日本の石炭利用技術とJCOALの役割

日時：平成26年2月25日(火）
場所：東京大学生産技術研究所

一般財団法人石炭エネルギーセンター
原田　道昭

最近の石炭をめぐるトピックス

米国オバマ大統領の発言（2013年6月25日）

（1）オバマ大統領の気候変動行動計画

・2013年6月25日、オバマ大統領はジョウジタウン大学で今後の地球温暖化対策に関し、「大統領気候変動行動計画(The President's Climate Action Plan)(以下、オバマアクションプラン)を発表した。

・オバマアクションプランは、①国内排出削減、②気候変動の影響に対する米国の備え、③気候変動の挑戦に対し米国が世界をリード、という3つの柱で構成されている。

・「気候変動の挑戦に対し米国が世界をリード」の中に、「海外の石炭火力新設に対する米政府公的金融支援の終了。但し、経済的な代替手段がない最貧国における最高効率の石炭火力技術、もしくは、二酸化炭素分離・回収・貯留(CCS）技術を導入する場合は除く)としており、「他国や多国間開発銀行に対し、早急に同様の措置を取るよう求めていく。」としている。

最近の石炭をめぐるトピックス

（2）オバマアクションプランの影響

・米輸銀―2013年6月26日、ホッチバーグ総裁は、大統領のイニシアティブに沿った取り組みを進める旨表明(7月17日、ホッチバーグ総裁再任)

・米財務省―米財務省は、オバマアクションプランに則し、「途上国での石炭火力におけるMDB(Multilateral Development Bank)の関与についての米国の立場に関するガイダンスを発表(10月29日)。新設石炭火力への融資用件にCO2排出規制値500gCO2/kWhの設定(9月にEPAが発表した新設火力発電所に対するCO2排出規制案と同水準)、CCSの導入等を求めるものとなっている。

・世銀グループは、7月26日、エネルギーセクターの支援方針に係る新たな方針「Toward a Sustainable Energy Future for All /Directions for the World Bank Group's Energy Sector」で、新設石炭火力への融資を石炭以外に経済的な選択肢がない場合に限るなど、厳しい融資方針を発表。

・EIB(欧州投資銀行)、EBRD(欧州復興開発銀行)などもほぼ同調。

最近の石炭をめぐるトピックス

新しいエネルギー基本計画に向けて

①石炭の位置付け

- 温室効果ガス排出量が大きいが、供給安定性、低価格に優れており、ベース電源として重要性が再認識されている。環境負荷を低減しつつ活用してゆく。
- 老朽火力のリプレース、新増設ならびに最新技術で発電効率を大きく向上する。国内のみならず、海外でも導入促進を推進する。

②高効率石炭火力発電の有効活用の促進

- 石炭火力は温室効果ガスの排出を抑制する最新技術を活用することで環境負荷の低減という課題と両立した形で利用してゆくことが可能。環境アセス期間の短縮を図る。
- 加えて、次世代高効率発電技術（IGCCなど）の開発・実用化を推進するとともに、現在取り組んでいるCCSの研究開発も継続し、環境負荷の一層の低減に配慮した石炭の有効活用を進める。海外においても環境負荷の低減と両立した形で石炭の利用が行われるようにわが国の先端的な高効率石炭火力発電の輸出を促進する。

国民から寄せられた1万9千件以上の声や自民・公明の意見を反映して、2月に閣議決定される模様

内　容

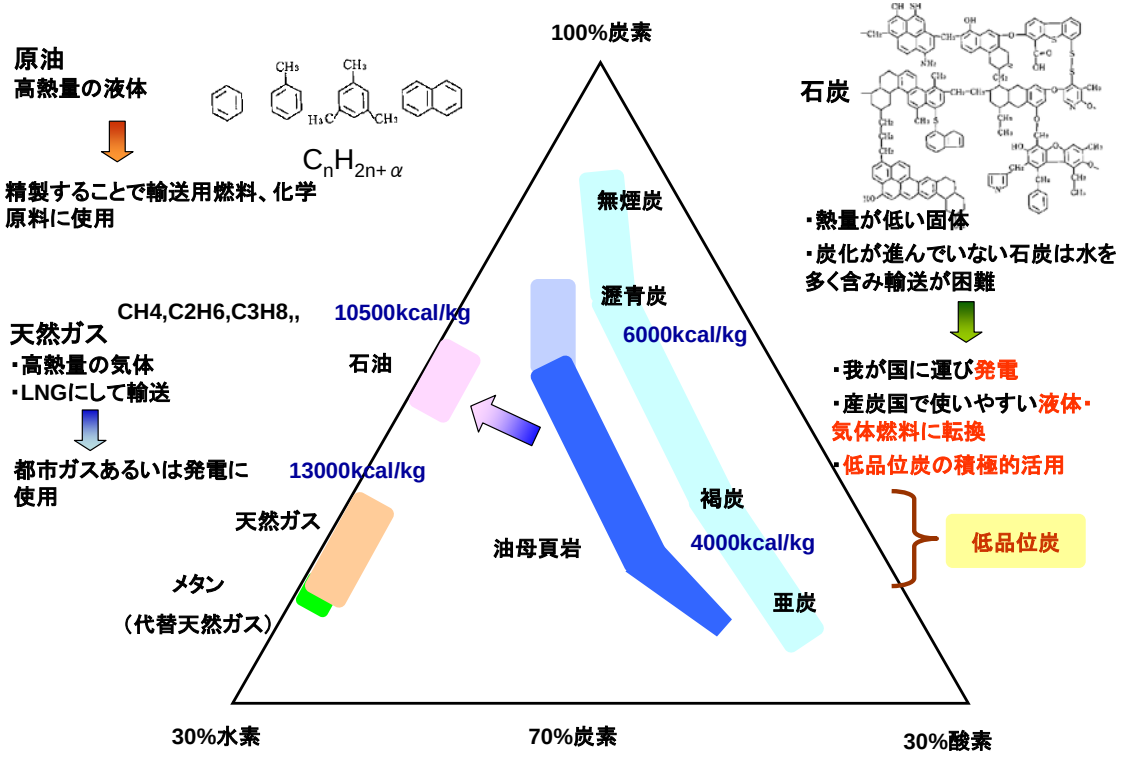
1. 石炭利用とは
2. 石炭の特色
3. 世界の石炭生産・消費
4. 日本の石炭の現状
5. 日本の石炭利用技術
6. 世界におけるJCOALの活動

1．石炭利用とは

1．石炭利用とは

石炭の分類、性状、成分

◆化石燃料は主に炭素、水素、酸素で構成されるが、石炭は固体で、10～15%程度の灰分を含む。
◆石炭は、石油や天然ガスに比べて、酸素が多く水素が少ない。その結果、重量当たりの熱量が小さく、熱量当りのCO2発生量が多い。、
◆石炭の中でも、褐炭は埋蔵量が豊富で安価であるが、水分が多く、自然発火しやすいので、輸送が困難。



・熱量が低い固体
・炭化が進んでいない石炭は水を多く含み輸送が困難

・我が国に運び発電
・産炭国で使いやすい液体・気体燃料に転換
・低品位炭の積極的活用

低品位炭

◆石炭の分類

炭素の濃縮の程度による分類	高 ← 濃縮の程度 → 低	無煙炭／瀝青炭／亜瀝青炭／褐炭／亜炭・泥炭
利用のされ方による分類	原料炭	製鉄の原料として利用
	一般炭	主に発電用ボイラーなどで利用
	無煙炭	練炭や豆炭などに利用

工業分析値（%）				
	固定炭素	揮発分	灰分	水分
瀝青炭	30～60%	25～45%	5～15%	5～8%

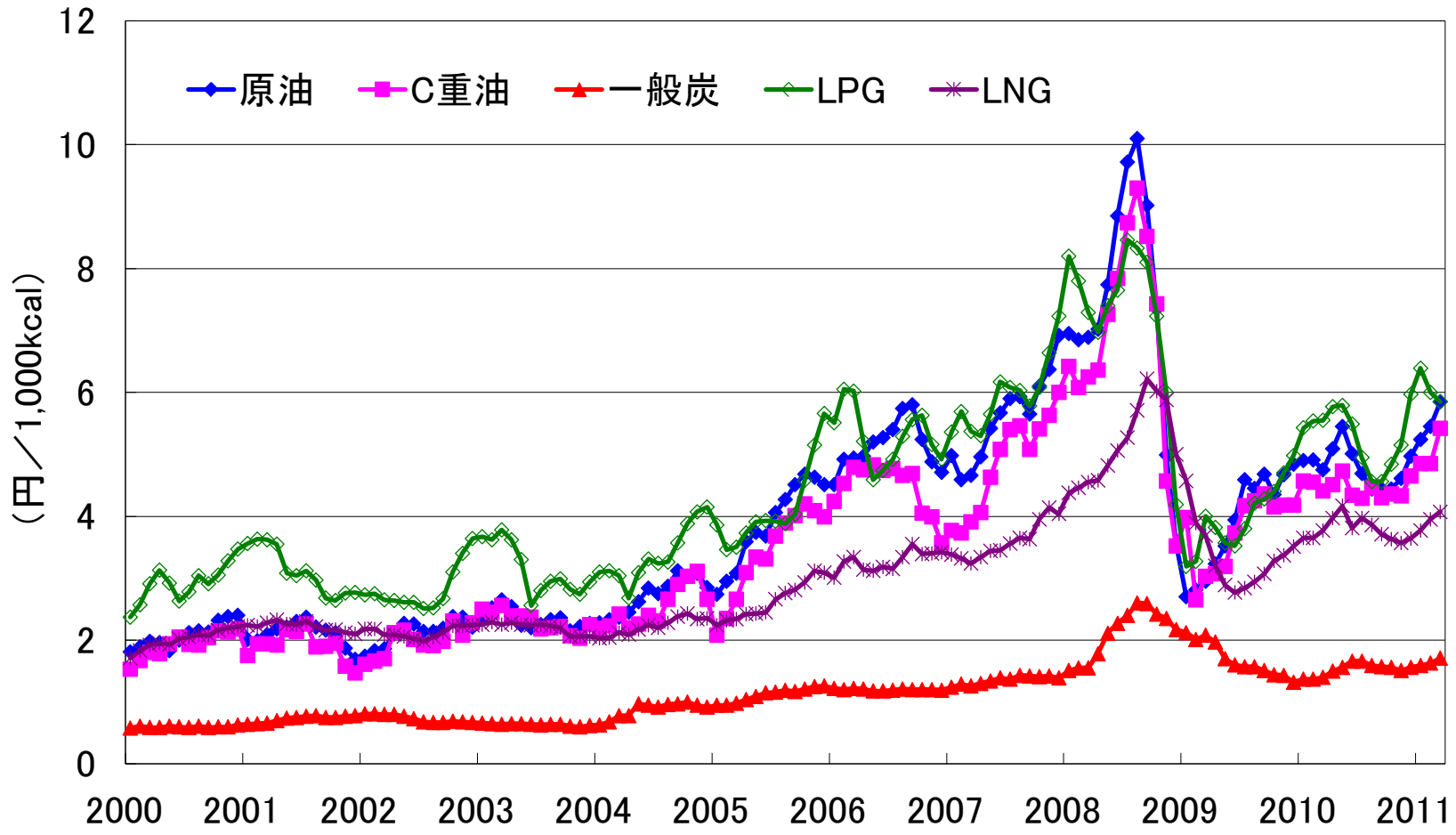
参考；Forsman & Hunt, 1958

2. 石炭の特色

2. 石炭の特色

化石エネルギー価格の推移(カロリー当り)

◆石炭は、原油、LNGに比べ価格は低位で安定。

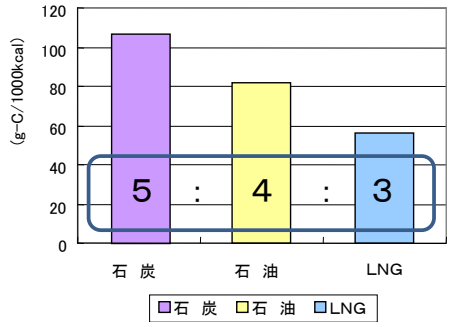


2. 石炭の特色

石炭利用における環境対策の必要性

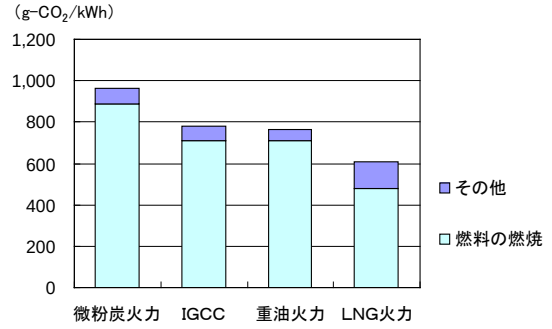
◆石炭は単位当たりのCO2発生量が、他の化石燃料に比べ多いことから、クリーンな利用が求められる。
◆NOx、SOx、ばいじんの排出削減も必要。

