

平成26年4月24日  
第129回水道技術懇話会

# 東日本大震災における液状化 —水道施設の耐震化にむけて—

関東学院大学理工学部  
若松 加寿江

# 浦安市では市域の85%が液状化



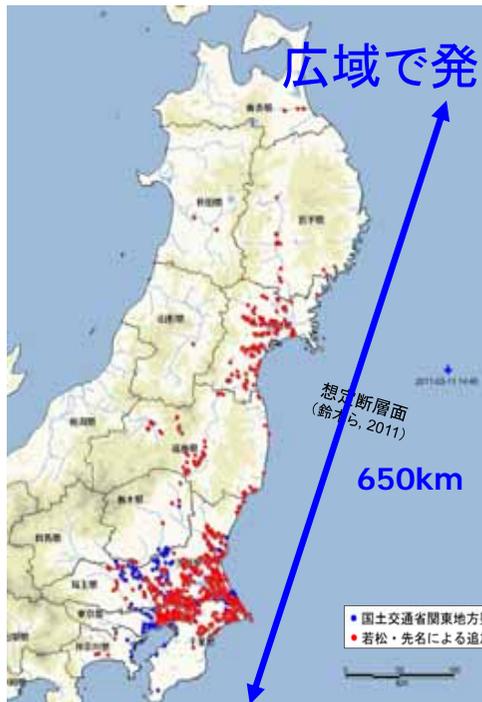
浦安市液状化対策実現可能性技術検討委員会資料

# 基礎地盤が液状化した建物(浦安市)

<http://www.frequency.com/video/20110311/3644191>



## 広域で発生した液状化被害

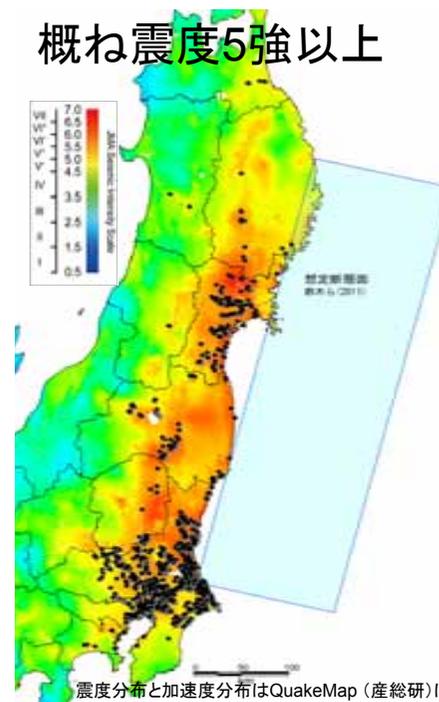


埋戻し土の液状化による管渠・マンホール等の浮上は除外

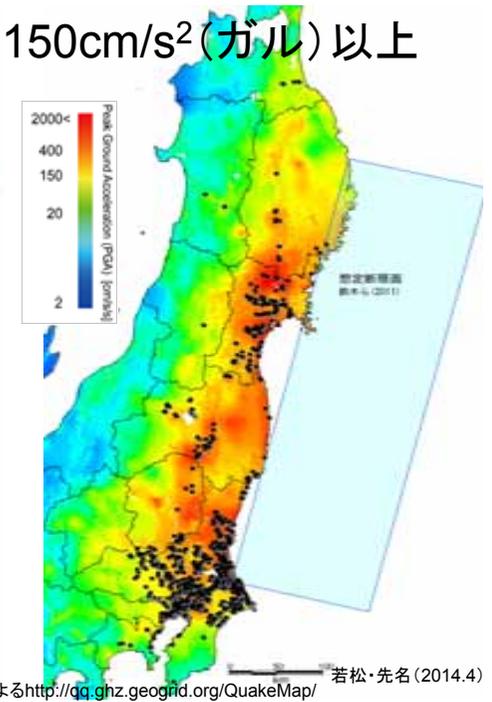
**1都12県  
190市区町村**

若松・先名(2014.4)

## 概ね震度5強以上



## 150cm/s<sup>2</sup>(ガル)以上



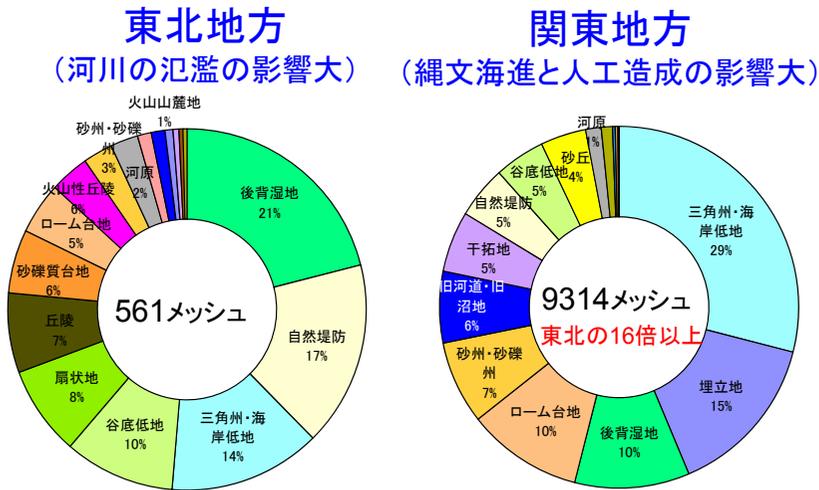
震度分布と加速度分布はQuakeMap (産総研)による<http://qq.gniz.geogrid.org/QuakeMap/>

若松・先名(2014.4)





# 液状化発生総メッシュ数を母数とした 微地形区分毎の液状化発生割合



若松・先名(2014.4)

# 河川の氾濫でできる地形 (氾濫原の原風景)



# 縄文海進(6000年前)の時代の海域

海成層が分布→微地形区分は「三角州・海岸低地」



液状化発生領域と一致(何らかの影響を受けている)

