

\*\*\*\*\*

以下は宮城県における放射性指定廃棄物処分場に関する『第2回有識者を交えた環境省と加美町の意見交換会』で用いたパワポ原稿です。理解の助けのために、多少の説明を付け加えておきました。自由にお使い下さい。

【出席者】環境省：大臣・井上信治，大臣官房廃棄物・リサイクル対策部長・鎌形浩史，同指定廃棄物対策担当参事官・室石泰弘，加美町：町長・猪股洋文，同副町長・吉田 恵，有識者：東京海洋大学大学改革準備室教授・谷 和夫，東北大学名誉教授・大槻憲四郎

\*\*\*\*\*



環境省・加美町・専門家との第2回意見交換会  
2015/11/30（月）10:30～12:00，TKPガーデンシティホールB1

## 地すべり発生危険度評価と 指定廃棄物最終処分場候補地選定

東北大学名誉教授  
大槻憲四郎



### 復習：候補地抽出方法と結果の問題点

1. 用地確保の容易さから、候補地を**国有地・県有地**に限定  
⇒ 候補地が**山岳部**になってしまった  
⇒ 「**川下・風下**の原則」に反することになってしまった
2. 「自然災害」、「自然環境」、「史跡・観光等」に関する22の抽出指標の中、  
**安全性に関わる有効指標は「地すべり地形箇所」と「勾配30度以上の傾斜地」の2つだけ**  
地盤を直接評価する指標はゼロ
3. 地すべり地帯内であっても、地すべり地形の真上でなければ良いという環境省の判断は誤り  
地すべりの素因が備わっている地域では、将来発生する確率が高いと評価すべき
4. 3候補地の**いずれもが「川上・風上」**にあり、地すべり密集地帯内にあるので、**不適格**  
**洪水・津波による冠水から免れる標高の海岸に近接した丘陵地**が良く、そのような所はある
5. 不適切な方法で抽出された3候補地の詳細調査は、無意味・無駄である

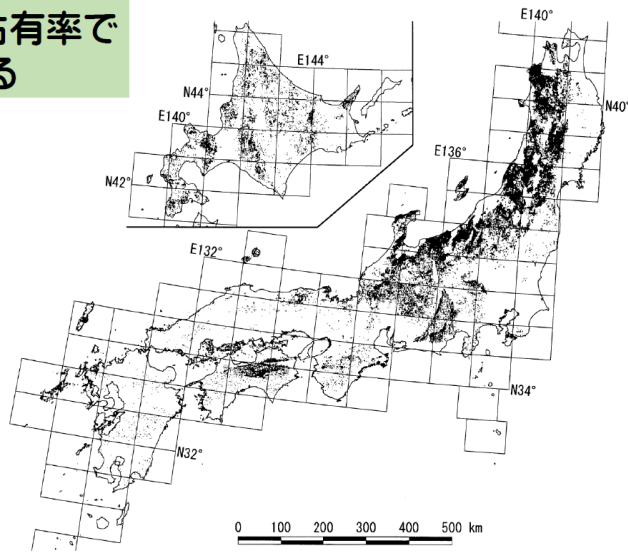
## 今回は、地すべり面積占有率で危険度を評価する

藤原 治ほか, 2004, 日本列島における地すべり地形の分布・特徴. Landslide, 41(4), 335-344.

- ・基本図は1/5万地形図
- ・奥行き200m以上のもののみ
- ・経度1分(1.85km)×緯度1分(2.25km)のメッシュデータ化
- ・50mメッシュ数値地図とデジタル地質図と重ね合わせ
- ・メッシュ数71,000個(平野部除外)

“地すべりは偏って分布する”

