

世界の一般炭・原料炭需給の推移とその将来見通し

川上 恭章*、松尾 雄司*、呂 正*、佐川 篤男†

要約

わが国は使用する石炭の殆どを海外に依存し、その 8 割以上を豪州とインドネシアの 2 国に依存するという需給構造をとっている。相対的に供給安定性を有する石炭ではあるものの、それを取り巻く環境は大きく変化している。本稿は将来の石炭需給動向を予測することを目的とし、一般炭・原料炭についてそれを行うとともに、線形計画法による貿易フローモデルを構築して 2040 年までの石炭貿易フローの評価を行った。

世界の石炭消費量は特にここ 10 年程度、気候変動問題への関心の高まりとは対照的に増加の一途をたどっている。これまでは中国にけん引されて増加を続けてきたこの傾向は、需要増加の中心地を中国からインドへと変えて、2040 年まで継続するだろう。中国での石炭需要増加が減速すること、また多くの OECD 諸国で石炭需要が減少することから、世界の 2040 年までの石炭需要の年平均伸び率は近年の実績よりは緩和されるものの、発電用途の一般炭需要が増加し続ける。今後 2040 年までに予期される石炭需要の増分は、顕著な需要増となった 2002 年から 2012 年までの 10 年間のそれに比肩する。

多くの国にとって、増大する需要を国内生産のみで賄うことは困難であり、石炭貿易量は増加していく。モザンビークからインド、ロシアからアジアなどの、新たな主要石炭フローが創出される一方で、現在の主要輸出国であるインドネシアは、国内需要拡大と石炭資源の保護・有効利用の観点から、輸出量をあまり増やさない。

わが国においても、温暖化政策とのバランスを取りながら、石炭は主に発電用燃料として重要なエネルギー源であり続ける。本稿では、将来にわたって石炭需要国および生産国の動向が変化していく中で、原料炭におけるモザンビークといった、わが国にとって新たな石炭供給国の出現の可能性が示唆された。

* (一財)日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット

† (一財)日本エネルギー経済研究所 化石エネルギー・電力ユニット

本レポートは、平成 25 年度石油産業体制等調査研究(アジア・太平洋及び大西洋市場の石炭需給動向調査)に基づくものである。この度、経済産業省の許可を得て公表できることとなった。経済産業省関係者のご理解・ご協力に謝意を表す。

1. はじめに

わが国は使用する石炭の殆どを海外から輸入し、その 8 割以上を豪州とインドネシアの 2 国に依存している。石炭はわが国において、他の化石燃料である石油や天然ガスと比較して、相対的に供給安定性を有する燃料であるとされてきた。しかし、2000 年代に入ってから中国を代表とする世界の石炭需要の急増や価格の高騰、近年の米国でのシェールガス増産による石炭貿易フローの変化、また大輸出国であるインドネシアの石炭政策の変化の兆しなど、石炭を取り巻く環境は大きく変化している。このような状況にあって、石炭が今後も継続して”安定した”燃料であり続けると捉えることは危険をはらんでいる。世界の将来の石炭需要はどのように変化し、それに供給はどのように呼応するのだろうか。もし世界における石炭需給の中心地が変化するならば、石炭の貿易フローはどのように変化するのだろうか。本稿は、このような疑問に答えることを目的としている。

本稿は次のように構成される。まず 2012 年までの石炭需給の実績(需要量、供給量、貿易フロー)を炭種別、地域別に詳述した後に、これら実績の時系列変化と現時点で得られる政策情報などをもとに、2040 年までの石炭需要・供給量を予測する。その後、本研究で構築した、線形計画法(LP)を基礎とする貿易フローモデルを用いて、2025 年および 2040 年の石炭貿易フローを一般炭・原料炭について予測する。

石炭の需要量を中長期に予測した既往研究は数多く存在する。しかし、石炭の貿易フローを、需給量の整合性を担保しながら定量的に示したものは少ないだろう。世界の石炭需給の中心地が、現在と 2025 年、また 2040 年でどのように変化し、貿易フローがどのようなものになるかを把握することは、石炭の殆どを海外からの輸入に依存する我が国にとって、将来の石炭安定供給確保のための課題を明確にすることと、供給ソースの確保のための方策を検討する一助となるだろう。

2. 世界の石炭需給動向

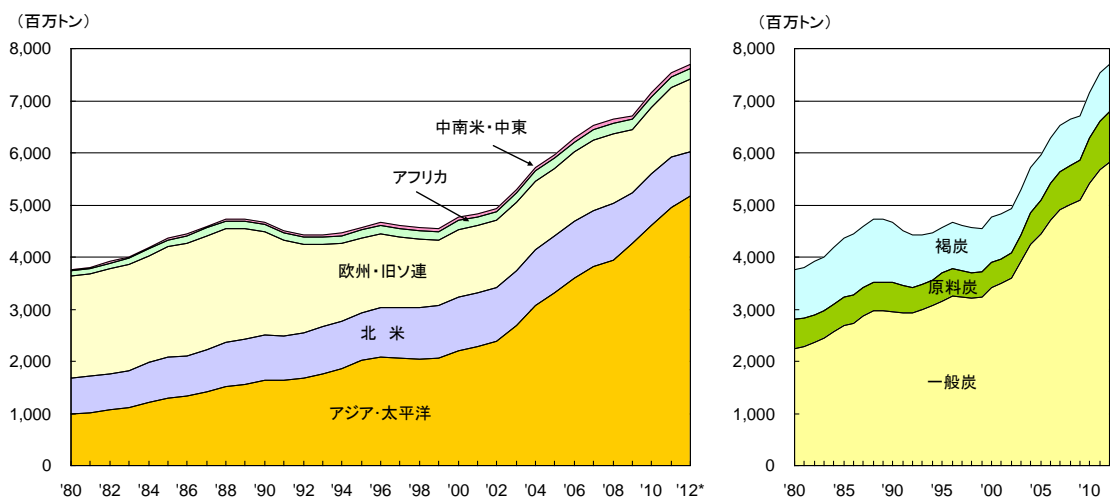
2.1 消費

世界の石炭消費量は、1980 年の 37 億 5,570 万トンから 1989 年には 47 億 3,390 万トンに増加し、1990 年代には増減があったものの、2012 年には 76 億 9,690 万トンに達した¹(図 2-1)。とりわけ 2002 年以降の増加は顕著であり、同年から 2012 年までの年平均伸び率は 4.6% に達した。この著しい需要増の主役となったのは、中国を中心とするアジア諸国であった。2002 年に 22 億 5,490 万トンであったアジアの石炭消費量は、図 2-2 に示すように、2012 年には 50 億 2,330 万トンに達し、この 10 年間で 27 億 6,840 万トン増加(この間の世界全体の純増分の 100%²)、全世界に占める割合は 19.5 ポイント増加して 65.3% となった。アジア地

¹ 実績(～2011 年)は IEA データ (IEA, “Energy Balances of OECD Countries 2013”¹⁾, “Energy Balances of Non-OECD Countries 2013”²⁾) を利用。2012 年については同じく IEA データの 2012 年実績推計データを利用。

² これは、アジア以外の地域で消費量が増加した国が無いことを示すものではない。米国など一部の国で、

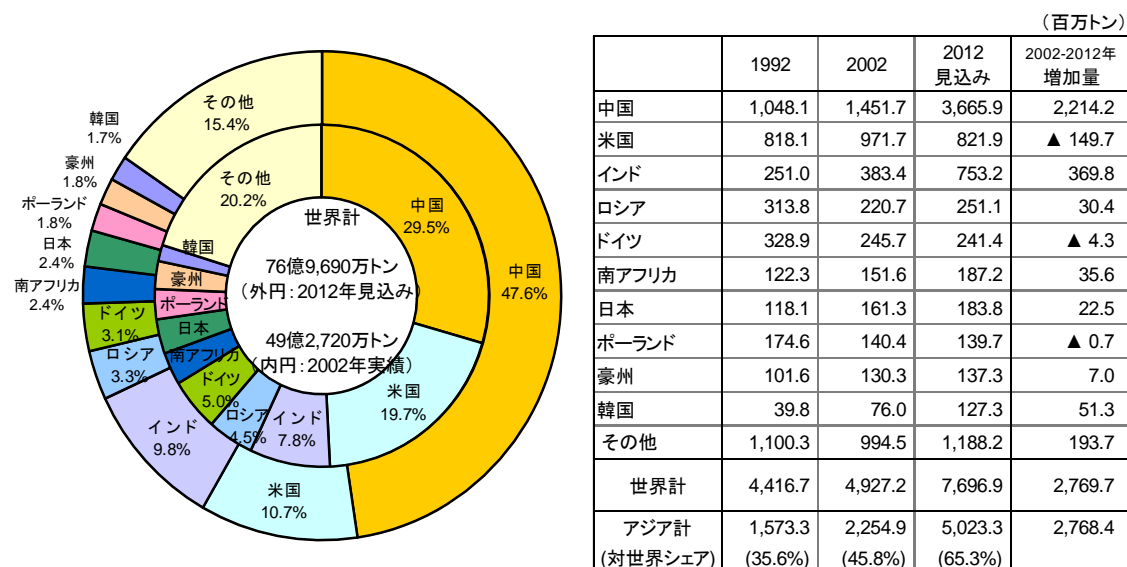
域での同増分の約 8 割は中国における需要増であり、その結果、2012 年の国別消費量は第一位の中国が 36 億 6,590 万トンと、第二位の米国(8 億 2,190 万トン)、第三位のインド(7 億 5,320 万トン)を大きく引き離している。



注) 2012 年は実績推計。無煙炭は一般炭に含む。

出所) IEA, “Coal Information 2013”³⁾ より作成

図 2-1. 世界の石炭消費量の推移実績(地域別・炭種別)



注) 2012 年は実績推計。

出所) IEA³⁾より作成

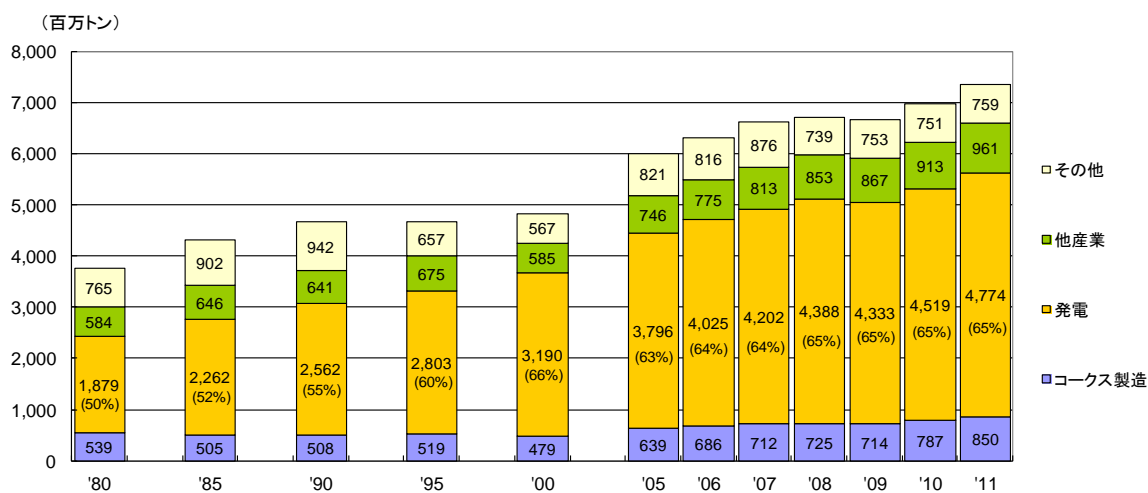
図 2-2. 石炭消費量実績(上位 10 カ国)

