

BRICsの経済と エネルギー需給・ 温室効果ガスの動向

ふじかわ きよし

名古屋大学 国際開発研究科 藤川 清史

はじめに

本年7月の洞爺湖サミットでは、温室効果ガス（GHG）の主要排出国会議が開催された。サミット参加のG8にブラジル、中国、インド、インドネシア、南アフリカ共和国などの新興国16カ国が参加し、今後のGHGの削減について議論された。しかし、先進国の主張（今後のGHG排出の動向は新興国が握るので、新興国も排出削減義務を負うべき）と新興国の主張（現在の温暖化の原因は先進国の過去のGHG排出であるから、先進国のなかで解決すべき）の隔たりは大きく、これといった成果は上げられなかった。

一方で、米国経済の不動産不況で行き場がなくなった投機マネーが、新興国のエネルギー需要の増加を見越し、原油市場に流れたために、原油価格が高騰したといわれている。原油価格の高騰は、代替燃料の商業性を高め

ることになった。典型例は、トウモロコシやサトウキビからつくるバイオ燃料¹⁾である。そのため、家畜飼料であったトウモロコシが燃料用に使われ、また人間の食料であった大豆がトウモロコシなどに転作されるなど、複雑な経路で、食料と燃料のマーケットが連動することになった。エネルギー価格の高騰は、食料価格全般も上昇させ、市民生活にも影響が出てきている²⁾。

昨年、地球温暖化問題に取り組んできた前米国副大統領アル・ゴア氏と国連の組織である「気候変動に関する政府間パネル」（IPCC）がノーベル平和賞を受賞した。また京都議定書の第一約束期間が始まり、2013年以降のポスト京都議定書の枠組みに関して協議が続けられている現在、環境意識が高まっているのも事実である。

本稿では、今後のエネルギー需給のカギを握ると考えられているBRICs（ブラジル、ロシア、インド、中国）に焦点を当て、その現状をみてみよう³⁾。

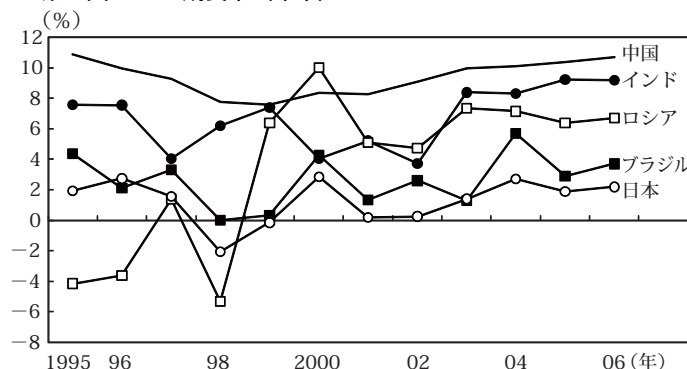
1. BRICsのマクロ経済状況

いうまでもないが、1国のエネルギー消費はその国の経済規模（GDP）との関係が深い。まず、BRICs諸国の経済状況からみてみよう。

1-1 GDP成長率

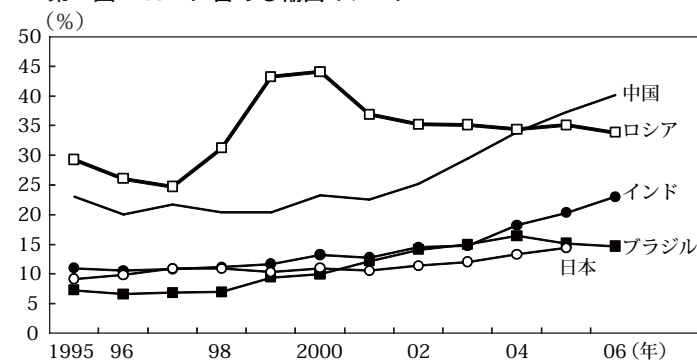
第1図にBRICsと日本の経済成長率を示した。BRICsのGDP成長率は高いが、なかでも中国が高く、1995年以降ほぼ10%程度の成長である。それに続くのがインドで、2003年以降は8~9%で成長している。昨年中盤からの世界的な経済の減速傾向への懸念は続いているものの、IMFの世界経済見通

