



インドネシア共和国ソロク市  
浄水技術改善事業  
(事業成果報告)

平成30年6月21日 豊橋市上下水道局

# 何でインドネシア共和国ソロク市？



平成25年1月28日に西スマトラ州ソロク市長以下幹部10名の視察があり、水道技術協力や支援要請が豊橋市長に依頼された。



調査の結果、立派な浄水施設が存在することから、豊橋市の水道技術職員の技術の伝承も含めて、支援協力を行っていくことを目的に立案した。

当初の2か年(平成25・26年度)は自治体国際協力促進事業を活用して、基礎技術支援を実施

その後、JICA草の根技術協力事業に移行した。



# インドネシア共和国ソロク市について

## ・ ソロク市の概要

- ・インドネシア・スマトラ島西南部、西スマトラ州のパダン市(州都)の北東に位置
- ・山間部の都市で、スマトラ島31都市のなかでも28番目の小さい市
- ・1970年に13村から現在のソロク市となる



面積	57.64km <sup>2</sup>
主要産業	農業、商業
行政区域名人口	65,868人
給水人口	63,748人
普及率(宅配合含む)	96.8%
給水戸数	12,361戸
総配水量	13,940m <sup>3</sup> /日
施設能力	22,000m <sup>3</sup> /日
有収率(生産効率)	69.1%
給水原価	22.8円/m <sup>3</sup> (119ルピア/円換算) (2014年データ:公共事業省統計資料)

# 改善事業のあらまし

JICA草の根技術協力事業(地域活性化特別枠)

## ■平成27年度

### ・浄水処理施設の改善

凝集沈殿処理設備の改善(凝集用薬液注入ポンプ、沈殿池)

### ・運転管理技術の改善

凝集沈殿処理工程の運転管理(処理効率の向上、凝集用薬液注入量管理)

### ・配水技術の改善(配水ポンプの効率向上・性能確保)

## ■平成28年度

### ・運転管理技術の改善

ろ過処理工程の運転管理(凝集用薬液注入量、ろ過池運転管理)

### ・配水技術の改善(流量測定、ポンプ圧力管理、水収支)

## ■平成29年度

### ・滅菌処理施設の改善

:薬液(滅菌剤)注入ポンプなどの施設改善

### ・運転管理技術の改善

:滅菌処理工程の運転管理(滅菌処理効率の向上)

### ・配水技術の改善

:末端給水圧力の測定管理、水収支

### ・給水技術の改善手法の検討

:飲める水道水の給水(配水管改修・整備計画など)

## これまでの取り組み(派遣・研修実績)

### ■ 自治体国際協力促進事業(H25~H26)

・技術者派遣延べ人数	10名	延べ日数	34日間
・受入延べ人数	6名	延べ日数	12日間

### ■ JICA草の根技術協力事業(H27~H29:H29現在)

・技術者派遣延べ人数	34名	延べ日数	105日間
・受入延べ人数	7名	延べ日数	5日間

**5年間で豊橋からの  
水道技術者派遣 延べ44名  
延べ日数 139日**

# これまでの取り組み（派遣・研修実績）

	日本からの派遣	日本での研修
平成25年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>8月</u>〔8/19(月)～30(金):12日間〕 4名(メダン市、ソロク市)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>5月</u> 〔5/13(月)～24(金):12日間〕 6名 (メダン:4名ソロク:2名)</li> </ul>
平成26年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>5月</u>〔5/12(月)～28日(水):17日間〕3名(メダン市、ソロク市)</li> <li>・<u>11月</u>〔11/17(月)～21(金):5日間〕3名(ソロク市)</li> </ul>	
平成27年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>8月</u>〔8/17(月)～28(金):12日間〕3名(ソロク市)</li> <li>・<u>11月</u>〔11/13(金)～20(金):8日間〕2名(ソロク市)</li> <li>・<u>2月</u>〔2/8(月)～12(金):5日間〕3名(ソロク市)</li> </ul>	
平成28年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>7月</u>〔7/18(月)～22(金):5日間〕3名(ソロク市)</li> <li>・<u>8月</u>〔8/22(月)～26(金):5日間〕3名(ソロク市)</li> <li>・<u>11月</u>〔11/14(月)～25(金):12日間〕3名(ソロク市)</li> <li>・<u>2月</u>〔2/13(月)～24(金):12日間〕3名(ソロク市)</li> </ul>	
平成29年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>7月</u>〔7/17(月)～28(金):12日間〕3名(ソロク市)</li> <li>・<u>8月</u>〔8/21(月)～9/1(金):12日間〕6名(ソロク市)</li> <li>・<u>11月</u>〔11/9(木)～17(金):10日間〕3名(ソロク市)</li> <li>・<u>2月</u>〔2/5(月)～16(金):12日間〕2名(ソロク市)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>10月</u> 〔10/2(月)～6(金):5日間〕 7名(ソロク市)</li> </ul>

