

# 東南アジア地域における 洋上貯炭・混炭施設としての メガフロート活用可能性基礎調査

2013年3月

社団法人 日本中小型造船工業会  
一般財団法人 日本船舶技術研究協会



## はじめに

現在、アジアは高い経済成長を続けており、鉄鋼生産の増大、発電需要の拡大を背景に急速な勢いでエネルギー需要が伸びています。これにともない他の化石燃料に比べて調達の安定性、経済性の高い石炭のニーズが極めて高くなっております。

一方、東南アジア地域については、沿岸部は水深の浅い地域が大半であり、大型石炭輸送船（パナマックスやケープサイズ）を活用した効率の良い石炭受け入れは困難な状況にあります。そのような場合、小型の石炭輸送船（ハンディサイズなど）で輸送せざるを得ず、石炭ニーズを賄うためには、その輸送効率の低さから船隊の大規模化（隻数の増大）が問題となります。また、近年は環境面での規制も厳しいため、港湾を新規開発または拡張するためには、多額の予算と長期の工期が必要となり、大きな課題の1つです。

さらに、石炭を燃料として使用する設備ごとに、ユーザが欲する品質（カロリーや硫黄分など）が異なります。そのため産出地の異なる石炭を混ぜ合わせる（混炭）が必要となっています。

このような背景の下、本調査においては、大型船から受け入れた石炭を貯炭・混炭し、小型船に積み替えるための施設、又は、内陸部から河川を使ってバージで輸送された石炭を大型船に積み替えるための施設として、洋上にメガフロートを設置することの可能性について検討いたしました。特にメガフロートの規模は、建設コストに直結するため、可能な限り小型化することが望ましいため、一連の石炭の貯炭・混炭を効率化することに主眼を置き、効率の高い石炭のハンドリング方法についても検討いたしました。

メガフロートの活用にご関心をお持ちの方々にご活用頂ければ幸いです。

ジェトロ・シンガポール事務所船舶部  
(社団法人日本中小型造船工業会共同事務所)  
ディレクター（船舶部長）池田 陽彦



# 目 次

1. 調査概要	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	1
2. アジアにおける石炭のニーズ	2
2.1 世界における石炭の消費量	2
2.2 世界における石炭の需給	4
2.3 アジアにおける石炭の需要	9
2.3.1 中国	9
2.3.2 韓国	12
2.3.3 インド	15
2.3.4 台湾	18
2.4 アジアにおける石炭の供給	20
3. 効率の高い石炭ハンドリング方法の検討	22
3.1 インドネシアにおける石炭の輸出方法	22
3.1.1 河川を利用した山元からの石炭輸送	22
3.1.2 洋上での石炭積替え	22
3.2 フィリピンにおける鉄鉱石の洋上積替え	23
3.3 石炭積替えの課題	26
3.4 洋上石炭積替えの改善策	27
4. 洋上貯炭・混炭・出荷設備としてのメガフロートの仕様検討	28
4.1 石炭用メガフロートの種類	28
4.2 効率的な貯炭・混炭のための方法	30
4.3 メガフロートの仕様（案）	36
4.3.1 設置候補海域	36
4.3.2 主要目	37
4.3.3 外力条件	38
4.4 メガフロートに必要な設備	38
5. まとめ	39



## 1. 調査概要

### 1.1 調査の背景

石炭はその用途により、主に鉄鋼生産に用いられる原料炭と主に発電ボイラー向けの一般炭に大別される。前者については、近年、中国国内の鉄鋼メーカーが急速に使用量を増やしていることから、市場は逼迫気味である。また、後者については、他の化石燃料と比して環境負荷が高い傾向にあるものの、調達の安定性と高い経済性から、古くより世界中の国々で広く利用されてきた。特に、近年は我が国産業界がリードする発電技術および発電効率の飛躍的な進歩により、環境負荷の低減も積極的に図られていることから、その位置付けは見直されつつある。

石炭の埋蔵量については、3年ごとに WEC（World Energy Council：世界エネルギー会議）にて集計されており、2010年には 8,609 億トンと推計されている。これらを生産するのは米国、ロシア、中国、豪州、インドで全体の約 75%にも達する。これに対して、IEA（International Energy Agency：国際エネルギー機関）によれば、世界における石炭の生産量は 2010年に推計 72 億 2,871 万トンにも上る。従って、可採埋蔵量は世界消費量の 119.1 年分に相当する。

一方で、石炭の輸出入には石炭船による海上輸送が不可欠であるものの、急速な供給量と需要量の増大に港湾インフラの整備が追い付いていないケースが散見される。特に、遠浅の沿岸部では大型石炭船が入港するためには大規模な浚渫が必要となり、その費用捻出が大きな課題の 1 つとなっている。また、浚渫を含む港湾開発においては、周辺環境の適切な保護および環境に及ぼす影響の評価が重要になるとともに、更にコールターミナル整備のためには近隣住民の移転なども必要となる場合がある。そのため、工事になかなか着手できない事例や、工事が完了できない事例なども報告されている。

そこで、早期に供用可能、且つ環境への影響が低いといった特徴を持つメガフロートが世界的に脚光を浴びている。既に石炭のみならず、コンテナターミナルとしての利用可能性についても検討され始めており、我が国への問い合わせも増加している状況にある。

### 1.2 調査の目的

上記背景の下、本調査においては、世界における石炭需給の概要を把握するとともに、南アジア地域において、石炭の輸送効率化に寄与することを目的にメガフロートの活用可能性について検討する。

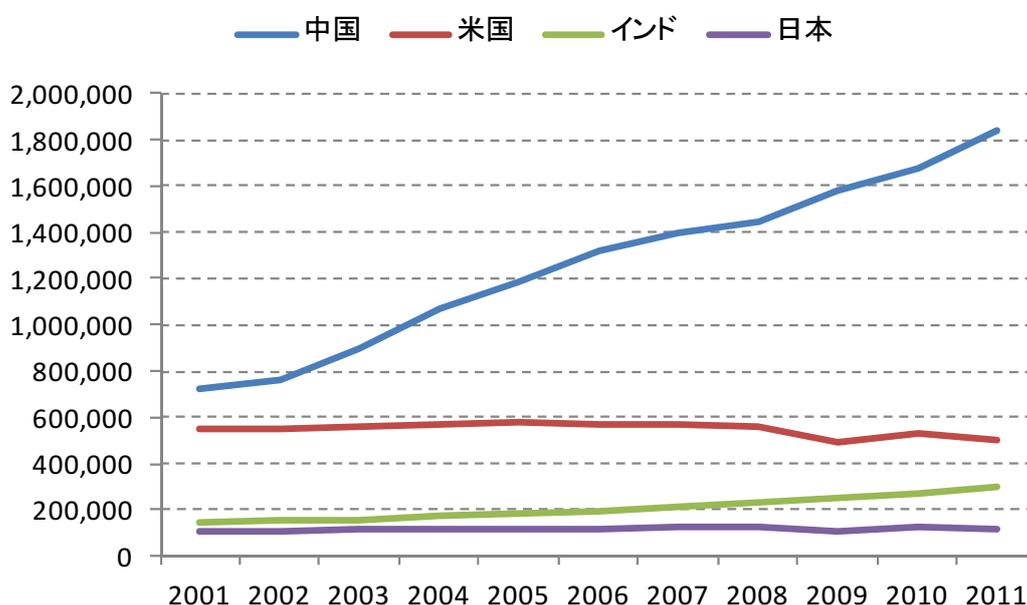
特に、本調査においては、オペレーションの効率性に着目することにより、石炭のハンドリング方法などについても検討する。

## 2. アジアにおける石炭のニーズ

### 2.1 世界における石炭の消費量

BP (British Petroleum)の統計によると 2011 年の世界の石炭消費量は 37 億 2,430 万トン (石油換算) で、消費量の多い上位 4 ヶ国 (中国、米国、インド、日本) で世界石炭消費量の 74.0%を占めた (表 2.1 参照)。その中でも中国の存在は極めて大きく、同年に中国が消費した石炭は 18 億 3,940 万トン (石油換算) で、全体の 49.4%を中国が占めた。

消費量の成長率でも急速な工業化を背景とした中国とインドの存在が大きく、インドは中国ほどではないものの、共に増加傾向にあるのに対して、米国や日本といった先進国は減少傾向にある (図 2.1 参照)。



(BP, "Statistical Review of World Energy 2012")

図 2.1 石炭消費量主要 4 ヶ国の消費量の推移 (2001~2011 年)

表 2.1 主要石炭消費国の石炭消費量 (2001～2011年)

(石油換算千トン)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
中国	720,800	760,400	900,200	1,065,600	1,186,200	1,317,700	1,392,500	1,441,100	1,579,500	1,676,200	1,839,400
米国	552,200	552,000	562,500	566,100	574,200	565,700	573,300	564,100	496,200	526,100	501,900
インド	145,200	151,800	156,800	172,300	184,400	195,400	210,300	230,400	253,800	270,800	295,600
日本	103,000	106,600	112,200	120,800	121,300	119,100	125,300	128,700	108,800	123,700	117,700
南アフリカ	73,400	75,900	81,400	85,400	82,900	84,000	89,100	95,100	89,900	91,300	92,900
ロシア	102,400	103,000	104,000	99,500	94,200	96,700	93,400	100,400	91,900	90,200	90,900
韓国	45,700	49,100	51,100	53,100	54,800	54,800	59,700	66,100	68,600	75,900	79,400
ドイツ	85,000	84,600	87,200	85,400	82,100	83,500	85,700	80,100	71,700	76,600	77,600
ポーランド	58,000	56,700	57,700	57,300	55,700	58,000	57,900	56,000	51,900	56,400	59,800
オーストラリア	48,200	51,100	49,400	50,800	53,500	56,000	54,100	54,600	54,500	43,800	49,800
インドネシア	16,800	18,000	24,200	22,200	25,400	30,100	37,800	30,100	34,600	41,200	44,000
ウクライナ	39,700	38,900	40,300	39,100	37,400	39,700	39,700	40,200	35,100	37,900	42,400
台湾	30,600	32,700	35,100	36,600	38,100	39,600	41,800	40,200	38,700	40,300	41,600
トルコ	18,400	19,300	20,700	21,800	21,800	25,900	28,900	29,200	30,400	30,900	32,400
英国	38,900	35,700	38,100	36,600	37,400	40,900	38,400	35,600	29,900	31,000	30,800
カザフスタン	22,500	22,800	25,200	26,500	27,200	29,800	31,700	33,400	32,600	31,600	30,200
カナダ	34,000	31,600	27,000	28,500	33,300	29,100	29,800	29,900	25,200	24,000	21,800
チエコ	21,200	20,600	20,800	20,900	20,400	21,100	21,200	19,900	17,400	18,200	19,200
イタリア	13,100	13,300	14,000	16,000	16,000	16,400	16,600	16,400	12,900	14,300	15,400
マレーシア	3,000	3,600	5,300	6,600	6,900	7,300	8,800	9,800	10,600	13,800	15,000
ベトナム	5,000	5,300	5,500	8,200	8,000	9,500	10,100	10,000	14,000	13,900	15,000
スペイン	20,100	22,700	21,000	22,000	22,500	19,800	21,900	15,500	11,800	9,800	14,900
ブラジル	12,200	11,500	11,800	12,800	12,700	12,500	13,400	13,500	11,300	13,900	13,900
タイ	8,800	9,200	9,400	10,400	11,200	12,400	14,100	15,300	14,500	15,300	13,900
メキシコ	6,900	7,800	8,900	7,100	9,300	9,100	9,100	6,800	8,400	9,400	9,900
フランス	12,100	12,400	13,300	12,800	13,300	12,100	12,300	11,900	9,900	10,700	9,000
ブルガリア	7,100	6,500	7,200	7,100	6,800	6,900	7,700	7,500	6,400	6,800	8,400
フィリピン	4,500	4,700	4,700	5,000	5,700	5,500	5,900	7,000	6,700	7,700	8,300
イスラエル	7,200	7,600	7,900	8,000	7,900	7,800	8,000	7,900	7,700	7,700	7,900
オランダ	8,500	8,900	9,100	9,100	8,700	8,500	9,000	8,500	7,900	7,900	7,800
香港	4,900	5,400	6,600	6,600	6,700	7,000	7,500	7,000	7,600	6,300	7,700
ギリシャ	9,300	9,800	9,400	9,000	8,800	8,100	8,500	8,100	8,100	7,400	7,300
ルーマニア	7,200	7,600	7,800	7,400	7,600	8,500	7,400	7,400	6,600	6,100	7,100
チリ	2,300	2,400	2,300	2,600	2,600	3,200	3,800	4,100	3,700	4,200	5,300
その他	92,900.0	93,700.0	99,600.0	100,100.0	97,300.0	97,300.0	92,600.0	92,300.0	87,800.0	90,700.0	90,100.0
合計	2,381,100	2,443,200	2,637,700	2,839,300	2,982,300	3,139,000	3,267,300	3,324,100	3,346,600	3,532,000	3,724,300

