

環境研究総合推進費2A-1103

統合評価モデルを用いた世界の温暖化対策を考慮した
わが国の温暖化政策の効果と影響

課題代表者: 増井利彦(国立環境研究所)

研究実施期間: 平成23～25年度(2011～2013年度)

累積予算額: 198,393千円

環境研究総合推進費 成果報告会

砂防会館

2014年3月10日



研究体制

サブテーマ(1) 世界モデルを用いた気候安定化目標の実現可能性とその評価

世界全体の平均気温や放射強制力、温室効果ガス濃度を安定化させるといった目標に対応する排出経路を定量的に明らかにするとともに、そうした排出経路の技術的な実現可能性、経済活動への影響を世界モデルを用いて解析する。これまでのモデルでは必ずしも十分ではなかった技術普及や低炭素社会の構築に資するエネルギーの導入など対策の詳細化を実現するモジュールの開発を行った上で、分析を行う。

実施機関: 国立環境研究所 増井利彦・高橋潔・脇岡靖明・藤野純一・花岡達也・花崎直太・金森有子・芦名秀一

サブテーマ(2) わが国における温室効果ガス排出削減策の効果とその影響

技術の更新や将来見通しの変化に応じて、国レベルでの対策の見通しや影響を評価するとともに、分解能を向上させることで、より詳細な対策技術の導入に関するシナリオを記述する。

実施機関: みずほ情報総研 日比野剛・吉川実・藤原和也・元木悠子・高野真之・大城賢

サブテーマ(3) 社会の構成要素を記述するモデルの開発と将来シナリオへの適用

将来社会像を定量的に描く際に特に重要な要素となる項目について、それぞれ要素モデルを構築し、様々なシナリオのもとでの社会の構成要素の変化を推計し、日本モデルや世界モデルへの入力とする。

実施機関: 京都大学大学院 松岡譲・倉田学児・河瀬玲奈



研究協力機関・研究協力者

- 国立環境研究所 岡川梓・甲斐沼美紀子・藤森真一郎・朝山由美子・長谷川知子・申龍熙・Diego Silva・Hancheng Dai・Xing Rui・Park Chan・白木裕斗
- 京都大学 生津路子・Tran Thanh Tu
- 武蔵野大学 明石修
- 中国 国家発展と改革委員会 能源研究所 Xiulian Hu・Kejun Jiang・Ren Miao・He Chenmin
- 中国 広州能源研究所 Daiqing Zhao・Peng Wang・Huang Ying
- インド インド経営大学院アーメダバード校 P.R.Shukla・Kalyan Bhaskar・Shivika Mittal
- インド ボパール建築計画研究所 Manmohan Kapshe・Satish Yawale・Vineet Tiwari
- ネパール アジア工科管理大学 Ram Shrestha・Shree Raj Shakya
- タイ タマサート大学 Bundit Limmeechokchal・Panida Thepkhun・Kamphol Promjiraprawat・Puttipong Chunark
- タイ キングモンクット大学 Savitri Garivait・Jaruwan Chontanawat
- インドネシア ボゴール農業大学 Rizaldi Boer・Toni Bakhtiar・Lukytawati Anggraeni・Gito Kribo
- インドネシア バンドン工科大学 Retno Gumilang Dewi・Iwan Hendrawan
- 韓国 ソウル大学 Dong-Kun Lee
- ベトナム 天然資源環境戦略政策研究所 Tung Lam Nguyen
- バングラデシュ 環境省 Mirza Shawkat Ali
- 台湾 中華経済研究院 Po-Yao Kuo
- 米国 スタンフォード大学 John Weyant
- 米国 太平洋北西国立研究所 Jae Edmonds
- オランダ 環境アセスメント庁 Detlef van Vuuren



3

研究目的

- 本研究課題は、**日本**や**世界**を対象としたモデルについて、温室効果ガス排出削減に関する**対策をより詳細に記述**することが可能となるように、新たなモジュールを開発すると共に、開発したモデルを用いて、世界の気温上昇の安定化などの**目標に対する世界各地の温室効果ガスの排出経路**を明らかにし、それを達成するための技術の組み合わせや、経済活動への影響を定量的に解析するとともに、**国際的な排出削減シナリオに対応したわが国の排出削減量の効果、影響を定量的に分析**するものである。
 - サブテーマ1では、**世界モデル**を対象とした温暖化対策技術普及過程やエネルギーサービス需要推計モジュール、再生可能エネルギー推計モジュールなどの開発を行い、これらを組み込んだ世界モデルによる**長期的な気候変動対策の実現可能性とその影響を定量的に評価**する。
 - サブテーマ2では、世界の排出削減目標と対応したわが国の削減目標を詳細に評価することを目的として**日本モデル**を対象に、各部門の対策を詳細に評価することができるモジュールを開発するとともに、**地域による違い**を明確化できるようなモジュールを開発し、**わが国を対象とした中長期の削減目標の効果と影響**を定量的に示す。
 - サブテーマ3では、家計消費や物質ストック・フローなど将来の**温暖化対策において重要となる要素**を対象に**詳細なモデル**を開発し、温暖化対策に対応したこれら**諸要素の将来シナリオ**を検討する。

