

長江・三峡ダム湖水域, 雲陽・奉節・巫山地域の新旧巨大地すべり

高濱信行*・古川昭夫**・周 亜明***

Active and Dormant Landslides in Yunyang, Fenjie and Wushan areas along the Three Gorges Dam Reservoir, Yangtze River, China

by

Nobuyuki TAKAHAMA, Akio FURUKAWA and Yaming ZHOU

Abstract

The Three Gorges Dam, which is one of the biggest construction projects during this Century in the world, is being constructed at Sandongong in the middle reaches of the Yangtze River. Many landslides (in a broad sense, including slope failure and rock fall) are distributed along the both banks of the dam reservoir. Sediment accumulation and reactivation of ancient landslides in the dam reservoir have become big problems to this big project. Investigation by the authors on Sept. 2004, focused on two subjects: 1) problems of reactivation of ancient landslides and 2) the problems of foundation of new constructed towns along the dam reservoir.

The Jipazi landslide occurred on July 17, 1982, on the left bank of the Yangtze River, about 1 km east of Yunyang Town. The slid mass of about 1.8 million cubic meters of volume, rushed into the River. It was a partial reactivation at the west side of the ancient Baota landslide. Moreover, the reactivated small slide blocks, which occurred at the same time in 1982, were described in the engineering geological map of the Baota landslide. We observed several small-scale landslide cracks in the upper part of the ancient Baota landslide. It suggests that, the ancient Baota landslide might be in an "active stage" as a whole. Hence, the detailed geological investigation of the ancient Baota landslide and observation of the present slide movement are very important subject.

We found that the geology of new Fenjie and Wushan towns are composed of semiconsolidated ancient landslide materials, e.g. landslide debris, landslide blocks and mudflow deposits. The materials are very permeable and brittle as a mass. Detailed geological survey and observation of displacement, deformation and groundwater measurements are principal subjects.

Keywords : Three Gorges Dam project, Yantze River, Reactivation of landslide, Baota landslide, Ancient landslide materials

キーワード : 三峡ダムプロジェクト, 長江, 再活動地すべり, 宝塔地すべり, 旧期地すべり物質

はじめに

筆者らは、2004年9月に中国科学院成都山地災害・環境研究所の招聘をうけて、三峡ダム湖岸・重慶市の雲陽・奉節・巫山地域の新旧地すべりを観察・調査する機会をえた(図-1)。

これに先立ち、高濱と古川は2002年10月末に、三峡クルーズに参加して三峡ダム締めきり直前の三峡の古い巨大地すべりを観察した。この時には、主として次の2点について大きな問題があると考えた。まず第1に、三峡ダムの湛水にともない古い巨大地すべりが再活動する危険性について、第2に、湖水予定域から移転した新しい奉節市街は、古い地すべり崩積土の上に建設されている点についての問題である(高濱・古川, 2002)。

ただし、2002年はほとんどが船上からの観察であったため、これらの問題を直接現地踏査で確認したいと考え、成都山地災害・環境研究所の喬 建平教授と連絡をとり、今回踏査を実施するこ

とができた。

今回観察できた地点は、雲陽県の宝塔・鶏扒子地すべり、奉節県市街地、巫山県市街地の3地点である。地形図をはじめ、資料の閲覧・入手が困難な条件のもとでの調査ではあったが、現地での踏査の制限は少なく、当初の第1目的である現地の地質・地形・地すべりを肌で感じることを果した。

三峡ダムとそのプロジェクトの概要、ダム湖岸域のいくつかの巨大地すべりの概要については、すでに前報に記述したので、それを参照していただきたい。なお、三峡ダム湖面は完成予定水位・標高175mに対し、我々が訪問した2004年9月時点で140mに達していた。

今回筆者ら3名を招き、現地調査の機会を与えて頂いた成都山地災害・環境研究所の喬 建平教授をはじめ孔 紀名・段 国强教授、また孔教授とともに現地を案内同行して頂いた秘書の李さん、運転手の郭さんに厚く御礼を申しあげる。

