

# 第1章 地球温暖化問題とICTの進展

## 1.1 地球温暖化問題の現状とその対応に向けた取組

### 1.1.1 地球温暖化問題の現状

地球温暖化問題はその影響が地球規模に及ぶことから、国際的な取組が必要な人類共通の課題である。地球温暖化問題が年々深刻さを増している中、京都議定書の第1約束期間が2008年から開始となり、さらに世界全体で取り組むべき対応について国際的な議論が高まりつつある。また、2008年7月には北海道洞爺湖サミットで地球温暖化問題が主要な議題として取り上げられる予定になっている。現在、地球温暖化問題に対する関心がかつてないほど世界的に高まっているとともに、その深刻さが広く認識されつつあるといえる。

気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC）<sup>1</sup>は、2007年11月に取りまとめた第4次評価報告書（統合報告書）<sup>2</sup>において、気候システムの温暖化には疑う余地がなく、20世紀半ば以降に観測された気温上昇のほとんどは、人為起源の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を始めとする温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性がかなり高いと結論づけた。21世紀末の世界平均地上気温は、20世紀末と比較して、環境の保全と経済の発展が地球規模で両立する社会シナリオで約1.8℃（1.1～2.9℃）、化石エネルギー源を重視する社会シナリオで約4.0℃（2.4～6.4℃）上昇する可能性があるとの予測などを発表した。世界の気候システムに深刻な変化を及ぼす温室効果ガスの削減は、世界的にも喫緊の課題となっている。

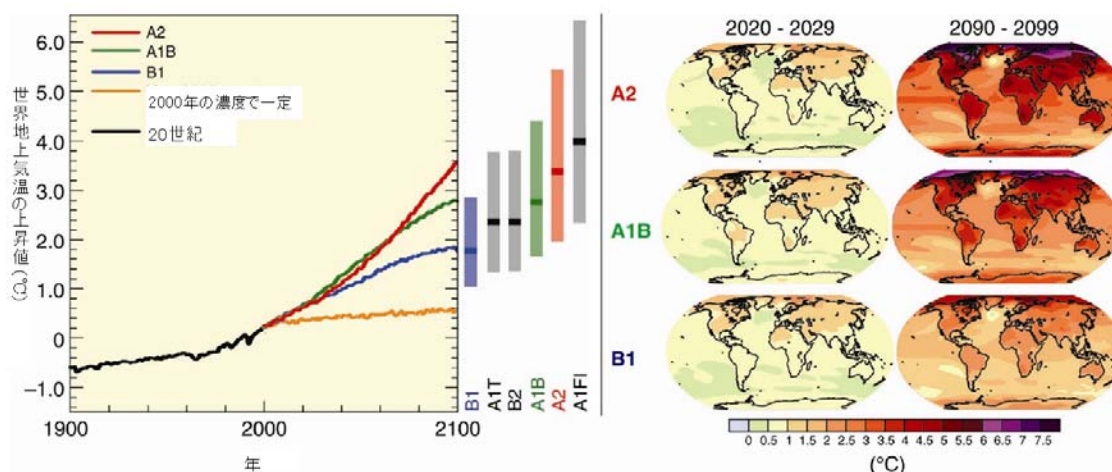


図1.1：地上気温上昇及び21世紀の年平均気温の上昇（1980～1999年との比較）<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change）：ジュネーブのWMO（World Meteorological Organization：世界気候機構）本部内にUNEP（United Nations Environment Program：国連環境計画）と共同で設置された政府間機構。気候変動に関する最新の科学的・技術的・社会経済的知見をとりまとめて評価し、各国政府へ助言することを目的としている。

<sup>2</sup> IPCC, *Climate Change 2007-The Fourth Assessment Report of the IPCC*

<sup>3</sup> IPCC第4次評価報告書（統合報告書）AR4 SYR Topic3 図3.2。図の予測シナリオの説明は以下のとおり。A1「高成長型社会シナリオ」（A1FI：化石エネルギー源を重視、A1T：非化石エネルギー

地球温暖化問題は世界の気候システムに多大な変化をもたらすと同時に、経済にも深刻な影響を及ぼすといわれている。気候変動と経済に関する包括的な報告書であるスターン・レビュー<sup>4</sup>によると、CO<sub>2</sub>排出削減のための強固かつ早期の行動による便益は、行動を取らなかった場合のコストを大幅に上回るという。気候変動の問題に取り組まないコストは、世界全体のGDPの少なくとも5%に相当するが、気候変動による最悪の影響を避けるための行動を起こせば、その年間コストをGDPの約1%に抑えることができるとし、早急な行動を促している。

