

グローバルな土地利用・土地被覆・植生分類システムのレビュー

Global Land Use, Land Cover and Vegetation Classification Systems: A Review

地理地殻活動研究センター 佐藤 浩

Geography and Crustal Dynamics Research Center

Hiroshi P. SATO

千葉大学環境リモートセンシング研究センター 建石隆太郎

Chiba University, Center for Environmental Remote Sensing

Ryutaro TATEISHI

要旨

地球の自然環境や社会環境の現状分析や変化予測のため、多種類のグローバルな土地利用、土地被覆、植生分類システムが研究に用いられてきた。6 つに分けた研究のタイプごとに、単に抽象的な観点からでは無く具体的な観点から、土地利用、土地被覆、植生分類システムの必要性を体系的にレビューしたところ、これらの分類システムは地球の社会環境研究のみならず自然環境研究にも依然として必要であることがわかった。また、いくつかの世界的なプロジェクトは、これらの分類システムを一本化してグローバルかつ汎用的な分類システムを構築しようとしていることが分かった。最後に、本稿で解説した分類システムから主なものを抽出して比較表を作成した。

1. はじめに

地球環境を保全するには、その現状を分析するとともに将来、人類の活動によってどのように地球環境が変化していくのかシナリオを予測して、生態系の健全な状態を維持するとともに人類の福祉を維持し続けようとする努力が不可欠である。

地球の自然環境・社会環境 (以下、両者をまとめて地球環境と呼ぶこととする)の現状分析や問題解決のため、グローバルな土地利用、土地被覆、植生データが地球環境研究に用いられてきた。ここでは簡単のため、これら3種のデータを総称するときは「土地分類データ」とし、分類方法を「土地分類システム」と呼ぶ。さらに、モデル“X”のために用意されたり、研究者“Y”が提案したデータをそれぞれX、Y土地分類データといい、分類方法を土地分類システムと呼ぶ。3種のデータを個々に呼ぶときも同様である。

本稿の目的は、多様な地球環境研究が従来からどのようなグローバルな土地分類システムを利用 (あるいは整備)してきたのか、それはどのような理由からなのかを文献調査及び各分野の専門家からの聞き取り調査によってレビューすることである。本稿では、必要性を容易に理解できるような方法や明確な目的に基づきそのシステムを全球的に利用 (あるいは整備)している地球

環境研究を調査対象とした。なお本稿では、以下、蒸発散量やアルベドなど環境に関連する諸量を総称して環境パラメータと呼ぶことにする。

グローバルな土地分類システムの必要性を整理するにあたって、本稿では網羅的に地球環境研究を調査することを目指していない。しかし、単に抽象的な観点からでは無く具体的な観点からその必要性を体系的にレビューすることは初めての試みである。

2. 地球環境研究とグローバルな土地分類システム

レビューにあたって、グローバルな土地分類システムに関連する地球環境研究を次の6つのタイプに分けた。

- A タイプ：地球の自然環境研究のための土地被覆分類システム整備の研究
- B タイプ：地球環境研究 (地球の自然環境及び社会環境研究)のための土地分類システム整備の研究
- C タイプ：環境パラメータを定量するために、グローバルな土地分類システムを必要とする研究
- D タイプ：将来のグローバルな土地の変化をシミュレーションするために、グローバルな土地分類システムを必要とする研究
- E タイプ：グローバルな植生分類のための研究
- F タイプ：環境パラメータを定量するために、グローバルな土地分類データを必要としない研究

以下では、地球環境研究を次の階層に分別して、グローバルな土地分類システムとの関わりを具体的に解説していく。

地球環境研究 (A, B, C, D, E, F タイプ)
研究分野
研究事例

ここでは、ある研究分野が2つのタイプにわたることを許している。それは、研究の手法や目的が多様であるためである。以下で具体的に解説する研究分野や研究事例を、理解のため先に表-1に掲げる。

地球環境研究におけるグローバルな土地分類システム

と環境パラメータの定量的な関係を明らかにするために、C、D タイプに含まれる研究事例で、しかもその関係が明瞭な事例を対象にして表 - 2 を作成した。表 - 2 において、

のとき、情報あるいは変数「 」を知るには「 」が必要であることを示し、

のとき、情報あるいは変数「 」をさらに知るには「 」が必要であることを示す。また、

のとき、情報あるいは変数「 」をさらに知るには「 」及び「 」がセットが必要であるが、「 」をさらに知るには「 」が必要であることを示す。また、

のとき、情報あるいは変数「 」を知るには「 」及び「 」がセットが必要であるが、「 」または「 」をさらに知るには「 」及び「 」がセットに必要なことを示す。

3. A タイプの研究 (地球の自然環境研究のための土地被覆分類システム整備の研究)

3.1 Running 土地被覆分類システム

地球環境研究の成果の精度維持には、利用するデータがグローバルに均質であることが不可欠である。衛星リモートセンシングデータを扱う研究者は、グローバルに均質な土地被覆分類データを得ようと改良を重ねてきた。

こうした状況において、Running et al. (1994)は、Aboveground live biomass の変化が気候モデルと炭素収支モデルに重要であること、Leaf longevity が植物の炭素循環の働きに重要な変数であること、Leaf type がガス交換に影響を与えることを指摘した。そして植生の3つの要素: Aboveground live biomass, Leaf longevity, Leaf type に着目しながら、衛星リモートセンシングデータから得られる土地被覆分類システムを提案した。すなわち第一段階では地上に植生が残っているか否か、第二段階では葉が1年以上繁っているか否か、第三段階では広葉樹の葉なのか針葉樹の葉なのか草本の葉なのか順次ふるい分けし、最後に地球上の植生を6項目

(Appendix <1>)に分類した。その結果、Running 土地被覆分類データは大気循環モデルや炭素循環モデル、水循環モデルに効率的に利用できるとしている。

3.2 IGBP-DIS 土地被覆分類システム

IGBP-DIS (International Geosphere - Biosphere Programme's Data and Information System)のLCWG (Land Cover Working Group)は、分類システムから気候的要因を排除するとともに Running 土地被覆分類システムをベースに、IGBP Core Project の要望と AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)による分類の可能性を調整して、17項目 (Appendix <2>)からなるグローバル土地被覆分類システムを提案した (Belward ed., 1996; Belward et al., 1999)。AVHRRでは分類が困難であるにもかかわらず、“Permanent wetland”がこのシステムに採用されているのは、たとえ小面積でも地球規模に影響を及ぼすためという。

IGBP-DIS 土地被覆分類システムは地球の自然環境研究のさまざまな国際的枠組の中で広く認められている。Web で公開されている USGS (米地質調査所: United States Geological Survey)のGLCC (Global land cover characteristics) データベースは、IGBP-DIS 土地被覆分類データを一般に提供している (USGS, 2001)。IGBP-DIS 土地被覆分類システムは、地球地図国際運営委員会 (International Steering Committee for Global Mapping; 事務局, 国土地理院)が推進している地球地図 (例えば佐藤, 2000; 宇根, 2001)の土地被覆分類システム (ISCGM, 1998)にもそのまま採用されている (丸山・高橋, 1999)。

4. B タイプの研究 (地球環境研究 <地球の自然環境及び社会環境研究>のための土地分類システム整備の研究)

4.1 IGU 土地利用分類システム

農産物の増産に向けた土地の現状把握のため、イギリスでは地理学者 Stamp の指導によって全土に渡って土地利用図が作成されて第二次世界大戦直前には完成された (呉・郭, 1994)。このことによってイギリスの食糧自給計画はかなり成功したため、その重要性が広く認識されるようになった。

1949年にリスボンで開催された国際地理学連合 (IGU: International Geographical Union)では、米国の地理学者 van Valkenburg を委員長としてIGUに世界土地利用調査 (WLUS: World Land Use Survey)委員会の設置が決議された。現状に基づいた土地利用調査は、とりわけ発展途上地域の改善と開発に資するとの考えに基づき (van Valkenburg, 1950)、1/100万の縮尺で世界的に適用可能な、簡潔な土地利用分類システムとは何か WLUS 委員会で討議された。そして同委員会は提案シス

テムをとりまとめて IGU 会長に提出した。そのシステムを Appendix <3>に示す。ただし、van Valkenburg (1950)はそれをまだ最終的な結論としていない。

イギリスの伝統の影響下にある香港やカナダ、パキスタンはその後、WLUS 委員会の提案システムに基づき土地利用図を作成したが (Himiyama, 1986)、各国における土地利用調査の協調は果たせず、1976 年には WLUS 委員会の機能は停止した (呉・郭, 1994)。

4.2 地球地図土地利用分類システム

地球地図土地利用分類システムの各項目 (Appendix <4>)は、LANDSAT の TM データ等の数 10 m クラスの地上解像度を有するデータを目視で分類することを想定して設定されている (小井土, 1997; 丸山・高橋, 1999)。

国土地理院は、アジア地域の国々と協力して当該地域の地球地図を作成しているが (丸山・高橋, 1999)、国内の土地利用図が整備されていないか土地利用の十分な情報が得られない国については、GLCC の IGBP-DIS 土地被覆分類データを表 - 3 に従って読み替えて、地球地図土地利用分類データを整備している。

4.3 LCCS 土地分類システム

Africover プロジェクトの成果を受けて FAO (Food and Agricultural Organization)は最近、Land Cover Classification System (LCCS)を開発した (FAO, 2000)。これによると、この土地分類システムは地図の縮尺や用途に依存せず、利用者の個々の要求を満たすように設計されており、凡例に基づいて実際に地図を作れるように生み出された包括的かつ標準的なシステムである。このシステムは、土地利用分類と土地被覆分類、植生分類を調和させようとした FAO の Africover プロジェクトと同じ概念に基づいて設計されており、かなり詳細に土地利用を分類できるように設計されている。

LCCS は dichotomous phase と modular-hierarchical phase に分かれており、階層構造を維持しながら排他的に土地分類の識別子 (classifier)が配列されている。より詳細な分類が求められるときは、環境属性 (environmental attribute; 例えば気候、地形、土壌/岩石、侵食の程度)と特殊専門属性 (specific technical attribute)を選択してさらに classifier が選択できるようになっている。これらの classifier を組み合わせる最終的にその土地を分類するための凡例 (legend)が決められる。地域の実情に応じて classifier を選択し、組み合わせられるため、LCCS で考えられる分類項目は多数に及び、そこで本稿では、dichotomous phase の 8 項目のみを Appendix <5>に示す。

FAO は、単に階層的に classifier を並べてその定義を示したマニュアルを用意するのみならず、分類システムが想定する階層構造を乱すことなく利用者が簡単に

classifier を選択して組み合わせられるように、コンピュータソフトウェアを提供している。2001 年 8 月現在、<http://www.africover.org/LCCS.htm> からそれらがダウンロード可能である。

LCCS は世界的にもその有用性が認められはじめている。例えば、地球環境変動に大きな影響を及ぼす土地利用・被覆変化について研究することを目的として IGBP と IHDP (International Human Dimensions Program on Global Environmental Change)が取り組んでいる LUCS (Land Use and Land Cover Change)プロジェクトにおいて、同プロジェクトの Scientific Steering Committee は、LUCS の研究者等が LCCS の方法論やソフトウェアの有用性を検討するよう促すことを決めた (McConnell, 2001)。

4.3 LCCS に基づく GLC2000 土地分類システム

EU (European Union) の JRC (Joint Research Centre)は、土地資源調査やグローバルな土地被覆変化の把握、グローバルな気候変化モデルなどに資する多目的用途の土地分類データの整備のため、SPOT/VEGETATION (青、赤、近赤外、中間赤外の 4 バンド; 分解能地上 1 km)を利用した Global Land Cover (GLC) 2000 プロジェクトを推進している。

2000 年 11 月にイタリアの Ispra で開催された同プロジェクトのワークショップに参加した世界各国の研究者は、グローバルレベルで土地被覆を明瞭かつ共通的に認識する必要性、そしてローカルレベルまたは国家レベルの地図作成と緊密に連携する必要性を考慮して、LCCS を利用することに賛成した (JRC, 2001)。このワークショップでは、Stibig により提案された必要最小限のグローバルな土地分類システムが議論された。そのシステムを Appendix <6>に示す (Stibig, 2001)。

5. C タイプの研究 (グローバルな土地分類システムを必要とする研究)

C タイプに含まれる研究分野として大気循環、水循環、生物地球化学的循環の 3 つを挙げ、それぞれに含まれる研究事例とグローバルな土地分類システムの関わりを解説する。

