

# 科学技術動向

## 科学技術動向研究

身近にある水の現状と課題

P.1

P.10

アジアにおける防災衛星システムの構築と国際協力の推進

P.2

P.20

## トピックス

情報通信分野

P.3

1 高速不揮発性スピンRAMの進展

環境分野

P.4

2 イオン液体を用いた廃プラスチックリサイクル方法の開発

エネルギー分野

P.5

3 係留可能な浮体型波力発電の実証実験が国内外で進展中

社会基盤分野

P.6

4 ホウ素と水素による各特性を活かした中性子遮蔽コンクリートの開発

フロンティア分野

P.7

5 巨大地震の解明に動き始めた地球深部探査船「ちきゅう」

6 日米 X線天文衛星、高エネルギー宇宙線生成の謎解明に貢献

その他の分野

P.9

7 欧州で進む人文科学分野の文献データベース構築



東京都水道局

災害監視衛星(概念図)



光学衛星

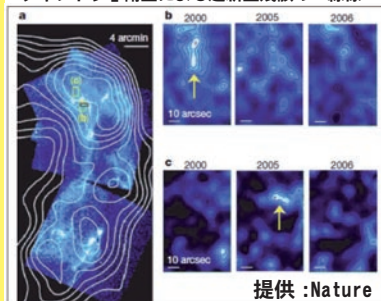


合成開口レーダ衛星

提供: JAXA



「チャンドラ」衛星による超新星残骸の X 線像



提供: Nature

## 身近にある水の現状と課題

水は生命の維持に不可欠である。水に関する問題は多く、生活様式の変化に伴う生活用水の増加、人口増加に伴う食料生産拡大による水使用量の増加、食料自給率と仮想水の関係、水道水の安全性の懸念からボトル水の需要増大、とうもろこしなどのバイオマスの生産増加に伴う農業用水の需要増加、都市部への人口集中による水需給の地域的な偏りなど、多くの課題要素を含んでいる。

最近 20 年間を見てみると、日本全国のほとんどの場所で一度は渇水が発生している。渇水による断水などにより、日常生活に大きな影響を与えるだけでなく、農作物も被害を受け、野菜などの価格の上昇や製造工場の操業に支障が出ることもある。造水技術として海水淡水化があるが、これには多くのエネルギーを要する。つまり、水不足はエネルギー需要の拡大につながることから、地球温暖化の問題が懸念される。また日本は食料の約 60% を輸入しており、海外ではそれらを生産するために水を必要とする。このような仮想水（バーチャルウォーター）に対する課題も多い。

最近では安全性やおいしい味を求めてボトル水の購入が増加している。水道の供給単価は地域によって違うが、全国平均は  $1\text{m}^3$  で約 170 円であり、ボトル水は 1.5 リットル入りで約 200 円であることから、500 ～ 1000 倍のコストがかかっているにもかかわらず、ボトル水の消費量は上昇しており、国内商品のみならず、輸入品も増加している。水道水に対する意識調査結果によると、水道水に対する不信感が大きい。しかし、実際にはミネラルウォーター類などのボトル水の水質は、製造に使用する原水に対する管理検査項目は 18 項目で、水道法が適用される水道水の 50 項目と比較すると大きな差がある。つまり、水道水のほうがボトル水のそれよりもはるかに厳しい品質によって管理されている。2007 年 6 月、サンフランシスコ市でボトル水の購入を永久に禁止する市長命令が出された。これは、税金の節約と環境保護が目的とされている。アメリカでは、国民が購入するボトル水の容器の材料として、年間 4000 万ガロン以上の石油が消費されていると試算されている。また、その容器の廃棄の問題も生じることから、この件に関して多くの議論がされている。

環境負荷低減を目指すために、今後は中水の再利用、水熱の利用、そして水道水に対する意識を改善していく必要がある。例えば、東京都では高度浄水処理された水道水をボトルに入れて「東京水」というブランドで販売している。我が国が持つ高度水処理技術や、一般家庭に適用されている節水技術、中水利用システム、水を熱源とする利用などは省エネルギーの観点からも世界に広めて行くことが望ましい。また海水淡水化施設における廃棄逆浸透膜や硬度低減化によって生成した副生成物や、高度浄水処理で使用した粒状活性炭等の有効活用、小水力発電施設の導入などの取り組みは、水資源の少ない地域への参考となる。

水問題は単に水の需要に留まらず、多くのエネルギーや環境問題につながっているということを認識し、特に水道水に関するイメージを改善する必要があるとともに、身近にある水の大切さを再認識できるような活動が望まれる。

## アジアにおける防災衛星システムの構築と国際協力の推進

我が国は地震や台風による災害が多く、海溝型地震等による大規模災害の発生が懸念されている。アジア地域についても、インドネシア・スマトラ島沖大規模地震やインド洋津波が記憶に新しい。自然災害は発生を防止できないため、被災者の迅速な救助や災害リスクの識別による被害の軽減措置が重要である。地球観測衛星は、災害の影響を受けることなく被災地域を広く範囲にわたり迅速に観測できるため、航空機、ヘリ等から得られる情報と組み合わせて被災状況を把握し、救助活動を効果的にすることが期待できる。また、同一地域の定期的観測ができるため、災害リスクの識別ができると考えられる。

第3期科学技術基本計画に基づき総合科学技術会議が取りまとめた分野別推進戦略では、「災害監視衛星利用技術」を含む「減災を目指した国土の監視・管理技術」を、戦略重点科学技術の一つとして位置付けており、2015年度までに衛星観測監視システムを構築し、防災・減災に役立つ観測データを継続的に提供することによる国民の安全・安心の確保への貢献を目標としている。地球観測衛星の活用を検討するため、宇宙航空研究開発機構(JAXA)の陸域観測技術衛星「だいち」による防災利用実証実験が行われており、衛星地形図、ハザードマップの作成等の新たな利用技術が開発・検証され、防災活動に浸透しつつある。また、我が国と同様に地震、台風等の被害を受けているアジア地域のために、センチネル・アジアと言う枠組みで2006年10月から「だいち」の画像データ等がインターネット経由で提供されている。多島国であることや道路網・通信網の整備状況等のため、被害状況の把握が困難な場合もあり、地球観測衛星は有効な被害状況把握手段となる。2007年9月の時点でアジア地域等の20カ国51機関および8国際機関が参加しており、アジア諸国の関心は高いと言える。しかし、ブロードバンドのネットワークが普及していない地域では、大容量データの迅速なダウンロードが困難なため、解像度を下げた画像データの提供が行われている。今後打ち上げられる超高速インターネット衛星「きずな」では、東南アジア向けのアンテナを搭載しており、大容量のデータ伝送が可能となるため、センチネル・アジアでも利用が計画されている。

一方、欧州でも、緊急対応における地球観測衛星の活用が計画されており、2008年頃には陸域観測、海洋観測および緊急対応の3つの中核業務を開始する予定である。欧州委員会が運営体制を構築し、欧州宇宙機関が開発する衛星や欧州各国政府、民間の衛星のデータを利用して、被害状況の把握、災害リスクの識別等のための情報を欧州各国政府機関、国連等へ提供することを計画している。

我が国が、地球観測衛星の防災への応用においてアジア諸国との国際協力を推進し、アジア諸国との友好関係を維持・強化することは、我が国の国益にも資する。地球観測衛星、超高速インターネット衛星を科学技術外交のためのツールの一つとして位置付け、宇宙外交を推進し、我が国のみならずアジア地域の防災活動に貢献すべきである。

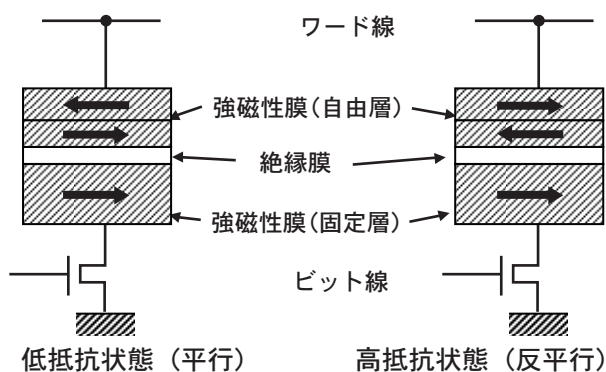


パソコンのメインメモリは、現在、SRAM や DRAM などの揮発性メモリであるが、高速起動と省電力化にとって、動作速度が速くかつ集積度の高い不揮発性メモリの開発が大きく寄与すると考えられる。東北大学と(株)日立製作所は、産学連携の成果として、スピン注入方式のトンネル磁気抵抗効果を用いた 2M ビットの不揮発性 RAM「スピン RAM」をさらに改良し、高信頼性と低消費電力を実現した。素子の微細化と高集積化時に致命的となる熱揺らぎの問題を、自由層を 2 層にするなどして克服し、10 年間の情報保持を可能とした。開発に着手する企業も増えつつあり、今後、高集積化が進めば、スピン RAM の実用化も間近い。

## トピックス / 高速不揮発性スピン RAM の進展

パソコンの高速起動や情報機器の省電力化にとって、動作速度の速い不揮発性メモリの開発が大きく寄与すると考えられる。現在、パソコンのメインメモリとして使われている SRAM や DRAM などの半導体の揮発性メモリでは、記憶内容の保持には常時書き込みのための電力が必要であり、電源を切れば情報を保持できない。一方、不揮発性の FLASH メモリは、速度が遅く書き換え耐性が低いためメインメモリとしては理想的ではない。これらの理由により、高速不揮発性メモリの候補としてトンネル磁気抵抗効果 (TMR) を用いた素子が研究されてきた。東北大学と(株)日立製作所は、産学連携の研究成果として、2007 年 2 月に 2M ビットの「スピン RAM」の試作に成功し<sup>1)</sup>、さらに構造を改良して高信頼性と低消費電力を実現する技術を確立した<sup>2)</sup>。

### 改良型「スピン RAM」の構造



TMR 素子は、強磁性金属膜 (自由層) / 絶縁膜 / 強磁性金属膜 (固定層) の 3 層構造 (図表) をしており、絶縁膜を挟む磁性膜の磁化方向が平行か反平行かによって電気抵抗が大きく異なる現象を利用した素子である。

ビット線とワード線に流す電流により発生する磁界で自由層の磁化を反転させて書き込みを行う

という従来の提案では、線幅を半分にする必要電流は 4 倍になるため、集積化の限界が見えていた。その後、素子に電流を直接流し、その方向によって自由層の磁化方向を平行か反平行かに揃えるスピン注入が可能になったことがわかり、この方式による「スピン RAM」へと研究の主流は移った。この方式によると、線幅を半分にする書き込みに必要な電流は半分となるため、高集積化には有利である。

東北大学と(株)日立製作所は、試作した 2M ビットのスピン RAM の評価を行い、実用化への問題点を探った結果、書き換え時間約 85ns、読み出し時間約 35ns が確認され、速さと書き換え耐性については、SRAM や DRAM に比べて遜色は無く、実用化に問題がないことがわかった。しかし、この段階では、自由層の磁化方向が室温の熱揺動でわずかの確率だが勝手に反転してしまうことが問題として残った。

そこで、自由層を 2 層にしてお互いの層の磁化が必ず逆向きになる様に変更し、熱的に反転するのに必要なエネルギーを増加させて反転確率はほぼ 10 分の 1 と減少させ、その結果、10 年間の情報保持の保証が可能となった。また、この改良型の構造では、同時に書き込みに必要な臨界電流も下がったことから、スピン RAM において高信頼性と低消費電力を実現した。

スピン RAM の開発に着手する企業が増えつつあり、より高集積化が進めば、実用化も間近い。また、マイコンチップの混載メモリとしての利用価値も大きく、この方向での実用化も望める。

今年度のノーベル物理学賞は、「スピントロニクス」という新しい分野の発展のきっかけとなった 2 氏に対して贈られ<sup>3)</sup>、その成果は、ハードディスクの小型化への貢献にとどまらず、スピン RAM の様な新しい原理の磁性メモリをも生み出している。

### 参 考

- 1) 文部科学省ホームページ : [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/shiryo/006/07061516/007.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/shiryo/006/07061516/007.pdf), および日立製作所ホームページ : <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2007/02/0213.html>
- 2) 52nd Magnetism and Magnetic Materials Conference 2007 (Nov. 5-9), at Tampa, Florida
- 3) ノーベル財団ホームページ : [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2007/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2007/index.html)

山口大学大学院医学系研究科の上村明男教授らは、イオン液体を用いた新規な廃プラスチックリサイクルの方法を考案し、プラスチックのリサイクル方法の中でも最も理想的とされるモノマーリサイクルを実現した。6-ナイロンに対して、イオン液体のNメチル-N-プロピルピペリジニウム-ビス(テトラフルオロメタンスルフォニルイミド)を溶媒とし、反応触媒にN,N'-ジメチルアミノピリジンをを用いたところ、従来の熱分解法や水熱法では困難であった86%という高収率でモノマーを得ることができた。反応後もイオン液体に目立った劣化もなく、繰り返し使用が可能であり、今後幅広いプラスチック材料へ適用できる可能性がある。

## トピックス 2 イオン液体を用いた廃プラスチックリサイクル方法の開発

山口大学大学院医学系研究科の上村明男教授らは、イオン液体を用いた新規な廃プラスチックリサイクルの方法を考案した<sup>1)</sup>。

循環型社会を実現する上で、不可欠な技術の一つがプラスチックのリサイクルであるが、いくつかの方法が検討されている。その一つであるモノマーリサイクルは、複数のモノマーが結合した化合物(=ポリマー)であるプラスチックを、原材料のモノマーに戻した後、重合工程を経て再びプラスチックにリサイクルする方法であり、最も理想的なリサイクル方法と考えられている<sup>2)</sup>。

しかし、これまでプラスチックをモノマーに戻す反応(解重合反応)を起こすには、高温高压の処理が必要である上、モノマー以外の副生成物が多く発生してしまうことが大きな問題であり、効率的かつ選択的な解重合反応の実現が望まれていた。

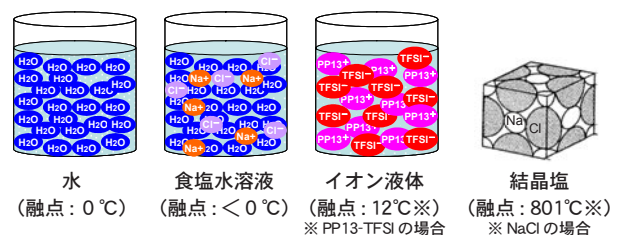
上村教授らが考案したのは、反応媒体にイオン液体を用いた全く新しいモノマーリサイクルの方法である。イオン液体は室温で流動性のある液体状態の塩である(図表1)。水あるいは有機溶媒とは全く異なり、不揮発性で不燃性、低毒性、高い溶解性という特徴を有し、化学反応の新しい溶媒として注目を集めている。

従来のプラスチックのリサイクル法として知られる熱分解法や水熱法では、プラスチックを分解する解重合反応を起こすには、高温高压の特殊な設備が必要であったが、イオン液体を用いることにより、プラスチックと、解重合反応を促進する触媒の溶解性がともに高まるため、低温で高い選択性で反応の進行が可能となる。

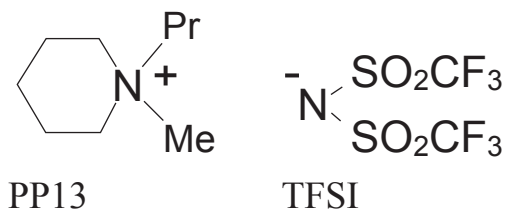
今回、溶媒にイオン液体であるNメチル-N-プロピルピペリジニウム-ビス(テトラフルオロメタンスルフォニルイミド)(PP13-TFSI)(図表2)、反応触媒にN,N'-ジメチルアミノピリジンを用いて、300℃の温度条件で、繊維や汎用プラスチック材料として一般的な6-ナイロンに対して解重合反応を行った。その結果、モノマーであるカプロ

ラクタムの収率が、従来法では30~40%であったのが、本方法では86%という高収率で回収できることを確認した(図表3)。また、一度反応に用いたイオン液体には目立った劣化もなく、6-ナイロンに由来する成分がほとんど認められず、そのまま繰り返し使用が可能であることが確認された。本手法は、FRPやPET、ポリカーボネートなど、縮合系ポリマーのプラスチックに幅広く適用できる可能性がある。

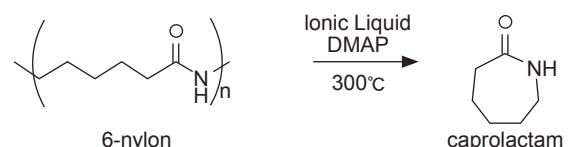
図表1 イオン液体の模式図



図表2 イオン液体(PP13-TFSI)の化学式



図表3 6-ナイロンの解重合反応式



出典：参考文献<sup>1)</sup>

### 参 考

- 1) Akio Kamimura and Shigehiro Yamamoto, Organic Letters, 2007, Vol.9, No.13, pp2533-2535
- 2) 上村明男, 第一回 JCII イオン液体研究推進懇話会資料, 2007年10月5日

海洋エネルギーを活用した発電技術に関する研究開発においては、海洋にプラントを設置する場合には、海域の生態系保全、漁業との棲み分け、景観破壊などの課題がつねに存在する。最近日本では人口筋肉材料を応用して開発されたブイ型発電システム、そして米国では浮体ブイ型の波力発電の実証実験がスタートした。英国ではPelamis と呼ばれる大規模の浮体型発電システムの商用化実験が進められている。これらは、海洋に固定設置する必要が無く可動型になり得るシステムで、課題の解決策として注目される。