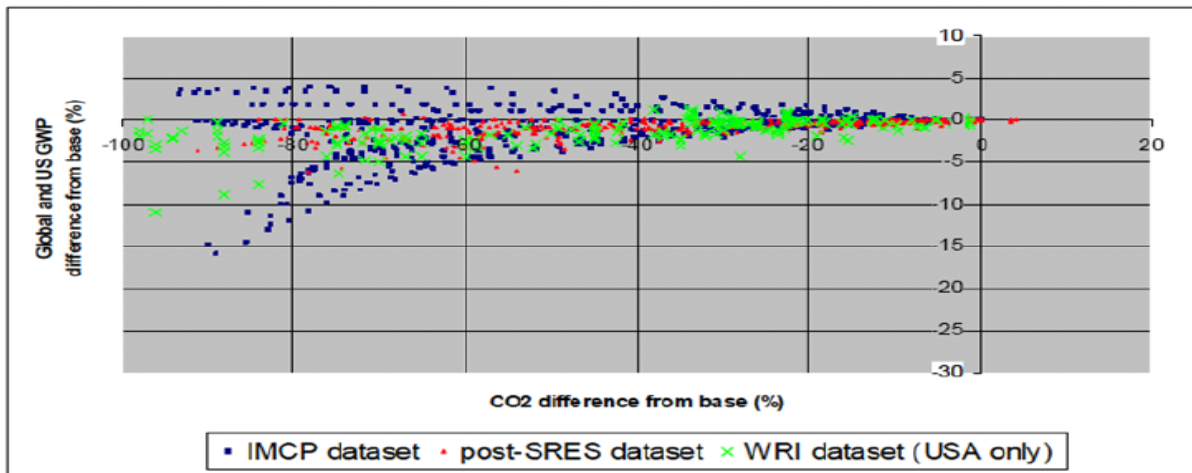


図1. 2 : 各種モデルによるCO<sub>2</sub>削減率と世界GDPに占める削減費用の割合の比較

### 1. 1. 2 京都議定書

地球温暖化問題に関する国際社会の取組は、京都議定書の採択及び発効によりその成果として結実した。1992年5月にブラジルのリオデジャネイロで開催された地球サミットにおいて、地球温暖化問題に対処するため気候変動枠組条約が採択され、1994年3月に発効された。同条約の究極の目的である「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させること」を達成するための長期的・継続的な排出削減の第一歩として、1997年12月に京都で開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）<sup>5</sup>において京都議定書が採択された。

京都議定書は、CO<sub>2</sub>を始めとする6種類の温室効果ガスの排出量を、2008年から2012年までの第1約束期間において、先進国全体で1990年を基準年として少なくとも

一源を重視（新エネルギーの大幅な技術革新）、A1B：各エネルギー源のバランスを重視）、A2「多  
元化社会シナリオ」、B1「持続的発展型社会シナリオ」、B2「地域共存型社会シナリオ」。

<sup>4</sup> Stern Review: 2006年10月に英国財務省の委託により作成されたスターン卿らによる気候変動問題に関する報告書

<sup>5</sup> COP3: The 3rd Session of the Conference of the Parties to the UNFCCC Nations Framework Convention on Climate Change

5%削減することを目指している。目標は各国ごとに法的拘束力のある数量化された約束として定められており、我が国の場合は6%削減である。我が国は2002年6月に京都議定書を締結した。2004年11月にロシアが締結したことにより、①55カ国以上の国が締結すること、②締結した条約附属書I国（OECD諸国及び市場経済移行国）の1990年のCO<sub>2</sub>排出量を合計した量が、全附属書I国の総排出量の55%以上を占めること、という2つの発効要件を満たしたため、2005年2月に京都議定書は発効した。

### 1. 1. 3 京都議定書を受けた我が国の現状と取組

京都議定書の採択を受けて、我が国は1998年6月、内閣に設置された地球温暖化対策推進本部において、2010年に向けて緊急に推進すべき地球温暖化対策を取りまとめた「地球温暖化対策推進大綱」を決定した。また、地球温暖化対策の推進に関する法律（地球温暖化対策推進法）の制定、地球温暖化対策に関する基本方針の閣議決定などを通じて、地球温暖化対策推進の基本的な枠組みを構築するとともに、エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネルギー法）の改正等の国内対策を実施した。各種国内体制の整備を受けて、我が国は2002年6月に京都議定書を締結した。