当該期間の消費量が減少していることに注意が必要である。米国は同期間に 1 億 4,970 万トンの消費減となった。

用途・炭種別に消費実績を見ると、用途別では、図 2-3 に示す通り、発電用燃料としての需要が増加している。これは、アジア地域を中心とする旺盛な電力需要の伸びを賄うためのものであり、発電用燃料用途が全体に占める割合は、1980 年の 49.9%から 2011 年には 65.0%まで増加した。

炭種別の 2012 年の消費量は、一般炭が 58 億 1,360 万トン(石炭消費全体の 75.5%)、原料炭が 9 億 7,620 万トン(同 12.7%)であった。図 2-4 および図 2-5 に一般炭・原料炭の国別消費量実績を示す。一般炭の消費量は、発電用燃料としての需要増を背景に著しく増加している。その消費量は 2002 年から 2012 年までの 10 年間に 22 億 1,290 万トン増加し、同期間の石炭合計の消費増分の 80.5%を占有した。国別消費量は、中国が 30 億 8,650 万トン（一般炭消費量の 53.1%）、米国が 7 億 3,070 万トン（同 12.6%）、インドが 6 億 2,590 万トン（同 10.8%）で、これら 3 カ国で全消費量の 76.4%を占めた。

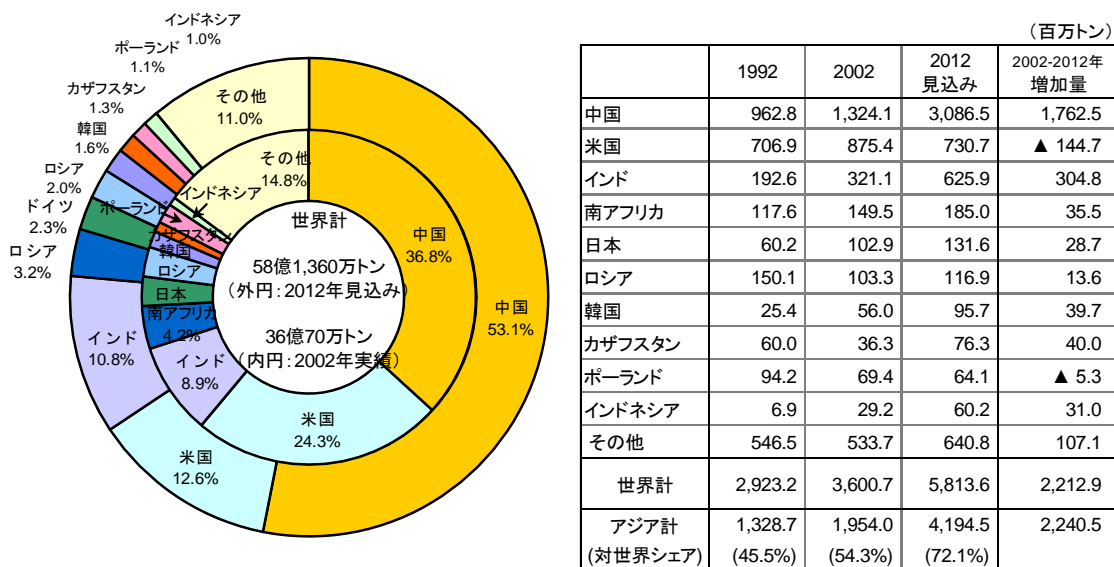
原料炭の需要増加は、伸び率で見ると一般炭よりも大きく、2002 年から 10 年間の増加量は 5 億 500 万トンであった。原料炭においても、中国が世界の合計消費量の 59.3%を占めている。また原料炭は、インドや日本、韓国などのアジア地域での消費量が多いことも特徴的である。2012 年のアジアの原料炭消費量は 7 億 5,570 万トンで、世界の原料炭消費量の 77.4%を占めた。



注) 発電には CHP プラント(Combined Heat and Power Plant)での消費分を含む。

出所) IEA, “Energy Statistics of OECD countries 2013”⁴⁾および“Energy Statistics of Non-OECD countries 2013”⁵⁾より作成

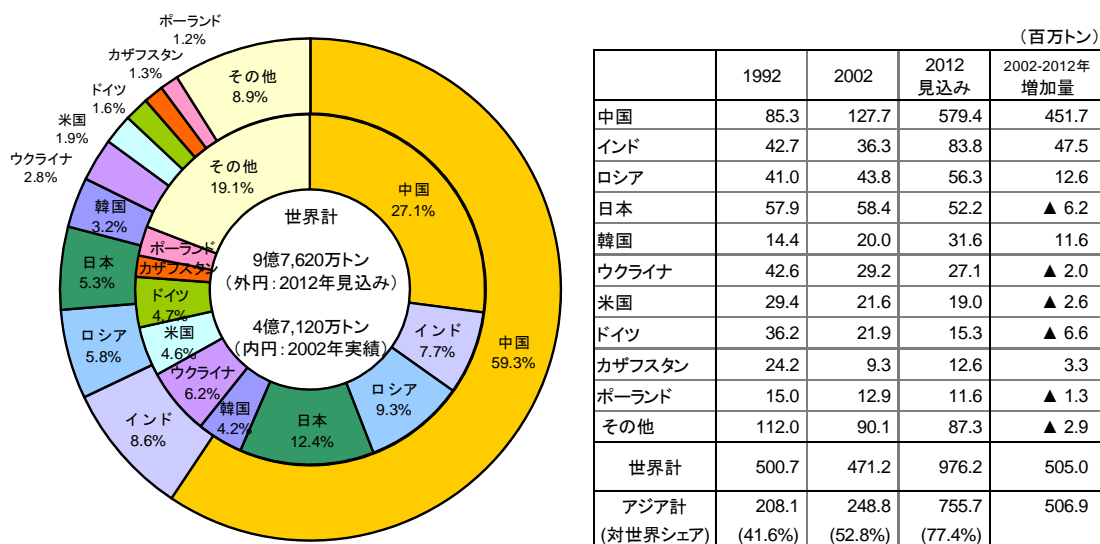
図 2-3. 用途別石炭消費量の推移実績



注) 2012 年は実績推計。無煙炭を含む。

出所) IEA³⁾より作成

図 2-4. 一般炭消費量実績(上位 10 カ国)



注) 2012 年は実績推計。

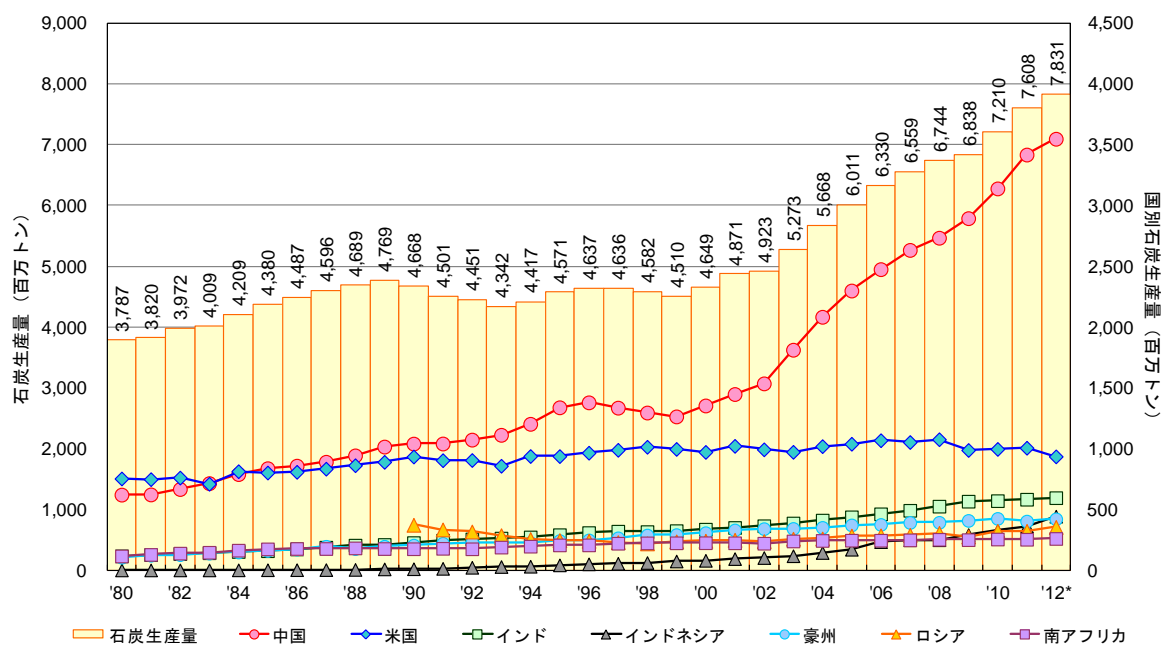
出所) IEA³⁾より作成

図 2-5. 原料炭消費量実績(上位 10 カ国)

2.2 生産

世界の石炭生産量の推移を概観すると、旧ソ連を中心に需要量が落ち込んだ 1990 年代初めと、中国と欧州で需要量が減少した 1990 年代後半に世界の生産量は落ち込んだものの、2000 年以降は、旺盛な需要の伸びに呼応する形で生産量が増加に転じた。2012 年の生産量は 78 億 3,080 万トンであった(図 2-6)。

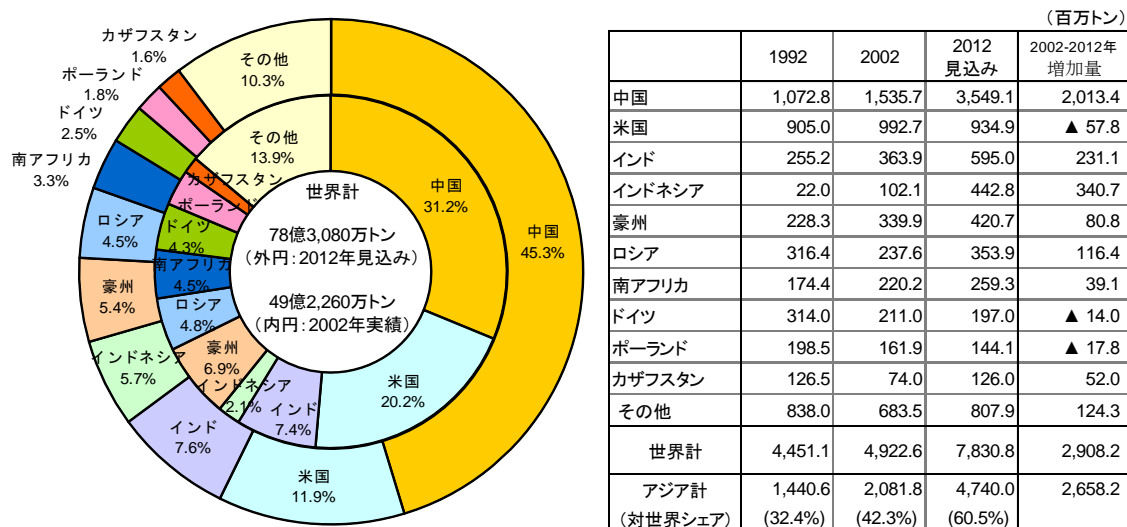
国別に生産量の推移をみると、2003 年以降の中国の生産量増加が顕著である。2002 年から 2012 年までの世界の石炭生産量増分 29 億 820 万トンのうち、中国がその約 70%である 20 億 1,340 万トンの増産を行った(図 2-7)。中国に次ぐ生産国である米国の生産量は、1997 年以降 10 億トン前後で横ばいに推移している。2012 年には、シェールガス生産の影響などにより国内需要が減少し、前年比で生産減となった。インドや豪州、インドネシアは着実に生産量を伸ばしている。