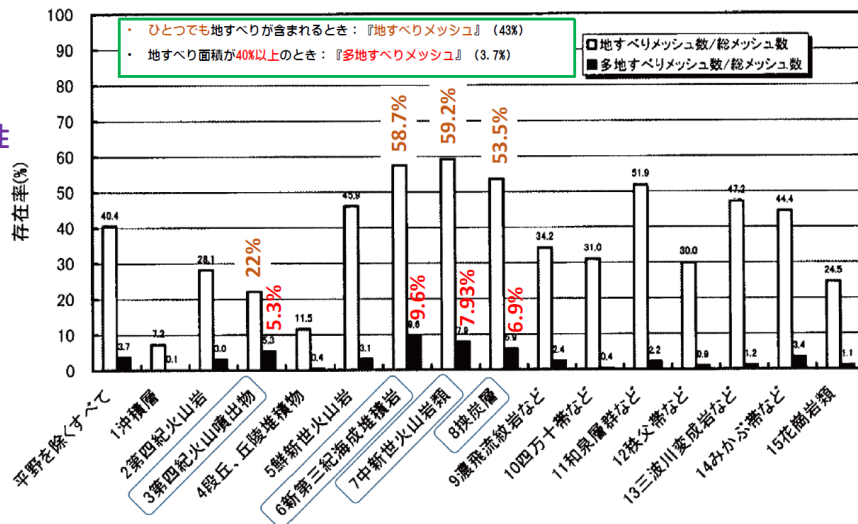
②～⑤の図はこの論文から引用



②

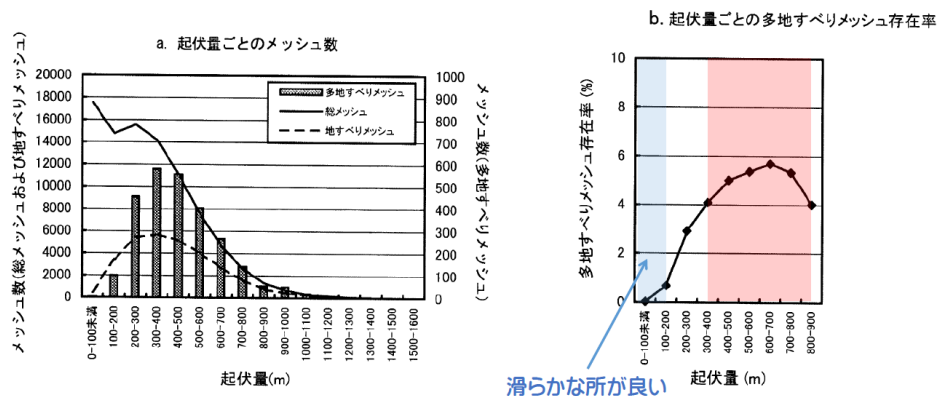
【解説】 前回の意見交換会では、栗原市深山嶽，加美町田代岳（箕ノ輪山），大和町下原の3候補地がいずれも地すべり密集地帯の中にあることを示したが，今度の会合では，地すべりの危険性を地すべりの密集度によって定量的に評価した．藤原ほか（2004）による上の地すべり分布図を見れば，地すべりが極めて偏って分布しているかが分かる．

地すべり存在率の地質依存性



③

【解説】 緯度経度1分四方のメッシュに少しでも地すべりが含まれる“地すべりメッシュ”は，沖積平野を除いた日本全国の総メッシュ数71,000個の43%を占める．メッシュの40%以上の面積が地すべりで占められている“多すべりメッシュ”は総メッシュ数の3.7%である．地層や岩石の性質は地すべり発生“素因”の一つだが，藤原ほか(2004)による上の図は，“新第三紀海成堆積岩類”，“中新世火山岩類”，“挟炭層”，“第四紀火山噴出物”などの分布域で地すべりが多いことを示している．

