

厚生労働省委託事業

平成 27 年度水道プロジェクト計画作成指導事業

インドネシア
泥炭湿地原水の色度除去技術普及
プロジェクト計画作成指導事業

事業報告書

平成 28 年 3 月

パシフィックコンサルタンツ株式会社・
公益社団法人国際厚生事業団
共同企業体

目 次

基礎指標	i
位置図	i
写真集	ii
略語説明	iv
為替換算レート	iv
第 1 章 緒論	1
1.1 目的	1
1.2 工程・方法	1
1.2.1 事業実施工程	1
1.2.2 現地調査期間及び内容	1
1.3 団員の構成	2
第 2 章 調査対象の現状把握に関する事項	3
2.1 対象国の給水事業・問題点	3
2.1.1 水道分野の現状(国レベル)	3
2.1.2 水道事業における問題点(国レベル)	4
2.1.3 衛生関連並びに水系感染症に関する問題点(国レベル)	7
2.1.4 水道事業の現状(調査対象地区)	8
2.1.5 飲料水供給における問題点(調査対象地区)	15
2.1.6 衛生関連並びに水系感染症に関する現状および問題点(調査対象地区)	17
2.2 関連する計画	18
2.2.1 開発計画の概要	18
2.2.2 対象案件の上位計画・関連計画	21
2.2.3 対象案件に対する相手国側の緊急性・優先度	21
2.3 担当官庁と実施機関	22
2.3.1 関連官庁	22
2.3.2 実施機関の組織	23
2.3.3 実施機関の業務	24
2.4 我が国による協力の経過	24
2.4.1 資金協力の経過	24
2.4.2 技術協力の経過	24
2.4.3 相手国・機関による上記協力への意見	25

2.5	第三国／国際機関による協力の経過.....	26
2.5.1	対象案件に関連する協力実績・形態.....	26
2.5.2	対象案件に関する要請の有無・結果.....	26
2.5.3	対象案件の我が国の援助方針との整合性.....	26
2.5.4	対象案件と第三国/国際機関による協力とのリンケージの必要性.....	28
2.5.5	対象案件を第三国/国際機関が実施しない理由.....	29
第3章	提案する計画・プロジェクトに関する事項.....	30
3.1	提案プロジェクトの背景.....	30
3.2	問題点の改善への取り組み方.....	30
3.2.1	水道事業における問題点(国レベル)と対象案件との関係.....	30
3.2.2	水道事業の現状及び飲料水供給における問題点との関係.....	30
3.2.3	協力の範囲・形態・実施時期.....	31
3.3	提案プロジェクトの目的.....	32
3.4	提案プロジェクトの内容.....	32
3.4.1	計画の概要.....	32
3.4.2	計画内容、規模数量.....	32
3.4.3	概算事業費.....	32
3.4.4	その他.....	32
3.5	サイトの状況.....	33
3.5.1	給水区域.....	33
3.5.2	自然条件等.....	34
3.5.3	アクセス.....	34
3.5.4	電力、通信手段.....	35
3.5.5	安全性.....	35
第4章	提案する計画・プロジェクトの効果・インパクトに関する事項.....	36
4.1	プロジェクト実施の効果.....	36
4.1.1	想定される成果.....	36
4.1.2	水道分野の現状に対する解決の程度について.....	36
4.1.3	飲料用水供給における問題点に対する解決の程度について.....	36
4.1.4	衛生関連並びに水系感染症に関する問題点に対する解決の程度について.....	36
4.1.5	その他.....	36
4.2	案件実施のインパクト.....	37
第5章	提案するプロジェクトの妥当性に関する事項.....	38
5.1	案件を実施した場合の組織的妥当性・持続性.....	38

5.1.1	管理・監督における組織の能力	38
5.1.2	経営における組織の能力	38
5.1.3	施工時における組織の能力	39
5.1.4	維持管理時における組織の能力	39
5.1.5	地域住民との関係	40
5.2	案件を実施した場合の財務的妥当性・持続性	40
5.2.1	相手国側負担分の資金源	40
5.2.2	水道事業指標の現況	41
5.3	案件を実施した場合の技術的妥当性・持続性	41
5.3.1	相手国側の技術水準との整合	41
5.3.2	要員の配置・定着状況	41
5.3.3	施設・機材の保守管理状況	41
5.4	環境への配慮	41
5.4.1	見込まれる環境インパクト	41
5.4.2	環境影響の評価	41
第 6 章	結論	43
6.1	特記すべき事項	43
6.2	協力実施上注意すべき事項	43
6.3	結論	43
6.4	所感	44

図 目次

図 1	調査実施フロー	1
図 2	世界の主要都市の水道基本料金(2015 年)	4
図 3	世界の主要都市の月額最低水道料金(2015 年)	5
図 4	インドネシアの泥炭湿地分布と PDAM 経営健全度	5
図 5	泥炭湿地の影響の差異による薬品費比率	7
図 6	調査対象 PDAM の給水原価内訳構成比	7
図 7	Dumai 市位置図	9
図 8	既存上水道システムの送配水系統	9
図 9	Medang Kampai 浄水場の原水	10
図 10	Masjid 浄水場の原水	10
図 11	遺棄された Masjid 浄水場敷地内の浄水設備	11
図 12	Sudirman 浄水場の沈殿地	11
図 13	遺棄された Sudirman 浄水場内の海水淡水化施設	11
図 14	Dumai 市街地の配管網(配色部分が給水エリア)	12
図 15	Banjarmasin 市位置図	12
図 16	既存上水道システムの送配水系統	13
図 17	Bilu 取水場	14
図 18	Tabuk 取水場	14
図 19	Pematang 取水場	14
図 20	Lulut 取水場	14
図 21	Ahmad Yani 浄水場	15
図 22	Pramuka 浄水場	15
図 23	PDAM Kota Dumai の既存上水道システム	19
図 24	PDAM Kota Dumai の将来拡張計画による上水道システム	19
図 25	PDAM Kota Dumai の将来拡張計画によって拡大する給水エリア	20
図 26	PDAM Kota Dumai の将来拡張計画によって拡大する給水エリア	20
図 27	PDAM の泥炭湿地堆積量別の経営健全度の比較	22
図 28	PDAM Kota Dumai 組織構成	23
図 29	PDAM Banjarmasin 組織構成	24
図 30	「水と衛生に関する拡大パートナーシップ・イニシアティブ」基本方針	27
図 31	PDAM Kota Dumai の新規浄水場による給水対象エリア	33
図 32	Pekanbaru の月平均気温・降雨量	34
図 33	Banjarmasin の月平均気温・降雨量	34

表 目次

表 1	上水道分野の国家中期開発計画目標達成のための予算配分見込み	4
表 2	Dumai 市の人口	9
表 3	PDAM Kota Dumai の市街地の未給水人口	12
表 4	PDAM Kota Dumai の水道料金	12
表 5	Banjarmasin 市の人口	13
表 6	PDAM Banjarmasin の取水場概要	13
表 7	PDAM Banjarmasin の浄水場概要	15
表 8	PDAM Kota Dumai の 2014 年の月別料金収入内訳	16
表 9	PDAM Kota Dumai の原水・処理水・水道水の水質分析結果	17
表 10	PDAM Bandarmasih の原水の水質分析結果	18
表 11	日本の対インドネシア ODA の実績(単位:億円)	24
表 12	上水道分野に関する我が国の ODA 実績	25
表 13	提案プロジェクトの実施項目の内容・数量	32
表 14	案件実施のインパクト	37
表 15	管理・監督における組織(PDAM Kota Dumai)の能力	38
表 16	管理・監督における組織(PDAM Banjarmasin)の能力	38
表 17	管理・監督における組織(PDAM Kota Dumai)の能力	38
表 18	管理・監督における組織(PDAM Banjarmasin)の能力	39
表 19	施工における組織(PDAM Kota Dumai)の能力	39
表 20	施工における組織(PDAM Banjarmasin)の能力	39
表 21	維持管理における組織(PDAM Kota Dumai)の能力	40
表 22	維持管理における組織(PDAM Banjarmasin)の能力	40
表 23	PDAM Kota Dumai 及び PDAM Banjarmasin の水道事業指標	41

インドネシアの基礎指標

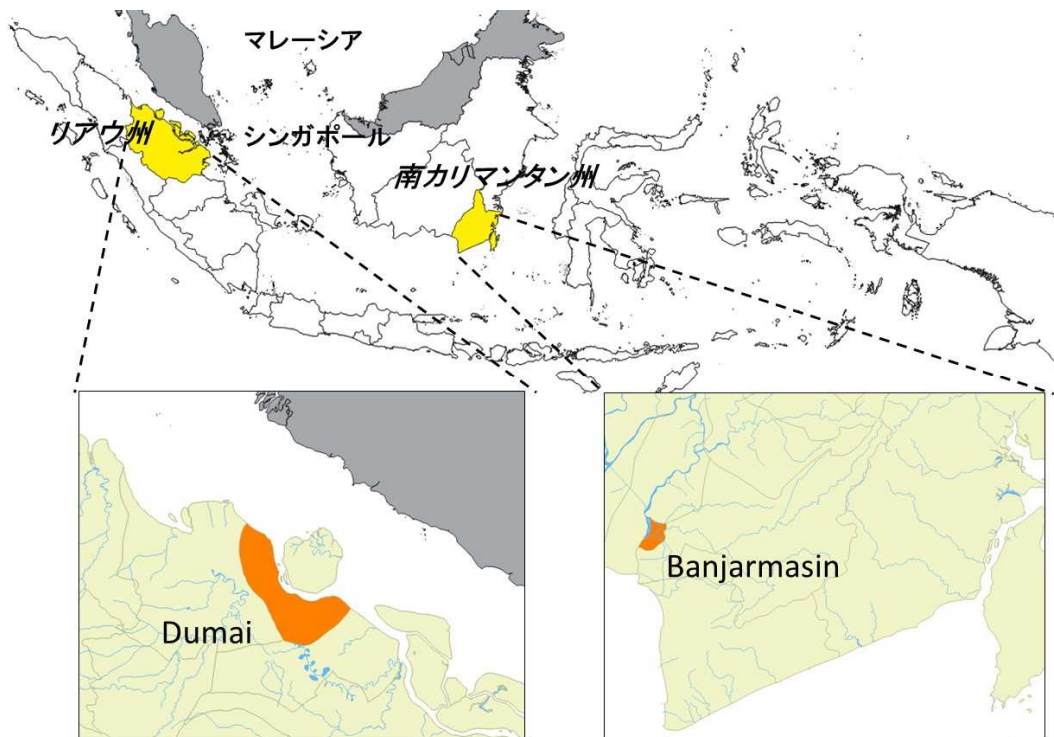
基礎指標	指標値	基準年
総人口(国全体)	249,866,000 人 ¹⁾	2013 年(インドネシア政府統計)
一人当たり名目 GDP	3,500USD ²⁾	2013 年(インドネシア政府統計)
実質経済成長率	5.0% ²⁾	2013 年(インドネシア政府統計)
1人あたりの GDP 年間平均成長率	2.8% ¹⁾	1990～2013 年
5歳未満児童死亡率	29 人／千人あたり ¹⁾	2013 年
乳児死亡率(1歳未満)	25 人／千人あたり ¹⁾	2013 年
出生時平均余命	71 歳 ¹⁾	2013 年
成人識字率	93% ¹⁾	2006～2013 年
都市人口の割合	52% ¹⁾	2013 年
都市人口の年間平均増加率	3.8% ¹⁾	1990～2013 年
改善された飲料水へのアクセス率 (全国／都市／農村)	68.11%/79.3%/56.2% ³⁾	2014 年
国土面積	1,890,000 km ² ²⁾	

出典：1) UNICEF「世界子供白書 2015 要約版」

2) 外務省 HP「インドネシア共和国基礎データ」

3) インドネシア公共事業住宅省 2014 年公表資料

調査対象地域位置図



出典：調査団作成資料

写真集

PDAM Kota Dumai



キックオフ協議の様子



取水場



原水の取水の様子



浄水場



海水淡水化施設



遺棄された以前の浄水場



簡易テストの様子



技術指導、プロジェクト計画作成指導の様子



Sungai Bilu 取水場



Ahmad Yani 浄水場



Pramuka 浄水場の水質検査器具



Pramuka 浄水場の薬品注入箇所



協議の様子



リヤムカナンダム下流の堰河口に繁茂するホテイアオイ

略語説明

ADB	Asian Development Bank (アジア開発銀行)
AusAID	The Australian Agency for International Development (オーストラリア国際開発庁)
BAPPEDA	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (地方開発企画局)
BPPSPAM	Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (全国上水道システム開発援助庁)
IIGF	Indonesia Infrastructure Guarantee Fund (インドネシア・インフラ保証基金)
IMF	International Monetary Fund (国際通貨基金)
Kabupaten	Regency (県)
Kota	City (市)
MDGs	Millennium Development Goals (国連ミレニアム開発目標)
ODA	Official Development Assistance (政府開発援助)
PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum (地域水道公社)
PERPAMSI	Persatuan Perusahaan Air Minum Seluruh Indonesia (インドネシア水道協会)
PLN	Perusahaan Listrik Negara Persoro (インドネシア国営電力公社)
PPP	Public Private Partnership (官民連携)
SDGs	Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標)
USAID	United States Agency for International Development (米国国際開発援助庁)
WB	World Bank (世界銀行)
WSESTC	Water Supply and Environmental Sanitation Training Center (水道環境衛生訓練センター)

為替換算レート

1 IDR = 0.00888 円 (独立行政法人国際協力機構精算レート表平成 27 年 11 月)

第1章 緒論

1.1 目的

本事業の目的は、インドネシアの水道事業体(以下 PDAM と記す)の施設整備、経営・維持管理、人材育成等に関する個別具体的な課題や潜在的ニーズに係る情報に基づき、現地に渡航し、専門的・技術的見地から課題解決のための水道プロジェクト計画作成に資する助言・指導を行うことである。同時に、その調査期間中にインドネシアの水道担当行政官及び水道事業者職員とともに課題解決の具体的方策を検討することを通じて、インドネシアの中央及び地方政府における水道プロジェクト計画作成能力、水道政策立案能力及び水道事業運営能力の向上を図るものである。

1.2 工程・方法

1.2.1 事業実施工程

本事業調査は、以下に示すフローに従って実施した。

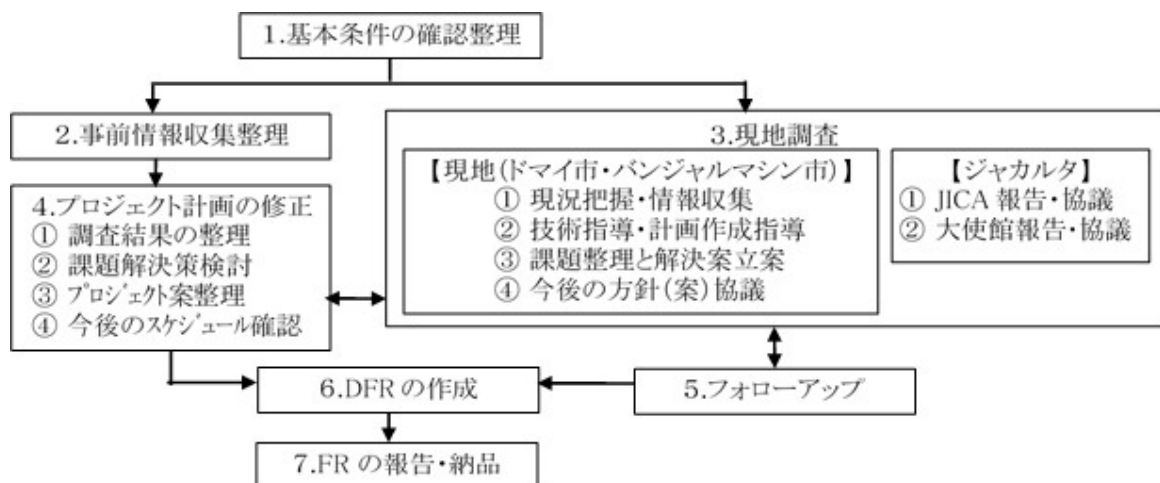


図 1 調査実施フロー

1.2.2 現地調査期間及び内容

1) 実施期間

2015 年(平成 27 年)11 月 15 日(日)～12 月 1 日(火) (17 日間)

