计、制作、安装					实证试验					
第2阶段 CO <sub>2</sub> 分离回收型IGCC实证					设计、制作、安装			实证试验			
第3阶段 CO <sub>2</sub> 分离回收型IGFC实证							设计、制作、安装			实证试验	



煤气化，转换为可燃性气体（氢气、一氧化碳等）。

燃烧可燃性气体，转动燃气轮机。

利用气化时的余热、燃气轮机的余热，产生蒸汽，转动蒸汽轮机。

气化产生的一氧化碳与水蒸气发生反应，转换为CO<sub>2</sub>与氢气后，回收CO<sub>2</sub>。

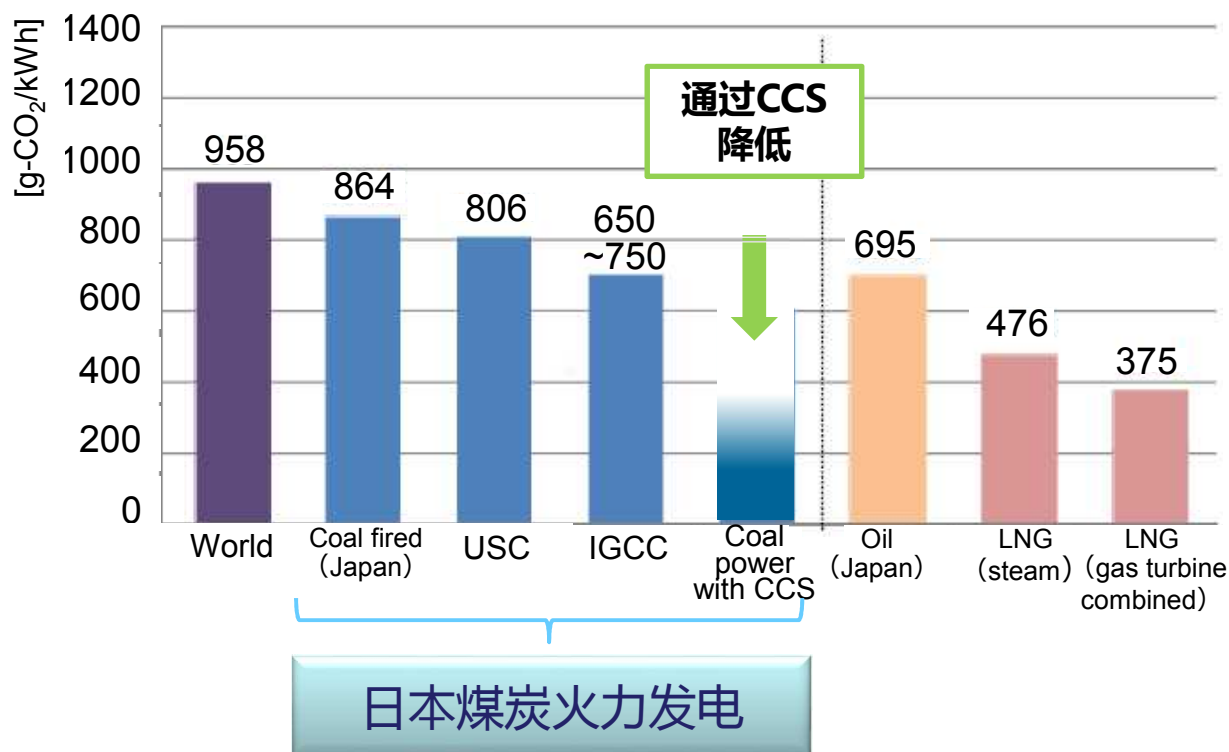


## 4. 二氧化碳分离回收及封存运用技术

---

# 不同发电方式二氧化碳排放比较

- IGCC相较于USC，能够削减约20%的二氧化碳排放。
- 煤炭火力发电外加二氧化碳回收、封存、运用 (CCUS)，可将二氧化碳排放量降低至LNG火力发电方式以下。



(Reference : Central Research Institute of Electric Power Industry (2009)、CO<sub>2</sub> Emissions Fuel Combustion (2012))

