

## 30. 土壤侵食要因に関する全球的分析

### An Analysis on Soil Erosion Factors at the Global Scale

遠藤孝夫\* ・ 柴崎亮介\*\*

Takao ENDO\*, Ryosuke SHIBASAKI\*\*

**ABSTRACT;** Authors have studied on global land use planning for the sustainable use of global environmental resources. Through the researches, it is recognized that soil erosion possibility is necessary factor to evaluate suitability of reforestation and sustainable productivity in potential agricultural land. In this analysis, important soil erosion factors including climate, topography, soil, land cover and cultivation conditions are identified and relative weights are determined in the evaluation process based on the statistical analysis on spatial patterns of water/wind erosion severity reported by global data set on soil degradation ("GLASOD"; UNEP/GRID, 1990). As the result of the analysis, reasonable tendency and statistical significance are found with almost all factors. The possibility of water/wind erosion are estimated by using the formulas which are obtained through the analysis.

For further study, investigating the relationship between soil erosion possibility and ease of forest conservation/ reforestation, agricultural development/management or environmental impact due to land development will be focused to evaluate suitability of forest and agricultural land for the sustainable use at the global scale.

**KEY WORDS;** soil erosion possibility, GLASOD, global land use planning

#### 1. 研究の背景と目的

著者らは地球環境資源の持続的利用を目指した地球規模での土地利用計画（地球利用計画）に関する研究（柴崎ら，1993ほか）を行っているが，土壤侵食可能性が森林再生適地や農業の潜在的，持続的な生産性の評価における重要な評価項目として挙げられることが分かった。

土壤侵食を含めた土壤劣化に関するデータは，1990年にISRIC（International Soil Reference and Information Centre）とUNEP（United Nations Environment Programme，国連環境計画）が土壤・環境の専門家の現地調査等に基づく知見をグローバルなデータベース（"GLASOD"; Global Assessment of Human Induced Soil Degradation，以下「GLASOD」と記す）としてまとめたものが現在UNEP/GRIDより配信されている。GLASODは現在入手できるグローバルな土壤劣化に関する情報の中で最も信頼性の高いものと考えられることから，これを用いて土壤劣化の要因分析を行う。特に土壤劣化の主たる原因とされている水による侵食（水食）と風による侵食（風食）に着目し，それぞれの要因をあらためて抽出・整理し，入手可能なデータを用いて要因分析を行い，それによって得た予測式を用いて土壤侵食可能性の推定を試みた結果を報告する。

#### 2. 方法

---

\*; 東京大学生産技術研究所（大学院 土木工学専攻） Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

\*\*; 東京大学生産技術研究所 Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

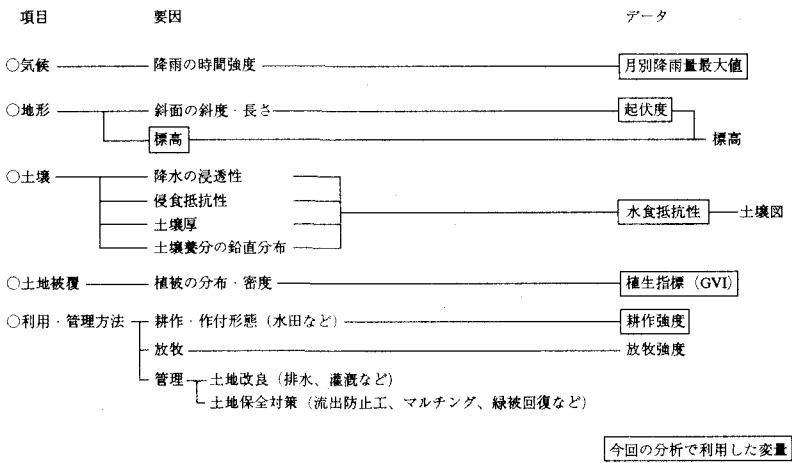
2. 1 利用データの概要 (UNEP/ISRIC, 1991)

