

平成30・31年度（令和元年度）安曇野市委託事業

安曇野市の 地盤と地震動に関する調査報告書

令和2年3月25日
信州大学震動調査グループ
信州大学理学部

目 次

1	はじめに	1
2	平成30・31年度(令和元年度)事業の概要	1
3	地震のゆれと地盤	2
3-1	地盤を伝わる地震の波	2
3-2	地盤の性質(固さ・軟らかさ)は揺れ方にどう関係するのか?	3
3-3	地盤図と揺れやすさマップの果たす役割	3
第4章	図集	5
4	安曇野市の地盤と揺れやすさの特徴	26
4-1	地盤と揺れやすさの解析の準備	26
4-1-1	ボーリングデータの収集・整理	26
4-1-2	調査データとりまとめの手順	27
4-2	安曇野市の地形と地盤の概観と活断層の位置	33
4-3	ボーリングデータ解析による安曇野市の表層地盤の全体的特徴	34
4-4	地盤図をもとに作成した揺れやすさマップ	35
4-4-1	揺れやすさマップの概要	35
4-4-2	揺れやすさマップの見方	36
4-4-3	安曇野市の地盤と揺れやすさ	37
5	微動アレー探査による安曇野市の地下構造の特徴	40
5-1	微動アレー探査の目的	40
5-2	微動アレー探査の概要	42
5-2-1	計画準備	42
5-2-2	微動アレー探査の実施	42
5-3	探査結果	46
5-3-1	微動アレー探査の流れ	46
5-3-2	表面波の抽出(分散曲線の計算)	46
5-3-3	S波速度構造の推定(逆解析)	47
5-4	解析結果	49
5-4-1	観測分散	49
5-5	解析結果の検討	55
5-5-1	基盤層および中間層のS波速度に関する検討	55
5-5-2	解析S波速度構造断面	57
5-5-3	安曇野市の地下構造断面	61

5-5-4	安曇野市の伏在断層と基盤標高分布	65
5-6	松本盆地東縁断層と小谷-中山断層	70
5-7	微動アレー探査まとめ	71
6	安曇野地域の地震の歴史	72
6-1	歴史地震の概要	72
6-2	1847年善光寺地震	73
6-3	市内の地盤のゆれの特徴	75
6-4	まとめ	76
7	用語解説	77
8	むすび	83
	謝辞	84
	ボーリングデータ提供元機関一覧	85
	参考文献	86
	地図データ諸元	90
	信州大学震動調査グループメンバー	91
	信州大学震動調査グループの打ち合わせ会議開催経過	91
	著作権について（お願い）	92
	巻末図 安曇野市の揺れやすさマップと断層	

1 はじめに

本報告書は、安曇野市からの委託を受けて平成 30～31 年（令和元年）度の 2 ヶ年にわたって実施された調査の結果を取りまとめたものです。事業では安曇野市地域の地盤調査を実施して、その結果をもとに揺れやすさマップを作成するとともに微動アレー探査によって安曇平の地下に伏在が予想される断層の位置や落差等を把握し、盆地底の地下構造を明らかにすることを主要な目的としました。それらの結果を今後の当該市の地震防災面における各種施策の強化に結び付けていただくことが大きな狙いでもあります。

平成 26 年(2014 年)11 月 22 日に発生した、白馬村付近を震源地とする M6.7 の大きな地震（神城断層地震または 11.22 長野県北西部の地震）は記憶に新しいところです。この地震による被害は、震源の東部にあたる長野市鬼無里・戸隠地域、小川村、さらには遠く離れた長野市・飯縄町・信濃町地域など広範囲にわたるものでした。安曇野市地域では揺れがそれほど大きなものではなかったことから、被害も極めて小さなものであったことは幸いでした。神城断層の南方延長部である松本盆地東縁断層は、当該市の東部山麓部を南北に走る断層ですが、糸魚川―静岡構造線系の活断層の一つとして神城断層と並んで国による評価でも注意すべきものとされているものです。そのことを鑑みれば、本事業のもつ地震防災上の意義は大きいと思われまます。

安曇野市では、令和 2 年度に従来の防災マップを全面的に見直す予定であると聞いております。地震防災面での市民の意識を一層強めていただく上で、ぜひとも本報告書の内容を防災マップにも入れ込むなど活用し、また各種防災施策にも生かしていただくことを願います。

本事業を進めるにあたっては、謝辞にも記した通り安曇野市長はもとより危機管理課をはじめとする多くの市役所関係者、関係機関にお世話になりました。また、微動アレー探査にあたっては地元地権者や学校関係者など多くの方々にお世話になりました。心から御礼申し上げます。

2 平成 30・31 年（令和元年）度の事業の概要

2 年間にわたり実施した本事業の経過概要は以下の通りです。

1) 微動アレー探査

平成 30 年 7 月～9 月

地表踏査と既存資料による平成 30 年度探査測線の選定作業

平成 30 年 8 月～9 月

探査依頼先企業の選定・決定作業

平成 30 年 11 月 9 日～11 月 13 日

探査実施

平成 30 年 12 月～1 月

探査結果の解析・整理

平成 31 年 2 月

- 探査結果報告書の作成・確認作業
- 令和元年 6月～8月
- 令和元年度探査測線の選定作業
- 令和元年 11月 18日～11月 23日
- 探査実施
- 令和 2年 12月～2月
- 探査結果の解析・整理
- 令和 2年 3月
- 探査結果報告書の作成・確認作業

2) ボーリングデータの収集・整理

- 平成 30年 6月～12月
- 既存ボーリングデータの収集作業
- 平成 31年 1月～令和元年 12月
- データの整理作業

3) 平成 30年 6月～令和元年 8月 地形・地質にかかわる地表踏査と結果の整理

4) 平成 30・31年（令和元年）度調査結果報告書の作成

5) その他

打ち合わせ会議の開催（1回/月）

3 地震のゆれと地盤

3-1 地盤を伝える地震の波

地震の波は、地下の深いところ（地下深度、数 km～100km 程度）にある震源断層で発生し、地下の地盤を伝わって地表に届きます。

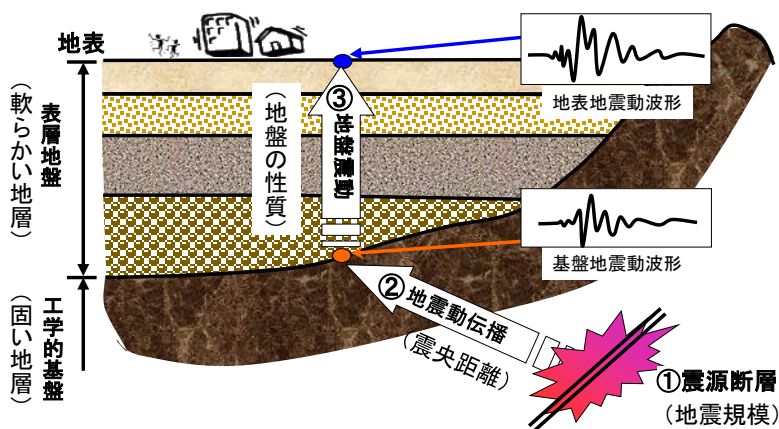


図 3-1 は、地震波が地下の地盤を伝わって地表に伝わる様子を模式的に表しています。①震源断層で発生した地震波は、②固い地層（工学的基盤、あるいは後述の建築支持基盤と考えられる地層）まで伝播し、③表層のやや軟らかい堆積地盤の中を、反射と屈折を繰り返しながら、地表へと到達します。この地表の地震波が、

図 3-1 地盤を伝える地震の波（岐阜県, 2002 に修正・加筆）

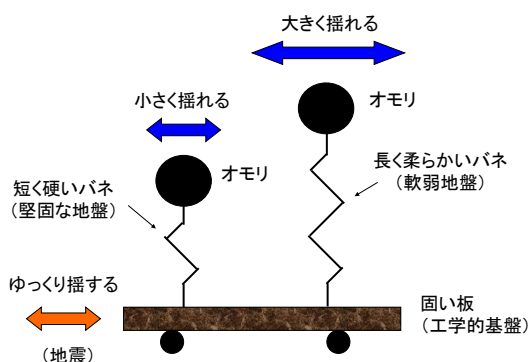
いわゆる地震による地盤の揺れとなるのです。一般に、震源断層が長くて大きいほど、地震の規模（マグニチュード）は大きくなります。また、震源から工学的基盤までの距離（震

央距離)が近いほど、地盤の揺れ(地震波の振幅)が大きくなります。地表の揺れの大きさの目安は、気象庁が発表する震度階級により知ることができ、地震発生直後に震度速報が発表されるシステムが現在構築されています。

3-2 地盤の性質(固さ・軟らかさ)は揺れ方にどう関係するのでしょうか?

地盤の揺れは、物理学では逆さ振り子(図 3-2)に例えられます。逆さ振り子は、オモリの下に垂直にバネが付いていて、バネはその下の固い板に固定されています。そして、この板をゆするとオモリが揺れる仕組みです。さて、強さの違うバネを持つ二つの逆さ振り子を同時に揺ると、揺れ方にどのような違いが生じるのでしょうか?

固い板をゆっくり揺ると、短くて硬いバネを持つ逆さ振り子は小さく揺れ、長くて柔



らかいバネを持つ逆さ振り子は大きく揺れるはずですが。ここで用いられる固い板を工学的基盤、長い逆さ振り子を軟らかい(軟弱)地盤、短い逆さ振り子を固い(堅固)地盤とみなすことができます。

要するに、軟らかい(軟弱)地盤では、地震による揺れが大きくなる場合が多いのです。一般に、地盤は深度が深くなるほど固く締まっていますので、地表のごく浅いところの地盤の性質が揺れの大きさに効いてくることになります。

図 3-2 バネの強さが違う二つの逆さ振り子

3-3 地盤図と揺れやすさマップの果たす役割

3-1や3-2で述べたように、地震の際の地盤の揺れ方は、その場所の地盤の性質に左右されますが、特に表層近くの地盤が軟らかいか、固いか、が大きく関係しています。そこで私たちは、2011年6月30日の松本の地震や2014年11月22日の長野県北西部地震(神城断層地震)の教訓を生かし、地震に強い街づくりに役立ててもらうために安曇野市内でこれまでに掘削されたボーリングのデータをできるだけ集め、それをもとに地表近くの地盤の状況を、ボーリング柱状断面図・建築支持基盤深度図・軟弱地盤の厚さ分布図などからなる地盤図にまとめました。これらの図の作成に使用したボーリング本数は1,300本を超えます。

これらの地盤データをもとに、「揺れやすさマップ」を作成しました。地震の際の揺れ方が地盤の性質(固い地盤か軟らかい地盤か、軟らかい地盤がどれくらいの厚さで堆積しているか)などに強く関係していますので、「揺れやすさマップ」は、地盤の特徴の別の表現でもあるのです。

また、松本から大町にかけての盆地がフォッサマグナ西縁の糸魚川-静岡構造線に沿う盆地であることから、この断層に関する伏在断層についての微動アレー探査も実施し、盆地地下の構造について新たなデータを得ました。

現在、橋や道路、ビルなど、構造物の基礎設計に関しては耐震基準が厳しく定められて

います。そしてそれに関して正確な地盤のデータが必要とされています。また、地震による都市災害をできるだけ軽減するために、地盤データにもとづいた震度予測図（揺れやすさマップ）を作成し、それを基に防災対策を策定する行政機関も次第に増えてきました。今回作成した地盤図や揺れやすさマップが、安曇野市民すべてにとっての「地震に強い街づくり」に活かされることを願っています。