(BP, "Statistical Review of World Energy 2012")

## 2.2 世界における石炭の需給

各国の貿易統計を基にした 2011 年における石炭の輸出量は約 10 億 1,682 万トン、輸入量は約 8 億 1,518 万トンであった<sup>1</sup>。2000 年から 2011 年までの輸出量および輸入量の推移は表 2.2 から表 2.4 に示すとおりである。

輸出国としてはインドネシアおよび豪州が突出しており、近年はそれぞれ約 3.0 億トンもの石炭を輸出している。それに続くのは約 1 億トンを輸出するロシアおよび米国である。

輸入国については、中国および日本の輸入量が大きく、近年はそれぞれ約 1.8 億トンもの石炭を輸入している。中国の輸入量は急速に増加しており、韓国、インドおよび台湾がそれに続いている。

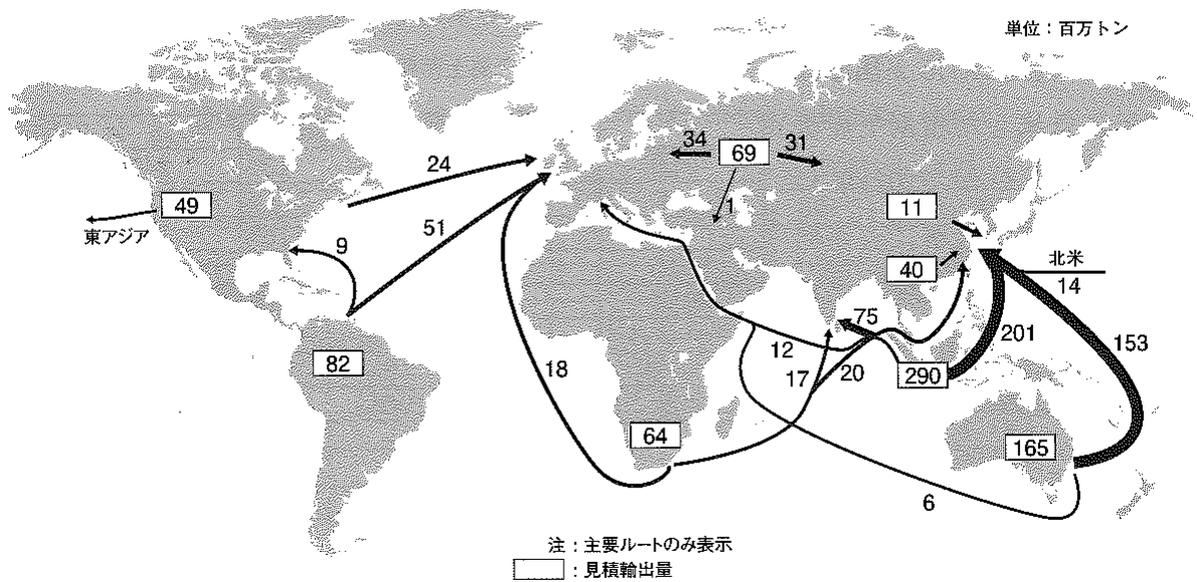
また、海上輸送の観点より石炭の輸出入の規模を見ると図 2.2 および図 2.3 に示すとおりとなる。これらの図から、一般炭・原料炭とも、その大半はアジア地域、特に中国に集中していることが分かる。中国における石炭の輸入量および輸出量を図 2.4 に示す。輸出量は、約 9,400 万トンだった 2003 年をピークに漸減しており、2011 年には約 1,500 万トンにまで落ち込んでいる。一方で、輸入量は 2000 年以降増加の一途を辿っており、特に 2008 年以降の 3 年間で、その量は約 4.5 倍の 1.8 億トン近くまで増大している。これは表 2.3 および表 2.4 に示した主要石炭輸入国 18 ヶ国の合計の約 22.5%にも達する。

更に、BP は「Energy Outlook 2030」の中で 2030 年に向けたエネルギー需要について予測しており、石炭についても地域別供給量と消費量を算出している（図 2.5 参照）。同予測によれば、今後も 2030 年に向け、中国の消費量は増大を続けるものの、その勢いは収まっていくものと予測されている。インドについては、近いうちに米国を抜き、世界第 2 位の石炭消費国になることが予想されている。

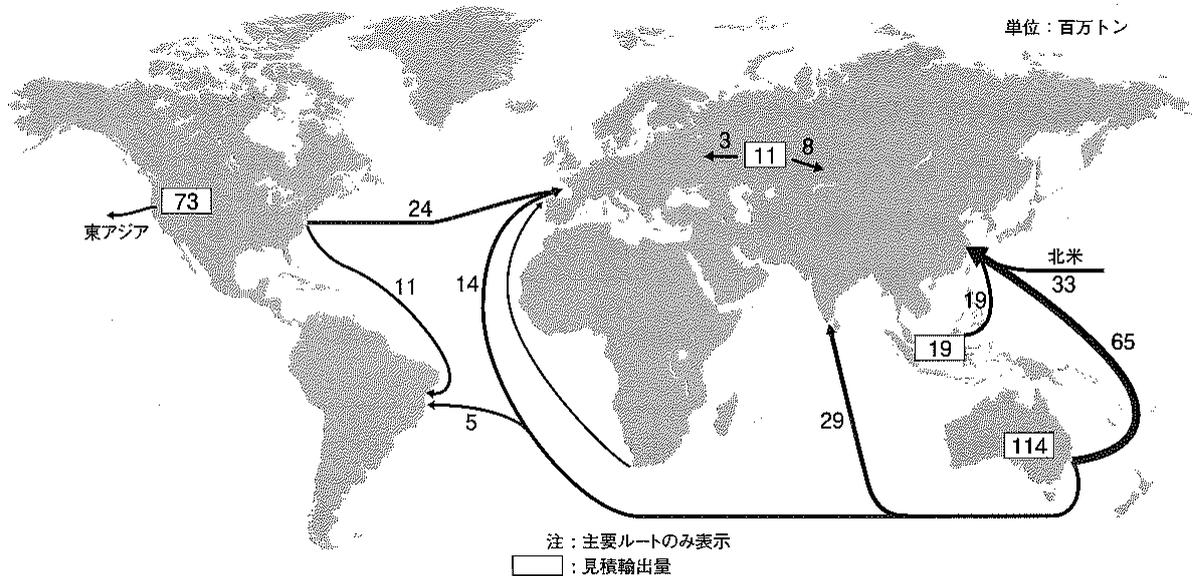
なお、アジアの主要石炭輸入国における石炭の需要については、次節に示すこととする。

---

<sup>1</sup> 輸出量および輸入量の乖離は算出国での国内消費分。



(社団法人日本海運集会所、日本郵船調査グループ編、  
 2012 Outlook for the Dry-Bulk and Crude-Oil Shipping Markets (元データは通関統計))  
 図 2.2 一般炭の海上荷動き (2011年)



(社団法人日本海運集会所、日本郵船調査グループ編、  
 2012 Outlook for the Dry-Bulk and Crude-Oil Shipping Markets (元データは通関統計))  
 図 2.3 原料炭の海上荷動き (2011年)

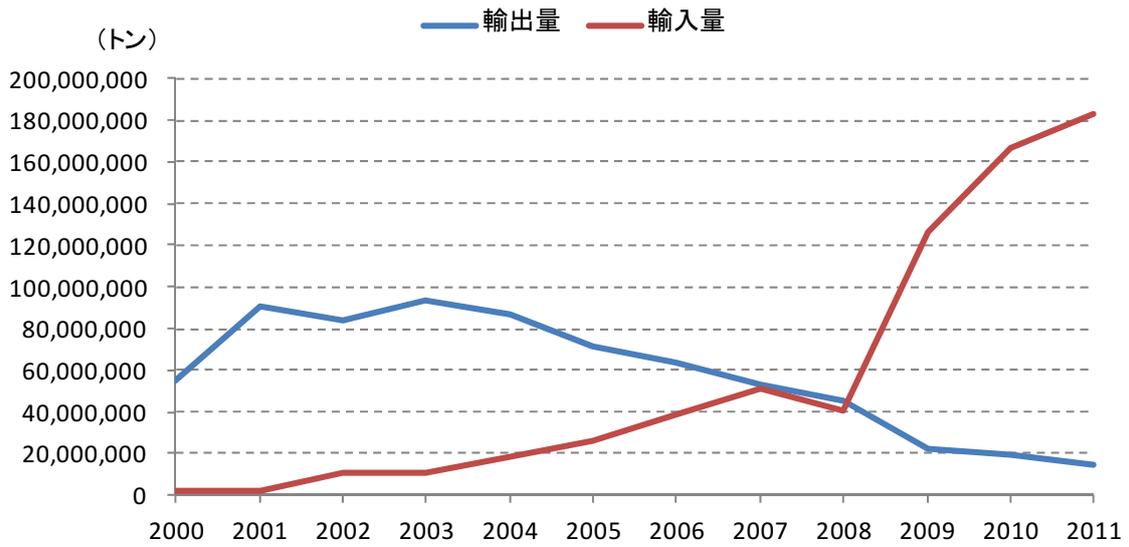


図 2.4 中国の石炭の輸出入量 (2000年～2011年)

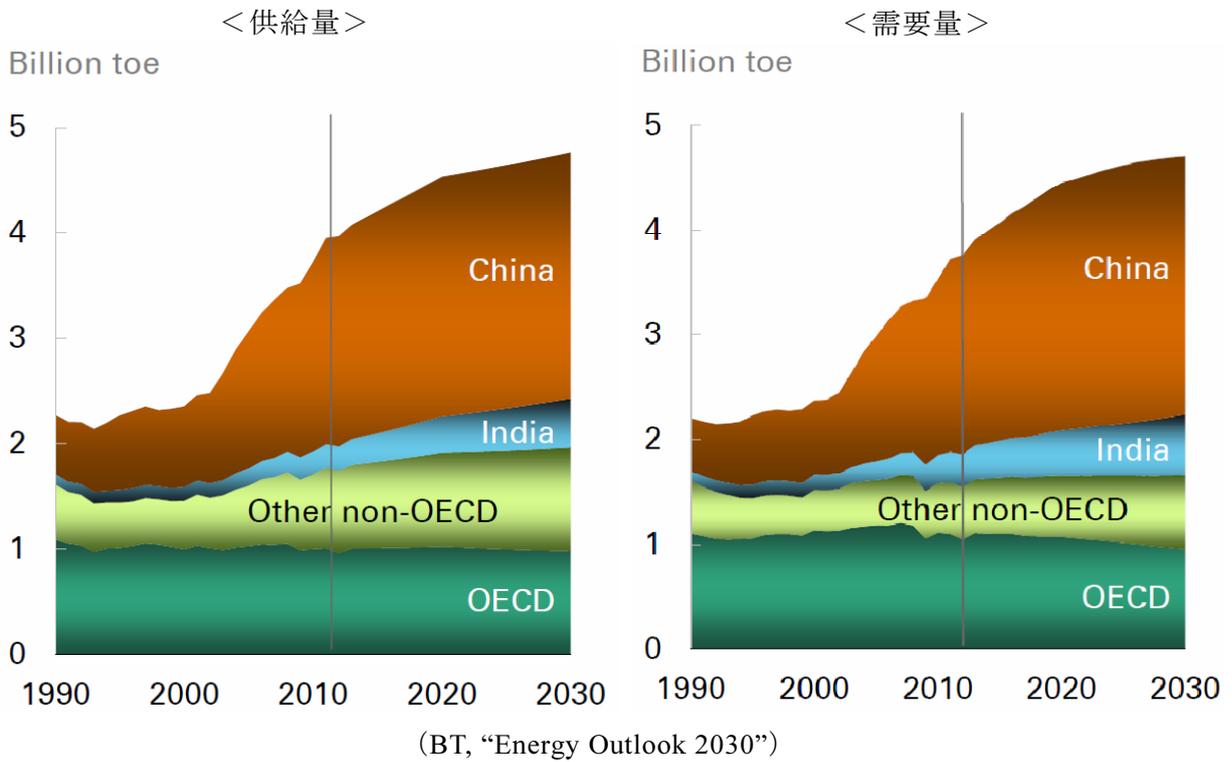


図 2.5 2030年に向けた世界の石炭の供給量および消費量

表 2.2 主要石炭輸出国の石炭輸出货量 (2000 年～2011 年)