2) 現地調査項目

- (1) 既存水道システムの基本的情報の把握
 - ・ PDAM 既存上水道施設整備状況(水量、水質データ等を含む)
 - ・ 既存浄水処理方式
 - ・ PDAM の上水道将来計画の内容及び進捗

- ・ 各種統計情報（人口、水感染症罹患率など）
- ・ PDAM 財務詳細データ
- (2) 適用技術・改善提案の検討
 - ・ 適用技術の現状と課題の把握
 - ・ 色度処理の改善提案
- (3) 中央政府関係機関との協議
 - ・ 提案技術協力プロジェクトの内容協議と今後の動向把握
 - ・ 将来的な色度除去技術の普及展開の方策協議
- (4) 日本側関係機関への報告協議
 - ・ 在インドネシア日本国大使館、JICA インドネシア事務所への今後の事業展開に関する意見交換

また、現地調査時には、上記の関連情報収集に併せて、PDAM 職員を対象に以下の技術指導、プロジェクト計画作成指導を実施した。

- ・ 既存の凝集沈殿、薬品処理方式の問題点や非効率性に関する指摘
- ・ 対応策としての我が国高度浄水処理に関する概要および導入留意点の説明を通じた理解促進
- ・ 適用可能な浄水処理技術の運用・維持管理に関する技術説明

1.3 団員の構成

氏名	所属	担当
水井一成	パシフィックコンサルタンツ株式会社	業務主任者
森本達男	パシフィックコンサルタンツ株式会社	上水道計画指導・設備改善計画検討
森山佳奈	パシフィックコンサルタンツ株式会社	情報整理・データ分析・国内業務調整
山口岳夫	公益社団法人国際厚生事業団	浄水処理システム改善指導・適用技術検討
伊藤雅喜	国立保健医療科学院	業務指導・C/P 機関との交渉指導

第2章 調査対象の現状把握に関する事項

2.1 対象国の給水事業・問題点

2.1.1 水道分野の現状(国レベル)

ASEAN 諸国最大の人口と国土を有するインドネシア(以下イ国)は、近年の経済成長を背景に、東南アジア唯一の G20 メンバーとして国際舞台でのプレゼンスも拡大しており、我が国とも日・インドネシア経済連携協定(2008 年)や「ジャカルタ首都圏投資促進特別地域(MPA:Metropolitan Priority Area)」の合意(2010 年)など、経済開発面での結びつきが強い。しかし、実質 GDP 成長率は近年下降気味で、比較的安定してきた経済成長に陰りが見られる一方、2014 年の一人当たり GDP は 3533.53USD で世界第 118 位(出所:IMF)、2014 年の貧困率は 11.25%(都市部 14.17%、地方部 8.34%)と、貧富差の拡大が大きな社会問題となっている。

この要因の一つであるインフラ不足に対して、政府は 2025 年までに GDP 規模世界トップ 10 入りを果たすという目標を掲げた「経済開発迅速化・拡大マスタープラン(MP3EI)」を 2011 年に策定した。また第 5 次国家中期開発計画(2010～2014 年)では 11 の優先課題の一つに上水道を含むインフラ整備戦略を位置づけ、保証制度の拡充による都市部上水道 PPP の促進や地方 PDAM の経営改善に注力してきた。投資総額の 5 割をインフラ整備に充てるとした同計画の下で、財務省の 100%出資で設立した IIGF(Indonesia Infrastructure Guarantee Fund)を通した政府保証やリスク軽減によって、電力や道路等の分野では PPP 案件の成案が進んだ。ただし上水道分野では、新たな水源開発を含む大規模な PPP 案件は地域関係者間の調整などに時間を要すこともあり、PPP 案件は一件も成立されてこなかった。さらに、2015 年 2 月に憲法裁判所が下した民間ボトル水製造会社の湧水水源の独占状態に対する違憲判決によって、民間企業の水供給事業参画を規定していた水源法(2004 年第 17 号)が無効となり、2015 年 12 月に同法に替わる法律として、水源所有権は政府が有すると明確に定めた飲料水供給システムに関する政令(2015 年第 122 号)が制定された。これにより、水源開発や導水施設整備を含むような案件は PPP で実施されなくなったため、上水道分野の民間投資は、PDAM と直接契約する形態の BtoB と呼ばれる案件に限定されている現状である。

しかしながら、ジョコ・ウィドド政権発足後に発表された第 6 次国家中期開発計画(2015～2019 年)は、重視する開発 3 側面の一つの人間開発において保健衛生を挙げるとともに、ジャカルタを中心とするジャワ島とそれ以外の島嶼部との格差の是正を掲げ、今後 5 年間の必要インフラ投資総額を約 55 兆円と見積もっており、今後も上水道分野を含むインフラ開発や投資環境の整備促進が見込まれる。

同計画は、上水道分野について 2019 年の安全な水へのアクセス率を 100%とする非常に野心的な目標を掲げ、インフラ総投資額の 4.1%にあたる約 2 兆 2,542 億円を必要投資額と見積もっている。この国家中期計画に基づき、全国の上水道整備や開発を管轄する公共事業・国民住宅省居住総局水道システム開発局は、目標達成に向けた課題として以下を挙げている。

- ・ 未利用水量 38,000L/s の活用や平均漏水率 33%の改善
- ・ 2019 年までの水資源量 128m³/s の開発

- ・ PDAM の経営改善
- ・ 予算確保

水道システム開発局は必要投資額約 2 兆 2,542 億円を次表のような配分で見込んでいる。

表 1 上水道分野の国家中期開発計画目標達成のための予算配分見込み

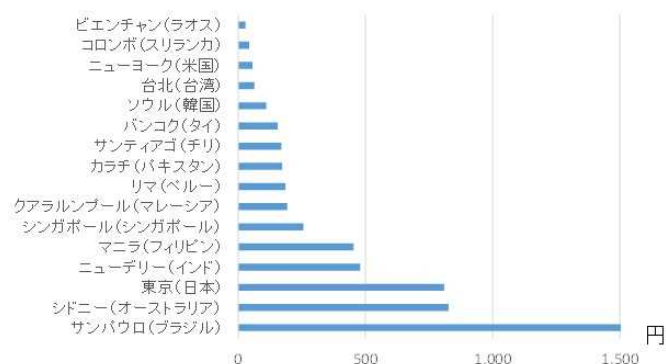
原資	予算額(兆 IDR)	割合
中央政府予算	33.899	13%
水源開発関連	18.199	7%
官民連携による民間投資	20.153	8%
国家銀行融資	11.446	5%
CSR	17.351	7%
地方政府予算	119.287	47%
PDAM 予算	18.119	7%
中央政府関係基金	15.397	6%
合計	253.850	100%

出典:公共事業・国民住宅省居住総局水道システム開発局提供資料

2.1.2 水道事業における問題点(国レベル)

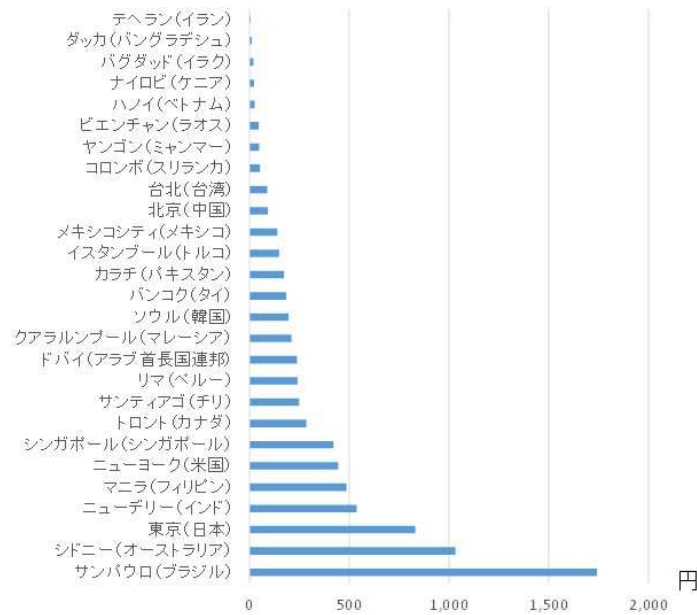
1) PDAM の水道事業経営の不健全性

イ国の上水道分野の最大かつ喫緊の課題は、全国に 400 程度存在する、水道整備・運営・維持管理を担う PDAM と呼ばれる水道事業体の経営状況の改善である。最新の全国上水道システム開発援助庁(BPPSPAM)公表データ(2014 年)の、「財務」「経営管理」「技術」に関する 13 項目の相対評価による PDAM 経営健全度指標の結果では、経営が不健全もしくは劣悪と評価される PDAM 数は全体の約半数となっており、この主な要因には収入の低さが挙げられる。2010 年の全国の PDAM 平均の水道基本月料金は 1,633IDR(約 14.5 円)で、基本料金を設定している各国主要都市と比較しても極端に低い。また、2014 年の全国の PDAM 平均の一接続あたりの月料金は 3,490IDR/m³(約 32.3 円/m³)で、各国主要都市の基本料金に従量料金を加えた月額料金設定の最低額と比較すると、この PDAM 平均額を下回っているのはハノイ、ナイロビ、バグダッド、ダッカ、テヘランのみで、アジア諸国でもビエンチャン、ヤンゴン、コロンボなどはこの PDAM 平均額より高い。



出典:ジェトロ HP 世界の主要各国の公共料金を基に調査団作成

図 2 世界の主要都市の水道基本料金 (2015 年)

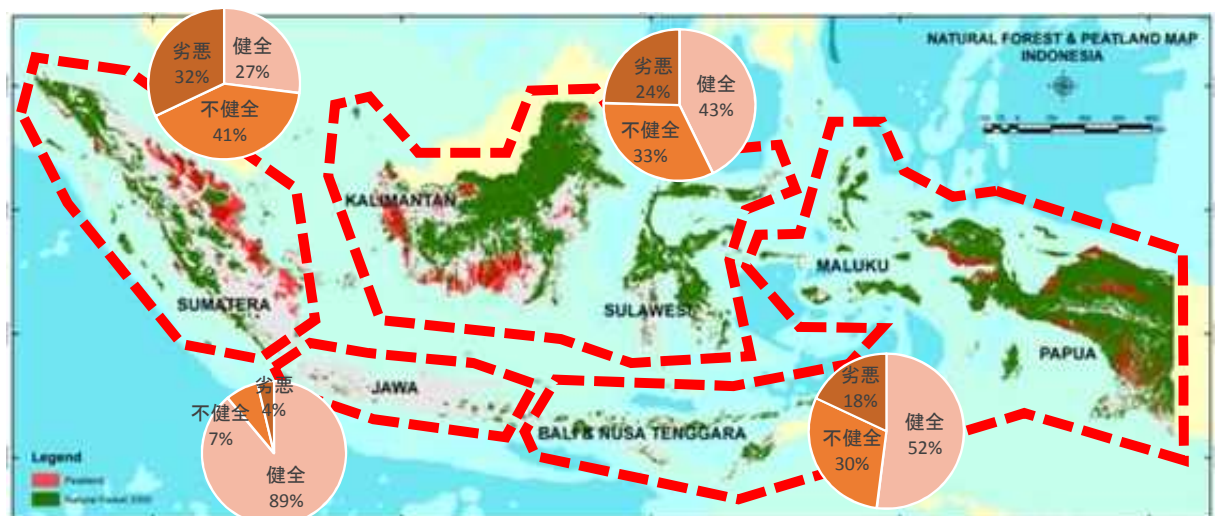


出典: ジェトロ HP 世界の主要各国の公共料金を基に調査団作成

図 3 世界の主要都市の月額最低水道料金 (2015 年)

また、2014 年の PDAM の全国平均無収水率は 33%と高く、無収水率を乗じた供給単価が一接続あたりの月料金から算出される m^3 あたりの収入を超えている PDAM の数は 245 と、全体の 70% を数える。

熱帯雨林気候区に属すイ国は多雨で水量には比較的恵まれているが、沿岸部は地下水の塩分濃度が高く、島嶼部が多く急峻な地形のために河川表流水は比較的高濁度であり、水質面の課題が多い。中でも特筆されるのは、イ国に全世界の 4 割が分布する熱帯・亜熱帯地域の泥炭湿地であり、その面積は 5,400 万 ha に及ぶ。特にスマトラ島北東沿岸部やカリマンタン島南岸部に広く分布しており、これらの泥炭湿地帯に所在する PDAM の多くが、経営不健全もしくは劣悪と評価されている。この大きな原因の一つに、高色度の原水処理のための多量の薬品使用による原水処理コストの高さが挙げられる。



出典: 「National Forest & Peatland Map」および「Kinerja PDAM 2015(全国水道システム開発援助庁)」を基に調査団作成

図 4 インドネシアの泥炭湿地分布と PDAM 経営健全度

2) 高色度原水の処理技術の障壁

植物遺骸や木質遺骸が十分に微生物分解されずに堆積して形成される泥炭は、低気温地域ではPEAT、熱帯・亜熱帯地域ではトロピカルPEATとも呼ばれる。トロピカルPEATは腐植物質の量が比較的多いためにフミン質が多く含まれている。原水色度の主要因は、フミン質の主な構成要素である無定形高分子有機物のフミン酸とフルボ酸であるため、トロピカルPEATの色度は、地域によっては茶褐色やそれ以上の濃さの色を呈す。

分子量の大きいフミン酸は凝集沈殿しやすい場合が多いが、分子量が小さいフルボ酸は凝集沈殿しにくい場合がある。また、フミン質は浄水過程での塩素消毒処理に用いられる塩素と化学反応してトリハロメタンを生成するとされている。フミン質の成分構成やその他水質成分の多寡は、泥炭を構成する腐植有機物や周辺土壌環境に左右されることもあり、フミン質の処理には、現地の水源水質に合わせた高度な技術が求められる。

