

국가별 석탄과 전력인프라 분석을 통한 석탄과 전력산업의 패키지형 동반 진출 가능 국가 도출

조환주¹ · 조호영^{1*} · 최선규¹ · 김창성¹ · 김성용²

¹고려대학교 지구환경과학과, ²한국지질자원연구원 정책연구부

Analysis on Global Coal Industries and Electrical Infrastructures to Determine Target Countries for the Package Deal Project of Coal Resources Development and Power Industry

Hwan-Ju Jo¹, Ho Young Jo^{1*}, Seon-Gyu Choi¹, Chang Seong Kim¹ and Seong-Yong Kim²

¹Department of Earth and Environmental Sciences, Korea University Seoul 136-713, Korea

²Policy Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), Daejeon 305-350, Korea

The purpose of this study is to suggest potential target countries for the package deal projects of coal resources development and power industry by analyzing data on global coal demand and supply and electrical infrastructures. Indexes such as coal deposits, types of coal deposits, electrical coal consumptions per capita, and gross domestic products per capita of the countries need to be evaluated for determining the potential target countries for the package deal projects. Based on the evaluation of the indexes of countries, the potential target countries for the package deal project are underdeveloping Asia or Africa countries such as Bangladesh, Mongolia, and Nigeria.

Key word : coal, electrical infrastructures, package deal projects

본 연구에서는 국가별 석탄의 수요와 공급과 전력산업에 대한 통계자료를 분석하여 향후 석탄과 전력산업의 패키지형 진출을 위해 적합한 대상 국가를 제시하고자 하였다. 패키지형 자원 개발의 대상 국가를 선정하는데 있어 중요한 기준이 될 수 있는 사항들은 해당 국가의 석탄 매장량, 매장된 석탄의 종류, 1인당 전력 소비 규모, 1인당 국민 생산량 등이다. 이러한 기준을 만족 시키는 국가들은 대부분 방글라데시, 몽고, 나이지리아 등 아시아나 아프리카에 분포하는 저개발 국가들이다.

주요어 : 석탄, 전력인프라, 동반진출사업

1. 서 언

우리나라는 자동차 철강, 조선 등 에너지·광물 자원의 다소비가 요구되는 산업구조를 가졌으나 에너지·광물 자원의 해외 수입의존율은 각각 97%, 87%로 크기 때문에 국가적인 관점의 에너지·광물 자원의 자주 개발을 제고가 절실히 요구된다. 에너지·광물 자원 중 석탄은 최근 몇 년 간의 고유가 시대와 맞물려 다시 중요한 에너지 자원으로 각광받고 있다. 2000년 이후

고유가 시대가 지속되면서 전 세계 석탄 생산량과 소비량은 계속 증가 추세에 있다. 2000년 약 49억 6천만 톤 가량 소비되었던 석탄은 2005년 64억 9천만 톤으로 급증했다. 경제 개방으로 인한 고속 성장을 거듭하고 있는 중국은 최대 석탄 소비국으로 부상하여 2000년 약 12억 8천만 톤을 소비한데 비하여 2006년에는 약 26억 톤을 소비하여 2000년에 비해 두 배 이상을 소비하였다(EIA, 2007a).

80년대 시작된 석탄 합리화 사업으로 현재 국내의

*Corresponding author: hyjo@korea.ac.kr

석탄 광산에서 생산되는 석탄의 양은 과거 60~70년대 비하여 대폭 줄어들어 2006년 기준 약 300만 톤 정도만을 생산하고 있다. 최근 국내 석탄 수요는 증가하고 있으나 국내 생산에 의한 공급은 감소하는 추세에 있다. 2005년의 경우 석탄의 국내 소비량이 생산량에 비하여 약 2배 많았다. 현재 이러한 부족분은 정부 비축량이나 수입으로 대체하고 있는 실정이다. 최근 국내 석탄 수요의 대부분은 발전이나 민간 기업에서 차지하고 있으며 각각 전체 석탄 수요의 50%와 49%를 차지하고 있다(Korea Coal Corp., 2008).

우리나라는 에너지 · 광물자원의 다소비국가이며 세계적인 자원의 주요 구매처이지만 국제경쟁력을 가지는 전력산업보유국이기도 하다. 따라서 2006년부터 집중적으로 추진하고 있는 우리와는 반대로 전력 등의 전력 인프라가 부족하면서 자원개발 여건이 양호한 개도국에 대한 전력 인프라 건설과 실물 구상 방식의 패키지형 자원 개발은 우리의 장점을 살리고 단점을 보완하는 최적의 방식이 될 것이다(Choi *et al.*, 2008). 특히 석탄의 경우, 동남아시아를 비롯하여 세계 각지의 석탄 자원은 비교적 풍부하지만, 전력 인프라가 부족한 국가를 대상으로 한 패키지형 동반 진출은 국내 석탄 수요의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라로서는 아주 효과적인 사업이 될 수 있을 것이다. 석탄과 전력산업의 동시진출을 위해서는 비교적 풍부한 석탄 자원을 가지고 있으나 상대적으로 전력인프라가 부족한 국가에 대한 조사가 먼저 이루어져야 한다. 따라서 본 연구는 지식경제부의 전력산업 인프라구축 지원 사업을 위한 정책연구 "전력산업과 자원개발의 해외동반진출 전략 연구"(Choi *et al.*, 2008)의 일부로서 국가별 석탄의 수요 · 공급과 전력산업에 대한 통계자료를 분석하여 향후 석탄과 전력산업의 패키지형 진출을 위해 적합한 대상 국가를 제시하는데 목적이 있다.

2. 석탄의 분류

서로 다른 특성을 가진 석탄들을 각각의 석탄의 특성에 알맞은 용도로 사용하기 위하여 정해진 규칙에 따라 석탄을 분류하게 되었다. 석탄을 분류하는 방법에는 크게 과학적 또는 상업적 분류 방법이 있다. 대중적으로는 상업적인 목적에 의하여 석탄을 분류하는 체계가 쓰이고 있다.

