

第3章

流域の現況と解析

3.1 一般自然状況

3.1.1 地形

ムシ川の流域面積は59,942 km² で、南緯2°17'から4°58'、東経102°4'から105°20'の間に位置する。地形は大まかに5ゾーンに区分できる。山地ゾーンは調査地域の北西から南西に位置し、谷地・高台地・火山からなる。山麓ゾーンは幅約40 kmで、山地ゾーンと中央平野の間に位置する起伏丘陵地である。中央平野は、高地・洪水氾濫原・河川沖積堤の3地形に分類できる。内陸湿地は自然堤防と後背湿地からなる。後背湿地は河川水位より低く雨期には湛水する。海岸平野は海岸低地と泥炭湿地林で覆われているデルタ低地からなる。

3.1.2 地質

地質構造は、始新世から鮮新世にかけての先第三紀の未分化貫入岩および変成岩の最古層、洪積世ならびに完新世の未分化火山岩を含む第四紀層、さらに湿地層および沖積層より構成されている。地表面の地質は土地・土壌分級上、泥炭、沖積土、岩屑堆積岩、火山性堆積岩、酸性火成岩、塩基性火成岩、大理石、石灰岩、その他の変成岩に分類されている。

3.1.3 気象

ムシ川流域の気象は熱帯モンスーンの影響を受け、年間を通して高温多湿といえる（図3.1.1）。年間平均降雨量は、海岸部では2,000 mm以下であるが、バリサン山脈ふもとに位置するラハットでは3,500 mmである。

3.1.4 水文

コメリン川合流後のムシ川下流の平均流量は約2,500 m³/s で、乾期と雨期のそれは1,400 m³/s と4,200 m³/sである。一般的に、ムシ川本支川の最高水位は2月から3月の間、最低水位は7月から9月の間に生ずる。乾期の最高水位は平均海面上+1.2 mで、平均水位は+0.0 mである。雨期の最高水位は平均海面上+1.8 mで、平均水位は+1.0 mである。

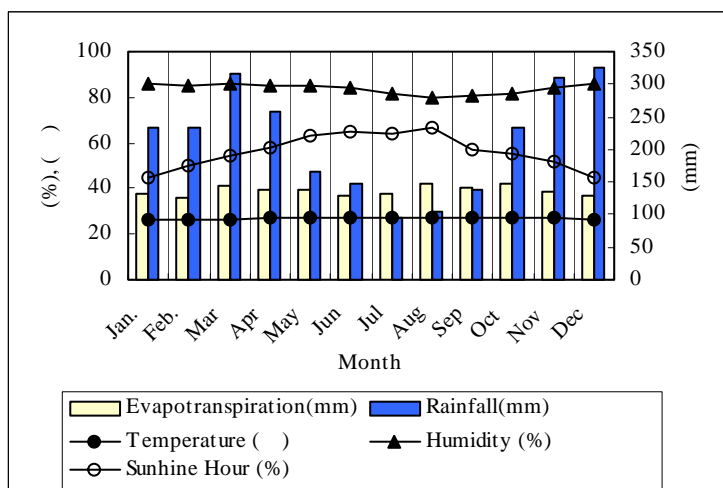


図3.1.1 パレンバンの気象

3.1.5 地下水

バリサン山脈には、未確認ながら、湧水・浅帯水層開発を行うポテンシャルがあるとみられている。しかし、山麓ゾーンの地下水ポテンシャルや、深帯水層からの地下水開発ポテンシャルはほとんど無い。一般的に、パレンバンを含む先更新世準平原における、深層からの地下水開発は不適である。

3.1.6 土壌

ムシ川流域の土壌は6系統からなる。Organosols は泥炭の上に形成され、泥炭が分解したものである。Regosols は調査地域の南東部に位置するベリタン地域に広く分布している。沖積土壌は河川沿いや海岸沿いに発達している。Podzolic soils は流域内では最も広く分布しており、低位乾燥地帯における主要な土壌である。Andosolsは最近の火山性土壌で、一般的に表層は崩れやすく植物層に覆われている。

3.2 社会経済状況

南スマトラ州における地方自治体の再編成は進行中であり、ほとんど全ての社会経済データは、まだ、以前の行政組織にもとづいたものである。したがって、これらのデータを用いて調査地域の社会経済状況を把握する。これらの再編成状況を下表に示す。

表3.2.1 南スマトラ州の自治体再編成

Previous Administrative Division	New autonomy as of September 2002	
Kotamadya Palembang	Kotamadya Palembang	
Kab. Musi Banyuasin	Kab. Musi Banyuasin	Kab. Banyuasin
Kab. Muara Enim	Kab. Muara Enim	Kotamadya Perabumulih
Kab. Lahat	Kab. Lahat	Kotamadya Pagaram
Kab. Musi Rawas	Kab. Musi Rawas	Kotamadya Lubuk Linggau
Kab. Ogan Komering Ilir	Kab. Ogan Komering Ilir	
Kab. Ogan Komering Ulu	Kab. Ogan Komering Ulu	

3.2.1 行政組織

ムシ川流域は4州にまたがっている。南スマトラ・ブンクル・ジャンビ州の流域に占める面積は、各々96%、3.6%、0.4% である。ランブン州の面積は州境にわずかにあるのみである。州の県・市は表3.2.1に示すとおりであり、県の面積を表3.2.2に示す。

3.2.2 人口と労働力

最新の人口統計2000によるインドネシアの人口は205.8百万人であり、1990年の統計時より27.3百万人増えている。1980年から1990年の10年間における人口増加率は平均で2.0%であるのに対し、1990年から2000年のそれは1.4%と減速した。表3.2.3に南スマトラ州の2000年における、各県・市の面積・性別人口・人口密度・世帯数・平均世帯規模を示す。

表3.2.2 県別流域面積 (km²)

