

# 東北地方太平洋沖地震による 内陸部における液状化被害に関する インベントリー作成

青山雅史(群馬大)

第299回地学クラブ講演会(アルカディア市ヶ谷)

2016. 12. 16

# 講演の概要

- 2011年東北地方太平洋沖地震による内陸部における液状化被害分布と被害状況

⇒ 利根川下流低地～宮城県北部迫川流域

※一部地域の液状化被害について、小山拓志さん(大分大)と高田明典さん(日本地図センター)から情報を提供していただいた

- 液状化発生域の土地条件(土地履歴)

⇒ 利根川下流低地

⇒ 宮城県北部大崎平野

- 茨城県神栖市、鹿嶋市における液状化発生域の土地条件(土地履歴) —特に、砂利採取場跡地との関係—

- 東北地方太平洋沖地震による液状化発生域の土地条件の再検討(砂利採取場跡地との関係)

- 2016年熊本地震における液状化被害と土地条件

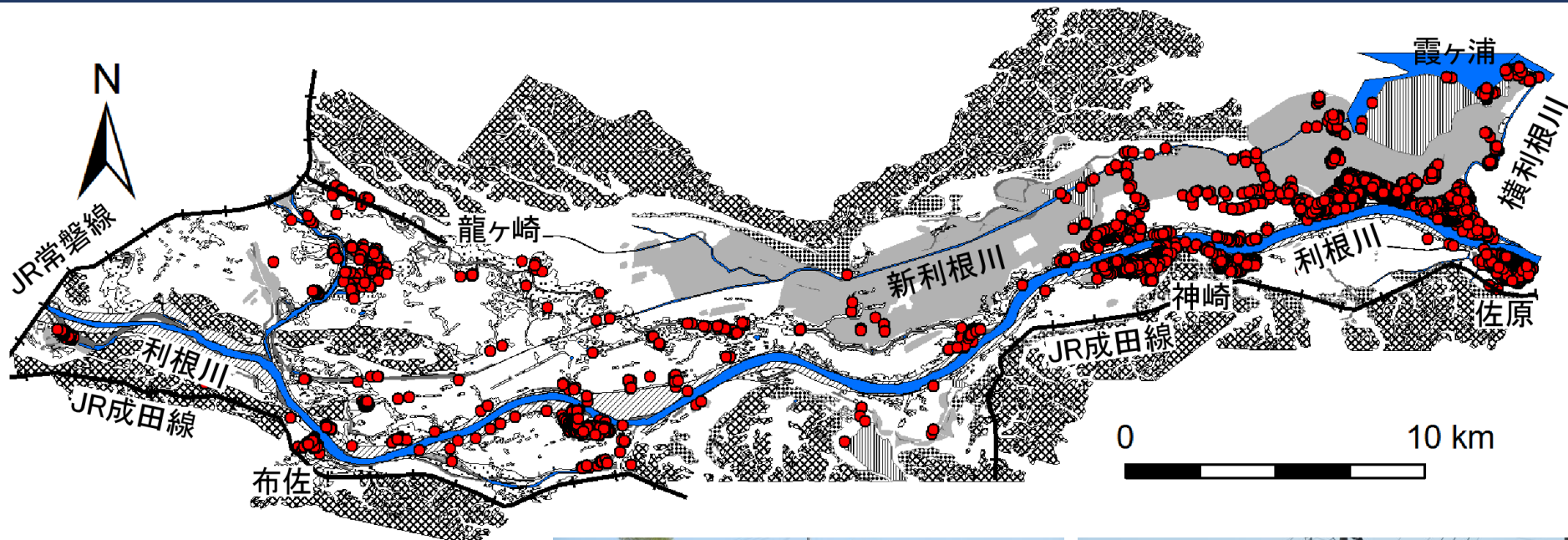
# 本調査で認定した 液状化発生地点の分布 (利根川下流低地～宮城県北部 ※福島県浜通り北部は未調査)



- 関東地方東部から東北地方南部太平洋側にかけての多数の地点での液状化発生を認定
- 利根川下流低地において液状化構造物被害(戸建家屋の不同沈下等)が多数発生
- 茨城県内の涸沼川、那珂川、久慈川などの沖積低地上の多数の地点において噴砂(液状化)発生
- 宮城県内の白石川、阿武隈川、鳴瀬川、江合川、迫川などの沖積低地上でも多数の地点において噴砂発生
- 宮城県内陸部(大崎平野、仙北平野、白石盆地)や福島県中通り(須賀川市、鏡石町周辺)では、マンホールの顕著な浮き上がり被害(局地的な液状化)が多数発生

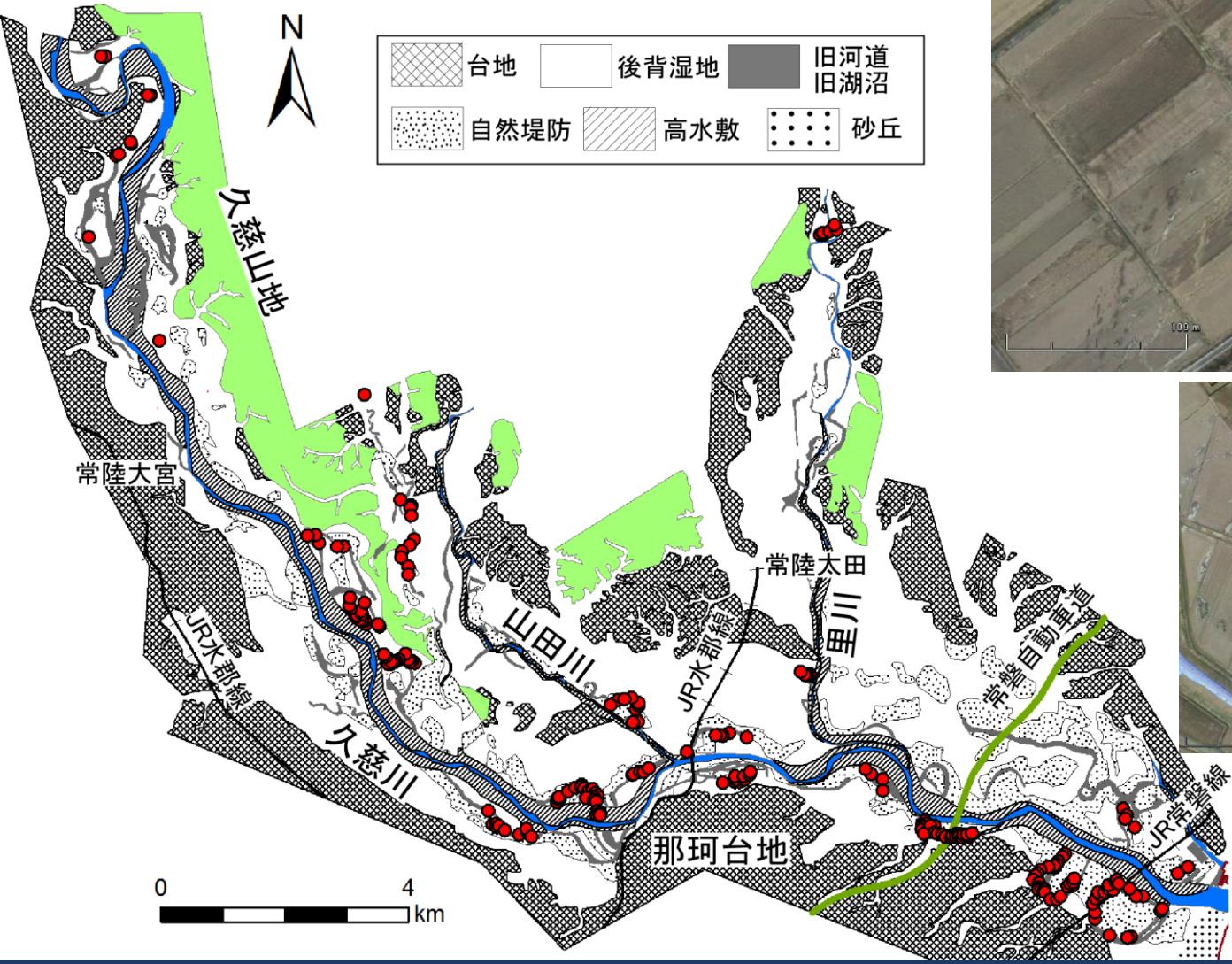


# 利根川下流低地における液状化発生域の分布 (ポイントデータで表示)



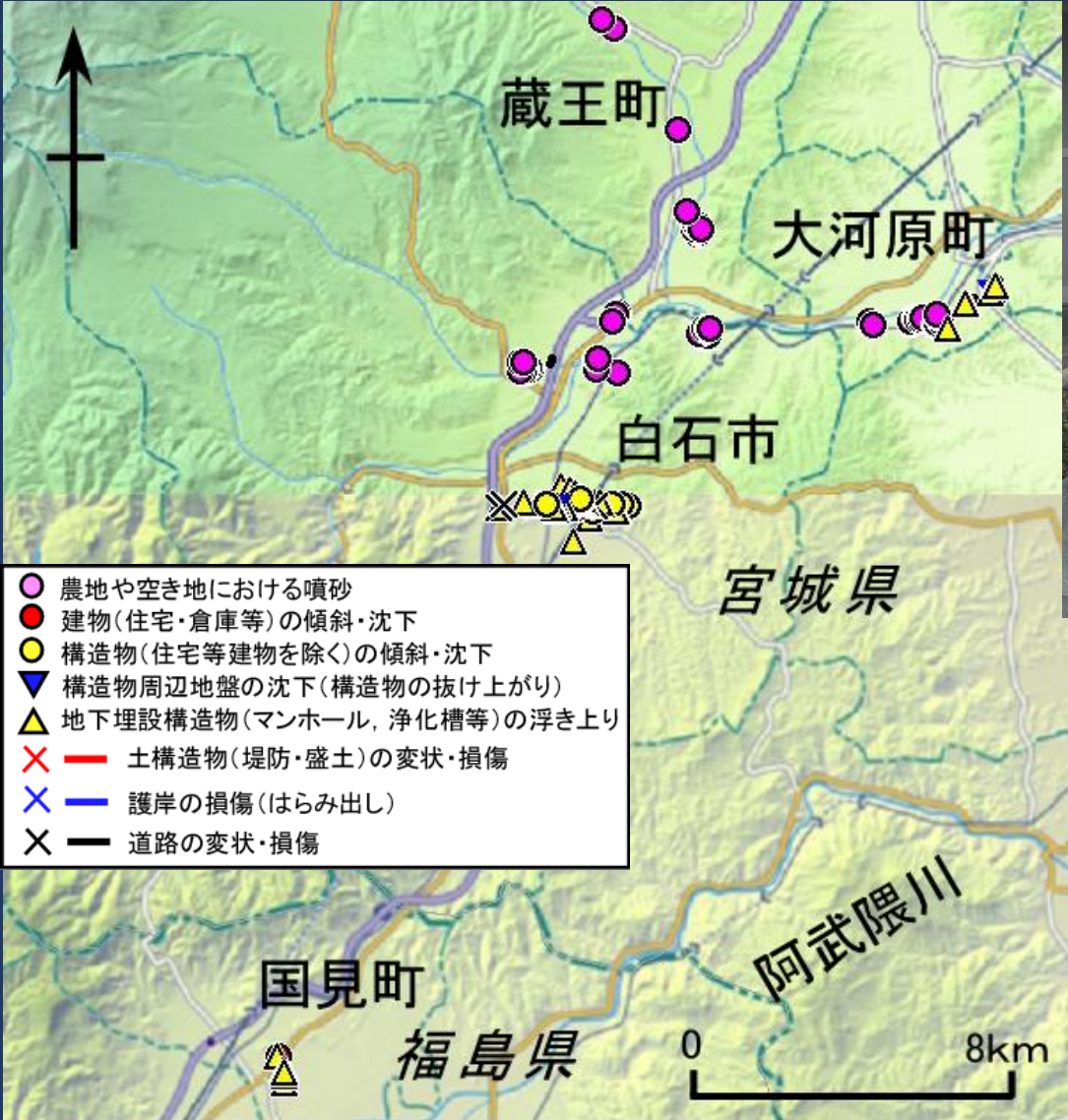


# 久慈川低地における液状化(噴砂)発生域の分布(ポイントデータで表示)





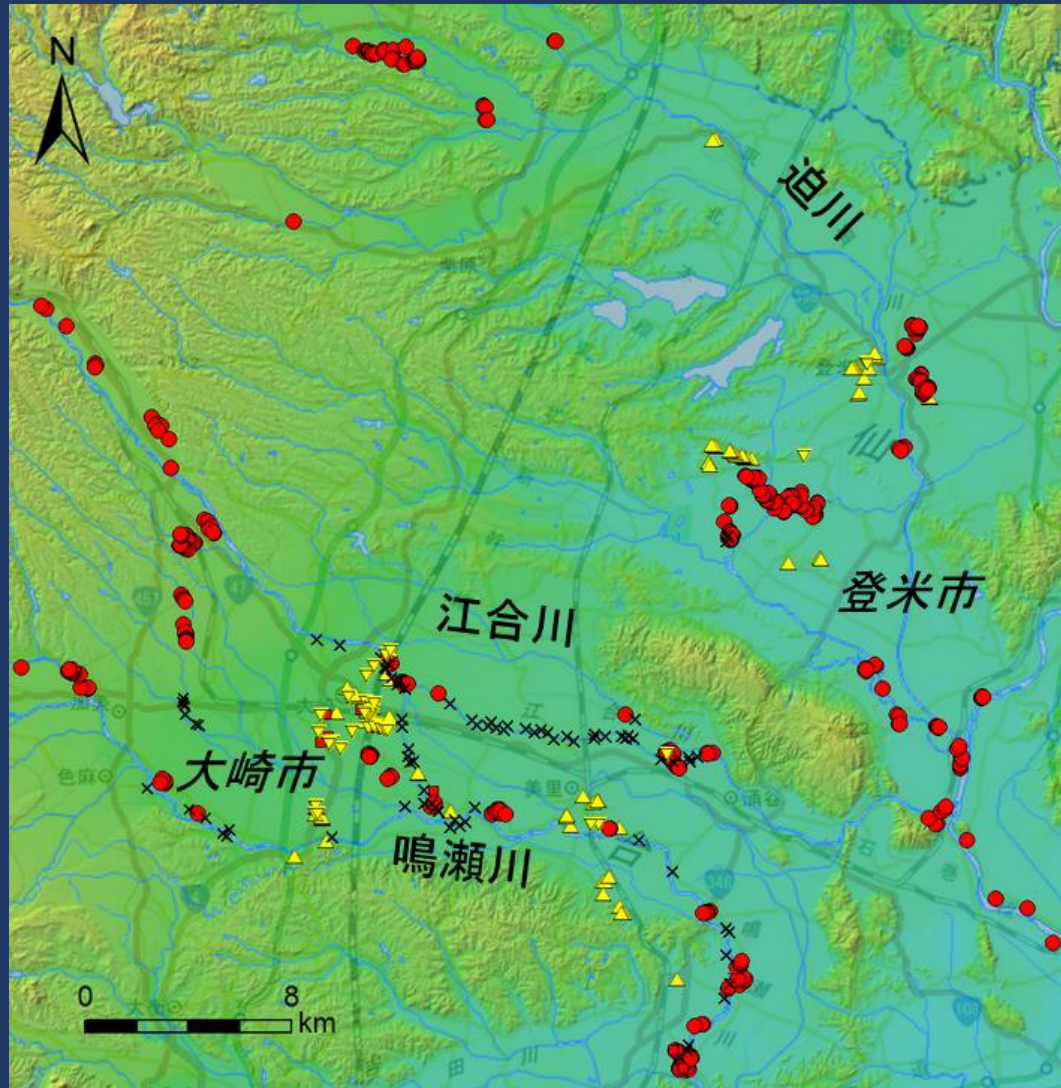
# 宮城県南部白石川流域(白石市, 柴田町, 大河原町, 蔵王町), 福島盆地北部国見町における液状化被害



マンホール、管渠埋め戻し土や構造物周囲の埋め戻し土の液状化による被害(マンホール浮き上がり, 路面沈下・陥没、建物周囲の沈下・陥没)が多数発生



# 宮城県北部(大崎平野, 仙北平野)における液状化被害

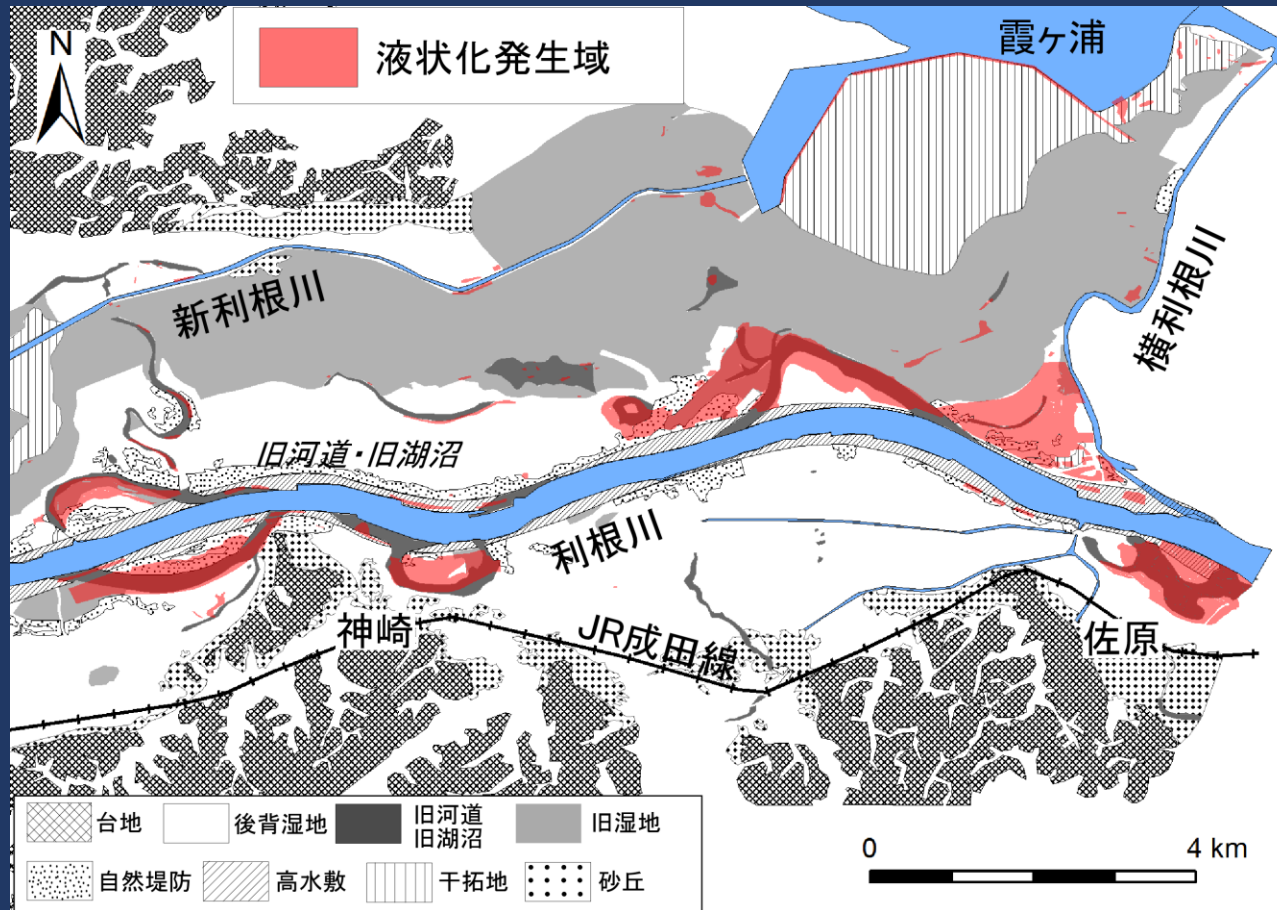


- 迫川, 江合川, 鳴瀬川流域の沖積低地において噴砂(液状化)発生を多数認定
- 江合川, 鳴瀬川の堤防において、基礎地盤や堤体内部の液状化に起因する崩壊, 亀裂等多数の被害発生
- 大崎市街地(古川), 登米市街地(佐沼)や丘陵(台地)斜面基部において、マンホールや管渠等埋め戻し土の液状化に起因する被害(マンホールの顕著な浮き上がりや管渠上路面の陥没)が多数発生

