



海外事情

スイスにおける 土砂災害リスク マネジメント

スイス連邦の水・地質庁地盤災害課の技術者であるChristoph Haemmig氏に「Landslide Risk Management in Switzerland」という題目で講演をしていただいた。スイスの土砂災害対策の現状をわかりやすく紹介していただいたので、その概要を紹介する。



ヘミッケ, クリストフ

HAEMMIG, Christoph
Geologist, M.Sc
Federal Office for Water and Geology
(FOWG)
Switzerland

訳：砂防技術研究所 技師 鈴木 拓郎

* 本原稿は、平成19年5月30日に当センターで講演していただいた内容とHaemmig氏から別途提供していただいた資料(Lateltin O et al., 2005)を基に、ご本人の了解を得てその概要を取りまとめたものである。同氏は東京大学地圏環境システム学研究室に平成20年3月まで留学の予定である。



写真-1 土砂災害の例：表層崩壊

はじめに

スイスはアルプス山脈に位置する小国(国土面積41,300km²、人口740万人)であり、土石流、地震、洪水、山火事、雹、地すべり、落石、雪崩、暴風雨といった自然災害の危険にさらされている

写真-1。降水量は豊富で、年間を通して安定した降水量である。

スイスアルプスには多数の傾斜地があり、スイス国土の6%(2,500km²)以上が土砂災害の影響を受けていると見積もられている。過去30年における土砂災害による直接経済損失額は年間平均で約2,000万US\$, 死亡者は年間平均1名である。

1987年に発生した洪水災害を期に、森林や洪水防止に関する法律が制定された(PLANAT 2005)。この新法の目的は、とくに人命や価値の高い資産を、ハード対策を最小限にして保全することである。したがって、ソフト対策が重要であり、スイスの土砂災害リスクマネジメント戦略において、土砂災害ハザードマップが重要な手段となっている。以下に、土砂災害ハザードマップを中心としたスイスにおける土砂災害対策の現状について紹介する。

土砂災害危険度の評価

洪水と森林保全に関する新条例により、各州には地域計画に導入するためのハザードマップの作成が求められている。政府はこの事業に対して70%までの補助金を支給することとなっていて、各州はこの事業に積極的に取り組んでいる。

ハザードマップに示す危険度を評価するにあたり、強度レベルを高、中、低の3段階に区分する**表-1**。発生確率についても、同様に高、中、低の3段階に区分し、それぞれの超過確率は1~30、30~100、100~300年である。さらに土砂災害においては超過確率がきわめて低い極低の区分も設定する。したがって、危険度評価を行うということは、特定の地点における、確率レベルに対応する強度レベルを決定するということである。**表-1**に現象ごとの強度区分を示す。強度区分に必要な尺度は、落石においては衝撃エネルギー、地すべりにおいては移動速度等、土石流は先端部厚さ、速度、不安定層厚さである。

確率レベルは保全対象物の安全要求度の差異という考え方に基づいて決定される。このような考え方は1987年の災害後の自然災害リスクマネジメント戦略において提案された。以前は、各現象とも一律に100年超過確率の現象に基づいて保全対策が設計されていたが、現在では、洪水、雪崩、地すべり、土石流、落石などの自然災害ごとに、適用する保全対象物によって設計現象の超過確率は異なる。すなわち、保全対象物となる構造物や資産の重要度や価値によって安全要求度は異なるということであり、それに

したがってそれぞれの確率レベルが決定される。

そして、**図-1**の強度と確率を組み合わせた行列図にしたがって、マップ上の任意の点における危険度が決定される。その最終結果がハザードマップであり、レッドゾーンは危険度が高、ブルーゾーンは中、イエローゾーンは低を表している。土砂災害に関しては、イエローとホワイトの斜線で示される極低の区分も存在するのが特徴的である。“危険度”は、特定のレベルの潜在的危険に対する人、建築物や公共施設等への損害の程度を意味する。したがって、現象の強度とハザードマップに示される危険度は必ずしも一致しない。たとえば、**図-2**は地すべり現象の強度マップとそれに対するハザードマップの違いを示している。

ハザードマップと地域管理計画

特定の保全対象、特定の強度の現象についての保全対策で、もっとも重要な対策方法は適切な土地利用計画である。土地利用計画における土砂災害危険度の考え方についての政府勧告では、それぞれの危険度レベルに対する一般的な措置について、次のように統一化することを提案している。

- レッドゾーン(危険度高)**：原則的に建築禁止で人間や動物の避難所は許可される。既存の建築物の建て増しや建て替えは禁止である(禁止地域)。現存する建築物の移転は、危険度を軽減できる場合のみ許可されるが、この対策が新たな土地利用を必要とする場合は許可されない。
- ブルーゾーン(危険度中)**：建築物は対象とする危険現象に対して安全性が確実な状況のみにおいて許可される(規制地域)。とくに慎重を要する病院や高齢者の住宅などの建築物はこのゾーンには認可するべきではなく、大規模な建築計画も同様である。
- イエローゾーン(危険度低)**：このゾーンは建築可能地域であるが、土地所有者には現存する危険の情報を提供すべきである(注意地域)。前述したような、とくに慎重を要する建築物に関しては特別な保全対策が必要である。
- イエロー&ホワイト斜線ゾーン(危険度極低)**：このゾーンの存在は、たとえば、とても低い確率で落石が発生するような、残存リスクに起因する。一般的な建築物は特別な条件なしで建築可能だが、とくに慎重を要する建築物については特別な保全対策が必要である。

