

国際協力事業団

No. 8

ヴェネズエラ共和国
ヴェネズエラ投資基金(FIV)

ヴェネズエラ共和国
コークス炉建設計画調査
報告書
(要約)

1994年9月

ユニコ インターナショナル株式会社
三井鉱山エンジニアリング株式会社

712
68.5
MPI

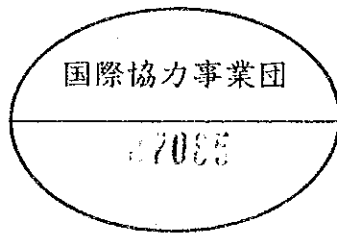
鉱調工
J R
94-114

27185

JICA LIBRARY



1117140(2)



国際協力事業団

ヴェネズエラ共和国
ヴェネズエラ投資基金(FIV)

ヴェネズエラ共和国
コークス炉建設計画調査
報告書
(要約)

1994年9月

ユニコ インターナショナル株式会社
三井鉱山エンジニアリング株式会社

平成6年9月

ヴェネズエラ共和国コークス炉建設計画調査

要 約

ユニコ インターナショナル（株）
三井鉱山エンジニアリング（株）

ヴェネズエラは、石油・天然ガス・鉄鉱石・ボーキサイト・燐鉱石・石炭（スリア州の一般炭）などの地下資源に恵まれ、更に豊富な水力にも恵まれ廉価な電力が利用可能である。かつ各種の気候条件の地域があり農畜産物・水産物にも恵まれている。ヴェネズエラ政府は、石油への依存度を下げるとともに、各種資源の有効利用を高め、また各地域の開発を進めている。そのために市場解放政策を採用している。今回のコークス炉の調査は、タチラ州で採掘が有望視される粘結炭を利用して高炉用のコークスを生産し、輸出しようとするもので、上記の多角化計画と地域開発の一翼を担うものとして検討されるものである。

国際協力事業団から派遣されたコークス炉投資可能性調査団は1993年7月4日から8月17日まで、ヴェネズエラを訪問し、主としてヴェネズエラ政府の工業政策・タチラ州の石炭の採掘の可能性と石炭サンプルの収集・建設予定地の実状調査を行った。またそれと平行して調査団はコークスの輸出先と見なされる米国・欧州を訪問しコークスの市場調査を実施した。採取したサンプルは日本で分析・コークス化試験を行った。

上記調査結果を基に、輸出用コークス製造のために必要な配合炭の選定、コークス炉の概要と建設費の算定、それに依る経済計算結果等を記載した中間報告書を1994年1月20日に提出した。

中間報告書の説明と追加調査を目的として、第2次現地調査（1994年1月17日～2月6日）を行った。タチラ州の炭鉱調査の促進が討議されたが、一方スリア州から、グアサレ炭利用に就いての要望がだされ、グアサレ炭の新しい試料採取と現地での分析が行われた。また、コークス炉建設予定地にグアサレ炭積み出し設備建設を予定していることが判明した。

ヴェネズエラより、1994年3月8日中間報告書に関するコメントが送付されてきた。これに対しては5月11日回答を送付した。

またヴェネズエラより、1994年5月27日、タチラ州の炭鉱調査に就いての情報が送付

された。

第2次現地調査結果および上記ヴェネズエラからの情報を含めて、本報告書案が提出される。本調査の目的は、タチラ州の粘結炭を利用して、輸出用の高炉用コークスを製造するコークス炉の投資前調査を行うことである。しかし、スリア州の強い要望と、タチラ州石炭の埋蔵量が現在確認されているものが十分でないこともあり、スリア州のグアサレ炭利用の場合の高炉用コークス製造のケーススタディーおよび非・弱粘結炭を利用する成形コークス製造関係資料を付録として添付した。

以下に調査の要点を述べる。

1.1 調査の要点

(1) タチラ州およびコロンビアの粘結炭の性質と採掘の可能性および輸入炭の選定

タチラ州には、FNO, SAN, LOB, HAT, LAS の5鉱床がある。LASに関しては、1992年にJICAタチラ州炭田開発調査計画で調査済みであることから、その資料をそのまま採用し、その他について調査を実施した。コロンビア炭に関しては、ヴェネズエラ国境に近いボヤカ炭を対象とした。それぞれの石炭の性質は第1表に示す様に、FNOが中揮発分の粘結炭、LASが高揮発分の粘結炭、ボヤカが低揮発分の粘結炭であることが確認された。それぞれの確定埋蔵量と生産可能量を第2表に示した。1992年の上記JICAのタチラ州炭田調査の時期には、ヴェネズエラ側が実施中であったFNOの埋蔵量調査が完了しておらず、ある程度有望視されていた。しかし、第1次現地調査時ではヴェネズエラ側の調査が完了しており、残念ながら第2表に示す様に、その確定炭量は約60万トンで年間生産可能量も7万トンに過ぎないことが判明した。FNOに代わる中揮発分の粘結炭の生産が可能であるかどうかは、コークス炉の採算性に大きな影響が出ることから、本調査団としてはLOBの北部の鉱床調査をすることが望ましいと判断し、調査団としてヴェネズエラ側にこの調査を勧告した。1994年5月27日ヴェネズエラより送付されたタチラ州北ロバテラの炭鉱開発調査報告書では、現在進行中の調査内容の一部が記載されているが、残念ながら可採量が増加することを示すに十分な資料ではなく、利用可能タチラ州石炭に就いては第1次現地調査結果を改善することには寄与しなかった。

