



New ESRI Working Paper No.21

長期の温暖化対策の国際的枠組みに 関するシミュレーション

増淵勝彦

June 2011



内閣府経済社会総合研究所
Economic and Social Research Institute
Cabinet Office
Tokyo, Japan

New ESRI Working Paper は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません。研究試論という性格上今後の修正が予定されるものであるため、当研究所及び著者からの事前の許可なく論文を引用・転載することを禁止いたします。

新E S R I ワーキング・ペーパー・シリーズは、内閣府経済社会総合研究所の研究者および外部研究者によってとりまとめられた研究試論です。学界、研究機関等の関係する方々から幅広くコメントを頂き、今後の研究に役立てることを意図して発表しております。

論文は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません。

なお、研究試論という性格上今後の修正が予定されるものであり、当研究所及び著者からの事前の許可なく論文を引用・転載することを禁止いたします。

(連絡先) 総務部総務課 03-3581-0919 (直通)

長期の温暖化対策の国際的枠組みに関するシミュレーション

増淵勝彦 内閣府経済社会総合研究所上席主任研究官

1. 背景

地球温暖化問題は今や G8 サミットでも主要課題の一つである。2007 年 6 月のハイリゲンダムサミットでは、「2050 年までに地球規模での温暖化ガス排出を少なくとも半減させることを含む、EU、カナダ及び日本による決定を真剣に検討する」としていたが、2008 年 6 月の北海道・洞爺湖サミットでは、さらに踏み込んで、50%削減の目標を UNFCCC（気候変動枠組条約）で採択することを求める内容が盛り込まれた。

この間、日本は、長期目標「クールアース 50」を 2007 年 5 月に公表したのに続き、2008 年 1 月には、同目標を実現していくための具体的な手段として「クールアース推進構想」を提唱した。「クールアース推進構想」は、①ポスト京都フレームワーク、②国際環境協力、③イノベーションの 3 つの提案からなり、「ポスト京都フレームワーク」では、次期の枠組みのあり方について「クールアース 50」よりさらに一步踏み込んだ考えを示している。また、国別総量目標を掲げ、主要排出国と共に温室効果ガスの排出削減に取り組むとの具体的決意も示された。「国際環境協力」については、途上国に対する資金援助等、具体的支援が打ち出された。「イノベーション」には、革新的技術の開発と低炭素社会への転換の 2 つが含まれた。特に、低炭素社会への転換については、ライフスタイルそのものを根本から見直す必要性が長期的課題として訴えられた。本推進構想に対しては、それまで日本の取り組みに批判的であった欧州からも高い評価が得られ、特にフランス政府は、公式声明の中で日本の政策演説を評価している。

2009 年 12 月には、デンマークのコペンハーゲンで気候変動枠組条約締約国会議 COP15 の全体会合が行われた。会合では、先進国と途上国の主張の隔たりが著しかったが、最終的には、2013 年以降の新たな地球温暖化対策の枠組み（ポスト京都）に関する「コペンハーゲン合意」が成立し、「同合意を留意すること」が決定された。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が 2007 年に発表した「第 4 次評価報告書」によると、1906 年から 2005 年の 100 年間で世界平均気温は 0.74 度上昇した。また、ここ 50 年の気温上昇は、過去 100 年の上昇速度のほぼ 2 倍に相当し、近年になればなるほど温暖化が加速していることが明らかになった。これらを踏まえ、コペンハーゲン合意では、世界全体の長期目標として産業化以前からの気温上昇を 2 度以内に抑えることや、先進国による途上国への支援などが盛り込まれた。ただし、具体的な削減目標等はこの時点では明記されず、先進国は中期目標を、途上国は削減行動を、それぞれ条約事務局へ後に提出している。なお、日本は、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意欲的な目標の合意を前提に、2020 年までに 1990 年比で 25%の削減を目指すことを表明している。

2. 分析の方法

以上のような認識を下に、サミットでも提唱された50%削減等、温暖化ガス削減の経済的影響・成果の定量的な評価を試みる。使用したモデル及びデータは、GTAP6inGAMS を、大阪大学大学院の伴金美教授の指導の下に拡張した多地域動学的CGEモデル（10地域10部門）と、GTAP7 のデータである。動学的メカニズムとして、各国・各地域において Ramsey 型最適成長モデルに基づく貯蓄・投資の決定がなされる枠組みが取り入れられている。投入要素間にはCES型の代替性、輸入財と国産財の間にはアーミントン仮定を置き、資本と労働については産業間で移動可能となっている。時点は1期間を10年とし、GTAP7 の観測年である2004年から始まる第1期間から2054年から始まる第6期間までを分析の対象として、温暖化ガス削減方法の評価を目的としたシミュレーションを行った。

評価の対象としたのは、

- 1) 京都議定書同様に先進国にだけ50%の削減上限を導入する。
 - 2) 先進国にだけ50%の削減上限を導入することに加えて、先進国間に排出権取引制度を導入する。
 - 3) 排出上限を設けず、（日本の）先進的な発電技術を世界に普及させる。
- の3 ケースであり、それぞれ温暖化対策を含まない参照ケースと比較した。

3. 1 基本的な想定と参照ケース

基本的な想定は、

- ・ 効率改善を含む労働力の伸び率は、最終的には全世界が2.0%に収斂する。
- ・ 減耗率は年5%、利子率は同5%、自律的なエネルギー効率の改善(AEEI)は各地域で同1.5%。

とした。この結果、GDPは、世界全体で2004年に42兆ドルだったのが、2054年には144兆ドルとなる。うち、先進国全体では93兆ドル、途上国全体では52兆ドルである。成長率は、先進国、途上国とも長期的には2%程度に収斂する（図1）。