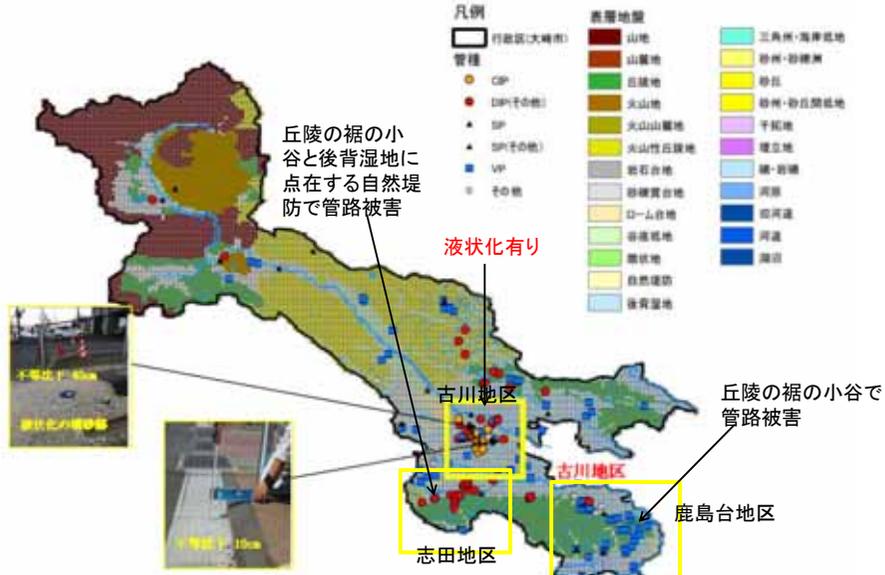


国土交通省  
霞ヶ浦河川事務所HP



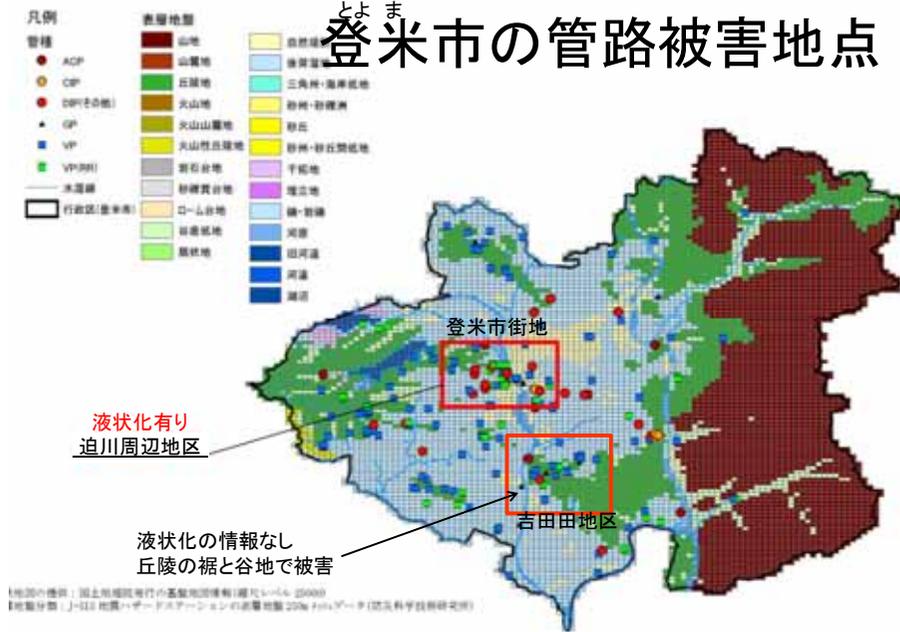


# 大崎市の管路被害地点



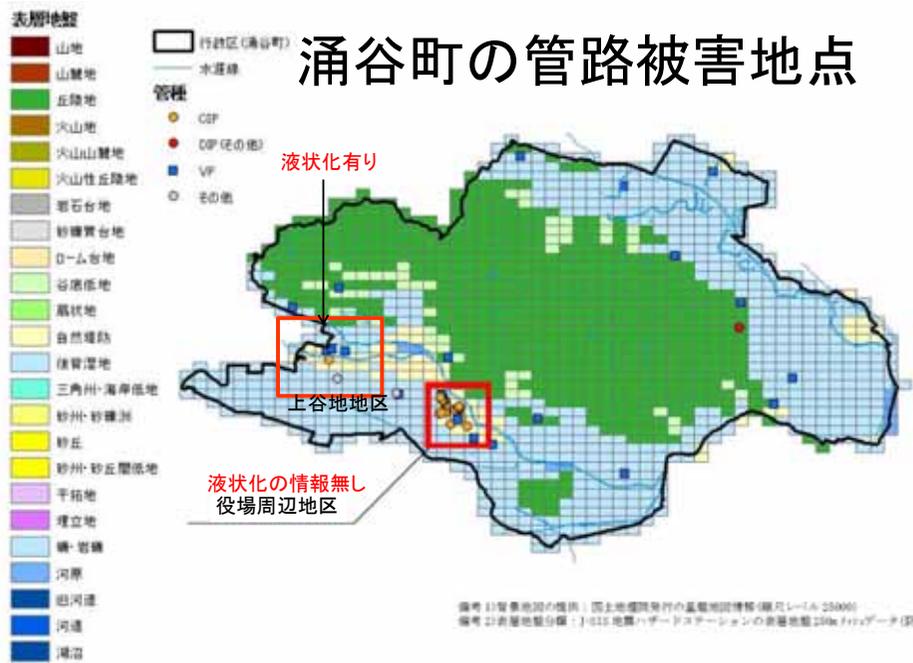
日本水道協会:平成 23 年(2011 年)東日本大震災における管本体と管路付属設備の被害調査報告書(2012)に加筆

