

公害防止と持続的な環境モニタリングへの支援

～インドネシア：バンジャルマシンの石炭火力発電所建設事業～

2003 年 9 月 30 日

法政大学大学院 環境経営研究所

下村恭民（法政大学大学院・環境マネジメント専攻・教授）

國則守生（法政大学大学院・環境マネジメント専攻・教授）

三好康彦（東京都環境科学研究所・主任研究員）

古明地哲人（東京都環境科学研究所・主任研究員）

目次	(頁)
1. 調査内容	3
1-1) 調査目的	
1-2) 調査対象事業の概要	
1-3) 調査実施体制	
1-4) 調査日程	
2. 接近方法	4
2-1) 情報・データの収集に関する基本的な考え方	
2-2) 環境影響に関する独自の計測作業	
2-3) 接近方法に関する補論：環境インパクトの経済社会評価	
3. 確認された情報・データとその分析結果	8
3-1) 大気：大気中の SO ₂ 、NO ₂ 、O ₃ 濃度の測定結果	
3-2) 水質：パックテスト測定結果	
3-3) 石炭：発生源データ	
3-4) 固形廃棄物：石炭焼却灰	
3-5) 生態系	
3-6) 環境モニタリング・システム	
3-7) 環境トレーニング	
3-8) 住民移転	
4. 所見	13
4-1) 環境影響評価	
4-2) 経済社会評価	
4-3) 住民移転に関する所見	
5. 結論と提言	18
5-1) 石炭焼却灰に関する「援助効果促進業務」調査の実施	
5-2) PLN への注意喚起	
5-3) アサム・アサム炭田の環境破壊に関する PLN への提言	
5-4) JBIC の調査活動	
接近方法に関する補論	20

1. 調査内容

1-1)調査目的

この調査の目的は、インドネシア共和国「バンジャルマシン石炭火力発電所建設事業」の、事業完成後の環境面におけるインパクトの状況を確認し、必要な提言を行うものである。

最初に評価の性格に関連して以下を確認しておきたい。OECD 開発援助委員会 (DAC) の上級会合において採択(1991 年 12 月)された評価原則は、「妥当性」「目標達成度」「効率性」「インパクト」「持続性」の 5 項目から構成されているが、本調査は事業全体を対象として行うものではなく、「環境面のインパクト」に焦点を絞ったものである。

環境面のインパクト調査の結果次第では、「妥当性」「目標達成度」「効率性」「持続性」等の評価項目からみた、事業全体の評価に影響が生じる可能性があるであろうが、そのような状況が生じないかぎり、本調査では事業全体に関する評価は行わず、「妥当性」以下の評価項目にも言及しない。

本調査では、「対象事業を実施した結果として、環境面に発生した変化」を、①特定し、②計測し、③その意味を分析し、④そこから示唆・教訓を導き、⑤必要に応じて政策提言を行うことを目的とする。

1-2)調査対象事業の概要

：「バンジャルマシン石炭火力発電所建設事業」（借款協定調印 1994 年 11 月 29 日、承諾額 6,464 百万円）

インドネシアの第 6 次 5 カ年開発計画における電力セクターの主要目標は、電力供給信頼度の向上および脱石油政策にそった電源開発である。東南部カリマンタンを含む PLN（国有電力会社）の第 6 電力供給地区は、1994 年度から 98 年度の 5 年間に年平均 14% の電力消費量が見込まれていて、需要に見合う電源開発が必要であった。同地区は、硫黄分の少ない石炭が豊富に産出される地域でありながら、既存の電源の約 8 割（1993 年の設備容量ベース）はディーゼル発電であり、同国の脱石油政策の要請からも、石炭資源を活用したベースロード電源の開発が必要とされていた。

バンジャルマシン石炭火力発電所は、このような背景の下に、南カリマンタン州 (Kalimantan Selatan Province) の州都バンジャルマシン (Banjarmasin) 市から東南 123km のタナ・ラウト県 (Tanah Laut Kabupaten)、ジョロン郡 (Kecamatan Jorong)、アサム・アサム (Asam-asam) 村に建設が計画された。同発電所は、アサム・アサム炭田地域に位置する山元発電所であり、硫黄分の非常に低いアサム・アサム炭を燃料用石炭としている。本事業は世界銀行との協調融資であり、海外経済協力基金（現・国際協力銀行）がボイラー及び関連施設に対する円借款を供与した。1995 年末から建設が開始され 1999 年 7

月完成の予定であった。しかし、一部コントラクターの契約履行遅延により完成が 2000 年 12 月にずれ込み、2001 年 1 月から設備容量 130MW(65MW X 2 基)の本格稼働が開始された。

1-3)調査実施体制

調査チームの構成および担当は以下のとおりである (*印は現地調査を担当)。

下村恭民* (法政大学大学院環境マネジメント専攻教授) : 総括および経済評価

國則守生 (同上) : 経済評価

三好康彦 (東京都環境科学研究所主任研究員) : 環境評価

古明地哲人* (同上) : 環境評価

なお、法政大学大学院社会科学研究科政策科学専攻および環境マネジメント専攻の修士課程 1 年および 2 年在籍の 5 人の院生が実習生として(現地実査を含む)調査に参加し、さまざまな形で作業を分担した。実習生の作業の成果は、報告書の随所に取り入れられている。

1-4)調査日程

東京での事前準備作業に続き、2003 年 8 月 21-28 日の期間にインドネシアを訪問し、ジャカルタ、バンジャルマシン、アサム・アサムおよびプレハリ(Plehari、タナ・ラウト県の県庁所在地、アサム・アサムの北西約 50km)で現地調査を実施した。

2. 接近方法

2-1) 情報・データの収集に関する基本的な考え方

2-1-1)主眼点

調査の実施にあたっては、環境へのインパクトをできるだけ客観的に把握することを主眼とし、その観点から、

i)数量化されたデータの収集に努めるとともに、PLN から提供される情報・データへの過度の依存を抑制する視点から、調査団として独自の計測作業を行った。

ii)火力発電所そのものに関する情報・データに加えて、発電所を取り巻く周辺地域での関連情報収集に努めた。主なものとしては、アサム・アサム炭田実査、国立プレハリ病院でのヒアリング、およびバンジャルマシン在住の生態学者からのヒアリングがある。

2-1-2)主たる情報源

本調査の評価作業は、大別して環境影響評価(自然科学的側面の環境評価)と経済社会的評価とに分かれるが、共通して以下のような情報源によった。

①JBIC より提供のあった基礎資料 : 「フィージビリティ・スタディ報告書」(以下 F/S) 「環境影響評価報告書(Environmental Impact Assessment)」(以下 EIA) 等