第4章 図集

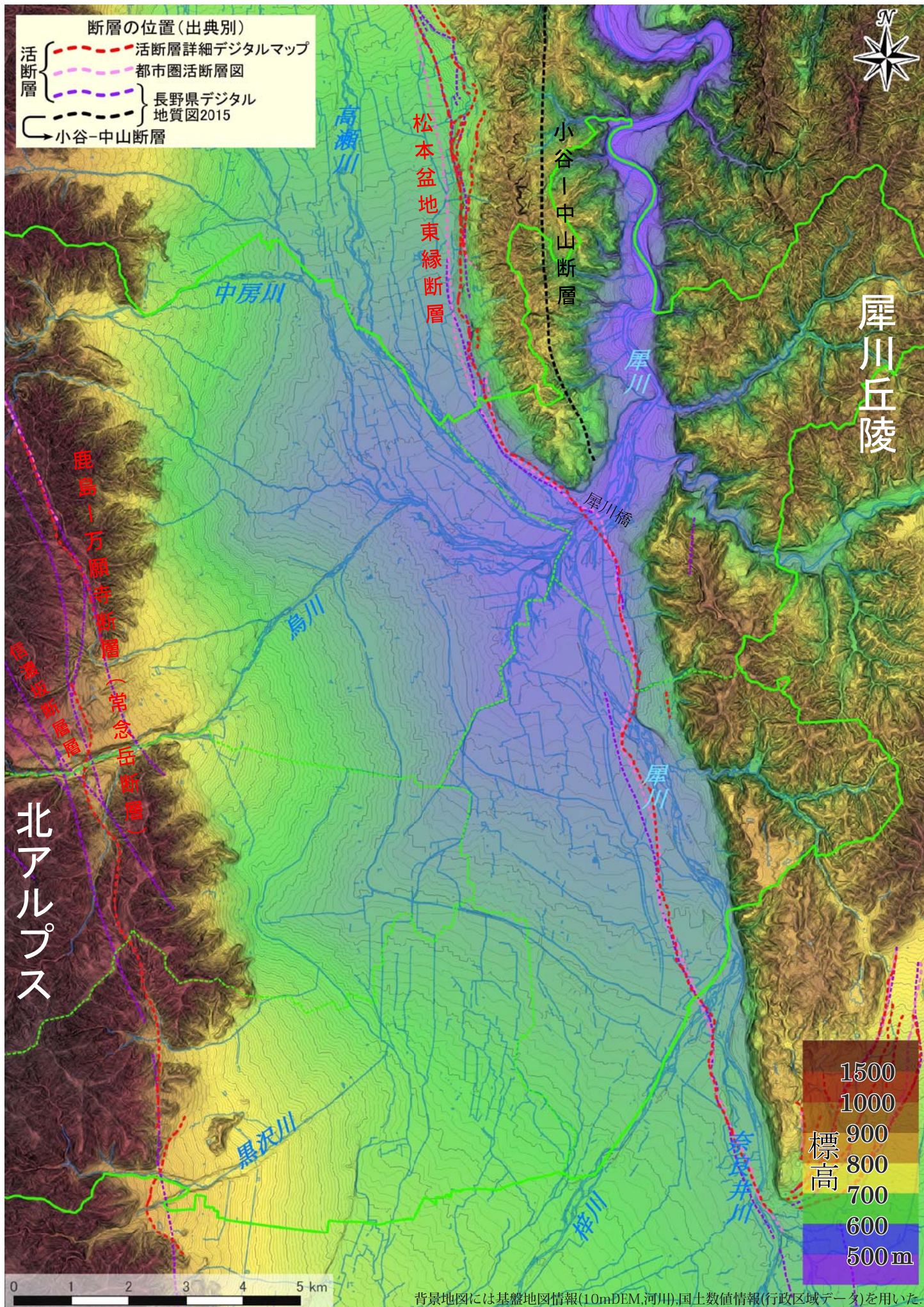


図4-2-1 安曇野市の地形と既知の活断層の位置

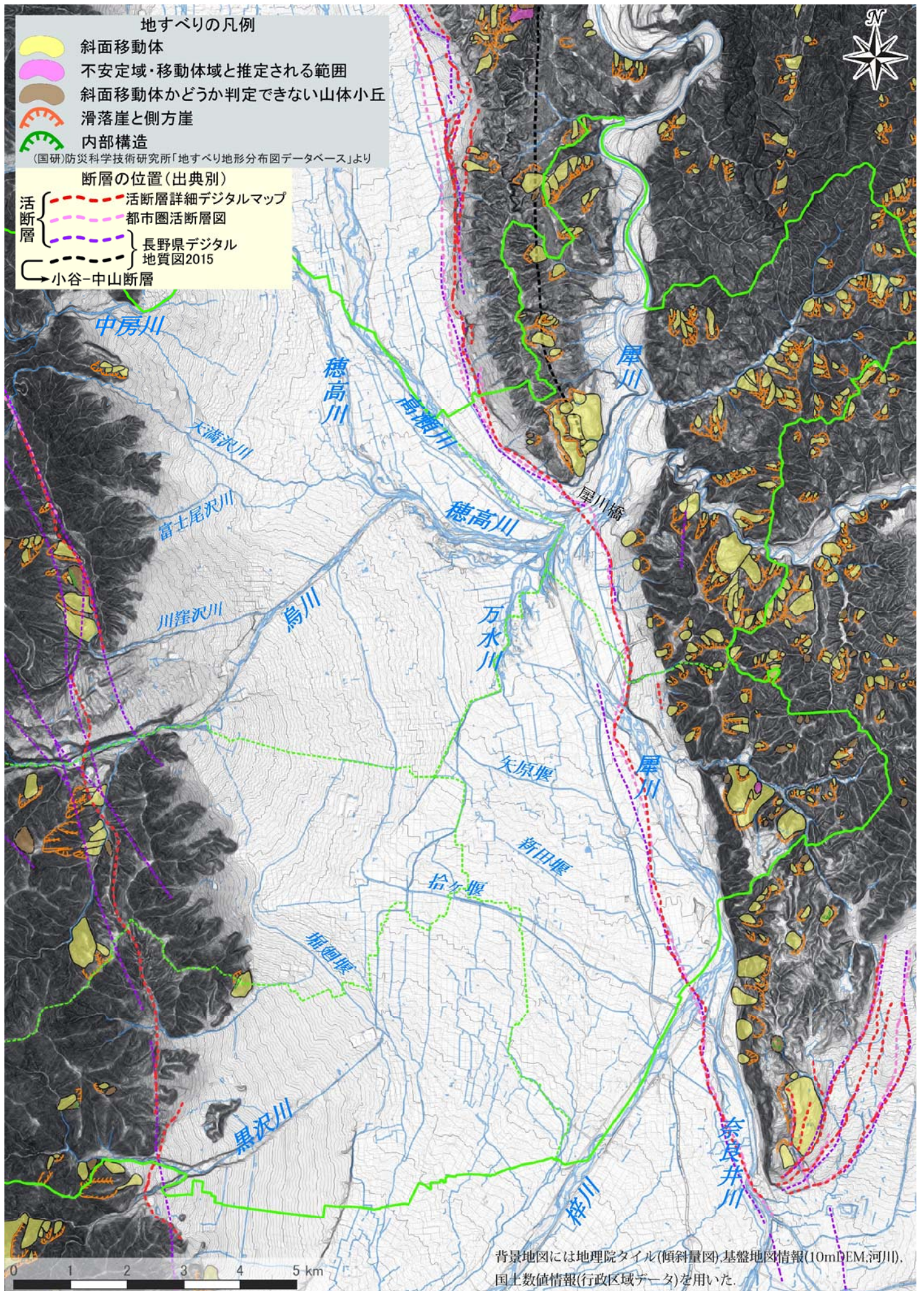
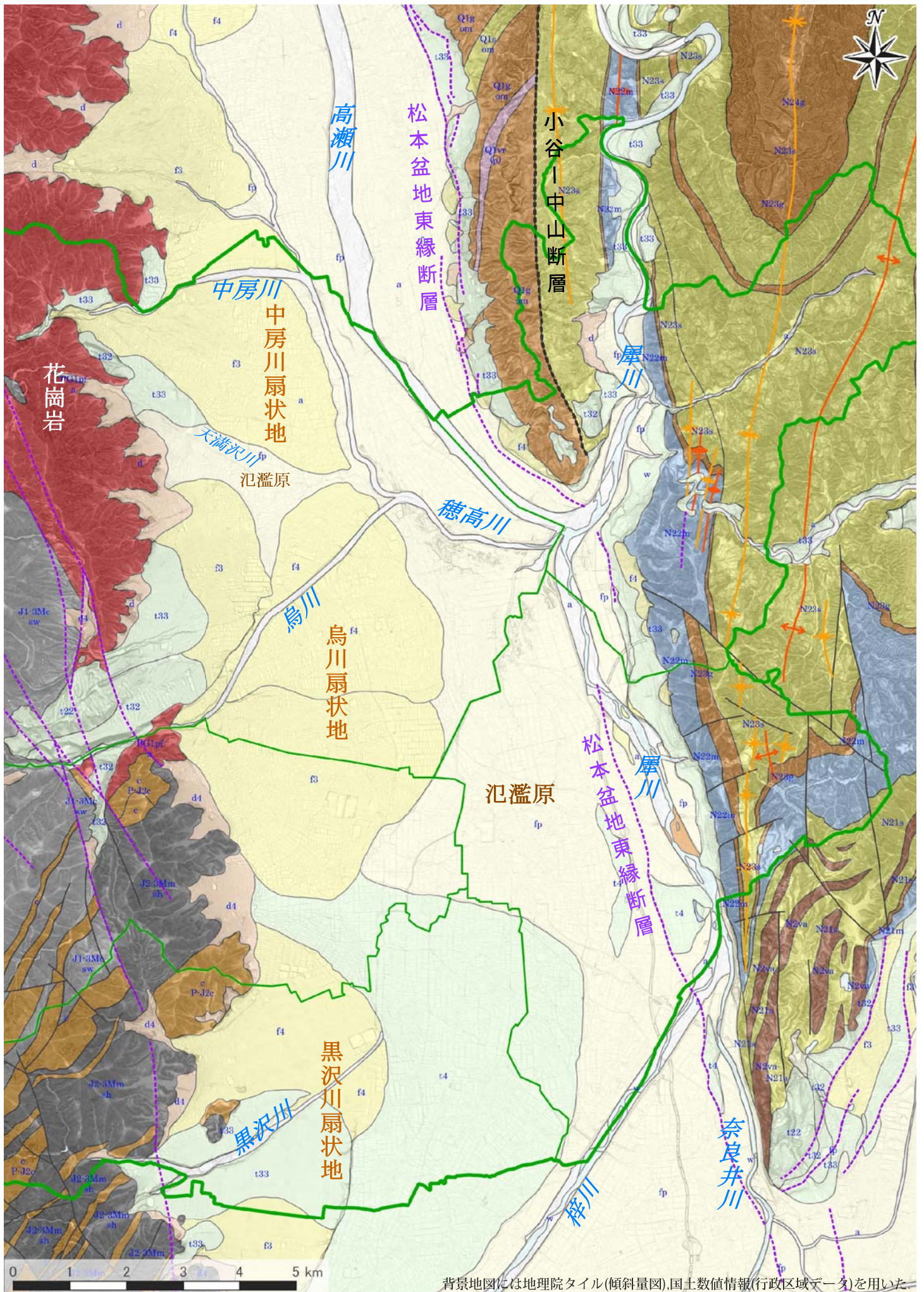


図4-2-2 安曇野市の地形と地すべりの分布



背景地図には地理院タイル(傾斜量図),国土数値情報(行政区画データ)を用いた。

図4-2-3 安曇野市の地質図 (長野県デジタル地質図2015による)

