

ALPS国際シンポジウム

2015年2月27日

# 海外石炭火力発電所新設に対する 公的融資制限及び規制案の評価

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)

システム研究グループ 主任研究員

長島 美由紀



## ● 2013/6:

米国オバマ大統領は「大統領気候行動計画」の中で、海外の石炭火力発電新設に対する公的金融支援の条件を発表。

- 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
- **CCS技術を導入する施設**

## ● 2013/10:

米国財務省は途上国での石炭火力発電建設における国際開発金融機関(MDBs)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。

- **低・中所得国(南ア、インド等)**においては**CO2排出規制値500gCO2/kWh**を満たすCCSを付設した発電所に対して支援。
- **最貧国**においては、石炭に代わるエネルギー資源が無い場合、最高効率の石炭火力発電所に支援。

- 同融資制限は低炭素の発電技術に対する投資を促進し、GHG排出削減を達成することが目的である。
- 米国の融資条件の下では、(経済成長が見込まれる低・中所得国においては)高効率石炭火力発電所の新設は支援対象外となる。
- その後、一部のMDBs及び欧州諸国が追随し、新設石炭火力に対する融資制限を表明している。

## ● Rich (2009)

- 対象期間: 1994年から2009年1月
- 世界の公的金融機関は途上国及び新興国において88件の(新規及び既存の)石炭火力発電所建設に対して融資をしており、その額は約370億ドル
- 援助機関・国の上位: MDBs、日本、米国、ドイツ
- 公的融資受取国の上位: インドネシア、フィリピン、中国、インド

## ● Schmidt (2013)

- 対象期間: 2007年から2013年1月
- 援助機関・国の上位: 日本、米国、MDBs

## ● Ueno et al. (2014)

- 上記の既往研究は中国のデータを十分に反映していないため、様々な公開資料から中国による公的融資額を推計
- 中国による公的融資額が最も多く、日本、米国、ドイツを含む主要国の公的融資額の約40%を占めることが明らかとなった

- OECD輸出信用会合における公的輸出信用を供与する際の排出原単位規制の導入を米・英国が提案(現在協議中)

## 問題意識

- Loopholeの存在：

たとえ、先進国による石炭火力の融資制限があったとしても、途上国の中には自己資金で建設あるいは他の金融機関から融資を得て、安価な低・中効率の石炭火力発電が導入される可能性があり、そうなれば同融資制限は機能しない恐れがある。

- CCS技術の実用化及び展開は時間を要するため、電力の安定供給のためにも、高効率石炭火力発電技術の普及を認める方がよいのではないか？

## 研究課題

- 石炭火力の新設の際CCS付設の石炭火力発電のみ認めた場合、あるいは高効率石炭火力発電の新設も認めた場合のGHGs排出量と(平均)削減費用はどの程度になるか？
- Loopholeを出来るだけ小さくするには、石炭火力の新設に対するどのような融資条件が考えられるか？

## 目的

- 米国の融資条件となる**CCS付設の石炭火力の新設のみを認めた場合と、高効率石炭火力発電技術**(超々臨界圧発電(USC)、先進超々臨界圧発電(A-USC)、石炭ガス化複合発電(IGCC)、石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC))の新設が認められた場合の**GHG排出量**及び**平均削減費用**を推計する。
- 融資制限下でCCS付設の石炭火力の新設のみを認めた場合を念頭にしても、結果としてLoopholeに陥る場合を推計する。
- 途上国において高効率の石炭火力の導入を促進するとした場合に必要な融資額の試算を行う。

## 手法

- 各種エネルギー・CO2削減技術の体系的なコスト評価が可能な**エネルギーシステムモデル(DNE21+)**を用いる。
  - モデル評価対象期間2000年－2050年。54地域。300程度の技術
  - 特に、石炭火力発電に関して3つのタイプの技術、①低効率、②中効率、③高効率、かつCCS技術を考慮している。
  - 国によって投資回収年数が異なることもモデル化している。