［熱量当たりのCO_2発生量］

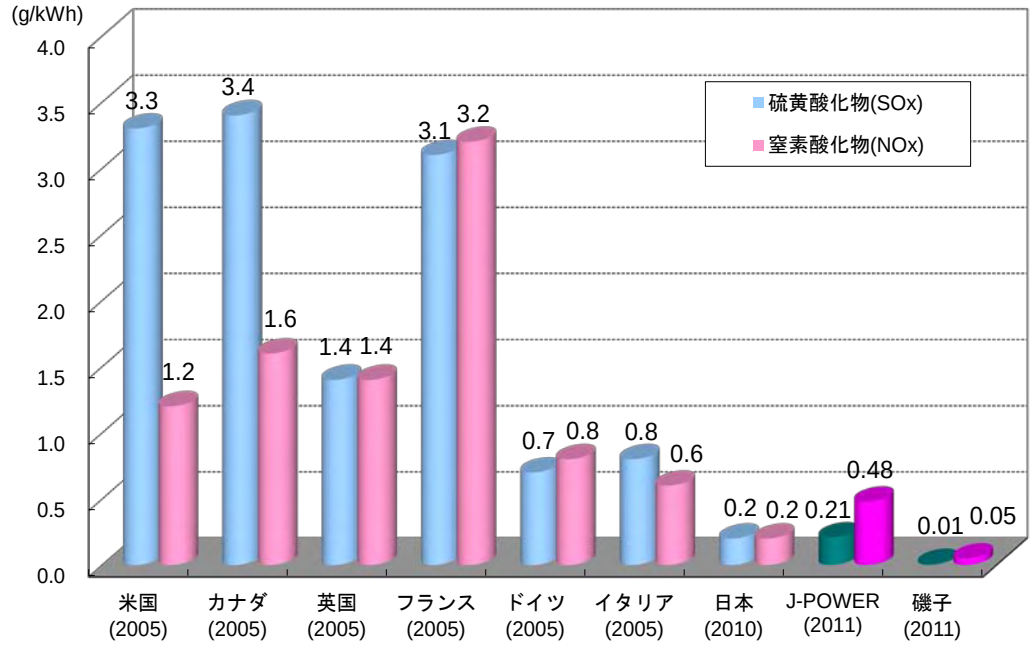


出典：「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国政府報告書

［kWh当たりのCO_2発生量］



出典：第2回石炭火力発電の将来像を考える研究会資料「IGCC実証機プロジェクトについて」

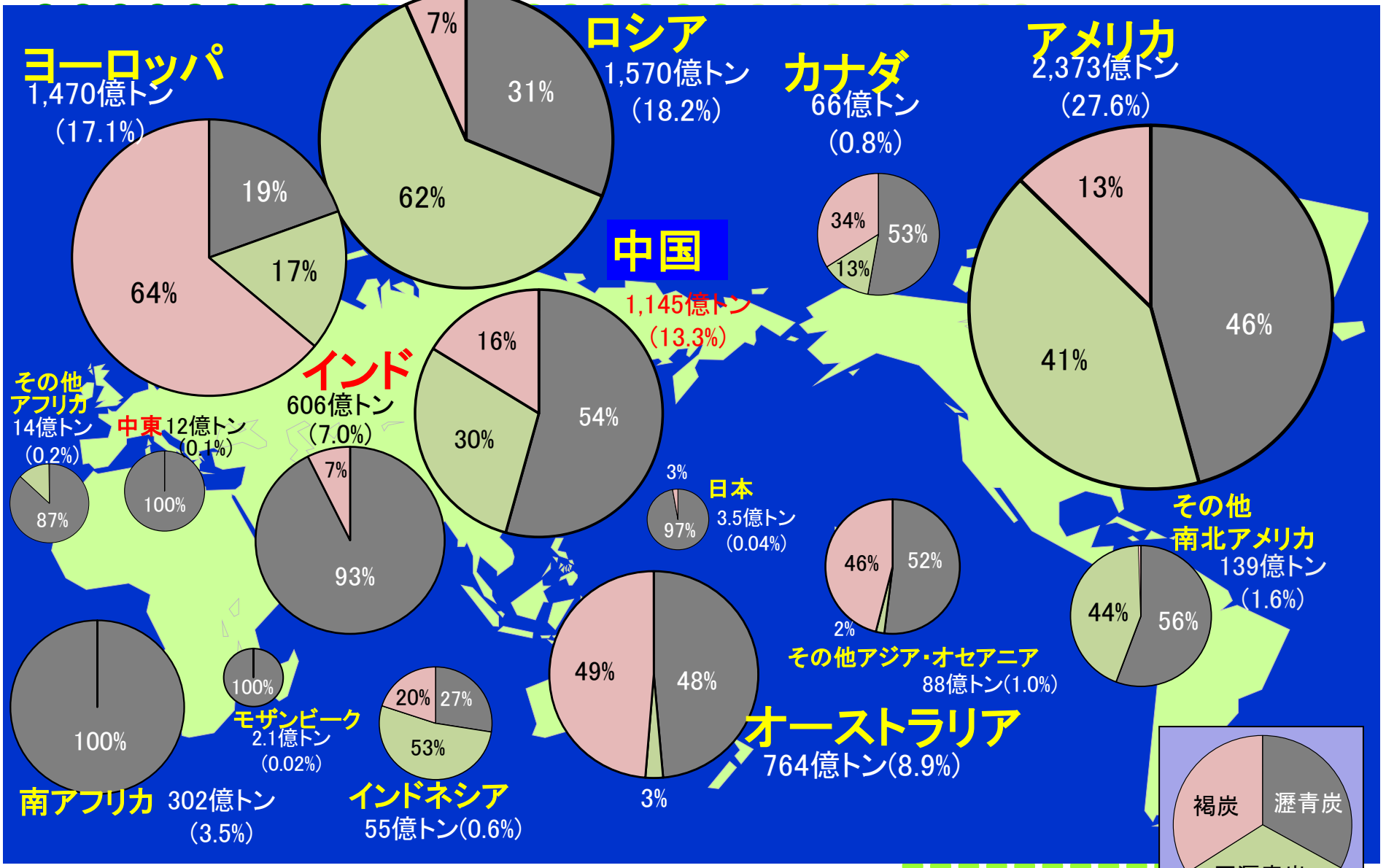


出典）　電気事業連合会資料より。日本は10電力とJ - POWERの合計。
J-POWER及び磯子は2011年度実績値

わが国の石炭火力からの排ガスは、ガス及び石油火力の排出基準以下である。

3. 世界の石炭生産と消費

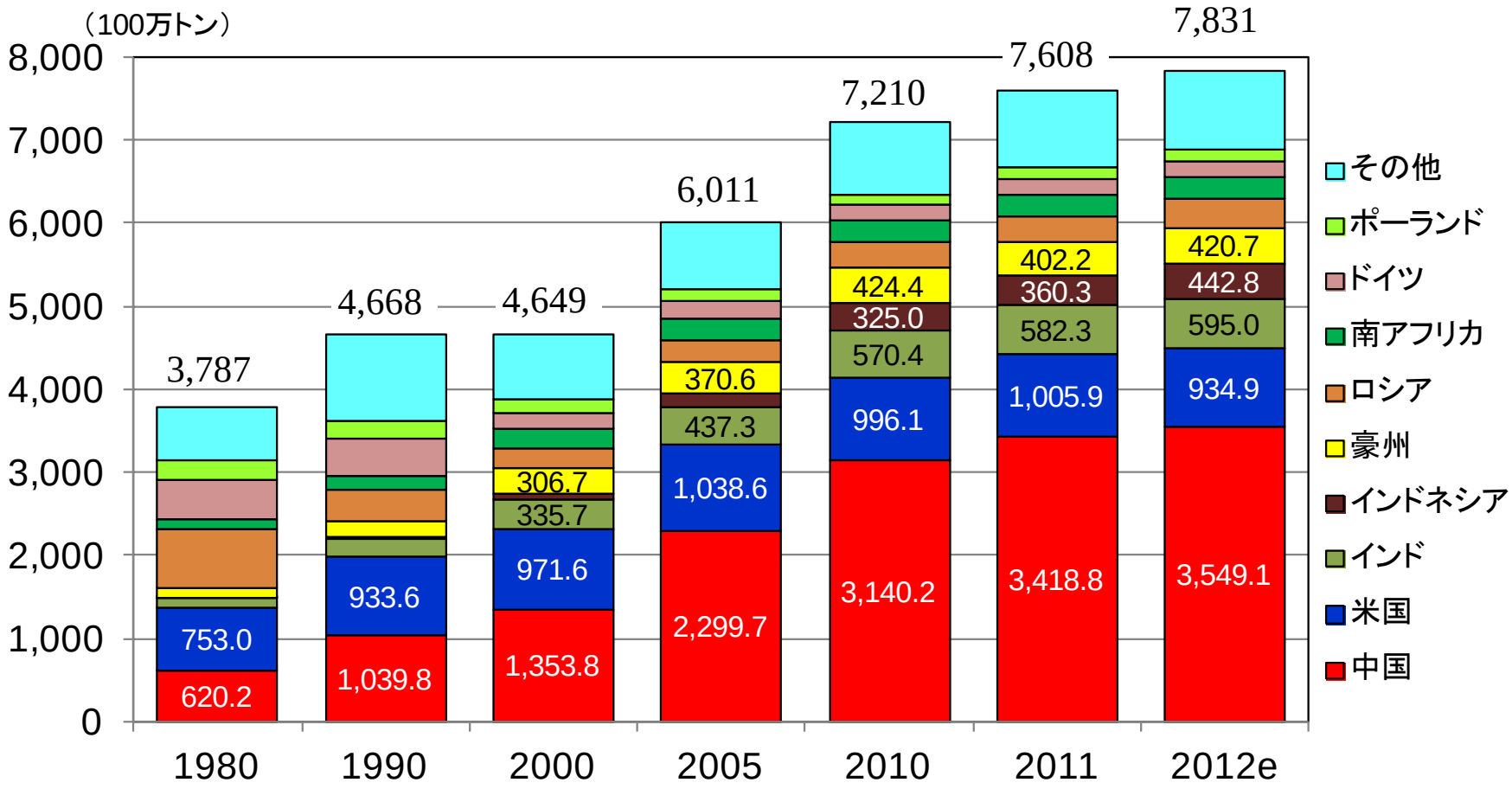
世界の確認可採埋蔵量(2010年) 8,609億3,800万トン



※ヨーロッパはロシア以外の旧ソ連諸国を含む。瀝青炭は無煙炭を含む。

出典：世界エネルギー会議(WEC2010)

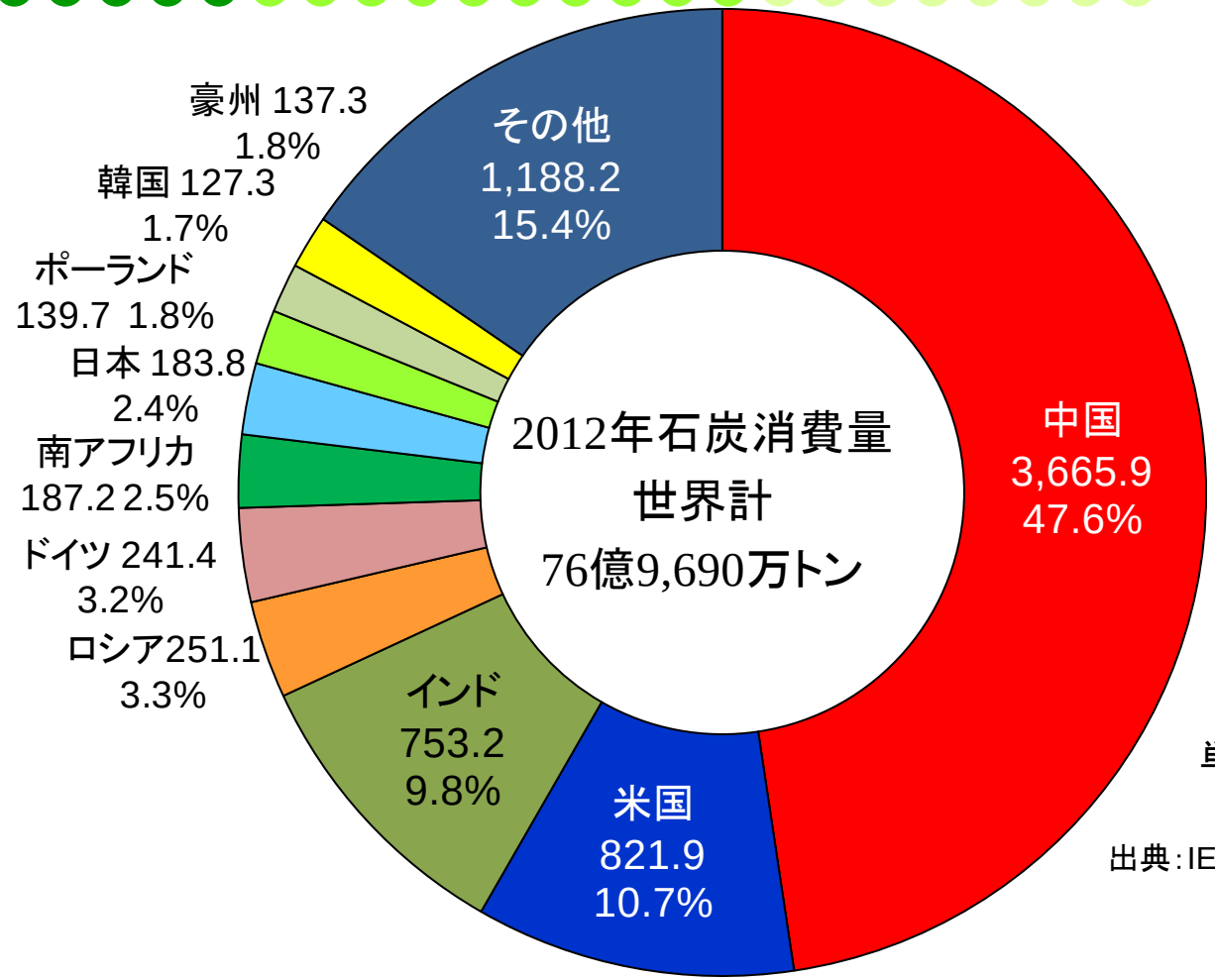
世界の石炭生産量の推移



出典：IEA Coal Information 2013
※1980のロシアは旧ソ連の値

- 順調に増加
- 米国生産減、インドネシアが第4位に

世界の石炭消費量(2012)