2005年4月には、「地球温暖化対策推進法」に基づき、京都議定書の6%削減約束を確実に達成するために必要な措置を定める「京都議定書目標達成計画」を閣議決定した。同計画では、京都議定書の6%削減約束の達成への取組が我が国の経済活性化・雇用創出などにもつながるよう、技術革新や創意工夫を生かし、環境と経済の両立に資するような仕組みの整備・構築を図ることとなっている。現在、同計画に基づき様々な対策・施策が実施されているが、温室効果ガス排出量は近年その増加率は低下しているものの依然として増加しており、2006年度の我が国の排出量は13億4,100万t-CO<sub>2</sub>で、基準年度（1990年度）<sup>6</sup>比で6.4%の増加となっている。

<sup>6</sup> 京都議定書では、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oについては1990年を基準年と定め、HFC、PFC、SF<sub>6</sub>については1995年を基準年に選択することも可能としている。我が国は後者の基準年を1995年としている。

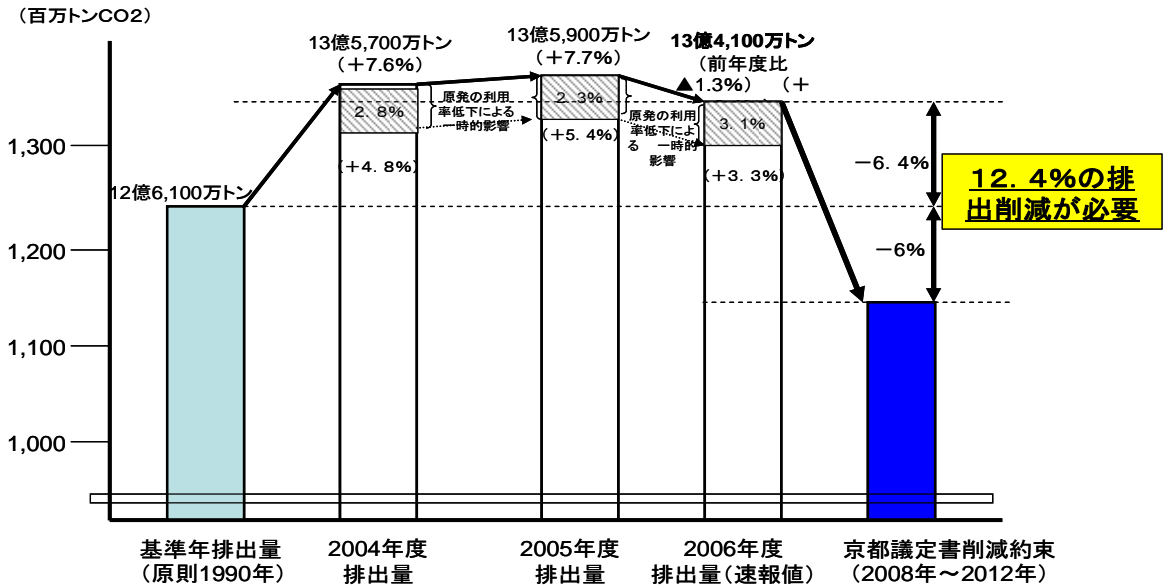


図 1. 3 : 我が国の温室効果ガス排出量の推移及び見通し

部門ごとに見ると（図 1. 4 参照）、製造業が石油危機を経て大幅な省エネを達成したのに対して、自家用自動車を含む一般家庭やサービス部門におけるCO<sub>2</sub>排出量が、豊かさを求めるライフスタイルの進展等により増加してきた。産業部門の2006年度排出量は基準年度比-5.6%である一方、運輸部門の2006年度排出量は基準年度比+17.0%であり、業務部門、家庭部門の2006年度排出量はそれぞれ基準年度比+41.7%、+30.4%となっている。2007年度に同計画に定める対策・施策の進捗状況・排出状況等を総合的に評価し、第1約束期間において必要な対策・施策を2008年度から講ずるため、2008年3月、同計画が改定された。

