

2014年10月6日

米国による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

問い合わせ先：長島美由紀、徳重功子、秋元圭吾
TEL: 0774-75-2304、E-mail: sysinfo@rite.or.jp



本資料は、環境経済・政策学会2014年大会での発表資料(長島、本間、佐野、秋元、小田、和田、友田、「石炭火力発電所新設に対する融資制限を考慮した温暖化対策」)を基に、一部、修正、追加したものである。

● 2013/6:

米国オバマ大統領は「大統領気候行動計画」の中で、以下の場合を除いて、海外の石炭火力発電新設に対する公的金融支援の終了を発表。

- 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。

- 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。
- 2013年以降、気候変動対策の観点から世銀等、一部国際開発金融機関及び欧米諸国は、オバマ政策に追随し、石炭火力発電所に対する融資条件を厳しくする傾向がみられる。

● 2013/9:

- 米国環境保護庁(EPA)は大気浄化法に基づく新規石炭火力発電所の排出基準を発表(オバマ大統領の気候行動計画の一環)。
- 排出基準は、**CCSを付設した石炭火力の導入が必須となる約500gCO₂/kWh**(実質的に石炭火力発電所の新設を禁止する厳しい内容)。

● 2014/6:

- 米国環境保護庁(EPA)は大気浄化法に基づく既設火力発電所の排出規制案を発表(Clean Power Plan)。
- 州単位のCO₂原単位目標を設定。規制案の実施により電力部門の排出量を2030年に2005年比で30%の削減に相当。

- 背景として、温暖化対策に加えて米国はシェールガス生産により安価なガス利用が可能となり、石炭発電新設の必要性が乏しくなったことが挙げられる。

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？

目的と手法

目的

- エネルギー政策に必要な観点「3E+S」のうち、本研究では「環境保全」及び「経済性」に焦点を当て、石炭火力発電の新設に対する融資制限により、石炭火力発電の新設が規制された場合の効果を推計する。
- 具体的には、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、同融資の対象外である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に陥る場合のGHG排出量及び平均削減費用を推計する。

手法

- 各種エネルギー・CO2削減技術のシステム的なコスト評価が可能な線形計画モデルであるエネルギーシステムモデル(DNE21+) (付録参照)を用いる。

モデルの特徴

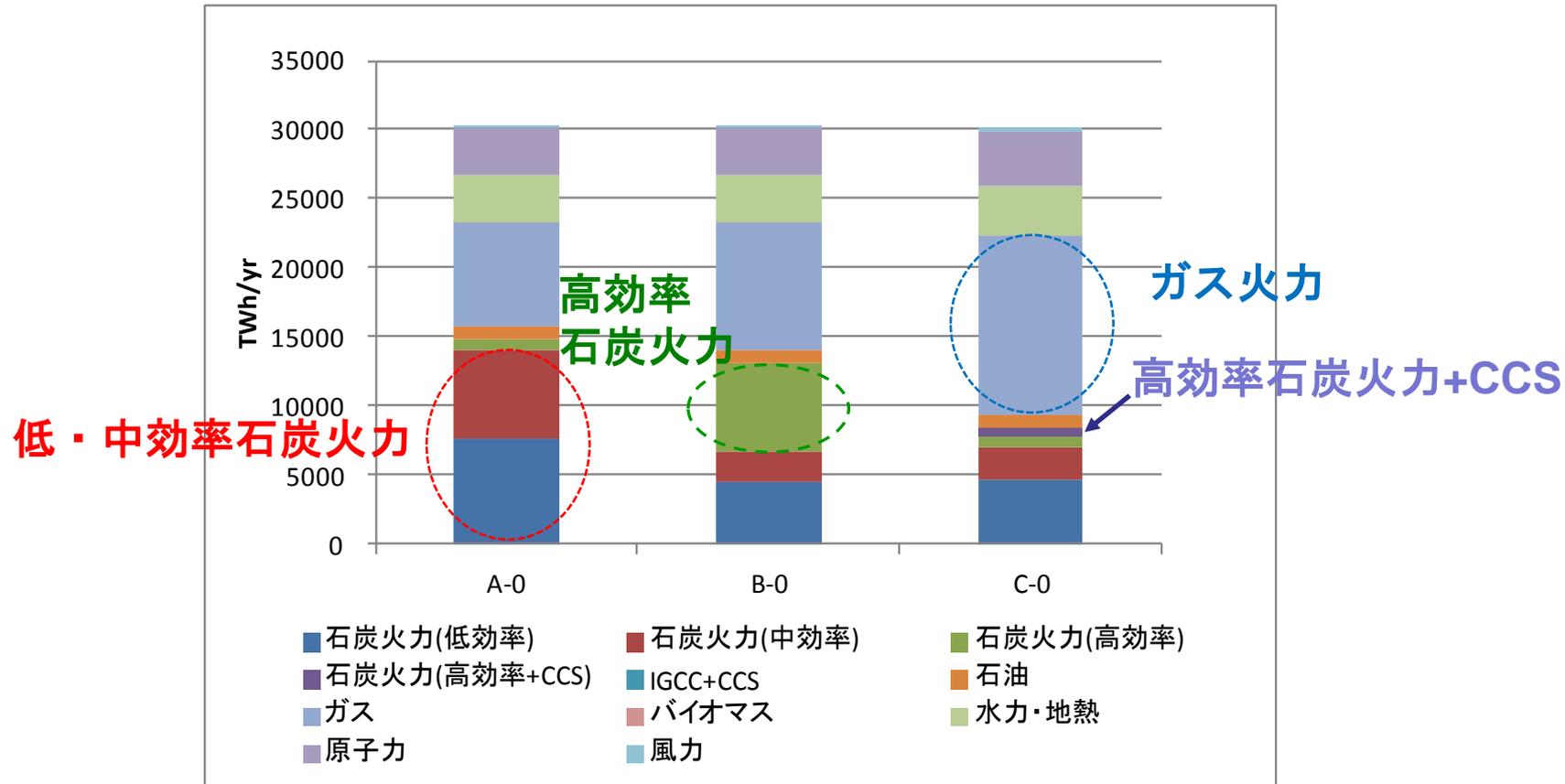
- モデル評価対象期間は2000年から2050年。54地域。300程度の技術を詳細にモデル化。
- 特に、石炭火力発電に関して3つのタイプの技術、①低効率、②中効率、③高効率、かつCCS技術を考慮している。
- DNE21+モデルは国によって投資回収年数が異なることもモデル化している。

