オムニスケープジオロジー -ネパールと四国の比較-

吉川 宏一*・大野 博之**・稲垣 秀輝***・平田 夏実***

要 旨

近年, ある一つの学問分野の域を超え, 各種の学問を総合的に捉えることで, 環境や防災に役立てようという動きが盛んになってきている。その中で, 景観地質という研究領域も提唱されてきているが, この研究方法は十分に確立されているわけではない。

ここでは, ネパールの山岳部を例に取り上げて景観地質学的な検討を行った結果, 以下のことが示された。

- ① 渓谷部や棚田の景観は, フラクタル解析の結果, 日本の四国の景観に類似している。
- ② ネパールと日本との間には, 地形・地質学的, 気候的な類似点が多く, その結果として両国地域の景観は類似したものとなる。
- ③ 両国地域の類似性から, 日本で問題となったような環境や災害の問題がネパールの山岳地域でも起きる可能性が考えられる。棚田の荒廃による生物多様性の低下と洪水防止能力の低下がそれである。
- ④ 渓谷景観の類似性は, 現時点でも, 四国と同じような崩壊・地すべりなどの斜面災害をもたらしているが, 経済的な問題等によって十分な対策がとられているわけではない。
- ⑤ 景観地質学的な観点で対象とする地域を捉えることは, 既に環境や防災上の問題を起こした類似の地域との比較により, 事前対策等の策定に寄与する。

Key words: 景観地質 omniscapgeology, ネパール山岳地域 mountainous terrain of Nepal, 景観 landscape, フラクタル解析 fractal analysis

1. は じ め に

近年, 環境意識の向上と産業構造の変革が求められるようになり, 持続可能な社会を目指した取り組みが増してきている。この背景には, 人間の生存を脅かしつつあるグローバルな環境問題が存在することは言うまでもない。人間の生存期間を長く保つための目標が持続的な社会をつくることにほかならない。人間の生存を脅かさないようにする, という観点においては環境問題の解決と同時に防災への取り組みも重要なテーマとなる。すなわち, 持続的な社会をつくることは, 環境の保全・創出と同時に防災にも取り組むことを意味している。

応用地質学の分野もこうした社会情勢に応えるべく, さまざまな取り組みが行われている。応用地質学の分野で, これまで多くの取り組みが行われてきた環境問題としては,

地下水汚染, 土壌汚染などがある。一方, 防災としては, 斜面災害対策や地震・火山対策などが挙げられる。

そうした中, 環境問題だけでなく防災の問題をも含めた応用地質学の取り扱う領域として, 景観地質(Omniscapgeology)という分野も提唱されるようになってきた。しかしながら, 景観地質としての概念のみが先行し, 具体的な方策などについては十分に確立されているとは言えない。むしろこれから発展させていかなければならない分野の一つと言えそうである。

大野¹⁾によれば, この景観地質とは「持続可能な社会をつくるための環境に主眼をおいた地球の現象を学ぶ学問」として位置付けられている。持続可能な社会を築くために, 環境へのインパクトを最小限に抑えた社会, 丈夫で適応力がありすぐに立ち直りのできる社会(つまりは防災である), そしてすべての人に利便性の高い社会をつくることが求められている。この基礎学問の一つが景観地質であり, そこにはこれまでの環境地質学的観点に加え, 生態学的観点と社会学的観点が付加される。つまり, 景観を日本的な狭い意味で捉えるのではなく, 「人間の影響やその歴史を含む地

* 吉川エンジニアリング(株) Kikkawa Engineering Corporation

** 応用地質(株)技術本部 OYO Corporation(会員)

*** 環境地質(株) Kankyo Chishitsu Corporation(会員)

圏や生物圏の構造や動態すべて」によって成立するものとして捉えている。

こうした概念は、言葉にすると簡単であるが、実際の検討という観点にたつと、非常に難しい要求を含んでいる。20世紀型の応用地質学的な対象に、地圏としての広がり人間を含む生物圏としての広がりを持たせた総合学問に発展させることを求めているからである。そこには、これまでのやや狭い地質学の観点だけではない広い視野が必要となる。

ここでは、前述のような状況を鑑み、具体的に景観地質の観点を論じてみることを試みた。なお、景観地質の「景観」という言葉に対して、日本人の多くは“見てくれ”だけのこととして捉えがちである。大野による景観地質の概念を本当の意味で生かすには、この日本語はあまり適切ではない。したがって、ここでは「オムニスケープジオロジー」という英語訳のカタカナ表示のほうを用いることにする。