Province / Regency	Musi River Basin
South Sumatra	
Ogan Komering Ulu*1	10,762
Ogan Komering Ilir	5,349
Muara Enim	8,909
Lahat	6,839
Musi Rawas	13,261
Musi Banyuasin	12,212
Palembang	235
Bengkulu	
Rejang Lebong	2,130
Jambi	
Batang Hari & Others	245
Total South Sumatra	57,567
Total Study Area	59,942

*1 include Lampung Province

表3.2.3 南スマトラ州の人口密度と平均世帯規模

Regency/Municipality	Area km ²	Population			Population density (person/km ²)	Number of household (1,000)	Average family size (person/family)
		Male (1,000)	Female (1,000)	Total (1,000)			
Palembang	401	719.0	732.4	1,451.4	3,623	293.8	4.9
Ogan Komering Ulu	13,661	590.0	569.7	1,159.7	85	251.3	4.6
Ogan Komering Ilir	21,387	489.8	486.3	976.2	46	222.6	4.4
Muara Enim	9,575	358.9	358.8	717.7	75	161.9	4.4
Lahat	7,252	338.5	331.6	670.1	92	146.2	4.6
Musi Rawas	21,513	323.7	318.1	641.8	30	140.5	4.6
Musi Banyuasin	26,099	624.2	616.2	1,240.4	48	272.9	4.5
Total	99,888	3,444.1	3,413.3	6,857.4	69	1,489.2	4.6

Source: Sumatera Selatan Dalam Angka 2001, BPS Sumatera Selatan

ムシ川流域の支流域毎の人口を表3.2.4に示す。

表3.2.4 ムシ川流域の支流域毎人口

Sub-basin	Population (1,000)	Household (1,000)	Sub-basin	Population (1,000)	Household (1,000)
Musi	2,758	592	Kelingi	152	33
Komering	1,125	249	Lematang	623	139
Ogan	918	200	Semangus	79	18
Harileko	114	25	Padang	182	38
Rawas	161	34	Total	6,338	1,377
Lakitan	226	50			

3.2.3 国および県の経済状況

インドネシアの2001年国内総生産（GDP）は14,909,740億ルピア（約1,450億ドル）で、同年の一人当たりGDPは7.1百万ルピア（約690ドル）である。経済危機によるルピアの低下により、2001年におけるGDPと一人当たりGDPは、ドル換算で1996年の60%に落ち込んだ。1996年におけるGDPの年成長率は7.8%、一人当たりGDPのそれは5.9%と高かった。しかし、1998年には経済危機により-13%と大きく負の成長率となった。

2001年の南スマトラ州の地域総生産（GRDP）は453,830億ルピア（約44億ドル）で、国内総生産の3.0%を占めた。同年の一人当たりGRDPは6.5百万ルピア（約630ドル）で、国のそれより8.4%低い。石油・ガスを含む過去7年間の実質経済年成長率は1.9%であるのに対し、石油・ガスを含まない値は経済危機の影響により1.0%である。州の石油・ガスを含まない一人当たりGRDPは4.3百万ルピア（417ドル）で、国全体の、6.1百万ルピア（594ドル）より30%低い。1996年以降、GRDPに占める鉱業部門の割合が増加し、2001年GRDPの1/3に到った。逆にいえば、同期間における他部門の比率は減少した。このことより、州の経済は鉱業部門、特に石油・ガスに依存していることがわかる。

2000年のムシ川流域における県・市のGRDPは40兆ルピア（約47億ドル）である。パレンバン・ムアラエニム・ムシバニユアシンの値が大きく、それぞれ流域全体の23%・25%・22%である。OKU、ムアラエニム、ムシラワス、MUBAは石油生産県である。これらの県のGRDPは、石油・ガスを含むときと含まないときとで大きく異なる。2000年におけるム

アラエニムとMUBA のGRDPは9.6兆ルピアと8.6兆ルピアであるが、石油・ガスを含まないときの値は3.1兆ルピアと4.5兆ルピアである。

パレンバンの一人名りGRDPは5.6百万ルピアと最も大きく、ムシラワスのそれは2.7百万ルピアと最も小さい(表3.2.5)。

表3.2.5 石油・ガス含まないときの県毎一人当たりGRDP

Regency/ Municipality	Year							
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Palembang	1,701	1,942	2,261	2,691	3,051	4,454	5,046	5,612
Ogan Komering Ulu	886	1,030	1,199	1,356	1,548	2,323	2,532	2,785
Ogan Komering Ilir	938	1,066	1,251	1,469	1,682	2,358	2,698	2,986
Muara Enim	1,477	1,550	1,860	2,337	2,953	3,891	4,271	4,360
Lahat	1,018	1,160	1,372	1,550	1,890	2,774	3,024	3,369
Musi Rawas	910	1,068	1,218	1,406	1,663	2,274	2,386	2,665
Musi Banyuasin	1,219	1,360	1,591	1,806	2,058	2,941	3,262	3,628
Rejang Lebong	1,165	n.a.	1,714	1,872	2,003	3,298	3,445	n.a.

Source: Produk Domestik Regional Bruto, BPS each regency

3.2.4 産業

南スマトラ州の農業部門は、食糧自給(米)をRepelita IV (1984-1989)末に達成した。2000年における米の生産面積は579,600 haで、1,964,700トン生産した。これは、インドネシア国の生産高の3.8%であり、生産面積の4.9%である。ムシバニユアシン、OKU、OKIにおける米の生産高は大きく、それぞれ564,700トン、374,100トン、414,400トンである。水田の半分以上は天水田であるため生産高は天候に左右され、年により大きく変動する。

2001年におけるムシ川流域の漁獲高は137,200トンで、この内50,400トンは海洋から、72,905トンは内水面から、13,831トンは汽水養魚池である。1996年から2001年の5年間における漁獲高の年平均成長率は7%である。

経済危機まで製造部門は地域経済成長の牽引役であったが、1997/98の危機で大きな打撃を受け、最近では輸出市場の不況と戦ってきた。1996年まで製造部門は順調に成長したが、経済危機以降、製造部門、特に、非石油・ガス製造部門の回復は非常に遅い。

