

石炭価格が鉱山開発投資に及ぼす影響

国際協力プロジェクト部 副部長
石炭調査グループ マネージャー 三室戸 義光

報告内容

1. 近年の石炭価格および鉱山開発投資の動向	1
1.1 石炭価格動向	1
1.2 開発投資動向	3
(1) ニューサウスウェールズ州の投資動向	3
(2) キーンズランド州の投資動向	5
(3) 米国の投資動向	7
2. 石炭価格と企業行動	9
2.1 石炭価格に対する需要側および供給側の行動原理	9
2.2 米国における石炭価格の低下と供給コスト削減の相互作用	11
(1) 石炭価格と生産性	11
(2) 鉱山淘汰の実態	16
(3) 鉱山生産規模の動向	18
(4) 生産地域のシフトによる価格低下	19
2.3 豪州における石炭価格の低下と供給コスト削減の相互作用	22
(1) 石炭価格と生産性	22
(2) 鉱山淘汰の実態	25
(3) 鉱山生産規模の動向	26
3. 今後の石炭生産性の見通し	29
3.1 米国	29
3.2 豪州	30
4. 今後の投資動向	34
<参考文献>	37

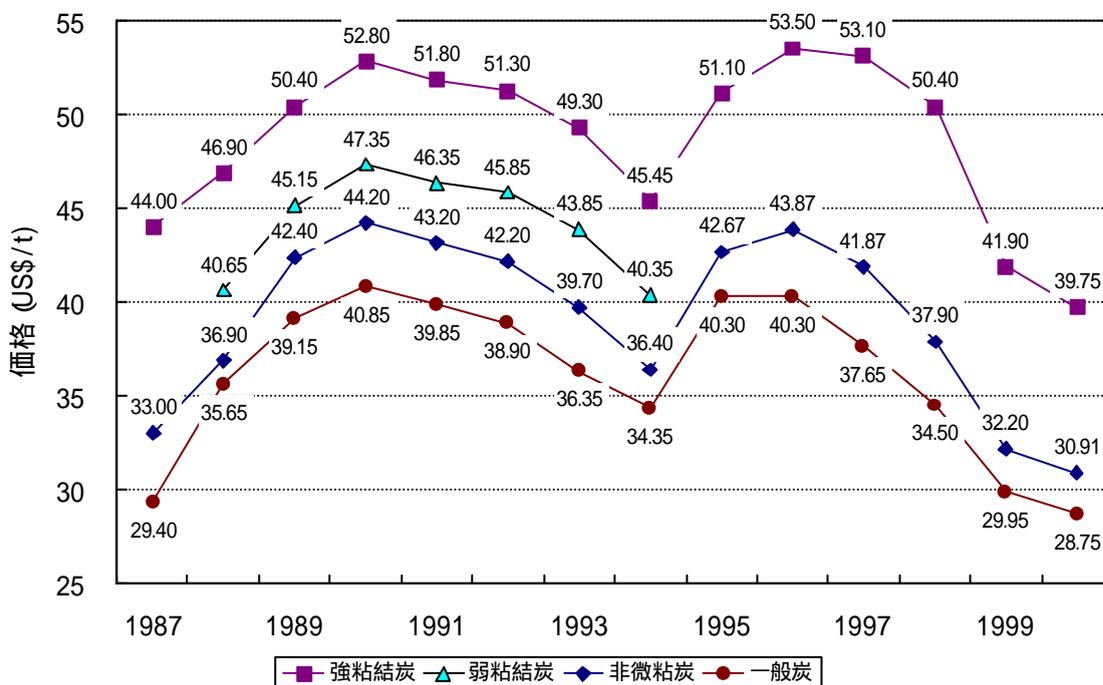
はじめに

近年、石炭は価格において低位かつ安定的に推移しており、また需給面では一次エネルギーの中でも安定供給の面で優れたエネルギーであることは周知の通りである。石炭の低価格は需要家にとって都合の良い話であるが、生産者にとっては、鉱山の操業および開発において多くの課題を与えるものである。本報告では石炭価格と鉱山投資の関係を豪州および米国の過去20～30年間のデータを中心に分析した上で、今後の豪州の投資動向について検討を行った。

1. 近年の石炭価格および鉱山開発投資の動向

1.1 石炭価格動向

世界の石炭貿易量は1990年：38,690万トン、1995年：46,820万トン、1999年：52,090万トン（推定実績）と堅調な伸びを見せているが、その一方で石炭価格（日本向け豪州炭ベンチマーク価格）は1996年度をピークとし、2000年度まで4年連続で下がり続けている（図1.1）。



出所：各種資料より作成

図1.1 日本向け豪州炭ベンチマーク価格

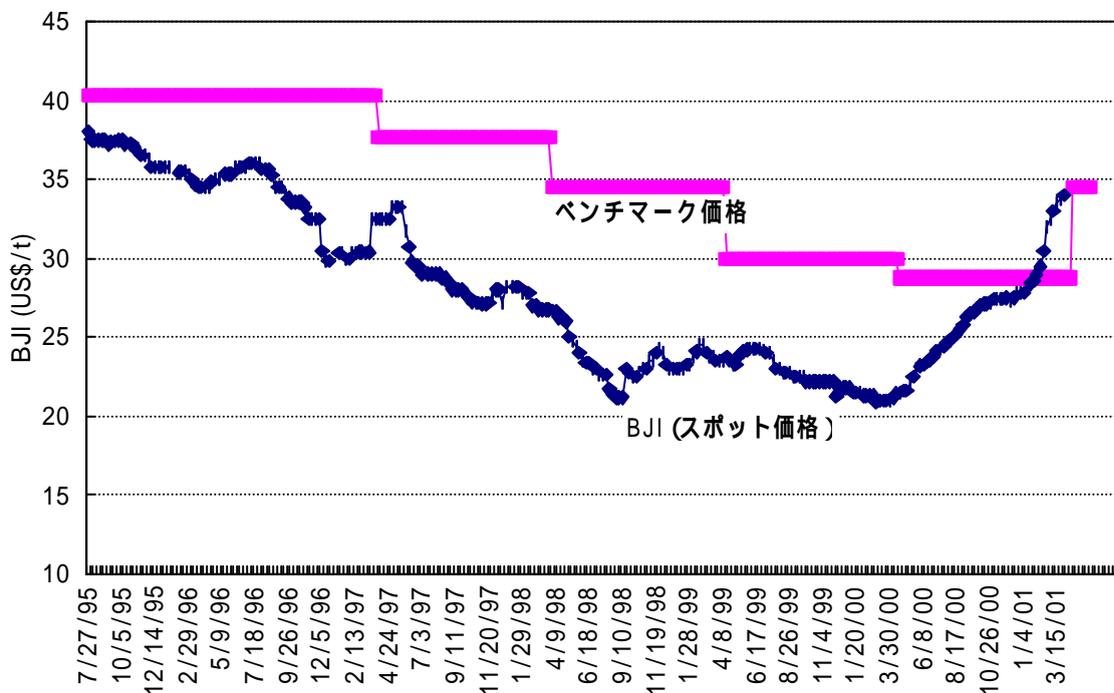
図 1.1 において、1990 年以降に注目すれば、石炭価格が下降している期間が上昇している期間よりも圧倒的に長かった。

石炭価格が下降している期間：1990～1994 年（4 年間）、1996～2000 年（4 年間）
 石炭価格が上昇している期間：1994～1996 年（2 年間）

石炭は原油やガスのような戦略的かつ投機的な商品の要素は少なく、その価格も供給側と需要側との直接取引が中心となるため、貿易市場における需給によって（すなわち供給側と需要側の当事者間による都合によって）その価格がほぼ形成されていると言えるだろう。

石炭貿易（需要）が伸びているにも拘わらず、価格を下げてきたことは供給過剰すなわち供給側の価格競争がより厳しかったことを示している。

しかし 2000 年度に入ると日本、韓国、台湾を中心に石炭輸入需要が急速に伸びてきたことに加え、供給側でもインドネシアで過去には見られなかった鉱山ストライキが発生するなど、需給が急速に締まってきている。その結果スポット市場における石炭価格は明らかに、長期低迷に歯止めがかかり、上昇に転じている（図 1.2）。



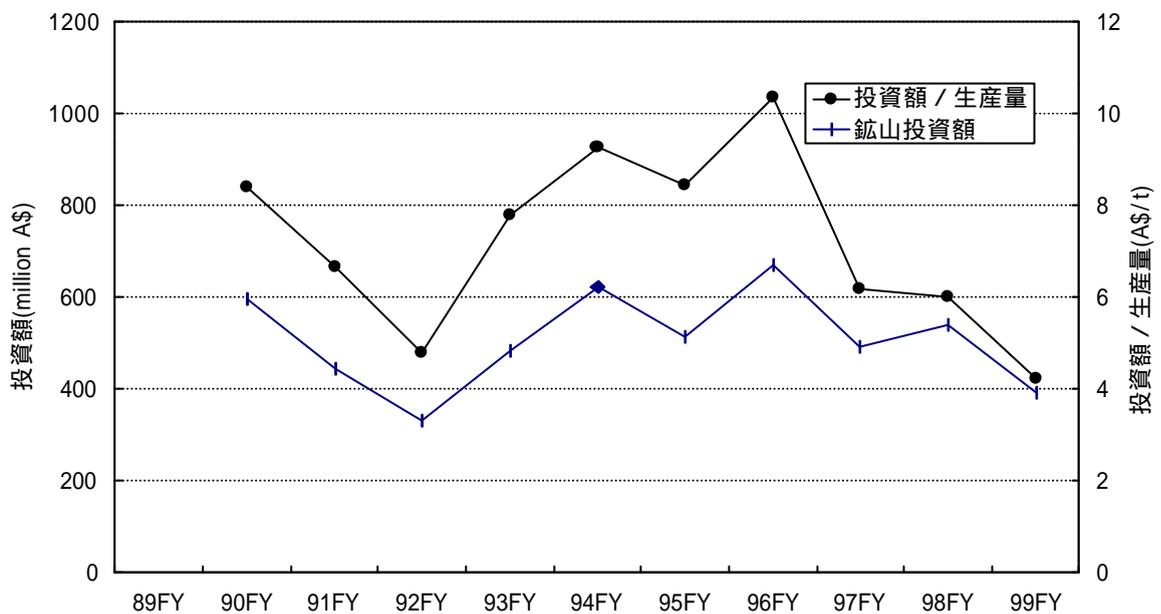
出所：Barlow Jonker, “Australian Coal Report” より作成

図 1.2 石炭スポット価格の推移

1.2 開発投資動向

(1) ニューサウスウェールズ州の投資動向

ニューサウスウェールズ州の石炭生産量の 88% (1999 年度実績) を占める主要石炭企業の投資額合計の推移を 1990~1999 年度 (豪州会計年度: 7 月~6 月) について図 1.3 に示す。同期間における平均投資額は 50,900 万豪州ドルで、生産量あたりでは 7.5 豪州ドルとなっている。また同期間でもっとも大きな投資額は 1996 年度の 66,900 万豪州ドル、反対にもっとも少なかったのが 1992 年度の 33,100 万豪州ドルとなっている。

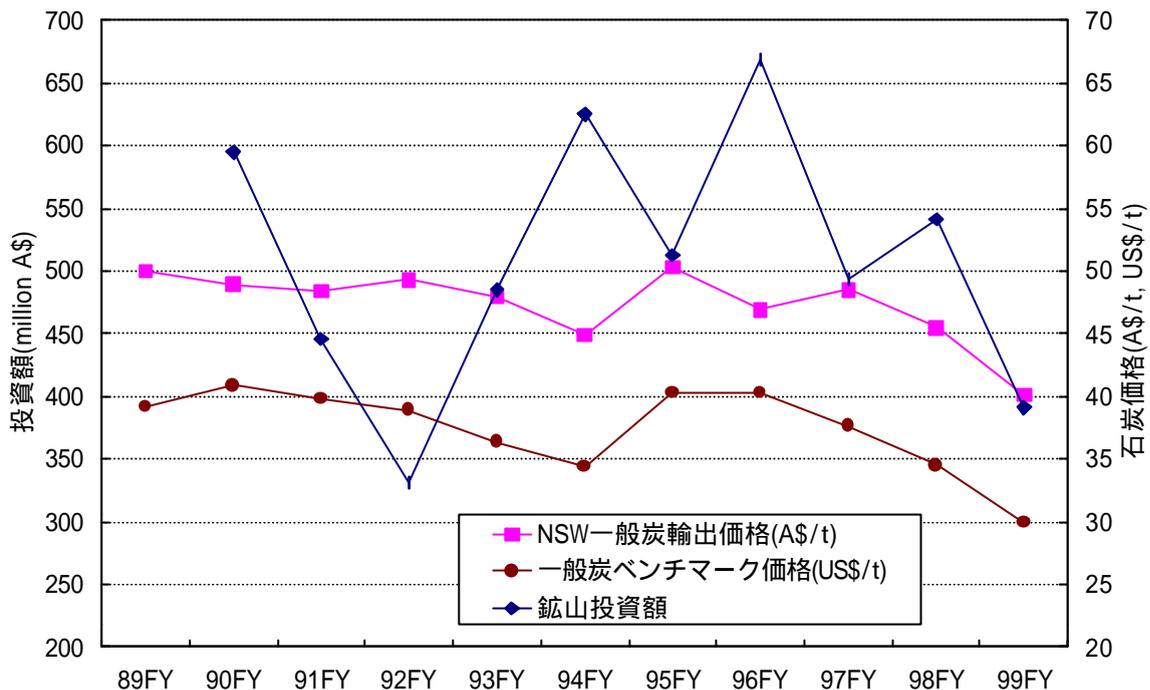


出所: NSW Mineral Council 資料 より作成

図 1.3 ニューサウスウェールズ州主要石炭企業の投資額の推移

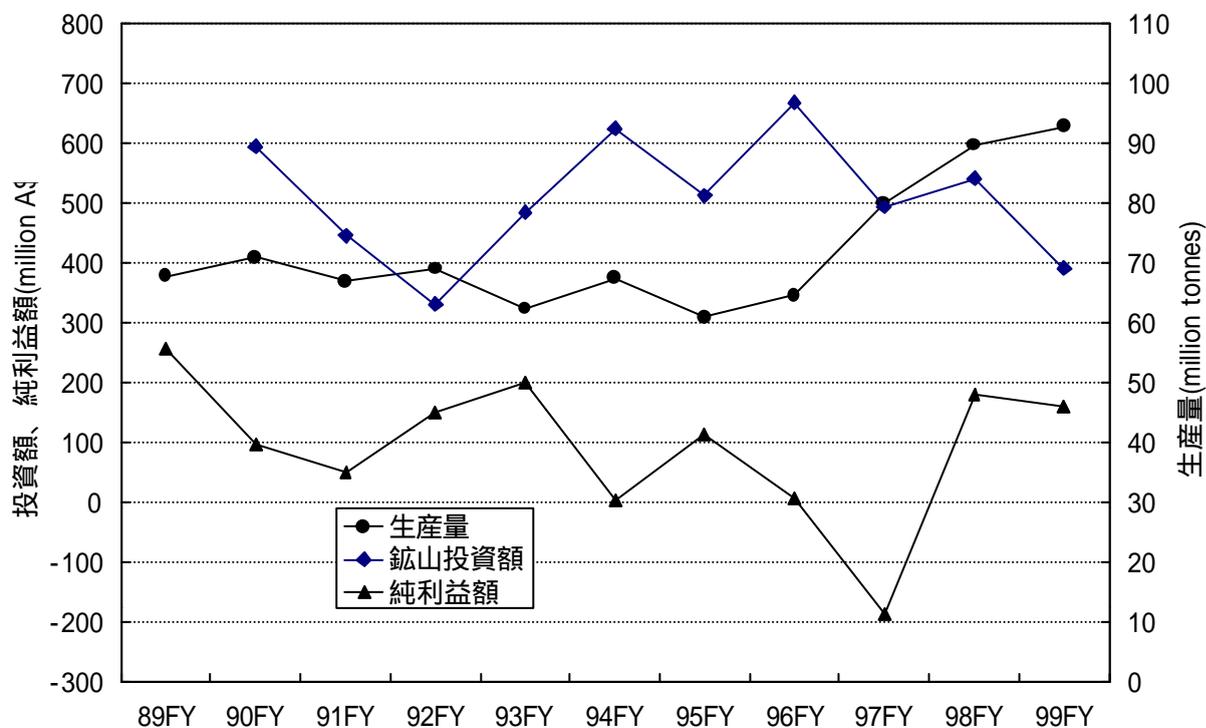
図 1.4 は投資額合計と石炭価格の推移を見たものであるが、1990~1992 年度にかけて投資額は石炭価格と共に低下しているが、1992~1994 年度においては石炭価格の低下にも拘わらず、投資額は上昇している。1996 年度以降になると石炭輸出価格の低下と共に投資額は下降している。