（表1）参照ケース

GDP(10億ドル)													
年	日本		中国		東・東南アジア		インド		ブラジル		米国		
	平均成長率(%)												
2004	4673.0		1893.7	8.47	1852.6		652.1	4.26	617.3		11696.4	2.14	
2014	5727.0	2.05	4269.0	6.02	2542.4	3.22	989.3	4.18	835.4	3.07	14449.9	2.11	
2024	7006.3	2.04	7660.6	4.33	3437.2	3.06	1490.4	3.42	1128.0	3.05	17801.8	2.10	
2034	8599.3	2.07	11700.5	3.33	4334.1	2.35	2086.6	3.31	1421.3	2.34	21904.3	2.10	
2044	10593.5	2.11	16234.3	2.45	5424.0	2.27	2889.1	2.52	1782.3	2.29	26976.8	2.11	
2054	13092.0	2.14	20680.6		6785.8	2.27	3706.2		2232.1	2.28	33235.8		
	加・豪・NZ		欧州		ロシア・周辺国		その他世界		先進国		途上国		世界計
2004	1717.4		13633.4		748.4		3788.1		32468.6		8803.8		41272.4
2014	2095.6	2.01	16681.0	2.04	1019.9	3.14	5388.1	3.59	39973.4	2.10	14024.3	4.77	53997.7
2024	2564.7	2.04	20480.8	2.07	1395.0	3.18	7760.3	3.72	49248.6	2.11	21476.5	4.35	70725.1
2034	3150.7	2.08	25267.0	2.12	1792.6	2.54	10571.7	3.14	60714.0	2.11	30114.1	3.44	90828.0
2044	3882.4	2.11	31289.7	2.16	2291.8	2.49	14305.2	3.07	75034.2	2.14	40634.9	3.04	115669.1
2054	4798.2	2.14	38856.1	2.19	2925.4	2.47	18129.4	2.40	92907.5	2.16	51534.1	2.40	144441.6
													2.25

また、世界全体のCO2排出量は、2004年の262億トンから2054年には873億トンに増加し、うち先進国が350億トン、発展途上国が523億トンを占める（図2）。

CO2排出(100万吨/年)

	日本	中国	東・東南アジア	インド	ブラジル	米国	加・豪・NZ	欧州	ロシア	その他世界	先進国	途上国	世界計
2004	1232.8	4518.2	1689.5	1097.0	316.6	5914.1	973.9	4369.2	2191.1	3881.9	14681.1	11503.3	26184.4
2014	1417.7	9395.3	2132.8	1457.5	415.2	6899.5	1081.0	5032.2	2722.7	5129.8	17153.0	18530.5	35683.5
2024	1638.0	15046.6	2662.9	1940.8	539.5	8104.0	1211.9	5875.2	3385.9	6923.2	20215.0	27113.0	47328.0
2034	1931.7	20466.7	3116.7	2436.8	651.2	9655.4	1388.8	7008.5	3893.1	8850.3	23877.5	35521.7	59399.2
2044	2332.8	25517.8	3689.6	3108.0	789.1	11729.9	1627.7	8549.0	4467.8	11445.7	28707.2	44550.3	73257.5
2054	2876.4	29295.4	4439.9	3726.9	963.0	14447.2	1946.7	10622.2	5149.5	13860.3	35042.0	52285.5	87327.5

3. 2 先進国のみの排出上限

京都議定書同様に先進国にだけ削減上限を導入し、先進国間で排出権取引を行わない場合についてシミュレーションを行った。具体的な想定は、

- ・ 先進国にのみ1990年比50%の削減目標が課される（2010年代から直線的に減少させて2050年代に目標を達成する）。
- ・ 途上国は排出上限を負わない。

とした。先進国の各期の排出上限は表2のとおり。

(表2) 先進国のCO2排出上限(100万吨/年)

	日本	米国	加・豪・NZ	欧州	ロシア等
2014	1065.3	4863.3	713.5	4291.1	3565.4
2024	932.2	4255.4	624.3	3754.7	3119.8
2034	799.0	3647.5	535.1	3218.3	2674.1
2044	665.8	3039.6	445.9	2681.9	2228.4
2054	532.7	2431.6	356.7	2145.5	1782.7

このケースの各国・地域のGDPとCO2排出量の水準、及び参照ケースからの乖離率は、表3、図3および図4のとおり。先進国のCO2排出量は、2050年代に参照ケースより79%減少し、半減目標を達成する。他方、先進国のGDPも、そのためのコストとして同21%減少する。

(表3) 比較ケース(先進国のみ上限、先進国間の排出権取引なし)

GDP(10億ドル)

年	日本		中国		東・東南アジア		インド		ブラジル		米国		世界計
	平均成長率(%)												
2004	4666.9		1892.2		1854.4		654.0		619.3		11683.4		
2014	5564.9	1.78	4315.7	8.59	2572.4	3.33	1004.8	4.39	844.0	3.14	14165.8	1.95	
2024	6587.8	1.70	7791.2	6.09	3502.9	3.14	1526.4	4.27	1146.7	3.11	17083.5	1.89	
2034	7707.9	1.58	12002.8	4.42	4458.8	2.44	2155.7	3.51	1455.8	2.42	20364.1	1.77	
2044	8803.8	1.34	16905.4	3.48	5665.2	2.42	3018.2	3.42	1844.6	2.39	23788.7	1.57	
2054	9645.4	0.92	22046.0	2.69	7225.1	2.46	3926.8	2.67	2336.8	2.39	26755.4	1.18	
	加・豪・NZ		欧州		ロシア・周辺国		その他世界		先進国		途上国		
2004	1710.7		13623.8		748.7		3794.0		32433.4		8813.9		41247.4
2014	1989.5	1.52	16442.1	1.90	1005.0	2.99	5441.1	3.67	39167.4	1.90	14178.0	4.87	53345.4
2024	2350.7	1.68	19653.3	1.80	1332.5	2.86	7904.4	3.81	47007.8	1.84	21871.6	4.43	68879.4
2034	2760.7	1.62	23379.3	1.75	1587.5	1.77	10924.0	3.29	55799.5	1.73	30997.2	3.55	86796.7
2044	3185.5	1.44	27499.9	1.64	1836.9	1.47	15128.4	3.31	65114.8	1.56	42561.7	3.22	107676.6
2054	3644.9	1.36	31697.5	1.43	2057.6	1.14	19819.5	2.74	73800.7	1.26	55354.2	2.66	129154.9

CO2排出(100万吨/年)

	日本	中国	東・東南アジア	インド	ブラジル	米国	加・豪・NZ	欧州	ロシア	その他世界	先進国	途上国	世界計
2004	1228.6	4506.9	1700.1	1098.0	317.9	5897.6	980.7	4398.1	2185.5	3909.3	14690.5	11532.3	26222.7
2014	1065.3	9599.9	2203.6	1496.2	424.2	4863.3	713.5	4291.1	2788.9	5353.1	13722.1	19077.0	32799.1
2024	932.2	15600.4	2773.7	2012.4	553.8	4255.4	624.3	3754.7	3119.8	7419.0	12686.4	28359.4	41045.8
2034	799.0	21679.8	3273.8	2550.9	671.9	3647.5	535.1	3218.3	2674.1	9897.2	10874.0	38073.6	48947.6
2044	665.8	27915.0	3917.0	3286.7	818.5	3039.6	445.9	2681.9	2228.4	13642.0	9061.6	49579.2	58640.8
2054	532.7	33846.3	4777.3	3988.7	1006.1	2431.6	356.7	2145.5	1782.7	18436.3	7249.2	62054.8	69304.0