2001年における南スマトラ州の観光客は、外国人が18,600人、自国人が260,500人である。ムシ川ツアーはパレンバン地域における観光の目玉の一つであり、浮き家・Benteng Kuto Besak・アンペラ橋・Kemaro島・仏教徒の巡礼地として有名なViharas島を楽しむことができる。

南スマトラにおける電力供給は国家電力会社(PLN)の第IV地区が行っている。電力は州の41%にあたる、625,300戸に供給されている。ラハットとパレンバンにおける受電人口率は高く、それぞれ99%と88%であるのに対し、OKUとMUBAでは16%と11%と低い。

PDAMは都市部への水供給を行っている、独立採算の企業である。飲用水の供給を受けている世帯は17.7%であるが、パレンバンでは69.6%である(Susenas 2000)。飲用水源として最も利用されているのが保護井戸と非保護井戸で、それぞれ38%と21%を占めている。また、河川水も飲用として12.8%の世帯が利用している。MUBAにおいては、地下水に塩水が混ざるので、29.5%の世帯が雨水を飲み水として利用している。

3.2.5 目標年における社会経済フレームの予測

将来の人口予測を、PJP-IIの人口成長目標値を参照しつつ、"Proyeksi Penduduk Indonesia per Kabupaten/Kotamadya 1990-2000"に基づき行った。県毎の将来の予測結果を表3.2.6に示す。

表3.2.6 人口予測と年成長率 (1,000 人)

Regency/Municipality	2002	2005	2010	2020
Palembang	1,506 (2.1%)	1,598 (2.0%)	1,752 (1.8%)	2,058 (1.5%)
Ogan Komering Ulu	1,202 (1.7%)	1,263 (1.6%)	1,365 (1.5%)	1,568 (1.3%)
Ogan Komering Ilir	1,019 (2.1%)	1,083 (2.0%)	1,189 (1.8%)	1,403 (1.5%)
Muara Enim	749 (2.1%)	795 (2.0%)	873 (1.8%)	1,028 (1.5%)
Lahat	690 (1.3%)	717 (1.3%)	763 (1.2%)	853 (1.1%)
Musi Rawas	672 (2.3%)	717 (2.2%)	794 (2.0%)	946 (1.6%)
Musi Banyuasin	1,309 (2.9%)	1,422 (2.7%)	1,609 (2.4%)	1,984 (1.9%)
Total	7,146 (2.1%)	7,565 (1.9%)	8,344 (2.0%)	9,840 (1.7%)

目標年である2020年までの経済成長目標を策定するために、石油・ガスを含まないGRDPの予測を行った。これを採用した理由は、石油・ガスの価格は外部要員により大きく左右されること、財政上の地方分権化後も石油・ガス産業からの歳入は地方ではなく中央のものであること、石油・ガス部門の労働吸収力は比較的強く地方の厚生への寄与は大きくないことである。

予測にあたり、次の3つのシナリオを考えた。シナリオ 1：ゆっくりとした経済回復による低成長、シナリオ 2：健全な経済回復による中庸成長、シナリオ 3：急速な経済回復による高成長。GRDPの予測結果を表3.2.7に示す。

表3.2.7 GRDPの予測結果
(石油・ガス含まず、2000不変価格)

Regency/ Municipality	Actual GRDP in 2000 (Rp. bn)	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
		GRDP in 2020 (Rp. bn)	Growth 2000-2020 (% p.a.)	GRDP in 2020 (Rp. bn)	Growth 2000-2020 (% p.a.)	GRDP in 2020 (Rp. bn)	Growth 2000-2020 (% p.a.)
Palembang	8,147	13,973	2.7	18,858	4.3	28,621	6.5
OKU	3,230	5,807	3.0	6,967	3.9	9,285	5.4
OKI	2,916	5,266	3.0	6,205	3.8	8,078	5.2
Muara Enim	3,129	5,211	2.6	5,986	3.3	7,526	4.5
Lahat	2,258	4,108	3.0	4,815	3.9	6,231	5.2
Musi Rawas	1,710	3,061	3.0	3,623	3.8	4,740	5.2
MUBA	4,501	7,885	2.8	9,429	3.8	12,466	5.2
Total	25,890	45,311	2.8	55,883	3.9	76,947	5.6

3.3 土地利用と流域管理

3.3.1 土地利用

ムシ川流域の土地は7形態に分類できる。即ち、山地；急傾斜地；丘陵地；波状起伏平野；山間平野；内陸河岸平野；洪水氾濫原と湿地。また、各土地形態は数種類の土地に分類できる。土地分類は、地質・地形・土壌・衛星画像による植生・航空写真・現地踏査に基づきGISを利用して行われ、調査地域は全部で42に分類された。

3.3.2 土地利用の経年変化

1980年製の土地利用図（縮尺1:500,000）をデジタルGISデータに変換し、GISにより各土地利用の面積を集計した。一方、2000年における土地利用データ（縮尺1:50,000）をBAPPEDAとBPNの協力のもとで作成し、これらのデータの調整後、GISデータベースを作成した。

1980年と2000年の土地利用を比較した結果、1980年には19%であった自然林面積が2000年には7%まで急激に減少したことが判明した。逆に、稲田・混合畑・プランテーションなどの農用地は増加した（図3.3.1）。