석탄을 분석하는 방법에는 몇 가지 방법이 있는데 주로 세 가지 분석방법이 적용된다. 그 중 두 가지는 화학적인 분석이고, 하나는 열량 분석이다. 화학 분석

에는 공업 분석과 원소 분석이 있다. 공업 분석은 석탄 내의 수분량, 휘발성 물질, 재와 간접적으로 탄소 함량을 파악할 수 있다. 원소 분석은 석탄 내의 탄소, 수소, 질소, 황, 산소의 함량을 파악할 수 있다. 산소는 직접적으로 분석하는 것이 어렵기 때문에 전체에서 탄소, 수소, 질소, 황의 양을 빼 값으로 파악한다. 또 다른 중요한 분석법은 일정량의 석탄을 태울 때 발생하는 열량을 측정하는 열량 값이다. 석탄의 함량 비에서 수분과 광물(혹은 재)은 서로 무관한 양이기 때문에 분석 자료는 여러 가지 서로 다른 인수식(as-received), 기건식(air-dried), 포화식(fully water-saturated)의 조건 혹은 무회분 건량기준, 무광물 건량기준에 의해 설명된다(Miller, 2004).

석탄의 탄화도는 석탄의 성숙도를 나타내며, 석탄이 경험한 변성의 정도를 지시해준다. 탄소의 함량으로 측정하며, 변성의 정도가 심할수록 고정 탄소의 함량이 증가한다. 미국의 경우 갈탄과 준연질석탄은 낮은 등급으로 취급되고 역청질 석탄과 무연탄은 높은 등급으로 취급된다(Miller, 2004).

석탄의 등급은 석탄 내에 존재하는 광물질의 양에 의해 정해지며 석탄의 품질을 나타낸다. 이와 함께 황 함유량, 회 용해온도, 미량 원소의 양도 석탄 등급을 결정하는데 사용된다. 석탄 등급 분류 체계에 대한 발달은 미흡한 편이지만 석탄의 수요자들에게는 매우 중요하다. 석탄 내에서 광물질들은 미세하게 퍼져있거나 불연속적으로 분리되어있다. 일부 무기 물질과 미량 원소는 석탄의 원료가 되는 과거의 식물로부터 기원하지만 대부분은 석탄화 작용 중에 바람과 물에 의하여 토탄층에 유입되거나 균열이나 공동으로 용액이 이동하면서 유입된다. 석탄의 광물학적 특징은 석탄의 혼합/정제 과정에서 광물질 제거, 석탄의 연소와 전환성, 금속 코크스 화성에 큰 영향을 미친다. 미국과 북미 대륙에서는 주로 American Society for Testing Method(ASTM) 분류법을 사용하고 유럽에서는 International Economic Commission for Europe(ECE) 분류법을 사용한다. ASTM 분류법(ASTM D388)은 석탄을 크게 네 개의 그룹으로 나누며, 각각은 다시 여러 개의 작은 군으로 나뉜다. 높은 탄화도의 석탄은 고정 탄소와 휘발성 물질의 양에 따라 분류되고, 낮은 탄화도의 석탄은 열량 값에 의거하여 분류된다. International Classification/Codification System은 1988년 ECE 석탄 위원회에 의해 개발 되었다. 북반구와는 다른 특징을 띠는 남반구 석탄의 무역량이 늘면서 새로운 분류법의 필요성이 부각되면서 만들어졌다. Codification system으로 더

잘 알려져 있다. 석탄의 가장 기본적인 분류는 탄화도에 따른 분류로 탄화도의 정도에 따라 갈탄·아역청탄·역청탄·무연탄으로 나뉜다. 네 가지의 석탄은 다시 탄질에 따라 9가지로 분류되며, 각각의 탄질에 따라 서로 다른 용도에 사용된다. 무연탄은 휘발성 물질의 함유량이 낮고 탄소 함유량이 높으며 연소속도가 느려 연료나 발전에 사용된다. 역청탄은 탄질에 따라 점결성인 것은 제철용 코크스에 사용되고 비점결성인 것은 도시가스의 원료, 가스 발생로 등에 사용된다. 아역청탄이나 갈탄은 변환 원료에 사용된다(Miller, 2004).

3. 세계의 석탄 생산량과 소비량 변화 추이

석탄은 전 세계에서 가장 풍부한 화석 연료이다. 미국 에너지 정보 기구(EIA, 2007c)에 의하면 전 세계에

는 2006년 1월 1일 기준으로 약 1조 톤의 활용 가능한 석탄이 존재한다. 미국 에너지 정보 기구 분석에 따르면 석탄의 매장량은 현재의 소비량 기준으로 최소 약 230년간 충분히 사용가능한 양이다. Table 1은 미국 에너지 정보 기구의 전 세계 석탄 매장량에 대한 자료이다. 미국은 가장 많은 약 2740억 톤의 석탄을 보유하고 있다. 이는 전 세계 매장량 중 약 26.8%를 차지한다. 두 번째로 많은 양을 보유한 국가는 러시아로 전 세계 매장량 중 약 17.3%를 차지하고 있다. 전 세계에서 약 70여개 국가가 활용 가능한 석탄을 보유하고 있지만 상위 10개의 국가가 전 세계 총량의 90% 이상인 약 9800억 톤 이상의 석탄을 보유하고 있다(EIA, 2007a).

현재 전 세계에서 가장 많은 석탄 채굴을 하고 있는 나라는 중국이다. 중국의 매장량은 미국 에너지 정보

Table 1. Coal deposits in the world.

Country	Reserves (million short tons)			Proportion (%)
	Bituminous, Anthracite	Subbituminous, Lignite	Total	
United States	123,746	143,808	267,554	26.8
Canada	3,826	3,425	7,251	0.7
Others	948	589	1,537	0.2
North America	128,520	147,821	276,342	27.7
Brazil	0	11,148	11,148	1.1
Colombia	6,867	420	7,287	0.7
Others	1,622	1,872	3,493	0.4
South America	8,489	13,439	21,928	2.2
Czech Rep.	2,308	3,812	6,120	0.6
Serbia Montenegro	10	18,279	18,288	1.8
Germany	202	7,227	7,428	0.7
Greece	0	4,299	4,299	0.4
Hungary	218	3,482	3,700	0.4
Poland	15,432	0	15,432	1.5
Turkey	306	4,308	4,614	0.5
Others	1,081	4,797	5,879	0.6
Europe	19,558	46,203	65,762	6.6
Kazakhstan	31,031	3,448	34,479	3.5
Russia	54,110	118,964	173,074	17.3
Ukraine	17,939	19,708	37,647	3.8
Uzbekistan	1,102	3,307	4,409	0.4
Others	0	895	895	0.1
Eurasia	104,183	146,322	250,505	25.1
Rep. of South Africa	53,738	0	53,738	5.4
The resr	2,018	195	2,210	0.2
Mid east and Africa	55,756	195	55,948	5.6
Australia	42,549	43,982	86,531	8.7
China	68,564	57,651	126,215	12.6
India	99,302	2,601	101,903	10.2
Indonesia	816	4,661	5,476	0.5
Pakistan	0	3,362	3,362	0.3
Others	1,035	2,741	3,777	0.4
Asia and Oceania	212,265	114,999	327,264	32.8
Total	528,772	468,976	997,748	100.0