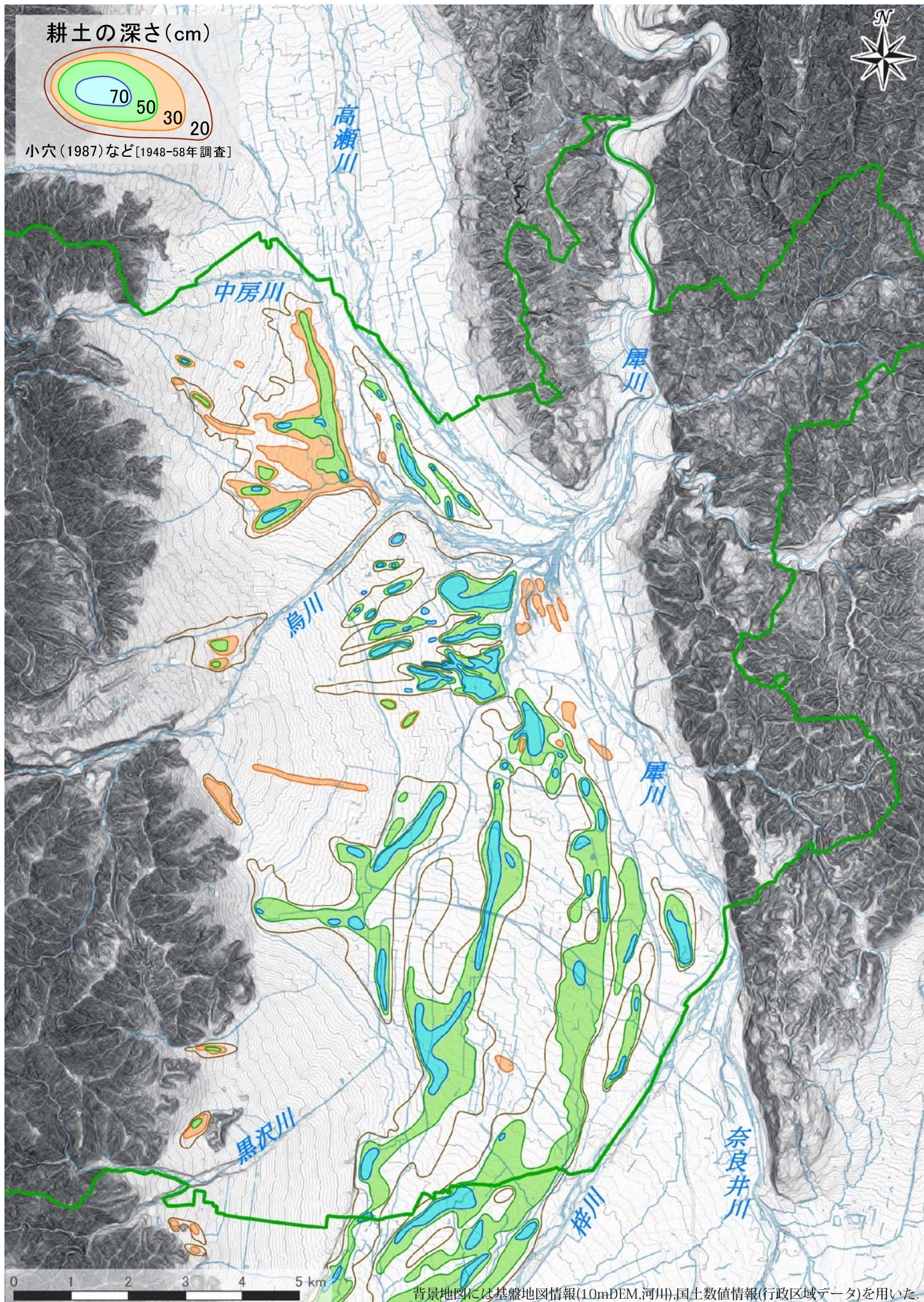


図4-2-4 南安曇郡の耕土の深さ分布

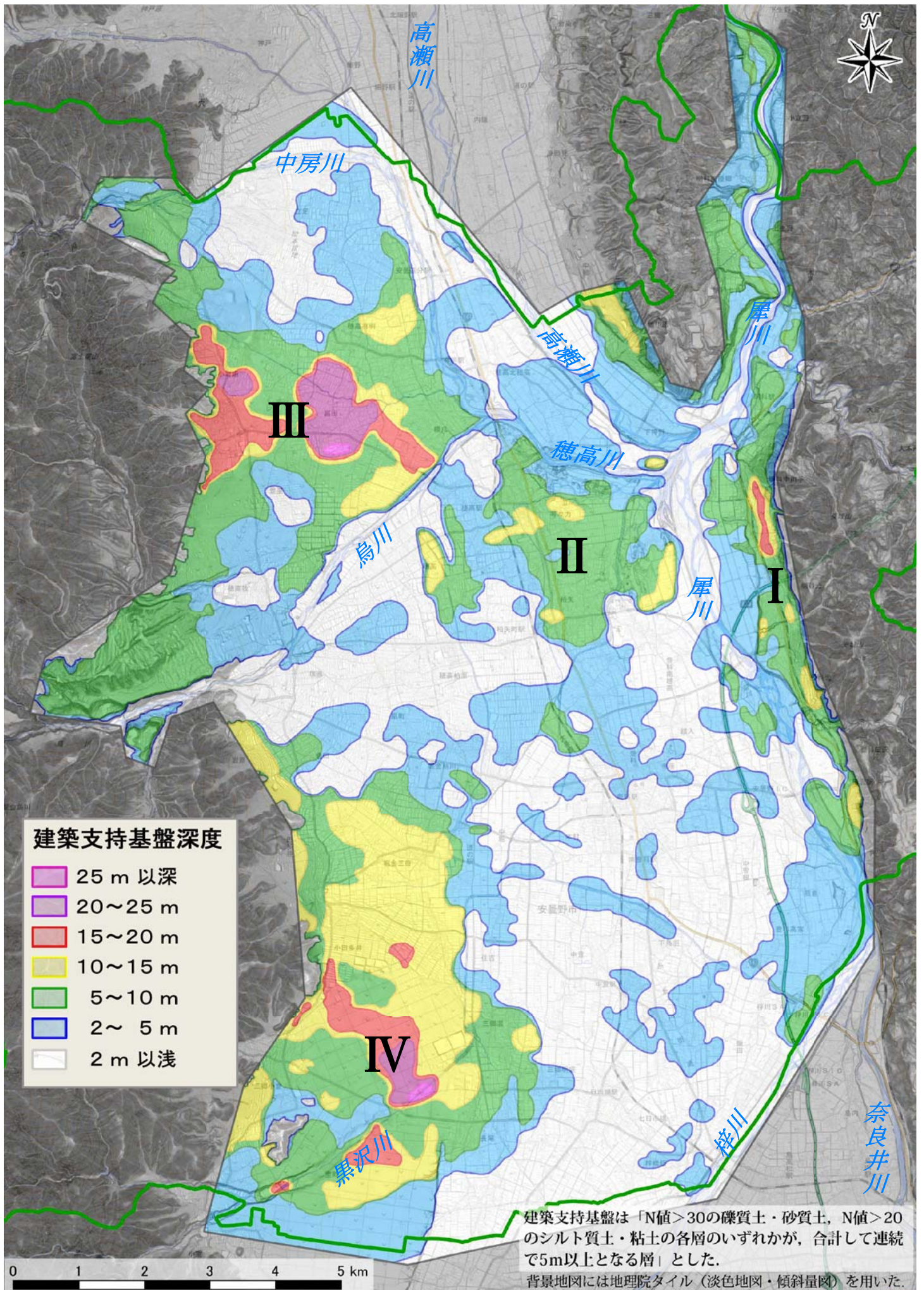


図4-3-1 建築支持基盤深度図

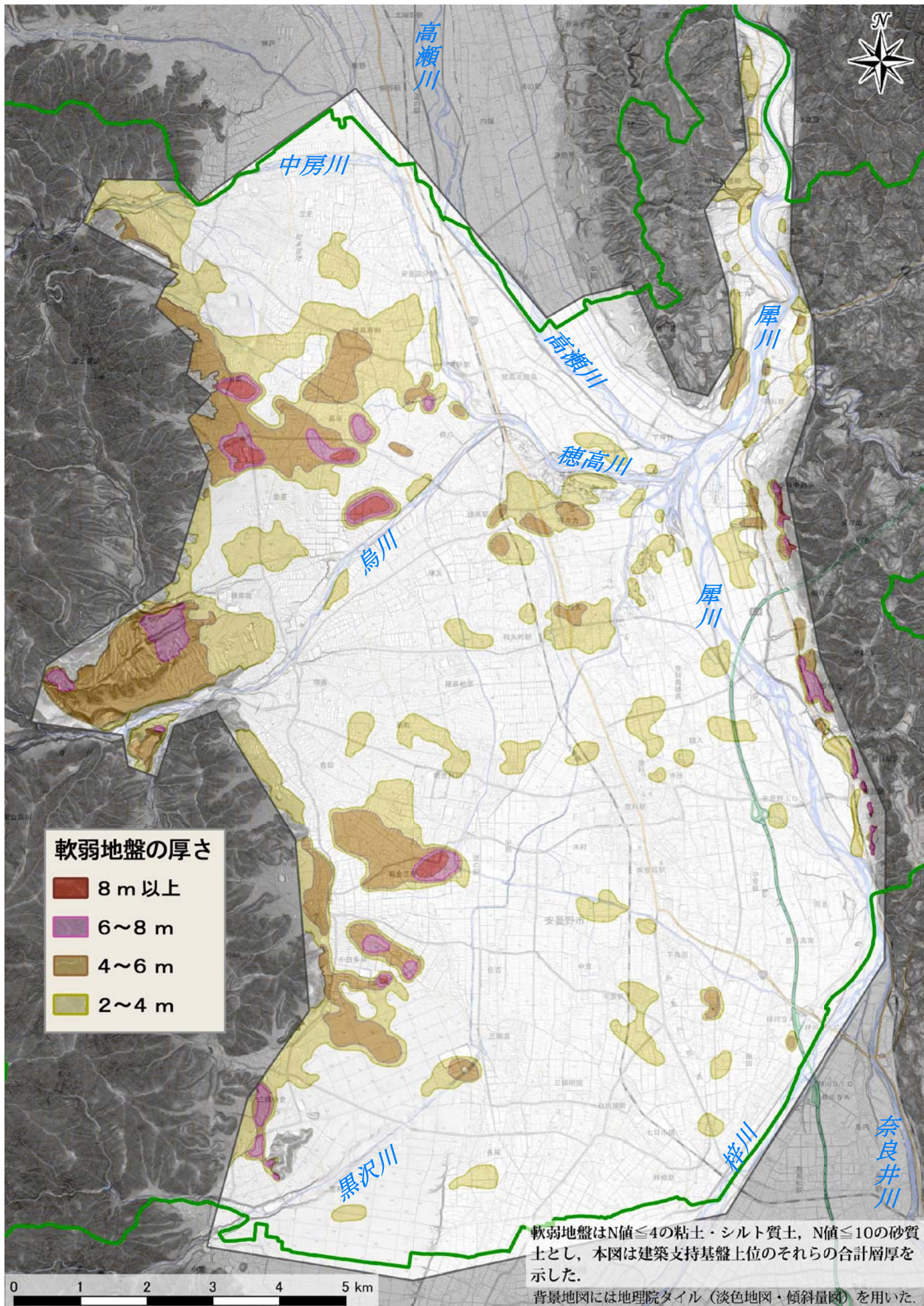


図4-3-2 軟弱地盤の厚さ分布図

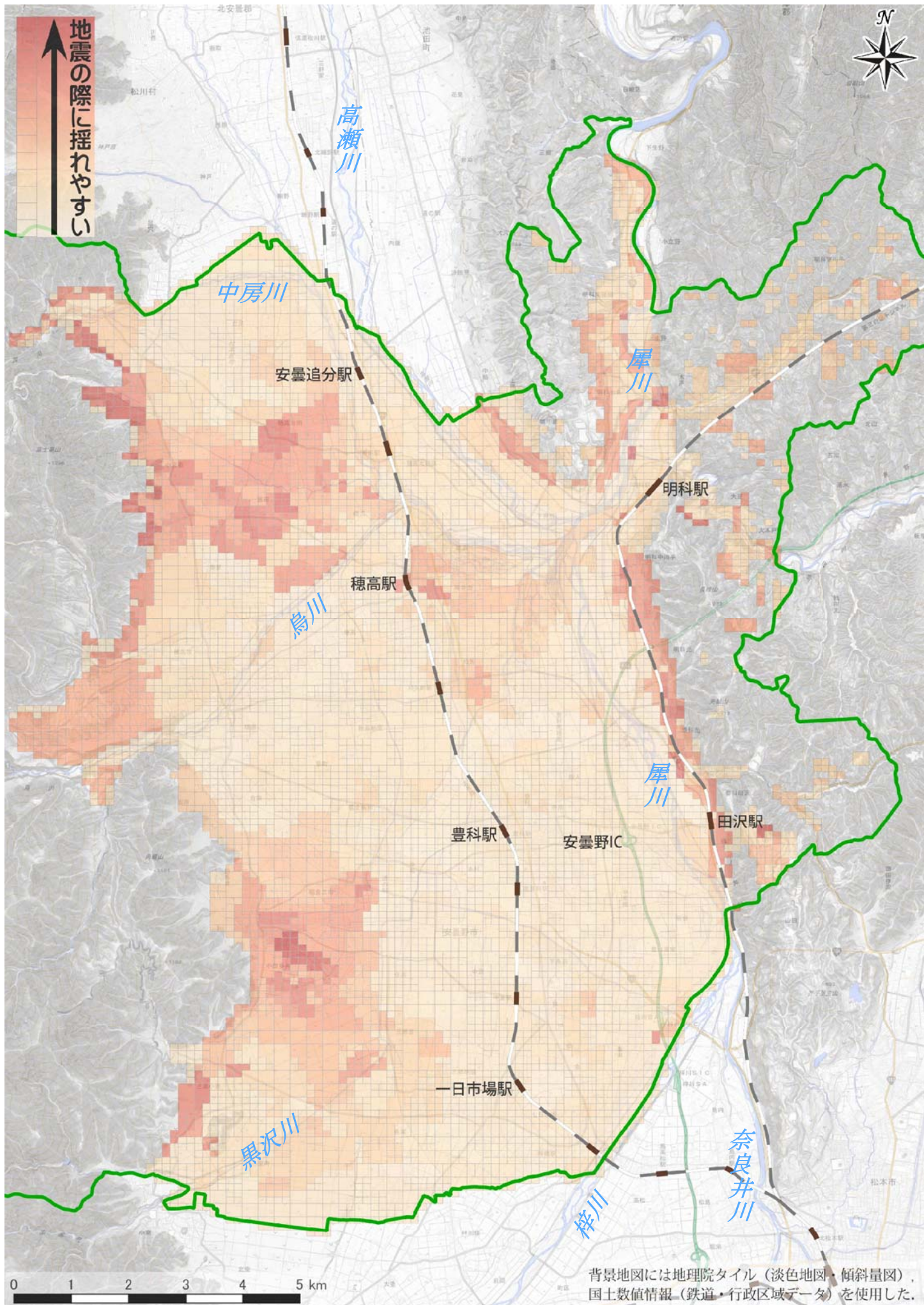


図4-4-1 安曇野市の揺れやすさマップ

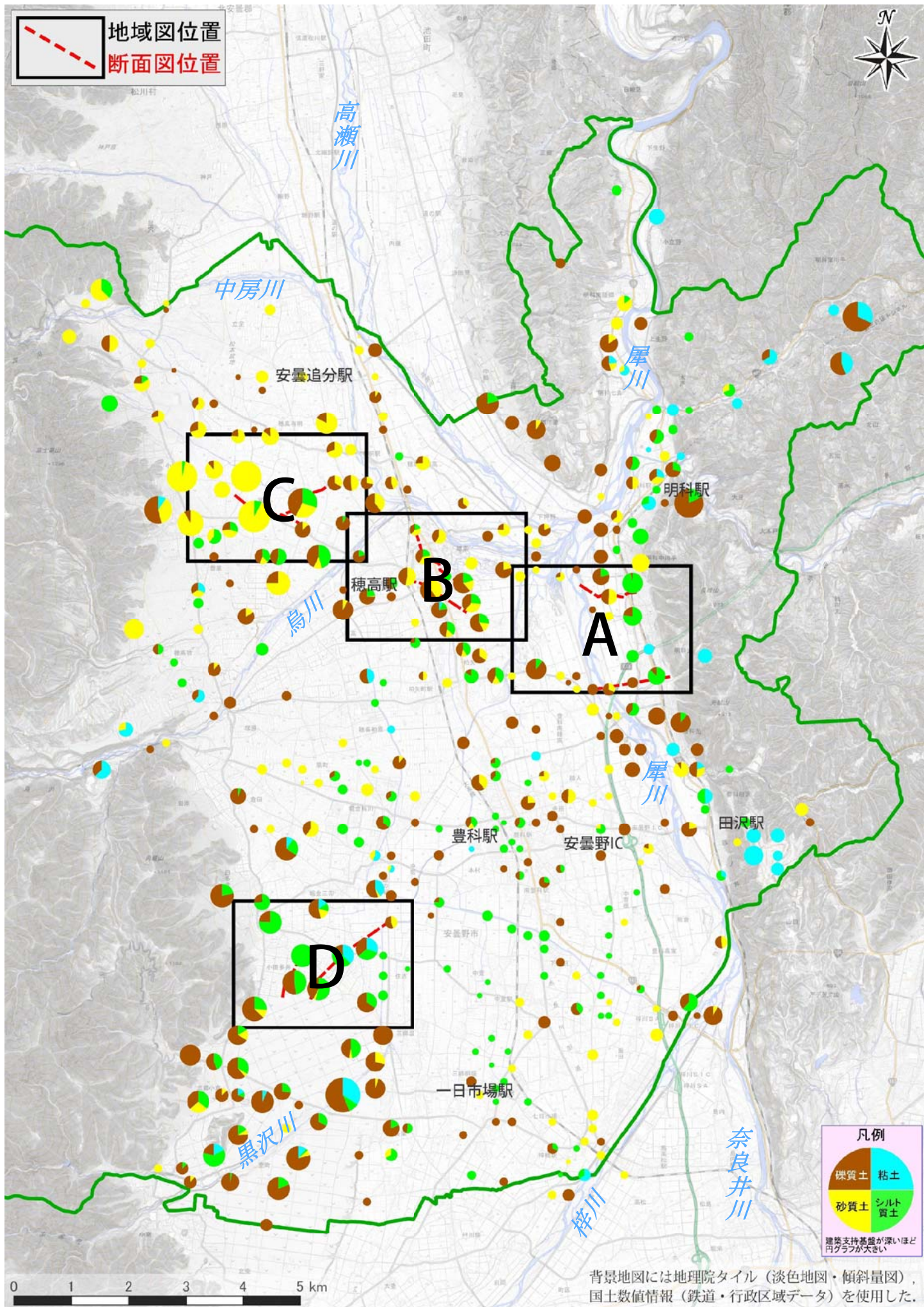


図4-4-3 揺れやすさマップと各地の地盤の索引図

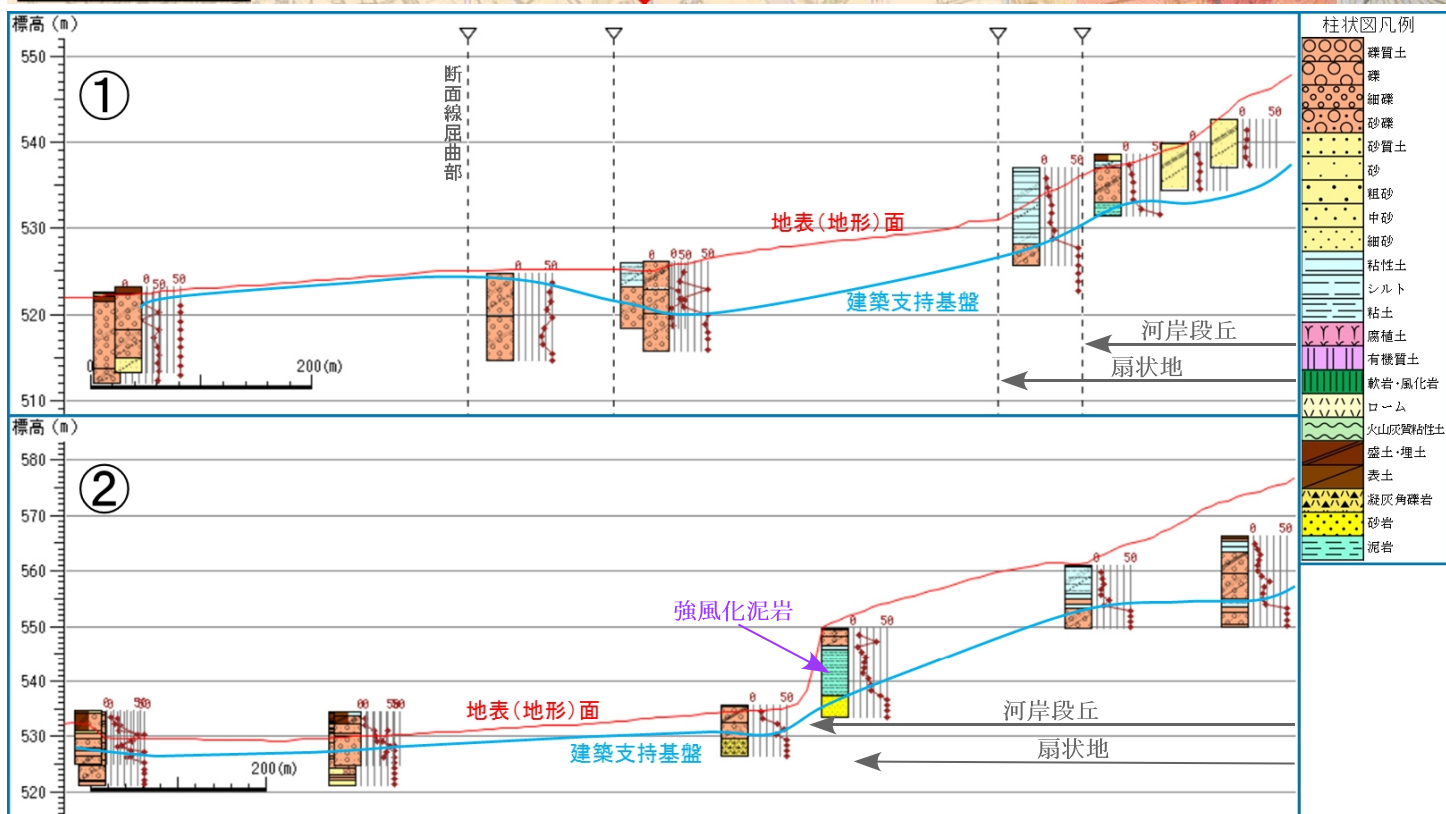
