

カーボン・バジェット・アプローチに基づく 日本の中長期的な温室効果ガス排出経路

明日香壽川¹ 倉持壮² Hanna Fekete³ 田村堅太郎² Niklas Höhne^{3,4}

2014年10月

¹ 東北大学 東北アジア研究センター

² 公益財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES) 気候変動とエネルギー領域

³ Ecofys (ドイツ)

⁴ ワーヘニンゲン大学 環境システム分析グループ (オランダ)

要約

本研究は、産業革命前からの地球温暖化を一定のレベルに抑制するための累積温室効果ガス (GHG) 排出許容量である世界全体のカーボン・バジェットと、GHG排出削減努力の各国分担において広く参照される公平性基準に基づいた努力分担方法を用いて、日本に「公平」に割り当てられるカーボン・バジェットを算出した。同時に、日本について算出されたカーボン・バジェット内に排出量を抑えるための2100年までの例示的なGHG排出経路も明らかにし、本研究でのレファレンス・シナリオである日本の現行の中長期温暖化対策数値目標の下での累積GHG排出量およびGHG排出経路 (Nationally Committed Amount : NCA) と比較した。

その結果、努力分担方法として、1) 一人当たり排出量の収斂 (CPE)、2) 共通だが差異化された収斂 (CDC)、3) 温室効果発展権利 (GDRs) の3つを用い、産業革命以降の全球平均気温上昇を2°C以下に抑制する (2°C目標) ために必要な1990~2100年の世界全体のカーボン・バジェットを1800Gt-CO_{2e} (土地利用・土地利用変化・林業を除く) と設定した場合、CPEおよびCDCの下では、同時期に日本に割り当てられるカーボン・バジェットはそれぞれ51Gt-CO_{2e}および54Gt-CO_{2e}と算出された (図参照)。この量は、NCAに基づく2100年までの累積GHG排出量の50~60%程度である。また、日本は2013年までに約31Gt-CO₂のGHGを排出しており、仮に日本が現在のGHG排出レベルを維持するとした場合、CPEおよびCDCで割り当てられるカーボン・バジェットを2030年代初めには使い切ってしまうことになる。一方、GDRsの場合、1990~2100年の日本のカーボン・バジェットは、日本が持つ「責任」と「能力」の大きさのためマイナス値となる。

2°C目標達成に十分かつ「公平」な日本のGHG排出量は、CPEおよびCDCで2014年からただちにGHG排出削減を開始する場合、2020年においては1990年比-22~-27%、2030年にお

いては1990年比-54~-66%となる。一方、現行の政府公約に従って2020年以降にGHG排出削減を開始する場合、2030年のGHG排出削減量はより大きいものになる。

本研究では、現行の日本政府のGHG排出削減目標に基づく2020年から2050年までの年間平均GHG排出削減量は、CPEの下で2014年から即時にGHG排出削減行動を取る場合に必要な年間平均GHG排出削減量にほぼ等しいことも明らかにした。

以上の結果は、日本がカーボン・バジェットおよび一般的な公平性基準を考慮するのであれば、排出削減を先延ばしせず2020年目標を現行のものより野心的なものにして累積GHG排出量を押さえ、2020年からの年間平均GHG削減量をより現実的なレベルに抑えることが好ましいことを示唆する。

一方、GHG排出削減の先延ばしは、GHG排出の固定化（ロック・イン）を招き、将来の選択肢を限定する。現在、日本において建設が計画されている新規火力発電所（11.4GW）がすべて石炭火力発電となると仮定すると、40年間の稼働年数の間に排出するGHG総量は2.7 Gt-CO₂eに上り、これは日本に残されたカーボン・バジェットの12~14%を占める。

また、仮に2014年8月時点で運転再開の申請が行われている13発電所の原子炉19基すべてが再稼働した場合、運転期間40年、設備利用率70%を想定すると、回避される総CO₂排出量は試算されたカーボン・バジェットの7~8%程度になる。また、2030年時点での19基の再稼働によるCO₂排出回避量は、日本の1990年CO₂排出量の約5%となる。

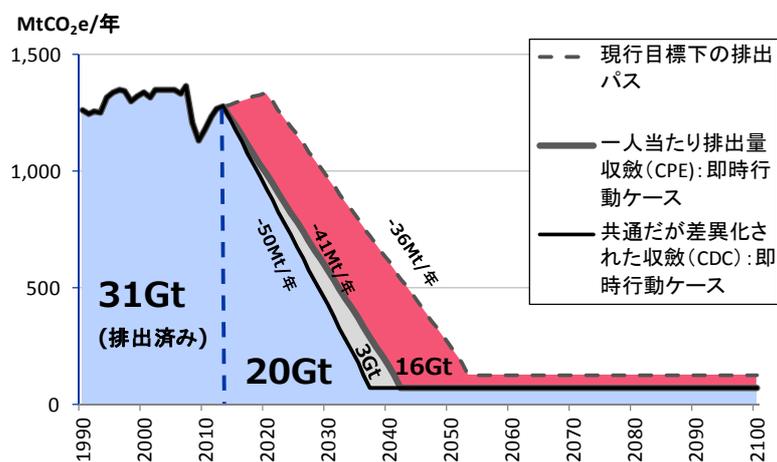


図 カーボン・バジェット・アプローチおよび現行政府目標下での日本の例示的 GHG 排出経路

政策との関連

国際的に合意された2°C目標を達成するには、世界全体での累積GHG排出量を限度内に抑えなければならない。しかし、公平性を考慮した一定のルールの下で各国に累積GHG排出量の上限を設けるカーボン・バジェット・アプローチの考え方や具体的な公平性に関わる基準や原則は、日本のGHG排出削減数値目標を設定する際になかなか議論されて来なかった。逆に、現在、日本では2011年の福島第一原発事故後に石炭火力発電所の新設計画が相次いでおり、これは大量のGHG排出を2050年まで長期にわたり「固定化（ロック・イン）」することになる。本研究では、日本の現行の温暖化対策数値目標と、科学的な分析に基づく「公平な排出削減努力分担」から求められる数値目標との差異について定量的に算出し、気候変動政策およびエネルギー政策のあり方について具体的に論じた。

お問い合わせ

公益財団法人地球環境戦略研究機関 気候変動とエネルギー領域

〒240-0115 神奈川県三浦郡葉山町上山口 2108-11

Tel: 81-46-855-3860 Fax: 81-46-855-3809

URL: <http://www.iges.or.jp>, E-mail: ce-info@iges.or.jp

目次

1. はじめに	6
2. 最近の日本における GHG 排出.....	7
3. 方法.....	9
3.1. 国家間の GHG 排出削減努力分担.....	9
3.2. 削減努力シナリオ、残余バジェット、例示的 GHG 排出経路.....	11
4. 結果.....	13
4.1. カーボン・バジェットの算出.....	13
4.2. カーボン・バジェットに基づく例示的 GHG 排出経路.....	14
4.3. カーボン・バジェット内に抑えるための追加的クレジット.....	16
5. 議論.....	17
5.1. 研究結果の意義	17
5.2. 日本のエネルギー政策への示唆.....	18
5.3. 研究方法に関する議論	19
6. 結論.....	21
参考文献	23
脚注	26

<単位・頭字語・略語一覧>

単位・頭字語・略語	説明
BAU	なりゆき (Business As Usual) : 追加的な政策がない場合の GHG 排出量などの予測シナリオ
CPE	一人当たり排出量収斂 (Converging Per Capita Emissions) : 温室効果ガス排出削減努力分担方法の一種類
CDC	共通だが差異化された収斂 (Common but Differentiated Convergence) : 温室効果ガス排出削減努力分担方法の一種類
GDRs	温室効果発展権利 (Greenhouse Development Rights) : 温室効果ガス排出削減努力分担方法の一種類
C&C	収縮と収斂 (Contraction and Convergence) : 温室効果ガス排出削減努力分担方法の一種類
CO ₂	二酸化炭素
CO ₂ e	二酸化炭素換算
GHG	温室効果ガス (Greenhouse Gases)
Gt	ギガトン=10 億トン (重量単位)
GW	ギガワット=10 億ワット=100 万キロワット (発電設備容量単位)
IPCC AR5	気候変動に関する政府間パネル第 5 次評価報告書 (Intergovernmental Panel on Climate Change 5 th Assessment Report)
KP	京都議定書 (Kyoto Protocol)
KP-CP1	京都議定書第一約束期間 (2008~2012 年 : Kyoto Protocol 1 st Commitment Period)
KPTAP	京都議定書目標達成計画 (Kyoto Protocol Target Achievement Plan) : 日本政府による京都議定書目標達成のための計画および施策。各セクターの数値目標などを含む。
kW	キロワット (発電設備容量単位)
kWh	キロワット時=3.6 メガジュール (発電量およびエネルギー単位)
LULUCF	土地利用・土地利用変化及び林業分野における CO ₂ 吸収源活動
MJ	メガジュール=100 万ジュール (エネルギー単位)
Mt	メガトン=100 万トン (重量単位)
NCA	Nationally Committed Amount: 本研究でレファレンスとして設定した日本の現行の中長期温暖化対策数値目標 (2020 年および 2050 年) の下での累積 GHG 排出量および GHG 排出経路
SRES	IPCC による「排出シナリオに関する特別報告書 (IPCC Special Report on Emissions Scenarios)」
UNFCCC	国連気候変動枠組条約 (United Nations Framework Convention on Climate Change)