4

環境政策への貢献

- **審議会への情報提供を通じたわが国の温暖化対策への貢献** 日本を対象とした技術選択モデル及び経済モデルの結果については、環境省中央環境審議会 地球環境部会 2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会、経済産業省 総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会、エネルギー・環境会議に対して結果を提供してきた。
- **地域の温暖化対策への貢献** 地域詳細モデルを用いた分析結果は、気候や経済活動が多様な自治体において地域特性にあった温暖化対策を検討する際に重要な役割を担うことが可能であり、気候変動緩和策の実現に向けて大きく貢献することにつながる。
- **温暖化緩和策の試算結果の提供を通じた環境政策への貢献** 前述の中央環境審議会小委員会に設置された技術ワーキンググループやマクロフレームワーキンググループに対しても試算結果を提供してきた。また、道路特定財源の廃止による影響や、国内排出量取引に関する分析結果を環境省に提供することを通じて、環境政策の推進に貢献してきた。さらには、2011年3月に発生した東日本大震災と福島第一原子力発電所の事故により、わが国の温室効果ガス削減目標をエネルギー計画とともに再考することとなり、単一の対策に大きく依存する計画の問題点を踏まえて、原子力の将来の想定等様々なシナリオの検討を行うとともに、発電部門において電力供給の安定性を犠牲にすることのない温暖化対策を検討するための基礎的情報を提示してきた。
- **アジア途上国の研究者の人材育成** アジア主要国の研究者に対して開発したモデルのトレーニングを行うことは、アジアにおける環境政策の底上げ、気候変動緩和策の実現にも貢献している。
- **IPCC等国际研究コミュニティでの活動を通じた貢献** 様々な国際比較研究プロジェクトへの参画を通じて、将来の多様なシナリオを描くことが可能となり、わが国における温暖化対策の議論に対して様々な情報を提供することが可能となる。

科学的意義

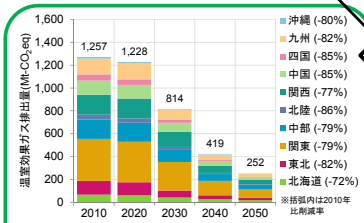
- 気候変動緩和策を総合的に評価する**モデル分析手法**の開発。
- **モデルの詳細化**を通じたリアリティのある施策の検討とその評価。
 - － 一国モデルから**多地域モデル**への拡張。
 - － **家計消費**や**物質ストック・フロー**などの社会・経済活動の多面的な評価。
 - － **電源開発モデル**による電力需給の詳細化。
- 技術モデルと経済モデルの統合による**技術による削減ポテンシャル**の評価と**社会・経済影響**の統合的な評価。

研究成果のまとめ

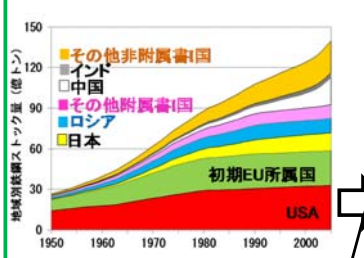
日本、世界を対象とした様々なモデルの開発、適用を通じて、日本政府、国際研究、他の推進費課題に対して、情報を提供。

国際比較研究等への参照

日本における削減対策の地域特性の反映



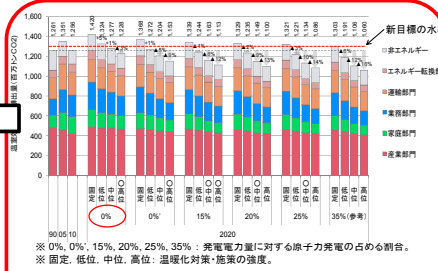
地域別技術選択モデルによる排出量の評価 (2050年80%削減)



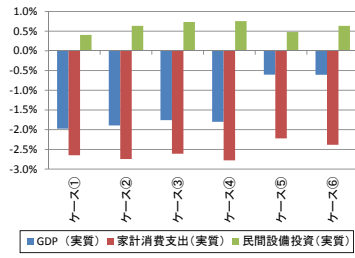
物質ストック・フローモデルによる鉄鋼ストック量

社会像の詳細な記述

社会経済活動の基礎情報の提供



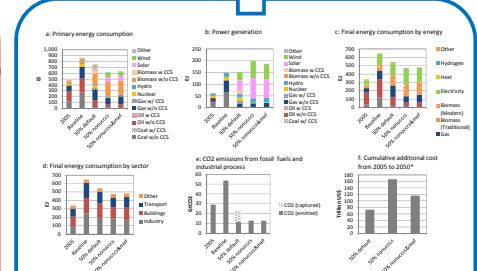
技術選択モデルによる削減量の評価



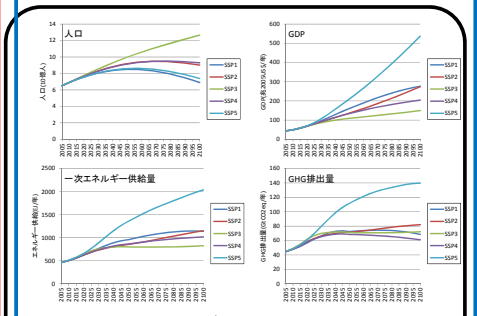
経済モデルによる対策の経済影響

ケース	削減対策の強度	原子力発電の比率
ケース①	高位	0%
ケース②	高位	15%
ケース③	中位	15%
ケース④	中位	20%
ケース⑤	低位	25%
ケース⑥	低位	35%