想定シナリオ

石炭火力発電所の 新設に関する仮定	2020年の削減目標・行動プレッジあるいは限界削減費用(MAC) 【括弧内は2030年の想定】		
	先進国	削減行動をプレッジし た途上国	削減行動をプレッジ 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 ₂ 【MAC\$0/tCO ₂ 】		
A-1 全ての種類可	削減目標プレッジ(低位) (共同達成: MAC\$39/tCO ₂) 【MAC\$51/tCO ₂ 】	削減行動プレッジ 【2010-2020年の原単位 改善率を伸ばしたもの】	\$0/tCO ₂ 【\$0/tCO ₂ 】
B-0 低/中効率の石炭火 力不可	特段の温暖化対策が無い場合: MAC\$0/tCO ₂ 【MAC\$0/tCO ₂ 】		
B-1 低/中効率の石炭火 力不可	削減目標プレッジ(低位) (共同達成: MAC\$39/tCO ₂) 【MAC\$51/tCO ₂ 】	削減行動プレッジ 【2010-2020年の原単位 改善率を伸ばしたもの】	\$0/tCO ₂ 【\$0/tCO ₂ 】
C-0 CCS付き石炭火力 のみ可	特段の温暖化対策が無い場合: MAC\$0/tCO ₂ 【MAC\$0/tCO ₂ 】		
C-1 CCS付き石炭火力 のみ可	削減目標プレッジ(低位) (共同達成: MAC\$39/tCO ₂) 【MAC\$51/tCO ₂ 】	削減行動プレッジ 【2010-2020年の原単位 改善率を伸ばしたもの】	\$0/tCO ₂ 【\$0/tCO ₂ 】