※堤防被害に関しては国交省東北地方整備局(2011)「北上川等堤防復旧技術検討会報告書」を引用



# 利根川下流低地（稲敷市，神崎町，香取市）における液状化発生域の分布と地形条件



➤ 旧河道・旧湖沼において集中的に液状化発生



# 稲敷市南東部の利根川旧河道，旧湖沼の変遷と土地履歴



利根川沿いの湖沼  
(押堀)

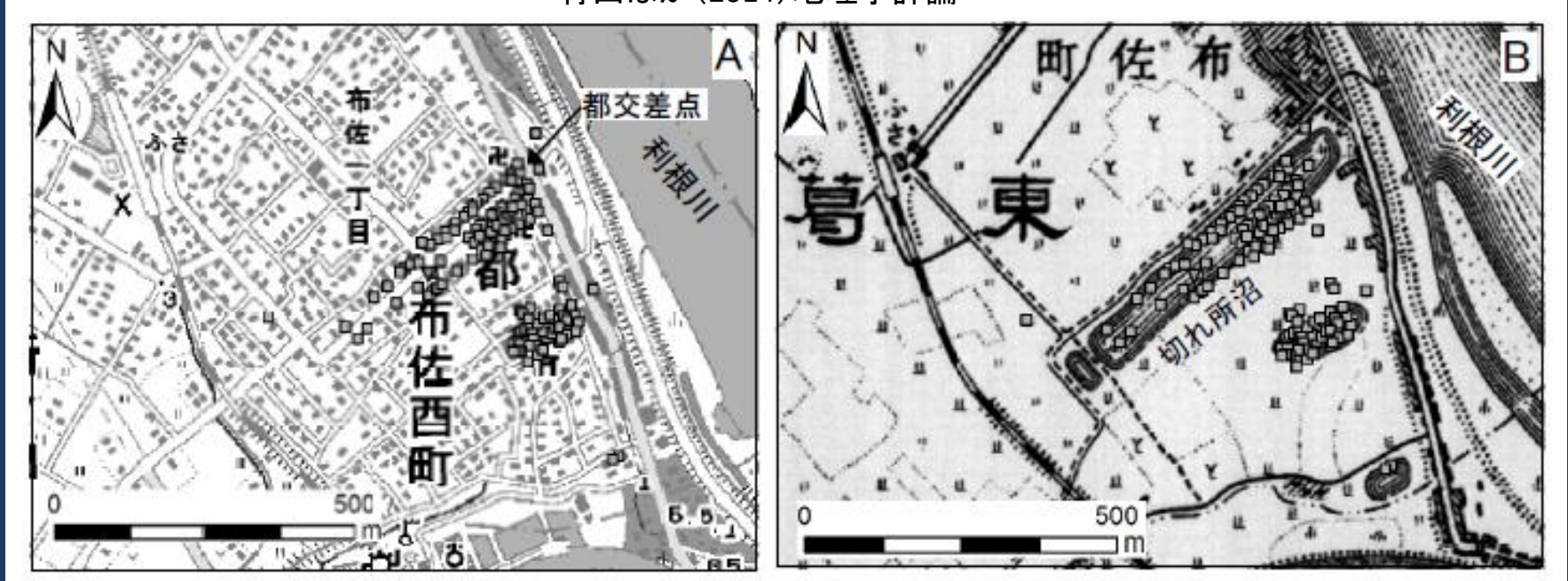


昭和30～38年に利根川浚渫土砂によって埋め立てられ，農地化(陸域化)



# 利根川沿いの旧湖沼において多発した液状化被害 (我孫子市布佐)と液状化発生域の土地履歴

青山ほか(2014)地理学評論



現在の地形図に液状化被害発生地点をプロット

液状化被害を昭和3(1928)年測量の地形図に重ね合わせ

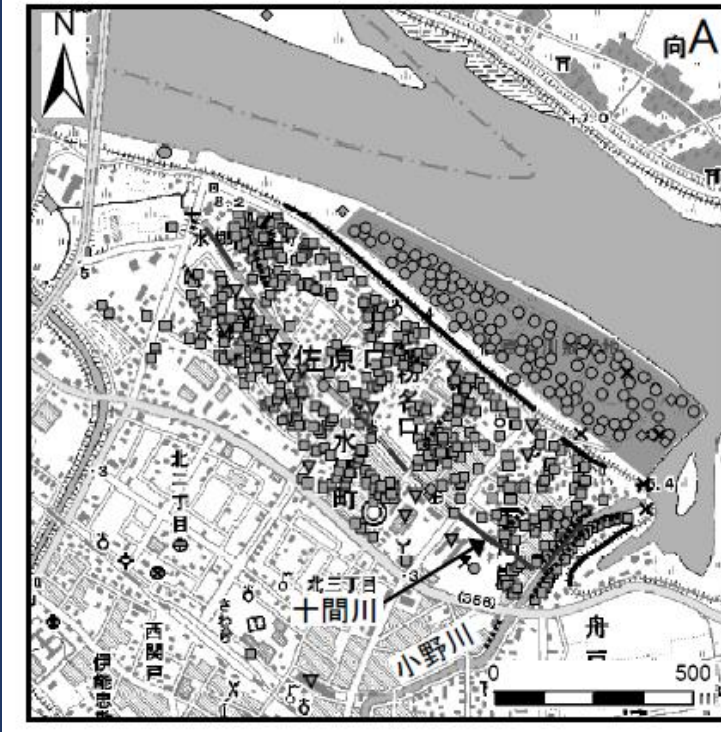
## ➤ 液状化発生地点

⇒ 明治期に形成された押堀を昭和20年代後半に利根川の浚渫砂で埋め立てた領域

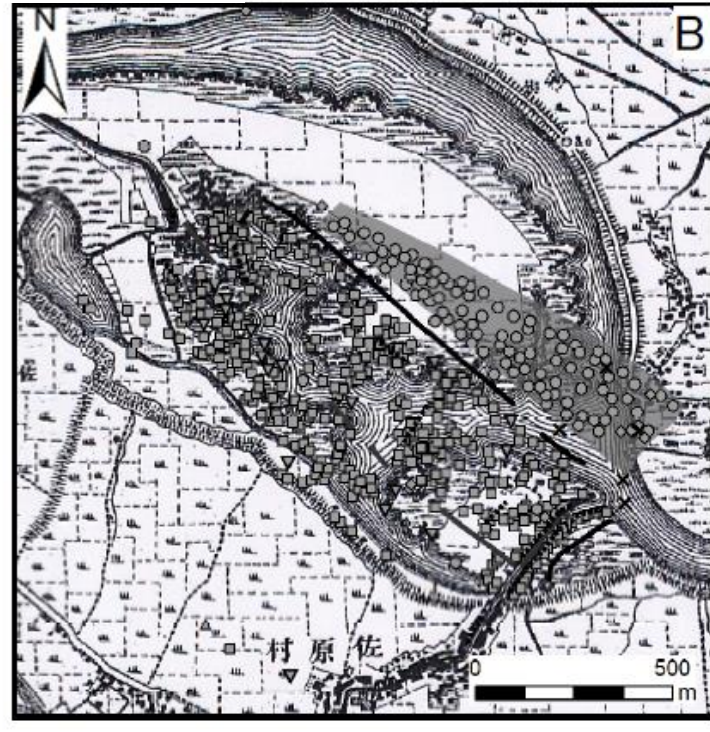


# 利根川沿いの旧河道，旧湖沼において多発した液状化被害(香取市佐原)と液状化発生域の土地履歴

青山ほか(2014)地理学評論



現在の地形図に液状化被害発生地点をプロット

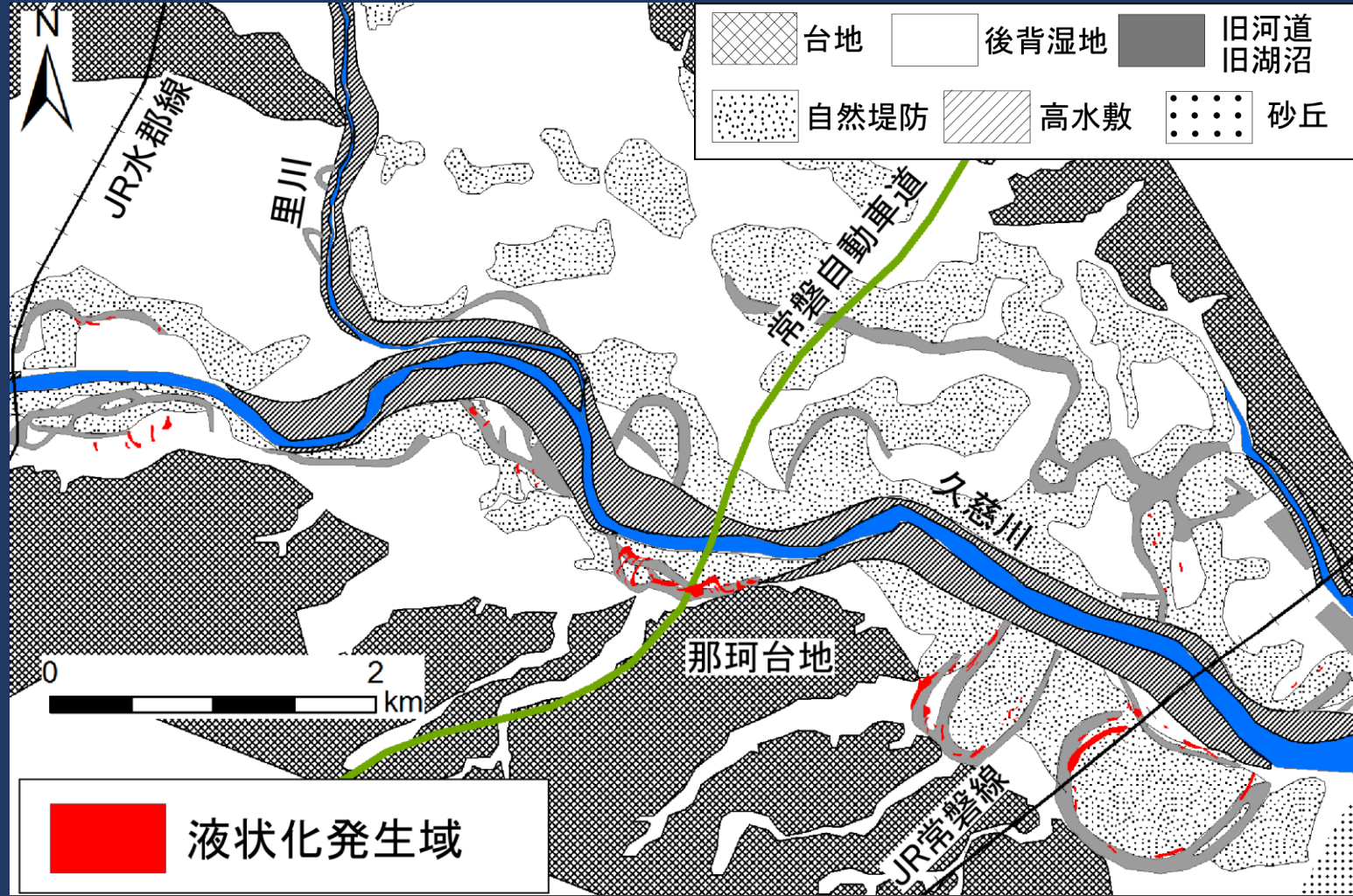


明治18(1885)年測量1/20000迅速測図「佐原村」に液状化被害を重ね合わせて表示

➤液状化発生地点

⇒明治期以降(1900年代前半)浚渫砂で埋め立てられた旧湖沼

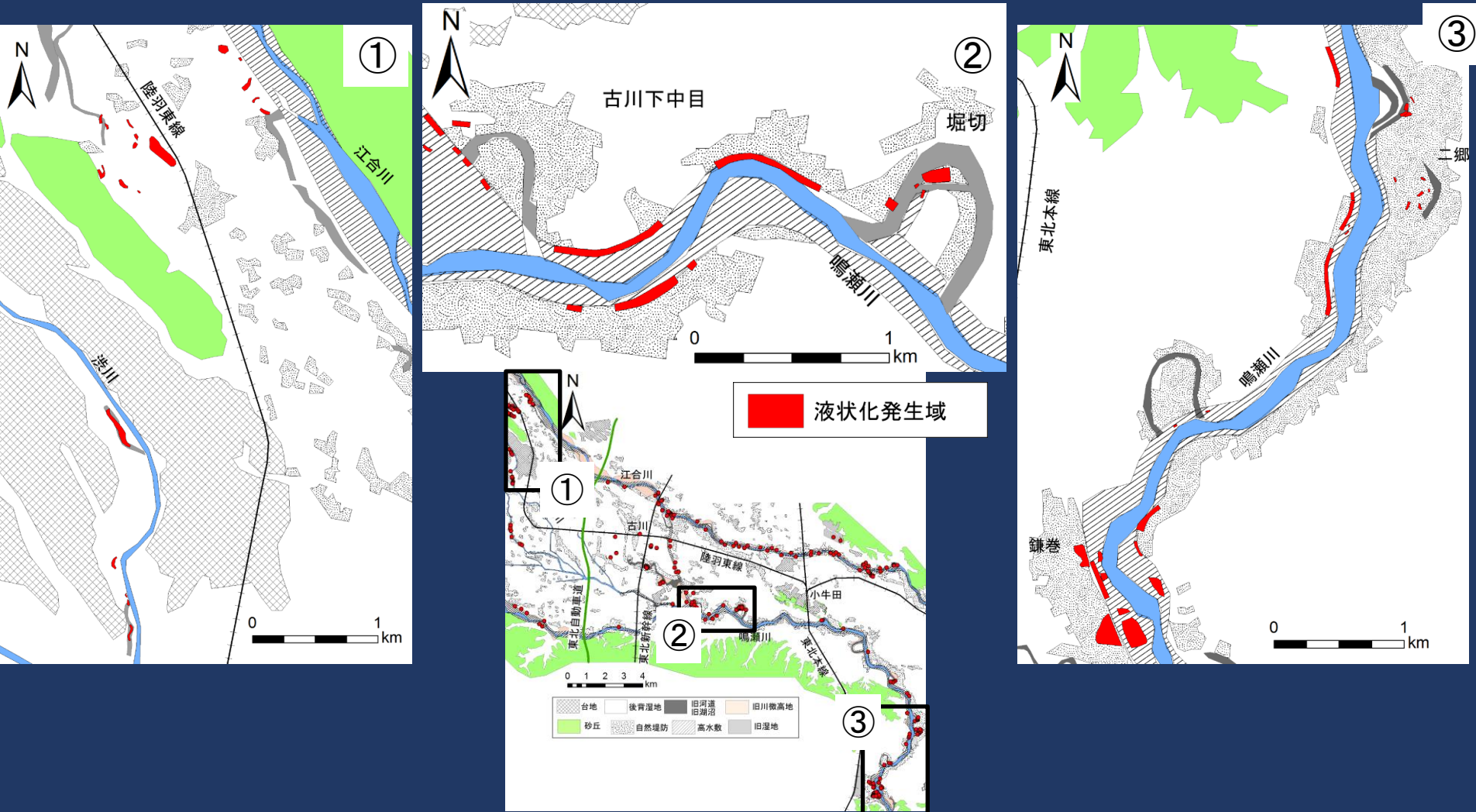
# 久慈川低地における液状化発生域の分布と地形条件



➤ 旧河道やそれに隣接した自然堤防, 後背湿地上で多く発生



# 大崎平野における液状化発生域の分布と地形条件



- 旧河道, 平野西縁部(山地との境界部), 自然堤防に多い
- 液状化に起因する堤防損傷(崩壊・沈下等)多数発生(国交省などの報告)