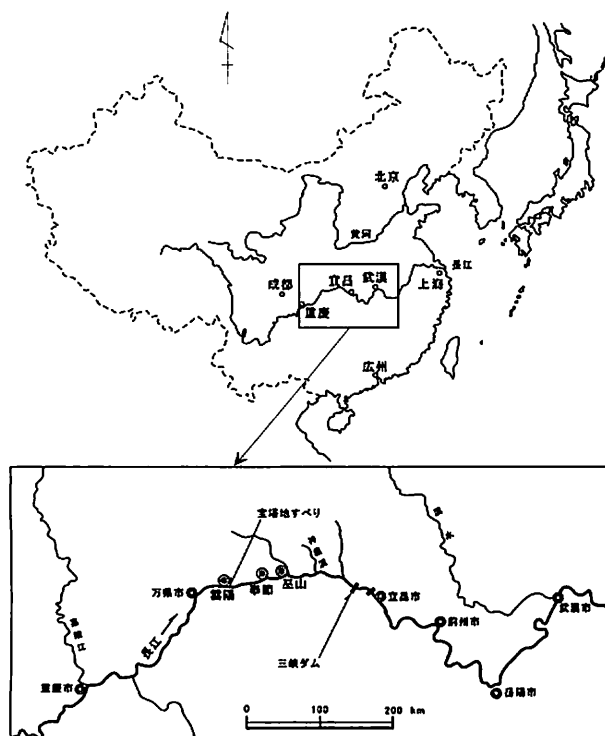


図-1 三峡地域の位置

宝塔地すべり・鶏扒子地すべり

宝塔地すべりは雲陽県中心部から東約1kmの長江北岸に位置する古期巨大地すべりで、面積2.03km²、地すべり面深度最大93.7m・平均30~70m、総体積約1億m³と見積もられている(図-2)。基盤地質は南に8°~40°傾斜した上部ジュラ系の泥岩からなり、典型的な「流れ盤」タイプの地すべりである。地すべりの諸元などは中国地質鉱産部(1988)、中国国家科学技術委員会・中国地質鉱産部(1988)、四川省煤油地質局136隊(2001)を引用した。

宝塔地すべりの一部・西側端部が1982年に再活動し、これは鶏扒子地すべりとよばれる。鶏扒子地すべりは、宝塔地すべり面積の2/5;0.774km²、移動塊体積1500万m³、すべり面勾配約15°で流れ盤傾斜角とはほぼ一致する。1982年7月の豪雨期に滑動した鶏扒子地すべりは、約180万m³の土石が長江に流れ込み、高さ30mの津波をおこした。長江は沿海部の上海と内陸の重慶・成都の主要都市間をむすぶ舟運流通の大動脈で、ここでの地すべりは住民、住家・農地の被害とともに、舟運に対する障害も大きな問題となる。この地すべりは、三峡ダム湖岸域では1985年に滑動した新灘地すべりとともに、古い巨大地すべりの一部が活動した具体事例とみられている。

筆者らは、成都山地災害・環境研究所の孔紀名教授と地元住民の案内で宝塔地すべり地を踏査した。地すべり地は、畑地としての開発が進み人家も多く、住民の重要な生活基盤であるようすがうかがわれた(写真-1, 2)。鶏扒子地すべりは、すでに種々の対策工が施され、現在は安定しているとの説明をうけた。宝塔地すべりは滑落崖の直下で上位斜面からの流水の侵入を防ぐための表面排水溝(写真-3)が施工されている。この排水溝は、宝塔地すべりの東端の標高540m付近から地すべり地を横断する形で3列設置されており、これはかなりの効果をあげているようにみえた。

一方住民の話では、宝塔地すべりの上部斜面で現在も亀裂の発生がみられるということで、我々はそれらのほとんどを観察した(写真-4)。亀裂や地形の変状はいずれも比較的小規模ではあるが、地すべり地の広い範囲にわたって点在しており、今後の注意深い監視と観測が必要と判断された。

既存報告の解析

図-2は、中国地質鉱産部(1988)、中国国家科学技術委員会・中国地質鉱産部(1988)の宝塔・鶏扒子地すべりの平面図と断面図を簡略化したものである。この図では、宝塔地すべり地の最上部の地層に逆転構造が記入されており、この部分は宝塔初生地すべりによる破壊・変動域に含まれることを示す。しかし、断面図(B-B')ではこれが示されず、地すべりの下位の基盤が分布するように描かれている。これは、宝塔初生地すべりの実体についての追加調査が必要なこと、さらにこの地すべりの深度がこれまで推定された以上に深い可能性を意味する。

