

## 2 会議内容

司会 ただ今より「アジア太平洋都市サミット・第3回実務者会議」を開会いたします。私は福岡市総務企画局国際部国際企画課アジア太平洋都市サミット担当の西山と申します。どうぞよろしくお願いたします。まず初めに、アジア太平洋都市サミット事務局長である福岡市総務企画局国際部長の村上廣志よりご挨拶申し上げます。

### 開会挨拶

福岡市総務企画局国際部長 村上廣志

皆さん、おはようございます。福岡市国際部長の村上でございます。「アジア太平洋都市サミット・第3回実務者会議」の開催にあたりまして、一言ご挨拶を申し上げます。



「アジア太平洋都市サミット」は、都市の人口集中に伴って発生する様々な都市問題の解決に向けた相互協力のネットワークを構築することを目的に、アジア太平洋地域の都市の首長が2年毎に一堂に会して開催される会議です。

1994年に福岡市で初めて開催されて以来、第2回が中国の広州市で、第3回が再度ここ福岡市で、さらに来年の5月には韓国の釜山広域市で第4回が開催されることになっております。

実務者会議は、市長レベルの「アジア太平洋都市サミット」を補完するものとして位置づけられており、都市サミットの翌年に開催されてます。様々な都市問題を解決するためには、各都市の市長のみならず、行政の第一線で活躍する実務者も相互に学び合うことが重要であるとの精神から開催されるもので、1995年に「交通問題」をテーマに、そして1997年には「ごみの処理処分」をテーマに開催されてきました。前回の「ごみの処理処分」に関する実務者会議におきましては、「福岡方式」と言われる福岡市のごみ埋立て技術を紹介しましたところ、国連人間居住センター（ハビタット）を通じて、この会議の参加都市、それからイランのテヘラン市への技術協力が実現しました。このように、この会議の具体的な成果が生まれつつあるところです。

今回の実務者会議では、各都市共通の重要課題であります「安全な水道水の供給」をテーマといたしました。本日の会議は、シンガポール、上海市、北九州市、ホーチミン市の4都市からの事例発表と併せて、九州大学大学院の内海教授からの基調講演や、この建物の中に事務所を置きます国連人間居住センター（ハビタット）の職員による国連報告、そして市民ボランティア団体「はかた夢松原の会」からの活動報告など、盛りだくさんの内容でとり行うこととしております。

また、本日の会議をより充実したものとするために、国際協力事業団や国連経済社会局の方々にもご出席いただいております。明日、明後日は、福岡市水質試験所での実技研修や福岡市の水道関連施設等の視察を行っていただき、3日間で大いに意見交換や情報交換を図り多くの成果を上げていただきたいと思います。

最後に、この「第3回実務者会議」が有意義な会議となり、参加各都市相互のネットワークがより強固となりますよう祈念いたしまして、私のご挨拶とさせていただきます。ありがとうございました。

司会 では、会議に入る前に、本日の会議の座長を選出したいと思います。座長につきましては、勝手ではございますが、福岡市水道局給水部長の小田弘登とさせていただきたいと思っておりますので、どうぞよろしくお願いいたします。では小田部長、お願いします。

座長 皆さん、おはようございます。ただ今ご指名をいただきました小田でございます。座長を務めさせていただきます。本日は、水道問題に携わっておられる都市代表の皆様方に、様々な問題について意見交換していただき、和やかなムードの中で実り多い会議にして参りたいと考えておりますので、ご協力のほどよろしくお願いいたします。



それでは、本日ご出席いただいております皆様のご紹介をさせていただきます。恐れ入りますが、時間の都合上、私からお名前を読み上げさせていただきますので、その場でご起立をお願いいたします。

## ◆◆◆参加都市紹介◆◆◆

### 基調講演

九州大学大学院薬学研究科 教授 内海 英雄

座長（小田弘登） それでは、ただ今より基調講演に移らせていただきます。九州大学大学院の内海教授より「水道水と健康」についてご講演をいただきます。内海教授の経歴については、お手元の資料に掲載いたしておりますので省略させていただきます。それでは内海先生、よろしくお願いいたします。

内海英雄（九州大学大学院教授） ただ今ご紹介いただきました九州大学大学院薬学研究科の内海でございます。本日は、「アジア太平洋都市サミット・第3回実務者会議」で基調講演させていただくことを大変光栄に存じます。それでは早速ですが、講演に移らせていただきます。



