

ミャンマー連邦共和国
ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)

ミャンマー国
ヤンゴン市上下水道改善プログラム
協力準備調査報告書

第 1 巻
ヤンゴン市水ビジョン

平成 26 年 3 月
(2014 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

(株) TEC インターナショナル
(株) エヌジェーエス・コンサルタンツ
日本工営(株)
東京水道サービス(株)
東洋エンジニアリング(株)

環境
JR
14-078

ミャンマー連邦共和国
ヤンゴン市開発委員会 (YCDC)

ミャンマー国
ヤンゴン市上下水道改善プログラム
協力準備調査報告書

第 1 卷
ヤンゴン市水ビジョン

平成 26 年 3 月
(2014 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

(株) TEC インターナショナル
(株) エヌジェーエス・コンサルタンツ
日本工営(株)
東京水道サービス(株)
東洋エンジニアリング(株)

ミャンマー国
ヤンゴン市上下水道改善プログラム
協力準備調査

ファイナル・レポート

2014年3月

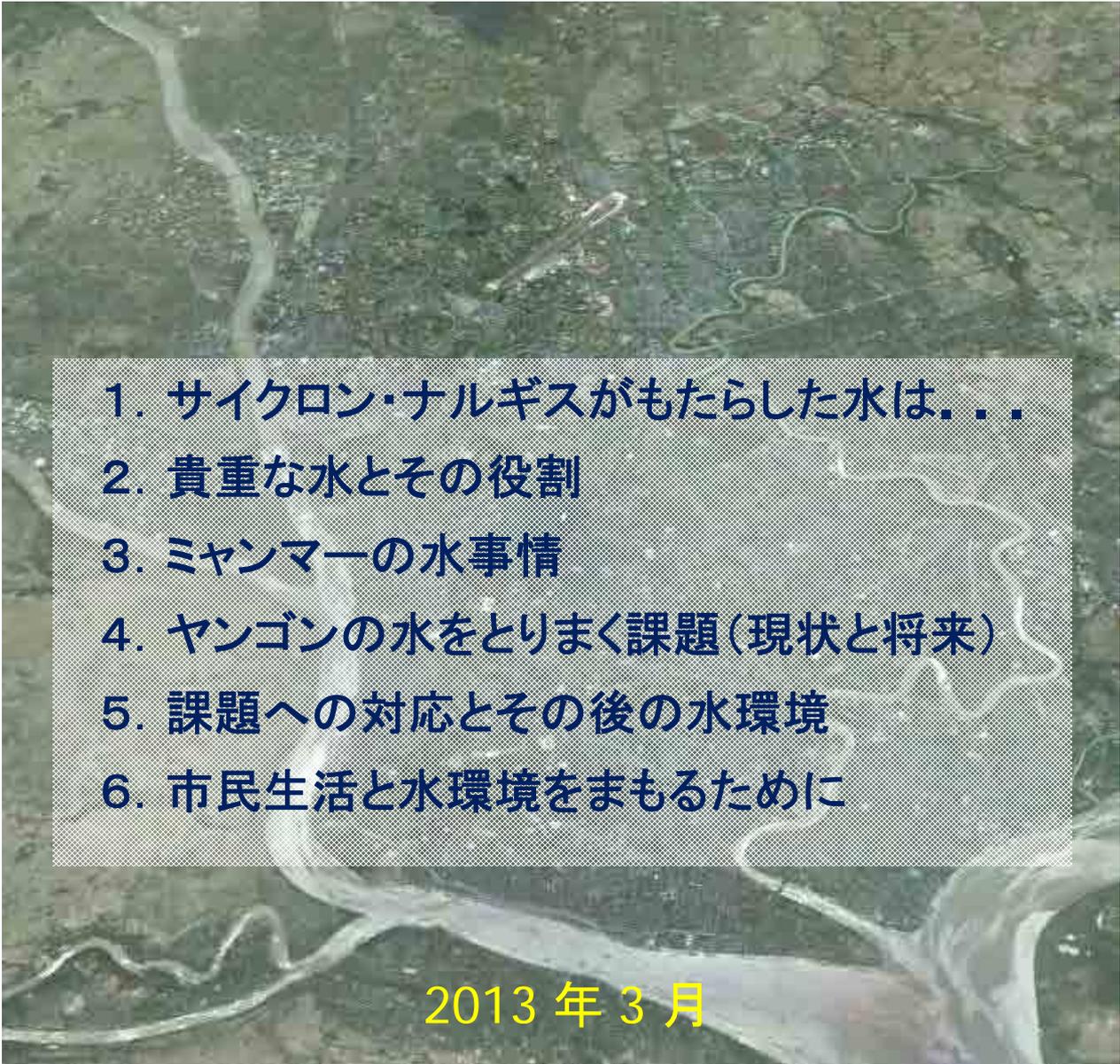
総目次

第1巻：ヤンゴン市水ビジョン
第2巻：上水道（要約）
第3巻：上水道マスタープラン
第4巻：上水道フィジビリティスタディ
第5巻：下水道・排水（要約）
第6巻：下水道・排水マスタープラン
第7巻：下水道・排水フィジビリティスタディ

ヤンゴン市水ビジョン
[市民向け]

将来のヤンゴンにおける 安全、豊かで安定した水循環 -ヤンゴン市水ビジョン-

〔市民広報資料〕

- 
1. サイクロン・ナルギスがもたらした水は...
 2. 貴重な水とその役割
 3. ミャンマーの水事情
 4. ヤンゴンの水を取りまく課題(現状と将来)
 5. 課題への対応とその後の水環境
 6. 市民生活と水環境をまもるために

2013年3月

YCDC

ヤンゴン市開発委員会

サイクロン・ナルギスがもたらした水は...

2008年5月、ベンガル湾中央部で発生した最大風速190km/hの大型サイクロン「ナルギス」がミャンマーを襲いました。ナルギスは約12時間かけてゆっくりとミャンマー国土を進み、広範囲に甚大な被害をおよぼしました。冠水した農地は60万ha、被災した家屋は49万戸、死者・行方不明者は13万人以上とされ、ミャンマー史上最悪の自然災害となりました。

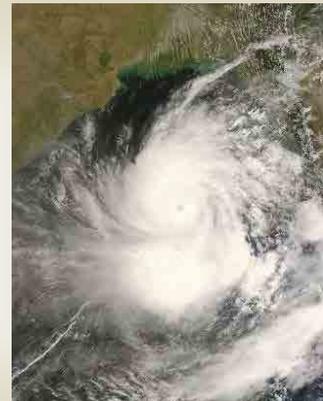
ミャンマーの豊富な水資源は時に脅威となり、私たちに容赦なく襲いかかります。水は時にはこのような甚大な被害を引き起こしますが、我々の生命・生活とどのような関わりを持っているのでしょうか？



出典：個人 HP



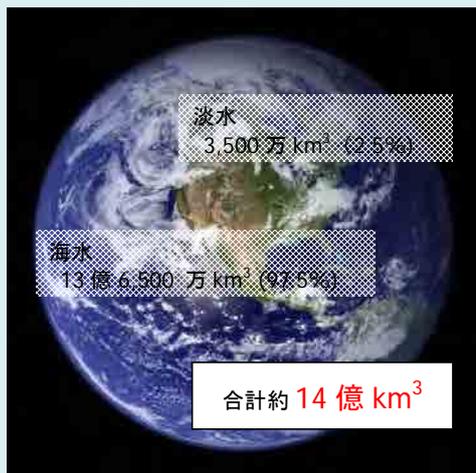
出典：JICA HP



出典：NASA HP

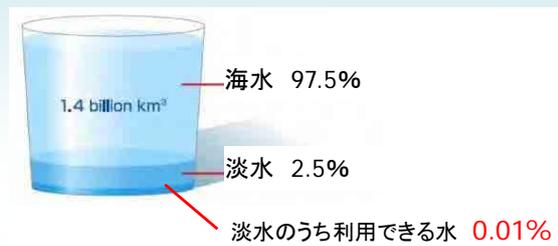
貴重な水とその役割

● 水の惑星・地球にはどのくらい水があるのでしょうか？



出典：NASA HP

地球上すべての水をコップ1杯に例えると



出典：日本水フォーラム HP の図を加工

地球上の水およそ14億km³のうち、海水が約97%を占め、淡水は約3%しかありません。しかもその淡水の約70%は氷河として存在しており、河川・湖沼など生活に利用することのできる水は、地球全体のわずか0.01%です。水はとても貴重な資源なのです。

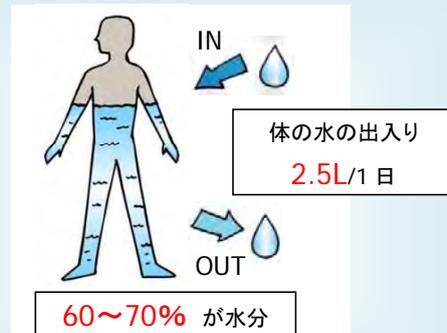
● 人の体にはどのくらい水があるのでしょうか？

人の体は、約60~70%が水分できていて、毎日2.5Lの水が入れ替わっています。水分は体内で次のような働きをしています。

- ① 体内臓や組織の保護 → 外部からの衝撃を緩和します
- ② 体温の調節 → 汗をかくなどして体温を一定に保ちます
- ③ 酸素・栄養の運搬 → 血液の液体成分である血漿は90%が水分です
- ④ 老廃物の排出 → 尿として体内の不要物を排出します

このように、水は人が生きていくために重要な役割を担っていて、これが不足すると体には様々な症状があらわれます。体内の水分の5%が失われると、体温上昇、頭痛などが生じ、さらに水分が減少すると、けいれん、失神を起こします。そして体内の約20%の水分が失われると死に至るといわれています。

人は水なくて生きていくことはできません。



出典：厚生労働省「健康のために水を飲もう」より

● 私たちの生活に水はどう役に立っているのでしょうか？

私たちはさまざまな水の恵みを受けて生活しています。

- ① 炊事、洗濯、シャワー、トイレなど、生活を支える水
➡ 衛生で健康的な生活を送ることができます。
- ② 農業・工業活動を支える水
➡ 食物が安定的に生産でき、産業が発展します。
- ③ 水文化を支える水
➡ 水かけ祭りなど、伝統的な文化が創出されます。
- ④ 環境を維持する水
➡ 豊かな水産資源をもたらします。

生活、農業、工業などに毎日大量の水が使用されています。生きるため、そして生活をしていくために、水は欠かすことのできない資源です。しかし、その量は無限ではありません。将来にわたって衛生的な水を確保するため、計画的に管理していく必要があります。

生活

文化

出典：個人 HP

産業

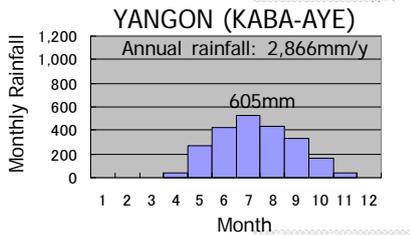
環境

出典：「水産白書 平成 22 年度版」

ミャンマーの水事情

● 豊富な水資源

ミャンマーの年間降雨量は 2,091mm で世界でも降雨量が多い国です。ヤンゴン市の降雨量はさらに多く、年間降雨量は 2,866mm で、これは世界の平均降雨量の約 3.5 倍となっています。ヤンゴン市は降雨によりもたらされる豊富な水資源を持っています。しかし、豊富な水資源には大きなメリットとともに、リスクを伴うデメリットも併せ持っています。



COUNTRY	Rainfall (mm/year)
The world	807
Brazil	1,782
Russia	460
Indonesia	2,702
The United States	715
Thailand	1,622
France	867
Japan	1,718
Britain	1,220
China	627
South Africa	495
Egypt	51
Saudi Arabia	59
Myanmar	2,091
YANGON	2,866

× 3.5

出典：FAO(国連食糧農業機関)「AQUASTAT」
出典(ヤンゴン市)：ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査(2012)、JICA

● 豊かな水がもたらすもの

メリット

豊富な水資源は豊かな自然をはぐくみ、私たちに生活の場と食糧を与えます。また、水辺空間は心身の憩いの場となり、文化や伝統を生み出す環境を育むほか、観光資源としても高い価値を持っています。

食糧

憩い

生活空間

デメリット

豊富な水資源は時に災害をもたらします。2008年にはサイクロン「ナルギス」により甚大な被害を受けました。また、2012年には、2週間にわたる長雨で洪水が発生し、約 800km²の水田が浸水する被害を受けました。

ナルギスにより破壊された建物

出典：JICA HP

洪水で浸水した水田と街

出典：CNN HP

出典：MSF HP

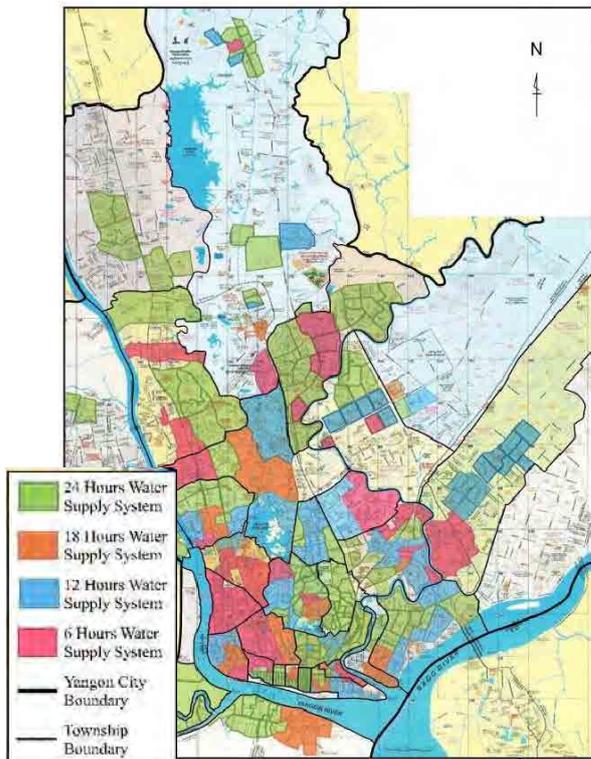
➡ これらのメリットを最大限に生かし、デメリットはコントロールしていくことが必要で、そのために水資源の管理・利用が必要です。

ヤンゴンの水を取りまく課題（現状と将来）

● ヤンゴン市の現在の水環境は？

水の供給

上水の給水に関しては、インフラ施設の整備の遅れにより、給水区域内であっても、数時間の給水に限られています。給水区域外では、Tube wells と呼ばれる井戸により水を確保しているものの、地下水源の枯渇、また汚染等の問題が取りざたされています。



出典：ミャンマー・ヤンゴン市上下水道改善基礎調査

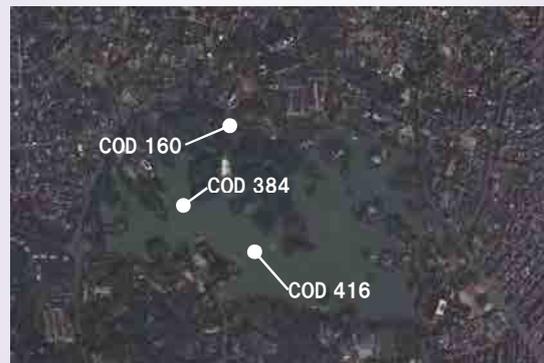
排水の衛生処理

現在、ヤンゴン市の下水道整備は 900ha 弱であり、全市域の 1% に満たない状況です。下水道がほとんど整備されていないため、排水路を通じて川や湖に流れ出た汚水が環境汚染を引き起こしています。

Kandawgyi Lake の水質

Kandawgyi Lake の汚染状況を示す指標※は 160~416mg/l と非常に高い値を示しています。

※COD: 化学的酸素要求量。マレーシアや中国の基準値は、10-100mg/l 程度以下。



出典：ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査 (2013)、JICA

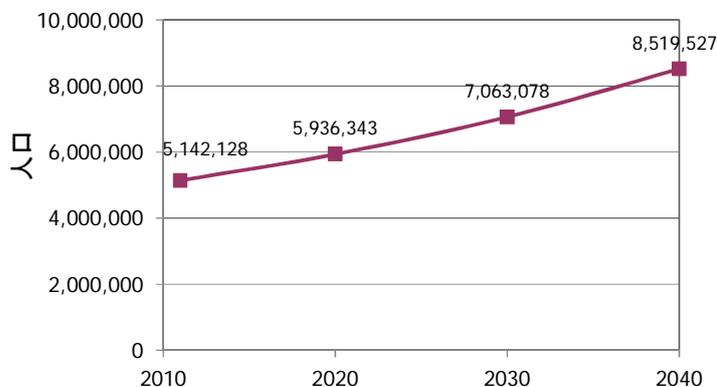
雨水の排除

貴重な水資源であると共に、浸水被害をもたらす雨は年間 3,000mm 弱と極めて大量で、それが雨期である 5~9 月に集中的に降ります。このため、下流海域の潮位も関連して、頻繁に浸水が発生し、生活環境が脅かされています。

● 2040 年のヤンゴン市の状況は？

人口が増加し、産業が発展します

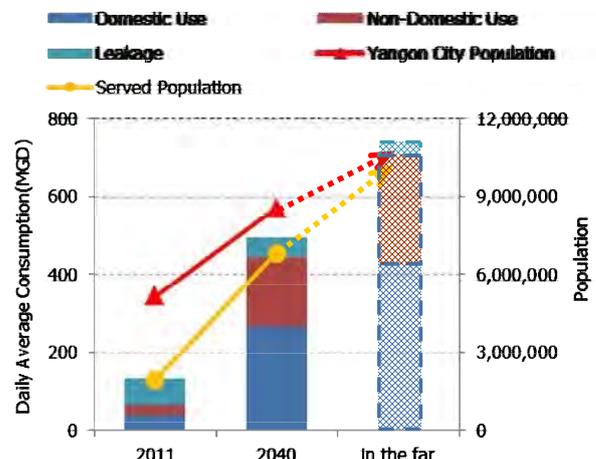
ヤンゴン市の人口は、2011 年で約 510 万人程度ですが、30 年後の 2040 年には約 850 万人になると予測されています。今後は、人口の増加とともに、産業も大きく発展していきます。



数値出典：ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査(2012)、JICA
ヤンゴン市の将来人口予測

水需要が増加し、環境負荷が増大します

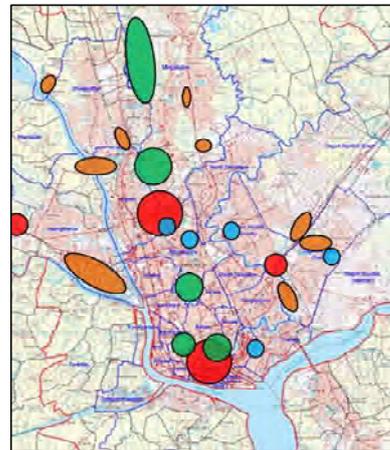
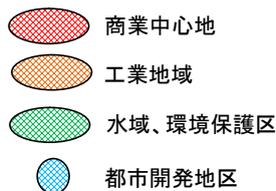
人口の増加や産業の発展により、水需要量が大きく増加し、都市域から排出される排水量が増大してきます。またこれに伴い、水質汚濁の原因となる汚濁負荷量も増大します。



将来の給水人口と水需要量予測

産業が発展し、土地利用が大きく変わります

産業の成長により、土地利用も変わっていきます。商業中心地や工業地域、都市開発計画といった人口が集中する地域、環境保護地区といった水と緑の拠点となる地域など、計画的な土地利用が予定されています。これまで裸地や緑地だった場所が、道路や建物に変わるなど、土地利用は大きく変わります。