- ②PLN に対する質問状への回答結果
- ③外部専門家による独自の計測結果
- ④現地でのヒアリングを通じて得られた情報・データ
- ⑤現地で収集した公式文書：ジャカルタの中央統計局とバンジャルマシンの南カリマンタン州統計局で入手した統計集、国立プレハリ病院の年次報告書
- ⑥現地での観察結果（写真撮影を含む）
- ⑦先行して実施された PEDACS 調査情報・データ

2-2)環境影響に関する独自の計測作業

以下のような方法で大気汚染、水質汚濁の測定を行った。

2-2-1) 大気汚染物質の測定：パッシブサンプラーの調製と測定法

大気汚染物質のうち SO_2 , NO_2 , O_3 (オゾン) の測定を日本より携行したパッシブサンプラーによって行った。サンプルの調製法を表 1 に示す。

表 1 SO_2 , O_3 , NO_2 測定溶液組成とロ材

測定項目	略号	含浸溶液の組成	ロ材
SO_2 , O_3	$\text{NaNO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3$	2% NaNO_2 -2% K_2CO_3 -10%glycerine を $\text{CH}_3\text{OH}/\text{H}_2\text{O}(50/50)$ に溶解	ϕ 47mm, ADVANTEC 51A
NO_2	$\text{TEA} + \text{K}_2\text{CO}_3$	10%TEA-2% K_2CO_3 -10%glycerine を $\text{CH}_3\text{OH}/\text{H}_2\text{O}(50/50)$ に溶解	ϕ 47mm, ADVANTEC 51A

含浸溶液をロ材に含浸させ、デシケータ中で乾燥し、暴露実験まで保存した。
暴露サンプラーを写真 1 に示す。

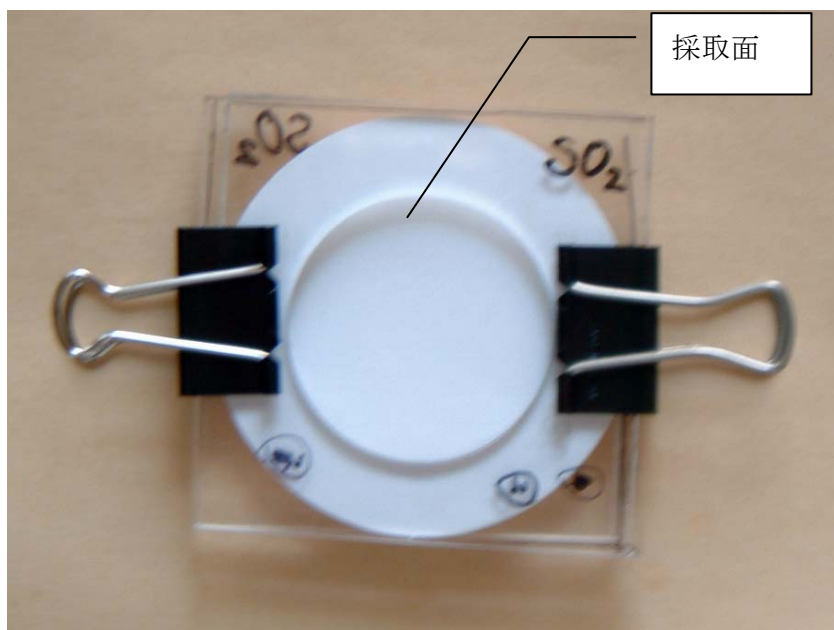


写真 1 パッシブサンプラー（円形の内側の部分が採取部分）

測定はテフロンろ紙（ADVANTEC ポリフロンフィルター PF100）でカバーし暴露実験を行った。回収後のサンプルは、20ml の純水抽出し、分析に供した。

分析はイオンクロマトグラフ法により行った。分析装置：DIONEX DX-500、陽イオンは溶離液 18mMol メタンスルホン酸、流量 1.0mL/min 、カラムはガードカラム CG12A、分離カラム CS12A。陰イオンは溶離液 2.7mMolNa₂CO₃+0.03mMolNaHCO₃、流量 1.3mL/min 、カラムはガードカラム AG12A、分離カラム AS12A。

