

ムシ川流域調査

第7章 情報・データ収集整理

7.1 プロジェクト地域の自然条件

7.1.1 地形・地質

(1) 地形

ムシ川は、南スマトラ州を西から東へ流れるスマトラ島最大の河川で、インドネシアでは4番目に大きな流域（59,942km²）を有し、その長さは約640kmに達する。平均河床勾配は上流域の1/100～1/200から下流域にあたるPalembang周辺の1/10,000まで大きく変化し、海岸地域に向かってさらに緩い1/20,000となる。

ムシ川流域の地形は、表7.1.1に示すように、大きく5つのゾーンに区分できる。ムシ川源流域にあたる山岳地帯とそれに付随する山麓地帯は、北西-南東方向の走向を示す顕著な地質構造の影響を受け、流域の西-南西-南の地域にのみ分布する。山岳地帯と山麓地帯を除く流域の残り60%を、中央平野、内陸湿地、および海岸平野が占める。

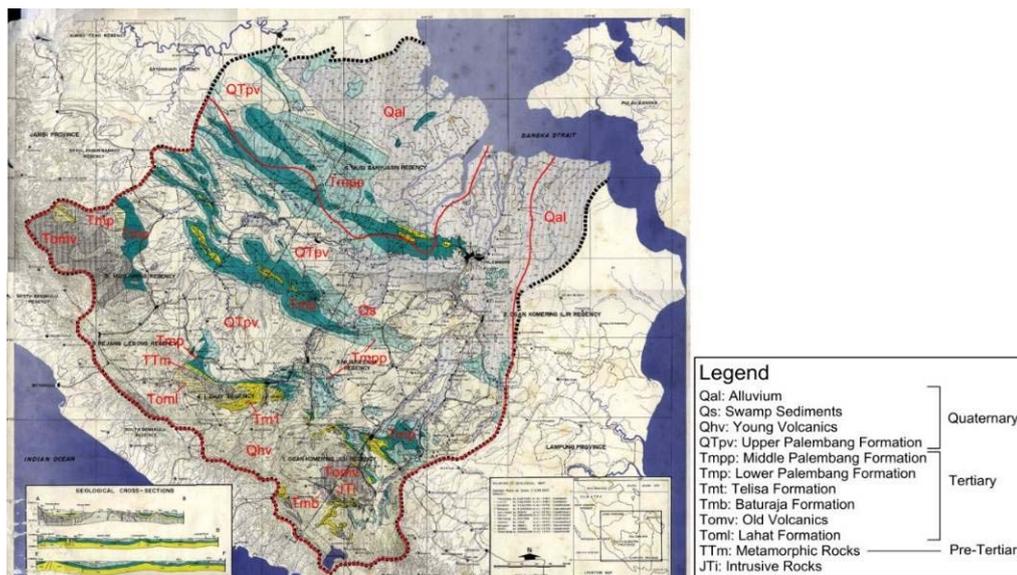
表 7.1.1 ムシ川流域の地形ゾーン

| ゾーン | 分布地域 | 地形的な特徴 |
|------|------------|--------------------------|
| 山岳 | 流域の南～南西～西 | 谷、高原、火山 |
| 山麓 | 山地と中央平野の間 | 起伏丘陵地（北西～南東方向に幅約40kmで分布） |
| 中央平野 | 山麓～海岸平野の間 | 台地・洪水氾濫原・河川沖積堤の3つに分類可能 |
| 内陸湿地 | 主に下流域の河川沿い | 自然堤防と後背湿地 |
| 海岸平野 | 海岸およびデルタ周辺 | 海岸低地と泥炭湿地林で覆われているデルタ低地 |

出典：JICAプロジェクトチーム2

(2) 地質

ムシ川流域の地質図を図7.1.1に示す。プロジェクト地域で分布が確認されている最も古い地質は先第三紀の碎屑性石灰岩と深成岩類で、山地のごく一部でのみ露頭する。これを第三紀の堆積物と火山岩類が最大約6,000mの厚さで覆う。第三紀層は下位からLahat層群(Toml)、古期火山岩類(Tomv)、Telisa層群(Tmt)、Baturaja石灰岩(Tmb)、下部～中部Palembang層群(Tmp-Tmpp)である。最上層には、第四紀の火山岩と火山噴出物からなる。第四紀層は上部Palembang層群(QTpv)、新期火山岩類(Qhv)、湿地堆積物層(Qs)、沖積層(Qal)で構成される。上述したように、先第三紀層と第三紀層は北西-南東方向の走向を反映して帯状に地表へと露頭し、その間を埋めるように第四紀層が堆積している。ムシ川流域の地下水ポテンシャルを評価するにあたり、有力な帯水層として機能していると考えられるのがこの第四紀層である。



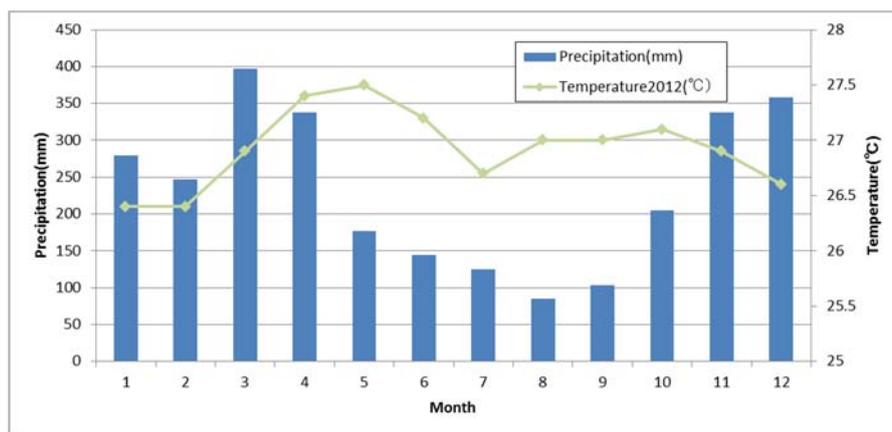
出典: Musi River Basin Study, PU, 1989

図 7.1.1 ムシ川流域の地質図

7.1.2 気候・水文及び河川

(1) 気候

ムシ川流域の気候はジャワ島や東インドネシアと比べて明確でない雨季・乾季からなり、年間を通じて適度に偏りなく降る豊富な雨量に特徴がある。図 7.1.2 に Palembang の Kenten 観測所での月雨量及び月気温を示す。年雨量は約 2,800mm で、10 月～4 月にかけて雨量が多い。月平均気温は年間を通じて 27°C であり、年間のポテンシャル蒸発散量は 1,200～1,500mm/年と推定される(Musi River Basin Study, MPW, 1989)。

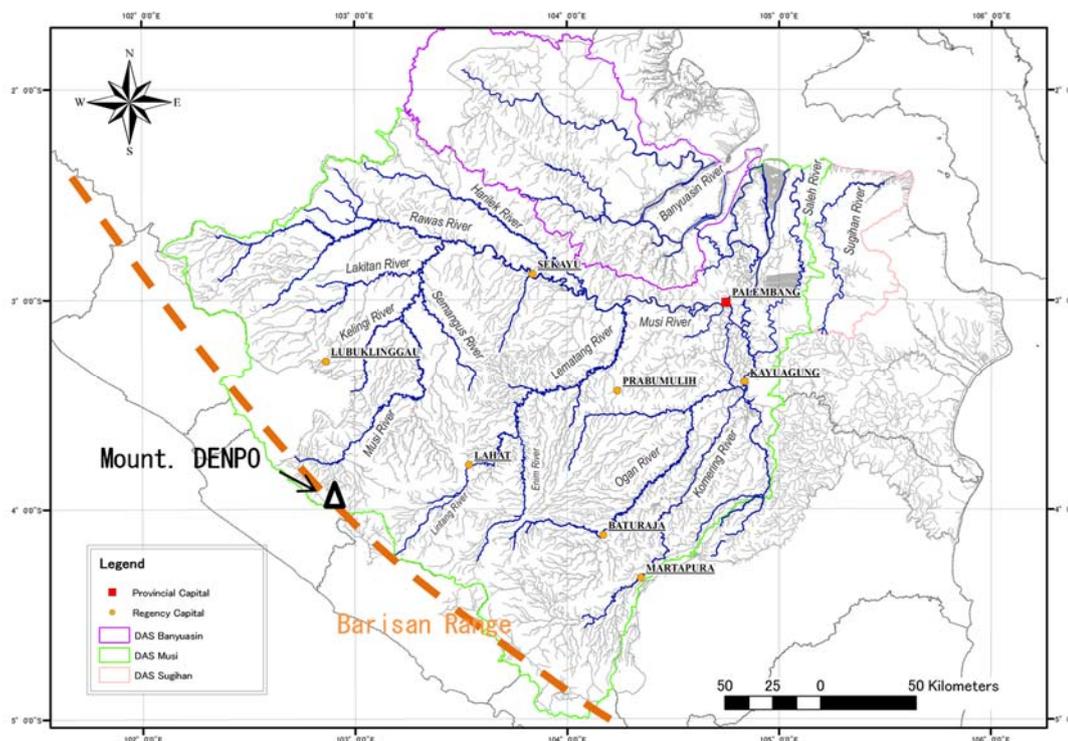


出典: BMKG

図 7.1.2 Palembang の Kenten 観測所での月雨量 (1985～2013) と月平均気温 (2012)

(2) 河川及び水文

ムシ川及びその主な支川は図 7.1.3 に示すように Barisan 山脈が源流となっている。ムシ川本川は標高 3,159m の Dempo 山の麓まで辿ることができ、そこから北へ流れ、Kelingi 川、Semangus 川、Lakitan 川及び Rawas 川の合流を受ける。Rawas 川との合流点近くでムシ川本川は方向を東に変え、Palembang 市に入る前に Harileko 川と Lematang 川の合流を受ける。さらに Palembang 市の右岸側から 2 つの大きな支川である Ogan 川と Komering 川の合流を受ける。Komering 川との合流点付近からムシ川は北に流れを変え、Bangka 海峡に注ぐ。ムシ川流域は下流の低平地においてバニユアシン川とスギハン川に挟まれている。これら河川の河川延長、流域面積を、表 7.1.2 に示す。



出典: JICA プロジェクトチーム 2

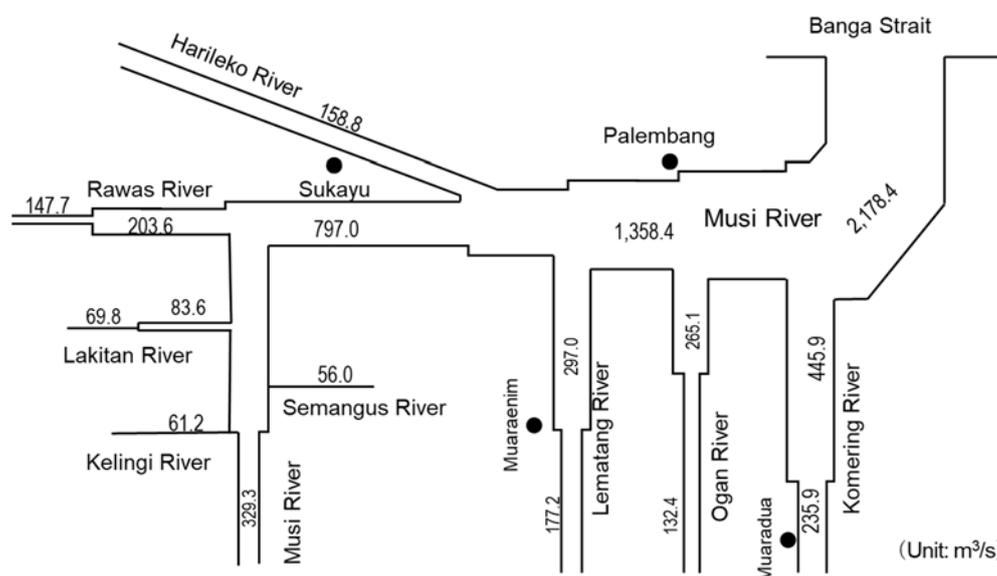
図 7.1.3 ムシ川、バニユアシン川及びスギハン川流域

「インドネシア国ムシ川流域総合水管理計画調査、2003 年、JICA」(以下「2003 年 JICA ムシ川調査」と呼ぶ)によれば、図 7.1.4 に示すように Komering 川合流点下流の平均流量は約 $2,200\text{m}^3/\text{s}$ であり、乾季から雨季に渡って $1,400\sim 4,200\text{m}^3/\text{s}$ の間で変動する。通常はムシ川やその支川は 2 月から 3 月にピークを迎え、7 月から 9 月にかけて流量が最小になる。潮位の最大振幅は 3.5m であり、最高潮位は一般的に 12 月～1 月に発生する。

表 7.1.2 ムシ川と主要支川の河川延長と流域面積

| No. | 河川 | 流域面積*1 (km ²) | 河川延長 (km) | ムシ川河口から合流点 までの距離 (km) |
|-------|----------|---------------------------|-----------|--------------------------|
| 1 | Komering | 10,275 | 328 | 78 |
| 2 | Ogan | 8,358 | 313 | 88 |
| 3 | Lematang | 7,168 | 348 | 165 |
| 4 | Semangus | 1,972 | 183 | 391 |
| 5 | Musi | 15,226 | 640 | - |
| 6 | Kelingi | 1,898 | 98 | 421 |
| 7 | Lakitan | 2,563 | 140 | 374 |
| 8 | Rawas | 5,841 | 208 | 344 |
| 9 | Harileko | 4,013 | 334 | 229 |
| 10 | Padang | 2,040 | 640 | - |
| ムシ川 計 | | 59,354 | - | - |
| | バニュアシン | 13,351 | 209 | - |
| | スギハン | 3,378 | 129 | - |

出典: POLA2014



出典: 流量データ: インドネシア国ムシ川流域総合水管理計画調査、2003年、JICA

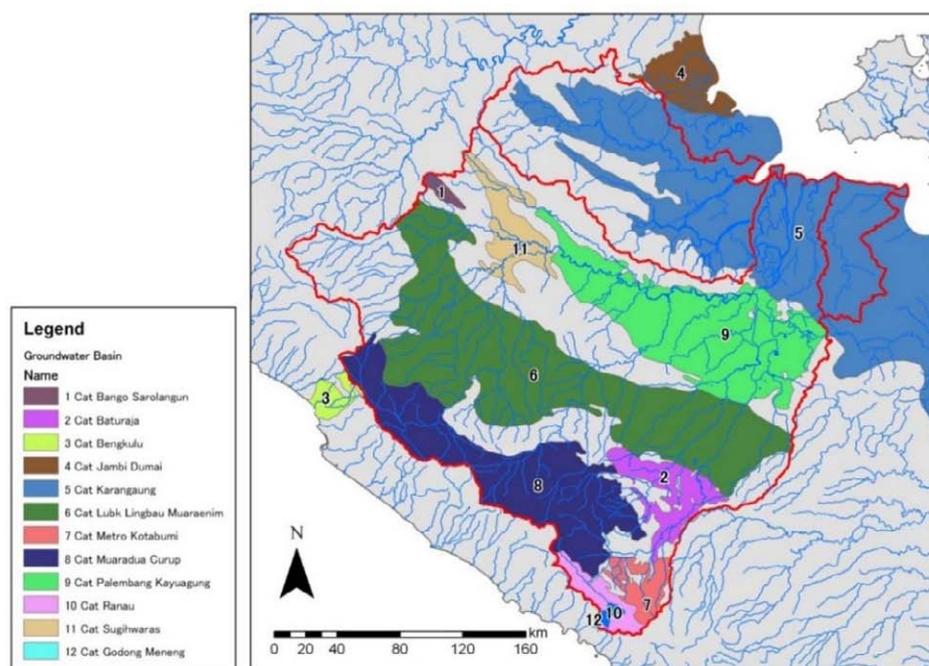
図 7.1.4 ムシ川水系の年平均流量の分布

7.1.3 地下水

ムシ川流域の地下水開発ポテンシャルについては、エネルギー・鉱物資源省(以下「ESDM」)がとりまとめた報告書「Groundwater in Indonesia and its Management, 2005」において概略の評価値が示されている。山地ゾーンでは湧水が確認され、河川沿いには平地もあることから、亀裂性岩盤内の地下水と沖積層内の浅層地下水にある程度の開発ポテンシャルがあると考えられる。ただし、山麓、中央平野、内陸湿地では、開発の困難さと水質リスクから、火山岩内の地下水および深層地下水の開発ポテンシャルは極めて低く、地下水の開発は第四紀層に賦存する浅層地下水に限定される。また、塩水侵入と地盤沈下の可能性があることから、州都 Palembang を含む海岸平野の地下水開発ポテンシャルは低い。

ESDM が定義したムシ川流域の地下水盆を図 7.1.5 に、各地下水盆の地下水ポテンシャル

を表 7.1.3 に示す。ムシ川流域を含む地下水盆の平均地下水ポテンシャル 533mm/年は、ムシ川流域の平均降雨量 2,800mm/年の約 19%、流域の日平均蒸発散量を 4mm/日と仮定した場合の有効降雨量 1,340mm/年の約 40%に相当する。ただし、この地下水ポテンシャルには現在の地下水利用量やポテンシャルの空間分布特性など水収支面での制約、既存井戸や湧水への影響、地盤沈下の抑制、生態系への影響などを抑制する環境面での制約、井戸の掘削やポンプ設置などの開発費用、維持管理費用など経済面での制約は考慮されていない。



出典: ESDM, JICA プロジェクトチーム 2

図 7.1.5 ムシ川流域の地下水盆

表 7.1.3 地下水盆毎の地下水ポテンシャル

| 番号 | 地下水盆 | 面積 (km ²) | Q1+Q2*1 | | 順位 | (Q1+Q2)/面積 (mm/年) |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------|----|----------------------|
| | | | (百万 m ³ /年) | (%) | | |
| 1 | Bangko Sarolangun | 6,072 | 4,221 | 5.8 | 5 | 695 |
| 2 | Butruraja | 2,404 | 1,151 | 1.6 | 10 | 479 |
| 3 | Bengkulu | 4,888 | 3,836 | 5.3 | 6 | 785 |
| 4 | Jambi Dumai | 69,776 | 20,401 | 28.0 | 1 | 292 |
| 5 | Kurangagung | 22,860 | 12,977 | 17.8 | 2 | 568 |
| 6 | Lubuk Linggau Muaraenim | 15,400 | 6,062 | 8.3 | 3 | 394 |
| 7 | Metro Motbumi | 21,640 | 12,331 | 16.9 | 8 | 570 |
| 8 | Mauradua Curup | 8,521 | 4,389 | 6.0 | 4 | 515 |
| 9 | Palembang Kayuagung | 8,652 | 3,759 | 5.2 | 7 | 434 |
| 10 | Ranau | 1,501 | 934 | 1.3 | 12 | 622 |
| 11 | Sugihwaras | 1,794 | 1,549 | 2.1 | 9 | 863 |
| 12 | Gedong Meneng | 1,412 | 1,185 | 1.6 | 11 | 839 |
| 合計 1(1,2,5,6,7,8,9,10,11) | | 88,844 | 47,373 | 65.1 | - | 533 |
| 合計 2(1-12) | | 164,920 | 72,795 | 100.0 | - | 441 |

注釈: *1: Q1 は浅部 (不圧) 帯水層、Q2 は深部 (被圧) 帯水層

出典: JICA プロジェクトチーム 2

7.1.4 土砂

一般に、地すべり、斜面崩壊、土石流などのマスマーブメントは、土砂流出の要因の1つである。さらに、森林破壊を伴う土地開発は、表層侵食のもう一つの要因になると考えられる。ムシ川流域に関しては、土砂生産・流出に関わる基礎的資料（例えば地すべり・崩壊地分布図、河床縦横断図、砂防計画）を補うため、ムシ川本川および支川（Koming川、Saka川、Ogan川、Lematang川、Kelingi川、Musu川）について、2014年6月2日～7日の乾季に現地踏査を実施した。現地踏査の結果は、以下の通りである。

(1) 土地利用

ムシ川の中～下流域に、水田、ゴム園、パーム椰子園、コーヒー園が認められた。これらの多くはよく管理されており、写真 7.1.1 に示されるように、土壌流出の懸念はない。



水田 (021)



ゴム園 (028-029)



Lematang 川支川
パームヤシ園 (030)



Mt. Dempo 山麓の茶畑 (032)

注釈: 番号は、写真位置を示している。位置については、図 7.1.7 参照
出典: JICA プロジェクトチーム 2

写真 7.1.1 土地利用の状況

(2) 土砂流出

Koming 川では、中流域において複数個所で無秩序な土砂採取が確認された (写真 7.1.2 A 及び B)。土砂採取は違法状況の中で実施されており、今後の河床低下が懸念される。

Koming 川最上流部の Ranau 湖北東部に、火山性堆積物の露頭が確認される (写真 7.1.2 C 及び D)。地形図によると、Ranau 湖周辺にいくつかの火山が分布しているので、火山灰、非溶結火砕流堆積物や軽石流などの火山堆積物が Ranau 湖周辺に広く分布していると推定される。

地質図によれば、Koming 川流域の最上部にある火山の北東部に火山性堆積物が広く分布している。沖積層は Koming 川に沿って分布しており (図 7.1.6)、「開析」による侵食過程で運ばれた堆積物であると推定される。



A; ポンプによる砂の採取 (Komering 川) (005)



B; 砂利採取近景(008)



C; 軽石流と火山灰層 (018)



D; 軽石流近景 (017)

注釈: 番号は、写真位置を示している。位置については、図 7.1.7 参照

出典: JICA プロジェクトチーム 2

写真 7.1.2 砂・砂利採取の状況と供給源

(3) 河岸侵食

ムシ川と支流の一部で、河岸侵食が認められる (写真 7.1.3)。河川沿いの家や道路を保護するために、蛇籠や石積みによる護岸工事が一部で認められた。基礎工が不十分なことにより、流水によって護岸工の一部で侵食されている状況が認められた。



Komering 川の低位段丘で見られる河岸侵食
(006)



洪水で破壊された既設擁壁 (Lematang 川)
(027)



侵食による護岸工の沈下と変形
(Lematang 川支川) (022)



護岸工の不十分な基礎
(Lematang 川支川) (024)

注釈: 番号は、写真位置を示している。位置については、図 7.1.7 参照

出典: JICA プロジェクトチーム 2

写真 7.1.3 河岸侵食

(4) 河川水の濁り

現地踏査の目的の 1 つには、河川水の濁りに基づいて、河川ごとのウォッシュロードの違いを知ることがあった。その結果、踏査中にいくつかの河川で濁水の流れが認められた。

Ranau の放流点に位置する Komerling 川の最上流で、最も澄んだ河川水が認められた (写真 7.1.4 A)。一方、Lematang 川の中流では、濁った河川水が認められた (写真 7.1.2 A 及び B)。

Ogan 川、Lematang 川、ムシ川上流の山麓周辺の河川水は概して澄んでいる。濁りは、川が下るにつれて徐々に増加する。図 7.1.7 に、現地調査に基づくムシ川流域の水の色の状態を示す。



A; 澄んだ水; Lomerling 川 (016)



B; 合流点状況; Lematang 川



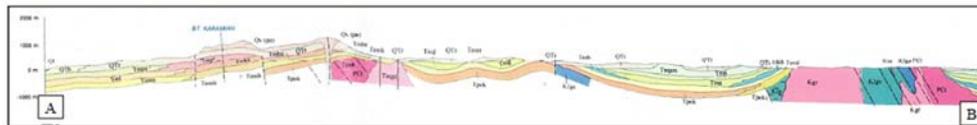
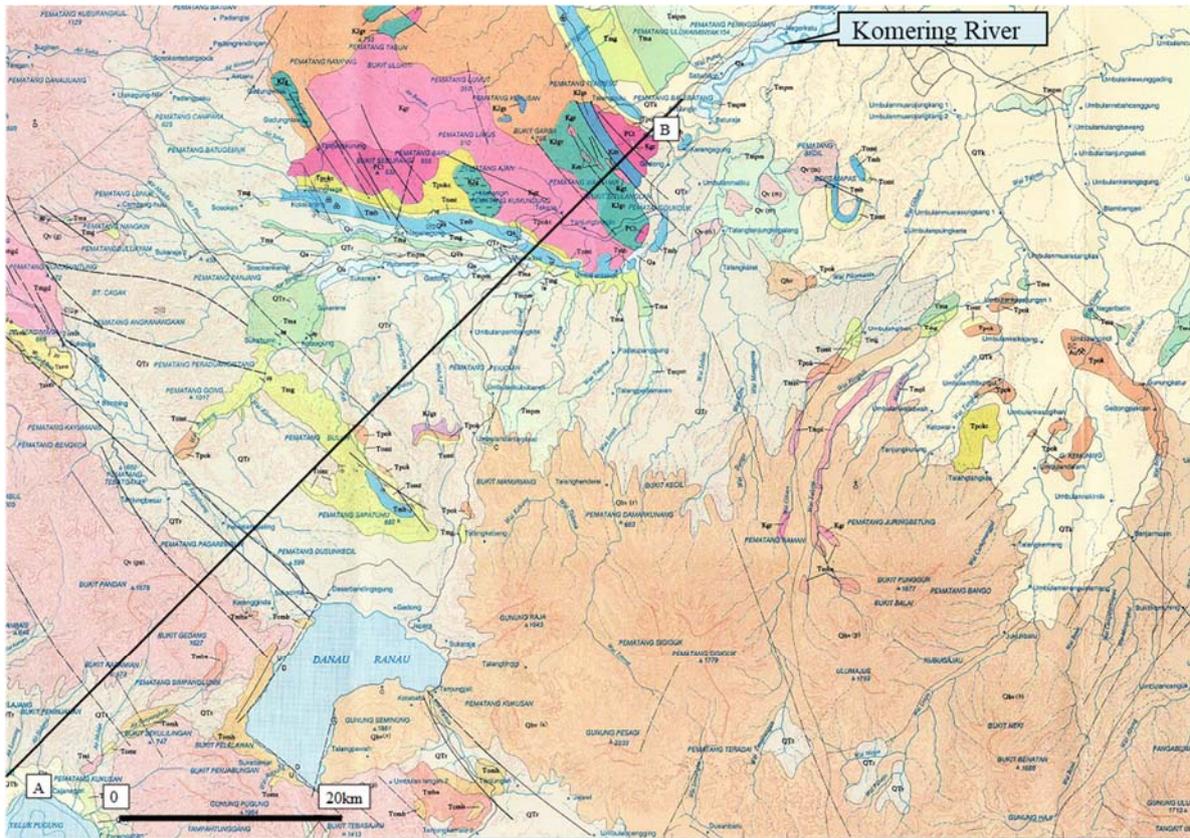
C; 写真 B の左支川 (025); 濁った水
出典: JICA プロジェクトチーム 2