1. はじめに

日本は将来のエネルギー政策および気候変動政策の方向を定める上で分水嶺に立っている。2009年12月、デンマークのコペンハーゲンで開催された国連気候変動枠組条約（UNFCCC）第15回締約国会合（COP15）において、当時与党であった民主党主導の日本政府は、2020年までに温室効果ガス（GHG）排出量を、「すべての主要国による公平かつ実効性のある枠組みの構築と野心的な目標の合意」を前提に、1990年レベルから25%削減すると約束した（UNFCCC 2009）。このいわゆる「コペンハーゲン目標」は、主に原子力発電所の増設による達成を見込んでいた（METI 2010）。しかし、2011年の福島第一原子力発電所の事故後、原子力発電の拡大による電力の低炭素化は困難になった。したがって、2013年、ポーランドのワルシャワで開催されたCOP19では、現自民党政権が、COP15における25%削減目標を見直した新たな目標（「ワルシャワ目標」）を公式表明した。この2005年比3.8%削減を目指す新目標は、1990年比3.1%増に相当し、2020年時点での原子力発電量をゼロと想定した暫定的なものとして位置づけられている。一方で日本政府は、2012年に、2050年までにGHG排出量の80%削減を目指す長期目標を盛り込んだ第4次環境基本計画を閣議決定している（MOE 2012）。

日本の気候変動政策およびエネルギー政策が不透明な中、地球規模の気候変動は以前に増して喫緊な問題となっている。2013年10月に気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第1作業部会（WG1）が公表した第5次評価報告書（AR5）では、気候変動に関する科学的な検証を詳細に行っている（IPCC 2013）。同報告書では、地球温暖化を一定のレベルに抑制するためのGHG累積排出量の上限である「カーボン・バジェット」の概念が明確に示された。

現在、UNFCCCの下、条約締約国は、全球平均気温上昇を産業革命以前比で2°C以内に抑えることを目指すことに合意している（いわゆる2°C目標）。この合意は、論理的に考えれば、累積GHG排出量の管理を2°C目標達成に向けた長期的な国家間のカーボン・バジェットとの整合性を持って行うことの重要性、および各国のGHG排出量削減数値目標をカーボン・バジェットとの整合性に照らし合わせて策定・評価することの重要性を示している（Tamura 2014）。

世界全体でのカーボン・バジェットを設定し、その中で一定のルールの下に国毎のカーボン・バジェットを割り当てて各国のGHG排出削減努力の分担の大きさを決めるアプローチ（本稿におけるカーボン・バジェット・アプローチ）は、すでに複数の研究グループや政府が提案している（WBGU 2009; Horstmann and Scholz 2011; BASIC Experts 2011）。この方法では、世界のカーボン・バジェットは、特定の公平性などに関する基準や原則に基づいて各国・地域に分配される。例えばドイツのEcofysは、オーストラリアおよびEUに対する国・地域別のカーボン・バジェットと、長期的なカーボン・バジェット内で排出量を管理するための具体的なGHG排出経路を複数のGHG排出削減努力分担方法を用いて算出している（Höhne and Moltmann 2009; WWF Australia 2013; de Vos et al. 2014）。

本研究は、国際社会が持つ2°C目標の達成と一般的な公平性原則の両方に整合的な日本のカーボン・バジェットおよびGHG排出経路を明らかにする。また、日本において排出削減の開始が遅れた場合の影響を定量的に求め、算出した「公平」なカーボン・バジェットやGHG排出経路が、日本政府が現在掲げる中長期的なGHG排出目標や具体的なエネルギー政策との整合性を有するか否かについても明らかにする。

2. 最近の日本における GHG 排出

本節では、日本における近年の GHG 排出状況を簡述する。

図 1 は、1990～2012 年の日本の年度別 GHG 排出実績を示す。京都議定書第一約束期間（KP-CP1:2008～2012 年）において、日本は 1990 年比 6%削減を目標とした。福島第一原発事故以降 GHG 排出量が増加したにもかかわらず日本はこの KP-CP1 目標を達成している（MOE 2014）。土地利用・土地利用変化および林業分野の吸収源活動（LULUCF）の実質削減量および海外からの京都ユニット 購入による削減を計上すると、日本は KP-CP1 に 1990 年比平均 8.4%の GHG 排出削減を実現したことになる（MOE 2013）。

しかし、2008～2012 年までの日本国内の年間平均 GHG 排出量は 1990 年比 1.4%増である（LULUCF を除く）。KP-CP1 の 5 年間に海外から獲得した京都ユニットの平均は年間 74Mt-CO₂e であり、これは 1990 年の排出量の約 6%に相当する。2008～2010 年の間に見られる GHG 排出量の急落は、主に 2008 年に発生した世界金融危機によるもので（MOE 2011）、日本の KP-CP1 の目標達成に大きく寄与したといえる。

図 2 は、日本の 1990～2012 年の一人当たり GHG 排出量および GDP 当たり GHG 排出量の推移を示す（2005 年米ドル値）。これより日本における GDP 当たり GHG 排出量は 1990～2012 年に 13%減少したものの、一人当たりの GHG 排出量はわずかながら上昇していることがわかる。

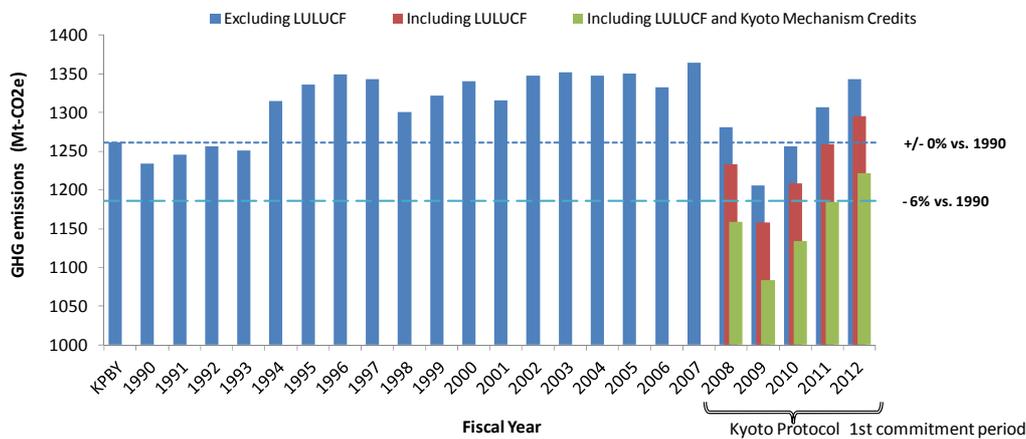


図 1. 日本の年間 GHG 排出量（1990～2012 年）

注：年間京都ユニット取得量は 2008 年から 2012 年までに獲得した総ユニットの 5 年間平均

出典：温室効果ガスインベントリオフィス（GIO 2014）のデータに基づき Kuramochi（2014）作成を改変

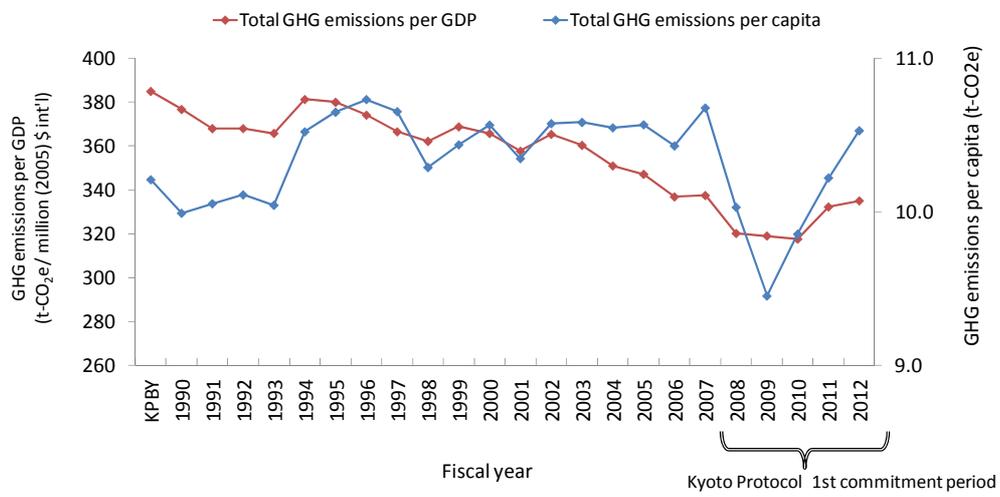


図 2. 日本の一人当たり GHG 排出量および GDP 当たり GHG 排出量 (1990~2012 年)

注：GDP データは購買力平価 (PPP) に調整して実質 2005 年国際ドルを使用

出典：GIO (2014) の GHG 排出量データおよび世界銀行 (2013) の人口および GDP (PPP ベース) データに基づき Kuramochi (2014) 作成を改変

3. 方法

本研究は、Ecofys が開発した Evolution of Commitments (EVOC) のバージョン 8 を用い、Höhne and Moltmann (2009) の分析を発展させたものである。EVOC は気候変動政策決定補助ツールであり、複数の国際気候変動将来枠組みの制度設計のもとでの各国の GHG 排出量などを定量化する。Höhne and Moltmann (2009) では、LULUCF を除く世界の GHG 排出量は 2050 年までに 1990 年レベルから 80%削減されると想定する。また、1990~2100 年における世界のカーボン・バジェットあるいは累積 GHG 排出許容量は、LULUCF を除くと約 1800Gt-CO_{2e}、LULUCF を含めると 1600Gt-CO_{2e} と設定する。これは CO₂ 換算濃度では、およそ 400ppm の安定レベルに達する量であり、高い確率で 2°C 目標を達成する (Höhne et al. 2014a)。

なお、国別カーボン・バジェットなどの算出においては、IPCC の「排出シナリオに関する特別報告書 (Special Report on Emissions Scenarios: SRES)」(Nakicenovic et al. 2000) における国内総生産 (GDP) や人口といった主要な経済社会成長要因を踏まえた異なる前提を設けた 6 つの参照シナリオの全てを考慮した中央値を用いている。

3.1. 国家間の GHG 排出削減努力分担

GHG 排出削減努力の分担方法に関する既存研究は数多くあり、大部分は、次の 4 つの基準のうちの 1 つ、あるいは複数個を参照している (Höhne et al. 2014a)。それは、(i) 責任 (歴史的 GHG 排出量)、(ii) 能力 (所得)、(iii) 平等 (一人当たり GHG 排出量均等)、(iv) 費用対効果、である。このうち、(i)、(ii)、(iii) は、明確な公平性原則に基づいている (Höhne et al. 2014a)。IPCC 第 5 次評価報告書 (IPCC AR5) の第 3 作業部会報告書 (IPCC 2014) および Höhne et al.

