

鉦さいたい積場周辺の地質の安定性調査

2004 年 2 月

株式会社 ダイヤコンサルタント

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒708-0698 岡山県苫田郡上齋原村1550番地
核燃料サイクル開発機構 人形峠環境技術センター
環境保全技術開発部 管理課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Co-ordination Section, Environmental Research and Development Division,
Ningyo-Toge Environmental Engineering Center,
Japan Nuclear Cycle Development Institute,
1550 Kamisaibara-son, Tomada-gun, Okayama-ken, 708-0698,
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

2004

2004 年 2 月

鉾さいたい積場周辺の地質の安定性調査

長谷川治*、高野 仁**

要 旨

崩壊・地滑りを起こすポテンシャルを把握する目的で、鉾さいたい積場周辺地域の空中写真判読を実施した。

崩壊地形は小規模なものが多く、分布が偏在している。崩壊地形は、地形的には斜面傾斜角が 20° 以上のところに多く、地質的には白亜紀花崗岩類および第三紀火山岩類分布域に多い。また、人工的な伐採跡地にも認められる。これらのことから、崩壊の発生には複数の要因が関係していると考えられる。

地滑り地形は2箇所を確認された。これらはいずれも成層構造を有する第三紀火山岩類分布域に位置することから、地質構造に起因する地滑りである可能性がある。

また、崩壊地形および地滑り地形の分布とリニアメントあるいは活断層との関連は認められなかった。

鉾さいたい積場および捨石たい積場は、いずれも斜面傾斜 20° 未満の地域に位置していることから、地形的には安定していると判断される。ただし、長者地区および神倉地区では直上部に傾斜 20° 以上の斜面が分布しており、周辺に崩壊地形も認められることから、斜面上方において崩壊が発生する可能性が考えられる。

本報告書は株式会社ダイヤコンサルタントが核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

機構担当部課室：人形峠環境技術センター 環境保全技術開発部 環境計画課

* 株式会社ダイヤコンサルタント ジオエンジニアリング事業部 地質グループ

** 株式会社ダイヤコンサルタント ジオエンジニアリング事業部 地盤物性グループ

Stability investigation of the foundation around mill tailing yard

Hasegawa,O.* ,Takano,H.**

Abstract

In order to evaluate the possibility of slope failure and landsliding, aerial photograph interpretation has been carried out around mill tailing and waste rock yards.

Almost of small-scale slope failure features are recognized in steep slope area (over 20° dip), in which Cretaceous granitic rocks and Tertiary volcanic rocks are distributed. Furthermore small-scale slope failure features are also recognized in artificially deforested area. Therefore it seems that many factors are related to occurrence of slope failure.

Landslide features are recognized at 2 localities in the distribution of Tertiary stratified volcanic rocks. The landslide may be closely related to the geological setting.

In addition, these slope failure and landslide topographic features have no relation to lineament or active fault.

Mill tailing and waste rock yards are especially located in gently slope area (under 20° dip). It is suggested that these yards are topographically on stable landform.

Although, there exist steep gradient slopes (over 20° dip) at upward of Choja and Kannokura waste rock yards. And slope failure features are recognized around these yards. Therefore it may be inferred that slope failure will take place there.

This work was performed by Dia Consultants Co.,Ltd.under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison : Co-ordination Section,Environmental Reserch and Development Division,Ningyo-Toge Environmental Engineering Center

* Engineering Geology Group, Geoengineering Division, Dia Consultants Co.,Ltd.

**Geotechnical Group, Geoengineering Division, Dia Consultants Co.,Ltd.

目 次

1	調査概要	1
1. 1	調査件名	1
1. 2	調査目的	1
1. 3	調査場所	1
1. 4	実施期間	1
1. 5	成果品の納入場所	1
1. 6	調査項目および数量	1
1. 7	調査担当	1
2	空中写真判読	3
2. 1	判読方法	3
2. 1. 1	使用した空中写真	3
2. 1. 2	判読基準	3
2. 2	判読結果	6
3	崩壊危険度の評価	13
3. 1	崩壊・地滑りと地形、地質等との関係	13
3. 1. 1	崩壊・地滑りと地形	13
3. 1. 2	崩壊・地滑りと地質・地質構造・リニアメント	13
3. 1. 3	崩壊・地滑りと植生	15
3. 2	たい積場付近の斜面の安定性	16
3. 2. 1	たい積場の分布位置と地形、地質との関係	16
3. 2. 2	地形、地質から推定される斜面の安定性とたい積場の関係	18
4	まとめおよび今後の課題	42
4. 1	まとめ	42
4. 2	今後の課題	42
	参考文献	44

添付資料 : 空中写真判読結果図 (縮尺 1/25,000)

表目次

表 2. 1	空中写真判読基準	5
表 2. 2	空中写真判読結果一覧	8
表 3. 1	地質区分と崩壊地形の分布の関係	25
表 3. 2	地形、地質から推定される斜面の安定性とたい積場の関係	41

図目次

図 1. 1	空中写真判読位置図	2
図 2. 1	崩壊地形の分類	4
図 2. 2	地滑り地形の分類	4
図 2. 3	空中写真判読結果	9
図 2. 4	空中写真判読の例	11
図 3. 1	調査地域の鳥瞰図および崩壊地の分布	19
図 3. 2	斜面傾斜角と崩壊地形の関係	21
図 3. 3	地質分布と崩壊地形の関係	23
図 3. 4	地質構造と地滑り地の関係	27
図 3. 5	リニアメントと崩壊地形の関係	29
図 3. 6	調査地付近の活断層・リニアメント分布	31
図 3. 7	植生と崩壊地の関係を示唆する空中写真判読例	33
図 3. 8	空中写真判読結果およびたい積場の位置	35
図 3. 9	斜面傾斜角、崩壊地形およびたい積場の位置の関係	37
図 3. 10	斜面傾斜角、崩壊地形、地質分布およびたい積場位置の関係	39

1 調査概要

1. 1 調査件名

鉦さいたい積場周辺の地質の安定性調査

1. 2 調査目的

本調査は、鉦さいたい積場およびその周辺で崩壊・地滑りを起こすポテンシャルを把握するために、空中写真および地形図から人形峠周辺の崩壊・地滑り地形を抽出するとともに、鉦さいたい積場の地形、地質との類似性を検討することを目的とする。

1. 3 調査場所

岡山県人形峠周辺の東経133° 52′ 30″ ～134° 03′ 15″ , 北緯35° 15′ 00″ ～35° 25′ 00″ を含む範囲 (図1. 1)。

1. 4 実施期間

2003 年 12 月 5 日～2004 年 2 月 27 日

1. 5 成果品の納入場所

核燃料サイクル開発機構 人形峠環境技術センター
濃縮工学施設 環境計画課 居室
岡山県苫田郡上斎原村 1550 番地

1. 6 調査項目および数量

- | | |
|--------------|----|
| a. 空中写真判読： | 一式 |
| b. 崩壊危険度の評価： | 一式 |
| c. 報告書作成： | 一式 |

1. 7 調査担当

株式会社ダイヤコンサルタント ジオエンジニアリング事業部
主任技術者：高野 仁
担 当 者：長谷川治

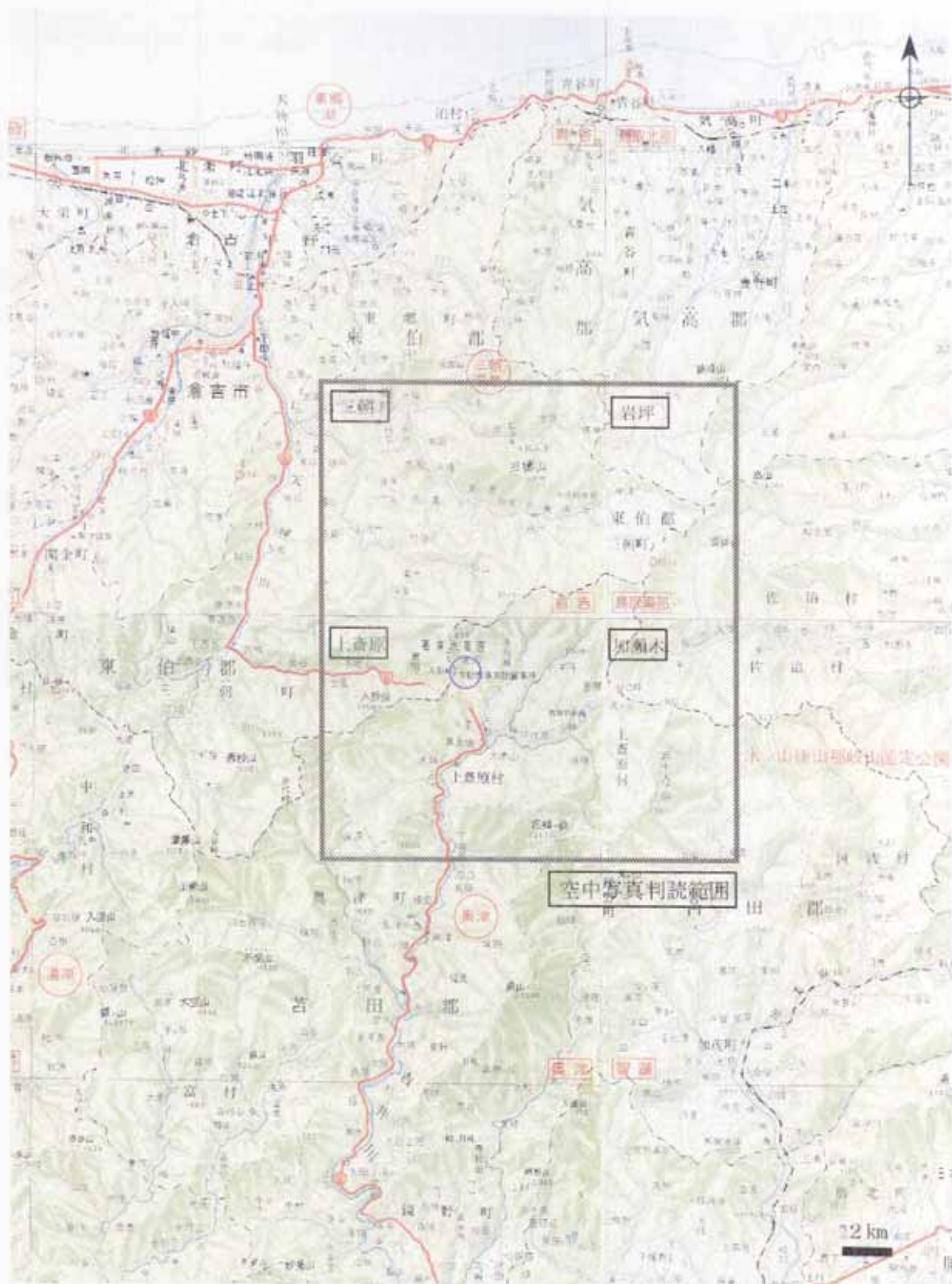


図1. 1 空中写真判読位置図

2 空中写真判読

2. 1 判読方法

2. 1. 1 使用した空中写真

空中写真判読は、図 1. 1 に示したように、国土地理院発行の縮尺 25,000 分の 1 地形図「三朝」「上斎原」「岩坪」および「加瀬木」のうち、東経 $133^{\circ} 52' 30'' \sim 134^{\circ} 03' 15''$ 、北緯 $35^{\circ} 15' 00'' \sim 35^{\circ} 25' 00''$ を含む範囲について実施した。

