

石炭資源の経済性評価方法に関する研究（第3報）

—— 世界各地の石炭開発における FIRR 法と SC 法の適用性 ——

中嶋 滋夫*, 青木 雅明*, 安藤 勝良**, 岡田 清史***

1. はじめに

第2報においては、石炭資源開発案件に多用されている経済性評価法である FIRR 法と、近年活用され始めた SC 法の基礎理論について、簡単な計算例を用いて比較・検討した。その結果、様々な前提条件を伴うが基本原理として、SC 法は視点を変えた経済性評価法として有効であるとの結論を得た。

第3報においては、第2章で両方法の理論的整合性をさらに一步進めて究明し、第3章以降ではこれを石炭開発案件に特化して活用する場合の他産業との産業構造上、及び財務諸表のデータ取り扱い上の差違を比較・検討した。

第5章では、具体的な石炭プロジェクトをモデルとして、様々な前提条件を変えたシミュレーションを行い、SC 法に適用すべき操業期間について考察した。

2. IRR 法と SC 法の理論的整合性

第2報の検討結果を受けて、IRR 法と SC 法の基礎理論の解明をさらに進め、収益率と現在価値に引き直したサプライコストで示される両者の表現方法の統一を図ることとした。

2-1 IRR 法と SC 法に見る設備投資額と減価償却額の取り扱い

基礎理論式を再記すると IRR 法の基礎理論式は

$$\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} \dots\dots(1)$$

ここに

C_t : 設備投資額 (Capital Cost)

B_t : 便益 (Benefit (=Cash Flow))

*東洋大学国際地域学部 教授; Faculty of Regional Development Studies, Toyo University

**財石炭エネルギーセンター理事長

***財石炭エネルギーセンター炭質評価調査プロジェクトマネジャー

i : 収益率 (Internal Rate of Return)

で示され、式により将来受け取る便益の総和と、将来にわたりかかる費用の現在価値の総和を等しくする収益率 (i) を求めることが出来る。

(1)式の右辺 Benefit の項の分子を Cash Flow の形で示せば

$$B_t = (R + C_2) - (C_1 + C_2 + C_3) \dots\dots(2)$$

ここに

- R : 収入 (Revenue)
- C₁ : 直接費 (Direct Cost)
- C₂ : 減価償却費 (Depreciation)
- C₃ : 税金 (Tax)

であり、右辺第2項はプロジェクトにかかる全コストを示す。

そこで、C₁+C₂+C₃を TC (Total Cost) と表現しよう。すると第(2)式は

$$B_t = (R + C_2) - (C_1 + C_2 + C_3) = (R + C_2) - TC_{t(DEP)} \dots\dots(3)$$

と表現することが出来る。C₂は設備投資額そのものではなく、減価償却の形で表現している。C₂を含む TC はこの場合 SC 法による TC と区分するために TC_{t(DEP)}とした。

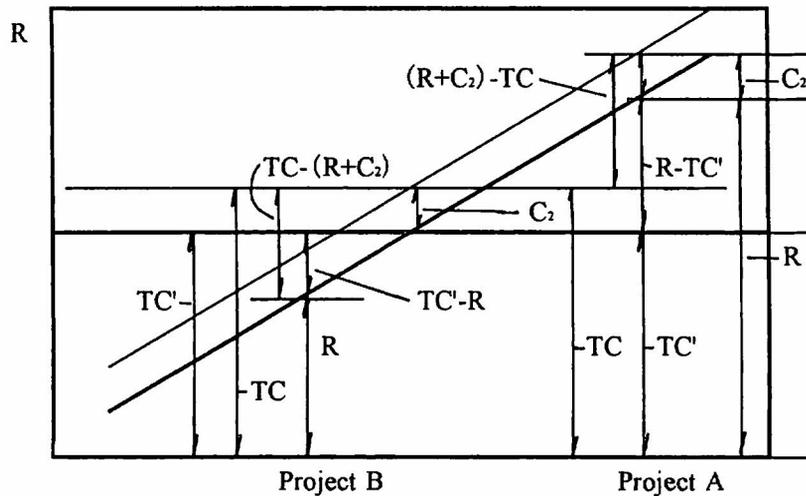


Fig.1 Relationship between R, TC, TC' and C₂ by IRR Method

一方、Supply Cost の基礎理論式は

$$SC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{TC_{t(INV)}}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+i)^t}} \dots\dots(4)$$

ここに

$$TC_{t(INV)} = CC + OP$$

CC : 資本費 (Capital Cost) (=設備投資額)

OP : 操業費 (Operating Cost) (=設備投資額以外の全コスト)

である。SC 法の場合は減価償却費ではなく、設備投資額そのものを用いているため、IRR の $TC_{t(DEP)}$ と区分する意味で $TC_{t(INV)}$ とした。

ここで $TC_{t(DEP)}$ と $TC_{t(INV)}$ との具体的な意味を探ってみよう。

第1図における計算条件として、 $TC_{t(DEP)}$ と $TC_{t(INV)}$ の値が等しい場合を想定した。

すなわち

$$TC_{t(DEP)} = TC_{t(INV)}$$

である。

一般の産業の財務計算上はあり得ないが、後に触れるように石炭産業の場合は現実に $TC_{t(DEP)}$ と $TC_{t(INV)}$ が等しいかあるいは限りなく近似の数値になる場合がある。

図の意味するところは、Project A の IRR 法による B_t については

$$B_t = (R + C_2) - (C_1 + C_2 + C_3)$$

であり、これを

$$B_t = (R + C_2) - TC_{t(DEP)}$$

と表現した。また

$TC_{t(DEP)} = TC_{t(INV)} = TC_t$ とした前提条件のもとに上式を変形すると

$$B_t = R - (C_1 + C_3) = R - TC' \dots\dots(5)$$

が得られる。図示のように Project A における TC は TC' に C_2 を加算したものになる。一方、第(2)式右辺第1項のように収入 (R) に減価償却部分 (C_2) を戻したものが Cash Flow の総額であり、図上には $(R + C_2)$ の形で表現されている。見かけの資金量の値は結局 $(R + C_2) - (TC' + C_2) = R - TC'$ となって資金量には減価償却額が含まれ、それからその他コストを差し引いたものになる。

このことから IRR 法の右辺に示した Benefit (Cash Flow) は基本原理として

$$(R + C_2) - TC > 0$$

ならば Project A の場合のように Cash Flow はプラスとなり、この値が大きいほど FIRR の収益率 (i) は大きくなる。

また、Project B のように Project A と同じ値の TC' 、 C_2 に対して R の値が小さく

$$(R + C_2) - TC < 0$$

となる場合は Cash Flow は資金不足を生ずる。ここで Cash Flow の大きさを $(R + C_2)$ と TC との差で見ると方法は後の SC 法との比較上全く同じ手法であることに留意する必要がある。

以上は IRR 法の(1)式右辺の B_t についての解釈であるが、これに対し SC 法計算上、TC には設備投資額が含まれる。SC 法も第1図の IRR 法の説明に用いたのと同様の原理で、プロジェクトの優劣を比較する方法が採られている。すなわち図に TC の値を採って引いた直線 A が輸入炭の契約価格と等しい場合はそれがプロジェクトの損益分岐ラインであり、

$$TC < A$$

ならば全コストが契約価格を下回って利益が計上される優良プロジェクトであることを意味し、

逆に

$$TC > A$$

ならば契約価格を全コストが上回るために赤字となる不採算プロジェクトであることを示している。従って SC 法は IRR 法とは計算のプロセスも経済的ポテンシャルの表現方法も異なるが、経済性を求める基本原理は全く同じであり、所定のコストに対する収益が大きいと黒字、小さいと赤字になることを示す。ただ、IRR 法では R の値が計算式に含まれるのに対し、SC 法ではコスト部分だけの計算を行い、式とは別個に R の値（この場合は輸出炭契約価格）を外挿的に与えて判定する所に違いがある。

このように IRR 法と SC 法とでは見かけ上は大きく異なる経済性評価手法であるが、総収入に対するコストの関係を対比する基本原理は全く同じである。SC 計算に際し、 $TC_{t(DEP)} = TC_{t(INV)}$ の条件に加え、IRR 法の計算結果である収益率が既知の場合、それと同じ現価率を SC 法の現価率 (i) として適用すると、それぞれ独立し単独の計算法である両方法に理論的な整合性が出てくる。この点に関しては既に第 2 報に述べた。結論として、IRR 法、SC 法の双方の TC が等しい場合はそれを用いて一方は Benefit を規定して究極的に収益率 (i) を求め、他方は Supply Cost を算出し、それらの結果からプロジェクトの収益の状態を比較検討することが可能になる。

2-2 石炭産業に見られる設備投資と減価償却の取り扱い

i) 一般産業に見る開発案件の設備投資と減価償却

まず装置工業型開発案件の設備投資と減価償却の簡単な事例を示すと第 2 図のようになる。この場合は 5 年間の工事期間に工場建設や工作機械設備などの設備投資が行われたのち 20 年にわたる操

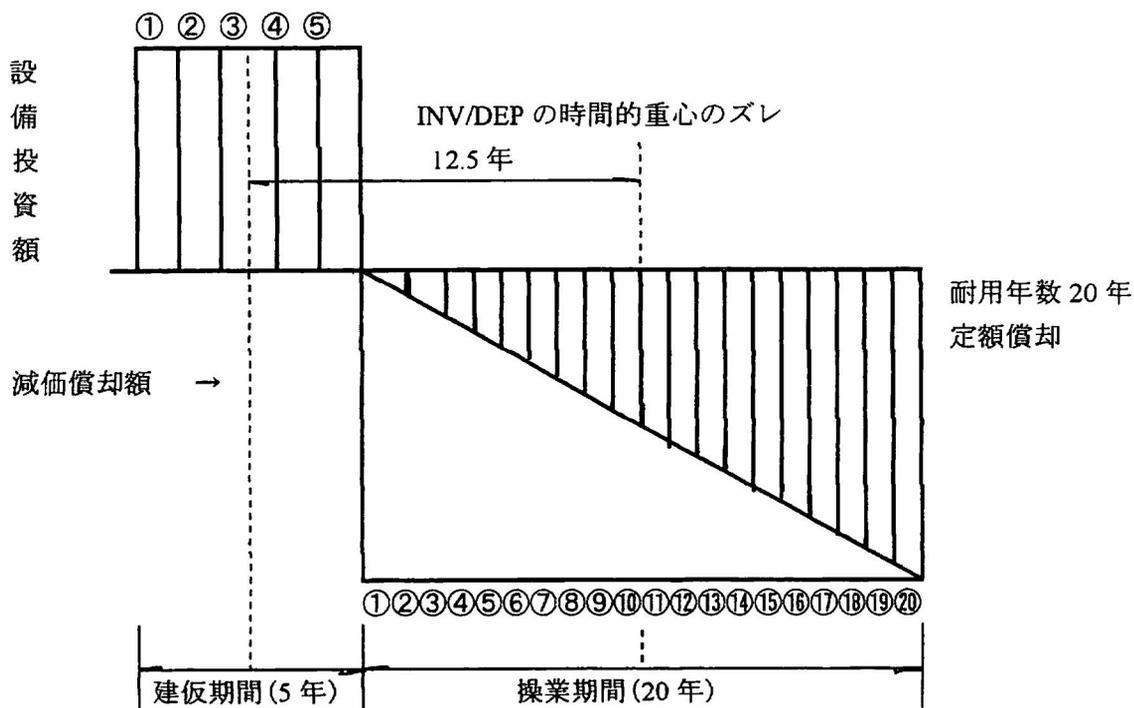


Fig.2 Relationship between Investment, Depreciation observed at Factory Type Project.