**CCUS 是实现低碳社会的一个重要选项**



# 苫小牧 CCS 实证项目



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 北海道苫小牧市正在实施大规模CCS实证项目。
- 目的：验证从二氧化碳回收到处地层注入、封存的CCS全系统有效性。
- 苫小牧港海面的海底封存层全年注入和封存二氧化碳10万吨以上。
- 2015年10月设备完工，2016年2月测试运行，**2016年4月开始注入。**

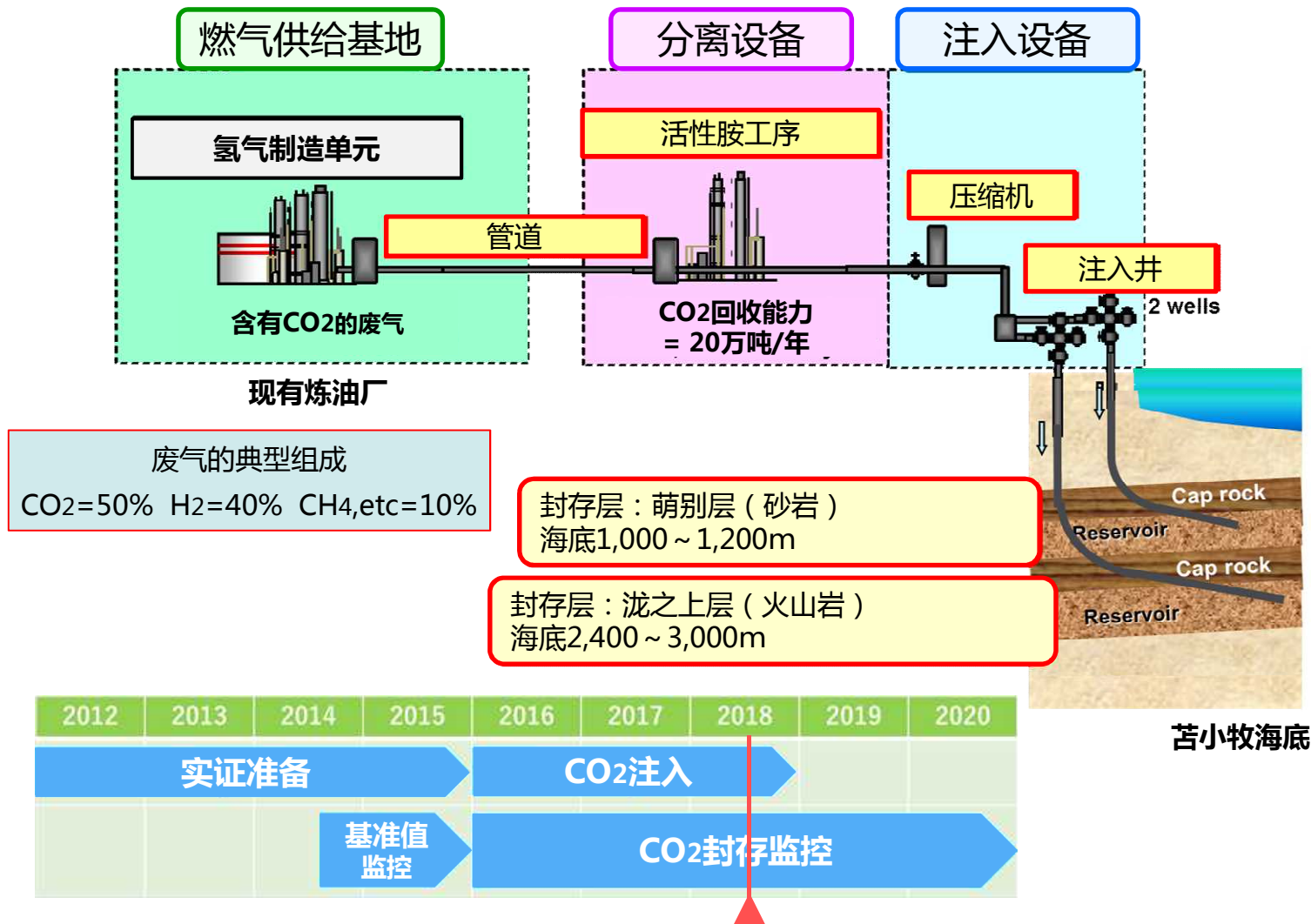