(2014a) は、上記 4 つの基準に対して、さらに 2 つ以上の基準を組み合わせた (v) 責任・能力・発展権利 ((i) と (ii) の組み合わせ)、(vi) 均等な一人当たり累計 GHG 排出量 ((i) と (iii) の組み合わせ)、(vii) 段階的方法 ((i) から (iii) の組み合わせ) の 3 つを加えた計 7 つに、各基準を参照している大部分の努力分担方法は分類できるとしている。

本研究では、上記の公平性の基準、原則、そして努力分担方法の分類を考慮した次の 3 つの GHG 排出削減努力分担方法を用いて日本のカーボン・バジェットを算出した。それらは、1) 一人当たり排出量の収斂 (Converging Per Capita Emissions: CPE)、2) 共通だが差異化された収斂 (Common but Differentiated Convergence: CDC)、3) 温室効果発展権利 (Greenhouse Development Rights: GDRs) である。

各分担方法の概要を以下で説明する (表 1)。CPE は 1990 年代に Global Common Institute (GCI) が提案した「収縮と収斂 (Contraction and Convergence: C&C)」を参考にしているⁱⁱ。一方、CDC および GDRs は複数の公平性基準に基づいている。CDC は CPE を「改良」する形で Höhne et al. (2006) が考案し、前述の (vii) の「段階的方法」(Höhne et al. 2014a) に分類され、(i) から (iii) の公平性基準を全て含む。GDRs は世界全体のカーボン・バジェットをもとに、GHG 排出の成り行きシナリオ (BAU) からの排出削減必要量を 2 つの公平性基準 (「責任」と「能力」) に従って国家間で分担する (Baer et al. 2007)。同時に一人当たりの GDP が一定レベルの閾値以下の人については、「発展する権利」があるとして国に関係なく削減義務を負わせない設定となっている。よって GDRs では、高所得・高排出国に割り当てられるカーボン・バジェットは低所得・低排出国のそれらに比べ少なくなる。

この 3 つの GHG 排出削減努力分担方法に加え、本研究では日本政府が現在掲げる 2020 年および

表 1. 3つの GHG 排出削減努力分担方法の概要

努力分担方法	概要	公平性基準		
		責任	能力	平等
一人当たり排出量 収斂 (Converging Per Capita Emissions: CPE)	国の発展度や GHG 排出量に関わらず、各国は、予め決められた年（本研究では 2050 年に設定）までに一人当たり GHG 排出量を現在の水準から全世界共通の一定水準に収斂する。世界全体の累計 GHG 排出量は世界全体のカーボン・バジェット内に留める。現在一人当たりの排出量が極めて低い途上国には成り行きシナリオ（BAU）の累積排出量の排出枠が与えられる。			X
共通だが差異化された収斂 (Common but Differentiated Convergence: CDC)	CPE と同じく、各国は 2050 年までに均等な一人当たり GHG 排出量に収斂する。しかし、UNFCCC 非附属書 I 国には、一人当たり GHG 排出量が一定水準に達した時にのみ数値的な削減目標達成義務が生じる。この一定水準とは、世界で徐々に GHG 排出量が減少する過程における一人当たり GHG 排出量の世界平均に対する割合（68%-71%、SRES 参照シナリオによって異なる）と定義される。非附属書 I 国の後発的な削減義務を認めることにより、当該国の一人当たり GHG 排出量（平等）、経済発展度合い（能力）、世界全体の GHG 排出量に占める歴史的割合（歴史的責任）を一定程度考慮している。一人当たり GHG 排出量が一定レベルに達しない限り削減義務が生じないため、いかなる国にも BAU シナリオ以上の排出枠は与えられない。	X	X	X
温室効果発展権利 (Greenhouse Development Rights: GDRs)	世界全体の炭素排出許容量を、能力（所得）および責任（1990 年以降の歴史的 GHG 排出量）という二つの公平性基準に基づき BAU からの削減必要量を国家間に分配する。高所得・高 GHG 排出国は、低所得・低 GHG 排出国に比べ、割り当られるカーボン・バジェットは小さい。GHG 排出削減義務が課される最低所得水準は、Baer et al. (2007) が提案する 7500 米ドル（2005 年実質）/年を本研究では用いている。	X	X	

出典：Höhne and Moltmann (2009)、Höhne et al. (2014a)

2050年までのGHG排出削減数値目標におけるGHG排出経路および累積GHG排出量も提示する（これをNationally Committed Amount: NCAと呼ぶ）。前述の通り、現行の日本政府のGHG排出削減数値目標は、2020年には1990年比3.1%増、2050年には1990年比80%削減である。2100年までのNCAにおけるGHG排出経路の算出には、日本のGHG排出量が2013～2020年までの7年間で2020～2050年の30年間に直線的に変化し、2050～2100年の平均年間GHG排出量が1990年レベルの10%であると想定する。なお、前述のようにNCAは削減努力分担に関する公平性の基準や原則を参照していないことから、本研究ではレファレンスとして扱う。

3.2. 削減努力シナリオ、残余バジェット、例示的GHG排出経路

Höhne and Moltmann (2009) は、特定の国・地域のカーボン・バジェットおよび2100年までのGHG排出経路を算出しており、これは、2010年以降に世界で大幅な排出削減行動が取られることを前提にしている。しかし、2014年現在、日本を含めた多数の国々は、2°C目標達成のために必要なレベルの削減努力をしていない。したがって、本研究では、GHG排出削減行動の遅れが2100年までのGHG排出経路に及ぼす影響を分析するため、積極的な削減行動の開始年が異なる以下の2つのシナリオ下でのGHG排出経路を算出する。

シナリオ A : 2014年から即時に排出削減

GHG排出削減の開始年を2014年とし、日本が与えられたカーボン・バジェット内に収まるペースで排出削減を行うと仮定する。本シナリオは、Höhne and Moltmann (2009) の分析に比べると、すでに4年の排出削減行動の遅れが生じていることを考慮している。

シナリオ B : 2020年まで排出削減を遅延

2020年に日本が前述の「ワルシャワ目標（90年比3.1%増加）」を達成した後に初めてカーボン・バジェット内に収まるペースでGHG排出削減を開始すると想定する。本シナリオが目指すのは、日本が「ワルシャワ目標」を変更しない場合の2020年以降に日本に必要なGHG排出経路を示すことである。

一定のカーボン・バジェット内で異なるシナリオを使ったGHG排出経路の導出方法については、Fekete et al. (2013) に従う（図3）。すなわちGHG排出量は削減行動の開始年（ t_{base} ）から収斂年（ t_{con} ）までの間に線形的に減少すると仮定し、行動開始年はシナリオによって異なり、収斂年は残余カーボン・バジェットに合わせ最適化される。GHG排出量は収斂年から2100年（ t_{end} ）まで安定的に推移すると想定し、この安定水準はGHG排出削減努力分担方法によって異なる。

前述のように、Höhne and Moltmann (2009) における分析では、最新のGHG排出実績データ等が反映されていない。したがって、本研究では、GHG排出削減の開始年から2100年までの日本における残余カーボン・バジェットをFekete et al. (2013) に基づいて以下のように算出した。すなわち、Höhne and Moltmann (2009) による世界全体のカーボン・バジェットはそのまま使用し、日本が1990年から2012年までにすでに排出したGHG総量（消化カーボン・バジェット）の算出には最新の日本のGHGインベントリ報告書（GIO 2014）を使用した。前述の日本政府の「ワルシャワ目標（90年比3.1%増）」として掲げられた2020年までのGHG排出削減数値目標は、日本政府がUNFCCCに提出した「第1回隔年報告書」したⁱⁱⁱ。同報告書は日本の「ワルシャワ目標（90年比3.1%増）」における2020年時点のGHG排出量を1337Mt-CO₂e（海外からの獲得クレジットを含みLULUCFを除く）としており、（Government of

Japan 2013) をもとに、LULUCF による取得分を考慮するため再計算し、これは 2005 年比で 1%の減少となった。2012~2020 年の成り行きシナリオ