# 浄水技術改善事業の成果 インドネシアの水道技術力の向上により得られるもの

■安全な飲料可能な水道水の安定供給

■市民の健康向上

■公共サービスの信頼構築

■水道事業経営の改善

■持続可能な水道事業の推進

# 浄水技術改善事業の成果

## ■ 浄水処理技術の改善

- ・沈殿池と凝集剤投入の安定化によるろ過池負荷の軽減手法の習得
- ・持続的濁度管理方法の習得
- ・結果として平常時は濁度0度を達成(きれいな水道水の確保を達成)
- ・中塩素処理による鉄・マンガン等の除去による水質の改善
- ・残留塩素管理による安全な水道水(飲める水道水)の生産確保
- ・日本の水道水水質標準項目にすべて適合

## ■ 配水技術の改善

- ・日配水量の把握と水収支表の作成の習得による持続的運用管理
- ・配水圧力管理の重要性について指導

## ■ ソロク市の給水契約者の増加

- ・きれいな水が供給されることへの期待から契約申し込みが急増

## ■ インドネシア公共事業省、パダン市(西スマトラ州都)水道公社から

- ・ソロク市水道公社の技術を西スマトラ州への拡大研修の要望



# ソロク市の水処理技術の劇的な向上 (水道技術者の意識改革)

## 平成25年度での現地技術者の意識

- ・日本人が何しにきたの？
- ・インドネシア水質基準を順守しているのに何か？
- ・水道水を飲むとおなかをこわすから飲んでいない！
- ・給水原価が高いからお金が無い(料金が貰えない)！
- ・労働契約書に研修は入っていないので受けない！

## ソロク市の水処理技術の劇的な向上 (水道技術者の意識改革)

### 平成29年度での現地技術者の意識

- ・日本の技術はすごいよね。私も教えて!
- ・水道水が飲めるとミネラルウォーター買わなくてもいいよね!
- ・おなかをこわすことないよね!(長生きできる?)
- ・技術取得で昇格! **給料上がってうれしい!**
- ・ソロク市民のためにもっと頑張る!

## ■ 事業評価

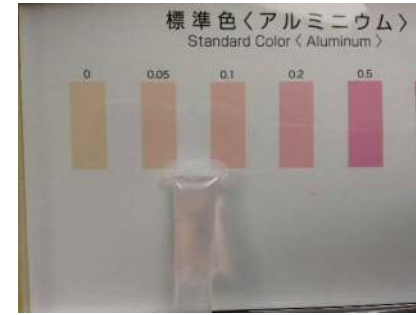
### 1. 凝集沈殿処理技術



沈殿処理技術確認  
(ジャーテスト)



PAC注入量確認



残留アルミイオン確認



凝集剤(日本製PAC)



PAC濃度確認



## ■事業評価

### 2.ろ過・滅菌処理技術



滅菌剤  
(次亜塩素酸ナトリウム)



滅菌剤注入量確認



残留塩素0.5mg/l検出



沈殿池の状況確認  
(沈殿池出口濁度0度)



ろ過池の状況確認  
(ろ過池出口濁度0度)



現地水質検査



■事業評価

3. 配水技術

- ・配水ポンプ設備研修(維持管理技術実践研修)



配水圧力の管理  
(圧力計取付)



ポンプ吸込配管改良  
(φ100→200)