注) 2012 年は実績推計。

出所) IEA³⁾より作成

図 2-6. 世界の石炭生産量の推移実績



注) 2012 年は実績推計。

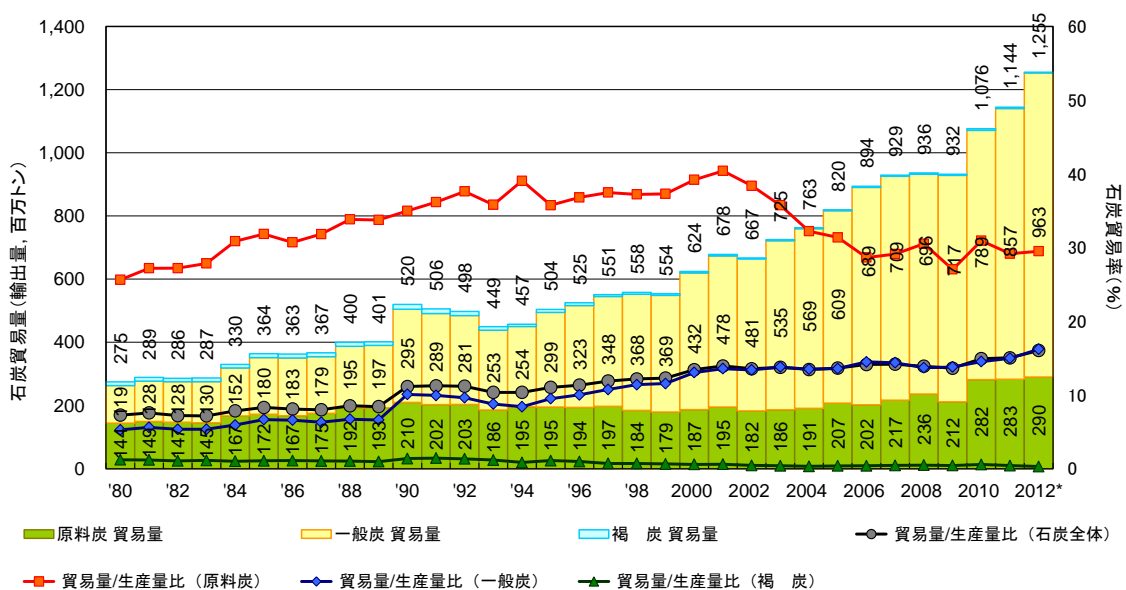
出所) IEA³⁾より作成

図 2-7. 石炭生産量実績(上位 10 カ国)

2.3 貿易

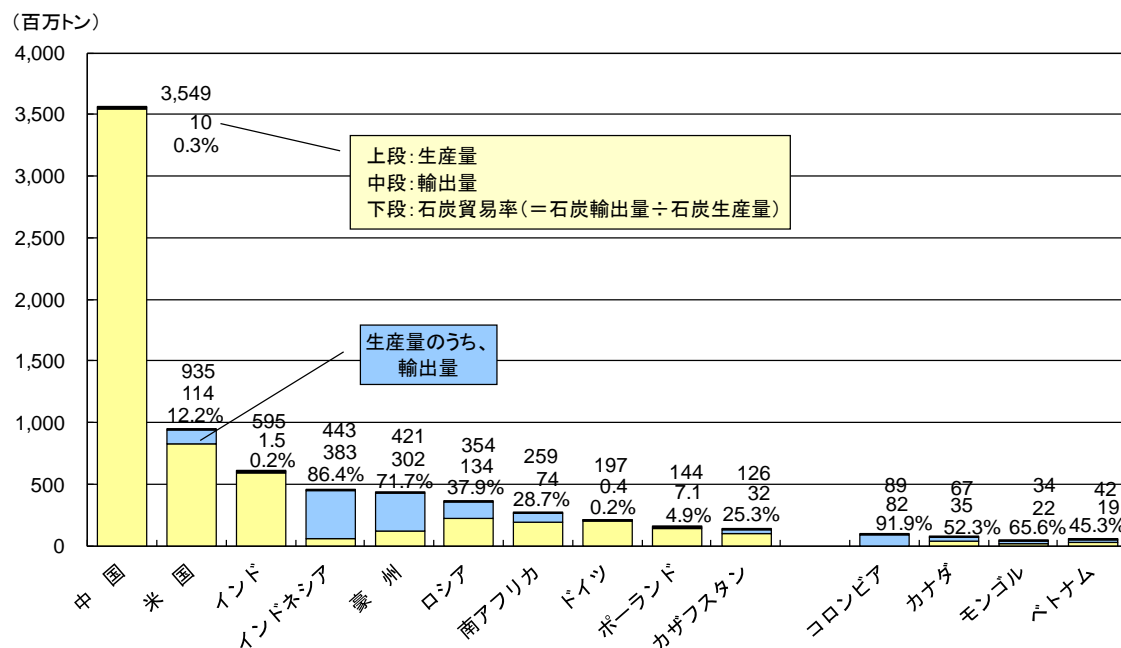
石炭は他の化石燃料に比べて国際貿易により取引される比率が小さく、世界の生産量に占める貿易量(本稿では輸出量を貿易量とする)の比率(石炭貿易率:石炭輸出量÷石炭生産量)は2012年で16.0%に過ぎない(図 2-8)。それでも、世界の石炭貿易量は、主に発電用燃料として消費される一般炭需要の増加に伴い拡大している。炭種別の石炭貿易率は、原料炭が29.5%、一般炭(無煙炭を含む)が16.2%、褐炭が0.3%となっている。

石炭生産国は、その生産量と輸出量に応じて、自国消費型、輸外型、およびその中間の3タイプに分類できる。2012年の主要石炭生産国にこの分類を適用すると、石炭貿易率が小さい中国やインド(それぞれ0.3%、0.2%)は自国消費型、石炭貿易率が大きいインドネシアや豪州(それぞれ86.4%、71.7%)は輸外型となる(図 2-9)。石炭貿易率が高い国では、石炭は自国で消費するエネルギー源であると同時に、重要な輸出商品として位置付けられている。



注) 2012 年は実績推計。輸出量を貿易量としており、無煙炭は一般炭に含む。
 1989 年以前には、旧ソ連内での貿易は計上されていない。
 石炭貿易率を次式により算定： 石炭貿易率 (%) = 石炭輸出量 ÷ 石炭生産量
 出所) IEA³⁾より作成

図 2-8. 世界の石炭貿易量の推移実績

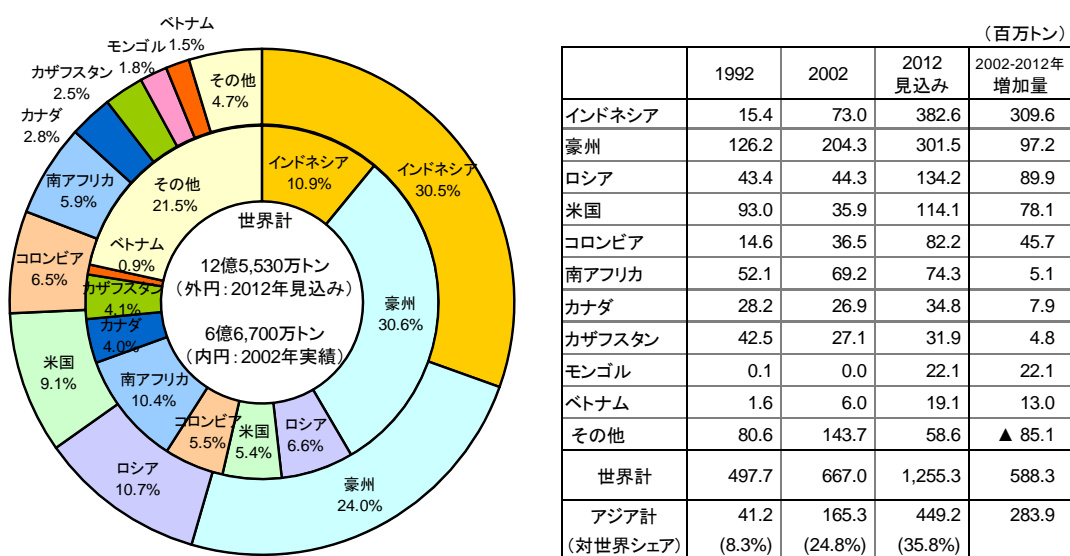


出所) IEA³⁾より作成
 図 2-9. 主要生産国(生産上位 10 カ国)と主要輸出国の生産量と輸出量(2012 年実績推計)

石炭輸出の動向

2012 年の世界の石炭輸出量は 12 億 5,530 万トンであった。最大の輸出国はインドネシアでその輸出量は 3 億 8,260 万トン、次いで豪州が 3 億 150 万トンとなっており、この 2 カ国で世界の輸出量の 54.5%を占めた。以下、ロシア、米国、コロンビア、南アフリカと続き、上位 6 カ国で世界の輸出量の 86.7%を占めた(図 2-10)。

主要石炭輸出国の石炭輸出量の推移をみると、2000 年代前半までは豪州の石炭輸出が他を圧倒してきたが、2000 年代に入りインドネシアの輸出拡大が顕著となり、2011 年には豪州を上回った(図 2-11)。ロシアは 1999 年以降、堅調な増加傾向を示している。米国は 2010 年以降、シェールガス増産による米国国内ガス価格の下落により国内での石炭消費が減少したことを受け、輸出を拡大させている。中国は 2000 年以降輸出を急増させ、2001 年から 2003 年までは世界第 2 位の石炭輸出国であったが、2004 年以降は国内需要の増加から輸出量を大きく減少させ、2012 年の輸出量は 1,050 万トンで世界第 12 位となっている(図 2-11)。

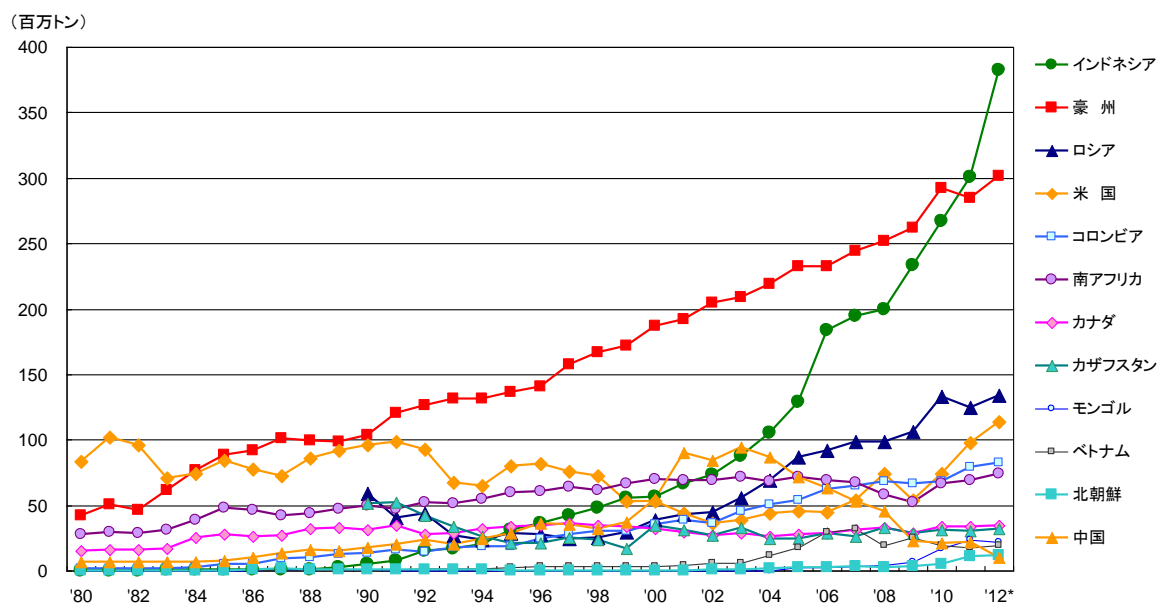


注) 2012 年は実績推計。

カザフスタンからの輸出量のほとんどはロシアへ、モンゴルの輸出量のほとんどは中国へ輸出されている。

出所) IEA³⁾より作成

図 2-10. 石炭輸出実績(上位 10 カ国)



