

# 地盤工学

土木の主要専門分野:

構造、水理、**地盤**、計画、材料、(環境)

## 地盤工学

学習内容(C) 土木工学の基礎的学理と応用能力

土木工学の主要分野における専門科目に関する基礎知識と基礎的課題の解決能力の修得。

学習内容(D)土木・環境工学のより高度な専門知識や技術

土木・環境工学におけるより高度な専門科目と応用問題を解決するための知識と技術の修得

- **土質力学第一** (3学期2Q) } (学習内容E,G)
- **土質力学第二** (4学期3Q) } C・地盤工学実験第一(4学期4Q)
- **土質基礎工学** (5学期2Q) } C・地盤工学実験第二(6学期3Q)

「地盤調査・施工学」

# 土質力学

土質力学(Soil Mechanics): 土木工学の基礎科目の一つ

地盤工学(**Geotechnical Engineering**)の基礎科目

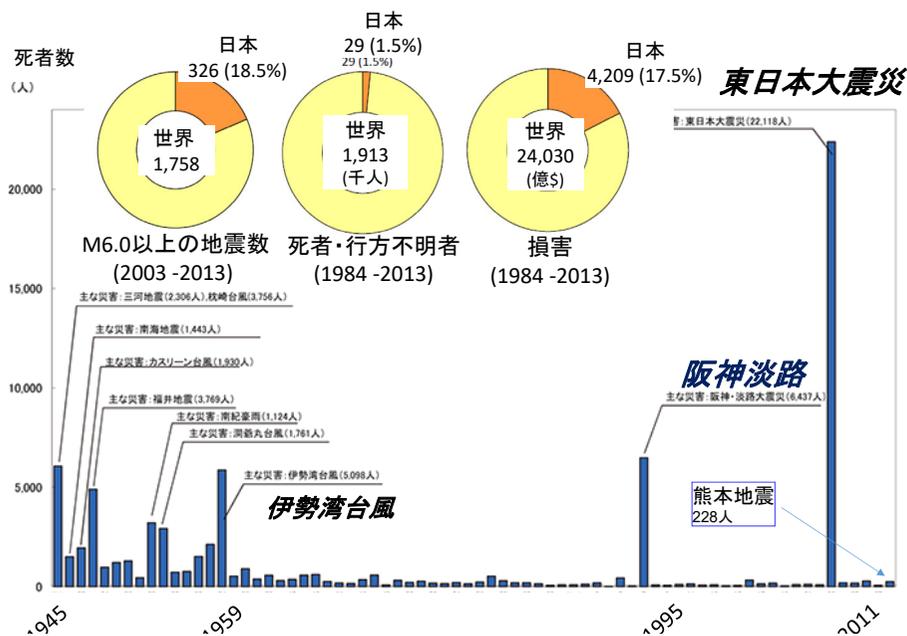
Geo-: 地球, 土地, 土壌, 地中; 地理の接頭語:

geology(地質学), geosphere(地殻、岩石圏), (cf. *atmosphere, hydrosphere*),  
 geochemistry(地球化学), geophysics(地球物理学),  
 geophone(地震計), geohydrology(地下水学),  
 geopolitics(地政学), geomorphology(地形学)  
 Geomechanics (岩土力学=Soil Mechanics(土質力学) + Rock Mechanics(岩盤力学))

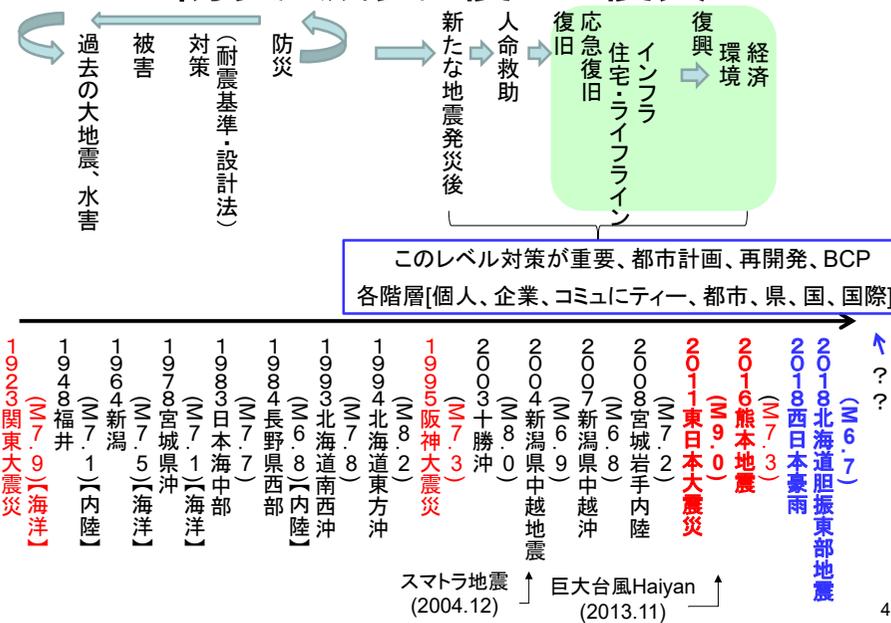
**土質力学**: 地盤材料のうち土質材料(**未固結性材料**)を科学する基礎分野  
 cf. 固結性材料(岩)

