



気候緩和シナリオ下のエネルギー構造とエネルギー安全保障： 東アジアを対象として

Energy structure and energy security under climate mitigation scenarios in East Asia

滋賀県立大学環境科学部

松本 健一

2014年6月14日 東アジアのエネルギー・環境政策選択@名古屋大学



イントロダクション



気候変動

- 地球規模の最大の環境問題(かつ、大きな社会問題の1つ)
- UNFCCCをはじめとする国際会議などで緩和策(+適応策)に関する議論
 - 2°C目標?

→ 大幅な温室効果ガスの排出削減は実現可能か？



エネルギー

- エネルギーは社会経済活動を支える原動力
- 気候変動と同じく、非常に重要な世界的な問題
 - エネルギー資源の枯渇
 - 偏在性
 - さらなるエネルギー需要の増加(特に中国などの新興国)
- エネルギー需給逼迫、価格の高騰
 - 輸入依存度の高い日本を初めとする東アジアに大きな影響？



気候変動とエネルギー

- 温室効果ガス(特にCO₂)排出の多くはエネルギー起源
 - 気候変動緩和策(=温室効果ガス排出削減)により
 - エネルギー消費量の低下(省エネ)
 - 天然ガスへのシフト
 - 再生可能エネルギー(+原子力発電)へのシフト
- エネルギー輸入量の減少(=エネルギー自給率の向上)



目的

- 気候変動緩和がエネルギー構造・安全保障に及ぼす影響
- 将来のエネルギー構造の変化？
- 将来のエネルギー安全保障は？



エネルギー安全保障 (Energy Security)

- 狭義のエネルギー安全保障
 - エネルギー供給
- 広義のエネルギー安全保障
 - エネルギー供給
 - 経済
 - 技術
 - 環境
 - 社会
 - 文化
 - 軍事

von Hippel et al. (2011)



方法



方法(全体像)

- モデル: 応用一般均衡モデル (CGE: Computable General Equilibrium)
- シナリオ: 代表的濃度パス (RCPs: Representative Concentration Pathways)
- エネルギー安全保障: ハーフインダール指数
- 分析期間: 2001～2050年
- 分析対象: 日本・中国・韓国