なお、「日本の温室効果ガス排出量データ」<sup>7</sup>によれば、業務部門のうち「通信放送」分野のCO<sub>2</sub>排出量は、2005年度で697万t-CO<sub>2</sub>であり、2005年度の我が国の総排出量13億5,900万t-CO<sub>2</sub>の0.5%を占める。

<sup>7</sup> 「日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2005年度）」（温室効果ガスインベントリオフィス）<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>

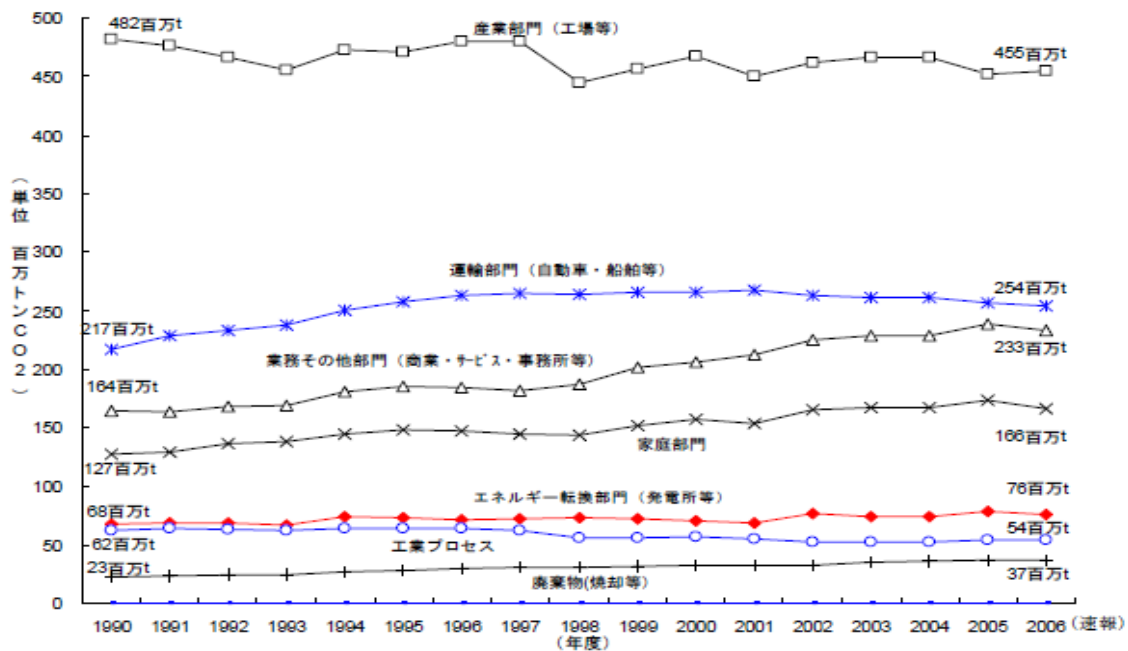


図 1. 4 : 部門別CO<sub>2</sub>排出量の推移

#### 1. 1. 4 ポスト京都議定書に向けた動き

近年、京都議定書第1約束期間後（2013年）の枠組みづくりに向けた動きが活発化している。2007年6月のハイリゲダムサミットでは、議長総括において、2013年以降の排出削減の地球規模での目標を定めるにあたり、全ての主要排出国を含むプロセスにおいて、2050年までに地球規模での排出を少なくとも半減させることを真剣に検討することとし、主要排出国による新たな枠組みを2008年までに立ち上げ、2009年までに国連気候変動会議のもとでのグローバルな合意作りに貢献することの重要性が合意された。また、2007年9月のアジア太平洋経済協力（APEC）首脳会議では、気候変動、エネルギー安全保障及びクリーン開発に関するシドニーAPEC首脳宣言において、2030年までに域内のエネルギー効率を少なくとも2005年比で25%以上向上させるなどの行動アジェンダを決定した。

2007年12月に開催された気候変動枠組条約第13回締約国会議（COP13）では、いわゆるポスト京都議定書の枠組みを2009年までに採択することが合意され、その際の議論において考慮される点として、排出削減に関するグローバルな長期目標の検討、全ての先進国による計測・報告・検証可能な緩和の約束または行動、途上国による計測・報告・検証可能な緩和の行動等が明記された。今後、実効性の高いポスト京都議定書の枠組みを策定するためには、京都議定書に参加していない最大の温室効果ガス排出国である米国や、急速に経済発展している中国、インドなどの積極的な参加が鍵となる。COP3の議長国であっ