### トピックス 3 係留可能な浮体型波力発電の実証実験が国内外で進展中

潮汐、波、海流や温度差などの海洋エネルギー活用に関する研究開発が国内外で盛んに実施されており、波力発電システムについては実証実験がスタートしている。

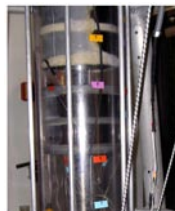
海洋エネルギーを活用する場合、エネルギー関連の技術的要素だけでは解決できない問題が顕在化している。例えば、潮汐差の大きな場所にできる干潟は生物多様性保全の観点から設備の固定が困難なこと、洋上に大規模プラントを建設した場合に漁業権侵害や景観損失を招くこと、などである。

我が国では、(株)HYPER DRIVE (東京都新宿区)が、海洋に固定設置する必要が無いブイ型の波力発電装置を開発し、現在フロリダ沖で実証実験中(図表1)であるが、上記のような問題を解決するものとして注目される。このブイ型発電装置は、米国NPOのSRI Internationalが開発した発電素材EPAM (Electroactive Polymer Artificial Muscle)<sup>1)</sup>という人口筋肉材料を用いて開発されたものである。EPAMを蛇腹状に連結し、下方に取り付けられた錘が波の動きに応じて上下する時に、EPAMも同時に伸縮して発電する仕組みである(図表2)。現時点での発電能力は5W程度であるが、耐久性と素材コストを改善し、総発電量の大幅向上を目指している。小さな波でも効率よく発電できるので、海域を選ばず、小型で発電効率の高いシステムになる可能性がある。

これまでに科学技術動向誌で報告した中では、米国のオレゴン州立大学が進めている波力発電コンセプト<sup>3)</sup>も浮体ブイ型であり、同様に注目されるものである。現在このコンセプトは実証実験に移行し、2008年からの実用化を目指している。

一方、Pelamis Wave Power Limited (英国、

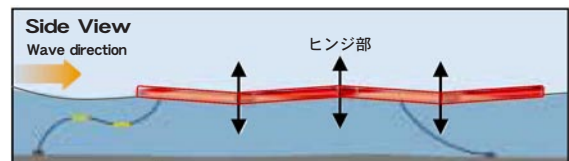
図表1 ブイ型波力発電装置 図表2 EPAMの発電部  
(表紙カラー図参照)



ともに 出典：参考資料<sup>2)</sup>

エンジンバラ)が開発したPelamis P-750と呼ばれる波力発電システム(図表3)は、大規模な浮体型として注目される。形状は直径3.5m×長さ150mの円柱物で、3箇所屈曲可能なヒンジ部がある。これを沖合いに浮かべると、波のうねりに応じて図表3のように屈曲し、ヒンジの屈曲と連動した内部ラム機構を介して油圧モータを動作させ発電ができる。発電された電力は、Pelamis本体を洋上で係留するように取り付けられた半固定の海中ケーブルを介して地上に送電される。

図表3 Pelamis 本体の外観と作動イメージ



出典：参考文献<sup>4)</sup>

このシステムの発電能力は750kW(1ヒンジ当たり250kW)で、風力発電1機分と同等である。実用に際しては洋上で複数体を連結する洋上ファーム方式が構想されており、例えば40体連結の場合には最大30MW発電できる可能性がある。これは、2万世帯分に相当する規模であると報告されている<sup>4)</sup>。英国政府は、商用化を目指した実証実験をこの夏から進めている。英国コーンウォール沖での洋上ファーム(Wave Hub Project)で、世界初かつ最大級の再生可能エネルギー洋上発電ファームを築き、スコットランド地方を海洋エネルギー開発において世界一にすることを目指している。

これら全ての波力発電システムは、海洋に固定設置する必要が無いため、これまでの課題の解決策として注目されている。

#### 参 考

- 1) Artificial Muscle Incorporated ホームページ資料：  
<http://www.artificialmuscle.com/>
- 2) HYPER DRIVE ホームページ資料：  
<http://www.hyperdrive-web.com/index.html>
- 3) 「新しい方式による波力発電システム」科学技術動向 2005年8月号
- 4) Pelamis Wave Power Limited ホームページ資料：  
<http://www.pelamiswave.com/>



放射線の一種である中性子は、近年、脳腫瘍などの治療や、高品位の半導体用シリコン単結晶の製造、リチウム電池、燃料電池の高性能化など幅広く利用されている。しかし、中性子は、物質透過能力が強いため人体への影響が大きく、また建物における遮蔽方法および設計が難しい。大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 (KEK) と (株) 間組は共同で研究を進め、2007年7月に、普通コンクリートに比べて約1.7倍の遮蔽性能を持った中性子遮蔽コンクリートの開発を発表した。共同研究グループはこの開発において、従来研究されていたホウ素原子による中性子の捕獲吸収特性だけでなく、水素原子による中性子の減速特性を加味させる方法を用いた。この開発により、コンパクト化による室内空間の拡大や建物重量の軽量化に伴う基礎工事の低減が可能となり、今後、中性子を扱う医療施設、研究施設、原子力施設などで多用されることが期待できる。

## トピックス 4 ホウ素と水素による各特性を活かした中性子遮蔽コンクリートの開発

放射線の一種である中性子は、近年、脳腫瘍などの治療にも威力を発揮することが実証されつつあり、また中性子散乱技術を応用した高品位の半導体用シリコン単結晶の製造やリチウム電池、燃料電池の高性能化など、利用範囲が拡大している。しかし、中性子は、物質透過能力が強く人体への影響が大きい。しかも、 $\alpha$ 線や $\beta$ 線など他の放射線と比べて飛跡が複雑なために、遮蔽方法および設計が難しい。中性子線を遮蔽する材料としては、コンクリートが効果的ではあるが、遮蔽効果を向上し、かつコンクリート厚を薄くできる技術が求められている。

(株)間組は、以前より中性子に対する遮蔽材料の研究を行ってきたが、2004年からは、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 (KEK) と共同で中性子を遮断する高性能なコンクリートの研究を進めている。この共同研究グループは、2007年7月、普通コンクリートに比べて約1.7倍の遮蔽性能を持った中性子遮蔽コンクリートを開発したと発表した。

中性子は無電荷で原子核だけに反応する。中性子自身より重い原子核との衝突時は、原子核に跳ね返され速度 (エネルギー) があまり低下しないため遮蔽が難しいが、中性子と重さが近い水素原子核 (陽子) と衝突すると陽子が弾き飛ばされ、中性子の速度を急激に低下させることができる。減速した中性子を捕獲する元素としては、過去の研究からホウ素、カドミウム、リチウムなどが知られており、1950年代には骨材にホウ素含有岩石を用いた研究が行われたが、コンクリートが固まりにくく、力学特性が悪いため、長期間にわたって研究が途切れていた。

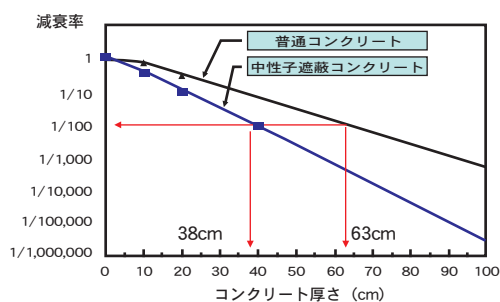
共同研究グループは、従来のホウ素原子による中性子の捕獲吸収特性だけでなく、水素原子による中性子の減速特性を加味させる方法を用いた。コンクリートには、粗骨材として水素原子を多く含む北日本産の変成岩を、細骨材にはこの変成岩

を砕き砂にしたものにホウ素を含んだトルコ産の天然砂と普通セメントを使用した。中性子遮蔽能力は、粗骨材、細骨材、セメント、水などの適正な配合方法の決定が重要であり、遮蔽シミュレーション解析により使用材料と遮蔽性能の最適化による配合量を決定した。

開発した中性子遮蔽コンクリートは、低速から高速中性子<sup>注1)</sup>の広い範囲を遮蔽でき、普通コンクリートの約1.7倍の遮蔽性能をもち、厚さを約40%低減させることができる (図表)。圧縮強度は普通コンクリートと同等性能ではあるが、長期耐久性を示す乾燥収縮量や中性化深さ量<sup>注2)</sup>はむしろ良い性能を確保している。

製造コストは、プレキャスト板製品 (工場製品) と比べると約2割増ではあるが、コンパクト化による室内空間の拡大や建物重量の軽量化に伴う基礎工事の低減が可能である。今後、中性子を扱う医療施設、研究施設、原子力施設などで多用されることが期待できる。

中性子遮蔽コンクリートの性能



提供: KEK・(株)間組

注1: 低速中性子 (0.03 ~ 100eV)、中速中性子 (0.1 ~ 500eV)、高速中性子 (500eV 以上)、1 eV の中性子速度 =  $1.4 \times 10^4$  m/s

注2: アルカリ性の性質をもつコンクリートが空気中の炭酸ガスなどの反応により中性化し、内部の鉄筋を腐食させる。この中性化の進行度合いを深さで表す。

地球深部探査船「ちきゅう」は、「南海トラフ地震発生帯掘削計画」を達成するため、紀伊半島沖の熊野灘で掘削を開始した。巨大地震や津波が発生するメカニズムを解明し、変動していく地球の姿を明らかにしていくため、発生の原因となる断層を掘り、地質試料を採取し、また地震断層を現場で直に観測するもので、世界の科学史上初めての計画である。日本と米国が主導国となる多国間国際協力プロジェクト統合国際深海掘削計画 (IODP) の一環として実施されている。「ちきゅう」には世界から乗船研究者が参加し、我が国の研究者が主導する形で計画を実施している。11月15日には第1次研究航海が完了し、地震発生帯上部の応力状態などのデータが得られた。

## トピックス 5 巨大地震の解明に動き始めた地球深部探査船「ちきゅう」

地球深部探査船「ちきゅう」はこれまでの試験運用を終え、「南海トラフ地震発生帯掘削計画 (略称：南海掘削)」の目標を達成するため、紀伊半島沖の熊野灘で掘削を開始した。これは、巨大地震や津波の発生するメカニズムを解明するため、また長い年月をかけて変動していく地球の姿を明らかにしていくために、これまで幾度となく巨大地震が発生してきた地震断層を掘削する試みであり、世界の科学史上初めての計画である。この計画は世界から科学者が集結し、我が国の研究者が主導して、数年にわたって実施されているものである。

また、この計画は日本と米国が主導国となる多国間国際協力プロジェクトである統合国際深海掘削計画 (IODP) の一環として実施されている。IODPは2003年10月からスタートし、現在は欧州、中国、韓国などの21カ国が参加している。日米欧がそれぞれタイプの異なる掘削船を提供し、参加各国が資金を分担している。乗船研究者数は各国の分担金に応じて構成され、「南海掘削」のステージ1 (2007年9月21日～2008年2月5日) では、共同首席研究者が日米から一名ずつ、また全期間の乗船研究者総数は、日本：21名、米国：21名、欧州：21名、中国：2名、韓国：1名である。

紀伊半島沖の熊野灘はフィリピン海プレートと大陸プレートの境界にあり、東南海地震など巨大地震の震源となることが想定されている海域である。この海洋地殻は年間約4センチの速さで大陸地殻の下にもぐりこんでいき、地震のエネルギーが蓄積していく。このようなプレート境界断層が地震発生帯となる。しかも熊野灘の地震発生帯は世界のプレート境界のなかでも比較的浅い深度にあり、「ちきゅう」の掘削可能深度である海底下6000m程度であり、研究対象という意味でも貴重な海域である。「南海掘削」はこのような地震発生の主断層や津波の発生原因となる断層などを掘りぬき、地質試料を採取することにより、また地震断層を掘削孔に挿入した測器で直接に観測することにより、断層内にある岩石と水について、圧力や物性を知り、地震発生過程にどのように作用し

ているかを解明できると考えられている。2007年度第1次研究航海は11月15日に完了し、海底下400～1400mまで掘削孔内の物理データが連続的に得られて、地震発生帯上部の応力状態や資質構造に関する情報が得られた。巨大地震発生のメカニズムが解明されることによって地震国日本の国民は大きな恩恵を受けることができるものと期待されている。

この海域は、地震発生のメカニズムを解明する科学的な研究にも、地震防災という安全安心の観点からも興味深い海域であるが、海底下の地質が複雑であるために掘削作業は困難が予想されている。フィリピン海プレートがはるか南方から運んできた地質や富士川から流れ込んだ砂泥などが長期にわたる地球史のなかで蓄積および圧縮され、しかも古い地層ほど上側にある褶曲地形となっている。このため断層によって孔内が崩落するなどの掘削リスクが想定されていた。

また、この海域は最強の海流の一つである黒潮の流域にあり、3ノット (時速約6キロ) を超え、また蛇行する流路も変動する。計画の現段階はドリルパイプによって掘削していく素掘方式である。掘削深度が大きくなるとドリルパイプが地層に押し付けられ、次第に回転しにくくなり、この方式では1800m程度が限界とされている。海底下6000mにある地震発生帯を掘りぬくため、将来、「ちきゅう」は海底石油掘削で実用されているライザー方式によって掘削する予定である。「ちきゅう」と海底を太いライザーパイプで完全につないだ状態としておき、セメント状の液体を循環させ、掘削した滓を取り除き、孔壁を保護しながら掘り進んでいく。強流による過大な力の発生を防ぐため、現時点で3ノット以下の地点を予測して掘削地点を決めなければならない。また、台風が発生した場合には、緊急に掘削作業を中止・回収・海域離脱などを行わなければならないため、掘削を確実に実行していくためには、黒潮蛇行を予測する技術や台風のシーズンを避けながら計画を進めるとともに、精度よく予測できる技術などの開発も必要である。



宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究本部 (ISAS) の内山泰伸研究員を中心とする研究グループは、さそり座にある超新星残骸の一つにおいて、宇宙線に含まれる電子・陽子と磁場が互いにエネルギーを増幅しあうことにより、1年程度の極めて短期間で高エネルギー宇宙線が生成されていることを発見した。20世紀初頭の宇宙線の発見以来、高エネルギー宇宙線が宇宙空間で生成されるメカニズムは謎であったが、極めて高い解像度でX線像が得られる米国の「チャンドラ」衛星と、広いエネルギー領域で高精度のX線スペクトルが得られる日本の「すざく」衛星のそれぞれの特長を活かした観測により、初めて直接的に捉えられた。これにより、超新星爆発によって星間空間に形成される衝撃波が、地球に降り注ぐ宇宙線を作り出す源であるという長年の仮説「衝撃波統計加速理論」が極めて有力となった。この成果は、英科学誌Natureの2007年10月4日号に掲載されている。

## トピックス 6 日米 X 線天文衛星、高エネルギー宇宙線生成の謎解明に貢献

宇宙線とは、宇宙空間をほぼ光速で飛び交い、地球に降り注いでくる荷電粒子のことであり、地上の加速器で生成される高速粒子以上のエネルギーを有することもある。20世紀初頭の発見以来、このような高エネルギー宇宙線が宇宙空間で生成されるメカニズムは謎であった。

宇宙線は、超新星爆発によって星間空間に形成される衝撃波によって加速されるという「衝撃波統計加速理論」が1978年頃に提唱された。この理論で重要な点は、宇宙線を介し、超新星爆発の衝撃波により星間磁場が強く増幅されるという予測である。

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究本部 (ISAS) の内山泰伸研究員を中心とする研究グループは、日本のX線天文衛星「すざく」と米国のX線天文衛星「チャンドラ」による観測を行い、さそり座にある超新星残骸の一つにおいて、宇宙線に含まれる電子・陽子と磁場が互いにエネルギーを増幅しあうことにより、高エネルギー宇宙線が生成されていることを発見した。

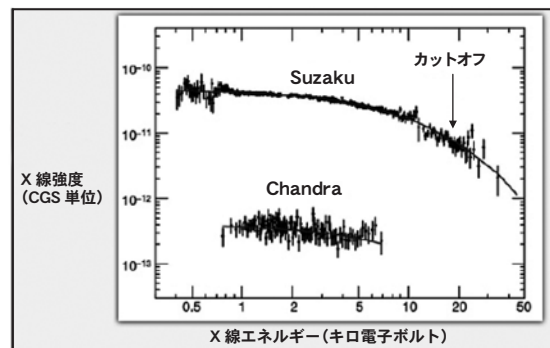
高解像度のX線像が得られる「チャンドラ」衛星で2000年、2005年、2006年に超新星残骸のX線スポットを観測したところ、X線強度が約1年間のタイムスケールで増大・減衰することを発見した (表紙カラー図参照)。この様に急激なX線強度の変動は、このX線が宇宙線に含まれるほぼ光速に近い電子によるシンクロトロン放射で生成されていること、また電子が強大な磁場中で加速されていることを示しており、宇宙線の加速に伴い、超

新星爆発で形成された衝撃波において、通常の星間磁場の100倍以上の強度、1ミリガウスまで磁場が増幅されていることになる。また、このような磁場の強度から、地上の望遠鏡で観測された超高エネルギーガンマ線は、このような磁場で加速された宇宙線陽子による中性パイ中間子の生成と崩壊によるものであることも判明した。

「すざく」衛星による広いエネルギー領域のX線スペクトル観測から、10キロ電子ボルト以上のエネルギー領域で急激にX線の強度が弱まること (カットオフ) が発見された (図表)。この発見から、衝撃波統計加速理論で考えられるほぼ最大のエネルギー増幅率で電子が加速されていることが判明した。

これらのことから、宇宙線の陽子が少なくとも1ペタ電子ボルト (ペタは10の15乗) まで超新星残骸中で加速されているとの論拠が得られた。

X 線スペクトル



出典：Nature(参考<sup>1)</sup>から転載)

### 参 考

- 1) 「超新星爆発の衝撃波で宇宙線は極めて短時間 (1年程度) で加速されていたー「すざく」衛星とアメリカの「チャンドラ」衛星のX線観測より発見ー」 (<http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2007/1004.shtml>)
- 2) “Extremely fast acceleration of cosmic rays in a supernova remnant”, 内山泰伸他、Nature、2007年10月4日