今回利用するGLASODの概要は以下の通りである。

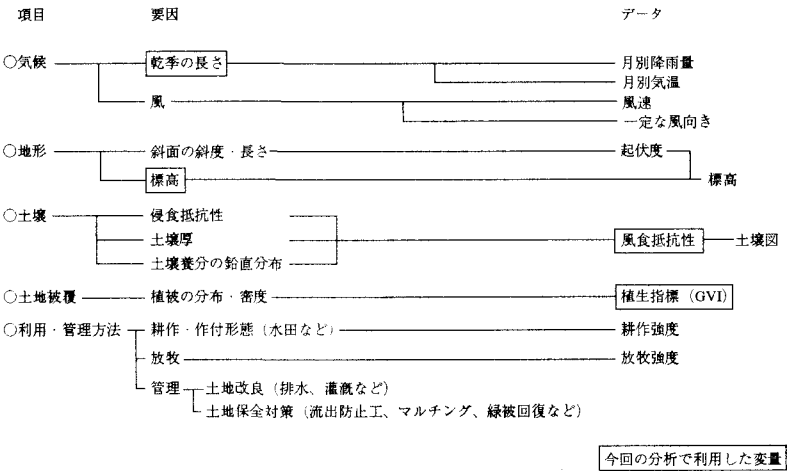
GLASODに含まれるデータは、現存する情報や250人を超える土壌・環境の専門家のそれぞれが専門とする地域における近年の人為的土壌劣化の状況についての知見をUNEPとISRICが共同でまとめたものである。ここで言う人為的土壌劣化とは、土地の農業適性や生物生産性や土壌の生物的機能などの視点から判定されたものであり、人間介入がごくわずかであったり土壌保全が成功して土壌が安定している地域や、自然過程によって劣化している地域は含まれない。GLASODには、水食・風食などの土壌劣化の種類、劣化の度合、影響面積割合、森林伐採・過放牧などの劣化の主な原因といった情報が、地文学・自然地理学等に基づいて地域割りされたマップユニットごとに集計・記録されている。

2. 2 水食・風食による土壌侵食要因の整理

土壌侵食などに関する文献 (UNEP, 1992ほか) より知見を得て、水食と風食それぞれの要因を抽出・整理した (図1)。気候や地形、土壌の性質、土地被覆等の自然条件のみならず土地の利用・管理方法といった項目に関しても考慮する必要性が挙げられる。