	インドネシア	豪州	ロシア	米国	コロンビア	南アフリカ	カナダ	中国	ポーランド	ベネズエラ	合計
2000	57,983,942	186,753,455	3,367,835	53,005,477	32,320,507	70,514,945	32,421,988	55,045,963	53,005,477	23,246,644	567,666,233
2001	66,758,103	194,373,458	4,714,903	44,066,522	38,092,753	70,292,565	29,618,049	90,944,445	44,066,522	23,031,605	648,393,925
2002	73,557,295	204,155,173	4,323,937	35,801,712	31,898,980	70,385,328	25,066,592	83,883,809	35,801,712	22,625,633	626,415,771
2003	90,126,925	216,113,171	6,045,153	38,899,321	50,592,321	70,630,735	24,998,433	93,927,003	20,128,312	6,415,377	672,282,751
2004	105,864,290	224,573,176	71,776,629	43,351,381	50,332,904	67,922,095	25,925,648	86,611,416	19,696,096	3,927,870	699,981,505
2005	129,044,089	233,705,655	79,641,876	45,095,926	53,662,236	75,428,072	28,163,599	71,724,770	19,370,963	5,700,197	741,537,383
2006	183,925,254	237,964,673	91,352,249	44,860,117	60,052,812	67,803,396	27,565,755	63,297,364	16,741,165	4,214,966	797,777,751
2007	196,064,589	250,508,299	97,997,690	53,482,619	67,975,399	67,752,315	30,685,637	53,166,613	11,900,700	4,935,193	834,469,054
2008	201,103,512	261,751,740	97,440,015	73,904,034	61,091,857	69,093,009	31,946,717	45,432,374	8,462,217	4,447,231	854,672,706
2009	234,252,798	275,484,985	104,912,525	53,554,155	67,865,511	65,253,542	28,454,544	22,395,723	8,407,480	3,446,262	864,027,525
2010	291,171,313	301,046,486	116,734,339	73,972,757	70,530,865	70,419,738	33,278,668	19,027,859	10,568,929	1,916,321	988,667,275
2011	323,592,105	281,170,060	109,540,275	97,134,665	77,720,014	71,635,056	33,599,997	14,654,908	6,822,629	950,331	1,016,820,040

(2012 石炭年鑑 (元データは各国貿易統計))

表 2.3 主要石炭輸入国の石炭輸入量① (2000 年～2011 年)

	中国	日本	韓国	インド	台湾	ドイツ	オランダ	英国	イタリア	小計
2000	2,116,808	145,277,978	63,845,046	21,255,689	45,342,430	23,351,393	21,426,243	23,460,445	19,001,711	365,077,743
2001	2,493,268	155,784,437	66,738,910	20,120,908	48,754,316	29,000,915	30,483,111	35,561,061	20,226,472	409,163,398
2002	10,810,973	158,534,374	70,113,348	21,019,730	51,215,552	28,324,631	27,349,663	28,703,878	20,002,461	416,074,610
2003	10,760,322	167,018,413	71,699,709	22,659,459	54,957,033	28,882,806	30,548,561	31,896,155	21,256,714	439,679,172
2004	18,597,145	179,983,907	78,965,180	22,293,401	61,112,275	34,291,175	32,559,659	36,158,164	25,721,550	489,682,456
2005	26,127,927	180,807,673	76,758,840	34,566,458	61,080,416	34,835,477	36,205,089	44,074,024	25,099,316	519,555,220
2006	38,244,010	177,208,762	79,706,959	39,771,505	62,395,820	39,526,440	36,079,588	49,707,985	25,371,829	548,012,898
2007	51,004,805	186,485,687	88,284,056	48,962,934	66,183,597	43,120,572	38,522,042	43,160,022	25,484,421	591,208,136
2008	40,833,849	191,671,166	99,584,479	58,093,145	64,998,738	41,703,522	38,578,212	43,282,317	26,236,516	604,981,944
2009	126,636,242	161,810,797	102,979,193	69,531,051	59,414,389	35,180,277	38,695,166	36,771,783	20,375,879	651,394,777
2010	166,248,286	184,559,539	118,565,561	70,537,587	63,109,977	39,610,511	39,594,218	23,407,315	22,633,855	728,266,849
2011	183,219,070	175,238,982	129,150,093	65,633,600	42,842,922	42,842,922	36,698,947	31,769,837	24,051,117	688,604,568

(2012 石炭年鑑 (元データは各国貿易統計))

表 2.4 主要石炭輸入国の石炭輸入量② (2000 年～2011 年)

	トルコ	マレーシア	ブラジル	タイ	フランス	香港	メキシコ	フィリピン	アルゼンチン	合計
2000	13,110,164		14,874,119	4,098,428	17,247,663	6,056,109	2,432,350	4,147,040	1,104,346	428,147,962
2001	6,205,771		14,791,304	4,879,944	14,623,303	8,031,938	3,438,743	4,223,239	841,565	466,199,205
2002	13,515,744		13,012,196	5,525,327	15,382,835	8,536,443	5,893,936	4,523,969	825,833	483,290,893
2003	15,555,876		14,831,757	7,807,766	16,814,868	10,558,816	7,233,021	3,429,435	868,632	516,779,343
2004	16,347,287		16,418,510	7,479,535	19,507,688	10,583,194	4,088,682	4,436,664	1,479,922	570,023,938
2005	16,849,991		15,750,401	8,497,510	19,645,747	10,821,930	7,259,007	4,541,688	1,554,830	604,476,324
2006	20,475,319	11,103,407	14,562,684	11,104,480	19,461,223	11,402,094	7,619,456	5,893,785	1,417,804	651,053,150
2007	22,945,550	11,449,616	16,749,411	14,201,791	18,990,436	12,259,798	5,311,025	5,457,302	1,655,606	700,228,671
2008	19,489,304		18,466,864	15,921,530	21,296,506	11,343,029	4,550,180	4,782,510	1,856,475	702,688,342
2009	20,362,333	9,532,018	14,082,059	16,264,793	15,838,188	12,330,159	6,000,125	5,587,887	1,279,870	752,672,209
2010	22,074,373	19,974,918	17,691,518	16,748,016	19,021,248	10,322,893	7,696,088	6,314,754	1,708,764	849,819,421
2011	23,712,497	21,990,184	20,020,431	16,209,622	15,421,789	12,526,421	7,578,358	7,037,276	2,082,981	815,184,127

(2012 石炭年鑑 (元データは各国貿易統計))

## 2.3 アジアにおける石炭の需要

### 2.3.1 中国

中国の一次エネルギー消費に占める石炭の割合は、2008年の66.4%から2009年には67.1%に増加しており、成長率では原子力、ガスおよび水力には及ばないものの、非常に重要なエネルギーとして位置付けられている（表 2.5 参照）。

2010年のWEC(World Energy Council)の発表によると、同国の可採埋蔵量は約1,145億トンであるものの、2010年の石炭生産量が31億6,220万トンと前年比9.2%も増加しているため、可採年数は34.4年に限られる。一方で、同年の石炭消費量は33億1,910万トンと前年比15.1%も増加しており、今後も国内石炭消費量が増加し続けるようであれば、可採年数は減少の一途を辿る見通しである。同国については、国内で産出される一部を輸出に回しているものの、急激に拡大する国内消費量の不足分を補うため、海外からの輸入量を急増させている（表 2.6 参照）。これまで輸入国としてはベトナムの位置付けが高かったものの、ここ数年でインドネシアおよび豪州からの輸入が急激に増加しており、2010年の輸入量はそれぞれ約5,630万トンと約3,696万トンに達する（表 2.7 参照）。

以上のような背景の下、2010年7月には国家エネルギー局が第12次5ヶ年計画において、一次エネルギーに占める石炭の割合を63.0%にまで減らし、その減少分は天然ガスで補う方針を示している。併せて、中国政府は2020年までに一次エネルギー消費の15%を再生可能エネルギー（例えば水力など）で賄う目標も掲げている。

2007年1月に出された第11次5ヶ年計画においても、急増した国内需要を賄うため、石炭の安定供給と競争力のある石炭産業の構築を目指し、石炭産業の整理・統合・最適化と秩序のある開発、石炭産業体制の刷新や、科学技術に基づいた産業技術の向上などが挙げられた。その中でも、石炭生産企業については、2015年を目処に企業数を現在の1万1,200社から4,000社まで集約することと平行して、年産1億トンを超える大手を現在の2社から10社に増やすとともに、年産5,000万トンを超える大手20社で国内生産シェアの過半を占めることにより、規模拡大による世界での資源獲得競争に対する競争力強化を目指している。

表 2.5 中国における一次エネルギーの消費量

(石油換算千トン)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
石炭	625,644	608,900	676,734	807,985	973,632	1,087,616	1,206,978	1,280,568	1,406,354	1,514,568
石油	220,690	226,152	243,159	268,834	309,574	316,288	341,530	354,988	364,814	379,313
ガス	20,750	23,349	25,402	27,727	33,246	40,137	47,357	59,116	68,318	75,040
原子力	4,362	4,553	6,548	11,295	13,153	13,835	14,292	16,191	17,824	18,277
水力	19,128	23,859	24,766	24,397	30,405	34,143	37,478	41,733	50,326	52,945
その他	201,581	200,753	199,874	198,971	198,155	197,730	197,783	205,343	209,845	213,957
合計	1,092,154	1,087,567	1,176,482	1,339,210	1,558,165	1,689,750	1,845,417	1,962,439	2,117,483	2,257,101

(IEA, "Energy Balances of Non-OECD Countries 2011")

表 2.6 中国における石炭の輸出入量

(千トン)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010*	
輸出量	一般炭	48,587	78,680	70,592	80,851	80,856	66,416	58,867	41,831	21,712	19,484	
	原料炭	6,470	11,445	13,295	13,135	5,757	5,260	4,344	3,457	636	571	
	褐炭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合計	55,057	90,125	83,887	93,986	86,613	71,676	63,211	53,111	45,287	22,348	20,055	
輸入量	一般炭	1,839	2,384	11,002	8,493	11,784	18,977	33,443	44,797	33,483	91,423	128,560
	原料炭	339	277	256	2,605	6,830	7,195	4,663	6,219	6,857	34,417	48,398
	褐炭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合計	2,178	2,661	11,258	11,098	18,614	26,172	38,106	51,016	40,340	125,840	176,958	

(IEA, "Coal Information 2011", \* : 2010 年は見込み)

表 2.7 中国の国別石炭輸入量

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
インドネシア	843	1,938	778	1,315	2,400	5,167	14,060	11,615	30,461	56,295
豪州	670	4,489	5,102	5,352	5,885	6,897	4,520	3,543	44,602	36,961
ベトナム	357	2,242	2,492	6,177	10,194	20,080	24,612	16,906	24,078	18,047
モンゴル	0	0	281	1,601	2,539	2,352	3,241	4,044	6,002	16,595
ロシア	179	1,152	724	607	897	991	269	760	11,787	11,619
南アフリカ	121	407	0	0	0	0	0	0	732	7,004
カナダ	0	0	384	1,815	1,229	146	223	560	4,093	5,198
米国	0	7	0	0	0	0	0	151	805	4,842
北朝鮮	83	407	745	1,571	2,804	2,485	3,741	2,538	2,972	4,641
コロンビア	0	0	0	0	0	0	0	0	14	3,778
フィリピン	0	0	0	0	0	0	213	434	106	636
ニューージーランド	233	164	205	119	171	113	60	186	303	366
その他	7	12	46	40	9	13	66	98	696	266
合計	2,493	10,811	10,760	18,597	26,128	38,244	51,005	40,834	126,636	166,248

(TEX レポート「石炭年鑑 2011」(情報元は Secretariat of Foreign Trade))

