

例えば、揮発性であったならば、曝気処理すれば毒性を下げる可以考虑。今度はそれをパイロットプラントで検証して、その新しい方法を水道の処理の中に導入し、より安全な水を確保する。そのような方法論が我が国でもできるといいのではないかと考えます。

このように新しい概念をつくるということは今進んでいるところです。まだ日本語だけで恐縮ですが、現在ホームページに載せていますので、もし興味がおありでしたら、そちらを見ていただければと思います。

最後に、余談になりますが、このスライドは研究を進めている方々が福岡市に集まって勉強会を開いており、泊まり込みで討議をしている時の様子です。私たちは、より安全な水道水の確保のために大変努力しているわけですが、その努力によってどれだけ安全になったかということをも市民に情報開示するとともに、もう一方で、不安なものもやはり水道の中に入っているのだということも私たちは知り、それを下げる方法論を新たに構築する。そして、その努力を、また市民に情報開示して、より安全な水道水の確保を行っていく。そのために、ここにご出席の皆さんが、より一層、素晴らしい情報をつくって、水道水は健康な人だけではなく、病人、お年寄り、その他いろいろな方にとって必須のものですから、より安全で、より快適な水道水の供給に、皆さん方と一緒に私も努力できればと願っております。どうもご清聴ありがとうございました。(拍手)

座長(小田弘登) 内海先生、どうもありがとうございました。内海先生からは、水道原水についての考察ということで、日本の水道水の歴史、塩素処理が非常に有効な消毒剤であるということ、その後、トリハロメタン、クリプトスポリジウム、それから内分泌攪乱物質などの問題が出てきており、従来の塩素処理では対応できないようになってきているということ。それから福岡の水資源の現状を紹介していただくとともに、原水と水道原水の水質を的確に把握し、より安全性を確保する総合的評価法としてのバイオ・アッセイについて紹介していただきました。これから私たちが「安全な水道水の供給」というテーマについて会議を進める上での重要なキーとなる大いに役立つ講義であったと思います。先生、どうもありがとうございました。

## 事例発表

シンガポール公共事業局維持管理部長 技師 ウォン・キー・ウェイ

座長(小田弘登) では続きまして、事例発表に移らせていただきます。まず初めに、シンガポールから発表していただきます。シンガポールのウォン・キー・ウェイさん、よろしくお願いたします。

ウォン・キー・ウェイ(シンガポール) 座長、ありがとうございます。皆様、おはようございます。私はシンガポール公益事業局のウォン・キー・ウェイと申します。シンガポールにおける安全な水の供給のための総合的アプローチについて発表させていただくことを嬉しく思っております。

本論は同僚のタン・ナム・センと共に作成したものです。増加する水需要を満たし国家の経済成長を支えるうえで、安全な飲料水を提供するために、



シンガポールが限られた水資源をいかに開発し管理しているかを述べ、保護集水区域から非保護集水区域へ、そして最終的に都市集水システムへと至る水資源開発における急激な変化をたどるものであります。

水資源を守るための土地利用計画における総合的アプローチの重要性や、水処理効率を高めるための処理工程や浄水場設計の変更、貴重な水資源を効果的に利用するための包括的な水道料金徴収制や節水策についても強調しています。

この発表では5つの主要分野に触れます。水資源開発、集水区域の保護、送・配水網の拡張、コンピュータに基づく技術の適用、そして水需要管理の5分野です。

まず、シンガポールについて少しお話しします。シンガポールは人口約390万人の多くの島からなる都市国家です。国土面積は実に小さく、わずか650km<sup>2</sup>程しかありません。しかし、飲料水の需要は1日当たり約130万m<sup>3</sup>で、過去10年間の水需要は年に3%以上の率で増加しています。これは高い方だと考えております。

シンガポール公益事業局は水道事業機関であり、電気および都市ガス事業の管轄局でもあります。水道事業機関として、水資源開発、水質処理および飲料水の供給に責任を負っております。

さて、まずはじめに水資源の開発についてお話しします。水資源の開発は、中部集水区域貯水池、河口貯水池、都市暴風雨水集水システムへと進み、それに伴って原水の水質が変化し、開発過程において処理工程や施設設計の変更が行われました。

