

東京大学教養学部

2011年度冬学期

地球温暖化と経済学

第20-21回 地球温暖化（なぜ日本は25%削減なのか）

山口 光恒

1、鳩山前首相の国会答弁 2009年11月4日の衆議院予算委員会

ご案内の通り、IPCCの第4次の評価報告書というものがその間に出て参ったわけでございまして、.....平均の気温の上昇を（工業化以前に比べて）2℃以下におさめるためには、二酸化炭素（等価）濃度を450ppmに抑えなければならない。そのことを達成させるためには、（先進国は）2050年には80%、あるいは前倒しして2020年においては最低でも25%削減しなければならない。これを科学的な知見ということで、いろいろな科学的な知見があることを私も存じ上げているところでありますが、その中で厳しい一つの有力な知見というものに基づいて、私どもとしてもこれを達成させることが日本としての大きな役割ではないか、そして日本がこのことを提唱することによって他の国々にもよい影響を与えるのではないかと.....（カッコ内及び下線は筆者）

2℃目標（政治判断）→温室効果ガスの濃度を450ppmCO₂e（CO₂等価濃度）で安定→先進国が2050年には90年比80%、2020年に最低でも25%削減が必要→日本の中期目標を25%削減 ではなく2℃なのか（説明なし）

（表1）濃度安定化シナリオとそれに応じた気温上昇（6つのカテゴリー）

カテゴリー	CO ₂ 濃度 (ppm)	CO ₂ 等価濃度 (ppm)	気温上昇幅 (工業化後、℃)	ピーク年 (CO ₂ 排出量)	CO ₂ 削減率 2050/2000(%)	シナリオ数
I	350-400	445-490	2.0-2.4	2000-2015	-85~-50	6
II	400-440	490-535	2.4-2.8	2000-2020	-60~-30	18
III	440-485	535-590	2.8-3.2	2010-2030	-30~+5	21
IV	485-570	590-710	3.2-4.0	2020-2060	+10~+60	118
V	570-660	710-855	4.0-4.9	2050-2080	+25~+85	9
VI	660-790	855-1130	4.9-6.1	2060-2090	+90~+140	5

IPCC 第4次報告統合報告書 SPM に基づき作成

（表2）安定化濃度別先進国・途上国別排出削減割合（2020年及び2050年、基準年1990年）

Scenario category	Region	2020	2050
A-450 ppm CO ₂ -eq ^a	Annex I	-25% to -40%	-80% to -95%
	Non-Annex I	Substantial deviation from baseline in Latin America, Middle East, East Asia and Centrally-Planned Asia	Substantial deviation from baseline in all regions
B-550 ppm CO ₂ -eq	Annex I	-10% to -30%	-40% to -90%
	Non-Annex I	Deviation from baseline in Latin America and Middle East, East Asia	Deviation from baseline in most regions, especially in Latin America and Middle East
C-650 ppm CO ₂ -eq	Annex I	0% to -25%	-30% to -80%
	Non-Annex I	Baseline	Deviation from baseline in Latin America and Middle East, East Asia

IPCC (2007c) 776 頁

IPCCと2°C目標（科学の要請か）

Policy relevant but not policy prescriptive

今回のテーマ

- ① 工業化以後の気温上昇を2°C以内に抑えるべしとの主張（所謂2°C目標）
- ② その場合の先進国の削減目標は25~40%であるとの主張
- ③ その場合日本の削減目標は最低でも25%であるとの主張

2、2°C目標の合理性

1) 2°C目標の淵源 EUの2°C目標

Given the serious risk of such an increase and particularly the very high rate of change, the Council believes that global average temperatures should not exceed 2 degrees above pre-industrial level and that therefore concentration levels lower than 550 ppm CO2 should guide global limitation and reduction efforts. (EU (1996)). EU閣僚理事会
そのような気温上昇による深刻なリスク (serious risk)、とりわけその上昇率の高さに鑑み、閣僚理事会は地球の平均気温上昇は工業化以前に比べて2°Cを超えてはならず、従って世界はCO2濃度安定化レベルとして550ppm以下を目指して排出削減・抑制の努力をすべきである