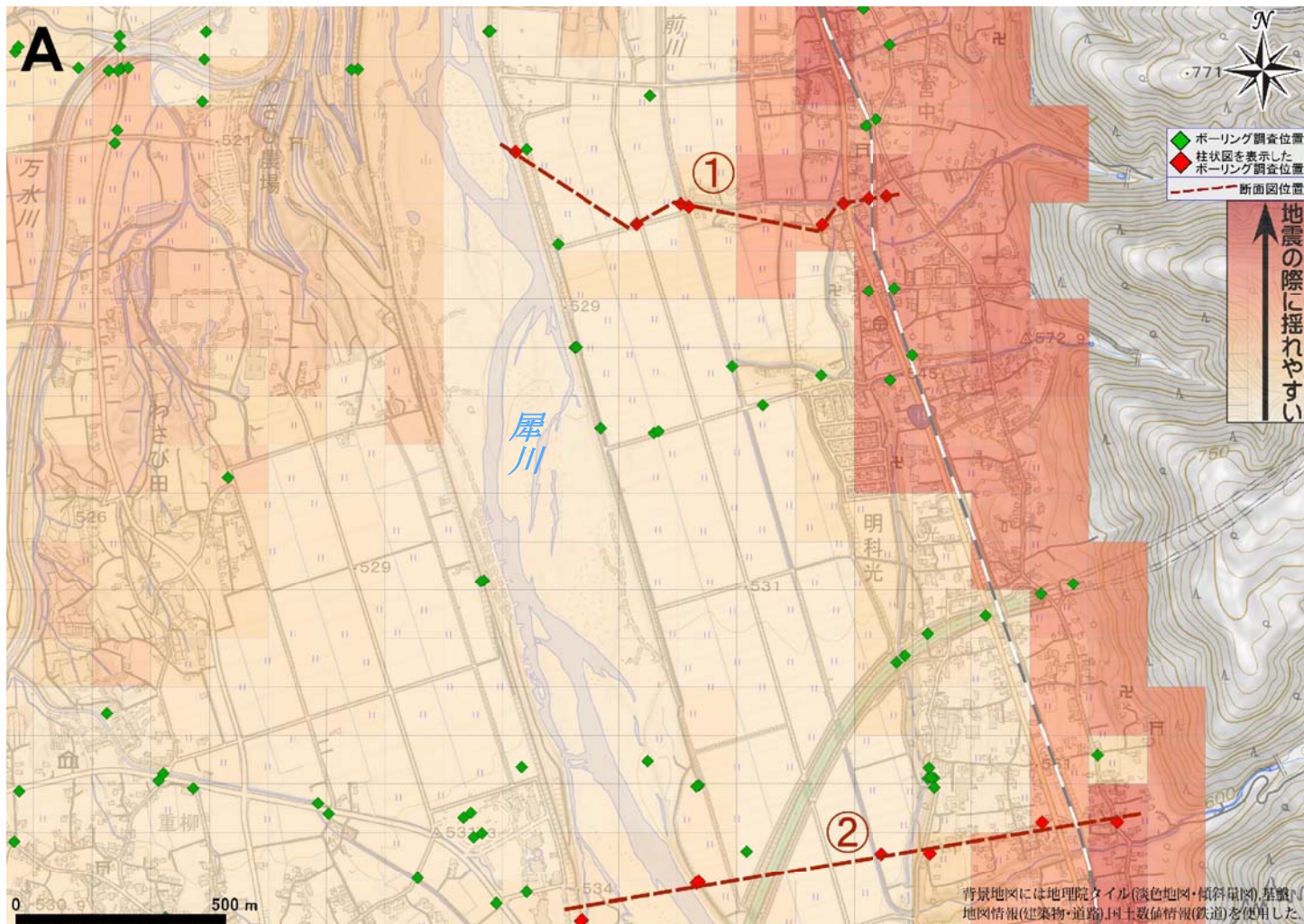
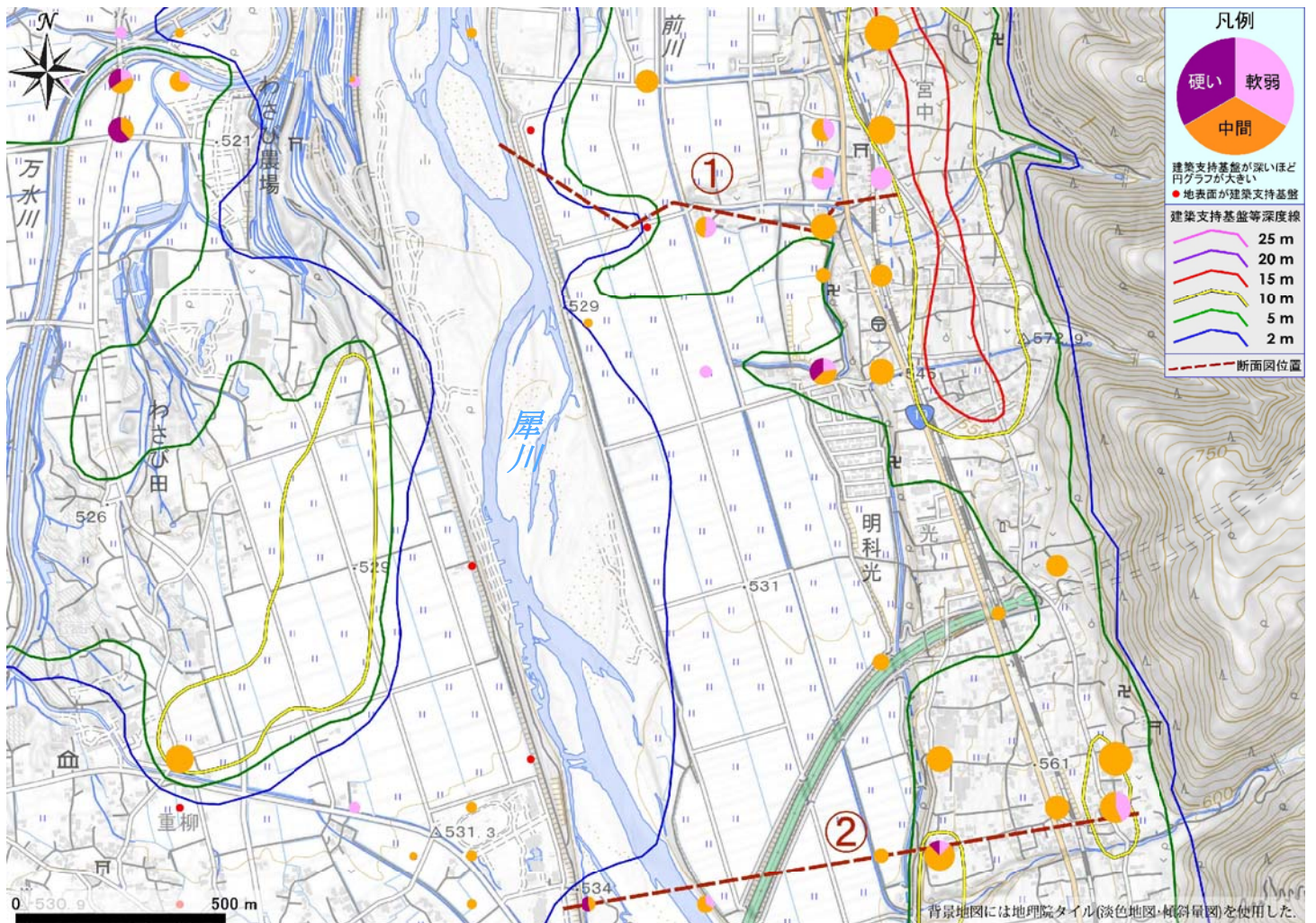
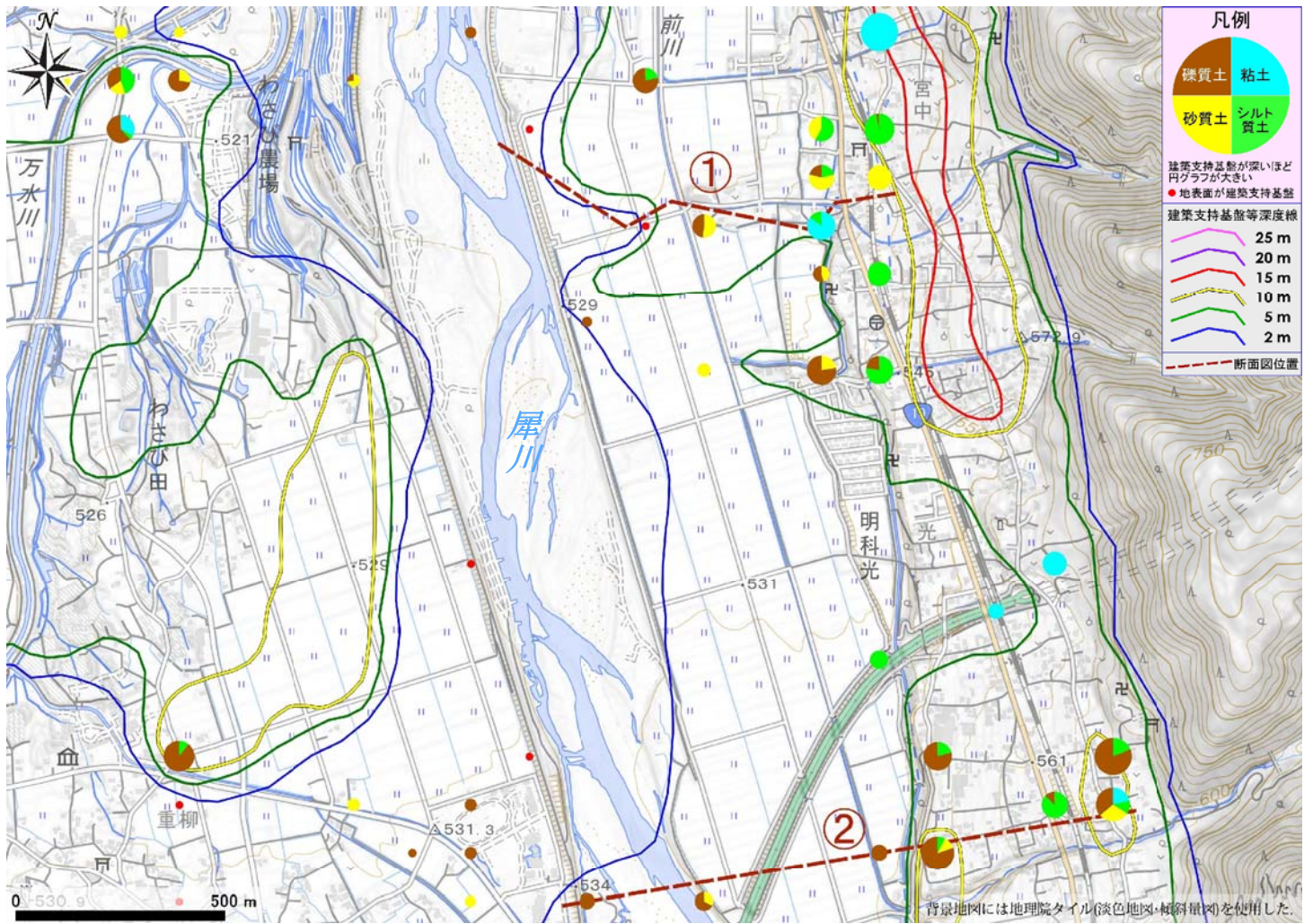


図4-4-3-A 揺れやすさマップと各地の地盤1

段丘面上では建築支持基盤が深い地域が多く、断面線①付近の段丘上は扇状地堆積で覆われ、10m近い軟弱な砂質土や中間的な硬さの粘土などのため揺れやすく、さらに段丘の下まで扇状地堆積物が達し、中間的硬さのシルト質土のため揺れやすい地盤になっている。

断面線②の段丘上では中間的な硬さの礫質土、著しく風化した泥岩のため揺れやすくなっている。犀川の氾濫原は礫質で比較的揺れにくい地盤だが、万水川周辺の緩い砂礫がたまっているようなところでは、やや揺れやすくなっている。