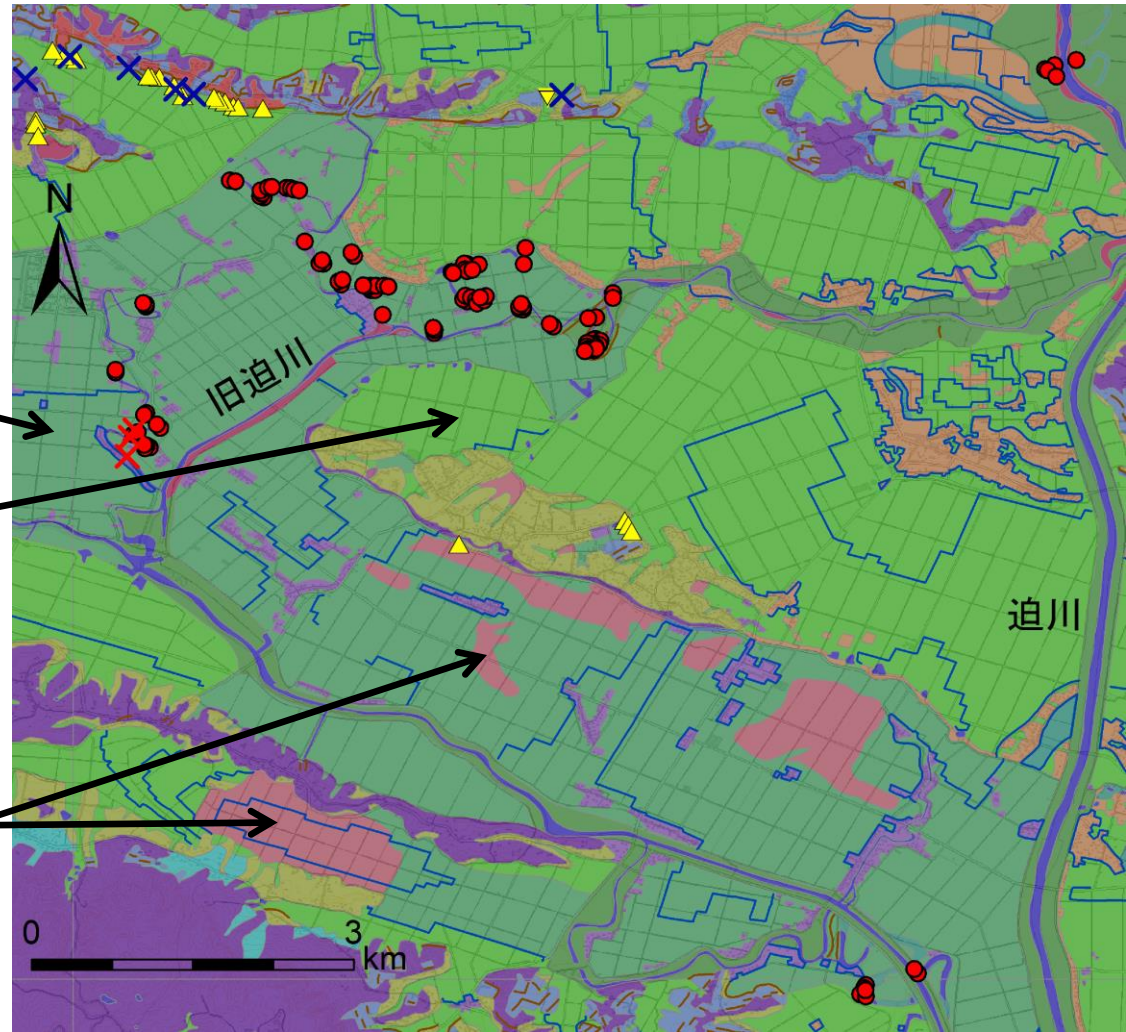
# 仙北平野(登米市)旧迫川周辺 における液状化発生地点の 地形条件と土地履歴

※土地条件図に  
液状化発生地  
点を重ね合わせ

後背低地

氾濫平野

干拓地



※旧迫川

⇒昭和初期の河川改修による  
直川化(現迫川の開削)まで  
の迫川本川

➤噴砂

⇒旧迫川沿いの旧河道において噴砂発生地点が多数分布

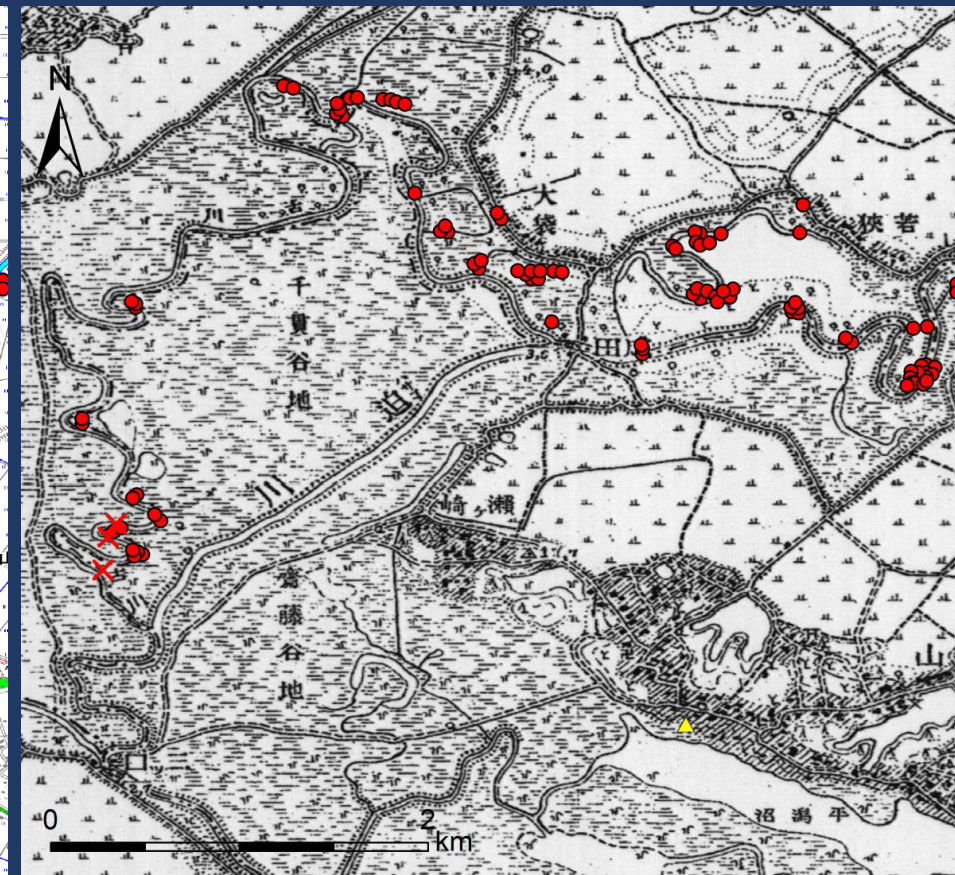
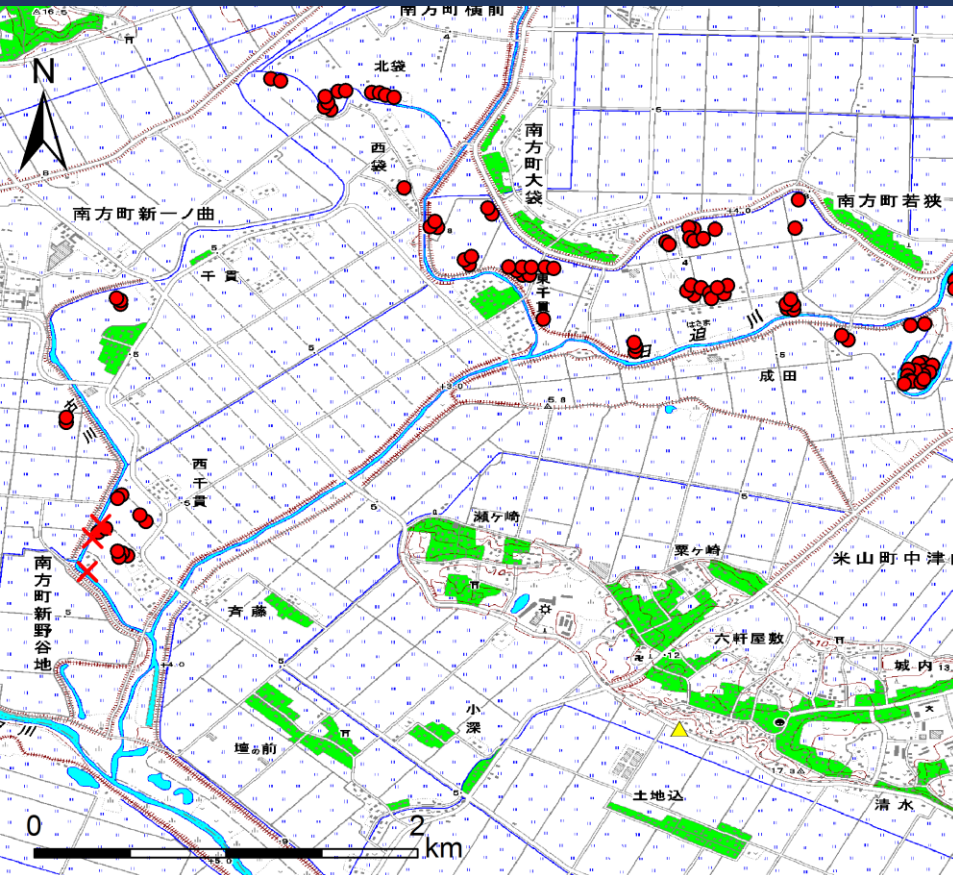
➤マンホールの浮き上がり

⇒台地斜面基部の泥炭地

※干拓により陸域化された旧湖沼(干拓地)における噴砂の発生は少ない



# 旧迫川周辺における噴砂発生地点の 地形条件と土地履歴



平成19年更新2.5万分1地形図「西野」

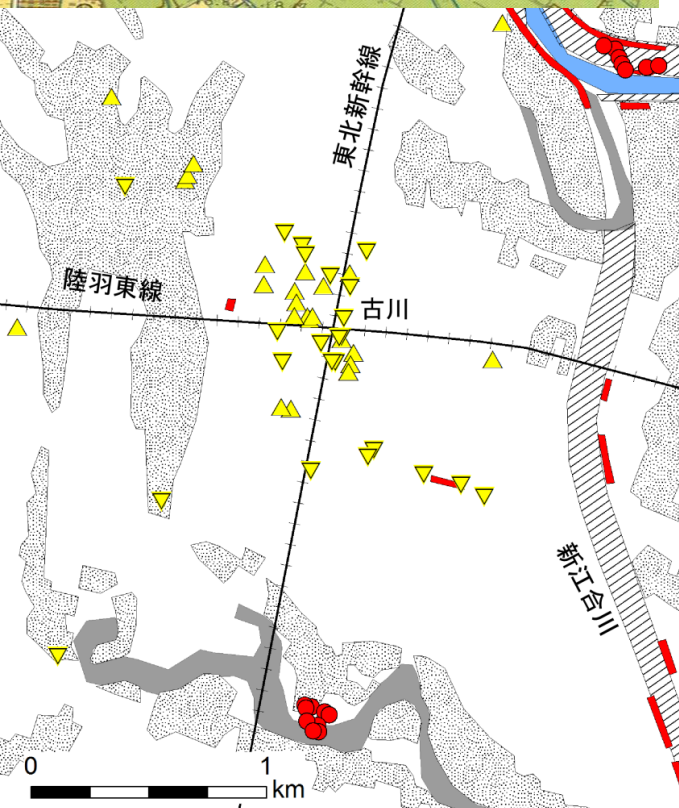
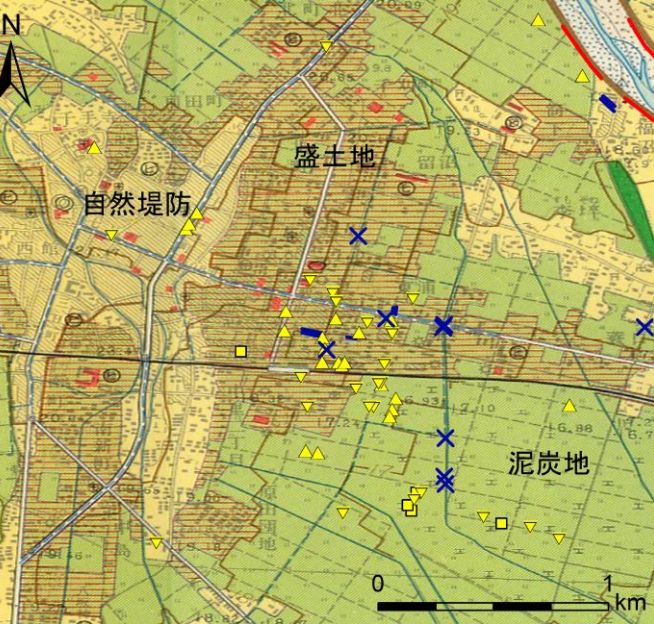
大正1年測図5万分1地形図「涌谷」

➤ 噴砂(液状化)発生地点

⇒ 蛇行流路ポイントバーや河川改修に伴い昭和初期以降陸域化された旧河道



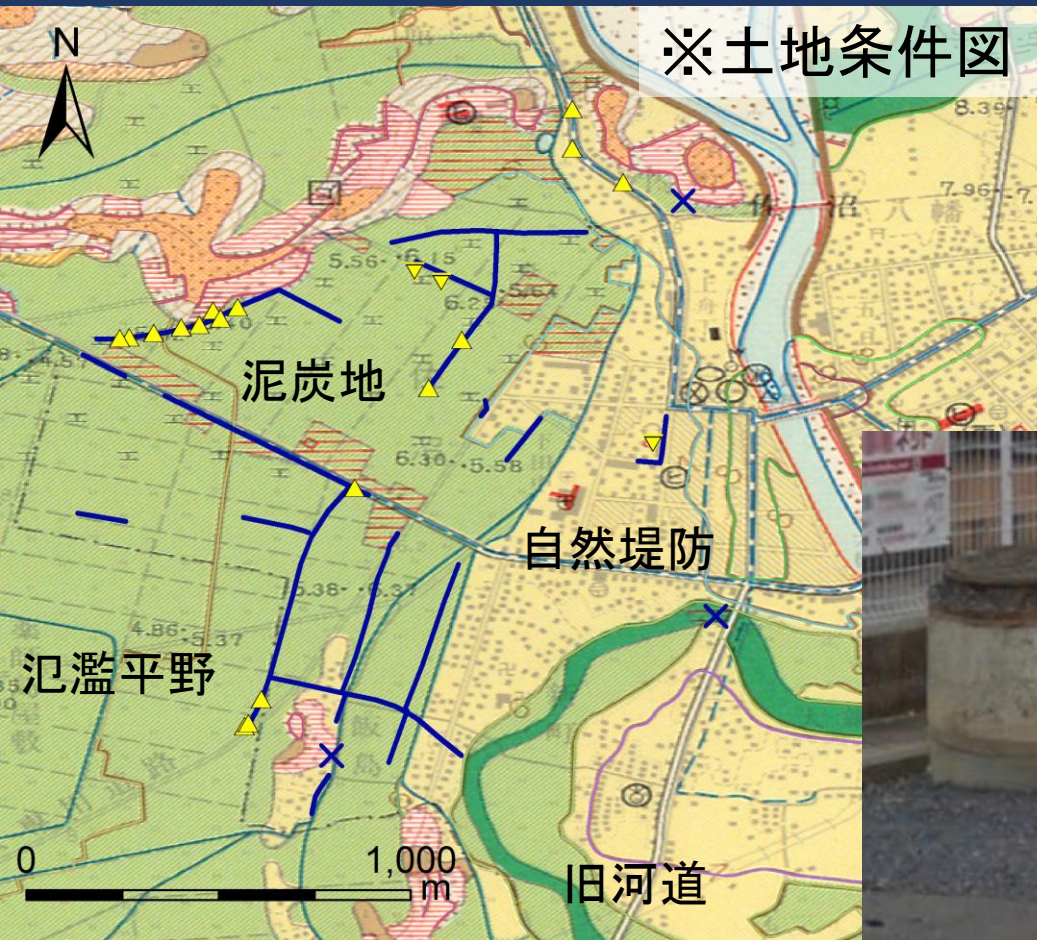
# 大崎市街中心部(古川)で多発した 局所的な液状化と土地条件 (建物周辺・地中埋設物埋め戻し土の液状化)



