

## 三峡ダム湖水域の旧期巨大地すべり移動地塊について

高浜信行\*1・古川昭夫\*2

### On the ancient mega-landslide along the Three Gorges Dam Reservoir, Yangtze River, China

by

Nobuyuki TAKAHAMA\*1 and Akio FURUKAWA\*2

#### Abstract

The Three Gorges Dam, which is one of the biggest projects this Century in the world, is being constructed at Sandonpong in the middle reaches of the Yangtze River. The authors observed many ancient mega- (to gigantic) landslides (in the broad sense, including slope failure and rock fall) along the both banks of the dam reservoir. Three Gorges, namely Qutang, Wu and Xiling Gorges, are composed of landslide blocks and their topography, is famous as one of the attractive spots of the Yangtze River cruise. Geology of the reservoir area is mainly composed of the Paleozoic-Mesozoic stratified sedimentary rocks, and that explains the geologic structure and mass-moved deformed structure which can be observed clearly.

At the immediate upper stream of the Three Gorges, we can observe a horizontally stratified semi-consolidated silty layer about 20 meters thick, which made up the fluvial terrace-like morphology. It seems that the Pleistocene sediment was deposited in a stagnant water area and it suggests the existence of an ancient natural landslide-dam downstream. Furthermore, the basement geology of the Fenjie City and Baidicheng Town are composed of ancient landslide debris deposits.

Sediment accumulation and reactivation of ancient landslides in the Three Gorges Dam reservoir are very difficult problems for this big project. There is some high potentiality that the ancient mass movement deposits distributed along both sides of the Yangtze River, will trigger reactivated landslides with the storage of water. The detailed investigation of ancient landslides is an important subject for this big project.

*Keywords* : Three Gorges Dam Project, Yangtze River, Ancient mega landslide,  
Reactivation of landslides, Sediment accumulation

キーワード：三峡ダムプロジェクト、長江、旧期巨大地すべり、再活動地すべり、堆砂問題

---

\*1 新潟大学積雪地域災害研究センター

\*2 明治コンサルタント(株)新潟支店

## 1. はじめに

中国の長江三峡(図-1)は3つの大峡谷(上流から瞿塘峡(Qutang Gorge)・巫峡(Wu Gorge)・西陵峡(Xiling Gorge))からなる中国有数の景勝地の1つ、また中国古代・巴文明発祥地、「三国志」の舞台の1つでもあり、日本から訪れる旅行者も多い。ここでは現在、西陵峡で世界最大規模の三峡ダムが建設中である。

我々はこの三峡の観光パンフレットでハイライトスポットの1つとされる瞿塘峡の写真をみて、左(北)岸の山地が2つに割れ、川側が崩落したものではないかという疑問をもった。手元にある論文・中国地質鉱産部編写組編著(1988)「長江三峡工程庫岸稳定性研究(中国地質出版社発行)」とカラー写真・図集・中国地質鉱産部編著(1988)「長江三峡滑坡崩壊(中国地質出版社発行)」を開いたが、この点にかんしての明確な記述をみつけることができなかった。

そこで、2002年11月はじめに現地をたずね観察する機会をもった。これは一般の観光ツアーに参加しての観察であったため、直接に地質を調査できる場所はごく一部に限られたが、地形と川岸の地質と地質構造はかなり詳しく観察でき、瞿塘峡北岸山地の南半分が古い崩落体である可能性がきわめて高いことが確認できた。あわせて、瞿塘峡上流の奉節(Fenjie)では過去に一時長江本流がせき止められた可能性を強く示唆する堆積物が両岸に分布すること、また三峡沿いには多数の古巨大地すべり移動地塊がみられること、などが観察できた。

もとより、詳しい地形図、空中写真も入手できない状況での観察で、観察と解釈に誤りがあることは避けられないが、これらの問題はこの下流部で現在建設中の三峡ダムとこれによる長江開発プロジェクトにも深く関連し、また地すべりを専門とする我々にとって、気付いた点の公表は責務と考え、問題提起の意味をこめて報告する。