上記の通り現状の確認炭量ではヴェネズエラの高揮発性粘結炭とコロンビアの中・低揮発性粘結炭のみを使用した場合、コークス生産量は年間11万トンぐらいになる。このために適正規模のコークスを生産するためには、両国以外の国から適当な石炭を輸入する必要がある。性質と価格を考慮して米国のBlue Creek、Pinnacleの石炭を混合する

ことにした。

タチラ州の石炭価格は国内輸送コスト込みで、24US\$、コロンビア炭は40US\$、グアサレ炭は20US\$、輸入炭は60US\$と想定した。

(2) コークスを製造するための石炭の配合比率に就いて

コークスの品質は米国に輸出が可能なものとする条件で、各種石炭の品質をベースに配合設計し(表3)、Box testを実施した。その結果は下記の通りである。

- 1) ヴェネズエラの出炭量比率での配合では、高炉用コークスの製造はできない。
- 2) ヴェネズエラの出炭量比率(FNO 13%, LAS 77%)に、不足分をコロンビア炭でカバーした配合においても高炉用コークスの製造はできない。
- 3) ヴェネズエラおよびコロンビアの出炭量比率を無視した配合では、T₁₀₀のみが59.6と目標値61には僅かではあるが達しないのみで、その他は満足できる。
- 4) 高炉用コークスを製造するには、現在のタチラ州の石炭可採量の場合には輸入炭を40%から65%配合する必要がある。
- 5) 高炉用コークスを安定して製造するための配合炭の揮発分は、30.0(%、d.a.f)未満に設定する必要がある。

(3) 高炉用コークスと副産物の市場

〈高炉用コークス〉

ヴェネズエラには、高炉による銑鉄生産は現在行われておらず、また将来行う計画もなく、したがって高炉用コークスは全量輸出することになる。米国では、高炉による銑鉄生産は縮小するし、高炉への微粉炭吹き込みによるコークス消費の低減がはかられつつあり、高炉用コークスの需要量は低下することが予想される。しかし一方コークス炉の老朽化が進みつつあり、クリン エアー アクトによる厳しい環境規制が適用されることから、米国内でのコークス供給能力の低下は需要の低下よりも大きく、将来年500～600万トンの不足が予想され、既存の輸入先以外に新規のコークス炉からのコークス100～200万トン輸入する可能性が強い。西欧に就いても同様の傾向にあるが東欧などからの供給が増えると考えられる。ブラジルに関しては高炉による銑鉄の生産の外に、木炭を還元剤とする銑鉄の生産があり、銑鉄生産に用いる木炭生産のために森林が破壊されつつある。植林を強化して木炭の生産を継続するか、木炭をコークスに変換するかを選択に迫られている。全量木炭をコークスに転換すれば年330万トン近いコークスが必要になる。ブラジルには強粘結炭はなく、コークスを国産化する場合は石炭を輸入

することになる。以上の通りヴェネズエラのコークス炉に競争力があれば 100 万トンのコークスは輸出が可能と考えられる。米国での高炉用コークスの価格は、現在世界的な不況もあり極めて低く US\$93 である。従来の最高価格は US\$130 である。今後のコークス不足の事態を予測すれば US\$130 の価格は期待出来よう。米国はクリン エアークト制定時、コークスの不足から US\$150 を予測したが最近の価格低下から US\$130 に予測価格を下げたと言われる。ブラジルでは木炭価格をベースに考えると、CIF US\$132、FOB US\$122 と見た。

〈粉コークス〉

高炉用の塊コークスの生産にともない生産される微粉コークスについては、国内に約 3 万トンの市場がある。しかし現在ヴェネズエラ内のビーハイブ炉、コロンビアのコークス炉から供給されているので、調査対象のコークス炉からの微粉は全量輸出するものとした。輸出価格は US\$40 と推定した。

