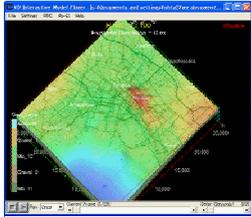


OHITA-GEO

## 「都市工学科生に必要とされる視点 ～自然災害から安全に暮らす知恵～」



2008年2月14日 太田英将@太田ジオリサーチ

1 <http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 自然現象と災害は別物

自然現象	災害
<ul style="list-style-type: none"> <li>自然現象を食い止めることは人間の力ではできない</li> <li>地震・台風・火山</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害を防止したり、被害を小さくすることは<b>人間の知恵</b>で可能になる</li> <li>耐震補強・避難・保険・コミュニティ・ハザードマップ</li> </ul>

自然現象の大半は人間にとって恩恵となっている

2 <http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 火山の恩恵と災害



恩恵	災害
温泉	噴火
行楽地	火砕流
別荘地	火山泥流
美味しい水	降灰
	噴石

3 <http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 地震の恩恵と災害



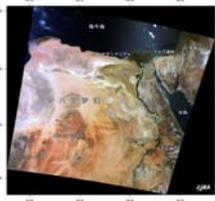
恩恵	災害
山ができる	都市破壊
ボランティア精神	多くの死傷者
防災意識向上	経済的被害
	液状化被害
	山地崩壊

野島断層

4 <http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 台風・豪雨の恩恵と災害



恩恵	災害
農作物ができる	土砂災害
土が肥える	破堤・洪水
山地に住める	風倒木



エジプトはナイルの賜

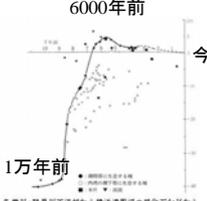
山地の集落

5 <http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 地球温暖化(自然)の恩恵

- 約1万年前まで氷河期で今より40mも海面は低かった(ピーク時は150m)
- 6000年前の縄文海進時には今より5mくらい高い海面
- そのときに溜まった土が、沖積層。都市が発達している「平野」はその時にできた。



6000年前

1万年前

今

多摩川・利根川下流域から神奈川県の川崎・相模湾まで  
推定された、1万年前から縄文海進期の海面上昇過程  
(松島, 1999)  
資料提供: 縄文海進 松島 隆雄 2006 年

6 <http://www.ohita-geo.co.jp>

OHTA-GEO

## 壊れ方を知ろう！

- 自然の中で、ものがどう壊れるのを知ること、都市工学の中で人間が作ったものがどう壊れるかを知ることにつながる。

**基礎知識と想像力！**

7  
http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

## 火山の大爆発



セントヘレンズ山爆発(1980)

TravelVideoStore.com

8  
http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

## がけ崩れ



1991年10月18日  
長野県 安曇村  
猿なき洞門

1991

9  
http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

## (自然)災害とは何か



- 原始人になって家族とともにタイムスリップしたことを想像してみよう
- あなたが最初に考えることは何ですか？

http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

## 安全と命の維持のバランス

- 安全な土地に住む  
堅固な地盤→耕作できない・水がない
- 命が維持できる場所に住む  
水がある・土地が軟らかい  
→土石流・液状化

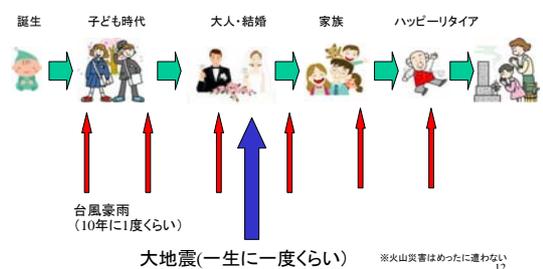
両立できるところに住むのが賢い

11  
http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

## 人生の中の自然現象の頻度

人間は水害に備えて生きている？



誕生 子ども時代 大人・結婚 家族 ハッピーリタイア

台風豪雨 (10年に1度くらい)

大地震(一生に一度くらい)