出典: ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査(2012)、JICAより作成

水環境が悪化します

水源が不足し、水の供給が不安定になります

水需要量が増加し、水道水が不衛生になります

環境負荷が増大し、生活環境や水辺環境が悪化します

都市の浸透域が減少し、浸水被害が増加します

さまざまなリスクが危惧されます

不十分、不安定な水の供給

供給システムの整備が不十分な場合には、水供給が不安定となり、産業活動の低下や誘致の抑制、生活の利便性が損なわれるなどにより、都市の発展が妨げられる恐れがあります。



出典: 特定非営利活動法人国際協力の会 HP

水道水の不衛生

水需要量の増加と給水システムの整備の遅れにより、水道水が不衛生になるとともに、排出負荷の増大により、水源水質が悪化すると、さらに不衛生になる恐れがあります。



環境破壊の進行

海、川、湖、地下水の水質が悪化し、生態系の破壊、水文化(漁業、祭り、レジャーなど)の断絶といった環境破壊が懸念されます。



出典: 滋賀県立大学環境科学部HP

感染症や公害病の発生

排水・処理システムの整備が不十分な場合には、海、川、湖、地下水の水質が悪化し、人の安全と健康を脅かす感染症や公害病の発生が懸念されます。



青潮発生によるワカサギなど魚類の斃死被害(網走湖)
出典: 網走川総合水系環境整備事業再評価原案準備書説明資料

浸水発生頻度の上昇

道路整備や建物の建築により、同じ降雨でも雨水の流出量は増加します。雨水流出量が増加すると、浸水が発生しやすくなり、市民生活の安全を脅かす恐れがあります。



わずか7分間で



出典: 兵庫県県土整備部土木局河川整備課都市河川係HP

課題への対応とその後の水環境

● 対策の実施が必要です

水源を確保して安全な水を安定して提供します

排水を処理して生活環境と水辺環境をまもります

雨水を排除して浸水を減らします

● 皆さんの生活が改善されます

給水問題の解消で 24 時間給水が可能に！

上水道施設を整備することで、水需要の問題を解消し、誰でも気軽に安全な水が 24 時間、飲めるようになります。



出典:昭島市 HP

河川・湖沼等が快適な親水空間に！

汚水処理施設の整備を行うことで、市民の憩いの場となる親水空間を確保し、ふれられる水を提供するとともに、生物が生息できる水辺を保全します。



富栄養化によるアオコの発生状況
(昭和 45 年 9 月)長野県諏訪湖



水質改善によるレクリエーション効果
(平成 17 年 7 月)長野県諏訪湖

出典:滋賀大学環境総合研究センターHP

街全体が衛生的に！

汚水処理施設を整備することで、側溝や河川がきれいになり悪臭が消えるとともに、水系伝染病などが激減します。

浸水を防除し、安全な街に！

雨水排水施設を整備することで、都市域からすみやかに雨水が排除され、浸水被害の少ない安全な街になります。

市民生活と水環境をまもるために

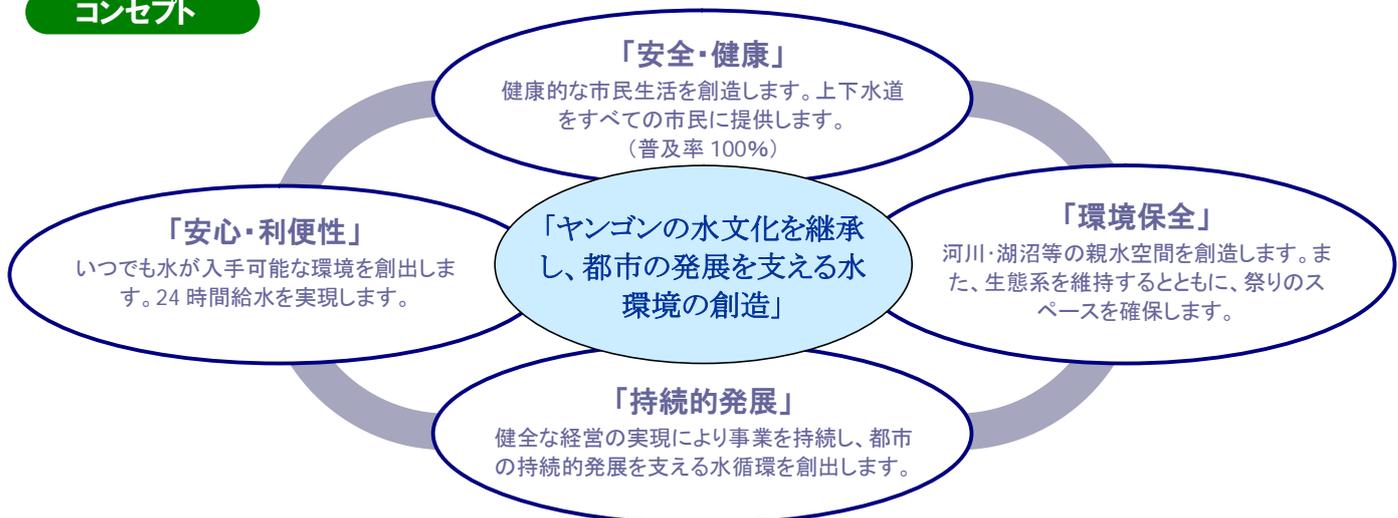
● 水ビジョンを提案します

ヤンゴン市の将来の水環境に関する課題を解決し、市民生活と水環境をまもるために、今後のヤンゴン市の取り組みのベースとなる水ビジョンを提案します。

理念

ヤンゴンの水文化を継承し、都市の発展を支える水環境の創造
-水かけ祭りの後世への伝承-

コンセプト



政策テーマとアクションプログラム

コンセプト

政策テーマ

アクションプログラム

安全・健康	安全な水を提供します	上水道普及率の向上 上水道の水質の向上 水系感染症の低減	<ul style="list-style-type: none"> 水道管網の整備 塩素滅菌の徹底 浄水場の整備 下水処理施設の整備 腐敗槽の整備・改良 雨水排水施設の整備
	汚水を速やかに排除します	下水道普及率の向上	
	浸水被害を軽減します	浸水被害の軽減	
安心・利便性	安定的に水を供給します	24時間給水の実現	<ul style="list-style-type: none"> 水源確保 漏水率の低減 その他無収水量の低減 配水エリアの適正化
環境保全	水資源を確保します	維持流量の確保 地下水の涵養	<ul style="list-style-type: none"> 森林保全 開発禁止エリア等の制定 貯留浸透施設の積極的な導入 流入排水の制限・規制 河川湖沼の浄化
	河川・湖沼の汚染を防止します	親水空間の確保 生態系の維持	
持続的発展	都市の発展を支援します	省水資源・省エネルギー 工業用水の確保	<ul style="list-style-type: none"> 処理水の再利用 省エネルギー型システムの構築 計画的な事業実施 料金徴収への理解促進 事業投資への理解促進
	事業を持続します	健全な経営 啓蒙活動	

安定的に水を供給します

水源を確保し、市民と産業に安定的に24時間の連続した給水サービスを提供します。

安全な水を提供します

水道施設を整備し、安全でおいしい水を市民に提供します。

水資源を確保します

計画的な開発や浸透の促進により、河川の維持流量の確保や地下水の涵養に努めます。

汚水を速やかに排除します

下水道を整備し、汚水を速やかに排除することで生活環境の向上を図ります。

河川・湖沼の汚染を防止します

汚水処理の整備や排水を制限・規制することにより、河川・湖沼の汚染を防止し、親水空間や良好な生態系を維持します。

浸水被害を軽減します

雨水排水施設を整備し、浸水被害を軽減することで市民生活の安全と円滑な産業活動を確保します。

都市の発展を支援します

下水処理水の再利用等により産業用水を確保し、使用電力を抑え省エネルギー化を図り、電力事情の改善に貢献し、産業の発展を支援します。

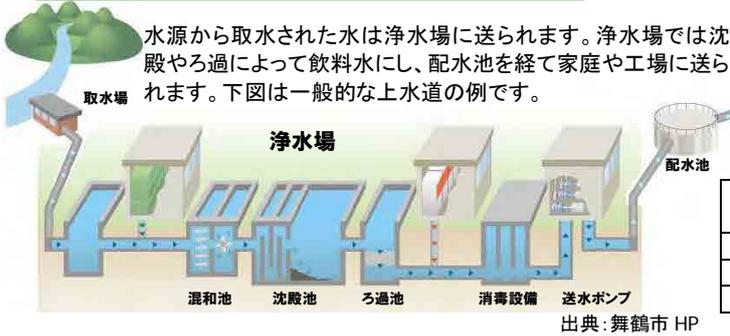
事業を持続します

計画的に事業を実施するとともに、市民の皆様の理解を得て収入を確保し、健全な経営を実現します。



● 水ビジョン実現に向けた積極的な取り組みを行います

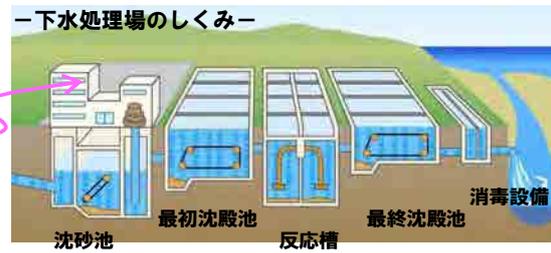
安全な水はこうして造ります



取水場	水源から水道水の前である原水を取水し、浄水場に送ります。
混和池	凝集剤をかき混ぜ、ごく微小な土砂等の固まり(フロック)をつくります。
沈殿池	フロックを重力により沈め、分離させます。
ろ過池	沈殿池で沈みきらなかった小さいフロックを砂などの層でろ過して、さらにきれいな水にします。
消毒設備	きれいになった水をさらに塩素消毒します。
送水ポンプ	高い所にある配水池に送ります。
配水池	家庭や工場などの蛇口に送る水を蓄えます。

汚い排水はこうしてきれいにします

家庭や工場から出た汚水は、下水道管を通して、下水処理場へ運ばれます。下水処理場では微生物の働きや沈殿によって汚れを取り除き、きれいになった水を河川などに放流します。下図は一般的な下水道の例です。



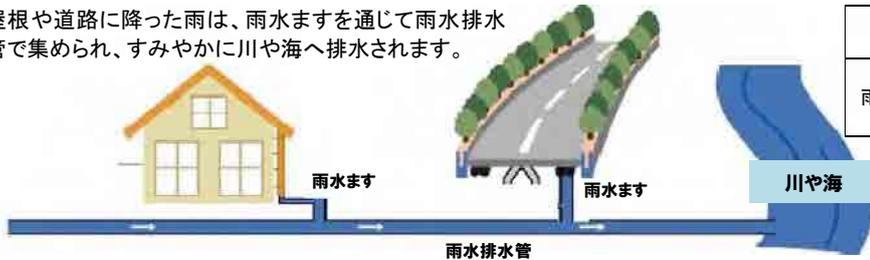
汚水ます	家庭や工場から出た汚水は、汚水ますを通じて下水道管へ流れ込みます。
下水道管	集めた汚水を下水処理場まで運びます。汚水が自然に流れるように、下水道管は勾配をつけて埋設されています。
ポンプ場	下水道管が深くなると、ポンプで汲み上げ、また高いところから流し込みます。

沈砂池	下水の中にある大きなごみや砂を取り除きます。
最初沈殿池	沈砂池では沈まない細かい汚れを、沈殿により除去します。
反応槽	微生物が下水の汚れを食べます。
最終沈殿池	汚れを食べて大きくなった微生物が沈みます。
消毒設備	きれいになった水をさらに塩素消毒し、川や海に放流します。

出典：公益社団法人 日本下水道協会

雨水はこうして排水します

屋根や道路に降った雨は、雨水ますを通じて雨水排水管で集められ、すみやかに川や海へ排水されます。

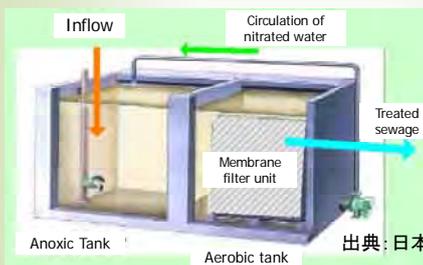


雨水ます	屋根や道路に降った雨が集められます。雨水ますから雨水排水管に流れ込みます。
雨水排水管	雨水を集めて川や海まで排水します。下水道管と同様に、自然に流れるように勾配をつけて埋設されています。

ヤンゴン市に適した技術を適用します

膜分離活性汚泥法

最終沈殿池の代わりに「膜」を使用して固液分離を行う水処理技術です。清澄で安全な処理水が得られるとともに、最終沈殿池や消毒施設が省略可能で、施設が省スペースとなります。



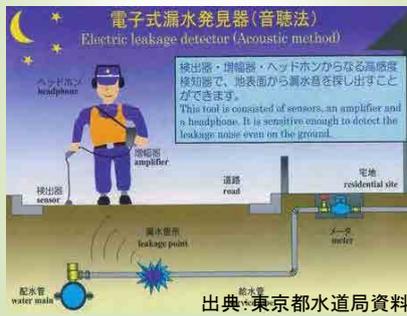
合併処理浄化槽

各家庭で設置できる処理技術です。管きよの整備が不要なので、家屋が点在する区域では、下水道より工事費が安価となります。



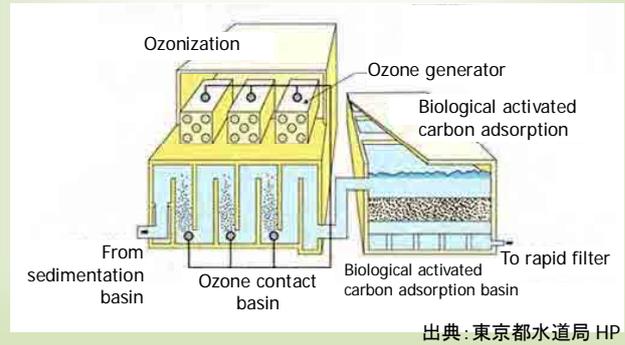
漏水調査(音聴法)

専門の調査員が給・配水管を探知して周り、漏水音を探知することで、漏水箇所を特定する技術です(音聴法)。



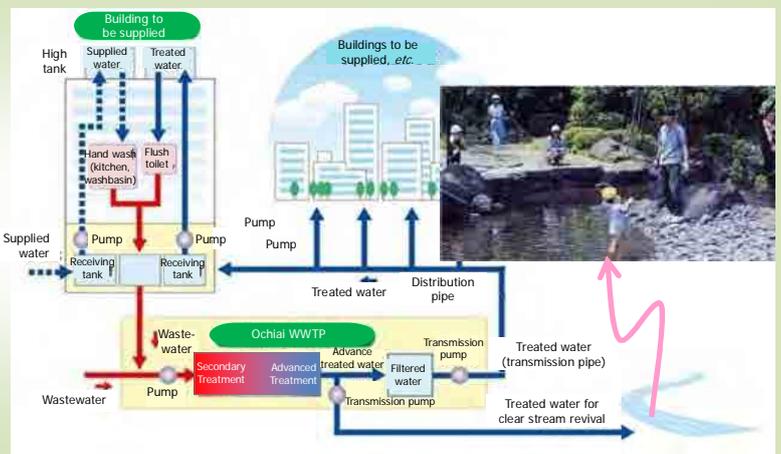
高度浄水処理

通常の「沈殿処理・砂ろ過」工程では処理できない汚染物質を処理する技術です。費用の増加は伴うものの、オゾン酸化処理、生物活性炭吸着処理等を追加することで、カビ臭等の匂い成分や発がん性物質を除去し、より安全性の高い、おいしい水を提供できます。



下水処理水の再利用

下水処理水は様々な用途に利用することができます。ただし、再利用の目的に応じて、砂ろ過、オゾン処理、活性炭吸着などの処理プロセスが付加的に必要となる場合があります。再利用の方法としては、トイレ用水や散水(開発地区での中水利用)、工業用水、発電所の冷却水、せせらぎ用水などが挙げられます。再利用は市民に節水意識を醸成するとともに、都市における有効な水源ともなります。



● 市民の皆さんの協力も必要です

目標とする水環境を達成するためには市民の協力や自発的な環境保全行動が必要不可欠です。このため、市民の環境意識の向上に向けた取り組みを行っていきます。

市民の協力

- 使用料金の支払い
- 個別処理施設の適正な維持管理

施設見学会



イベントによるPR活動



自発的な環境保全行動

- 節水
- 使用ルールの遵守
- 水路の清掃

開水路の清掃



HPによる広報(油を流さない)





西欧諸国による経済制裁緩和以降、多くの国がヤンゴン市の都市基盤施設建設のために来緬している。特に、日本政府の援助の元、我々は”ヤンゴン都市圏の戦略的都市開発計画”を 2013 年に作成した。報告書によれば、2011 年に 510 万人であったヤンゴン市の人口は、2040 年には 850 万人に達すると予測されている。ヤンゴンの着実かつ持続可能な発展には水が主要な資源として欠かせないという我々の基本的な理念に基づき、本市は日本の国際協力

機構 (JICA) の支援のもと、”ヤンゴン市の上水道、下水道、雨水排水システム改善のためのマスタープラン”とともに、“水ビジョン”を作成することとした。

2010 年次点で、市民の 42% が YCDC の上水道システムでの水の供給を受けており、残りの 58% の市民は個人所有の井戸や池や降雨などから水を得ている。下水道の収集システムは 1888 年に建設されたものの、市全域 89,000ha のうち、既存の下水道システムで処理されている区域は約 900ha に過ぎない。その他の地域からの下水は、腐敗槽や水を注いで流すトイレなどのオンサイトのシステムにより処理されている。

水に関する上述のような状況を勘案し、私はヤンゴン市の市長として、水に関する市の政策としての水ビジョンの重要性を認識し、安全な水の供給、衛生的な生活環境と良好な水環境を、現在のすべての市民ばかりでなく将来の市民にも供給するという強い決意を表明いたします。併せて、本市は新たに近代的なヤンゴン市を創造するために、ビジョンの目標達成に向けて、今後水関連プロジェクトを進める所存です。実現に向けて必要となります市民の皆さんの理解と協力を得られよう、市職員及び関連団体の皆様の理解、尽力を要請するものであります。

U Hla Myint
Mayor of Yangon City



Contact: Water and Sanitation Department
Yangon City Development Committee, City Hall, Yangon Myanmar
TEL: +951-382990
FAX: +951-382990

ヤンゴン市水ビジョン

将来のヤンゴンにおける 安全、豊かで安定した水循環

-ヤンゴン市水ビジョン-



2013年3月

YCDC

ヤンゴン市開発委員会

Preface



西欧諸国による経済制裁緩和以降、多くの国がヤンゴン市の都市基盤施設建設のために来緬している。特に、日本政府の援助の元、我々は”ヤンゴン都市圏の戦略的都市開発計画”を2013年に作成した。報告書によれば、2011年に510万人であったヤンゴン市の人口は、2040年には850万人に達すると予測されている。ヤンゴンの着実かつ持続可能な発展には水が主要な資源として欠かせないという我々の基本的な理念に基づき、本

市は日本の国際協力機構(JICA)の支援のもと、”ヤンゴン市の上水道、下水道、雨水排水システム改善のためのマスタープラン”とともに、“水ビジョン”を作成することとした。

2010年次点で、市民の42%がYCDCの上水道システムでの水の供給を受けており、残りの58%の市民は個人所有の井戸や池や降雨などから水を得ている。下水道の収集システムは1888年に建設されたものの、市全域89,000haのうち、既存の下水道システムで処理されている区域は約900haに過ぎない。その他の地域からの下水は、腐敗槽や水を注いで流すトイレなどのオンサイトのシステムにより処理されている。

水に関する上述のような状況を勘案し、私はヤンゴン市の市長として、水に関する市の政策としての水ビジョンの重要性を認識し、安全な水の供給、衛生的な生活環境と良好な水環境を、現在のすべての市民ばかりでなく将来の市民にも供給するという強い決意を表明いたします。併せて、本市は新たに近代的なヤンゴン市を創造するために、ビジョンの目標達成に向けて、今後水関連プロジェクトを進める所存です。実現に向けて必要となります市民の皆さんの理解と協力を得られるよう、市職員及び関連団体の皆様の理解、尽力を要請するものであります。

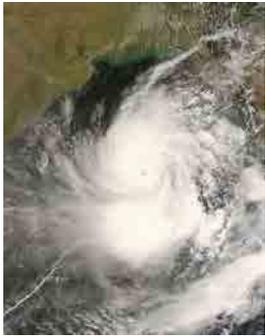
U Hla Myint
Mayor of Yangon City

ヤンゴン市水ビジョン

目次

サイクロナルギスをもたらした水.....	1
1. 希少な水とその重要性.....	1
1.1 水の惑星・地球での水の希少性.....	1
1.2 水の持つ機能.....	2
1.3 水から受ける受益.....	2
2. ヤンゴンの水に関する状況.....	3
2.1 降雨量－水資源の賦存量－.....	3
2.2 ヤンゴンの水環境の現状.....	4
2.3 ヤンゴンにおける水利用の現状.....	5
2.4 ヤンゴンにおける水文化.....	6
2.5 ヤンゴンの人々にとっての水に関連する環境の実態.....	7
3. 世界における水関連のテーマ・アプローチ.....	8
3.1 安全な飲料水と基礎的な衛生施設の普及.....	8
3.2 統合水資源管理.....	8
3.3 水マネジメントの向上.....	8
3.4 気候変動対策.....	8
4. ヤンゴンの水の将来.....	9
4.1 将来のヤンゴンの状況.....	9
4.2 発展に伴って危惧される水関連の課題.....	11
5. ヤンゴンの水ビジョン.....	13
5.1 水ビジョンとコンセプト.....	13
5.2 コンセプトがめざす将来の水循環・水環境.....	14
5.3 将来の水循環・水環境の構想図.....	15
5.4 水ビジョンのコンセプト・将来目標像の達成に向けて.....	16
6. 水ビジョン達成に向けた整備目標.....	17
6.1 水供給.....	17
6.2 汚水処理.....	18
6.3 雨水排水.....	19
7. 水ビジョン目標達成に向けた各種アプローチ.....	20
7.1 テクノロジー.....	20
7.2 財政.....	22
7.3 維持管理.....	23
7.4 水に関連する人々の協働.....	24
7.5 人材育成と資産管理.....	25
7.6 市民との協働.....	25
付章 1. 世界の水の状況.....	26
付章 1.1 世界の水に関する災害.....	26
付章 1.2 世界の水に関する課題.....	27
豊かな水と水文化を持った美しい大都市ヤンゴンめざして.....	28

サイクロン・ナルギスをもたらした水...