### 2.3.2 韓国

韓国の一次エネルギー消費に占める石炭の割合は、石油が最も大きいものの、石炭も2009年で28.3%を占めている（表2.8参照）。2005年に一次減少したものの、同年以外は常に増加傾向にある。

2010年のWECによると、同国における石炭の可採埋蔵量は、1億2,600万トンと評価されている。可採埋蔵量は多くないものの、2010年の同国内における石炭生産量が208万トンに限られていることから、可採年数は60年程度との見通しである。当該生産量のみでは国内の需要を満たすことができないため、石炭は海外からの輸入に頼っている。石炭の輸入量は2000年以降増大し続けており、2009年には1億トンを超え、2010年には約1億1,860万トンにまで達している（表2.9参照）。2004年以降、最大の輸入国は豪州であるものの、近年は急速にインドネシアからの輸入量が増大している（表2.10参照）。過去には中国からの輸入量も相当量あったものの、2003年をピークに近年は急速な減少傾向にある。

韓国では2005年12月に発表された「石炭産業長期計画」において、国内産石炭の保護と海外産石炭の確保に係る支援政策が打ち出されている。前者については、国内産石炭について、国内の石炭火力発電所に利用を義務付けたり、VAT（Value Added Tax：付加価値税）を非課税としたりする対策が取られている。一方、後者については、積極的に官民合同の調査団を主要な石炭生産国に派遣するなどの外、韓国企業の海外における開発事業にローンを提供するといった対策が取られている。海外プロジェクトへの投資については、炭鉱開発を通して石炭の開発・輸入を促すことと、取得した権益から安定的に石炭を輸入することの2つが目的とされている。

表 2.8 韓国における一次エネルギーの消費量

(石油換算千トン)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
石炭	39,448	42,851	47,142	48,577	50,300	49,748	52,927	56,140	62,770	64,840
石油	102,234	98,779	100,497	99,065	99,105	92,490	90,637	94,450	89,620	90,590
ガス	17,005	18,737	21,203	22,001	25,280	27,368	28,700	31,150	31,810	31,700
原子力	28,397	29,223	31,039	33,793	34,065	38,251	38,765	37,250	39,340	38,510
水力	345	357	278	422	372	316	298	310	260	240
その他	1,423	1,465	1,606	1,840	2,050	2,206	2,514	2,850	3,040	3,280
合計	188,852	191,411	201,764	205,698	211,174	210,379	213,841	222,150	226,950	229,180

(IEA, "Energy Balances of Non-OECD Countries 2011")

表 2.9 韓国における石炭の輸入量 (輸出なし)

(千トン)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010*
一般炭	44,149	47,068	52,048	53,292	57,155	56,131	59,626	65,753	75,501	82,323	90,885
原料炭	19,575	17,899	20,003	20,315	21,808	20,627	20,081	22,532	24,083	20,659	27,706
褐炭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	63,724	64,967	72,051	73,607	78,963	76,758	79,707	88,285	99,584	102,982	118,591

(IEA, "Coal Information 2011", \* : 2010 年は見込み)

表 2.10 韓国の国別石炭輸入量

(千トン)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
臺灣	24,741	26,987	26,344	30,137	31,075	29,021	29,161	38,203	42,930	42,957
インドネシア	5,835	6,936	8,121	13,457	15,382	20,696	25,335	26,551	33,549	40,787
カナダ	5,451	4,543	3,767	4,486	4,222	4,855	6,092	6,521	7,676	9,923
ロシア	1,887	2,894	3,034	5,043	3,506	5,032	6,355	7,496	4,720	8,557
中国	27,229	28,220	29,788	23,990	20,840	18,741	19,920	17,877	9,666	7,293
米国	1,205	335	171	1,063	1,160	658	301	1,041	1,575	2,714
南アフリカ	264	0	0	0	0	0	301	609	621	2,346
ベトナム	67	156	367	513	358	635	740	1,207	1,833	1,836
その他	60	44	109	275	215	67	79	78	410	2,153
合計	66,739	70,113	71,700	78,965	76,759	79,707	88,284	99,584	102,979	118,566

(TEX レポート「石炭年鑑 2011」(情報元は Secretariat of Foreign Trade))

### 2.3.3 インド

インドの一次エネルギー消費に占める石炭の割合は、2009年で42.2%を占めており、重要な役割を果たしている。近年も伸び続けており、ガスの伸び率には及ばないものの、高水準を維持している（表 2.11 参照）。

2010年のWECによると、同国における石炭の可採埋蔵量は、前年比で3.3%増加し、606億トンとなっている。これは世界5位の規模であり、2009年の生産量が5億6,080万トンであることから、可採年数は100年以上となる。現状、国内での生産量のみでは国内需要を満たせず、且つ国内にて生産される石炭は低品位炭であり、輸入する高品位炭と混炭する必要があることから、輸入量は増加の一途を辿っている（表 2.12 参照）。2006年以降、最大の輸入元はインドネシアであり、2010年の年間輸入量は約3,467万トンにも達する（表 2.13 参照）。次いで、豪州、南アフリカと続く。インドネシアと南アフリカからは低品位炭が、豪州や米国からは高品位炭がそれぞれ多く輸入されている。

また、IEAは2009年11月にインドの一次エネルギー需要（石油換算）を表 2.14 に示すように発表している。ここでは、2015年以降も石炭の消費量が増大することが予測されている。一方で、鉱山の開発については、既に承認済みの炭鉱が200鉱区以上あるものの、環境関係の手続きが遅れているため、操業中の炭鉱は30鉱区以下に限られており、開発は順調ではない。但し、同国では、2007年12月の全国開発委員会（National Development Council）にて承認された第11次5ヶ年計画において、石炭の増産および輸入炭増加に必要なインフラ整備が課題として挙げられた。現在は第12次5ヶ年計画が進められており、2017年に2億5,000万トンにも達すると予想されている石炭の輸入量に対する鉄道および港湾の能力拡張の必要性が挙げられている。

なお、インド国内において石炭の生産を担うのは、公営企業であるCIL（Coal India Limited）やSCCL（Singareri Collieries Company Limited）などである。特にCILは世界最大の石炭生産会社であり、2010年には4億3,100万トンもの石炭を生産している。そのため、国内の石炭価格に対するCILの影響力は極めて大きく、2000年1月1日に発行された「炭鉱管理令 2000年」により自由化されたものの、現状、完全な自由化には至っていない。

表 2.11 インドにおける一次エネルギーの消費量

(石油換算千トン)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
石炭	164,415	168,194	173,700	177,597	197,248	207,525	222,772	242,488	258,021	285,364
石油	111,996	112,058	116,021	121,196	124,384	124,724	131,101	138,804	146,077	159,410
ガス	20,991	20,999	22,928	23,858	26,339	29,660	31,395	35,697	35,586	48,909
原子力	4,405	5,075	5,053	4,634	4,433	4,515	4,900	4,419	3,834	4,857
水力	6,404	6,338	5,513	6,479	7,286	8,749	9,780	10,371	9,829	9,194
その他	149,171	151,208	152,993	154,942	156,867	158,925	161,017	163,337	165,677	168,095
合計	457,382	463,872	476,208	488,705	516,557	534,097	560,965	595,116	619,024	675,830

(IEA, "Energy Balances of Non-OECD Countries 2011")

表 2.12 インドにおける石炭の輸出入量

(千トン)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010*	
輸出品	一般炭	668	1,024	1,354	1,469	1,180	1,447	1,591	1,546	2,185	1,846	
	原料炭	624	879	163	158	114	107	36	109	269	227	
	褐炭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	合計	1,292	1,903	1,517	1,627	1,294	1,989	1,554	1,627	1,655	2,454	2,073
輸入品	一般炭	9,867	9,441	10,313	8,691	11,559	21,695	25,204	27,765	37,923	48,565	59,757
	原料炭	11,063	11,107	12,947	12,992	16,925	16,891	17,877	22,029	21,080	24,690	30,380
	褐炭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	20,930	20,548	23,260	21,683	28,484	38,586	43,081	49,794	59,003	73,255	90,137

(IEA, "Coal Information 2011", \* : 2010 年は見込み)

表 2.13 インドの国別石炭輸入量

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
インドネシア	3,318	3,683	5,215	7,301	13,393	17,019	19,802	25,710	32,350	34,667
豪州	11,060	11,606	13,465	11,463	14,273	14,666	19,588	22,440	20,019	19,570
南アフリカ	2,801	2,952	1,607	370	2,364	1,925	6,828	5,973	13,874	12,041
米国	4	64	18	479	941	792	793	1,231	1,132	1,754
ニュージーランド	150	145	89	234	469	720	750	954	873	953
フィリピン	15	0	0	0	0	0	231	233	667	313
中国	2,426	1,736	2,035	1,788	2,831	4,336	527	770	0	0
その他	347	835	230	658	295	314	444	782	626	1,240
合計	20,121	21,020	22,659	22,239	34,566	39,772	48,963	58,093	69,531	70,538

(千トン)

(TEX レポート「石炭年鑑 2011」(情報元は Secretariat of Foreign Trade))

表 2.14 インドにおける一次エネルギー需要の予測

	1990	2007	2015	2020	2025	2030
石炭	106	242	305	378	468	586
石油	61	141	186	223	274	341
ガス	10	33	67	80	97	113
原子力	2	4	14	19	24	28
水力	6	11	15	16	19	22
その他	133	163	178	184	190	199
合計	318	595	764	901	1,073	1,287

(石油換算百万トン)

(IEA, "World Energy Outlook 2008")

#### 2.3.4 台湾

台湾は国内の石炭需要をすべて輸入に頼っている。合計輸入量は年により増減があるものの、概ね増大傾向にあり、2010年の輸入量は6,311万トンにも達した(表2.15参照)。主な輸入国はインドネシアと豪州であり、2010年にはそれぞれ約2,760万トンと約2,423万トンの石炭を輸入している。

また、同国政府(経済部能源局: Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs)は2008年6月5日に「Framework of Taiwan's Sustainable Energy Policy」を発表した。同フレームワークにおいては、エネルギー、環境保護、経済のバランスをとることとともに、エネルギー消費形態とエネルギー供給システムの構築に向け、「高効率」と「高価値」、「低排出」と「低依存」という「二高二低」が基本政策として位置付けられた。その中で石炭については、クリーンなエネルギー供給を目指す観点から、国際協力を得ることにより、クリーンコール技術(CCT)および二酸化炭素貯留技術(CCS)の導入を目指している。

なお、同国は現政権が原子力発電の廃止に向けた方針を打ち出していることから、代替としての石炭の消費量が増加している。2010年代後半より原子力発電所を順次停止する計画であることから、2010年に6,311万トンあった輸入量が、2030年には2倍の1億2,000万トン以上にも達するとの予測もある。

表 2.15 台湾の国別石炭輸入量

(千トン)

	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
臺灣	15,998	14,853	18,220	16,929	17,928	22,057	22,414	24,781	26,755	25,257	27,605
インドネシア	13,695	14,514	13,618	16,273	19,602	19,823	24,349	25,004	24,252	24,271	24,228
中国	8,370	14,655	14,450	17,876	18,958	16,121	12,743	13,083	11,350	4,612	4,182
南アフリカ	2,872	1,892	1,556	1,164	1,340	342	67	566	0	2,280	2,749
韓国	1,110	249	145	58	134	196	173	131	29	0	2,097
ロシア	1,338	1,321	1,909	1,216	1,400	1,212	1,305	1,329	1,203	1,975	1,221
カナダ	1,232	1,013	978	1,276	834	1,138	1,274	1,140	1,212	771	733
米国	514	135	110	0	669	74	1	0	71	77	227
その他	213	113	230	166	246	118	70	149	127	171	67
合計	45,342	48,745	51,216	54,957	61,112	61,080	62,396	66,184	64,999	59,414	63,110

(TEX レポート「石炭年鑑 2011」(情報元は Secretariat of Foreign Trade))

## 2.4 アジアにおける石炭の供給

アジア、ひいては世界で最大の石炭輸出国はインドネシアである。近年、その輸出量は豪州をも凌ぎ、2011年には3億2,359万トンにも達した（表2.2参照）。

同国の石炭生産量は2000年から2010年にかけて急増しており、2010年の生産量は3億3,600万トンにも達している。これは2000年比の約5倍に相当する。また、2009年に旧鉱物石炭地熱総局が発表した将来の石炭生産計画においては、2030年に向け、今後も石炭生産量は増加する見通しとなっている（表2.17参照）。しかし、本計画については、策定された2009年時点で、既に生産量の実績を下回っていることから、今後、生産量増加傾向は急速に増大していくものと思料される。