a) 水食の要因と評価構成

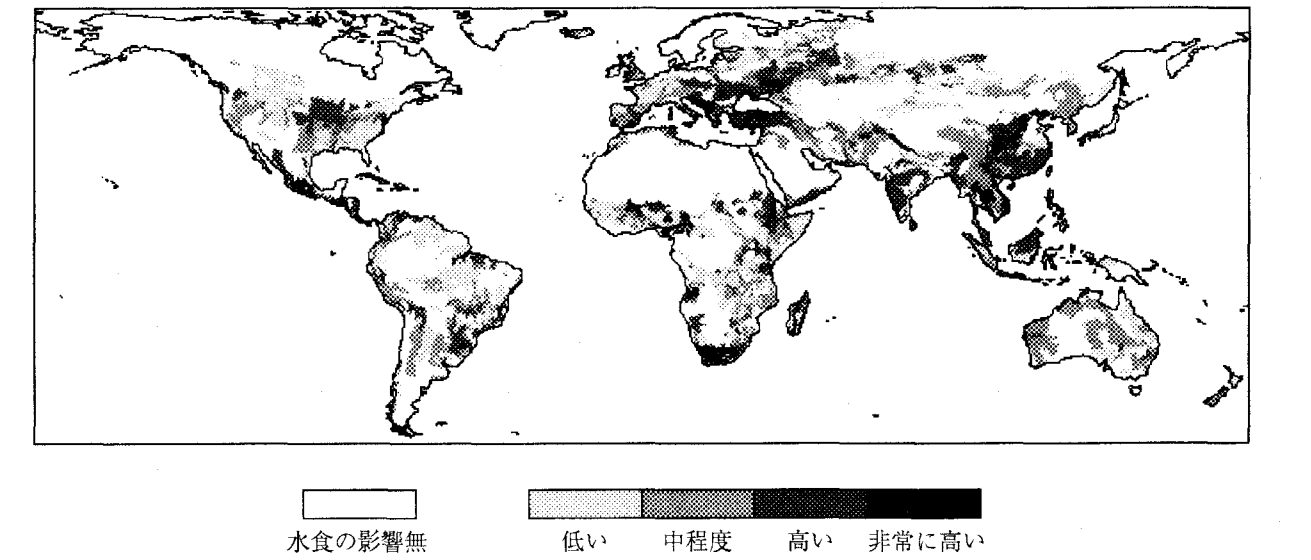


b) 風食の要因と評価構成

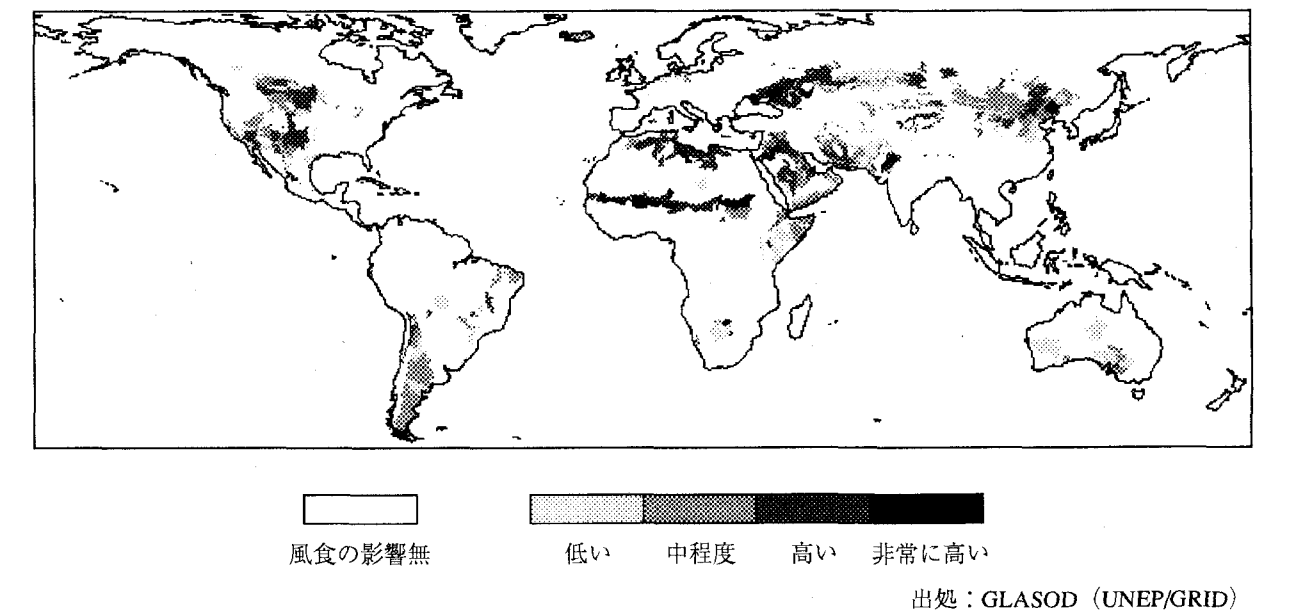
図1 土壌侵食の要因と評価構成

2. 3 分析方法

要因整理に基づき利用可能なデータを用いて、水食・風食についての要因分析を行う。ここでは、土壌劣化の深刻度（劣化の度合と影響面積割合を総合化した指標で、低い、中程度、高い、非常に高いの4段階、図2参照）を目的変数にして、水食については月別降雨量最大値、起伏度、標高、土壌の水食抵抗性、植生指標（GVI=Global Vegetation Index）、耕作強度の6つのアイテムを説明変数に、風食については乾季の長さ、標高、土壌の風食抵抗性、植生指標の4つのアイテムを説明変数に用いて、GLASODがカバーしている北緯72度～南緯57度について10分メッシュ単位で数量化I類による分析を行った結果を示す。