図 1.5 は投資額と該当する石炭投資企業の石炭生産量および純利益合計額の推移を示すが、生産量と投資額の相関関係はあまり見られない。投資額と純利益額に注目してみると、投資額は純利益額を 1 年遅れで追うように推移している。石炭価格と相関関係の見られなかった 1992~1994 年度の投資額は各前年度の純利益額との相関性が見られる。ただし 1997 年度の純利益の大幅な落ち込みにも拘わらず、1998 年度の投資額は生産量および純利益の大幅な急上昇に伴い上昇気味となっている。大きな開発投資の意思決定は、前年あるいはそれ以前に決定されることが多いため、意思決定時の財務状況が投資に影響することから、このような相関性が出てくるものと思われる。



出所 : NSW Mineral Council 資料より作成

図 1.4 ニューサウスウェールズ州主要石炭企業の投資額、石炭価格の推移

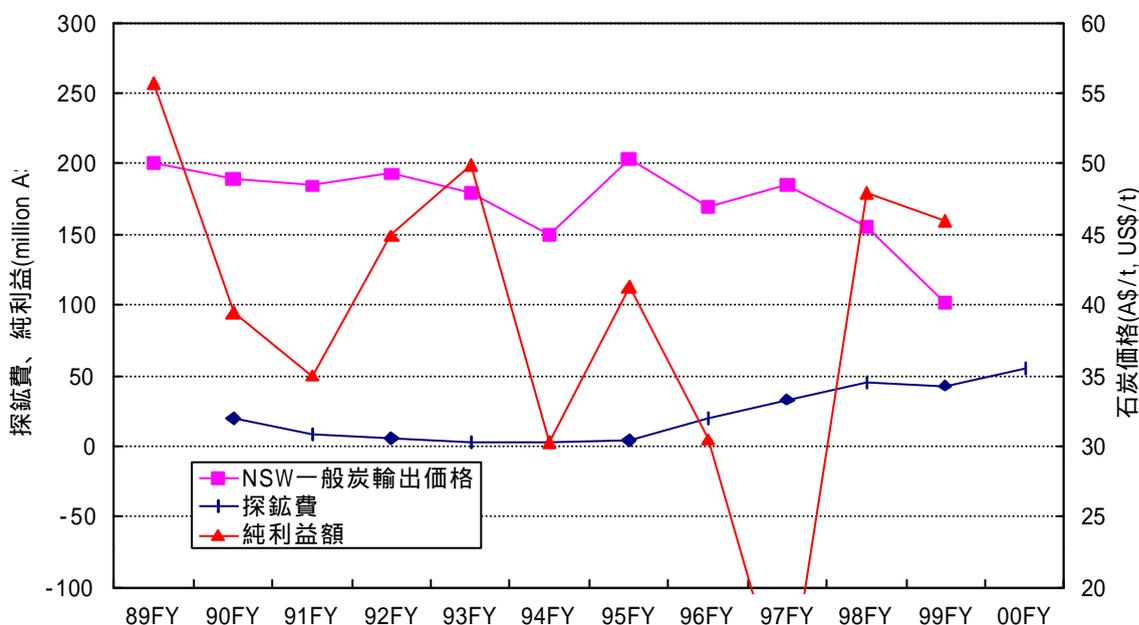


出所 : NSW Mineral Council 資料より作成

図 1.5 ニューサウスウェールズ州主要石炭企業の投資額、生産量、純利益の推移

以上のことから、石炭価格の絶対額もさることながら石炭企業の利益 = 生産量 × (石炭価格 - コスト)も投資額に影響していると思われるが、この点に関する詳細な分析については次章で進める。

同じくニューサウスウェールズ州の主要石炭企業における探鉱費の過去の推移を見ると、図 1.6 のようになる。探鉱費は1990年度に2,000万豪州ドルを計上したが、1991年度以降低迷が続き、95年度まで1,000万豪州ドル以下となった。1996年度以降上昇し、1998年度には4,500万豪州ドル、そして1999年度には4,300万豪州ドルに達している。また2000年度では1990年度以降で最高の5,500万豪州ドルの探鉱費が予定されている。探鉱費は額が小さいこともあって、石炭価格や利益額とあまり相関性は見られない。図1.5と図1.6を比較すると、石炭生産量の増加に伴って探鉱費が増えている。石炭生産の増加に伴い、さらなる石炭埋蔵量の確認の必要性が生じ、その結果探鉱費も伸びていると解釈できる。

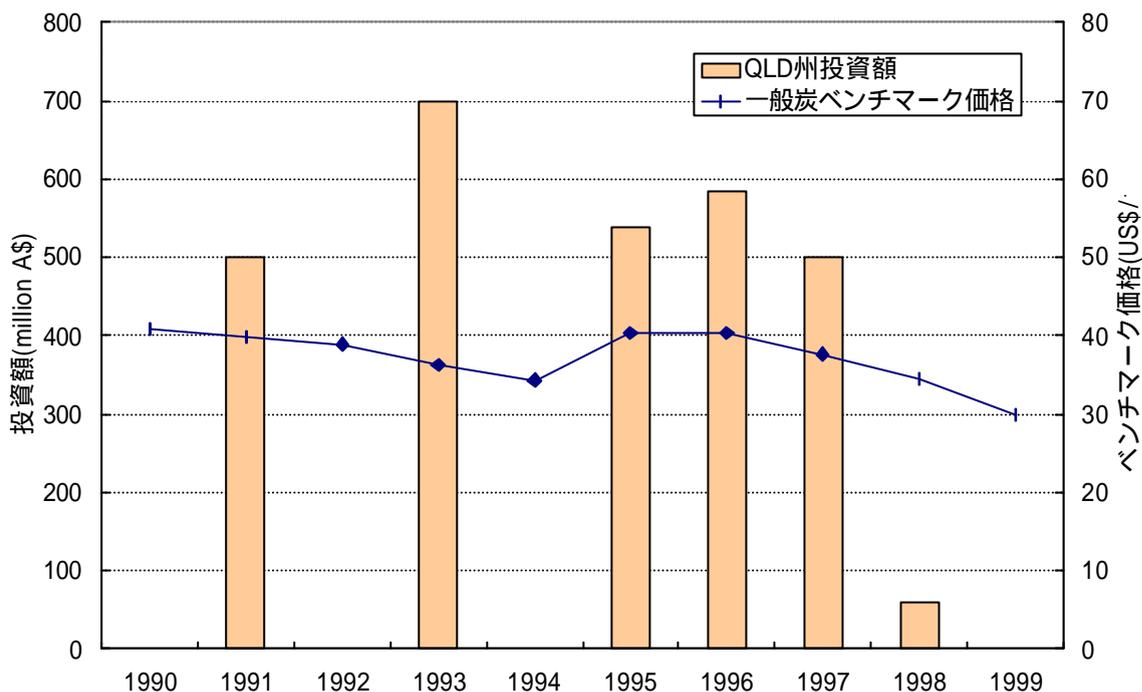


出所：NSW Mineral Council 資料より作成

図 1.6 ニューサウスウェールズ州主要石炭企業の探鉱費、純利益、石炭価格の推移

(2) キーンズランド州の投資動向

キーンズランド州の場合、ニューサウスウェールズ州のように発表されている詳細なデータがないため、表 1.1 に示される 1990 年以降に開発された主要石炭鉱山の投資額の推移を図 1.7 に示した。同図は各鉱山の投資額を生産開始の年に一括計上していること、また対象となる主要鉱山は 1990～1999 の間に 13 鉱山しかないことから、投資傾向を十分表しているとは言い難いが、1991～1993 年および 1995～1997 年のベンチマーク価格が 35～40 米ドル/トンと高い時代に投資が行われていることが窺える。



出所 : Barlow Jonker 社資料より作成

図 1.7 キーンズランド州主要石炭鉱山の投資額、石炭価格の推移

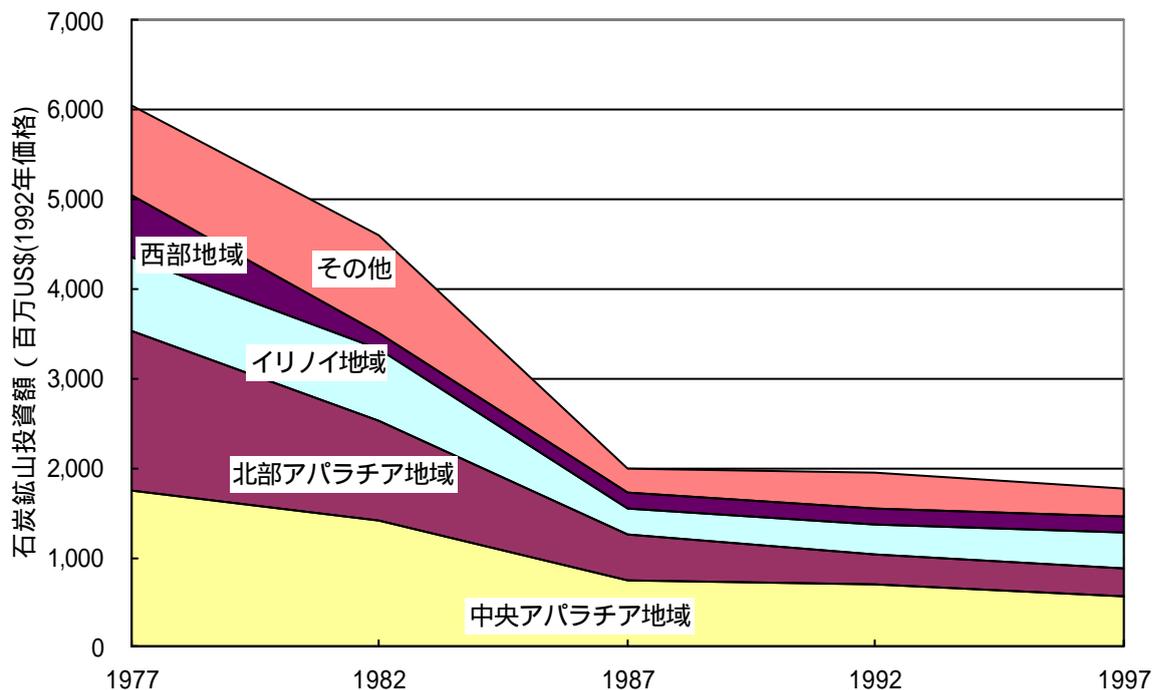
表 1.1 キーンズランド州主要石炭鉱山の開発 (1990 ~ 1999 年)

鉱山名	タイプ	生産開始	生産能力 (百万ト/年)
Gordonstone/Kestrel		1991/5	4.80
Ensham	露天掘	1993/7	5.00
North Goonyella	坑内掘	1993/7	3.50
Wilkie Creek	露天掘	1995/3	1.10
Crinum	坑内掘	1995/4	3.25
Kenmare - South Blackwater	坑内掘	1995/9	2.00
Newlands	坑内掘	1996/1	3.00
Burton	露天掘	1996/2	4.00
Oaky North - Oaky Creek mine	坑内掘	1996/7	3.40
South Walker Creek	露天掘	1996/7	2.50
Alliance (Oaky Creek)	坑内掘	1997/7	0.80
Moranbah North	坑内掘	1997/7	6.00
Coppabella	露天掘	1998/10	3.50

出所 : QLD, Department of Mines and Energy 資料より作成

(3) 米国の投資動向

米国の石炭鉱業における探鉱費、鉱山開発費およびその他の設備投資額の合計の推移を図1.8に示す。米国の石炭生産量は1977年の69,700万ショートトンから1997年の108,900万ショートトンと20年間で56%伸びているのにも拘わらず、設備投資は同期間において1992年価格の実質ベースで605,360万米国ドルから177,450万米国ドルへと71%も縮小している。とくに1977年から1987年にかけて投資額は急激に減ってきているが、これは次章の図2.2に示すように、1978年を境に石炭価格および鉱山数が共に上昇から下降へ転じたことが影響しているものと思われる。