第1図 GDP成長率（年率）



（資料）World Bank, World Development Indicators より著者作成
（第2, 3図も同じ）

第2図 GDPに占める輸出のシェア



しによると、2008年のBRICsの経済成長率は、ロシア7.7%、中国9.7%、インド8.0%、ブラジル4.9%と、先進国の平均1.7%という見通しと比較して、はるかに高い成長が見込まれている。

1-2 輸出率

1970年代以降、東アジアの4つの虎（韓国、台湾、シンガポール、香港）が高成長を実現した。かれらの成功は「輸出志向型」成長戦略の採用による。それは、自国産業を保護し国内消費の国産化から開始するという従来型の経済発展政策ではなく、あえて当初より自国産業を国際競争にさらし、輸出用の生産を行う戦略である。その成功の反響は大きく、4つの虎に続く新興国も外資導入と国内経済の市場化（自由化）によって、経済成長を目指すようになった。中国の1978年の改革開放政策、インドの1991年の経済改革がその例である。

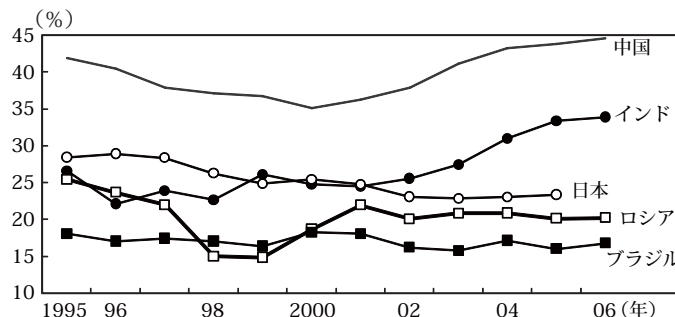
第2図に示すように、BRICs各国のGDPに占める輸出の割合は上昇傾向にある。とくに中国では輸出比率が急激に上昇し、2006年には40%以上を占めている。インドも20%も超えている。ただ、ロシアの場合、輸出の約半分が原油や天然ガスなどの天然資源であるため高度成長の要因は異なり、原油価格の高騰が始まった1999年にGDP成長率が大きく上昇している。

1-3 固定資本の比率

経済学は、労働者1人当たり産出量の増加は、技術進歩率と資本労働比率の上昇で説明で

きることを説く。前者のカギは外資導入であり、後者のカギは高い貯蓄率（すなわち投資率）である。第3図に示すように日本の投資は漸減傾向である。一方、中国とインドでは投資が拡大している。途上国では住宅や道路港湾のインフラが不十分であるので、一般的にGDP中の投資割合が先進国より大きい（直近の数字で）中国で約45%、インドで約34%と極めて高い。この2国は、今後しばらくは高い成長率を維持するものと予想される。

第3図 GDPに占める投資のシェア



先進各国とBRICsの両方で、エネルギー消費の絶対量は増加しているのだが、先進国のシェアは漸減し、BRICsのシェアはロシアを除いて拡大している。2005年のBRICs合計は米国を超えるまでに増加した。なかでも中国のエネルギー消費の増加は著しく、そのシェアは2000年の9.9%から2005年には14.5%へと5年間で4.6ポイントも拡大したが、このことが1999年以降の原油価格の高騰の一因になったと考えられる。

2. BRICsのエネルギー需給の動向⁴⁾

2-1 BRICsと先進国の1次エネルギーの消費

第1表に1次エネルギー消費の国別シェアを示した。1次エネルギーとは、自然界に存在しているエネルギー源で、具体的には、化石燃料（石炭、石油、天然ガス）、原子力、水力、太陽光、風力などをさす。

第1表 1次エネルギー消費の国別シェア (単位：%)