大気循環の研究分野からは SiB (Simple Biosphere)モデル (Dorman and Sellers, 1989)、BATS (Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme)モデル (Dickinson et al., 1993)、SiB2 モデル (Sellers et al., 1996)、NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)からの LAI (Leaf Area Index)及び FPAR (Fraction of photosynthetically active radiation)の合理的な推定方法 (Myneni, et al., 1997)の研究事例を選択した。Myneni, et al. (1997)は、その方法が生物地球化学的循環の研究分野にも資すると述べているが、本稿では

ここで触れることとした。

生物地球化学的循環の研究分野からは Olson 土地分類システム及び Global Ecosystem Legend 土地分類システムの整備、CASA (Carnegie-Ames-Stanford Approach)モデル (Potter et al., 1993)及び窒素の量のグローバルな分布 (Lin et al., 1999)の研究事例を選択した。

水循環の研究分野からは、特に研究事例を選択しない。沖 (1995)によれば、大気の水収支と地表面の水収支は E - P (E: 蒸発散量、P: 降水量)を介して結合されることが述べられているが、高い信頼性をもって E と P を衛星リモートセンシングやレーダーで定量することはまだ困難であるとしている。そこで、大気の水収支を知るために GCM (General Circulation Model)が用いられている (表 - 2 I)。なお、世界で開発されている GCM は現在、約 30 ある (及川, 2000)。水循環の研究には GCM を介して間接的にグローバルな土地分類データが必要である。GCM とグローバルな土地分類システムの必要性については、次項で解説する。

5.1 大気循環の研究分野

GCM に陸上生態系の物理過程を組み込んだスキーム (SVATs: Soil Vegetation Atmosphere Transfer scheme)として、米国メリーランド大学の Sellers らが 1980 年代半ばに SiB モデルを開発した。このモデルは、同じく米国 NCAR (National Center for Atmospheric Research) の Dickinson らによって開発された BATS モデルとは兄弟関係にある (及川, 1994)。SiB2 モデルは、SiB モデルの改良型である。このように、SVATs にはさまざまなモデルがあるが、各研究者は自分の研究環境の中で慣れ親しんでいるモデルを使う傾向があるので (沖私信)、SVATs から代表的なモデルを 1 つに限定することは困難である。簡潔のため、表 - 2 II には SiB2 モデルにおける環境パラメータとグローバル土地分類データの関係だけ記載した。

5.1.1 SiB モデルとグローバルな土地分類システム

1980 年代半ばまで GCM に使われる環境パラメータは、独立境界条件あるいは野外計測から判断された推定量によって恣意的に決められていた (Sellers et al., 1996)。Sellers et al. (1996)は、GCM に適用するには単純化された土地分類データが必要であり、SiB モデルの最初の目標はバイオーム (生物群集: biome) を扱いやすい数まで減らすことで、次の目標はバイオームごとに代表的な環境パラメータを割り当てることと述べている。Dorman and Sellers (1989)は、分類項目ごとに割り当てられる土壌や植生の特徴から環境パラメータを定量できるように SiB モデルを設計した。これらの変数によって左右されるのは、アルベド (Radioactive transfer に関

係)、Roughness length (熱・水蒸気に係る Momentum の移行と乱流の交換に関係)、そして地表の抵抗性 (植生や土壌から大気への水蒸気フラックスの制御に関係)であるという。

SiB 土地被覆分類システム (Appendix <7>)の構築に利用されたのは、Küchler (1983)の Küchler 植生分類システム (Appendix <8>)と Matthews (1983)の Matthews 土地分類システム (Appendix <9>)である。Küchler (1983)は、植物を相観 (Physiognomy)でグローバルな視点から区分した。Matthews (1983)は、LANDSAT データを補助的に用いつつ既存の各国地図帳や出版物をコンパイルしてシステムを構築した。Küchler 植生分類データ及び Matthews 土地分類データ (Matthews, 1984, 1985)の解像度は、どちらも $1^\circ \times 1^\circ$ メッシュである。SiB 土地被覆分類データの自然植生には Küchler 植生分類データが用いられ、農地には Matthews 土地分類データのうち 1 メッシュ当たり面積の 50%を農地で占めるメッシュが用いられている。Dorman and Sellers (1989)は最終的に、Küchler 植生分類システム 32 項目 + Matthews 土地分類システムの農地 1 項目 = 33 項目を 13 項目に集約して、解像度 $1^\circ \times 1^\circ$ のメッシュの SiB 土地被覆分類データを用意した。

Küchler 植生分類システムの概要については、後で解説する。Matthews 土地分類システムの概要は本多・村井 (1992)が既に説明しているため、本稿では解説を省略する。

5.1.2 BATS モデルとグローバルな土地分類システム

Dickinson (1995)によれば、BATS 土地被覆分類システム (Appendix <10>)18 項目のうち 4 項目 (Irrigated crop, Bog or marsh, Inland water, Ocean)は水分の状態を示している。

Dickinson et al. (1993)は、これら 18 項目が示す地表の状態が BATS モデルでどのように扱われるかを、特に “Short grass,” “Tundra,” “Irrigated crop,” “Tropical forest”について例示した。すなわち 1) Short grass: 茎が多く、落葉・落枝 (litter)があり、植生が地表を覆う割合は大きい; 2) Tundra: 根がほとんど無く、有ったとしても土壌の浅層に分布し、植生が地表を覆う割合は小さい; 3) Irrigated crop: 大部分の根は土壌の浅層に分布し、季節によっては植生が地表を覆う割合は大きく、気孔の抵抗性は小さい; 4) Tropical forest: 土壌は深くまで分布するが、根の大部分はその表層に分布する。

BATS 土地被覆分類データには 2 種類あり、1 つは Matthews (1983)の土地分類データ及び Wilson and Henderson-Sellers (1985)の土地被覆分類データから、もう 1 つは Olson et al. (1983)の土地被覆分類データの最新のものから集約したデータであるが (Dickinson et al., 1993)、モデルを稼働させるために現在使われている

のは後者であるという (Dickinson, 1995)。

5.1.3 SiB2 モデルとグローバルな土地分類システム

Sellers et al.(1996)は、SiB 土地被覆分類システム 13 項目を集約して SiB2 土地被覆分類システム 9 項目 (Appendix <11>)を用意した。集約の方法を表 - 4 に示すが、より現実的な分類は今後の課題としている。

SiB2 モデルに使われる環境パラメータ定量の手順は、Sellers et al. (1996)を整理すると表 - 2 II になり、概要は以下のとおりである。GCM を動かすには Water flux と Heat flux が明らかにされている必要があって、SiB2 モデルを実行して Water flux と Heat flux をより現実的に理解するためには FPAR, Total LAI, Surface reflectance, Roughness length, Canopy PAR-use parameter の各環境パラメータが必要である。FPAR は、SR (Simple ratio)を介して Los et al. (1994)の全球 NDVI 各月データベース及び SiB2 土地被覆分類データから定量される環境パラメータである。Total LAI は、Dead LAI, Stem area index, Green LAI から計算される環境パラメータであるが、Green LAI は FPAR から計算される環境パラメータである。FPAR を計算するために必要な情報や環境パラメータは前述と同様なので、表 - 2 II の簡素化のため省いた (表 - 2 において、以下同様)。Surface reflectance は、Total LAI と SiB2 土地被覆分類データから定量される環境パラメータである。Roughness length は、Total LAI と Canopy height から計算される環境パラメータであるが、Canopy height は SiB2 土地被覆分類データから定量される環境パラメータである。Canopy PAR-use parameter (緑色の植生の量を明示する環境パラメータは、FPAR を Time-mean extinction coefficient for PAR で割った値で近似される環境パラメータであるが、SiB2 土地被覆分類データから計算される。Canopy PAR-use parameter は、0 (無植生) ~ 1.5 (密に繁茂した緑色の植生)までの値をとり、林冠光合成率 (Canopy photosynthetic rate)や林冠のコンダクタンス (Canopy conductance)の計算に用いられる。

5.1.4 NDVI からの LAI 及び FPAR の合理的な推定方法とグローバルな土地分類システム

Myneni et al. (1997)は、大気補正された NDVI に Radiative transfer モデルを用いて LAI と FPAR を推定している。これによると、本モデルは物理的原理に基づいて放射エネルギー散乱と吸収をシミュレートするモデルであって、精度良く LAI と FPAR を推定するために本モデルと整合性のとれた 6 項目の土地被覆分類システム (Appendix <12>)が必要とされている。さらに、植物学や生態学あるいは生物機能による分類のような伝統的な植生分類は LAI 及び FPAR の推定には不適切であることが述べられている。

5.2 生物地球化学的循環の研究分野

研究事例として、Olson 土地分類システム (Olson et al., 1983)の整備及び Global Ecosystem Legend 土地分類システム (Olson, 1994a)の整備、Potter et al. (1993)の CASA モデルと Lin et al. (1999)のグローバルな窒素の分布量推定を解説する。

5.2.1 Olson 土地分類システム及び Global Ecosystem Legend 土地分類システム

炭素のグローバルな蓄積量を分類項目ごとに示した Olson 土地分類システム (Olson et al., 1983)のうち、7 項目 (Broad groups)を Appendix<13>に示す。7 項目はさらに、44 項目に細分されるという。その後、この分類システムは項目が追加・更新されている。すなわち、USGS の GLCC データベースから一般に提供されている Global Ecosystem Legend 土地分類データは、Olson(1994a)を反映した Global Ecosystem Legend 土地分類システム 94 項目 (Appendix <14>)からなる (Loveland et al., 2000)。GLCC データベースから一般に提供されている IGBP-DIS 土地被覆分類データは Global Ecosystem Legend 土地分類データを集約して整備されており (Loveland et al., 2000)、それらの分類システムの対照表を表 - 5 (Olson, 1994b)に示す。現在、Global Ecosystem Legend にはさらに Evergreen tree crop, Deciduous tree crop, Interrupted areas, Missing data の 4 項目が加わっている (USGS, 2001)。

5.2.2 CASA モデルとグローバルな土地分類システム

Potter et al. (1993)は、陸域の炭素循環を研究するための CASA モデルの整備やその応用について述べている。これによると、CASA モデルの目的は、解像度 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ メッシュで月単位に計算された NEP (Net ecosystem production)を使って CO_2 の固定と排出をグローバルに把握することである。ここで NEP は、NPP (Net primary production) と R_s (Soil microbial respiration)の差である。

Potter et al. (1993)によると、CASA モデルによって植物による正味の炭素固定量、バイオマスと栄養物の配分、落葉・落枝 (litter)、土壌の窒素無機化、 CO_2 生産量が月単位でシミュレートされ、SiB 土地被覆分類システム 12 項目 (Perpetual ice を除く。以下同様)ごとに環境パラメータ (NPP など)の量が報告されている。またこれによると、本モデルの実行時には多くの環境パラメータ (例えば落葉・落枝中の炭素/窒素比 (最小値)と固定リグニンの割合)の定量の際に SiB 土地被覆分類システム 12 項目が用いられている。グローバルな土地分類データとの関わりを理解しやすい環境パラメータとして、ここでは特に NPP を選択してその定量の手順を表 - 2 III に

整理した。

表 - 2 III において、NPP を定量するには IPAR (Intercepted photosynthetically active radiation) と (Light utilization efficiency) が必要である。IPAR を計算するためには FPAR が必要であるが、FPAR を計算するために必要な情報や変数は SiB2 モデルと同様である。

を計算するためには W (Water stress factor) が必要であり、W を計算するためには EET (Estimated evapotranspiration) が必要である。続いて、EET を計算するためには SOILM (時間と空間の関数で Soil moisture を示す) が必要であり、SOILM を計算するには WPT (しおれ点: Wilting point) と FC (圃場容水量: Field capacity) が必要である。WPT と FC は土壌組織システム 5 項目 (Coarse, Coarse/medium, Medium, Medium/Fine, Fine) に応じて定量されており、いま注目しているメッシュが森林の場合は定量された WPT と FC の値を半分にして扱うこととしている (Potter et al., 1993)。そのメッシュが森林か否かを判断する際に、SiB 土地被覆分類データが用いられている。

Potter et al. (1993) が CASA モデルに SiB 土地被覆分類システムを用いた理由は、1) 項目数が少なく取り扱いやすいこと、2) このシステムが生態学的な分類に拠っているのでは無く、植生のエネルギーバランスと生物体ダイナミクスに基づいた分類であって、地球表面の大気化学・大気物理学プロセスとリンクしやすいためだったという。