出典: NASA HP



出典: 個人 HP



出典: JICA HP

2008年5月、ベンガル湾中央部で発生した最大風速190km/hの大型サイクロン「ナルギス」がミャンマーを襲った。ナルギスは約12時間かけてゆっくりとミャンマー国土を進み、広範囲に甚大な被害をおよぼした。冠水した農地は60万ha、被災した家屋は49万戸、死者・行方不明者は13万人以上とされ、ミャンマー史上最悪の自然災害をもたらす結果となった。

ミャンマーの豊富な水資源は時に脅威となり、人々に容赦なく襲いかかる。一方で我々の生命・生活は水と深くかかわっており、水なくしては生きていくことはできない。

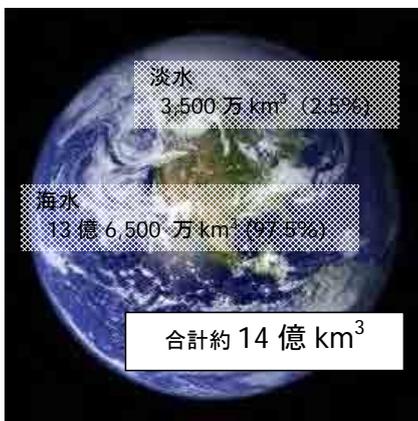
水の恩恵を最大限に生かしつつ、水による災害被害を最小限に抑える。このためには上水道、下水道、雨水排水の統合的な管理が重要である。

1. 希少な水とその重要性

水に関する基礎知識を整理する。水の希少性と、特性及びそこから受ける受益を理解し、その重要性を明らかにする。

1.1. 水の惑星・地球での水の希少性

地球上にはおよそ14億 km³の水が存在する



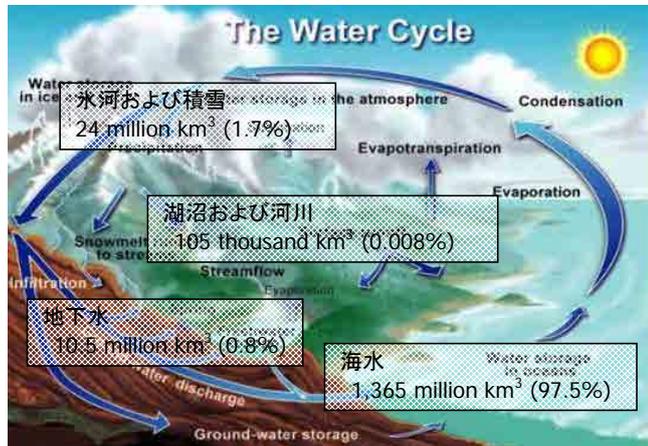
出典: NASA HP

地球上すべての水をコップ1杯に例えると...



利用できる水はわずか0.01% (10.5万 km³)

出典: 日本水フォーラム HP の図を加工



出典: USGS(アメリカ地質調査所)

地球上の水およそ14億 km³のうち、海水が約97%を占め、淡水は約3%しか存在しない。しかもその淡水の約70%は氷河であり、河川・湖沼など生活に利用することのできる水は、地球全体で見るとわずか0.01%となる。水は非常に貴重な資源である。

1.2. 水の持つ機能

機能 1

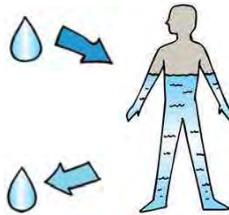
体の内臓や組織の保護

人の体の 60~70%は水分で構成されている
体内の水分は、毎日 2.5L が入れ替わっている

機能 3

高い溶解力を利用した物質の運搬

酸素と栄養物を細胞へ運搬し、
老廃物を体外へ流し出す



出典:厚生労働省
「健康のために水を飲もう」より

機能 2

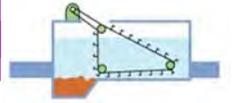
高い比熱・気化熱を利用した温度調節機能

体温を調節する

機能 4

比重差を利用した物質の分離

沈降分離により水質を浄化する



機能 5

自然の景観形成



水の機能によって生命の営みが成り立っている。

機能 6

生物の生活の場の提供



1.3. 水から受ける受益

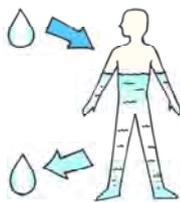
農業、工業用水の確保

水は食物の安定供給を支え、
産業の発展に貢献している。



健康の維持

清浄な水の摂取は、体内の
代謝を正常にし、健康の保持
に寄与する。



生活用水の確保

清浄な水をトイレ、炊事、掃除
等に利用することで、衛生で健
康な環境が保たれている。



水文化・伝統の創出と維持

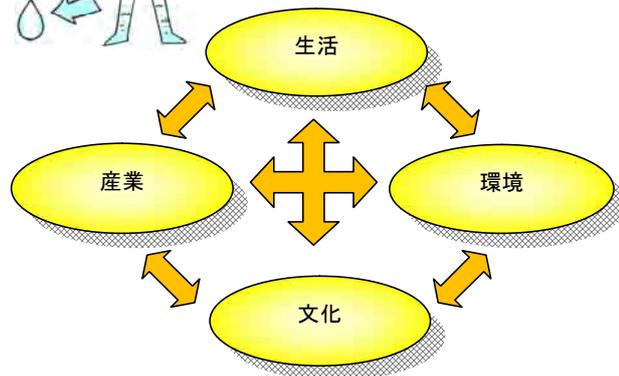
水は祭り、伝統等の様々な
文化を創出している。



出典:個人 HP

水運としての受益

水運は 古来からの物流手段と
して人々の発展に寄与し続けて
きた。



水辺空間の創出

水辺は人々の心身に潤いと
安らぎを与える。



水産資源の源

水は人々に不可欠な水産食糧
を生産する環境の源となる。



出典:「水産白書 平成 22 年度版」

多様な生態系の構成

水はすべての生物の生命維持
に不可欠である。



出典:WWF

観光資源としての価値

沐浴、観光等、水を求めて人々
が移動し、新たな産業が発達す
る。



2. ヤンゴンの水に関する状況

2.1. 降雨量 — 水資源の賦存量 —

地表面上から蒸発した水分が上空で冷却されることにより降ってくる雨により、地球上に水がもたらされる。雨として降った水がすべて利用可能となる訳ではないが、この降水量の大小が基本的なその国、地区の基本的な水資源の基となる。

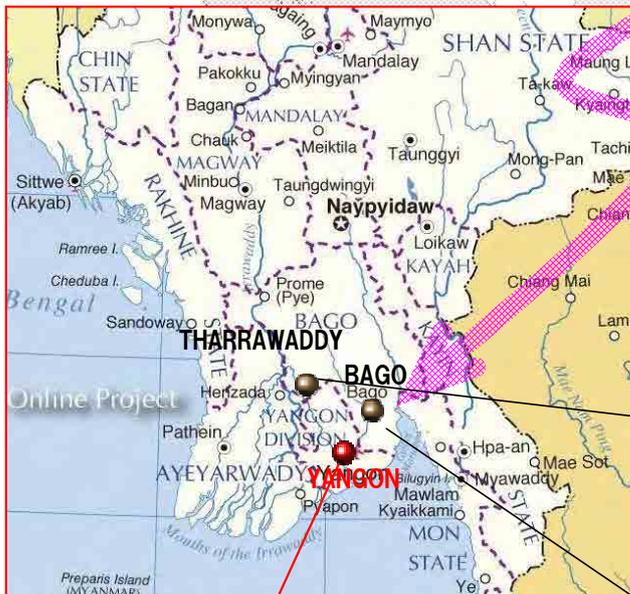
ミャンマー・ヤンゴン市における降雨量

- ◆ ミャンマーの年間降雨量は 2,091mm で世界でも降雨量が多い
- ◆ ヤンゴン市の年間降雨量はさらに多く、2,866 mm で世界平均の約 3.5 倍
- ◆ 世界各国の中でも非常に降雨量が多く、潜在的な水資源は豊富

国名	降水量 (mm/year)
全世界	807
ブラジル	1,782
ロシア	460
インドネシア	2,702
アメリカ	715
タイ	1,622
フランス	867
日本	1,718
イギリス	1,220
中国	627
南アフリカ	495
エジプト	51
サウジアラビア	59
ミャンマー	2,091
ヤンゴン	2,866

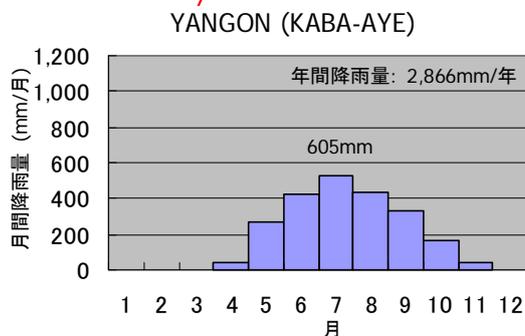
× 3.5

出典:FAO(国連食糧農業機関)「AQUASTAT」
出典(ヤンゴン市):ミャンマー国ヤンゴン都市圏
開発プログラム形成準備調
(2012)、JICA



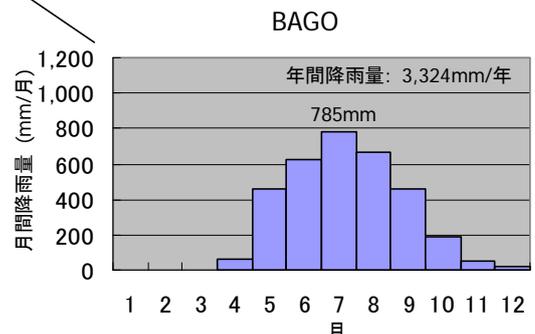
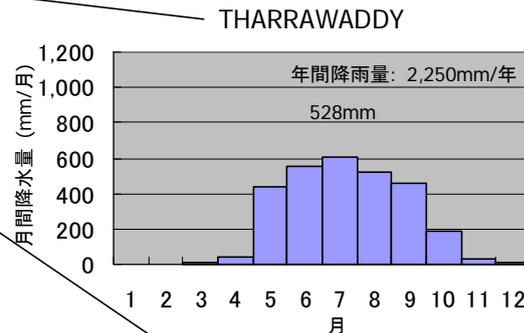
ヤンゴン市における降雨の特性

- ◆ ヤンゴン市の Kaba-aye 観測所 (2001 から 2010 の 10 年間) では年間降雨量は 2,866 mm、月最大降雨量は 7 月の 605 mm
- ◆ 5 月から 9 月に降雨が集中
- ◆ ヤンゴン都市圏周辺の降雨量は東側ほど多い傾向(Bago 観測所および Tharrawaddy 観測所との比較)
- ◆ 最大年降雨量は 2007 年の 3,592 mm、また、月最大降雨量は 2009 年 7 月の 914mm
- ◆ 降雨は短時間に高強度



Note: 降雨量はすべて 2001~2010 (10 年間) の平均値

年間最大降雨量	3,592mm (2007)
月間最大降雨量	914mm (Jul/2009)



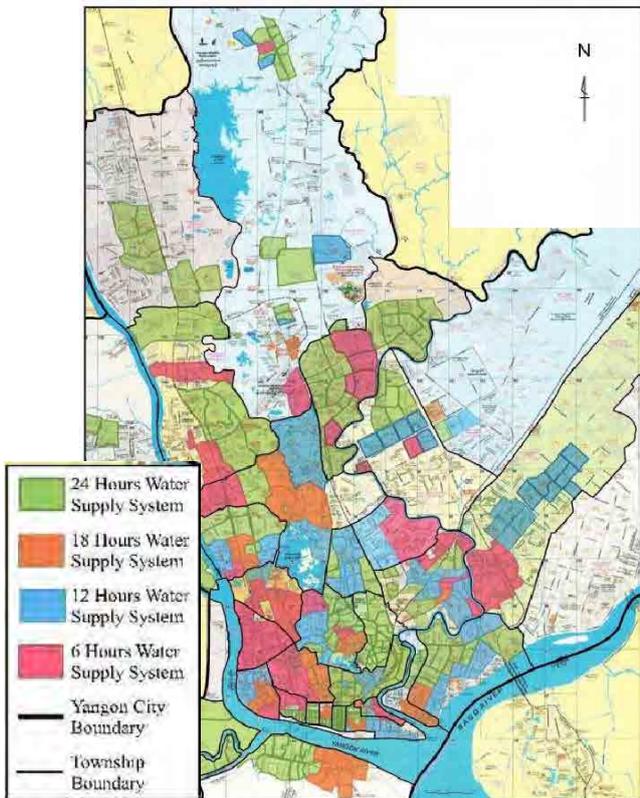
出典:ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査(2012)、JICA

2.2. ヤンゴンの水環境の現状

かつてのヤンゴンは、広大な公園や湖、近代的な建物と伝統的な木造建築の融合が見られ、「東の庭園都市」として知られていた。20世紀の初期までに、ヤンゴンは公共サービスおよび社会的インフラにおいて、ロンドンと肩を並べるほどであった。しかし近年、都市の拡大による人口の増大、産業活動の拡大に反して、インフラ整備の遅れにより、さまざまな水問題が生じている。

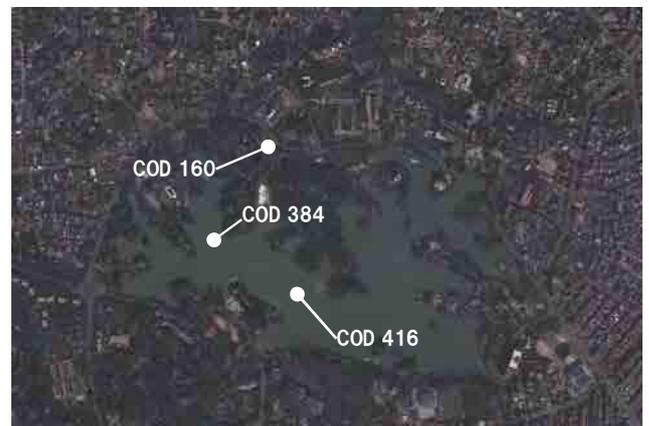
水の供給

上水の給水に関しては、インフラ施設の整備の遅れにより、給水区域内であっても、数時間の給水に限られている。給水区域外では、Tube wells と呼ばれる井戸により水を確保しているものの、地下水源の枯渇、また汚染等の問題が取りざたされている。



排水の衛生処理

現在、ヤンゴン市の下水道整備は 900ha 弱であり、全市域の 1% に満たない状況にある。下水道がほとんど整備されていないため、排水路を通じて川や湖に流れ出た汚水が環境汚染を引き起こしている。



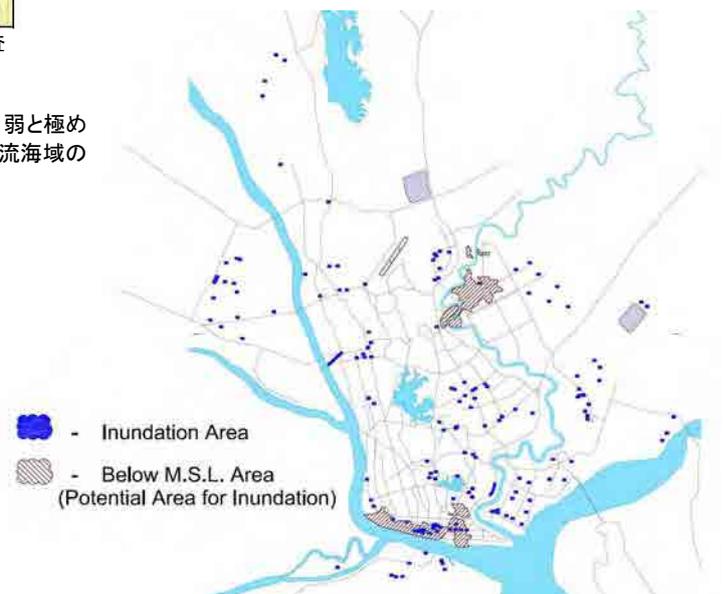
カンドージー湖の汚染状況を示す指標※は 160~416mg/l と非常に高い値を示している。

※COD: 化学的酸素要求量。マレーシアや中国の基準値は、10~100mg/l 程度以下。

注2) ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査(2013)

雨水の排除

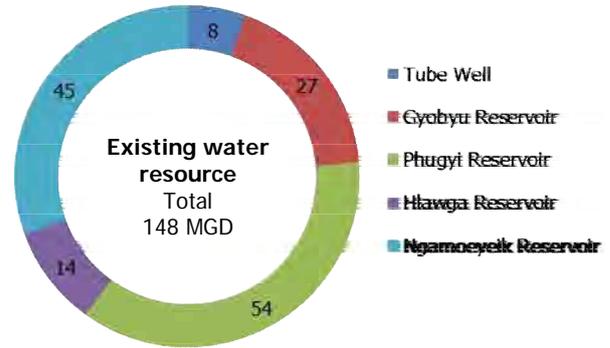
貴重な水資源であると共に、浸水被害をもたらす雨は年間 3,000mm 弱と極めて大量で、それが雨期である 5~9 月に集中的に降る。このため、下流海域の潮位も関連して、頻繁に浸水が発生し、生活環境が脅かされている。