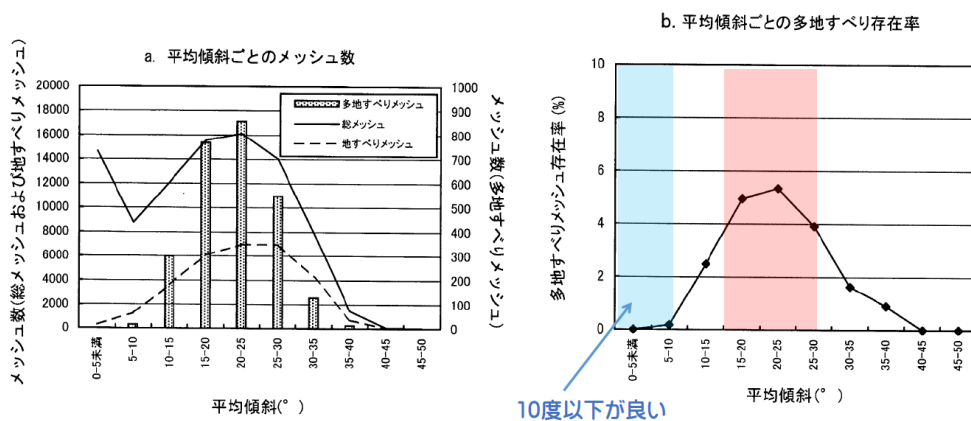


### 地すべり存在率の起伏量依存性

柳田 誠ほか, 2005, 日本列島の地すべり地形—分布図からの考察—. 駒澤地理, no.41, 61-77.  
 は上記に加えて積雪量との相関を主張している.

④

【説明】左上の図は、地形の起伏量毎の“総メッシュ”、“地すべりメッシュ”、“多地すべりメッシュ”の数を表し、右上の図は、起伏量毎の“多地すべりメッシュ”の存在率を表わしている。地すべりは起伏量が 300～900m の所に多く、200m 以下の平坦地には少ない。



### 地すべり存在率の平均傾斜依存性

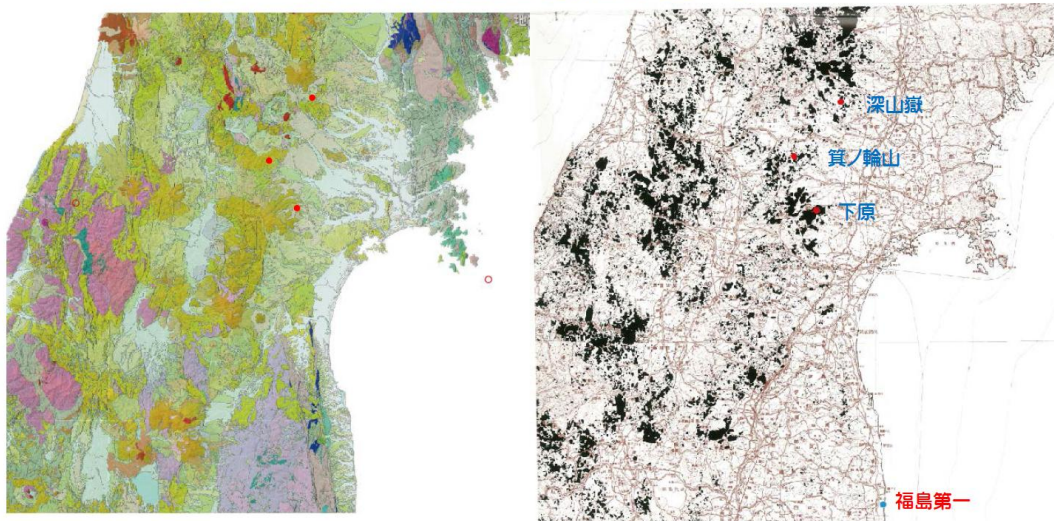
⑤

【説明】左上の図は、地形の平均傾斜毎の“総メッシュ”、“地すべりメッシュ”、“多地すべりメッシュ”の数を表し、右上の図は、平均傾斜毎の“多地すべりメッシュ”の存在率を表わしている。地すべりは平均傾斜が 15～30 度の所に多く、10 度以下の緩傾斜地には少ない。