何がSerious Riskか

知見の進展で2°Cつまり550ppmCO2→2°Cのみとなる（2004年）

2) G8サミットと2°C目標

前回講義レジュメ参照

ラクイラ 2009年 2010年のムスコカでは下線部分なし

We recognize the broad scientific view that the increase in global average temperature above pre-industrial levels ought not to exceed 2°C

COP16 in Cancun and endorsed by the G8 Summit at Deauville in May 2011

The Conference of the Parties *recognized* the urgent need of significant reduction in global GHG emissions with a view to hold the increase in global average temperature within 2°C above pre-industrial levels

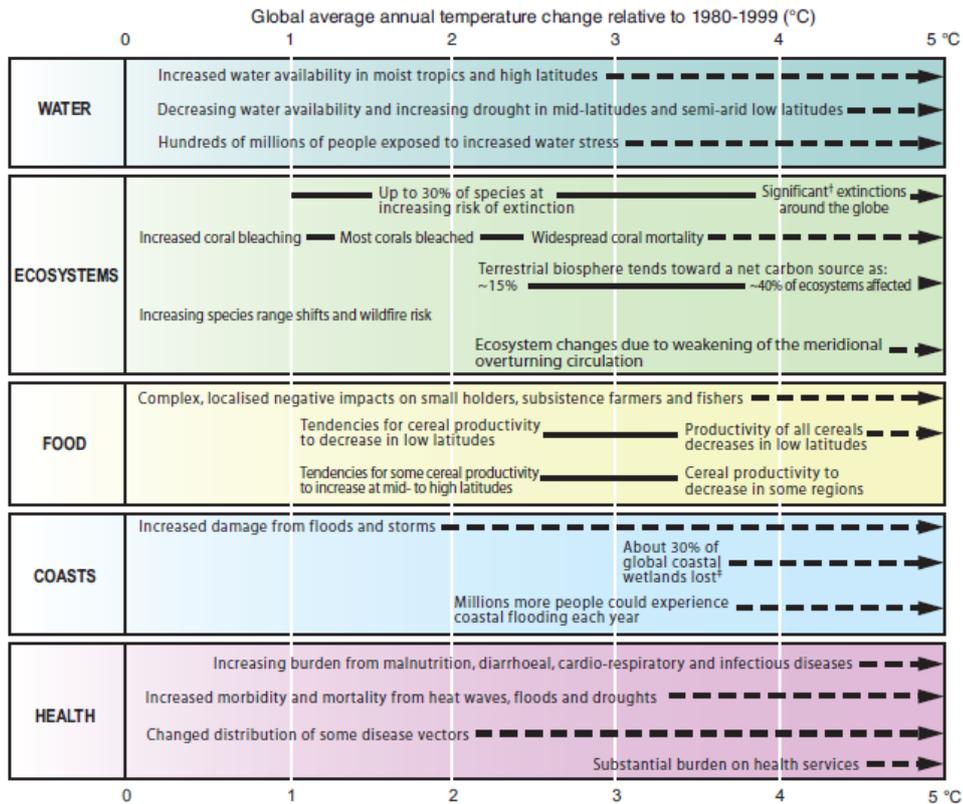
3) IPCC第4次報告書と2°C目標 但し起算年は1990年

It is very likely that all regions will experience either declines in net benefits or increases in net costs for increases in temperature greater than about 2-3°C.¹ (IPCC (2007b) 17 頁)