2.3. ヤンゴンにおける水利用の現状

水道水源の現状

- ◆ 4つの貯水池と414本の井戸で148MGDが確保されている。しかしながら、これは日平均供給水量 135MGD の 1.10 倍であり、水源に余裕がない状況である。

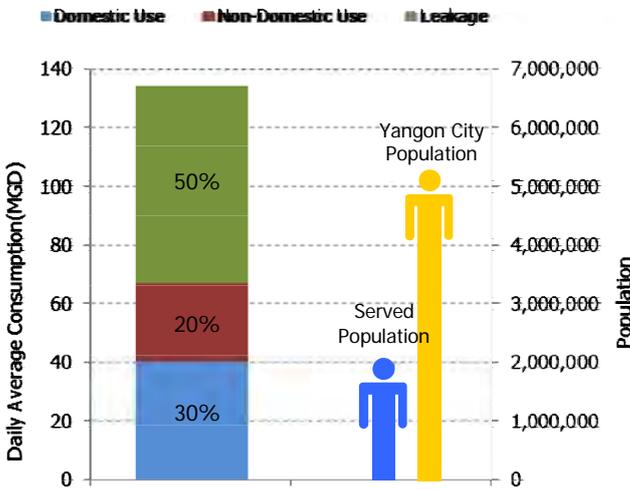


水道水源量(2011)

出典:ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査(2013)、JICA

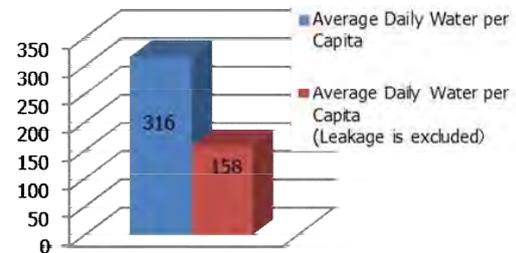
水需要と給水量

- ◆ 2011年の構成割合を見ると、生活用水が約30%であり、それ以外では約20%程度と低い割合である。
- ◆ 一方で漏水率が50%と高いことから、漏水対策が急務である。
- ◆ 一人当たりの実質の水使用量は158L/dである。しかし、漏水率が高いため、316L/dを供給している。
- ◆ Apparent Waterを加えたNRWは67%と高く、漏水量の低減とともに、適切な料金徴収が重要である。

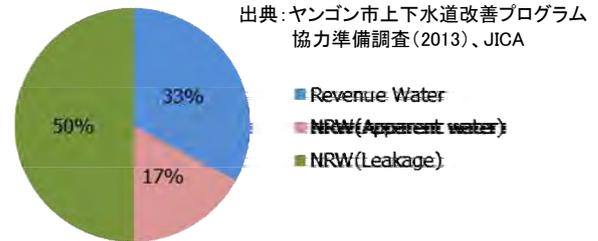


給水量の構成(2011)

出典:ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査(2013)、JICA



一人あたり給水量(2011)

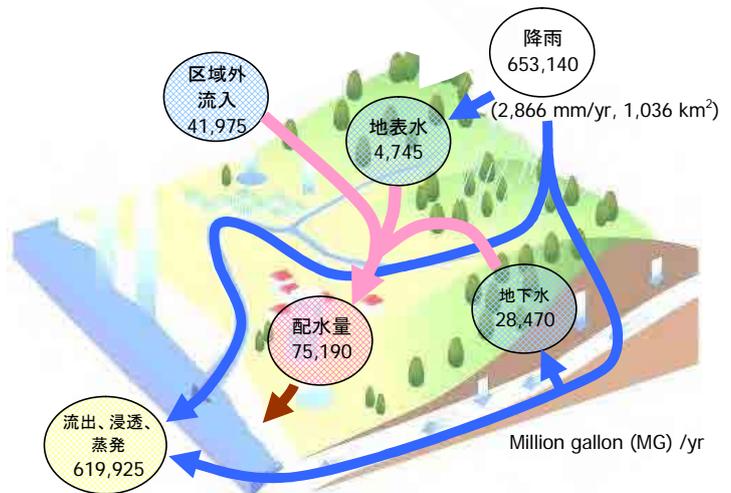


有収水量と無収水量(2011)

出典:ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査(2013)、JICA

ヤンゴンにおける概略水収支(推定)

- ◆ ヤンゴン市の水資源量(降雨量)は653,140 MG/yr.
- ◆ うち、市内の水資源(Hlawga)および地下水の取水量は28,470 MG/yr.
- ◆ ヤンゴン市の水資源量の95%は蒸発または海へ流出していると推定される。



ヤンゴンにおける概略水収支(推定)

2.4. ヤンゴンにおける水文化

水は人間の生命の源であるが故に、古代から水のあるところに人類の文明が発達してきた。従って、水は昔から人間の築き上げた文化と大きな関わりを持っている。例えば、歴史・文化財との水の関わり、風習・祭礼等との水の関わり、またもっと身近には人間のレクリエーション活動とも深く関わっている。

水かけ祭り(ティンジャン)

ミャンマー歴による新年に先立って行う伝統的な祭り行事であり、ミャンマー歴が月の満ち欠けにより決められるため毎年開催日は異なるものの、概ね4月の中頃に行われる。これは新年を迎えるに当たって、心の中の汚れた悪、邪心を水と共に流そうという意味合いで行われる。



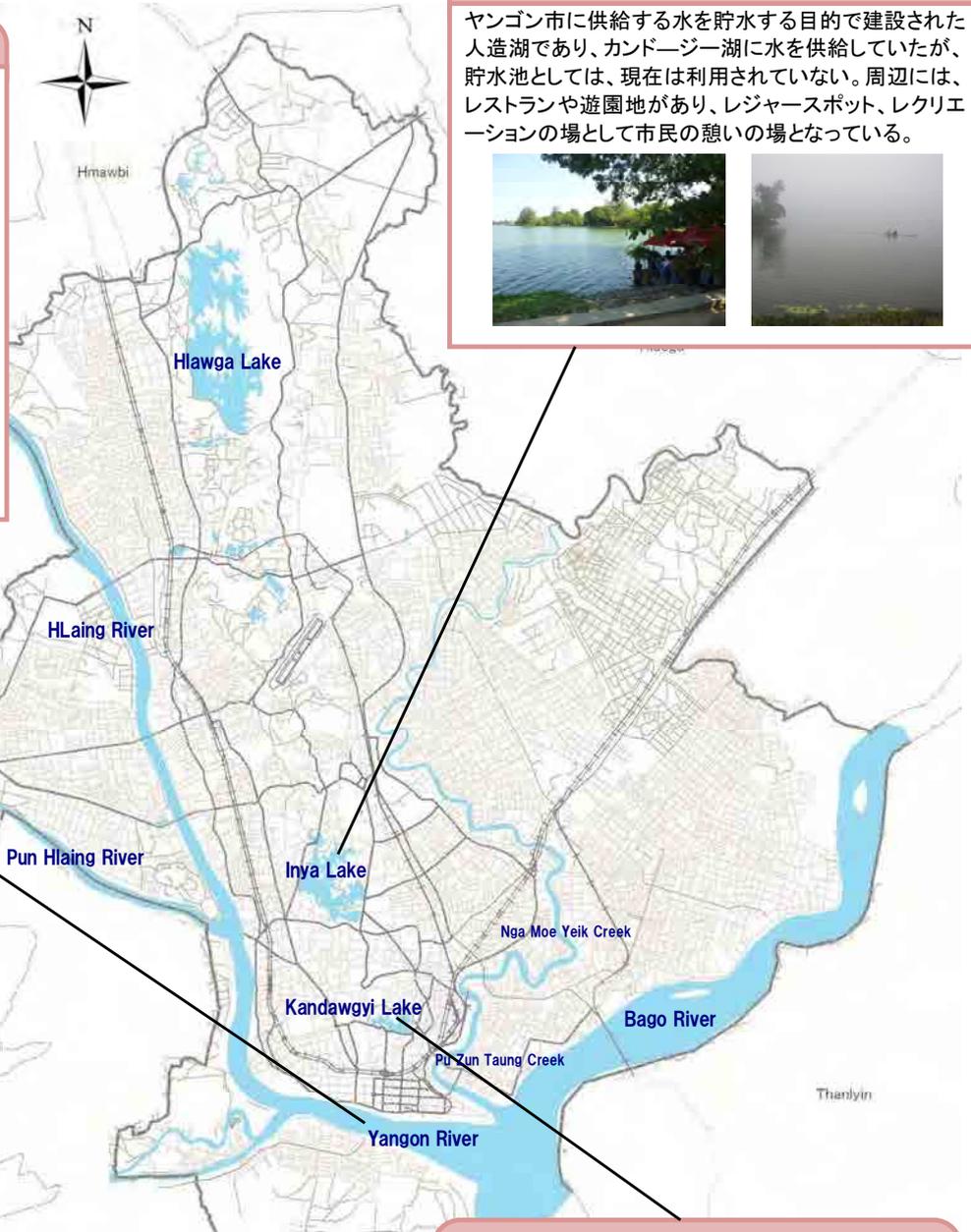
Inya Lake

ヤンゴン市に供給する水を貯水する目的で建設された人造湖であり、カンドージー湖に水を供給していたが、貯水池としては、現在は利用されていない。周辺には、レストランや遊園地があり、レジャースポット、レクリエーションの場として市民の憩いの場となっている。



ヤンゴン川

外洋船が航行できるため、ミャンマー経済の重要な役割を担っている。また、川上りや川渡しとして、観光や市民生活と密接な関わりを持っている。



フェリー

ヤンゴン川を挟んでヤンゴン市の対岸にダラ地域があり、内陸水運公社(IWT)がフェリーを運営している。乗客数は約3万人/日でダラ地域とヤンゴン市を結ぶ重要な交通機関である。



Kandawgyi Lake

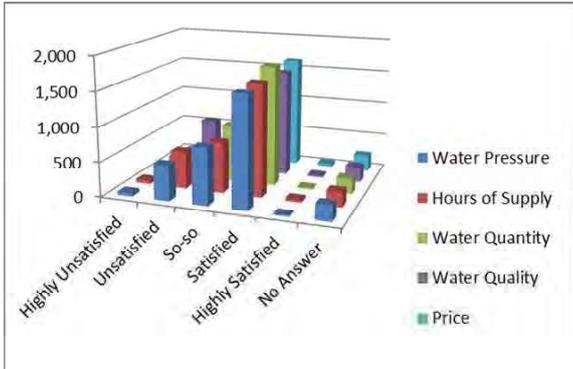
レクリエーションの場として市民の憩いの場となっている。しかし、富栄養化が極端に進み、湖面がアオコに覆われるような状況になっており、レクリエーションの場としての機能をも失いつつある。



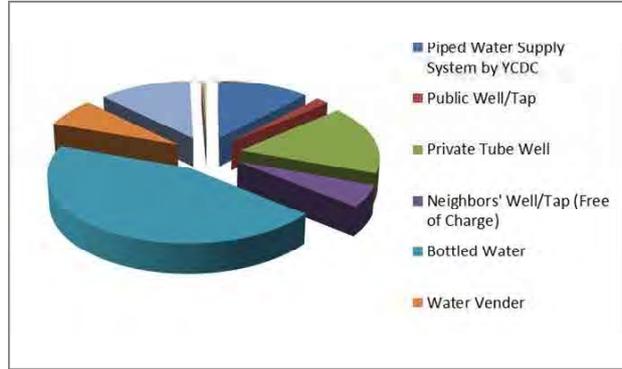
2.5. ヤンゴンの人々にとっての水に関連する環境の実態

ヤンゴン市では、現在のインフラに関してどのように感じているか、また「ヤンゴンの戦略的市街地開発プロジェクト」において、水道施設、下水道施設の将来に何を望むかを把握するために 10,000 人を超える市民アンケートを実施した。これらは水ビジョンの意見として、水関連施設に関する計画に反映していく。

あなたは、YCDC が供給する水道水の現在のサービス水準には満足していますか？



あなたが普段飲んでいる水の供給元は何ですか？



調査の結果によれば、水道利用者の 40%以上は、水圧や供給時間、水質等の点で、必ずしも現在の水道サービスに満足していない状況である。

水質に限って言えば、汚濁と不衛生が問題点として挙げられる。

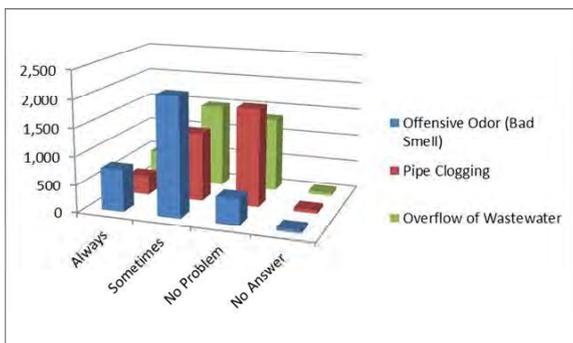
また、水道利用者の 50%以上は満足しているが、44.5%の水道利用者が飲料水としてペットボトルを購入している点の特筆すべき点と言える。

調査の結果によれば、市民の 90%以上は和式便所か注水式便所を使用しており、水洗トイレを使用しているのは 5.8%に過ぎない。悪臭や排水のオーバーフロー、配管の詰まり等の問題が生じたことのある市民は 34%にのぼる。

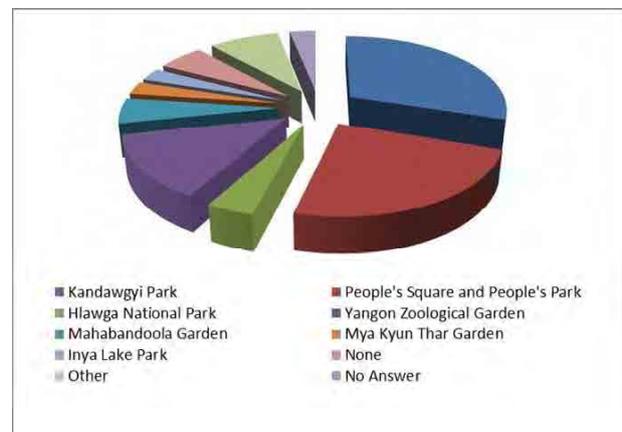
また、公園、緑地としては、カンドーギー公園が最も人気を集めている。

この結果から、市民の憩いの場所を守っていくためにも、湖の水質改善はとて重要であると考えられる。

あなたが関心のある衛生問題は何ですか？



最も好きな公園又は緑地はどこですか？



3. 世界における水関連のテーマ・アプローチ

世界の動向に概ね合致したヤンゴン市の将来水ビジョン・将来像・目標の設定の参考とするために、水循環・水環境などに関して、世界で議論されているテーマ・目標を整理する。

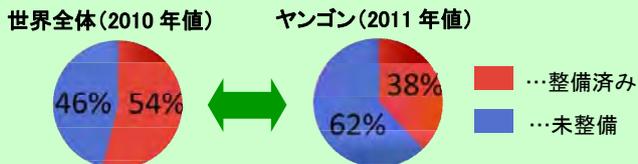
3.1. 安全な飲料水と基礎的な衛生施設の普及

国連は 2015 年までに達成すべき目標としてミレニアム開発目標を掲げており、水に関して次のターゲットを設定している。

ターゲット → 2015 年までに、安全な飲料水と基礎的な衛生施設を持続可能な形で利用できない人々の割合を半減させる。

目標達成状況とヤンゴン市の比較 → 上下水道とも、世界と比べてヤンゴンの普及率は低い。さらなる普及の拡大が求められる。

給水人口普及率



*整備済み…敷地内に給水管が配管され、蛇口によって供給される水道
*未整備…管井戸を含め、地下水、地表水等を汲み上げて利用

基礎的な衛生施設の利用人口普及率



*整備済み…下水道、腐敗槽、汲み取りトイレ等、水処理を伴う施設
*未整備…Bucket(バケツ)トイレ、Hanging(垂れ流し)トイレ等、水処理を伴わない施設、または屋外排泄

出典:「The Millennium Development Goals Report 2012」(世界全体の数値)、「ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査(2012)」、JICA(ヤンゴンの数値)

3.2. 統合水資源管理

統合水資源管理(IWRM) → 水、土地、関連資源との調整をはかりながら水資源の開発、管理を行うプロセス。世界の水問題に対する有効な手法として国際的な共通認識となっている。

第 6 回世界水フォーラムで示された行動基準

→ 水問題を扱う国際会議である世界水フォーラムにおいて、水問題を解決するための具体的な優先行動課題及び成功条件が示された。これは、IWRM の基準である「公平性」、「経済効率性」、「環境・生態系の維持可能性」の 3 つにも対応している。

- ◆ 行動基準 : 「すべての人々の健康と幸福を保障する」、「経済発展に貢献する」、「青い地球を維持する」
- ◆ 成功条件 : 「良好なガバナンス」、「すべての人のための水に資金を調達する」、「良好な環境を整備する」

3.3. 水マネジメントの向上

限られた水を有効に使うための基本的な考え方として、水マネジメントの向上が議論されている。

- ◆ “ADB’s Water for All Policy”では水資源の統合的な管理を求めている。
 - 水資源の開発・管理について分野を越えた総合的な手法を訴えている。
- ◆ 世界水フォーラムでは経済発展のため、次のとおり統合的な水管理が提唱されている。
 - 統合的な管理により水の多様な利用を均衡させる。

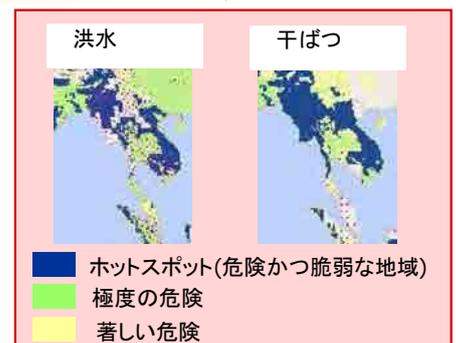
“ADB’s Water for All Policy”(一部抜粋)

- ◆ 水資源の統合的な管理を促進する
- ◆ 地域協力を促進するとともに、国内または国同士間で互いに有益な水資源の分配使用を高める
- ◆ 統治力の促進と能力育成

3.4. 気候変動対策

WHO が発表した「VISION 2030」では、気候変動によって、人々の安全な水および基本的な衛生施設へのアクセスが危険にさらされる恐れがあると警告し、その対処法を示している。

- ◆ 気候変動による危機
 - 洪水(気候変動により洪水がさらに頻発化する恐れ)
 - 洪水により水処理設備が壊滅的な被害を受ける。また、汚濁物が地表にあふれ衛生環境の悪化により、健康が脅かされる。
 - 干ばつ(乾季が長引くまたは乾燥地帯が広がることにより干ばつの恐れ)
 - 干ばつにより安全な飲料水の確保が困難になる。
- ◆ どのように備えるべきか?
 - 変化しやすい気候に対処するため水道設備と衛生設備の総合的な管理が必要とされる。
 - 水文また水分野の情報不足を解消し、技術力の向上を図る。



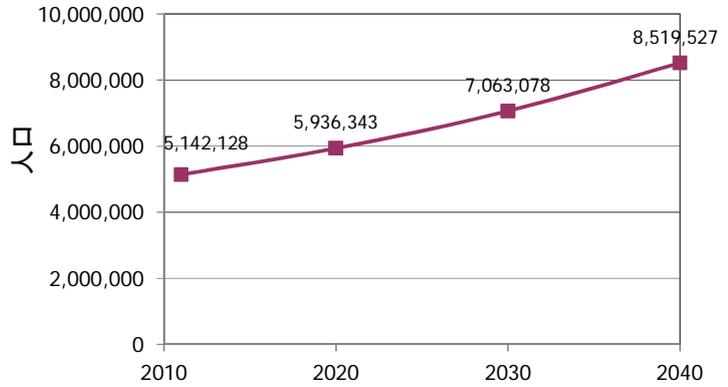
出典:「Climate change and human vulnerability」(OCHA)