④と⑤の図から、起伏量と平均傾斜が大きい所は避け、起伏量も平均傾斜も小さな所を選択するのが賢明であることを教えている。



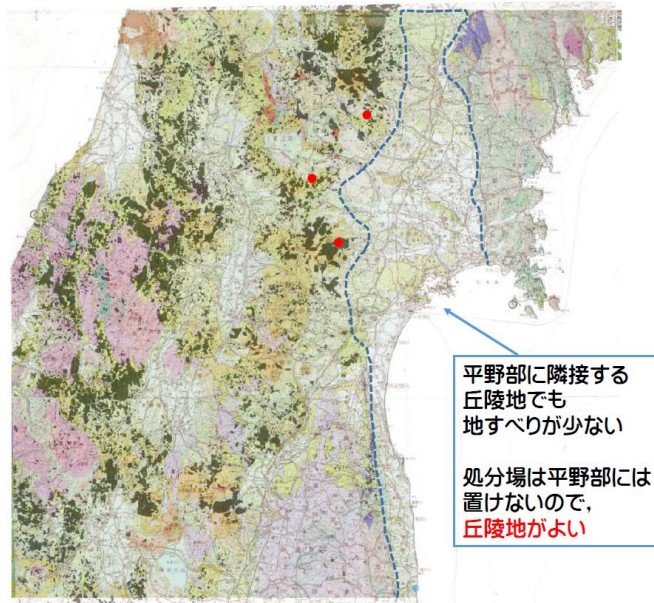
## 近づいて地すべりの偏在性と地質とを見比べる



地すべり学会東北支部, 1992, 東北の地すべり・地すべり地形 - 分布図と技術者のための活用マニュアル -, 20万分の1地すべり地形分類図-27葉, マニュアル142p. ⑥

## 重ね合わせて見れば

- ・日本海側で多く,  
太平洋側で極めて少ない.
- 【日本海側】
  - ・山地で多く, 平野には無い.
  - ・新第三系・第四紀火山で多く,  
花崗岩で少ない
- 【太平洋側】
  - ・平野には無い
  - ・丘陵地にも極めて少ない
  - ・北上山地(中・古生層と花崗岩)と阿武隈山地(花崗岩)では少ない



⑦

【説明】藤原ほか(2004)は, 全国規模で見た場合の地すべり分布の傾向を示したが, 右上の図は地すべり学会東北支部(1992)による東北地方だけのより詳細な地すべり分布図である. この地すべり分布図と地質図を重ね合わせてみれば, 上の図の左側に書いたような傾向が読み取れる. 地すべりは奥羽山脈より西側に密集するが, 宮城県の3箇所の処分場候補地は, この密集地帯の東縁部に含まれる. これとは対照的に, 地すべりは太平洋側には少ない. 「川下・風下」の原則をも考慮すれば, 処分場は青破線で囲った範囲内の海岸沿いの丘陵地に造るのがよい.

### 【コーヒーブレイク】

地すべりは、斜面が**重力**によって壊れ、より緩傾斜になって安定化に向う現象である。傾斜が急な所ほど重力がより有効に作用するので、壊れやすいし、平野は平坦なので、地すべりは起きない。地震動に伴う加速度の作用や豪雨・積雪による荷重は地すべり発生を促進する。地すべりに抵抗するのは岩石の**強度**である。強度は岩種に依るだけでなく、その構造（地層など場合にはその傾き）でも変わる。風化は岩石を弱くするし、豪雨・融雪による地下水位の上昇も強度を低下させる。

斜面の傾斜や強度など、元々備わっている地すべりの原因を“**素因**”と言い、地すべり発生を促す地震、豪雨・融雪などを“**誘因**”と呼ぶ。地すべりは、素因と誘因が相伴って発生すると考えられてきた。この関係は、

$$\text{地すべりの発生} = f(\text{素因}) + \text{誘因というゆらぎ}$$

と書ける。素因が十分整えば、弱い誘因でも地すべりは起きてしまうし、素因が十分整っていないくとも、誘因が極めて強ければ地すべりは起こる。

地すべりが起き続ければ、やがて平坦になり、ついには地すべりが発生しなってしまう。ところが他方には、平坦な所さえ山脈にしてしまう地殻変動という作用がある。実際の地形は、この2つの作用が**動的に平衡**している付近の姿である。斜面の平衡傾斜角が何度かを決めるのは岩石の強度であり、強度は岩石種や風化の程度などで決まる。

②や⑥の図に明瞭なように、地すべり分布は著しく偏っている。これは、地すべり面積占有率で表現され、参照面積内で地すべり面積が占める割合という無次元量であると思われる。ところが、発生当初の地すべり地形は明瞭だが、時とともに浸食によって不明瞭となり、やがては消失してしまうので、地すべりには **life-time** がある。したがって、地すべり面積占有率は、この **life-time** の期間の間に参照面積の中で発生した地すべりの面積から消滅した地すべりの面積を差し引いた値を参照面積で割り、さらにそれを **life-time** で割った値なので、本来は 1/時間の次元を持った量である。ただし、**life-time** はどこでも暗に一定と思われているので、表には出て来ない。