a) 水食の深刻度の分布



b) 風食の深刻度の分布

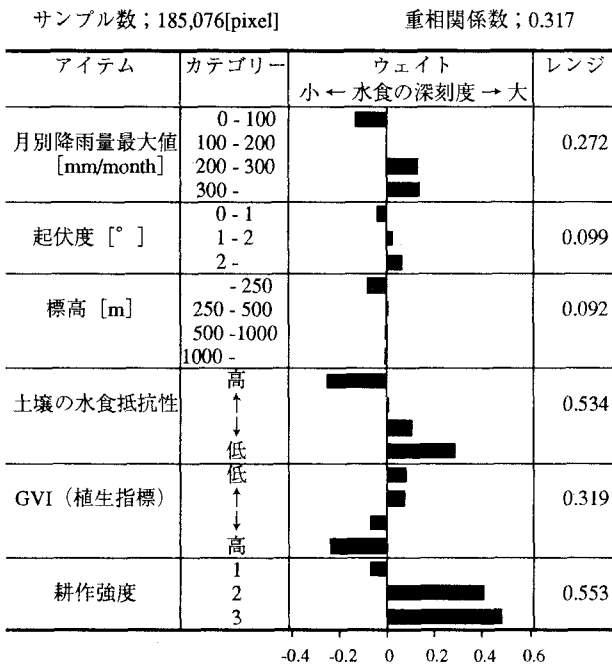
図2 土壌侵食の深刻度の分布

ここで、土壌の水食抵抗性及び風食抵抗性とは、表1に示すようにグローバルな土壌図（FAO/Unesco, 1974）における土壌単位ごとにそれぞれの性質を考慮して4段階にランク分けした指標である。また、耕作強度とは表2に示すようにオルソンによる土地被覆分類（Olson World Ecosystem Classes Version 1.4D, 1989-91）とマッシュューズによる耕作強度（Matthews Cultivation Intensity, 1983）という空間精度の異なる2つのデータセットを組み合わせて作成した指標である。なお、耕作強度が高くても先進国など農地管理が施されている地域では土壌侵食は抑制されるものと考えられることから、本分析では1990年のGNPが5,000US\$／人以上の国・地域については耕作強度が2以上のところでも1をあてはめている。

3. 水食・風食の要因分析

3. 1 水食の要因分析

図3－a）によると、耕作強度と土壌の水食抵抗性、植生指標が他に比べてレンジが大きい。さらに、この3つのアイテムについてカテゴリのウェイトの傾向を見てみると、耕作強度は非農地を示すカテゴリ1では水食の深刻度が小さい。農地を示すカテゴリ2、3については両方とも水食の深刻度が大きいが耕作強度の高いカテゴリ3の方がより深刻度が大きいことが見受けられる。土壌の水食抵抗性はその値が高いと水食の深刻度は小さく、低くなるにつれて深刻度は高くなる。植生指標については、値の小さいカテゴリー即ち、砂漠あるいはステップや半砂漠など植被の少ない



a) 水食に関する要因分析結果

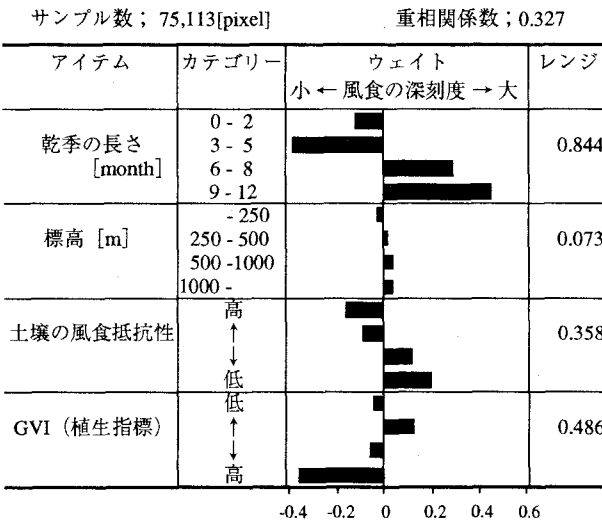
表1 侵食抵抗性のカテゴリ分類

| No. | 土壌単位名    | 水食抵抗性 | 風食抵抗性 |
|-----|----------|-------|-------|
| 1   | アクリソル    | 3     | 1     |
| 2   | カムピソル    | 4     | 2     |
| 3   | チェルノーゼム  | 4     | 3     |
| 4   | ボドソルヴィソル | 2     | 1     |
| 5   | レンジナ     | 3     | 1     |
| 6   | フェラルソル   | 1     | 1     |
| 7   | グライソル    | 3     | 1     |
| 8   | フェオゼム    | 4     | 1     |
| 9   | リソソル     | 3     | 3     |
| 10  | フルビソル    | 2     | 2     |
| 11  | カスタノゼム   | 2     | 3     |
| 12  | ルヴィソル    | 2     | 1     |
| 13  | グレイゼム    | 4     | 4     |
| 14  | ニトソル     | 4     | 2     |
| 15  | ヒストソル    | 1     | 2     |
| 16  | ボドソル     | 1     | 1     |
| 17  | アレノソル    | 1     | 4     |
| 18  | レゴソル     | 1     | 2     |
| 19  | ソロネッツ    | 1     | 2     |
| 20  | アンドソル    | 3     | 4     |
| 21  | ランカー     | 3     | 1     |
| 22  | ヴァーティソル  | 3     | 2     |
| 23  | ブラノソル    | 3     | 1     |
| 24  | ゼロソル     | 3     | 2     |
| 25  | イエルモソル   | 2     | 2     |
| 26  | ソロンチャック  | 2     | 2     |
| 27  | 岩        | 4     | 4     |
| 28  | その他      | 1     | 1     |

|       |        |        |
|-------|--------|--------|
| 侵食抵抗性 | 高<br>↑ | 1<br>↑ |
|       | ↓<br>低 | ↓<br>4 |

