

環境経済・政策学会

2010年9月11日

RITEの中期目標モデル分析と 各種論点・見解

(財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)

システム研究グループ グループリーダー

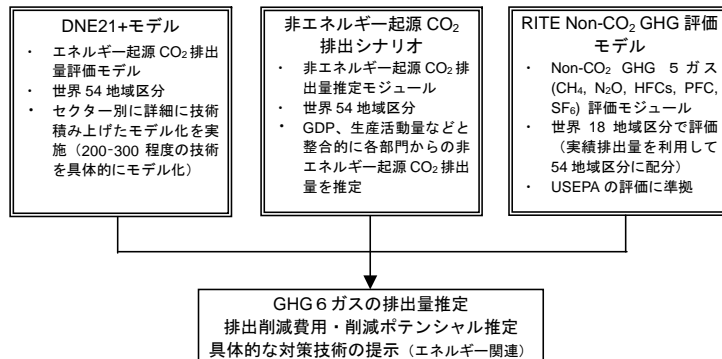
秋元 圭吾

東京大学大学院総合文化研究科客員教授



中期目標検討に用いた RITEの温暖化緩和策評価モデル

中期目標分析のためのフレームワーク

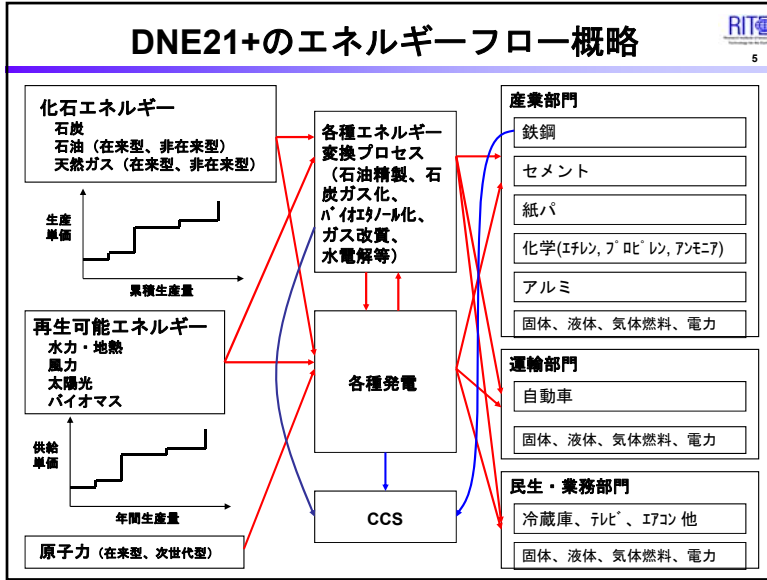


温暖化対策評価モデルDNE21+の概要



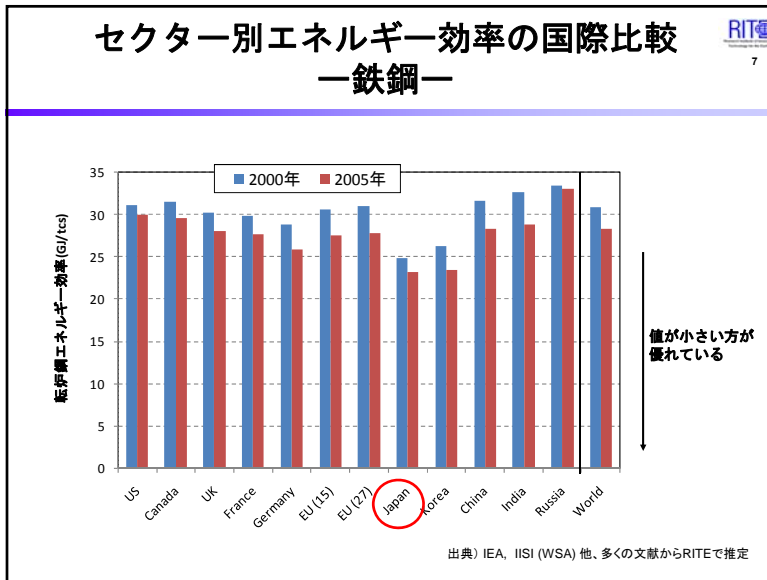
- ◆ 各種エネルギー・CO2削減技術のシステム的なコスト評価が可能なモデル
- ◆ 線形計画モデル (エネルギーシステム総コスト最小化 (動学的な最適化))
- ◆ モデル評価対象期間: 2000~2050年 (2005年は実績値に合うようにキャリブレーション)
- ◆ 世界地域分割: 54 地域分割
- ◆ 地域間輸送: 石炭、石油、天然ガス、電力、エタノール、水素
- ◆ エネルギー供給 (発電部門等)、CO2回収貯留技術を、ボトムアップ的に (個別技術を積み上げて) モデル化
- ◆ エネルギー需要部門のうち、鉄鋼、セメント、紙パ、化学、アルミ、運輸、民生の一部について、ボトムアップ的にモデル化
- ◆ それ以外について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)