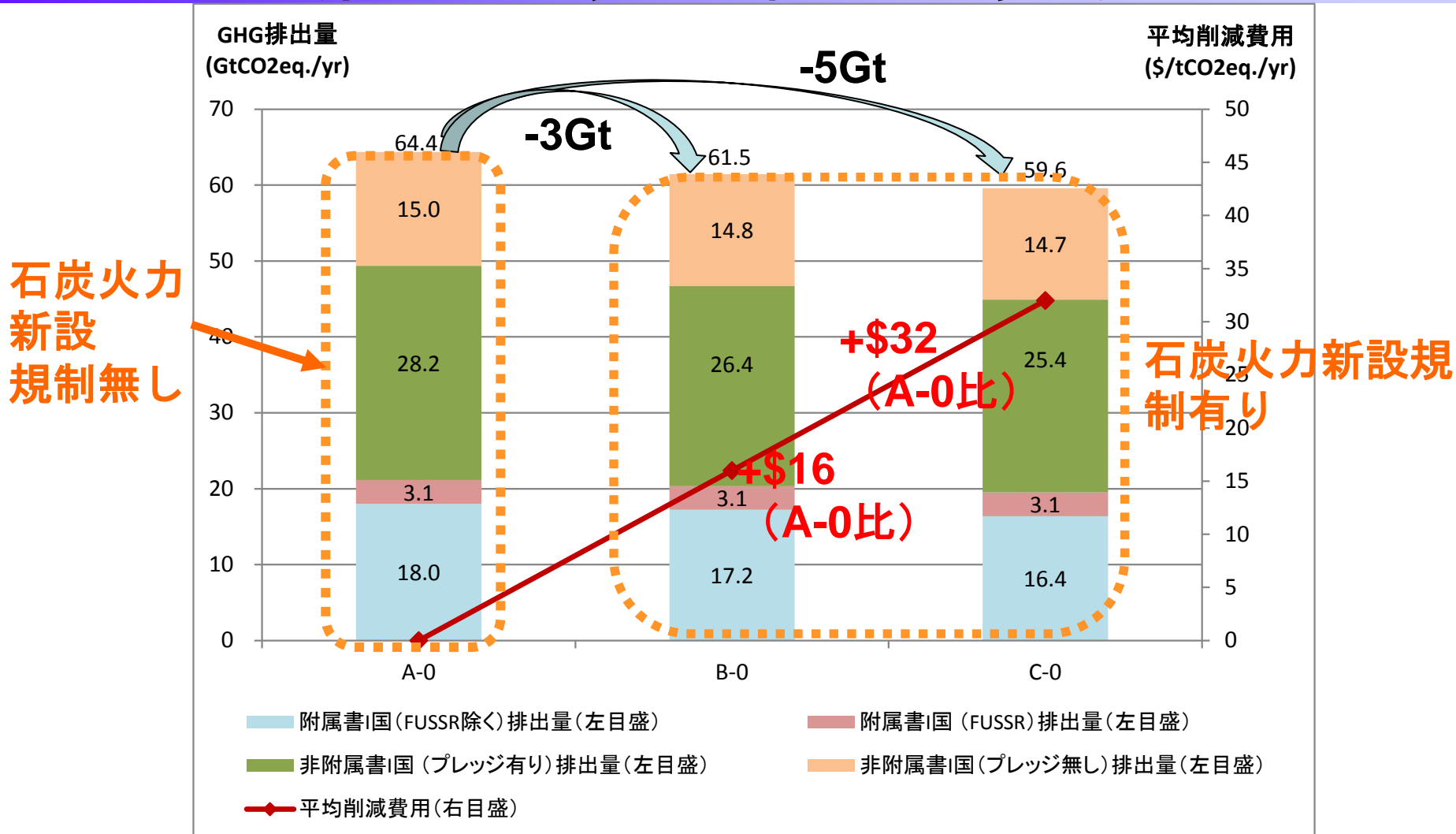
# 想定シナリオ

石炭火力発電  
所の新設に関  
する仮定

カンクプレッジが強化された場合 (2030年)  
(括弧内は2020年のカンクプレッジあるいは限界削減費  
用(MAC))