**Why is Soil Mechanics or Geotechnical Engineering one of the disciplines in Civil Engineering?**

## 第二次大戦後の日本の自然災害

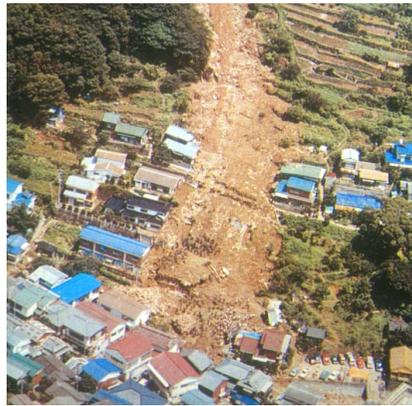


## 防災・減災・復旧・復興



# 自然災害-I (水害)

長崎水害(1982.7): 我が国最大時間雨量: 187mm(長与町)、死者299名



鳴滝地区



本河内、奥山地区

最近の水害: 2014.8.20、

# 自然災害-I (地震)



1995兵庫県南部地震: 阪神高速



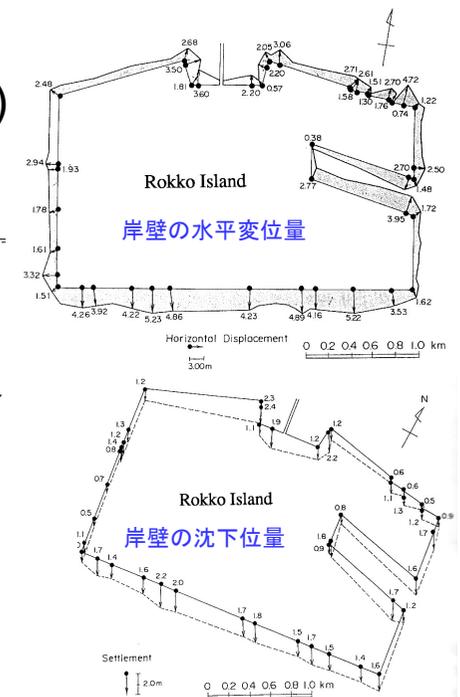
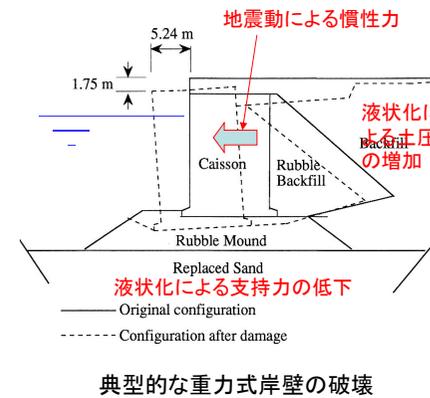
1995兵庫県南部地震:  
西宮市仁川地すべり、死者: 34名