○比較ケースの参照ケースからの乖離率(%)
GDP

	日本	中国	東・東南アジア	インド	ブラジル	米国	加・豪・NZ	欧州	ロシア	その他世界	先進国	途上国	世界計
2004	-0.13	-0.08	0.10	0.29	0.32	-0.11	-0.39	-0.07	0.03	0.16	-0.11	0.11	-0.06
2014	-2.83	1.09	1.18	1.56	1.03	-1.97	-5.06	-1.43	-1.46	0.98	-2.02	1.10	-1.21
2024	-5.97	1.70	1.91	2.41	1.66	-4.03	-8.34	-4.04	-4.48	1.86	-4.55	1.84	-2.61
2034	-10.37	2.58	2.88	3.31	2.43	-7.03	-12.38	-7.47	-11.44	3.33	-8.09	2.93	-4.44
2044	-16.89	4.13	4.45	4.47	3.49	-11.82	-17.95	-12.11	-19.85	5.75	-13.22	4.74	-6.91
2054	-26.33	6.60	6.47	5.95	4.69	-19.50	-24.04	-18.42	-29.67	9.32	-20.57	7.41	-10.58

CO2排出

	日本	中国	東・東南アジア	インド	ブラジル	米国	加・豪・NZ	欧州	ロシア	その他世界	先進国	途上国	世界計
2004	-0.34	-0.25	0.63	0.09	0.40	-0.28	0.70	0.66	-0.25	0.71	0.06	0.25	0.15
2014	-24.86	2.18	3.32	2.66	2.17	-29.51	-33.99	-14.73	2.43	4.35	-20.00	2.95	-8.08
2024	-43.09	3.68	4.16	3.69	2.65	-47.49	-48.49	-36.09	-7.86	7.16	-37.24	4.60	-13.27
2034	-58.64	5.93	5.04	4.68	3.18	-62.22	-61.47	-54.08	-31.31	11.83	-54.46	7.18	-17.60
2044	-71.46	9.39	6.16	5.75	3.72	-74.09	-72.61	-68.63	-50.12	19.19	-68.43	11.29	-19.95
2054	-81.48	15.53	7.60	7.02	4.47	-83.17	-81.68	-79.80	-65.38	33.02	-79.31	18.68	-20.64

3. 3 先進国だけの排出上限および排出権取引

次に、先進国にだけ削減上限と国際間の排出権取引を導入した場合を想定し、シミュレーションを行った。具体的な想定は、

- ・ 先進国にのみ1990年比50%の削減目標が課される(2010年代から直線的に減少させて2050年代に目標を達成する)。
- ・ 途上国は排出上限を負わない。
- ・ 先進国間だけにCO2の排出権取引を導入する。

結果は表4、図5および図6のとおり。

(表4)比較ケース(先進国だけに排出上限、先進国間の排出権取引あり)

GDP(10億ドル)

年	日本	中国	東・東南アジア	インド	ブラジル	米国	加・豪・NZ	欧州	ロシア	その他世界	先進国	途上国	世界計
2004	4670.6	1892.3	1853.6	653.5	618.8	11684.9	2.05						
2014	5684.7	4300.5	2561.4	1000.4	842.0	14313.7	2.95						
2024	6869.2	7764.5	3486.6	1518.1	1142.9	17374.4	1.96						
2034	8280.9	11929.7	4426.4	2138.2	1447.6	20936.5	1.88						
2044	9929.9	16708.0	5592.3	2981.6	1827.6	25001.0	1.79						
2054	11773.7	21619.2	7082.9	3860.5	2306.7	29345.9	1.62						
	加・豪・NZ	欧州	ロシア・周辺国	その他世界	先進国	途上国	世界計						
2004	1711.9	13618.1	750.6	3792.5	32436.1	8810.7	41246.8						
2014	2053.1	16502.2	929.6	5428.1	39483.2	14132.3	53615.5	2.66					
2024	2441.3	19892.1	1070.4	7878.9	47647.4	21791.0	69438.4	2.62					
2034	2890.5	23877.8	1100.1	10861.4	57085.8	30803.4	87889.2	2.38					
2044	3386.2	28369.3	1033.7	14967.9	67720.1	42077.5	109797.6	2.25					
2054	3889.3	33022.2	811.1	19501.9	78842.3	54371.2	133213.5	1.95					

CO2排出(100万トン/年)

年	日本	中国	東・東南アジア	インド	ブラジル	米国	加・豪・NZ	欧州	ロシア	その他世界	先進国	途上国	世界計
2004	1229.3	4510.7	1696.6	1097.3	317.5	5887.6	974.3	4373.5	2312.1	3899.5	14776.8	11521.6	26298.3
2014	1281.9	9526.4	2179.0	1484.3	421.7	5750.0	909.0	4466.4	2091.3	5302.1	14498.6	18913.5	33412.1
2024	1199.3	15492.8	2748.5	1999.1	551.8	4960.4	770.3	4129.6	1626.7	7393.7	12686.4	28185.9	40872.3
2034	1088.2	21400.4	3232.0	2527.2	668.5	4288.7	651.5	3676.5	1169.2	9820.7	10874.0	37648.8	48522.8
2044	957.1	27276.2	3842.5	3241.8	812.1	3668.1	541.7	3109.7	787.9	13459.2	9061.6	48631.9	57693.5
2054	810.6	32752.6	4656.2	3915.9	994.7	3049.7	440.3	2456.2	492.4	18245.0	7249.2	60564.4	67813.6

○比較ケースの参照ケースからの乖離率(%)

GDP	日本	中国	東・東南アジア	インド	ブラジル	米国	加・豪・NZ	欧州	ロシア	その他世界	先進国	途上国	世界計
2004	-0.05	-0.07	0.06	0.21	0.24	-0.10	-0.32	-0.11	0.29	0.11	-0.10	0.08	-0.06
2014	-0.74	0.74	0.75	1.12	0.79	-0.94	-2.03	-1.07	-8.85	0.74	-1.23	0.77	-0.71
2024	-1.96	1.36	1.44	1.86	1.32	-2.40	-4.81	-2.87	-23.27	1.53	-3.25	1.46	-1.82
2034	-3.70	1.96	2.13	2.48	1.86	-4.42	-8.26	-5.50	-38.63	2.74	-5.98	2.29	-3.24
2044	-6.26	2.92	3.10	3.20	2.54	-7.32	-12.78	-9.33	-54.89	4.63	-9.75	3.55	-5.08
2054	-10.07	4.54	4.38	4.16	3.34	-11.70	-18.94	-15.01	-72.27	7.57	-15.14	5.51	-7.77

