

4. 生態系部会報告

4-1. 背景

生態系は、生物群集と環境との相互作用による物質やエネルギーの循環をもっており、この機能を通じて、地球規模の物質循環や気候形成などに重要な働きを果たしている。近年の人口増加や土地・資源の過度な利用により、森林減少・衰退、砂漠化、湖沼の富栄養化、酸性降下物、汚染などが引き起こされ、その結果として生態系機能やそこからもたらされる生態系サービスが低下していると言われている。生態系の機能は、それを構成する生物の活動によって発揮される。生物種は現在までに 175 万種が記載されているが、これは地球上に生息すると推定される全生物種（1000～3000 万種）の 10% 前後に過ぎない。しかも、生息域の減少や侵入種などの影響により毎年 4 万種が絶滅しているとも推定されている。

急速な生態系の劣化や生物多様性の減少に対して、1992 年のリオデジャネイロ国連環境開発会議で生物多様性条約が提案され、現在までに 180 力国以上がこの条約に参加している。2000 年の第 5 回締約国会議では、生物多様性の保全と持続可能な利用のために、エコシステムアプローチの原則が採択され、生態系の変化を常にモニタリングしながらその管理や利用を順応的に行うべきであるとする方向が合意されている。これらを受けて、2001 年には、我が国でも新・生物多様性国家戦略が策定されており、生物多様性の減少を引き起こす原因や生物多様性の有用性の拡大、生態系の再生などとともに、生態系および生物多様性のモニタリングが具体的な施策として盛られている。

我が国の位置する西太平洋・アジア地域は、北のシベリアから南のニュージーランドまで湿潤な気候の連続する地域であり、陸上では森林というもっとも発達した自然生態系をもつ。地球上で同緯度の他地域にくらべて生物生産力が大きく、生物多様性も高い。一方では、人口が集中し、近年の急速な経済成長も経験しているため、土地や資源の利用が急速に拡大・変化している地域でもある。したがって、地球規模で生態系・生物多様性を考える上でも、重要でかつ緊急性も高い地域である。しかし、この地域における観測能力は高くなく、日本がリーダーシップを発揮し観測やその能力向上などでイニシアティブをとることが期待されている。

4-2. ニーズと現状

4-2-1. 一般的な地球観測のニーズ

一般的なニーズとしては大きく、以下の 4 点に分類できる。

(1) 生態系および生物多様性の現状把握

そもそも、地球上にはどれだけの生物がいるのかが未解明である。現在でも、全生物の 10 数%しか記載されていないと推定されており、多くの未記載種が存在する。また、生態系の機能と生物多様性の関

係についても未解明な部分が多い。これらの解明は生態系や生物多様性の保全がどのような生態系サービスをもたらすのかについての基礎的知見であるが、人間活動によって生態系自身が変化しつつあるため、こうした未解明な部分を明らかにしながら地球観測を行うという同時進行が必要である。

(2) 生物多様性の変化とその要因の特定

現在の生物種の絶滅速度は地球史上最大であり、地質時代最大の絶滅に較べても 1000 倍以上のスピードで起こっていると推定されている。絶滅危惧種に関する観測は重要であるが、大型の動物なども生態系のなかで重要な役割をもつだけでなく、絶滅の確率も高いと考えられていることから、その動態が観測される必要がある。また、生物多様性を減少させる原因としては、生息域の縮小・環境変化と侵入種による攪乱が重要と考えられており、これらの環境変化の進行も同時に観測する必要がある。生息域の縮小や分断化により遺伝的多様性が減少しているほか、あるいは人間による生物の導入などによる遺伝子攪乱も今後問題となりうる。

(3) 生態系変化とその要因の特定

生態系の変化を引き起こす人為的要因としては、温暖化あるいは気候変動、土地利用や資源利用の圧力（森林の衰退や火災、砂漠化などを含む）、降下物・流入物・汚染物質などである。これらが生態系の構造や生産力、物質循環などに与える影響を観測する必要がある。これらは、他の観測部会の観測項目と連動させて観測するのが望ましい。基本的には、(1) および (2) の観測体制を整備し、要因となる観測項目を加えることで対応すべきである。

(4) 生態系・生物多様性変化の影響検出

生態系や生物多様性に起こった変化が、各種のスケールの物質循環や生態系サービスにもたらす影響を検出する必要がある。生態系サービスの中には、これまであまり評価されてこなかったものや、影響評価の難しいものも含まれているが、これらの評価方法を早急に開発し、観測に生かしてゆく必要がある。

4-2-2. わが国の基本方針

新・生物多様性国家戦略では、生物多様性の問題として、1) 開発や乱獲など人間活動による種の絶滅、生態系の破壊・劣化、2) 自然に対する人間の働きが減ったことによる身近な生物の消失、3) 外来種による生態系の攪乱、という 3 つの危機を挙げている。また、その問題の解決のため、1) 生物多様性の理念と対象の拡大、2) 自然再生、3) 具体的提案と連携・共同、の 3 点を重視している。このなかで、新たな生態系モニタリング事業も提案している。

また、総合科学技術会議の生物・生態系研究開発調査検討ワーキンググループ報告書「必然としての生物多様性 -その保全と持続可能な利用-」(平成16年7月)では、我が国の生物・生態系研究の基本的な方向を、「人類生存のための生物多様性の保全と生物資源の持続可能な利用」を目的として、以下のような領域の研究枠組みで研究を推進するべきであると報告されている。

基礎研究：生物多様性はどのようにして地球上の生命を支えているのか

知的基盤の整備：生物多様性研究に係わる知的基盤の戦略的・体系的整備をどのように図るべきか

生物多様性変化の予測：人間の活動によって生物多様性はどのように変化してゆくのか

生物多様性変化の影響評価：どのような生物多様性の損失が人類と文明の存続に危険をもたらすのか

生物多様性の保全・再生の技術・手法：どのようにして生物多様性を保全するのか

国土と自然資源の利用と管理：生物多様性の保全と調和した自然資源や国土の利用をどう設計するか

生物資源の持続可能な利用とそのための政策：生物資源の持続可能な利用をどのように図るのか

4-2-3. 国際的な動向

生態系の長期間継続された研究としては、米国に主導された LTER (Long-Term Ecological Studies) のネットワークがある。米国だけでなく、国際的なネットワークとして展開されており (ILTER), 東アジア・太平洋地域でも、中国、韓国、台湾等を中心として ILTER ネットワークも結成されて長期継続的な研究が展開されている。これらの研究サイトは観測サイトとして活用でき、また生態系・生物多様性観測ネットワークとして発展する大きな可能性をもつ。日本でも、最近大学演習林などを中心としたネットワークが形成されている。陸上環境観測の国際ネットワークとしては GTOS (Global Terrestrial Observing System, 全球陸上観測システム)があるが、これも LTER サイトを中核の検証サイトとして、衛星データをもちいた炭素収支や生態系純生産、土地利用などの観測が行われている。また、MA (Millennium Ecosystem Assessment) では、世界の生態系アセスメントが行われているが、これは既存のデータや資料を中心としたアセスメントであり、実際の事業的な観測は多くない。

LTER は総合的・学際的な研究を目的とするサイトであるのに対して、より観測的側面の強いネットワークが各国での国内事業として行われている。英国では、ECN (UK Environmental Change Network) として、陸域 12 箇所、淡水 42 箇所のサイトで、気候、

水質、土壌、植生、動物の観測が行われているほか、米国でも NEON (National Ecological Observatory Network) が計画されている。日本のモニタリングサイト 1000 (環境省) などこうした観測ネットワークに位置付けられる。

生物多様性に関しては、まだ地球上に生息すると推定されている生物の 10% 前後しか記載されていない状況をうけて、Species2000 (Catalogue of Life Program) が地球上の全生物のリストアップを目的としたカタログ作りを行っているほか、これらの共通基礎となる分類学的キャパシティの向上イニシアティブとして GTI が、生物多様性条約の横断的活動として動いている。これらの生物多様性情報の電子化と利用促進をめざして、GBIF が発足し、標本データのデータベースを当面の目標として活動を開始している。未記載の生物のインベントリーとしては、DIVERSITAS (International Program of Biodiversity Science, 生物多様性科学国際協同プログラム) およびその活動としての IBOY (International Biodiversity Observation Year, 2001-2002) があるほか、CoML (Census of Marine Life) が海洋生物のインベントリーやカタログ作りを行っている。

これらの中には、日本が主導的におこなっている活動がいくつかある。IGBP-GCTE-TEMA は、日本が提案し採択された GCTE コアプロジェクトの一つで、モンスーンアジアの森林生態系において、観測ネットワークを整備し、生物生産速度や森林の動態観測をおこなった。APEIS (アジア太平洋環境イノベーション) は、生態系・生物多様性を含む総合環境モニタリングで、中国、シンガポール、オーストラリア、日本の参加によるモニタリングを行っている。Species2000 にはアジア・オセアニア地域のネットワークがあり、日本がこの地域で主導的な役割を担っている。また、日本動物学会でも GAIAList などの動物カタログ作りを行っている。DIWPA (DIVERSITAS Western Pacific and Asia) は IBOY を提案して、DIVERSITAS 全体の活動として採択された。このなかで、西太平洋アジアでは統一的手法による各種生態系のインベントリー (生態系機能と関連させた) が行われた。NaGISA (Natural Geogeaphy in Shore Areas, 沿岸域の生物多様性インベントリー) プロジェクトも、日本主導による沿岸生物のインベントリーに関する国際ネットワークプロジェクトである。

4-3. 生態系観測の目標・現状・課題

4-3-1. 今後 10 年間に達成すべき目標

(1) アジア・太平洋地域を対象とした観測拠点の整備
沿岸、沖合、森林、草原、湖沼、河川の観測拠点 (各数十～百箇所) を確立し、生態系の機能と構造および生物多様性に関する同時観測体制を確立する。

(2) 観測拠点のネットワーク化

各観測拠点をネットワーク化し、データベースの

整備，公開，利用の効率的システムを整備する．

(3) 既知種の割合を上げる

現在10%前後と推定されている既知種の割合を可能な限り上げる．とくに，熱帯の生物および分類の進んでいない生物群でのインベントリーを充実させる．

(4) 生物多様性観測標準手法の確立

生態系機能と生物多様性の関係が明確となるように，統一的なサンプリングおよびインベントリー手法を適用し，地球規模での比較や変化の効率的抽出が可能なシステムを確立する．

(5) 絶滅危惧種の観測と絶滅危険度の判定

各地域の絶滅危惧種のモニタリング体制を確立し，絶滅危険度の判定精度を上げる．

(6) 侵入種の観測とその侵略性予測

侵略種のリストおよび生態情報に関する迅速な観測体制を確立し，侵略性の判定精度を上げる．

(7) キーストン種，広域移動種のモニタリング体制の確立

生態系のキーストン種の判定に関する科学的な分析手法を確立し，その手法を採用した観測体制を確立する．また，国際的共同作業による広域移動種の観測体制を確立して，生息域など生息条件の国際的保全に関する情報を提供する．

(8) 生態系の健全性，持続性，生態系サービスの指標完成とそれにもとづく観測

科学的指標の確立し，それに基づいた観測を開始する．

4-3-2. 生態系および生物多様性の現状把握

(1) 地球上の生物の多様性把握

いまだに地球上の全生物の10%程度しか記載されていないと推定されている現状を考えると，生物関係の産業，病害虫防御，あるいは将来利用可能な生物資源として観点からも記載種の割合を上げることが重要である．陸上生物では昆虫類，海洋・陸水生物では底生生物（ベントス）の多様性が非常に高いと予想され，かつ記載種の割合が低い．また，土壌中や水中の微生物は生態系における役割が大きいと予想されるものの，分類が進んでいないので，これらの生物の記載を重点的に進める必要がある．生態系および生物多様性の観測も，種の記載なしには進まない．

一方，熱帯地域は生物多様性がとくに高い地域であるにもかかわらず，開発途上国が多く，これらの種を記載して資料とするためにはキャパシティビルディングが不可欠である．また，先進国においても分類・記載・資料作成を行う研究者や技術者が減少しているため，その対策が必要である．また，膨大

な数の標本を採取し，さらに科あるいは属レベルまで分類し，標本とデータを適正に管理することができ技術者（パラタクソノミスト）を養成する必要がある．

これらのデータは，すでに膨大な量に達しているが，いまだに電子化が遅れており，国際的公開や利用にも支障がでている．これらの作業はGBIF(Global Biodiversity Information Facility, 地球規模生物多様性情報機構)などを中心として進められており，これと連携した形での観測を行うことが望ましい．

(2) 生態系機能と生物多様性の同時モニタリング

生物種は，生物群集の中でさまざまな種間関係ネットワークに組み込まれ，生産・被食・捕食あるいは分解など生態系の機能を担っている．また，陸上生態系においては，いくつかの機能群（花粉媒介，種子散布など）によって，生態系の更新・存続が大きな影響を受ける．したがって，生物多様性の保全は，これらの生態系機能の保全や持続性の確保につながるのであるが，生物多様性と生態系機能の関係については，近年の海外での集中的な研究にもかかわらず，いまだに明確ではない．一方では，さまざまな要因（後述）によって，生物多様性や生態系が変化しつつあり，これらの生態系機能にも変化が生じている．したがって，生物多様性と生態系機能の関係を同時に観測しながら，その変化を検出する形での観測が必要になる．

具体的には，生産者や分解者，花粉媒介や種子散布といった生態的機能の働きと，それらを担う生物の多様性を，研究とリンクさせながら，同時に観測するシステムが必要となる．生産や分解など生態的機能の観測については，これまでに手法がほぼ確立されている．一方，花粉媒介や種子散布などの機能については観測や比較の手法の研究開発が必要である．それらの機能を担う生物多様性の観測については，異なった環境での比較が必要であることから，少なくとも，陸上（森林・草原・湿原・農耕地），陸水（湖沼／河川），海洋（沿岸／沖合／深海）などの生態系のタイプごとに標準化された手法を用いる必要があるが，これまでは研究者や生態系タイプ毎の個別の手法が用いられてきた．日本が提案して採用されたIBOY（国際生物多様性観測年）やNaGISAプロジェクトでは西太平洋・アジア地域の生態系に対して，統一的な手法で得られた結果の比較が提案されており，このような観測をさらに広げることが効果的である．

土壌などの微生物については，分解や栄養塩循環などで大きな役割を果たしていることが最近になって明らかになりつつあるが，その分類や機能計測については，DNAや安定同位体など最新の技術をもちいた観測手法の研究開発をあわせて行う必要がある．

4-3-3. 生物多様性の変化とその要因の特定

(1) 生物の生息環境および景観の変化

生物多様性の減少をひきおこす最大の原因と考えられているのが、生息域の減少と劣化である。陸上生態系においては原生林をはじめとする森林の減少や分断化、陸水や海洋においては河川改修や護岸工事などによる自然性の高い河川、湖岸、海岸が消失・分断化されることが大きな要因になっている。また、漁獲圧による海洋生態系の変化も危惧されている。

生息環境の分断化は、繁殖にかかわる個体数の減少をまねき、それ自体で絶滅の危険性を増すが、さらに遺伝的な多様性が減少することで近交弱性などが生じ絶滅を加速すると言われている。陸水生態系はもともと孤立した環境で特異的に進化・生息してきた種が多いという特徴をもっているが、人為的な河川改修や水位操作（取水）、などによって、上流域のさらなる孤立や回遊生物の生活史の寸断を引き起こす。

これらの変化を観測するには、土地利用や河川改修などの空間情報を把握すると同時に、生息環境変化の影響を受けやすい生物を特定し、さらに、これらの個体群を継続的に観測してゆくことが重要である。

(2)種の個体数および分布の変化

すべての生物の個体数を観測するのは不可能であるが、絶滅の危険の高い種や、その挙動が生態系を大きく改変する可能性が高い種（キーストン種）の個体群は、種の絞込みを行った上でその動態を観測することが望ましい。

陸上でも海洋でも大型動物は絶滅の確率が高いと推定されている。陸上の猛禽類や大型哺乳類は行動圏が広く、その挙動が広範な地域に影響する。また、猛禽類は生態系食物網のトップにたち、健全な生態系の指標となりうる、と考えられている。渡り鳥は、地球規模で移動を行う上、渡りを行う地域全体で生息に必要な環境が確保される必要がある。また、西太平洋やアジア地域で渡りをする種が多く、この地域の自然環境を共通に特徴づける種群でもあるが、この観測には国際的な協力関係が必要である。その生息域の保護のため、国際的にもラムサール条約や渡り鳥保護条約・協定が結ばれている。これらの種を候補とした、特定種の個体群を観測する必要がある。また、近年、衛星やIT技術を用いた広域的な移動観測などが可能になりつつあり、こうした技術を活用した観測も取り入れる必要がある。

(3)絶滅危惧種

近年、絶滅危惧種はレッドデータブックによってリストアップされるようになった。しかし、開発途上国や分類群によっては、かならずしも十分な整備がなされていない。国際的な観測では、開発途上国への支援が不可欠である。また、絶滅の原因は種によって異なり、それが特定されていない。したがって、絶滅危惧種の生態的特性や遺伝的多様度などを観測すると同時に、絶滅危惧となった原因を解明で

きるシステムが必要である。さらに、絶滅確率を推定する手法を確立し（研究レベル）、観測結果とあわせて絶滅危険度を精度よく推定し、その対策を示唆できる体制を確立する必要がある。

(4)侵入種の動態

侵入種のなかには、地域固有の種より競争力で勝り、固有種を駆逐・絶滅させる恐れのあるものがある。このような侵略性の強い侵入種は世界各地で生態系を攪乱し、その影響が問題視されている。いずれの種も、導入・侵入確認の時点では侵略性の強さが不明であり、数年から数十年後に大きな問題を引き起こす。したがって、侵入種リストを定期的に作成すると同時に、その生態的特長（繁殖、移動など）や固有種との相対的な競争力の強さなどを評価することが必要になる。どのような性質が侵略性の強弱に関係しているかは、現在の研究ニーズとしても大きく、今後の知見の集積に伴い新たな観測ニーズが生ずると考えられる。それらの知見を生かし、侵入種の迅速なモニタリングがと実施でき、侵略性の警告もできるような柔軟な体制を確立する必要がある。

(5)遺伝的多様性の変化

絶滅危惧種や希少種、大型動物などでは、その遺伝的な多様度が個体群の存続のために重要である。絶滅危惧種などではゲノム解読を含む総合的な生態・遺伝解明などが保全手段を考える上で有効な場合がある（エコゲノムプロジェクトなど）。また、海洋生態系生物の遺伝的多様性（既知の全生物種のDNA情報）を統一的に蓄積するシステムの開発もすでに始まっている（Bar code of life）。微生物では環境ゲノム解析などによる資源探索も考えられている。それらのためには、迅速なDNA分析システムを配備することが重要である。またサンプルの自動分析など、観測の効率化を計ることも必要である。また、こうした情報の管理と公開についても、GBIFなどの取り組みを中心に進めてゆく必要がある。

4-3-4. 生態系の変化とその要因の検出

(1)温暖化・気候変化にともなう生態系の変化

温暖化によって、生物の分布域の移動が生ずるほか、生産、分解、物質循環の速度などが変化する。また、陸水生態系では、水温が上昇することで特定の魚類が河川のなかで孤立するなどの効果も推定されている。これらの観測の多くは、地球温暖化の観測と連携して進める必要がある。また、生態系機能の観測が長期間固定されたサイトで十分な観測項目をもって行われれば、それと同時に地球温暖化に関わる観測を行うことは効率的である。したがって、このような観測サイトの整備とそのネットワーク化をまず図るべきである。

(2)土地利用などにともなう生態系の変化（砂漠化・森林火災を含む）

土地利用やそれにともなう各種の人間活動は生態系に大きな影響を与える。河川や海洋では流域の土地利用によって、生態系の性質や生物多様性が変化する。また、陸上生態系では、人間活動に関係した森林火災が大きな問題である。半乾燥地では、過放牧によりサバンナや草地が砂漠化しているという問題が健在している。これらの観測は土地被覆の観測と共同で行う必要がある。これらの観測の多くは、もし生態系レベルでの観測拠点の整備とそれらのネットワークが確立されれば、生態系機能観測と同時に効率的に行うことが可能である。

(3) 降水物および汚染による生態系の変化

陸上、陸水、海洋において、大気からの降水物、表面流・河川からの流入物などにより、生態系の機能が影響を受ける。これらの観測は大気汚染物質やエアロゾルなどの地球環境に関わる観測と共同で行う必要がある。また、観測拠点の整備、共有化、さらにそれらのネットワーク化が確立できれば、生態系機能の観測と同時に効率的に行うことが可能である。

4-3-5. 生態系変化の影響検出

(1) 地球物質循環への影響

生態系の機能が変化することで、地球レベルの水循環、栄養塩循環、炭素循環や気候形成作用に影響をおよぼす。これらの観測は、他の地球観測項目と連携して体系的に行う必要がある。これら全体モデルの中の必要なパラメータを推定することが必要である。また、観測拠点とそのネットワークが整備できれば、生態系の機能観測と同時に起こることが可能となる。

(2) 生態系サービスへの影響

生態系や生物多様性がもたらすサービスとしては、生物資源の提供や水質浄化機能、気象緩和機能、水量調整機能等などの制御のほか、これまであまり評価されてこなかったものもありうる。たとえば、人間の健康及び人間社会（農業、産業、安全、文化等）への影響などである。生態系の変化は、これらのサービスにも変化をもたらす。これらを含むサービスが十分提供されているかを観測すると同時に、逆に生態系が健全であるか否か、あるいは持続可能な状態か否か、を指標化して観測する必要がある。そのためのクライテリア・インディケータを開発し、適用するのが望ましい。

4-4. 今後 10 年間程度の取り組みの重点事項

4-4-1. 国際協力の上で我が国として優位な観測項目および観測域

[生物多様性と機能の観測]

DIWPA-IBOY の生物多様性に関わる観測が実施された際、生物多様性の観測手法を標準化する作業が、オーストラリア、ロシア、中国、東南アジア諸国に

おける研究者の協力の下に行われ、取りまとめられている。2001 - 2003 年に、森林、沿岸、湖沼生態系で実践された、生態系機能を意識した生物多様性の調査方法であり、改善の余地はあるものの、世界のほかの地域に先駆けての提案である。また、IGBP-TEMA は、ほぼ同じ地域の森林生態系の生産力と炭素固定量をモンスーンアジア地域のトランセクトを設定して推定した。生態系機能と生物多様性を同時に観測する先駆的で、効果的な方法は他の地域では行われていない。また、NaGISA プロジェクトでも、同じように観測手法の標準化を行い、沿岸域の観測を行っている。西太平洋アジア、あるいはモンスーンアジア地域は、陸域、沿岸域とも生物多様性が高く、ホットスポットも多い。このような観測研究サイトは、今後の長期継続観測のネットワークの構築に有効であるが、現状では開発途上国での能力開発が十分でなく、ネットワークとして運営する体制が整っていないため、重点的に整備する必要がある。

[渡り鳥の観測]

ユーラシア大陸東岸は、多くの渡り鳥が渡りのルートとして使っている。ルートを通じて環境が保たれないと渡り鳥は減少する。近年、この移動を衛星で追跡する手法が確立された。また、日本には、鳥類の研究者あるいは同定の可能なアマチュアの人口が多いため、組織的な観測が可能である。

[生息域の分断化の影響]

我が国の自然環境の優れた特徴は、恵まれた森林、海洋環境にある。現在においても森林の占める面積は極めて大きく（約 60%）、周囲を海洋が取り巻いている環境は変わらない。しかし、人間活動によって、森林（特に自然林）、や自然度の高い海岸線は分断化されている。森林や海岸線に関する分断化は他の先進国にも見られるが、欧州諸国においてはすでに分断・小面積化の影響は長く続いており、そのプロセスを調査することは難しい。北米、豪州においては分断・小面積化の影響は懸念されているが、国土が広いためにその影響の現れ方は必ずしも顕著ではない。日本には森林性の動物が多い。陸生哺乳類のほとんどが森林性である。また、森林性の鳥類も多い。森林の分断・小面積化はこれらの動物の多様性、生活史、個体群の存続に大きく影響していると考えられる。

アジア地域は最近数十年間、非常に高度な経済成長を経験し、土地利用も急激に変化したという特徴をもっている。したがって、この地域の生息域の変化はきわめて大きく、こうした観測に適した地域といえる。

4-4-2. 今後 10 年で優先すべき生態系観測のための技術開発

以下のような技術開発が優先されるべきである。

- 1) DNA 分析能力の向上
- 2) 絶滅危惧種などの保全のための遺伝子情報を含む総合的解析
- 3) 微生物の生態機能と多様性の把握技術
- 4) 生物多様性情報の処理と利用
- 5) IT を利用した動物行動モニタリング
- 6) 指標開発（生態系の健全性、持続性、各種生態系サービス）
- 7) 予防原則にもとづくリスク予測技術と観測のリンク（絶滅危惧、侵入種の侵略性）
- 8) 衛星観測による環境変化把握（生態系の構造、機能、分断化など）

4-5. 留意事項

4-5-1. 生態系・生物多様性問題の特性と観測にあたっての問題点

生態系・生物多様性の観測は、他の地球観測項目と性格が異なる側面があり、考慮すべき点がある。まず、生態系の機能や生物多様性の変化には非線形プロセスが多く、その変化が複雑で予測性が低い。また、関与する生物の数が多いため、1 種の生物だけの観測、また関係する環境要素だけを把握する方法では十分な理解が得られない。また、生物多様性の固有性や地域の特殊性が大きく、必ずしも地球規模で同じ項目（同じ生物、あるいは同じ環境要素）を観測しても現象の解明に繋がらない。しかし、生態系や生物多様性の変化を引き起こしている原因は地球規模で機能している場合が多く、対象が異なっても類似した変化が引き起こされる場合もある。そのため、地域的にはやや特殊な観測項目でも地球規模で統一的に観測する意味がある。また、固有性の高い生物種の場合には、絶滅してしまうと復活できないという不可逆性がある。

実際の観測にあたっては、生物の同定や生態系の各種の機能など、衛星などによる広域な把握が難しい、あるいは機械化がむずかしい観測が多い。精度を確保した観測を実施するためには、観測能力を備えた人的資源の確保が重要な役割をもち、人材育成が重要である。

生物・生態系に関わる観測は多面的で各種の空間的・時間的スケールでの観測が必要になる。また、効率的な観測のためには、生態系機能と生物多様性が同時に観測でき、さらに気象、地球温暖化、土地利用などの観測も実施可能な観測拠点整備が不可欠である。このような観測拠点の整備とともに、研究開発を同時に行うことで、観測手法の開発・改良、解析方法などの技術開発が促進される。

4-5-2. 生態系観測のための拠点整備とネットワーク化

生態系機能の担い手が生物多様性であることから、両観測は同時に行われる必要がある。そのための観測拠点の整備が不可欠である。このような拠点が整備できれば、地球温暖化や大気降下物質などによる

生態系機能と生物多様性への影響が明確になる。これらの観測をそれぞれ切り離して行うことは効率的でない。

ピンポイント的に実施された生物・生態系観測で得られた情報を面的に広げるスケールアップ技術の開発は不可欠である。衛星画像などを用いたリモートセンシング技術からのアプローチは従来盛んに行われていたが、空間分解能が低く、生態系機能を探るレベルまで到達していない。虫の目から鳥の目へ移るための接点となる技術開発が必要である。このため、リモートセンシングによる観測の空間分解能の向上と高密度の観測拠点の整備、およびそのネットワーク形成が不可欠である。

アジア・オセアニア地域における観測ステーション（ILTER サイト）のネットワークが形成されている。中国・韓国・台湾・モンゴルなどでいろいろな生態系で長期的な観測を継続している。日本では、大学演習林や野外実験施設などがその候補であり、現在 JERN（Japan Ecosystem Research Network）が任意団体として発足し ILTER と連絡をもっているほか、共同で環境省のモニタリングサイト 1000 の事業に協力している。また、大学演習林はアジアの大学の演習林とも連絡組織を整備しつつある。大学の湖沼・沿岸の野外実験施設間にも連絡組織があるほか、農林水産省、環境省などの研究機関でも野外研究施設を持っている。これらの既存のネットワークを体系的に統合した高密度の観測拠点からなる観測ネットワークを形成するのが、生物・生態系観測において効果的である。

ただし、これらの観測拠点では、観測拠点を運営する技官等の人員や維持費の削減がなされ、長期間継続された生物生態系を継続ができないケースが多い。生物・生態系に関わる観測においては、「長期継続観測」が基本であり、その確保が保証される体制の整備が必要である。また、観測技術者を養成する必要もある。それぞれの観測ステーションで、決められたサンプリングや分析を行うほか、生物多様性サンプルを科あるいは属レベルまで分類し、標本とデータを適正に管理することができる技術者（パラタクソノミスト）の養成を行う必要がある。

さらに、インフラの整備も必要である。森林生態系では林冠部の機能が大きく、生物多様性も高いが、そのアクセスには林冠クレーンやタワーなどのシステムが必要であるし、海洋や湖沼の観測では生物多様性観測に適した観測船が必要である。また、開発途上国の研究機関には、適切な生物標本保管施設をもたないところも多いので、先進国が支援して整備することが望まれている。

2001～2003 年の DIWPA-IBOY では、東シベリアからタスマニアに至るアジアグリーンベルト（緯度傾度）に沿った 26 の森林生態系観測サイトで、無脊椎動物多様性の観測を実施した。また、この一環として行った沿岸域の観測ネットワークが NaGISA プロジェクトとして発展している。これらの現在進行中

のプロジェクトを促進する形で、観測ネットワークの一層の整備を行うべきである。

4-5-3. 生物情報の収集処理能力の向上

(1) 分類学キャパシティ

生物多様性の観測を効率よく迅速に行うためには、分類学キャパシティを十分に上げる必要がある。各分類群の専門的分類学者（グローバルスタンダードで種の記載ができる）を大幅に増やす必要がある。とくに、開発途上国での専門家をもっと増加させる必要がある。そのためには、教育機関の設置も含め、人材育成の体制について考えるべきである。また、膨大な生物サンプルのソーティングには、それぞれの生物を科・属のレベルで分類できる技術者（パラタクソノミスト）が必要である。このような技術に資格を与えるなど、恒常的な職業として整備するなどの措置が必要である。

(2) 生物情報処理

生物多様性情報を効率的に管理し、利用するためには、GBIF が整備しているような情報システムを整備していくべきである。データベースとして、生物の記載文献、分類データ、標本データ、サンプルデータなど用途に応じた様々なタイプの情報システムの整備が必要であり、検索システム、同定システムなどのほか、将来的には自動同定システムなどの研究開発も検討する必要がある。

4-5-4. 生態系観測のための組織体制および予算措置

以下のような項目に関して組織体制の整備と予算措置が必要である。

(1) 大学野外研究施設、各研究所の試験地の充実

国際的視野にたった観測ステーションを確立するために、国内的には大学および研究機関のもつ野外研究施設（演習林、臨海・臨湖実験所など）の充実を行う。とくに、継続的な観測の可能な施設と人材の確保が必要である。アジア・太平洋の観測拠点には、各種の観測および生物標本の確保などの施設と観測のための人材確保などの予算措置が必要である。

(2) 生物分類学の施設充実と人材確保・教育

博物館・大学博物館などにおける生物標本の維持、生物多様性情報の入力などの予算を充実する必要がある。アジア・太平洋の開発途上国には、とくに生物標本の保管施設の充実や、パラタクソノミストなど人保および育成の体制整備の支援が必要である。

(3) ネットワークとデータ管理

GBIF と連携したデータ管理を進める必要があるが、生態系データに関しては、国際的な観測のコーディネートとデータベース化、利用促進などのための組織を整備する必要がある。またアジア・太平洋地域の既存のネットワークを維持・拡張し、それによる観測を支援する仕組みが必要である。

(4) 現在の事業の拡充とデータの共有

現在国内で行われているモニタリング事業（レッドデータブック、自然環境保全基礎調査、モニタリングサイト1000 酸性雨モニタリングなど）のうち、国際的なデータとして共有可能なものについては、共有化と公開をすすめる。また、国際的な観測としても意義のある観測については観測事業を太平洋・アジア地域に拡大する。

4-6. 課題分析表

（「重点化の必要性」の 印は重要な課題を示す）

生態系および生物多様性の現状把握

分類	観測ニーズ	現状	ギャップ （問題・課題）	具体的な取り組み	重点化の 必要性	重点化の視点 （留意事項）
生態系および生物多様性の現状把握	沿岸生態系の生物多様性把握	- 推定総種数のわずかな部分しか程度しかわかっていない：初ト（主として魚類）50%，プランクトン10%，マコバントス10%，メコバントス0.1%，ナバントス0.1%） - GTI, GBIF の取り組み - CoML (Census of Marine Life) の取り組み	- 分類学キャパシティ（研究者・資料保管施設・研究資金）の絶対的不足 - 種名リスト、標本データベース以外の情報が未整備 - 長期モニタリングサイトの欠如 - 地球環境の変化に伴う多様性喪失の危機 - データの活用体制の欠如 - 陸上に比べて我	- 専門分類学者の養成 - 分類学に必要な情報のデータベース化、時間情報、地理情報、生態情報とのリンク - 長期モニタリングの実施と実施機関の設立 - 革新的分類学手法の開発（例：サンプル分類同定プラットフォーム） - 多様性の危機と保全の必要性に関する社会的合意形成のための取り組み（マシミの活用、教育機関の設立、社会参加を含む研究計画の策定）		- 特に既知種の少ない分類群を重点化 - 東南アジア海域で若手分類学者の養成 - 分類学者が欠如している分類群の専門家養成 - 記載文献の PDF データベース化 - 種データベース（分類体系、記載情報、シノニムなど）の整備 - 観測の国際協力体制の確立 - 市民参加社会的合意形成が必要 - モニタリングは純粋な研究というよりも業務という側面が強い

		○日本海洋データセンター(JODC)の取り組み	が国での社会的関心の低さ		いので、例えば、気象分野における気象庁のような、生物多様性の観測を業務とする機関を設立することが不可欠
生物多様性の現状把握	沖合 / 深海生態系の種多様性把握	○推定総種数のわずかな部分しかわかっていない：ネクトン（主として魚類）50%，プランクトン10%，深海生マコトス10%，深海生ヌハントス0.1%，深海生ナハントス0.1%） ○GTI, GBIFの取り組み ○CoML (Census of Marine Life)の取り組み ○日本海洋データセンター(JODC)の取り組み	○分類学キャパシティ（研究者・資料保管施設・研究資金）の絶対的不足 ○観測に必要なキャパシティ（研究船など）の絶対的不足 ○種名リスト, 標本データベース以外の情報が未整備 ○長期モニタリングサイトの欠如 ○地球環境の変化に伴う多様性喪失の危機 ○データの活用体制の欠如 ○陸上に比べて我が国での社会的関心の低さ	○専門分類学者の養成 ○分類学に必要な情報のデータベース化, 時間情報, 地理情報, 生態情報とのリンク ○長期モニタリングの実施と実施機関の設立 ○革新的分類学手法の開発（例：サンプル分類同定プラットフォーム） ○多様性の危機と保全の必要性に関する社会的合意形成のための取り組み（マシミの活用, 教育機関の設立, 社会参加を含む研究計画の策定）	○とくに既知種の少ない分類群を重点観測 ○東南アジア海域で若手分類学者の養成 ○分類学者が欠如している分類群の専門家養成 ○記載文献のPDF・データベース化 ○種データベース（分類体系, 記載情報, シノニムリストなど）の整備 ○観測の国際協力体制の確立 ○非常にコストがかかるので社会的合意形成が必要 ○モニタリングは純粋な研究というよりも業務という側面が強いので、例えば、気象分野における気象庁のような、生物多様性の観測を業務とする機関を設立することが不可欠
生物多様性の現状把握	陸上生態系の種多様性把握	○推定総種数のわずかな部分しかわかっていない（無脊椎動物で顕著） ○GTI, GBIFの取り組み ○日本分類学会連合の取り組み	○分類学キャパシティ（研究者・資料保管施設・研究資金）の絶対的不足 ○観測に必要なキャパシティ（林冠などへのアクセス）の不足 ○種名リスト, 標本データベース以外の情報が未整備 ○長期モニタリングサイトの欠如 ○とくに熱帯では多様性消失が大きいというえに、研究密度が低い ○データの活用体制の欠如	○専門分類学者の養成 ○分類学に必要な情報のデータベース化, 時間情報, 地理情報, 生態情報とのリンク ○長期モニタリングの実施と実施機関の設立 ○革新的分類学手法の開発（例：サンプル分類同定プラットフォーム） ○多様性の危機と保全の必要性に関する社会的合意形成のための取り組み（マシミの活用, 教育機関の設立, 社会参加を含む研究計画の策定）	○とくに既知種の少ない分類群を重点観測 ○中核的大学院研究科の設置と分類学者のネットワーク化による教育機構の整備 ○記載文献のPDF・データベース化（電子記載の可能性） ○種データベース（分類体系, 記載情報, シノニムリストなど）の整備 ○既存標本データのデータベース化
生物多様性の現状把握	陸水生生態系の種多様性把握	○推定総種数のわずかな部分しかわかっていない（ベントスなどで顕著） ○GTI, GBIFの取り組み ○日本分類学会連合の取り組み	○分類学キャパシティ（研究者・資料保管施設・研究資金）の絶対的不足 ○種名リスト, 標本データベース以外の情報が未整備 ○長期モニタリングサイトの欠如 ○地球環境の変化に伴う多様性喪失の危機 ○データの活用体制の欠如	○専門分類学者の養成 ○分類学に必要な情報のデータベース化, 時間情報, 地理情報, 生態情報とのリンク ○長期モニタリングの実施と実施機関の設立 ○革新的分類学手法の開発（例：サンプル分類同定プラットフォーム） ○多様性の危機と保全の必要性に関する社会的合意形成のための取り組み（マシミの活用, 教育機関の設立, 社会参加を含む研究計画の策定）	○とくに既知種の少ない分類群を重点観測 ○中核的大学院研究科の設置と分類学者のネットワーク化による教育機構の整備 ○記載文献のPDF・データベース化（電子記載の可能性） ○種データベース（分類体系, 記載情報, シノニムリストなど）の整備 ○既存標本データのデータベース化

生物多様性の現状把握	土壌生物の多様性把握	○限られた分類群についてのみの知識しかない ○GTI, GBIF の取り組み	○分類学コミュニティ（研究者・資料保管施設・研究資金）の絶対的不足 ○種名リスト、標本データベース以外の情報が未整備 ○長期モニタリングサイトの欠如 ○分解系、食糧生産などに関係して重要な種群 ○データの活用体制の欠如	○専門分類学者の養成 ○分類学に必要な情報のデータベース化、時間情報、地理情報、生態情報とのリンク ○長期モニタリングの実施と実施機関の設立 ○革新的分類手法の開発（例：サンプル分類同定プラットフォーム） ○多様性の危機と保全の必要性に関する社会的合意形成のための取り組み（ナミの活用、教育機関の設立、社会参加を含む研究計画の策定）	○とくに既知種の少ない分類群を重点化 ○中核的大学院研究科の設置と分類学者のネットワーク化による教育機構の整備 ○記載文献の PDF・データベース化（電子記載の可能性） ○種データベース（分類体系、記載情報、シノニムリストなど）の整備 ○既存標本データのデータベース化
------------	------------	---	---	--	--

生物多様性と生態系機能（生態系機能と生物多様性の同時モニタリング）

分類	観測ニーズ	現状	ギャップ (問題・課題)	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点（留意事項）
生物多様性と生態系機能の把握	沿岸生態系の生物多様性と機能の変化	○先駆的とり組みが始まったばかり ○CoML の取り組み ○NaGISA 計画の実践	○生物の生態的地位や種間関係が十分わかっていない ○観測方法の国際的標準化が必要 ○生態系機能の観測と生物多様性の観測のリンクが必要 ○観測参加者の不足 ○観測ステーション数の不足 ○試料処理体制の欠如 ○データ整理技術の欠如	○生産・分解・栄養塩循環などの生態系機能の観測とリンクした生物多様性の観測 ○国際的標準手法の開発とそれによる観測 ○NaGISA 計画などの地球規模計画の推進 ○市民参加による実施体制の強化と行政機関の獲得		○緯度傾度 人為影響の強弱に沿った配置 ○観測機関の整備 ○観測技術者（バクテリアリストなど）の養成、若手分類学者（ボストク）の参画を推進 ○コンピュータを用いた汎用多重生物検索システム、インターネットを通じた未同定標本の加スリファレンスシステム、サンプル単位でのデータベース等の開発 ○地球環境の変化のバイオモニタリングとしての位置づけの周知
生物多様性と生態系機能の把握	沖合生態系の生物多様性と機能の変化	○先駆的とり組みが始まったばかり ○CoML の取り組み ○NaGISA 計画の実践	○生物の生態的地位や種間関係が未解明 ○観測方法の国際的標準化が必要 ○生態系機能の観測と生物多様性の観測のリンクが必要 ○観測参加者の不足 ○観測ステーション数の不足 ○試料処理体制の欠如 ○データ整理技術の欠如	○生産・分解・栄養塩循環などの生態系機能の観測とリンクした生物多様性の観測 ○生態系の栄養段階ごとの生物多様性観測 ○国際的標準手法の開発とそれによる観測 ○NaGISA 計画などの地球規模計画の推進 ○市民参加による実施体制の強化と行政機関の獲得		○緯度傾度 人為影響の強弱に沿った配置 ○観測機関の整備 ○観測技術者（バクテリアリストなど）の養成、若手分類学者（ボストク）の参画を推進 ○コンピュータを用いた汎用多重生物検索システム、インターネットを通じた未同定標本の加スリファレンスシステム、サンプル単位でのデータベース等の開発 ○地球環境の変化のバイオモニタリングとしての位置づけの周知