2. オムニスケープジオロジーの必要性

20世紀の後半から、地生態学^{*}(景観・地生態学という呼び方もある)や火山工学^①などこれまでの学問領域を越えた総合的・学際的な学問がこれまで以上に発展しだしている。そうした流れは今後も続くと思われるが、このような学問の流れは、環境の保全や各種の防災が注目を浴びるような昨今の社会情勢の変化を反映している。稲垣^④などが指摘しているように環境や防災を取り扱うにあたっては、対象となる現象を、自然科学的観点や社会科学的観点から捉え、それらの結果を総合的に判断しないと適切な解(対処法)が生まれにくいのである。

オムニスケープジオロジーは、地生態学に似たような学問であると捉えられるが、あくまでも地盤・岩盤を中心に据えた学問としての確立を目指すものであり、地理学からの派生の地生態学とは異なる。そして、持続可能な社会の発展に貢献する学問として、環境問題だけでなく、防災問題をも対象に含んでいる(図-1)。

地生態学など、これまでの何らかの専門分野の学問を基礎として、環境や防災を総合的に扱おうとする動きは、21世紀の社会に対してより役に立つ学問の確立を目指していることにほかならない。応用地質学をはじめとした地質分野の学問は、大学教育の学科からもなくなり衰退の一途をたどっているようにも見える。しかし、稲垣ほか^⑤などが火山地域を例として示しているように地質分野を理解して

* 地生態学(Geoecology)は、環境の機能と作用を理解すること、とくに、人間の利用との関係における問題を解決することを目的とした学問分野である。地生態の因子としては、地形、土壌、土壌水、表流水、下層土(地質)、気候、植生、人為的影響が挙げられ、緑地保全、土壌浸食、水環境保全、騒音防止、自然保護、景観保全などに関し、社会への貢献を行うことを目的としている^②。

図-1 オムニスケープジオロジーの研究対象と目的
(大野^①を追加修正)

いないとわからない環境・防災問題というのは数多く存在するのも事実である。

生物の生息空間であるビオトープをつくることは、生物そのものが地面やその近傍に生息するため、地盤をどのように取り扱うかと言うことが大きな問題となる。つまり、環境分野を扱う場合においても、生物の知識だけでは対処できず、地質学的な観点が必要になる。

一方、急峻な斜面等の道路防災においても、地盤・岩盤を理解していることが前提となる。言うまでもないが、どのような災害が起きる可能性があるのかといったことを捉えるためには地質学的な観点が必要となる。もちろん、基礎となるこの地質学的観点だけでなく、工学的観点や社会学的観点を取り入れて、防災問題を取り扱わなければならない。

このように、環境や防災問題を扱う場合には、地質学的観点を基礎とした総合的な対処法が必要となる。オムニスケープジオロジーの必要性はそこにある。さらに言うならば、応用地質学をはじめとした地質分野の衰退を防ぐためにも必要な領域の一つがオムニスケープジオロジーの視点ではないだろうか。

本論文では、オムニスケープジオロジーの観点に立ち、ネパールの低ヒマラヤ地域と西南日本、とくに四国地域の状況を比較しながら、ネパールの山岳部における今後の環

境や防災についての諸問題を概略的に検討した。

3. ネパールと日本の地形・地質

3.1 ネパールの地形・地質

ネパールはインドの北側に位置し、世界最高峰のエベレストを有するヒマラヤ山脈を北端の屋根とする、ほぼ東西に長く延びた小国である(国土面積は147千km²、日本はこの約2.5倍の377千km²である)。しかしながら、その地形と地質の多様性は地球のグローバルテクトニクスに起因して非常に高い。

つまり、ネパールは北側のユーラシア大陸に南側のインド亜大陸が衝突し、その下に潜り込んでいる陸弧であり、その地形・地質は図-2に示したとおり、ほぼ東西方向に連続する帯状構造を特徴とする。北から白亜紀のテーチス堆積物とそれに貫入した第三紀花崗岩類や変成岩類からなる高ヒマラヤが標高3,000m以上の高い山岳地域を形成している。ここでは、氷河などによる浸食を受け植生はなく、硬い岩肌が広く露出する。谷には氷河堆積物からなるモレーンや氷河湖が点在し、万年雪をたたえる高山との対象が美しい。次に南下すると、中生代の堆積物やその変成岩からなる低ヒマラヤが標高2,000m級の定高性のある山なみをつくっている。高ヒマラヤに比較すると、緩やかな尾根には棚田が広がり、自然と人間とが共生している低ヒマラヤ独特の景観を示している。この尾根の斜面はポカラやカトマンズの盆地に入ると傾斜を徐々に緩くし、盆地内の緩斜面や平坦面に移行していく。この盆地内には第四紀の未固結～半固結の新しい堆積物が分布している。しかしながら、低ヒマラヤを流れる河川に注目すると山全体が現在も上昇していることを受け、急峻なV字谷が形成されており、ここには新鮮な露岩や半固結の段丘堆積物や未固結の河床堆積物が認められる。