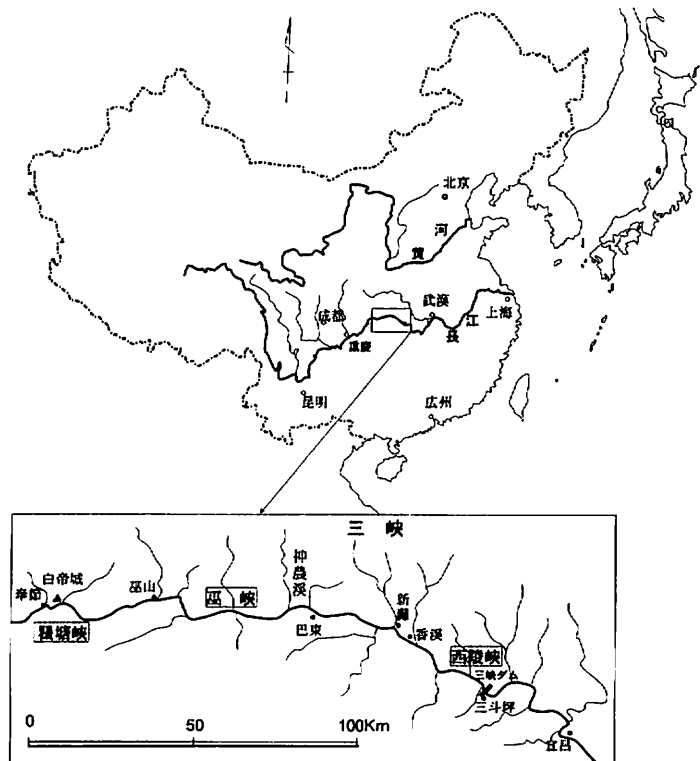


図-1 長江三峡と三峡ダムの位置

## 2. 三峡ダムとそのプロジェクトの概要

三峡ダムは、西陵峡中間の宜昌市三斗坪 (Sandongpong of Yinchang City) に位置し、1992年着工、2009年完成目標で現在建設が進められている世界最大規模のコンクリート重力式ダムで、堤長；2309m、堤頂標高；185m (堤高；175m)、貯水位標高；175m、総貯水容量；393億 $m^3$ 、ダム湖の長さ・総面積；650km・1084 $km^2$ に達する。

このプロジェクトは、長江の洪水防止、発電、航行、灌漑などを目的とし、洪水防止貯水容量は221.5億 $m^3$ 、発電量847億kwh／年がみこまれている (李, 2002)。長江では2002年8月にも大洪水があり、この時に堆積した砂層、支流からの土石流堆積物も広く観察できた。長江中・下流部では過去2000年間に200回の大水害がおこったといわれる。

一方、三峡ダム建設にともなう問題点として、13市が水没、住民130万人の移住・住宅・就職問題、堆砂問題、湖岸での地すべり問題、2000箇所にのぼる重要文化財の水没、自然生態系・環境に対する影響、ダム湛水にともなう地震の誘発、戦争・テロによるダム破壊などもあげられている。さらに完成までの建設資金の獲得も大きな問題とされている。これらの問題は戴晴 (1996)、鷺見 (1997) に詳述されている。本報はすでにのべたように、これらの問題のなかで地すべり (広義：崩壊・崩落も含む) に焦点を絞ったものである。

## 3. 三峡のいくつかの古い地すべり (広義) と関係する堆積物

### 3.1 瞿塘峡 (Qutang Gorge)

瞿塘峡は三峡下り第1の峡谷で、この直上流に奉節市と「三国志」の舞台の山場の1つである白帝城 (Baidicheng Town) がある。すでに述べたように我々は、瞿塘北岸の「異常地形 (写真-1) は山が二つに割れて川側が崩落した可能性が高く、この部分の地質状況を垣間見ることでもできればと考えた。幸い、我々がここを通過した2002年11月はじめは、長江の湯水期とのことで、河岸の地質構造が詳しく観察できた。また、三峡全体を通じて古生界・中生界の堆積岩から構成されているため、地質構造の不連続が、比較的容易に識別できた。瞿塘峡は中生界三疊系下部の層理が発達した厚い石灰岩層から構成される。