芯出調整実践



配水圧力の管理  
(圧力計取付)



ポンプ吸込配管改良  
(φ100→200)



芯出調整実践



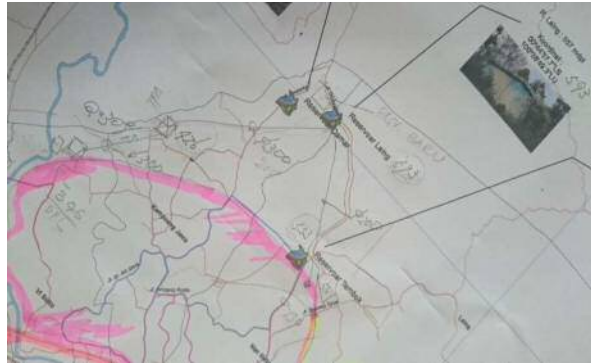
## ■事業評価

### 4. 配水圧力管理技術

- ・配水圧力管理技術向上研修(末端圧力の現況把握)



配水区域図作成



標高差確認



KTK浄水場からの  
配水系統を解析



配水系統から末端配水圧力の把握確認



末端配水圧力測定  
(配水管網に重大な課題あり)

■ 水道施設設計技術評価  
○ ソロク市新設浄水場



取水口  
(河川とのレベルに課題あり)



取水ポンプ井  
(水が無い)



浄水設備  
(能力:30l/s)



送水ポンプ設備  
(軸動力と電動機  
出力ミスマッチ)



送水増圧所  
(必要性?)

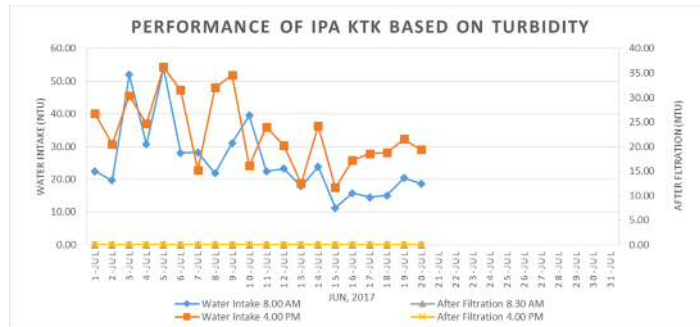


配水池  
(標高差160m?)

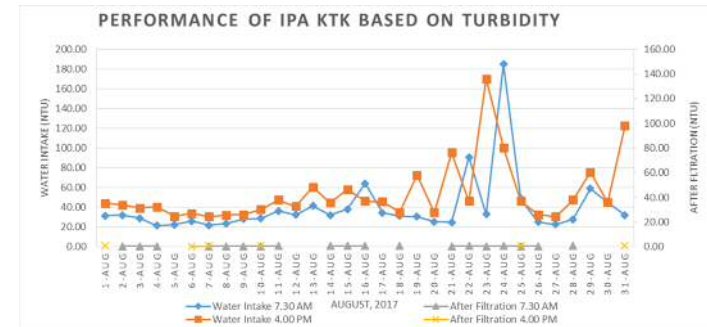
## ■ 水質評価(沈殿処理におけるデータ解析結果)

○原水及び処理水濁度の状況(7月から10月)

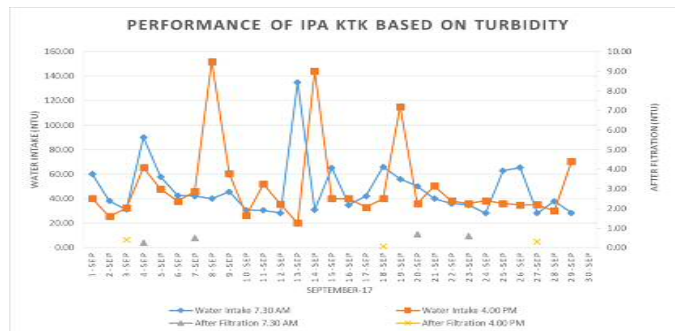
- ・沈殿処理が安定している。(きれいな水道水の生産が継続的にできている)