CO2排出

	日本	中国	東・東南アジア	インド	ブラジル	米国	加・豪・NZ	欧州	ロシア	その他世界	先進国	途上国	世界計
2004	-0.28	-0.17	0.42	0.03	0.27	-0.45	0.04	0.10	5.52	0.45	0.65	0.16	0.44
2014	-9.58	1.40	2.17	1.84	1.58	-16.66	-15.91	-11.24	-23.19	3.36	-15.47	2.07	-6.37
2024	-26.78	2.97	3.22	3.01	2.28	-38.79	-36.44	-29.71	-51.96	6.80	-37.24	3.96	-13.64
2034	-43.67	4.56	3.70	3.71	2.65	-55.58	-53.09	-47.54	-69.97	10.97	-54.46	5.99	-18.31
2044	-58.97	6.89	4.14	4.30	2.91	-68.75	-66.72	-63.62	-82.36	17.59	-68.43	9.16	-21.25
2054	-71.82	11.80	4.87	5.07	3.30	-78.89	-77.38	-76.88	-90.44	31.64	-79.31	15.83	-22.35

先進国のCO2排出量が2050年代に参照ケースより79%減少するのは前ケースと同様だが、先進国のGDPの減少は排出権取引の効果により緩和され、同15%減に止まる。国別では、ロシアのGDPの減少率が例外的に大きくなっている。これは、ロシアにとってCO2の国際価格が十分高いため、財・サービスを国内生産するより、排出権を輸出した対価で輸入する方が有利になっているためと考えられる。

先進国間の排出権取引の動向は表5および図7のとおり。ロシアが輸出し、米国を筆頭に他の先進国・地域が輸入する形になっている。

(表5) 排出権取引(100万トン/年)

	日本	米国	加・豪・NZ	欧州	ロシア
2004					
2014	-5.00	-20.48	-4.52	-4.05	34.05
2024	-13.25	-34.98	-7.25	-18.60	74.08
2034	-19.49	-43.21	-7.84	-30.88	101.42
2044	-25.68	-55.15	-8.45	-37.72	126.99
2054	-36.08	-80.25	-10.85	-40.34	167.51

3. 4 先進技術の移転

先進技術の移転については、以下の想定を導入した。

- ・ 世界各地の発電で、日本の発電と同じ生産構造を持つ新技術を追加コストなく使用できる。
- ・ 当初から新技術が存在して、旧技術と完全代替である。
- ・ 排出上限は設けない。

結果は表6および図8のとおり。

(表6) 比較ケース(日本の先進的な発電技術を移転した場合)

年	日本		中国		東・東南アジア		インド		ブラジル		米国		世界計	
	平均成長率(%)													
2004	4674.2		1917.9		1876.7		669.2		631.1		11798.3			
2014	5726.5	2.05	4324.9	8.47	2574.5	3.21	1023.6	4.34	863.1	3.18	14569.9	2.13		
2024	7009.2	2.04	7758.6	6.02	3477.9	3.05	1544.5	4.20	1169.8	3.09	17943.1	2.10		
2034	8608.1	2.08	11836.3	4.31	4381.8	2.34	2160.3	3.41	1475.2	2.35	22069.7	2.09		
2044	10608.8	2.11	16400.5	3.32	5479.5	2.26	2985.1	3.29	1848.4	2.28	27168.7	2.10		
2054	13113.4	2.14	20866.2	2.44	6849.6	2.26	3821.3	2.50	2311.7	2.26	33456.0	2.10		
		加・豪・NZ		欧州		ロシア・周辺国		その他世界		先進国		途上国		世界計
2004	1736.9		13790.1		781.8		3831.8		32781.4		8926.7		41708.1	
2014	2117.9	2.00	16911.7	2.06	1087.9	3.36	5454.5	3.59	40413.8	2.12	14240.6	4.78	54654.4	
2024	2591.4	2.04	20784.1	2.08	1493.0	3.22	7846.1	3.70	49820.7	2.11	21796.9	4.35	71617.7	
2034	3183.2	2.08	25646.1	2.12	1912.0	2.50	10671.4	3.12	61419.1	2.11	30525.0	3.43	91944.1	
2044	3921.7	2.11	31750.6	2.16	2429.1	2.42	14415.8	3.05	75878.9	2.14	41129.3	3.03	117008.2	
2054	4844.9	2.14	39407.6	2.18	3081.7	2.41	18240.5	2.38	93903.6	2.15	52089.3	2.39	145992.9	

年	日本		中国		東・東南アジア		インド		ブラジル		米国		加・豪・NZ		欧州		ロシア		その他世界		先進国		途上国		世界計	
	2004	1247.5	2466.1	1290.9	611.0	403.5	4256.5	813.7	3807.5	1460.4	3086.7	11585.6	7858.3	19443.9												
2014	1423.6	5391.8	1679.3	884.5	514.7	5199.4	924.9	4499.7	1892.7	4150.8	13940.4	12621.2	26561.5													
2024	1642.3	9184.4	2167.4	1274.1	652.2	6394.2	1064.7	5385.1	2421.3	5712.2	16907.5	18990.3	35897.8													
2034	1936.0	13245.7	2616.6	1715.7	768.9	7935.8	1249.5	6559.4	2859.6	7446.5	20540.4	25793.4	46333.7													
2044	2336.9	17453.2	3188.4	2332.1	910.8	9986.7	1494.8	8137.3	3370.8	9817.7	25326.5	33702.2	59028.6													
2054	2879.4	21082.2	3937.2	2954.9	1088.7	12669.7	1818.4	10244.2	3993.2	12107.8	31604.9	41170.8	72775.7													

○比較ケースの参照ケースからの乖離率(%)