(BAU) の場合の GHG 排出量は、2012 年の GHG 排出量から 2020 年の GHG 排出量までの線形補間によって推定した。

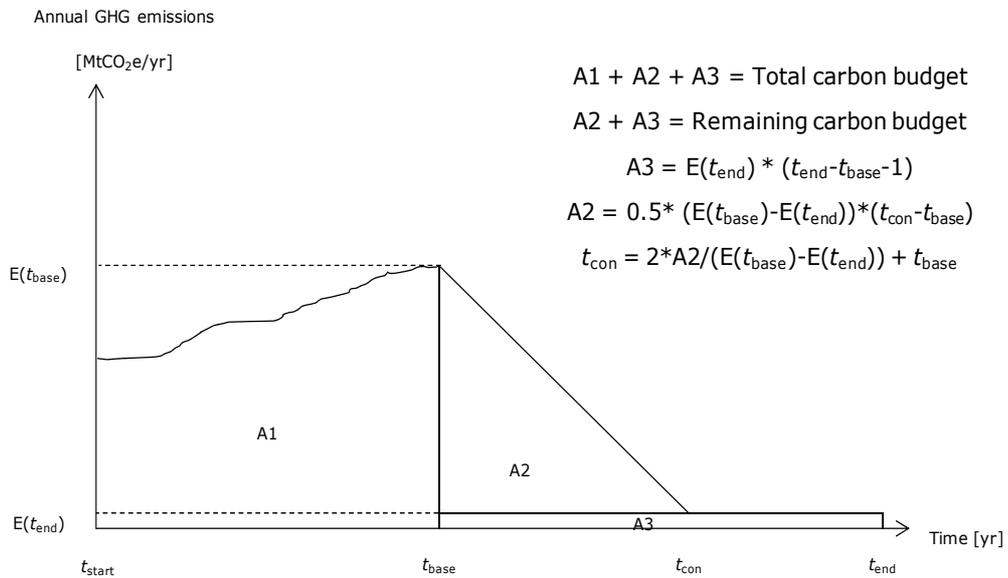


図 3. カーボン・バジェットの算出方法

出典 : Fekete et al. (2013)

4. 結果

4.1. カーボン・バジェットの算出

表 2 は、前述の 4 つの GHG 排出削減努力分担方法によって割り当てられた 1990～2100 年の日本のカーボン・バジェット、現時点までに消化（排出）したカーボン・バジェット、そして残余カーボン・バジェットを示す。この表 2 が示すように、CPE および CDC の下では、日本のカーボン・バジェットは、それぞれ 51Gt-CO₂e および 54Gt-CO₂e と算出された。また、1990～2013 年に日本は約 32Gt-CO₂e の GHG を排出した。これらは、日本は CPE および CDC という 2 つの排出削減努力分担方法および 2℃目標を達成するという条件の下で「公平」な努力分担量として算出される量の 57～61%をすでに消化（排出）していることを示す。さらに、日本が 2012 年の GHG 排出レベルと同量の GHG 排出を続けた場合、日本の残余カーボン・バジェットは遅くとも 2031 年にはゼロになる。

一方、もう一つの努力分担方法である GDRs の

場合のカーボン・バジェットはマイナス（-25Gt-CO₂e）である。これは、GDRs の場合、世界全体の BAU シナリオ比 GHG 排出削減必要量から、2 つの公平性基準（「責任」と「能力」）を重視し、かつ低所得者の GHG 排出を免除して各国の努力分担量を決めるからである。すなわち日本のような先進国の場合、その「責任」と「能力」の大きさから 21 世紀後半での負担量が多くなると同時に、BAU 自体が人口減少などもあって GHG 排出が減少傾向になる。したがって、長期的スパンでのカーボン・バジェットを計算すると全体でマイナス値となる。なお、政策関連の議論をマイナス値のカーボン・バジェットをもとに行うことは実際上困難であるため、本研究では、とりあえずこれ以上 GDRs の分析を行わない。

本研究で設定したレファレンス・シナリオである NCA、すなわち日本が現行の 2020 年と 2050 年の政府目標に従って GHG 排出を続けるとした場合、1990 年から 2100 年までの累積 GHG 排出量は 70Gt-CO₂e となる。これは、2℃目標および公平性を考慮した CPE と CDC に比較して、それぞれ 16Gt-CO₂e と 19Gt-CO₂e だけ大きい。

表 2. 4 つの GHG 排出削減努力分担方法による日本のカーボン・バジェット、消化割合、残余量

GHG 排出削減努力分担方法	カーボン・バジェット(1990-2100年: Gt-eCO ₂ e)	カーボン・バジェット消化割合(1990-2013年)	残余カーボン・バジェット(2014-2100年: Gt-eCO ₂ e)	2014年からも同量のGHG排出を続けた場合にカーボン・バジェットがゼロになる時期(年)(注1)
CPE	54	57%	23	2031
CDC	51	61%	20	2028
GDRs	-25	>100%	なし	注2
政府目標(NCA: 参考シナリオ)	69	45%	39	2042

注 1 : 2013 年の GHG 排出量は 1343 Mt-CO₂e

注 2 : GDRs の場合、1990～2100 年のカーボン・バジェット自体がマイナス値になる

注 3 : いずれの数値も LULUCF と京都ユニットによる削減を除く

4.2. カーボン・バジェットに基づく例示的 GHG 排出経路

まず前出の表 2、そして図 4、図 5、表 3 が示すように CPE および CDC の下での GHG 排出経路とレファレンス・シナリオである NCA の場合の GHG 排出経路との間には大きな隔りがある。

また、図 4 および表 3 が示すように、2020 年における日本の「公平」な GHG 排出量は、CPE および CDC でシナリオ A（2014 年から即時に排出削減）の場合、それぞれ 1990 年比 -22% および -27% となる。2030 年については、日本にとって 3 つのアプローチの中で最も緩い努力分担方法である CPE の場合でも、シナリオ A（2014 年から即時に排出削減）の場合、日本は同年までに 1990 年比 54% を削減することになる（CDC の場合は 66% 削減）。

これらは、中央環境審議会地球環境部会が行った「総発電電力量に占める原子力発電の割合が 35% の場合で 2030 年に 1990 年比 35% の GHG 排出削減」という技術積み上げ型モデルに基づく試算（MOE 2012）よりも大きい。2050 年については、CPE および CDC の場合、1990 年、2005 年、

2010 年のいずれを基準年に定めても、 95% 削減への収斂という大幅な削減が求められる（図 4、表 3）。

さらに、シナリオ B（2020 年まで排出削減を遅延）で CPE および CDC の場合、いずれの努力分担方法での GHG 排出量も 2040 年までに 1990 年比 95% 削減することになる（図 5）。この場合、年間平均 GHG 排出削減量は $89\sim 136\text{Mt-CO}_2\text{e/年}$ の間であり、これは図 1 で示した 2007～2008 年間に起きた世界金融危機による日本での著しい GHG 排出量減少（ $83\text{Mt-CO}_2\text{e/年}$ ）を超える大きさである。すなわち排出削減が 2020 年まで行われない場合、日本の GHG 排出量を CPE および CDC によって算出されたカーボン・バジェット内に収めることは極めて困難となることを示唆している。

レファレンス・シナリオである NCA では、現行の 2020 年までの政府目標を変更して、2014 年から排出削減を開始すれば GHG 排出経路はより緩やかなものになる（図 4、図 5）。表 3 は、日本が 2020 年までに排出量を 1990 年比 12% 削減すると、NCA での累積 GHG 排出量内に抑えるために 2050 年までに必要な削減は 1990 年比 69% となることを示す。

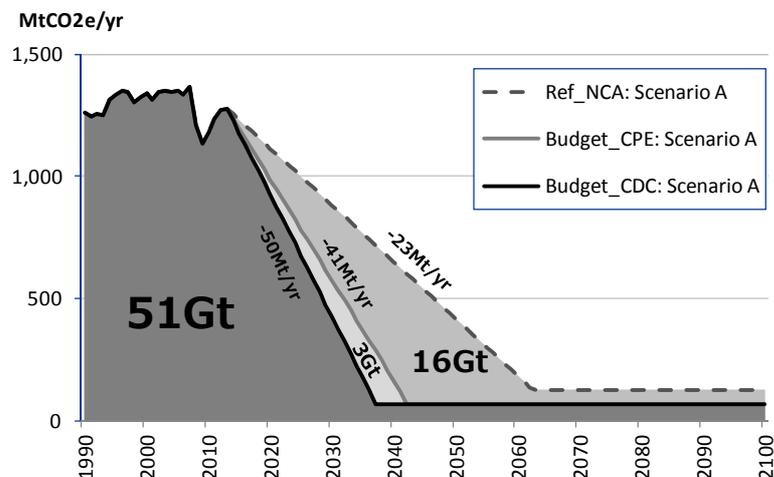


図 4. シナリオ A（2014 年から排出削減開始）における CPE、CDC、NCA での日本の例示的 GHG 排出経路

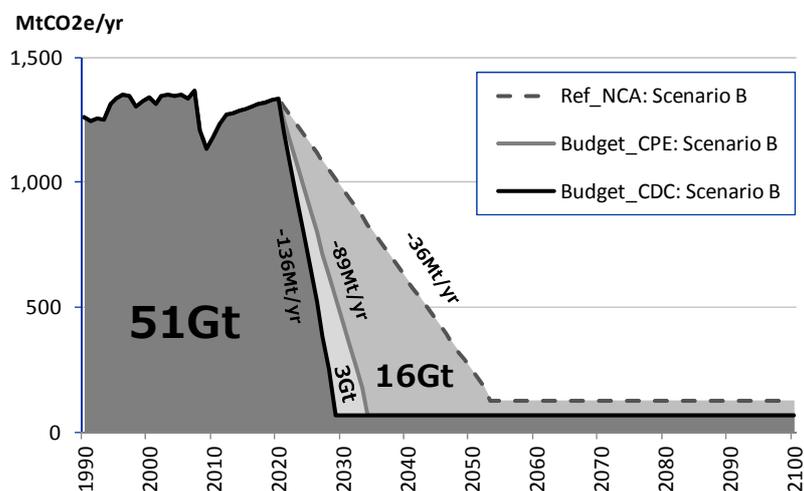


図 5. シナリオ B（2020 年まで排出削減を遅延）における CPE、CDC、NCA での日本の例示的 GHG 排出経路

表 3. 日本の現行の削減目標およびシナリオ A（2014 年から排出削減開始）における CPE、CDC、NCA での中長期 GHG 排出量

時期 (年)	政府 目標	CPE			CDC			NCA (レファレンス)		
	vs. 1990 (%)	vs. 1990 (%)	vs. 2005 (%)	vs. 2010 (%)	vs. 1990 (%)	vs. 2005 (%)	vs. 2010 (%)	vs. 1990 (%)	vs. 2005 (%)	vs. 2010 (%)
2020	+3.1	-22	-27	-21	-27	-31	-26	-12	-17	-11
2030	N.A.	-54	-57	-54	-66	-68	-66	-30	-35	-30
2050	-80	-95	-95	-95	-95	-95	-95	-69	-71	-67