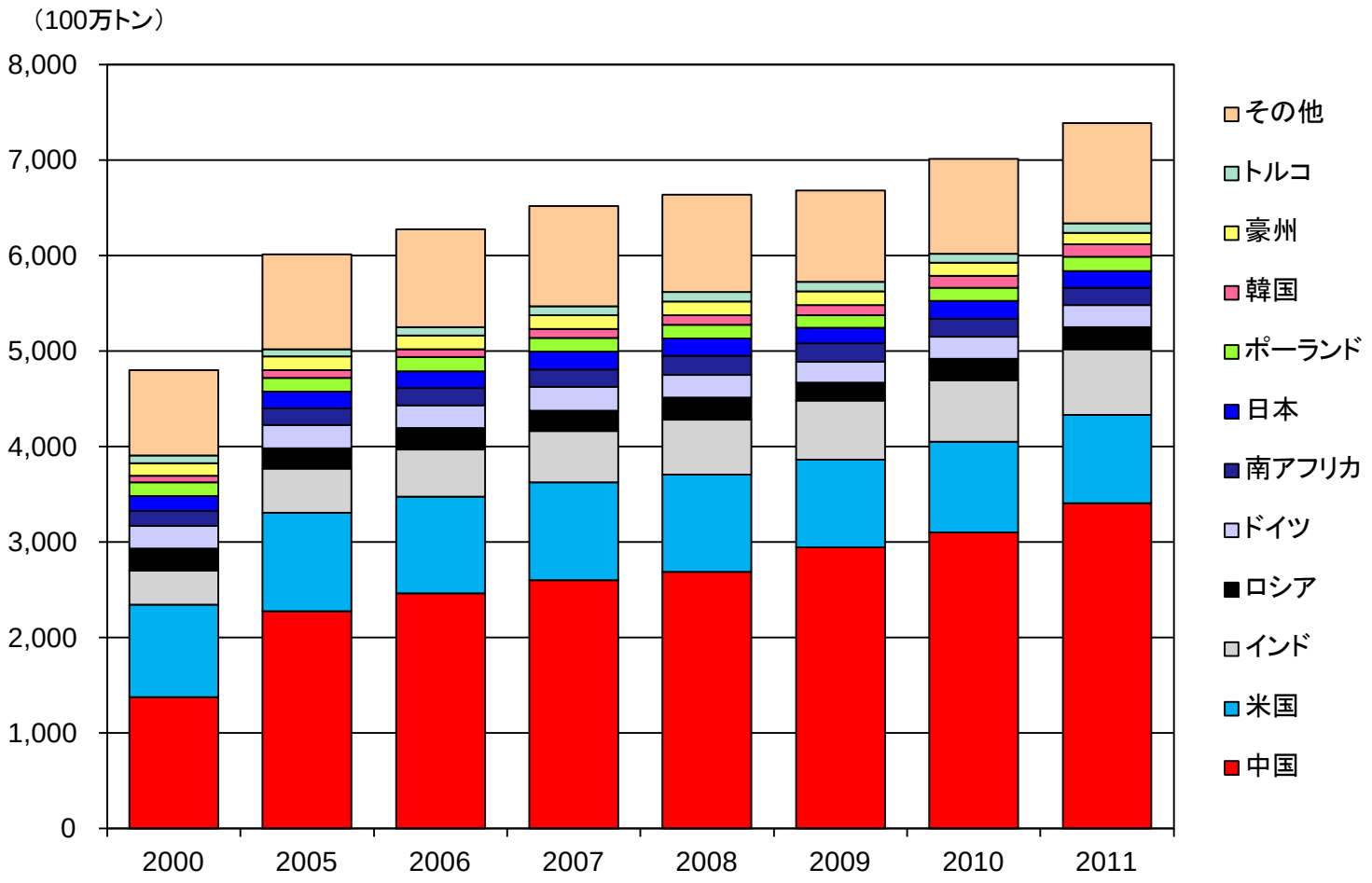


単位：100万トン

出典：IEA Coal Information 2013

- 中国が世界の約半分
- 中国、米国、インドで世界の3分の2以上

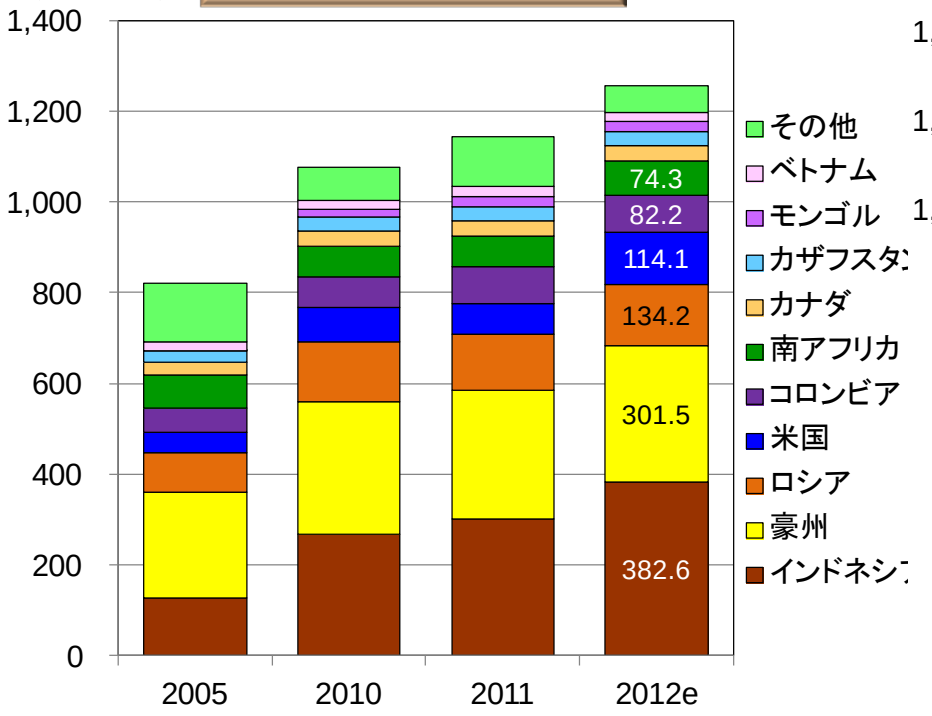
世界の石炭消費量の推移



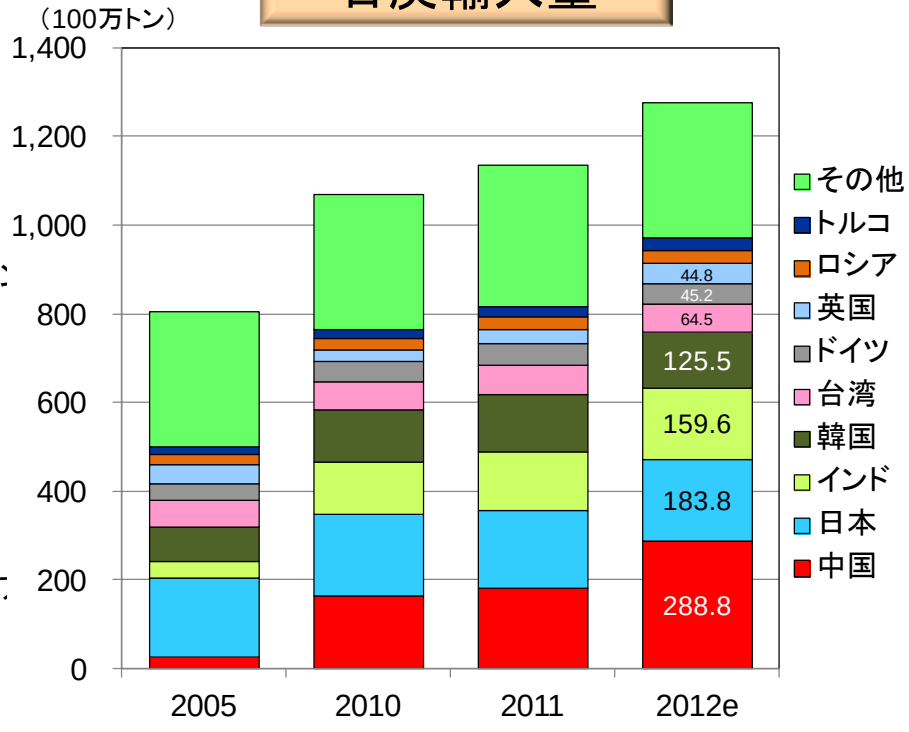
(出典：IEA Coal Information 2012)