中央環境審議会等への情報提供



世界技術選択モデルによる2度目標の評価

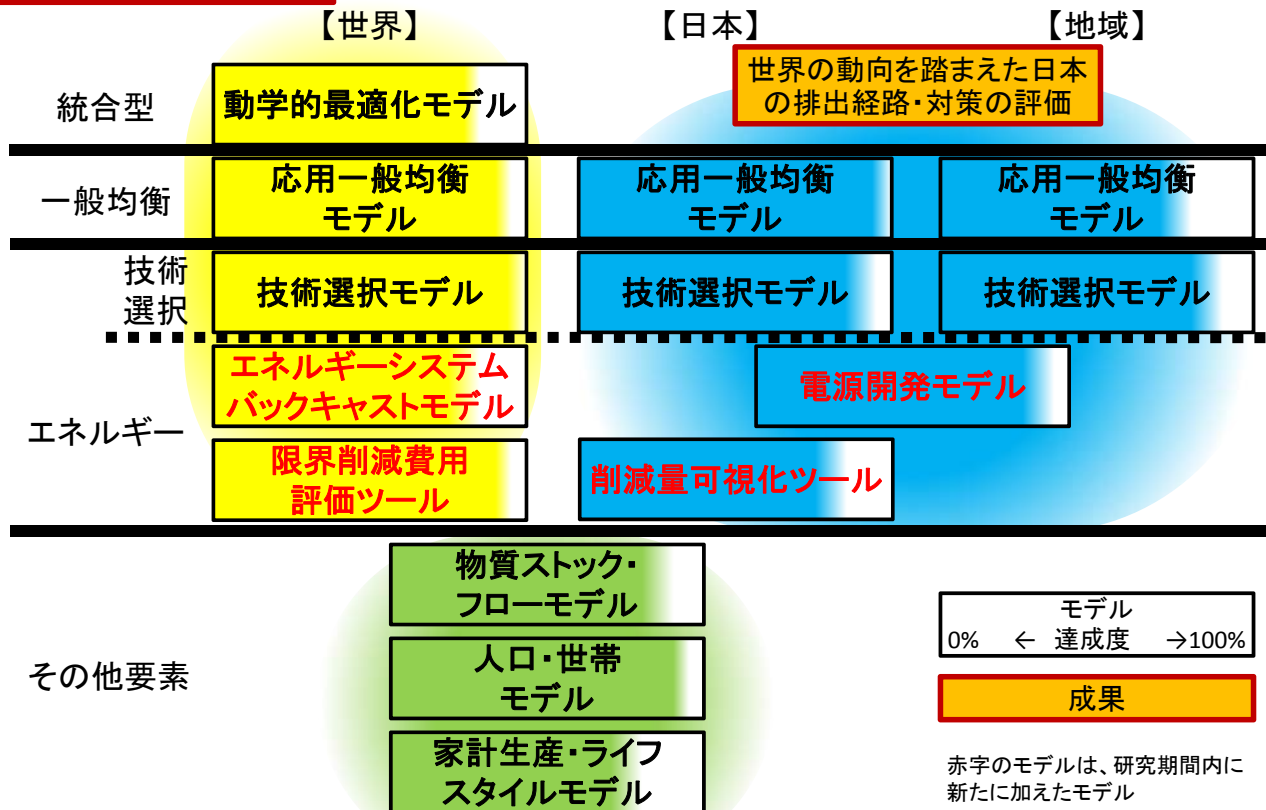


世界経済モデルによる新しい社会経済シナリオの評価

他の推進費課題への情報提供

国際研究コミュニティへの情報提供とIPCCへの貢献

モデルから見た全体構成



温暖化対策時の社会像・シナリオの詳細な記述



赤字のモデルは、研究期間内に新たに追加したモデル

査読付き論文

- A.Pattanapongchai, B.Limteechokchai, Y.Matsuoka, M.Kainuma, J.Fujino, O.Akashi and Y.Motoki: GMSARN International Journal, 5 (3), 189-194 (2011)
"Subsidy for Clean Power Generation and CO₂ Mitigation in Thailand: The AIM/Enduse Modeling"
- 生津路子, 藤森真一郎, 松岡謙: 環境システム研究論文集, 67 (6), 255-266 (2011)
「応用一般均衡モデルを用いた日本における温室効果ガス削減目標の分析」
- 金森有子, 松岡謙: 土木学会論文集G(環境), 67 (6), II_363- II_374 (2011)
「エネルギーサービスの需給バランスを考慮した業務部門のエネルギー消費量推計について」
- 白木裕斗, 芦名秀一, 亀山康子, 森口祐一, 橋本征二: エネルギー・資源学会論文誌, 33 (1), 1-10 (2012)
「多地域電源計画モデルを用いた2020年の日本電力部門における再生可能エネルギー導入シナリオの検討」
- S.Ashina, J.Fujino, T.Masui, T.Ehara and G.Hibino: Energy Policy, 41, 584-598 (2012)
"A roadmap towards a Low-Carbon Society in Japan Using Backcasting Methodology: Feasible Pathways for Achieving an 80% Reduction in CO₂ Emissions by 2050"
- Akashi, O., Hijioaka, Y., Masui, T., Hanaoka, T., Kainuma, M.(2012) Energy Economics, 34, S346-S358
"GHG emission scenarios in Asia and the world: The key technologies for significant reduction"
- Okagawa, A., Masui, T., Akashi, O., Hijioaka, Y., Matsumoto, K., Kainuma, M. (2012) Energy Economics, 34, S391-S398
"Assessment of GHG emission reduction pathways in a society without carbon capture and nuclear technologies"
- Hanaoka, T., Kainuma, M.(2012) Sustainability Science, 7(2), 117-137
" Low-Carbon Transitions in the World Regions: Comparisons of Technological Mitigation Potentials and Costs in 2020 and 2030 by bottom-up analyses"
- Akashi, O., Hanaoka, T. (2012) Sustainability Science, 7(2), 139-156
" Technological feasibility and costs of achieving a 50 % reduction of global GHG emissions by 2050: Mid- and long-term perspectives"
- Dai, H., Masui, T. (2012) Energy Science and Technology, 4(1), 1-8
"Assessing the Contribution of Carbon Emissions Trading in China to Carbon Intensity Reduction"
- Dai, H., Masui, T., Matsuoka, Y., Fujimori, S. (2012) Energy Policy, 50, 736-750
"The Impacts of China's Household Consumption Expenditure Patterns on Energy Demand and Carbon Emissions towards 2050"
- 長谷川知子, 藤森真一郎, 申龍熙, 高橋潔, 増井利彦 (2012) 土木学会論文集G(環境), 68(5), I_227-I_236
「気候変化が作物収量変化を通じて食料消費・経済に及ぼす影響のシナリオ分析」
- 藤森真一郎, 長谷川知子, 増井利彦, 高橋潔 (2013) 土木学会論文集G(環境) 69 (6), II_35-II_46
「エネルギー・農業・土地利用の長期的分析用の応用一般均衡モデル開発」
- Akashi, O., Hanaoka, T., Masui, T. & Kainuma, M. (2013) Climatic Change
"Halving global GHG emissions by 2050 without depending on nuclear and CCS"



このほか、現在投稿中・投稿予定の論文が数編



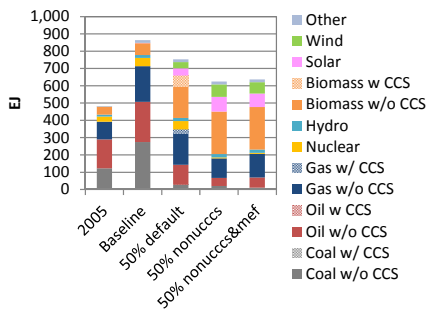
国際モデル比較プロジェクト EMF27への参画

サブ(1)