CGEモデル

- 多部門・多地域CGEモデル
- 世界モデル
- CES(代替弾力性一定)型関数
- 逐次均衡型動学モデル
- 環境とエネルギーの要素

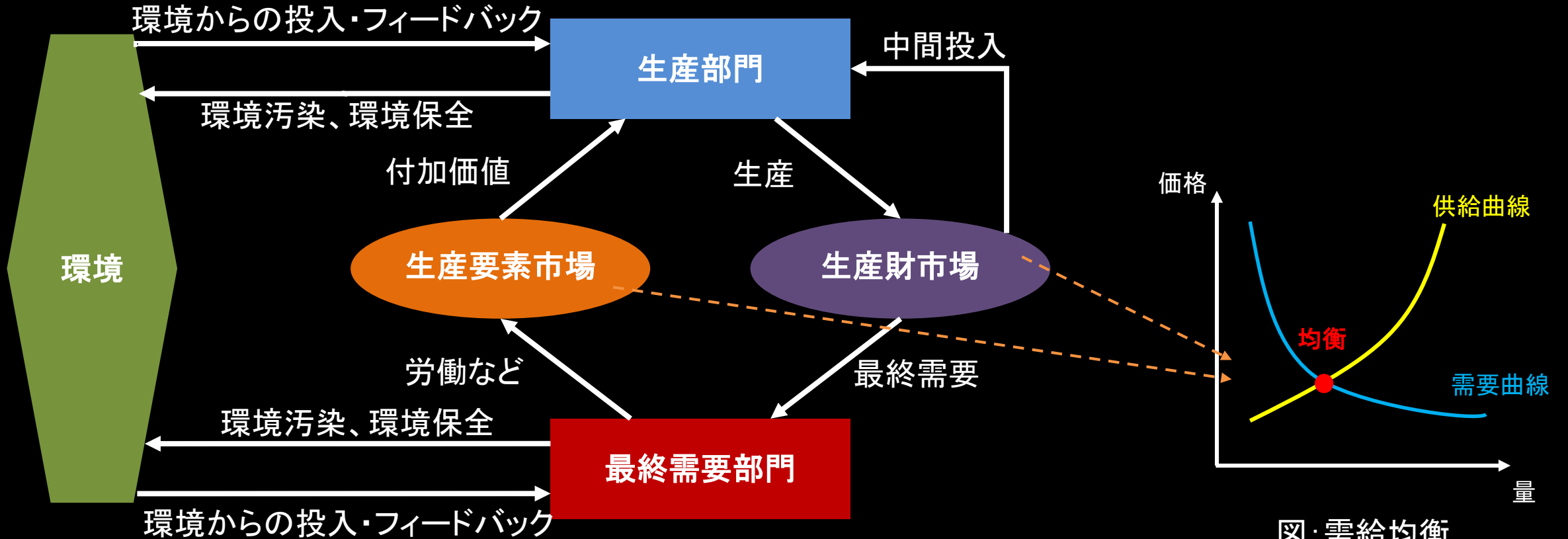
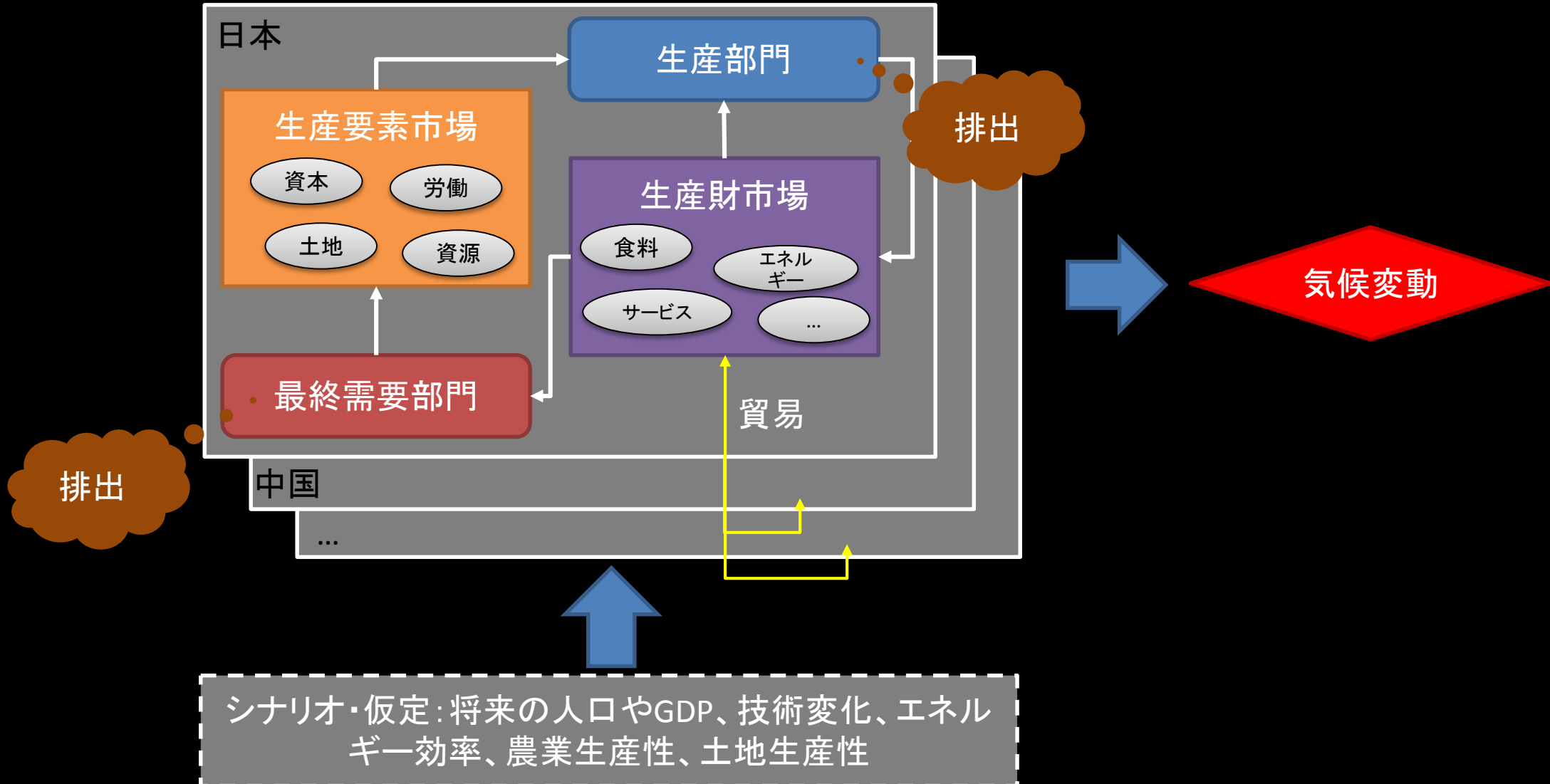