D; 写真 B の右支川 (024)

写真 7.1.4

河川水の濁り



| ENDAPAN PERMUKAAN SURFICIAL DEPOSITS | BATUAN SEDIMEN SEDIMENTARY ROCKS (LAJUR BENGKULU) (BENGKULU ZONE) | BATUAN GUNUNGAPI VOLCANIC ROCKS (LAJUR BARISAN) (BARISAN ZONE) | BATUAN SEDIMEN SEDIMENTARY ROCKS (LAJUR PALEMBANG) (PALEMBANG ZONE) | TEKTONIT TECTONITE | BATUAN TEROBOSAN INTRUSIVE ROCKS | STRATIGRAFI | |
|---|--|---|--|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Qt | Qi | Qbr | Qtk | | | HOLOSEN HOLOCENE | KUARTER QUATERNARY |
| | Qtb | Qtr | | | | PLISTOSEN PLEISTOCENE | |
| | Tmpe | Tmpl | Tmpm | | | PLIOSEN PLIOCENE | MIOSEN MIOCENE |
| | Tml | Tmbe | Tmg | | | Akhir Late | |
| | | | | | | Tengah Middle | PALEOGEN PALEOGENE |

| | | |
|-----|--|--|
| Qtb | FORMASI BINTUNAN PINTUNAN FORMATION | : Konglomerat aneka bahan, batupasir, batulempung, tuf batuapung dengan sisipan lignit dan batulempung bermoluska : Polymict conglomerate, sandstone, claystone, pumiceous tuff with lignite intercalations, claystone contains molluscs |
| Qtk | FORMASI KASAI KASAI FORMATION | : Konglomerat dan batupasir kuarsa, batulempung tuf mengandung kayu terkersikan dengan sisipan tuf batuapung dan lignit : Conglomerate and quartz sandstone, tuffaceous claystone containing silicified wood with pumiceous tuff and lignite intercalations |
| Qtr | FORMASI RANAU RANAU FORMATION | : Tuf nolitan, tuf batuapung, tuf padu dengan sisipan batulempung berkarbon : Rhyolitic tuff, pumiceous tuff, welded tuff with carbonaceous claystone intercalations |

出典: BADAN GEOLOGI

図 7.1.6 Komerung 川周辺の地質

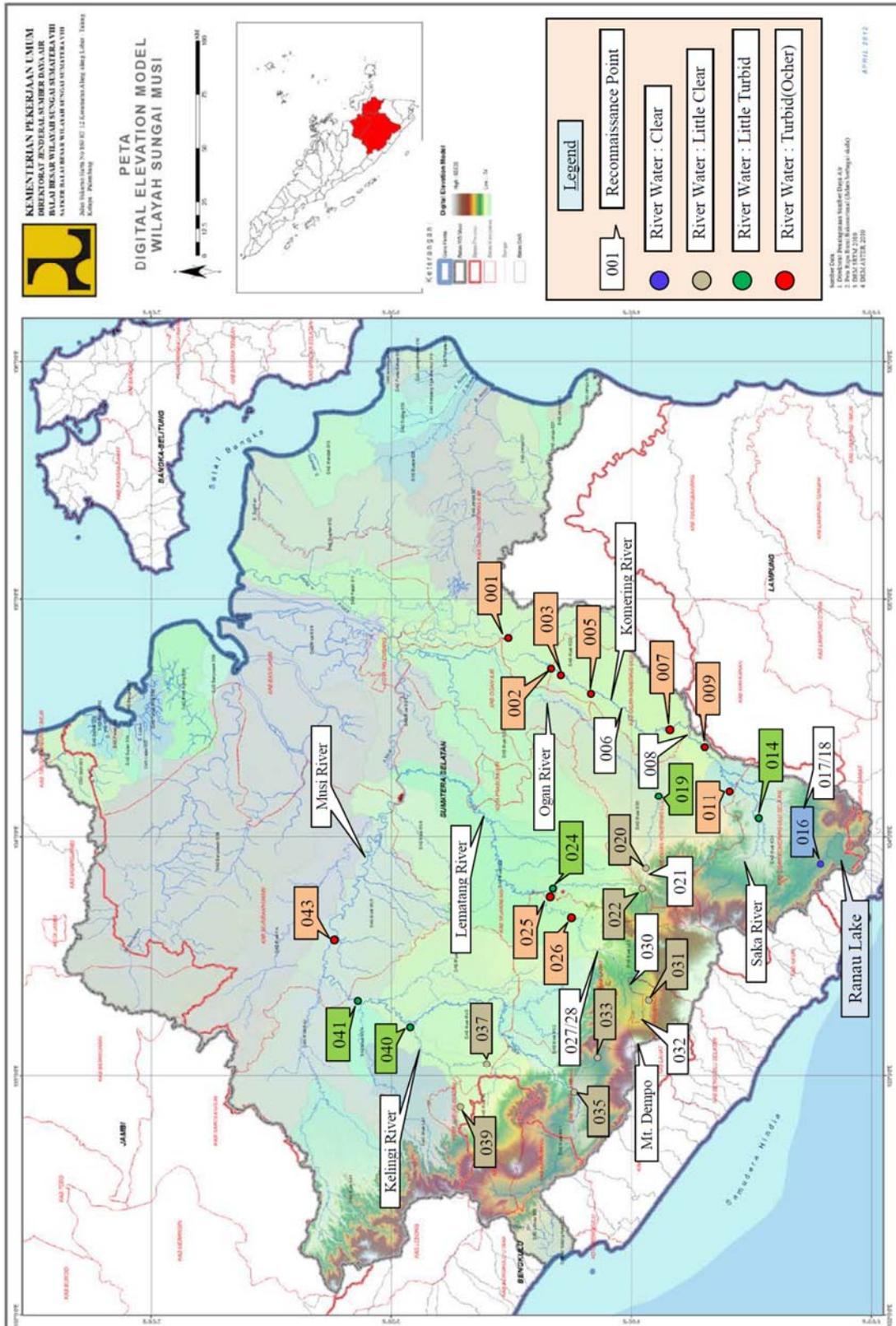


図 7.1.7 ムシ川流域における河川水の色の状況

出典: JICA プロジェクトチーム 2

7.1.5 自然環境

以下は、スマトラ VIII 流域管理事務所 (BBWS Sumatra VIII、以下「BBWS-S8」)、BPDAS (流域管理センター)、BKSDA (天然資源保護機関)、国立公園事務所、Sriwijaya 大学、州環境事務所および NGO から聞き取り調査および提供された資料を基にしてとりまとめたものである。

表 7.1.4 ムシ川流域の自然環境と生活環境の現状

| 項目 | 概要 |
|--------------|---|
| 森林 | 南スマトラ州の森林指定地区は 2016 年現在 3,458 千 ha であるが、そのうち保護林は 578 千 ha (17%)、自然保護区と保護区は併せて 791 千 ha (23%)、限定生産林 (Limited Production Forest) は 214 千 ha (6%)、永久生産林 (Permanent Production Forest) は 1,714 千 ha (50%)、転換生産林 (Convertible Production Forest) は 161 千 (5%) の割合をそれぞれが占めている。限定生産林と転換生産林内における森林伐採は、プランテーション産業が主として実施しており、これらの地区内等における森林機能の喪失は顕著であり、流域管理上の問題要因となっている。 |
| 保護地区 | 流域内の保護地区は、Bukit Barisan Selatan 国立公園、Kerinci Seblat 国立公園 (世界自然遺産)、および Taman 国立公園がある。重要野鳥生息地 (IBA) も 6 地域が指定されている。 |
| 自然環境 | 流域生態系の特徴として、河川上流域の傾斜地の森林、ほとんどの地域が現在は農業利用に転換されている平坦な中流部、沿岸部の観潮域に発達した泥炭地質が特徴的なデルタ地域の泥炭林という、主として 3 つの領域に分類できる。下流の泥炭林やマングローブ林では生物相が濃く、53 種の哺乳類、213 種の鳥類、106 の樹種が存在する。 |
| 泥炭地 | 州内の泥炭地の総面積は 130 万 ha で、その 97% は厚さ 1 メートル未満であり厚い部分でも 2.5m 未満である。そのため農地となっている大部分の泥炭は、乾燥、焼き入れ、攪拌などによりすでに分解されているとみられている。比較的厚い泥炭層は、Musi Banyuasin 県、Muara Enim 県、Ogan Komering Ilir 県に分布する。Sriwijaya 大学が実施した調査では、一部で深さ約 6 メートルの泥炭ドームの存在の報告もあるが、正確な泥炭の分布と層厚についての包括的な調査はなされていないのが現状である。 |
| 温室効果ガス (GHG) | 南スマトラ州の GHG 削減計画 (RAD-GRK SUMSEL) は、2020 年の GHG 排出量 (3.5 Gt CO ₂) の約 94.5% がエネルギー消費によるもの、残り 5.1% が泥炭地からの発生にすると設定している。この排出削減目標を達成するには、森林と泥炭地から発生する CO ₂ を大幅に削減する必要がある (現在はエネルギー部門から 51.8%、森林と泥炭地から 47.1% の CO ₂ が発生)。 |
| 景観 | 流域の主要な景観として、世界自然遺産の熱帯雨林を含む山岳地帯、Dempo 山麓の茶畑、Rantau 湖、Raya 湖、沿岸部の湿地に自生するマングローブ林等が挙げられる。 |
| 水質 | ムシ川、Lematang 川、Ogan 川などの一部の河川で COD、TSS、大腸菌が環境基準を超えている (2006 年調査)。特に乾季には河川流量が減少するため水質が悪化しやすい。 |

出典: JICA プロジェクトチーム 2

7.2 プロジェクト地域の社会状況

7.2.1 行政

ムシ川流域は南スマトラ、ブンクル、ジャンビ、ランプンの4つの州に広がっている。その内南スマトラ州は約60,000km²の96%を占め、一方ブンクル、ジャンビ、ランプンの各州は3.6%、0.4%及び無視できる程の小さい割合をそれぞれ占める。バニユアシン川流域は南スマトラ州とジャンビ州にまたがり、スギハン川流域は全流域南スマトラ州に位置している。

対象3河川流域に関係する県(Kabupaten)及び市(Kota)を表7.2.1に示す。

表 7.2.1 対象流域に関係する県及び市

| 河川流域 | 州 | 県/市 |
|--------------|-------------------|-------------------------------------|
| ムシ | 南スマトラ | Palembang 市 |
| | | Prabumulih 市 |
| | | Pagar Alam 市 |
| | | Lubuk Linggau 市 |
| | | Ogan Komering Ilir (OKI) 県 |
| | | Ogan Ilir 県 |
| | | Ogan Komering Ulu (OKU) Timur 県 |
| | | Ogan Komering Ulu (OKU) 県 |
| | | Ogan Komering Ulu (OKU) Selatan 県 |
| | | Muara Enim 県 |
| | | Penukal Abab Lematang Ilir (PALI) 県 |
| | | Lahat 県 |
| | | Empat Lawang 県 |
| | | Musi Rawas 県 |
| | Musi Rwas Utara 県 | |
| | Banyuasin 県 | |
| | ジャンビ | Muaro Jambi 県 |
| | | Batanghari 県 |
| Sarolangun 県 | | |
| ブンクル | Kepahiang 県 | |
| | Rejang Lebong 県 | |
| ランプン | Lampung Barat 県 | |
| バニユアシン | 南スマトラ | Musi Banyuasin 県 |
| | | Banyuasin 県 |
| | ジャンビ | Muaro Jambi 県 |
| | | Batanghari 県 |
| スギハン | 南スマトラ | Banyuasin 県 |
| | | Ogan Komering Ilir 県 |

出典: JICA プロジェクトチーム 2

7.2.2 人口

州統計局より収集した人口データを表 7.2.2 に整理した。2010 年時点のムシ川流域の人口は概ね 795 万人で、2000 年から 2010 年にかけての年増加率は 1.06%である。

表 7.2.2 ムシ川流域の総人口と人口増加率現況

| 番号 | 県/市*1 | 面積 (km ²) | 人口 | | | 年増加率 (%/年) |
|---------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|
| | | | 2000 | 2005 | 2010 | |
| 1 | Palembang 市 | 381 | 1,451,776 | 1,338,793 | 1,455,284 | 0.02% |
| 2 | Prabumulih市 | 431 | 112,377 | 130,340 | 161,984 | 3.68% |
| 3. | Pagar Alam 市 | 553 | 105,868 | 114,562 | 126,181 | 1.76% |
| 4. | Lubuk Linggau 市 | 354 | 154,584 | 174,452 | 201,308 | 2.65% |
| 5. | Ogan Komering Ilir 県 | 4,383 (17,215) | 591,863 | 656,828 | 727,376 | 2.06% |
| 6. | Ogan Ilir 県 | 2,246 | 334,279 | 356,983 | 380,904 | 1.31% |
| 7. | East Oku 県 | 2,075 (2,634) | 505,928 | 556,010 | 609,982 | 1.87% |
| 8. | Ogan Komering Ulu 県 | 4,281 (4,343) | 198,663 | 255,246 | 324,045 | 4.89% |
| 9. | South Oku 県 | 3,761 (4,539) | 316,129 | 317,277 | 318,428 | 0.07% |
| 10. | Muara Enim 県 | 7,872 | 717,756 | 632,222 | 716,676 | 3.96% |
| 11. | Lahat 県 | 4,759 (7,568) | 670,149 | 545,754 | 368,874 | 3.22% |
| 12. | Empat Lawang 県 | 2,305 (7,568) | 190,591 | 204,639 | 221,176 | 1.41% |
| 13. | Musi Rawas 県 | 11,994 (12,202) | 436,476 | 474,430 | 525,508 | 1.86% |
| 14. | Musi Banyuasin 県 | 13,585 (13,637) | 402,422 | 459,175 | 561,458 | 3.35% |
| 15. | Banyuashin 県 | 8,181 (12,636) | 670,470 | 733,828 | 750,110 | 1.12% |
| 16 | Muaro Jambi 県 | 1,140 (5,509) | 48,421 (233,993) | 57,062 (275,752) | 70,968 (342,952) | 3.90% |
| 17 | Batanghari 県 | 1,139 (5,782) | 37,554 (190,636) | 40,159 (203,862) | 47,541 (241,334) | 2.39% |
| 18 | Sarolangun 県 | 104 (5,892) | 3,144 (178,097) | 3,417 (193,580) | 4,346 (246,245) | 3.29% |
| 19 | Kepahiang 県 | 713 | 105,300 | 114,749 | 124,865 | 1.70% |
| 20. | Rejing Lebong 県 | 1,464 (1,507) | 230,154 (236,914) | 234,910 (241,810) | 239,745 (246,787) | 0.41% |
| 21 | Bengkulu Tengah 県 | 502 (5,618) | 6,387 (71,481) | 7,441 (83,280) | 8,787 (98,333) | 3.01% |
| 22 | Lampung Barat 県 | 219 (5,014) | N/A | N/A | N/A | N/A |
| ムシ川流域合計 | | 72,465 (137,036) | 7,290,290 (7,875,752) | 7,408,278 (8,063,571) | 7,945,546 (8,749,810) | 1.06% |

出典：面積データ；Bappeda，人口データ；統計局

注釈：1) ムシ川流域は、Bengkulu Seratan 県の 0.56ha、Kaur 県の 3ha、Seluma 県の 8ha 及び Lebong 県の 13ha にも広がっているが、ムシ河流域全体に占める割合が極めて小さいため本表からは除いた。

2) ()内の数値は、ムシ川流域外の人口も合わせた県/市としての総人口。

7.2.3 経済

南スマトラ州の 2009 年の地域内総生産(GRDP)は 604 億ルピアであり、人口一人当たりでは約 8 百万ルピアである。セクター別の地域総生産を表 7.2.3 に示すが、南スマトラ州の経済は鉱業、農業、製造業の主要 3 セクターに大きく依っていること分かる。鉱業、農業、製造業のセクターが GRDP に占める割合はそれぞれ 23%、20% 及び 17% である。

南スマトラ州は化石燃料資源が豊富であり、約 24,179.98 BSCF (Billions of Standard Cubic Feet)の天然ガス資源がある。またそれはインドネシア国の天然ガスの全資源量の約 13.01 %を占めている。その他に同州は石炭の埋蔵量も豊富であり、全国 22,240.47 百万トンの埋蔵量の内、約 38.44 %を占めている。さらに石油の全国の埋蔵量の、約 8.78 %、すなわち 757.60 MMSTB (Million Stock Tank Barrels)を有している。

一方で南スマトラ州は食物庫とも見なされている。農業は、穀物農業、園芸農業、プランテーション、畜産及び養殖に分類される。米は同州において最も重要な穀物であり、Musi Banyuasin、OKU 及び OKI の各県が主要生産県となっている。他の農業生産物としては、トウモロコシ、キャッサバ、サツマイモ、ピーナッツ、大豆がある。ゴム、オイルパーム、コーヒー等がプランテーションの主要作物となっている。

工業生産物としては、ガス関係製品、食品、飲料、肥料、化学製品等がある。

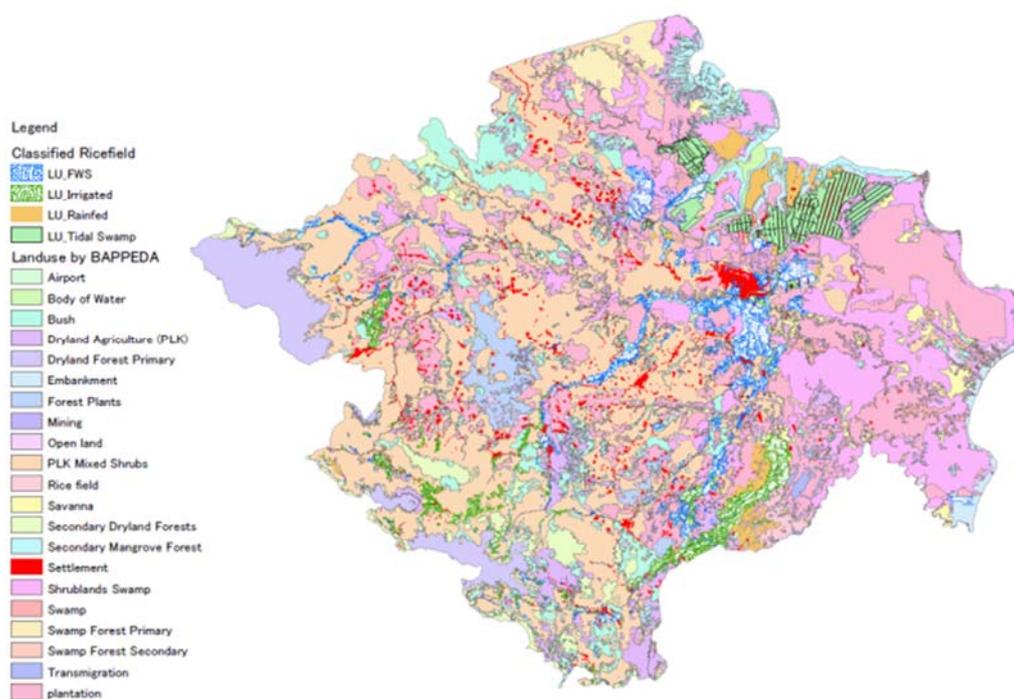
表 7.2.3 南スマトラ州のセクター別地域総生産 (GRDP)

| セクター | 年 | | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| 農業 | 9,805,678 | 10,437,334 | 11,113,699 | 11,567,788 | 11,927,064 |
| 鉱業 | 13,330,108 | 13,377,903 | 13,411,653 | 13,616,652 | 13,836,934 |
| 製造業 | 8,807,199 | 9,273,621 | 9,801,805 | 10,136,764 | 10,347,071 |
| 電気、ガス、上水 | 231,369 | 248,673 | 267,073 | 281,069 | 295,377 |
| 建築 | 3,585,898 | 3,845,876 | 4,157,657 | 4,412,936 | 4,737,050 |
| 貿易、ホテル、レストラン | 6,429,518 | 6,939,621 | 7,567,159 | 8,086,906 | 8,340,138 |
| 運輸・通信 | 2,005,038 | 2,216,756 | 2,534,185 | 2,886,983 | 3,284,286 |
| ファイナンス、レンタル、企業向けサービス | 1,859,817 | 2,013,374 | 2,197,304 | 2,386,939 | 2,550,333 |
| サービス | 3,578,911 | 3,861,690 | 4,211,579 | 4,689,418 | 5,128,293 |
| 合計 | 49,633,536 | 52,214,848 | 55,262,114 | 58,065,455 | 60,446,546 |

出典: POLA 2013

7.2.4 土地利用

JICA プロジェクトチーム 1 (以下「チーム 1」) および 2 (以下「チーム 2」) は、南スマトラ州政府 BAPPEDA が 2010 年に作成した土地利用図の水田を灌漑水田、内陸湿地水田、感潮湿地水田に類別した図 7.2.1 に示す土地利用図を共同で作成した。



出典: JICA プロジェクトチーム 1 およびチーム 2

図 7.2.1 ムシ川流域の現況土地利用図

中央統計庁、農業省及び南スマトラ統計局により公式に確定された県・市別土地利用類型主要面積を表 7.2.4 に示す。また、森林面積の詳細区分面積を表 7.2.5 に示す。

表 7.2.4 2015 年の県・市別土地利用主要類型面積

| 県 / 市 | 水田 (ha) | 畑地 (ha) | 焼畑耕地 (ha) | 永年作物 植栽地 (ha) | 休耕地 (ha) | 森林 (ha) |
|------------------------|------------|------------|--------------|---------------------|-------------|------------|
| 1. Palembang 市 | 6,189 | 1,839 | 653 | 522 | 3,164 | 50 |
| 2. Prabumulih 市 | 700 | 3,745 | 960 | 11,197 | 864 | 2,138 |
| 3. Pagar Alam 市 | 3,440 | 2,045 | 438 | 12,546 | 874 | 52,188 |
| 4. Lubuk Linggau 市 | 1,894 | 2,165 | 2,116 | 11,620 | 548 | 8,777 |
| 5. OKI 県 | 185,998 | 86,021 | 34,442 | 270,742 | 104,785 | 872,210 |
| 6. Ogan Ilir 県 | 67,627 | 15,384 | 3,605 | 42,682 | 25,060 | 100 |
| 7. OKU Timur 県 | 85,620 | 27,279 | 7,681 | 103,359 | 5,399 | 19,486 |
| 8. OKU 県 | 8,872 | 26,945 | 17,076 | 117,509 | 29,787 | 228,872 |
| 9. OKU Selatan 県 | 18,040 | 35,631 | 21,556 | 82,562 | 22,074 | 339,230 |
| 10. Muara Enim 県 | 27,017 | 30,676 | 23,449 | 224,329 | 34,425 | 346,115 |
| 11. PALI 県 | 6,579 | 11,204 | 4,714 | 55,476 | 6,720 | 23,887 |
| 12. Lahat 県 | 17,525 | 20,538 | 4,507 | 151,408 | 56,111 | 186,134 |
| 13. Empat Lawang 県 | 14,091 | 9,942 | 13,867 | 69,355 | 3,517 | 81,993 |
| 14. Musi Rawas 県 | 30,451 | 29,785 | 14,916 | 232,516 | 46,777 | 333,955 |
| 15. Musi Rawas Utara 県 | 7,131 | 21,018 | 13,775 | 125,468 | 64,546 | 356,450 |
| 16. Musi Banyuasin 県 | 66,810 | 29,739 | 29,524 | 395,099 | 95,264 | 689,264 |
| 17. Banyuasin 県 | 226,518 | 23,287 | 9,823 | 248,287 | 30,525 | 545,769 |
| 南スマトラ州合計 | 774,502 | 377,243 | 203,102 | 2,154,677 | 530,440 | 4,086,618 |

出典: Statistik Indonesia 2017, Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017, Sumatera Selatan Dalam Angka 2017