※火山災害はめったに遭わない

12  
http://www.ohta-geo.co.jp

OHITA-GEO

## 大阪の人はどこに住んでいた？



<キーワード>  
台地  
河川堤防

13  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 神戸の人？



<キーワード>  
扇状地

14  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 扇状地ができる様子



河川堤防の決壊実験

15  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 都市を襲う自然災害

- 豪雨災害 (洪水・がけ崩れ・土石流)
- 台風災害 (高潮・風倒木・突風)
- 地震 (強震動による家屋・地盤破壊)
- 地震 (津波)
- 火山災害 (破局的噴火)
- 隕石衝突

発生頻度大、小規模災害

↓

発生頻度小、大規模災害

※火災・犯罪・テロなど人為的なものは除く

16  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 安全性バイアス (最大の敵)

- 人は、災害を受ける恐怖を考えながら暮らすことはできない。
- 「災害は発生するだろうが、自分は大丈夫」
- 「災害は発生するだろうが、そのときはそのとき」

根拠なき安心感

一般市民は、災害のことを考えずに暮らすのが当たり前  
→情報がなければ「大丈夫だ」と考えるのが当たり前

17  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 最近の地震で明らかになった問題

- 「自然」以外の問題が顕在化してきた
- 「想定外」の地震動
 

関東大震災	330ガル	1981年(昭和56年)6月1日 建築基準法施行令改正(新耐震)
阪神大震災	800ガル	
中越地震	1722ガル	
- 埋め立て地の液状化
- 造成地の谷埋め盛土変動
- いずれも「人間が作った沖積層」

新しい問題に対して制度は後追いになる

18  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

繰り返された谷埋め盛土変動

1995年兵庫県南部地震  
2004年新潟県中越地震  
2007年能登半島地震  
2007年中越沖地震

19  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

阪神淡路大震災の教訓が中越地震で活かされなかった理由

- 阪神で、谷埋め盛土の被災理由がわかったので、事前に対処することが可能  
→行政へ公表するように働きかけた  
→莫大な財源が必要だとして「聞かなかったこと」に
- 2000年頃、「公表すべき情報だと思いが、不確実なものは行政は責任が伴うので公表できない」  
→NPOなどからの情報発信ならOK  
→中越地震には間に合わなかった...

情報がなければ自己責任はない

20  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

都市地震災害の問題

- 個人所有の財産(家屋・土地)は公的支援の対象外  
→被災者を苦しめる最大要因  
(少し改善されつつある)
- 家屋の倒壊が不良地盤を原因としていることは事前はもちろん、事後でさえあまり知られていない。→「そんな地盤だとは知らなかった」
- 土地取引の告知義務の中に、地盤情報がない！少なくとも情報を知らせることが必要

21  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

阪神・淡路大震災(1995)の西宮市の被災例

被災盛土  
健全盛土

22  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

谷埋め盛土部のみが滑動

23  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

西宮市内の盛土災害  
盛土地盤は地震で簡単に動く

図解 18 西宮市東宮町に於ける谷埋め盛土の被災 (盛土が地震から下部は不動で、盛土は傾斜方向に動いたため、住宅が崩壊したため、傾斜地の内がずれしまった。この被災は、その崩壊を誘った。

図解 19 西宮市東宮町に於ける谷埋め盛土の被災 (盛土が地震から下部は不動で、盛土は傾斜方向に動いたため、住宅が崩壊したため、傾斜地の内がずれしまった。この被災は、その崩壊を誘った。