年	1990	1995	2000	2005
米 国	24.4	25.2	25.6	22.7
日 本	5.6	6.0	5.9	5.1
EU15	16.8	16.7	16.3	15.0
先進国	46.9	47.9	47.7	42.8
ブラジル	1.2	1.4	1.6	1.5
ロ シ ア	11.0	7.5	6.7	6.2
イ ン ド	2.4	3.0	3.4	3.7
中 国	8.4	10.2	9.9	14.5
BRICs	22.9	22.0	21.7	25.9
先進国+BRICs	69.8	69.9	69.4	68.7

(資料) エネルギー経済研究所「エネルギー経済統計要覧」より筆者作成 (以下すべて表は同じ)

2-2 BRICsと先進国の1次エネルギー効率の比較

エネルギー効率（1次エネルギー1単位でどの程度のGDPがつくれるか）を、次の分解式を用いて比較してみよう。

$$\begin{aligned} \text{GDP} / 1 \text{ 次エネルギー消費} &= (\text{GDP} / \text{人口}) \\ &\times (\text{人口} / \text{最終エネルギー消費}) \\ &\times (\text{最終エネルギー消費} / \text{一次エネルギー消費}) \end{aligned}$$

第2表にエネルギー消費当たりのGDPを示した。エネルギーの単位は100万TOE(石油換算トン)、GDPは2000年価格の10億ドルである。日本のエネルギー効率は極めて米国と比較すると約2倍の高効率である。一方BRICsのエネルギー効率は改善傾向にあるものの、先進国と比較すると明らかに効率が落ちる。ただ、ブラジルだけは比較的工

第2表 1次エネルギー当たりの GDP

年	1990	1995	2000	2005
ブラジル	5.00	4.73	4.21	4.35
ロシア	0.45	0.39	0.43	0.55
中国	0.67	0.94	1.34	1.27
インド	1.47	1.43	1.50	1.73
BRICs	0.87	1.06	1.30	1.34
日本	9.26	8.88	8.81	9.42
米国	3.66	3.81	4.23	4.72
EU15	4.85	5.05	5.47	5.62
先進国	4.76	4.88	5.21	5.60

(注) 1次エネルギーの単位は100万TOE (石油換算トン) GDPの単位は2000年価格の10億ドル

エネルギー効率が特例的によく、米国並みである。地球温暖化問題が深刻化する恐れがある今日、経済の成長と GHG 排出抑制の両立を可能にするためには、エネルギー効率の改善が重要な課題である。

次に、エネルギー効率がどのような要因によって決まっているのかを、2005年のデータをもとに、いくつかの要因別に分けたものが第3表である。「1人当たり GDP」は、労働生産性の代理変数とも考えられ、先進国と途上国を分ける指標である。先進国と BRICs 諸国とで大きく異なり、先進国平均と BRICs 平均では 20 倍以上の差がある。次の「1人当たり最終エネルギーの逆数」は、一種の豊かさの指標であると同時に、その経済のエネルギー効率のよさの複合要因である。解釈が難しいが、効率が同じであれば、この値は小さいほど「豊か」と解釈され、豊かさが同じであれば、値が大きいほど効率が良いということになる。日本の場合、エネルギーをほとんど輸入に頼らなければならないために、いわば強制的な省エネを余儀なくされた面があり、効率の良い経済となり、この値が大きくなっていると思われる。ロシアを除き、BRICs は総じて大きい値をとっており、平均では先進国平均と 1 けた違う。とくにインドは大きな値になっており、まだ豊かではないことの証左だと思われる。3つ目の要因は

第3表 エネルギー効率格差の要因分析

2005年	GDP/人口	人口/最終エネルギー消費	最終エネルギー消費/1次エネルギー消費
ブラジル	3.60	1.45	0.83
ロシア	2.45	0.34	0.65
中国	1.45	1.47	0.60
インド	0.60	5.50	0.53
BRICs	1.31	1.67	0.61
日本	39.01	0.36	0.66
アメリカ	37.32	0.19	0.68
EU15	22.42	0.34	0.73
先進国	30.48	0.26	0.70