〈粗タール、粗軽油〉

粗タール、粗軽油から生産される製品の内、ベンゾールやピッチなどについては僅かながら国内市場が存在する。しかしその量が少ないことと、100 万トンのコークス炉からでる粗タール 3 万トン・粗軽油 1 万トンの量自体は精製するには規模的に少ない。したがって、粗タール、粗軽油は精製せずに全量輸出することにする。欧州のメーカーなどではこれら未精製の製品を喜んで引き取る場所がある。

〈コークス炉ガス〉

コークス炉ガスを輸出することは無理であり、国内で消費する必要がある。マラカイボには工場立地のそばに火力発電所があり、そこでコークス炉ガスを燃料として使用することが合意された。プエルト・オルダスには火力発電所はないし、天然ガスもあるので現時点でコークス炉ガスの利用を確定することはできない。しかし工場も多く燃料として消費することはできる。サント・ドミンゴには火力発電所はなく、工場も少ないことから自家発電をして余剰電気を販売することが考えられる。ヴェネズエラには安い天然ガスがあることからコークス炉ガスの価格も低く評価せざるを得ない。このことはコークス炉の採算性から見ると不利になる。

(4) コークス炉の立地の選定

コークス炉の設置場所の候補地として、サント・ドミンゴ、プエルト・オルガス、マラカイボが選定されていた。これら候補地について比較検討したものを第4表に示す。選定された場所にコークス炉が建設許可になるかどうか、石炭・コークスの輸送コストはどうか、輸出する場合の港の状況はどうか、コークス炉ガスの適切な利用方法があるか、建設費に影響する土地の造成や修理工場の必要性はどうかなどの諸要因を比較するとマラカイボが最適の条件にあることが分かる。

(5) マラカイボの立地条件

マラカイボはタチラ州の石炭の輸送にも適しているし、出来たコークスを輸出するための港湾設備にも恵まれている。水も過去に利用されていた井戸が利用できるし、記述した様にコークス炉ガスを火力発電所に利用可能である。問題はマラカイボ湖の汚染問題である。マラカイボに適用される特別の規制が存在する。この規制をクリアし、日本の基準がヴェネズエラの規制より厳しい場合は日本の規制をクリアし、かつ米国クリーンエアークトをも考慮した対策を採用した。大気環境アセスメントを行ったが、問題はないことを確認した。

(6) コークス炉の形式と規模

粘結炭の消費量を低下させたり、コークスの品質を改善するために通常のコークス炉に石炭を装入する前に石炭を処理する方法や、副産物を回収しないコークスの製造方法などが一部で採用されている。しかし前者は高炉内でのコークスの品質に問題があったり、建設費が高くなり、操業も困難になる等、問題がある。後者はプロセスが排熱回収を含め完成されたものでない。今回は国際的に広く使用されている通常形式のコークス炉を採用し、環境規制を考慮した設計とした。

今回のスタディーでは、ヴェネズエラ炭の採炭可能量が少ないことから、規模を大きくすると価格の高い輸入炭の量が増加することになる。一方規模を小さくすると炉のスケールメリットが失われ製造コストが高くなる。現在ヴェネズエラおよびコロンビアで生産される石炭の量を前提にして、かつコークスの品質を保持するために必要な輸入炭を混合するとコークス生産量は最低57万トンの規模になる。これと、100万トンの規模を比較すると100万トン規模の方が有利であることが分かる。(第5表)このことからコークス生産規模は年100万トンとすることにした。この場合の石炭混合比率は第6表の配合No.6の通りである。100万トンコークス炉の建設費は662百万USドルとなった。

(7) 財務・経済分析

財務・経済分析は、現在確認された原料炭の供給をベースとし、且つ米国市場に適応したコークスの品質が保障され、且つ年間100万トンのコークス製造ができるケースについて行った。この場合、国内炭32%(FNO 5%, LAS 27%)、米国炭65%(Pinnacle 25%, Blue Creek 40%)、コロンビア炭3%の配合になる。

分析結果は財務内部収益率はマイナス1.37%となった。さらにプロジェクト・ライフを通じて外貨獲得額は212百万ドルとなり、これは投資コストの約32%にすぎない。財務分析結果を表7に示した。

(8) 条件の変更による財務・経済分析

- a) 将来における国内炭の出炭量の増加を想定して米国炭を使用せず、国内炭(80%)とコロンビア炭(20%)を併用する場合を検討した。財務内部収益率は5.54%と改善されたが、未だ低く投資対象として考えるのには無理がある。収益率に及ぼす影響を見るためにコークス価格、石炭価格、設備費の感度分析を行った。結果は図1の通りである。
- b) スリア州にあるグアサレ炭は、埋蔵量も豊富で、灰分・硫黄分とも低い良質炭であるが、高揮発分の弱粘結炭のため、室式炉で高炉用コークスを製造するためには配合可能割合に上限がある。財務・経済分析は年間100万トン高炉用コークスを生産する場合の下記3ケースを検討した。
 - 1) 現在のタチラ州の出炭可能量をベースとした場合で、米国炭の一部をグアサレ炭で置換する場合(グアサレ炭使用量10%)
 - 2) グアサレ炭の使用量を最大15%にする場合(LASをHATに置換)
 - 3) 現在のタチラ州の出炭量を考慮しないでグアサレ炭を最大にする場合(グアサレ炭23%)上記3ケースの財務内部収益率はケース1が0.19%、ケース2が0.94%、ケース3が2.78%となる。