高ヒマラヤと低ヒマラヤの境界には主中央衝上断層(MCT)が連続しており、南の低ヒマラヤから北の高ヒマラヤを望むと、ちょうどMCT付近に岩の壁があるように見える。

低ヒマラヤからさらに南に下ると主境界衝上断層(MBT)を境として新第三紀のモラッセからなるシワリク堆積物が分布し、標高1,000m級の丘陵地を形成している。この丘陵地は河川による下刻が進んでおり、V字谷が形成されているが標高は低く、主として森林や畑の土地利用が多い。シワリク堆積物は岩自体の強度の低いいわゆる堆積軟岩に分類されるため、河川の浸食に伴う斜面崩壊や地すべりが多い。さらに南下すると、ヒマラヤ前縁衝上断層(HFT)を境として第四紀の未固結堆積物が広く分布するガンジス平原となる。ガンジス平原は見渡す限り地平線の続く平坦地で、水田、集落などの南アジア平野部の特徴的な景観を示すほか、フタバガキ科の原生林が残るところは国立公園となり、多くの野生動物が観察できる。先に述べたMCT、MBTおよびHFTは基本的に北側隆起の衝上断層であり、一部現在も活動中の活断層である。

図-3 四国地方の地質構造区分図(須鎗⁷⁾より)

図-2 ヒマラヤの地形・地質概要図(木崎⁶⁾より)

3.2 日本の地形・地質

日本はアジアの極東に位置する南西-北東方向に長く延びる島弧である。日本ではユーラシアプレート、北米プレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートなどが押し合っているが、基本的に南東側のプレートが北西側のプレートの下に潜り込む地質構造となっている。ネパールのヒマラヤ山脈を形成しているサブダクション構造と比較すると、陸弧と島弧の違いはあるものの基本的に付加帯の構造は類似している。ちなみに西南日本の四国・中国地方を例にとると、太平洋の水を抜いてみるとちょうどネパールの地形・地質とよく似た、ほぼ東西に延びる帯状構造が認められる。例えば、南海トラフにはネパールの HFT と位置的に類似した海底活断層も位置しており、図-3 に示したとおり四国の南から北に向かって新しい地層から古い地層がおおむね順々に分布し、これらの地層の境界には北側隆起の衝上断層があることが多い。

3.3 ネパールと日本の地形・地質

ネパールと日本の地形・地質は変動帯の山岳国であるという点で類似性が高い。ネパールの屋根となるヒマラヤ山脈は中生代白亜紀のころ海底であったところが、インド亜大陸とユーラシア大陸の衝突により陸化し、高い山脈へと成長した。この成長は衝上断層を主体とするインド亜大陸の付加により形成されたものであり、必然的に地層を形成する岩盤は断層などにより劣化したものが多い。日本列島についても同様にプレート境界での付加帯によって形成されたものであり、図-4 および図-5 に示したとおり地形や地質構造が極めて類似している。ネパールのヒマラヤ地方は、ガンジス平原からシワリク丘陵、低ヒマラヤ、高ヒマラヤ、トランスヒマラヤに続く一連の山地に位置付けられる。この一連の地形を日本の四国・中国地方の地形と比較すると図-4 のとおりとなり、四国地方はおおむね低ヒマラヤから高ヒマラヤに対応するなど、類似性の高さが伺わ

図-4 ネパールと西南日本の地形断面図(鄧・汪⁸⁾より)

図-5 ネパールと西南日本の地質断面図(上の図は鄧・汪⁸⁾より、下の図は平¹⁰⁾より)

れる。これは先に述べたとおり四国・中国が変動帯の島弧であり、ネパールヒマラヤが変動帯の陸弧であることに起因する。同様に、地質や地質構造についても比較すると図-5に示されるように、地質構造もたいへんよく似ていると考えられる。実際、著者らはカトマンズからポカラまで移動したが、その車窓から見たネパールの景観が四国の山々とよく似ていると感じたのはこのためである。

4. ネパールの景観の特徴

4.1 景観の特徴解析

自然環境は、地形・地質的な点、気象・気候的な点などに影響されて、地域固有のものを形成し、そこには地域固有の多様性を持った生態系が存在する。こうした地球科学的な状況が自然環境に影響を及ぼし、狭い意味での景観（見てくれとしての景観であり、以降、単に景観というときには、この狭い意味で用いる）を形成する一つの要因となる。

河川景観を取り扱う場合、大野ら¹¹⁾は色彩と形状の観点にたってフラクタル解析を用いることで、その景観の特徴を捉えることができることを示した。この方法は、とかく定性的になりがちである景観の特徴を、見た目の観点から定量化できる手法として有効である。そこで、本論においてもこのフラクタル理論による手法を用いることにした。