生物多様性と生態系機能の把握	陸上生態系の生物多様性と機能の変化	- 先駆的とり組みが始まったばかり - IBOY-DIWAの取り組み - LTERの取り組み - 大学研究林などの基礎データとネットワークが形成されつつある - 環境省モニタリングサイト1000の取り組み	- 生物の生態的地位や種間関係が未解明 - 観測方法の国際的標準化が必要 - 生態系機能の観測と生物多様性の観測のリンクが必要 - 森林・草原・農耕地など生態系の種類に応じた観測手法の開発が必要 - 観測参加者の不足 - 観測ステーション数、観測項目の不足 - 試料処理体制の欠如 - データ整理技術の欠如	- 生産・分解・栄養塩循環などの生態系機能の観測とリンクした生物多様性の観測 - 多栄養段階量的食物網、分散的競争関係網、間接的種間相互作用網などに注目 - 送粉・種子散布など生態系の維持にかかわる相互作用系とリンクした生物多様性観測 - 国際的標準手法の開発とそれによる観測 - IBOY計画などの地球規模での観測への発展	- 緯度傾度、人為影響の強弱に沿った配置 - 大学研究林などの基礎データを活用 - ILTERなどのネットワークを生かした観測機関の整備 - 観測技術者（バタクリミストなど）の養成、若手分類学者（ボストク）の参画を推進 - コンピュータを用いた汎用多重生物検索システム、インターネットを通じた未同定標本のクロスファシリタシステム、サンプル単位でのデータベース等の開発 - 特に、東南アジア地域でサンプル保管設備の整備が必要 - 地球環境の変化のバイオモニタリングとしての位置づけの周知
生物多様性と生態系機能	陸水生態系の生物多様性と機能の変化	- 先駆的とり組みが始まったばかり - IBOY-DIWAの取り組み - LTERの取り組み - 大学の陸水研究施設などの基礎データとネットワークが形成されつつある	- 生物の生態的地位や種間関係が未解明 - 観測方法の国際的標準化が必要 - 生態系機能の観測と生物多様性の観測のリンクが必要 - 河川・湖沼など生態系の種類に応じて観測手法を開発する必要がある - 観測参加者と観測ステーション数の不足 - 試料処理体制の欠如 - データ整理技術の欠如	- 生産・分解・栄養塩循環などの生態系機能の観測とリンクした生物多様性の観測 - 多栄養段階量的食物網、分散的競争関係網、間接的種間相互作用網などに注目 - 国際的標準手法の開発とそれによる観測 - IBOY計画などの地球規模での観測への発展	- 緯度傾度、人為影響の強弱に沿った配置 - 大学研究林などの基礎データを活用 - ILTERなどのネットワークを生かした観測機関の整備 - 観測技術者（バタクリミストなど）の養成、若手分類学者（ボストク）の参画を推進 - コンピュータを用いた汎用多重生物検索システム、インターネットを通じた未同定標本のクロスファシリタシステム、サンプル単位でのデータベース等の開発 - 特に、東南アジア地域でサンプル保管設備の整備が必要 - 地球環境の変化のバイオモニタリングとしての位置づけの周知
生物多様性と生態系機能	物質循環にかかわる微生物の動態	- 東大海洋研での沿岸海域研究 - 産総研の北大平洋の炭素循環に関する観測 - ドイツ・マックス・プランク研究所による陸上および海洋における生物地球化学的研究	- 微生物定量法が不十分 - 微生物活性測定法が不十分 - 他の分野の観測との連携が不十分	- 迅速かつ簡便な微生物モニタリング法の充実 - 観測地点での長期モニタリング	- 観測地点の選定（水圏、土壌圏等） - 誰でもが解析可能なモニタリング法の開発には産官学の連携が必要 - 微生物の現存量定量データと活性データの統合
生物多様性と生態系機能	流域レベルでの生物多様性と機能の変化	- 米国 LTER など先駆的試み - Millenium Ecosystem Assessment などの取り組み	- 小型の実験的な集水域で行われるものが多く、人間活動も含めた流域単位の観測が不十分 - 森林・河川・湖沼・耕作地・沿岸域など複数の生態系や人間活動の影響など観測項目が多岐にわたる、十分な手法が未開発	- 流域内の土地利用、生態系、生物多様性の変化などを総合的に観測 - 猛禽類、大型哺乳類など広域な行動圏やキーストンの観測 - 流域内の人間活動などの観測	当面実験的な観測で、各種の生態系・生物多様性観測を実験サイトに結集させるなどの方法が考えられる

生物多様性の変化とその要因の検出（生物の生息環境および景観の変化）

分類	観測ニ ーズ	現状	ギャップ （問題・課題）	具体的な取り組み	重点 化の 必要 性	重点化の視点（留意事項）
生物多様 性の変化 とその要 因の検出	河川の 物理構 造変化 とその 影響	○新河川法により高い安全性・利便性の確保と河川環境保全の両立を考慮した河川整備の推進 ○都道府県・省庁レベルで生物多様性保全を目標とした自然再生事業が実施 ○ダム・堰の建設や河川改修の生態系影響把握は環境アセスメントなどで実施	○生息場所としての河川形態の現況把握と機能評価は不十分（とくに魚類以外） ○流域内の断絶対策（上～下流，河川～陸上）と河川・湖沼攪乱体制の回復が重要視 ○集水域の人口動態・土地利用のデータ化が必要 ○急速な人口増加や経済開発が進むアジア諸地域で，体系的な観測が不足	○河川形態（瀬・淵・蛇行，水系網），水際・氾濫堆積地，堤外地の人工改変率と生物への影響評価 ○土砂管理・水辺の土地利用による微細砂の流出特性変化と石礫表面における生物群集の応答評価 ○横断工作物や人為的な流量操作による河川生物への影響度評価 ○水辺林の復元・保全によるネットワーク化と生態的回廊効果の実験検証 ○流量変化の許容による河川攪乱体制の回復と生物群集の応答評価 ○GISによる流域土地利用・被覆の影響評価 ○各地で実施されている流域管理・水辺域利用計画の把握と個別事業の施工後追跡調査結果のデータ化		○高い安全性の確保と野生生物保護との両立を目指した学際研究の必要性 ○流域の社会環境・歴史的背景と調和した河川環境の再生が必要 ○攪乱レジーム，土砂や物質の滞留時間，生息場所環境，酸化還元状態の変化などが生物群集に与える影響の評価が必要
生物多様 性の変化 とその要 因の検出	陸上生 態系の 分断・小 面積化 の種の 多様度， 絶滅へ の影響	○欧州を中心に森林の分断・断片化が動物個体群の存続や種多様度に影響することが報告されている ○北欧を中心に森林タイプごとに小哺乳類個体群の個体数調査が長期間行われている（調査地点は10箇所未満） ○国内では林野庁を中心に森林性小哺乳類個体群の個体数調査が長期間実施（調査地点は50箇所以上） ○北米，中南米にも観測点があるが個人的な運用	○観測対象生物群や手法が不統一 ○観測サイトの不足 ○ネットワークの欠如 ○長期調査によって初めて明らかになる現象が多く，長期間の予算が確保できない ○途上国でのキャパシティ不足	○分断化の影響を受けやすい生物群を特定する ○土地利用の観測と同時にこれらの生物の個体群やその繁殖を観測する ○分断化に関して不十分ながらも調査体制がある日本，北欧で協力体制を構築		○日本，北欧の協力体制の構築 ○国際プロジェクトとしての長期調査の予算化 ○林野庁，大学演習林など関係機関の協力 ○調査結果を分析する体制の強化

生物多様性の变化とその要因の検出	自然海岸の分断・小面積化の種の多様度、絶滅への影響	○自然海岸が激減し、湿原などに生息する動物が大きな影響を受けている ○自然海岸、湿原などに生息する動物の定期的な調査が不十分	○自然海岸、湿原などを系とらえて総合的な調査をする必要がある ○北米、中南米にも観測点があるが個人的な努力の範囲を超えていない ○途上国では、高度な観測機器の維持ができない ○衛星で観測しにくい場所を優先	○自然海岸、湿原などを系とらえて総合的な調査を定期的にする必要がある（対象となる動物：鳥、甲殻類、貝類、昆虫など）	○ NGO との連携強化 ○ データ解析に関する研究機関の協力
生物多様性の变化とその要因の検出	漁獲圧の生態系影響	GLOBEC, IMBER		調査船による観測および 地学研究	○ 生態系将来予測モデルの構築と高精度化

生物多様性の变化とその要因の検出（種の個体数と分布の変化）

分類	観測ニーズ	現状	ギャップ（問題・課題）	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点（留意事項）
生物多様性の变化とその要因の検出	渡り鳥の渡来と数年変化	○個人情報や野鳥の会支部などの観察情報あり ○環境省/山階鳥類研究所の標識調査記録あり	○観察情報、標識情報ともに、同じ基準手法でモニターしていく体制にない ○調査地点が系統的に選択されていない ○情報は存在していても、きちんと解析し公開していく体制がない ○関係諸国との連携が不十分	○同一手法にもとづく長期継続型の調査計画の確立 ○関係諸国との連携の確立 ○広範囲、長期モニターを容易にする手法の開発（衛星追跡、衛星画像、レーダーなどの利用）		○民間情報と研究機関情報の連結 ○調査結果入力 の簡便化 ○関係諸国とのデータの共有化
生物多様性の变化とその要因の検出	陸棲大型動物の動態把握	○猛禽類、哺乳類など大型動物には絶滅危惧種が多い ○行動圏が広く複数の生態系にまたがる ○環境省自然環境保全基礎調査、環境アセスメントなどの調査データ	○対象となっている種が少ない ○環境アセスメントのデータは系統的に整理されていない ○国際的な連携が不十分	○対象種の拡大 ○IT を利用した行動圏の把握研究		○アセスメントなどによる情報の統合化 ○関係諸国とのデータの共有化
生物多様性の变化とその要因の検出	海棲大型動物の動態把握	○海洋性の大型動物には絶滅危惧種が多い（シロクエ、ウミガメなど） ○信頼できるデータはほとんどない ○基礎的な調査課から始める必要がある	○研究者が少ない ○調査方法が確立されていない ○船を使うために予算がかさむ ○国際的な連携が不十分	○対象種の拡大 ○テレメトリなどによる行動圏の把握研究 ○アマチュアなど関係者を横断的に組織して調査体制を検討する		○アセスメントなどによる情報の統合化 ○関係諸国とのデータの共有化 ○ギャップを少しでも埋めるために努力すること

生物多様性の変化とその要因の検出（絶滅危惧種の変化）

分類	観測ニ ーズ	現状	ギャップ （問題・課題）	具体的な取り組み	重点 化の 必要 性	重点化の視点（留意事項）
生物多様性の変化とその要因の検出	陸水生生物の絶滅とその要因	○レッドデータブックによる水生植物・魚類等大型水生動物の絶滅危惧種のリスト ○個別研究による特定分類群の生息リスト ○琵琶湖など特定湖沼での長期生物モニタリングデータ（京大・滋賀県など）	○各湖沼・河川の特性を指標する生物種が把握されていない ○大型脊椎動物（両生爬虫類、鳥類、ほ乳類）の水辺利用状況が不明 ○各生物種の生息制限因子が解明されていない	○レッドデータブックの定期的更新 ○絶滅危惧種の生態的特性解明と絶滅原因の特定 ○絶滅危惧種の遺伝的多様性 ○開発途上国でのレッドデータブックの整備 ○分子生物学手法による特定生物群の遺伝子交流と遺伝的な孤立化の把握		○分類マニュアル・調査手法の確立と調査観測員の講習 ○琵琶湖など固有種が多い古代湖において特に問題 ○開発途上国での能力開発が必要 ○情報の公開方法に注意が必要
生物多様性の変化とその要因の検出	陸棲生物の絶滅とその要因	○レッドデータブックによる陸棲生物の絶滅危惧種リスト ○個別研究による特定分類群の生息リスト	○先進国では比較的レッドデータ種リストが整備されているが、途上国では未整備 ○公表することによってさらに絶滅が促進される場合があり、情報を公開できない	○レッドデータブックの定期的更新 ○絶滅危惧種の生態的特性解明と絶滅原因の特定 ○絶滅危惧種の遺伝的多様性 ○開発途上国でのレッドデータブックの整備 ○分子生物学手法による特定生物群の遺伝子交流と遺伝的な孤立化の把握		○開発途上国での能力開発が必要 ○情報の公開方法に注意が必要
生物多様性の変化とその要因の検出	海棲生物の絶滅とその要因	○レッドデータブックによる海棲生物の絶滅危惧種リスト ○個別研究による特定分類群の生息リスト	○先進国では比較的レッドデータ種リストが整備されているが、途上国では未整備 ○水産資源生物では絶滅危惧の判定に異論が多い	○レッドデータブックの定期的更新 ○絶滅危惧種の生態的特性解明と絶滅原因の特定 ○絶滅危惧種の遺伝的多様性 ○開発途上国でのレッドデータブックの整備 ○分子生物学手法による特定生物群の遺伝子交流と遺伝的な孤立化の把握		○開発途上国での能力開発が必要 ○情報の公開方法に注意が必要

生物多様性の変化とその要因（侵入種の動態）

分類	観測ニ ーズ	現状	ギャップ （問題・課題）	具体的な取り組み	重点 化の 必要 性	重点化の視点（留意事項）
生物多様性の変化とその要因の検出	海洋生態系における侵入生物による生物多様性の攪乱	○侵入生物による地域の生物多様性喪失が世界的に顕在化 ○バラスト水などによる沿岸生物相への影響が顕在化	○国内では、侵入生物を扱う研究者が少ない ○発展途上国での情報に乏しい	○外来生物種のリスト作成と分布把握 ○侵入・定着条件および移動分散過程の解明 ○在来生物との競争・敵対関係評価と固有生物の絶滅などの影響評価	○	○基礎情報の収集とともに積極的な侵入種対策を同時に行う必要性

生物多様性の变化とその要因の検出	陸上生態系における侵入種による生物多様性の攪乱	○ 侵入生物による地域の生物多様性喪失が世界的に顕在化 ○ 土地利用など人間活動による攪乱に関係 ○ DIVERSITASなどの取り組み	○ 国内では、侵入生物を扱う研究者が少ない ○ 発展途上国での情報に乏しい	○ 外来生物種のリスト作成と分布把握 ○ 侵入・定着条件および移動分散過程の解明 ○ 在来生物との競争・敵対関係評価と固有生物の絶滅などの影響評価 ○ 海外へ侵出する国内生物のリストアップと対策法の確立	○	○ 基礎情報の収集とともに積極的な侵入種対策を同時に行う必要性
生物多様性の变化とその要因の検出	陸水生生態系における侵入生物による生物多様性の攪乱	○ 侵入生物による地域の生物多様性喪失が世界的に顕在化 ○ 地域多様性の喪失のみならず、生態系機能の劣化に伴う人間社会への波及効果も懸念 ○ ブラックスについては自治体レベルで駆除対策が開始（滋賀県など）	○ 分布、分散経路、個体群密度、在来生物との相互作用など基本的な生態情報が乏しい ○ 種によって社会的関心と現況把握および対策の進捗状況が大きく異なる ○ 国産種の海外への侵出が顕在化するも、有効な対策が講じられていない ○ 国内では、侵入生物を扱う研究者が少ない	○ 外来生物種のリスト作成と分布把握 ○ 侵入・定着条件および移動分散過程の解明 ○ 在来生物との競争・敵対関係評価と固有生物の絶滅などの影響評価 ○ 海外へ侵出する国内生物のリストアップと対策法の確立		○ 基礎情報の収集とともに積極的な侵入種対策を同時に行う必要性 ○ 固有種の保全 ○ 琵琶湖など固有種の多い古代湖において特に問題

生物多様性の变化とその要因の検出（遺伝的多様性の变化）

分類	観測ニース	現状	ギャップ（問題・課題）	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点（留意事項）
生物多様性の变化とその要因の検出	植物の遺伝的多様性	○ 絶滅危惧種、固有種などの遺伝的多様性に関する研究が進められている	○ 限られた種についての分析であり小規模で個人的な努力による場合が多く、体系的なデータになっていない	○ 多くの種での分析による体系化 ○ 生息域の減少や分断化による影響の観測 ○ 花粉媒介者や種子散布者など共生する生物との相互作用を含めた観測	○	○ DNA マーカーの開発や効率的な分析システムの整備が必要
生物多様性の变化とその要因の検出	陸棲脊椎動物の遺伝的多様性	○ 欧米の研究者を中心に森林の分断・断片化が個体群の遺伝的多様性に与える影響が研究されている ○ 遺伝的多様性の喪失は精子異常をもたらす可能性がある	○ まだ、研究レベル中心の調査が多く、幅広い種で網羅的に調査する必要がある ○ 欧米研究者が中心になって研究が進められているが個人的な努力の範囲を超えていない	○ 絶滅が危惧される大型の動物を中心に生息地の断片化と遺伝的な多様性の関係の調査 ○ 日本では有害鳥獣駆除のシステムを利用すればサンプルは比較的容易に収集可能 ○ これらのサンプルをルーチンで分析する体制を整えれば、網羅的な調査が可能になる	○	○ 欧米との研究レベルでの交流 ○ 有害鳥獣駆除システムの再構築 ○ 分析体制の構築
生物多様性の变化とその要因の検出	陸棲無脊椎動物の遺伝的多様性	○ 非常に限られた生物に関する単発的データの蓄積 ○ GBIF の取り組み ○ Bar Code of Life の取り組み	○ 体系的データ蓄積システムの欠如 ○ DNA 分析技術者の不足 ○ 必要性の説明不足 ○ 情報の活用体制の不足	○ DNA 分析用サンプルの体系的収集 ○ DNA 分析キャパシティの増強 ○ 標準的遺伝マーカーの選択 ○ 博物館試料の活用	○	○ 組織的対応 ○ 業務としての遂行 ○ 遺伝情報の応用科学（薬学・医学など）への活用への道筋

生物多様性の变化とその要因の検出	陸水生生物の遺伝的多様性	- 絶滅危惧種の遺伝的多様性消失が一部の種について研究されている - 魚類の放流により遺伝的固有性の消失が危惧されている	国内集団の水系間移動とそれに伴う遺伝子汚染の実態については未解明	放流事業による国内の移動と遺伝的多様性への影響（淡水魚、林など）近縁種間の交雑による遺伝子汚染（ニホンバウナゴなど）の実態解明	○	
生物多様性の变化とその要因の検出	海洋生物の遺伝的多様性	- 非常に限られた生物（水産重要種など）に関する単発的データの蓄積 - CoML の取り組み - Bar Code of Life の取り組み	- 体系的データ蓄積システムの欠如 - DNA 分析技術者の不足 - 必要性の説明不足 - 情報の活用体制の不足	- DNA 分析用サンプルの体系的収集 - DNA 分析キャパシティの増強 - 標準的遺伝マーカーの選択 - 博物館試料の活用	○	- 組織的対応 - 業務としての遂行 - 遺伝情報の応用科学（薬学・医学など）への活用の道筋
生物多様性の变化とその要因の検出	生態系の遺伝子資源としての微生物多様性	- 米国ミシガン州立大学の化学物質分解菌の遺伝子解析 - 米国ワシントン大学での環境からの遺伝子解析による微生物多様性解析法の開発	- 環境、特に土壌からの核酸の抽出法が不完全 - 直接抽出核酸からの生態にかかわる機能遺伝子の解析技術が不十分 - 未知の微生物の単理技術が不十分	- 環境ゲノム解析による微生物生態機能解析法の充実 - 未知微生物の網羅的単理法の確立		迅速な環境ゲノム解析法の開発には産官学の連携が必要
生物多様性の变化とその要因の検出	遺伝子組換え生物による遺伝子攪乱の観測	- 加タケ議定書で移動の制限を各国で策定 - 農作物を中心に逸出や他の生物への影響が報告された例がある	- 組織的な検出機構がない - 他の生物の影響が不明	- 効率的な検出方法の開発 - 他の生物への影響評価手法の確立		

生態系変化とその要因の検出（温暖化にともなう生態系の変化）

分類	観測ニーズ	現状	ギャップ（問題・課題）	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点（留意事項）
生態系の変化とその要因の検出	温暖化・気候変化による陸水生生物多様性の変化	- 地球温暖化に伴う水収支の変化が世界的な規模で危惧 - 大型湖沼では過去 50 年間で 1 度以上の温度上昇（琵琶湖など） - 降雪の減少による湖底での貧酸素化や降雨による季節性の変化が危惧 - 河川の温度上昇による冷水性生物の生息場所の断片化の兆候 - 寒帯域では降	20 年以上に渡る水温などのモニタリングデータが自治体・省庁・大学レベルで行われているが、データベースとしてネットワーク化されていない - 生態系への温暖化影響を予測するためのデータ項目不測（DO, 生物量, 基礎生産, 群集呼吸など） - 既存データベースの観測手法、センサ等の相互連携の必要性 - 水生生物及びそ	- 観測拠点のネットワーク化と観測データのキャリブレーション・データベース化 - 水温, 光量, 濁度, DO, CO₂, 栄養塩, 有機物量及び生物量・基礎生産・群集呼吸のモニタリング 高度化と機械化 - 温暖化や二酸化炭素濃度変化に伴う生態系機能及び生物多様性への影響の解明 - 土地利用等の地域環境変化を加味した地球温暖化等の地球規模の環境変化による影響の予測モデル構築 - 応答予測及びモデル検証のための大規模野外実験	○	- IoTなどを活用したリアルタイムモニタリングの手法開発 - 森林等隣接生態系と連動した観測態勢 - 生物多様性を含む生態系モデルの高度化 - 大規模野外実験のための研究拠点整備

		雨・降雪減少に伴う有機物流入減少と紫外線の影響が深刻 ○限られた湖沼での長期観測データ（大学・自治体）	の種間相互作用に及ぼす温度変化や大気二酸化炭素濃度変化の影響は未解明 ○季節性の変化や温度変化に伴う生息域の断片化を予測するための観測網が未整備 ○環境モニタリングと連動した生物物理化学プロセス解明のための野外実験拠点が必要			
生態系の変化とその要因の検出	温暖化・気候変化による陸上生態系の変化	○植生の分布を衛星データからモニタリング ○永久調査区による追跡観測網を利用した解析 ○温暖化シナリオに従った生態系の分布変化の予測 ○GTOSによる取り組み ○環境省モニタリングサイト1000の取り組み ○植物生理学的な高CO ₂ 、高温栽培実験	○多国間の研究連携・総括体制の必要性 ○個人的なモニタリングの取り組みが多く、体系的でない	○衛星データなどによる植生の変化観測 ○台風・洪水など攪乱レジームの変化とそれに対応した観測の強化 ○観測拠点による生態系機能および生物多様性の観測 ○観測拠点のネットワーク化と観測データのキャリブレーション・データベース化 ○温暖化シナリオに沿った気候条件の変化と生息域の断片化などをいれたモデル作成	○	○他の生態系と連携した流域レベル、地域レベルでのモニタリングが必要 ○大学の研究林、野外実験施設などを利用した観測拠点整備
生態系の変化とその要因の検出	地球温暖化による海洋生態系への影響把握	○国際共同研究GLOBECなどで温暖化による海洋生態系、特に高次生態系の変動を解析している ○IMBERの取り組み	○長期観測が少ない ○観測技術の高度化が必要	○研究船による観測およびプロセス研究 ○長期観測体制の強化 ○ネットワーク化 ○予測モデルの構築と高精度化	○	○生物多様性への影響評価も重要

生態系変化とその要因の検出（土地利用などにもなう生態系の変化）

分類	観測ニーズ	現状	ギャップ（問題・課題）	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点（留意事項）
海洋生態系（環境）	流域土地利用による海洋生態系の変化	○LOICZ	○長期観測が少ない ○観測技術の高度化が必要	研究船による観測およびプロセス研究		○栄養負荷、生物多様性への影響 ○森林伐採や土地利用変化、人間活動の影響評価が必要 ○生態系機能観測と並行して可能
生態系の変化とその要因の検出	人口集中と土地利用変化による陸水生態系の変	○個別的な水域でのモニタリング	○急速な人口増加や経済発展、政治経済体制の変化が進むアジア諸地域で体系的な観測が不足 ○観測技術（指標	○重点水域での長期観測体制の強化 ○既存情報のデータベース化とネットワーク化 ○指標、指数の開発		○集水域、人間活動を含めた総合的観測 ○生態系指標の開発が必要 ○生態系機能観測と並行して可能

	化		化)が未整備のため、観測自体が困難			
生態系の変化とその要因の検出	森林火災による陸上生態系の変化	- 山火事発生地点が衛星からモニタリング - 山火事発生後の生態系変化を追跡する研究が個別に行われている	- 山火事発生後短い期間の観測に終わっている - 個別観測が多くネットワーク化が必要	- 山火事発生確率の地理分布 - 山火事に対する抵抗性、回復力の判定 - 山火事による二酸化炭素や大気汚染物質の発生推定 - 生物多様性に与える影響	森林資源および自然災害の観測と連携	
生態系の変化とその要因の検出	砂漠化による陸上生態系の変化	- 衛星による砂漠化の観測 - 砂漠化の実態に関する個別的研究 - 砂漠化のメカニズムに関する研究 - 砂漠化した場所の緑化事業	- 気候条件と人為的要因の分離がむずかしい - 個別的な研究が多くネットワーク化が必要	- 気候条件の変化・家畜・乾燥地農業などの人間活動のモニタリング - 環境収容力の推定とその分布図作成 - 砂漠化に係る社会的要因の観測強化	他の観測との重複が少ない	

生態系変化とその要因の検出（降下物質および汚染による生態系の変化）

分類	観測ニーズ	現状	ギャップ (問題・課題)	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点（留意事項）
生態系変化とその要因の検出	化学物質流入による陸水生生態系影響把握	個別的な水域でのネットワーク	急速な人口増加や経済開発が進むアジア諸地域で、体系的な観測が不足	- 長期観測体制の強化 - ネットワーク化		- 広域把握（途上国などへの技術導入） - 生態系機能観測と並行して可能
生態系変化とその要因の検出	黄砂や人為起源窒素酸化物の降下による陸水生生態系影響把握	個別的な水域でのネットワーク	急速な人口増加や経済開発が進むアジア諸地域で、体系的な観測が不足	- 長期観測体制の強化 - ネットワーク化		- 栄養負荷 - 生物多様性への影響 - 砂漠化による加速の可能性 - 生態系機能観測と並行して可能
陸水生生態系(環境劣化)	富栄養化の生態系影響把握	個別的な水域でのモニタリング	- 急速な人口増加や経済発展、政治経済体制の変化が進むアジア諸地域で、体系的な観測が不足 - 観測技術（指標化）が未整備のため、観測自体が困難	- 重点水域での長期観測体制の強化 - 既存情報のデータベース化とネットワーク化 - 指標、指数の開発		- 広域監視のための生態系指標の構築が必要 - 集水域レベルでの観測が必要 - 他の観測と共同が必要

生態系変化とその要因の検出	河川からの栄養流入による海洋生態系影響把握	○ LOICZ による取り組み	○ 長期観測が少なく観測技術の高度化が必要 ○ 観測間隔の空白 ○ 観測データの質の高度化 ○ 深海環境の調査研究は不十分 ○ 観測項目の不足	○ 研究船による観測および地上研究 ○ 観測体制の強化 ○ 観測の効率化 ○ 現場実験による影響の検証 ○ モデルが必要とする基礎データの収集 ○ モデルによる影響の予測	○ 栄養負荷の生物多様性への影響 ○ 森林伐採や土地利用変化、人間活動の影響評価が必要 ○ 他の観測との共同が必要
生態系変化とその要因の検出	黄砂や人為起源窒素酸化物などの降下による海洋生態系影響把握	○ 国際プログラム IGBP-SOLAS ○ 我が国では世界 5 番目の鉄散布実験が行われた	○ 長期観測が少ない ○ 観測技術の高度化が必要 ○ 観測間隔の空白 ○ 観測データの質の不十分 ○ 深海環境の調査研究は不十分 ○ 観測項目の不足	○ 研究船による観測および地上研究 ○ 観測体制の強化 ○ 観測の効率化 ○ 現場実験による影響の検証 ○ モデルが必要とする基礎データの収集 ○ モデルによる影響の予測	○ 栄養負荷 ○ 生物多様性への影響 ○ 砂漠化による加速の可能性 ○ 他の観測との共同が必要
生態系変化とその要因の検出	化学物質流入による海洋生態系影響把握	○ 個別的な水域でのモニタリング	○ アジア諸地域で、体系的な観測が不足 ○ 環境省観測間隔の空白 ○ 観測データの質が不十分 ○ 深海環境の調査研究は不十分 ○ 観測項目の不足	○ 長期観測体制の強化とネットワーク化 ○ 現場実験による影響の検証 ○ モデルが必要とする基礎データの収集 ○ モデルによる影響の予測	○ 広域把握 ○ 途上国などへの技術導入 ○ 他の観測との共同が必要
生態系変化とその要因の検出	富栄養化の生態系影響把握	○ 個別的な水域でのモニタリング ○ 衛星を用いた広域監視	○ アジア諸地域で、体系的な観測が不足 ○ 観測技術（指標化）が未整備	○ 重点水域での長期観測体制の強化 ○ 既存情報のデータベース化 ○ ネットワーク化 ○ 指標、指数の開発	○ 流域の人間活動を含めた総合的な評価、観測が必要 ○ アジア諸国への技術移転 ○ ネットワーク化
生態系変化とその要因の検出	酸性降水物などによる森林衰退	○ 林野庁によるモニタリング ○ 国際的な酸性雨監視 ○ 被害を受けた森林の個別的研究	○ モデルの特定が不十分 ○ 短期的な影響調査が多く長期的な影響が不明 ○ 樹木への影響が強調され、他の生物への影響が不十分	○ モデルの特定が可能なモニタリング ○ 生態系全体や生物多様性への影響観測	○ 森林資源観測との共通性 ○ 他の観測との共同が必要

生態系変化の影響検出（物質循環への影響）

分類	観測ニーズ	現状	ギャップ（問題・課題）	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点（留意事項）
生態系変化の影響検出	水循環への影響評価	個別的な水域でのモニタリング	気象データに比べて長期観測データが不足	○ 長期観測体制の強化 ○ ネットワーク化 ○ 予測モデルの構築と高精度化	○	○ 現状把握と同時に、プロセス理解の重要性 ○ 全体モデルに必要なパラメータを観測

生態系変化の影響検出	主要生態系での物質循環速度の変化	炭素フラックス観測のみの場合が多い	- 炭素中心・手法の不統一 - 長期観測サイトがない - 植物の反応と植食者、分解者生物との関係が考慮されていない	- 陸上フラックス観測サイトでの炭素以外の物質・栄養塩などの循環測定 - 植物 - 分解者応答の解明	○	- 生態系と多様性を結ぶ分野 - 生態系応答の把握 - 全体モデルに必要なパラメータを観測
生態系変化の影響検出	有機物分解速度の長期観測	- 日本での観測はない欧州ではブッシュカマツの同じ落葉を各国の森林に設置して分解速度と気候の関係が解析された - 北米を中心とした GLIDE で草本の分解速度が統一的手法で比較された	標準的な手法の確立	標準的な落葉を選定，確保し，継続測定	○	- 指標性高い - 多点，広域の比較に利用 - 設置，回収を依頼すれば比較的安価，少人数で実行可能 - 生態系機能観測と並行して可能
生態系変化の影響検出	生物地球化学サイクル・気候調節への影響観測	IMBER による取り組み	- 長期観測が少ない - 観測技術の高度化が必要 - 米国などでは長期生態系観測が行われている	海洋の生物地球化学プロセス研究	○	- 気候変化の影響予測モデルの構築と高精度化 - 他の観測と共同が必要

生態系変化の影響検出（生態系サービスの変化と評価）

分類	観測ニーズ	現状	ギャップ（問題・課題）	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点（留意事項）
生態系変化の影響検出	水質形成等生態系機能の把握と評価	- 健全な水資源の確保とそれを保証する生物多様性の保全が世界的な急務 - 水質基準項目についての都道府県・省庁レベルでのモニタリング - 富栄養化防止条例など都道府県レベルでの努力目標設定 - 大学・研究所による個別調査 - 有害化学物質の室内実験レベルの影響評価 - IGBP-GCTE の次期研究計画として国際陸域統合研究計画 (IGBP-GLP) が発足，日本人研究者が主体的関与	- 生態系機能としての評価が不十分 - 既存モニタリング項目のデータベース・ネットワーク未整備 - 生産・呼吸・沈降等の生物プロセス観測の欠如 1970 年代以前の水質・生物情報（原風景）の欠如 - 集水域の人口動態・土地利用のデータベース化が必要 - 栄養塩・有機物の面源負荷（ノンポイントソース）の観測手法 - 有害化学物質暴露の生態系レベルでの影響評価手法が未確立	- モニタリング拠点（観測湖沼）の整備とネットワーク化 - 基礎生産・群集呼吸・沈降速度の季節毎の観測 - DO, DOC, CO₂, セストン CNP, 加ワイル, 安定同位体, 生物活動を反映する化学項目の観測 - 沿岸（水草帯）の物理構造と人為的改変 - 湖底の有機物堆積とガス代謝 - 湖底堆積物を用いた近過去の生態系復元 - 面源負荷の影響評価 - GIS による土地利用・被覆の影響評価 - 生態系基盤の栄養構造解析（生物群集を支えるエネルギー・物質の起源		- 生態系サービスとしての重要性を評価 - 保全への動機付け - 生産・呼吸比や二酸化炭素分圧などによる，物質収支の指標化 - IoTなどを活用したリアルタイムモニタリングの手法開発 - 富栄養化以前の生態系の再現による健全さの目標設定 - 土地利用・被覆変化に伴う地球温暖化の影響評価 - 森林など他の生態系観測との連動

生態系変化の影響 検出	生態系の現況を客観的に示すことの出来る指標の開発および体系化	生態系指標 (Criteria&Indicator)に関する取り組みがカナダや国際機関 (CIFOR, ITTO) 等で進められているが、我が国の事業・研究は不十分	- 陸上生態系，特に森林生態系の指標化は生態系そのものの不均質性が問題 - スケールアップ 技術をどう開発するか	クリテリアインディケータの開発と摘要	- 国際的な枠組みで進展する可能性があり，国内整備は急務（極めて重要） - 新たな基準を独自に開発するか，既に出来たものを改良して使うか検討課題
生態系変化の影響 検出	生態系の状況（劣化，衰退，人為攪乱の影響度）を簡便かつ迅速に評価する手法の開発	生態系の調査は通常 in-situ observation を伴いこれらの観測は地を這う調査を行うことで可能となるため，得られたデータはあくまでポイントである 空間的スケールに広げることが難しく海洋観測など他の global 研究のように地点間を補完する方法が確立されていない	- 迅速かつ正確に現状把握する方法がない - リモートセンシングなどの空間情報とのギャップ	- 生態系サービスの評価およびその手法開発 - スケールアップ 技術の確立 - 地域社会の現状に関しての客観的な評価基準の確立 - エコシステムサービスの評価方法の確立	- エコシステムマネジメントや MA（ミレニアム・アセスメント）などに発展させるためには，左記の問題を克服する必要がある極めて重要 - In situ のモニタリングに際しては（特に海外で行う場合は）以下の問題が絶えず伴う データの帰属性と公開性，データの質と管理 (QA/QC)，データの持続性，資金、マンパワーの質とインセンティブ

5. 定常観測部会報告

5-1. はじめに

地球観測調査検討部会における地球観測の分類に基き、定常観測部会では「気象・海象の定常監視」について検討を行った。気象・海象の定常監視という観点からは、多くの機関で実施されている地球観測が、長期・継続的に行われることが重要である。したがって、業務機関（気象庁、海上保安庁、水産庁等）で定常的に行われている気象・海象の定常観測、関係機関（（独）宇宙航空研究開発機構（JAXA）・（独）海洋研究開発機構（JAMSTEC）・（独）国立環境研究所、気象研究所等）によって長期継続的に実施されている研究観測（主に衛星観測、海洋・海上気象観測、大気化学観測）は、今後のわが国における地球観測の取り組みを推進する実施体制を構築するうえで非常に重要な部分を構成している。

ここでは、業務機関及び関係機関で実施されている上記の地球観測について、その現状・ニーズ・ギャップ・問題点（課題）や、今後のあり方等について述べるとともに、長期間の観測の継続性を確保するための方策等についても検討する。

この報告で対象とする主な観測項目は、

(1)業務機関

- 気象庁における気象・水象（海象）の定常観測
- 海上保安庁における海象の定常観測
- 水産庁における海象の定常観測

(2)関係機関

- 大気化学観測

主な実施機関：（独）国立環境研究所，環境省，気象研究所，自治体等

主な観測項目：温室効果ガス，成層圏オゾン，酸性雨等

- 海洋・海上気象観測

主な実施機関：（独）海洋研究開発機構（JAMSTEC）

主な観測計画：アルゴ計画（アルゴフロート），熱帯域海洋観測ブイ網（トライトンブイ），WOCE/WHP 型船舶観測

- 衛星観測

主な実施機関：（独）宇宙航空研究開発機構（JAXA）

主な観測計画：現在運用中並びに今後 10 年程度の期間に計画されている研究開発衛星による観測

5-2. 地球観測のニーズ（科学技術，行政，社会経済等）と優先順位

業務機関についてはそれぞれが実施する業務上の必要性（行政ニーズ）から長期継続的に観測を実施している。また、業務的に得られた観測データ等は、科学技術，社会経済等の分野のニーズにも応えている。一方、関係機関においては研究目的で長期継続的に観測を行っていることから、そのニーズは科学技術分野が主であるが、最近はこれらの科学技術研究が行政や社会経済的な分野のニーズに応える場合

も多くなっている。

以下に、業務機関及び関係機関のニーズについて、その概要を示す。

[業務機関]

(1)気象庁の定常観測に対するニーズ

気象庁の責務は、災害による被害の軽減，交通安全の確保，気候変動対策・地球環境保全，生活の向上や社会経済活動の発展等，に寄与するための気象・海洋に関する情報の提供等であり，これらの行政ニーズに応えるため，気象及び水象の定常観測を実施している。

さらに，気象庁が提供している情報の高度化のため，関係する科学研究・技術開発の分野に対して，定常観測で得られる観測データを含む情報を提供し，その分野における学問・技術の発展に資するとともに，そのフィードバックとして関係分野における新しい知見や技術の提供を受けている。このような科学技術分野のニーズにも応えている。

(2)海上保安庁の定常観測に対するニーズ

海上保安庁の責務は，船舶の安全航行・経済運航，マリンレジャーの安全，油流出事故・海難発生時の流出油防除計画・捜索計画策定，日本周辺海域における環境保全，海洋の長期的変動監視等，に必要な，海象に関する情報等の提供であり，これらの行政ニーズに応えるために定常観測を実施している。

(3)水産庁の定常観測に対するニーズ

水産庁の責務は，安全・安心な水産物の提供，水産資源の適切な利用・管理，水産資源の調査・研究の推進，水産動植物の増殖及び養殖の推進，水産動植物の生育環境の保全及び改善等，に寄与するための海象・水産資源に関する情報等の提供であり，これらの行政ニーズに応えるために定常観測を実施している。

[関係機関]

(1)大気化学観測

大気化学観測に対する主なニーズは，地球科学的に大気のあり方を探求するための科学技術的なものである。このニーズに応えるためには，人間活動による大気化学成分の攪乱，自然変動による大気化学成分の発生量の変化等を長期モニタリングするとともに，その挙動や各物質間の相互関係，さらには，気候変動を含めた大気や海洋の変動とそれに影響される生物界の応答による影響や相互作用を明らかにする必要がある。

さらに，これら大気化学観測のデータは，人為的な産業活動による地球環境への影響の把握，温室効果ガス削減量に関しての科学的根拠，使用が禁止さ

れた物質の大気中の濃度変動に関する監視等を利用されるとともに、インバースモデルによる温室効果ガスの収支計算、環境予測に関係するモデルの検証のための基本データとしても利用されるなど、行政的なニーズにも応えている。

また、これら大気化学観測のデータは、酸性雨による林業や漁業に及ぼす影響調査、自動車の社会的費用を算出する場合の基礎データとして、社会経済的なニーズにも応えることができる。

(2) 海洋・海上気象観測

気候変動・海洋変動や環境変動の理解と予測を進めるためには、高精度かつ信頼性の高い長期に亘る海洋・海上気象の観測データが必要不可欠である。このため、業務機関による定常観測データのみならず、関係機関による長期モニタリングデータについても、研究コミュニティに提供することが、研究者から要請されている。

また、アルゴフロートやトライトンブイ等による観測データは、業務機関で実施されている業務（季節予報等）にも補完的に利用されており、行政的なニーズにも対応している。

さらに、業務機関による海洋中の CO_2 等の化学物質分布・物質循環の観測のみならず、関係機関によって実施されている同様の観測データについても、IPCC レポート等に使われ、温暖化にかかわる政府機関、政策立案者に利用されるなど、行政的なニーズにも対応している。

その他、水産資源変動予測、海洋生物保護等の基盤的情報としての社会経済的なニーズにも応えている。

(3) 衛星観測

今後 10 年程度の期間における地球観測衛星に対するニーズについては、以下のようなものがある。気候変動や水循環の正確な把握、気候変動予測モデルの検証・高度化を行うためには、地球観測衛星による全球の高頻度、高精度の継続的観測が必要であり、このような科学技術的なニーズに対応するため、新たな要素の観測を可能とするセンサの開発を含む地球観測衛星システムの開発・運用・高度化を行う必要がある。

また、気候変動枠組条約によって規定された CO_2 削減目標の達成のための CO_2 濃度の監視、政府及び地方自治体が行う地図作成や災害状況の早期把握・応急対策活動の円滑化等の行政ニーズにも、地球観測衛星は対応する必要がある。

さらに、気候変動・地球温暖化の影響評価、農業・森林・水産・土地利用等の各分野における資源の効率的な開発・管理等の社会経済的なニーズにも地球観測衛星は対応する必要がある。

5-3. 地球観測の現状、ニーズとのギャップ、現行の地球観測の問題点

5-3-1. 現状

[業務機関]

気象庁における定常観測は、鉛直方向には海洋深層から成層圏までを対象とし、水平方向には地域気象観測システム（アメダス）による局地的な気象観測から、地球規模の雲分布を観測する静止気象衛星まで、広範囲に及んでいる。観測項目は、大気・海洋の直接的観測（物理量及び化学成分等）、衛星からの大気・海洋の物理量の間接的観測、気候変動・地球環境の監視のための大気化学成分・太陽放射・エアロゾル観測等に分類される。

海上保安庁における定常観測には、日本周辺海域における海況を把握するための、船舶・係留流速計・漂流ブイ等による海流の観測、西太平洋、南大洋に設けた定線に沿う表面から深層までの水温・塩分・溶存酸素・栄養塩等の海洋内部構造の変動に係わる観測、日本周辺海域及び南大洋における、油分・重金属等の汚染物質の観測等がある。

また、潮汐観測は、気象庁、海上保安庁、国土地理院によって、日本沿岸及び島嶼部（南極昭和基地を含む）において実施されており、海面水位の長期変動を監視している。

水産庁における定常観測には、海洋構造・海洋環境・基礎生産力及び低次生産力の把握、水産資源の状況やその動向の把握、等のための、水産庁及び（独）水産総合研究センター所属の漁業調査船、並びに都道府県水産試験場の漁業調査船による海洋観測がある。

[関係機関]

○大気化学観測

二酸化炭素(CO_2)・メタン(CH_4)等の温室効果ガス、フロン類、成層圏オゾン等の大気微量成分の観測は（独）国立環境研究所、気象研究所等で実施されている。また、各自治体による地域的観測網によって窒素酸化物(NO_x)・硫酸酸化物(SO_x)・オキシダント等の大気汚染物質の常時観測が行われている。さらに酸性雨に関しては、国設酸性雨観測局や東アジアに構築された観測網(EANET)によって、降水成分等の観測が実施されている。

○海洋・海上気象観測

海洋内部の水温・塩分・流速を全球的に観測することを目指しているアルゴ計画は現在、世界 17 カ国と EU、世界気象機関(WMO)、政府間海洋学委員会(IOC)の協力の下に実施されており、平成 15 年 12 月時点で稼動しているアルゴフロートの数は 1,023 台（日本の投入分は 158 台）である。この計画には、国内では（独）海洋研究開発機構(JAMSTEC)・気象庁・海上保安庁が参加している。