表 7.2.5 2015年の南スマトラ州森林面積内訳

| 県 / 市 | | 保全林 (ha) | 自然保護林 (ha) | 限定生産林 (ha) | 生産林 (ha) | 転用可能 生産林 (ha) | 合計 (ha) |
|----------|--------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|---------------------|------------|
| 1. | Palembang 市 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| 2. | Prabumulih 市 | 0 | 0 | 1,069 | 0 | 1,069 | 2,138 |
| 3. | Pagar Alam 市 | 26,094 | 0 | 0 | 0 | 26,094 | 52,188 |
| 4. | Lubuk Linggau 市 | 1,216 | 4,153 | 1,096 | 0 | 2,312 | 8,777 |
| 5. | OKI 県 | 96,506 | 15,291 | 10,035 | 643,838 | 106,540 | 872,210 |
| 6. | Ogan Ilir 県 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 7. | OKU Timur 県 | 5 | 0 | 0 | 19,476 | 5 | 19,486 |
| 8. | OKU 県 | 68,309 | 0 | 18,647 | 54,959 | 86,957 | 228,872 |
| 9. | OKU Selatan 県 | 127,967 | 44,988 | 10,232 | 17,845 | 138,199 | 339,231 |
| 10. | Muara Enim 県 | 61,943 | 8,863 | 25,498 | 162,370 | 87,441 | 346,115 |
| 11. | PALI 県 | 0 | 0 | 0 | 23,887 | 0 | 23,887 |
| 12. | Lahat 県 | 48,312 | 52,261 | 4,351 | 28,547 | 52,663 | 186,134 |
| 13. | Empat Lawang 県 | 884 | 3,759 | 4,555 | 3,269 | 69,526 | 81,993 |
| 14. | Musi Rawas 県 | 64,971 | 75,352 | 7,386 | 177,976 | 8,270 | 333,955 |
| 15. | Musi Rawas Utara 県 | 189 | 172,779 | 36,753 | 109,786 | 36,942 | 356,449 |
| 16. | Musi Banyuasin 県 | 16,301 | 67,552 | 94,282 | 400,546 | 110,583 | 689,264 |
| 17. | Banyuasin 県 | 64,630 | 345,577 | 0 | 70,932 | 64,630 | 545,769 |
| 南スマトラ州合計 | | 577,327 | 790,625 | 213,904 | 1,713,531 | 791,231 | 4,086,618 |

出典: Sumatera Selatan Dalam Angka 2017

7.2.5 農業

南スマトラ州の戦略作物はゴム、椰子、オイルパーム（油椰子）、コーヒーなどの永年作物で、コメに代表される単年作物がこれに次いでいる。南スマトラ州におけるこれら 4 種類の主要永年作物の植栽面積及び生産量を表 7.2.6 に示す。ゴム栽培では、小規模農家が公営・民営農園を卓越している。これとは逆に、オイルパーム栽培では、民営農園が主流で、小規模農家や公営農園の占める割合は小さい。また、椰子とコーヒーは全て小規模農家により栽培されている。

表 7.2.6 2015年の南スマトラ州主要永年作物植栽面積及び生産量

| 県 / 市 | ゴム | | 椰子 | | オイルパーム | | コーヒー | | |
|-------|-----------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|--------|
| | 面積 (ha) | 生産量 (ton) | 面積 (ha) | 生産量 (ton) | 面積 (ha) | 生産量 (ton) | 面積 (ha) | 生産量 (ton) | |
| 1. | Palembang 市 | 364 | 496 | 31 | 15 | 127 | 211 | 0 | 0 |
| 2. | Prabumulih 市 | 10,267 | 9,684 | 76 | 36 | 854 | 2,703 | 0 | 0 |
| 3. | Pagar Alam 市 | 936 | 231 | 39 | 3 | 0 | 0 | 8,384 | 3,770 |
| 4. | Lubuk Linggau 市 | 9,631 | 2,052 | 221 | 149 | 235 | 96 | 1,463 | 277 |
| 5. | OKI 県 | 108,584 | 156,558 | 3,323 | 2,903 | 157,620 | 540,328 | 996 | 636 |
| 6. | Ogan Ilir 県 | 21,939 | 18,119 | 484 | 264 | 10,529 | 32,361 | 0 | 0 |
| 7. | OKU Timur 県 | 47,330 | 31,024 | 3,359 | 3,245 | 34,669 | 102,954 | 2,318 | 2,151 |
| 8. | OKU 県 | 49,207 | 53,402 | 1,119 | 194 | 44,616 | 148,752 | 21,964 | 15,992 |
| 9. | OKU Selatan 県 | 3,461 | 4,296 | 1,179 | 1,218 | 389 | 136 | 70,799 | 33,491 |
| 10. | Muara Enim 県 | 102,600 | 145,037 | 1,258 | 1,144 | 95,759 | 282,491 | 23,450 | 25,147 |
| 11. | PALI 県 | 46,269 | 66,643 | 332 | 301 | 8,875 | 7,785 | 0 | 0 |
| 12. | Lahat 県 | 38,621 | 39,875 | 554 | 320 | 55,167 | 187,322 | 51,837 | 21,175 |
| 13. | Empat Lawang 県 | 2,713 | 1,383 | 748 | 628 | 345 | 135 | 61,978 | 5,251 |

| 県 / 市 | ゴム | | 椰子 | | オイルパーム | | コーヒー | |
|------------------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| | 面積 (ha) | 生産量 (ton) | 面積 (ha) | 生産量 (ton) | 面積 (ha) | 生産量 (ton) | 面積 (ha) | 生産量 (ton) |
| 14. Musi Rawas 県 | 97,378 | 114,433 | 1,936 | 1,933 | 129,597 | 428,686 | 3,477 | 1,889 |
| 15. Musi Rawas Utara 県 | 102,654 | 110,223 | 507 | 360 | 22,041 | 55,212 | 207 | 182 |
| 16. Musi Banyuasin 県 | 133,283 | 105,659 | 4,951 | 5,002 | 256,835 | 751,200 | 6 | 3 |
| 17. Banyuasin 県 | 63,512 | 84,847 | 47,285 | 44,269 | 134,424 | 281,567 | 2,632 | 388 |
| 南スマトラ州合計 | 838,749 | 943,962 | 67,402 | 61,984 | 952,082 | 2,821,939 | 249,511 | 110,352 |

出典: Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017

南スマトラで特筆されるのは、水稻栽培地域のほぼ半分が感潮湿地と内陸淡水湿地に分布し、灌漑栽培が行われている水田面積は 15.2%に過ぎないことである。南スマトラ州内の県・市別水田面積、水稻年間収穫面積、作付け率、単位収量及び年間収穫量を表 7.2.7、南スマトラ州のコメ栽培環境を表 7.2.8 にそれぞれ示す。

表 7.2.7 2015 年の南スマトラ州県・市別水田面積・収穫面積・コメ生産諸元

| 県 / 市 | 水田面積 | | | 年間収穫 面積 (ha) | 作付け 率 (%) | 単位 収量 (ton/ha) | 年間 収穫量 (ton) |
|------------------------|-------------|-------------|------------|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------|
| | 灌漑田 (ha) | 天水田 (ha) | 合計 (ha) | | | | |
| 1. Palembang 市 | 0 | 6,189 | 6,189 | 5,814 | 93.9 | 4.46 | 25,912 |
| 2. Prabumulih 市 | 0 | 700 | 700 | 511 | 73.0 | 2.88 | 1,472 |
| 3. Pagar Alam 市 | 3,440 | 0 | 3,440 | 8,694 | 252.7 | 4.95 | 43,040 |
| 4. Lubuk Linggau 市 | 1,637 | 257 | 1,894 | 5,482 | 289.4 | 4.60 | 25,208 |
| 5. OKI 県 | 650 | 185,348 | 185,998 | 132,641 | 71.3 | 4.62 | 612,706 |
| 6. Ogan Ilir 県 | 0 | 67,627 | 67,627 | 45,253 | 66.9 | 3.83 | 173,244 |
| 7. OKU Timur 県 | 43,506 | 42,114 | 85,620 | 141,729 | 165.5 | 6.08 | 861,235 |
| 8. OKU 県 | 3,244 | 5,628 | 8,872 | 7,196 | 81.1 | 4.83 | 34,744 |
| 9. OKU Selatan 県 | 16,099 | 1,941 | 18,040 | 39,602 | 219.5 | 5.00 | 197,973 |
| 10. Muara Enim 県 | 6,395 | 20,622 | 27,017 | 26,138 | 96.7 | 4.51 | 117,997 |
| 11. PALI 県 | 0 | 6,579 | 6,579 | 5,629 | 85.6 | 3.65 | 20,551 |
| 12. Lahat 県 | 15,845 | 1,680 | 17,525 | 30,207 | 172.4 | 4.98 | 150,312 |
| 13. Empat Lawang 県 | 13,105 | 986 | 14,091 | 28,883 | 205.0 | 4.28 | 123,746 |
| 14. Musi Rawas 県 | 13,421 | 17,030 | 30,451 | 42,706 | 140.2 | 5.84 | 249,603 |
| 15. Musi Rawas Utara 県 | 415 | 6,716 | 7,131 | 2,950 | 41.4 | 3.97 | 11,700 |
| 16. Musi Banyuasin 県 | 0 | 66,810 | 66,810 | 45,197 | 67.7 | 4.98 | 225,249 |
| 17. Banyuasin 県 | 0 | 226,518 | 226,518 | 253,034 | 111.7 | 4.87 | 1,231,803 |
| 南スマトラ州合計 | 117,757 | 656,745 | 774,502 | 821,666 | 106.1 | 5.00 | 4,106,495 |

出典: Sumatera Selatan Dalam Angka 2017

表 7.2.8 南スマトラ州の水稻栽培環境の特徴

| 項目 | 灌漑田 | 天水田 | 感潮湿地排水田 | 内陸湿地水稻栽培地 |
|------|----------------------|-------------------------|------------------|------------------------|
| 圃場位置 | 固定. | | | 内陸湿地の湛水深に応じた栽培地移動 |
| 圃場形態 | 圃場を区切る人工の畔で田面水深を調節 | | | 圃場形態無し |
| 水源 | 水源河川自流 | 雨水 | 雨水/排水路からの淡水ポンプ揚水 | 内陸湿地湛水 |
| 面積比率 | 13.7% | 13.2% | 29.9% | 43.2% |
| 栽培時期 | 雨季作・乾季作とも代掻き・田植え時期固定 | 雨季作の代掻き・田植え時期は降雨開始時期に連動 | | 苗代で別途育成した苗を乾季湛水深低下語に移植 |
| 公共支援 | 政令により指定された | 制度的支援無し。一 | | 政令により指定され対象外 |

| 項目 | 灌漑田 | 天水田 | 感潮湿地排水田 | 内陸湿地水稻栽培地 |
|----------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------|
| (施設) | 主管組織が担当表流水灌漑地区の維持管理を担当 | 定規模の面積を有する地区では新規灌漑事業候補地への採択可能性有り | た主管組織が担当感潮湿地排水地区の維持管理を担当 | |
| 公共支援 (農業普及) | 水稻二期作・乾季裏作、水稻二期作、水稻・裏作二毛作に水稻高収量品種栽培奨励 | 水稻雨季作に高収量品種栽培推奨 | 長稈耐塩性品種栽培助言 | 長稈品種栽培助言 |

出典: JICA プロジェクトチーム 2

7.2.6 社会環境

州の月最低賃金は 2,388 千ルピア (IDR) とされているものの、非正規従業員の平均月収は、2017 年の統計によれば 1,501 千ルピアと法定収入よりもかなり少ない。2017 年 9 月現在、州の貧困者の割合は 13.1% であり、全国平均 (10.12%) よりも高い。都市部の貧困層の割合は 12.36% であるのに対し、農村部では 13.54% とやや高い。

州内の飲料水の供給源は大きなものから井戸 (34.77%)、市販ボトル (19.75%)、水道水 (16.65%) の順となっている (2017 年統計)。

災害による全壊および半壊した家屋数は、2017 年に 196 軒、2016 年に 114 軒であり、水害が頻発している他州と比較すると少ない部類に入る。

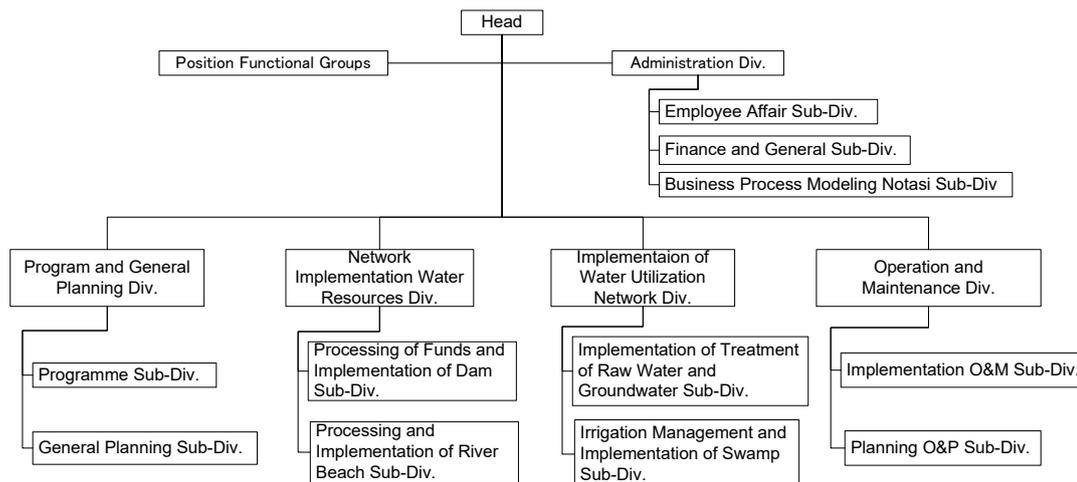
7.3 水セクターの現状

7.3.1 河川流域管理

(1) 管理組織

ムシ川、スギハン川及びバニユアシン川の 3 つの大河川流域とインド洋に流れ落ちる Lemau 川の小流域の組み合わせである MSBL (Musi-Sugihan-Banyuasin-Lemau) 流域が 2012 年大統領令 No. 12 により確立された。この州界を超えた大河川流域は BBWS-S8 によって、中央政府管轄の下で管理されている。

BBWS-S8 には、水資源の管理、水資源の開発、水資源の開発、水資源の利用、および河川流域の洪水制御のための計画、建設、運用、保守を含む水資源の管理を実施するタスクがある。図 7.3.1 に示すように、5 つの部門と機能グループで構成され、約 500 人のスタッフがいる。



出典: BBWS S8

図 7.3.1 BBWS-S8 の組織図

2013 年 4 月、MSBL 川流域の水資源管理調整チーム (TKPSDA) が設立され、合計 88 人のメンバー (Bappeda, Dinas PU, Dinas Pertanian 等の政府機関から 44 人、NGO サイドから 44 人) が水資源の管理に関するすべての利害関係者の要望に対応している。TKPSDA は Palembang に拠点を置き、表 7.3.1 に示す 6 つの職務と 3 つの機能を備え、公共事業国民住宅大臣に対し責任を負う。

表 7.3.1 TKPSDA の 6 つの義務と 3 つの機能

| 義務/機能 | 内容 |
|--------|---|
| 6 つの義務 | 1. 水資源管理のパターン、POLA (戦略計画) および RENCANA (実施計画) に関する議論 2. 河川流域の天然資源管理のためのプログラム設計と行動計画案に関する議論 3. あらゆる水源からの水の配分計画案に関する議論 4. 統合情報管理のための水文、水文気象、水文地質情報システムに関する議論 5. 河川流域での天然資源管理のパフォーマンスを最適化するための、人的資源利用、財政的、制度的ツールの草案に関する議論 6. 大臣の検討のため河川流域における天然資源管理計画の提案 |
| 3 つの機能 | 1. 水資源管理の統合に関する関係者との協議 2. セクターおよび地域と水資源管理における利害関係者の間の利益の統合と調整 3. 水資源管理活動の計画とプログラムの実施の監視と評価 |

出典: BBWS-S8

(2) 気象水文観測

1) 観測データ

気象データ (気温、日照時間、風速、湿度、蒸発量等) は、運輸省下の気候気象地球物理庁 (BMKG) によって観測されている。気候気象地球物理庁は南スマトラ州内で 2 つの気象観測所 (SMB II Station 及び Kenten II Station) と 120 の雨量観測所を管理している。

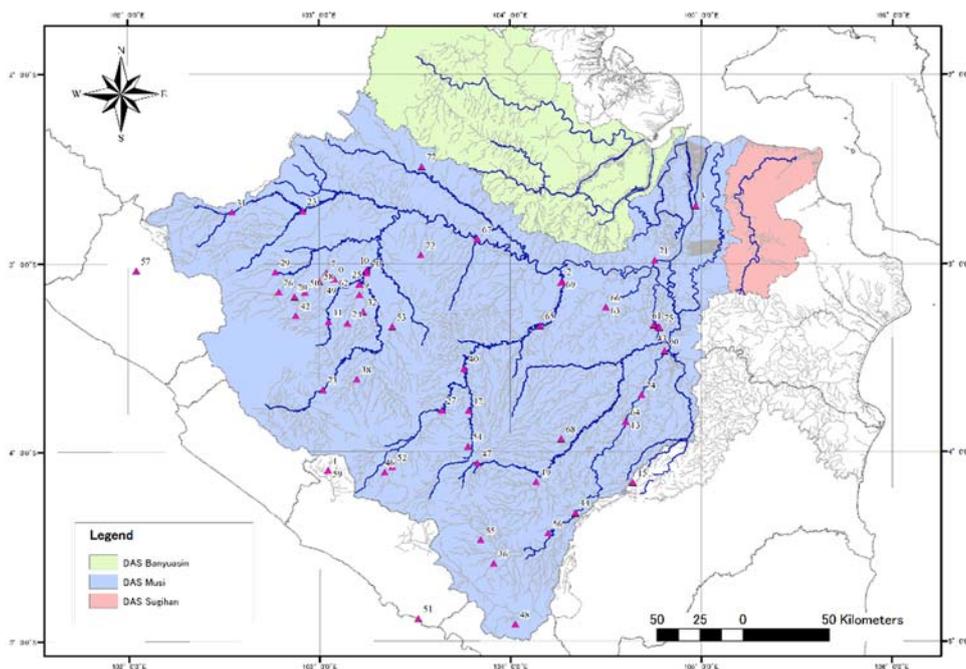
BBWS-S8 と南スマトラ州水資源局 (ムシ川流域管理事務所、スギハン川流域管理事務所) もそれぞれ水文観測 (雨量、水位、流量) をムシ川流域において実施している。また、水資源研究センター (PUSAIR) は水文観測を行っていないものの、観測データを収集・整理し、年毎にデータブックを作成、公表している。

インドネシア港湾公社 II (PELINDO II) はムシ川最下流付近に 5 つの潮位観測所を管理している。

気象・水文・潮位データは、BMKG、BBWS-S8、南スマトラ州水資源局、JICA 報告書 (インドネシア国ムシ川流域総合水管理計画調査最終報告書、2003 年)、水資源研究センター、インドネシア港湾公社 II、JICA プロジェクトチーム 1 (気候変動影響評価および流出解析担当チーム) より収集した。収集した雨量データ一覧表を表 7.3.2 に、雨量観測所位置図を図 7.3.2 に示す。また、収集した水位データ一覧表を表 7.3.3 に、水位観測所位置図を図 7.3.3 に、収集した潮位データ一覧表を表 7.3.4 に、潮位観測所位置図を図 7.3.4 に示す。

雨量・水位・潮位データ一覧表に示すように、収集した観測データには非常に多くの欠測があり、特に水位・流量データの利用可能な観測データが限られている。水位・流量観測所で 15 年以上継続的に観測している観測所はない。

収集した気象水文データは、チーム 1 による流出解析モデルの検証およびチーム 2 の氾濫解析モデルの検証に用いられる。モデルの検証の前に、収集した気象水文データ (特に水位・流量データ) の妥当性確認をチーム 2 が行った。その結果、次節に示すように収集した水位・流量データはデータの質が悪く、データの使用にあたっては特に注意を要することが判明した。



注釈：観測所番号は表 2.5.3 と同じ
 出典：JICA プロジェクトチーム 2

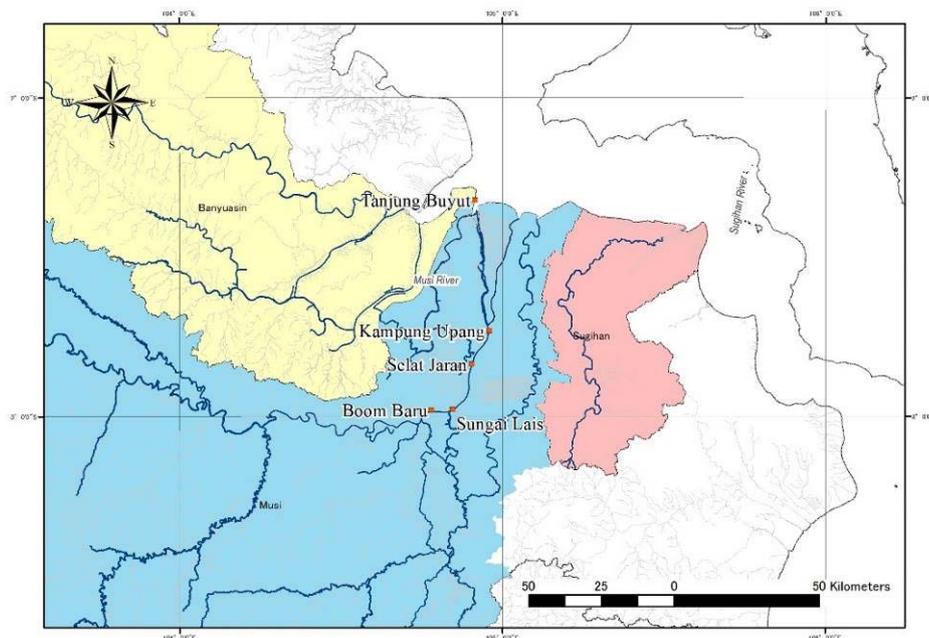
図 7.3.3 水位観測所位置図

表 7.3.4 収集潮位データ一覧表

| No | 観測所名 | 97 | 98 | 99 | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | Boom Baru | 2 | 11 | 5 | 6 | 9 | 9 | 9 | 10 | ● | 10 | ● | 8 | 7 | | 7 | 6 | |
| 2 | Sungai Lais | 8 | 9 | 10 | 10 | ● | 11 | ● | 11 | ● | | ● | 10 | 0 | | | | |
| 3 | Selat Jaran | 6 | 7 | | | 9 | 11 | 10 | 11 | 10 | | ● | 11 | 10 | | 10 | 10 | 5 |
| 4 | Kampung Upang | 4 | 7 | 9 | 7 | 11 | 10 | ● | 11 | ● | ● | ● | 11 | ● | | 6 | 1 | 2 |
| 5 | Tanjung Buyut | 6 | 6 | 10 | 8 | ● | 9 | ● | 11 | ● | | ● | 10 | 10 | | 10 | 8 | 2 |

注釈：データの利用可否："●"は年間通じて利用可能、数字は利用可能な月数を示す。

出典：JICA プロジェクトチーム 2



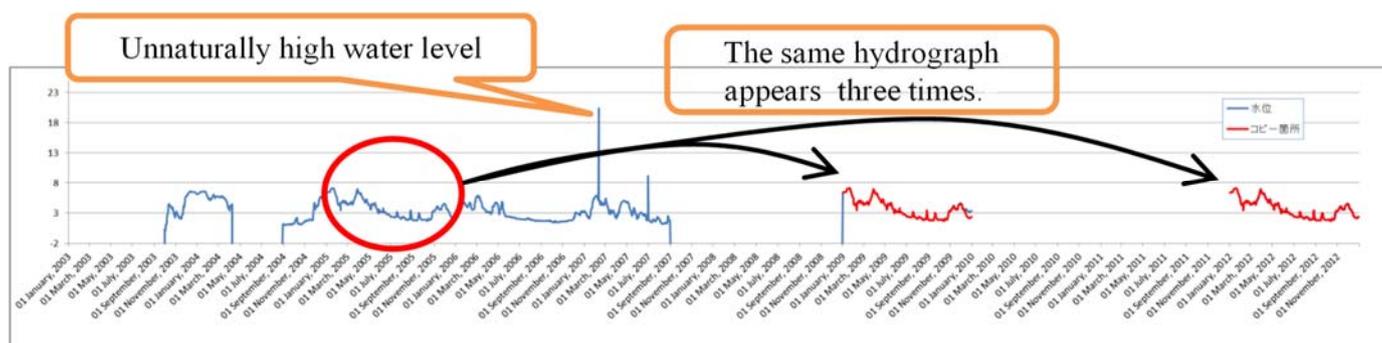
出典： JICA プロジェクトチーム 2

図 7.3.4 潮位観測所位置図

2) データの質

水位観測データの例として、No.2 S. Lematang S. Rotan 観測所の水位データを図 7.3.5 に示す。2005 年、2009 年および 2012 年に同じ波形が認められることから、恐らく 2005 年の観測データを 2009 年と 2012 年にコピーしたものと推察される。また、不自然に高い水位も見られることから、観測エラーも含まれている。

このような観測データのコピーはこの観測所に限らず、ほとんど全ての観測所において認められた。



出典： JICA プロジェクトチーム 2

図 7.3.5 水位観測データの例 (No.2 S. Lematang S. Rotan 観測所)

さらに収集した流量データについて、流出率（雨量に対する流出量の比）による検証を行った。流出率は一般的に 0.4 から 0.7 の範囲であり、理論的には 1 を超えないものである。各観測所上流域の流域平均雨量の推定には、チーム 1 が作成したグリッド雨量データを用い、利用可能なデータ数の多い流量観測所を対象に推定した流出率を表 7.3.5 に示す。流出率を整理した結果、5 観測所において流出率が 1 を超えることが判明した。た