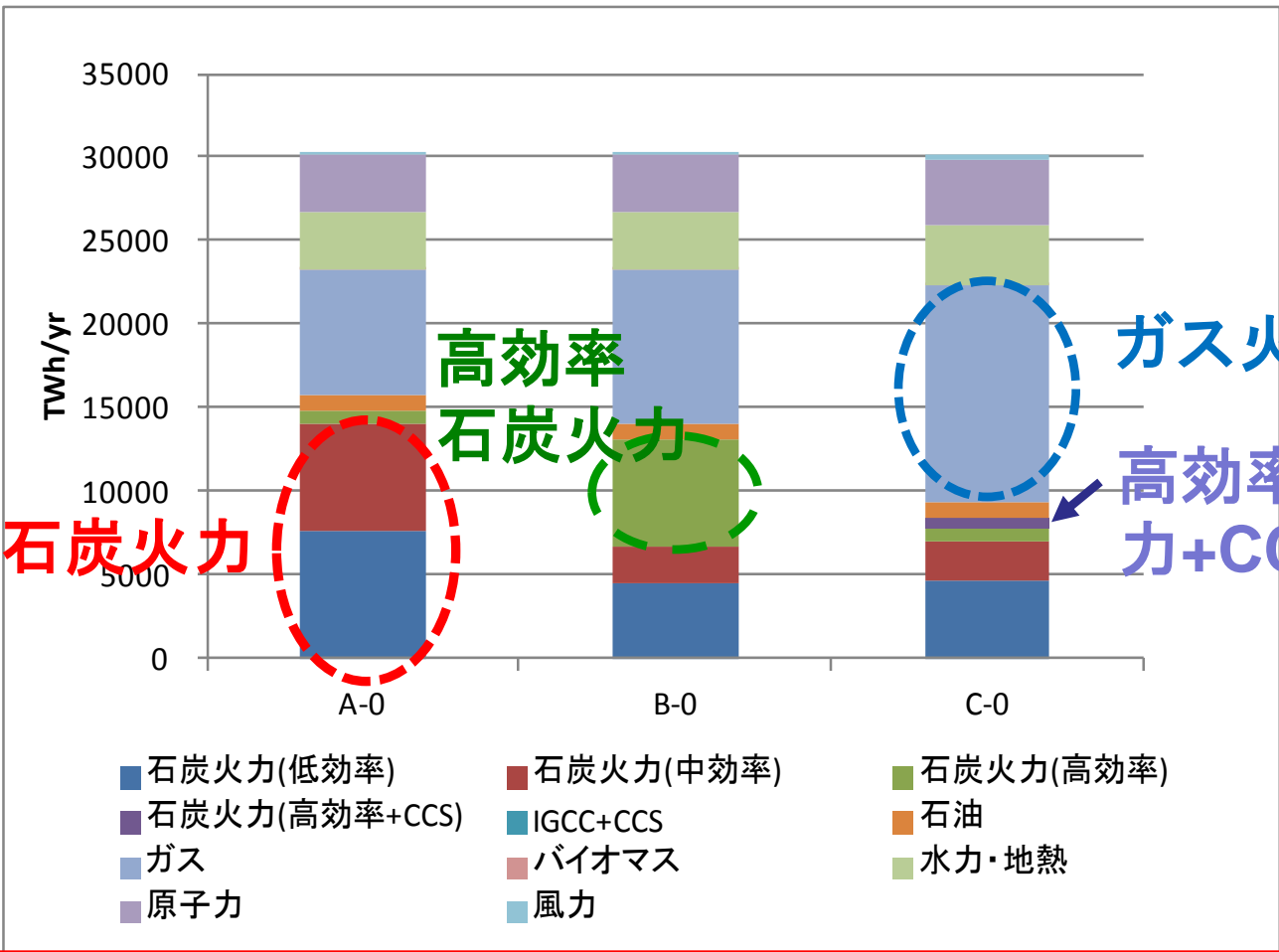
	先進国	削減行動を プレッジした途上国	プレッジしていな い途上国
A-0 全ての種類可	特段の温暖化対策が無い場合: MAC\$0/tCO <sub>2</sub>		
A-1 全ての種類可	MAC\$51/tCO <sub>2</sub> (MAC\$39/tCO <sub>2</sub> )	2010年-2020年の原単 位改善率を伸ばしたも の(削減目標プレッジ)	MAC\$0/tCO <sub>2</sub> (MAC\$0/tCO <sub>2</sub> )
B-0 低/中効率不可	特段の温暖化対策が無い場合: MAC\$0/tCO <sub>2</sub>		
B-1 低/中効率不可	MAC\$51/tCO <sub>2</sub> (MAC\$39/tCO <sub>2</sub> )	2010年-2020年の原単 位改善率を伸ばしたも の(削減目標プレッジ)	MAC\$0/tCO <sub>2</sub> (MAC\$0/tCO <sub>2</sub> )
C-0 CCS付のみ可	特段の温暖化対策が無い場合: MAC\$0/tCO <sub>2</sub>		
C-1 CCS付のみ可	MAC\$51/tCO <sub>2</sub> (MAC\$39/tCO <sub>2</sub> )	2010年-2020年の原単 位改善率を伸ばしたも の(削減目標プレッジ)	MAC\$0/tCO <sub>2</sub> (MAC\$0/tCO <sub>2</sub> )

# 世界のGHG排出量と(世界)平均削減費用(2030年) (特段の温暖化対策が無い場合)



- 新設規制がうまく機能すれば(C-0)、5Gtの削減が可能。平均削減費用は\$32となる。
- 高効率石炭火力を認めた場合であっても、約3GtCO<sub>2</sub>eq.という相当量の削減量が期待できる(2012年の日本のGHG排出量の2.3倍)。一方、平均削減費用は\$16である。