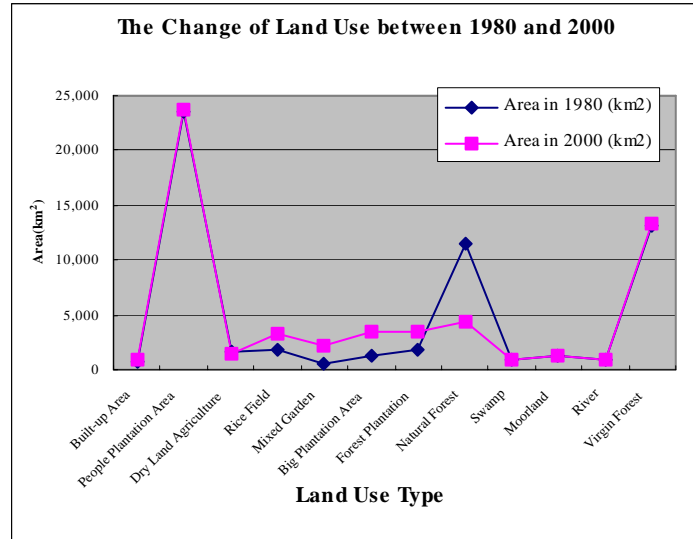


図3.3.1 1980年と2000年の土地利用変化

3.3.3 森林消滅の経過

ここでは南スマトラ全州（87,225 km²）について述べるものであり、ムシ川流域（59,354 km²）について示すものではない。1980年における州の森林面積は約43,721 km²で、保護林内の森林面積11,826 km²、生産林内の森林面積は31,895 km²である。現況の森林面積は2000年のLANDSAT TM 衛星画像を用いて算定した結果14,141 km²である。森林面積を保護林内と生産林内に分けて両年を比較したのが下表でより明確に理解できる。

表3.3.1 1980年から2000年に到る森林面積の減少

Forest Type	Forest Area in 1980 (km ²)	Forest Area in 2000 (km ²)
Protection Forest	11,826	7,404
Production Forest	31,895	6,737
Total	43,721	14,141

2000年の森林面積を1980年の森林面積・生産林・移住地と重ね合わせるにより、非合法的な伐採に関して次の2点が判る。第一番目として、消滅した中低地の森林の大部分は移住地であること。したがって、これらの森林消滅の理由は農地拡大のための不法な伐採・焼畑である。第二として、高地の保護林もまた急速に減少したこと。

3.3.4 流域管理の現状

森林の減少を踏まえ、南スマトラ州政府は植林のための森林土地利用計画を1999年に策定した。この計画には15年間で森林面積を14,141 km²から35,440 km²に拡大する計画も含まれている(図3.3.2)。

今までに4,129 km²の植林事業が個人の植林企業により行われてきた(図3.3.3)。

3.3.5 将来の空間計画

南スマトラ州の空間計画は1992年に策定され、その後、1999年に改定された。この計画は2014年までの計画を含んでいる。インドネシアの経済状況を考慮すると、この空間計画は大きな変更なしにまた延長されるものと考えられる。したがって、この空間計画を2020年に適用することは可能であると判断される。パレンバン市は1994年に、1994年から2004年までを目標とする最初の空間計画を策定した。5年後の1998年には、1999年から2009年までを目標とする新しい空間計画が策定されたが、それに用いられたデータは1994年策定のものと同じであった。同国の経済状態とパレンバン市の年間予算から判断すると、1999年から2009年の空間計画もまた、大きな変更なしに2020年まで延長されると考えられる。

3.4 自然環境

3.4.1 生態系と人的インパクト

南スマトラ州の自然生態系はその地質と地形形態を反映し、World Wildlife Fundは同州を5つのエコリージョンに区分している。スマトラ低地雨林は、農業・エステート・森林生