人口密度が高いために、家庭用水や非家庭用水、産業用水の需要増加に応えるには、限りある水資源を可能な限り効果的に利用しなければなりません。当初は森林地域である中部集水区域貯水池から水を得ていました。このスライドはシンガポールの地図ですが、島の中央部の色のついた部分が中部保護集水区域です。森林地域の保護集水区域のため、この集水域ではかなり良質の原水が得られます。しかし、1960年代に干ばつがあり、それに伴う給水の制限があった後は、貯水池の容量が1960年代と1970年代に拡大されました。

このスライドは、1969年に拡張されたアッパーピアース貯水池の写真です。この開発計画のもと、貯水池容量は35倍に拡張されました。貯水池近隣の8本の小川から取水し、ポンプで貯水池に揚水し貯水量を拡大しています。これに伴い、ウッドレイ浄水場の浄水能力も3倍に拡張されました。

他に1975年に完了したアッパーピアース貯水池計画があります。スライドでご覧いただけるように、この開発のもと、旧ピアース貯水池の向かい側にダムを建設しました。ダムの高さは20mで、貯水池天端の貯水容量は20m分多くなりました。この拡張の結果、貯水能力が10倍になりました。また、この計画をもとに、1日あたりの浄水量275,000m<sup>3</sup>の施設能力をもつチェストナット・アベニュー浄水場も建設されました。

中部保護集水区域から海岸部の非保護集水区域へと開発は続きます。この非保護集水区域を河口貯水池と呼んでいます。スライドでご覧いただけるように、この海岸地域で4つの貯水池計画が展開されました。まず、北西部の克蘭ジ計画、西部地域をカバーする西部集水区域計画、それから東部のセレーター貯水池およびベドック貯水池、そして北東部の島での開発計画です。これらの河口貯水池が潮の干満のある河口域に造成された貯水池です。

このスライドは完成した克蘭ジ貯水池です。はるか端のほうに見えるのが貯水池で、スライド下部の端近くに見えるのは海です。

クランジ貯水池計画は70年代後半に完了しました。次のスライドは西部集水区域貯水池計画です。これは80年代初めに完了しました。

河口貯水池を開発するには、集水区域内での厳しい汚染防止策が必要です。そこで新たな処理工程が導入されました。もちろん、諸事業や汚染を発生する産業は、集水区域外へ移転する必要があることは明白です。

1986年に終了した下流域セクター/ベドック水道計画は、シンガポール領域内で行われた最後の水資源開発計画でした。この計画のユニークな特徴は、都市暴風雨水集水システムです。この都市暴風雨水集水システムは、別個の下水道システムが全ての土地家屋敷地内に敷設されている都市部において、暴風雨の流出水を取水するシステムです。シンガポールは赤道付近の国で、年間降雨量は約2,400mmであり、短期間に狭い地域に割合集中的な豪雨が降るといった特徴をもっています。このシステム設計では、暴風雨水の水質のきれいな部分だけを抜き取り、ポンプで貯水池へ送水します。このシステムで集水区域の降雨量のおよそ70%の取水が可能となります。

都市計画に対する調和のとれた総合的アプローチを通じて、集水区域内の土地利用を厳しく管理する必要があります。これには計画および開発段階での政府諸機関との密接な協力も含まれます。その関連機関は、計画と保護を担当する都市再開発機関、HDBあるいは住宅開発局の公営住宅部、そしてシンガポールの汚染防止に責任を負う環境省です。

保護集水区域から非保護集水区域へ、また、内陸中心部の貯水池から河口貯水池へと水資源開発が進むにつれ、浄水工程や施設設計の変更も必要となります。水質が低下するので、処理工程に二重ろ過、および処理前の原水の曝気のために曝気処理を採用しました。また河口貯水池の区域は、元々養豚や動物の飼育も含む農業地域でしたので、一次殺菌にオゾンを利用しています。これらの新たな処理工程の導入に伴って、処理コストも相応に高くなり、中央集水区域の水処理コストと比較すると約2～3倍となっています。