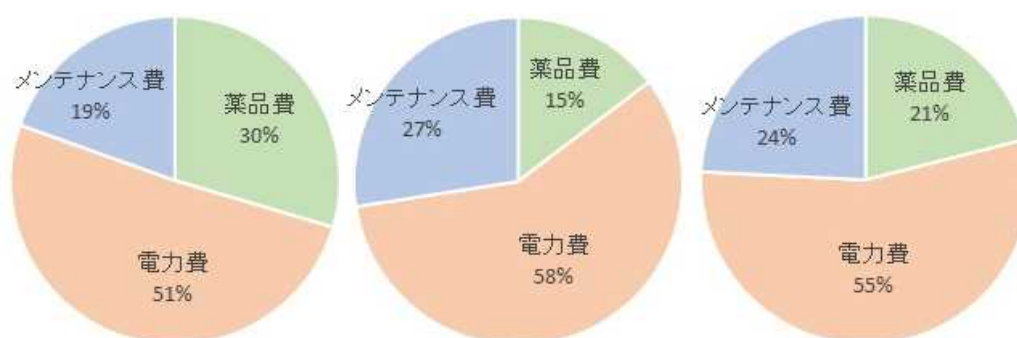
インドネシアのPDAMでは凝集沈殿による急速ろ過が主流だが、採用されている個別浄水処理に必要な技術的背景や設計仕様などへの理解が不十分なまま運用されていたり、新しい設備だけが追加設置され既存処理機構との相乗効果が発揮されていないような処理システムが各地で散見される。高効率な凝集沈殿のための基本的技術要件を浄水場管理担当職員が理解していない場合も多く、イ国のPDAM職員の技術レベルが、高度な色度処理技術の導入の障壁となっている。

我が国には、臭気の除去やトリハロメタンの低減化を主な目的として、1970年頃から粉末活性炭、粒状活性炭、オゾンを用いた高度浄水処理が導入されてきており、全国の高度浄水処理を導入している浄水場数は2009年時点で333箇所にも上る。化学反応(酸化)、生物化学反応(微生物による分解)、化学反応を伴わない吸着作用、に大別される処理機構は、泥炭湿地一帯の原水の着色原因となるフミン質の除去にも効果があり、我が国でも北海道北見市や釧路市、東京都小笠原村などでフミン質由来の色度処理が行われている。これらの技術的知見は、「安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究(e-Water II)」(厚生労働科学研究費補助、財団法人水道技術研究センター、平成17年度～平成19年度)の実施や、「水道事業における高度浄水処理の導入実態及び導入検討等に関する技術資料」(厚生労働省、2009年)、「水道施設設計指針2010」(一般社団法人日本水道協会)などにとりまとめられた研究成果として蓄積されており、これらのイ国の高色度処理技術の向上への貢献が期待される。

3) 高色度原水の処理コストの高さ

上記の技術的制約に加え、水道の水質に対するPDAM職員の捉え方も、PDAMの技術レベル向上の意識抑制の要因となっている。たとえ他の水質項目がイ国基準値を下回っていても、有色の水は利用者への印象が悪く水道水として敬遠されてしまうこともあり、泥炭湿地帯に所在するPDAMの多くは、多量の薬品投入によって強引な色度軽減を行っている。

そのため、以下に示すように泥炭湿地の影響が大きいPDAMの、人件費を除く造水経費に占める薬品費の割合は相対的に高くなっている。

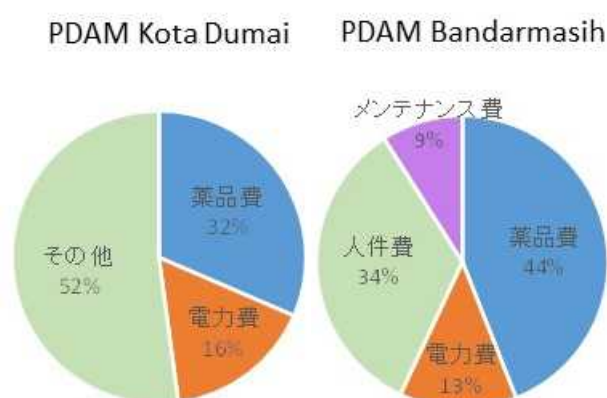


泥炭湿地帯に所在する PDAM 泥炭湿地の影響の無い PDAM 全ての PDAM

出典:「Kinerja PDAM 2013」全国水道システム開発援助庁
およびインドネシア水道協会データを基に調査団作成

図 5 泥炭湿地の影響の差異による薬品費比率

今回の調査対象地の両 PDAM についても、給水原価における薬品費の割合は以下のとおり高い。



出典:PDAM 提供資料を基に調査団作成

図 6 調査対象 PDAM の給水原価内訳構成比

このため、泥炭湿地の影響が大きい PDAM の給水原価は 6,224 IDR/m³(約 55.3 円/m³)で、これは泥炭湿地が全く分布していない地域の PDAM の 3,774IDR/m³(約 33.5 円/m³)の 1.65 倍であり、全国平均の 4,971IDR/m³(約 44.1 円/m³)を大きく押し上げる原因となっている。

2.1.3 衛生関連並びに水系感染症に関する問題点(国レベル)

1) 安全な飲料水へのアクセス

イ国政府は、ミレニアム開発目標 (MDGs) の安全な飲料水へのアクセス率目標値を 68.87% (都市部 75.29%、地方部 65.81%)と設定していた。インドネシア中央統計局は昨年、2013 年の進捗結果を 67.73%と公表し、MDGs の達成はほぼ見込まれる状況となった。しかしイ国政府はこれに満足せず、第 6 次国家中期開発計画 (2015～2019)において、2019 年までに安全な飲料水へのアクセス率を 100%にするという、非常に野心的な目標を掲げた。2015 年 9 月に国連で採

択された持続可能な開発目標 (SDGs:Sustainable Development Goals) での上水道関連指標は、MDGs に引き続き全 17 目標の一つとして、「すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する」という文言で盛り込んでいるが、イ国政府はこの国際約束である SDGs に先んじて、独自に高い目標設定を公表したことになる。

この背景には、近年のイ国政府が注力しているジャカルタとそれ以外の開発格差の解消の一環として、MDGs はほぼ達成見込みであるものの依然として課題である都市部に比べて低い地方部のアクセス率を向上させたいという意図がある。国連の MDGs モニタリング機関の 2015 年の最新報告によると、上水道施設による改善された水を利用している人口の割合はイ国全体で 22% しかなく、さらにその内訳は都市部 33%、地方部 9% と、大きな地域格差がある。また、国際的にみても、インドネシアは人口が多いため、MDGs の目標アクセス率が達成できたとしても依然として約 4 千万人もの多くの国民が安全な飲料にアクセスできない計算となる。この数字は UNICEF によると、中国、インド、ナイジェリア、エチオピアに次いで世界ワースト 5 位である。

地方部の低いアクセス率の一要因には、給水率の拡大に必要な給配水施設の整備費用を PDAM が独自財源で賄えないという、PDAM の経営不健全性が挙げられる。従って、今後の安全な飲料水へのアクセス率向上や持続可能な管理の観点からも、地方部 PDAM の水道事業経営改善は非常に重要な意味合いを持つ。

2) 水系感染症

一般に、途上国では感染症が日常的に発生しており、集団感染事例が発生したとしてもこれを確認することが困難である。地域の医療施設でも罹患者数データが記録されていない場合もあり、実態把握は難しいため、限られた情報から類推するしかない。

1997 年の報告¹によると、当時のジャカルタでは水道管が負圧になるために地中の汚水や病原菌等が混入されることも影響し、24 の水道水検体のうちの約 2 割から大腸菌が検出されていた。また、イ国保健省は 2006 年に、毎年国民の約 3 割がコレラ、赤痢、腸チフスの水系感染症に苦しんでいると発表している²。

我が国の無償資金協力「東西ヌサトゥンガラ州地方給水計画(2007 年～2009 年)」の事後評価によると、事業対象地域の一地区では、2009 年のプロジェクト終了前の下痢患者数は 1,722 人であったが、プロジェクトによって給水関連施設が整備された結果、2011 年には 400 人へと減少したと報告されている。このことから、公共水道サービスの向上は保健医療面への貢献が期待できる。

2.1.4 水道事業の現状(調査対象地区)

1) Dumai 市

(1) 社会状況

スマトラ島中央のリアウ州に属する Dumai 市は、シンガポール近郊の港湾都市で、州内では

¹ 「海外生活と水」(一般財団法人海外邦人医療基金、1997 年)

² 「Proposed Loan Republic of Indonesia: West Jakarta Water Supply Development Project」(ADB、2003 年)

州都 Pekanbaru に次ぐ 253,803 人 (2011 年センサス) の人口を抱える州内第二の都市である。1999 年に、隣接していた Bengkalis 県から独立して誕生した、比較的新しい市である。1989 年から 2 期に亘って我が国の借款事業で整備されてきた Dumai 港は州唯一の港であり、貨物輸送において重要な役割を果たしてきたほか、国営石油公社 (PERTAMINA) の大規模な石油精製工場も存在しており、将来の産業や経済の発展が期待される地域である。以下に、地区 (Kecamatan) ごとの人口と地区区域図を示す。

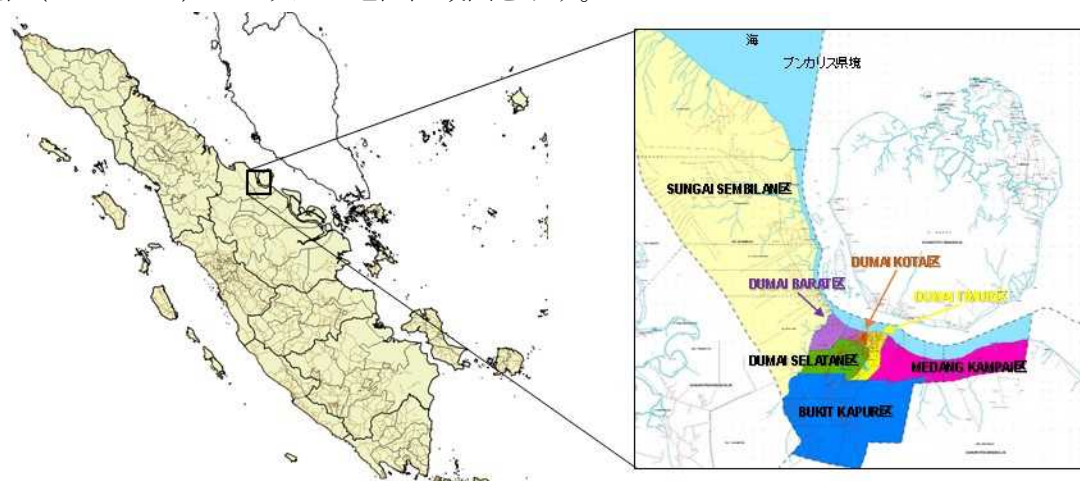


図 7 Dumai 市位置図

表 2 Dumai 市の人口

地区名	人口
Bukit Kapur	38,051
Medang Kampai	10,199
Sungai Sembilan	27,465
Dumai Barat	89,978
Dumai Timur	88,110
合計	253,803

(2) 既存上水道インフラの現状

送配水系統

PDAM Kota Dumai、および独自の上水道システムを運営している PERTAMINA の既存上水道システムの送配水系統を図 8 に示す。



図 8 既存上水道システムの送配水系統

PERTAMINA の取水場は市内から約 40km 離れた東部にあり、泥炭の影響を受けない良質な水源が確保できるが、ポンプ圧送のために電力費が高額となる。仮に PDAM が PERTAMINA の取水場からの原水調達を想定する場合、高額な電力費負担以外にも、国営企業である PERTAMINA からの、水源配分量や利用料の調整の上での許可取得などの条件が厳しいため、PDAM Kota Dumai は利用を想定していない。

また、西部の Medang Kampai 浄水場は、近傍の取水場から周辺約 800 戸に給水する独立した分散型給水システムを担っている。



図 9 Medang Kampai 浄水場の原水

取水場

PDAM Kota Dumai の主要取水場である Masjid 取水場では、取水箇所の下流に堰を設けて揚水量を確保しており、取水可能量は 450L/s と見積もられている。また、Masjid 取水場の敷地内には、前処理用の最初沈殿施設、薬品混和設備、ろ過槽、貯水池といった設備が存在するが、現在は稼動しておらず遺棄された状態である。これらは元々 PERTAMINA が整備した設備だったが、製油事業拡大に処理能力と高色度処理が限界に達したため、PERTAMINA が Dumai 市に譲渡した。現在は Dumai 市から譲渡されて PDAM Kota Dumai の所有となっているが、施設の老朽化と共に、設備を使いこなせる職員の不在という理由もあって遺棄されている。



図 10 Masjid 浄水場の原水



図 11 遺棄された Masjid 浄水場敷地内の浄水設備

浄水場

処理能力 30L/s と 40L/s の 2 槽の凝集沈殿槽をもつ Sudirman 浄水場は 30 年前に建設された施設である。場内には、中央政府の補助で整備された処理能力 80L/s の海水淡水化施設とその前処理用の砂ろ過設備も存在するが、PDAM Kota Dumai への施設譲渡が政治的理由のためにスムーズに行われず、約 3 年間も放置された状態で、一度も稼動していない。前処理設備は屋外で風雨にさらされる状態のため、付帯設備が腐食等のため使用できない状態となっている。



図 12 Sudirman 浄水場の沈殿地



図 13 遺棄された Sudirman 浄水場内の海水淡水化施設

(3) 上水道サービスの現状

現在の接続数はわずか 1,381 で、センサス調査が行われた 2010 年と比べて約 5 万人ほど増加した 2015 年時点の人口約 30 万人に対し、給水率ははわず 3%にとどまっている。市内中心部の配管網は以下のとおり整備されているが、下表のとおり市街地だけでも 5 万人以

上が未給水となっている。



図 14 Dumai 市街地の配管網（配色部分が給水エリア）

表 3 PDAM Kota Dumai の市街地の未給水人口

区名	Dumai Timur	Dumai Kota	Dumai Barat	合計
未給水人口	36,141	11,203	9,936	57,280

水道料金は下表のとおりである。ただし、工業用水は浄水せず原水をそのまま送水している。給水原価は 7,000IDR/m³ で、浄水コストのかかる家庭・商業用水道からの料金収入と給水原価との差分を、浄水コストのかからない工業からの料金収入で補填している状態である。

表 4 PDAM Kota Dumai の水道料金

分類	家庭用	商業用	公官庁用	工業用
水道料金	2,500Rp/m ³	3,000Rp/m ³	2,000Rp/m ³	5,000Rp/m ³

2) Banjarmasin 市

(1) 社会状況

カリマンタン島の南カリマンタン州の州都である Banjarmasin 市は、625,481 人(2011 年センサス)の人口を抱える地方都市である。石炭が多く埋蔵されており、経済的に比較的豊かである。以下に Banjarmasin 市の位置図および区ごとの人口を示す。

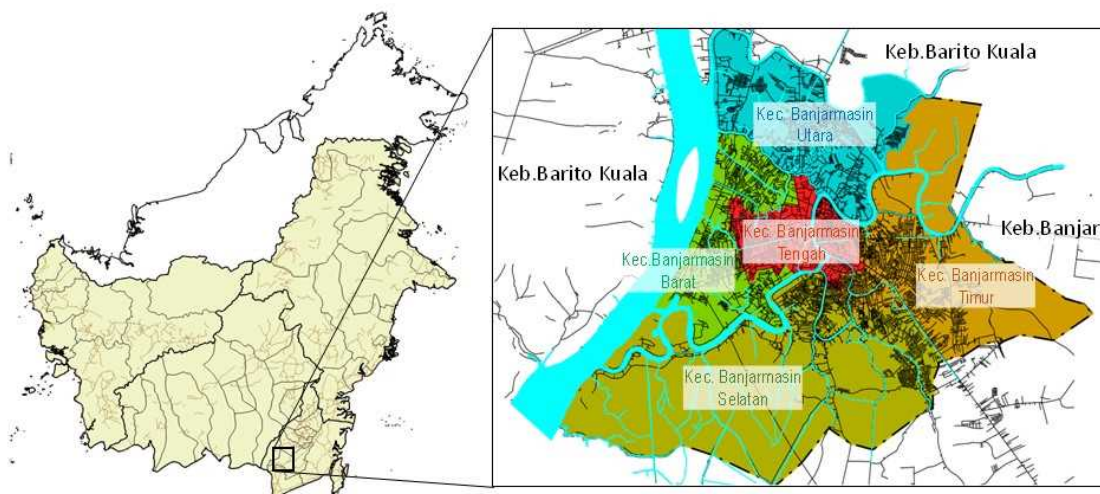


図 15 Banjarmasin 市位置図

表 5 Banjarmasin 市の人口

地区名	人口
Banjarmasin Selatan	146,068
Banjarmasin Timur	111,912
Banjarmasin Barat	143,461
Banjarmasin Tengah	91,700
Banjarmasin Utara	132,340
合計	625,481