図:CGEモデルの概要

図:需給均衡



モデルの概要





産業部門と国・地域

表: 財/部門の構成

	構成
エネルギー	
1	石炭
2	石油
3	天然ガス
4	石油・石炭製品
5	ガス・熱供給
6	電力*
非エネルギー	
7	農業
8	畜産
9	林業
10	漁業
11	エネルギー集約産業
12	その他鉱業
13	金属・製造業
14	食品加工
15	その他製造業
16	建設業
17	運輸
18	通信
19	水供給
20	政府サービス
21	その他サービス

*発電は火力(石炭・石油・天然ガス、CCS技術含む)、水力、原子力、太陽光、風力、地熱、バイオマス(CCS技術含む)、廃棄物、およびその他再生可能エネルギーを考えている

表: 国・地域の構成

	構成
1	オーストラリア
2	ニュージーランド
3	日本
4	カナダ
5	アメリカ
6	西EU
7	ロシア
8	東EU
9	その他ヨーロッパ
10	韓国
11	中国
12	その他アジア大洋州
13	インドネシア
14	タイ
15	その他東南アジア
16	インド
17	南アジア
18	メキシコ
19	アルゼンチン
20	ブラジル
21	その他南アメリカ
22	中東
23	南アフリカ
24	その他アフリカ



シナリオ: 代表的濃度パス

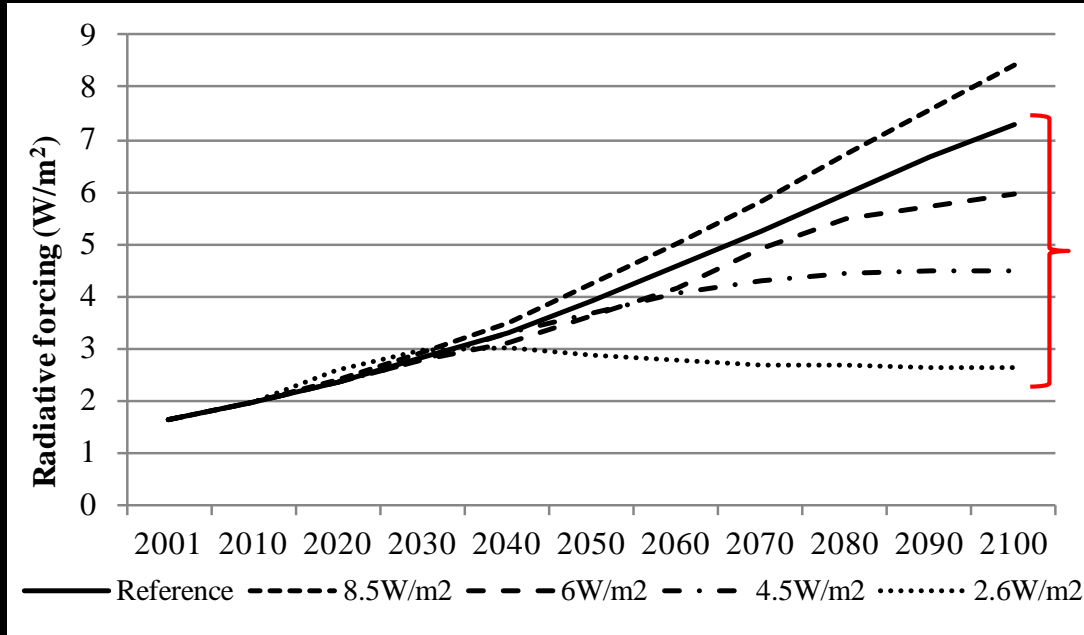
- IPCC第5次評価報告書のために作成されたシナリオ
 - 温室効果ガス濃度(放射強制力)を元に決定
- 2100年にそれぞれ、8.5・6.0・4.5・2.6 W/m²の放射強制力に達する