1~3°C以下の場合には場所やセクターによって+や-
適応もなし

¹ IPCC 報告書では very likely とは 90~99%の確率を指す。

IPCC 第4次報告書と 2°C目標の関係



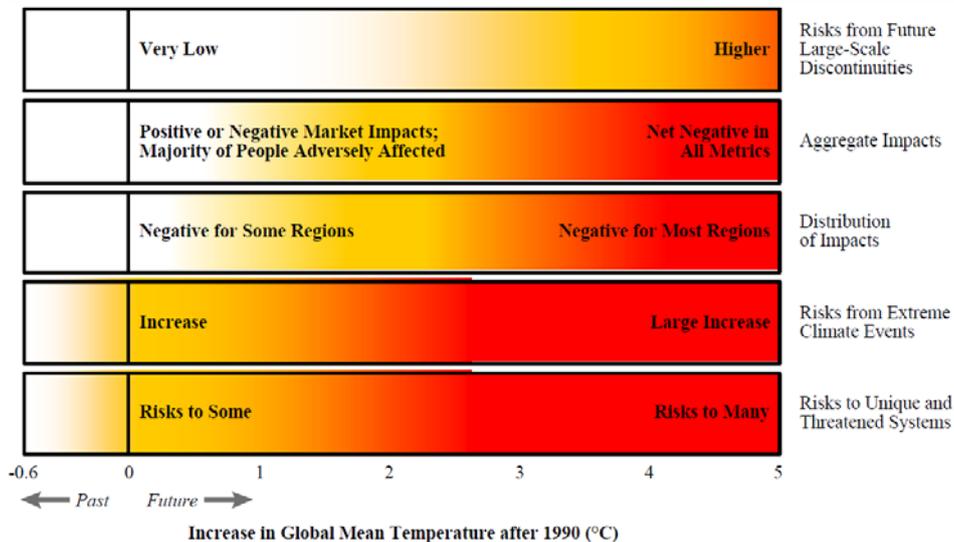
IPCC AR4 Synthesis SPM p.10

4) 温暖化対策の究極目標から見た2°C目標

気候変動枠組み条約第2条（目的）

この条約及び締約国会議が採択する関連する法的文書は、この条約の関連規定に従い、気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極的な目的とする。
 そのような水準は、生態系が気候変動に自然に適応し、食糧の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができるような期間内に達成されるべきである

危険な濃度とは（気温上昇と損害の関係）



環境と経済の両立に対するIPCC第4次報告書の記述

The choice of a stabilization level implies the balancing of the risks of climate change (risks of gradual change and of extreme events, risk of irreversible change of the climate, including risks for food security, ecosystems and sustainable development) against the risk of response measures that may threaten economic sustainability. There is little consensus as to what constitutes anthropogenic interference with the climate system and, thereby, on how to operationalize Article 2 (IPCC (2007c) p.97)

The criterion that relates to enabling economic development to proceed in a sustainable manner is a double-edged sword. Projected anthropogenic climate change appears likely to adversely affect sustainable development, with adverse effects tending to increase with higher levels of climate change and GHG concentrations. Conversely, costly mitigation measures could have adverse effects on economic development. This dilemma facing policymakers results in (a varying degree of) tension that is manifested in the debate over the scale of the interventions and the balance to be adopted between climate policy (mitigation and adaptation) and economic development. (IPCC (2007c) p.99)

費用便益分析

Nordhaus (1994), Nordhaus and Boyer (2000), Nordhaus (2008)など

問題点

非市場損害の金銭評価、割引率 (PRTP)、巨額な損害の評価、衡平性

割引率による差の実例

Stern (2007)では0.1%という極端に低い率を用いており、これに批判が集中した。これに対して後日Stern (2007)に含まれるようになったTechnical Annex to PostscriptでSensitive Analysisを行っている。それによれば1.5%の割引率を適用した場合の損害額の現在価値は、例えば市場損害 (大規模災害を含む) については、割引率0.1%のそれと比べて66%も低い数値となっている (668頁)。また、イギリスのCCC (2008) 21頁によると、2℃目標の費用便益ではPRTPとして0.1%~1.5%のいずれでも便益>費用との結果が出るとしつつ、これが2.25%を超えると逆転するとの結果を示している。