# とよま 登米市の管路被害地点



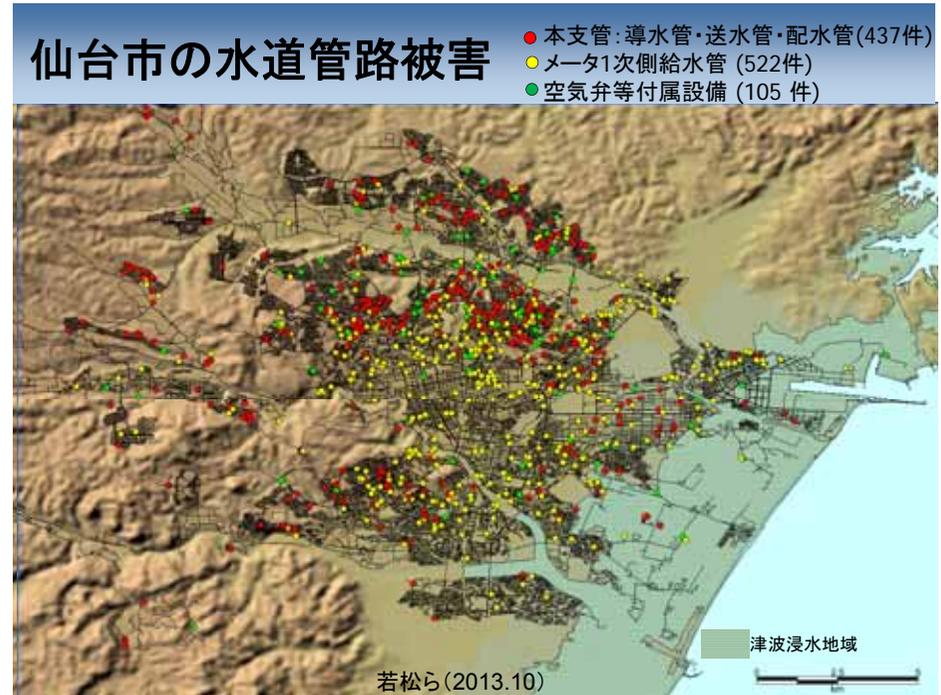
日本水道協会:平成 23 年(2011 年)東日本大震災における管本体と管路付属設備の被害調査報告書(2012)に加筆

# 涌谷町の管路被害地点



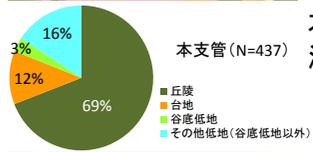
日本水道協会:平成 23 年(2011 年)東日本大震災における管本体と管路付属設備の被害調査報告書(2012)に加筆

# 仙台市の水道管路被害

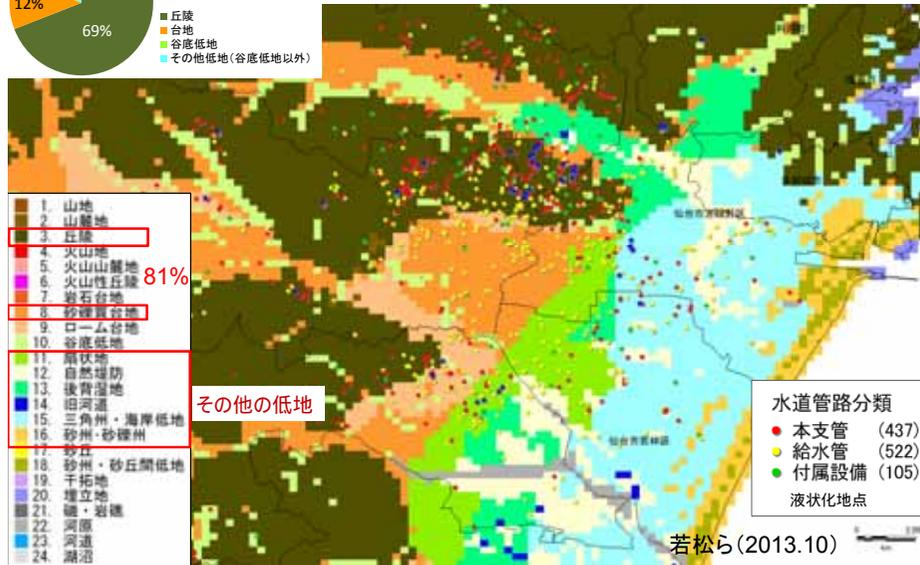


若松ら(2013.10)