## Water Front in Kobe City after 1995 Hyogoken Nambu Earthquake



liquefaction occurred extensively

## 液状化 (Soil Liquefaction)



# 港湾構造物の被害



9

# 浦安液状化

地下埋設物の浮き上がり



**災害用**  
飲料水兼用型耐震性貯水槽  
貯水容量 100ml  
ここでは、地震などの災害発生時に、地震発生直後から地震に被害を受けるまでの、飲料水が使用目的で確保されています。災害発生直後から、ご使用をお願いいたします。

浦安市



家屋の沈下、傾斜



after



before

# 自然災害からの復旧、復興



宮城県女川町 2012.4.6撮影



宮城県女川町 谷を埋めた瓦礫  
2012.4.6撮影



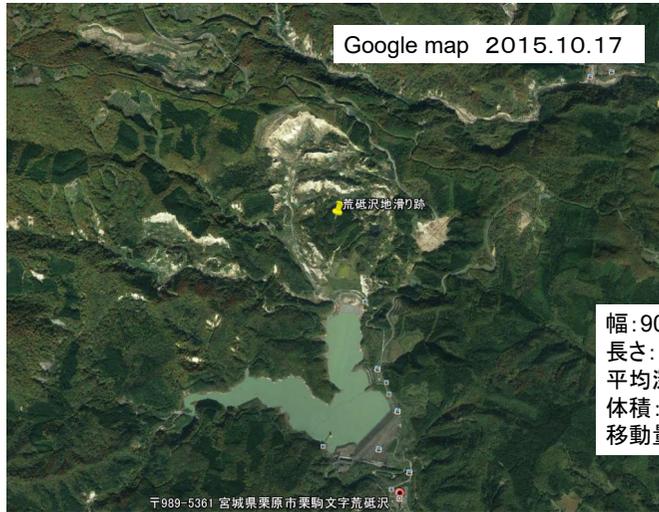
# 女川港の復興

何が大きく復興した？



2013/4/27

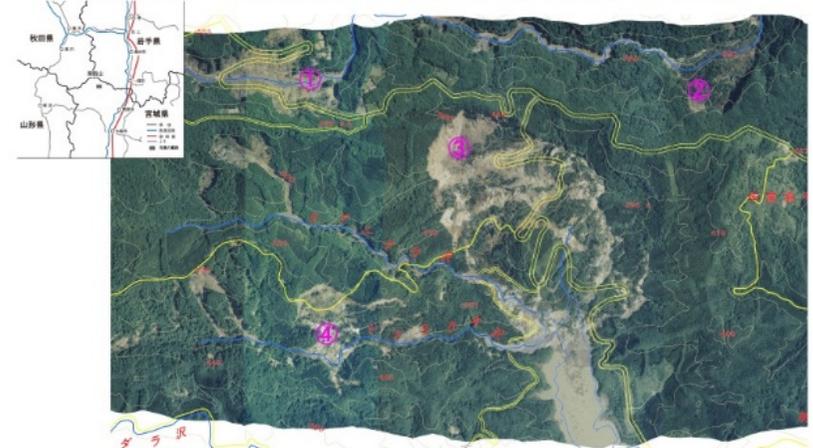
# 地震による地滑り



幅: 900m  
 長さ: 1300m  
 平均深: 100m以上  
 体積: 70,000,000m<sup>3</sup>  
 移動量: 300-350m

岩手・宮城内陸地震 (2008. 6. 4) 荒砥沢

# 平成20年岩手・宮城内陸地震 「荒砥沢ダム上流地域」の崩落地等



①河岸の崩壊: 栗原市舟沢 (ひやざわ) で河岸が崩壊し、農田の道路を破壊  
 ②河道の閉塞: ①の下流の河川南岸で地すべりが発生し、河道を閉塞  
 ③ダム湖北岸の大規模地すべり: 荒砥沢ダム湖北岸で大規模な地すべりが発生し、降り落ちた土砂の一部がダム湖にまで到達  
 ④ダム湖周辺の地すべり: 荒砥沢ダム湖西岸に注ぎ込む河川沿いに地すべりが発生

撮影日: 平成20年6月15日 撮影縮尺: 1万分1

国土地理院 <http://www.gsi.go.jp/common/000043792.jpg>

# 東日本以降



安佐南区八木地区

<http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/1461309184091/index.html>

土砂を構成した土?



阿蘇大橋地区 (南阿蘇村)

[http://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/h28dosha/160914\\_gaiyou\\_sokuhou.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/h28dosha/160914_gaiyou_sokuhou.pdf)

# 工事災害

親杭横矢板壁  
 (soldier piles and lagging wall)

防水堰  
 締切り  
 (cofferdam)



川崎市野川健康センター建設土留崩壊  
 (1989.5) 死亡: 5名

鋼矢板  
 (steel sheet pile)