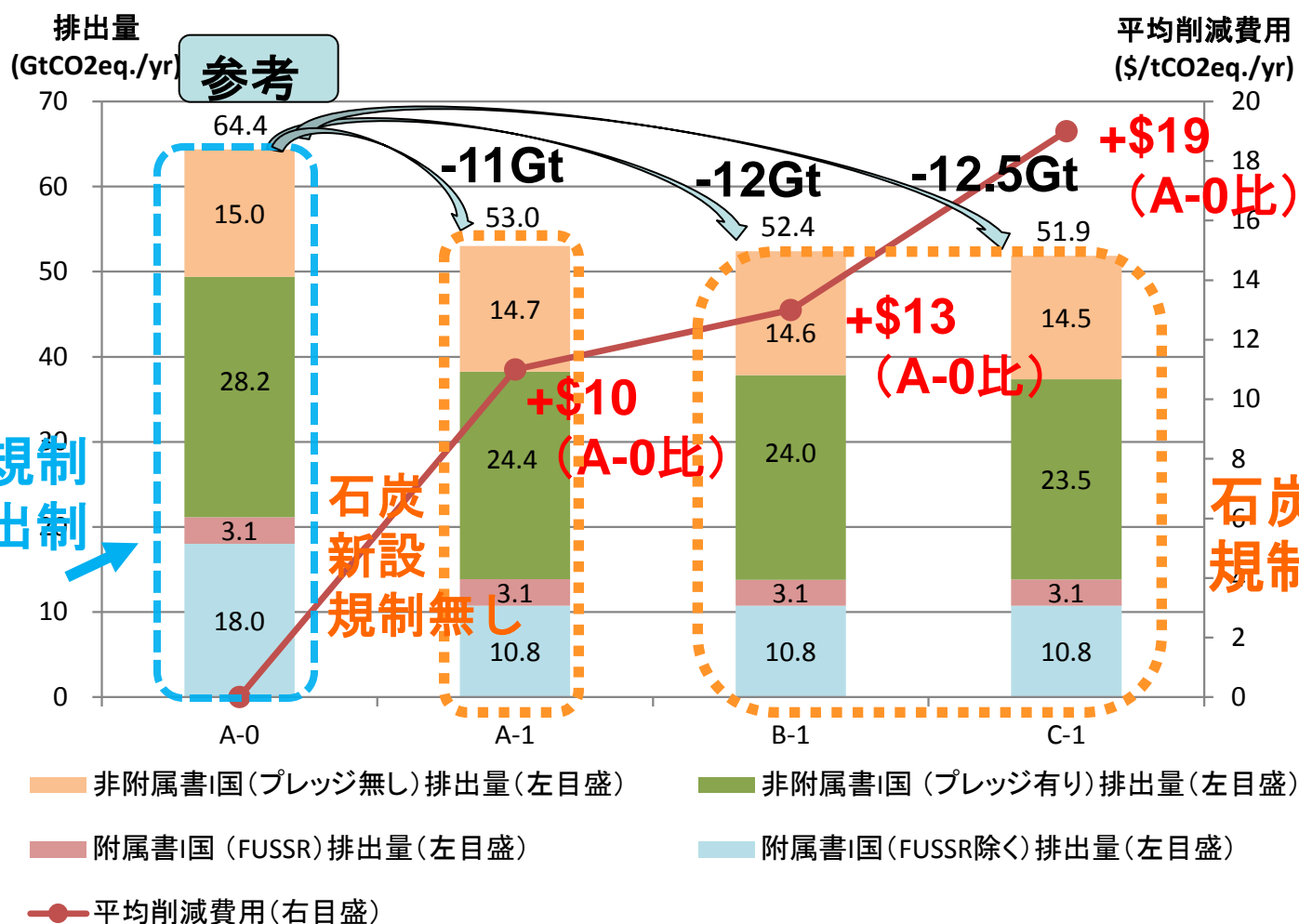
# 世界の電源構成(2030年) (特段の温暖化対策が無い場合)



- 石炭火力の新設規制がある場合(B-0、C-0)は、規制が無い場合(A-0)と比べて、低・中効率石炭火力による発電量が半減。
- その代わりに、高効率石炭火力(B-0)、ガス火力(C-0)が大幅に増加。高効率石炭火力+CCSは僅かに入る(C-0)。