年	日本		中国		東・東南アジア		インド		ブラジル		米国		加・豪・NZ		欧州		ロシア		その他世界		先進国		途上国		世界計	
	2004	0.03	1.28	1.30	2.62	2.23	0.87	1.14	1.15	4.46	1.15	0.96	1.40	1.06												
2014	-0.01	1.31	1.26	3.46	3.31	0.83	1.06	1.38	6.66	1.23	1.10	1.54	1.22													
2024	0.04	1.28	1.19	3.63	3.71	0.79	1.04	1.48	7.03	1.11	1.16	1.49	1.26													
2034	0.10	1.16	1.10	3.54	3.79	0.76	1.03	1.50	6.66	0.94	1.16	1.36	1.23													
2044	0.14	1.02	1.02	3.32	3.71	0.71	1.01	1.47	5.99	0.77	1.13	1.22	1.16													
2054	0.16	0.90	0.94	3.11	3.57	0.66	0.97	1.42	5.34	0.61	1.07	1.08	1.07													

年	日本		中国		東・東南アジア		インド		ブラジル		米国		加・豪・NZ		欧州		ロシア		その他世界		先進国		途上国		世界計	
	2004	1.19	-45.42	-23.59	-44.30	27.44	-28.03	-16.44	-12.86	-33.35	-20.49	-21.08	-31.69	-25.74												
2014	0.41	-42.61	-21.26	-39.31	23.97	-24.64	-14.43	-10.58	-30.48	-19.09	-18.73	-31.89	-25.56													
2024	0.26	-38.96	-18.61	-34.35	20.90	-21.10	-12.15	-8.34	-28.49	-17.49	-16.36	-29.96	-24.15													
2034	0.23	-35.28	-16.05	-29.59	18.07	-17.81	-10.03	-6.41	-26.55	-15.86	-13.98	-27.39	-22.00													
2044	0.18	-31.60	-13.59	-24.97	15.41	-14.86	-8.16	-4.82	-24.55	-14.22	-11.78	-24.35	-19.42													
2054	0.10	-28.04	-11.32	-20.72	13.06	-12.30	-6.59	-3.56	-22.46	-12.64	-9.81	-21.26	-16.66													

国別にみると、中国、インド、ロシア等への排出削減効果が大きい。ブラジルは逆に増加しているが、これは、同国が現在ほとんど水力発電によっていることの結果と思われる。表7に、世界計、先進国および途上国別の数値を再掲する。これによると、技術移転は排出削減にある程度の効果があり、途上国では当初は参照ケースから30%台、2050年代時点でも20%台の削減となっている。先進国でも各々20%台、10%程度と効果が認められる。

(表7)日本の先進的な発電技術を移転した場合のCO2の排出(百万トン/年)

	世界合計		先進国		途上国	
	参照ケース	先進技術移転ケース	参照ケース	先進技術移転ケース	参照ケース	先進技術移転ケース
2004	26184.4	19443.9	14681.1	11585.6	11503.3	7858.3
2014	35683.5	26561.5	17153.0	13940.4	18530.5	12621.2
2024	47328.0	35897.8	20215.0	16907.5	27113.0	18990.3
2034	59399.2	46333.7	23877.5	20540.4	35521.7	25793.4
2044	73257.5	59028.6	28707.2	25326.5	44550.3	33702.2
2054	87327.5	72775.7	35042.0	31604.9	52285.5	41170.8
	参照ケースからの乖離(%)		参照ケースからの乖離(%)		参照ケースからの乖離(%)	
2004		-25.7		-21.1		-31.7
2014		-25.6		-18.7		-31.9
2024		-24.2		-16.4		-30.0
2034		-22.0		-14.0		-27.4
2044		-19.4		-11.8		-24.4
2054		-16.7		-9.8		-21.3

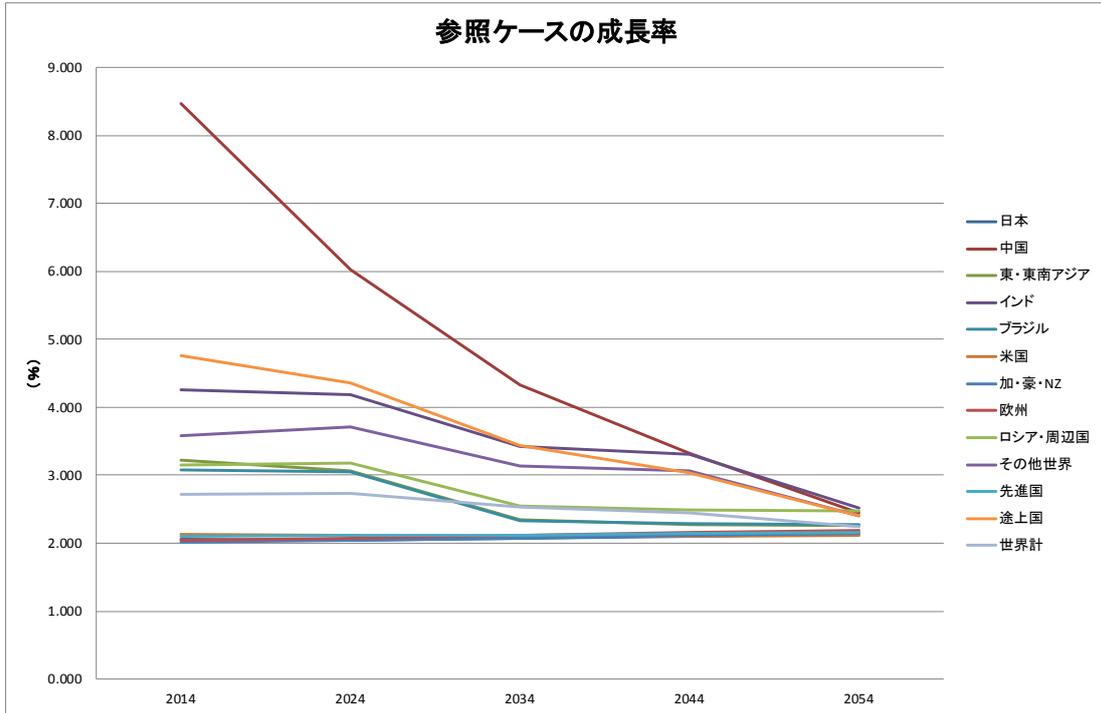
しかしながら、50%削減といった野心的な目標を達成するには不十分である。また、このモデルでは生産構造に係わるパラメータの変化だけを考えているが、実際には資本移転のためにコストがかかることにも留意する必要がある。