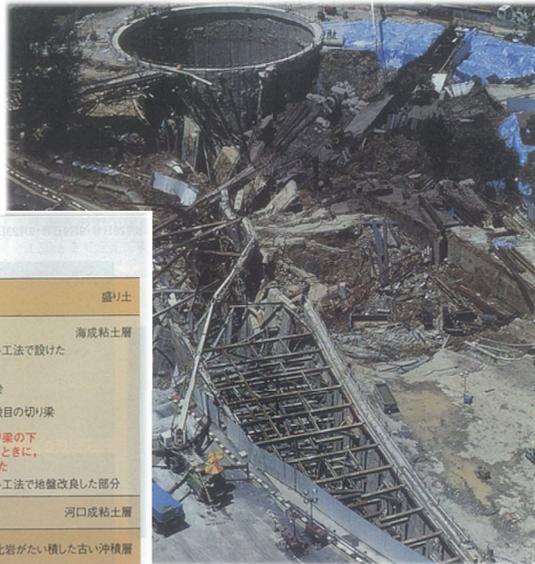


草加市槐戸 (さいかちど) 橋架替工事  
 (1991.9) 死亡: 2名

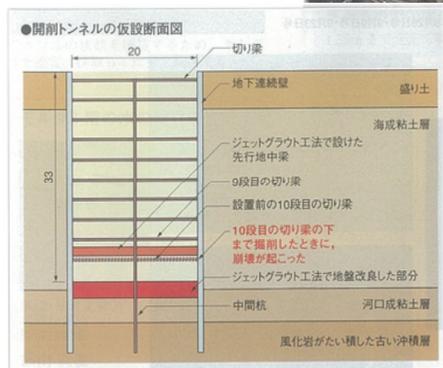


# 海外の事故例1

シンガポール地下鉄工事  
2004.4  
死亡者:4名

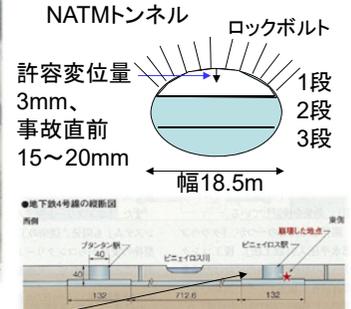
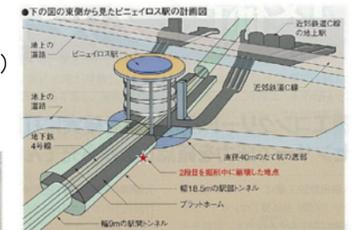


日経コンストラクション2006.4.14



# 海外の事故例2

ブラジルサンパウロの地下鉄工事現場の事故(生埋め7名)  
日経コンストラクション2007.3.23



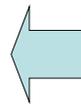
第三紀の片麻岩  
地下水浸入で岩盤強度劣化

浅い土被り 18

## 地盤環境 (Geoenvironment)

### 地盤環境工学

- 汚染地盤の修復
- 地盤振動問題
- 廃棄物処分(場)
- その他、地盤に関する環境問題



地盤工学

+

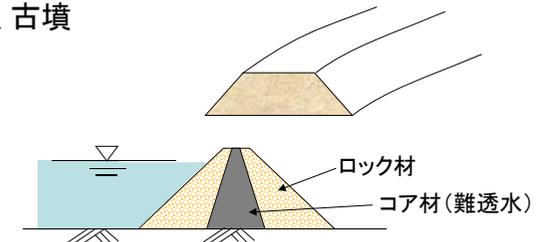
環境工学  
生物学、化学  
社会学  
経済学

## 土構造物 (Earth structures)



• 盛土: 鉄道、道路、堤防、古墳

• ダム: フィルダム



• 埋め立て: 人工島、空港、廃棄物処分場(waste disposal landfill)  
海保、関西新空港、中部新空港、新海面処分場

# 関西国際空港 (KIA)



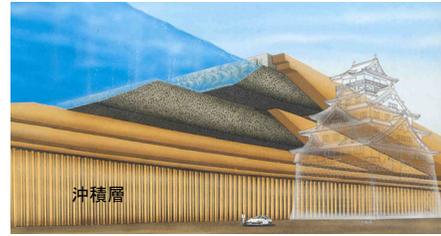
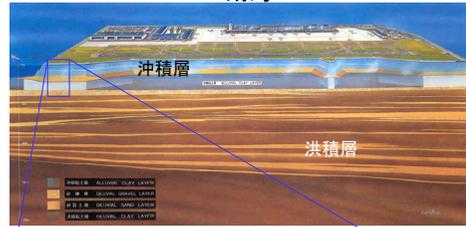
2期島

	規模			自然条件	
	埋立面積	護岸延長	埋立土量	平均水深	平均沈下量
2期島	約545ha	13km	2.5億m <sup>3</sup>	-19.5m	18m
1期島	510ha	11.2km	1.8億m <sup>3</sup>	-18m	11.5m