**後背湿地(泥炭地)**上の1970~80年代以降の造成地において建物周辺・地中埋設物埋め戻し土の液状化多発

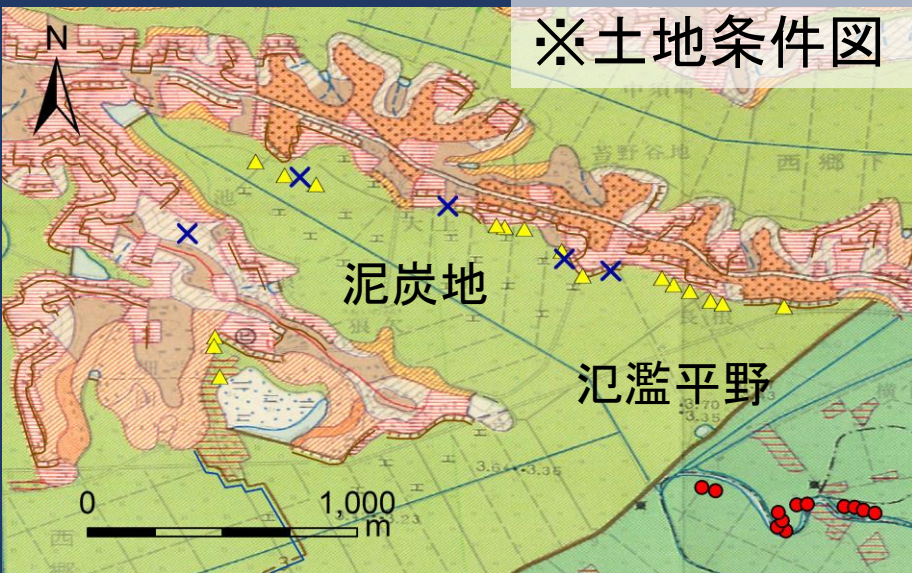


# 登米市佐沼で多発した局所的液状化 (マンホール浮上、路面陥没)の発生 と土地条件

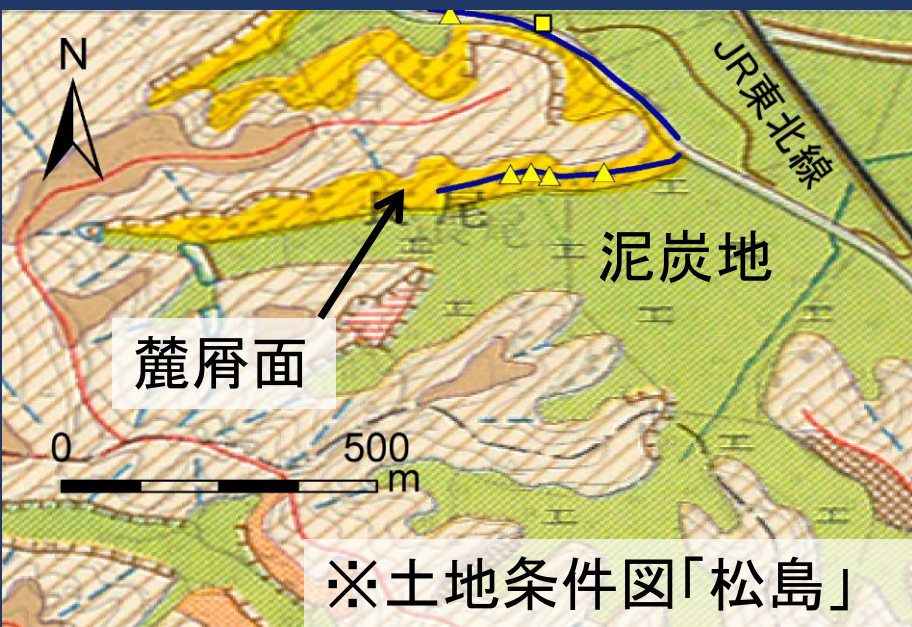


- 氾濫平野(泥炭地)上の1980年代以降の造成地において、マンホールの顕著な浮上(30cm以上)や下水管渠埋め戻し土の液状化に伴う路面陥没多発





宮城県北部(大崎平野、仙北平野)におけるマンホールの浮上被害の多発と土地条件



➤ 丘陵地・台地斜面基部の泥炭地においてマンホールの顕著な浮上(最大約1m)多発



# 東北地方太平洋地震における 液状化発生域の土地条件と その地域的差異に関する検討

仙台

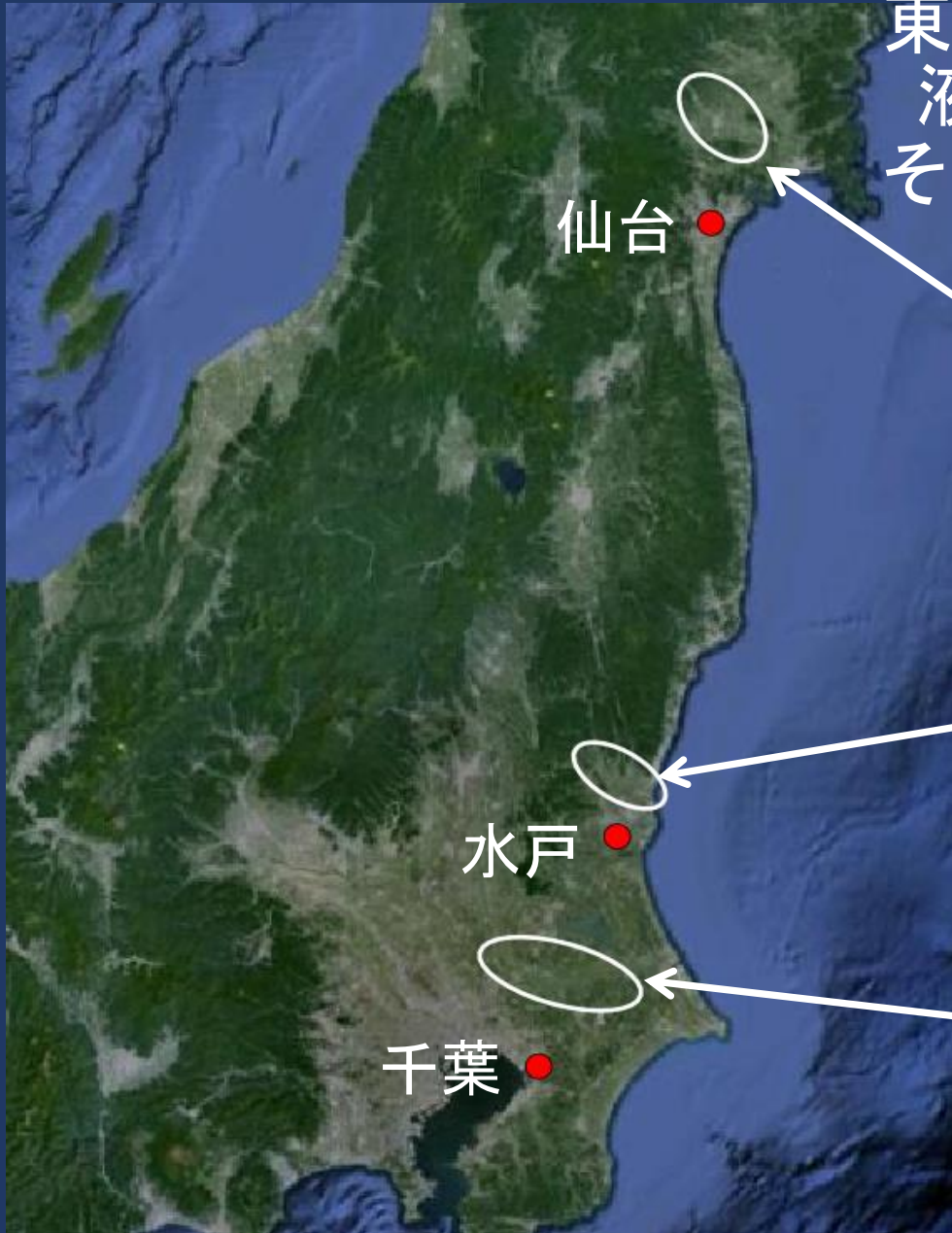
宮城県北部 大崎平野  
(江合川, 鳴瀬川)

水戸

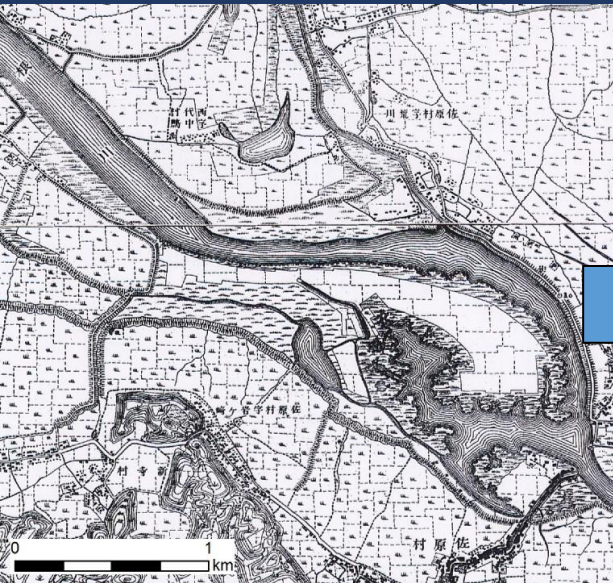
茨城県北部 久慈川低地  
(久慈川)

千葉

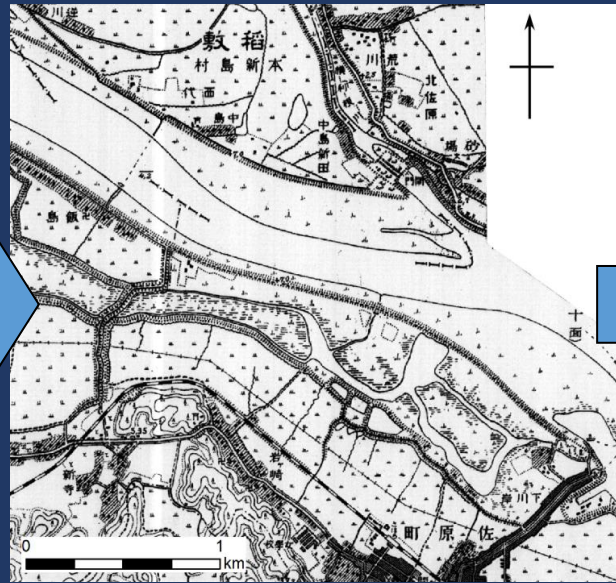
茨城・千葉県境部  
利根川下流低地(利根川)



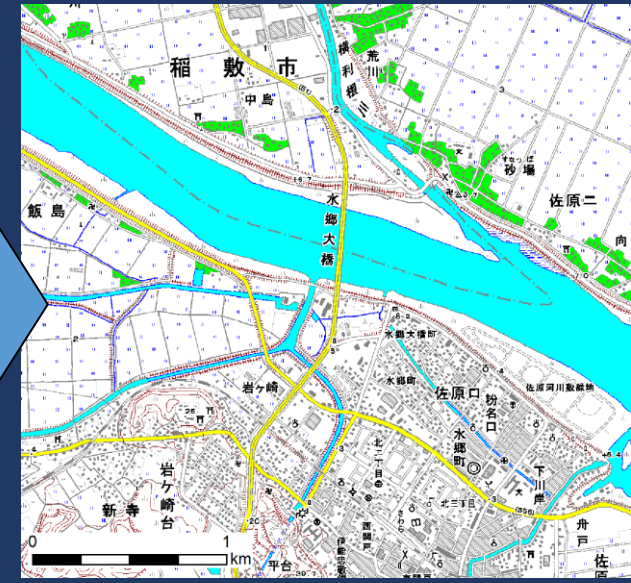
# 迅速測図、旧版地形図、空中写真、文献資料を用いた過去の水域の陸域化年代の特定



明治18年測量



昭和4年測図



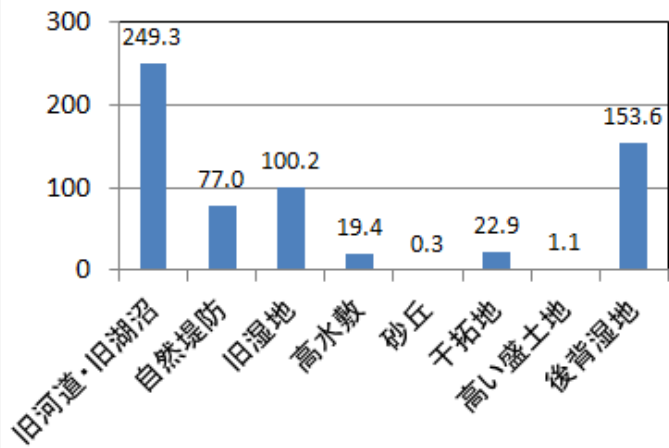
平成19年更新

- 過去の水域(旧河道・旧湖沼)の陸域化年代について、第2期利根川改修工事開始(1907(明治40)年)前と、それ以降の4時期の計5時期に区分した
- 各時期ごとに陸域化された面積と液状化発生面積を測定して液状化発生面積率を算出



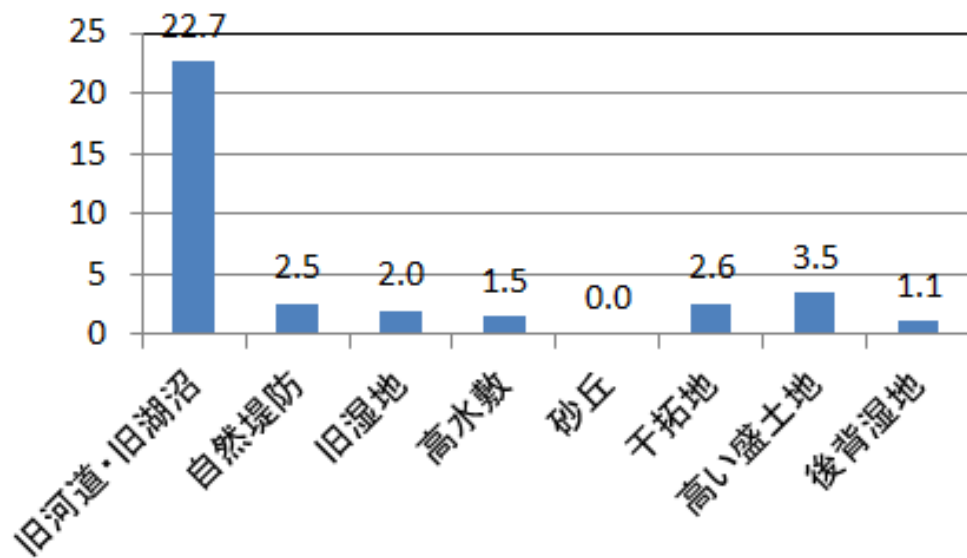
# 利根川下流低地（我孫子市～香取市）における液状化発生域の地形条件と液状化発生面積率

## 液状化発生面積 (ha)

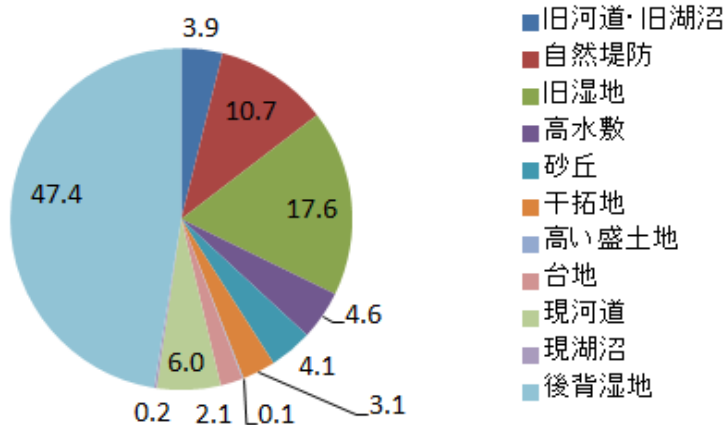


## 液状化発生面積率 (%)

(各地形区分内の液状化発生面積/各地形区分ごとの面積)



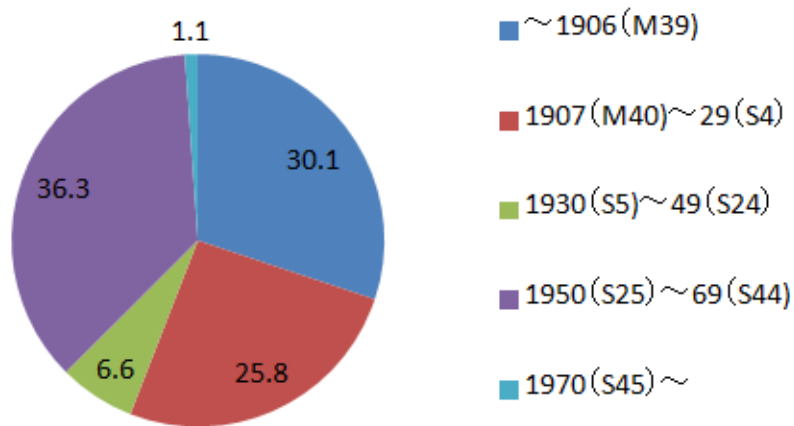
## 地形区分ごとの面積比率 (%)



沖積低地内においても微地形により液状化のしやすさには大きな差異  
(旧河道・旧湖沼に集中的に発生、液状化発生面積率20%以上)

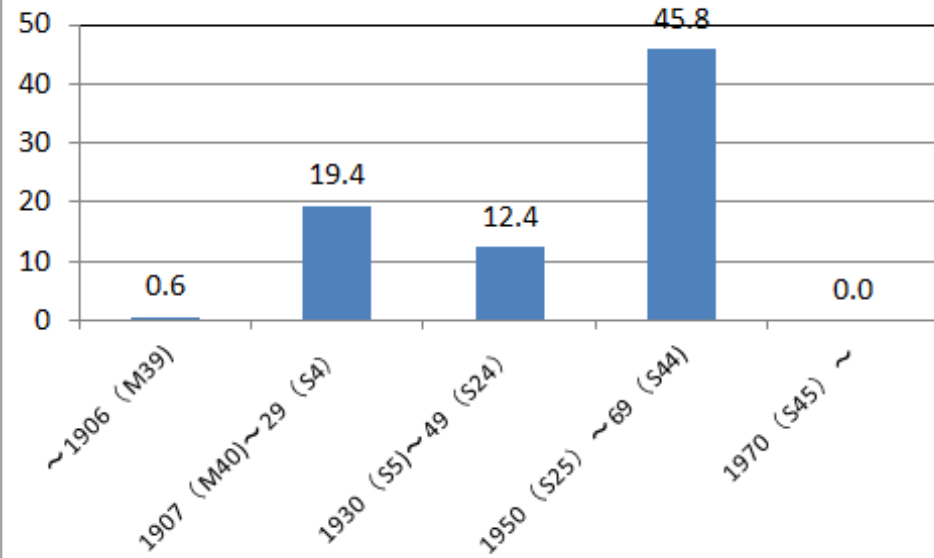
# 利根川下流低地の旧河道旧湖沼陸域化年代とその年代ごとの液状化発生面積率

旧河道・旧湖沼陸域化年代ごとの面積比率(%)



液状化発生面積率(%)

(各陸域化年代ごとの液状化発生面積/各陸域化年代ごとの面積)

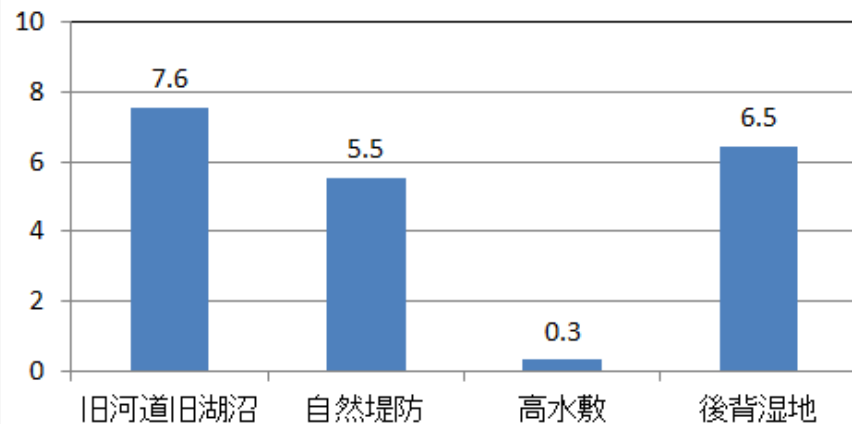


- 1907～30年の第2期利根川改修工事以降、利根川浚渫砂を用いたサンドポンプによる埋め立て
- 1950～60年代に陸域化された領域で液状化発生面積率45%強と高い値