注) 2012 年は実績推計。

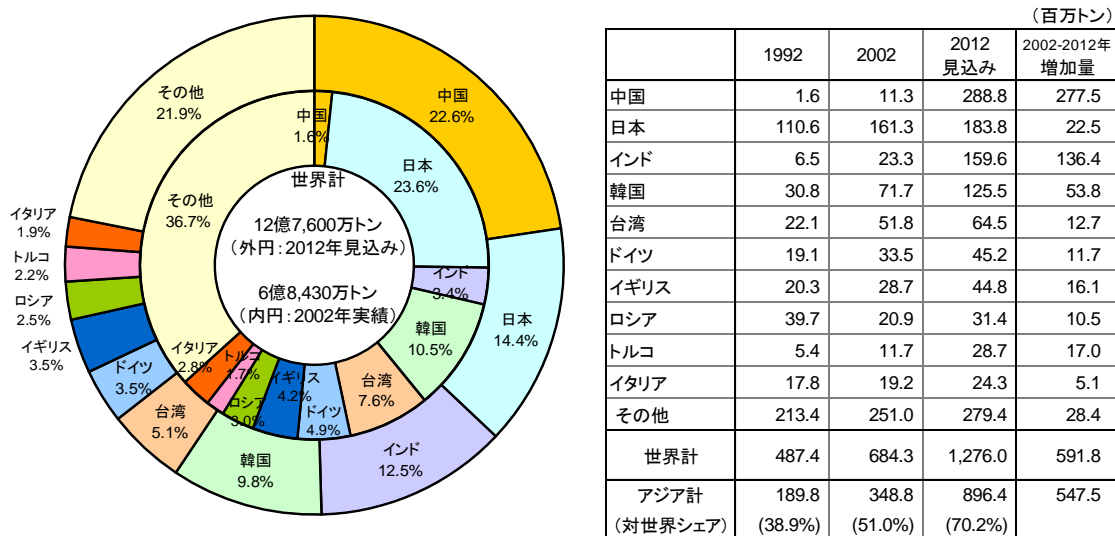
出所) IEA³⁾より作成

図 2-11. 石炭輸出量上位 12 カ国の輸出量の推移実績

石炭輸入の動向

2012 年における最大の輸入国は中国で、その輸入量は 2 億 8,880 万トン（輸入量全体の 22.6%）であった(図 2-12)。以下、日本 1 億 8,380 万トン（同 14.4%）、インド 1 億 5,960 万トン（同 12.5%）、韓国 1 億 2,550 万トン（同 9.8%）、台湾 6,450 万トン（同 5.1%）と続く。中国を含めた東アジア 4 カ国・地域の輸入量は 6 億 6,260 万トンで、石炭輸入量全体の 51.9% を占めた。

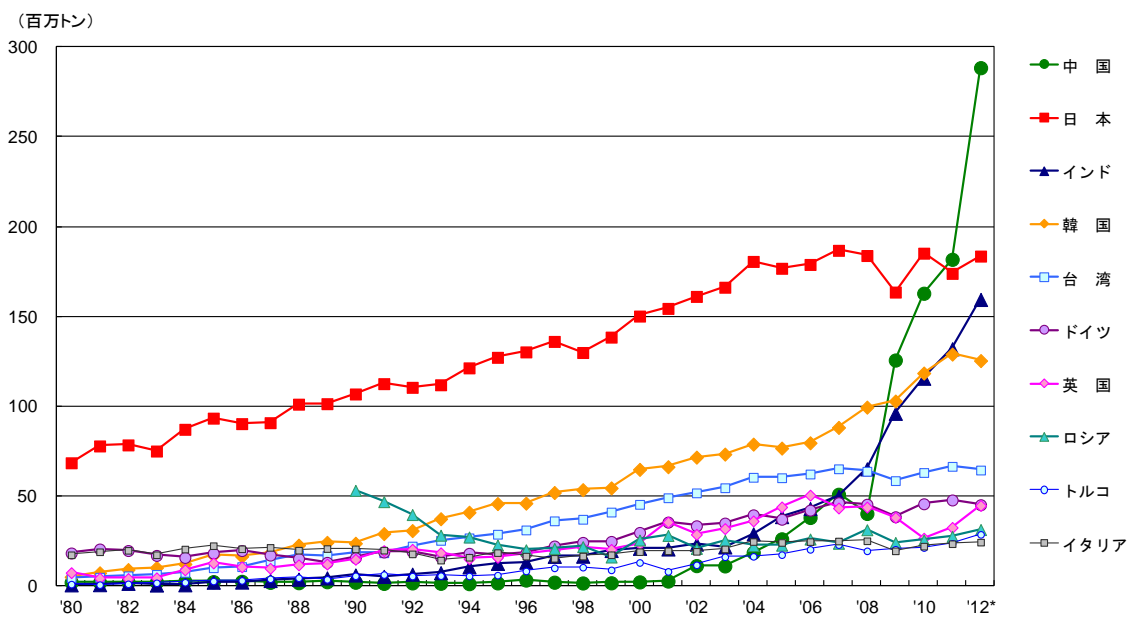
主要石炭輸入国の石炭輸入量の推移をみると、過去は日本が長らく世界最大の輸入国であった。しかし、2004 年ごろから石炭需要が急激に増加した中国が、2009 年以降に、国内炭価格の上昇も一要因として、産炭地域から遠距離にある東南沿岸地域を中心に輸入量を急増させたことにより、2011 年に日本を上回った(図 2-13)。一方日本は、世界同時不況の影響から 2009 年に、また東日本大震災の影響から 2011 年に、それぞれ輸入量を減少させている。インドの輸入量は、国内需要に国内生産が追い付かないこと、国内炭は高灰分のため海外炭との混焼を行っていること、また海外炭専焼火力の運開などにより、2008 年以降に急増している。韓国の輸入量は、新規石炭火力の運開や製鉄所が増設されたことから増加している。



注) 2012 年は実績推計。

出所) IEA³⁾より作成

図 2-12. 石炭輸入量実績(上位 10 カ国)



注) 2012 年は実績推計。

出所) IEA³⁾より作成

図 2-13. 石炭輸入量上位 10 カ国の輸入量の推移実績

3. 将来の世界の石炭需給見通し

3.1 試算方法と前提条件

本稿における、石炭の需給および貿易フロー推計の枠組みを図 3-1 に示す。GDP や原油価格、素材生産高などを変数とするマクロ経済モデルにより、産業活動指標や物価指標など、エネルギー需要に影響を与える社会・経済指標を予測する。これらをもとに、エネルギー需要モデル内で石炭の需要量を予測する。石炭は一般炭、原料炭、褐炭と炭種別に分け、それぞれを関連指標を勘案しながら予測する。他方、各種統計や炭鉱開発計画などから石炭供給を予測し、これらの需給を満たす石炭貿易フローを、LP モデルを構築・計算することで算出する。

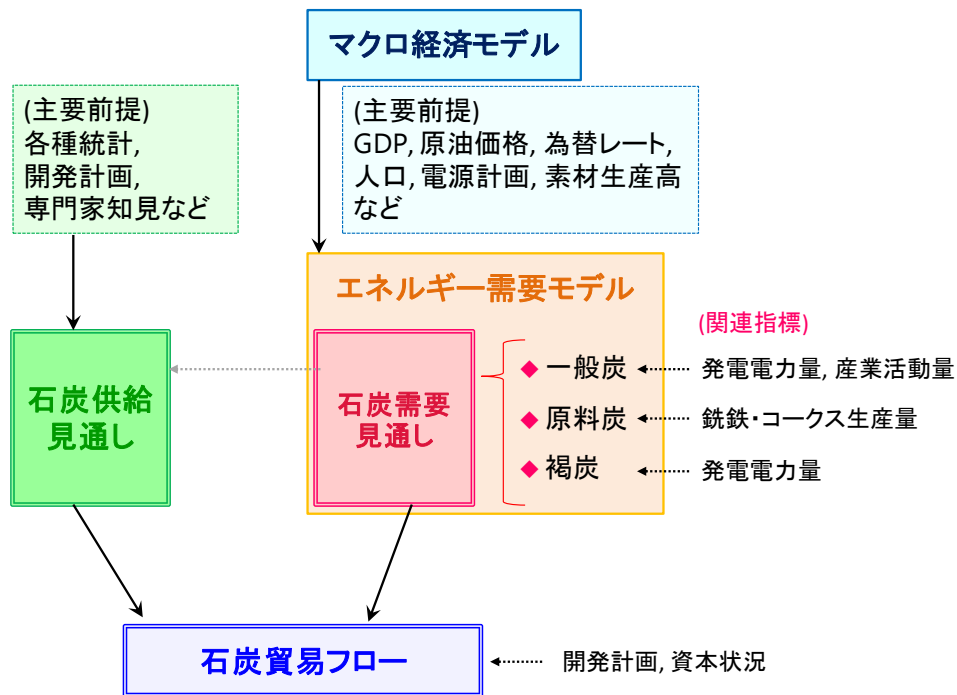


図 3-1. 世界の石炭需給見通しの計算フロー

3.1.1 石炭需給量予測

将来の石炭需給量は、日本エネルギー経済研究所が 2013 年 10 月に報告した「アジア／世界エネルギーアウトルック 2013」⁶⁾をベースに、石炭について最新情報の反映・再検討を行い、予測を行った。同アウトルックとの主要な変更点は、石炭の需給量予測を炭種別（一般炭、原料炭、褐炭）に行ったことである。マクロ経済モデルにおける主要前提や、石炭を除くエネルギーの需給予測については、同アウトルックを参照されたい。

3.1.2 石炭貿易フローの計算

石炭需要量および供給量を満たしながら、石炭貿易関連費用を世界全体で最小化する石炭貿易フローを導出する線形計画モデル(LP モデル)を構築した。

この LP モデルは、世界を 26 の国と地域に分類し、各地域間での原料炭と一般炭の貿易フローを算出する静的モデルである(図 3-2)。石炭貿易関連費用を目的関数とし、これを線形制約式のもとで最小化する。この LP モデルは、あくまで世界全体を一主体にとらえ、全費用を最小化して計算を行うことに留意する必要がある。部分最適による貿易決定はなされ得ないことに注意されたい。