2007年6月、the International Society for Scientometrics and Informetrics(ISSI)の国際会議がマドリッドで開かれ、欧州科学財団による、欧州における人文科学分野の文献検索データベース European Reference Index for the Humanities(ERIH)が紹介された。ERIH計画は、欧州科学財団と欧州委員会が協同する「欧州研究圏における人文科学」企画の一環で、専門分野や言語の境界を越えて、人文科学分野の出版物に関する情報を得る手段を提供するものである。世界各地で出版される国際的にトップ・レベルと見なされる雑誌を、質と引用度に応じA、Bに類別し、欧州内のみで出版されるが重要性が高く国際的に引用される可能性がある雑誌をC類とし、C類の雑誌も国際誌と同様の文脈で扱う事を特色としている。人文科学の15分野について、各々、雑誌選定結果の公表が始まっており、2007年末を目途に完了する。現在は約4000種の雑誌が評価されているが、更に増誌・拡大する予定であり、次の段階では、編者や出版社と協力し、出版物の質の管理を行うことを目指している。

## トピックス 7 欧州で進む人文科学分野の文献データベース構築

欧州における人文科学分野の文献検索データベース European Reference Index for the Humanities (ERIH)計画は、欧州科学財団と欧州委員会の協同する「欧州研究圏における人文科学」企画の一環として推進されている。人文科学分野の著作は、他の科学分野に比べて、使用言語への依存性が高く、発表媒体も多様である（専門誌上の論文・書籍・講演録・選書・デジタル媒体など）。又、データが更新されるのではなく再解釈される事が多いため、データの管理運営期間が長いという特徴がある。

ERIH計画の趣旨は、専門分野や言語の境界を越えて、人文科学分野の出版物に関する情報を得る手段を提供することである。まず、トップ・レベルとみなされる雑誌の分類概念（A、B、C）を定め、専門委員会の厳選によって各分類に該当する個別雑誌を選定し、公表を開始した。欧州に特徴的な点として、専門委員は地理的な偏りが無いよう留意して選出されている。

雑誌の分類のうちA及びB類は、世界各地で出版される国際誌が対象となる。主要な言語は英語・フランス語・ドイツ語・スペイン語・ロシア語であるが、他の欧州言語をはじめ世界の他地域の言語も対象となり得る。A類は、多数国で購読され、分野内の研究者の評価が極めて高く、世界中で引用されるものとしている。これが全体の10～25%をしめる事が期待されている。B類も、複数国で出版され、他国の研究者の中でも評価の高いものとしている。

C類は、言語によって特定されるような地域・地方内での重要性が高く、主に地元で読まれるが、出版国以外で引用される可能性もあるものである。ただし、欧州（ここでは、欧州科学財団の加盟国）からの出版物のみが該当する。ERIH計画の特色として、C類に該当するような雑誌を国際的な文脈

で取り扱う事が挙げられている。

現在、人文科学を15分野に分類し、すでに11分野の雑誌選考の結果が公開されており、2007年末までに残る4分野の公表が予定されている。

発表済：人類学、ジェンダー研究、科学の歴史・哲学、言語学、音楽学、哲学、宗教学・神学、考古学、古典、歴史、教授・教育学  
未発表：芸術・芸術史、文学、東洋・アフリカ研究、心理学

今後、メディア学や倫理学などを追加する事も検討されている。現在約4000種の雑誌について作業が進んでおり、今後も増誌し、更に、書籍や、伝統的形式以外の出版物にも拡大する予定である。編纂刊行物や特集刊行物についても検討している。次の段階として、雑誌の編者や出版社と協力して、雑誌の質の管理を促進する事を目指している。

2007年6月25～27日マドリッドで開催されたthe International Society for Scientometrics and Informetrics(ISSI)の第11回国際会議にて、欧州科学財団のRüdiger Klein氏が上記計画について紹介した。ISSIの聴衆からは、人文科学系の著作を出典媒体の格や引用頻度で評価することになる可能性が危ぶまれた。欧州科学財団側は、ERIHの情報が人文科学系の著作の流布を促進する基盤構造となり、ヴァーチャル学習環境(VLE)などを活性化する可能性なども示唆している。

日本でも国立情報学研究所(NII)・国立国会図書館・JSTのJ-STAGE等で、人文社会科学系の日本語論文データ・ベース構築が着手されているが、更なる質・規模の向上が期待されている。

### 参 考

- 1) ERIH: <http://www.esf.org/research-areas/humanities/activities/research-infrastructures.html>
- 2) ISSI: <http://issi2007.cindoc.csic.es/program.html>

# 身近にある水の現状と課題

浦島 邦子

環境・エネルギーユニット

## 1 はじめに

水は生命の維持に不可欠である。水に関する問題は数多く、生活様式の変化に伴う生活用水の増加、人口増加に伴う食料生産拡大による水使用量の増加、食料自給率と仮想水の関係、水道水への安全への懸念から派生したボトル水の需要増大、とうもろこしなどのバイオマスの生産増加に伴う農業用水の需要増加、都市部への人口集中による水需給の地域的な偏りなどである。これらはそれぞれ多くの課題要素を含んでいる。こ

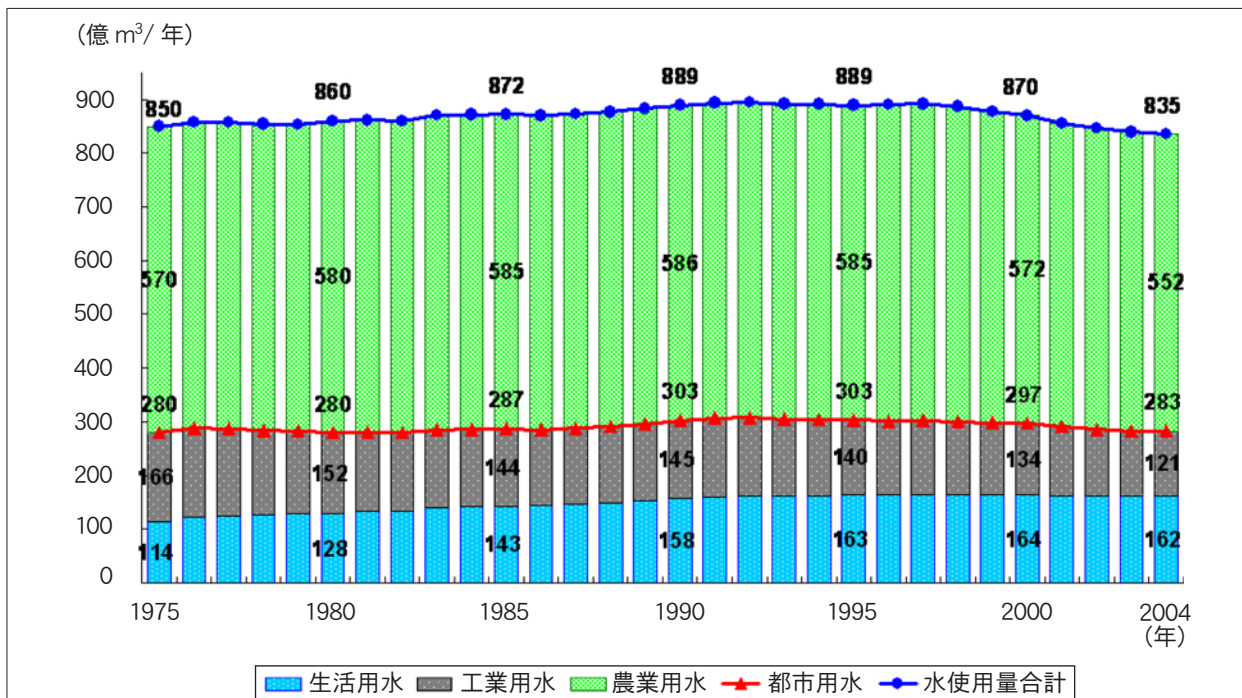
こ10年間で自然災害の90%は水に関連しており、また世界中で安全な飲料水を利用できない人の63%、基本的な衛生施設を利用できない人の75%がアジア・太平洋地域に集中しており、極めて深刻な状況である。

図表1に示すように、我が国の2004年における全国の水使用量は、合計で約835億m<sup>3</sup>/年、用途別では生活用水と工業用水の合計である都市用水が約283億m<sup>3</sup>/年、農業用水が約552億m<sup>3</sup>

／年である<sup>1)</sup>。工業用水の淡水使用量と生活用水を合わせた都市用水使用量は、1965年以降増加傾向を見せていたが、近年は節水技術の向上や経済状況等を反映してほぼ横ばいあるいは微減傾向にある<sup>2)</sup>。

水使用形態の区分を図表2に示すが、本稿では、生活用水を中心として、現在懸念されている水の質や不足、造水に伴うエネルギー増大、ペットボトル容器などの廃棄物の処理などに関する環境負荷の低減をどうすべきか考察する。

図表1 全国の水使用量

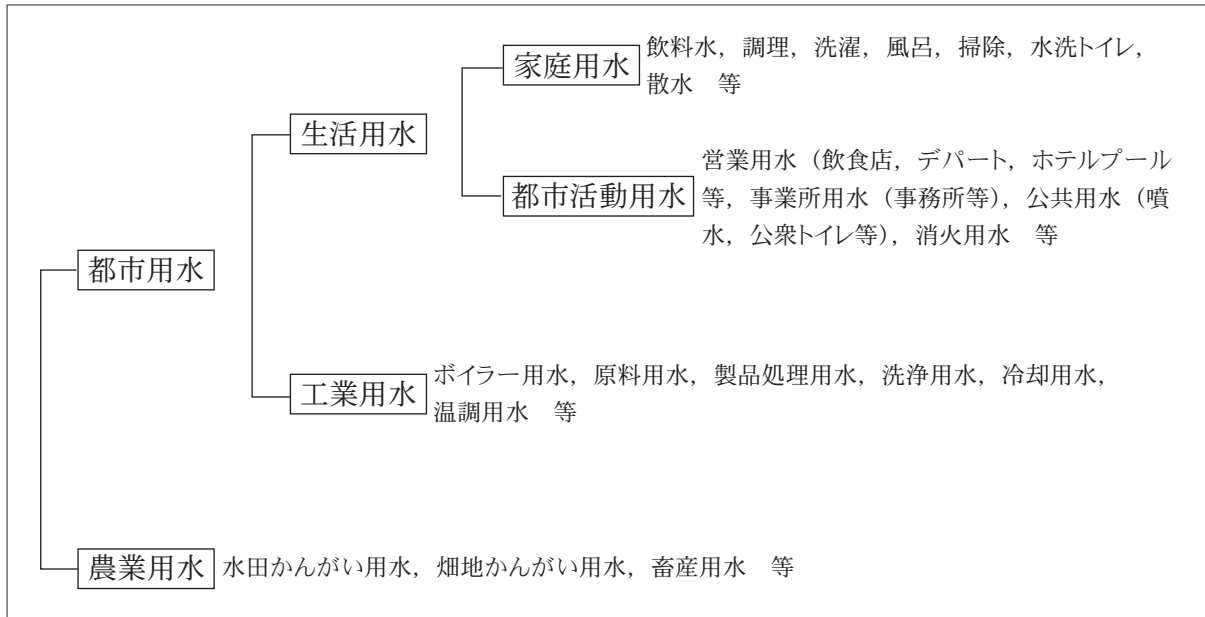


(注) 1. 国土交通省水資源部の推計による取水量ベースの値であり、使用後再び河川等へ還元される水量も含む。  
 2. 工業用水は従業員4人以上の事業所を対象とし、淡水補給量である。ただし、公益事業において使用された水は含まない。  
 3. 農業用水については、1981～1982年値は1980年の推計値を、1984～1988年値を、1990～1993年値は1989年の推計値を用いている。  
 4. 四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。

出典：参考文献<sup>1)</sup>より引用



図表 2 水使用形態の区分



出典：参考文献<sup>2)</sup>より引用

## 2 生活における水の現状

2 - 1

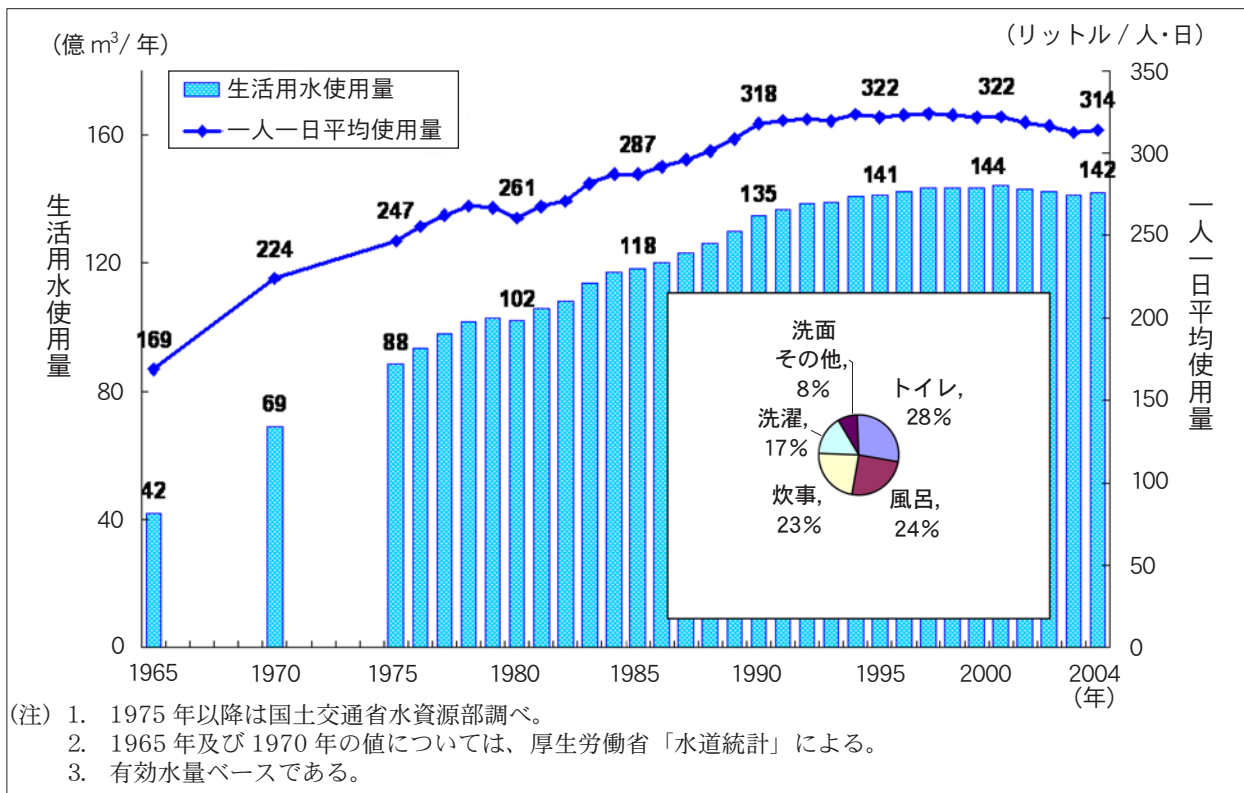
### 生活用水について

最近 20 年間を見てみると、日本全国のほとんどの場所で渇水が発生している。渇水による断水

は、日常生活に大きな影響を与えるだけでなく、農作物も被害を受け、野菜などの価格の上昇や製造工場の操業に支障が出る。例えば 1995 年に発生した渇水では、42 都道府県で約 1700 万人が影響を受けたと試算されている。図表 3

に示すように、生活様式の変化から全国的に一般生活での水使用量が増加している<sup>1)</sup>。ここでは特に以前から水不足に悩まされてきた地域である沖縄県で生じている問題を例にとり、普段の生活にかかわる水の問題について取り上げる。

図表 3 生活用水使用量の推移



(注) 1. 1975 年以降は国土交通省水資源部調べ。  
 2. 1965 年及び 1970 年の値については、厚生労働省「水道統計」による。  
 3. 有効水量ベースである。

出典：参考文献<sup>1)</sup>より引用

沖縄県では近年人口が増加し、1970年の約95万人から2005年には136万人と増加している。また、観光客数は1973年には約74万人だったのに対し、1984年には約205万人、そして2005年には約550万人と増加している。これには、飛行機の便数の拡大や、各島への直行便の増加などが影響している。観光客の増加に伴い、宿泊施設も増加している。沖縄本島の水道の施設基準は、宿泊収容人員1人あたり200～300ℓ/日であるが、実際沖縄県企業局による29の宿泊施設の調査では、宿泊客数1人あたり1日最大2,375ℓ、最小332ℓ、平均778ℓ使用していた<sup>3)</sup>。沖縄地方は以前から入浴習慣がほとんどなく、シャワーで済ませるといったスタイルが定着していたが、近年では観光客の増加に伴い水消費量も増大している。上水の確保が問題となっており、特に水資源に乏しい離島地域における水資源開発の多くは農業用水確保が主目的

であるため、少雨年においてはサトウキビに撒く水はあるのに水道水がない、と水利権に関する住民からの不満が出ている。他にも例えば、2つの簡易水道事業が存在する村では、村内で給水制限期間が異なり、住民の中に不公平感が生まれてきている。また水道料金も地域によって格差が生じている。例えば那覇市の水道料金は10m<sup>3</sup>あたり約1500円であるが、海水淡水化を行っている南大東村は約3400円である。つまり、現行の水道料金が2～3倍となり、この料金は観光産業にかかわっていない住民に対しても適用される。すなわち、渴水リスクの軽減と観光振興の間にトレードオフの関係があり、これが住民内のコンフリクトを生み出し、課題となっている<sup>4)</sup>。このような小規模自治体特有に見られる地域性のある問題は、沖縄に限らず全国各地で発生している共通の問題ではあるが、特に小規模離島の水道担当者は1名で浄水場の管理から水道の料金徴収まで