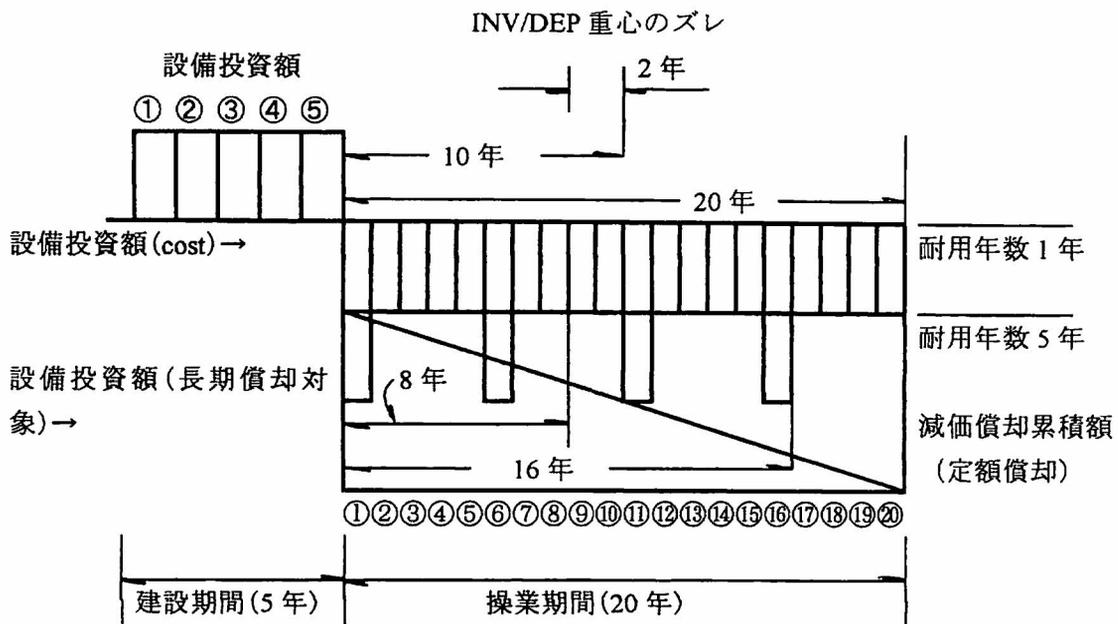


Fig.3 Relationship between Investment, Depreciation observed at Coal Mining Project

業が行われ、設備の耐用年数は20年で定額償却が行われるものとする。するとこの場合は各年の減価償却額は残存価値がないものとするれば、設備投資総額の5%が操業期間の各年に減価償却費としてかかる。多くの装置工業型産業プロジェクトでは、設備投資総額と操業開始後の各年の減価償却額との間には、投資と償却の時期も、投資額と年間償却額との間に大きな差違のあるのが通常である。第2図の場合、設備投資と減価償却の時間的な重心位置のズレは12.5年となる。従って後に触れるようにこのような投資と償却のズレが甚だしい場合にはSC法は適用できない。

ii) 石炭産業に見る設備投資と減価償却の時間的ズレ

石炭産業における設備投資と減価償却の関係は装置産業型開発案件とは大きく異なっている。これを概念的に示せば、第3図のようになる。石炭開発案件についても建設仮勘定期間中に応分の設備投資が行われる事情は、装置型産業の場合と変わらない。ところが石炭開発案件の場合は、操業期間に入っても操業終了に至るまでの全期間において設備投資が継続される。従って、建設仮勘定期間中の設備投資額の、全操業期間にわたって行われる設備投資額の総額中に占める割合は極めて小さいものになる。後に触れるように、石炭企業の場合は、減価償却額に引き直すと、建設仮勘定期間中の設備投資額の各年の減価償却額割合は30%程度に低下し、短寿命で操業開始後に投資された設備の償却割合が70%に及ぶ(第1-1、1-2表)。このように石炭企業では、実質1~5年の耐用年数の設備比率が大きい結果、INV/DEPの重心位置のズレは、1年もの場合は全くなり、5年もの投資重心は図示のように8年で、償却重心10年との差は2年に縮まる。このように設備投資額の重心(投資額の平均値のある時間的位置)と減価償却額の重心とが時間的ズレを伴わないことは、SC法において減価償却額に代わり設備投資額そのものを用いても時間差による現在価値への換算値に差を生じないことを意味している。石炭産業に関しては、この点に設備投資額を利用してSC計算を行う

Incentive があるのである。

Table. 1-1 Breakdown of Calculation of Depreciation, Birds Rock Colliery, Australia

*(Unit : A\$)

NO.	Classification	Item	Number of Years on which calculation is based (A)	Sum (B)	Annual Depreciation
*1-1	Surface Civil Works	Temporary Buildings, etc	20	200,000 0	10,000 0
*1-2	Surface Civil Works	Sealing of Road, etc.	20	200,000 0	10,000 0
*2-1	Surface Facilities	Office, etc.	20	2,000,000	100,000
		Fences	20	20,000	1,000
		Timber and material yard	20	7,200	360
		Fence (Protection ag. dust)	20	6,000	300
		Surface fire station	20	12,000	600
		Workshop cranes	20	73,000	3,650
*2-2	Power Supply	Substation, etc.	10	818,000	81,800
*2-3	Communic'n facilities	Telephone. exchange. etc	10	96,474 0	9,647 0
*2-4	Water supply	Tanks. Pipelines, etc.	20	83,000	4,150
*2-5	Handling facilities		20	3,000,000 0	150,000 0
*2-6	Pollution control	Sewage disposal plant, etc	20	300,000 0	15,000 0
*3-1	Sinking of drifts		20	8,200,000 0	410,000 0
*3-1(B)	Drift facilities	Drift belt conveyors	20	1,717,103	85,855
*3-1(C)		Rail facilities	20	215,000	10,750
*3-1(D)		Water supply pipes	20	81,692	4,085
*3-1(E)		Drainage pipes	20	207,454	10,373
*3-1(F)		Underground pockets	20	458,946	22,947
*3-1(G)		Winder	20	800,000	40,000
*3-1(H)		Belt drift winder	20	200,000	10,000
*3-2(A)	Ventilation Shaft	Intake and Exhaust shaft	20	3,314,990 0	165,750 0
*3-2(a)		Main fan	20	600,000	30,000
*4-1	Underground transportat'n	Belt conveyor	13.33	779,399 0	58,455 0
*4-2	Man and materials transportat'n	Flat-tops, etc	5	1,355,820 0	271,164 0
*4-3	Pump tools	Pumps, etc	5	232,205	46,441
*4-4	Water supply	Water supply and drainage	5	295,906	59,181
*4-5	Electrical reticulation	Cables, etc	5 0	186,859 0	37,372
*5-1-5-4	Cont' Miners	Continuous Miners Shuttle cars, Feeder breakers	5	3,800,000 0	760,000 0
*5-5	Belts	Belts, transformers, etc	5	399,533	79,907
*5-6	Panel transportat'n	Shuttle cars, tractors transformers	5	418,000 0	83,600 0
*5-7	Electrical facilities	Panel electric	5 0	739,119 0	147,824
*5-8	Water	Water reticulation equipm't	5	27,317	5,463
*5-9	Panel equipm't	Water barriers etc	5	22,813	4,563
*5-10	Longwall	Longwall equipment	5	5,372,121	1,074,424
*5-11	Longwall	5	388,333	77,667	
*6-1	Underground facilities	First aid facilities Back-up emergency depo	5 0	2,000 0	400
Total				36,630,284	3,882,728

Table. 1-2 Summary of Depreciation, Birds Rock Colliery, Australia *(Unit: A\$)

No	Life of Assjts	Sum of Investment	Rate	Depreciation	Rate
*1	20	400,000	1.1 %	20,000	0.5 %
*2	20	5,501,200	15.0 %	275,062	7.0 %
*2-2	10				
*2-3	10	914,474	2.5%	91,447	2.04 %
*3	20	15,795,185	43.1 %	789,760	20.3 %
sub-total		22,610,859	61.7 %	1,176,267	30.2 %
*4	5	2,850,189	7.8 %	472,613	12.2 %
*5+*6	5	11,169,236	30.5 %	2,233,848	57.5 %
sub-total		14,019,425	38.3 %	2,706,461	69.7 %
Grand-total		36,630,284	100.0 %	3,882,728	100.0 %

3. 石炭企業と装置型企业との財務計算上の比較

前項で論じた石炭産業における設備投資と減価償却の実態を見、また他産業の実状と比較するために、インドネシアで我が国が Feasibility Study を行った石炭礦開発、発電所建設、鉄道リハビリテーションを含む総合開発案件の事例を見てみよう。

インドネシアスマトラ島O地域では、インドネシア政府の要請により総合地域開発について我が国の(株)住友石炭鉱業を中心とする関係企業が参加し、ECFA のスポンサーシップの元に調査が実施された。

この総合プロジェクトは、インドネシアの鉱山エネルギー省・電力省・鉄道省の三省庁の所管であるO地域の総合地域開発を目的としたもので、具体的なプロジェクトである50MWX2基の石炭専焼火力発電所建設、石炭供給用O地区No.2石炭礦開発(80万トン/年規模)、輸送用既存鉄道のリハビリテーションに関する Feasibility Study を行ったものである。

このプロジェクトを特に Integrated Project と呼称したのは、これら三事業部門は相互に関連があり、石炭の生産・輸送・発電の全分野があらゆる面で調和されることに加え、各事業部門の収益率が分野ごとに跛行することなくほぼ同率とすることが求められ、FIRR 計算上は各分野間で綿密な調整を行ったためである。

このような目標を持って経済性評価作業を実施したことは、財務分析上異業種の産業構造間の特徴を掌握することに極めて有益であった。第2、3表にはプロジェクト単位の FIRR 計算用基礎データを要約して示している。

3-1 設備投資

i) 炭 鉱

表に示したように、第1～4年次が建設仮勘定期間、第5年次から操業開始となるが、炭鉱の場合設備投資は建設仮勘定期間内では完了せず、投資額は漸減するものの最終年次まで継続している。

この点が炭鉱財務上の最大の特徴である。

ii) 発電所

発電所の設備投資の特徴は炭鉱と好一対をなすもので、発電所建設では発電所本体ばかりでなく、送配電線等の付帯設備を含めて第1～4年次の建設仮勘定期間内にすべての建設工事や設備導入を完了しており、操業開始後の追加投資は一切ない。

iii) 鉄道

第1-1表に見るように、鉄道の設備投資は第2～5年次と、発電所建設とは1年ずれ込んだ形で行われている。第5年次には既に炭鉱の操業が始まっているが、生産量は少なく、山元消費、山元貯炭などで消化されるために、炭鉱の生産には支障を来していない。鉄道の場合もまた第6年次以降の追加投資は一切ない。

3-2 生産量の拡大

炭鉱における生産構造としては、この場合坑内生産であるから、事業開始から第1期のロングウォール生産までには、Surface Layoutの整備、坑道展開などの生産を伴わないステップがあり、さらに第1期目のロングウォール生産を経て第2期目のロングウォール生産開始でフルスケール生産となるのは第10年次からである。このことは、炭鉱のFIRR計算上は生産開始時期にNet Revenueが少ない典型的な低収益率型となることを示している。