本日は、水道水の安全、より安全な水道水を求めてということですので、私は、“Tap Water and Our Health”というタイトルで、水道水と健康、そして、より安全な水道水の確保を目指して、どのようなことができるかについてお話しします。

まず初めに、どのようなことが水道水に求められているかという概論から入ってみたいと思います。水道水に求められていることは、まず最初に、量の確保の問題と、いかに安全な質を求めるかということです。最近では、それ以外にも味や臭いの問題もありますが、これらについて、いろいろな問題が投げかけられております。

すなわち、水量あるいは水質は十分に信頼できるほど確保されているだろうか、飲用に適しているだろうかという問題が住民から問われています。また味覚に関しても、それが満足すべきものであるかどうかの問題があります。

これらについて私たちはどのように答えを求めていかなければいけないか。本日は、水道原水について考察するとともに、新しいテクノロジーをどのようにして開発していくか、あるいは水道の安全性を高めて、それを住民が満足するために、どのようにして新しい方法論を構築していくかという話。そして私たちが日々努力してつくっている水道水は非常に安全なものなのですが、その情報の開示あるいは市民への教育がとかく不十分なために、ややもすると水道水に問題があるのではないかとわれていることについてお話させていただきます。

まず内容に入る前に、我が国の水道水の歴史についてお話したいと思います。我が国で初めて水道水、水道というよりも飲用水と呼ぶべきですが、その水質試験が行われたのは1874年です。現在、国立医薬品食品研究所と呼んでますが、当時は国立衛生試験所といい、薬あるいは食品について検査をする試験所がありました。そこで、東京都の玉川上水の水質について、薬学部の卒業生の方々が、最初の分析を行ったわけです。

その後、日本で初めて上水道の施設ができたのは1887年で、今から約110年前でした。それ以前は、ほとんどの場合、木管水道という木の管を使って、それぞれの住民に水を配る。あるいは、ご承知かもしれませんが、昔、金魚売りというのがありましたが、それと同じように桶を担いで水を売ることがなされていました。最初に、上水道ができたのは横浜です。当時日本では、それ以前は鎖国をしておりましたが、開国を迫られて、6カ所の都市で港がつくられました。その港がある都市には住民が大変増えたため、水質が悪化することがありました。当時、横浜市では、住民の4%がコレラで亡くなっています。この時、コレラのことを住民はコロリコロリとパタパタと死んでしまうということで、“コロリコロリ”と呼び、水による伝染病を非常に恐れていました。そこで、この横浜市に最初に浄水場がつくられ、かれこれ113年が経っています。その後、函館、門司、その他港のある都市で上水道の施設がつけられました。

この後、1908年に飲料水の水質基準が、私たちが属しております日本薬学会というところで作られました。この頃の水質基準には、既にアンモニアの問題と、過マンガン酸カリウム消費量あるいは硬度というような、現在でも使っている水質基準が入っており、飲み水の安全性についても十分に確保するという努力がなされていました。Tap Waterに関して最初にガイドラインができたのは、我が国では1916年で、上水試験協議会というところで作られました。この年代については、実は飲料水の水質基準とオーバーラップしており、ほぼ並行的に飲料水とTap Waterについてガイドラインをつくらうということで、場合によってはもう少し早い年代を挙げる場合もあります。こういう形で、我が国では早くから私たちの安全性を確保する上で水道水が非常に重要だということで、多くの努力がなされてきたわけです。

次に、当時は水道水の安全性というものをどのように考えていたかについてお話します。従来から、水道の世界あるいは飲料水の世界で問題になっているのは、水系伝染病です。先ほどもコレラのことをコロリと言いましたが、その当時から水系伝染病が飲料水あるいは水道水の問題点としてあがっていました。すなわち、病原性の細菌が水の中にあると、私たち市民にとって大きな影響があるということです。これは、イギリスあるいはドイツで最初に見い出されたのですが、緩速ろ過を行いますと、この飲料水中の病原性細菌は除くことができるということで、当時もつぱら緩速ろ過でなされていたわけです。我が国では、第二次世界大戦後、塩素処理も導入されるようになりました。

一方、有害性物質についてはどのような配慮がなされていたかについてですが、当時、水道原水の

中には有害性物質はないと考えられていました。しかし、水質基準ではこの当時から硬度も含め、いろいろな検討がなされており、いかに安全な、きれいな原水をとるかということで対処したわけです。最初に上水施設ができた横浜の場合には、非常に遠くにある道志川という富士山のふもとから水道を鉄管で持ってくる努力がなされています。