JAMSTEC は、海上気象要素（気温・風・雨量・日射等）及び海流・水温・塩分の観測が可能なトライト

ンブイを開発し、太平洋赤道沿いに 16 基展開している。さらに、平成 13 年から東部インド洋においても 2 点で展開している。太平洋熱帯海域においては、日米協力により約 70 基の表面係留ブイからなる熱帯域海洋観測ブイ網（TAO/TRITON ブイ網）が、構築されている。この他、JAMSTEC・気象庁・海上保安庁等の海洋観測関係機関によって、WOCE/WHP 型船舶観測（one-time 観測及び repeat 観測）が実施されている。

○ 衛星観測

地球観測衛星による観測は（独）宇宙航空研究開発機構（JAXA）によって実施されている。

地球環境観測技術衛星（ADEOS-II）は 10 ヶ月間に亘り全球規模の水・エネルギー循環の定量的な把握のための観測を実施し、平成 15 年 10 月に運用を停止した。後継衛星については研究段階にある。

現在実施されている衛星による地球観測は、

- ・ 熱帯降雨観測衛星（TRMM）に搭載された降雨レーダ（PR）による熱帯及び亜熱帯域の降雨分布及び降雨構造の観測、
- ・ NASA の Aqua 衛星に搭載された改良型マイクロ波放射計（AMS-E）による全球の水蒸気量・降水量・海氷分布等の観測

である。

平成 16 年度には陸域観測技術衛星（ALOS）の打上げが計画されている。今後の計画として、TRMM の後継ミッションである全球降水観測（GPM: Global Precipitation Measurement）計画、温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）の研究開発が行われている。最近の世界的な情勢として、研究開発衛星の観測データが、気象等の定常的な業務に利用され始めている。

5-3-2. ギャップ

[業務機関]

気象庁

局地的な豪雨や強風に関する時間的・空間的な予測精度は社会のニーズに対して現状では十分に抑えているとはいえず、これは数値予報モデルの初期値となるわが国及びその周辺域における観測データが、質・量ともに十分でないことがひとつの要因である。また、季節予報の予測精度向上のためには、地球規模の大気・海洋の観測データの質・量両面での強化が必要である。

海洋観測においては、現在アルゴ計画に参画しているが、今後も全球的な海洋観測データを継続的に取得するために、アルゴ計画を継続的に発展させた次世代全球海洋観測システムの構築が必要である。

海上保安庁

観測開始当初に設定した目的は達成されていると考えられるが、精度の向上等、増大したニーズに応えるためには、海流、潮流観測の時空間的密度の増加、潮汐観測における観測点の増強、海洋汚染、

放射能調査における国際的広域観測ネットワークの構築、海洋観測における国際的分担による長期モニタリング網の維持等、が必要である。

水産庁

水産関係試験研究機関が実施してきた定線観測は、現状の形に整備されてから 40 年以上にわたり継続され、日本沿岸域での、水温・塩分データ、プランクトンデータ取得数ではかなりの部分を占めており、長期変動の検出や温暖化影響評価に貢献してきた。しかし、データ流通の遅延が問題となっており、今後は観測精度の安定化とともにデータ流通性の向上が必要である。

[関係機関]

○ 大気化学観測

地球規模における大気微量成分の相互作用を検出するためには、多種類の関係物質について高精度観測を、同時にかつ高頻度で行う必要があるが、現在の観測方法では、その精度や頻度について不十分であるものが多い。観測地点数が少ないことから、多様な環境で得られたデータが十分ではなく、地球全体に広がる問題を把握しきれないのが現状である。観測機器についても、高度な観測技術の研究開発のための予算不足、関係する人材の不足、及び日本企業の参加不足がある。

○ 海洋・海上気象観測

現在実施しているアルゴ計画や熱帯域海洋観測ブイ網の実施にあたって、例えばアルゴフロートについては運用システムの確立、トライトンブイについては、今後、多数の展開・持続的運用を可能にするための簡易化が必要である。一方、研究コミュニティからのニーズからとしては、海上における熱および淡水フラックスのより精密な計測や、生物・化学物質センサ等の多機能化が予想されるが、それらに対応すべき技術開発研究が十分でない。観測船による海洋観測については、物理および生物・化学データを可能な限り同時に取得することが必要である。しかし船舶による広範囲・長期間にわたる WHP 型の、あるいは高頻度（季節変動が把握できる）の高精度船舶観測は 1 機関では無理であり、協力体制の構築が必要である。

○ 衛星観測

研究開発衛星の場合、技術開発と利用実証が目的であるため、同一仕様の衛星を継続して打ち上げ、長期間にわたって継続的に観測することが予算的にも組織的にも認められていない。このように研究開発衛星による観測の継続性が保証されないことが、我が国の研究開発衛星の観測データの利用が進まない最大の理由となっている。また、関係省庁及び関係機関の衛星観測データに対する利用要求を取りまとめ、研究開発衛星の開発・運用に反映し、総合的

な利用を推進するための調整メカニズムや体制が整備されていない。さらに、研究開発衛星による観測の有用性が実証された後に、定常機関へ観測を移行するための政策、メカニズム、シナリオが不在である。その他、宇宙機関ではアーカイブ及び提供サービスの標準化が進められているが、一般ユーザーからはアクセス性が必ずしも容易でなく、衛星観測データの交換、相互利用が実現されていない。

5-3-3. 問題点

[業務機関]

気象庁

上記に述べたギャップと課題については、今後中長期的な視点に立って問題点を克服し課題を達成する必要があるが、予算・定員に関する困難な状況は今後も継続すると予想される。したがって、これら課題の達成のためには、現行の定常観測の各観測項目の必要性や優先性を日常的に点検するとともに、効率的で効果的な定常観測業務の構築が不可欠である。

海上保安庁

上記に述べたギャップと課題については、今後中長期的な視点に立って問題点を克服し課題を達成する必要があるが、予算及び船舶等の観測資源の制約から容易ではない。また、地球規模の定常観測網を長期に維持するためには、国際的枠組み等による役割分担を明確にすることが求められるとともに、観測技術の維持・向上についても組織的に対応することが必要となっている。

水産庁

上記に述べたギャップと課題については、今後中長期的な視点に立って問題点を克服し課題を達成する必要があるが、予算及び船舶等の観測資源の制約から容易ではない。特に、財政事情の悪化から定線調査自体が縮小傾向にあることが問題である。

[関係機関]

○ 大気化学観測

大気化学観測は観測項目が多岐に亘るため、一つの機関ですべての観測項目に対応することはきわめて困難である。現在は府省横断型の連携が不十分であることから、今後は業務機関と研究機関とが連携を図り、国内の観測網を各機関が連携してデザインしてゆく必要がある。また、観測データに対する品質保証・品質管理について、国内基準を設定し、統一して行うことが必要である。さらに、大気化学の観測機器の開発に関する日本企業の活性度が不足していることから、観測方法の開発を効率良く行う開発環境が整っておらず、また、各機関に工作室とスタッフなどが不足しており、観測機器の小型化、無人化などのシステム開発が充分でない。

○ 海洋・海上気象観測

熱帯域海洋観測ブイ網については、トライトンブイの運用に必要なシップタイムが慢性的に不足している。さらに、ブイ技術に関する技術力の不足のために、大きな技術的改良ができないのが現状である。今後はブイの老朽化にともない、データ回収率の悪化が懸念される。アルゴ計画については、ミレニアムプロジェクトとしての計画の終了後も、定常観測として維持するための予算と組織の確保、さらに、関係機関によるフロート投入協力体制の維持について懸念がある。データ利用の側面からは、データの品質評価が行える専門家の育成と長期的な確保が課題である。

○ 衛星観測

研究開発衛星による長期観測及び継続観測を実現することは、研究開発衛星の目的と性格から難しい。さらに研究開発衛星による観測を定常機関による観測へ移行させることは、現在の体制では、極めて困難であり、関係省庁間の調整を行い、その方策を検討する必要がある。

5-4. 今後 10 年間に特に推進すべき地球観測項目

○ 定常気象観測

国際的な枠組みのもとで実施されている現行の地上や高層の定常気象観測網を、精度と品質を低下させることなく維持継続することが重要である。さらに、国際的に重要度と貢献度の高い静止気象衛星の継続的・安定的運用が必要である。

台風や集中豪雨など大きな災害をもたらす現象の予測の高度化を図るため、現行の定常観測より稠密な観測網を、対象とする現象の予測にとって最も効率的と思われる地域に期間を限定して構築することを目指す、世界気象機関(WMO)主導の「観測システム研究・予測可能性実験(THORPEX)」に、国際的な枠組みのもとで、積極的に参加することを検討する必要がある。また、GPS 観測網を利用した水蒸気観測に見られるように、他分野の既存の測定システムを気象観測に有効に利用し、より時間的・空間的に稠密な気象観測を行う技術開発を推進する必要がある。

さらに、気候変動・地球環境の監視のためには、現在実施している観測のより一層の高度化や、新しい観測項目が必要となった場合の、迅速な技術開発と観測網の整備が必要である。

○ 定常海象観測

国際的な枠組みのもとで実施されている現行の観測船による定常海洋観測を、精度と品質を低下させることなく継続させることが重要である。地球温暖化に係る海洋の内部構造の長期変動を把握するための観測線、及び海面水位の長期変動を把握するための観測点を、変動のスケールに応じて最適に配置し、長期のモニタリングを行うシステムを構築する必要がある。また、海洋・大気によって広域に拡散

する汚染物質を監視するため、国際的枠組みによる地球規模のモニタリング網の構築や、アルゴ計画に続く次世代の全球海洋観測システムの構築を計画する必要がある。

○ 大気化学観測

大気化学の分野では、酸素や炭素、酸素同位体比など高度な情報を持つ指標の観測、窒素化合物の形態分析によるオゾン生成能の長期変化と対流圏オゾンの長期変動の観測、フロンなどの新しい微量物質の消長や増加の観測、黒色炭素や有機炭素を含むエアロゾルの総合的観測、3次元的な温室効果関連物質の観測、アジアを含む地域的規模の観測網の整備等が必要である。

○ 海洋・海上気象観測

海洋の長期変動の持続的観測を行うためには、アルゴフロートによる全球観測網の完成と維持、およびTAO/トライトン型のブイによるインド洋を含む全球熱帯ブイ観測網の完成と維持を図り、データシステムの発展を図る必要がある。さらに、今後、第2世代アルゴフロート（共通プラットフォームとなるべきフロートの開発と化学・生物センサ搭載フロートの導入）の開発と展開、簡易型トライトンブイの開発を図る必要がある。このほか、北極海における氷海観測ブイの展開、物理・生物・化学計測ブイの長期的運用、高緯度海域における表層係留ブイの開発等を行う必要がある。一方、観測船を使用した海洋観測については、全球における熱・物質輸送を定量的に算出するために、約10年間を1つのサイクルとして、大陸間を横断するような観測線において、表面から海底直上までの高精度かつ多項目（水温・塩分・溶存酸素・流速・栄養塩・全炭酸・アルカリ度・pH・ pCO_2 ・フレオン・炭素同位体等）の観測（WOCE/WHP型船舶観測）を実施する必要がある。

○ 衛星観測

全球の降水分布、雲・エアロゾル分布、対流圏の水蒸気・オゾン・温室効果ガス分布、海上風ベクトル、海面水温、海洋塩分濃度、土壌水分等の物理量の観測は、大気及び海洋の状態を把握し、気候変動の研究等を実施するために必要であることから、衛星による観測の実現は優先度の高い項目である。これらの観測を実現するためには、センサやデータ処理等、観測技術の一層の研究開発を行い、ニーズ主導の衛星の開発と継続的な観測を行うことが必要である。

5-5. 今後の地球観測システム

(1) 今後の地球観測システムのあり方

各国は現在実施している定常観測網の安定的な運用を図るとともに、国際的枠組みの中で設定された自国の観測点や観測システムの精度維持と品質管理に、十分な努力を払う必要があり、わが国もこの

方針に沿って観測システムを運用する必要がある。また、限られた観測資源を有効に利用するため、各ニーズに応じた必要な観測の時空間密度を設定し、最適の観測システムを構築する必要がある。

今後の地球観測においては地球観測衛星による観測が重要な部分を構成することから、宇宙機関と業務機関は、統合地球観測戦略(IGOS)等を通じて、利用者要求に対応した、不足及び重複のない、適正な頻度と精度で観測する地球観測衛星による全球観測システムを構築する必要がある。

(2) データ活用・データ品質管理

定常観測においては、高精度かつ信頼性の高い観測値を即時に公開し無償・無条件で提供し続けることが最優先課題である。そのためのデータシステムを構築する必要がある。

また、定常観測においては、観測データの品質管理が観測の実施と同様に重要である。データの品質管理に関しては、品質管理やデータ補正に関する標準化が重要な課題である。国内におけるデータ品質管理に関する技術的基盤を構築するとともに、国際機関(WMO等)を通じてわが国がデータ品質管理に関する国際センターとして貢献する必要がある。さらに、アジア・オセアニア各国のデータの品質管理体制強化に貢献する必要がある。

衛星観測に関しては、宇宙機関と業務機関は研究開発衛星の観測データの業務への利用を促進する必要がある。そのためには、宇宙機関は研究開発衛星の観測データに業務機関がアクセスできるシステムを構築するとともに、宇宙機関と現業機関は協力して、気候変動予測の精度向上等の各分野におけるニーズに応えるために必要な全球データセット及び統合データセットを作成する必要がある。

海洋観測データについては準リアルタイム、遅延モードともに共有化が進んでいることから、今後は衛星データ、モデル出力との比較・融合を容易にするためのシステムを検討する必要がある。

大気化学観測データのうち温室効果ガスのデータは、気象庁に設置されている温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)において、各国の観測データが収集されている。今後は、日本における計測用の基準の統一を図ること、及び各成分ガスにおけるトレーサビリティの確立が必要である。

地球観測データについては、今後必要に応じ各観測要素に対して、国内データセンター(データ評価、データ記録、国際データセンターへの登録、データおよびデータプロダクト公開等)の設置を検討する必要がある。検討に際しては、現在運用されているアルゴ・データシステムはその例示として有効である。

(3) 組織、国際協力

○ 組織

国内に、地球観測に関する政策の決定と実施の調

整を行う省庁横断的な調整メカニズムを、既存のシステムとの整合性を図りつつ効率的に構築する必要がある。特に地球観測衛星による観測は重要であることから、

関係省庁及び関係機関の衛星観測データに対する利用要求を取りまとめ、研究開発衛星の開発・運用に反映し、総合的な利用を推進するための調整メカニズムや体制、
研究開発衛星による観測の有用性が実証された後に、定常機関へ観測を移行するための調整メカニズムや体制、
について検討を行う必要がある。さらに、わが国として地球観測データを統合し、総合的に利用するための地球観測データ統合センターを設置することについても検討する必要がある。

○長期継続的な観測を実施するための組織

地球観測における長期的な継続性を確保するためには、業務機関における定常観測を維持・継続・発展させるとともに、特に、関係機関で研究観測として長期間実施されている観測について、必要性和技術的な観点から検討を行い、必要な観測については、その長期継続性を確保することが重要である。この場合、その実施体制として以下のような組織が検討の対象として考えられる。

業務と研究の中間に位置する組織を研究機関に設置する。
業務と研究の中間に位置する組織を業務機関に設置する。
業務機関と研究機関の両者を相補的に融合し、これを国全体として運営していくような新たな連合

組織を設置する。

観測を部外機関（民間を含む）に委託し、関係機関が共同で運営と監視を行う。

この検討に際しては、業務機関が持っているプラットフォームと人的資源、研究機関が持っている研究費を共同で利用するメカニズムについても検討する必要がある。新たな組織については、特に大規模な観測であるアルゴ計画、熱帯域海洋観測ブイ網、地球観測衛星について持続的かつ効率的な運用を可能とするため、早急に検討を開始する必要がある。

○国際協力

アジア・オセアニア各国における気象・水象・海象に関する定常観測の継続性を確保するためには、特に発展途上国における観測を、ODA 等を使用して直接に、あるいは WMO 等の国際機関を通じての国際協力により、支援する必要がある。例えば、当該国の経費的・人的負担を軽減するための観測の自動化に関する技術や、観測精度維持するためのデータ品質管理技術について、アジアを中心とする地域各国に技術移転することを検討する必要がある。また、関係各国の協力を得るためには、観測データの有用性について、教育、普及・広報活動を行う必要がある。さらに、国際機関、IGOS を含む国際協力プログラム及び国内の関係機関との協力を通じて、利用者要求の把握を行い、エンド・ツー・エンドの利用計画を策定し、不足及び重複のない、適正な頻度と精度で観測し、長期的かつ継続的な全球観測システムと観測データの総合利用システムを構築する必要がある。

5-6. 課題分析表（重点化が必要な課題は で示している）

分類	観測ニーズ （重要度）	現状	ギャップ （問題・課題）	具体的な取り組み	重点化の 必要性	重点化の視点 （留意事項）
気象庁の 定常観測	災害による 被害の軽減	地上・高層・気象レーダー・ 気象衛星・沿岸防災（潮位、 水温等）の各観測を実施	○局所的な豪雨・豪雪・強風に関する予測精度が社会のニーズに くばり十分でない。観測 データが不足している ことが大きな要因	○リモートセンシングを主 にした新たな観測手法・ 技術の開発と導入が必要 ○周辺各国との連携を 深め世界気象機関（WMO） が提唱する観測システム 研究・予測可能性実験 （THORPEX）等の国際 的プロジェクトに参加 するが必要		○予算・定員に関する困難な 状況を考慮しつつ、各観測 項目の必要性和優先度を 議論し、国際的な関係を含 めた中長期的な観測計画の 立案が必要 ○限られた観測資源を有効 活用する観測網の再設定が 求められる ○観測データの品質管理／ 品質保障についての技術 を高度化するとともに、 その成果をアジア・オセ アニア各国に移転すること が求められる
	交通安全の 確保	各空港において航空気象 観測を実施 観測船・漂流ブイによる 海洋気象観測を実施			○	

	気候変動対策・地球環境保全	温室効果ガス・オゾン濃度・紫外域日射・直達日射・大気放射能の各観測を実施 ALOS 計画に参画		○ALOS 計画を継承する次世代全球海洋観測システムの構築が必要 ○精度向上や経費軽減をめざして、新たな観測手法・技術の開発と導入が必要		
	生活の向上 社会経済活動の発展	上記の , , , ,	○1ヶ月・3ヶ月・暖候期予報・寒候期予報の精度は社会のニーズに十分に應えていない ○観測データの量が不足していることが一因	○地球規模の大気・海洋の観測網の拡大と観測精度の向上が必要		
	科学技術の発展	上記の , , , ,				○内外の研究機関・学会との交流を深め、関連する科学・技術に関する最新情報を交流することが必要
海上保安庁の定常観測	航行安全の確保	○日本周辺海域における船舶、係留流速計、漂流ブイ等による海流の観測 ○日本沿岸及び島嶼部における潮汐観測	○海流、潮流観測の空間的密度の不足 ○潮汐観測における観測点の不足		○	○地球規模の定常観測網を長期に維持するためには、国際的枠組み等による役割分担を明確にすることが求められるとともに、観測技術の維持・向上についても組織的に対応することが必要となっている ○国内に、地球観測に関する政策の決定と実施の調整を行う省庁横断的な調整仕組みを、既存のシステムとの整合性をとりつつ効率的に構築する必要がある
	海上防災、捜索救助のための漂流予測	○日本周辺海域における船舶、係留流速計、漂流ブイ等による海流の観測	○海流、潮流観測の空間的密度の不足			
	海洋環境保全	○日本周辺海域及び南大洋において油分、重金属等の汚染物質の調査	○海洋汚染、放射能調査における国際的広域観測ネットワークの不備	○海洋・大気によって広域に拡散する汚染物質を監視するための国際的枠組みによる地球規模のモニタリング網の構築		
	地球規模の環境変動監視	○西太平洋、南大洋に設けた定線に沿う表面から深層までの水温、塩分、溶存酸素、栄養塩等の海洋内部構造変動の調査 ○日本沿岸、島嶼部及び南極昭和基地における潮汐観測による海面水位の長期変動の監視	○潮汐観測における観測点の不足 ○海洋観測における国際的分担による長期モニタリング網の不備	○地球温暖化に係る海洋の内部構造の長期変動を把握するための観測線、及び海面水位の長期変動を把握するための観測点を変動のスケールに応じて最適に配置し、長期のモニタリングを行うシステムを構築		

大気化学 観測	- 地球科学的変動や人間活動による自然の攪乱の観測 - モデル計算の検証 - 行政的ニーズ	観測点（固定点，船，飛行機）（気象研究所，国立環境研究所，大学，地方自治体等）	- 地球環境問題に対応する測定点が少ない - 観測ステーションの場所が多様でない - 海洋上での観測点に加えて陸域での定常観測地点が不足	国内の観測網を各機関が連携してデザインする		
		観測項目（二酸化炭素，メタン，亜酸化窒素，フロン類，オゾン（ストロント），エアロゾル，降水その他）	- 酸素や炭素，酸素同位体比などオゾン生成能の長期変化と対流圏オゾンの長期変動 - フロンなどの新しい微量物質 - 黒色炭素や有機炭素を含むエアロゾル - 温室効果関連物質の3次元的な，観測	高精度観測を多種類の関係物質において，同時に頻度高く行う必要	○	
		- 観測方法 - 観測機器	長期的な観測の維持のための財源と人材の不足	- データの品質管理のため国内基準検討 - データベースの構築 - 高度測定装置開発に企業の積極的参加	○	
		観測体制	長期的な観測の維持のための財源と人材の不足	スタッフの増員		
海洋海上 気象観測 海象・気象の把握	- 気候変動・海洋変動や環境変動の理解と予測 - 業務機関での予報業務への利用 - 水産資源変動予想，海洋生物保護等の基盤的情報	アルゴ計画：世界17カ国とEU，世界気象機関（WMO），政府間海洋学委員会（IOC）の協力の下に実施．平成15年12月時点で稼働のアルゴフロート数は1,023台（日本の投入分は158台）	- 運用システムの確立 - シニアプロジェクト終了後の予算と組織の確保．関係機関によるフロート投入協力体制の維持 - データの品質評価の専門家の育成と長期的な確保．	- アルゴフロートによる全球観測網の完成と維持 - 第2世代アルゴフロート（共通プラットフォームとなるべきフロートの開発と化学・生物センサ搭載フロートの導入）の開発と展開．		- 国際的パートナーシップの確立（観測サミット，IOC/GOOS，CLIVAR/WCRP，IGBP等） - 組織を横断した実施・協力体制の仕組みの確立 - データ処理・評価・公開システムの確立 - 運用技術者の育成

	○ 気候変動・海洋変動や環境変動の理解と予測 ○ 業務機関での予報業務への利用 ○ 水産資源変動予測、海洋生物保護	トライトン計画: 太平洋赤道沿いに日米協力により約 70 基の表面係留ブイからなる熱帯域海洋観測ブイ網 (TAO/トライトンブイ網) を構築。その内、日本は太平洋に 16 点で展開。さらに東部インド洋において 2 点で展開	○ ブイの運用に必要なシフトが慢性的に不足 ○ ブイの老朽化にともないデータ回収率の悪化が懸念 ○ 多数展開・持続的運用を可能にするための簡易化が必要。一方、熱および淡水フラグスのより精密な計測や、生物・化学物質センサ等の多機能化が必要であるが、それらに対応すべき技術開発研究が十分でない	○ TAO/トライトン型のブイによるインド洋を含む全球熱帯ブイ観測網の完成と維持 ○ 簡易型トライトンブイの開発	○	
	気候変動・海洋変動や環境変動の理解と予測	WOCE / WHP 型船舶観測: 1999 年に、WHP one-time 観測線である P1 (北緯 47 度線) の再観測。また、2001 年に、P17N (アラカ湾) の再観測を実施。2003 年に、WHP one-time 観測線である P6 (太平洋南緯 32 度)、A10 (大西洋南緯 30 度) および、I4/I3 (インド洋南緯 20 度) の再観測を実施	○ 物理および生物・化学データを可能な限り同時に取得することが必要であり国内研究機関の協力体制の構築が必要	○ 全球における熱・物質輸送算出のため、約 10 年間にサイクルとして、大陸間を横断するような観測線において、表面から海底直上までの高精度かつ多項目 (水温、塩分、溶存酸素、流速、栄養塩、全炭酸、アルカリ度、pH、pCO₂、フラグ、炭素同位体等) の観測 (WHP 型船舶観測) を実施	○	
	気候変動・海洋変動や環境変動の理解と予測	氷海観測ブイ: 2000 年より北極海多年氷海域での海洋・気象観測を実施 ○ 2003 年までに合計 8 基のブイを設置	○ 簡易化に向けた技術開発	○ 北極海における氷海観測ブイ・展開の継続・発展		
	気候変動・海洋変動や環境変動の理解と予測	物理・生物・化学時系列ブイ: 2001 年から時系列観測装置 (基礎生産力測定用自動培養装置、自動採水装置、動植物プランクトン自動採集装置、自動採水装置、自動昇降型 CTD / ACM) により構成される係留系を北西部北太平洋の 3 箇所に設置	○ 物理および生物・化学データを可能な限り同時に取得することが必要であり国内研究機関の協力体制の構築が必要	○ 物理・生物・化学計測ブイの長期的運用		
衛星観測 (海象・気象の把握)	海洋循環の解明	○ JASON-1, ENVI SAT, ICESAT による海面高度観測を実施中 ○ JASON-2 を NASA/NOAA-CNES/EUMETSAT で計画中	○ JASON-2 後の定常観測への移行	○ 研究開発から定常観測への移行	○	宇宙機関と現業機関との連携
	海洋循環の解明	Aquarius 及び SMOS による塩分濃度観測を予定	○ 塩分濃度観測の研究開発	○ 先端センサ技術の開発		宇宙機関と現業機関との連携

海象・気象予報，災害監視，経済航路	QuikSCAT や Aqua/AMSR-E による海上風観測を実施中 ○ SSM/I や AMSR-E による海上の水蒸気量の観測を実施中 ○ SeaWinds/ADEOS-II は打ち上後 10 ヶ月で停止	○ QuikSCAT や AMSR-E 後の観測継続	○ SeaWinds/ADEOS-II の後継ミッションの打上	○	
海洋基礎生産量の把握	SeaWiFS, MODIS, MERIS で海色を観測中	○ センサ間のデータ均質性	○ 校正・検証の強化		相互校正，検証サイトの設置
○ 気象予報 ○ 漁場予測 ○ 気候変動予測	GMS, NOAA/AVHRR, Aqua/AMSR-E による海面水温の観測を実施中	○ 気候変動予測のための高精度海面水温データの取得	○ 赤外データとマイクロ波データの統合による高精度海面水温データの作成		GODAE - HSST の実施
海上航路の安全，経済航路	RADARSAT, ENVISAT の SAR や SSM/I や AMSR-E のマイクロ波放射計による海水分布の観測を実施中	○ RADARSAT2, ENVISAT 以降の観測	○ RADARSAT2, ENVISAT の後継衛星の打上		ALOS の早期打上
数値予報，気候変動予測	数値予報モデル，全球海洋データ同化実験（GODAE）においてデータ同化を実施中	○ 衛星データの同化	○ 衛星データの同化技術の研究開発		海洋データ同化センターの設立
データ間の標準化	気象分野においては，データ間の標準化が比較的進んでいるが，海象分野では遅れている．	○ 海象分野におけるデータ標準化	○ 同左		宇宙機関と利用機関の連携が必要
アーカイブ	各宇宙機関においてデータ及びデータの保管中	○ データ及びデータの長期保管，アクセス性の改善，データ政策の不一致	○ アーカイブ方針，データアクセスの標準化，データ政策の調整		地球観測衛星委員会（CEOS）においてアーカイブの標準化を推進
データ品質	各宇宙機関においてデータ品質維持のための校正・検証を実施中	○ 気象予報，気候変動予測の高度化のためにはデータ品質を長年にわたり維持することが必要	○ 校正・検証の標準化		CEOS においてセンサの校正・検証の標準化を推進

6. 自然災害・地図作成・資源探査部会報告（自然災害）

6-1. はじめに

自然災害領域では、風水害、地震、火山災害、大規模山火事の4分野について検討を行った。これらの4つの分野における問題は、いずれも、直接的に人命や資産の損失に関わることで、また、地球上の多くの地域で発生することから、その優先度は極めて高い。人類の福祉ならびに社会経済の双方の観点から重要な課題である。これらのうち優先的に取り組むべき分野は、状況に応じて変化する社会の要請に応えられるように、かつ予想される被害の大きさと防災・事後対策のためのコストを勘案し、柔軟に決められる必要がある。また、今回の国際観測計画策定(GEOSS)では、日本とアジアの国々との連携による観測ネットワークの構築を目指すことも重要な課題である。以上の視点から、自然災害の領域では、特に、風水害と地震災害の2分野に優先度を置くこととした。

1) 風水害：近年の気候変動の顕在化から、アジア地域では台風、サイクロンによる大規模洪水、また一方で渇水による旱魃のために大きな社会経済的影響を受け、その影響範囲も広い。このことから、自然災害の領域では、まず風水害に対する取り組みが優先される分野と考える。

2) 地震災害：アジア地域において大規模地震災害や津波災害により多くの人命や資産が失われている。特に、環太平洋の地震多発地帯や中央アジア地域などは、ひとたび発生したときに甚大な災害が発生する。このことから、地震災害に対する取り組みも優先される分野と考える。

前者において、日本は、衛星観測技術、地上自動観測ネットワーク技術の分野、ならびに風水害発生予測モデル技術の分野での貢献が期待できる。後者においては、これまでの地震災害の経験に基づく高精細な発生予測観測ネットワーク技術の分野において、また基礎的な地球科学技術分野において貢献が期待できる。さらに、両者において、衛星通信技術による災害情報通信の高速化や情報共有化など、高度情報技術の分野でも貢献が期待できる。なお、報告書の作成においては、

I. 風水害分野

II. 地震災害分野

III. 火山災害分野

IV. 大規模火災分野

としてまとめ、さらに、自然災害分野に共通する考え方を

V. 自然災害分野における地球観測のあり方(総論)としてまとめた。また、分野ごとの課題優先度を作成した。

6-2. 風水害分野

風水害に関する地球観測の課題については、次の3つに分類して、観測ニーズ、現状、問題点と課題(ギャップ)、具体的な取り組み、重点化の視点などを考える。

- 異常気象現象の探知
- 風水害の被災状況把握
- 風水害の予測と被害防止・軽減策

6-2-1. 災害素因把握の現状

風水害は、極端な気象・海象現象、すなわち、強風、竜巻、豪雨、低気圧による潮位の上昇などが原因となって生起するものであって、洪水、山腹崩壊、土砂流出、土石流、高波・高潮などによって、多くの人命や資産が失われ、農林業をはじめ種々の生産の場に被害を与える。特に、大規模な風水害を広域にわたってもたらす台風(サイクロン、ハリケーン)は、東南アジアから北東アジア、南アジア、カリブ海沿岸などにおいて大きな脅威となっている。

気象・海象の定常監視によるこうした異常気象現象(極端事象)の探知が重要であるとともに、河川の水位・流量などの水文観測、海岸・海洋の波浪といった観測を複合的に行う観測網等が望まれる。地上観測網の充実と、それを補完する人工衛星や航空機からの地球観測・地域観測により、風水害による被災状況の把握、予測、被害防止・軽減策を的確に行うことが可能になる。

6-2-2. 気象関係の定常的観測システムの現状等

アジア地域を含む世界の気象観測網は、世界気象機関(WMO)による全球観測システム(GOS)により展開されている。これらの観測システムは、全球の大気・海洋状態を統一基準、高品質で観測し、気象解析・予測及び災害防止のための警報などを作成することを目的としている。データのほとんどは、指定されたフォーマットで全球通信システム(GTS)を通じて、世界185の関係機関間においてリアルタイムに共有されている。

GOSにおいては、地上での降水量観測のほか、気温、気圧、風、水蒸気量等の地上・海上鉛直プロファイル観測データを提供している。一方こうした観測とともに、衛星を使ってこれらの観測データや海面の波浪データを全球的に取得することが新たなニーズとなっている。WMOでは、衛星の利用のさらなる推進を目指して「WMO宇宙計画」を立ち上げている。

WMOは、気象データのみならず、河川流量などの水文観測データの収集と配信についても国際協力事業を1993年から進めている。これは、世界水循環観測システム(WHYCOS)と呼ばれるもので世界銀行の

協力を得て、水文および気象データを、衛星を介して世界各国の関係機関等の間において準リアルタイムで収集・配信しようとするものである。また、WMO等の支援を得て、全球流出データセンター（GRDC）が全世界の水文観測データを収集、配信している。これはリアルタイムの防災と言うよりも、世界多河川多地点の長期時系列データを防災に活用できるという観点から、地球観測データをGRDCのような組織に集積して防災に役立つデータセンターとして機能を拡充していくことが必要である。

これらのシステムの現状における課題のひとつとしては、途上国や紛争国の観測データが十分かつ安定的に得られていないことである。気象・水文観測の重要性は認識されているものの、財政的理由や人材育成の不十分さから、定常的な観測地点が減少傾向にあり、風水害の監視、状況把握といった観点からも重要な課題である。

国内においては、気象庁では(1)地上気象観測網、(2)高層気象観測網を日本全域に展開している。すなわち、行政目的にかなう、我が国に災害をもたらす気象の監視及び数値予報の初期値作成に利用しこれらの観測データや数値予報結果をもとに注意報等の各種防災気象情報の作成・提供を行っている。気温、降水量などの気象要素について、地上における観測網を全国約1300カ所（このうち、降水量以外は、気温・風向風速・日照時間840地点、積雪210点、気圧・相対湿度160カ所）で実施している。また、(3)静止気象衛星観測により、東アジア全域、オセアニアを対象として、赤道上の静止気象衛星から、可視・赤外センサーを用いて地球上の雲の状態などを観測している。台風による高潮・高波、地震による津波などについては、全国88カ所（沿岸波浪11地点、潮位78地点）において(4)沿岸波浪観測を行っている。

6-2-3. 人工衛星による風水害の監視・観測

気象観測、特に雨雲や降水に関する観測は、洪水災害や土砂災害の予測に重要であり、人工衛星による観測が有効に利用されている。静止気象衛星による雲分布の連続画像により、台風（ハリケーン、サイクロン）や雨域の移動を把握する事が可能であり、種々の水害の防止・軽減に大きく貢献している。また、1997年に開始された日米協力による熱帯降雨観測ミッション（TRMM）が、降雨の構造・特性の3次元情報の提供に飛躍的向上をもたらした。こうした情報を気象レーダや降水量観測網と組み合わせることで、降雨の定量的監視能力や予測精度の向上に結びつける努力が必要である。また、土地利用・被覆、地形・地質、地表面・土壌水分などが、降水流出の解析予測のための水文学モデルの物理パラメータを与える貴重な情報を提供している。

豪雨・洪水災害の際には、雲の存在が衛星からの地表面観測を妨げる。また、災害は、昼夜を問わず発生する。こうした観点から、雲を透過し、夜間で

も観測できる合成開口レーダ（SAR）のようなセンサーが有用である。

6-2-4. 今後の地球観測項目（解決すべき今後10年間の重点問題）

(1) 異常気象現象の探知—観測網の高度化

気象水文の地上観測が弱体化する傾向にある。途上国においては、これらの観測よりも経済成長、国土開発、人口問題などへの対処が重要であり、観測に対する投資が十分になされていない状況にある。観測システムの維持更新、新技術の導入のためには、人材育成も極めて重要である。また、人工衛星による観測も必ずしも十分とは言えない。

こうした現状の把握とそれを補うための観測網整備計画を、当初2年ぐらいで行い、それと並行して人材育成プログラムを実施するとともに、6年、10年といった中長期の計画を実施して、観測施設の復活・新設等の事業の逐次着実な展開を図ることが肝要である。具体的な取り組みとして、以下のような項目が挙げられる。

- 運輸多目的衛星による日本・東アジア・西太平洋域を中心とする気象衛星観測の実施
- 極軌道気象衛星リアルタイムデータの国際交換実施
- 東アジア・北半球西太平洋諸国の地上・海上観測ネットワークの充実
- アジア・オーストラリアモンスーン全域での観測協力・連携体制の構築
- CEOPなどの経験、蓄積を生かしたデータの共通化、共有化
- TRMM後継機（GPMなど）の早期実現
- アジア地域レーダ拠点観測と既存レーダデータの国際交換および有効利用と日本の気象レーダのドップラーレーダ化
- GPS水蒸気稠密観測データの国際交換および有効利用
- 航空機自動観測データの交換および利用を促進
- アジア地域気候・水循環観測データセンターの設立
- 気象予測モデルとデータ同化システムの高度化

(2) 風水害の被災状況把握---自然災害頻発地域における重点観測

自然災害は毎年どこかで必ず発生しており、頻発地域をターゲットとして既存の衛星、地上観測により、観測や情報の共有が可能である。当面すぐに実施しうる観測計画として、既存のシステム利用による集中自然災害監視プロジェクトのようなものを開始できないであろうか。また、中期（今後6年間）の災害関連人工衛星ミッションとして、ALOSの本格運用とその応用がある。世界各地で生起する災害についてJAXA-ALOSが主導的に観測情報収集・発信ができるはずであり、それを風水害の被災状況把握への応用を検討するプロジェクトが必要になる。具体

的な取り組みとして、以下のような項目が挙げられる。

- 河川水位、流量に関する地上観測の推進
- 衛星データの水管理指標への翻訳システムの確立に向けた、技術開発の推進
- 既往の水管理システム、流出モデルとの結合
- 国際洪水ネットワーク (IFNet) グローバルフラッドアラートシステム (GFAS)
- 陸域観測技術衛星 (ALOS) の早期運用

(3)風水害の予測と被害防止・軽減策—地球観測データと予測・対策技術の統合化

風水害の要因となる気象現象、水文現象を予測し、防災対策を事前にあるいは即時的に行う場合に、それらの現象を的確に記述したコンピュータモデルによるシミュレーション技術が重要である。その際、地形、土地利用・土地被覆、人口・資産分布などの地理情報が必要である。すなわち、現象のモデリング技術と、気象・水文観測データ、種々の地理情報の統合化により、風水害の予測（計画予知とリアルタイム予知）ができるとともに、被害防止・軽減のための対策を効果的に行うことができるようになる。

特に、アジアの途上国においては、地上観測システムの整備、各種地図・主題図などの地理情報の更新が不十分であり、地球観測データの有用性と必要性は極めて高い。具体的な取り組みとして、以下のような項目が挙げられる。

- モデリング技術の開発
- 予警報・防災情報伝達システムの開発
- ハザードマップの作成
- 既往の水管理システム、流出モデルとの結合
- 国際洪水ネットワーク (IFNet) のグローバルフラッドアラートシステム (GFAS)
- 陸域観測技術衛星 (ALOS) の早期運用
- 災害関連衛星計画の推進（今後 10 年間）

総合地球観測戦略 (IGOS) の地質学・地球科学的災害 (Geohazards) テーマを推進する。ただし、風水災害関連は今のところ含まれていないので、IGOS の水循環テーマとも連携して豪雨・台風・洪水などの極端事象に関する観測・研究を推進する。

TRMM のフォローアップ及びその後継である全球降雨観測計画 (GPM) により複数の衛星観測により 3 時間毎に全球降雨マップを準リアルタイムで作成し、豪雨及び関連災害の監視・予測・軽減のための研究を実施する。

陸域観測技術衛星 (ALOS) は、自然災害監視、地図作成、資源探査、地域観測を 4 大目的とするミッションであり、特に、自然災害監視における機動的な観測体制、災害状況の即時的データ配信などの実行可能性を集中的に検討する。

- 国際洪水ネットワークと地球洪水警報システム（今後 10 年間）

2003 年 8 月から活動を開始した国際洪水ネットワーク (IFNet) の目的は、洪水を管理し、洪水がもた

らす人命の損失及び資産被害を減少させるための対策を調整し、効果を改善することにより、貧困の悪循環を断ち切ること、途上国が持続可能な開発を実現することを支援し、経済的安定に寄与することである。世界気象機関 (WMO)、アジア開発銀行 (ADB) の国際機関を始め洪水に係る施策やプログラムを有するその他さまざまな機関との個人（2003 年末現在 257 機関と個人）が参加している。

地球洪水警報システム (GFAS) は、洪水被害緩和のため、国土交通省及び宇宙航空研究開発機構 (JAXA)、国際建設技術協会が協力し、IFNet を利用したプロジェクトの一つである。このシステムでは、JAXA 及び米国航空宇宙局 (NASA) が構想中の全球降雨観測計画 (GPM) を含む地球観測衛星のデータ提供を受け、世界の河川の流域雨量をリアルタイムでデータ収集し洪水発生予測を自動的に行うシステムを開発する。このシステムにより、特にテレメータ雨量観測網を持たない途上国の洪水警報を支援することを目指している。その構想は、今のところ下記のようになっている。

衛星による降雨観測

TRMM 及び副衛星群による観測データが地上局に送信され、データ処理システムにかけられたのち、全世界の 3 時間毎の降水マップ（準リアルタイムデータ）が作成される。この地球全体の降水分布データはインターネットを通じて公開される。

確率雨量の算定と観測雨量

世界には、熱帯雨林地帯から温帯モンスーン地帯、亜乾燥地帯と様々な気候があり、地形・植性も多様であるため、どの程度の雨が降れば洪水になるかは、それぞれの地域によって異なる。しかし、確率で雨量を評価することにより、警報を出す基準雨量を算出することが可能である。

GFAS の第一段階では、世界の確率雨量を算出する。この計算には、流域毎の継続的な雨量データが必要となる。過去のデータは各国の気象機関でストックされており、もし継続的なデータがない場合は、精度は低いがいずれに熱帯雨量観測のデータが約 5 年分存在するので、どの国においても対応可能である。

第二段階では、各国の気象機関にアンケート調査を実施し（気象庁や WMO と協力して行う予定）、警報対象流域、対象流域毎の基準雨量確率を決定する。第三段階においては JAXA から配信される衛星雨量データを自動的に確率評価し、関係機関にインターネットを通じて警報を出すシステムを構築することである。今現在 GFAS のパイロット事業を展開すべくパイロット事業地域の選定中である。

6-3. 地震災害分野

6-3-1. 災害素因把握の現状

地震災害においては、発生地域、人口密集度、建物強度等様々な要素が複雑に絡んで災害規模が決定

される。例えば、中東での地震では、建物の強度が低いいため、その崩壊による被災が常に課題となっている。

自然災害の素因の把握においては、基本的には観測を展開する地域の地形、地質、地盤特性、社会特性等を事前に評価した上で、特に途上国での観測網については、地震・火山・気象といった観測を複合的に行う観測網等が望まれる。

6-3-2. 地震・津波現象の把握とデータ交換

国内では、全国地震活動監視のための観測については、気象庁が、地震の震源要素（緯度・経度・深さ・規模（マグニチュード））決定のため全国約180カ所で「地震観測」を、また震度（地震による揺れの大きさ）については全国約600カ所で震度観測を実施している。これは、我が国に災害をもたらす地震を24時間監視し、これらの観測データや処理結果にもとづく各種防災情報の作成・提供は、防災行政上の施策に活かされるとともに、地震の活動評価等、地震調査研究の推進にも利用している。