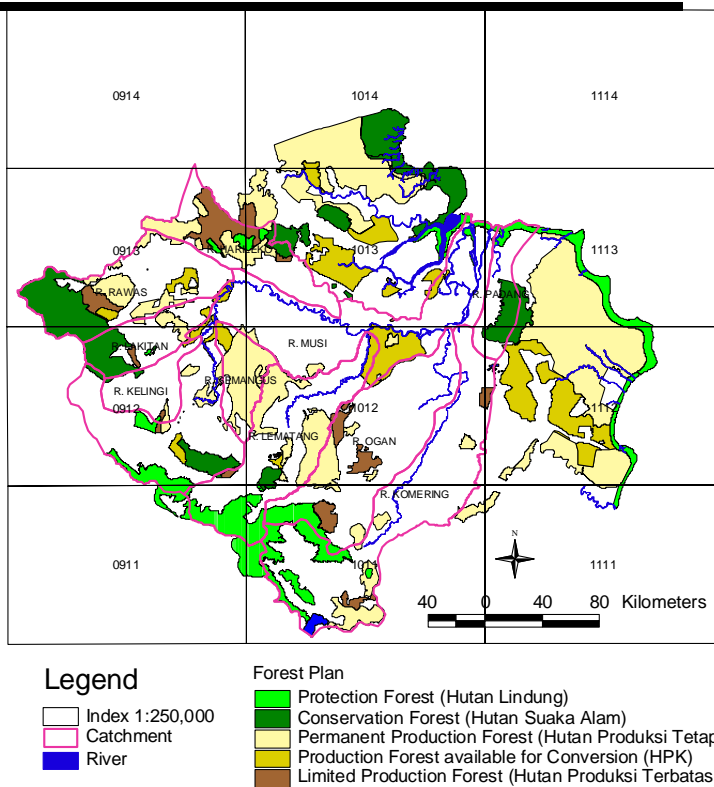


図3.3.2 現在の森林計画

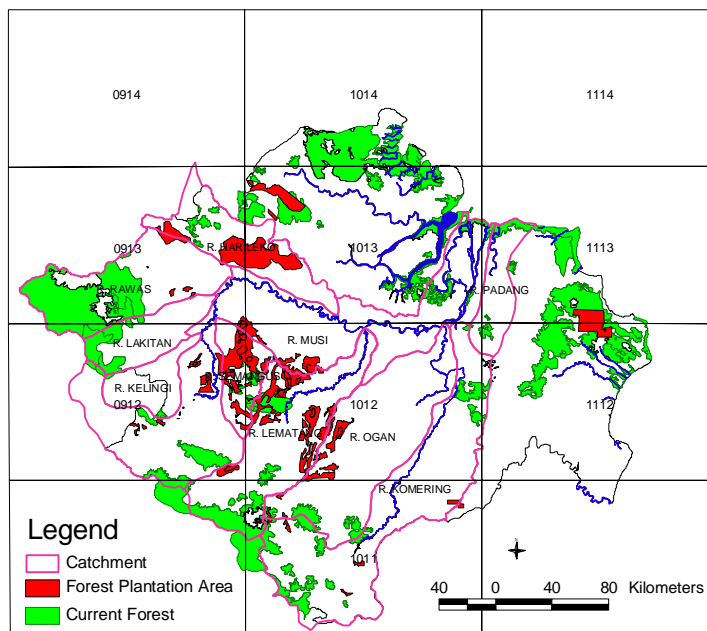


図3.3.3 植林地帯と現在の森林

産・鉱工業開発・都市開発などの人間活動から最も影響を受けている。さらにこれは地質の観点から、3つのサブ・エコリージョンに分類できる。即ち、第3紀海生堆積による準平原；火山性砂質凝灰岩の波状丘陵地；第4紀火山堆積の山麓部。砂質凝灰岩は肥沃度は低く、また最も土壤侵食を受けやすい。石油・天然ガス・石炭などの重要な鉱物資源はこの地域に形成されており、継続的な開発が期待されている。

スマトラ淡水湿地林は肥沃な沖積土に生育し、生存の危機にあるスマトラ特有種を多く含む。この森林の生産性は高いので伐採されたり、農園や農地を造成するために開墾されてきた。本域の土壤は肥沃で淡水の確保も容易なため、稲栽培には最も適した地域である。スマトラ泥炭湿地林は生産性は低く淡水の確保も容易ではないため、前記スマトラ淡水湿地林に比べてまだ脅威にさらされていない。しかし、最近、かなりの面積が焼失し、州内には数ブロックが残っているのみである。酸性土壌・地盤沈下・土壤浸食のような負の要因により稲作としての生産性は低い。

スダ大陸棚マングローブ林は世界で最も多様な種の生育するマングローブである。南スマトラ州の大部分のマングローブは保護林として指定されている。スマトラ山岳雨林は長期にわたり孤立してきた独特な林層をしているため、低地雨林よりも多様な哺乳類や鳥類が生息している。低地においては急速に森林が消滅しているため、スマトラに残っている自然林は、このエコリージョンの丘陵・山岳林のみといえる。このエコリージョンは外部からの侵入に対して非常に脆く、また敏感である。Kerinci Seblat 国立公園の面積は796,000 haで、スマトラでは一番広い。

3.4.2 都市と産業の環境

市のBAPEDALDAと貿易産業省（Ministry of Trade and Industry）は産業廃棄物を管轄する主管庁である。一方、エネルギー・鉱物資源省（Ministry of Energy and Mineral Resources）も施設からの廃棄物を管轄する主管庁である。流域内には、うまく管理されないと大きな環境汚染を引き起こす可能性のある産業施設が数箇所ある。また、石炭・石油などの採掘、パイプライン、石油製油などは土壌・地下水・地表水を有毒な化学物質で汚染する可能性がある。食品工場・ヤシ油工場・肥料工場・木材加工などは地表水を有機物で汚染する可能性がある。

3.4.3 環境管理のための組織・法制度

森林省（Ministry of Forestry）の管轄下にあるBalai Konservasi Sumber Daya Alam (Balai KSDA)は、森林の保全と維持を管轄する主管庁である。また、州の森林局（Provincial Department of Forestry）も森林の計画・管理・保全・維持のための人員と機器を有している。これらの官庁間の調整は州のBAPPEDAが行っている。南スマトラ州で自然保護を行っているNGOは多くない。

国立公園の他に、保護地域としては、保全林と保護林の2タイプがある。保全林では生物多様性と生態系の保全が図られている。保全林は、コア地域と周辺バッファーからなる自然保護林（HAS）と、住民が持続的に利用することもできる自然保全林（保全地域とも呼ばれる）からなる。一方、保護林は、下流域も含めた水資源と土壌の地肥力の保全を目的としている。南スマトラ州には10箇所保全林と18箇所保護林がある。これら全体の保全面積は1,251,423haで、これは州面積の12%にあたる（表3.4.1）。

表3.4.1 南スマトラ州の保護地域

	Area of Regency ha	Conservation Forest		Protection Forest		Protected Forest Total HK+HL ha	Protected area %	Distribution
		HK	ha	HL	ha			
Musi Banyuasin	2,619,100	342,479		68,823		411,302	16%	33%
Ogan Komering Ilir	2,136,700	4,828		105,159		109,987	5%	9%
Ogan Komering Ulu	1,467,900	50,950		151,021		201,971	14%	16%
Muara Enim	957,500	9,440		71,700		81,140	8%	6%
Lahat	771,900	52,829		141,100		193,929	25%	15%
Musi Rawas	2,151,300	251,252		1,842		253,094	12%	20%
Total	10,104,400	711,778		539,645		1,251,423	12%	100%

Source: Statistik Kehutanan, Propinsi Sumatera Selatan, 2001

森林・Estate・農地は、国と州のレベルの異なった部局で管理されている。これらの部局の普及事務所（Penyuluh）の管理は、2001年に、州から県・市に移管された。その後、これらの普及事務所のあるものは、農民との効率的・包括的なコミュニケーションを目指して統合された。また、普及事務所は土壌保全に関する情報の普及も行っている。

州には合計2,522,034 ha の生産林が65箇所ある（表3.4.2）。これらには、パルプ製紙工業で使うための人工的に植えられたアカシア林が3箇所含まれている。残りの生産林では木材の択伐が行われている。国の熱帯林維持に関する政策にしたがい、全ての森林伐採免許は2002年に廃止された。したがって、3箇所のアカシア林を除き、生産林からの合法的な木材切り出しはなくなった。私有地での森林伐採は村が監視している。また、生育地から切り出された全ての木材は、村長から証明書をもらうようになっている。したがって、免許なしでの生産林からの伐採と、村長からの証明書のない私有地からの伐採は、違法伐採になる。当然ながら、保護地域からの伐採も違法である。