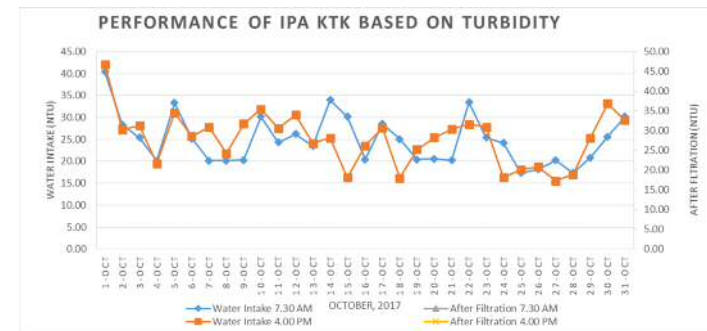
2017年7月



2017年8月



2017年9月



2017年10月

## ■ 水質評価(原水・浄水水質検査結果)

1. 沈殿・ろ過処理での持続性の確保  
 ・いつでも、どんなときでも濁度0度を確保(経験の積み重ね)

飛躍的な進歩を遂げている

2. 滅菌(中塩素)処理の持続性の確保  
 ・浄水での残留塩素濃度0.5mg/lを確保  
 ・浄水での鉄、マンガン除去

水質評価では日本の基準項目クリア

3. 維持管理技術の継承  
 ・安定処理のために必要な経費は計上し、効率的な運用に努める  
 ・水道水の品質向上の証明するための定期的な水質検査の実施

飲める水道水の安定生産が可能

水質検査結果書			
検体の検査結果は次のとおりです。			
検体種別	ソロク市(浄水)	ソロク市(原水)	
採水年月日	平成29年11月17日	平成29年11月17日	
検査理由	水質調査	水質調査	
採水場所	ソロク市 KTK浄水場	ソロク市原水	水質基準(浄水)
一般細菌菌数	2		100個以下/ml
大腸菌群	陽性		
大腸菌	陰性		検出されないこと
カドミウム及びその化合物	0.0003未満	0.0003未満	0.003 mg/l以下
水銀及びその化合物	0.00005未満	0.00005未満	0.0005 mg/l以下
セレン及びその化合物	0.001未満	0.001未満	0.01 mg/l以下
鉛及びその化合物	0.001未満	0.001未満	0.01 mg/l以下
ヒ素及びその化合物	0.001未満	0.001未満	0.01 mg/l以下
六価クロム化合物	0.005未満	0.005未満	0.05 mg/l以下
亜硝酸態窒素	0.004未満	0.006	0.04 mg/l以下
シアン化物イオン及び塩化シアン	0.001		0.01 mg/l以下
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	0.30	0.64	1.0 mg/l以下
フッ素及びその化合物	0.11	0.10	0.8 mg/l以下
ホウ素及びその化合物	0.1	0.1	1.0 mg/l以下
四塩化炭素	0.0001未満		0.002 mg/l以下
1,4-ジオキサン	0.005未満		0.05 mg/l以下
2,3,7,8-テトラクロロダイオキシン及びその化合物	0.001未満		0.001 mg/l以下
ジクロロメタン	0.001未満		0.02 mg/l以下
テトラクロロエチレン	0.001未満		0.01 mg/l以下
トリクロロエチレン	0.001未満		0.01 mg/l以下
ベンゼン	0.001未満		0.01 mg/l以下
塩素酸	0.44	0.06未満	0.6 mg/l以下
クロロ酢酸	0.002未満		0.02 mg/l以下
クロロホルム	0.016		0.06 mg/l以下
ジクロロ酢酸	0.007		0.03 mg/l以下
ジブロモクロロメタン	0.001未満		0.1 mg/l以下
臭素酸	0.011		0.01 mg/l以下
総トリハロメタン	0.021		0.1 mg/l以下
トリクロロ酢酸	0.010		0.03 mg/l以下
ブロモジクロロメタン	0.005		0.03 mg/l以下
ブromoホルム	0.001未満		0.09 mg/l以下
ホルムアルデヒド	0.008未満		0.08 mg/l以下
亜鉛及びその化合物	0.01未満	0.01未満	1.0 mg/l以下
アルミニウム及びその化合物	0.03	2.00	0.2 mg/l以下
鉄及びその化合物	0.08	2.31	0.3 mg/l以下
銅及びその化合物	0.01未満	0.01未満	1.0 mg/l以下
ナトリウム及びその化合物	13.5	11.7	200 mg/l以下
マンガン及びその化合物	0.024	0.129	0.05 mg/l以下
塩化物イオン	16.9	5.0	200 mg/l以下
カルシウム、マグネシウム等(硬度)	52.9		300 mg/l以下
蒸発残留物	138		500 mg/l以下
陰イオン界面活性剤	0.02未満		0.2 mg/l以下
ジエオキサン	0.000002		0.00001 mg/l以下
2-メチルイソボルネオール	0.000006		0.00001 mg/l以下
非イオン界面活性剤	0.005未満		0.02 mg/l以下
フェノール類	0.0005未満		0.005 mg/l以下
有機物(全有機炭素(TOC)の量)	1.7		3 mg/l以下
pH値	7.6		5.8以上8.6以下
外観	異常なし		異常でないこと
臭気	異常なし		異常でないこと
色度	4.3		5度以下
濁度	1.2		2度以下
アンチモン及びその化合物	0.0015未満	0.0015未満	—
ニッケル及びその化合物	0.001未満	0.001未満	—
1,2-ジクロロエタン	0.0001未満		—
トルエン	0.01未満		—
1,1,1-トリクロロエタン	0.01未満		—
メチルセブチルエーテル	0.001未満		—
1,1-ジクロロエチレン	0.001未満		—
カルシウム硬度	34.7		—
電気伝導率	198		—
検査機関	豊橋市上下水道局 浄水課		検査担当者 長坂こずゑ
検査期日	平成29年11月21日 ~ 平成29年11月27日		検査責任者 松井 宏文