また図-2では、1982年活動の鶏扒子地すべりの他に、同時期に活動した5つのブロックが記入されている。これら1982年に活動した地すべりの分布は、宝塔地すべりの全域にわたって点在しており、とくに東西両側部の活動は、宝塔地すべり全体が小規模に動いたことを示唆する可能性がある。ちなみに、地質時代に発生した古い初生巨大地すべりが現代に再活動した「活巨大地すべり」の事例として、新潟県西頸城の根口・トチ山巨大地すべり(面積4km²)と富山県水見の胡桃・国見巨大地すべり(面積約2km²)は、いずれも両側部での活動が顕著な典型例として参考になる。この問題は、すでにのべた現在の宝塔地すべり斜面上部の広い範囲にわたって点在する小規模な変状の問題と共通するもので、大きな変状の予兆の可能性を検討課題とする必要がある。

当面の課題

当面の課題として、次の点があげられる。これらは、ハード面の対策に先行すべき調査・観測課題を重視したものである。

1) 初生宝塔地すべりの実体解明—地すべり地質踏査—

図-2の解析にもとづく上述の問題は、現在宝塔地すべりが活動期、あるいは休止期のどちらかということである。この結論は次の2)、3)の検討も含めた総合的な解析を待たねばならない。しかし図-2の解析でのべたように、問題が残る宝塔地すべりについて、とくに古い初生地すべり活動による地質の破壊・変形状況の詳しい解析、非地すべり地域との正確な境界の追跡など、その実体解明が急務である。ひきつづく種々の問題も、この結果で検討方法・解析が大きく支配される。この実体解明は、豊富な地すべり調査の経験をもつ地質研究者・技術者が丹念な踏査を実施すれば、それほど難しい課題ではないであろう。

2) 宝塔地すべり上部斜面の変位・変状の監視・観測

宝塔地すべり斜面上部で観察される小規模な亀裂や地形の変状は、これからの精密な監視と観測が再滑動予測に重要な課題と考える。現在、荷教授を中心とする成都山地災害・環境研究所によって、GPS三角点観測が継続されている。一方現地住民が住家の壁の亀裂に貼紙をして、その変化を監視し、自分達の「生活の場」での変化を敏感に捕捉する有効な「予測」を行っている。このように住民は、なによりも地表での変化をいち早くとらえる、監視のための重要な情報提供者である。GPS観測は大きく移動する地すべりの滑動傾向を監視するには有効であるが、本地すべりの再活



写真-1 宝塔地すべり下部斜面、宅地・農地として開発が進んでいる。左奥は三峡ダム湖。



写真-2 宝塔地すべり上部斜面～山地斜面。



写真-3 宝塔地すべり斜面上部の地表面排水溝。



写真-4 宝塔地すべり斜面上部の民家の庭に出現した小規模な亀裂。



写真-5 奉節市街、高層アパートが林立、その基礎地盤は地すべり崩積土。



写真-6 2002年11月、三峡ダム湛水前の長江から奉節市街を望む。長江水面近くまで崩積土が分布。



写真-7 奉節市街地、固結した地すべり崩積土、ハンマーで容易に崩れる。



写真-8 奉節市街地、不淘汰、乱雑な地すべり崩積土。写真-6と同地点



写真一9 奉節市街地. 地すべり崩積土起原の泥流堆積物. 成層状態を呈する.



写真一10 奉節市街地斜面上部の地すべり移動ブロック. 開口亀裂を石積で充填. その左右で構造が不連続



写真一11 奉節県白帝城の基礎地盤. 標高145m付近の地すべり移動・破壊物質と擁壁工.



写真一12 同上.



写真一13 巫山市街. 擁壁工が施された地すべり崩積土を基礎地盤とする高層アパート群.



写真一14 巫山市街地. 固結した地すべり崩積土.



写真一15 巫山市街地. 地すべり移動物質. 黄色泥岩の上位に赤色泥岩が重なる成層状態を保っている.



写真一16 巫山市街地. 不規則に破壊が進んだ地すべりブロック. 写真一15とともに三峡ダム完成時には水没.