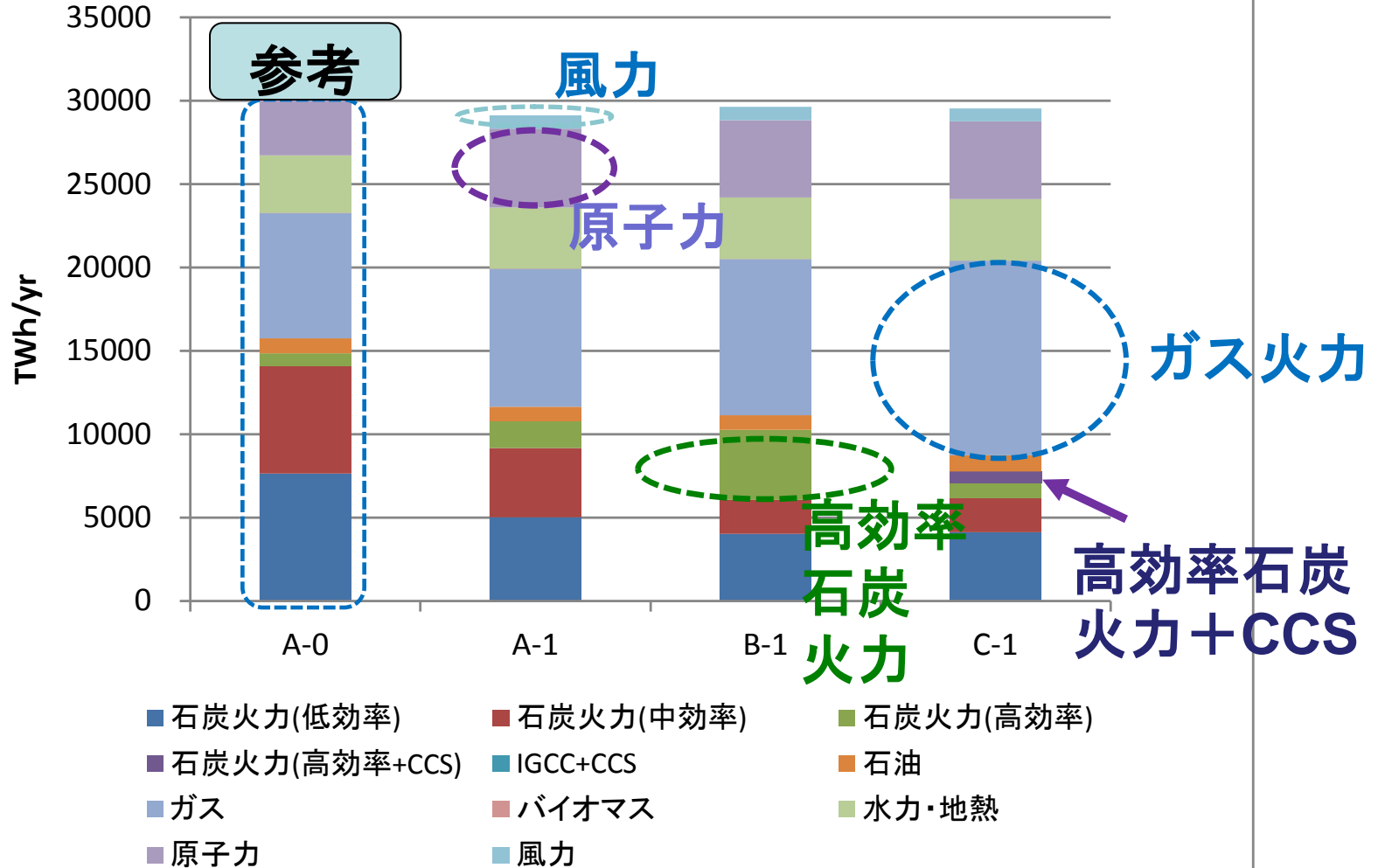


# 世界のGHG排出量と(世界)平均削減費用(2030年) (カンクン・プレッジを適用した場合)



- 石炭火力新設規制がうまく機能すれば(C-1)、**12.5Gt**の削減が可能。平均削減費用は**\$19**となり、ベースラインからの乖離は、特段の温暖化対策が無い場合の同乖離(**\$32**)と比較して小さい。

# 世界の電源構成(2030年) (カンクン・プレッジを適用した場合)



- 原子力及び風力が増加する。
- 低・中効率の石炭火力に代わって高効率石炭火力(B-1)、ガス火力(C-1)が増加する。高効率石炭火力+CCSは僅かに入る(C-1)。