これに対し、発電所の場合は第6年次、鉄道の場合は第7年次の操業当初からフルスケールの操業が行われ、収益構造は炭鉱の場合と大きく様相を異にしている。

3-3 短期借入金

炭鉱の場合、操業初期段階では短期借入金が必要となる。炭鉱の場合建設仮勘定期間中の設備投資額が大きく、反面、操業初期段階の生産量が少ないため、Operating Profitは赤字とならざるを得ない。短期借入金は第12年次まで、その返済は第13年次まで継続している。

一方、発電所は開始時からフルスケール操業が可能であり、このためRevenueが大きく、短期借り入れの必要がない。鉄道の場合も状況は同じである。

3-4 借入金の残高ピーク

発電所と鉄道事業は建設仮勘定期間の最終年次において借入金残高がピークとなり、その後借入金は漸減する。しかし炭鉱の場合、立ち上がりの時点での収益性が悪く、短期借入金も増えるため、借入金残高ピークは操業開始後3年目に現れる。炭鉱の場合は、一般に残高ピークが操業開始2～3年後に現れるのが通例である。

3-5 黒字転換の時期

初期段階の財務体質が悪い炭鉱事業の場合は、Operating Profitの黒字転換は第10年次、Net In-

Table. 2 Major Items of Profit-Loss, Balance Sheet and Cash Flow. (unit : 1,000US\$)

Sector	Indoneshizu O Integrated Project.														
	Yew	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Final	Total	
Coal Mine	[profit & Loss]														
	① Net Revenue	0	0	0	0	685	1,738	11,109	11,109	11,109	20,171	29,435	12,000	664,678	
	Operating Cost	0	136	888	1,538	2,635	3,515	5,610	6,609	6,554	8,297	9,280	3,977	181,067	
	② Depreciation	0	0	0	0	10,049	11,236	12,171	9,329	8,244	8,729	6,677	31	108,725	
	Operating Profit	0	-136	-888	-1,538	-11,999	-13,014	-6,672	4,829	-3,689	3,145	13,478	7,992	374,886	
	Interest	0	4	35	108	2,749	4,501	5,980	6,828	7,741	8,226	7,012	405	83,634	
	Income Tax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,655	112,939
	③ Net Income after Tax	0	-140	-923	-1,646	-14,748	-17,515	-12,652	-11,657	-11,429	-5,082	6,466	4,931	178,313	
	[Balance Sheet]														
④ Short Loan	0	0	0	0	5,985	13,707	15,800	19,837	24,783	23,110	11,833	0	0		
⑤ Long Loan	1,638	3,212	23,692	45,881	44,471	48,697	52,179	44,871	40,631	42,087	35,629	10,107	0		
Equity	0	-140	-1,063	-2,708	-17,456	-34,971	47,623	-59,280	-70,709	-75,791	-69,325	178,313	0		
[Cash Flow]															
⑥ Investment	1,638	1,574	20,480	22,189	8,638	15,462	15,654	2,021	4,004	10,176	228	14	136,304		
⑦ Short Repayment	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,673	11,277	0	24,783		
⑧ Long Repayment	0	0	0	0	1,287	1,444	1,612	1,710	1,760	1,974	1,866	1,811	128,908		
Excess Cash	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,151	160,841	
⑨ Tax Payment	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,655	112,939	

Table. 3 Major Items of Profit-Loss, Balance Sheet and Cash Flow. (unit : 1,000US\$)

Sector	Indoneshizu O Integrated Project.													
	Yew	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Final	Total
Power plant	[profit&Loss]													
	① Net Revenue	0	0	0	0	0	26,366	26,366	26,366	26,366	26,366	26,366	26,366	659,143
	Coal Cost	0	0	0	0	0	7,616	7,616	7,616	7,616	7,616	7,616	7,616	190,399
	Operating Cost	0	0	0	0	0	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	65,413
	② Depreciation	0	0	0	0	0	10,128	9,193	8,351	7,593	6,911	6,398	746	102,306
	Operating Profit	0	0	0	0	0	6,005	6,940	7,782	8,540	9,222	9,836	15,387	301,025
	Interest	0	0	0	0	0	4,362	4,223	4,083	3,944	3,804	3,665	125	56,106
	Income Tax	0	0	0	0	0	575	951	1,295	1,609	1,896	2,160	5,342	85,721
	③ Net Income after Tax	0	0	0	0	0	1,068	1,767	2,405	2,988	3,522	4,011	9,920	159,197
[Balance Sheet]														
④ Short Loan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
⑤ Long Loan	1,248	3,443	27,030	91,704	109,022	106,697	104,372	102,047	99,722	97,397	95,072	0	0	
Equity	0	0	0	0	0	1,068	2,835	5,239	8,227	11,748	15,759	159,197	0	
[cash Flow]														
⑥ Investment	1,248	2,195	23,587	64,674	17,317	0	0	0	0	0	0	0	109,022	
⑦ Short Repayment	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
⑧ Long Repayment	0	0	0	0	0	2,325	2,325	2,325	2,325	2,325	2,325	4,765	109,022	
Excess Cash	0	0	0	0	0	8,87	18,634	8,430	8,256	8,108	7,984	5,901	152,482	
⑨ Tax Payment	0	0	0	0	0	575	951	1,295	1,609	1,896	2,160	5,342	85,721	
Railway	[profit & Loss]													
	① Net Revenue	0	0	0	0	0	0	9,061	9,061	9,061	9,522	9,522	9,522	379,489
	Maintenance Cost	0	0	0	0	0	0	3,305	3,346	3,279	3,365	3,271	3,365	133,009
	② Depreciation	0	0	0	0	0	0	4,778	4,321	3,909	3,538	3,204	36	48,475
	Operating Profit	0	0	0	0	0	0	977	1,394	1,873	2,619	3,047	6,121	198,004
	Interest	0	0	0	0	0	0	1,982	1,921	1,860	1,799	1,738	0	31,298
	Income Tax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	214	584	2,142	58,347
	③ Net Income after Tax	0	0	0	0	0	0	-1,005	-526	14	820	1,095	3,979	108,359
	[Balance Sheet]													
④ Short Loan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
⑤ Long Loan	0	1,057	2,125	9,094	27,113	49,802	48,787	47,771	46,755	45,739	44,723	0	0	
Equity	0	0	0	0	0	0	-1,005	-1,531	-1,518	-697	397	108,359	0	
[Cash Flow]														
⑥ Investment	0	1,057	1,068	6,970	18,019	22,689	0	0	0	0	0	0	49,802	
⑦ Short Repayment	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
⑧ Long Repayment	0	0	0	0	0	0	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	0	49,802	
Excess Cash	0	0	0	0	0	0	2,758	2,778	2,906	3,342	3,283	4,015	107,032	
⑨ Tax Payment	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

come after Tax が黒字に転換するのは第11年次であり、一方発電所は開始年次から黒字で税金の支払いが可能である。鉄道の場合は Operating Profit は最初から黒字であるが、Net Income after Tax で見ると操業開始後の2年間は赤字となり3年目から黒字に転換する。鉄道の場合は財務的に見れば、炭鉱と発電所の中間型を示しているが、その理由は山元生産との関係で操業開始後の3年間は取扱量がやや制限されることに起因する。

3-6 FIRR の計算結果について

Table. 4 O総合プロジェクトのFIRR (i)

Items	FIRR before Tax	FIRR after Tax
Railway	11.011%	8.798%
Power Plant	12.253%	9.271%
Coal Mine	11.998%	9.244%

第4表にO総合プロジェクトの財務内部収益率を示す。

炭鉱はこれまでに見てきたように、その産業構造上の特徴から操業開始時点では収入が乏しく、FIRR値が他と比較して小さくなる傾向がある。当該O Projectでは鉄道・発電・炭鉱の3事業が収益率の観点から同等レベルで等しく立ち上がれることを目的とし、三事業間のNet Revenueなどを意図的に調整してほぼ同一の収益率を求めるように努めたものである。

Table. 5 Depreciation Rate and Period applicable for Indonesian Coal Mine.

Category	Depreciation Rate	Period (year)	Item
1	50 %	3	Training and Project Manager
2	25 %	6	C.02 Development Equipment C.03 Longwall Equipment C.08 Vehicles and Mobile Equipment
3	10 %	12	C.01 Access Development C.05 Track C.06 Conveyors C.07 Surface Facilities C.09 Mine Service-Power C.10 Mine Service-Water C.11 Mine Service-Ventilation C.12 Mine Service-Drainage C.13 Mine Service-Compressed Air C.14 Mine Service-Tooss amd Equipment C.15 Miner Service-Mine Rescue Equipment

Table. 6 Depreciation Rate and Period applicable for Indonesian Power Plant.

Category	Depreciation Rate	Period (year)	Item
1	10 % Reducing	25	Equipment
2	5 % Straight line	20	Civil & Architecture
3	10 % Reducing Value	25	Transmission line
4	10 % Reducing value	25	Physical contingencies
5	10 % Reducing value	25	Project Manager expenses
6	10 % Reducing Value	25	Engineering Fee

Table. 7 Depreciation Rate and Period applicable for Indonesian Railway.

Category	Depreciation Rate	Period (year)	Item
1	10 % Reducing Value	40	Track
2	5 % Straight line	20	Workshop
3	10 % Reducing value	30	Wagon
4	10 % Reducing value	30	Electrification
5	10 % Reducing Value	30	Electric Locomotive

4. 世界の各炭鉱に見られる他産業と比較した会計学上の特徴

- 総合プロジェクトの事例に見るように、世界の石炭産業に共通する財務上の特徴は三つある。
- ① 設備機器の法的、実務的耐用年数が短く、年間減価償却額に占める設備機器の比率が大きい。
 - ② 坑内設備投資のうち、坑道については一時損金処理されるものが多い。すなわち坑口から坑底着炭部に至るまでの岩盤坑道は長期間維持する必要があるため、資産扱いとなるが、着炭後の沿層坑道はコスト坑道として一時損金処理される。
 - ③ ①、②の結果、形式上は長期に資産価値を有する設備でありながら、石炭産業の場合は実質コスト扱いする費目の設備投資総額に占める割合が非常に大きい。

4-1 石炭産業の設備耐用年数について

石炭産業にあっても、坑外施設については一般の装置産業の場合に準拠し比較的耐用年数は長い。例えば、インドネシアの場合は、耐用年数及び償却率は第5表に示すとおりである。表のカテゴリー1は技術者訓練並びにプロジェクトの管理要員費用で年数は3年間である。カテゴリー2はC.02(掘削機械)、C.03(ロングウォール設備)、C.04(巻き上げ機、機関車)及びC.06(乗り物、移動用設備)で坑内設備の主要な部分を占めるが、耐用年数は坑外施設と大きく異なり、6年間の耐用年数しかない。カテゴリー3は上記以外の設備類であるが、耐用年数は発電所、鉄道設備の半分以下の12年である。

炭鉱施設は、狭い空間で移動・組立・解体と使用が求められ、地下にあってはコンクリートの基礎作りも不十分な上に基盤は地圧の影響によって膨縮するなどのため、設備の使用環境は著しく悪く、このため事実上設備の耐用年数は坑外装置産業に比較すると短くなる。