(EIA, 2007c)

기구에 의하면 2006년 기준 1260억 톤이다. 이는 세계 3위에 해당하는 규모이다. 중국의 경제 개방이 가속화되면서 석탄 채굴량과 석탄 가공량은 규모 면에서 다른 국가를 압도하고 있다. 2006년 중국의 석탄 채굴량은 24억 톤으로 2위 미국의 두 배가 넘는 양을 채굴하였다. 가공량 면에서는 약 3억 톤으로 2위권에 비하여 약 10배 높은 수치를 보여주고 있다. 이는 전 세계 석탄 가공량의 절반이 넘는 수치이다(Table 2). 또한 2000년 이후 주요 국가들의 석탄 생산량을 보면 대부분의 국가들의 석탄 생산량은 비교적 꾸준히 유지되거나 감소하는 경향을 보이지만 중국은 비올 면에서 많은 양의 증가가 있었다(Table 3). 유럽의 경우 석탄

이 주로 사용되던 발전과 산업 부문에서 천연 가스가 석탄을 대체해 감에 따라 석탄의 생산규모가 해마다 축소되고 있다. 이러한 추세는 향후 2020년까지는 지속될 것으로 보인다(EIA, 2007g).

최근 전 세계 석탄 수요량은 계속 증가하는 추세에 있다. 관련 기관들은 2020년까지 연평균 약 2.2%의 수요 증가가 있을 것으로 분석하고 있다. 특히 아시아 지역의 수요 증가가 두드러진다. 세계 평균에 비하여 높은 연평균 약 3.5%의 수요 증가가 있을 것으로 예상하고 있다. 이런 경향은 인도와 중국의 수요 증가에서 비롯되며 인도와 중국은 각각 3.3%와 4.4%의 수요 증가가 있을 것으로 예상된다(EIA, 2007g). 1980년부

Table 2. Primary and secondary coal productions in selected countries at 2006.

Country	Primary Coal ^a		Secondary Coal ^b	
	Production (thousand short tons)	Proportion (%)	Production (thousand short tons)	Proportion (%)
China	2,430,298	37.5	289,226	54.0
United States	1,131,498	17.4	16,719	3.1
India	473,172	7.3	15,368	2.9
Australia	414,013	6.4	4,589	0.9
Russia	320,591	4.9	33,121	6.2
Rep. of South Africa	270,051	4.2	2,100	0.4
Germany	229,198	3.5	15,147	2.8
Poland	174,988	2.7	9,264	1.7
Indonesia	167,776	2.6	31	0.0
Kazakhstan	95,445	1.5	2,747	0.5
Greece	76,498	1.2	202	0.0
Canada	72,031	1.1	3,643	0.7
Czech Rep.	68,887	1.1	4,093	0.8
Ukraine	66,526	1.0	22,346	4.2
Colomia	65,107	1.0	506	0.1
Turkey	64,309	1.0	3,430	0.6
Serbia Montenegro	44,515	0.7	0	0.0
Vietnam	35,710	0.6	0	0.0
North Korea	35,060	0.5	0	0.0
Romania	34,288	0.5	2,084	0.4
Bulgaria	27,222	0.4	2,463	0.5
Spain	25,756	0.4	2,934	0.5
Thailand	23,621	0.4	0	0.0
Great Britain	22,055	0.3	4,818	0.9
Estonia	16,084	0.2	116	0.0
Mexico	11,855	0.2	1,645	0.3
Hungary	10,549	0.2	710	0.1
Bosnia Hercegovina	9,964	0.2	0	0.0
Mongolia	8,167	0.1	0	0.0
Brazil	6,895	0.1	8,852	1.7
Rep. of Korea	3,122	0.0	12,065	2.3
Taiwan	0	0.0	4,858	0.9
Japan	0	0.0	41,898	7.8
Others	53,959	0.8	30,456	5.7
Total	6,489,207	100.0	535,430	100.0

(EIA, 2007b)

^aPrimary Coal: anthracite, bituminous, and lignite

^bSecondary Coal: metallurgical coke, anthracite and bituminous briquets, and lignite briquets

Table 3. Coal production in selected countries from 2001 to 2006.

Country	Coal Production (million short tons)					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Canada	77.55	73.42	68.52	72.75	72.03	69.37
U.S.	1,127.69	1,094.28	1,071.75	1,112.10	1,131.50	1,161.44
Colombia	47.89	43.58	55.15	59.19	65.11	70.22
Czech Rep.	72.87	70.39	70.96	68.62	68.89	69.74
Germany	227.11	232.57	229.10	234.84	229.20	222.74
Greece	73.13	77.68	75.29	77.21	76.50	72.37
Poland	180.05	178.25	180.32	178.26	174.99	171.12
Turkey	68.45	59.51	53.53	51.12	64.31	71.51
Kazakhstan	87.17	81.27	93.59	95.76	95.44	106.17
Russia	285.41	273.19	295.85	298.89	320.59	340.61
Ukraine	67.99	67.85	70.80	65.69	66.53	68.02
Rep of South Africa	250.79	245.77	263.78	267.67	270.05	269.37
Australia	362.86	376.82	377.23	390.73	414.01	419.58
China	1,458.73	1,521.19	1,837.55	2,156.38	2,430.30	2,620.50
Mongolia	5.85	6.25	6.25	7.57	8.17	NA
India	388.67	401.06	425.87	455.20	473.17	497.18
Indonesia	102.05	114.00	127.08	145.89	167.78	186.25
Vietnam	14.29	17.53	18.41	28.11	35.71	41.78
Total	5,242.60	5,268.35	5,656.77	6,096.85	6,489.61	NA

(EIA, 2007d)

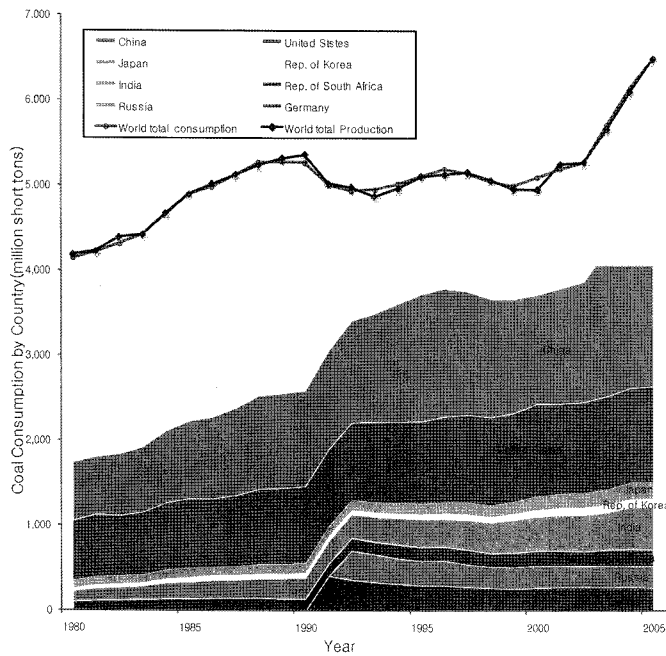


Fig. 1. Temporal variation in consumption of coal in selected countries from 1980 to 2005 (EIA, 2007a, 2007d).