5.2.3 グローバルな窒素の分布量推定

Lin et al. (1999) は、炭素循環と窒素循環の相互作用 (光合成の際、土壌に窒素栄養塩が十分存在しているか否かなど) を考慮したモデルを使いながら、現在の気候下で地球の植生にはどれだけの量の窒素がどのように分布しているかを推定している。

本モデルでは、8つの環境パラメータ (植物中の炭素、植物中の窒素、地層中の炭素、地層中の窒素、腐植土中の炭素、腐植土中の窒素、アンモニア、硝酸塩の時間的変化が、主に 11 のフラックス (光合成による炭素の同化量、生物による窒素の固定量、アンモニア及び硝酸塩が降水によって大気中から土壌中へ蓄積することによる窒素の移動量、脱窒素作用による土壌中から大気中への窒素の移動量、無機化された窒素の量、アンモニアの揮発量、硝酸塩の溶脱量、生物による窒素の吸収、硝化作用による硝酸塩の生成量、落葉落枝の量、腐食化の量) で示されている。

本モデルとグローバルな土地分類システムの関係を表 - 2 IV に整理した。8つの環境パラメータのうち、2つのパラメータ (生物による窒素の固定量、大気中から土壌中への窒素の移動量) を推定するにあたって、解像度 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ メッシュの全球陸域 (= 60,156 メッシュ) に

おける5項目の土地被覆分類システム (Appendix <15>) が用いられている。本モデルによってグローバルな窒素の分布量が図示されるとともに、世界の窒素総蓄積量は 16 Pg (1 Pg = 1×10^{15} g) であって、従来の研究とよく一致しているという。

6. D タイプの研究 (将来の土地の変化をグローバルにシミュレートする研究)

D タイプの手法をとる研究分野として、土地の変化の研究分野が挙げられる。本稿では Nam et al. (2000) による土地劣化の研究事例と、Alcamo et al. (1994a) による IMAGE (Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect) 2.0 モデルによる土地被覆変化の研究事例を選択して解説する。

6.1 土地劣化の研究事例 (グローバルな土壌侵食量推定)

土地劣化とは、FAO (1977) によれば有用なもの (例: 収穫物) やサービスを生み出す土の可能性を損なうようなプロセスの結果として生ずる現象をいう。その原因に応じて、Oldeman et al. (1990) は土地劣化を 4 つの形態 (水食、風食、化学性、物理性) に分けている。

グローバルに見ると、水食は土地劣化の中でも主要な問題に挙げられる。Oldeman et al. (1990) は縦軸に土地劣化の 4 形態、横軸に 6 地域 (アフリカ、北・中米、南米、アジア <ウラル山脈以東の旧ソ連邦を含む>、ヨーロッパ <ウラル山脈以西の旧ソ連邦を含む>、オセアニア) を置いて、土地劣化を受けた土地面積を表にした。その表によると、土地劣化の形態別土地面積は 6 地域によって大小ばらつきがあるもののどの地域も水食によるものが最も多く、6 地域計の形態別土地劣化面積をみると、 $1,094 \times 10^6$ ha (水食)、 548×10^6 ha (風食)、 239×10^6 ha (化学性)、 83×10^6 ha (物理性) となっている。

Nam et al. (2000) は、RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) モデルを使って、水食によるグローバルな土壌侵食量を推定した。はじめに RUSLE モデルを解説し、次に Nam et al. (2000) による土壌侵食量の推定方法とグローバルな土地分類システムとの関わりを解説する。

6.1.1 RUSLE モデル

RUSLE モデルの前身である USLE (Universal Soil Loss Equation) モデルは、合衆国や海外諸国において多用されている農地の土壌保全のための強力なツールであって (Renard et al., 1991)、わが国においても傾斜畑の土壌保全対策指針として利用されている (長澤, 1998)。Renard et al. (1991) は、USLE モデルの開発の経緯を述べるとともに、以下の式で土壌侵食量を算出している。すなわち、

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

ここで、

A: Computed soil loss (単位面積当たりの年平均土砂侵食量)

R: Rainfall-runoff erosivity factor (降雨係数)

K: Soil erodibility factor (土壌係数)

L: Slope length factor (斜面長係数)

S: Slope steepness factor (傾斜係数)

C: Cover-management factor (作物係数)

P: Supporting practices factor (保全係数)。

である (カッコ内は長澤, 1998 による)。USDA(米農務省: United States Department of Agriculture)/NSERL (National Soil Erosion Research Laboratory)は、この経験式が 24 州 47 地点 11,000 超の画地における何年にもわたる調査から結論したと述べている (NSERL, 2000)。

Renard et al. (1991)は、C が土地利用、P が土地管理の要因に関係するとしている。また RUSLE の USLE からの改良は 1) 採用しているデータベースの大幅な見直し、2) データの再解析、3) 基本的な水文学や侵食過程を表現する理論、に基づいていると述べている。さらに USLE や RUSLE は、侵食は生じているが堆積は生じていないような地形縦断面のある一部分において sheet erosion や rill erosion による年平均土砂侵食量を見積もるにすぎないこと、上に凹の斜面の下部末端域における堆積土砂量や下流域の生産土砂量は見積れないこと、周辺の gully erosion を考慮していないことを述べている。

6.1.2 Nam らの土壌侵食量推定

Nam et al. (2000)は、全球陸域の土壌侵食量を、解像度 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ メッシュで推定した。その方法は、以下のとおりである。1) 前述の RUSLE の式のうち、R, K, L, S を地球規模で推定。この推定には全球雨量データ、土壌データ、標高データと他の研究者が提案した式を利用。2) C, P については、解像度 1 km の USGS 土地被覆分類データと他の研究者が提案した式を用いて推定。Nam et al. (2000)は、Nam 土地被覆分類システム (Appendix <16>)を用いたが、これは USGS 土地被覆分類システム (Appendix <17>)を 9 項目に集約したものである。その集約方法を表 6 に示す。

以上より、グローバルな土地分類データの必要性を表 2 V に整理する。グローバルな年平均土砂侵食量を推定するためには降雨係数、土壌係数、斜面長係数及び傾斜係数、作物係数、保全係数が必要である。そして前 4 者の係数を計算するには全球雨量データ、土壌データ、標高データが必要であり、後 2 者の係数を計算するにはグローバルな土地分類データが必要である。

6.2 IMAGE2.0 モデル (Alcamo のグローバルな土地

被覆変化のシミュレーション)

グローバルシステムは局地的・地域的・世界的な様相を持っているが、多くの地球環境研究は、ある一面やある空間スケールしか焦点を当てていない。Alcamo et al. (1994a)は、グローバルシステムを総合的かつ地理的に概観することによって従来の地球環境研究のギャップを埋めることが IMAGE2.0 モデルの目的であるとしている。しかし、本モデルは大量の与件とまだ理解されていない世界的プロセスに基づいているので、環境パラメータの多くは明瞭で無く自由度の大きいことが断われている。

これによると、1970~1990 年のエネルギー消費、エネルギー排出、大気中の地球温暖化ガスの濃度変化のそれぞれのデータが入力され、本モデルで土地被覆変化がシミュレートされた。その結果、熱帯地域の年平均森林消失面積の計算結果は FAO の推定値と整合したとしている。さらに Alcamo et al. (1994b)は、IPCC (気候変動政府間パネル: Intergovernmental Panel on Climate Change)の IS92a シナリオの将来人口及び経済成長の予測値を使って、2100 年までの土地被覆変化をシミュレートしている。

IMAGE2.0 モデルとグローバルな土地分類システムの主な関わりは、本モデルの Land Cover サブモデルが IMAGE2.0 土地被覆分類システム (Appendix <18>)を用いて、全球陸域の土地被覆 (解像度 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ メッシュ)の変化をシミュレートする点にある。IMAGE2.0 モデルにおいて、本シミュレーションに関わるシステムとサブモデルの階層は次のとおりである。

IMAGE2.0 モデル

Energy Industry システム

Terrestrial Environment システム

Agricultural Demand サブモデル

Terrestrial Vegetation サブモデル

Land Cover サブモデル

Alcamo et al. (1994a)によると、Agricultural Demand サブモデルによって農地と草地の需要、Energy-Industry システムによって森林の需要、Terrestrial Vegetation サブモデルによって潜在植生の分布及び主作物の潜在的な分布とその生産性がシミュレートされ、それらの結果が Land Cover サブモデルに入力されて土地被覆変化がシミュレートされる。この土地被覆変化シミュレーションの方法を表 2 VI に整理した。この表において、土地被覆変化をシミュレートするためには、農地の需要、草地の需要、森林の需要、潜在植生の分布及び主作物の潜在的な分布、そしてグローバルな土地分類データが必要である。

グローバルな土地分類システムの必要性と特に関わりが深い Terrestrial Vegetation サブモデルと Land Cover サブモデルについて以下、解説する。

6.2.1 Terrestrial Vegetation サブモデル

Terrestrial Vegetation サブモデルの目的は、潜在植生の分布及び主作物の潜在的な分布とその生産性をシミュレートすることであり (Leemans and van den Born, 1994)、潜在植生分布及び主作物の潜在的な分布と生産性は気候と密接に関係するとしている。ここで Leemans and van den Born (1994)は、潜在植生とは発達がかも乱されていないシステムに相当するとし、主作物の潜在的な分布とは、経済的に実行可能な生産量を得るのに状況が適切な地域と定義している。

Leemans and van den Born (1994)は、潜在植生分布のシミュレートのために Prentice et al. (1992)の BIOME 土地被覆分類システム (Appendix <19>)を修正して用いているが、あるメッシュに相当する農地が放棄されたときそのメッシュへ潜在植生を割り当てるときに用いているだけである (Alcamo et al., 1994a)。また本サブモデルは、主作物の潜在的な分布と生産性のシミュレートのために Crop Sustainability モデル (FAO, 1978)を用い、続いて土壌に含まれる栄養塩の度合、塩類・アルカリ・汚染物質の集積の程度、土壌の構造に関連した根の張り方の状況を考慮している (Leemans and van den Born, 1994)。

6.2.2 Land Cover サブモデル

Alcamo et al. (1994a)は、Land Cover サブモデルの目的をグローバルな土地被覆変化のシミュレートと述べている。このシミュレーションの結果を受けて、前述の森林消失面積が計算されている。

また、土地被覆変化のシミュレーションにおいて、農地、草地、森林の需要をその土地の潜在植生分布及び主作物の潜在的な分布に整合性が図られている。新たな農地・草地の発生、森林の消失、湿地の分布の変化には以下が仮定されている。

新たな農地・草地の発生には2つのルール: 1) できるだけ既存の農地・草地に隣接して発生すること、2) 最も高い発生可能性を有する場所に位置すること、が仮定されている (Alcamo et al., 1994a)。新たに発生する農地は IMAGE2.0 土地被覆分類システムの “Agricultural land”によって、同じく草地は “Cool grassland”, “Warm grassland”, “Tropical dry/savanna”によって満足に表現されるという。

森林の消失には3つのルール: 1) 世界3地域 (Africa, India + South Asia, East Asia)では既存の森林1メッシュが皆伐されること、2) それは森林と草地の境界か森林と農地の境界で生じること、3) 残りの世界10地域 (Canada, USA, Latin America, OECD Europe, Eastern Europe, CIS, Middle East, China + C.P. Countries, Oceania, Japan)では森林の大規模な変化は生じないこと、が仮定されている (Zuidema et al., 1994)。

湿地については、すでに前世紀までの人為的活動によってかなり減少しており現在の “Wetlands” (IMAGE2.0 土地被覆分類システム)の分布が将来も時間的に不変であることが仮定されている (Leemans and van den Born, 1994)。

この土地被覆変化シミュレーションの初期条件は1970年時点が想定されており、Olson 土地被覆分類システム (Olson et al., 1985)の51項目が IMAGE2.0 土地被覆分類システムに集約されて与えられた (Alcamo et al., 1994a)。

Leemans and van den Born (1994, p.137)によると、Olson 土地被覆分類システムが集約に利用された理由は以下のとおりである。すなわち、『Emanuel et al.(1985)、Guetter and Kutzbach (1990)の植生分類データは気候区分から導き出された潜在植生データである。しかし、このような導出方法では適切な土地被覆分類データを作成できない。よく知られたシステムとして Küchler 植生分類システム、Matthews 土地分類システム、Olson 土地被覆分類システム (Olson et al., 1985)、Melillo et al. (1993)の Melillo 土地被覆分類システム (Appendix <20>)があるが、Küchler 植生分類システムと Matthews 土地分類システムはむしろ不適切な分類に基づいてすぐれた添付文書も欠いており、これらのことがそれらの分類データをそれほど有用で無いものとしている。Melillo 土地被覆分類システムは、潜在植生だけを対象とするとともに Matthews 土地分類データを含む他の土地分類データと2~3の追加調査の結果に基づいている。このことが広域的なデータの不整合を生じさせている。現時点で、自らの研究に最も受け入れられるグローバルな土地分類システムは Olson 土地被覆分類システムである。しかし同時に、Olson 土地被覆分類システムの欠点として、ある農地は自然植生と組み合わせられているためこれらを分離できないこと、Grazing land と Pasture land が考慮されておらず自然植生に完全に含まれていることが述べられている。

