II. ボタの有効利用

1. 調査目的

01. ボタの有効利用の主たる目的は、汚染源であるボタそのものを減らすことで、日本での経験を踏まえ、ブラジルにおける有効利用関連の関係者からの聞き取りを中心として、その可能性を調査した。日本の炭鉱ボタ利用の背景、利用状況を始めに紹介し、サンタカタリーナ州の炭鉱ボタの有効利用の方向性を以下に述べる。

2. 日本でのボタ利用の実績

2.1 背景

02. 日本の代表的な石炭生産基地であった筑豊炭田は、九州の福岡県遠賀川流域一帯に広がり面積約 984 km^2 で、現在 25 の市町村からなり、人口は約 485,000 人である。1900 年頃から主として坑内掘で始まり、全盛期には、200 を越える炭鉱が操業していたが、安い石油と海外炭に市場を奪われ、1970 年代に全て閉山した。この間に坑道掘削や選炭による岩石廃棄物（ボタ）が山腹や谷間、台地あるいは平地などに集積、ピラミッド形や平積形となって放置された。この様な状況は、日本各地の産炭地に共通したものであった。

03. これらのボタ山の周辺には住宅をはじめ、道路、鉄道、河川、溜池などがあり、豪雨時に地滑りでボタ山が崩壊し、周辺に被害を与えたり、土砂の河川への流れ込みによる汚染と堆積等の問題が発生していた。更に、ボタに混じっている石炭が自然発火し、発生した一酸化炭素による中毒事件を起すこともあった。地域の住民は、炭鉱に代わる産業誘致による地域振興対策とあわせて鉱害問題の解決を、関係者に対して強く求めてきた。サンタカタリーナ州の鉱害状況と大きく違う点は、ボタの中に黄鉄鉱が含まれておらず、酸性水による河川の汚染はなかったが、坑内採掘の結果、地表面の陥没がもう一つの大きな問題であった。

04. 日本政府通産省は、実態を把握しボタの活用策を検討するため、1960 年度以降、産炭地域振興調査として「ボタ山利用調査」を実施し、ボタ山の分布状況、集積時期、集積内容及び形状などについて調査した。福岡県でみると、当時はボタ山数 624、集積量 2.2 億 m^3、占有面積 14.0 km^2 であったが、1962 年以降鉱害防止と炭鉱を離職した労働者の雇用対

策を兼ねて危険なボタ山の取り崩しが始められ、10年以上続けられた。 1990年3月末ではボタ山数253、1.4億m^3、12.7km^2となり、問題のあるボタ山は殆ど残っていない。

05. ボタ山の取り崩しは、当初は災害防止の観点から、危険度の高いものから順次、斜面の安定化工事やボタの移動を主とした対策が実施されたが、次第に有効利用の考えが進められる様になった。当時の経済発展に合わせて進められた道路・鉄道網の新設・整備や海岸埋立、更に、セメントの副原料としての利用価値も認められ、大量に積極利用がはかられた。筑豊地方から運びだされたボタの殆どはこれらに使用されたと言われている。

2.2 日本のボタの利用状況

06. 利用及び試験は多岐にわたり、ボタ水選、セメント副原料、海岸埋立、道路造成材料、建材類（軽量骨材、煉瓦等）、耐火材原料等があり、その概略を以下に紹介する。

(a) ボタ水選

07. 樋に水を流して、ボタから石炭を回収する小規模な選炭業者は、古くから存在し、現在のブラジルと同様に、鉱業法の適用を受けない業種であったことから、環境汚染や周囲への迷惑行為が横行、1958年には水洗炭業に関する法律が施行され、取り締まりが強化された。 筑豊地方で、本格的な選炭機を使用してのボタの水洗は、1965年に民間業者が始め、現在も50 t/hジグ2機が稼動している。 選炭機は移動式ではないため、当初は直ぐ近くのボタを水洗していたが、現在は遠方のボタ山からトラックで運搬して、水洗している。石炭残留分の多いボタは既になくなり、現在は発熱量3,300 kcal/kg及び4,200 kcal/kgの石炭を生産し、石炭火力発電のカロリー調整用炭として販売されている。原料ボタ 17,048 千 t (9,350千m^3)を水洗し、累計総生産量は1,418千tとなっている。

(b) セメント副原料

08. 回収した石炭の販売のみでは経営が成り立たない場合でも、水洗後のボタが、セメント副原料として商品価値がある場合は、低品位のボタも水洗の対象となっている。セメント工場に売却された水洗後のボタは、累計7,200千tに達し、現在も続いている。

⇒　セメントの原料

・ポルトランドセメントの製造に必要な主原料は、石灰石、粘土、珪石、酸化鉄原料で、これらを所定化学組成比率に配合し、焼成してクリンカを得た後石膏が加えられる。セメントを1t造るのに必要な原料の量はそれぞれの化学成分によって異なるが、日本のセメント工場の平均的な原単位は次の通りである。

クリンカ	石灰石	1,144 kg
	粘　土	228 kg
	珪　石	45 kg
	鉄原料	32 kg
石　膏		32 kg

・ポルトランドセメントクリンカの主成分は CaO、SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3 から成る。セメント用石灰石として最も強い規制を受ける有害成分は MgO である。石灰石に含まれる MgO 量が3.5%以上になると、硬化しているコンクリートに膨張性亀裂を発生させ、崩壊に至ることがある。

⇒　セメント原料としてのボタに求められる条件

ボタに限らずセメント原料一般に要求されるものは次の通り。

・微粉砕しやすいこと

各原料がお互いによく接触して反応するためには、十分細かく粉砕されていなければならない。そのために被粉砕物中に硬質の岩石、特に石英粒子を含むことをきらう。

・反応性に富むこと

セメントの合成反応は原料固体が半溶融状態となって起こるので、原料中の成分の存在状態が問題になる。特に石英は化学的に安定であり、反応性に乏しいために、石英の形でシリカを含むボタは粉砕性が悪くなることと、併せて品質を下げる原因とされている。従って、SiO_2 は他の酸化物(CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3 など)と珪酸塩になっていることが望ましい。

・SiO_2 含有量が多いこと

一般にボタのみでは SiO_2 が不足するので、軟珪石を使用するが、SiO_2 含有量が多い場合は、珪石を特に必要としない場合もありうる。従って製造管理のうえからも、珪酸塩の形で SiO_2 含有量の多いものが望まれる。

・強熱減量の変化が少ないこと

ボタには頁岩や砂岩の他に炭質可燃物がかなり含まれ、強熱減量の主な原因となるのが普通である。この炭質可燃物の混入量が著しく変動すると、製造原単位あるいはセメントの品質を著しく低下させる。

・その他

安定して供給可能なこと、輸送を考えた場合にはできるだけ工場に近いこと、があげられる。

⇒ 筑豊地方の頁岩ボタの特徴

SiO_2、Al_2O_3の原料として、一般には粘土を用いていたが、筑豊のボタ（頁岩）の典型的成分は、SiO_2 45.8%、Al_2O_3 20.9%、CaO 3.0%、 Fe_2O_3 2.9%、 SO_3 1.5%、MgO 0.4%、発熱量 1,290 kcal/kg であり、セメント製造に必要な SiO_2、 Al_2O_3 が多く含まれている。セメント原料としては、化学成分的に SiO_2 がなるべく多いこと、粉砕性のよいことが必要であるほかに、ハンドリングの面で、水分の多い粘土を多く含むものはよくないが、水洗後のボタの殆どはこの条件を満たしている。

09. 石炭や頁岩を回収した残りのボタは、再び集積場に戻して、安全な状態で堆積されている。ボタが減少し平地となった部分は 1,190 千 m^2 になり、工業用地・大学用地・産業廃棄物処理場等として利用される様になったが、産業誘致の進捗が遅く、大半は未使用の状態にある。

(c) 海岸埋立

10. 宇部炭田のある炭鉱では、1955 年から海岸埋立の認可を得、漁業組合との協定で、黒い水を流さないということで掘進ボタの礫岩、砂岩を埋立予定線に捨て石を行い、そのうちの大塊で岸壁を築き、適当な長さまで進んだ内部に選炭ボタ、掘進黒ボタを捨てるようにした。累計処理量は約 100 千 m^3、埋立ててできた面積は約 67 千 m^2 である。筑豊地区のボタを 30km ほど離れた北九州市の海岸まで運び、埋立を行なっている。1963 年以降ボタ 56,400 千 m^3 を処理し、6,400 千 m^2 の土地を造成した。まず埋立予定地の護岸工事を行い、平行して埋立を行った。現在すべて工場の敷地となっている。この他にもボタによる海岸埋立の例は多い。

(d) 路盤材料

11.　　一般の道路・鉄道の路体・路盤材料として大量に使用される前に、焼けボタを用いた道路を造成して、試験が実施された。幅員 7.5 m、延長 125 m を 25 m づつ 5 区間に分け、上下層路盤の材質を変えて行った結果、焼けボタを粒状式、あるいは、水硬性材料を混合添加した安定処理式として路盤材料に利用した舗装が、在来工法の舗装に比べ低廉で堅牢なものであることがわかった。筑豊地区の高速道路及び新幹線鉄道は低湿地帯を通っていて、高架路線が多かった。元の低湿地帯の路床地盤改良を実施したのち、その上を路体材としてボタの盛土で高架とし、路盤材には焼けボタを使用して建設された。

12.　　この結果、幾つものボタ山がなくなった。ボタを搬出し、平らになった土地は整地し、住宅用地、工業用地、ゴルフ場等が造成された。交通の便が良いところや、市街地に近い所から土地利用が進んだが、未利用地も多く残されている。

(e)　建材類（軽量骨材、煉瓦等）

13.　　日本では川砂等の自然骨材が枯渇してきており、また高層建築物が多くなったこともあって、人工骨材の需要が伸びてきた。炭鉱ボタから軽量骨材を造る研究は、1960 年代からはじまり、各所で行われた。しかしながら、ボタは各種各層の岩石が混合堆積しており、有用鉱物を含んでいても、有用なものだけが堆積しているケースは少なく、選別が難しいので、工業的には殆ど成立していない。

14.　　軽量骨材として具備すべき要件は、骨材としての要件を満足するのみでなく、i) 表面に凹凸が少なく、稜線の発達しない、すなわち丸みを帯びたもの、 ii) 吸水率の少ないもの、特に 1 時間以内の吸水率が少ないもので、24 時間経過しても吸水率が 10%以下のもの、 iii) ある程度(60～100 kg/cm^2)以上の強度のあるもの等の条件が必要である。頁岩や粘土で膨張性を持つものは、これを適当に粉砕、造粒して焼成すれば、軽量骨材となる。

(f)　耐火材原料

15.　　ボタの有効利用が注目される以前から、ボタを野焼きして、シャモット・レンガ用の原料(アルミナ源)となる焼けボタを作り、小規模な手選によって回収されていた。量的には、それほど多いものではなかった。

3. サンタカタリーナ州のボタ利用の可能性

16. 日本での実例を参考にしながら、サンタカタリーナ州での独自の調査も含めて、ボタの有効利用の可能性を調査した。調査項目は、ボタの再選炭、セメント副原料、流動床燃焼における燃料、道路用材料、耐火物原料である。

3.1 ボタの再選炭

17. ボタの再選炭の可能性調査は、次の内容を含んでいる。

i) 再選に適するボタの存在と石炭回収量を知るための再選炭可能性調査。

ii) 現在操業中の選炭場の環境保全を主とした操業状況調査。

(a) 再選炭可能性調査

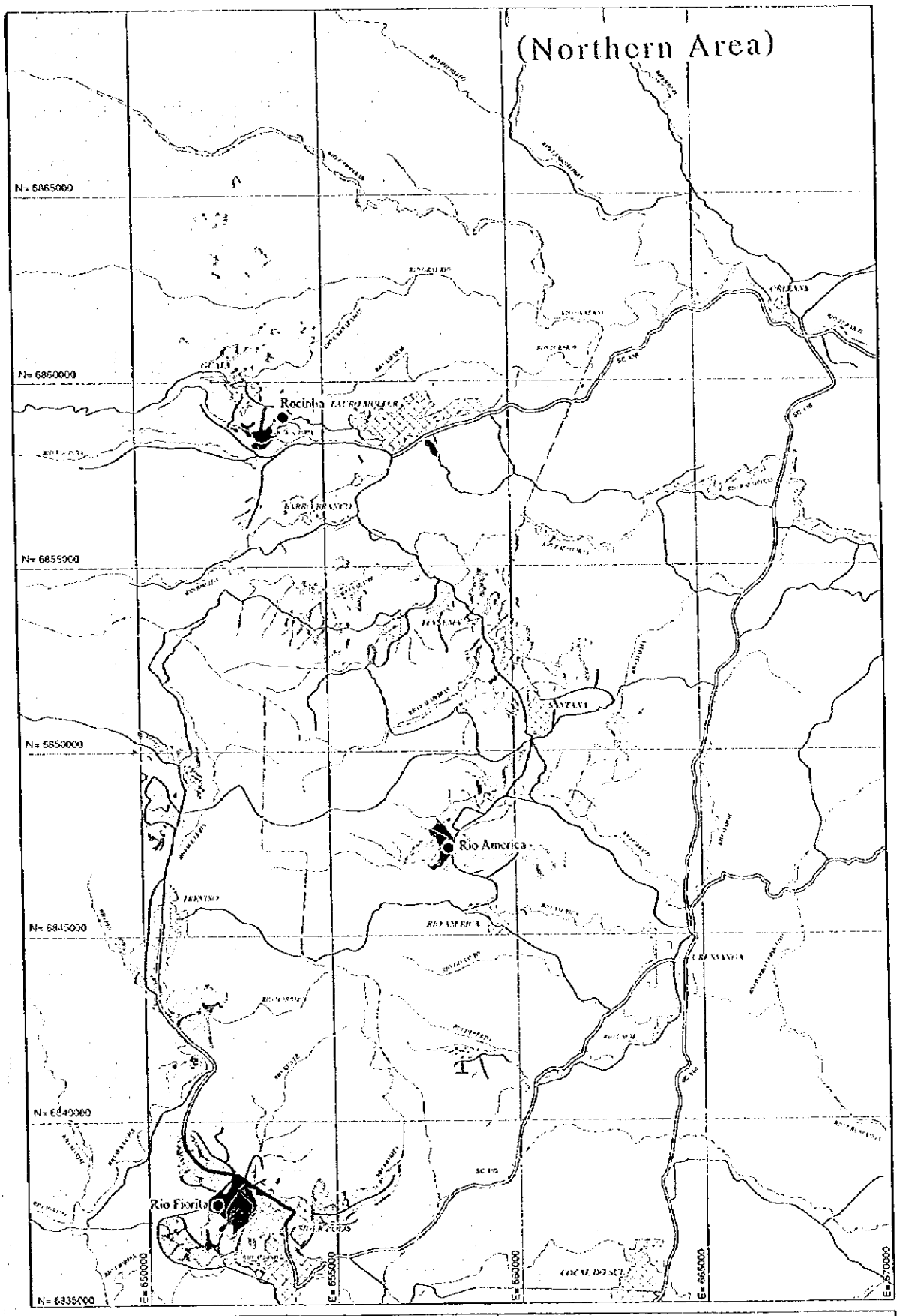
18. サンタカタリーナ州では、製鉄用コークスの原料として、夾炭層上部の Barro Branco 層を採掘、炭鉱では一次選炭を行い CPL を生産し、Capivari にある二次選炭工場で再度選炭され、原料炭が最終的に生産されていた。炭鉱が ROM を選炭して CPL を作る過程で微粉炭を回収し始めたのは 1973 年になってから以降で、それ以前の CPL 選炭の微粉ボタ(CLP ボタ)には、相当量の石炭が含まれている。CPL ボタは炭田に散在し、水洗炭業者や鋳物用コークス製造業者が、各所で石炭を回収しているので、調査対象を、未だ操業していない今後有望と思われる場所として、5ヶ所を選定し各々から 2 サンプルを採取し、予備分析を行った。分析結果から、代表的と考えられる 2ヶ所について、浮沈試験を行い、石炭の回収可能性を調査した。

(b) 予備分析

19. 選定した 5 ヶ所は Rocinha、Rio Fiorita、São Marcos、Rio Carvão、Naspolini (表 H-1)で、サンプリングの位置は図 H-1(1/2)と(2/2)に示す通りである。試験項目は、粒度, 重量割合, 水分, 灰分、硫黄分で、分析実施機関は SATC である。

(c) 予備分析結果

20. 粒度分布は 2.0 mm 以上が、約 70%を占める。重量は比重 1.65 以上が 90%以上ある。灰分は 60%以上であるが硫黄分はばらつきが多い。灰分から推定すると、発熱量



Legend:

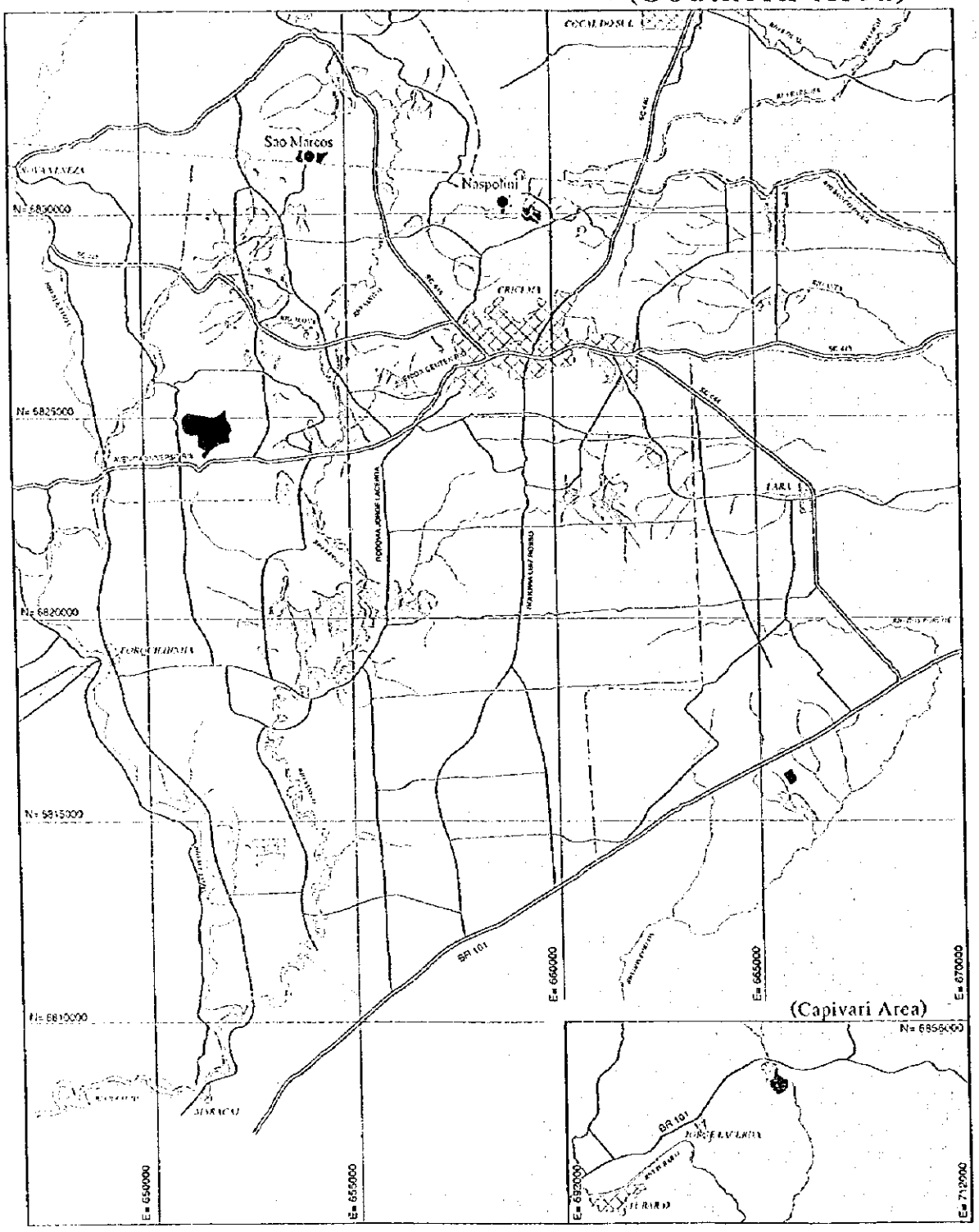
- Black Reject(Rewashable)
- Black Reject(Waste)
- Overburden Waste
- Pond
- Sampling Point