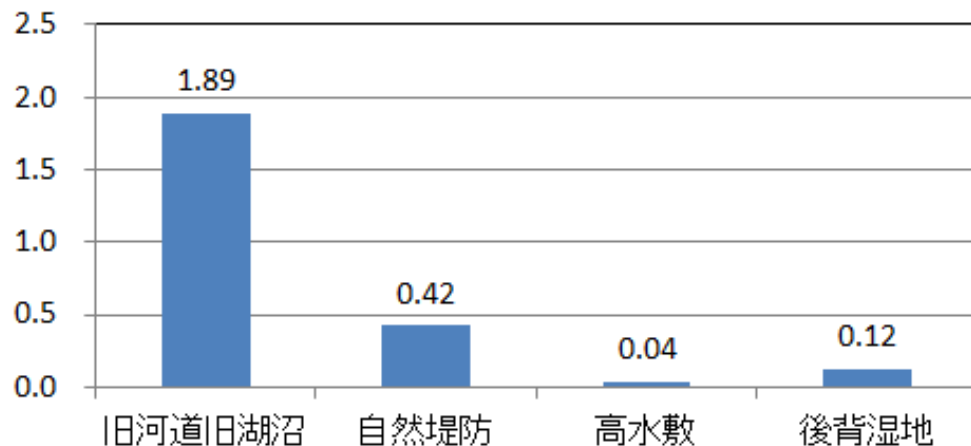
# 久慈川低地における液状化発生域の 地形条件と液状化発生面積率

液状化発生面積 (ha)

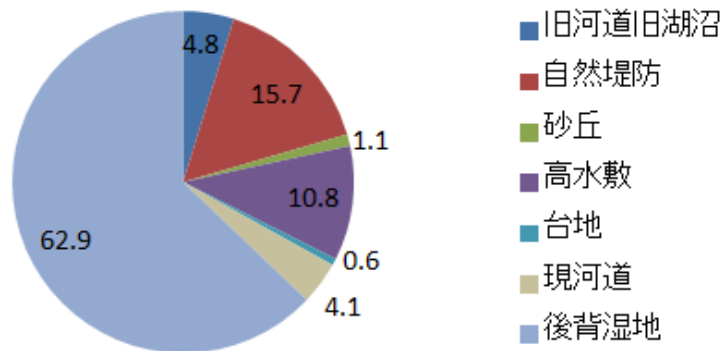


液状化発生面積率 (%)

(各地形区分内の液状化発生面積/各地形区分ごとの面積)



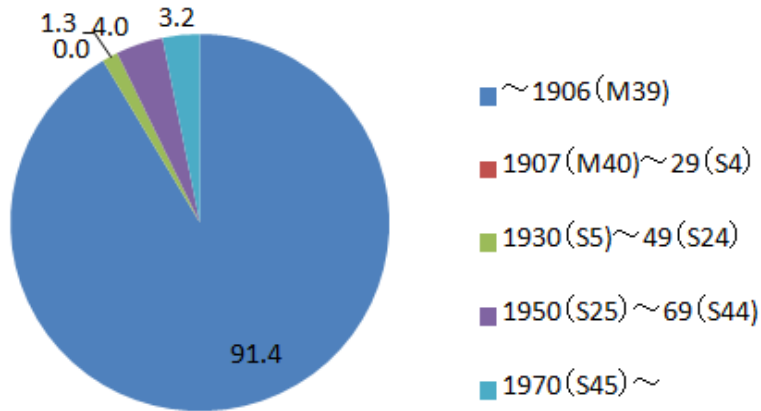
地形区分ごとの面積比率 (%)



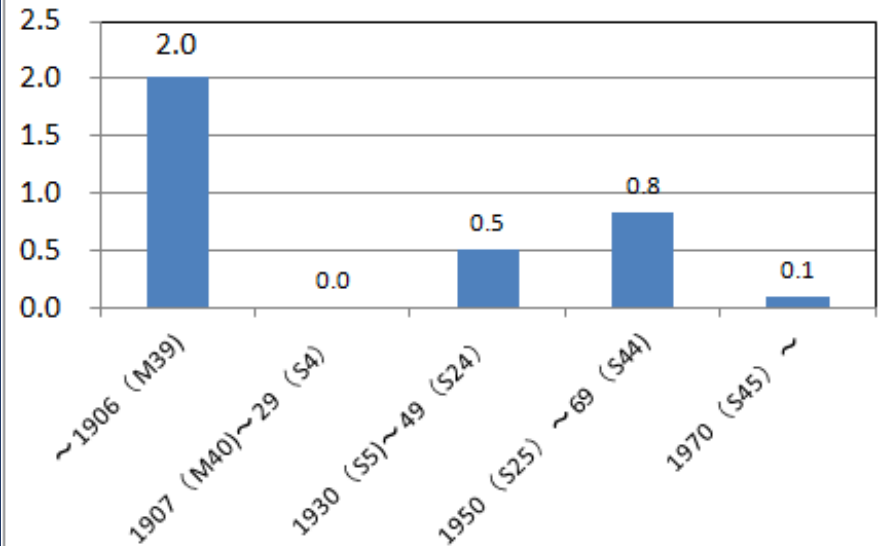
➤ 旧河道・旧湖沼で他の地形より液状化しやすいが、発生面積、発生面積率は利根川よりも大幅に低い値

# 久慈川低地の旧河道旧湖沼陸域化年代とその年代ごとの液状化発生面積率

旧河道・旧湖沼陸域化年代ごとの面積比率(%)



陸域化年代ごとの液状化発生面積率(%)  
(各陸域化年代ごとの液状化発生面積/各陸域化年代ごとの面積)

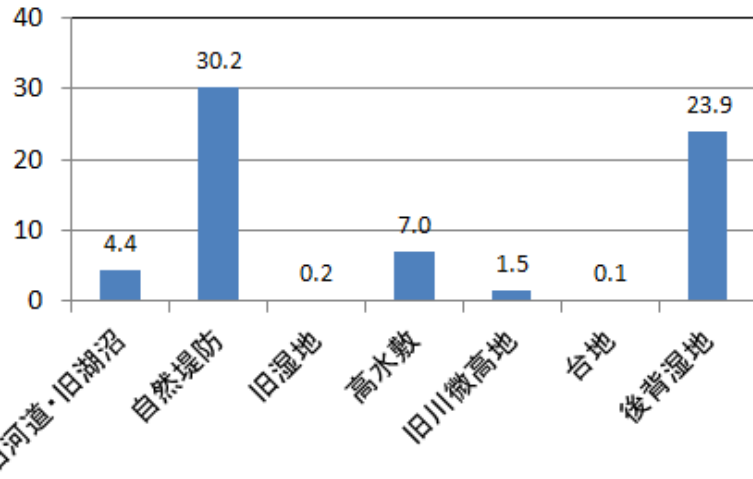


- 旧河道の多くは明治後期には陸域化していた「古い」旧河道（多くは陸域化の経緯不明（埋め立てか？干拓か？））



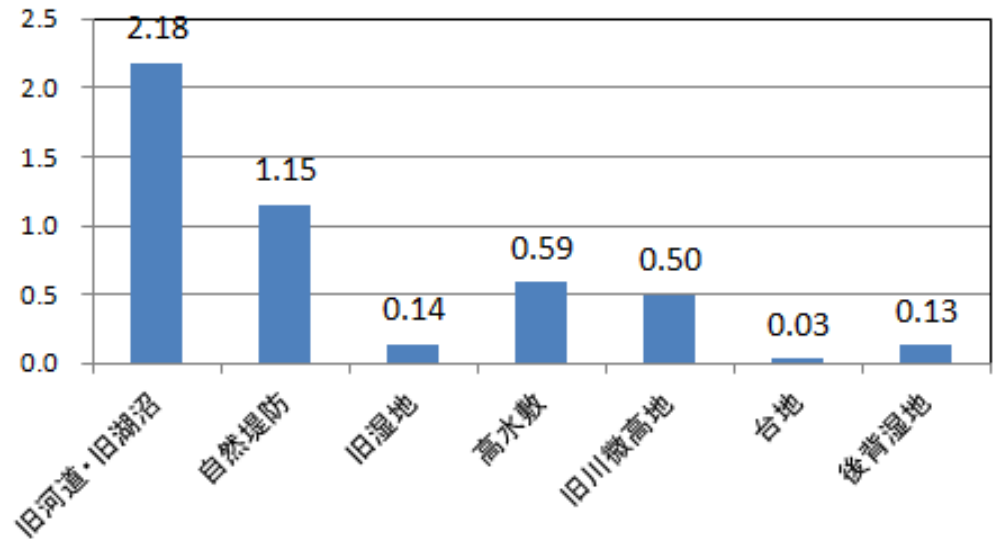
# 大崎平野における液状化発生域の 地形条件と液状化発生面積率

## 液状化発生面積 (ha)

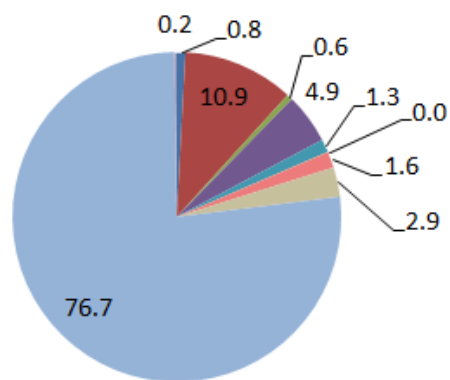


## 液状化発生面積率 (%)

(各地形区分内の液状化発生面積/各地形区分ごとの面積)



## 地形区分ごとの面積比率 (%)

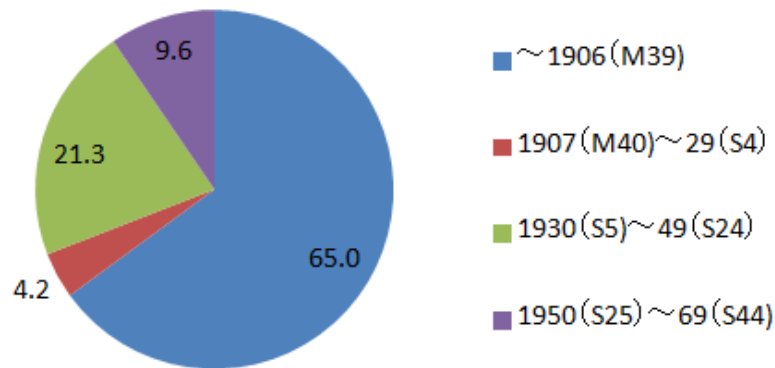


- 旧河道・旧湖沼
- 自然堤防
- 旧湿地
- 高水敷
- 旧川微高地
- 干拓地
- 台地
- 現河道
- 後背湿地
- 丘陵地

- 旧河道・旧湖沼で液状化発生面積率相対的に高い
- 液状化発生面積、発生率ともに利根川下流低地よりも大幅に低い値

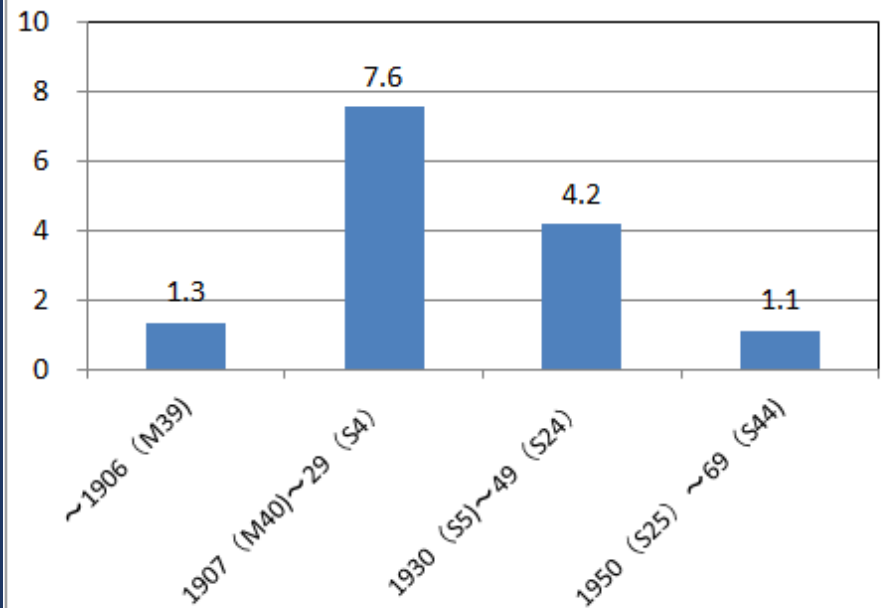
# 大崎平野の旧河道旧湖沼陸域化年代と年代ごとの液状化発生面積率

旧河道・旧湖沼陸域化年代ごとの面積比率(%)



液状化発生面積率(%)

(各陸域化年代ごとの液状化発生面積/各陸域化年代ごとの面積)

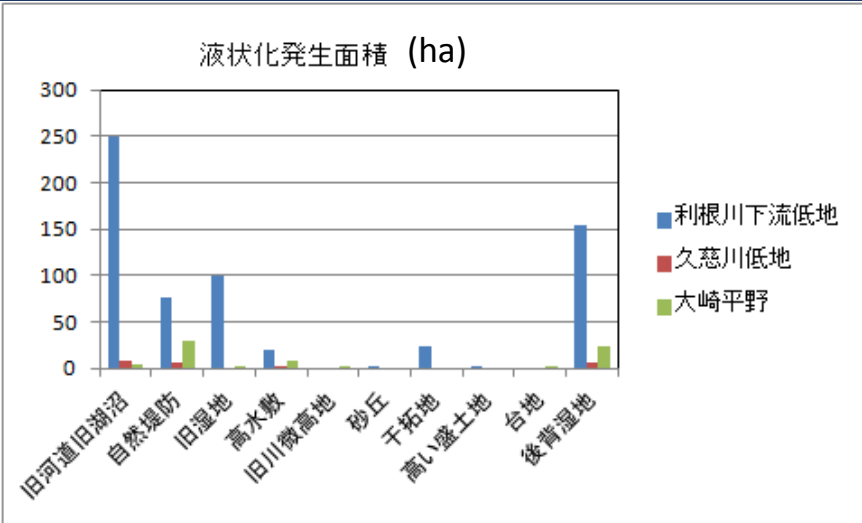


- 明治後期には陸域化していた「古い」旧河道多い
  - ※多くは陸域化の経緯不明(埋め立てか?干拓か?)
  - ※隣接地域の仙北平野では多数の湖沼が干拓により陸域化

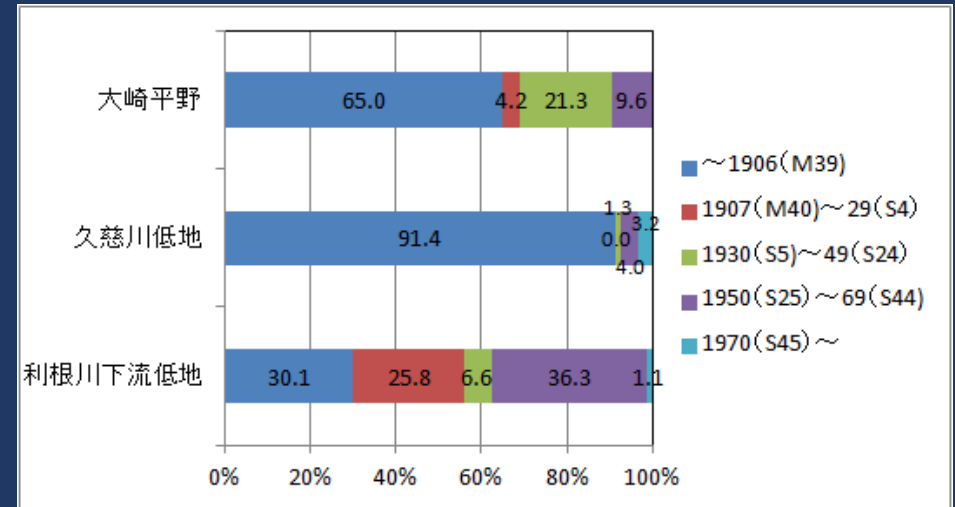


# 調査地域間の比較

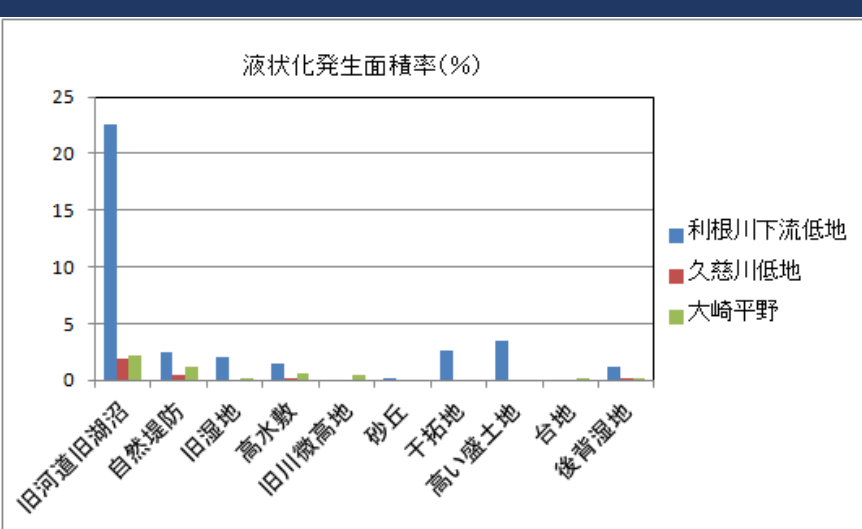
## 液状化発生面積 (ha)



## 旧河道・旧湖沼の陸域化年代



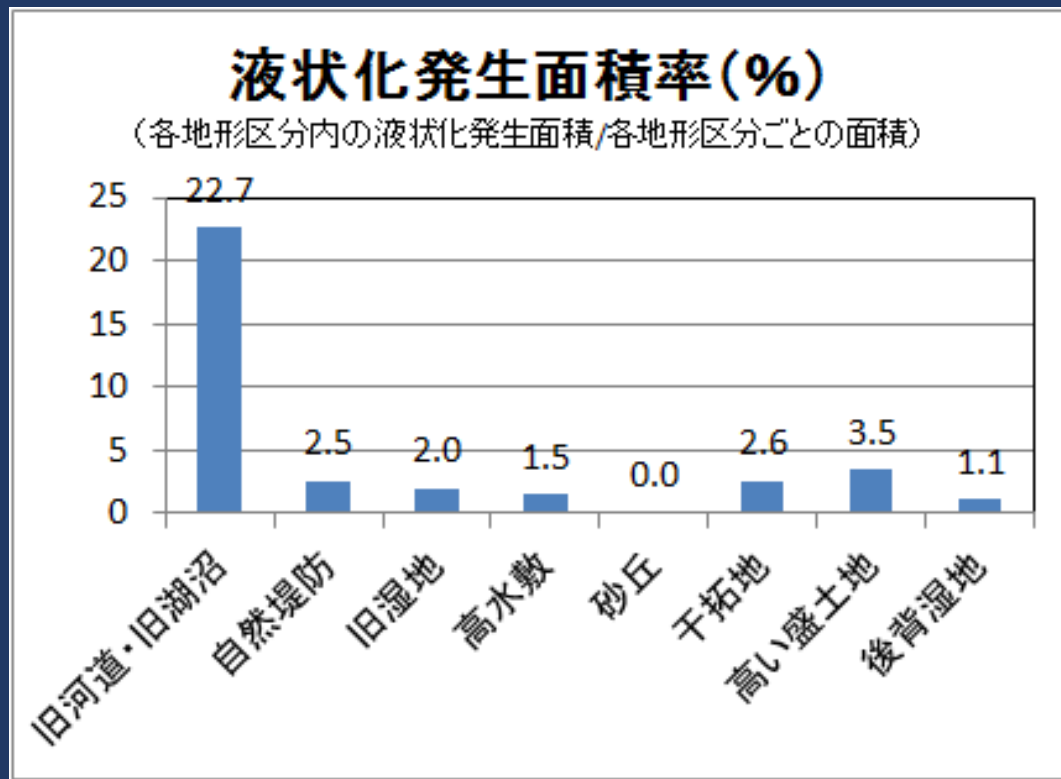
## 液状化発生面積率 (%)