1.2 結論と提言

結論

今回の調査は、タチラ州で採掘される粘結炭を利用して、高炉コークスを製造するプロジェクトの投資前調査である。これはヴェネズエラ経済の石油依存度を下げ、かつ地域開発を推進する方針の一環である。

調査では、現在確認されている条件をベースとしたケースと、将来期待される条件を考慮したケースについて検討を行った。なお本来の調査対象に含まれていなかったが、スリア州のグアサレ炭の利用のケースも追加した。全てに共通の事項は下記の通りである。

- 1) ヴェネズエラには、現在高炉による鉄鉄の生産はなく、将来もその計画がない。一方米国では、高炉用コークスの需要は低下するも、環境規制の強化もあり、停止するコークス炉が多く、供給は需要の低下より大きく、ヴェネズエラのコークス炉の競争力があれば十分輸出可能と判断した。またブラジルの木炭鉄の木炭置換用のコークス市場も可能性がある。したがって生産されるコークスは全量輸出とした。
副産物も殆ど全量輸出であり、コークス炉ガスは天然ガス価格で評価した。
- 2) コークス炉の形式は、米国市場を考慮したコークスの品質を前提とし、世界で広く使用されている室式炉を採用した。規模に就いては、スケールメリットから年間100万トンコークスの生産とした。
- 3) 建設場所は、サント・ドミンゴ、プエルト・オルダス、マラカイボの中から、マラカイボを選択した。理由は、石炭・コークスの輸送コスト、コークス炉ガスの処分、政府の規制を含む立地条件などを比較検討した結果である。
- 4) マラカイボでの厳しい規制、日本での規制、さらには米国でのクリン・エアー・アクトなども考慮して、環境に十分配慮した設計とした。なお大気に関する環境評価も実施したが極めて少量の負荷増加であることを確認した。

ケース1 現在確認された条件をベースとする場合

タチラ州には、FNO, SAN, LOB, HAT, LAS の5鉱床がある。現在使用可能と判断されるのは、中揮発分のFNOと、高揮発分のLASであるが、FNOが期待に反して埋蔵量が少ない。コロンビアにあるボヤカ炭は低揮発分の粘結炭であるが量に制限がある。したがって、米国炭などの混合比率を高くせざるを得ない。

タチラ州およびコロンビアの石炭をマラカイボ迄運ぶには、現在トラック輸送が最善であるので、両石炭の輸送はトラックによることにした。

米国のコークス価格は、現在100US\$以下であるが、将来のコークスの供給不足を前提に、過去の供給がタイトであった時期、すなわち過去最高価格である130US\$/トンを採用した。

以上の場合、財務内部収益率はマイナス1.37%となり、投資は困難と判断される。

ケース2 将来期待される条件を考慮した場合

タチラ州の石炭開発調査は現在進行中の段階であり、将来中揮発分の石炭が開発される可能性がある。この場合にはタチラ州の石炭と低揮発分のコロンビア炭のみで米国向けコークスを製造出来る。そこで、ケース1で想定した、米国炭を全量タチラ州およびコロンビアの石炭で置換した場合の検討を行った。

その結果は、財務内部収益率は5.54%に改善された。しかしこの数字も投資を正当化するには十分の数値ではない。

したがって、タチラ州の石炭開発が進むというだけではコークス炉への投資は困難である。しかし、現在ヴェネズエラではタチラ州からマラカイボまでの鉄道敷設の計画があり、タチラ州およびコロンビアの石炭輸送コストを2US\$程度引き下げる可能性がある。

またケース1では、米国でのコークス価格を過去最高の130US\$を想定したが、供給不足が深刻の場合は150US\$の上昇する可能性もある。

これらが総合的に起きる場合には、財務内部収益率が、投資に適するまで上昇する可能性がある。

ケース3 スリア州で産出するグアサレ炭を利用するケース

コークス炉が建設されるマラカイボのそばに、埋蔵量が大きく、露天掘でコストも安く、しかも灰分や硫黄分の少ないグアサレ炭がある。ただコークスの製造から見れば、粘結性が低く、かつ揮発分が非常に高い。スリア州の要望もあり、グアサレ炭を最大限利用する下記ケースを検討した。