为实现CCUS商用，需进行二氧化碳封存验证，NEDO支持苫小牧CCS实证项目。

# 苦小牧 CCS 实证项目



New Energy and Industrial Technology Development Organization



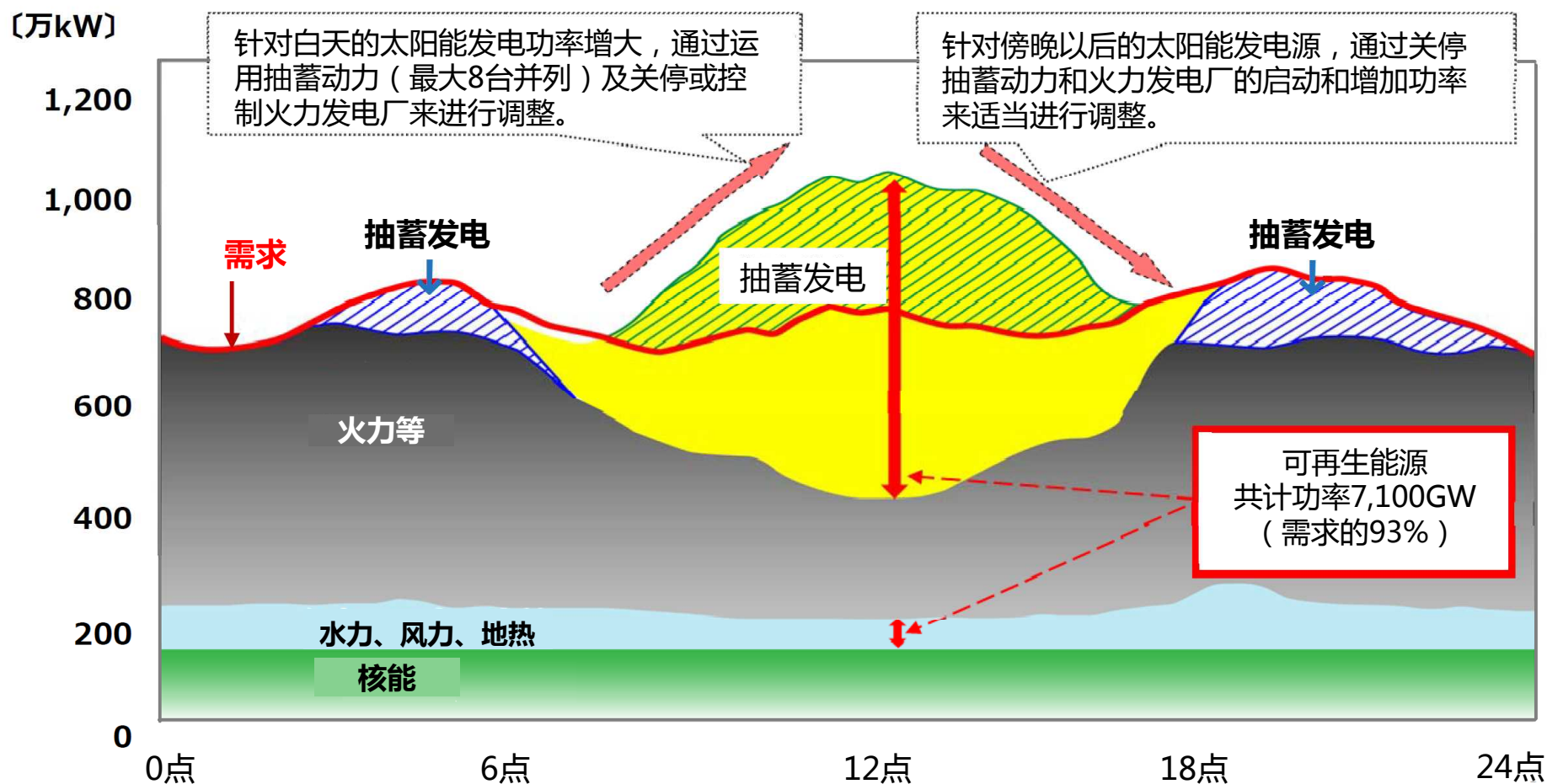
**苦小牧CCS实证项目于2018年8月18日  
完成累计20万吨CO<sub>2</sub>封存。**

( Source; Press release from Japan CCS Co., Ltd. on August 18<sup>th</sup> 2018.)