一方で、同国政府は2009年12月末に「新鉱物石炭鉱業法」を施行した。同法は2010年以降に予想される国内石炭需要の増大に対応すべく、石炭生産者による無制限な石炭輸出の増加を抑制し、石炭の国内供給を優先することを義務付けるものである。今後、本法が同国の石炭輸出量に及ぼす影響には注視する必要がある。

また、2010年のWECによると、同国における石炭の可採埋蔵量は55.3億トンで、2009年比で12億トン増加した。一方で、IEAのCoal Information 2011によれば、2010年における同国の石炭生産量は3億3,600万トンであることから、可採年数は16年程度に限られる。Indonesia Coal Book 2010/2011では、同国における石炭の確定埋蔵量55.3億トンのうち、カリマンタン島に46.3億トン、スマトラ島に9.0億トンが賦存していると報告されている。つまり、東西南北に広がる島しょ国であっても、石炭が賦存するのはカリマンタン島とスマトラ島の2島のみということになる。

表 2.16 インドにおける石炭の生産量

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010*
一般炭	40,254	64,942	75,830	82,324	109,017	92,958	138,623	126,719	148,298	171,087	171,087
原料炭	616	7,840	7,416	15,096	9,231	1,222	1,736	1,922	2,049	2,364	2,364
褐炭	38,507	19,758	20,229	23,370	24,335	76,361	108,473	120,125	140,900	162,551	162,551
合計	79,377	92,540	103,475	120,790	142,583	170,541	226,524	248,832	291,247	336,002	336,002

(千トン)

(IEA, "Coal Information 2011", \* : 2010 年は見込み)

表 2.17 インドネシアにおける将来の石炭生産計画 (2010~2030 年)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
年 生産量	256	270	280	290	297	309	321	330	337	344	352
年 生産量	361	369	377	386	395	405	410	415	420	425	430

(百万トン)

(旧鉱物石炭地熱総局、2009 年版)

### 3. 効率の高い石炭ハンドリング方法の検討

#### 3.1 インドネシアにおける石炭の輸出方法

##### 3.1.1 河川を利用した山元からの石炭輸送

カリマンタンおよびスマトラの両島においては、山元が内陸部に位置していることが多く、陸上輸送インフラが未整備なことから、河川を利用したバージでの輸送が主流となっている（図 3.1 参照）。



図 3.1 河川を利用した石炭のバージ輸送

##### 3.1.2 洋上での石炭積替え

カリマンタンおよびスマトラの両島とも沿岸部は遠浅な海岸が沖合まで続く地域が多いことから、輸出に利用される大型石炭船が入港可能な港湾は限られている。そのため、河口付近にて、洋上積替えが実施されることが多い（図 3.2 参照）。



図 3.2 河口付近における石炭の洋上積替え

### 3.2 フィリピンにおける鉄鉱石の洋上積替え

大型鉄鋼石運搬船を対象とした洋上積替えという観点では、既にブラジルの Vale 社がフィリピンのスービック湾での実績を有している。

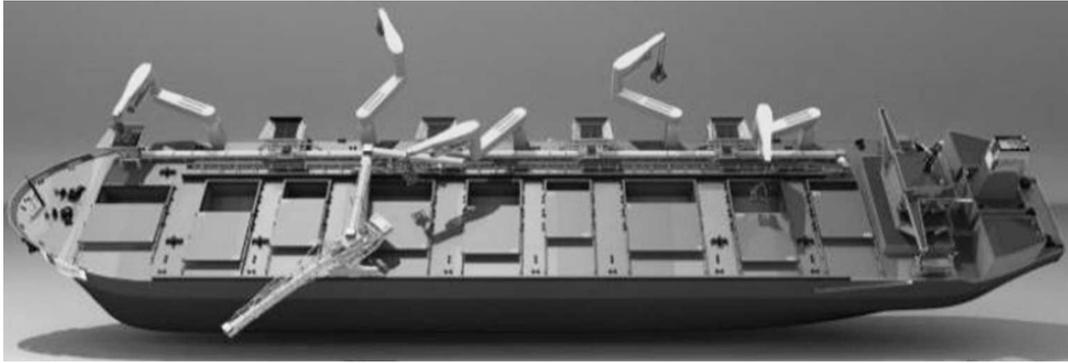
かつて、Vale 社はブラジル産鉄鉱石の中国までの輸送効率化を図るため、ヴァーレマックスと呼ばれる 40 万 DWT 級大型鉄鋼石運搬船（VLOC：Very Large Ore Carrier）の投入を進めていた。World Shipping Encyclopaedia（IHI Fairplay, Ver. Oct. 2012）によれば、2013 年 2 月現在 17 隻が、また 4 月には更に 2 隻が竣工することとなっている（表 3.1 参照）。

その一方で、2012 年 2 月に中国政府および中国船主協会が、安全上の問題や国内造船業の保護を理由に、35 万 DWT 以上のバルカーおよび 45 万 DWT 以上のタンカーの国内港湾の入港を規制した。それにより行き場を失ったヴァーレマックスを活用するため、Vale 社は 2012 年 3 月に大型原油タンカー（VLCC：Very Large Crude Carrier）を改造し、鉄鉱石積替え用のギアを搭載した「Ore Fabrica」をスービック湾に投入した（図 3.3 から図 3.5 参照）。積替え専焼船「Ore Fabrica」は、40 万 DWT 級のヴァーレマックスから 17 万 DWT 級ケーブサイズバルカーに対して、洋上で鉄鉱石の積替えを行っている。また、スービック湾にて洋上積替えが行われた概位を図 3.6 に示す。

表 3.1 ヴァーレマックス一覧（2013 年 2 月現在）

	Ship Name	Dwt	Gt	Delivery	Shipyard Country	Flag
1	Vale Brasil	402,347	198,980	2011/3/1	South Korea	Singapore
2	Vale Rio De Janeiro	402,303	198,980	2011/9/1	South Korea	Singapore
3	Vale Italia	400,000	198,980	2011/10/1	South Korea	Singapore
4	Vale China	400,606	201,384	2011/11/1	China	Singapore
5	Vale Malaysia	402,285	198,980	2012/3/1	South Korea	Singapore
6	Vale Dongjiakou	400,606	201,384	2012/4/1	China	Singapore
7	Vale Dalian	400,398	201,384	2012/5/1	China	Singapore
8	Vale Carajas	402,285	198,980	2012/5/1	South Korea	Singapore
9	Vale Minas Gerais	400,000	198,980	2012/7/1	South Korea	Singapore
10	Vale Caofeidian	400,000	201,000	2012/9/1	China	Singapore
11	Vale Hebei	400,000	201,000	2012/9/1	China	Singapore
12	Vale Majishan	400,000	201,000	2012/10/1	China	Singapore
13	Vale Shanghai	400,000	201,000	2012/10/1	China	Singapore
14	Vale Shandong	400,000	201,000	2012/11/1	China	Singapore
15	Vale Tianjin	400,000	201,000	2012/12/1	China	Singapore
16	Vale Rizhao	400,000	201,000	2013/1/1	China	Singapore
17	Vale Ningbo	400,000	201,000	2013/2/1	China	Singapore
18	Vale Korea	400,000	200,000	2013/4/1	South Korea	Singapore
19	Vale Jiangsu	400,000	201,000	2013/4/1	China	Singapore

（World Shipping Encyclopaedia、IHI Fairplay（Ver. Oct. 2012））



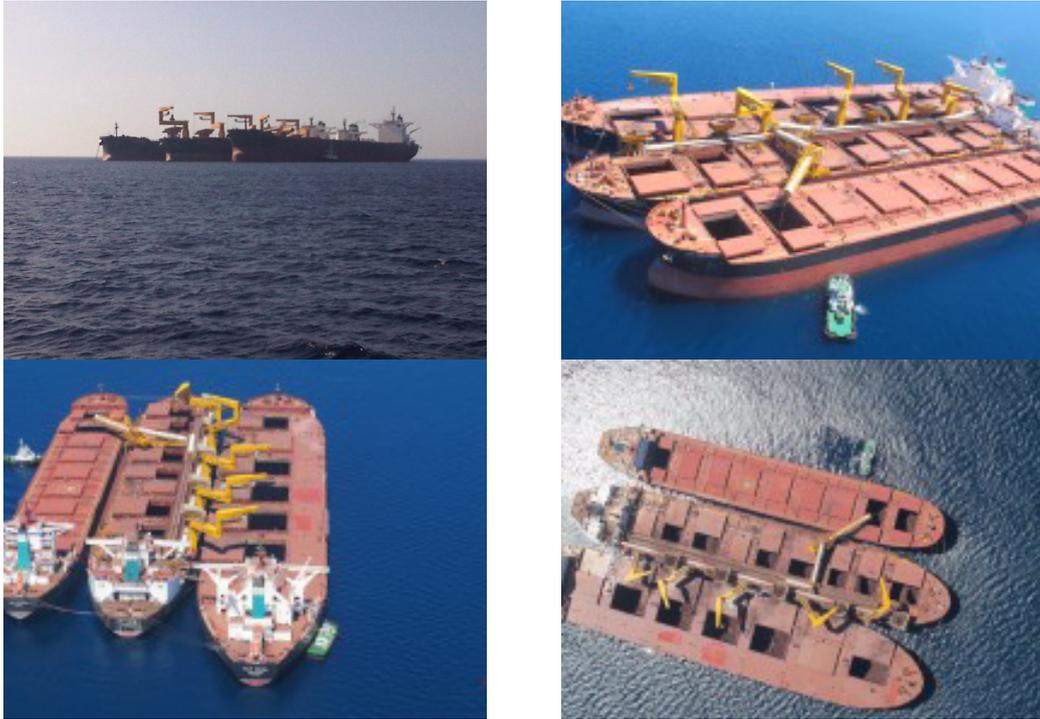
(Antipodean Mariner Web サイト :  
<http://antipodeanmariner.blogspot.com/2012/01/vale-beijing-and-subic-bay.html>)

図 3.3 Ore Fabrica のイメージ



(Antipodean Mariner Web サイト :  
<http://antipodeanmariner.blogspot.com/2012/02/ore-fabrica.html>)

図 3.4 Ore Fabrica



(Antipodean Mariner Web サイト :

<http://antipodeanmariner.blogspot.com/2012/02/subic-sitrep.html>)