ここでは地形の不連続と地質構造の不連続が一致する。すなわち、瞿塘峡北岸の「異常地形」上流側 (手前) では、写真-2に示すように地層は下流側 (東) に緩傾斜している。この「異常地形」の上流端では見事に地形の境界と一致して、地層が不連続に高角～直立 (写真-3) することが観察され、この「異常地形」は地質構造の変化とあわせて、過去の巨大崩落地形であることが確認できた。また、この直下流では局所的な異常褶曲、破碎構造 (写真-4, 5) も観察できた。さらに、この崩落地形の部分を通過中に図-7に示した山体の「割れ目地形」も認められた。

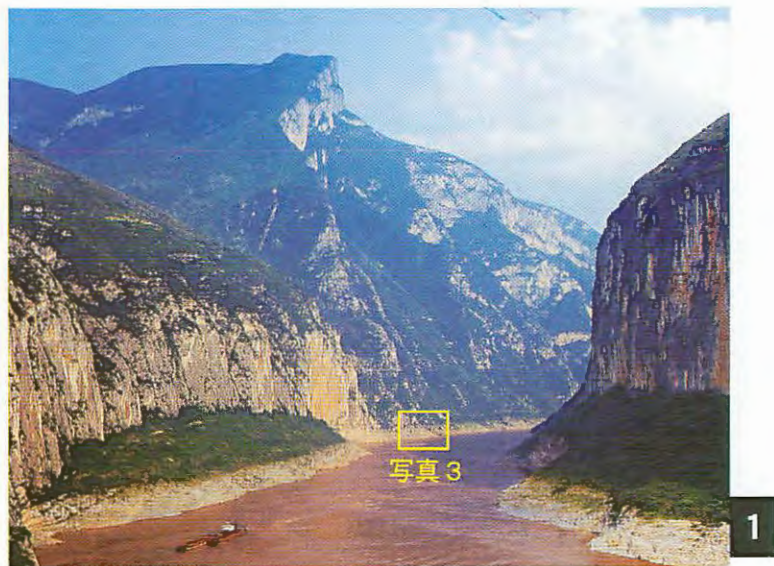
なお、この崩落地塊の規模は現地での感覚では $10^9 \sim 10^{10} m^3$ 規模とみられるが地形図が入手できていないため、詳細は不明である。

### 3.2 瞿塘峡の直上流域

#### 長江本流のせき止め

瞿塘峡の上流では、長江の両岸には層厚20m以上と推測される水平に成層した赤色シルト層 (細粒堆積物) が、見かけ上「段丘地形」を形成して分布する (写真-7)。この部分では人が歩いたり、小船を陸上げしており、あるていど固結が進んだ (古い) 地層であることは確実であろう。現在のような長江の水流では、このような細粒堆積物の堆積は不可能で停滞水域での堆積物であることは確実である。さらにこの堆積物が両岸で観察されることとあわせ、この堆積物は何らかの原因で長江本流がせき止められてきた自然ダム湖底に堆積したものとみることがごく自然な解釈である。