ハザードマップの作成状況

1997年のハザードマップ作成に関する政府勧告が発表された後、スイスでは徹底的な計画を進められ、州当局はこの事業に積極的

表-1 土砂災害現象ごとの強度区分基準

| 現象 | 強度レベル | | |
|---------|-----------|-------------|-----------|
| | 低 | 中 | 高 |
| 落石 | | | |
| 衝撃エネルギー | <30kJ | 30-300kJ | >300kJ |
| 地すべり | | | |
| 年平均移動距離 | <2cm/year | 2-10cm/year | >0.1m/day |
| 変位量 | - | - | >1m/day |
| 土石流 | | | |
| 先端部厚さ | - | <1m | >1m |
| 速度 | - | <1m/s | >1m/s |
| 不安定層厚さ | <0.5m | 0.5-2m | >2m |

図-1 確率レベルと強度レベルによる危険度レベル行列図

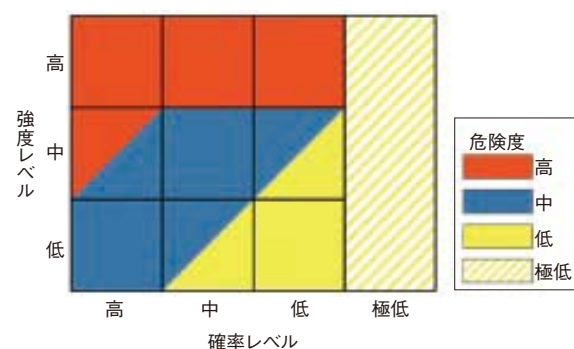


図-2 地すべり現象強度マップ(上)とハザードマップ(下)

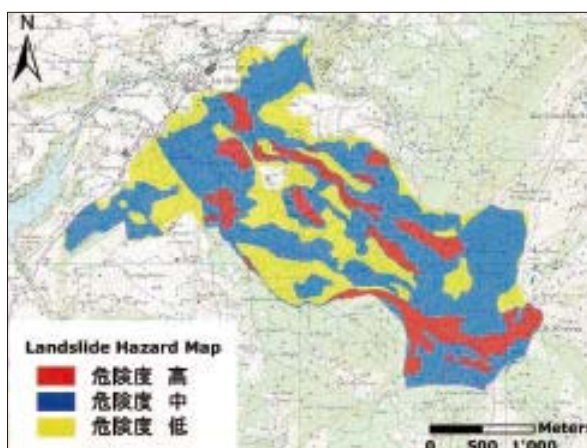
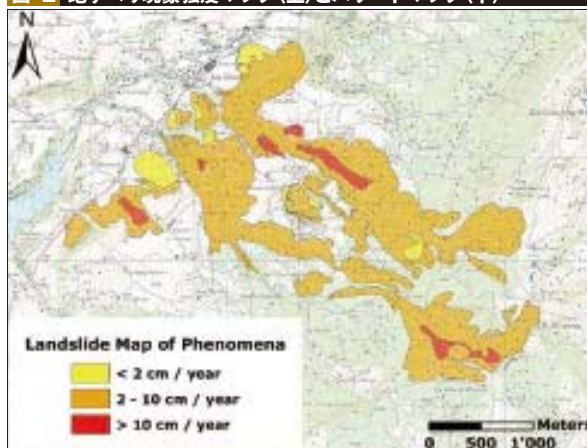




写真-2 1999年の移動後の地すべり

に参加した。土砂災害ハザードマップの現在の作成状況としては、縮尺1:25,000から1:5,000のスケールにおいて全国土の50%がすでに整備済みである。

スイスアルプスの観光地Sörenbergの事例

中央スイス、スイスアルプスの観光地Sörenbergは、新しい保全対策を実施した重要な事例である。かつての土石流堆積物上に位置し、この40年の間に住宅数が約800戸となるまでに発展した村である。この土石流の発生源は村の上流の大規模な地すべりである**写真-2**。