なお、Olson 土地被覆分類システムから IMAGE2.0 土地被覆分類システムへの集約にあたっては BIOME 土地被覆分類システムが参考とされている。その理由について Zuidema et al. (1994)は、数が少なく取り扱いやすいこと、環境パラメータやその他の地球環境変化の要因を特に適切に反映していることを挙げている。

7. E タイプの研究 (グローバルな植生分類のための研究)

E タイプの手法をとる研究分野として、植物生態学と植物地理学の研究分野を挙げる。

7.1 植物生態学の研究

植物生態学がグローバルな土地分類について現在関心

を持っている課題は、grassland の分布域を C₃ 植物と C₄ 植物に二分することである (及川私信)。植物の炭素固定回路には 3 つのタイプがあり、うち 2 タイプが C₃ 植物と C₄ 植物であって、要水量 (植物が 1 g の植物体を作るのに要した水の量) は C₃ 植物で 450 ~ 950 g、C₄ 植物では 250 ~ 350 g であることからわかるように、C₃ 植物より C₄ 植物の方が耐乾性が高い (及川, 2000)。ただし、乾燥した砂漠地帯には、数年に 1 度の稀な降水を利用して発芽、成長、開花、結実して土壌が湿っている間に一生を終える短命な草本が優占しているが、これらはすべて C₃ 植物であるという。また、C₃/C₄ の区分は草にしか無く、木はすべて C₃ 植物であるが、草地において C₃/C₄ の区分を衛星リモートセンシングで行うことは困難であるという (及川私信)。植物の生理・生態的特徴を反映した C₃/C₄ の区分は、植生の相観をもとに決定されるバイオームとは異なるが、このような区分が必要なのは、一定の環境変動に対する植物の応答を基準とする分類が求められているからである (伊藤・及川, 1999)。大気中の CO₂ 濃度の増加に伴う地球温暖化は光合成、呼吸、蒸発散といった植物の基本的な生理機能を介して、植物群落に大きな影響を与える (及川, 1999)。伊藤・及川 (1999) は、環境変動に対する生理・生態的な応答により植物を区分することが、植物の分布を物理的に捉える分野との学際的研究を行うときに特に有効性を発揮すると述べている。

7.2 植物地理学の研究

植物地理学に基づくグローバルな土地分類の例として、以下に Küchler (1949) と Walter and Box (1976) の研究事例を解説する。前述のように、Küchler 植生分類システムは環境パラメータの定量を目的として SiB モデルまたは CASA モデルで用いられており、Matthews 土地分類システムとともによく知られたシステムである。

Walter 植生分類システムは、地球地図の植生分類システム (Appendix <21>) に活用されている。国土地理院がアジア地域の国々と協力して地球地図を作成する際、当該国で植生図が整備されていないか十分な植生の情報が得られない場合には、GLCC の Global Ecosystem Legend 土地分類データを表 - 7 に従って読み替えて、地球地図植生データを整備している。

Appendix <22> には、世界の植生図で現在出版されているものとして特にすぐれている (吉野, 1989)、Schmithüsen (1976) のグローバルな植生分類システムを掲げる。

7.2.1 Küchler 植生分類システム

Küchler (1949) は、それまでの研究による植生図が全球で整合的で無いことに触れるとともに、相観に基づき、使いやすく世界規模で比較対照が可能でしかも地図に表

現が可能で、より道理にかなった植生分類システムを提案した。それによると、相観による植生分類は、その成功が証明されてきておりしかも明確かつ論理的な背景に依拠しているという。

これによると、提案の分類とは、Capital letters (B: evergreen broadleaf, D: deciduous broadleaf など) から項目を選択し、次に植生の高さ、密度、特別な特徴の 3 グループからそれぞれ small letter (t: minimum height of trees = 25 m, c: continuous growth, k: succulents など) の項目を選択して組み合わせ植生を表現するものである。分類対象地域が全世界であっても局地的な領域であっても、分類者が任意に組み合わせで植生を表現できると Küchler (1949) は述べている。

7.2.2 Walter 植生分類システム

林 (1990) は、Walter 植生分類システム 19 項目 (Appendix <23>) を、植物群系に基づく植物のグローバルな分類を図示した例として挙げている。

Walter and Box (1976) は、陸域生物圏 (Biogeosphere) を独立した 3 概念、つまり Orobiome (山岳地域) において垂直方向に生態系の配列を考慮)、Pedobiome (気候よりも土壌により依存した生態系を考慮)、Zonobiome (土壌や植生のタイプは気候に左右されていることを考慮) に分けてグローバルな植生分類システムを考えた。そして、Zonobiome の最も大きな単位は気候帯 (climate zone) に相当する 9 項目とし、各分類間の漸移帯としてさらに 10 項目を挙げて、結局、気候の影響に基づいた考えによってグローバルな植生分類を 19 項目とした。ただし、一つの Zonobiome 内では気候は一様では無く、Subzonobiomes により細分化できるとしており、同様に、Orobiome もそれが位置する Zonobiome に応じて細分化できるとしている。そして、もし山岳地域が複数の Zonobiome にわたるとき (例えば北極帯からステップ帯まで位置するウラル山脈) は、個々の Zonobiome ごとに Orobiome が細分化されねばならないとしている。

8. F タイプの研究 (グローバルな土地分類データを必要としない研究)

F タイプの手法をとる研究分野として、水循環、生物地球化学的循環の 2 つの研究分野が挙げられる。水循環の研究事例がグローバルな土地分類データに依存しない理由は、環境パラメータが直接計測できるためであり、生物地球化学的循環の研究事例がそれに依存しない理由は、収集される初期データの地域依存性が強く、結局は現地でのデータ収集が必要なため、グローバルな分析まで至らないためである。さらに、その理由を以下に解説する。

8.1 水循環の研究分野 (全球陸域の土壌水分の推定)

ここでは、地表面の水収支を把握するために重要な土壌水分の研究事例を選択して解説する。

東京大学ほか (2000)と Oki et al. (2000)は、TRMM (熱帯降雨観測衛星: Tropical Rainfall Measuring Mission) に搭載されている PR (降雨レーダ: Precipitation Radar)の後方散乱係数を使うことによって、土壌水分の全球的な推定が可能になったことを示した。L-band (波長約 20 cm)のマイクロ波を利用した衛星リモートセンシングによる土壌水分の推定は従来から行われてきたが、例えば JERS-1 (地球資源衛星: Japanese Earth Resources Satellite - 1)に搭載された SAR (合成開口レーダ: Synthetic Aperture Radar)の L-band による土壌水分の推定は、広範囲を高頻度で観測するには向いておらず、気候モデルに対応した全球土壌水分の推定には至っていないといわれ、また、地表面を斜め (23° ~ 60°)に観測する例が多く、ごくわずかな植生層での散乱吸収によってその下の土壌水分の情報が失われてしまうという短所があったという。また、TRMM/PR の場合も、波長が 2 cm と短く、地表観測には向いていないという短所はあるが、直下を観測しているため植生層の影響を比較的受けにくく、土壌水分の情報が同一地点で比較的高頻度に観測できる長所があるという。Oki et al. (2000)は、植生による効果を相殺した上で後方散乱係数を使い、0~1 (1: 圃場含水量、0: 永久しおれ点)をとるよう正規化された指標で陸域の全球的な土壌水分量の計算結果を示している。

以上から、土壌水分の推定には、グローバルな土地分類データは不要である。

8.2 生物地球化学的循環の研究 (CENTURY モデルの研究)

ここでは、窒素、リン、イオウの生物地球化学的循環に関する代表的なモデルである NREL (米コロラド州立大学天然資源生態研究所: Natural Resources Ecology Laboratory)の CENTURY モデル (NREL, 2000)を挙げる。

植物の炭素固定を議論する際、土壌の窒素、リン、イオウの循環を炭素循環と組み合わせることは重要である。植物は、光合成によって大気中の CO₂ を消費して炭素を同化するが、貧栄養の状態にある土壌から植物が栄養分を吸収できないとき、炭素同化の効率もまた鈍化することが予想されるからである。

NREL (2000)によると、CENTURY モデルでは 5 つのサブモデル等を通して植物と土壌の間の炭素、窒素のフラックスが計算され、付随的にリン、イオウのフラックスも合わせて計算される。そして、このモデルには 7 種類の初期値、すなわち月平均最高及び最低気温、月降水量、土壌の種類、植物に含まれる窒素・リン・イオウ、

植物組織におけるリグニンの量、大気及び土壌に含まれる窒素に関する入力値、そして土壌の炭素及び窒素含有量が必要とされている。Parton et al. (1993)は、世界の草原 11 地点 (ケニア、タイ、メキシコ、コートジボアール、アメリカ合衆国 2 地点、ウクライナ、ロシア 3 地点、カザフスタン)を対象として本モデルを実行しているものの、Lin et al. (1999)のように、「点」から「面」に展開させてグローバルな炭素・窒素循環を考察するまで至っていない。

9. 主な土地分類システムの比較と結語

グローバルな土地分類システムは、地球の社会環境研究のみならず自然環境研究にとっても依然として必要であることがわかった。また、土地被覆、土地利用、植生分類システムを一本化した汎用的な土地分類システムを構築する動向のあることが分かった。

地球環境研究のためには、項目数の少ないほうが取り扱いが簡単である (例えば Dorman and Sellers, 1989; Potter et al., 1993; Alcamo et al., 1994a)が、分類システムが想定する階層構造を乱さずに、ある場所の土地分類の分類項目を正確に言い当てられる仕組み (例えば FAO の LCCS)ができていることから、必ずしも少ない項目数が良い分類システムであるとは言えないだろう。

IGBP-DIS 土地被覆分類システムは、地球の自然環境研究のために構築された、国際的に認知されているシステムである。これによって変わるようなシステムは現在のところ、地球の自然環境の研究者からは提案されていない。しかし、地球の社会環境の研究者にとっては、IGBP-DIS 土地被覆分類システムはまだ十分ではなさそうである。それは、現状の改善や開発を依然として必要とする発展途上国にとっては、IGBP-DIS 土地被覆分類データの整備が食糧自給計画や開発計画などの国土管理に資するとは、直感的には考え難いだろうと推定するからである。今のところ、LCCS の研究者等からは LCCS を使った具体的なグローバル土地分類システムの提案は無い。GLC2000 土地分類システムは、分類項目数の多さに加えて体系的な分類方法、そして地図の縮尺や用途に依存しないことが特徴である。そこで現時点では、このシステムが地球の社会環境研究の要望に応えることになると思う。

試みに、本稿で解説した土地分類システムから主なものを抽出して比較表を作成した (表 - 8)。GLC2000 土地分類システムの分類項目を取捨選択するとともに不足を補いつつ、IGBP-DIS 土地被覆分類システムに読み替えが直ちに可能な土地分類システムを作成すると、土地被覆、土地利用、植生分類システムが一本化された、地球環境研究に汎用的なシステムが提案できそうで興味深い。その考察は稿を改めたい。