パッシブサンプラーの設置地点を図 1 に示す。

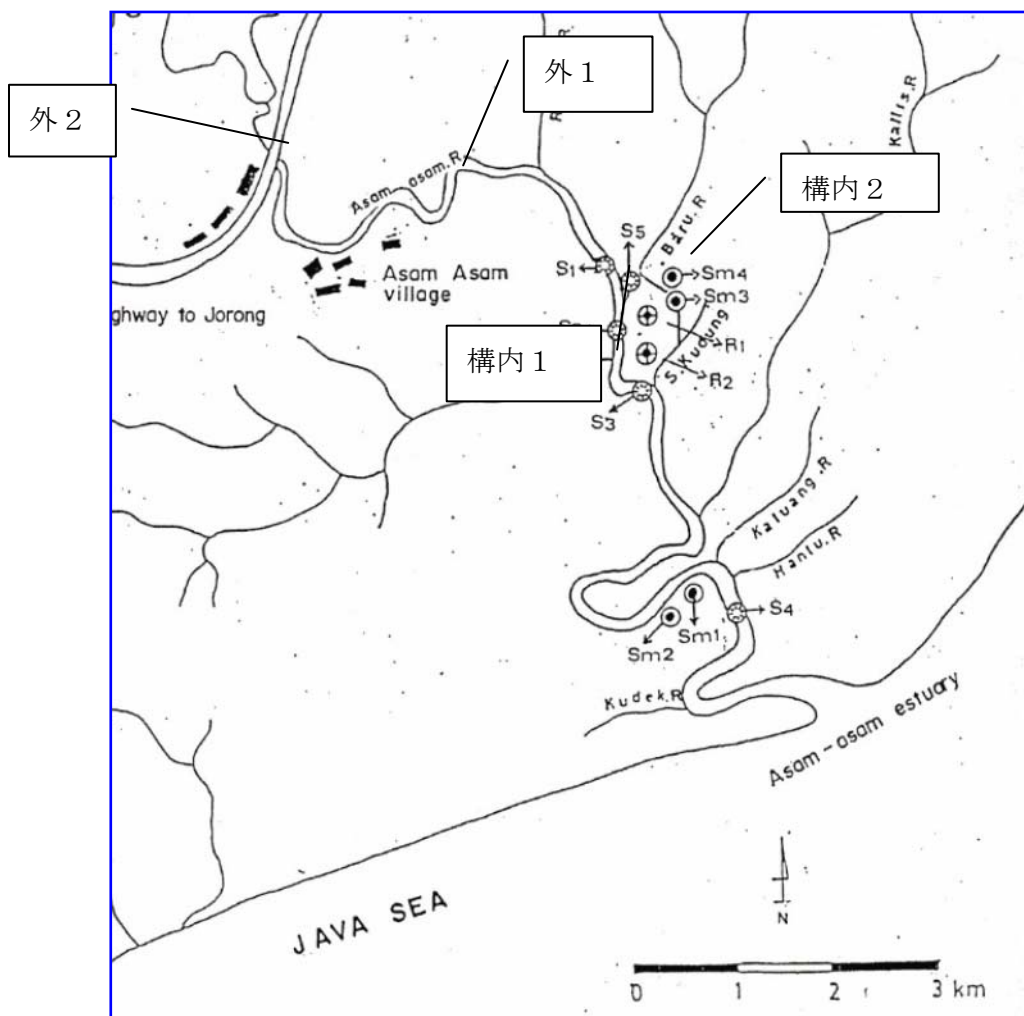


図 1 パッシブサンプラーの設置地点

2-2-2)水質測定：パックテストの方法

パックテスト（発色試薬を含んだチューブに検水を吸入し、反応後の呈色液を標準色表と比色する簡易法）によって水質の測定を行った。使用したパックテストはすべて（株）共立理化学研究所製である。仕様は以下のとおりである。

表 2 パックテストの仕様

項目	測定原理	測定範囲	反応時間
pH	pH 指示薬の組み合わせ	pH1.6～pH9.6	20 秒
6 価クロム (Cr^{6+})	ジフェニルカルバジド比色法	0.05～2mg Cr^{6+} /L (ppm)	1 分
亜鉛 (Zn)	PAN 比色法	0～10mgZn/L	3 分

		(ppm)	
鉄 (Fe)	オーフェナントロリン比色法	0.2～10mgFe/L (ppm)	2 分
鉄 (Fe) (低濃度)	還元とバソフェナントロリン比色法	0.05～2mgFe/L (ppm)	2 分
マンガン (Mn)	過よう素酸カリウム比色法	0.5～20mgMn/L (ppm)	30 秒
アンモニウムイオン (NH ₄ ⁺)	インドフェノール青比色法	0.2～10mgNH ₄ ⁺ /L (ppm)	5 分
ニッケル (Ni)	ジメチルグリオキシム比色法	0.5～10mgMn/L (ppm)	2 分

引用文献

- 1) 西川嘉範、田口圭介、井上香織、吉村健一郎(2000)大気中ガス成分のパッシブ簡易測定法の検討、環境化学、10、281-289.

2-3)接近方法に関する補論：環境インパクトの経済社会的評価

本調査の対象事業に関する環境インパクトの経済社会的側面を考えるうえで、方法論については留意すべき点が多い。そこで、本報告書では経済社会的を評価する手法に関する検討にも力点を置いた。実務的色彩の強いテーマについては本文の末尾に補論として記述した。

3. 確認された情報・データとその分析結果

3-1)大気：大気中の SO₂、NO₂、O₃ 濃度の測定結果

大気汚染物質、特に SO₂、NO₂、SPM（ダスト）は環境基準物質であるので、これらの濃度を火力発電所周辺で測定し、事前環境影響評価の評価値と比較することは、火力発電所操業に伴う事前の環境変化を科学的に検証するうえで必要不可欠である。

また、環境濃度のデータとともに拡散モデルによる環境濃度の予測を行うためには発生源データが不可欠となる。このため今回の本調査では発生源データの入手についても出来るだけの努力を行った。入手したデータは煙道ガスの SO₂、NO₂、SPM（ダスト）濃度測定データであった。表 3 にパッシブサンプラーによる SO₂、NO₂、O₃ の測定結果を示す。

表 3 パッシブサンプラーによる SO₂,NO₂,O₃ の測定結果 (ppb)

地点	サンプリング時間	天気	気温	風向	風速	SO ₂	NO ₂	O ₃
Npassive 構内1	08231441-241507	晴	32.5℃	NE	1～2m	4.2	147.7	92.5
Npassive 構内 2	08231518-241520	晴	33.6℃	ENE	2～3m	2.6	16.2	84.2
Npassive 外 1,2.15km	08231552-241538	晴	33.2℃	ENE	<1m	1.1	32.5	31.3
Npassive 外 2,4.0km	08231557-241554	晴	33.3℃	SE	I ～2m	0.8	6.5	54.2
Npassive 構内1	08241507-251430	晴	33.5℃	ENE	2～3m	1.3	52.3	75.9
Npassive 構内 2	08241520-251432	晴	33.5℃	ENE	2～3m	2.0	19.2	78.3
Npassive 外 1,2.15km	08241538-251435	曇	34℃	SE	2～3m	1.2	18.5	34.4
Npassive 外 2,4.0km	08241554-251441	曇	33.5℃	SE	3m	0.8	8.7	67.5

注)

網掛け部分はインドネシア環境基準値を超えている状況を示す。

Npassive とは、大気ガスの絶対濃度を測定する「西川式簡易サンプラー」を示す。

たとえば、08231441-241507の時間表示は、8月23日午後2時41分～8月24日午後3時7分までサンプリングをしたという意味。

測定時の地上風は NE～NNE であり、構内 1 の採取地点（図 1 参照、以下同じ）が風下の方向であった。SO₂、NO₂ 濃度とも傾向としては風下の方向である構内 1 の地点で高濃度の傾向であった。NO₂ については構内 1 の地点でインドネシア環境基準濃度 0.045ppm 以上の高濃度を示した。これは発電所敷地内からもかなりの NO₂ の排出があるためと考えられる。

別表 3 から 2002 年の測定例では発電所周辺環境測定点 U1～U4 の SO₂ は ttd（「痕跡」つまり「わずかに認められる」を表す“tr”の誤りと思われる）、NO₂ は 74.8 μg/m³ であり、全地点とも環境基準以下であった。

別表 4（排出基準値、最大排出予想値）にみるように、事前アセスメントでは SO₂、NO₂、Dust とともに環境基準値を下回っていた。

さらに別表 8（煙道ガス濃度測定値、2003 年 6～7 月測定）から煙道ガス濃度の測定結果をみると、CO、SO₂ 濃度でマイナスの測定値（異常値）が多く報告されており、測定機の精度管理に問題がみられた。しかしながら全体的にみると、精度管理上の問題はあがあるが、排出基準値との関係では排出基準を下回っていると推定される。

3-2)水質：パックテスト測定結果

パックテストにより、石炭貯留ヤード、焼却灰貯留ヤード、アサム・アサム川採水サイト、廃水処理後排水池の 4 カ所で水質測定を行った。測定結果を表 4 に示す。

表4 パックテスト測定結果

(pH 以外は mg/L(ppm))