空中写真は、上記の範囲をカバーするとともに、可能な限り同一条件、同一品質で撮影されたものを選定した。使用した空中写真は、財団法人日本地図センター発行の白黒写真合計 80 枚で、整理番号、撮影年月日、縮尺は次のとおりである。

- a. 空中写真整理番号 CG-86-1X: 1986 年 5 月 8 日撮影、縮尺約 2 万分の 1、主として「三朝」図幅内[C4-20~26, C5B-7~13, C6B-3~10, C7B-9~15, C8B-8~15, (計 37 葉)]
- b. 空中写真整理番号 CG-89-1X: 1989 年 5 月 27 日, 5 月 31 日撮影、縮尺約 2 万分の 1、主として「岩坪」図幅内[C9-2~7, C10-2~6, C11-2~8, C12-2~8, C13-2~7 (計 31 葉)]
- c. 空中写真整理番号 CG-86-1Y: 1986 年 5 月 10 日撮影、原縮尺約 4 万分の 1 のものを約 2 万分の 1 に拡大、主として「上斎原」「加瀬木」図幅内[C1-20~25, C2-19~24 (計 12 葉)]

2. 1. 2 判読基準

一般に崩壊・地滑りと呼ばれる地表物質の移動現象およびそれによって形成される地形について、鈴木 (1997, 2000) は次のように分類・定義している。

既存の地形を構成していた岩石物質が、重力のみによって高所から低所に向かって集団をなして移動し静止する過程をマスマーブメント (mass movements) あるいは集団移動と呼ぶ。集団移動には、匍行 (クリープ)、崩落 (落石、崖崩れ等)、滑動 (地滑り)、流動 (土石流) がある。このうち、崩落は崩落物質、初動様式、崩落量などによって、土砂崩落、岩盤崩落および基盤崩落に大別される (図 2. 1)。崩落の発生域に生じた凹みを崩落地 (または崩壊地) と呼び、崩落地の頭部には半円形の急崖からなる崩落崖が形成される。崩落地下部には崩落物質が定着して崩落堆が形成される。また、斜面物質が明瞭な剪断面を境に、重力に従って下方に低速で滑動する現象を地滑りと呼ぶ。地滑り地形は、それを構成する微地形種と地滑り発生・移動・定着の地形場から、いくつかの類型に分類できる (図 2. 2)。地滑り頭部の急崖をなす部分を滑落崖、滑動した物質が定着して形成された地形を地滑り堆 (または滑落堆) と呼ぶ。崩落物質や滑落物質が土石流によって流

下すると埋積谷底や土石流堆を形成する（以上、要旨を抜粋）。

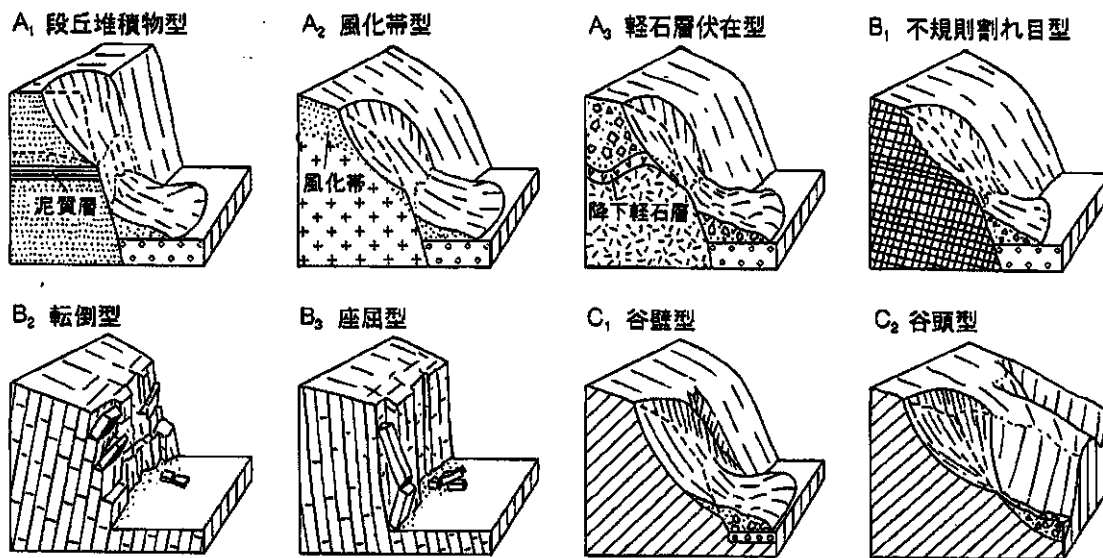


図 15. 4. 1 崩落および崩落地形の分類（規模は多様である） A：土砂崩落，B：岩盤崩落，C：基盤崩落。

鈴木隆介著『建設技術者のための地形図読図入門 第3巻段丘・丘陵・山地』古今書院（2000）から引用

図 2. 1 崩壊地形の分類

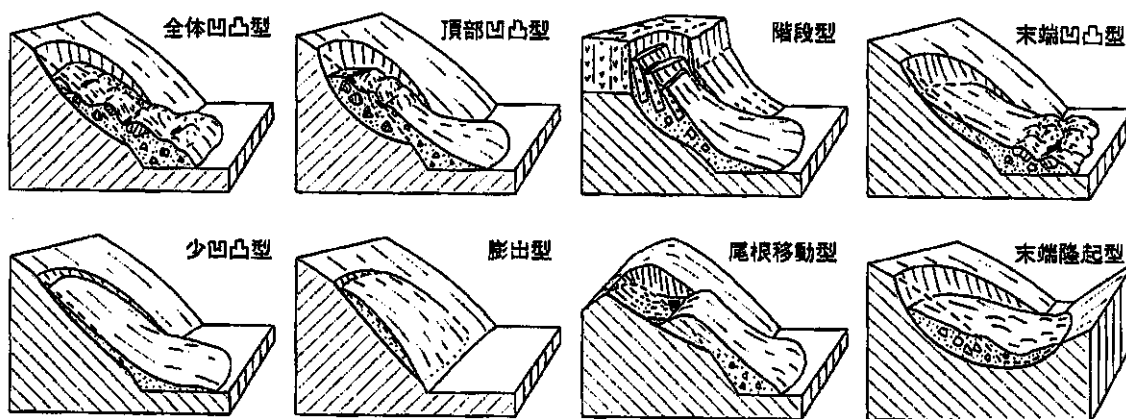


図 15. 5. 5 地すべり地形の基本的な類型

鈴木隆介著『建設技術者のための地形図読図入門 第3巻段丘・丘陵・山地』古今書院（2000）から引用

図 2. 2 地滑り地形の分類

空中写真判読においては、半円形、馬蹄形、紡錘形等の形状に地表部が削剥され地盤が露出している場合は、明確に崩壊地（崩落地よりも一般的な用語であるため以下では崩壊地を使用する）と認定できる。また、地滑り地においても、頭部の滑落崖と地滑り移動体

からなる滑落堆の組み合わせに加えて、頭部の亀裂や凹地、末端部の押し出し地形などが確認できる場合は地滑り地と認定することができる。しかし、斜面が半円形状あるいは馬蹄形状に凹んでいても、植生に覆われて地形面の形状が不明確となっている場合や侵食作用によって地形改変が進んでいる場合は、認定が困難となる。同様に、崩落堆、滑落堆、土石流堆などについても明確な区分・認定は困難となる。このため、今回の空中写真判読においては、鈴木（1997, 2000）の定義を参考に、表2. 1に示すような基準で崩壊・地滑り地形を区分した。

表2. 1 空中写真判読基準

区分	特徴	備考
崩壊地	半円形・馬蹄形・紡錘形などの形状に地表部が削剥され、地盤が露出している（空中写真で白色を示す）。	調査範囲内では小規模のものが多く。
地滑り地	滑落崖と地滑り移動体が認められ、頭部の亀裂や凹地、末端部の押し出し地形など、地滑り地に特徴的な微地形が認定できる。	調査範囲内では明瞭な地滑り地は確認できないが、滑落崖および滑落堆の分布形状から地滑り地の可能性が大きいと判断される箇所を確認
崩落崖・滑落崖	半円形状あるいは馬蹄形状の凹型斜面からなり、崩落崖または滑落崖跡と判断される。ほとんどが植生に覆われており、また、侵食作用によってガリーや谷が刻まれているところもあるため、崩落・滑落によって形成された崖地形は不明瞭となっている。	比較的規模の大きなもののみが認定できる。
崩落堆・滑落堆・土石流堆	上記の不明瞭な崩落崖・滑落崖の下部、谷の末端部、斜面下部などに分布し、扇状あるいは帯状の平面形を呈し、周囲の斜面よりやや緩傾斜を示す。	崖錐、扇状地、埋積谷を含む。
凹地	周囲の地形より低標高を示す箇所	調査範囲内では3箇所のみ