出所：米国商務省、鉱業センサス、その他資料より作成

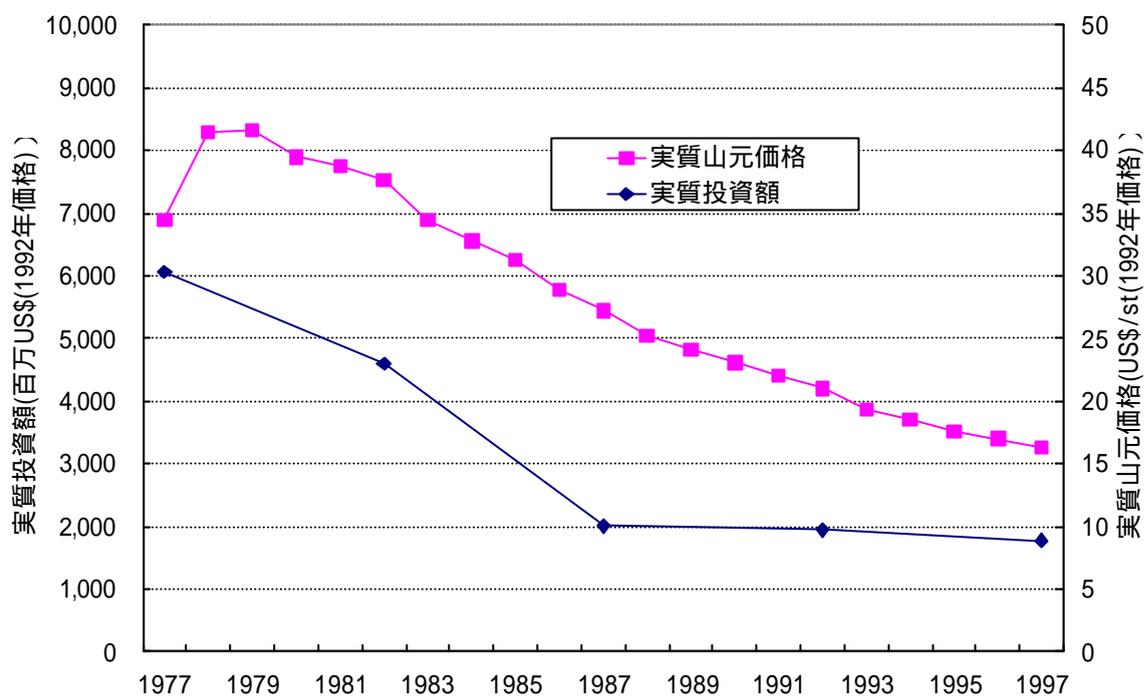
図1.8 米国石炭鉱業投資額

地域別に見ても全ての地域で設備投資額が減少しているが、生産量の伸びが顕著であるパウダーリバーベースンを含む西部地域においてさえも、投資額は減少している。

また米国の山元石炭価格は1977年から1997年において、ショートトン当たり19.82米国ドルから18.14米国ドル、また実質ベース(1992年)で34.44米国ドルから16.34米国ドルへと53%値下がりしている(図1.9)。

設備投資が減少しているのにも拘わらず、生産量が増加することは一見矛盾した現象に思えるが、その説明として既存鉱山の生産性の向上による生産量の増加が第一に考えられる。そして第二として考えられるのは価格の低下によって、コスト競争力をなくした鉱山の淘汰により閉山した鉱山の遊休設備の再利用などにより、設備投資が減ったものと思われる。生産性の向上および鉱山淘汰に

ついで、次章で詳細な検証を進める。



出所：米国商務省、鉱業センサス、その他資料より作成

図 1.9 米国石炭鉱業投資額と石炭価格

2. 石炭価格と企業行動

2.1 石炭価格に対する需要側および供給側の行動原理

需要側は石炭購入に当たり、必要とする品質の石炭の量的確保（安定供給）と購入価格の低減が重要な課題であり、その両者間の重点の配分は各需要家によりまちまちであろう。石炭以外の燃料を選択できる需要家は石炭価格によってはその必要量も増減するのに対し、選択の余地のない需要家の場合は必要量の確保が第一優先課題となり、その後に価格の低減を図ることになるだろう。

近年の低廉な石炭価格の状況下では、石炭は石油、ガスに比べて圧倒的な経済的優位性を持っており、各需要家は経済的優位性を重視するならば、燃料選択において石炭の使用を最大限とするだろう。環境対応（とくに地球温暖化）も重要な課題であるが、個々の企業の生き残りを掛けた企業戦略においては、コストの低減による企業競争力の確保が優先されることから、最低限の環境対応を行うとしても経済性を重視せざるを得ないと思われる。したがって石炭需給が緩和されており、石炭の低価格が続くような状況下では、需要側は量的確保を図った上で、さらなる価格の低下を待つといった行動原理（すなわち石炭購入量（定数）×価格（変数）＝コストミニマム）が取られるであろう。

逆に供給量に制限があるような状況下では、需要側は絶対必要量（他の燃料では代替できない量）の確保が優先課題となり、高い価格であっても購入するといった行動にでるであろう。その結果石炭価格は上昇して行くであろう。以上のことから需要側は価格が下がる状況では「低価格待ち」という受動的行動をとり、価格が上昇するような状況では「量の確保＝価格の上昇」という能動的行動をとることになる。極言すれば需要側が価格をつり上げるのである。

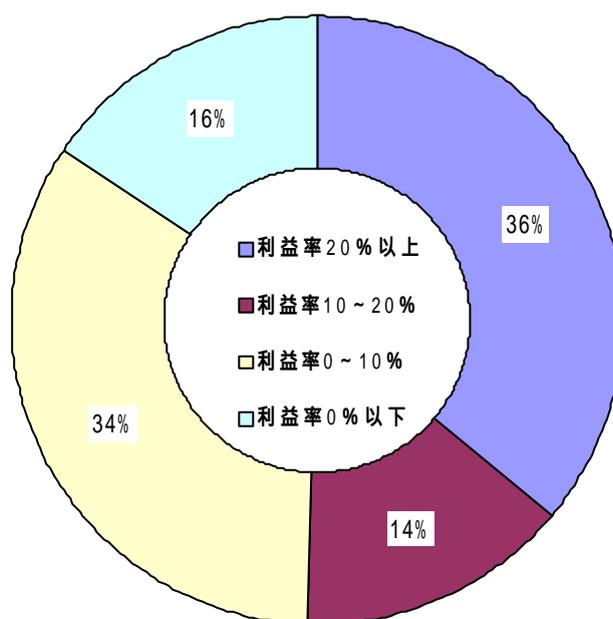
一方、供給側にとって石炭価格は高いことに越したことはないが、価格よりも利益が重要であり、必ずしも高価格＝利益最大とならないことに留意すべきである。利益は次式にて表される。

$$\text{利益} = \text{販売量} \times (\text{価格} - \text{コスト})$$

価格が高ければ利益は増えるのは当然であるが、低価格であってもコストを削減することにより利益を増やすことは可能である。石炭価格が多数の売り手と買い手による市場によって決まるからには、供給側の個々の石炭企業だけでは価格をコントロール（上昇させる）することはできず、その価格に対応した販売量を増やすことおよびコスト削減によって利益の増大を図ることになる。ときには販売量を増やすための一手段として、コスト競争力を持った一部の石炭企業は石炭価格を値引きする方法を取るだろう。するとコスト競争力に乏しい企業はある程度、採算を犠牲にしても販売量を確保するために、その値下げに追従せざるを得なくなる。このことは Barlow Jonker 社の資料より以下のように検証できる。

1998 年豪州一般炭輸出平均価格 (FOB) = 30.10US\$/t
1998 年豪州一般炭輸出量 = 8,302 万トン
FOB キャッシュコストが輸出価格以下で輸出した量 = 約 8,300 万トン
FOB 全コストが輸出価格以下で輸出した量 = 約 7,000 万トン
FOB 全コストが輸出価格の 90% 以下で輸出した量 = 約 4,200 万トン
FOB 全コストが輸出価格の 80% 以下で輸出した量 = 約 3,000 万トン

1998 年において一般炭輸出価格の 10% 以上の利益率 (= (価格 - 全コスト) / 価格) を確保できた石炭企業は、一般炭輸出量全体の約半分、同 0 ~ 10% の利益率を確保したのが約 2,800 万トンと全体の 34%、利益を確保できなかったのが約 1,300 万トンと全体の 16% を占めている (図 2.1)。



出所：IEA, “Coal Information”、Barlow Jonker 社資料より作成

図 2.1 利益率別一般炭輸出量の内訳 (1998 年)

これらの事実は輸出量の約半分を供給する石炭企業が十分な利益を上げられずに、不本意ながらその輸出価格を受け入れていることになる。また十分な利益率 (20% 以上) を確保した企業の石炭は 36% と全体の 3 分の 1 強であり、これらの石炭が値下げの余裕を持っており、これらの石炭を持つコスト競争力のある石炭企業が値下げをリードしてきた可能性がある (現段階では仮説として)。もしこの仮説が正しければ、コスト競争力のある一部の石炭企業により石炭価格は決定 (値下げをリ

ード)され、その他の多数の石炭企業は価格上昇の願望を持っているのにも拘わらず、結果的に石炭価格の引き下げの行動を取らざるを得なかった、極言すれば供給側が価格を下げてきたことになる。そしてそのように引き下げられた価格においても利益を確保するために、さらなるコスト削減の努力を進めるという行動を取るようになる。このような行動について以下に検証を進める。

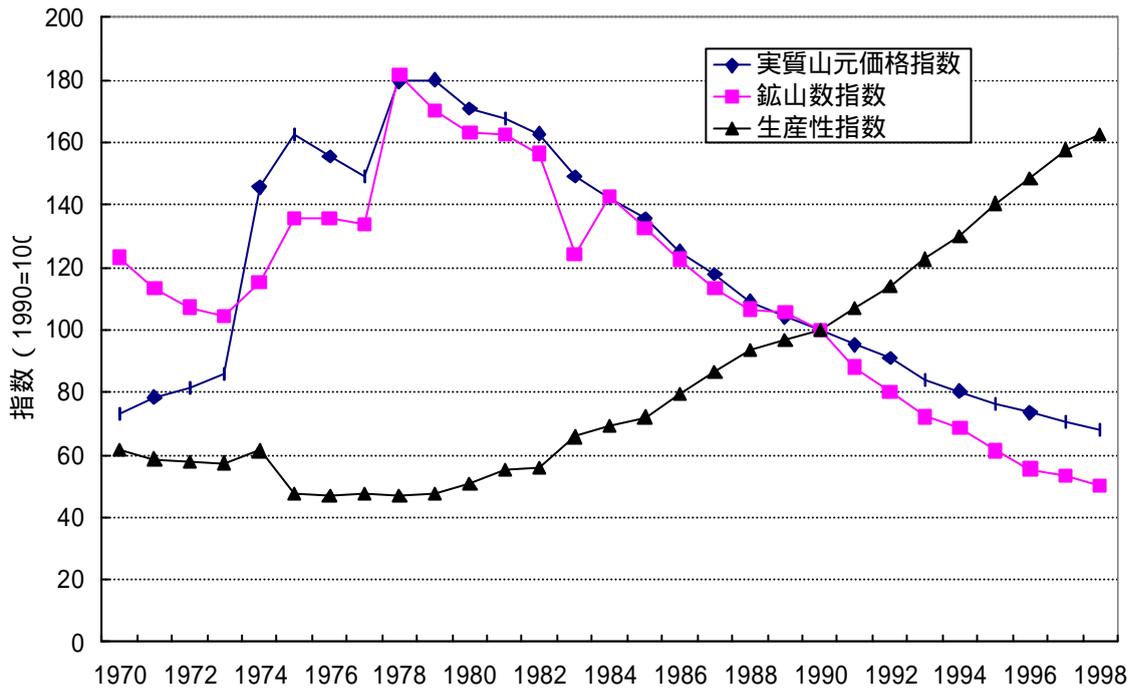
2.2 米国における石炭価格の低下と供給コスト削減の相互作用

米国石炭市場は世界最大級の市場規模を持っていること、国内販売が圧倒的多数を占めていること、輸出価格も国内販売と同様に米国ドル建てであり、価格に対する為替レートの影響がないことから、石炭供給コストと石炭価格の挙動を捉えるには絶好の検討対象となる。石炭供給コストは企業の機密事項でありデータの入手が難しいので、分析に当たってはコストと密接な関係のある労働生産性(生産能率)のデータを用いることにする。人員を削減したり、あるいは生産量を上げたりして、コスト単価を下げることになることから、コストと労働生産性は当然ながら密接な関係となる。Edward J. Flynn、あるいは豪州 Industry Commission、によれば、米国、豪州の石炭鉱山における労務費は山元コストの40~50%を占めており、労務費だけを取り上げてみても生産性の向上によって、その全コストの40~50%に相当する部分のコスト削減に直接つながる。また労働生産性は労働、資本、エネルギー等の全てを含めた全生産性とも密接な関係があり、労働生産性はトータルコストと密接な関係があると言われる。本報告では、生産性とは労働生産性を意味する。

(1) 石炭価格と生産性

石炭生産性と価格の推移を比較のために指数化して示したものが図 2.2 である。同図は米国の1970年から98年までの28年間に亘り、実質山元価格と生産性(年生産量が1万ショートトン以上の全鉱山の平均値)の各指数をプロットしたものであるが、1980年以降一貫して生産性が向上するとともに、実質価格が低下したことを示している。

1990年時に比べると1998年では生産性は62%向上したのに対して、価格の方は実質で32%低下している(表2.1)。



出所：米国、EIA インターネット資料より作成

図 2.2 米国石炭価格、生産性、鉱山数の推移

表 2.1 米国の石炭生産性、山元価格、鉱山数

	生産性		山元平均価格		実質山元平均価格		鉱山数
	st/人/時	tce/人/時	US\$/st	US\$/tce	1990年 US\$/st	1990年 US\$/tce	
1990	3.83	3.01	21.76	27.70	21.76	27.70	3,430
1991	4.09	3.19	21.49	27.53	20.74	26.57	3,022
1992	4.36	3.40	21.03	26.94	19.81	25.38	2,746
1993	4.70	3.62	19.84	25.73	18.25	23.67	2,475
1994	4.98	3.84	19.41	25.20	17.49	22.71	2,354
1995	5.38	4.13	18.83	24.53	16.61	21.63	2,104
1996	5.69	4.37	18.50	24.10	16.00	20.85	1,903
1997	6.04	4.63	18.14	23.66	15.39	20.08	1,828
1998	6.22	4.75	17.67	23.13	14.81	19.38	1,726
1998/1990年比	62%	58%	-19%	-17%	-32%	-30%	-50%

出所：米国、EIA インターネット資料より作成

後ほど述べるように、米国西部地域の垂漚青炭の生産が伸びていることから、米国石炭の平均発熱量は低減傾向にある（図 2.9）発熱量による補正、すなわち石炭換算（tce）にて補正を行うと、1998 / 1990 年比で生産性の向上は 58% および実質価格の低下は 30% となる。

図 2.2 の石炭価格と鉱山の生産効率を表す生産性の間には指数 = 100 を対称軸とする対象関係が明らかにみられ、生産性 $y = f(x) + 100$ とすれば、価格は $y' = -a \times f(x) + 100$ といった負の相関性がみられる。同時に石炭鉱山数の推移を見ると価格とほぼ同じ傾向を示すことから、鉱山数は $y'' = -b \times f(x) + 100$ となる。したがって、石炭価格、生産性、鉱山数には互いに相関関係があり、 a および b の係数を用いることにより次式で表せる。