不可逆な大災害

不確実性はあるものの、大災害の典型的事例である南極大陸の氷床崩壊についてはむしろ否定的、熱塩循環の停止に関しては21世紀中に発生を予測するモデルはないとし、グリーンランドの氷床についても、もし工業化以前に比べて1.9~4.6℃の気温上昇が1000年間続くとその大部分が崩壊する (IPCC (2007a) p.88)

Fat Tail問題

Nordhaus (2009) vs. Weitzman (2009)

しかし費用便益分析は必要 Sachs (2004)

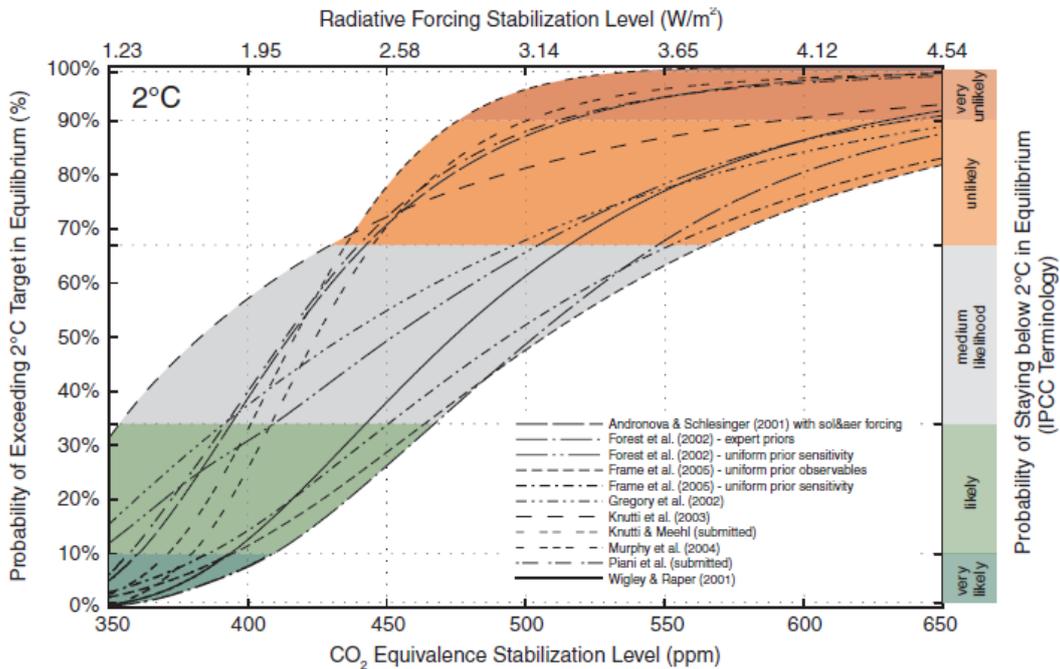
5) 不確実性と2℃目標

気候感度 2~4.5℃、最良推定値は3℃

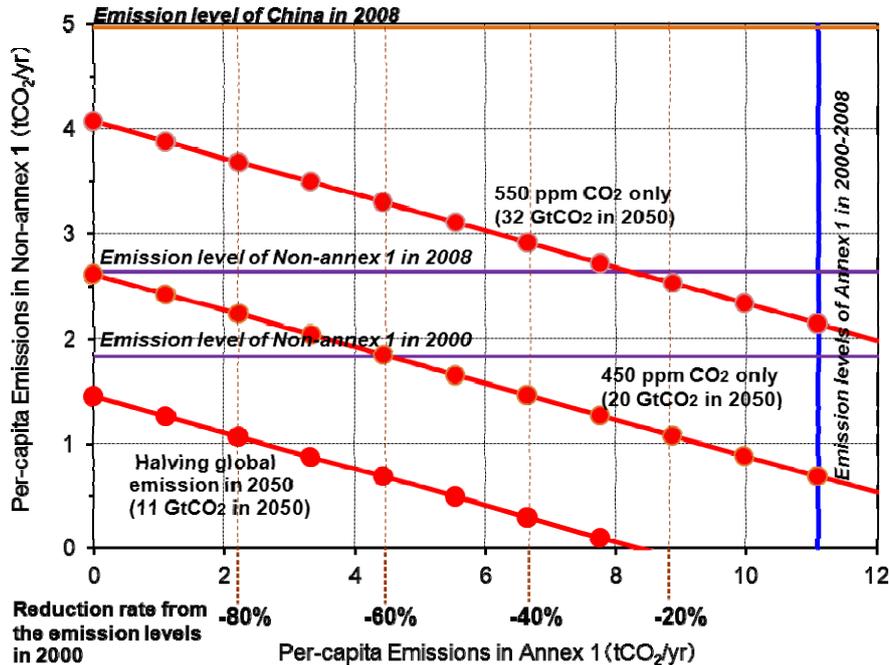
絶対的に2℃以下にする目標は不可能

次頁の図から、550ppm安定化の場合に2℃を超える確率は63~99% (逆に言えば2℃以下に収まる確率は1~37%)、475ppmでは38~90% (同10~62%)、400ppmでは8~57% (同43~92%)

安定化濃度別 2°Cを超える確率 Meinshausen, M. (2006)



世界半減目標の意味 (エネルギー起源 CO₂ のみ)



資料提供：(財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)

2000年の一人あたりCO₂排出量は227億t(先進国138億t、途上国89億t)、一人あたり排出量は3.7t(先進国11.0t、途上国1.8t)、国連の中位統計で2050年の人口は92億人(先進国14億、途上国78億人)。図から2050年半減(113.5億t)を目指すには先進国の一人あたり排出量を例えば2000年比で80%削減して2.2tとした場合には、人口増を考えた途上国の一人あたり排出量は1.1t(2008年比58%減)となり、たとえ先進国の排出量がゼロとなっても途上国の排出量は1.5t(同42%減)にとどまらざるを得ないことが分かる。