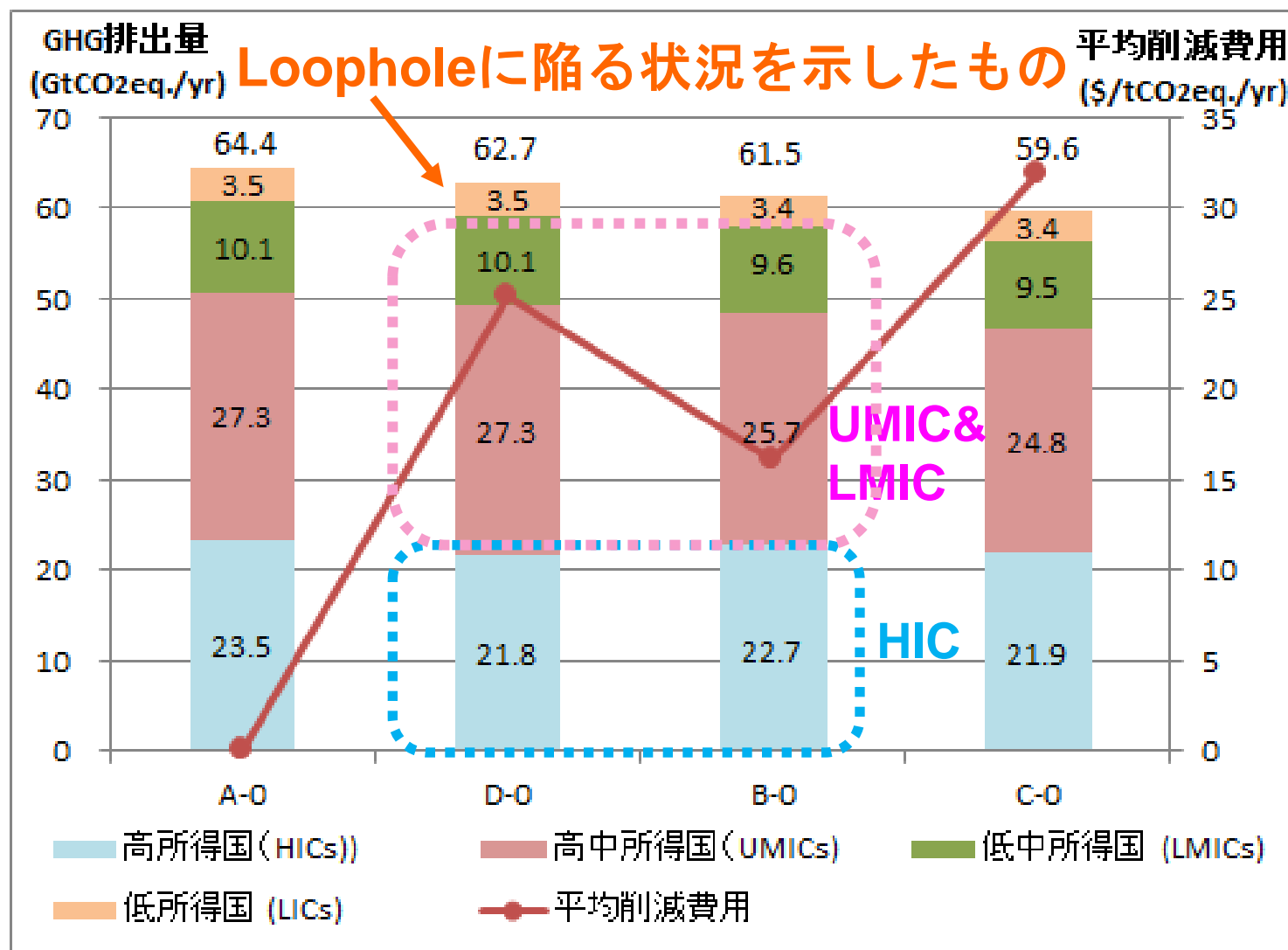
# Loopholeに陥るシナリオ

- 現在、世界では1,199の石炭火力の新設が計画されており、このうち約76%は中国とインドにおける建設である(Yang and Cui 2012)。
- 2014年7月に行われた新興5ヶ国(インド、中国、ブラジル、南アフリカ、ロシア)首脳会議で途上国支援を目的とした「New Development Bank(“BRICS Bank”)」の設立協定に調印(Pedersen 2014)。
- Loopholeを表現するため、以下のシナリオを想定する(D-0シナリオ)。C-0シナリオを念頭にしても、実際にはD-0シナリオに陥りやすい状況を表す。

国	石炭火力新設条件
先進国(High income countries: HIC)	CCS付設のみ可
低・中所得国(Upper middle income countries: UMIC及びLower middle income countries: LMIC)	全ての種類可(自己資金で建設あるいは他の金融機関から融資を得る)
最貧国(Low income countries: LIC)	全ての種類可(融資制限の最貧国免除条項を考慮)

# Loopholeに陥る場合の世界のGHG排出量と平均削減費用との比較

(2030年、特段の温暖化対策が無い場合)



● 高効率石炭火力を認めることは、loopholeに陥る場合と比較して、GHG排出量及び平均削減費用の両観点から望ましいといえる。

- 一つの支援のあり方として、石炭火力以外に経済性のある代替エネルギー源が無い場合、高効率石炭の導入を促すことが低炭素化に繋がると考え、その場合の途上国の追加経費を算出し、融資支援額と捉える。
- 具体的には、高効率石炭火力のみを認めた場合の融資制限を考え、全ての種類の石炭火力を認めた場合(シナリオA-0)と比較して、高効率石炭火力の新設のみを認めた場合(シナリオB-0)の「途上国の新規高効率石炭火力発電の増分」に対して必要となる経費を算出する。

途上各国の必要経費 (\$/yr) =

「高効率石炭火力のストック設備容量の増分 (シナリオA-0比) (MW)」 ×  
「高効率石炭火力設備費 (\$MW)」 × 「年経費率 (先進国と当該国との差)」 - 燃料節約費