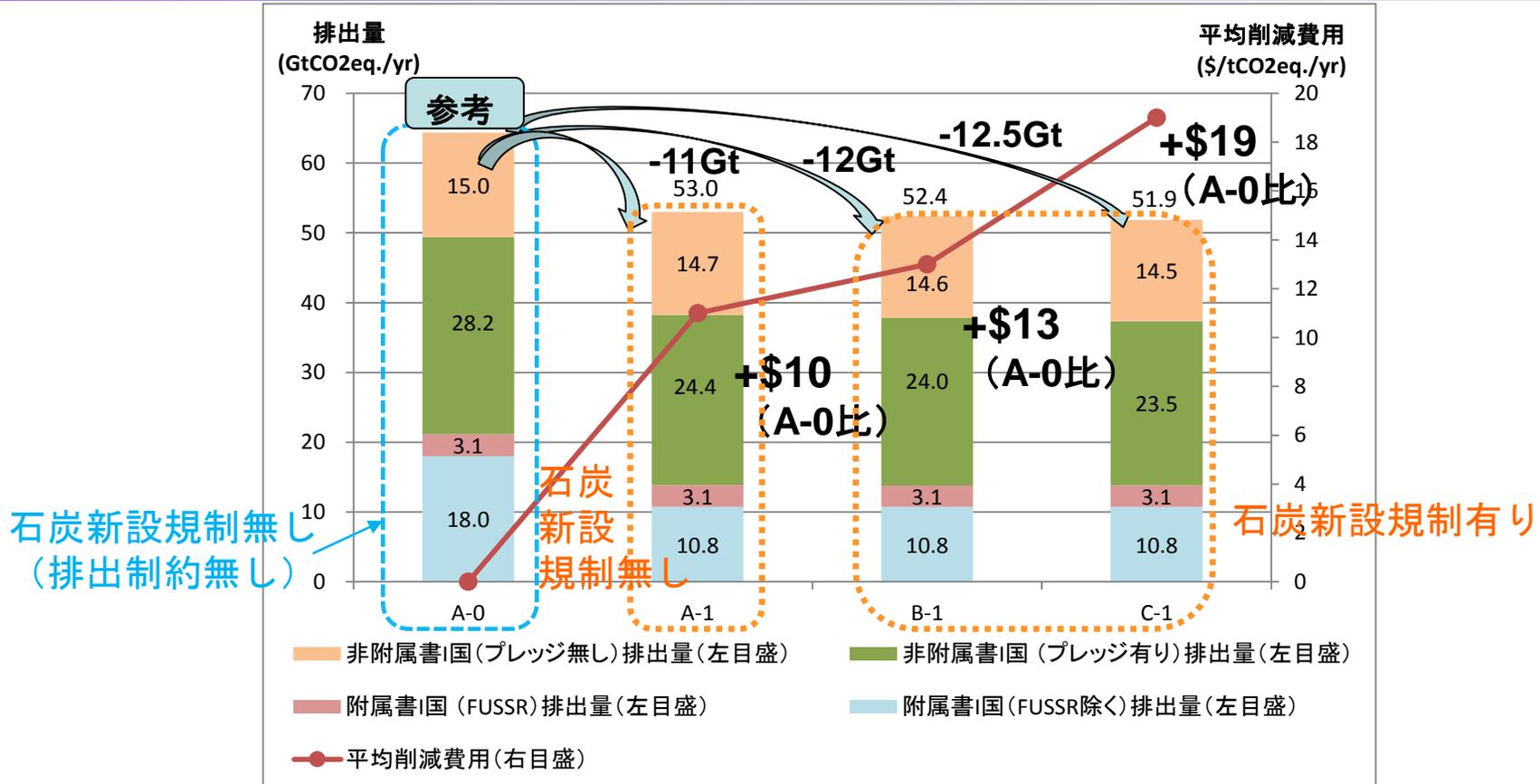
特段の温暖化対策が無い場合(B-0, C-0)は石炭火力の新設規制のみによる効果を、カンクン・プレッジを適用した場合(B-1, C-1)の推定値は同新設規制及び排出規制による効果を評価する。

世界の電源構成(2030年) (特段の温暖化対策が無い場合)