フラクタル解析にはさまざまな方法があることが大野¹²⁾などによって示されている。ここでは、景観の対象として、形状と色彩を取り扱ったが、形状については、ボックスカウンティング法を用い、その特徴を定量的に求めることに

した。一方、色彩については、色相、彩度、明度の観点から論じることが色彩学の分野では一般的である。そこで、画像のRGBを色相・彩度・明度に変換した値を用いて相関関数法によって色彩の特徴を求めることにした。

(1) 形状のフラクタル解析

形状のフラクタル解析には、ボックスカウンティング法を用いた。

ボックスカウンティング法はその名の通り、空間内のボックスの数を数える方法である。この方法では、景観の形状を評価する。図-6に見られるように、まず、写真画像の輪郭処理(エッジ処理)を行い、景観を形成している輪郭の形態を把握する。このとき、画像全体を覆う格子を考える。この格子をある大きさ $\gamma \times \gamma$ に区切ったとき、輪郭部を含む格子の数 M を数えていく。このときの γ と M を両対数グラフ上にプロットしたときの傾きの絶対値が形状のフラクタル次元 D_0 (ここでは、ボックスカウンティング次元と呼ぶ)である。以上のことを式で表せば、以下のようになる。

$$D_0 = \lim_{\gamma \rightarrow 0} \frac{\log M(\gamma)}{\log(1/\gamma)}$$

(2) 色彩のフラクタル解析

色彩のフラクタル解析については、相関関数法を用いた。

通常の画像はRGBで表現されているので、それを色相(H)・彩度(S)・明度(IまたはL)に変換する。この変換にあたっては、図-7に示すHSI(HSL)双六角錐カラーモデルを用いた。このモデルは、オストワルトの表色系に似ているために、色に関する知識、経験のある者にとっては扱

(a) RGB画像からのエッジ抽出処理

(b) ボックスカウンティング法による景観の形状解析

図-6 RGB画像からのエッジ抽出処理と景観の形状のフラクタル次元の解析(大野ほか¹¹⁾より)

(a) RGB より求められる HSI(HSL)色空間の断面 (高木・下田¹³⁾ より)

(b) 相関関数法による色彩解析

図-7 HSL カラーモデルと景観の色彩のフラクタル解析

いやすいモデルとされている¹³⁾。

次に、この HSI について 2 点相関関数を考える。全ピクセル数を N とすれば、2 点相関関数の積分 $C(r)$ は、次式のようになる。

$$C(r) = \frac{1}{N^2} \sum He(r - \|p_i - p_j\|)$$

ここで、 He はヘビサイド関数であり、

$$z \geq 0 \text{ のとき } He(z) = 1$$

$$z < 0 \text{ のとき } He(z) = 0 \text{ となる。}$$

また、 $\|p_i - p_j\| = \sqrt{(H_i - H_j)^2 + (S_i - S_j)^2 + (I_i - I_j)^2}$ である。

フラクタル解析において、この r と $C(r)$ は以下のような関係があり、フラクタル次元 D_2 (ここでは相関次元と呼ぶ) で表される (図-7)。

$$\log C(r) = D_2 \cdot \log r + b$$

ここで、 b : 両対数グラフ上の切片

ここでは、以上の 2 種類の解析方法を用いて、ネパールと日本の景観について、いくつかの写真画像を用いて求めたフラクタル特性をもとに、その景観の特徴について論じる。なお、対象とした地域は、ネパールではカトマンズからポカラにかけての低ヒマラヤ (5 か所) を、日本では西南日本の徳島、高知、兵庫、三重県の標高 500m 以上の山岳地帯 (4 か所) である。

4.2 渓谷景観の特徴

日本の渓谷とネパールの渓谷の例を写真-1 に示す。見

(a) ネパールの渓谷

(b) 日本の渓谷
写真-1 渓谷の風景

表-1 ネパールと日本における渓谷の景観についてのフラクタル次元

		Box-counting Dim.	Correlation Dim.	Remark
Nepal	Mean (μ_N)	1.6385	2.1237	
	S.D.	0.0428	0.0164	
Japan	Shikoku	Mean (μ_J)	1.6222	2.0274
		S.D.	0.0305	0.2433
	Shikoku+Other	Mean (μ_J)	1.6284	1.8126
		S.D.	0.0205	0.2854
Hypothesis: $p = \mu_N - \mu_J$ $= 0$	Nepal vs. Shikoku	t-value	0.4703	0.9083
		Hypo.	Adopt	Adopt
	Nepal vs. Japan	t-value	0.4267	2.1767
		Hypo.	Adopt	Adopt

Box-counting Dim.: Fractal dimension of landscape form using box-counting method
Correlation Dim.: Fractal dimension of landscape color using correlation function