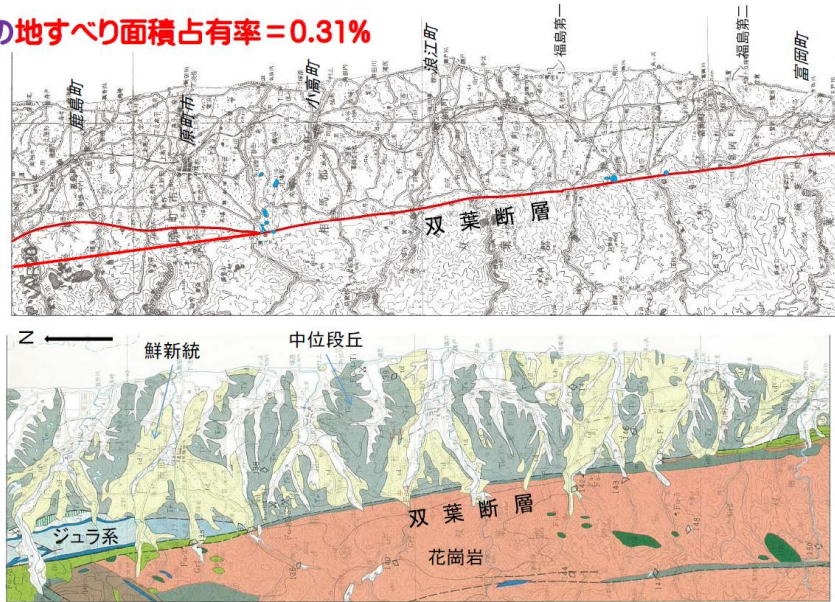
この地すべり面積占有率は、どのような変数の関数であろうか。上に述べたことから、その変数も 1/時間の次元を持つはずである。すぐに思いつくのは地殻変動の歪速度で、これは、まさに地形斜面の増加率を決める因子なのである。地すべり学会東北支部（1992）が議論しているように、佐藤比呂志（1989、東北本州弧における後期新生界の変形度について。地質学論集, no.32, 257-268）による地殻短縮量は内帯で大きく、地すべり分布と調和的なのである。⑤の図にみられる“多地すべりメッシュ存在率”と地形の平均傾斜が 0 度から 25 度までの範囲で正相関する事実は、まさに上の事の別表現である。さらに地形の起伏量は平均傾斜と正相関するので、“多地すべりメッシュ存在率”と起伏量とが 0 から 700m の範囲で正相関する④の図も当然の結果である。



**JR常磐線沿いの地すべり面積占有率 = 0.31%**

双葉断層より東の  
鮮新統と中位段丘  
には、地すべりが  
ほとんど無い！

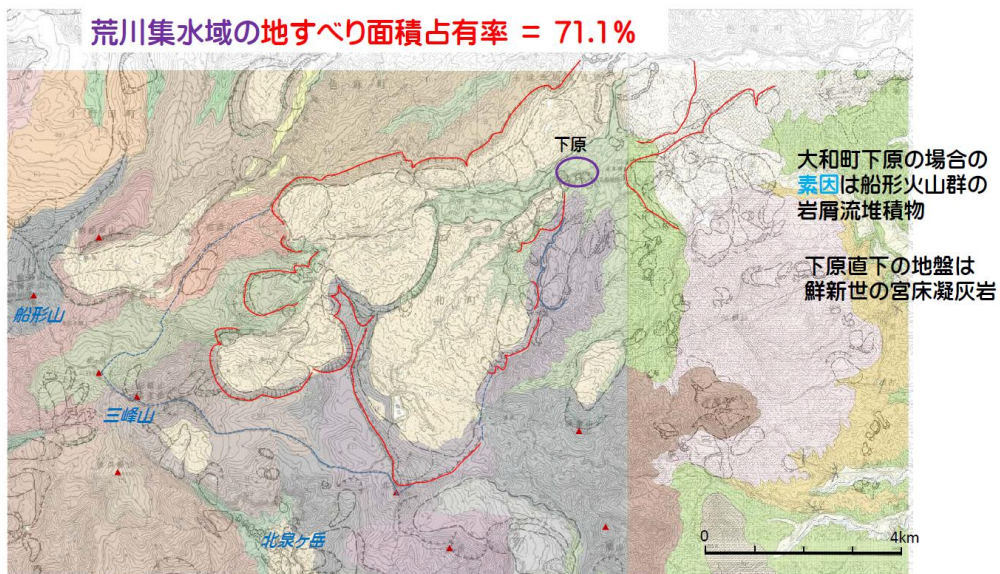
鮮新統と中位段丘の面積  
= 129304.70  
地すべりの面積  
= 389.47