上記から2°C目標には合理的理由なし

さらにコペンハーゲンにおけるパラダイムの転換
更にコペンハーゲンにおけるパラダイムシフト（2009年12月）

3、先進国25~40%削減の根拠（表2参照）

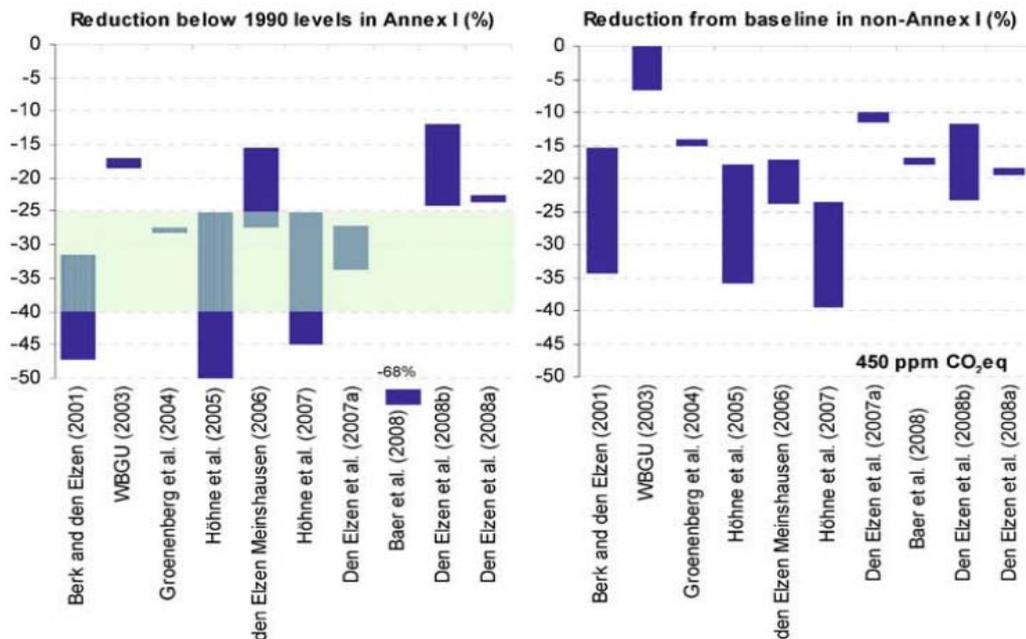
Scenario category	Region	2020	2050
A-450 ppm CO ₂ -eq ^b	Annex I	-25% to -40%	-80% to -95%
	Non-Annex I	Substantial deviation from baseline in Latin America, Middle East, East Asia and Centrally-Planned Asia	Substantial deviation from baseline in all regions
B-550 ppm CO ₂ -eq	Annex I	-10% to -30%	-40% to -90%
	Non-Annex I	Deviation from baseline in Latin America and Middle East, East Asia	Deviation from baseline in most regions, especially in Latin America and Middle East
C-650 ppm CO ₂ -eq	Annex I	0% to -25%	-30% to -80%
	Non-Annex I	Baseline	Deviation from baseline in Latin America and Middle East, East Asia