터 2005년까지의 주요 국가의 소비량 변동 추이를 살펴보면 1990년대 정체기에 있던 전 세계 총 소비량이 2000년 이후 꾸준한 증가 추세에 있다. 특히 중국의

소비량 증가 추세가 눈에 띄는 것을 확인할 수 있다 (Fig. 1). 중국의 이러한 소비량 증대는 전 세계 석탄 가격 상승의 주요 요인이 되었다.

대부분의 국가들은 석탄 생산량과 소비량이 1:1의 비율을 이루는 위치에 있지만 우리나라와 일본의 경우 생산량에 비하여 소비량이 많은 경우에 속한다(Fig. 2). 두 나라는 부족한 부분을 수입에 의존하고 있는 국가들이다. 일본의 경우 최근 몇 년간 석탄의 채굴을 전혀 하지 않았고 자국 내의 수요는 전량 수입에 의존하고 있다. 과거 석탄의 나라라 불리며 산업 혁명을 이끌어가던 영국도 국내에서의 석탄 생산량이 감소하면서 생산량에 비하여 소비량이 많은 국가에 속한다.

4. 국내의 석탄 생산량과 소비량 변화 추이

국내의 석탄 생산은 우리나라의 석탄 자원 분포 특성상 유연탄이 거의 분포하지 않기 때문에 2006년 기준으로 무연탄은 수요의 50% 가량을 국내 채굴을 통해 소비하고 부족분은 수입하고 있다. 유연탄은 전량 수입에 의존하고 있다. 2006년 전국 탄광에서 생산된 무연탄 양은 약 2백8십만 톤이다. 이 중 백2십9만 톤은 대한 석탄 공사가 운영하고 있는 탄광으로부터 채굴된 양이며 나머지는 민간 기업에 의하여 채굴되고 있다.

최근의 석탄 생산 추세는 2001년 이후 꾸준히 줄어들고 있지만 석탄의 수요는 계속 증가하고 있다. 2006년에는 공급과 수요의 격차가 5백 5십만 톤으로 공급이 수요에 비하여 많지만 이는 대한 석탄 공사에서 관리하고 있는 저탄의 재고 때문이다. 2006년에 국내에서 생산된 석탄의 양만을 고려할 경우 공급이 수요에 비하여

많이 부족한 실정이다. 그리고 대한 석탄 공사가 보유한 저탄 현황은 2006년 현재 약 4백6십만 톤으로 2001년의 8백만 톤의 절반 수준으로 떨어졌고 향후 대한 석탄 공사가 저탄 창고를 없앤다는 계획을 발표한 상황이다.

최근 무연탄은 중국과 호주로부터 대부분을 수입하고 있다. 2006년의 경우 전체 51억 톤 가량을 수입하였다. 2007년 7월 기준으로 약 33억 톤 가량을 수입하여 2006년 대비 절반을 상회하고 있다(Table 4) (KOMIS, 2007a). 현재 유연탄의 경우 국내에서의 생산이 없어 전량 수입에 의존하고 있다. 국내에서의 수요는 무연탄과 비슷하게 발전용, 시멘트 산업, 제철 산업에 많은 양이 소모되고 있다. 한국무역협회 자료에 의하면 2006년 우리나라의 전체 유연탄 수입량은 7천4백만 톤 정도이며 호주로부터 2천7백만 톤(37%), 인도네시아로부터 2천1백만 톤(28.4%), 중국으로부터 1천6백만 톤(21.7%)의 순으로 수입하였다. 그러나 유연탄 수입 규모를 금액으로 따져 볼 때 호주로부터 전체 유연탄 수입 금액의 절반에 해당하는 미화 약 20억 불의 유연탄을 수입하여 호주에 대한 석탄 의존도가 높은 것을 알 수 있다. 호주, 인도네시아, 중국의 세 국가 이외의 나머지 국가로부터 수입하는 유연탄의 양은 비교적 적은 수준이다(Table 5) (KOMIS, 2007a).

5. 주요 국가의 전력 설비 및 수급

국가별 전력 현황 분석을 위해 발전 설비 용량과 일

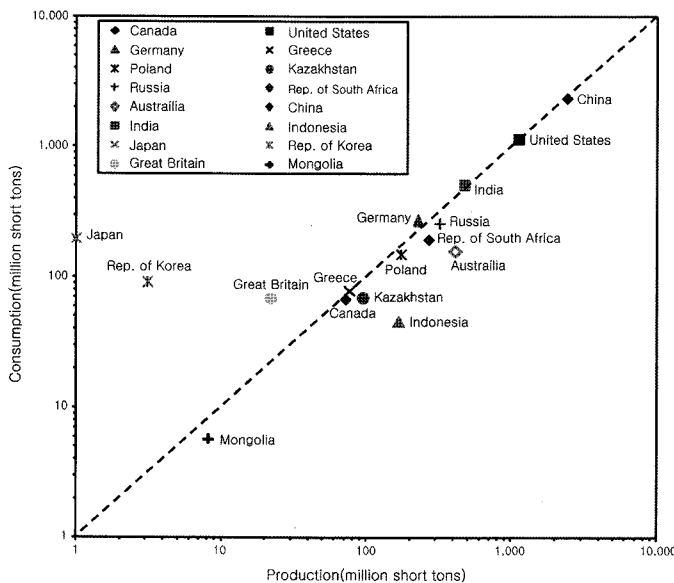


Fig. 2. Relationship between production and consumption of coal in selected countries at 2005 (EIA, 2007a, 2007d).

Table 4. Countries that Korea imported coal (anthracite) at 2006 and 2007.