- 1) ケース1の石炭配合の内、どれだけグアサレ炭で米国炭を置換して混合出来るかと言う検討を行ったが10%まで配合可能と判断された。
- 2) ヴェネズエラ側の想定した15%混合の場合は、LASに代えてHATが十分あれば可能と判断した。
- 3) タチラ州の石炭に拘らず、グアサレ炭を最大限利用出来る検討を実施したが、23%まで可能と判断された。

これらの結果 財務内部収益率は0.19%, 0.94%, 2.78%となった。低い理由には、現在粘結炭と非粘結炭の価格差が十分大きくないこともあるであろう。3の場合でも内部収益率が余り改善されない理由は、グアサレ炭の揮発分が高く、米国炭の比率が高くなったことによる。

提言

以上タチラ州の石炭を基礎としたコークス炉の採算性を検討した結果は、現在確認されている条件では投資は困難と判断された。理由は、製品が全量輸出であること、米国炭を大量に使用すること、環境配慮もあり建設費が高くなったことなどである。

しかし、タチラ州の石炭開発調査が進み、米国炭を置換出来る場合で、さらにその他の条件が改善される場合には投資を合理化する可能性もある。したがって、タチラ州の石炭開発調査が進んだ段階で、再度コークス炉の検討をされることが望ましい。

スリア州のグアサレ炭は、埋蔵量・品質・価格ともに優れた石炭である。しかし微粘結性で且つ高揮発性であり、通常のコークス炉でコークスを生産するには、不相当と判断される。世界で非・微粘結炭を使用した高炉用コークスの製造方式が計画されてきた。その一つとして成形コークス炉がある。日本でも、一日200トンのパイロットプラントで成形コークスの製造試験がおこなわれ、同コークスを4,500M3の高炉で使用した実績をもっているし、また一日3,000トン（年間100万トン相当）の検討も終わっている。これら技術の検討も一つの課題と考える。

表 1

チャンネル炭の特性値比較

項目	試料	FNO		LOB			HAT		LAS		GUA	BOY	備考
		25	30	10	11	20	15/1	20/1	20	25	M4	M1	
度	揮発分(% d. a. f.)	40											高揮発分炭 中揮発分炭 低揮発分炭
		30											
		20											
石	C含有量(% d. a. f.)	88											
		86											
		84											
		82											
炭	C/N比平均値(%)	1.6											低揮発分炭 中揮発分炭 高揮発分炭
		1.2											
		0.8											
性	C. S. N.	10											
		6											
		2											
		1											
結	炭化流動度(LogDPPM)	4											
		3											
		2											
		1											
粘	全炭率(%)	200											
		150											
		100											
		50											

Note: 元素分析のC含有量はマセラル組成および石炭の風化により変化するため、揮発分との関係がやや低くなる。

表 2

埋蔵量

鉦 床	生産量 (t/year)	確 定 炭 量 (L. C. 層)	炭 質 ¹⁾ (Rank of V. M)	期 間 (year)
FNO:Block-1	60,000	476,000	M	7.8
Block-A	9,600	101,700	M~H	10.4
LOB北部 探査中				
HAT 探査中	100,000			
LAS	400,000	12,222,500	H	30.6
COLOMBIA(BOYACA, M-1)	120,000 ²⁾	1,000,000	L	8.3
(SOCOTA, M-20, 10)	30,000	400,000	M	13.3

注： 1) Rank of V.M: L - 低揮発分 M - 中揮発分 H - 高揮発分

2) 輸出可能量5万トン/年

表 3

Box Test用配合設計 (%)

配合炭No.		Box1	Box2	Box3	Box4	Box5
配合割合%	FNO (Venezuela)	15	13	40	8	5
	LAS (Venezuela)	85	77	50	46	27
	Boyaca (Colombia)		10	10	6	3
	Pinnacle (USA)				16	25
	Blue Creek (USA)				24	40

- Box-1 : ヴェネズエラ炭出炭量比率での配合。
- Box-2 : ヴェネズエラ炭およびコロンビア炭出炭量比率での配合。
- Box-3 : ヴェネズエラ炭およびコロンビア炭でコークス品質が満足できると推定される配合。
- Box-4 : コークス品質を満足できると推定される輸入炭最低使用量での配合。
- Box-5 : コークス生産量 100 万トンベースでの配合。