地域別、部門別に技術の詳細な評価が可能
また、それらが整合的に評価可能



DNE21+モデルで考慮している具体的な技術

部門	技術
発電部門	石炭火力(低効率(亜臨界)、中効率(超臨界)、高効率(超超臨界~IGCC/IGFC)、燃焼前CCS付IGCC)、石油火力(低効率(ディーゼル発電等)、中効率(亜臨界)、高効率(超臨界)、CHP)、合成油火力(中効率、高効率)、天然ガス火力(低効率(高圧タービン)、中効率(高圧型NGCC)、高効率(高圧型NGCC)、CHP、燃料燃焼発電)、バイオマス火力(低効率、高効率)、原子力発電(在来型、次世代(炉心冷却等))、水力・地熱発電、風力発電、太陽光発電用蓄電システム、水素発電、送電(在来型、超伝導高効率)、CCS(燃焼後回収、石炭火力、石油火力、合成油火力、天然ガス火力、バイオマス火力に適用可)
産業部門	鉄鋼 高炉転炉法(低効率(小規模)、中効率(大規模)、高効率(大規模、CDQ、TRT、副生ガス効率回収設備を標準装備)、次世代(高効率設備に加え、SCOPE21等の次世代コークス炉を採用、炭プラ・炭タイ利用も考慮)、水素還元製鉄)、COG回収(低効率・中効率高炉転炉法に後付可)、LDG回収、CDQ、TRT(中効率高炉転炉法に後付可)、直接還元法(天然ガスベース(中効率、高効率)、ガス化水素ベース)、スラックベース転炉法(低効率(小規模)、中効率(三相流ワーク炉)、高効率(直流式水冷炉壁ワーク炉、原料予熱装置等も標準装備))、CCS(高炉転炉法に適用可)
セメント	小規模設備：整潔、湿式ロータリーキルン、乾式ロータリーキルン、SP/NSP乾式ロータリーキルン(原料予熱装置としてサスベンション・プレヒータ(SP)を装備、一部燃焼炉(NSP)を装備)、新型流動床シャフト炉(SP/NSP及び高効率クリンカークラを装備) 大規模設備(小規模設備より高効率)：湿式ロータリーキルン、乾式ロータリーキルン、SP/NSP乾式ロータリーキルン、SP/NSP乾式ロータリーキルン(BAT)(高効率クリンカークラに加え、SPのS、6段もしくは高効率燃焼回収装置等を装備)
紙パ	化学パルプ製造工程(低効率、中効率、高効率、次世代)、古紙再生工程(低効率、中効率、高効率)、抄紙工程(低効率、中効率、高効率、次世代)、黒液回収・利用(低効率、高効率)、製紙スラッジボイラ、蒸気タービン発電システム
アルミ	ゼーターベルグ式アルミ製錬、プリベーク式アルミ製錬
化学	エチレン・プロピレン：ナフサ分解(低効率、中効率、高効率、次世代)、その他生産(エタンクラッカー等、低効率、中効率、高効率) アンモニア：石炭ベース(低効率、中効率、高効率)、石油ベース(低効率、中効率、高効率)、天然ガスベース(低効率、中効率、高効率)
運輸	小乗用車、大乗用車、バス、小型トラック、大型トラックに区分。 内燃機関利用(在来型内燃機関自動車(低効率、高効率)、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車、内燃機関はガソリンエンジン及びディーゼルエンジンの二種を考慮)、電気自動車、燃料電池自動車、代替燃料(バイオエタノール、バイオディーゼル、CNG、バイオエタノールはガソリン、バイオディーゼルはディーゼルへの混合利用を考慮)
民生	冷蔵庫(低効率、中効率、高効率)、照明(小型白熱灯、小型省電力LED等)、小型次世代LED等)、中型高効率省電力灯、中型次世代(LED、有機EL等)、大型中効率LED(高輝度放電灯)、大型高効率LED、大型次世代(LED等)、テレビ(小型低効率、小型高効率、大型低効率、大型高効率、大型次世代(液晶、プラズマ、リアプロ、有機EL等で高効率なもの)、エアコン(低効率、中効率、高効率)、ガス調理器(低効率、中効率、高効率)