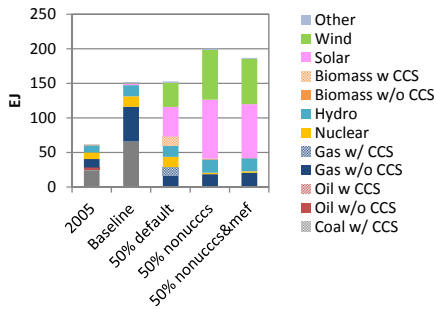
2°C目標シナリオ、2050年世界半減シナリオの実現にむけて、CCSおよびnuclearの役割が注目される中
CCSおよびnuclearに依存しない世界半減シナリオの検討を行った。

- 50% defaultシナリオ : 2050年GHG世界半減するシナリオ。2100年に2.6W/m2に相当。CCSおよび新規nuclearを許容する。
- 50% nonuccsシナリオ : 2050年GHG世界半減シナリオ。CCSおよび新規nuclearは許容しない。
- 50% nonuccs&mefシナリオ: 2050年GHG世界半減シナリオ。CCSおよび新規nuclearは許容しない。サービス量供給効率改善を考慮。

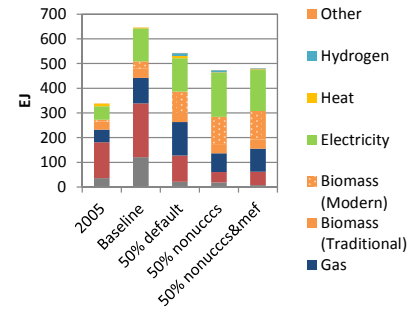
a: Primary energy consumption



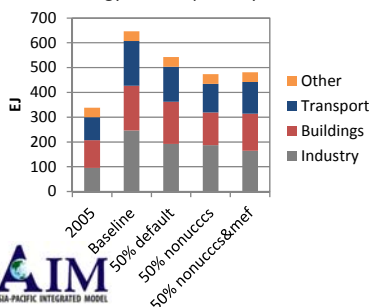
b: Power generation



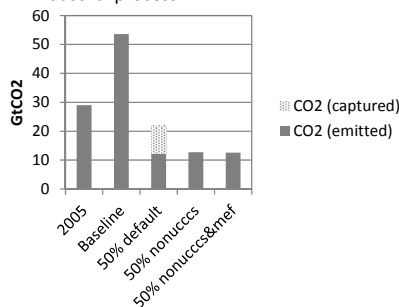
c: Final energy consumption by energy