(unit : short tons, US \$)

Country	Cumulative at end of 2006		Cumulative at July, 2007	
	Amounts	Cost	Amounts	Cost
China	2,529,202	201,459	1,477,519	117,067
Australia	1,304,217	113,874	1,191,829	97,138
Vietnam	635,492	41,302	438,144	29,541
Russia	233,187	17,794	174,921	14,468
Canada	407,809	32,041	44,923	3,597
Japan	3,079	137	7,194	320
Total	5,112,987	406,607	3,334,534	262,134

(Korea International Trade Association, 2008)

Table 5. Countries that Korea imported soft coal at 2006.

(Unit : thousand short tons, million US \$)

Country	Electricity		Steel Making		Industrial		Total		Proportion(%)	
	Amounts	Cost	Amounts	Cost	Amounts	Cost	Amounts	Cost	Amounts	Cost
Australia	17,350	934	9,963	1,106	286	20	27,600	2,060	37	42.5
Indonesia	21,168	944	48	4	35	2	21,251	950	28.4	19.6
China	8,744	492	1,905	200	5,563	321	16,212	1,013	21.7	20.9
Russia	3,097	169	741	70	961	50	4,799	289	6.4	6
Canada	943	51	3,505	435	0	0	4,447	486	6	10
U.S.	63	3	304	41	1	1	367	44	0.5	0.9
Total	51,365	2,593	16,466	1,856	6,845	394	74,676	4,843	100	100

(Korea International Trade Association, 2007)

인당 전력 소비량을 지표로 하여 2005년 세계 주요 국가의 발전 설비 용량의 유형별 특징을 비교하였다 (Table 6). 미국, 중국, 러시아, 인도, 캐나다와 같은 국가들은 다른 국가에 비하여 높은 발전 설비 용량을 갖추고 있으며 화력, 수력, 원자력 등 다양한 유형의 발전 방식을 운용하고 있다. 대부분의 국가는 1억kW 이하의 전력설비용량을 보유하고 있으며 이러한 국가는 아시아 태평양 지역과 아프리카 지역에 집중되어 있다. 특히 아시아 태평양 지역의 방글라데시, 스리랑카, 캄보디아 등과 아프리카지역의 마다가스카르, 말리 등과 같은 국가는 5백만kW 이하의 매우 낮은 발전 설비 용량을 보유하고 있다.

국가별 전력 발전량, 사용량, 수입, 수출량과 일인당 전력 소비량은 전반적으로 전력설비용량 분포와 유사하다(Choi *et al.*, 2008). 에너지 전문 기관인 미국 EIA에서 제시한 국가별 전력 소비량을 근거로 일인당 전력 소비량을 산출하여 국가별 전력 인프라 정도를 5등급으로 분류하였다(Table 7). 우리나라의 일인당 전력 소비량은 약 6,000 kWh로 A, B등급에 속하는 다른 국가와 같이 높은 전력 소비량을 나타내고 있다. 프랑스령 뉴칼레도니아의 경우 전체 소비량은 14억 kWh이나 전체 인구비중이 낮은 요인으로 일인당 전력 소비량이 높은 특징을 보이고 있다.

일인당 전력 소비량이 1,000 kWh 이하인 D와 E등

급에는 IMF에서 분류한 아시아태평양과 아프리카 지역의 저개발 국가 대부분이 포함된다. 중국과 인도는 발전 설비 용량이 매우 높은 국가로 분류되나 국가 총 인구를 고려한 일인당 전력 소비량에서는 매우 낮은 국가로 분류된다. 중국과 인도는 현재 지역에 따른 발전 용량의 불균형을 보이며 전반적으로 낮은 일인당 전력 소비량을 나타내고 있다.

원자력 발전의 비율이 상대적으로 높은 미국, 우크라이나를 제외한 모든 국가에서는 화력 발전과 수력 발전을 합한 비율이 전체 발전량의 85% 이상이다. 화력 발전 점유율은 석탄과 전력산업 동반 진출 사업의 대상 국가를 선정하는데 있어 중요한 요소이므로 화력 발전 점유율이 높은 국가를 선별하기 위하여 미국과 우크라이나를 제외한 전체 대상 국가를 화력 발전 점유율에 따라 4개 등급으로 분류하였다.

화력 발전 점유율에 따라 A등급은 90% 초과, B등급 약 60% 이상 90% 미만, C등급은 약 30% 이상 60% 미만, D등급은 약 30% 미만으로 구분하였다. 원자력 발전의 비율이 높은 미국과 우크라이나는 대상에서 제외되었다. 발전사업과 관련된 인프라 동반진출이 적합한 국가는 일인당 전력 소비량과 화력 발전 점유율을 우선적으로 고려할 필요가 있다. 화력 발전 점유율이 높은 A, B등급 국가 중 일인당 전력 소비량이 낮은 국가는 몽고, 니제르, 방글라데시, 모리타니, 캄보

Table 6. Capacity of electric power facilities in selected countries(2005).