項目	地点			
	石炭貯留ヤード貯水池	焼却灰貯留ヤード貯水池	アサム・アサム川採水サイト	廃水処理後排水池
pH	7.5	9.0	8.5	9.0
クロム (Cr ⁶⁺)	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>
亜鉛 (Zn)	0.5>～>0	0.5>～>0	0.5>～>0	0.5>～>0
鉄 (Fe)	0.2>	0.2>	0.2>	0.2
鉄 (Fe) (低濃度)	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>
マンガン (Mn)	1.0>～>0.5	>0.5	0.5>	0.5>
アンモニウム (NH ₄ ⁺)	0.16>	0.2>	0.16>	0.16>
ニッケル (Ni)	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>

注 1) アンモニウム (NH₄⁺) は共存物質が少ない場合下限値は 0.2 mg/L(ppm)、共存物質が多い場合下限値は 0.16 mg/L(ppm)

注 2) 網掛け部分は、排水基準値を超えている可能性を示す

表4は、pH が基準値の上限に近く、マンガン(Mn)は排水基準を超えている可能性も示唆している。別表9から、水質の監視データのうち Outlet の pH は最高 9.41 と高く、基準値を超えていたことが分かる。鉄の測定値には TSS 測定値が記載されたと思われる記載ミスの箇所がいくつか認められた。さらに欠測期間が3週間以上にわたる例もあり、排水管理上の問題が認められた。

3-3)石炭：発生源データ

事前アセスメントに使用した石炭の分析値は別表5であった。今回の調査で得た別表6 (PLN 資料) のデータと比較すると硫黄(S)分、灰分とも別表5より大きく、特に硫黄分は約2倍である。事前アセスメントによれば、インドネシアの環境基準値をクリアするためには、石炭の硫黄含有量が一定の数値を超えないことが求められていたが、今回えられた硫黄分の数値はこの上限値に相当している。別表7 (操業時の石炭分析値、2000年10,12月分析) では、硫黄分はいずれも事前アセスの想定値を下回り、石炭の質から言えば改善されているといえる。

なお、これに関連し、石炭サプライヤーが、P.T.Arutmin から P.T.Jorong Barutama Greston(JBG)に変更されたことを付記しておきたい。供給源は同じアサム・アサム炭田であるが、コンセッション(採掘の地域)が異なる。地域の違いによって、事前評価の段階で分析された P.T.Arutmin のコンセッションからの炭質との間に、若干の相違が生じた可能性は排除できない。

3-4)固形廃棄物：石炭焼却灰

廃棄される焼却灰の大半を占めるフライアッシュ(F/S Executive Summary,p.3/7)の処理については、計画段階と比べて2点の大きな相違が見出された。第一は、灰捨て場での貯留期間の長さ、第二は貯留施設の構造である。いずれも環境条件に重要な影響を秘めていると考える。

3-4-1)灰の貯留

当初の計画では、石炭供給者である P.T.Arutmin が灰の全量を回収し、炭田の採掘跡（クレーター状となっている）に埋め戻すことが前提となっていた(EIA,p.VII-4)。ただ、F/S では、PLN と P.T.Arutmin の間で、石炭価格をめぐる交渉が難航していることを記し、契約交渉の前途が必ずしも楽観できないことを示唆していた(F/S Executive Summary,p.2/5)。

結果的に、サプライヤーは P.T.Jorong Barutama Greston (JBG)に変更され、その結果、灰の引き取りが行われなくなった。現在、灰の全量が灰捨て場に貯留されたままとなっている。また、現在の灰捨て場では収容能力に限界が生じる場合に備えて、将来の灰捨て場の拡張建設準備も開始されている。

現時点では、貯留ヤード貯水池の水質測定結果には問題が顕在化していないが、排水基準値を超えている可能性も排除できない。また、灰捨て場周辺には、かなり顕著な粉塵発生が観察された（写真2）。

なお、その後のフィードバックセミナーの結果、PLN より「指摘されている道の粉塵は、臨時的に処理後灰を配置している場所の近くであり、本格的な埋め立ての処理のためのスタディを今年実行する予定である。また、現在の仮置き場には飛散しないようカバーをかけることも検討する」とのコメントがあった。

3-4-2)貯留施設の構造

当初計画では、「グラウンドレベルから高さ4mの堤を四周にめぐらせる」こととなっていた。この堤は建設されておらず、貯留されている灰が、容易に風によって飛散し雨によって流出する状況である。火力発電所の関係者は、堤が建設されなかった背景について説明するだけの知識と情報をもっていなかった。

3-5)生態系

動植物(biota)に対する影響は、「パラメーターと指標を定め、着工前、建設工事中、運転中の各段階におけるモニタリングを PLN が定期的を実施し、BAPEDAL に対し報告する」こととなっていたが、質問状に基づく発電所でのヒアリング(2003年8月23日)で、発電所のマネージャーMr.Krisna Mulawarman は、動植物を含む生態系に関するデータがないことを明らかにした。この発言は、上記の調査が実施されていないことを意味すると考える。

3-6)環境モニタリング・システム

石炭の成分検査に関しては外部に委託している。委託先の P.T.Geoservices の本社は西ジャワ州バンドン(Bandung)市に、支社がバンジャルマシン近郊の官庁街バンジャルバルー(Banjarbaru)にある。

大気、水質等については、PLN が自ら測定を行っている。大気について自動制御装置による 24 時間監視が実施されており、排水処理の結果を 1 日 5 回チェックし、3 カ月に一度、保健省環境衛生ラボ(BTKL:Balai Teknik Kesehatan)にサンプルを送付して検査を受ける等、体系的に取り組んでいることは確認された。ただ、排水監視データが 3 週間以上にわたって欠測状態になる等、若干の管理面の問題がみられた。

当初計画では、上述(3-5)のモニタリングの対象は、生態系以外に地域社会、経済、文化、健康をもカバーすることとなっていた。2003 年 8 月 23 日の発電所におけるヒアリングで、PLN 側から、そうしたモニタリング活動を行っているとの説明はなかった。

なお、地域社会の発展に資するべく、地域の小学生のうち、成績優秀者 50 名に奨学金を提供していることが紹介された。

3-7)環境トレーニング

PLN から調査団宛に提出されたメモによると、インドネシア政府の環境省(Ministry of Environment)は、毎年、環境研修プログラムを行うが、2003 年には、アサム・アサム火力発電所から 2 人の技術者(Mr.Heruyanto, Mr.Nurafik)が派遣された。また、2003 年 9 月には、ISO14001 の研修に 11 人を派遣する。

3-8)住民移転

2003 年 8 月 24 日に、調査団はジョロンの町にある住民移転先を訪問し、移転住民のリーダーであるヘルミ(Helmi)氏と、彼の住居で面談した。PLN 関係者が一貫して同道していたこともあり、インタビュー結果の意味には限界があると考えらるべきであろう。今回の調査では、移転住民の生活条件について観察した。きわめて限られた情報ではあるが、若干の示唆がえられたので、所見として 4-3)に述べる。