表 4

各候補地の比較表

項 目	サント・ドミンゴ	ラ・カニャーダ	プエルト・シデルルヒコ
1) サイト候補地の名称	なし	Municipio de la Cañada de Urdaneta en la Zona de la Ensenada de Urbanta	Urbanismo Industrial Cana Veral
2) 土地行政	工業地区でない	重工業地区	重工業地区
3) 候補地の現状	自然のまま	区画整理・敷地整備 敷地面積：6,800ha	区画整理・敷地整備 敷地面積：562ha
4) 土地代	土地買収未完 2,500-10,000Bs/ha	土地買収済み 260Bs/sq. m	土地買収済み 597Bs/sq. m
5) 石炭	タチラ炭	グアサレ炭	なし
6) 石炭輸送コスト	383Bs/ton (4.3US\$/ton)	1,485Bs/ton (16.5US\$/ton)	3,813Bs/ton (42.4US\$/ton)
コークス輸送コスト	1,315Bs/ton (14.6US\$/ton)	0	0
7) コークスの搬出方法	プエルト・オルダスカマラカイボ港	敷地内の港から搬出	工業用団地に計画されている港より搬出
8) コークスの国内市場	なし	なし	アノド製造用、フェロシリコン用コークスの利用可能
9) コークス・コークスガス(COG)	自家発電用燃料	火力発電所に燃料として売却	工業用として使用
10) 副製品の国内市場	粗タール、粗ベンゼン、アノモニアの市場はない。ここでアノモニアは同じ副産物の硫酸と反応させれば肥料として売れる。	粗タール、粗ベンゼンの市場はない。アノモニアはスリア・コンプレックスで引取る可能性がある。硫酸にも一定の市場がある。	粗タール、粗ベンゼン、アノモニアの市場はない。ここでアノモニアは同じ副産物の硫酸と反応させれば肥料として売れる。
11) 工業用水	近くを流れるウリパンツ川の水かその伏流水を利用	井戸水 2.75Bs/m ³	工業用水道 0.125Bs/m ³

	サント・ドミンゴ	ラ・カニャーダ	プエルト・シデルルヒコ
12)電気	8.0Bs/kwh	1.2Bs/kwh	1.2Bs/kwh
燃料ガス	2.0Bs/ℓ (燃料油)	3.5Bs/Nm ³	1.4Bs/Nm ³
13)労働力	量的に確保可能。質についての補償はない。	付近で量、質ともあるレベルまで確保できよう。	付近で量、質ともあるレベルまで確保できよう。
14)環境	付近は農牧業地帯で、自然そのままに近い。サント・ドミンゴ空港に隣接、航空機の飛行障害にならぬよう配慮が必要。	工業用地として確保された土地。典型的サグワナ植生の未利用地。	工業用地として確保された土地。区割りほぼ完了。
15)ほかの工業	原始的なコークス炉、小規模のセメント、陶器工場程度。	近くに石化工場、セメント、ビール工場、石油の採掘、積出施設等多数。	近くに製鉄所、アルミ精錬、フェロシリコン工場や発電所など。
保繕設備	期待しにくい。工場内に確保が必要	上記のためのメンテナンスショップ群の利用可能	上記のためのメンテナンスショップ群の利用可能

表 5

スケールメリット スタディー

	Unit Condition	Unit Cost	Case 1		Case 2		Case 3	
			Domestic Coal 30\$/t-coal Imported Coal 60\$/t-coal	Domestic Coal 30\$/t-coal Imported Coal 60\$/t-coal	Domestic Coal 30\$/t-coal Imported Coal 60\$/t-coal	Domestic Coal 30\$/t-coal Imported Coal 60\$/t-coal		
Production Charging Coal	ton dry/Y ton dry/Y ton wet/Y (moisture-9%)		1,000,000 1,332,000 1,464,000	600,000 827,000 909,000	1,000,000 1,395,000 1,533,000	1,000,000 1,395,000 1,533,000		
Consumption								
Domestic	ton wet/Y (moisture-9%)	30\$/ton wet	520,000	520,000	520,000	520,000	100.0%	
Import	ton wet/Y (moisture-9%)	60\$/ton wet	944,000	389,000	389,000	389,000	0.0%	
Volatile Matter	[%]		26.39	29.36	30.38	30.38		
Cokes Production Rate	[%]		75.06	72.57	71.71	71.71		
VARIABLE COST								
Raw Coal	ton wet/Y (moisture-9%) ton wet/Y (moisture-9%)	3.150Y/ton wet 6.300Y/ton wet	1,638,000 5,947,200	1,638,000 2,450,700	1,638,000 2,450,700	1,638,000 2,450,700	Y/t-coke Y/t-coke	
Fuel Gas	NG -3.50Bs/Nm3 (11,000kcal/Nm3) COG=1.43Bs/Nm3 (4,500kcal/Nm3)	1.58Y/Nm3-COG (45% of produced) 2.52Y/kwh	314,183 154,526	188,510 92,716	314 155	314 155	Y/t-coke Y/t-coke	
Electricity	198.85Nm3-COG/t-coke 2.28Bs/kwh 61.32kwh/t-coke 7,000kw 2.75Bs/m3 3.43m3/t-coke							
Industrial Water		3.04Y/m3	10,427	6,256	10,427	10,427	10	
Chemical/Other								
Sub total			150,000	90,000	150,000	150,000	150	
FIXED COST								
Labor Cost	No. of Labor 700 100mil. t investment:	15,000Y/M 60,000mil. Y	126,000 5,400,000	126,000 3,974,490	126,000 5,400,000	126,000 5,400,000	126 5,400	
Depreciation	10 Year Depreciation 3.0% of Equip. Cost 230Bs/kVA/Month	0.6 exponential 10 years 3.0%						
Maintenance								
Basic Electricity	230Bs/kVA/Month	254.21Y/kVA	21,354	12,812	21,354	21,354	21	
Others Cost			200,000	200,000	200,000	200,000	200	
Sub-total			7,547	9,396	7,547	7,547	7,547	
BY-PRODUCT								
COG	NG -3.50Bs/Nm3 (11,000kcal/Nm3) COG=1.43Bs/Nm3 (4,500kcal/Nm3)	1.58Y/Nm3-COG	697,570	418,542	697,570	697,570	-698	
Coarse Tar	441.5Nm3-COG/t-coke 30kg/t dry coal							
Coarse Light Oil	10kg/t-dry coal	11,000Y/ton	439,560	272,910	439,560	439,560	455	
Ammonia Sulfide	11.64kg/t-dry coal	22,000Y/ton	293,040	181,940	293,040	293,040	303	
Sub total		12,000Y/ton	186,054	115,515	186,054	186,054	-193	
Total			-1,617	-1,617	-1,617	-1,617	-1,660	
Interest	10% (Aver. 5%) Y/ton-dry coke		14,144	15,191	14,144	14,144	15,191	
Grand Total		5%	3,000,000	2,208,050	3,000,000	3,000,000	3,000	
		S/ton-dry coke	17,144	18,871	17,144	17,144	18,871	
		S/ton-dry coke	163,28	179,72	163,28	163,28	179,72	