た我が国には、環境先進国家として低炭素社会の実現に向けて世界を牽引する指導力・実行力が求められている。

## 1. 2 地球温暖化問題とICTの関係

### 1. 2. 1 ICTの進展

ICT（情報通信技術）は世界的に急速に進展しており、安全・安心な社会の実現、個人のライフスタイルや企業のビジネスモデルの変革による利便性向上・経済活性化に大きく寄与している。1990年代後半からインターネットが急速に普及し、特に近年は、ADSLや光ファイバ等によるブロードバンド化、携帯電話等によるモバイル化、放送のデジタル化、コンテンツのリッチ化が劇的に進展している。我が国では、世界最速かつ最も低廉な最先端のブロードバンド環境が実現しているとともに、IP化の進展に伴うICTサービスの高度化・多様化が急速に進んでいる。また、家電・センサ等がネットワークに接続するとともに端末の高機能化が進み、利便性の高いサービスやネットワークとの新たな連携形態が出現している。また、電話網とインターネットの長所を合わせ持つ新しい情報通信ネットワークである次世代ネットワーク(Next Generation Network：NGN)を社会インフラとして整備する取組が始まっているほか、ワイヤレス通信の高度化、テレビ放送デジタル化への完全移行に向けた取組等が盛んに行われている。

ICTを利活用するためのインフラであるネットワークは、社会活動・経済活動を支える重要な社会インフラとして国民生活に不可欠なものとなっており、2010年にはいつでも、どこでも、何でも、誰でもつながるユビキタスネットワークが進展したユビキタスネット社会が実現することが期待されている。