$\begin{aligned} \text{価格指数} - 100 &= -a \times (\text{生産性指数} - 100) \\ \text{鉱山数指数} - 100 &= -b \times (\text{生産性指数} - 100) \\ \text{価格指数} - 100 &= (a / b) \times (\text{鉱山数指数} - 100) \end{aligned}$

表 2.1 の 1998/1990 年比より、 a および b を求めてみると、おおよそ $a = 0.5$ 、 $b = 0.8$ となる。生産性の向上により、価格は生産向上分の 50% の割合で低減し、生産性向上の 80% 部分は鉱山数の減少と関連づけられる。

石炭供給企業の行動原理として、マーケットによって与えられた価格において利益を増加させるためには、販売数量の増加とコスト削減が必要となることは先に述べた。販売数量（=生産量）の増加およびコスト削減を行うには生産性を向上させることがもっとも効果的であることは自明の理であり、大多数の石炭企業が常に挑戦している重要な課題である。しかし、この生産性を向上させるという行動原理が、各鉱山間の競争をより激しくし、鉱山の淘汰を進め、さらに石炭価格を低下させる作用を持つことになる。

以上のことから、石炭価格、生産性、鉱山淘汰の因果関係を表すと、図 2.3 に示されるような「石炭生産性向上サイクル」なるものが描ける。同図の各ルートを説明すると以下のようなになる。

メインサイクルルート：R

<p>既存の鉱山が利益の拡大を図る結果、コスト削減しつつ販売量を増やす（生産性を上げる） 生産量が増える 供給が増える結果、需給が緩和する（供給の過剰） 価格が低下する さらなるコスト削減が必要（生産性の向上）</p>

鉱山淘汰のルート：R

<p>価格が低下する コスト競争力のない鉱山は閉山となる その結果、生産性の全体平均は向上する</p>

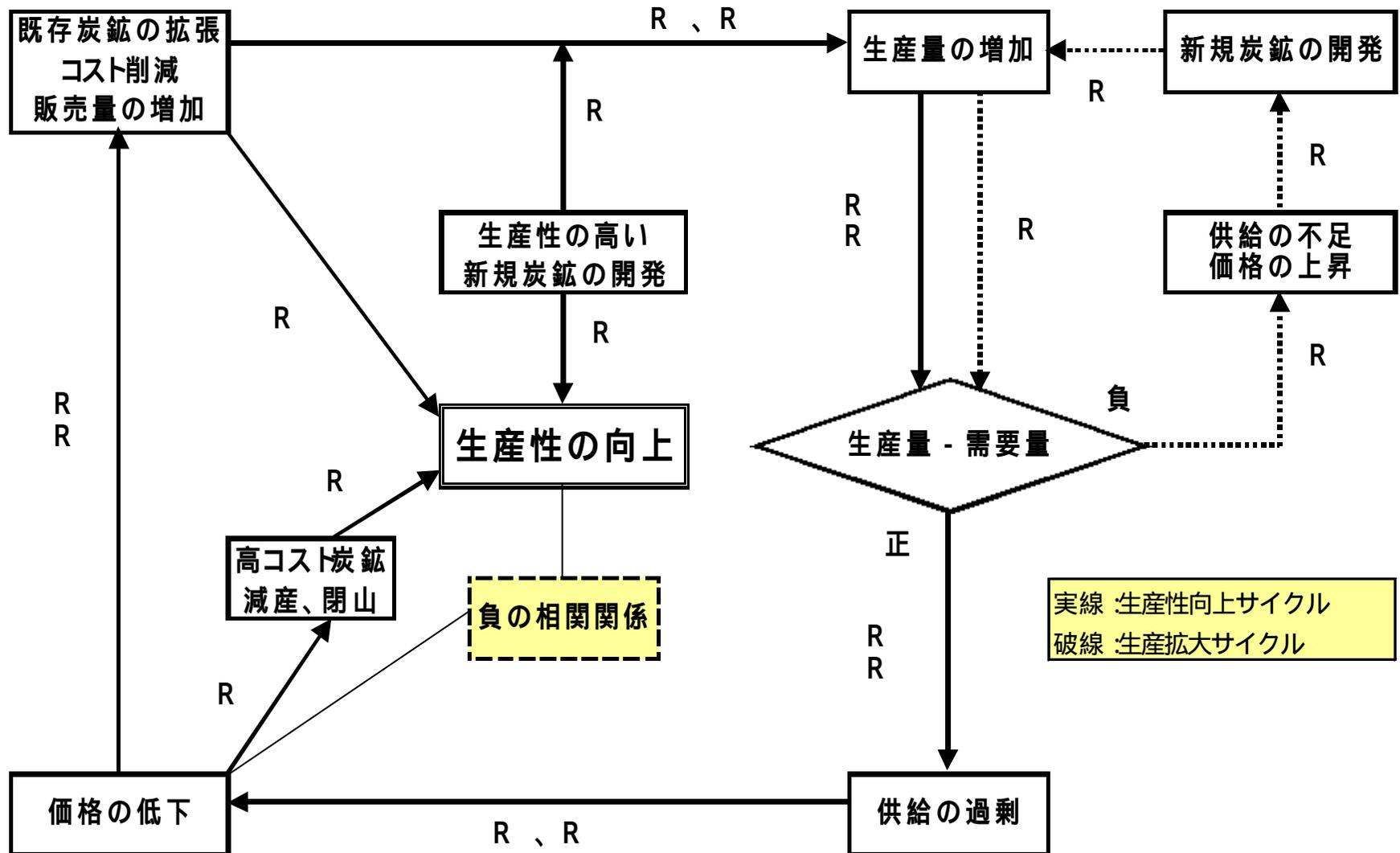


図 2.3 石炭生産向上サイクル (鉱山の淘汰)

新規鉱山の加入ルート：R

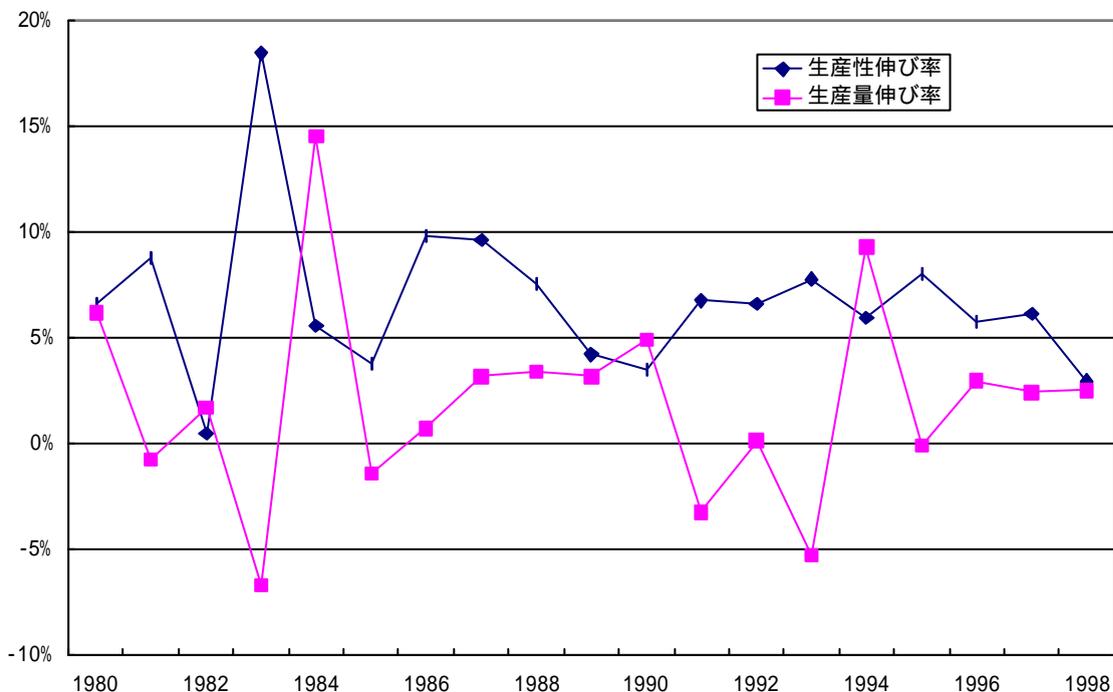
新規鉱山の加入条件：低価格でも利益を確保できる優良鉱山（生産性の向上） 生産量が増える
供給が増える結果、需給が緩和する（供給過剰） 価格が低下する さらなるコスト削減が必要（生産性の向上）

生産拡大ルート：R

需要が供給を上回るケースで、需給がタイト 価格は上昇 新規鉱山の開発 生産の拡大（この様な場合、生産性向上サイクルは形成されない）

このルートR ~ R による生産性向上のサイクルが完成するか否かの分岐点は、需給が緩和あるいは逼迫のいずれの状態にあるかいかんであるが、1980～1998年において米国の生産性は222%も伸びているのに対し、生産量は35%の伸びに過ぎない。

また図2.4に各年の生産性の伸び率と生産の伸び率を示すが、1980～1998年の間に生産量の伸びが生産性の伸びより上回った年は18年間で4回に過ぎず、他の14回はいずれも下回っている。したがって、生産性が伸びた分を生産量の伸びで吸収できずに供給過剰となり、その結果、石炭価格が低下し、そしてコスト競争力のない鉱山の閉山（鉱山の淘汰）を招くことになる。



出所：米国、EIA インターネット資料より作成

図2.4 米国の石炭生産性および生産量の伸び

この生産性向上サイクルは需給が緩和している限り続くことになるが、米国ではこのサイクルが過去 20 年来続いていると思われる。

この生産性向上サイクルが停止するのはレート による石炭需給が逼迫する時であり、需要（生産量）の伸びが生産性の伸びを上回る必要があるが、その可能性の検討については後節（2.4）に譲る。

(2) 鉱山淘汰の実態

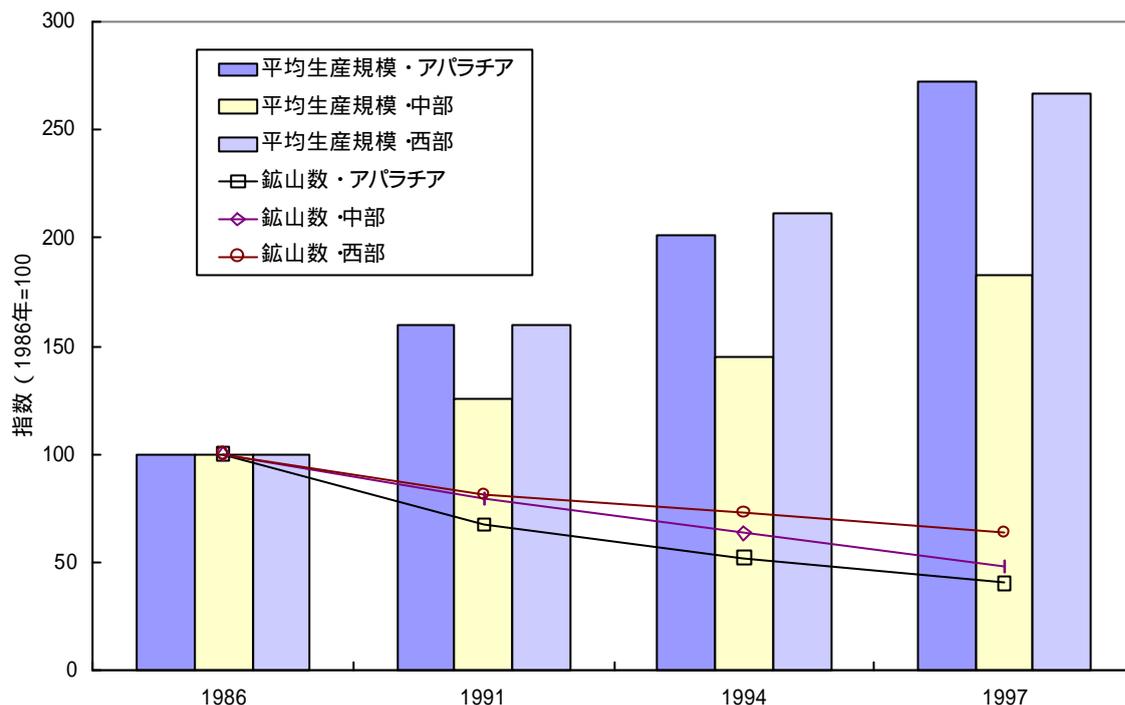
米国では1980年代より今日に至るまで、上記の石炭生産性向上サイクル（鉱山の淘汰）が繰り返されてきたが、鉱山の淘汰の実態をみてみよう。生産量が増える一方で、鉱山数が減少していることは、当然のことながら1鉱山当たりの生産量が増えていることである。

図2.5は全米国をアパラチア地域、中部地域、西部地域の3地域に分けて、鉱山数および鉱山の平均生産規模の推移を指数で示したものである。同図によれば鉱山数の減少率（鉱山淘汰率）がもっとも大きかったのはアパラチア地域であり、その結果生産規模の増加率もやはり同地域が最大となっている。西部地域は鉱山数の減少率は低いが、生産規模の増加率はアパラチア地域と近いレベルとなっている。

アパラチア地域は表2.2に示すように、3地域の中では生産量も鉱山数も共に多い。しかし、1986年と1997年の増減比をみると、アパラチア地域が鉱山数を59.8%減ともっとも減らしており、続いて中部地域（52.4%減）、西部地域（36.4%減）となっている。

同じく生産量の増減をみると、西部地域が70.2%増ともっとも生産を伸ばしており、続いてアパラチア地域の22.5%増、中部地域では13.2%減と生産を減らしてきている。

西部地域の鉱山数が77鉱山（1997年）であるの対し、生産量がほぼ同レベルであるアパラチア地域では1,602鉱山と約20倍の鉱山が存在する。



出所：米国、EIA インターネット資料より作成

図 2.5 米国の鉱山数と 1 鉱山当たりの生産量の推移

表 2.2 米国の石炭鉱山数および生産量

		1986	1991	1994	1997	1997/1986
全米	鉱山数	4,424	3,022	2,354	1,828	-58.70%
	生産量 (百万ショートトン)	890	996	1,034	1,090	22.50%
	平均生産規模 (百万ショートトン)	0.201	0.330	0.439	0.596	196.40%
アパラチア地域	鉱山数	3,990	2,676	2,068	1,602	-59.80%
	生産量 (百万ショートトン)	429	458	445	468	9.10%
	平均生産規模 (百万ショートトン)	0.108	0.171	0.215	0.292	171.71%
中部地域	鉱山数	313	248	198	149	-52.40%
	生産量 (百万ショートトン)	197	195	180	171	-13.20%
	平均生産規模 (百万ショートトン)	0.629	0.786	0.909	1.148	82.34%
西部地域	鉱山数	121	98	88	77	-36.40%
	生産量 (百万ショートトン)	265	343	408	451	70.20%
	平均生産規模 (百万ショートトン)	2.190	3.500	4.636	5.857	167.44%