行っている町村もあることから、水道設備の設置に際し取り扱いが難しくない技術の導入が必要となる。

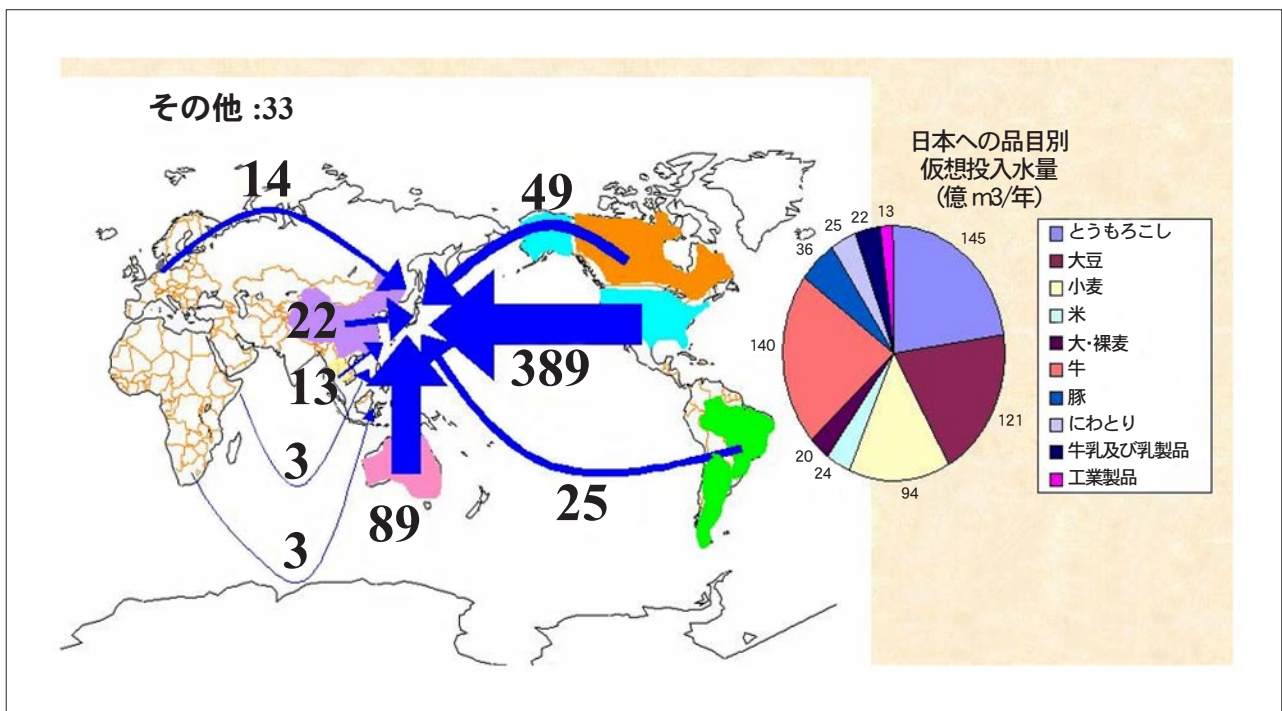
このように、生活スタイルおよび産業構造の変化に伴い、海水淡水化による造水の必要性が拡大している。当然ながら造水にはエネルギーが必要であり、原子力発電所のない沖縄では火力だけではエネルギー不足ならびに温暖化問題が懸念される。

2 - 2

食料輸入に関する問題

日本は食料の約60%を輸入しており、当然海外でそれらを生産するために水が必要であり、これを仮想水といい、この仮想水の量や質に関する課題も多い。例えば、食パン一斤を作るために必要な水は500～600ℓ、ステーキ200gに必要な水は約4,000ℓと試算されている<sup>4)</sup>。食料輸入に際し、食品に付随してくる水も同時に輸入

図表4 仮想水総輸入量



総輸入量：640 億 m<sup>3</sup>/年

日本国内の年間灌漑用水使用量：590 億 m<sup>3</sup>/年 (日本の単位収量：2000年度に対する食糧需給表の統計値より試算)

出典：参考文献<sup>6)</sup>より引用

していることから、その水質の問題もある。図表4に世界各地から日本へ入ってくる総仮想水の流れを示す。この図によると、北米やオーストラリア等からが最も多く、次に中国や東南アジア、ヨーロッパからも仮想水を輸入していることがわかる。仮想水の総輸入量は年約640億m<sup>3</sup>に達し、日本国内での総水資源使用量は年約900億m<sup>3</sup>であることから、日本で実際に使用している水の約3分の2に該当する量を、日本は海外で使用していることになる。仮に、国内で年間3,000万tにも及ぶ食料を自給することを目指すならば、食料生産に必要なかんがい用水を造水する必要が生じる<sup>6)</sup>。

2 - 3  
**ボトル水に関する問題**

日本では、以前からウイスキーなどを飲む際ミネラルウォーターやナチュラルウォーターが一般に普及していた。しかし、最近では安全性やおいしい味を求めて、日常のあらゆる機会でもボトル水の購入量が増加している。国内商品のみならず、輸入品も増加している。2000年におけるボトル水の輸入量は19.5万m<sup>3</sup>であった。国内で販売されている約3分の1はヨーロッパや北米からの輸入品である。ボトル水の輸入には当然ながら輸送燃料使用による

CO<sub>2</sub>の発生が伴うことから、エネルギー資源と地球温暖化ガス問題の一部とみなされる。また、ペットボトル容器の廃棄処分という問題も発生する。

2007年6月、サンフランシスコ市でボトル水の購入を永久に禁止する市長命令が出された<sup>7)</sup>。これは、税金の節約と環境保護が目的とされている。アメリカでは、国民が購入するボトル水の容器の材料として、年間4000万ガロン(約15,142万ℓ)以上の石油が消費されていると試算されている。また、その容器の廃棄の問題もあることから、この件に関して多くの議論がされている<sup>8,9)</sup>。

3 **水に関する現状**

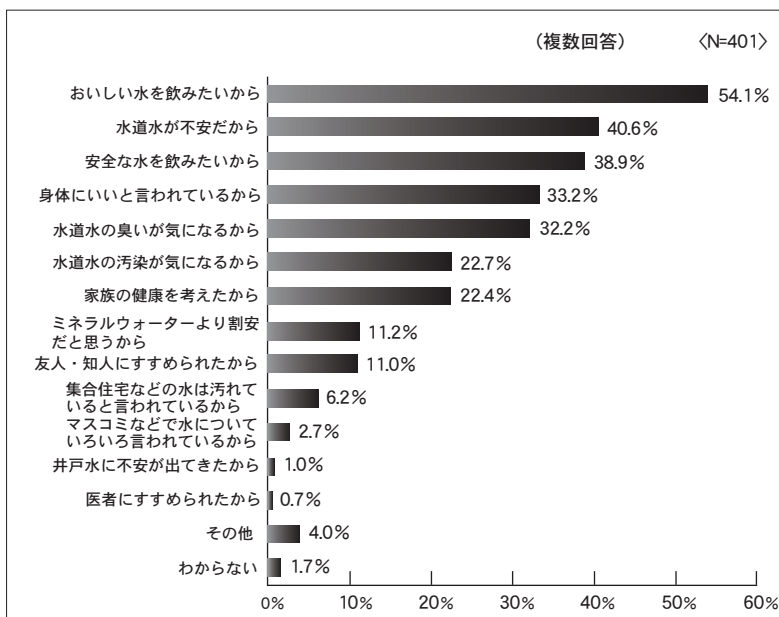
3 - 1  
**水に対する意識**

現在、浄水器普及状況の全国平均は30%を超え、いわゆる水が“まずい”といわれる大都市圏は、他の地域に比べて高い数値となっ

ている。図表5に、日本での浄水器についてのアンケート結果の一部を示す<sup>10)</sup>。浄水器の設置理由は“味の改善”が54.1%と過半数を占めており、水道水が不安であるなど、安全性も重視されている。提供されている水道水自体より、水が通ってくる配管の腐食や

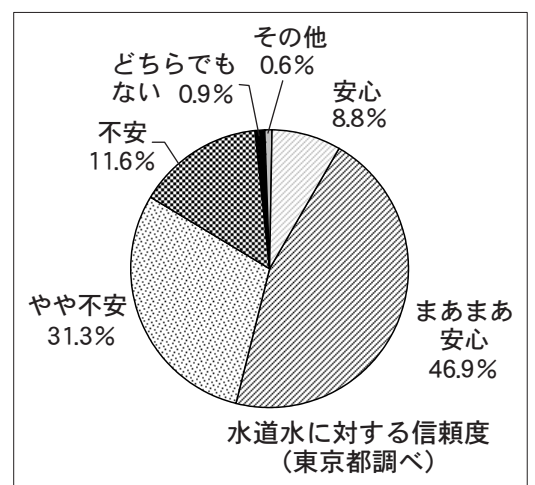
貯水タンクの汚染などの不安から、浄水器を設置している家庭も多い。図表6に東京都水道局による水道水に対する意識調査結果を示す<sup>11)</sup>。この結果によると水道水質に対する不信感はかなり大きいことがわかる。

図表5 浄水器設置理由



出典：参考文献<sup>10)</sup>より引用

図表6 水道に対する信頼度



出典：参考文献<sup>11)</sup>より引用



### 水道の現状

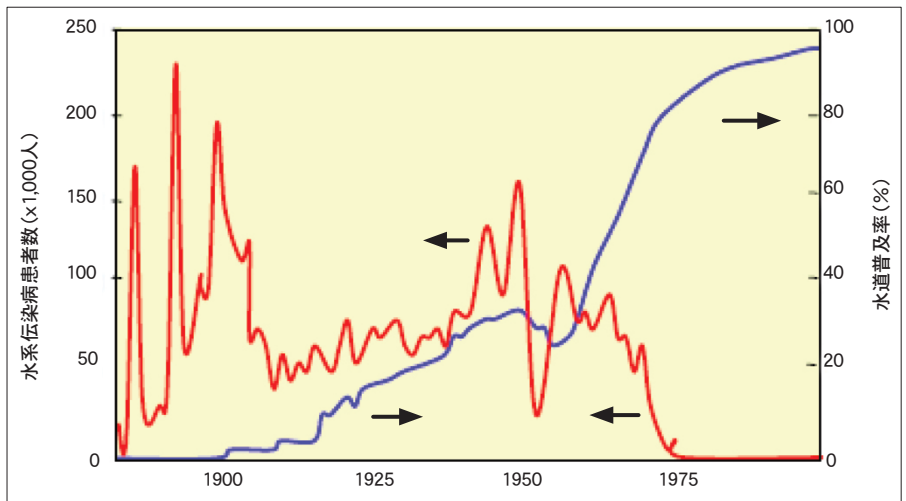
図表7に示すように、現在我が国の水道普及率は97.2%、水系伝染病患者数はゼロで、ほぼすべての国民に安全な水を供給している。また、水質基準適合率もここ数年99.9%以上である<sup>12,13)</sup>。しかし、水道の経営基盤は脆弱な中小規模の水道事業者が大多数である。

水道の水質は、厚生労働省によって水道法に基づく『水質基準に関する省令』（平成15年5月30日厚生労働省令第101号）で定められている。全国の水道事業者・用水供給事業者の各浄水場における検査状況（最高値・最小値・平均値・検査回数）は原水／浄水別に集計、各事業者によって管理されている<sup>14)</sup>。この検査項目は、一般細菌、大腸菌、重金属、ベンゼン等の有機物質などのほか、pH、色、濁度、など現在50項目が設定<sup>15)</sup>されている。しかし、つねに最新の知見に照らして改正していくべきとの考えから、必要な知見の収集等を実施し、逐次検討を進めている<sup>16)</sup>。水道の供給単価は地域によって違うが、全国平均は1m<sup>3</sup>で約170円<sup>17)</sup>であり、ボトル水は1.5ℓ入りで約200円であることから、500～1000倍のコストがかかっているにもかかわらず、図表8に示すように、ボトル水の消費量は上昇している<sup>18)</sup>。

### ボトル水の現状

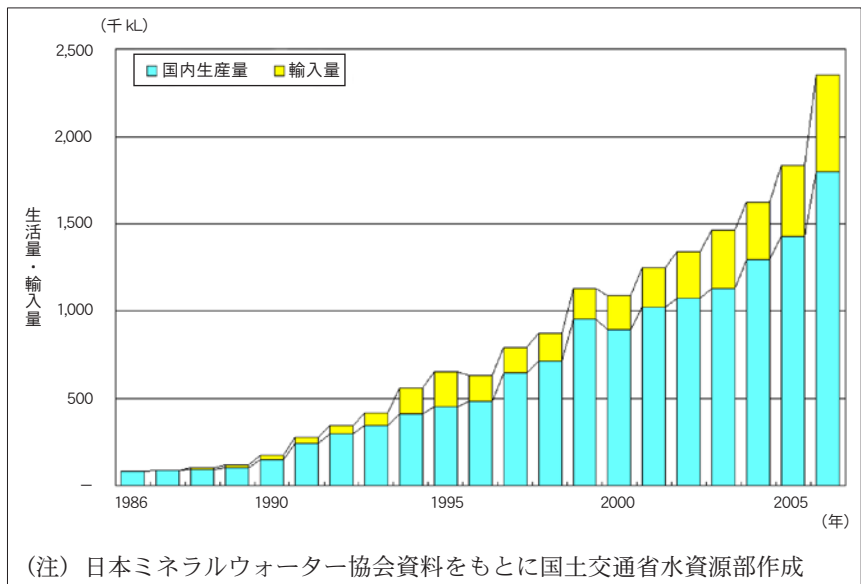
ミネラルウォーター類の原料となる水（原水）は、飲用適の水でなければならないこととされ、水道水、または食品衛生法で定められた基準に適合する水でなければならない。ボトル水は、水道法では

図表7 我が国の水道普及率と水系伝染病患者数の推移



出典：参考文献<sup>12)</sup>より引用

図表8 ミネラルウォーターの生産と輸入量の推移



出典：参考文献<sup>18)</sup>より引用

なくその形態から「食品衛生法」が適用され、清涼飲料水のカテゴリーに属し、厚生労働省によって製造基準および成分規格が定められている。食品衛生法では、ミネラルウォーター類を「水のみを原料とする清涼飲料水をいう」としており、これには、鉱水のみ、二酸化炭素を注入したもの、カルシウム等を添加したものも含まれる。ミネラルウォーター類の水質は食品衛生法第11条に基づく「食品、添加物等の規格基準」によって管理される。その製造に使用する原水に対する管理検査項目は、

一般雑菌や鉛・カドミウム・ヒ素など18項目で、ミネラルウォーター類の原水に水道水以外を使用して製品となった段階では、混濁、沈殿物、ヒ素、鉛、カドミウム、スズ、大腸菌群、陽球菌、緑膿菌などの成分規格基準を満たしていなければならない<sup>19,20)</sup>、それでも水道法が適用される水道水の50項目と比較すると大きな差がある。図表9に各項目の比較を示すが、水道水の方がはるかに厳しい品質によって管理されていることが明らかである。

図表9 水道水とボトル水の品質検査項目比較

項目	水道水	ボトル水原水
一般細菌	1m <sup>3</sup> の検水で形成される集落数が 100 以下	1m <sup>3</sup> の検水で形成される集落数が 100 以下
大腸菌	検出されないこと。	検出されないこと。
カドミウム及びその化合物	カドミウムの量に関して、0.01mg/ℓ以下	<=0.01mg/ℓ
水銀及びその化合物	水銀の量に関して、0.0005mg/ℓ以下	<=0.0005mg/ℓ
セレン及びその化合物	セレンの量に関して、0.01mg/ℓ以下	<=0.01mg/ℓ
鉛及びその化合物	鉛の量に関して、0.01mg/ℓ以下	<=0.05mg/ℓ
ヒ素及びその化合物	ヒ素の量に関して、0.01mg/ℓ以下	<=0.05mg/ℓ
6価クロム化合物	6価クロムの量に関して、0.05mg/ℓ以下	<=0.05mg/ℓ
シアン化物イオン及び塩化シアン	シアンの量に関して、0.01mg/ℓ以下	<=0.01mg/ℓ
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	10mg/ℓ以下	<=10mg/ℓ
フッ素及びその化合物	フッ素の量に関して、0.8mg/ℓ以下	<=2mg/ℓ
ホウ素及びその化合物	ホウ素の量に関して、1.0mg/ℓ以下	ホウ素として 30mg 以下
4 塩化炭素	0.002mg/ℓ以下	—
1.4 -ジオキサン	0.05mg/ℓ以下	—
1.1 -ジクロエチレン	0.02mg/ℓ以下	—
シス- 1.2 -ジクロロエチレン	0.04mg/ℓ以下	—
ジクロロメタン	0.02mg/ℓ以下	—
テトラクロロエチレン	0.01mg/ℓ以下	—
トリクロロエチレン	0.03mg/ℓ以下	—
ベンゼン	0.01mg/ℓ以下	—
クロロ酢酸	0.02mg/ℓ以下	—
クロロホルム	0.06mg/ℓ以下	—
ジクロロ酢酸	0.04mg/ℓ以下	—
ジブromoクロロメタン	0.1mg/ℓ以下	—
臭素酸	0.01mg/ℓ以下	—
総トリハロメタン(クロロホルム、ジブromoクロロメタン、ブromoジクロロメタン及びブromoホルムのそれぞれの濃度の総和)	0.1mg/ℓ以下	—
トリクロロ酢酸	0.2mg/ℓ以下	—
ブromoジクロロメタン	0.03mg/ℓ以下	—
ブromoホルム	0.09mg/ℓ以下	—
ホルムアルデヒド	0.08mg/ℓ以下	—
亜鉛及びその化合物	亜鉛の量に関して、1.0mg/ℓ以下	<=5mg/ℓ
アルミニウム及びその化合物	アルミニウムの量に関して、0.2mg/ℓ以下	—
鉄及びその化合物	鉄の量に関して、0.3mg/ℓ以下	—
銅及びその化合物	銅の量に関して、1.0mg/ℓ以下	<=1.0mg/ℓ
ナトリウム及びその化合物	ナトリウムの量に関して、200mg/ℓ以下	—
マンガン及びその化合物	マンガンの量に関して、0.05mg/ℓ以下	<=2mg/ℓ
塩化物イオン	200mg/ℓ以下	—
カルシウム、マグネシウム等 (硬度)	300mg/ℓ以下	—
蒸発残留物	500mg/ℓ以下	—
陰イオン界面活性剤	0.2mg/ℓ以下	—
(4S,4aS,8aR) -オクタヒドロ- 4.8a -ジメチルナフタレン- 4a(2H) -オール (別名ジェオスミン)	0.00001mg/ℓ以下	—
1,2,7,7 -テトラメチルピシクロ [2.2.1]ヘプタン- 2 -オール (別名 2 -メチルイソボルネオール)	0.00001mg/ℓ以下	—
非イオン界面活性剤	0.02mg/ℓ以下	—
フェノール類	フェノールの量に換算して、0.005mg/ℓ以下	—
有機物 (全有機炭素(TOC)の量)	5mg/ℓ以下	<=12mg/ℓ
pH 値	5.8 以上 8.6 以下	—
味	異常でないこと。	—
臭気	異常でないこと。	—
色度	5 度以下	—
濁度	2 度以下	—
バリウム	—	1mg 以下
硫化物	—	0.05mg