2. 2 判読結果

空中写真判読結果を表 2. 2 および図 2. 3 に、判読例を図 2. 4 に示す。

(1) 崩壊地

調査範囲全域に分布しているが、集中する地域と少ない地域が認められ偏在している。楕円形状、馬蹄形状、紡錘形状、線状等の平面形を呈する。幅 20~30m 程度以下のところが多いが、まれに幅 100m 程度のところもみられる。空中写真（白黒）では白色を呈することから、植生や表土が剥離し地盤が露出している部分と判断される。なお、道路法面や送電用鉄塔基礎付近など、明らかに人為的要因による崩壊と判断される箇所は除外した。

(2) 地滑り地

調査範囲では、地形的特徴から明確に地滑り地と判定できるところは確認できなかったが、比較的規模の大きな滑落崖とこれに対応する滑落堆の分布から、地滑り地の可能性が大きいと判断される地点が 2 箇所（図 2. 3 の A, B 地点）確認された。また、空中写真判読範囲外ではあるが、地形図に示された地形の特徴から地滑り地の可能性が大きいと判断される地点が 1 箇所（図 2. 3 の C 地点）確認された。各地点の特徴は次のとおりである。

- a. A 地点：調査範囲北西部のおしかがわ小鹿川左岸神倉西方に位置する。稜線直下に幅約 700m の馬蹄形を呈する急斜面とこれに続く滑らかなスプーン状の斜面が分布している。その下方には、幅約 400m の楕円形状を呈する緩斜面が分布している。この緩斜面の下部には後述する凹地（D 地点）が認められる。稜線直下の馬蹄形の急斜面は地滑り頭部の滑落崖に、下方の緩斜面は滑落堆に、凹地は地滑り末端の凹凸部にそれぞれ対応すると考えられること（図 2. 2 参照）から、本地点は地滑り地の可能性が大きいと判断される。
- b. B 地点：調査範囲北東部の小鹿川上流左岸中津東方に位置する。山地斜面下部に幅約 400m の馬蹄形を呈する急斜面と、その下方に幅 200~300m 程度のやや起伏のある緩斜面が分布している。緩斜面の末端は小鹿川まで連続している。本地点も A 地点と同様、地滑り地の可能性が大きいと判断されるが、馬蹄形の急斜面は小規模な谷によって刻まれて凹凸がみられることから、A 地点よりも古い時期に形成された地滑り地である可能性がある。
- c. C 地点：調査範囲の東方、佐治川右岸に位置する。本地点は空中写真判読範囲外であるが、地形図から上記 2 地点、特に A 地点と類似した地形の特徴が読み取れる。国土地理院発行の縮尺 25,000 分の 1 地形図によれば、稜線直下に幅 600~700m 程度の半円形の急斜面があり、この下位には楕円形状の緩斜面が分布している。また、緩斜面の末端付近には凹地が認められる。これらのことから、本地点も地滑り地の可能性が大きいと

判断される。

(3) 崩落崖・滑落崖

調査範囲北半部の谷頭部付近に多く分布している。幅 100～200m 程度のものが多く、まれに幅 500m を越えるものも認められる。半円形状、馬蹄形状の平面形を呈し、斜面中央部が凹んだ凹型斜面をなしている。植生に覆われており、ガリーや小谷に刻まれているところも多いことから、古い崩落崖または滑落崖の跡と判断される。崩落崖と滑落崖は成因が異なるが、空中写真判読では明確に区分できないため、一括して崩落崖・滑落崖と呼ぶ。なお、上記よりも小規模なものも存在する可能性があるが、植生に覆われており空中写真では判読できなかった。

(4) 崩落堆・滑落堆・土石流堆

調査範囲全域の山麓斜面、谷底部および谷の出口付近に分布している。扇状、帯状等の平面形を呈し、周囲の斜面より緩傾斜となっている。崩落堆、滑落堆および土石流堆はそれぞれ成因が異なるが、空中写真判読では明確に区分できないため、一括して崩落堆・滑落堆・土石流堆と呼ぶ。一般に、崖錐および扇状地と呼ばれているものを含んでいる。谷に刻まれ開析が進んでいるところもみられる。

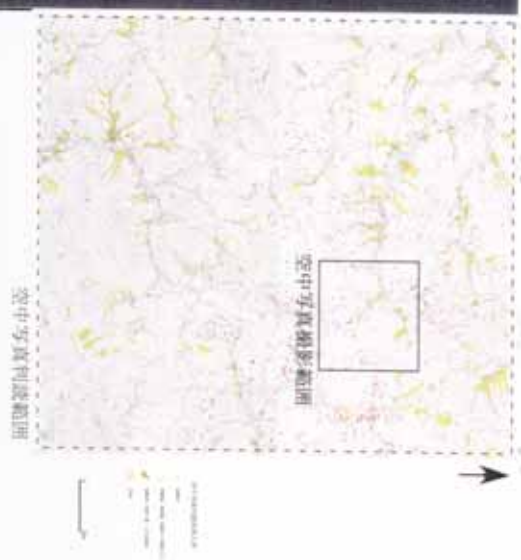
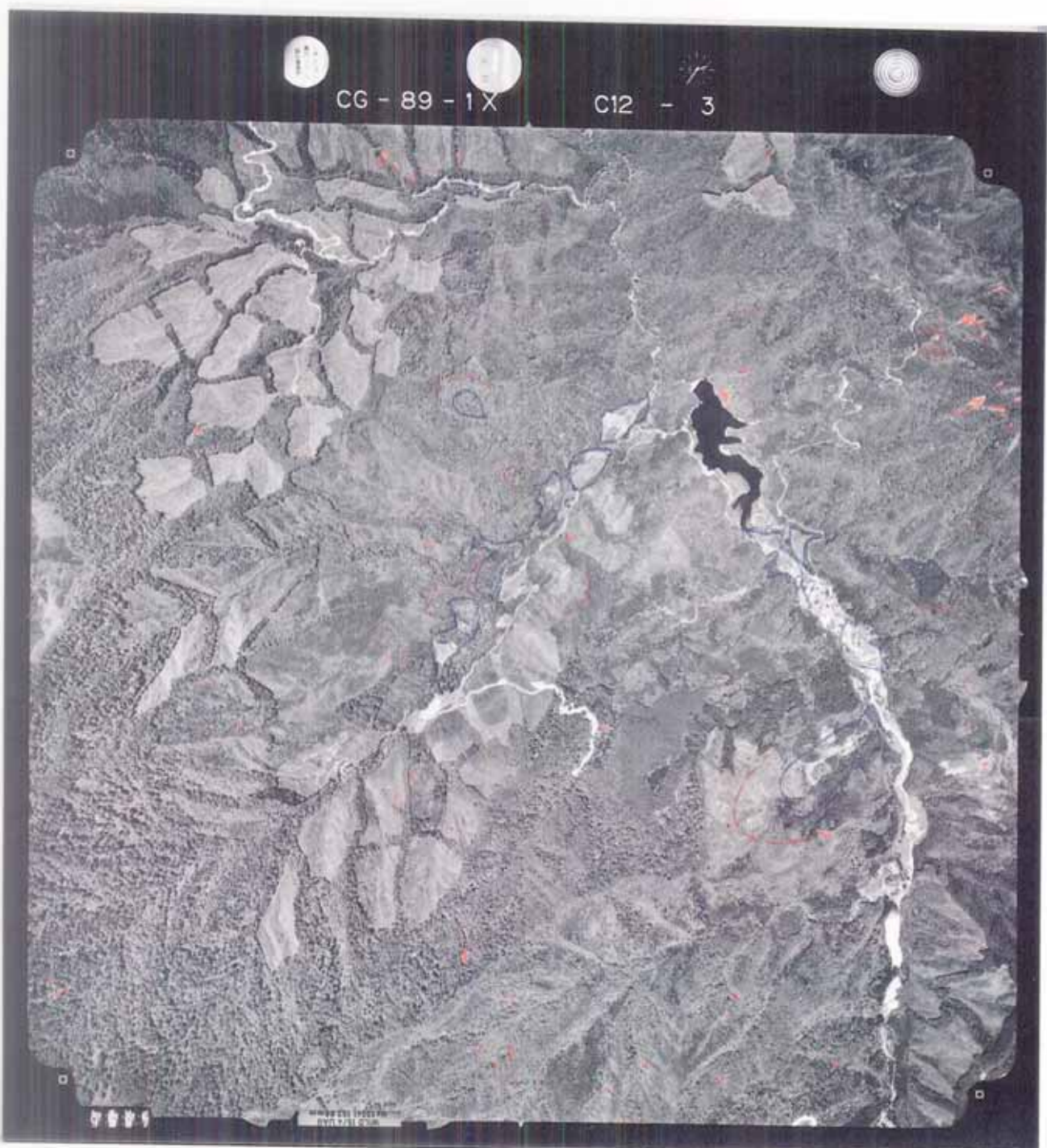
(5) 凹地

凹地状を呈する箇所は、調査範囲北西部小鹿川左岸神倉西方（図 2. 3 の D 地点）、調査範囲北部の小鹿川と三徳川^{みとくがわ}に挟まれた稜線付近（同 E 地点）および調査範囲北東部の河内川^{こうちがわ}最上流域（同 F 地点）の 3 箇所のみである。D 地点は地滑り地（A 地点）下部の緩斜面（滑落堆）上に、E および F 地点は山頂付近のなだらかな地形面上にみられる。D 地点の凹地は地滑りに伴って形成された凹地の可能性があるが、現状では地形面が人工的に改変されており、成因は明確ではない。また、E および F 地点は、一般に小起伏面¹と呼ばれる山頂付近のなだらかな地形面上に位置していることから、かつての侵食面に刻まれた谷地形跡と判断される。

¹ 小起伏面：侵食輪廻における老年期に形成される起伏の小さい地表面。侵食小起伏面ともいう。（「地形学辞典」二宮書店）5 万分の 1 地質図幅説明書「奥津」（1961）によれば、同図幅内では標高 1,000～1,100m、標高 700～800m および標高 500～600m 付近に小起伏面が分布するとされている。