Table. 8 我が国石炭企業の法的設備耐用年数

項目	耐用年数	備考
1. 主要設備 工場等 事務所 社宅	(年) 30 45 60	・特別な償却方法(追加投資資産の支出時一時償却) 生産を維持する(増産とならない)目的で行う坑道掘削とそれに伴って必要とする設備・機器等(限定されたもの)への支出は、支出時に全額一時償却が認められる。
2. 構築物 栈橋 ポケット 道床(軌道用) 軌道 輸車路	40 22 60 15 45	○坑道: 増産目的でなく、基本投資とならないもの ○軌条等: 上記坑道の伸長に伴い必要となる軌条・送配水管・送風管 ○小型機械: 同目的の一定容量以下のもの(具体的制限あり)
3. 機械装置 採炭・掘進設備 ベルトコンベア その他の設備	5 5 9	
4. 車両運搬具 機関車、人車、鉱車	7	

これに対し、発電諸施設は第6表、鉄道施設は第7表に見るように、炭鉱施設と比べると20～30年の操業計画をベースとすれば、主要設備のリプレースは殆どなく有利な状況になっている。設備耐用年数については、豪州（第1表）、我が国（第8表）に見るように装置型産業に比べて短かく、財務計算上これらは世界の石炭企業に共通の特徴であることが分かる。

4-2 年間償却額に引き直した場合の施設項目別償却額比率

第1-1表は300万トン/年生産規模の豪州 Birds Rock 石炭開発案件における設備投資の詳細を示す。

分類項目に示す項目1-1～2-6（耐用年数20年）は、坑外工事及び坑外施設、項目3-1（同20年）は立坑、斜坑掘削及び付帯設備、項目4は人員・材料・石炭運搬用設備、及び排水・給水・電気設備であるがこのうち石炭運搬用ベルトを除いては耐用年数は5年と短い。項目5は主要な採炭・掘進設備（同5年）である。

Table. 9 我が国の石炭産業に見る設備投資の例
(A社) (単位：百万円)

年次	設備投資額 ^㉔	比率 ^㉕
S. 57	7,582	100.0
S. 58	8,891	117.3
S. 59	8,536	112.6
S. 60	7,634	100.7
S. 61	7,412	97.8
S. 62	6,671	88.0
S. 63	7,384	97.4
H. 01	6,409	84.5
H. 02	6,261	82.6
H. 03	5,145	67.9
H. 04	5,064	66.8
H. 05	4,273	56.4
H. 06	4,751	62.7
H. 07	5,623	74.2
H. 08	8,312	109.7

注：㉔実数値と変えてある。

㉕標準偏差値1,454、平均値6,663.2

・設備投資額には坑道掘削、諸設備（運搬・採炭・掘進・選炭・通気・排水・圧気・電気・福利厚生、及びその他が含まれる。

第1-1表の豪州の事例について主要設備類の設備投資額を年間償却額に引き直して比較すると第1-2表が得られた。表に明らかなように、設備投資ベースでは項目4,5の坑内設備の設備投資全体に占める割合は、38.3%に過ぎないがこれを減価償却ベースに引き直すと69.7%に増えている。すなわち耐用年数10年以下の寿命の短い設備の減価償却額は全体の7割に近い比率を占める。

Table. 10 我が国の石炭企業に見る減価償却実例
 (A社) (単位: 円/トン)

年次	減価償却額 [㊤]	比率 [㊦]
S. 53	850	100.0
S. 54	872	102.6
S. 55	799	94.0
S. 56	857	100.8
S. 57	918	108.0
S. 58	956	112.5
S. 59	1,172	137.9
S. 60	1,217	143.2
S. 61	1,303	153.3
S. 62	1,219	143.4
S. 63	1,117	131.4
H. 01	1,356	159.5
H. 02	1,280	150.6
H. 03	1,298	152.7

備考: 年率 3%

注: ㊤社の場合、数値は実数値と変えてある。

㊦の比率は実績と変わらない。

4-3 我が国石炭企業に見る減価償却額の実態

我が国の石炭企業 (A社) について減価償却額の実態を見てみよう。この場合は、インドネシアや豪州の場合のような計画値と異なり実績値であるため、石炭産業における投資と償却の実状をより鮮明に示している。A社の場合に見るように、成熟期の我が国炭鉱の事例では毎年連続してほぼ同規模の生産が行われ、同規模の設備投資並びに同規模の固定資産減が認められる。これを設備投資額で見ると第9表のようにほぼ毎年コンスタントに設備投資が行われていることが分かる。その変動幅は比較的少なく、設備投資額平均値6,663百万円に対し、標準偏差値は $S = 1,454$ 百万円であった。

これを減価償却額で見ると、第10表に見るようにほぼ同時期の各年の償却額は一層平準化され、年間のエスカレーションを 3%程度と見ると、減価償却額の場合は各年にわたり殆ど同額となっていることが分かる。

このような我が国石炭企業における会計処理上の特異性は第11表を見るとよりはっきりする。すなわち第11表の固定資産・減価償却明細表に見られるように、本来投資額の大きい坑道は表の建設仮勘定項目に合算されかつその年次の資産取得額は同じ年次において除却並びに法令で定める特別償却実施によって全額が損金算入されている。従って坑道という費目での資産増は見られない。一方、機械装置の項を見ると期首簿価に対しその50%強が建設勘定から振り替えられ、かつ同年次に除却、普通償却並びに特別償却によって損金処理されている。これらもまた一般産業の場合には見られない炭鉱事業の特徴である。

結局表に示された同年の期首簿価は、建仮からの振替額と取得額が加算されるものの、特別償却

Table. 11 我が国石炭産業の固定資産・減価償却の1例 平成9年度(A社)

(単位:百万円)

	期首簿価	当期増加額		当期減少額			期末簿価	当期償却限度		償却方法	
		建仮からの振替額	取得額	除却、売却簿価	普通償却実施額	特別償却実施額		額普通償却限度額	特別償却限度額		
有形固定資産	建物	5,922	444		46	366	5,954	366		定率法	
	構築物	1,856	962			150	1,802	150		定率法	
	主要坑道	348				114	2	232	114	2	産高法
	機械設備	12,146	7,346		1,704	5,084	534	12,170	5,084	534	定率法
	船舶										
	車両運搬具	604	40			166		478	166		定率法
	工具器具備品	194	138		6	68		258	68		定率法
	鉱業用地	3,490	524		40	478		3,496	478		産高法
	一般用地	3,054	620		606			3,068			
	植林	18							18		
	小計	27,632	9,208	14,240	11,610	6,426	536	27,476	6,426	5,568	
	建設仮勘定			14,240	9,208		5,032				5,032
計	27,632	9,208	14,240	11,610	6,426	5,568	27,476	6,426	5,568		
無形	計	94				6	88	6			
合計	27,726	18,416	14,240	11,610	6,432	5,568	27,564	6,432	5,568		

注: 表の数値は実績値に一定の係数を掛け変えてある。

を含む償却の実施によって相殺され、期末簿価は殆ど期首簿価に対して増減のないことがわかる。

このことは、インドネシアや豪州の石炭開発における財務分析に見る計画値以上に炭鉱操業の実績値としては年間投資額が平準化し、減価償却への反映もまた平準化され、石炭開発については操業期間中の年間設備投資額=年間減価償却額とする環境条件が整っているものと判断される。

5. SC法の石炭開発案件への適応性

これまでの検討により、財務計算上石炭開発案件には特異性があり、その故にSCC法のような際だった特性を有する経済性評価法が適応できる可能性のあることを示した。石炭案件に対するSCC法適用の実技的用途は、次の二点から求められる。

- i) 設備投資と減価償却実施時期のズレ
- ii) 設備投資総額に占める減価償却割合

以下、これらについて検討する。

5-1 模型的に示した設備投資と減価償却の実施時間のズレ

FIRR法の場合は、プロジェクトの経済性を試算するための、あらゆる内生的・外生的要因が推計され、これらがすべて数値化されることにより、長期にわたるプロジェクトの経済性が求められる。そして、長期にわたる投資額や、販売価格、収益率にかかる時間のズレを現在価値に引き直すことで解消し、現時点における経済性を求めるものである。

この場合、計算に必要なデータがすべてそろっていることが、FIRR 法の要諦である。

これに対し、SCC 法では Total Cost と生産量が既知であるが、それ以外の要素である販売価格、収益率、減価償却の子細は、極論すると不明のままでも試算されることが特徴である。特に損益計算や資金運用の絡む減価償却は、融資条件、すなわち Grace Period の有無、国別・金融機関別に異なる調達金利率、設備毎に異なる耐用年数や償却方法などの詳細が不明のまま、当該プロジェクトの調達可能金利を想定した割引率を外挿して計算される。

このような SCC 法的前提条件では、投資時期と減価償却の実施時期に大きなズレがある場合、設備投資額やその他コストに単に現価率を掛けただけで計算をするわけには行かない。何故ならば同じ投資額に対して異なる償却方法が採られ、償却の完了する時間も設備毎に異なる場合は、各年の償却額も様々に異なるからで、結局 SC 法は成立しない。

逆に、SC 法が成立する条件を考えると、それは、投資の時期と償却実施時期が一致する特別な場合である。もし、プロジェクトに導入されたすべての設備が、投資と同じ年次に償却されるならば、すなわち設備投資の性格ながら長期にわたる耐用年数がなく、その年次に償却を完了する場合はどうであろう。この場合、その設備は長期に維持する資産価値はなく、消耗品と同じ使い捨てになるから、事情は全く異なってくる。

第一に設備投資と減価償却の時間的ズレが全くないわけであるから、ある年次の現在価値換算の設備投資額は同年次に償却されるので、それぞれを現在価値に置き換えても何ら価値額に格差を生ずることはなく、減価償却額はこの場合に初めて設備投資額と同価値と見ることが出来る。

従って、石炭産業の場合は両者の時間のズレを年数で求めた上で、このズレが限りなく狭められた状態にあれば、SC 法の適用が可能となる。

このことを検証するために、耐用年数毎の設備投資と減価償却のズレの関係を模型的に示すと第4図、第12表の結果が得られた。

Table. 12 模型的に示した設備の耐用年数差による設備投資と減価償却の実施時間のズレ

耐用年数	INV/DEP 中央値の時間的ズレ	備 考
20年	10.0年	耐用年数20年の場合、建設仮勘定末年次を投資時期とした。 耐用年数10年以下の場合は、操業開始以降の設備投資額のみを対象とした。
10	4.5	
5	2.0	
2	0.5	
1	0.0	

図-A は装置工業型の設備投資で、5年間の建設仮勘定期間にすべての設備投資を完了している。操業末年次の設備投資総額 (ΣINV) と減価償却総額 (ΣDEP) は原則等しい。減価償却は20年の耐用年数の設備を均等償却するものと考え、残存価値に対する salvage 等は無視している。すると、設備投資に関する重心位置は建仮期の中央すなわち、着工後の2.5年である。これに対して、減価償却は20年間にわたる均等償却であるから減価償却の平均値、すなわち重心の位置は、時期的にはちょうど操業期間の半分、すなわち10年の時点となる。従って、投資の重心と償却の重心のズレは、こ