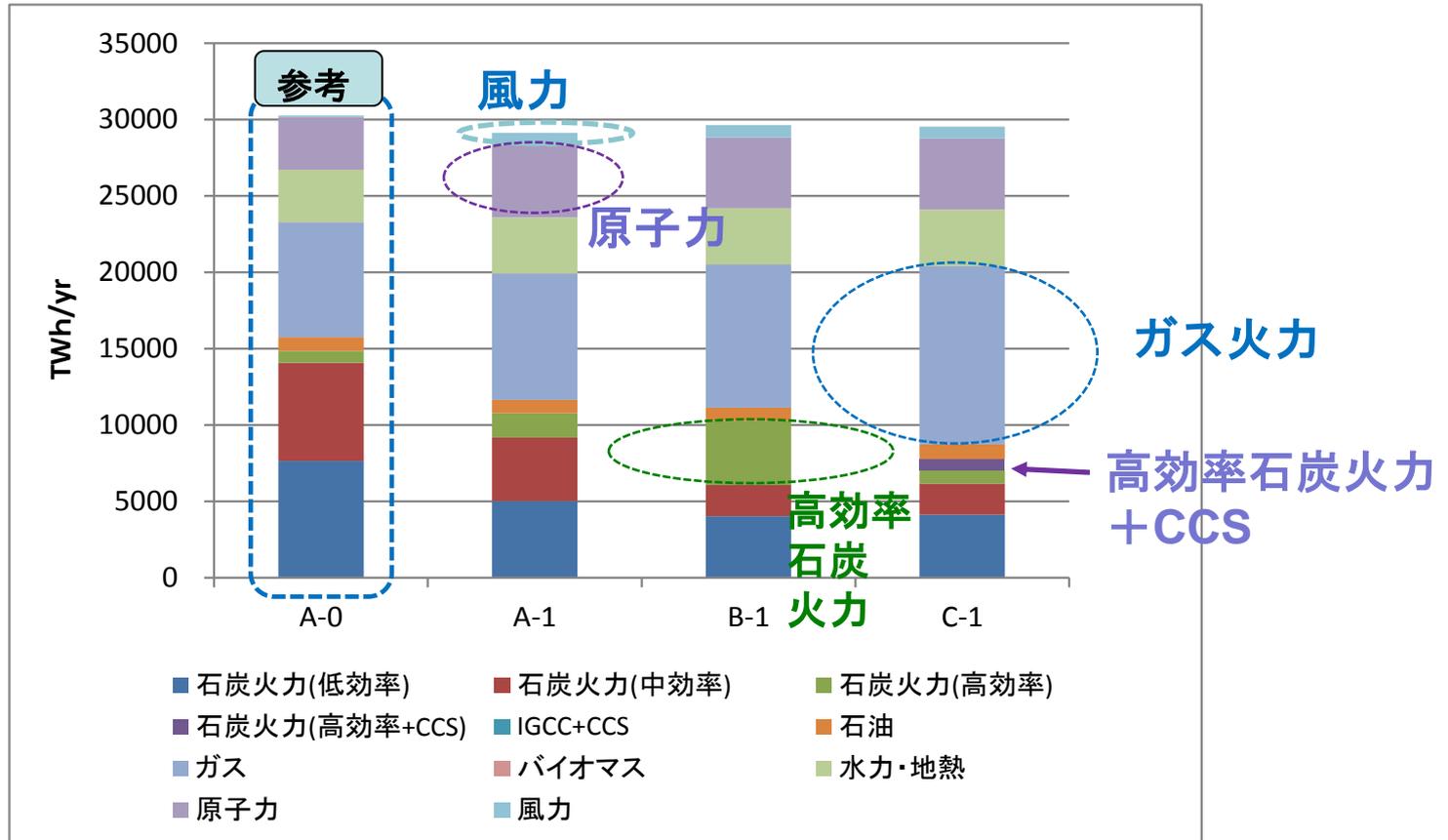
- 石炭火力の新設規制がある場合(B-0、C-0)は、規制が無い場合(A-0)と比べて、低・中効率石炭火力による発電量が半減する(既設分による発電量)。
- その代わりに、電力需要を満たすため、高効率石炭火力(B-0)、ガス火力(C-0)が大幅に増加する。高効率石炭火力+CCSは僅かに入る(C-0)。

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)



- 本分析条件下では、石炭火力の新設規制よりも排出制約による削減効果が高い。
- 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。
- 仮に、石炭火力の新設規制が無く、同量の地域別削減(世界全体で11Gt~12.5Gt)を達成する場合(最適解)、平均削減費用は\$10であり、石炭火力の規制下での平均削減費用との差は\$3~\$9程度。

世界の電源構成(2030年) (カンクン・プレッジを適用した場合)