図4と図5を比較すると、シナリオB（2020年まで排出削減を遅延）でレファレンスであるNCAの場合の年間平均排出削減量(36Mt-CO₂e/年)は、シナリオA（2014年から即時に排出削減）でCPEの場合の年間平均GHG排出削減量（41Mt-CO₂e/年）にほぼ等しい。ちなみに、これらの場合の年間平均GHG排出削減率は、1981年のソビエト連邦崩壊後に見られた年間平均GHG排出削減率（2～4%）および1973年の第一次オイル・ショック以降にスウェーデンとフランスで見られた年間平均GHG排出削減率（2～3%）に匹敵するか、より大きい（Riahi et al. 2014）。

以上の結果は、2°C目標達成に必要なカーボン・バジェットおよび公平性を考慮した場合、COP19において表明した日本の新目標（「ワルシャワ目標」）では2020年以降に自国に課すGHG排出削減義務が達成困難なものになる可能性が高く、日本は現行の2020年までの削減目標を維持するよりも、これをより厳しくすることが合理的であることを示唆する。

4.3. カーボン・バジェット内に抑えるための追加的クレジット

カーボン・バジェットの考え方では、実際の国内GHG排出量だけではなく、海外から国際的なオフセット・クレジットを獲得することで蓄積GHG排出量を割り当てられたカーボン・バジェット内に収めることが可能である。長期的には、日本の国内GHG排出量はゼロとなることが求められるものの、短中期的には、本研究で検証したシナリオで要求される大幅な排出削減を勧奨すると、他国からのクレジット獲得が重要な選択肢となり、削減目標達成に必要な全体費用の削減になる。

表2が示す通り、CPEおよびCDCの場合に必要な追加的排出削減量は、レファレンスであるNCAと比較すると16～19Gt-CO₂eになる^{iv}。図6は、前述の追加的排出削減量を2014～2100年間に海外から獲得しようとする場合の年間平均クレジット獲得量はおよそ180～220Mt-CO₂e/年であることを示し、これは日本の1990年GHG排出量の14～17%に相当する。また、2014～2050年間の獲得量は、日本の1990年GHG排出量の34～40%にあたる420～510Mt-CO₂e/年となる。これは、日本政府および日本の民間企業が京都目標達成のために獲得した京都ユニット獲得量(74Mt-CO₂e/年)に比較してはるかに大きい^v。

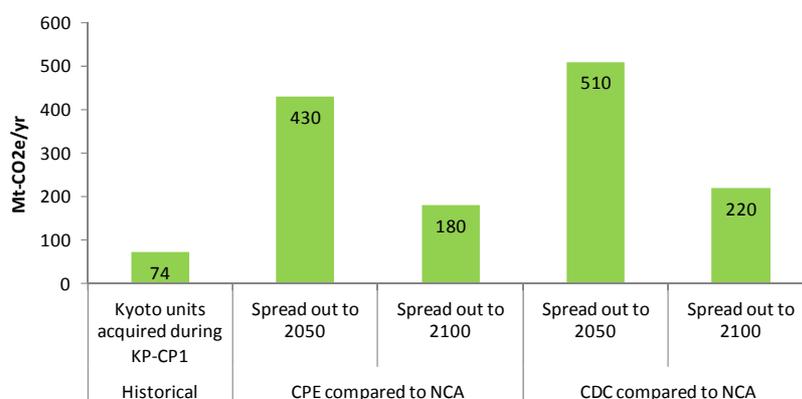


図6. 日本がカーボン・バジェット内にGHG排出量を抑えるためにレファレンス・シナリオであるNCAに対して追加的に獲得が必要な海外クレジット量

5. 議論

本研究は、一般に広く参照される公平性の基準あるいは原則に基づいて 2°C 目標達成に必要な日本のカーボン・バジェットおよび GHG 排出経路を算出し、これと日本の現行の GHG 排出削減数値目標や政策との比較を行った初めての研究である。本節では、本研究にて導かれた結果の意義、現在の日本のエネルギー政策への示唆、そして研究方法自体について論じる。

5.1. 研究結果の意義

本研究結果の意義は以下のように整理できる。

第一に、本研究では日本においてこれまで十分に検討されなかった公平性および 2°C 目標との整合性を考慮しながら 2020 年以降の日本の GHG 排出削減数値目標を論じた。これまでの数値目標をめぐる国内議論は、「責任」「能力」「平等」という一般的な公平性基準よりも、主に「削減ポテンシャル」「費用対効果」などの GHG 排出削減技術導入可能性や効率性基準、そして「国内有権者の支持の有無」などを中心に展開してきたと思われる。例えば、日本政府が 2009 年に当時の自民党政権（麻生内閣）のもとで GHG 排出削減数値目標を策定した際に、排出削減の努力分担方法としては、「限界削減費用（Marginal Abatement Cost: MAC）均等アプローチ」および「GDP 当たり追加費用均等アプローチ」が用いられ、最終的な目標削減量は後者のアプローチによる試算に概ね合致していた（The Cabinet 2009）。これに対し、本研究にて用いたカーボン・バジェット・アプローチの考え方は、IPCC 第 5 次評価報告書（IPCC AR5）で参照されている公平性の基準や原則、2100 年までの累積 GHG 排出量、2°C 目標との長期的な整合性などに重きを置く。

第二に、本研究では、2°C 目標と公平性を考慮した GHG 排出削減努力分担方法である CPE および

CDC の場合、日本の残余カーボン・バジェットは、日本政府の現在の 2020 年および 2050 年の削減目標に基づくレファレンス・シナリオである NCA が示す 2100 年までの予想累積 GHG 排出量の 50～60%であることを明らかにした。また、現在の排出レベルで日本が GHG 排出を続けると、2030 年代前半にはカーボン・バジェットという「予算」を使い果たしてしまうことも示した。これらの結果は、現在日本政府が目標として掲げる排出削減量と、2°C 目標達成および日本に対する「公平」な努力分担を考えた場合の排出削減量との間には大きな隔たりがあることを意味する。

第三に、GHG 排出削減行動の先延ばしが日本の辿り得る GHG 排出経路に大きな影響を及ぼすことも示した。確かに、2011 年 3 月の福島第一原発事故で将来のエネルギー政策の見通しが悪くなり、日本政府にとっては野心的な排出削減計画や活動を策定し難い状況にある。それでも、より積極的な削減行動に直ちに着手する重要性を本研究結果は示唆する。特に、原子力発電に頼れなくなった分が石炭火力発電などで代替されると GHG 排出が「固定化（ロック・イン）」されて、日本の将来の排出削減に大きな影響を及ぼす（本稿の 5.2 にて詳細に後述する）。一般に、排出削減の先延ばしは、短期的には削減負担とそれにかかる費用を下げるものの、中長期的にはより厳しい排出削減を強いることになり、削減努力にかかる長期的費用も考慮した全体費用は増す。社会に残される選択肢は減り、気候変動の発生リスクも大きくなる（UNEP 2013）。

第四に、日本が費用対効果を考慮しながら本研究で算出したカーボン・バジェット内に GHG 排出量を抑えるためには、自国での排出増をオフセットできる他国からのクレジット獲得が以前に増して重要となる。本研究では、この海外クレジット獲得必要量を定量的に示した。

以上から、本研究でおこなった日本のカーボン・バジェットおよび GHG 排出経路の算出は、日

本の具体的な GHG 排出削減数値目標や政策を議論し策定する際に参考となるものであり、日本の削減努力を国際社会が評価する際の基準にもなりうる。

なお、「世界全体のカーボン・バジェットを各国に割り当てるという考えはゼロサム・ゲーム的な発想に基づくものであり、国連などでの国際交渉の進展に貢献しない」という議論も可能である。しかし、公平性原則に基づいて試算された具体的な数字がなければ、各国の約束削減目標を客観的に評価することは困難である。その意味で本研究は一定の想定条件下ながらも 2020 年以降の GHG 排出削減数値目標の野心度向上のための参考値を示している。

5.2. 日本のエネルギー政策への示唆

ここでは、カーボン・バジェットに関連付けながら、日本の現在のエネルギー政策を論じる。

5.2.1. 石炭火力発電の新設による GHG 排出の固定化

まず新設が予想される石炭火力発電所からの GHG 排出量を考える。実際に、2011 年 3 月の福島第一原子力発電所の事故を受け、現在、複数の電力会社および企業が火力発電所の発電量増加を計画中であり、これは前述の GHG 排出の「固定化（ロック・イン）」につながる^{vi}。2014 年 7 月時点で、日本の 5 電力会社（東京、東北、関西、中部、九州）は総発電設備容量 1140 万キロワットの新規火力電源の入札を発表している（Kiko Network 2014）^{vii}。この新規電源の大半は石炭火力とされており、このような状況は 2020 年以降も続く可能性がある（Kiko Network 2014; Reuters 2014）。この 1140 万キロワットが全て石炭火力発電になると仮定すると、1990 年比で日本の GHG 排出量のおよそ 5%にあたる約 68Mt-CO₂e/年の排出量増加となる。石炭火力発電所の耐用年数を 40