参考文献<sup>19,20)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

## 4 水に関する技術

4 - 1

### 節水技術

世界的な環境意識の高まりの中で、今やあらゆる業界のあらゆる製品が環境への対応を迫られているなか、一般家庭への節水技術開発も進んでいる。

例えば一般的に便器の洗浄は、水道から直接流れて来る水流、もしくは貯水タンクからの水流のどちらかによって行われる。最近の技術開発によって、この2つの水流を効果的に組み合わせることで、より少ない水量で便器を洗浄することが可能になった。海外の多くのものが約13ℓ必要なのに対し、国内メーカーの製品は、大洗浄の使用水量は5.5ℓ、小洗浄では4.5ℓですむようになった。これは図表10に示すように、水の流れつまり基礎的な流体力学を研究した結果である。旧来型

便器に比べ、洗浄水量は半分以下の約40%となり、たった2日で浴槽一杯分(180ℓ/杯で計算)以上の節水効果を発揮し、年間約12,000円の節約が可能となる試算である。また、これによって一台あたり年間約27kgものCO<sub>2</sub>を削減することが可能<sup>注)</sup>となり、地球温暖化防止にも貢献している。一方、温水洗浄便座で洗浄する際に1秒間に70回以上も強弱をつけて吐水することで水量を減らし、使用水量を従来の約半分で済ます技術も開発されている<sup>21)</sup>。

4 - 2

### 中水利用による水循環

中水利用とは、雨水や排水を処理して雑用水に利用するシステムで、個別循環型、地区循環型、広域循環型中水利用システムがある。処理方式としては、生物分解、膜ろ過、それぞれを組み合わせても

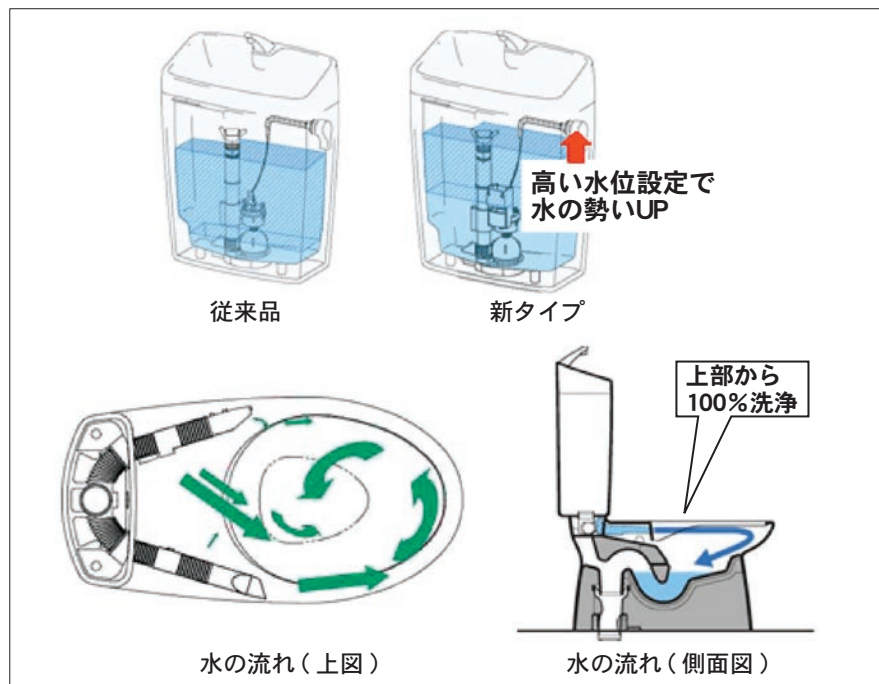
のなどがある。中水の用途は、その水質からトイレ洗浄水、散水用水、冷却塔補給水、消火用水、洗車用水などである。この中水システムを導入することによって節水効果が期待でき、さらに水不足対策、下水道負担の軽減や料金の節約などの効果もある<sup>22)</sup>。

4 - 3

### 水の熱利用技術

近年、ヒートポンプ等の熱利用機器の普及によって、低温熱源である河川水等の大量に存在する水からの熱エネルギー利用が可能となり、図表11に一例を示すように、地中熱同様に利用され始めている。例えば、温排水や冷水あるいは温泉水を、直接あるいはヒートパイプ等を用いて冷暖房や融雪などに用いられている。また、地下水や下水処理水なども熱源として、低温度から高温度へヒートポンプを用いて、地域の冷暖房や給湯等に利用されている。大量の水温は、外気温に比べて冬は高く夏は低く、年間を通して温度が比較的安定しているため、効率的な熱利用を行うことが可能である。例えば、図表12に示すように、東京都心では、空気を熱源とした場合に比べ約20%の省エネルギーを見込むことができる。また、暖房用循環水に界面活性剤を注入することによって、ポンプ動力のエネルギーを65%低減できた例もある。このシステムを日本全体の

図表10 洗浄方式（旧型と新型）



注 河川の水を浄化したり下水を処理するとき、1m<sup>3</sup>あたり0.59kgのCO<sub>2</sub>を排出していることからこの数字を試算している。

出典：参考文献<sup>21)</sup>より引用



ビル、ホテル、病院などにおいて水搬送用として使用される総エネルギー消費量 126 億 kWh/年として計算すると、この技術の導入によって、年間 45.5 万 t の CO<sub>2</sub> が削減できる。今回のような技術を多くの建物に適用することによって、一層の省エネルギー効果が期待できる<sup>23)</sup>。

水を熱エネルギーとして利用す

ることは、クリーンな未利用熱源の活用であり、地球温暖化防止にも効果がある。しかし利用に際しては、水源別の熱エネルギー賦存量や経済性等の検討を進めるとともに、放流あるいは地下に戻される温冷水の環境に与える影響、また地下水利用に伴う地盤沈下等の障害等に配慮し、適切な利用を行うことが重要である。実際、かつて

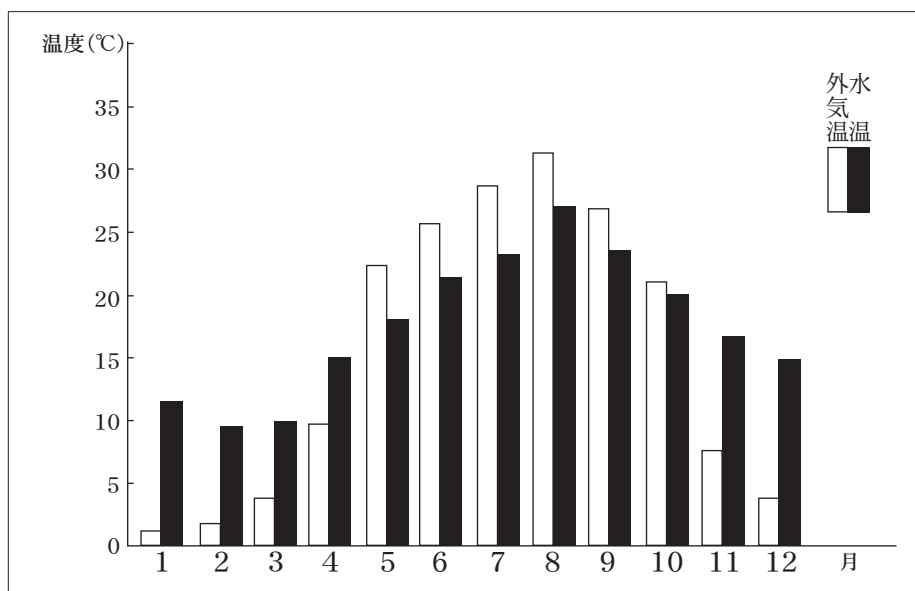
大都市地域において地盤沈下が深刻であったことから、地下水採取規制等によって地下水位の低下を防ぐ策が採られた。現在は地下水位が回復して水位が上昇したが、かえって地下構造物や地下水環境への新たな悪影響・弊害を引き起こしているケースも見られる<sup>24)</sup>。

図表 11 ヒートポンプを用いた水の熱利用事例

名 称	水 源	利用施設, 用途等	使用水量 (m <sup>3</sup> /日)
東京都中野処理場	下水処理水	管理棟 (5,600m <sup>2</sup> ) の冷暖房	約 3,000
東京都湯島ポンプ場	未処理下水	事務棟 (490m <sup>2</sup> ) の冷暖房	約 2,000
東京都有明処理場	下水処理水	管理棟 (4,419m <sup>2</sup> ) の冷暖房	約 1,500
山形県最上町役場	地 下 水	役場等 5 施設 (10,604m <sup>2</sup> ) の暖房, 給湯	約 2,300
東京都箱崎地区	河 川 水	業務用地等 (22.7ha) の地域冷暖房, 給湯	約 34,700
東京都後楽一丁目地区	未処理下水	業務用地等 (21.6ha) の地域冷暖房	約 130,000

出典：参考文献<sup>23)</sup>より引用

図表 12 水温と外気温との比較



出典：参考文献<sup>23)</sup>より引用

## 5 今後特に進めるべき点

5 - 1

### 日本の技術の世界への普及促進

世界における一人当たりの水資

源量は、図表 13 に示すように、国によって大きな差がある。我が国は最大のカナダと比較すると、わずか 4% 弱である<sup>25)</sup>。世界では人口増加に伴い、食料の確保が必要であり、今後ますます生活用水の

増加が見込まれる。特に中国では、工業用水の増加のみならず、北京オリンピックをひかえて特に水質の問題が大きくなってきている。このような問題への対処として、我が国が持つ高度水処理技術や、

一般家庭に適用されている節水技術、中水利用システムの普及などを世界に広めて行くことが望ましい。

沖縄では、自然環境から水源に恵まれずに多目的ダム開発を中心に、多くの水源開発が進められ、毎年のように水不足が生じ給水制限が実施されていたが、1996年度以降はこの間の水源開発の成果や海水淡水化施設の完成で、給水制限のない安定した状況が続いている。また、海水淡水化施設における廃棄逆浸透膜や硬度低減化により生成した副生成物や、高度浄水処理で使用した粒状活性炭等の有効活用、小水力発電施設の導入などにより環境負荷の低減をすすめている。こうした取り組みは、水資源の少ない地域への参考となる<sup>26)</sup>。

5 - 2

水のリサイクル率の向上

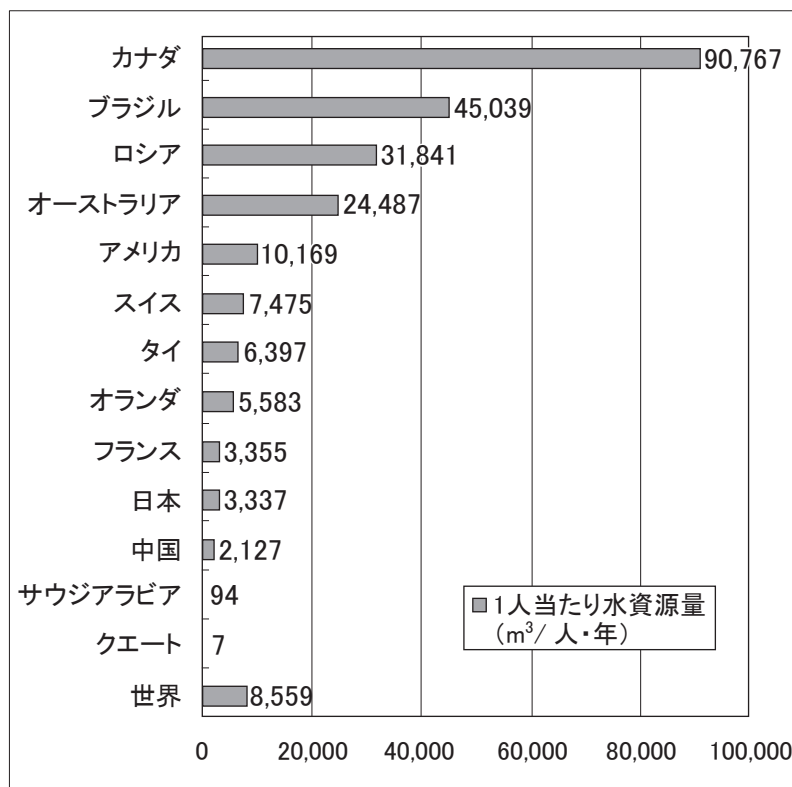
例えば、雨水を再利用する、浴槽の水を再利用するなど、普段の生活においても現在より水のリサイクル率を向上させることは可能である。現在、多くの古い建物の建て替えが進んでおり、高層ビルなどでは中水利用システムの導入が進んでいる。4章に示したようにこの技術は多くの建物に適用可能なことから、今後さらに一般家庭へも普及させ、水のリサイクル率向上の実現が望まれる。

5 - 3

一般への啓蒙活動

水道水に対する国民の意識を改善する必要がある。例えば、東京都では高度処理された水道水をボトルに入れて「東京水」というブランドで販売している(表紙カラー図参照)<sup>27)</sup>。以前から、非常時用の備蓄水として水道局がボトル水を製造していたが、最近では水質のPRや、より高度な浄水処理を導

図表 13 各国の年間一人当たりの水資源量



参考文献<sup>25)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

入した水のPRなどの目的で、水道局製造のボトル水が販売されている。このような活動が、安心のみを求めてボトル水を購入している人の認識を変えることに貢献し、水道水は安心であるという認識を普及させることが望まれる。

地球温暖化に起因する気候変動等によって、降水量の変動が増大、水需給バランスへ与える影響が顕在化している。2007年に公表されたIPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第4次評価報告書によると、21世紀末の世界平均地上気温は最大で6.4℃上昇し、今世紀半ばまでに年間平均河川流量と水の利用可能量は、中緯度の地域等において10～30%減少すると予測されている<sup>25)</sup>。このような問題に対処するためにも、水問題は単なる水需給のみならず、他の多くの環境問題にもつながっているということを認識し、特に水道水に関するイメージを改善していく必要があるだろう。

謝辞

本稿を執筆に当たり、ディスカッションならびに情報を提供してくださった厚生労働省健康局水道課課長山村尊房氏、(財)日本環境衛生センター酸性雨研究センター副所長新田晃氏、琉球大学工学部教授平啓介氏ならびに環境建設工学科助教神谷大介氏、東京大学生産技術研究所教授沖大幹氏、グローバルウォータ・ジャパンの吉村和就氏、(株)INAX総合技術研究所創造技術研究室井須紀文博士に御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 日本の水資源、平成19年度版 日本の水資源について、国土交通省サイト、[http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c\\_actual/images/03-02.gif](http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/images/03-02.gif)
- 2) 水資源の利用状況、水資源白書 <http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/hakusyo/H19/3-2.pdf>
- 3) 神谷大介：沖縄県における水需給

- の変化と渇水問題に関する研究、第34回環境システム研究論文発表会講演集、pp.331-338、2006
- 4) 神谷大介：沖縄における渇水問題と地域社会特性の関連分析、日本地域学会第43回年次大会学術発表論文集、2006
- 5) 水の世界地図、沖大幹監訳、丸善
- 6) 世界の水危機・日本の水問題、<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Info/Press200207/#VW>
- 7) Executive Directive 07-07, Permanet Phase-Out of Bottled Water Purchases by San Francisco City and County Government, June 21, 2007
- 8) The Water Connoisseur, July 2007, [http://www.finewaters.com/Newsletter/July\\_2007/San\\_Francisco\\_Mayoral\\_Ban\\_on\\_Bottled\\_Water\\_Purchases\\_Ignores\\_Important\\_Facts.asp?utm\\_source=rss](http://www.finewaters.com/Newsletter/July_2007/San_Francisco_Mayoral_Ban_on_Bottled_Water_Purchases_Ignores_Important_Facts.asp?utm_source=rss)
- 9) The Washington Times, July 26, 2007 "The war on bottled water", <http://www.freerepublic.com/focus/f-news/1872094/posts>
- 10) 浄水器普及率調査、中間法人浄水器協会
- 11) 水道水の信頼度、東京都水道局、[http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/jigyomntr\\_e/data/h15\\_04\\_01.pdf](http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/jigyomntr_e/data/h15_04_01.pdf)
- 12) 水道行政の最近の動向について、第5回厚生科学審議会生活環境水道部会、<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2006/08/dl/s0804-4a3-01.pdf>
- 13) 官民競争入札等管理委員会ヒアリング資料水道分野、<http://www5.cao.go.jp/kanmin/kaisai/bukai/kobutsu/2007/529/070529-1.pdf>
- 14) 水道水質データベース、(社)日本水道協会、<http://www.jwwa.or.jp/mizu/index.html>
- 15) 水質基準項目、東京都水道局、[http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/w\\_info/s\\_kijun1.htm](http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/w_info/s_kijun1.htm)
- 16) 水道水質基準について、厚生労働省、<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/index.html>
- 17) 水道を取り巻く状況及び水道の現状と将来の見通し、水道ビジョンフォローアップ検討会、平成19年5月、厚生労働省健康局水道課、<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/vision2/dl/one2-06.pdf>
- 18) 安全でおいしい水の確保、日本の水資源、国土交通省 [http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c\\_actual/images/07-01.gif](http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/images/07-01.gif)
- 19) 食品、添加物などの規格基準、厚生労働省、[http://www.ourei.mhlw.go.jp/cgi-bin/t\\_document.cgi?MODE=hourei&DMODE=CONTENTS&SMODE=NORMAL&KEYWORD=&EFSNO=667&PAGE=9&FILE=&POS=0&HITSU=0](http://www.ourei.mhlw.go.jp/cgi-bin/t_document.cgi?MODE=hourei&DMODE=CONTENTS&SMODE=NORMAL&KEYWORD=&EFSNO=667&PAGE=9&FILE=&POS=0&HITSU=0)
- 20) 東京都水道局、トピック第12回ミネラルウォーター編、[http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/w\\_info/s\\_kekka\\_topi12.htm](http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/w_info/s_kekka_topi12.htm)
- 21) INAX 製品カタログより
- 22) 中水利用システム、水循環システム—都市技術システム、国土交通省、<http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/iten/kankyo/pdf/tyuusui.pdf>
- 23) トピックス、エネルギー分野、科学技術動向 No.76、<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt076j/index.html>
- 24) 地下水利用と地盤沈下対策、日本の水資源、国土交通省土地・水資源局水資源部、[http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/f\\_groundwater/groundwater01.thm](http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/f_groundwater/groundwater01.thm)
- 25) 第三章日本の水資源と水需給の現状、平成19年度版日本の水資源について、国土交通省
- 26) 沖縄県企業局、<http://www.eb.pref.okinawa.jp>
- 27) 東京都水道局ホームページ <http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/tokyo-sui/campaign/cam.html>