ここで塩素処理について触れてみたいと思います。第二次世界大戦後、我が国では塩素処理を行っているという話をしましたが、この塩素処理は、ややもするとそれぞれのところで非常に悪者扱いがされています。住民の方々は、塩素のおかげでいろいろな有害物質ができる、飲み水には塩素がない方がいいのだと思われ、皆様方もそのような声を耳にされるかと思えます。が、ここで実は塩素というのは、いかに有効な消毒剤であるかという話をしてみたいと思います。

私たちが体の中で細菌をどのように殺しているかという仕組みについてですが、皆さんは、体の中に病原性細菌が入ると白血球がそれを食べることは、ご承知だろうと思います。しかし、食べただけでその病原性細菌が死ぬかという、実はこの白血球の中でしたたかに生きているのです。食べただけでは、いろいろな細菌を殺す酵素がない患者さん、遺伝的にそのような酵素がない患者さんがおられますが、この場合には、殺菌が不完全に行われるために、ジワジワあるいはジクジクと、ずっと感染が持続することがあります。私たちの体の中では、白血球、とりわけその中でも好中球、ニュートロファイルといいますが、この好中球が細菌を食べますと、その中で、活性酸素と呼ばれる $O_2^-$ というスーパーオキシドをつくり、その後また別の酵素によって過酸化水素あるいはヒドロキシラジカルというのができます。さらに、この過酸化水素がまた別の酵素によって、塩素をつくっています。そして、さらにこの塩素が、体の中のアミノ酸と反応してクロラミンをつくり、このクロラミンが、バクテリアを完全に不活性化しています。この酵素が、1つでもない場合には、細菌を殺すことが不完全な状態で終わってしまい、いつまでも感染が持続することになるわけです。このことが最近わかってきました。

したがって、もし塩素消毒あるいは殺菌は要らないという話があった場合には、体の中で一体何が起こっているかを教えることが必要になるかと思えます。

さて次に、その後どういうことが起こったかですが、1972年に、オランダのロッテルダムの水道水の中にクロロホルムが見い出されました。そしてその年を前後して、アメリカのミシシッピ川上流域の塩素消毒をしていない水道水を飲んでいる住民と下流域の塩素消毒をしている水道水を飲んでいる住民とで、発癌の可能性を調べると、下流域の住民の方が2倍程度、癌になる可能性が高いという報告がありました。それ以来、水道の中には毒性のある化合物が存在することが話題となってきました。その1つとして、発ガン性物質、すなわちクロロホルムあるいはトリハロメタンという概念があがってきました。これが1972年から74年にかけてです。その後、このクロロホルム、トリハロメタンは、消毒によって出てくることがわかったわけですが、これ以外にもいろいろな副生成物があることがわかってきました。そこで消毒副生成物という概念が出てきたわけです。

さらに、シリコンバレーで、井戸水の中にトリクロロエチレンが最初に見い出されました。その後、それ以外のところでも、テトラクロロエチレンが見つかってきました。これは、確たる発癌性物質ではないんですが、当時は、発癌性が疑われ、このようなものが地下水を原水とする水道水の中に入っているということになり、我が国でも様々なところで調査を行いました。その結果、多くの都市で非常に高濃度に汚染している事例が見い出されました。現に、福岡市でもそのような井戸水が見つかっており、最も有名なのは兵庫県の太子町です。これはある電機メーカーでトリクロロエチレンを流し

ていたため、その下流域の住居の井戸から非常に高濃度で見つかりました。私もこの調査に1度行きましたが、当時、このトリクロロエチレンはトリクレンと呼ばれていましたので、きっと「とりくれん」だろう、とれにくいだろうというふうに言っておりましたら、簡単に曝気処理でとれてしまい、話題の1つになったことがあります。

このように、我が国でも厚生省の部長通達あるいは課長通達でそれぞれ対応していたわけですが、1993年になり、大幅な改正がありました。その背景には、このような発ガン性物質、消毒副生成物質が水道原水の中にあり得ることと、そしてそれ以外の問題があります。すなわち、それまで水道原水は毒性のある化学物質に対しては、まず入っていないという前提をもってつくられていたのですが、水道原水は大いに汚染されていることがわかってきて、その対応が必要になり、ガイドラインがつけられたわけです。このガイドラインでは、1993年の段階で、48の化学物質が水質基準として、あるいは監視項目として設定されています。また、これに伴い、今度は環境基準として水道原水の保全を図るようになったわけです。