# 仙台市の水道施設被害地点(1064件)

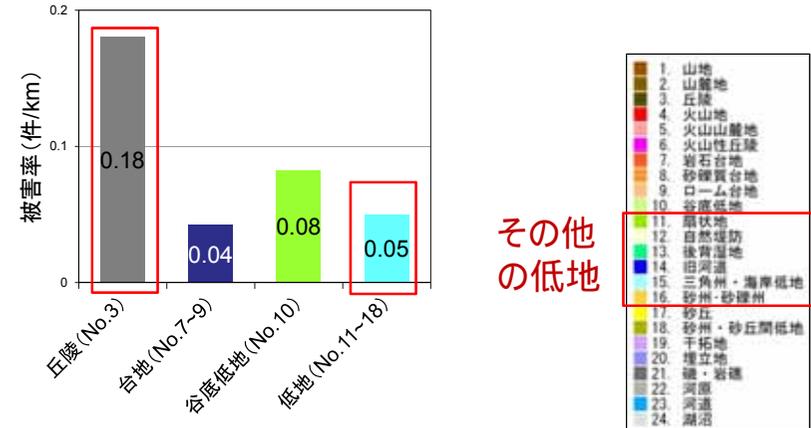


本支管被害の81%が硬質地盤の丘陵と台地で発生  
液状化も丘陵地帯で発生

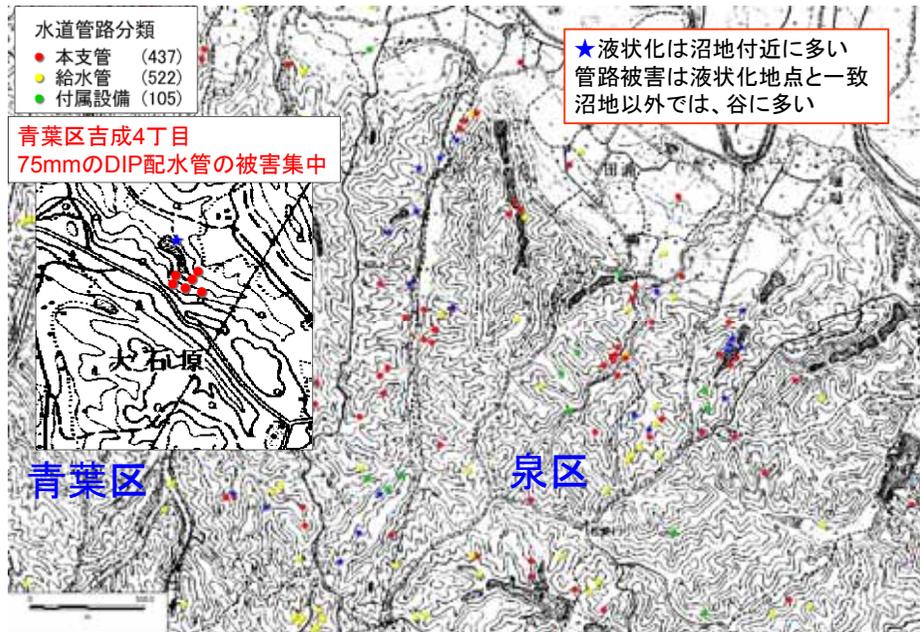


# 仙台市における 微地形区分ごとの本支管被害率

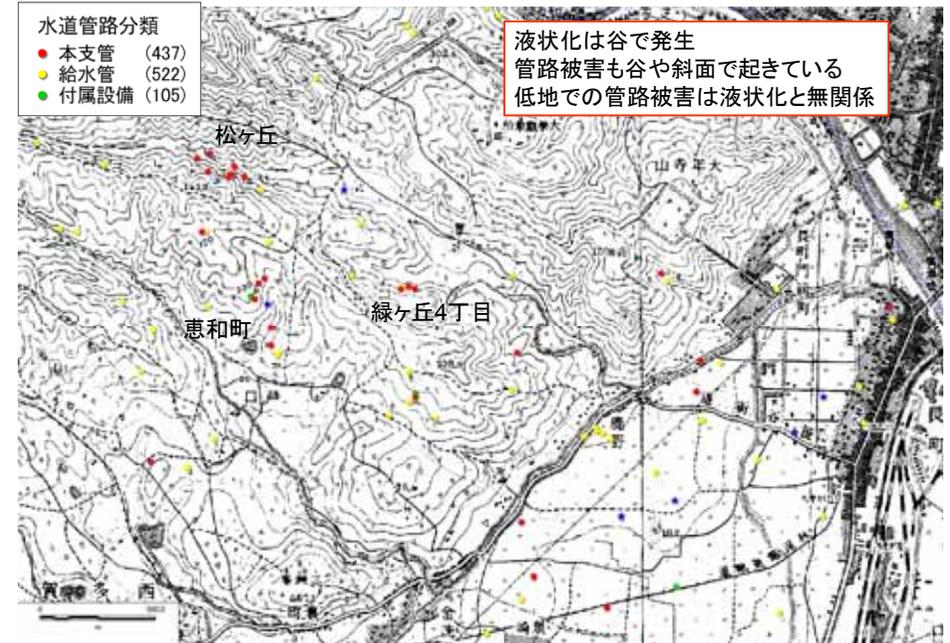
丘陵の被害率は、低地の3.6倍



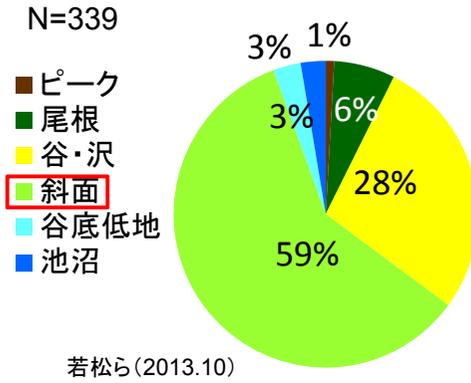
# 仙台市泉区の被害地点と液状化地点の1928年の地形



# 仙台市太白区の被害地点と液状化地点の1928年の地形



# 丘陵・台地の造成地での 本支管被害地点の旧地形



若松ら(2013.10)