次に、集水区域の保護について触れたいと思います。

非保護集水区域の水計画を成功させるために、重要な項目が2つあります。1つは土地利用の管理とそのための法律の制定、そしてもう1つは水質監視と汚染防止です。

新たな水道計画を展開する場合、流出水の水質を確保するために集水区域の保護を図らねばなりません。その対策として、実際に土地利用を管理できるようにする法律を制定しました。その法規制は、この海岸地域での水道計画の実行に役立っています。

また水質監視と汚染防止についてですが、まず貯水池周辺に緑地帯を設けています。それから集水区域内での動物の飼育、例えば、養豚や蹄のついた動物の飼育を禁止しています。そして、集水区域内の全ての土地家屋敷地内には、近代的な衛生設備を設け、また、集水区域内での産業排水を制限する必要もあるので、その土地家屋敷地内には個別の排水システムを備えています。また、ニュータウン開発にあたっては、建築物の密集度も制限しています。そして、もともと集水区域内にあった汚染をもたらす産業は集水区域外に移転させました。このスライドに写っているのは、ベドック貯水池で、住宅団地内に位置しています。丁度ここから、先程述べた貯水池周辺の緑地帯を見ることができます。

3番目に送・配水網の拡大について述べます。貯水池計画の進展に伴い、送・配水システムも相応に拡大しました。これには区域別水消費情報システム、送水管網計画、配水管網計画、配水池、配水塔、そして揚水ポンプステーションの建設が含まれます。

区域別水消費情報システムは、ネットワーク拡大の方向付けのために開発されました。これは需要の地理的分布に基づいた最新情報であり、家庭用水や工業用水など各用途別需要者の詳細情報が含まれています。開発過程では政府の他の省庁や大手開発業者との密接な連携を維持しています。この開発情報は関連地域の水需要に影響を与えるでしょう。入手した情報を利用し、区域の需要の更新を行っているのです。

送水管網計画とは、1つの水源に支障が生じても水の供給を確保できるように、いくつかの連携環となるよう計画されたもので、水需要の地理的分布および処理水源の位置に基づいたものとなっています。開発した区域別水消費情報システムをもとに定期的に再検討と更新が行われます。

次に配水管網計画です。これは送水管網内に、より小さな管網を形成し、十分な水圧をもたらすものです。高層建築物内では高架水槽と受水槽との間に揚水ポンプをつけて加圧しています。今ご覧いただいているスライドはその典型的な配置の1つです。水をまず受水槽に入れ、そこから高架水槽に揚水します。もちろん、これで高層アパートの低階層にまで水を供給するに十分な水圧は確保されませんが、低階層に直接配水する別のシステムもあります。

また、ネットワーク拡大の1つとして、最大需要時の調整のためと断水の影響を最小限に抑えるため配水池と配水塔を建設しました。典型的な配水池の1つがこのフローラル・アストロマー配水池で、高台、つまり丘の頂上に位置しています。しかし、このような配水池を建設する丘がない地域もありますので、低水圧帯から高水圧帯へ配水するための配水塔を建設しました。ウッドレイ加圧ステーションはそのようなシステムの1つです。

水道施設の増加とネットワークの拡大に伴い、効率的で信頼性の高い配水システムを維持するために、コンピュータに基づく技術の適用、つまり自動化が必要となります。そこで私たちはこれまでに2つのシステムを開発しました。それが遠隔監視管理制御システムと自動情報マッピングシステムです。

遠隔監視管理制御システムは、上流の原水源や浄水工程、そして下流の処理水の配水管網をカバーしており、現在、6基のシステムが稼働しています。浄水レベルでは処理工程は自動化され、水の生産管理のため、様々な施設から配水網へ迅速な配水を行う上でも役立っています。

ウッドレイ・システムコントロールセンター、略してWSCCという集中制御管理センターがあります。このセンターはネットワーク内の様々な区域における需要と全水道施設の運用を調整しています。浄水場には地域管理センターがあり、これらは集中制御管理センターとリンクしておりリアルタイムでデータが地域管理センターに送られます。

自動情報マッピングシステムは全てのネットワーク施設と重要給水点の包括的な記録を取っています。そのアプリケーションには消火栓の情報や施設のメンテナンス・システムなどもあります。このシステムで作業活動や生産性が向上し、状況が以前より把握できるようになりました。現在は送・配水管網の情報を得るために広範囲にわたり利用されています。