4. ヤンゴンの水の将来

4.1. 将来のヤンゴンの状況

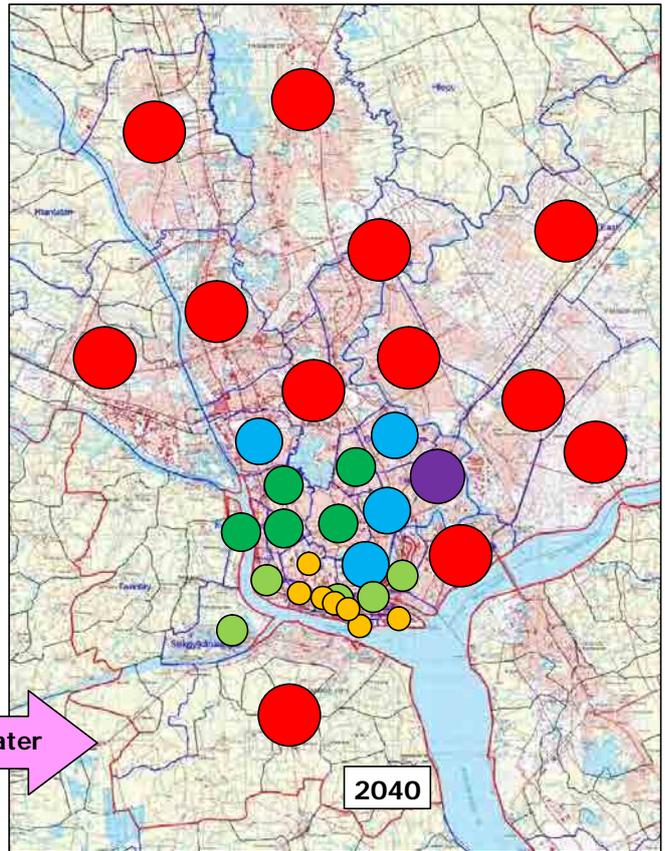
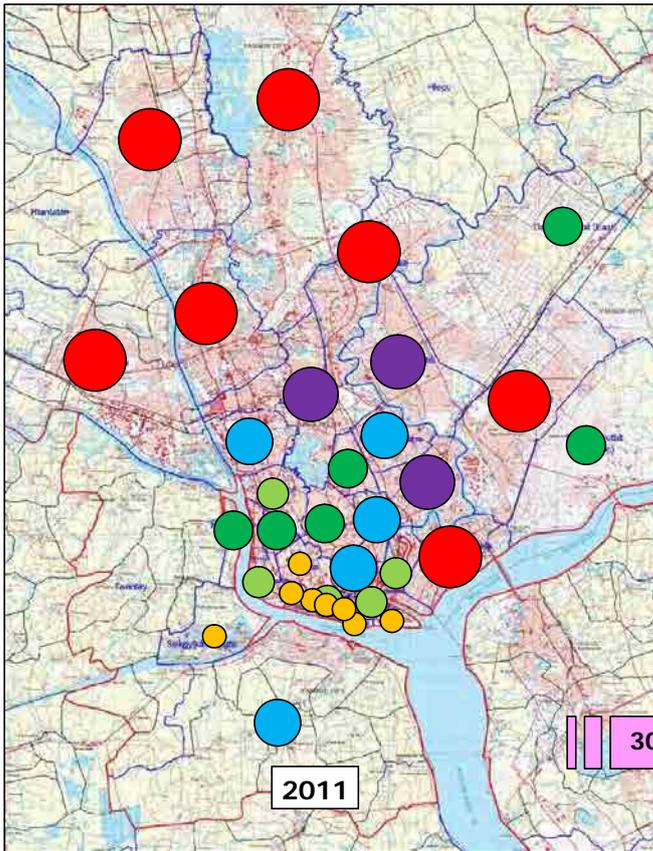
人口の推移

- ◆ ヤンゴン市の人口は 2011 年で約 510 万人程度であるが 30 年後の 2040 年には約 850 万人になると予測されている。
- ◆ また、各タウンシップの人口分布を見ると、25 万人を超えるタウンシップが 2011 年の 8 都市から 2040 年では 13 都市へ拡大している。
- ◆ ヤンゴン川沿いの北側の都市は大きな増加はないが、内陸部では人口増加が激しい傾向にある。



数値出典: ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム
形成準備調査(2012)、JICA

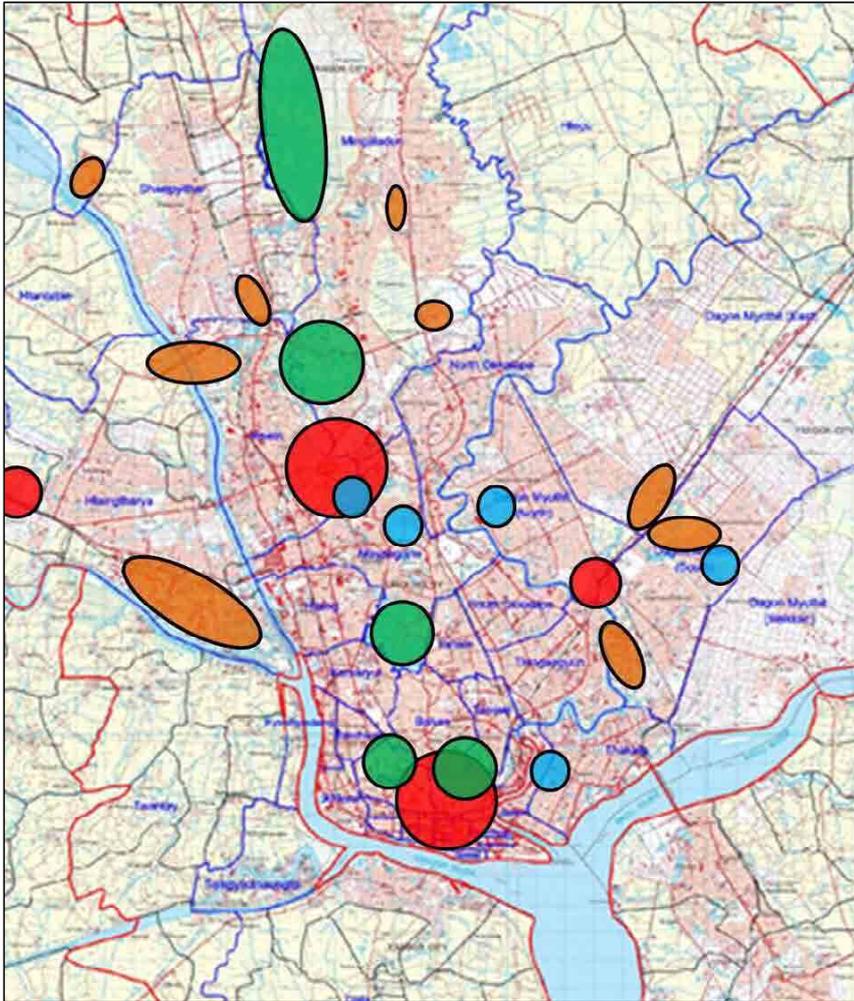
ヤンゴン市の将来人口予測



ヤンゴン市の将来人口分布図

数値出典: ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム
形成準備調査(2012)、JICA





土地利用の将来

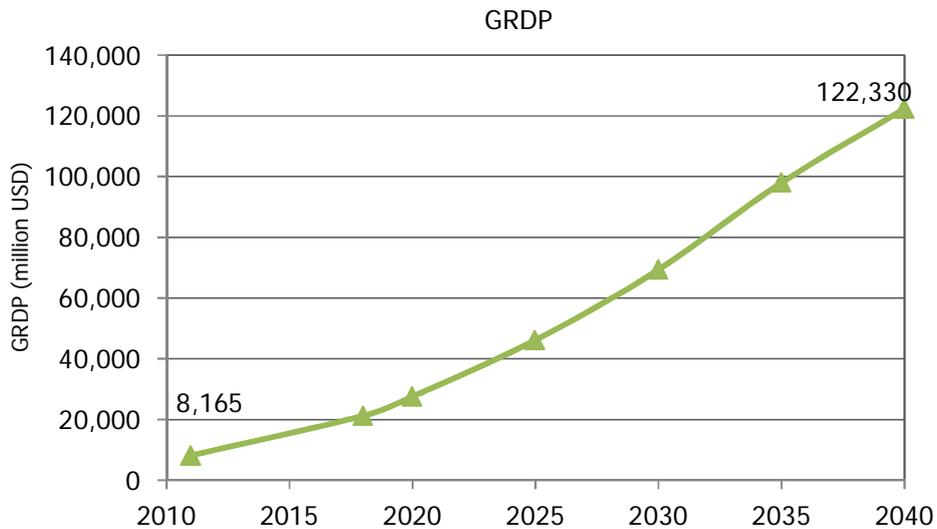
- ◆ 商業中心地や工業地域、都市開発計画といった人口が集中する地域が多数ある。
- ◆ 一方で、環境保護地区といった水と緑の拠点となる地域が点在する計画である。

- 商業中心地
- 工業地域
- 水域、環境保護区
- 都市開発地区

出典：ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム
形成準備調査(2012)、JICA より作成

経済成長の見通し

- ◆ ヤンゴン都市圏の GRDP/Capita は 2035 年には 2011 年のタイ水準(GDP/ Capita)に達する見込みである。その結果、2040 年のヤンゴン都市圏の GRDP は、2011 年の 15 倍程度になる計画である。
- ◆ 商工業の発展が見込まれる中、特に製造業が年平均 11.1%と高い成長率となっている。



数値出典：ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査(2012)、JICA

4.2. 発展に伴って危惧される水関連の課題

かつての日本では、1960年代の高度成長期において、水質汚濁や地下水の過剰なくみ上げによる地盤沈下などの大きな環境問題が発生し、その対応に長期間を要している。このため、これから発展する都市では、将来発生する可能性がある環境影響を予測し、その対応を開発と同時に進めていくことが、非常に重要となる。ここでは、市民生活と都市活動、水環境の観点から将来の課題を整理する。

—市民生活と都市活動—

市民の安全と健康を脅かすとともに、安心・便利で豊かな都市活動を阻害するなど、様々なリスクが危惧される。

◆ 水道水の不衛生【さらなる深刻化】

現 状

住民意識調査によると、利用者の44.5%は飲み水としてペットボトルを購入している。

将 来

水需要量の増加と給水システムの整備の遅れにより、水道水が不衛生になるとともに、排出負荷の増大により、水源水質が悪化すると、さらに不衛生になる恐れがある。



◆ 感染症や公害病の発生【さらなる深刻化】

都市域から排出される負荷が増大するため、排水・処理システムの整備が不十分な場合には、海、川、湖、地下水の水質が悪化する。

川を用水として利用した飲料水や食料品、魚介類等を通じて、体内に汚染物質が蓄積されることで、人の安全と健康を脅かす感染症や公害病の発生が懸念される。



青潮発生によるワカサギなどの魚類の斃死被害(網走湖)

出典: 網走川総合水系環境整備事業再評価原案準備書説明資料

◆ 生活周辺環境の悪化【さらなる深刻化】

現 状

下水道がほとんど整備されていないため、汚水が未処理で側溝や排水路を通じて川や湖に流れ出ている。

将 来

水需要量の増加は汚水量の増加につながり、汚水処理システムの整備が不十分な場合には、側溝や排水路から悪臭が発生する等の問題がさらに顕在化することが懸念され、衛生面が悪化する。



出典: ヤンゴン市にて撮影

◆ 浸水発生頻度の上昇【さらなる深刻化】

現 状

雨期には下流域の潮位も関連して、頻繁に浸水が発生し、生活環境を脅かしている。

将 来

産業の成長により、道路整備や建物が建築され、都市の浸透域が減少し、同じ降雨でも雨水の流出量は増加する。雨水流出量が増加すると、浸水が発生しやすくなり市民生活の安全を脅かすだけでなく、産業にも大きなダメージを与えることになる。



出典: 兵庫県県土整備部土木局河川整備課都市河川係HP

◆ 不十分、不安定な水供給【さらなる深刻化】

現 状

給水区域内であっても、数時間の給水に限られている。

将 来

人口の増加や産業の成長により、水需要量が増加する。水供給システムの整備が不十分な場合には、水供給が不安定となり、産業活動の低下や誘致の抑制、生活の利便性が損なわれるなどにより、市民生活に影響を与えるだけでなく、都市の発展も妨げられる。



出典: 特定非営利活動法人国際協力の会 HP

一水環境・水循環一

資源が浪費され、環境破壊が進行するなど、様々なりスクが危惧される。

◆ 河川水の減少【新たな課題】

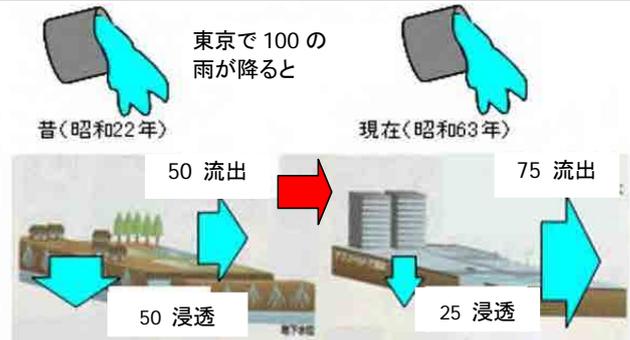
水需要量に対応するため、公共用水域からの取水量を増加させると、河川流量の低下を引き起こし、生態系の変化や水資源に影響を与える可能性がある。



出典：雄物川水系渇水情報連絡会記者発表資料

◆ 地下水位の低下【新たな課題】

産業の成長により、道路整備や建物が建築され、都市の浸透域が減少することで、地下浸透量が減少し、地下水位の低下が懸念される。
地下水位の低下は、既存井戸の自噴停止や湧出量の減少を引き起こし、海岸に近い地域では海水の流れ込みによる塩水化が生じる等、市民生活に多大な影響を与える恐れがある。また、地下水の汲み上げ量の増大と地下水位の低下が相まって、地盤沈下が生じる恐れがある。



出典：国土交通省HP

◆ 公共用水域の水質悪化【さらなる深刻化】

現状

下水道がほとんど整備されていないため、排水路を通じて流れ出した汚水により、湖などの公共用水域の水質が悪化している。

将来

人口の増加や産業の成長により、都市域から排出される負荷が増大する。これに伴い、海、川、湖、地下水などの水質のさらなる悪化が懸念される。



出典：東京都環境局HP

昭和 45(1970)年の東京の河川。高度経済成長により、下水道整備が追いつかず、生活排水などで河川が汚れた様子。

◆ 環境破壊の進行【さらなる深刻化】

現状

Kandawgyi Lake は富栄養化が極端に進み、湖面がアオコに覆われるような状況になっており、水辺環境が失われつつある。

将来

都市域からされる負荷が増大し、海、川、湖、地下水の水質が悪化すると、生態系の破壊、水文化(漁業、祭り、レジャーなど)の断絶といった環境破壊の進行が懸念される。



出典(左)：滋賀県立大学環境科学部HP

出典(右)：高知大学水族環境学研究室HP

◆ 水資源・エネルギーの浪費【さらなる深刻化】

現状

漏水率は50%と高く、貴重な水資源の浪費となっている。

将来

給水量の増加や水圧の増加、管渠を中心とする水道施設の老朽化などにより、さらなる漏水量の増加が懸念される。漏水量の増加は、貴重な水資源を無駄に使うばかりか、浄水処理にかかる薬品やエネルギー使用量の増大につながる恐れがある。



出典：さいたま市水道局HP

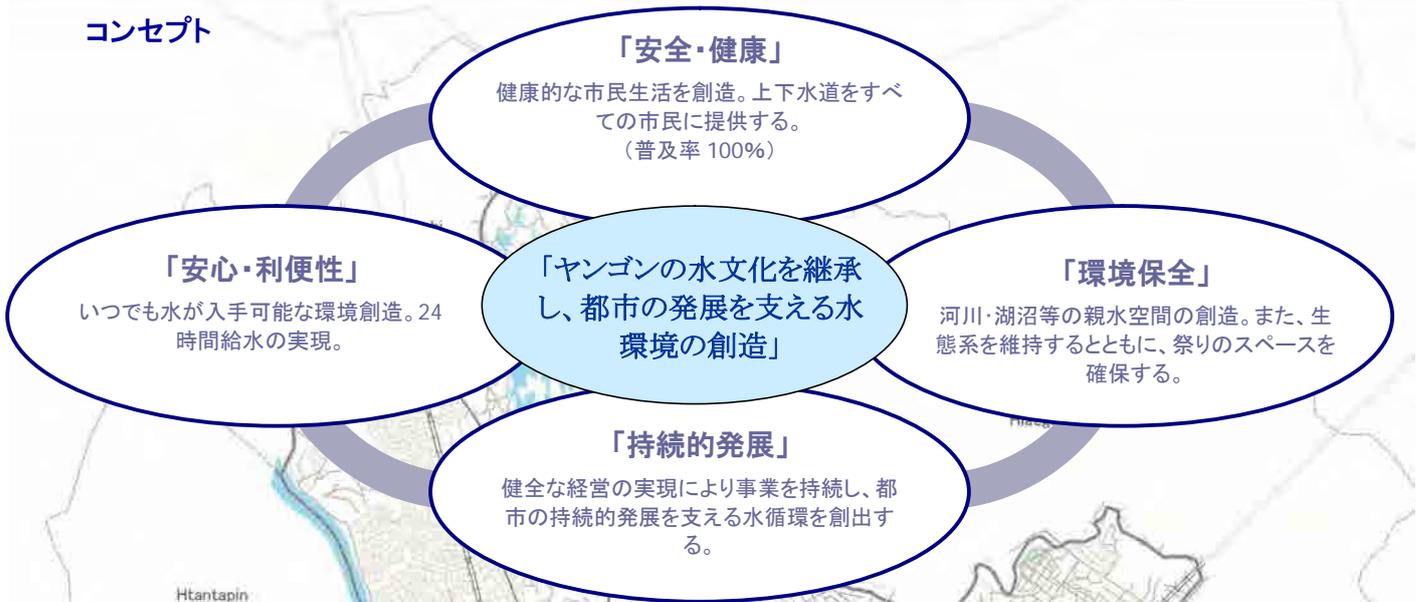
5. ヤンゴンの水ビジョン

都市の発展に伴い危惧される様々な水環境の課題に対応し、リスクを回避するために、ヤンゴン市は水ビジョンを作成し、これに基づいた施策を展開する。

5.1. 水ビジョンとコンセプト

理念 ヤンゴンの水文化を継承し、都市の発展を支える水環境の創造
-水かけ祭りを後世に伝える-

コンセプト



ヤンゴン市の発展を支えるためには、構成員である市民の安全で健康な暮らしを保証し、市民や産業が安心かつ利便性をもって活動できることが必要となる。また、都市の発展により環境が破壊されことなく、生態系を維持し、これまで培ってきた水文化を継承し続けることが重要である。さらに、都市の発展を支える水循環を維持するためには、事業を持続するとともに、水資源やエネルギーの省資源化を図り、持続可能なシステムを目指す必要がある。