表3.4.2 南スマトラ州の計画森林面積

Province	Area	HK	HL	Production Forest HP	HK+HL +HP ha	Forest %	Other land use ha
Musi Banyuasin	2,619,100	342,479	68,823	848,777	1,260,079	48%	1,359,021
Ogan Komering Ilir	2,136,700	4,828	105,159	843,899	953,886	45%	1,182,814
Ogan Komering Ulu	1,467,900	50,950	151,021	111,613	313,584	21%	1,154,316
Muara Enim	957,500	9,440	71,700	286,107	367,247	38%	590,253
Lahat	771,900	52,829	141,100	53,628	247,557	32%	524,343
Musi Rawas	2,151,300	251,252	1,842	378,010	631,104	29%	1,520,196
Total	10,104,400	711,778	539,645	2,522,034	3,773,457	37%	6,330,943

HK: Conservation Forest, HL: Protection forest

Source: Statistik Kehutanan, Propinsi Sumatera Selatan, 2001 page IV-1

再植林基金（Reforestation Fund：DR）は、森林省が免許所有者から集めて作られる。基金は免許付き伐採地や火事で被害を受けた地域への植林、森林・野生動物の保全、ならびに社会林業事業を実施するために使用される。免許所有者は、森林の許容量以上に木材が伐採され森林の荒廃が進んだ二次林を獲得したときに基金を受け取る。しかしながら、国際熱帯木材機関（ITTO）は、基金が政府から支払われた後、免許所有者は再植林する興味を失うと報告している。

3.4.4 既存および可能性のある環境課題

既存および可能性のある環境課題は次のとおりである。森林・農園・農地での活動による自然環境と水資源への既存する脅威；既存および可能性のある水開発による影響；強力で調整された保全政策の必要性；環境に関する研究、教育、住民参加。

3.5 水質

3.5.1 水質に係る関連情報

ムシ川流域は10流域に分割できる。また、それぞれの流域は1～8つの支流からなる。調査地域の総人口は約630万人である。これらの内、給水を受けている人口は5%以下で、95%以上の人は表流水を利用している。大量に水を使用している産業の多くはパレンバン市内外に位置しており、地下水はほとんど利用されていない。調査地域では、様々な水関連病が確認されている。

3.5.2 汚染源

ムシ川流域では、多くの住民が河川沿いに生活している。家庭污水は処理されずに、または、腐敗槽から小水路を通して河川に放流されている。工場排水に係る解析データの多くは解禁されておらず、利用できるデータは非常に限られたものしかない。乾期におけるBOD汚染負荷の流出量の算定結果を表3.5.1に示す。

表3.5.1 全BOD汚染負荷流出量

(Unit: ton/day)

Source	MU	KO	OG	HA	RA	LA	KE	LE	SE	PA	Total	(%)
Point (domestic)	55.2	22.5	18.4	2.3	3.2	4.5	3.0	12.5	1.6	3.6	126.8	55.8
Point (industry)	31.1	3.6	7.1	3.9	1.8	0.7	0.3	8.4	0.7	2.3	60.0	26.5
Sub-total	86.3	26.1	25.5	6.1	5.0	5.2	3.3	20.9	2.3	5.9	186.8	82.3
Non-point (livestock)	4.9	8.2	3.7	0.6	1.2	0.6	0.2	3.0	0.5	0.5	23.5	10.4
Non-point (land)	4.7	3.0	2.6	0.7	1.4	0.7	0.7	1.9	0.4	0.4	16.5	7.3
Sub-total	9.7	11.2	6.3	1.3	2.7	1.2	0.9	4.9	0.8	0.9	40.0	17.7
Total	96.0	37.3	31.8	7.4	7.7	6.5	4.2	25.8	3.1	6.8	226.7	100

MU: Musi Main, KO: Komerang, OF: Ogan, HA: Harileko, RA: Rawas, LA: Lakitan, KE: Kelingi, LE: Lematang
SE: Semangus, PA: Padang

3.5.3 水質の現況

BAPEDALDA は1985年より、調査地域での表流水・産業排水・家庭污水・農業排水の解析を行ってきた。これらの内、利用できるデータは、2001年のBAPEDALDAによる観測値、および、1993-1998年におけるClean River Projectによる観測値などである。

現況の水質の特徴は次のとおりである。ムシ川流域における有機物による汚染の程度は低い。固形分(TSS)の高い値を示しているのはルマタン川とエニム川の合流点で、これらの川は荒地や、固形分の源泉である石炭の採掘場を流下してきている。ムシ川のDO濃度は中庸で、中流では飲用水としての基準を満たす6.0 mg/l以下を示す。基準を超える糞便性大腸菌も検出されている。非常に低いpH値が泥炭湿地を水源とする小河川で観測されている。また、許容値以下ではあるが飲用水の水源として使用されている河川水から農薬が確認されているので、これについての更なる解析が必要である。重金属・シアン化物・石炭酸などの有毒物が、2001年に、オーガン川とコメリン川で調査されている。調査の結

果、これらの有毒物は検出されなかったか、検出されても平均値は基準値よりもかなり小さいものであった。

インドネシア政府は“Regulation Number 82 of Year 2001 concerning Water Quality Management and Water Pollution Control.”を制定した。これにしたがい、南スマトラ州知事は、河川水と廃水に関する基準、即ち、**産業廃水水質の許容値**と河川に流入する汚染負荷の最大値を規定した。また、これに従うべき産業が32業種あり、各工場は産業廃水のモニターを自ら行わなければならない。また、彼らは自分の試験室で廃水の解析を行い、その結果をBAPEDALDAに提出しなければならない。BAPEDALDAはクロスチェックを目的として、60工場の廃水水質を年間1～4回観測してきた。PDAMは**上水水質管理のための水質基準**を設定し、処理前後の水質検査を定期的に行っている。