(2) 既存上水道インフラの現状

PDAM Banjarmasin の既存上水道システムの送配水系統を以下に示す。

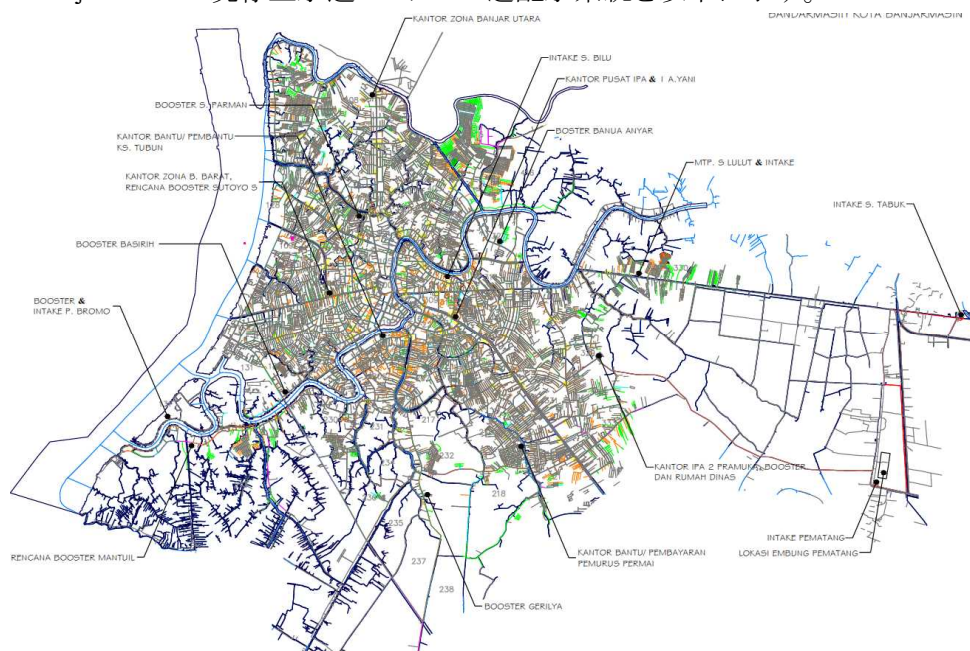


図 16 既存上水道システムの送配水系統

取水場は以下の 4 箇所、市内を流れるマルタプラ川を主な水源としているが、Pematang 取水場は、約 60km 離れたリヤムカナンダムから灌漑用水路から流れてくる運河水を取水し、マルタプラ川の水源と混合取水している。

表 6 PDAM Banjarmasin の取水場概要

取水場名	取水量	水源	課題・特徴
Bilu 取水場	500L/s	マルタプラ川	・ 乾期の塩分高濃度。 ・ 雨期と乾期の変わり目の水質変化の浄水処理が困難。
Tabuk 取水場	1,750L/s	マルタプラ川	・ 雨期に、上流域の土木工事などが重なると最大 9,000NTU になる濁度(森林伐採のため土砂が流出している。普段の濁度は 50～100NTU)。 ・ 乾期は水量が 7 割になる。
Pematang 取水場	1,100L/s	マルタプラ川と 60km 離れたリヤムカナンダムの併用	・ 1993 年にイタリアの支援で建設。 ・ 建設当時の MOU ではダムから 1,100L/s の取水量だったが、5 年目以降に少なくなって現在は 600L/s で、しかも雨期の 3 ヶ月間のみのダム水源利用。水量減少の理由は、魚養殖用、ダムの水草の繁茂など。
Lulut 取水場	50L/s	マルタプラ川支川	



図 17 Bilu 取水場



図 18 Tabuk 取水場



図 19 Pematang 取水場



図 20 Lulut 取水場

浄水場

浄水場は2箇所存在し、合計2,250L/sの処理能力を有する。Puramuka 浄水場は急速ろ過システムとして、凝集沈殿槽への上向流傾斜版を設置したり、沈殿池に洗淨トラフを施すな

どの工夫が見られる。また、Ahmad Yani 浄水場では、50L/s の浄水排水を再処理して利用している模様で、一定の技術レベルが認められる。

表 7 PDAM Banjarmasin の浄水場概要

浄水場名	浄水量	水源
Ahmad Yani 浄水場	500L/s	Bilu 取水場とその他(恐らく Tabuk 取水場)の混合
Pramuka 浄水場	1,750L/s	Tabuk 取水場と Pematang 取水場



図 21 Ahmad Yani 浄水場



図 22 Pramuka 浄水場

(3) 上水道サービスの現状

2015 年の人口約 70 万人に対する接続数は 163,140 で、給水率は 99.93%とほぼ全てのエリアをカバーしている。無収水率は 29%だが、平均水道料金は 6,100IDR/m³(約 54 円/m³)でほぼコストリカバリーができています。

2.1.5 飲料水供給における問題点(調査対象地区)

1) PDAM Kota Dumai

収入不足による経営の負のスパイラル

給水率がわずか 3%であり、料金徴収による収入が極端に低く、水道事業として成立していない。計画浄水能力 70L/s に対して、現状は週に 2 回、40L/s しか生産しておらず、供給量が絶対的に不足している。

この最大の原因は、高色度原水の処理のための薬品コストが高く、家庭の水道料金を大幅に上回るため、浄水をすればするほど赤字となるためである。また、住民は上水道サービス

の対価として水道料金を支払う意識が薄く、現在の有効接続数 800 のうち 200 戸程度しか料金徴収できていない。

2014 年の接続種別ごとの有収接続数と料金収入は以下に示すとおりで、未処理の原水供給による工業用水からの料金徴収でなんとか施設を運営している状況であり、新たな浄水場や配管整備等の拡張事業の目処が立っていない。

PDAM Kota Dumai は、水道料金を滞納している家庭からの料金回収に努めているものの、その総額は大きくはないため、負のスパイラルに陥っている経営の改善への効果は極めて小さい。

表 8 PDAM Kota Dumai の 2014 年の月別料金収入内訳

分類	家庭用		商業用		公官庁用		工業用	
	料金徴収済 供給水量 (m^3)	料金収入	料金徴収済 供給水量 (m^3)	料金収入	料金徴収済 供給水量 (m^3)	料金収入	料金徴収済 供給水量 (m^3)	料金収入
2014年								
2月	838	Rp 2,095,000	818	Rp 2,454,000	5	Rp 10,000	13,113	Rp 65,565,000
3月	1,076	Rp 2,690,000	1,098	Rp 3,294,000	15	Rp 30,000	12,646	Rp 63,230,000
4月	1,051	Rp 2,627,500	518	Rp 1,554,000	8	Rp 16,000	6,953	Rp 34,765,000
5月	826	Rp 2,065,000	770	Rp 2,310,000	10	Rp 20,000	15,103	Rp 75,515,000
6月	826	Rp 2,065,000	862	Rp 2,586,000	10	Rp 20,000	17,253	Rp 86,265,000
7月	981	Rp 2,452,500	1,216	Rp 3,648,000	10	Rp 20,000	20,420	Rp 102,100,000
8月	907	Rp 2,267,500	828	Rp 2,484,000	5	Rp 10,000	28,458	Rp 142,290,000
9月	1,173	Rp 2,932,500	932	Rp 2,796,000	10	Rp 20,000	21,945	Rp 109,725,000
10月	922	Rp 2,305,000	817	Rp 2,451,000	0	Rp -	2,420	Rp 12,100,000
11月	785	Rp 1,962,500	725	Rp 2,175,000	5	Rp 10,000	6,953	Rp 34,765,000
計	9,385	Rp 23,462,500	8,584	Rp 25,752,000	78	Rp 156,000	145,264	Rp 726,320,000

2) PDAM Banjarmasin

水質変動に対応する浄水処理技術の不在

全ての取水場が利用しているマルタブラ川は、毎年 8 月から 11 月にかけて海水が遡上し、原水中の塩分濃度が最大で 5,000ppm まで上昇する。現行では塩分濃度が 500ppm を超えた場合は他の水源と混合希釈する形で浄水場に送水し、1,500ppm を超えた時点で取水停止している。

また、マルタブラ川は市街地を流れる河川であり、近年の人口増加に伴う生活雑排や農業等の影響で、有機物や全大腸菌群の濃度も上昇している。

これらに加えて、雨期と乾期の変わり目でも水質が急激に変化する。Banjarmasin 市は、Dumai と異なり地域一帯の土壌が泥炭に覆われているわけではなく、Pematang 取水場近辺など一部の地域に泥炭が堆積している状況である。このため乾期の原水色度はそれほど高くないが、雨期になるとこれらの泥炭からしみだす雨水がフミン質を大量に含み、高色度の雨水等が河川に流入するため、原水の色度が一気に上昇する。また、雨期が終わると、河川へのこれら周辺土壌からしみだす雨水の流入が途絶えるため、水質が急激に変動する。

これらの各水質項目に関する急激かつ大幅な値変動に対して、PDAM Banjarmasin は独自研究もしつつ対策を検討しているが、最適解が見つかっていない。雨期の高色度原水は、

pH と濁度が低くなるためフロック形成に苦慮しており、色度軽減は前塩素処理の注入量を増やすことで対応している。塩素注入量の増加は副生成物トリハロメタンの発生リスクを高めるため、塩素処理以外の早急な対策が必要と考えられる。

ダム水源の利用水量の減少

ダム水源の利用量増加は、水質変動が大きい河川水利用の代替として考えられるが、上流のリャムカナンダムは、分水堰付近の養殖漁業による富栄養化やホテイアオイの繁茂が進行し、さらにダム上流の森林伐採のために水源涵養林の保水力も低下しているため、年々放流量が減少している。リャムカナンダムは、我が国の支援で建設された多目的ダムで、インドネシア国営電力公社(PLN)が管理しており、放流水は灌漑用にも利用されていることから水利権の問題もあり、ダム水源の利用量増加は困難な状況である。

2.1.6 衛生関連並びに水系感染症に関する現状および問題点(調査対象地区)

1) 水質

PDAM Kota Dumai

入手した Masjid 川の原水の水質分析結果を以下に示す。検出された色度は 444Pt-Co と極めて高く、また pH も両検体からかなり低い数値が記録されている。その他、過マンガン酸カリウムが共に基準値を大きく上回り、さらに検体水によってはマンガンや硝酸塩、大腸菌群の濃度が基準値を超えているなど、差が生じている。

表 9 PDAM Kota Dumai の原水・処理水・水道水の水質分析結果

項目	単位	基準値	検体水 A	検体水 B
物理指標				
臭気	－	異常でないこと	異常なし	－
蒸発残留物	mg/L	1500	238	34
濁度	NTU	25	74.8	1.94
味	－	異常でないこと	異常なし	－
水温	℃	大気温±3℃	27℃	26℃
色度	Pt-Co	50	－	444
化学指標				
pH	－	6.5～9.0	5.9	3.52
鉄	mg/L	1	1	0.191
マンガン	mg/L	0.5	2.15	0.027
フッ素	mg/L	1.5	検出できず	0.006 以下
硬度	mg/L	500	50	6.005
塩素イオン	mg/L	600	11	16.46
硫酸イオン	mg/L	400	202	24.58
硝酸塩	mg/L	10	3.6	16.47
亜硝酸塩	mg/L	1	0.079	0.023
有機物量(過マンガン酸カリウム)	mg/L	10	35.885	146.1
菌類指標				
大腸菌(44℃)	総数/100mL	－	－	－
大腸菌群(37℃)	総数/100mL	10	21	－

PDAM Bandarmasih

入手した2箇所の取水場における原水のpH、濁度、色度の水質分析結果を以下に示す。検出された色度は、両取水場で最大値が100Pt-Coを大きく超え、時期によっては2,000以上を記録しているが、最小値は最大値と比べ異常に低い値が記録されており、測定方法に疑問が残る。月別の最大値と最小値の記録のため、降雨等の状況による変化が大きいと推察されるが、濁度とのある程度の相関が認められることから、数値の精度は考慮せずとも、色度が最大の課題であることがわかる。

表 10 PDAM Bandarmasih の原水の水質分析結果

月	Pematang 取水場						Tabuk 取水場					
	pH		濁度 (NTU)		色度 (Pt - Co)		pH		濁度 (NTU)		色度 (Pt - Co)	
	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
1 月	7.6	7.4	37.90	2.30	235	15	7.4	7.1	345.0	4.43	1,410	33
2 月	7.4	7.3	281.0	3.61	1,190	33	7.3	6.9	389.0	2.40	1,146	57
3 月	7.4	7.1	992.0	16.50	1,195	342	7.3	7.0	1189.0	26.70	1,210	220
4 月	7.4	7.3	160.0	12.60	804	80	7.3	7.2	663.0	22.00	2,245	117
5 月	7.5	7.3	179.0	8.17	972	22	7.3	7.2	1178.0	31.70	3,970	150
6 月	7.5	7.3	308.0	13.00	1,225	77	7.3	7.1	803.0	27.10	2,685	114
7 月	7.4	7.3	854.0	4.27	2,480	22	7.3	7.2	607.0	25.80	1,995	90
8 月	7.3	7.0	408.6	9.68	946	51	7.3	6.8	576.0	5.50	1,020	86
9 月	7.5	7.3	670.0	4.18	1,212	27	7.3	7.3	621.0	15.00	1,181	79
10 月	7.4	7.3	332.0	3.00	757	136	7.3	7.3	236.0	13.80	727	80
11 月	7.4	7.3	360.0	4.52	750	33	7.3	7.0	205.0	10.00	650	58
12 月	7.5	6.9	236.0	3.36	940	30	7.8	6.8	984.0	2.83	3,480	11

2) 水系感染症

調査対象 2 市ともに、市内病院から水系感染症罹患者数データが入手できなかったため実態は不明だが、Dumai での原水は基準値以上の大腸菌群が検出されており、Banjarmasin 市の水源であるマルタプラ川も生活排水等による汚染が年々悪化していることから、水系感染症の発生病リスクは低いと考えられる。

生活排水に起因する水質汚染の対策には、下水道整備等の面的整備が求められるが、これには多くの時間と費用を要する。従って、可能であれば代替水源の確保も検討すべきである。

2.2 関連する計画

2.2.1 開発計画の概要

PDAM Kota Dumai

現行の3%の給水率の向上に向け、PDAM Kota Dumai は2018年を目標年度として2段階でのシステム整備計画を策定している。現在稼働している浄水能力は70L/sであるが、第1段階として遺棄されているMasjid取水場敷地内の浄水設備と配水池の改修、更にSudirman浄水場敷