確認された事実は以下のとおりである。

- ① 移転先はジョロン郡の郡庁所在地であるジョロンにあり、州都バンジャルマシンと、東

海岸のラウト(Laut)島にある主要都市コタバル(Kotabaru)を結ぶ幹線道路沿いに位置している。また、アサム・アサム火力発電所職員のための PLN 社宅に隣接している。

したがって、アサム・アサム村を含む地域のなかでは、最も経済活動の活発な、雇用機会の最も多い部分に位置している。以前の居住地が街道からはずれ、ジョロンの商業地域から 30km ほど離れていたのと対照的である。

- ②移転したのは 36 世帯であったが、かなりの世帯がすでに移転先から転出している。

また、転出した世帯の数については種々の情報があり、必ずしも確実でない。ヘルミ氏は 16 世帯が転出し 20 世帯が残留していると述べた。

③ヘルミ宅（提供された住居は貸与し、自分で建てた住居に居住している）には、ソファ・セット、テレビ、コンポーネント、携帯電話等があり、また、バイクに乗る際に用いられるヘルメットがあった。生活条件に関するかぎり、現在のアサム・アサム村周辺の家屋の生活水準と比較すると、かなり高いものである。

4. 所見

4-1)環境影響評価

今回の環境インパクト調査では、顕在化した環境影響は認められなかった。ただ、いくつかの考慮すべき問題点が認められたので、主として予防的見地から、これらの点に焦点をあてて、3. の分析結果を踏まえる形で所見を記すこととしたい。

4-1-1)大気

発電所内および周辺での大気に関する PLN の測定結果と、調査団の独自の測定結果を総合すると、環境基準との対比で問題は認められない。ただ、調査団の測定では、一部の地点でインドネシアの NO₂ 環境基準値を超過する例があった。簡易測定によるものなので、この数値がただちに問題を示すと考えるべきではないが、煙道からの NO₂ 漏洩の可能性があるので、PLN による今後の測定結果を注意深く見守りたい。

なお、別紙の写真 3 が示すように、煙突からの排煙が目視可能であり、場合によっては薄い色が認められる。これは、電気集塵装置の粒子を集める機能が十分に効果を上げていない可能性を示唆している。この点について PLN に注意喚起することが有用であろう。

ま、その後のフィードバックセミナーの結果、PLN より「前回の調査時に目視可能な煙が排出されていたのは、おそらく電気集塵機の一つが停止したことによる一時的なものであり、現在は問題ない状態となっている」とのコメントがある。

4-1-2)水質

調査団の水質測定の結果は、亜鉛およびマンガンの排出基準超過の可能性を示している。ただ、これについても簡易測定の結果であることを考慮する必要がある、これをもってただちに問題の所在を主張するのは適切でない。引き続き問題意識をもって PLN による今後の測定を見守りたい。

他方、pH については注意すべき点が見出された。調査団の測定結果が、焼却灰貯留ヤードの貯水池と廃水処理後の排水池で 9.0 の高いアルカリ性数値を示し、PLN の水質監視データは outlet について 9.41 の強いアルカリ性を示した（基準値上限：9.0）。この状

況の下で、アルカリ性排水による設備部品の腐食が進むことが懸念される。発電所の技術者からのヒアリングでも、腐食による部品取替えの頻度の高いことが指摘されている。アルカリ性の高い数値が現れる原因として、廃水処理過程での多数の薬品投入の影響が考えられる。もう一つの原因として考えられるのは、8月が乾期のためアサム・アサム川の水位が低下し海水が流入した可能性である（海水の pH は 8.0）。

後者つまり海水流入が影響を与えているか否かの検証のためには、i)雨期における取水地点での水質検査、および ii)乾期におけるアサム・アサム川の河口から取水地点までの水質検査等、さらに掘り下げた検査が必要である。

河口から発電所までの距離は、5km と 12km（EIA）記載されている。河口からの距離と標高との関係は海水流入の影響を考える際の基本データとなるだけに、精査して再確認することが望ましい。

薬品使用あるいは海水流入等、いずれの原因にせよ、高アルカリ性の水の使用が発電所内の施設に及ぼす影響を考慮する必要がある。仮に発電所の施設に大きな影響があると判断された場合は、本事業の「目標達成度」「持続性」にも何らかの影響が及ぶと想定するべきであろう。また、排水池や貯水池の水が環境影響を引き起こす可能性にも配慮しておくことが望ましい（現時点では基準値を超えているとは言い切れないが）。

なお、仮に雨期のアサム・アサム川から採取される段階での強アルカリ性検出が確認された場合には、問題を海水流入だけに限定せず、発電所周辺の環境システムを総合的に捉えて、その原因を調査することが望ましい。

なお、その後のフィードバックセミナーの結果、PLN より「高い Ph が計測された点については、計測地点後に再度処理されるシステムになっているため問題ない」とのコメントがある。

4-1-3)石炭

燃料炭の硫黄成分が、環境基準を守るために求められる値の上限にあるが、このこと自体がただちに環境影響につながるわけではない。引き続き PLN の測定を注意深く見守りたい。

4-1-4)固形廃棄物：石炭焼却灰

所見を含めた内容を分析結果(3-4)に述べた。大量の石炭灰が長期にわたって貯留されることは、環境への悪影響につながる恐れがあるので、当初計画どおりアサム・アサム炭田への引き取りを実現することが望ましい。これが困難な場合には石炭灰の有効利用を考える必要がある。有効利用については、すでに多様な分野での研究開発が行われてお

り、特にセメント、骨材、肥料等への利用は十分な検討価値があると考える。

4-1-5)生態系

同じく所見を含めた内容を分析結果(3-5)に述べた。

4-2)経済社会評価

バンジャルマシン石炭火力発電所について、現時点で、生産高、資産価格、あるいは景観、生態系、自然資源への顕在化した影響はみられない。考えられる潜在的脅威や蓋然性のある影響については、本報告の各所で注意を払ってきた。

ただ、後述するように、周辺地域の住民の間で呼吸器疾患が多発している事実注意到留意する必要がある。現時点で、火力発電所には住民の健康に被害を与えるほどの問題はないと判断するが、灰捨て場周辺や炭田へのアクセス道路沿いでは、発生した埃による大気や植生への影響が見られる。その意味で、周辺地域住民の健康状態への影響には、継続的に注意を払っていく必要がある。