世界の石炭輸出入

石炭輸出量



石炭輸入量

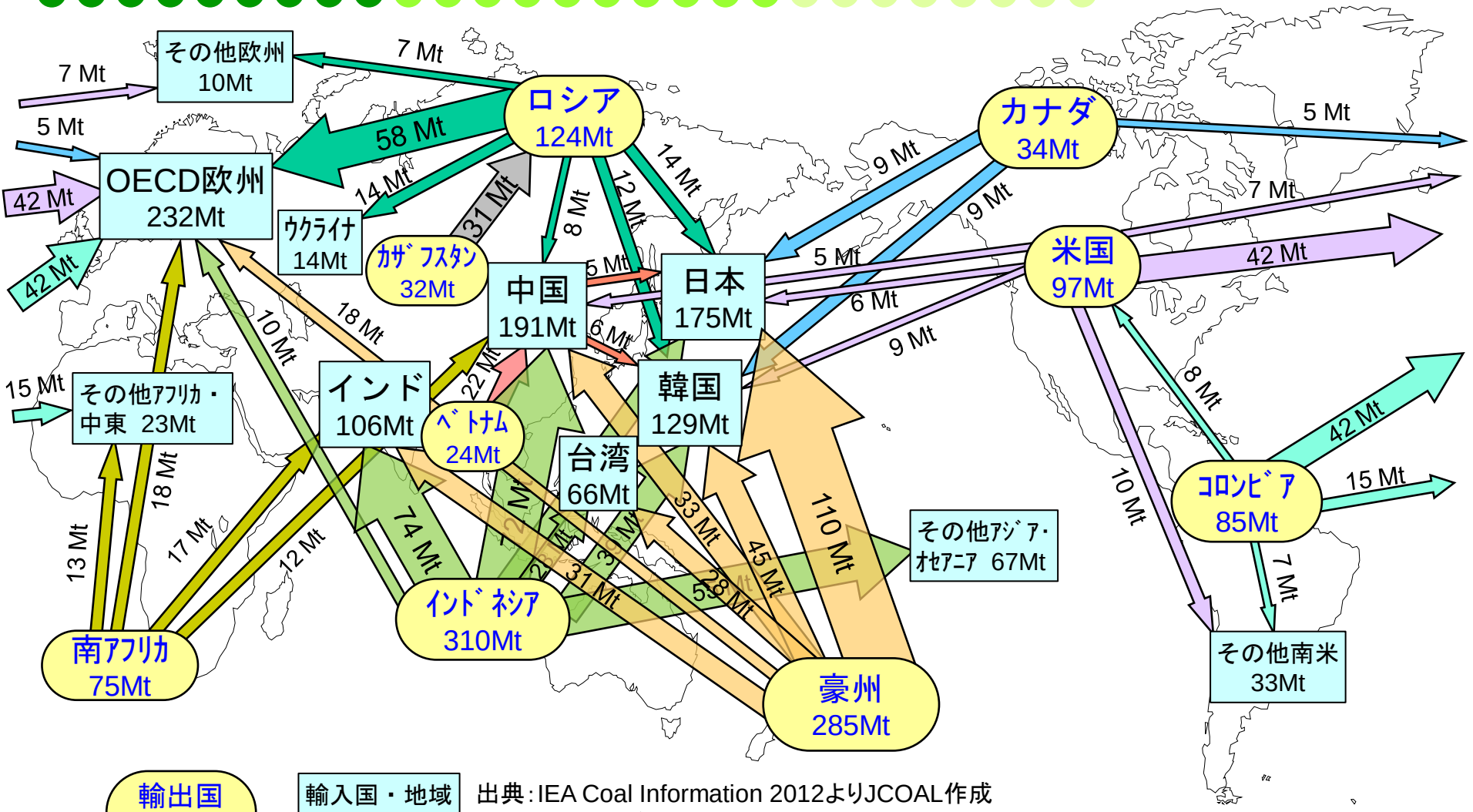


2012年石炭消費量（推計） 7,831 Mt

輸出 1,255Mt（16%）	国内消費 6,575Mt （84%）

出典：IEA Coal Information 2013

コールフロー

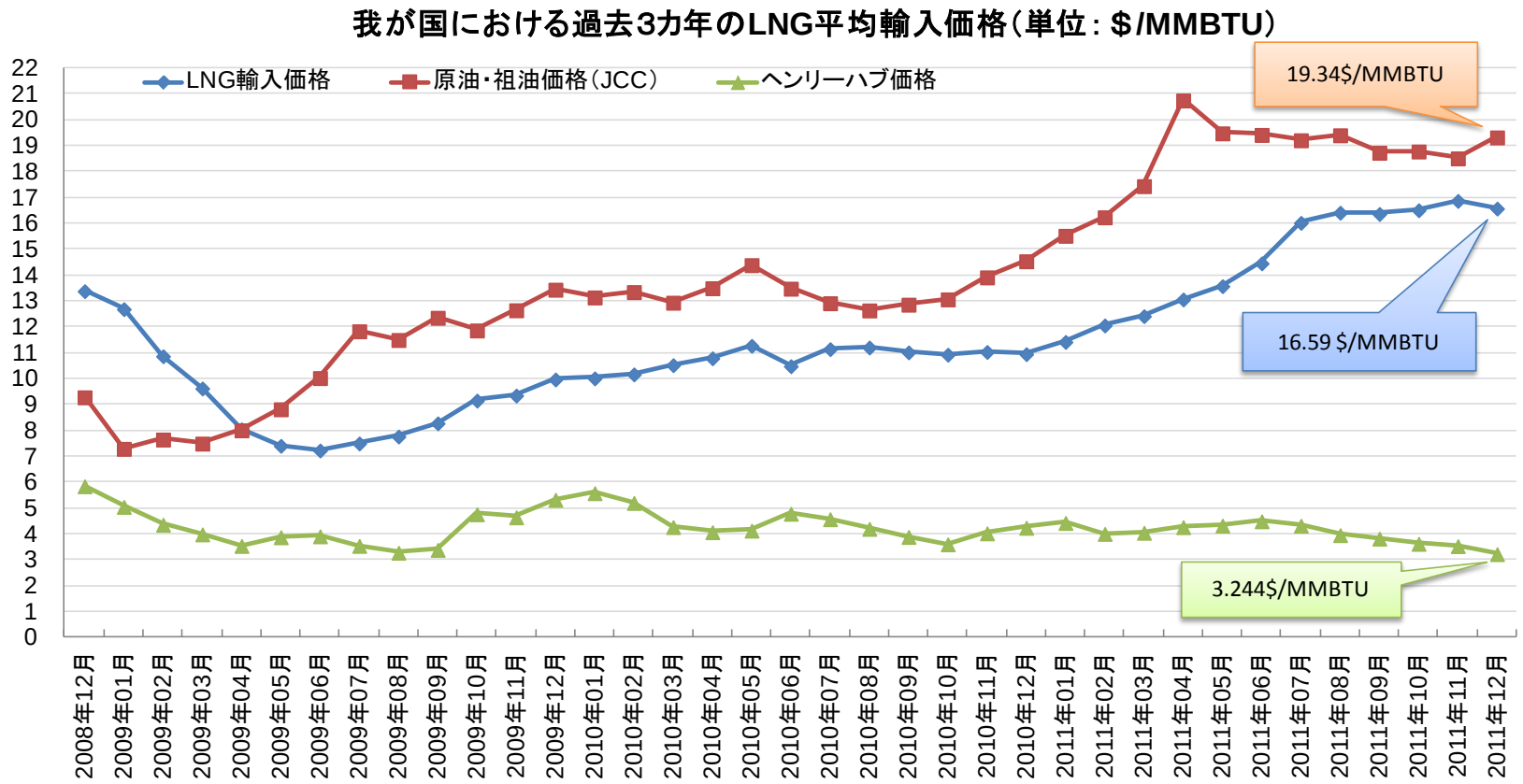


輸出国
輸出量

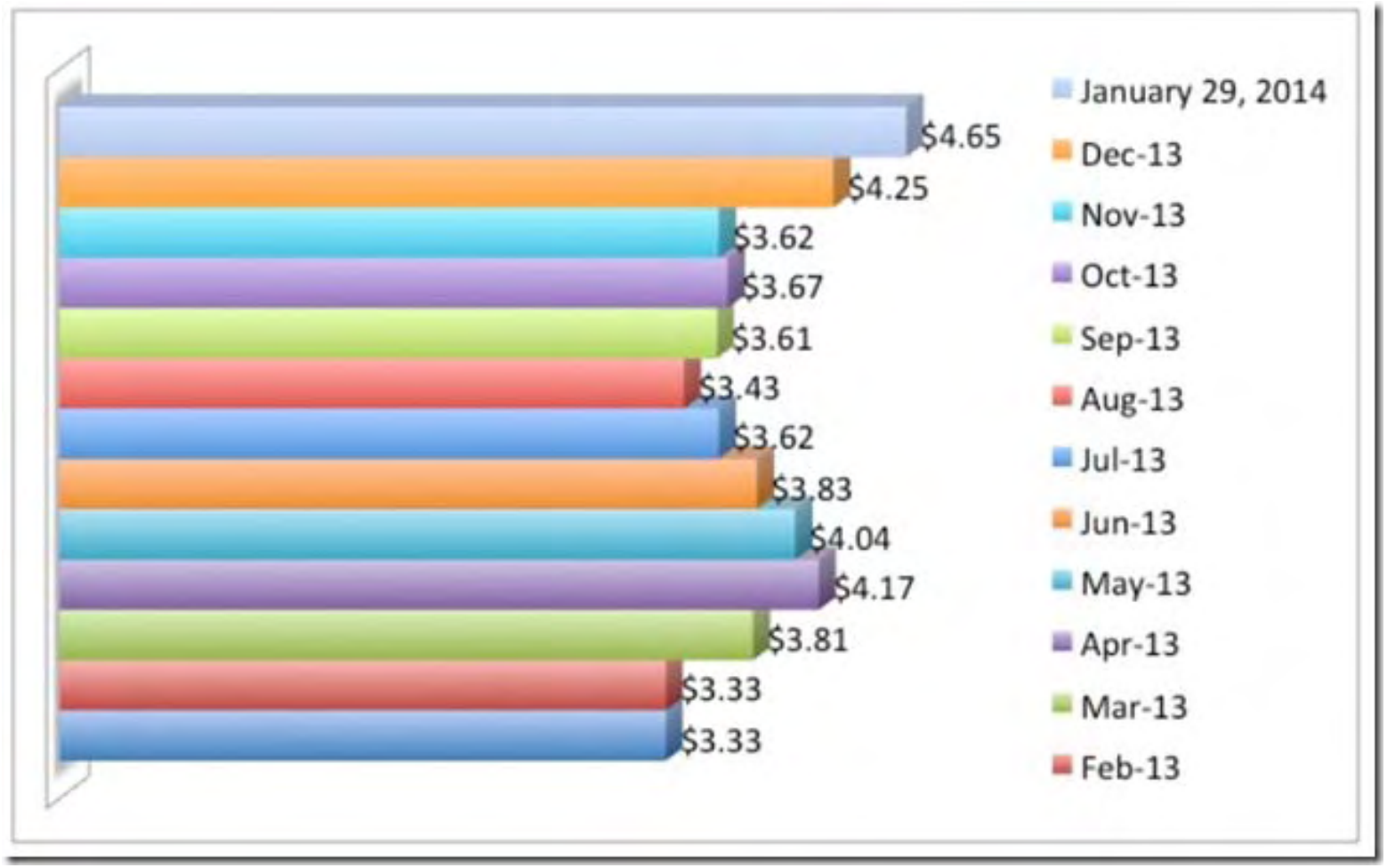
輸入国・地域
輸入量

出典：IEA Coal Information 2012よりJCOAL作成
数値は2011年推計値、500万トン以上のフローのみ記載

過去3年間のわが国が輸入した原油及びLNG価格とヘンリーハブ価格



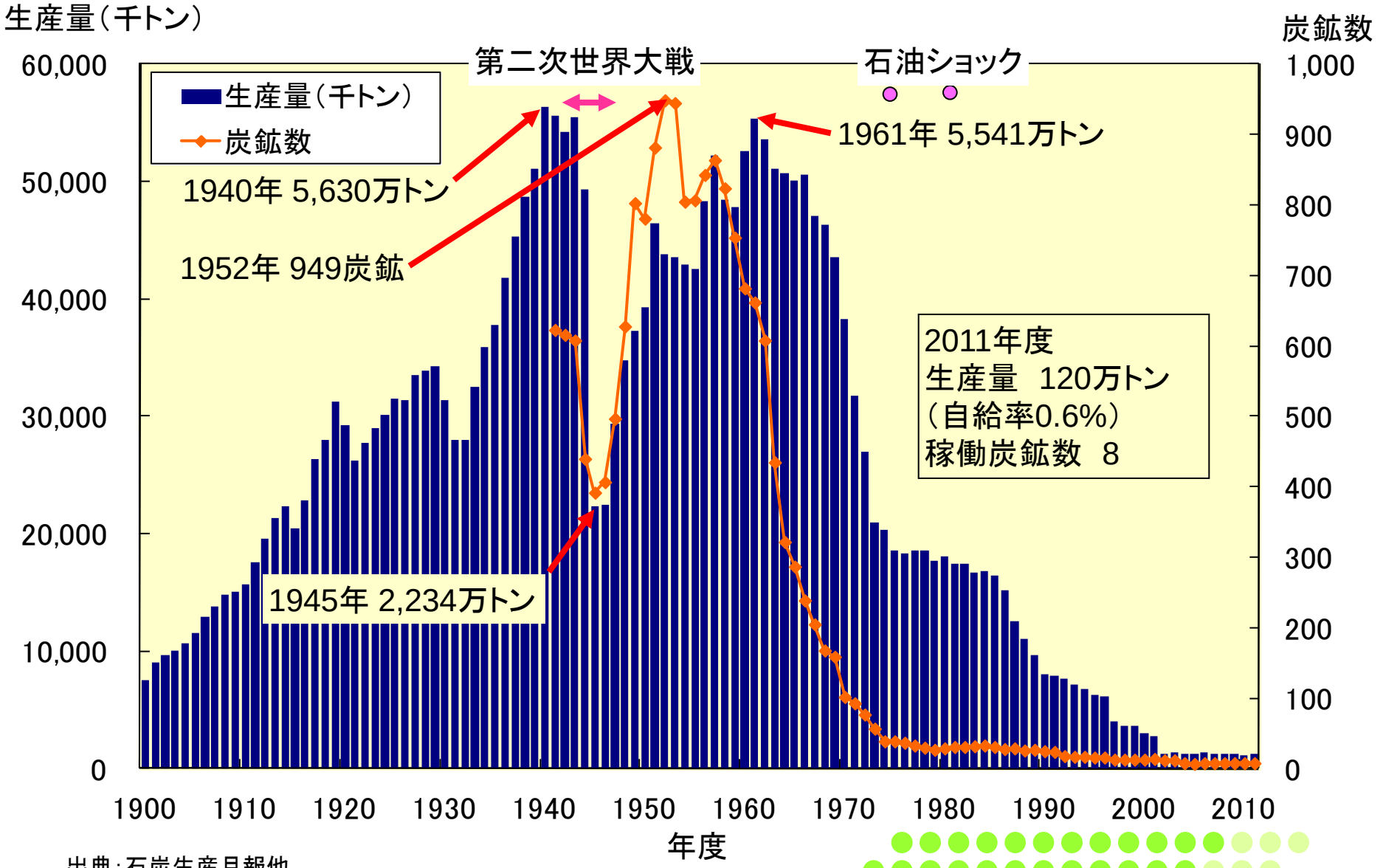
この1年間のヘンリーハブにおける天然ガスのスポット価格



出典：Power Engineering News Letter, February 4, 2014

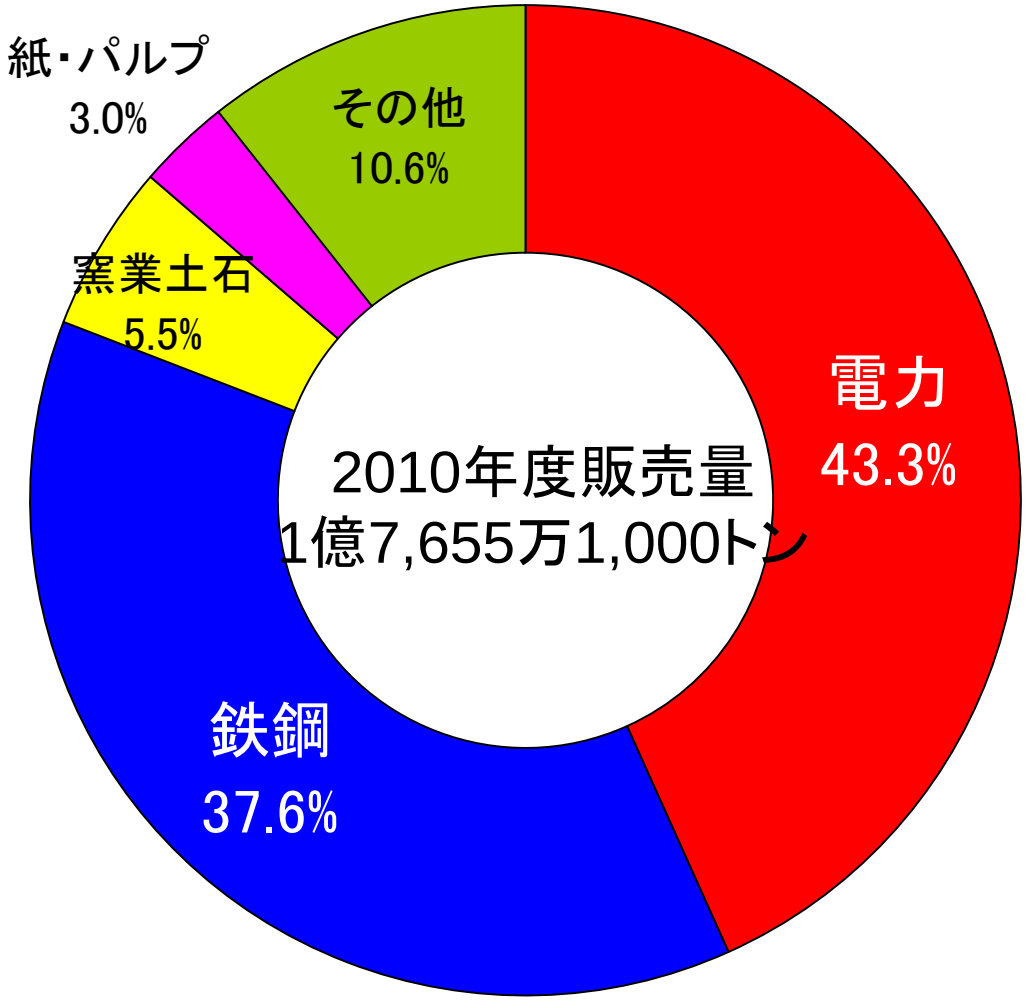
4. 日本の石炭の現状

日本の石炭生産



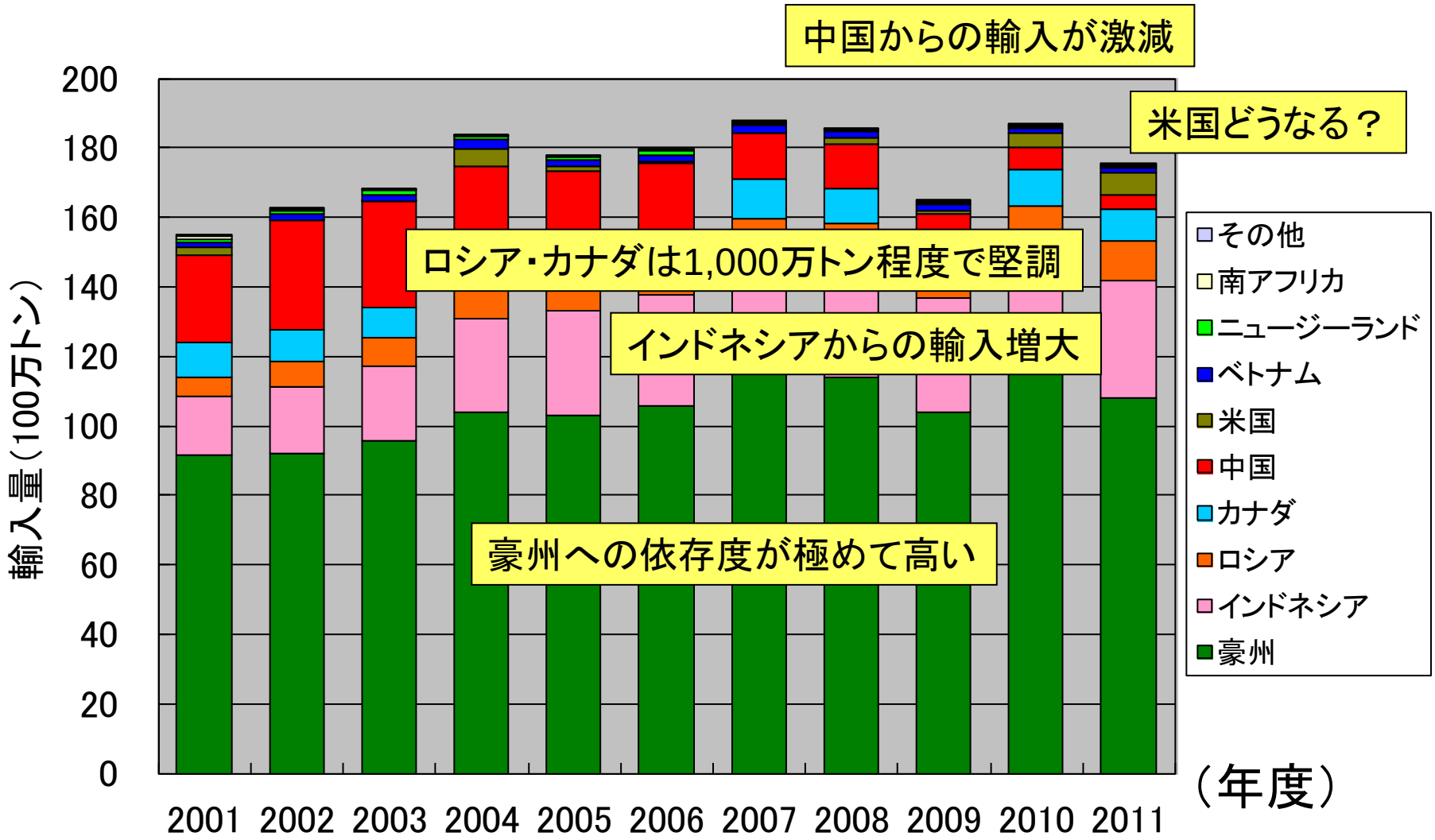
出典：石炭生産月報他

日本の石炭消費(産業別)



出典:EDMCエネルギー・経済統計要覧2012

日本の石炭輸入量

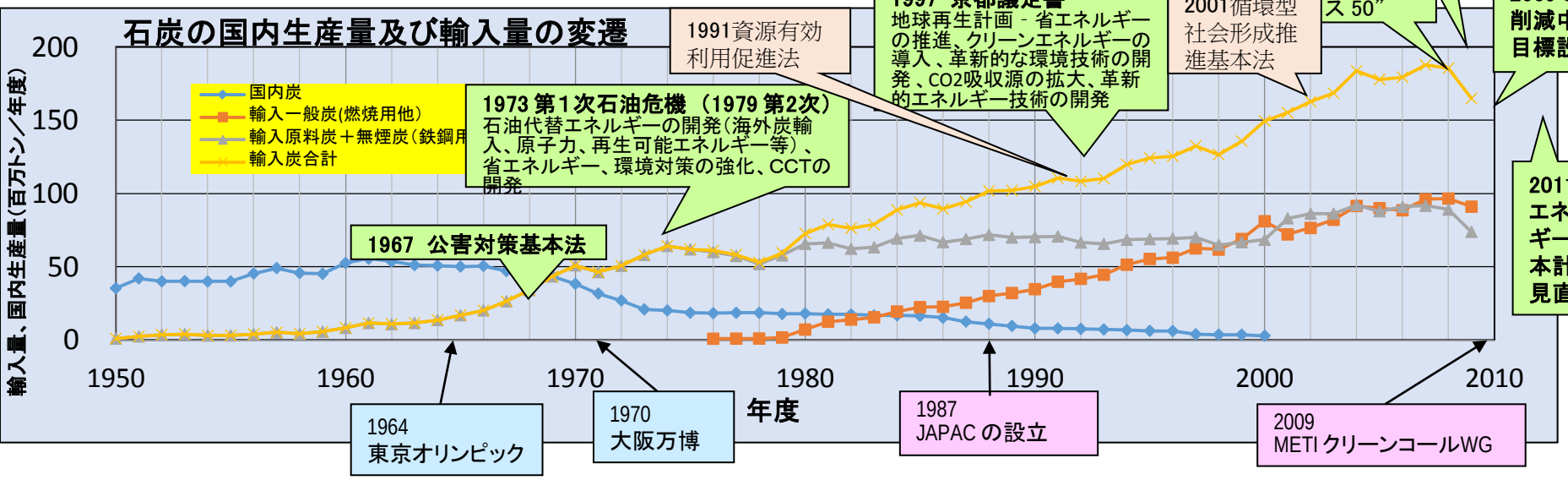


出典：財務省貿易統計

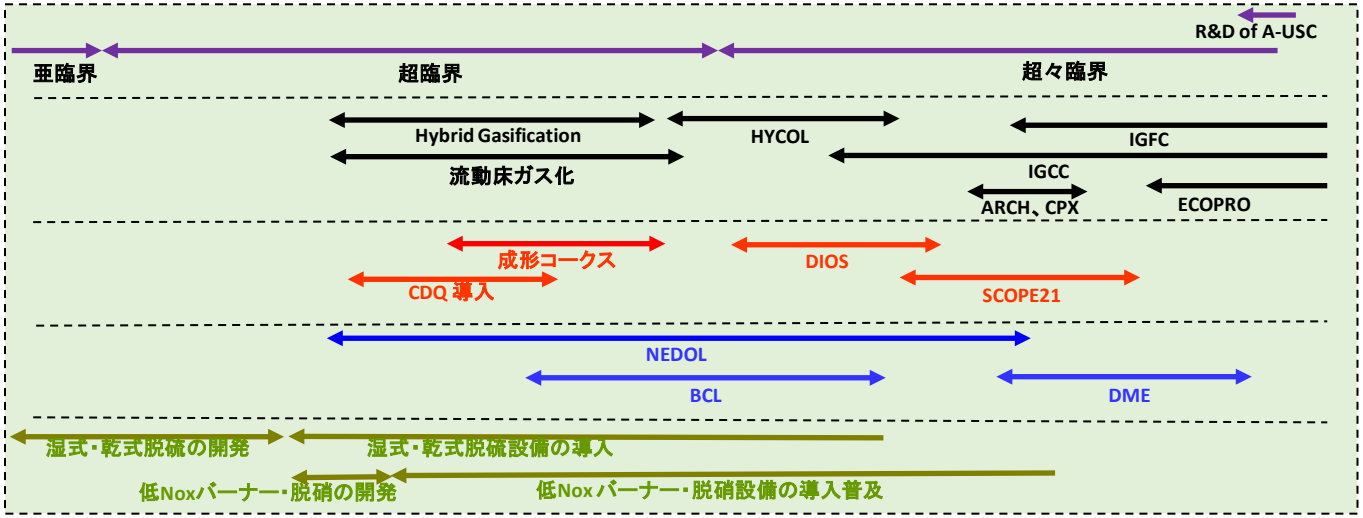
2011年度　175,378,617トン

5. 日本の石炭利用技術

日本の石炭の生産、輸入、CCT開発



日本におけるCCTの開発と普及



我が国石炭政策の方向性

石炭は今後とも我が国のエネルギー源多様化の一翼を担う。
日本のＣＣＴで世界のＣＯ２削減と途上国の経済発展に貢献。

石炭政策

◆ 石炭資源安定供給確保

＜権益確保＞
＜産炭国との協力関係強化＞
＜石炭の需給緩和（低品位炭利用）＞

◆ 石炭利用技術の推進

＜高効率化、CCS、バイオマス利用＞
＜低品位炭利用＞

＜海外展開＞

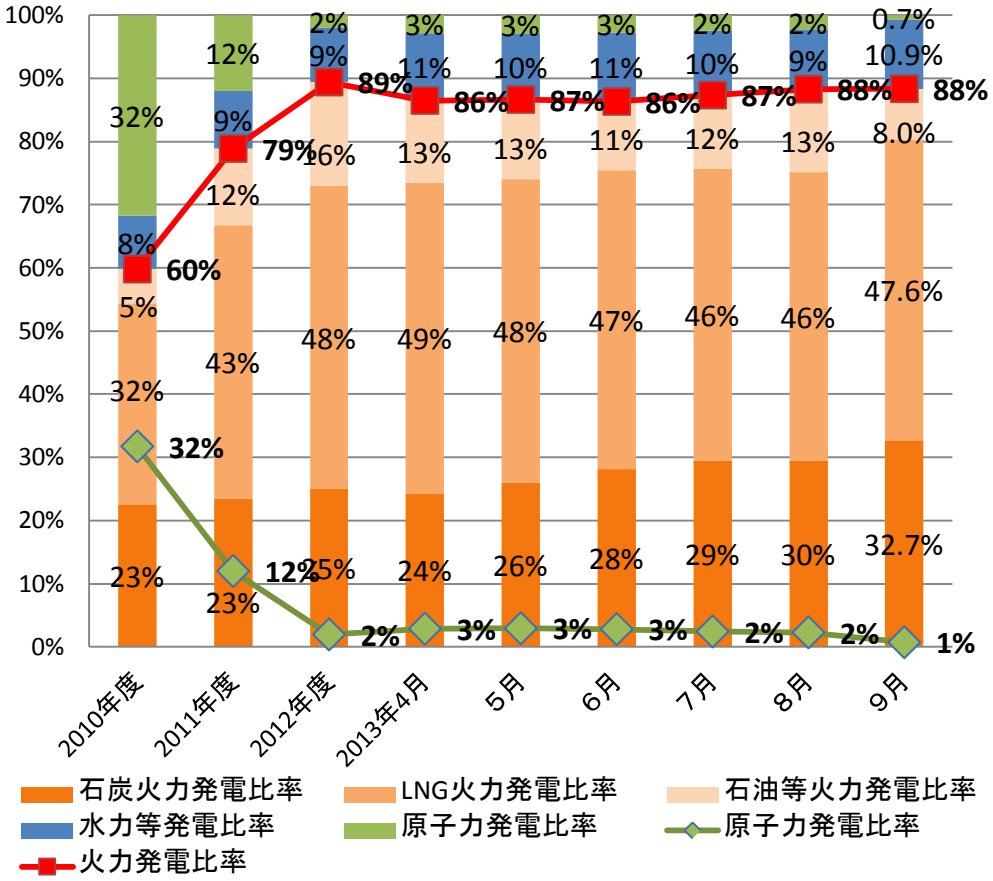
【施策ツール】
・政府間政策対話
・予算、出資・債務保証、ODA、円借款、融資等
【実施機関】JOGMEC、JBIC、JICA、NEXI等