執筆者



環境・エネルギーユニット  
浦島 邦子

科学技術動向研究センター  
上席研究官

<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>

工学博士。日本の電機メーカー、カナダ、アメリカ、フランスの大学、国立研究所、企業にてプラズマ技術を用いた環境汚染物質の処理ならびに除去技術の開発に従事後、2003年より現職。世界の環境とエネルギー全般に関する科学技術動向について主に調査中。



# アジアにおける防災衛星システムの構築と国際協力の推進

清水 貴史  
推進分野ユニット

## 1 はじめに

我が国は地震による災害が多く、首都直下型地震や海溝型地震である東海地震、東南海・南海地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震による大規模災害の発生が懸念されている。内閣府が取りまとめ、2007年6月1日に閣議決定された平成19年版防災白書<sup>1)</sup>によると、さらに、従来、切迫性が指摘されていなかった地域でも地震が発生している。阪神・淡路大震災以来、平成16年新潟県中越地震、福岡県西方沖地震、平成19年能登半島地震等が発生し、さらに2007年7月16日には平成19年新潟県中越沖地震が発生した。この地震は、海底活断層が原因と推定されており、この様な断層は日本近海に多数あるが、海底のため十分な調査が行われていないとも言われている<sup>2)</sup>。

我が国では台風による豪雨・暴風雨災害も多く、近年は、地球温暖化による影響のためか、集中

豪雨による被害も頻発している。2007年6月11日から7月17日にかけての梅雨前線、台風4号による豪雨・暴風雨災害では、熊本県、宮崎県、鹿児島県等に大きな被害が発生し、政府は2007年8月7日、平成19年新潟県中越沖地震とともに、台風4号による豪雨・暴風雨災害を激甚災害に指定した<sup>3)</sup>。少子高齢化、地方の過疎化が進展しているため、災害に対する脆弱性が増していることもあり、以前にも増して防災・減災に向けた取り組みが重要である。

我が国以外のアジア地域についても、インドネシア・スマトラ島沖大規模地震およびインド洋津波<sup>4)</sup>が記憶に新しい。2004年12月26日、スマトラ島沖を震源とし、マグニチュード9.0の地震が発生し、さらにこの地震により大津波が発生し、インドネシア、インド、タイ等に大規模災害を及ぼした。アジア地域は、津波に加え

地震、台風、洪水等により多くの被害を受けている。

我が国は地球観測衛星の防災利用に係る研究開発を推進しており、我が国のためのみならず、この分野において、自然災害により多くの被害を受けているアジア諸国との国際協力を推進し、友好関係を維持・強化することは、我が国の国益にも資する。

アジア地域で、大型ロケット・衛星の開発および自国領域内からの打上げを行える国は、現状、我が国、インドおよび中国である。韓国が、衛星開発能力の獲得に続き、自国領域内からのロケット打上げ能力の保有に向け活動しており、他の諸国では、欧米等との協力により、政府が、小型地球観測衛星を開発している段階である。我が国の宇宙技術を外交ツールとして活用できる可能性は大きく、また積極的に活用すべきである。

## 2 科学技術基本計画における位置付けと検討会報告書

2 - 1

### 科学技術基本計画における位置付け

第3期科学技術基本計画(2006～2010年度)に基づき総合科学

技術会議が取りまとめた分野別推進戦略<sup>5)</sup>では、社会基盤分野の防災において、「災害監視衛星利用技術」を含む「減災を目指した国土の監視・管理技術」が、集中投資を行う戦略重点科学技術の一つとして位置付けられている。

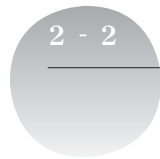
「災害監視衛星利用技術」は、衛星による災害監視・情報利用技術および準天頂高精度測位実験を技術の範囲とし、選定理由として、「大規模自然災害に対し広域性、同報性、耐災害性を有する衛星による自律的な災害監視や危機管理

情報の利用は、減災対策において非常に有効な手段の一つであることが挙げられている。成果目標としては、「2015年度までに衛星観測監視システムを構築し、防災・減災に役立つ観測データを継続的に提供することにより、国民の安全・安心の確保に貢献する」ことが掲げられている。

なお、2007年6月19日に閣議決定された「経済財政改革の基本方針2007」<sup>6)</sup>においても、「衛星を活用した測位・監視やインテリジェンス機能の強化、災害情報共有システム等の治安・防災等に資する科学技術の研究開発・利活用を図る」との方針が示されている。

準天頂衛星は、米国の全球測位システム(GPS)を補完・補強し、正確な位置・時刻情報を提供できるため、災害応急対応活動等にとって今後有効なツールになると考えられる。地球観測衛星は、災害による影響を受けることなく被災地の状況を広範囲にわたり迅速に観測できるため、航空機、ヘリ等から得られる情報と組み合わせることで、被災状況の把握に役立ち、救助活動の効果的な実施に貢

献すると期待できる。また、同一地域を定期的に観測できるため、土地利用状況の変化に対応した地形情報を抽出し、災害リスクの識別に利用できると考えられる。



検討会報告書

内閣府および文部科学省は、2006年2月、「防災のための地球観測衛星等の利用に関する検討会」を立ち上げ、防災関連の府省庁・機関・有識者等を交えて検討を行い、2006年9月、「防災のための地球観測衛星システム等の構築および運用の進め方」を発表した<sup>7)</sup>。防災関連府省庁等から提示された地震、火山、風水害、海上・沿岸災害等の分野における利用ニーズが取りまとめられた結果、次期地球観測衛星システムに対する基本方針が図表1のとおり設定された。

地球観測衛星に搭載される観測機器の代表例としては、光学センサと合成開口レーダ等のマイクロ波センサが挙げられる。光学センサは、地表面等で反射される可視光、赤外線等がある観測波長帯で

受光し、地表面等を観測するもので、メートルオーダー程度またはそれ以上の高分解能での観測が可能なものもあるが、反射光を観測するため、日中の観測に限定され、また雲による影響を受ける。一つの観測波長帯のみ有するものをパナクロマチック光学センサ、また複数の観測波長帯を有するものをマルチスペクトル光学センサと呼ぶ。マイクロ波センサは、昼夜、天候に左右されずに観測を行うことができ、合成開口レーダの場合、電波を地表面等に放射し、反射波を受信して地表面等を観測する、また地表等から放射されるマイクロ波を受動的に受信するセンサもある。

この報告書では、現状、防災関係府省庁および地方公共団体は、航空機、地上機器等から得られる観測データ等の情報を用いて、大規模自然災害に対応しているが、地球観測衛星では数十km程度の広範囲にわたる被害状況の把握、夜間・悪天候時の観測が可能となるため、救助活動・救援活動の実効性が高まり、災害監視分野において地球観測衛星の活躍が期待できるとの考えが示されている。

図表1 次期地球観測衛星システムの基本方針

センサ	高分解能パナクロマチック光学センサ (目標分解能 1m 程度) マルチスペクトル光学センサ (冠水域、油流出、植生、土地被覆等の判読) 合成開口レーダ (夜間・悪天候時の観測への対応)
観測幅	目標観測幅 50km 以上 (地震では 40 ~ 70km、風水害では 30 ~ 50km 程度の観測幅が必要。高分解能パナクロマチック光学センサによる広域観測の実現が重点目標。)
観測頻度	災害発生直後概ね 3 時間以内の観測 (光学センサおよび合成開口レーダを別々の衛星に搭載、各衛星 2 機ずつの 4 機体制によるシステム構成を検討。)

出典：文部科学省 参考文献<sup>7)</sup>

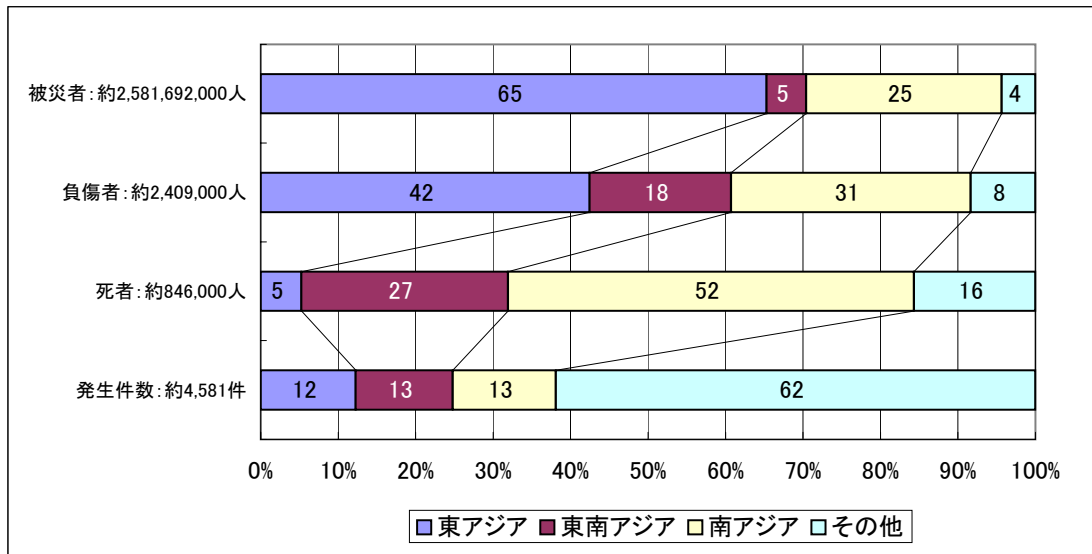
### 3 アジア地域における自然災害

1990年から2006年の間に発生した自然災害の発生件数および人的被害を図表2に示す。これは、ベルギーのルーベン大学に設置されている「災害による疫学

研究所」(Centre for Research on Epidemiology of Disasters: CRED)が運営している緊急災害データベース(Emergency Disaster Database: EM-DAT)<sup>8)</sup>

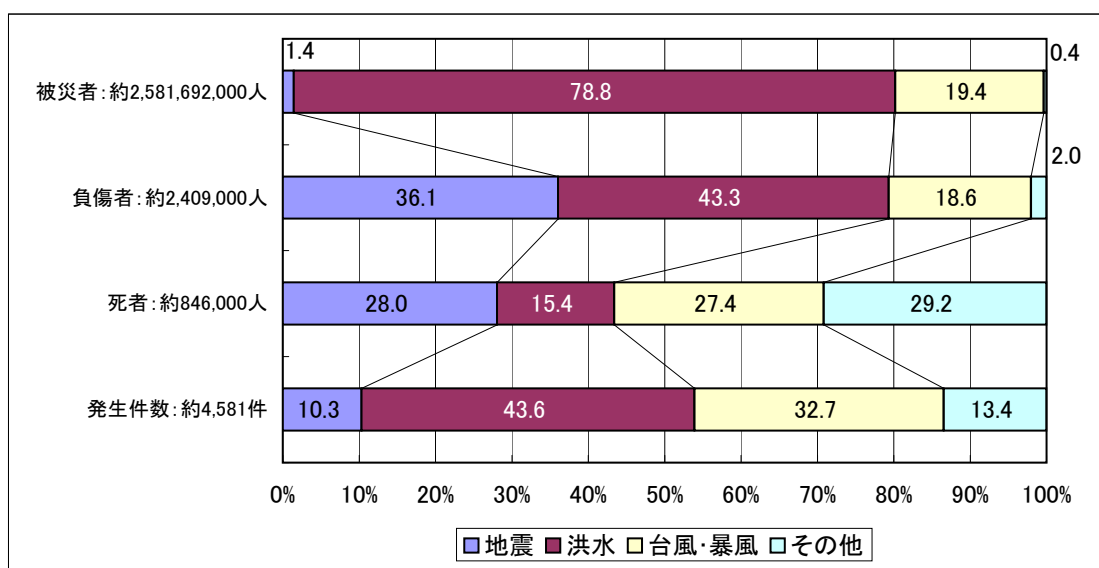
を使用して作成したものである。自然災害としては、地震、洪水、地滑り・雪崩、火山噴火、台風・暴風、津波・高潮を考慮した。

図表2 世界の自然災害(1990～2006年：地域別)



Source: "EM-DAT : The OFDA/CRED International Disaster Database  
www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium"

図表3 世界の自然災害(1990～2006年：災害種類別)



Source: "EM-DAT : The OFDA/CRED International Disaster Database  
www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium"

東アジア、東南アジアおよび南アジアにおける自然災害の発生件数は、世界全体の約38%であるが、死者数では約84%、負傷者数では約92%、被災者数では約96%となっており、これら地域が自然災害により大きな被害を受けていることが分かる。

1990年から2006年の間に発生した地震、洪水、台風・暴風等の災害種類別の被害状況を図表3に示す。地震、洪水および台風・

暴風による被害の占める割合の大きいことが分かる。その他の災害による死者数が大きい、その大部分は2004年に発生したインド洋津波によるものである。津波は発生頻度が低いものの、いったん発生すると多大な被害を及ぼすと言える。

自然災害は、その発生を防止することができないため、災害発生時の迅速な人命救助や被害の軽減措置が重要である。地球観測デー

タは、地震、洪水、台風・暴風等による被害状況の把握や災害リスクの識別に利用できる。アジアでは、多島国であることや道路網・通信網の整備状況等のため、被害状況の把握が困難な場合もあり、地球観測衛星は有効な被害状況把握手段となる。また、地図の整備が十分ではない地域では、地球観測データによる洪水ハザードマップの作成・利用も考えられる。



# 4 防災衛星システムの構築に向けた内外の動向

我が国では、陸域観測技術衛星「だいち」を用いた防災利用実証実験が行われており、また超高速インターネット衛星「きずな」の防災への応用も検討されている。欧州でも、緊急対応における地球観測衛星の利用の実用化が計画されており、我が国のみならず、欧州においても防災のための地球観測衛星の利用が推進されている。

4 - 1

## 我が国の動向

### (1)「だいち」による防災利用実証実験

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の陸域観測技術衛星「だいち」は、2万5000分の1の地図の作成、資源の探査等のほか、災害による被害状況の把握を目的として、2006年1月24日に打ち上げられ、初期機能確認・初期校正検証が完了した後、2006年10月24日から定常運用に移行している。搭載されているセンサは、光学センサのパンクロマチック立体視センサおよび高性能可視近赤外放射計2型、ならびにマイクロ波センサのフェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダである。これらセンサの概要は図表4～6を参照のこと。

第2-2項で述べた検討会は、防災のための次期地球観測衛星システムの開発・運用に向け、防災関連業務における地球観測衛星利用の実効性向上の検証等を行うことを目的に、「だいち」による防災利用実証実験計画をとりまとめ<sup>7)</sup>、テーマ毎に作業グループが設立されることになった(図表7)。

風水害による被害の把握に関する実証実験や地方公共団体の多様な防災活動における衛星地形図の利用実証実験等も検討を進めるこ

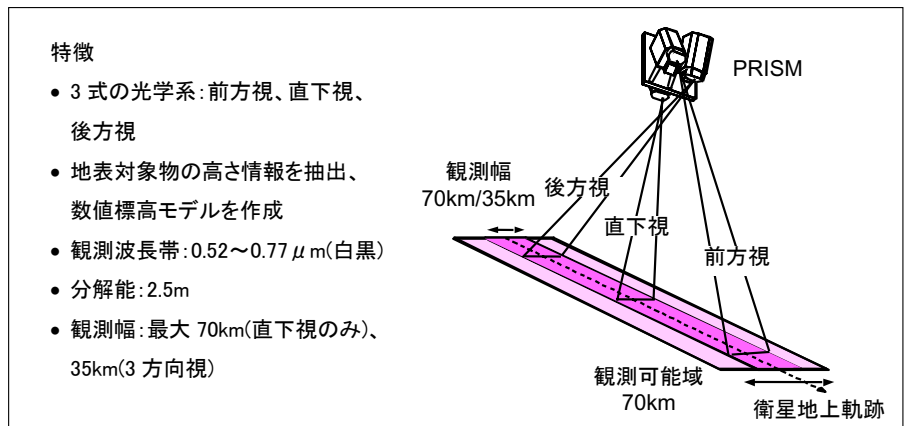
とになっており、岐阜県および財団法人岐阜県建設研究センターのほか、高知県四万十市、新潟県三条市および新潟県見附市が「だいち」による防災利用実証実験を行うため、JAXAと覚書を締結している。