24  
<http://www.ohita-geo.co.jp>

OHITA-GEO

## 西宮市で実際に起きた滑動

兵庫県西宮市桑家町 1995年1月17日

25  
http://www.ohita-geo.co.jp

OHITA-GEO

## 仁川百合野町: 崩壊したのは全て盛土

1995.1.18

26  
http://www.ohita-geo.co.jp

OHITA-GEO

## 盛土部だけが崩壊

27  
http://www.ohita-geo.co.jp

OHITA-GEO

## 人工地盤(盛土)は地震に極めて弱い: 違法な設計・施工ではない点に注意

28  
http://www.ohita-geo.co.jp

OHITA-GEO

## 原因がわかった! 幅/深さ比が圧倒的要因

要因	カテゴリ	N	カテゴリスコア		レンジ
			変動側	非変動側	
地盤状況 (層/層厚比)	0~4米層	40	0.2	0.8	1.800
	4~8米層	21	0.1	0.9	
	8~10米層	16	0.1	0.9	
	10~50米層	66	0.1	0.9	
埋戻土	50%以上	11	0.1	0.9	0.800
	0~50%未満	6	0.2	0.8	
地盤調査 (調査範囲/層厚比)	0.0~0.2未満	161	0.1	0.9	0.199
	0.2~0.5未満	40	0.1	0.9	
形成年代	4.0%以上	26	0.1	0.9	0.114
	1970年以前	206	0.1	0.9	
谷の長軸方向	東北東-南西	57	0.1	0.9	0.464
	東南東-西	30	0.1	0.9	
	北北東-南南西	55	0.1	0.9	
地下水の調査	少ない	40	0.1	0.9	0.464
	豊富	196	0.1	0.9	

注) カテゴリスコアが大きい(黒)ほど安全側。Nはサンプル数

29  
http://www.ohita-geo.co.jp

OHITA-GEO

## W/D比は側方摩擦効果を示す

すべり面液状化      側方摩擦

30  
http://www.ohita-geo.co.jp

**側方抵抗の効果**

$\theta = 35$ 度  $\theta = 47$ 度

土と土の側方抵抗部

3方を鉄板で囲まれた乾燥砂での実験 真ん中で強制的にせん断面が生成されるようにした実験

31 <http://www.ohita-geo.co.jp>

**解析モデルとデータセット**

- $L \cdot W \cdot D \cdot \theta \cdot WL$ および変動or非変動
- このデータセットで表現できる解析モデルを構築

変動事例 89  
非変動事例 130

**重要**

図9 谷埋め盛土のモデル図  $WL = h - (0.1394 \theta + 1.3046)$

32 <http://www.ohita-geo.co.jp>

**Case1: 従来型2次元解析モデル**

用いた安定解析式は修正 Pellenius 式対応の式である。

$$F = \frac{c' L / \cos \theta + (W_1 - U - U_2) \cos \theta \tan \phi' - W_1 K_s \sin \theta \tan \phi'}{W_1 \sin \theta + W_1 K_s \cos \theta}$$

地震時 (過剰間隙水圧高さ 1.5m)

側方摩擦が考慮されていないこのモデルでは、安全率は基盤傾斜角の関数となり、現場データを再現できない。

安全率(地震時)-W/D比 関係図

33 <http://www.ohita-geo.co.jp>

**Case2: 側方抵抗を考慮した2次元モデル**

側方抵抗力の修正項

$$F = \frac{c' L / \cos \theta + (W_1 - U - U_2) \cos \theta \tan \phi' + \epsilon_1 W_1 D / W - W_1 K_s \sin \theta \tan \phi'}{W_1 \sin \theta + W_1 K_s \cos \theta}$$

地震時 (過剰間隙水圧高 3m)