4. まとめ

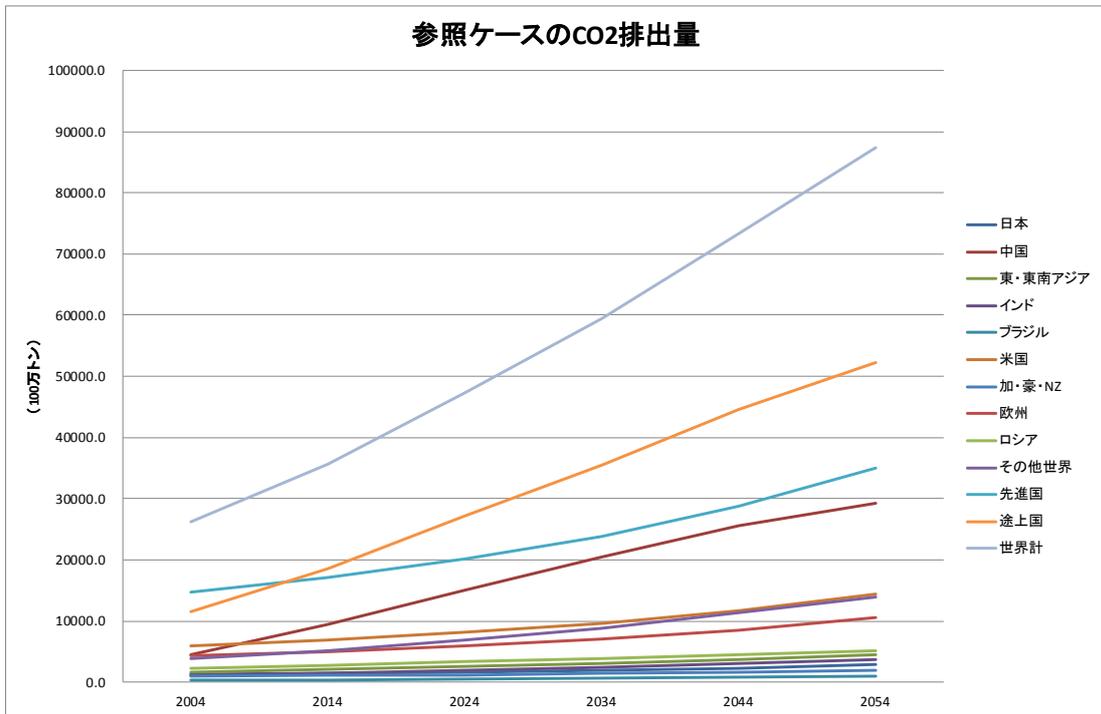
以上のシミュレーションから、先進国のみに排出上限を課す京都議定書型のコミットメントや、最先端技術の移転は、長期にわたる排出削減にある程度有効であるが、50%削減といった野心的な目標を達成するには、単独の方法では不十分であることが分かる。

国際的枠組みのコストを軽減し、実現可能なものとするためには、様々な方策の複合を検討する必要があると言える。特に、CO2排出大国である中国のコミットメントは不可欠と思われる。

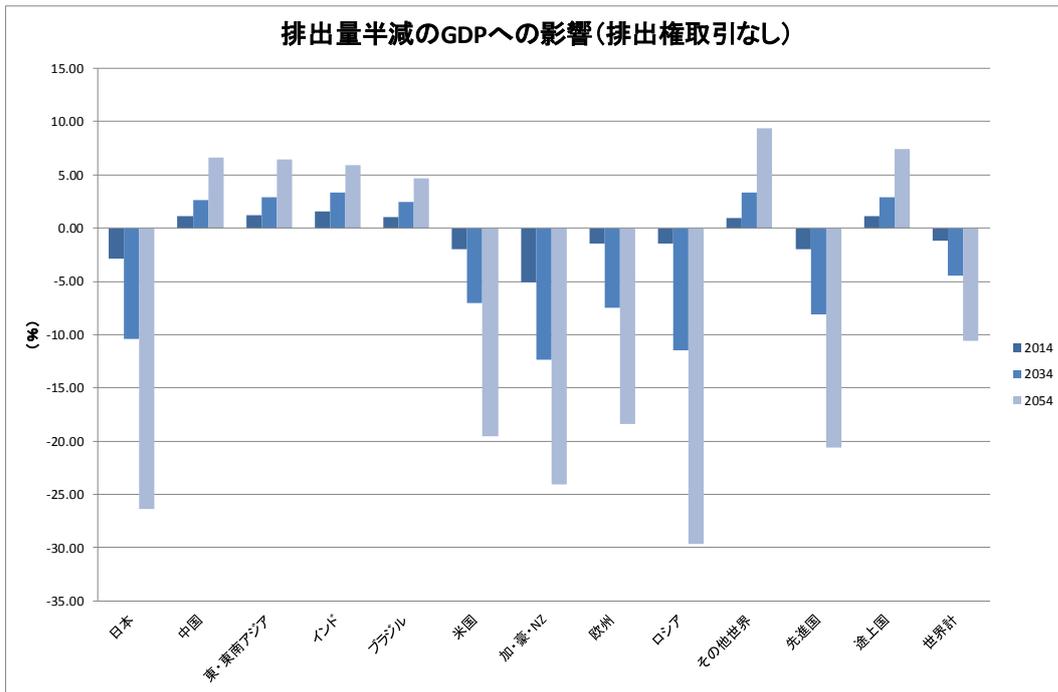
(図 1)



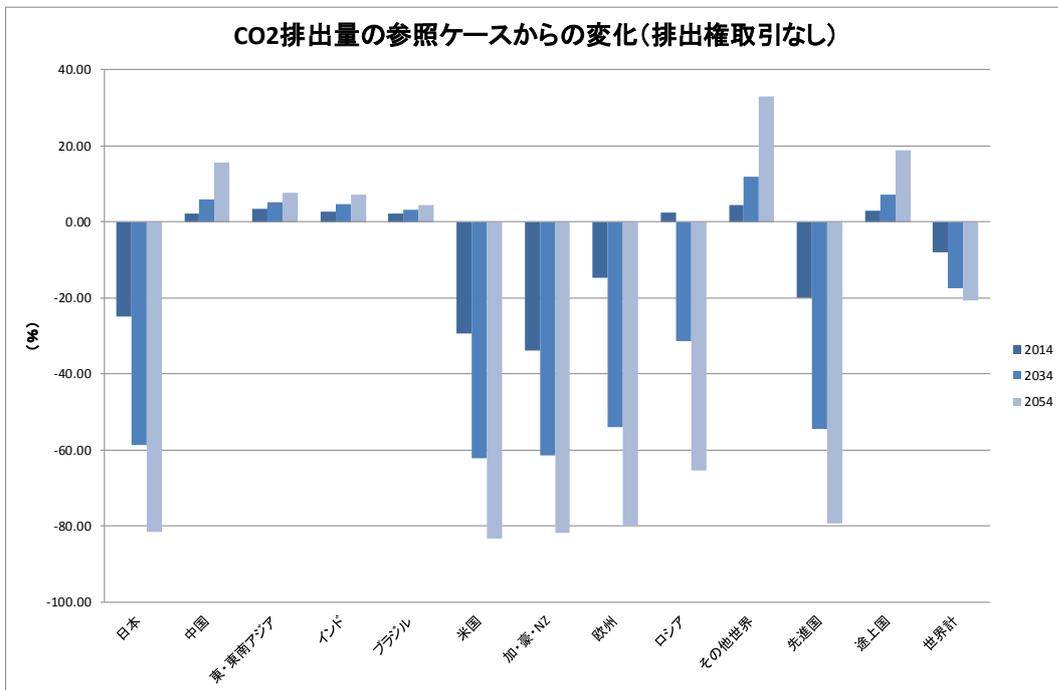
(図 2)



