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の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，

α
$\leftarrow \beta$

のとき，情報あるいは変数「α」を知るには「β」が必要であることを示し，

α
$\leftarrow \beta$
$\leftarrow \delta$

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

α
$\leftarrow \beta$
$\leftarrow \delta$
$\leftarrow \eta$
$\leftarrow \theta$

のとき，情報あるいは変数「β」をさらに知るには「δ」及び「η」がセットで必要であるが，「η」をさらに知るには「θ」が必要であることを示す。また，

α
$\leftarrow \beta, \gamma$
$\leftarrow \delta, \zeta$

のとき，情報あるいは変数「α」を知るには「β」及び「γ」がセットで必要であるが，「β」または「γ」をさらに知るには「δ」及び「ζ」がセットで必要なことを示す。

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，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が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10m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を組み合わせて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ぶ。そこで本稿では，dichtomous 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11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) が取組んでいるLUCC (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，LUCC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)。

4．4　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-Atmosphre Transfer Scheme) モデル (Dickinson et al., 1993)，SiB2モデル (Sellers et al., 1996)，NDVI (Normarized 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に適用するには簡単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°×1°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°×1°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ので，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)，モデルを稼動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－2Ⅱ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－2Ⅱ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°×1°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Rs（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－2Ⅲに整理した。

表－2Ⅲにおいて，NPPを定量するにはIPAR（Intercepted photosynthetically active radiation）とε（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。εを計算するためにはWε（Water stress factor）が必要であり，Wε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ックスに基づいた分類であって，地球表層の大気化学・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－2Ⅳ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°×0.5°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16Pg（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，1,094×10[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形のある一部分においてsheet erosionやrill erosionによる年平均土壌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°×0.5°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1km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－2Ⅴに整理する。グローバルな年平均土壌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られている。

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：Intergorvermental Panel on Climate Chage）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°×0.5°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－2Ⅵ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完全でし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いて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，数が少なくて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1gの植物体を作るのに要した水の量)はC3植物で450～950g，C4植物では250～350g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CO_2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な，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て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），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20cm）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い，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。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ので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:圃場容水量，0:永久しおれ点）をとるように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CO_2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。これにと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，LUCC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考える。

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が，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) Version 1e 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) : Assesing 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 Köpen 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 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. LUCC 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 Musiake, 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 Musiake, 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. 財団法人日本建設情報総合センター.
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. Part Ⅱ: 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 Union.
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（0.3 - 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
Unconsolidatad （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 patcehs
- 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-decidious 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
- Xeromorphic 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
48 Dry Evergreen Woods
49 Volcanic Rock
50 Sand Desert
51 Semi Desert Shrubs
52 Semi Desert Sage
53 Barren Tundra

54 Cool Southern Hemisphere Mixed Forests
55 Cool Fields and Woods
56 Forest and Field
57 Cool Forest and Field
58 Fields and Woody Savanna
59 Succulent and Thorn Scrub
60 Small Leaf Mixed Woods
61 Deciduous and Mixed Boreal Forest
62 Narrow Conifers
63 Wooded Tundra
64 Heath Scrub
65 Coastal Wetland, NW
66 Coastal Wetland, NE
67 Coastal Wetland, SE
68 Coastal Wetland, SW
69 Polar and Alpine Desert
70 Glacier Rock
71 Salt Playas
72 Mangrove
73 Water and Island Fringe
74 Land, Water, and Shore
75 Land and Water, Rivers
76 Crop and Water Mixtures
77 Southern Hemisphere Conifers
78 Southern Hemisphere Mixed Forest
79 Wet Sclerophylic Forest
80 Coastline Fringe
81 Beaches and Dunes
82 Sparse Dunes and Ridges
83 Bare Coastal Dunes
84 Residual Dunes and Beaches
85 Compound Coastlines
86 Rocky Cliffs and Slopes
87 Sandy Grassland and Shrubs
88 Bamboo
89 Moist Eucalyptus
90 Rain Green Tropical Forest
91 Woody Savanna
92 Broadleaf Crops
93 Grass Crops
94 Crops, Grass, Shrubs

[Appendix <15>]
Lin土地被覆分類システム （5項目; Lin et al., 1999）
Tropical forest
Temperate forest
Boreal forest
No-vegetation
Crop/grass-land

[Appendix <16>]
Nam土地被覆分類システム （9項目; Nam et al., 2000）
Forest
Grassland/Shrub
Agriculture
Paddy field
Mixture
Built up area
Barren area
Wetland
Water bodies

[Appendix <17>]
USGS土地被覆分類システム （24項目; USGS, 2001）
Deciduous broadleaf forest
Deciduous needleleaf forest
Evergreen broadleaf forest
Evergreen needleleaf forest
Mixed forest
Shrubland
Mixed shrubland/grassland
Grassland
Savanna
Dryland cropland and pasture
Irrigated cropland and pasture
Mixed dryland/irrigated cropland and pasture
Cropland/grassland mosaic
Cropland/woodland mosaic
Wooded wetland
Wooded tundra
Mixed tundra
Herbaceous tundra
Bare ground tundra
Barren or sparsely vegetated
Herbaceous wetland
Water bodies
Snow or ice
Urban and built-up land

[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/shurb
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
Xerophytic 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 broad leaf evergreen forest
Temperate mixed forest
Temperate deciduous forest
Temperate coniferous forest
Short grassland
Tall grassland
Mediterranean shrubland
Arid shrubland
Temperate savanna
Xeromorphic woodland
Desert

[Appendix <21>]
地球地図植生分類システム （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 boreale Nadelwälder
- Lorbeerwälder und subtropische Regenwälder
- Hartlaubvegetation
- Koniferentrockengehölze und xeromorphe Strauchformationen
- Dornbaum- und Sukkulentenwälder
- Tropische Trockenwälder und Campos cerrados
- Sommergrüne Laubwälder
- Sommergrüne Laubwälder mit Nadelholz
- Sommergrüe Baumsteppen
- Sommergrüe Nadelwäder
- Dornstrauch- und Sukkulenformationen
- Feuchtsavannen
- Trockensavannen
- Dornsavannen
- Schwarzerde- und Übergangssteppen
- Subpolare Wiesen und sommergrüne Gesträuche
- Trockensteppen und Hartpolsterformationen
- Paramoheiden und feuchte Puna
- Gebirgsvegetation jenseits der Baumgrenze
- Tundren
- Subantarktische Heiden
- Halbwüten
- 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

← ε

← W_{ε}

← 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 volatalization

← 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: ε (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_ε (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")
Broadreaf 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)	BroadlL. 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 Ground-cover	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 Ground-cover	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 Burned Over Forest Areas)

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 **B**
BroadL.
EverG.

ditto **C**
NeedleL.
Deci.

ditto **D**
BroadL.
Deci.

ditto **E**
NeedleL.
EverG.
Deci.
BroadL.
EverG.
Deci.

ditto **F**
Woody
Closed to open

ditto **G**
Second layer present
Trees
Sparse

ditto **H**
Second layer absent
Second layer present
Shrubs
Sparse

ditto **I**
Closed
Flooded > 4 months
(ditto **E**)
Closed to open
Flooded > 4 months
(ditto **E**)
Open
Flooded > 4 months
(ditto **E**)

ditto **J**
Second layer absent
Second layer present
Trees
Sparse
Shrubs
Sparse