水力、風力、太陽光の世界全体の供給 ポテンシャルと供給コストの想定

	水力	風力	太陽光
供給可能量(TWh/yr)	14,400	12,000	1,271,000
供給コスト (\$/MWh)	Y2000	20-180	56-118
	Y2050	20-180	34-71
		1.0%/yrで低減	3.4%/yrで低減

風力については、瞬時ピーク需要に対する期待供給力を全設備容量の30%としている。

参考：EMFなどモデルの国際比較においてしばしばベンチマーク的に参照されるパシフィックノースウェスト国立研究所 (PNL) の想定値 (PNL, 2008。注：設備費のみ抜粋、O&M費も別途想定あり)

US\$/kW	2005	Reference		Advanced	
		2020	2050	2020	2050
Central PV	6875	4525 (-2.8%/yr)	2468 (-2.0%/yr)	3446 (-4.6%/yr)	1381 (-3.0%/yr)
Rooftop PV	9500	6278 (-2.8%/yr)	3583 (-1.9%/yr)	4258 (-5.3%/yr)	2246 (-2.1%/yr)
Wind	1167	1124 (-0.3%/yr)	1043 (-0.2%/yr)	1082 (-0.5%/yr)	931 (-0.5%/yr)

RITEの想定は国際的に見てむしろ楽観的なほど

コストのモデル化



9

【各種積み上げ技術の費用】

【設備費】 / 【投資回収年数】 + 【運転・メンテナンス費】 + 【年間燃料費】

- 注1) 【運転・メンテナンス費】は設備費に対するある係数として、
 【年経費率】 $\equiv 1 / \text{【投資回収年数】} + \text{【対設備費の運転・メンテナンス費の比率】}$
 とし【年経費率】を各技術において想定している。
- 注2) 燃料費はモデル内で内生的に計算される。

【トップダウンモデル化部分の費用（消費効用の損失）】

技術積み上げの対象外となっているその他諸々のエネルギー消費については、最終エネルギー価格と省エネルギー量の関係を長期価格弾性値で表現。積分値が消費効用の損失と定義でき、それをトップダウン部分の削減費用としている。

DNE21+モデルの限界削減費用推定で用いた投資回収判断の年数



10

	投資回収年数	
	上限	下限
発電部門	10	6.7
その他エネ転部門	7	4.7
産業部門（エネルギー多消費産業）	10	6.7
運輸部門	5	3.3
（環境配慮型購買層）	10	
民生部門	3	2.0

注) 一人当たりGDPに応じて上記範囲内で地域別に想定。日本は上限値になるように想定。運輸部門の環境配慮型購買層は、実態の購買行動に比較的近くなるようにするために想定したもの。一人当たりGDPの上昇に伴って、運輸部門の購買において長期の投資判断を行う購買層が増大するものと想定した。

現実社会で観測される投資回収判断年数に近いと考えられる年数を想定。これによって、モデルで推定される限界削減費用は、炭素に明示的な価格づけ（炭素税や排出量取引）を行ったときに、社会で観測される炭素価格と理論的に等しくなる（「双対関係」を表現できる）。また、トップダウン型の経済モデルによる限界削減費用推定とも比較可能な推定となる。