⑧

【説明】まず、地すべり地形が少ない太平洋側の丘陵地の中、双葉断層の東側で、JR常磐線沿いの南相馬市鹿島から富岡町までの範囲の地すべり面積占有率を求めた。地すべり（青色で染色）の総面積を鮮新世の地層（薄い黄色）と中位段丘堆積層（灰色）の総面積で割った地すべり占有率は、0.31%と非常に小さい。

**荒川集水域の地すべり面積占有率 = 71.1%**



⑨

【説明】処分場候補地のひとつである大和町下原の上流域は巨大な地すべり地帯になっている。ほとんどの地すべりは船形火山群の岩屑流堆積物中で起きている。ここでは地すべりのほかに、地滑りに伴う泥流の危険性があるので、下原より上流の集水域の面積で地すべり地形の面積を割って地すべり占有率を求めた。それは、71.1%と非常に大きい。

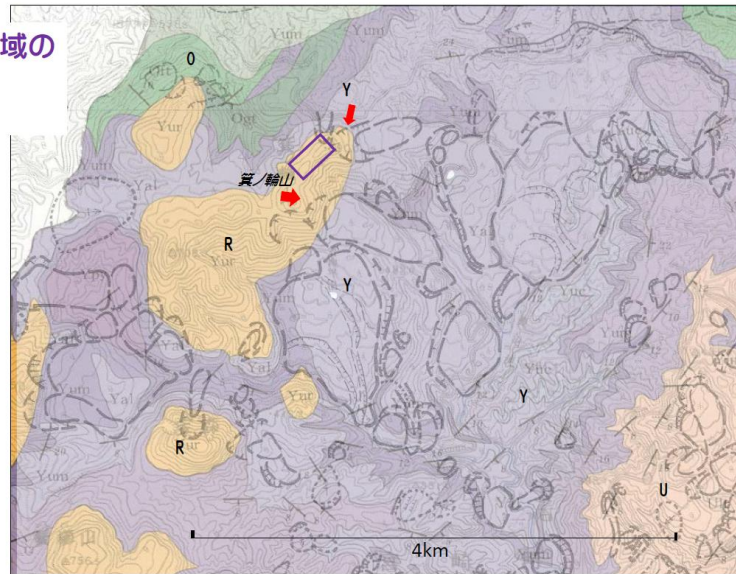


魚取沼層の泥岩分布域の  
地すべり面積  
占有率 = 38.4%

流紋岩分布域の  
地すべり面積  
占有率 = 13.4%

2つのすべり先端部が  
箕ノ輪山の流紋岩にまで  
及んでいることに注意

地すべりの素因は  
魚取沼層(+宇津野層)の  
層状泥岩に挟まる  
粘土化した凝灰岩



⑩

【説明】加美町箕ノ輪山の周辺には魚取沼層（紫色で塗色）が分布し、地すべり密集地帯となっている。魚取沼層分布域のみの地すべり面積占有率は 38.8%とかなり高い。処分場候補地の箕ノ輪山は流紋岩（オレンジ色で塗色）より成るが、流紋岩さえも地滑りにまきこまれている。表示した地質図の南西側をも含んだ領域内での流紋岩分布域のみの地すべり面積占有率は 13.4%である。



⑪

箕ノ輪山の東斜面には沢が迫っていて、谷頭部の平均傾斜は 34 度である。この谷頭部の南北両側には地すべりがあって、候補地敷地の採石場跡に及んでいる。崩壊性の地すべりが懸念される。