表: 各シナリオの特徴

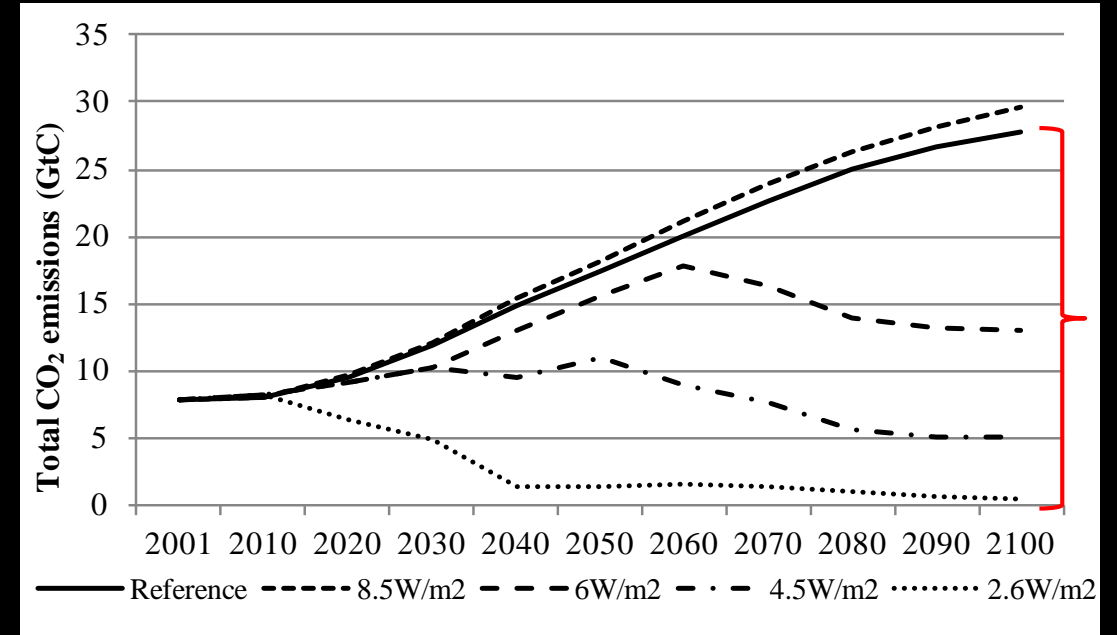
名称	放射強制力	温室効果ガス濃度	排出経路
RCP8.5	> 8.5W/m ²	> ~1370ppm CO ₂ -eq	上昇
RCP6	~6W/m ² (2100年以降に安定化)	~850ppm CO ₂ -eq	オーバーシュートせずに安定化
RCP4.5	~4.5W/m ² (2100年以降に安定化)	~650ppm CO ₂ -eq	オーバーシュートせずに安定化
RCP2.6	3W/m ² (ピーク) => 2.6W/m ² (低下)	< ~490ppm CO ₂ -eq	ピーク&低下(オーバーシュート)



放射強制力・排出パス



図：放射強制力



図：CO₂排出量

Matsumoto (2013)

- これらの排出量がCGEモデルの制約条件となる
- 本研究では、リファレンスシナリオよりも高い8.5W/m²シナリオは使用しない



ハーフィンダール指数

- ハーフィンダール・ハーシュマン指数
- ある産業の市場における企業の競争状態を表す指標(寡占度指数)。
- あるグループ内(一次エネルギー)における、各要素(エネルギー種)の依存度(多様性)を評価

$$H = \sum_i x_i^2$$

H :ハーフィンダール指数; x_i :一次エネルギー種別のエネルギー需要シェア
(1に近づくほど特定の要素への依存度が高い状態)