SUDIRMAN浄水場

MASJID取水場

Masjid River

ND 600 - 14,500 m

ND 200 - 150 m

300 ms

40 L/S

2X15 L/S

2X20 L/S

80 L/S

R 100

R 400

R 300

Dumai市街地

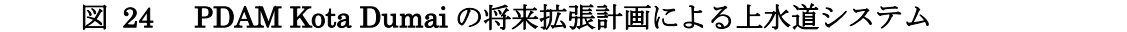
既存施設

遺棄施設

R: Reservoir 配水池

W: Water Treatment Plant 浄水場

RO: Reverse Osmosis 海水淡水化施設



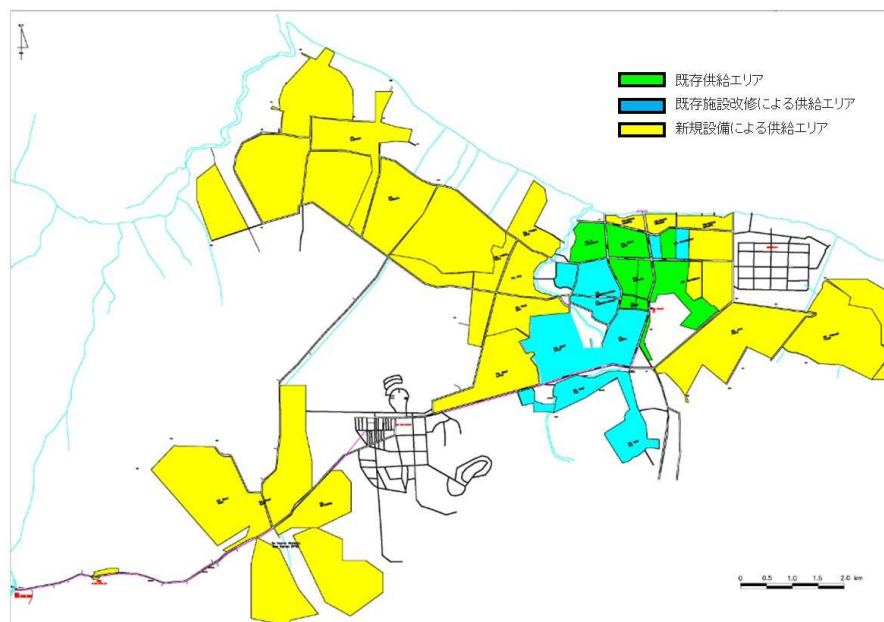


図 25 PDAM Kota Dumai の将来拡張計画によって拡大する給水エリア

PDAM Kota Dumai は 2018 年以降も堅調に人口増加するものと見込み、2032 年には 1,000L/s の需要が生じるものと予測している。

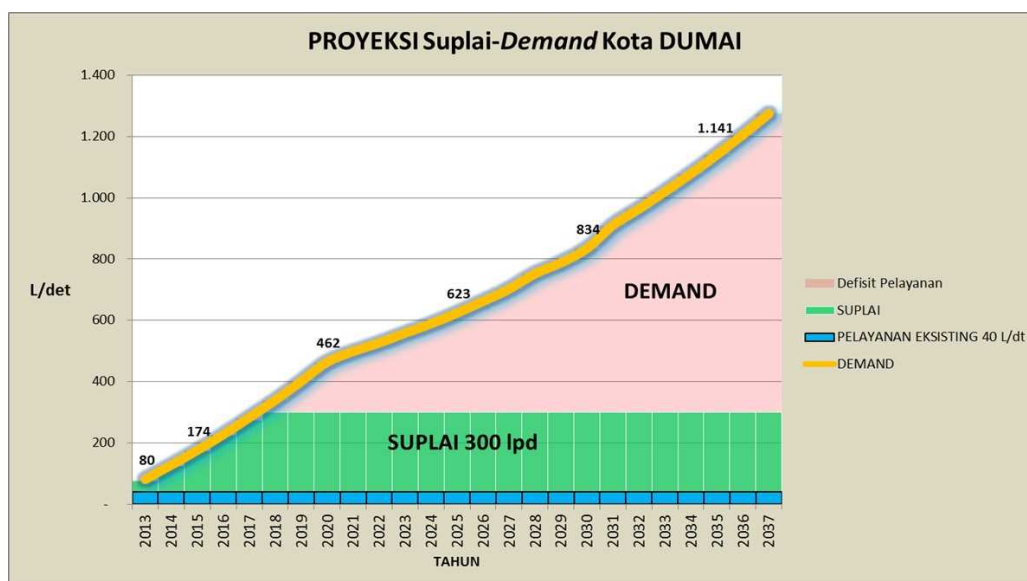


図 26 PDAM Kota Dumai の将来拡張計画によって拡大する給水エリア

PDAM Banjarmasin

PDAM Bandarmasin は将来拡張計画を策定していない。既存施設は塩分濃度や色度が上昇した場合に取水停止あるいは浄水量低下を行うが、浄水処理技術の向上によって施設が計画能力の処理を行うことができれば、当面の需要は満たされると想定しているためである。

2.2.2 対象案件の上位計画・関連計画

1) DUROLIS プログラム

高色度原水の処理対策ではなく、高色度原水の使用回避によって供給能力の増加を図る事業として、Dumai 市及び隣接する Bengkalis 県、Rogan-Hilir 県の 3 自治体を対象にした DUROLIS という地域水道プログラムが存在する。同地域 3 自治体で、2018 年までに合計 500L/s の浄水量の増強を図るもので、2016 年には詳細設計を終了して 9 月に着工するスケジュールである。原水は、泥炭の堆積量が少ないために比較的色度の低い原水を供給できる Rogan-Hilir から他自治体に送水する計画である。しかし、各自治体の配分量や建設する浄水場等の能力は 3 自治体間での協議事項で、今後決定されていく見込みである。

高色度処理を要するプロジェクトではないため、対象案件との直接的な関係性は無いものの、DUROLIS プログラムの進捗によっては、PDAM Kota Dumai が計画している将来拡張計画の再検討が必要となる可能性もある。

なお、この地域水道プログラムは現在、南スラウェシ州マミナサタ地域でも実施されている広域水供給プロジェクトである。マミナサタのプロジェクトは、2009 年から JICA が実施した円借款付帯プロジェクト「インドネシア国南スラウェシ州マミナサタ広域都市圏上水道サービス改善プロジェクト」によるマミナサタ広域都市圏の 1 市 3 県を対象とした PDAM 職員の上水道サービスの運営・維持管理能力向上への支援の継続として実施されており、JICA 支援が発端となったプロジェクトである点が注目される。

2) Center of Excellence (COE) プログラム

2012 年に公共事業国民住宅省居住総局水道システム開発局が立ち上げた全国 PDAM 職員の能力向上を目的としたプログラムで、PDAM の経営改善に資する人材育成を図るものである。各州から優秀な PDAM 職員を対象にブカシとスラバヤの訓練センターで養成研修を行い、彼らがトレーナーとして州に戻って州内 PDAM 職員を集めて研修を行う内容である。

水道システム開発局が立案した当初の養成研修のモジュールは、無収水対策、エネルギー効率化、財務計画策定の 3 点であったが、2015 年から JICA が「インドネシア国水道公社人材育成強化プロジェクト」として COE プログラムの強化に関する支援を実施している。当該 JICA プロジェクトでは、顧客管理、及び財務分析・管理を追加モジュールとなっている。

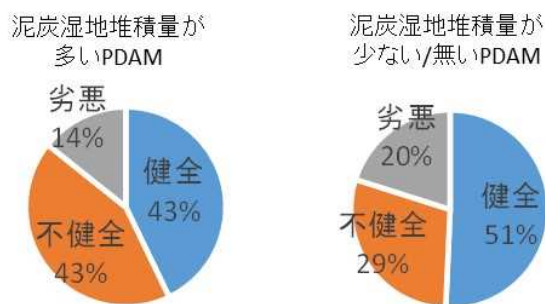
2.2.3 対象案件に対する相手国側の緊急性・優先度

1) インドネシア国政府にとっての緊急性・優先度

公共事業国民住宅省居住総局水道システム開発局は、長年 PDAM の経営改善に注力してきた。この背景には、国家開発計画に基づき設定される MDGs 指標の安全な水へのアクセス率目標の達成に向けて必要なインフラ整備額が国家予算では賄いきれないため、海外投資も呼び込む必要があったが、そのためには投資先として PDAM の技術レベルのみならず経営財務面での健全性・信頼性の向上が不可欠との認識もあったと考えられる。

全国水道システム開発援助庁は、PDAM の健全性評価指標に従って毎年 PDAM の健全度の

モニタリングを行っている。2015 年時点では不健全と評価される PDAM が全体の 27%、劣悪と評価される PDAM も 20% 存在している。それらの地域的な内訳を見ると、劣悪と評価される PDAM の地域内での割合が最も多いのがリアウ州を含むスマトラ地域の 32%、次いで南カリマンタン州を含むスラウェシ・カリマンタン地域の 25% であり、その他のジャワ地域の 4%、ヌサ・トゥンガラ・パプア地域の 18% と比べて割合が大きい。これらは、以下に示すように劣悪な経営状況と泥炭湿地との相関性があることがわかる。



出典：「Kinerja PDAM 2013」全国水道システム開発援助庁

図 27 PDAM の泥炭湿地堆積量別の経営健全度の比較

このことから、高色度原水の処理技術の普及は、現状改善に寄与する一方策として、イ国政府にとっての緊急性・優先度は高いと考えられる。

2) 対象 PDAM にとっての緊急性・優先度

両対象 PDAM とも、高色度原水の浄水処理対策は、経済性の観点からもボトルネックとなっている。現地調査の際に実施したワークショップ形式での PDAM 職員との質疑応答でも、日本の高度浄水処理技術の知見を頼った質問や問い合わせが多く寄せられ、関心の高さとともに逼迫性を窺い知った。

泥炭の影響の少ない地域での新たな水源開発も考えられるが、PDAM 独自予算での開発は不可能であり、中央政府の支援が不可欠であることから、自ら実施できる改善策として、毎日の薬品使用コストを少しでも削減していくことの事業経営に与えるインパクトは大きいため、高度浄水処理技術に対する当該 PDAM の期待と優先度は高いと思われる。

2.3 担当官庁と実施機関

2.3.1 関連官庁

1) 中央省庁

公共事業国民住宅省居住総局水道システム開発局

全国の水道整備計画や予算配分や実施の調整を行う統括機関であり、世銀をはじめ多国間援助機関や第三国ドナーとの援助調整も行っている。

全国上水道システム開発援助庁 (BPPSPAM)

公共事業国民住宅省直轄機関として、PDAM 及び民間水道事業体のモニタリング権限を持

ち、PDAM に対する事業改善提案を行うほか、全国の PDAM の健全度評価を実施している。なお、上水道分野の PPP、BtoB 案件は、水道システム開発局との調整のもとで BPPSPAM が情報をとりまとめ冊子として公表している。

水道環境衛生訓練センター (WSESTC)

公共事業省人間居住総局秘書室が管轄する研修機関である。イ国には水道関連の訓練センターが 2 か所存在するが、1990 年に日本の支援により設立されたブカシの水道環境衛生訓練センターは西側地域(スマトラ、ジャワ)を担当し、東側地域(パプア、カリマンタン、スラマン)はスラバヤの訓練センターが担当する。

2) その他

インドネシア水道協会 (PERPAMSI)

全国の PDAM および民間事業体が会員の組織で、イ国の上水道関連施策目標の達成を支援することを目的に、人材育成や研修の支援や協会員間での情報共有促進などを主な活動としている。

2.3.2 実施機関の組織

PDAM Kota Dumai

2012 年に設立された PDAM Kota Dumai の組織構成は以下のとおりで、浄水場オペレーターを含む技術職員数 15 名の比較的小さな組織である。

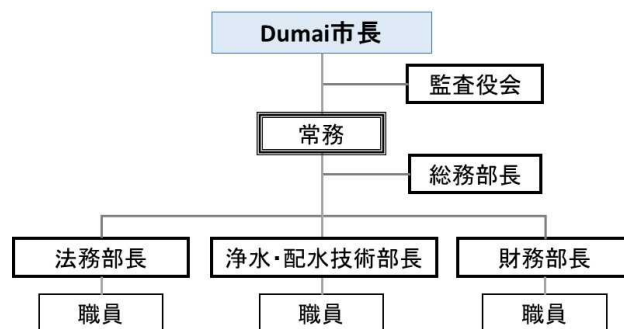


図 28 PDAM Kota Dumai 組織構成

PDAM Banjarmasin

PDAM Banjarmasin の組織構成は以下のとおりで、総職員数 394 名を誇る大きな組織である。

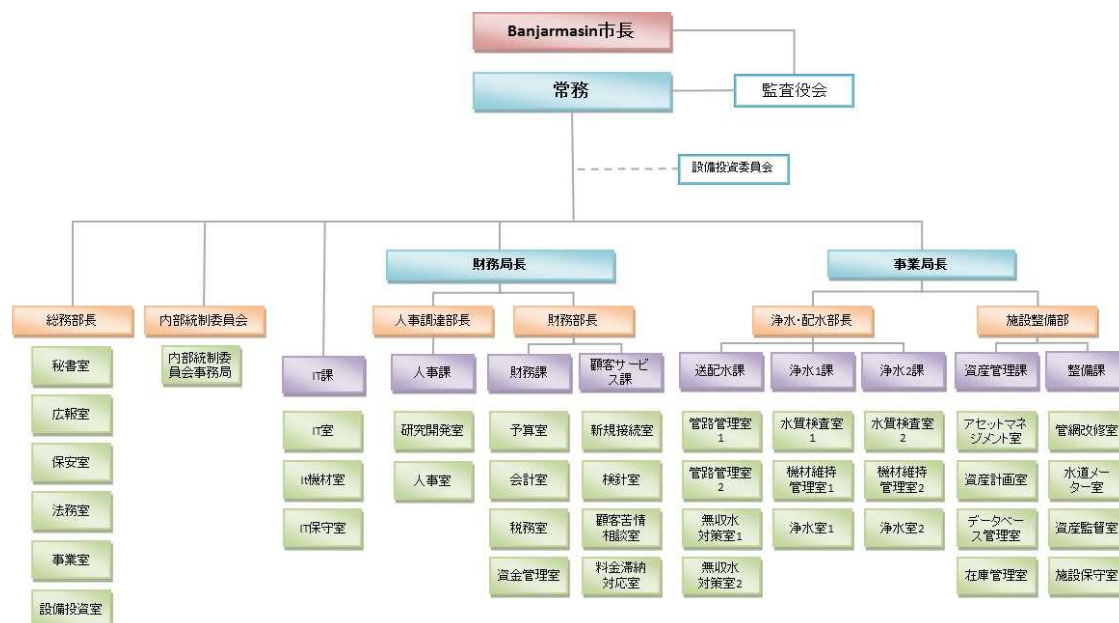


図 29 PDAM Banjarmasin 組織構成

2.3.3 実施機関の業務

両 PDAM とともに上水道事業の計画、運営、維持管理、顧客管理対応等を実施している。

2.4 我が国による協力の経過

2.4.1 資金協力の経過

イ国にとって、我が国は最大の援助国である。我が国にとっても、イ国は累計ベースで我が国 ODA の最大の受取国であり、60 年の長きに亘って経済協力、開発に多大な貢献をしてきた。外交の面では、両国は既に戦略的パートナーシップ関係にあり、援助分野においても「国際社会の課題に対し共に協力するパートナー」へと発展してきている。