↓ 箕ノ輪山採石場跡の東側境界付近の崖崩れ  
写真右側には沈殿池あり。  
コンクリートにはクラック発生。微小な段差あり。



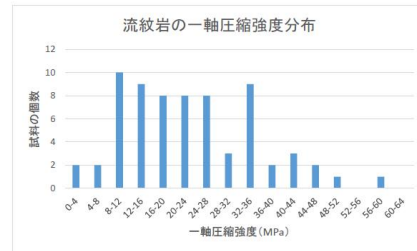
↓ 写真左側は傾斜34度の谷頭部。



↓ 崩壊法面の流紋岩は礫状・粘土質。



## 現地視察会報告を兼ねて

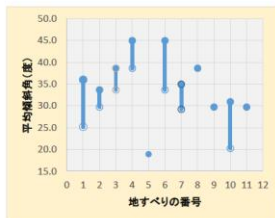


↑ 流紋岩試料の一軸圧縮強度頻度分布  
強度は2桁にわたって大きくばらつき。  
最低強度は0.55MPaで、非常に弱い。

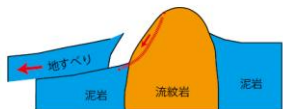
平成10年度 鳴瀬川（一期）農業水利事業ニツタム  
原石山賦存量検討業務 報告書、平成11年3月。  
東北農政局大崎農業水利事務所・応用地質株式会社

⑫

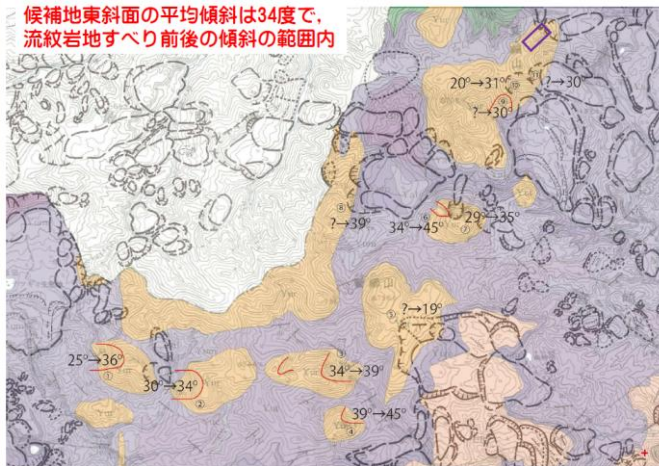
【説明】11月14日の箕ノ輪山現地視察の報告も兼ねて説明する。左上の写真は採石場跡の東縁で、右側には沈殿池があり、その東側は急斜面の谷頭部である（左下の写真）。排水口の南岸は小規模に地すべりしており、流紋岩は礫状化し、粘土質になっていて（右下の写真）、極めて脆弱である。右上の図は、採石計画策定時に行った流紋岩の一軸圧縮試験結果である。強度が著しくばらつき、最低の強度は0.55MPaと極めて弱い。このことも地すべり発生の懸念が現実的なものであることを示唆する。