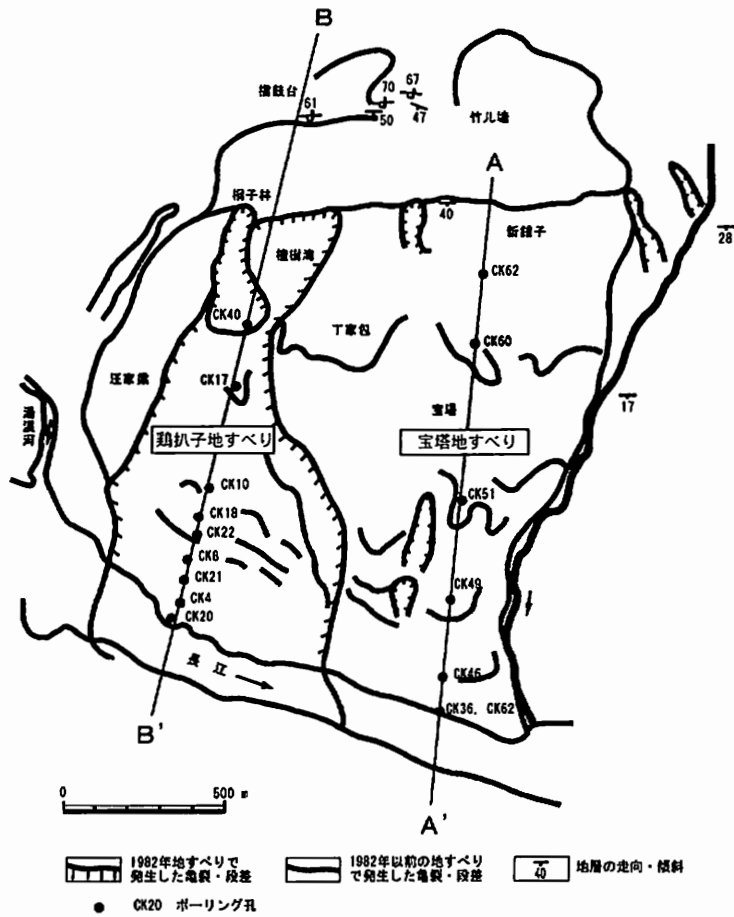


図-2 a 宝塔地すべり 平面図

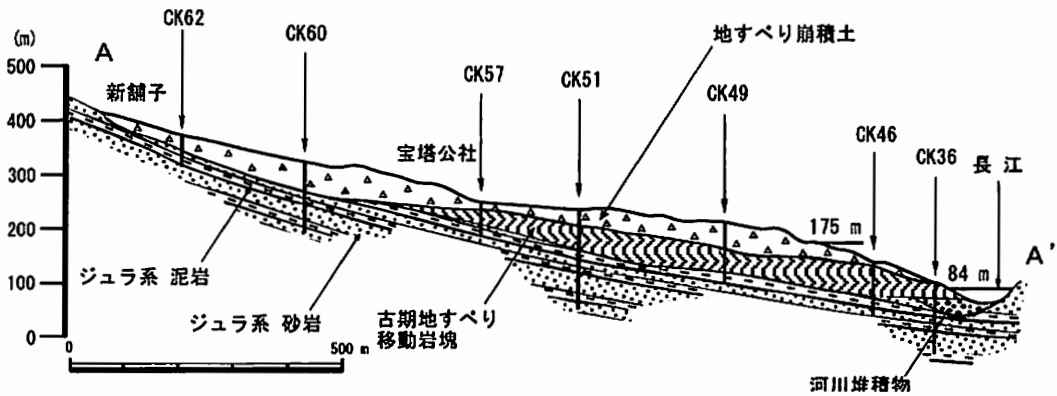


図-2 b 宝塔地すべり(A-A')断面図

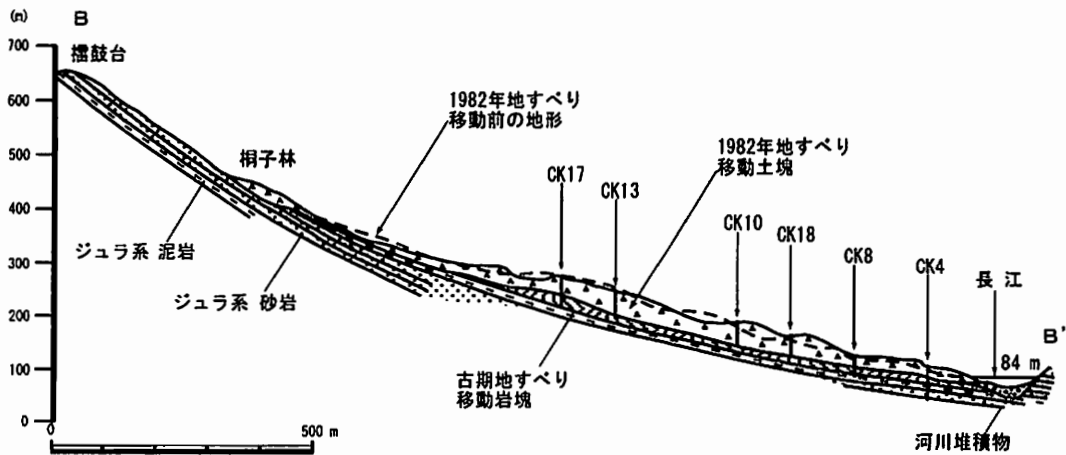


図-2 c 鷄扒子地すべり(B-B')断面図

動時の初期微変動をとらえることは難しいと思われる。監視体制としては、いかに早期に活動徴候をとらえるかが重要である。このためには直接すべり面付近の変動をとらえる地中設置型の観測計器(手段)が欠かせないと判断される。さらに亀裂の観測など、住民と有機的な連携の下での観測ができれば、小さな変化も正確に把握することが可能となる。これは次の3)とも関係して、水位上昇時にはとくに重要な課題となる。

3) 水位上昇に対する観測

宝塔地すべりのすべり面は、流れ盤タイプであることから比較的平滑と予測され、長江に面した地すべり末端部では、湛水前の長江の水位・標高84mより深い(図-2:断面図)。2004年9月時点では、すでにのべたように、標高140mまで湖面水位が上昇していたが、幸いこの時点で大きな変状はあらわれていなかった。しかし、完成予定水位・標高175mに達した場合、地すべり物質の下部約100mが水没する。

この対策として、まず精密な観測が必要と考える。その第1段階として、可能な限り早く、遅くとも次の水位上昇前に宝塔地すべり地内で確実に基盤岩まで達したと判断できる十分な深度をもったボーリング地質調査とボーリング孔での水位・変位観測が緊急課題と考える。

奉節市街地の地盤