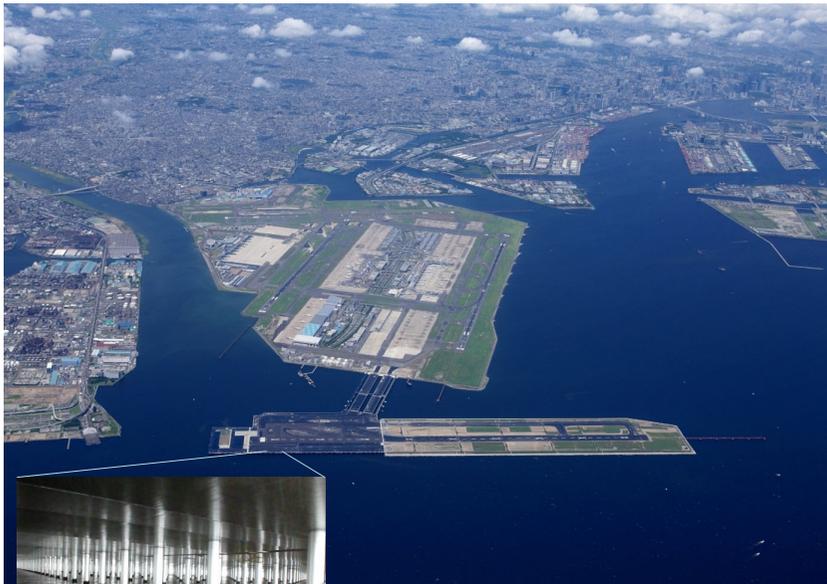
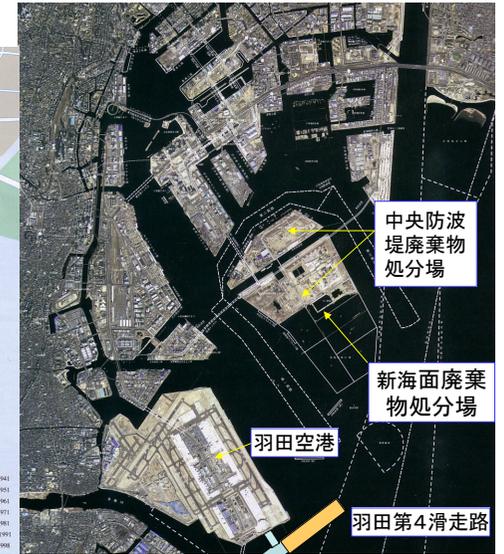
P33

一期島



沖積層

# 東京湾の埋立て



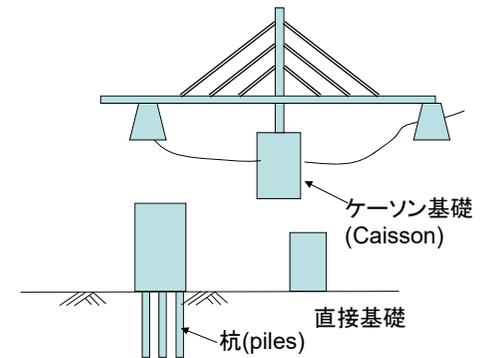
東京国際空港(羽田空港)2010年7月撮影  
(国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所提供)



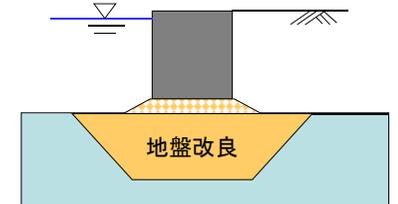
栈橋式ランウェイの下部

## 基礎構造物 (Foundations)

- 橋梁基礎
- 建築構造物基礎
- 重力構造物基礎(盛土、ダム、防波堤、岸壁)

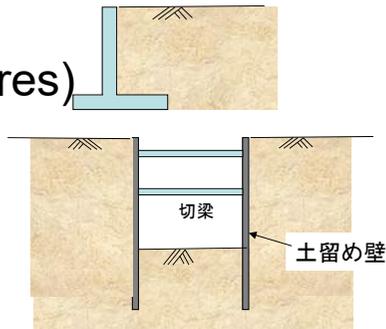


基礎形式:  
直接基礎、杭、地盤、改良地盤

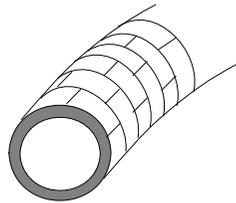


# 抗土圧構造物 (Earth retaining structures)

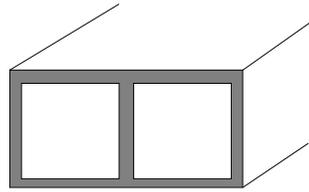
- 擁壁(retaining wall)
- 仮土留め壁



# 地下構造物(Underground structures)



シールドトンネル(Shield tunnel)



共同溝(Utility tunnel)

# ビックプロジェクト？

期限:6/27 (PDF、Fail\_name: 土質1レポート\_ID\_名前)

宿題:過去、現在(2000以降)、未来の日本、世界のビックプロジェクトを取り上げ、そのプロジェクトの構成要素としての地盤構造物について簡単に説明せよ。

- 例: 過去(青函トンネル:鉄道トンネル、延長??km、うち海底部、深さ)、工期??年)  
 世界:アスワンハイダム(エジプトナイル川)、ロックフィルダム、高さ111m、延長3840m、体積44,000千m3、貯水量1100億m3、発電能力210万kW