上記の基となった文献は 14 編、うち 450ppmCO₂e は 6 編（550 が 10、650 が 9）

百歩譲って仮に2°C目標が合理的な場合

表2は先進国と途上国の削減割合をC&C、Multi Stage、Triptychアプローチなど衡平性に関する様々な考え方で計算した論文を集計したものであり、各研究とも安定化経路等につきそれぞれ異なった前提をおいている。また、政治的実現可能性やコストは考慮していない。

450ppmCO₂e 達成に必要な先進国及び途上国の 2020 年の排出削減割合



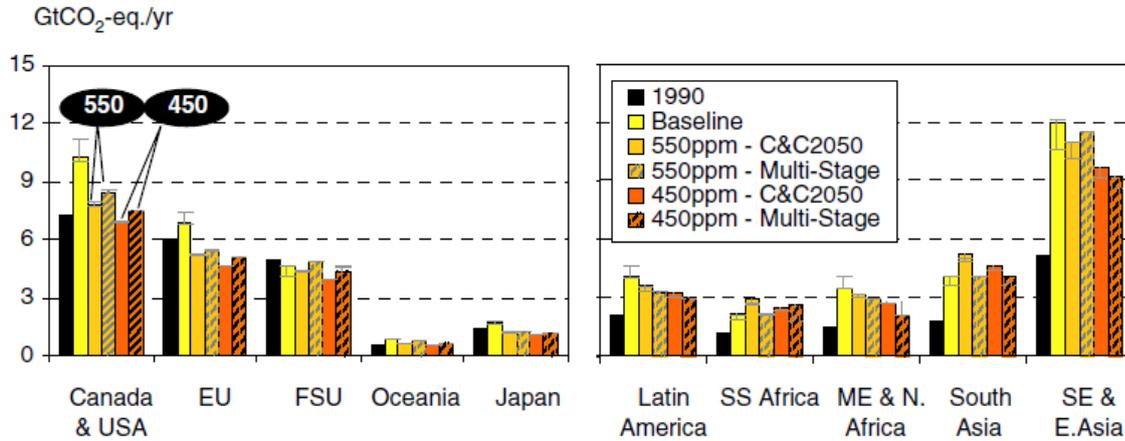
出典：den Elsen and Höhne (2008a) 先進国25-40%は50% intervalで出した数字