参 考 文 献

- Alcamo, J., Kreileman, G.J.J., Krol, M.S. and Zuidema, G. (1994a): Modeling the global society –biosphere-climate system: Part1: Model description and testing. *Water, Air, and Soil Pollution*, **76**, 1-35.
- Alcamo, J., Van den Born, G.J., Bouwman, A.F., de Haan, B.J., Goldewijk, K.K., Klepper, O., Krabec, J., Leemans, R., Olivier, J.G.J., Toet, A.M.C., de Vries, H.J.M. and Van der Woerd, H.J. (1994b): Modeling the global society-biosphere-climate system: Part2: computed scenarios. *Water, Air, and Soil Pollution*, **76**, 37-78.
- Belward, A.S. ed. (1996): *The IGBP-DIS Global 1km Land Cover Data Set "DISCover" Proposal and Implementation Plans*. Report of the Land Cover Working Group of IGBP-DIS, IGBP-DIS Working Paper #13, 11-19. IGBP Data and Information System Office, Toulouse, France.
- Belward, A.S., Estes, J.E. and Klein, K.D. (1999): The IGBP-DIS Global 1-km Land-Cover Data Set DISCover: A Project Overview. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **65**, 1013-1020.
- Dickinson, R.E., Kennedy, P.J. and Henderson-Sellers, A. (1993): Biosphere Atmosphere Transfer Scheme (BATS) Version1e as coupled to the NCAR Community Climate Model. NCAR Technical Note, NCAR/TN-387.
- Dickinson, R.E. (1995): Land Processes in Climate Models. *Remote Sensing of Environment*, **51**, 27-38.
- Dorman, J.L. and Sellers, P.J. (1989): A Global Climatology of Albedo, Roughness Length and Stomatal Resistance for Atmospheric General Circulation Models as Represented by the Simple Biosphere Model (SiB). *Journal of Applied Meteorology*, **28**, 833-855.
- Emanuel, W.R., Shugart, H.H. and Stevenson, M.P. (1985): Climatic change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystems complex. *Climatic Change*, **7**, 29-43.
- FAO (1977): Assessing Soil Degradation. *FAO Soils Bulletin*, **32**.
- FAO (1978): Report on the agro-ecological zones project.
- FAO (2000): Land Cover Classification System (LCCS) -Classification Concept and User Manual-. 179p.
- Guetter, P.J. and Kutzbach, J.E. (1990): A modified Köppen classification applied to model simulations of glacial and interglacial climates. *Climatic Change*, **16**, 193-215.
- 林 一六 (1990): 「植生地理学」 44-56. 大明堂.
- Himiyama, Y. (1986): *A Comparative Study of Culture Space in Japan and Britain*, pp.14-27. 多賀出版.
- 本多嘉明・村井俊治 (1992): 世界の植生. *地学雑誌*, **101**, 514-527.
- ISCGM (1998): Global Map Specifications, version 1.0. Report of the Fifth Meeting of International Steering Committee for Global Mapping, 26-70.
- 伊藤昭彦・及川武久 (1999): 植生の地理分布と地球環境. *ながれ*, **18**, 83-88
- JRC (2001): Global Land Cover 2000 Workshop on legend. Joint Research Centre, European Union.
- 小井土今朝己 (1997): 地球地図ワーキンググループの活動報告. *地理調査部技術ノート*, **14**, 55-62. 国土地理院技術資料D・5-No.14.
- Küchler, A.W. (1949): A physiognomic classification of vegetation. *Annals of the Association of American Geographers*, **39**, 201-210.
- Küchler, A.W. (1983): World map of natural vegetation. *Goode's World Atlas*, 16th ed., Rand McNally, 16-17.
- Leemans, R. and van den Born, G.J. (1994): Determining the potential distribution of vegetation, crops and agricultural productivity. *Water, Air, and Soil Pollution*, **76**, 133-161.
- Lin, B., Shibasaki, R., Goto, N., Sakoda, A. and Suzuki, M. (1999): Establishing a Global Nitrogen/Carbon Cycle Model: Nitrogen Storage in Terrestrial Vegetation under Present Climate. *Proceedings of 1999 NIES Workshop on Information Bases and Modeling for Land-use and Land-cover Changes Studies in East Asia*, 213-221. National Institute for Environmental Research, Environment Agency of Japan.
- Los, S.O., Justice, C.O. and Tucker, C.J. (1994): A 1 ° by 1 ° global NDVI data set for climate studies calculated from the GIMMS continental NDVI data. *International Journal of Remote Sensing*, **15**, 3493-3518.
- Loveland, T.R., Reed, B.C., Brown, J.F., Ohlen, D.O., Zhu, Z., Yang, L. and Merchant, J.W. (2000): Development of a Global Land Characteristics Database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, **21**, 1303-1330.

- Matthews, E. (1983): Global Vegetation and Land Use: New High-Resolution Data Bases for Climate Studies. *Journal of Climate and Applied and Applied Meteorology*, **22**, 474-487.
- Matthews, E. (1984): Prescription of land-surface boundary conditions in GISS GCM II: A simple method base on high-resolution vegetation data bases. NASA Tech. MEMO. 86096.
- Matthews, E. (1985): Atlas of archived vegetaion, land-use and seasonal albedo data sets, NASA Tech. MEMO. 86199-861.
- 丸山弘通・高橋広典 (1999): 地球地図整備の実施状況. *国土地理院時報*, **91**, 70-85.
- McConnell, W.J. (2001): FAO Africover Project and Land Cover Classification System Endorsed. LUCCL Newsletter, **6**, p.16.
- Melillo, J.M., McGuire, A.D., Kicklighter, D.W., Moore III, B., Vorosmarty, C.J. and Schloss, A.L. (1993): Global climate change and terrestrial net primary production. *Nature*, **363**, 234-240.
- Myneni, R.B., Nemani, R.R. and Running, S.W. (1997): Estimation of Global Leaf Area Index and Absorbed Par Using Radiative Transfer Models. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, **35**, 1380-1393.
- 長澤徹明 (1998): 土の保全 持続可能な農業の基盤. 「土の自然史」 **98-106**. 北海道大学図書刊行会.
- Nam, P.T., Yang, D., Oki, T. and Musiakke, K. (2000): Estimation of Global Soil Erosion by Using RUSLE. *水文・水資源学会 2000 年研究発表会要旨集*, **202-203**.
- NSERL (2000): <http://topsoil.nserl.purdue.edu/nserlweb/usle/USLEqn~1.htm>
- NREL (2000): <http://nrel.colostate.edu/projects/century/nrel.htm>
- 及川武久 (1994): 地球生態系の中の森林. *水利科学* **38** (4), 8-33.
- 及川武久 (1999): <http://zobell.biol.tsukuba.ac.jp/dbs/oikawa.html>
- 及川武久 (2000): 地球温暖化と光合成. 「生命を支える光」 **177-190**. 共立出版.
- 沖 大幹 (1995): グローバルな水循環. *水利科学* **39** (4), 1-35.
- Oki, T., Seto, S. and Musiakke, K. (2000): Land Surface Monitoring by Backscattering Coefficient from TRMM/PR 2A21. *Proceeding of International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE. Honolulu, Hawaii.*
- Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A. and Sombroek, W.G. (1990): World Map of the Status of Human-induced Soil Degradation. An Explanatory Note. ISRIC/UNEP.
- Olson, J.S. (1994a): Global Ecosystem Framework 1. Definitions. Internal Report, USGS EROS Data Center, Sioux Falls, SD, USA. 37p. (http://www.ucm.es/info/Geofis/gmat/cld/olson1_ir.txt から入手可能)
- Olson, J.S. (1994b): Global Ecosystem Framework 2. Translation Strategy. Internal Report, USGS EROS Data Center, Sioux Falls, SD, USA. 39p. (http://www.ucm.es/info/Geofis/gmat/cld/olson2_ir.txt から入手可能)
- Olson, J.S., Watts, J.A. and Allison, L.J. (1983): Carbon in Live Vegetation of Major World Ecosystem: DOE/NBB-0037, No.TR004.U.S. Department of Energy.
- Olson, J.S., Watts, J.A. and Allison, L.J. (1985): Major World Ecosystem Complexes Ranked by Carbon in Live Vegetation: A Database, NDP-017, Oak Ridge National Laboratory.
- Parton, W.J., Scurlock, J.M.O., Ojima, D.S., Gilmanov, T.G., Scholes, R.J., Schimel, D.S., Kirchner, T., Menaut, J.C., Seastedt, T., Moya, E. G., Kamnalrut, A. and Kinyamario, J.I. (1993): Observation and Modeling of Biomass and Soil Organic Matter Dynamics for the Grassland Biome Worldwide. *Global Biogeochemical Cycles*, **7**, 785-809.
- Potter, C.S., Randerson, J.T., Field, C.B., Matson, P.A., Vitousek, P.M., Mooney, H.A. and Klooster, S.A. (1993): Terrestrial Ecosystem Production: A Process Model Based on Global Satellite and Surface Data. *Global Biogeochemical Cycles*, **7**, 811-841.
- Prentice, I.C., Cramer, W., Harrison, S.P., Leemans, R., Monserud, R.A. and Solomon, A.M. (1992): A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography*, **19**, 117-134.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. and Porter, J.P. (1991): RUSLE Revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, **46** (1), 30-33.
- Running, S.W., Loveland, T.R. and Pierce, L.L. (1994): A Vegetation Classification Logic Based on Remote Sensing for Use in Global Biogeochemical Models. *Ambio*, **23**, 77-81.
- 佐藤 浩 (2000): 地球地図作成における衛星データの利用. *JACIC 情報*, **58**, 31-34.

- Schmithüsen, J. (1976): *Atlas zur Biogeographie*. Bibliographisches Institut, Mannheim.
- Sellers, P.J., Los, S.O., Tucker, C.J., Justice, C.O., Dazlich, D. A., Collatz, G.J. and Randall, D. A. (1996): A revised land surface parameterization (SiB2) for Atmospheric GCMs. PartII: The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from satellite data. *Journal of Climate*, **9**, 706-737.
- Stibig, H.J. (2001): The GLC 2000 Global Legend version 1.0. In: *Global Land Cover 2000 Workshop on legend*. Joint Research Centre, European Commission.
- 東京大学・通信総研・宇宙開発事業団 (2000): 熱帯降雨観測衛星 (TRMM)搭載降雨レーダ (PR)による全球土壌水分量の観測結果について (お知らせ). (<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Mulabo/TRMM/TRMM-IIS-01e.html>)
- 宇根 寛 (2001): 地球地図の経緯と現状. *地図*, **39**. 日本国際地図学会. (投稿中)
- USGS (2001): http://edcdaac.usgs.gov/glcc/globdoc1_2.html.
- van Valkenburg, S. (1950): The World Land Use Survey. *Economic Geography*, **26**, 1-5.
- Walter, H. and Box, E. (1976): Global Classification of Natural Terrestrial Ecosystems. *Vegetatio*, **32** (2), 75-81.
- Wilson, M.F. and Henderson-Sellers, A. (1985): A global archive of land cover and soil data for use in general circulation climate models. *Journal of Climatology*, **5**, 119-143.
- 呉 傳鈞・郭 煥成 (1994): 中国的土地利用. 422p. 科学出版社 (北京).
- 吉野みどり (1989): 植生図. 日本地誌研究所編「地理学辞典改訂版」p.311. 二宮書店.
- Zuidema, G., van den Born, G.J., Alcamo, J. and Kreileman, G.J.J. (1994): Simulating Changes in Global Land Cover as Affected by Economic and Climatic Factors. *Water, Air, and Soil Pollution*, **76**, 163-198.

[Appendix <1>]

Running 土地被覆分類システム (6 項目; Running et al., 1994)

- Evergreen needleleaf
- Evergreen broadleaf
- Deciduous needleleaf
- Deciduous broadleaf
- Broadleaf annual
- Grasses

[Appendix <2>]

IGBP-DIS 土地被覆分類システム (17 項目; Belward ed., 1996)

- Evergreen needleleaf forest
- Evergreen broadleaf forest
- Deciduous needleleaf forest
- Deciduous broadleaf forest
- Mixed forest
- Closed shrublands
- Open shrublands
- Woody savannas
- Savannas
- Grasslands
- Permanent wetlands
- Croplands
- Urban and built-up
- Cropland/Natural vegetation mosaic
- Snow and ice
- Barren or sparsely vegetated
- Water bodies

[Appendix <3>]

IGU 土地利用分類システム (16 項目; van Valkenburg, 1950)

- Settlements and associated non-agricultural lands
- Horticulture
- Tree and other perennial crops
- Cropland
 - Continual and rotation cropping
 - Land rotation
- Improved permanent
- Unimproved grazing land
 - Used
 - Not used
- Woodlands
 - Dense
 - Open
- Scrub
- Swamp forests
 - Cut over or burnt over forest areas
 - Forest with subsidiary cultivation
- Swamps and marshes
- Unproductive land

[Appendix <4>]

地球地図土地利用分類システム (9 項目; ISCGM, 1998)

- Forest
- Mixture
- Grassland/Shrub
- Agricultural area
- Wetland
- Barren area
- Built-up area
- Drainage/water
- Ocean or Sea

[Appendix <5>]

LCCS 土地分類システム (8 項目; FAO, 2000)

Primary vegetated areas

Terrestrial

Cultivated and managed terrestrial areas

Natural and semi natural terrestrial vegetation

Aquatic or regularly flooded

Cultivated aquatic or regularly flooded area

Natural and semi natural aquatic regularly flooded
vegetation

Primary non vegetated areas

Terrestrial

Artificial surfaces associated areas

Bare areas

Aquatic or regularly flooded

Artificial water bodies, snow and ice

Natural water bodies, snow and ice

[Appendix <6>]