## 5. 煤炭火力发电的运用升级

---

## 九州地区的电力供需平衡（以2018年5月为例）



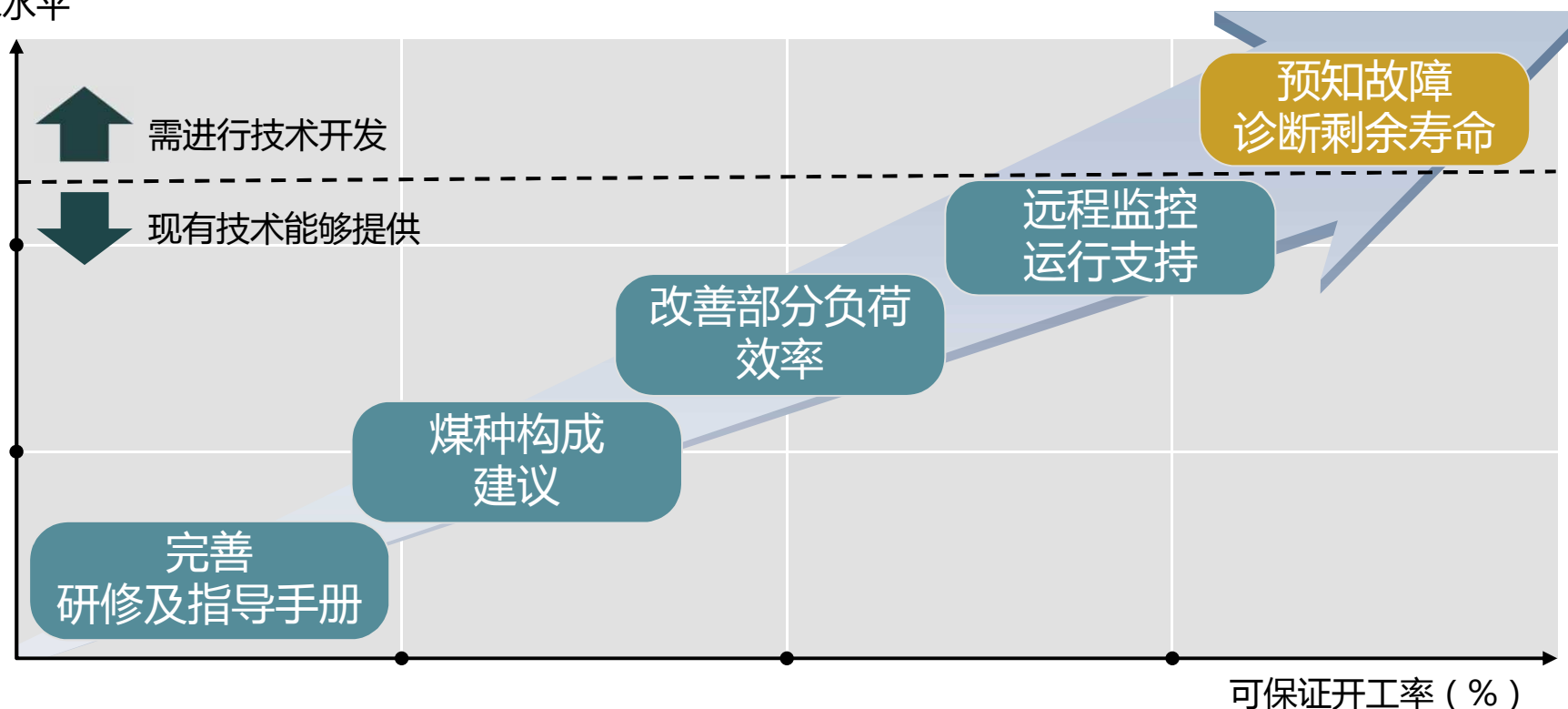
# O&M升级服务包



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 发电厂提供**升级服务包**，有助于长期保持发电效率。
- 如果可再生能源扩大开来，要求控制煤炭火力发电供给、支持输出功率波动。为此，改善**部分负荷效率**。
- 进而还可提供IoT等**远程监控技术**、**故障预知**等先进技术。