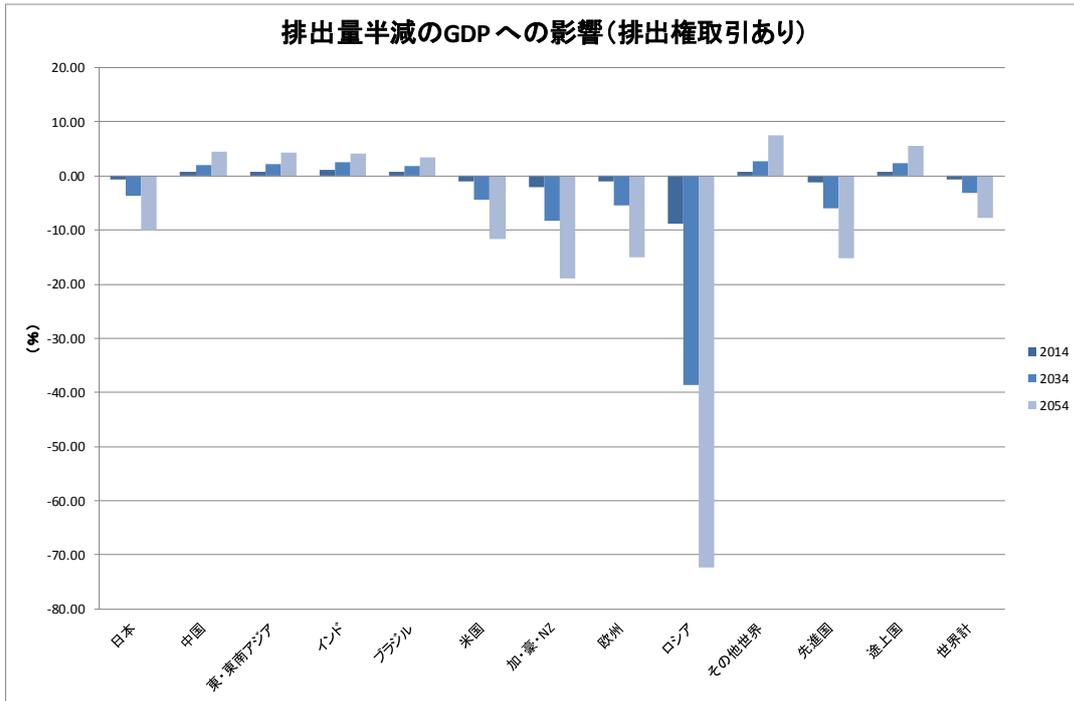
(図 3)



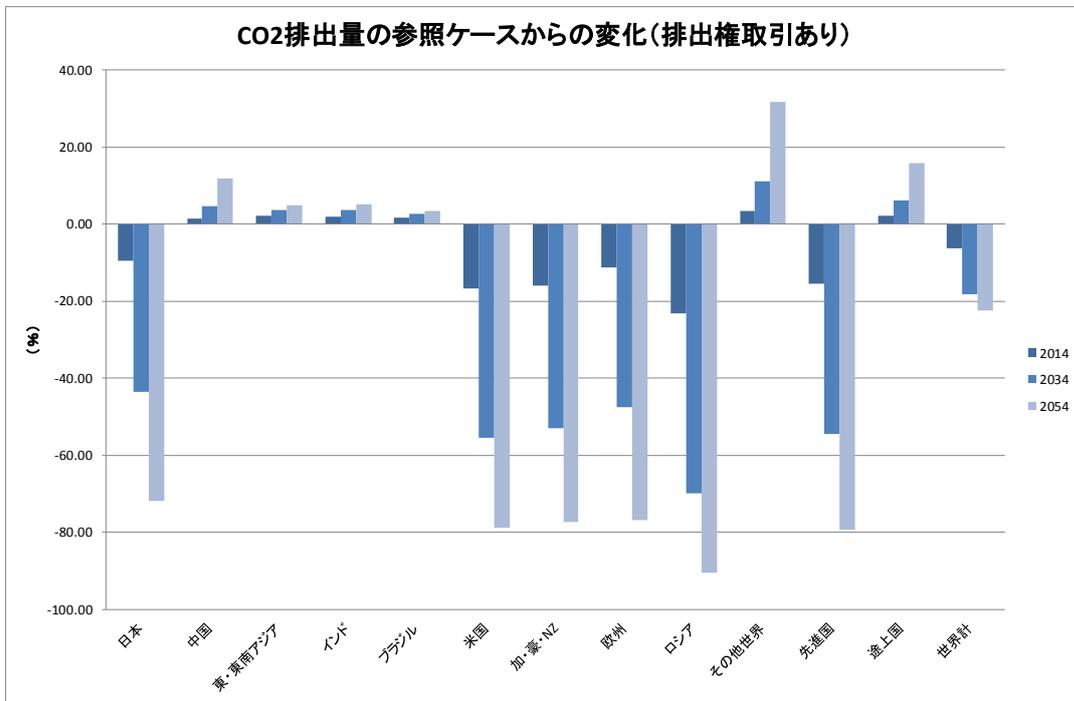
(図 4)