- エネルギーにあてはめると... 1に近づくほど特定のエネルギーへの依存が高まり、0に近づくほど多様性がある



結果



一次エネルギー(全体・日本)

表: 3ヶ国の一次エネルギー(EJ)

	2001	2050			
		リファレンス	6W/m ²	4.5W/m ²	2.6W/m ²
日本	19.9	12.1	11.7	11.6	9.3
中国	53.5	275.6	261.0	149.8	73.5
韓国	9.1	13.3	12.1	11.5	7.2

<全体>

- 中国・韓国では増加(経済成長)
- 日本では減少(人口減少)

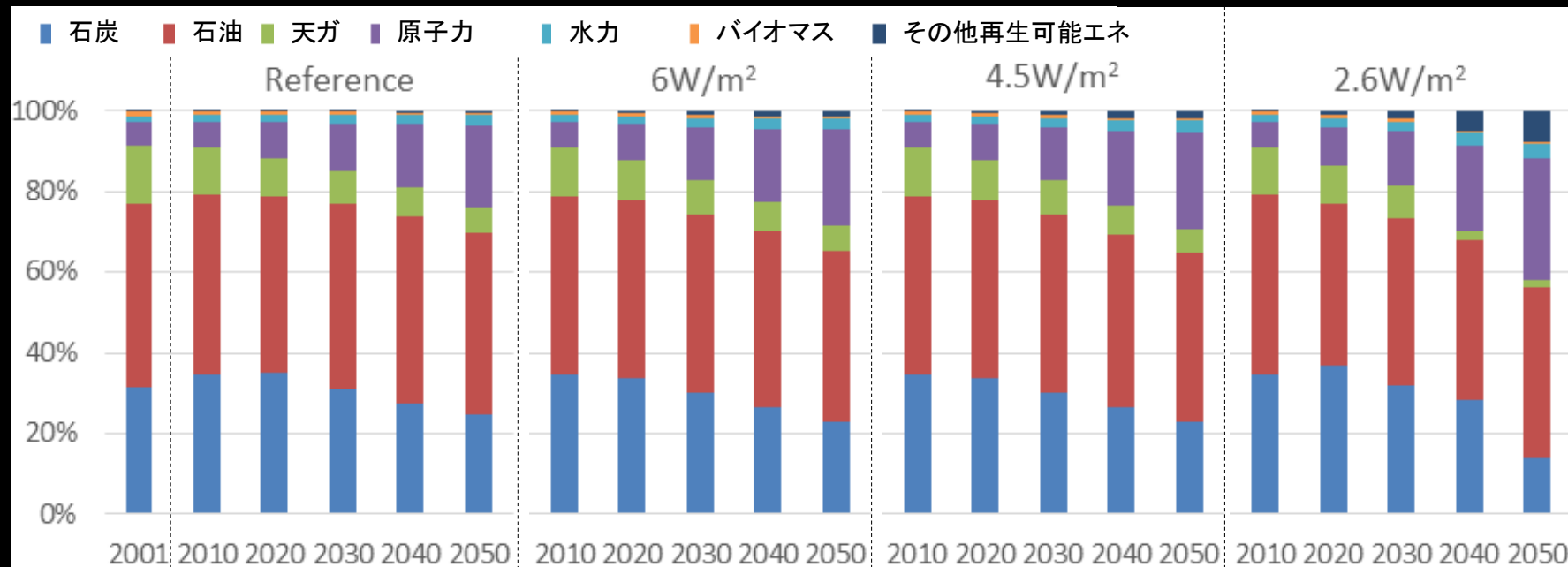