表2 耕作強度のカテゴリ分類方法

| 本研究における耕作強度<br>[10分メッシュ]            |       | オルソンによる土地被覆分類<br>[10分メッシュ] |    |
|-------------------------------------|-------|----------------------------|----|
|                                     |       | 非農地                        | 農地 |
| マッシュューズの耕作強度<br>(農地の割合)<br>[1度メッシュ] | 50%未満 | 1                          | 2  |
|                                     | 50%以上 | 1                          | 3  |



b) 風食に関する要因分析結果

図3 数量化I類による要因分析結果

地域では水食の深刻度が大きく、値が高くなり植被が増加するにつれて水食の深刻度が小さくなる傾向が見られる。

このほかのアイテムでも、月別降雨量最大値や起伏度は共に値が高くなるにつれて水食の深刻度も大きくなる傾向を示し、標高に関しては250m未満は水食の深刻度が小さく、それ以上では水食の深刻度が相対的に大きいという傾向を示すなどほぼ妥当な結果が得られた。

### 3. 2 風食の要因分析

図3-b)によると、乾季の長さや植生指標、土壌の風食抵抗性が比較的大きいレンジを示した。乾季の長さについては半年以上であると風食の深刻度が大きくなり、それより短いと深刻度が小さくなるという傾向が見られる。また、植生指標について着目すると、その値が大きくなるにつれて風食の深刻度が小さくなる傾向が読み取れる。土壌の風食抵抗性はその値が高いと風食の深刻度は小さく、低くなるにつれて深刻度は高くなる。

なお、風食については起伏度と耕作強度は有意なレンジが得られなかったため、ここでは両者を除いた結果を示している。

### 4. 土壌侵食可能性の推定

森林伐採や農地開発が行われた状況を想定して、植生指標や耕作強度について侵食の深刻度が最も大きいカテゴリーに設定してメッシュごとに各アイテムのウェイトを合計したものを土壌侵食の可能性として捉え、水食・風食それぞれについて侵食可能性の推定を行った。さらに、両者を重ね合わせ、地域ごとに深刻度の高い方をそこの侵食可能性とすることで、水食及び風食による土壌侵食可能性図(図4)が得られた。

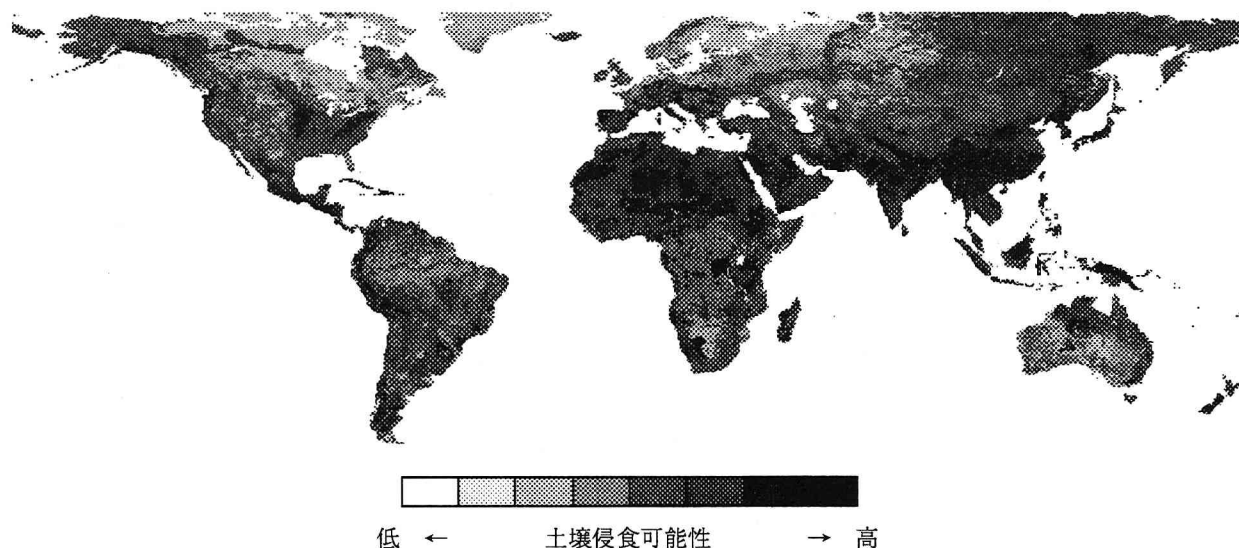


図4 水食・風食による土壌侵食可能性の推定結果

### 5. 結論と今後の課題

水食と風食の要因分析を全球的に行ったが、各アイテムにおけるウェイトの傾向から見てほぼ妥当な結果が得られた。また、要因分析により得られた水食・風食の土壌侵食予測式を利用して、森林伐採や農地開発が行われた状況を想定した土壌侵食可能性の推定がなされた。