日本

世界

- 過去
- 現在
- 未来

出典明示

# 地盤工学の役割

**行為(Action)**  
 造る(設計、施工)  
 維持する  
 守る

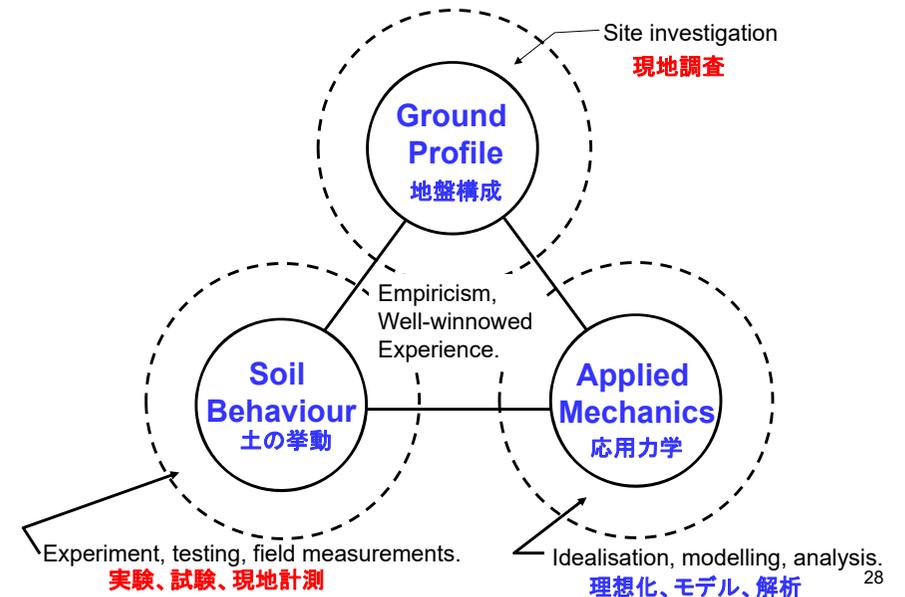
**対象(Objectives)**  
 社会資本;ライフライン;  
 建物;  
 自然(地下水、斜面、etc.)  
 人命;