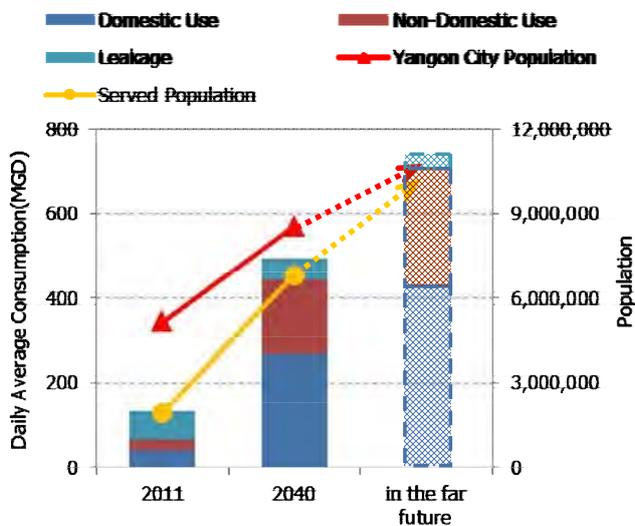
したがって、ヤンゴンの水ビジョンのコンセプトは、「安全・健康」、「安心・利便性」、「持続的発展」、「環境保全」をキーワードとして設定する。



5.2. コンセプトが目指す将来の水循環・水環境

「安全・健康」-生活環境の向上-

- ◆ 安全な水の供給
 - 市民の健康的な生活を確保するために飲料水の水質を遵守し安全な水をすべての市民に供給
- ◆ 汚水の速やかな排除
 - 市民の衛生的な暮らしを促進するために、衛生的トイレの設置を進め、生活空間から汚水を速やかに排除
- ◆ 浸水被害の軽減
 - 市民生活の安全を確保するために、浸水被害を軽減



将来の給水人口と水需要量



「安心・利便性」-都市活動の維持-

- ◆ 安定的な水の供給
 - 人口の増加、商業活動の活発化、工業の発達に伴い都市の水需要量は増加。
 - 水源を確保し、24時間安定して水を供給

「環境保全」-水文化の継承、人と生物にやさしい水辺の創出-

- ◆ 水資源の確保
 - 都市活動用水の増加や都市開発による浸透域の減少により、公共用水域の水量や地下水が減少
 - 水産物、水生生物の生息や水運に必要な河川流量を維持
 - 開発禁止エリアの制定など、計画的な開発や、開発区域での浸透促進により浸透域を確保し地下水を涵養
- ◆ 河川・湖沼の水質保全
 - 人口の増加や産業の発達により発生する汚濁負荷が増大し、河川・湖沼の水質がさらに悪化
 - 人にとっても生物にとっても良好な水質を目指す
 - 市民の憩いの場となる親水空間を確保し、ふれられる水を提供
 - 生態系を維持する水辺空間の保全



「持続的発展」-都市の持続的発展を支える水循環の創出-

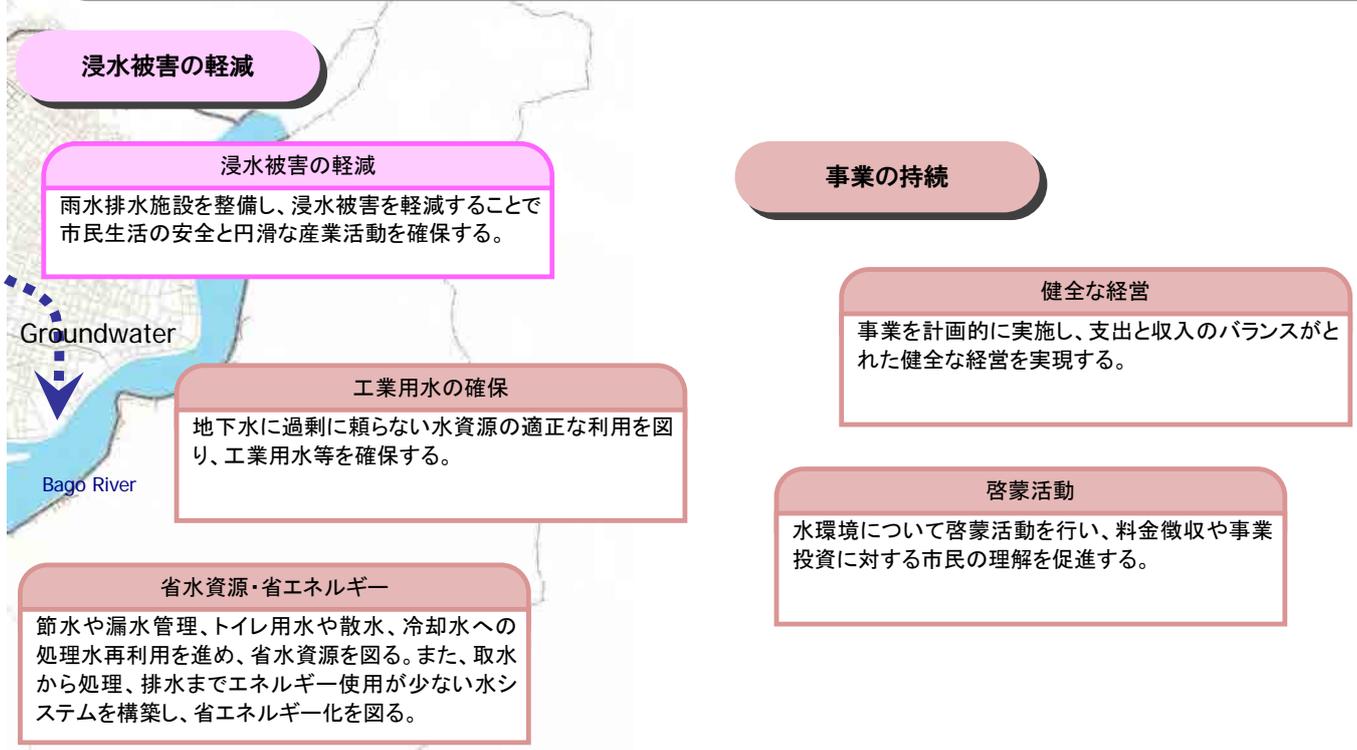
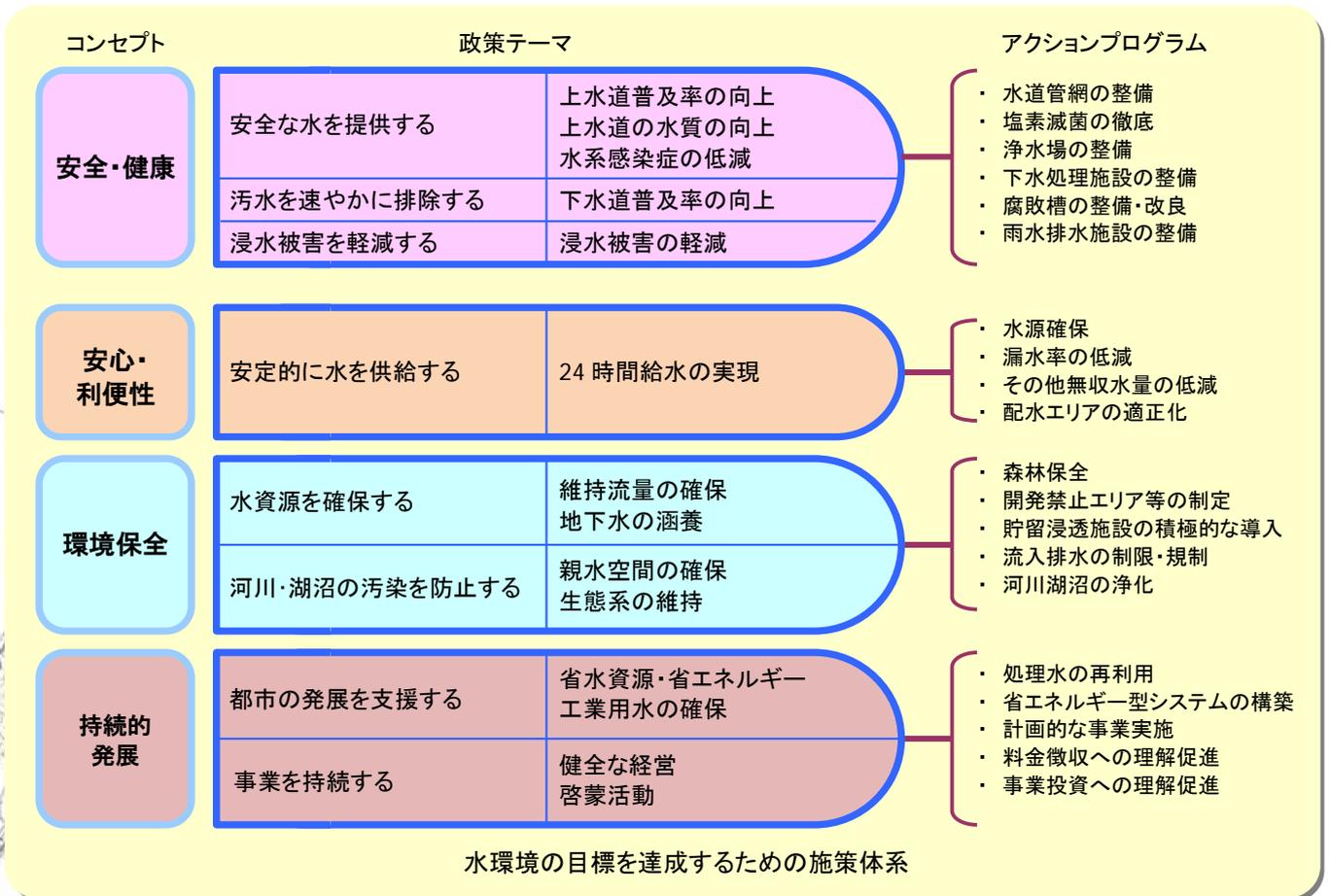
- ◆ 都市の発展の支援
 - 節水や漏水管理による省水資源、省エネルギーを図り都市の発展に寄与
 - 省水資源や処理水の再利用などにより、地下水に過剰に頼らない水資源の適正な利用を図り、工業用水等を確保
- ◆ 事業の持続
 - 事業を持続するためには、支出と収入のバランスがとれた健全な経営が不可欠
 - 事業の計画的な実施
 - 啓蒙活動により料金徴収や事業投資に対する市民の理解を促進

5.3. 将来の水循環・水環境の構想図



5.4. 水ビジョンのコンセプト・将来目標像の達成に向けて

水環境の目標像を達成するために YCDC が取り組む政策テーマを体系的に整理する。

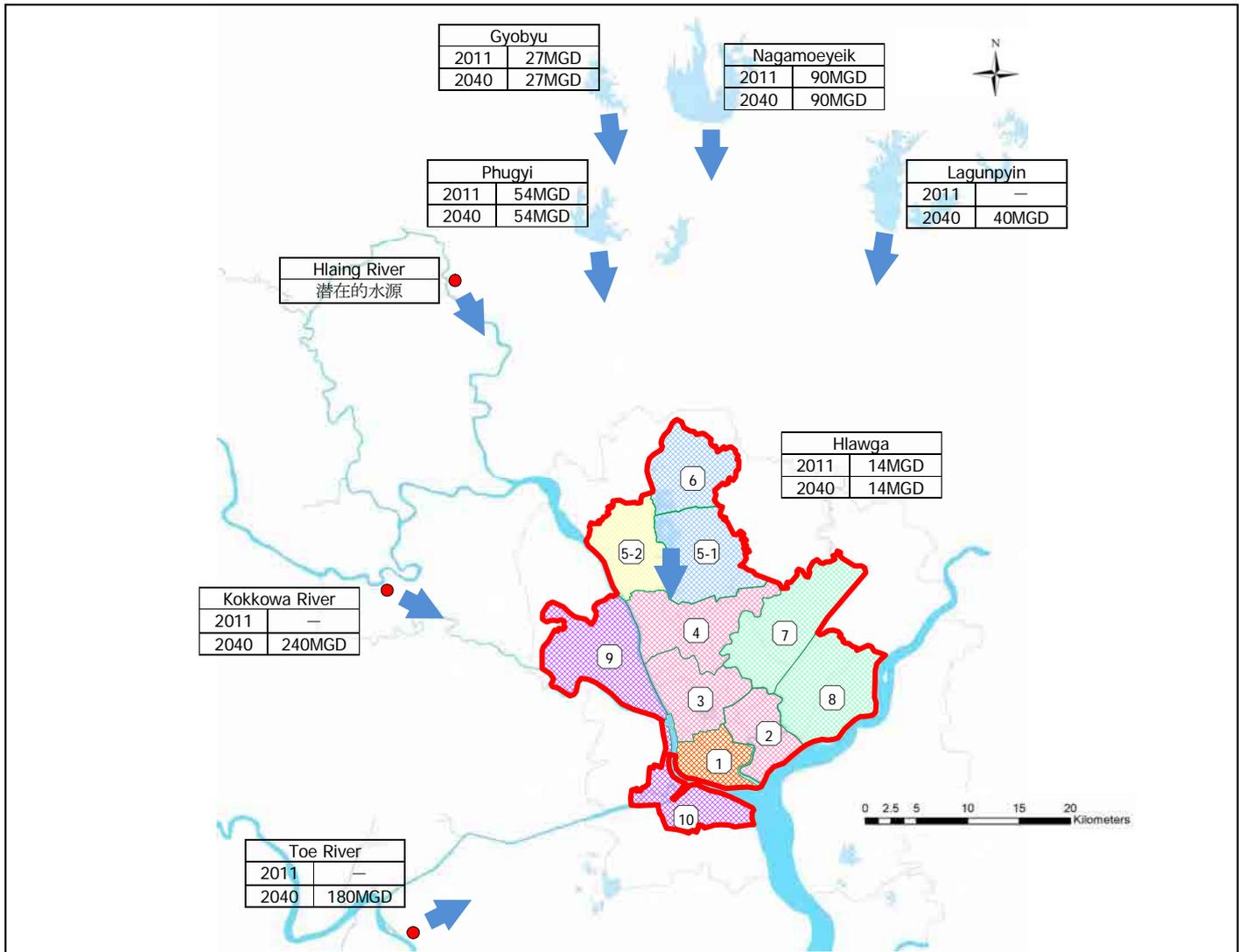


6. 水ビジョン達成に向けた整備目標

水ビジョンを達成するためには、目標を持って計画的に施設を整備していく必要がある。ここでは、水ビジョン達成に向けた水関連施設の具体的な整備目標を示す。

6.1. 水供給

整備目標	2040：給水可能人口比率 100% Far future：給水人口比率 100%
整備方針	上水道および再生水による水の供給



水道普及率

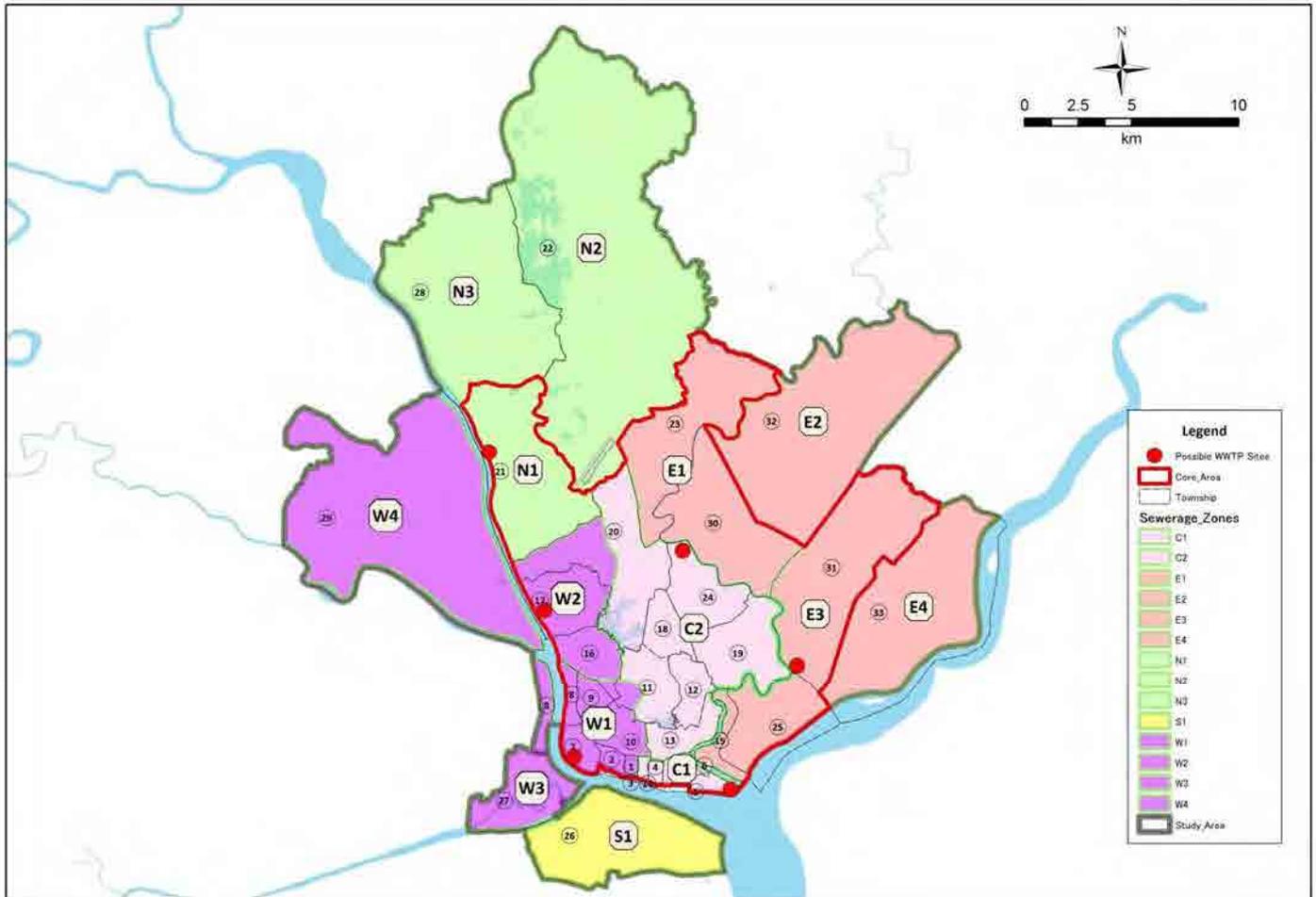
Zone	2040		Far future	Zone	2040		Far future
	給水人口	給水人口比率(%)			給水人口	給水人口比率(%)	
1	925,906	97	100	6	273,113	75	100
2	682,901	89	100	7	1,029,356	70	100
3	749,649	91	100	8	652,245	69	100
4	798,760	90	100	9	590,179	80	100
5-1	323,472	75	100	10	475,785	78	100
5-2	308,972	60	100	Total	6,810,338	80	100

上水システム改善目標

指標	2040	Far future
塩素消毒	早期に達成	
無収水量率(漏水)(%)	10	10
無収水量率(その他)(%)	5	5

6.2. 汚水処理

整備目標	2040: 衛生トイレ使用率 100% Far future: 汚水処理人口普及率 100%
整備方針	人口密度 100 人/ha 以上の地域 : 下水道による集合処理 人口密度 100 人/ha 未満の地域 : 浄化槽による個別処理 (人口密度は 2040 時点の予測)



処理人口普及率

	整備方法 ¹⁾	2040		Far future	
		人口	衛生トイレ 使用人口 率 (%)	汚水処理 人口普及率	汚水処理 人口普及率
C1	その他	178,129	100	100	100
C2+E1	下水道	1,902,155	100	90	100
W1	下水道	483,058	100	70	100
W2	下水道	349,512	100	65	100
W3	その他	74,419	100	100	100
W4	その他	737,724	100	60	100
N1	下水道	377,188	100	60	100
N2	その他	906,748	100	60	100
N3	その他	514,954	100	60	100
E2	その他	1,183,320	100	60	100
E3	下水道	920,933	100	60	100
E4	その他	399,111	100	60	100
S1	その他	490,032	100	60	100
Out of S.Z.	その他	2,241	100	60	100
Total		8,519,524	100	70	100