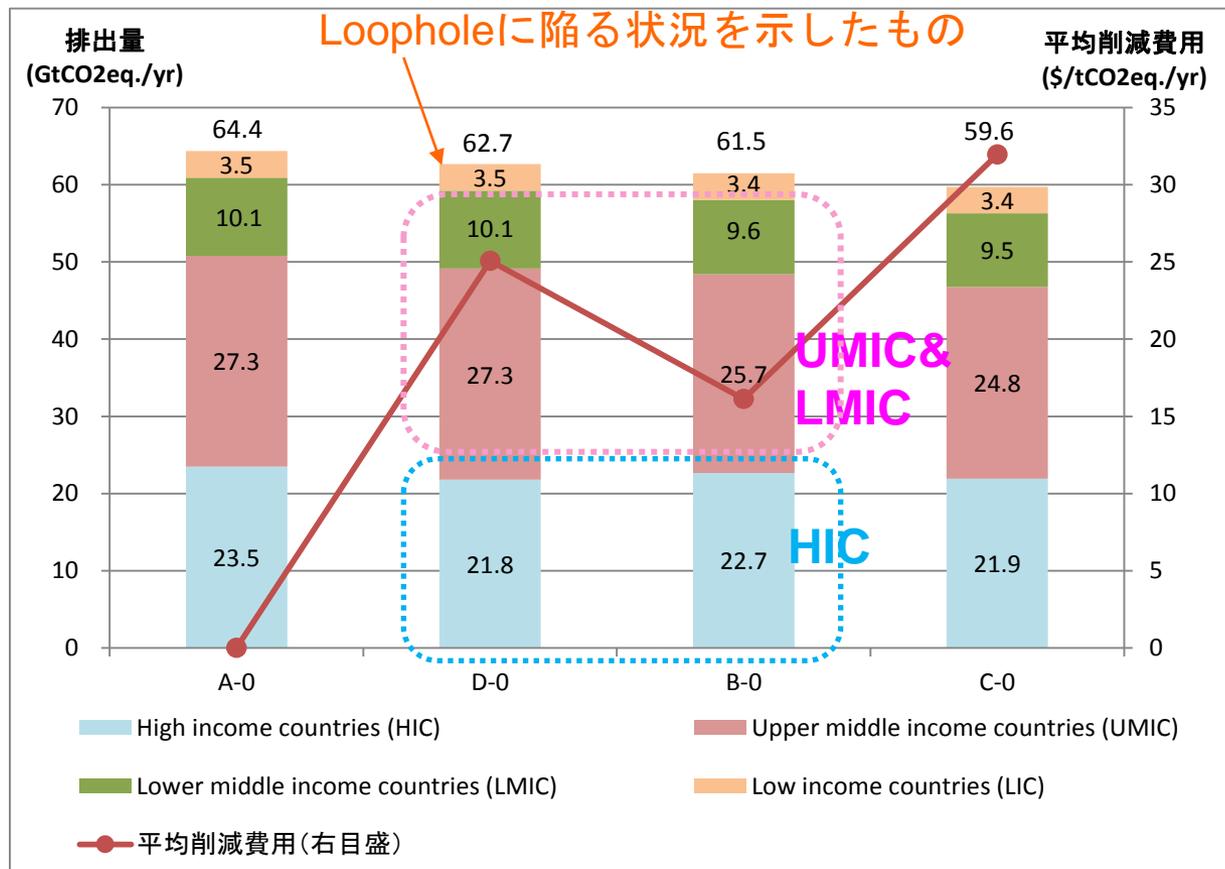
- 排出制約がある場合は、排出制約が無い場合 (A-0) と比べて、原子力及び風力が増加する。
- 低・中効率の石炭火力に代わって高効率石炭火力 (B-1)、ガス火力 (C-1) が増加する。高効率石炭火力+CCSは僅かに入る (C-1)。

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)。これらの国は自己資金で建設あるいは他の金融機関から融資を得ることが可能であるため、もし安価な低・中効率の石炭火力発電を導入することになれば、融資制限は機能しない。
- インド行政当局者によると、世界中のプロジェクトに対する世銀の支援が従来から非常に少なく、支援が打ち切られても石炭プロジェクトを止めることには繋がらない。(Down to Earthのインタビュー記事より)
- 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”)」の設立協定に調印したことから、途上国における石炭火力発電所建設に対する融資が増加する見込みである(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た場合 (B-0) と比較した場合、D-0シナリオのHigh income countries(HIC)の排出量は減少するが、Upper middle income countries(UMIC)及びLower middle income countries (LMIC) の排出量は増加し、loopholeに陥る状況を表している。
- 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。

- 途上国も含めて厳しい排出削減条件を前提とした場合、低・中効率の石炭火力を新設するインセンティブはもとより働かず、この場合は同融資制限が無くとも相応な排出削減となる。← Loopholeが小さい状態