表 11 日本の対インドネシア ODA の実績（単位：億円）

	円借款	無償資金協力	技術協力
2009 年	1139.44	33.77	98.67 (81.05)
2010 年	438.77	37.28	96.45 (85.89)
2011 年	739.42	10.13	111.54 (92.47)
2012 年	154.90	60.97	82.87(61.68)
2013 年	821.82	10.6	60.06
累計	47,219.70	2,771.75	3,553.02(3,335.11)

注) 1. 年度の区分および金額は原則、円借款および無償資金協力は交換公文ベース、技術協力は予算年度の経費実績ベースによる。
2. 2009 年～2012 年度の技術協力においては、日本全体の技術協力の実績であり、2013 年度の日本全体の実績については集計中であるため、JICA 実績のみを示している。() 内は JICA が実施している技術協力の実績および累計となっている。

出典：外務省 政府開発援助(ODA)国別データブック 2014

2.4.2 技術協力の経過

1) 上水道分野の対インドネシア援助実績

我が国の水道分野の ODA 実績は表 12のとおりであり、援助スキーム、対象地域(都市/地方)

についてバランスの取れた支援が実施されてきた。ただし、スマトラ島およびカリマンタン島を対象にした支援は実施されていない。

表 12 上水道分野に関する我が国の ODA 実績

ODA スキーム	案件名	対象地域	実施期間／調印年
開発調査	ジョグジャカルタ特別州広域水道整備計画調査	ジャワ島	2006.9～2008.3
実施協力準備調査 案件	南ハリ再生水利用事業準備調査(PPP インフラ事業)	ジャワ島	2012
技術協力プロジェクト	地方給水プロジェクト	ジャワ島	2004.1～2006.12
草の根技術協力 (地域提案型)	インドネシア・スラバヤ市民のための安全な飲料水供給と水質改善に関する調査	スラウェシ島	2014.5～2017.3
有償技術協力	南スラウェシ州マミナサタ広域都市圏上水道サービス改善プロジェクト	スラウェシ島	2009.10～2012.2
有償資金協力	ウジェンバンタン上水道整備事業	スラウェシ島	1993.11～2002.6
無償資金協力	スラウェシ島地方水道整備計画第 1 期～第 3 期	スラウェシ島	2002.7～2004.3
無償資金協力	グモンキル県上水道計画第 1 期～第 2 期	スマタワンガラ島	2007.1～2008.4(第 1 期) 2007.7～2009.1(第 2 期)
無償資金協力	東西スマタワンガラ州地方給水計画	スマタワンガラ島	2007.7～2009.7

出典：外務省政府開発援助(ODA)国別データブック 2014、JICA ナレッジサイトより編纂

2) 我が国の水道事業体による協力実績

我が国の水道事業体が実施した協力は、名古屋市上下水道局、および岡山市水道局による「南スラウェシ州マミナサタ広域都市圏上水道サービス改善プロジェクト」での現地調査、本邦研修が挙げられる。

また、横浜市水道局が設立した横浜ウォーター株式会社による、北スマトラ州メダン市対象の JICA 民間提案型普及・実証事業「樹脂管に特化した漏水探索器を使用した無収水削減対策及び配水管網維持管理の普及・実証事業」(2013)の他、PDAM に対する上水道供給の直接的な協力ではないものの、宇部市による草の根技術協力(地域提案型)「ブンカリス県における環境改善協力」(2012～2015)や、北九州市環境局による以下の技術協力や調査が実施されている。

- ・ 草の根技術協力(地域提案型)「スラバヤ市水質管理能力向上」2007～2008
- ・ 草の根技術協力(地域提案型)「インドネシア・スラバヤ市民のための安全な飲料水供給と水質改善に関する調査」2014～2017
- ・ BOP ビジネス連携促進協力準備調査「太陽光発電・小型脱塩浄水装置を用いた飲用水供給事業準備調査」2011(西ヌサ・トゥンガラ州スンバワ島)

なお、Dumai に隣接する Bengkalis では、上記の宇部市による草の根技術協力の成果を受けて 2016 年 3 月～2019 年 2 月の期間で、宇部環境国際協力協会による草の根技術協力(地域提案型)「典型的な熱帯泥炭地ブンカリス地区における水道水質の改善～宇部方式の支援による環境基本計画に基づいて～」が実施される。当該プロジェクトの C/P 機関はブンカリス県地域開発計画局(Regional Development Planning Agency (BAPPEDA) of Bengkalis Regency)となっているが、プロジェクトが掲げる成果や活動の対象には PDAM Kabupaten Bengkalis 職員の浄水技術の向上も含まれている。

2.4.3 相手国・機関による上記協力への意見

関係機関へのヒアリングより得られた我が国による協力への意見を以下に示す。

公共事業国民住宅省居住総局水道システム開発局

- ・ 高色度原水の処理はイ国にとって大きな問題のため、日本からの支援は基本的には歓迎する。ただし、いきなり大規模なプロジェクトではなく、適応可能な処理技術を見極めた上でのパイロット実証のようなプロジェクトであれば良い。その場合は、イ国予算で実施することも可能である。
- ・ 地方 PDAM の技術力向上への支援は、現在我々が JICA の協力も得ながら実施している COE プログラムとも方向性が合致する。COE プログラムのモジュールには色度処理は含まれておらず、また、Banjarasin も対象ではないため、協調できる部分はあると思われる。ただ、中央政府としては、PDAM Banjarasin は普及率がほぼ 100% で経営健全性もあるため、新規浄水場建設などは PDAM 自身で整備することを期待している。

PDAM Kota Dumai

- ・ 我々は近年設立された PDAM で、普及率も極端に低く、何とか水道サービスを軌道に乗せたいと必死であるが、高色度の問題がボトルネックで行き詰っている。日本の技術に大変大きな期待を寄せている。
- ・ イ国の中でも Dumai 地域は最も色度が高い地域であり、ここで色度処理技術が確立されれば他地域へも裨益が及ぶ。そのため、必要な協力は惜しまない。

PDAM Banjarasin

- ・ 色度と塩分濃度の問題が大きく、PDAM 内でも研究しているがうまくいかないため、日本の技術や知見を是非取り入れたい。
- ・ その際、日本の事業体との連携を図りたい。我々の技術職員数は多く、レベルアップを図るための工夫を行っているが、その一環として我々の資金で日本への研修なども考えて行きたい。

2.5 第三国／国際機関による協力の経過

2.5.1 対象案件に関連する協力実績・形態

高色度原水の浄水処理をテーマにした協力や、Dumai および Banjarasin を対象にした第三国もしくは国際機関による援助協力は、これまで実施されていない。

2.5.2 対象案件に関する要請の有無・結果

現地調査における両 PDAM との協議によって、対象案件の形成に向けて、情報交換を重ねつつ協働で取り組んでいくことが確認された。ただし、活用可能な我が国の協力スキームに応じた実施内容となるため、イ国中央政府や日本側関係機関との調整を図りつつ、要請の提出を検討していくこととなった。

2.5.3 対象案件の我が国の援助方針との整合性

1) 対インドネシア援助の方針

「対インドネシア国別援助計画」の 3 つの重点分野(①更なる経済成長への支援、②不均衡の

是正と安全な社会造りへの支援、③アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上のための支援)の観点について、本事業は、スマトラ島やカリマンタン島といった地方部を対象とし(②に対応)、イ国の他マレーシアや中国などにも分布する熱帯・亜熱帯地域の泥炭湿地というアジア地域の抱える環境保全・気候変動等の地球規模課題への対応(③に対応)を通じて、我が国高度浄水処理技術の活用を通じた水道事業経営改善(①に対応)を行うことから、対イ国への援助方針に沿っているものと考えられる。

2) 水と衛生に関する拡大パートナーシップ・イニシアティブ

2006 年の第 4 回世界水フォーラムで発表された「水と衛生に関する拡大パートナーシップ・イニシアティブ」において示された以下の基本方針5項目について、今回の対象案件は、基本方針5項目のうち、(1)、(3)、(5)に寄与するものと考えられる。

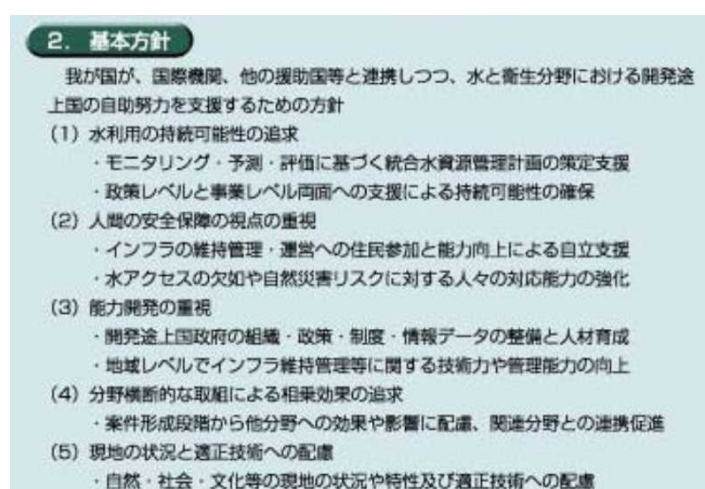


図 30 「水と衛生に関する拡大パートナーシップ・イニシアティブ」基本方針

(1)の「水利用の持続可能性の追求」に関しては、現地で未利用水源となっている高色度原水の有効利用に資する技術の適応の観点から、持続可能性の確保が期待できる。(3)の「能力開発の重視」に関しては、対象地域以外の多くのPDAMが抱える課題である浄水技術の移転によって、イ国全体の技術力向上が図られると考えられる。(5)の「現地の状況と適正技術への配慮」に関しては、膜処理などの高度技術に頼らず、現地で主に採用されている凝集沈殿処理を基本とした色度処理技術や、現地調達可能な活性炭の活用検討が合致する。

水道分野の国際協力のあり方

対象案件の、都市・地方に関わらず広範囲の課題である高色度原水の処理技術導入というテーマ性は、国際協力事業評価検討会(水道分野)報告書(平成 18 年)で提言されている、厚生労働省が実施する水道分野の国際協力事業のあり方の、以下の点で整合性が高い。

都市水道に対する援助の重要性

都市水道への援助の重要性、裨益効果の大きさを認識し、支援を継続していく必要がある

村落給水に対する配慮

中小規模の水道整備プロジェクトではその持続可能性に対する配慮が特に重要で、自立経

営、適正技術及び住民参加の 3 つの観点をより明確に意識してプロジェクト形成を図ることが重要

総合的な援助の必要性

様々なスキームを適切にしかも効率的かつ効果的に組み合わせることによって、援助をより計画的、戦略的に実施する手法を基本として国際協力事業を実施していくことが適当である。そのためには ～中略～ 官民の連携などを一層深める必要がある

人材確保・育成の必要性

水道分野の国際協力においては、水道事業体の人材と同様に民間企業の人材も一定の役割を担っており、機会を捉え、民間企業の人材の活用も視野に入れた検討も望まれる

また、対象案件は新水道ビジョンの「産官学連携体制による新たな技術提案や効果的な研究開発」「日本の水道事業者、水関連企業が有する技術・ノウハウを海外市場に提供することによる、アジア・アフリカ諸国における衛生的な水供給の確保への貢献」にも寄与するものとして、我が国の水道分野の国際協力の方向性に合致する。

2.5.4 対象案件と第三国/国際機関による協力とのリンケージの必要性

これまでにイ国で実施されてきた主な上水道セクター支援事業の概要を以下に記す。

PAMSIMAS

公共事業省人間居住総局が WB と AusAID の支援を受けて 2009 年から実施している、全国約 5 千箇所の農村部の未給水区域を対象にした簡易給水と衛生施設設置のプロジェクトで、事業費約 160 億円である。AusAID の 2010 年中間報告書では、湧水を水源とする簡易砂ろ過施設 1,289 箇所、表流水を水源とする簡易砂ろ過施設 497 箇所、深井戸 2,567 箇所、浅井戸 4,328 箇所、197 件の雨水貯蓄設備の建設によって、約 200 万人への安全な水の供給が実現されたと報告されている。しかし、砂ろ過施設による浄水処理後の水質分析などの詳細は報告書には記載されておらず、既製品としての浄水装置の設置事例も報告されていないことから、PDAM による公共水道サービスとの関連性は無いものと判断される。

IUWASH

また、米国国際開発援助庁 (USAID: United States Agency for International Development) は、2010～2016年の 5 年間で総額 38,700,000USD 規模の Indonesia Urban Water, Sanitation and Hygiene Project (IUWASH)というプロジェクトを実施している。これは、全国 54 市を対象に貧困層へのパイプ給水と衛生施設の普及によって MDGs への貢献を図るもので、USAID によると 2014 年までに約 110 万人のパイプ給水と約 8 万人の衛生施設へのアクセス向上に寄与したと公表している。ただし、上水道に関する実施内容は、地域コミュニティへの共同水道メーターの設置を通じてのパイプ敷設による家庭給水の実現というもので、PDAM による公共サービス向上への支援ではない。

このように、国際機関や第三国ドナーは農村部や貧困層を対象にした簡易給水システムへの支

援に注力しており、対象プロジェクトとのリンケージの必要性は無いものと判断される。

2.5.5 対象案件を第三国/国際機関が実施しない理由

高色度原水処理に要求される技術レベルは比較的高く、また、国際機関や第三国ドナーは MDGs の達成への貢献を重視傾向にあり、個別地域の具体的課題への技術的な対応よりは広く一般に普及される安価で簡易な給水人口の増加方策を重視しているものと考えられるため、国際機関や第三国ドナーはこれまでに高色度処理対策に関連する事業を実施してこなかったものと考えられる。

第3章 提案する計画・プロジェクトに関する事項

3.1 提案プロジェクトの背景

前述(2.2.3 参照)のとおりイ国に多く分布する泥炭湿地の地域性は、PDAM の健全度指標で低評価を受けている PDAM の所在との相関性が認められることから、高色度処理への対応は、イ国にとって重要であると同時に、協力による大きな裨益効果も期待できる。

特に、地方のPDAMの職員の技術レベルは大幅に改善の余地がある一方で、中央政府が実施している COE プログラムでは浄水処理技術がモジュールになっていない。ただし、高色度原水の処理は、特に pH 調整が困難であり、水源水質の季節変動を考慮すると最低でも半年以上の実証実験を通した検証が必要となる。また、原水水質は泥炭成分によって異なるため、局所的な地域での適正技術がそのまま他の地域で流用できず、最適な薬品の種類や投入量の決定は、対象原水ごとに決めていくしか方法は無い。

イ国では凝集沈殿による浄水処理が一般的であるため、pH 調整、ターゲット水質項目に合った薬品の種類と量の選定、適正な薬品攪拌力の調整、といった凝集沈殿の基本的な技術力の向上が第一優先と考えられる。ただし、経済性や必要資材等の調達可能性が認められるならば、凝集沈殿以外の鉄系凝集剤や我が国民間企業が開発したろ材製品の利用、活性炭の使用等のオプションの有効性も試験し、処理方法や仕様を固めることが望ましい。このためには、実証実験用のプラントや水質検査等の資機材が必要となる。

PDAM Kota Dumai は近年設立された事業体で、職員数や資機材が十分に整っていないが、PDAM Banjarmasin は多くの職員を抱え、技術力向上への意識も高い。水質検査関連設備も十分に備わっており、実証実験の場所として最適と考えられる。