側方摩擦が考慮されているため、安全率で変動・非変動を区別することができる。ただし、側面強度の違いは反映できない。

安全率(地震時)-W/D比 関係図

34 <http://www.ohita-geo.co.jp>

**2004年新潟県中越地震**

The Mid Niigata Prefecture Earthquake 2004

Niigata city, Omaka, Tokyo

<http://www.ohita-geo.co.jp>

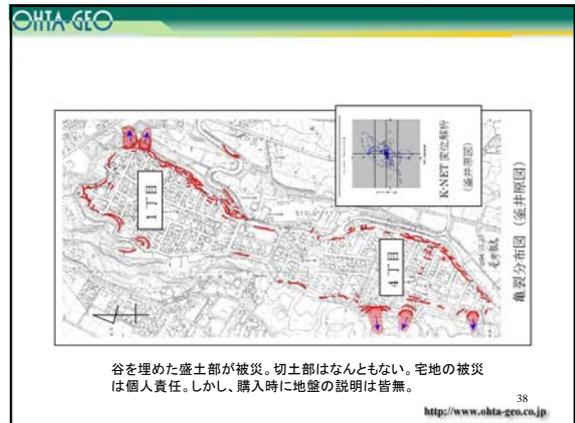
宅地の被災例: 長岡市高町 常套句: 「そんな地盤と知っていれば買わなかった」

長岡市高町1丁目

「謎」: お金持ちほど危ない土地を買う一なぜか?

高町4丁目

36 <http://www.ohita-geo.co.jp>



OHTA-GEO

緊急輸送道路として機能しなかった



Damaged High Way

関越自動車道長岡～小出 IC 間の道路の起伏 (盛土区間)  
【10月29日 12:00 頃】

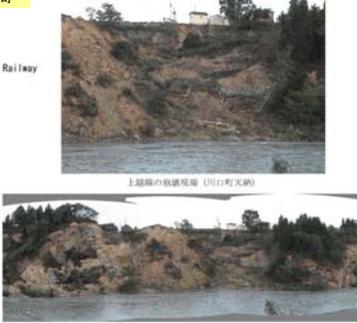
山間部の緊急輸送道路が機能しなくなると、救助活動・救援物資輸送ができない。  
東海・東南海・南海地震は広域災害なので、ヘリコプターは不足する。

44  
http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

盛土区間

Rail way



上越線の巻掛現場 (河口町天狗)  
全長【10月28日 16:10 頃】

44  
http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO



長岡市白岩 (砂見野) の谷筋崩壊現場  
【10月28日 13:40 頃】

小千谷発電所構の構築基礎と移動した盛土  
【10月28日 13:40 頃】

道路の谷筋内側は斜さみ低下変状している  
【10月28日 14:20 頃】

小千谷発電所の家屋倒壊  
【10月28日 16:10 頃】

45  
http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

液状化

噴砂跡



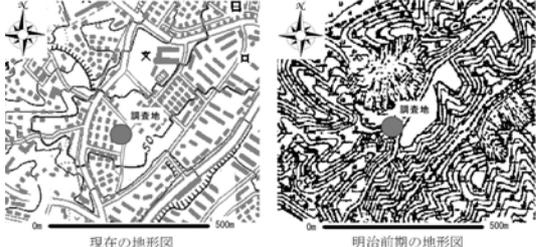
長岡市信濃川河川敷の噴砂跡  
【10月31日 16:30 頃】

上越新幹線脱線現場付近の液状化  
【10月30日 16:00 頃】

46  
http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

1995兵庫県南部地震(明石市)