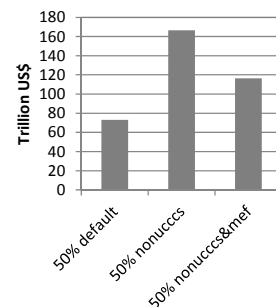
d: Final energy consumption by sector



e: CO₂ emissions from fossil fuels and industrial process

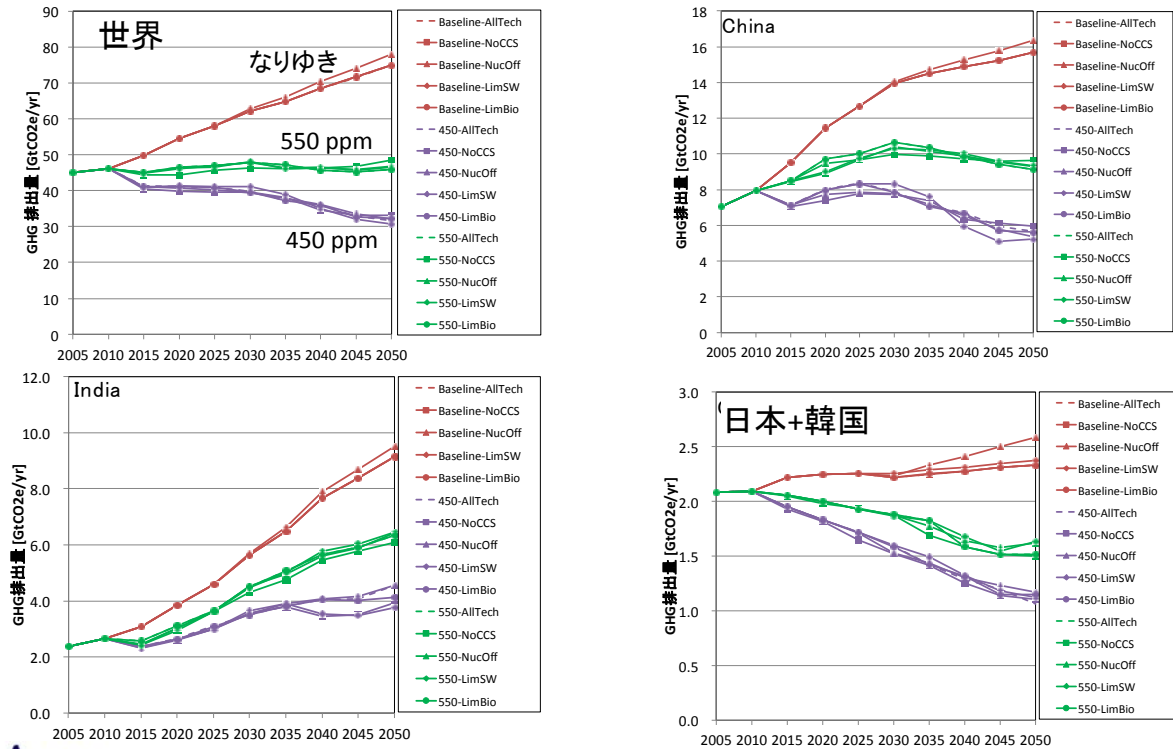


f: Cumulative additional cost from 2005 to 2050*

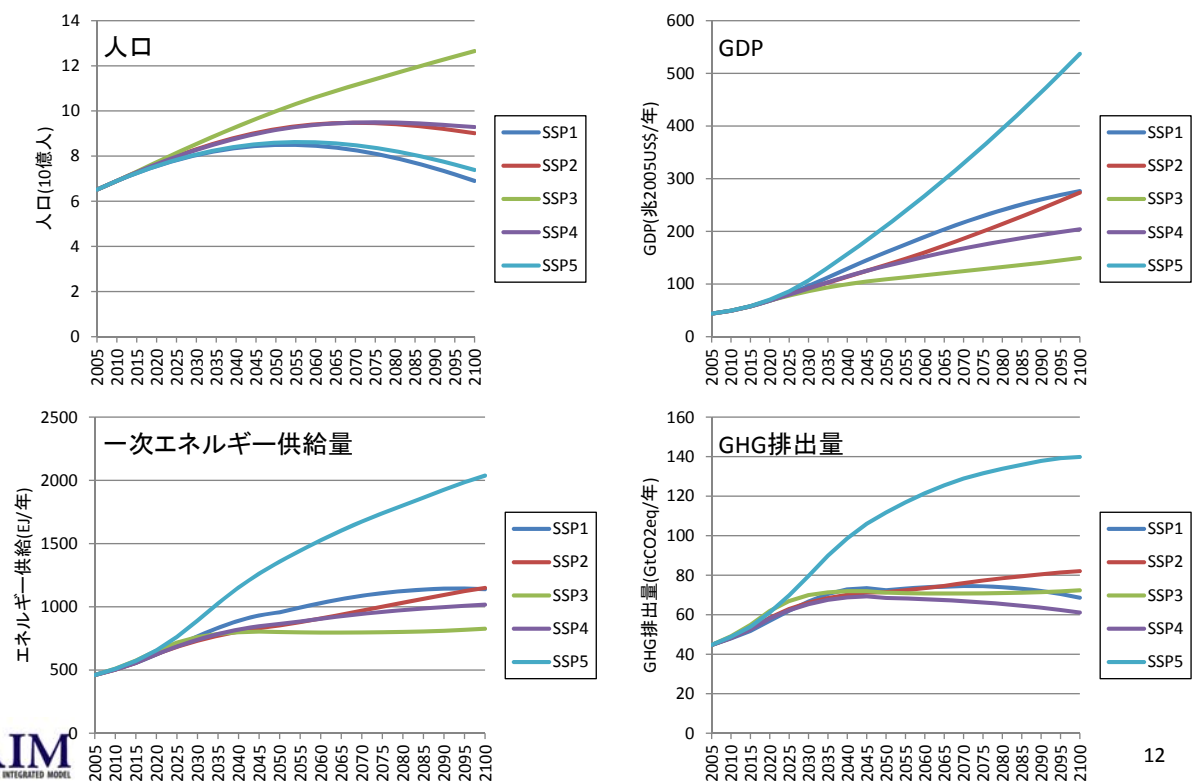




エネルギーシステムバックキャストモデルを用いた 450/550 ppmシナリオ達成パスと技術シナリオの影響



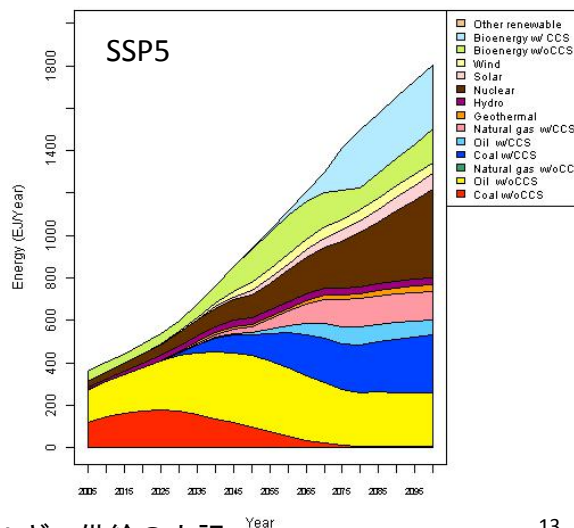
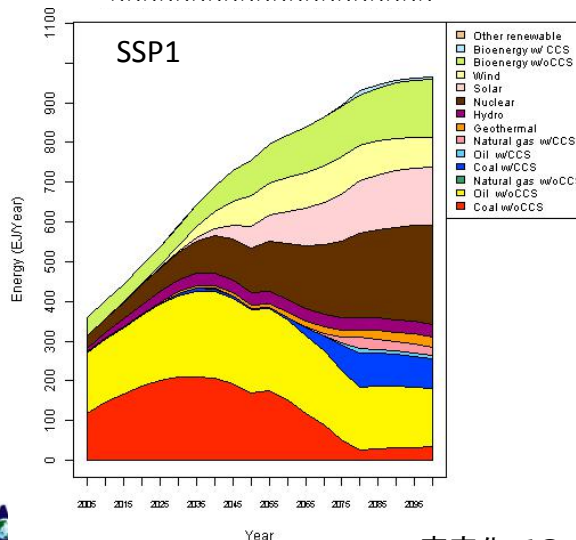
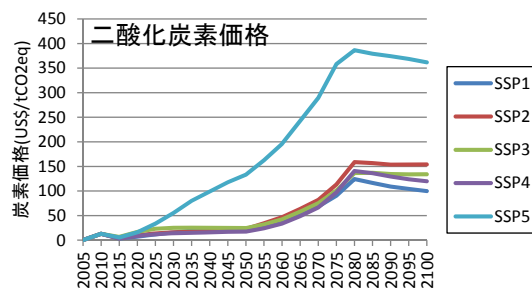
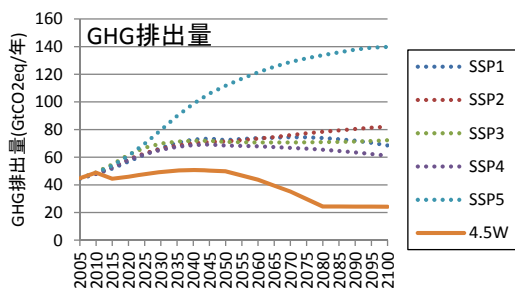
世界経済モデルを用いた SSPs 気候緩和策なしケースの各種指標