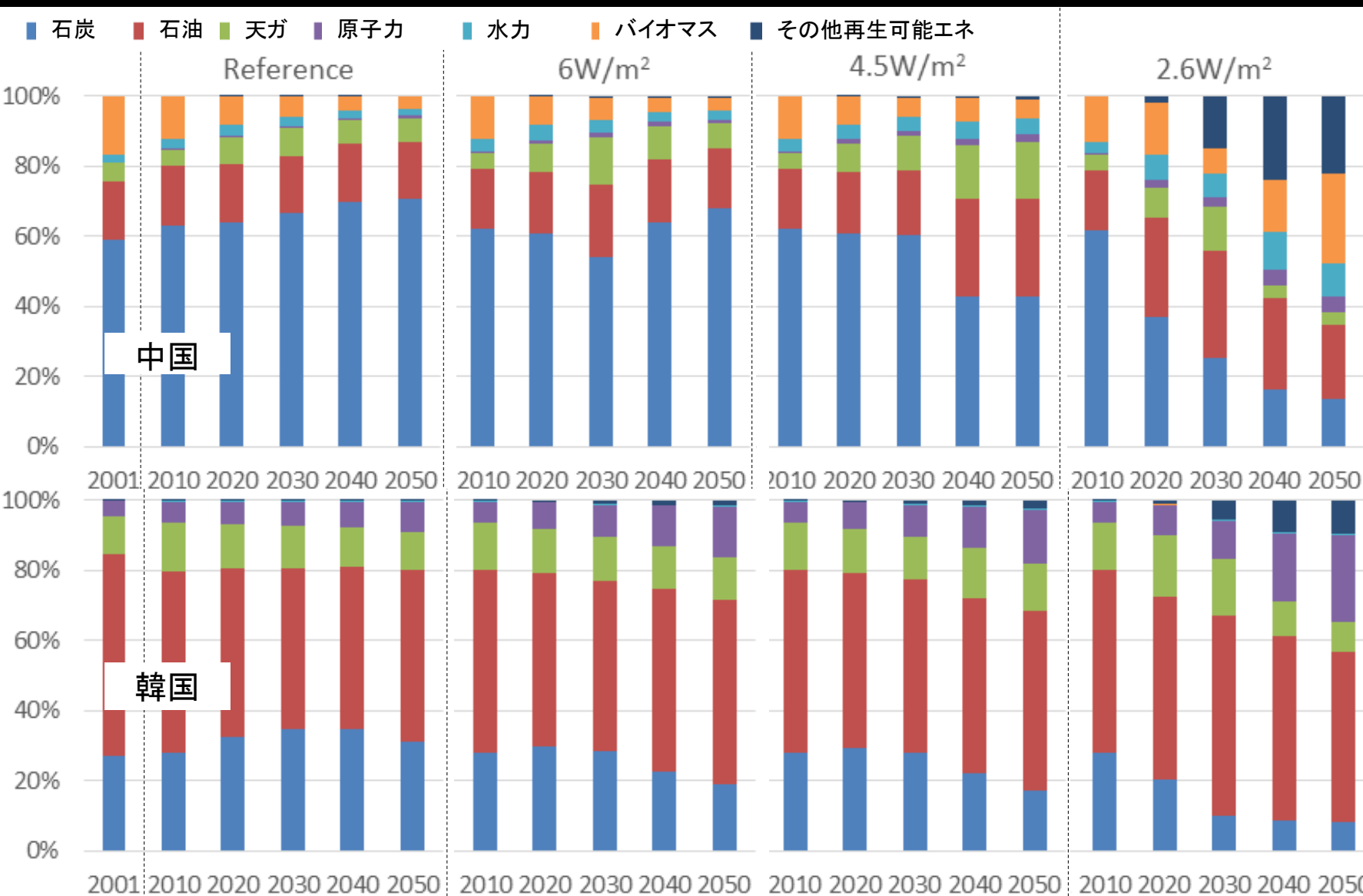
図: 日本の一次エネルギー構成

<日本>

- 2050年にリファレンスで化石燃料が76%であるのが、緩和策によりその割合が低下(特に石炭)
- 2.6W/m²シナリオでは、再生可能エネルギーが大きく増加



一次エネルギー(中国・韓国)



<中国・韓国>

- 2050年にリファレンスで化石燃料が90%であるのが、緩和策によりその割合が低下(特に石炭)
- 2.6W/m²シナリオでは、再生可能エネルギーが大きく増加(中国ではバイオマスも大きく増加)