表 2. 2 空中写真判読結果一覧

区分	分布	規模	形状	備考
崩壊地	調査範囲全域に分布するが、集中する地域と少ない地域があり分布が偏在している。	幅 20～30m 程度以下が多い	楕円形状、馬蹄形状、紡錘形状等の平面形を示す。	小規模なため、図 2. 3 では点で表示した。
地滑り地	不明瞭ながら地滑り地の可能性が大きいと判断される地点が調査範囲北部の 2 箇所 (図 2. 3 の A, B 地点) で確認された。	A 地点: 幅約 700m B 地点: 幅約 400m	比較的規模の大きな馬蹄形の滑落崖を有し、その直下に楕円形を呈する緩斜面が分布する。	調査範囲外の佐治川右岸にも地滑り地と判断される地点 (図 2. 3 の C 地点) が分布する。
崩落崖・滑落崖	調査範囲北半部の谷頭部付近に多い。	幅 100～200m 程度のものが多く、まれに幅 500m 以上のところもある。	半円状、馬蹄形状の平面形で、凹型の斜面を呈する。	植生に覆われており、ガリーや小谷に刻まれているところもある。
崩落堆・滑落堆・土石流堆	調査範囲全域の山麓斜面および谷の出口付近に分布する。	幅数 10～500m 程度のものが多い。	扇状、帯状等の平面形を示す。	開析が進み段丘化しているところもある。
凹地	調査範囲では 3 箇所 (図 2. 3 の D, E, F 地点) に分布。	幅 100m, 長さ 150～200m	楕円形の平面形を示す。	



空中写真判読記号凡例



図2. 4 空中写真判読の例

3 崩壊危険度の評価

3. 1 崩壊・地滑りと地形、地質等との関係

3. 1. 1 崩壊・地滑りと地形

国土地理院発行の「数値地図 50m メッシュ (標高)」データをもとに作成した調査範囲の鳥瞰図を図3. 1に示す。同図には併せて崩壊地の分布を示してある。これによれば、崩壊地は、地域によってばらつきはあるものの高標高部の山地斜面に比較的多く分布する傾向が認められる。

斜面傾斜角と崩壊地の関係をみるために、上記「数値地図 50mメッシュ (標高)」データから求めた傾斜角を 5° 間隔で区分し、これに崩壊・地滑り地形の分布をプロットしたものを図3. 2に示す。同図に示した傾斜角は、上記「数値地図 50mメッシュ (標高)」データから、各メッシュの4隅の標高値のうち最も急傾斜となる2組のデータから求めた傾斜角をそのメッシュの平均傾斜角 (以下、平均傾斜角という) としたものである。従って、実際の崩壊地の斜面傾斜角は、ほとんどの場合図に記載した平均傾斜角よりも大きいと考えられることに留意する必要がある。

図3. 2に示したように、崩壊地は平均傾斜角 20° 程度 (図3. 2では黄緑で表示) よりも急傾斜のところに多く分布する傾向が認められ、崩落崖・滑落崖も同様の傾向を示している。また、地滑り地はA地点、B地点のいずれも、平均傾斜角が 20° よりも急傾斜のところに滑落崖がみられ、下位の滑落堆は平均傾斜角が 20° 未満の斜面を形成していることが読み取れる。これに対して、崩落堆・滑落堆・土石流堆からなる堆積地形は、平均傾斜角が 20° 未満、 5° 以上 (図3. 2では緑、青緑および青で表示) の範囲に大部分が分布している。

これらのことから、平均傾斜角が 20° 以上のところは崩壊発生域、 20° 未満のところは崩壊物質の堆積・定着域にあたる可以考虑することができる。なお、平均傾斜角が 5° 未満の平坦な地域は、河川などの流水によって形成された沖積面又はこれらが段丘化したものであると考えられる。

3. 1. 2 崩壊・地滑りと地質・地質構造・リニアメント

(1) 地質との関係

崩壊・地滑りと地質との関係をみるために、「人形峠地域地質および鉱床分布図」(日本のウラン資源, 1994) をもとに、調査範囲の地質を三郡変成岩類、白亜紀花崗岩類、第三紀火山岩類 (木地山火山岩類) (以下、木地山火山岩類という)、第三紀火山岩類 (三朝層群、鳥取層群) (以下、第三紀火山岩類という)、第三紀堆積岩類および第四系に分類した。

空中写真判読結果と併せて図3. 3に示す。なお、上記地質図の地質区分のうち、第三紀複合深成岩体の酸性岩類および塩基性岩類は白亜紀花崗岩類に含めた。また、木地山火山岩類は三朝層群や鳥取層群と同様の火山岩類から構成されるが、地質時代がやや古いこと、比較的まとまった分布を示していることから、これらとは分離して区分した。

崩壊・地滑りと地質分布には不明瞭ながら次のような関係がみられる。なお、第三紀堆積岩類は分布が狭いため、本来の性質を示すものかどうか明確ではない。

- a. 崩壊地は、三郡変成岩類、白亜紀花崗岩類および第三紀火山岩類分布域では比較的集中して分布する箇所がみられるが、木地山火山岩類および第三紀堆積岩類分布域では全体に少ない。
- b. 地滑り地（A、B地点）はいずれも第三紀火山岩類分布域に位置しており、地形図から推定されたC地点も次項で述べるように第三紀火山岩類分布域に位置している。
- c. 崩落崖・滑落崖は、第三紀火山岩類分布域に比較的多くみられ、三郡変成岩類分布域にも認められるが、白亜紀花崗岩類、木地山火山岩類および第三紀堆積岩類では少ない。
- d. 崩落堆・滑落堆・土石流堆は、白亜紀花崗岩類および第三紀火山岩類分布域に多く、三郡変成岩類、木地山火山岩類および第三紀堆積岩類では少ない。

以上の崩壊・地滑りと地質分布の関係を表3. 1にまとめて示す。なお、白亜紀花崗岩類分布域に規模の大きな崩落崖・滑落崖が発達しない理由は、風化によってまさ化し砂ないし細礫サイズとなった花崗岩類の物質移動が、マスマーブメントとしてではなく通常の侵食作用によって運搬される場合が多いためであろうと推測される。

(2) 地質構造との関係

地滑り地（A、B、C地点）周辺の地質構造は、前記「人形峠地域地質および鉱床分布図」によれば次のとおりである。図3. 4に同地質図を抜粋して示す。

- a. A地点：下位の白亜紀花崗岩類（人形峠型花崗岩）を覆って、高橋斜長流紋岩、河内石英安山岩および赤和瀬安山岩層からなる第三紀火山岩類が分布している。滑落崖は第三紀火山岩類中に認められ、下部の滑落堆は下位の白亜紀花崗岩類分布域付近まで達している。第三紀火山岩類各層の境界は、地形等高線と地層境界線の関係から水平ないし緩傾斜を示していると判断される。
- b. B地点：下位より三仏寺安山岩および八葉寺安山岩層が分布している。両層の境界は、地形等高線との関係から水平ないし緩傾斜を示していると判断される。
- c. C地点：下位の三郡変成岩類を覆って第三紀火山岩類の俵原安山岩層が分布している。また、周囲の地質から、俵原安山岩層と三郡変成岩類の間には用ヶ瀬花崗岩および津野安山岩層が伏在していると考えられる。俵原安山岩層は、地層境界線と地形等高線との

関係から、下位の地層を水平ないし緩傾斜で覆っていると判断される。

以上のように、各地点が位置する第三紀火山岩類は、いずれもほぼ水平ないし緩傾斜の成層構造を有しており、これらの地質構造が地滑りの成因と関連していることが推測される。

(3) リニアメントとの関係

崩壊・地滑りとリニアメントの関係をみるために、核燃料サイクル開発機構殿から提示された資料から、断層に起因すると判断されるリニアメントを抽出した。リニアメントの分布を判読結果と併せて図3. 5に示す。

崩壊地、地滑り地および崩落崖・滑落崖の分布とリニアメントには明瞭な関係は認められない。また、図3. 3および図3. 4に示した地質図に記載された断層とも明瞭な関係は認められない。地滑り地のA地点では断層が通過しているが、馬蹄形の滑落崖の端部を斜めに横断しており、滑落崖形成との関連は考え難い。崩壊地および崩落崖・滑落崖の分布には線状の配列傾向は認められないことから、これらの崩壊や地滑りが、断層破碎帯や変質帯、劣化帯などに起因するものとは考え難い。

また、活断層研究会編(1991)による調査地付近の活断層・リニアメント分布を図3. 6に示す。調査範囲内には、北東部に岩坪断層および無名のリニアメントの2条のリニアメントが記載されている。岩坪断層は、確実度Ⅰ(「活断層であることが確実なもの」)、活動度B~C(平均変位速度が0.1mm~0.01mm/1000年)、長さ11km、東西走向南隆起の活断層であるとされている。無名のリニアメントは、確実度Ⅲ(「活断層の疑いのあるリニアメント」)、長さ約2.5kmで東西走向である。本リニアメントは縮尺20万分の1「鳥取」図幅内では図幅の西端まで記載されているが、西側の同「松江」図幅にはその延長部は記載されていない。

岩坪断層分布位置付近では、断層に沿って崩壊地および崩落崖・滑落崖が発達する傾向は認められない。無名断層(リニアメント)付近についても、周辺には崩壊地がやや多くみられるものの、これらがリニアメントに沿って東西方向に配列する傾向は認められない。

以上のことから、調査地の崩壊地および崩落崖・滑落崖はリニアメントあるいは活断層に起因するものとは考え難い。

3. 1. 3 崩壊・地滑りと植生

伐採地と樹林が混在している地域の空中写真の例を図3. 7に示す。同図において、比較的明るい色調を呈し滑らかなきめを示す箇所(図で緑色の線で囲んだ範囲)は、樹木が伐採され草本ないし低木のみからなる地域と判断される。同様の色調およびきめを示す箇