表-2 ネパールと日本における棚田の景観についてのフラクタル次元

		Box-counting Dim.	Correlation Dim.	Remark
Nepal	Mean (μ_N)	1.6709	1.6452	
	S.D.	0.0122	0.1958	
Japan	Shikoku	Mean (μ_J)	1.6472	1.7412
		S.D.	0.0268	0.3377
	Shikoku+Other	Mean (μ_J)	1.6453	1.7886
		S.D.	0.0222	0.2915
Hypothesis: $p = \mu_N - \mu_J$	Nepal vs. Shikoku	t-value	1.7642	-0.4801
		Hypo.	Adopt	Adopt
	Nepal vs. Japan	t-value	2.2187	-1.2745
		Hypo.	Adopt	Adopt

Box-counting Dim.: Fractal dimension of landscape form using box-counting method
Correlation Dim.: Fractal dimension of landscape color using correlation function

た目の感覚だけでも似ていることが理解できるのではないだろうか。渓谷を形成する岩種が異なれば、地盤そのものの色の違いが生じる場合もある。しかしながら、山岳部では標高が高いためか、植生におおきな違いが見られない場合があることが、この両国の類似性の原因の一つと考えられそうである。

この両国の類似性は、実際に形状や色彩のフラクタル次元にも表れている。表-1 に示すようにネパールと日本の四国地方(徳島と高知)における形状と色彩のフラクタル次元は危険率 10%の平均値の t 検定ではほぼ同じ次元を持つという結果が得られた。

4.3 山村景観の特徴

日本もネパールも平野部よりも山地の占める割合が多い。そのためか両国ともに山地斜面を利用した農業形態が発達している。いわゆる棚田と呼ばれる農業形態の織り成す景観である。

写真-2 に日本とネパールの棚田の景観を示す。この写真でも、「上の写真が日本の景観です」と言われてもわからないのではないだろうか。これは基本的な景観の特徴が同じと考えられるためであろう。緑を基調とする植生、黄土色を基調とする田圃などは、両国ともほぼ同じである。しかし、日本では比較的緩やかな斜面に多く形成されている棚田も、ネパールでは急峻な箇所にも多く形成され、そのうえ規模も大きい。

こうした棚田の見られる農村景観についても、表-2 に見られるように、ネパールと日本の四国地方の形状と色彩

(a) ネパールの棚田

(b) 日本の棚田

写真-2 棚田の風景

写真-3 ネパールの耕作放棄された棚田の状況

のフラクタル次元は危険率 10% の平均値の t 検定ではほぼ一致している。この結果は、両国の棚田における規模や斜面の傾斜の違いは、景観的な要素にはあまり表れてこないことを示している。

山岳部のこうした農村景観は、農業生産という観点からは決して生産性の高いものではない。日本でも、高度経済成長期以前は棚田が多く発達していたが、経済の成長とともに、農村部から都市部への人口移動が激しくなり、棚田を維持できず放棄されたために、現在では都市住民によるオーナー制を導入したり、デカップリング*による税金の導入により、かろうじて棚田が維持されているところも多く、いわゆる保存の対象となってきた。

このような気候はネパールにおいても見られ、写真-3 に示されているように耕作放棄地が随所に認められる。

5. オムニスケープジオロジー的考察

5.1 ネパールと日本の気候・植生

ネパールと日本の気候を支配しているのはアジアモンスーンである。南からの湿ったあたたかい気流は、ネパールでは背後のヒマラヤ山脈に当たり、ネパールにアジアモンスーンの強く吹く夏の雨季とアジアモンスーンの弱まる冬の乾季をもたらす。日本では、ネパールと同様の主山脈南側に位置する太平洋側は、高温多湿な夏季とその前の梅雨、その後の台風をもたらす。冬季は寒く乾燥している。

緯度としては、ネパールが北緯 27~30° 程度、日本が北緯 25~40° 程度であり、日本は南北方向により長いことがわかる。ネパールは陸弧のプレートのサブダクション境界に位置するため高い山々が多く、気候区も必然的にその標高によって決まってくる。つまり、図-8 に示すとおり、ネパールでの気候区は標高と関連した地形区分によ

* デカップリングとは、農地などの私的生産機能と自然環境保全などの公的機能を分け、公的機能分については税金などを投入しようと言う考え方である。ヨーロッパにおいては長く行われてきた制度であり、日本においても最近法制化された。

MCT: 主中央衝上断層、MBT: 主境界衝上断層、HFT: ヒマラヤ前縁衝上断層

図-8 ネパールの地形断面図と気候(木崎⁶⁾より) 図-9 ネパール・ヒマラヤにおける気候・植生・栽培作物の垂直変化(酒井¹⁰⁾より)