投資回収判断の年数に影響を及ぼす事項



11

i) 投資実施者の要素

- ・ 収益・所得（および収益・所得の安定性）、資金的余裕
- ・ 純粋な時間選好率（性急さ）、成長割引（消費割引）
- ・ 情報入手や情報整理のコスト（時間など）
- ・ リスク選好

ii) 対象とする機器の特性

- ・ 機器のエネルギー効率や耐用年数に関する情報の質・量、不確実性、信頼性

iii) 外部環境

- ・ エネルギー価格に関する不確実性
- ・ 利子率
- ・ 企業経営に関わる株主による要求の違い（短期的収益達成かあるいは長期的収益達成か）

投資回収年数の想定例（オランダ環境研）



TIMERモデルにおける想定

	産業	運輸	民生	サービス	その他
日本	3.3	1.1	2.2	2.3	2.1
西ヨーロッパ	3.2	1.0	2.1	2.2	2.1
旧ソ連	1.0	0.5	0.9	1.1	1.0
中央・東ヨーロッパ	1.2	0.5	1.0	1.2	1.0
南米	1.5	0.75	0.8	0.8	0.8
西アフリカ	0.85	0.5	0.5	0.5	0.5
南アジア	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5
東アジア（日本除く）	1.2	0.7	1.0	0.65	0.6

出典：de Vries et al. (2001)

- ◆ 各国、各部門ともに想定されている投資における投資回収の判断年数はかなり短い
- ◆ 日本は他国に比べて比較的長い投資回収年数が用いられている。

観測された投資回収年数

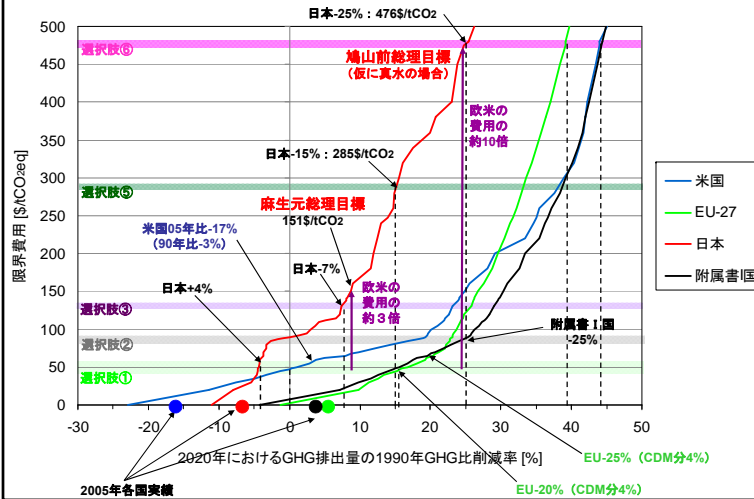


投資回収年数 もしくは割引率	投資実施者	投資対象	調査 地域	原著	参考文献
3年から5年 (回答総数の8割弱が この範囲を回答)	産業及び業務 部門の大規模 事業者	省エネ設備	日本	省エネルギーセンター (2004)	
1.8年から5年	一般消費者	市販が進んで いる乗用車	米国	EPA (2005)	
32%		断熱		Arthur D. Little (1984)	Sanstad (2006)
26%	一般消費者	断熱		Cole and Fuller (national survey, 1980)	Sanstad (2006)
7%から21%	一般消費者	暖房		Lin et al. (1976)	Christopher G.F. Bataille
36%		暖房		Goett (1978)	Sanstad (2006)
25%		暖房		Berkovec, Hausman and Rust (1983)	Sanstad (2006)
36%		厨房及び給湯		Goett (1983)	Sanstad (2006)
67%		給湯		Goett and McFadden (1982)	Sanstad (2006)
29%	一般消費者	エアコン	米国	Hausman (1979)	Sanstad (2006)
61%から108%	一般消費者	冷蔵庫		Cole and Fuller (1980)	Sanstad (2006)
45%から300%	一般消費者	冷蔵庫		Gately (1980)	Sanstad (2006)
34%から58%	一般消費者	冷蔵庫	米国	Meier and Whittier (1983)	Sanstad (2006)
18%から31%	一般消費者	電気製品		Lin et al. (1976)	Christopher G.F. Bataille

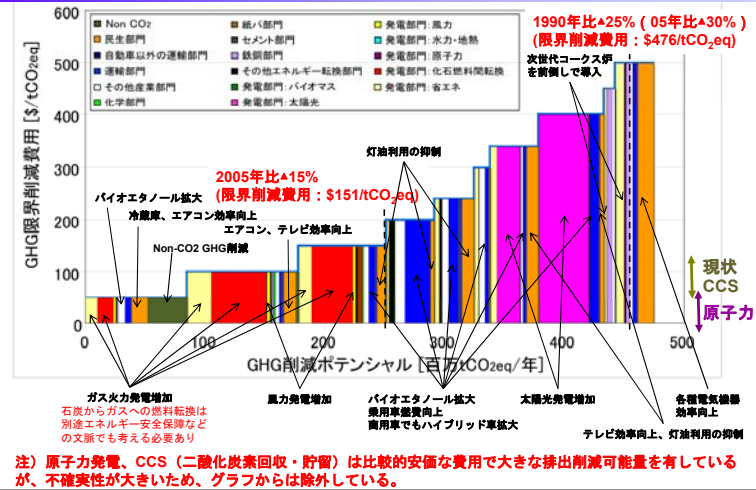
なお、投下資本利益率 (ROI: Return on Investment) は、通常、10-20%とされており、
投下資金回収年数としては5-10年