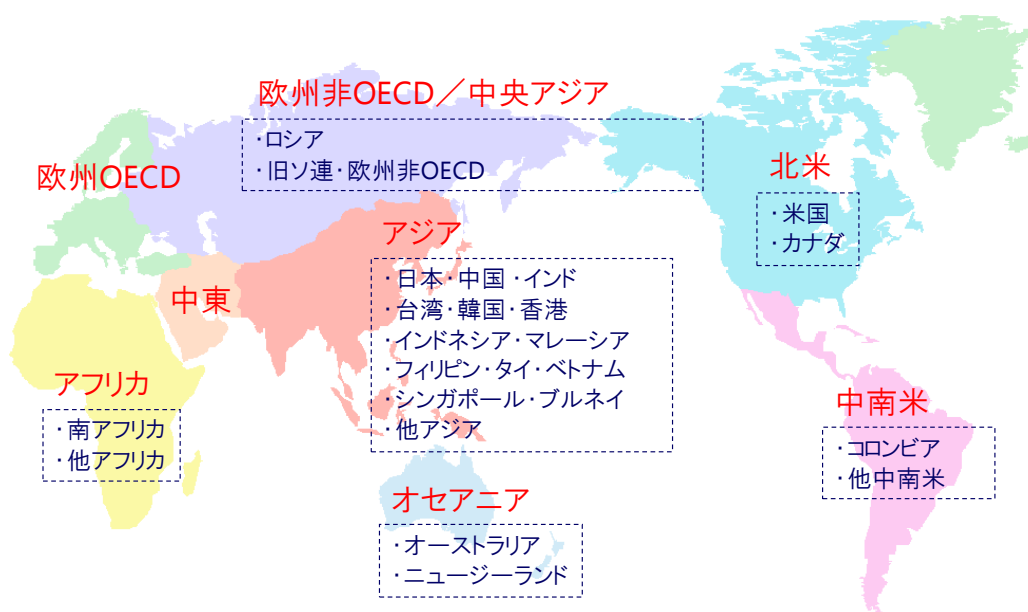


図 3-2. LP モデルの対象地域

目的関数(最小化)である総費用は、石炭基地建設コスト、石炭生産コスト(市場価格を代用)、基地間輸送コストにより構成される。

石炭基地の建設コストは、代表的なコストを 91.5 万ドル/万トン(年間能力 2,000 万トンの基地費用が 1,830 百万ドルと想定)とし、それを地域間の平均的な物価・賃金水準を考慮した上で国と地域ごとに設定した。一般炭と原料炭では区別しない。また投資回収年数は 15 年とした。

各石炭の生産コスト(市場価格を代用)は、原料炭の基準価格(2012 年実質価格に相当)を 110 ドル/トン、一般炭を 80 ドル/トンとし、それを地域間の平均的な物価・賃金水準を考慮した上で国と地域ごとに設定した。2025 年および 2040 年の基準価格は、「アジア/世界エネルギーアウトック」で想定している一般炭の価格伸び率を用いて設定した。

国・地域間の輸送コストは、ワールドスケール⁷⁾を利用して計算した。国・地域をそれぞれ一か所の基地で代表させ、各基地間の距離をワールドスケールから引用する。ただし北米やロシアなど、東西の基地で各基地との距離が大きく変わってしまう国については、複数の基地で代表させた。

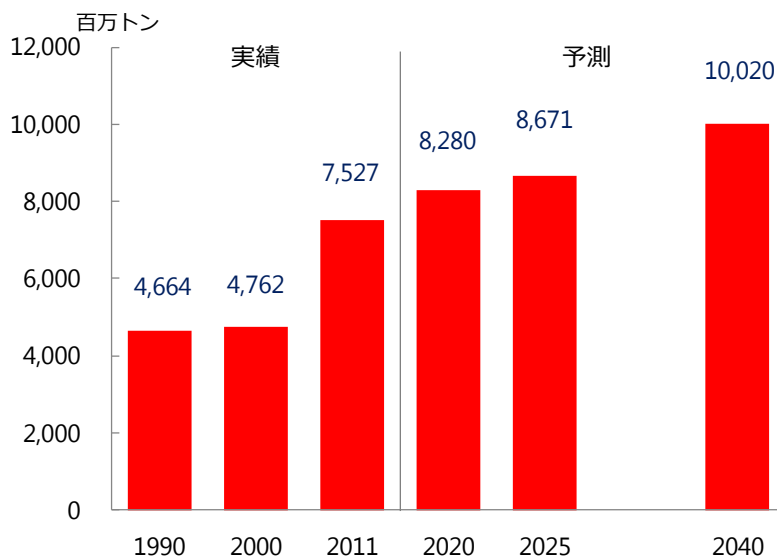
3.2 試算結果及び考察

3.2.1 石炭需要の見通し

石炭需要は、今後も開発途上国の経済成長に伴って増加する。2011 年に 75.27 億トンであった石炭需要は、2025 年に 86.71 億トン、2040 年には 100.2 億トンまで増加する。2040 年までの年平均増加率は 1.0%である(図 3-3)。

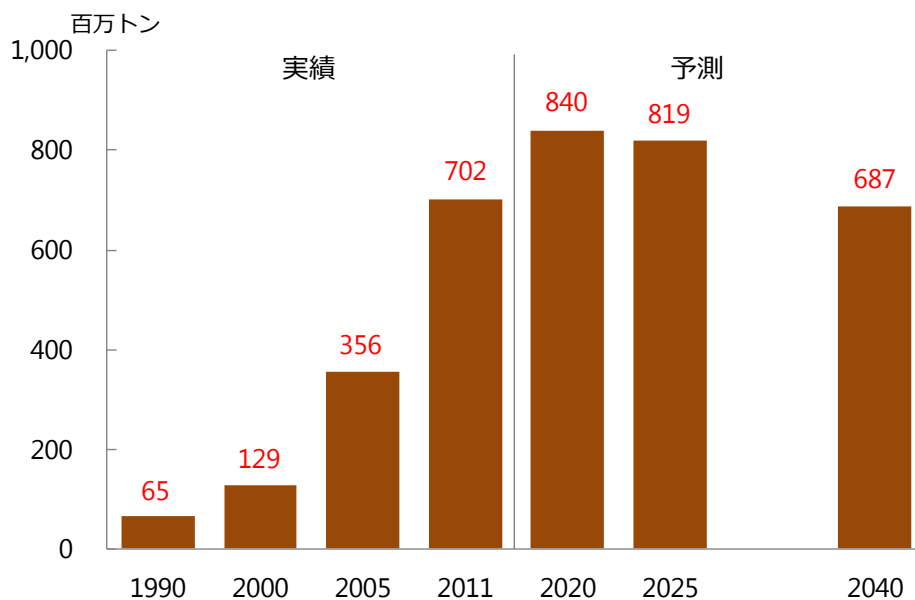
炭種別では、一般炭需要の伸びが圧倒的である。これは後述するように電力需要の高まりに起因するものであり、2011 年に 56.77 億トンであった一般炭需要は 2025 年に 67.23 億トン、2040 年には 80.95 億トンまで増加する。他方、原料炭は、2011 年の 9.36 億トンから 2020 年に 10.35 億トンまで増加するものの、中国の鉄鋼生産の減少に伴い減少にむかう。中国の鉄鋼(粗鋼)生産量は、これまで過熱気味ともいえる急増を見せてきた(図 3-4)。しかし、2020 年付近でピークを迎え、その後は減少するだろう。結果として、世界の 2040 年の原料炭需要は 9.76 億トンと、2011 年から微増に留まることとなる。すなわち、2011 年から 2040 年までに見込まれる石炭需要の増分 24 億 9,400 万トンのうち、ほぼ全てが一般炭によるものとなる(図 3-5(a))。

用途別では、アジアを中心とする非 OECD 諸国において、経済成長とともに電力需要が増加し、それによって発電用途向けの石炭需要が急増する。この発電用需要は 2011 年の 47.74 億トンから 2040 年には 69.84 億トンにまで増加し(年平均 1.3%増)、これに次ぐ需要増加を見せる産業用(2011 年の 9.61 億トンから 2040 年には 11.39 億トンに増加)と合わせて、石炭全体の需要増分のうち 96%を占める(図 3-5(b))。



出所) 実績は IEA^{1),2)}, 予測はエネ研アウトルック⁶⁾をもとに作成

図 3-3.世界の石炭需要量予測



出所) 実績は鉄鋼統計要覧⁸⁾, 予測はエネ研アウトルック⁶⁾をもとに作成

図 3-4. 中国の粗鋼生産量推移と将来見通し

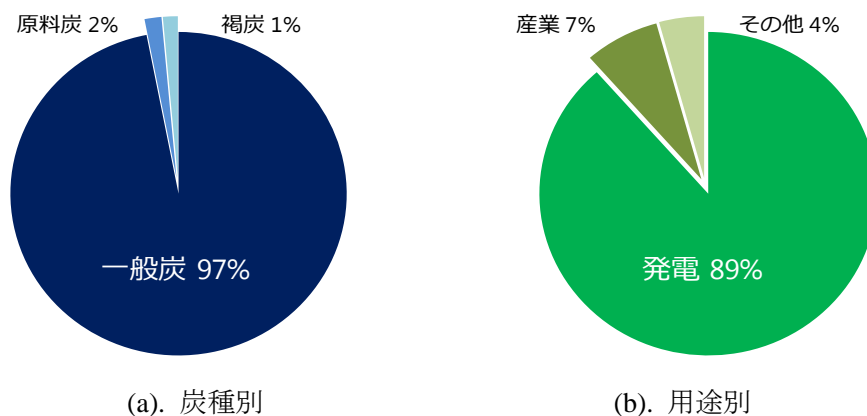


図 3-5.石炭需要量増分(2011-2040)の項目別比率

地域別の石炭需要の推移を表 3-1 に示す。

2000 年以降に急速に需要が拡大したアジア地域では、引き続き需要が拡大していく。2011 年に 48.10 億トンであったアジアの石炭需要は、2025 年に 59.74 億トン、2040 年に 72.73 億トンに増加し、世界の石炭需要に占めるアジアの比率は、2011 年の 63.9%から 2040 年には 72.6%まで拡大する。アジアをより詳細に見ると、インドやアセアン地域の石炭需要は拡大を続ける一方で、2000 年から 10 年間で急速に需要が増加した中国では、その増加は次第に穏やかになり、2040 年前にはピークを迎える。

北米と OECD 欧州では、環境問題(大気汚染、二酸化炭素排出)への対応を背景とする、ガスや再生可能エネルギーの発電利用の拡大によって石炭需要は減少する。北米の石炭需要は 2011 年の 9.63 億トンから 2025 年に 8.32 億トン、2040 年には 7.40 億トンまで減少し、北米の世界に占める比率は 2011 年の 12.8%から 2040 年には 7.7%となる。OECD 欧州の石炭需要は 2011 年の 7.93 億トン(世界シェア 10.5%)から 2040 年には 6.87 億トン(同 6.9%)まで減少する。

非 OECD 欧州は、1990 年代に入り石炭需要の大きな減少を経験したものの、1990 年代終わりから、経済回復に伴って再び増加をみせている。ロシアの石炭需要は 2025 年頃から減少することが予想されるが、カザフスタンなどで発電用燃料として需要が拡大することが見込まれることから、非 OECD 欧州全体の石炭需要は 2040 年まで堅調に増加する。