だし、水位流量曲線の作成に用いられた流量観測データは失われており、このような高い流出率を示した原因を追うことは困難である。

表 7.3.5 流出率推定結果 (利用可能なデータ数の多い流量観測所を対象)

| 観測所 | 年平均流出量 1985-2012 (mm) | 年平均雨量 1985-2012 (mm) | 年平均流出率 1985-2012 | 年平均流出量 2005-2012 (mm) | 年平均雨量 2005-2012 (mm) | 年平均流出率 2005-2012 |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|
| 02 Lematang Rotan | 1,715 | 2,606 | 0.69 | 1,350 | 3,003 | 0.44 |
| 11 Beliti Rantau Ringin | 1,985 | 2,424 | 0.96 | 2,091 | 1,996 | 1.08 |
| 13 Komerling Campaka | 1,328 | 2,047 | 0.62 | 1,328 | 2,125 | 0.62 |
| 15 Belitang Tirtonadi | 3,203 | 2,131 | 1.56 | 4,298 | 2,441 | 1.99 |
| 19 Lengkayap Bt Putih | 4,800 | 1,730 | 2.54 | 4,800 | 2,145 | 2.54 |
| 27 Lematang Lebakbudi | 1,469 | 2,600 | 0.49 | 1,840 | 2,529 | 0.55 |
| 36 Selabung Kt Agung | 675 | 2,156 | 0.35 | 526 | 2,010 | 0.27 |
| 40 Lematang Pinang Belarik | 1,814 | 1,910 | 1.01 | 1,749 | 2,133 | 0.56 |
| 43 Ogan Raja | 1,481 | 2,020 | 0.91 | No Data | 2,412 | N/a |
| 66 Kayu Agung | 2,467 | 2,411 | 1.03 | 2,467 | 2,625 | 1.03 |
| 67 Sekayu | 448 | 2,401 | 0.22 | No Data | 2,162 | N/a |
| 10 Musi Mambang | 1,761 | 2,526 | 0.65 | No Data | 2,068 | N/a |
| 23 Rawas Muara Rupit | 2,337 | 2,166 | 1.04 | No Data | 1,938 | N/a |
| 平均 | 1,960 | 2,241 | 0.93 | 2,272 | 2,276 | 1.01 |

出典：JICA プロジェクトチーム 2

以上のデータ検証により、表 7.3.6 に示す 5 観測所について、限定的ではあるが、モデル検証のために利用可能なデータの量と質を備えていると判断した。ただし、これらのデータについても使用にあたっては注意を要する。

表 7.3.6 限定的に利用可能な流量観測データ

| 観測所 | データソース | データ期間 | 使用に当たっての留意事項 |
|-----------------------|--------|---|---|
| 02_Lematang Rotan | PSDA | 2003~2007/2009/2012 | 2005, 2009 及び 2012 年に同じデータがある。この重複データを避けるべきである。 |
| 13_Komerling_Campaka | PUSAIR | 2004/2008~2009 | 2005 及び 2009 年に同じデータがある。この重複データを避けるべきである。 |
| 27_Lematang_Lebakbudi | PUSAIR | 1985/1992~1996/1998~1999/2004/2006~2009 | 2009 及び 2012 年に同じデータがある。この重複データを避けるべきである。 |
| 36_Selabung_Kt_Agung | PSDA | 2003~2012 | |
| 10_Musi_Mambang | PUSAIR | 1973~1985/1990~1994/1999 | 1973~1984 年のデータについて流出率のチェックを行うべきである。 |

出典：JICA プロジェクトチーム 2

(3) 既存河川施設

1) 堰、ダム、発電所

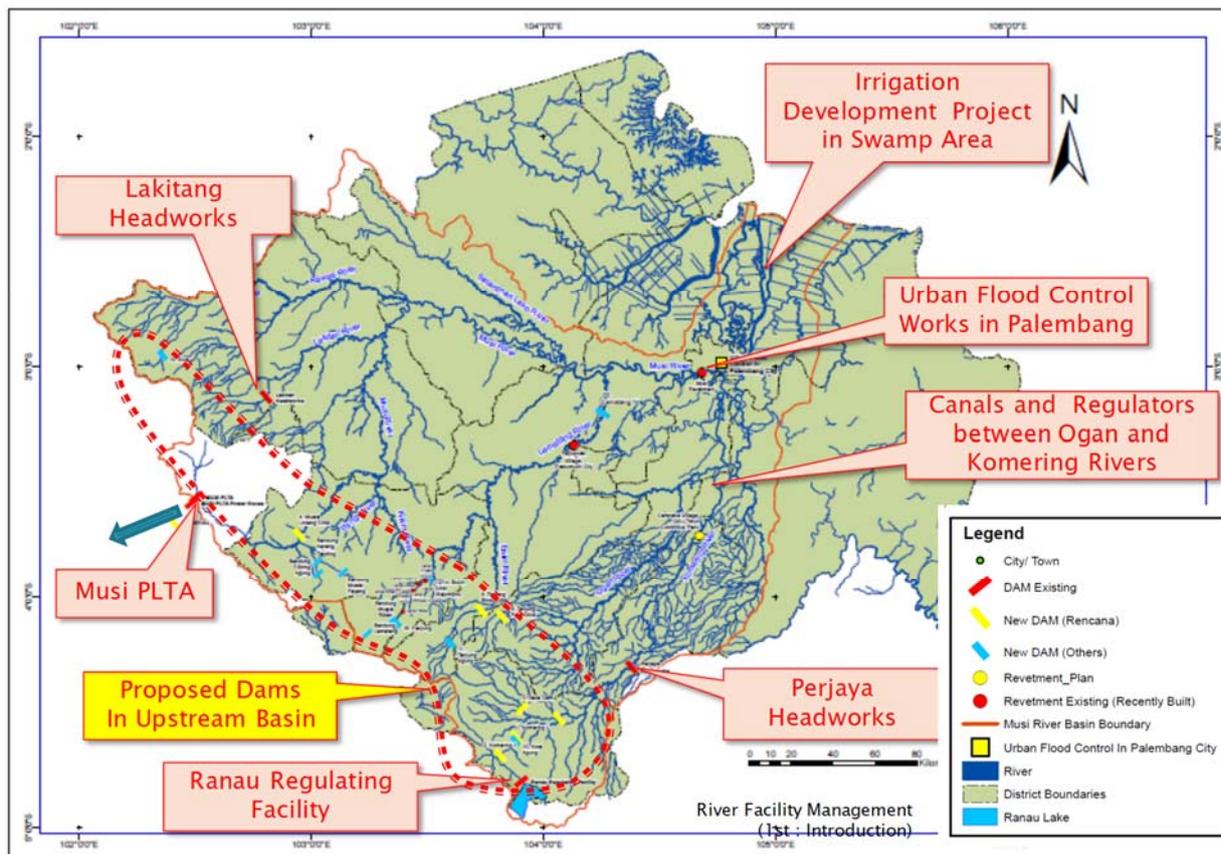
ムシ川流域における河川施設の情報収集として、既存の河川施設の基礎情報と運用管理の基礎情報を調査するため、現地視察、資料収集を行うと共に、関係者への聞き取り調査を実施した。主要な既存ダム、頭首工、発電所の基本諸元を表 7.3.7 および 図 7.3.6 に一覧表・図として整理した。

既存の河川施設管理の視点から、水利用に際し考えるべき主要な点は、i)ムシ水力発電所の流域外転流スキーム、ii) Ranau 湖から Komerling 灌漑システムへの給水システム、iii) Komerling 川と Ogan 川の間を連結しているレギュレーターと水路の運用である。

表 7.3.7 ムシ川流域における主要頭首工、ダム、水力発電施設

| 河川施設 | 技術特性 | 建設年 |
|---|--|------|
| (1) 頭首工 | | |
| Perjaya 頭首工 | エンドシル高=2-3m、堰長=215.5m、可動堰、洪水吐きゲート7門、スルースゲート3門、59,148ha | 1996 |
| Lakintang 頭首工 | 堰高=7.66m、堰長=80m、固定堰、スルースゲート4門、9,667ha | 1997 |
| Lintang Kiri 頭首工 | 堰高=4.0m、堰長=40.0m、固定堰、スルースゲート3門、3,037ha | 2011 |
| Lintang Kanan 頭首工 (Siring Agung) (Karang Tanding) | 堰高=1.0m、堰長=31.0m、スルースゲート付き固定堰、1,293ha 堰高=1.5m、堰長=24.0m、スルースゲート付き固定堰、1,761ha | 1997 |
| Lematang 頭首工 | 堰高=2.0m、堰長=30.0m、固定堰、スルースゲート2門、3,000ha | 建設中 |
| (2) ダム・貯水池 | | |
| Ranau 湖 | 湛水面積: 125 km ² 、貯水容量: 190 百万 m ³ 、灌漑用水供給 | - |
| Ranau 湖水位調整施設 | 堰高=7.0m、堰長=144.0m、可動堰流量調整ゲート6門、非常用洪水吐き | 1996 |
| (3) 水力発電所 | | |
| Musi PLTA | 設備容量: 21.0MW、発生電力量 1,834GWh/年 | 2006 |
| Ranau Niagla PLTMH | 設備容量: 2 x 850 kW | 2015 |

出典: JICA プロジェクトチーム 2



出典: RENCANA (2016) 等を参考に JICA プロジェクトチーム 2 が作成

図 7.3.6 ムシ川流域の主要頭首工、ダム、発電所位置図

2) 既存の河岸侵食保護工

ムシ川流域の洪水問題のうち河岸侵食が最も深刻な問題である。上流、中流の河岸に近接する住居やインフラを以下に防御するかが洪水リスク管理上の主要な課題となっている。

BBWS-S8 からの情報によると、Banuasin 県 Sekayu 市のムシ川蛇行部で河岸が激しく侵食されていることが指摘されている。河岸侵食が河道に並走する国道の 2-3m 間際まで迫っており、現在 Sekayu 市の 2 区間で応急復旧工事が BBWS-S8、道路局により実施されている。緊急的な河川護岸工整備が実施されている。護岸工の被災理由は、i)蛇行河川の湾曲部の水当たりに位置し洪水時の浸食力が強く前面の局所洗掘が進んだこと ii)付近の河道で活発な土砂採取が行われていることが理由である。





出典： JICA プロジェクトチーム 2

図 7.3.7 Sekayu 地点の河岸侵食状況写真と発生機構

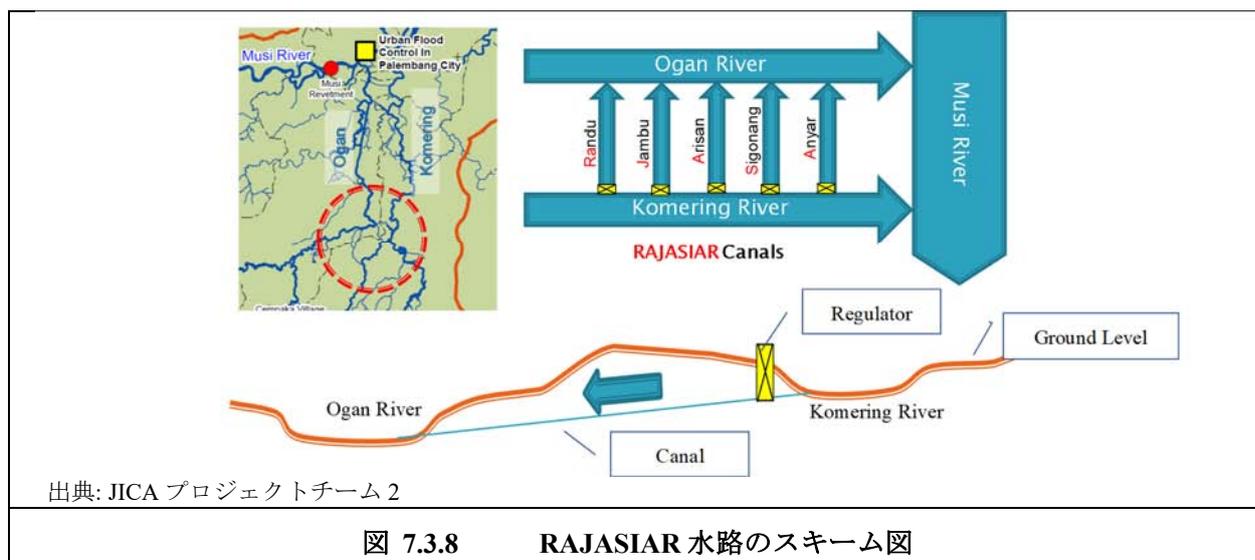
3) 既存分流施設（レギュレーター）

Komering 川、Ogan 川の間に、5 つの連結水路（通称:”RAJASIAR”水路）とレギュレーター（分流施設）があり、複数の水路により両河川が接続されている。

これらの水路はオランダ植民地時代に建設され、その目的は Komering 川下流の洪水対策を目的とし、Komering 川から Ogan 川への洪水放流であった。しかし、水路線形が直線的で河床勾配が急であり、水路の流速が速く、大量の土砂が輸送されるため、河岸侵食と河床低下の問題が悪化することとなった。これにより、乾季に連結水路を通じて Komering 川から Ogan 川に常時水が流れ込むようになり、Komering 川下流の渇水の問題が新たに発生した。この対策として、各水路の流入部にレギュレーターが建設された。レギュレーターの主要な機能は以下の通りである。

- 雨季：Komering 川から Ogan 川への洪水放流
- 乾季：Komering 川下流への水量確保のための流量調整

特に Randu 水路では、レギュレーターが度重なり洪水で被災した。2014 年に Randu 水路の締切堤とレギュレーターが修復されたところである。



出典: JICA プロジェクトチーム 2

図 7.3.8 RAJASIAR 水路のスキーム図



図 7.3.9 Komering川の Randu 水路のレギュレーターと締切堤

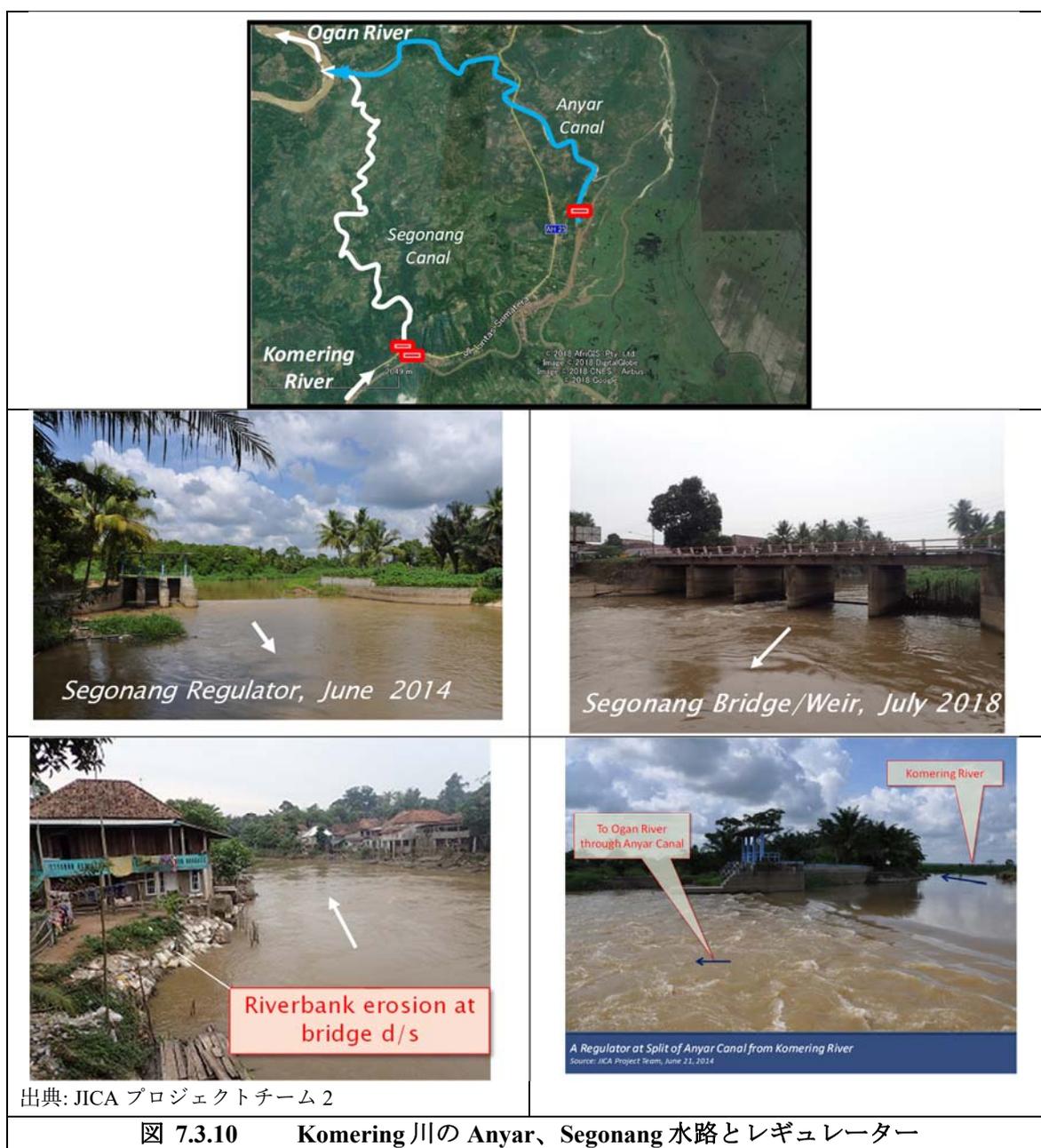


図 7.3.10 Komering川の Anyar、Segonang 水路とレギュレーター

上記に加えて、Ogan 川と Komering 川を連結するもう一つの水路がある。Haji 水路と呼ばれ、付近の都市部に洪水を引き起こす原因となっている。

7.3.2 水利用

(1) 灌漑

公共事業国民住宅省令 2015 年第 14 号「灌漑地区基準及び地位決定」の付表には、公共財としての灌漑地区及び排水地区が計画面積とともに県・市別に登録されている。これらは、表流水灌漑地区、地下水灌漑地区、ポンプ灌漑/輪中地区、湿地排水地区、養魚池給水地区の 5 種類に分類されている。さらに、計画面積規模及び所在地を踏まえ、3,000 ha 以上及び 2 州にまたがる地区を水資源総局流域管理事務所直轄、1,000 ha から 3,000 ha 及び 2 県・市にまたがる地区を州政府管轄、1,000 ha 以下の地区を県・市政府管轄という基準で維持管理主体を規定している。

表 7.3.8 に示すように、南スマトラ州では 899 地区が登録されており、その内訳は表流水灌漑地区 731 ケ所、湿地排水地区 168 ケ所となっている。BBWS-S8 直轄地区一覧及び計画面積を表 7.3.9 に示す。

表 7.3.8 南スマトラ州県・市別灌漑・排水地区数及び計画面積

| 県 / 市 | BBWS-S8 | | 南スマトラ州政府* | | 県/ 市政府** | | | | 合計 | |
|--------------------|-------------|---------|------------------|--------|----------------|--------|----------|--------|--------|---------|
| | 3,000 ha 以上 | | 3,000 - 1,000 ha | | 1,000 - 100 ha | | 100 h 以下 | | | |
| | (nos.) | (ha) | (nos.) | (ha) | (nos.) | (ha) | (nos.) | (ha) | (nos.) | (ha) |
| 表流水灌漑地区 | | | | | | | | | | |
| Pagar Alam 市 | 1 | 3,050 | 4 | 4,979 | 7 | 891 | 92 | 4,134 | 99 | 13,054 |
| Lubuk Linggau 市 | (1) | 1,322 | 0 | 0 | 5 | 1,529 | 0 | 0 | 5 (1) | 2,851 |
| OKI 県 | (1) | 9,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | (1) | 9,500 |
| OKU Timur 県 | 1 | 47,988 | 3 | 4,920 | 1 | 650 | 0 | 0 | 5 | 53,558 |
| OKU 県 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 2,844 | 18 | 980 | 34 | 3,824 |
| OKU Selatan 県 | 0 | 0 | 3 | 4,801 | 20 | 4,007 | 21 | 1,172 | 44 | 9,980 |
| Muara Enim 県 | 0 | 0 | 5 | 8,885 | 82 | 17,855 | 159 | 6,472 | 246 | 33,212 |
| Lahat 県 | 0 | 0 | 8 | 10,443 | 31 | 6,059 | 183 | 7,289 | 222 | 23,791 |
| Empat Lawang 県 | 3 | 9,244 | 1 | 1,500 | 16 | 5,464 | 2 | 150 | 22 | 16,358 |
| Musi Rawas 県 | 2 | 18,341 | 4 | 6,013 | 20 | 5,513 | 22 | 1,050 | 49 | 30,917 |
| Musi Rawas Utara 県 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 640 | 0 | 0 | 1 | 640 |
| 小計 | 7 | 89,445 | 28 | 41,541 | 199 | 45,452 | 497 | 21,247 | 731 | 197,685 |
| ランブン州 | (1) | 5,048 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,048 |
| 計 | 7 | 94,493 | 28 | 41,541 | 199 | 45,452 | 497 | 21,247 | 731 | 202,733 |
| 感潮湿地・内陸淡水湿地排水地区 | | | | | | | | | | |
| Palembang 市 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 288 | 1 | 53 | 2 | 341 |
| OKI 県 | 3 | 30,335 | 8 | 14,126 | 3 | 1,019 | 0 | 0 | 14 | 45,480 |
| Ogan Ilir 県 | 2 | 13,536 | 7 | 14,992 | 46 | 14,425 | 4 | 279 | 59 | 43,232 |
| OKU Timur 県 | 0 | 0 | 4 | 7,550 | 1 | 700 | 0 | 0 | 5 | 8,250 |
| Muara Enim 県 | 0 | 0 | 1 | 1,200 | 4 | 2,757 | 0 | 0 | 5 | 3,957 |
| Musi Banyuasin 県 | 3 | 29,065 | 7 | 11,641 | 55 | 17,722 | 1 | 90 | 66 | 58,518 |
| Banyuasin 県 | 14 | 164,197 | 0 | 0 | 3 | 2,066 | 0 | 0 | 17 | 166,263 |
| 計 | 22 | 237,133 | 27 | 49,509 | 113 | 38,977 | 6 | 422 | 168 | 326,041 |

注釈: * Dinas PU Pengairan dan Bina Marga Sumatera Selatan, **; PU Local Government

出典: DGWR

表 7.3.9 バライスマトラ VIII 流域管理事務所直轄表流水灌漑及び感潮湿地排水地区一覧

| スキーム | (ha) | 場所 | スキーム | (ha) | 場所 |
|--|----------|-----------------|---------------------------|---------|------------------|
| 表流水灌漑地区 | | | 湿地排水地区 | | |
| 1. Komerling Selatan/ Way Komerling | 62,536 | | 5. Delta Upang | 5,896 | Banyuasin 県 |
| | (9,500) | OKI 県 | 6. Gasing Puntian | 4,830 | Banyuasin 県 |
| | (47,988) | OKU Timur 県 | 7. Karang Agung Hilir | 9,777 | Banyuasin 県 |
| | (5,048) | ランブン州 | 8. Karang Agung I | 6,300 | Banyuasin 県 |
| 2. Kelingi Tugu Mulyo | 10,163 | | 9. Katang Agung Tengah | 4,001 | Banyuasin 県 |
| | (8,841) | Musi Rawas 県 | 10. Kumbang Padang | 4,268 | Banyuasin 県 |
| | (1,322) | Lubuk Linggau 市 | 11. Padang Sugihan | 10,200 | Banyuasin 県 |
| 3. Air Keruh | 3,152 | Empat Lawang 県 | 12. Pulau Rimau | 23,184 | Banyuasin 県 |
| 4. Lintang Kanan | 3,054 | Empat Lawang 県 | 13. Telang I | 18,676 | Banyuasin 県 |
| 5. Lintang Kiri | 3,038 | Empat Lawang 県 | 14. Telang II | 9,660 | Banyuasin 県 |
| 6. Air Lakitan | 9,500 | Musi Rawas 県 | 15. Air Tenggulang | 6,156 | Musi Banyuasin 県 |
| 7. Muara Riben | 3,050 | Pagar Alam 市 | 16. Karang Agung Hulu | 6,350 | Musi Banyuasin 県 |
| 灌漑スキーム計 | 94,493 | | 17. Karang Agung II | 17,000 | Musi Banyuasin 県 |
| (南スマトラ州 計) | (89,445) | | 18. Lubuk Tnjung Seteko | 3,876 | Ogan Ilir 県 |
| 湿地排水地区 | | | 19. Ogan Keramasan I + II | 9,660 | Ogan Ilir 県 |
| 1. Air Saleh | 17,011 | Banyuasin 県 | 20. M. Gajah Mati | 5,950 | OKI 県 |
| 2. Air Senda | 4,711 | Banyuasin 県 | 21. Sugihan Kanan | 20,885 | OKI 県 |
| 3. Delta Air Sugihan Kiri | 34,690 | Banyuasin 県 | 22. Sungai Lumpur | 3,500 | OKI 県 |
| 4. Delta Cinta Manis | 5,554 | Banyuasin 県 | 湿地排水地区 計 | 237,133 | |

出典: DGWR

南スマトラ州最大規模の表流水灌漑地区は Komerling 灌漑地区で、現在までに計画灌漑面積のうち 54,148 ha が開発され、さらに 5,000 ha が最近完工した。今後、新たに 8,500 ha の着工が予定されている。表 7.3.10 に、Komerling 川から Perjaya 取水堰を通じて Komerling 灌漑地区への月間取水量の推移に関し、過去 10 年間の記録を示す。