て分けることができる。標高 3,000m 以上の高ヒマラヤは亜高山帯、高山帯、氷雪帯に位置し、標高 2,000m 前後の低ヒマラヤは温帯、標高 1,000m 前後から下のシワリク丘陵やガンジス平原は亜熱帯となっている。それに対して、日本は海面より上の標高差はネパールより小さいが、国土が南北に長く、水平方向に多くの気候区をもっている。つまり、南の沖縄では亜熱帯、本州の低標高部では温帯、高標高部では亜高山帯や高山帯が位置する。また、北海道では亜高山帯から氷雪帯なども分布している。

つまり、ネパールでは主に上下方向、日本では主に南北方向で同じような気候区が分布することがわかる。ネパールでは図-9 に示すとおり、これらの気候区に合わせるように上下方向でその植生帯や耕地利用が異なっていることがわかる。高ヒマラヤでは標高 3,000~4,000m 間は亜高山帯で、針葉樹林やジャガイモの栽培域であるが、標高 4,000m を越えると高山帯や極寒帯となり、森林限界となり草地やツンドラ、氷雪となる。低ヒマラヤでは温帯に入り、広葉樹林が多く、畑作、稲作が営まれている。シワリク丘陵より下の地域では亜熱帯となり、フタバガキやサラソウジュを中心とする亜熱帯林や稲作の 2 期作が可能となる。日本においても、これらの気候区が南北方向に分かれて分布しているため、同じような植生や耕作利用が主として南北方向に変化しながら認められる(図-10)。たとえば、稲作の 2 期作

図-10 日本の植生分布(青山ほか¹⁵⁾より)

などについては日本でも温暖な高知以南でも行われている。

5.2 ネパールと日本の類似点

前述したように、ネパールの山岳部の渓谷や棚田の景観は、検討箇所は少ないものの日本の四国に見られるそれらの景観と類似していると考えられる。表-1, 2に示したように景観の持つ形状や色彩は両国でほぼ同じフラクタル次元を示している。徳島と高知だけの景観(表中の Shikoku)のフラクタル次元は、これに兵庫と三重を加えた景観(表中の Shikoku+Other)のフラクタル次元に比べ、 t 検定の結果がよい。Shikoku+Other の場合には、渓谷において色彩のフラクタル次元で、棚田において形状のフラクタル次元で、それぞれ平均値を同じとする仮説が破棄されているが、Shikoku の場合にはこの仮説は破棄されない。このようなことから、西南日本に比べて、四国だけの場合の方がネパールとの類似性が高い可能性がある。

一般に、日本の景観を形成する特徴としては、以下の要因があると言われている¹⁶⁾。

①気候や海流が多種多様であること。寒帯、温帯、亜熱帯の3帯の気候が見られ、寒流と暖流が流れ込む場所でもある

ため、植生が針葉樹林、落葉広葉樹林、常緑広葉樹林と多様である。さらに、高温多湿であること。このために、空気中の水蒸気に太陽光が散乱して、夕焼けや朝焼けが見られる。大陸部の乾燥地帯においては、こうした景観は見られない。②複雑な地形・地質で構成されていること。このためにさまざまな形態の山並みや丘陵が見られ多様さを増している。さらに、浸食が激しいこと。そのために、奇岩と呼ばれる変わった形状の岩も見られる。

同様な観点から、ネパールの特徴としては、以下のような観点が示されると思われる。

①標高差に伴う気候の多様さと四季が見られること。大きくは雨季と乾季に分かれるが、詳細には、春(3月~5月)、夏(6月~8月)、秋(9月~11月)、冬(12月~2月)と四季がある。このうち夏が雨季であり、そのほかの季節が乾季となる。また、上下方向に寒帯、温帯、亜熱帯の気候となる。このために、ネパールも日本と同様に、多様な生態系が見られる。たとえば、ネパールの植物種は約6,300種知られており、植物の種類の多いことで知られている日本の約5,400種よりさらに多い。

②地形・地質が複雑である。日本のような火山地帯ではないが、造山運動を受けて地形・地質は複雑である。

今回対象としたのは、このうち、ネパールでは低ヒマラヤの地域であり、日本は西南日本、とくに四国の徳島、高知のデータである。

気候的な特徴は、両国の検討対象地域ともに、温帯気候であり、常緑広葉樹林帯を形成し山岳地域であり棚田が発達している。さらに、地質的にもほぼ東西に帯状の地質構造を示し、サブダクション構造をなしている点で、地質の複雑性において類似性が高い。つまり、オムニスケープジオロジーの観点からみると、両国地域は非常に類似した状況下にあることがわかる。

5.3 オムニスケープジオロジー的比較

前節で示したように、地形・地質的特徴、気候的特徴および植生の特徴において、ネパール、日本の両国に多くの類似性が見られる。このことは、防災や自然環境の問題として、類似の課題を背負う可能性があることを示唆している。その問題の一つが、棚田に見られる耕作放棄地や斜面崩壊・地すべり等の斜面災害である。