Division	Country	apacity of electric power facilities(million kW)				Total
		Thermal	Hydroelectric	Nuclear	Others	
	1 New Caledonia	0.27	0.08	0.00	0.00	0.35
	2 Laos	0.02	0.67	0.00	0.00	0.69
	3 Malaysia	22.34	2.10	0.00	0.00	24.43
	4 Mongolia	0.83	0.00	0.00	0.00	0.83
	5 Burma	0.81	0.75	0.00	0.00	1.56
	6 Bangladesh	4.48	0.23	0.00	0.00	4.71
	7 Vietnam	7.15	4.16	0.00	0.00	11.30
	8 Sri Lanka	1.80	1.19	0.00	0.00	2.99
	9 Afghanistan	0.06	0.26	0.00	0.00	0.32
Asia	10 Iran	37.92	4.83	0.00	0.00	42.75
Pacific	11 India	99.80	31.00	2.82	3.96	137.58
	12 Indonesia	17.88	4.57	0.00	0.80	23.24
	13 China	329.48	105.24	6.84	0.82	442.38
	14 Cambodia	0.03	0.01	0.00	0.00	0.04
	15 Thailand	22.43	3.48	0.00	0.00	25.91
	16 Turkey	24.12	12.65	0.00	0.06	36.82
	17 Pakistan	12.42	6.50	0.46	0.00	19.38
	18 Papua New Guinea	0.30	0.20	0.00	0.00	0.50
	19 Philippine	10.40	3.22	0.00	1.93	15.55
	20 Australia	40.76	7.78	0.00	0.76	49.29
	31 Russia	148.32	45.53	23.24	0.07	217.16
	32 Azerbaijan	4.46	1.03	0.00	0.00	5.48
Europe	33 Uzbekistan	10.04	1.71	0.00	0.00	11.75
Eurasia	34 Ukraine	36.22	4.78	13.84	0.07	54.91
	35 Kazakhstan	14.91	2.25	0.00	0.00	17.16
	36 Kyrgyzstan	0.81	2.91	0.00	0.00	3.72
	37 Poland	29.35	0.88	0.00	0.09	30.32
	41 Guinea	0.15	0.13	0.00	0.00	0.27
	42 Nigeria	3.96	1.94	0.00	0.00	5.90
	43 Rep. of South Africa	38.02	0.66	1.80	0.00	40.48
	44 Niger	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11
	45 Madagascar	0.12	0.11	0.00	0.00	0.23
Africa	46 Mali	0.13	0.16	0.00	0.00	0.28
	47 Morocco	3.52	1.50	0.00	0.05	5.08
	48 Mauritania	0.11	0.07	0.00	0.00	0.18
	49 Botswana	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13
	50 Zambia	0.08	1.70	0.00	0.00	1.78
	51 Congo D.R.	0.06	2.50	0.00	0.00	2.56
	61 Guyana	0.31	0.01	0.00	0.00	0.31
	62 Dominican Rep.	4.85	0.54	0.00	0.00	5.40
	63 Mexico	38.95	10.57	1.37	0.98	51.86
	64 United States	757.05	77.54	99.99	22.09	956.67
	65 Venezuela	8.26	13.86	0.00	0.00	22.12
	66 Bolivia	0.96	0.46	0.00	0.00	1.42
	67 Brazil	13.81	69.00	2.01	5.92	90.73
America	68 Suriname	0.20	0.19	0.00	0.00	0.39
	69 Argentina	17.29	9.90	1.02	0.03	28.23
	70 Jamaica	1.33	0.02	0.00	0.12	1.47
	71 Chile	6.46	4.28	0.00	0.00	10.74
	72 Canada	35.09	70.68	12.81	1.71	120.28
	73 Colombia	4.42	8.92	0.00	0.07	13.40
	74 Cuba	3.90	0.06	0.00	0.00	3.96
	75 Peru	2.96	3.06	0.00	0.00	6.02

(EIA, 2007e)

Table 7. Groups of countries classified with respect to the electrical consumption per capita.

Level	Classification Criterion (Electrical consumption per capita)	Country
A	> 5,000kWh	Canada, United States, Australia, Russia, New Caledonia, Rep. of Korea
B1	3,000~5,000kWh	Rep. of South Africa, Kazakhstan, Ukraine, Venezuela, Poland, Suriname, Chile
B2	2,000~3,000kWh	Iran, Malaysia, Azerbaijan, Brazil, Argentina, Jamaica, Mexico
C	1,000~2,000kWh	Turkey, China, Thailand, Uzbekistan, Dominican Rep., Botswana, Conge D.R., Kyrgyzstan, Cuba, Mongolia
D	100~1,000kWh	Guyana, Colombia, Peru, Zambia, Morocco, Philippines, Papua New Guinea, India, Laos, Bolivia, Pakistan, Vietnam, Indonesia, Sri Lanka, Nigeria, Bangladesh, Burma, Namibia
E	< 100kWh	Mauritania, Madagascar, Guinea, Niger, Mali, Afghanistan, Cambodia

디아 등이다.

6. 석탄과 전력산업의 패키지형 진출 가능 국가 도출

석탄과 전력산업의 패키지형 대상 국가 도출을 위해 주요국가의 1차 석탄 생산량, 국내총생산, 일인당 전력 소비량, 화력 발전 점유율을 비교하였다(Figs. 3, 4). 다음 조건을 모두 만족시키는 국가가 석탄과 전력산업의 패키지형 진출 가능 우선 국가로 분류하였다. (1) 1차 석탄 생산량이 많다. 국가의 1차 석탄 생산량은 석탄 매장량과 상관관계를 나타내므로 석탄 자원이 풍부한 국가로 분류하였다. (2) 일인당 전력소비량이 적다. 일인당 전력소비량이 적은 국가는 전력 인프라가 구축이 취약한 국가로 분류하였다. (3) 일인당 국내 총생산이 적다. 일인당 국내 총생산이 적은 국가는 전력인프라를 구축할 경제적 여유가 없는 국가로 분류하였다. (4) 전력 발전량 중 화력발전 점유율이 높다. 화력발전 점유율이 높은 국가는 석탄 화력발전 인프라 구축이 가능한 국가로 분류하였다. 즉 석탄자원이 풍부하고 전력 인프라 구축이 취약하여 전력 인프라를 구축할 여유가 없는 국가 중 전력 발전량 중 화력발전 점유율이 높은 국가가 석탄과 전력산업의 패키지형 진출을 위해 적합한 국가로 분류 하였다.

1차 석탄 생산량이 많은 국가와 일인당 국내 총생산이 적은 국가가 향후 석탄 개발 투자 가능성이 높은 나라이다. 즉 2006년도 1차 석탄 생산량에 있어 A군에 속하는 국가는 전 세계 생산량의 2% 이상을 점하는 국가로 10억 톤 이상의 대규모 매장량을 보인다. 이 중 인도, 인도네시아 등은 일인당 국내 총생산이 5,000 \$ 이하의 저개발 국가로 향후 석탄 개발 투자 가능성이 높은 국가이다.

B군에 속하는 국가 중 베트남, 우크라이나, 콜롬비아,

카자흐스탄 등은 100억 톤 내외의 매장량과 3.5~9.5 천만 톤의 비교적 높은 석탄 생산량을 보여 석탄 개발 투자 고려 대상국이다. 몽고는 매장량이 정확히 확인 되지 않으나 석탄 생산량이 약 800만 톤으로 비교적 많은 생산량을 보이고 있어 석탄 부존 가능성이 높은 국가이다.

C군의 미얀마, 보츠와나, 이란 등은 1백만 톤 이상의 석탄 생산량을 보여 다른 제반 사항의 검토를 통하여 투자를 고려할 수 있는 국가들이다. C군 내에 키르키즈스탄(37만 톤), 니제르(20만 톤), 콩고(13만 톤), 라오스(32만 톤) 등의 국가는 생산량은 비교적 적으나 라오스를 제외하면 매장량이 키르기즈스탄(895백만 톤), 콩고(97백만 톤), 니제르(77백만 톤), 잠비아(11백만 톤)로 1,000만 톤 이상이며 일인당 국내 총생산이 1,000 \$ 미만에 불과해 투자 대상 국가로 고려된다.