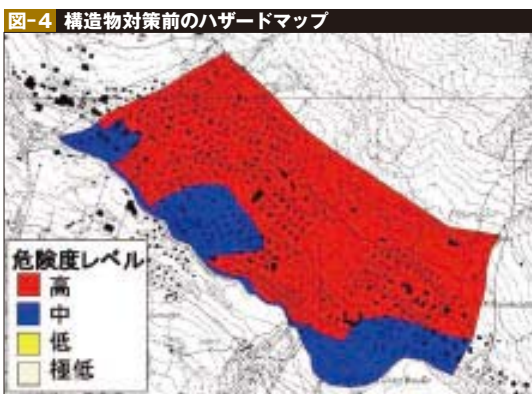
1999年5月、相当量の降雪量が記録された冬季の後、地すべりが再活動化し、さまざまな二次的現象を伴う30,000m³もの土石流が発生した。これらは幸運なことに、近い将来に公共施設の建設が予定されていた村の2つの主要部の間の空地に流れ込んだ。建築物に対する被害は限られていたが、地方自治体当局は広域ハザードマップを作成し、村を保全するための長期的解決策を計画することを決定した。そして、現地状況に応じたハザードマップにより、多数の家屋を含む大きなレッドゾーンが存在することや新たに村の拡大や移住を行うことはできないことなど、受け入れがたい事実が明らかとなった。したがって、限られた保全対策を計画するため、以下のような保全目的が決定された。

- いかなる現象に対しても犠牲者は出さない。
- 30年超過確率の現象に対しては被害は出さない。
- 100年超過確率の現象に対しては限定的な被害以外は出さない。
- 300年超過確率の現象に対しては限定的な有用資産への保全を行う。

そして、住民と州当局による活発な議論の末、3タイプの対策が実施された。

① 土地利用計画対策：レッドゾーンでは新たな建築と建築物への標準的な維持管理作業が禁止された。ブルーゾーンでは新たな計画は行わないが、現存する居住地域においては、局所的な保全対策を行えば、新たな建築は許可された。既存の建築物への改築は安全対策を行えば、限定的に許可された。イエローゾーンでは新しい建築物に関しては局所的な保全対策を行うことが推奨された。

② 構造物対策：リスク、ハザードレベルの軽減のために堰堤、排水路、人工粗度、導流堤などのさまざまな対策が計画された。これらの構造物は100年超過確率の現象に基づいて設計されたが、さらに大きな現象ではかなりの被害が予想され、構造物対



策が完了してもなお、レッドゾーンのなかに居住地域が含まれることもあり、緊急時対策が必要である。

③ **緊急時計画対策**：長期モニタリングだけでなく、降雨の自動観測、土石流の発生域の目視観測、ワイヤーセンサーの設置が行われた。また、緊急時の避難ルートが計画された。

図-3は100年超過確率の土石流の強度マップ、図-4は構造物対策前のハザードマップ、図-5は構造物対策概念図、図-6は構造物対策後のハザードマップである。図-4、6を比較すると災害リスクが劇的に減少していることがわかる。

しかしながら、構造物対策後もレッドゾーンは残っており、③のような緊急時対策が必要となる。すなわち、絶対的な安全は存在しないということである写真-3。

おわりに

スイスでは、すべての種類の自然災害(雪崩、洪水、土石流、落石、地すべり)の評価や管理について、統一的な戦略・手法を適用するために、多大な努力がなされてきた。人口密度の増加、危険地域への人口移動の増加、危険地域における経済価値の高い資産の大幅な増加とともに社会の脆弱性は常に増大している。さらに、環境変化(たとえば温暖化)はアルプスにおける土砂災害の脅威を増大させている。

スイスの土砂災害リスクマネジメントにおいて、州や地方自治体レベルにおける土地利用計画や建築規制の法律の制定は重要な手段の一つである。1991年から、政府の新規定により全26州に対して、危険地域における開発規制のためのハザードマップの作成や危険度区分が求められており、州当局はこの事業に積極的に取り組んでいる。

ハザードマップを活用した新しい保全対策を実施したSörenbergの事例では、徹底的な管理政策を住民の承認を得て適用した結果、土砂災害リスクを劇的に減少させることができた。

しかし、保全対策の建設予算を州、地域、個人所有者でどのように分担するのかという大きな問題も残されている。大規模な災害が起こった後は住民や当局は開かれた意識となっているが、潜在的な現象に対しては住民や当局はそのリスクの存在を否定したり、リスクを過小に評価したりしようとする。このような問題を解決するためにも包括的な啓発活動が必要であり、徹底的なリスクコミュニケーションが特に重要である。

★参考文献

Lateltin O, Haemmig C, Raetzo H, Bonnard C (2005): Landslide risk management in Switzerland, Landslides, Vol. 2, No. 4, pp.313-320

図-5 構造物対策の概念図



図-6 構造物対策後のハザードマップ

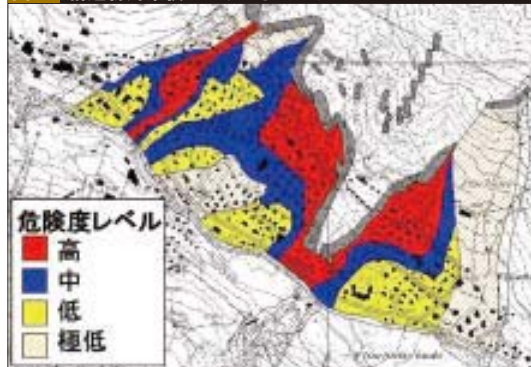


写真-3 絶対的な安全は存在しない (HAEMMIG氏提供のイメージ)