20世紀までの日本は、経済の発展とともに、各種の環境問題を引き起こした。前述した山村景観の一つである棚田の耕作放棄の問題や里山林*の荒廃が、里地**の生態系の破壊などを引き起こす。守山¹⁷⁾によると里地はわが国で

* 日本の農村部の原風景である里山を形成するコナラ・クヌギなどを中心とする雑木林のこと。古くから薪炭林として利用されてきた。

** 日本の農村部の原風景で、水田、畑、集落、里山林、社叢林などからなる一つの生態系を形成している地域のこと。

写真-4 ネパールの切土斜面での崩壊例と砂防対策箇所

も最も生物の多様性が高いところであり、人と野生動植物が共存し、豊かな生活の場となっていた。たとえば、棚田が維持されることによって、日本ではレッドデータベースに載っているタガメやメダカなどの水棲動物の生息場所や産卵場所が確保できる。さらに、棚田は水路と係り点をするため池や河川と繋がりその生息範囲を広げ多様なビオトープを形成している。棚田の荒廃はこれらの係りされた水のコリドー*を中断し、野生生物の多様性の低下が起こる。これは自然環境保全上の大きな問題点の一つとして挙げられる。

さらに、この耕作の放棄が、棚田の持つ保水機能などを低下させ、防災上の問題も引き起こしている。すなわち、降雨時における急速な地表流の河川への流入、それによって引き起こされる洪水や地盤の崩壊などの問題発生の可能性を内包することになる。この点については、増本ら¹⁸⁾が降雨時のピーク流量を耕作水田と耕作放棄地で比較し、耕作水田ではハイドログラフのピーク流量が小さく発生時刻も遅れることなど、棚田は洪水防止機能を有していることが示されている。

このような日本の棚田における状況は、ネパール国内でも見られ、今後、棚田の持つ公益的機能が損なわれ、災害や環境問題が増える可能性が高いと考えられる。ネパールにおいては、日本で発生した問題を鑑み早い段階からこうした棚田の保全対策を講じる必要がある。

一方、渓谷や農村部に見られる類似性から日本、とくに四国などで見られるような斜面災害の問題がクローズアップされる。

斜面災害は、地すべり、岩石崩壊、崩壊、落石、浸食な

ど、日本で生じている災害状況と類似している。例えば、写真-4に見られるような切土法面の崩壊がネパールでもいたるところで問題となっている。しかしながら、ネパールの経済力の弱さの問題もあり、斜面对策工は簡単な擁壁や植生工等がほとんどである。経済的な観点や植生の有効利用による多様な生態系の確保のためにも、根系の支持力を利用した斜面对策工¹⁹⁾も有力な一つの方法として考慮に入れる必要があろう。

6. お わ り に

本論文では、景観地質学的な観点(オムニスケープジオロジーの観点)の取り組みの例としてネパールの山岳部を取り上げた。ネパールの地形・地質の特徴が、日本と類似した点が多いことから景観の特徴も類似したものとなりがちであることを示した。また、その景観の特徴から、日本と類似した環境問題が生じやすいこと、また防災上の問題が生じる可能性についても論じた。

本論文の目的はオムニスケープジオロジーの観点での検討方法を例示することであり、両国の部分的な特徴をとりあげた。ただし、それぞれの国内でも地域固有の特徴が見受けられる場合が多く、現段階では、こうした詳細な特徴を論じるだけのデータが収集されてない。これらの解析は今後の課題といえる。そのような意味で本論文は一般化した内容には至っていない点もある。

さらには、オムニスケープジオロジーは、社会学的観点も考慮の対象とするが、本論ではその点を詳細に検討することもできなかった。このように課題が多くあるが、オムニスケープジオロジーの検討方法の一手法を示せればと思い、不十分ながらも本論を仕上げた。今後は、本論で不十分であった点も踏まえて研究を進めていきたいと考えている。

大野¹⁾が景観地質の考え方を提唱してから1年以上が経つが、その間日本国内ではますます環境と防災の必要性が叫ばれるようになってきている。本論文が、そのような社

* コリドー(Corridor)とは回廊という意味で、生態系においては生物の生息場所が分断されることなく一つにつながっていることを示す言葉である。“緑のコリドー”という言葉は、森が帯状につながっていることに使われているが、ここでは、水生生物が移動できる川や水路などをイメージして“水のコリドー”とした。