所でも細かい平行な縞模様がみえる部分（緑色の斜線を記入した範囲）は、伐採後に山腹保護工が施工されている箇所である。また、暗い色調の部分（図3. 7の左寄りの部分など）は針葉樹を主体とする樹林であり、中間的な色調で粗いきめを示す部分（図3. 7の右下の部分など）は広葉樹からなる樹林と判断される。

伐採地で植生が草本や低木のみからなる地域では、樹木が密生している箇所に比べて崩壊が多く発生する傾向がみられる。ただし、同じ伐採地でも山腹保護工が施工されている部分では崩壊は少ない。このように、崩壊の発生には植生の有無あるいは伐採後の対策の有無が大きく関与していると考えられる。

3. 2 たい積場付近の斜面の安定性

3. 2. 1 たい積場の分布位置と地形、地質との関係

(1) 崩壊地形との関係

人形峠周辺には、ウラン鉱山の選鉱や精錬で発生した捨石および鉱さい、中和沈殿物などのたい積場がある。このうち、空中写真判読範囲内では図3. 8に示すように、峠、夜次、赤和瀬、中津河、長者および神倉の各地区にそれぞれ1箇所ないし数箇所のたい積場が分布している。

たい積場の位置と崩壊地の分布との関係をみると、峠、夜次、赤和瀬および中津河地区の近傍には崩壊地や崩落崖・滑落崖はほとんど分布していない。峠地区では4号坑捨石たい積場および5号坑捨石たい積場付近で小規模な崩壊地を判読しているが、たい積場そのものが周囲に比べて植生が粗いために崩壊地と見誤ったものと判断される。これに対して、長者および神倉地区はたい積場より上流部に崩落崖・滑落崖が分布しており、周囲に崩壊地も認められる。特に、長者地区では崩落崖・滑落崖の下方に小規模ながら崩落堆と推定される緩斜面が分布しており、長者捨石たい積場はこの緩斜面上に位置していると判断される。

(2) 斜面傾斜角との関係

前節で述べたように、崩壊地は平均傾斜角が 20° 以上の地域に発達し、崩落堆・滑落堆・土石流堆は平均傾斜角が 5° ～ 20° 程度の地域に集中する傾向が認められることから、斜面の平均傾斜角が 20° 以上の地域を崩壊発生域、 20° 未満の地域を堆積・定着域とみなすことができる。斜面の平均傾斜角を 5° 未満、 5° 以上 20° 未満および 20° 以上に区分し、たい積場の位置をプロットしたものを図3. 9に示す。これによれば、大部分のたい積場は平均傾斜角が 5° 以上 20° 未満の地域に位置しており、堆積・定着域にあたると判断される。しかし、長者および神倉地区はたい積場より上流部が傾斜角 20° 以上の斜面となっ

おり、斜面上部では崩壊が発生する可能性がある。

(3) 地質分布との関係

前節で述べたように、崩壊・地滑りの分布は地質分布と関係があることが推定される。すなわち、崩壊地は三郡変成岩類、白亜紀花崗岩類および第三紀火山岩類分布域に比較的多く分布する傾向があり、地滑り地は第三紀火山岩類分布域に認められる。また、崩落崖・滑落崖は三郡変成岩類および第三紀火山岩類分布域に比較的多い。

ただし、これらの関係には斜面傾斜角などの地形的要因も含まれているため、地質的要因がどの程度崩壊発生に関与しているのか明確ではない。そこで、地形と地質の関係をみるために、斜面の平均傾斜角区分図に地質区分を加筆して図3.10に示す。同図に示すように、平均傾斜角と地質分布には不明瞭ながら対応関係が認められ、地質分布が地形発達を規制していることを示唆している。すなわち、三郡変成岩類、第三紀火山岩類および木地山火山岩類分布域では平均傾斜角 20° 以上のところが多いのに対して、白亜紀花崗岩類や第三紀堆積岩類分布域では平均傾斜角 20° 未満の斜面が多い傾向が認められる。このことと上記の地質分布と崩壊地との関係を併せて考えると、以下のことが推定される。

- a. 三郡変成岩類分布域および第三紀火山岩類分布域では崩壊地が集中するところがあるが、平均傾斜角も急なところが多いため、崩壊発生の要因として地質がどの程度関与しているのか明確ではない。
- b. 白亜紀花崗岩類分布域では、平均傾斜角が比較的緩い地域が多いにも拘わらず崩壊地が集中するところがあることから、急傾斜の斜面では崩壊発生の危険性がより高いと考えられる。
- c. 木地山火山岩類分布域では、平均傾斜角が急であるにも拘わらず崩壊地は少ないことから、崩壊が発生しにくい地質であると考えられる。
- d. 第三紀堆積岩類分布域では崩壊地はほとんどみられないが、分布範囲が狭く全体に平均傾斜角が緩いため、地質的な要因が崩壊発生にどの程度関与しているのか明確ではない。

たい積場は、図3.10に示したように、峠および夜次地区は白亜紀花崗岩類およびこれを覆う第三紀堆積岩類の分布域に位置しており、赤和瀬、中津河、長者および神倉地区は白亜紀花崗岩類およびこれを覆う第三紀火山岩類の分布域に位置している。白亜紀花崗岩類および第三紀火山岩類は、上記のとおり平均傾斜角が急になると崩壊発生の危険性が高くなる傾向が認められる。

3. 2. 2 地形、地質から推定される斜面の安定性とたい積場の関係

地形、地質から推定される斜面の安定性とたい積場の関係を表3. 2にまとめて示す。同表に示すように、各たい積場とも平均傾斜角が20°未満の地域に位置している。このうち、峠および夜次地区では、白亜紀花崗岩類を覆って第三紀堆積岩類が分布している。このような平均傾斜角と地質の組み合わせからなる地域では、崩壊地、崩落崖・滑落崖のいずれも少ないことから、これらのたい積場の地盤は安定していると判断される。また、中津河、赤和瀬、長者および神倉の各地区では、白亜紀花崗岩類を覆って第三紀火山岩類が分布している。これらの平均傾斜角と地質の組み合わせからなる地域においては、崩落堆・滑落堆・土石流堆は比較的多いものの、崩壊地や崩落崖・滑落崖の分布は少ない。一部には地滑り地がみられるものの、たい積場の周辺には認められない。これらのことから、これらのたい積場の地盤もほぼ安定していると判断される。なお、長者および神倉地区では、たい積場より上流部に平均傾斜角20°以上の斜面が分布し周辺に崩壊地がみられることから、たい積場より上流部では崩壊が発生する可能性も否定できない。また、長者捨石たい積場は崩落堆と推定される緩斜面上に位置しており、安定性の評価にあたってはこの点も考慮する必要がある。