表 7.3.10 Perjaya 取水堰月間取水量記録

| 月 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1月 | - | 27.99 | 28.58 | 24.94 | 40.49 | 26.46 | 35.27 | 35.85 | 9.86 | 21.06 | 37.44 | 28.40 |
| 2月 | - | 20.82 | 25.33 | 30.03 | 30.18 | 42.69 | 34.31 | 37.48 | 17.94 | 29.39 | 24.79 | 28.06 |
| 3月 | - | 13.85 | 34.55 | 30.24 | 33.59 | 39.62 | 37.52 | 30.14 | 14.67 | 9.26 | 25.79 | 22.19 |
| 4月 | 31.34 | 35.95 | 40.70 | 31.50 | 37.27 | 39.61 | 37.09 | 35.67 | 23.27 | 8.38 | 34.39 | 19.07 |
| 5月 | 34.66 | 39.93 | 40.31 | 44.01 | 40.67 | 36.63 | 41.39 | 38.88 | 29.94 | 25.62 | 33.88 | 39.25 |
| 6月 | 40.78 | 47.32 | 39.29 | 42.39 | 42.13 | 24.38 | 43.09 | 44.85 | 19.90 | 42.50 | 35.55 | 40.44 |
| 7月 | 32.58 | 45.30 | 31.04 | 39.00 | 17.79 | 40.80 | 37.67 | 41.30 | 16.74 | 21.15 | 33.07 | 33.90 |
| 8月 | 27.97 | 25.61 | 29.33 | 33.12 | 24.22 | 21.91 | 37.30 | 35.35 | 27.81 | 29.05 | 21.05 | - |
| 9月 | 28.80 | 26.49 | 32.36 | 34.63 | 10.99 | 31.09 | 15.07 | 11.43 | 26.75 | 27.27 | 2.44 | - |
| 10月 | 30.35 | 44.81 | 31.45 | 29.46 | 18.82 | 33.07 | 32.68 | 37.35 | 41.84 | 26.87 | 6.75 | - |
| 11月 | 33.96 | 23.84 | 24.34 | 34.78 | 19.46 | 35.67 | 47.00 | 19.79 | 12.03 | 39.32 | 13.27 | - |
| 12月 | 33.27 | 20.92 | 31.19 | 40.20 | 35.81 | 38.36 | 21.43 | 14.53 | 15.47 | 35.36 | 24.94 | - |

出典: Komerling Irrigation Operation and Management office

(2) 家庭・公共・工業(DMI)用水

県の都市部と市レベルにおいては、家庭用水及び非家庭用水（商用並びに公共用水）は水道会社である PDAM が供給している。その水源のほとんどは表流水であるが、一方で PDAM による供給のない地区（非 PDAM 地区）では各戸所有の井戸あるいは地域共有の井戸から水を得ている。

以下の仮定条件で推定された、2010年人口に基づく県/市ごとの水需要を表 7.3.11 に示す。

- 公共事業省居住総局（Directorate General of Human Settlement, Ministry of Public Works）による水需要予測原単位 1996 年を適用
- 非家庭用水需要は、家庭用水需要の 20%と仮定
- 2010 年時点の推定無収水率である 15%～50%を適用
- 2010 年時点の表流水利用と地下水利用の比率を適用

表 7.3.11 ムシ川流域の水需要現況 (2010 年値)

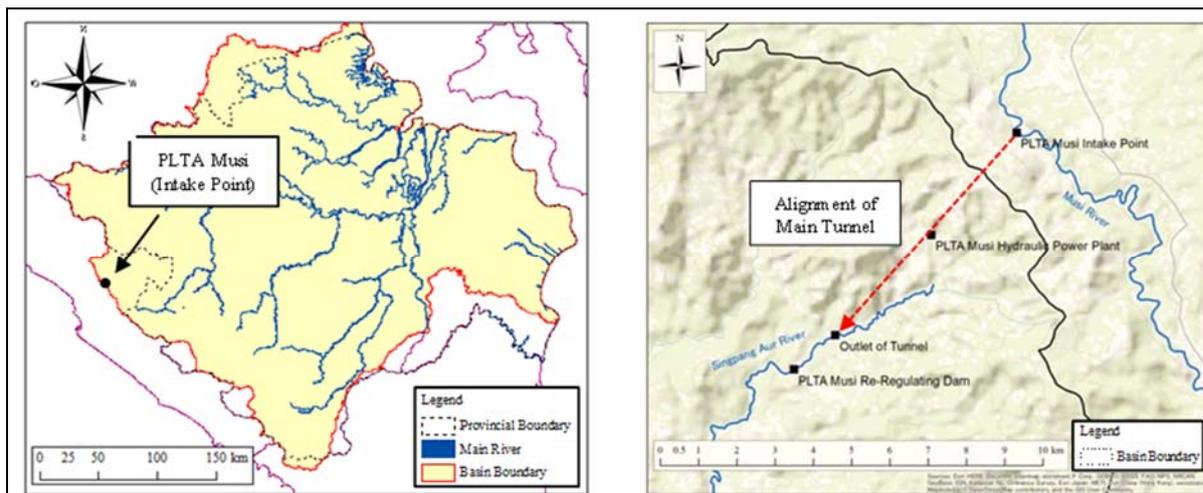
| 番号 | 県/市 | 表流水 (m ³ /s) | | | 地下水 (m ³ /s) | |
|-----|----------------------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|------|
| | | 家庭用水 + 非家庭用水 | 工業用水 | 合計 | 家庭用水 + 非家庭用水 | 工業用水 |
| 1 | Palembang 市 | 3.18 | 0.40 | 3.58 | 0.15 | 別途推定 |
| 2 | Prabumulih市 | 0.04 | 0.01 | 0.05 | 0.15 | 別途推定 |
| 3. | Pagar Alam 市 | 0.04 | 0.03 | 0.07 | 0.10 | 別途推定 |
| 4. | Lubuk Linggau 市 | 0.11 | 0.08 | 0.19 | 0.24 | 別途推定 |
| 5. | Ogan Komering Ilir 県 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.29 | 別途推定 |
| 6. | Ogan Ilir 県 | 0.04 | 0.12 | 0.16 | 0.31 | 別途推定 |
| 7. | East Oku 県 | 0.03 | 0.61 | 0.64 | 0.25 | 別途推定 |
| 8. | Oku 県 | 0.24 | 0.00* | 0.24 | 0.15 | 別途推定 |
| 9. | South Oku 県 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.23 | 別途推定 |
| 10. | Muara Enim 県 | 0.17 | 0.12 | 0.29 | 0.50 | 別途推定 |
| 11. | Lahat 県 | 0.05 | 0.04 | 0.09 | 0.20 | 別途推定 |
| 12. | Empat Lawang 県 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.16 | 別途推定 |
| 13. | Musi Rawas 県 | 0.11 | 0.00* | 0.11 | 0.46 | 別途推定 |
| 14. | Musi Banyuasin 県 | 0.21 | 0.33 | 0.54 | 0.52 | 別途推定 |
| 15. | Banyuashin 県 | 0.08 | 0.12 | 0.20 | 0.86 | 別途推定 |
| 16 | Muaro Jambi 県 | 0.01 | 0.10 | 0.11 | 0.06 | 別途推定 |
| 17 | Batanghari 県 | 0.01 | 0.09 | 0.10 | 0.04 | 別途推定 |
| 18 | Sarolangun 県 | 0.00* | 0.00* | 0.00* | 0.00* | 別途推定 |
| 19. | Kepahiang 県 | 0.00* | 0.17 | 0.17 | 0.08 | 別途推定 |
| 20. | Rejing Lebong 県 | 0.04 | 0.01 | 0.05 | 0.30 | 別途推定 |
| 21 | Bengkulu Tengah 県 | 0.00* | 0.00* | 0.00* | 0.01 | 別途推定 |
| 22 | Lampung Barat 県* | 0 | 0.09 | 0.09 | 0 | 別途推定 |
| | 合計(無収水を考慮) | 4.40 | 2.40 | 6.80 | 5.07 | 別途推定 |

注釈:*0.00: 0 - 0.004 m³/s

出典: JICA プロジェクトチーム 2

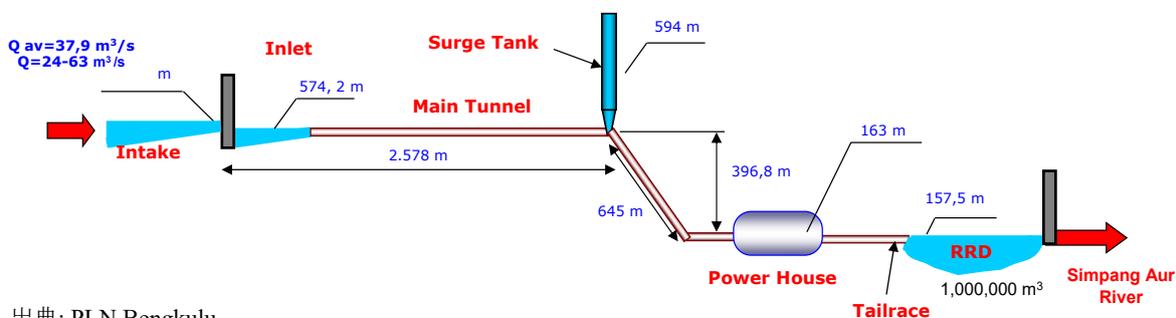
(3) 発電

ムシ川の流域界に近い、Bengkulu 州の Rejing Lebong 県に Musi 水力発電所 (PLTA Musi) がある。 PLN Bengkulu によって Bengkulu 州に供給される 210 MW (70 MW x 3 ユニット) の電力を発生させるためには、ムシ川の平均流量 37.9 m³/s (24-63 m³/s) が必要である。水力発電の水は、最終的に Simpang Aur (Lemau) 川を経てインド洋に排水される。取水施設の集水域は 587km² となっている。



出典: JICA プロジェクトチーム 2

図 7.3.11 PLTA Musi の位置図および施設レイアウト



出典: PLN Bengkulu

図 7.3.12 PLTA Musi の施設配置



出典: PLN Bengkulu

写真 7.3.1 PLTA Musiの施設

ムシ川流域の水資源は豊富であり、人口増加と流域開発により増加すると予測される将来の電力需要の一部を水力で賄うことが計画されている。RENCANA によれば、Lahat, Muara Enim, Musi Rawas 及び OKU の 4 つの県で建設されるミニ水力プラントにより、30 年間で合計 9,386 kW の設備容量の増強が図られる予定となっている。

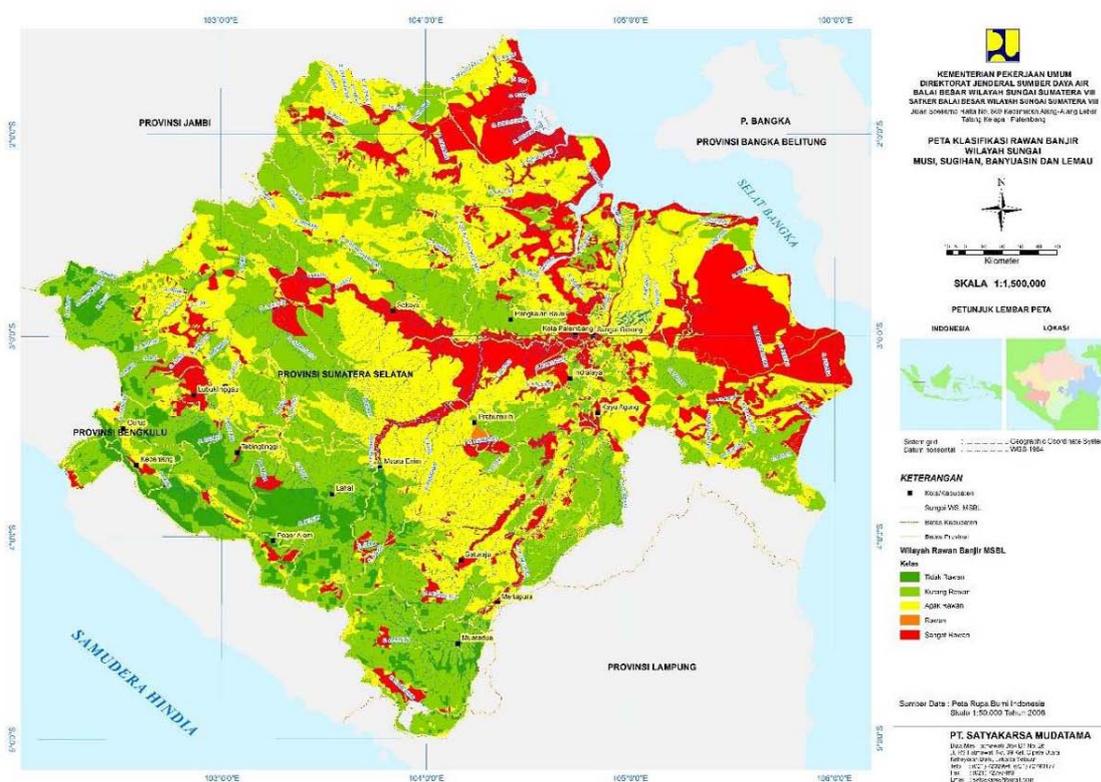
7.3.3 洪水及び土砂流出

(1) 洪水

1) 洪水氾濫エリア

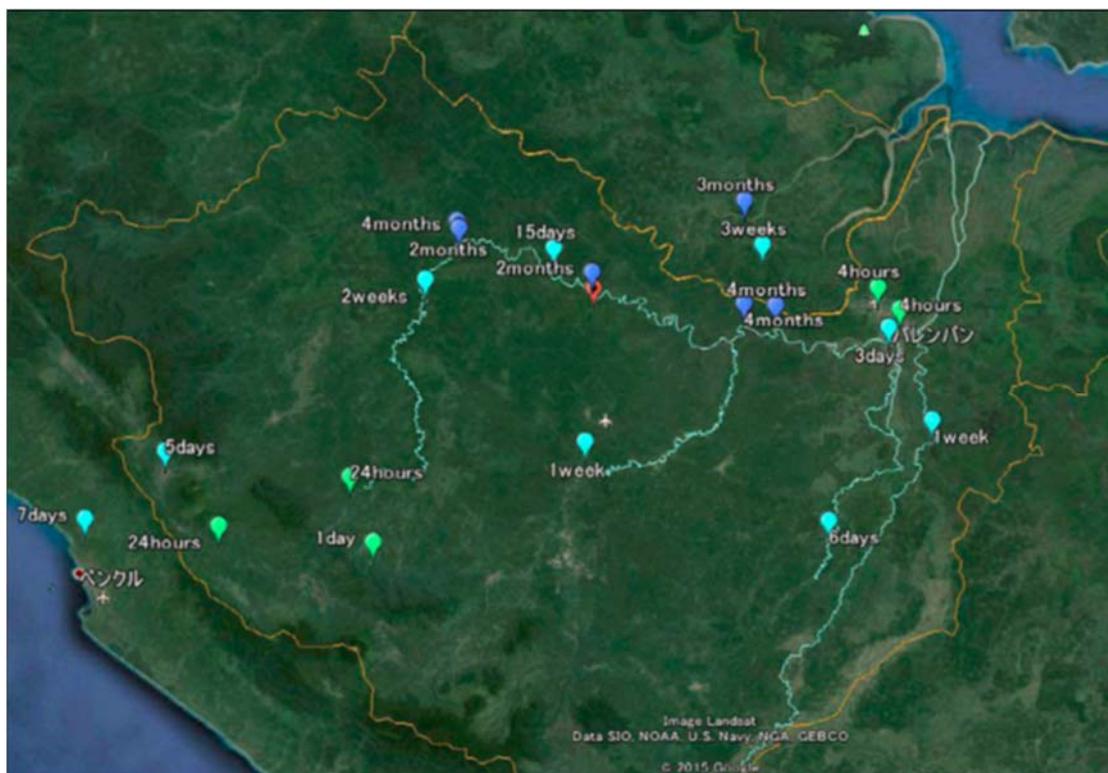
洪水はムシ川流域で最も重要な自然災害の一つである。ムシ川と Kelingi 川、ムシ川と Lakitan 川、ムシ川中流域のムシ川と Rawas 川などの合流点近くの低地では、毎年大規模な浸水が発生している。洪水はしばしば近くの道路を損傷する。Palembang 市では以前は洪水浸水による被害はそれほど深刻ではなかった。しかし近年の経済発展に歩調を合わせた急速な市街化により、Palembang 市の市街地は浸水氾濫が発生しやすい地域にまで拡大している。また、Sekayu 市もムシ川沿いの低平地に位置しており、排水路を通じたムシ川の背水の影響により頻繁に浸水被害に遭っている。

ムシ川、パニユアシン川、スギハン川流域の洪水マップは、2014 年に MSBL 流域での洪水多発地域マップ準備調査において、インタビュー調査と GIS 分析に基づいて地元のコンサルタントによって作成された (図 7.3.13)。図 7.3.14 には 2014 年の調査で実施されたインタビュー調査に基づいた浸水期間が示す。浸水期間は場所によって大きく異なり、Palembang より上流のムシ川の中流沿いでは浸水期間は 2~4 ヶ月に及ぶが、丘陵地帯では 24 時間または 1 日と、浸水期間は短い。



出典: Flood-Prone Area Map Preparation Study in Musi Sugihan Banyuasin Lemau RB, 2014, BBWS Sumatra VIII

図 7.3.13 洪水氾濫エリアマップ



出典：「Flood-Prone Area Map Preparation Study in Musi Sugihan Banyuasin Lemau RB, 2014, BBWS Sumatra VIII」でのインタビュー調査結果に基づき、JICA プロジェクトチーム 2 が作成。

図 7.3.14 2014 年洪水における浸水期間

2) 洪水対策

ムシ川流域ではこれまで、河岸侵食により破壊された河岸を保護し安定させる等、対処療法的な洪水対策が実施されてきた。州都 Palembang では 2011 年～2016 年にかけて JICA 融資プロジェクトとして “Urban Flood Control System Improvement in Selected Cities” が実施された。プロジェクトの主な特徴を表 7.3.12 に示す。これらの事業の他には特記すべき洪水対策事業は行われていない。

表 7.3.12 Urban Flood Control System Improvement in Selected Cities(Palembang)の概要

| 項目 | 概要 |
|-----------|---|
| 対象地区 | Bendung River : 5.5 km (ムシ川から Talang Aman Pond) |
| 対象河川の概要 | - 現況河川幅: 10 to 15 m - 河川掘削: 深さ平均1.0 m -15 年計画流量: 14.2~45.5 m ³ /s |
| プロジェクトの概要 | 河道掘削: 110,000m ³ 護岸: 32,400 m ³ 維持管理道路: 2,100 m 気候変動対策のための非構造物対策 |
| プロジェクト予算 | 工事費: 417 億 Rp 補償費(15 ha): 15 億 Rp |

出典：JICA プロジェクトチーム 2

(2) 土砂流出の現況と今後の課題

ムシ川流域での踏査結果から、土砂生産のプロセスは以下のように要約される。

1) 地質地形的要因

- 活火山を有する山脈が、ムシ川流域の南西側の山岳地域に沿って位置している。火山堆積物は火山の周りに厚く分布し、広大な平野が山脈の北東部に広がっている。
- 非溶結火山性堆積物が Ranau 湖の北東部に分布し、沖積層は Komeriing 川に沿って分布している。これらの沖積層は、更新世の時代に「開析」によって運ばれた堆積物であると推定される。すなわち、地すべり、崩壊、土石流などのマスマーブメントは、基本的にこの期間に終了したと推定される。近年は著しい侵食は見られない、「安定した」時期である。
- 実際、地すべり、崩壊、土石流の明らかな痕跡は、踏査エリアでは認められなかった。マスマーブメントの分布は、衛星画像で確認する必要がある。

2) 人為的要因

- 山麓と広大な平野には、水田とプランテーション（茶、ゴム、ヤシなど）が広がっている。これらは、基本的に適切に管理されている。
- 森林破壊は、表層侵食の要因となる。もしその様な場所で適切な管理が行われていれば、侵食を防ぐことができる。

3) 土砂流出の現況

- 広大な平野に分布する土砂は、洪水のたびに徐々に運ばれると考えられる。
- Komeriing の中流部で多くの河床堆積物が認められたが、これらの堆積物は、更新世に侵食によって運ばれた火山性堆積物であると推定される。
- 土砂流出の要因と考えられる河岸侵食が、いくつかの地点で認められた。
- 河川水の濁り状況は場所によって異なるため、土砂流出は支流によって異なると推定される。この違いは、森林破壊や植林などの開発タイプの違いによるものと思われる。

4) 土砂管理の課題

広大で、多くの支流を有しているムシ川流域の土砂管理に関する現況の課題は以下の通りである。

- 森林破壊や無秩序な土地開発は、土砂流出の要因と考えられる。したがって、こうした土地での土砂流出の適切な管理が強く求められる。
- 無秩序な土砂採取は、河床低下を引き起こす可能性がある。
- 適切な設計基準に基づく護岸工の建設計画と管理が必要である。護岸工の沈下や変形がいくつかの箇所で見られている。
- 前述のように、ムシ川流域の土砂流出に関する基本的な情報（地すべりおよび斜面崩壊分布図、河川縦断および横断図、土砂管理計画など）はない。このことは、俯

瞰的に全流域を管理する手段がないことを意味している。将来、土砂管理は、リモートセンシング（衛星画像解析）を使用した計画に基づいて、他の管理（森林、土地利用、水資源など）とともに実施する必要がある。さらに、適切な監視に基づき定期的な改訂が求められる。

7.3.4 泥炭地管理

(1) インドネシア政府の気候変動関連の取り組み

インドネシア政府はパリ協定（Paris Agreement、2015）において BAU 比で 2030 年までに GHG を無条件に 29%削減、条件付きで 41%削減することを約束している。

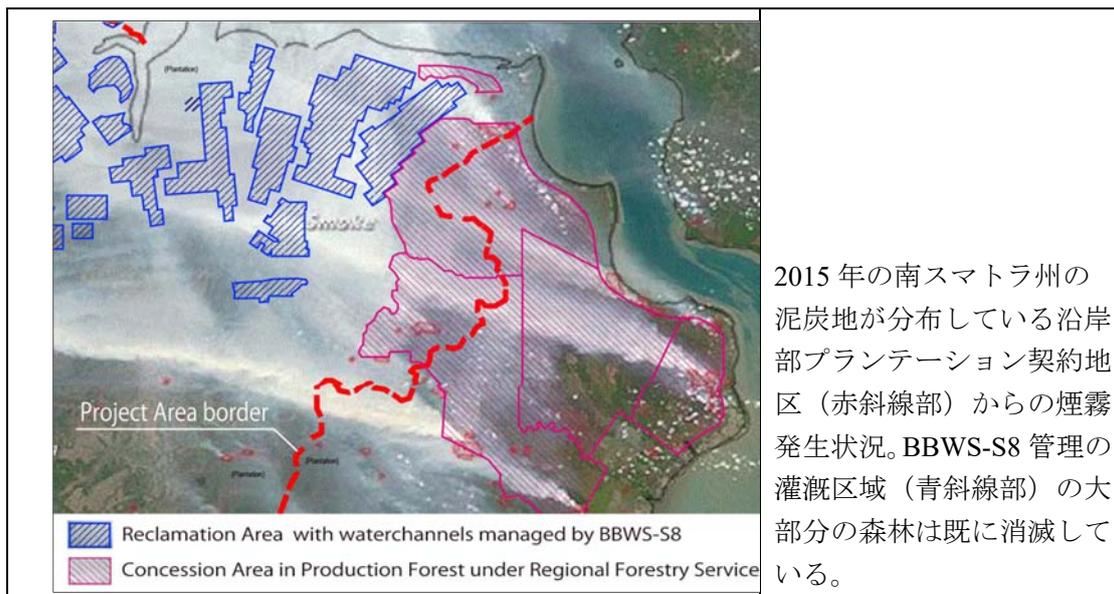
インドネシアの CO₂ 排出量（464.18 MT¹）のうち、泥炭地の火災に由来するものが排出量全体の 90%以上との研究結果もある²。したがって中央政府にとって泥炭地の火災管理は重要な取り組みのひとつとなっており、2016 年 1 月に大統領府直下に泥炭地回復庁（BRG）を置くとともに南スマトラ州をはじめとして泥炭地が分布する各州に州泥炭地回復チーム（TRGD）が設立された。

南スマトラ州の現状として、大規模な泥炭地火災はプランテーション造成の過程で行われる表層の森林焼却とその直下の泥炭への類焼という人為的なものであり、気候変動が直接の原因ではない。一般的な CO₂ 発生段階は以下のとおりである。1) 政府がプランテーション事業者に森林開発許可を付与、2)開発対象とする泥炭地水路の開削→3) 地下水位低下・乾燥地化→4) 一次林等森林の焼却→5) プランテーションの造成→6) 水路から有機物の流出が続く。このうち、CO₂ が大量に発生する段階は主として 4) の森林焼却であるが、各段階での人為的な攪拌に伴う有機物分解による CO₂ の発生も継続する。

図 7.3.15 は州内の森林火災の様子であるが、火災発生源は民間企業が政府と契約した沿岸地域のパーム油用プランテーション利用権取得地区に集中していることがわかる。

¹ World Bank Data Indicators (2014)