図 II-1(1/2) 黒ボク分布

THE FEASIBILITY STUDY ON RECUPERATION OF MINED OUT AREAS IN SOUTH REGION OF SANTA CATARINA REPUBLIC OF BRAZIL

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY - JICA

(Southern Area)



Legend:

- Black Reject(Rewashable)
- Black Reject(Waste)
- Overburden Waste
- Pond
- Sampling Point

図 H-1(2/2) 黒泥分布

THE FEASIBILITY STUDY ON RECUPERATION OF MINED OUT AREAS IN SOUTH REGION OF SANTA CATARINA REPUBLIC OF BRAZIL

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY - JICA

表 H-1

再選可能黒ボタ

Municipality	Name of Areas	Status	Rewashable Area (ha)	Rewashable Volume (1,000m3)	Total Area (ha)	Total Volume (1,000m3)
Criciuma	Bairro Naspolini	Abandoned	31.0	1,426	31.0	1,426
	Mina Uniao	Abandoned			0.0	0
	Mina Uniao	Active	78.0	3,588	78.0	3,588
	Sao Marcos	Abandoned	24.0	1,104	24.0	1,104
	Sub-total		133.0	6,118	133.0	6,118
Icara	Minaracao	Active	8.8	405	8.8	405
	Sub-total		8.8	405	8.8	405
Lauro Muller	Lauro Muller	Active	8.0	368	8.0	368
	Rochinha		25.0	626	25.0	626
	Sub-total		33.0	994	33.0	994
Sideropolis	Campo Vila Funil	Active	56.0	2,576	56.0	2,576
	Lavador Rio Fiorita CO	Active	95.0	4,370	95.0	4,370
	Sub-total		151.0	6,946	151.0	6,946
Urussanga	Rio America	Active	132.2	6,081	132.2	6,081
	Sub-total		132.2	6,081	132.2	6,081
Total			458.0	20,544	458.0	20,544

は 800～1,500 kcal/kg 程度とみられる (表 H-2)。成分は SiO_2 が多い特徴があるが、何れも発熱量の低い石炭ではあるが回収可能である事を示している。5 ヶ所のなかから、代表的と考えられる Rio Rocinha 及び Naspolini の 2 ヶ所を、浮沈試験実施対象に選定した。

(d) 可選性試験

21. 可選性試験は、浮沈試験を行い可選性曲線を作成して、原炭からの精炭生産量と含有灰分の関係を明らかにするために行う。浮沈試験は比重液を用い、石炭の比重構成を測定する試験で、普通は粒度別に 1.30 比重液から 1.80 までの比重液を適当な比重間隔で測定を行い、それぞれの比重における浮揚物と沈下物の重量を測定する。今回の試験では、石炭ではなくボタの再選炭であるためと予備分析の結果から、比重は 1.50、1.65 及び 1.80 で測定した。

(e) 試験結果

22. 分析結果及びこれより得られた可選性曲線を表 H-3、H-4 及び図 H-2、H-3 に示す。この結果から判断すると、浮揚物曲線の傾斜が緩いので選炭性は良くないが、発熱量 4,500 kcal/kg (灰分 30～35%)程度の石炭が、Rio Rocinha で 7～10 %、Naspolini で 8～12 % の歩留で回収可能と推測される。再選を実施している選炭工場の実績もこの範囲内であり、現在のこの地域の操業形態を踏襲する限りでは、経済性があるといえる。

(f) 選炭工場操業状況調査

23. 操業実地調査を行なう前に、全体把握をするために公刊文書 と FATMA に提出された申請書による資料調査を行い、実際の操業業況と照合する為に、実地調査を行なった。現在、原炭・ボタ再選・コークス用に選炭を実施している工場が 21 あり、その内 12 箇所を実地調査した。(表 H-5 および表 H-6)

24. 設備は水選ジグが主であり、重液は使用していない。微粉回収にはサイクロン・浮選機・スパイラル・振動テーブルを使用している。原炭選別用のジグは出炭規模により 250～650 t/h と比較的大規模であるが、ボタ再選用は 100 t/h 以下と小規模であり、水槽が木製の簡単な構造のものが多い。製品は CE-4,500(発電用：発熱量 4,500 kcal/kg)、CE-5,400(セメント用：5,400 kcal/kg)、Fine(コークス用)が主である。炭鉱における選炭得率は、1994 年の

表 H-2

ボタの成分分析

1. Size Analysis (by SATC)

SIZE (mm)	RIO ROCINHA (1)	RIO ROCINHA (2)	RIO CARVAO (1)	RIO CARVAO (2)	NASPOLINI (1)	NASPOLINI (2)	SIDEROPOLIS (1)	SIDEROPOLIS (2)	SAO MARCOS (1)	SAO MARCOS (2)
>25.4	2.81	1.03	7.19	7.43	1.1	1.68	7.19	5.42	6.63	7.12
6.3	6.9	8.11	7.44	7.73	5.39	5.67	7.44	10.12	7.01	8.15
9.6	24.32	27.59	28.69	18.98	22.53	24	28.69	21.55	28.08	24.37
4.7	16.68	17.92	19.79	17.48	20.74	24.4	19.79	21.92	21.28	21.62
2.8	19.85	21.79	15.82	16.12	21.43	24.19	15.82	18.99	15.07	16.28
1	7.65	9.22	5.89	9.49	7.61	6.24	5.89	7.18	5.58	6.04
0.41	5.85	5.83	3.55	6.11	5.89	3.57	3.55	3.87	4.38	4.65
0.17	2.81	2.62	2.46	2.51	4.68	3.05	2.46	2.33	2.45	2.39
0.12	3.02	1.29	2.19	3.2	2.86	1.89	2.19	1.83	1.75	2.21
0.15	5.25	2.15	4.18	6.36	4.16	2.22	4.18	3	3.74	3.55
0.075	2.08	1.16	1.36	2.3	1.9	1.4	1.36	1.83	2.04	1.86
<0.075	2.78	1.29	1.44	2.29	1.71	1.69	1.44	1.96	1.99	1.76
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

2. Coal Analysis (by SATC)

WEIGHT(%)	RIO ROCINHA (1)	RIO ROCINHA (2)	RIO CARVAO (1)	RIO CARVAO (2)	NASPOLINI (1)	NASPOLINI (2)	SIDEROPOLIS (1)	SIDEROPOLIS (2)	SAO MARCOS (1)	SAO MARCOS (2)
<S.G 1.65	12.94	7.29	8.05	8.70	6.05	5.17	6.01	7.40	4.69	4.33
>S.G 1.65	87.06	92.71	91.95	91.30	93.95	94.83	93.99	92.60	95.31	95.67
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MOISTURE (%)	2.69	1.77	2.00	3.61	2.27	2.25	2.41	3.42	1.53	1.09
ASH (%)	60.42	64.07	71.31	79.26	79.08	79.51	71.41	73.75	82.05	77.70
TOTAL SULFUR (%)	6.75	7.99	5.10	0.58	2.35	1.39	3.43	2.58	1.11	1.09
YRITIC SULFUR (%)	4.95	7.69	4.23	0.11	1.69	0.78	2.15	0.27	0.20	0.20

3. Ash Chemical Analysis (from ZETTA/IES report)

		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average	JAPAN
SiO2	(%)	54.65	56.72	58.06	56.48	45.80
Al2O3	(%)	31.09	33.31	34.45	32.95	20.90
Fe2O3	(%)	9.00	4.85	2.43	5.43	2.90
TiO2	(%)	2.04	2.27	2.27	2.19	
P2O5	(%)	0.36	0.09	0.06	0.17	
CaO	(%)	0.42	0.56	0.42	0.47	3.00
MgO	(%)	0.49	0.25	0.40	0.38	
Na2O	(%)	0.57	0.33	0.23	0.38	
K2O	(%)	1.20	1.45	1.17	1.27	
Others	(%)	0.18	0.17	0.51	0.29	
Total	(%)	100	100	100	100	

表 H-3

浮沈試験結果 (Rio Rocinha)

TEST RESULTS (1) By SATC

Locality	(Sampling)	: Rio Rocinha			
Seam		:	Grade of coal		: Waste material
Particle size	(mm)	: Under 35 mm	Ash	(%)	: 68.21
Mass of under 0.297 mm	(%)	: 7.35	Ash content of under 0.297 mm	(%)	:
Date of sampling		: 31/07/96	Date of test		: 14/08/96
Remark	(S.G.Liquid)	: Tribromide Methane			

TEST RESULTS (2)

Specific gravity fraction	Specific gravity	a Float		(b) Ash content	(c) Cumulative mass up to middle point	d	e	(f) Float Cumulative mass	(g) Float Cumulative ash content	h Total ash	(i) Sink mass	(j) Sink Ash content
(n)		Kg	W(%)	A(%)	$Y_n-(Y_n/2)$	ΣW	ΣWA	ΣW	$\Sigma WA/\Sigma W$	(k) $-\Sigma WA$	$100-\Sigma W$	h/i
1	-1.25	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	6,334.27	100.0	63.34
2	1.25-1.50	0.44	1.5	21.85	0.7	32.05	32.05	1.5	21.85	6,302.22	98.5	63.96
3	1.50-1.65	1.89	6.3	39.20	4.6	246.96	279.01	7.8	35.92	6,055.26	92.2	65.65
4	1.65-1.80	3.72	12.4	49.18	14.0	609.83	888.84	20.2	44.07	5,445.43	79.8	68.25
5	+1.80	23.95	79.8	68.21	60.1	5,445.43	6,334.27	100.0	63.34			
	Total	30.00	100.0	63.34	100.0	(k)						

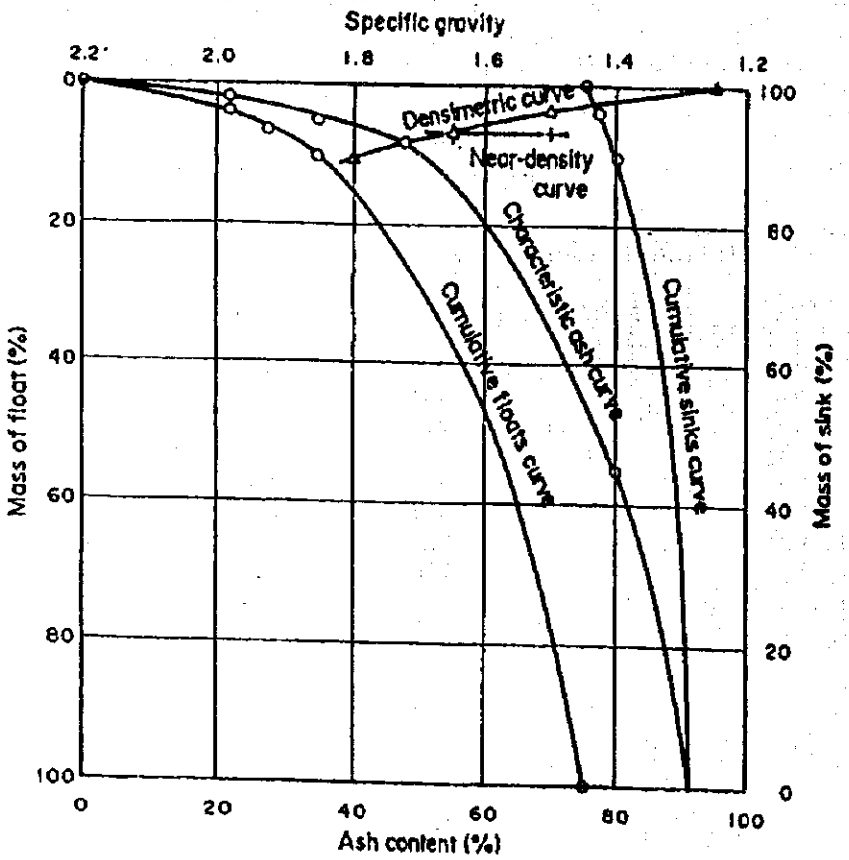


図 H-2 選炭曲線 (Rio Rocinha)

表 H-4

浮沈試験結果 (Naspolini)

TEST RESULTS (1)

By SATC

Locality	(Sampling)	: Nespolini			
Seam		:	Grade of coal		: Waste material
Particle size	(mm)	: Under 35 mm	Ash	(%)	: 68.21
Mass of under 0.297 mm	(%)	: 6.54	Ash content of under 0.297 mm	(%)	:
Date of sampling		: 31/07/96	Date of test		: 14/08/96
Remark	(S.G.Liquid)	: Tribromide Methane			

TEST RESULTS (2)

Specific gravity fraction	Specific gravity	a Float		(b) Ash content	(c) Cumulative mass up to middle point	d	e	(f) Float Cumulative mass	(g) Float Cumulative ash content	h Total ash	(i) Sink mass	(j) Sink Ash content
(n)		Kg	W(%)	A(%)	$\Sigma W_n - \frac{1}{2}W_n$	ΣW	ΣWA	ΣW	$\Sigma WA/\Sigma W$	(k) $-\Sigma WA$	$W-\Sigma W$	h/i
1	-1.25	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	7,547.22	100.0	75.47
2	1.25-1.50	1.13	3.8	21.88	1.9	82.41	82.41	3.8	21.88	7,464.81	96.2	77.57
3	1.50-1.65	0.85	2.8	34.31	5.2	97.21	179.63	6.6	27.22	7,367.59	93.4	78.88
4	1.65-1.80	1.10	3.7	47.61	8.4	174.57	354.20	10.3	34.50	7,193.02	89.7	80.16
5	+1.80	26.92	89.7	80.16	55.1	7,193.02	7,547.22	100.0	75.47			
	Total	30.00	100.0	75.47	100.0	(k)						

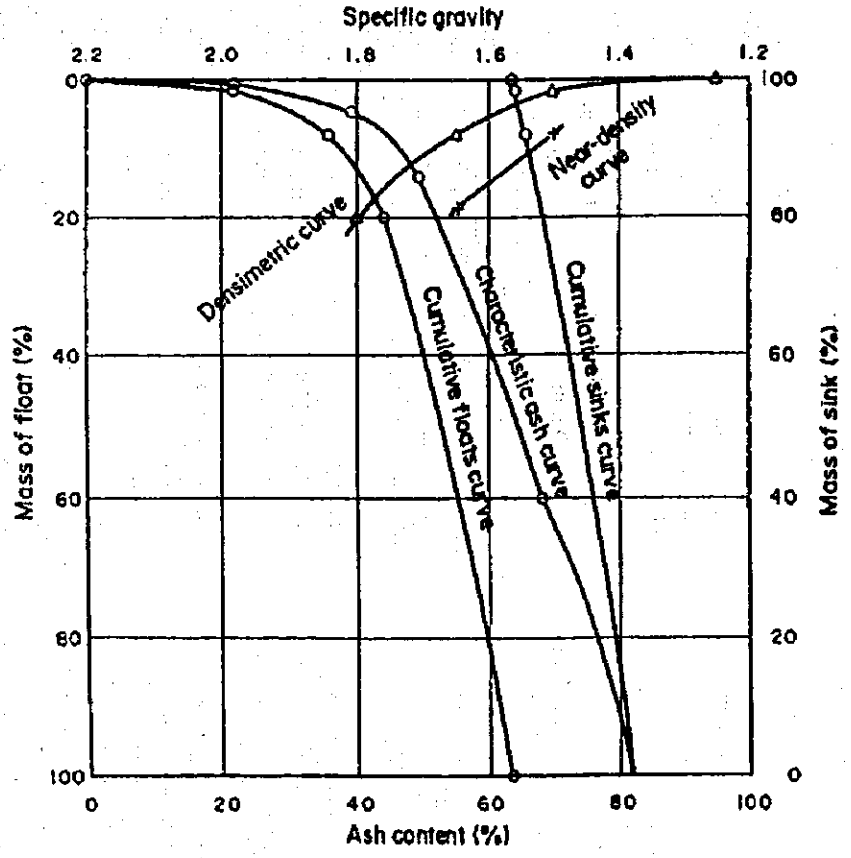


図 H-3　　選炭曲線 (Naspolini)

表 H-5(1/2)

選炭工場一覧

Location No.	Plant Name	Company	Municipality	Wash for	Capacity (t/h)	Washing Equipment	Note 1	Note 2
1	Guatá	Bez Birollo	Lauro Müller	ROM,Reject	30	Jig, Spirals	Active	Visited
2	Boa Vista	Carb. Barro Branco	Lauro Müller	ROM	110	Jig, Cyclones	Inactive	
3	São Domingos	São Domingos Ind. e Comércio de Coque Ltda	Lauro Müller	Reject	60 x 2	2 Jigs	Active	Visited
4	Beneton	Beneton	Lauro Müller	ROM	na		Abandoned	
5	Rio Bonito	Carb. Barro Branco	Lauro Müller	ROM	na		Inactive	
6	Santa Rosa	Carb. Criciúma	Lauro Müller	ROM	na		Abandoned	
7	BC-8	Carb. Treviso S.A.	Urussanga	ROM	100	Jig, Cyclones, Shaking tables	Active	Visited
8	DBS	IBRAMIL	Urussanga	ROM	90	Jig	Inactive	
9	Rio Carvão	CCU	Urussanga	ROM	na		Abandoned	
10	3/Santana	CCU	Urussanga	Fine	120	Jig, Cyclones, Flotation	Active	
11	Coque Rio Deserto	Coque Rio Deserto	Urussanga	Fine	na	Shaking tables	Active	Visited
12	Rio Carvão	Carb. Treviso S.A.	Urussanga	ROM	na		Abandoned	
13	Rio America	COMIN E CIA	Urussanga	Reject	60	Jig	Active	Visited
14	Rio Deserto	CCU (& Rio Deserto)	Urussanga	ROM	71 + 41	2 Jigs, Cyclones, Shaking tables	Inactive	
15	Forquilha	COMIN E CIA (Treviso)	Siderópolis	ROM	50	Jig	Active	Visited
16	Esperança	Carb. Metropolitana S/A	Treviso	ROM	650	Jig, Cyclones, Flotation, Spiral	Active	Visited
17	Fontanella	Carb. Metropolitana S/A	Treviso	ROM	350	Jig, Cyclones, Spirals	Active	Visited
18	Siderópolis	COCALIT	Siderópolis	Reject	70 + 50	2 Jigs	Active	Visited
19	Rio Fiorita	Carb. Belluno LTDA	Siderópolis	ROM	50	Jig	Active	
20	Poço 3	Henrique Salvaro (Sub. Belluno)	Siderópolis	Reject	40	Jig	Inactive	Visited
21	Ex-Patrimônio	COCALIT	Siderópolis	ROM	na		Abandoned	
22	São Geraldo	CCU (& Rio Deserto)	Siderópolis	ROM	250	Jig, Cyclones, Flotation, Shaking tables	Active	
23	None	COQUESUL	Criciúma	Fine	na	Shaking tables	Active	
24	None	INCOL	Criciúma	Fine	na	Jig, Shaking tables	Active	
25	None	CSN	Criciúma	ROM	na		Abandoned	
26	None	CSN	Criciúma	ROM	na		Abandoned	
27	None	CSN	Criciúma	ROM	na		Abandoned	
28	None	Carb. Criciúma	Criciúma	ROM	na		Abandoned	