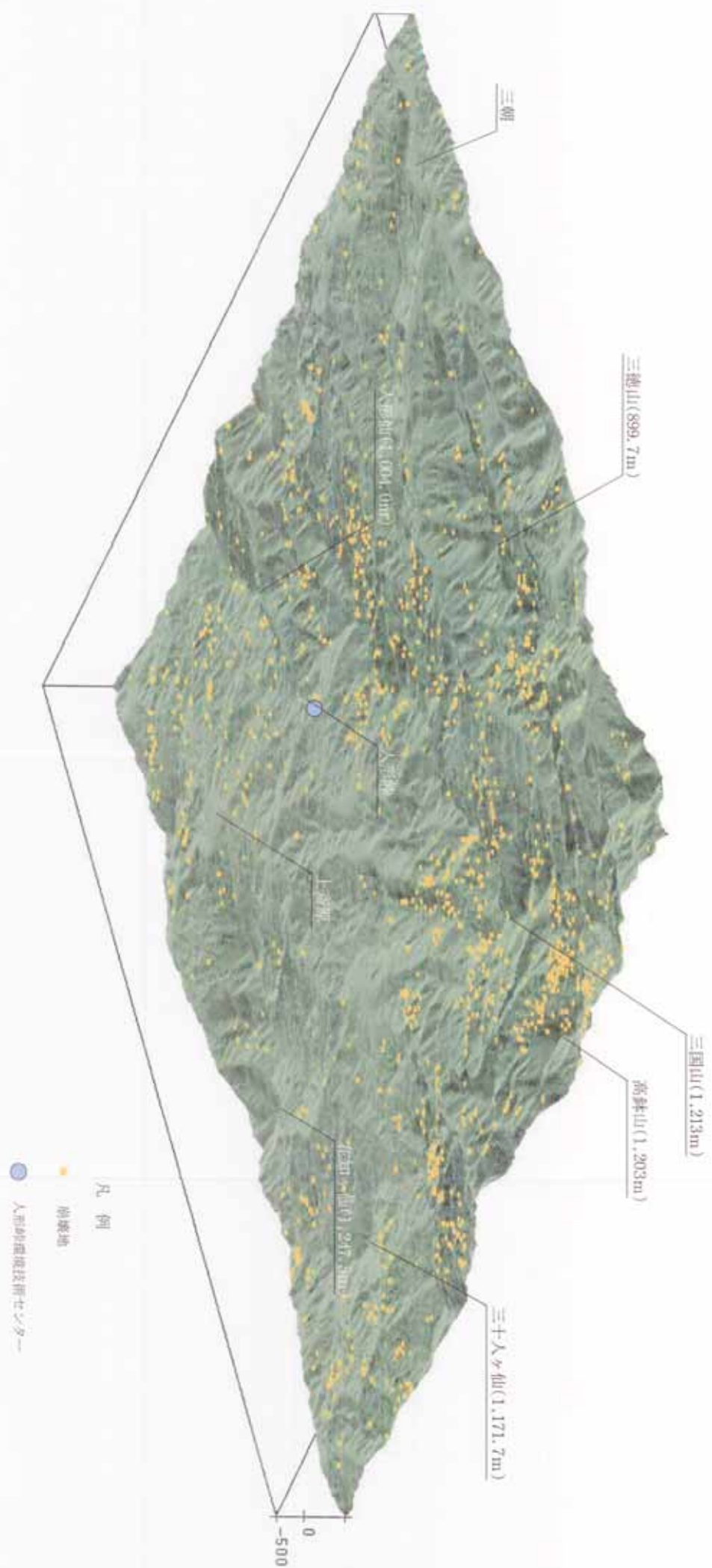
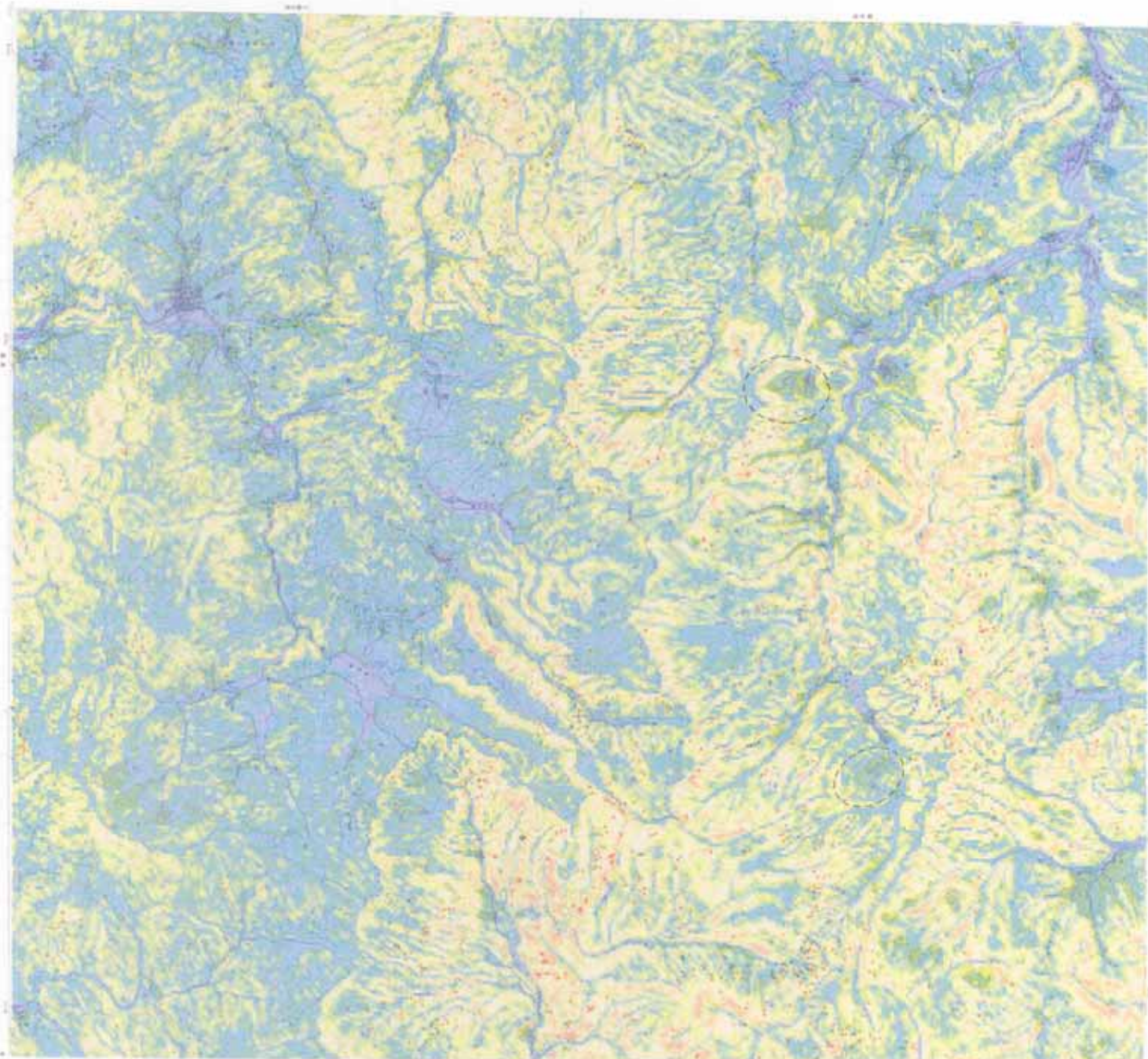
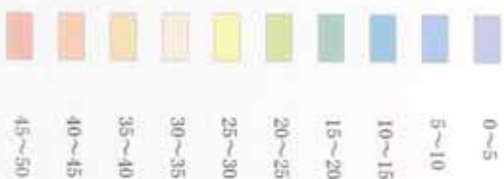


図 3. 1 調査地域の鳥瞰図および集落地の分布



平均傾斜角凡例 (°)

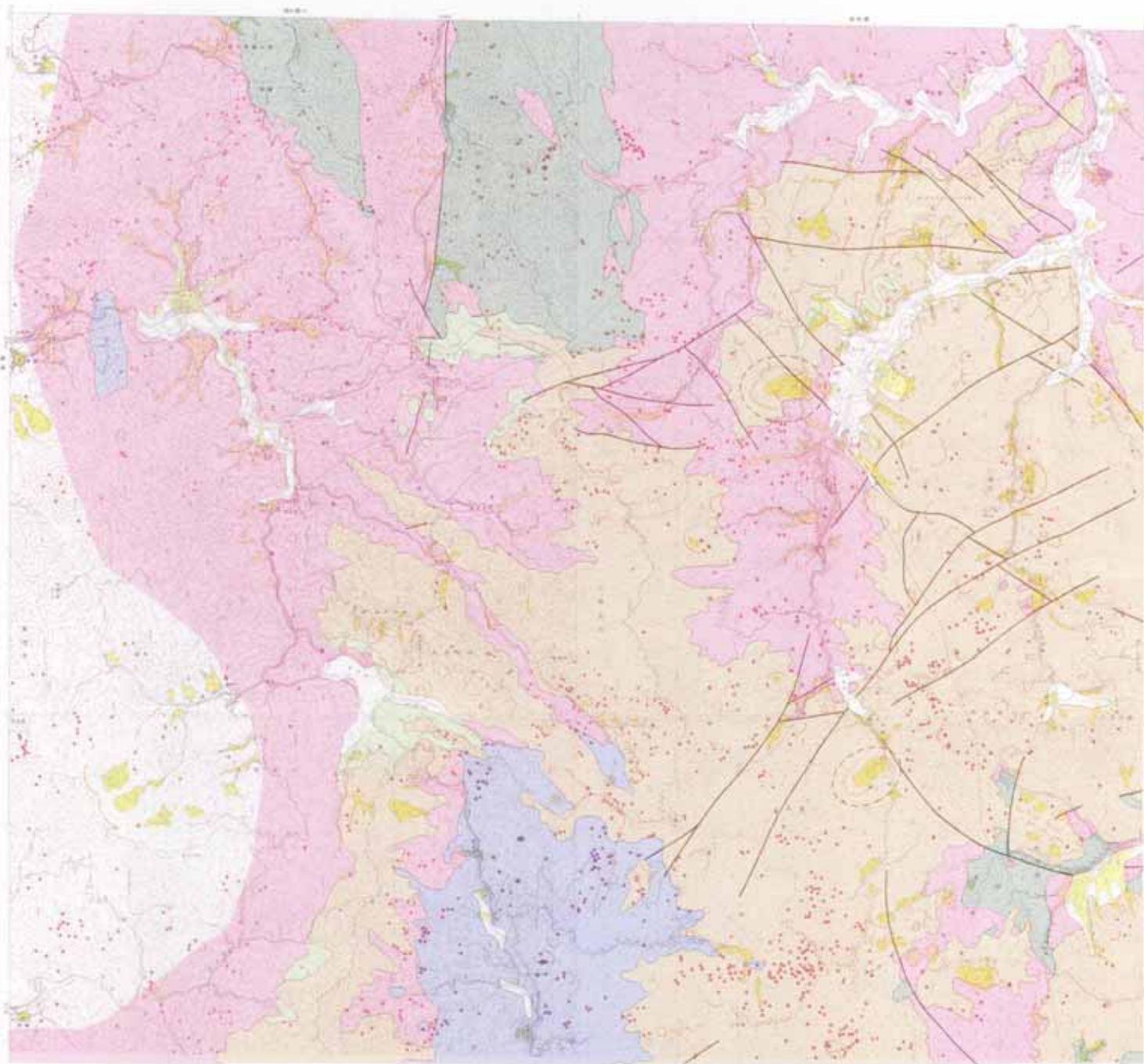


平均傾斜角は、国土利用計画の「無断果樹園のメソッド」(「無断」)をもちこ、各メソッドの平均的な傾斜角を求めたものである。

空中写真判読結果凡例



図 3. 2 斜面傾斜角と前線地形の関係



地質区分凡例

- 第四系 (沖積層, 軟弱な礫岩)
- 第三紀堆積岩類 (高層水層層, 段巴峠層, 入部峠層, 佐美層岩類)
- 第三紀火山岩類 (三軒峠層, 鳥取層群)
- 第三紀火山岩類 (木道山火山岩類)
- 第三紀花崗岩類 (新期深成岩類, 古期深成岩類)
- 三稜深成岩類
- 新層

〔人形峠地帯地質および基岩分布図〕 (日本のグラフ集, 1994) から編集

空中写真判読結果凡例

- 地質境界
- 地質境界 - 境界線
- 地質境界 - 境界線 - 上石境線
- 河川
- 湖沼

0 25km



図 3. 3 地質分布と崩壊地形の関係

表 3. 1 地質区分と崩壊地形の分布の関係

崩壊地形 地質区分	崩壊地	地滑り地	崩落崖・滑落崖	崩落堆・滑落堆・ 土石流堆
三郡変成岩類	○	—	○～△	△
白亜紀花崗岩類	○	—	△	○
第三紀火山岩類	○	・	○	○
木地山火山岩類	△	—	△	△
第三紀堆積岩類	△	—	△	△