世界経済モデルを用いた SSPs 4.5W安定化ケースの各種指標

サブ(1)



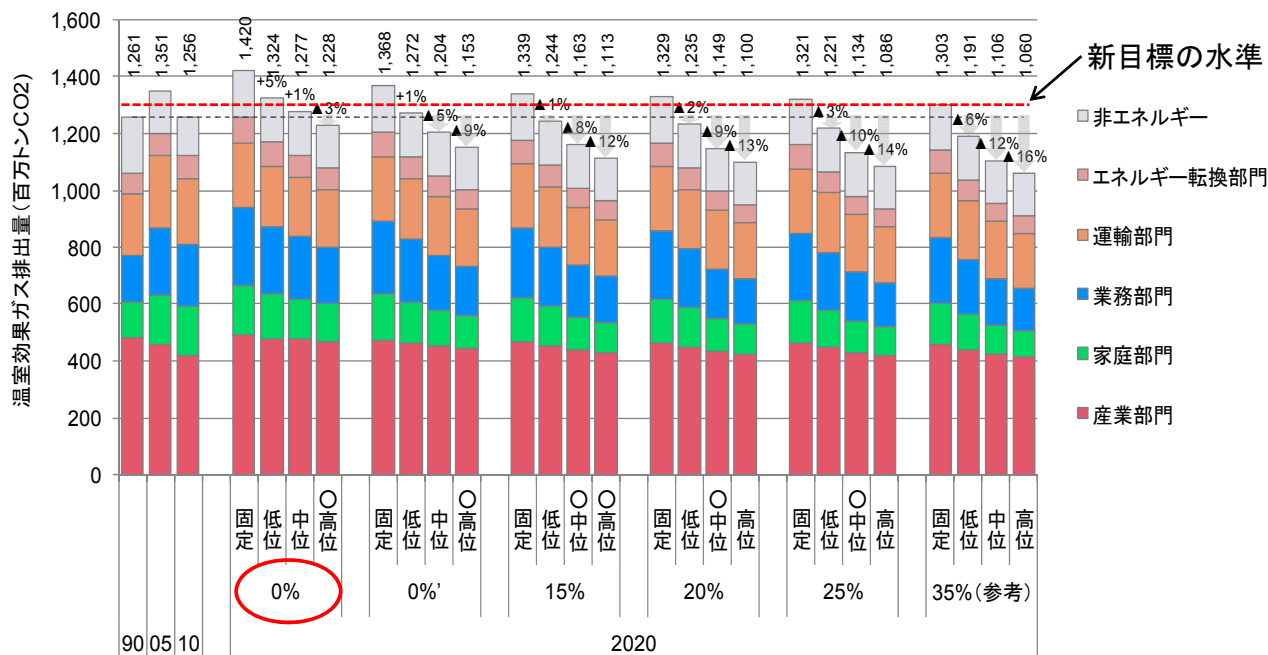
4.5W安定化でのエネルギー供給の内訳

13



日本を対象とした技術選択モデルによる わが国の2020年排出削減量の評価(成長ケース)

サブ(2)



※ 0%, 0%', 15%, 20%, 25%, 35% : 発電電力量に対する原子力発電の占める割合。
 ※ 固定, 低位, 中位, 高位: 温暖化対策・施策の強度。

中央環境審議会 2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会 の検討結果(成長ケース)より
 原発ゼロという前提から評価すると、これまでの低位と中位の間。
 ただし、具体的にどのような対策を盛り込んでいるのかは明確でない。

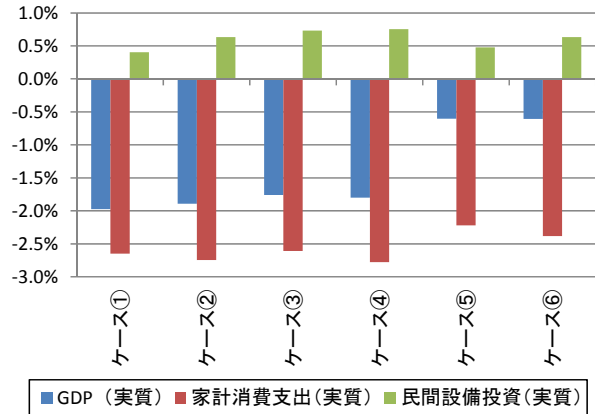
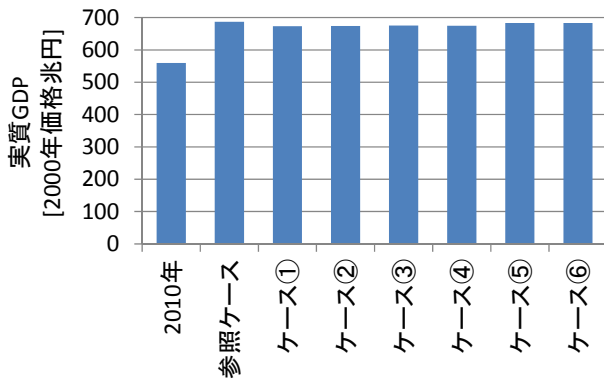


14



経済モデルを用いたマクロ経済活動への影響 (慎重シナリオ; 2030年)

サブ(2)



2030年におけるGDP(単位:2000年価格兆円)

2030年における家計消費支出、民間設備投資、GDPの参照ケースからの変化率(単位:%)

ケース	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑥
温暖化対策の強度	高位	高位	中位	中位	低位	低位
原子力発電の比率	0%	15%	15%	20%	25%	35%

- 家計消費支出には、家計における省エネ対策のための追加投資や太陽光発電導入のための支出は含まれない。これらは民間設備投資に含めている。
- 各選択肢では2011年以降から省エネ対策の導入が可能になると想定している。
- 上記のほか、追加的な施策の導入で、経済への影響はさらに小さくなることが示されている。