表 H-5(2/2)

選炭工場一覧

Location No.	Plant Name	Company	Municipality	Wash for	Capacity (t/h)	Washing Equipment	Note 1	Note 2
29	São Marcos	Henrique Salvaro (Sub. Belluno)	Siderópolis	Reject	40	Jig	Active	Visited
30	Rio Maina	CIA. Carb. Catarinense	Criciúma	ROM	80	Jig, Flotation	Active	
31	Eng. Edison D.Montedo	Carb. Metropolitana S/A	Criciúma	Fine	350	Jig, Cyclones, Flotation	Active	
32	Santa Augusta	CCU	Siderópolis	ROM	na		Abandoned	
33	None	CBCA	Criciúma	ROM	na		Abandoned	
34	None	ICC (Ind. Coque Criciúma)	Criciúma	ROM	na		Abandoned	
35	Usina Mina A	Nova Prospera	Criciúma	ROM	600	2 Jigs, Cyclones, Flotation	Inactive	
36	Santa Libera	CBCA	Forquilinha	ROM	500	Jig, Cyclones, Flotation, Shaking tables	Active	Visited
37	São Roque	ICC	Forquilinha	Fine	na	Cyclones, Spirals, Flotation	Active	
38	Verdinho	Carb. Criciúma S.A	Forquilinha	ROM	600	Jig, Cyclones, Spirals, Flotation	Active	Visited
39	Novo Horizonte	Carb. Barro Branco	Icara	Reject	40	Jig	Active	

表 H-6

コークス製造設備一覧

Location No.	Plant Name	Company	Municipality	Note
1	Coque Rio Deserto	Coque Rio Deserto	Urussanga	Active
2	None	None	Urussanga	Active
3	Rio Fiorita	COCALIT	Siderópolis	Abandoned
4	Ex-Patrimônio	COCALIT	Siderópolis	Abandoned
5	None	COQUESUL	Criciúma	Active
6	None	INCOL	Criciúma	Active
7	None	ICC	Forquilinha	Active
8	None	CBCA	Criciúma	Active

サンタカタリーナ州全体の実績で、38.5%であった。

(g) 問題点と今後の課題

25. 再選炭可能な黒ボタは、全て民間企業か個人が所有していて、現在操業中か操業計画中である。ボタ山は12個所あり、表H-1に示すとおり、総量20百万m^3・CE-4,500の石炭に換算して、約3百万トンと推定される、現状の生産量で考えると、今後10から15年続くと見込まれる。一方、操業を継続しながら、水の酸性度を基準値以内にすることは、非常に困難な状況にあり、経済優先か環境優先かのジレンマの状態にあるのが実態であろう。取り敢えずの、唯一の解決方法は、全体復旧計画の進捗に合わせて、徐々に状況を変えて行くのみであろう。

3.2 セメント副原料

26. サンタカタリーナ州の黒ボタは、表 H-2に示す通り日本のボタよりSiO_2・Al_2O_3の含有量が多く、セメント原料としてはより優れているが、利用できる可能性は、原料の石灰石次第である。この確認のため、稼動中のセメント工場を訪問した。結果は、セメント原料の石灰石のCaOの含有量が50%以下と低く、原料そのものの中に粘土鉱物を多量に含んでいる為、ボタを混入すると成分バランスが崩れ、セメントの生産が出来ない事が判明した。

3.3 流動床燃焼燃料

27. Eletrobrasの2015年までの長期電力供給計画によれば、サンタカタリーナ州に 125MW/h の流動床石炭火力発電所を 14 基新設する予定である。燃料としては、2,800kcal/kgの原炭を使用する計画で、1,300万トン/年の石炭消費に相当する。原炭燃焼では、現在ある黒ボタの減少対策には直接繋がらないけれども、酸性水の製造プロセスとなっている選炭工程が不要となり、さらに酸性水の発生源となる選炭ボタの増加がなくなることとなる。

28. 本計画とは独立して、SELESCも125 MWの流動床燃焼方式による発電所建設を計画している。 Bonito層の石炭を8～9万t/月、選炭した3,400 kcal/kg又は原炭3,000 kcal/kgを予定している。黒ボタ混ぜ込みも選択肢の一つである。

29. 流動床燃焼方式による発電所では、現在使用している石炭 CE-4,500 より低カロリーの石炭を使用することとなる。 CE-4,500 の石炭 1 トンと黒ボタ (1,000kca/kg) 1 トンを混炭すれば、2,750 kcal/kg の石炭 2 トンが作られ、これは ROM 2800 と匹敵するものである。発熱量が減少することによりトン当たり価格は安くなり、運搬量が増えることから輸送コストは高くなるけれども、石炭含有量が現在より少ないボタを再選炭する可能性は増加すると考えられる。

3.4 道路建設材料 (黒ボタ)

30. 従来より産炭地周辺の未舗装道路に黒ボタを使用しており、道路総延長は 106km に達し, 黒ボタ使用量は 40 万m^3と推定される (黒ボタの上にアスファルト舗装したものは、含まれていない) 。 黒ボタ中の石炭はタール質が多く、特に風化するとタール分が分離浸出してくる為に、簡易舗装道路の様になり、路面材としては非常に有利な材料である。しかしながら、黒ボタに黄鉄鉱が含まれているために、雨が降ると酸性水が流出するので、酸性水鉱害源の拡散になるとして、FATMA は近年になって使用禁止を指導している。また、かつて国道 101 号線 Içara 地区でボタを路盤材として使用し、拡張工事を行った実績があり、このとき FATMA は地下水位より高い所、ボタを十分な粘土で覆うことを条件に許可している。

31. 黒ボタを道路の表面材料として利用する場合、酸性水の発生源となる可能性は、i) 道路内部への雨水の浸透、ii) 道路表面を流れる雨水排水、の二つが考えられる。 浸透については、表面材の絞め固めにより不透水層を形成すれば防止できる。 実際、サンタカタリーナ州の黒ボタ道路の表面は、十分に絞め固められ浸透は見られない。 雨水と道路表面との接触による酸性水化については、黄鉄鉱を起源とする pH の低下は瞬時に起こるのではなく、日単位で起こることが明らかにされているので、単に雨水が道路表面を流れるだけでは、pH の低下は発生しない。 日本の黄鉄鉱を含んだ黒ボタによる酸性水問題がボタの積み替え、一層 25cm 毎の絞め固めのみで解消された例もあり、ここは後日、県道としてそのまま使用された。

32. 黒ボタを、鉱害源とばかり決め付けて、禁止する必要はない。寧ろ、黒ボタ道路建設に関する、絞め固め方法、排水、地下水位等についての指針を早急に作るべきである。しかしながら、その前に絞め固めた黒ボタの透水試験を実施すべきである。

3.5　土木工事用材料　(白ボタ)

33.　　ドラグラインで剥土された岩石には、黄鉄鉱は含まれていないので、酸性水の鉱害源にはならない。その中には、非常に堅固な砂岩が大量に含まれていて、道路の路体・路盤等の土木材料に適している。さらに、石炭採掘時に、適当な大きさに一次破砕されているため、クラッシャーで粒度を揃えるだけで、出荷が可能と考えられる。

34.　　国道 101 号線は現在、サンタカタリーナ州北部の Garuva - Florianópolis 間 216 km の拡幅工事中で、1999 年 9 月頃完成予定である。これに続き Florianópolis - Osório (Rio Grande do Sul 州)間約 300 km は 1999 年頃工事開始、工事期間は 30 カ月を予定し、Florianópolis 市の運輸省道路局 (DNER) が準備中である。必要な路体・路盤材の量は 12 百万 m^3 程度と推定され、全剥土量の 5 % に相当する。消費地までの輸送コストにより価格競争力に差が生じるので、この工事に必要な全量を白ボタで供給することは困難であろうが、積極的に有効利用を進めるべきと考える。FATMA, DNPM, DNER 等の関係者は、早急に採石及び使用規格等の必要事項を検討し、環境保全と両立させながら、白ボタ減少を目指すべきである。

3.6　耐火原料

35.　　ボタを利用して耐火レンガを製造している Cerâmica Librelato 社があり、製品は耐火レンガ(製鉄用、暖房用)、生産量は 800t/月、製品の 50%が São Paulo 向けである。原料は石炭層(Barro Branco 層)の間の粘土質の多い特別な岩石で、切り羽で選別採掘されている。原料の購入価格が 7～8 R$/t であることと、ボタの中の含有量も少ないことから、ボタ山から経済的に選別することは困難と判断した。

4.　サンタカタリーナ州の今後のボタ利用の方向性

36.　　<u>土木工事用材料</u>：黒ボタ白ボタ共に、道路用材料として問題なしに使用出来る可能性が有り、ボタ山を減少させる方策としては、最も効果的と考えられる。二次環境汚染防止と雇用の促進との観点から、地域の関係者と協議して、黒ボタの道路建設基準及び黒・白ボタの採取指針を作り、積極的なボタの使用を検討すべきである。

37.　　<u>ボタの再選炭</u>：100 百万 R$ 以上の石炭回収が予想され、経済的には魅力

的であるが、現状の環境保全対策はないに等しい。今後の全体環境復旧計画の進捗に合わせて、操業しながら、選炭工場の本当のクローズドサーキット、平行的リクラメーションの義務化、不透水沈殿池による表流水の封じ込め等の導入をすべきである。

38. <u>流動床燃焼の導入</u>：現在のボタ量の減少には直接繋がるものではないが、将来の黒ボタ増加を抑制できるし、燃焼時の SOx や NOx の発生も減少出来るので、汚染源を減らすとの観点から、計画通り推進すべきである。

第３編　費用便益分析

A.　費用便益分析方法論

1.　環境プロジェクトの費用便益分析手法

01.　一般的にプロジェクトが立案・計画された時、財務分析や経済分析の結果を検討し、そのプロジェクトを実施すべきかどうかが判断される。前者の財務分析は主として私的企業のプロジェクトに対して適用される。後者の経済分析は公的機関の行う公共の社会・経済インフラ整備プロジェクトに対し適用される。もちろんこの場合でも、例えば有料道路事業などのようにある程度の独立採算性の要求されるプロジェクトに関しては、財務分析も実施可能性の判断材料として検討される。財務分析と経済分析の手法はどちらも内部収益率等を評価の判断基準とするため一見同じように思えるが、その実態は非常に異なっている。つまり、前者の財務分析がお金の出入りをベースとしているのに対し、後者の経済計算は支出の方はお金の出で財務分析と変わりはないが、収入の方はもちろんお金そのものの場合もあるが、むしろ価格の付いていないものを金に換算した便益の入りなのである。通常、企業は値段の付いていないものの取引は行わないため、企業が計画するプロジェクトの実施可能性の検討には経済計算が適用されることはない。経済分析は価格のつかない便益を生む公共的な社会・経済インフラ整備プロジェクトの実行可能性を判断する際に適応される。したがって、経済分析手法においては貨幣換算できない便益をいかに金銭的に評価するかが問題となる。

02.　今日では貨幣で表されない便益でも金銭的に計量化する手法が確立されているものもある。しかし、社会・経済インフラ整備プロジェクトの中でも特に環境関連プロジェクトにおいては、貨幣で表されない多くの環境便益を生ずるにもかかわらず、その便益を金銭的に計量化する手法はまだ開発途上にとどまっている。今日提案されている主要な理論的方法として、

① アンケート調査を通じて環境資産の価値について質問し、回答者の回答から環境資産の価値の推定を行うＣＶＭ (ContingentValuation Method)

② レクレーションや自然観察へ赴くのは交通費や滞在費以上のその価値を見いだすからという基本的考えから、適切な旅行モデルを構築し、そののモデルからレクレーシ

ョン等の便益を推定する旅行費用法

③ 主に住環境などを土地や住宅の市場取引データを持ってモデル化し、そのモデルから住環境の価値を金銭的に把握するヘドニック・アプローチ

がある。しかし、これらはいずれも実際的手法としては分析データの収集が困難であったり、調査・解析に時間を要する等の理由から確立しているわけではなく、いまだ発展途上の方法といえる。従って、貨幣換算の困難な便益はすでに確立されている伝統的な方法を適応することも肝要である。すなわち、プロジェクトから発生する計量可能な便益を出来るだけ拾い出し、それらを集計することである。本調査では主にこの伝統的な方法のもとで、便益の推定が行われている。

03. 本プロジェクトで発生する便益には次のようなものが考えられる。本プロジェクトの目的は、計画対象地域内(4,724ha)の石炭鉱害復旧事業を実施することにより、地域内の河川の水質の向上を図ることである。この石炭鉱害復旧には莫大な費用を要するが、土地の修復、水質の改善等により、汚染地域内のみならず汚染地域外においても様々な便益がもたらされる。もし対象地域を現在のまま放置し続ければ、土地はますます荒廃し、全く価値のないままであり続けるであろう。しかし、石炭鉱害が復旧されれば土地の利用価値は増加し、地域内河川水が飲料水として利用可能となり、魚業活動も一層活発化して来るであろう。石炭鉱害に対し今後何らの対策も施さない場合と比較し、何らかの復旧対策プロジェクトを実施した場合に生ずるであろう地域住民の自然環境、経済環境ならびに社会環境の向上も便益として捉らえられる。

04. 以上から、本プロジェクトから発生する便益ならびに便益推定の方法は以下のようにまとめられる。

便益項目	便益対象	調査方法／基本データ
土地	地価の上昇分	市場取引データ
森林資源	木材販売収益	市場取引データ
動植物	動植物存在価値	支払い意志額調査
レクレーション	レクレーションの価値	支払い意志額調査
水質	河川水の浄化費用の低下分	浄化コスト調査
	代替設備建設費の節約分	設備建設費の積算
	飲料水輸送の節約分	輸送費調査
	農業所得の増加分	米作の生産性の上昇
	漁民の所得増加分	漁業の活発化
	観光収入の増大	観光客の増加
工業開発の促進	貨幣換算せず	
地下水汚染防止	貨幣換算せず	
経済活動の波及効果	貨幣換算せず	

2. 主な便益について

05. 石炭鉱害により汚染された地域においては、本来そこにあるべき自然環境、例えば、森林資源、水産資源、動物の生存、植物の育成などが損なわれている。このような損傷は鉱害復旧プロジェクトの実施により100%ではないが、ある程度まで修復可能である。この修復部分を復旧プロジェクトの実施によって得られる便益として捉える。また、何らも対策を施さない場合と比較し、プロジェクトを実施した場合に状況が改善されるものを便益として捉える。ここではこのような便益として土地の改良によるもの、水質の改善によるものおよびその両方に起因するものが考えられる。具体的には次のようなものがプロジェクトの便益として捉えられる。

2.1 土地改良に起因する便益

(a) 土地の価値

06. 現在の土地はボタ山によって利用価値がないため、土地の価値はゼロと考えられる。プロジェクトが実施されれば、地面の整地や植林等により土地は工業、商業、住宅等に利用されることになるであろう。つまり、土地に利用価値が生ずることになる。本分

析においては、プロジェクト実施後に生ずる土地の価値を、不動産業者から入手した汚染されていない対象地周辺における土地の売買価格から推定した。

(b) 森林資源

07. プロジェクトが実施されないのであれば対象地域内の土地は荒地のままで、永久に不毛である。これらの土地が復旧計画により改良された場合、そこで産出される木材や薪は商品として販売でき、収入を得ることが可能となるためプロジェクトの便益として捉えられる。この地域には高い商品価値を有する樹木は育成できないが、現在周辺で見られる樹木の育成が可能となる。本分析においては、樹木が商品として利用されるまでの育成期間を７年と仮定したうえで（材木会社やブラジル南部の森林・植生に関する調査報告）、現在の市場における木材販売価格から木材販売収益を算定し、森林資源の便益とした。

(c) 動植物の修復

08. 石炭開発が行われていなければ、対象地域内には、本来から生息している野生動物や植物が今日でも存在していたであろう。これらの動植物にどの程度の価値があるかを判断することは非常に難しいが、本来生息した動植物が生存し続けることは、一般的に良好な環境指標として考えてもよい。そこで地域住民がこれらの修復に対しその費用の一部をどの程度負担してもよいと考えているかを調査(Willingness To Pay Study)し、その調査から住民の支払い意志額を推計し、この現在失なわれている動植物の価値を計測し、これをプロジェクトの実施による便益として計上した。

(d) レクリエーションの場としての利用価値

09. 前述したように、現在はボタが露出した荒れ地状態の土地も、本来この土地が風光明媚なこともあり、修復の実現により地域住民及び周辺住民にとってのレクリエーションの場となりうる。特に、河川を利用した釣り、キャンプ、カヌー、水泳などや、豊富な自然を生かしたエコツアーなどへの利用が可能である。動植物の場合と同様に、これらの実現に対し、関係住民がどの程度の負担をしたいかを同様の調査を行うことによって支払い意志額を推計し、動植物の場合と同様にプロジェクトの便益とした。

2.2 水質の改善による便益

(a) 飲料水

(i) 飲料水生産コストの低下

10. 現在の、計画対象地域の水は、飲料水として使用するには水質はよくない。このため、遠隔地からの導水や劣った水質の浄化等を行い飲料水として使用しているため、その生産コストが他の地域よりも高い。プロジェクトが実施されれば、取水地が近くなり、飲料水のための水質改善費用も低下するため、飲料水の生産コストは下がる。この飲料水の生産コストの低下分と飲料水使用量をかけ合わせたものはコストの節約であるため本プロジェクトの便益である。

(ii) 追加設備投資の節約

11. プロジェクトを実施しない場合、Criciúma、Tubaráo などの都市の拡大等による水需要の増大に対し、これらの都市周辺の水質が劣っていることから、上流でのダム建設や遠隔地からの新たな導水が必要となる。しかし、プロジェクトが実施されれば、これらの需要に対応する取水が近場で可能となることから、ダム建設や導水設備等への新たな投資が節約できる。この節約分もプロジェクトによる便益である。

(iii) 水道施設非設置地域への水輸送費用の節約

12. 現在対象地域内には、Linha Demboski などの水道施設のない地域が存在する。プロジェクトを実施しないと、これら水道施設のない地域に対しては、トラックによる水の輸送が必要である。プロジェクトが実施されれば、これらの地域内での取水が可能となり、この輸送費用は不必要となる。従って、この節約分も便益である。

(b) 米作等農産物の増産等

13. 現在も対象地域内では、Tubaráo 水系を中心に米作が行われているが、水質が適さない地域では米作をあきらめている。また、水質が劣っていることにより米の生産性は抑えられている。プロジェクトの実施によって水質が改善されると、約、7,899ha もの米作可能な土地が拡大するとともに、米の生産性も向上する。さらに、他の作物の栽培が可能

となる土地も生まれる。また、水田を利用した魚の養殖も可能となり、新たな余剰を生み出すことが出来る。この米の生産量の増大、新たな野菜等の作物の生産、魚業生産は収益の増大であるためプロジェクトの便益として捉えることができる。本分析では、便益を過剰に評価することを避けるため、魚業生産は考慮していない。