○：確認箇所が多い △：確認箇所が少ない ・：2箇所を確認 —：確認できない



凡 例

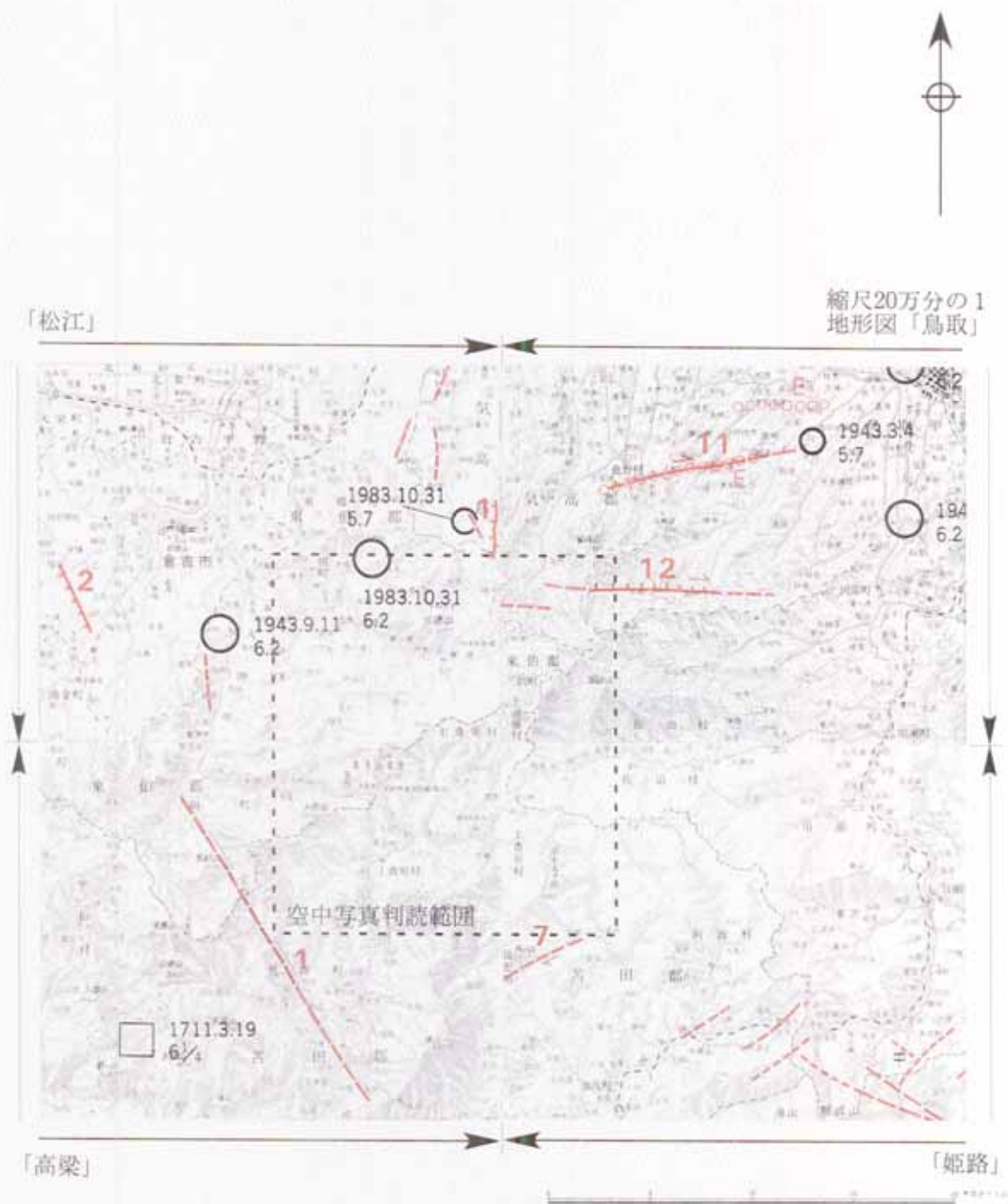
— リニアメント

(注) リニアメントは、地質調査の成果から得られた資料から、断層に起因する可能性があると判断されるリニアメントを抽出した。

空中写真判読結果凡例

- 断層線
 - 断層線・断層域
 - 断層域・断層域・土の断層
 - 断層
 - 断層と断層
- 0 2km

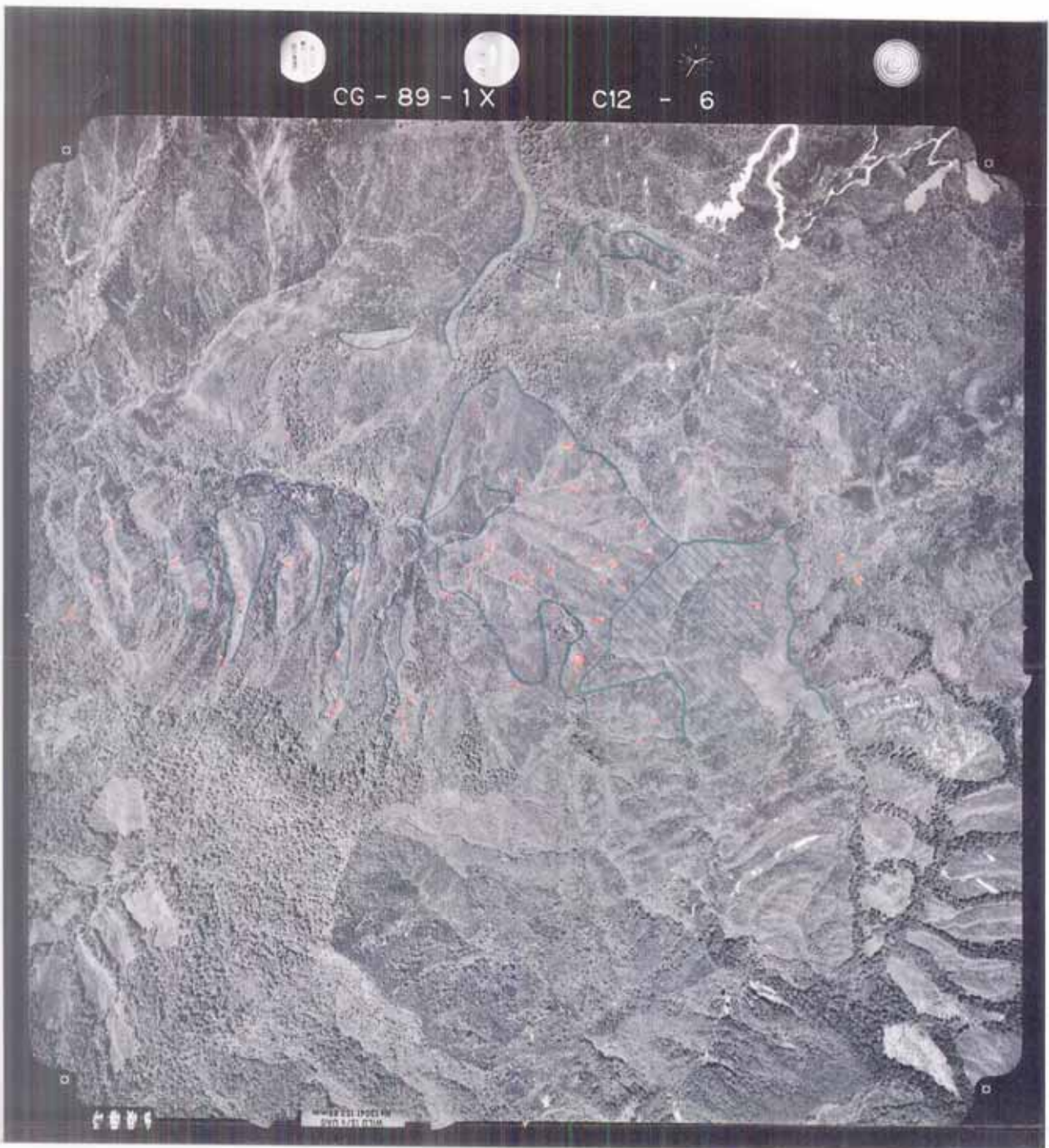
図3. 5 リニアメントと断層地形の関係



1 2 岩坪断層：確実度 I，活動度 B～C，長さ 11km，東西走向南隆起

[活断層研究会編（1991）：「新編日本の活断層—分布図と資料」から抜粋]

図 3. 6 調査地付近の活断層・リニアメント分布



判読記号記入範囲

縮尺約1/20,000 (原寸大)



空中写真判読範囲

空中写真撮影範囲

空中写真判読記号凡例

- 崩壊地
- 崩落崖・積雪崖
- 崩落堆・積雪堆・土石流堆
- 原木・底木地
(紅線部は山腹保護工事実施)