3.2 問題点の改善への取り組み方

3.2.1 水道事業における問題点(国レベル)と対象案件との関係

水道事業の経営改善には様々な方策があるが、中でもコスト削減は大きなインパクトを与える。支出構成比は PDAM に応じて様々であるが、主な支出項目は職員人件費、電力費、薬品費であり、平均的には人件費と電力費で 7～8 割前後を占めるといわれている。しかし、泥炭湿地帯に所在する PDAM では、高色度原水を利用する場合は、多量に薬品を投入しているため薬品費の支出構成が高くなる傾向にあり、これが財務状況を圧迫する大きな要因となっている。

従って、適用可能で低コストな浄水処理技術の導入は、PDAM の経営改善にも資するため、イ国の PDAM の多くが抱える課題解決の一助となる。

3.2.2 水道事業の現状及び飲料水供給における問題点との関係

高色度原水の問題が与える水道事業への影響は、PDAM Kota Dumai と PDAM Banjarmasin とで異なっている。

PDAM Kota Dumai では、極端に低い給水率の増加が最大の課題であり、その最大の障壁が高色度原水の処理である。色度の低い原水は、遠方の水源の開発と導水、あるいは海水の利用が考えられるが、いずれも莫大な整備資金が必要となるため現実的ではない。なお、Dumai 市は地下水利用を制限しているため、必要量の原水を確保するためには高色度の表流水に頼るしかない。そのため、高色度原水の処理は PDAM Kota Dumai にとって最大の課題である。

PDAM Banjarmasin は、高色度原水の問題に加えて高塩分濃度の表流水という季節変化に伴う水質変動への対応が課題である。更に今後は、州都として人口増加する市街地を流れる河川の生活排水等の混入による水源水質の悪化も予想されることから、より高度な浄水技術へのニーズが高い。

このため、凝集沈殿を基本とする高色度処理対策である本プロジェクトは、イ国の水道事業の問題点の解決方策として適切であると考えられる。

3.2.3 協力の範囲・形態・実施時期

1) 協力の範囲

協力対象は、イ国で適用可能な高色度処理技術の実証実験を通じた開発、及び当該技術に基づく浄水場整備とする。対象地域は、実証実験の対象地を十分な人的資源と資機材を有する PDAM Banjarmasin とし、浄水場整備の対象地を PDAM Kota Dumai とする。

2) 協力の形態

第一段階として、PDAM Banjarmasin を対象とした浄水処理技術能力向上の技術協力プロジェクトを実施スキームとして想定する。これによって得られる適正な浄水処理技術の検証結果に基づき、PDAM Kota Dumai での円借款による浄水場整備を想定する。

我が国は Dumai においてこれまで、有償資金協力事業(1983 年ドマイ港開発 (E/S)、1989 年ドマイ港開発計画、1997 年ドマイ港開発事業(II))によって、ドマイ港の一般貨物用埠頭拡張やパームオイル用バース増設を支援し、地域の経済発展に貢献してきた経緯がある。本プロジェクトは、これらの協力によって発展してきた地域の住民や PERTAMINA のパームオイル精製に必要な工業用水の供給量増加の可能性もあることから、プロジェクト対象地としての適切性が高いと考えられる。

ただし、近年インドネシアでは円借款プロジェクトの形成が難しくなっていることもあり、PDAM Kota Dumai の浄水場整備の実施スキームについては、技術協力プロジェクトを通じた適用技術を踏まえた整備施設の内容と規模に応じて検討することが望ましい。

3) 実施時期

Banjarmasin では雨期になって泥炭土壌から高色度原水が河川に流れ出すため、11 月から 4 月にかけての雨期を挟んだ期間に実証実験を行う必要がある。必要資機材の調達や輸送機関を考慮し、実施時期は 2017 年から 2 年間で想定する。

3.3 提案プロジェクトの目的

提案プロジェクトは、イ国で適用可能な高色度処理技術の開発および現地検証を通じて、泥炭湿地帯に所在する PDAM の経営改善に寄与することを目的とする。

3.4 提案プロジェクトの内容

3.4.1 計画の概要

提案プロジェクトは、高色度処理技術の開発および現地検証をテーマとし、以下の 4 つの実施項目で構成する。

- i) 現場での継続的処理実験を通じた適正処理技術の検証
 - イ国での凝集沈殿処理の改善方策検討
 - 現地調達薬品による凝集沈殿処理の効果の把握
 - 凝集沈殿処理と鉄系凝集剤や特殊ろ材、活性炭を活用した場合との色度処理効果との比較検討
- ii) 検証結果に基づく Dumai 浄水場の設計仕様の策定
- iii) 実験に必要な資機材の供与
- iv) 人材育成(専門家派遣による OJT 及び来日研修)

3.4.2 計画内容、規模数量

提案プロジェクトの4つの実施項目の内容及び規模数量は以下を想定する。

表 13 提案プロジェクトの実施項目の内容・数量

実施項目	内容	数量
現場での継続的処理実験を通じた適正処理技術の検証	実証ミニプラント	1 箇所
	鉄系凝集剤、特殊ろ材	
	凝集沈殿処理技術の移転	専門家 2 名(計 9.0MM)
検証結果に基づく Dumai 浄水場の設計仕様の策定	浄水場設計	専門家 3 名(計 6.0MM)
実験に必要な資機材の供与	水質計測器	一式
	トリハロメタン検査設備	1 基
人材育成(本邦研修)	浄水処理技術	14 日間
	排水処理	14 日間

3.4.3 概算事業費

実証ミニプラント設置、供与資機材調達、資機材輸送、設置工事、来日研修経費、コンサルタント経費を加え、概算総事業費は約 20 千万円を想定する。

3.4.4 その他

Dumai での浄水場整備については民間連携スキームの可能性も考えられるが、現段階では

不確実性が大きいと、代替案の一つとして以下に注記するにとどめる。

現地には石油公社 PERTAMINA の大規模な製油工場が存在する。PERTAMINA は製油プロセスに 12L/s、従業員居住区的生活用水に 8L/s の供給量を、自前で整備した浄水システムで供給しており、造水コストは 6,000IDR/m³ (約 52 円/m³) である。ただし、原水は約 40km 離れた色度の影響のほとんどない水源から導水しており、その圧送ポンプの電力費を含めた供給コスト 9,000IDR/m³ (約 78 円/m³) が追加されるため、給水原価は 15,000IDR/m³ (約 130 円/m³) となっている。そのため PERTAMINA は、わずかでも自前施設の給水原価を下回る単価で公共水道が供給されるならそちらを利用したいと考えている。

PDAM Kota Dumai の使命は住民への上水道サービスの普及であり、公社への供給は優先順位が低いが、PDAM Kota Dumai を介したバルク供給という形での PPP 型プロジェクトの可能性が考えられる。PERTAMINA が支払いを担保するような仕組みであれば、民間企業も参入しやすい。また、PDAM Kota Dumai にとっても、PERTAMINA への供給が不要になる分を未給水区域に充当できるというメリットが生じる。

3.5 サイトの状況

3.5.1 給水区域

Dumai での浄水場建設が実現される場合は、下記の PDAM Kota Dumai の将来拡張計画で示される青色および黄色の区域が対象となる。なお、青色部分は、現在遺棄されている既存施設の改修による計画となっているが、これらの設備は放置期間が長く、新規整備と同規模の改修費を要することが想定されるため、新規整備浄水場でカバーすることが現実的と考えられる。

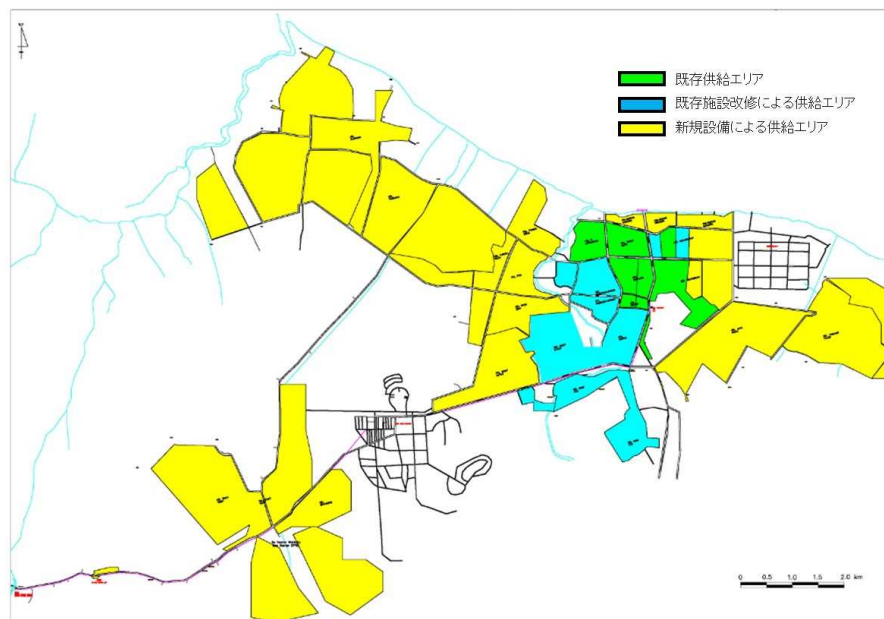
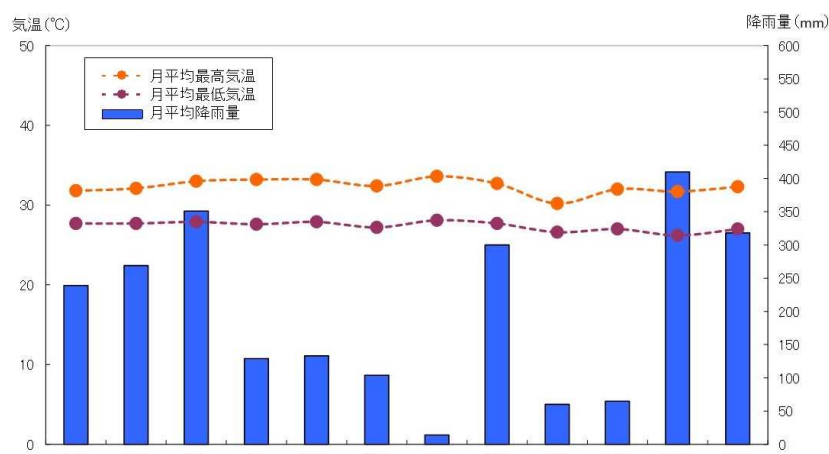


図 31 PDAM Kota Dumai の新規浄水場による給水対象エリア

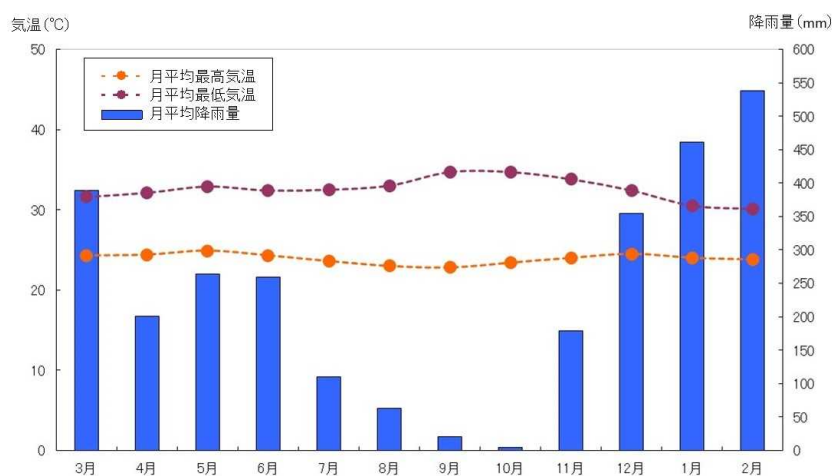
3.5.2 自然条件等

Dumai 市から約 200km 離れたリアウ州都 Pekanbaru 市、及び Banjarmasin 市の 2015 年の月平均最高気温・最低気温・降雨量を次図に示す。イ国では 5 月頃から 10 月頃にかけては乾期で、11 月頃から雨期が始まる。過去の月平均降雨量では、Pekanbaru では 11 月が最大 400mm で、Banjarmasin では 2 月に 500mm 以上を記録している。



出典: 気象庁「世界の天候データツール(ClimatView)」を基に編纂

図 32 Pekanbaru の月平均気温・降雨量



出典: 気象庁「世界の天候データツール(ClimatView)」を基に編纂

図 33 Banjarmasin の月平均気温・降雨量

3.5.3 アクセス

Dumai 市は近隣に空港がなく、最寄りの Pekanbaru 空港から陸路でのアクセスと、シンガポールからの航路でのアクセスとなる。陸路は一部未舗装箇所があり、工事のために片側通行規制となる場合は空港から 5 時間以上かかる場合もある。

Banjarmasin には空港があり、市街地までの幹線道路も整備されており、アクセス性は良い。

3.5.4 電力、通信手段

豪雨時には一時停電となる場合があるものの、それ以外は全域で比較的安定的に供給されている。携帯通信網は整備されているが、市街地を離れると通信速度が低下する。

3.5.5 安全性

2016 年 3 月 6 日付け外務省海外安全ホームページのインドネシア危険情報では、対象地域 Dumai 市が属すリアウ州、およびバンジャルマシ市が属す南カリマンタン州、更に報告・協議先となる中央政府関係機関や水道協会、JICA インドネシア事務所や大使館が所在するジャカルタには、業務実施上に問題となる危険情報は発令されていない。

第4章 提案する計画・プロジェクトの効果・インパクトに関する事項

4.1 プロジェクト実施の効果

4.1.1 想定される成果

提案プロジェクトがもたらす成果は以下が想定される。

- (1) 類似課題に悩むイ国内泥炭湿地所在 PDAM の浄水技術力向上と薬品コスト縮減
- (2) PDAM Banjarmasin および PDAM Kota Dumai 職員の、色度対策の技術力・ノウハウの取得
- (3) PDAM Banjarmasin の将来の水質リスク(トリハロメタン等)の未然予防

4.1.2 水道分野の現状に対する解決の程度について

色度処理技術は、手段として様々であると同時に、要求薬品量も現地の水質に応じて異なるため、一律な削減コスト算出は不可能である。しかし、現地調査結果やその他の既存文献から判断すると、PDAM 職員の凝集沈殿処理はほとんど経験に頼っているケースが多く、科学的根拠や知識の裏づけが無い場合、効率性の低下や余分な薬品量投入を招いている。そのため、凝集沈殿処理の基本的な技術の移転だけでも、ある程度のレベルまでの色度軽減と、薬品投入量の削減は確実に実現できる。

4.1.3 飲料用水供給における問題点に対する解決の程度について

Dumai においては、新規浄水場の整備は給水率の向上に直接寄与する。イ国政府は 2019 年までに給水率 100%を達成するという非常に野心的な目標を掲げている。Dumai のみならず周辺の Bangkalis や他の地域の同様の課題を抱える PDAM でも適用できる浄水技術が導入されれば、これまで高色度ゆえに未利用水源としていた泥炭湿地帯の河川や沼などの表流水の有効利用につながり、ダムなどの新たな水源開発の回避も期待できるため、その効果は小さくない。

4.1.4 衛生関連並びに水系感染症に関する問題点に対する解決の程度について

PDAM Banjarmasin で行われているような塩素漂白作用による色度除去対策は、トリハロメタンの副生成物のリスクがあり、保健衛生の観点からも早急に安全な方策に切り替える必要がある。効率的な凝集沈殿処理の適用のみで基準値以下の色度に抑えることは難しいとしても、注入塩素量は確実に削減できるため、健康リスクの除去という明確な効果が発現できる。