年間とすると、総 GHG 排出量は 2.7Gt-CO₂e であり^{viii}、これは、CPE および CDC における 2014 年から 2100 年までの日本のカーボン・バジェットの 12~14%、NCA の 7%に相当する。

5.2.2. 再生可能エネルギーおよび省エネルギーの可能性

化石燃料依存型技術による GHG 排出の「固定化（ロック・イン）」を最小限に留めるには、再生可能エネルギーおよび省エネルギーの推進が重要である。現在、日本においても再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）の整備が進み、化石燃料による発電の増加を食い止める原動力になろうとしている。2012 年 7 月の FIT 開始以来、2014 年 3 月時点で、6900 万キロワットの再生可能エネルギー電源が認可された^{ix}。政府発表の発電所利用率（NPU 2011）に基づいて試算すると^x、2014 年 3 月時点で FIT で認可を受けた再生可能エネルギーは、フル稼働した場合には 840 億キロワット時/年の発電が可能である。これは、前述した発電設備容量 1140 万キロワットの石炭火力発電所の発電量（900 億キロワット時/年）に近い。再生可能エネルギーの導入は、その大きなポテンシャルを考慮すると、制度設計次第では火力発電所建設に歯止めをかける可能性がある。

省エネルギーに関しても、例えば、家庭・業務部門におけるエネルギー消費量が削減されれば、化石燃料による発電などを最低限に留めることが可能となり得る。図 7 は、日本におけるエネルギー起源 CO₂ 排出量（電力消費による間接排出を含む）を示す。これより家庭・業務部門におけるエネルギー起源 CO₂ の排出量削減は、京都議定書目標達成計画（KPTAP）での必要削減量に比べると十分でないことがわかる。この事は、福島第一原子力発電所事故による影響や GDP 成長率が KPTAP での予測よりも低く推移したことを考慮しても言いうる^{xi}。したがって、図 7 は、家庭・業務部門における排出量の大部分は電力消費に起因

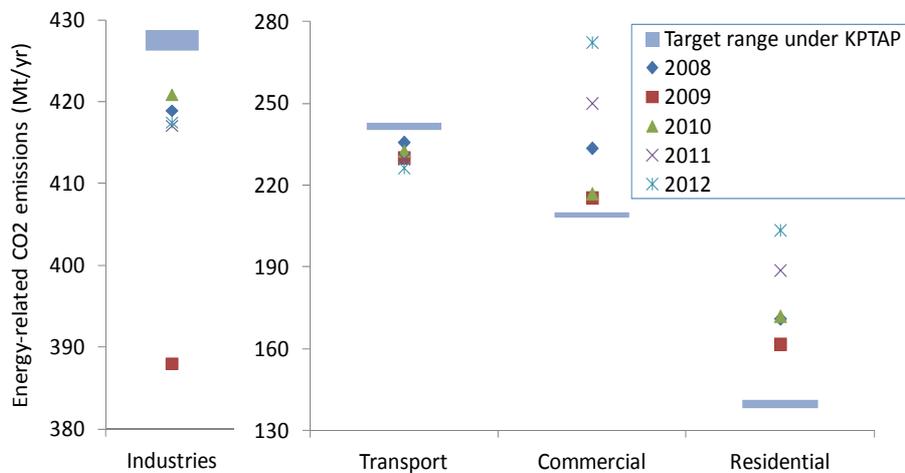


図 7. 京都議定書目標達成計画における排出目標と実際の排出量との比較

注：日本の 2008～2012 年における間接排出を含むエネルギー起源 CO₂ 排出量
 出典：Government of Japan (2008)、GIO (2014)

した石炭火力による 1140 万キロワットの発電に伴う CO₂ 排出と同等の量を回避することが可能であることを示唆している。

5.2.3. 原子力発電所再稼働

既存の原子力発電所の再稼働によって、日本がどの程度カーボン・バジェット内に GHG 排出量を抑えることができるかを算出することも興味深い (Skea et al. 2013)。本稿の執筆時である 2014 年 8 月時点で、日本国内全ての原子力発電所は運転を停止しており、13 発電所の原子炉 19 基については原子力規制委員会に対して運転再開の申請が行われている (NRA 2014)。日本エネルギー経済研究所の原子炉データに基づく予測 (IEEJ 2013) では、この原子炉 19 基が仮に全て運転を再開すると、2015 年の原子力発電による発電設備容量は約 1900 万キロワットとなる^{xxi}。耐用年数を 40 年、発電能力を 70%と仮定した場合、上記原子炉は 2015 年から耐用期間中に約 2 兆キロワット時を発電し、これは石炭火力発電による約 1.5Gt の CO₂ 排出量

を回避する。この量は、2012 年の国内 GHG 排出量 (LULUCF を除く) よりわずかに多く、本稿 4.1. の表 2 に示した CPE および CDC における 2014～2100 年の残余カーボン・バジェットのそれぞれ 7%と 8%に相当する。また、2020 年と 2030 年においては、それぞれ日本の 1990 年 GHG 排出量の 7%と 5%になる。運転再開が可能な原子炉 37 基が 2015 年にすべて再稼働したと想定すると、耐用期間に約 3.5 兆キロワット時を発電し、石炭火力発電により排出される約 2.6Gt の CO₂ 排出を回避する。

5.3. 研究方法に関する議論

本研究には方法論において主に 2 つの論点があり、それらを本節にて論じる。

第一に、本研究で 1990～2100 年の世界全体のカーボン・バジェットとして設定した 1800Gt-CO₂e (LULUCF を除く) は、2°C 目標達成に必要な GHG 排出経路に関するモデル分析結果の中で小さな方の部類に属する数値である (Höhne et al., 2014a)。したがって、「算出されたカーボン・バ

ジェットは過度に小さい」という議論も可能ではある。しかし、逆に本研究で用いたカーボン・バジェットの数値は、UNFCCCにおいて実際に行われている国際交渉の実態を反映したものだとも考えられる。なぜなら、交渉では現在、小島嶼国や低開発国などの温暖化の被害に対してより脆弱な国々は、全球平均気温上昇を産業革命以前の1.5°C以内に抑えることを強く主張しているからである^{xiii}。その意味で、本研究において用いたカーボン・バジェットの数値は、UNFCCCにおいて実際に行われている各国の数値目標やコミットメントに関する国際交渉の実態を反映したものと言える。

第二に、本研究ではHöhne et al. (2014a) が提案した7つのGHG排出削減努力分担方法のすべてを検討している訳ではない。前述した通り、日本は国全体のGDP当たりのエネルギー消費が少ないことなどから、日本の政策策定者は、「限界削減費用均等アプローチ」と「GDP当たり均等費用アプローチ」にそれぞれ代表される「費用対効果」および「能力」という基準に基づく削減努力分担方法を支持する傾向がある。たしかにHöhne et al. (2014a) によると、本研究で考察した3つの削減努力分担方法では、日本のような国に対しては「能力」あるいは「費用対効果」という基準を重視した努力分担方法よりも大きな排出削減目標が導かれる。しかし、CPEおよびCDCは、本論文の2.1で紹介した7つの努力削減分担方法の中では、日本のような国に対してとりわけ厳しいものでないことが既存研究によって示唆されている。例えば、Höhne et al. (2014a) は、「日本、オーストラリア、ニュージーランド」を対象に、40以上の既存論文にて報告された必要な排出削減量の比較を行っており、そこでは必要とされる排出削減は「責任・能力・発展権利（努力分担方法としては本研究におけるGDRsに当たる）」を用いた場合に最も厳しくなることを示している一方で、「能力」基準では最も緩やかな数値が導かれている。すなわち、GHG排出削減負担分担方法として本研究の

CPEおよびCDCにおいて参照した「均等」および「段階的」という基準に拠る努力分担の大きさは、前述の努力分担に関する2つの基準（「責任・能力・発展権利」と「能力」）に拠る努力分担の中間に位置し、「費用対効果」および「能力」という基準に拠る排出削減幅の下限值に近い。

なお、CPEおよびCDC以外のGHG排出削減の努力分担方法を用いた試算として、例えば、Hof et al. (2012) がある。この研究では、「限界削減費用均等アプローチ」および「GDP当たり費用均等アプローチ」を採用した場合の日本の2030年の排出削減量を本研究と同じような方法論を用いて算出している。それによると、数値自体を本研究の分析結果と直接的に比較するのは難しいものの、それぞれ1990年比で36%および34%削減としている。一方、本研究でも用いたCPEの場合は、これらよりも約10%厳しい45%削減と算出している。

ただし、本稿3.1.でも述べたように、「費用対効果」は最新のIPCC第5次評価報告書の第三作業部会報告書（IPCC 2014）においては公平性に関する基準に拠ったGHG排出削減努力分担方法として位置づけられていない。すなわち、同報告書においては、「費用対効果」は、他の「公平」な努力分担方法とは区別されていて、算出された数値はレファレンス（参考値）に留められている。これは、「費用対効果」には、前述した公平性に関する代表的な3つの基準である「責任」「能力」「均等」のいずれも含まれておらず、公平性よりも効率性に関する基準に拠るものだからである。さらに、「限界削減費用均等アプローチ」および「GDP当たり費用均等アプローチ」^{xiv}において重要な役割を持つ各国・地域のGHG限界排出削減費用曲線は、様々な異なる前提あるいは仮定に基づくため、モデル間で大きく数値が異なる。したがって、数値の妥当性などに関する研究者間および国際社会全体での合意形成が難しいことも留意すべき点である（Hanaoka and Kainuma 2012）。