- ・流紋岩は結構（19箇所も）滑っている
- ・滑る前の平均傾斜は20度～39度（7箇所）
- ・滑った後の平均傾斜は30度～45度（10箇所）



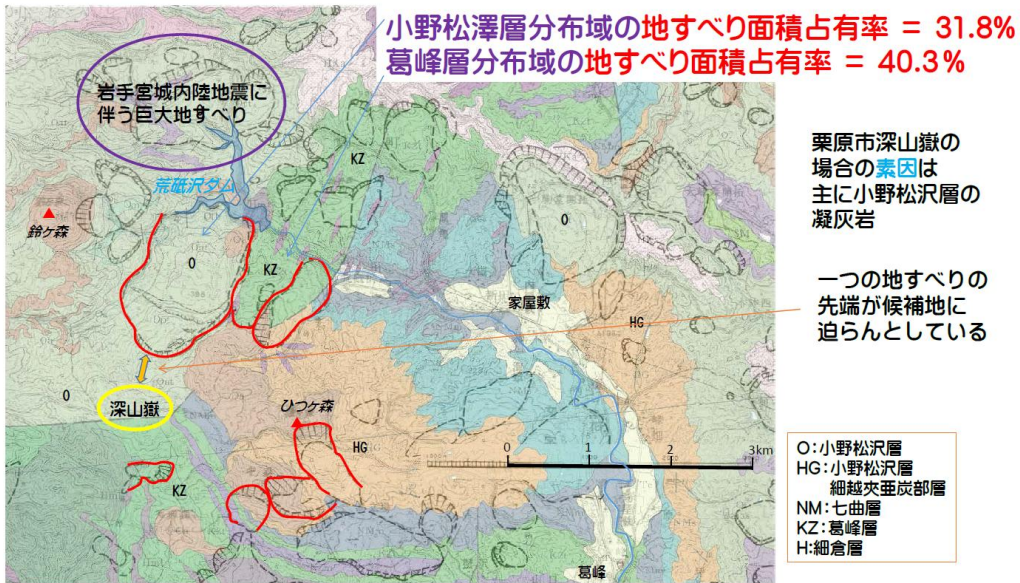
候補地東斜面の平均傾斜は34度で、  
流紋岩地すべり前後の傾斜の範囲内



⑬

【説明】流紋岩（オレンジ色に塗色）を取り巻く魚取沼層が地すべりし、流紋岩は孤立峰となっている。その急斜面には少なからず地すべりが発生している。地すべり以前と以後の地形傾斜を左上の図に示した。以前の傾斜は20～35度、以後には30～45度になっている。箕ノ輪山東斜面は35度だが、これは上の地すべり前後の傾斜の範囲内にある。このことも箕ノ輪山東斜面での地すべり発生が現実的な問題であることを示す。





⑭

【説明】栗原市深山嶽の候補地は小野松沢層分布域内にある。そこでの地すべり面積占有率は 31.8%である。深山嶽へのアクセス道路は葛峰層分布域を通り、この層の分布域での地すべり面積占有率は 40.3%である。

**栗原市深山嶽**  
小野松沢層の分布面積 = 227917.14 (約3×4 km)  
地すべり地形の面積 = 72449.27  
地すべり地形の面積占有率 = 31.8%

葛峰層の分布面積 (迫川両岸のみ) = 65998.35 (約3×2 km)  
地すべり地形の面積 = 26587.91  
地すべり地形の面積占有率 = 40.3%

**加美町箕ノ輪岳**  
魚取沼層泥岩の分布面積 = 767888.83 (約5×6 km)  
泥岩中の地すべり地形の面積 = 295205.03  
地すべり地形の面積占有率 = 38.4%

一回り大きな図面での流紋岩の分布面積 = 71905.88  
流紋岩中の地すべり地形の面積 = 9619.66  
地すべり地形の面積占有率 = 13.4%

**大和町下原**  
流域面積 = 249793.31 (約5×10 km)  
地すべり地形の面積 = 177561.86  
地すべり地形の面積占有率 = 71.1%

鹿島町から富岡町まで、双葉断層から海岸線までの約54km×8kmから沖積平野を除いた領域の  
鮮新統と中位段丘の分布面積 = 129304.70  
地すべり地形の面積 = 389.47  
地すべり地形の面積占有率 = 0.31%

注：単位を付していない面積値の単位はピクセル

### まとめ

#### 地すべり地形の面積占有率

**栗原市深山嶽**  
小野松沢層中 = 31.8% (100倍)  
葛峰層中 = 40.3% (130倍)

**加美町箕ノ輪山**  
魚取沼層泥岩中 = 38.4% (120倍)  
流紋岩中 = 13.4% (43倍)

**大和町下原**  
流域面積中 = 71.1% (230倍)

常磐線沿線沿い  
鮮新統と中位段丘中 = 0.31%

←一つの地すべりが迫っている

←2つの地すべりが既に及んでいる

**地すべり面積占有率が著しく高く、地盤条件の悪い所を選んで処分場を建設する理由はない**

⑮

【説明】地すべり面積占有率算定の生データを左側に、まとめを右側に示した。地すべり面積占有率は、地すべり発生の危険性に比例する量であるから、3候補地での地すべり発生の危険性は、いずれも基準とした JR 常磐線沿いの地域の 100 倍以上である。このような所を処分場にしてはならない。