次に、5番目の水需給管理について触れたいと思います。シンガポールでは急速な経済的、工業的、社会的発展のため水の需要が急増し、限られた水資源に大きな負担がかかる結果となりました。増加する水需要に対して常に供給可能なレベルに保つことに対して懸念を抱いています。そのため需要管理は非常に大切であり、3つの主要な分野でこれを進めています。1つは水道料金徴収、2つ目が配水本管の取り替えおよび修理、3つ目は節水対策です。

水道料金徴収では、浄水場から全使用者の敷地内まで100%メーター検針をしています。現時点の使用人数は100万強です。

また、利用可能な最高のメーターを使用しています。例えば、浄水場では電磁流量計を、水道使用者ではISOのC級メーターを使い、大部分は口径15mmのメーターとなっています。さてもう1つの懸念事項は、浄水場での生産総量と使用者の敷地内のメーター検針の総水量と、管路の洗浄水・消防用水・配水池の洗浄水などの有効水量を差し引いた無効水量です。あらゆる措置を講じた結果、私たちは無効水量を低く抑えることができ、1998年には5%を維持しています。このスライドは過去10年間の無効水量の推移です。

無効水量の一因は配水管からの漏水です。これまで寄せられた水質悪化やにごりに関する苦情の主な原因は、古くて内面処理を施していない鑄鉄管や亜鉛めっき鋼管の腐食でした。そこで、1980年に、内面未処理の亜鉛めっき鋼管の使用中止を決定し、それ以後は腐食に強く耐久性のあるタイプの水道管のみを使用することとしました。

また、90年代初めに配水管の修理および取り替えプログラムに着手しました。この10年間の取り替えプログラムにより、内面未処理の亜鉛めっき鋼管を全てステンレス鋼管か銅管に取り替えました。また、内面未処理の鑄鉄管はセメントで内面処理したダクタイル鑄鉄管に取り替えました。このプログラムでは、およそ5,600万ドルをかけて約70,000本の内面未処理の鑄鉄管や給水管と約180km分の内面未処理の鑄鉄製配水管を取り替えました。取り替えた管は公益事業局が所有する配水管と給水管です。そこで、同時に使用者に対しても敷地内の亜鉛めっき鋼管を取り替えるよう助言しました。

プログラムを実行し、その他の措置を講じたことで、苦情件数は大幅に減少しました。1985年から1998年にかけて、漏水に関する苦情は75%以上減少し、にごりに対する苦情はほぼ90%以上、水圧低下の苦情も90%以上減少しました。

シンガポールも福岡市同様水不足に直面していますので、水需要管理にはかなり重点をおいています。そして増加する需要を抑制するため様々な節水策を講じてきました。

その1つが広報活動です。使用者、特に若年層を啓発するため、適宜広報と啓発プログラムを実施しています。また、確実に水を効果的に利用してもらうため大口使用者に対する水道検査や助言も行っており、水の再利用/リサイクルも奨励しています。さらに、節水策も採用しています。節水コマやその他の節水機器の設置も導入しました。公共の場所では節水機器の設置が義務づけられています。

水道料金表の改正と節水税も導入しましたが、これが水需要の増加を大幅に抑制する効果的方法であることが分かりました。

結論として、シンガポールは水資源の開発における根本的な変革、適切なネットワーク開発と改善、コンピューターに基づく技術の適応、そして包括的な需要管理アプローチを通して、水の供給の開発と管理の総合的アプローチを採用しています。これが増加する水需要を満たし、経済成長を支えるための安定供給を可能にしているのです。

以上で発表を終わらせていただきます。ご清聴、ありがとうございました。(拍手)

#### 意見交換

座長（小田弘登） シンガポールのウォン・キー・ウェイさん、どうもありがとうございました。

シンガポールからは、水資源開発の変化とネットワーク開発、コンピューターに基づく技術の適応、需要管理アプローチ等について発表していただきました。増加する水需要に対応しながら、限られた自然環境の中で水資源を開発し、効果的で効率的に管理していくことは多くの都市に共通する課題であると思います。