² Levine et al., 1999, Geophys. Res. Lett.; Page et al., 2002, Nature

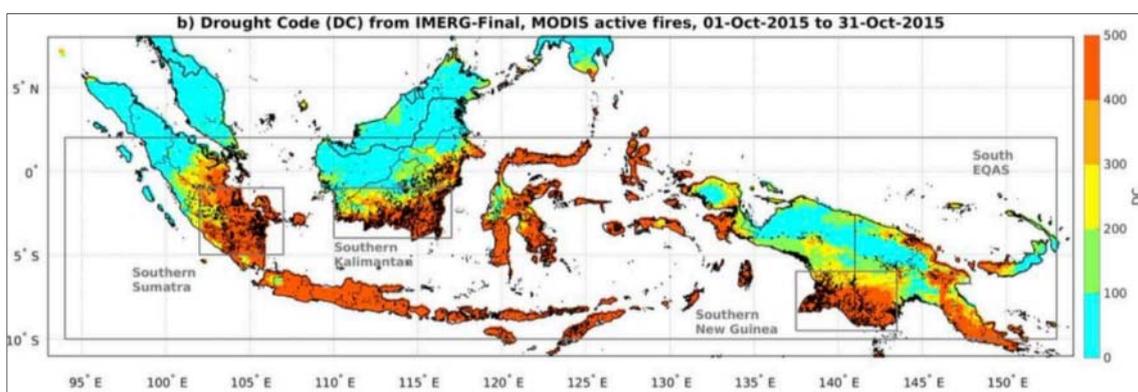


出典：JICA プロジェクトチーム 2

図 7.3.15 森林火災による煙霧の拡散状況 (2015)

(2) 気候変動と泥炭地から発生する温室効果ガスの関連性

海水温の南方振動 (エル・ニーニョ : El Niño-Southern Oscillation : ENSO) は定期的に発生する気候の変動であることが知られている。エル・ニーニョが発生すると南スマトラ州を含むインドネシアの大半が極度に乾燥する (図 7.3.16)。特に 1982 年～1983 年、1997 年～1998 年、2006 年、2015 年のエル・ニーニョ発生時の乾季にほとんど雨が降らず広い範囲が極度に乾燥して森林火災が多発した。2015 年の 7 月から 10 月にかけて、インドネシア全体で 6,233km² (623,304 ha) の森林が焼失し、その煙はシンガポールやマレーシア等の近隣諸国まで到達して、国内外で重大な煙霧被害が発生した。このうち南スマトラ州の泥炭地焼失面積は国全体の 23.4%にあたる 1,460 km² (146,986 ha)であった³。



出典: Long-lead prediction of the 2015 fire and haze episode in Indonesia, Robert Field et al. (2018) NASA, Indonesian Ministry of Environment and Forestry

図 7.3.16 インドネシアにおける 2015 年の火災発生源の分布

³ Carbon Emission from Peat Fire in 2015 (Indonesian National Institute of Aeronautics and Space)

(3) 南スマトラ州における泥炭地の現状

ムシ川下流部を含む南スマトラ州の海岸の広い範囲に広がる泥炭地は、1970年代まではマングローブ林の密生する広大な干潟であった。そのため、地形は極めて低平であり土壌は有機物の堆積層であり、これが地下で泥炭を形成する。ただし泥炭の分布と深さについては正確な情報が得られておらず、詳しい泥炭の分布状況図は存在しない（Mr. Adong, TRGD）。

現在では満潮位よりも標高が低い地域はマングローブ林が除去された後に BBWS-S8 が水路を建設して水田として整備されている。

なお、灌漑地域の泥炭層は薄い分布であるため、政府の移住政策によって農民が入植してから 30 年間の農業活動によって泥炭層はすでに分解され、ほとんど残っていない（Lowland -Wetland - Coastal Area Data Information Center）。一方、満潮位よりも僅かに高い泥炭地等はプランテーション用地として整備が進んでいる。これらの水田やプランテーションとして既に整備が終了している泥炭地からの CO₂ の発生量はプランテーション開発時の植生・泥炭の燃焼時における発生量と比して比較的小さい。

沿岸デルタにおける、森林火災の他の原因として貧困農民による違法伐採が挙げられる。デルタの農業の半分以上は依然として天水農業に依存しているため、乾季には耕作をすることができず多くの貧困農民が違法に森林を搾取している現状がある。農民は水路を掘り、乾季に森林の下草を燃やしたうえで、違法に木材を伐採、民間企業に使われる形で対岸のジャワ島に密輸している状況がある。

7.4 土地及び水資源に係る将来計画

7.4.1 空間計画

スマトラ州空間計画作成に係る調査研究は 2011 年に開始され、空間計画は 2016 年に公共事業国民住宅省（MPWH）によって承認され、2016-2036 年の南スマトラ州空間計画として南スマトラ州の Regulation No. 11, 2016 で発行された。

(1) 目的、政策、戦略

2025 年の州の開発の戦略的課題とビジョンを考慮して、空間計画の目的は次のように設定された。

「優れた先進州の実現に向けて、持続可能な食料資源とエネルギーの可能性を活用することにより、生産的で効率的かつ的確な州の領土空間を作成する」

(2) 空間計画

上記のポリシーと戦略に基づいて、空間構造計画と空間パターン計画は次のように作成された。

1) 空間構造計画

空間構造計画は、都市開発計画とインフラネットワークシステム開発計画で構成される。

インフラネットワークシステム開発計画は、陸上輸送、エネルギー/電気インフラ、通信、水資源、社会経済施設のネットワーク開発計画でさらに構成される。

水資源ネットワークシステム開発計画では、水資源インフラシステムの開発は以下に向けられる。

- 原水の可用性を向上させる。
- 生態学的機能、生態系、水資源の転換、洪水制御のための貯水池を開発し、戦略的地域に水を供給する。
- 水資源を利用して、持続可能な食料農地の保護プログラムを支援する。
- 潜在的な地下水と主要な河川流域のエリアである中央平野エリアを保護する。

南スマトラ州の貯水池またはダムの開発と建設に関して、以下のダム、頭首工、ため池等が洪水制御及び食料とエネルギーの安全をサポートするためにリストアップされている。

- Perjaya 頭首工 (OKU Timur 県)
- Watervang ダム (Lubuklinggau 市)
- Lakitan ダム (Musi Rawas 県)
- Basemah ダム、 Sulah ダム (Pagar Alam 市)
- Air keruh ダム (Empat Lawang 県)
- Lintang Kiri ダム、 Tanjung Agung ダム、 Sejumput ため池 (Lahat 県)
- Tunggul Bute Dam, Padang Bindu (Indramayu) ダム (Muara Enim 県)
- Tigadihaji / Komerling II ダム, Saka ダム, Komerling I ダム (OKU Selatan 県)
- Gasing ダム, Muara Tanjung Api-Api ダム, Tanjung ため池, Talang Buluh ダム (Banyuasin 県)
- Tanjung Barangan ダム (Palembang 市)
- Kemala (Tanjung Pura) ダム (OKU 県)

(3) 空間パターン計画

州の空間パターン計画は、保護機能と耕作機能の両方のために、州内のスペースを割り当てるための配分計画である。南スマトラ州の空間パターンの決定は、国の保護耕作地を参照し、県/市によって提案された保護耕作地に配慮して行われた。

空間パターン計画は次のように機能することが期待されている：

- さまざまな社会経済活動のための耕作地と州内の環境保全のための保護区のためのスペースの割り当て。
- スペース割り当てのバランスと調和の規制。
- 20年間にわたって5年間の中期メインプログラムの適応を準備するための基礎。
- 州内でのスペースの大規模な使用の許可を付与する根拠。

図 7.4.1 に示すように、空間パターン計画は空間パターンマップに表示される。

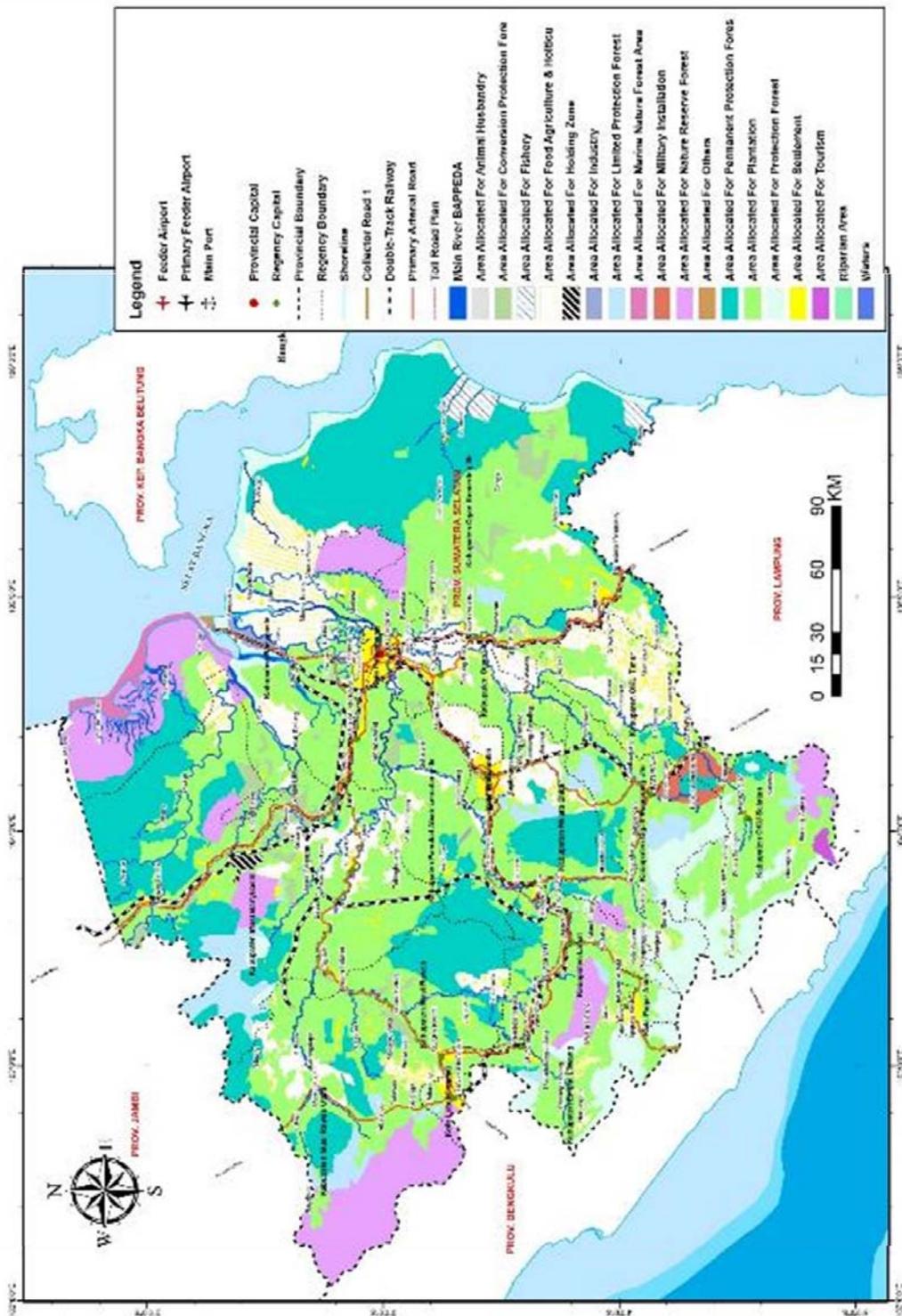


図 7.4.1 南スマトラ州空間パターンマップ

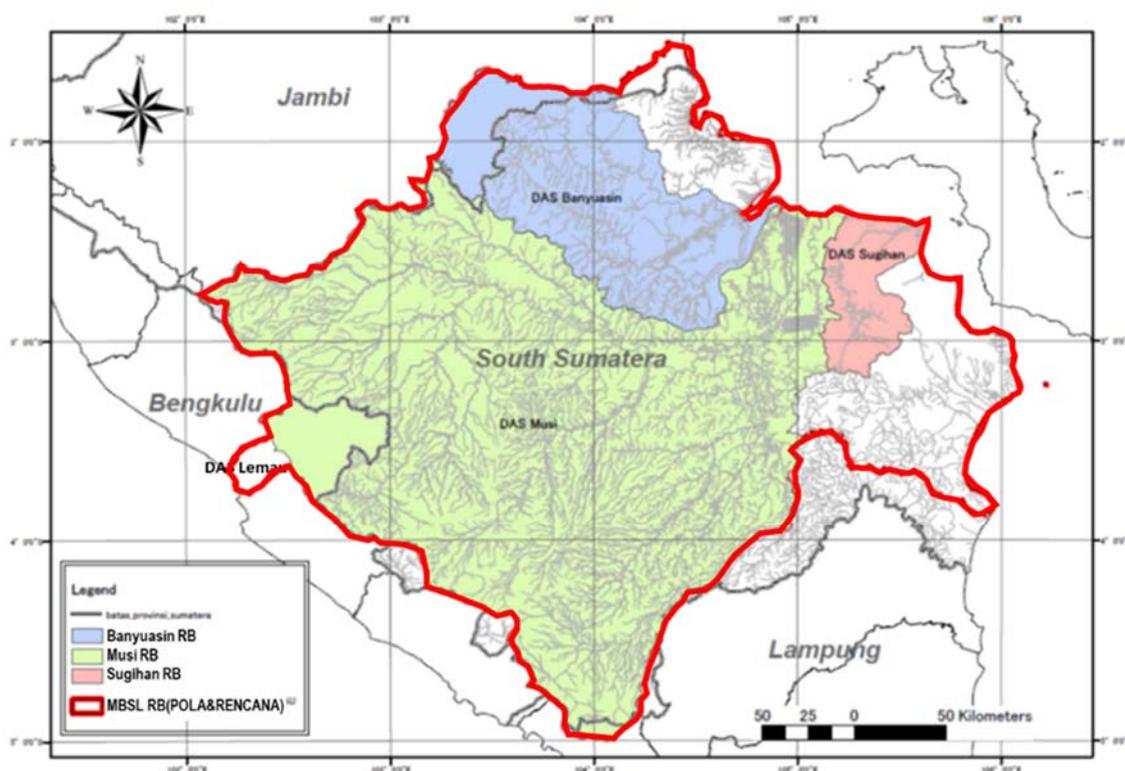
出典：南スマトラ州空間計画 2016-2036

7.4.2 MSBL 川流域の水資源管理に係る POLA と RENCANA

(1) 概要

Musi-Sugihan-Banyuasin-Lemau (MSBL) 川流域の水資源管理に関する POLA (戦略計画) と RENCANA (実施計画) はそれぞれ、MPW (公共事業省) 令 (No. 196/KPTS/M/2014) 及び MPWH (公共事業国民住宅省) 令 (No. 317/KPTS/M/2017) に公布された。

Lemau 川流域、バニュアシン川流域およびスギハン川流域を含む計 86,100 km² をカバーする MSBL 流域は、以下に示すように、ムシ川、バニュアシン川およびスギハン川流域に焦点を当てた本プロジェクトの 76,000 km² の対象地域よりも若干大きい。



出典：BBWS-S8

図 7.4.2 Musi-Sugihan-Banyuasin-Lemau (MSBL)川流域

1) POLA

(a) 目的、目標、ビジョン

水資源管理のための POLA の目的は、水資源管理の計画と実施、利用、および保全における参照として、MSBL 川流域の水資源管理の基本的な枠組みを確立することである。

MSBL 流域の水資源管理のための POLA 策定の目的は、MSBL 流域での開発の実施における中央政府、州政府、県/市政府、およびコミュニティに対する拘束力のある参照として、以下に関するガイダンスを提供することである。

- i) MSBL 流域の統合された水資源の保全、
- ii) MSBL 流域での水資源の利用、

- iii) MSBL 流域の水害制御、
- iv) MSBL 流域の水資源情報システム、
- v) MSBL 流域の水資源管理におけるコミュニティとビジネスコミュニティの役割の強化。

POLA のビジョンは、「コミュニティとビジネス界の参加を促進することにより、水資源の持続可能な利用を実現するために、公正、包括的、統合された、環境に優しい方法での水資源管理の実現」である。

(b) 戦略的課題

ミレニアム開発目標（MDG）、食糧安全保障、地球規模の気候変動、エネルギーの利用可能性など、国家の戦略的問題に加えて、POLA の作成において以下の地域の戦略的課題が考慮された。

- i) 水利用可能性
- ii) 水上輸送の可能性
- iii) 水力発電開発の可能性
- iv) 原水開発の可能性
- v) 灌漑エリアの開発と沼地のアップグレードの可能性
- vi) 流域の劣化
- vii) 水管理のための森林不足
- viii) 水資源の利用のための施設の不足
- ix) 骨材の採掘の増加
- x) 洪水の頻度の増加

(c) 運用ポリシー

POLA では、以下の 3 つの条件に基づいて、(a)で示した水資源管理の 5 つの側面のそれぞれに対する基本的な指令である運用ポリシーも提案されている。

- 高度な経済成長が期待される。
- 重大な政治的变化はない。
- 2 つの気候変動シナリオ（重大な気候変動がある場合とない場合のシナリオ）を想定。

しかし、気候変動シナリオが運用ポリシーにどのように組み込まれたかについては説明がない。

2) RENCANA

(a) 目標

水資源管理計画（RENCANA）は、地表水と地下水を統合するという原則に基づいて、水資源の保全、水資源の効率的な使用、水害の制御を計画、実施、監視、評価するための基本的な枠組みである。コミュニティとビジネス界が関係する。この水資源管理計画

で達成される目標は次のとおりである。

- i) この文書は、今後 20 年間 (2017-2037) の包括的な統合水資源管理計画文書である。
- ii) この文書は、水資源の保全、水資源の利用、水害の制御、データおよび情報の利用、社会、民間、政府の役割のエンパワーメントと改善におけるプログラムおよび活動計画作成の基礎であるガイドおよびガイダンスとして使用される。
- iii) この文書は、認可された技術機関がその職務分野に従って実施する際に、水資源に関連する各セクターのプログラムおよび活動計画の準備の基礎として使用されるガイドラインおよび指示として使用される。
- iv) 人々の最大の繁栄のための水資源の持続可能な利用を確保するために、流域で利用可能な水資源の水文学的、水文気象学的、水文地質学的、および可能性に適した地域の開発へのインプットと指示を提供する。
- v) 河川流域の水資源管理の実施におけるコミュニティの積極的な役割の増加。

(b) 取り組み

2017 年から 2037 年までの 20 年間に実施されるすべての構造物および非構造物による取り組みを表 7.4.1 に要約した。総費用は 152 兆ルピアと推定されている。

表 7.4.1 RENCANA において提案された水資源管理の戦略

1) 水資源の保全

| 中分野 | 小分野 | 選ばれた戦略 |
|---------------|---|---|
| 1.1 水資源の保護と保全 | a. 涵養地域コミュニティと流域機能の維持 | 水涵養エリア及び水集水域として働く領域の決定 |
| | | 水と集水域の機能を維持するための規制の制定 |
| | | 水涵養エリアと集水域としての役割を果たす分野の管理 |
| | | 水涵養と集水域機能の保全プログラムの体系化 |
| | | 集水域機能と集水域の保全におけるコミュニティ・エンパワーメントの実施 |
| | | 水涵養機能の連続性の維持活動の監理とモニタリング |
| | b. 水利用の制御 | 関連する水源におけるゾーン利用の規定に沿った水資源利用の制御の実施。 |
| | | 水資源利用ゾーンの監理、法執行及びモニタリング |
| | c. 地下への浸透 | 地下水層への人工涵養 |
| | | 土地利用を通じて流域の保水能力の強化 |
| | | 特定の時間内の降雨量を増やすための気象修正技術の利用 |
| | d. 下水道施設の整備 | 人工涵養の実施の監理及びモニタリング |
| | | 衛生インフラや施設の建設のためのガイドライン作成 |
| | | 都市部の雨水排水網や汚水収集ネットワークの分離 |
| | | 都市部の汚水収集ネットワークを介した集中汚水システムでの汚水処理 |
| | | すべての集落に集中型汚水処理システムの建設 |
| | | 環境に配慮した汚水処理技術の適用 |
| | | 汚水処理施設整備におけるライセンスメカニズムの適用 |
| | | 汚水処理インフラの実施の管理とモニタリング |
| | 水源での開発及び土地利用活動からの水資源の保護 | 水源の利用区域の提供に応じた、水源での開発および/または土地利用活動のアレンジ |
| | f. 上流域での制御 | 地滑りの防止、侵食速度の低減、水源と水源インフラにおける土砂堆積の減少及び土壌への水浸透の増加 |
| | | 上流域における土壌侵食制御の実施の監督とモニタリング |
| | g. 水源の境界エリアの設定 | 水源の規定と水源の境界域の利用 (河川、貯水池、ため池、湧水等) |
| h. 森林と土地のリハビリ | 荒廃した森林 (国家指定の森林地域内外の乾燥地の森林、湿地、沿岸/マングローブ林 (森林)) のリハビリ | |
| | 市民、技術、農業の取り組み及びコミュニティの社会的、経済的、文化的アプローチによる重要な土地の | |

| 中分野 | 小分野 | 選ばれた戦略 |
|------------------|-------------------------------|---|
| | | リハビリ |
| | | 森林と土地のリハビリのモニタリング |
| | i. 保護林、自然予備地域、及び自然保護地域の保全 | 政府が設定したサイズに応じた保護林、自然保護区の面積（自然保安林、国立公園）や保全地域をカバーした維持管理 保護林、自然予備地域、自然保護区の追加（流域面積の30%に） 保護林、自然予備地域、自然保護区の保全のためのコミュニティの強化 |
| | | |
| 1.2 水保全 | a. 貯水池の建設および天然貯水池の活用による余剰水の貯水 | 涵養機能と集水域の保全プログラムの作成 |
| | b. 効率的かつ効果的な水使用による節水 | きれいな水/原水の節水（目標：漏水の30%削減） |
| | c. 表流水の優先的利用による地下水利用の制御 | 土地利用に関する条例の準備と地下水の利用規制に関する社会化 |
| 1.3 水質管理と水質汚濁の制御 | a. 原水とインフラの水質の改善水源 | 水源での水質の監視と評価（目標：すべての河川の水質をクラスBに） |
| | b. 水源と水源インフラへ汚染水の侵入の防止 | 水源の汚染防止（対象：主要河川及びその他の小河川） |
| 1.4 日常活動 | | 水文システムと水質モニタリングの運用管理（水資源機関のエンパワーメント） |

2) 水資源利用

| 小分野 | 選択された戦略 |
|-------------|--|
| 2.1 水資源の管理 | MSBL 流域の県/市の空間計画マップにおける水源と水源貯水池の利用ゾーンの規定 水源水指定の決定 |
| | |
| 2.2 水供給 | 水配分および水使用権計画の遵守の確立 |
| | 新しい灌漑エリアの灌漑用水需要の充足 |
| | 原則的な灌漑需要水の充足達成と灌漑ネットワークの構築。 |
| | 感潮湿地及び沿岸地域の人々の水需要を満たすための代替海水利用の開発 |
| | 湿地/新しい汽水池の再生ネットワークの開発 |
| | 工業地域への原水の供給 水道整備（目標：水道普及率100%） |
| 2.3 水資源の利用 | 天然資源の使用を制御するための制度的ツールの開発。 |
| | 天然資源の過剰使用に関する法執行機関の改善。 |
| | リハビリ及び原水供給、新しい灌漑と湿地/汽水池ネットワークでの維持管理による水の使用効率の向上。 |
| 2.4 水資源の開発。 | 湿地ネットワークの開発の強化。 |
| 2.5 水資源 | 60 MW の水力発電/マイクロ水力発電および Komerling 灌漑プロジェクト用の追加の水供給のための Ranau 湖の水利用の最適化 |
| | 灌漑用水、水道の需要を満たすため及び水力発電のためのダム貯水池の建設 |

3) 治水

| 小分野 | 選択された戦略 |
|--------|--|
| 3.1 防御 | 洪水災害が発生しやすい地域のマッピングと決定。 |
| | 生産地域排水、都市排水、道路排水及び河川の計画、建設、管理の洪水制御システムへの統合 |
| | 洪水が発生しやすい地域や干ばつ地域に住む人々の適応の向上 |
| | 治水に関する社会化 |
| | 治水における上流域と下流域の間の効果的な協力パターンの確立 |
| | 利害関係者の合意に従って空間計画メカニズムと河川インフラの運用による上下流の調整 |
| | 森林機能の強化と維持 |
| | 違法な集落や建物からの川岸の防止と解放及び川岸の使用の規制。 |
| | 計画に従った河岸使用の制御。 |
| | 対象地域の脆弱性のレベルに応じた災害多発地域の土地利用の管理 |
| | 洪水貯留地域および水関連の災害が起こりやすい地域に関する普及情報の強化 |
| | 地球規模の気候変動と水害の影響に直面する際の公衆の準備の強化 |
| | 地表流出を減らすための土壌への水涵養の強化。 |
| | |

| 小分野 | 選択された戦略 |
|--------|--|
| | 洪水貯留地域および水関連の災害が起こりやすい地域に関する普及情報の強化。 |
| | 地球規模の気候変動と水害の影響に直面する際の公衆の準備の強化。 |
| | 河川および水路の排水能力の増強 |
| | 洪水制御インフラとして洪水保持機能を持つエリアの確立 |
| | 洪水制御インフラとしての洪水保持機能を備えたエリアのメンテナンス |
| | 公共インフラ、住宅地域、生産地域を保護するための洪水制御インフラの提供 |
| | 海浜の安全 |
| | 治水施設及びインフラのメンテナンス |
| 3.2 対策 | 災害管理メカニズムの決定 |
| | 治水の社会化メカニズムの実装 |
| | 水害リスク関連する予測および警報システムの品質向上 |
| | 洪水予測及び警報システムのモニタリング |
| | 洪水に対処するための知識、準備、およびコミュニティの能力の強化 |
| | 災害管理性能のシステムの改善と強化 |
| | 国家予算（APBN）および/または地域歳入予算（APBD）およびその他の資金源からの緊急事態に応じた予算システムの準備 |
| 3.3 復旧 | 災害被害の社会化手順の運用 |
| | 国家予算（APBN）および/または地域歳入予算（APBD）およびその他の資金源からの緊急事態に応じた予算システムの準備 |
| | 災害復旧のための調整された活動へのコミュニティと企業の参加の発展 利害関係者の水関連災害の社会的および心理的影響の回復 |

| 4) 水資源情報システム | 選択された戦略 |
|--------------|--------------------------------------|
| 4.1 水資源情報 | 水文・気象観測所の建設と調達、流量観測局と水質モニタリング局の建設と調達 |
| | 水資源情報システムのインフラと施設の改善（目標：100%） |
| 情報システムの管理 | 水資源情報システムの管理の調整。 |