# ソロク市の水処理技術の劇的な向上



原水濁度(60度)



H25時 沈殿池処理水 (濁度10度)



H29時 沈殿池処理水 (濁度0度)

- ・薬品注入試験の確立
- ・薬液ポンプの効率向上
- ・凝集剤の変更(硫酸バンド→PAC)
- ・沈殿・ろ過池の洗浄工程変更
- ・中塩素処理による鉄・マンガン除去
- ・残留塩素管理による安全性の確保
- ・管理データの記録と蓄積



H25時 浄水  
(左側：ミネラルウォーター 右側：濁度5度)



H29時 浄水  
(左側：ミネラルウォーター 右側：濁度0度)  
残留塩素 0.5mg/l検出





# ソロク市の水処理技術の劇的な向上



浄水濁度 0度



残留塩素濃度0.5mg/l



アルミ流出濃度 0度



試飲(味の確認)



ソロク市ほか16の水道公社局長が試飲  
2018/6/25



感謝状を授与されました。

# 日本国内地域活性化の取組み

## 日本製品による効率向上

- ・凝集剤の効率向上

硫酸バンド(中国製)⇒PAC(水道用ポリ塩化アルミニウム:多木化学製)

- ・薬注ポンプの安定化と維持管理の効率性向上

プロミネンス(中国製)⇒協立機巧製:凝集剤、滅菌剤

- ・流量管理技術の向上

羽根車式流量計(中国製)⇒超音波流量計(東京計器製)

- ・配水効率の向上

配水ポンプ(中国製)⇒西島製

- ・配水圧力管理の向上

配水圧力計(オーストラリア製)⇒長野計器製

# 日本製品を活用した水道技術の向上



非効率な凝集剤（硫酸バンド）

日本製凝集剤（PAC）の活用  
（凝集沈殿効果の向上）



日本製薬液ポンプの活用  
（長寿命、注入量の安定化）



配水管の流量把握



非効率な配水ポンプ設備

日本製配水ポンプ設備の活用  
（長寿命、高効率、配水の安定化）



日本製流量計を活用した流量の把握  
（浄水場での水収支管理）



# インドネシア・スタンダードの課題

- ・飲める水道水の水質基準  
WHO規格での運用を期待
- ・設備能力の設定基準  
基礎物理学と水道工学の順守  
水道は水頭圧力と流速を基本とする
- ・水道施設の計画技術の改善  
取水から配水施設、給水装置までの全体計画技術の向上
- ・水道企業会計に向けた取組み  
独立採算性