国土地理院が提供している2万5000分の1地形図は、統一した規格で全国をカバーしている最も詳細な国の基本図であり、航空写真を利用して作成・更新されているが、コスト・時間等の制約のため、現状では、更新周期が都市部では3年程度、また山間部では10年程度である<sup>9)</sup>。

一方、「だいち」のパンクロマ

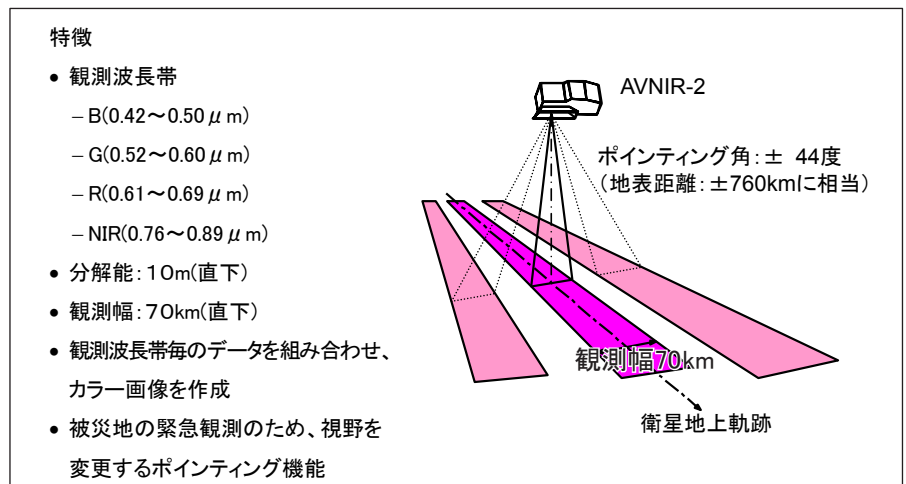
チック立体視センサおよび高性能可視近赤外放射計2型の観測データと国土地理院が発行する数値地図25000とを重ね合わせることで、「衛星地形図」と呼ばれる地形図情報を作成することができる<sup>10)</sup>。「だいち」は、定期的に同一地域を観測できるため、この衛星地形図により土地利用状況の変化に対応した地形図情報を提供することが可能となるので、図表7のテーマ「衛星地形図の作成および防災利用」において衛星地形図の防災分野への活用が検討されている。また、国土地理院の電子国土を活用した衛星地形図の作成も検討されており、さまざまな縮尺の衛星

図表4 パンクロマチック立体視センサ



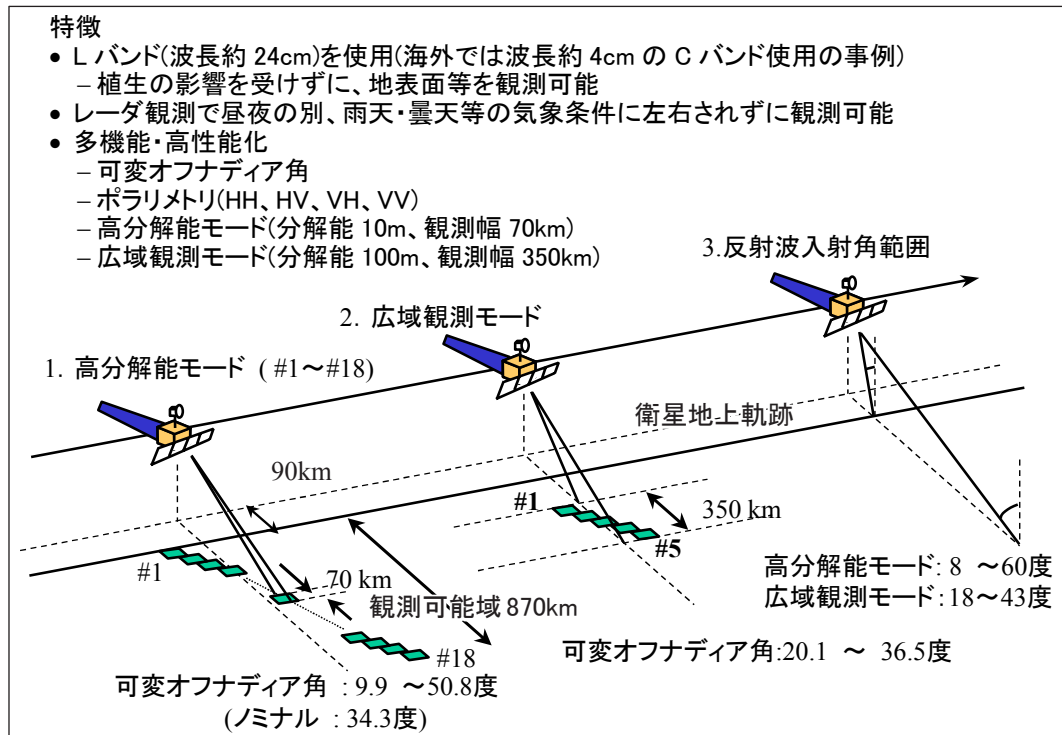
出典：JAXA

図表5 高性能可視近赤外放射計2型



出典：JAXA

図表6 フェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ



出典: JAXA

図表7 「だいち」による防災利用実証実験

No.	テーマ	実施内容
1	衛星地形図の作成および防災利用	「だいち」の観測データと地図情報を融合した衛星地形図の作成および災害の予防、被災時の状況把握等における衛星地形図の利用実証
2	火山活動の評価および噴火活動の把握	「だいち」の観測データによる火山活動の監視・異常検出手法に関する検討および火山活動評価における利用実証
3	地殻・地盤変動および被害把握	「だいち」の観測データによる地殻・地盤変動の検出における利用実証
4	RASにおける「だいち」データ利用	大規模地震等による被災状況の把握を目的として開発された「人口衛星等を活用した被害早期把握システム (RAS)」における「だいち」の観測データの利用実証
5	海上・沿岸災害状況把握	「だいち」の観測データによる重油流出等の災害状況の把握における利用実証
6	土砂災害の予兆および被害把握	土砂災害危険箇所を対象とした地すべりの予兆把握および土砂崩れ全般の被害把握のための技術実証

出典: 文部科学省 参考文献<sup>7)</sup>

地形図がインターネット経由で利用できるようになる<sup>11)</sup>。

地方公共団体の対応能力を超える大規模災害が発生した場合、地元の消防、警察のみでは対応できないため、警察庁、消防庁、海上保安庁、さらには自衛隊が災害派遣され、広域的な応援が実施される<sup>12)</sup>。これら外部からの支援者は、地元の地理に詳しくないため、救助・

救急活動、救援物資の輸送等の迅速な実施のためには、土地利用状況の変化に対応した衛星地形図が重要な役割を果たす。衛星地形図と航空機、ヘリ、現場作業者等により取得された現場観測データとが統合され、最新の地形図情報が提供されれば、効率的な災害応急対応活動の実施に貢献することができる。

「だいち」のパンクロマチック立体視センサやフェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダのデータを使用すると「数値標高モデル」と呼ばれる立体地形図を作成することができ、洪水、津波、台風の際の浸水予想を行うことができるため、ハザードマップの作成に活用することが考えられる<sup>13)</sup>。アジア地域は、洪水、津波、

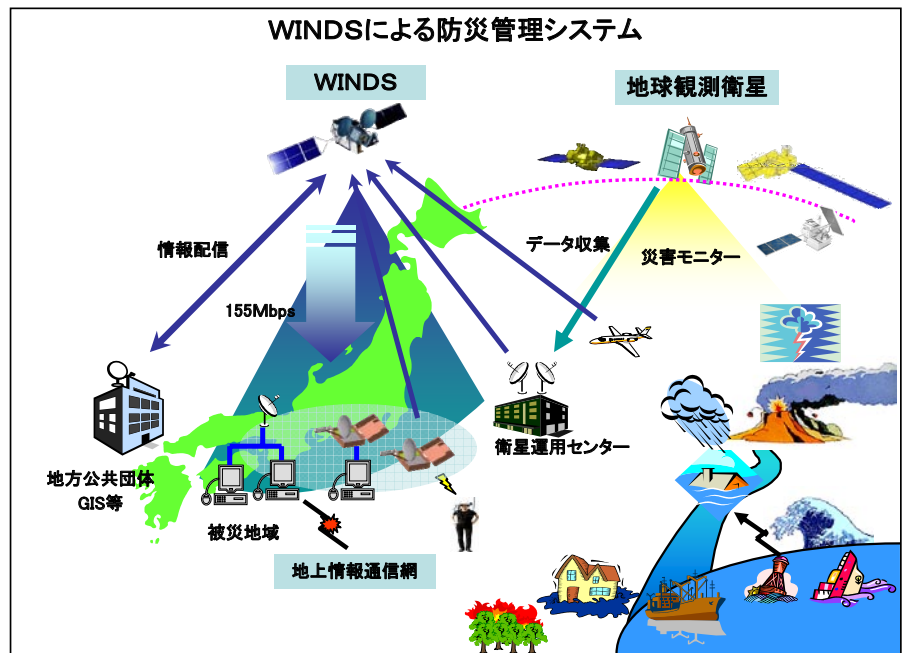
台風による被害を多く受けており、この様なハザードマップを作成・利用することができれば、この地域での防災対策に有益であると考えられる。

## (2)超高速インターネット衛星

地方公共団体の地理情報システムには、道路・鉄道、避難場所、医療施設、高齢者等の要援護者の住所、電気・ガス・水道・電話等のライフラインと言った地方公共団体固有の情報が取り込まれている。災害応急対応に当たる国の関係者が、現場でインターネットを介して、地方公共団体の地理情報システムへのアクセスおよび利用を行うことができれば、必要な情報を必要な時に入手できるため、災害応急対応活動の効率化につながると思われる。被災地の情報通信網が被害を受けている場合、この様なアクセスおよび利用はできなくなるが、2007年度冬期に打ち上げられる予定の超高速インターネット衛星「きずな」によりインターネット網を構築することで、将来的には、この問題に対処することができるようになる。「きずな」は、直径45cmの地上局アンテナで送信速度約1.5～6Mbps、受信速度約155Mbps、また直径5m級の地上局アンテナで送受信速度約1.2Gbpsの超高速データ伝送を実現する<sup>14)</sup>。

「きずな」は、9本のビーム（北海道東、北海道西、東北、関東、中部、近畿、中四国、九州、沖縄）でほぼ日本全土をカバーしており、同一ビーム内での双方向インターネット通信、例えば地方公共団体の地理情報システムと被災現場の端末との間の双方向通信や異なるビーム間での双方向インターネット通信、例えば被災現場の端末と中央の災害対策本部等の端末との間の双方向通信が可能と

図表8 「きずな(WINDS)」の災害応急対応活動利用



出典：JAXA

なる。また、電子メール、デジカメ画像等のデジタル情報の交換が迅速に行えるようになる（図表8）。

4 - 2

## 欧州の動向

欧州連合(EU)は、欧州宇宙機関(ESA)と協力して、EU加盟国の政府および地方公共団体の防災業務等の遂行を支援するために、地球観測データの収集・配布を行うシステムを構築しつつある。このシステムは、GMES(Global Monitoring for Environment and Security)と呼ばれ、当面は、陸域観測、海洋観測および緊急対応の3つの中核業務を2008年頃までに開始する予定である<sup>15)</sup>。GMESは、全球地球観測システム(GEOSS)に対する欧州の貢献としても位置付けられており、アジア、アフリカ等の発展途上国への人道支援も対象としている。

欧州委員会は、利用者要求の取りまとめ、運営体制の構築を担当し、ESAは、センチネルと呼ばれるシリーズ衛星およびその

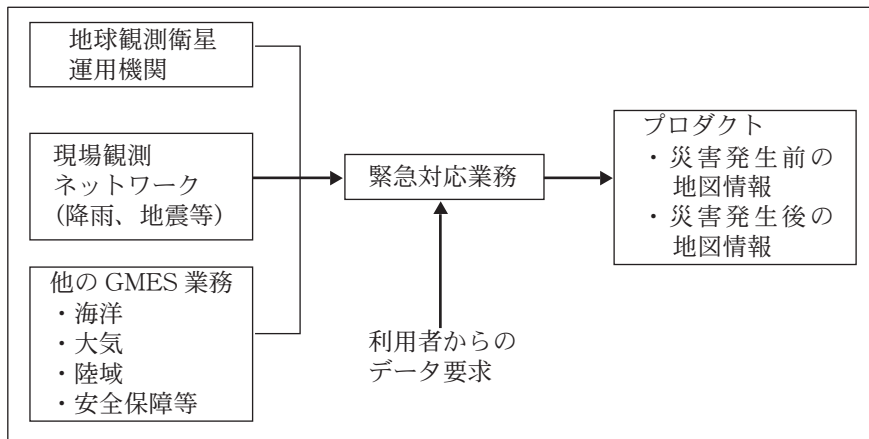
運用施設を開発する。広範なデータ要求に応えるため、欧州各国政府や民間の地球観測衛星のデータも利用されることになっている。EUの第7次フレームワーク計画(FP7:2007～2013年)では、宇宙分野に約14.3億ユーロの資金が拠出され、その内約85%の12億ユーロがGMESに充当される。この資金の内、約7.8億ユーロがセンチネル衛星の開発等のためにESAに提供される<sup>16)</sup>。また、ESAの枠組みでは、2007年9月、センチネル衛星開発の次フェーズへの移行が承認され、約5億ユーロがESA加盟国からESAに提供されることになった<sup>17)</sup>。

センチネル1シリーズは、Cバンド合成開口レーダを搭載し、陸域観測、海洋観測および緊急対応のために使用される<sup>18～20)</sup>。センチネル2シリーズは、マルチスペクトル光学センサを搭載し、陸域観測および緊急対応のために使用される。センチネル1および2シリーズの初号機は各々、2011年および2012年頃に打ち上げられる予定である。



緊急対応業務では、地震・洪水等の災害が発生した際、被害状況の把握、救助活動の支援等のため、地球観測データおよび現場観測データを統合した地図情報が提供される。災害発生前の地図情報は、災害リスクの識別等のために使用され、衛星観測データの取得時等に更新される。災害発生時には、被災後に得られた地球観測データおよび現場観測データを統合した地図情報が毎日提供され、被害状況の把握、救助活動等に利用される(図表9)。

図表9 GMESの緊急対応業務



出典：参考文献<sup>15)</sup>

## 5 アジアにおける国際協力の動向

「だいち」の観測データは、被害状況把握のため、「センチネル・アジア(アジアの監視員)」と言う枠組みで、アジア地域諸国にも提供されている。欧州宇宙機関等が主導する「国際災害チャーター」の枠組みでも観測データが提供されている。さらに、国連加盟国に対し、防災のための宇宙技術の利用機会を提供するとともに、人材育成を行うことを目的として、国連のプロジェクトが立ち上げられており、さまざまな枠組みで宇宙技術の防災への利用が推進されつつある。

5 - 1

### 国際災害チャーター

科学技術動向 2006年7月号トピックス<sup>21)</sup>で紹介されたが、国際災害チャーターは、地球観測衛星を災害による被害状況の把握に活用するため、欧州宇宙機関、フランス国立宇宙センターおよびカナダ宇宙庁が、2000年10月に設立した<sup>22)</sup>。地球観測衛星を運用する宇宙機関が参加機関となる資格があり、我が国は、「だいち」を運用するJAXAが参加機関となっている。

参加機関間での資金の授受は無く、参加機関が、ボランティアベースで観測データを提供する。インド宇宙研究機関、米国海洋大気庁、アルゼンチン国家宇宙活動委員会、米国地質調査所、英国国立宇宙センターおよび中国国家航天局も参加しており、参加機関は計10機関である。

参加機関が所属する国の政府の防災担当機関等が、国際災害チャーターに対しデータ取得を要請できる指定ユーザとなる。我が国は、内閣府が指定ユーザとなっている<sup>23)</sup>。参加機関以外の国に発生した災害については、国連等がデータ取得を要請する場合があります。実際、アジア地域で発生した自然災害に対し国際災害チャーターを発動した事例もある。

国際災害チャーターでは、地球観測データのほか、被災地の地球観測データをベースにして、被災地の被害状況を地図上に表した情報(以下、「被害地図」)も提供している。地球観測データを直接提供する場合に比べ、被害地図作成のために追加の処理時間を要するが、被害状況の把握のためには有益な情報であると考えられる。

5 - 2

### センチネル・アジア

センチネル・アジアは、JAXAが、2005年10月に開催された第12回アジア太平洋地域宇宙機関会議(APRSAP)<sup>注)</sup>において、アジアにおける衛星による防災システムの構築を提案し、第1ステップとして参加機関が運用する地球観測衛星の観測画像をインターネット経由で提供するシステムを提案した<sup>24)</sup>ところ、多くの機関から賛同が得られ、共同プロジェクトとして発足した。なお、我が国は、従来、アジア地域におけるリモートセンシング技術者の育成に貢献してきており、センチネル・アジアでは、防災関連の人材育成を行っている。

2006年10月から運用を開始しており、「だいち」の画像データおよび関連する地理情報がインターネット経由で提供されている。2007年9月の時点でアジア・オセアニア地域の20カ国51機関および8国際機関が、このプロジェクトに参加しており<sup>25)</sup>、アジア・オセアニア諸国の関心は高いと言える(図表10)。な