(c) 水産資源

14. 過去の石炭開発により、対象地域内の水質が悪化し、地域内及び下流地域の漁業は低迷している。漁業を生活の主体とする漁民は減り、漁獲高も大きく減少している。プロジェクトの実施で水質の改善が図られれば、漁業生産は年とともに拡大すると考えられる。また、水質の改善や魚の蘇生により、漁民の数も増えるであろう。これら漁業生産の増大と漁民の収入の増大もプロジェクトの便益として捉えることができる。ただし、漁業に影響する水質汚染は養豚、観光、都市廃棄物などにも起因することから、漁業の復活にはこれらに対する対策も必要となる。従って、便益の算定においては、石炭開発による汚染の影響を受けた漁業生産の減少部分のうちの復活分のみを便益として計上している。

(d) 観光収入の増大

15. サンタカタリーナ州南部地域は観光資源が豊富であるにもかかわらず、この地域がもつ鉱害に汚染された地域という悪いイメージや汚染された水のため、ホテルなどの観光関連施設の開発が進んでいない。このような観光開発への制約等により観光客の増加率は高くない。プロジェクトの実施により悪いイメージが一掃され、水が安全に利用されるようになれば、観光開発が進み、エコツーリズムやビーチリゾートによる観光収入は増大すると考えられる。この増大分は便益として捉えることができる。但し、漁業のケースと同様に河川の汚染が都市廃棄物、養豚業等に起因するところもあることから、観光産業が発達するためには、これらに対する対策が同様に施されなければならない。従って、便益の算定については石炭鉱害汚染に関わった部分についてのみ便益を計上している。

(e) その他の便益

(i) 工業開発の促進

16. 工業開発も、この地域がもつ鉱害に汚染された地域という悪いイメージ、

高い水のコストにより、進出が阻まれている。プロジェクトの実施により、このイメージが払拭され、他地域と同様安価な水の供給が実現できれば、現在の工業発展を上回る開発が期待できる。プロジェクトの実施により現在の伸びを超えて得られる収益分は便益として捉えることができる。しかし、現在の工業生産を上回る開発の予測が困難であるため、本分析ではこの便益の計量化はしていない。

(ii) 地下水汚染防止及び経済活動の波及効果

17. 本プロジェクトの実施により地下水の汚染が防止されることは対象地域にとって大きなメリットとなるが、本分析では詳細な調査結果がないため便益の算定はできなかった。また、水質浄化等にかかる地域経済活動の活発化に伴い、関連産業に波及効果があると考えられるが、この計測は困難であるため、本分析では計量化はしていない。

18. 上記においては種々の便益を検討してきたが、以下では計測可能な便益について、その便益の推計を行った。

B. 復旧計画による便益の算定

1. 地価の減少

1.1 土地価格

(a) 問題点の把握

01. 地価の減少はおもに露天掘りに起因する。しかし、石炭の運搬や選炭もまた問題に強く関わっている。表 III-1 は自治体ごとの汚染源ならびに汚染影響区域とその規模を示したものである。

(i) 汚染地域の規模

02. 鉱山による汚染地域は 4,724ha に及ぶ。 Jorge Lacerda 火力発電所と、ほとんどの石炭を選炭していた Capivari de Baixo の属する AMUREL に加え、 Nova Veneza を除く AMREC の自治体が汚染の影響を受けている(図 III-1)。全影響地域の面積は 184,180ha になり、汚染地域は全地域面積の 2.6%に相当する。 Criciúma, Urussanga, Siderópolis などの主な炭鉱都市では、この割合はもっと高く、それぞれ 5.1%，3.7%，3.7%となっている。

03. 露天掘り炭鉱では復旧は一切行われておらず、50 mの高さに積まれたボタにより月面状の様相を呈し、復旧工事を困難にすると共にコストのかかるものにしている。Capivari de Baixo ような選炭プラントがある地域では、黄鉄鉱を極めて多く含んだ黒ボタが 10 から 30 m の高さに積まれている。付近を流れる地表水の pH 値は２から３という低さである。

(ii) 汚染された土地の土地利用区分

04. 表 III-2 は汚染地域の約 64%が地方部の農業地域であることを示している。残りの 23%は関係する自治体のマスタープランや法律により都市地域と定められている(図 III-2)。

表 III-1

土地の区分

(ha, %)

Municipality	Affected Area				Total Municipal Area	Percent of Municipal Area
	Open Cast Mining	Mined-out Ponds	Waste Deposits	Total		
Capivari de Baixo	----	80	80	160	4,700	3.4
Criciúma	69	---	996	1,065	21,000	5.1
Forquilhinha	----	28	357	385	18,400	2.1
Içaca	----	---	45	45	31,560	0.1
Lauro Müller	420	5	204	628	26,700	2.4
Siderópolis	1,061	125	367	1,553	41,950	3.7
Urussanga	633	10	246	889	23,740	3.7
Total	2,182	248	2,295	4,725	184,180	2.6

Source: JICA Team, DNPM (*Departemento Nacional de Produção Mineral*); PBDEE (*Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico-Econômico*) and NUPESE (*Núcleo de Pesquisas e Estudos Sócio-Econômicos*).

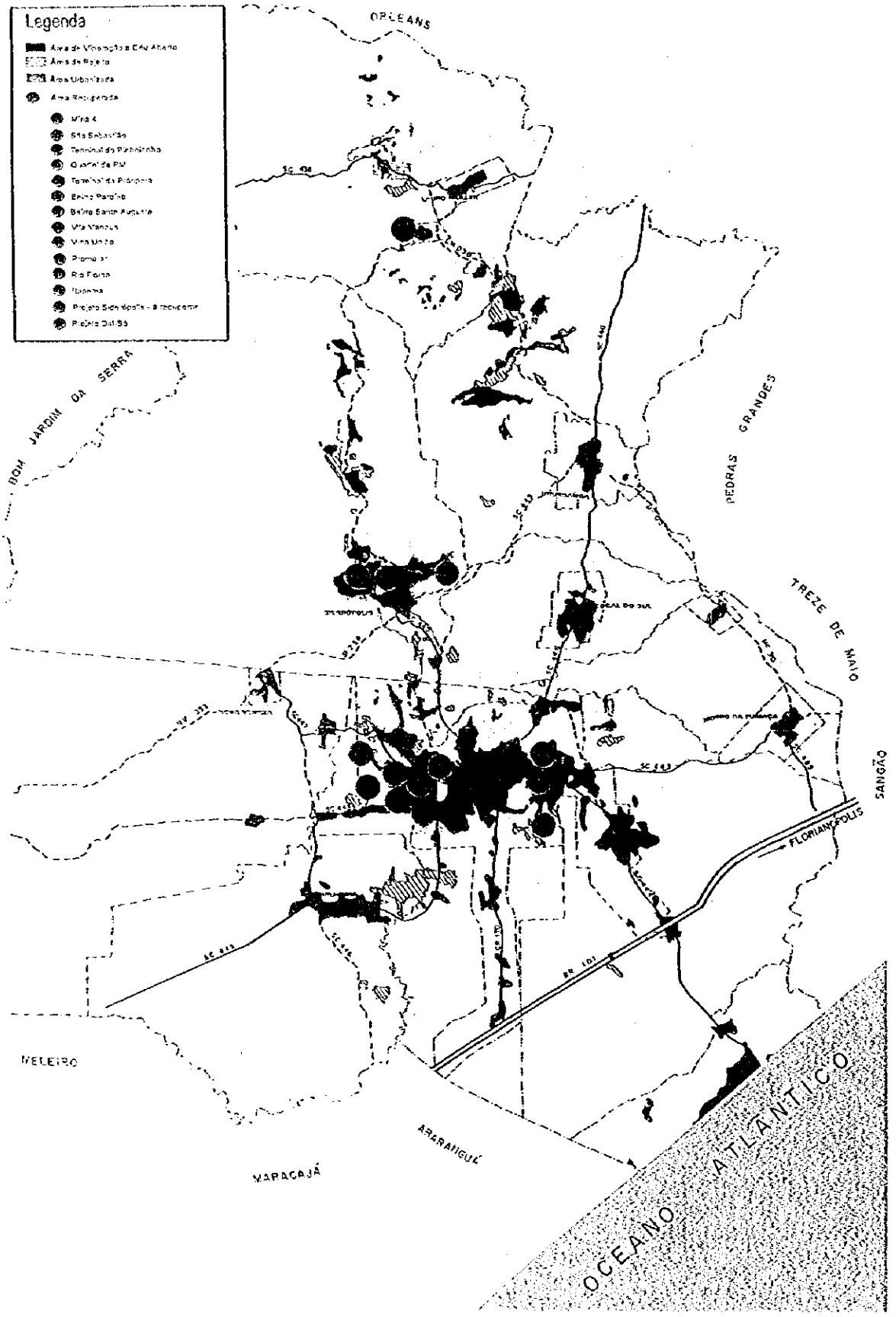

Legenda
ORLEANS
DOM JAROIM DA SERRA
PEDRAS GRANDES
TREZE DE MAIO
SANGÃO
FLORIANÓPOLIS
NELEIRO
ARARANGUÁ
VARACAJÁ
OCEANO ATLÂNTICO

図 III-1　　汚染地域

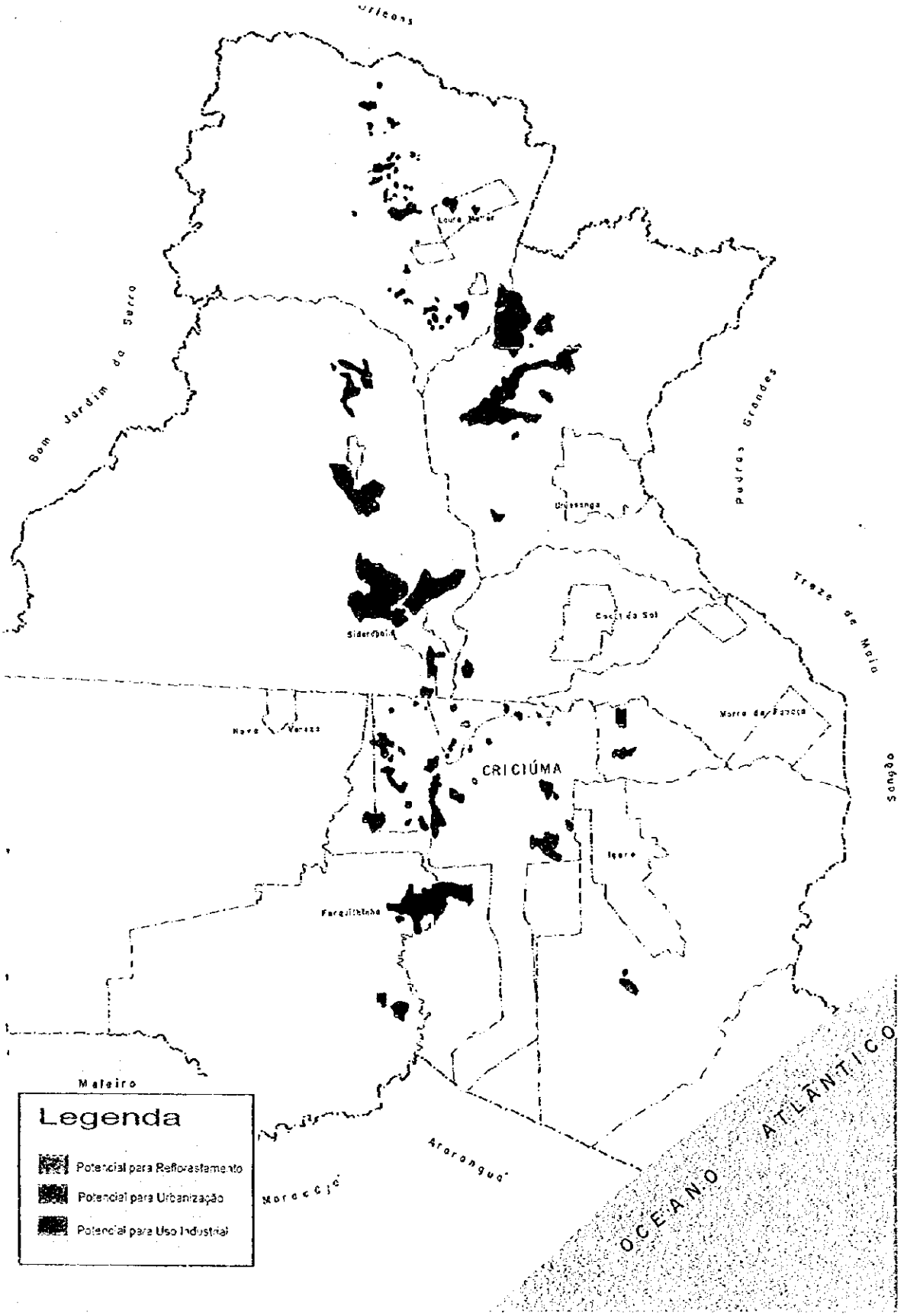


図 III-2　　汚染地域の経済的区分

表 III-2

汚染された土地の土地利用区分

(単位：ha)

市 町 村	都市部		地方部		合 計
	中心部	周辺部	農 業	工 業	
Capivari de Baixo				160	160
Criciúma	57	659	183	165	1,065
Forquilhinha			112	272	385
Içaca			45		45
Lauro Müller		99	530		628
Sidelopólis		280	792		1071
Treviso			481		481
Urussanga			889		889
合計	57	1,037	3,032	598	4,724
	(1.2%)	(22.0%)	(64.1%)	(12.7%)	(100%)

出典：Southern Santa Catarina's municipalities land use records

(iii) 汚染された土地の所有者

05. 表 III-3 および及び図 III-3 に示されるように、汚染地域の約 81%は民間の鉱山会社が、12%は民間の個人が所有している。自治体が所有するのはわずかに 7 %だけである。この土地所有権の問題は、自治体の法律によって定められた用途によって決まる地価とともに、復旧対策の戦略を決定する要因となっている。

表 III-3

汚染された土地の所有者

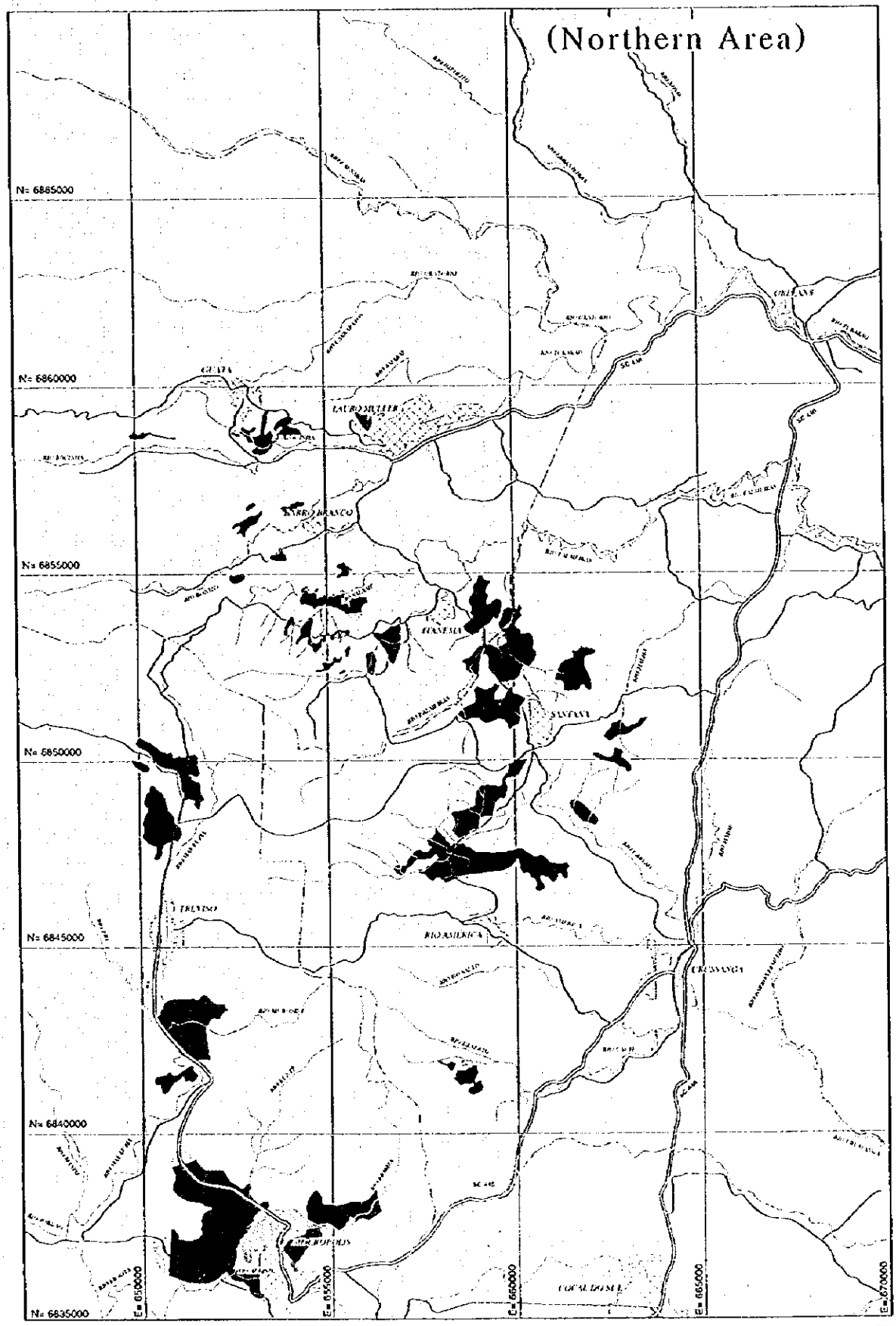
	汚染された土地	
	(ha)	(%)
一般市民	566	12
石炭会社 [a]	3,818	81
市 役 所	340	7
合 計	4,724	100

出典：JICA 調査団

[a] CSN(Companhia Siderúgica Nacional)を含む

(b) 便益の算定

6. 関係する自治体の定めたマスタープランや法律によって定められた汚染さ



Legend:

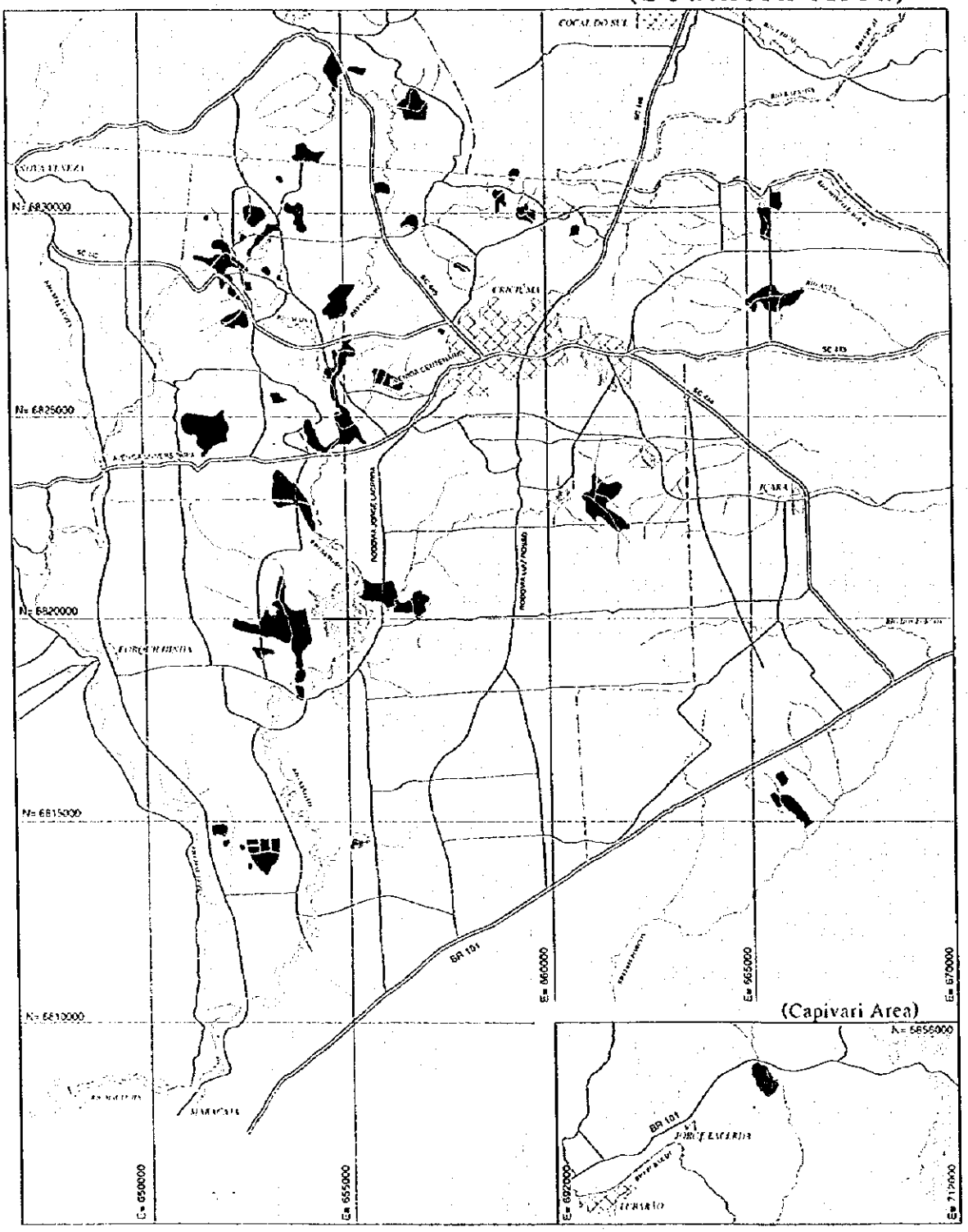
- Private Indiuidual
- Private Company
- Public Land
- CSN(Cia.Siderúgica Nacional)
- River
- Road
- Boundary of Municipalities

図III-3 (1/2) 汚染地域の土地所有（北部地域）

THE FEASIBILITY STUDY ON RECUPERATION OF MINED OUT AREAS IN SOUTH REGION OF SANTA CATARINA REPUBLIC OF BRAZIL

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY - JICA

(Southern Area)



Legend:

- Private Individual
- Private Company
- Public Land
- CSN(Cia Siderúgica Nacional)
- River
- Road
- Boundary of Municipalities

図 III-31 (2/2) 汚染地域の土地所有（南部地域）

THE FEASIBILITY STUDY ON RECUPERATION OF MINED OUT AREAS IN SOUTH REGION OF SANTA CATARINA REPUBLIC OF BRAZIL

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY - JICA

れた土地の用途を図 III-4に示す。ここに示された情報を基に復旧対象地域の土地価格[1]を推定するため、自治体およびその地域の主要な不動産業者2社から、土地の売買価格のヒアリングを行った。この結果から現在の汚染地域での土地の値段はゼロと考えられる。

07. 汚染された土地に隣接する汚染のない土地の売買価格を基に、推定された土地価格の最低価格と最高価格を表 III-4に示す。これらの値を用い、土地の価格上昇による便益は最低 77 百万 R$から最高 191 百万 R$と推定された。土地価格の計算及びシミュレーションを付属書 1に示す。

1.2 土地利用

(a) 問題の大きさ

08. サンタカタリーナ州南部地域は Floresta Ombrofila Densa (Mata Atlantica) の一部をなしており、西部地域(*Serra Geral*) は生態系が見られる地域で豊富な森林地帯と植生とで特徴づけられている。また、海岸線に沿って砂浜とラグーンが存在する。*Serra Geral* 地方では樹木の種類が多く、水路（ Sombio 自治区 *Sanga d' Areia* ）に沿った低湿地帯で見られる Tabebuia umbellate や Octea pulchella 系の樹木から、丘陵地帯での背の高い Aspidosperma parvifolium and Alchomea trplinervia まで見ることが出来る[2]。

09. 1950 年代から 1960 年代にかけて、木材を求めて無差別の伐採が行われた。同時に鉱山開発や農業開発が行われ、特に焼畑農法によりこの地帯の多くの森林が破壊された。他の要素に比較すれば小さいとは言いながら、石炭開発も 4,724ha もの土地を破壊した直接の責任を担っている。Floresta Ombrofila Densa に残っている昔からの植物は、現在サンタカタリーナ州の特別保護下にある。

10. この地域はまた各種の豊富な動物の生息地でもある。特に *Serra Geral* では変化に富んだ脊椎動物、爬虫類、鳥類がみられる。ほ乳類では Mus musculus e Rattus rattus[3]な

---

[1] 行政上の土地の価格も自治体の土地台帳から、調査した。しかし、これは課税の為に決められたもので、真の土地の価格を反映していないので、便益計算には使用しなかった。プロジェクトのデータファイルとして、保存しているので要請があれば、いつでも利用可能である。

[2] この地方の森林や植生に対する詳細は、 Veloso & Klein: *"As Communidades e Associações Vegetais da Mata Pluvial no Sul doBrasil. I, II, III, IV, V, and VI"*. Sellowia, Itajai.を参照。

[3] この地方の動物に対する詳細は、 Dick and al: *"Estudos sobre o Impacto Ecológico da mineração e do beneficiamento do Carvão na Região Sul do Estado de Santa Catarina"*

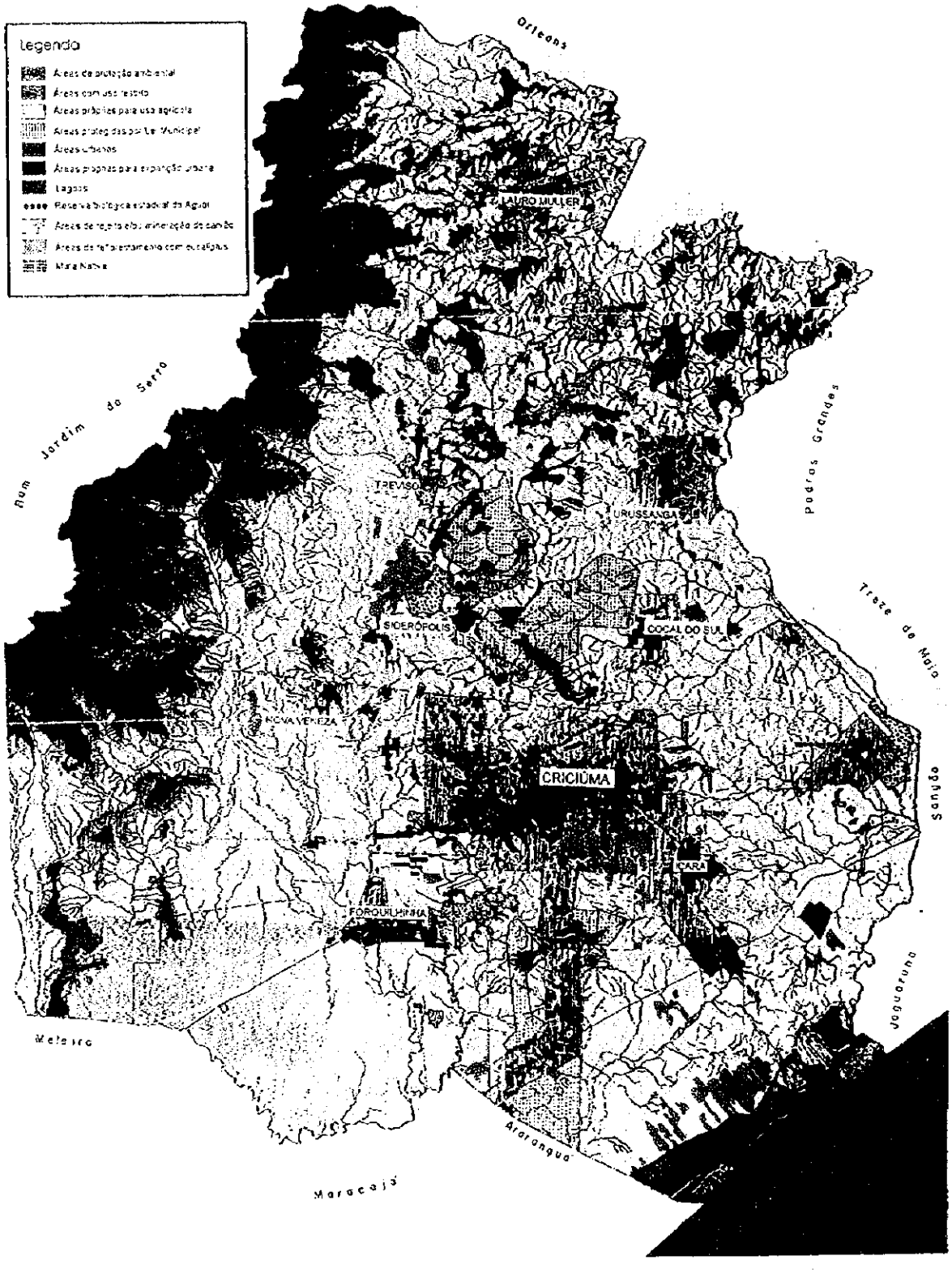


図 III-4　　AMREC 地域の土地利用状況

表 III-4

復旧予定地の市場価格

(ha, R$/ha)

Municipality	Urban Area						Rural Area					
	Central			Peripheral			Agriculture			Industrial		
	Ha	Max	Min	Ha	Max	Min	Ha	Max	Min	Ha	Max	Min
Capivari de Baixo	----	----	----	----	----	----	----	----	----	160	15.0	7.0
Criciúma	57	283.3	136.1	659	154.2	57.9	183	142.2	62.2	165	111.0	44.0
Forquilhinha	----	----	----	----	----	----	112	44.0	9.0	272	8.5	7.0
Içaca	----	----	----	----	----	----	45	12,0	5.0	----	----	----
Lauro Müller	----	----	----	99	22.0	3.4	530	4.3	2.3	----	----	----
Siderópolis	----	----	----	280	6.7	2.5	792	5.6	3.1	----	----	----
Treviso	----	----	----	----	----	----	481	5.6	3.1	----	----	----
Urussanga	----	----	----	----	----	----	889	6.1	2.9	----	----	----
Total (R$ million/ha)		(16.1)	(7.8)		(105.7)	(39.2)		(46.3)	(20.4)		(23.0)	(10.3)

Source: Southern Santa Catarina's Real Estate Agencies

Max Total: 191.1 R$ million
Min Total: 77.6 R$ million

どの齧歯類なども見られる。これらの生物は汚染地域では生存できない。

(b) 便益の算定

11. 石炭開発によってもたらされた多くの損失はかけがえのないものであり、その損失を計量化するのは難しい。しかし、以下の項目については貨幣タームでその便益の推定が可能である。ただし、その便益は過大評価を避けるため、復旧プログラムの最小のものとして計算される。それらは、(i) 材木及び薪の損失、(ii) 動植物の損失、(iii) 地域のレクリエーションの場としての利用価値の損失である。

(i) 森林資源の損失

12. 森林資源の損失を回復することによる便益は、過去の信頼できる森林資源調査データから推定された材木及び薪の販売収入から計測した。森林資源調査によれば、学術的にも経済的にも価値のある貴重種はこの地域にはない。従って、推定された便益は最小の便益と考えられる。

13. Velso と Klein(1963, 1968)による報告、およびこの地域の材木会社からの情報によれば、この地域では 7 年ごとに 1ha あたり 180m^3 の材木と 350 m^3 の薪が産出される。これは、樹木が伐採できるレベルになるまで、つまり直径 30cm、高さ 9m になるまでに 7 年かかるからである。現在の材木及び薪の販売価格は、それぞれ 40R$ /m^3、5R$ /m^3 である。

14. 復旧後、剥土地域 2,182 ha が粘土で表面が覆われ、全ての部分に植林されたと仮定すると、(180m3/h x 40R$ + 350m3/h x 5r$) x 2,182 h より便益は 7 年ごとに 19.5 百万 R$と推定される。

(ii) 動植物の損失

15. 汚染の影響地域[1]の住人が石炭鉱害に関しどれだけの重要性を感じ、地域の水質浄化対策に対しどれだけ貢献したいかを計測するために、AMREC に属する各市町村において支払い意志額に関する調査を行った。調査の詳細な結果、調査方法、調査範囲とサン

[1] 疑いのない便益を得る為に、影響を受けていない区域にまで調査対象は広げなかった。実際は、汚染を受けていない区域の人達も、問題解決は必要で、何らかの貢献をしたいと考えている。

プルの特色については、付属書 2に記載する。

16. 動植物の回復に対する支払い意志額の調査結果にもとづき、便益の算定を行った。実際、Rio Grande do Sul では復旧工事により石炭採掘によって失われた植生、鳥類、動物が戻ってきている。

17. 表 III-5 に示されるように、調査対象者の 79%が放置採掘跡地における動植物の回復に対し何らかの支払い意志を示している。プロジェクトの実施にとってこの値は非常に好ましいものである。さらに、これらの人々が示した月々の支払い意志額（調査対象者の収入の 2-3%に相当する）は高く、汚染地域の住民が環境を非常に重視していることがうかがえる。

表 III-5

動植物の復旧に対する支払い意志額

支払い意志額 (R$/month)	Capivari/ Criciúma	Lauro Müller/ Sidelópolis	Treviso/ Urssanga	合　計 (数)	合　計 (%)
1 - 5	185	99	156	440	40
5-10	46	20	26	92	8
10 -15	16	7	6	29	3
15　以上	6	4	3	13	1
1 日労働	154	81	73	308	28
な　し	89	97	39	225	20
無　答		3	2	5	neg
合　計	496	311	305	1,112	100

出典：JICA 調査団及び NUPESE

18. 表 III-6 はこれらの支払い意志額を、(i) 汚染地域及び周辺地域の全人口に適用した場合、(ii) 成人人口に適用した場合、(iii) 世帯数に適用した場合の支払い意志額の総額を示している。表中の各シナリオの意志額の合計は（代表値 x 総人口）x 12 によって計算されている。１２倍するのは支払い意志額総額を年あたりに直すためである。

表 III-6

汚染地域の住民に対する動植物復旧の価値

支払い意志額	シナリオ 1		シナリオ 2		シナリオ 3	
(R$/month)	総人口	意志額合計[a]	成人人口	意志額合計[a]	世帯数	意志額合計[a]
1 to 5[b]	75,704	2,725	43,407	1,563	19,166	690
5-10[b]	16,751	1,507	9,605	865	4,241	282
10 -15[b]	4,237	635	2,430	365	1,072	161
15 以上[c]	1,942	350	1,113	200	492	89
1 日労働[d]	84,621	4,062	48,520	2,329	21,424	1,028
な　し	35,556	---	20,387	---	9,002	---
無　答	1,854	---	1,063	---	469	---
合　計	220,665	9,280	126,525	5,321	55,866	2,349

出典：JICA 調査団及び NUPESE

[a] 1,000R$/年

[b] 中間値を代表値とした。

[c] 15 を代表値とした。

[d] R$4/day (規定給与)。

(iii) レクリエーションの場としての利用価値の損失

19. AMREC 地域は、多くの河川に恵まれ風光明媚な地域で、観光産業の可能性を秘め、地域住民のレクリエーションの場として利用できる。表 III-7 及び図 III-5 は、汚染地域のレクリエーションの場としての利用可能性を示している。動植物の場合と同じような支払い意志額に関する調査において、この目的に対し高い支払い意志額が示された。この結果に基づき推定された便益を表 III-8 に示す。各シナリオの支払い意志額合計は表III-6 と同様な方法で求められている。

表 III-7

汚染地域のレクリエーションの用途の可能性

市	釣り	水泳	カヌー	ｷｬﾝﾌﾟ	ｴｺﾂｱｰ
Cocal do Sul	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Criciúma	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Forquilhinha	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Içara	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Lauro Müller	Yes	Yes	No	Yes	Yes
M da Fumaça	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Nova Veneza	Yes	Yes	Yes[a]	No	Yes
Sidelópolis	Yes	Yes	Yes	Yes[b]	Yes
Urussanga	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

出典：NUPUSE

[a] ボートも含む　[b] 滝も含む

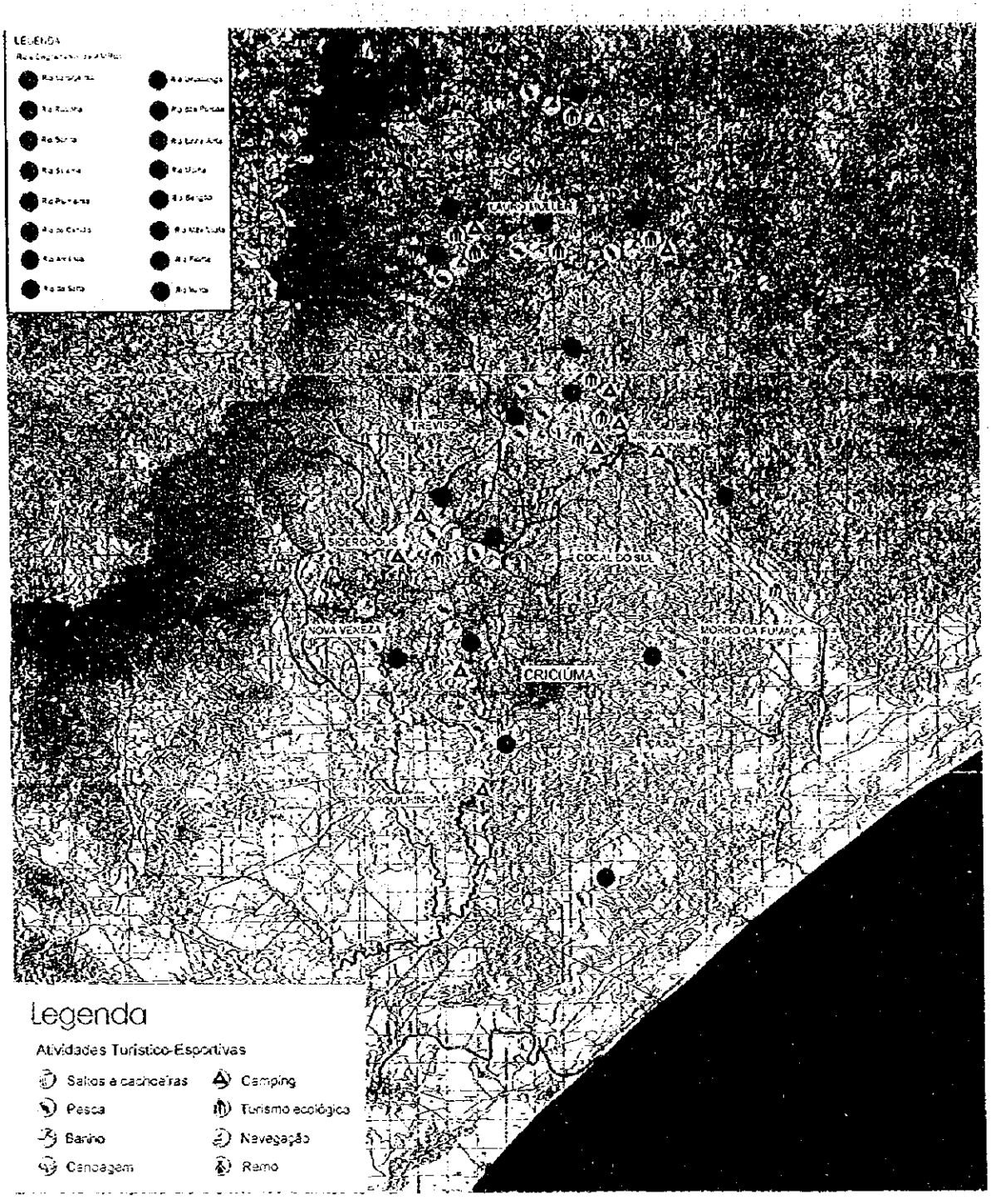


図 III-5　　汚染地域のレクリエーション利用可能性

表 III-8

汚染地域の住民に対するレクリエーション地復旧の価値

支払意志額 (R$/month)	支払意志数 数	支払意志数 %	シナリオ 1 総人口	シナリオ 1 意志額合計[a]	シナリオ 2 成人人口	シナリオ 2 意志額合計[a]	シナリオ 3 世帯数	シナリオ 3 意志額合計[a]
1 - 5[b]	417	38	8,385	3,019	48,080	1,730	21,229	764
5-10[b]	81	7	15,446	1,390	8,857	797	3,911	352
10 -15[b]	23	2	4,413	662	2,530	380	1,117	168
15 以上[c]	12	1	2,207	397	1,265	228	559	100
1 日労働[d]	323	29	63,993	3,072	36,692	1,761	16,201	778
な　し	253	23	50,753	---	29,101	---	12,849	---
無　答	3	neg.	---	---	---	---	---	---
合　計			220,665	8,540	126,525	5,321	55,866	2,162