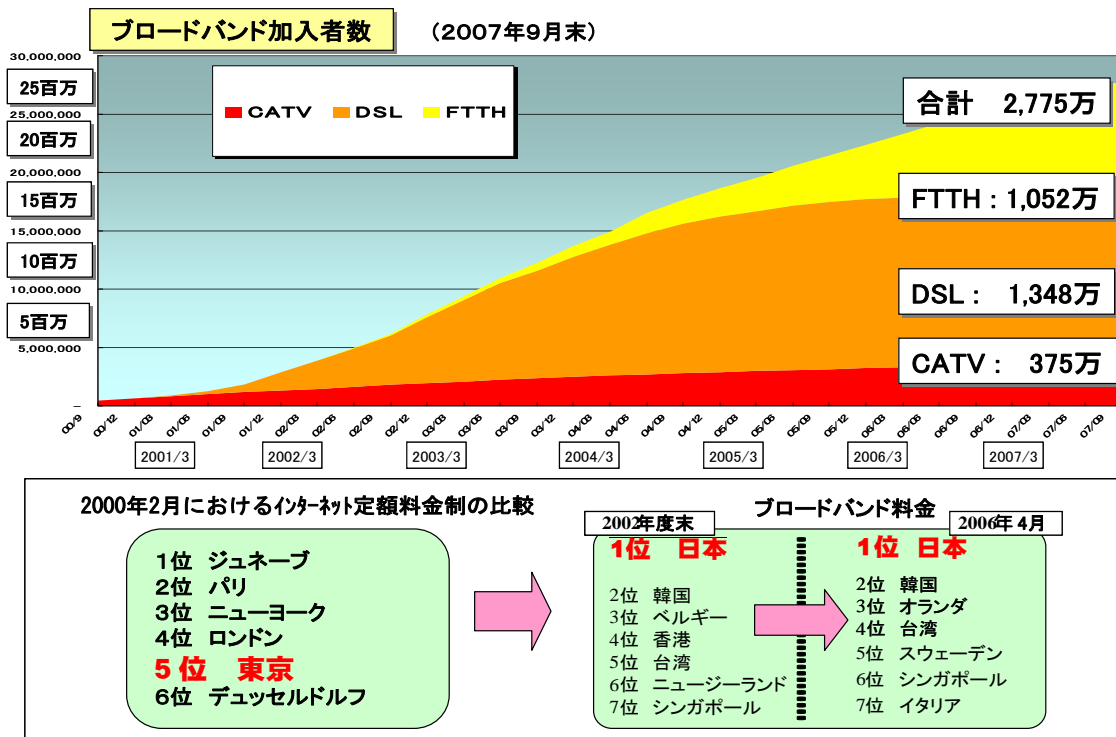


図1. 5 : ブロードバンド化の進展

### 1. 2. 2 ICTの進展が地球温暖化問題に与える影響と効果

ICTの進展は、経済成長や利便性の向上に寄与すると同時に、身の回りのあらゆる機器や端末がネットワークに接続されることにより、ICT機器が増加・高機能化し、ネットワークを流通するトラフィックも加速度的に拡大することにもつながる。このため、ICT機器・ネットワークの運用に伴う電力消費量が増加する結果、CO<sub>2</sub>排出量が増加することが懸念されており、省エネ等の取組を通じた地球温暖化への配慮が強く求められている。なお、電力消費量とCO<sub>2</sub>排出量の関係は、原子力発電の推進等の供給側の対策にも依存するが、今後の電力消費量の増加がCO<sub>2</sub>排出原単位の改善のペースを上回って推移すれば、CO<sub>2</sub>排出量は増加する。

ICT産業における省エネ等の取組は、CO<sub>2</sub>排出削減のために不可欠な要素である。ICT分野が排出するCO<sub>2</sub>は全体の約2%にすぎないという試算がある<sup>8</sup>が、蓄積データ量や通信データ量の増大に伴い、電力消費量の増加への対応は必須であり、ICT機器やデータセンタの省エネ化の取り組みが行なわれている。

一方、ICTを利活用することにより、ICTが活用されるあらゆる社会・産業分野において生産・物流・消費の経済活動の飛躍的な効率化、交通代替や渋滞緩和等を実現し、よりダイナミックにCO<sub>2</sub>排出削減に貢献することが可能となる。

<sup>8</sup> 米国 Gartner 社

ICTは必ずしもCO<sub>2</sub>排出量の削減を意図したものではなく、通常はサービス向上、業務効率化やコスト削減等を目的として導入されるが、結果としてCO<sub>2</sub>排出削減に貢献することが可能である。ICTによるCO<sub>2</sub>排出削減効果は、主に、

- ① エネルギー利用効率の改善
- ② 物の生産・消費の効率化・削減
- ③ 人・物の移動の削減

により実現する。

①は、例えば、ビルエネルギー管理システム（BEMS）や家庭用エネルギー管理システム（HEMS）により、ビルや住宅の照明や空調をきめ細かく制御して、必要な快適性を維持しながら省エネを達成することが可能である。また、高度道路交通システム（ITS）は、車内でリアルタイムに渋滞情報や規制情報などの道路交通情報を知ることができ、カーナビが渋滞を避けた迂回路を再検索したりすることで自動車の平均速度が向上し、その結果燃費が向上する。②では、例えば、サプライチェーンマネジメントにより需要量についての情報が生産者側にも共有されることで、需要量に合わせた生産・流通が可能となり生産に伴うCO<sub>2</sub>排出量を減少させたり、レセプトのオンライン化による紙の消費の削減、音楽コンテンツダウンロードによるCDの削減などにより、物の生産・消費に係るCO<sub>2</sub>排出量を削減することができる。また、③はテレワークにより自宅等で勤務する形態にすると、業務の効率化向上に資するとともに、通勤のための自家用自動車の利用等が減少する。同様に、TV会議を導入すると、不必要な出張移動が減少する。このため、交通機関の燃料消費が少なくなり、CO<sub>2</sub>排出量が削減されると考えられる。

以上のように、ICTは経済成長と利便性の向上を追求しつつ、地球温暖化問題へ積極的に貢献できるものと言える。

その他、ICTによる地球温暖化関連情報の収集・分析等への貢献にも期待が高まっている。センサーネットワーク、リモートセンシング、GPSによる位置情報把握などの技術を活用することで、自然環境を包括的にカバーする地球環境観測システムの構築が可能である。このシステムは温室効果ガス削減や吸収源<sup>9</sup>対策、京都メカニズム<sup>10</sup>等の環境対策の効果を検証していく上でも重要な役割を果たすと考えられる。また、気温・湿度など環境情報の収集にセンサーネットワークの活用が期待される。

<sup>9</sup> 温室効果ガスを吸収する森林等のこと。京都議定書では、土地利用の変化及び林業セクターにおける「1990年以降」の「直接的かつ人為的」な「植林・再植林・森林減少」といった活動から得られる吸収・排出量に限って当該国の削減量・排出量に算入できることになった。