5) 能力強化とモニタリング

| 小分野 | 選択された戦略 |
|--------------------------|----------------------|
| 5.1 水資源管理におけるコミュニティの巻き込み | 水資源管理へのコミュニティ参加の活性化。 |
| | 水資源管理における地元の知恵の発掘。 |

出典: BBWS-S8

(2) 提案の河川施設

1) RENCANA で提案されているダム

POLA、RENCANA（2017年版）によると、生活用水、灌漑用水の需要を満たすため、8基のダムの建設計画が示されている。これらのダムの投入工程は表 7.4.2 に示す 4 つの期間（5年間）に区分されている。

表 7.4.2 ムシ川流域における POLA/RENCANA のダム建設計画

| 2016-2021 | 2022-2026 | 2027-2031 | 2032-2036 |
|--|---|---------------------|-----------------------|
| 1. Komering 2 (2021) 2. Komering 1 (2021) | 3. Muara Lintang (2026) 4. Saka (2026) 5. Tanjung Pura (2026) | 6. Muara Dua (2031) | 7. Padan Bindu (2036) |

| No. | ダム名 | 河川 | 完成年 | 開発可能 流量 (m ³ /s) | 総貯水容量 (百万 m ³)/ ダム高 | 現在の状況 |
|-----|---------------------------------|-------------------|--------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---|
| 1 | Komering II (Tiga Dihaji ダム) | Komering | 2022 | +5.5 | 105.8 (H=121.5m) | Pre F/S は 1982 年実施 D/D,LARAP, AMDAL は 終了 2019 年建設開始 |
| 2 | Komering I | Komering | 2021 | +5.0 | 938 (H=50-70m) | Pre F/S は 1982 年実施 |
| 3 | Saka | Komering/ Saka | 2026 | +5.5 | 43.2 (H=74.8m) | F/S は 2015 年実施, D/D は 2016 年実施 |
| 4 | Muara Lintang | Musi | 2026 | +5.0 | 21,633 (H=150m) | RENCANA.調査なし。 |
| 5 | Tanjung Pura | Enim | 2026 2031 | +3.0 +5.0 | 766 (H=160m) | Pre FS2015 年実施 |
| 6 | Muara Dua | Komering | 2031 | +9.0 | 139 (H=40-50m) | Pre F/S は 1982 年実施 現在、BBWS は社会的な 問題によりダム建設のキ ャンセルを決めた。 |
| 7 | Padang Bendu | Enim | 2036 | +10.0 | 938 (H=50-70m) | Pre FS2015 年実施 |

出典: Water Resources Management Plan Musi-Sugihan-Banyuasin, Lemau Rivr Basins (Year 2017), Figure 3-2
 Water Balance of High Economic Scenario p.32, Figure 5-2 Balance of Water Fulfillment in MSBL RB

BBWS-S8 関係者へ聴き取りを通じて提案のダム計画に関し、以下の情報が得られた。

- Muara Lintang ダムについては、POLA/RENCANA に記載したデータ情報があるのみで、検討、調査は未だ実施されていない。
- Padang Bendu ダムと Tanjung Pura ダムについては、2015 年に調査が実施された。その調査報告書が調査団に提供された。
- Muara Dua ダムについては、POLA/RENCANA に潜在的なダムサイトとして含まれている。しかし、現地住民の反対運動があった結果、BBWS-S8 はダム建設の棄却を決定した。この点を踏まえ、BBWS-S8 と調査団の間で、当ダムについては、本調査の将来水収支計算に含めない方針とすることを確認した。

2) 他の資料で提案されているダム

RENCANA に加えて、以下の 3 つの文献からムシ川流域で提案されている河川施設のデータ・情報を収集した。各施設の名称、場所、諸元と機能を表 7.4.3 に示す。

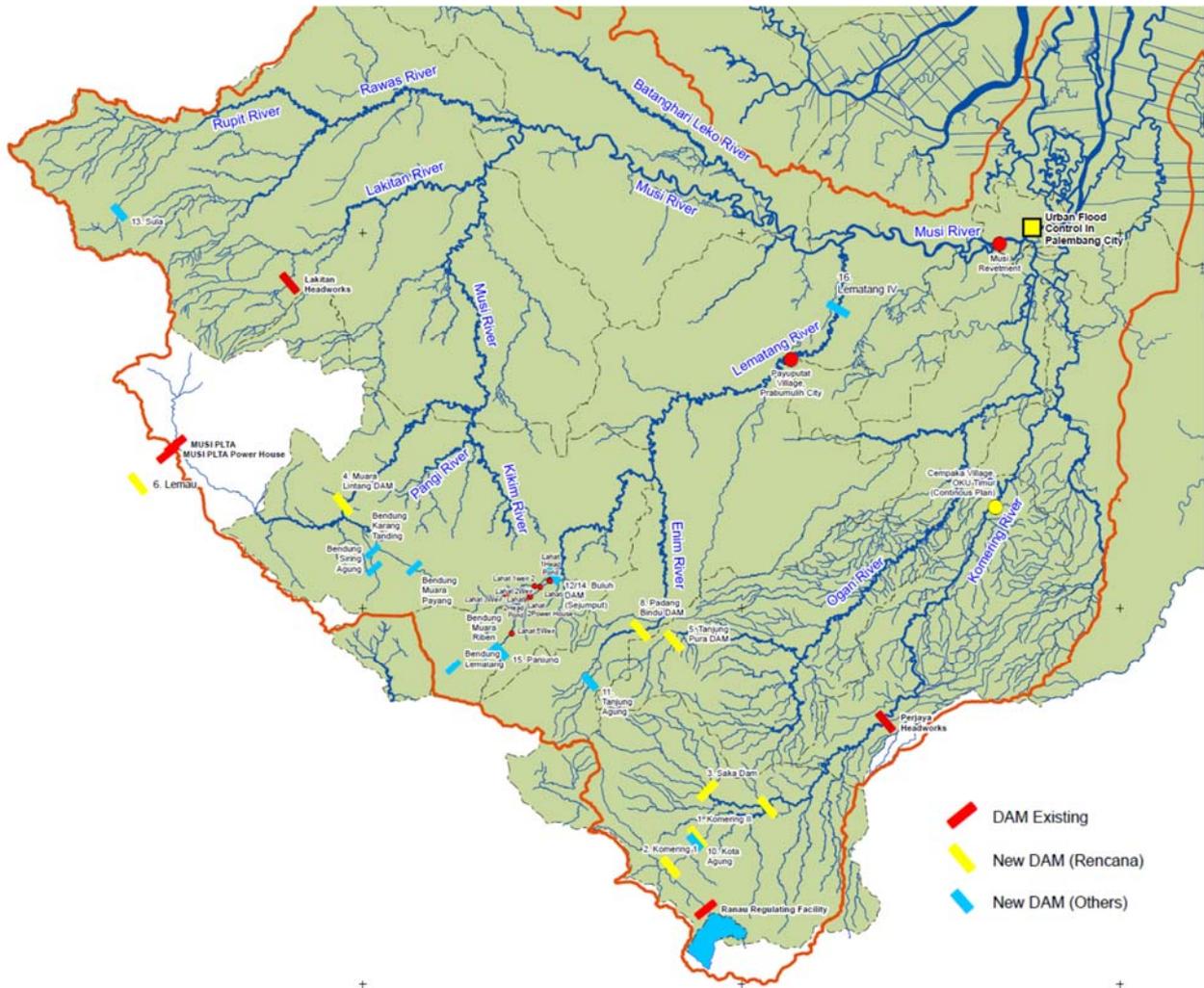
01: Blue Book: Documen Rancangan Rencana Pengelolaarn Sumber Daya Air Wilayah Sungai MSBL (27 March 2013), p.137-143

02: A List of "Potential of Dam and Hydropower" source BBWS-S8 (2011)

03: A list of Economic Feasibility of Reservoir SDA

これらの資料と、BBWS-S8 への聞き取り調査から収集したデータと資料をもとに、各提

案ダムの幾つかについてダム水位容量曲線を、GIS を用いて作成した。



出典: RENCANA(2016)等を参照して JICA プロジェクトチーム 2 が作成

図 7.4.3 ムシ川流域の提案ダムの位置図

表 7.4.3 ムシ川流域の提案ダムの一覧表

| No. | Name | Main Function | | | | Location | River | Source ³⁾ | | | | | | Proposed Development Stage in RENCANA | Present Status | Remarks |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------|------------|-----------------------|-------------------------------|---|--------------------------------|----------------------|----|----|----|----|----|---------------------------------------|--|--|
| | | Flood Control | Irrigation | Hydropower Generation | Domestic and Industrial Water | | | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | | | |
| 1 | Komering 2 (Tiga Dihaji) | | o | o | o | Ds. Sekabumi Pauh Kec. Tiga Dihaji Kab. OKU Selatan | Komering WS /Komering River | o | o | x | o | o | o | 2021 | D/D: completed F/S: completed in Apr. 2013 | Renamed from Komering 2 to Tigadihaji |
| 2 | Komering 1 | | o | o | | Ds. Sekabumi Pauh Kec. Tiga Dihaji Kab. OKU Selatan | Komering WS /Komering River | o | o | x | o | o | o | 2023 | FS1982 | |
| 3 | Saka | | o | | | Ds. Sekabumi Pauh Kec. Tiga Dihaji Kab. OKU Selatan | Komering WS /Saka River? | o | x | x | x | x | x | 2025 | F/S: completed in Apr. 2013 | |
| 4 | Muara Lintang | | o | o | | Ds. Sekabumi Pauh Kec. Tiga Dihaji Kab. OKU Selatan | Musi WS /Musi River | o | o | o | o | o | x | 2027 | no study/investigation is conducted yet. | |
| 5 | Tajung Pura | | o | o | o | OKU /Muara Jaya | Ogan WS /Ogan River | o | o | o | o | o | x | 2028 | Pre-F/S: completed in 2015 | |
| 6 | Lemau | | o | | | Ds. Sekabumi Pauh Kec. Tiga Dihaji Kab. OKU Selatan | Lemau River | o | x | x | x | o | x | 2030 | no information | Out of Musi River Basin |
| 7 | Muara Dua | | o | o | | Ds. Sekabumi Pauh Kec. Tiga Dihaji Kab. OKU Selatan | Komering WS /Selabung River | o | o | o | o | o | o | 2032 | no information | BBWS already decided to cancel the dam construction. It is assessed as "not feasible" due to high risk of backwater. Proposed Dam Site is already occupied with houses, so it would be very difficult to implement. |
| 8 | Padang Bindu | | o | o | o | Muara Enim /Tanjung Agung | Enim WS /Enim River | o | o | o | o | o | x | 2033 | Pre-F/S: completed in 2015 | |
| Proposed Dams in Other Source | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Baru | | o | o | | OKU Selatan | Komering River | x | o | o | o | x | x | no information | | (same as Komering 1 in Pre FS 1982 & FS2013) |
| 10 | Kota Agung | | o | o | | OKU Selatan | Komering WS /Selabung River | x | o | o | o | x | x | no information | | (same as Komering 2 Pre FS 1982 & FS2013) |
| 11 | Tanjung Agung | | no info | o | | | Enim WS /Musi River? | x | o | o | x | x | x | no information | | |
| 12 | Sejumpt | | o | o | | Lahat /Pulau Pinang | Lematang WS /Lematang River | x | o | o | o | x | x | no information | | (same as 14 Buluh Dam) |
| 13 | Sula | | o | o | | Musi Rawas /Rawas Ulu | Rawas WS /Rupit River | x | o | o | o | o | x | (2013-2032) | | |
| 14 | Buluh | | o | o | o | Lahat /Pagar Gunung | Enim WS /Musi River? | x | x | o | x | o | x | (2013-2032) | Pre-F/S: completed in 2015 | |
| 15 | Panjung | | no info | o | | Lahat /Kota Agung | Lematang WS /Lahat River | x | x | o | x | x | x | no information | | |
| 16 | Lematang IV | | o | o | | Lahat /Kota Agung | Lematang WS /Lematang River | x | x | o | x | o | x | (2013-2027) | | (Lematan Headworks is on-going construction) |
| Existings Dams | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Musi 1 HEPP | | - | o | | Rejang Lebong /Padang U Tanding | Musi WS /Musi River | x | x | o | x | x | x | already constructed | | |
| 18 | Ranau (pre-F/S 1982) | | o | o | | OKU Selatan | Komering WS /Komering River | - | - | - | - | - | o | - | Pre-Fs: completed in 1982 | |

Note: 1) Proposed location of Baru Dam in RENCANA is same as that of Komering 1 Dam in Pre-FS 1982 and FS2013

2) Proposed location of Kota Agung Dam in RENCANA is same as that of Komering 2 Dam in Pre-FS 1982 and FS2013

3) o: available, x: not available

Source:

00: RENCANA 2016

01: Blue Book (confirmed by Mr. Katayama). Dokumen Rancangan Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai MSBL (27 March 2013), p.137-143

02: A List of "Potential of Dam and Hydropower" source BBWS Sumatera VIII (2011) (collected by Mr. Katayama)

03: A list of Economic Feasibility of Reservoir SDA (collected by Mr. Katayama)

04: Dokumen Rancangan Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai MSBL (27 March 2013), Figure 4.3 - 4.7, p.134-136

05: Komering PreFS1982

(3) 提案された灌漑・湿地排水開発

RENCANA 2017 には表 7.4.4 に示すように、今後 20 年間の新規表流水灌漑地区及び湿地排水地区開発実施計画が 5 年単位で提案されている。

表 7.4.4 提案された新規表流水灌漑地区・湿地排水地区一覧

(単位:ha)

| スキーム名 | 県/市 | 2016 - 2021 | 2021- 2026 | 2026 - 2031 | 2031 - 2036 | Total |
|-----------|---|----------------|---------------|----------------|----------------|--------|
| 表流水灌漑地区 | | | | | | |
| 1 | Komering Selatan OKU Timur 県及び OKI 県 | 0 | 5,000 | 5,000 | 3,500 | 13,500 |
| 2 | Lematang Pagar Alam 市 | 2,000 | 0 | 0 | 0 | 2,000 |
| 3 | Air Rawas Musi Rawas 県 | 0 | 2,000 | 3,000 | 4,000 | 9,000 |
| 4 | Kembahang Musi Rawas Utara 県 | 0 | 0 | 0 | 3,000 | 3,000 |
| 5 | Muara Beliti Musi rawas 県 | 0 | 0 | 0 | 3,000 | 3,000 |
| 6 | Air Gegas Musi Rawas 県 | 0 | 2,000 | 0 | 0 | 2,000 |
| 7 | Merapi Pagar Alam 市 | 0 | 0 | 0 | 5,000 | 5,000 |
| 8 | Donku Kanan / Kiri Lahat 県 | 0 | 0 | 0 | 10,000 | 10,000 |
| 9 | Komering Tulang Bawang ランブン州 | 0 | 0 | 0 | 10,000 | 10,000 |
| 表流水灌漑地区 計 | | 2,000 | 9,000 | 8,000 | 38,500 | 57,500 |
| 湿地排水地区 | | | | | | |
| 1 | Batangharileko Musi Banyuasin 県 | 3,000 | 0 | 0 | 0 | 3,000 |
| 2 | Lebak Jejawi OKI 県 | 0 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 6,000 |
| 3 | Lebak Pangkalan Lampam Musi Rawas Utara 県 | 0 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 6,000 |
| 4 | Lebung Hitam OKI 県 | 0 | 1,000 | 2,000 | 0 | 3,000 |
| 5 | Burai Ogan Ilir 県 | 0 | 1,000 | 2,000 | 0 | 3,000 |
| 湿地排水地区 計 | | 3,000 | 6,000 | 8,000 | 4,000 | 21,000 |

出典: Water Resources Management Plan Musi-Sugihan-Banyuasin, Lemau Rivr Basins (Year 2017)

第8章 現場調査及び観測

8.1 河川測量

8.1.1 河川横断測量

ムシ川はこれまで、下流側の航路確保の確認を目的とした深淺測量は実施されているが、本格的な河川横断測量は実施されていなかった。本プロジェクトにおいて、氾濫域における河道の河床勾配、川幅、深さを大局的に捉えることを目的として河川横断測量を実施した。測量実施箇所の数量および範囲を表 8.1.1 及び図 8.1.1 に示す。

測量成果の標高データは、インドネシア地理空間情報庁 (BIG) の基準標高 (スマトラ島の Malahayati、Sibolga、Telukbayur、Padang、Bengkulu、Long-Lampung 及び Dumai の計 7 ヶ所の潮位観測所の各平均潮位の平均値) に換算された。

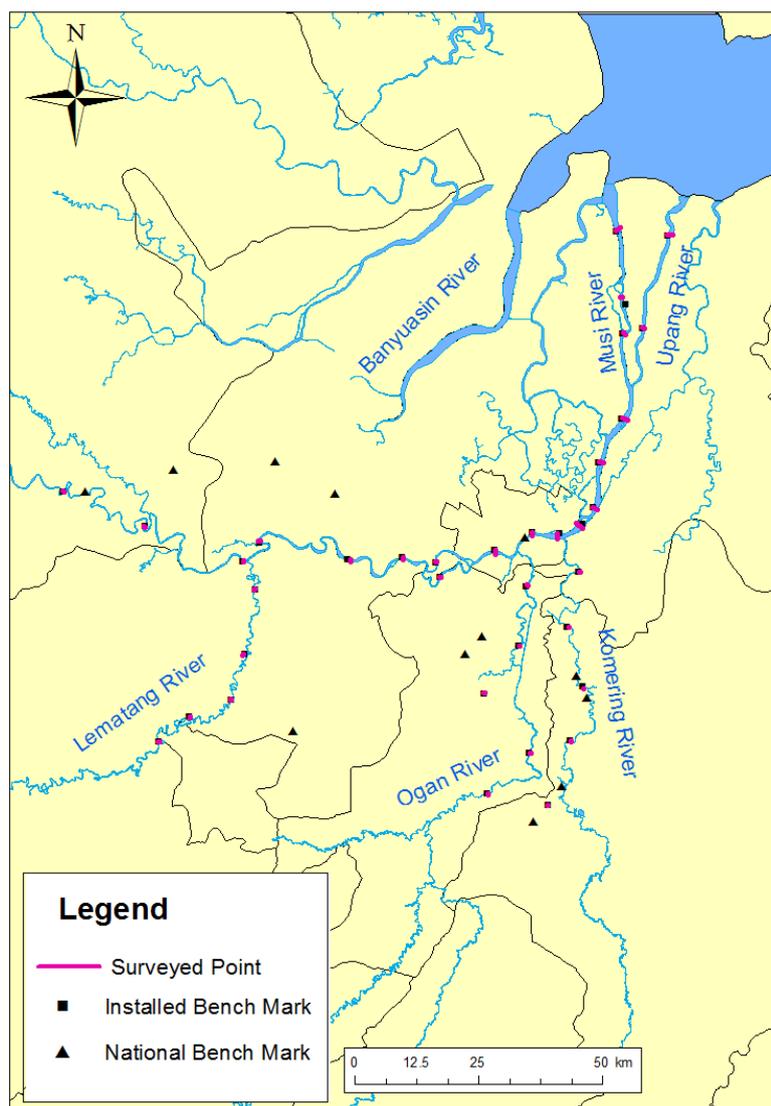
表 8.1.1 河川横断測量の概要

| No | 河川 | 横断面数 | 区間および横断面間隔 |
|----|------------|------|--|
| 1 | ムシ川中下流部 | 20 | 区間: 河口 - 250km 間隔: 約 10km |
| 2 | Komering 川 | 5 | 区間: 50km (ムシ川合流点から Kayu Agung) 間隔: 約 10km |
| 3 | Ogan 川 | 5 | 区間: 50km (ムシ川合流点～Tanjung Raja) 間隔: 約 10km |
| 4 | Lematang 川 | 5 | 区間: 50km (ムシ川合流点～Muara Enim) 間隔: 約 10km |
| | 合計 | 35 | |

出典: JICA プロジェクトチーム 2

8.1.2 水位計基準高

ムシ川流域には PELINDO II の潮位計、BBWS-S8、Dinas PU の水位計がある。ただし、潮位計のゼロ基準レベルは、低水位に設定されており、BBWS-S8 と Dinas PU の水位標、自記水位計の基準高は地点毎に任意に設定されている。したがって収集された潮位と水位のデータは、河川測量データと一緒に使用する場合、そのまま使用することはできず、潮位と水位のデータは、BIG の平均海面に調整する必要がある。そこで潮位計及び主要水位計について標高調査を実施した。



出典: JICA プロジェクトチーム 2

図 8.1.1 河川横断測量位置図

8.2 地下水位観測

8.2.1 地下水位観測施設の設置

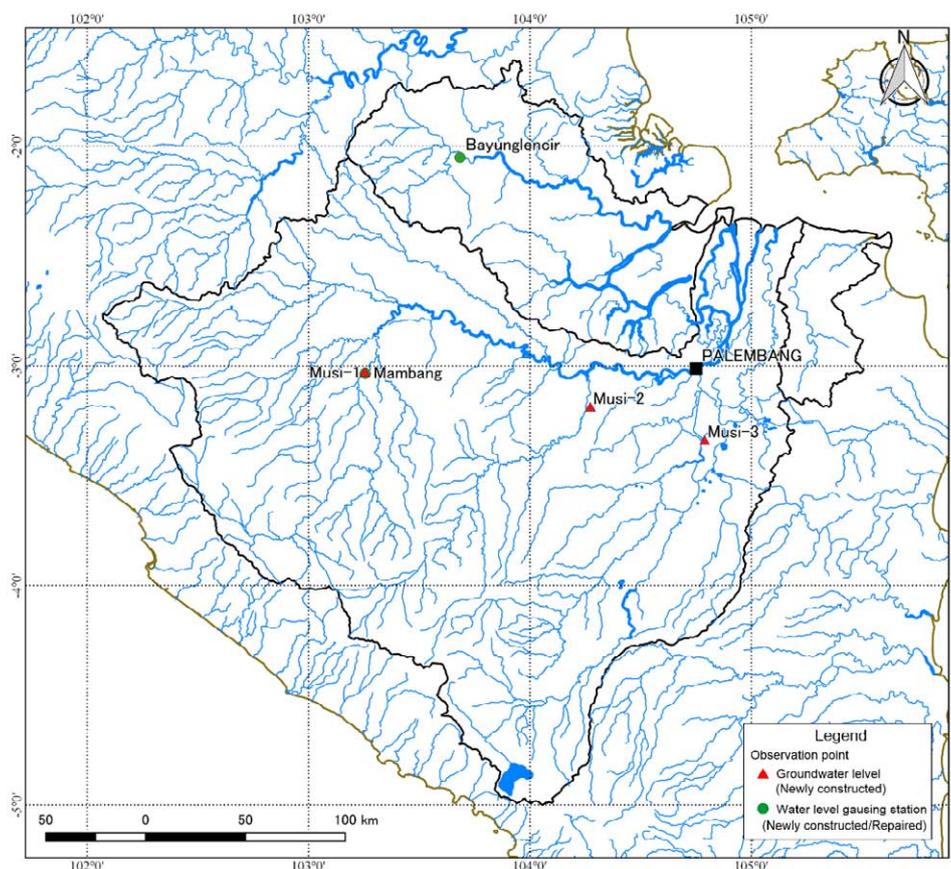
ムシ川流域では地下水位の観測施設がないことから、本プロジェクトにおいてムシ川 (Mambang)、Lematang 川 (Sungai Rotan)、Komerang 川 (Tanjung Raja) の既存河川水位観測所の近傍に 3 つの観測井を掘削した。観測施設の建設完了後ただちに、データロガーによる地下水位連続観測を開始した。図 8.2.1 に 3 箇所の観測施設の位置を、表 8.2.1 に施設の仕様を示す。

表 8.2.1 ムシ川流域の新規観測施設に関する情報

| 井戸番号 | 行政区 | 村 | 緯度経度 (WGS84) | 標高 (m msl)* | 深さ (GL-m) | ケーシング (mm) | スクリーンの深さ (GL-m) | 掘削期間 |
|--------|------------|---------------|----------------------------------|-------------|-----------|------------|---------------------|-----------------|
| Musi-1 | Musi Rawas | Mambang | S 03 02'02.8" E 103 15' 17.7" | 31.164 | 40.0 | 100 | 6-12, 32-38 | 29-30 Aug. 2013 |
| Musi-2 | Muara Enim | Sukarami | S 03 11'36.9" E 104 16'20.6" | 9.209 | 46.0 | 100 | 18-21, 31-34, 36-42 | 6-10 Sep. 2013 |
| Musi-3 | Ogan Ilir | Sungai Pinang | S 03 20'46.5" E 104 47'20.3" | 7.097 | 49.0 | 100 | 12-18, 30-33, 43-46 | 17-19 Sep. 2013 |