Exchange Rate: \$1=105Ycn
\$1=95Bs.

表 6

輸入炭配合限界の検討

配合炭No.		1	2	3	4	5	6	7
配合割合%	FNO (Venezuela)	12	9	8	6	5	5	5
	LAS (Venezuela)	69	54	46	39	31	27	27
	Boyaca (Colombia)	9	7	6	5	4	3	3
	Pinnacle (USA)	4	12	16	20	24	25	
	Blue Creek (USA)	6	18	24	30	36	40	40
	Saraji (Australia)							25
装入炭性状	灰分 (% d.)	5.1	5.6	5.9	6.2	6.5	6.6	7.9
	揮発分 (% d.)	33.1	30.6	29.4	28.2	26.9	26.4	26.9
	全硫黄 (% d.)	0.68	0.71	0.72	0.74	0.75	0.76	0.71
	全膨張 (%)	175	172	170	169	167	168	173
	最高流動度(logDDPM)	3.52	3.27	3.15	3.03	2.90	2.88	3.15
	SI	3.77	4.19	4.40	4.60	4.82	4.84	4.81
	CBI	1.58	1.81	1.93	2.04	2.16	2.16	1.64
	Σ CSR	49	50	51	51	52	52	59
コークス品質	灰分(% d.)(目標値:10.3)	8.2	8.4	8.5	8.7	8.8	8.9	10.4
	全硫黄(% d.)(目標値:0.76)	0.60	0.62	0.63	0.65	0.66	0.66	0.63
	TI _{2.5} (目標値:61)	60	61	62	63	63	63	64
	CSR (目標値:58)	56	57	58	58	58	59	62
コークス生産量(万トン)		37	48	57	69	88	101	101