（独）防災科学技術研究所では、強震観測網（K-NET）による強震動観測（被害をおこすような強い地震動の観測）を、全国に約25kmの間隔で約1000カ所に建設した強震動観測施設及び観測データの収録発信システムによりおこなっており、その成果は耐震工学に関する研究や日本列島の地震被害のリスク評価などに利用されている。また、同研究所では、全国的に約20kmの間隔で約700カ所（2003年3月末現在）に建設した観測施設において高感度地震観測網（Hi-net）と基盤強震観測網（KiK-net）の両方を展開し、地震観測施設及びデータ収集（気象庁と共同）発信システムを設置している。このうち、Hi-netは、微小地震観測、人体に感じない非常に微弱な地震動をも検知し観測するもので、観測データは24時間連続的に防災科学技術研究所に収集され、自動的に震源パラメータを特定して地震活動を調べ、リアルタイムに気象庁や大学にも伝送され、気象庁では、大学等の観測データも含め、波形検測と震源決定を行い、気象庁が発表する各種防災情報に活用するとともに、地震調査研究推進本部へ本邦及び周辺の地震活動評価のための資料を提供している等、常時監視や教育・学術研究に役立てられている。また、KiK-netは、強震動観測施設であり、K-NET同様、耐震工学に関する研究や日本列島の地震被害のリスク評価等に利用されている。さらに、広帯域地震観測網（F-net）は、広帯域地震計（ゆっくりとした地震動なども正確にとらえる地震計）で構成される全国70カ所で実施されている観測網であって、遠く離れた震源から伝わってくるゆっくりとした揺れも検知可能である。観測データは、24時間連続的に防災科学技術研究所に収集され、地震断層が破壊する過程や、地球内部の構造に関する研究などに利用されている。

国内においては、東海・関東地域を重点的に対象

とする観測網も展開されている。気象庁では、東海地震予知のため、東海地域で地殻変動の観測（歪計19カ所、傾斜計1カ所）及び地震活動の観測（地震計、ケーブル式海底地震計一式（4点））を行っている。また、観測強化地域に指定されている南関東を対象として、地殻変動観測（歪計15カ所）及び地震活動の観測が強化されている（地震計、ケーブル式海底地震計一式（4点））。防災科学技術研究所においても、関東・東海観測網として、関東・東海地域で地震活動や地殻変動の観測を68観測施設（地震計56カ所、傾斜計42カ所、歪み計9カ所）で実施している。

東アジアから南アジア、オセアニアにわたって、日本、韓国、中国、パキスタン、インド、タイ、ベトナム、インドネシア、オーストラリア、ニュージーランド、フィジー、トンガの関係機関が参加して、国際地震観測網（International Seismic Network）が展開されている。スーパープルームとプレート移動及び地震との関係を解明するための広帯域地震計観測網であって、インターネットを介してデータを共有することになっている。

世界各地にて発生する地震については、IRIS（地震学研究所連合）が全球的に地震観測網を展開しており、この観測網にて観測された地震情報の提供をインターネット等を通じて行っている。

津波については、太平洋を取り巻く沿岸の北米、南米、アジア、オセアニアの諸国及び太平洋域の各国等（オーストラリア、チリ、カナダ、中国、コロンビア、クック諸島、コスタリカ、韓国、エクアドル、エルサルバドル、フィジー、フランス、グアテマラ、インドネシア、日本、メキシコ、ニュージーランド、ニカラグア、ペルー、北朝鮮、フィリピン、ロシア、サモア、シンガポール、タイ、アメリカ）が、太平洋津波組織を構成し、津波災害の軽減に取り組んでおり、国際津波情報センター（ホノルル）において津波観測・監視、情報発表を行っている。

気象庁は、日本海で発生する地震に対する津波予測等の情報を沿岸各国に提供する業務をすでに開始しているが、2005年からはさらに、北西太平洋域で発生する地震に対する沿岸各国への情報提供業務を開始することとしている。

6-3-3. 人工衛星による自然災害監視・観測（地震災害・火山災害共通項）

人工衛星を利用した全球測位システム（GPS）が、地殻変動などの地表面の変化を精度よくとらえることができるので、上述の地上観測ネットワークとともに地震・火山活動に関する貴重な情報を提供している。

災害生起の突発性と、人工衛星による観測のタイミング・頻度（時間分解能）、画像の粗さ（空間分解能）、対象とする事象に適切な周波数（スペクトル分解能）とが一致しないことがあり、人工衛星観測の広域性、経済性、踏査不可能地帯の可観測性といっ

たメリットが災害監視・予測・管理に十分活かされていないということが現状の問題である。

6-3-4. 今後の地球観測項目（解決すべき今後 10 年間の重点問題）

○恒常的監視体制の構築（事前の措置）

地震・津波による被害を軽減するためには、陸域と海域からの観測を強化（地震計・GPS 津波計など）により、観測空白域のない均一な定常的・長期的観測網を整備・運営し、その発生メカニズムの解明に努めるとともに、観測成果及びそれに基づく防災情報を住民に速報する体制の構築が重要である。

○防災活動の支援に資する被害推定予測等の情報共有体制の構築（事前の措置）

災害発生前からの地震による強震動・津波被害予測のみならず、地震発生直後からの地震動予測、地震被害推定、津波到達予測などによる被害推定等を行い、これを情報共有・利用する体制を構築し、防災初動体制の立ち上げ等の支援を行うことが重要である。

○発災時の緊急情報収集と情報伝達

災害対策の情報は、災害の各フェイズで異なり、必要な情報が適時に的確に災害の対応部署や被災者に届けられることが被害軽減に必要不可欠である。例えば、大災害発生後 10 時間をピークに災害発生から 4 日間は、救命・救助（人命救助）のために被害状況に関する情報が必要である。また、3 日をピークに 10 時間から 1 ヶ月は、避難所の開設、疎開などの社会フローを復活させる活動（物資補給、災害復旧）のために道路状況などの詳細状況が必要となる。

被害軽減に特に重要な 10 時間をピークとする災害初期情報の収集・伝達は災害規模に比例して困難となるが、これを打開する災害監視・情報伝達システムの確立が必要である。リモートセンシングは広域の情報収集能力が高く、災害規模が大きく被災地が広範囲に及んでいる場合は、現地へのアクセスが不可能な場合の情報収集に適している。

災害初期情報の収集は時間的制約が厳しい上に、リモートセンシングデータに現れる災害状況を示すシグナルが地震、火山噴火、水害、土砂災害と災害ごとに異なることもあり、確度の高い情報を短時間のうちに発信するには、リモートセンシング技術の高度化と災害研究の専門家による必要情報の抽出・判定・評価が必要不可欠となる。

この判定・評価に際し、地震計ネットワーク等のリアルタイムの観測情報と、例えば、地滑り予測図や過去の衛星データなどの事前の災害評価情報を参照して、短時間のうちにダブルチェックを行うことにより情報の確度を高めることも必要である。

○究極的な衛星による災害監視・観測システム（長期的な問題）

災害生起の突発性と、人工衛星による地球観測の時間分解能、空間分解能、スペクトル分解能とを一致させ、人工衛星観測の広域性、経済性、踏査不可能地帯の可観測性といったメリットを災害監視・予測・管理に十分に活かそうとすることにより、理想的・究極的には、高分解能の静止・軌道衛星の実現が推進され、それに多様なセンサーが搭載できることが望ましい。

○災害関連衛星計画の推進（事前、発災時、復興における問題）

総合地球観測戦略(IGOS)の地球災害(Geohazards)テーマを推進する。陸域観測技術衛星(ALOS)は、自然災害監視、地図作成、資源探査、地域観測を 4 大目的とするミッションであり、特に、機動的な観測体制、災害状況の即時的データ配信など、衛星による自然災害監視・管理の理想的な姿を描いている。このような理想を実現化し、それを推進、発展させていくことがきわめて重要である。防災課題における国際貢献が、我が国ならではの最優先課題の一つとして位置づけ、積極的な展開を図る。

○アジアを中心とする陸域災害監視ネットワークシステム（事前、発災時、復興における問題）

近年アジア各国は、日本の製造業の進出、食料の供給元等で重要度が増加している。これらの国では、経済発展により首都を中心とする過度の人口集中や山間部等の災害に対して比較的脆弱な地域についても開発が進み、前述の自然災害に対する対策が以前にも増して重要になってきている。気象や津波などアジア、環太平洋地域への予報・現況通報システムはあるが、陸域災害の被災状況を監視・発信するシステムはなく、システムの構築によってアジア各国の安定に貢献でき、ひいては日本の安全に帰結する。

6-4. 火山災害分野

6-4-1. 災害素因把握の現状

火山災害においては、発生地域、人口密集度、建物強度等様々な要素が複雑に絡んで災害規模が決定される。例えば、火山噴火においては、火山そのものが観光地であることや噴火の性質（例えば爆発型、溶岩流出型）によって被災の性格がことなる。

自然災害の素因の把握においては、基本的には観測を展開する地域の地形、地質、地盤特性、社会特性等を事前に評価した上で、特に途上国での観測網については、地震・火山・気象といった観測を複合的に行う観測網等が望まれる。

6-4-2. 火山現象把握とデータ交換

気象庁では、火山活動の監視のため、活動の活発な 25 の火山において、震動、地殻変動等の観測を行い、行政目的にかなう火山活動の監視及びこれらの観測データや処理結果をもとに火山情報の作成・提供を行っている。

防災科学技術研究所においては、火山噴火予知研究のため、硫黄島、伊豆大島、富士山、三宅島、那須山において地震、地殻活動等の観測を行っている。また大学等においても、それぞれの研究目的に応じて、有珠山をはじめ、岩手山、浅間山、伊豆大島、阿蘇山、霧島山、桜島等において震動等の各種観測などを実施している。

さらに今後、火山観測研究の強化を掲げた第7次火山噴火予知計画において、火山監視観測の一層の強化を進めるとともに、火山噴火予知の高度化を目指した基礎研究の推進を含む各種の実験観測を実施することとしている。

すなわち以下の項目は、火山噴火予知の観点からの中期ニーズといえよう。

(1)火山活動を把握するための観測の強化

- 必要に応じ関係機関の協力を得ながら、火山監視・情報センター（気象庁）における監視観測体制を強化。
- 電子基準点及び必要に応じて設置する GPS 観測点を活用して活火山及びその周辺での地殻変動をリアルタイムで監視
- 南方諸島及び南西諸島の海域火山について、航空機による定期巡回監視を引き続き行う。海域火山の活動が活発化した場合には、航空機や無人観測船等による機動的観測を実施。

(2)実験観測の推進

- 噴火の準備過程や火山流体の移動・蓄積に伴う現象の発生過程の解明などの「基礎研究の推進」に対応するため、高精度の多項目総合観測の整備を引き続き行い、各種の実験観測を実施。
- 火山体の構造や火山活動状況の定量的な把握及び噴火ポテンシャル評価のため、小型、軽量の可搬型記録機器の開発を行い、計画的に集中総合観測や共同観測を実施。さらに、集中総合観測と連携した長期間の緻密な自然地震観測により、火山体深部構造を把握。

国際ネットワークとしては、火山灰情報センター（VAAC）が、世界に9カ所あり、航空機の航路上に浮遊する火山灰の監視にあたっている。火山の噴火によって上空に噴き上げられ浮遊する火山灰から、航空機の安全運行を確保するため、領域の火山灰の実況や予測を含んだ航空路火山灰情報を発表し各航空関係機関に提供している。東京の他、ロンドン（イギリス）、ツールーズ（フランス）、アンカレッジ（アメリカ）、ワシントン（アメリカ）、モントリオール（カナダ）、ダーウィン（オーストラリア）、ウェリントン（ニュージーランド）、プエノスアイレス（アルゼンチン）にVAACがある。

二国間協力としては、例えば、我が国（JICA）とフィリピン国との間で地震・火山観測網計画が実施された。フィリピンは、環太平洋地震・火山帯に位置

しており、列島には多くの活断層が形成されているため頻繁に火山の噴火や地震が発生し、建設物の倒壊や津波によって、大きな被害をうけることも少なくない。フィリピン火山地震研究所（PHIVOLCOS）は、地震計を設置した全国35カ所で、日々、地震や火山活動の監視・観測活動にあたっているが、地震観測所の絶対数が少なく、高感度の地震計を保有していないこと、さらに観測機器の多くが老朽化していることから、地震の検知能力はきわめて低い状態におかれていた。また、観測データの収集・処理・解析システムが未整備のため地震情報の有効な活用ができない状況にあった。

JICAによれば、我が国の無償資金協力として、フィリピン周辺で発生する地震活動の把握やデータの分析の改善を目的としてPHIVOLCOS本部、既設の地震観測所、火山観測所34カ所を対象に機材の更新、データ解析システムの整備が行われ、これによって同国の地震火山活動の監視能力は著しく進展したとしている。

6-4-3. 人工衛星による自然災害監視・観測（地震災害・火山災害共通項）

人工衛星を利用した全球測位システム（GPS）が、地殻変動などの地表面の変化を精度よくとらえることができるので、上述の地上観測ネットワークとともに地震・火山活動に関する貴重な情報を提供している。世界に9カ所ある火山灰情報センターによる国際航空路の安全監視のためにも、人工衛星による火山灰雲の観測データが用いられている。

災害生起の突発性と、人工衛星による観測のタイミング・頻度（時間分解能）、画像の粗さ（空間分解能）、対象とする事象に適切な周波数（スペクトル分解能）とが一致しないことがあり、人工衛星観測の広域性、経済性、踏査不可能地帯の可観測性といったメリットが災害監視・予測・管理に十分活かされていないということが現状の問題である。

6-4-4. 今後の地球観測項目（解決すべき今後10年間の重点問題、地震災害・火山災害共通）

○ 恒常的監視体制の構築（事前の措置）

火山による被害を軽減するためには、観測を強化（地震計・GPSなど）により、観測空白域のない均一な定常的・長期的観測網を整備・運営し、噴火メカニズムの解明に努めるとともに、観測成果及びそれに基づく防災情報を住民に速報する体制の構築が重要である。

○ 防災活動の支援に係わる被害推定予測等の情報共有体制の構築（事前の措置）

災害発生前からの火山噴火による各種被害予測のみならず、火山噴火直後からの火山灰、溶岩流、火砕流などによる被害推定等を行い、これを情報共有・利用する体制を構築し、防災初動体制の立ち上

げ等の支援を行うことが重要である

○発災時の緊急情報収集と情報伝達

災害対策の情報は、災害の各フェイズで異なり、必要な情報が適時に的確に災害の対応部署や被災者に届けられることが被害軽減に必要不可欠である。例えば、大災害発生後 10 時間をピークに災害発生から 4 日間は、救命・救助（人命救助）のために被害状況に関する情報が必要である。また、3 日をピークに 10 時間から 1 ヶ月は、避難所の開設、疎開などの社会フローを復活させる活動（物資補給、災害復旧）のために道路状況などの詳細状況が必要となる。

被害軽減に特に重要な 10 時間をピークとする災害初期情報の収集・伝達は災害規模に比例して困難となるが、これを打開する災害監視・情報伝達システムの確立が必要である。リモートセンシングは広域の情報収集能力が高く、災害規模が大きく被災地が広範囲に及んでいる場合は、現地へのアクセスが不可能な場合の情報収集に適している。

災害初期情報の収集は時間的制約が厳しい上に、リモートセンシングデータに現れる災害状況を示すシグナルが地震、火山噴火、水害、土砂災害と災害ごとに異なることもあり、確度の高い情報を短時間のうちに発信するには、リモートセンシング技術の高度化と災害研究の専門家による必要情報の抽出・判定・評価が必要不可欠となる。

この判定・評価に際し、地震計ネットワーク等のリアルタイムの観測情報と、例えば地滑り予測図や過去の衛星データなどの事前災害評価情報を参照して、短時間のうちにダブルチェックを行うことにより情報の確度を高めることも必要である。

○究極的な衛星による災害監視・観測システム（長期的な問題）

災害生起の突発性と、人工衛星による地球観測の時間分解能、空間分解能、スペクトル分解能とを一致させ、人工衛星観測の広域性、経済性、踏査不可能地帯の可観測性といったメリットを災害監視・予測・管理に十分に活かそうとすることにより、理想的・究極的には、高分解能の静止・軌道衛星の実現が推進され、それに多様なセンサーが搭載できることが望ましい。

○災害関連衛星計画の推進（事前、発災時、復興における問題）

総合地球観測戦略(IGOS)の地球災害(Geohazards)テーマを推進する。ALOS は、自然災害監視、地図作成、資源探査、地域観測を 4 大目的とするミッションであり、特に、機動的な観測体制、災害状況の即時的データ配信など、衛星による自然災害監視・管理の理想的な姿を描いている。このような理想を実現化し、それを推進、発展させていくことがきわめて重要である。防災課題における国際貢献が、我が国ならではの最優先課題の一つとして位置づけ、積

極的な展開を図る。

○アジアを中心とする陸域災害監視ネットワークシステム（事前、発災時、復興における問題）

近年アジア各国は、日本の製造業の進出、食料の供給元等で重要度が増加している。これらの国では、経済発展により首都を中心とする過度の人口集中や山間部等の災害に対して比較的脆弱な地域についても開発が進み、前述の自然災害に対する対策が以前にも増して重要になってきている。気象や津波などアジア、環太平洋地域への予報・現況通報システムはあるが、陸域災害の被災状況を監視・発信するシステムはなく、システムの構築によってアジア各国の安定に貢献でき、ひいては日本の安全に帰結する。

6-5. 大規模火災分野

全世界の森林・灌木地帯・草原で発生する火災は、年間に約 351 万 ha (2000 年)を焼損している。米国では 1 件の火災で、116,600ha (1999 年)が焼損した例がある。森林火災は人命や資産を奪い、経済を混乱させ、放出ガスによって地域的あるいは世界的に大気の組成を変え、気候変化を生じさせる恐れがある。日本では森林火災によって年間に 1,009ha (1999 年)が焼損している。焼損面積が大きい近年の森林火災では、1 件の火災で 133ha (2000 年)が焼損している。日本は、森林火災の規模が小さいため、焼損による直接的被害が社会経済に及ぼす影響は少ないが、2000 年 5 月にシベリアで発生した森林火災のガスが北日本に流れ込んだ例などのように、国境を越えた被害が予想される。また、1997 年～1998 年にインドネシアで発生した大規模な森林火災に伴って、多量の煙霧が国境を越え、近隣のマレーシアやシンガポール、フィリピン南部まで及び、人々の健康被害や産業活動への影響等が国際的な問題となった。大規模火災分野の観測は、将来予想される我が国を含めた国境を越えた国際的な被害軽減に貢献できると考えられる。特に、日本とインドネシア政府の呼びかけで、「持続可能な開発に関する世界首脳会議(WSSD)」で 2002 年に発足したアジア森林パートナーシップ(AFP)でも、森林火災予防が違法伐採、荒廃地の回復とともに主要な活動目的とされている。

6-5-1. 災害素因把握の現状

森林火災発生の第一要件は、容易に着火する可燃バイオマスの存在である。灌木、枯枝、落葉、枯草、泥炭などが、落雷や人為的行動によって着火して、火災が発生する。火災の拡大は、湿度や風速などの気象条件に大きく影響され、これに地形効果が相乗して延焼速度と方向が定まる。

森林火災を低減するための情報として、被災前に被災のポテンシャルを把握するために、1)可燃バイオマスの賦存量と状態、2)落雷などによる着火の可能性、を得る必要がある。火災発生後は、初期消火または効率的な消火活動・防災対策のために、3)火

災の検出と状況把握，4) 延焼予測のための情報，5) 火災が発生している地域の人口・資産・インフラ等の情報，が必要となる．これらの情報の収集とその処理および現地对策機関への情報伝達のシステム化は，恒常的に大規模森林火災に見舞われている米国で進んでいる．

6-5-2. 森林火災に必要な情報および観測システムの現状

森林火災に対する情報収集は広域にわたるため，人工衛星による監視・観測が多用されている．ここでは，原則として人工衛星以外の観測システムを述べる．

(1) 可燃バイオマス

可燃バイオマスの賦存量は，前回の森林火災からの経過年月または現地地上調査によって算定される．米国，カナダ等では，林床の可燃バイオマスが蓄積した森林に対して，所定の火入れを行い，立木を生かした状態で可燃バイオマスを除去している．火災ポテンシャルの重要な要素となる可燃バイオマスの乾湿状況は，気象データを用いて算定される．

(2) 落雷などによる着火

着火の原因は，落雷，放火や，焚き火，タバコ，焼き畑のための火入れ，プランテーション開墾のための火入れ等の失火があげられる．地中海沿岸地域での火災の原因の 1 - 5% は落雷によるものであり，他のほとんどが人為的な失火である．気象情報を用いて予測できるのは落雷のみで，人為的な失火の直前予測は困難である．

(3) 火災の検知と状況把握

主要な情報取得手段として衛星リモートセンシングの画像データを利用する火災検知システムが，主要国で開発されている（次章参照）．また，状況把握には衛星のみならず航空機からの観測データも利用されている．

(4) 延焼予測システム

森林火災のポテンシャルの算出には，可燃バイオマスの賦存量とその乾湿状況，落雷発生のポテンシャル，気象情報（特に風向・風速）および数値地形データ（DEM）が必要である．森林火災は，地形に沿って移動する洪水氾濫などと異なり，可燃バイオマス賦存量と地形，気象条件との相互作用によって延焼範囲が定まる．気象条件のうち，特に，風向と風速が重要なファクターとなる．米国農務省森林局の森林火災研究所は，森林火災の発生と延焼を予測するモデルを開発している．このモデルは，メッシュ間隔が 9 m から 30.5 m の DEM（標高データ）を用い，粗い間隔の風向・風速の実測値または予測値を入力とし，100 m 以下の間隔の格子上での風向・風速を予測している．これによって，谷底，斜面中腹，尾

根上，それぞれでの風向と風速の計算が可能となり，きめ細かな延焼シミュレーションが可能となる．

(5) 放出ガス

1997 年から 1998 年にインドネシアで多生した森林火災は，1997 年 12 月末までに 264 千 ha を焼損した．このような大規模な森林火災に伴って，多量の煙霧が国境を越え，近隣のマレーシア，シンガポール，フィリピン南部におよび，人々の健康被害や産業活動への影響等，国際的な問題となった．

放出ガスの濃度の把握では，大気中の二酸化炭素等ガスの分布と時間変化の測定が重要である．しかし，火災現場に直行して観測することが困難なことから，観測機材を現場で動かすインフラの整備が不十分なことから，放出ガスの濃度の把握は，研究を除いて殆ど行われていない．アジアでは，インドネシアで一部実施された例とシベリアで一部実施された例があるのみである．

放出ガスの社会的影響の把握は，インドネシア火災の際に一部で実施されたが，放出ガス濃度が調査されていないことと，人口分布等社会データ GIS 等が整備されていないことから，健康への影響と輸送機関への影響の定量評価は十分になされていない．

(6) 火災が発生している地域の人口・資産・インフラ等の情報

火災の検知と状況把握，延焼予測に基づいて，消火活動・防災活動が行われる．これらの活動に必要な道路などのインフラ情報，守るべき住民・資産，インフラの分布位置を考慮して，対策活動の意思決定がなされる．人口・資産・インフラがデータベース化されていると，意思決定に必要な情報が，容易かつ迅速に得られる．

(7) 生態系影響の把握

火災による焼損部の生態への影響の把握は，現地地上調査や，航空機や衛星に搭載されたセンサー画像を用いて定量的な解析が行われている．また，20 年にわたる植生回復の調査も一部行われている．

6-5-3. 人工衛星による森林火災の監視・観測

多くの国の森林火災の担当機関が森林火災の監視と観測を行っている．国際災害軽減戦略（ISDR: International Strategy for Disaster Reduction）の基，各国の担当機関は，監視と観測の結果を GFSC（Global Fire Monitoring Center）に提供しており，全世界の森林火災の現況は，GFSC の Web サイトから入手できる．また，米国の森林火災の状況は，NIFC（National Interagency Fire Center）の Web サイトから入手できる．GFSC および NIFC の現況の情報は，地球観測衛星の光学センサー画像を用いて検出した森林火災のホットスポットの位置や焼損範囲を衛星画像上に示したものが大半を占める．

アジアにおいては，シベリアからモンゴル，中国，

タイ、インドネシアにかけて大規模森林火災がたびたび発生している。その被害を最小限にとどめることは、アジア太平洋地域の木材資源や森林環境の維持・増進にとって極めて重要な課題である。また、森林火災は、国境を越えた被害を及ぼすため、近隣諸国での情報の共有化が必要であり、第三国機関からの情報として、迅速かつ信頼性の高い情報を提供する必要がある。そのために、森林総合研究所と農林水産技術会議筑波事務局が、日夜観測されている人工衛星データをリアルタイム処理し、森林火災発生箇所をいち早く検出し、被害の低減に役立てることなどを目的として、「東アジア地域の森林火災を集中観測するシステム」を開発し運用している。このシステムは、タイと日本で受信されている米国の気象観測衛星（NOAA）や夜間の光を観測する米国空軍の DMSP（Defense Meteorological Satellite Program）衛星などのデータを APAN（アジア太平洋高度ネットワーク）の日・タイ間及び日・米間のネットワークを通じてリアルタイムで受け取り、高速演算処理して、アーカイブする農林水産衛星画像データベースシステム（SIDaB）に、森林火災を集中観測する検知処理システムを加え、準リアルタイムで東南アジア地域の森林火災検出を可能にした日本ではじめてのものである。この観測システムは、まず、両衛星のデータを基本地図座標に自動的に投影変換する。次に、NOAA 衛星では夜間の熱バンドデータから高温部をホットスポットとして抽出し、DMSP 衛星では、夜間の光のデータから、都市部などの光を除き、新たな光を抽出する。両者は、夜間の火災発生箇所を示すと考え、位置座標ファイルと画像を作成するものである。

6-5-4. 今後の地球観測項目（解決すべき今後 10 年間の重点問題）

(1) 可燃バイオマスと森林火災ポテンシャルの評価

LiDAR（レーザーレーダ：Light Detection And Ranging）や空間分解能の高いハイパースペクトルセンサーを用いて、可燃バイオマスの賦存量の測定と樹種の同定技術を確立する必要がある。LiDAR は高精度の DEM の作成と樹高の測定が同時に可能である。ハイパースペクトルセンサーは、樹種のみならず樹木の活性度と可燃バイオマスの乾燥状態に関する情報抽出が期待される。火災ポテンシャルの高い地域においては、高回帰（2 回/月）で観測を行うとともに、住民等への啓蒙のために、観測結果を図化して公表することも必要である。ハイパースペクトルセンサーデータは、高頻度を利用するため、価格も含め容易にアクセスすることが必要である。

(2) 火災の検知と状況把握

火災の検知と状況把握を行う運用システムに地球観測衛星の画像データが多用されている。これらの地球観測衛星およびセンサーの後継機を確保し、画像データの供給を継続することが必要である。特に、

明確な後継計画が定まっていない Terra 衛星 MODIS（中分解能分光放射計）と ASTER（Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer）の後継機の投入が必要である。また、雲被覆率の高い熱帯雨林では、SAR が焼損の観測に有効であるので、C バンド SAR および L バンド SAR の不断の継続運用が必要である。

(3) 延焼予測システム

火災ポテンシャルの計算および延焼シミュレーションの精度向上が必要である。現地の所管事務所レベルで火災ポテンシャルの計算や延焼シミュレーションを容易に行うためには、製品寿命の短い現代のコンピュータシステムの更新に要する経費と労力を考慮すると、ラップトップコンピュータ程度のコンピュータで動作するソフトウェアシステムが必要である。このようなシステムで、重要な計算ファクターである風向と風速のうち、山風・谷風や火災によって励起される風を許容できる時間と精度で計算できるものはないが、すぐに可能となると考えられる。

精度の高い延焼予測システムを構築するためにメッシュ間隔 30m 以下の DEM が必要である。スペースシャトル SRTM（Shuttle Radar Topography Mission）で世界の森林地帯をカバーする 30m メッシュの DEM が得られている。SRTM による 100m メッシュの DEM は、2004 年末までに公開が予定されているが、30m メッシュの DEM の早期公開が望まれる。

(4) 放出ガス

放出ガス濃度に関しては、衛星や航空機に搭載されたハイパースペクトルセンサのデータを用いて、二酸化炭素を含む一部のガス成分を広域観測することが可能となる。また、可搬型放出ガス濃度の観測システムを、現地地上調査のスポット観測のために開発すべきである。このシステムは、衛星や航空機搭載システムの校正データ取得にも利用可能である。

放出ガス移流拡散シミュレーションモデルは、既存の放射線物質の移流拡散モデル等の応用によって構築可能と思われるが、可燃バイオマスの賦存量から算定されるガス放出量算定が、予測精度に大きく影響する。

放出ガスの濃度の把握とシミュレーション技術によって、ガス成分の濃度等の実時間での観測や推定が可能となり、放出ガスの社会的影響を定量的に把握する手法の開発が進展する。しかし、人間への影響評価の確立が手法開発の要点になると考えられる。

(5) 情報伝達

大規模森林火災では、影響が多国に及ぶ場合はいうまでもないが、一国内に収まる場合においても多数の関連機関が、相互に連携・協力して対処しなければならない。機関と機関との情報伝達を混乱を避けて効率的に行うために、数値データを含む伝達情報のフォーマットを統一する必要がある。

(6)生態系への影響の把握

森林火災による生態系への影響把握は、焼損域の植生分布の把握と植生回復の評価が中心となる。現地調査およびリモートセンシング技術を利用した植生分布の把握手法は確立している。植生回復の評価は、長期間の観測を要するので、この間のリモートセンシングデータの継続的利用が保証されることが重要である。

6-6. 自然災害分野における地球観測のあり方（総論）

○ 陸域観測技術衛星（ALOS）の理想を現実に

ALOS は、自然災害監視、地図作成、資源探査、地域観測を 4 大目的とするミッションであり、特に、機動的な観測体制、災害状況の即時的データ配信など、衛星による自然災害監視・管理の理想的な姿を描いている。このような理想を実現化し、それを推進、発展させていくことが極めて重要である。我が国ならではの最優先課題の一つとして防災課題における国際貢献を位置づけて積極的な展開を図る。

○ アジアを中心とする陸域災害監視ネットワークシステム

近年アジア各国は、日本の製造業の進出、食料の供給元等で重要度が増加している。これらの国では、経済発展により首都を中心とする過度の人口集中や山間部等の災害に対して比較的脆弱な地域についても開発が進み、前述の自然災害に対する対策が以前にも増して重要になってきている。気象や津波などアジア、環太平洋地域への予報・現況通報システムはあるが、陸域災害の被災状況を監視・発信するシステムはなく、システムの構築によってアジア各国の安定に貢献でき、ひいては日本の安全に帰結する。

○ 地球規模、地域規模の観測や情報の共有の必要性

- (1) 地震、火山、森林火災、農林災害、豪雨、洪水、竜巻など陸域の災害事象は地域性、局所性が強い。先進国では観測体制、災害対応体制が比較的充実しているが、開発途上国では不十分であり、先進国による観測の支援、周辺国からの情報提供が必要である。
- (2) 地震による遠地津波、火山の噴火・噴煙、森林火災によるヘイズ、異常気象による干害・寒波・集中豪雨、大陸河川・国際河川の洪水、大気汚染・酸性雨、黄砂などは、国境を越えた広域災

害であり、原因事象の発生源と災害事象の生起場所が大きく離れていることも少なくない。このような場合には、発生源の観測および情報が災害の予知・予測さらには防災活動に極めて有用である。

○ それぞれの分野で欠落している地球規模、地域規模の観測や情報、対象地域

- (1) 高空間分解能データ：災害事象は局所的なものから広域的なものまでであるが、被害を受けるのは人間であり、人間のスケール（1m～数m）の空間分解能が必要である。人間の居住域である都市域や河川の空間的広がり、地形や波の高さの精度においても 1 m オーダーの精度が必要である。
- (2) 高時間分解能（高頻度観測）データ：災害事象により人命や資産の甚大な被害の可能性があるため、その監視・予測・対応は一刻を争う。一衛星による多重トラック連続観測（アングル可変であることが必要）、多衛星による補完的連続観測。
- (3) 観測データのユーザーへの即時配信も必須。
- (4) 夜間、荒天時でも観測できること（マイクロ波観測）。災害は時と場所を選ばない。（ただし、地震が起らない地域、人が住んでいない地域などもある。）

○ 地球規模、地域規模の観測や情報の共有によって、今までにないどんな社会的利益が生まれるか。

- (1) 広域災害事象に対する予知・予測の精度向上、対応策の準備の早期化、ひいては自然災害の大幅な減少。
- (2) 国際連帯による防災戦略の構築、災害安全保障。

○ 途上国の能力開発

途上国の能力開発、人材育成は重要であり、貢献できる項目として、たとえば、以下のようなものが挙げられよう。

- (1) 災害事象の観測・監視・予測の技術移転。
- (2) 地域を限定した応用プロダクトとしてのハザードマップの作成技術の移転。
- (3) 災害状況把握・災害対応・危機管理のためのリアルタイム情報伝達、予警報技術の移転。
- (4) 極端事象の時空間生起頻度、災害危険度のグローバルマッピング技術の移転。

6-7. 課題分析表

(「観測ニーズ」及び「重点化の必要性」の高いものは 示す)

分類	観測ニーズ	現状	ギャップ (問題・課題)	具体的な 取り組み	重点化 の必要 性	重点化の視点 (留意事項)
異常気象現象の探知	気象・海象の定常監視による極端事象の即時の時系列データ 台風(サイクロン、ハリケーン)の発生と移動の即時的データ	- WMOの全球観測システム(GOS)・地上気象観測網、高層気象観測網を日本全域に展開 - 気温、降水量等の気象要素について、地上における観測を全国約1300カ所(このうち、降水量以外は、気温・風向風速・日照時間840地点、積雪210地点、気圧・相対湿度160地点)で実施 - 静止気象衛星、極軌道気象衛星、TRMMなどの地球観測衛星による雲・降水観測を実施 - 東アジア、東南アジアの一部で気象レーダによる観測を実施 - 赤道西部太平洋と一部インド洋でのTAO/TRITON観測網実施 - 航空機自動観測データの試験的な交換および利用を開始 - ESCAP 台風委員会などの国際協力	- 静止気象衛星ひまわり後継の運輸多目的衛星が打ち上げられていない - アジア、東南アジア域には極軌道気象衛星リアルタイムデータの交換網がない - TRMM衛星の運用が終了し、詳細な全球降水観測が中断する - 日本の気象レーダはトッピングレーダ化されていない - GPS衛星を用いた水蒸気稠密観測データの交換および利用が進んでいない - 航空機自動観測データの交換および利用が不十分 - 包括的な観測データセンターがない	- 運輸多目的衛星による日本・東アジア・西太平洋域を中心とする気象衛星観測の実施 - 極軌道気象衛星リアルタイムデータの国際交換実施 - 東アジア・北半球西太平洋諸国の地上・海上観測ネットワークの充実 - アジア・オーストラリアモンスン全域での観測協力・連携体制の構築 - CEOPなどの経験、蓄積を生かしたデータの共通化、共有化 - TRMM後継機(GPMなど)の早期実現 - アジア地域レーダ拠点観測と既存レーダデータの国際交換および有効利用と日本の気象レーダのトッピングレーダ化 - GPS水蒸気稠密観測データの国際交換および有効利用 - 航空機自動観測データの交換および利用を促進 - アジア地域気候・水循環観測データセンターの設立 - 気象予測モデルとデータ同化システムの高度化		- WMO/WCRP/UNESCO-IHPなどの国際プログラムによる研究観測のリード体制が重要 - IGOS水循環テーマと連動 - 各国の現業・研究機関および大学との連携・協力体制の構築 - 発展途上国での観測および研究体制構築のための能力開発が不可欠 - 東アジア、東南アジア地域との連携強化 - 観測データの共有と公開を促進するデータベースの共有化が不可欠 - 衛星観測と地上(海上)観測の一体化体制 - 静止軌道上からの災害の「ホットスポット」の連続動画観測衛星
異常気象現象の探知	竜巻の発生に関わるデータ強風観測データ	- 米国などではレーダ観測網 - Tornado Watchなどの早期発見システム	現象が速く局所的	竜巻常襲地域における観測、予警報体制の強化		竜巻発生監視システム
風水害の被災状況把握	リアルタイム雨量データ リアルタイム河川水位・洪水流量データ	- WMOの世界水循環観測システム(WHYCOS) - 全球流出データセンター(GRDC)の河川水位流量データベース - 河川水位、流量の観測は、日本国内1級水系109河川においてリアルタイムでのレベルメータ観測がなされているが、観測地点は必ずしも多くない2級水系での観測は進んでいない - 東南アジア諸国での観測は、非常に少ない - 衛星データの河川流量への翻訳システム開発が進んでいない	- 国際的データベースのリアルタイムでの更新は不可能である - 地上観測網が密な地域(国)と疎な地域(国)がある - 衛星から豪雨洪水時の河川の状況を観測・監視するのに十分な空間分解能、時間分解能がない - 衛星データの水管理指標、河川流量への翻訳システムが確立されていない	- 河川水位、流量に関する地上観測の推進 - 衛星データの水管理指標への翻訳システムの確立に向けた、技術開発の推進 - 既往の水管理システム、流出モデルとの結合 - 国際洪水ネットワーク(IFNet)グローバルフラットアラートシステム(GFAS) - 陸域観測技術衛星(ALOS)の早期運用		- WMO/UNESCO IHPなどの国際プログラムによる研究観測のリード体制が重要 - 衛星データの水管理指標への翻訳システムの確立に向けた、技術開発の推進 - 既往の水管理システム流出モデルとの結合 - 静止軌道上からの災害の「ホットスポット」の連続動画観測衛星 - IGOS水循環テーマと連動

風水害の被災状況把握	土砂災害 / 斜面災害に関するデータ	- 河床変動, 貯水池堆砂はそれぞれの場所での把握 - GPS による地表面変化のモニタリング - 地中センサーによる地すべりモニタリング - 雨量土壌指数など土砂災害発生に関する指標が実用化されつつある	- 複雑地形の山腹斜面で生起する現象 - 土壌, 地質データが不十分 - 植生との関係, 植生によって地表土層の状態が不明	- 国際土砂仁シャティブ (ユネスコ IHP) - 国際学会による土砂関係プロジェクト - 国際斜面災害研究機構 (ICL) - 陸域観測技術衛星 (ALOS) の早期運用	- IGOS Geohazards プログラムの一環 - WMO/ユネスコ IHP や国際学会などの国際プログラムによる研究観測のリード体制が重要 - 世界各地で土砂・地すべり災害, 貯水池堆砂は深刻な問題 - 静止軌道上からの災害の「ホットスポット」の連続動画観測衛星
風水害の被災状況把握	海岸・沿海災害, 海岸侵食に関するデータ	- 台風による高潮・高波, 地震による津波などについては, 全国 87 カ所 (沿岸波浪 11 地点, 潮位 77 地点) において沿岸防災気象観測を行っている - 沿岸の潮位, 波高の観測は, 国内の主要な港湾でなされているのみ東南アジア諸国での観測は, 非常に少ない - 衛星データの海域の潮位, 波高データへの翻訳システム開発が進んでいない	- 低平地の標高データの精度が不十分 - 海岸地形の変遷	- 沿岸の潮位, 波高の観測に関する地上観測の推進 - 衛星データの水管理指標への翻訳システムの確立に向けた, 技術開発の推進 - 既往の水管理システム, 波浪予測, 潮位予測モデルとの結合 - 陸域観測技術衛星 (ALOS) の早期運用	- 衛星データの水管理指標への翻訳システムの確立に向けた, 技術開発の推進 - 既往の水管理システム, 波浪予測, 潮位予測モデルとの結合 - IGOS 海洋テーマと連動
風水害の被災状況把握	水域環境災害, 水質保全, 生態系保全, 生物多様性に関するデータ	- 河川湖沼水質, 流量の観測は, 国内においてはある程度の定期観測がなされているが東南アジア諸国での観測は, 非常に少ない - 衛星データの河川湖沼水質への翻訳システム開発が進んでいない	- 進行の速い現象, 遅い現象があり, 季節性もある - 生物生態 - 衛星データの水管理指標, 河川湖沼水質への翻訳システムが確立されていない	- 河川湖沼水質に関する地上観測の推進 - 衛星データの水管理指標への翻訳システムの確立に向けた, 技術開発の推進 - 既往の水管理システム, 水質予測モデルとの結合 - 陸域観測技術衛星 (ALOS) の早期運用	- 世界各地の湖沼や海岸域の水質悪化, 環境破壊 - 衛星データの水管理指標への翻訳システムの確立に向けた, 技術開発の推進 - 既往の水管理システム, 水質予測モデルとの結合 - IGOS 水循環テーマと連動 - UNEP, ILEC (国際湖沼環境委員会) などと連携 - IGBP 等との連携
風水害の予測と被害防止・軽減策	洪水・土石流・土砂流出・土砂生産の予測, 水起因の地すべりの監視と予測に関する各種データ	- グローバルな地形情報がデジタル化されているので広域的なモデリングに利用可能 - 素過程のモデリングはかなり高度化している - 先進国では予報システムが整備されている	- 衛星観測, 気象・水象観測と既往の水管理システム, 流出モデルとの結合が不十分 - モデル間の連結におけるスケールの違い - 山腹斜面や小さい流域に必要な詳細な地形情報がデジタル化されていない - 予測精度が十分でない - 途上国において	- モデリング技術の開発 - 予警報・防災情報伝達システムの開発 - ハザードマップの作成 - 既往の水管理システム, 流出モデルとの結合 - 国際洪水ネットワーク (IFNet) のグローバルプラットフォーム (GFAS) - 陸域観測技術衛星 (ALOS) の早期運用	- 世界で頻発する気象災害・洪水災害 - WMO/WCRP / UNESCO-IHP などの国際プログラムによる研究観測のリードする体制が重要 - IGOS 水循環テーマと連動 - 各国の現業・研究機関および大学との連携・協力体制の構築 - 発展途上国での観測および研究体制構築のための能力開発が不可欠