三峡ダム建設にともない移転した奉節県の新市街地は、長江北岸の斜面に高度差およそ200~300mにわたって開発された。ここでは10階近い、またはそれ以上のアパートが隣立して多数建設され(写真-5,6)、一気に新しい都市が出現した。これらの建築物の基礎地盤は、我々が観察できた露頭のほとんどが、古い地すべりの崩積土・移動ブロックからなることが確認できた。換言すれば、確実に基盤と判断できる露頭は確認できなかった。

2002年の筆者らの観察で、これらの地すべり移動物質が三峡ダム湛水前の長江の水位まで連続して分布することを確認しており、膨大な体積の古い地すべり移動物質が分布する(写真-6)。

奉節地区の基盤地質は、中部三疊系~下部ジュラ系の砂岩・泥岩からなり、一部に泥灰岩、石炭を挟在する(中国国家科学技術委員会・中国地質鉱産部、1988)。これらを起源とする地すべり崩積土は、砂岩・泥岩の著しく不淘汰な角礫からなり、固結してはいるがハンマーで崩すことは容易である(写真-7)。ごく一部にかなり固い部分もみられるが、これは泥灰質の沈着によると解釈される。また、地すべり崩積土は乱雑に堆積した部分(写真-8)が多いが、一部に粗粒部と細粒部が層状に堆積する部分(写真-9)もあり、これは地すべりの末端部の泥流化した堆積物である。

写真-10は、市街地斜面上部の尾根部で観察した砂岩の地すべり移動ブロックである。いわゆる「非常にゆるんだ」状況で開口亀裂が多く、写真中央部ではその大きな亀裂を石積で埋めて補修してある。この亀裂をはさみ左側の「みかけ水平」の地層が、右側では右傾斜で破壊もより著しい。このようにゆるみ、かつ不連続構造を呈する岩体の破壊は、地すべりの移動ブロックで一般にみられるものである。ブロックの上位には崩積土が分布する。