석탄 분류 시 국내에서는 통상적으로 무연탄과 유연탄으로 구분하고 있으나 국외에서는 무연탄(Anthracite), 역청탄(Bituminous), 준역청탄(Subbituminous), 갈탄(Lignite)로 세분하고 있다. 특히 역청탄은 사용용도에 따라 발전용, 제철용으로 구분하고 있으나 국가별 역청탄 생산량자료는 동일 유형으로 취급되고 있어 본 연구에서는 발전용과 제철용을 포함하는 포괄적인 의미의 역청탄을 대상으로 하였다.

전력 인프라 취약국(2MWh 미만) 중 1백만 톤 미만의 낮은 석탄생산량을 보이는 국가는 30% 미만의 낮은 화력발전 점유율을 보인다. 반면에 1차 석탄생산량이 1억 톤 이상 규모인 인도, 인도네시아는 화력발전 에 의존하는 전력생산구조를 보이고 있어 발전소 건설 시 석탄 화력발전소 건설이 일차 고려대상이다. 특히 화력발전 점유율이 90% 이상인 몽고는 최근 타만토고 이 지역(매장량: 15.3억 톤)의 탐사에서 지속적으로 매장량 증가하고 있어 석탄 화력 발전소 건설과 자원개발 동반진출을 적극 고려할 필요가 있다. 화력발전

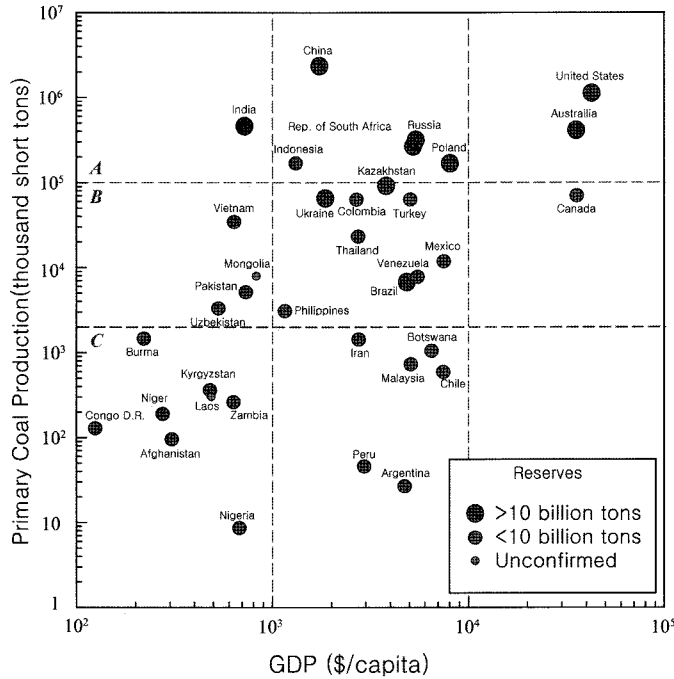


Fig. 3. Relationship between primary coal production and GDP per capita of selected countries (EIA, 2007b, 2007c; KOSIS, 2007).

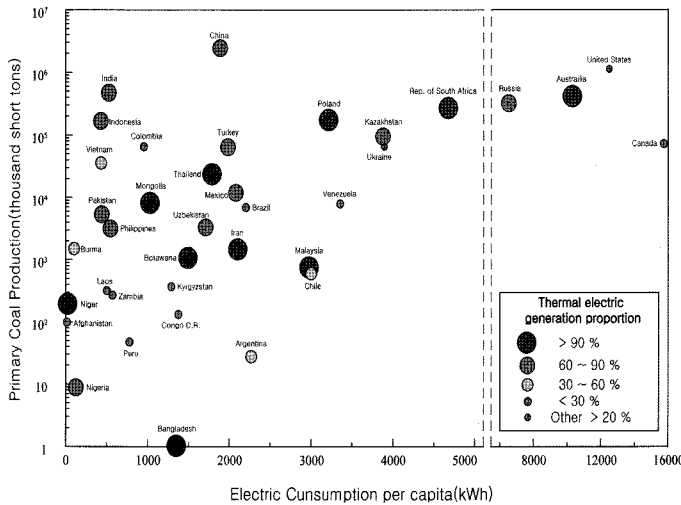


Fig. 4. Relationship between primary coal production and electrical consumption per capita of elected countries (Bangladesh's coal production data are unconfirmed)(EIA, 2007b, 2007f).

점유율이 60% 미만을 보이는 아프리카의 니제르, 나이지리아 등은 적은 석탄생산량(1백만 톤 미만)을 보이거나 매장량은 2억 톤을 보이고 있어 정량적 검토여부에 따라 석탄 화력 발전소 건설을 고려할 수 있다.

패키지형 자원개발을 하는데 있어서 대상 국가의 산업 기반 시설이 얼마나 잘 갖추어져 있는지를 평가하

는 것이 중요한 기준이라 할 수 있다. 실제로 패키지형 자원개발에서 주요 목표로 삼고 있는 개도국들의 경우 대부분 전력 수급에서 큰 어려움을 겪고 있는 나라들이 대부분이다.

최근 정부 차원에서 패키지형 자원개발을 추진하고 있는 방글라데시의 경우 최근 2~3년 간 석탄 등의 지

하자원에 대한 탐사가 활발히 이루어지면서 많은 양의 지하자원이 매장되어 있음이 밝혀졌고 이로 인해 해외로부터의 투자가 활발해지고 있다. 이런 움직임에 발맞춰 우리 정부도 발 빠른 움직임을 보이며 지난 11월 방글라데시 정부와 에너지 분야 협력 MOU를 체결하였다(KEEI, 2007). 방글라데시의 한 해 전력 사용량은 2005년 195억 kWh로 대부분의 전력 생산은 화력(175억 kWh)에 의존하고 있다. 또한 1인당 전력 사용량이 158 kWh에 불과해 세계최저수준을 기록하고 있다(EIA, 2007f). 이와 같이 방글라데시는 석탄 매장량이 많으면서 전력 사용량이 적고 자원이 풍부한 개도국으로 우리가 추진하고 있는 석탄의 패키지형 자원 개발 사업에 적합한 국가라 할 수 있다(Fig. 4).