アフリカや中東においても、石炭火力発電所の建設が見込まれ、石炭需要は拡大する。

世界全体での石炭需要の増加に対する各地域の寄与を見ると、2011 年から 2040 年にかけての需要の増分のほぼ全てがアジアによるものとなる(図 3-6)。

表 3-1. 地域別石炭需要量予測

	(百万トン)								年平均伸び率 (%)			
	1980	1990	2000	2011	2020	2025	...	2040	11/00	25/11	40/25	40/11
世界計	3,756	4,664	4,762	7,527	8,280	8,671	...	10,020	4.3%	1.0%	1.0%	1.0%
北米	687	865	1,029	963	859	832	...	775	-0.6%	-1.0%	-0.5%	-0.7%
米国	650	816	966	920	815	793	...	740	-0.4%	-1.1%	-0.5%	-0.7%
中南米	19	33	44	63	96	115	...	180	3.3%	4.5%	3.0%	3.7%
アジア	913	1,544	2,077	4,810	5,597	5,974	...	7,273	7.9%	1.6%	1.3%	1.4%
中国	626	1,050	1,338	3,501	3,928	4,011	...	4,173	9.1%	1.0%	0.3%	0.6%
インド	108	221	357	710	963	1,189	...	2,068	6.5%	3.7%	3.8%	3.8%
日本	88	115	153	174	168	165	...	150	1.2%	-0.4%	-0.7%	-0.5%
韓国	28	45	72	131	139	146	...	150	5.6%	0.8%	0.2%	0.5%
中東	2	5	13	16	23	28	...	49	2.0%	3.9%	3.9%	3.9%
OECD欧州	1,158	1,182	831	793	743	726	...	687	-0.4%	-0.6%	-0.4%	-0.5%
非OECD欧州	814	800	467	545	587	606	...	625	1.4%	0.8%	0.2%	0.5%
ロシア	-	374	230	225	236	233	...	213	-0.2%	0.3%	-0.6%	-0.2%
カザフスタン	-	56	31	66	81	91	...	109	7.0%	2.4%	1.2%	1.8%
アフリカ	93	136	170	200	232	250	...	312	1.5%	1.6%	1.5%	1.6%
オセアニア	69	98	130	137	143	141	...	119	0.4%	0.2%	-1.1%	-0.5%

出所) 実績は IEA^{1),2)}, 予測はエネ研アウトルック⁶⁾をもとに作成

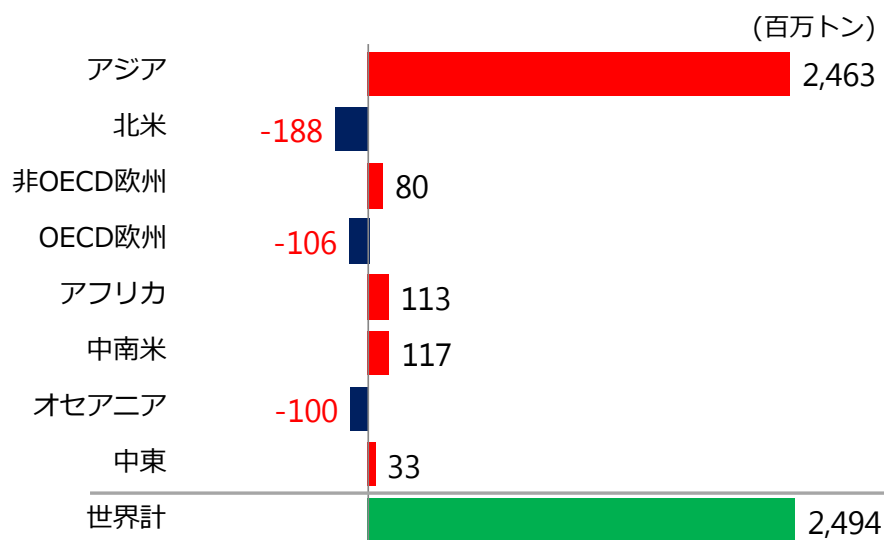


図 3-6. 地域別の石炭需要量増分 (2011 年-2040 年)

3.2.2 石炭生産量の見通し

主要な産炭国では炭鉱開発、輸送インフラ整備（積出港、鉄道）が計画されている。しかし、実際の生産量は需要量（国内需要と国際市場）により決定され、需要量は生産計画の進捗にも影響を及ぼす。したがって、生産量の予測にあたっては、国内（もしくは域内）需要と石炭産業の状況、輸出国ではこれらに加え国際市場状況（輸出需要）と石炭開発計

画を勘案した。

表 3-2、表 3-3、および表 3-4 に地域別（主要国別）の石炭生産量を炭種別に示す。将来の石炭生産の動向は、北米・OECD 欧州と、石炭需要が増加するアジア・非 OECD 諸国で大きく異なるだろう。

北米では、カナダが輸出国としてわずかに生産量を増加させるものの、米国は国内需要の減少、生産コストの上昇、および炭鉱操業による環境影響などにより生産が減少する。そのため、北米の石炭生産は、2011 年から 2040 年にかけて年率 0.6%で減少する。なお、米国では、アパラチア、パウダー・リバー・ベイスン、イリノイが主要な石炭生産地域であるが、今後は生産性の低いアパラチアでの生産量は減少し、生産性が高く低コストであるパウダー・リバー・ベイスンは生産を維持すると見込まれる。OECD 欧州では、域内の需要の減少、生産コストの上昇、数カ国での石炭産業への補助金の廃止などから、石炭生産は年率 0.6%で減少する。

生産量が減少する北米・OECD 欧州とは異なり、アジアの産炭国は、自国の需要拡大に伴い生産を拡大し、その量は 2011 年から 2040 年にかけて年率 1.3%で増加する。

インドネシアは、これまでもアジア市場の拡大に伴い生産量を大きく拡大してきた。今後も同国の生産量は着実に増加し、2011 年の 3.6 億トンから 2040 年の 6.5 億トンまで年率 2.0%で増加する。しかし、インドネシア政府は、自国の石炭資源を国民利益のために持続的かつ効率的に利用する方針であることから、この生産拡大は、あくまで国内需要に見合った形でのものである。その結果、同国の石炭輸出量は 2020 年頃から横ばいとなり、2025 年頃から減少する。インドの石炭生産は、拡大する国内需要に伴い増加し、2011 年から 2040 年に向け年率 3.7%で増加し、2040 年にその量は 16.33 億トンに達する。しかし、それでも需要を全てまかなうことはできず、不足分は輸入に頼ることになる。中国は世界最大の石炭の消費国、生産国、輸入国である。中国の石炭生産は国内需要に対応するため、2030 年代半ばまで増加した後、需要の減少に伴い生産も減少する。その他アジア諸国では、自国の需要の増加に伴い、またモンゴルでは中国への輸出量に対応し生産量が増加する。

非 OECD 諸国でも、自国と域内の需要の増加に応じて石炭生産は拡大する。アフリカではアジア石炭市場の拡大に伴い、南アフリカでは一般炭の生産が、モザンビークでは原料炭の生産が(それに伴い一般炭の生産も)、それぞれ拡大する。コロンビアでは、最大の市場である欧州市場の縮小と米国の輸入が減少する一方で、他の南米諸国での需要の拡大が見込まれることから、一般炭の生産が拡大する。

また、豪州の 2040 年の石炭生産量は、国際石炭市場の拡大に対応して 2011 年の 2 倍以上に拡大する。中でも一般炭は、市場が大きく拡大するため、2011 年の 3 倍以上となる。

表 3-2. 地域別の石炭生産量予測

	(百万トン)								年平均伸び率(%)			
	1980	1990	2000	2011	2020	2025	...	2040	11/00	25/11	40/25	40/11
世界計	3,781	4,624	4,598	7,452	8,280	8,671	...	10,020	4.5%	1.1%	1.0%	1.0%
北米	790	1,002	1,041	1,060	973	954	...	896	0.2%	-0.7%	-0.4%	-0.6%
米国	753	934	972	992	903	886	...	824	0.2%	-0.8%	-0.5%	-0.6%
カナダ	37	68	69	67	70	69	...	72	-0.3%	0.2%	0.4%	0.3%
中南米	20	48	75	122	118	126	...	155	4.5%	0.2%	1.4%	0.8%
コロンビア	4	21	38	86	86	90	...	112	7.6%	0.3%	1.5%	0.9%
アジア	827	1,325	1,791	4,373	5,101	5,401	...	6,402	8.5%	1.5%	1.1%	1.3%
中国	620	995	1,301	3,280	3,665	3,733	...	3,900	8.8%	0.9%	0.3%	0.6%
インド	110	219	329	575	750	929	...	1,633	5.2%	3.5%	3.8%	3.7%
インドネシア	0	10	79	360	531	559	...	647	14.7%	3.2%	1.0%	2.0%
中東	1	1	2	1	1	1	...	1	-0.5%	-1.6%	-0.2%	-0.9%
OECD欧州	1,093	1,045	652	581	541	525	...	492	-1.0%	-0.7%	-0.4%	-0.6%
非OECD欧州	824	813	496	649	716	739	...	764	2.5%	0.9%	0.2%	0.6%
ロシア	-	372	240	322	362	363	...	348	2.7%	0.9%	-0.3%	0.3%
アフリカ	120	182	230	258	334	364	...	442	1.0%	2.5%	1.3%	1.9%
南ア	115	175	224	253	292	311	...	373	1.1%	1.5%	1.2%	1.4%
オセアニア	107	207	310	407	496	560	...	869	2.5%	2.3%	3.0%	2.6%
豪州	105	205	307	402	491	555	...	863	2.5%	2.3%	3.0%	2.7%

出所) 実績は IEA³⁾, 予測はエネ研アウトルック⁶⁾をもとに作成

表 3-3. 地域別の一般炭生産量予測

	(百万トン)								年平均伸び率(%)			
	1980	1990	2000	2011	2020	2025	...	2040	11/00	25/11	40/25	40/11
世界計	2,258	2,874	3,254	5,559	6,331	6,723	...	8,095	5.0%	1.4%	1.2%	1.3%
北米	609	792	869	865	785	774	...	730	0.0%	-0.8%	-0.4%	-0.6%
米国	592	760	840	837	757	747	...	704	0.0%	-0.8%	-0.4%	-0.6%
カナダ	17	31	30	28	29	27	...	26	-0.6%	-0.3%	-0.2%	-0.2%
中南米	7	30	58	102	106	113	...	140	5.2%	0.7%	1.5%	1.1%
コロンビア	3	20	36	82	82	87	...	108	7.6%	0.4%	1.5%	1.0%
アジア	719	1,167	1,597	3,721	4,409	4,713	...	5,709	8.0%	1.7%	1.3%	1.5%
中国	552	909	1,178	2,771	3,114	3,219	...	3,491	8.1%	1.1%	0.5%	0.8%
インド	87	169	283	488	639	797	...	1,401	5.1%	3.6%	3.8%	3.7%
インドネシア	0	10	79	358	525	551	...	633	14.7%	3.1%	0.9%	2.0%
中東	0	0	0	0	0	0	...	0	-6.8%	0.0%	0.0%	0.0%
OECD欧州	365	279	161	103	91	82	...	72	-4.0%	-1.6%	-0.8%	-1.2%
非OECD欧州	416	337	204	324	368	383	...	414	4.3%	1.2%	0.5%	0.9%
ロシア	-	152	102	180	197	195	...	185	5.3%	0.6%	-0.4%	0.1%
アフリカ	108	172	226	256	308	335	...	406	1.1%	1.9%	1.3%	1.6%
南ア	105	165	221	251	290	309	...	371	1.2%	1.5%	1.2%	1.4%
オセアニア	33	96	138	187	264	322	...	623	2.8%	4.0%	4.5%	4.2%
豪州	32	94	136	185	262	320	...	620	2.8%	4.0%	4.5%	4.3%