JCOAL

震災後の発電構成

○原子力発電所の稼働なし　→電力供給量の約３割が喪失し、需給がひっ迫。
○原子力発電所の停止に伴い、火力発電による代替に伴う燃料費は、２０１３年度には年間約３．８兆円増加の見込み（電気料金の約２割に相当）。

震災後の電気事業者（一般・卸）の電源構成の推移

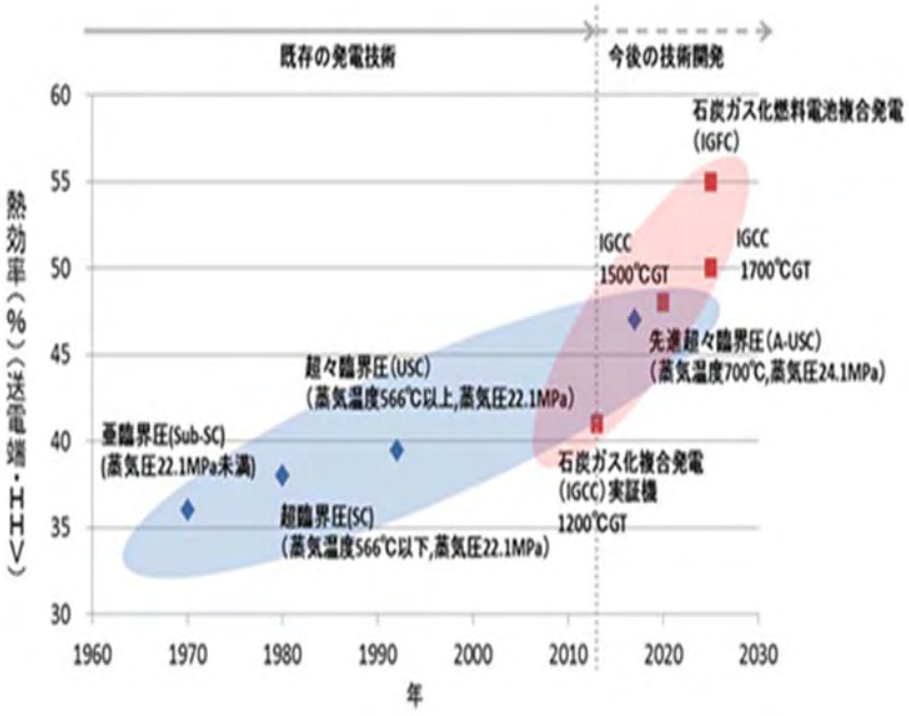


原子力停止に伴う燃料コスト増

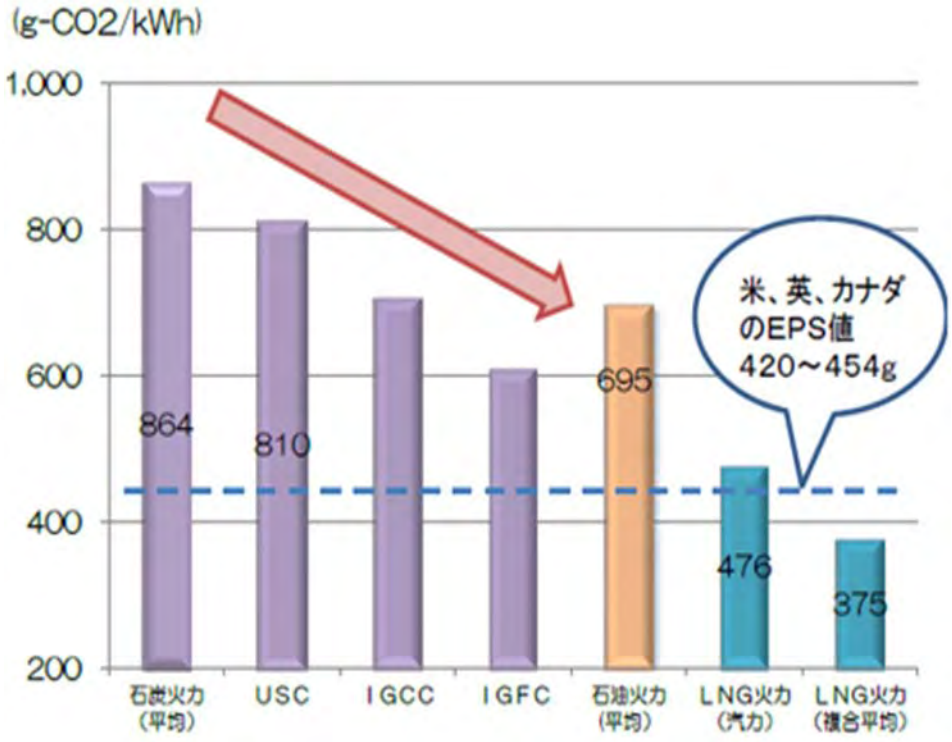
電源種	燃料費（2012年度）	コスト影響額	
		2012年度推計	2013年度推計（※）
原子力	1円/kWh	−0.3兆円	−0.3兆円
石炭	4円/kWh	＋0.1兆円	＋0.1兆円
LNG	11円/kWh	＋1.4兆円	＋1.6兆円
石油	16円/kWh	＋1.9兆円	＋2.4兆円
合計	−	**＋3.1兆円**	**＋3.8兆円**

※2013年度は、2012年度推計に用いた燃料価格を、直近の為替動向を踏まえ為替レートを1ドル＝100円に補正し、原子力の稼働を2012年度と同等と仮定して推計。

開発目標～高効率発電・低炭素化～その1



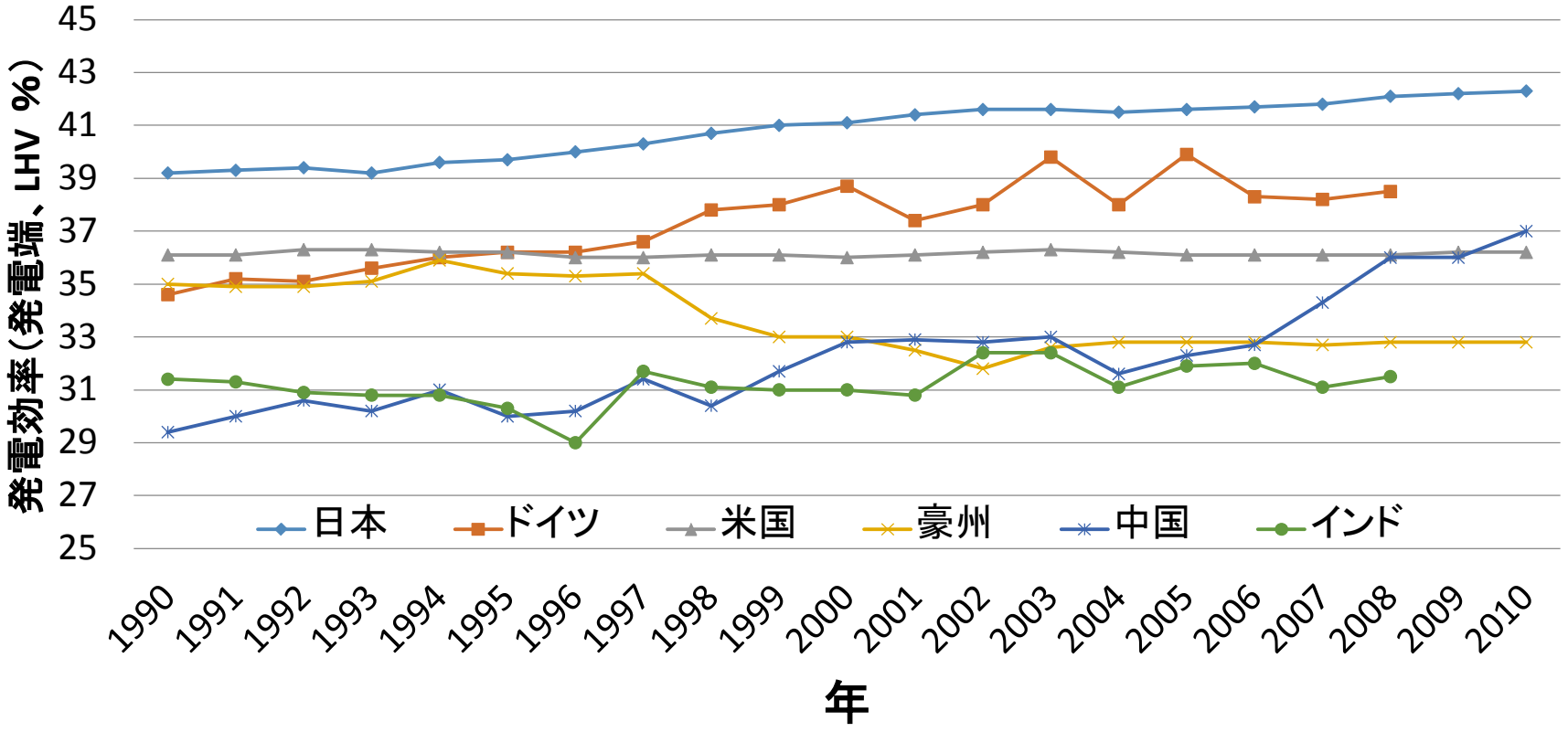
ゼロエミッションを目指す我が国の
石炭火力技術



火力発電形態別のCO2排出量

日本の石炭火力の発電効率は世界最高レベル

◆わが国の発電効率は世界一である。
◆中国、インドは発電に占める石炭火力の比率が高いが、発電効率は低い。ただし、中国はここ数年新設火力が数多く建設されており、効率が高くなってきている。



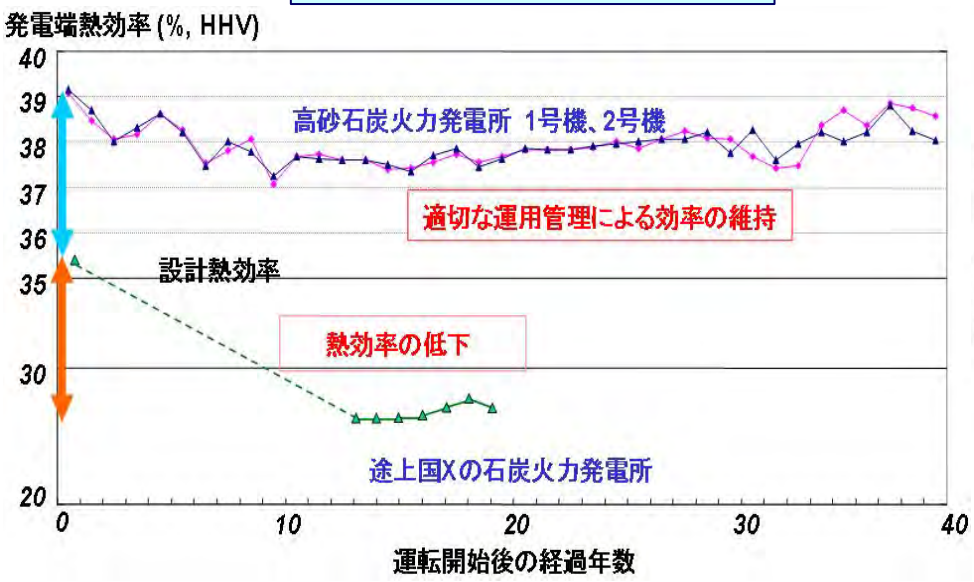
石炭火力の国際展開（技術移転による低炭素化の推進）

○我が国の石炭火力は、高効率技術（超臨界圧・超々臨界圧）と運転・管理ノウハウにより、世界最高水準の発電効率を達成し、運転開始後も長期にわたり維持。

○日本で運転中の最新式の石炭火力発電の効率を米、中、印の石炭火力発電に適用すると、CO_2削減効果は、約15億トン（試算）

○今後も世界で石炭火力発電の需要が増加する見通しの中、相手国の産業構造に合わせた高効率石炭火力技術の技術移転や、石炭火力の運営管理技術（O&M）もセットにしたシステム輸出により、わが国の高効率石炭火力の海外展開を進めるとともに技術競争力の維持を図る。