表 7

PROJECT CASES COMPARISON SUMMARY ON COKE PLANT PROJECT

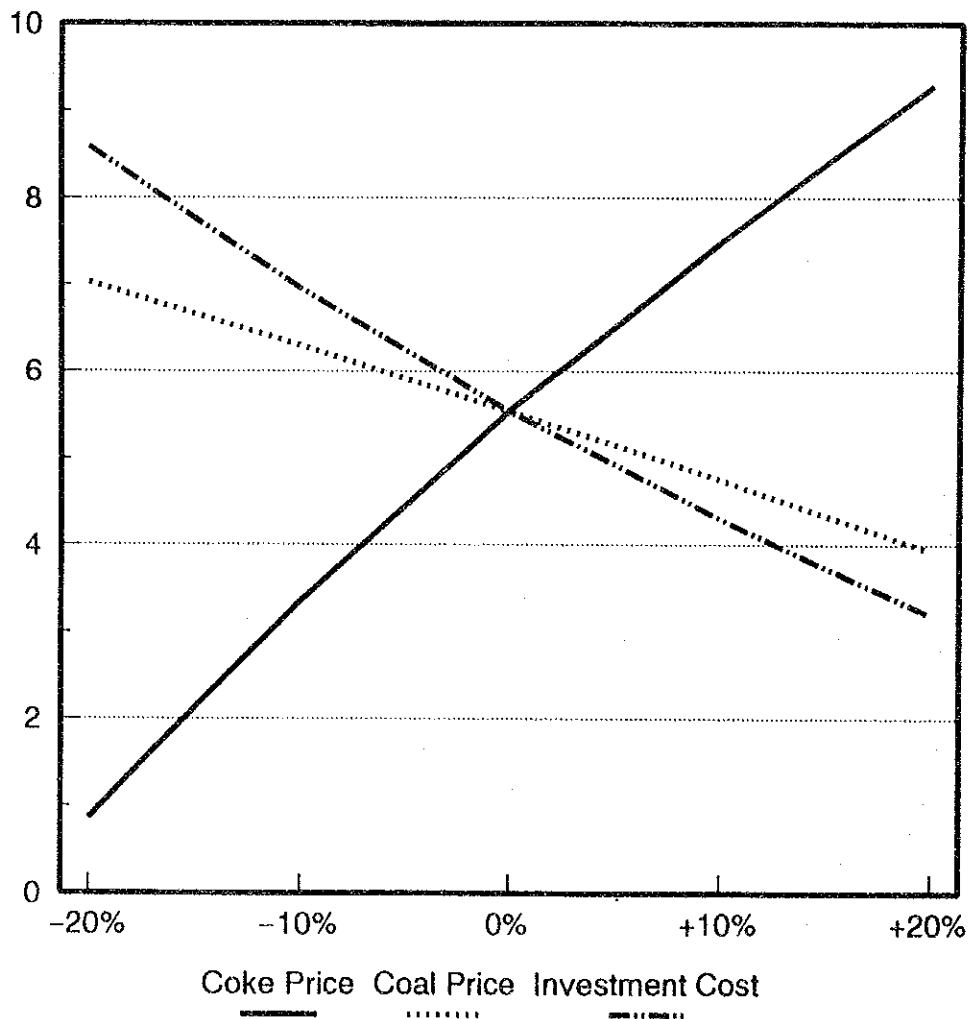
Case		Base Case	Alt. Case
	Coke production (tons/year)	1,000,000	1,000,000
	Coke yield (%)	75.06	74.30
	Coal blending ratio		
	- Domestic coal (%)	32.00	80.00
	- Imported coal (Boyaca) (%)	3.00	20.00
	- Imported coal (U.S.A) (%)	65.00	-
	B.F. coke sales volume for export (tons/year)	850,000	850,000
1)	Capital Investment Cost (million dollars)	661.76	656.62
2)	Financing Plan (million dollars)		
	Equity (30%)	198.53	196.99
	Long-term loans (70%)	463.23	459.63
	Total	661.76	656.62
3)	Major Assumptions for Plant Operation		
	Sales prices for export (FOB)		
	- B.F. cokes (\$/ton)	120.0	120.0
	- Coke breeze (\$/ton)	40.0	40.0
	Coal for coke making (CIF, Dry base)		
	- Domestic coals (\$/ton)	26.37	26.37
	- Imported coals (Boyaca) (\$/ton)	43.96	43.96
	- Imported coals (U.S.A) (\$/ton)	65.93	65.93
	Operating staff	700	700
	Service life on depreciation	20	20
	Interest rate on loan (%)	5.0	5.0
	Repayment period	20	20
4)	Results of Financial/Economic Analysis		
	Financial internal rate of return(FIRR) (before tax, %)	▲1.37	5.54
	(after tax, %)	▲1.37	4.95
	Debt service ratio (DSR)		
	- 1st year of operation	0.42	0.87
	- 2nd year of operation	0.52	1.20
	- 3rd year of operation	0.53	1.26
	Average production cost (per B.F. cokes, \$/tons)		
	- Cost not including depreciation and interest	89.23	54.01
	- Cost including depreciation and interest	153.63	106.56
	Sensitivity analysis on FIRR (before tax, %)		
	- Sales price including Breeze (up 20%)	3.82	9.29
	- Coal prices (down 20%)	2.20	7.03
	- Investment cost (down 20%)	1.24	8.59
	Economic internal rate of return (EIRR, %)	▲0.58	6.27
	Foreign currency earnings (million, dollars)		
	- Whole project life	211.57	1,149.35

Note: Exchange rate: \$1 = 115 yen = 95Bs
Pricing label: US\$ in terms of fixed price in 1993
Project life: 23 years including 3 years of construction

☒ 1

SENSITIVITY ANALYSIS OF FIRR ON
INVESTMENT FOR COKE PLAN PROJECT, VENEZUELA
(ALTERNATIVE)

BEFORE TAX, %



JICA