現在の地形図 明治前期の地形図

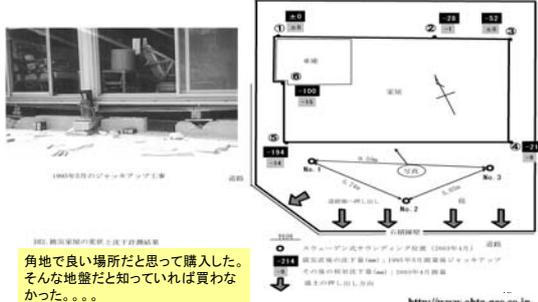
その土地がどうい場所かは、簡単にわかる

図1. 現在の地形図と造成前の地形図

47  
http://www.ohta-geo.co.jp

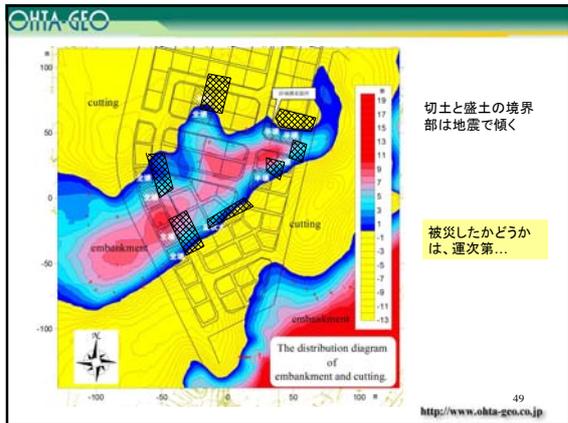
OHTA-GEO

地盤が沈下し家が傾く



角地で良い場所だと思って購入した。  
そんな地盤だと知っていれば買わなかった。。。。

48  
http://www.ohta-geo.co.jp



### 安全な土地はどうやって知る？

<http://www.あんしん宅地.jp/>

50  
<http://www.ohita-geo.co.jp>



- ### 経験を教訓に、教訓を文化に
- 経験は風化する  
→ 自然現象は記憶で防げない(戦争とは違う)
  - 教訓を維持するにはエネルギーが必要  
→ 専門家や為政者には可能でも市民には困難
  - 文化は考えなくても継続される  
→ 防災が文化の一部になると強い
- 52  
<http://www.ohita-geo.co.jp>



**OHITA-GEO**

• 稲村の火 1854年(安政元年)12月23日、安政の東海地震(M8.4)が発生し、その32時間後に襲った安政の南海地震(M8.4)のときの物語




濱口栢陵(儀兵衛) 広村堤防

全長600m、幅20m、高さ5mの大防波堤「広村堤防」を築いた。これは津波で職を失った人を助けるとともに、1946年(昭和21年)に発生した昭和の南海地震津波から住民を守り抜いた。

55 <http://www.ohita-geo.co.jp>

**OHITA-GEO**

• 地名 地名には災害が記録されている



「滝」は、鉄砲水が発生したことを記録する地名

たきば 宮津市滝馬・土石流池 (10月21日8時頃)

56 <http://www.ohita-geo.co.jp>

**OHITA-GEO**

都市化・近代化は地震も備えておくべき災害にした

- 人間が集中
  - 産業構造の変化・サラリーマン化
- 財産の固定化
  - 不動産(土地・家屋は動かさない)
- 失うと何も残らない
  - 二重ローン・再起困難

57 <http://www.ohita-geo.co.jp>

**OHITA-GEO**

地震対策

- [個人]壊れない家・壊れない地盤・保険
  - 阪神淡路大震災の死者の80%以上が家屋倒壊
- [地域]燃えない街・助け合えるコミュニティ
  - 関東大震災の大火災
  - 阪神淡路大震災では近所の人が助け出した
  - 都市工学科出身者であれば→助ける側になるべし
- [産業・行政]継続できる企業・ライフラインの早期復旧
  - 仕事の継続は生活の継続
  - 電気1日、水道1週間、ガス1ヶ月

58 <http://www.ohita-geo.co.jp>

**OHITA-GEO**

マグニチュードと震度

マグニチュードは地震の規模(地震毎にひとつ)  
震度は場所毎の揺れの大きさ(同じ地震でも場所によって異なる)

関東大震災	(1923年)	M7.9	チリ地震	1960年	M9.5
福井地震	(1948年)	M7.3	スマトラ沖地震	2004年	M9.2
十勝地震	(1968年)	M7.9			
宮城県沖地震	(1978年)	M7.4			
阪神・淡路大震災	(1995年)	M7.2			
鳥取県西部地震	(2000年)	M7.3			
新潟中越地震	(2004年)	M6.8			
福岡西方沖地震	(2005年)	M6.8			
宮城県沖地震	(2005年)	M7.2			
能登半島地震	(2007年)	M6.9			

値が0.2違うと地震の大きさは2倍  
値が1.0違うと地震の大きさは32倍  
値が2.0違うと地震の大きさは1000倍

マグニチュードが小さくても直下型地震はよく揺れる

59 <http://www.ohita-geo.co.jp>

**OHITA-GEO**

震度



<http://www.city.fujisawa.kanagawa.jp/sidouka/data/14774.html>

60 <http://www.ohita-geo.co.jp>