			予報システムが確立していない			○東アジア, 東南アジア地域との連携強化 ○観測データの共有と公開を促進するデータベースの共有化が不可欠 ○衛星観測と地上（海上）観測の一体化体制 ○国連防災世界会議（2005年1月, 神戸）
風水害の予測と被害防止・軽減策	○雪崩・融雪出水に関わる積雪・気温・日射などの空間分布と時間変化	○雪氷圏における我が国の研究者による長年の主導的な取り組み	○複雑地形での積雪評価	○衛星観測の地上検証地点として降雪, 積雪, 融雪, 氷河のモニタリング観測		○IGOS 水循環テーマと連携
地殻変動・地震活動の把握（地震の実時間監視）	○地殻変動観測ネットワーク ○地震観測ネットワーク ○地形変化観測津波観測ネットワーク（重要度）	○GPS を利用した観測網 GEONET による地震および火山活動に関する常時観測（国土地理院） ○IRIS による地震観測網（全世界）と解析結果の公開 ○東南アジア・太平洋（日本, 韓国, インドネシア, オーストラリア, フィジー, トンガ）国際地震観測網（International Seismic Network） ○地震の震源要素の決定のため全国約180カ所, 震度観測を全国約600カ所で実施（気象庁） ○強震観測網（K-NET）, 高感度地震観測網（Hi-net）, 基盤強震観測網（Kik-net）, 関東・東海観測網, インドネシア（JISNET）・太平洋域（SPANET）広帯域地震観測網（防災科技研） ○大学・研究機関等の高感度地震観測網約1千カ所の地震データの準リアルタイム統合処理による地震活動把握（気象庁） ○太平洋津波組織による津波情報交換と国際津波情報センターによる監視・情報発表 ○北西太平洋域での地震に伴う津波情報を沿岸各国へ提供（気象庁計画）	○衛星による実時間監視の精度は不明 ○実時間供用に耐える観測データ解析アルゴリズムが必要 ○地表面温度の変化と地震予知の関係を示す研究はあるが精度は不明 ○海域における観測点の不足 ○国際連携観測網が不十分	○観測空白域のない均一な定常的・長期的観測網の構築 ○合成開口レーダ（SAR）を用いたインターフェロメトリ技術の応用 ○衛星リモートセンシングとGPSなどの統合利用による実時間監視システムの構築 ○陸域観測技術衛星（ALOS）による災害監視, 地形変化把握 ○我が国（JICA）フィリピンとの間で地震・火山観測網整備計画 ○我が国（防災科研）とインドネシアで地震観測網の整備計画 ○我が国（防災科研）と韓国との地震観測データの流通計画 ○統合地球観測戦略（IGOS）の地質学・地球科学的災害テーマ ○アジア太平洋域国際地震・火山観測網（DAPHNE-project）を計画（防災科研など） ○世界的データ交換・共有体制の構築		○実時間監視システム ○地震動予測 ○被害の防止・軽減 ○衛星監視と地上監視の融合 ○我が国の国際貢献

地震被災状況の把握	被災情報の把握と救援活動（重要度）	○従来の衛星センサーでは空間分解能が低く、状況把握が困難な場合が多い	○高分解能、高頻度の観測を以下に実施するか	○高分解能センサーによる詳細な状況把握 ○陸域観測技術衛星（ALOS）による災害監視	○被災状況把握の精度向上 ○国境を越えた監視システム（地震国日本の国際貢献） ○復興支援 ○航空機・ヘリコプターなどによる現地被災状況把握と衛星観測の連携	
地震予知（地震による被害の防止・軽減）	発生メカニズムの解明と集中観測網（重要度）	○東海地域における地震・地殻変動観測データの気象庁へのオンライン集中と24時間監視	○活断層や地殻活動の挙動把握が「リモートセンシング」では困難 ○地表面温度の変化と地震予知の関係を示す研究はあるが精度は不明 ○発生機構解明のために必要な地震・地殻変動・地球電磁気等観測点の絶対数の不足	○陸域観測技術衛星（ALOS）による災害監視、地域観測 ○将来的発生域における集中的観測	○観測・実験・理論研究の連携推進	
火山活動の実時間監視	火山観測（震動、地殻）の常時監視網と警報の発出（重要度）	○活動の活発な25火山において、地震、地殻変動等の観測（気象庁） ○火山活動の監視および観測データや処理結果をもとに火山情報の作成・提供 ○GPSを利用した観測網 GEONET による地震および火山活動に関する常時観測（国土地理院）	○火山が活動中の場合、近寄れないので基本的に衛星による監視が必要 ○衛星による実時間監視の精度は不明 ○噴火口が視認できない場合の状況把握	○衛星「リモートセンシング」と火山現地における各種センサーやGPSの統合利用による実時間監視システムの構築 ○陸域観測技術衛星（ALOS）による災害監視、地形変化把握 ○合成開口レーダー（SAR）を用いたインターフェロメトリ技術の応用 ○我が国（JICA）とフィリピン、インドネシアの間で地震・火山観測網整備計画	○実時間監視システム ○火山噴火予知 ○被害の防止・軽減 ○衛星監視と地上監視の融合	
火山噴火による大気状況の把握	大気中の火山灰観測（重要度）	○国際ネットワークとして火山灰情報センター（VAAC）が、全世界に9カ所あり、航空機の航路上に浮遊する火山灰の監視	○大気環境、地球環境への影響評価 ○航空機の航路の安全確保	○VAACによる大気中火山灰の監視と情報共有 ○陸域観測技術衛星（ALOS）による災害監視	○大気化学、地球環境的視点 ○地球環境の観点および社会経済的な影響の評価 ○国境を越えた監視システム ○測定器の民間航空機・自動操作小型飛行機への搭載	
噴火予知（火山噴火による被害の防止・軽減）	メカニズム解明のための観測（重要度）	○防災科学技術研究所においては、火山噴火予知研究のため、硫黄島、伊豆大島、富士山、三宅島、那須山において地震、地殻活動等の観測 ○火山バグ「ドマップ」の作成 ○火山活動度に応じた機動的な観測網の維持・強化	○噴煙の方向と到達範囲（風向・風速に依存）の予測が困難 ○噴火の推移の予測が困難	○火砕流・溶岩流の流動予測システムの研究 ○陸域観測技術衛星（ALOS）による災害監視、地域観測 ○合成開口レーダー（SAR）を用いたインターフェロメトリ技術の応用	○火砕流・溶岩流などの流体力学、災害科学の進展 ○火山噴火影響範囲における人口分布等社会データGIS等の整備が不可欠	

火山噴火による被害からの回復の把握	火山噴火被害地の回復の評価(重要度)			○衛星による被災地回復の長期監視		○通常の衛星による地域観測システムとの融合 ○焼失材積量等の経済的評価も重要
火災の実時間監視と延焼予測	火災地域の場所、面積の実時間把握と警報の発出(重要度)	○基本的には国単位 ○一部、衛星データによる実時間監視 ○一部、火災ポテンシャルマップの作成 ○一部、気象データ、可燃物マップとDEMを用いた延焼予測モデルを利用 ○インドネシアで衛星データを利用した監視を日本が指導的に実施	○遠隔地が多く、基本的に衛星による監視が必要 ○実時間監視(観測時間間隔、観測データの解析結果の現地対策機関への配信)は不十分 ○途上国では、監視システムが不十分で、世界的には空白域が多い	○衛星リモセンシングによる実時間監視システムの構築 ○火災ポテンシャルマップの作成 ○延焼予測システムの構築		○衛星監視と地上監視の融合 ○実時間監視・延焼予測システム ○道路網、消火用水源の位置等のGISデータベース ○社会経済的な影響の評価 ○以上4項目を統合した発災時対策意思決定モデル ○消火システムとの連携 ○国境を越えた監視システム
放出ガス濃度の把握	大気中の二酸化炭素等ガスの分布と時間変化(重要度)	○研究を除いて殆ど行われていない ○アジアではインドネシアで一部実施 ○パナマで一部実施	○火災現場に直行して観測することが困難 ○観測機材を現場で動かすインフラが不十分	○可搬型観測システムの開発 ○長期的にはGOSAT-Markの開発によるガス濃度監視 ○放出ガス移流拡散シミュレーションモデルの構築	○	○民間協力・民間活力の活用 ○観測機器の電力・消耗品の最小化 ○二酸化炭素・メタンの連続測定器の民間航空機・自動操作小型飛行機への搭載
放出ガスの社会的影響の把握	健康影響の実時間予測(重要度) ○陸上・海上・航空輸送機関への影響の実時間予測(重要度)	○インドネシア火災の際に一部で実施	○ガス成分の濃度等を実時間で観測することが困難 ○人間への影響評価が確立していない ○ガスによる視程低下を定量的に見積もる方法が確立していない	○大規模森林火災の健康影響評価システムの確立 ○放出ガス移流拡散シミュレーションモデルの構築	○	○人口分布等社会データGIS等の整備が不可欠
生態系影響の把握	火災地の植生分布把握と植生回復の評価(重要度)	○パナマで20年間の火災跡地の回復評価(衛星) ○インドネシアで現地観測	○生態系影響のデータ蓄積が不十分	○衛星による植生回復の長期監視 ○生態系モデルによる評価システムの構築		○通常の衛星による植生観測システムとの融合 ○焼失材積量等の経済的評価も重要
可燃物マップの把握	森林火災ポテンシャル評価と延焼予測に必須不可欠、また、消失によるCO ₂ の放出量の評価(重要度)	○一部、局地的な可燃物マップの作成例はあるが、グローバルなマップは未構築	○樹種の特長・活性度・立体的構造および水分含有量の評価のために必要な高空間画像データによる高頻度観測が難しい	○分解能(5-30m)マルチバンド衛星による高回帰(2回/月)の組織的な解析処理	○	○高空間分解能マルチバンド衛星画像への容易なアクセス
森林火災ポテンシャルの評価	火災警報の発令(重要度)	○オーストラリアでFFFSシステムを構築	○火災の要因が人為も含め多岐に渡るため難しい	○気象モデルと生態系モデルの結合による予報モデルの構築		○モデルと観測の結合

7. 自然災害・地図作成・資源探査部会報告書（地理情報）

7-1. はじめに

地理情報領域は、空間情報基盤の整備(地形図の作成等)、土地被覆に関する地理情報の整備、土地利用及び人間活動に関する地理情報の整備の分野を含む。

地理情報は、それ自身が国にとって重要な観測対象であるために、これまでも各国において独自に情報を収集し整備する活動が行われてきた。一方で、地理情報は、地球規模での環境や水循環、災害など、他の領域にとっても重要な共通基盤情報であり、地球観測の一環として地球規模で統一的な情報を収集、整備することが必要である。このために、さまざまな主体により、その目的に応じてさまざまな地理情報の整備が行われている。ここでは、他の地球観測活動や、全球レベル・国家レベルの重要な意思決定のベースとなる地理情報を対象として、現状の整理、問題点、今後の整備のあり方について検討を行った。また、地理情報における物理的な側面のみならず、人間活動や産業活動などの社会経済的な側面についても検討対象として加えた。

7-2. 地球観測の目的とニーズ

地図(地理情報)は、災害リスクの評価から救援対策の策定など、さまざまな意思決定や調査分析に横断的に不可欠な基本情報であり、他の地球観測の基礎となる情報である。従って、地図作成(地理情報の整備)は、最も基本的な地球観測活動のひとつである。これまで各国の地図作成担当機関が紙媒体の地図の形で提供してきた。近年の地理情報システム(GIS)の発達、普及により、地理情報をデジタル化して、GISを用いて蓄積、表示、重ね合わせ、相互関係の分析を行うことが、産官学の幅広い分野で広まりつつある。

しかし、地理情報の整備は労働集約的な作業であり、多くの資源を必要とする。紙媒体の地図はほとんど更新されないことも少なくなく、デジタルデータが使われるようになってからも組織ごとに目的に応じたバラバラのデータ整備が行われ、情報の共有化がなかなか進まず、非効率的な投資が行われるといった状況にあった。1990年代の後半以降、GISのニーズの高まりに伴い、公的機関が基本的な地理情報を整備するとともに、さまざまな機関が保有する地理情報を共有する仕組みを整備して、「いつでも、どこでも、だれでも」地理情報を利用できる体制を構築することを、道路や通信基盤の整備と同様の社会基盤の整備(空間情報基盤)の一部として捉え、官民一体となって取り組むべきとの考え方が世界的に広まっている。空間情報基盤は、あらゆる地理情報に対する位置的な骨格を与える基盤的地理情報(フレームワークデータ)、多くのユーザが利用する汎用性の高い基本的地理情報、地理情報の記述、蓄積、流通等に関する標準、地理情報のメタデータを検索するシステム(クリアリングハウス)、地

理情報の共有、相互利用を実現する組織と制度、などの要素で構成される。観測対象の広がりに応じて、国家レベル、地域レベル、地球レベルそれぞれの空間情報基盤整備の取り組みが必要である。

地球観測データは基本的に位置に関する情報を持つ地理情報である。リモートセンシングや地上観測による自然科学的データの多くは地球上のグリッド単位や経緯度などの物理的座標による位置情報を持つのにに対し、人文社会的データの多くは国単位や行政界単位の統計データとして取得される。これらを統合的に扱うためには、ベースマップとしての基本的地理情報が必要である。また、地球観測データを地理情報として交換、相互利用するためには、そのための基準を与える地球形状の測地的観測や、位置に関する情報の記述の標準化が必要である。

このように、地図(地理情報)の整備は、それ自体が重要な地球観測であると同時に、さまざまな地球観測データを統合的に利用し、さまざまなレベルでの意思決定を支援するために不可欠な社会基盤として、整備、提供、管理を進める必要がある。これまでも、国内レベルでは社会基盤施設の管理や防災からマーケティングまで、地図(地理情報)が意思決定を支える基本的な情報であることは広く認識されてきた。しかし、今後、わが国を含む大陸スケールから全球スケールの地理情報整備の戦略的な重要性が大きく高まると考えられる。たとえば東アジア・東南アジア諸国の経済発展に伴い、これまでヨーロッパで問題となってきたのと同様の越境汚染問題が大気汚染、海洋汚染等の面で生じる可能性があるが、その汚染源となる工業地域や都市の拡大、沿岸域の開発の進展状況の把握は汚染の将来予測だけでなく、汚染防止協定の内容を決定する際にも重要な情報となる。また京都議定書における土地利用変化からの温室効果ガス排出規制などの実効を上げるためには、森林管理や伐採などの遵守状況を国内のみならず海外についても広くモニターする必要がある。土地の利用や管理を中心とする地理情報は国際的な環境保全スキームを維持していくためにも重要となっている。

7-3. 観測の現状

7-3-1. 国内プログラム

(1) 国土数値情報

1974年の国土庁発足に伴い、地形、土地利用、公共施設、道路、鉄道等国土に関する様々な地理的情報を数値化した「国土数値情報」の整備が開始された。コンピュータの能力も十分でなく、GISという用語も定着していなかった当時としては、世界的に見ても画期的な事業であった。その後も基本的な仕様は大きく変更されることなく作成・更新が続けられている。当初は公的機関のみデータの貸し出しが行われていたが、2001年からは広く一般にインター

ネットによる無償提供が行われている。

(2)GIS 関係省庁連絡会議

阪神淡路大震災の教訓を踏まえ、関係省庁の密接な連携のもとにGISの効率的整備及びその相互利用を促進するため、1995年にGIS関係省庁連絡会議が設置された。連絡会議は1府13省（当時）の関係部局の局長クラスで構成され、長期計画やアクションプログラムの策定などの施策を講じている。

(3)電子国土

2001年、国土交通省国土地理院は、地形、地殻変動データ等自然の情報、土地利用、人口、交通等人間活動の情報等、国土に関する静的・動的な地理情報を電子的に統合し、過去・現在の仮想三次元時デジタル情報として再現し、インターネット等を通じて自由に利用できる環境を構築する「電子国土」の構想を提唱した。国土地理院は、このために必要なデータ整備や提供システム開発などを行っていくこととして、各種の基本的地理情報のデジタル化、標準化、メタデータ検索のためのクリアリングハウスの構築、電子国土Webシステムの提供などを進めている。

(4)測地観測

2002年4月に、我が国の測地基準系が ITRF(国際地球基準座標系)に変更され、我が国の地球観測データや地理情報が容易に地球規模の情報とリンクする基盤が整備された。また、地殻変動の把握や地震・火山活動等の予知に資するため、約1200点の電子基準点(GPS 連続観測点)を設置して常時観測を行っているほか、観測データを公開し、いつでも、どこでも正確な位置情報を利用することのできる体制(位置情報基盤)を構築している。

また、人工衛星の合成開口レーダ(SAR)を利用した干渉 SAR は、地殻変動等の面的な分布や地震等による被害情報等を広域に把握することができる技術として期待されている。2004年度には SAR が搭載された陸域観測技術衛星 ALOS の打ち上げが予定されていることから、高精度な電子基準点の観測や水準測量に干渉 SAR を加えた高精度地盤変動測量の実施準備が進められている。

(5)基盤の地理情報 全国土をカバーする基本的な地図は国土地理院の2万5千分の1地形図で、1983年に北方領土を除く我が国の全国土のカバーが完成し、主要な変化があった際には常時地形図を修正するシステムが確立している。

GIS 関係省庁連絡会議では、測地基準点、標高・水深、交通、河川、海岸線、地名、行政界、住所、位置参照情報等、様々な地理情報を統合する際の基盤となる地理情報を「空間データ基盤」(フレームワークデータ)と定義し、国が優先的にデータ整備を行い、提供することとしている。その一環として、全国の2万5千分の1地形図の主要な項目をデジタル

化した「数値地図 25000(空間データ基盤)」と、全国の都市計画区域の2500分の1相当の骨格的地理情報をデジタル化した「数値地図 2500(空間データ基盤)」が整備され、1997年からCD-ROMによる提供が、2002年からインターネットを通じた無償公開が開始された。また、住所(街区レベル)に対応する位置参照情報についても2002年に全国の都市計画区域の整備が終了し、インターネットによる提供が行われている。

(6)基本的地理情報

土地被覆、植生、土地利用、地質、土壌、人口、産業統計などの汎用性の高い地理情報については「基本空間データ」と定義され、航空写真や衛星画像などの「デジタル画像」とともに、空間情報基盤の一部として、積極的に整備・提供が進められている。

土地被覆については、国の機関や多くの大学などで、主に人工衛星データを用いた土地被覆現況や変化データが作成されている。宇宙航空研究開発機構(JAXA)では、ADEOS-II/GLI データを用いたグローバル土地被覆マッピングの計画があったが、事故のため、GLI-250m データを用いたアジア土地被覆マッピングに計画を縮小した。

植生については、環境省が自然環境保全基礎調査の一環として全国の5万分の1現存植生図を作成しており、1987年度までに全国の整備を完了した。その後は5年ごとに植生変化図が整備されている。また、約1kmの基準メッシュごとのデジタルデータが作成されている。

人口については、国勢調査が1920年以降おおむね5年ごとに実施されている。調査の単位は調査区で、2000年の国勢調査では全国約94万の調査区が設定された。調査結果は、都道府県別、市区町村別に集計されるほか、主要な項目については町丁、字等別に集計される。集計結果は、台帳データとして提供されるほか、日本統計地図(市区町村単位)と、約1kmの基準メッシュごとのデジタルデータとしても提供される。また、2003年から、ホームページ上で町丁・字単位の人口データが地図上に表示されるサービスが開始された。

こうした基本的な地理情報整備に加え、産官学のさまざまな機関や組織がそれぞれ収集・管理する情報に「位置」を表すデータを付与することで、一般の情報を「地理情報化」し、GIS上で組み合わせて利用することが実現しつつあり、地理情報の利活用範囲は急速に拡大しつつある。

7-3-2. 国際プログラム

(1)測地観測

固体地球の物理的理解に必要な学術的データを提供するとともに、さまざまな地球観測や地理情報の地球上での位置の基準を与えるため、国際的な枠組みのもとに、超長基線電波干渉計(VLBI)、汎地球測

位システム(GPS)、絶対重力計などを用いて、地球の形状及びその変化、地球回転、重力場とその変化等が計測されている。

VLBI に関しては、国際測地学協会 (IAG, International Association of Geodesy) が 1999 年に国際 VLBI 事業 (IVS) を設立した。現在 15 カ国 29 組織が参加し、ITRF (国際地球基準座標系) の維持の他、プレート運動の詳細な理解、海面変動監視など地球科学的な現象の観測のため、世界 30 観測所が共同観測を行っている。GPS に関しては、IAG のもとに国際 GPS 事業 (IGS) が 1994 年に設立され、現在 75 カ国・地域の 200 以上の組織が参加して、世界 362 観測局で共同観測が行われている。この事業により、GPS 衛星の精密な位置情報が解析され、利用者に提供されるとともに、観測データは、インターネットを通じて誰でも入手することができるようになり、GPS を用いた精密な測量に利用されている。また、IVS の成果とともに、地球基準座標系の確立と維持、地球回転パラメータの算出などに用いられている。

我が国は、国土地理院を中心に、これらの活動に積極的に参加してきており、VLBI によるプレート運動の実測など、大きな成果を挙げている。

IAG では、2003 年以降の新しい活動の核として、統合地球測地観測システム (GGOS) を提唱している。これは、地球の形状とその変化、地球の姿勢と回転、重力場とその変化の 3 つの観測を統合するため、VLBI、GPS、絶対重力計等の国際観測事業の高い次元での統合を目指すものである。

問題点としては、主に参加機関や研究者のボランティアに頼る事業であるため、特に途上国における参加がきわめて不十分で、結果として観測地点の分布に地理的に大きな偏りがある。観測精度の向上のためには、地球上にくまなく観測網を広げることが必要であり、政府間レベル、政府レベルでの強力なオーソライズが望まれる。

(2) 全地球空間データ基盤 (GSDI)

全地球空間データ基盤 (GSDI) は、地理情報の地球規模でのアクセスを支える広範な政策、組織、技術、財政面のあり方を検討する国際的なイニシアティブで、主に国家地図作成機関、国際組織、標準関係の組織などの代表者が参加している。1996 年に第 1 回 GSDI (全地球空間データ基盤) 会議が開催され、それ以降はほぼ毎年開催されている。当初は、任意の参加者によるアドホックな会議であったが、2003 年には恒久的な公益法人としての GSDI 協会が設立され、地球規模の空間情報基盤の整備に必要なさまざまな活動を行っているが、問題点としては、今のところ、活動のビジョンが不明確で、また、組織が未成熟であることがあげられる。

(3) 地球地図

1992 年、日本政府 (旧建設省) は、地球環境問題に関する調査研究や意思決定に必要な全地球の基盤

的地理情報を、世界の国家地図作成機関の国際協力の下に整備する「地球地図整備」を提唱した。地球地図は、地球の全陸域をカバーする統一された規格に従った、世界の誰にでも利用可能なデジタル地理データセットである。プロジェクトを運営するため、1996 年に地球地図国際運営委員会 (ISCGM) が設立された。ISCGM は、現在 17 カ国 20 名の委員と、国連機関、国際学術団体などの関連機関の代表により構成され、日本 (国土地理院) が恒久的に事務局を務めている。1997 年、国連を通じて世界の国家地図作成機関に地球地図プロジェクトへの参加要請が行われ、2004 年 7 月現在 133 カ国・地域が参加している。原則として、各国の国家地図作成機関がそれぞれの国の地球地図を作成することとされており、自力での整備が困難な国については、我が国などが整備を支援している。現在までに 19 カ国がデータを完成し、事務局のホームページを通じてインターネットでデータの提供を行っている。

地球地図は解像度 1 km (縮尺 100 万分の 1 の地図に相当) のデジタル地理情報で、8 種類 (境界、水系、交通網、都市、標高、土地被覆、土地利用、植生) のデータが統一規格に従って整備されている。5 年を目途に更新が行われることとされており、特に土地被覆データについては、2003 年時点の全球データに更新することが決定され、そのための調整が行われている。

我が国は、地球地図の提唱国として、また、事務局として、地球地図プロジェクトを先導的に推進してきている。このため、事務局業務のほか、国際協力機構 (JICA) による地球地図技術に関する研修の実施、途上国におけるセミナー等の実施、アジア諸国等の地球地図データ整備の支援、途上国におけるデータ整備手法の開発などを行っている。また、国際会議の場などを通じて、地球地図の重要性をアピールする活動を行ってきており、2002 年の持続可能な開発のための世界サミット (WSSD) では、「小泉構想」に地球地図への取り組みを盛り込むなど、精力的な普及活動を行った結果、実施計画に地球地図の推進が盛り込まれるとともに、パートナーシッププログラムとして登録され、2007 年までに地球全陸域をカバーすることが宣言された。

課題としては、参加の促進 (特にアフリカ、中東地域) データ整備の促進 利用の推進 国際標準化に対応した利用しやすいデータとするための仕様の改訂 パートナーシップの拡大 (特に地球観測システム) 人材育成が挙げられる。

(4) アジア太平洋 GIS 基盤常置委員会 (PCGIAP)

1994 年の第 13 回国連アジア太平洋地域地図会議の決議を受けて、1995 年 7 月にアジア太平洋 GIS 基盤常置委員会が設置された。これは、アジア太平洋地域のすべての国・地域の国家地図作成機関の代表を構成員とし、空間情報基盤の整備に関する経験を共有することにより、空間情報と GIS の便益を最大

限に引き出すことを目的としている。

PCGIAP では、アジア太平洋空間データ基盤(APSDI)の概念を提唱し、その整備に向けた具体的な活動を行っている。同様の地域ごとの活動は、欧州(EUROGI)、米州(PCIDEA)、アフリカ(UNDODI-Geo)で行われている。

(5) 国際標準化機構地理情報専門委員会 ISO/TC211

1994 年、国際標準化機構(ISO)に地理情報の標準化に関する専門委員会(TC211)が設立された。当初 20 の作業項目が設定され、検討が開始されたが、現在は 40 の作業項目が設定されている。そのうち現在までに 9 項目が国際規格(ISO19100 シリーズ)として発効している。

(6) 全球土地被覆

IGBP 国際地圏生物圏計画

IGBP は地球環境に関する基本データの一つとして、全球土地被覆データを必要としている。しかし、IGBP 自身には全球土地被覆データを作成する体制はなく、米国地質調査所 USGS が主導的に作成した 1992 年観測の AVHRR データを用いた全球土地被覆データを IGBP の Data and Information System (DIS) 部会のデータとして IGBP-DISCover の名前で認知している。生物圏環境研究の基礎データとして、改善された土地被覆データを定期的に作成し、土地被覆の変化を知ることが必要である。

しかし、主たる整備の対象は土地がどのような植生などでおおわれているかという土地被覆であり、人が土地をどのような目的のためにどのように利用しているかを示す土地利用はきわめて不十分にしか整備されていない。たとえば、土地利用データとしては耕作地(Cropland)などが含まれているだけであり、草地と十分な精度で識別されているわけではない。また水田は湿地(Wetland)となるなど土地利用データとしてはきわめて不十分である。そのためこうしたデータから気候変動が各地域の食糧生産や水資源利用にどのような影響を与えるかを定量的にきちんと予測・評価することは困難である。また、IGBP 第 2 期の柱として立ち上がりつつある LAND プロジェクトでは「人間・環境連携システム」を標榜するなど、地球環境科学の世界でも土地の利用形態とその変化に関するデータの必要性が広く認知されている。しかし、LAND プロジェクトでも具体的なデータの整備計画などはまだ提案されていない。土地利用データの整備の遅れは、人間活動が陸域を中心とした環境システムに与える影響の予測や評価に不可欠であることから、大きな問題であるといえる。

GLC2000 プロジェクト

European Commission/Joint Research Centre が主導する国際プロジェクトである。2000 年観測の SPOT/VEGETATION データを用いた全球土地被覆データを 2004 年 2 月に完成し、データをインターネット

で公開している。GLC2000 プロジェクトのユーザは、グローバルスケールではミレニアム・エコシステム・アセスメント(Millennium Ecosystem Assessment)、統合地球観測戦略(IGOS)、全球陸域観測システム(GTOS)、国際地圏生物圏計画(IGBP)、世界気候研究計画(WCRP)などであり、地域スケールでは各国各地域の開発プログラムである。土地被覆が地球環境の基礎的なパラメータであることから、欧州委員会共同研究所(EC/JRC)では、数年ごとに全球土地被覆データを作成する考えをもっている。次のマッピング計画は、ENVISAT(European Earth Observation satellite)/MERIS(300m 解像度データ)を用いた全球土地被覆データを数年後に作成することである。しかし、このプロダクトでも土地利用項目は「Cultivated and managed areas」に限られている。

国際食糧農業機構(FAO)

FAO は Africover プロジェクトを終えた。これは、アフリカ各国のニーズに基づく、各国による bottom-up 方式の土地被覆マッピングプロジェクトである。各国は土地被覆マッピングを行い、これをアフリカ全体で統合する枠組みを構築した。各国作成の土地被覆データを統合する手段が FAO/UNEP が開発した Land Cover Classification System(LCCS)である。LCCS は、ほとんど如何なる土地被覆凡例も定義可能な体系的な土地被覆分類システムである。LCCS で定義された土地被覆凡例はお互いに変換・比較が可能である。同様の考えで東南アジアを対象とした Asiacover を実行中である。タイ地理情報・宇宙技術開発機関(GISTDA)が Asiacover プロジェクトに協力している。

国連が重視する環境問題(砂漠化、食糧、貧困など)に対応する基礎データとして、Land Cover Classification System(LCCS)に基づく全球土地被覆データを bottom-up 方式で作成する計画を FAO は持っている。このための第一ステップとして、既存の主要な土地被覆データを LCCS に基づいたデータに変換し、harmonize させるため、主要な土地被覆関係者のネットワーク Global Land Cover Network(GLCN)を 2002 年 5 月に発足させた。将来的には、各国の bottom-up 方式により全球土地被覆データを作成する考えを持っている。しかし、これの達成には時間がかかる見込みである。

これらのプロジェクトにおいても基本的な項目は土地被覆であり、土地利用項目は限られている。しかし、FAO は各国の農業関係の統計資料の編纂を長年行っており、「作物別の作付面積」といった土地利用データを公開している。このデータがグローバルに利用可能な唯一のデータであるものの、各国の統計報告をそのまま編纂しているだけであり、信頼性は国によりまちまちであるほか、集計されたデータであり、空間的な分布を知ることはできない。また、森林の利用に関する情報についても整備はきわめて

不十分であり、今後の商業伐採の影響を空間的・定量的に評価するうえで大きな問題となっている。

地球地図プロジェクト

地球地図 version 1 の土地被覆データとして IBGP-DISCover データを基礎データとして利用している。2007 年までに version 2 の土地被覆データを作成する計画である。他の類似プロジェクトとの重複を避けるため、他のプロジェクトと協力する方針を持っている。地球地図プロジェクトの独自性は、各国地図作成機関の協力による長期継続的な土地被覆グラントルースの整備管理である。

USGS 米国地質調査所

USGS EROS Data Center (EDC) は、IBGP-DISCover を主導的に作成した機関である。この USGS/EDC では、中分解能撮像分光放射計 (MODIS) の 500m データを用いて大陸単位で土地被覆データを作成するプロジェクトの計画がある。全球をカバーできるかどうかは予算が獲得できるかどうかにかかっている。

(7) LULUCF (土地利用、土地利用変化と森林) によるグッド・プラクティス・ガイドラインに基づく土地利用データ

IPCC は京都議定書に準拠した温室効果ガスの排出量や吸収量をどのように推定するかに関して、Good Practice Guideline (GPG) を作成している。その一環として土地利用とその変化に起因する温室効果ガスの推定方法とそれを実施するために必要なデータインベントリの整備手法の GPG があり、LULUCF と呼ばれる。そこでは森林管理の状況など土地利用に関連する情報をも空間的なデータとして作成することを求めている。現時点では実際の利用はまだ始まっていないが、京都議定書を批准した主要国はすでにデータの整備を開始しているところが多い。

7-3-3. 二国間プログラム

(1) JICA による基本図整備

1971 年、我が国は、ODA による技術協力の一環として、途上国における地図作成プロジェクトを開始した。その後、これまでに 41 カ国を相手国として、プロジェクトを実施してきている。主に 5 万分の 1 地形図を作成してきているが、相手国の要請に応じて縮尺や作成される地図の内容はさまざまである。作成された地図の総面積は 180 万 km² にも及ぶ。多くの場合、測地基準点測量から地図印刷までの地図作成の全工程を実施する大規模なプロジェクトであり、また、リモートセンシングや GPS、デジタルマッピングなど、その時期ごとの最新の測量技術が導入されている。印刷された地図などの成果品は基本的にはすべて相手国に供与され、使用した機材も通常は供与される。

地図という、途上国の開発のための最も基本的な

基盤を整備するプロジェクトであることから、相手国からは評価が高く、この分野においては世界のトップドナーであるが、援助効果が明確でないことから、必ずしも国民の理解を十分得ているとは言えず、また、プロジェクトの実施が我が国の民間企業であることから、プロジェクト終了後の継続性を疑問視する声もある。

なお、我が国は、この他、測量・地図分野の研修員受け入れや専門家派遣などでも長年にわたって積極的に対応してきている。現在、ケニア、バングラデシュ及び国連本部の地図課に国土地理院の職員が派遣されているほか、国土地理院において測量地図分野の研修コースが毎年 2 コース実施され、それぞれ毎年 8 名程度の研修員を受け入れている。

7-4. 問題点のまとめと重点化の視点

7-4-1. 問題点のまとめ

(1) 空間情報基盤

地図(地理情報)の整備の分野は、GIS の普及に伴う地理情報の利活用範囲拡大の中で、単なるデジタル化というメディアの変化だけでなく、空間情報基盤という新たなパラダイムにより、大きな方向転換が図られていると考えられる。特に、地球観測の総合化という視点において、さまざまな観測を統合する基盤としての空間情報の重要性は今後極めて大きくなっていくであろう。近年、我が国は、地球地図プロジェクトをはじめとして、この分野の国際的イニシアティブに積極的に関わっており、今後とも組織的対応を行い、継続的にリーダーシップを発揮していくとともに、空間情報基盤の重要性と、我が国がこの分野をリードしていることを国内外に普及していく必要がある。

(2) 全球土地被覆

現在の全球土地被覆マッピングで困難な部分は、植生の高さの情報を得ることと、農地の抽出である。植生の高さの情報を得るためには、NASA が計画して実行されていない Vegetation Canopy Lidar (VCL) のような直接的に植生の高さを観測する新しい観測手法が求められる。農地の抽出は、地域ごとに収穫サイクルが異なるため広域で一括して分類することが困難である。

長期的な問題としては、各国あるいはローカルなニーズに基づく各国ごとの土地被覆マッピングと全球衛星データを利用した全球・大陸規模を一括して作成する土地被覆マッピングとの整合性をとり、関連付けることである。また、地域ごとに抽出した結果を全球にまとめる bottom-up のマッピング体制が必要である。我が国は、全球レベルのプロジェクトに積極的に参画するとともに、特にアジア地域諸国との連携を強化して、アジアのデータ作成に関してリーダーシップを発揮する必要がある。

(3) 土地利用及び人間活動に関する地理情報

特に、土地利用データや人間活動に関する地理情報に関しては、今後、温暖化が顕在化する過程での人間社会の適応性強化や、環境の保全・回復、持続的な社会への移行などが大きな政策課題となる中で、土地空間や自然資源を人がどのような目的でどのように利用しているのかを知り、それを誘導・制御することの重要性がますます大きくなると予想される。しかしながら、こうした土地利用データや人間活動の空間的分布に関するデータはきわめて不十分にしか整備されておらず、人間と環境システムとの相互作用やダイナミクスに関する科学的な知見の深化のためばかりでなく、政策企画や意志決定の支援などにも定量的な情報を提供できていない。

7-4-2. 重点化の視点

今後、地図作成分野での観測項目の重点化にあたり、以下のような視点・評価軸が重要となる。

(1) 地球観測の統合のための空間情報基盤のニーズに着実に応える。

地球観測の統合のための空間情報基盤のニーズに適切に対応するためには、まず、我が国において、標準化やウェブマッピング等の技術動向に迅速に対応しつつ、電子国土の構築などの基盤のデータ、基本的データの整備を積極的に進め、他分野の信頼に応える空間情報基盤の提供を着実に進めることが必要である。また、関連の国際的イニシアティブに積極的に働きかけ、地球規模、地域規模の空間情報基盤の整備における日本のリーダーシップを確立する必要がある。その際、同種機関の国際的ネットワークを積極的に強化、活用することが重要である。特に、地球地図プロジェクトは、これまでも我が国が強力にリーダーシップを発揮したものであり、今後とも政府として強力に組織的対応を行う。さらに、関連分野のイニシアティブ、特に国連機関や IGOS、GEOSS に積極的に働きかけてパートナーシップを強化し、空間情報基盤の重要性を訴えること、途上国との技術協力で戦略的に対応し、主体的参加を促すこと、が必要である。

(2) 科学的な知見と理解を深め、地球環境学における日本のリーダーシップを確立する。

人間・環境系の変化のダイナミクスの解明とモデル化への貢献

IGBP 第2期にむけて地球環境科学の国際プログラムは、従来の自然環境システム中心から、人間・社会と自然環境システムを一つの大きなシステムと捉える方向へとシフトしつつある。その中で、人間・社会と自然環境システムが一体となって独特の景観（ランドスケープ）を数千年かけて作り上げてきたアジア地域では大きな貢献が期待されている。そこでは、以下のような問いに答えることが必要となる。

- 人間・環境の連携システムとしてみた「ランドスケープ」は、どのように変化していくのか？その

変化に大きく影響を与える自然、社会経済的要因は何か？

- その変化の中で、人間・社会はどのように変化を認知し、変化の方向をコントロールしようとするのか？環境変化に対する認知や適応の早さ・適切さをどのように改善することができるか？
- その結果として、地域の持続可能性はどのように達成されるのか？達成を支援するためにはどのような政策が有効か？

こうした問いに答えるためには、人間の活動が空間的にどのように分布しているかを捉えることが基本になる。

産業構造や生活スタイルの変化のなかでの都市化の進展とその環境影響（メガシティ問題）解明への貢献

巨大都市（メガシティ）がアジア地域では多く出現し、いまだ成長が続いている。メガシティは経済発展を牽引するドライビングフォースであるのと同時に、集中的に環境汚染物質が放出されて形成される高密度汚染地域に多量の人口を抱える問題地域でもある。こうしたメガシティの成長と拡大、住民や国の環境保全運動の展開などのダイナミズムを明らかにし、メガシティの成長コントロールに必要な知見を得る。

国際協調・協力（人道支援など）への貢献

気候変動が顕在化するにつれ脆弱な土地・資源基盤に数多くの人口を抱える開発途上国では、社会の適応の遅れから飢餓や貧困が加速し、コミュニティの崩壊などが危惧される。特に人口増加に対応した農業の集約化などは灌漑への過度の依存を生み、農業生産システムをより脆弱にすることから、気候変動の影響評価と影響の軽減・適応方策を支援することは、開発途上国を中心とした国際協力の重要な課題となる。

- これから顕在化する温暖化の影響評価と社会の適応過程の支援

例：人口急増・半乾燥地域における生活基盤の確保方策、沿岸低平地の大都市における影響軽減方策、北方林の変化と温暖化ガスの放出抑制

- 土地利用や水利用の変化・集約化に起因する環境影響の抑制

例：メガシティの急拡大と流域、沿岸、大気環境への環境影響、越境汚染問題

日本の環境を守る。

東南アジア、東アジア諸国は急速に経済発展しつつあり、かつてのヨーロッパと同様に大気や海洋をつうじての越境汚染問題が深刻化することが予想される。わが国の環境を守るために、東南アジアや中国からの越境汚染の把握や対策に関わる支援することがきわめて重要である。そのためには、たとえば、大気汚染物質の排出量や分布変化と産業構造、大

都市の成長や、大規模な導水プロジェクトと農地利用変化、水質汚濁物質の排出状況などをモニタリングすることが必要になる。環境汚染物質の排出分布や強度は、人間活動、産業活動の空間分布や、交通ネットワークを中心としたインフラの分布・整備状況に強く依存することから、人間活動に関する地理情報の整備が重要である。

一方、京都議定書に代表される国際的な環境条約の遵守状況の監視・モニタリングを支援することが地球環境の保全ばかりでなく、わが国の産業の活力を損なわないためにも重要になる。特に、土地利用変化などに起因する温暖化効果ガス排出は監視・モニタリングが困難であるものの、LULUCF(土地利用・土地利用変化と森林)プロジェクトによりグッド・プラクティス・ガイドラインも定められており、これに準拠した形で地球観測を行う必要がある。

7-5. 今後の地球観測項目

7-5-1. 空間情報基盤

(1) 基盤的地理情報及び基本的地理情報の整備

- フレームワークデータの基礎となる2万5千分の1相当及び2千5百分の1相当の地図情報については、統合データベースを構築し、変化にあわせて、1か月以内で更新する体制を構築する。
- 国土の平野部及びその周辺の状況について、空中写真や衛星画像を繰り返し取得し、画像情報を5年周期で電子的に整備する。
- 全国の植生・土地被覆情報及び大都市圏域における土地利用情報を時系列で整備する。
- 過去から現在に至るまでの様々な地理情報及び今後取得する地理情報について、電子的にアーカイブ化する。
- 変化情報の収集については、ALOS等の人工衛星による画像データを活用する。
- 電子国土の基幹情報について、地理情報標準に準拠した形式でインターネット提供するとともに、地図として刊行する。
- 電子国土Webシステム、ウェブマッピング技術、ユビキタス技術等を応用し、いつでもどこでも地理情報を利用できる環境の整備、充実を図る。
- 地理情報標準の普及、学官民各機関が整備・保有している地理情報の公開の促進、メタデータ整備の促進、クリアリングハウスの整備等により、地理情報の共有化を進める。
- 地理情報の国際規格化の動きに対応した国内規格の整備を図る。
- 航空機レーザ測量や高解像度衛星などにより、基盤的地理情報の3D化、高精度化を図る。
- 自然災害被害の軽減に向けた地形等の基礎情報の整備、提供、ハザードマップの公開の促進を図る。
- 地球地図等を核に、全地球空間データ基盤(GSDI)やアジア太平洋地域GIS基盤常置委員会(PCGIAP)等の空間情報基盤分野の国際的イ

ニシアティブに積極的に貢献する。

- 二国間協力による基盤的地理情報の整備について、アジア地域への重点化、GIS技術の応用等の戦略的案件形成と、相手国の状況に応じた協力の推進を図る。また、成果を公開し、地球地図等の基礎データとして、我が国の研究開発に必要なデータとして有効に利用する。

(2) 測地観測

- 測量基準や測位支援のための位置情報基盤(GRID-Japan)を構築し、定常的な地殻変動による測量成果の劣化に対し、常時、センチメートルレベルで世界測地系に対応した我が国の位置の基準に整合した座標値を各種測量の実施者に提供できる環境を整備する。
- 地震・火山活動等により短時間で大きな地殻変動が発生した場合、速やかに基準点に関する情報を把握する。
- GPS連続観測やALOSの干渉SARを利用した地殻変動監視の高度化を進める。
- ユビキタス技術等を応用し、電子基準点を骨格として、民間活力を活用し、屋内・地下空間を含めた国土のあらゆる空間でだれでもが簡単に、リアルタイムで、10cmレベルの精度で世界測地系における水平位置及び高さを知ることができる環境を整備する。
- GPSの近代化計画、ガリレオ計画、準天頂衛星計画等の進展を踏まえた、新たな測位システムに対応した電子基準点設備の更新を実施する。
- 世界測地系の構築・維持管理に必要なVLBI観測、重力測量等を実施する。
- GGOS、国際VLBI事業、国際GPS事業等の測地分野の国際的イニシアティブに積極的に貢献する。
- アジア太平洋国際地震・火山観測網への貢献(アジア太平洋GPS連続観測網の構築)を図る。