4-2-1)周辺地域での呼吸器疾患の状況

アサム・アサム村から最も近い位置にある近代的施設の病院は、同村から 50km ほど北西に位置する、タナ・ラウト県の県庁所在地プレハリである。ジョロン郡の中心で、プレハリとアサム・アサムの間にあるジョロンの町には保健所があるが、保健士が常駐しているわけではない（発電所でのヒアリングによる）。また、アサム・アサム発電所には医師が常駐しているが、一般住民が簡単にアクセスできるとは考えられない。多くの住民が、薬店にいくかコミュニティの伝統的民間療法に頼っているのが実情であろう。ただし、公式統計によれば、南カリマンタン州農村部では（また都市部でも）公立病院が圧倒的な比重を占め、民間療法は数字に表れていない（表 5）。これが信頼できるデータであるとすれば、インドネシア全体とかなり異なった状況である。

表 5 インドネシア農村部での医療活動の構成：2002 年に治療を受けた記録（単位：％）

	公立病院	私立病院	保健センター	助産婦	薬局	民間療法	その他	計
南カリマンタン都市部	57.1	36.8	1.5	0.0	1.0	0.0	3.6	100.0
南カリマンタ	70.7	19.2	6.2	0.0	3.9	0.0	0.0	100.0

ン農村 部								
インド ネシア	4 . 2	3 0 . 3 *	3 4 . 2	4 . 7	2 2 . 8	2 . 6	n.a.	100.0

* 医院を含む

出展：Welfare Statistics 2002, Badan Pusat Statistik, Indonesia

このように、プレハリ病院(正式名称は RSUD. Hadji Boejasin Plehari)は、アサム・アサム村周辺を含むタナ・ラウト県の医療において重要な役割を担っている。同病院は1973/74 年度に設立された国立病院で、スタッフは医師 9 人（歯科医師 1 人を含む、女性医師は 2 人）、薬剤師 1 人、医療補助員 90 人（看護師 53 人を含む）、100 の病室をもっている。

ユスフ(Yusuf)院長の厚意で入手した年次報告書によれば、2002 年の通院および入院患者の人数と主な病名は、表 6 のとおりである。結核、マラリア、腸チフス等の感染症もみられるが、非常に多いのは呼吸器疾患と消化器疾患である。院長の説明によると、消化器疾患は安全な水へのアクセスの不足等劣悪な衛生条件によるものであり、呼吸器疾患の主な原因は、砂塵、バクテリアの存在と並んで森林火災とアサム・アサム炭田の大気汚染が挙げられるとのことである。

表 6 プレハリ病院の患者数と主な病名(2002 年)

入院		外来	
病名	人数	病名	人数
胃腸炎	202	上部呼吸器の炎症	1841
腸チフス	177	咽喉の病気	770
肺結核	70	急性腸炎	491
気管支疾患	64	皮膚炎	359
腹疝痛	56	高血圧	330
高血圧	55	消化不良	297
脳挫傷	48	歯科	230
消化不良	46	胃炎	210
脳卒中	36	結膜炎	168
肺炎	32	気管支炎	156
マラリア	31	結核	144
窒息	28	気管支疾患	115
胃炎	22	腸チフス	100

腐敗による中毒	20	その他	3,409
ヘルニア	15	合計	8,620
肝炎	11		
その他	826		
合計	1739		

(出典) Laporan Tahunan, RSUD. Hadji Boejasin Pelahari, 2002

4-2-2) アサム・アサム炭田の環境破壊

ここで注意しなければならないのは、院長が炭田の公害に触れたことである。

海岸線に沿ってカリマンタン南部に延長 47km で東西に伸びるアサム・アサム炭田は、165 百万トンの埋蔵量を有するが、バンジャルマシン石炭火力発電所は、そのうちの西アサム・アサム炭田 (埋蔵量 49 百万トン) から燃料炭をえている (数字の出所は Ewbank Preece 社作成のフィージビリティ・スタディ報告書 Executive Summary, p.2/1)。

アサム・アサム炭田では露天掘り方式で生産が行われている。露天掘り方式は、他の地域の場合も含めて、一般的に大きな環境破壊を伴う。アサム・アサム炭田の状況も同様であり、特に i) 採掘の際の植生の破壊と、ii) 石炭の粉碎や運搬に伴う粉塵の発生が深刻である。現場ではマスク等の装備なしに炭塵の中での作業が行われていた。(写真 4. 5)

炭田での粉塵の発生が周辺地域の住民の健康に及ぼしている影響についての具体的データはえられないが、プレハリ病院のユスフ院長が関連ありとの基本認識をもっている。この認識は地域の有識者に共有されていると考えるべきであろう。現段階では基本認識にとどまっているが、他の地域での過去の経験からみて、状況の変化によっては炭田に対する批判に進展する可能性もあり、その動向に注目する必要がある。

このような状況は、アサム・アサム火力発電所にとって二つの問題点を意味している。第一は、周辺地域で呼吸器疾患の問題がさらに顕在化した場合に、火力発電所自体が汚染源になっていなくとも、燃料炭の利用を通じた関係者として、炭田と無縁でいられるかという問題。第二は、発電所自体の安全性を検証しようとして火力発電所による周辺住民への健康被害を調査する場合に、強大な大気汚染源である森林火災と炭田の影響を発電所から切り離れた計測が困難であるという問題である。この点に対する対応を、結論部分で提言することとしたい。

アサム・アサム炭田の採掘は、バンジャルマシン火力発電所の建設に先行しており、炭田による負の環境影響の可能性は火力発電所建設時にすでに存在していた。経済学的にみると、火力発電所にとって一種のサunk・コストとして取り扱うべき問題かもしれない。しかし、社会的・政治的視点から見れば、炭田と発電所とを切り離すことは適切でない。炭田との関連を視野に入れながら発電所の環境評価を考えるべきである。

4-3)住民移転に関する所見

本事業においては、地元の NGO や大学が住民移転計画に参画した。こうした配慮も寄与したのであろうが、現地実査の結果からみて(3-8)、移転した住民の生活条件に関して特筆すべき問題は生じていないと考える。

バンジャルマシンの石炭火力発電所建設に伴う住民移転は 36 世帯で、他の事業の場合に比べて小規模であるが、類似した性格をもつ他事業との比較によって、この種の事業の住民移転の特徴を浮き彫りにすることは有用である。

比較の対象として、住民移転問題で話題となった円借款事業であり、評価者が実査の経験をもつ「アンパラ B 火力発電所建設事業」（インド、第一期借款協定調印：1984 年）を取り上げたい。バンジャルマシンの火力と同じような炭田の山元にある石炭火力発電所である。アンパラ B 火力とバンジャルマシンの火力では、以下に示すように、住民移転前後の居住地の特性にも共通性が見出される。

	移転前	移転後
アンパラ B 火力	周囲から離れた僻地の農村	幹線道路沿いの住宅地
バンジャルマシンの火力	同上	同上

幹線道路脇に移転して、以前よりもはるかに多様で豊富な就業機会をもつようになった住民たちの生活条件は、いずれの場合にも、移転前の地域周辺に今も住む住民グループに比較して明らかに上回っていると思われる。同時に、どちらの場合にも、移転先から転出してしまった世帯が、かなりの比重を占めていることが注目される。