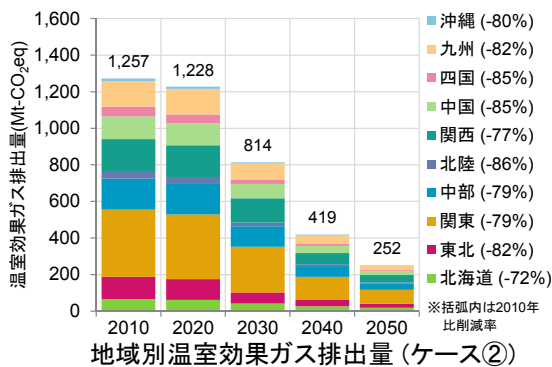


15



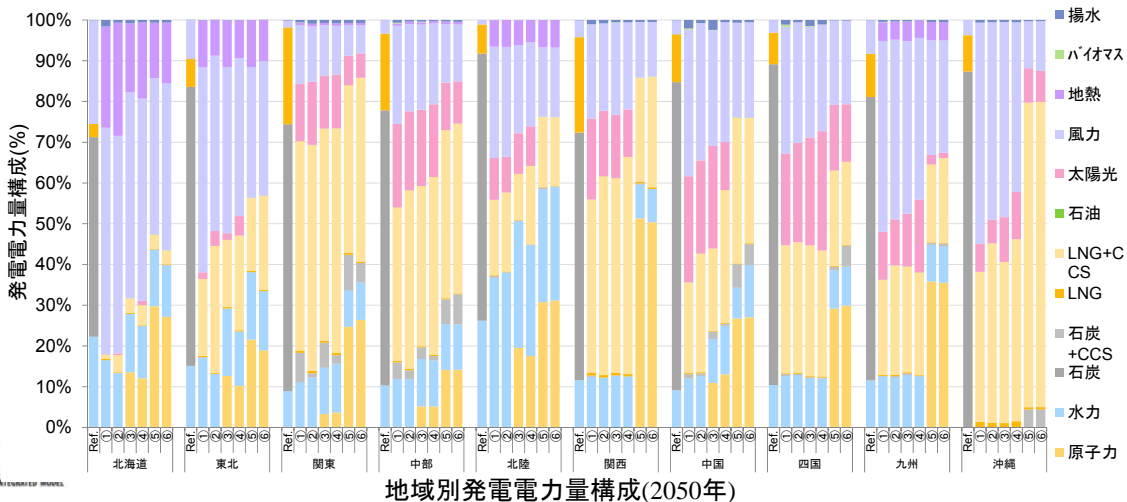
地域分割した技術選択モデルによる分析

サブ(2)



地域別温室効果ガス排出量(ケース②)

原子力	地域間連系線	
	増強なし	増強あり
再稼働なし	排出制約なし:レファレンス 80%減:ケース①	80%減:ケース②
再稼働あり	80%減:ケース③	80%減:ケース④
現状容量維持	80%減:ケース⑤	80%減:ケース⑥

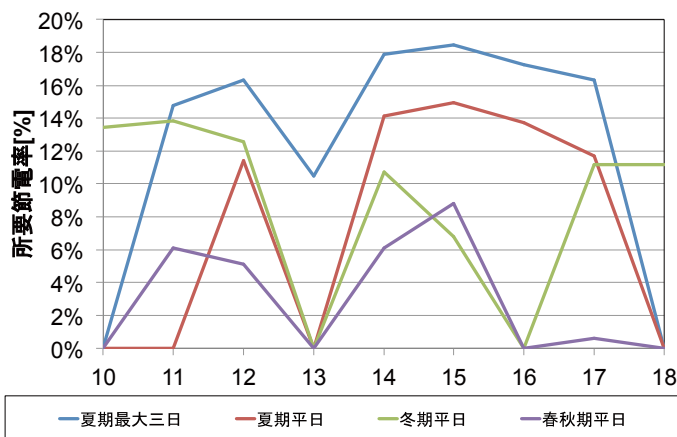


地域別発電電力量構成(2050年)

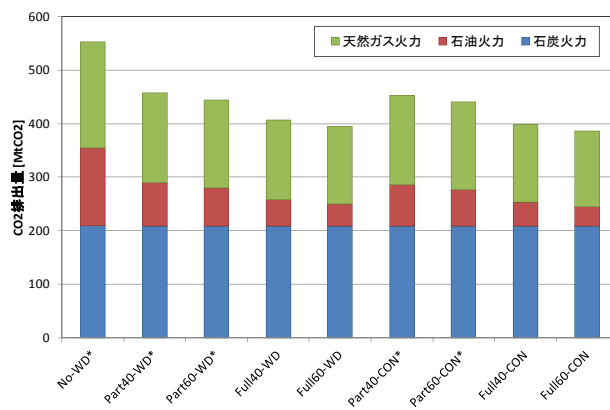


16

電源開発モデルによる分析



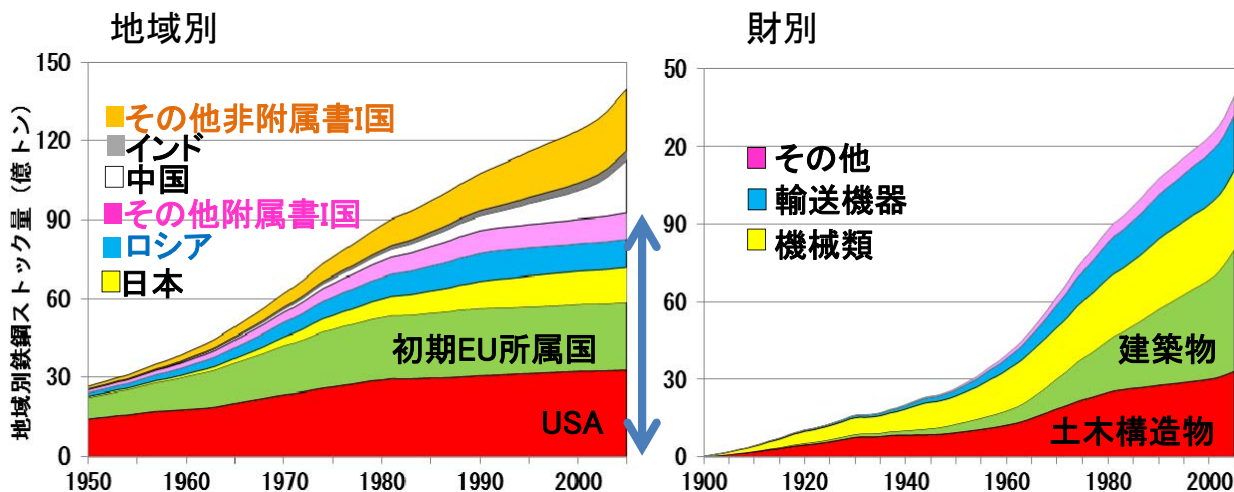
全国節電シナリオにおける季節・時間帯別
所要節電率(No-WDケース)