出所：米国、EIA インターネット資料より作成

アパラチア地域は良質の原料炭および一般炭を生産し、表2.3に示されるように価格が相対的に高いため小規模鉱山でも採算が取れることから、生産規模の小さい鉱山が多い。しかし価格の低下が進むと同時に、鉱山の淘汰は急速に進んでいる。

西部地域ではパウダーリバーベースン地区の亜瀝青炭の大規模生産が大半を占めているために、西部地域の価格が安くなっているが、価格の低下率をもっとも大きいことにも注目される。生産の伸びと共に価格が下がるという米国石炭市場の特徴をもっとも顕著に現れている。

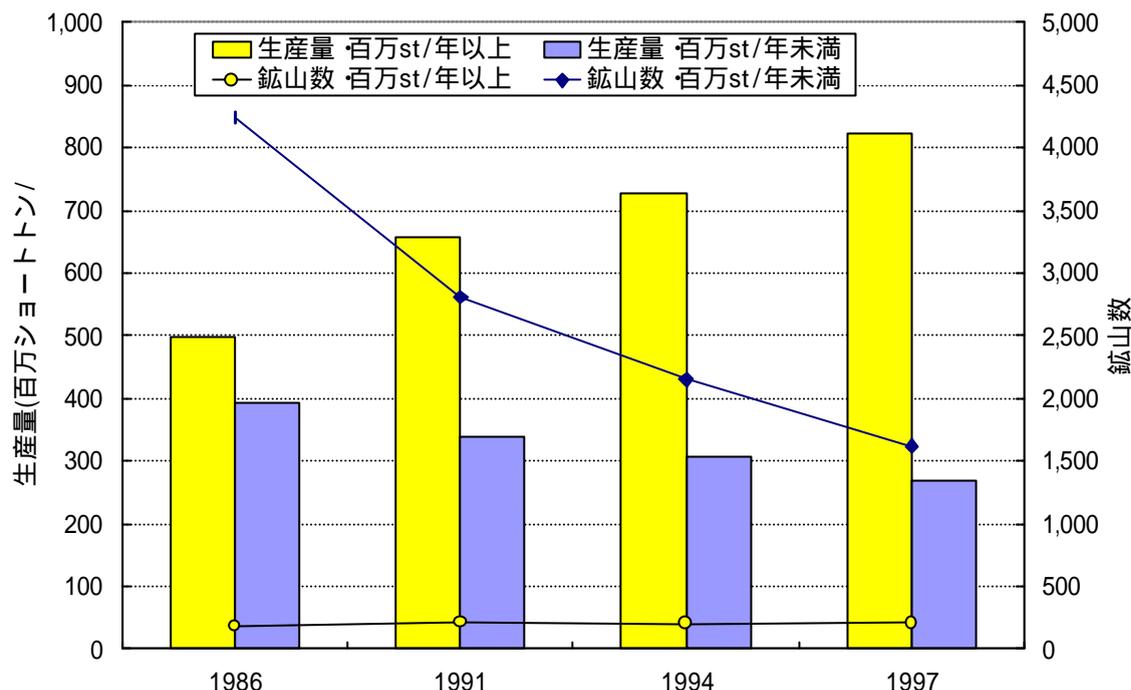
表 2.3 米国の地域別石炭価格 (US\$/t)

	1989	1994	1995	1996	1997	1998	伸び率 1998/1989
アパラチア地域	28.74	27.36	27.45	26.78	26.55	26.85	-7%
中部地域	21.31	19.87	18.81	18.41	17.91	18.45	-13%
西部地域	12.12	10.57	10.15	10.03	9.52	8.76	-28%
全米	21.82	19.41	18.83	18.5	18.14	17.67	-19%

出所：EIA インターネット資料

(3) 鉱山生産規模の動向

全体の鉱山数は減ってきていることは前述の通りであるが、生産規模別にみると、全体の流れとは異なってくる。図 2.6 に示すように、生産規模を年産百万ショートトン以上とそれ以下に分けてみると、年産百万ショートトン以上の鉱山数は 1986 年から 1997 年までに 180 から 208 と徐々に増加している。いっぽう、年産百万ショートトン未満の鉱山数は同期間で 4,244 から 1,620 まで激減している。年産百万ショートトン以上の鉱山で生産される石炭量は 1986 年から 1997 年までに 49,700 万ショートトンから 82,240 万ショートトンに伸びているのに対し、年産百万ショートトン未満の鉱山では同期間において、39,330 万ショートトンから 26,760 万ショートトンに減少している。



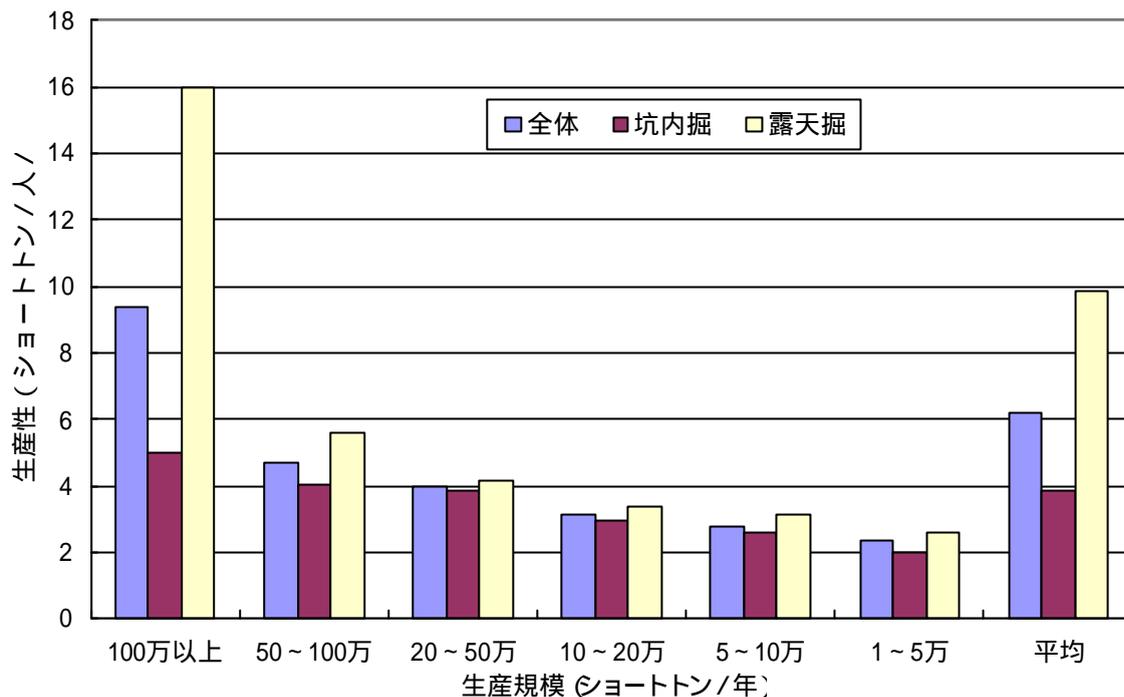
出所：米国、EIA インターネット資料 より作成

図 2.6 米国の石炭生産規模別鉱山数および生産量の推移

図 2.7 には 1997 年における鉱山の生産規模別の生産性を示した。年産 100 万ショートトン以上の鉱山の生産性は、年産 100 万ショートトン未満の鉱山のそれを圧倒的に上回っている。したがって、米国では鉱山の淘汰が進む中で、生産性の面で圧倒的の優位にある大規模鉱山は勝ち組となり、鉱山数を徐々に伸ばし、そこから生産される石炭合計量を鉱山数の伸び率以上に伸ばしている。それに対し、生産性の面で不利な小規模鉱山は負け組となり、鉱山数は激減し、そこから生産される石炭合計量も減らしてきている。

(4) 生産地域のシフトによる価格低下

西部地域の石炭生産が伸びていることは先に述べた通りであるが、品質別に石炭生産量をみると、1998 年の西部炭生産量 48,900 万ショートトンの 79% は亜瀝青炭となっている。西部地域の亜瀝青炭生産量 38,600 万ショートトンの内、81% に相当する 31,100 万ショートトンはワイオミング州から生産されたものである。ワイオミング州の生産量の 99% は亜瀝青炭となっている（表 2.4）



出所：米国、EIA インターネット資料より作成

図 2.7 石炭の生産規模別生産性 (1997 年)

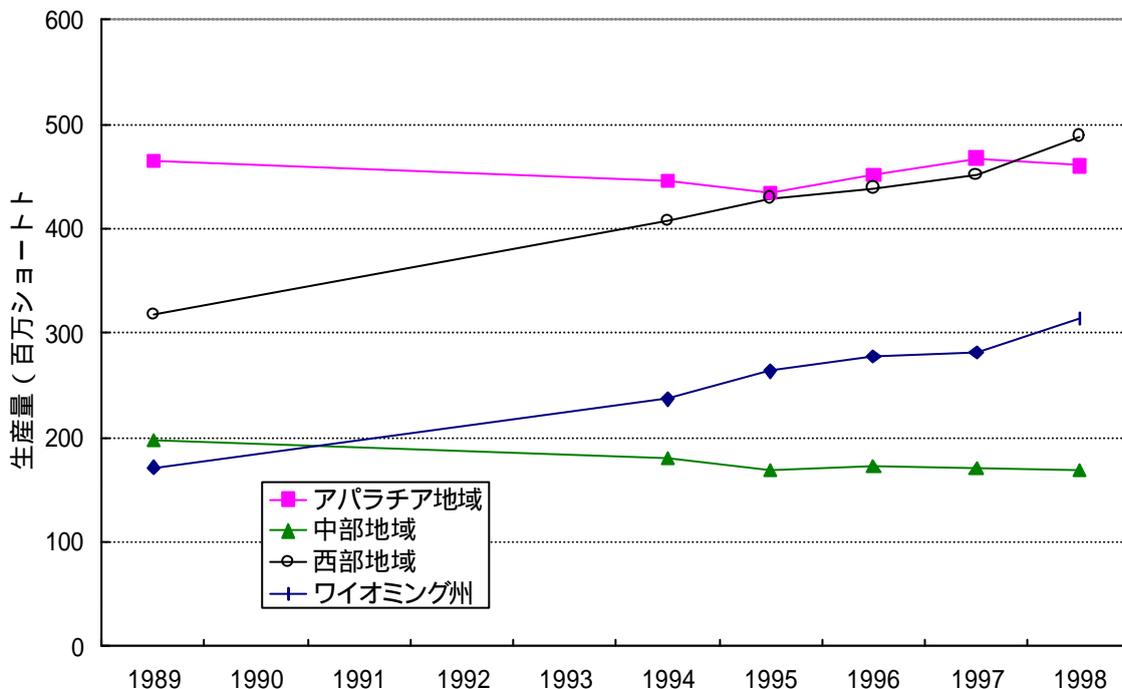
表 2.4 ランク別石炭生産量 (1998 年)

		瀝青炭	亜瀝青炭	褐炭	無煙炭	合計
全米	生産量	640	386	86	5	1,118
	構成比(%)	57%	35%	8%	0%	100%
アパラチア地域	生産量	455			5	460
	構成比(%)	99%			1%	100%
中部地域	生産量	113		56	0	168
	構成比(%)	67%	0%	33%	0%	100%
西部地域	生産量	72	386	30		489
	構成比(%)	15%	79%	6%		100%
内ワイオミング州	生産量	3	311			314
	構成比(%)	1%	99%			100%

生産量：百万ショートトン

出所：米国、EIA インターネット資料より作成

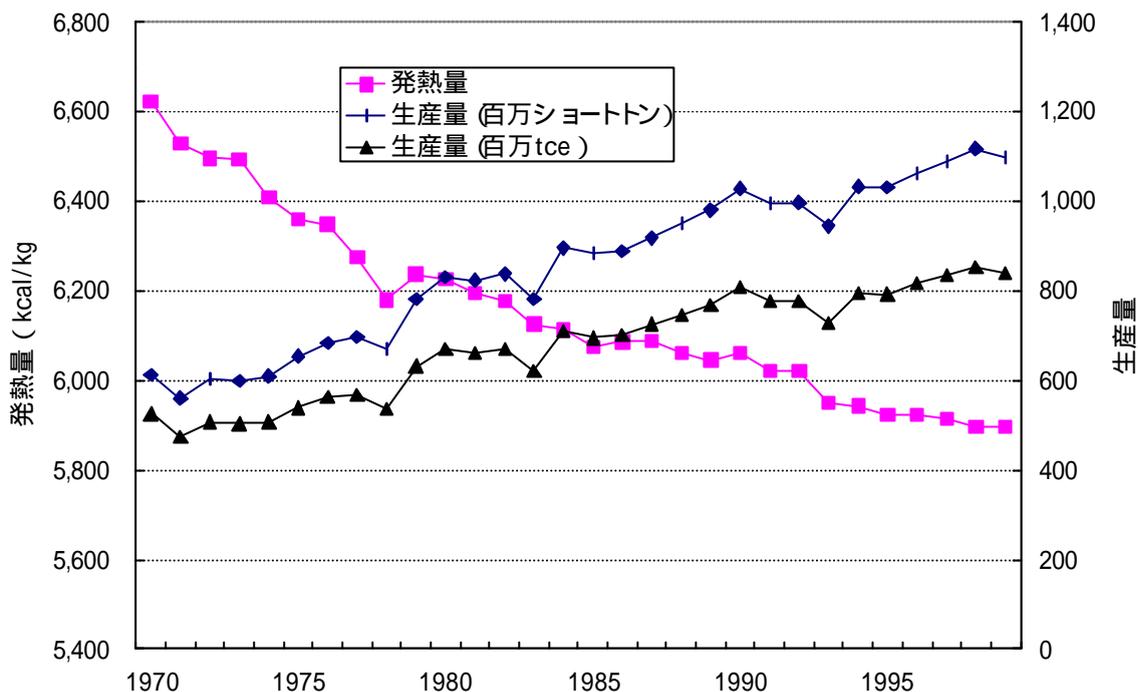
図2.8は米国の地域別生産量およびワイオミング州の生産量の推移を示したものであるが、西部地域の生産量の堅調な伸びはワイオミング州（パウダーリバーベーズン）の亜瀝青炭の生産の伸びによることが明らかである。



出所：米国、EIA インターネット資料より作成

図 2.8 米国の地域別石炭生産量の推移

ワイオミング州の発熱量の低い亜瀝青炭の生産量が相対的に伸びていることは、全米で生産された石炭の平均発熱量にも影響を与えている。図2.9によれば米国石炭の平均発熱量は年々、低下をしており、1970年代の初期には全水分ベース (as shipped basis) で6,500kcal/kgを越えていたが、1972年には6,500 kcal/kgを下回り、1993年には6,000 kcal/kgを下回っている。このような事実から、発熱量等価ベースでみると米国の石炭生産量および生産量は下方修正され、また石炭価格は上方修正される (表2.1 参照)。