6. 結論

本研究は、2°C目標と公平性を考慮した場合の1990～2100年までの日本のカーボン・バジェットを算出し、日本が算出されたバジェットを超えないための2100年までのGHG排出経路を明らかにした。また、算出したカーボン・バジェットと、日本政府の現行の2020年および2050年までのGHG排出削減数値目標を変更しない場合の2100年までの累積GHG排出量およびGHG排出経路との比較を行った。

その結果、公平性を考慮したものとして一般的に広く参照されるGHG排出削減努力分担方法であるCPEおよびCDCの場合の1990年から2100年までの日本のカーボン・バジェットは、それぞれ51Gt-CO_{2e}および54Gt-CO_{2e}と算出された。このうちの約31Gt-CO_{2e}を、日本はすでに2013年までに排出している。また、本研究は、レファレンスである現行の政府目標シナリオであるNCAの場合、日本の1990年から2100年までの累積GHG排出量は70Gt-CO_{2e}となることを示した。これは前述の2°C目標達成を考慮した「公平」な日本のカーボン・バジェットよりも16Gt-CO_{2e}から19Gt-CO_{2e}だけ大きい。CPEおよびCDCの場合での日本の残余カーボン・バジェットは、レファレンスであるNCAに基づいた日本の2100年までの排出量の約半分である。日本が現在のペースでGHGを排出し続けると、遅くとも2031年には残余カーボン・バジェットを使い切ることとなる。さらに、GDRsにおける1990～2100年の日本のカーボン・バジェットは、日本が持つ「責任」と「能力」の大きさからすでにマイナス値となっている。

本研究において用いた2つのGHG排出削減努力分担方法（CPEおよびCDC）で算定されたGHG排出経路は、日本は現行の「ワルシャワ目標（90年比3.1%増加）」を維持するべきか、あるいは変更して直ちに積極的な排出削減を行うべきか、そ

してどのようなGHG排出削減に関する数値目標を持つべきかについて多くの示唆を与える。

具体的には、2013年以降、すぐにGHGの排出削減が実行されると仮定した場合、CPEおよびCDCの下では、2020年の日本のGHG排出削減量（LULUCFを除く）は1990年比22～27%となる。これは、ワルシャワでのCOP19で日本が公表した2020年までのGHG削減目標である「ワルシャワ目標（90年比3.1%増）」よりも厳しい数値で、日本の「コペンハーゲン目標（90年比25%削減）」に近い数値である。

2030年のGHG排出削減必要量に関しては、同じく2013年以降、すぐにGHGの排出削減が実行されると仮定した場合、CPEおよびCDCの下では、1990年比54～66%、排出削減行動を2020年まで先延ばしにした場合では95%となる。

なお、現行のワルシャワ目標に従って2020年まで排出削減行動を先延ばしにした後に日本がカーボン・バジェット内にGHG排出量を収めようとする場合、そのために必要な年間平均GHG排出削減量は、2007年から2008年の世界金融危機の時期における日本の年間平均GHG排出削減量とほぼ同じか、あるいはそれよりも大きいものが必要とされる。また、2020年から2050年までの年間平均GHG排出削減割合は、日本政府の現行の中長期的GHG排出削減目標に基づく、2014年からの即時行動にてCPEを実施した場合に2014年から2050年の期間に必要な年間平均GHG排出削減割合とほぼ同じである。

本研究では、CPEおよびCDCの場合、日本がカーボン・バジェット内にGHG排出量を収めるために追加的に海外からの獲得が必要なクレジット量もレファレンスのNCAに比較して算出した。その結果、必要な海外クレジットは、年間平均で2100年までは日本の1990年排出量の14～17%、2050年までは同排出量の34～40%になる。

現時点では、GHG排出削減数値目標に関して各

国がどのような公平性基準、原則そして具体的な排出削減努力分担方法を考えるかは不明である。しかし、それぞれの国が自国の状況や事情のみを反映した議論を展開し、国際社会全体のコミットメントをより 2°C 目標達成に近いレベルまで上げることが難しいことは十分に予想される。したがって、カーボン・バジェットや公平性に関する議論を深め、各国が提出した GHG 排出削減に関する数値目標やコミットメントを、研究機関、NGO、そして国際社会全体が事前および事後に定量的に評価することは非常に重要である (Tamura et al. 2013)。本研究の中で言及した多数の調査研究および本研究の算出結果が、各国の数値目標あるいはコミットメントの「公平性」「受容可能性」「妥当性」などを判断する材料となり、国際交渉の進展を促進することによって気候変動に対する国際社会の取組みの前進に寄与することを願う。

謝辞

本研究は、環境省環境研究総合推進費（案件 E-1201）の支援を受けて実施された。著者は、本論文草稿に対し有益なコメントを頂いた山岸尚之氏、小西雅子氏、平田仁子氏に感謝の意を表す。また、編集および出版デザイン作業を行って頂いた伏見エマ氏、宗片いづみ氏にも感謝申し上げる。

参考文献

- ANRE, 2013. Comprehensive Energy Statistics 2013. Agency for Natural Resources and Energy, Ministry of Economy, Trade and Industry. Tokyo, Japan.
- Baer, P., Athanasiou, T., and Kartha, S., 2007. The right to development in a climate constrained world. The Greenhouse Development Rights framework. Heinrich-Böll-Foundation, Christian Aid, EcoEquity and the Stockholm Environment Institute. Berlin.
- BASIC Experts, 2011. Equitable access to sustainable development: contribution to the body of scientific knowledge, Beijing.
- The Cabinet, 2009. “Chikyuu Ondanka No Chuuki Mokuhyou No Sentakushi” (Options for the Mid-Term Climate Mitigation Target). In Japanese. Tokyo, Japan: Cabinet Secretariat, 2009. http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tikyuu/kaisai/dai07tyuuki/siryou1_honbun.pdf.
- Fekete, H., Hagemann, M., and Höhne, N., 2013. “Australia’s carbon budget based on global effort sharing, Technical report”, Ecofys Project number: CLIDE13854, Date: 30 May 2013. http://awsassets.wwf.org.au/downloads/fs067_a_australia_carbon_budget_based_on_global_effort_sharing_24oct13.pdf [Accessed September 10, 2014].
- GIO, 2014. National Greenhouse Gas Inventory Report of JAPAN. Ministry of the Environment, Japan, and Greenhouse Gas Inventory Office of Japan. April, 2014.
- Government of Japan, 2008. Kyoto Protocol Target Achievement Plan (Totally revised March 28, 2008), Government of Japan, 2008.
- Government of Japan, 2013. Japan’s First Biennial Assessment under the United Nations Framework Convention on Climate Change. The Government of Japan. December, 2013.
- Hanaoka, T., and Kainuma, M., 2012. Low-carbon transitions in world regions: comparison of technological mitigation potential and costs in 2020 and 2030 through bottom-up analyses. Sustainability Science, Volume 7, Issue 2, pp 117-137.
- Höhne, N., Galleguillos, C., Blok, K., Harnisch, J., and Phylipsen, D., 2003. Evolution of Commitments under the UNFCCC: Involving Newly Industrialized Countries and Developing countries. Research Report 20141255, UBA-FB 000412. Ecofys, Berlin, Germany.
- Höhne, N., den Elzen, M.G.J., and Weiss, M., 2006. Common but differentiated convergence (CDC): a new conceptual approach to long-term climate policy. Climate Policy 6 (2), pp. 181–199.
- Höhne, N. and Moltmann, S., 2009. “Sharing the effort under a global carbon budget”. Ecofys report, commissioned by WWF International.
- Höhne, N., den Elzen, M., and Escalante, D., 2014a. Regional GHG reduction targets based on effort-sharing: a comparison of studies, Climate Policy, Vol. 14, No. 1, 122–147.
- Höhne, N., Fekete, H., Ellermann, C., and Freitas, S., 2014b. Differentiated mitigation commitments in a new climate agreement. LDC paper series. Updated January 2014.
- Hof, A., Brink, C., Mendoza Beltran, A., and den Elzen, M., 2012. Greenhouse gas emission reduction targets for 2030: Condition for EU target of 40%, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency Policy studies. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL_2012_Greenhouse-gas-emission-reduction-targets-for-2030_500114023.pdf [Accessed September 10, 2014].
- Horstmann, B. and Scholz, I., 2011. Burden-Sharing and Allocation Criteria under the UN Climate Regime – Neither Fair nor Effective. Briefing Paper 15/2011. German Development Institute.
- IEEJ, 2013. EDMC Handbook of Energy & Economic Statistics. 2013 Edition. Edited by The Energy Data and Modelling Center, The Institute of Energy Economics, Japan, and the Energy Conservation Center, Japan.
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Working Group I contribution to the 5th Assessment Report,

- Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, 2014. "Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change", Working Group III contribution to the 5th Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.mitigation2014.org/>
- Joint Statement by Environmental NGOs, 2007. "Chuuchyouki mokuhyou no moto ni bapponteki na seisaku dounyuu de Kyoto giteisho mokuhyou tassei wo!" (Achieve the Kyoto Protocol Target through the introduction of drastic policy measures under mid-long term mitigation targets!). In Japanese. <http://www.kiconet.org/iken/kokunai/archive/release20070525.pdf>
- Kiko Network, 2014. Fears of a Japanese Coal Rush Now a Reality: Utility Companies Announce Electricity Supply Plans. <http://sekitan.jp/en/info/article20140507/> [Accessed August 15, 2014]
- Kuramochi, T., Shimizu, N., Nakhooda, S., and Fransen, T., 2012. The Japanese Fast Start Finance Contribution. Working Paper. World Resources Institute, Overseas Development Institute, and the Institute for Global Environmental Strategies.
- Nakhooda, S., Fransen, T., Kuramochi, T., Caravani, A., Prizzon, A., Shimizu, N., Tilley, H., Halimanjaya, A. and Welham, B., 2013. Mobilising International Climate Finance: Lessons from the Fast-Start Finance Period. Overseas Development Institute, World Resources Institute, and the Institute for Global Environmental Strategies.
- Kuramochi, T., 2014. GHG Mitigation in Japan: An Overview of the Current Policy Landscape. WRI Working Paper. World Resources Institute and the Institute for Global Environmental Strategies.
- METI, 2010. The Strategic Energy Plan of Japan. -Meeting Global Challenges and Securing Energy Futures- (Revised in June 2010) [Summary]. Ministry of Economy, Trade and Industry. Tokyo, Japan.
- METI, 2014. FIT facility approval statistics (as of March 2014). Agency of Natural Resource and Energy (ANRE), Ministry of Economy, Trade and Industry. 2014.
- http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/setsubi/201312setsubi.pdf [Accessed May 15, 2014].
- METI and MOE, 2013. "Tokyo denryoku no karyokudengen nyuusatsu ni kansuru kankei kyokuchoukyuu kaigi torimatome" (Summary report of the director-general level conference concerning the Bids on Thermal Power Generation Facilities of TEPCO). Ministry of Economy, Trade and Industry, and the Ministry of the Environment, Tokyo, Japan.
- MOE, 2011. Japan's National Greenhouse Gas Emissions for Fiscal Year 2010 (Final Figures). Ministry of the Environment, Japan. Retrieved from: <http://www.env.go.jp/en/headline/headline.php?serial=1580> [Accessed May 15, 2014].
- MOE, 2012. 2013 Nen Ikou No Taisaku Sesaku Ni Kansuru Houkokusho (Heisei 24 Nen 6 Gatsu). Chikyuu Ondankataisaku No Sentakushi No Gen-an Ni Tsuite (Report on the Global Warming Countermeasures beyond 2013. Proposal of Options. June 2012). In Japanese. Global Environment Committee, Central Environment Council, Ministry of the Environment, Japan, 2012. <http://www.env.go.jp/earth/report/h24-03/index.html> [Accessed May 15, 2014].
- MOE, 2014. Japan's National Greenhouse Gas Emissions in Fiscal Year 2012 (Final Figures). Ministry of the Environment, Japan. Retrieved from: http://www.env.go.jp/en/headline/file_view.php?serial=571&hou_id=2077 [Accessed May 15, 2014].
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grubler, A., Jung, T. Y., Kram, T., Emilio la Rovere, E., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Riahi, K., Roehrl, A., Rogner, H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S., Swart, R., van Rooyen, S., Victor, N., and Dadi, Z., 2000. Special report on emissions scenarios. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- NPU, 2011. Final Report of the Cost Verification Committee. Cost Review Committee, National Policy Unit, the Cabinet. 2011.

- http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20111221/hokoku_kosutohikaku.pdf [Accessed May 15, 2014].
- NRA, 2014. “Shinkisei kijuntekigousei ni kakawaru shinsa (genshiryoku hatsudensho)” (Examination of compliance to the new regulatory requirements (nuclear reactors)). In Japanese. Nuclear Regulation Authority. http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/tekigousei/power_plants.html [Accessed August 10, 2014].
- Pauw, P., Steffen B., Carmen R., Clara B., and Hanna S., 2014. Different Perspectives on Differentiated Responsibilities: a State-of-the-Art Review of the Notion of Common But Differentiated Responsibilities in International Negotiations, Discussion Paper 6/2014, German Development Institute.
- Reuters, 2014. “Japan Steps up Shift to Coal, Gas amid Nuclear Shutdowns,” March 28, 2014. <http://www.reuters.com/article/2014/03/28/japan-utilities-plant-idUSL4N0MN1X520140328>, published on 28 March, 2014. [Accessed August 15, 2014].
- Riahi, K., Johnson. N., Bertram, C., Hamdi-Cherif M., and Méjean, A., 2014. Implication of near-term policies for long-term stabilization: The role of path dependency in energy systems for mitigation pathways, The AMPERE Consortium, 2014.
- Skea, J., Lechtenböhrer, S., and Asuka, J., 2013. Climate policies after Fukushima: three views. *Climate Policy*, Vol. 14, No. S01, S36-S54.
- Tamura, K., 2014. The IPCC Report and a New Global Climate Regime, JAPAN SPOTLIGHT. September/October 2014.
- Tamura, K., , Kuramochi, T., and Asuka, J., 2013. A Process for Making Nationally-determined Mitigation Contributions More Ambitious, *Carbon and Climate Law Review*, 4/2013: pp. 231-241.
- UNEP, 2013. The Emissions Gap Report 2013. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- UNFCCC, 2008. Kyoto Protocol Reference Manual On Accounting of Emissions and Assigned Amount. United Nations Framework Convention on Climate Change. Bonn, Germany.
- UNFCCC. 2009. Communications Received from Parties in Relation to the Listing in the Chapeau of the Copenhagen Accord. Edited by the United Nations Framework Convention on Climate Change. Copenhagen Accord. Bonn, Germany. https://unfccc.int/files/meetings/cop_15/copenhagen_accord/application/pdf/japan_cphaccord_app1.pdf
- de Vos, R., van Breevoort, P., Höhne, N., Winkel, T., and Sachweh, C., 2014. Assessing the EU 2030 Climate and Energy targets, A Briefing Paper, Ecofys Germany. <http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2014-assessing-the-eu-2030-targets.pdf>
- WBGU, 2009. Solving the climate dilemma: the budget approach: Special Report. German Advisory Council on Global Change (WBGU), Berlin, Germany.
- World Bank, 2013. World Development Indicators. World Bank, Washington DC, USA. <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>, accessed on 12 October, 2013.
- WWF Australia, 2013. Avoiding dangerous climate change: Defining Australia’s carbon budget, WWF policy brief, 2013. http://awsassets.wwf.org.au/downloads/fs067_policy_brief_avoiding_dangerous_climate_change_defining_australia_carbon_budget_25.pdf [Accessed September 5, 2014].

脚注

- i 「京都ユニット」とは、国際排出量取引やクリーン開発メカニズムなどの京都メカニズムへの参加により発生、相殺、獲得、移転される排出枠の総称（UNFCCC 2008）。
- ii Global Common Institute (GCI) の「収縮と収斂」に関しては、下記 URL の GCI のホームページ <http://www.gci.org.uk/cbat-domains/Domains.swf> を参照されたい。
- iii 森林による CO₂ 吸収の 2020 年目標値は 38Mt-CO₂/年と日本政府によって報告されている（Government of Japan 2013）。
- iv 本研究では、CPE および CDC の場合に、NCA に比較した追加的 GHG 排出削減量を海外クレジットによって達成すると想定してクレジット獲得量を試算した。しかし、レファレンスとした NCA が示す現在の削減目標達成（遵守）のために海外クレジットを獲得することも予想される。その場合、クレジット獲得量はより大きくなる。
- v 京都議定書第一約束期間という短期的な海外クレジット獲得量と 2050 年や 2100 年といった将来的な海外クレジット獲得量を比較するのは意味がないという指摘はあるかもしれない。しかし、本研究で行ったこのような比較は、少なくとも日本が将来にわたって相当量のクレジットを海外から獲得せざるを得ないことを明確に示している。
- vi 現在、日本政府は石炭火力発電所の輸出も推進しており、国際協力銀行や日本貿易保険へ公的資金を投入している（Kuramochi et al. 2012; Nakhooda et al. 2013）。対照的に、米国政府、EU、世界銀行などは石炭火力発電所の輸出に係る公的支援を停止している。
- vii 2014 年 9 月時点で、東京電力による 68 万キロワット分の入札募集は締め切られている。
- viii 予測値の仮定：「経済産業省総合エネルギー統計」による石炭の CO₂ 排出係数 90.6g/MJ（高位発熱量ベース）（資源エネルギー庁 2013）、経済産業省・環境省「CO₂ 排出ガイドライン」による、900~1100 MW 発電能力を有す超々臨界発電所に関する平均電力換算効率 43%（総量、高位発熱量ベース）（METI and MOE 2013）、平均利用率 90%。
- ix 2014 年 3 月時点で稼働している認証済電源は全体の 15%以下である（METI 2014）。
- x それぞれ、太陽光 12%、風力 20%、小・中規模水力 60%、バイオマス（石炭燃焼）・地熱 80%。

- xi 京都議定書目標達成計画における産業部門の GHG 排出削減目標は、経団連の自主行動計画に基づいており、他の部門との関係において必ずしも公平な目標とは言えないとも論じられている（Joint Statement by the Environmental NGO 2007）。
- xii 福島第一・第二原子力発電所の全原子炉と耐用年数である 40 年を過ぎた原子炉を除く。
- xiii 厳しいカーボン・バジェットの設定は本研究の目的にも合致する。すなわち、本研究の目的が、「野心的」や「公平性」という曖昧な概念を明確に定義した上で、各国が誓約した削減目標と、科学的に算出された各国の「必要な削減努力の公平な分担」との差異を定量的に評価し議論することだからである。前述のように日本における政策決定の過程では、このような議論がほとんど行われていなかった（The Cabinet 2009）。
- xiv Höhne et al. (2014b) は、「GDP 当たり費用均等アプローチ」は、公平性の基準の一つである「能力」を参照した GHG 排出削減努力分担方法と分類している。しかし、2014 年 9 月 19 日に筆者らが直接 Höhne に確認したところ、「GDP 当たり費用均等アプローチ」は「能力」に加えて「費用対効果」の要素も含むというコメントを得た。