(3) 地球地図

- 引き続き地球地図国際運営委員会の事務局としてプロジェクトをリードする。
- 2007年までに世界全域をカバーするとの目標を実現するため、参加の促進、データ整備の推進、参加国の支援、全球土地被覆データの整備を進める。
- 5年ごとにデータを更新という目標を実現するため、ALOS等の衛星データの利用を含めて観測を強化する。
- 地球地図データの利用の促進のため、ウェブマッピング技術等を利用して利用しやすいデータ環境を提供する。
- ISOに準拠したデータ仕様を実現する。
- IGOS、GEOS等に関連イニシアティブとの連携を強化する。
- 参加国のネットワークを活かして、各国から発信する独自の地理情報のプラットフォームを提

供する。

7-5-2. 全球土地被覆

(1) 全球土地被覆情報の整備

- 低解像度(500m から 1km 解像度)で全球を観測した衛星データで全球土地被覆データを作成する。
- 1~2 年ごとに全球で変化を抽出し、中高解像度(10m から 30m)衛星データで更新する。
- 土地被覆グランドトゥースデータベースの整備、管理を行う。

(2) 広域アジア土地被覆情報の整備

- 土地被覆情報抽出の基礎資料として ALOS などの中解像度衛星データの広域アジアのデータベースを作成する。
- 中解像度衛星データによる農地、森林などの主要土地被覆を抽出する。

(3) 国内土地被覆の整備

- ALOS など中解像度衛星を利用した、実利用ニーズに基づく全日本土地被覆データの作成と継続的な更新を行う。

7-5-3. 土地利用及び人間活動に関する地理情報

(1) 集落や都市分布、人口分布情報の整備

特に、都市域の拡大・変容の観測が必要である。また各国統計データの公開と共有を進めるほか、統計調査の支援、たとえば、人口に関する統計データやサンプル調査、人口移動調査の支援等も行い、共通のデータ基盤を構築する。また人口データは行政区画単位ごとに整備されることが大半であるため、既存の統計資料を「地図化」するべく行政区画の境界位置データの整備を進める。人口分布データは越境汚染問題における排出源分布の推定から、温暖化への適応策支援研究、人間社会と自然環境システムとの相互作用研究まで幅広く、利用できる。

今後 10 年の具体的な取り組みは：

- 全球スケールで、ランドサットなどの中解像度画像の分類・判読により、都市や集落の位置・空間的な広がりデータを作成する。これらのデータを人口統計データとつぎ合わせることで、1km から数百 m 解像度の全球の都市、集落分布と人口分布データを作成する。
- アジア・オセアニアについて、ALOS の高分解画像(パンクロマチック立体視センサ (PRISM) や高性能可視近赤外放射計 (AVNIR2))の分類・判読により、都市や集落の密度や空間的な広がりに関する詳細なデータを作成する。これらのデータを別途収集した人口統計データとつぎ合わせることで、百 m 解像度のアジア・オセアニアの都市・集落分布と人口分布データを作成する。

(2) 農地分布や作付・灌漑情報の整備

農業、特に食糧生産の基礎となる穀物の作付カレ

ンダー、作付体系、灌漑状況などのデータを収集・データベース化する。これにより衛星などから穀物の作付面積や収量などを推定する精度・信頼性を格段に向上させることができる。さらに、作付体系などは、農家にとっての収益性、生活スタイルと深く関連し、都市との位置関係などにより大幅に変化することも少なくない。そのため、農家の収入・支出構造などに関する現地調査データなどもあわせてアーカイブする。これらのデータは、地球温暖化への農業システムや水利用システムの適応を支援する研究などに利用できるほか、揚子江など大規模流域での水質汚濁負荷物質の放出と沿岸域生態系への影響予測などに重要な情報となる。

今後 10 年の具体的な取り組みは：

- 全球スケールで、農地種別や作付体系に関する情報を地域ごとに収集し、作付体系の空間データベースを構築する。それらと MODIS などの低解像度画像の分類・判読手法を組み合わせることにより、全球 1km の農地分布、水田分布データを作成する。
- アジア・オセアニアについて、農地の種別や作付体系に関する現地調査データベースを構築する一方で、ランドサットなどの中分解能衛星画像の判読と ALOS による Lバンド合成開口レーダデータなどを組み合わせ、アジア・オセアニアの詳細な農地種別や作付体系の空間的分布データを作成する。その際、特に水田分布や灌漑スケジュールデータなどの推定に力を入れる。

(3) 水利用マッピング

水の利用状況も衛星画像単独ではほとんど定量的な推定はできないが、作付体系や灌漑方式、実際の灌漑水投入量などの現地調査データを併用することで、大幅に精度・信頼性を向上させることができる。そのため、こうしたデータの収集・整理が必要である。さらに、今後は農業的な土地利用だけでなく、大都市における水利用状況、水質問題、大都市周辺の沿岸部における開発の進展と沿岸生態系の破壊なども大きな課題となる。そのため、大都市とその周辺に焦点をあてた水質データの収集・整理なども重要になる。水資源は温暖化の健在に伴い大きな影響を受けると考えられることから、水利用マップデータは、温暖化への適応支援研究に大きな貢献ができるほか、メガシティ問題に対してもきわめて重要である。

(4) 森林の管理状況に関するマッピング

京都議定書に準拠した土地利用や森林インベントリの作成とそれを利用した温室効果ガスの排出量推定を行わなければならない。わが国では現在森林簿を利用した GIS データベース作りが進んでいるが、その更新を支援するために衛星や航空機搭載センサからの観測などが必要になる。また京都議定書や LULUCF ガイドラインに準拠したインベントリの維持や森林施行の実施が行われているかどうかを国際的

に認証する動きも始まると予想され、衛星画像などから森林伐採や管理の状況に関する情報をわが国独自に観測・入手することが必要になる。

今後 10 年の具体的な取り組みは：

- 衛星画像から得られる森林画像の時系列解析と地上調査データをつき合わせて、森林の管理状況に関する空間情報データベースを構築する。

(5) 沿岸域の土地利用・地形変化、沿岸海洋環境のモニタリング

特に東南アジアから中国の沿岸にかけて、わが国の沿岸海洋環境や海洋資源への影響が懸念される地域に対して、埋め立てや養殖場などの分布、マングローブ林などの現象などをモニターする必要がある。海洋を通じた越境汚染やわが国の漁業資源へのインパクトなどを予測・評価するために重要な情報となる。

今後 10 年の具体的な取り組みは：

- ALOS の高分解画像(PRISM や AVNIR2)の分類・判読により、都市や集落の密度や空間的な広がりに関する詳細なデータを作成し、別途収集した人口統計データとつき合わせることで、100m 解像度のアジア・オセアニア沿岸域の都市・集落分布と人口分布データを作成する。

(6) 大気汚染物質の排出地点マッピング

特に東南アジアから中国にかけて、わが国の大気環境への影響が懸念される地域を中心に工業地域の拡大、大都市の拡大と、個別の大規模排出源（大規模工場や砂漠化進行地域など）の分布などをモニタリングする。あわせて原油の生産（含む輸入）と消費量、石炭などの生産・消費量などを空間的な分布も推定する。

今後 10 年の具体的な取り組みは：

- 都市や集落の分布データと現地調査データをつき合わせることで、大気汚染物質の排出地点の分布と強度マップを作成する。

(7) 交通ネットワークデータの作成

中国から東南アジアにかけて広域高速道路ネットワークの開発が急激に進みつつある。なかにはアジアハイウェイなどの国際的な道路ネットワークもある。都市の成長や工業地域の展開、農業作付形態の変化、沿岸域開発の進行など交通ネットワーク（特に道路）へのアクセスは決定的に重要な役割を果たしていることから、道路ネットワークデータを衛星画像などから作成し、比較的短い間隔で更新できれば（できれば毎年）、こうした地域における地域開発の状況を予測することも可能になる。しかし、これまでの土地利用データでは道路ネットワークの体系的な整備が行われた事例はなく、きわめて戦略的にも重要なデータである。

今後 10 年の具体的な取り組みは：

- ALOS などの高分解能画像を利用して、幹線道路

ネットワークや鉄道ネットワーク、港湾などの海運ネットワークデータを構築する。

(8) 詳細地形標高データの整備

交通ネットワークと平行して、地域開発や資源利用の形態に大きな影響を与える項目に地形がある。従来地形は国防上の重要情報としてほとんど公表されることはなかった。しかし、わが国が打ち上げる ALOS 衛星に代表されるように非常に高精度な地形情報を自動的に計測する手段が整備されてきており、これを利用することで、1:25,000 から 1:50,000 スケールの地形図に対応する標高データ（10～20m メッシュ）をできることから、地形情報の整備を行う。詳細地形情報は途上国などにおける開発支援にもきわめて有効であり、その側面での国際貢献上の意義も大きい。

今後 10 年の具体的な取り組みは：

- ALOS から得られるステレオ画像や干渉合成開口レーダ（InSAR）のデータを利用して、アジア・オセアニアを中心とした 10mメッシュの詳細地形データを構築する。

7-6. 今後の地球観測のあり方

7-6-1. 空間情報基盤

(1) 基盤の地理情報

我が国における 2 万 5 千分の 1 地形図相当のフレームワークについては、今後は統合データベースの構築と変化情報の蓄積が着実に進んでいくであろう。変化情報の取得のための情報源については、現在は地上の調査と空中写真が利用されているが、今後、ALOS の光学センサなどの高解像度地球観測衛星データの利用が進むと考えられる。また、災害時の変化状況の把握などには、SAR 技術が威力を発揮するであろう。

GPS の一般への普及による位置情報計測精度の高度化や GIS の高機能化に伴い、より高精度のフレームワークデータのニーズが高まっている。これに対応するため、航空機レーザー測量などによる 3D の高精度の基盤データの整備が進められている。今後利用が拡大していくことが見込まれる。当面は、シャトル・レーダー・トポグラフィー・ミッション（SRTM）の地形データや地球観測衛星 TERRA/ASTER などによる詳細な DEM が、国土地理院の数値地図に加えてユーザのニーズに対応するようになるだろう。

(2) 基本的地理情報

基本的地理情報に関しても、需要の増大とデータ取得技術の高度化に伴い、官民連携のもとに急速に整備、提供が進められる。今後、環境省が実施する 2 万 5 千分の 1 現存植生データや、総務省統計局の統計データなどは、重要な基本的地理情報として、多くの利用が見込まれる。地球観測衛星データも、ほぼリアルタイムでユーザが利用できる環境が整備されるだろう。

これらのデータは、クリアリングハウスを通じて広く相互利用されるとともに、ウェブマッピング技術の発展により、ユーザがいつでもどこでも、GISをほとんど意識することなく、ブラウザ上でさまざまな地理情報を表示し、重ね合わせ、分析を行うことが可能となるだろう。

このような国内の空間情報基盤整備と並行して、PCGIAP、GSDIなどの空間情報整備に関する国際的なイニシアティブや、ODAの一環としての地図作成技術に関する途上国との技術協力にも積極的に対応し、さらにそれらの活動を通じて、我が国が地図分野を国際的にリードすることを内外にアピールしていく必要がある。

(3) 測地観測

地殻変動の激しい我が国では、測地観測は、地球観測の基礎を与えるために不可欠であり、今後とも継続的に実施する必要がある。さらに、廉価なGPSレシーバ等の普及と、電子基準点情報の提供により、地球観測と同時に正確な位置情報が取得でき、観測データを空間情報基盤を通じて直ちに他の観測データや地理情報と結びつけることが可能となるであろう。新たな測位システムの運用も始まり、位置計測は一層高精度で簡易となるであろう。また、ALOSなどに搭載されるSARによる干渉SARは、地殻変動を面的に把握する手段として大きな役割を果たすであろう。

(4) 地球地図

地球規模のフレームワークデータを提供する地球地図は2007年までにほぼ全陸域のデータの公開を終え、さらに引き続いてデータの高精度化、土地被覆データの更新、利活用の拡大等の努力が続けられる。我が国は今後とも常置事務局としてISCGMと参加国を支え、ISCGMを代表して関係イニシアティブとの連携に努める必要がある。特に、IGOS-PやCEOSとの密接な連携のもと、地球観測衛星データを利用したデータ作成、更新が進められ、また、参加国はこれらのデータによる観測結果と現地をつなぐ検証作業や、時系列データの作成に貢献する。さらに、全世界の国家地図作成機関のネットワークを活かした独自のデータを発信し、地球地図は、さまざまな付加価値の高い地理情報のポータルとして機能することを目指す必要がある。

7-6-2. 全球土地被覆

全球土地被覆データは、温暖化、水循環などの地球環境研究のため、国際地圏生物圏計画IGBP、世界気候研究計画WCRPなどの主要環境パラメータとして重要である。また、砂漠化問題、食糧問題、貧困問題など国連の主要課題に対する政策を決定するための基礎資料として利用される。さらに、各国各地域の土地利用計画、農地開発のための資料としても利用される。

広域アジア土地被覆データは、風水害などの防災の基本情報として、あるいは開発途上国への環境基本情報の提供による国際協調の支店から重要である。

国内土地被覆データは、農地管理、森林管理、防災基本情報、環境基本情報などの実利用のために継続的に更新管理すべきである。

将来は、階層的な地理スケールの土地被覆データを関連させてデータ整備すべきである。

土地被覆の観測システムは次の項目で構成される。

- 1) 低解像度衛星センサの開発、打ち上げ、受信、前処理（全球利用）
- 2) 中解像度衛星センサの開発、打ち上げ、受信、前処理とアーカイブ管理（変化部分のみ利用）
- 3) 土地被覆グラントルースの整備管理
- 4) 衛星データから土地被覆データを作成する中心機関
- 5) 検証

1)には、MODIS、VEGETATION、MERIS、GLIなど複数のセンサがある。当面は最適なセンサを模索しつつ複数打ち上げていくのがよいが、将来的には類似した衛星の数は国際協調により収束させていくことが重複する努力を無くす面から推奨される。2)は、Landsatデータのみが全球アーカイブが誰でも利用可能な形で整備されているが、将来とも、同レベルの解像度の全球アーカイブを整備していくことが望ましい。3)については、いずれかの機関が継続的に責任をもつことが望ましい。4)に関しては、USGS/EDCかEC/JRCが経験豊富である。FAOは、各国あるいはローカルなニーズに基づく各国ごとの土地被覆マッピングと全球衛星データを利用した全球・大陸規模を一括して作成する土地被覆マッピングとの整合性をとり、関連付ける問題に取り組んでいる。また、FAOはGlobal Land Cover Network (GLCN)を発足させ、将来的に各国からのbottom-up方式で全球土地被覆データを作成しようとしている。このための分類ツールがLand Cover Classification System (LCCS)であり、データ定義の標準として利用できる。5)は、4)の機関が実施すべきであるが、各地域の土地被覆に専門家の知識が必要であるため、多くの専門家の協力を必要とする。

7-6-3. 土地利用及び人間活動に関する地理情報

土地利用や人間活動の空間分布に関するデータ、交通施設などに関するデータは衛星画像単独では観測することが困難である。そのため、衛星観測に加え、地上での観測データ、統計データ、地図データの体系的な収集・共有化を可能とする体制をつくり、総合的な地球GIS、アジアGISデータベースを構築することが必要である。なお、この数年間で地理情報を共有化するための国際標準化なども進みつつあり、技術的な条件は急速に整備されてきた。地理情報を関係各国と共有することはそれぞれの国への開発支援や環境保全支援にも大きく貢献できることから、地球地図などをさらに発展させ、さらに総合的

な GIS データベースの構築事業を進めることが必要になる。なお、衛星画像そのものもわが国は 2004 年に高分解能画像センサと合成開口レーダを搭載した ALOS 衛星を打ち上げる予定である。ALOS 衛星からは交通施設、都市施設などの詳細な画像情報が得られることから画像の高次利用を大規模に推し進めることが必要である。

また、地表面や海洋上で展開される人間活動をより直接に捉えることのできる観測方法として固定地点からの高分解能連続動画観測がある。その意味で、静止衛星からの高分解能連続動画観測もきわめて有望である。

7-7. 日本の役割

7-7-1. 空間情報基盤

空間情報基盤に関しては、我が国における整備を着実に進めるとともに、技術や制度の動向に的確に対応していくことが必要である。また、地図作成分野のトップドナーであることを内外にアピールしつつ、途上国との技術協力を進める。さらに、PCGIAP の活動に積極的に参画し、アジア太平洋空間データ基盤 (APSDI) の構築をリーディングするとともに、GSDI などの国際的イニシアティブに貢献する。

測地観測に関しては、我が国の地球上での物理的位置に鑑み、VLBI、GPS、絶対重力計などに関する国際的イニシアティブに積極的に参加し、地球の形状、地球回転、重力場やそれらの変化の計測、GPS 衛星の位置情報の解析などに貢献する。

地球地図に関しては、引き続き提唱国として、事務局として、プロジェクトの推進をリードする。また、GEOSS、IGOS-P などの関連イニシアティブとの協力を積極的に進め、地球地図が各種地理情報や地球観測データの統合のための鍵として適切に機能するよう、リーディングを行う。

7-7-2. 全球土地被覆

上記 7-6-2 における 1)、2)、すなわちセンサの開発・打ち上げに関しては、国際的な協調により分担する。例えば Vegetation Canopy Lidar (VCL) のよう

な独自性のある衛星打ち上げは日本が分担する意義がある。3)、すなわち土地被覆グラントルースの整備管理は地球地図プロジェクトとして日本が貢献することが出来る。

7-7-3. 土地利用及び人間活動に関する地理情報

(1) 地図や統計の作成支援と、データの共有プラットフォームの提供と共同運営

土地利用や人間・社会活動に関する地理情報はわが国だけでなく、関連各国にとっても地域開発や環境保全などを図る上できわめて重要な情報である。また人間・社会に関する情報の収集はそれぞれの国の協力なしには進まない。そのため、こうした情報の整備や利用を調査やデータ処理ノウハウの提供、衛星画像の提供などを進め、得られた情報の共有化を行う。また、データを共有・更新するためのウェブ GIS システムなどの構築と共同運営などを進める。

(2) 独自衛星の開発と運用

2004 年に打ち上げる予定の ALOS 衛星は高分解能センサや合成開口レーダを持ちながら、商業ベースではなく、公共目的に関しては安価で継続的なデータ提供が可能となっている。その点で上記のような総合的な GIS データベースの構築や共有にはきわめて有効である。

さらに、静止軌道上から数十 m 程度の高分解能で連続動画観測できれば、環境の変化や都市活動の状況、災害状況などをリアルタイムに「中継」することができる。こうした他の衛星システムでは提供されない独自情報の収集に特化した衛星システムの開発が必要である。

なお、同等観測の継続性は衛星観測の大きなメリットであり、これを維持することに努める必要がある。また、こうした衛星から得られるデータは膨大であり、世界中の利用者と協力して高次処理や利用を推進する体制が必要である。

7-8. 課題分析表

(重点化の必要性が高い課題は で示している)

分類	観測ニーズ (重要度)	現状	ギャップ (問題・課題)	具体的な取り組み	重点 化の 必要 性)	重点化の視点 (留意事項)
空間情報基盤 の整備	国内 基盤的 地理情 報の整 備	○1995年にGIS関係省庁連絡会議設置政府レベルで長期計画、地理情報標準等を策定 ○2万5千分の1地形図で全国土を加へ常時修正するシステムが確立 ○骨格的地理情報を数値化、刊行2002年からインターネットで無償提供	○地理情報標準やウェブマッピング等の技術動向への迅速な対応 ○変化にあわせてすみやかに更新する体制 ○いつでもどこでもだれでも基盤的地理情報にアクセスできる環境	○1:25000レベル及び1:2500レベルの地理情報の統合データベースを構築し、変化にあわせて常時更新 ○空中写真や衛星画像による時系列的、継続的な地理情報の収集と提供特にALOSの利用 ○航空機レーザ測量や高解像度衛星などによる基盤的地理情報の3D化、高精度化 ○北斗衛星技術を応用し、いつでもどこでも地理情報を利用できる環境の整備	○	○地球観測の総合のための空間情報基盤のニーズに適切に対応するため、我が国において、技術動向に迅速に対応しつつ、基盤的地理情報、基本的地理情報の整備を積極的に進め、他分野の信頼に応える空間情報基盤の提供を着実に進める必要がある
	基本的 地理情 報の整 備	○1974年から国土数値情報を整備 ○国土地理院が電子国土の構想を提唱Webシステムの提供、基本的地理情報のデジタル化、標準化等を推進 ○国勢調査による人口データは1kmメッシュごとのデジタルデータとして提供 ○様々な機関、組織が情報の地理情報化を行いGISを利用	○メタデータの整備 ○様々な機関の保有する地理情報の公開、共有体制の整備 ○災害時等の迅速な情報提供	○植生、土地被覆、土地利用などの地理情報の継続的整備 ○過去から現在に至るまでの様々な地理情報及び今後取得する地理情報について、電子的、時系列的にアーカイブ化、公開 ○学官民各機関が整備・保有している地理情報の公開の促進、メタデータ整備の推進 ○電子国土Webシステム、ウェブマッピング技術等による地理情報の利用環境の整備、充実 ○自然災害被害の軽減に向けた、地形等の基礎情報の整備、提供、バグドマップの公開の推進	○	
	地理情 報標準 の整備 と普及	○ISOの動きを睨みつつGIS関係省庁連絡会議が地理情報標準を策定 ○国土地理院がクリアリングハウスの構築等を推進	○地理情報標準の普及 ○クリアリングハウス参加組織の増加	○地理情報標準の普及、クリアリングハウスを通じた地理情報の共有化の推進 ○基本的地理情報の地理情報標準準拠によるインターネット提供等の促進	○	
	測地観 測	○2002年に我が国の測地基準系が国際地球基準座標系となった ○全国に約1200点の電子基準点を設置、常時観測、データを公開 ○SARによる地殻変動等の面的分布の把握技術の開発	○地殻変動への対応 ○GPSに依存するため、屋内、地下などでは位置情報が得られない ○SAR搭載衛星の不足、ALOSへの期待	○全国の電子基準点によりGPS連続観測を実施し、位置情報基盤GRID-Japanを構築 ○北斗衛星技術等を応用し、屋内、地下空間を含めたあらゆる空間で位置情報が把握できる環境の構築 ○GPS近代化計画、ガリオ計画、準天頂衛星計画等の進展を踏まえた、新たな測位システムへの対応 ○GPS連続観測やALOSの干渉SARを利用した地殻変動監視の高度化	○	
	国際/ 地球規 模	○JICAによる途上国の基本図整備を実施これまでに41カ国で180万km²の地図を作成	○世界のトップドナーであることに国民の理解を十分得られていない ○技術移転によるプロジェクト終了後の持続性の確保が不十分	○アジア地域への重点化、GIS技術の応用等の戦略的案件形成と、相手国の状況に応じた協力の推進 ○成果を公開し、地球地図等の基礎データとして、また、我が国の研究開発に有効に利用する		○途上国との技術協力に戦略的に対応し、国際プロジェクトへの主体的参加を促す

	測地観測(国際プログラム)	○VLBI, GPS 等で地球の形状及びその変化, 地球回転等を国際的に観測 - 我が国は積極的に参加	○途上国の参加が不十分 ○政府間レベル, 政府レベルでの強力なフォローアップが必要	○全球測地観測システム, 国際 VLBI 事業, 国際 GPS 事業等の国際プログラムへの積極的貢献 ○アジア太平洋国際地震・火山観測網への貢献(アジア太平洋 GPS 連続観測網の構築)		
	地球地図	○全地球の基盤的地理情報を国際協力で整備するプロジェクト 1992 年日本が提唱 ○地球地図国際運営委員会は推進日本が事務局 ○2004 年 7 月現在 133 力国が参加, 18 力国が完成, インターネットで公開	○未参加国の参加促進 ○データ整備の促進 ○利用の推進 ○標準準拠 ○パートナーシップの拡大, 普及啓蒙 ○人材育成	○日本が今後とも委員会の事務局を務め, 日本発の世界プロジェクトとして, 世界をリードする 2007 年までに全世界を加えるため, 参加国の支援等を行う 地球地図データのひとつとして全球土地被覆データを整備 ALOS 等の利用による定期更新 ウェブマッピング技術を利用して利用しやすい環境を提供 地理情報標準対応 関係イニシアティブとの連携強化 ○参加国のネットワークを活かして, 各国から発信する独自の地理情報のプラットフォームを提供する		○関連の国際的イニシアティブに積極的に働きかけ, 日本のリーダーシップを確立する ○同種機関の国際的ネットワークを強化, 活用する ○地球地図に関しては, これまでも我が国が強力にリーダーシップを発揮してきたことから, 今後とも政府として強力に組織的対応を行う ○関連分野のイニシアティブとのパートナーシップを通じて空間情報基盤の重要性を訴える
	空間情報基盤(国際プログラム)	○1995 年アジア太平洋 GIS 基盤常置委員会設置 ○アジア太平洋地域のすべての国家地図作成機関がメンバー ○2003 年, 全地球空間データ基盤(GSDI)協会設立 ○デジタルアース会議を 2005 年に日本で開催	○組織の充実 ○途上国の参加促進 ○活動ビジョンの明確化 ○パートナーシップの拡大	○地球地図等を核に, GSDI 等の関係イニシアティブに積極的に参画し, リーダーシップを発揮する		
	ISO による地理情報の標準化	○1994 年, ISO に地理情報専門委員会設置 40 の作業項目設定 9 項目が国際規格化	○国際規格化の早期実現 ○標準の普及	○国際規格化の動きに迅速に対応した国内規格の整備 ○地理情報標準に準拠した基盤的地理情報の提供など, 地理情報標準の普及促進		○
土地被覆に関する地理情報の整備	全球土地被覆情報の整備	○IGBP が米国による 1992 年観測の全球土地被覆データを DISCOVER として認知 ○EC/JRC が GLC2000 プロジェクトにより全球土地被覆データを 2004 年に完成, インターネットで公開 ○FAO が Africover, Asiacover を実施将来的には全球土地被覆データの作成を意図	○グランドツールズが不十分 ○農地の抽出ができていない ○各国のニーズによる土地被覆マッピングと全球土地被覆マッピングの整合, 関連づけ ○ボトムアップのマッピング体制	○低解像度(500 m から 1 km 解像度)で全球を観測した衛星データで全球土地被覆データを作成 ○1~2 年ごとに全球で変化を抽出し, 中高解像度(10 m から 30 m)衛星データで更新 ○土地被覆グランドツールズデータの整備管理		○全球土地被覆データは温暖化, 水循環などの科学的課題の基本入力パラメータの一つとして重要である ○広域アジア土地被覆データは風水害などの防災の基本情報として, あるいは開発途上国への環境基本情報の提供による国際協調の観点から重要である ○国内土地被覆データは農地管理, 森林管理, 防災基本情報, 環境基本情
	広域アジア土地被覆情報の整備	○アジアリモートセンシング協会(AARS)土地被覆ワーキンググループが 1992 年観測の AVHRR データで全アジアの土地被覆データを作成	○インド, 中国などの国の既存の最新土地被覆図が反映されていない ○グランドツールズが不十分	○土地被覆情報抽出の基礎資料として ALOS などの中解像度衛星データの広域アジアのデータ作成 ○中解像度衛星データによる農地, 森林などの主要土地被覆の抽出		

	国内土地被覆情報の整備	○国の機関や多くの大学などで人工衛星を用いた土地被覆現況や変化データを作成	○研究レベルのものがほとんどで実利用ニーズに耐える継続して更新管理している成果がない	○ALOS など中解像度衛星データを利用した、実利用ニーズに基づく全日本土地被覆データの作成と継続的な更新	○報などの実利用のために継続的に更新管理すべきである ○将来は、階層的な地理スケールの土地被覆データに関連させてデータ整備すべきである
土地利用及び人間活動に関する地理情報の整備	集落や都市分布、人口分布情報の整備	○都市の分布や都市域の広がり、交通ネットワークに関する国際的な地図としては DCW (Digital Chart of the World) など数十年前に作られたものしか存在しない ○人口分布データについては米国の CIESIN (The Center for International Earth Science Information Network) や Oak Ridge National Laboratory が各国の統計情報を収集し地図化	○風水害などの被害の評価やその後の復興支援にあたっては 1km から数百 m グリッド程度の市街地分布や人口分布が必要 ○広域大気汚染などの解析に必要な排出源データの作成などにおいても都市域の位置や広がり、観戦交通ネットワークのデータはきわめて重要 ○既存のデータは数十年前の古い地図を数値化したものか、行政区域内を塗りつぶした分布データでありきわめて不十分 ○人口分布などのデータに対するニーズは近年急速に高まっており、上記のようなデータを作成できれば、イパ外は大きい	○全球スケールでの都市や集落分布データの作成 ○ランドサットなどの中解像度画像の分類・判読により、都市や集落の位置・空間的な広がりデータを作成するこれらのデータを CIESIN などの収集した人口統計データと付き合わせるにより 1km から数百 m 解像度の全球の都市・集落分布と人口分布データを作成する ○アジア・北アフリカを中心とした詳細な都市・集落分布データの作成 ○ALOS の高分解画像 (PRISM や AVNIR2) の分類・判読により、都市や集落の密度や空間的な広がりに関する詳細なデータを作成するこれらのデータを別途収集した人口統計データと付き合わせるにより百 m 解像度のアジア・北アフリカの都市・集落分布と人口分布データを作成するその際同時に道路ネットワークや河川などのデータも収集し、災害時対応などに利用できるデータとする	○土地利用や人間活動に関するデータは、統計情報、統計、点観測データなど、様々な形態で取得されることから、空間情報基盤と結びつけ、これらを地理情報化することが必要このため、各国別、国際/地球規模の空間情報基盤整備のプログラムとの連携が重要 ○衛星観測に加え、地上での観測データ、統計データ、地図データの体系的な収集・共有化を可能とする体制を構築しつつ、総合的な地球 GIS データベースを構築する必要がある ○地理情報の共有は、それぞれの国への開発支援や環境保全支援にも貢献できる ○ALOS からは交通施設、都市施設などの詳細な画像情報が得られることから、地理情報データベースの構築や共有にきわめて有

	農地分布や作付・灌漑情報の整備	○FAO は農業関係の統計資料の編纂を毎年行っているが、農地の分布に関する情報は整備していない ○国によっては農地分布を土地利用図の形で作成しているところもあるが、分類の方法や精度などまちまちであるほか、デジタル化されていないケースも多い	○洪水や干害などの災害被害の評価やその後の復興支援にあたっては、1 km 程度の農地と作付農作物の種別データが必要 ○既存データは低解像度の衛星画像解析に基づいており、農地という種類しかなく、しかも草地などの他の分類項目と混在しているなど精度が低く、ほとんど使われていない ○特に灌漑農地に関して信頼できるデータはほとんどなく、水循環や水資源利用の分析に大きな制約を課している ○水田分布データもほとんど整備されていないが、水循環・水資源研究ばかりでなくメタガスの発生量推定にも大きな制約となっている	○全球スケールでの農地分布・水田分布データの作成 ○農地の種別や作付体系を衛星画像だけから得ることは困難であるため、農地種別や作付体系に関する情報を各地域ごとに収集し、作付体系の空間データ-ス-を構築するそれらと MODIS などの低解像度画像の分類・判読手法を組み合わせることにより全球 1km の農地分布・水田分布データを作成する	○効高次利用を大規模に進めることが必要その際、世界中の利用者と協力して進める体制が必要 ○地理データを時系列的情報とするため、観測の継続性を維持することが重要 ○単独事業ではなく、他のデータ整備の一部として行うことで更に有効に実施できる)
	森林の管理状況に関するモニタリング	○京都議定書において森林管理を行うことで炭素吸収を行うことが明記されたまた森林管理により炭素吸収を行う森林は、その箇所を明示する必要がある、森林管理に関する空間情報データ-ス-を構築する必要があるがグローバルに生じている ○こうしたデータ-ス-の作成方法は LULUCF (土地利用と土地利用変化・森林) によるグランドプラクティスガイドラインが出されているがこれに適合するデータはまだ作成されていない	○森林管理に関する空間データ-ス-は国内に関しては林野庁を中心として整備が進められているものの、開発途上国においてはほとんど整備されていないそのため議定書の遵守状況をモニタリングすることがきわめて困難であり、土地利用に起因する温室効果ガスの排出管理に支障を来すことが予想される ○持続的な森林管理などを国際的に進めるためにもこうした情報は必要	○アジア・北アフリカを中心とした詳細な農地分布データの作成(農地の種別や作付体系に関する現地調査データ-ス-を構築する一方で、ランドサットなどの中分解能衛星画像の判読と ALOS による Lバンド合成開口レーダデータなどを組み合わせ詳細な農地種別や作付体系の空間的分布データを作成するその際、特に水田分布や灌漑スケールデータなどの推定に力を入れる)	○森林の管理状況に関する空間情報データ-ス-の構築(衛星画像から得られる森林画像の時系列解析と、地上調査データを突き合わせて、森林の管理状況に関する空間情報データ-ス-を構築する)

	沿岸域マップ	○沿岸域は、温暖化による風水害の激甚化や海面上昇の影響を受けやすい地域であるが、沿岸域での被害評価や対応策検討に必要な精度と解像度を持った集落・都市分布や交通ネットワークなどのインフラデータ、農地分布データなどはほとんど存在しない	○風水害、高潮、津波などの災害リスクや災害時の迅速な被害評価、復旧支援などを行うことが十分できない	○アジア・抱ニアを中心とした沿岸土地利用データの作成（ALOSの高分解画像（PRISMやAVNIR2）の分類・判読により、都市や集落の密度や空間的な広がりに関する詳細なデータを作成するこれらのデータを別途収集した人口統計データと付き合わせることで、百m解像度のアジア・抱ニアの都市・集落分布と人口分布データを作成する。その際同時に道路ネットワークや河川などのデータも収集し、災害時対応などに利用できるデータとするこの作業は集落や都市分布、人口分布情報の整備の一部として行えば効率的に進められる。またALOSデータを用いた詳細な地形標高データの作成事業の一部として行うことも有効である）		
	大気汚染物質の排出地点マップ	○特に日本の風上部に位置する中国などにおいて大気汚染物質の排出が急増しており、日本と中国の間での越境汚染問題が生じ始めている。今後一層深刻になり、国際問題に発展すると予想される。また、最近の研究によると、ユーロなど排出された汚染物質が日本の大気環境にも影響を与えることが示されるなど、日本の環境を守るために、排出源の位置と強度を特定する作業が必要 ○排出されたエアロゾルの分布などは衛星画像解析により得られているが、排出源である都市や工業地帯の広がりなどに関してデータはほとんど存在しない	○排出源の分布データが存在しないため、大気汚染物質の排出に関する将来シミュレーションや、排出規制の効果の予測などが行えない	○大気汚染物質の排出地点の分布と強度マップの作成（都市や集落の分布データに現地調査データを突き合わせることで、排出地点の分布と強度マップを作成する。また今後の都市の広がり、工業を中心とした地域開発の進展を予測するために交通ネットワークの整備状況などのデータも不可欠である。こうした作業は都市・集落分布や人口分布データの作成の一部として行うことができる）		
	交通ネットワークデータの作成	○地域開発の進展は交通ネットワークの整備状況に大きく左右されるため、持続的な地域開発の支援や森林保全、大気汚染物質の排出管理、災害時の被害推定、復興支援など非常に多くの利用分野が交通ネットワークを必要としている。しかし、整備している国はきわめて少ない	○交通ネットワークデータが存在しないため、今後の地域開発の進展の予測、持続的な開発への誘導策検討などに大きな支障を来している。その結果、国際的に十分な環境保全対策が取れない状況にある	○ALOSなどの高分解能画像を利用して、幹線道路ネットワークや鉄道ネットワーク、港湾などの海運ネットワークを構築する		

	詳細地形標高データの整備	○10mメッシュ程度の詳細な地形標高データは、災害リスクの評価や地域開発など多くの利用場面があるものの、整備がきわめて遅れており、全球レベルで利用可能なものは1kmメッシュしかない ○近年アメリカがスペースシャトルに搭載されたレーダを利用して地形標高データを作成しているものの、軍事上の理由から詳細なレベルまでは公開されていない	○詳細な地形情報がないため、以下の分野で定量的なシミュレーションや予測・評価ができない 洪水や高潮など 斜面崩壊などの斜面災害 土壌浸食など 地域開発計画の策定や持続的な開発への誘導方策の検討	○ALOSから得られるステレオ画像データや InSAR データを利用して、アジア・太平洋を中心とした 10mメッシュの詳細地形データを構築する		
--	---------------------	--	--	--	--	--

8. 自然災害・地図作成・資源探査部会報告(エネルギー・資源)

8-1. はじめに

エネルギー・資源領域では、石油エネルギー・鉱物資源、森林資源、農業資源、海洋生物資源の4分野を取り上げ、検討を行った。これらの分野は、その存在が国の安全や利害に直結するため、国が中心となって観測を行う、という側面が強い。特に今日では産業界が資源の探査に強く関与していることから、民間主体の観測が行われることも多い。しかしながら、一方で、資源問題は各国に共通する問題であり、また、近年では、資源が世界を動き回ることから、国を超えて国際的な協力のもとで観測を行う必要性が生じていることも事実である。特に、森林資源、水産資源は地球規模での気候変動や生物多様性といった問題と密接に関係していることが知られている。

そこで本領域では、上記の4分野について、地球規模での観測の視点から、観測の現状、問題点、今後の観測のあり方を検討した。これらの分野は、それぞれの分野で、時空間スケール、利用形態、経済的係わり等が大きく異なるため、それぞれ独立して検討を行い、エネルギー・鉱物資源分野、森林資源分野、農業資源分野、及び海洋生物資源分野として報告書をまとめた。また、それぞれの分野における観測の優先度をまとめた分析表を取りまとめた。

8-2. エネルギー・鉱物資源分野

エネルギー、鉱物資源の大部分を海外に依存しているわが国にとって、エネルギーおよび鉱物資源に係わる安全保障は国の最優先課題のひとつである。現在の資源論では物理的なエネルギー・資源の賦存を論じるだけでは不十分で、社会経済、地政学等、時事刻々の社会情勢を的確に把握してその戦略、戦術を立てることが求められている。このようにエネルギー・資源総合安全保障の観点から鉱物資源に係わる地球観測を考えることが現在最も必要とされている。

鉱物資源探査は、基本的には個別企業による経済活動である。従って個別プロジェクトについては、民間主体の高分解能衛星(1mレベル)や航空機の利用にその観測の役割を委ねるのが適当である。そこで国家レベルでは、グローバルないしはリージョナルな基盤情報(たとえば空間分解能 5m レベル)を提供する地球観測システムを考えることが妥当である。

8-2-1. 観測の目的とニーズ

鉱物資源分野における宇宙からの地球観測の目的は、1)資源・エネルギーの賦存量や賦存地域に関する静的情報収集と2)開発・操業および輸送に係わる動的支援情報収集に大別される。さらに近年は3)紛争に伴う生産基地、パイプライン等の障害およびその周辺状況が世界経済へ与える影響等を視野にいった安全管理情報収集も重要になっている。

上記1)では、空間分解の向上、観測スペクトルの範囲拡大および分解能の向上に伴い、次世代高スペックによるグローバルなエネルギー・鉱物資源戦略ベースマップの整備が必要である。これらは節目、節目で改訂されることが望ましい。

上記2)および3)は、影響の大きい異常事態を的確に把握することが目的であり、常時のモニタリングを要する作業である。従ってこれに常時人的リソースを投入することには無理があり、衛星機能のインテリジェント化による自動モニタリングが望まれる。

8-2-2. 観測の現状

非鉄金属資源探査および石油資源探査における衛星データの利用は、我が国において最も衛星データの利用が進んだ分野の一つであり、大学における基礎的な研究開発から資源開発会社等における探鉱事業における実利用まで産官学を横断した多くの実績を有している。また、財団法人資源・環境観測解析センターなどのこれまでの事業より、アジア地域、中東、南米等の資源保有国の関係諸機関と密接な関係を確立しており、対象地域の特質に最適化したデータ解析技術の確立のための共同研究、研修生の受け入れ、情報交換等の国際協力活動が展開され、我が国の資源安定供給に対しても貢献している。

(1) 非鉄金属分野における利用の現状

非鉄金属分野では、探査地域における広域の詳細な地質図、鉱物分布図等の作成のほか、周辺地域のインフラ整備状況を評価することが求められる。これらの作成においては、各鉱物・岩石の有する短波長域および熱赤外域の特徴的なスペクトルパターンを利用した識別・同定が不可欠であり、そのため適切な波長帯およびバンドを有するセンサが積極的に利用されてきた。

1982年に打ち上げられた Landsat-4 の搭載センサである TM は、短波長域および熱赤外にバンドを有する初めての多用センサであり、多くのユーザに活用されてきた。また、1992年に打ち上げられた、我が国初の資源探査衛星である JERS-1 の搭載センサである OPS は、短波長赤外域である $2.2\mu\text{m}$ 付近に3バンドを有しており、この帯域に1バンドのみを有する TM センサでは識別困難な粘土鉱物や珪酸塩岩の識別が可能となった。その後、OPS の後継として設計された ASTER では短波長域に6バンド、熱赤外域に5バンドを有しており、岩石分布のマッピング能力が飛躍的に向上することとなった。現在、短波長域および熱赤外域に鉱物・岩石の識別・同定に適切なバンドを有するセンサは ASTER を除くと限られている。また、非鉄金属資源探査においては、航空機搭載型ハイパースペクトルセンサデータの利用が実利用段階となっているが、これまでに利用可能な衛星搭載型センサは EO-1/Hyperion のみであり、今

後、利用可能なセンサの継続的な運用が必要とされている。

(2) 石油資源分野における利用の現状

石油資源開発分野においては、衛星データの利用は新規探査地域の概査・精査における地質構造把握や地震探査の支援となるインフラ情報整備に活用されていた。なお、石油資源分野では、広域の地質図、地質構造図を作成することにより有望地を選定するとともに、周辺地域のインフラ整備状況を評価することが求められる。詳細な地質図および地質構造図の作成においては、非鉄金属分野と同様に鉱物・岩石の識別・同定が不可欠であり、そのため適切な波長帯およびバンドを有するセンサの利用が必要とされる。また、地質構造の解析においては、デジタル標高データ(DEM)が有効であり、立体視が可能なセンサの利用が積極的に行われている。

しかしながら、前述のように、短波長域および熱赤外域に鉱物・岩石の識別・同定に適切なバンドを有するセンサはASTERを除くと限られている。

8-2-3. 問題点のまとめと重点化の視点

コンセプトレベルでは、エネルギー・資源総合安全保障の観点から鉱物資源探査における地球観測を見直す必要がある。より具体的には高精度の戦略的資源ベースデータの構築、政策決定に資するための情報分析による社会俯瞰システムの構築、経済活動の視点(国家レベル、企業レベル)からの環境保全・安全管理モニタリングシステム構築などが考えられる。