図 3.5 スービック湾での鉄鉱石積替え風景

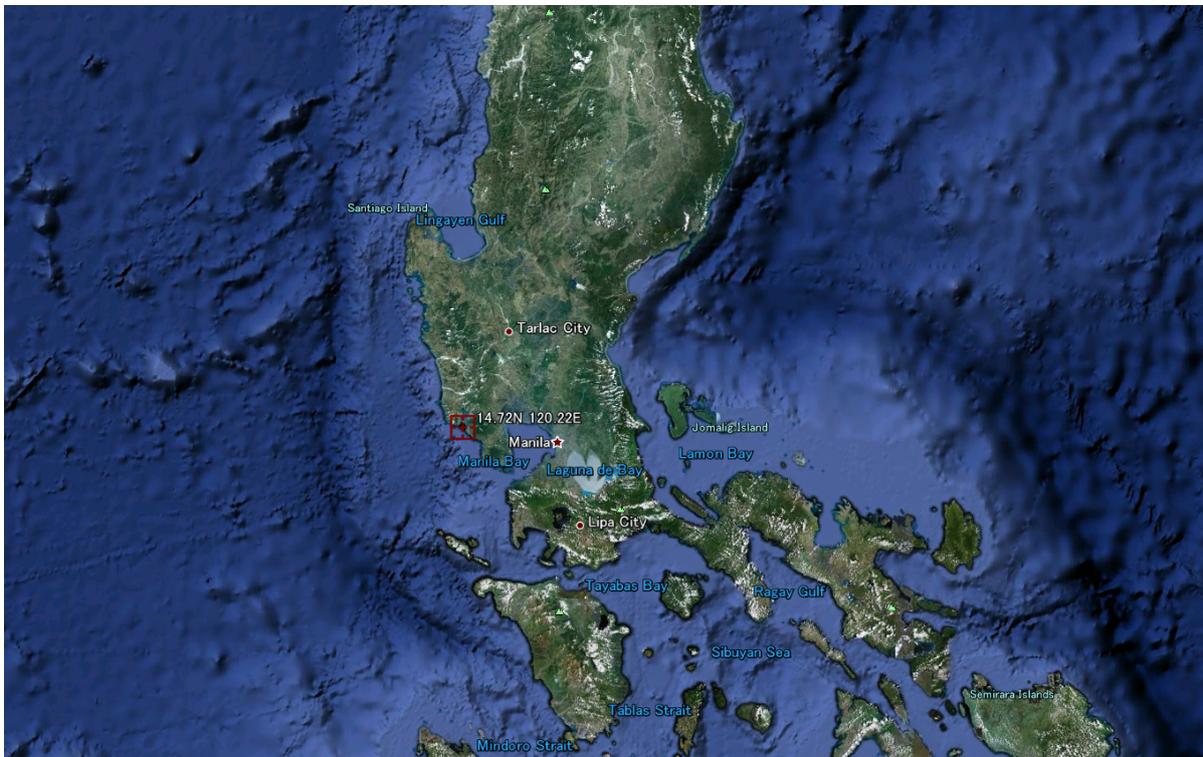


図 3.6 スービック湾で実施されている鉄鉱石の洋上積替え位置

### 3.3 石炭積替えの課題

洋上での石炭積替えについては、これまでの経験から、以下に示すような課題が挙げられている。

#### (1) 時間調整の必要性

洋上にて石炭の積替えを実施する場合、資源国から出荷された石炭を消費国に輸送するためには石炭を輸送してくる大型石炭輸送船と輸送していく小型石炭輸送船、また、山元から出荷された石炭を海外などに輸送する場合には石炭を輸送してくるバージと輸送していく大型石炭輸送船が、特定の場所で、適切なタイミングで落ち合う必要がある。仮に一方の到着が遅れる場合には、他方はその到着を待つ必要がある。また、先に到着し、積替えが完了していない小型石炭船やバージがある場合、その荷役が終わるまで待つ必要がある。

#### (2) 低い石炭積替えの効率

両船が洋上で係留し、石炭の積替えを実施する場合、両船とも安定した岸壁などの陸上施設に係留されていないため、風や波など外力の影響を大きく受ける。特に波の影響は大きく、バージや小型石炭輸送船の動揺が大きくなる波高 1m 程度では、荷役自体の実施が不可能になることもあることから、陸上施設に係留しての荷役と比較した場合、荷役効率の低下は著しい。過去に実施された調査<sup>2</sup>では、荷役効率が半分程度まで低下するとの結果も得られている。

#### (3) 石炭品質への低い対応能力

洋上にて石炭の積替えを実施する場合の石炭品質は、積み地（資源国または山元に近い内陸部など）で大型石炭輸送船やバージに積み込む際に決定される。資源国または山元を出港し積替え地に至るには、数日から数週間を要することも珍しくない中であっては、積替えを受ける側の到着が遅れたり、到着の順番が変わったりした場合には、仕向け先の異なる、つまり異なる品質の石炭を求められる場合がある。そのような状況にあっても、一度、特定品質の石炭を積載してしまった石炭輸送船やバージは、予定されていた石炭輸送船が到着するまで周辺海域で待ち続ける（積み地へ引き返すことはしない）こととなり、対応能力は極めて低い。

---

<sup>2</sup> 平成 22 年度インフラ・システム輸出促進調査等事業「インドネシア石炭資源の有効活用に資する洋上貯炭出荷及び輸送効率化に係る調査」、平成 23 年 8 月、財団法人石炭エネルギーセンター

### 3.4 洋上石炭積替えの改善策

前節で述べた石炭輸出上の3課題に対する最も有力な改善策の1つは、大型な浮体であるメガフロートの活用である。

ここでは、メガフロートを洋上貯炭・混炭・出荷設備として採用した場合の改善される前述の石炭輸出上の各課題について示す。

#### (1) 不要な時間調整

洋上に陸上港湾施設のように利用可能なメガフロートが設置されれば、「石炭を輸送してくる側」の運航と「石炭を輸送していく側」の運航を切り離すことができる。つまり、「石炭を輸送してくる側」は積み地とメガフロート間をピストン輸送し、「石炭を輸送していく側」はメガフロートと揚げ地港湾との間をピストン輸送すれば良い。その結果、両船到着のタイミングを調整する必要がなくなることから、稼働率は共に向上する。

#### (2) 石炭積替え効率の向上

洋上の石炭積替え施設としてメガフロートを使用する場合、バージ、石炭輸送船とも多少の外力（風や波など）では大きく動揺することないメガフロートにしっかりと係留することが可能となる。その結果として、バージおよび石炭輸送船の動揺量が減少することから、荷役効率が向上する。併せて、船体動揺に起因する不稼働率が減少することから、稼働率の向上も望まれる。

#### (3) 石炭品質への対応能力向上

十分な石炭ハンドリングスペースをメガフロート上に確保することができれば、メガフロート上の設備は複雑になるものの、洋上での混炭も可能となる。その場合、「石炭を輸送してくる側」はメガフロート上で特定品質の石炭在庫を切らすことなく、輸送さえすれば、「石炭を輸送していく側」の石炭輸送船に求められる石炭品質は特段考慮する必要がなくなることから、運用は容易になる。

## 4. 洋上貯炭・混炭・出荷設備としてのメガフロートの仕様検討

本章においては、東南アジア地域においてメガフロートを石炭ターミナルとして活用することを想定し、考えられ得る設備等の仕様について検討した。

### 4.1 石炭用メガフロートの種類

洋上において、貯炭・混炭・出荷設備としてメガフロートを活用するためには、「フラットデッキ型メガフロート」と「ホールド型メガフロート」の2種類が想定される。

それぞれの概要については以下に示すものの、設置場所が東南アジアの沿岸部であることを勘案し、暴風雨に曝されることを想定した場合には、粉じんの飛散や雨水の流出防止の観点より、「ホールド型メガフロート」の採用が望ましいものと思料される。

#### (1) フラットデッキ型メガフロート（図 4.1 参照）

フラットデッキ型は、構造上、最も簡素なメガフロートである。フラット上で石炭を扱うことから、陸上石炭ターミナルに近い形で運用が可能となる。

一方で、デッキ上がフラットであるため、処理前雨水の海への流出や、風による石炭の粉じん飛散は周辺環境に影響を及ぼすことから、対策が必要となる。

#### (2) ホールド型メガフロート（図 4.2 参照）

ホールド型は、船舶の貨物艙と同様にホールドを持ったメガフロートである。ホールドを持つことから、石炭のハンドリング（混炭など）に必要となるベルトコンベヤ等の機器設備は複雑化する。

また、ホールドが多数存在するため、風による粉じん飛散の影響は軽微となるものの、熱帯地域にて突発的な豪雨に見舞われた際には、ホールド内に大量の雨水が流入することから、対策が必要となる。



図 4.1 フラットデッキ型メガフロート（例）

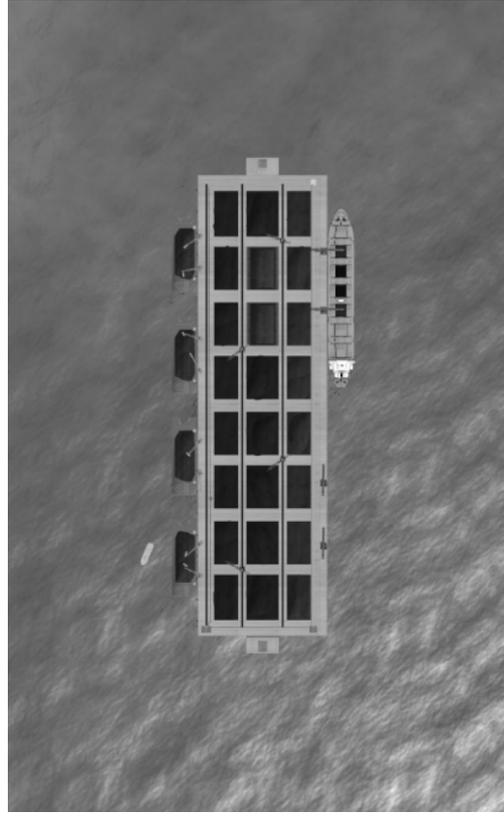


図 4.2 ホールド型メガフロート（例）



## 4.2 効率的な貯炭・混炭のための方法

前節に示したとおり、暴風雨に曝される可能性がある海域においてはホールド型メガフロートの採用が適しているものの、ホールド型の場合、貯炭は容易になる一方で、混炭はコンベヤ等設置する設備が複雑化することから、予め十分な検討を要する。特に、メガフロート上の石炭在庫は一連のコールチェーンの中において「バッファ (buffer)」として位置付けられるものの、常に多数品種を取り扱う必要がある場合には、以下の 2 点については留意を要する。

- コストに直結するメガフロートの規模が不必要に大きくなる
- 品種あたりの在庫量を減少せざるを得なくなるため、運用の自由度が減少する可能性がある

そこで、本節では、メガフロートに陸上ストックヤードの機能を持たせることを念頭に、効率的な貯炭および混炭の方法について考察する。現状考えられ得る混炭の方法としては、「混炭後一時ストック方式」と「積み込み時混炭方式」の 2 種類が想定される。それぞれの概要については、以下に示すものの、効率の高さおよび必要とするメガフロート面積の観点からは、「積み込み時混炭方式」の採用が望ましいものと思料される。