さらにまた、農薬等の汚染がわかってまいりまして、皆さんにお配りした資料にアンダーラインを引いてありますが、亜硝酸性窒素も入れて、6種類の化学物質が新たに追加され、現在では54の水質基準項目があります。

我が国でも住民の方から水道水についてかなり手厳しい批判がございしますが、このように大変努力をしているおかげで、この水質基準がどの程度安全サイドに傾いているかをお話しします。

資料の最後に、2つの論文からとってきたものがあります。いずれも世界で最も著名な雑誌『サイエンス』からとってきたものです。1987年に『サイエンス』では、リスクアセスメントという特集号を出しました。その中で、アメリカのEPAのウイルソン氏とクロー氏、そして発癌性物質で世界的に著名な学者でありますブルース・エームス先生、この方々がそれぞれ水道水の発ガンリスクについて、他のリスクと比較されております。

ブルース・エームス氏が1987年の『サイエンス』にまとめたものは、生涯に発癌する可能性を、それぞれの発癌性と、私たちが摂取する水道水あるいはその他の食物の中に含まれている物質の量とを掛け合せて、発癌リスク HERP を計算したものです。資料の1番上に水道水の相対的な発癌性リスクは0.001、そして、シリコンバレーでの最も汚染が進んでいる井戸水を1ℓとった場合は0.004であるという数字をあげています。それから、スイミングプールの場合、温水プールではトリハロメタンは、温めることにより空気の中に非常にたくさん存在しますので、それを空気を通して摂取した場合のHERPは0.008であると、このような数字をあげています。

それでは、これを他と比較します。下から4番目のフェノバルビタール、これは睡眠薬ですが、この睡眠薬を1回とると、HERPは16となっています。また、ビールやワインの数字もあります。私もお酒が好きですし、またここにご列席の方々も今日のレセプションでお飲みになると思いますが、その発癌リスクはそれぞれ2.8、4.7で、水道水を飲むものに比べて数千倍の発癌性リスクを持っている。逆に言うと、私たちの水道水は、数千分の1の発癌リスクになっていることになります。

同じように、アメリカでは死ぬ確率というとんでもない計算を環境保護庁の研究者がしているのですが、年間に死ぬ確率をEPAとし、資料の真ん中辺がDrinking Waterで、クロロホルムの含量から計算した場合、それからトリクロロエチレンで計算した場合、それぞれ $6 \times 10^{-7}$ と $2 \times 10^{-9}$ のリスクとなっています。それに対して、たばこを吸う場合は、 $10^{-3}$ で、例えば飲み水中のトリハロメタンと比べますと、やっぱり千倍程度の違いがあります。すなわち、たばこを吸う人は、もう既に水道水

を飲むよりもさらに千倍、癌になって死ぬ可能性が高いということ。逆に言いますと、ここにいらっしゃる皆さんが非常に努力されて、より高純度の水を水道水として供給されており、その水道水の安全性は非常に高いということになります。したがって、これをぜひ情報開示して、住民の方にお話しになることが必要かと思えます。

ところが一方で、このような問題が我が国でも起こってきました。1つは、水系伝染病に関してです。今や水道水中にウイルスがたくさんあることは、よく知られていることです。特にウイルスは、水中の浮遊物質にかなり付着しております。福岡県でも既にあった事例ですが、A型肝炎の患者さんが出ておりますし、それから、死に至らないので余り大騒ぎしませんが、軽微な胃腸炎を起こすウイルス感染が報告されています。そしてさらに、1996年に埼玉県の越生で、この町はたしか人口が2万人程度だったと思いますが、8,800の方がクリプトスポリジウムに汚染し、胃腸炎を起こしております。我が国では1996年に大問題になり、一体何でその集団の消化性疾患が発生したのだろうと、かなり話題になりました。調べましたら、クリプトスポリジウムが原因でした。その後調べていきますと、このクリプトスポリジウムによる消化器系の疾患は、非常に多く見られることがわかってまいりまして、アメリカにおいても、それからヨーロッパにおいても問題となっています。このクリプトスポリジウムは、オーシストといまして胞子を形成します。塩素を含む多くの殺菌剤は、この胞子に対しては無効である、余り有効性が不高いということで、塩素消毒をしても、このクリプトスポリジウムは残ってしまい、感染性を持続することがわかってきました。