土壌侵食可能性は森林再生・保全や農地開発・管理などの実施の難易度(コスト)や開発による環境影響の

深刻さなどと深く関連があると考えられることから、今回得られた土壌侵食可能性の推定結果を取り入れることで持続的な利用を考慮したかたちでの森林再生・保全地域や農地の適地評価を地球規模で行うことが今後の課題として挙げられる。

## 謝辞

本研究で利用したグローバルデータの入手・加工に際してご協力いただいた東京大学生産技術研究所の高木方隆先生とHERATH, Srikantha Anura先生、千葉大学映像隔測研究センターの梶原康司先生と安忠鉉さん、(株)CRC総合研究所の大野武士さんと大門宏行さん、金沢工業大学の後藤真太郎先生、国立環境研究所地球環境研究センター (GRID-Tsukuba) の原沢英夫さんと橋本浩一さん、横浜国立大学環境科学研究センターの本多嘉明先生、宇宙開発事業団地球観測センターの今岡啓治さん、(株)パスコの平田更一さんに深謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] Abe,I., Shibasaki,R. et al. (1992) : A Global Map for Forest Conservation, Proc. of 13th Asian Conference on Remote Sensing.
- [2] Endo,T., Shibasaki,R. and Murai,S. (1993) : A Framework of Global Planning of the Sustainable Use of the Earth, Proc. of 14th Asian Conference on Remote Sensing.
- [3] 遠藤孝夫, 柴崎亮介 (1993) : 持続的な地球利用を目指した地球利用計画の検討の枠組み, 日本写真測量学会秋季学術講演会発表論文集, pp.51-54.
- [4] 遠藤孝夫, 柴崎亮介 (1994) : 土壌劣化の要因に関する全球的分析, 日本写真測量学会年次学術講演会発表論文集, pp.155-158.
- [5] 遠藤孝夫, 柴崎亮介 (1995) : 土壌侵食要因に関する全球的分析, 生産研究47巻4号, pp.11-14.
- [6] FAO/Unesco (1974) : Soil map of the world, Unesco.
- [7] 本多嘉明, 村井俊治 (1992) : 世界植生モニタリング, 写真測量とリモートセンシング, vol.31, no.1, pp.1-6.
- [8] Matthews,E. (1983) : Vegetation, Land-Use and Seasonal Albedo Data Sets: Documentation of Archived Data Tape, NASA Technical Memorandum #86107.
- [9] Matthews,E. (1983) : Global vegetation and land use: New high resolution data bases for climate studies, Journal of Climatology and Applied Meteorology, vol.22, pp.474-487.
- [10] (社)農業土木学会編 (1983) : 改訂三版農業土木標準用語事典, 農業土木学会.
- [11] 岡村俊一, 春山元寿訳 (1983) : 侵食 ー理論と環境対策ー, 森北出版.
- [12] Olson,J.S., Watts,J.A. and Allison,L.J. (1983) : Carbon in Live Vegetation of Major World Ecosystems, Report ORNL-5862, Oak Ridge Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
- [13] 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. Carbon Dioxide Information Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
- [14] 柴崎亮介, 阿部功, 本多嘉明, 村井俊治 (1993) : 地球規模での森林保全・再生適地評価と地球土地利用計画, 日本写真測量学会年次学術講演会発表論文集, pp.39-44.
- [15] Shibasaki,R., Murai,S., Endo,T., Bai,X. (1994) : Global Planning for the Sustainable Use of the Earth Based on Land Suitability Analysis, Proc. of the Eighth Toyota Conference, pp.20-1~20-11.
- [16] 田浦秀春 (1985) : 土木技術者のための統計解析 (モデル解析), 吉井書店.
- [17] UNEP/ISRIC (1991) : GLASOD: A Users Guide to the Global Digital Database, Document file in GLASOD.
- [18] UNEP (1992) : World Atlas of Desertification, Edward Arnold.