Den Elsen と Niklas Hohne の差

Den Elsen 一時的にOvershoot、2020年の排出量 90年比20~30%

Niklas Hohne 先憂後楽型、2020年の排出量 90年比5~15%

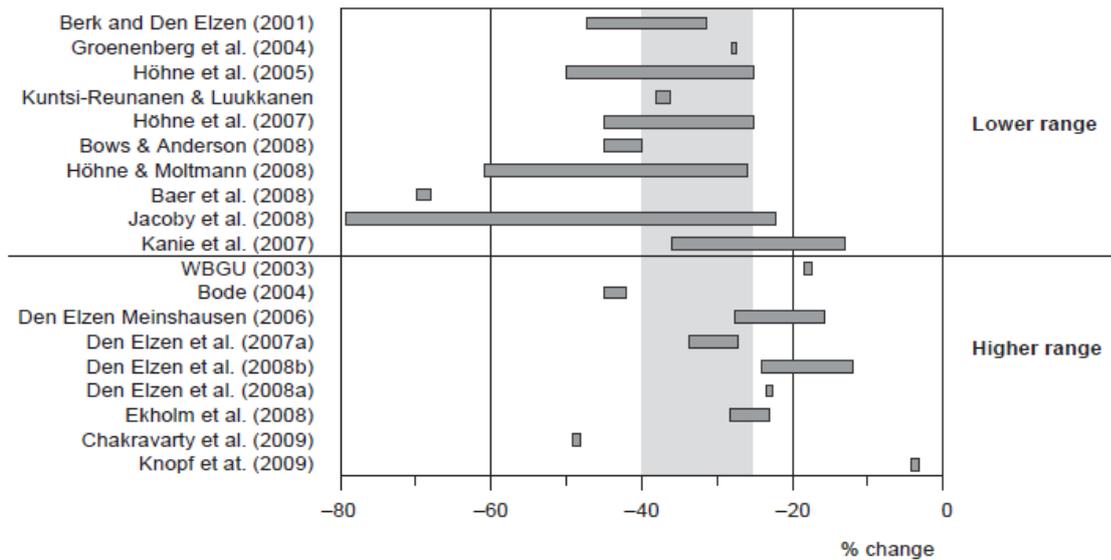
衡平性基準別・濃度別・地域別排出量 (2020年、LULUCFを除く)



出典:den Elsen et al. (2008b) 249 頁

450ppmCO₂e 達成に必要な 2020 年の先進国の削減率 (1990 年比)

Change relative to 1990 levels in developed countries, 2020 (400–450 ppm CO₂e)



出典 : den Elsen and Höhne (2010) 253 頁

2006年の温室効果ガス排出量は既に90年比25%も増加していること、コペンハーゲン合意の結果今後しばらくはPledge and Reviewで進むと考えられることから、Higher Rangeの方が現実的、この場合先進国の削減率は12%～34%程度

4、日本の削減率 (仮に先進国が25-40%であるとして)

下表は先進国の削減率を20及び30%とした場合の各種衡平性基準の下での日本の削減率。全ての場合日本の削減率は先進国合計よりも少ない。

6種類の基準の下での日米EUの削減率% (2020年/1990年)

	同率削減 ①	MAC均等②	Cost/GDP均等取引なし ③	Cost/GDP均等取引あり ④	排出量/人口均等 ⑤	Triptych
日本	-9	±0	-8	-11	-18	-8
米国	±0	±0	+1	+1	-2	±0
EU27	-27	-26	-30	-31	-22	-25
先進国計	-20	-20	-20	-20	-20	-20
上段：先進国全体で20%削減、下段：同30%削減						
日本	-20	-13	-20	-25	-28	-15
米国	-12	-14	-13	-10	-14	-16
EU27	-36	-34	-39	-42	-32	-32
先進国計	-30	-30	-30	-30	-30	-30