ただ今の発表につきまして、何かございませんでしょうか。

ハリヤーディ・プリヨフトモ（ジャカルタ特別市） 私はインドネシアのジャカルタから参りましたプリヨフトモと申します。節水計画の一環として、一般市民の認識を高めるための広報と啓発を実施しておられるということですが、市民に確固たる認識をもってもらうため、若い世代、あるいは地域社会全体に対してどのように政策を実行し、どういう広報と啓発活動をされているのでしょうか。

座長（小田弘登） シンガポールのウォン・キー・ウェイさん、お願いします。

ウォン・キー・ウェイ（シンガポール） 節水策に関する市民教育プログラムには、全国的なもの、若い世代、特に児童生徒向けのものがあります。全国的なプログラムには安全な水キャンペーンがあります。ご参加の代表団の方々の中にはご存じの方もおられるかもしれませんが、一般市民にメッセージを理解してもらうために様々なタイプのキャンペーンを実施しています。

例えば、ここ数年、安全な水キャンペーンを繰り返しており、1995年、1996年、そして1998年にそれぞれ実施しました。このキャンペーンのもと、水が貴重だということを認識して欲しい地域を中心に様々な活動を行っています。一般市民にとっては大変簡単なことです。皆さんは蛇口をひねればひねるだけ水が出てくると思われています。市民にとって、水は欲しいだけ供給されるべきものなのです。しかし、シンガポールの場合、土地が限られていますし、水資源も限られています。ですから、戦略的資源として効率良く水を使用すべきで、それをプログラムを通して市民に教育しようとしています。水を使わないで下さいとは言わず、使うのは必要な時にして下さいと言っています。そこで、最近のキャンペーンでは、地方を訪れ、人々に「水が必要でない時は蛇口を閉めましょう。」と伝えたのです。スローガンは「蛇口を閉めましょう」です。つまり、水を使った後は忘れずに蛇口を閉めようということです。必要な時には使う、が、そうでない時には蛇口を閉め水を節約する。このメッセージを理解してもらいたいと思っています。

学校に対しては水道施設の見学を実施しています。これは、より若い世代、生徒児童に、水は蛇口をひねれば出てくるというような単純なものではないことを知ってもらうためです。総合的で複雑な水処理工程を見てもらう必要があります。自分達自身で見てもらえば、単に「水は貴重です。」とスローガンを掲げるよりずっと水の貴重さを納得してもらうことができます。これは通年プログラムで、小・中学校の児童生徒に水道施設訪問を勧めています。さらに、節水センターを訪れてもらい、展示見学をし、日常生活つまり家庭、学校、公共の場での様々な節水方法を見てもらうよう勧めています。

また、その他にも小さい子供たちを対象にしたプログラムもあり、ステッカーの配布などを行って、学校や幼稚園の先生方に自分たちのプログラムが展開できるようサポートしてもらっています。以上が私共がここ数年実施してきた主なことです。

座長（小田弘登） どうもありがとうございました。ハリヤーディ・プリヨフトモさん、よろしいでしょうか。他にございませんか。

辛星教（釜山広域市） 釜山広域市から来た、辛星教と申します。シンガポール全体を見れば、集水地域が都市全体の面積の50%以上を占めていることが図から分かります。そうすると、水質管理の為に流域住民の生活活動を規制することになります。それによって土地利用を規制したりすることになれば、流域住民から様々な苦情が相当寄せられる可能性が高いと思われます。が、一般的な土地利用の規制だけでは流域管理の効果的な目標達成は実際には不可能だと思います。それで、土地利用が規制されている地域に、何らかの地域住民支援対策があれば紹介して下さい。それから、マレーシアの西部地域から全体用水の50%以上を取水しているということですが、マレーシアとシンガポールの間に、つまり国家間で水利用に関連する、特に流域管理側面での協約や協定のようなものがあるのでしょうか、教えて下さい。

座長（小田弘登） ありがとうございました。釜山広域市の辛さんからは、水質管理のための住民への規制等のインセンティブな面について。それから、マレーシア西部からの導水についての何らかの協定があるかという質問です。シンガポールのウォン・キー・ウェイさん、よろしくお願いします。