図3.7 植生と崩壊地の関係を示唆する空中写真判読例



図3. 8 空中写真判読結果およびたい積場の位置

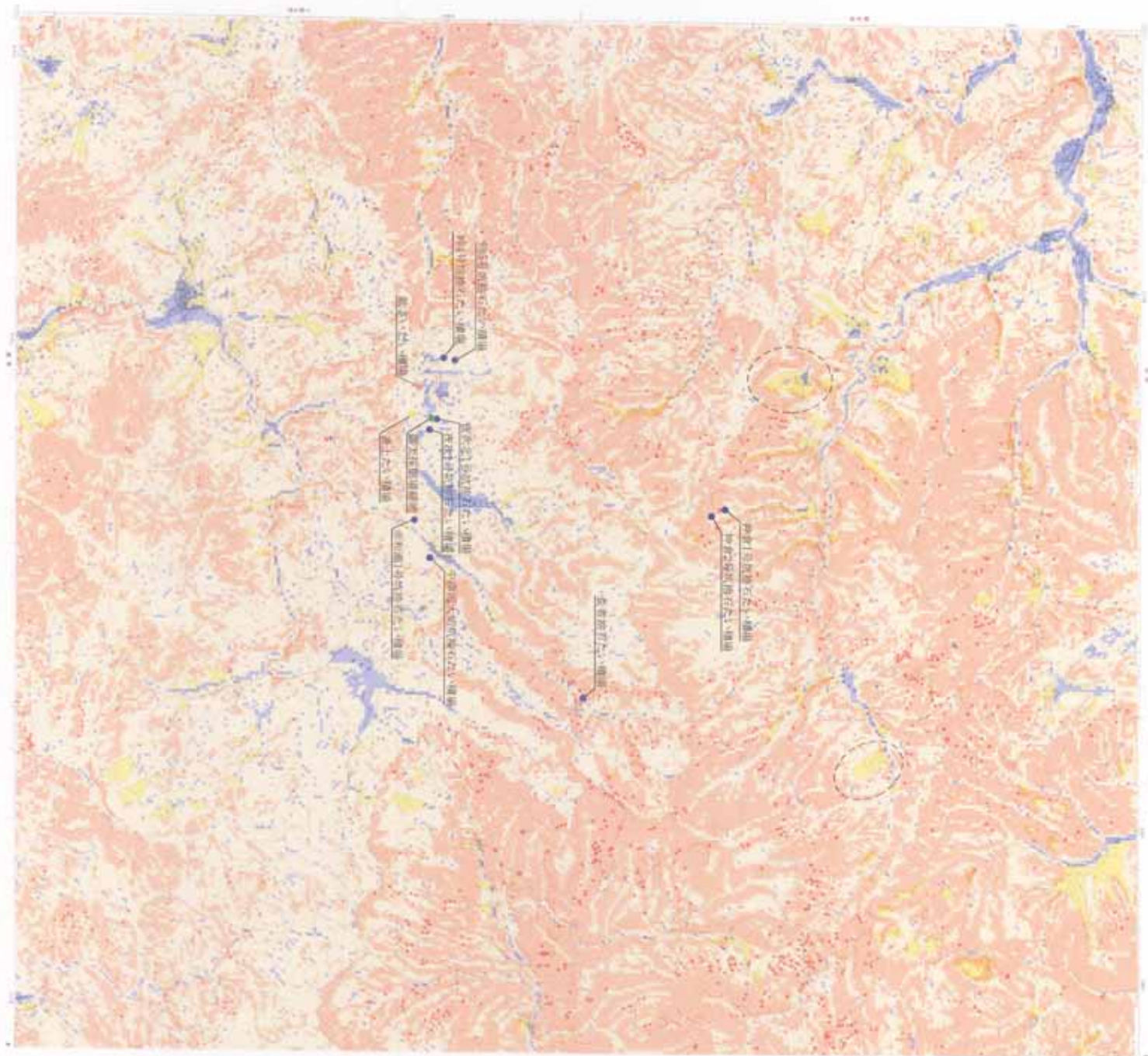


図 3. 9 斜面傾斜角，崩壊地形およびたい積場の位置の関係



たい積場の位置

- 片石たい積場
- 礫石たい積場
- 礫石たい積場
- 礫石たい積場

平均傾斜角凡例(°)

- 0~5
- 5~20
- 20~50

(50mメッシュの平均的な傾斜角)

空中写真判読結果凡例

- 礫石場
- 礫石場・礫石場
- 礫石場・礫石場・土砂堆積
- 礫石場
- 礫石場

地質区分凡例

- 0 第四系 (沖積層, 礫石堆積岩)
- Ts 第三紀堆積岩類 (高清水系層, 炭田系層, 入形系層, 左美系層)
- Tb 第三紀火山岩類 (三都系群, 鳥取系群)
- Tv 第三紀火山岩類 (木道山火山岩類)
- G 白亜紀花崗岩類 (新期深成岩類, 古期深成岩類)
- M 三都深成岩類

0 20m

図 3. 10

斜面傾斜角, 崩壊地形, 地質分布
およびたい積場位置の関係

表 3. 2 地形・地質から推定される斜面の安定性とたい積場の位置

地形	地質	崩壊地形の発達状況	斜面の安定性	左記の区分に属するたい積場 ¹⁾
平均傾斜角 ²⁾ 20°以上	第三紀火山岩類	崩壊地および崩落崖・滑落崖が比較的多く発達する。	不安定	
	三郡変成岩類	崩壊地が比較的多く発達し、崩落崖・滑落崖もみられる。	やや不安定～不安定	
	白亜紀花崗岩類	崩壊地が比較的多く発達するが、崩落崖・滑落崖は少ない。	やや不安定	
	木地山火山岩類	崩壊地および崩落崖・滑落崖はいずれも少ない。	ほぼ安定	
	第三紀堆積岩類	崩壊地および崩落崖・滑落崖は少ないが、崩落堆・滑落堆・土石流堆は比較的多い。 (一部に不明瞭な地滑り地が分布する。)	ほぼ安定 (やや不安定)	中津河大切坑捨石たい積場 赤和瀬1号坑捨石たい積場 長者捨石たい積場* 神倉1号坑捨石たい積場* 神倉2号坑捨石たい積場*
平均傾斜角 ²⁾ 20°未満	三郡変成岩類	(傾斜 20°未満の斜面は少ない)	—	
	白亜紀花崗岩類	崩壊地および崩落崖・滑落崖は少ないが、崩落堆・滑落堆・土石流堆は比較的多い。	ほぼ安定	
	木地山火山岩類	崩壊地、崩落崖・滑落崖および崩落堆・滑落堆・土石流堆はいずれも少ない。	安定	峠4号坑捨石たい積場 峠5号坑捨石たい積場 夜次1号坑捨石たい積場 露天採掘場跡地 表土たい積場 鉾ざいたい積場
	第三紀堆積岩類			

1) たい積場付近の地質は第三紀火山岩類または第三紀堆積岩類からなり、その下位にはいずれも白亜紀花崗岩類が分布している。

2) 平均傾斜角：国土地理院発行の「数値地図 50m メッシュ (標高)」データから求めた、各メッシュの平均的な傾斜角。

*：長者地区および神倉地区のたい積場より上流部には、平均傾斜角 20°以上の斜面が分布している。また、長者捨石たい積場は崩落堆と推定される緩斜面上に位置している。

4. まとめおよび今後の課題

4. 1 まとめ

空中写真判読の結果、以下のことが確認された。

- a. 崩壊・地滑り地形として、崩壊地、地滑り地および崩落崖・滑落崖を、崩壊・地滑りに関連する地形として崩落堆・滑落堆・土石流堆および凹地が抽出された。
- b. 崩壊地は、調査範囲全域に分布するが、集中する地域と少ない地域があり偏在している。崩壊地は幅 20～30m 程度以下の小規模なものが多い。また、崩落崖・滑落崖は調査範囲北半部に多く、幅 100～200m 程度のものが多い。
- c. 地滑り地は、調査範囲北西部の小鹿川左岸神倉西方（A 地点）および小鹿川上流左岸中津東方（B 地点）に分布している。A 地点は幅約 700m の、B 地点は幅約 400m の馬蹄形状の滑落崖がみられ、直下に滑落堆とみられる緩斜面が分布している。また、調査範囲外であるが、佐治川右岸の県境付近（C 地点）にも上記 2 地点と類似した特徴を示す地形が認められる。
- d. 崩壊地および崩落崖・滑落崖は平均傾斜角が 20° 以上のところに多く、崩落堆・滑落堆・土石流堆は 20° 未満、 5° 以上のところに多い傾向がみられる。
- e. 崩壊地は三郡変成岩類、白亜紀花崗岩類および第三紀火山岩類分布域に多く、木地山火山岩類分布域では少ない。また、崩落崖・滑落崖は三郡変成岩類および第三紀火山岩類分布域に多い傾向がみられる。
- f. 地滑り地はいずれも第三紀火山岩類分布域に位置している。これらの第三紀火山岩類は水平ないし緩傾斜の成層構造を示すことから、このような地質構造が地滑りの成因と関連していることが推測される。
- g. リニアメントおよび活断層と崩壊・地滑り地形との関連は認められない。
- h. 崩壊地の一部は、伐採により草地ないし低木林となっている地域に集中していることから、崩壊の発生には植生の有無が大きく関与していると考えられる。
- i. たい積場は、いずれも平均傾斜角 20° 未満の地点に位置しており、地形的には安定した場所にあると考えられる。ただし、長者および神倉地区は、たい積場より上流部に平均傾斜角 20° 以上の斜面が分布していることから、たい積場より上流部では崩壊が発生する可能性も否定できない。また、長者捨石たい積場は崩落堆と推定される緩斜面上に位置することから、安定性の評価にあたってはこの点も考慮する必要がある。

4. 2 今後の課題

今後の課題として以下の点が挙げられる。

- a. 空中写真判読結果の検証：空中写真判読には限界があり、小規模な崩壊地形の見落としや不明瞭な地形の誤認が含まれている可能性がある。また、地質分布や地質構造との関係についても、その精度は既存資料に依存している。さらに、今回検討に用いた斜面傾斜角は 50m メッシュの数値地図データに基づいた平均傾斜角であり、個々の崩壊地の斜面傾斜角を示すものではない。このように、今回の検討結果には様々な誤差が含まれていると考えられる。このため、現地調査を実施して空中写真判読結果の信頼性を検証するとともにその精度を高めることが望ましい。
- b. 崩壊・地滑りの発生要因の明確化：崩壊・地滑りの発生要因として、地形、地質、地質構造、植生などが抽出された。しかし、今回の検討ではこれらの要因が複合しており、個々の要因が崩壊・地滑り発生に対してどの程度関与しているのかについては明らかになっていない。このため、要因を限定できる地域を対象に現地調査あるいはより大縮尺の空中写真による判読作業を行って、崩壊・地滑りの発生要因を明確化することが望ましい。
- c. 他地点における検討：今回の調査地域とは異なる地形、地質条件の地域において今回と同様の手法を適用し、本手法の汎用性を評価・検討することが望ましい。
- d. たい積場自体の安定性評価：今回の検討は、崩壊・地滑り地形の分布と周辺の地形、地質等の関係から、たい積場が位置する地点の安定性を評価したものであるが、たい積場そのものの安定性については議論していない。たい積場自体の安定性を評価するためには、現地の測量結果や土質調査結果に基づいて安定解析を行う必要がある。

参考文献

- 鈴木隆介：“建設技術者のための地形図読図入門 第1巻読図の基礎”古今書院（1997）
- 鈴木隆介：“建設技術者のための地形図読図入門 第3巻段丘・丘陵・山地”古今書院（2000）
- 地質調査所：“5万分の1地質図幅説明書「奥津」”（1961）
- 動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所 “日本のウラン資源” PNCTN7420 94-006（1994）
- 活断層研究会編 “[新編] 日本の活断層 分布図と資料” 東京大学出版会（1991）