Note 1: その他は浄化槽やコミュニティプラント

水質

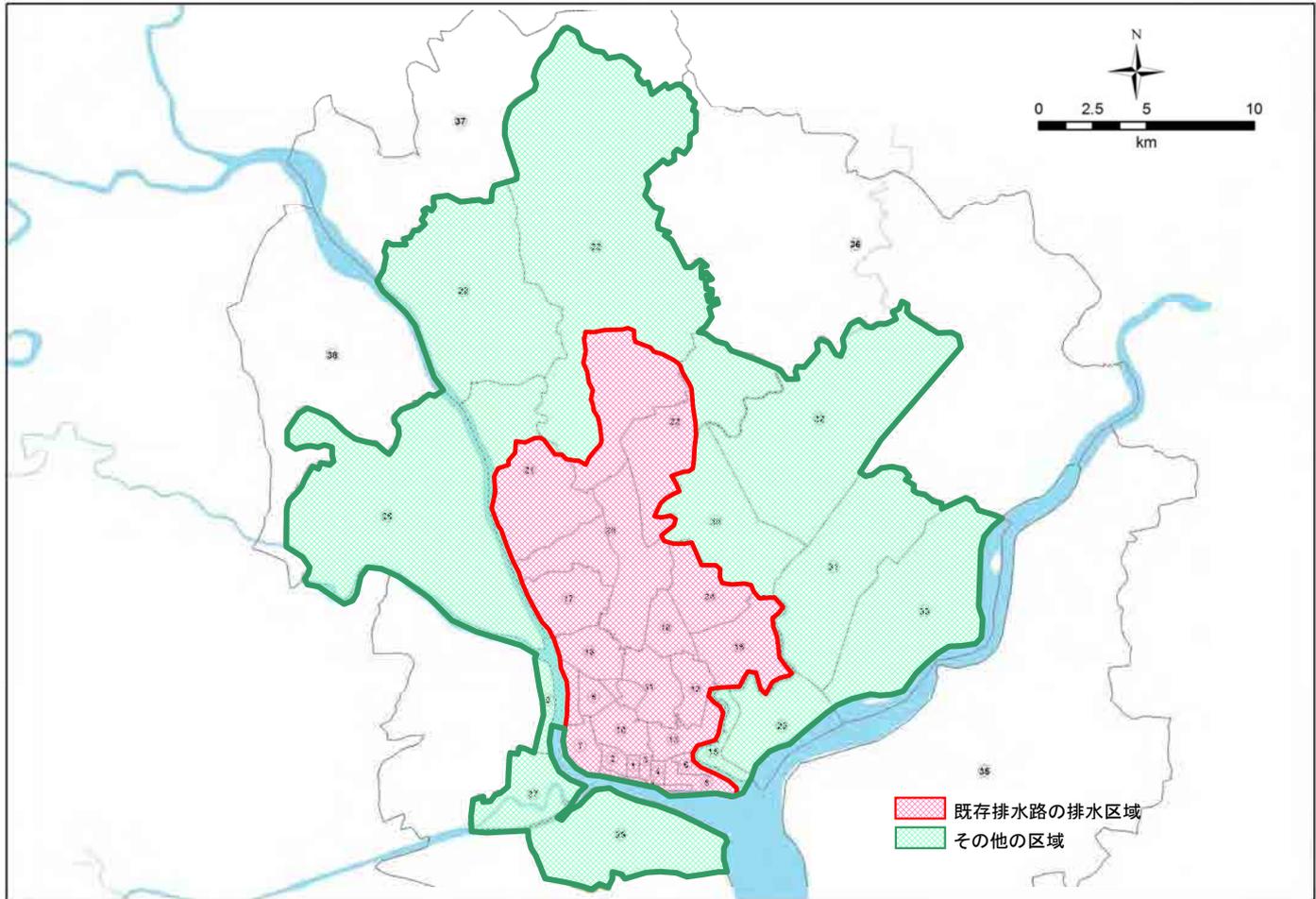
区分	名称	水質目標
River	Yangon Hlaing Pun Hlaing	先進他国の基準並み (BOD: 15mg/l 程度)
Lake	Hlawga Kandawgyi Inya	先進他国の基準並み (COD: 15mg/l 程度)

処理施設

指標	2040	Far future
再生水使用率 (%)	2.5	5.0

6.3. 雨水排水

整備目標	2040：市街地の浸水被害発生回数 0 回（5 年確率降雨に対して） Far future：浸水被害発生回数 0 回（5 年確率降雨に対して）
整備方針	0m 地区：ポンプ排水 その他の地区：自然流下による排水 開発地区：貯留・浸透施設の整備



	2040		Far future	
	整備率 (%)	浸水被害発生回数 (5 年確率降雨) (回)	整備率 (%)	浸水被害発生回数 (5 年確率降雨) (回)
既存排水路の排水区域	100	0	100	0
その他区域	既成地区	-	-	0
	開発地区	100	0	0

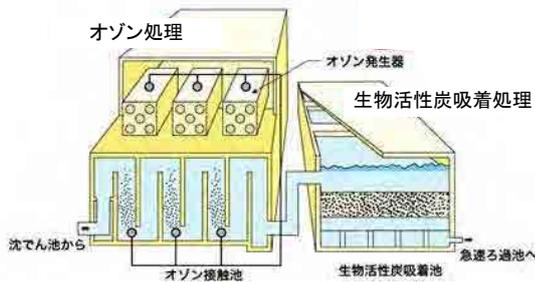
7. 水ビジョン目標達成に向けた各種アプローチ

7.1. テクノロジー

上水道施設、下水道施設、雨水排水施設は、処理、輸送といった機能別に様々な技術が存在する。技術は、低廉、省エネルギー、高性能などの特徴を有しており、ヤンゴン市の特徴に応じた技術を選定していく。

高度浄水処理

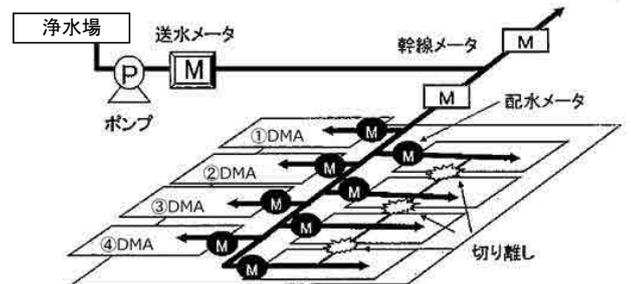
通常の「沈殿処理・砂ろ過」工程では処理できない汚染物質を処理する技術。費用の増加は伴うものの、オゾン酸化処理、生物活性炭吸着処理等の処理工程を追加することで、カビ臭等の匂い成分や発がん性物質を除去し、より安全性の高い、おいしい水を提供することが可能となる。



出典：東京都水道局HP

配水ブロック化(DMA)

配水管網を複数の配水管理区画(DMA)に区画することで、配水管漏水事故時の影響を最小範囲に止める技術。また、区画ごとに流量測定を行うことで、区画内の漏水管理を効率的に行うことが可能となる。



DMA: 配水管理区画 (District Metered Area)

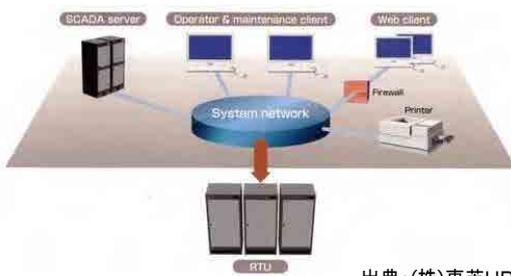
出典：Non-Revenue Water Management (Considering Developing Countries), Shuzo Yamazaki, 水道産業新聞社



出典：岡崎市水安全計画

SCADA システム

浄水場の運転状況や配水管の流量測定情報等のデータを集約し、一元管理を行うシステム。問題発生時の状況把握や水運用の変更等を全体のシステムを見ながら行うことが可能となり、また、流量、水圧、水質等の測定データの管理・分析も容易に行うことができる。

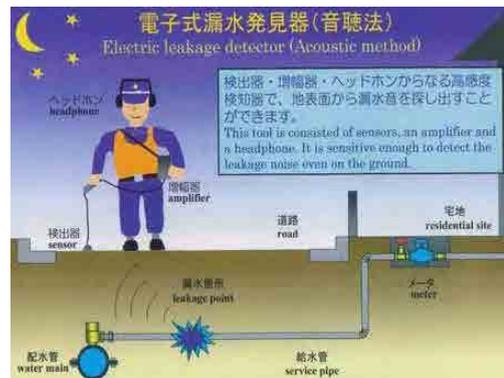


出典：(株)東芝HP

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition

漏水調査(音聴法)

専門の調査員が給・配水管を探知して周り、漏水音を探知することで、漏水箇所を特定する技術(音聴法)。



出典：東京都水道局資料

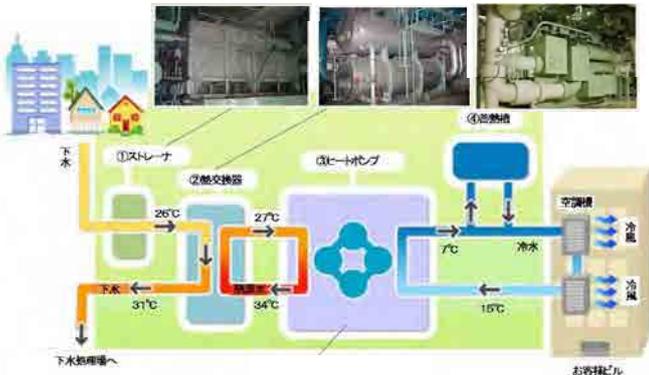
汚水処理



出典: 佐賀市上下水道局HPより

地域冷暖房

夏場は外気温より温度の低い未処理の下水を使って、冷水を作り、冷風を供給。冬場は下水の廃熱を利用して温水を作り、温風を周辺地域に供給する。



出典: 東京下水道エネルギー(株)HP

消化ガス発電

汚泥消化工程で発生したガスを燃料として、ガスエンジンやマイクロガスタービン等で発電。



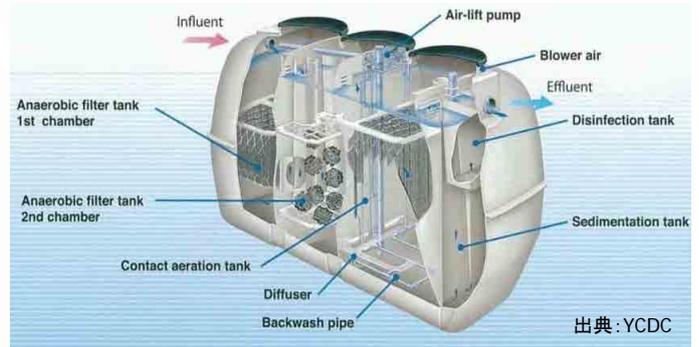
出典: 石川県HP



出典: 東京都下水道局HP

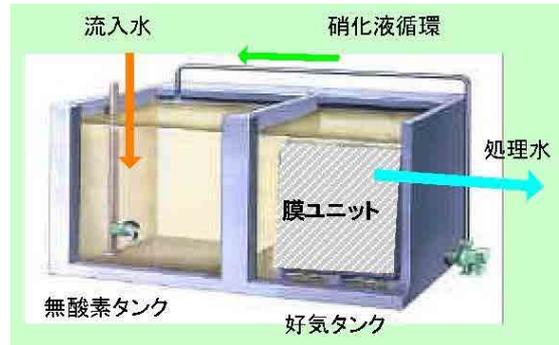
合併処理浄化槽

各家庭で設置できる処理技術。管きよ整備が不要であるため、家屋が点在する区域では、下水道より工事費が安価となる。



膜分離活性汚泥法

最終沈殿池の代わりに「膜」を使用して固液分離を行う水処理技術。清澄で安全な処理水が得られるとともに、最終沈殿池や消毒施設が省略可能で、施設が省スペースとなる。



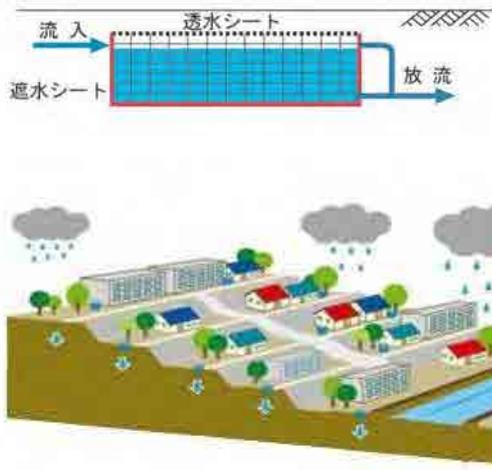
出典: 日本下水道事業団HP

下水処理水の再利用

下水処理水は様々な用途に利用することができる。ただし、再利用の目的に応じて、砂ろ過、オゾン処理、活性炭吸着などの処理プロセスが付加的に必要となる場合がある。再利用の方法としては、トイレ用水や散水(開発地区での中水利用)、工業用水、発電所の冷却水、せせらぎ用水などが挙げられる。再利用は市民に節水意識を醸成するとともに、都市における有効な水源ともなる。

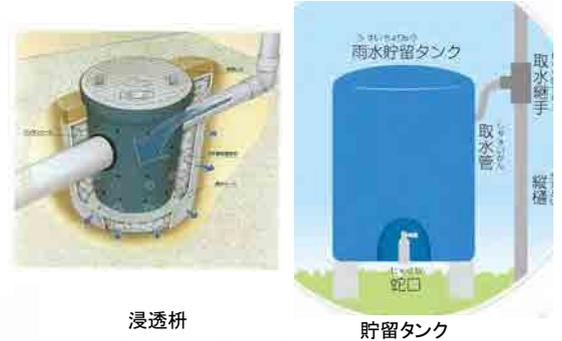
オンサイト貯留施設

雨が降ったその場所で貯留して雨水の流出を抑制する施設。公園、グラウンド、駐車場、集合住宅の棟間等に設置。



各戸貯留、各戸浸透

戸建て住宅や集合住宅、公共施設において、屋根に降った雨を浸透させる枡や、貯留するタンク。



浸透枡
出典：(社)雨水貯留浸透技術協会HP



大規模施設での雨水利用システム

大規模施設に降った雨水を貯留し、トイレ用水や散水、せせらぎ用水に使用する。図はスタジアムの地下に14,000m³の貯留池を設置している例。



出典：広島市HP

7.2. 財政

上水道事業、下水道事業、雨水排水事業を運営していくためには、施設整備に係る建設投資だけでなく、施設の維持管理にも費用を要する。事業を維持・継続していくために、様々な手法により財源を確保していく。

- ・ 事業費は、建設費、維持管理費、起債償還費で構成
- ・ 建設費には管渠、ポンプ場、処理場
- ・ 維持管理費は管路、ポンプ施設、処理施設の様々な費用が発生

- ・ 現在ミャンマーでは財源は、建設費は公費、維持管理費は公費と使用料である。(使用料は水道のみ)
- ・ 今後、建設費に関しては外資の導入(政府開発基金や民間)を検討する必要がある。
- ・ また、維持管理費は使用料の見直し(水道)や徴収(下水道)に関する仕組みづくりを検討していく必要がある。

Composition of service costs

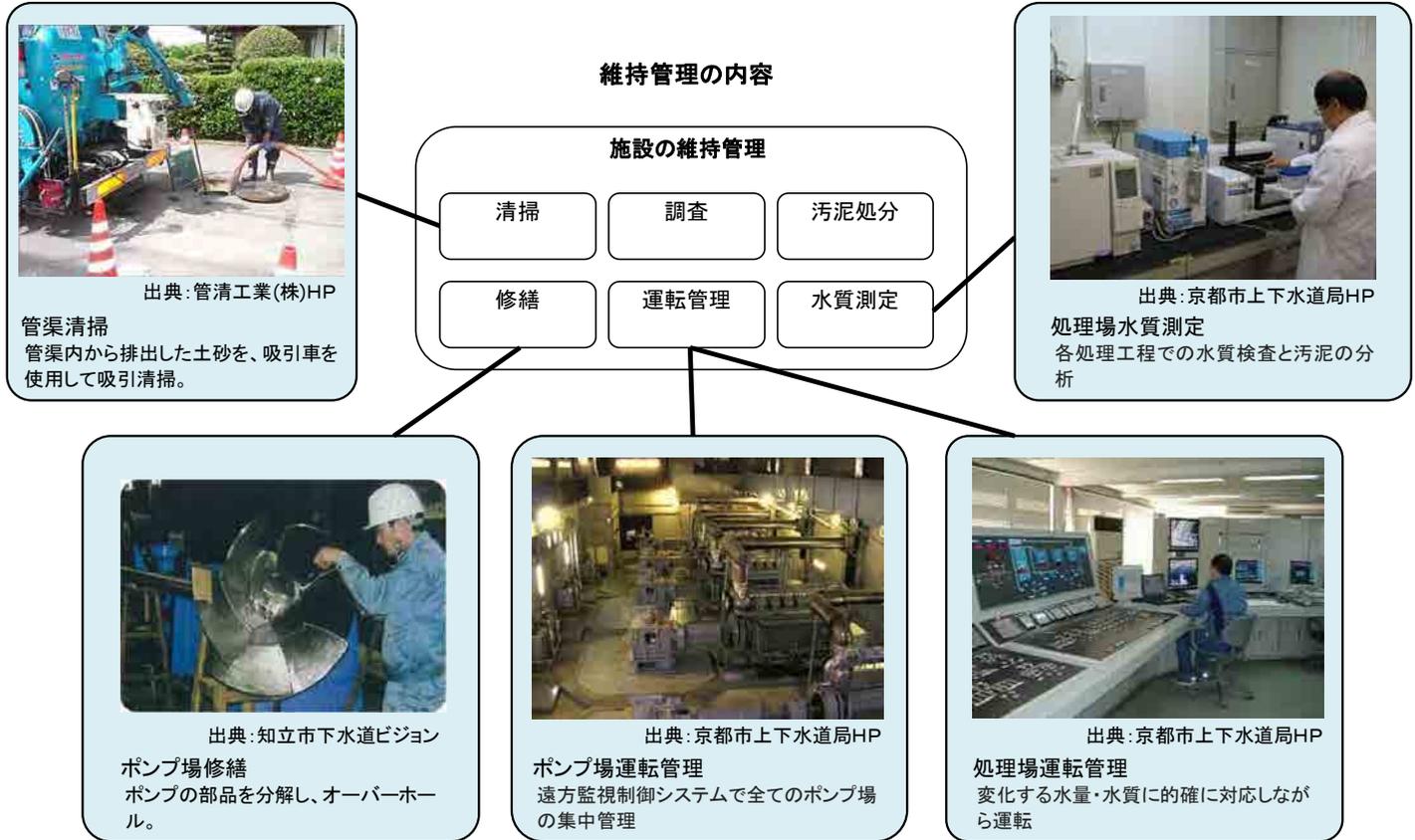
事業費	
Construction costs	Running costs
<ul style="list-style-type: none"> ・ 管路施設 ・ ポンプ施設 ・ 処理施設 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人件費 ・ 運転管理費 ・ 電力費 ・ 修繕費 ・ その他