斜面が多い。数は少ないが、元池沼が含まれることに注目

# 造成地における地盤変状

太白区緑ヶ丘4丁目

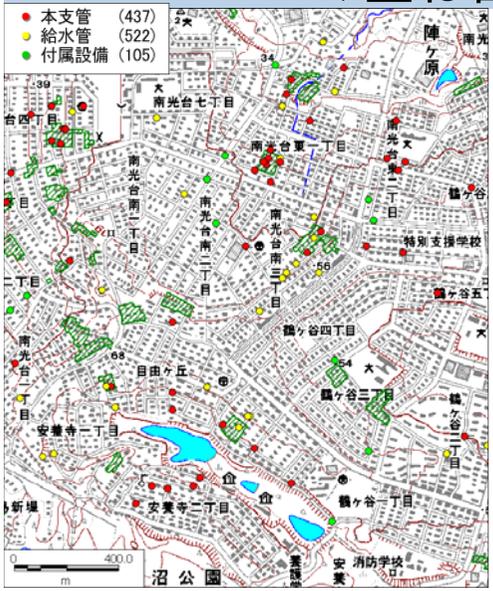


青葉区旭ヶ丘

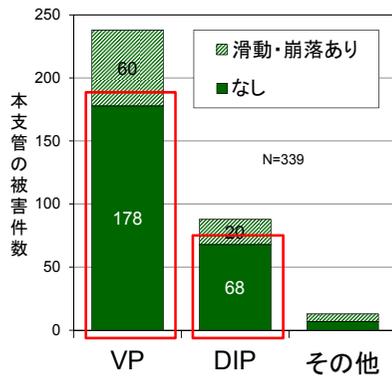


左写真: 仙台市宅地保全審議会資料

# 本支管被害地点と地盤変状発生域 の重ね合わせ



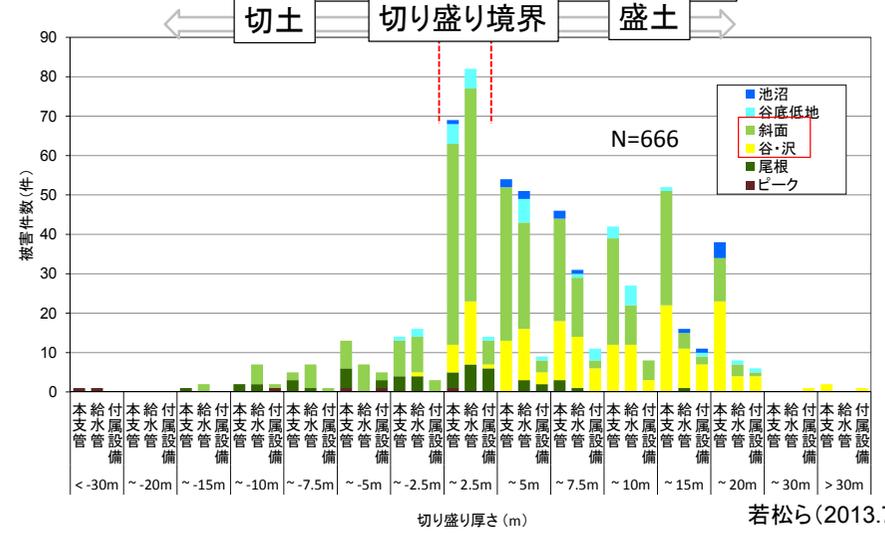
被害は、滑動・崩落発生地区  
に集中したわけではない



若松ら(2013.10)

# 旧地形別の被害件数と切り盛り厚さの関係

切り盛り厚さ: 現在標高 - 造成前標高  
 現在標高(5mメッシュ標高: 測量精度±15cm)  
 旧標高(10m毎等高線: 測量精度±3.5m程度)



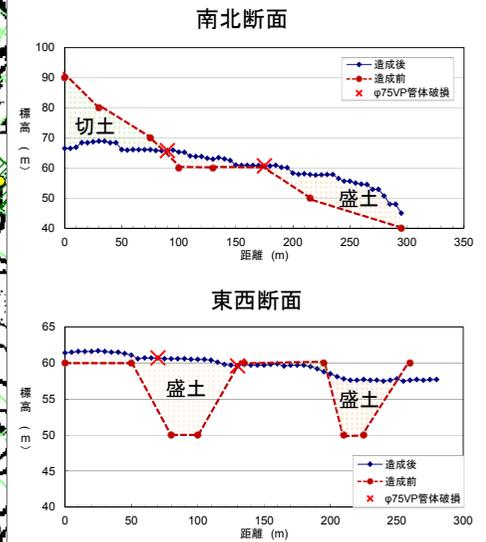
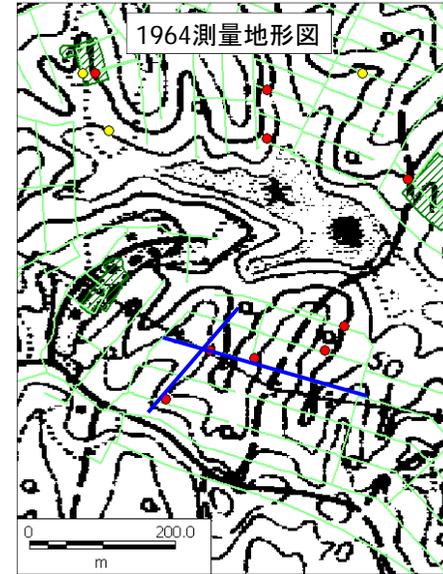
若松ら(2013.7)

# 宮城野区安養寺75mmVP配水管被害5箇所

西方を望む(2012年9月12日撮影)



# 安養寺2丁目における断面



# いわき市配水管路被害

配水管総延長2,099km

59%: 硬質塩化ビニル管 (VP)

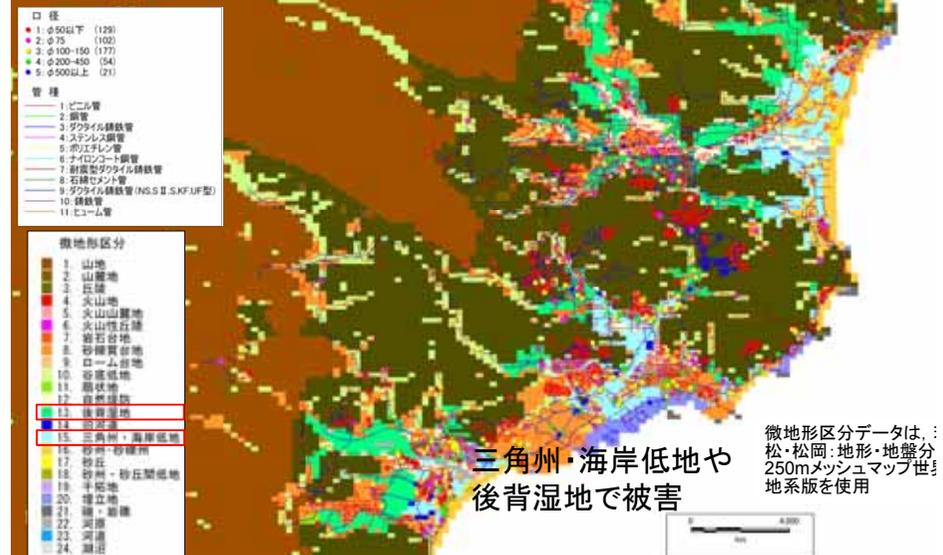
32%: ダクタイル鋳鉄管 (DIP)

被害箇所数483箇所 (3/11本震216箇所、4/11誘発地震267箇所)

被害割合(本震・誘発地震): 約6割がVP、約3割がDIP

(公社)日本地震工学会・いわき市水道局の共同研究  
 東日本大震災によるライフライン被害データベース検討委員会  
 で構築した管路網・被害データベースを利用させて頂きました。  
 関係各位に御礼申し上げます。