移転先からの転出の背景は決して単純でないであろう。経済的に活性化した地域での生活を経験して、新しい機会に目覚め、新しい就業機会を求めた人々もいるであろう。また、以前と異なる生活環境になじめずドロップアウトした人々もいると思われる。いずれにしても、移転のもたらした社会的インパクトは複雑と思われるので、個別の世帯に関する社会学的な追跡調査が実施されれば、住民移転に関する貴重な知見につながると考える。

5. 結論と提言

これまでに述べてきたように、バンジャルマシンの石炭火力発電事業については、現時点では環境への負の影響の顕在化は認められない。ただ留意すべき点もみられるので、分析結果(3.)と所見(4.)に基づいて以下のように提言したい。

5-1)石炭焼却灰に関する「援助効果促進業務」調査の実施

焼却灰の貯留場の基本計画が変更されており、その結果として環境への負の影響が潜在している。したがって、予防的見地から、以下をテーマとする「援助効果促進業務」調査の実施が望ましい。

- ①灰捨て場の状況と環境への影響可能性に関する、より詳細な調査
- ②灰捨て場の改善 (特に当初の事業計画通りの堤の建設) に関する具体的計画の助言
- ③石炭の供給者が灰を引き取り石炭採掘跡の埋め戻しに使う当初計画を実現するための、JBG と PLN の交渉に関する助言
(なお、その後のフィードバックセミナーの結果、PLN より、「焼却灰の炭坑への埋め戻しを石炭供給業者と交渉するなどの、埋立て処理以外の他のオプションについては、時間がかかることから並行して対応策を検討したい」とのコメントがあった。)
- ④上記③が困難な場合に、灰をセメント、骨材、肥料等に活用する上での技術面・マーケティング面の助言
(なお、その後のフィードバックセミナーの結果、PLN より、「他の石炭火力発電所または民間企業が行っている例はある。ただし、当地にはそういった企業はなく、ここから輸送することを前提とすると民間にてインセンティブがあるかは疑問である」とのコメントがあった)。

5-2)PLN への注意喚起

- ①石炭焼却灰の貯留に関する現状改善
- ②排煙の現状に関する原因調査と改善策の検討
- ③発電所で使用され、所内で処理された水の pH 数値に関する体系的・継続的な測定と分析
- ④高アルカリ性の水の使用と発電所施設の腐食の関連についての調査
- ⑤環境管理の精度の改善
- ⑥発電所周辺の生態系に関する調査の実施

5-3)アサム・アサム炭田の環境破壊に関する PLN への提言

JBG との共同による(困難な場合には PLN 単独での)、炭田周辺での植林の実施。これは炭田の環境破壊に対する緩和策と世論への PR という二つの効果をもつ

(なお、その後のフィードバックセミナーの結果、提言のあった植林については、「Clean Area Program のもと、2003 年 12 月にプラント構内で 500 本、住宅地域付近で 63 本の植栽が実施されている」とのコメントがあった。)

5-4)JBIC の調査活動

- ①南カリマンタン州のような途上国の低開発地域を対象とした、環境の経済評価手法の改善に関する研究プロジェクト
- ②住民移転の社会的影響を詳細に把握するための、個別世帯に関する追跡調査プロジェクト

接近方法に関する補論

環境インパクトの経済的評価について、数量的分析の手法が近年、急速に開発されつつある。通常、「環境の経済評価手法」と呼ばれている。

標準的な環境の経済評価手法は、環境変化によって引き起こされる事業周辺地域での i) 生産高の変化、ii) 資産価格の変化、iii) 住民の健康（あるいは生命）への影響、iv) 景観・生態系・自然資源等への影響等に注目して、何らかの形で金額表示と数量化を試み、数量分析につなげるものである。

経済評価手法を適用する際には、対象事業の特性を考慮する必要があるが、本事業の場合には、事業所在地の特徴に十分に配慮する必要があるだろう。

本事業は、インドネシアの外領部カリマンタンの辺境地帯といってよいタナ・ラウト県アサム・アサム村近辺に位置している。この地域では住民の購買力が相対的に低く、医療・保健面等の社会指標の水準も相対的に低い。このような状況下で、“もし”環境への影響があった場合の経済的費用、社会的費用は、ジャカルタ首都圏の場合に比べて、さらに先進国に比べて、はるかに割安なものとなろう。その一方で、事業費は基本的に国際競争を経た国際市場価格で積み上がっており、他の地域との間の差は相対的に小さいであろう。このような状況の下では、標準的評価手法の機械的な適用は問題がある。

1) 経済・社会指標からみた南カリマンタン

表7にみるように、バンジャルマシシ石炭火力発電所の位置する南カリマンタン州の一人あたり生産は、インドネシア全体の平均的な水準にあるが、ジャカルタ首都圏と比較すると約2割にすぎない。ただ、同州の農村部での貧困比率（購買力が貧困線以下である貧困層の、総人口に占める比率）は10%以下にとどまっており、バリとともに、インドネシア農村部の中では最も貧困率が低い（表8）。

表7 インドネシア各州・各地域の一人あたり生産（2001年）

	一人あたり生産額(千ルピア)	ジャカルタ首都圏との対比
スマトラ	6, 588	25.1
ジャワ&バリ	6, 584	25.1
カリマンタン	11, 242	42.8
南カリマンタン	5, 878	22.4
スラウェシ	3, 995	15.2
ジャカルタ	26, 260	100.0
インドネシア全体	6, 520	24.8

出展：Statistik Indonesia (Statistical Year Book of Indonesia) 2002, Badan Pusat Statistik

表 8 インドネシア各州の農村部における貧困層の比率(2002 年)

貧困率の高い州	パプア	51.2%
	マルク	42.8
	ゴロンタロ	35.5
貧困率の低い州	バリ	8.3
	南カリマンタン	9.6
	ジャンビ	10.8
インドネシア農村部平均		21.1

出展：前表に同じ

注：南カリマンタン州の貧困線は、一人あたり月 84.5 千ルピア（2002 年）

南カリマンタン州農村部の生活条件を検討するために、飲料水へのアクセス、トイレットの保有率等をみたのが表 9 である。安全な水へのアクセスがきわめて劣悪であるが、トイレット施設については絶対的水準としては劣悪ながら、インドネシア農村部の平均的状况にあることがわかる。

表 9 農村部の住居の衛生状態(2002 年)