また、昨年あるいはその前の年に、水道原水の中に Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs) すなわち内分泌攪乱物質が入っていることがわかってきました。これは我が国では非常に大きな問題となっており、昨年あるいは今年で50億円という研究費をつけて精力的に研究を進めていますし、本年は、韓国で非常に大きな問題となっています。私も韓国の FDA に今年の6月に呼ばれて、この講演をしてきましたが、恐らく今問題になっていないアジアの国々においても、そう遠くない時期に問題になるだろうと推定されます。

この内分泌攪乱化学物質の問題は、水道の世界では発癌性物質が世の中に出てきた時と非常に似た状況になっています。すなわち、化学発癌性物質が出てきたのが、今から25～6年前で、1972年に最初の論文が出ました。アメリカが、実際に飲料水安全法を改定したのがその数年後です。その結果、非常に精力的な研究がなされ、化学物質の発癌性に関しては、安全な閾値というのはないので、新しい数式モデルを使って、今度はVSDという実質安全量を求めようという答えが、学問の世界から出てきました。その結果、発癌性物質については、非常に厳しい基準ができてきたというのが現実です。

それから約20年たって、この EDCs の問題が起こり、アメリカでは安全水道法の改正がなされました。日本でも今必死でいろいろ検討しているところですが、この物質については幾つかの問題点があります。それを今から見ていきたいと思います。

ご承知でない方もいらっしゃると思いますので、まず初めに、内分泌攪乱性とは何かということをお話ししたいと思います。これは WHO あるいは OECD のワークショップ等での定義ですが、EDCs とは、外来性の物質で、しかも生体に対して悪影響をもたらすもの。その悪影響とは、生物あるいはそのようなものに対して、生殖機能に影響し、あるいはその胎児に影響して内分泌系に変化を起こすことです。具体的には、雄雌の変化が起こる、生殖能が低下する等々で、その結果一番心配されているのは、人間という種も含め、種の存続が将来危ぶまれることです。水道の世界にとって、この物質の一番の問題点は、水道原水にこれが非常に多く含まれているということ。あるいは水道原水に含ま

れている可能性が非常に高い物質であることです。1998年、日本の建設省が河川水について、9種類の内分泌攪乱性化学物質を測定した例があります。このデータ、幾つか問題はありますが、その問題は別として、全部で256か所について採水をし、その中に内分泌攪乱性物質があるかどうかを調べました。九州でも筑後川の何カ所かで調べられています。その結果、女性ホルモンそのものが約半分以上のところで見い出されています。それからフタル酸エステル類が約34%、いろいろなプラスチックの中に含まれているビスフェノールが23.8%、そして界面活性剤の代謝物でありますノニルフェノールが12.5%、私たちの周りの河川水から見い出されています。このような物質が水道原水に入っているわけです。

今日はデータをお示しませんが、水道原水の中の内分泌攪乱性を、ある方法で測定しますと、多くの水道原水に内分泌攪乱性物質が含まれています。また、日本の場合には下水処理水を河川に戻して、それをまた水道原水に使っているところが幾つかあります。その代表的な例が大阪ですが、その場合には、下水処理水の中にも内分泌攪乱性が見い出されていますし、またさらに、合併浄化槽の処理水についても、私たちのデータでは、内分泌攪乱性が既に見い出されています。これらにより、水道原水には内分泌攪乱性を疑わせる物質が存在していることとなります。

こうなると、水系伝染病で代表される問題と有害化学物質で代表される問題が、Tap Waterの健康影響の問題として、新しい問題を突きつけています。すなわち、従来の消毒法では処理できない胞子形成性のもの、あるいは水中でコロイド状の有機物質に吸着しているウイルス関係のもの、このようなものはなかなか従来の方法では消毒できない。あるいは、バイプロダクトという問題、そしてさらにダイオキシンで問題になっていますが、非意図的生成物質、それからノニルフェノールでわかりますように、河川水あるいは湖沼、その他自然界の作用によって出てくる物質の存在、そして新たなEDCsの問題、これらが私たちの水道原水の中に入っていることがわかってきました。