この堆積物と瞿塘峡左岸の崩落との関係、堆積時期などについては不明であるが、これらの第四紀地質学的解明が今後の大きな課題と思われる。





5



6



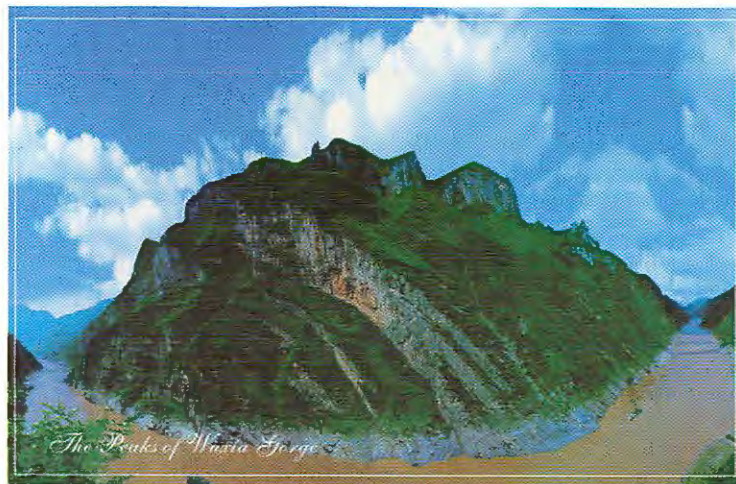
7



8



9



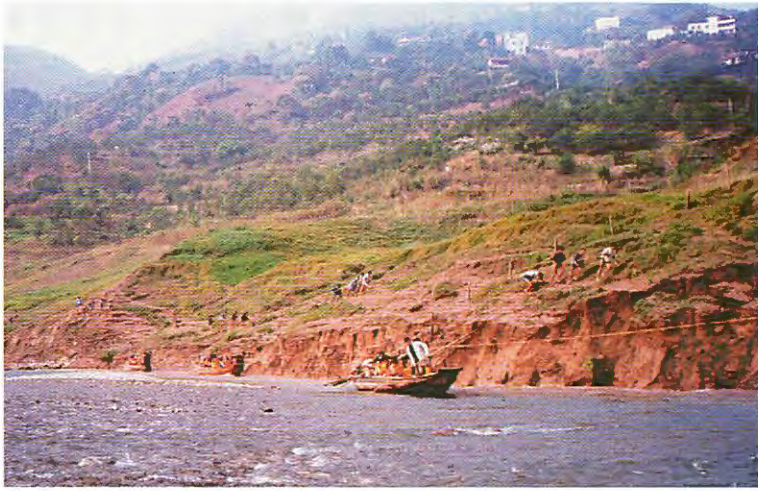
10



11



12



13



14



15



16

## 写真説明

- 写真-1：瞿塘峡北岸の「異常地形；山体崩落」
- 写真-2：瞿塘峡「異常地形」の直上流部。ゆるく下流に傾斜する下部三疊系石灰岩
- 写真-3：瞿塘峡「異常地形」の上流側部の地質状況。  
地形の境界と地質構造の不連続（矢印：緩傾斜／高角・直立）が一致
- 写真-4：瞿塘峡「異常地形」内部。地層の高角・破碎構造
- 写真-5：瞿塘峡「異常地形」内部。地層の異常褶曲・破碎構造
- 写真-6：瞿塘峡通過部。山体「割れ目」地形
- 写真-7：瞿塘峡上流部南岸での成層したシルト主体の地層。  
ある程度固結、停滞水域（；古い自然ダム湖）における堆積物。
- 写真-8：瞿塘峡上流北岸・奉節市。古い地すべり崩積土上に街を建設。
- 写真-9：奉節市。赤色の古い地すべり崩積土。
- 写真-10：巫峡（絵ハガキ）。「山体崩落地形」。
- 写真-11：巫峡通過部。不規則褶曲。暗色凹部はすべり面と推測。
- 写真-12：巫峡通過部。破碎構造。
- 写真-13：神農溪。半固結シルト層；14と連続、ともに停滞水域での堆積物。
- 写真-14：神農溪。半固結シルト層。
- 写真-15：新灘地すべり。1985年の活動部分。
- 写真-16：新灘地すべり。古い巨大地すべり活動による「離れ山地形」。

## 奉節市の地盤

瞿塘峡直上流の長江北岸に位置する奉節市では現在住宅と「長江大橋」の建設が急ピッチで進められているようすがうかがえた。筆者らはここでは、古生界・中生界とは明らかに異なる、無層理・塊状の堆積物（写真-8、9）が分布することに注目した。船上からの双眼鏡による観察で、不淘汰な角礫が識別され、これを古い地すべり崩積土と解釈した。この堆積物は場所によって構成物質が異なり、例えば「長江大橋」建設地点では部分的に赤色堆積物（写真-9；赤色泥岩起源とみられる）からなる。これは直接背後の基盤に対応したもので、この堆積物が地すべり崩積土を意味する傍証と考えられる。貯水にとまうこのような堆積物の挙動が懸念される。