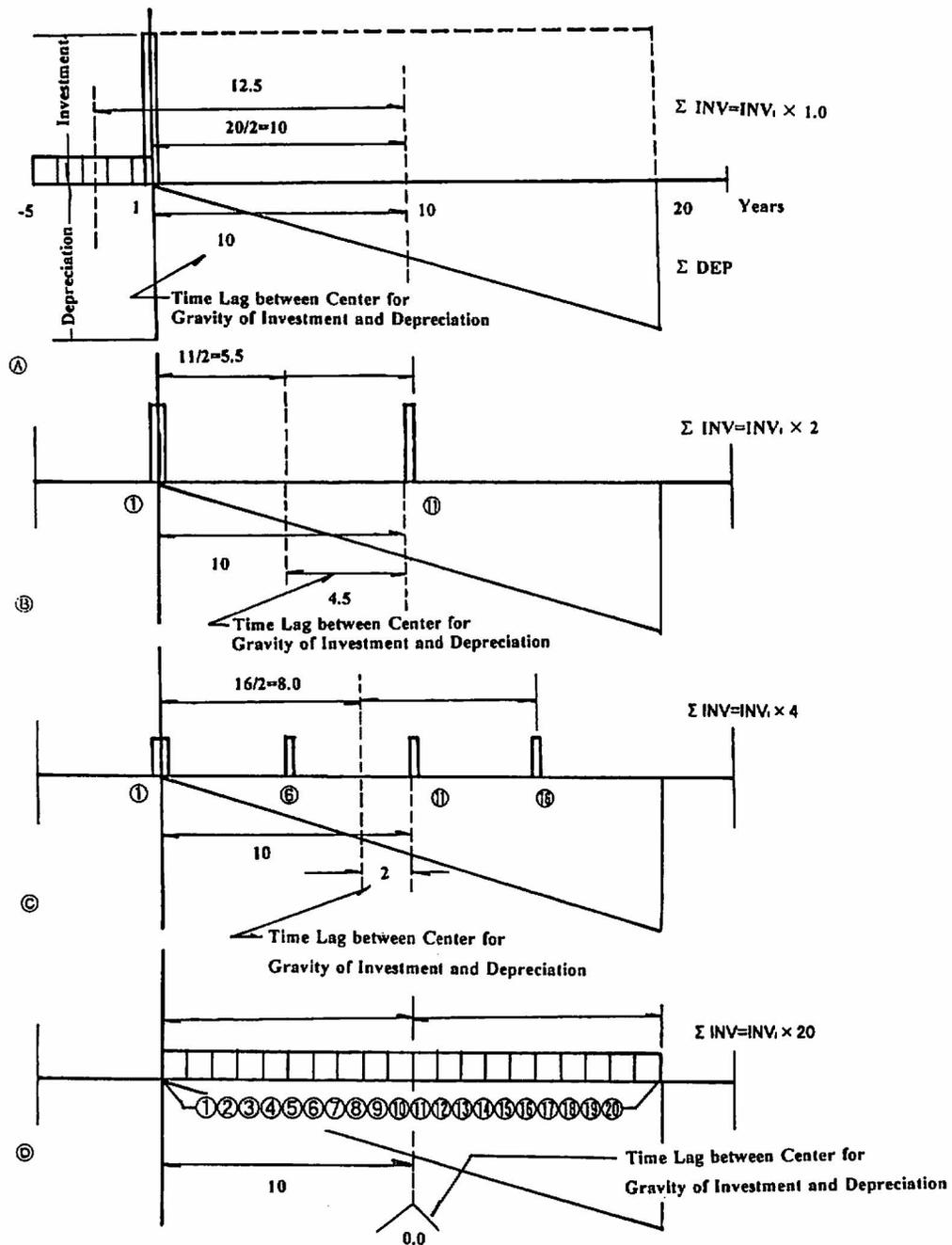


Fig.4 Schematic Diagram showing Time Lag between Investment and Depreciation by change of Equipment Life

の場合12.5年又は図-B以下に倣って投資を操業開始年次とすれば、INV/DEPのズレは10年となる。このような大きなズレは、SCの計算上現在価値(PV)に直すときに大きな誤差となって、FIRR計算との対比は困難である。

これに対し、図-Bは操業開始後の耐用年数10年の設備償却の場合を見ている。建仮期間の設備投資は無視した。この場合、図-Aと同様の処理でINV/DEPのズレを見ると設備投資は20年の操業期間中に繰り返し2度行われるから、設備投資の重心は図示のように操業開始から10年の半分、5.0年の位置に現れる。従って、両者の重心のズレは5.0年となる。

このように耐用年数を20年から逐次減らして比較すれば、耐用年数の少ない設備を多用する場合は、両者のズレは縮まり、耐用年数1年、すなわち炭鉱の場合のように設備投資額をその年次に一時損金扱いする場合には、両者の時期的なズレは全くなくなる。実際には石炭企業の場合にも様々な耐用年数の設備が混在し、一般に建設仮勘定期の主要設備は耐用年数20年のものが多いが、第1-2表で見たように炭鉱に限っては減価償却額に引き直すと、建仮期の償却額は30%程度と小さく、金額的には5~10年の短命の機器設備のウェイトが70%を占める。

この検討結果によって、SC計算の適用性を判断する場合、その判断基準としてINV/DEPのズレの大きさが重要な指標となることが明らかになった。すなわち、両者のズレが大きいときは適用困難で、ズレが小さい場合にはSC法はFIRR法と同様に有効利用が可能である。

5-2 長期耐用設備と短期耐用設備の混合比率

第12表に示したように、耐用年数とINV/DEP重心の時間的ズレとの間には一定の関係があり、耐用年数が短く通常の消耗品と同様に1年の耐用年数しかない設備を多用する場合、INV/DEPの重心の時間的ズレは全くなくなる。

これに対し、長寿命の主要設備が建仮期間に導入され、それに対して操業期に入ってから短寿命の設備が追加導入される場合を見ると第4図のようになる。

図-Aは一般装置型工業のように建仮期間に100%設備投資が行われ、操業期の設備投資がない場合を示す。この場合、建仮期末期の設備投資は耐用年数が長く、20年にわたる操業期間にわたりリプレースすることなく使用され、操業末年次の減価償却総額とは原則等しい。最も簡単な形として償却は均等に行われるものとしSalvege価格も無視すると、減価償却の重心は中央の操業10年の位置にある。すなわち、この例では、INVの重心とDEPの重心のズレは10年である。

次に図-B以下に示すように、図-Aの一回限りの設備投資(INV-1)に加え、同価値の設備投資(INV-2)が操業開始後に導入された場合を想定する。この場合は、図-B-1のように建仮末期の設備投資の重心位置に対し、操業期の中央に重心があり、そのギャップが10年であるからINV-1とINV-2を合わせた重心は両者の中間の位置となる。すなわち、

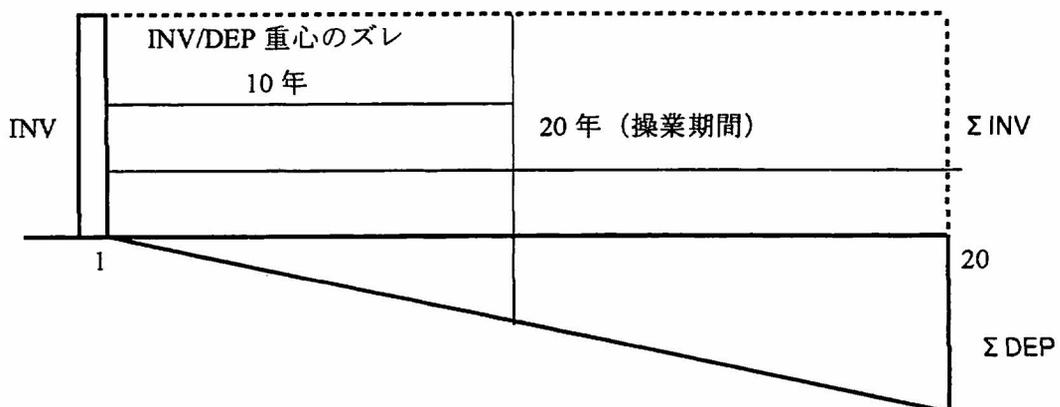


Fig.4-A 装置工業型設備投資と減価償却基本形

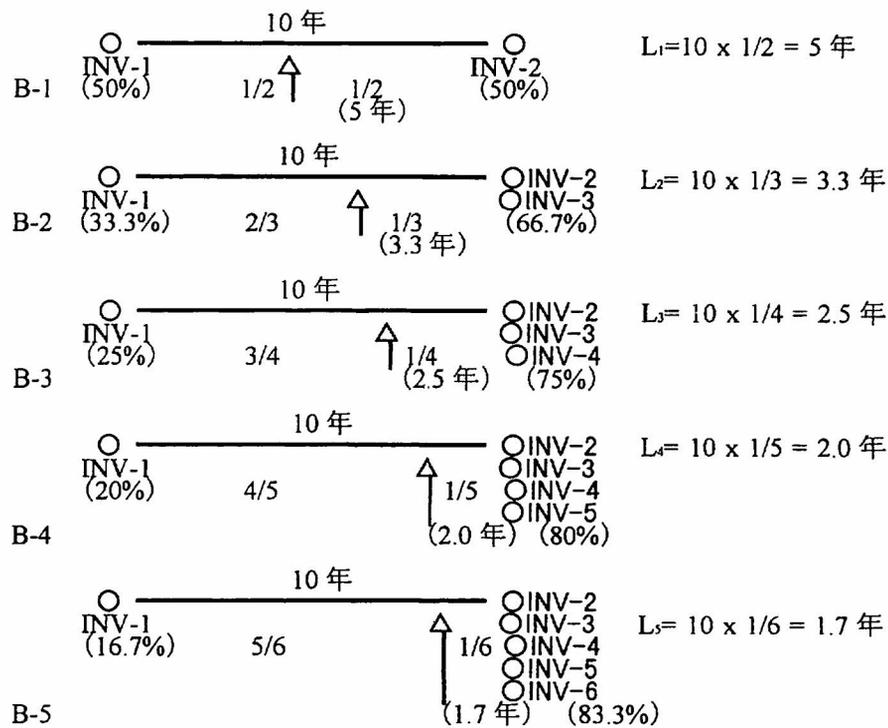


Fig.4-B 建仮期設備投資と操業期投資の混合

$$L_1 = 1/2T$$

ここに

T : INV-1 と INV-2 の時間的ズレ (=10年)

L_1 : INV-2 の側から見た両者の重心位置 (5年=50%)

であり、重心は年数にして操業開始後5年の位置で、INV-1の投資総額に対する比率は50%となる。

さらに、操業期のINV-2がINV-1の2倍、3倍と増えていくと図-B 2～4が得られる。図-B-2では消耗設備INV-2がINV-1の2倍の価格であるが、重心位置はやはり操業期の中央にある。しかし、INV-1を含めた全体の重心バランスは

$$L_2 = 10 \times 1/3 = 3.3 \text{年 (33.3\%)}$$

となり、両者の重心のズレは償却総額の重心である10年の位置から見て3.3年の位置に近接する。そして、この場合設備の混合によりINV-1の全体に占める割合は1/3 (33.3%)に低下する。

同様にして、主要設備 (INV-5) の5倍の価格の消耗設備 (INV-2 × 5) が導入された場合 (図B-5) は、重心位置

$$L_5 = 10 \times 1/6 = 1.7 \text{年}$$

この時の建仮期主要設備価値は設備投資総額に対して

$$1 \times 1/6 = 16.7\%$$

の比率に低下する。

図-B-5については、このように設備投資総額のうち減価償却を適用する長寿命設備割合が16.7%

であり、この時のもう一つのパラメーターである INV/DEP の重心のズレは、約1.7年と極めて短い。この結果は第17表と対比すれば、我が国の石炭企業の例に見る設備投資額と一時損金比率の実績に酷似している。表の設備投資額中の消耗設備（一時損金扱い）は、全体の83.5%に及び、長寿命の減価償却適用の設備は全体の16.5%を占めるに過ぎない。これに加えて、世界の石炭産業については、耐用年数5～6年程度の主要採掘設備類が多用されているから、リプレースが頻繁に行われ、その結果毎年同額の投資額がコンスタントに投入されている（第9表）。