出所：米国、EIA インターネット資料より作成

図 2.9 米国炭の平均発熱量（全水分ベース）の推移

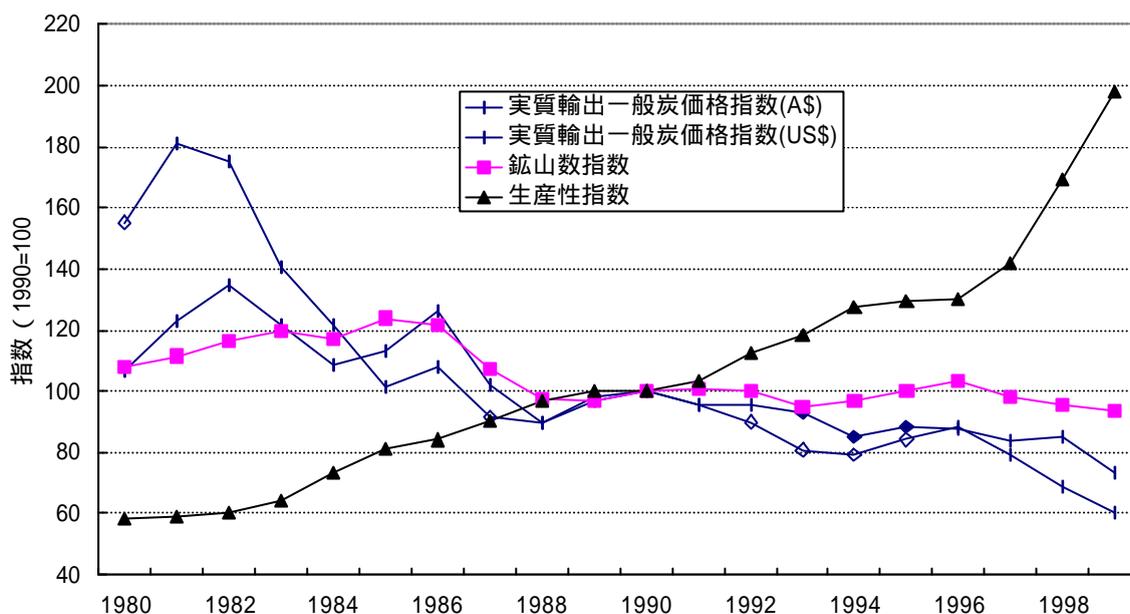
2.3 豪州における石炭価格の低下と供給コスト削減の相互作用

前節において、米国の石炭市場では生産性の向上が石炭価格および石炭投資に大きな影響を与えていることが明らかとなった。以下に豪州の石炭市場についても検討を進める。

(1) 石炭価格と生産性

石炭生産性と価格の推移を指数化して示したものが図2.10である。豪州では原料炭の輸出は1960年代に始まっているが、一般炭の本格的輸出が始まった1982年以降に注目すれば、生産性の向上は目覚ましく、1995年以降とくに顕著となっている。1990年から1999年にかけて、生産性は倍増している（表2.5）。

実質の石炭輸出価格は1981年ないし1982年をピークとし、その後、短期的には変動がみられるが、長期的には低下を続けている。1999/1990年比でみると、米国ドルベースで、39%減、豪州ドルベースで27%減となっている。豪州ドルの米国ドルに対する為替レートは長期的に低下していることから、豪州ドルベースの石炭価格は米国ドルベースに比べて、低下の割合が少ない。これは通常、コストを豪州ドルベースで計上する豪州石炭企業にとって、経済的に有利な点である。



出所：JCB，“Australian Black Coal”等より作成

図 2.10 豪州石炭価格、生産性、鉱山数の推移

表 2.5 豪州の石炭生産性、一般炭輸出価格、鉱山数

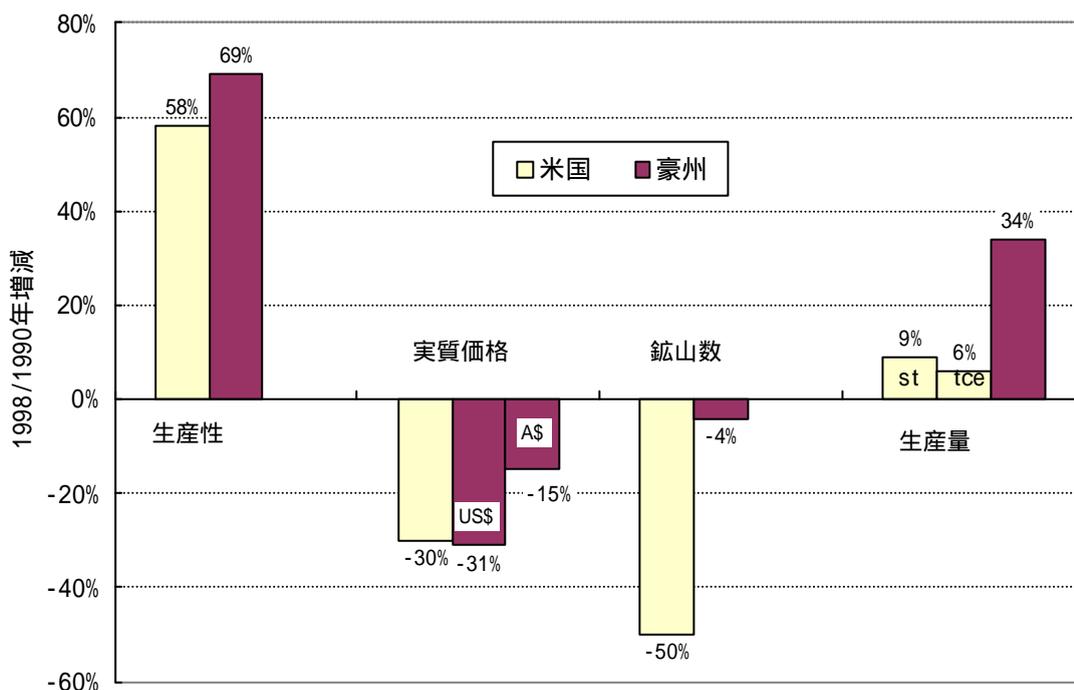
	生産性	一般炭輸出平均価格		同左（1990年価格）		鉱山数
	トン/人/時	A\$/トン	US\$/トン	A\$/トン	US\$/トン	
1990	3.10	49.35	38.52	49.35	38.52	121
1991	3.21	48.59	37.85	47.25	36.81	122
1992	3.49	49.20	36.13	47.24	34.69	121
1993	3.68	48.60	33.05	45.80	31.15	115
1994	3.95	44.71	32.69	41.88	30.62	117
1995	4.02	47.71	35.37	43.75	32.43	121
1996	4.03	48.33	37.82	43.41	33.97	125
1997	4.41	46.54	34.54	41.23	30.60	119
1998	5.25	47.88	30.11	42.14	26.49	116
1999	6.15	41.16	26.57	36.15	23.34	113
1998/1990年比	69%	-3%	-22%	-15%	-31%	-4%
1999/1990年比	98%	-17%	-31%	-27%	-39%	-7%

出所：JCB，“Australian Black Coal”等より作成

豪州の石炭鉱山数は 1985 年に最高の 150 を数えたが、その後徐々に低減し 1999 年では 113 鉱山となっている。1999/1990 年比で見ると、7% 減となっている。

生産性、実質価格、鉱山数の増減を 1990~1998 年において、米国と豪州間で比較すると、図 2.11 のようになる。同図では米国の数値は発熱量低下の影響を除くために、石炭換算 (tce) ベースの生産性および価格、また価格において米国では山元価格、豪州では輸出一般炭価格 (FOB) を採用している。

生産性の伸びは豪州が 69% と米国を 11% 上回っている。石炭価格は約 30% の減少率で、ほぼ同じであるが、豪州ドルベースでは米国の半分である 15% の減少率となっている。鉱山数では米国が 50% 減少しているのに対し、豪州ではわずか 4% 減となっている。豪州では 1990 年の生産量が 16,299 万トンであるのに対して、1998 年では 21,947 万トンと 34% 伸びている。一方、米国では同期間の生産量の伸びは 9% (tce ベースでは 6%) に過ぎない。以上のことから、豪州と米国の大きな相違点は鉱山数の減少率、生産量の伸び率にあると言える。

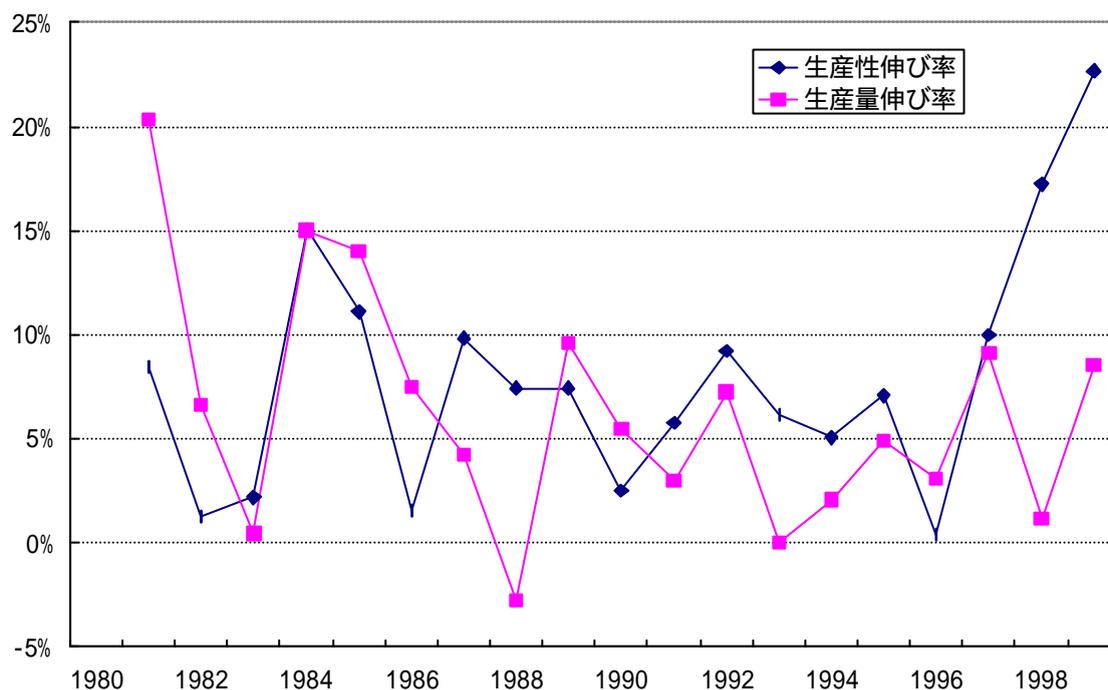


出所：表 2.1、表 2.5、図 2.9 より作成

図 2.11 1990 ~ 1998 年の増減における米国と豪州の比較

豪州における 1981 年以降の生産性および生産量の伸びを図 2.12 に示した。1980 年代では生産量の伸びが生産性の伸びを上回っている年が 5 回、一方下回っている年が 4 回である。1980 年~1989 年にかけて生産性は 84.9% 伸びたのに対し、生産量の方は 102% 伸びており、このような状況においては生産性の伸びが全て生産の伸びに向けられたとしても、なおかつ生産量が不足することになる。

その不足分は新たな鉱山開発によって補われることになるが、これが豪州にて 1980 年代に鉱山数が増えた主な原因であると思われる。1990 年代になると生産量の伸びが生産性の伸びを上回っている年が 2 回、一方下回っている年が 8 回となる。1990 年～1999 年にかけて生産性は 119%伸びており、同期間の生産量の伸び率 46%を圧倒的に上回っている。このような状況では生産性の伸びを生産量の伸びで全て吸収できず、人員の削減さらには鉱山の閉山へとつながっていく。これが 1990 年代に鉱山数が減り始めた大きな要因と思われる。とくに 1996 年以降にこの傾向が顕著となっていることは今後の豪州炭の動向に大きな影響を与えるだろう。



出所：JCB, “ Australian Black Coal ” より作成

図 2.12 豪州の石炭生産性および生産量の伸び

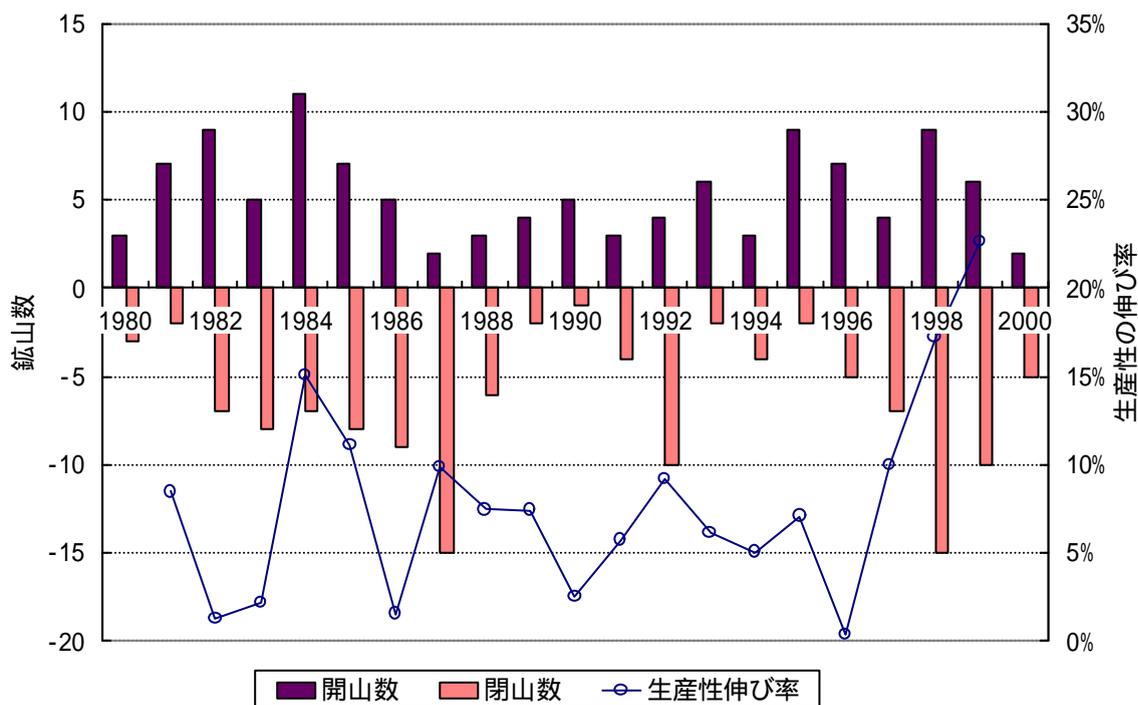
(2) 鉱山淘汰の実態

米国では生産性向上サイクルが鉱山の淘汰をもたらしたことは前節で述べたとおりであるが、豪州でも同じことが言えるだろうか。

1980 年代は生産性の伸び以上に需要 (= 石炭生産量) が伸びたために、図 2.3 のルート R による生産拡大サイクルが選択され、また生産量の増加が供給の過剰に繋がらないことからルート R から R による生産性向上サイクルの選択の余地は限られる。また石炭価格は米国ドルベースでは下がっているが、豪州ドルベースでは下がっていないことからコスト削減への推進力があまり働かず、その結果、高コストの競争力に乏しい鉱山の閉山も進まなかったと思われる。