(注) GDPの単位は2000年価格の10億ドル、人口の単位は100万人。1次エネルギー・最終エネルギーの単位は100万TOE (石油換算トン)

「エネルギー転換効率」で、いかに効率的に1次エネルギーから最終エネルギーに転換しているかを表している。この項目は先進国と BRICs 間で極端な差が生じていない。そのなかで、ブラジルが先進国と比較しても高い値であることが注目される⁵⁾。

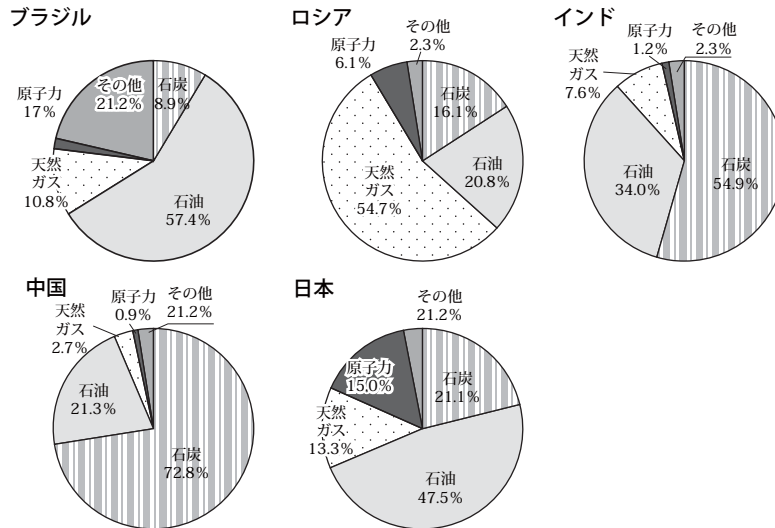
2-3 BRICs と日本のエネルギー構造の比較

第4図に、2005年時点での BRICs と日本のエネルギー構造の違いを示した。

ブラジルは石油のシェアが大きい⁶⁾。これは、ブラジル自身が産油国であることに加えてエタノールの影響がある。ブラジルでは、自動車の半分以上がガソリンとエタノールの混合燃料で走行できる燃料フレックスカーである。そのために、ブラジルでは石油のシェアが大きくなっている。また、ブラジルは水力のシェアが大きい。「その他」項目の大半は水力である。一方、世界最大の天然ガス生産国であるロシアは、エネルギー全体の6割近くを天然ガスが占めている。また原子力の比率は6%であり、BRICs のなかでは最も高い。

インドでは、エネルギー構成の半分強が石

第4図 BRICs と日本のエネルギー構成



(資料) エネルギー経済研究所「エネルギー経済統計要覧」より筆者作成

炭、3分の1強が石油、(その両者で90%)という比較的単純な構成である。また、世界有数の石炭生産国である中国でも石炭の消費量が多く約4分の3を占める。これらの国は、原子力のシェアがわずか1~2%と日本に比べて極めて小さいのが特徴である。

エネルギーの消費量が拡大すれば、それに伴い主要なGHGである二酸化炭素の排出量が増加する。第4表は石炭、石油、天然ガスの使用により排出されるCO₂の推移を示したものである⁷⁾。中国のCO₂排出量が大幅に拡大しているのが分かるが、これにより2005年のBRICs全体のCO₂排出量も大幅に

増加している。エネルギー原料によってCO₂排出の割合も異なり、石炭は天然ガスに比べ、およそ1.7倍のCO₂を排出する。中国は石炭消費の割合が7割以上と大きいウエートを占めているが、例えば、石炭消費量をすべて天然ガスとして計算すると、中国の2005年CO₂排出量を35%以上削減することが可能になる。