以上の結果から、石炭鉱の場合は SC 法計算適用の素地があり、具体的には、SC 法適用のパラメーターとして

- ① INV/DEP のズレは2.0年以内
- ② 耐用年数5年未満の操業期主要設備の利用
- ③ 建仮期設備投資の全設備投資額に対する割合が20%未満

が前提条件になるものと判断される。

5-3 SC方式による実用計算の検証

i) 通常の投資額を用いた計算結果

上記により SC 法を石炭開発案件に活用する前提条件が求められた。これらについて石炭案件の生データを利用して検証してみる。Fig.5 の上図に示したカーブは、現在価値 (PV) に置き換えない通常の設備投資額とその他コストを加えた Total Cost と生産量を操業区間の phase 毎に求めたものである。計算データは第13-1～3、14表に示した。モデルは O Project (Indonesia) を用いた。例えば、操業4～9年次の5年間を対象とし、この区間の生産量97万トン、Total Cost 98,509,000\$から、区間平均トン当たりコストとして101.6\$/tを得た。上図の点線に示した棒グラフは、各区間毎の設備投資額を年数で割った年当たり設備投資額を示す。例えば、第4～9年次の年当たり平均投資額は9,156,000\$である。

操業通期の平均トン当たり Total Cost は24.6\$/tとなった。この値を Total Cost/年のカーブに当てると平均 Total Cost/年の得られる年次は12.8年で、建仮期間を含む全操業期間の中心位置(15年)よりも2.2年、前側に偏っていることが分かる。

Total Cost/年の重心位置に対し、この場合の設備投資額の重心がどのあたりに位置するかを下図に描いた。設備投資総額は136,304,000\$であるから、その重心の値はその半分の68,152,000\$であり、設備投資の累積曲線との関係から割り出すと、着工後6.7年の位置に重心のあることが分かる。一方、O Project の減価償却額は、FIRR 計算のために計算済みで(第13表-1～3)、これから重心位置を求めると14.5年の位置にある。従って、INV/DEP のズレは7.8年であることが判明した。

この値はかなり大きなズレであり、これほど両者のズレが大きいと前述の検討結果に照らせば直ちに SC 計算を適用するには無理があると判断された。

Table. 13-1 O Coal Mining Project(インドネシア)の FIRR 計算に用いた設備投資額と減価償却額の関係
(現価率を掛けない実数値の比較)

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
設備投資額 (累計値)	1,638	1,574	20,480	22,189	8,638	15,462	15,654	2,021	4,004	10,176	228	367	3,919	4,365
	1,638	3,212	23,692	45,881	8,638	24,100	39,754	41,775	45,779					
減価償却額 (累計値)	0	0	0	0	10,049	11,236	12,171	9,329	8,244	10,176	10,404	10,771	14,690	19,005
	0	0	0	0	10,049	21,285	37,160	46,489	55,846	8,729	6,677	4,959	4,316	4,244
										+1,113	+1,528			
										10,257	16,934	21,893	26,209	30,453
	建設仮勘定期間(1)~(4)年次				操業開始期間(5)~(9)年次					操業成熟期間(10)~(17)年次				

Table. 13-2 O Coal Mining Project(インドネシア)の FIRR 計算に用いた設備投資額と減価償却額の関係
(現価率を掛けない実数値の比較)

項目	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
設備投資額 (累計値)	824	276	2,642	1,573	8,711	224	2,411	8,692	14	56	46	53	14	25
	19,829	20,105	22,797	1,573	10,284	10,508	12,919	21,611	21,625	21,681	21,727	21,780	21,794	21,819
減価償却額 (累計値)	3,517	2,471	1,899	1,755	2,917	2,340	2,304	3,606	2,748	2,156	1,285	959	643	66
	33,970	39,677	41,576	1,755	4,672	7,012	9,316	12,922	15,670	17,826	19,111	20,070	35,878	35,944
													+15,165	
	建設仮勘定期間(1)~(7)年次			操業開始期間(8)~(27)年次					操業成熟期間(28)~(30)年次					

Table. 13-3 O Coal Mining Project(インドネシア)の FIRR 計算に用いた設備投資額と減価償却額の関係
(現価率を掛けない実数値の比較) (単位: 1,000US\$)

項目	29	30	合計
	2016	2017	
設備投資額 (累計値)	14	14	
	21,833	21,847	136,304
減価償却額 (累計値)	52	31	
	35,996	38,860	136,282
		+2,833	
	終掘期間		

ii) SC 法による計算結果

Fig.5 と同じ O Project の計算データを使って、計算値を PV に引き直し(第15表)、サプライコストを計算したのが Fig.6 である。Fig.6 の上の図の特徴は、まず各年設備投資額は PV に直されているため、年次と共に階段状に減衰することである。しかし、大型設備が前段に集中し、この時期の生産量は少ないため、SC 計算による Supply Cost は 51.3\$/t と、現価率を掛けない Fig.5 の場合の 2 倍以上の大きな値となった。特に操業区間別には、第 4~9 年次、第 10~17 年次の前半において設備投資が偏り、反面出炭量が少なく、現価率の影響は後半に比べて少ないため、これら前半の値が顕著に大きくなっている。

その結果 51.3\$/t のサプライコストを示す重心の時期は、Fig.5 の場合の 12.8 年から 9.2 年へと一層前に偏った。一方、設備投資と減価償却の状況は、Fig.5 に比べて極めて大きな変化を示し、INV の

Table. 14 現価率を掛けない場合の平均トン当たりコスト計算例 (O Project) (Unit: 1,000\$)

	1~4年次 建設仮勘定期	5~9年次 操業開始期	10~17年次 フル稼働期	18~22年次 成熟期	23~30年 次終掘期	合計
Σ OC*	2,562**	24,931	70,707	33,172	49,702	181,075
Σ INT*	97	27,799	34,793	11,296	9,599	83,584
Σ INV*	45,881	45,779	22,797	21,611	236	136,304
Σ TC*	48,540	98,509	128,298	66,079	59,537	400,963
Σ O (t)	0	970,000	5,400,000	3,900,000	6,000,000	16,270,000
Σ TC/Q(\$/t)	—	101.6	23.8	16.9	9.9	SC = 24.6\$/t
Σ TC/y(\$/t)	12,135	19,702	16,037	13,216	7,442	13,337
Σ DEP*	0	55,486	41,596	12,922	25,938	136,302

注: *は×1,000US\$ **は建中金利を含む

Table. 15 現価率を掛け現在価値 (pv)* に直した場合の平均トン当たりコスト計算例(O Project) (Unit: 1,000\$)

	1~4年次 建設仮勘定期	5~9年次 操業開始期	10~17年次 フル稼働期	18~22年次 成熟期	23~30年 次終掘期	合計
Σ OC**	1,718***	10,851	15,937	3,536	2,631	34,673
Σ INT**	97	12,097	8,688	1,243	551	22,676
Σ INV**	31,451	22,074	5,810	2,182	14	61,531
Σ TC**	33,266	45,022	30,435	6,961	3,196	118,800
Σ O (t)	0	401,790	1,190,000	407,800	315,600	2,315,190
Σ TC/Q(\$/t)	—	112.1	25.6	17.1	10.1	SC = 51.3\$/t
Σ TC/y(\$/y)	7,563	4,415	726	436	2	2,051
Σ DEP**	0	25,717	110,206	1,322	1,315	38,560

注: * (i) = 12% **は×1,000US\$ ***建中金利を含む

重心は大きく前側に移動して操業開始後3.8年の時点、DEPの重心は7.7年とこれも極めて大きな移動が見られる。

結局、O Project の生データを用いての SC 計算結果は、当該 Project の経済性を適切に表してはいない。51.3\$/t のサプライコストは、FIRR 計算用に求めた石炭販売価格 (30~50\$/t) よりも大きく、このままでは赤字となってしまう。しかし、FIRR 計算上はこの Project において税込みで (i) = 12% の収益率が得られており、この結果とも矛盾する。

このような根本的な差のあるところから、SC 法適用の前提条件は、5-2 項に示したパラメーターだけでは不十分であり、さらに視点を変えて究明することとした。

iii) 操業区間を延長した場合

一般に石炭開発案件は、FIRR 計算上の計画値としては石炭埋蔵量が豊富にあっても専ら30年程度の寿命としているが、実態としてはこれより相当長期にわたり操業されることが多い。例えば我が国の場合は現在稼行中の炭鉱は50~60年あるいはそれ以上の期間にわたり同一稼行区域において延命を続けている。

この視点で判断すると、O Project の場合着工時期に4年、操業初期段階に5年を経ているが、その後のフル稼働期から最終段階目では20年の操業期間に過ぎず、操業期間としては短い感が否めない。そこで、SC 計算のモデルとして、フル稼働期以降の操業期間を2倍の長さにとり、計算結果がどのように変化するかを検証した。この措置は筆者らの操業経験上、フル稼働期のように生産量