種々の環境(自然、社会)下で  
 安全に、経済的に

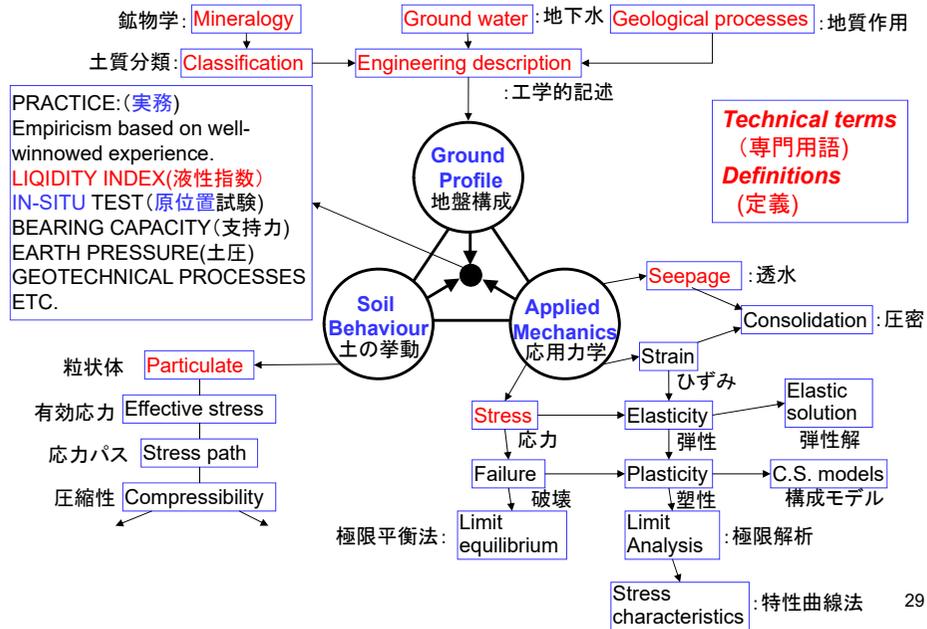
人類、社会、地球の  
 SDに貢献

地下構造物、トンネル、盛土、人工島、基礎(杭)、ダム、道路、空港、港湾、廃棄物処分場など

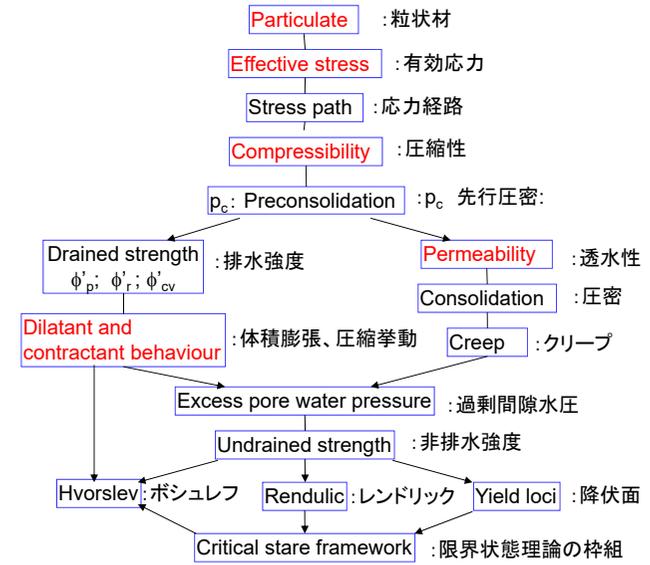
# The soil mechanics triangle by Burland(1989)



## Elements of a basic course of soil mechanics by Burland(1989)



## Elements of course on soil behaviour



## 本日のTechnical terms

- 土質力学: **Soil Mechanics**
- 地盤工学: **Geotechnical Engineering**
- 地質学: **Geology**
- 岩盤力学: **Rock Mechanics**
- 防災: **Disaster prevention, mitigation**
- 地盤の液化化: **soil liquefaction**
- 土構造物: **earth structure**
- 基礎構造物: **foundation**
- 抗土圧構造物: **earth retaining structure**
- 地下構造物: **underground structure**
- シールドトンネル: **shield tunnel**
- 共同溝: **utility tunnel**
- 地盤構成: **soil profile**
- 土の挙動(材料特性): **soil behavior (material properties)**
- 応用力学: **applied mechanics**
- 原位置: **In-situ** ⇔ (反意語: **ex-situ**)

### 課題(6/13):

**地盤、土に関する自然災害事例を列挙し、その発生の原因(メカニズム)、それを防ぐための対策について説明せよ。**

何でも、思いつくままでよい。

## Home page address of the course material

<http://www.geotech.cv.titech.ac.jp/~jtakemur/>

Click: class

Click: **Soil Mechanics I (土質力学)**

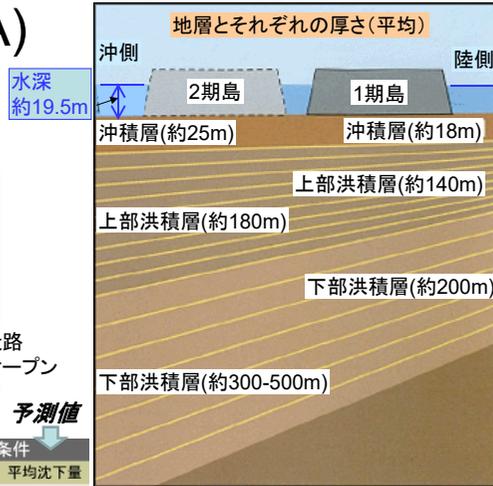
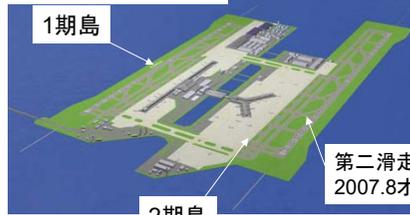
講義資料(PDF file)へのアクセス  
 +  
**OCWi**

# 関西国際空港 (KIA)

ASCEが選んだ20世紀の10大事業

ASCE's Monuments of The Millennium

一期分1994.9オープン



	規模			自然条件	
	埋立面積	護岸延長	埋立土量	平均水深	平均沈下量
2期島	約545ha	13km	2.5億m <sup>3</sup>	-19.5m	18m
1期島	510ha	11.2km	1.8億m <sup>3</sup>	-18m	11.5m

予測値

$2.5 \text{億m}^3 / 545 \text{ha} = 45.9 \text{m} \Rightarrow 8.4 \text{m}$   
 $1.8 \text{億m}^3 / 510 \text{ha} = 35.3 \text{m} \Rightarrow 5.8 \text{m}$