ウォン・キー・ウェイ（シンガポール） 釜山広域市の辛さんが言われたとおり、島の半分以上が集水区域になっています。先程申し上げましたように、シンガポールは、元々、中央部で取水を始めました。そして1970年代に、海岸部地域の集水区域への転換を開始しました。この地域は元々農業が行われていたか、未開発でしたが、零細企業は点在していました。発表中に気付かれたかも知れませんが、この水供給計画を確実に実行し、成功させるには法律が必要だと申し上げました。法の力により集水区域上流の飲料水源と両立しえない諸事業の移転を実行するのです。シンガポールの場合、資源が限られていますので、その資源を最大限に利用しなければなりません。ですから、そのために土地を適切に機能させる必要があります。もちろん、そのためには都市再開発機関、住宅開発局、環境省など他の政府機関と綿密に調整を行います。こうして今、基本的にこの地域の再開発を行っています。取水域に住んでいた人々はスライドでご覧いただけるような集水区域外の高層ビルに移転しています。このプログラムは1970年代から続いており、今では、この海岸地域に住んでいたほとんど全ての人々が、住宅開発局が建設した高層アパートに住んでいます。現時点で、シンガポールでは人口の85%が高層アパートに住んでいます。そして高層アパートでの生活状況は取水域内の元の住宅に住んでいた頃よりずっと良くなっています。もちろん、その過程で、新しい環境に適応するために変えなければならないこともあります。例えば、以前集水区域内で農業活動をしていた人は再開発が終わるまで農業はできません。ですから、農業に従事していた人々は転職しなければならないでしょう。私も同時に産業開発も行っていますので、転職して、農業から他の産業活動へと職を変える人もいます。もちろん、大規模な、いわゆるハイテク農業の開発もありますが、下水への排出は厳しく制限されていますので、ハイテク農場は特定地域にのみ位置しています。その過程で生じる廃棄物は適正ルートで適切に処理します。

2点目についてですが、シンガポールは水の約半分をジョホールから輸入しています。マレーシア

政府との給水協定の下、輸入は順調に行われています。この協定は1940年代から有効に機能しています。マレーシア当局との関係も良好です。シンガポールはジョホールに設備を建設し、水を導水したのです。その一部をジョホールに供給し、残りの幾分かをシンガポールに導水しています。これは長い間非常にうまくいっており、何の問題もありません。

座長（小田弘登） どうもありがとうございました。釜山広域市の辛さん、よろしいでしょうか。他にございませんでしょうか。

モハマド・アサリ・ビン・ダウ（クアラルンプール市） ウォンさんに質問させていただきます。シンガポールの無効水量が、1989年は10.6%であったのが、現在は4.7%になっているとお聞きして、おおいに感心しています。成功の鍵となった要因についてもう少し詳しく教えていただけないでしょうか。また実際の無収水量の項目別分類による内訳もお願いします。無収水量を下げるには戦略的にどの部分に取り組むのが最良だとお考えでしょうか。

座長（小田弘登） ウォン・キー・ウェイさん、お願いします。

ウォン・キー・ウェイ（シンガポール） 無効水量の面で実績向上の一助となる要因の1つは、シンガポールのシステムが、皆さんが使用者に提供しているシステムの多くより、小さい区域をカバーしている点にあると思います。約4,500kmの管路で使用者に水を供給していますが、送水用には高品質の鋼管を使用しています。50年～70年程前に敷設した古い配水管、または1950年以前の細い配水管は铸铁管でした。铸铁管は交通荷重や継手部の不良など様々な原因で水漏れが発生しやすい部分の1つであることが分かりました。このように、問題を特定し、古い配水管を取り替えたのです。計画は1993年に終了したと申し上げましたが、実は、その後も毎年通常に取り替えを行い、そのプログラムを継続しています。つまり、頻繁に水漏れを起こす配水管を見つけたら、その都度、指針に沿って12か月の間に1kmの配水管で水漏れが3回発生したら、その場所を見つけ出し配水管を取り替えます。ですから、このプログラムは今でも続いているのです。

もちろん、もう1つは給水管です。給水管は小さくて時々探知できない場合があります。そしてだれも気付かないまま水漏れが続くのです。そこで、接合部をより耐久性のあるステンレス鋼管か銅製の給水管に取り替えました。これも漏水量低減の一助となりました。