GLC2000 土地分類システム (計 107 項目; Stibig, 2001)

A. Primarily Vegetated Areas

A1. Terrestrial Primarily Vegetated Areas (46 項目)

A11. Cultivated and Managed Terrestrial Areas (veg. >
4%: 2 months)

A12. Natural and Semi-Natural Terrestrial Vegetation

Woody (7 - 2 m)

Closed to open (>20/10 %)

Sparse (20/10 - 1%)

Trees (>30 - 3 m)

Closed (>70/60 %)

Continuous

Needleleaved

Evergreen

Deciduous

Broadleaved

Evergreen

Deciduous

Fragmented with A12

(ditto 1)

Closed to open

(ditto 2)

Open (70/60 - 20/10%)

(ditto 2)

Sparse

Shrubs (5 - 0.3 m)

Closed

(ditto 1)

Closed to open

(ditto 1)

Open

(ditto 1)

Sparse

Herbaceous (- 0.03 m)

Closed to open

Second layer absent

Second layer present

Trees

Sparse

Shrubs

Sparse

Sparse

Lichens/Mosses

Closed to open

A2. Aquatic or Regularly Flooded Primarily Vegetated Areas
(50 項目)

A23. Cultivated Aquatic or Regularly Flooded Areas (veg. > 4%: 2 months)

A24. Natural and Semi-Natural Aquatic or Regularly Flooded Vegetation

Woody

Closed to open

Trees

Closed

Flooded > 4 months

(ditto 1)

Flooded 2 < months < 4

Broadleaved

Evergreen

Closed to open

(ditto 3)

Open

(ditto 3)

Shrubs

Closed

Flooded > 4 months

(ditto 1)

Flooded 2 < months < 4

(ditto 1)

Closed to open

(ditto 4)

Open

(ditto 4)

Herbaceous

Closed to open

Flooded > 4 months

Second layer absent

Second layer present

Trees

Sparse

Shrubs

Sparse

Flooded 2 < months < 4

(ditto 5)

Waterlogged

(ditto 5)

B. Primarily Non-Vegetated Areas (11 項目)

B1. Terrestrial Primarily Non-Vegetated Areas

B15. Artificial Surfaces and Associated Areas (veg. < 4%: 10 months)

B16. Bare Areas

Consolidated (以下 2 項目に非該当時は本項目を選択)

Bare Rock

Hardpan

Unconsolidated (以下 2 項目に非該当時は本項目を選択)

Bare soil

Loose and shifting sand

B2. Aquatic or Regularly Flooded Primarily Non-Vegetated Areas

B27. Artificial Waterbodies, Snow and Ice (veg. < 4%: 10 months)

B28. Natural Waterbodies, Snow and Ice

Water

Snow

Ice

注 1.

ditto 1 Needleleaved

Evergreen

Deciduous

Broadleaved

Evergreen

Deciduous

ditto 2 Continuous

(ditto 1)

Fragmented with A12

(ditto 1)

ditto 3 Flooded > 4 months

(ditto 1)

Flooded 2 < months < 4

Broadleaved

Evergreen

ditto 4 Flooded > 4 months

(ditto 1)

Flooded 2 < months < 4

(ditto 1)

ditto 5 Second layer absent

Second layer present

Trees

Sparse

Shrubs

Sparse

[Appendix <7>]

SiB 土地被覆分類システム (13 項目; Dorman and Sellers, 1989)

Needleleaf-evergreen trees
Broadleaf-evergreen trees (tropical forest)
Needleleaf-deciduous trees (larch)
Broadleaf-deciduous trees
Broadleaf and needleleaf trees (mixed forest)
Broadleaf shrubs with perennial groundcover
Broadleaf trees with groundcover (savanna)
Groundcover only (perennial)
Dwarf trees and shrubs with groundcover (tundra)
Broadleaf shrubs with bare soil
Winter wheat and broadleaf deciduous trees
Bare soil
Perpetual ice

[Appendix <8>]

Küchler 植生分類システム (32 項目; Küchler, 1983)

Broadleaf evergreen trees
Broadleaf evergreen, shrubform, minimum height 3 feet
Broadleaf evergreen, shrubform, minimum height 3 feet,
growth singly or in groups or patches
Broadleaf evergreen, dwarf shrubform, maximum height 3
feet, plants sufficiently far apart that they frequently do not
touch
Broadleaf deciduous trees
Broadleaf deciduous trees, plants sufficiently far apart that
they frequently do not touch
Broadleaf deciduous, shrubform, minimum height 3 feet
Broadleaf deciduous, shrubform, minimum height 3 feet,
plants sufficiently far apart that they frequently do not
touch
Broadleaf deciduous, shrubform, minimum height 3 feet
growth singly or in groups or patches
Broadleaf deciduous, dwarf shrubform, maximum height 3
feet/Grass and other herbaceous plants
Broadleaf deciduous, shrubform, minimum height 3
feet/Grass and other herbaceous plants
Broadleaf deciduous trees/Grass and other herbaceous plants
Broadleaf deciduous trees/Broadleaf evergreen, shrubform,
minimum height 3 feet
Needleleaf evergreen trees
Needleleaf evergreen trees, growth singly or in groups or
patches
Grass and other herbaceous plants
Grass and other herbaceous plants, growth singly or in
groups or patches
Grass and other herbaceous plants/Broadleaf evergreen trees,
growth singly or in groups or patches

Grass and other herbaceous plants/Broadleaf deciduous trees
Grass and other herbaceous plants/Broadleaf deciduous trees,
growth singly or in groups or patches
Grass and other herbaceous plants/Broadleaf deciduous,
shrubform, minimum height 3 feet, growth singly or in
groups or patches
Grass and other herbaceous plants/Semideciduous: broadleaf
evergreen and broadleaf deciduous trees, growth singly or in
groups or patches
Herbaceous plants other than grass
Mixed: broadleaf deciduous and needleleaf evergreen trees
Needleleaf deciduous trees
Needleleaf deciduous trees/Broadleaf deciduous trees
Semideciduous: broadleaf evergreen and broadleaf deciduous
trees
Semideciduous: broadleaf evergreen and broadleaf deciduous,
shrubform, minimum height 3 feet
Semideciduous: broadleaf evergreen and broadleaf deciduous,
shrubform, minimum height 3 feet/Grass and other
herbaceous plants
Semideciduous: broadleaf evergreen and broadleaf deciduous,
dwarf shrubform, maximum height 3 feet, growth singly or
in groups or patches
Semideciduous: broadleaf evergreen and broadleaf deciduous
trees/Needleleaf evergreen trees
Vegetation largely or entirely absent

[Appendix <9>]

Matthews 土地分類システム (32 項目; Matthews, 1983)

Tropical evergreen rainforest, mangrove forest
Tropical/subtropical evergreen seasonal broad-leaved forest
Subtropical evergreen rainforest
Temperate/subpolar evergreen rainforest
Temperate evergreen seasonal broadleaved forest, summer rain
Evergreen broadleaved sclerophyllous forest, winter rain
Tropical/subtropical evergreen needleleaved forest
Temperate/subpolar evergreen needleleaved forest
Tropical/subtropical drought-deciduous forest
Cold-deciduous forest, with evergreens
Cold-deciduous forest, without evergreens
Xeromorphic forest/woodland
Evergreen broadleaved sclerophyllous woodland
Evergreen needleleaved woodland
Tropical/subtropical drought-deciduous woodland
Cold-deciduous woodland
Evergreen broadleaved shrubland/thicket, evergreen dwarf
Evergreen needleleaved or microphyllous shrubland/thicket
Drought-deciduous shrubland/thicket
Cold-deciduous subalpine/subpolar shrubland, cold-deciduous dwarf shrubland
Xenomorphic shrubland/dwarf shrubland
Arctic/alpine tundra, mossy bog
Tall/medium/short grassland with 10-40% woody tree cover
Tall/medium/short grassland with < 10% woody tree cover or tuft-plant cover
Tall/medium/short grassland with shrub cover
Tall grassland, no woody cover
Medium grassland, no woody cover
Meadow, short grassland, no woody cover
Forb formations
Desert
Ice
Cultivation

[Appendix <10>]

BATS 土地被覆分類システム (18 項目; Dickinson et al., 1993)

Evergreen needleleaf tree
Evergreen broadleaf tree
Deciduous needleleaf tree
Deciduous broadleaf tree
Mixed woodland
Evergreen shrub
Deciduous shrub
Tundra
Tall grass
Short grass
Bog or marsh
Crops/mixed farming
Irrigated crop
Ice caps/glacier
Desert
Semi-desert
Inland water
Ocean

[Appendix <11>]

SIB2 土地被覆分類システム (9 項目; Sellers et al., 1996)

Broadleaf evergreen trees
Broadleaf deciduous trees
Broadleaf and needleleaf trees
Needleleaf evergreen trees
Needleleaf deciduous trees
Short vegetation/C4 grassland
Broadleaf shrubs with bare soil
Dwarf trees and shrubs
Agriculture/C3 grassland

[Appendix <12>]

Myneni 土地被覆分類システム (6 項目; Myneni et al., 1997)

Broadleaf Forest
Needleleaf forest
Shrubs
Savanna
Broadleaf crops
Grasses and cereal crops

[Appendix <13>]

Olson 土地分類システム (7 項目; Olson et al., 1983)

Forest and woodland
Interrupted woods
Grass and shrub complexes
Mainly cropped, residual, commercial, park
Tundra and desert
Major wetlands
Other coastal, aquatic, and miscellaneous

[Appendix <14>]

Global Ecosystem Legend 土地分類システム (94 項目; Olson, 1994a; Loveland et al., 2000)

- 1 Urban
- 2 Low Sparse Grassland
- 3 Coniferous Forest
- 4 Deciduous Conifer Forest
- 5 Deciduous Broadleaf Forest
- 6 Evergreen Broadleaf Forest
- 7 Tall Grasses and Shrubs
- 8 Bare desert
- 9 Upland Tundra
- 10 Irrigated Grassland
- 11 Semi Desert
- 12 Glacier Ice
- 13 Wooded Wet Swamp
- 14 Inland Water
- 15 Sea Water
- 16 Shrub Evergreen
- 17 Shrub Deciduous
- 18 Mixed Forest and Field
- 19 Evergreen Forest and Fields
- 20 Cool Rain Forest
- 21 Conifer Boreal Forest
- 22 Cool Conifer Forest
- 23 Cool Mixed Forest
- 24 Mixed Forest
- 25 Cool Broadleaf Forest
- 26 Deciduous Broadleaf Forest
- 27 Conifer Forest
- 28 Montane Tropical Forests
- 29 Seasonal Tropical Forest
- 30 Cool Crops and Towns
- 31 Crops and Town
- 32 Dry Tropical Woods
- 33 Tropical Rainforest
- 34 Tropical Degraded Forest
- 35 Corn and Beans Cropland
- 36 Rice Paddy and Field
- 37 Hot Irrigated Cropland
- 38 Cool Irrigated Cropland
- 39 Cold Irrigated Cropland
- 40 Cool Grasses and Shrubs
- 41 Hot and Mild Grasses and Shrubs
- 42 Cold Grassland
- 43 Savanna (Woods)
- 44 Mire, Bog, Fen
- 45 Marsh Wetland
- 46 Mediterranean Scrub