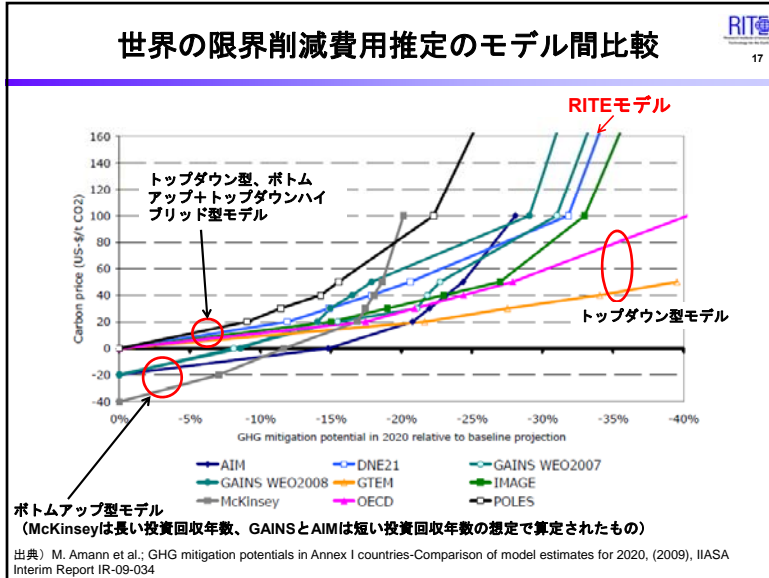
2020年の限界削減費用の分析例

2020年における限界削減費用曲線



2020年の日本の部門別・技術別・費用別の排出削減可能量

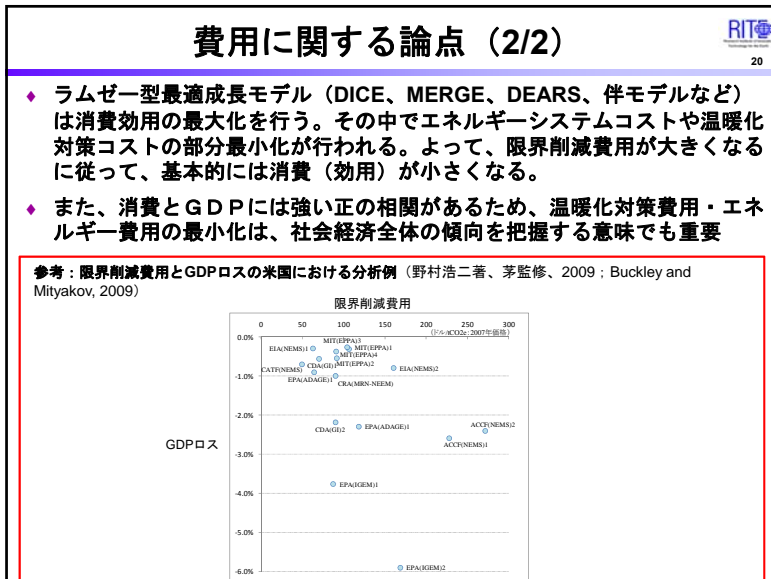




中期目標検討委員会後に見受けられたいくつかの論点に関して

費用に関する論点 (1/2)