センサーシステムでは、DEMによる3次元空間情報の取得さらには知能的選択機能を有したハイパースペクトルセンサが戦略的に重要である。さらに今後の地球観測のシステム構築の観点からは、DEMを前提とした4次元、すなわちx,y,zの空間+スペクトルを扱うものを基本におき、さらに経時変化を加えた多次元型対応のものが求められる。また、解析や分析においては、多彩なオンボード処理を可能にする知能化によってデータではなく、解析済みの「情報」あるいは「メッセージ」を宇宙から地上に送る仕組みに向けた技術開発が必要であろう。また最終意志決定では、VR(仮想現実)を利用した多分野専門家による共同解析機構の開発なども技術経営的な視点から重要である。

8-2-4. 今後の地球観測項目

(1) 将来想定される衛星データの利用形態と想定市場

資源分野は、現在においても衛星データ利用が最も進んでいる分野の一つであり、今後も海外を中心とした資源開発において衛星データが果たす役割は大きい。

これまで資源分野では、探査における概査データとしての利用が中心となっていたが、今後は、探査

だけでなく開発後の鉱山、油田等の環境汚染を防止するための環境保全事業における利用が期待されている。一方、エネルギー分野では、電力事業会社における衛星データの利用が国内発電所の温排水管理等の限定的な利用となっているが、各電力事業会社は毎年、多くのコストをかけて環境保全関連事業を行っていることから、衛星データの利用によりコストの削減効果が期待出来る場合には、電力事業者による衛星データの利用が進むと考えられる。また、近年、資源事業会社は、海外事業へ参入する動きが高まっており、海外事業における事業リスク軽減のための方策が必要とされている。

今後の我が国の資源・エネルギー分野における衛星データの利用ニーズとして、以下の5項目に関わる情報の提供が考えられる。

- 非鉄金属資源探査における概査データ提供
- 石油資源探査における概査データ提供
- 国内発電施設の環境保全における支援情報提供
- 鉱山および油田の環境保全事業における支援情報提供
- 海外事業リスク軽減のための情報提供

以下に、上記の5項目のうち、今後の資源分野における新たな利用ニーズとして、以下の二つについて概説する。

鉱山および油田の環境保全事業における支援情報提供

近年、鉱山および油田の環境保全に関する規制が厳しくなっており、廃鉱もしくは廃田後においても定常的に鉱山および油田を管理することが必要とされている。鉱山および油田における環境保全の目的は、周辺地域の環境影響モニタリングであり、有毒物質等の河川への流入、土壌浸透等のアセスメントおよび監視となる。なお、環境保全においては定期的なデータ取得が必要となることから、定常的なデータ利用が見込まれる。

海外事業リスク軽減のための情報提供

海外投資地域の選定においては、周辺地域の環境アセスメント、事業リスクの総合的な評価が不可欠となる。特に、途上国等におけるダム等を想定した電力立地選定においては、交通アクセスの悪い辺境地域におけるプロジェクトが想定されることから、衛星データの有効な利用が期待される。

8-2-5. 今後の地球観測のあり方

前述のように、非鉄金属資源探査および石油資源探査における衛星データの利用は、主要な衛星データ利用分野の中でも最も進んでいる分野の一つと言える。特に、探査においては、可視近赤外域だけでなく、探査鉱物の吸収帯を有する短波長赤外域、熱

赤外域のデータが有効であり、ASTER センサと同等もしくは継続性を有するデータは、今後も資源探査において広く利用されると考えられる。また、ハイパースペクトルセンサデータについては、現時点では資源探査における市場が最も大きく、今後、衛星搭載型ハイパースペクトルセンサが運用された場合には、本利用分野における市場が期待される。なお、今後、鉱山および油田の環境保全における衛星データの利用が期待されることから、資源分野においては探査と環境保全の両面における利用を想定したデータ利用拡大策を採ることが必要となる。

エネルギー分野においては、これまで我が国では積極的に衛星データが活用されてきたとは言えない。しかしながら、先に示した様に、エネルギー分野は今後の地球温暖化問題、地域環境問題等に対する対応が必要とされていること、電力事業者における年間の環境対策費用が多額となっていることから、今後、電力を中心としたエネルギー分野におけるユーザ要求を踏まえた衛星センサおよびユーザサービスを考慮することにより、利用拡大が期待される。また、今後、我が国のエネルギー・資源安全保障を確保するためには、アジア・中東地域を中心とした資源保有国との関係を緊密にするとともに、資源探査・環境保全の観点から衛星データを活用した我が国の貢献が極めて有効であると考えられる。このため、特に、衛星データ利用における処理・解析設備等の設備面での協力だけでなく、対象国のキャパシティビルディングを目的とした、人材育成、情報交換等を我が国の主導により実施していくことが、資源小国である我が国にとって重要な課題である。

8-3. 森林資源分野

植生の生育は、地球温暖化など地球規模の環境変動に関わるが、その変化の大きな要因は比較的变化のゆっくりした土壌環境と、時々刻々変化する太陽光、温度、水などの気象環境である。そのため、周期的な観測が極めて重要な分野である。しかも生育期間における周期的な観測と併せて、開葉期や落葉期、積雪期などタイムリーな観測情報が必要となる。また、日本の農地、林地は単位面積が小さく、地上分解能の高い観測が求められる。

森林・林業に関わる森林資源分野においては、熱帯天然林の減少がいまだに年間 1420 万 ha と推定されており、生物多様性を保持する自然環境の維持、向上が世界的な問題となっている。そのために、熱帯林の違法伐採、森林火災、荒廃地回復を対象とするアジア森林パートナーシップが日本とインドネシアによって提唱され、地球観測技術の利用が強く求められている。また、CO₂ の排出抑制と森林の CO₂ 吸収とが話題となった京都議定書に関わる問題として、森林の樹木と土壌を含めた生態系としての炭素蓄積の科学的な計測も、世界的に極めて重要な問題として認識されている。

8-3-1. 観測の目的とニーズ

(1) 世界の森林地帯の実態把握

世界の森林資源調査を行っている世界農業食糧機構(FAO)では、1999 年に林業戦略的計画(森林・林業分野における 2000-2015 年の長期計画)が採択され、森林資源に関する情報とデータベースの強化が求められている。地球観測技術による森林分布の把握が不可欠であり、樹種の混在状態と林分としての森林構造の把握が必要とされる。これらは、地球温暖化の影響を監視する際にも必要となるため、長期的なプログラムとしても整備の拡充が必要である。

森林立地環境とその変化

地球環境の変化は森林の生育に影響を与えているが、大規模な森林の変化は地球環境の変化をもたらすなど、地球環境と森林環境は表裏一体である。そこで、全球レベルで森林生態系に起きている生育環境の変化とその影響を準リアルタイムで観測し、地球温暖化の影響緩和に資することが極めて重要となっている。

(2) 森林資源量の実態把握

アジアの森林活動の早期発見

2003 年 6 月の G8 サミット首脳会合(エビアンサミット)での議長サマリーにおいて、「違法伐採の問題に取り組むための国際的な努力を強化するとの決意を確認した」旨が明記された。また、持続可能な森林経営の促進のために最新技術を活用した違法伐採との戦い等、地球観測に係わる国際協力の強化等を明記した「持続可能な開発のための科学技術に関する行動計画」が採択されている。さらに、日本とインドネシア政府との提唱により、2002 年の WSSD(持続可能な開発に関する世界首脳会議)で「アジア森林パートナーシップ(AFP)」が正式に発足している。これは、アジア地域の持続可能な森林経営を推進することを目的として、違法伐採、森林火災予防、荒廃地の復旧(植林)を活動の柱においており、地球観測技術を利用した活動の強化を求めている。

熱帯天然林のバイオマス量

熱帯林は毎年 1420 万 ha が減少していると報告されているが、多くのエネルギーを森林資源に頼っている住民が多い地域では、燃料材の獲得に伴い、木材資源の減少が様々な社会問題を引き起こしている。アジアにおけるエネルギー確保の問題にとっても極めて大きな問題として認識されている。

森林域の水資源量

国際河川における水問題は、国際問題として深刻化してきており、関係国間での安定的利用を視野に入れた国際標準的評価法の開発が必要である。2003 年の世界水フォーラムで指摘されたアジアにおける水問題の解決と、国内水資源情報の正確な把握を推進する必要がある。

(3) 植生の多様性資源把握

林分構造と樹種構成

日本の森林資源管理では、国有林、民有林とも林班および小班(林小班)と呼ばれる単位で管理され、森林調査簿(民有林は森林簿)が基本情報となっている。その内容は、林分面積、立木本数、平均直径、平均樹高、haあたり材積、植栽年次、樹種、混交割合などである。これらの情報は通常5年ごとに更新されているが、情報更新は人手と経費がかかるため、極めて困難な状況であり、リモートセンシングデータに基づく情報更新の簡素化が待たれている。

脆弱地の監視

植生の多様性は、一般に典型的な天然林に豊富であるが、脆弱地における貴重な植生の維持も多様性維持の面で不可欠となっている。特に、マングローブ林は生態系が貴重であるばかりでなく、温暖化による海面上昇の危険にさらされている一方で、高波などから住民を守る役割を担っている。また、山地は温暖化等の地球環境変化の影響を受けやすい地であり、微妙な環境とのバランスの上で成立している生態系はその維持が危惧されている。これらの地域はアクセスが困難な場合が多く、衛星等による観測が必要である。

(4) 森林における炭素固定量の把握

蓄積量および生長量

日本の森林調査簿(民有林は森林簿)に記載されている内容の中で、立木本数、平均直径、平均樹高、haあたり材積などは森林の生長に伴って毎年変化するが、これまでは、モデルの当てはめによる推定値が多く使われていた。また、利用材積を目的としているため、実際の蓄積量との関係は信頼性が低かったが、現地調査に基づくこれらの情報の更新は期待できず、地球観測データに基づく情報取得のシステム化が待たれている。特に、京都議定書における森林の二酸化炭素吸収にかかわる事項では、森林全体のバイオマス量が必要になっており、高精度な観測技術を利用した透明かつ検証可能な手法が強く求められている。

(5) 森林被害・回復

森林火災の軽減と被害の把握

2002年のWSSD(持続可能な開発に関する世界首脳会議)で「アジア森林パートナーシップ(AFP)」が発足したが、アジア地域の持続可能な森林経営の推進を目的として、3つの活動の柱のひとつとして、森林火災予防を挙げている。森林火災は、シベリアからインドネシアまでアジア東部全域で大きな問題になっており、今後活動を十分強化して、被害の軽減に努める必要がある。

酸性雨等被害監視

森林の健全度の評価は生態系の維持、向上に不可

欠であるが、地球環境変動の影響と地域的な環境変化の影響とは区別する必要がある。とりわけ、先進国や開発の著しい途上国では酸性雨や酸性降下物の影響が大きいと懸念されている。そのために、観測ネットワークと国際的な統一基準での被害評価が求められている。

生物被害早期発見

アジア地域では、人工林の面積が拡大しているが、単一樹種が植栽されることが多く、広大な面積の人工林が生まれつつある。そのようなところでは、病虫害の発生危険度が高くなるが、被害も大きくなる。そのために、被害の早期発見が極めて重要である。

豪雨災害予測

豪雨がもたらす斜面崩壊はしばしば人命に関わる災害となる。人家の近くが崩れる場合は、それに気づいて避難する処置がとられるが、大規模流域において起きる崩壊は遠く離れた下流域の農地や市街地に大きな被害を与えることがある。そのような大流域での観測態勢の設立が求められている。

砂漠化監視

気候変動に伴う砂漠化が世界各地で懸念されているところであるが、中国における砂漠化は北京近郊まで近づいており、日本でも黄砂の飛来が目立ってきている。この砂漠化は農作物の収穫量にも影響し、日本の生態系への影響も危惧されている。早急にその実態を把握し、予防対策を実行する必要がある。

(6) 林産物資源の耐久性

耐久性に関わる環境要因(紫外線量、紫外線波長分布、酸性雨、外来生物の生存環境等)の観測
森林資源によるCO₂固定は、森林の伐採で消失するのではなく建材等で利用されている間も維持されている。日本には多くの木造建築があり、そのようにして固定されているCO₂量は極めて大きい。木造構造物の安全性にかかわる問題でもあるため、木材の耐久性は極めて大きな関心が寄せられ、ISO等の国際標準化が見られるが、その長期観測による実態情報が不足しており、その強化が求められている。

8-3-2. 観測の現状

(1) 世界の森林地帯の実態把握

森林型の分布とその変化

世界の森林資源の現況とその変動を共通の定義と手法で把握するために、FAOは1970年から世界森林資源評価(FRA)を開始し、10年ごとに評価をくり返している。各国の森林データは国ごとに「森林」の定義が異なるため、集計したままでは全世界のようすを掴むことができないため、1980年からは衛星データを利用するようになった。1990までの3回は途上国中心であったが、2000年には先進国も同等以上の精度で森林資源情報をFAOに提供することが義

務づけられた。

途上国の森林資源情報は、各国からの報告と FAO 事業による確認とが併用されているが、サンプリングされる高分解能衛星データ(ランドサットデータ)の数が極めて限られているため、精度は低い。また、10 年に 1 回の観測では、最近の著しい森林開発の現状を適時に捕らえることはできず、対策が遅れる要因となっており、さらに頻度の高い情報収集が求められている。

森林立地環境とその変化

NOAA-AVHRR や SPOT-VGT などの 10 日間合成データなど、全球レベルの衛星データが無償で提供されている。それらのデータから各種のパラメータを準リアルタイムで提供するシステムが生まれているが、森林資源把握では実利用に至っていない。

(2) 森林資源量の実態把握

アジアの森林活動の早期発見

・アジア森林パートナーシップ(AFP)

2002 年以降、毎年数回の会合を開催し、アジア諸国に加えて国際機関等の参加を得て、活動している。ITTO プロジェクトとしても認められ、活動案が具体化してきている段階である。衛星による観測データの提供など、日本への期待が極めて大きい。日本が国際公約によってリーディングしている分野であり、一層の活動強化が求められている。森林火災早期発見システムの運用は日本の関連活動として位置づけられている。

・アジア東部地域森林動態把握システム整備事業

アジア東部地域において、森林の減少と劣化が著しいとされているが、その詳細な実態は把握されていない。そこで、林野庁はその実態把握と対策に資するため、衛星データを利用して森林劣化の現況を効率的に把握する解析技術の開発および、その解析結果を基に森林の将来予測を行う技術開発等を実施している。SPOT-VGT とランドサット ETM を組み合わせた解析をシステム化し、毎年シベリアからインドネシアまでを対象としている。成果は二国間ベースで出しているが、最終的にはアジア東部地域全域をカバーするものである。ただし、事業年度が平成 13 年度から 17 年度までの予定で、長期継続性の保証はない。

・熱帯林管理情報システム整備事業

15 年程度前には東南アジア地域の熱帯林資源の現況に関する信頼できる情報がほとんど無かった。そこで、ランドサット衛星データを用いて、各国の森林資源図を作成するとともに、その技術に関係国に伝え、処理システムを提供することを目的として 11 年間(平成 2 年 - 12 年)のプロジェクトを行った。東南アジア 8 カ国において各国の森林管理における森林分類項目に従って、衛星データによる森林分布図

を作成した。合計面積は日本国土の 5 倍以上にあたる約 2 億ヘクタールの森林分布図を作成し、FAO の 2000 年世界森林資源評価では各国からの森林情報として利用され、高い評価を得た。しかし、その後のサポートはされていない。

・農林水産衛星データベースシステム

農林水産省では農林水産衛星データベース(SIDaB)を運用し、NOAA、GMS、MODIS、DMSP などのデータをほぼリアルタイムでアーカイブし、登録者に無償で提供している。このシステムは利用者に計算機資源まで提供している点がユニークである。利用者は必要な演算を依頼し、その結果を得ることができるため、大きな計算機システムを持たない利用者にとってメリットは大きい。さらに容量の大きなネットワーク網の整備が内外から強く要望されている。東南アジアの森林火災早期発見もこのデータベースをもとにした準リアルタイム処理で運用されている。

熱帯天然林のバイオマス量

先進国の統計データの解析により針葉樹天然林の蓄積推定法は開発されているが、統計データが極めて未整備である熱帯天然林におけるバイオマス推定法は確立していない。

森林域の水資源量

衛星データでは水分指数を利用して森林表層(樹冠部)での水分状況を面的にモニタリングする手法が開発されている。また、森林の持つ水環境保全機能に関しては、流量、蒸発散調査などが日本のいくつかの流域試験地で行われている。海外に於いては、カンボジアの森林流域を対象に水循環素過程モデル開発のための長期観測が行われている。しかし、全国レベルでの森林の水収支観測は不足しており、東南アジアにおける水循環観測ではその継続性が保証されていない。

(3) 植生の多様性把握

林分構造と樹種構成

・森林資源調査事業

日本の森林資源調査は林野庁が調整機関となって、林野庁と都道府県が国内の森林資源調査および林業動向調査を行っている。森林資源情報を 5 年に 1 度見直し、地域森林計画等の施策計画に反映させるため、主な情報として航空写真が使われている。航空写真が使われるのは、日本の森林管理単位である林小班が極めて小さく、民有林では 0.1ha に満たない林分が多いために、ランドサット等の衛星データでは管理情報として必要とされている精度が得られないことも大きな要因である。しかし、実際の森林調査簿(森林簿)データは成長式をあてはめて推定されており、実測するプロット数が減っているために精度の低下が問題となっている。世界的な公表資料と

して日本の森林統計を求められた時に、信用を得られる精度が得られていないのが大きな問題である。

・国家森林資源調査法

欧米で進んでいる国家森林資源調査法(NFI)は、メッシュ交点の状態を観測することで統計的に森林の動向を全国規模で把握する手法であり、航空写真や衛星データの利用と結びつきやすい。日本でも4kmメッシュ交点での森林調査を導入しはじめたところであり、衛星データ等のリモートセンシングデータの併用が期待されている。しかし、例えば、森林伐採の割合を県に義務づけている伐採調査業務などでは、通達による指示のために衛星データの利用が実質上認められていないことも、その利用促進の障害となっている。

脆弱地の監視

・マングローブ林

マングローブ林での生態学的な地上調査は時間がかかりすぎる。また、エビ養殖のための開発や、炭焼き利用の実態を捉えるために、情報の短期的な更新が必要である。マングローブ生態系や山地植生の生態系に関する研究は日本がアジアをリードしている分野であり、住民の生活空間の確保や貴重な生態系の維持のために、日本として当面国際共同を強化すべき課題である。

・山地生態系

個別の山地において、山地林の環境評価を対象とした研究が行われ、成果が蓄積されている。また、調査対象高地林の地理的分布の偏りがあるが、多数の山地における生態学的な地上調査では時間がかかりすぎる。そのため、衛星等による広域観測が必要である。アジア地域の山地植生の生態系研究に関しては我が国がリードしている課題である。

(4) 森林における炭素固定量の把握

蓄積量および生長量

温暖化防止条約における京都議定書に対応するため、林野庁(森林総合研究所受託)では1990年に近い年の航空写真から全国の森林基盤図を作成する全国森林基盤情報整備事業を行っている。これは、全国のデジタルオルソフォトを縮尺5千分の1で作成するものである。使用する航空写真は1990年前後のもので、5年に1度林野庁と国土地理院が撮影しているものを利用し、矩形ごとに合成したオルソフォト基本図を作成する。京都議定書が求めている1990年12月末の状況とは数年の違いがある場合が生じるが、現在利用可能な確度の高い情報源は航空写真であり、やむを得ない。経費と時間がかかり、今後継続する計画は無いがこの方法が採用された理由は、森林調査簿(森林簿)に記載されている情報が正確でない林分が非常に多いためである。

(5) 森林被害・回復

森林火災被害の軽減

インドネシアにおける森林火災被害の軽減に資するために、「森林火災の早期発見」、「火災対策への住民参加」、「火災に強い森林の育成」の3つを目的として、1996年に国際協力機構(JICA)のプロジェクトが開始された。衛星観測システムは1997年に導入され、1997年-1998年のインドネシアでの大規模森林火災のみならず、日頃の森林火災対策で活躍している。特に、スマトラおよび西カリマンタンでは、現地との共同による活動が続けられ、森林火災の発見から地方の森林管理事務所への通報、消火活動までがシステム化された。また、森林火災警戒のために、NOAAの植生指数と輝度温度データによる森林火災延焼危険度図も作成・利用されるようになった。ただし2006年度までの予定で、継続の保証はない。

酸性雨等被害早期発見

日本全国の約1000カ所で、降雨、酸性降下物の観測と森林植生の健全度評価を行っている。樹木の健全度判定に個人的な判断の差が反映する場合もあるが、全国規模の貴重なデータとなっており、その観測の継続が求められている。また、観測情報を面的に広げて森林の健全度評価を行うためには、衛星データ等の併用も必要である。

マツクイムシ被害は未だ衰えず、大きな被害を及ぼしている。被害の単木レベルでの迅速な把握が不可欠であり、人の眼に触れないような場所での被害も把握する必要がある。そのため、ランドサットレベルでは地上分解能と、時間的なタイミングの問題から実用化に至っていないが、1m級の分解能を持つ衛星データが脚光を浴びている。

生物被害早期発見

主に地上調査により行われており、インターネットによるデータベース化と公表体制ができている。しかし、その調査には高度な専門知識が要求されている。衛星からの監視体制の開発が期待されている。

豪雨災害発生危険流域の災害予測

森林の持つ様々な国土保全機能を評価できる情報の取得が、農林業および都市環境の維持のために必要な森林配置計画で求められている。特に、国際河川における流域管理では、関係国間の河川利用を調整するためにも水涵養機能に関する科学的情報が待たれている。また、大流域での土壌浸食や土砂流出の予測・評価法が確立していない。そのための観測体制も整備されていないが、住民の生命や財産権に関わる問題であるため、早急に対応すべき課題である。

砂漠化ポテンシャルと土壌流出危険度の監視

農林水産省研究計算センターの衛星データベース(SIDaB)を利用して、中国東部における砂漠化と農作

物の乾燥害を広域に把握した例がある。また、日本への黄砂の飛来も社会問題となっており、砂漠化の監視のために定常的な監視体制が必要である。

(6) 林産物資源の耐久性

・耐久性に関わる環境要因の観測

紫外線強度等の気象データの定期観測を行っているが、屋外に使用される木質材料の劣化等にかかわる長期観測や経時観測、広域観測はほとんど行われていない。また、建材に大きな被害を与える気象環境と、シロアリや腐朽菌の生息域の変化、および木質材料の被害分布の把握なども、ほとんど行われていない。

8-3-3. 問題点のまとめと重点化の視点

森林資源は変化が急であり、観測ニーズが求める実態情報がタイムリーに捉えられていない。特に、土地利用が複雑化し、単位面積が小さいことと、季節変化の様相が地球上でいつも異なることが、実態把握を困難にしている。FAO が行っている世界規模の森林資源評価でも、サンプル数が不足するなど、正確な森林資源情報の取得に至っていない。また、現在は10年ごとの情報更新であるが、急激に社会情勢が変化しており、さらに調査周期の短縮が求められる。森林火災も深刻で、地球規模の環境変化の影響も見逃せない。早急な対策が可能となるように、途上国におけるデータ利用システムを先進国が協力して整備することも必要である。東南アジアにおいて、日本が関わってきたプロジェクトも多々あるが、二国間で行われてきており、その成果である海外の森林情報を日本では利用できない状況である。これらのプロジェクトを国際的な活動として位置づけ、ある程度の情報の公開を行えるようにすることも必要である。

森林資源は、単に木材資源という観点だけでなく、地域レベルから地球レベルの環境資源としても大きな要素である。そのため、世界との協調活動が求められる。また、環太平洋での木材資源の流通は閉じた関係にあり、その中で日本は最大の輸入国である。この地域の森林管理で大きな問題を持つ地域は東南アジアであり、世界的にも注目されている。そのため、日本としてもこの地域の森林資源情報の的確な把握に貢献するべきである。

活動の優先度に関しては、国際公約あるいは同等の国際協調活動を既に取り決めているものが優先されるべきである。具体的には、「アジア森林パートナーシップ(AFP)」における、違法伐採、森林火災、荒廃地回復の3テーマに関する活動は不可欠である。森林火災の活動はある程度実行されているが、森林伐採の準リアルタイム把握など、関係国からの強い要望で提案された「衛星による森林経営情報の提供」などは優先的に推進されるべきである。また、京都議定書にかかわるCO₂固定への利用も早急に実用化を図る必要がある。日本では、FAOなどで利用され

るようにシステムティックな森林資源調査法を確立することが肝要であるが、同時に森林情報の適切な維持、更新をシステム化することも重要である。

8-3-4. 今後の観測項目

(1) 世界の森林地帯の実態把握

世界共通の基準・指標に基づく森林地帯の監視は大きな国際問題であり、衛星を主体とする周期的な観測システムの充実が重要である。とりわけ、森林の健全性の観測は生物多様性の保全や貴重種の保存にも関わる重要な問題である。森林の健全性や立地環境の把握には、センサで観測された瞬間のデータだけではなく、時系列情報が極めて重要となる。そのために、高頻度観測衛星データから季節変化を含む変動情報を得て、異常をいち早く察知できるようにすることが必要である。

(2) 森林資源量の実態把握

違法伐採問題は「アジア森林パートナーシップ」で取り上げられている3つの課題のひとつであり、アジア地域における森林疲弊の最大の原因とも言われる。違法伐採把握には、対象地のGIS(地球情報システム)情報に加えて、違法伐採行為を取り締まれる迅速なデータ処理システムの整備が不可欠である。観測頻度にかかわる時間分解能の向上とデータ処理の自動化も必要であり、空間分解能は地球観測衛星搭載センサーMODIS(250m)レベルの分解能が適している。

アジア地域の森林経営のための基礎資料の取得は、「アジア森林パートナーシップ」で取り上げられている課題である。日本の森林経営では、基本図として縮尺5千分の1が使われているが、アジア地域でも縮尺2万分の1の管理図は必要である。そのため地球観測データとGISの整備等が必要で、主要な観測項目は、森林型、材積、生長量などである。

森林回復も、「アジア森林パートナーシップ」で取り上げられている3つの課題のひとつであり、今後重点的に取り組むべき課題である。森林回復においては人為的な作業が必要になる場合とそうでない場合がある。それらを迅速に把握し、重点的な対策を可能にすることが求められている。そのため、回復期にある植生の遷移段階とその遷移変化スピードをモニタリングするシステムが必要である。センサとしては、稚樹の段階における観測能力と年々の材積増加量の計測能力が必要である。

とりわけ、京都議定書関連のCO₂固定量把握では、1990年以降に植栽された林分が対象となるため、2008年～2012年の第1約束期間では林分面積も小さいが林齢も若いため、従来の観測センサでは材積成長の把握は極めて困難な時期であり、数10センチの空間分解能が必要である。

(3) 植生の多様性把握

森林資源の管理情報として森林調査簿(森林簿)情

報の正確さを向上させる必要がある。最低限必要な情報は、管理単位の情報(林小班界)、樹種、林齢、樹高、胸高直径、材積など6つの項目である。このうち人工林では、前3項目に関しては森林調査簿データ等で入手可能な体制が整うであろう。問題は、成長による材積の変化にかかわる項目である。森林管理においては、間伐等の施業が不可欠であるが、全国的に手当がされておらず順調に生育していない森林が増加しているため、自治体としてもその状況を効率的に把握する手段への要望が高い。材積に関する情報が直接的に計測できる SAR(合成開口レーダー)等を利用したシステムの長期運用が望まれる。

世界の森林情報と同等精度のデータを提供するために、統計的に全国の森林状況と動向を調査するシステムを導入する必要がある。そのため、全国に4km格子点を設定し、その点に関して継続的に森林調査を行い、全国規模での森林の生長と、開発、環境影響などのモニタリングを行う、いわゆる NFI(National Forest Inventory)と呼ばれる全国規模の森林資源調査システムを導入しようとしている。4km メッシュ交点での第1次調査はほぼ終了した。この方式は従来の林小班方式の森林情報システムとは全く異なる概念によるものである。今後はリモートセンシングデータを併用した森林モニタリングを行うことが容易となることが期待され、日本の森林資源管理における当面の最重点課題である。

(4) 森林における炭素固定量の把握

航空機に搭載するライダー等によって森林の3次元計測を行い、サンプルとした森林の物理パラメータを取得する。この技術を用いて定期的に森林を観測し、調査簿データを更新することは極めて有効である。さらに、これまで1本1本の成長記録を付けてきた固定試験地が日本に百箇所程度あるが、それらの計測データを併用する仕組みを作ることにも林分における炭素固定量等の物理パラメータの取得に極めて有効である。

(5) 森林被害・回復

森林火災の早期発見に関しては、ほぼ確立されている。今後はさらに林床の可燃物量とその乾燥度の推定に基づく森林火災の予測ならびに被災程度のより詳細な把握が求められている。マツクイムシなどの病虫害被害対策では単木レベルでの樹木の被害把握が有効である。病虫害被害の把握に適した波長のデータを観測する超高分解能光学センサが早急に求められている。森林の持つ様々な国土保全機能を評価できるような情報の取得が求められている。また、国際河川における流域管理では、関係国間の河川利用を調整するために、河川流量と共に降雨量および森林の蒸発散量観測が重要であり、林分単位での蒸発散量を継続的に直接計測できる観測システムが必要である。また、降雨量の観測データと砂漠化に伴う土壌浸食などを計測する観測システムが必要であ

る。

8-3-5. 今後の地球観測のあり方

(1) 世界との協調プログラム

国際農業研究協議グループ(CGIAR)との関係

森林分野では唯一の国連研究機関である森林研究所(CIFOR)には地球観測に積極的に関わる部署が欠けているが、世界共通の情報ソースとして地球観測情報が求められているため強化を図る必要がある。CIFOR が地球観測技術を用いた森林資源探査の国際拠点となることを日本として積極的に推進するべきである。

アジア森林パートナーシップ(AFP)

AFP は日本とインドネシア政府との提唱により、2002年のWSSD(持続可能な開発に関する世界首脳会議)で正式に発足した。アジア地域の持続可能な森林経営を推進することを目的として、違法伐採、森林火災予防、荒廃地の回復(植林)などの活動において、協力活動に取り組むこととしている。具体的な取り組み事項として、衛星データを用いた森林経営の基礎資料の提供、森林火災の防止と抑制のための研究、情報交換、衛星データ・地図の活用等があげられている。アジア地域への対応においては、この森林パートナーシップ関連の問題への対応を最優先し、活動を集中する必要がある。

(2) 末端ユーザの状況への対応

システム構築においては、常に末端利用者の要求を汲む必要がある。特に、農林資源関連においては、末端のインフラストラクチャーの整備状況が情報実利用の障害となっているケースがよくあり、今後も当面は大きな変化は見込めない。その状況で利用できなければ、役立つとは言えない対象がある。ユーザの環境を配慮したシステム化が必要である。

(4) データ処理の集中化と利用の拡大

末端での地球観測技術の利用を促進するためには、衛星データの解析はある程度の集中化も必要で、高次処理データの提供が求められる。アジア地域においては、農林水産業研究計算センターにおける衛星データベース(SIDaB)をセンターシステムとして地域的な情報提供拠点となるノードを各国に整備することが適切である。一方、農林資源管理における地球観測情報の利用拡大には、現場での利用が不可欠であり、広範な教育・能力開発が求められる。とりわけ、母国語による教育が不可欠であるため、最低でも国単位での教育施設が必要である。我が国としては、そのような施設における教育者、指導者の養成に主眼をおくべきである。

(5) 組織的・継続的対応

農林資源把握では事業ベースでの展開が念頭にあることが多い。そのためには、長期継続的な対応が確保されることが必要である。例えば、農地劣化の

進行のようすも長期観測から把握されるもので、その対策と効果を監視・評価するためにはさらに長い期間が必要である。また、京都議定書にかかわる CO₂ 問題では 1990 年の森林状況をベースにして、2008 年から 2012 年の二酸化炭素固定量を計測することになる。これらのことから、少なくとも、20 年間の継続性の確保が望まれ、確固たる組織としての対応が不可欠である。

(6) 日本によるアジアの森林資源調査

アジア東部地域においては、平成 2 年から 11 年間続いた熱帯林情報整備事業以降、継続してこの地域の調査が行われている。現在は温帯、亜寒帯を含む国々も含めたアジア東部森林動態把握システム事業を進めており、この地域の森林資源調査では類をみない活動である。今後もこの地域の森林資源探査は日本がリーディングして継続するべきである。

8-4. 農業資源分野

食糧問題と地球環境問題にかかわり、人間生活と密接な関係にある分野であるが、先進国と開発途上国で問題を大きく異にしていることが多いのも特徴である。

日本の食料・農業・農村基本法には、「国は、世界の食料需給の将来にわたる安定に資するため、開発途上地域における農業及び農村の振興に資する技術協力および資金協力、これらの地域に対する食料援助その他の国際協力の推進に努めるものとする」とある。このような観点から農作物の生産に関わる地球観測の要望が生まれている。とりわけ、アジア地域における収穫量と土壌劣化の実態把握およびその予測への地球観測技術の利用が重視されている。生育を観測するために生育期間におけるタイムリーな情報が必要となる。また、日本を含め、アジアの農地は単位面積が小さく、地上分解能の高い観測が求められる。

8-4-1. 観測の目的とニーズ

(1) 農業生産地の実態把握

農地面積とその変化(全球 50 万分の 1 の土地利用把握)

1966 年世界食料サミットで 2015 年までに世界の食糧不安を半減させる合意がなされており、その達成のために各国が早急に努力強化することが求められている。まずその基礎資料となる世界の農地面積とその変化を捉える必要があるが、全球レベルで縮尺 50 万分の 1 相当の農地分布図が必要とされている。

アジア・アフリカでの土地利用と植被変換(林地、農地、砂漠化)

2002 年の環境開発サミットにおいても、飢餓・貧困撲滅の重要性が確認されている。食糧生産性と炭素循環の両面から、また生物多様性等生物資源劣化の面からも土地利用の実態と森林から農地、草地、

あるいは荒漠地への変化の実態を捉え、対策に生かすことが重要である。

灌漑農地の把握、ダムなどの灌漑施設の把握(水量観測)

2003 年の第 3 回世界水フォーラムの閣僚宣言において、農業用水管理に関する研究開発と国際協力が奨励された。実際、国際河川などでの水問題は関係国が精力的に対応する必要があり、水利用セクター間の競合を合理的に調整する科学的根拠を与えることが求められている。

慣行の作物栽培手法の把握

農地は耕作する農作物の種類や、耕作方法、管理方法に寄ってさまざまな影響を受ける。それによって、水利用や期待できる収量も変わる。また、リモートセンシング等で観測されるデータも耕作方法の特徴を反映したものとなる。そこで、土地利用判別手法や作物収量予測手法の精度を上げるためには、慣行の作物栽培手法を把握し、データベース化しておく必要がある。

人口、生産、食糧供給にかかわる社会経済データ

人口の急激な増加と生活タイプの変化は農林資源への大きなインパクトとなっており、土地利用における紛争をも引き起こしている。また、農地劣化などが単位面積あたりの食糧生産量を減少させたり肥料の投与の増加をもたらしている。今後の農林資源の予測と問題点の摘出を行うためには、その実態を正確に把握し、国レベルの統計の精度を向上させる必要がある。

(2) 生産量把握

アジアの農作物作付け種類と期間、面積

世界的に食料の安全を高め、2015 年までに貧困を撲滅するという目標を達成するために、世界全体で農業に使用する水の量を 2000 年の水準を上回ることなく食料を増やす世界的な取り組みがなされている。この問題を支援するために、国際農業研究協議グループ(CGIAR)はパイロット・チャレンジプログラムを発足させた。日本としては、特にアジアとの関係を強化し、生産量確保との関係が大きい農作物の作付け種類と期間、面積などに関わる情報を時系列的に取得する必要がある。

穀物収量と収量予測

2003 年の G8 エビアンサミットにおける G8 行動計画で、「開発途上国の農業生産性を向上させるため、国際農業研究協議グループ(CGIAR)の重要な役割をサポートする」旨の宣言を採択した。また 2020 年までに 7 億トンの穀物増産が必要とされており、穀物収量に関わる実態のモニタリングとその予測能力を高めることが求められている。

(3)農地被害

病虫害・冷害予測

地球温暖化や酸性降水等、農地を取り巻く環境は著しく変動しており、病虫害被害や、気象害の多発が懸念されている。農作物の安定的供給の確保のためには、作付けされた農作物が生育期間において、大きな被害を受けることを予測・予防することが必要である。例えば日本における稲の病虫害や冷害は食糧需給に深刻な事態を招くおそれがあり、集中した監視体制が必要である。

乾燥度、砂漠化とその時系列変化

砂漠化は地球環境変動における降雨パターンの変化によって進むが、人間活動がそれを加速させることもあり、農業生産活動が問題とされることもある。気象要因だけであっても、例えば麦、その他の主要穀物の乾燥害は食糧需給に極めて深刻な事態を招くおそれがあり、集中した監視体制が世界的に必要とされている。とりわけ、日本が常時農作物を輸入依存している国の今後の動向予測は我が国の食料安全上も極めて重要である。

(4)農地劣化

土壤劣化程度

農地の劣化は世界的に大きな問題となっているが、その原因は砂漠化の影響や灌漑農法による塩類集積などである。農作物の安定的供給の確保にとって、作付けした農作物が利用できる土壤栄養分と水分に関する情報が不可欠である。

焼畑対象地域の面積とその変化

森林と農地との関係を持続的に維持してきた伝統的な焼畑から商品作物を栽培する形態へと変化してきている地域が多く見られる。そのため、焼畑移動耕作の対象となる地域が拡大し、森林と土壤の劣化をもたらしている。また、十分な土地が得られない場合は耕作周期の短期化が見られるなど、焼畑地域の荒廃が加速的に進んでいる地域が広がってきている。焼畑の拡大は周辺の水環境や土砂流出などへの影響もあるため、部族間でのトラブルに発展しているケースもあり、その対策のためにも焼畑地域の動向把握は持続的、安定的な農林業にとって不可欠である。

農業適地評価

土地の最適利用計画は国家政策と結びついており、全国規模の土地利用計画策定のための立地評価が必要である。林地、農地、市街地などの土地利用の実態と、土地の自然環境特性を勘案した上での最適配置に関する科学的情報が求められている。

8-4-2. 観測の現状

(1)農業生産地の実態把握

農地面積とその変化(全球 50 万分の 1 での土地利

用把握)

世界の農地面積は FAO が集計しているが、精度が国ごとに均一でないのが現状である。また、集計による実態把握に時間がかかるため農業生産の管理に関わる情報がタイムリーに得られていない。

アジア・アフリカでの土地利用と植被変換(林地、農地、荒漠化)

アフリカでは旧宗主国が主に土地利用情報の取得を継続してきたが、最近では林地と農地などの実態が把握されていないところが増えてきた。そのため、食料・貧困対策のための調査情報が欠如しているところが多く、先進国の協力強化が不可欠となっている。

灌漑農地の把握、ダムなどの灌漑施設の把握(水量観測)

世界銀行などの援助による開発や、FAO パイロットプロジェクトなど、個々の灌漑開発に関する情報はあがるが、世界的にはその実態はほとんど不明である。また、河川における水供給不足等、開発以後の灌漑施設の実利用上の問題点の把握が重要となっている。

慣行の作物栽培手法の把握

慣行の作物栽培手法に関しては、各種報告書や普及機関が発行する印刷物の形で散在しているのみで、衛星による土地利用判別手法や、収量予測手法の検証としてはほとんど利用できるものとなっていない。

人口、生産、食糧供給にかかわる社会経済データ

人口、農業統計などは各国独自の集計処理を行っている場合がほとんどであり、制度としてはほぼ定着している。しかし、統計的な手法として確立している場合でも、その集計頻度が少なく、急激な変化をしている地域で対策が手遅れになる可能性が高い。

(2)生産量把握

アジアの農作物作付け種類と期間、面積

農地面積や作付け種類別面積は各国で集計されているが、農地としての登録と実態が合わないなど、精度が不均一である。日本でさえ農地としての届け出と実態とが齟齬をきたしていることが目立つようになってきた。なお、作付け期間内に何度か情報を得る必要があるため、処理の自動化をすすめることが必要である。

穀物収量と収量予測

収量統計は、一般に市場での取引で推定されている場合が多く、実態と合わない。また、耕作物の観測時期にあったタイムリーかつ高分解能での観測が必要である。世界的には LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment) や AgRISTARS(Agriculture and Resources Inventory Survey Through Aerospace

Remote Sensing)などが試みられたが、日本に適した手法がいまだに確立されていない主な要因のひとつは、農耕地の単位面積が小さいことである。

(3)農地被害

病虫害・冷害予測

日本において生育診断予測システムが試案されているが実用化に至っていない。また、衛星の植生指数(NDVI)データ等を用いた農地干ばつ推定モデルが作られ、研究ベースで評価されている。被害監視には準リアルタイムでの観測が必要となるが、日本の耕作地単位での把握が可能な高分解能衛星が必要である。

乾燥度、砂漠化とその時系列変化

衛星の NDVI データ等を用いた農地干ばつ推定モデルを作ってその有効性を評価した研究がある。実際の運用には準リアルタイム観測が必要であり、システム化が待たれている。

(4)農地劣化

土壤劣化程度

単位収穫量の変化による統計的な情報のみで、属地的な情報となっているものは少ない。また、気象・水資源・植生・土壌・土地利用実態等、地上での連続あるいは定点観測が少なく、明確な基準情報が不足している。広域観測のためには衛星データとの併用が必要となるが、土壌観測に適切なスペクトル観測能と地上分解能、観測頻度を持つシステムが運用されていない。

焼畑対象地域の面積とその変化

焼畑に関する統計的なデータは、民俗学的な見地からの調査や地域的な調査に留まることが多く、国レベルでの実態が把握されていることも少ない。山地の焼畑は森林や周辺農地の環境変化に与える影響が大きく、その実態を把握し、適切な管理に活用する必要がある。

農業適地評価

農業適地評価の具体例としては、都市住民を移住させたインドネシア移住地開発事業における RePPPProT プロジェクト(Regional Physical Planning Programme for Transmigration)などがある。FAO では「土地評価の枠組み」を設定するなどその重要性は世界的に認識されている。しかし、その評価においてはリモートセンシングデータを活用できる評価項目が少なく、広域での評価を困難にしている。

8-4-3. 問題点のまとめと重点化の視点

世界の食料需給の将来にわたる安定に資するために様々な取り組みが世界的な協調の中ですすめられている。同時に、飢餓・貧困撲滅も食糧生産性と炭素循環の両面から、また生物多様性等の生物資源劣

化の点からも重要である。しかし、その実態が世界的に把握されていないことが大きな問題である。

食料サミット等の国際的な活動への貢献を図りつつ、食糧生産性と炭素循環、生物多様性等の生物資源劣化などの観点から我が国としての重点化を図る。

8-4-4. 今後の観測項目

(1)農業生産地の実態把握

全世界の農地面積とその変化の把握では、周期的かつ広域の観測能をもつ衛星による面積計測と地上調査による検証が必要である。また、統計的なデータと照合して、統一的な基準による評価を行うことも重要で、衛星リモートセンシングによる土地利用の定期的観測と GIS の活用技術の促進を図ることも求められている。