## 今後の活動に向けて

- 飲める水道水を顧客に給水するには？
- 有収率を向上するには？
- 拡張計画や維持管理計画策定はどうやって？
- 水道事業経営を良好にしたいけど・・・
- 西スマトラ州水道公社みんなに教えて



# 豊橋市長さんの厳しいチェック



ソロク市浄水場の改善状況確認と今後の課題協議



西スマトラ州庁舎にてソロク市長、パダン市長と共に知事秘書官と今後の水道事業協力についての協議実施



ジャカルタJICA所長とソロク市浄水技術改善事業の成果と今後の取組みについて意見交換



ソロク市長と共にパダン市長へ西スマトラ州水道公社の技術向上についての意見交換とソロク市への協力要請実施

公共事業省総局長とソロク市での活動成果と今後の取組みについての意見交換と協力要請



# 第2フェーズに向けての取り組み

## ■ソロク市水道事業改善に向けての取組み

### ・総括(第1フェーズ)

- ①浄水処理技術の向上が図られた(飲める水道水の生産ができた)
- ②配水技術の向上が図られた(浄水場での水収支及び配水圧力管理が図られた)
- ③維持管理技術の向上が図られた(凝集沈殿試験やポンプ、電気設備の維持管理が図られた)



### ・水道事業経営手法の支援

- ①事業モニタリングの技術支援
- ②事業経営手法の支援
- ③水道技術者の育成



### 目標

インドネシアのモデルとなる水道公社を目指す

## ■西スマトラ州水道公社事業改善に向けた取組み

### ・州都パダン市を中心とした西スマトラ州16水道公社の水道技術者育成の支援

- ①パダン市水道公社研修センターの活用による水道技術研修の支援
- ②パダン市、ソロク市水道公社職員をトレーナとする現地研修の実施
- ③技術者育成、施設運転・維持管理技術向上に向けての後方支援

# ソロク市に根づいた豊橋の活動

## 5 3 0 (ごみゼロ)運動の実践



ソロク市庁舎



ごみ一つ落ちていない市庁舎内部

前任のソロク市長さんが豊橋に来て学んでいったことを実践した。



# ソロク市の地場産業（農業）



ソロク市の農業試験場



家庭菜園用コンポスト



浄水場に隣接している水田



ドラゴンフルーツジュース



米の収穫祭（刈入式）



日本人が伝授した棚田



# ソロク市周辺の観光スポット



シンカラ湖(ソロク県)



パンゲランビーチホテル(パダン市)



ムンタワイ諸島を望む(パダン市)



旧日本軍砦(ブキティンギ)



ホテルからの展望  
(インド洋を望む)



パンゲランビーチ(パダン市)

# ソロク市周辺の観光スポット



炭鉱の町サワルト市



炭鉱博物館(サワルト市)



サワルト市観光案内



民族博物館(パダンバンジャン)



オランダ式時計台(ブキティンギ)



ハッタ副大統領邸(ブキティンギ)



# ソロク市の方々との交流



ソロク市民族舞踊団



ソロク市の幼稚園に案内されて



ソロク市内のイベント



ソロク市地方政府職員と会食



日本文化体験  
ウェルカムパーティ



お茶会体験

# ソロク市民の食文化



とっても辛いパダン料理



ミーゴレン(オリジナル)



ナシゴレン(辛い)



仕事始めの軽食



ミックスアイス(とっても甘い)

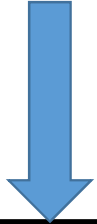


宿泊しているホテルの朝食



# わたしたちの思い・夢・理想

- 持続可能な開発目標 (SDGs)
  - ・ まずは、インドネシアから・・・



**豊橋市の水道技術を世界へ！**

誰もが安心・安全な水道水を安定的に給水できるように！

市民の生活改善が図れるように！



ご静聴ありがとうございました