関西国際空港パンフレット

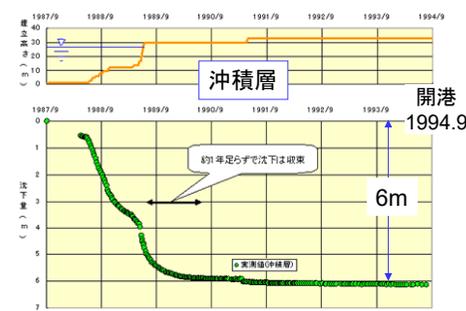
土地造成費: 2期一兆円 (初期より12% (1400億) 削減)

<http://www.kald.co.jp/>

33

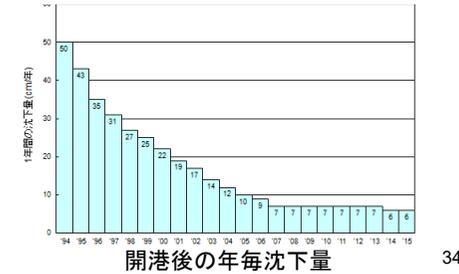
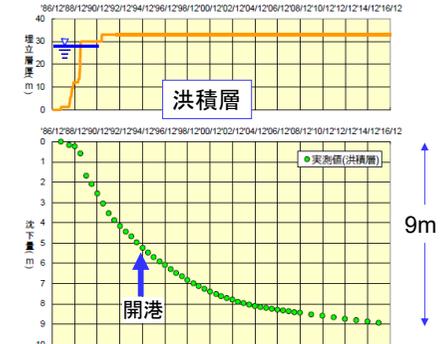
# 関空一期における沈下

<http://www.kiac.co.jp/tech/sink/sink3/>



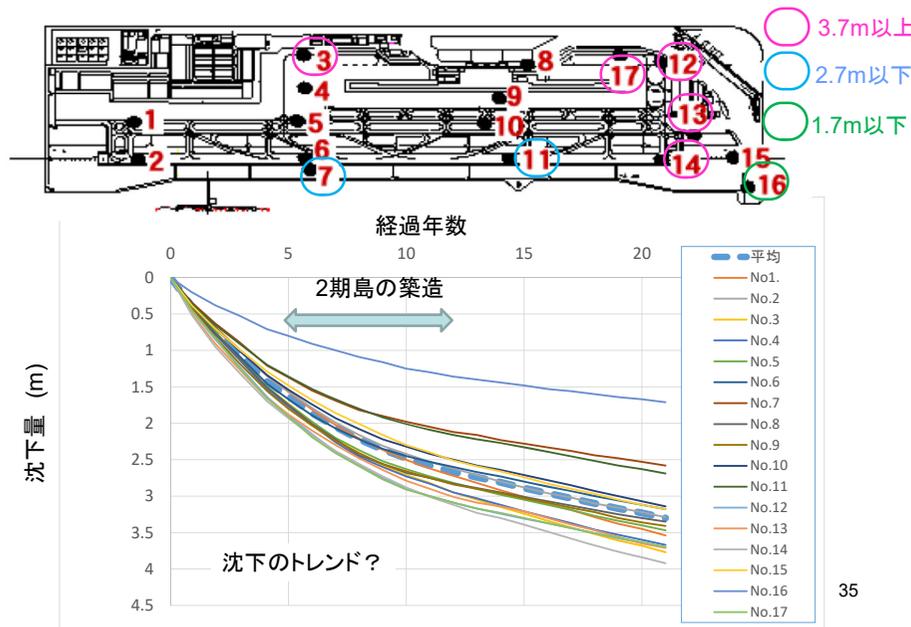
開港年度までの平均沈下量: 9.8m

沈下量: 施工(土量)  
長期管理  
ともに重要



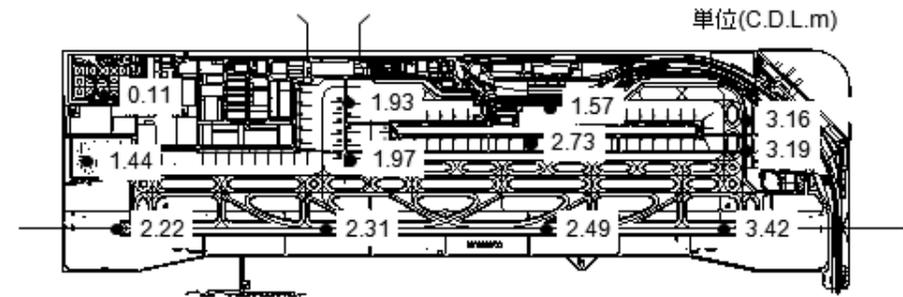
34

# 一期島の供用後の沈下量



35

# 空港島一期分の地盤の高さ(2015.12現在)



実測値 not 予測値

違いは?

36