방글라데시 이외에도 석탄의 매장량이 비교적 많고, 에너지의 소비량이 적은 나라로는 몽고, 베트남, 인도네시아, 카자흐스탄과 같은 국가가 있다(Fig. 4). 인도네시아의 경우는 앞에서 기술한 것처럼 우리나라가 연간 약 2천만 톤의 석탄을 수입하고 있는 나라로 석탄의 매장량이 풍부한 국가이다. 인도네시아는 또 자국의 석탄 생산량에 비하여 소비량이 아주 적은 편이다. 2005년 기준으로 1억 6천만 톤 이상을 생산하고 있지만 2005년의 소비량은 4천 5백만 톤에 불과했다(EIA, 2007a). 인도네시아 세랑, 칼리만탄 등 여러 지역의 유연 탄광에 대한 발전소나 철도를 제공하는 패키지형 자원 개발이 추진 중에 있다.

7. 결 론

2000년 이후 BRICs로 표현되는 브라질, 러시아, 인도, 중국의 성장세가 지속되고 있다. 특히 인도와 중국의 산업은 급격한 발전을 하고 있으며 이에 따라 많은 광물 자원들이 인도와 중국에 집중되고 있다. 이와 함께 배럴당 유가가 100달러에 근접하고 있는 고유가 시대가 지속되면서 전 세계의 석탄 사용량은 해가 갈수록 증가하고 있다. 특히 인도, 중국을 포함한 아시아 비OECD 국가의 석탄 사용량 증가는 다른 지역에 비해 훨씬 빠른 증가세를 보여주고 있다. 이러한 고유가의 지속으로 인해 국내의 석탄 소비도 2000년 이후 소폭 상승하고 있는 추세에 있으나 현재 국내에서의 석탄 생산은 전체 국내 수요의 절반에 그치고 있는 상황이다. 특히 제철 산업에 사용되는 코크스용의 역청탄은 국내에서 생산이 되지 않고 있어 전량 수입에 의존하고 있는 상황으로 석탄의 가격이 상승하면서 큰 영향을 받고 있다. 이에 우리 정부는 자원 매장량이

풍부한 개발대상국을 대상으로 산업 기반 시설을 제공하고 그 대가로 지하자원을 획득하는 패키지형 자원 개발을 추진하고 있다.

패키지형 자원 개발을 추진하는데 있어 가장 중요한 과정은 대상 국가를 선정하는 것이다. 민간 기업과 정부 산하 공기업의 주도 하에 아시아나 아프리카의 각국에 이미 사업을 추진하고 있다. 석탄의 경우 몽골과 인도네시아, 방글라데시와 같은 유연탄 자원이 풍부한 국가에 투자를 계획하거나 실시하고 있다. 이와 같이 패키지형 석탄자원 개발의 대상 국가를 선정하는데 있어 중요한 기준이 될 수 있는 사항들을 제시해보면 일단 해당 국가의 석탄 매장량이 풍부해야 한다. 매장량이 풍부하나 산업 기반 시설과 자본의 부족으로 채굴을 하지 못하고 있는 나라가 패키지형 자원 개발의 대상 국가로서는 가장 적합한 국가라 할 수 있다.

이에 더하여 매장된 석탄의 종류도 대상 국가 선정에 있어서 중요한 기준으로 작용한다. 특히 산업적인 활용 가치가 높은 유연탄의 매장량이 높은 것이 중요하다. 무연탄은 전 세계 석탄 매장량의 1%만을 차지하고 있을 뿐이며 산업 등에 많이 사용되는 석탄은 유연탄이다. 실제로 현재 추진 중에 있는 패키지형 자원 개발에서 석탄 분야는 전부 유연 탄광에 대한 투자들이다.

패키지형 자원 개발의 대상 국가 선정에서 필요로 하는 또 다른 기준은 국가의 1인당 전력 소비량이다. 이 사업에서 주로 제공하는 산업 기반 시설인 발전소를 필요로 할 만한 국가를 선정하는 것이 가장 중요한 과정이라 할 수 있다. 지식경제부에서 추진 중인 방글라데시의 경우도 세계적인 전력 부족 국가에 속하며, 앞서 밝힌바 있듯이 우리 정부에서는 방글라데시에 화력발전소 건설을 제안한 상태이다.

석탄 개발을 목표로 하는 패키지형 자원 개발을 위한 대상 국가 선정에 위한 주요 기준은 석탄의 매장량, 매장 석탄의 종류, 해당 국가의 1인당 전력 소비 규모라 할 수 있다. 이 외에도 국가 간의 거리나 여러 다른 변수들이 작용할 수 있으나, 위의 세 가지는 공통적으로 적용될 수 있는 기준이라 사료된다.

사 사

이 연구는 지식경제부의 전력산업 인프라구축 지원 사업을 위한 정책사업인 "전력산업과 자원개발의 해외 동반진출 전략 연구"에 의하여 수행되었으며, 이에 깊은 사의를 드린다.

참고문헌

- Choi *et al.* (2008) A Strategic Study for Package Deal of Power Industry and Resources Development, Final Report, Research Program for Infrastructure of Electric Power Industry, Ministry of Commerce, Industry and Energy(MOCIE), p.225. (in Korean).
- Energy Information Administration (2007a) World Coal Consumption, Most Recent Annual Estimates, 1980-2006. www.eia.doe.gov
- Energy Information Administration (2007b) World Coal Production (Primary and Secondary), 2005. www.eia.doe.gov
- Energy Information Administration (2007c) World Estimated Recoverable Coal. www.eia.doe.gov
- Energy Information Administration (2007d) World Coal Production, Most Recent Annual Estimates, 1980-2006. www.eia.doe.gov
- Energy Information Administration (2007e) World Electricity Installed Capacity by Type, January 1, 2005. www.eia.doe.gov
- Energy Information Administration (2007f) World Net Electricity Generation by Type, 2005. www.eia.doe.gov
- gov
- Energy Information Administration (2007g) International Energy Outlook 2007, pp. 49-60. www.eia.doe.gov
- Korea Coal Corporation (2008) Public Announcement. www.kocoal.or.kr (in Korean).
- Korea International Trade Association (2007) Statistics. www.KITA.net (in Korean).
- Korea International Trade Association (2008) Statistics. www.KITA.net (in Korean).
- Korea Energy Economics Institute(KEEI) (2007) KEEI Mailzine. www.keei.re.kr (in Korean).
- Korea Mineral Resources Information Services(KOMIS) (2007a) Coal Inside No.19, www.kores.net (in Korean)
- Korea Mineral Resources Information Services(KOMIS) (2007b) Coal Inside No.19, ICR Asian Marker Price, ICR North West Europe Marker Price. www.kores.net (in Korean).
- Miller, B. (2004) Coal Energy System, Elsevier Academic Press, p. 526.
- Korea Statistical Information Service(KOSIS) (2007) International Statistics. www.kosis.kr (in Korean).

2008년 9월 10일 원고접수, 2008년 10월 16일 게재승인.