	飲料水施設を持たない世帯の比率	トイレット施設を持たない世帯の比率
南カリマンタン州	42.9%	31.2%
南スマトラ州	33.8	35.1
西ジャワ州	6.4	37.2
東ジャワ州	6.6	41.3
南スラウェシ州	9.2	47.6
インドネシア農村部平均	14.1	35.8

出展：Statistik kesejahteraan Rakyat (Welfare Statistics) 2002, Badan Pusat Statistik

このように厳しい経済社会的条件の下にある南カリマンタン州農村部を対象に、環境の経済評価を行う場合、どのような点に留意すべきであろうか。

2) 評価手法に関する留意点

途上国に環境の経済評価手法を適用しようとする場合、主要な留意点として以下の 3 点が挙げられる。ここでは本事業とかかわりのある、大気汚染による住民の健康被害に焦点を当てる。

① 評価手法の前提が途上国の現実と合致しない側面

典型的なケースが、大気汚染の人体への影響を貨幣価値で計測するために使用される

「統計的生命価値」の概念である。基本的な考え方は以下のようなものである。仕事によって健康や生命への影響は異なる。より危険な仕事に従事する労働者は、リスクに対応した賃金プレミアムを要求するであろうし、雇用者は、労働者を確保するために賃金プレミアムを支払う用意があるであろう。こうした状況の下では、賃金率が「仕事に従事して生命を失うリスク」の関数として決定されるという前提が成立し、生命へのリスクの変化に対応した賃金率の変化が、統計的生命価値によって示される。

ただ、南カリマンタン州のような途上国の農村地帯では、不完全就業の状況が支配的であり、このような労働市場では、仮に健康や生命への影響があっても、近代的部門での就業機会は非常に魅力的であろう。たとえ炭塵の影響を日常的に受けるとしても、アサム・アサム炭田でのトラック運転手の職は、技術の習得と高給のために魅力的と思われる。

したがって、途上国の農村地帯で環境変化の人体への影響を考える際に、先進諸国と同一の前提に立った統計的生命価値を適用することには問題があり、現地の状況を反映した、より現実的な評価手法の模索が必要となる。

②環境費用の過小評価の側面

環境への負の影響によって、住民の健康が脅かされ、場合によっては生命の喪失に至る場合、通常、その費用は、①入院、休職、死亡等によって失われた所得（機会損失）、あるいは②医療費で測られる。

南カリマンタン州の一人あたり生産高（表 7）からみて、このような機会損失で計測される費用が、ジャカルタでの類似のケースに比べて大幅に低くなることは確実であり、先進国と比較すればさらに大きな差が生じよう。医療費の水準についても、同様の関係が存在すると考えられる。結果的に、南カリマンタン州の事業では、環境への負の影響が、たとえばジャカルタに立地した同種の事業、あるいは先進国で行われる同種の事業に比べて、大幅に過小評価されてしまう。

環境悪化の人体への影響を考える際には、この点についての補正も必要である。

③「人間の安全保障費」が割高となる側面

途上国の辺境地帯での医療費は、先進国の水準からみて非常に割安であるが、住民の購買力と比較すれば割高である可能性が高い。タナ・ラウト県の実情にそって、この点を確認しよう。

現地での医療費の金額についてのヒアリングの結果を以下に記す。なお、1 円は 67 ルピー前後に相当する。

国立プレハリ病院での聴取結果では、風邪で国立病院に行った場合、クーポン（3000 ルピア）と一般の薬の購入（10,000 ルピア）で済めば、費用は 13,000 ルピア（約 195 円）であるが、病院から処方箋を出してもらおうと、最低 53,000 ルピア（約 790 円）必要になる。ちなみに入院費用は病室の等級によって分かれており、三等（15,000 ルピア/日）、二等（100,000 ルピア/日）、一等（150,000 ルピア/日）となっている。最高と最低では 10 倍

の開きがある。

本事業の建設に伴って移転した住民の代表であるヘルミ氏は、近くの看護師に相談して薬を出してもらおうと述べた。その場合の費用は 20,000-25,000 ルピア(約 300-375 円)とのことである。

他方、南カリマンタン州の貧困線(2002 年)は、84,500 ルピア/人/月(約 1260 円)であり、現地でのインタビューの結果に基づいて推計すると、腕のよい大工の月収が 500,000 ルピア(約 7500 円)、公務員の初任給が 900,000 ルピア(約 13,400 円)である。

貧困線の周辺の購買力しかもたない人々にとって、病院で処方箋をもらうことは月収の 6 割を超える出費であり、近代的病院が近くにあっても必要な診療を受けることは非現実的であろう。看護師から薬を購入する場合でも、月収の 4 分の 1 を支出しなければならない。腕のよい大工であっても、病院での処方箋 1 回が月収の 1 割以上の負担に相当する。

たしかに医療費の金額自体は、先進国の水準からみてきわめて安価であるが、南カリマンタン州の平均的な人々の家計にとっては、特に貧困層の人々にとっては、きわめて大きな出費である。仮に環境変化が住民の健康に被害を与えた場合に生じる人間の安全保障のダメージは、医療保険に守られた先進国の人々はもちろん、より高い購買力をもつジャカルタ首都圏の住民と比較しても、はるかに深刻であることを意味する。

このような地域の健康被害を評価する場合には、医療費用を他の地域と同じような形で取り扱うことは不適切であり、途上国の農村地帯の状況に合致した評価手法の開発が必要である。

＜フィードバックセミナーの概要＞

フィードバック期間：2004年2月12日～14日

フィードバック参加者：BAPPENAS および PLN 職員等

2004年2月に調査団が再び実施機関である PLN 南カリマンタン事務所と調査結果につき意見交換を行ったところ、以下のとおりコメントがなされた。

1. 3-4-1) 指摘されている道の粉塵は、臨時的に処理後灰を配置している場所の近くであり、本格的な埋め立て処理のためのスタディを今年実施する予定である。また、現在の仮置き場には飛散しないようカバーをかけることも検討する。
2. 4-1-1) 前回の調査時に目視可能な煙が排出されていたのは、おそらく電気集塵機の一つが停止したことによる一時的なものであり、現在は問題ない状態となっている。
3. 4-1-2) 高い Ph が計測された点については、計測地点後に再度処理されるシステムになっているため問題ない。
4. 5-1) ③ 焼却灰の炭坑への埋め戻しを石炭供給業者と交渉する等の、埋立て処理以外の他のオプションについては、時間がかかることから並行して対応策を検討したい。
5. 5-1) ④ 灰の建設資材等への活用については、他の石炭火力発電所または民間企業が行っている例はある。ただし、当地にはそういった企業はなく、ここから輸送することを前提とすると民間にてインセンティブがあるかは疑問である。
6. 5-3) 提言のあった植林については、Clean Area Programのもと、2003年12月にプラント構内で500本、住宅地域付近で63本の植栽が実施されている。

以上