出所) 実績は IEA³⁾, 予測はエネ研アウトルック⁶⁾をもとに作成

表 3-4. 地域別の原料炭生産量予測

	(百万トン)								年平均伸び率 (%)			
	1980	1990	2000	2011	2020	2025	...	2040	11/00	25/11	40/25	40/11
世界計	567	610	488	982	1,035	1,027	...	976	6.6%	0.3%	-0.3%	0.0%
北米	132	121	82	111	106	103	...	94	2.7%	-0.5%	-0.6%	-0.6%
米国	118	93	54	82	77	72	...	60	3.8%	-0.9%	-1.2%	-1.0%
カナダ	14	28	28	29	29	30	...	34	0.4%	0.1%	0.8%	0.5%
中南米	12	16	15	18	5	6	...	7	2.0%	-7.9%	1.1%	-3.4%
コロンビア	1	2	2	4	3	3	...	4	7.4%	-1.0%	1.1%	0.1%
アジア	97	124	146	578	619	601	...	534	13.3%	0.3%	-0.8%	-0.3%
中国	68	86	123	509	541	514	...	409	13.8%	0.1%	-1.5%	-0.8%
インド	18	36	22	44	51	59	...	86	6.5%	2.1%	2.5%	2.3%
インドネシア	0	0	1	3	6	8	...	14	14.9%	7.9%	3.7%	5.7%
中東	1	1	1	1	1	1	...	1	0.0%	0.6%	-0.2%	0.2%
OECD欧州	128	93	45	25	18	14	...	3	-5.1%	-4.3%	-9.7%	-7.1%
非OECD欧州	145	180	90	98	109	115	...	126	0.8%	1.2%	0.6%	0.9%
ロシア	-	85	51	65	80	86	...	98	2.3%	2.0%	0.9%	1.4%
アフリカ	12	10	4	2	21	24	...	30	-4.9%	18.2%	1.5%	9.3%
南ア	11	9	3	2	2	2	...	2	-5.9%	1.1%	1.0%	1.0%
オセアニア	40	65	105	149	157	164	...	181	3.2%	0.7%	0.7%	0.7%
豪州	40	65	104	147	155	162	...	179	3.2%	0.7%	0.7%	0.7%

出所) 実績は IEA³⁾, 予測はエネ研アウトミック⁶⁾をもとに作成

3.3.3 石炭貿易フロー

構築した LP モデルを用いて、2025 年および 2040 年の一般炭・原料炭の貿易フローを算出した。予測に際しては、これまでに示した石炭の需要・生産量を満たすことはもちろんのこと、今後予定されている生産案件や資本の注入状況などを勘案した。

一般炭

一般炭の貿易量およびフローを、表 3-5~表 3-6 および図 3-7~図 3-8 に示す。一般炭の貿易量は、2011 年の 8 億 5,700 万トンから 2025 年に 11 億 800 万トン、2040 年に 14 億 1,700 万トンに拡大する。環境問題等の影響で一般炭需要が縮小する OECD 欧州に着目すると、これまで欧州向け輸出の主力であったロシア、コロンビア、米国、南アフリカのうちコロンビアからの輸出量が減少する。これはコロンビアの欧州向け市場における相対的な競争力が低下するというよりは、コロンビアから需要が増加する中南米に対して輸出した方が、輸送費用が安価で済むためであろう。また、南アフリカやモザンビークの輸出量が増加し、需要が増加するインドやアフリカ、中東に輸出される。2025 年から 2040 年にかけて輸出量がほぼ横ばいで推移するロシアは、欧州への輸出量が減少し、反対にアジア向けが増加する。

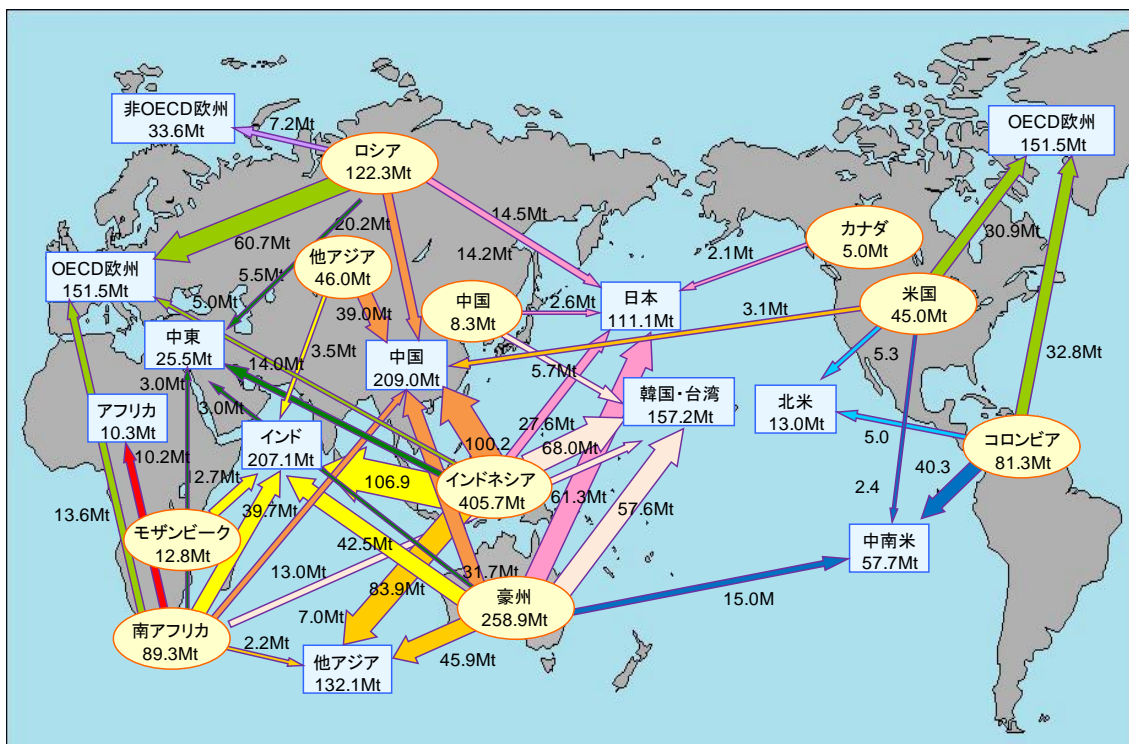
アジア市場では、インドネシアからの輸出量が国内需要の増加、石炭資源の有効利用政策から 2025 年頃をピークに徐々に減少する。このため、増大するアジアの需要に対しては、豪州が輸出量を大きく増加させる。豪州の輸出量は 2025 年に 2011 年の 1.5 倍、2040 年に同

2.5 倍以上となる。実際、インドや中国は豪州で新規炭鉱開発への投資を行っており、これらの炭鉱からの輸入が拡大するだろう。

表 3-5. 一般炭の貿易量 (2025 年)

(百万トン)		To											
		北米	中南米	OECD 欧州	アフリカ	中東	非OECD 欧州	日本	中国	インド	韓国・台湾		その他 アジア
From	米国	5.3	2.4	30.9				0.6	3.1	1.8	0.8		45.0
	カナダ			1.2				2.1	0.3		1.4		5.0
	コロンビア	5.0	40.3	32.8				0.7	1.5		1.0		81.3
	ロシア			60.7		5.5	7.2	14.5	20.2		14.2		122.3
	南アフリカ			13.6	10.2	3.0		0.6	13.0	39.7	7.0	2.2	89.3
	モザンビーク				0.1					12.7			12.8
	中国							2.6			5.7		8.3
	インドネシア			5.0		14.0		27.6	100.2	106.9	68.0	83.9	405.7
	豪州	1.9	15.0			3.0		61.3	31.7	42.5	57.6	45.9	258.9
	他アジア			0.0		0.0	0.8	1.1	39.0	3.5	1.5	0.1	46.0
	その他	0.8		7.2			25.6						33.7
		13.0	57.7	151.5	10.3	25.5	33.6	111.1	209.0	207.1	157.2	132.1	1,108

注) その他は、コロンビアの除く中南米、ロシアを除く非 OECD 欧州などが含まれる。
輸出側の他アジアは、モンゴル、ベトナムなどが含まれる。



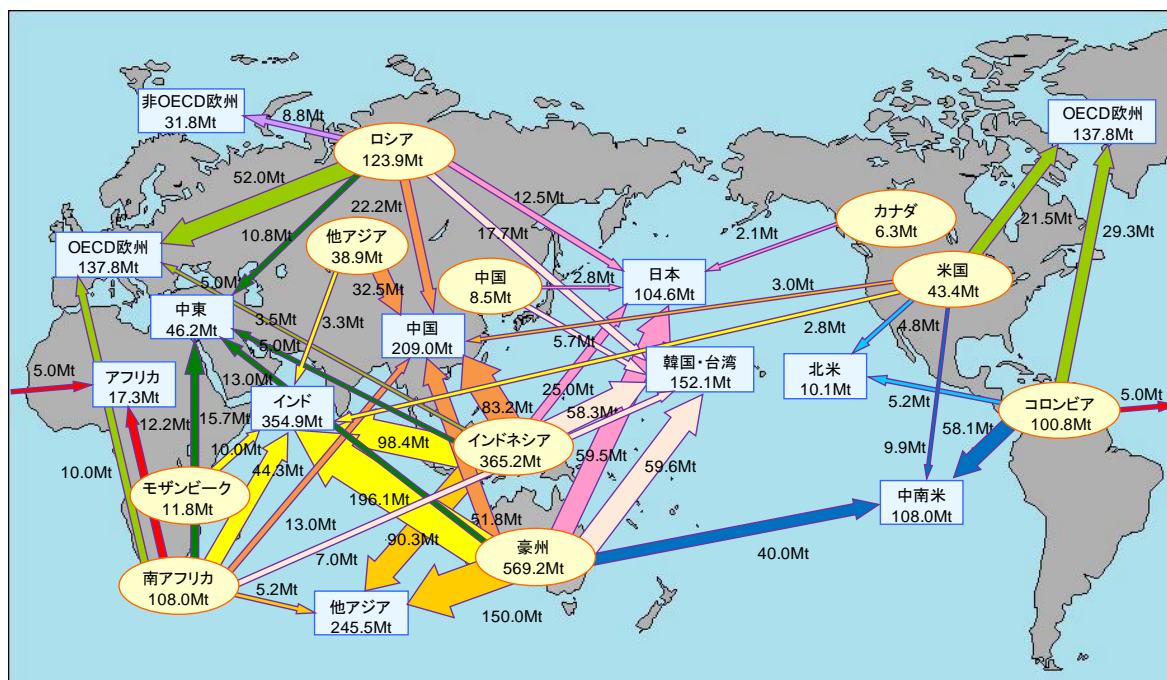
注) 200 万トン以上のフローを記載。図中凡例は図 2-14 に同じ。メキシコは“中南米”に含まれる。

図 3-7. 一般炭の貿易フロー (2025 年)

表 3-6. 一般炭の貿易量 (2040 年)

(百万トン)		To											
		北米	中南米	OECD 欧州	アフリカ	中東	非OECD 欧州	日本	中国	インド	韓国・台湾		その他アジア
From	米国	4.8	9.9	21.5				0.6	3.0	2.8	0.8		43.4
	カナダ			2.5				2.1	0.3		1.4		6.3
	コロンビア	5.2	58.1	29.3	5.0			0.6	1.5		1.0		100.8
	ロシア			52.0		10.8	8.8	12.5	22.2		17.7		123.9
	南アフリカ			10.0	12.2	15.7		0.6	13.0	44.3	7.0	5.2	108.0
	モザンビーク				0.1	1.7				10.0			11.8
	中国							2.8			5.7		8.5
	インドネシア			3.5		5.0		25.0	84.7	98.4	58.3	90.3	365.2
	豪州		40.0			13.0		59.5	51.8	196.1	58.8	150.0	569.2
	他アジア						0.8	0.9	32.5	3.3	1.4		38.9
	その他			19.0			22.2						41.2
		10.1	108.0	137.8	17.3	46.2	31.8	104.6	209.0	354.9	152.1	245.5	1,417

注) その他は、コロンビアの除く中南米、ロシアを除く非 OECD 欧州などが含まれる。
輸出側の他アジアは、モンゴル、ベトナムなどが含まれる。



注) 図 3-7 に同じ

図 3-8. 一般炭の貿易フロー (2040 年)

原料炭

原料炭の貿易量およびフローを、表 3-7~表 3-8 および図 3-9~図 3-10 に示す。原料炭の貿易量は、2011 年の 2 億 8,300 万トンから 2025 年に 3 億 2,480 万トン、2040 年に 3 億 5,690 万トンに拡大する。