* 各井戸のコンクリート基礎上面の標高

出典：JICAプロジェクトチーム2

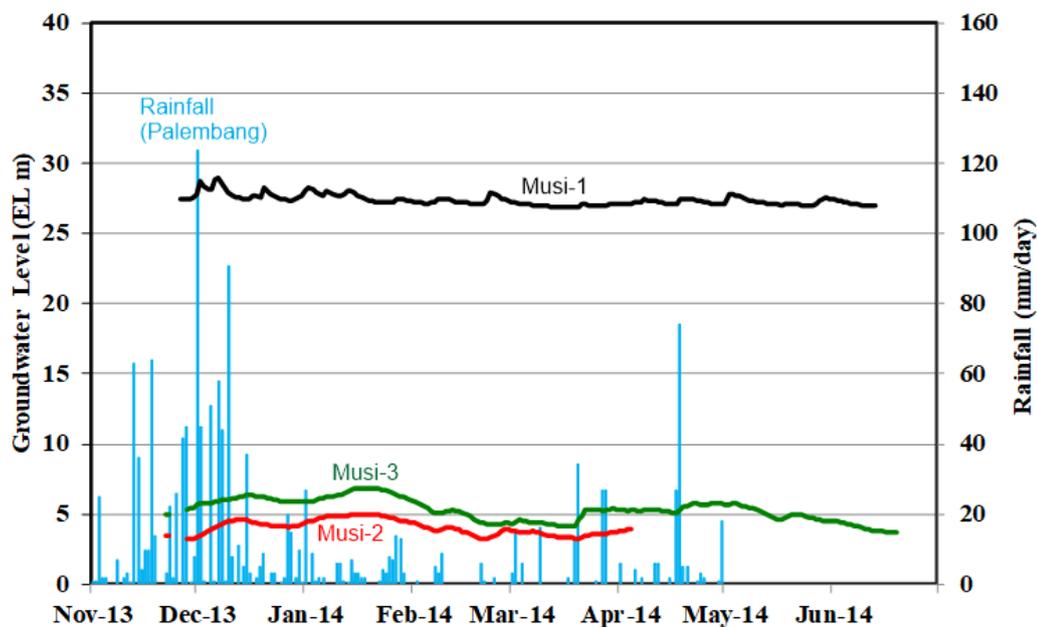


出典：JICAプロジェクトチーム2

図 8.2.1 新規水位計、新規観測井、リハビリ対象水位計の位置図

8.2.2 観測地下水位

2013年11月より、上記の3箇所の観測井において水圧式データロガーにより、1時間単位の自動地下水位観測が実施されている。図 8.2.2 に 2013年11月～2014年6月までの地下水位観測結果を示す。



出典：JICA プロジェクトチーム 2

図 8.2.2 観測井における地下水位変動

各施設における観測地下水位の特徴は以下のとおりである。

(1) Musi-1 観測井

本観測井はムシ川中～上流域のムシ川本流から約 120m の地点に位置し、不圧帯水層にスクリーンが設置されている。地下水位は降雨に対して良好に応答するものの、季節変動は認められない。水位標高は約 27m である。

(2) Musi-2 観測井

本観測井は、Musi 川下流域の支流 Lematang 川から約 1,200m の地点に位置する。観測された地下水位は帯水層上面より高い位置にあることから、被圧帯水層の水頭を観測していると考えられる。地下水位の降雨に対する応答は見られず、全体に緩やかな変動を示す。この変動は河川水位の変動と調和的であると推察される。

(3) Musi-3 観測井

本観測井は、Musi 川下流域の支流 Komering 川から約 400m の地点に位置する。Musi-2 と同様に、観測地下水位は帯水層上面より高い位置にあることから、被圧帯水層の水頭を観測していると考えられる。地下水位変動も Musi-2 とほぼ同じ傾向を示す。

8.3 流量観測

8.3.1 水位計の建設及び修復

BBWS-S8 との協議に基づき、1 水位観測所をバニュアシン川の Bayung Lencir 地点に新設することとし、既設の Mambang 水位観測所については壊れていた圧力センサーを新しいものに交換して修理することにした(写真 8.3.1 参照)。両観測所の位置を図 8.2.1 に示す。



出典: JICA プロジェクトチーム 2

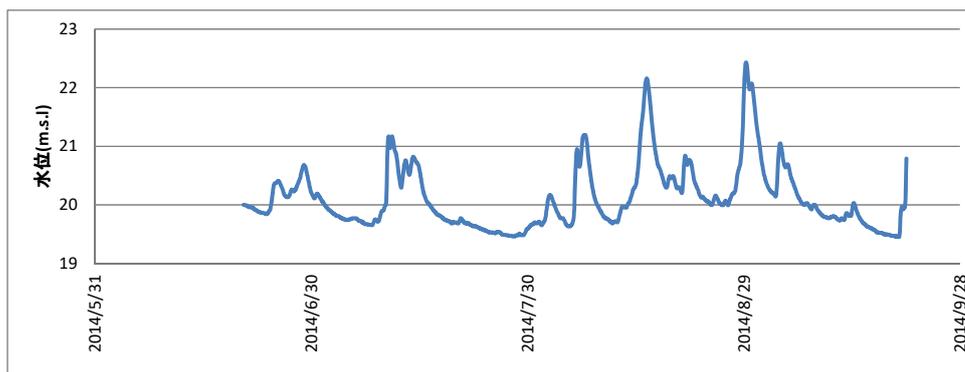
写真 8.3.1 水位計の建設と修復

表 8.3.1 は両観測所の位置に関する情報である。また観測した水位データを図 8.3.1 及び図 8.3.2 に示す。

表 8.3.1 新設および修復観測所の位置情報

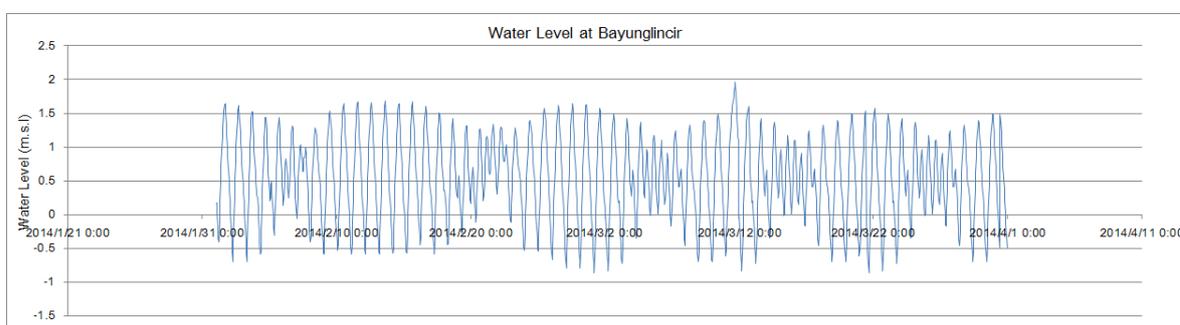
| No. | 局名 | 県 | 村 | 座標 (WGS-84) | |
|-----|---------------|----------------|--------------|-------------|----------------|
| | | | | 緯度 | 経度 |
| 1 | Mambang | Musi Rawas | Mambang | 3° 2'8.68"S | 103°15'21.11"E |
| 2 | Bayung Lencir | Musi Banyuasin | Bayunglencir | 2° 3'2.83"S | 103°41'1.10"E |

出典: JICA プロジェクトチーム 2



出典: JICA プロジェクトチーム 2

図 8.3.1 観測水位データ (Mambang)



出典: JICA プロジェクトチーム 2

図 8.3.2 観測水位データ (Bayung Lencir)

8.3.2 流量観測

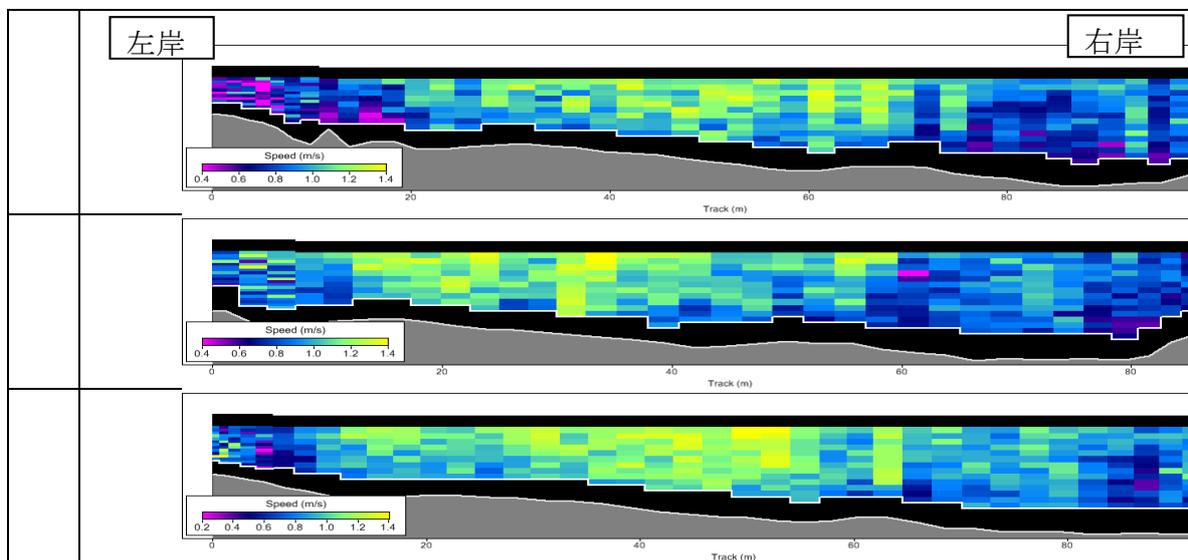
BWSS-S8 が所有するアメリカ製の「River Surveyor」という名前の ADCP を使用して、OJT (オンザジョブトレーニング) ベースで、上記のように修復された Mambang 水位観測所において流量観測を実施した。ある程度の流量範囲をカバーする水位・流量曲線を作成するために、流量観測は 2013 年 10 月 (雨季の前)、11 月 (雨季の初め) 及び 2014 年 5 月 (乾季) と計 3 回行った。流量観測の結果を図 8.3.3 及び図 8.3.4 に示す。

本プロジェクトでは、バニュアシン川及びスギハン川のどこかの地点で流量測定を実施することになっていた。しかし、両河川とも流域は非常に低平で、ほとんどすべての河川区間において潮位の影響を受けている。したがって、JICA プロジェクトチーム 1 (以下「チーム 1」) との協議に基づき、これらの河川での流量観測を断念し、潮位の影響を受けないムシ川中流部の Mambang 水位観測所で流量観測を実施することになった。



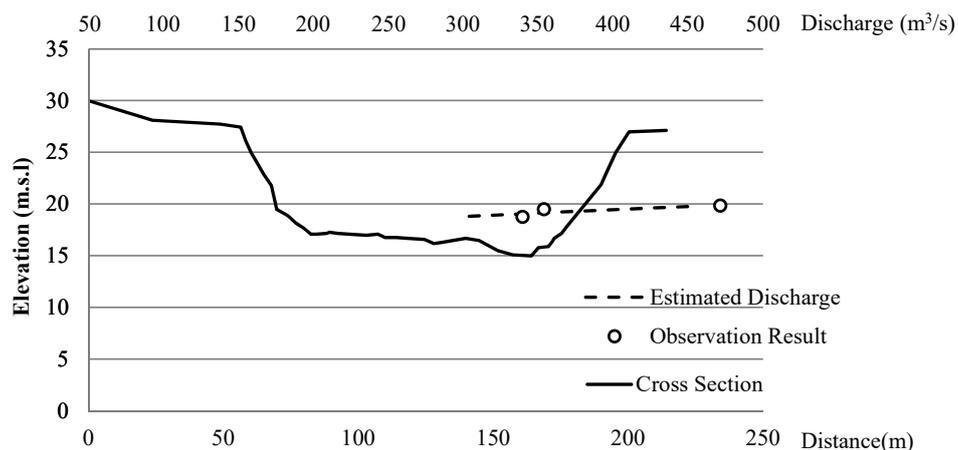
出典: JICA プロジェクトチーム 2

写真 8.3.2 流量観測



出典: JICA プロジェクトチーム 2

図 8.3.3 流速分布



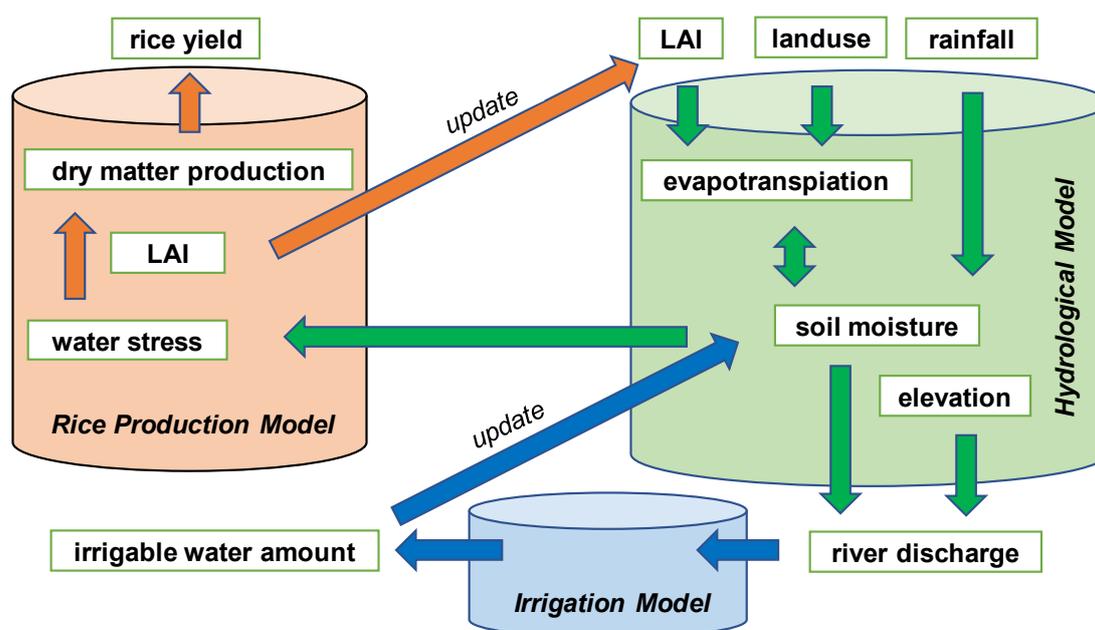
出典: JICA プロジェクトチーム 2

図 8.3.4 測定された河床高と水位・流量

8.4 作物モデル用データ測定調査

8.4.1 稲-気候関係に係るシミュレーションモデル

将来の気候変動が水稻の収量に及ぼす影響を定量的に評価する目的で、JICA プロジェクトチーム 1 は、代表的な作物モデル (Simulation Model for Rice-Weather Relation, SIMRIW-rainfed) と水エネルギー収支分布型水循環モデル (Water and Energy Budget-based Distributed Hydrological Model, WEB-DHM) を組み合わせたモデルの開発を試みた。その構想は、水循環、灌漑、作物の各モデルを図 8.4.1 に示すように結合し、水稻収量を予測することを狙いとしている



出典: JICA プロジェクトチーム 1

図 8.4.1 水循環、灌漑、作物モデルの結合

8.4.2 調査項目及び方法

作物モデルに入力する圃場レベル実測データ収集を目的とし、南スマトラ州の水田類型を考慮の上、表 8.4.1 に示す現場実測及び室内分析項目を選定した。圃場レベル実測データ収集及び室内分析業務は Sriwijaya 大学に委託して実施した。

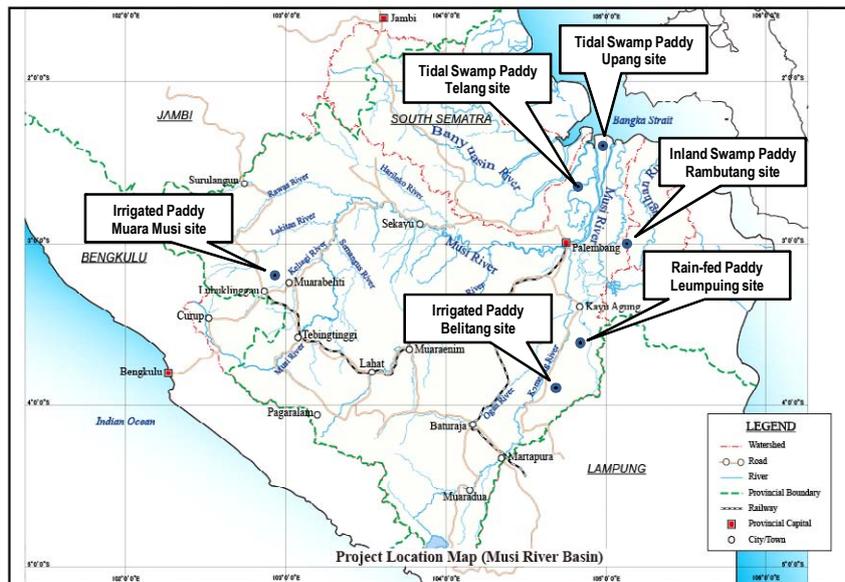
表 8.4.1 調査項目および方法

| 調査方法 | 調査項目 | | |
|------------|------|------------------------|---|
| 圃場実測及び農家聴取 | 栽培方法 | 作業期間 | 耕起、代掻き、移植（苗代・植え付け）、直播、栽培管理、収穫 |
| | | 作業方法 | 手作業、畜力・農業機械（自営・請負） |
| | 農業資材 | 種子 | 品種、播種量、供給源（購入・自家採種） |
| | | 肥料 | 化学肥料種類、施肥時期、施肥量（材料、重量、窒素・リン酸・カリ含有量）、有機肥料（堆肥・厩肥） |
| | | 農薬 | 殺虫剤・殺菌剤の種類、使用農薬の種類・量及び散布時期・回数 |
| | 水田状態 | 雨季の田面水深及び田面排水状態 | |
| | 灌漑 | 期間 | 雨季補給灌漑及び乾季全面灌漑 |
| 方法 | | 田越し灌漑、末端水路から直接引水及び灌漑水深 | |
| 室内分析 | 土壌試料 | 物理分析 | 土壌水分含量、浸透量、pF 及び土性 |
| | | 化学分析 | 全炭素顔料 (T-C)、全窒素含量 (T-N) 及び C/N 比 |
| | 作物試料 | 採取時期 | 田植え後 2 週間、6 週間、出穂期及び登熟期 (粃、藁) |
| | | 物理分析 | 乾物重、葉面積、収量 |
| | | 化学分析 | 全窒素含量 |

出展: JICA プロジェクトチーム 2

8.4.3 調査地点

圃場実測及び試料採取地点は、表流水灌漑地区と感潮湿地排水地区に各 2 ケ所、天水田及び内陸淡水湿地地区に各 1 ケ所設定の上、各地点において 25 戸の標本農家を選定した。Sriwijaya 大学の調査員が、標本農家と個別面談を行い、水稻栽培方法に関する情報を聴取した。上記の調査方法に従い、天水田地点では雨季、内陸淡水湿地地点では乾季、表流水灌漑及び感潮湿地排水地点では両作期に作物試料を採取した。土壌及び作物乾燥試料の理化学分析作業は、Sriwijaya 大学の試験所で実施した。図 8.4.2 に圃場実測地点の位置を示す。



出典: JICA プロジェクトチーム 2

図 8.4.2 作物モデル用現地実測調査地点位置図

8.4.4 調査結果

表 8.4.2 に、圃場実測及び室内理化学分析から得られた結果の平均値を示す。

表 8.4.2 調査結果の要点

| 項目 | 単位 | 実測地点の圃場状態 | | | | | |
|----------------|-----------------|-----------|------------|----------|--------|--------|----------|
| | | 灌漑田 | | 天水田 | 排水田 | | 内陸湿地 |
| 圃場実測地点 | | Belitang | Muara Musi | Leumpang | Telang | Upang | Rambutan |
| 雨季圃場状態聴取結果の平均値 | | | | | | | |
| 収量 | 乾燥籾 (ton ha-1) | 4.08 | 3.89 | 3.96 | 5.01 | 2.94 | - |
| 施肥量 | 尿素 (kg ha-1) | 50 | 112 | 56 | 111 | 75 | - |
| | TSP (kg ha-1) | 41 | 77 | 58 | 92 | 69 | - |
| | NPK (kg ha-1) | 61 | 108 | 53 | 76 | 82 | - |
| 乾季圃場状態聴取結果の平均値 | | | | | | | |
| 収量 | 乾燥籾 (ton ha-1) | 4.28 | 4.58 | - | - | - | 2.72 |
| 施肥量 | 尿素 (kg ha-1) | 75 | 114 | - | - | - | 92 |
| | TSP (kg ha-1) | 46 | 88 | - | - | - | 66 |
| | NPK (kg ha-1) | 71 | 105 | - | - | - | 137 |
| 土壌試料室内分析データ | | | | | | | |
| 土性 | 砂土 (g g-1) | 0.318 | 0.579 | 0.403 | 0.443 | 0.195 | - |
| | シルト (g g-1) | 0.414 | 0.301 | 0.379 | 0.447 | 0.403 | - |
| | 粘土 (g g-1) | 0.268 | 0.120 | 0.218 | 0.110 | 0.402 | - |
| 成分 | 全窒素 (mg g-1) | 15.204 | 15.316 | 47.448 | 10.262 | 45.954 | - |
| | 全炭素 (mg g-1) | 1.096 | 2.596 | 1.552 | 1.000 | 2.400 | - |
| | C/N 日 | 13.9 | 5.9 | 30.6 | 10.3 | 19.1 | - |
| 雨季作物試料室内分析データ | | | | | | | |
| 乾物重 | 移植 2 週目 (g m-2) | 10.4 | 22.8 | 15.0 | 2.2 | 3.2 | - |
| | 移植 6 週目 (g m-2) | 63.4 | 45.2 | 92.0 | 30.0 | 36.3 | - |
| | 出穂期 (g m-2) | 303.0 | 659.0 | 361.0 | 349.0 | 437.0 | - |
| | 籾 (g m-2) | 302.0 | 670.0 | 375.0 | 470.0 | 281.0 | - |
| | 藁 (g m-2) | 582.0 | 754.0 | 685.0 | 652.0 | 389.0 | - |
| 全窒素含量 | 移植 2 週目 (g g-1) | 0.011 | 0.014 | 0.016 | 0.012 | - | - |
| | 移植 6 週目 (g g-1) | 0.012 | 0.019 | 0.021 | 0.013 | - | - |
| | 出穂期 (g g-1) | 0.026 | 0.013 | 0.032 | 0.011 | 0.048 | - |
| | 籾 (g g-1) | 0.090 | 0.017 | 0.017 | 0.012 | 0.037 | - |
| | 藁 (g g-1) | 0.024 | 0.025 | 0.025 | 0.009 | 0.051 | - |
| 雨季作物試料室内分析データ | | | | | | | |
| 乾物重 | 移植 2 週目 (g m-2) | - | - | - | - | - | - |
| | 移植 6 週目 (g m-2) | - | - | - | - | - | - |
| | 出穂期 (g m-2) | - | - | - | - | - | - |
| | 籾 (g m-2) | - | - | - | - | - | - |
| | 藁 (g g-1) | 0.012 | - | - | - | - | - |
| 全窒素含量 | 移植 2 週目 (g g-1) | 0.022 | - | - | - | - | - |
| | 移植 6 週目 (g g-1) | 0.027 | - | - | - | - | - |
| | 出穂期 (g g-1) | 0.047 | - | - | - | - | - |
| | 籾 (g g-1) | 0.026 | - | - | - | - | - |

出典: JICA プロジェクトチーム 2

8.4.5 所見

現況気候条件下、コメの収量の精確な算定を目的とする作物モデルを適用するにあたり、下記の初期設定が必要となる。

- 水循環モデルの入力データには、日射量、日照時間及び気温の観測及び土壌水分含量の測定
- 作物生産モデルの入力データには、圃場レベルの作物栽培管方法、具体的には水稻品種、移植日、施肥量と投入日に関する情報の入手。さらに、栽培期間中に採取し

た作物試料の乾物重・窒素含量把握のための室内分析作業の実施と葉面積指数の計算

- 灌漑モデルの入力データには、水循環モデルから得られる河川流量

将来の気候変動がコメの収量に与える影響のシミュレーションを行うためには、水田を取り巻くエコシステム (環境条件) を明らかにすることが欠かせない。ムシ川流域の場合、エコシステムを灌漑田、天水田、感潮湿地排水田、内陸淡水湿地田に類別した。これらのエコシステムでは、自然環境の特徴のみならず、農民の稲作方法も異なることから、水のストレスが作物収量に与える影響度を同一条件に調整することが必要となる。これに対応するため、チーム 1 では、ムシ川流域の各エコシステムに調整係数を設定することとし、灌漑田には 1.065、天水出には 1.183、感潮湿地排水田には 1.130、内陸淡水湿地田には 0.821 を適用した。

南スマトラ州を含むスマトラ島東部は、エルニーニョ現象に起因した旱魃状態に直接影響を蒙るため、作物生産モデルに入力する信頼度の高い基本データを最低 5 年分収集する必要があり、その対応策として各エコシステムの水田に観測体制を構築しなければならない。この観点に立ち、灌漑エコシステムにおける補給灌漑用水量の効用を検討する本調査においては、将来の気候変動の定量化を作物収量ベースではなく、面積ベースで行う方針に切り替えた。