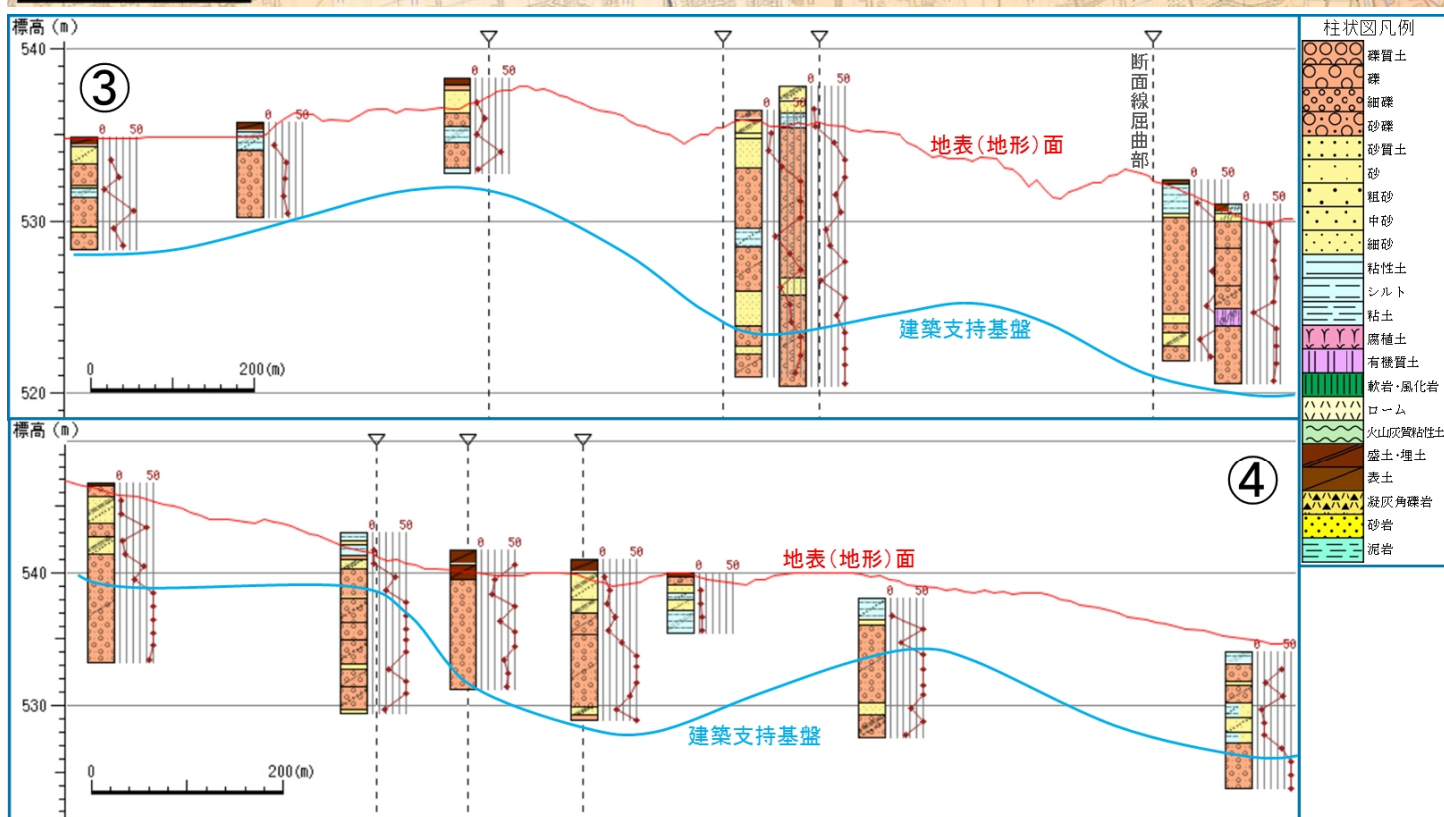
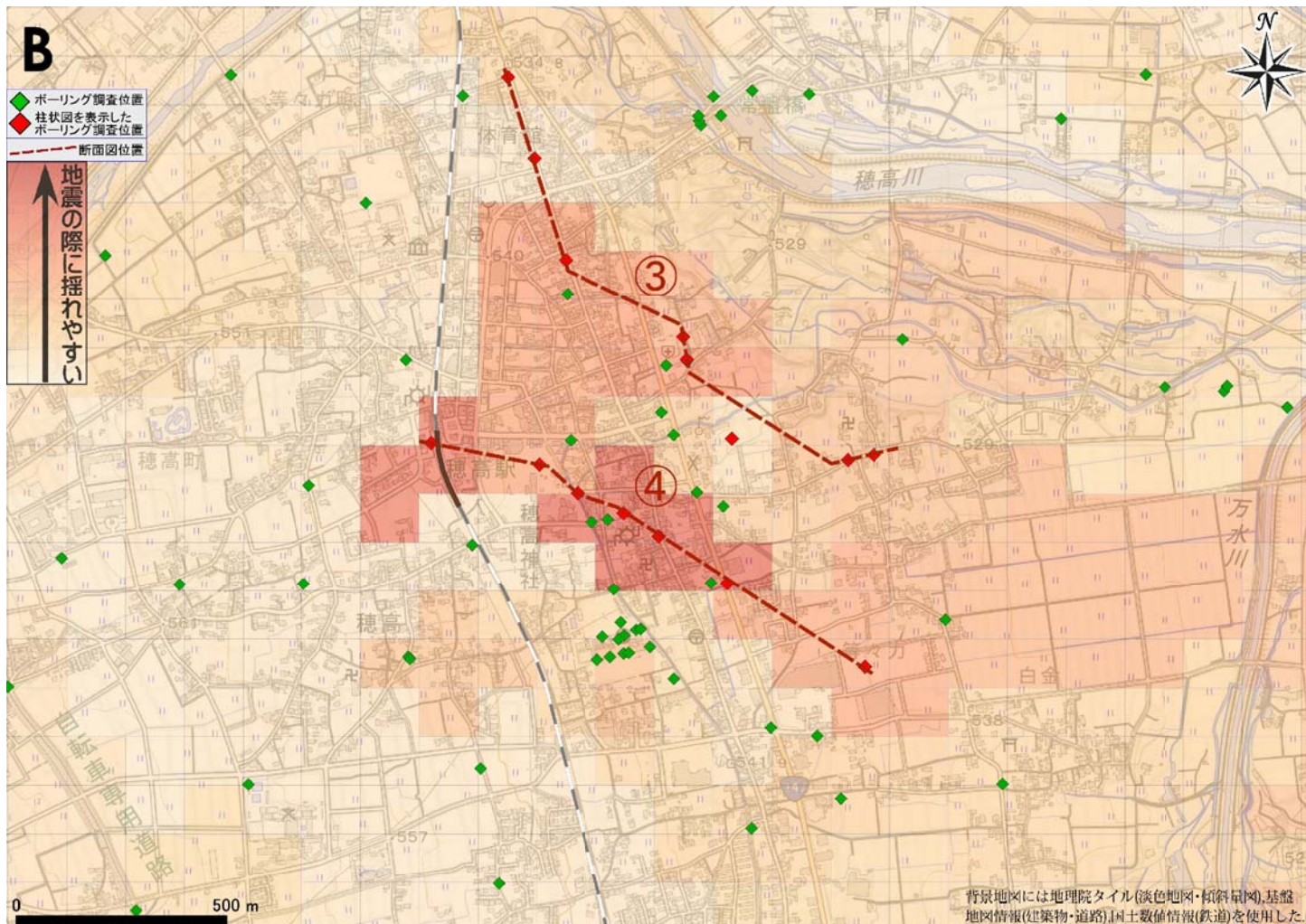
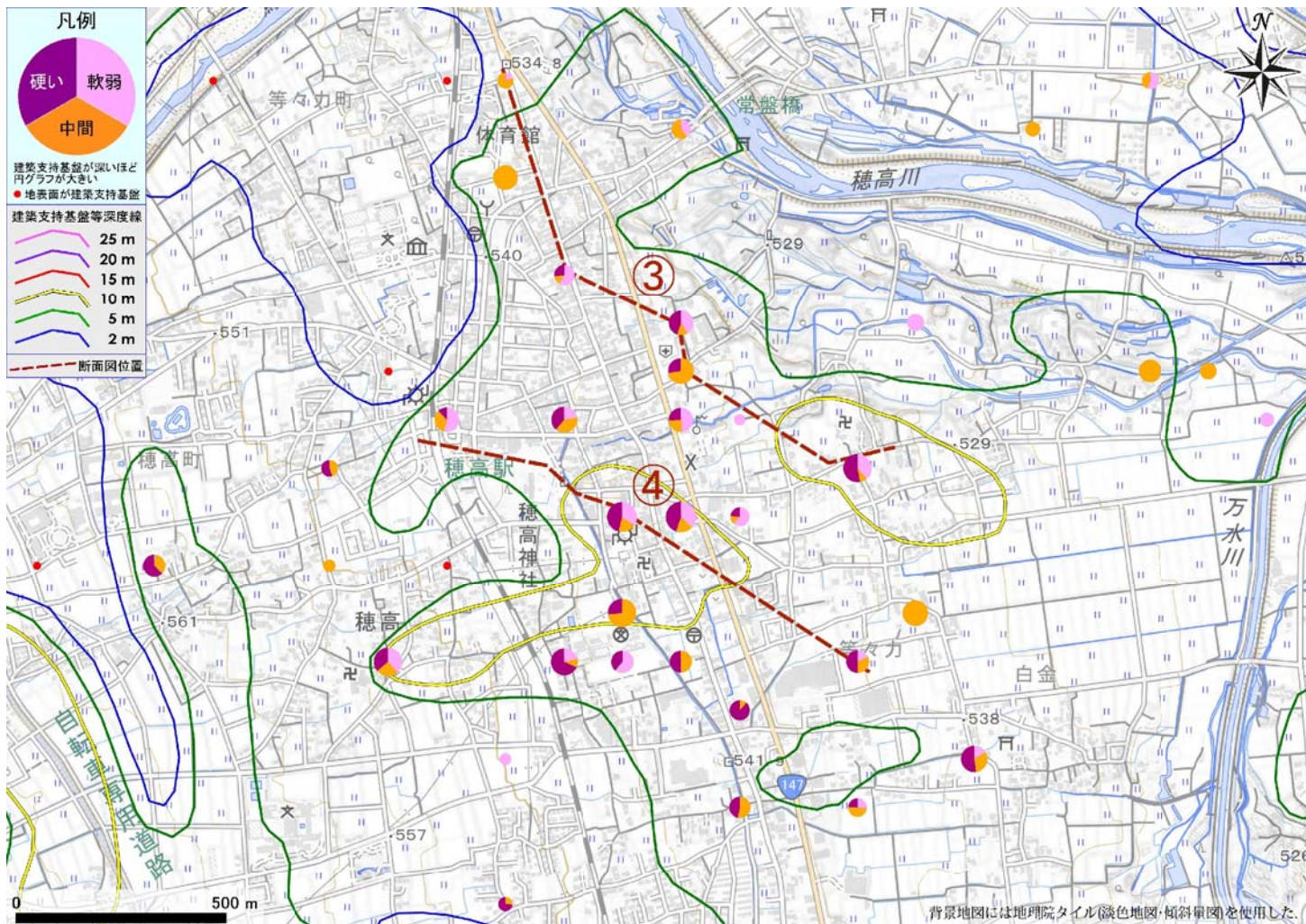
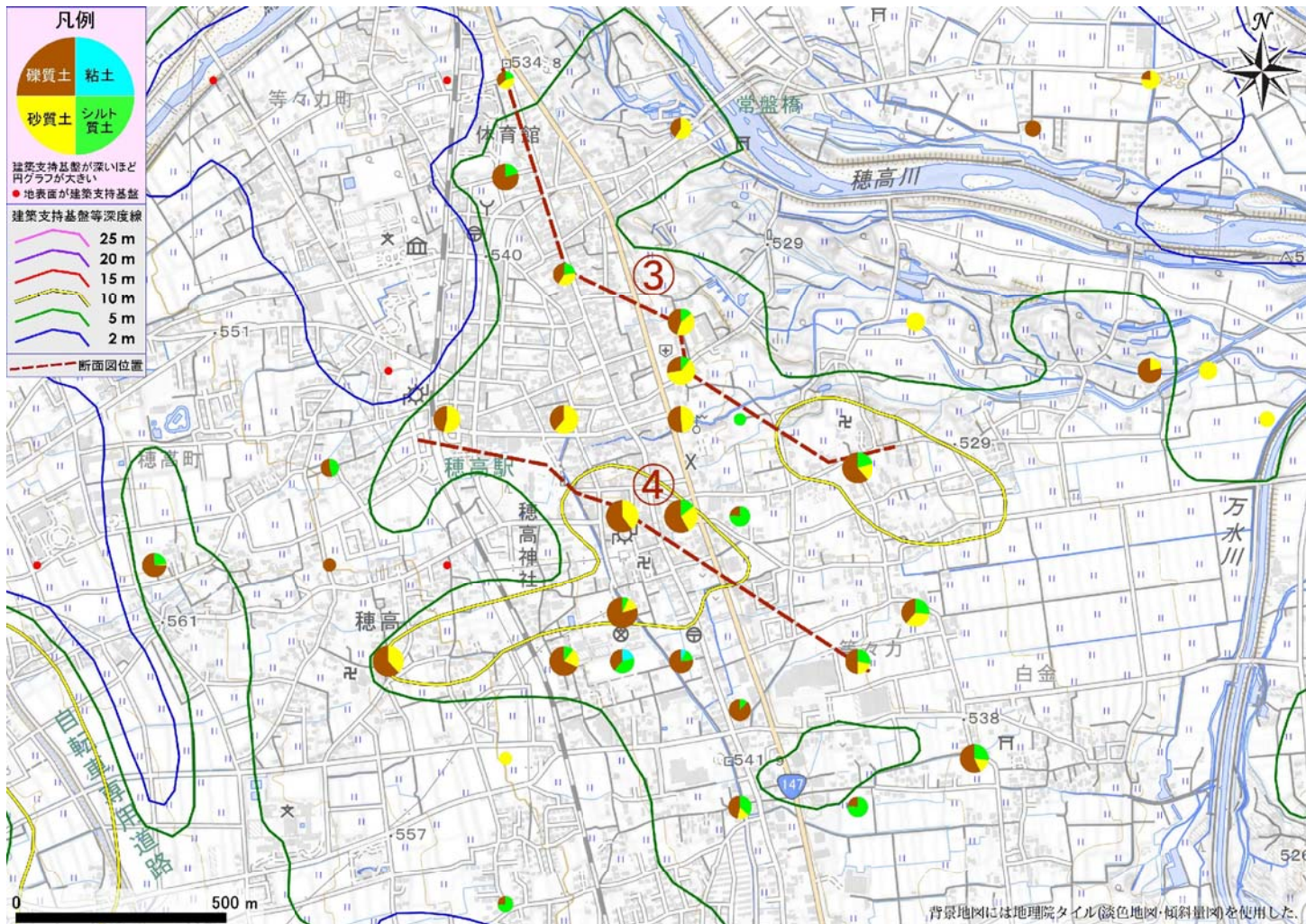


図4-4-3-B 揺れやすさマップと各地の地盤2

断面線③④とも建築支持基盤5~10m程度であるが、間に硬い礫質土が厚くたまっている場合が多い。この付近は三川合流部の近くで基本的には礫質な堆積物がたまりやすい環境だったが、軟弱な砂質土、シルト質土が厚くたまることもあるため揺れやすい地域となっている。ただし、狭い地域でも地盤構成は様々で、実際には揺れやすい地域、とそれほどでもない地域が混在しているはずである。