<sup>10</sup> 京都議定書では、各国の削減目標を達成するための仕組みとして、国内対策だけでなく、他国で削減した量を自国で削減したとカウントしたり（共同実施(JI)、クリーン開発メカニズム(CDM))、他国から削減量を買ったり（排出量取引）する制度を定めている。これらは京都メカニズムと総称される。



### 1. 2. 3 リモートセンシング技術による環境計測

地球環境の変化を監視する役割として、リモートセンシングに対する期待は大きい。リモートセンシングとは、遠隔測定の意味であり、一般に光や電波を含む電磁波を使った測定が行われる。リモートセンシング技術は、計測技術とデータ処理による情報抽出、さらに情報の配信等を含め、ICTの高度な利用と考えられる。リモートセンシングによる計測の結果は、地球環境の変化を把握するために利用されるとともに、地球温暖化対策の最適化を実現する上で活用される必要がある。

リモートセンシングによる環境監視は、ローカルなものから地球規模まで多様な対象に対して適用されている。地球規模の環境監視には、衛星観測が利用され、観測対象として、大気、地表面、海洋に分類され、雨、雲、水蒸気、気温等の気象要素、植生、土地利用、雪氷、海面高度、海上風等の多様な観測が継続的に行われている。また、地表面監視として災害の監視も重要な役割を果たしている。

衛星観測の成果の典型例として、1980年代に発見されたオゾンホール観測がある。米国 NIMBUS 衛星に搭載されたオゾン全量分光計は、南極上空のオゾンホールの広がりや時間変化を観測し、画像として示した。これにより、この問題を一般の人にも広く印象付けた。また、日本と米国で共同開発された TRMM(熱帯降雨観測)衛星は、わが国で開発された世界初の衛星搭載降雨レーダにより、世界の降雨分布を高精度に測定した。TRMM 降雨レーダの観測例として、米国で2005年に大きな被害をもたらしたハリケーン・カトリーナの降雨の3次元分布図を図1.6に示す。

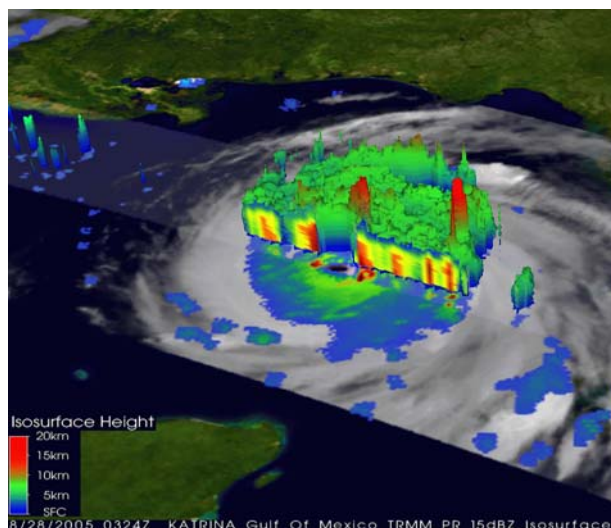
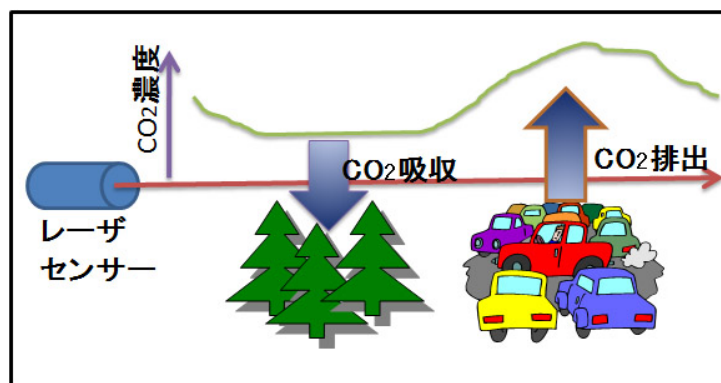