3. 原油の需給

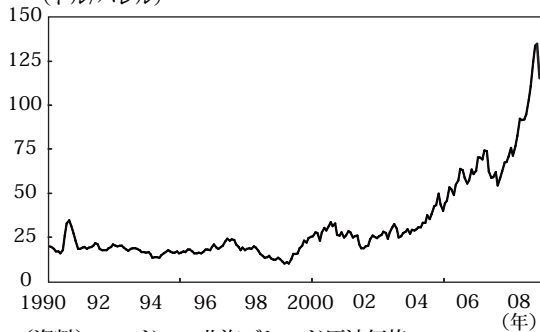
このところ、原油価格の高騰が話題となっている。第5図に1990年以降の原油価格(北海ブレンド原油)の推移を示した。1991年の第1次湾岸戦争時を除けば、1999年までバレル当たり25ドルを大きく超えることはなかった原油価格は1999年から上昇基調に転じる。2000年の米国ITバブル崩壊の不況のために石油価格も安定するが、2002年から多少の上下はあるもののほぼ一貫して価格が上昇している⁸⁾。

第5表に各国の原油の超過需要量を掲げ

第4表 CO₂ 排出量の推移
(炭素換算 100万トン, 化石燃料のみ対象)

年	1990	1995	2000	2005
ブラジル	61.7	75.9	94.8	99.5
ロシア	659.5	452.6	433.2	446.9
中国	671.6	843.9	874.4	1,466.9
インド	173.2	230.9	286.0	351.1
BRICs	1,566.0	1,603.2	1,688.4	2,364.4
米国	1,420.5	1,514.4	1,686.5	1,724.4
日本	325.1	350.8	368.1	377.1
EU15	922.0	919.6	949.7	981.1
先進国	2,667.7	2,784.9	3,004.2	3,082.6

第5図 原油価格の推移
(ドル/バレル)



(資料) ロンドン・北海ブレンド原油価格

た。超過需要とは、国内の消費量から生産量を引いたもので、潜在的な輸入量と考えられる。1999年以降の原油高の背景には、中国、インドなど新興国の石油需要増が背景にあるとされているが、その需要増による値上がりを見越した投機筋思惑買いも要因の1つであるとされている。実際、第5表の最下行に示すように、世界全体でみると、各年の原油消費量は、各年の原油生産量よりも少ない。

BRICs 諸国のうち、第2位の原油生産国ロシアが大きな超過供給国（潜在的輸出国）になっており、ブラジルでは消費と生産がほぼバランスしている。それに対して中国とインドは石油の輸入超過国である。2003年に原油価格がさらに上昇するが、それは中国の超過需要が急拡大する時期と重なっており、中国の原油需要が価格上昇のトリガーであった可能性もある。中国とインドでは、省エネを

第5表 石油の国別超過需要（消費－生産）

(単位：100万トン)

年	2002	2003	2004	2005
ブラジル	13.1	6.6	9.5	2.7
ロシア	-256.9	-295.2	-333.4	-344.6
中国	76.7	100.0	137.0	136.7
インド	79.0	84.1	86.2	89.8
BRICs	-88.2	-104.6	-100.7	-115.5
米国	519.7	554.0	585.6	608.3
日本	255.0	257.0	254.0	252.0
世界	-147.8	-213.8	-234.2	-231.5

進めるか石油に替わる新エネルギーの開発をしなければ、今後も原油価格の上昇圧力が続くであろう。

4. まとめに替えて：今後の展望

4-1 新エネルギーの動向

現在、エネルギーのほとんどを占めている枯渇性エネルギー（化石エネルギー）に代わり、再生可能エネルギーあるいは新エネルギーの開発・利用を促進していくことは緊急の課題である。なぜなら、第1に化石燃料の燃焼は、CO₂増加による温暖化や硫酸化物・窒素酸化物による酸性雨の被害などの環境問題にもかかわるし、また、1次エネルギー価格の高騰は、電力価格や食料価格の高騰などわれわれの生活とも直接かかわるからである。