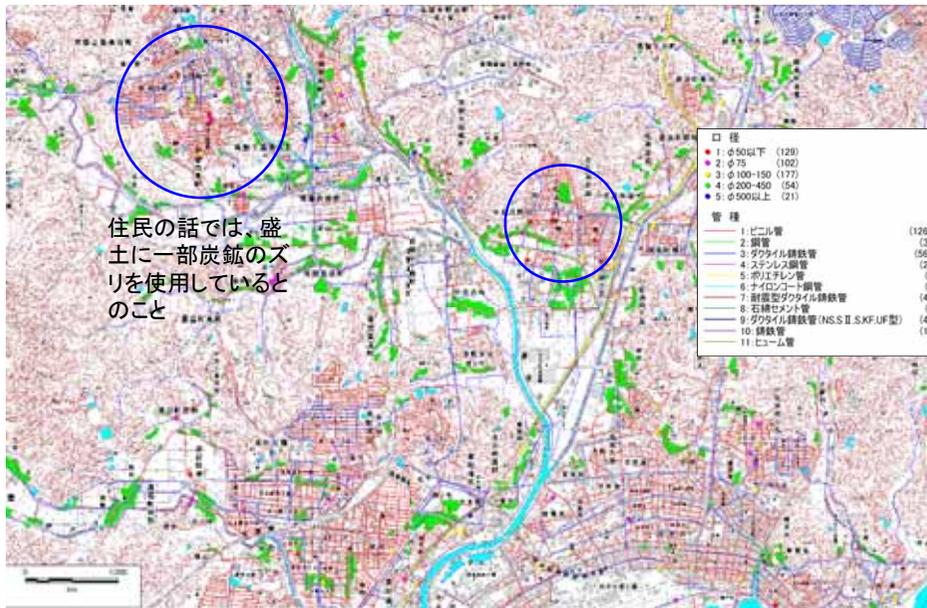
# いわき市の配水管路被害地点と微地形区分との関係



三角州・海岸低地や  
 背後湿地で被害

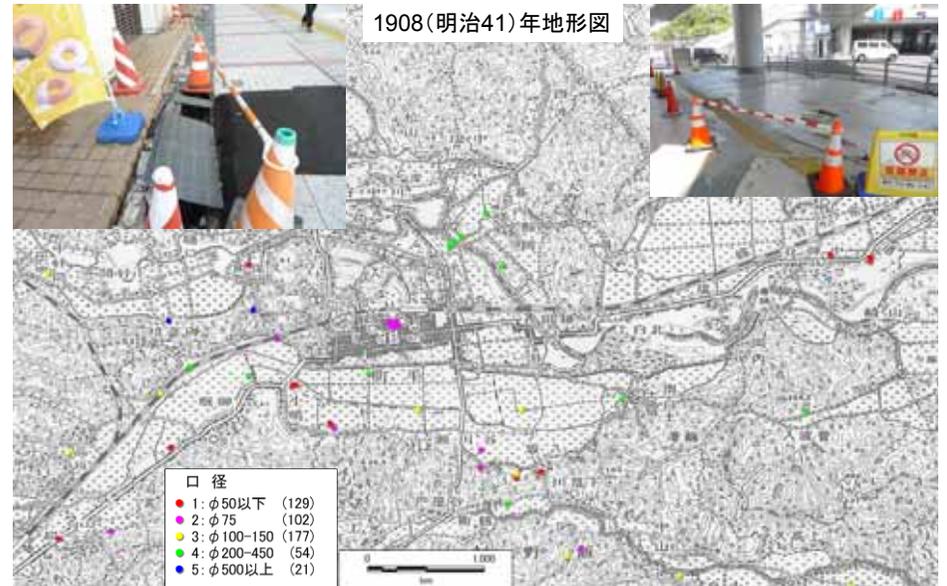
微地形区分データは、松・松岡・地形・地盤分250mメッシュマップ世地系版を使用

# 丘陵の造成地の被害は、意外に少ない



# 地盤変状は激しかったいわき駅付近(軟弱地盤)

噴砂は確認できず(写真は、2011年5月4日の駅前の状況)  
配水管被害は軟弱地盤(后背湿地)と硬い地盤(丘陵)の境界に多い

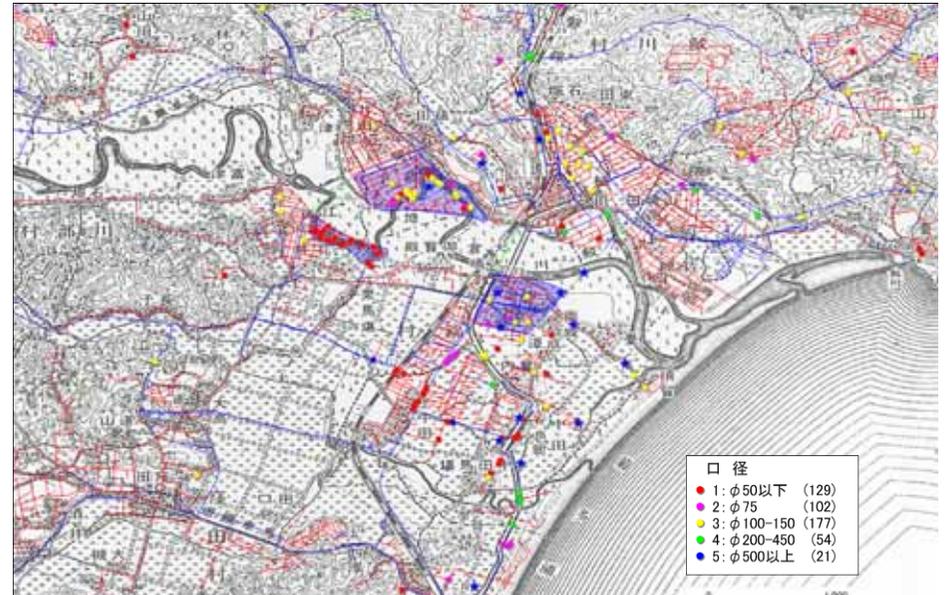


# いわき市植田町での液状化と配水管被害



# 1908年(M41)地形図との重ね合わせ

鮫川の旧河道をなぞるように管路被害が発生。旧河道沿いに新たに管路を敷設する場合は液状化対策を!