\* ストック設備容量(新規分)とは2015年以降に導入された設備の各時点におけるストック設備容量

- 2015年以降に新設する石炭火力の融資支援額は2030年時点で高中所得国に対して**約\$363億(約\$577億)**、低中所得国に対して**約\$20億(約\$61億)**、低所得国に対して**約\$14億(約\$20億)**

\*括弧内の数値は燃料節約分を考慮しない場合

- 途上国も含めて厳しい排出削減を前提とした場合、低・中効率の石炭火力を新設するインセンティブがもとより働かず、更に石炭融資制限が加わればCCS付設の石炭火力の導入により削減が進むので、同融資制限は相当に正当化される（Loopholeが小さい状態）。
- しかし、現実の世界では厳しい削減を世界の全ての国に求めることは難しい。石炭は今後も主要なエネルギー源となることから、排出規制が緩い状況下では、低・中効率の石炭火力は利用され続ける（Loopholeが大きい状態）。
- CCSを付けなければならないという強い規制はloopholeを招く恐れがある。それならば、高効率石炭火力を認めることによって、そのloopholeを小さくすることが重要であり、高効率石炭火力に対する公的融資を認めるような方向に修正した方が（loopholeに陥る場合よりも）平均削減費用が低く、実効ある排出削減になると考えられる。

- 本分析で推計された電源構成は費用効率性を考慮して決定されるため、低・中効率の石炭火力が全て高効率の石炭火力に代替されるものではなく、ガス火力等への燃料転換も考慮している。そのため、米国の最貧国に対する融資条件である「石炭火力以外の実現可能な代替エネルギーの有無に関する事前評価」の分析手法として本分析は活用されうる。
- Loopholeが生じるおそれのある融資制限ではなく、途上国毎に低炭素技術導入の障壁を詳細に把握し、緩和するような施策の検討が必要である。