BAPEDALDAは市と中央政府の資金を用いて水質モニタリングを組織的に行ってきた。また、州のBAPEDALDAは中央試験室を有しており、**既存の検査機器**で重金属を含む一般的な項目は検査が可能である。しかし、殺虫剤・除草剤・農薬などに含まれる有毒物を検査するのに必要なガスクロマトグラフィー（GC/GCMS）がないので、環境をモニターする上での制限がある。

3.5.4 解決すべき特別な課題

調査地域で水質管理を行うためには水質モニタリングは不可欠であり、その結果は関係機関で広く利用されるとともに、一般にも公開される必要がある。しかし、現在の水質モニタリングはムシ川全流域をカバーできていない。BAPEDALDAは水質モニタリングの計画を持っているが、資金とモニタリング機器の制限があり十分機能していない。

3.6 社会環境

3.6.1 社会環境の概要

人口あたりの学校・病院・保健所の数を、インドネシアにおける他州のものと比較した結果、26州中20位となった（2000年データ）。また、貧困ライン以下の人口は26州中12位となった。人類は南スマトラに先史以来住んでおり、原住民は異なる言語・方言をもつ様々な民族から構成されている。人口密度が低いので、南スマトラは移住先としては最も重要である。ジャワ島からの移住者の大部分は、米・ゴム・コーヒーの栽培にたずさわっている。

3.6.2 質問票調査の結果

河川の利用は様々であるが、人々の日常生活には欠かせないものであり、多くの人は飲み水や衣服の洗濯として毎日利用している（各々、全体の68.0%と62.7%）。また、45%以上の方はトイレとしても利用している。下流域における河川利用の一番目と二番目は内水交通と漁業であるのに対し、中流域では漁業は二番目であったが内水交通は一番ではなかった。上流域における一番目と二番目は農業と養魚池である。

中下流域における河川に係る問題で最も高かったのが堆砂であり、その比率は下流に行くにしたがい増加する。一方、地域にかかわりなく臭い問題は低い。水位の低さは局所的な問題であるが、中流域では第二番目の問題であった。水質汚染は下流に行くにしたがい増えるが、下流域では第二番目の問題であった。

3分の1の人が灌漑水路を農業のために利用しているのみで、半分の人は河川を農業用に利用している。上流域では灌漑水路の比率は増えるが、中流域では河川が増え井戸が減少している。一方、下流域では河川が増え灌漑が減少する。4分の1以上は、雨期に、灌漑水路を養魚に利用している。特に、上流域では40%が年間を通して利用している。河川は産業や飲用にとって最も重要な水源である。中流域では井戸も重要な水源となっている。

3.6.3 空間計画の課題

政例No.35/1991（河川）は湖沼・貯水池を含む河川の保護・開発・利用・管理について定めている。省例No.63/PRT/1993は河川の境界を定め、河川の利用の細部を定めている。これらの法令があるにもかかわらず、都市部では多くの家屋が河川の区域内に建てられている。代替地を用意するかこれらの住民をもとの村に返すプログラムがなければ、これらの法令を強行しこれらの建物を移すことは困難である。

3.6.4 森林の保全

森林の生態系と生物多様性の保全と持続的利用は、貧困撲滅と持続的開発にとって危機的な要因である。侵入は住民の森林域への侵害であり、免許なしの農地としての利用である。侵入は大きな問題である。第一に、侵入は森林の生態系を変え、土地の侵食を増幅し、土地の保水力を低下させる。第二に、人々は土地の肥沃度が下がると栽培をあきらめ、無管理のままに土地を捨て、新しい土地に侵入する。第三に、人々は自然環境保全林や保護林に侵入することにより、前者のケースでは生物多様性を脅かし、後者のケースでは水資源・洪水防御・土地侵食などの問題を引き起こす。なぜ人は森林に侵入するのかの第一の理由は、人口増加や意識の欠如によるものである。他の理由としては、保全林の境界が明確でないからである。この問題については、いろんな問題が複雑にからんでいるので、ただ単に法令を押し付けるだけでは解決できない。

不法伐採は政府の免許を取らないで木材を取るために伐採することである。不法な伐採の後には、伐採者は土地には興味がないので、ただ裸地が残されるのみである。

3.6.5 灌漑と養魚池の水配分

政令No.77/2001に示されているように、灌漑用水は農業の活動、特に稲作に、優先的に利用するものである。しかし、まだ広く知れ渡っていないため、ほとんどの農民はこの法令を意識してはいない。

養魚池の所有者は灌漑用水は食物生産のために利用されるべきであることを認めており、養魚中の農民からの苦情を受け入れている。被害としては、水路の損傷と水田での水不足がある。これに対し、農民は、養魚池の水は、川や周辺の低地に排水されているという不満を持ち、灌漑用水を養魚に使用すべきでないと主張している。WUAには養魚池に適用できる規則があるにもかかわらず、WUAが取る行動はこの問題を解決するには不十分であると見なされており、多くの農民は不満を抱いている。

3.6.6 湿地の開発と保全

湿地開発の持続性は次の条件に左右される。即ち、低地開発を最重要とする政府の確実な公約；低地管理における十分なる組織間調整；事業の計画と実施への十分な住民参加。これらの状況が整わなければ、湿地開発の成果が部分的な成功に留まる可能性は大きい。

3.6.7 コメリン灌漑事業とその社会的影響

1970年代と90年代の間において、コメリン川の旱魃は乾期のみに生じている。旱魃の原因は川床への堆砂であった。質問票への回答者はこの状況はPerjaya 堰の操作後に悪化したと考えている。2001年においては、旱魃はいつもより長期にわたる、6月から12月にかけて発生した。

地元民と移住者に与える、灌漑事業の便益と社会的な影響の違いを求めた結果は、次のとおりである。灌漑開発による**正の影響**は；公共交通サービスと施設の増加；取引の増加；情報入手の簡易化；砂レキ売買からの利益。**負の影響**としては；コメリン川の水不足による食物・果物・魚生産高の減少による農家収入の減少；農業に関する開発は地元の村よりも灌漑地区に集中してきたため、地元民は灌漑地区の人よりも下位にあるように感じていること。