➤ 利根川下流低地は他の2地域より液状化発生面積, 発生面積率ともに大幅に高い値を示す

➤ 久慈川低地, 大崎平野は明治後期以前に陸域化していた「古い」旧河道が多く, 利根川下流低地は明治後期以降に陸域化した(砂質土で埋め立てられた)「新しい」旧河道が多く分布

# 過去の地震発生時の事例との比較(利根川下流低地)



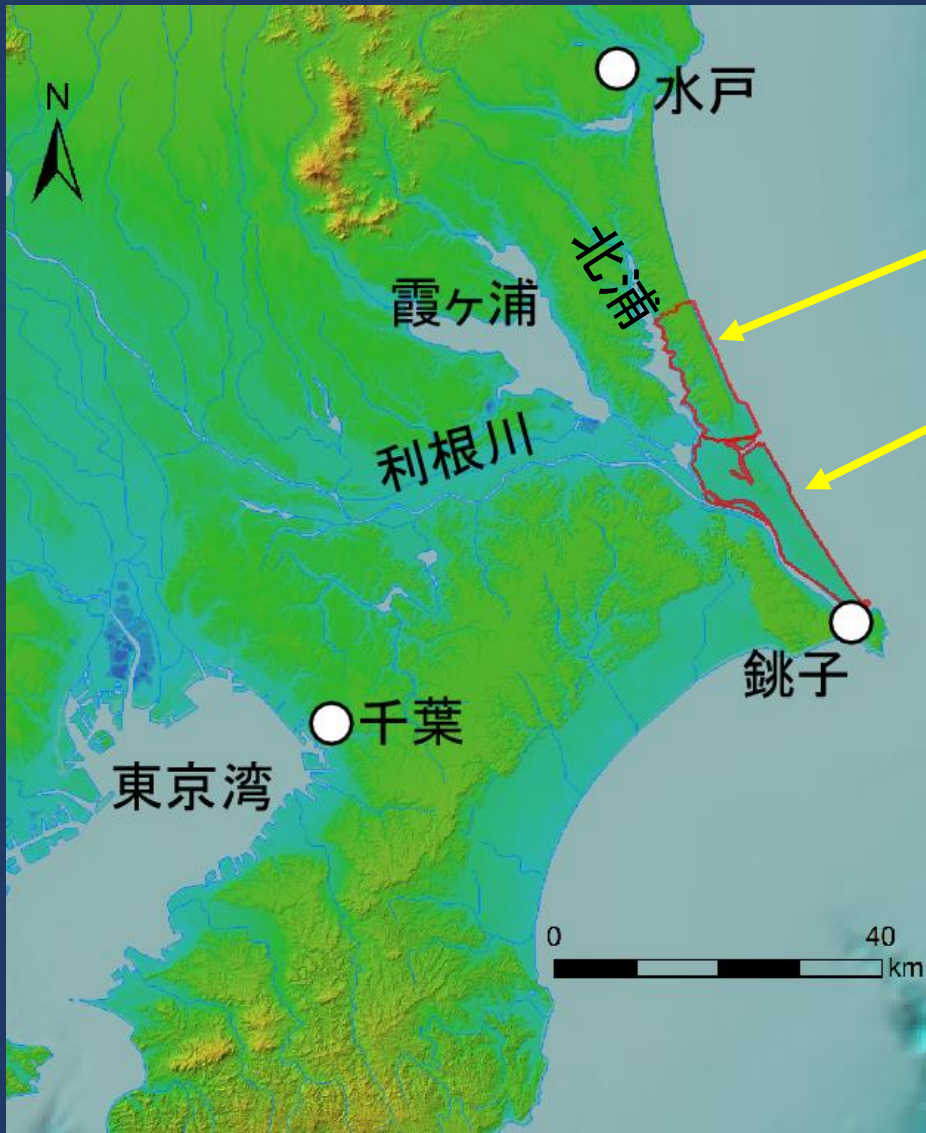
➤ 過去の事例と同様、液状化発生面積率は液状化しやすい地形条件(旧河道・旧湖沼)で20%以上と高い値

※1964年新潟地震における旧河道の液状化発生面積率:25%(若松ほか1999)

※1995年兵庫県南部地震における埋立地の液状化発生面積率:25.8%(若松ほか1999)



# 鹿嶋・神栖地域における液状化発生域と砂利採取場跡地との関係



鹿嶋市(震度6弱)

神栖市(震度5強)

- 既存研究の成果
- 多くの地点で液状化発生
  - 液状化の多くは旧河道・旧湖沼、盛土地に加え、旧砂利採取場で発生

※液状化発生域と土地(地形)条件との関係について、砂利採取場分布を考慮した定量的データ無し

# 茨城県神栖市、鹿嶋市の液状化発生域の土地条件 (青山・小山、2015JpGU)

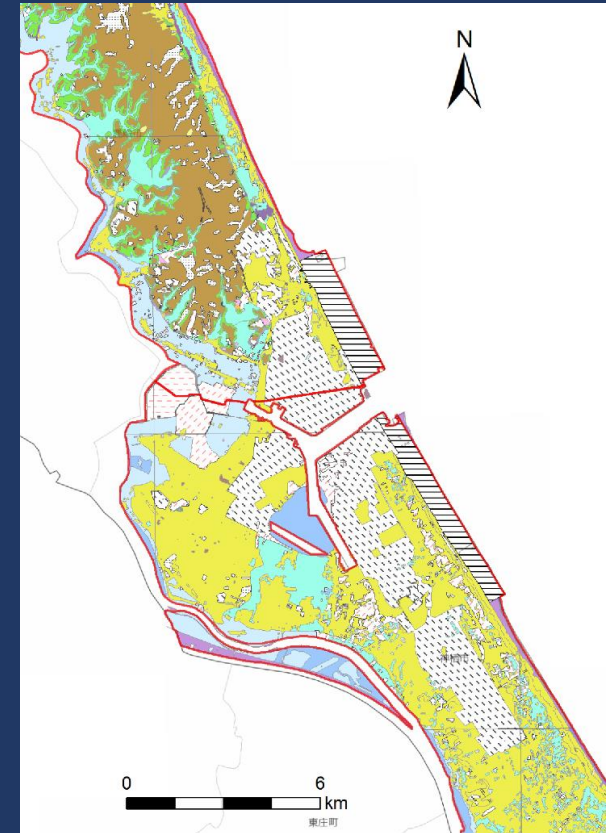
- 現地踏査とGoogle Earth画像⇒液状化発生域のポリゴンデータ
- 過去の空中写真(補助的にゼンリン住宅地図)⇒砂利採取場跡地のポリゴンデータ
- それらと国土地理院土地条件図(一部改変)との重ね合わせによる液状化発生域の土地(地形)条件の検討



液状化発生域



砂利採取場跡地の分布



地形区分(土地条件図を一部改変)



# 空中写真判読による過去の砂利採取場分布の抽出



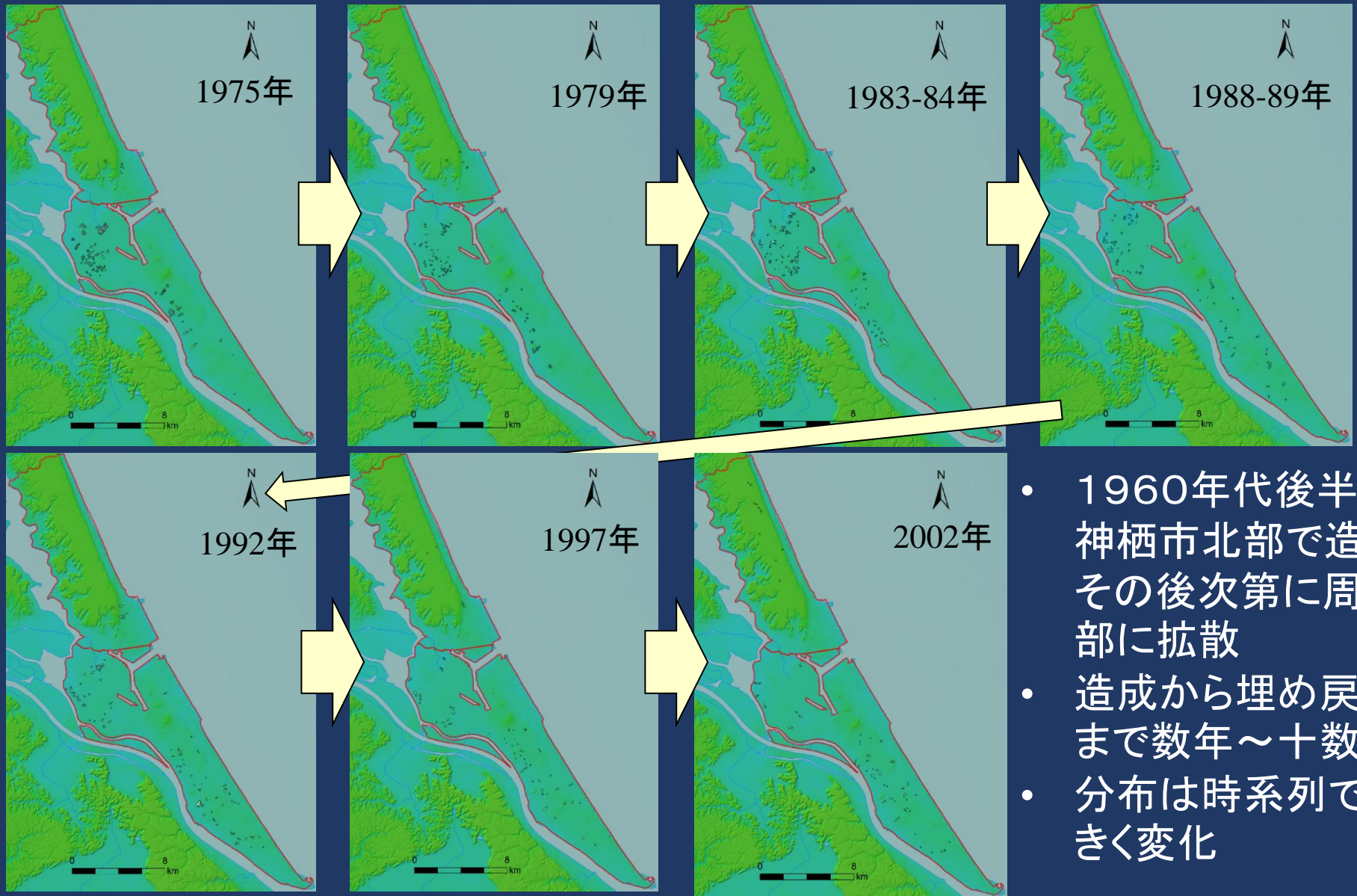
1992年10月10日国土地理院撮影空中写真(CKT921X-C17-7、神栖市深芝)

- 現在(最近10年間程度)の砂利採取場に関する資料はあるが、過去の資料は無い(?)



- 1969~2005年国土地理院撮影空中写真を判読
- 撮影年代ごとに砂利採取場を抽出
- 補助的に住宅地図(ゼンリンの住宅地図)も用いて、砂利採取場を抽出

# 砂利採取場分布の変遷

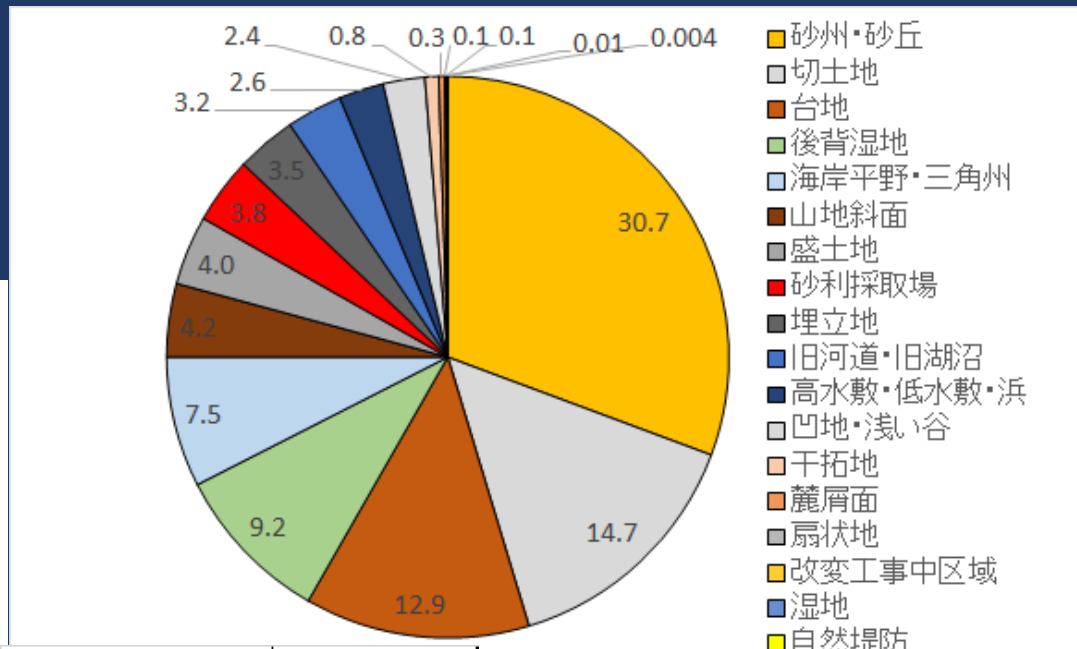
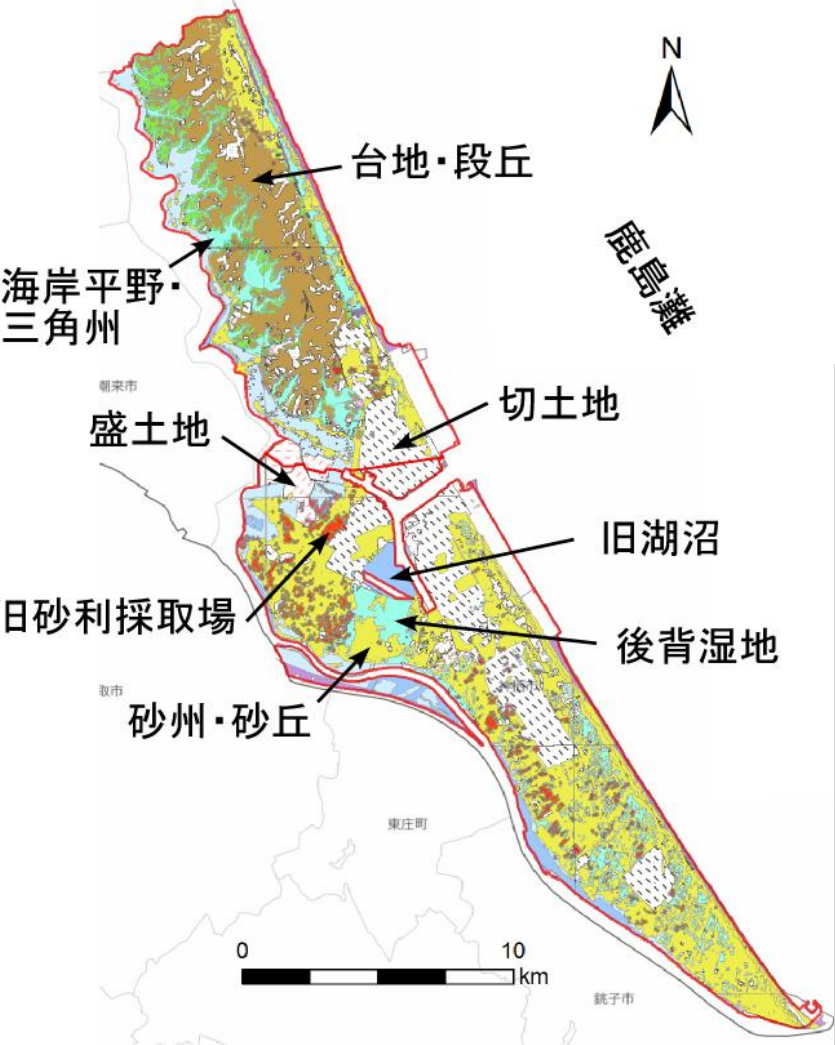


- 1960年代後半に神栖市北部で造成、その後次第に周辺部に拡散
- 造成から埋め戻しまで数年～十数年
- 分布は時系列で大きく変化



# 神栖市、鹿嶋市の地形区分

※国土地理院土地条件図をベースとし、旧湖沼領域を修正、旧砂利採取場の付与に伴い他の地形領域を修正



地形区分	面積比率(%)
砂州・砂丘	30.7
切土地	14.7
台地	12.9
後背湿地	9.2
海岸平野・三角州	7.5
山地斜面	4.2
盛土地	4.0
砂利採取場	3.8
埋立地	3.5
旧河道・旧湖沼	3.2
高水敷・低水敷・浜	2.6
凹地・浅い谷	2.4
干拓地	0.8
麓斜面	0.3
扇状地	0.1
改变工事中区域	0.1
湿地	0.01
自然堤防	0.004