出典：JICA 調査団及び NUPESE

a) 1,000R$/年

b) 中間値を代表値とした。

c) 15 を代表値とした。

d) R$4/day (最定給与)。

2. 水質汚染

20. さらに重要なことは、表流水及び地下水の汚染が、地域経済発展や福祉に対し、地価下落以上のはるかに大きなマイナスのインパクトを与えていることである。以下に復旧工事による水質改善の便益の算定について述べる。

2.1 飲料水の不足

(a) 問題の大きさ

21. 図 III-6 は、この地域を流れる 4 河川系のうち 3 河川が石炭採掘により著しく汚染されているため、AMREC の市町村の 22 の支流の水が飲料水及び工業用水として不適当なことを示している。(図 III-7)

22. Hipólito、Laranjeiras、Oratório、Rocinha、Bonito などの支流に代表される Tubarão 水系は、降雨量によって左右されるが酸性度が 3 から 5 程度と低く、鉄分、マグネシウム、錫などの金属含有量もブラジルの基準値の少なくとも 3 倍程度は汚染されている。この結果、 Lauro Müller、Orleans などの都市は、これらの支流（ Laranjeiras、Oratório、Rocinha）の影響を受け必要な水をこの地域外から入手することを余儀なくされている。Tubarão 市(人口 100,890) だけは Tubarão 川から水を供給している。ただし、この都市の水のコストはサンタカタリーナ州で最も高価なもの（R$1.50-R$2.0/m^3）となっている。

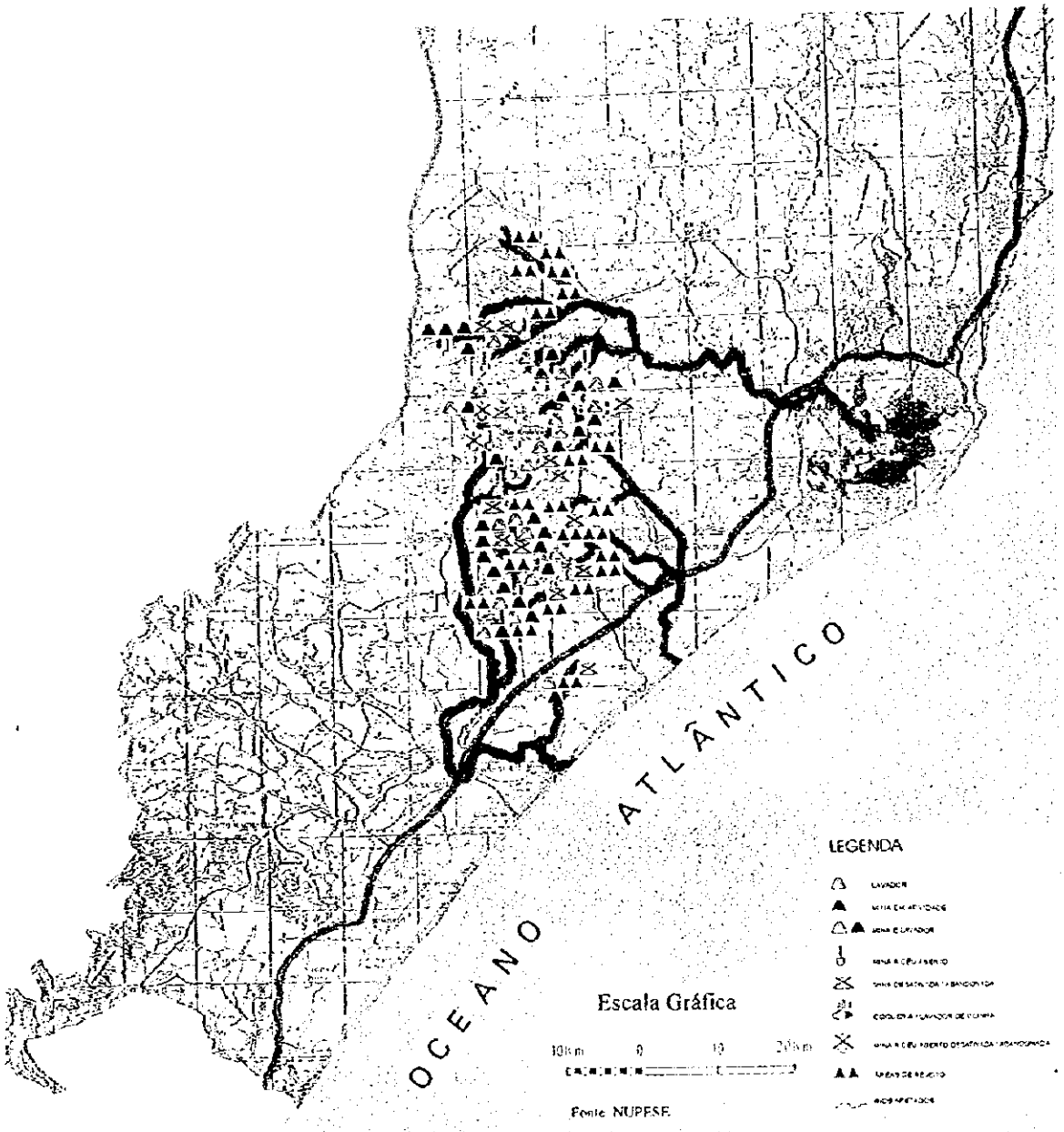


図 III-6　　河川水系の石炭鉱害汚染状況

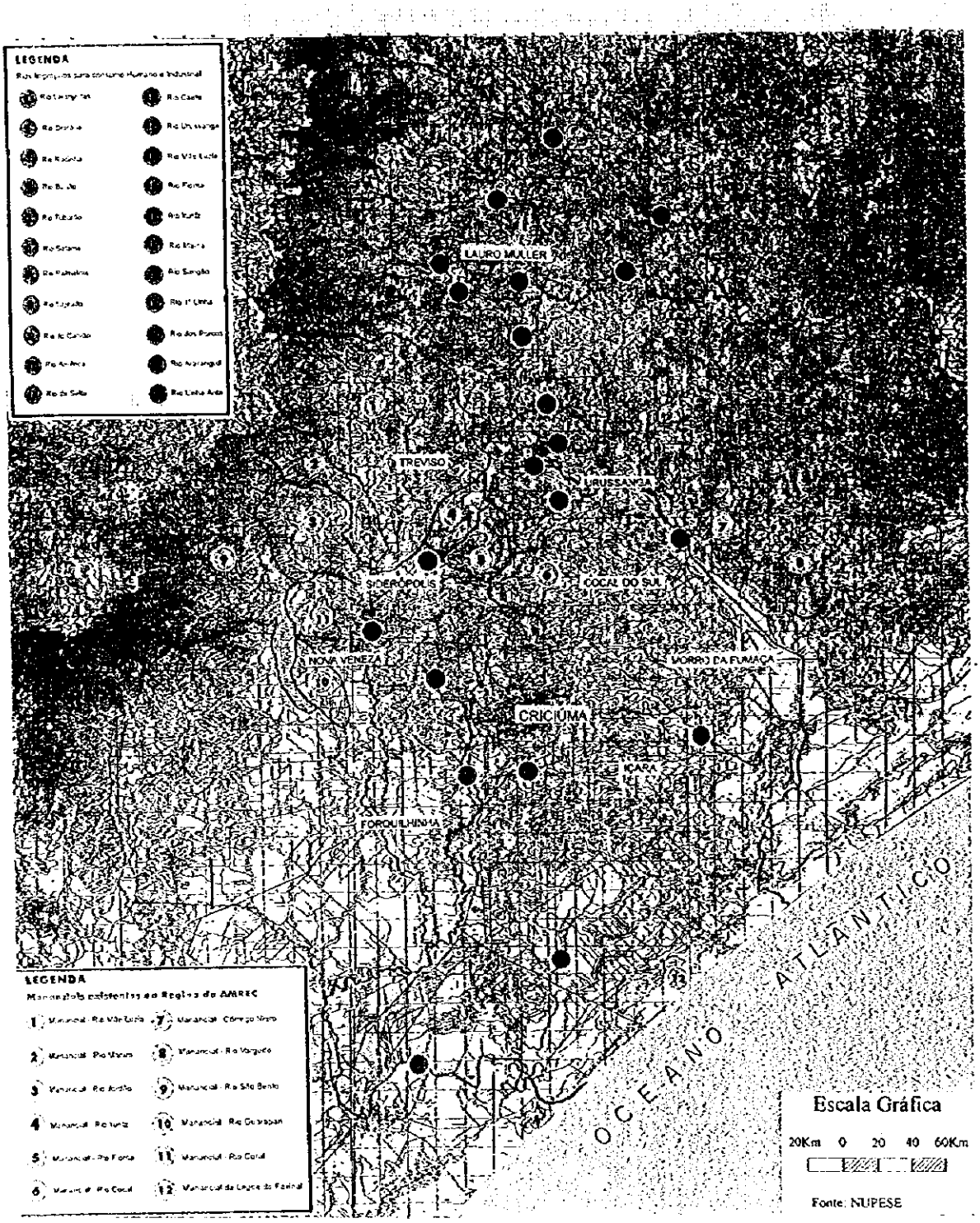


図 III-7　　AMREC 地域河川の石炭鉱害汚染状況

23. Urussanga 水系については、Urussanga 川の右岸全域は、Ronco 川及び Tigre 川等の小河川を除き、飲料水、工業用水、農業用水のどれをとっても安全とはいえない。その結果、周辺の町（Santana、Rio América、Rio Salto）では、 Urussanga （AMREC 市町村の中で 3 番目に人口の多い町で人口 17,749 人）と同様に、水を 25km 離れた Pedras Grandes 市のネットワークを通じ Maior 川や Barro Vermelho 川から入手している。

24. 最後に Araranguá 水系では、主に Araranguá 川（Mãe Luzia、 Kuntz、Fiorita、Morosini、 Sangão、Maina、dos Porcos、及び Primeira Linha の各河川）の南部における汚染により、AMREC 地域で人口の最も多い首都 Criciúma(159,032 人)では、都市の発展と産業の増大に伴う水需要に供給が追いつかない状況となっている。現在、都市への水供給は、汚染を受けていない Mãe Luzia 川の右岸に位置する Manim 川及び Jordão 川から行われている。しかしながら、これらの水源だけでは 5 年後の発展した都市の水需要に対して水供給が追いつかない状況にある。

25. この地域の飲料水の不足を補うためには、(i) São Bento 川にダムを建設する。(ii) Mãe Luzia 川を浄化する。(iii) 周辺地域で新たな水資源を調査する等の方法が考えられる。資金の不足から、これらのプロジェクトの実現は難しく、特に、所得の低い地域では、安全な水を確保するのが難しくなっている。このような地域は以下の通りである。

- *Criciúma* 市： Verdinho、Quarta Linha、Linha Demboski、Linha Batista、Mina do Toco 及び Cristo Redentor の町

- *Nova Veneza* 市： São Bento Baixo 及び市の中心部

- *Içara* 市；水の供給がない地域： Linha Demboski。水の供給がたまにしかない地域：Jardim centenário、Marili、Jardim Silvana、Cristo Rei、Elizabeti II、Jardim Pinheiro、Raichaski、President Vargas および Planalto

26. 総合すると、5,994 の市町村（人口 27,000 人）が水の供給を全く受けておらず、さらに膨大な地域（特に Siderópolis および Morro da Fumaça、Maracajá、Meleiro の各市）が水の供給が不十分な状態にある。この地域の主要な水道会社の一つ CASAN(Companhia Catarinense de Aguas e Sanemento)が管轄する地域の内、人口の 17%、約 25,000 人が、CASAN

の供給能力が不足していることと、コストがかかりすぎるということから、飲料水の供給が阻まれている。

27. 従って、約 52,000 人の都市居住者が直接あるいは間接的に、石炭鉱害による汚染の影響のため安全な飲料水にありつけていない。水の供給を受けている人々も、州内の他の地域に比べ遙かに高い水道料金を払い、家計や地域経済に重い負担となっている。

(b) 便益の算定

28. 飲料水の不足によっておきる次のようなインパクトは計量化できる。それらは、(i) 飲料水の高い生産コスト、(ii) 今後の状況に対応するために必要とされる投資、(iii) 飲料水の供給を受けていない地域に配水するためのコストなどである。これらの計量化されたコストがプロジェクトの実施により節約されたり、不要になれば便益として捉えられる。

(i) 水の価格

29. 表 III-9 は AMREC 市町村において CASAN が供給する水の量と、Criciúma 及び Tubarão 市における飲料水 $1m^3$ あたりの生産コストを示したものである。これらの情報は CASAN および CASAN の Tubarão 事務所(Gerencia Regional da CASAN de Tubarão)、Florianópolis 事務所（Diretoria Regional de Expançao da CASAN）から得られたものである。しかし、CASAN によるコストデータは詳細にわたるものではないため、他の AMREC 市町村における水の生産コストを計算することは難しい。

30. CASAN が管轄する市町村における水道料金は、Criciúma や Tubarão では、サンタカタリーナ州の他の地域に比べ 67%から 122%も高くなっている。従ってこれら 2 つの都市のみを対象とした場合でも（1996 年の実績では、AMREC 市町村及び Tubarão 市の人口の 65%、CASAN が AMREC 及び Tubarão 市に対し生産する水の量の 85%に相当する）、州の他地域と同様のコストで生産されれば、この地域全体で、年間 13.3 百万 R$から 24.4 百万 R$の節約ができると推定される。つまり、

水のコストが $1.50R\$/m^3$ で６７％割高の場合

(14,633.4+7,545.1) x (1.50 - 1.59/1.67) = 13,347 千

水のコストが $2.00R\$/m^3$ で１２２％割高の場合

(14,633.4+7,545.1) x (2.00 - 2.00/2.22) = 24,376 千

表 III-9

AMREC 及びツバロンにおける水消費量及び水の価格

市	人口	水消費量 (1000m³)	コスト(RS/m³)
Cocal do Sul	12,461	562.8	N/A
Criciúma	159,032	14,633.4	1.50-2.00
Içara	42,088	1,658.6	N/A
Lauro Müller	13,351	682.7	N/A
M. da Fumaça	13,392	422.8	N/A
Nova Veneza	9,972	168.9	N/A
Siderópolis	13,750	453.2	N/A
Tubarão/Capivari	100,890	7,545.1	1.50-2.00
合　計	364,936	26,127.5	0.90[a]

出典：CASAN – Gerência Central de Florianópollis e Gerência de Criciúma,　a/ 州平均値

31.　　AMREC の他の地域での水のコストが Criciúma や Tubarão と同じ(1.50-2.00 R$) とすれば、上記と同様な計算から年間 15.7 百万 R$から 28.7 百万 R$が節約されることになる。

(ii)　追加投資の必要性

32.　　前述のように Criciúma 及びその周辺地域に適切な水供給を行うためには早急な追加投資が必要となる。これら追加投資は、(i) Manin 川及び Jordão 川からの取水を現在の 400 リットル/秒から倍の 800 リットル/秒とする - 5.5 百万 US$, (ii) São Bento 川にダムを建設する - 25 百万 US$, (iii) Mãe Luzia 川を浄化する - 22 百万 US$である。これらにかかる合計 52.5 百万 US$は、無制限な石炭開発によって Criciúma 地域が汚染されなければ、不要であったものである。

(iii)　非供給地への水の輸送

33.　　水の供給がなされていない地域住民 52,000 人への水の輸送コストは、年間 948,　480R$ (52,000 x 1.52 x 12) と推計される。これは Criciúma 市で入手したコスト情報、1.52R$/人/月をもとに計算したもので、これら非供給地へは 2 台のトラックにより供給すると

いう前提に立っている[i]。計算の方法は次に示すとおりである。

表 III-10

年間水輸送コスト

水量[1] (1,000)	トリップ[2] (No)	単価[3] (R$)	月額コスト (R$)	人口 (No)	一人あたり月額単価 (R$)
800	114.3	26.64	3,044.6	2,000	1.52

出典：クリシウマ市、計算：NUPESE
1/一人あたり平均消費量、400 l/月
2/トラック容量：7,000 l
3/平均トリップ長：6 km、平均コスト km: R$4.44

2.2 米作用水の不足

(a) 問題の大きさ

34. サンタカタリーナ州南部地域は主要な米作地帯で、1996 年に 372,523 トンを生産している。AMREC 及び AMUREL では、全体の 3 分の 1 が石炭採掘によって汚染されているが、問題のない水が供給される Tubarão 水系を中心に 25,625ha が米作地帯となっている。この水系は表 III-11 に示すように、灌漑の行われている土地の約 60%を占めている。現在、米作地として使用可能な土地はすべて米作地になっており、実際にはこれ以上の拡大は難しい。一方、Araranguá及び Urussanga 水系では、Mãe Luzia 及び Urussanga 川の汚染により広大な土地が放置されている。この両河川を浄化することで、特に米作に好適地となっている地域を流れている Mãe Luzia 川では（図 III-8）さらに 7,650ha (現在の耕作地の約 30%)の灌漑米作地を増やすことができる。

表 III-11

灌漑による米作適地

水　系	耕　地		適　地		使用可能地	
	Ha	(%)	Ha	(%)	Ha	(%)
Mãe Luzia	9,800	(38)	6,175[a]	(79)	15,975	(48)
Urussanga	1,025	(4)	1,474[b]	(19)	2,499	(7)
Tubarão	14,800	(58)	200[c]	(2)	15,000	(45)
合　計	25,625	(100)	7,849	(100)	33,474	(100)

出典：Secretariá de Estado da Agricultura e do Abastecimento
[a] IPH 及び FRGS により推計
[b] CASAN/Magna Engenharia により推計
[c] INPEO 及び NUPESE (1992 のサテライトピクチャによる)