3.6.8 ラナウ湖の水位上昇と調整ダムに関する調査

ラナウ調整ダムは、1995年より、仮の高水位を541.7 m (有効水深1.2 m) と設定して操作されている。ラナウ湖の水位上昇の周辺住民への影響を聞き取りにより調査した結果 (2003年)、ほとんどの住民 (93.5%) は、1995年から1998年の間、雨期の洪水を経験していることが判った。住民の居住場所にもよるが、1995年以前には洪水はなかったという。また、全ての回答者は、今の水位よりも上昇すると彼らの水田が湛水すると答えており、さらに、約60%以上の回答者は彼らの家屋も浸水すると答えている。

3.7 水文解析

3.7.1 水文観測状況

ムシ川流域の水文観測は、BMGとMusi Balai PSDAの2つの機関により行われている。ムシ川流域内外の**降雨観測**は、Musi Balai PSDAが14観測所で、BMGが39観測所以上で行われている。これらの観測所の設置年は不明であるが、最も古い記録は1970年代の初めである。

ムシ川水系の**水位観測**はMusi Balai PSDAが主管しており、現在、自記水位計が全部で22箇所設置されている。日水位は、1970年代の始めより、南スマトラPWRSが観測している。また、時間水位は1985年より観測されている。**流量観測**は、1970年代の始めより、52観測所で実施されている。水位・流量曲線は、バンドンのCenter of Research and Developmentが作成し、日流量を算定している。流量観測・水位観測・雨量観測は、2002年より一時停止となっている。

水文観測管理に対する組織的な対応は、Musi Balai PSDAの設立後も行われていない。このような状況のもと、IWIRIPでは、Balai PSDAにおける2002年の第一目標として、水文活動の強化が勧告されている。

3.7.2 降雨解析

1994-2001年の、Kenten 観測所のデータを用いて確率12時間雨量を算定した (表3.7.1)。

表3.7.1 12時間確率雨量（パレンバン市Kenten観測所）

Return Period	1/2	1/5	1/10	1/15	1/20	1/30	1/50	1/100
Probable Rainfall (mm)	104.0	122.5	133.9	140.8	145.3	151.8	160.1	171.1

3.7.3 流出解析

流出解析は、水収支解析で用いる流量データを作成するために、各支流を対象に行った。解析モデルにはMIKE 11を利用し、実測データはBMGから1985～2001年、Musi Balai PSDAからは1985年以降のものを収集した。結果を表3.7.2に示す。

表3.7.2 シミュレーションによる自然流況

No.	Sub-Basin	C.A. (km ²)	25%	50%	75%	95%	Ave.(wet)	Ave.(dry)	Annual Ave.	
									m ³ /s	m ³ /s/100km ²
1	KO1	4,527	72.8	116.5	188.2	305.8	308.3	163.9	235.9	5.2
2	KO1+KO2	9,908	144.4	229.3	390.5	613.4	608.8	283.1	445.6	4.5
3	OG1	3,990	35.3	58.0	101.6	194.9	193.1	71.9	132.4	3.3
4	OG1+OG2	8,222	73.2	116.4	217.9	388.5	389.7	141.0	265.1	3.2
5	LE1	3,930	61.5	87.3	118.1	201.1	223.4	131.2	177.2	4.5
6	LE1+LE2	7,340	103.1	148.0	231.6	376.1	396.5	197.9	297.0	4.0
7	SE	2,146	19.9	32.6	50.9	72.6	71.9	40.1	56.0	2.6
8	LA1	2,290	23.0	37.8	57.1	88.5	91.8	47.8	69.8	3.0
9	LA1+LA2	2,763	28.1	45.9	69.7	106.9	109.8	57.6	83.6	3.0
10	RA1	3,548	40.1	72.6	116.0	189.4	181.5	114.0	147.7	4.2
11	RA1+RA2	6,026	64.4	104.3	164.9	262.4	256.0	151.5	203.6	3.4
12	KE	1,928	20.1	33.3	52.4	79.3	81.2	41.3	61.2	3.2
13	HA	3,765	46.7	83.3	130.4	209.2	195.0	122.7	158.8	4.2
14	Before KE	6,142	124.7	171.2	229.3	358.3	429.5	229.6	329.3	5.4
15	After RA	19,569	329.7	466.6	681.4	1,015.7	1,032.2	562.9	797.0	4.1
16	After LE	34,821	550.0	798.4	1,191.8	1,776.8	1,774.5	944.1	1,358.4	3.9
17	After KO	54,773	868.8	1,271.1	1,911.0	2,976.2	2,920.7	1,440.0	2,178.7	4.0

KO: Komerang, OF: Ogan, LE: Lematang, SE: Semangus, LA: Lakitan, RA: Rawas, KE: Kelingi, HA: Harileko

3.7.4 ムシ川水系の洪水解析

各河川の確率洪水量を算定するために洪水解析を実施した。モデルには、Kinematic Channel Routing Moduleを採用した。結果を表3.7.3に示す。

表3.7.3 シミュレーションによる確率洪水量

R.P.(Year)	(m ³ /s)									
	Musi ¹	Musi ²	Komerin g	Ogan	Lematang	Semangus	Kelingi	Lakitan	Rawas	Harilek o
2	2,610	4,078	899	690	823	146	168	233	625	445
3	2,872	4,381	990	783	925	171	192	271	771	580
5	3,165	4,718	1092	886	1,039	199	218	313	934	729
10	3,532	5,142	1,221	1,017	1,182	234	251	367	1,138	917
20	3,884	5,549	1,344	1,141	1,319	267	282	418	1,334	1,097
50	4,339	6,076	1,503	1,303	1,496	311	323	484	1,588	1,330
100	4,681	6,470	1,622	1,424	1,629	343	354	534	1,778	1,504

Musi¹:Tebing Abang, Musi²: After confluence of the Komerang River