図1. 6：TRMM 搭載降雨レーダで観測されたハリケーン・カトリーナの降雨の3次元分布

地球温暖化問題への対処を目的とした地球観測衛星計画例としては、以下の計画が進行中である。2008年度打ち上げ予定のわが国の衛星である GOSAT は、世界で始めて地球全体の大気中の CO<sub>2</sub> 濃度を観測することを目的としている。観測センサは、太陽光の散乱光を受動型の赤外分光器で観測し、CO<sub>2</sub> の高度方向の積算量を測定する。アジア大陸スケールでの CO<sub>2</sub> 排出量の測定・評価が期待されている。

日欧の国際共同プロジェクトとして進められてきた EarthCARE 計画(2013 年打上予定)は、地球温暖化予測において最大の誤差要因である、雲・エアロゾル(大気中の微粒子)の影響を評価し、温暖化予測精度の改善に寄与することを目的としている。エアロゾルが太陽光を反射したり、雲の性質を変化させると、地球を冷却すると指摘されているが、現状ではその影響力の推定精度が低く、温暖化予測における最大の誤差要因となっている。この問題の改善のために、EarthCARE 衛星には、雲とエアロゾルの3次元観測を行うミリ波雲レーダとエアロゾル測定用のライダー等のセンサを搭載する。この中で、わが国では、NICT と JAXA の協力により 94 GHz の雲レーダの開発が行われる。

衛星リモートセンシングとともに、地上あるいは航空機搭載用リモートセンサに関しても種々の技術開発が行われている。最近、独立行政法人情報通信研究機構 (NICT) で新たに開発に成功したセンサ技術として、CO<sub>2</sub> 濃度測定用のレーザがある。これは、最近試験観測が可能になったもので、地上観測において、将来的には 10 km 程度の領域の CO<sub>2</sub> 濃度の空間分布の測定の可能性がある。これにより、これまで十分知られていない CO<sub>2</sub> のローカルな循環についても、新たな知見をもたらすものと期待される。本技術は、将来的には衛星搭載による地球規模の観測への応用も検討されている。本レーザセンサの測定概念図及び試作システムを図 1. 7 及び図 1. 8 に示す。



レーザセンサによりCO<sub>2</sub>の空間分布を連続して測定

図 1. 7: CO<sub>2</sub> レーザセンサ観測概念図

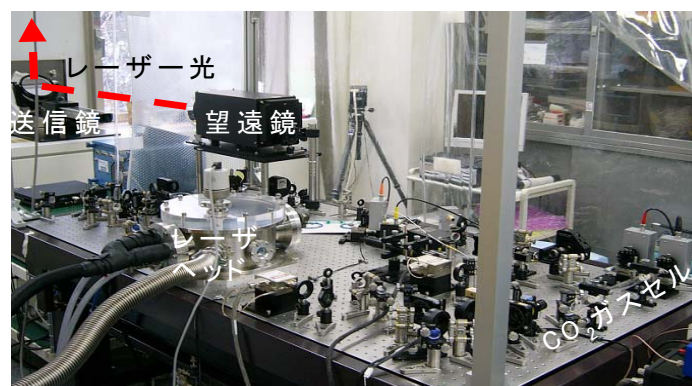


図 1. 8: CO<sub>2</sub> レーザセンサ試作システム

このようなりモートセンシング技術の研究は、地球温暖化の現状把握や温暖化予測の改善に不可欠なものである。さらに、モニタリングの結果を温暖化対策に反映させることにより、温暖化対策の最適化を実現することが可能になろう。NICTの関連研究開発については、概要を参考資料2に示す。

#### 1. 2. 4 地球シミュレータによる環境予測

地球温暖化問題への対応を具体的に検討するためには、気候変動を現実的に再現し、今後の見通しを予測することも不可欠である。国際的な取り決めにも大きな影響を及ぼすことから、正確で最先端の地球温暖化予測が求められる。東京大学気候システム研究センター、海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター、国立環境研究所など我が国の研究機関は、地球シミュレータなどのスーパーコンピュータを用いて20世紀において観測された地球の平均地上気温の上昇傾向を再現すると同時に、2100年までの地球温暖化の見通し計算を行うなどの成果を上げている（参考資料3参照）。これまでは、地球温暖化が進行したときの気温上昇量の分布は、大陸規模程度の大まかな特徴しか予測することができなかったが、現在ではより詳細な予測を行うことが可能となっており、より具体的な影響評価を行うことが可能になっている。もっとも、地球温暖化対策の必要性の根拠は、莫大な情報の収集と解析システムの上に成立しており、なお残る不確実性や対応策策定のためには、ICTの進展が不可欠となっている。