技术水平



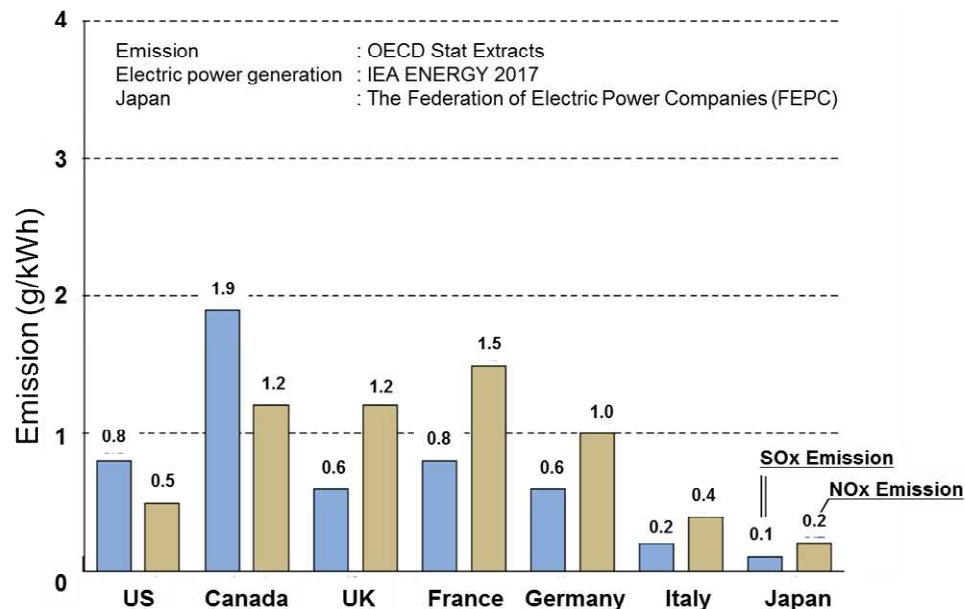
出处：探讨煤炭火力发电增强竞争力方针 (NEDO, 三菱综合研究所)



## 6. HELE技术的普及推广

---

- 日本的煤炭火力发电，在环境对策方面表现优异。日本的单位发电量的SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排放量，相较于美国少一位数，相较于欧洲在其1/3以下。
- 将日本技术引进到各国，有望满足国际环境法规的要求。
- 提高地区居民对煤炭火力发电建设的接受度。



日本川崎市大气情况 (1960年代)

日本川崎市大气情况 (2015年)

## 单位火力发电量的SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排放国际比较

(2015-Power Plants)