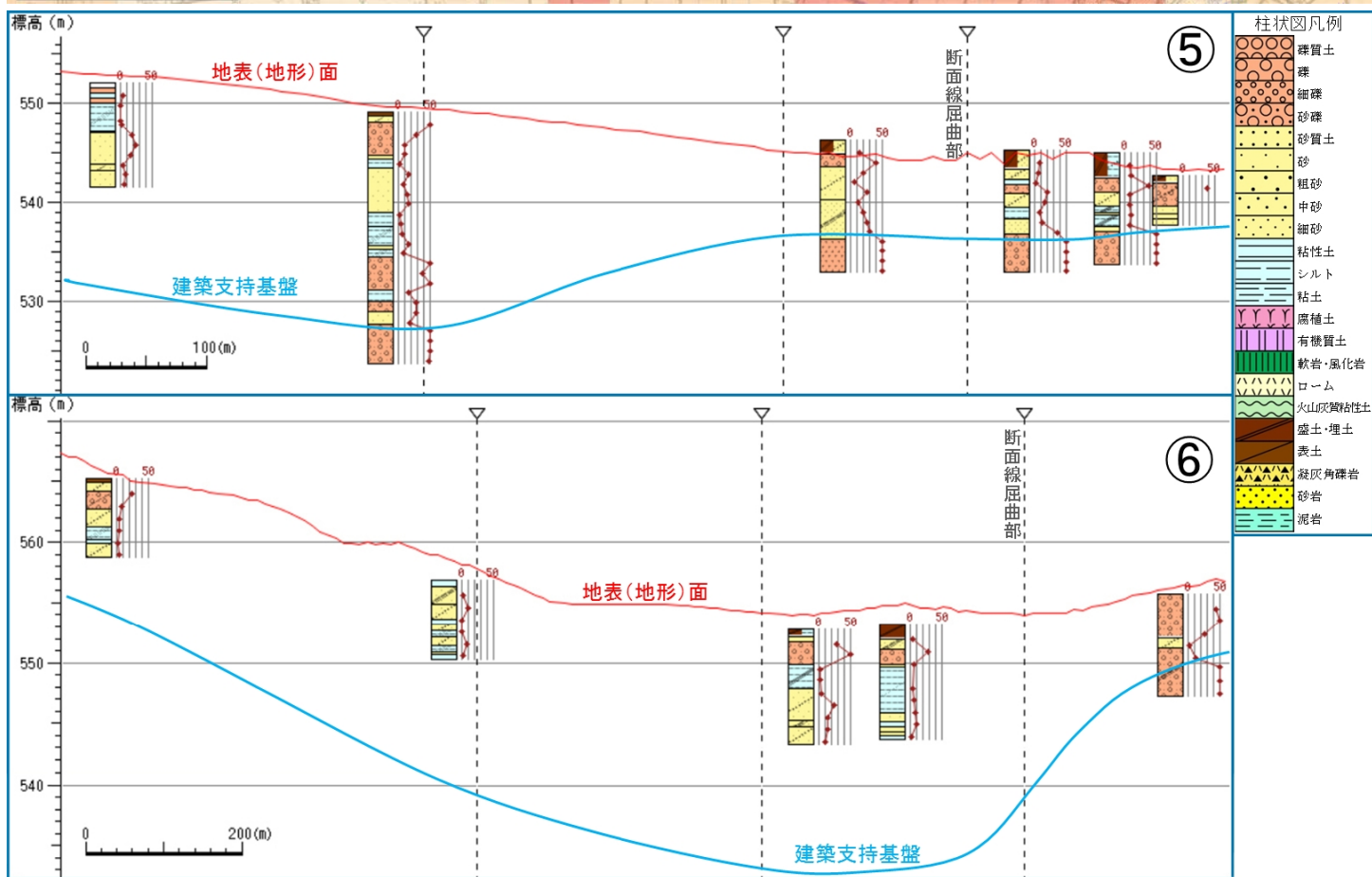
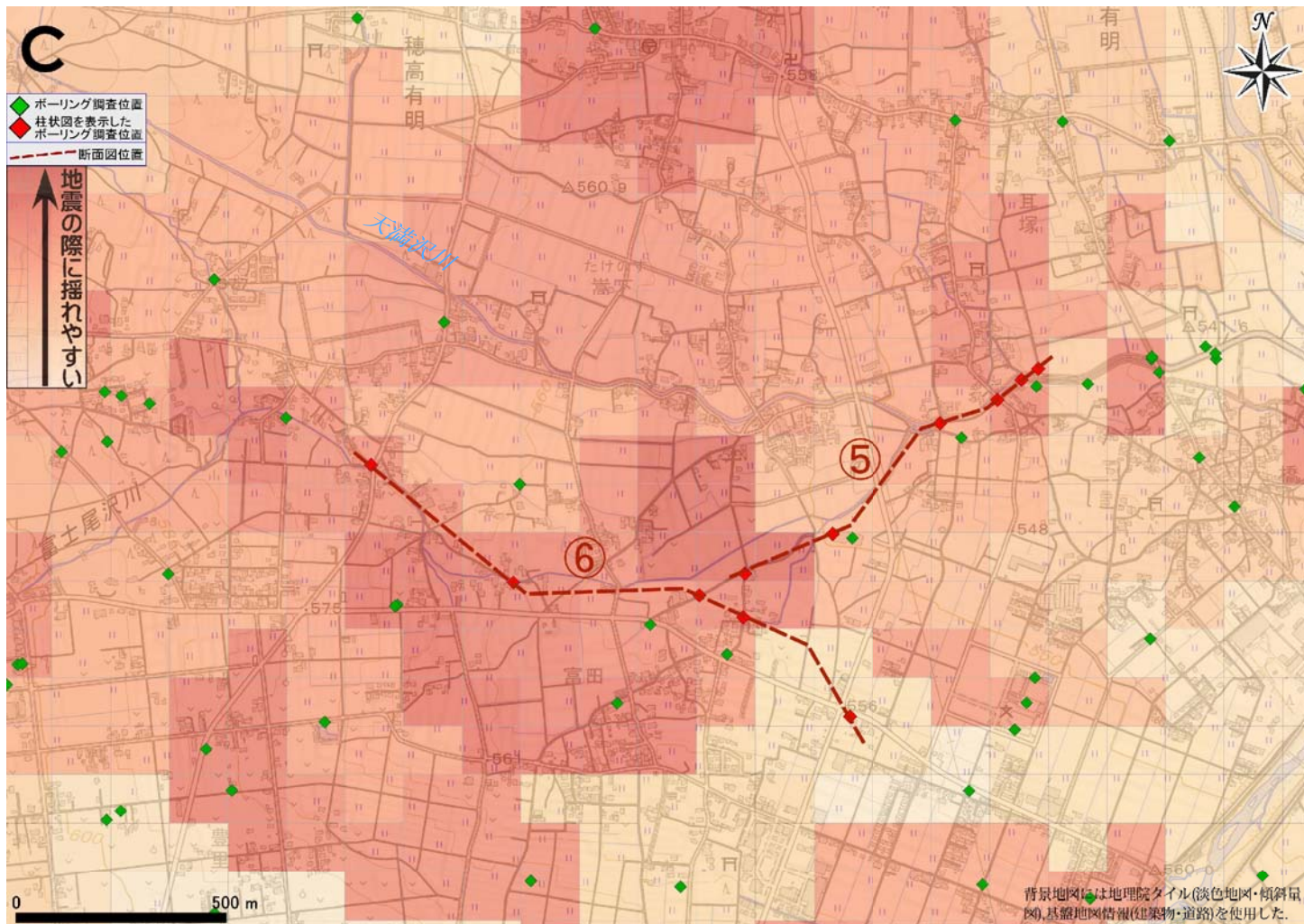
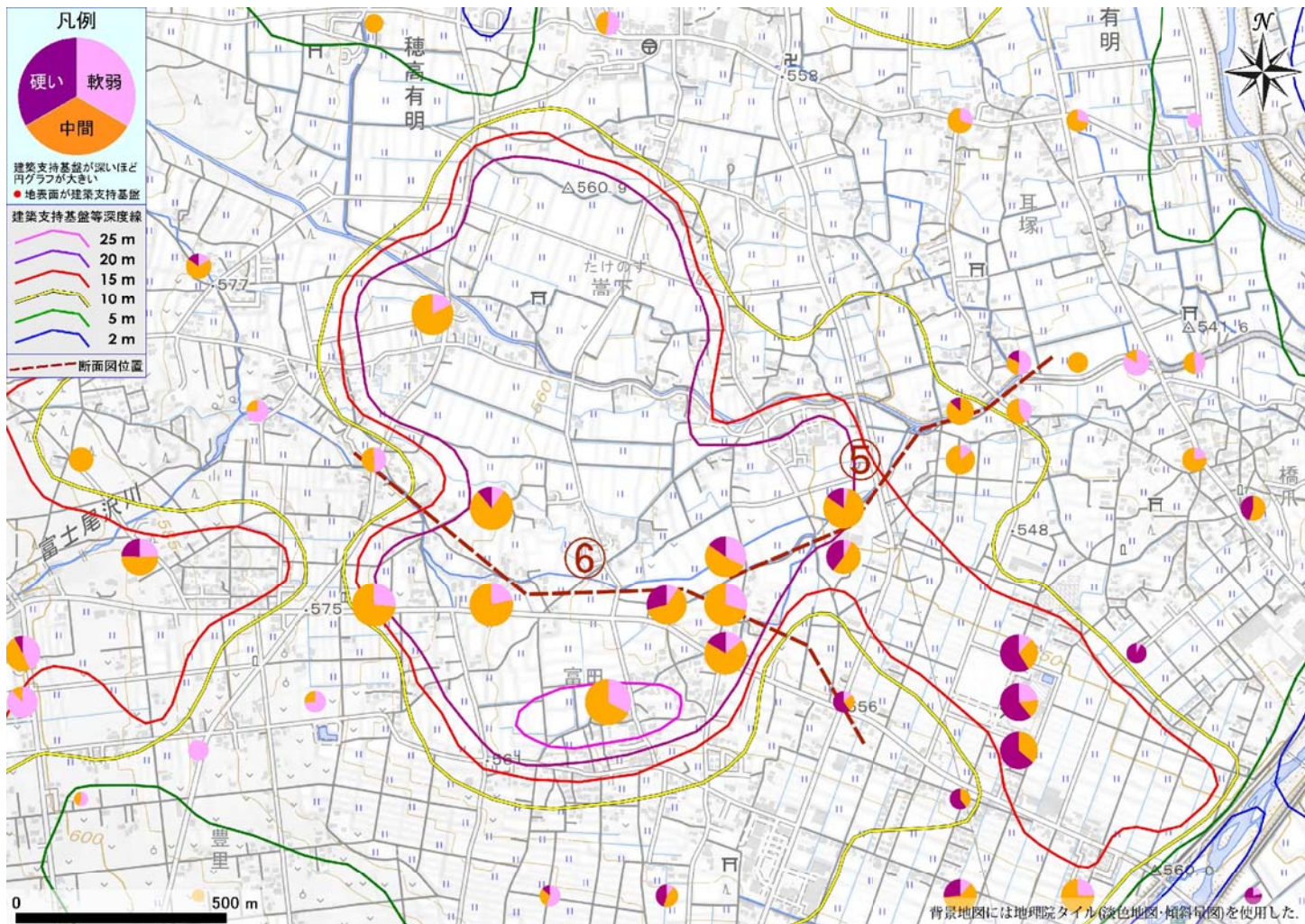
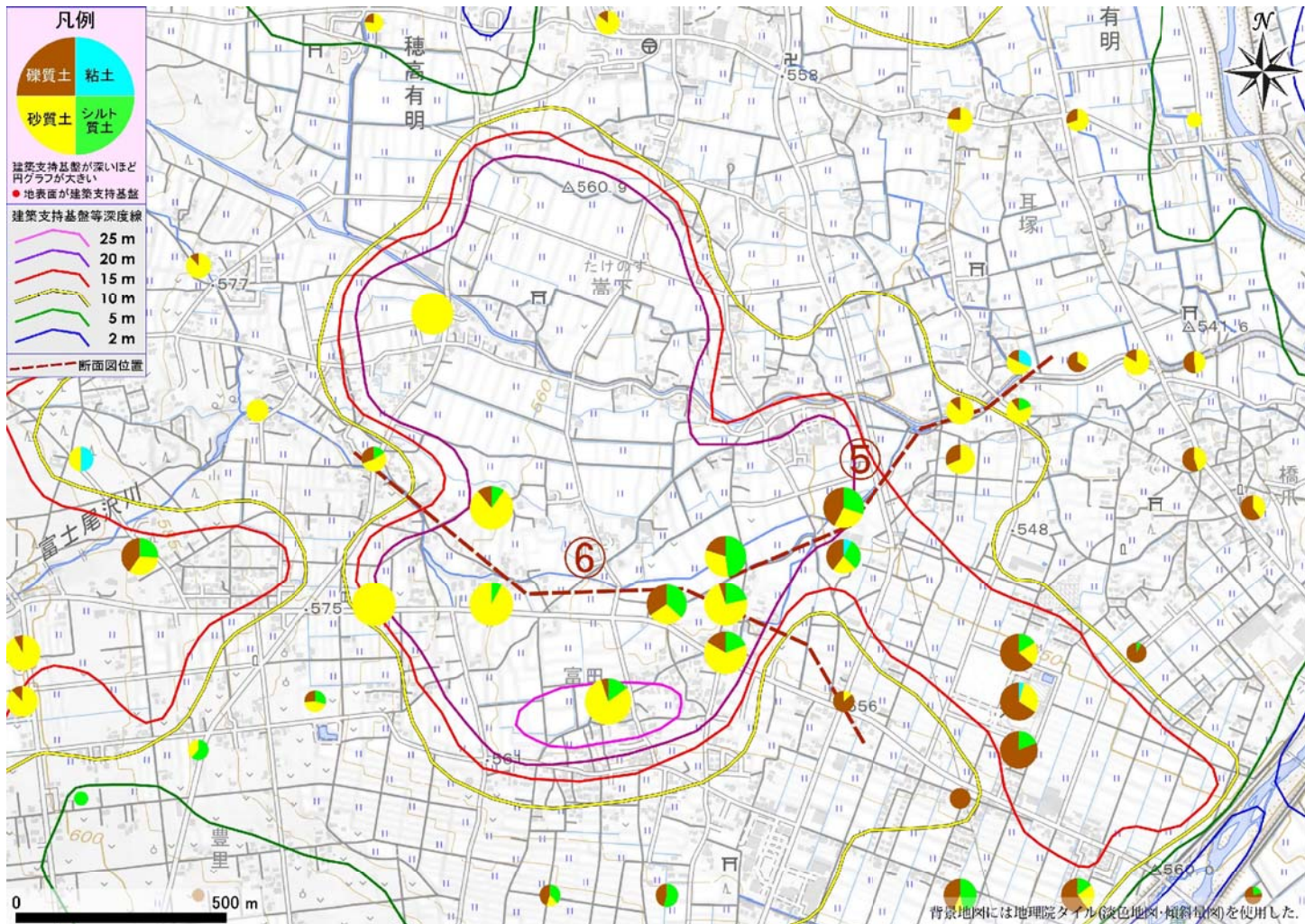


図4-4-3-C 揺れやすさマップと各地の地盤3

北の中房川扇状地と南の烏川扇状地に挟まれた低地で、礫質な堆積物は少ない。建築支持基盤深度は深く、砂～シルト質土が20m以上堆積していることが見込まれる。軟弱地盤が厚いわけではないが、（軟弱に近い）中間的な硬さの地盤でも厚い分だけ、より揺れやすい。