ハーフィンダール指数

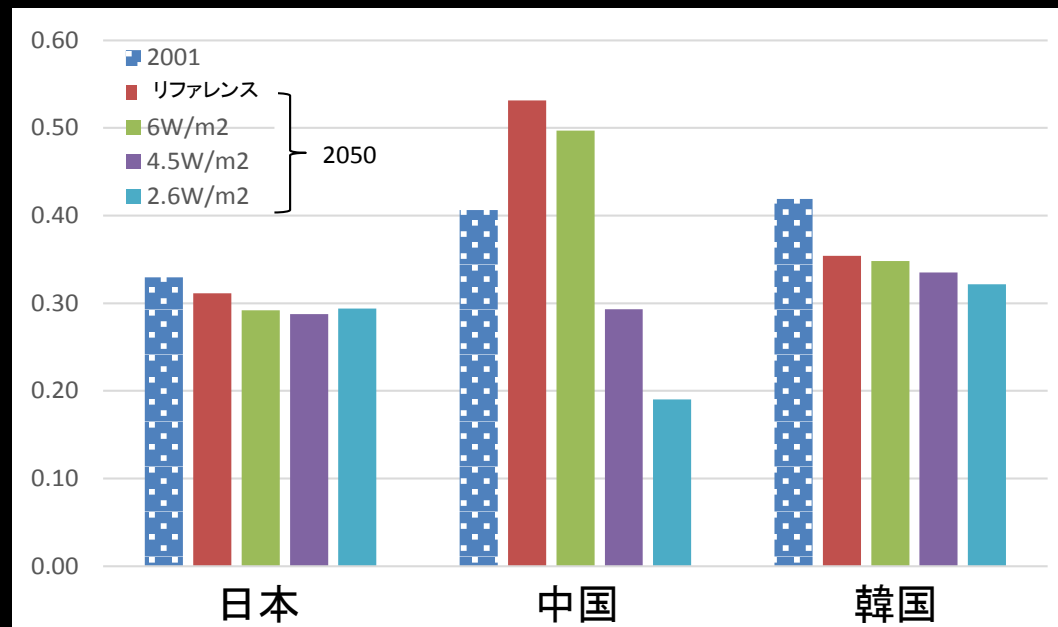


図:3ヶ国のハーフィンダール指数

- リファレンス: 2001年から2050年に**中国では指数が上昇、日本と韓国では低下**
 - 中国では石炭の依存度がさらに高まるのに対して、日本・韓国では他のエネルギー源が使われる
- リファレンスとシナリオの比較: 基本的に**排出をより削減すると指数が低下**
 - 化石燃料(特に石炭)消費の低下、再生可能エネルギーを含めて多様なエネルギーが使われるようになる
- 日本は2.6W/m²で指数が上昇。これは石炭の割合が小さく、反対に再生可能エネルギーの割合が大きくなったため
 - **エネルギー安全保障の悪化を意味するものではない**



化石燃料の貿易

- リファレンス：2001年から2050年までに、中国と韓国では化石燃料（石炭・石油・天然ガスの合計）の輸入が増加、日本では減少
 - 中国は2001年には石炭の輸出国であったが、輸入国に転換（石炭消費量の増加による）

表：リファレンスからの輸入量の変化

	6W/m ²	4.5W/m ²	2.6W/m ²
日本	-9.4%	-11.5%	-37.1%
中国	-4.6%	-24.4%	-74.9%
韓国	-8.9%	-14.2%	-53.9%

- 個別の化石燃料の貿易量：石炭と石油は排出量が小さくなるシナリオほど減少、天然ガスは4.5W/m²で最大・2.6W/m²で最小
 - 4.5W/m²程度までの削減であれば、化石燃料の中で炭素強度が最も低い天然ガスが大きな役割を果たすが、さらに排出を削減するには化石燃料そのものの利用を大きく減少させる必要がある



結論



最後に

- 気候変動緩和には化石燃料を中心としたエネルギー構成から再生可能エネルギーの割合が大きい構成への転換が必要
- 気候変動緩和の程度が大きくなるほど、再生可能エネルギーや原子力発電の重要度が上昇
 - 国により選択するエネルギーは異なる
- 同時に、化石燃料への依存度が低下し、輸入量も減少
 - **気候変動緩和が、エネルギー自給率の向上に寄与**
- ハーフインダール指数は気候変動緩和の程度が大きくなるほど低下する傾向にあるが、必ずしもそうならない場合もある
 - 再生可能エネルギーなどの割合が高まったことが要因で、エネルギー安全保障の悪化を意味するわけではない