1. 温暖化対策評価モデル（中心はエネルギーシステムモデル）の費用（限界削減費用）推定は妥当か？
 - 再生可能エネルギーをはじめ、モデルでは十分な技術進展を想定しており、将来のコストを楽観的に推定しているとの批判はまだしも、悲観的すぎに想定しているとの批判は妥当とは言えない。
 - 投資回収年数の想定はコスト推定に比較的大きな影響があるが、RITEの分析では現実の投資判断に近いと考えられる年数を採用。これによって、炭素税や排出量取引等における炭素価格と排出削減量の双対関係も分析・評価できる。
2. 温暖化対策費用は、経済社会全体の費用ではなく、評価の指標として不適當ではないか？
 - 温暖化対策費用・エネルギー費用は、確かに経済社会全体の費用ではない。しかし、それでも温暖化対策費用最小化等の分析が有効なのは、同じ対策を行うのであれば費用が小さい方がその分を他の消費支出に回せ、社会経済全体の効用が増すから（温暖化影響を考えない場合）。



環境制約は経済成長をもたらすのか

RIT 21

【外需増】（基本的には世界すべての国の衡平な削減が前提）

- 石油価格低減によって産油国への支払い減（TF分析。次頁）
- 環境製品を海外に多く販売することによる外需増（ライバルの動向次第であり、楽観的な期待感による分析は不適當）

【内需増】（支払ったコストによる効用の減少よりも得られる効用が大きく、正味の効用が大きくなっていくとき内需は増大）

- 環境対策によってエネルギーコストが現状よりもむしろ低減する場合（エネルギーへの支出低下分を他の消費に回すことによって効用が増大。しかし、通常はこのような状況が生じると考えるのは非現実的で、むしろ対策によるコスト増によって経済損失が起こると考えるべき。内生的技術習熟の効果については後のスライドで議論）
- 温暖化対策として支払う追加コストよりも、温暖化防止に貢献したという効用（満足感）がそれを上回る場合（現状では大きなギャップあり、この状態からは程遠い。後のスライド）

石油価格低減による費用負担の低減効果

RIT 22

前提条件が満たされない場合

ベースラインケース

附属書1国：現在掲げている目標
(90年比▲11~18%*)
非附属書1国：なりゆき

石油消費量：なりゆき

石油価格：なりゆき
2020年 90 \$/bbl程度を予想

従来推定の削減コスト・費用負担

* COP15前に各国が掲げた削減目標の集計結果による

前提条件が満たされた場合

排出削減ケース
(IPCC 450 ppm-CO2eq.シナリオ相当)

附属書1国：90年比▲25%
非附属書1国：なりゆきから約2割削減

石油消費量：2006~2030年の累積でなりゆきから約3%低減と推定

石油価格：2020年になりゆきから16~21%低下と推定 (71~76 \$/bbl)

より小さい削減コスト・費用負担が可能
化石燃料価格20%低下により（以下、KEOの分析）、
【真水▲10%+クレジット▲15%】のとき
GDPロス：▲1.3%⇒▲1.0%
家計負担：▲28.3万円⇒▲20.8万円 (26%負担低減)
【真水▲25%】のとき
GDPロス：▲5.6%⇒▲5.2%
家計負担：▲76.5万円⇒▲70.0万円 (9%負担低減)

内生的な技術進展の評価

RIT 23

◆ 中期目標分析では、技術習熟を想定したものの、時間軸による外生的な習熟を想定。導入が拡大することによって技術習熟が進むとする内生的な技術習熟を仮定した場合にはどう評価されるか？

太陽光、風力、自動車（FCV）について内生的技術習熟を想定しDNE21+で分析（コンポーネントを分解し、それぞれ技術習熟率を想定し、比較的詳細に分析）

3つの技術に限定してはいるものの、限界削減費用に与える影響はわずか

出典) F. Sano, K. Akimoto et al., Energy Journal, 2006

温暖化対応のあり得るパス

RIT 24

様々な分野に影響
将来より大きな影響
遠い国でより大きな影響

実感できず行動が遅れがち

温暖化影響・対策の知見集積が必要
政府による介入も必要
正確な認知のための広報活動も必要

真の温暖化影響被害

仮に行き過ぎた広報活動であっても、温暖化防止行動がより大きな効用をもたらすことになれば、温暖化対策によって短期的には経済はむしろ進展することも

しかし、真の温暖化影響被害が思っていたよりも小さいと気づいたとき、温暖化対策パブルは崩壊

ただし、有限なエネルギー資源の認識から、省エネ・脱化石エネルギーは、温暖化対策とは無関係に重要という認識は強まり、その面での効用は継続的に高まりやすいだろう

よって、真の温暖化影響被害と蓋然性の高い温暖化対策費用の分析をしっかりと進め、正しく情報発信していくことが、社会の長期的な効用増大のために重要