私は先程、今の水道水は、今の水質基準が測られているものに対しては非常に安全である。もし、たばこを吸う方が水道水の安全性を問題にするようなことがあったら、「何をおっしゃるんですか」と堂々と言いなさいと話しました。ところが、実はまだ、得体の知れない物質が水道原水の中に入っている。どの程度の化学物質が入っているのか、実は10%か20%の有機物しかその定性ができていません。よって、新しい方法論をつくる必要があります。

ウイルスとクリプトスポリジウムの場合には、塩素処理では不十分であることがわかってきましたので、現在新たな方法を開発し導入しようということが、我が国でも積極的に行われています。それは、オゾンあるいはAOPと呼ばれる高度酸化処理のシステムです。UVあるいはオゾン、あるいはその他の高度酸化処理システムを使って、従来の方法では完全に殺菌できなかった物質をきちんと殺菌しようという動きが、日本でとられています。

もう一方の有害物質についてですが、後ほど詳しくお話しますが、私たちの回りには6万の化学物質があると見積もられています。それ以外にもいろいろ副生成物質がありますが、非常に多くの物質があるにもかかわらず、化学物質で水質基準が設けられているのは、わずかに54です。あとは、毒性がわからないままに放置されています。よってそれ以外のものについて、水道原水あるいは上水の安全性を確保する上で、新しいテクノロジーが導入される必要があるだろうということになります。

それでは新しい方法論として、どのようなことが考えられるかについて、私たちが最近積極的に進めております方法を簡単にご紹介してみたいと思います。

まず、この世の中にはどれだけの化学物質があるかということからお話したいと思います。ここ

におられる方で、理学部の化学あるいは工学部の化学、薬学でも結構ですが、ケミストリーをかつて勉強された方がおられましたら、よくご存じだと思いますが、ケミストリーで、最も重要で、最も使われているデータベースは、ケミカル・アブストラクトです。世界の中で新しい化学物質が誕生し、そしてそれがどこかの論文に載ったら、それを全て集めようというのが、このケミカル・アブストラクトです。ですから、世の中に1回でも誕生すれば、このケミカル・アブストラクトに引用されます。このようなデータベースは、世の中にどれだけの数の化学物質があるかを推定するのに、非常に客観的かつ信頼性の高い数字になろうかと思えます。

このケミカル・アブストラクトに、1,000万番目の化学物質が登録されたのが1990年です。そして、昨年あるいは今年の初期の段階では、1,800万の化学物質が登録されています。この9年間で800万もさらに誕生したことになります。今日の段階では、恐らく2,000万位に達しようとしていると思えます。これだけの化学物質が世の中に誕生しているのです。これは第2次世界大戦以降どんどん増えていきます。この中の大部分は、私の所属しています薬学部でもそうですが、研究室の中にストックしてあります。ちなみに1990年の1,000万番目の化学物質は、私が現在おります九州大学薬学部の先生が作りしました。その先生は大変名誉ある賞を、このケミカル・アブストラクトからいただいたわけです。

日本では化学物質審査規制法という法律がありますが、それから推定しますと、我が国では、少なくとも6万の化学物質が毎日つくられ、使われていることになります。人によっては10万と言われる場合もあります。現に、先ほどの内分泌攪乱化学物質について、アメリカでは新しい方法論・対策を立てようとしています。そのときに、アメリカのEPAでは、8万7千の化学物質があると推定しました。大体6万から10万の化学物質が世の中にあり、約1万から2万の化学物質が地球上に蓄積しています。

前回のこの会議では廃棄物処理がテーマだったと伺いましたが、今、産業廃棄物の処分地には、非常に多くの化学物質が蓄積していることが問題になっています。このような化学物質は、結果的に水道原水の中に入ってきます。そこで、私たち水道の世界で問題になるのは、一番初めにお話しした量と質です。とりわけ、福岡市の場合には、量が非常に限られています。皆さんも宿泊されているホテルから見られるとすぐにおわかりになると思いますが、すぐそばに山が迫っています。つまり、河川の流路が非常に短い。その結果、水量が非常に少ないということになります。皆さんが今朝お飲みになった水は、その山の向こうの川からとってきて、私たちの水道として使っているものです。そしてそれでも足りないので、様々な水資源を調査しています。その1つとして、下水処理場の処理水を使うことが検討されています。これは、今、Tap Waterとしては使っていませんが、中水として使用しています。フラッシュウォーターとして使っているのです。それから、海水を淡水化することが具体的にされています。視察のコースに入っているかもしれませんが、飛行機で上空からご覧になるとわかりますように、玄界灘に淡水化装置をつくらうと、具体的に予算措置をしています。