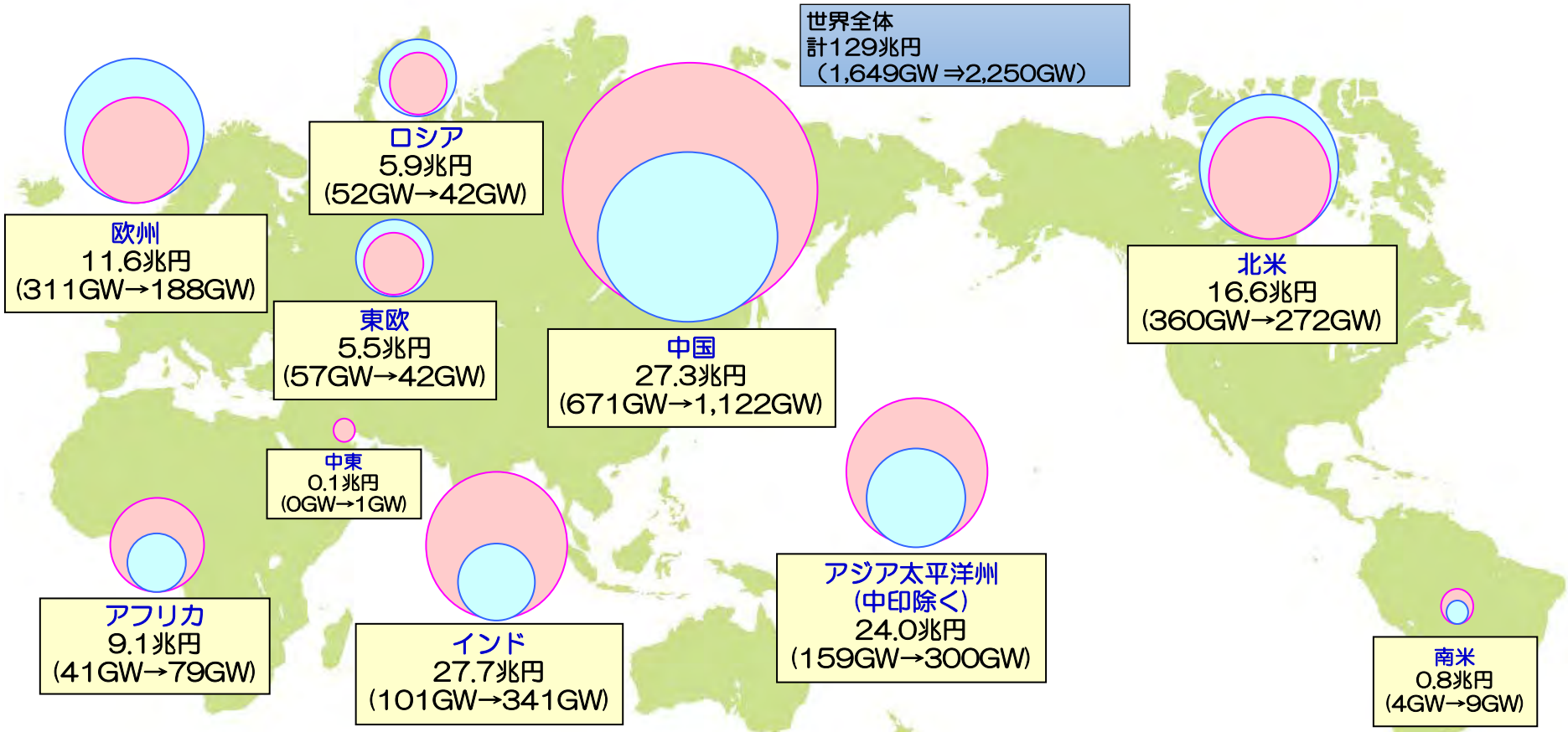
石炭火力・経年劣化の比較例



出典：「IEA World Energy Outlook 2011」、「Ecofys International Comparison of Fossil Power Efficiency and CO2 Intensity 2012」から作成

世界の石炭火力導入見通し（2012年→2035年）

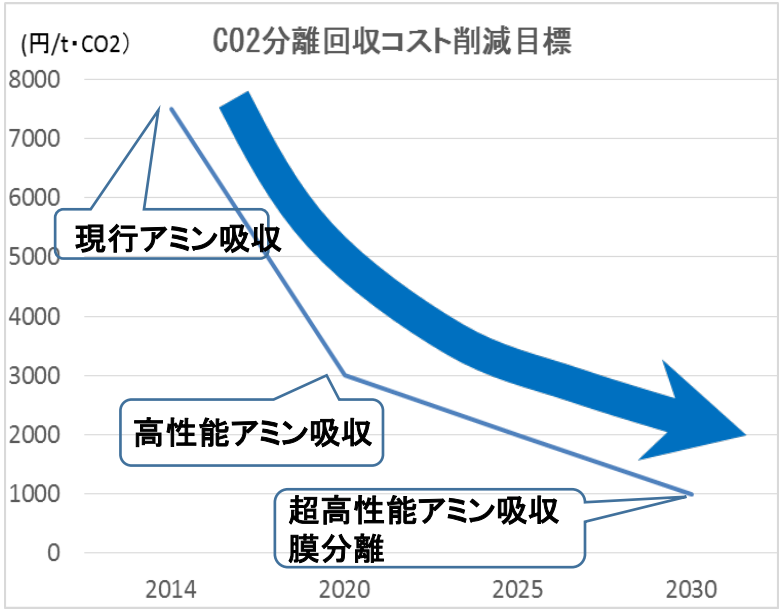
○IEAによると、石炭火力発電の世界市場は、2012から2035年まで、新増設リプレースを合わせ、累計約129兆円。
○特にアジアでは、約79兆円であり、アジアでの石炭火力の需要が拡大する見込み。

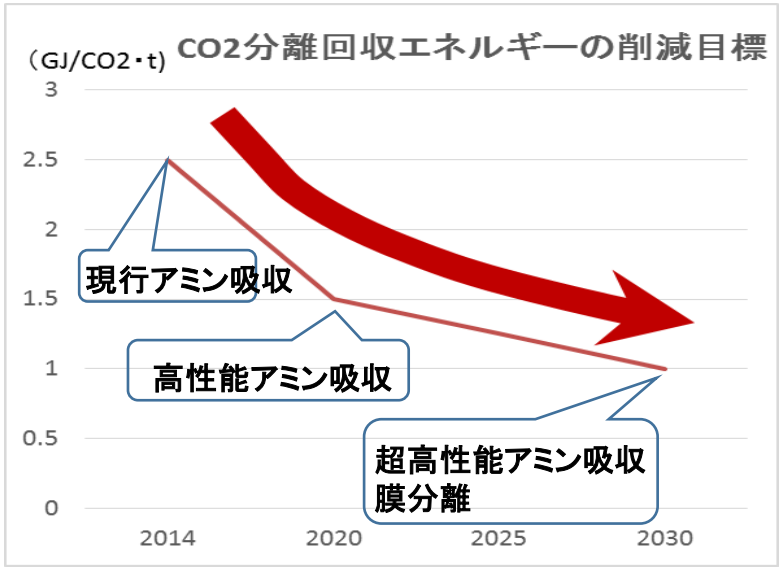


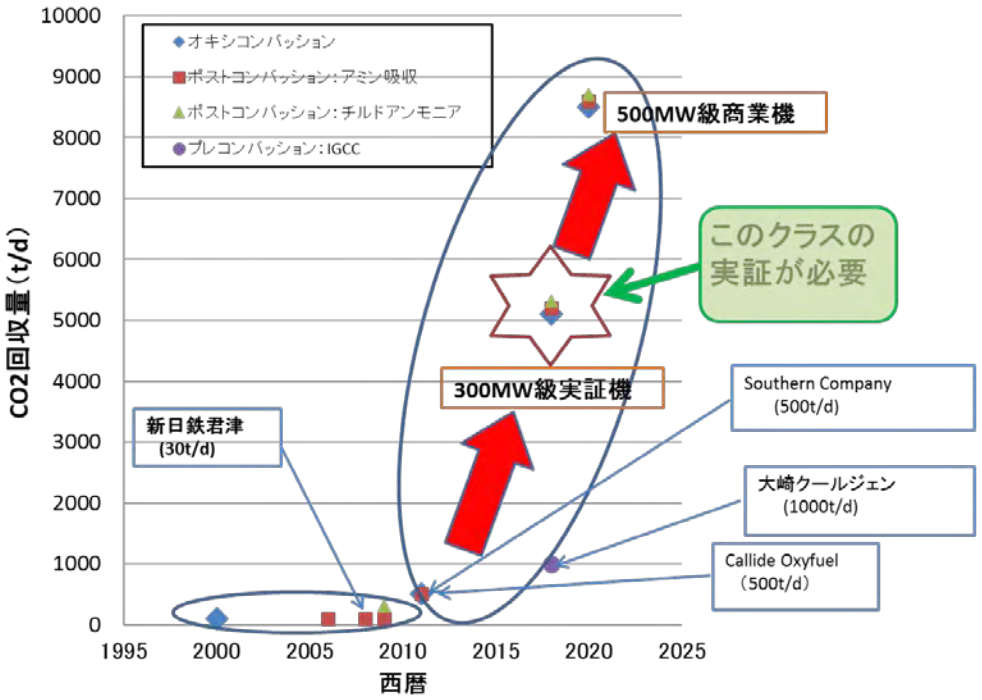
※ IEA World Energy Outlook 2012
1ドル=79.97円で計算。（2011年時点の為替レート）
新増設、リプレイスを含む。

上段：地域、中段：2012年から2035年までの投資額
下段：2010年から2035年への設備容量

開発目標
～高効率発電・低炭素化～その2



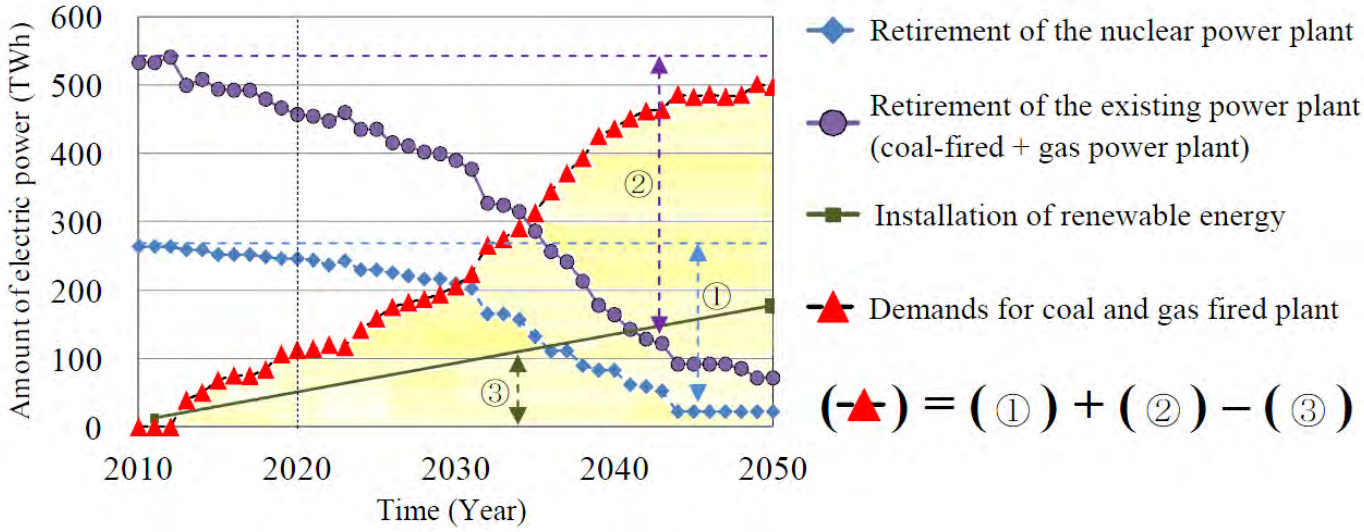


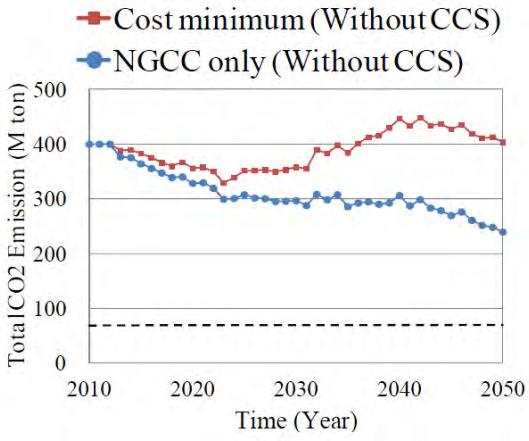


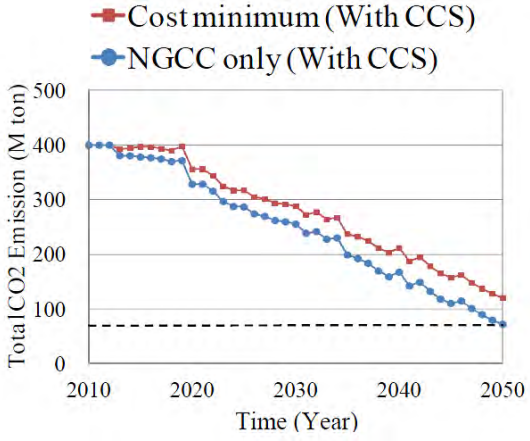
わが国の石炭火力におけるCCS導入によるCO2削減予測

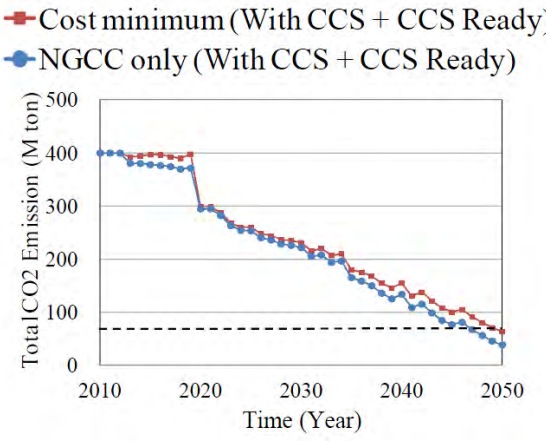
条件

・2050年にかけての総発電需要は一定のまま。
・原子力、火力ともプラント寿命は40年。
・再生可能エネルギーは2050年に全体の30%。
・新規の発電量ニーズは、石炭火力と天然ガス火力で賄う。
・CCSを2020年から導入。