➤ 神栖市  
⇒砂州・砂丘、切土地が卓越

➤ 鹿嶋市  
⇒台地、切土地が卓越

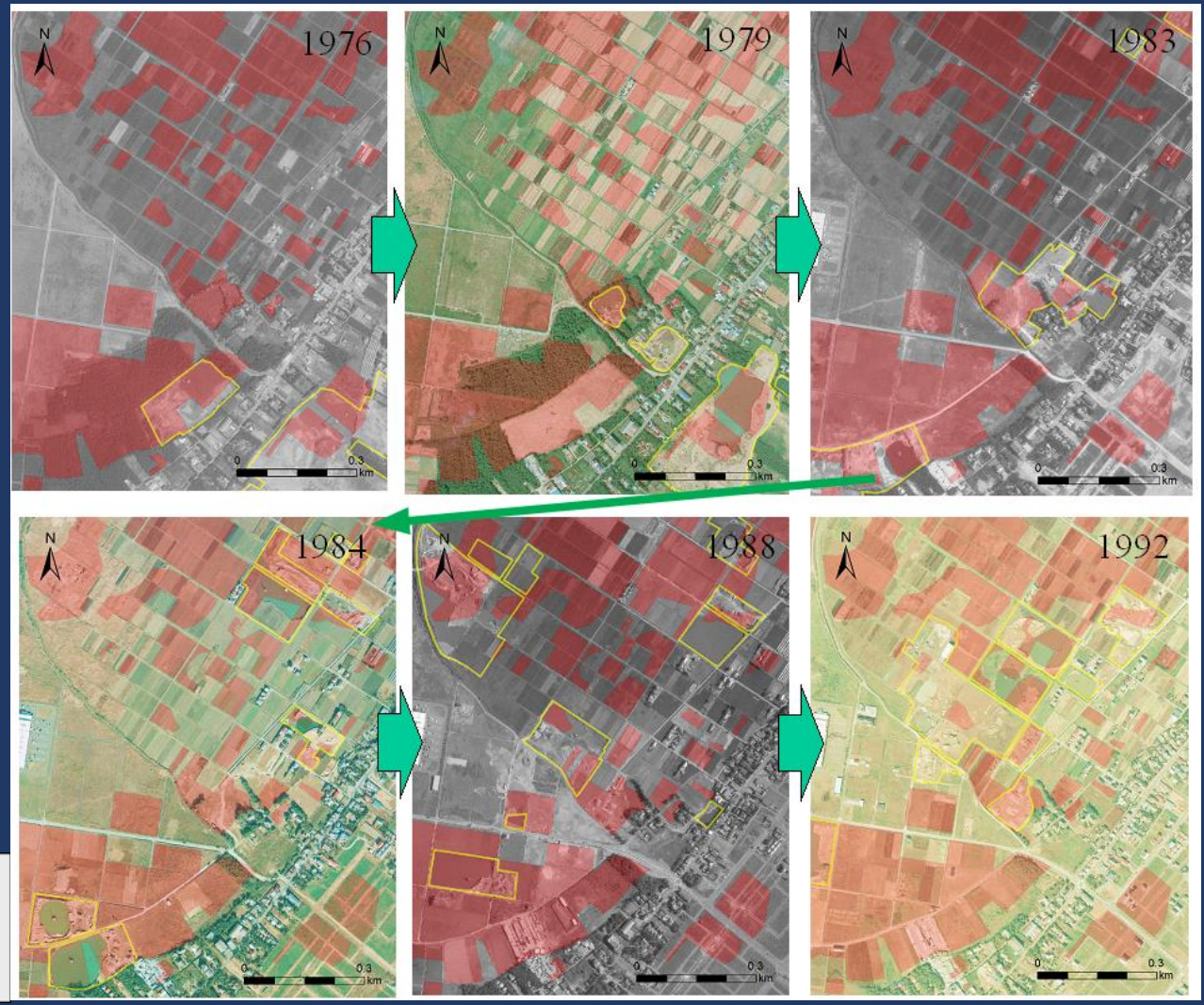
# 砂利採取場分布の時系列変化と液状化発生域（神栖市深芝、平泉）

➤ 液状化発生域のほとんどは1960年代後半以降に砂利採取場が造成・埋め戻された領域

※砂利採取場の造成から埋め戻しまでのサイクルは数年～十数年程度



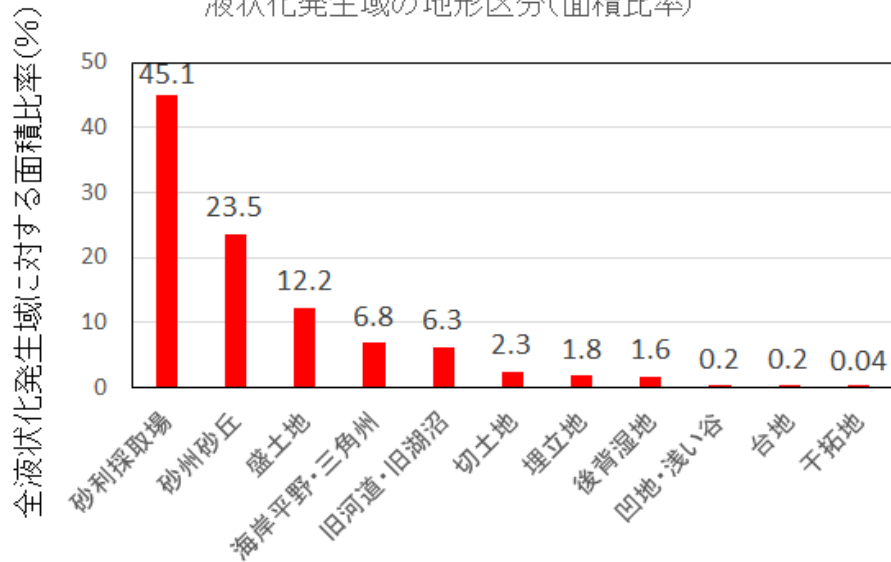
過去の一時期の地図・空中写真のみからの抽出は困難



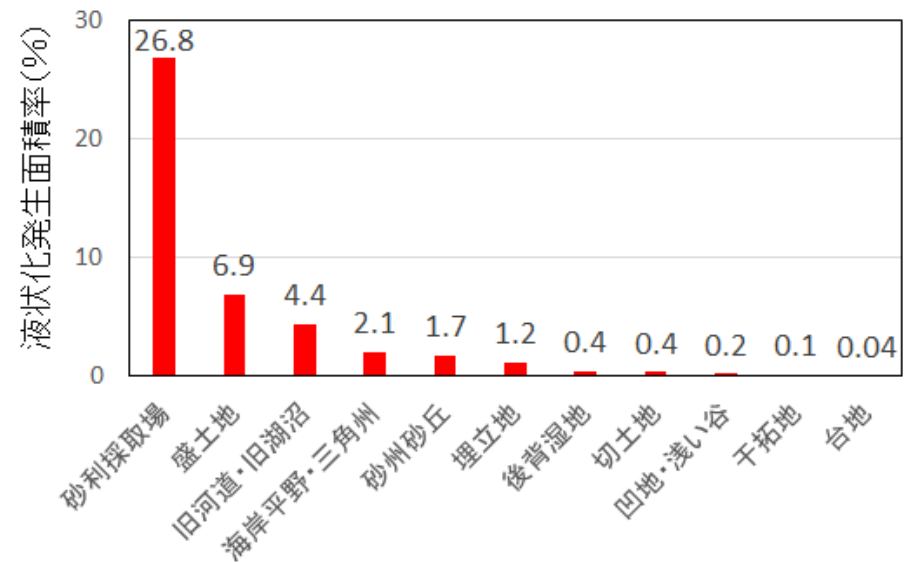


# 神栖市、鹿嶋市における液状化発生域の土地(地形)条件

液状化発生域の地形区分(面積比率)

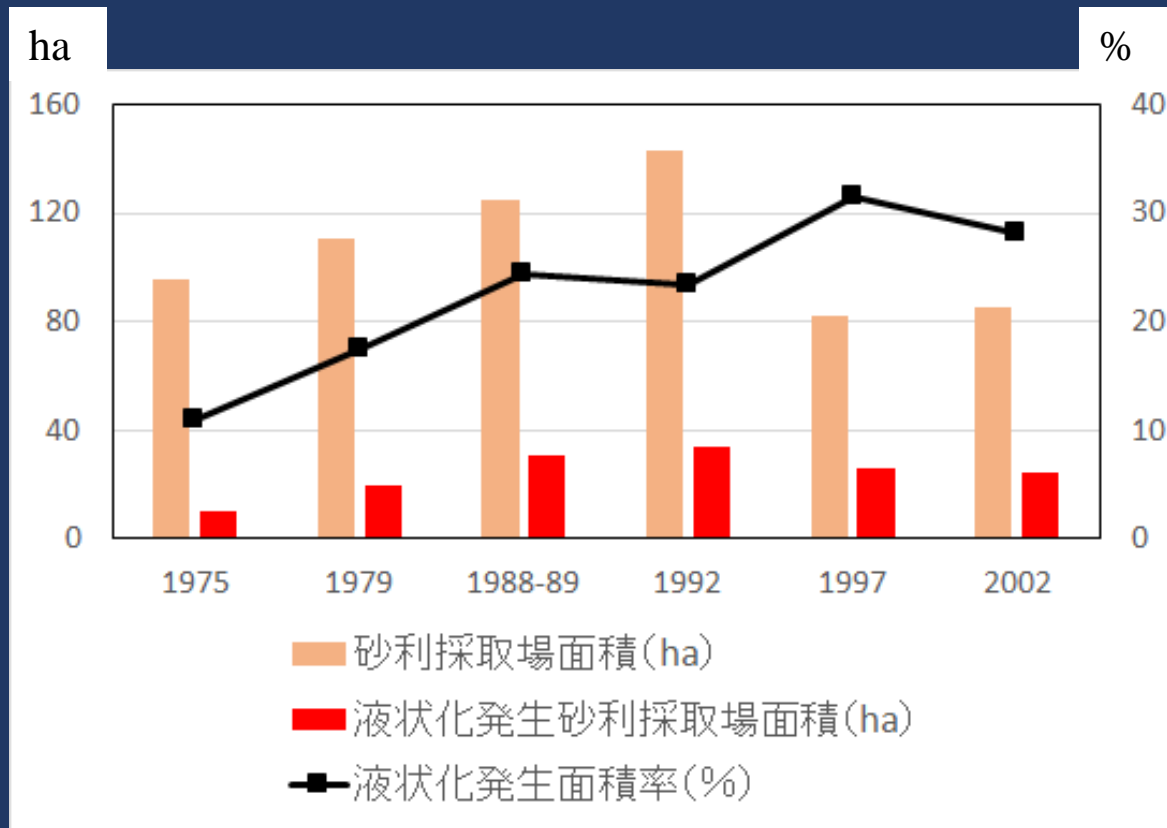


各地形区分の液状化発生面積率



- 液状化発生域の多くは旧砂利採取場、砂州砂丘、盛土地、海岸平野・三角州、旧河道旧湖沼であり、液状化発生域の45%は旧砂利採取場
- 旧砂利採取場では4分の1強で液状化発生

# 砂利採取場面積の時系列変化と 砂利採取場の造成年代ごとの液状化発生面積率

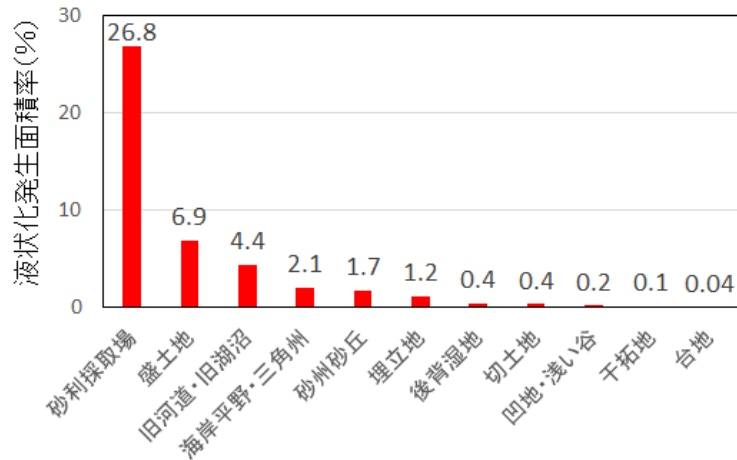


- 砂利採取場面積は1980年代後期～1990年代初期に最大
- 造成年代が新しい砂利採取場ほど液状化発生面積率高い傾向（液状化しやすい傾向）

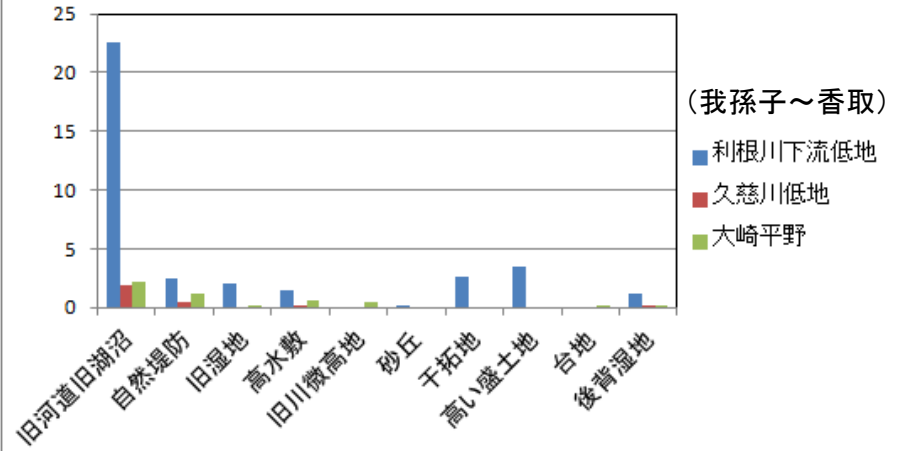


# 液状化発生面積率に関する過去の地震発生時の事例、本地震他地域の事例との比較

各地形区分の液状化発生面積率



液状化発生面積率 (%)



- 本地域砂利採取場跡地における液状化発生面積率(26.8%)  
⇒ 既往地震の事例、本地震他地域において最も液状化しやすかった土地条件(臨海部の埋立地, 旧河道・旧湖沼など)での値などと同程度の高い値(20%以上)

※1964年新潟地震における旧河道の液状化発生面積率:25%(若松ほか1999)

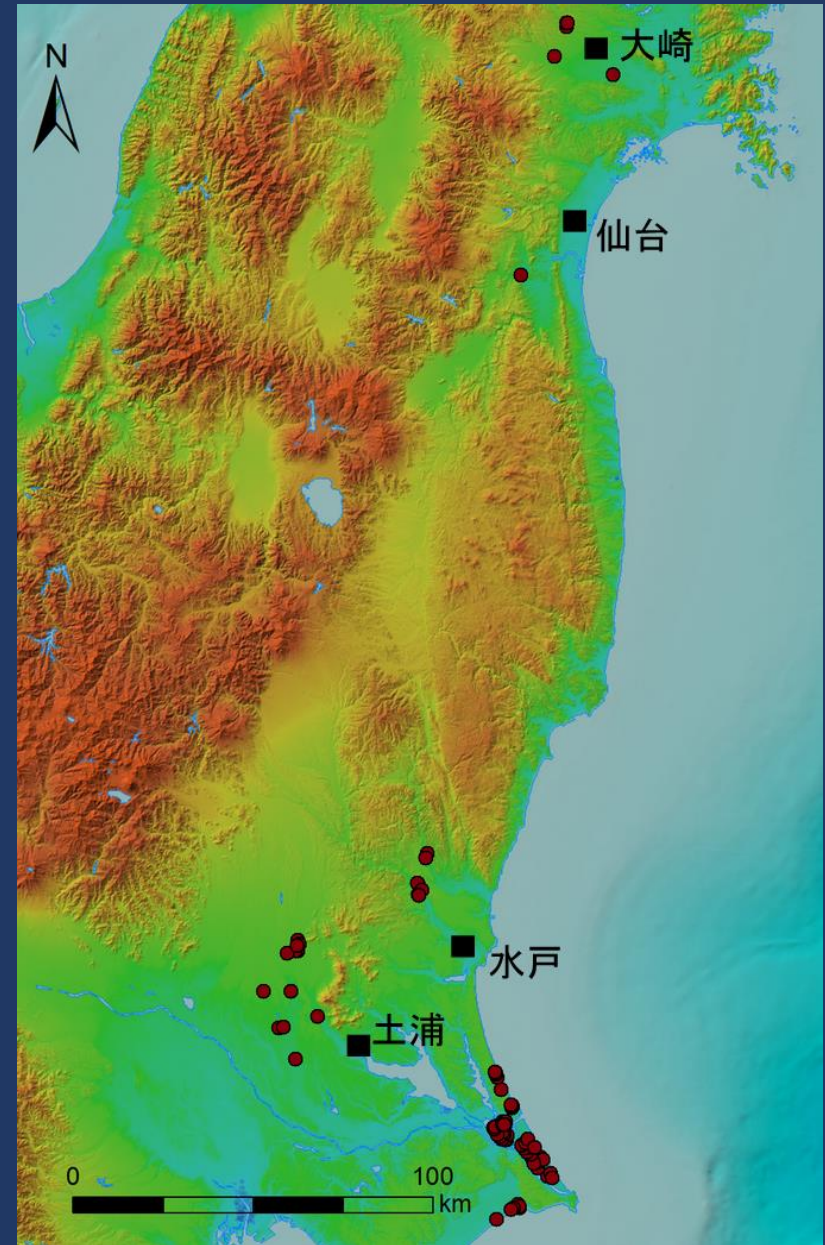
※1995年兵庫県南部地震における埋立地の液状化発生面積率:25.8%(若松ほか1999)

# 東北地方太平洋沖地震における 採掘跡地での液状化発生地点の 分布

- 大崎平野  
⇒ 江合川、鳴瀬川流域
- 仙台平野南部  
⇒ 白石川流域
- 関東平野東部  
⇒ 久慈川、那珂川、小貝川、鬼怒川流域  
⇒ 利根川下流域（神栖、鹿嶋）  
⇒ 九十九里平野（※砂鉄採取地）