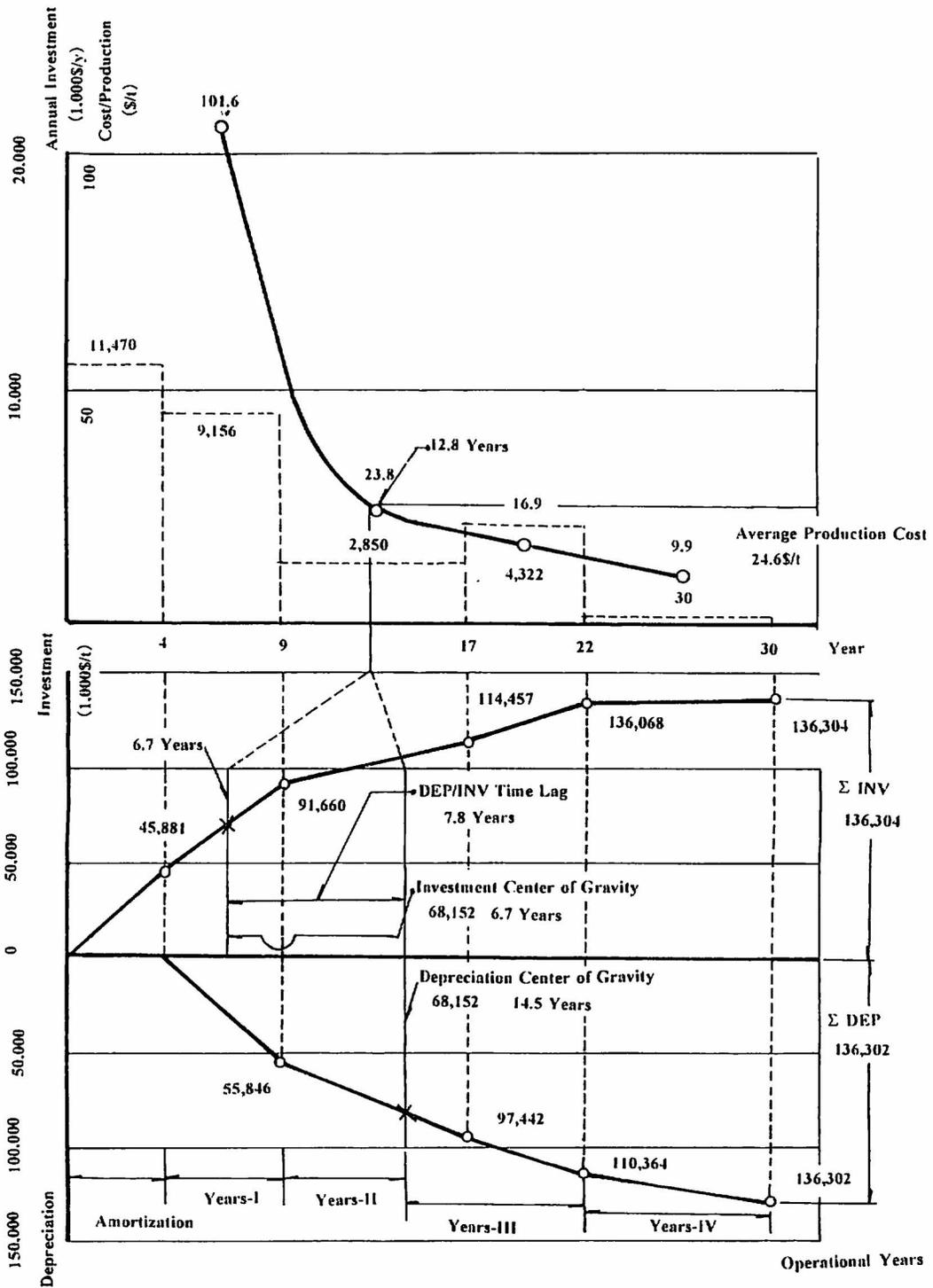


Fig.5 Relationship between Supply Cost, Investment and Depreciation, O Coal Mining Project, Indonesia

が大きくなり、着工時期からは時間が経過して主要設備の除却も進んでいるため、この時期が長ければ経済的に改善されると見たからである。ただ、計算上は簡便に行うため、期間としては第10～17年次のフル稼働期とそれに続く第18～22年次とをそれぞれ2倍の期間に延長し、この期間内の生産量、コストは同じ値が繰り返されるとした。終掘期の第23～30年次の諸元はそのまま据え置いている。従って、この事例では建仮期を含む全操業期間は、原案の30年から43年に延長されている。こ

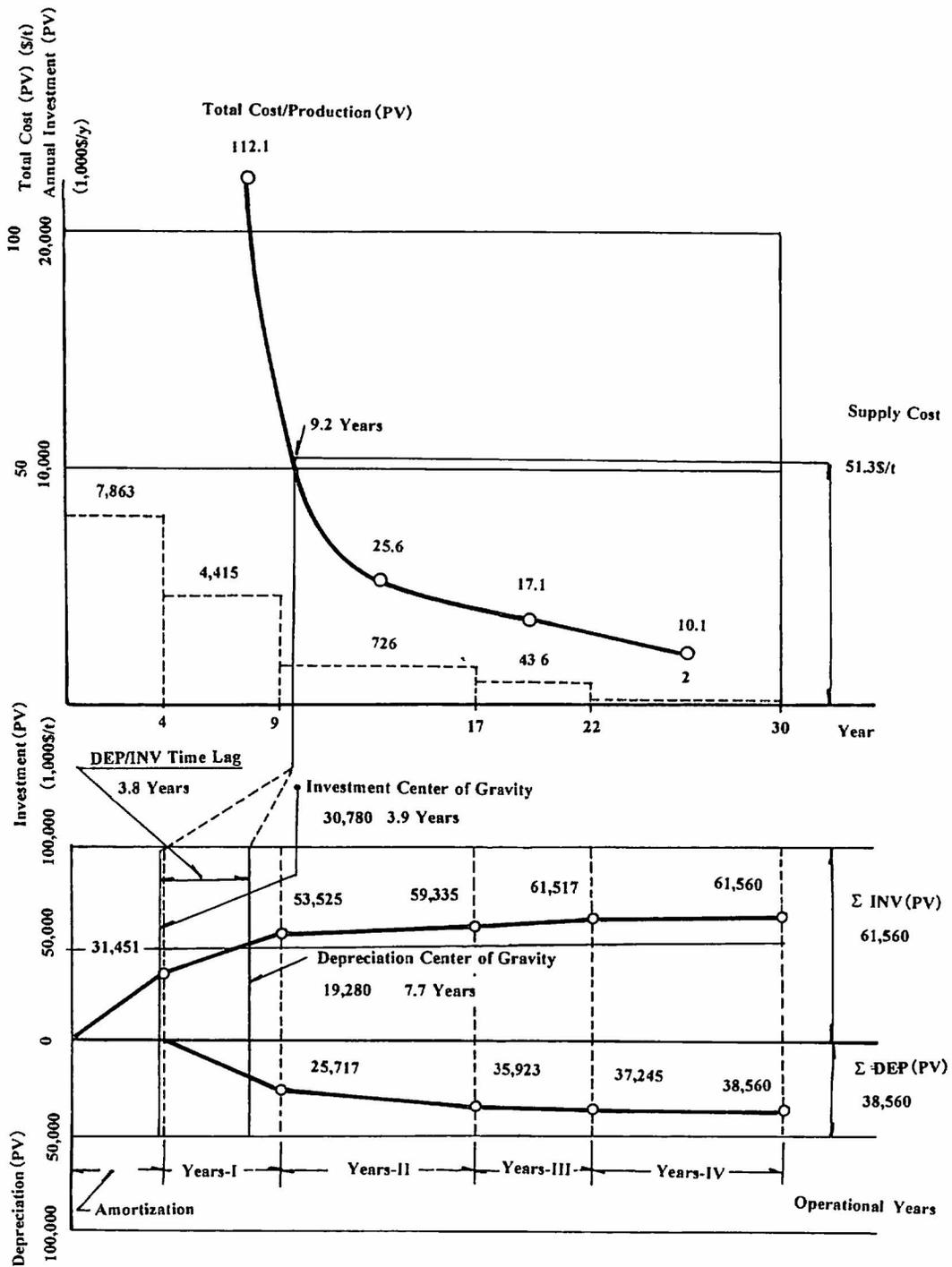


Fig.6 Relationship between Supply Cost, Investment and Depreciation represented by Present, O Coal Mining Project, Indonesia

のモデルの計算結果は第16表に示した。表に見るように予想に反してサプライコストは51.87\$/tと殆ど変わらず、操業区間毎の Total Cost/t もまた変わっていない。従って、操業区間を延長する方法のみでは、Supply Cost を低減する効果のないことが判明した。

Table 16 フル操業期以降の期間を2倍とした場合の Supply Cost

(i = 12%)

Items	1～4	5～9	10～25	26～35	36～43	Total
ΣOP (1,000US\$)	1,718	10,851	22,385	2,239	600	37,793
ΣINT (//)	97	12,097	12,201	758	126	25,279
ΣINV (//)	31,396	22,076	8,084	1,380	3	62,939
ΣTC (//)	33,211	45,024	42,670	4,377	729	126,011
ΣQ (t)	—	401,790	1,697,500	261,100	70,000	2,430,390
ΣTC/ΣQ (US\$/t)*	—	112.1	25.14	16.76	10.41	SC=51.8\$/t

$$*SC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{TC}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Q}{(1+i)^t}}$$

iv) その他の改善方法

上記以外に SC 法の適用のために考慮すべき事柄としては、次の二通りが考えられる。

a. 生産性の改善

b. 着工時、操業開始時の設備投資の除却

a は生産性の改善、すなわち、所与の条件下で出炭量の増大、あるいは Total Cost の削減（例えば人員減など）を意味するが、生産性の改善により確かに SC 計算内容は変わるものの、ここでは SC 法の適用性を検討しているので、この目的にはそぐわない。

b の方法は、操業成熟期に達した炭鉱を対象に考えると理解しやすい。世界の石炭企業には我が国炭鉱を含め、長寿命のものが多く、我が国の現存炭鉱では寿命が50年以上に及んでいる。このように操業経過が長いと、炭鉱の経理処理上は建設仮勘定期の初期投資設備については除却され、固定資産の内容は操業開始時とは大きく変わっている。また、既に述べたように一般の装置産業では長期に保有される資産勘定費目が殆どであるのに対して、炭鉱の場合はその特殊性から本来固定資産に類する資産のうち法の定めるところによって一時損金扱いを受ける資産がある。その代表例は坑道である（第5表、第8表）。

Table 17 我が国石炭企業に見る設備投資、減価償却、一時損金額の実績（A社）

（単位：百万円）

年次	設備投資額④	減価償却額⑤	一時損金額③	比率① = (④ - ⑤) / ④
S. 57	7,582	918	6,664.000	0.879
S. 58	8,891	956	7,935.000	0.892
S. 59	8,536	1,172	7,364.000	0.863
S. 60	7,634	1,217	6,417.000	0.841
S. 61	7,412	1,303	6,109.000	0.824
S. 62	6,671	1,219	5,452.000	0.817
S. 63	7,384	1,117	6,267.000	0.849
H. 01	6,409	1,356	5,053.000	0.788
H. 02	6,261	1,280	4,981.000	0.796
H. 03	5,145	1,298	3,847.000	0.748
合計	71,925.000	11,836.000	60,089.000	0.835

炭鉱の坑道には岩盤の中を掘削する岩石坑道と石炭層のみ、あるいは石炭層とその上下の岩盤層の一部を合わせて掘削する沿層坑道の二種類があり、前者にかかる費用は高コスト、後者は低コストである。また、これら坑道は本来はそれぞれ永久坑道、短期的維持坑道であるが、実技上必ずしも明確な区分が出来ない。採掘区域にあつては採炭切羽の周辺坑道、すなわち Gate, Tail Gate 坑道は沿層坑道であるが、片盤坑道については技術的な必要性から岩盤坑道とすることが多い。しかし、片盤坑道の寿命は採掘区域の採炭が完了すると原則不要となって除却の対象となり、この場合は資産坑道とせず一時損金扱いすることになる。換言すれば、設備投資の費目に該当はするが、資産扱いをせず投資した年次に除却、一時損金などいわばコスト扱いする費目が極めて多い。これを実績上見てみると、第17表のようになる。

表に明らかなように、石炭鉱の場合はいわゆる設備投資額のうち、一時損金扱いを受けるものの比率は総投資額の83.5%にも及んでいる。しかも、表の減価償却の中には着工時の初期投資に遡っての残存価値に対する償却も含まれているが、操業経過が長いとその割合は全体から見れば僅少となる。これらの実態に照らせば、操業開始後の時間経過が長ければ、経過後の炭鉱財務計算対象から初期投資が償却済みとなって外されて行くことになり、O Project の SC 計算の見直しも着工時の初期投資の影響が少なくなった時期を対象とした期間における実態を見るのが重要と思われる。

第7図、第18、19表はこの問題を解明するために検討した結果を示す。第7図の上の図は、第1～4年次の初期投資(年間7,849,000\$, 総額31,396,000\$)が計算対象から外され、次段階以降の設備投資やその他コストで構成される場合を示す。この場合は、第1～4年次のコスト負担がなくなるため、サプライコストは図の右端に示したように51.3\$/tから37.0\$/tへと急激に低下する。設備の償却がさらに進んで第4～9年次の設備も償却済みとなった場合、サプライコストは21.2\$/tと大きく改善