4.1.5 その他

現在 JICA の協力で実施されている COE プログラムには、高色度浄水処理のモジュールが組み込まれていないが、泥炭湿地帯に所在する PDAM にとってこの課題は非常に大きいことから、どうプログラムとの協調や連携による相乗効果も期待される。

4.2 案件実施のインパクト

提案プロジェクトを実施した場合の各インパクトは下記のように整理される。

表 14 案件実施のインパクト

項目	インパクトの内容
政策面	・ イ国の泥炭湿地帯所在の PDAM に対するモデルケースとなる ・ 泥炭湿地はジャワ島以外の島に広く分布しており、現政権も掲げる地域の均衡開発への貢献度が高い
技術面	・ PDAM 職員が適正な浄水処理技術を取得する ・ 新たな技術、高度処理技術の導入の促進も期待できる
環境面	・ 未利用水源が有効利用される ・ 薬品量の削減によって、排水の汚濁負荷量が軽減する
社会面	・ 浄水能力が増加し、水圧、水質面ともに安定した給水サービスが提供され、利用者満足度が向上する ・ 副生成物発生リスクの軽減につながり、住民の衛生環境が向上する
組織・制度面	・ 水道事業経営が改善される ・ COE プログラムのモジュール追加による人材育成効果の拡大が期待される
経済面	・ 薬品量の削減によって PDAM の支出経費が縮減できる ・ 新規水源開発費の抑制につながる

第5章 提案するプロジェクトの妥当性に関する事項

5.1 案件を実施した場合の組織的妥当性・持続性

5.1.1 管理・監督における組織の能力

管理・監督面での PDAM Kota Dumai および PDAM Banjarmasin の組織能力に関する、調査団による定性的評価は以下のとおりである。

表 15 管理・監督における組織(PDAM Kota Dumai)の能力

項目		定性評価(良=3, 並=2, 悪=1)
組織の活気	上部機関、上司任せになっていないか	1
	あきらめ気分になっていないか	2
上層部の姿勢	問題点を正確に把握しているか	1
	将来ビジョンをもっているか	1
	自助努力の考えがあるか	2
管理・監督能力	協力要請に対する権限	2

表 16 管理・監督における組織(PDAM Banjarmasin)の能力

項目		定性評価(良=3, 並=2, 悪=1)
組織の活気	上部機関、上司任せになっていないか	3
	あきらめ気分になっていないか	3
上層部の姿勢	問題点を正確に把握しているか	2
	将来ビジョンをもっているか	2
	自助努力の考えがあるか	2
管理・監督能力	協力要請に対する権限	2

PDAM Kota Dumai は少人数組織ゆえに経験者や上司の指揮系統を重んじる傾向にあり、新たな取り組みにはトップの判断が重要となる。PDAM Banjarmasin は、現状課題に対する意識が高く、問題点の把握と課題解決の能力面の課題は、提案プロジェクトでの人材育成を通じて改善されるものと期待できる。

5.1.2 経営における組織の能力

PDAM Kota Dumai および PDAM Banjarmasin の、経営面での組織能力に関する調査団による定性的評価は以下のとおりである。

表 17 管理・監督における組織(PDAM Kota Dumai)の能力

項目		定性評価(良=3, 並=2, 悪=1)
経営を独立して行う権限が与えられているか	組織を編成する権限	3
	職員の採用・配置の権限	3
	契約締結の権限	3
	独立会計で収入・支出を決定する権限	3
水道使用者の管理を行う組織が確立しているか	使用者の情報管理	2
	料金請求、徴収の管理	2
予算・決算・長期見込みを作成できる組織が確立しているか	予算・決算・長期見込み	1
	資材(材料)管理	1
	資産(土地、施設、建物)	1
	人事を行う組織が確立しているか	1

表 18 管理・監督における組織(PDAM Banjarmasin)の能力

項目		定性評価(良=3, 並=2, 悪=1)
経営を独立して行う権限が与えられているか	組織を編成する権限	3
	職員の採用・配置の権限	3
	契約締結の権限	3
	独立会計で収入・支出を決定する権限	3
水道使用者の管理を行う組織が確立しているか	使用者の情報管理	3
	料金請求、徴収の管理	3
予算・決算・長期見込みを作成できる組織が確立しているか	予算・決算・長期見込み	2
	資材(材料)管理	2
	資産(土地、施設、建物)	2
	人事を行う組織が確立しているか	3

両 PDAM に管理や権限に関する組織上の問題は認められないが、PDAM の事実上のトップである常務は市長からの専任制のため、市長の交代によっては組織運営に影響を及ぼす懸念も存在する。また、PDAM Kota Dumai は新しい組織ということもあるが、中央政府や PERTAMINA から Dumai 市に譲渡された施設の市からの委譲がスムーズではなかった点、水道料金滞納者が多い点が懸念される。

5.1.3 施工時における組織の能力

PDAM Kota Dumai および PDAM Banjarmasin の施工時における能力に関する、調査団による定性的評価は以下のとおりである。

表 19 施工における組織(PDAM Kota Dumai)の能力

No	項目	定性評価 (良=3, 並=2, 悪=1)
1	施工を統括する部課があるか	2
2	その部課に十分な発言力・権限が与えられているか	2
3	施工時に援助国任せにすることはないか	1
4	自分たちが計画・設計・施工に参画したいという積極性があるか	2
5	これまでに実施された類似案件の経験が蓄積されているか	—

表 20 施工における組織(PDAM Banjarmasin)の能力

No	項目	定性評価 (良=3, 並=2, 悪=1)
1	施工を統括する部課があるか	3
2	その部課に十分な発言力・権限が与えられているか	3
3	施工時に援助国任せにすることはないか	2
4	自分たちが計画・設計・施工に参画したいという積極性があるか	3
5	これまでに実施された類似案件の経験が蓄積されているか	—

PDAM Banjarmasin の浄水施設には、当初計画にはなく後から追加したような設備などに工夫の跡が見られ、調査団とのワークショップ形式での質疑応答でも、自ら理解して設計したいという意識と積極性が感じられた。

5.1.4 維持管理時における組織の能力

PDAM Kota Dumai および PDAM Banjarmasin の維持管理における能力に関する、調査団による定性的評価は以下のとおりである。

表 21 維持管理における組織(PDAM Kota Dumai)の能力

項目	定性評価(良=3, 並=2, 悪=1)
保守管理を統括する部課があるか	2
その部課に十分な発言力・権限が与えられているか	2
これまでに実施された類似案件の経験が蓄積されているか	-

表 22 維持管理における組織(PDAM Banjarmasin)の能力

項目	定性評価(良=3, 並=2, 悪=1)
保守管理を統括する部課があるか	3
その部課に十分な発言力・権限が与えられているか	3
これまでに実施された類似案件の経験が蓄積されているか	-

両 PDAM は GIS を使用しており、設備の維持管理を担う組織も存在する。PDAM Banjarmasin には顧客管理データベースも整備され IT 技術の活用はかなり進んでいる他、資産管理部も独立して存在する。

5.1.5 地域住民との関係

PDAM Kota Dumai では、水道料金滞納者が多いことから、住民との良好な関係性構築はこれからといった様子もあるが、料金未納者への取立ては1年ほど前から実施しており、未納者や滞納者は着実に減ってきていることから、住民との関係性は悪くないと思われる。

PDAM Banjarmasin では住民からの苦情はほとんど無く、地域住民との関係は良好といえる。

5.2 案件を実施した場合の財務的妥当性・持続性

5.2.1 相手国側負担分の資金源

1) 案件実施段階における相手国側負担

技術協力による実証プラントの設置に際しては、用地提供や改修工事、要員配置等の負担が求められる。ただし、経費としては規模が小さいため、用地確保ができれば財務面での妥当性、持続性の確保は問題ないと思われる。

2) 案件実施後の相手国側負担

実証プラントは引き続き PDAM Banjarmasin で運用管理されることになる。PDAM Banjarmasin 職員は COE プログラムで要請トレーナーを送り出していることから、実証プラントを用いた他の PDAM 職員への技術伝承も可能であり、カリマンタン島内の技術訓練の拠点としての有効活用が期待される。PDAM Banjarmasin は職員の技術力向上への関心と意識が高く、財務状況も良好なため、実証プラント維持管理・運用の経済的負担は問題視されないと思われる。

5.2.2 水道事業指標の現況

両 PDAM の水道事業に関する主な指標は以下のとおりである。

表 23 PDAM Kota Dumai 及び PDAM Banjarmasin の水道事業指標

項目	PDAM Banjarmasin	PDAM Banjarmasin
接続数	1,836	163,140
普及率	3%	99%
給水原価	7,000Rp/m ³	6,100Rp/m ³
職員一人当たり給水人口	600 人	1,777 人

5.3 案件を実施した場合の技術的妥当性・持続性

5.3.1 相手国側の技術水準との整合

色度処理に関する技術的知見は蓄積されておらず、国立の研究機関であるインドネシア科学院 (LIPI) や公共事業国民住宅省の下部組織が長年、色度処理対策を研究してきたが、実導入が期待されるような技術とコストの両面で効果の認められる技術の開発には至らず、研究は頓挫している状況である。

しかし、イ国では凝集沈殿による急速ろ過が主流の浄水処理方法であり、以前から活性炭も利用していた PDAM も存在することから、適用技術はイ国の技術水準と大きな差はない。

5.3.2 要員の配置・定着状況

PDAM のトップである常務は市長の選任であるが、PDAM 職員はそれほど頻繁に配置換えされることはない。案件の実施や技術移転の対象としての要因の配置状況、定着状況は十分であり、技術的な妥当性、持続性を有すると判断される。

5.3.3 施設・機材の保守管理状況

両 PDAM とも、既存施設の日常点検やデータ管理は実施されており、資機材も倉庫に保管管理されていることから、施設・機材の保守管理状況は問題ないと判断される。

5.4 環境への配慮

5.4.1 見込まれる環境インパクト

提案プロジェクトがもたらす環境へのインパクトは、未利用水源の有効利用、および薬品量の削減による排水汚濁負荷量の軽減である。

5.4.2 環境影響の評価

イ国の泥炭湿地の森林火災問題は深刻で、周辺諸国も含めた大きな社会問題となっている。出火の原因は様々に考えられるが、最も大きな課題は鎮火しにくく火災が長期化することである。

提案プロジェクトで泥炭湿地の表流水利用が促進されれば、泥炭湿地帯の水位低下の懸念も生じる。自然の湛水量と比べると取水量は極わずかであり、泥炭湿地の乾燥化を招くような程度には到底及ばないと考えられるが、取水箇所の地理的特性等も踏まえ、取水量に応じた水位のモニタリングなど、影響が生じるかどうかの予測対策が講じられることが望ましい。

第6章 結論

6.1 特記すべき事項

本提案は、我が国が有する高度処理という特別な技術の知見とノウハウが、国レベルの課題の解決に資するという点で、望ましい形の技術協力となることへの期待は大きい。ただし、地域によって、あるいは季節によって異なる水質特性に対応する適用技術は一樣ではないため、明確な効果を予め提示することは非常に困難である。そのため、事業実施の際に、可能な限り効果を可視化するような工夫が求められる。

6.2 協力実施上注意すべき事項

イ国では大規模な水源開発プロジェクトが以前に比べて減ってきていたが、2018 年までに新たに 49 のダム開発案件がリストアップされ、国家中期開発計画の下で毎年 10 件程度着手されてきている。中央政府や外国ドナーによる資金によって新たな水源が開発されるのであれば、高色度原水の処理の優先度は下がるため、ダム開発案件の動向を注視する必要がある。

また、Dumai に隣接する Bengkalis を対象に 2016 年 3 月から約 3 年間実施される宇部環境国際協力協会による草の根技術協力では、PDAM Kabupaten Bengkalis 職員の浄水技術の向上も行うとされている。本提案で確立を目指す PDAM Banjarmasin で実施する実証実験を通した適用可能な色度軽減の浄水技術との整合性や関係性に留意しつつ、情報の共有化を図ること、我が国の浄水技術の移転として一体的な取り組みとすることが期待される。

6.3 結論

- ① イ国は PDAM の経営改善を通した普及率向上を目指しているが、その大きなボトルネックとなっているのが、スマトラ島やカリマンタン島のに偏在的に分布する泥炭湿地の表流水の、色度の高い原水の処理である。この色度処理の技術が不在のため、処理経費が高み、泥炭湿地帯に所在する PDAM の事業経営を圧迫する要因になっている。
- ② 現地では多量の薬品や塩素処理によって色度軽減を図っているが、それぞれ、経費増加、健康リスクの問題がある。少しでも経費や健康リスクを軽減するためには、現地の浄水技術水準に合わせ、凝集沈殿を基本とした技術力向上が最も効果的である。
- ③ ただし、凝集沈殿処理は、多くの水質項目との影響が生じるため、地域や季節によって変動する原水特性に応じた処理方法の検証が必要となる。そのため、一定期間での実証実験を通して最適解を検証することが望ましい。
- ④ この実証実験の対象地として、PDAM Banjarmasin はその組織規模や技術レベルから最適である。実証実験では、現地で調達可能な薬品だけでなく、我が国が知見を有する鉄系凝集剤や特殊ろ材、活性炭などの活用も検証し、最適技術を導き出すとともに、実証実験での OJT による PDAM 職員への技術移転を通じて、PDAM Banjarmasin が周辺地域での COE として機能していくことが期待される。
- ⑤ 実証実験で確立された色度処理技術を用いて、負の経営スパイラルに陥っている PDAM Dumai に新規浄水場を整備することで、給水率の増加を図るとともに、他の泥炭

湿地に所在する PDAM への技術伝承を図ることが望ましい。

- ⑥ 以上の協力内容に関して、CP 機関候補である PDAM Kota Dumai および PDAM Banjarmasin から、我が国支援に対する要望および協力の意思が示された。

6.4 所感

今回の調査対象 2 箇所は、インドネシア側からのニーズに端を発して調査団が選定した地域であった。Dumai は、2012 年当時の公共事業・国民住宅省居住総局水道システム開発局の局長から高色度原水処理技術に期待を込めて紹介された Bengkalis 県から独立した自治体であり、更にインドネシア水道協会からも近年設立された PDAM Kota Dumai に対する技術的な支援への期待が寄せられていた。一方の Banjarmasin も、日本水道協会とインドネシア水道協会との交流活動の一環として 2012 年に実施された PDAM 幹部来日研修の際に、現局長が我が国からの支援や連携を強く期待していたことがきっかけとなっている。

一方で、両地域には過去の我が国 ODA との関連性があった。Dumai は 1980 年代から支援された港湾開発によって港湾都市として発展してきた経緯がある他、現 PDAM 局長は「南スラウェシ州マミナサタ広域都市圏上水道サービス改善プロジェクトの実施当時の C/P 機関である PDAM Makassar の局長であった。他方、Banjarmasin の原水の一部として利用されている灌漑用水の水源であるリャムカナンダムも、我が国 ODA で建設されたダムである。

このように、これらの地域は現在のインドネシア関係者のニーズが高だけでなく、過去の我が国 ODA との関連性を有するという点で、特別な結びつきを感じる地域である。今回の提案案件が実現されれば、これら過去の支援・協力も改めてクローズアップされるきっかけにもなると期待され、支援・協力の継続性という観点からも実現への期待が大きい。