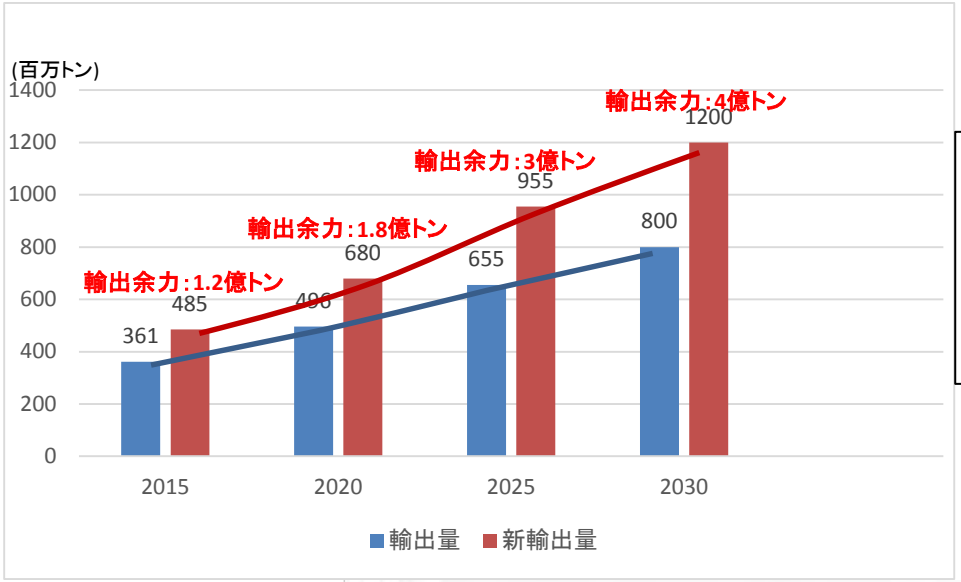




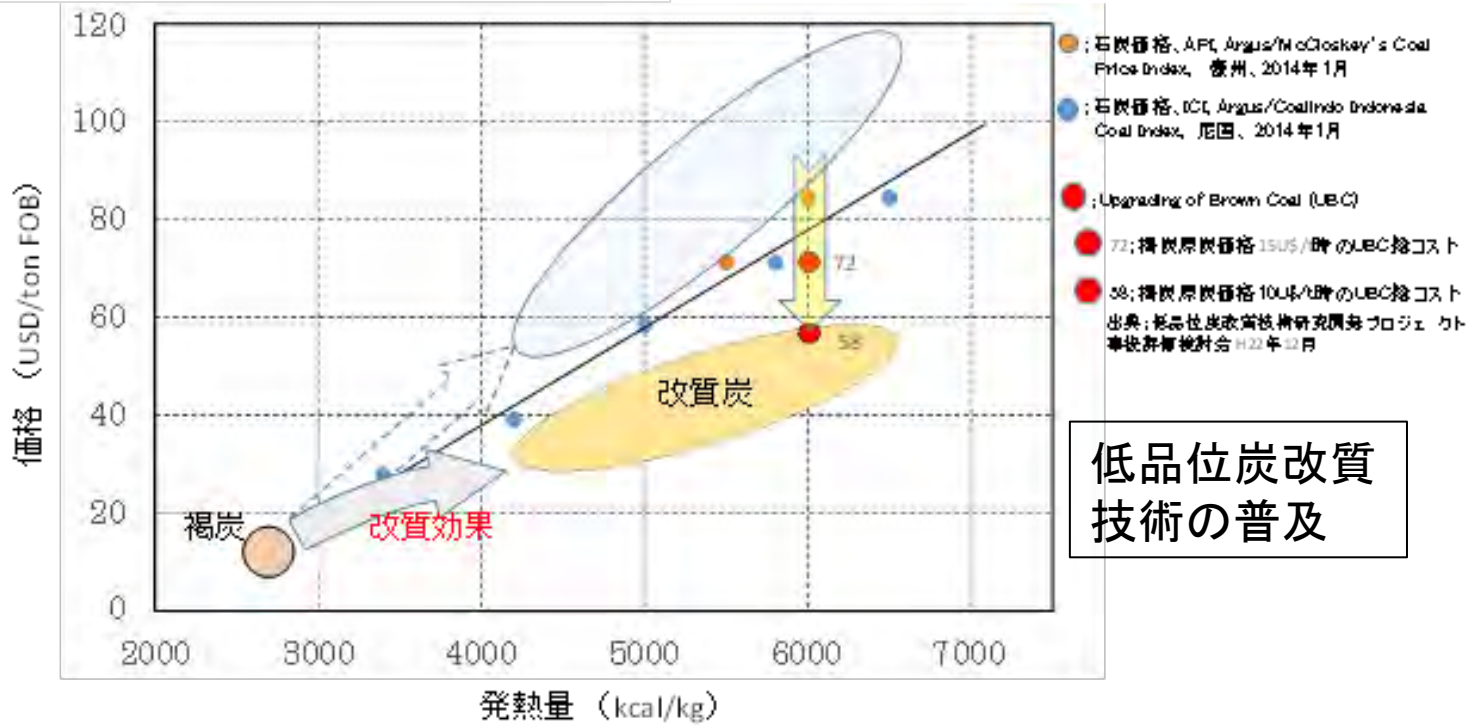




開発目標～低品位炭利用～

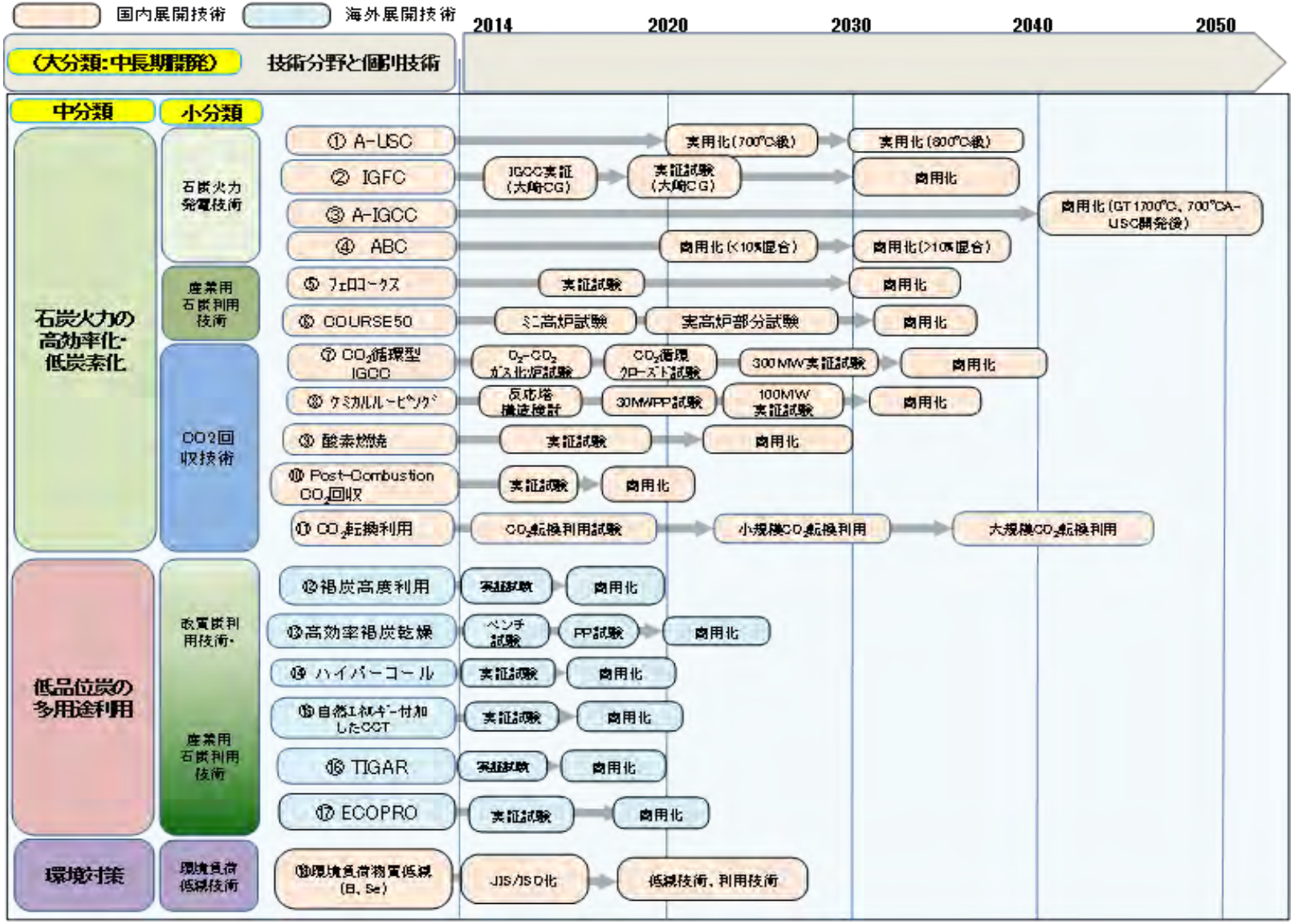


低品位炭改質技術によりインドネシア国内で褐炭を使い、瀝青炭は輸出に回すと仮定

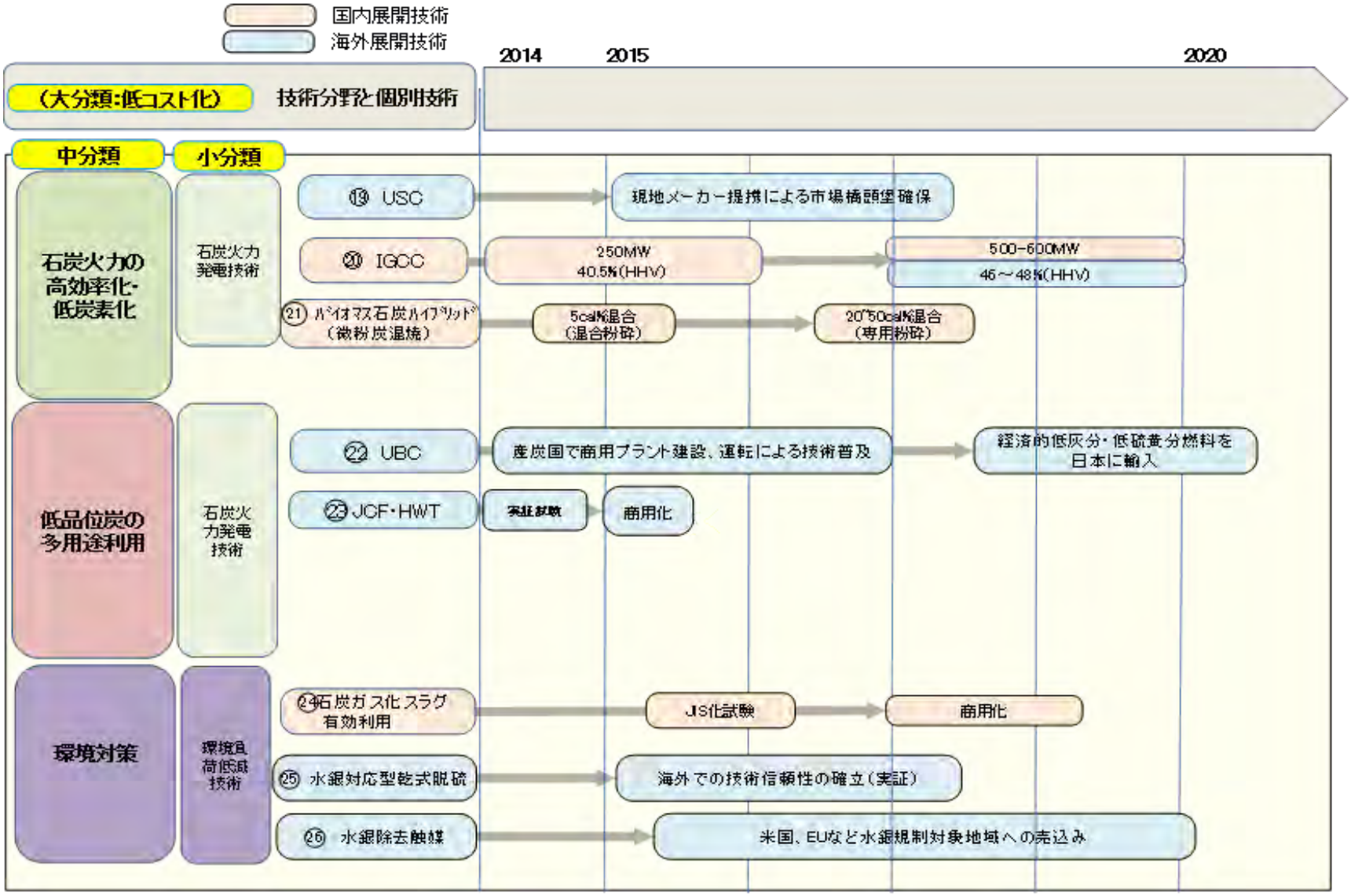


低品位炭改質技術の普及

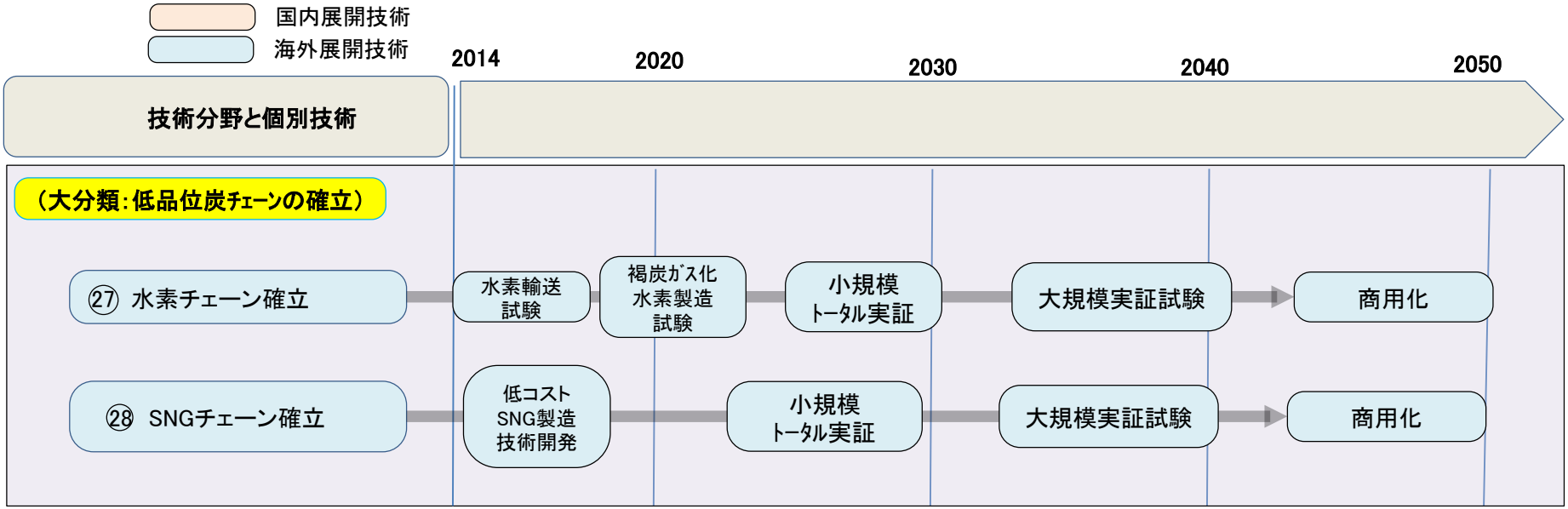
石炭利用技術開発ロードマップ
【中長期開発】



石炭利用技術開発 ロードマップ
【低コスト化】



石炭利用技術開発 ロードマップ
【低品炭ﾁｪｰﾝの確立】



石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業（大崎クールジェン）

事業の内容

○ 高効率かつCO_2分離・回収が容易な酸素吹石炭ガス化技術（酸素吹IGCC）を確立する。また、将来の酸素吹ガス化により得られる水素による燃料電池と組み合わせたトリプルコンバインドの発電技術を見越した実証を行う。

① 技術的特徴

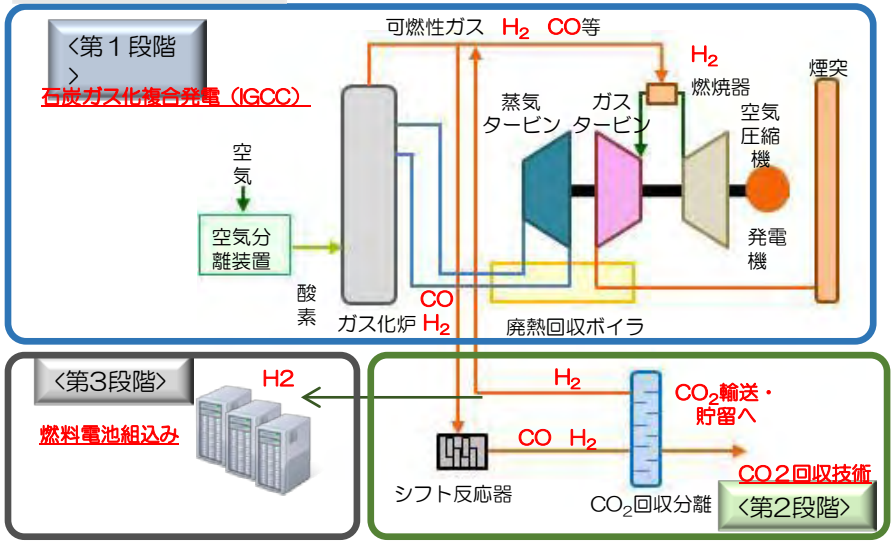
- ○ 発電端効率55%（←現状USC 41%）
- ○ ガス化し易い亜瀝青炭利用（低品位炭利用）
- ○ 酸素吹によるCO_2分離・回収の容易性（CO_2削減）
- ○ 酸素吹による水素利用（燃料電池）

② 実施者：大崎クールジェン（電源開発、中国電力）

③期間：H24～H33年度

（総額300億円、事業費総額900億円）※第1段階のみ

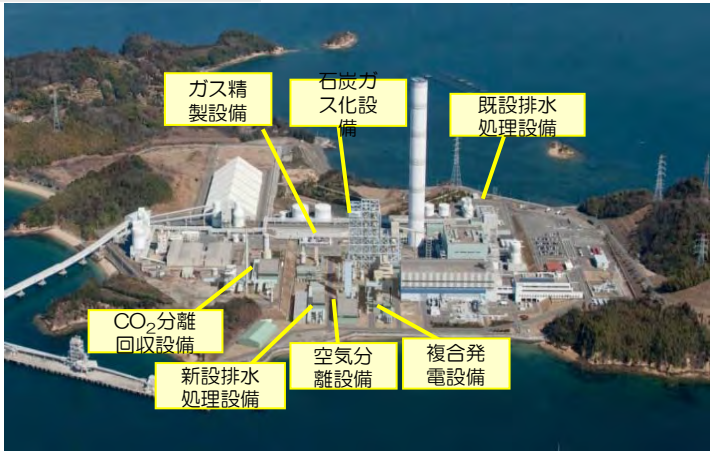
事業イメージ



今後のスケジュール

年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
第１段階 酸素吹IGCC 実証	酸素吹IGCC詳細設計・建設						実証試験			
第２段階 CO2分離・回収型IGCC実証			適用技術評価 概念設計		CO2分離・回収 詳細設計・建設			実証試験		CO2輸送 貯留試験
第３段階 CO2分離・回収型IGFC 実証					技術調査 概念設計		CO2回収一体型 IGCC/IGFC 詳細設計・建設			実証試験