奉節市のかなりの部分が、このような堆積物の上に建設されている。なお、三峡沿いの下流域の複数の地点でこれと同じ問題がみられた。

### 3.3 巫峡(Wu Gorge)

巫峡は三峡くだり第2の峡谷である。巫峡も中生界三疊系下部の層理が発達した厚い石灰岩層から構成される。ここでは写真-10に示すように瞿塘峡よりも鮮明に山体が崩落したとみられる地形が観察できる。ここでの地質状況は不規則な「褶曲（写真-11）」、破碎構造（写真-12）が観察できる。筆者らは、これらも崩落ともなう地層の変形・破壊構造と解釈した。

### 3.4 神農溪(Shennong Stream)

長江北支流の神農溪は、観光客が乗る小船を6人チームの船頭が人力で上流に引き上げる、迫力ある観光コースである。ここでは、河床礫層の上位に数mの厚さのシルト層が観察できた（写真-13、14）。このシルト層もある程度固結している。この堆積物も現在のような水流では堆積しえず、この下流部でのせき止めとその停滞水域での堆積を意味する。

### 3.5 新灘地すべり(Xintan landslide)

この地すべりは西陵峡北岸で1985年に古い地すべりが再活動したもので、新灘村が全滅した（写真-15）。この地すべりに関する記述は中国国家科学技術委員会・中国地質鉱産部（1988）による。この時の移動土塊量は3000万m<sup>3</sup>、最大速度40m／秒、200万m<sup>3</sup>が長江に流れこみ高さ35mの波が発生、対岸ではこの波が水面から高さ49mまでに達したという。このように大規模な地すべりであったが、幸いに地すべ



り活動が予知され、人的な被害は皆無であった。基盤地質は古生界シルル系～二疊系から構成される。

筆者らは、この地すべりはより大きな古い巨大地すべりの上流側端部における再活動の可能性が高いと解釈した。それは、新灘地すべりの下流側に広く、「離れ山」地形(写真-17)が認められ、このような地形は古い巨大地すべり地ではごく一般的にみられる地形と共通したものであることによる。大規模地すべり側部での再活動が顕著な点も新潟の地すべりでよくみられる現象である。

我々は、このほか三峡のいたるところで、古い巨大地すべり地形と、これによる地質構造の変形・破壊構造を観察した。

## 4. 考 察

ダム湖の地すべり災害としては、北イタリアアルプス・バイオントダム (Vaiont Dam) の事例が広く知られる。このダムは高さ265mのアーチ式ダムで1960年に完成した。基盤地質は、中生界ジュラ系・白亜系の成層した石灰岩からなる。1963年10月9日にダム湖左岸の約400m上方から2.6億 $m^3$ の地塊がダム湖に崩落し、これによって、ダムが埋められるとともに高波が発生した。ダム堤頂より100m高い波がダムを乗り越えて流下し、下流ピアブ川流域の集落を直撃して死者2125人の被害がでた (Zaruba and Mencl, 1982)。これはダム建設による大きな災害事例の代表として、世界的に貴重な教訓として広く伝えられている。

### 4.1 古い巨大地すべりと地すべり活動の階層性

もちろん三峡現地ではダム湖岸の地すべりが重要な問題としてとりあげられ、詳しい調査(例えば、中国地質鉱産部, 1988)が実施され、慎重な対策がとられていると思う。現地での案内によれば、問題となる地すべり・山崩れは192箇所、それらは十分な対策がなされている、という説明であった。

筆者らの不安は、これらは現在活動中の地すべりの調査と対策が主体で、古い地すべりの多くがすでに安定したものとみて、検討対象から除外されている可能性がないかという点である。