途上国中で BRICs は非化石燃料の使用という意味でも先導的な位置にいる⁹⁾。風力発電を例にとると、世界の風力発電能力は、2007年末に94.1ギガワット（前年比27%増）と急増しているなかで、新興国でもインドが前年比28%増で世界第4位、中国は132%増で第5位となっている。また、ブラジルは、水力使用の先進国であると同時に、バイオエタノールの先進国である。バイオエタノールの利用は、食料問題との絡みで評価が分かれるところではある。ただ、植物やごみ、家畜の廃棄物からエネルギーをとるという技術は有望であり、化学産業の活躍の場であろう。

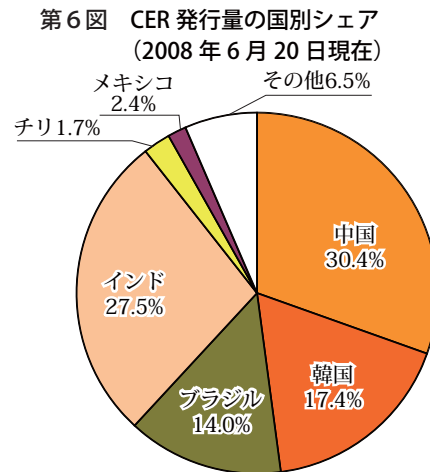
4-2 CDMの動向

CDM（クリーン開発メカニズム）は、温暖化防止京都議定書で認められた「柔軟化措置」の1つである。これは、先進国が途上

国内で省エネルギーや新エネルギープロジェクトを行い、GHG削減を実現した場合、その削減部分の一部を先進国が自国国内で行ったGHGの削減とみなしてカウントしようというものである。これが認められた背景には、途上国が先進国と比較してエネルギー効率が劣るという点がある。したがって、先進国のエネルギー技術を途上国に導入することは、途上国の持続的発展を支援すると考えられた。

しかし、現実はそのよう簡単ではなかった。CDMの1つの特徴は、受け入れ国がBRICsと韓国に集中していることである¹⁰⁾。第6図にはCER(CDMで削減が認定されたGHG)の国別の発行量シェアを示している。インフラや法制度などの整備状況面で取引費用が小さいという意味で、BRICsに投資が集中するのは経済原則からは当然かもしれないが、「途上国支援」という大義名分からすると、「大国」への支援に集中するのは本筋ではないだろう。

もう1つの問題は、CDMプロジェクトの種類である。京都議定書が指定するGHGには6つの種類があり¹¹⁾、それぞれ異なる温暖化係数(二酸化炭素を1とした温暖化効果の強さ)¹²⁾を用いて二酸化炭素に換算し、

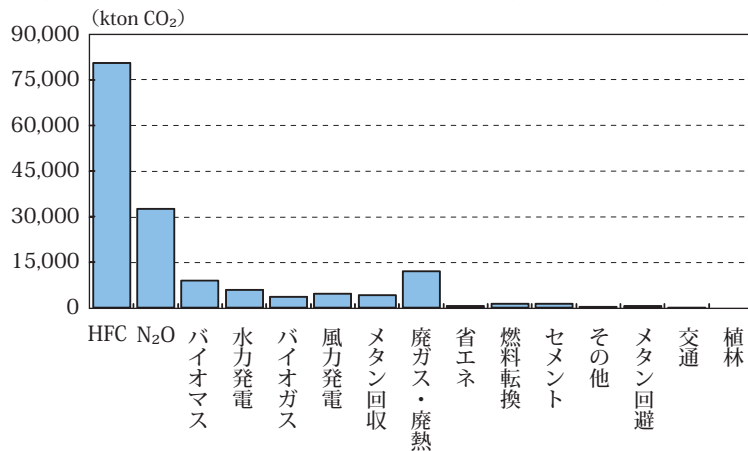


(資料) 地球環境戦略研究機関 (IGES) CDM・JI プロジェクト関連データより筆者作成 (第7図も同じ)