お、センチネル・アジアに関する情報提供等のために HP が開設されている (<http://dmss.tksc.jaxa.jp/sentinel/>)。

アジア防災センターが、加盟国および共同プロジェクト参加機関からの緊急観測要求の受付窓口となり、JAXA に緊急観測の実施を要求する。JAXA は緊急災害観測を実施して画像データをセンチネル・アジアのサーバ (<http://arrs.adrc.or.jp/adrc/MyMap/adrc/index.jsp>) に登録する。アジア防災センター加盟国および共同プロジェクト参加機関はインターネット経由でこのサーバから画像データ等の災害情報を入手する (図表 11)。なお、「だいち」のみによる被災地の緊急観測は、ポインティング機能を有する高性能可視近

赤外放射 2 型では、雲による影響を考慮しない場合、3 日以内での実施が、またオフナディア角が可変で、雲による影響を受けないフェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダでは、5 日以内の実施が可能である。衛星 1 機のみでは限界があり、災害発生後短時間での被災地の観測を常時実現するためには、複数衛星による観測体制の構築が必要になる。

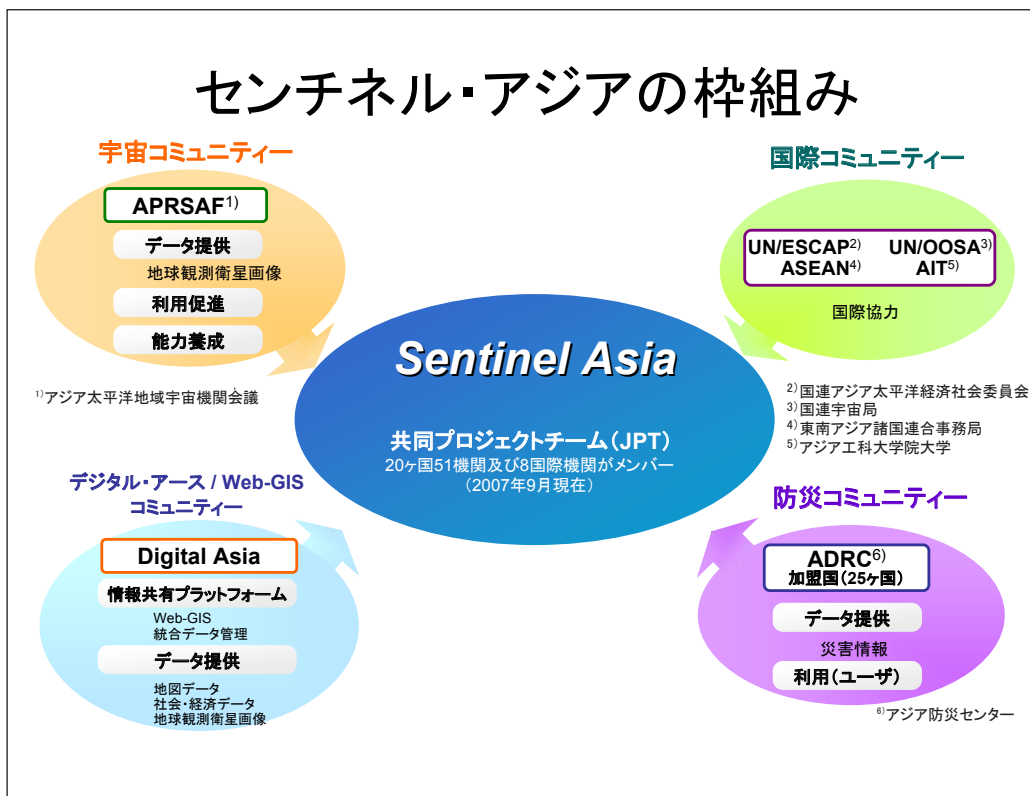
アジアでは、ブロードバンドが普及していない地域もあり、その様な地域では、大容量画像データの迅速なダウンロードが困難なため、解像度を下げた画像データの提供も行われている。超高速インターネット衛星「きずな」は、日本以外のアジア地域にも超高速インターネット機能を提供できる<sup>14)</sup>。

センチネル・アジアの第 2 ステップでは、「きずな」が利用に供されるため、この様な地域における大容量データ伝送の問題を解消することができるようになる。

「きずな」は、10 本のビームがアジアの主要都市 (ソウル、北京、上海、香港、マニラ、バンコク、バンガロア、クアラルンプール、シンガポール、ジャカルタ) をカバーしており、我が国との間で高速インターネット通信を可能とする。降雨による影響を考慮し、これら主要都市に直径 1.2 m 級の地上局アンテナを設置・使用した場合、最大約 155Mbps の伝送速度で災害情報の提供が可能になる (図表 12)。

現状では、迅速な災害情報の提供のため、被災地の画像デー

図表 10 センチネル・アジアの枠組み



出典：JAXA

■ 用語説明 ■

注 アジア太平洋地域宇宙機関会議 (APRSAF)：アジア太平洋地域における宇宙利用の促進を目的として、この地域の宇宙機関や宇宙利用ニーズを有する行政機関・国際機関の参加の下、各国の宇宙活動や将来計画に関する情報交換、ならびに具体的な協力活動の構築に向けた議論を行う国際会議である。1992年のアジア太平洋国際宇宙年会議 (APIC) での閉会宣言における日本からの開催提案を契機に、1993年より、ほぼ毎年開催されている。第13回会合は、文部科学省、JAXA、インドネシア研究技術省 (RISTEK) およびインドネシア国立航空宇宙研究所 (LAPAN) の共催の下、2006年12月、インドネシアのジャカルタで開催された。第14回会合は、インド宇宙研究機関 (ISRO) との共催の下、2007年11月にインドで開催された。

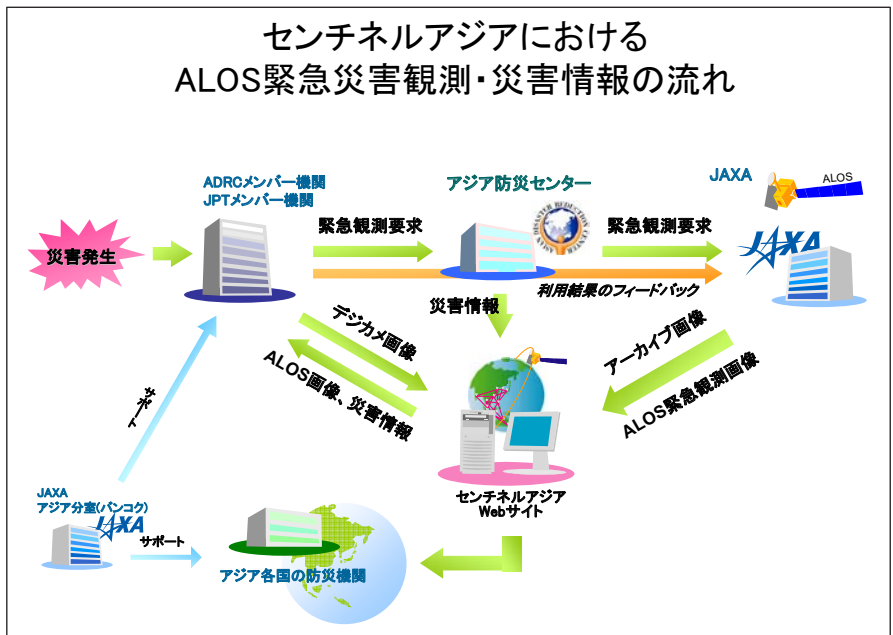
タが提供されているが、国際災害チャーターで提供されている被害地図は、被害状況の把握に有効な手段であると考えられる。このような情報もセンチネル・アジアで提供できれば、さらにアジア地域の防災活動に貢献すると考えられる。

アジアでは、森林火災や洪水による被害も多い。森林火災監視のため米国航空宇宙局(NASA)のMODISのデータが利用され、森林火災発生場所と推定されるホットスポットの情報が提供されている。我が国が開発した降雨レーダを搭載するNASAの熱帯降雨観測衛星からの観測データが提供され、豪雨、洪水等の予測に貢献している。アジアでは台風による被害も多いため、我が国気象庁の「ひまわり」のデータも提供されている。

インド、タイ等の観測衛星のデータも提供される予定である。インドは宇宙開発分野で大きく進展しており、2007年1月には、分解能1mのパンクロマチック光学センサを搭載した地球観測衛星を打ち上げている。タイは、欧州からの技術支援を受けて小型地球観測衛星を開発している。センチネル・アジアの発展・強化のため、我が国以外の参加国の地球観測衛星のデータが提供される意義は大きい。

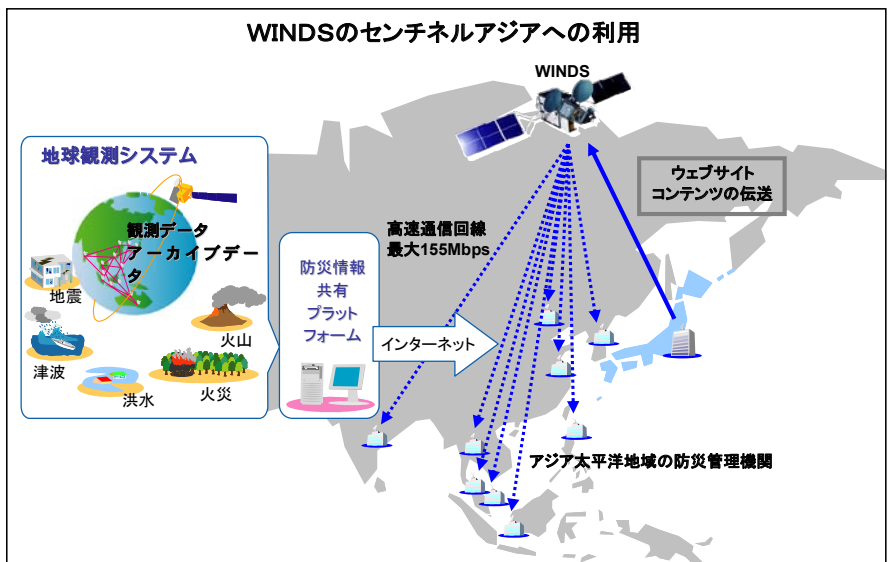
小型衛星の利点の一つは、開発費が相対的に安価なことであり、今後は地球観測への利用が期待されており<sup>26)</sup>、アジア諸国の関心は高い。なお、センチネル・アジアとは直接関係無いが、タイ以外の小型衛星の事例としては、英国サリー・サテライト・テクノロジー社が、災害による被害状況の把握のために重量約70～130kgの小型衛星を製作し、アルジェリア、トルコ、中国、ナイジェリア等に提供している<sup>27)</sup>。

図表11 「だいち」緊急災害観測・災害情報の流れ



出典：JAXA

図表12 「きずな(WINDS)」のセンチネル・アジアへの利用



出典：JAXA

5 - 3  
中国および国連の動向

中国は、地震・洪水・台風等の自然災害により多くの被害を受けており、2006年10月に発表した宇宙白書<sup>28,29)</sup>において、地球観測衛星を防災にも活用することとしている。2007年には国際災害チャーターに参加し、さらに、オーストラリア、ドイツおよびインドとともに国連に働きかけた結果、地球

観測衛星、気象衛星、航行測位衛星等の宇宙技術を防災に活用するため、UN SPIDER(United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response)と言うプロジェクトを立ち上げることが、2006年12月、国連総会において決定された<sup>30)</sup>。アルジェリア、アルゼンチン、イタリア、モロッコ、ナイジェリア、ルーマニア、ロシア、スイスおよびトルコが、このプロジェクトに対し支援を表明している。





## 参考文献

- 1) 内閣府：「平成19年版防災白書の概要」(<http://www.bousai.go.jp/hakusho/hakusho.html>)
- 2) 産経新聞：「海底活断層が引き金か、新潟県上中越沖地震」、2007年7月17日
- 3) 読売新聞：「中越沖地震と台風4号による災害、政府が激甚災害に指定」、2007年8月7日
- 4) アジア防災センターHP([http://www.adrc.or.jp/top\\_j.php](http://www.adrc.or.jp/top_j.php))
- 5) 総合科学技術会議：「第3期科学技術基本計画：分野別推進戦略」、平成18年3月28日 (<http://www.8.cao.go.jp/cstp/kihon3/bunyabetu9.pdf>)
- 6) 「経済財政改革の基本方針2007」、平成19年6月19日 (<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizai/kakugi/070619kettei.pdf>)
- 7) 文部科学省：「防災のための地球観測衛星システム等の構築及び運用の進め方について」、平成18年9月 ([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/kaihatu/004/toushin/06103014.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kaihatu/004/toushin/06103014.htm))
- 8) CREDのHP(<http://www.cred.be/>)
- 9) JAXA：「だいちの目」、p.32～35、2007年3月8日、ISBN 978-4-931450-91-2
- 10) JAXA：「『だいち』陸域観測技術衛星：災害観測事例集」、p.36～42、2007年3月30日
- 11) JAXA：「『だいち』陸域観測技術衛星：災害観測事例集」、p.43～44、2007年3月30日
- 12) 内閣府：「日本の災害対策」(<http://www.bousai.go.jp/1info/pdf/saigaipanf.pdf>)
- 13) JAXA：「衛星による防災活動～衛星画像の利用～：アジアの防災活動のリーダーとなって」([http://www.jaxa.jp/article/special/disaster/nishikawa\\_j.html](http://www.jaxa.jp/article/special/disaster/nishikawa_j.html))
- 14) JAXA：「いつでもどこでもつながる高速インターネットの実現へ」([http://www.jaxa.jp/article/interview/vol32/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/article/interview/vol32/index_j.html))
- 15) “GMES Fast Track Emergency Response Core Service: Strategic Implementation Plan, Final Version, 24/04/2007”, Prof. Bernardo De Bernardinis (<http://www.gmes.info/>)
- 16) 英国議会：“Select Committee on Science and Technology Written Evidence: Memorandum 98, Supplementary submission from the British National Space Centre (BNSC)” (<http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200607/cmselect/cmsctech/66/66we112.htm#note27>)
- 17) ESA: “A new milestone in the GMES Space Component Programme successfully achieved”, 2007年9月28日 ([http://www.esa.int/esaCP/SEMKEY6H07F\\_index\\_0.html](http://www.esa.int/esaCP/SEMKEY6H07F_index_0.html))
- 18) ESA: “GMES: the Second European Flagship in Space”, Volker Liebig 他、ESA Bulletin No.130、2007年5月29日 ([http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin130/bul130a\\_liebig.pdf](http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin130/bul130a_liebig.pdf))
- 19) ESA: “Sentinel-1: the Radar Mission for GMES Operational Land and Sea Services”, Philippe Martimort 他、ESA Bulletin No.131、2007年8月 ([http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin131/bul131a\\_attema.pdf](http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin131/bul131a_attema.pdf))
- 20) ESA: “Sentinel-2: the Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services”, Evert Attema 他、ESA Bulletin No.131、2007年8月 ([http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin131/bul131b\\_martimort.pdf](http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin131/bul131b_martimort.pdf))
- 21) 科学技術動向：「国際災害チャーターへの陸域観測衛星『だいち』の貢献」、2006年7月号
- 22) 国際災害チャーターHP([http://www.disasterscharter.org/main\\_e.html](http://www.disasterscharter.org/main_e.html))
- 23) JAXA：「だいちの目」、p.45、2007年3月8日 (ISBN 978-4-931450-91-2)
- 24) JAXA：「『Sentinel-Asia (アジアの監視員)』プロジェクト構築のための第1回共同プロジェクトチーム会合開催結果について」、2006年3月1日 ([http://www.jaxa.jp/press/2006/03/20060301\\_sac\\_sentinel\\_j.html](http://www.jaxa.jp/press/2006/03/20060301_sac_sentinel_j.html))
- 25) JAXA：「第4回センチネル・アジア(SA)共同プロジェクトチーム会合(JPTM#4)の開催結果について」、2007年9月12日 ([http://www.jaxa.jp/press/2007/09/20070912\\_sac\\_sentinelasia\\_j.html](http://www.jaxa.jp/press/2007/09/20070912_sac_sentinelasia_j.html))
- 26) 社団法人 日本航空宇宙工業会：「小型衛星の最近動向と今後の方向」、会報「航空と宇宙」、2007年6月号 (<http://www.sjac.or.jp/kaihou/200706/070606.pdf>)
- 27) サリー・サテライト・テクノロジー社HP(<http://www.sstl.co.uk/>)
- 28) 中国国家航天局：「China's Space Activities in 2006」、2006年10月12日 (<http://www.cnsa.gov.cn/n615709/n620681/n771967/79970.html>)
- 29) 科学技術動向：「2006年版中国宇宙白書に見られる中国の宇宙開発動向」、2006年12月号
- 30) 国連宇宙局HP(<http://www.unoosa.org/ooa/en/unspider/index.html>)

- 31) 総合科学技術会議：「科学技術  
外交の推進に関するワーキング  
グループについて」、2007 年  
6 月 7 日 ([http://www8.cao.  
go.jp/cstp/tyousakai/suisin/  
haihu06/siryu2.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/suisin/haihu06/siryu2.pdf))
- 

**執 筆 者**



推進分野ユニット  
**清水 貴史**

科学技術動向研究センター  
特別研究員

<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>



宇宙開発関連業務に従事。科学技術動向  
研究センターでは、宇宙開発を中心とし  
たフロンティア分野を担当。



# SCIENCE & TECHNOLOGY TRENDS



## Science & Technology Foresight Center

National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)  
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

このレポートについてのご意見、お問い合わせは、下記のメールアドレス  
または電話番号までお願いいたします。

なお、科学技術動向のバックナンバーは、下記の URL にアクセスいただき  
「科学技術動向・月報一覧」でご覧いただけます。

文部科学省科学技術政策研究所  
科学技術動向研究センター

【連絡先】 〒 100 - 0005 東京都千代田区丸の内 2 - 5 - 1  
【電 話】 03 - 3581 - 0605 【FAX】 03 - 3503 - 3996  
【URL】 <http://www.nistep.go.jp>  
【E-mail】 [stfc@nistep.go.jp](mailto:stfc@nistep.go.jp)



文部科学省 科学技術政策研究所  
科学技術動向研究センター

---

**科学技術動向2007年11月**