[i] これらの地域は、Verdinho、Quarta Linha Demboski、Linha Batista、Mina do Toco 及び Cristo Redentor である。 乾季に、拡大される地域は、Próspera、Ana Maria、Ciudade Mineira、Distrito de Rio Maina、Santa Luzia、São Luiz、Wosocris、Vila Olímica、Pinheirinho、Nossa Senhora da Salete、Santa Bárbara、Santo Antônio Michel 及び Pio Correa である。

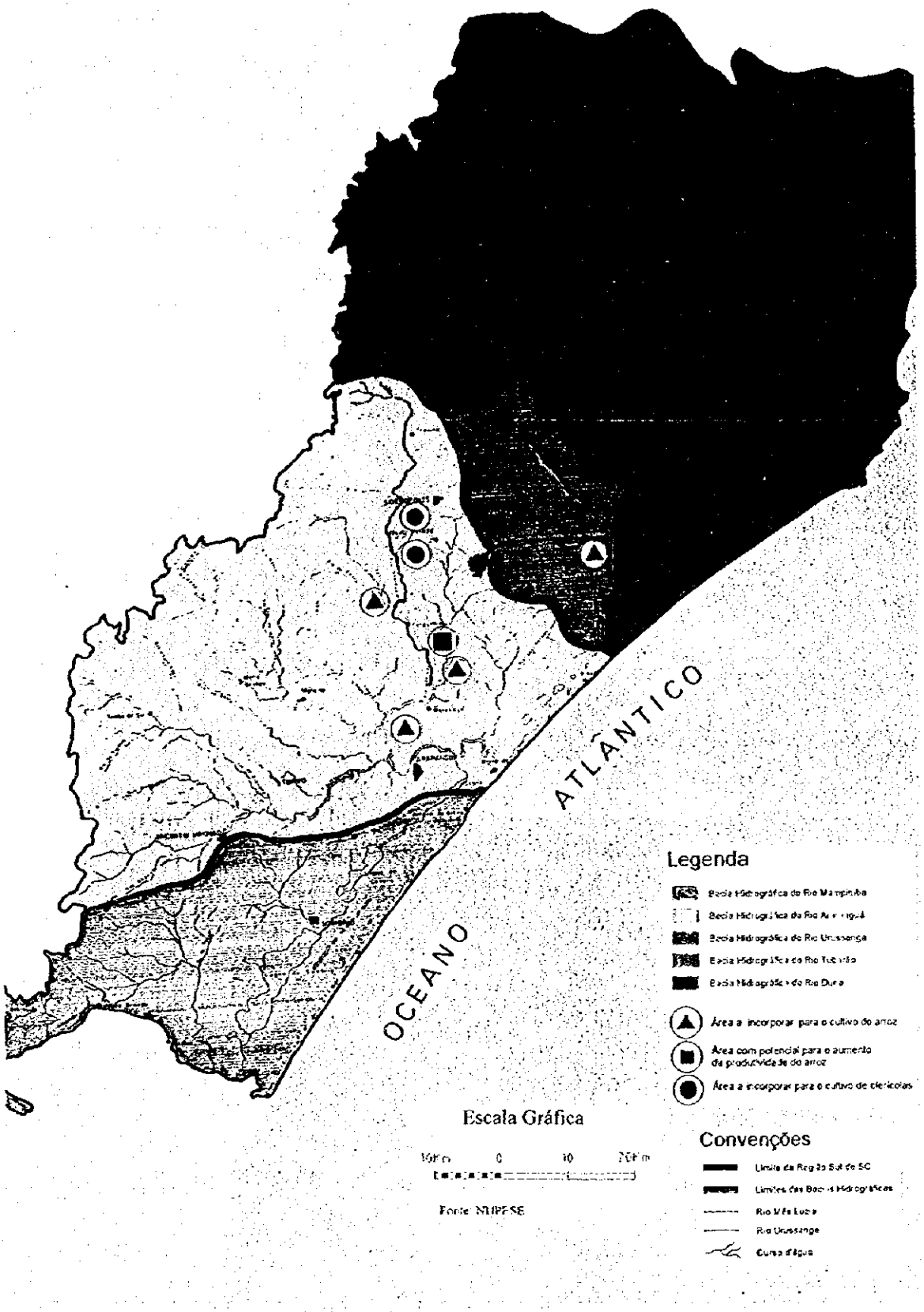
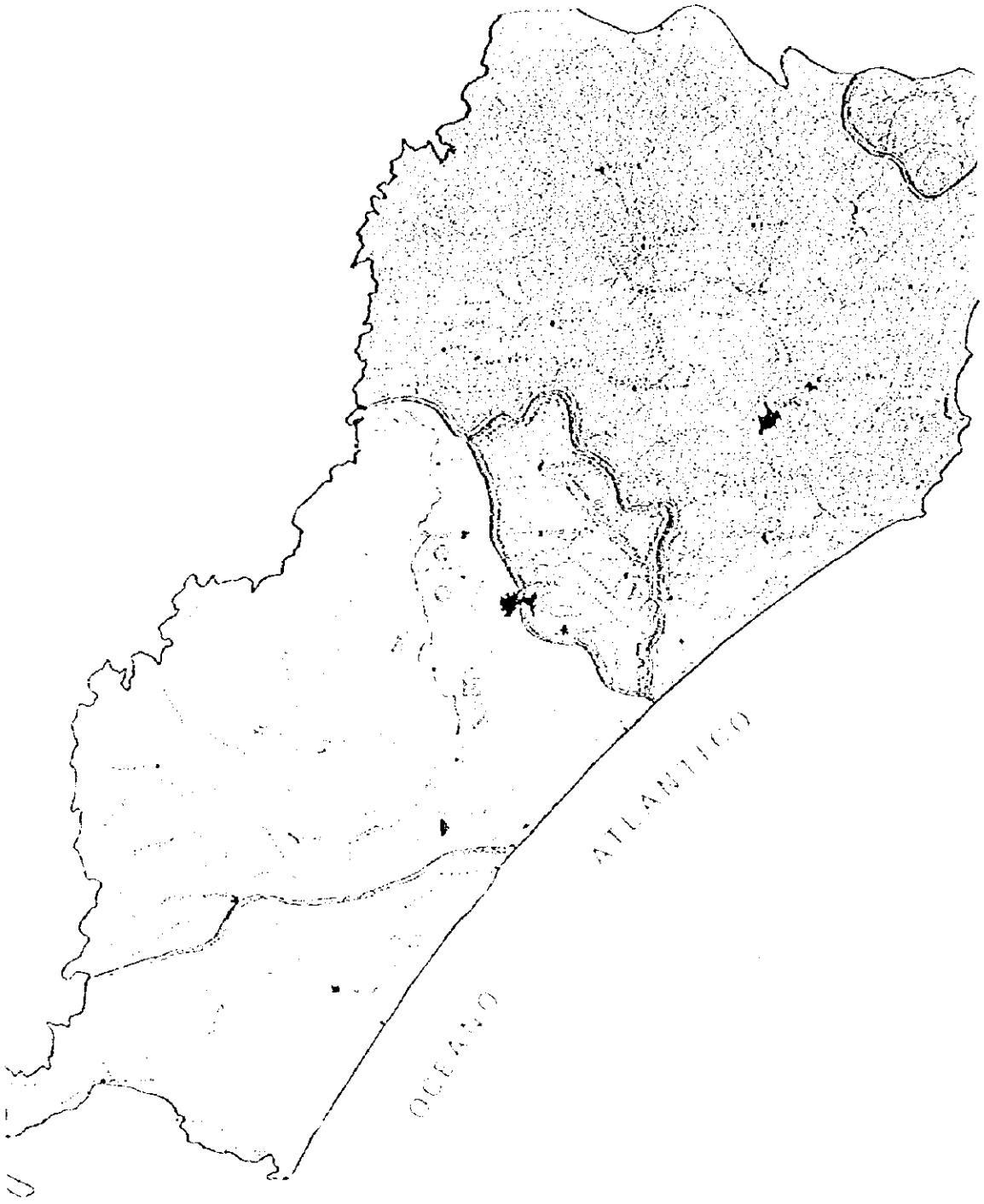


図 III-8　　地域の河川が浄化された場合の農業適地分布


OCEANO
ATLANTICO

(b) 便益の算定

35. IPH(Insituto de Pesquisas Hidraulicas) によれば、3 つの水系における灌漑地域での米の生産性は、 Mãe Luzia : 5,700 kg/ha、Urussanga : 4,300 kg/ha、 Tubarão : 4,500 kg/ha となっている。米の販売価格は 207.4R$/トンで、そのうちの 60%が生産コスト（種子、労働力、水、エネルギー等）となることから便益は販売価格の 40%、83 R$／トン となる。

36. また、汚染された水を米作に利用している Mãe Luzia 水系では浄化によりその生産性が現在の 5,700 kg/ha から 6,500 kg/ha まで上昇すると考えられる。これにより、年間 410,000R$ (6,175 x (6,500-5,700) / 1,000 x 83)の便益が追加される。さらに、水の浄化により、ジャガイモ、豆、トマトなどの栽培地として 1,000ha が使用可能となる。これらの生産性は、15 トン/ha で販売価格は 200R$/トンである。便益は販売価格の 3 分の 1 と推定され、年間 1 百万 R$ (200/3 x 1,000 x 15)と推定される。これら米作の生産性上昇と野菜の栽培便益は表のその他の欄に示されている。

37. 表 III-12 はこれらの便益を要約したものであるが、サンタカタリーナ州に現在導入されている水田での魚の養殖については考慮していない。

表 III-12

耕地拡大、生産性向上便益 (ｼﾅﾘｵ I:養殖を含まない)

水　系	使用可能耕地(Ha)	平均生産性 (Kg/Ha)	米作便益 (R$1,000)	その他便益 (R$1,000)	便益総額 (R$1,000)
Mãe Luzia	6,175	5,700	2,920	1,410	4,330
Urussanga	1,474	4,300	530	---	530
Tubarão	200	4,500	75	---	75
合　計	7,849	5,406	3,525	1,410	4,935

（1）米作の便益は 83R$/トン

38. 上述した水田での魚の養殖はサンタカタリーナ州の Paulo Ropes 市（Criciúma の北 150km）で世銀の融資のもとに導入されている。この米作地を利用した魚等の産出高は、100kg から 3,000kg と幅があるが、その販売価格は 0.5R$/kg である。又これらの養殖は米作の被害をもたらす雑草や害虫に対する対策を少なくしてくれることから、米作にかかる投入コストは 60%から 20%に引き下げられる。

39. 7,849ha すべてがこのような水田での魚の養殖のできる土地になったとすると、その便益は表 III-13 の通りとなる。漁獲高便益は使用可能地 x 魚の平均生産量 x 販売価格より求められた。

表 III-13

耕地拡大、生産性向上便益 (ｼﾅﾘｵ II:養殖を含む)

水　系	使用可能 耕地(Ha)	米作便益 R$ 1,000	漁獲高便益 (R$1,000)	その他便益 (R$1,000)	便益総額 (R$1,000)
Mãe Luzia	6,175	5,840	4,632	1,820	12,292
Urussanga	1,474	1,060	1,105	---	2,165
Tubarão	200	150	150	---	300
合　計	7,849	7,050	5,887	1,820	14,757

出典：NUPESE-UNESC
(1)魚の平均生産量：1.5 トン/ha
（２）販売価格は 0.5R$/kg
（３）平均生産性は表III-12と同じである。
（４）米作の便益は投入コストが６０％から２０％に引き下げられるため、表III-12で想定された値(83R$/トン))の２倍（166R$/トン）となる。従って、この表の米作は表III-12の２倍となっている。

2.3 健康への影響

40. サンタカタリーナ州での石炭採掘に伴う水質汚染の特徴は、pH が 3 から 4 という酸性度（ブラジルの基準値は６・９）と、基準値の 10 倍にも及ぶ硫酸塩、マグネシウム、錫などの重金属汚染である。これらの水が大量に消費されるとすれば、下痢や発熱、嘔吐などをもたらし、適切な処置のない場合には死に至ることもある。

41. サンタカタリーナ州の厚生局(Secretaría de Saude do Estado de Santa Catarina)の 20 年に及ぶデータや、地方の病院、医学関係者へのインタビューなどによれば、この地域の汚染と消化器系の病気との因果関係は特に証明されていない。州の他の地域と比較しても、Criciúma の方が Blumenau、Chapecó、Florianópolis、Itajaíなどよりも消化器系の病気やその他の指定病についても状況がよい。

42. これはこの地域の人々が表流水及び地下水に恵まれておいたため、人口が汚染地域に分散しなかったことによる。未処理の地下水を直接利用している地方部では、人々は汚染された水を利用しているはずである。これらを消費することで健康に影響があったとしても、統計の上でこれらを確認する事はできなかった。

2.4 河川における漁業

43. EPAGRI によれば、この地域の河川体系を復旧することで、河川での漁業が可能となり、人々に新たな収入をもたらすとしている。現在専業漁業者でない漁民もある程度まで、専業で漁業に従事するようになると考えられる。EPAGRI はこの地域の人的、財政的な条件を考慮し、表 III-14 に示すような開発パターンを提案している。

表 III-14

河川における漁業の開発

(単位：Ton)

水　系	5 年	10 年	15 年	20 年	25 年
Mãe Luzia	130	332	784	1,537	2,983
Urussanga	509	1,507	3,463	5,661	13,187
Tubarão	1,312	4,715	11,133	21,837	42,390
合　計	1,951	6,554	15,380	29,035	58,560

出典：EPAGRI UNEC-NUPESE

44. 魚の収穫からの企業収益をおよそ 0.6R$/k g とすると、これによる便益は表 III-15 に示すようになる。

表 III-15

河川における漁業による便益

単位：R$1,000)

水　系	5 年	10 年	15 年	20 年	25 年
Mãe Luzia	78	199	470	922	1,790
Urussanga	305	904	2,078	3,397	7,912
Tubarão	787	2,829	6,680	13,102	25,434
合　計	1,170	3,932	9,228	17,421	35,136

出典：EPAGRI UNEC-NUPESE

45. しかしながら、この地域の河川は、養豚や他の産業活動によっても汚染されており、EPAGRI の予測をそのまま利用することは難しい。便益を過剰に計上することをさけるため、低い伸びのケースを採用し、さらにその 50%を便益として算定した。

2.5 専業漁業に対するインパクト

(a) 問題の大きさ

46. これまで議論してきたこととは異なり、石炭開発が専業漁業にもたらしたインパクトを計量化することは難しいが、地方の漁業組合での補足的なインタビューによって得られた情報を通じ、次のような事柄が判明した。

- 南部地域では、特にラグーナ地域では重要な漁業資源が失われた。

- 主要な経済活動とする専業の漁業従事者は姿を消した。1980 年に 16,159 人いた漁業従事者（関連業務従事者 24,575 人）は、1995 年には 15 年間で 38%減少し 9,950 人となった（関連業務従事者 15,080 人）。典型的な漁業従事者の所得（月額）は同様に 368R$からその 60%の 150R$に減少、兼業へと追い込まれていった。

- しかしながら、石炭開発がラグーンや地域の漁業の地盤を汚染していく一方、他の産業すなわち工業や観光（Laguna 地域）などによっても同様に漁業の地盤は汚染されてきた。

- 南部地域における専業漁業従事者が減少していく傾向は、世界各地と同じく、サンタカタリーナ州の他の地域でも同様に見られる。これは世界的な現象で、漁業における

厳しい競争の結果である。ラグーンにおいて漁業資源と漁場を失ったことは、一般的に専業漁業が直面する問題と同様に考えられる事柄である。サンタカタリーナ州全体として漁業が、石炭開発による汚染を被ったわけではないが、漁業生産は 1984 年の 27,719 トンから 1995 年には 6,098 トンにまで、11 年間に 78%減少している。同様にサンタカタリーナ州南部地域を見てみると、同期間に 11,807 トンから 1,061 トンまで、91%も減少している。従って、便益を過剰に計上するのをさけるため、この%の数値の差(91% - 78%)についてのみ、石炭開発が関わったと考える。すなわち、何らの復旧対策がとられなければ漁業生産高は 1,062 トンにとどまるが、復旧対策がとられれば 2,598 トンの漁業生産高が維持できると言うことである。

47. 結論としては、石炭開発の行為が漁業に重大な損失をもたらし、漁業自体の衰退をもたらしたとしても、これだけを犯罪者としてしまうわけにはいかない。他の要素、観光や過去 10 年にわたる都市開発が影響を与え、特に Laguna 地域において顕著である。

48. このように、他の原因から汚染しているものもあるので、復旧計画では汚染を改善するために必要なこれらに起因する対策を同時に並行して実施しなければならない。

(b) 便益の算定

49. 都市のゴミや Laguna 地区の海岸観光産業による汚染に対する対策もとられるとした場合、復旧にかかる便益は次のように考えられる。

- 石炭開発が行われなかった場合の専業漁業の水準に戻すとする。すなわち、現在のサンタカタリーナ州全体における漁業のレベルとする。具体的にいえば、1984 年からの 91%の生産高の減少を 78%に置き換え、さらに、38%の労働者の減少を 32%に置きかえることとする。そうすることにより、漁業従事者の数は、9,950 人から 11,000 人になることになる。

- 漁業従事者の所得を漁場の汚染のなかった 1980 年と同じと考える。つまり、150R$/月を 380R$/月とする。

50. 表 III-16 は魚の価格を 0.6R$/kg とした場合の計算結果を表している。

表 III-16

水産資源の復活による便益

	復旧前			復旧後			復旧による便益
	量 ton		価値 1000R $/年	量 ton		価値 1000R $/年	1000R $
魚産出量	1,061[a]	0.6R$/kg	637	2,598[a]	0.6R$/kg	1,559	922
漁民の収入	9,950[b]	150R$/月	17,910	11,000[b]	380R$/月	50,160	32,250
合　計			18,547			51,719	33,172

出典：NUPESE
a' ton,　b' 漁民の数

3.　観光開発の制約

(a)　問題点の把握

51.　ブラジル国立観光局の EMBRATUR(Empresa Brasileira de Turismo)は、サンタカタリーナ州南部地域において 25 の市町村が観光開発のポテンシャルを有していると考えている。これらには、文化的遺産（イタリア系）、ブドウ園、郷土料理（Orleans および Urussanga）、温泉（Gravatal）、砂浜とラグーン（Imbituba、Laguna、Içara、Araranguá、Sombio）、買物（Criciúma、Tubarão）、そして山岳及び洞窟（Lauro Müller、Bom Jardim da Serra）などが数えられる。

52.　しかしながら、観光局の見解によれば観光開発は、 Criciúma、Tubarão、Lauro Müller、Siderópolis、 Içara、 Araranguáなどの町は石炭鉱害によって汚染されていることで観光開発が制約を受けているとしている。石炭で汚染された町という評判で観光開発がままならない状況である。

53.　これら恵まれた観光資源と行き届いた宿泊施設にもかかわらず、サンタカタリーナ州南部地域では観光産業は低迷している。唯一注目すべき点は、Araranguáと Laguna におけるビーチ観光で、Mercosul の各国からかなりの人々が訪れている。 Araranguáはこの国際市場に顔をのぞかせる都市となっている。1995 年には、主にウルグアイやアルゼンティンからの外国人観光客により、14.1 百万 R$の観光収入を得ている。

54.　海岸から離れた内陸部では、自然公園や美しい山々、各地の行事などがあるにもかかわらず、観光はあまり存在感がない。Criciúma は唯一例外で、1995 年に 6.8 百万 R$を観光収入として達成している。しかしそのうちの 90%は、仕事がらみの観光と考えられ