Table. 18 1～4年次の区間を棄却した場合のサプライコスト計算例 (O Project) (Unit: 1,000\$)

	1～4年次 建設仮勘定期	5～9年次 操業開始期	10～17年次 フル稼働期	18～22年次 成熟期	23～30年 次終掘期	合 計
Σ OC**	—	10,851	15,937	3,536	2,631	32,955
Σ INT**	—	12,097	8,688	1,243	551	22,579
Σ INV**	—	22,074	5,810	2,182	14	30,080
Σ TC**	—	45,022	30,485	6,961	3,196	85,614
Σ Q (t)	—	401,790	1,190,000	407,800	315,600	2,315,190
Σ TC/Q(\$/t)	—	112.1	25.6	17.1	10.1	SC = 37.0\$/t

注: * (i) = 12% **は×1,000US\$ ***建中金利を含む

Table. 19 1～4年次、5～9の2区間を棄却した場合のサプライコスト計算例 (O Project) (Unit: 1,000\$)

	1～4年次 建設振勘定期	5～9年次 操業開始期	10～17年次 フル稼働期	18～22年次 成熟期	23～30年 次終掘期	合 計
Σ OC**	—	—	15,937	3,536	2,631	22,104
Σ INT**	—	—	8,688	1,243	551	10,482
Σ INV**	—	—	5,810	2,182	14	8,006
Σ TC**	—	—	30,435	6,961	3,196	40,592
Σ O (t)	—	—	1,190,000	407,800	315,600	1,913,400
Σ TC/Q(\$/t)	—	—	25.6	17.1	10.1	SC = 21.21\$/t

注: * (i) = 12% **は×1,000US\$ ***建中金利を含む

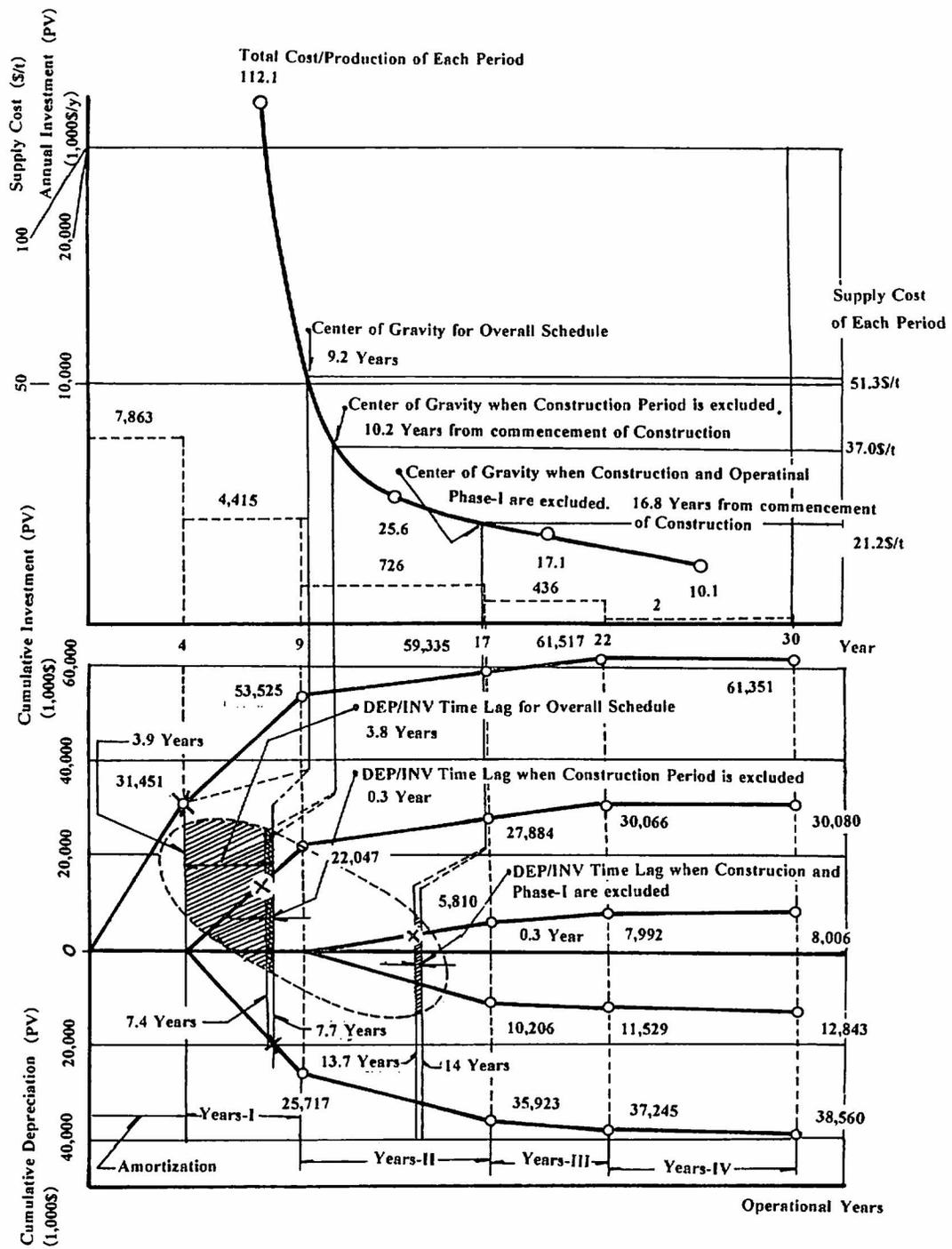


Fig.7 Change of Time Lag between Average Amount of Investment and Depreciation and Time when Construction Period and Operation Phase-I are deleted. O Coal Mining Project, Indonesia

される。

これを第7図の下の方で見ると、設備投資の全期間の重心は3.9年と建仮期間に入る位置であったものが、第1～4年次の投資額が削除されると残りの期間の重心は7.4年に後退する。これに対して第5～9年次の設備投資額もすべて除却されたとして新たに描いた投資累積曲線（最終値8,006,000 \$）の重心は、着工時から見れば13.7年と操業第II期の期間内にまで後退する。

一方、投資と償却の時期のズレは、建仮期間を外した場合、及び建仮期間と操業第 I 期を外した場合の双方ともに、0.3年と近接することが判明した。

6. 結 論

以上の結果をまとめると次のことが言える。

石炭企業の経済性を判定するに当たって、SC 法の適用を可能とするためには、次の諸点に留意する必要がある。

i) SC 法適用の前提条件としては、5-2、5-3 項での検討結果により、

① $\Sigma INV / \Sigma DEP$ の重心のズレは2.0年以内

② 建仮期を含む最初の10年間の操業期は計算対象から外し、初期投資の償却が終わった時点以降の操業期を対象とする

以上が石炭開発案件に SC 法を適用する要諦である。

その他の課題として検討した

① 耐用年数 5 年未満の操業期主要設備の利用

② 建仮期設備投資の全設備投資額に占める比率が20%程度と低いこと。

などの前提条件は、国内外炭鉱の産業構造上の特質としてほぼ備わっているものであり、SC 法計算上特別の配慮は不要である。

ii) 基本的に石炭開発案件は他の一般産業の場合と異なり、耐用年数の短い諸設備を操業期間中継続的に投入するものであるから、投資と減価償却実施時期のズレが少なく、現在価値 (PV) で示すときも誤差を生じない。

iii) 先行研究事例 3)、4) では判然としなかった、SC 法の対象期間については、建仮期間とそれに続くフル生産以前の初期操業期間は対象外とすることが肝要である。これを含むと大きな誤差を生ずる。

iv) iii) 項の考えに基づいて計算した結果、サプライコストは21.2\$/t となり、モデルプロジェクトで FIRR 計算に用いた石炭販売価格を下回り、初めて FIRR 法の結果と同じく利益が計上できる条件が整えられた。SC 法適用については今後さらに詳細なつめが必要ではあるが、以上により FIRR 法との整合性についての目途を得ることが出来た。

v) 操業初期の償却済みの設備投資額を計算対象から外すことは、我が国石炭企業のように長寿命の炭鉱にとっては、SC 法計算を行うに際し、特別の調整が不要であることを示している。それは操業開始後の時間経過が長いと、着工時の設備は殆ど除却され、固定資産の内容も短い耐用年数の設備に置き換わっているからである。

vi) 新鉱開発プロジェクト等、これから開発しあるいは操業の初期段階にある若い炭鉱については、上述の結果から敢えて建設時、及びフル生産に至るまでの合計10年間のデータは棄却し、10年経過以降の期間に対する財務計算を行うことで、当該炭鉱の経済性を SC 法により掌握す

ることが可能になる。反面、第16表に示した結果から見ても、操業終期の計算データについてはサプライコストへの影響は少ない。従って、操業初期段階のデータの取り扱いを誤らない限り、SC法もまた簡便に石炭プロジェクトの経済性を秤量する方法として有効であろう。

7. おわりに

インドネシア、豪州並びに我が国の経済性評価のモデルとして、住友石炭鉱業、太平洋炭鉱、石炭エネルギーセンターほかの関係諸機関による調査研究データの一部を活用させていただいた。また、エネルギー資源に関する研究者として造詣の深い東京大学大学院島田助教授、新潟大学大学院平木教授に縷々ご協力、ご指導を賜った。ここに記して深甚の謝意を捧げたい。

参考文献

- 1) 中嶋滋夫、石炭資源の経済的可採年数評価法(第1報)―意外に少ない可採炭量―、国際地域学研究第2号、平成11年3月(1999)
- 2) 中嶋滋夫、石炭資源の経済的可採年数評価方法(第2報)―SCC法の実用的評価価値についての検討―、国際地域学研究第3号、平成12年3月
- 3) Barlow Jonker Pty, Ltd., Australian Coal Study, (1993)
- 4) MINEC Pty Ltd., Supply Cost Curves and Summary Tables, (1995)
- 5) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、平成5年度石炭資源開発基礎調査、主要産炭地域における石炭資源経済性評価にかかる高度化情報システム確立のための調査、委託先(株)日本エネルギー経済研究所、平成6年3月
- 6) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、平成6年度石炭資源開発基礎調査、石炭資源経済性評価にかかるサプライコスト・カーブに活用についての調査、委託先(株)日本エネルギー経済研究所、平成7年3月
- 7) Feasibility Study Report on Ombilin Integrated Coal Project, Engineering Consultants Firms Association, Japan, Oct, 1987.
- 8) 安藤勝良、中嶋滋夫、青木雅明、岡田清史、石炭資源の経済性評価方法に関する研究(I)―豪州NSW州に見る石炭資源の採掘制限―日本エネルギー学会誌、第79巻、第2号(129~143)、2000年2月
- 9) 安藤勝良、中嶋滋夫、青木雅明、岡田清史、島田荘平、平木俊一、石炭資源の経済性評価方法に関する研究(II)―供給コスト法(SC法)の石炭資源評価への適用―日本エネルギー学会誌、原稿受理2000年5月
- 10) 大橋洋二、長期プロジェクトの採算性評価法―投融資決定のためのDCF・NPVの利用法、産業能率短大出版部、(1975)
- 11) 佐藤武比古ほか、新エネルギー・産業技術総合開発機構、今後の豪州炭の安定供給の課題、委託先(株)日本エネルギー経済研究所、平成8年度海外炭輸入基盤整備促進調査、(1997)