完成予想図

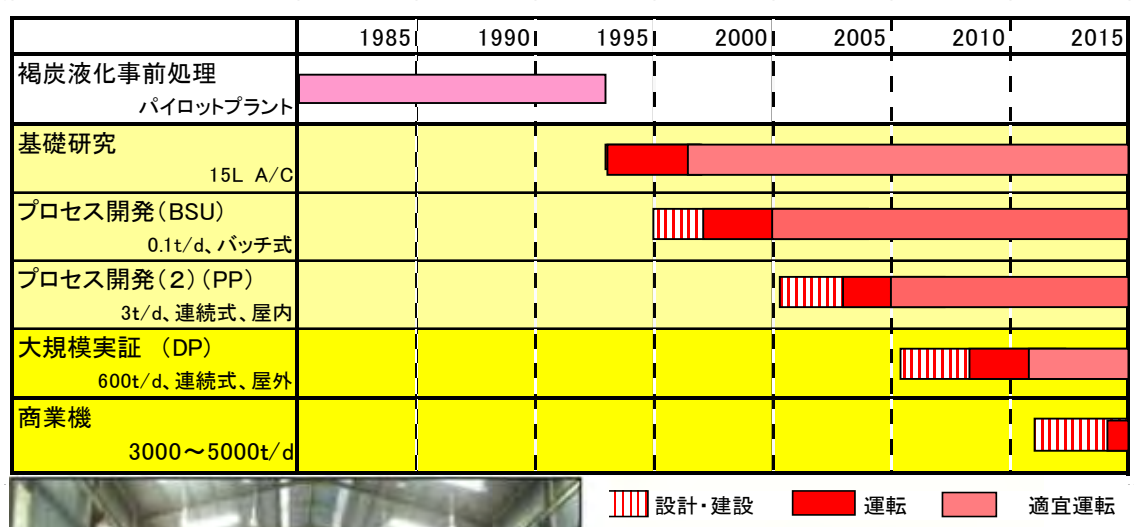


実施場所：広島県豊田郡大崎上島町

UBC実証事業

- ◆ 水分60%の市場価値のない褐炭も、瀝青炭同等の発熱量を持つ改質炭になる。
- ◆ 輸送･貯炭時の安定性が向上し、広範な市場への輸出が可能である。
- ◆ 低灰分、低硫黄の褐炭の特長を生かし、利用（燃焼）時の環境負荷が小さい。

事業費：74億円（METI 1/2補助）　実施者：神戸製鋼所、JCOAL



【UBC プロセス開発への展開】

- 1993 年～　油中スラリー脱水を用いた低品位炭改質技術の開発に着手
- 1997 年～ 0.1t/日のバッチ式実験プラントにより基本技術を確立

【3t/d パイロットプラント】

2001～04 年度

- インドネシアとの協力事業
- 3t/日連続式プラントにより改質技術の実用化を目指す

39

JCFの特徴（JCF Properties）

- 重油と同等のハンドリング性
  Liquid type fuel similar to heavy fuel oil
- タンク貯蔵、タンカー、ローリー、パイプライン輸送可能
  Closed storage and transportation
- 炭塵飛散、自然発火の問題がない
  No dust problem, no spontaneous ignition

JCF Properties

Calorific Value(HHV)	4,000～4,500kcal/kg (4,800～5,400kcal/L)
Coal Concentration	60～65%
Density	1.2
Viscosity (25℃)	1,000cp
Mean Particle Size	20μm

1. 二塔式ガス化炉の概要 ～用途先～

IHI

二塔式ガス化炉を利用して、低品位燃料（褐炭・バイオマス）をガス化して水素、メタン、DMEなど化学原料あるいは燃料に転換

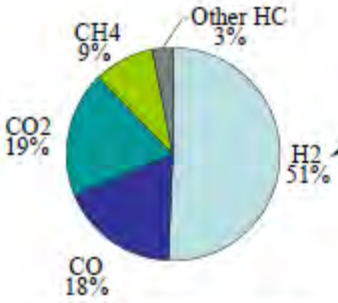
原料

低品位炭（褐炭）

バイオマス

廃棄物

二塔式ガス化炉



TIGARガス化ガス組成

H_2リッチな高発熱量ガスである。

	製品	適用先
	合成ガス CO、H_2	GT、GE燃料
		直接還元製鉄
シフト反応	水素	燃料電池
		アンモニア（肥料原料）
		直接石炭液化原料
改質	メタン	合成メタンガス
気体 / 液体		
合成（触媒反応）	CTL	輸送用燃料
		化学原料
	DME	輸送用燃料
		化学原料
	メタノール	化学原料

Hydrogen production from brown coal

Kawasaki

Coal Pre-treatment

◆Drying

◆Milling

◆Gasifier

O_2

Ash

Synthetic-Gas
CO, H_2

◆Shift Reactor

H_2O

CO_2, H_2

◆CO2 Capture

CO_2

H_2

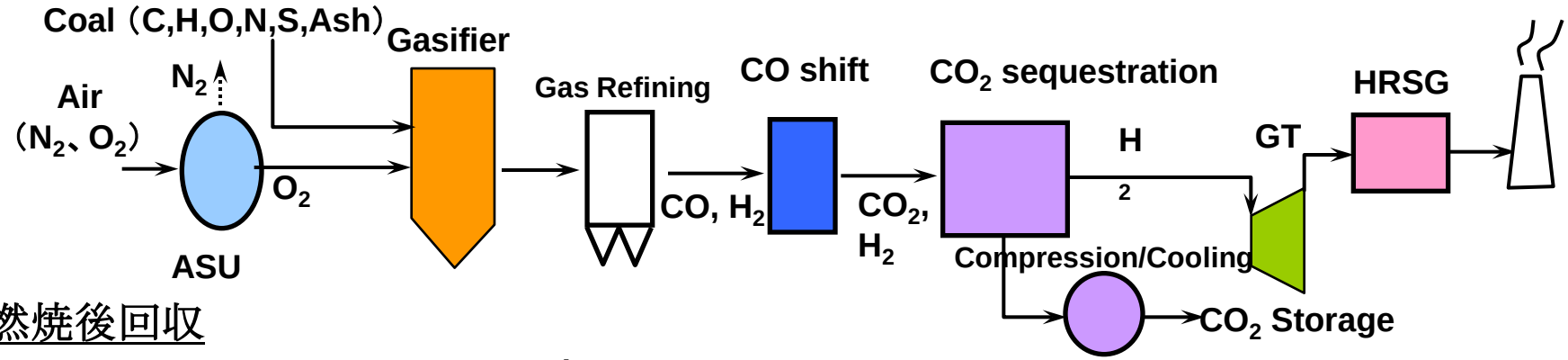
◆Storage

Note:
Syngas processing for H2 production is conducted using well established commercially proven processes.

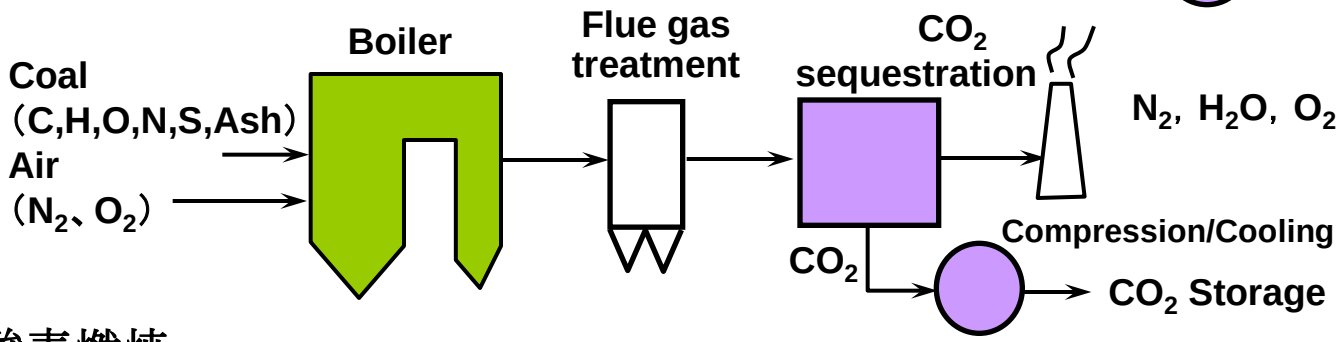
4

石炭火力発電所からのCO2分離技術

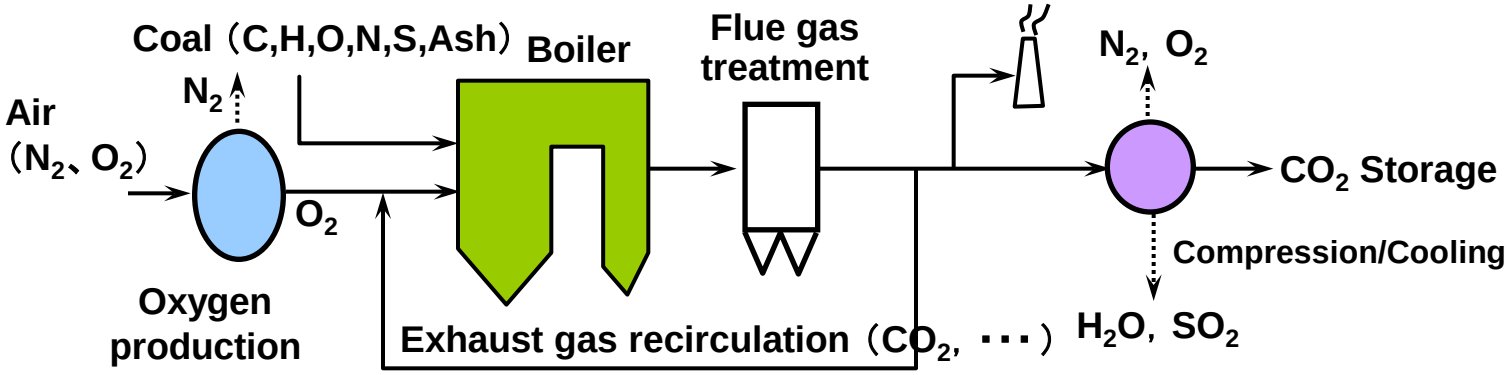
1. 燃焼前回収



2.燃焼後回収



3. 酸素燃焼

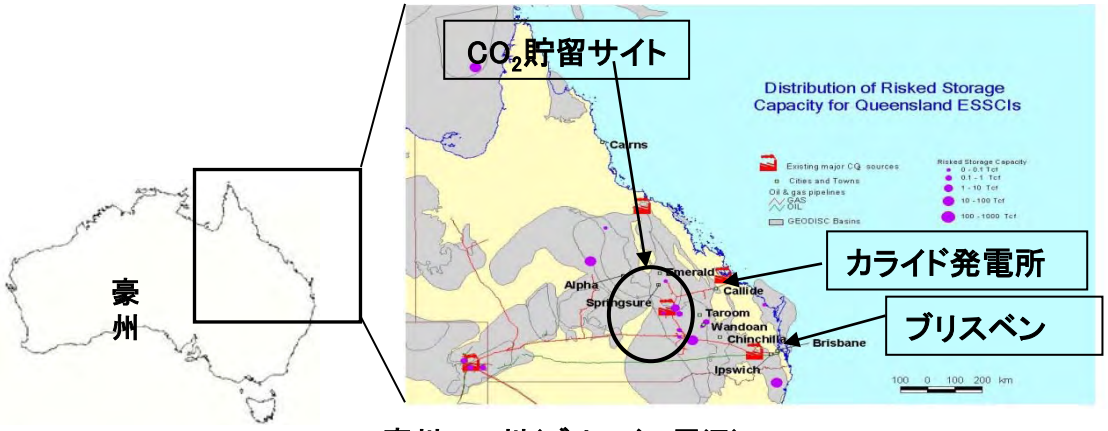


豪州との国際共同実証研究:カライド酸素燃焼ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ

豪州クイーンズランド州の既存カライド発電所を、CO2回収が容易となる酸素燃焼方式に改造し、発生するCO2の回収・貯留までを実施する日豪共同の実証プロジェクト。

支援:日本政府、豪州政府

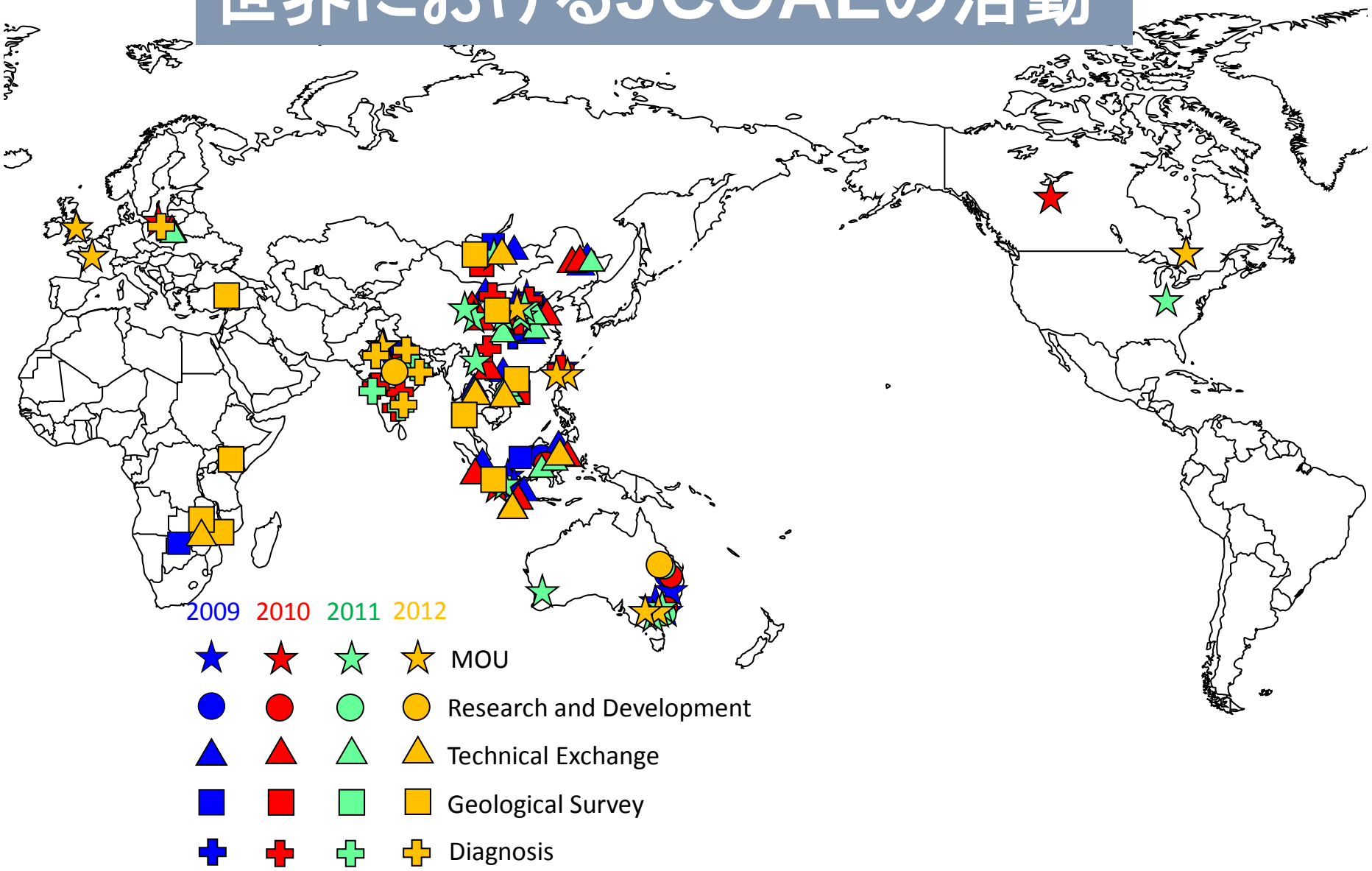
参加企業:CS Energy、ACA、IHI、JPOWER、三井物産(JCOALはサポーター)



豪州QLD州(ブリスベン周辺)

対象ユニット	CS Energy所有 カライドA発電所 4号機(1968年に建設)
燃料	瀝青炭
出力	340MW
蒸気量	136t/h 460℃/4.1MPa
貯留CO2量	75t/日

世界におけるJCOALの活動



ご清聴ありがとうございました