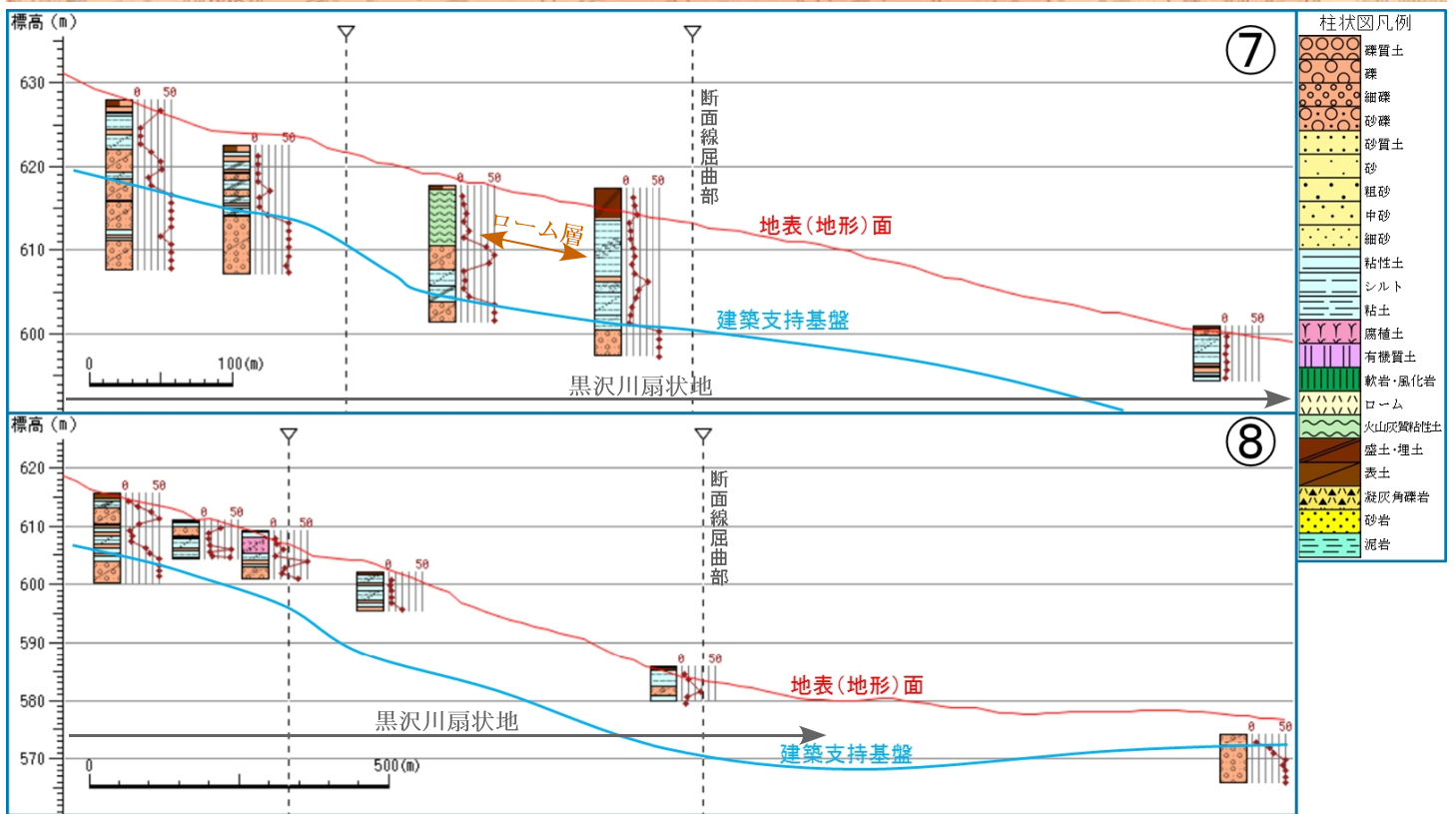
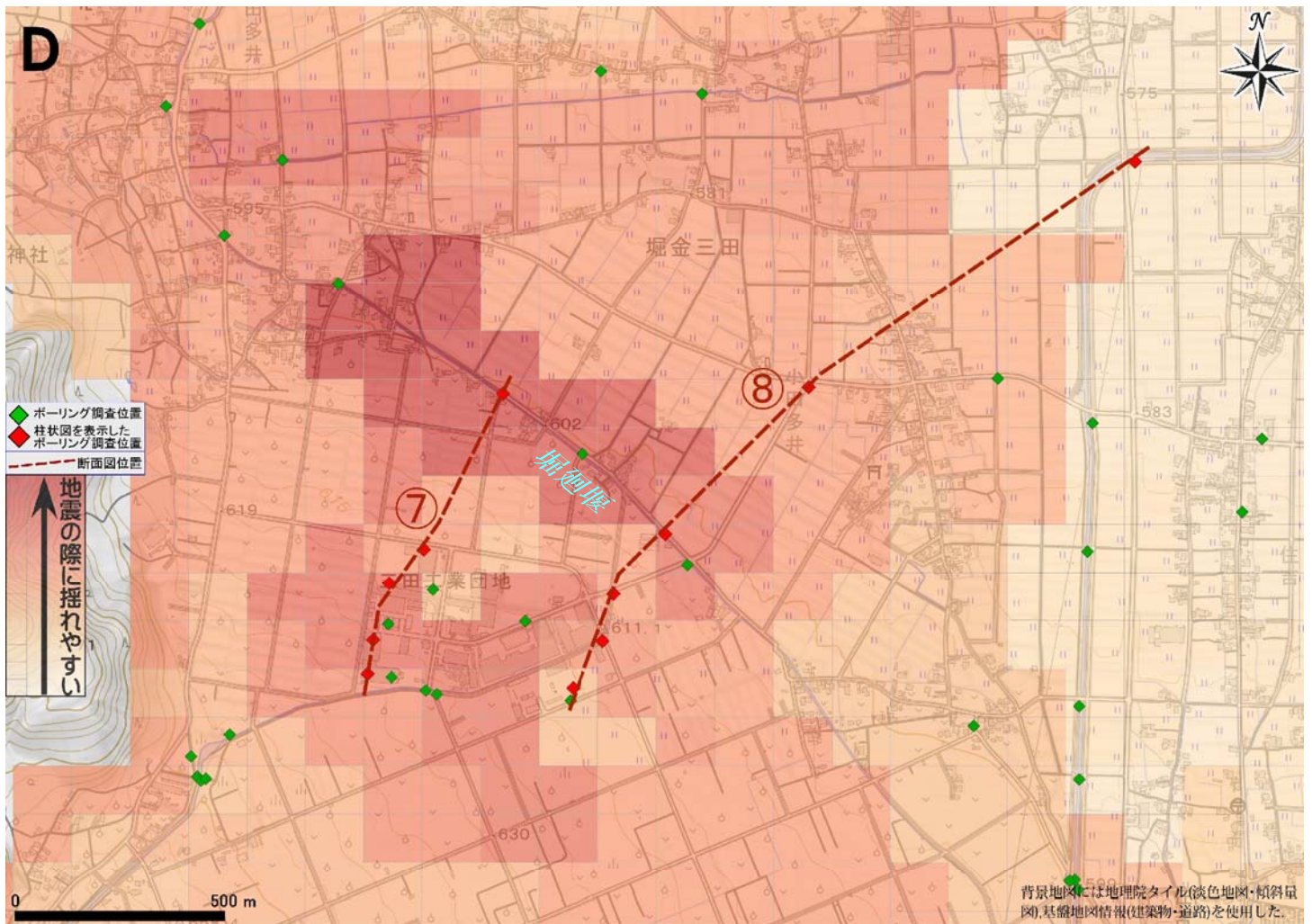
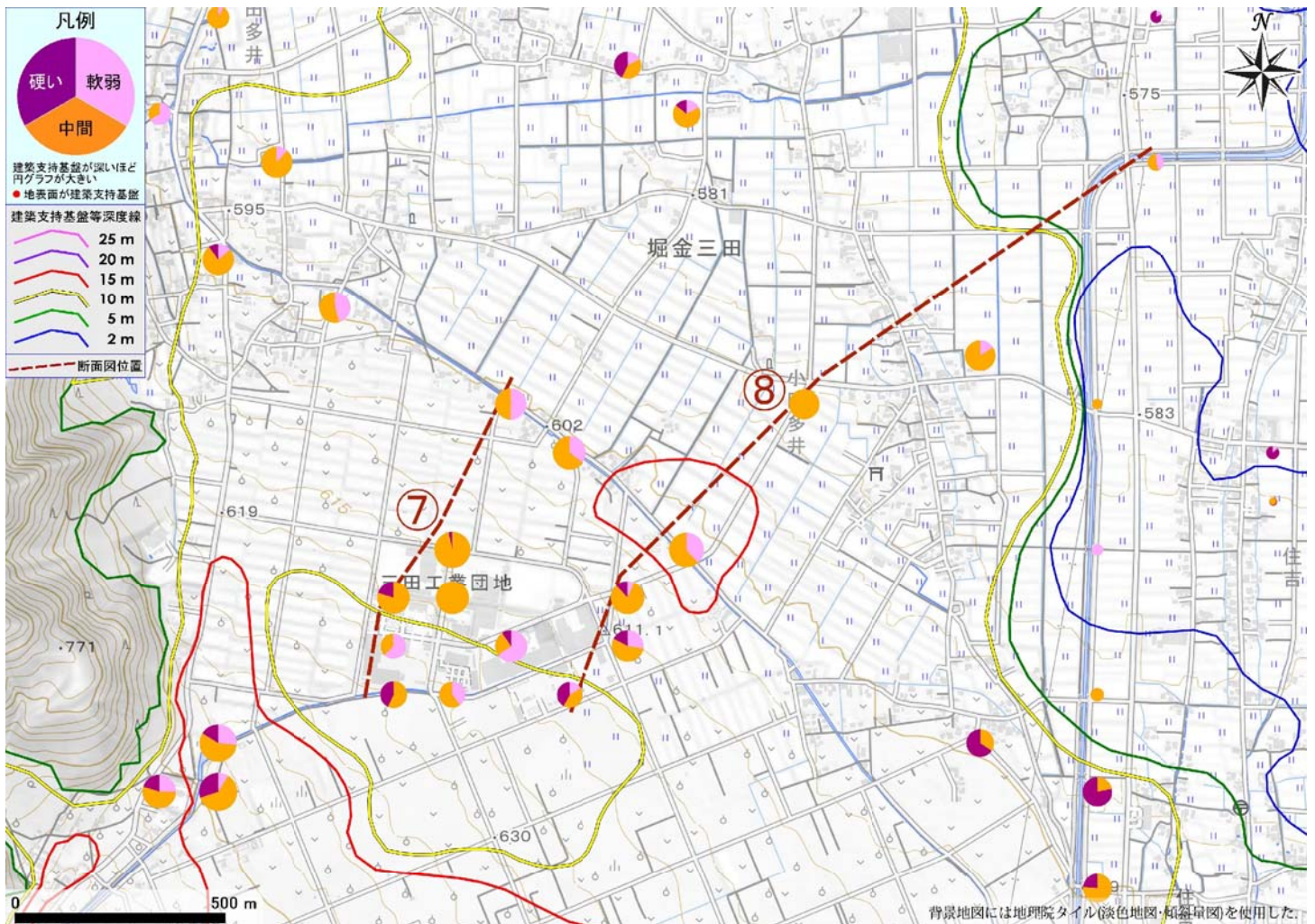
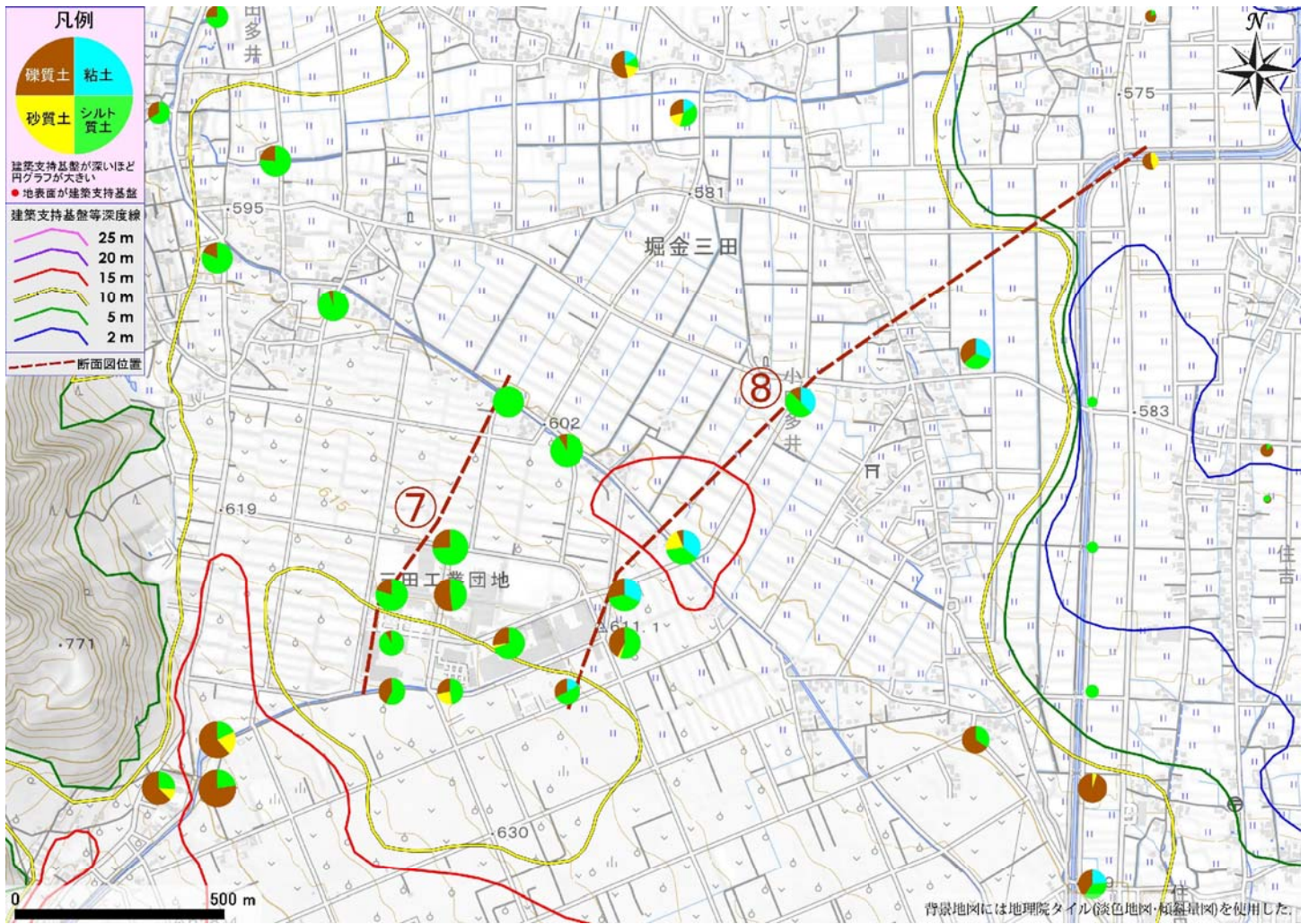


図4-4-3-D 揺れやすさマップと各地の地盤4

この地域は建築支持基盤が10mに達するところが多い。断面線⑦ではローム層に類する地盤が10m近く、黒沢川扇状地の先端近く（堀廻堰沿い）では軟弱なシルトがかなり厚いことが見込まれるため揺れやすい。黒沢川扇状地の北方には烏川扇状地との合間に東西方向のゆるやかな谷状の低地がある。細粒な堆積物がたまりやすい環境であったため、軟弱に近い中間的な硬さの地盤で揺れやすくなっている。