なお、ここで、メガフロート上の石炭貯蔵量は、積み込み時混炭方式・混炭後一時ストック方式とも同規模を想定した。

### (1) 混炭後一時ストック方式 (図 4.4 参照)

混炭後一時ストック方式における石炭ハンドリングの詳細は以下のとおり。

なお、ここでは、最大 4 種の石炭を受け入れ、混炭した後、最大 4 種の石炭を払い出すことを想定した。

#### ① 石炭を輸送してくる側 (大型石炭輸送船またはバージ) からの荷揚げ

産出地より大型石炭輸送船やバージで輸送されてきた石炭は、クレーンやバックホーなどでバージからメガフロート上に荷揚げされる。

#### ② ホールドへ上部から投入

コンベヤで移送されてきた石炭はスタッカーでホールド上部より投入され、一旦、受入用ホールド内で貯炭される。

#### ③ ホールド底部からコンベヤで引出し

受入用ホールド内の石炭は、ホールド底部に設置されたコンベヤにより引出される (ホールド底部とそこに設置されたコンベヤの概要については図 4.7 を参照)。

#### ④ ホールド内で混炭

受入用ホールド底部から引出された石炭は、スタッカーで混炭要ホールド内に上部から投入される。

#### ⑤ ホールド内で混炭

混炭は貯炭用ホールド内に投入する品種の異なる石炭の量で実施する。混炭後は、石炭輸送船に積み込まれるまで、混炭用ホールド内で貯炭される。

#### ⑥ ホールド底部からコンベヤで引出し

混炭用ホールド内の石炭は、ホールド底部に設置されたコンベヤにより引出され、

デッキ上高さまで引き上げられる（引き上げ方法については図 4.8 を参照）。

⑦石炭輸送船へ積込み

混炭用ホールド底部から引出された石炭（既に特定の品質に混炭済み）は、スタッカーで石炭輸送船に積込まれる。

(2) 積込み時混炭方式（図 4.6 参照）

積込み時混炭方式における石炭ハンドリングの詳細は以下のとおり。

なお、ここでは、最大 8 種の石炭を受け入れ、最大 2 種の石炭を払い出すことを想定した。

①石炭を輸送してくる側（大型石炭輸送船またはバージ）から荷揚げ

産出地より大型石炭輸送船やバージで輸送されてきた石炭は、バックホーやクレーンなどでバージからメガフロート上に荷揚げされる。

②ホールドへ上部から投入

コンベヤで移送されてきた石炭はスタッカーでホールド上部より投入され、貯炭用ホールド内で貯炭される。

③ホールド底部からコンベヤで引出し

貯炭用ホールド内の石炭は、ホールド底部に設置されたコンベヤにより引出される（ホールド底部とそこに設置されたコンベヤの概要については図 4.7 を参照）。

併せて、デッキ上高さまで引き上げられる（引き上げ方法については図 4.8 を参照）。

④コンベヤのスピード調整で混炭

貯炭用ホールド底部から引出された石炭は、石炭輸送船への積込み用スタッカーにてコンベヤのスピードを調整することにより、混炭される。

⑤石炭輸送船へ積込み

混炭された石炭は、スタッカーで石炭輸送船に積込まれる。

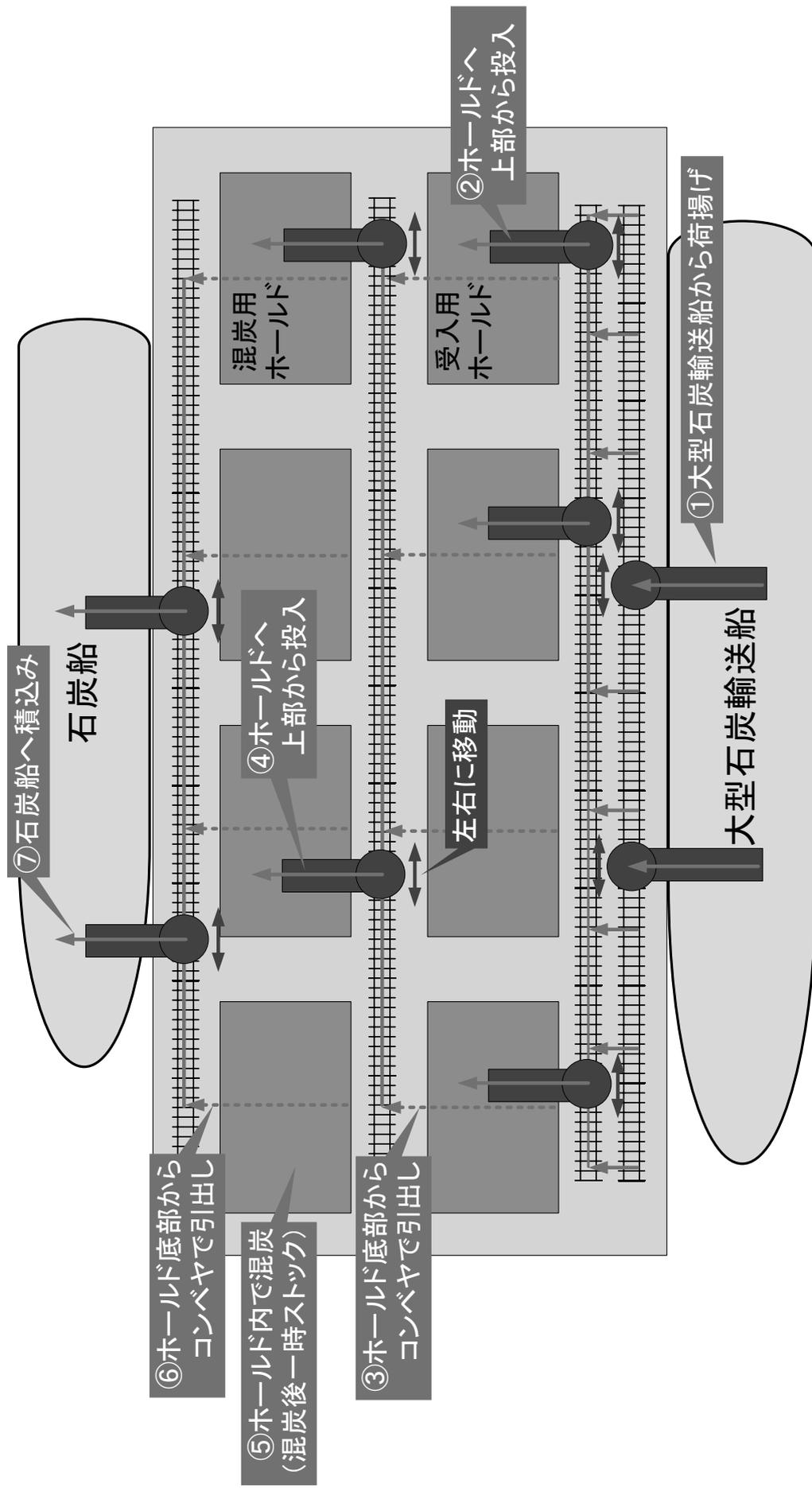


図 4.3 混炭後一時ストック方式のイメージ (大型石炭輸送船から小型石炭輸送船への積替え)

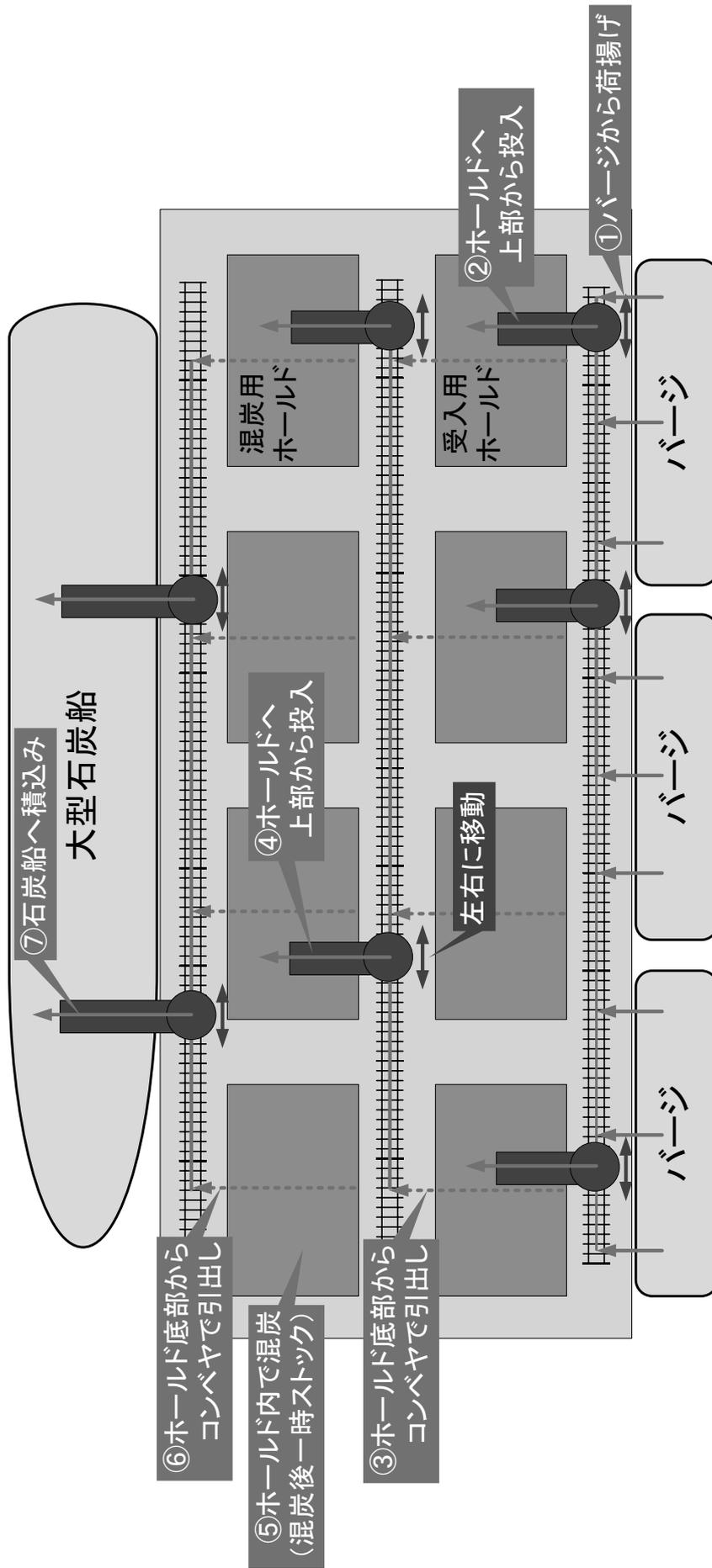


図 4.4 混炭後一時ストック方式のイメージ (バージから大型石炭輸送船への積替え)

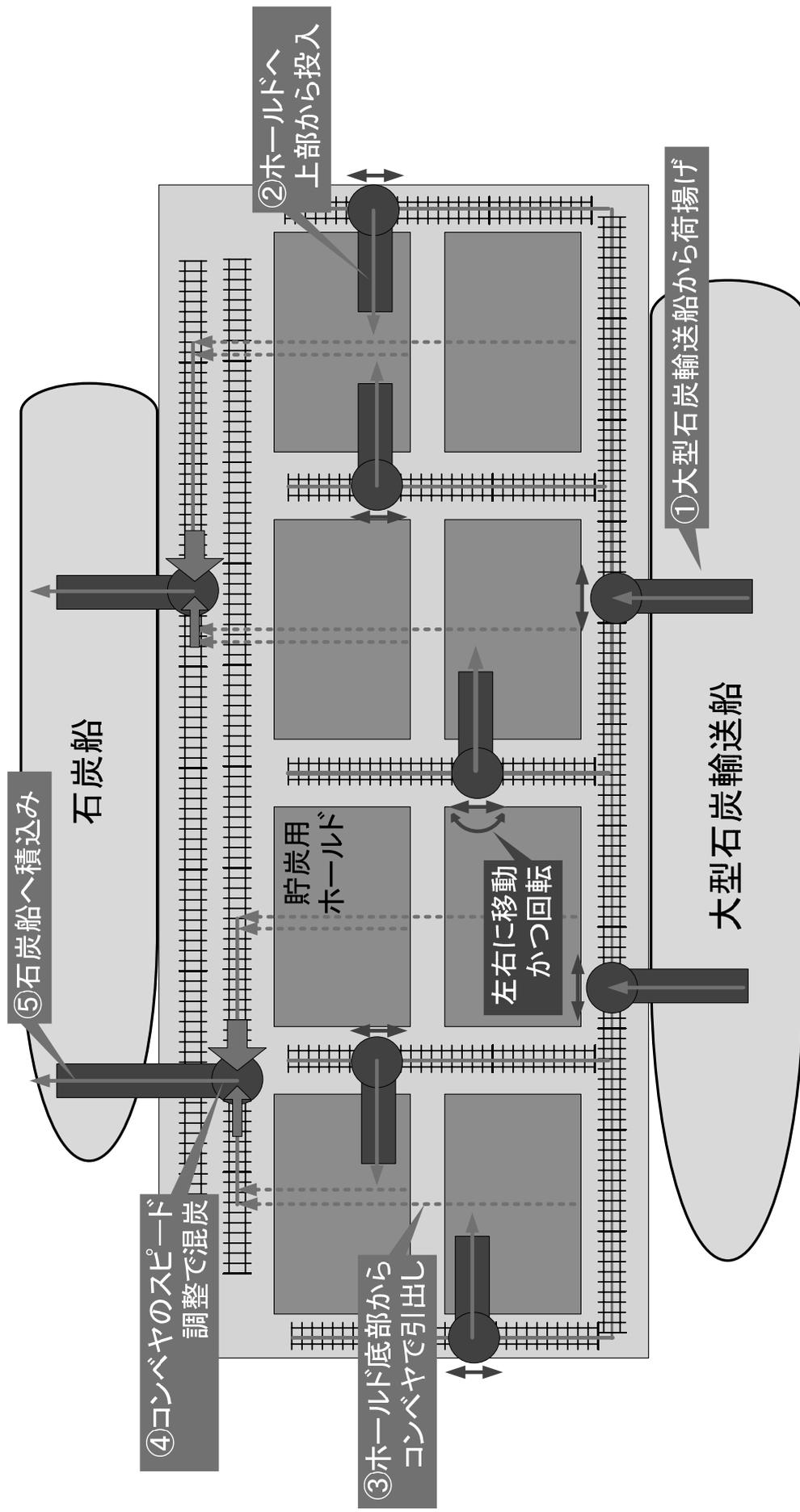


図 4.5 積み込み時混炭方式のイメージ (大型石炭輸送船から小型石炭輸送船への積替え)