### 管路被害が多かった稲敷市・神崎町・香取市



### 明治・昭和・平成の地形図の変遷

1/5万地形図「佐原」の部分

明治39(1906)年測量



昭和27(1952)年測量

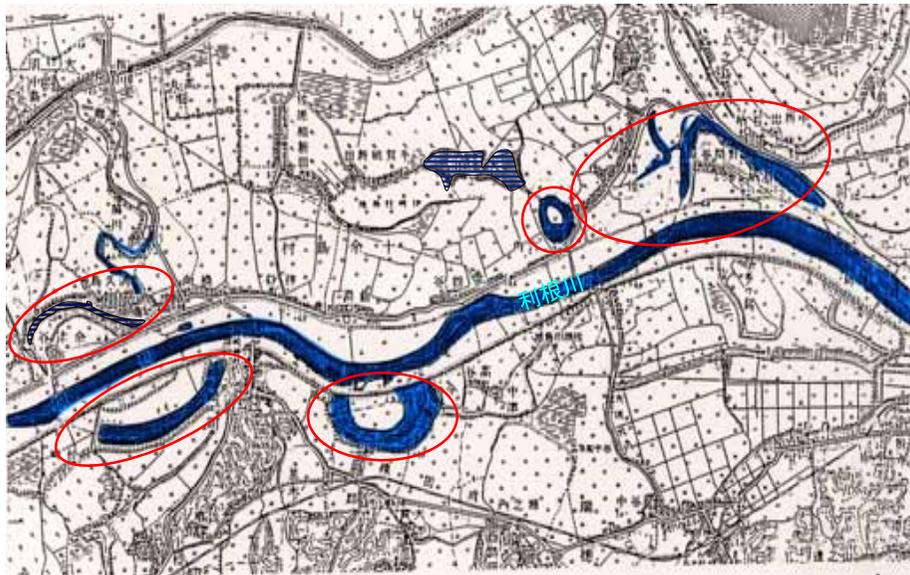


平成9(1997)年測量



川の流路や湖沼の分布の変遷に注目

### 利根川沿岸の旧河道の沼(1952年佐原)



○ 顕著な液状化発生地域(利根川の浚渫砂で1950~1960年頃埋め立て)

### 液状化により沼地が再び出現



稲敷市提供

# 直接基礎の住宅の過大な沈下量



利根川下流沿岸



# 側方流動も発生



稲敷市HP

# 砂利採取の状況(茨城県神栖市)

地下水位が浅いためサンドポンプで浚渫



昭和40～60年にGL-10mまで建材用に砂利採取して埋戻し  
砂利採取跡地での液状化被害(神栖市深芝)







### 液状化発生地点は砂鉄の採掘跡地の埋戻し地盤



砂鉄採掘の様子(長万部市史)

#### 主な砂鉄の産地

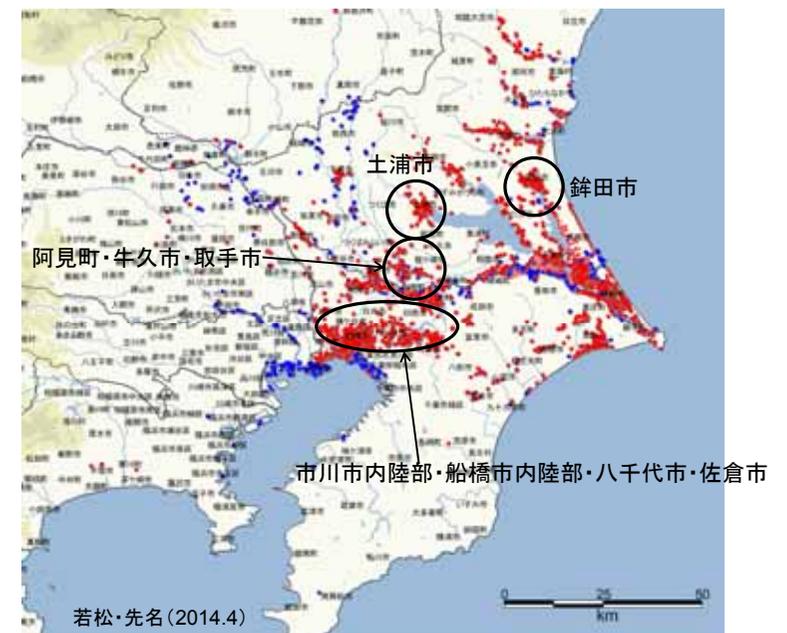
井口一幸著「古代山人の興亡」より



掘削した砂から砂鉄を選別している状況(千葉県:千葉県自然誌別編1より引用)



### 液状化被害が密集していたが、管路被害が少ない地域



## まとめ1(暫定)

- 東北地方より関東地方の方が、液状化が関与した水道施設の被害が多かった。
- 東京湾岸の埋立地、利根川などの旧河道、太平洋沿岸の砂利採掘跡地・砂鉄採掘跡地(水平地盤)では、液状化により水道管路が多数被害を受けた。



上記の地域では、液状化層が5m以上と厚い地域が多かった。今後、液状化層厚(地盤沈下量等)と管路被害との関係を明らかにする必要がある。

- 佐倉市など千葉県内陸部の台地の間の谷埋め盛土地域では、家屋の液状化被害が多数発生したにもかかわらず水道管路の被害は余り報告されていない。

## まとめ2(暫定)

- 東北地方では、丘陵地帯などの硬質地盤や、硬軟地盤の境界部での被害が多かった。
- 仙台市では、丘陵の本支管の被害率は低地の3.6倍であり、丘陵の切り盛り造成地(傾斜地盤)での管路被害が多かった。
- 管路被害箇所は、切り盛り境界のやや盛土側(盛土が薄い)の、旧地形が斜面に多かった。このことから、盛土斜面の滑動が管路の被害の原因と推測される。斜面の滑動に、液状化が関与したと思われる箇所も少なくなかった。