1990年代になると生産性の伸びが生産量（需要）の伸びより勝っていること、とくに1996年以降は鉱山数の減少および価格の低下が進んでいることから、米国にみられる生産性向上サイクルに突入した可能性があると思われる。ただし、同時期に豪州ドル安が一段と進んでおり、価格低下が緩和されていることから、米国ほどサイクルを形成する推進力は強くないであろう。

先に述べたとおり、豪州では鉱山数の減少の程度が米国に比べて小さいが、各年毎の開山および閉山について注目すると図2.13のようになる。1980年以降で開山が多かった年は1984年(11鉱山)、1982年、1995年、1998年(各9鉱山)で、いっぽう閉山が多かった年は1987年と1998年(各15鉱山)、1992年と1999年(各10鉱山)である。閉山の多い年、すなわち1987年、1992年、1998年、1999年には生産性が伸びていることから、生産性の低い鉱山が閉山していることになる。全体の鉱山数の変化が小さい中で、1996年以降に生産性は急速に向上しているが、同時に鉱山の淘汰は着実に進んでいる。1998年には全鉱山数の21%に相当する24鉱山が開山(9鉱山)あるいは閉山(15鉱山)している。



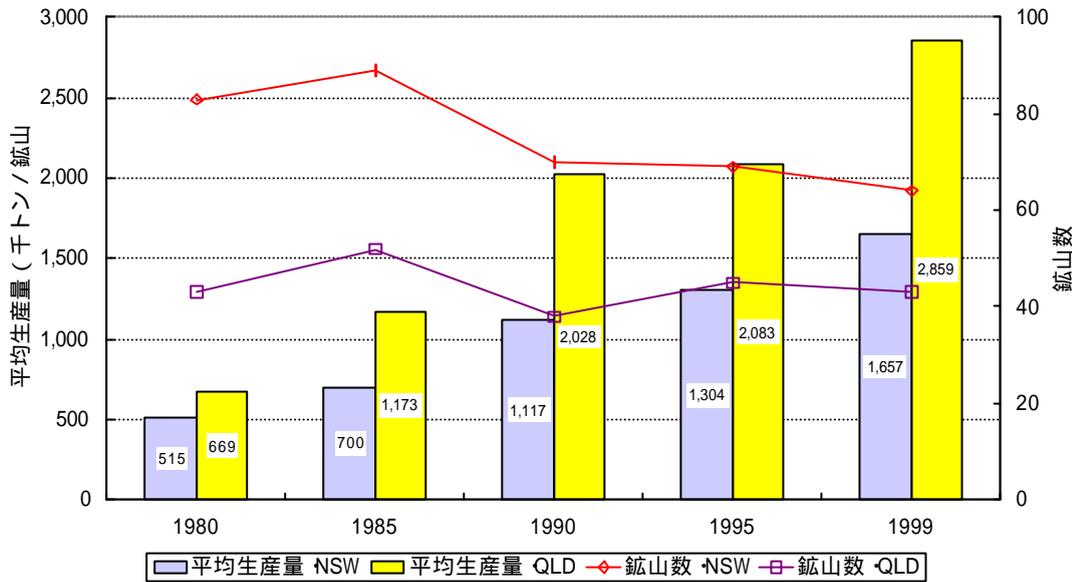
出所：NSW Mineral Resources ,JCB および QLD ,DME 調査資料より作成

図 2.13 豪州石炭鉱山の増減

(3) 鉱山生産規模の動向

豪州の一鉱山当たり平均生産量の推移を図2.14に示した。1980年から1999年の間にニューサウスウェールズ州の平均生産量は51.5万トンから165.7万トンと3.2倍に拡大し、同じくクィーンズ

ランド州では 66.9 万トンから 285.9 万トンと 4.3 倍に拡大している。

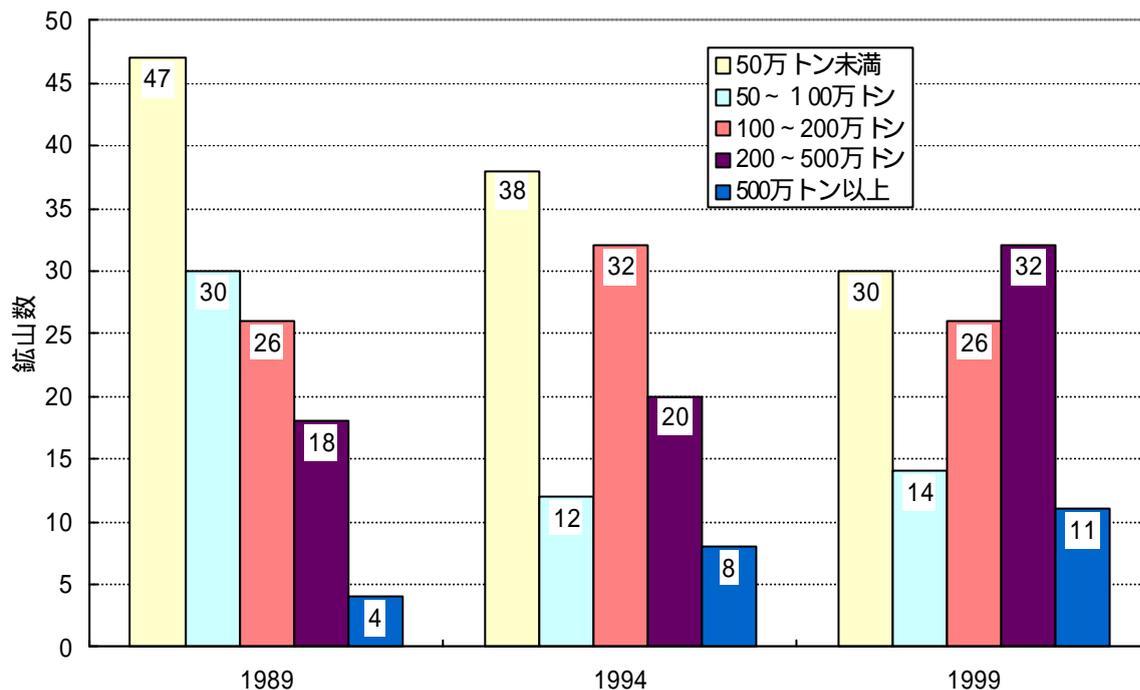


出所：JCB, “ Australian Black Coal ” より作成

図 2.14 豪州の石炭平均生産量の推移

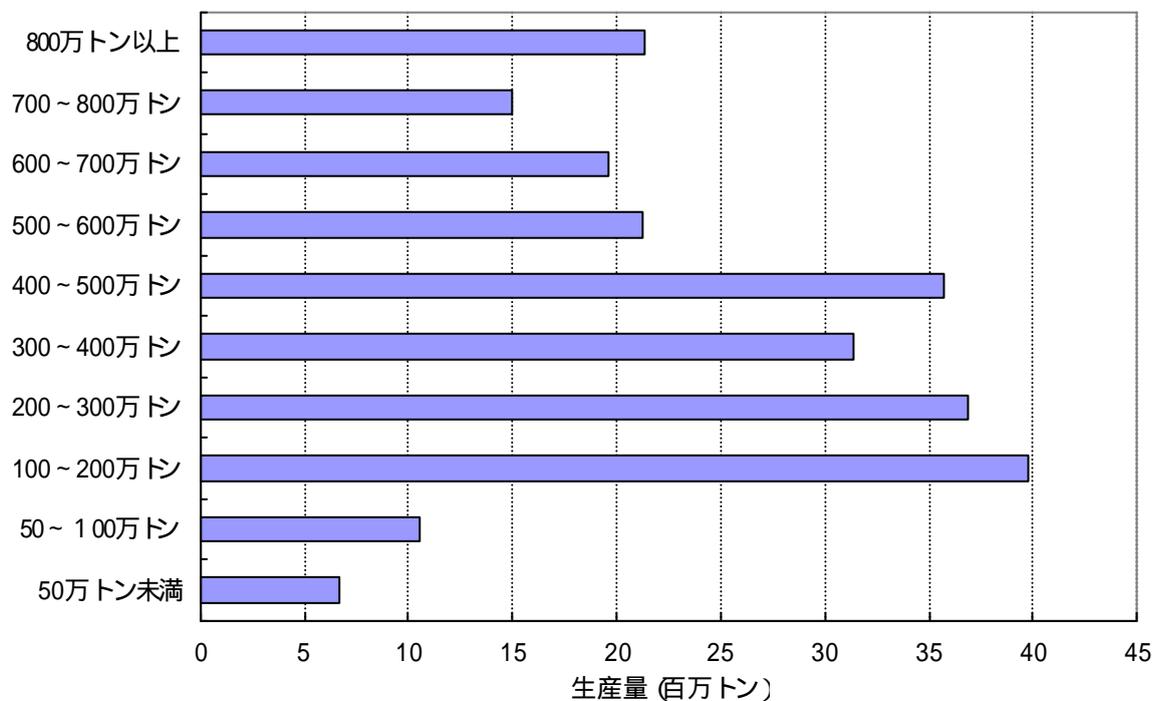
生産規模別に鉱山数の推移をみると、図 2.15 のようになる。1989 年から 1999 年の 10 年間において、生産規模が年産 100 万トン未満の鉱山は減ってきている。100 万トン～200 万トン規模の鉱山は増えたり、減ったりの平衡状態である。200 万トン以上の鉱山は増え続けている。淘汰の進んでいるのは米国と同様に年産 100 万トン未満の鉱山と言える。

1999 年における生産規模別生産量の合計を図 2.16 に示す。生産量規模が 100 万から 200 万トンの鉱山から生産される石炭がもっとも多く、ついで 200 万～300 万トン、400 万～500 万トン、300 万～400 万トンの順となっている。全米の一鉱山当たりの平均生産量は 1998 年で 67 万トン、同じく西部地域の一鉱山当たりの平均生産量は同年で 607 万トンである。同年の西部地域の鉱山数は 73 鉱山であり、そこから生産される石炭量の合計は 48,800 万ショートトン (= 44,300 万トン)。一方豪州の 1999 年の全生産量は 23,800 万トン、鉱山数は 113 鉱山、そして一鉱山当たりの平均生産量は 211 万トンとなっている。豪州の平均生産量は 1988 年の全米平均を大幅に上回っているが、米国西部地域に比べて、半分以下となっている。同じく全生産量では米国西部地域の約半分、鉱山数では 50% 以上多い。これらの数字が示すところによると、豪州は米国西部地域と比べてまだ鉱山淘汰の余地が大きい可能性がある。



出所：JCB, “Australian Black Coal” より作成

図 2.15 豪州炭の生産規模別鉱山数の推移



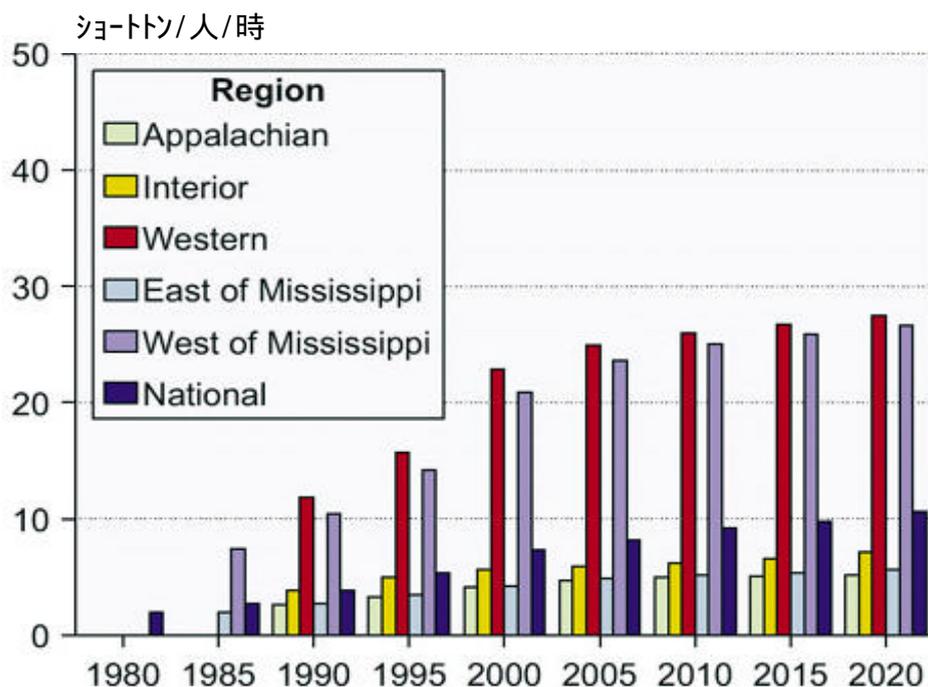
出所：JCB, “Australian Black Coal” より作成

図 2.16 1999 年における豪州炭生産規模別生産量

3. 今後の石炭生産性の見通し

3.1 米国

米国 E. J. Flynn の報告 によれば、米国の石炭生産性は図 3.1 および表 3.1 に示すように 2020 年まで一貫して伸びていくと予測している。また 1998 年から 2020 年までの全米の生産性の伸び率は 2.3% となっている。



出所：米国、AE02000 National Energy Modeling System

図 3.1 米国石炭生産性の予測

表 3.1 米国石炭生産性の予測

(単位：ショートトン/人/時)

石炭生産地域	1998	2020	平均伸び率 (%/年)
アパラチア地域	3.91	5.19	1.3
中部地域	5.59	7.15	1.1
西部地域	19.58	27.42	1.5
全米計	6.47	10.61	2.3