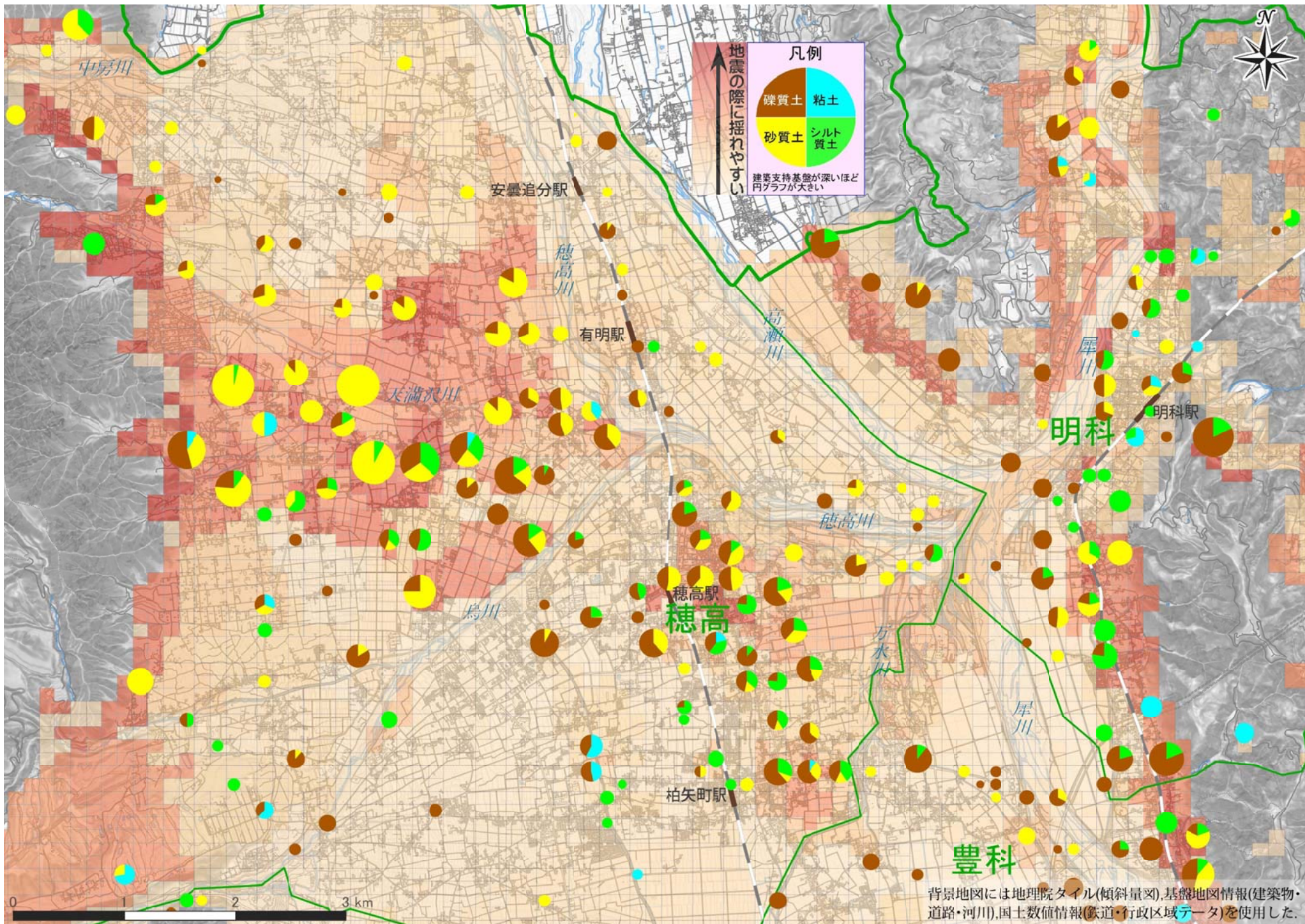


図4-4-3N1 安曇野市の揺れやすさマップと地盤の種類

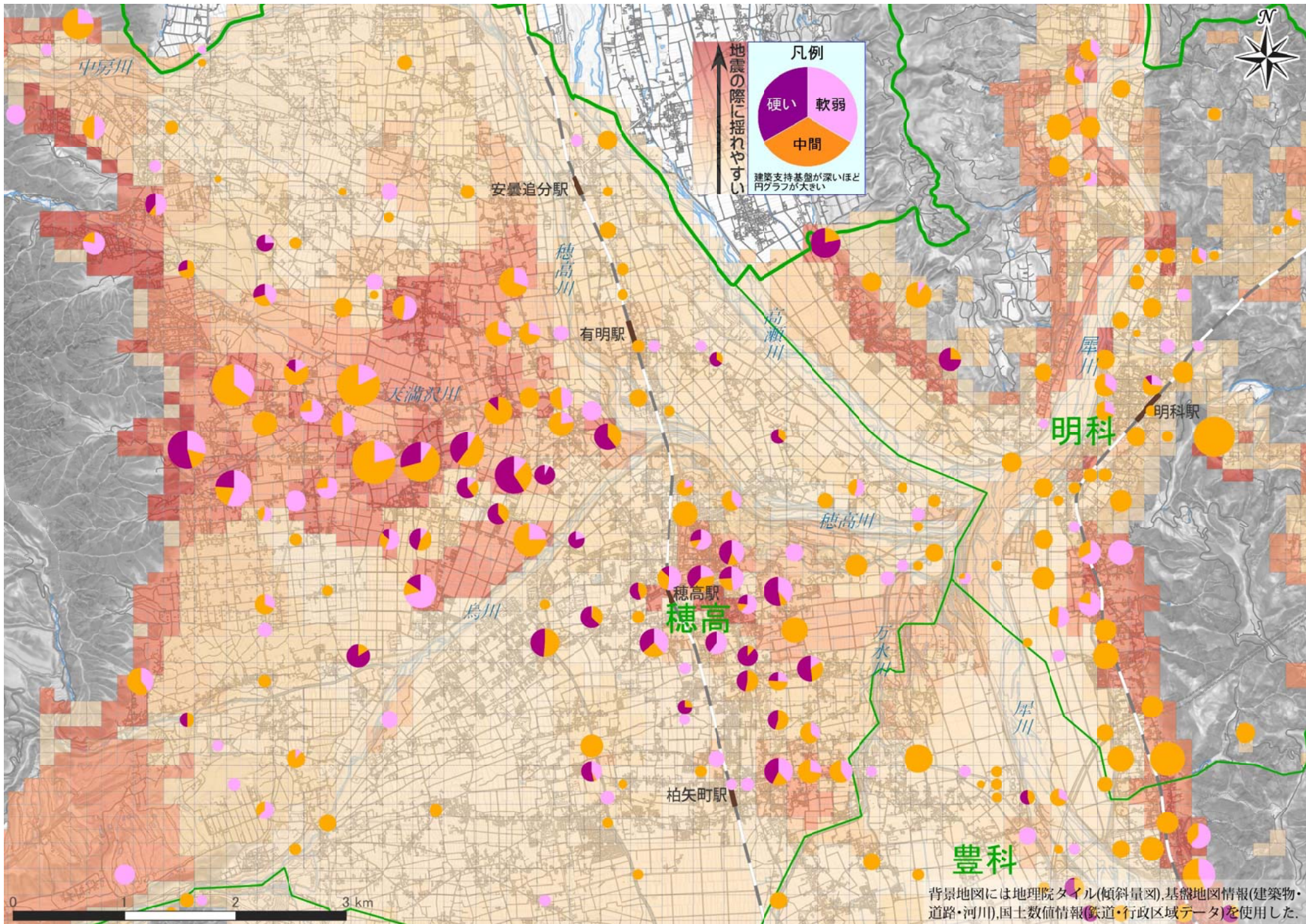


図4-4-3N2 安曇野市の揺れやすさマップと地盤の種類

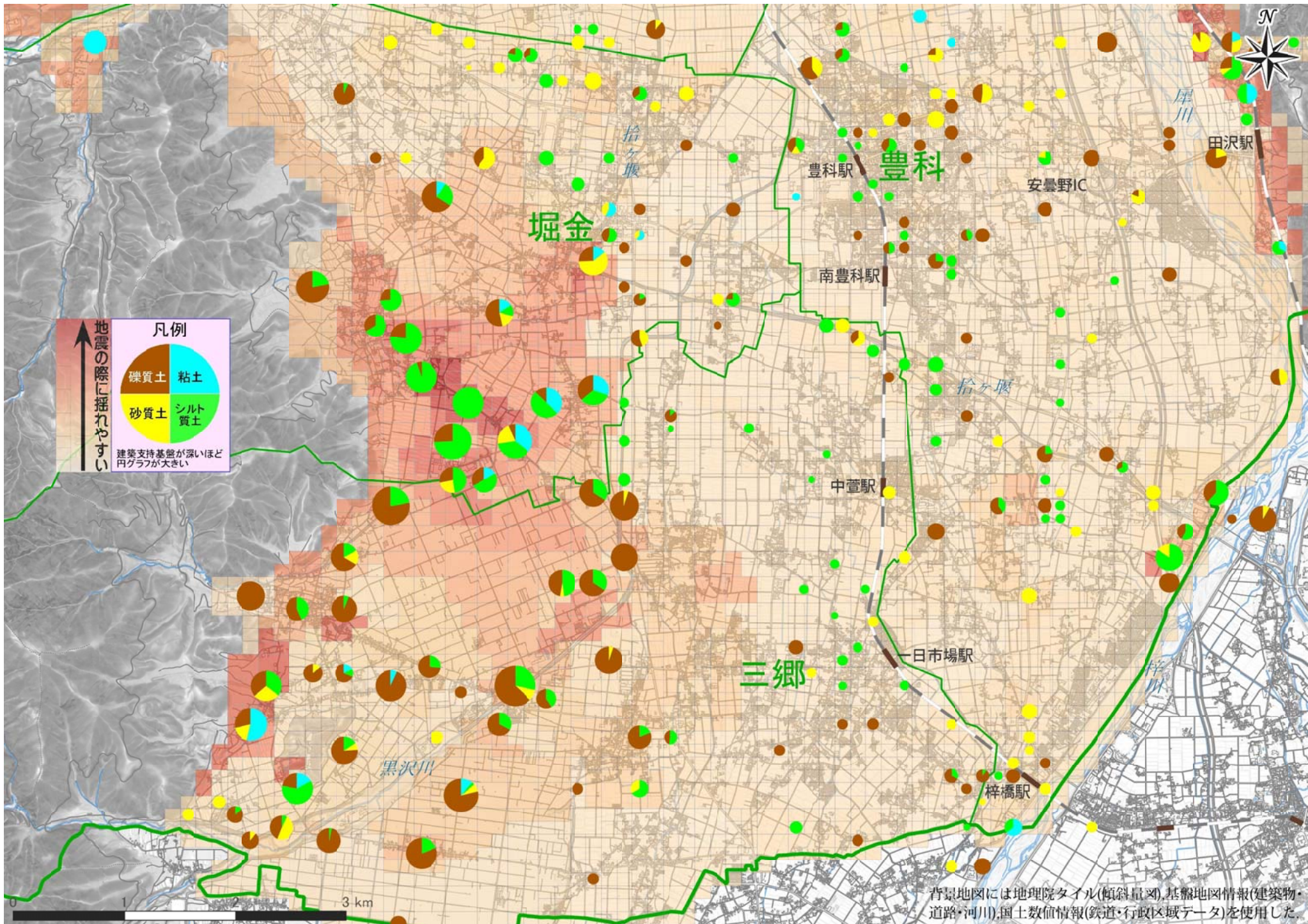


図4-4-351 安曇野市の揺れやすさマップと地盤の種類

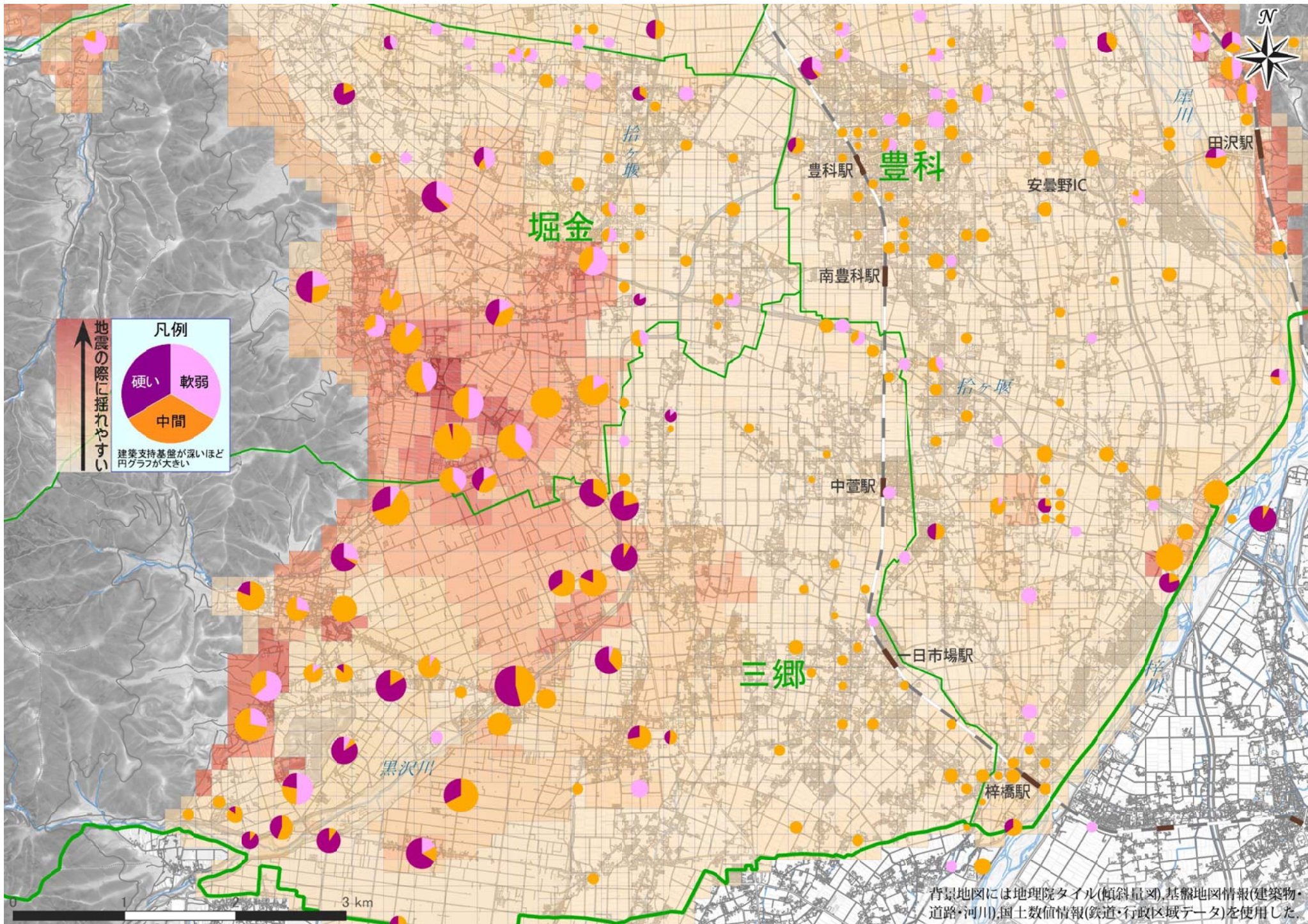


図4-4-3S2 安曇野市の揺れやすさマップと地盤の種類