シナリオ別2015年のCO2排出量
(*は節電後の結果を示す)

		新設発電所のシナリオ	
		全ての原子力発電に関する電源計画を中止	建設中の発電所のみ将来の運転開始を認め、現在および将来の原子力発電所新設計画は中止
既設発電所のシナリオ	再稼働なし	No-WD	-
	被災していない原子力発電所のみを再稼働 40年で廃炉	Part40-WD	Part40-CON
	被災していない原子力発電所のみを再稼働 60年で廃炉	Part60-WD	Part60-CON
	すべての原子力発電所を再稼働 40年廃炉	Full40-WD	Full40-CON
	すべての原子力発電所を再稼働 60年廃炉	Full60-WD	Full60-CON

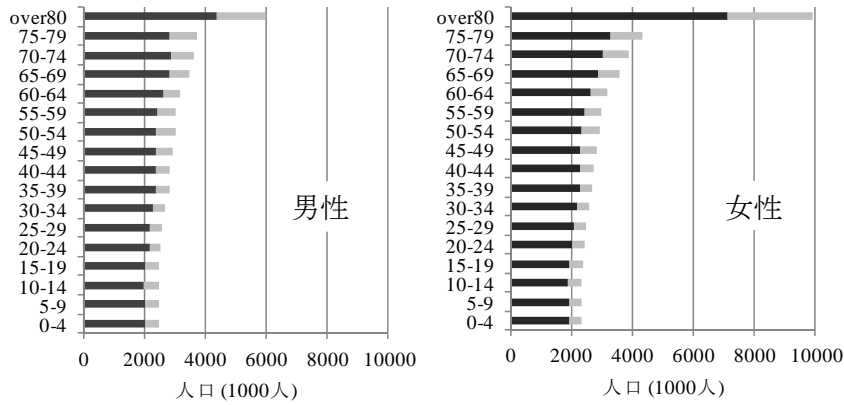
物質ストック・フローモデルによる 世界の鉄鋼ストック量



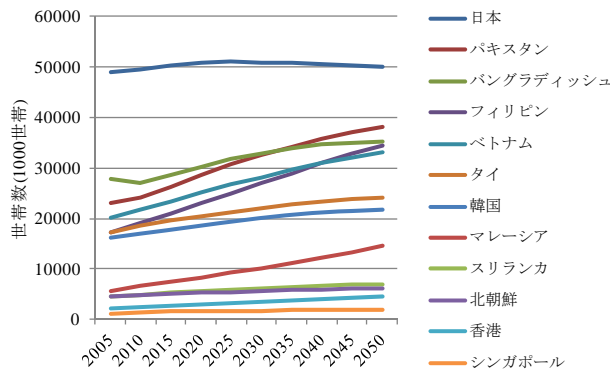
- ◆ 世界の鉄鋼ストック量は、2005年に140億トン(2.1億トン/年で増加) 1960～1990年は先進国の増加、1995年以降は特に中国の増加が顕著 2005年は、先進国が66%を占める。
- ◆ 1960年以降の建築物と輸送機器の伸びが大きい。
2005年: 土木構造物(24)、建築物(34)、機械類(22)、輸送機器(15)



人口・世帯モデルによる分析



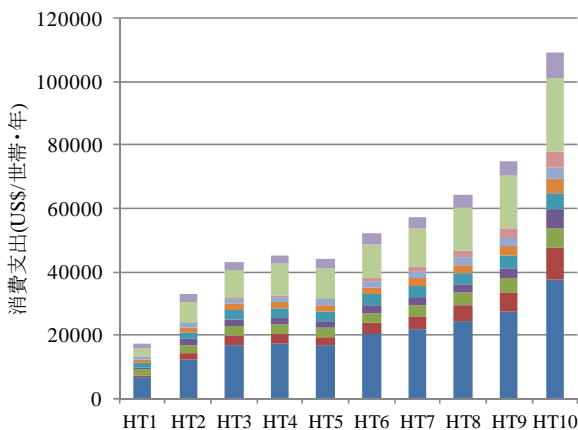
日本の都市・農村別男女別年齢階級別人口(2050年) (黒:都市部 灰色:農村部)



アジア主要国の世帯数の推移



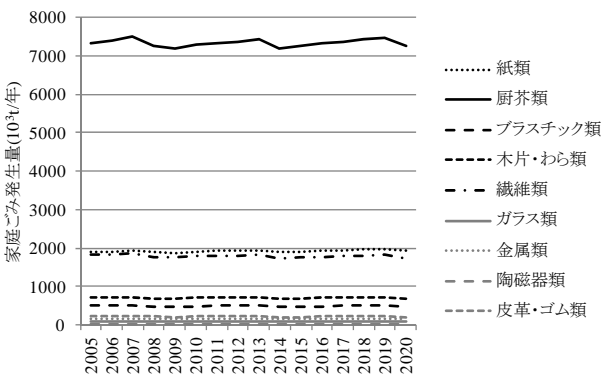
家計生産・ライフスタイルモデルによる分析



2020年の年間収入10分位階級

消費支出推計結果

(HT1:最低所得階級 HT10:最高所得階級)



日本の家庭ごみ発生量推計結果

* 容器包装、庭の草刈りによるゴミといった、財購入に伴わないごみの発生、耐久財については推計対象外。