47	Dry Woody Scrub	[Appendix <15>]
48	Dry Evergreen Woods	Lin 土地被覆分類システム (5 項目; Lin et al., 1999)
49	Volcanic Rock	Tropical forest
50	Sand Desert	Temperate forest
51	Semi Desert Shrubs	Boreal forest
52	Semi Desert Sage	no-vegetation
53	Barren Tundra	crop/grass-land
54	Cool Southern Hemisphere Mixed Forests	
55	Cool Fields and Woods	[Appendix <16>]
56	Forest and Field	Nam 土地被覆分類システム (9 項目; Nam et al., 2000)
57	Cool Forest and Field	Forest
58	Fields and Woody Savanna	Grassland/Shrub
59	Succulent and Thorn Scrub	Agriculture
60	Small Leaf Mixed Woods	Paddy field
61	Deciduous and Mixed Boreal Forest	Mixture
62	Narrow Conifers	Built up area
63	Wooded Tundra	Barren area
64	Heath Scrub	Wetland
65	Coastal Wetland, NW	Water bodies
66	Coastal Wetland, NE	
67	Coastal Wetland, SE	
68	Coastal Wetland, SW	[Appendix <17>]
69	Polar and Alpine Desert	USGS 土地被覆分類システム (24 項目; USGS, 2001)
70	Glacier Rock	Deciduous broadleaf forest
71	Salt Playas	Deciduous needleleaf forest
72	Mangrove	Evergreen broadleaf forest
73	Water and Island Fringe	Evergreen needleleaf forest
74	Land, Water, and Shore (see Note 1)	Mixed forest
75	Land and Water, Rivers (see Note 1)	Shrubland
76	Crop and Water Mixtures	Mixed shrubland/grassland
77	Southern Hemisphere Conifers	Grassland
78	Southern Hemisphere Mixed Forest	Savanna
79	Wet Sclerophylic Forest	Dryland cropland and pasture
80	Coastline Fringe	Irrigated cropland and pasture
81	Beaches and Dunes	Mixed dryland/irrigated cropland and pasture
82	Sparse Dunes and Ridges	Cropland/grassland mosaic
83	Bare Coastal Dunes	Cropland/woodland mosaic
84	Residual Dunes and Beaches	Wooded wetland
85	Compound Coastlines	Wooded tundra
86	Rocky Cliffs and Slopes	Mixed tundra
87	Sandy Grassland and Shrubs	Herbaceous tundra
88	Bamboo	Bare ground tundra
89	Moist Eucalyptus	Barren or sparsely vegetated
90	Rain Green Tropical Forest	Herbaceous wetland
91	Woody Savanna	Water bodies
92	Broadleaf Crops	Snow or ice
93	Grass Crops	Urban and built-up land
94	Crops, Grass, Shrubs	

[Appendix <18>]

IMAGE2.0 土地被覆分類システム (17 項目; Alcamo et al., 1994a)

Agricultural land
Ice
Cool (semi)desert
Hot desert
Tundra
Cool grass/shrub
Warm grass/shrub
Xerophytic woods/shrub
Taiga
Cool conifer forest
Cool mixed forest
Temperate deciduous forest
Broad leaves/warm mixed forest
Tropical dry/savanna
Tropical seasonal forest
Tropical rain forest
Wetlands

[Appendix <19>]

BIOME 土地被覆分類システム (17 項目; Prentice et al., 1992)

Tropical rain forest
Tropical seasonal forest
Tropical dry forest/savanna
Broad-leaved evergreen/warm mixed forest
Temperate deciduous forest
Cool mixed forest
Cool conifer forest
Taiga
Cold mixed forest
Cold deciduous forest
Xenophytic woods/scrub
Warm grass/shrub
Cool grass/shrub
Tundra
Hot desert
Semidesert
Ice/polar desert

[Appendix <20>]

Melillo 土地被覆分類システム (20 項目; Melillo et al., 1993)

Boreal forest
Boreal woodlands
Wet moist tundra
Polar desert
Ice
Wetlands
Tropical evergreen forest
Tropical deciduous forest
Tropical savanna
Temperate broadleaf evergreen forest
Temperate mixed forest
Temperate deciduous forest
Temperate coniferous forest
Short grassland
Tall grassland
Mediterranean shrubland
Arid shrubland
Temperate savanna
Xenomorphic woodland
Desert

[Appendix <21>]

地球地区植生分類システム (20 項目; ISCGM, 1998)

Tropical rainforest
Hydrotropic forest
Grassland in tropical or sub-tropical zone
Semi desert in tropical or sub-tropical zone
Desert in tropical or sub-tropical zone
Evergreen thick-leaved forest
Evergreen broad-leaved forest
Deciduous broad-leaved forest
Grassland in temperate zone
Semi-desert in temperate zone
Desert in temperate zone
Northern coniferous forest
Tundra
Water body
Ice and snow
Wetland
Mixed forest
Mixed land
Non natural
Unclassified

[Appendix <22>]

Schmithüsen 植生分類システム (30 項目; Schmithüsen, 1976)

Tropische Regenwälder
Mangrove
Tropische Gebirgsregenwälder
Tropische halbimmergrüne Regenwälder und regengrüne
Monsunwälder
Temperierte Regenwälder
Gebirgsnadelwälder
Immergrüne bereale Nadelwälder
Lorbeerwälder und subtropische Regenwälder
Hartlaubvegetation
Koniferentrockengehölze und xeromorphe
Strauchformationen
Dornbaum und Sukkulente wälder
Tropische Trockenwälder und Campos cerrados
Sommergrüne Laubwälder
Sommergrüne Laubwälder mit Nadelholz
Sommergrüne Baumsteppen
Sommergrüne Nadelwälder
Dornstrauch und Sukkulente formationen
Feuchtsavannen
Trockensavannen
Dornsavannen
Schwarzerde und Übergangsstuppen
Subpolare Wiesen und sommergrüne Gesträuche
Trockensteppen und Hartpolsterformationen
Paramoheiden und feuchte Puna
Gebirgsvegetation jenseits der Baumgrenze
Tundren
Subantarktische Heiden
Halbwüsten
Trockenwüsten
Kältewüsten

[Appendix <23>]

Walter 植生分類システム (計 19 項目; Walter and Box, 1976)

Zonobiome (9 項目)
I: Equatorial with diurnal climate
II: Tropical with summer rains
III: Subtropical arid (desert climate)
IV: Mediterranean, with winter rain and summer drought
V: Warm-temperature (maritime)
VI: Typical temperature with a short cold period in winter
(nemoral)
VII: Arid-temperate (continental)
VIII: Cold-temperate (boreal)
IX: Arctic (including antarctic)
Zono-ecotone (10 項目)
I/II: Tropical semi-evergreen forest
II/III: Climatic savanna on deep, sandy soil with some loam
III/IV: Mostly arid plain with isolated low trees
(canopy-cover under 10%)
IV/V: Hardly appears and occurs as a macro-mosaic at the
southern tip of Africa
IV/VI: Deciduous submediterranean forest
V/VI: Semi-evergreen temperate forest
VI/VII: Forest-steppe or grove-belt mosaic
VI/VIII: Mixed hardwood and coniferous forest
VII/VIII: Aspen (N. America) or birch-aspen (W. Siberia)
forests in continental climates
VIII/IX: Forest-tundra mosaic

表 1. 調査対象とした地球環境研究

Global Environmental Study	Study field	Studies selected for this review
A type	Land cover classification system (for global physical environmental study)	Running land cover classification (Running et al., 1994) IGBP-DIS land cover classification (Belward ed., 1996)
B type	Land classification system (for global physical and social environmental studies)	IGU land use classification (van Valkenburg, 1950) Global Map land use classification (ISCGM, 1998) LCCS land classification (FAO, 2000) GLC2000 land classification (Stibig, 2001)
C type	Atmospheric circulation	SiB (Dorman and Sellers, 1989) BATS (Dickinson et al., 1993) SiB2 (Sellers et al., 1996) LAI & FPAR estimation (Myneni et al., 1997)
	Hydrological cycle	Global water balance (Oki, 1995)
	Biogeochemical cycle	Olson land classification (Olson et al., 1983) Global Ecosystem Legend land classification (Olson, 1994a) CASA (Potter et al., 1993) Nitrogen storage estimation (Lin et al., 1999)
D type	Land degradation	Soil loss estimation (Nam et al., 2000)
	Prediction of land cover transformation	IMAGE2.0 (Alcamo et al., 1994a)
E type	Plant ecology	C ₃ /C ₄ plant classification (Ito and Oikawa, 1999)
	Plant geography	Küchler vegetation classification (Küchler, 1949, 1983) Walter vegetation classification (Walter and Box, 1976) Schmithüsen vegetation classification (Schmithüsen, 1976)
F type	Hydrological cycle	Soil moisture estimation (Oki and Musiake, 2000)
	Biogeochemical cycle	CENTURY (Parton et al., 1993)

注 1. Acronyms:

BATS (Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme) model, **CASA** (Carnegie-Ames-Stanford Approach) model

FAO (Food and Agricultural Organization), **GLC** (Global Land Cover) 2000 Project

IGBP-DIS (International Geosphere-Biosphere Programme's Data and Information System)

IGU (International Geographical Union), **IMAGE2.0** (Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect 2.0) model

LCCS (Land Cover Classification System), **SiB** (Simple Biosphere) model, **SiB2** (Simple Biosphere 2) model

USLE (Universal Soil Loss Equation) model, **RUSLE** (Revised Universal Soil Loss Equation) model

表 2. C, D タイプの研究事例におけるグローバルな土地分類システムの必要性 (続く)

I. Global water balance (沖, 1995)

Hydrological cycle
GCM

II. SiB2 (Sellers et al., 1996)

Atmospheric circulation
GCM
Water flux + Heat flux
FPAR
SR
Satellite data, Land classification data
Total LAI
Dead LAI, Stem area index
Green LAI
FPAR
Surface reflectance
Total LAI
Land classification data
Roughness length
Total LAI
Canopy height
Land classification data
Canopy PAR use parameter
FPAR
Time-mean extinction coefficient for PAR
Land classification data

III. CASA (Potter et al., 1993)

Biogeochemical cycle (Carbon cycle)
NPP
IPAR
FPAR
W
EET
SOILM
WPT, FC
Soil texture, Land classification data

表 2. (続き)

IV. Nitrogen storage estimation (Lin et al., 1999)

Biogeochemical cycle (Nitrogen cycle)

Nitrate leaching

Nitrogen uptake

Biogeochemical cycle (Carbon cycle)

Nitrification

Denitrification

Ammonia volatilization

Biological Nitrogen fixation

Temperature, Area, Land classification data

Nitrogen deposition

Deposition of ammonium and nitrate

Wet deposition of ammonium and nitrate

Precipitation

Quantity of wet ammonium and nitrate in precipitation

Land classification data

V. Soil loss estimation (Nam et al., 2000)

Land degradation (Annual average soil loss estimation by RUSLE)

Rainfall-runoff erosivity factor

Monthly rainfall data

Soil erodibility factor

Soil property

Slope length factor, slope steepness factor

Elevation

Cover-management factor, Supporting practices factor

Land classification data

VI. IMAGE 2.0 (Alcamo et al., 1994a)

Prediction of land classification transformation

Cropland demand

Grassland demand

Forest demand

Distribution of potential vegetation and crop

Land classification data

注 1. Acronyms and Parameters: (Light Utilization Efficiency), **EET** (Estimated Evapotranspiration), **FAO** (Food and Agricultural Organization), **FC** (Field Capacity), **FPAR** (Fraction of Photosynthetically Active Radiation), **GCM** (General Circulation Model), **IPAR** (Intercepted Photosynthetically Active Radiation), **LAI** (Leaf Area Index), **NPP** (Net Primary Production), **RUSLE** (Revised Universal Soil Loss Equation) model, **SOILM** (Soil Moisture), **SR** (Simple Ratio), **W** (Water Stress Factor), **WPT** (Wilting Point)

表 3. IGBP-DIS 土地被覆分類システムから地球地図土地利用分類システムへの集約方法

Global Map land use classification system	IGBP-DIS land cover classification system
Forest	Evergreen needleleaf forest
	Evergreen broadleaf forest
	Deciduous needleleaf forest
	Deciduous broadleaf forest
	Mixed forest
Grassland/shrub	Closed shrublands
	Open shrublands
	Woody savannas
	Savannas
	Grasslands
Wetland	Permanent wetlands
Agricultural area	Croplands
Built-up area	Urban and Built-up
Mixture	Cropland/Natural vegetation mosaic
Barren area	Snow and ice
	Barren or sparsely vegetated
Drainage/water	Water bodies
Ocean	Water bodies

注 1. 地球地図土地利用分類の定義は小井土 (1997), 丸山・高橋 (1999)を参照

表 4. SiB 土地被覆分類システムから SiB2 土地被覆分類システムへの集約方法

SiB2 land cover classification system	SiB land cover classification system (except “Perpetual ice”)
Broadleaf evergreen trees	Broadleaf-evergreen trees (tropical forest)
Broadleaf deciduous trees	Broadleaf-deciduous trees
Broadleaf and needleleaf trees	Broadleaf and needleleaf trees (mixed forest)
Needleleaf evergreen trees	Needleleaf-evergreen trees
Needleleaf deciduous trees	Needleleaf-deciduous trees (larch)
Short vegetation/C4 grassland	Broadleaf trees with groundcover (savanna)
	Groundcover only (perennial)
	Broadleaf shrubs with perennial groundcover
	Bare soil
Broadleaf shrubs with bare soil	Broadleaf shrubs with bare soil
Dwarf trees and shrubs	Dwarf trees and shrubs with groundcover (tundra)
Agriculture/C3 grassland	Winter wheat and broadleaf deciduous trees