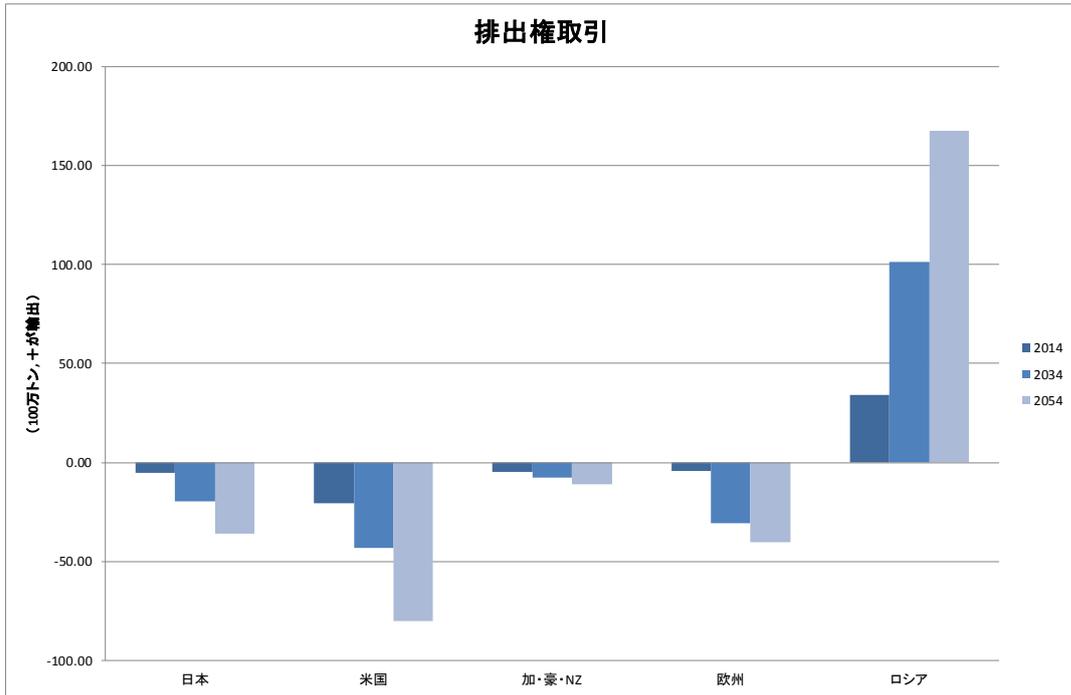
(図5)



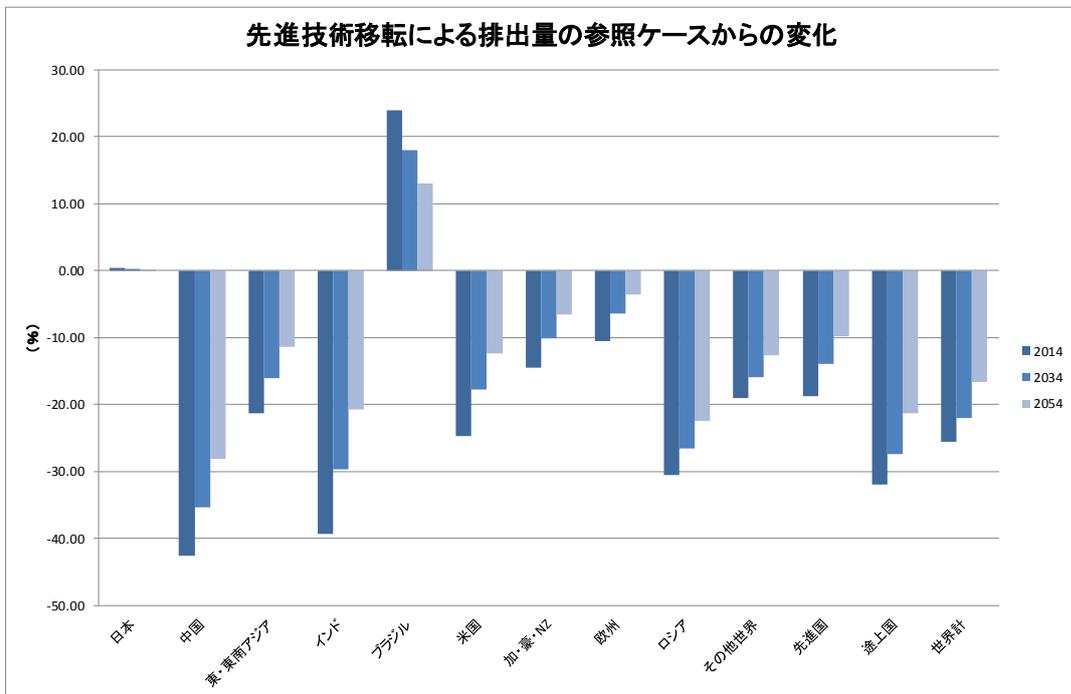
(図6)



(図7)



(図8)



(参考) 地域動学的CGE モデルの構造

- ・ モデルのタイプ：フル・ダイナミック型多地域CGEモデル
- ・ 代替性：投入要素間等はCES 型、輸入財と国産財の間にはアーミントン仮定を置く。
- ・ 資本、労働：産業間では移動が自由、地域間では移動不可。
- ・ 部門数：10 産業
- ・ 地域数：10 地域
- ・ 使用言語、サブルーチン、ソルバー等：GAMS/MPSGE/MCP
- ・ 産業部門：COL（石炭）、OIL（石油）、P_C(石油石炭製品)、GAS（天然ガス）、ELY（電力）、AGR（農業）、I_S（鉄鋼）、MFG（製造業）、TRN（運輸）、SRV（サービス業）
- ・ 地域分割：CHN（中国）、JPN（日本）、IND（インド）、USA（米国）、RUS（ロシア及び周辺国）、EAS（東・東南アジア）、BRZ（ブラジル）、CANZ（カナダ、豪州、ニュージーランド）、EU（欧州諸国）、ROW（その他）

(参考文献)

IPCC, 2007: Fourth Assessment Report, Working Group III Report "Mitigation of Climate Change"

Rutherford, Thomas F. 2005: GTAP6inGAMS: The Dataset and Static Model, Prepared for the Workshop: "Applied General Equilibrium Modeling for Trade Policy Analysis in Russia and the CIS"

鶴岡公二（2008.2.12）「地球環境問題と北海道洞爺湖サミット」経済産業研究所BBLセミナー説明資料

坂下信之ほか（2009.7）「経済社会総合研究所における平成19年度及び平成20年度の「環境と経済」分野国際共同研究について—温室効果ガス削減の長期的枠組みと技術の進歩・伝播・移転—」 ESRI Research Note No.8 内閣府経済社会総合研究所