Composition of financial sources

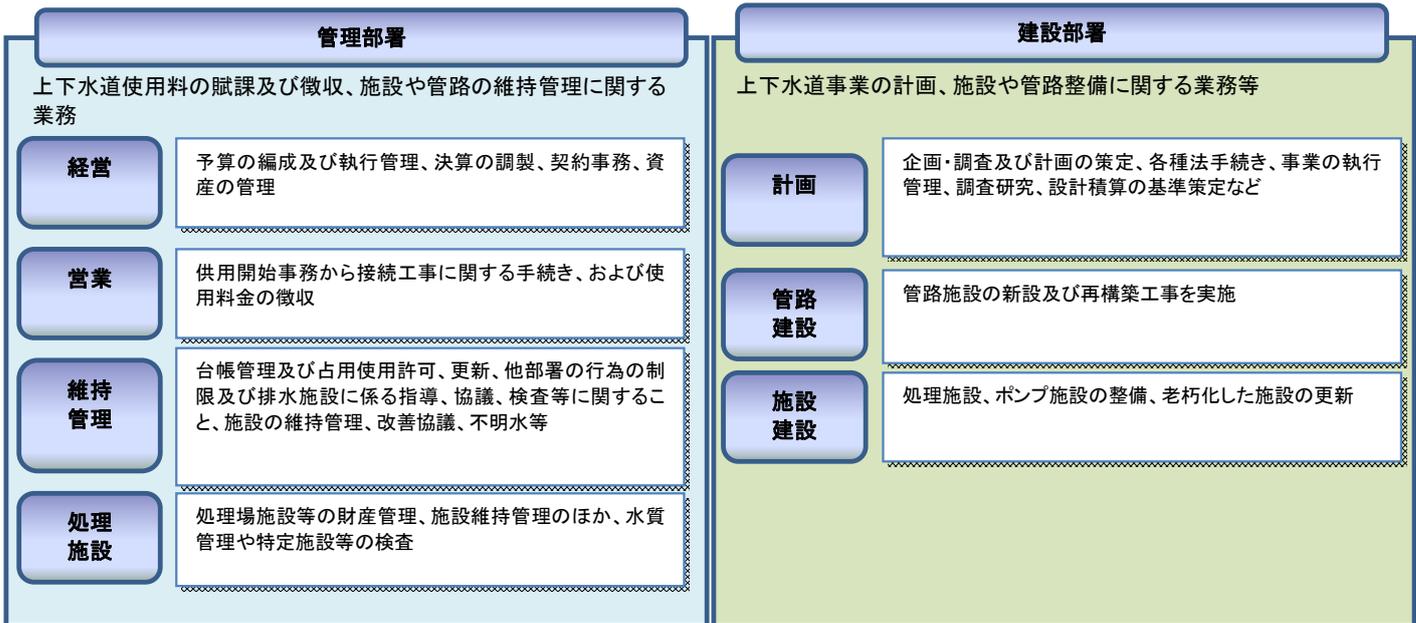
財源	
Construction costs	Running costs
<ul style="list-style-type: none"> ・ 公費(国費など) ・ ODA など外資の導入を検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 公費(国費など) ・ 各事業ごとに費用負担の仕組みづくりを検討【他国の事例】 ・ 日本の下水道では、雨水は公費で、汚水は公費と使用料(私費)で負担。 ・ ドイツの下水道では、使用料でほぼ100%を賄う。雨水の使用料は、雨水の浸透しない土地の面積で決定。

7.3. 維持管理

施設の運転管理および維持管理は、将来にわたって実施続けなければならない。適切な運転管理が行われなければ、施設は所定の機能を発揮せず、水質の悪化などにより重大な水環境の悪化を引き起こす。また、維持管理が不十分な場合には、施設の劣化が早くなり、使用エネルギーの増加や、頻繁なりニューアルにより経費が増大する。適切に維持管理を行っていくために、体制づくりを行っていく。

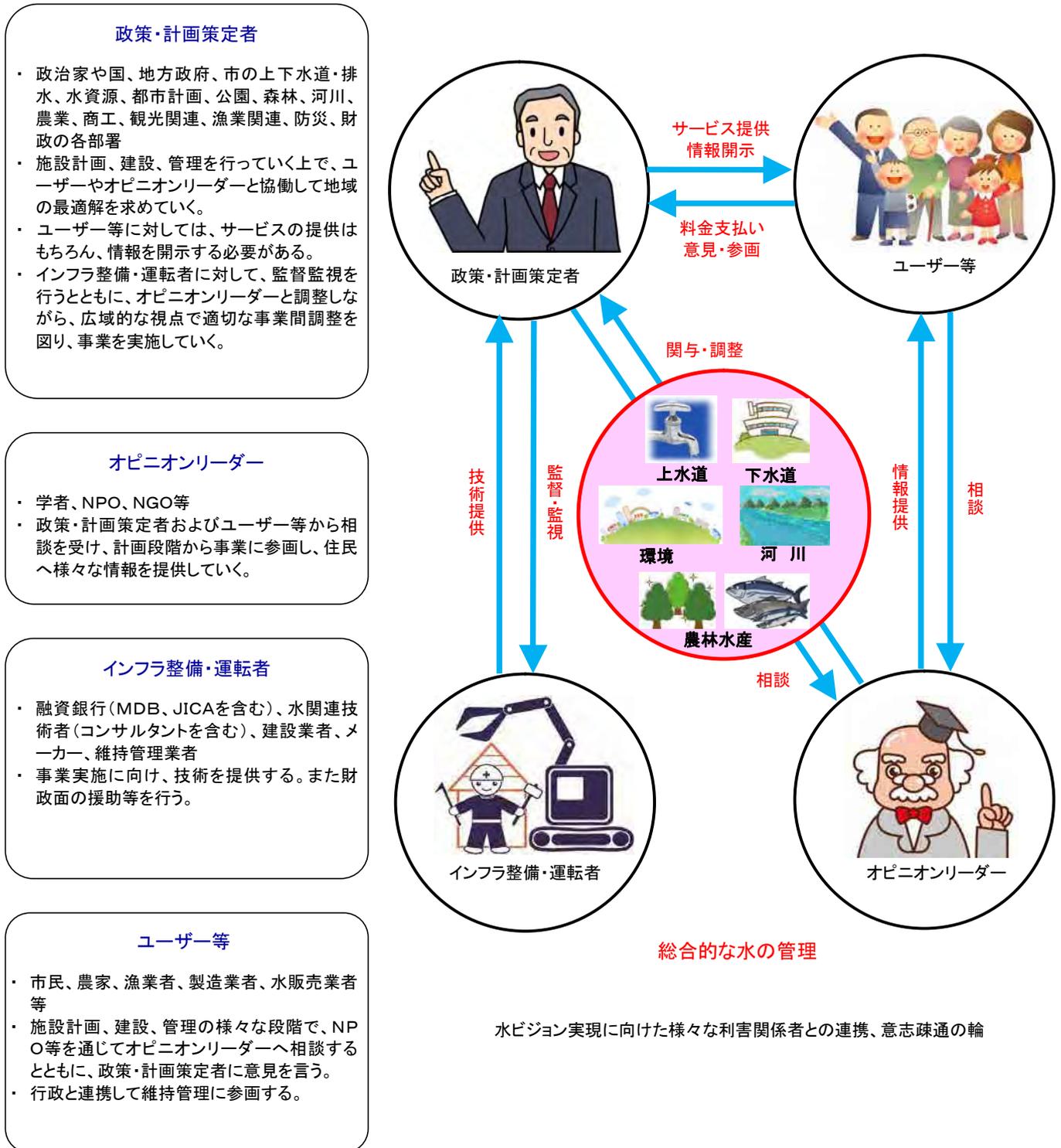


維持管理体制



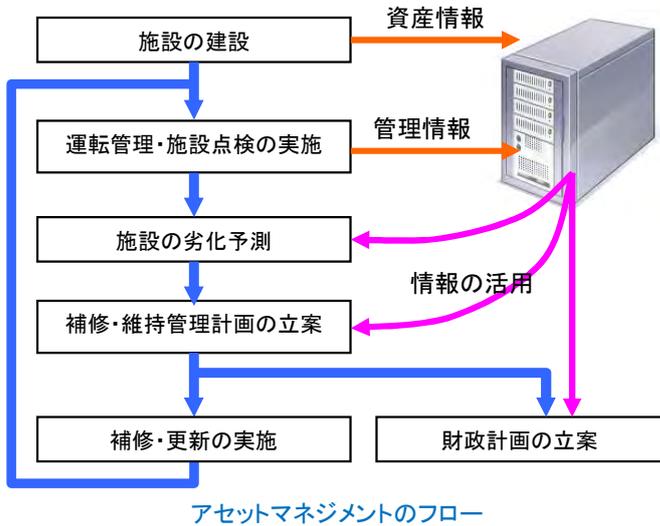
7.4. 水に関連する人々の協働

上水道、下水道の施設の計画、建設、管理には行政の指導が重要であることは間違いないが、それだけでは安全・安心なインフラ整備は進まない。総合的な水の管理に係わる様々な課題には、上水道、下水道だけでなく、環境、河川、農林水産、観光等の多くの部署が関連しており、流域内の関係者が共通の目標・ビジョンをもって、連携していくことが不可欠である。さらに、水自体が我々の生命を維持するという基本的な機能に加えて、各種活動に不可欠なものであるため、実際の利用者、業者、オピニオンリーダーなど、様々なグループとも連携して、総合的かつ学術的に取り組んでいく必要がある。

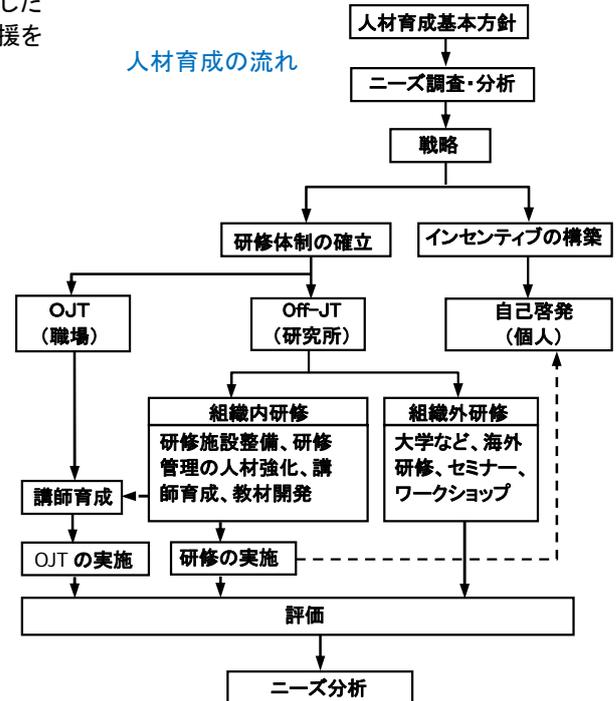


7.5. 人材育成と資産管理

事業を円滑に運営していくためには、業務の目的や必要な技術などに応じた体系的な人材育成を図っていく。人材が不足する当初は、海外からの支援を含めた人材育成の方法を検討する。



人材育成の流れ



出典:「キャパシティ・ディベロップメントに関する事例分析 水道人材育成分野」(2008年3月 独立行政法人国際協力機構 国際協力総合研修所)

- ◆ 事業運営や維持管理に関する知識や経験は、各技術者が保有するものであり、これらを世代間で継承し続けることは非常に難しい。
- ◆ アセットマネジメントは、施設の状況や事業運営、維持管理の考え方が可視化されるシステムであり、比較的技術力の継承が容易となる。
- ◆ アセットマネジメントの導入を念頭に置き、施設情報の蓄積を図る。

7.6. 市民との協働

目標とする水環境を達成するためには市民の協力や自発的な環境保全行動が必要不可欠である。このため、市民の環境意識の向上に向けた取り組みを行っていく。



- 使用料金の支払い
- 個別処理施設の適正な維持管理



- 節水
- 使用ルールの遵守
- 水路の清掃

環境意識向上への取り組み

施設見学会



出典: 知立市下水道ビジョン

イベントによるPR活動



出典: 国立市下水道プラン

HPIによる広報(油を流さない)



出典: 東京都下水道局HP

自発的な環境保全活動

開水路の清掃



出典: 川向水路の会HP

付章 1. 世界の水の状況

世界の最新の水事情に視点を置き、今日の水に関する課題と問題を概観する。そして、ヤンゴン、ミャンマーの将来の水問題を考える上での重要な視点を明らかにする。

付章 1.1. 世界の水に関する災害

2008年5月 ミャンマー ヤンゴン

サイクロン「ナルギス」がミャンマーに上陸。死者・行方不明者は13万人に上り、250万人が被災した。



出典: JICA HP

2007年7月 タイ 北部・中部

複数の台風の上陸を受け、チャオプラヤー川が氾濫。400人以上が死亡し、600万ha以上が浸水被害を受けた。



出典: JICA HP

2009年8月 アラル海

かつて世界で4番目に大きな湖であったが、1960年代以降の灌漑用水の取水により水位が下がり、ついに南アラル海東側が干上がった。



2000/8/19



2009/8/21

出典:平成21年度 環境白書



2008年12月 ジンバブエ

コレラの感染者が10,000人を超え、ジンバブエ政府は非常事態を宣言した。汚染された水の摂取が原因で、総死者数は4,000人以上。



出典:国境なき医師団 HP

2011年7月 ソマリア

国連がソマリア南部で飢饉の発生を宣言。干ばつによる食糧不足で、1200万人以上の生活が脅かされた。



出典:国際連合食糧農業機関 HP

付章 1.2. 世界の水に関する課題

気候変動に伴う水危機

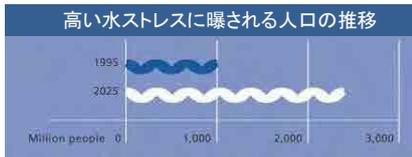
ICPP 第 4 次評価報告書による世界の水リスク

- ・アフリカ: 7,500 万～25,000 万人の水ストレス増大
- ・アジア: 沿岸部の海からの洪水の増加
- ・ヨーロッパ: 鉄砲水と沿岸洪水及び浸食のリスク増大
- ・北アメリカ: 積雪、河川流量の減少により水資源競争激化

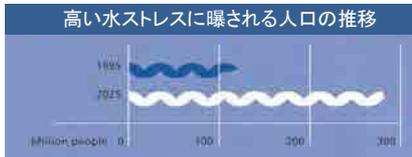
水ストレスの増大

経済成長による 1 人当たりの水使用量の増加、及び人口密度の激増によって、水ストレスが増大する。特に東南アジア及び東アジア、またサハラ砂漠以南のアフリカ地域において顕著に表れる。

東南アジア
及び東アジア



サハラ砂漠以南
のアフリカ地域



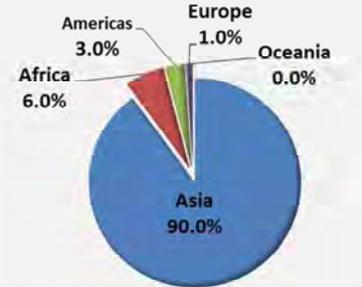
出典: World Water Vision



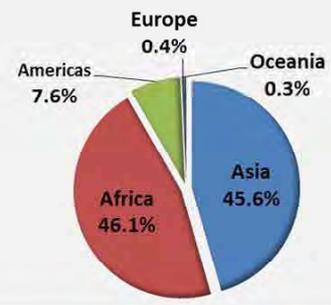
アジア地域における水害被害

水害による死者数は世界の 46%、被災者数は 90% がアジア地域に集中している。経済発展に伴い、工業地帯、住宅街の増設が進む一方で、治水対策が追い付いていない。

水関連災害による被災者数の割合(大陸別)
(1980～2006年)



水関連災害による死者数の割合(大陸別)
(1980～2006年)



数値出典:「第 5 回水フォーラム アジア・太平洋地域文書」

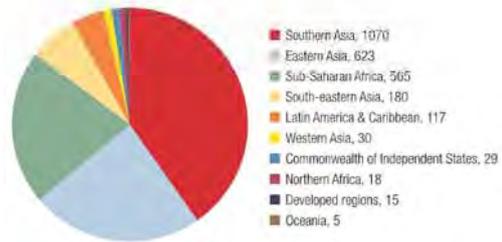
安全な水と衛生設備の欠乏

不衛生な環境により、健康が脅威にさらされている。開発途上国に住む半数近くが水と衛生設備の欠陥に起因する健康問題を抱え、毎年 180 万人の子どもが下痢のために死亡している。

884 million people – 37% of whom live in Sub-Saharan Africa – still use unimproved sources for drinking-water



2.6 billion people – 72% of whom live in Asia – do not use improved sanitation facilities



出典:「PROGRESS ON SANITATION AND DRINKING-WATER 2010」

豊かな水と水文化を持った美しい大都市ヤンゴンをめざして

水に関するプロジェクトに責任を有する YCDC 委員として、私は、市民の皆様、市職員に対してヤンゴン市の将来水ビジョンをここに発表することができ、喜ばしく思っております。近い将来、この水ビジョンを実現するために、上水道、下水道、雨水排水システム構築の責にあるすべての市職員を代表して、私は最善を尽くす誠実で強い決意をここに表明いたします。

我々は、市民の利便性向上に向けたシステム構築の早期実施の実現のために、ヤンゴン市の関連部局、他の政府機関及び他の関連機関との間に強固なパートナーシップを構築するために最善を尽くします。また、継続的に信頼性の高い水サービスを実現するために十分な専門的な技術力を有する人材確保のための専門職教育システムの構築に最善を尽くします。さらに財政的に健全な水サービスを維持するために財政資源を確保し、効率的かつ要望に敏感な水サービスの実現に向けて計画を継続的に見直すことに最善を尽くします。もちろん、水サービスへの理解、支援、協力を得るために、市民への PR にも最大限の努力を傾注することは言うまでもありません。

水、衛生及び雨水排水に関する採るべき方向に我々を導いてくれる本水ビジョンを実現することにより、我々は各分野のすべての市民に様々な便益がもたらされると信じております。たとえば、継続的な安全な上水供給による水系伝染病の減少、下水道システムの構築による衛生面からの生活環境の改善、河川、湖沼、海域における水質改善による市民への憩いの場としての清浄で美しい水辺の供給、浸水発生の減少による生命、資産・財産の保護等です。

ヤンゴン市の水システムに関する我々の努力の成功に向けて、我々は全力を尽くしますが、市民の協力と理解が不可欠と考えております。市民の理解を得るために、できる限り水サービスに関する情報開示に向けて最大限の努力をいたしますし、市民の意見にできる限り耳を傾ける所存です。我々の努力が功を奏し、水の節約、水路からのゴミの除去、適正な水料金の支払い等の市民の協力が得られることを望んでおります。

私は、市民と市と他の関連団体の一体となった努力により将来水ビジョンを実現する過程で、ヤンゴン市が近い将来、東南アジアの先導的な市の一つとして清浄で、安全で、近代的で、活力にあふれ、美しい街になっている姿を思い浮かべることができます。



Soe Se
Chairman of Vision Committee
Committee Member 7, YCDC



VISION COMMITTEE Member

From YCDC

- Soe Se (Chairman, Committee Member 7, YCDC)
- Myint Oo (Chief Engineer, Water and Sanitation Dept.)
- Tin Maung Kyi (Chief Engineer, Road and Bridge Dept.)
- Aung Sann Win (Deputy Chief Engineer, Water and Sanitation Dept.)
- Kan Myint (Deputy Chief Engineer, Water and Sanitation Dept.)
- Myint Thein (Deputy Chief Engineer, Public Relation & Information Dept.)
- Kyaw Thar Sein (Deputy Chief Engineer, Pollution Control & Cleansing Dept.)
- Toe Aung (Deputy Chief Engineer, Urban Planning Unit)
- Myo Thein (Assistant Chief Engineer, Water and Sanitation Dept.)
- Thein Min (Assistant Chief Engineer, Water and Sanitation Dept.)
- Htin Lin Kha (Executive Engineer, Water and Sanitation Dept.)
- Nyan Thar (Executive Engineer, Road and Bridge Dept.)



Other Experts

- Se Maung (Retired – Professor)
- Dr. Kyaw Latt (Advisor)
- Dr. Tun Than Tun (Retired Head of Dept.)
- Saline Myo Myint (Retired Director)
- Than Than Soe (Retired Director)
- San San Aye (Deputy Director, City Development)

JICA STUDY TEAM



Contact: Water and Sanitation Department
 Yangon City Development Committee, City Hall, Yangon Myanmar

TEL: +951-382990

FAX: +951-382990