仙台市の造成地で管路被害が多く、関東地方の造成地で比較的少なかった原因を明らかにする必要がある

## 液状化被害を受けた浄水場

厚生労働省(2013)による

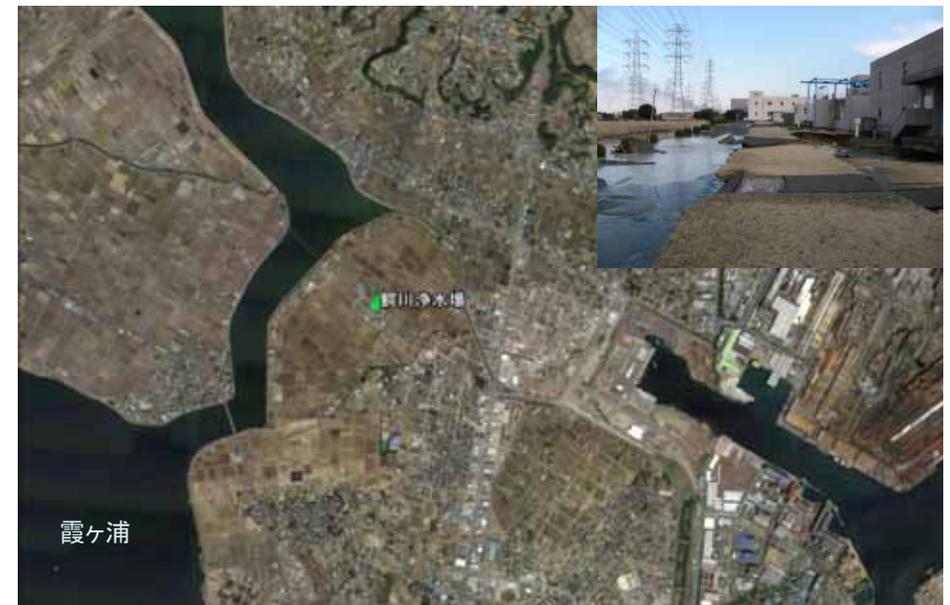
設備被害

- 蛇田浄水場(宮城県石巻市)
- 鱒川浄水場(茨城県鹿嶋市)
- 神宿浄水場(千葉県神崎町)
- 山田浄水場第6取水場(茨城県行方市)
- 国見浄水場苦地沈砂池(仙台市青葉区)

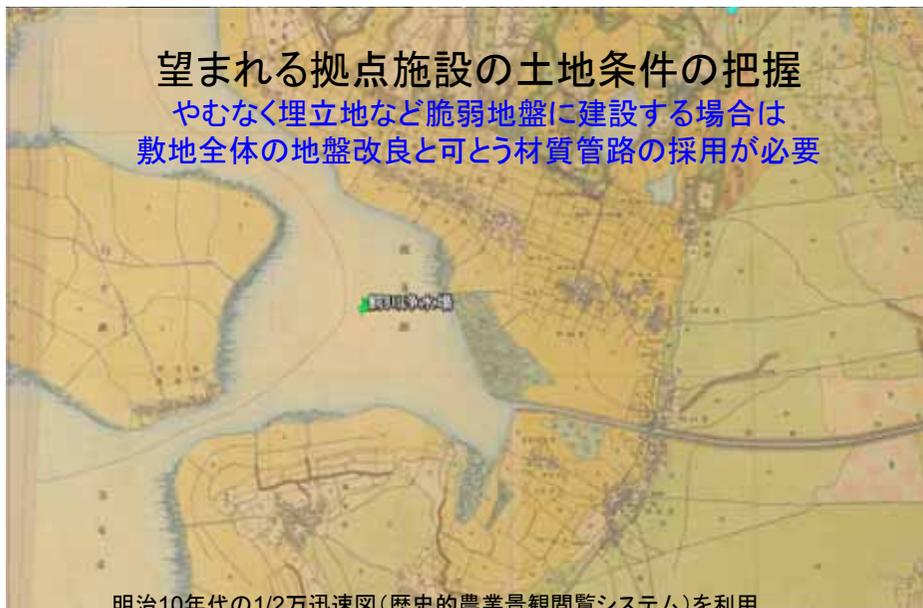
場内連絡管路被害

- 碁石浄水場(宮城県川崎町)
- 平浄水場(福島県いわき市)
- 上坪浄水場(茨城県ひたちなか市)
- 川妻浄水場(茨城県五霞町)
- 石塚浄水場(茨城県城里町)
- 霞ヶ浦浄水場(茨城県土浦市)
- 湊沼浄水場(茨城県笠間市)
- 東総広域水道企業団浄水場(千葉県東庄町)

## 壊滅的被害を受けた茨城県鱒川浄水場



# 鰐川浄水場は、元は湖



望まれる拠点施設の土地条件の把握

やむなく埋立地など脆弱地盤に建設する場合は  
敷地全体の地盤改良と可とう材質管路の採用が必要

明治10年代の1/2万迅速図(歴史的農業景観閲覧システム)を利用

## 参考文献

- 浦安市: 液状化対策実現可能性技術検討委員会第1回委員会資料, <http://www.city.urayasu.chiba.jp/dd.aspx?menuid=12095> (2012.6)
- 若松加寿江, 先名重樹: 2011年東北地方太平洋沖地震による東北地方の液状化発生と土地条件, 日本地震工学会論文集第14巻, 第2号, pp.124-143 (2014.5)
- 若松加寿江, 先名重樹: 液状化発生地域の分布と被害の傾向, 東日本大震災合同調査報告, 共通編3 地盤災害, 地盤工学会, 丸善出版株式会社, pp.175-182 (2014.4)
- 国土交通省関東地方整備局・地盤工学会: 東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態説明報告書, <http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000061.html> (2011.8)
- 厚生労働省: 東日本大震災水道施設被害状況調査最終報告書 (2013.3)
- 日本水道協会: 平成23年(2011年)東日本大震災における管本体と管路付属設備の被害調査報告書 (2012.9)
- 若松加寿江, 永田茂, 丸山喜久, 西野雅夫, 鈴木清一: 地形変化に着目した仙台市の配水管の被害分析, 平成25年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.742-743 (2013.10)
- 若松加寿江, 永田茂, 丸山喜久, 西野雅夫, 鈴木清一: 東北地方太平洋沖地震における仙台市の宅地造成地の上水道管路施設の被害分析, 第48回地盤工学会研究発表会発表論文集, pp.1671-1672 (2013.7)
- 鍛田泰子, 池尻大介: 鹿島地域の液状化による管路被害集中地域と地形変遷, 日本地震工学会論文集第12巻, 第4号, pp.249-262 (2012.9)
- 旭市: 旭市液状化対策検討委員会第1回資料5-3, <https://www.city.asahi.lg.jp/section/toshi/news/2013-0226-1658-16.html> (2013.1)
- 農業環境技術研究所: 1/2万迅速測図、歴史的農業景観閲覧システム, [http://habs.dc.affrc.go.jp/habs\\_faq.html](http://habs.dc.affrc.go.jp/habs_faq.html)