る。純粋に観光といえるのは全体の 10%にすぎない。

観光開発に対する制約条件

55. この地域の観光開発には多くの制約がある。宿泊施設の問題はあまり大きな問題ではないが、きれいな水が少ないことでエコツーリズム開発にストップがかけられている。たとえば、Urussanga では、比較的大きな観光開発をすべく、新規にいくつかの宿泊施設建設の動きがあったが（Pousada da Vinicola は唯一の宿泊施設であるが、増大する観光客をまかないきれない）、きれいな水が不足とのことから断念された。Urussanga 川の浄化を行えば、さらにウォータースポーツ、水泳、つりなど観光客を魅了するものが増えると考えられる。

56. 他の制約条件として、都市からのゴミや他の産業の廃棄物によるラグーナやビーチの汚染、養豚業による河川の汚染、などがあげられるが、熟考された開発計画や、観光誘致計画により石炭鉱害のイメージをぬぐい去ることや、地域の行事を紹介することも大事である。漁業のケースと同様に、石炭鉱害による汚染は、いくつかある観光産業開発の制約要因の一つなのである。他の汚染要因についても何らかの対策を施さなければ、石炭鉱害だけの復旧を行ったとしても、観光産業の目に見えた発展は望めないであろう。

(b) 便益の算定

57. 表 III-17 は、1995 年におけるサンタカタリーナ州南部地域の観光収入を示したものである。

表 III-17

サンタカタリーナ州南部における観光収入(1995)

（単位：R$1000）

Ararangua	Criciúma	Laguna	Imbituba	その他	合計
14,100	6,800	20,800	7,670	3,000[a']	52,370

出典：SANTUR (Santa Catarina Turismo S'A)
a'：JICA 調査団推計

58. これまで述べたように汚染の他の要因に対して適切な措置が講じられれば、石炭鉱害の復旧計画もサンタカタリーナ州南部地域の観光産業の発展に次のような点で寄与

できる。

- 次の各町においてエコツーリズムの発展を促す:石炭鉱害によってかなりの汚染を受けている地域である Lauro Müller、Urussanga、Içara、Siderópoilis、Tubarão

- 石炭鉱害の問題が未解決だとすると、Araranguá、Laguna、及び Imbituba 等ビーチリゾート地域での、現在のビーチリゾートの発展を阻害する。

59. ビーチリゾート（ Araranguá、Laguna、Imbituba）は最近 10 年間で年間 5%の伸びを見せている。一方国内のエコツーリズムは上がり下がりを繰り返しているが、平均すると年間 1%から 3%の間でわずかに伸びている。石炭鉱害がないとした場合これまでのビーチリゾートの伸び率を維持するが、そうでない場合には半分の伸び(5%の代わりに 2.5%とする)だと想定される。又、国内の観光産業は過去の伸び率 1% -3%から 5%程度の伸びとなる。これらをもとに便益を算定すると表 III-18 の様に計算される。ただし、表中のビーチリゾート地区とは表III-17 の Ararangua, Laguna, Imbituba とし、エコーツーリズムをその他地区とし、それらの地区における観光収入の内５０％が純粋にビーチリゾートおよびエコーツーリズムに関わるものと仮定した。また、これらの観光収入は仕事がらみのものもあるため、その１０％のみが、純粋に観光に関わるものと仮定した。従って、ビーチリゾート地区の復旧した場合の観光収入は (14,100 + 20,800 + 7,670) x 0.5 x 0.9 = 2,128 (1,000R$) として計算される。復旧しない場合は成長率が２分の１となるため、観光収入も２分の１となり 1,064 (1,000R$) となる。エコーツーリズムも同様に計算される。

表 III-18

石炭鉱害汚染が解消された場合の観光による便益

	復旧した場合		復旧しない場合		純便益
	成長率	1000R$	成長率	1000R$	
ビーチリゾート	5.0%	2,128	2.5%	1,064	1,064
エコツーリズム	5.0%	150	2.5%	75	75
合　計		2,278		1,139	1,139

出典：JICA 調査団の推計

4. 便益の要約

60. 復旧計画による計量可能な便益の総計は表 III-19 に示すとおりである。他の条件によって変動が生ずると考えられる便益にはアスタリスクの印を付した。

表 III- 19

便益の総括 （単位：R$百万）

	最小ケース	最大ケース
土地関連		
- 土地の価値上昇	77.0	191.2
- 森林資源	2.8 / 年	2.8 / 年
- 動植物	2.3 / 年	9.3 / 年
- レクリエーション	2.2 / 年	8.5 / 年
水関連		
- 水道料金	13.3 / 年	28.7 / 年
- 追加投資節約	52.5	52.5
- 水道未設置地域への配水	1.0 /年	1.0/年
- 米作地	5.0 /年	14.8 / 年
- 河川漁業	0.6/年(5 年) ～17.6/年(25 年)	1.2/年(5 年) ～35.2/年(25 年)
- 水産資源*	33.2 / 年	33.2 / 年
土地及び水関連		
- 観光開発*	1.1 / 年	1.1 / 年

61. しかしながら、これまで述べてきた便益のほかにも復旧による便益は沢山あるが、残念ながらこれらを数量化するのは難しい。これらについて以下に記す。

工業開発に対する制約

ACIC (Associação Commercial e Industrial de Criciúma)や他の工業誘致機関などとの協議から水道料金が高いこと、表流水、及び地下水が汚染されていること、AMREC の市町村は石炭鉱害に汚染されているというイメージがあることなどで、この地域への新たな工業の進出が妨げられている。このことは捕らえどころのない点であるが、この地域の経済開発を難しくしている重要な点である。

地下水の汚染

石炭開発によって地域の地下水が汚染されてきているという事が次第に明らかになってきている。NUPEA(Núcleo de Pesquisas Ambientais)が行った水質試験及び分析では、そのサンプルの中で pH で 20%、鉄分含有量で 65%も基準値を超えるものがあり、中にはそれよりももっとひどいものもある。（鉄分の基準値 0.3 に対し 17.7、pH の基準値 6.5 - 8.5 に対し 5.0 であったりする。）NUPEA はさらに地下水の 9%が汚染されているとしている。こ

の場合、復旧による便益を計量的に把握するのは難しいが、地下水の汚染や枯渇はこの地域の将来を脅かすことになるということは間違いないことである。

相乗効果

石炭鉱害の復旧による経済活動や生産品（米作、材木、薪、河川や湖沼における漁業、観光開発等）にかかる第２次、３次にわたる波及効果について数量化は試みられてないが、これらは重要と考えられ、地域の経済成長にその 1%から 1.5%程度が貢献するものと思われる。

C. 復旧プログラムとプロジェクトコスト

1. 復旧対象地域の性格

01. 計画対象地域 (4,723.8ha)は放置採掘跡 (3,292.0ha、全体地域の 69.7%)、生産活動区域 (1,153.5ha、全体地域の 24.4%)、生産休止区域 (278.3ha、全体地域の 5.9%) から構成されている。これら復旧対象地域は３つのタイプの汚染形態に分けられる。黒ボタ、白ボタ、および水質汚染池であり、それぞれ 48.6%(2,294.6ha)、46.2%(2,182.4%)、5.2%(246.8ha)の面積をを占めている。放置採掘跡、生産活動区域、生産休止区域における汚染形態別の面積は、以下の表 III-20 に示すとおりである。

02. これら黒ボタ地域の内、425ha については（黒ボタ地域の 18%）、表流水及び地下水が存在しない地域となっている。

表 III-20

復旧対象地域の汚染形態

(単位: ha)

	放置採掘跡	生産活動区域	生産休止区域	合計
黒ボタ	1,222.6	924.6	147.4	2,294.6
	(37.1%)	(80.2%)	(53.0%)	(48.6%)
白ボタ	1,878.4	181.4	122.6	2,182.4
	(57.1%)	(15.7%)	(44.0%)	(46.2%)
水　域	191.0	47.5	8.3	246.8
	(5.8%)	(4.1%)	(3.0%)	(5.2%)
Total	3,292.0	1,153.5	278.3	4,723.84
	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)

03. これらの汚染地域における主な地域別の汚染状況は表 III-21 のとおりである。この表からわかるように、生産活動区域の方が放置採掘跡の地域より汚染度が高いといえる。更に、第2編B水質モニタリングで行った全体水質シミュレーションの結果も示す通り、放置採掘跡の部分だけ復旧したとしても、対象地域全体における水質改善は望めないものと考えられる。又、逆に、生産活動区域のみを復旧しても、全体区域の水質改善も殆ど期待できない。両者の復旧がなされてはじめて復旧効果が現れる。

表 III-21

生産活動区域および放置採掘跡からの汚染負荷量

			放置採掘跡	
		生産活動区域	黒ボタ	白ボタ
pH	(-)	2.81	3.3	3.2
SO^4	(mg/l)	2,838	645	494
Dis. Fe	(mg/l)	391	94.8	29.5
Al	(mg/l)	123	44.8	32.7

04. 放置採掘跡の部分は放置された状態で、現在炭鉱として操業している会社はなく、黒ボタが多く存在している。生産活動区域においては6つの炭鉱会社が操業しているが、生産休止区域でのオペレーションは行われていない。

2. 復旧にかかる戦略

05. 廃坑地域はかなりの度合いで汚染されている。黒ボタに対しては湿式被覆が効果的であるが、これを黒ボタ地域全体に適用するとかなり高いコストとなる。詳細な分析の結果、黒ボタ地域の内、河川、地下水が存在しない地域については乾式被覆が適用できることが判明した。段落 03 で述べたように、生産活動区域は放置採掘跡の部分より汚染が激しく、放置採掘跡部分だけを復旧したとしても、生産活動区域の改善がなければ効果が現れないと考えられる。

06. この点を考慮し2段階による復旧対策を提案すべきと考える。1段階は復旧すべき面積も少ない生産活動区域の復旧だけとする。繰り返しになるが、どんな対策を講ずるにせよ、効果を奏するためには、最も汚染の激しい生産活動区域の改善が必要不可欠である。ただし、この地域では現在も通常の炭鉱の操業が行われていることから、この第1段階では操業者が環境保全に配慮しながら操業することに対し、何らかの手助けを実施しなけ

ればならない。また、FATMA および DNPM など、モニタリングに関連する機関等については、炭鉱会社に環境基準、特に排水基準及び炭鉱跡地についての環境対策法規を遵守させる目的で、それらの機関強化対策を講ずる必要がある。これらの第１段階の復旧及び炭鉱会社の全面的な環境法規遵守がなされて、初めて第２段階の放置採掘跡についての対策を実施すべきである。この一連の戦略が、最も安全で低コスト、さらに、管理しやすいものと考えられる。

3. コスト計算の基礎

3.1 市場価格

07. FS 調査の後（１９９７年３月）、クリシウマ市の建設会社(SETEP、前出)とサンタカタリーナ州道路局から入手したコスト情報により計算された工事単価に基づきプロジェクトコストの推定を行った。全体地域復旧単価については、ブラジル通貨 R$によって、1997 年 6 月時点での市場価格をもとに計算した。本プレフィージビリティ調査では、全体地域における汚染実態の詳細調査を FS 対象地域以外では実施していないことから、詳細なコスト積算は行っていない。

3.2 フォース・アカウントの考え

08. コスト積算は、第 2 編 D 土木工事とコスト積算で示す通り、まず実施者が全体業務を外注する立場で計算された。この場合、労働者、機材、材料はすべて新規に調達されることを前提としている。この報告書の中ではこのコストを計算ベースとしている。

09. しかしながら、プロジェクト対象地域周辺における復旧工事の実体を眺めてみると、フォース・アカウントの概念を導入することにより、プロジェクトコストの削減が図られると考えられる。汚染地域の 82%を所有する鉱山関連会社は、自らの費用と労力、機材をもって復旧工事を実施するものと仮定した。このことは、同地域の 7%を保有する市町村についてもいえることで、サンタカタリーナ州政府の助けを得て、州政府が所有している機械設備をもって復旧工事を実施すると仮定した。従って、全体汚染地域の 89%の部分については外注する代わりに、非稼働中の機械設備を動員し実施されると考えられる。さらに単純に考えれば、残る 11%の一般個人が所有する土地についても、サンタカタリーナ州の助けを得て復旧されるものと考えられ、結局すべてフォース・アカウントの概念で復旧工事が

実施できるものと仮定した。このようなことから、外注工事かつ小売価格ベースで積算された材料費等については15%の削減が可能と推定され、減価償却、利益等については全額削減することとした。

4. ベースケース

10. フォース・アカウントによるプロジェクトコスト及びその内訳を表 III-22 に示す。このプロジェクトコストが経済評価の基礎となる費用である。

- 単価に関する考察

11. 復旧工事に関しての対象地域における工事単価はなかなか入手できないのが実体であるが、EPAGRI が近い将来実施しようとしている工事で、本計画に類似する工事に関し、その単価を試算したものを入手した。本計画で計算された単価、乾式被覆ベースで 18,330 R$/ha に対して、EPAGRI の同一仕様の試算は 18,820R$/ha であり、この単価使用については妥当なものであると判断される。

表 III-22

プロジェクトコスト及び内訳

項目	計算基礎	($R1,000-) フォースアカウント
労務費	21,198	0
パーツ	9,654	9,654
タイア	520	520
ガソリン/オイル	9,950	9,950
減価償却費	6,027	0
諸経費	17,889	0
セメント	3,878	3,296
砂	493	419
砂利	15,198	12,918
	2,182	1,855
木材	237	201
釘	63	54
小石	1,997	1,697
モルタル	1,818	1,545
石灰石	30,666	26,066
粘土	52,371	44,515
化学	3,854	3,276
種子	1,008	857
セルロース	2,668	2,268
化学肥料	949	807
鉄筋	4,415	3,753
有機物	2,256	1,918
粘土採掘権	15,757	0
準備費	10,252	0
エンジニアリング	10,765	5,705
予備費	22,607	13,112
合計	248,672	144,387

D. 経済評価

1. 評価方法

01. 経済評価はプロジェクトを実施したときに生ずる便益と、プロジェクトの実施に必要な費用を比較することによって行う。便益はこの章の第2節で既に述べているが、基本的にはプロジェクトを“実施した場合”と“実施しない場合”の比較によってとらえる。評価指標として、費用便益比率 (B/C)、純現在価値 (NPV)、経済的収益率 (EIRR)を計算する。

2. 評価の前提条件

02. 評価に当たって、以下の条件を前提条件とした。

評価期間	30年
プロジェクト実施期間	10年
割引率	12%

03. 既に述べたプロジェクトコストは、市場価格で計算されていることから、評価のために項目ごとにブラジルでの税率を適用し、税金を差し引き経済価格に変換している。税率についての情報は、クリシウマの建設会社 SETEP から入手した。評価に使用した経済価格は表 III-23 に示すとおりである。

表 III-23

経済コスト (SR1,000-)

項　目	プロジェクトコスト（フォースアカウント）	経済価格
労務費	0	0
パーツ	9,654	8,013
タイア	520	432
ガソリン/オイル	9,950	8,756
減価償却	0	0
諸経費	0	0
セメント	3,296	2,736
砂	419	348
砂利	12,918	10,722
板	1,855	1,539
木材	201	167
釘	54	44
玉石	1,697	1,409
モルタル	1,545	1,283
石灰石	26,066	21,635
粘土	44,515	36,948
化学肥料	3,276	2,883
種子	857	754
セルロース	2,268	1,996
乳剤	807	710
鉄筋	3,753	3,302
有機物	1,918	1,687
粘土採掘権	0	0
準備費	0	0
エンジニアリング	5,705	5,021
予備費	13,112	11,539
合　計	144,387	121,923

04. 環境プロジェクトにおいては便益を貨幣タームでとらえることはなかなかむずかしいことから、便益について最大の場合、最小の場合の２つのケースを想定した。

3. 評価結果

05. 評価指標について安全サイドから、便益が最小の場合について計算を行った。表 III-24 に便益および費用の毎年の流れを示す。以下に評価指標についての計算結果を示す。

- 純現在価値 (NPV)*	:	R$ 38,276,000- (price in June, 1997)
- 経済的収益率 (ERR)	:	16.75 %
- 便益費用比率 (B/C)	:	1.74

*割引率は 12%

06. 上記のように計算された結果から、本計画はフィージブルであると判断される。計算された結果によれば、純現在価値は 38,276,000R$となり、プロジェクトの投資が 144,387,000R$という大きな金額に対してもこの地域にとって非常に大きな便益がもたらされるものと判断できる。さらにこの数字以上に、非常に貴重で、かけがえのない資産、貨幣では換算できない環境便益等が得られる。評価期間の 30 年を越える期間を考えてみれば、多分さらにいくつものポテンシャルが生まれるものと考えられる。経済的収益率の 16.75%も本計画の妥当性を示しているものと考えられる。

4. 感度分析

07. 本計画を実施するに当たっては、様々な条件から、本計画で予測した費用や便益に変化が生ずるものである。ここでは、プロジェクトを取り巻く条件が、本計画よりも悪くなった場合を想定し、費用が 15%上昇、さらに便益も総額として 15%減少したケースにつき、評価指標がどう変化するかを計算した。計算結果は以下のとおりである。

- 純現在価値 (NPV)* : R$ 19,926,000- (price in June, 1997)
- 経済的収益率 (ERR) : 14.30 %
- 便益費用比率 (B/C) : 1.40

*割引率は 12%

08. 経済的収益率は、14.30%を維持し、純現在価値も 19,926,000R$であり、状況の変化に対しても十分実施可能性があることを示している。

表 III-24

コスト・便益フロー

PROJECT PERIOD = 10 Years

(単位：R$1,000)

Year	Cost		Benefit												Balance
	A	Total (1)	Land				Water						Other	Total (2)	(2)-(1)
			Land Value	Forestry	Fauna Flora	Recreation	Higher Water	Add. invest	No-connected	Rice	Fish Indus.	Fishery	Tourism		
1	12,192	12,192													-12,192
2	12,192	12,192												0	-12,192
3	12,192	12,192												0	-12,192
4	12,192	12,192												0	-12,192
5	12,192	12,192												0	-12,192
6	12,192	12,192												0	-12,192
7	12,192	12,192												0	-12,192
8	12,192	12,192												0	-12,192
9	12,192	12,192												0	-12,192
10	12,192	12,192												0	-12,192
11		0	77,000				13,300	52,500	1,000	1,000			1,100	145,900	145,900
12		0					13,300		1,000	2,000			1,100	17,400	17,400
13		0					13,300		1,000	3,000			1,100	18,400	18,400
14		0					13,300		1,000	4,000			1,100	19,400	19,400
15		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	600	33,200	1,100	58,700	58,700
16		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	1,405		1,100	26,305	26,305
17		0		19,500	2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	2,210		1,100	46,610	46,610
18		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	3,015		1,100	27,915	27,915
19		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	3,820		1,100	28,720	28,720
20		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	4,625		1,100	29,525	29,525
21		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	5,430		1,100	30,330	30,330
22		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	6,235		1,100	31,135	31,135
23		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	7,040		1,100	31,940	31,940
24		0		19,500	2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	7,845		1,100	52,245	52,245
25		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	8,650		1,100	33,550	33,550
26		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	9,455		1,100	34,355	34,355
27		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	10,260		1,100	35,160	35,160
28		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	11,065		1,100	35,965	35,965
29		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	11,870		1,100	36,770	36,770
30		0			2,300	2,200	13,300		1,000	5,000	12,675		1,100	37,575	37,575
														IRR	16.75%
														B/C	1.74
														NPV	$38,276