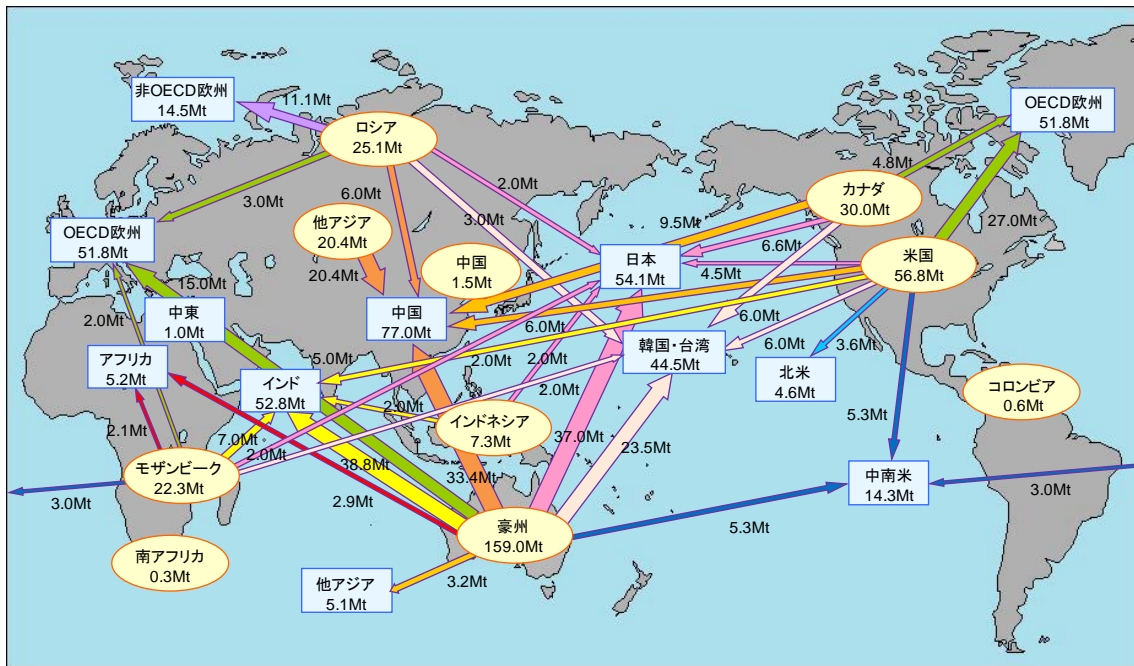
2011 年から 2025 年にかけては、需要増を背景に中国とインドで輸入量が増加する。これに対し、生産国側ではロシア、モザンビーク、豪州が生産を拡大し、ロシアと豪州が中国に、モザンビークがインドに、それぞれ原料炭輸出量を増加させる。新規の輸出国であるモザンビークは、インドのほか、南米(ブラジル)や日本へ原料炭を輸出する。またインドネシアでは中央カリマンタンの原料炭が開発され、日本を含むアジアの原料炭需要国へ輸出される。

2025 年から 2040 年にかけては、中国が原料炭需要の減少を背景に輸入量を減らすのに対して、インドは継続して輸入量が増加する。モンゴルから中国への輸出量が増加すること、日本の需要が減少することから、豪州から中国および日本への輸出量は減少する。その結果豪州からインド向けの輸出量が顕著に増加する。

表 3-7. 原料炭の貿易量 (2025 年)

(百万トン)		To										計	
		北米	中南米	OECD 欧州	アフリカ	中東	非OECD 欧州	日本	中国	インド	韓国 ・台湾		その他 アジア
From	米国	3.6	5.3	27.0				4.0	6.0	5.0	6.0		56.8
	カナダ	1.0		4.8				6.6	9.5		8.0		30.0
	コロンビア		0.6										0.6
	ロシア			3.0			11.1	2.0	6.0		3.0		25.1
	南アフリカ				0.3								0.3
	モザンビーク		3.0	2.0	2.1	1.0	1.9	2.0	1.3	7.0	2.0		22.3
	中国							0.5			1.0		1.5
	インドネシア							2.0	0.5	2.0	1.0	1.9	7.3
	豪州		5.3	15.0	2.9			37.0	33.4	38.8	23.5	3.2	159.0
	モンゴル								20.4				20.4
	その他						1.5						1.5
		4.6	14.3	51.8	5.2	1.0	14.5	54.1	77.0	52.8	44.5	5.1	324.8

注) その他は、コロンビアの除く中南米、ロシアを除く非 OECD 欧州などが含まれる。



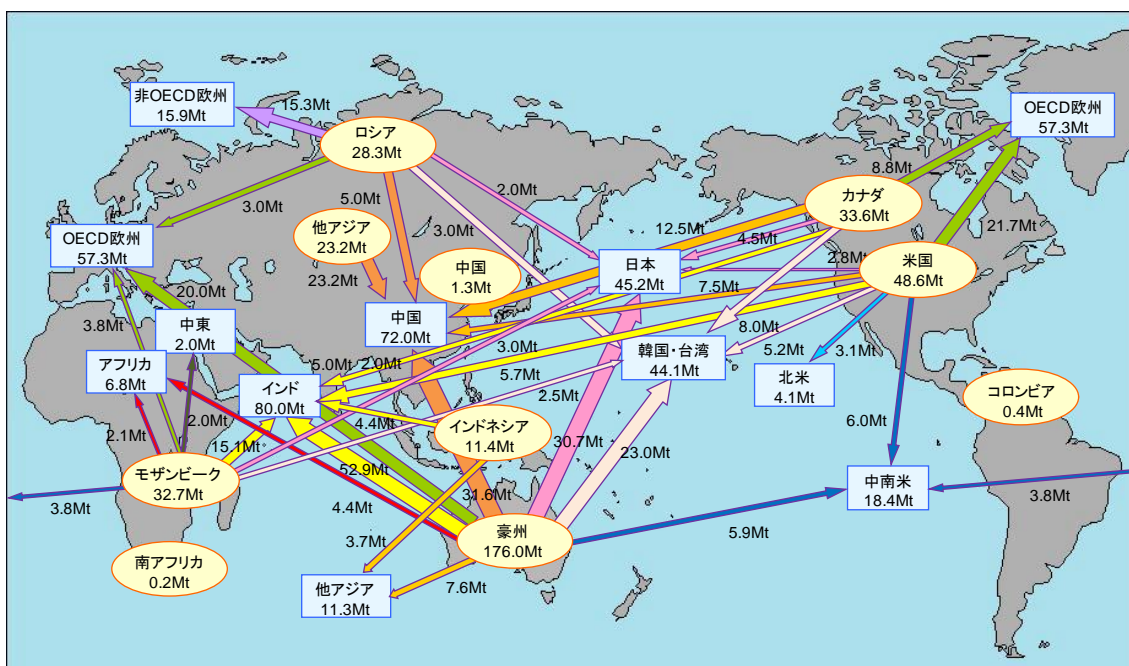
注) 図 3-7 に同じ

図 3-9. 原料炭の貿易フロー (2025 年)

表 3-8. 原料炭の貿易量 (2020 年)

(百万トン)		To											
		北米	中南米	OECD 欧州	アフリカ	中東	非OECD 欧州	日本	中国	インド	韓国・台湾		その他 アジア
From	米国	3.1	6.0	21.7				2.8	4.2	5.7	5.2		48.6
	カナダ	1.0	1.8	8.8				4.5	7.5	2.0	8.0		33.6
	コロンビア		0.4										0.4
	ロシア			3.0			15.3	2.0	5.0		3.0		28.3
	南アフリカ				0.2								0.2
	モザンビーク		3.8	3.8	2.1	2.0	0.0	3.0	0.5	15.1	2.5		32.8
	中国							0.4			0.9		1.3
	インドネシア							1.8		4.4	1.5	3.7	11.4
	豪州		5.9	20.0	4.4	0.0	0.0	30.7	31.6	52.9	23.0	7.6	176.0
	モンゴル								23.2				23.2
	その他		0.5				0.6						1.1
		4.1	18.4	57.3	6.8	2.0	16.0	45.2	72.0	80.0	44.1	11.3	356.9

注) その他は、コロンビアの除く中南米、ロシアを除く非 OECD 欧州などが含まれる。



注) 図 3-7 に同じ

図 3-10. 原料炭の貿易フロー (2040 年)

4. おわりに

本稿では、過去の石炭需給実績を炭種、地域別に詳述した上で、2040 年までの石炭需給を予測した。さらに、線形計画法を応用した石炭貿易モデルを構築し、2025 年および 2040 年の石炭貿易フローを合わせて予測した。

気候変動問題や二酸化炭素排出量への関心の高まりとは対照的に、世界の石炭消費量は継続して増加してきた。とりわけ 2002 年から 2012 年までは、アジアにけん引される形で、また年平均 4.6% という極めて大きな伸び率で、発電用途の一般炭を中心に需要量が増加してきた。この傾向は、需要増加の中心地を中国からインドへと変えて、2040 年まで継続するだろう。多くの OECD 諸国では石炭需要が減少し、また中国の需要量がピークアウトすることから、世界の 2040 年までの年平均増加率は 1.0% まで緩和されるものの、発電用途の一般炭需要は増加し続ける。今後 2040 年までに予期される石炭需要の増分は、2002 年から 2012 年までの 10 年間における増分に比肩する。

多くの国において、増大する需要を国内生産のみで賄うことは困難である。そのため、石炭貿易量は増加していく。2040 年の貿易量は 2011 年から 65% 程度増加する。また、地域に応じて需要の変化が異なることから、将来の貿易フローは、現時点のものとは異なるだろう。モザンビークからインド、ロシアからアジア、コロンビアからその他中南米など、新たな主要石炭フローが創出される。一方で、現在の主要輸出国であるインドネシアは、国内需要拡大と石炭資源の保護・有効利用の観点から輸出量をあまり増やさない。

本研究で構築した石炭貿易モデルは、一般炭と原料炭を区分し、線形計画法を用いて世界合計の総費用を最小化する貿易フローを算出するモデルである。それゆえ、単独の国や地域を主体とした部分最適や、品質の違いによる選好などを考慮することはできない。それでも、需給量の整合を担保しながら、世界の石炭貿易の一つの姿を定量的に示した点は本研究の特長の一つである。

貿易フロー予測により、わが国にとっては、中印における需要増や生産国での政策転換を背景に、豪州(一般炭)やインドネシア(原料炭)などの従来 of 主要な輸入先からの輸入量およびシアが減少すること、その一方で新たな輸入先が出現し得ること(モザンビーク、原料炭)が示唆された。本研究が、他国の需給動向がわが国の貿易フローに強く影響を与え得ることを再確認する、あるいは将来の石炭資源の安定確保を検討する契機として役立つことを期待したい。

参考文献

- 1) IEA, “Energy Balances of OECD Countries 2013” (2013)
- 2) IEA, “Energy Balances of Non-OECD Countries 2013” (2013)
- 3) IEA, “Coal Information 2013” (2013)
- 4) IEA, “Energy Statistics of OECD countries 2013” (2013)
- 5) IEA, “Energy Statistics of Non-OECD countries 2013” (2013)
- 6) 一般財団法人 日本エネルギー経済研究所「アジア／世界エネルギーアウトック 2013」(2013)
- 7) Worldscale Association, “NEW WORLDWIDE TANKER NOMINAL FREIGHT SCALE “WORLDSCALE”” (2013)
- 8) 一般社団法人 日本鉄鋼連盟「鉄鋼統計要覧」

お問い合わせ : report@tky.ieej.or.jp