日本では、現在活動する地すべりのほとんどが古い地質時代に発生した地すべりの一部、まれに全体の再活動であることが広く知られている。これは古く中村慶三郎(1934)の指摘にはじまる認識で、すでに半世紀以上の検証をうけた命題である。一度移動した地塊は大小不規則な破壊が進み、力学的にも地下水挙動の面でも基盤岩とは大きく異なる物質で、これが長期間にわたり地すべり活動が再発する、基本的な原因である。

一般に古い巨大地すべりブロック(堆積 $10^6 m^3$ 以上)の内部には、中・小規模の地すべりブロックが多数認められる。このような大・中・小の地すべりブロックの重なりは、「地すべり活動の階層性」、地すべり移動地塊の階層・多重構造としてとらえられるべきものである(高浜・伊東, 1989; 高浜, 1994)。我々は巨大地すべりを「親(地すべり)」にたとえ、その内部で発生する中・小規模の地すべりを「子供・孫(ひまご…)地すべり」とよんでいる。この「地すべり活動の階層性」は古い大規模地すべりにほぼ例外なく認められる。また、「親地すべり」の再活動も少なくない。

一方欧米では、古い地質時代に発生した地すべりの再活動はごく稀であるという見方が支配的であるが、これは約2万年前頃の最後の氷河期に発達した山岳氷河・大陸氷河の削剥をうけた地域での地すべりに対する見方と推察される。

たとえば北米西海岸ロスアンジェルスのパロスベルデス (Palos Verdes) 半島ではこの時期に氷河の発達記録されていない。ここには1956年から動きはじめたポートギーズ・ベンド (Portuguse Bend) 地すべり(1×1km)は1995年現在も活発な活動を続けていることを現地を確認した。これと隣接して70年代に活動したアバロン・コーブ (Avalon Cove) 地すべり(1×1.8km)、82年活動のフライング・トライアングル (Flying Triangle) 地すべり(0.5×0.7km)、79年活動のクロンダイク・キャニオン (Klondaike Canyon) 地すべり(0.3×0.6km)などの大規模な地すべりが存在し、アメリカでの有名な地すべり群であるという。現地の研究者、地質コンサルタント技術者は、これらが古い地すべりの再活動であるということは認識している(たとえば、Ehlig, 1982, Linden and Lindvall, 1982)。しかし、古い地すべりを「Ancient landslide complex」とよんでいることから、古い地すべり複合体・集合体が存在し、そのなかで個々の地

すべりが再活動するという認識のようで、その古い地すべりの範囲、移動体の地質学的特性など実体を積極的に解明しようという試みはみられない。つまり、地すべり活動の階層性の概念はなく、あくまで、現在活動中の地すべりに焦点が絞られた記述である。

我々は94年と95年にこの地すべりの調査を行い、これらの地すべり群をその内部に含む最大幅・長=4.3×2.5kmの古い(約12万年前にはすでに存在)巨大地すべり(パロス・ベルデス(Palos Verdes)巨大地すべり)の存在が確認できた。また、アメリカでも、古い地すべりの再活動の問題を喚起しているジャーナリスト・Olshansky, R. B. (1990)の存在も知られる。

三峡でも1985年に発生した新灘地すべりが古い地すべりの再活動であることが報告されている。この適切な認識が被害を最小にいとめた対策の裏付けとなったものと推察する。しかし、地すべり活動の階層性について、どのように考えられているかは不明である。

#### 4.2 地すべり対策に関する一考察

100m以上の水位上昇(降下)をとまなう、三峡ダム湖岸の古い地すべりについても、その安定性の検討は重要な課題と考える。もちろん湖岸の古い地すべりのすべてが活動する危険をもつものではなく、それはごく一部と考えられる。しかし万一、三峡で過去に発生したような山体崩落、巨大地すべり活動がおこれば、非常に大きな被害がひきおこされ、これは中国のみならず世界的な損失といえよう。