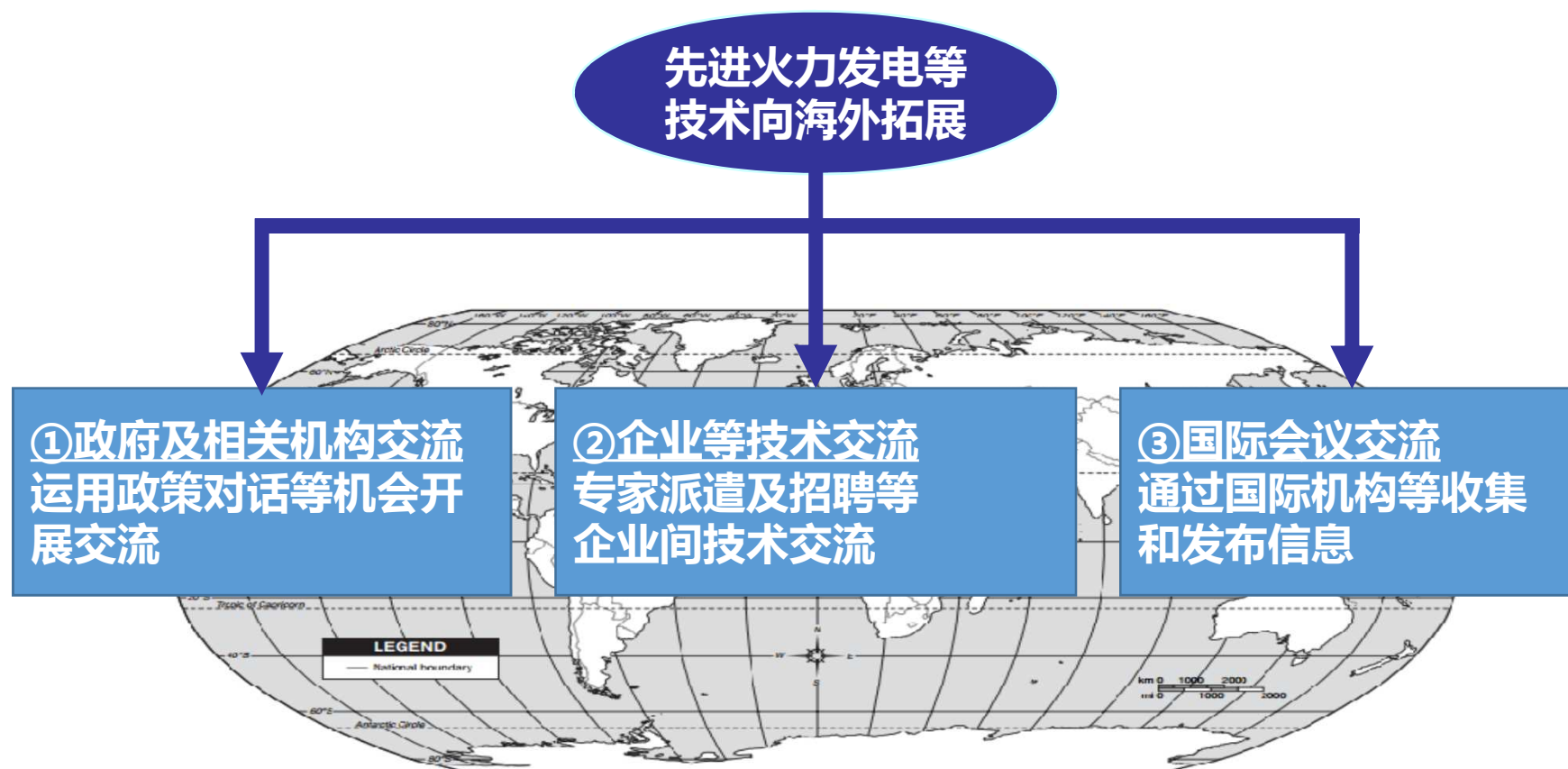
(Source : Federation of Electric Power Companies (FEPC)  
[http://www.fepc.or.jp/library/data/infobase/pdf/07\\_g.pdf](http://www.fepc.or.jp/library/data/infobase/pdf/07_g.pdf))

# NEDO在海外拓展中的举措



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- NEDO根据对方国家希望提高发电技术的经济性和环境特性等要求，致力于先进火力发电等技术的海外拓展。
- 具体而言，根据对方国家的要求，开展以下三项工作。



## 7.总结



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 煤炭火力发电的需求，随着以亚洲地区为主的经济增长带来的能源消费增大，预计今后还将持续扩大。预计到2040年仍将占据全球电源构成的约三成份额。
- 根据巴黎协定的CO<sub>2</sub>削减目标及OECD低效煤炭火力发电融资限制，高效率低排放（HELE）技术开发不可或缺。
- HELE技术的开发和普及是日本政府的基本方针，NEDO将其作为核心业务予以推动。日本已就IGCC开展商用运行。同时，在NEDO的支持下，实施CCS实证项目。
- 今后，随着可再生能源的引进，需要提高煤炭火力发电的负荷调整能力并进行O & M最优化，日本厂商及电力公司拥有基于IoT技术的煤炭火力发电运行升级专有技术。
- NEDO还与JCOAL合作，致力于促进HELE技术的海外普及。



**Thank you for your attention.**