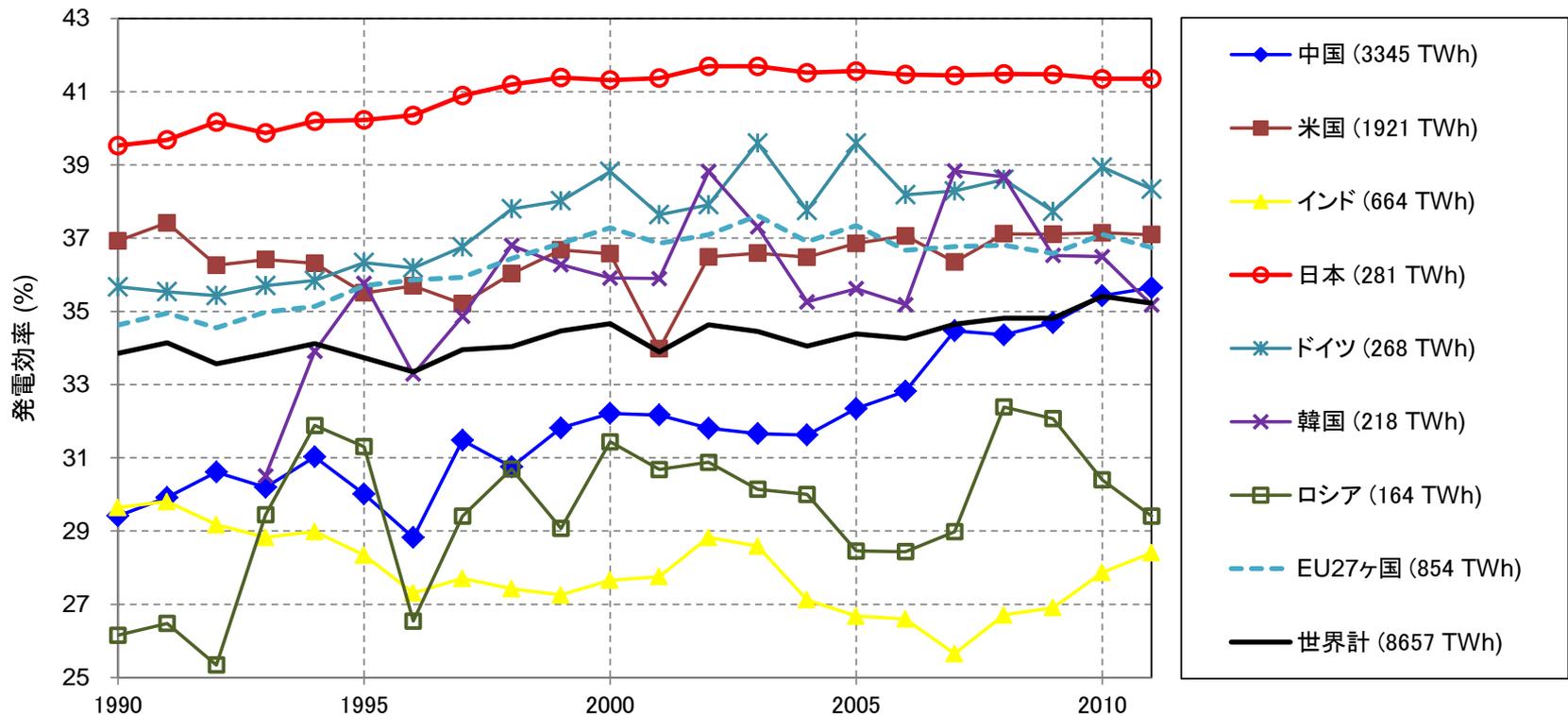
分析結果では、カンクン・プレッジの延長・強化が図られ2030年に実施された場合、石炭火力新設の制約が無くても、排出規制下では低・中効率の石炭火力が選択されにくくなる。CCS付設の石炭火力新設のみ認めた場合の平均削減費用は、ベースライン比（排出及び新設規制無し）で約+\$19であるため、CCS付設条件時のloopholeはそれほど大きくないことが示唆される。

- 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、CCS付の石炭火力以外は融資が得られないとすれば、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

分析結果では、特段の温暖化対策が無い場合、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。

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/lab0/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・CO₂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・CO₂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、CO₂(ただしCO₂は国外への移動は不可を標準ケースとしている)、CO₂クレジット
- ◆ エネルギー供給(発電部門等)、CO₂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 CO₂ 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)