一般に数万年あるいは十数万年間にわたって活動と休止をくりかえす、体積 $10^6\text{m}^3$ 以上の巨大地すべり(まさに山1つの規模)は、時間・空間両面で地質学的規模の現象である。現状ではこれを完全に止めることは、技術的にも経済的にも不可能とみなさざるをえない。この意味では地震、火山と似た側面をもつ。しかし、その実体調査と観測・監視システムの構築は、地震・火山と比べてはるかに容易である。これによって、不意打ちの大きな災害をさけることができれば、被害の軽減に大きな効果が期待できる。

地すべりは地域性が強く反映される現象でそれぞれの地すべりが「個性」をもっている。現地には三峡地域の地すべりを熟知した研究者・技術者も多く存在するはずである。加えて住民は最も早く異常に気付く。基礎的な調査にもとづくこのような地元主体の被害軽減ソフトシステムが確立されることを期待したい。なお新潟県では、「地すべり巡視員制度」があって、地元の巡視員が定期的に受け持ち範囲を見回り、異常を早期に発見することで大きな効果をあげている。

### 5. おわりに

開発とそれにとまなう反作用は宿命的なものである。問題はこの反作用をいかに正確に予測し、被害を小さく抑えるかという点にある。そのためには、実体の調査が第1の課題である。三峡ダム湖岸域では、すでに詳細な地形図・地質図が作成されているはずである。空中写真も利用できるはずである。問題の地点は踏査も可能であろう。この場合我々の経験では、古い巨大な地すべり地形と地質の異常を見抜く「識別力・技術力」が肝要である。

また、ハードの対策が必要な部分が存在することも事実であるが、それよりソフトの対策を重視した方が被害の軽減により有効と判断される場合が少なくない。

#### 謝 辞

当災害研究センターの鈴木幸治氏には、氏が以前に長江を訪問した時の情報・資料の提供と図の作成、新潟大学自然科学研究科の内藤信明氏からは、写真のパソコン処理にご協力をいただいた。厚く御礼を申しあげる。

#### 参考文献

- 中国地質鉱産部編写組編著(1988):長江三峡工程庫岸穩定性研究.中国地質出版社,北京,91p.  
中国国家科学技術委員会・中国地質鉱産部編著(1988):長江三峡滑坡崩壊:カラー写真・図集.中国地質出版社,北京,143p.  
戴晴編(鷺見一夫・胡暉婷訳)(1996):三峡ダム.築地書館,東京,648p.

- Ehlig, P. L. (1982): The Palos Verdes peninsula Its Physiography, Land Use and Geologic setting. Guidebook and Volume: Landslides and landslide abatement, Palos Verdes Peninsula, Southern California, Prepared for the 78th Annual Meeting of the Cordilleran Section of the Geological Society of America, Anaheim, California, April 18-21, 1982, Field Trip Number 10, 3-6.
- 李金龍, 主編(2002): 長江三峽工程; カラーパンフレット, 湖北美術出版社, 武漢, 39p.
- Linden, K. V. and Lindvall, C. E. (1982): The Portuguese Bend landslide. Guidebook and Volume: Landslides and landslide abatement, Palos Verdes Peninsula, Southern California, Prepared for the 78th Annual Meeting of the Cordilleran Section of the Geological Society of America, Anaheim, California, April 18-21, 1982, Field Trip Number 10, 49-56.
- 中村慶三郎(1934): 山崩, 岩波書店, 東京, 254p.
- Olshansky, R. V. (1990) Landslide Hazards in the United States—Case Study in Planning and Policy Development. Garland Publishing, Inc. New York and London, 176p.
- 鷺見一夫(1997): 三峽ダムと日本, 築地書館, 東京, 322p.
- 高浜信行・伊東佳彦(1989): 旧期初生的巨大地すべりと現在の地すべりの関連—地すべりの階層性と歴史性—, 新潟大学災害研年報, 11, 25-36.
- 高浜信行(1994): 大規模地すべりとその対策, 農業土木学会誌, 62巻9号, 827-832.
- Zaruba, Q. and Mencl, V. (1982): Landslide and their Control (Second completely revised edition). Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam, 249-251.