なお奉節の新市街地では、道路の切り土工などにともなって発生した地すべりを観察したが、それらは規模が小さいものであった。

白帝城の基礎地盤

三国志で有名な白帝城は、奉節の直下流・瞿塘峡の上流端に位置し、長江北岸の小高い山上にある。ここは三峡ダム完成時には湖のなかの島になる。この白帝城がのる小山自体が古い地すべり移動体とみられる。写真-11,12は、2004年9月時点での湖面標高140mより5~6m上位に位置する擁壁工が施された露頭である。これを含め、ここから白帝城に登る道沿いのいたるところで、地すべり特有の方向も破砕度も不規則の破壊が進んだ岩体が観察できる。

奉節市街地と白帝城の基盤を構成する古い地すべり物質の供給時代=地すべり発生時期は、その固結度からかなり古い時代の可能性もある。しかし、長江河床部まで崩積土が分布することはごく新しい時代の供給を意味し、古期から新期まで複数の時期を識別すべきものかもしれないが、詳細は不明である。

巫山市街地の基礎地盤

三峡の一つ巫峡の上流で長江北岸に位置する巫山市街地も、三峡ダム建設による湛水のため新しい街が建設されている。ここでも奉節と同じく高層アパートが林立している(写真-13)。その基盤は観察できたかぎりのほとんどが、固結した古い地すべり移動物質(写真-14)から構成される。巫山地区の基盤地質は三疊系の砂岩・泥岩からなり、市街地では赤色、黄灰色の泥岩起原の地すべり崩積土がめだつ(写真-15)。

写真-15,16は現在の三峡ダム湖面に近い標高に分布する移動物質で、ダム完成時には水没する。写真-15は、黄灰色泥岩の上位に赤色泥岩が重なる成層状態を保ちながらも著しく破壊が進んだ状況、また写真-16は方向・破砕度ともに不規則に著しく破壊された岩体の状況を読取ることができる。

おわりに

今回の調査で三峡ダム湖岸域で、これから懸念される地すべりによる次の災害の2つのタイプを観察することができた。

1) 古い地すべりの再活動;宝塔地すべり

新潟における地すべりの調査では、巨大地すべりは数万年間にわたって断続的に活動をくりかえすことが大きな特徴(たとえば、東野名地すべり(高濱・早川、1994))で、古い地すべりの大半は現在では休止中とみなすことが妥当である。宝塔地すべりもその一部・鶏扒子地すべりが1982年に活動したことは、これがいまは休止段階であることを示唆する。

一方、1982年にはこのほかにも宝塔地すべり地内と東側部でやや規模が小さな地すべりブロックの活動も記載されており、再活動期に入った可能性もある。さらに今後三峡ダムの完成に向かって湖の水位がさらに35m上昇し、宝塔地すべりにとってはこれまで経験しなかった条件のもとにおかれる。したがって、すでにのべた宝塔初生地すべりの実地調査と観測体制の早急な整備が緊急の課題である。

2) 古い地すべり移動物質上での都市開発

奉節県と巫山県は崩積土主体の古い地すべり移動物質の上に都市が建設された。筆者らは両市街地の面積・戸数・人口などのデータをもちあわせないが、古い地すべり移動物質の上にこのような多くの住民が集中して生活することは、長江流域ではじめての

ことであろう。

地すべり移動物質はマスとしては強度が弱く、透水性も高く水の浸透・地下水の流動も活発に進行する。このような基礎地盤に、すでに多くの住民が生活している状況で、ダム完成時にはこのような条件のもとで約100m水位が上昇することになる。奉節・巫山県の基礎地盤・崩積土を主とする地すべり移動物質がこれからどのような挙動をするか不明な点が多い。しかし、住民の安全のため、地表面の変位・変形の詳細な観察・観測をはじめ、ここでも確実に基盤岩まで達したと判断できる十分な深度をもつボーリング地質調査とボーリング孔での水位・変位観測が必要である。

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.
- 四川省煤油地質局136隊(2001):三峡湖水域重慶市雲陽県宝塔地すべり地質詳細調査報告。
- 高濱信行・早川嘉一(1994):東野名地すべりの現在の活動と初生的地すべり移動地塊。地すべり,31(3),16-23
- 高濱信行・古川昭夫(2002):三峡ダム湖水域の旧期巨大地すべり移動地塊について。新潟大学積雪地域災害研究センター研究年報,24,91-101.