出所：米国、AE02000 National Energy Modeling System

同報告では生産性が今後も伸びる要因として、以下の技術的進歩を指摘している（表3.2）

表3.2 米国の石炭生産性向上要因

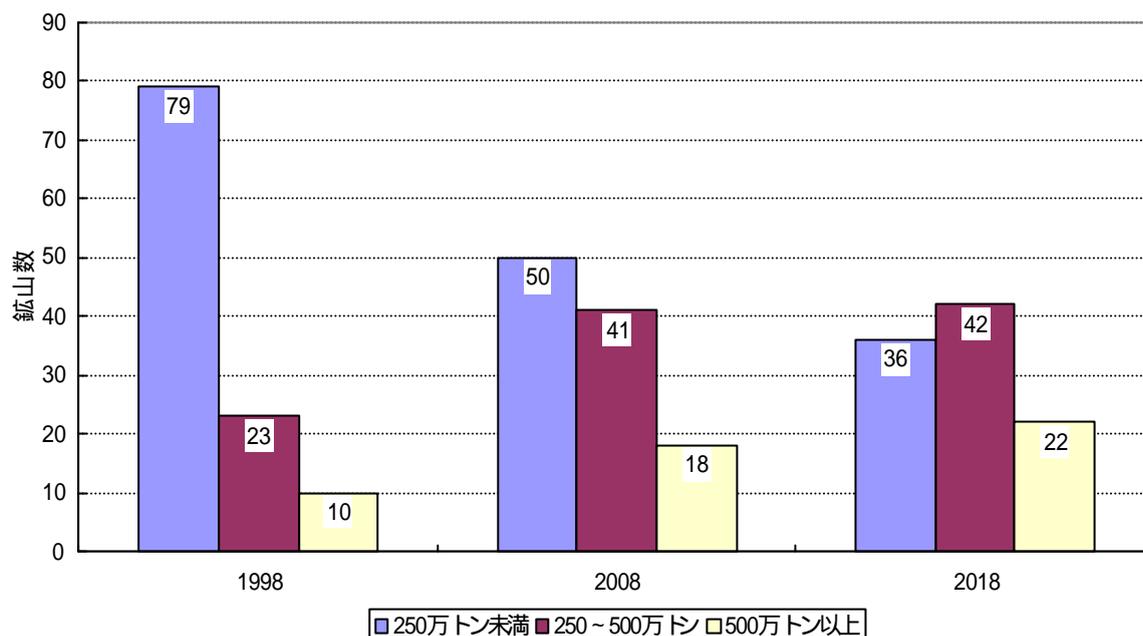
坑内掘	<p>モーターの大型化によるロングウォール掘削機、コンティニュースマイナーの改良</p> <p>切羽の幅およびパネル長さの拡大</p> <p>掘削機のカット深さの増加</p> <p>柱房採炭からロングウォール採炭へのシフト</p> <p>コンベアモーターの大型化によるベルト幅の拡大</p>
露天掘	<p>ドラッグライン、ショベルの大型化および性能向上</p> <p>トラックの大型化および走行速度の向上</p> <p>発破能力および発破方法の向上</p>
モニタリング 自動化	<p>センサーの改良およびコンピューター管理による機器の稼働率上昇</p> <p>コンピューターによる自動化および制御の精度向上</p> <p>人工衛星トラッキングを使った機器利用率の向上</p>
鉱山計画	<p>鉱山管理コンピューターソフトの改良</p> <p>人工衛星による地図作製</p> <p>採掘計画の迅速化</p>
新技術の導入	<p>新技術の研究開発</p>

出所：E. J. Flynn より作成

米国、EIA, Annual Energy Outlook 2001によれば米国の石炭生産量は1999年から年率0.9%で伸びていき、2020年には133,100万ショートトンに達するとしている。また同期間の山元平均価格の伸びは年率-1.4%となり、2020年では13.31\$/st(1999年価格)まで下がるとしている。今までに本報告にて検証を進めてきたように、価格が低下するとの予測は生産性の伸び(=2.3%ただし、AE02000のデータ)が生産の伸び(=0.9%)を上回っていることが、大きな要因と思われる。

3.2 豪州

豪州、Robert D. Humphris の報告によると、今後20年間に亘って、クィーンズランド州を中心にロングウォール鉱山および大型露天掘り鉱山が増え、生産量も増えていくと予測している。その一方で、鉱山数は2018年までに豪州全体で100鉱山まで減少を続けるが、とくに生産規模が年産能力250万トン未満の鉱山数の減少が顕著となる(図3.2)、しかし年産能力250万トン以上の鉱山数はさらに増えていくと予測している。



出所 : Robert Humphris より作成

図 3.2 豪州石炭の生産規模別鉱山数の見通し

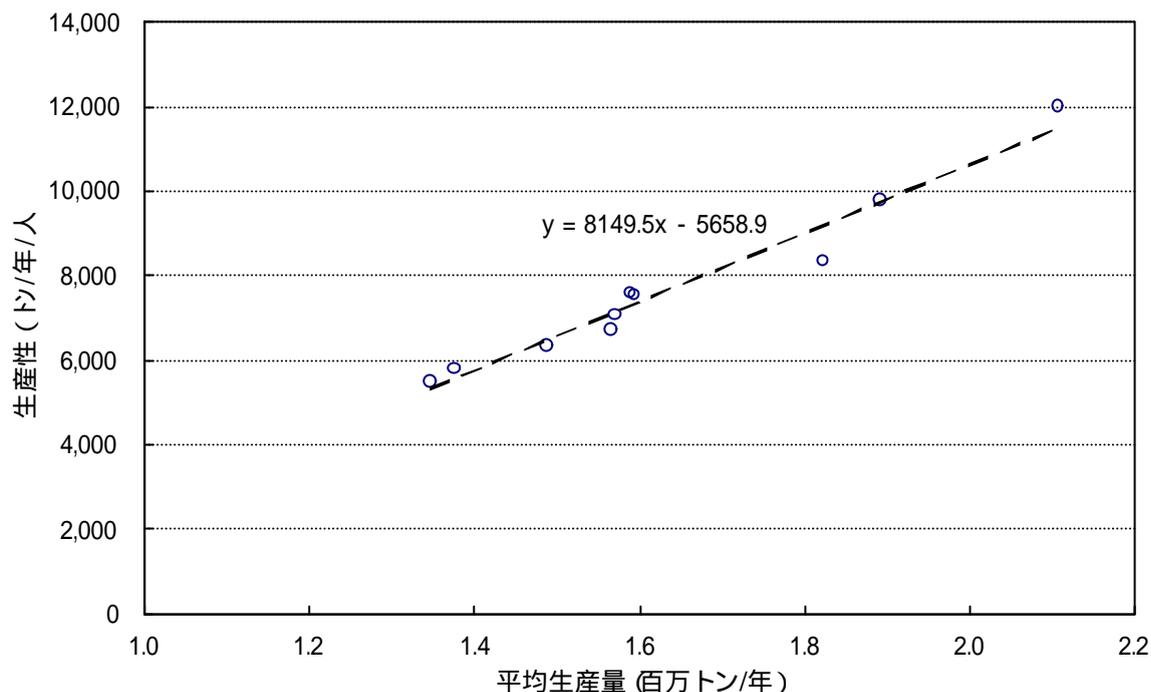
同報告のデータを基に豪州の平均生産能力を求めると、2008 年で 290 万トン / 年、2018 年で 322 万トン / 年となる (表 3.3)。

1990 年から 1999 年間の平均生産量と生産性の相関関係を回帰分析にて求めると (図 3.3)、次の回帰式が得られる。

$$\text{生産性(トン / 年 / 人)} = 8,149.5 \times \text{平均生産量(百万トン / 鉱山)} - 5,658.9$$

本式より、2008 年および 2018 年における生産性を求めると、2008 年では 17,967 トン / 年 / 人、2018 年では 20,582 トン / 年 / 人となる。また 1999 年から 2018 年までの生産性の伸び率は 2.9% となる (表 3.3) 。

また米国の生産性伸び率 (= 2.3%、表 3.1) に比べてみても、豪州にとって 2.9% の伸び率は達成可能と思われる。



出所：JCB, “Australian Black Coal” より作成

図 3.3 豪州炭の平均生産量と生産性の関係

表 3.3 豪州石炭生産性の見通し

	生産能力* (百万トン/年)	鉱山数	平均生産能力* (百万トン/年/鉱山)	生産性 (ト/年/人)
1999 年 (生産実績)	238	113	2.11	12,010
2008 年	318	109	2.9	17,967
2018 年	322	100	3.22	20,582
2018/1999(伸び率)		-0.6%	2.2%	2.9%

*) 1999 年については生産能力ではなく生産量の実績値

出所：Robert Humphris (前出) 等の資料より作成

IEA、Coal Information 2000 による豪州の石炭生産見通しによると、1999 年から 2015 年にかけて年率 1.8% で伸び、2015 年には石炭換算 26,150 万トンになると予想している。また米国 EIA、International Energy Outlook 2001 によれば、豪州炭の 2020 年における輸出量の見通しは 27,110 万ショートトンで、1999 年からの平均伸び率は 1.7% と報告されている (表 3.4) いずれにしても表 3.3 にて求められた豪州の生産性見通しの伸び率 (= 2.9%) が、同国の石炭生産量あるいは輸出見通しにおける伸び率を上回っていることになり、この様な生産量および生産性の各伸び率に基づ

けば、今後の豪州炭の安定供給は十分達成可能と思われる。

表 3.4 豪州炭の生産および輸出見通し

年	1999	2005	2010	2015	2020	伸び率 2015/1999	出所
生産量 (百万 tce)	196.0	222.2	245.2	261.5		1.8%	IEA, Coal Information 2000
輸出量 (百万 tce)	171.6	178.7	201.3	216.9		1.5%	同上
輸出量 (百万 st)	189.4		254.2		271.1	1.7%	EIA, International Energy Outlook 2001
(百万 mt)	171.8		230.6		245.9	1.7%	

出所 : IEA, Coal Information 2000、EIA, International Energy Outlook 2001

4. 今後の投資動向（結論）

本報告にて得られた分析結果をまとめると、石炭鉱山開発への投資は石炭価格におおよそリンクするが、さらにはその投資の原資となる企業の利益によって左右される傾向がみられた。その利益を確保するためにはコスト削減、すなわち石炭生産性の向上が大きな要素となることが明らかとなった。また開発投資が低迷していても、米国および豪州の石炭生産は堅調な伸びを見せているが、生産性の向上によって生産能力を増加させていることも明らかとなった。すなわち生産性と開発投資は密接な関係を持っていると言える。

前章で述べたように、豪州における今後10年から15年先の開発投資動向を生産性および生産の各伸び率の比較でみると、生産性の伸びが生産のそれを上回っていることから、今後の開発投資は供給不足を補うような性急なものとはならず、市場に参入可能な競争力の高い鉱山開発に限定されてくると思われる。

既存の豪州主要石炭鉱山の増強計画を表4.1に示すが、ここに示した鉱山で5,700万トン/年の増産が可能となり、これは表3.4に示すように2010年までの生産増分、4,920万tce/年（約5,600万トン/年）に相当する。したがって2010年までに新規参入のチャンスがあるのは、資源（埋蔵炭量）の枯渇による減産あるいは閉山による減産分に加えて、コスト競争力の乏しい鉱山を市場から退場させることによる空き分があるときとなる。

開発待機中の豪州の主要石炭プロジェクトを表4.2に示すが、その合計量は約9,000万トン/年にも及んでいる。これらのプロジェクトの市場参加は厳しい価格競争を引き起こす可能性があり、その様な状況においては先に述べた生産性向上サイクルが起こりやすく、その結果、石炭価格は低下傾向となり投資も既存鉱山の拡張（ブラウンフィールド）が中心となり、新規鉱山（グリーンフィールド）の投資は限られたものになると思われる。

おわりに

本報告は新エネルギー・産業技術総合開発機構より（財）日本エネルギー経済研究所に委託された「平成12年度海外炭開発高度化調査・海外炭開発促進調査（石炭需給における課題、石炭安定供給の考察）」の一部を加筆、再調整したものである。

公表の許可を頂いた新エネルギー・産業技術総合開発機構のご厚意にあつくお礼申し上げます。また同委託業務に参加した当研究所国際協力プロジェクト部石炭調査グループのメンバーの協力に、この場を借りて感謝します。

表 4.1 豪州主要鉱山の拡張計画

鉱山名	最終生産能力 (百万トン/年)	増強分 (百万トン/年)
Blackwater O/C	13.5	6.8
Kestrel U/G	7.0	5.4
Ensham-Yongala O/C	9.0	5.3
Howick O/C	8.0	4.3
Bengalla O/C	6.0	4.1
Foxleigh O/C	4.0	4.0
North Goonyella U/G	4.7	3.2
Moranbah North U/G	5.8	2.5
Crinum U/G	5.0	2.1
Curragh O/C	6.5	2.0
Coppabella O/C	3.7	1.9
Peak Downs O/C	8.5	1.9
Moura O/C	5.8	1.8
Southland U/G	2.7	1.8
Warkworth O/C	7.0	1.8
Mount Owen O/C	5.0	1.6
South Walker Creek O/C	3.7	1.3
Oaky Creek U/G	7.5	1.3
Baal Bone U/G	2.5	1.1
Norwich Park O/C	5.2	1.1
West Cliff U/G	2.0	1.0
West Wallsend U/G	3.5	1.0
合計	126.6	57.4

出所 : Robert Humphris, Barlow Jonker, AME 資料等より作成

表 4.2 豪州主要新規開発鉱山

鉱山名	生産能力 (百万トン/年)
Clermont	10.0
Mount Pleasant Proposal	7.6
Maules Creek Proposal	7.0
Suttor Creek Proposal	7.0
Mount Arthur North Prospect	6.0
Hail Creek Prospect	5.5
Theodore Prospect	5.0
Togara North	5.0
Boggabri Proposal	4.5
Saddlers Creek Prospect	4.0
Glendell Proposal	3.6
German Creek Grasstrees	3.6
Wyong Prospect	3.5
Moranbah South	3.3
Acland Proposal	3.0
Wards Well	3.0
Nardell Proposal	2.5
Donaldson O/C	2.0
Kayuga Prospect	1.5
Duralie Proposal	1.2
Minerva/ Gindie	1.0
合計	89.8

出所 : Robert Humphris, Barlow Jonker, AME 資料等より作成

< 参考文献 >

NSW Minerals Council, “Coal Industry Survey 1999/2000”および同バックナンバー

U.S. Department of Commerce, “Census of Mineral Industries 1992”

E. J. Flynn, “Impact of Technological Change and Productivity on Coal Market”, Energy Information Administration, <http://www.eia.doe.gov/analysis/2000anal06.html>

Industry Commission, “The Australian Black Coal Industry 1998 ”

Richard Bonskowski, “The U.S. Coal Industry in 1990's: Low Price and Record Production”, Energy Information Administration, <http://www.eia.doe.gov/cneaf/coal/special/coalfeat.htm>

NSW Mineral Resources, “Coal Industry Profile 2000”

Robert D. Humphris, “The future of coal: mining costs & productivity”, “IEA, The Future Role of Coal, 1999 ”

お問い合わせ : info@tky.ieej.or.jp