GHGを削減することになっている。6種類の温暖化係数には極めて大きな幅があり、その結果、CER(CDMで削減が認定されたGHG)の発行量でみると、第7図に示すように、HFCやN₂O削減プロジェクトが全体のほとんどを占めるという状況になっていることが分かる。

もちろん、HFC、N₂Oの削減も、温暖化防止に貢献し、途上国への資金供給にもなっているという意味で、日本の化学産業の果たした役割を評価すべきではある。ただ、温暖化

第7図 CERのプロジェクト別発行量 (2008年6月20日現在)



係数は小さいものの、畜産物廃棄物、食品加工廃棄物、下水汚泥など、メタン発酵技術については応用できる分野は多く、さらにこれらは、途上国のエネルギー状況の改善にも資する。したがって、こうした分野でも日本の化学工業の腕の振いどころがあると思われる。また、途上国には排出源が少ないのかもしれないが、PFCやSF₆の削減についても、日本の技術が貢献できる可能性は高い。

<注>

- 1) バイオ燃料は植物からつくられるため、京都議定書ではCO₂を排出しない(カーボン・ニュートラル)とみなされている。そのため、その分のクレジットが発生することになり、さらに商業性が高まった。
- 2) トウモロコシ価格の上昇はそれを飼料とする豚肉価格を上げている。大豆価格の上昇は、日本人の基礎的な食料である、みそ・しょうゆ・豆腐の価格を上げている。
- 3) BRICsの呼び名はゴールドマン・サックス(2003)による。BRICs経済については、ロビン・メレディス(2007)、みずほ総合研究所(2006)、小林英夫(2008)などを参照。
- 4) ゴールドマン・サックス(2008)、横井他(2007)
- 5) これはバイオエネルギーと関係しているものと思われるが、詳しくは今後調査したい。
- 6) エタノールは分類上、石油に含まれる。
- 7) 1TOE当たりの炭素含有量は石炭1.080、石油0.837、天然ガス0.641として計算した。
- 8) もっとも、2008年夏から原油価格は急落し、足元では100ドルを割っている。
- 9) 服部(2008)、大和総研(2006)参照。
- 10) ロシアは、環境関連の国際条約で先進国扱いされることが多い。
- 11) 二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、亜酸化窒素(N₂O)、ハイドロフルオロカーボン類(HFC)、パーフルオロカーボン類(PFC)、六フッ化硫黄(SF₆)。
- 12) 二酸化温暖化係数は、CO₂:1、メタン:21、N₂O:310、HFC:140-11,700、PFC:6500-9200、SF₆:23,900

<参考文献>

- ゴールドマン・サックス経済調査部「BRICsについての大胆な予測:2050年への道程」(2003)
- ゴールドマン・サックス経済調査部「ブリックス内のエネルギー状況」BRICs マンスリー(2008年8月号)
http://www2.goldmansachs.com/japan/gsitm/column/emerging/info/pdf/20080523_bricsreport.pdf
- ロビン・メレディス(太田直子訳)『インドと中国』ウエッジ(2007)
- みずほ総合研究所『BRICs—持続的成長の可能性と課題』東洋経済新報社(2006)
- 小林英夫『BRICsの底力』ちくま新書(2008)
- 大和総研「BRICs 台頭で高まる再生可能エネルギーへの注目」(2006)
<http://www.dir.co.jp/publicity/column/060220.html>
- 地球環境戦略研究機関「CDM・JIプロジェクト関連データ」
<http://www.iges.or.jp/jp/cdm/report.html>
- 日本エネルギー経済研究所『エネルギー・経済統計要覧』(各年版)、省エネルギーセンター
- 服部哲郎「欧州の再生可能エネルギーの勢力図に変化」Nikkei Business Online
<http://business.nikkeibp.co.jp/article/money/20080728/166390/>
- 横井陽一、竹原美佳、寺崎友芳『躍動する中国石油石化』、化学工業日報社(2007)
- BRICs事典「原油価格とBRIC」。 <http://www.brics-jp.com/brics/genyu.html>

☆

☆

☆