出典：den Elsen et al. (2009) Table 4 から抜粋。

5、日本の対応

究極目標の発信

その際、MDGsなど他との資源配分問題、適応考慮

科学的知見の見直し

先進国間の衡平性に関する指標の提案

軍事予算や宇宙開発予算との関係

参考文献

- 秋元圭吾・森俊介・林礼美・本間隆嗣・佐野史典・小田潤一郎・友田利正・茅陽一 (2008) 「温暖化長期安定化目標はどう考えるべきか？」 エネルギー・資源学会論文誌 Vol. 29, No. 3, 2008年5月 エネルギー・資源学会 7-14 http://www.jsr.gr.jp/journal/journal_pdf/2008/journal200805_2.pdf
- 山口光恒 (2006) 「合意のない気候変動政策の目標と長期戦略」 *国際問題* No. 552 (2006年6月) 国際問題研究所 19-31
- CCC (2008), “Chapter 2 Technical Appendix: Integrated Assessment Modelling”, Committee on Climate Change, December 1, 2008
- den Elsen, M.G.J. and Höhne, N., (2008a), “Reductions of greenhouse gas emissions in Annex I and non-Annex I countries for meeting concentration stabilization targets, An editorial comment”, *Climatic Change*, Volume 91, Nrs 3-4, 249-274
<http://www.environmentportal.in/files/cc-2008-CliChan-jour.pdf>
- den Elsen, M.G.J., Lucas, P.L. and van Vuuren, D.P., (2008b), “Regional abatement action and costs under allocation schemes for emission allowances for achieving low CO₂-equivalent concentrations”, *Climatic Change*, Volume 90, Nr. 3 243-268
<http://www.springerlink.com/content/q14328j1822q4723/fulltext.pdf>
- den Elzen, M.G.J., Höhne, N., van Vliet, J., (2009), “Analysing comparable greenhouse gas mitigation efforts for Annex I countries”, *Energy Policy* 37, 4114-4131
- den Elsen, M.G.J. and Höhne, N. (2010), “Sharing the reduction effort to limit global warming to 2 °C”, *Climate Policy* Vol. 10 Issue 3 2010
- EU (1996), “A Community Strategy to reduce CO₂ Emissions and Improve Fuel Economy - Council Conclusions”, 1939’s Council meeting, June 25, 1996
- G8 Declaration (2009), “Responsible Leadership for a Sustainable Future”
- IPCC (2007), “*Climate Change 2007: Synthesis Report, Summary for Policymakers, An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*”, Cambridge University Press
- IPCC (2007a), “*Climate Change 2007, The Physical Science Basis, Working Group 1 Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*”, Cambridge University Press
- IPCC (2007b), “*Climate Change 2007, Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group 2 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*”, Cambridge University Press
- IPCC (2007c), “*Climate Change 2007, Mitigation of Climate Change, Working Group 3 Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*”, Cambridge University Press
- IPCC (2010), “Statement on IPCC principles and procedures”, February 2, 2010
<http://www.ipcc.ch/pdf/press/ipcc-statement-principles-procedures-02-2010.pdf>
- Meinshausen, M. (2006) , “What Does 2°C Target Mean for Greenhouse Gas Concentrations? A Brief Analysis Based on Multi-Gas Emission Pathways and Several Climate Sensitivity Estimates,” H.J. Schellnhuber ed., *Avoiding Dangerous Climate Change*, Chapter 28
- Nordhaus, W. (1994), “*Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*”, MIT Press 邦訳「地球温暖化の経済学」室田泰弘・山下ゆかり・高瀬香絵訳 東洋経済新報社 2002年
- Nordhaus, W. and Boyer, J. (2000), “*Warming the World: Economic Modeling of Global Warming*”, MIT Press
- Nordhaus, W. (2008), “*A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*”, Yale University Press
- Nordhaus, W. (2009), “An analysis of the Dismal Theorem”, Cowles Foundation Discussion Paper No. 1686, Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University, January 2009,
<http://cowles.econ.yale.edu/P/cd/d16b/d1686.pdf>
- Sachs, J. (2004), “Seeking a global solution, The Copenhagen Consensus neglects the need to tackle climate change”, Commentary, *Nature* Vol. 430 12 August 2004
- Stern N. (2007), “*The Economics of Climate Change, The Stern Review*”, Cambridge University Press
- Tirpak, D. (2009), “Unpacking the Bali Box, IPCCWG3 – Table 13.7”, Presentation at AWG-LCA technical briefings 2009,
http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/unpacking_the_bali_box.pdf
- Weitzman, M. L. (2009), “Reactions to the Nordhaus Critique”, Harvard University, Mimeo March 2009
<http://www.economics.harvard.edu/faculty/weitzman/files/ReactionsCritique.pdf>

Yamaguchi, M et al. (2012) “Climate Change Mitigation – A Balanced Approach to Climate Change”, Springer, forthcoming