このようなことになると、原水の質がかなり問題になってくることは自明です。それ以外にも、河川水あるいは湖沼水の原水の水質はどんどん悪くなっています。いかに原水の質と量を管理し、そして良質に保つかが重要になっています。原水の質をどのように監視するかが問題となります。

そのことを考える上で、別の見方をしてみたいと思います。我が国の水道水でリーダー的な役割を果たしておられる、かつて国立公衆衛生院にいらっしゃいました、まがら先生、現在は北海道大学の教授ですが、その先生がある書物に、水道水の健康リスクについて、どのような方法論が今後なされ



るかについて書いておられました。現在及び今後ですが、水系伝染病に関しては、全てのバクテリアやウイルスをチェックするのは不可能である。代替指標を使うしかない。その代替指標として、日本ではE.coliあるいは一般細菌数、あるいは残留塩素という形で確保しているんだと。同じ概念を化学物質についても使ったらどうだろうかということであります。現在48から54になりましたが、スタンダードを持っている物質はこの程度です。6万から10万の物質については非常に心もとない段階です。ましてや、環境中でいろいろ出てくる非意図的生成物質や変化体については全く手が施されないような状態だということが、これからわかると思います。そういう他の物質、レギュレーションのかかっていない他の物質について、現在我が国の水道では、トリハロメタン生成能(Trihalomethane Forming Potential)という概念と、それからTOX (Total Organic Halogene)で消毒副生成物についてはコントロールしていますが、それ以外の概念を将来入れる必要がある。その概念として、バイオ・アッセイが提案されました。

バイオ・アッセイとは何か。時間の関係上、少し省略させていただきますが、従来の化学分析は、化学試薬を使って化学反応をおこさせ、そしてその物質量を定量することで行っています。これにより水道水あるいは水道原水中の有害物質の量を測り、それをコントロールしているわけですが、それにかわって、バイオ・アッセイでは生物材料を使い、その生物の反応をもとに有害量を測るものです。そして有害量を低減させる方向で水道水中の、あるいは水道原水中の化学物質のリスクインパクトを下げる、そして、より安全性を高めるという形で概念を構築していこうとしています。

この考え方をもとに、環境庁の未来環境創造型基礎研究推進制度がバックアップして、1997年から今年まで、毎年1億円で研究プロジェクトを組み、現在仕事を進めています。この中で、いろいろな種類のバイオ・アッセイを調べて、どの方法が有効であるか、そしてどの方法と方法を組み合わせたら水道原水あるいは環境評価に使えるかを明らかにしようとしています。多くの種類のバイオ・アッセイを総合比較するために、内分泌攪乱性物質28を含む255の化学物質について、それぞれを全部横並びにして新しい方法論をつくらうとしています。

たとえば、ダイオキシンなどで代表される、発ガン性あるいは肝障害性などの肝臓への影響については、毒物の代謝酵素の定量、肝細胞が物を食べること(肝細胞の貪食能 phagocytosis)への影響、あるいは遺伝毒性等を調べて、それらの方法論をつくっているところです。それから内分泌攪乱性についても、同様にいろいろな試験方法をつくり、その結果、例えばフタル酸エステル類についてはダイオキシンの検出系を使うことで、低濃度でも非常に応答性が分かり易いことがわかりました。さらに免疫毒性試験(immunotoxicity)で見ると顕著な毒性があるとか、肝障害性、あるいはミジンコへの影響を見た場合はどうであるかということ調べていき、どういう組み合わせで行えば化学物質がより正確に評価できるかが少しづつわかってきました。

バイオ・アッセイを使って水道原水をチェックし、毒性つまりハザードなインパクト(hazardous impact)を指標とする事は、新しいコンセプトを取り入れるという見方もできます。

それでは、これをどのようにして環境あるいは水道原水の管理に使っていくかという1つの概念(方法論)を示します。まず水道原水に、この評価系を使ってどのような毒性があるかを調べます。もし、低毒性であれば従来の浄水方法で水道水をつくれればいいでしょう。しかし、万が一、毒性があったなら、原因物質(target chemical)を特定したり、毒性を下げるような浄水方法を導入すればいいだろうということになります。具体的には原水をトリートメントプロセスにしたがって揮発性であるか、あるいはイオンであるか分画化して、そしてもう一度バイオ・アッセイにかけてみる。その結果、た

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、