注 1. Sellers et al. (1996)より作成

表 5. USGS の GLCC における Global Ecosystem Legend 土地分類システムから IGBP-DIS 土地被覆分類システムへの集約方法

IGBP-DIS land cover classification system	Global Ecosystem Legend land classification system
Evergreen needleleaf forest	3, 20, 21, 22, 27, 77
Evergreen broadleaf forest	6, 28, 29, 33, 34, 48, 79, 89
Deciduous needleleaf forest	4
Deciduous broadleaf forest	5, 25, 26, 32, 90
Mixed forest	18, 23, 24, 54, 60, 61, 62, 78
Closed shrublands	16, 17, 46, 47, 59, 64, 88
Open shrublands	11, 51, 52
Woody savannas	63, 91
Savannas	43
Grasslands	2, 7, 40, 41, 42, 87
Permanent wetlands	9, 13, 44, 45, 53, 72
Croplands	30, 31, 35, 36, 37, 38, 39, 76, 92, 93
Urban and built-up	1
Cropland/Natural vegetation mosaic	10, 19, 55, 56, 57, 58, 94
Snow and ice	12, 70
Barren or sparsely vegetated	8, 49, 50, 69, 71
Water bodies	14, 15, 65, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

注 1. Olson (1994b)より作成

注 2. Global Ecosystem Legend 土地分類システムの Code 番号と項目の対応は、Appendix <14>を参照

表 6. USGS 土地被覆分類システムから Nam 土地被覆分類システムへの集約方法

Nam land cover classification system	USGS land cover classification System
Forest	Deciduous broadleaf forest
	Deciduous needle leaf forest
	Evergreen broadleaf forest
	Evergreen needle leaf forest
	Mixed forest
Grassland/shrub	Shrubland
	Mixed grassland/shrub
	Grassland
	Savanna
Agriculture	Dryland cropland and pasture
	Cropland/grassland mosaic
	Cropland/woodland mosaic
Paddy field	Irrigated cropland and pasture
	Mixed dryland/irrigated cropland and pasture
Wetland	Herbaceous wetland
	Wooded wetland
Mixture	Herbaceous tundra
	Wooded tundra
	Mixed tundra
	Bare ground tundra
Barren area	Barren or sparsely vegetated
Water bodies	Water bodies
	Snow or ice
Built up area	Urban and Built-up Land

注 1. Nam (私信)による。

表 7. Global Ecosystem Legend 土地分類システムから地球地図植生分類システムへの集約方法

Global Map vegetation classification system	Global Ecosystem Legend land classification system
Tropical rain forest	28, 29, 33, 34, 72
Hydrotropic forest (Deciduous in dry season)	26, 32, 90
Grassland in tropical or sub-tropical zone	2, 7, 16, 41, 43, 48, 87, 88, 91
Semi desert in tropical or sub-tropical zone	11, 51, 59
Desert in tropical or sub-tropical zone	8, 49, 50, 71, 81, 82, 83, 84, 86
Evergreen thick-leaved forest	46, 47, 48
Evergreen broad-leaved forest	6, 79, 89
Deciduous broad-leaved forest	5, 25, 26
Grassland in temperate zone	2, 7, 16, 17, 40, 41, 42, 43, 87, 88, 91
Semi-desert intemperate zone	11, 51, 52, 59
Desert in temperate zone	8, 49, 50, 71, 81, 82, 83, 84, 86
Northern coniferous forest	3, 4, 20, 21, 22, 27, 62, 77
Tundra	9, 52, 53, 63, 64, 69
Water body	14, 15, 65, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 80, 85
Ice and snow	12, 70
Wetland	13, 44, 45
Mixed forest	18, 23, 24, 54, 60, 61, 78
Mixed land	10, 19, 55, 56, 57, 58, 94
Non natural	1, 30, 31, 35, 36, 37, 38, 39, 76, 92, 93
Unclassified	3, 4, 27, 77

注 1. Global Ecosystem Legend 土地分類システムのある項目が地球地図植生分類システムの 2 以上の項目にまたがるときは、当該地域の気候帯を勘案してその都度、対応させるべき項目を一意に決める。

注 2. 地球地図植生分類の定義は小井土 (1997), 丸山・高橋 (1999)を参照

表 8. IGBP-DIS と GLC2000, Running, SiB, BATS, Nam, IGU の土地分類システムの比較 (続く)

IGBP-DIS	GLC2000	Running	SiB	BATS	Nam	IGU
EverG. NeedleL. Forests [Woody height: >2m, Canopy cover: >60%]	A11 A12 Trees [Height: >30-3 m] Closed [Cover: >70/60%] Continuous NeedleL. EverG. Fragmented with A12 (not Trees) (ditto A)	EverG. NeedleL.	NeedleL. EverG. Trees	EverG. NeedleL. Tree	Forest	Woodlands (Dense) Tree & Other Perennial Crops
EverG. BroadL. Forests [>2m, >60%]	A11 A12 Trees Closed Continuous BroadL. EverG. Fragmented with A12 (not Trees) (ditto B) A24 Trees Closed Flooded 2 < months < 4 (ditto B)	EverG. BroadL.	BroadL. EverG. Trees	EverG. BroadL. Tree	Forest	Woodlands (Dense) Tree & Other Perennial Crops
Deci. NeedleL. Forests [>2m, >60%]	A11 A12 Trees Closed Continuous NeedL. Deci. Fragmented with A12 (not Trees) (ditto C)	Deci. NeedleL.	NeedleL. Deci. Trees	Deci. NeedleL. Tree	Forest	Woodlands (Dense) Tree & Other Perennial Crops
Deci. BroadL. Forests [>2m, >60%]	A11 A12 Trees Closed Continuous BroadL. Deci. Fragmented with A12 (not Trees) (ditto D)	Deci. BroadL	BroadL. Deci. Trees	Deci. BroadL. Tree	Forest	Woodlands (Dense) Tree & Other Perennial Crops
Mixed Forests [>2m, >60%]	A11 A12 Trees Closed Fragmented with A12 (Trees) NeedleL. EverG. Deci. BroadL. EverG. Deci.	(use relevant forest type)	BroadL. & NeedleL. Trees	Mixed Woodland	Forest	Woodlands (Dense) Tree & Other Perennial Crops

表 8. (続き)

Closed Shrublands [<2m, >60%]	A11 A12 Shrubs [5–0.3 m] Closed (ditto E) A24 Shrubs Closed Flooded 2 < months < 4 (ditto E)	(use relevant forest type)	BroadL. Shrubs with Perennial Groundcover Dwarf Trees & Shrubs with Groundcover	EverG. Shrub Deci. Shrub Mixed Woodland	Grassland/ Shrub	Woodlands (Scrub) Tree & Other Perennial Crops
Open Shrublands [<2m, 60 - 10%]	A11 A12 Shrubs Closed to open [>20/10%] (ditto E) Open [70/60 - 20/10%] (ditto E) Lichens/Mosses Closed to open A24 Shrubs Closed to open Flooded 2 < months < 4 (ditto E) Open Flooded 2 < months < 4 (ditto E)	(use relevant forest type)	BroadL. Shrubs with Bare Soil. Broad Shrubs with Perennial Groundcover Dwarf Ts. & Shrubs with Groundcover	EverG. Shrub Deci. Shrub Mixed Woodland Tundra	Grassland/ Shrub Mixture	Woodlands (Scrub) Tree & Other Perennial Crops
Woody Savannas [>2m (Herbaceous and understory), 60–30%]	A11 A12 Woody [7 - 2 m] Closed to open Trees Closed to open Continuous (ditto E) Fragmented with A12 (ditto E) A24 (ditto F) Trees Closed to open Flooded 2 < months < 4 (ditto B)	(use relevant forest type)	BroadL. Trees with Groundcover	Mixed Woodland	Grassland/ Shrub	Woodlands (Open) Tree & Other Perennial Crops
Savannas [>2m (Herbaceous and understory), 30–10%]	A12 Trees Open Continuous (ditto E) Fragmented with A12 (ditto E) Herbaceous [0.3 - 0.03 m] Closed to open Second layer present Trees Sparse [20/10 - 1%] A24 Trees Open Flooded 2 < months < 4 (ditto B) Herbaceous Closed to open Flooded 2 < months < 4 (ditto G)	Grasses	BroadL. Trees with Groundcover	Mixed Woodland	Grassland/ Shrub	Unimproved Grazing Land (Used) Unimproved Grazing Land (Not Used) Tree & Other Perennial Crops

表 8. (続き)

Grasslands [<2m (Herbaceous), <10%]	A12 Herbaceous Closed to open Second layer absent Second layer present Shrubs Sparse A24 Herbaceous Closed to open Flooded 2 < months < 4 (ditto H)	Grasses	Groundcover only	Tall Grass Short Grass	Grassland/ Shrub	Improved Permanent Pasture Unimproved Grazing Land (Used) Unimproved Grazing Land (not Used)
Permanent Wetlands [<2m or >2m, Herbaceous or woody vegetation cover extensive area]	A12 Lichens/Mosses Closed to open A24 (ditto F) Trees Closed Flooded > 4 months (ditto E) Closed to open Flooded > 4 months (ditto E) Open Flooded > 4 months (ditto E) Shrubs (ditto I) Herbaceous Closed to open Flooded > 4 months Second layer absent Second layer present Trees Sparse Shrubs Sparse Waterlogged (ditto J)	(grasses or forest types)	N/A	Bogs & Marshes	Wetland	Swamps & Marshes Woodlands (Swamp Forests)
Croplands [(Herbaceous) type of crops cover the land]	A11 A23	BroadL. Annual Grasses	Winter Wheat & BroadL. Deci. Trees	Crops/Mixed Farming Irrigated Crop	Agriculture Paddy Field	Horticulture Cropland & (Continual & Rotation Cropping) Cropland (Land Rotation)
Urban & Built-up [From DCW]	B15	N/A	N/A	N/A	Build Up Area	Settlement & Associated Non- Agricultural Lands

表 8. (続き)

Cropland/ Natural Vegetation Mosaic [No one component > 60% of landscape]	A11/A12 A11/A24 A23/A12 A23/A24 A11/A23/A12 A11/A23/A24 A11/A12/A24 A23/A12/A24 A11/A23/A12/A24	N/A	Winter Wheat & BroadL. Deci. Trees	N/A	Agriculture	Woodlands (Forest with Subsidiary Cultivation) Horticulture Cropland (Continual & Rotation Cropping) Cropland (Land Rotation)
Snow & Ice	B28 Snow Ice	N/A	Perpetual Ice	Ice caps/ Glacier	Water Bodies	Unproductive Land
Barren [Soil, sand, rocks and/or ice; Never has more than 10% vegetated]	A12 Woody Sparse Trees Sparse Shrubs Sparse Herbaceous Sparse B16 Consolidated Bare Rock Hardpan Unconsolidatad Bare soil Loose and shifting sand	N/A	Bare Soil	Desert Semi-Desert	Barren Area	Unproductive Land Settlements & Associated Non- Agricultural Lands
Water Bodies [Sea, river...]	B27 B28 Water	N/A	N/A	Inland Water Ocean	Water Bodies	N/A
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Woodlands (Cut Over or Bumed Over Forest Areas)

表 8. (続き)

注1. Belward ed., 1996 に加筆・修正

注2. **EverG:** Evergreen, **Deci.:** Deciduous, **NeedleL.:** Needleleaf, **BroadL.:** Broadleaf

注3. **A11:** Cultivated and managed, **A12:** Natural and Semi-Natural Terrestrial Vegetation, **A23:** Cultivated Aquatic or Regularly Flooded Areas, **A24:** Natural and Semi-Natural Aquatic or Regularly Flooded, **B15:** Artificial Surfaces and Associated Areas, **B16:** Bare Areas

注4. ditto A~J は以下を参照

ditto A	NeedleL. EverG.	ditto E	NeedleL. EverG.	ditto I	Closed Flooded > 4 months (ditto E)
ditto B	BroadL. EverG.		Deci. BroadL.		Closed to open Flooded > 4 months (ditto E)
ditto C	NeedleL. Deci.		EverG. Deci.		Open Flooded > 4 months (ditto E)
ditto D	BroadL. Deci.	ditto F	Woody Closed to open		Second layer present Trees Sparse
		ditto G	Second layer present Trees Sparse	ditto J	Second layer absent Second layer present Trees Sparse Shrubs Sparse
		ditto H	Second layer absent Second layer present Shrubs Sparse		