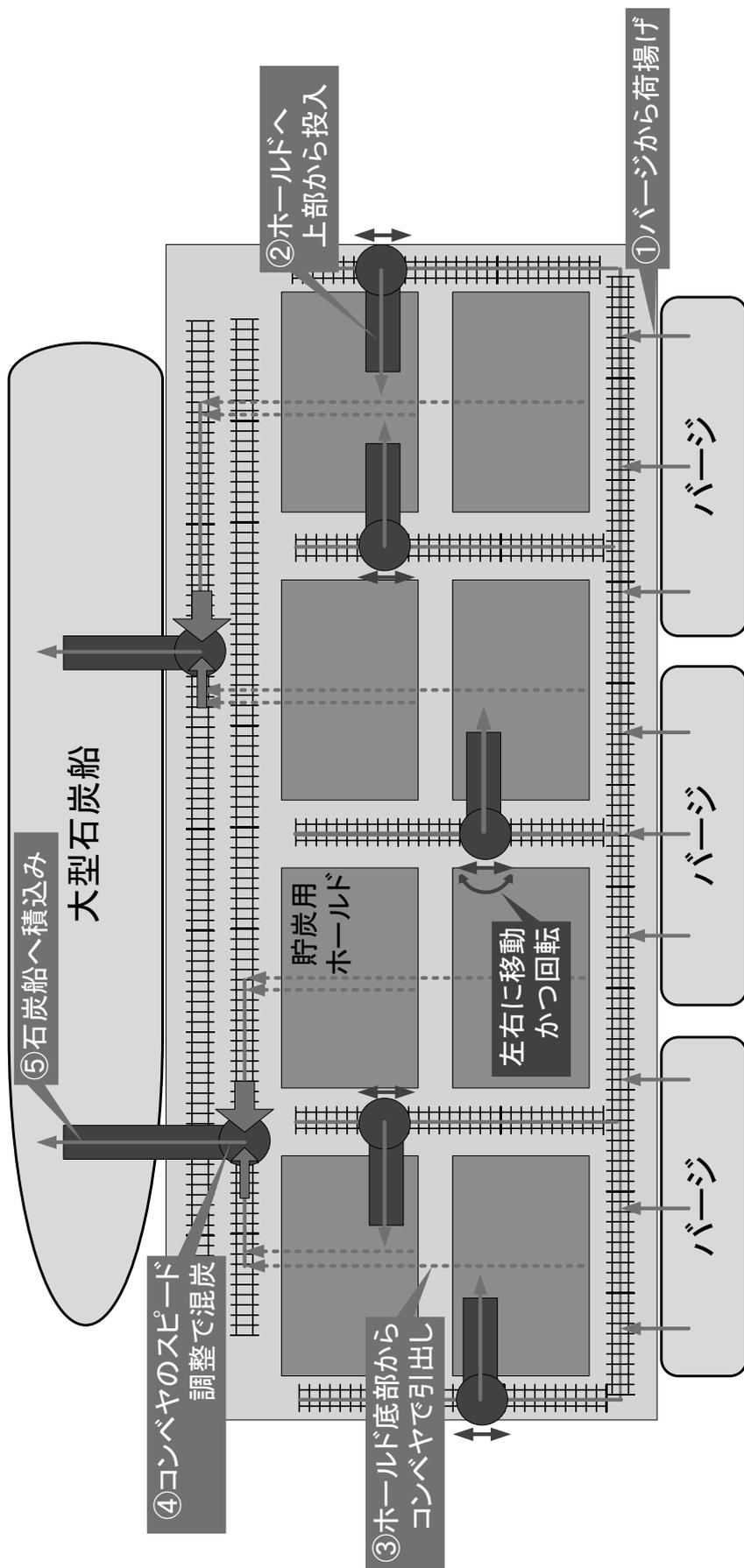


図 4.6 積み込み時混炭方式のイメージ (バージから大型石炭輸送船への積替え)

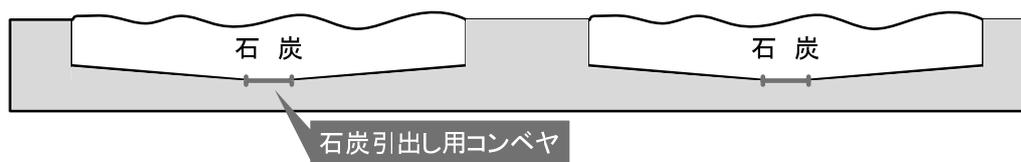


図 4.7 ホールド内断面のイメージ

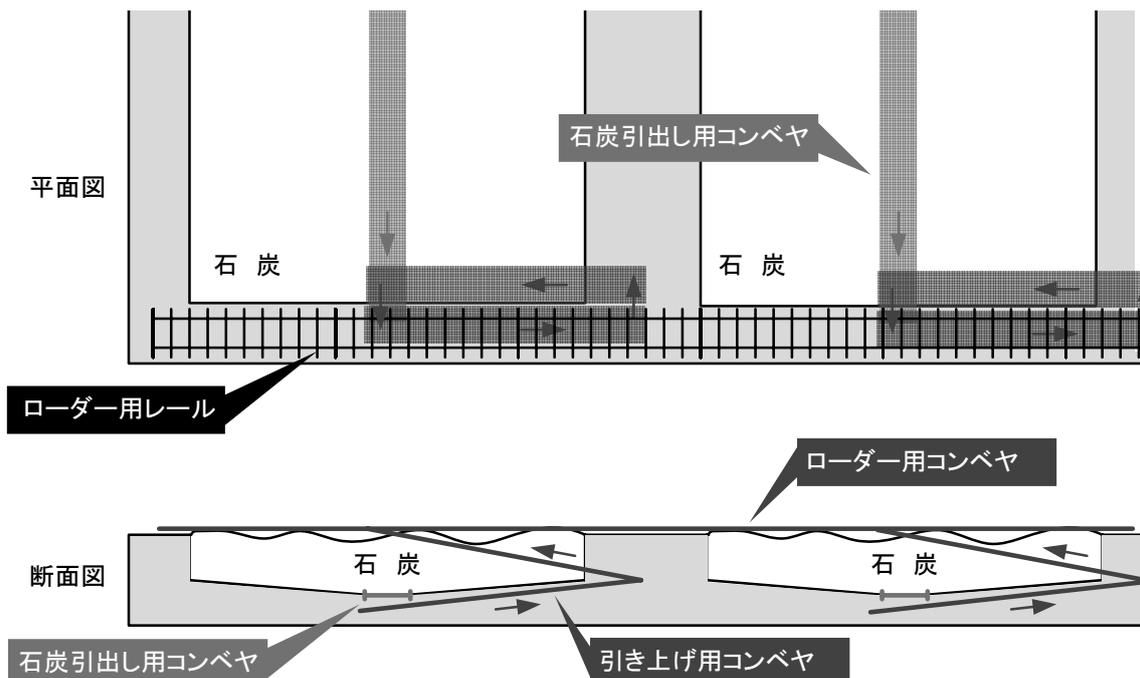


図 4.8 ホールド底部からデッキ上高さまでの引き上げイメージ

### 4.3 メガフロートの仕様（案）

#### 4.3.1 設置候補海域

東南アジア地域において、有望なメガフロートの設置先となるのは、遠浅で大規模な港湾施設の整備が困難な海域で、コスト面から防波堤等の港湾施設の整備を必要としない静穏な海域であることが前提となる。その上で、石炭の積替えが実施可能な程度、船舶が輻輳しない海域、または石炭がバージを利用して出荷される海域であれば、メガフロートの導入により得られる利点は大きくなる。

これらを勘案すると、現状、大型石炭輸送船から小型石炭輸送船への積替え海域としてはフィリピンのスービック湾、バージから石炭輸送船への積替え海域としては東カリマンタン東部や南スマトラ北部の海域が合致する（図 4.9 参照）。



図 4.9 気象・海象データの取得位置の概位

#### 4.3.2 主要目

ここでは以下の前提の下、主要目を検討した。想定され得る主要目の一例を表 4.1 に示す。

- 貯炭方式：ホールド型
- 年間取扱量：450 万トン
- 最大受入船型：ケープサイズ（約 17 万トン）
- 主要受入船型：パナマックス（約 7 万トン）
- 混炭：最大 7 種を受け入れ、最大 2 種を払い出し
- 混炭方式：積み込み時混炭方式
- 貯炭量：45 万トン（＝パナマックス 7 万トン×6 隻）

表 4.1 メガフロートの主要目（例）

メガフロート	長さ	(m)	550
	幅	(m)	185
	型深さ	(m)	20
ホールド	数	(個)	21
	長さ	(m)	60
	幅	(m)	45
	容量	(トン/個)	25,000

### 4.3.3 外力条件

前項での考察を踏まえ、本項においては、東カリマンタン東部および南スマトラ北部の両海域を対象海域とし、両海域における気象・海象データを分析することにより、メガフロートの仕様検討をする際に必要となる外力条件について考察した。

#### (1) 気象・海象データ

ここでは、インドネシアの気象局（Agency for the Climatology, Meteorology and Geophysics of Republic of Indonesia）より入手した気象・海象データを分析対象とした。両海域のデータ取得地点およびデータ取得期間を表 4.2 に示す。

表 4.2 気象・海象データの取得位置および取得期間

		東カリマンタン東部海域	南スマトラ北部海域
データ取得位置	緯度	1.00 S	2.07 S
	経度	117.35 E	105.00 E
データ取得期間		2009年1月1日～2009年12月31日	2005年1月1日～2012年10月31日

#### (2) 対象海域の外力と想定されるメガフロートの仕様

両海域の気象・海象データの分析結果を表 4.3 に示す。

また、同表中には、両海域の気象・海象データから想定されるメガフロートの設計上の仕様も併せて示した。

表 4.3 インドネシア海域の気象・海象と想定されるメガフロートの仕様

		東カリマンタン東部海域	南スマトラ北部海域	設計上の仕様
風速 (m/sec)	平均	2.5	2.7	35.0
	最大	8.4	9.4	
最大波高 (m)	平均	0.7	0.9	4.0
	最大	3.0	3.7	
潮流 (kt)	平均	0.2	0.5	4.0
	最大	1.4	6.2	

注) 潮流仕様：最大潮流 6.2kt が突出した数値（出現率 0.009%）であるため、データ上最大と思われる流速 3.6kt を基に設定した

### 4.4 メガフロートに必要な設備

メガフロートを洋上貯炭・混炭・出荷施設として使用する場合、以下に示すような機器についても検討する必要がある。プロジェクトが具体化した際には、これら設備の詳細な仕様について、十分に検討する必要がある。

- 発電機
- 非常用発電機
- バラスト水ポンプ
- 消火ポンプ
- 石炭冷却用ポンプ（石炭は貯炭期間が長期化した場合に自然発火するため）

また、併せて以下に示すような配管設備も必要となる。

- メガフロート用燃料配管
- 海水配管
- 石炭冷却用配管
- 清水配管
- 消火配管
- ビルジ配管

## 5. まとめ

近年、世界最大の石炭輸出国となったインドネシアにおいては、今後も国内向け出荷量、海外向け輸出量が増加する見通しである。同様に、近年、世界最大の石炭輸入国となった中国においては、今後も輸入量が増加する見通しである。一方で、両国とも、輸送インフラ、特に地理的要因から大規模な港湾の開発・整備が困難な状況も散見される。

そのような状況においては、これまで我が国が培ってきたメガフロートに係る知見・ノウハウを最大限生かすことができるものと思料される。東南アジア地域は、降水量が多いことから、付随設備が複雑化するものの、ホールド型メガフロートを導入することが望ましい。

また、出荷される石炭の多くは混炭することにより熱量等の品質を調整する必要がある。一方で、初期コストおよび運用コストの低減を図るためには、メガフロートの規模を可能な限り縮小することが有効である。そのため、混炭方法についても、混炭後の石炭を貯蔵するスペースが不要な積込み時混炭方式を採用することが望ましい。なお、インドネシア周辺海域に設置するメガフロートの設計にあっては、設置候補地ごとに外力条件が異なるものの、本調査で取り上げた 2 海域の外力を 1 つの目安とすることが可能である（表 4.3 参照）。

東南アジア地域については、ODA などでも我が国とも特に関係が深い国が多いことから、我が国海事関係者が一丸となることにより、世界に類がない技術・製品であるメガフロートが同国経済発展の一助となるよう、活用されることが期待される。

この報告書はポートルースの交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

東南アジアにおける石炭の貯炭・混炭施設としての  
メガフロート活用可能性基礎調査

2013年（平成25年）3月発行

発行 社団法人 日本中小型造船工業会

〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3-8-1

虎ノ門三井ビルディング 10階

TEL 03-3502-2063 FAX 03-3503-1479

一般財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 2-10-9 ラウンドクロス赤坂

TEL 03-5575-6426 FAX 03-5114-8941

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。