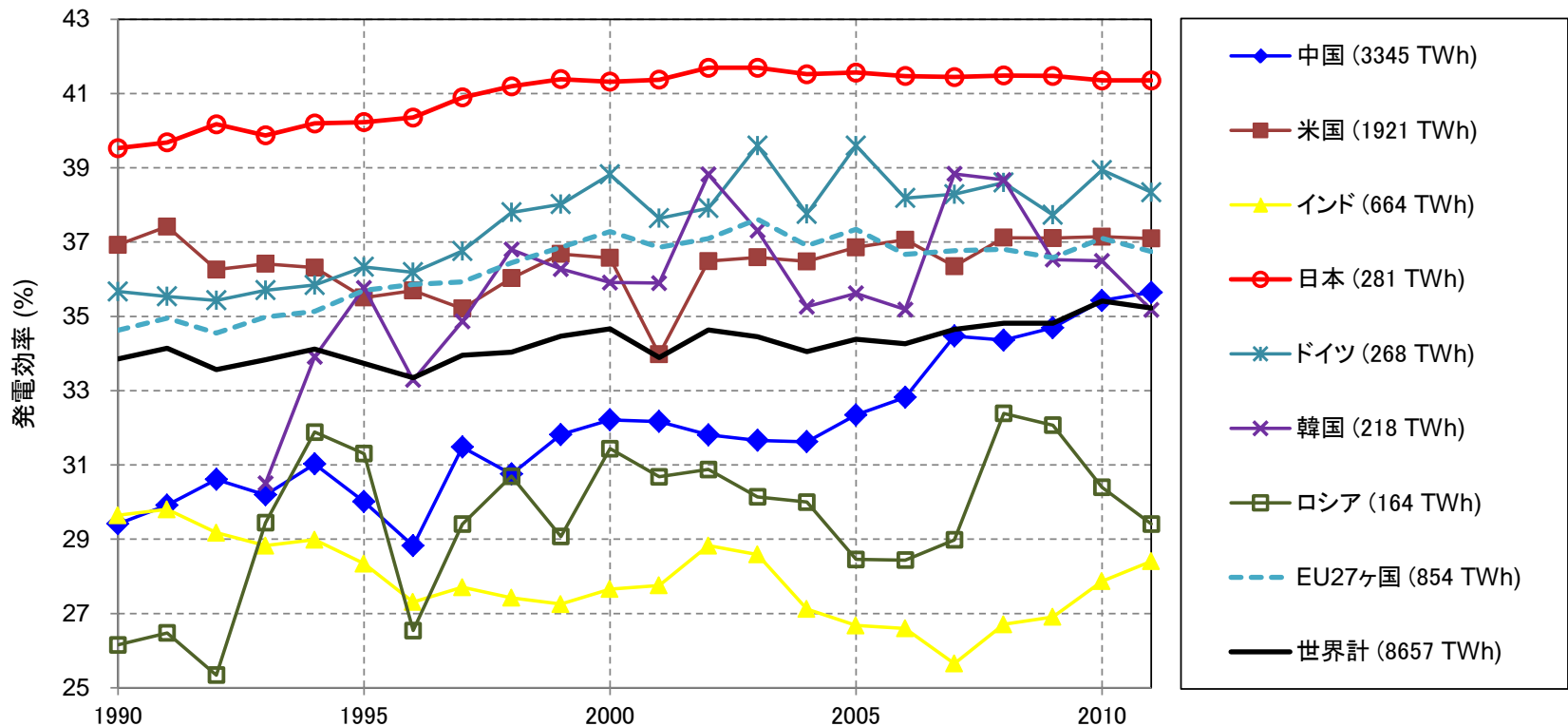


ご清聴ありがとうございました



# 付録

# 石炭火力発電のエネルギー効率比較(LHV、発電端)



出典: RITE (2014) <http://www.rite.or.jp/Japanese/labo/sysken/about-global-warming/ouyou/energyefficiency.html>;  
Oda et al. (2012). 括弧内の数字は、2009-2011年の平均石炭火力発電量

- 先進国間でさえもエネルギー効率の地域差が大きい(蒸気条件(温度、圧力条件等)、燃料種別、運転・メンテナンス等によって生じる)。
- 途上国のみならず先進国の一部(ロシア、オーストラリア等)でも低・中効率の石炭火力が使用されている。

高効率石炭火力技術の移転によるエネルギー効率改善の相当なポテンシャルが存在する。

# 世界エネルギー・CO<sub>2</sub>削減技術対策評価モデル DNE21+ (Dynamic New Earth 21+) の概要

- ◆ 各種エネルギー・CO<sub>2</sub>削減技術のシステム的なコスト評価が可能なモデル
- ◆ 線形計画モデル(エネルギーシステム総コスト最小化)
- ◆ モデル評価対象期間: 2000~2050年
- ◆ 世界地域分割: 54 地域分割(米国、中国等は1国内を更に分割。計77地域分割)
- ◆ 地域間輸送: 石炭、石油、天然ガス、電力、エタノール、水素、CO<sub>2</sub>(ただしCO<sub>2</sub>は国外への移動は不可を標準ケースとしている)、CO<sub>2</sub>クレジット
- ◆ エネルギー供給(発電部門等)、CO<sub>2</sub>回収貯留技術を、ボトムアップ的に(個別技術を積み上げて)モデル化
- ◆ エネルギー需要部門のうち、鉄鋼、セメント、紙パ、化学、アルミ、運輸、民生の一部について、ボトムアップ的にモデル化
- ◆ 300程度の技術を具体的にモデル化
- ◆ それ以外はトップダウン的モデル化(長期価格弾性値を用いて省エネ効果を推定)

- IPCC第5次評価報告書の長期シナリオ分析においても、多くの分析シナリオを提供している。  
- 日本政府の政策検討においても、中期目標検討委員会や、環境エネルギー技術革新計画における分析・評価等、多くの政策評価において活用されてきている。

## 【査読論文例】

- K. Akimoto et al., Assessment of the emission reduction target of halving CO<sub>2</sub> emissions by 2050: macro-factors analysis and model analysis under newly developed socio-economic scenarios, Energy Strategy Reviews, 2, 3-4 (2014);
- F. Sano et al., Assessment of GHG emission reduction scenarios of different levels and different short-term pledges through macro and sectoral decomposition analyses, Technological Forecasting & Social Change (2014)

# DNE21+モデルにおける発電技術の想定

	効率レベル	資本コスト(\$/kW, 2007年価格)	発電効率 (LHV %)
石炭火力	低効率(亜臨界圧)	1250	22.0 – 27.0
	中効率(臨界圧, 超臨界圧)	1875	36.0 – 45.0
	高効率(超々臨界圧, IGCC, IGFC)	2125	42.0 – 55.0
石油火力	低効率(ディーゼル)	313	22.0 – 27.0
	中効率(亜臨界圧)	813	37.0 – 45.0
	高効率(臨界圧)	1375	50.0 – 60.0
	熱電併給システム(CHP)	875	37.0 – 47.0*
ガス火力	低効率(蒸気タービン)	375	26.0 – 32.0
	中効率(コンバインドサイクル)	813	38.0 – 47.0
	高効率(コンバインドサイクル)	1375	52.0 – 62.0
	熱電併給システム(CHP)	875	38.0 – 48.0*
バイオマス	低効率(蒸気タービン)	1500 - 1125	18.0 – 28.0
	高効率(コンバインドサイクル)	2750 - 2000	36.0 – 46.0
原子力	従来型	3000	-
	先進型	2625	-
IGCC/IGFC (CO <sub>2</sub> 回収付)		3500 - 2625	33.0 – 51.0
ガス火力(酸素燃焼)		2375 - 1750	40.7 – 50.7
水素(FC/GT)		1375	52.0 – 64.5
電力貯蔵		1250	-