生育環境にとって重要な水問題に対処するためには、灌漑施設・システムの調査と併せて、SAR 等によるダムなどの水位観測、河川流量観測等による水供給量の観測、衛星による降雨量とその積算量計測も行わなければならない。さらに、散在する栽培手法のデータベース化や、社会統計データ取得のシステム化の促進と自然系データとの統融合にも取り組む必要がある。

(2)生産量把握

農業資源において、生産量の把握は最も重要である。そのため、高頻度衛星によるアジアの作付け地の計測や、食料不安定地での静止衛星による作況の常時監視など衛星データの周期的、広域的観測能の活用が期待される。さらに、地上観測による検証が必要であるが、衛星や航空機による農作物種と生育状況の準リアルタイム計測のシステム化が求められている。また、スペクトロメータの多バンド観測による収量予測技術は、衛星観測にも信頼性の高い情報を与えることが期待できるものである。天候に左右されずに農作物の生育状況を監視するために、高分解能多周波 SAR による定期観測のシステム化にも取り組むべきである。いずれの観測もタイミングが必要となる。

(3)農地被害

生育量把握と同時に行えるようにシステム化されるべきであるが、衛星及び航空機による準リアルタイムでの生育状況計測の実用化が待たれるところである。特に、植生の健全度に関わるスペクトルを監視できる多バンドスペクトロメータによる観測を利用して、病虫害の前兆を監視できるようにすることが期待されている。また、乾燥害に対処するためには、周期的な観測能の高い衛星と、地上観測による準リアルタイムの土壌水分計測が必要である。

(4)農地劣化

農地の劣化は世界的に大きな問題となっているが、

劣化の進行は作物種とその耕作方法および気象環境によって主に左右される。そこで、これらの状況を監視する必要があるが、衛星や航空機による土壌有機物観測、衛星による地表温度の定期的観測がまず求められる。観測システムとしては気象・水資源・植生・土壌・土地利用等の実態把握と地上での連続あるいは定点観測を組み合わせることが必要である。

農地劣化の早期発見には耕作種と農地状態の季節変化の異常を捉えることが必要であるため、ALOS(陸域観測衛星)搭載等の高分解能センサによる多季節観測による植生の生育環境評価を組み入れるべきである。また、農地への圧力を推定・予測するために、流域レベルでの人口、農作物統計、家畜頭数など人文・経済学的データの集計と統合も不可欠である。

8-4-5. 今後の地球観測のあり方

(1) 世界との協調プログラム

・国際農業研究協議グループ(CGIAR)との関係

農林業関連のCGIARは複数あるが、これまでも日本の研究者が多面で係わってきた。地球観測では、そのような国際的な活動との連携が重要である。

農業分野ではCGIARによる「水と食料」などのパイロット・チャレンジプログラムがある。地球観測は世界で共有できる技術であり、情報を広範に共有することによって食糧供給と貧困対策への貢献が求められている。

(2) データ処理の集中化と利用の拡大

末端での地球観測技術の利用を促進するためには、衛星データの解析はある程度の集中化も必要で、高次処理データの提供が求められる。アジア地域においては、農林水産業研究計算センターにおける衛星データベース(SIDaB)をセンターシステムとして地域的な情報提供拠点となるノードを各国に整備することが適切である。

一方、農林資源管理における地球観測情報の利用拡大には、現場での利用が不可欠であり、広範な教育・能力開発が求められる。とりわけ、母国語による教育が不可欠であるため、最低でも国単位での教育施設が必要である。我が国としては、そのような施設における教育者、指導者の養成に主眼をおくべきである。

8-5. 海洋生物資源分野

8-5-1. 観測の目的とニーズ

海洋生物資源で扱う範囲は水産資源とそれを支える生態系要素として栄養塩、植物プランクトン、動物プランクトン、さらには水産資源や人類活動に有害な赤潮・有害生物とする。これらの構成要素は生態系の中で互いに関連しており切り離すことが出来ないだけでなく、地球の温暖化や海洋における生物多様性と関連している。

観測のニーズとしては第一に食糧問題、漁業経済問題が挙げられる。水産資源・海洋生物資源はマイ

ワシやカタクチイワシの資源変動で明らかになったように、数十年スケールの海洋・気象変動及び漁獲などの人類活動で主に決まっており、現在の技術では人間が完全にはコントロールすることが困難である。従って、精度の高い観測と解析を実施し、予測とそれに伴う資源管理施策を実施する必要がある。また沿岸域では栄養付加、汚染物質、沿岸構造物など人類活動の影響が大きく影響する海域であるが、有明海のノリ問題で明らかのように過去の記録なしには、自然現象の一部なのか人為起源なのか容易に解明できない。また沿岸域は人類にとっての地域環境の中でのアメニティ及び水質浄化機構としての価値も高くなっている。これら海洋システムが人類に提供する経済的価値は年間21兆ドルに達し、陸圏システムが提供する価値の1.7倍に達すると推定されている。

海洋生物、特に、植物プランクトンとそれを沈降・分解する生物は二酸化炭素の挙動と密接に関連している。海洋は地球の70%の面積を占め、少なくとも人類起源二酸化炭素の50%以上を吸収している。植物プランクトンは二酸化炭素を光合成により吸収し有機物を合成し、食物過程は合成された有機物を深層へ沈降させる。また雲核の基となる硫化ジメチルやオゾンの分解に関与するハロゲン化有機炭素化合物の生成に深く関与しており温暖化予測、オゾンホール問題に対してはもっとも重要な観測項目の一つである。

食糧問題や地球温暖化問題は、生き残り繁栄を続けたいと言う、いわば人類のエゴイズムに起因する問題であるのに対して、生物多様性を維持することは他の生物にも生存する権利を認めようとする我々のモラルに属する問題である。しかし遺伝子資源まで含めた生物多様性は一概にモラルに属するとは言えず、将来的には貴重な生物資源であり、単一生物による環境の占有はウィルス感染を含めたカタストロフに陥りやすい。従って出来る限り生物多様性を維持し、モニターし続けることは、環境指標として、また生物資源の維持として重要である。

8-5-2. 観測の現状

(1) 国際的状況

水産資源の観測および管理施策は基本的には各国が経済水域内で独立して行っている。基本情報としては漁獲量があり、各国から集計された対象種ごとの漁獲量はFAOに集められFAOはこれらの情報をまとめデータベースとして公開する一方2年に1回、解析を加え問題点を指摘する報告書を出している(The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA))。近年の報告書では資源管理施策に、単一資源を管理するのではなく、複数種、生態系を管理することの必要性が強く指摘されており(Ecosystem approach)、このためには栄養塩、プランクトン、高次捕食者まで含めた観測が必要なことは明らかである。また、公海に生息し、複数国の経済水域を生育

場所とする資源，例えば鯨類，マグロ類，鮭鱒類では，2 国間または関係する諸国が組織をつくり，観測の設計や管理に当たっている(IWC(国際捕鯨委員会)，NPFC(北太平洋遡河性魚類委員会)等)。

一方，プランクトンなどの低次生産生物や栄養塩などの観測の設計やデータの流通は国際的に系統だったものではなく IOC(政府間海洋委員会) SCOR WCRP, IGBP, DIVERSITAS (国際生物多様性研究計画) などで策定される科学プログラムにおいて実施される場合が多い。科学プログラムの中ではプロセス研究の占める割合が大きい，多くの時系列観測(BATS: Bermuda Atlantic Time-series Study, HOTS: Hawaiian Oceanographic Time-series Ocean Study, KNOT: Kyodo North Pacific Time-series)や海盆スケールの繰り返し断面観測などはこれら科学プログラムにおいて実施されている。海洋生物と関連が深いのは IGBP のコアプロジェクト JGOFS(Joint Global Ocean Flux Study) , SOLAS(International Convention for the Safety of Life at Sea) , GLOBEC(Global ocean Ecosystems dynamics) , LOICZ(Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone)であり，それぞれ炭素循環，大気海洋相互作用，水産資源，陸・海洋相互作用をテーマとしており，観測，プロセス研究，モデル構築を通して地球システムの理解と将来の予測を目的として活動している。JGOFS は 2003 年に多くの成果をもたらした終了したプログラムであるが，上記の時系列観測の立ち上げと維持が行われ，太平洋においては NPTT が設立され，日本，台湾，カナダなどが参加し時系列観測(KNOT)や数々のプロセス研究を実施してきた。JGOFS の活動の一部は新しく立ち上がるコアプロジェクト IMBER(Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research)に引き継がれる予定である。基本的にこれら科学プログラム内で観測・取得されたデータはプログラム内でのモデルや統合に用いられる一方，データ集として公開され，NODC などのデータ集積機関にアーカイブされている。

海盆スケールでは PICES(北太平洋の海洋科学に関する条約機構)，ICES(北大西洋の海洋科学に関する条約機構)などが存在し，観測の調整や情報流通に寄与している。日本が加盟する PICES には日，米，加，中，韓，露が加盟し地球観測に関与する部分としては，CCCC(Climatic Change and Carrying Capacity Program)プログラム，モニタリング委員会で観測計画の調整，相互検定などを行い，CPR(連続プランクトン採集装置)による，鮭回遊路におけるプランクトンの連続モニタリングを実施している。CPR を用いた観測は大西洋を中心に 1970 年代から続けられており，衛星などではモニターできないプランクトン生物を密度高く海盆スケールで観測する有効な手段として，全球的な観測に広がる動きがある。また情報やデータは TCODE(Technical Committee on Data Exchange)を通じてその流通が図られている。さらに，数年に一度，一般，政策決定者向けに，北太平洋の

海洋物理，気象，生物，資源の動向をまとめた Ecosystem Status Report を出している。同様の報告は大西洋，南大洋においても存在する。

沿岸の赤潮生物の観測に関しては IOC の HARMFUL ALGAL BLOOM PROGRAMME などを中心として全球的な観測情報網の構築の試みはあるが，先進国と途上国の格差，および赤潮の負のイメージに由来する機密性から，十分な進展があるとは言えない。また赤潮生物のモニタリングにおいては同定の基準となる文献，遺伝子情報の整備，人材育成が重要であるが，これらの点についても国際プロジェクトが大きな役割を果たしている。

生物多様性の観測・研究に関しては DIVERSITAS と Senses of Marine Life(CoML)が中心的な役割を果たしている。DIVERSITAS がどちらかと言えば陸域を中心とした活動であるのに対し CoML は海洋を対象としている。CoML は，世界の海洋に生息する海洋生物の多様性，分布，個体数を評価し解明するために企画された科学研究プログラムであり，生物資源情報の収集を署名国に求める国際連合の生物多様性の指針に関する枠組み会議(Framework Convention on Biodiversity Directives)に呼応するものである。

(2)国内状況

水産資源の漁獲統計は各都道府県から農林水産省統計局に集計され発信されている。また主要魚種に関しては独立行政法人水産総合研究センターが，漁獲統計と独立した資源調査から資源量推定，ABC(生物学的許容漁獲量)の算定を行っている。当然数々のバイアスを取り除いた推定資源量は漁獲量より水産資源の動向を正確に示すものであり，国際的に資源量推定が同じ基準で行われ流通することが望ましい。いわゆる国際資源に対しても，例えば北太平洋の鮭鱒類に関しては，北海道大学と水産総合研究所が共同で NPAPC(北太平洋遡河性魚類委員会)のもと，30 年以上にわたり流し網調査を継続しており，鮭鱒類のみならず，他の海洋生物の長期変動の解析の基礎を提供している。その他の国際資源に関しては主に遠洋水産研究所が調査，解析を担当している。日本周辺の資源調査に関しては資源評価情報システム(略称：fresco)により集積・流通している。fresco は，水産庁が日本周辺水域における水産資源の回復と持続的利用の科学的基礎となる主要魚種の資源評価を実施するために構築され，全国 10 か所にある水産研究所および 54 か所にある水産試験場から漁獲情報および海洋情報を収集・管理している。

低次生産生物，栄養塩に関しては大学，旧国立研究所(農林水産省，通産省，環境省)，JAMSTEC，気象庁などの複数の機関が事業または研究プロジェクトの一部として行っている。観測としての継続性の長いものとしては，気象庁の定線観測，水産庁の卵稚仔調査，親潮モニタリング観測などがあり，気象庁の定線観測は日本周辺の主な海流域をカバーし 30 年以上の継続性をもって行われている。これらの定

線観測は日本の経済水域の中であり、比較的限られた測定項目(プランクトン現存量、栄養塩)についての観測であるが、外洋域における時系列観測もある。KNOT (Kyodo North Pacific Ocean Time-series)は西部亜寒帯太平洋を代表する観測点であるが、1998-2000 年にプロジェクト研究により時系列観測が実施され、基礎生産、種組成、化学成分、沈降粒子など海洋の炭素循環や生態系変動を研究するために必要な項目が測定された。さらに海盆を横断するような大規模な繰り返し観測においても、プロジェクト研究の一部として貢献している(例えば WOCE P1 Revisit)。これら個々のプロジェクトで取得されたデータは、任意の提出により JODC (Japan Oceanographic Data Center)に集積されアーカイブされる一方、プロジェクト単位などで、CD-ROM や DVD のデータ集として世界へ発信されている。

赤潮生物の発生に関しては各都道府県から調整事務所を経て近隣自治体および水産総合研究センターに報告されデータが集積されている。しかし赤潮被害の情報は風評被害や魚価への影響もあり、公表、データベースの確立には至っていない。

8-5-3. 問題点のまとめと重点化の視点

海洋生態系の予測と変化に対する適切な施策のためには、観測、プロセス研究、モデリングのバランスの取れた発展が不可欠である。日本においては地球シミュレーターの稼働によりモデリングは躍進することが予測されるが、対応する持続的観測やプロセス研究は不十分である。海洋観測分野では統括する組織がないため、重複や欠落、測定の信頼性や測定項目のばらつきが存在する。また国際プログラムとの連携も不十分である。また各機関で取得されたデータの流通経路の確立も不十分であり、多くのデータに関しては任意で提出されている現状にも問題点が多い。

海域としては北太平洋(赤道以北)と日本周辺海域の観測を重点化することが、国際貢献であり、日本、アジア地域にとっての食糧供給、食の安全を確保するために重要である。

人類起源の活動により地球環境は今後数十年間で、過去数十万年経験したことがない速度で変化することが予測されており、この変化は人類の生存、経済活動に深刻な影響を与えることが懸念されている。国益を超えた取り組みを行うことが先進諸国の責務であり、ソフトランディングの唯一の道である。

8-5-4. 特に推進すべき観測項目

(1)太平洋・縁辺海

太平洋は、面積・容積とも最大の海洋であり、そこでの炭素収支、その他の物質収支、漁業生産は、地球環境、経済に大きな影響を及ぼす。太平洋はエルニーニョなど特有の物理・気象現象を持つとともに、海洋大循環深層流の最下流に位置することから他の海洋に比べ珪酸が多く、特徴的な生物相、物質循環

を示す。しかし、大西洋に比べ隣接する先進国が少なく、科学的理解が進んでいない。モニタリング、プロセス研究、モデリングを含めた総合的なプログラムを推進すべきである。特に西部太平洋は、水産資源にとっても重要な海域であるばかりでなく、アジア大陸の土地利用の変化、工業化によって、人為起源物質(黄砂、 NO_x 、汚染物質、有害生物)が大気および海流で運ばれて海洋の生態系を変えつつある。

さらに、鳥インフルエンザやマラリアを典型とするように温暖化や人為的な物流によって東南アジアから病原体を含む多くの生物が北上してきており、現在は亜熱帯に特有の現象であっても 20 年後には日本の沿岸部で頻発する可能性は大きい。国際的な連携をとり、これら生物や化学物質の調査研究、適切なモニタリング体制を構築することは急務である。その典型は東シナ海であり、例えば漁業被害を出しているエチゼンクラゲやハリセンボンの起源は東シナ海沿岸部にあると考えられており、日本単独の調査や対策は困難と想定される。さらに、日本、中国、台湾などが水産資源を共有しているが、その調査・資源管理は協調が取れていない。

また、オホーツク海は渤海とともに南限の冬期結氷海域であり、結氷に伴う中層水の形成は二酸化炭素の吸収、栄養塩の循環を変え、さらにはブッソル海峡海水交換により北太平洋中層水を形成し、生物生産の変化をとらえて、北太平洋全体の生態系、物質循環に影響を与えているが、海域の大部分はロシア海域でモニタリング、プロセス研究は非常に低いレベルにある。注ぎ込むアムール川は海水形成および鉄を含む親生物元素の供給源であり、土地利用や気候の変化により流量、流出パターンの変化が予測されている。さらに気象庁の地域温暖化予測モデルでは、日本周辺ではもっとも顕著な温暖化が予測されている海域である。

(2)持続的モニタリング

海洋は、観測可能な限りでも 1 日から数十年の生態系レベルの変動を示し、かつ気候変化や人為的效果に対して非常に鋭敏に変化する。現生生物が経験したことのない急激な変化が予想される今後数十年間は、海洋化学成分、海洋生物、海象の精度の高いモニタリングを持続することは適切な施策を実行するための最低条件であり、先進国としての義務でもある。

(3)新しいプラットフォームの構築と省力化

自動観測ブイ、係留系、無人航行観測艇、ボランティア船舶関連観測機器、各種センサーなどの新技術は開発されつつあるが、その技術が観測やモニタリングに展開していない。機器の開発も重要であるが、その展開に研究資源の重心を移し、総合的な観測網を確立することを目指すべきである。

現在開発されつつある機器の観測への展開とともに、新しいプラットフォームの構築も重要である。海

洋は広く深いため、広域で密度の高い観測は非常に困難であるしコストも高い。衛星観測は全球観測に適しているが、表層情報しか得られないこと、測定できる項目が限られていることが問題であり、船舶観測でしか得られない情報の方がはるかに多い。船舶観測と衛星観測のギャップを埋める手段として、また新しい観測スタイルとしては、ブイ観測、飛行艇、海底ケーブル利用観測網などが考えられる。ブイとしては JAMSTEC が赤道太平洋を中心として展開している気象、海洋物理観測の TRITON BUOY が挙げられるが、このようなシステムに、音響・光学測器や各種センサの装着は可能である。飛行艇に関して我が国は大型飛行艇に関して先進的な技術を持っており、基地から 2000km 以内であれば日帰り観測が可能であり、コストも調査船と同程度との試算もされており、海洋・大気観測にまったく新しい展開が期待できる。海底ケーブル観測では、地学観測を中心とした米加共同の研究計画があり、電力供給が可能なおことからセンサと昇降装置を加えれば水柱の生物化学的情報がリアルタイムで取得できる。これら想定される新しいプラットフォームはいずれも、限られた人員で運用可能で密度の高いデータをリアルタイムまたは準リアルタイムで提供することに特徴がある。

(4) データ集積、管理、発信の強化

水産資源調査にかかわる情報は資源評価情報システム(略称: fresco)によって社団法人漁業情報サービスセンターに集積され、その他海洋にかかわる情報 JODC(日本海洋データセンター)に集められ発信されている。JODC は限られた人材で非常に貢献が大きい。しかし、データの提出はボランティア意思によっており、また各機関で DMO(Data Management Office)を持っていたり、それが機能していなかったり、埋没しているデータも多い。また今日、国際的にデータが流通するようになって、測定機関による値のばらつき、品質管理などの問題が表面化している。JODC の機能強化、海洋総合分析センターの設置などを含めた組織だった強化が必要である。

(5) 地球環境国際プロジェクトへの貢献

地球環境研究分野では IHDP、IGBP、WCRP、

DIVERSITAS の 4 プログラムがパートナーシップを結び統括的、主導的役割を果たしている。とくに IGBP と DIVERSITAS は地球環境研究の生物分野では重要なプログラムであるが非政府組織であるため、国内での対応が出来ていない。IGBP に関しては日本学術審議会に委員会は設けられてきたものの、研究資金獲得には結びついていない。IGBP コアプロジェクトに北米、EU で 10 億円以上の予算規模のプロジェクトが走ってきたのに対し、あまりに日本の状況はお粗末である。また各プロジェクトの国際事務局も日本は引き受けたことがなく、近年、中国がその招致に熱心であることを考えると、貢献度の低さは際立っている。IPCC への貢献は各省庁で強く意思されていることであるが、IPCC は生物化学プロセスの最終的な出口であって、個々のプロセスを研究・観測する IGBP などのプログラムの活性化を図らなくては本質的な地球環境問題への貢献とはならない。

8-5-5. 今後の地球観測システムのあり方

有用水産資源の観測に関しては、各国が経済水域内の統計を流通させることが基本になると考えるが、漁獲量ではなく調査に基づく資源量および年齢構成などの生物学的情報が流通することが望ましい。そのためには資源推定手法の国際的な高度化、共通化が強く期待される。またその管理に関しては単一魚種を対象とせず生態系レベルの調査・観測、管理が今後の目標となる。さらに、中国の漁獲量に疑問が投げかけられているように、先進国以外での Capacity Building にも日本は責任を持つと考える。

より低次の生物およびそれを支える海洋環境の観測に関しては、国内においては、また海外での多くの場合においても事業としての継続性が不安定である。今後は必要な項目に関しては 50 年以上の継続性を想定した観測が必要である。そのためには、各種センサによる自動観測など省力化が重要であろう。限られた予算で重要な情報を得、蓄積するためには、衛星、船舶、その他のプラットフォームを有効に組み合わせ、および、観測、プロセス研究、モデリング間でのフィードバックが働くような構造の創設が、変わり行く地球システムを記録し適切な対策を講じるための必要条件と考える。

8-6. 課題分析表

(「重点化の必要性」の欄は重要課題を示す)

エネルギー鉱物資源分野

分類	観測ニーズ (重要度)	現状	ギャップ (問題・課題)	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点 (留意事項)
鉱物資源	賦存量や賦存地域分布の情報収集(概査データの提供)	○マルチスペクトラルレベルでの広域地質図作成 ○多様な鉱物分布図の作成 ○裸岩地域での鉱区取得補助 ○スペクトラデータベースの整備	○ハイパースペクトル情報の利活用手法の確立 ○疎植生域でのスペクトル情報の活用 ○取得データの組織的データベース化 ○DEMの活用法の開発	○ハイパースペクトルセンサの開発(S/N比の向上) ○ハイパースペクトル解析技術開発 ○ミセル解析技術 ○スペクトラデータベースの標準化	○	○バーチャルフィールド調査(現地調査の削減)の実現 ○十分なS/Nのハイパースペクトルデータ取得技術の確立 ○ハイパースペクトル解析技術開発 ○標準DEM導出手法確立 ○データフュージョン技術
エネルギー資源	賦存量や賦存地域分布の情報収集(概査データの提供)	○地形解析による油ガス田ポテンシャル地域の推定 ○2.2ミクロン帯による変質鉱物同定 ○熱赤外域での多様な岩質分類	○地表での概査手法に留まる ○最適バンド域の設定 ○地質構造解析でのDEMの活用 ○立体視の有効活用	○ハイパースペクトルセンサの開発(S/N比の向上) ○データミックス最適スペクトル選択 ○高度DEM作成		○既存油ガス田周辺部の探査機能の充実 ○探査および既存モニタリングの融合 ○高度DEMの作成手法開発 ○デジタルスティックの視点での有用性 ○ウェブポート処理
鉱物資源	開発・操業および輸送に係わる環境保全動向の支援情報提供	○環境モニタリングへの試験的導入 ○環境保全事業への支援情報提供 ○光学センサの限界(天候)	○モニタリング項目の絞り込み ○自動監視機能の実現			○地域環境保全 ○監視項目とスペクトルおよびDEMとの有機的融合(指標化技術開発) ○自動解析技術開発 ○ウェブポート処理
エネルギー資源	生産基地、パイプライン等の障害および周辺地域状況把握	○限定的試験的利用 ○タンカー等の試験モニタリング	○観測頻度に課題 ○PSInSAR等による地盤変動情報の抽出 ○分解能の限界	○パイプラインおよび発電所等のモニタリング ○InSAR利用技術開発	○	○エネルギー安全保障の観点から重要(海外事業リスク軽減) ○コンステーションによる観測頻度向上 ○監視スケジューリング技術の最適化 ○(PS)InSAR活用技術開発 ○国際連携でのモニタリング体制整備
資源・エネルギー安全保障	次世代グローバルエネルギー・鉱物資源戦略マップの構築	○ASTERによるグローバルマップ ○資源・エネルギー戦略マップの欠如	○グローバルハイパースペクトルセンサの欠如 ○高度マップでのグローバル観測プログラム ○全天候型SARとOPSの連携活用	○中分解能センサと高分解能センサの有機的活用プラン ○既存油ガス田のモニタリング		○エネルギー安全保障 ○コンステーションによる観測頻度向上(OPSとSAR) ○監視スケジューリング技術の最適化 ○ウェブポートデータ解析技術開発 ○監視設備等の優先順位付け

森林資源分野

分類	観測ニーズ (重要度)	現状	ギャップ (問題・課題)	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点 (留意事項)
世界の森林地帯の実態把握	○森林型の分布とその変化	○10年間隔でFAOが世界森林資源評価(FRA)を行っている ○途上国はNOAAとTMサンプルから推定、先進国は独自情報を利用	○10年間隔では急速な変化に対応できない ○TMのサンプル数が極端に不足している	○衛星による全球の森林面積計測 ○各国の国家森林資源調査システムの充実	○	○森林情報の信頼性向上とFAOへの貢献

	森林立地環境とその変化	○ NOAA 等高頻度観測衛星による植物季節の把握	○ 植物季節がダイナミックに変化する季節での地表観測が十分でない	○ 衛星による植物季節(水環境と温度環境把握)・衛星観測とリモートセンシング法の融合		○ 世界との協調, 温暖化等地球環境変化の影響監視
森林資源量の実態把握	アジアの森林活動の早期把握	○ アジア森林パトロールシップ (AFP, 日本政府提案) で, 違法伐採取締りへの取り組み宣言がされている	○ 伐採の把握に時間がかかり, AFP の目的である違法伐採の取締りに役立っていない	○ MODIS データ等による森林伐採早期発見システムの開発		○ アジア森林パトロールシップ (AFP) への貢献の確認, 関係国の理解(違法伐採問題)
		○ APAN による高速ネットワーク利用 ○ SiDaB によるリモートセンシングデータの公開利用および計算機資源の利用	○ 末端利用者のネットワーク資源不足 ○ データの利用	○ オープンGISによるデータの確認, 簡易利用図の作成 ○ 計算機資源の共有	○	○ アジア東部関係者のパートナーシップの構築(データベースと計算機資源の共用化の促進)
		○ TM データを利用してインドネシア, タイ, カンボジア, ミヤマー, ベトナム, フィリピン等の森林資源分布図を 10 年かけて日本が作成。日本はアジア東部地域の森林資源動態を SPOT・VGT 等で監視中	○ 森林分類カテゴリーが統一されていない ○ 継続性の保証が無い	○ 衛星によるアジアの森林型観測 ○ 高分解能衛星によるアジア東部地域森林資源モニタリングシステムの構築		○ アジア森林パトロールシップ (AFP) における貢献(森林経営情報の提供)
	○ 熱帯天然林のバイオマス量	○ 先進国の統計データの解析により針葉樹天然林の蓄積推定法は開発されている	統計データが極めて未整備である熱帯天然林におけるバイオマス推定法は確立していない	○ 高頻度観測 SAR 観測 ○ 現地調査の併用によりバイオマス推定法を開発	○	○ 新工機, アジアにおけるインフラ確保
	○ 森林域の水資源量	○ 衛星データでは水分指数を利用して面的に推定 ○ 森林の持つ水環境保全機能に関しては流量, 蒸発散調査などが流域試験地で行われている ○ カンボジアの森林流域を対象に水循環観測に着手	○ 全国レベルでの森林の水収支観測は不足 ○ 東南アジアにおける水循環観測の継続性が保証されていない	○ 全国水文試験地における継続的観測および情報整備。アジアメコン地域における定常モニタリングとネットワーク	○	○ 国際河川における利用を視野に入れた国際標準の評価法の開発が必要 ○ 世界水フォーラムで指摘されたアジアにおける水問題の解決 ○ 国内水資源情報の正確な把握
植生の多様性把握	林分構造と樹種構成	○ 林分単位の森林管理情報として, 全国の森林資源を 5 年に 1 回, 航空写真, 現地調査に基づいて見直している	○ 林分管理方式であり, 地球観測衛星データとの融合化がされていない ○ 人手不足による精度の低下が問題 ○ 開発の著しい今日, さらに短期間での更新が必要	○ 高分解能衛星または航空機による樹種構成観測 ○ 高分解能衛星による森林管理図および基本情報の入手 ○ 高分解能衛星と中分解能衛星を組み合わせた効果的な多段階解析		○ 全国森林資源調査システムの構築 ○ 行政ニーズとの整合性

		○ 国家レベルでの森林資源動向監視のために、4 kmメッシュ交点(全国約1万点)での森林情報集積法を導入中	○ メッシュ交点情報とリモートセンシングデータとの融合が不足 ○ 5年で一巡する方式のため急速な変化に対応できない	○ 地上観測点における定期的森林調査 ○ 国家森林資源調査へのリモートセンシングの導入	○	○ 観測データの季節性に起因する精度のばらつきの容認
	○ 脆弱地の監視	○ 東南アジアのマングローブ生態系の個別調査を継続している	○ 生態学的な地上調査では時間がかかりすぎる ○ 情報の短期的な更新が必要	○ 高分解能衛星によるマングローブ林の周期的な監視		○ 多様性保全における国際協力を念頭に ○ 日本がアジアでリーダーシップを担っている分野である
		○ 山地林の環境評価を個別にしている	○ 生態学的な地上調査では時間がかかりすぎる ○ 調査対象高地林の地理的分布の偏り	○ 高分解能衛星による季節変化監視を併用した環境変化把握ネットワークの構築	○	
森林における炭素固定量の把握	蓄積量および生長量	○ ランダムサンプリングによる林分材積推定法等が開発されている	○ 得られるデータの季節による精度のばらつきが大きい	○ LIDAR等の高分解能3次元センサの併用による精度向上 ○ 光学センサを併用した効率的なスケールアップ解析	○	○ 産業としての林業にとっては費用がかかりすぎる ○ 試験研究あるいはサンプルとしてのフィールドデータとして最適技術革新が著しい
		○ 林分単位での蓄積推定には航空写真を利用	○ 写真判読に時間と経費がかかるため、データ収集が減少	○ ALOS等による森林物理パラメータの抽出		○ 京都議定書に対応した二酸化炭素の固定量推定など、世界での共通技術とする必要がある
		○ 地上での森林調査 ○ 年輪解析	○ 広域林分での統一的手法が確立されていない ○ 生理生態学的炭素吸収モデルに森林の空間不均一性を取り込むにはリモートセンシングとの統合モデルが必要	○ 植生の生長期間、成長に関わる環境パラメータの時系列的把握による推定法の開発 ○ 地上観測におけるリモートセンシング観測装置の併用		○ 継続性の確保、実データとして重要 ○ リモートセンシング専門家以外の研究層の拡大
森林被害・回復	森林火災被害の軽減と被害程度の把握	○ 森林総研 ANDESシステムによりタイ、インドネシア森林火災早期発見システムの日本での運用中 ○ タイの NOAA データおよび米国 DMSP データの準リアルタイム処理システムを構築して利用	○ 森林火災の多発するシベリアを含めたアジア東部地域の監視体制の整備必要 ○ 森林火災消火における情報利用体制の整備が必要 ○ 被災程度の把握に時間がかかる	○ 衛星による被災強度(バイマス焼失量)計測 ○ 林床における可燃物量監視 ○ 可燃物の乾燥度監視 ○ アジア東部地域における森林火災早期発見・警戒システムの整備		○ AFP への貢献度の確認、関係国の理解(日本がリーダーシップを担っている) ○ GOFCC など国際的な活動とのリンク
	○ 酸性雨等被害早期発見	○ 全国約1000箇所での、降雨、酸性降下物等の5年サイクルでの監視	○ 評価者による評価のバラツキがある ○ 5年サイクルでは急激な環境変化に対応できない	○ 衛星、航空機等による被害分布監視 ○ 衛星による森林の健全度評価法の確立 ○ 現地調査の継続		○ 森林被害対策 ○ 森林病虫害被害の引き金となっている

	○生物被害早期発見	○主に地上調査により行われているインターネットによるデータベース化と公表体制ができていない	○専門知識が要求されている衛星からの監視体制はまだ開発されていない	○衛星観測による生物被害監視ネットワーク	○	○アジア地域における単一大面積人工林の広がりに対しては衛星画像の解析も有効となる可能性がある
	豪雨災害発生危険流域の災害予測情報	○大流域を対象とした豪雨災害に関連する情報をシステムで処理するシステムがない	○大陸における大流域の土壌侵食や土砂流出の評価が確立していない	○高分解能衛星による地被状態の把握と、土壌侵食危険性の評価ODEMによる地形特性の定量化と、土壌侵食や土砂流出の危険性評価		○豪雨災害に対する世界規模の安全・安心社会を創造する
	○砂漠化・デサールと土壌流出危険度の監視	○降雨量と地被量から土壌流出量を推定している	○裸地面積と地表傾斜の定量的な把握手法が未確立	○高分解能衛星による定量的な土壌侵食量の観測	○	○発展途上国における最重要課題 ○森林復旧とのリンクが必要
林産物資源の耐久性	○耐久性に関わる環境要因(紫外線量、紫外線波長分布、酸性雨、外来生物の生存環境等)の観測	○紫外線強度等の気象データの定期観測を行っている	○屋外に使用される木質材料の劣化等にかかわる長期観測や経時観測、広域観測はほとんど行われていない	○衛星による紫外線到達量の周期的観測 ○雨水の酸性度観測	○	○ISO等国際標準化への貢献 木造構造物の安全性確保
		○気象環境変化による木材腐朽菌の生息環境、被害等の調査はほとんど行われていない	○気象環境と木材腐朽菌の生息域の変化及び木質材料の被害分布の調査が必要	○木材の生息にかかわる気象パラメータの長期観測	○	○ISO等国際標準化への貢献 木造構造物の安全性確保

農林資源分野

分類	観測ニーズ(重要度)	現状	ギャップ(問題・課題)	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点(留意事項)
農業生産地の実態把握	○農地面積とその変化(全球50万分の1での土地利用把握)	○FAOによる集計が行われている	○精度が国ごとに不均一 ○実態把握に時間がかかる	○衛星による農地面積計測 ○地上調査による検証 ○統計データとの整合性確認	○	○1966年世界食料サミットで2015年までに世界の食糧不安を半減させる合意に対応
	アジア・アフリカの土地利用と植被変換(林地、農地、砂漠化)	○対策のためのイベントの情報の情報から欠如しているところが多い	○研究先進国の協力が不可欠	○衛星リモートセンシングによる土地利用定期観測 ○GISの活用技術の促進		○食糧生産性と炭素循環の両面から重要 ○生物多様性等生物資源劣化からも重要
	灌漑農地の把握、ダムなどの灌漑施設の把握(水量観測)	○世銀などの援助による開発や、FAOプロジェクトなど、個々の開発情報はあ ○世界の実態はほとんど不明	○水利用形態は農業生産に深く関わるが、実態は複雑で不明な点が多い ○水供給等、開発以後の実利用上の問題点の把握が必要	○SAR等によるダムなどの水位観測 ○河川流量観測等による水供給量の観測 ○灌漑施設・システムの調査 ○衛星による降雨量とその積算量計測		○国際河川などでの水問題に対応する必要がある水利用セクター間の競合を合理的に調整する根拠を与える

	○慣行の作物栽培手法の把握	○各種報告書や普及機関が発行する印刷物のかたちで散在している	○土地利用判別手法や、収量予測手法の検証としてほとんど利用されていない	○栽培手法の国際的データベース作成		○土地利用判別手法や作物収量予測手法を高度化するための基礎を築く
	○人口、生産、食糧供給にかかわる社会経済データ	○各国統計による	○精度が不均一	○社会統計データ取得制度の確立 ○自然系データとの統融合	○	○農林資源へのインパクトを捉える ○自然系データとの統合・融合による、データの新たな価値の創造
生産量把握	アジアの農作物作付け種類と期間、面積	○農地面積は各国で数値で集計	○農地としての登録と実態があわないなど、精度が不均一	○高頻度衛星によるアジアの作付け地計測 ○食料不安定地での静止衛星の利用 ○地上調査による検証 ○定点観測による検証		○1966年世界食料サミットで2015年までに世界の食糧不安を半減させる合意に対応
		○農作物の作付け種類別面積も数値で集計	○作付けされた農作物は、数量把握されており、農耕地の状況を特定できない	○衛星による農作物種の準リアルタイム判定 ○地上調査による検証 ○定点観測による検証	○	
	穀物収量と収量予測	○収量統計による ○世界的にはLACIEやAgRI STARSなどの試みがあるが日本に適した手法は確立されていない	○収穫量は、市場での取引で推定されており、実態と合わない ○タイムリーかつ高分解能観測が必要	○衛星及び航空機による準リアルタイムでの生育量計測 ○スペクトロメータの多バンド観測による収量予測 ○高分解能多周波SARによる定期観測 ○地上調査による検証 ○定点観測による検証		○2020年までに7億トンの穀物増産が必要とされている
農地被害	○病虫害・冷害予測	○生育診断予測システムが試案されているが実用化に至っていない	○準リアルタイムでの観測が必要 ○耕作単位での把握が可能な高分解能衛星が必要	○衛星及び航空機による準リアルタイムでの生育状況計測 ○スペクトロメータの多バンド観測による病虫害前兆監視	○	○農作物の安定的供給の確保
	○乾燥度、砂漠化とその時系列変化	○衛星のNDVIデータ等を用いた農地干ばつ推定モデルが作られ、研究ベースで評価されている	○準リアルタイム観測が必要	○衛星と地上観測による準リアルタイムの土壌水分計測	○	○日本へ輸出している国の今後の動向予測は食料安全上極めて重要

農地劣化	土壌劣化	○単位収穫量の変化による統計的な情報のみで、属地的な情報となっていない	○土壌観測に適切なセンサーと、地上分解能、観測頻度を持つシステムが運用されていない	○衛星、航空機による土壌有機物観測 ○衛星による地表温度の定期的観測		○農作物の安定的供給の確保
		○気象・水資源・植生・土壌・土地利用実態等々地上での連続あるいは定点観測が不足	○関連情報の未整備なアジア・アフリカで特に重要	○気象・水資源・植生・土壌・土地利用実態等々地上での連続あるいは定点観測の高度化	○	○衛星データやそれに基づいた評価手法のバリエーションにも使用できる
	○焼畑	○統計的データはほとんど無い	○山地の焼畑は森林や周辺農地の環境変化に与える影響が大きい	○ALOS 搭載センサー等の高分解能センサーによる多季節観測	○	○少数民族による活動が多く、文化的な遺産は重要
	○農業適地評価	○FAO「土地評価の枠組み」 ○インドネシア移住地開発事業におけるRePPProTプロジェクトなどがある	○リモセンデータを活用できる評価項目が少なく、広域での評価を困難にしている	○衛星による自然植生の時系列観測による生育環境評価 ○地上観測による検証 ○人口、農作物統計、家畜数など人文・経済学的データとの統合・融合	○	○国家政策との結びつけが重要

海洋生物資源分野

分類	観測ニーズ (重要度)	現状	ギャップ (問題・課題)	具体的な取り組み	重点化の必要性	重点化の視点 (留意事項)
持続的モニタリング	海洋生態系・物質循環の変化把握(○)	○気象庁、水産庁によって日本周辺海域での6観測線で実施 ○外洋域連続観測ステーションは全世界で2地点 ○日本では主要魚種について資源調査	○日本周辺海域調査は測定項目、時間分解能が不十分 ○日本周辺海域では外洋域での観測点がない ○モニタリングは縮小傾向にある	海流系を加える観測ネットワークの充実	○	○観測関連省庁間の連携強化 ○近代観測に対応した船舶への更新 ○観測船舶の効率的運用・分析作業のアウトソーシング ○自動化とIT利用による高度観測技術を必要としない維持管理
北太平洋の物質循環の解明(○)	海洋生態系・物質循環の解明(○)	○SAGE(振興調整費)による太平洋中層水形成メカニズムの解明 ○KNOT点における時系列観測(環境省)実施 ○亜寒帯域における長期的な炭素吸収機能低下の発見(北大、北水研) ○太平洋横断観測による深層水の昇音の発見(SAGE)○気候変動に伴う海洋資源の壊滅	○KNOT点観測は2000年以降中断 ○気候変化と海洋変化の相互作用が未解明 ○気候変化と資源量変化のメカニズムが未解明 ○亜寒帯太平洋で基礎生産を律速する栄養素である鉄循環が未解明 ○亜熱帯域、とくに素索固定生物の寄与が未解明	北極圏観測、時系列観測、プロセス研究を学際的研究		○省庁間連絡による情報交換と効率的な予算配分 ○衛星観測、自動観測装置による効率的な時空間分解能の向上 ○太平洋全域における物質循環とその制限要因の解明 ○IGBPとの連携強化

縁辺海における物質循環・生態系の解明	東シ海における物質循環・生態系の解明()	- 陸棚から外洋へのフラックス観測(MASFLEX: 振興調整費) - 多獲性浮魚類の初期生態調査(水産庁)	- 領海問題 - 窒素固定生物の寄与が未解明 - 長江など大規模河川の流量変化の予測	国際共同研究による総合的調査, モニタリング体制の確立	- 窒素固定生物の増殖メカニズムの解明 - エビ・ソコガエなど有害生物の起源と発生メカニズムの解明 - 多獲性浮魚類, マダコ類の初期生残メカニズムの解明 - 国際研究連携でデータ集約体制の整備
	林-ツ海における物質循環・生態系の解明()	- カリリ沖陸棚域の観測(CREST) - 日本領海内における観測定線の設置(北水研)	- 領海問題 - 海水と生物生産, 物質循環の関係が未解明 - アムール河など大規模河川の流量変化の予測 - ロシアとの情報交換が困難, データの精度が未知	国際共同研究による総合的調査, モニタリング体制の確立	- 全域生態系調査の実施 - 海水と生物生産の相互作用解明 - 中層水形成メカニズムの解明 - 国際研究連携でデータ集約体制の整備
新しい観測プラットフォームの構築と省力化	海洋生態系・物質循環の変化把握()	- 自動観測艇の開発(CREST) - 昇降式観測センサーの開発(CREST) - ARGO 計画	設置・維持の経費捻出が競争的資金では困難	西部北太平洋高緯度亜寒帯, 中緯度, 低緯度亜熱帯(国際分担の3海域)における海洋生態系時系列観測点の長期継続観測	- 観測船観測の補充のため時系列定点に表層大型定置ブイ設置 - 飛行艇による大気・海洋観測による効率的観測
データの集積, 解析, 発信機能の強化	海洋生態系・物質循環の変化把握()	- JODC による国内データの集積・発信 - 各国 NODC 間のネットワーク	- データの提出義務が不完全 - 人的な問題で生物化学的データへの対応が不十分	JODC の機能強化	- データ集積ルートの確立 - 埋没データの発掘 - 生物化学データの取り扱い強化・人材育成 - 国際研究連携でデータ集約体制の整備