また、水漏れ探知プログラムがあり、全島を約250の地区に分け、各地区で年に一度点検を行います。ある特定の地区で漏水の疑いがある場合は、具体的にその場所を突き止め、今まで分からなかった漏水を見つけることができます。そこでその部分を修理または取り替えることさえできます。

おそらくもっと重要な部門は検針の正確さだと思います。生産した水を正確に検針し、また、使用者への販売水量を正確に検針すれば、その差を計算できます。浄水場でテストを実施し、メーターの点検を行います。どういうことかと言いますと、毎月、水を止め浄水タンクに一定時間水を汲み上げます。実際に汲み上げられた水量を計算し、電磁メーターの検針値と比べます。これで差があるかどうか分かります。差があれば、しかるべく流量計を調整できます。

先程申し上げましたように、住宅開発のため、概してシンガポールでは、人口の85%がアパートに住んでいます。こういうアパートはどちらかといえば新しく、大抵は1960年代以降に建てられたもの



です。逆の言い方をすれば、築後30年程度のアパートです。そこで、給水管もどちらかといえば新しく、これらの給水管では水漏れが起きる可能性は低いのです。これも無収水量が少ない大きな理由だと思います。

座長（小田弘登） ウォン・キー・ウェイさん、ありがとうございました。クアラルンプール市のモハマド・アサリさん、よろしいでしょうか。では、シンガポールのウォン・キー・ウェイさんの事例発表はこれで終わらせていただきたいと思います。どうもありがとうございました。

## 事例発表

上海市自来水制水有限公司 経理 周 雅 珍

座長（小田弘登） それでは次に上海市に発表していただきます。上海市の周雅珍さん、よろしくお願いたします。

周雅珍（上海市） 座長および各都市の代表の皆さん、こんにちは。アジア太平洋都市サミット第3回実務者会議に参加できますことをたいへん光栄に思います。私は上海市水道会社から参りました周と申します。本日は「凝集剤自動注入システムにおけるファジィ制御の応用」についてお話しいたします。主にファジィ制御技術の原理とそれを凝集剤自動注入システムに応用することにより、当該システムにおけるタイムディレイや影響要素の多さなどの問題を克服し、水質の効果的なコントロールが実現したことをご紹介いたします。



はじめに、上海市の水道について簡単にご紹介させていただきます。ここにあるスライドの丸い点が浄水場とポンプ場を示しています。上海市には十数か所の浄水場があり、最も大きな浄水場は1日140万 $\text{m}^3$ の浄水能力があります。現在、上海市の総浄水能力は1日680万 $\text{m}^3$ で、発展する上海市の需要を満たし、水質を少しでも国際先進水準に近づけるため、この2年間で黄浦江上流の導水工事と長江導水工事を実施しました。スライドをご覧ください。赤いパイプは黄浦江第一期工事を示し、オレンジ色のパイプは黄浦江第二期工事を示しています。もともと浄水場は黄浦江の中流・下流にありましたが、原水の水質をさらに向上させるために上海市による投資と世界銀行の融資とでそれぞれの導水工事を行い、黄浦江上流からと長江からも取水しています。この工事は順調に行われ、現在、黄浦江上流及び長江の原水によって水質は改善されましたが、浄水処理の技術は何ら変化がありません。原水の水質のパラメータの変化が大きいことや薬品注入の人による制御においてタイムリーな調整がなされないことなどから、作業員の負担が大きく、さらに凝集剤の注入量も多くなって、浄水処理後の水質に大きな変動が生じていました。

現在、上海市の浄水処理は自動化が進んでいます。凝集剤の注入量と原水濁度等の指標との関係を明らかにすることは、水道事業の専門家や技術者のかねてからの目標でした。しかし、薬品注入量を決定する際には原水の濁度、水温、水量、pHなどの条件や凝集、沈殿、ろ過の各作業行程における条件、それから浄水処理後に到達すべき水質基準等多くの影響要素があり、薬品注入量のコントロールは非常に複雑で掌握しにくいものとなっていました。もともとはジャーテスト法によって凝集剤の