会情勢を踏まえたこれからの応用地質学のあり方の一助となれば幸いである。

なお、ネパールの調査の機会を与えてくださった愛媛大学の八木則男名誉教授をはじめとした愛媛大学工学部環境建設工学科の方々に深謝の意を表する。また、本論文をまとめるにあたり、有益な助言をいただいた長崎大学大学院の後藤恵之輔教授、応用地質(株)九州支社の八村智明氏、サンコーコンサルタント(株)大阪支店の佐野正人氏に感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 大野博之(2001)：21世紀における景観地質の役割，応用地質，第41巻，第6号，pp.383-386.
- 2) 横山秀司編(2002)：景観の分析と保護のための地生態学入門，古今書院，277p.
- 3) 土木学会地盤工学委員会火山工学研究小委員会編(2001)：火山とつきあうQ&A99，土木学会，pp.366-367.
- 4) 稲垣秀輝(2001)：暮らしとその安全のための応用地質，応用地質，第42巻，第5号，pp.314-318.
- 5) 稲垣秀輝・小坂英輝(2001)：火山地域の地形・地質の特徴と自然災害に対するリスクマネジメントによる土地利用—那須火山を例として—，応用地質，第42巻，第3号，pp.149-162.
- 6) 木崎甲子郎編(1988)：上昇するヒマラヤ，築地書館，214p.
- 7) 須鎗和己・岩崎正夫・鈴木堯士(1991)：日本の地質「四国地方」，共立出版，266p.
- 8) 藤田和夫(1993)：アルプス・ヒマラヤからの発想，ダム技術，No.83，pp.3-10.
- 9) 鄧起東・汪一鵬(1984)：中国復活変動帯，アジアの変動帯—ヒマラヤと日本海溝の間—，藤田和夫退官記念論文集，pp.29-65.
- 10) 平朝彦(1990)：日本列島の誕生，岩波新書，226p.
- 11) 大野研・大野博之・鈴木勝士・葛西紀巳子(2002)：色彩・形状の観点からみた数値的景観評価の試み，土木学会論文集，No.695/IV-54，pp.31-41.
- 12) 大野博之(1997)：地球科学分野へのフラクタルの応用，応用地質，第38巻，第3号，pp.159-173.
- 13) 高木幹雄・下田陽久監修(1991)：画像解析ハンドブック，東京大学出版会，pp.475-637.
- 14) 酒井治孝(1997)：ヒマラヤの自然誌，東海大出版会，295p.
- 15) 青山高義・小川肇・岡秀一・梅本亨編(2000)：日本の気候景観—風と樹 風と集落—，古今書院，pp.28-29.
- 16) 志賀重昂(1976)：日本風景論(上)，講談社，197p.(注：初版は明治27年(1894年)であり，それを復刻したもの)
- 17) 守山弘(1997)：水田を守るとはどういうことか—生物相の視点から—，農山漁村文化協会，204p.
- 18) 増本隆夫・高木強治・吉田修一郎・足立一日出(1997)：中山間地水田の耕作放棄が流出に与える影響とその評価，農業土木学会論文集，No.189，pp.59-68.
- 19) 稲垣秀輝(2001)：植生とその根系が斜面安定に与える影響，豪雨時の斜面崩壊のメカニズムと予測に関する論文集，地盤工学会四国支部，pp.37-46.

(2002年5月27日受付，2002年9月11日受理)

Jour. Japan Soc. Eng. Geol., Vol.44, No.1, pp.14-24, 2003

A Comparison between Nepal and Shikoku by Omniscape Geology

Kouichi KIKKAWA, Hiroyuki OHNO, Hideki INAGAKI and Natsumi HIRATA

Abstract

Recently, omniscapology was advocated as one of research fields of the engineering geology used for the environmental problem and disaster prevention. However, this research method has not been established enough, and the method is groped for. In this paper, the environmental problem and disaster prevention in the mountainous terrain of Nepal were examined by the viewpoint of the omniscapology. The results are the followings.

- ① For landscape of the valley and the terrace paddy field, we examined the form and color of landscape by fractal analysis. As the result, it was shown that the landscape in Nepal is similar to the landscape in Shikoku region of Japan.
- ② Between Nepal and Japan, especially the Shikoku region, there are geographical and geological similarities, and is a climatic similarity. Therefore, the landscape between the two regions is similar.
- ③ The similarities of geographical and geological features and the similarity of the climate in two regions have the possibility to cause the similar environmental problem and the similar disaster. Therefore, there is a possibility that the biodiversity will decrease by the dilapidation of the terrace paddy field in the future in the mountainous terrain of Nepal. Moreover, the dilapidation of the terrace paddy field will decrease the flood alleviation function.
- ④ In the present, the similarity of the valley landscape has caused slope disasters such as collapses and landslides as similar to Shikoku in Japan. However, enough measures cannot be done in Nepal by an economical problem.
- ⑤ Grasping the region targeted by a viewpoint the omniscapology contributes to the decision of prior measures by the comparison with a similar region where the problem on the environment and disaster prevention has already been caused.

Key words : omniscapology, mountainous terrain of Nepal, landscape, fractal analysis