（神栖、鹿嶋など）特定地域のみならず、  
さまざまな地域で発生

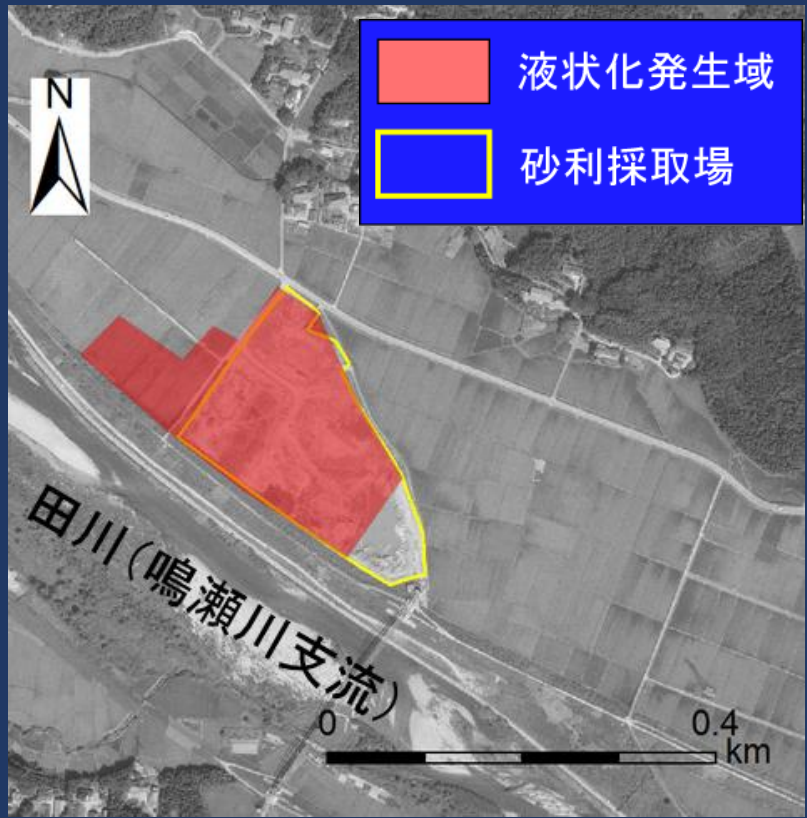




# 鳴瀬川中流域(加美町)の液状化発生域とその土地条件



土地条件図に液状化発生域を重ね合わせ



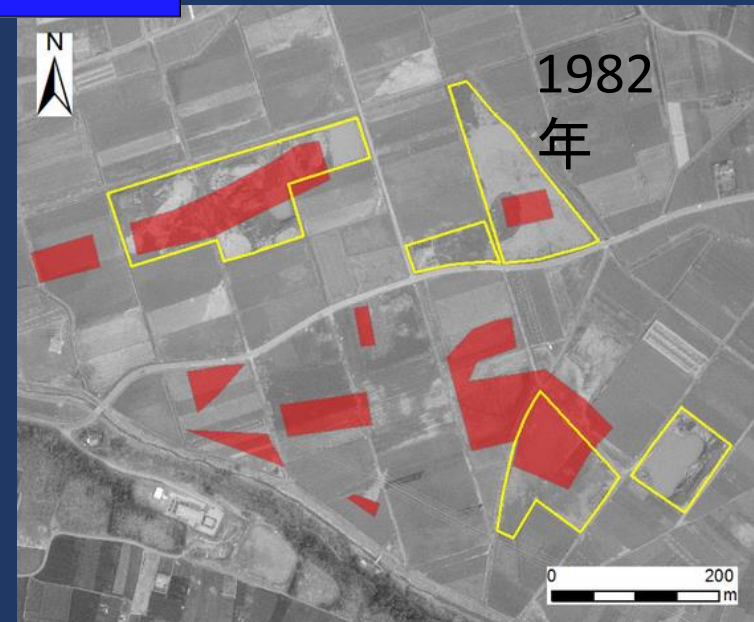
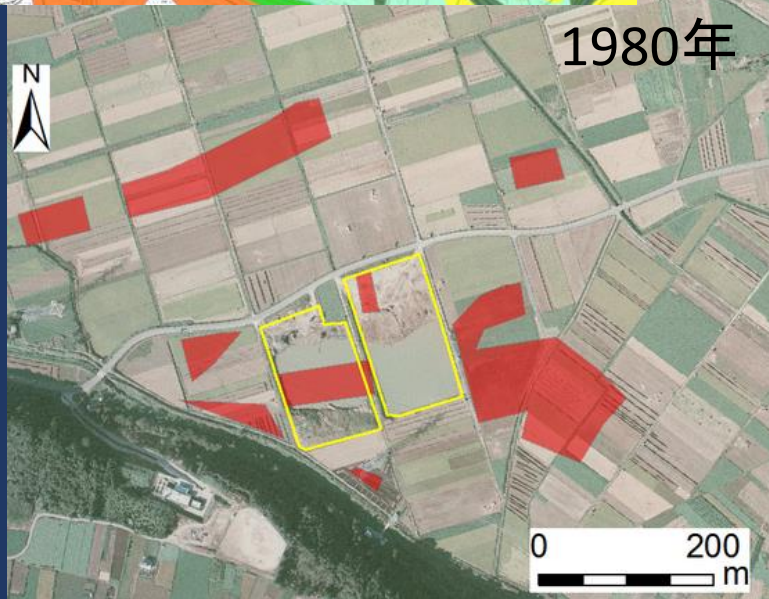
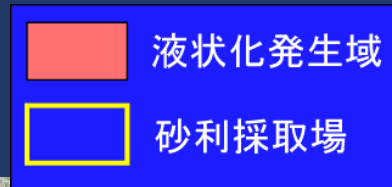
1980年撮影空中写真に液状化発生域を重ね合わせ

地形分類図(土地条件図)上では氾濫平野(谷底平野)



砂利採取場を埋め戻した領域(砂利採取場跡地)

# 那珂川川中流域(城里町)の液状化発生域と土地条件

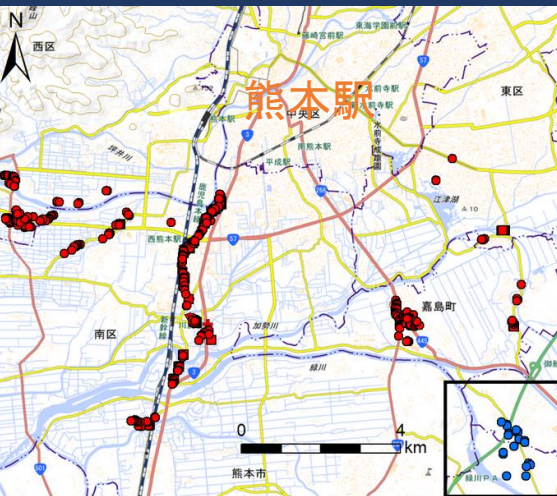


地形分類図(土地条件図)上では氾濫平野(谷底平野)、旧河道、自然堤防

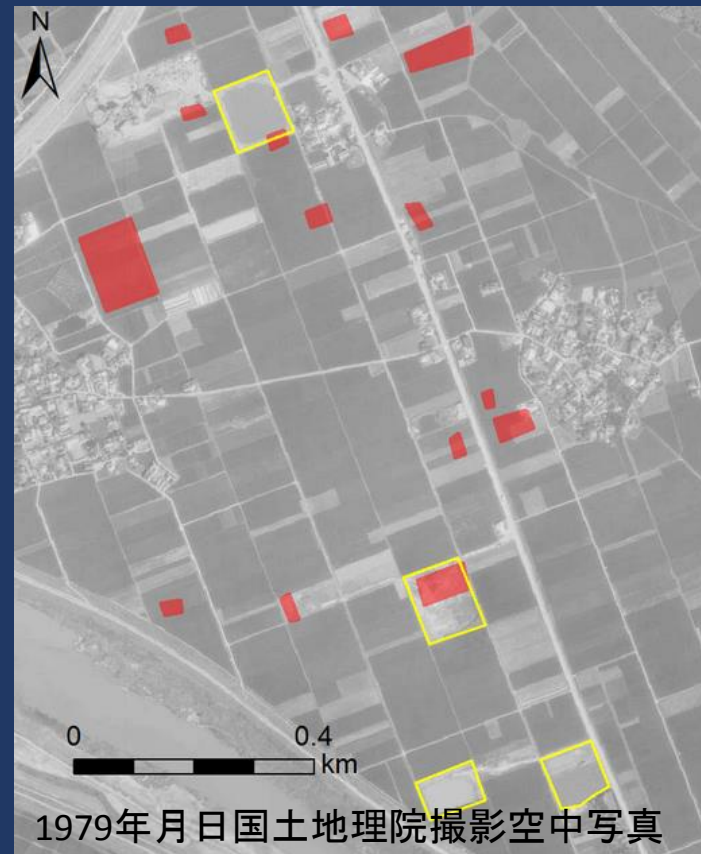
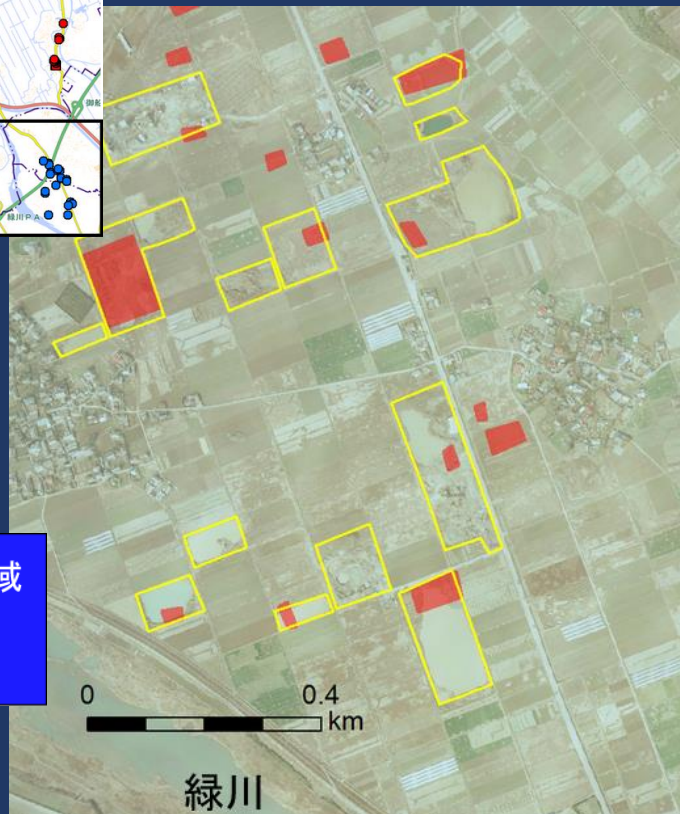


砂利採取場を埋め戻した領域(砂利採取場跡地)





# 2016年熊本地震による緑川中流域(御船町、甲佐町)の液状化発生域とその土地条件



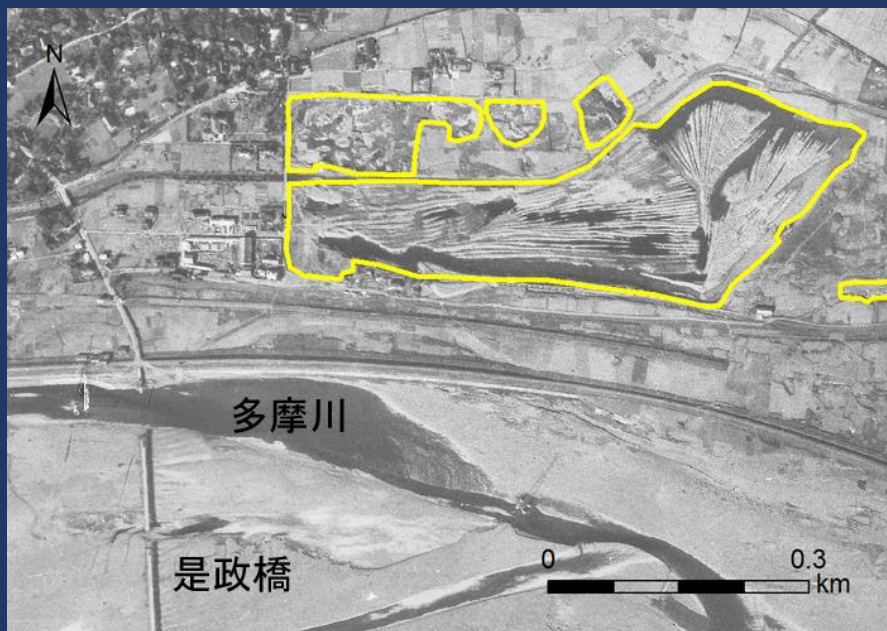
液状化発生域  
 砂利採取場

1975年2月24日国土地理院撮影空中写真

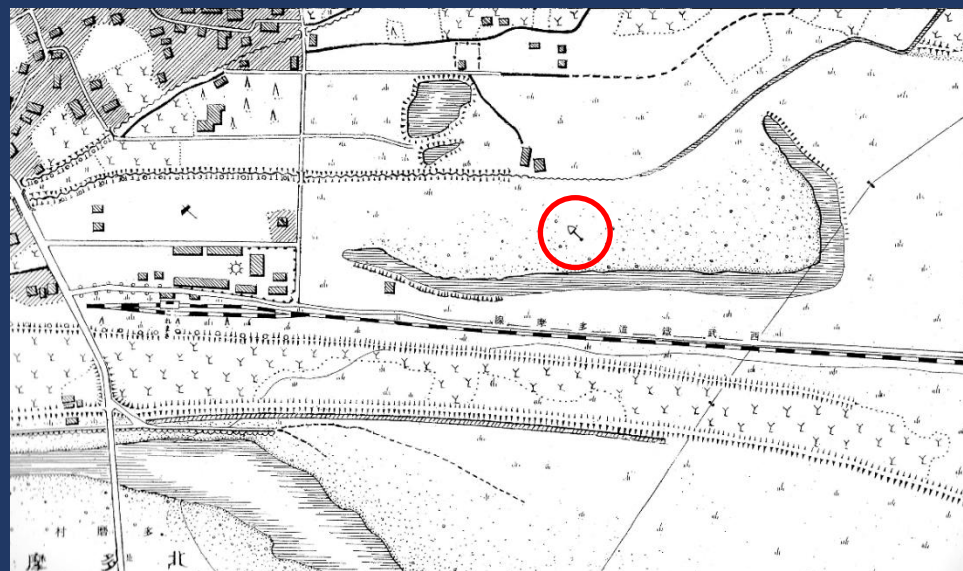
1979年月日国土地理院撮影空中写真

➤ 液状化発生域の多くは1970年代に砂利採取場の造成・埋め戻しが行われた領域(砂利採取場跡地)に分布

# 多摩川低地(下流域)における1945年以降の砂利採取場の抽出



1948年米軍撮影空中写真

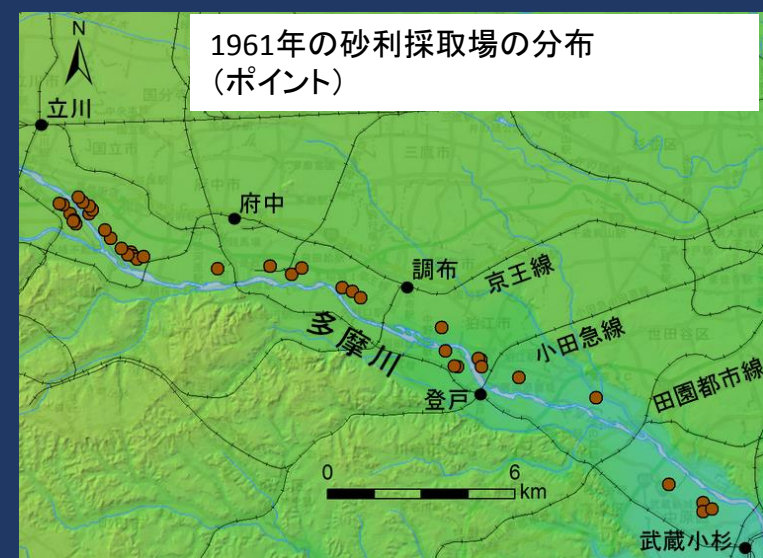
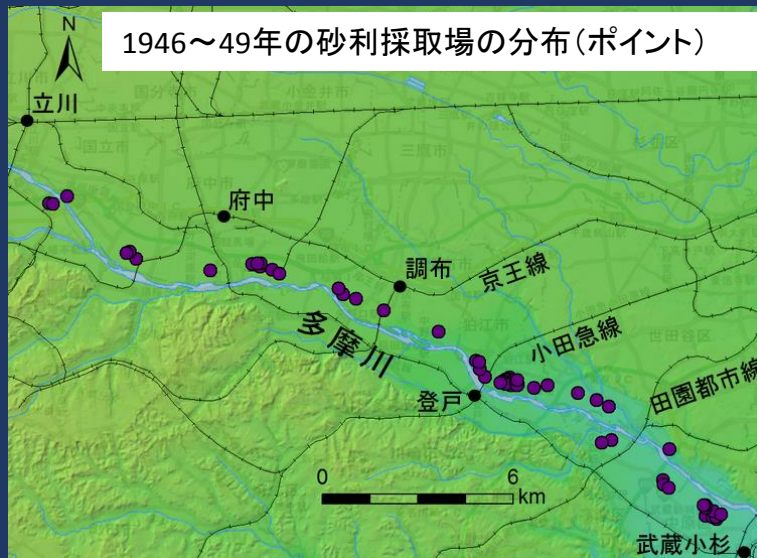
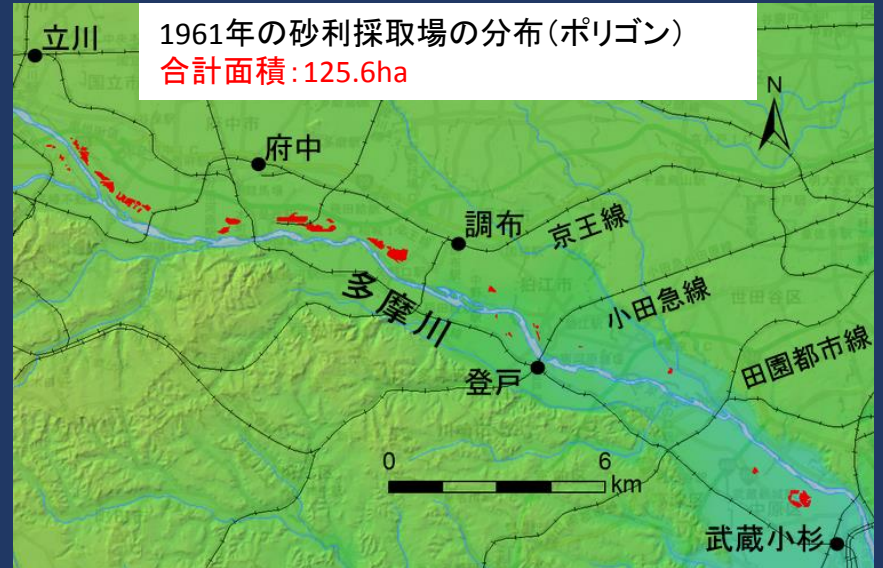
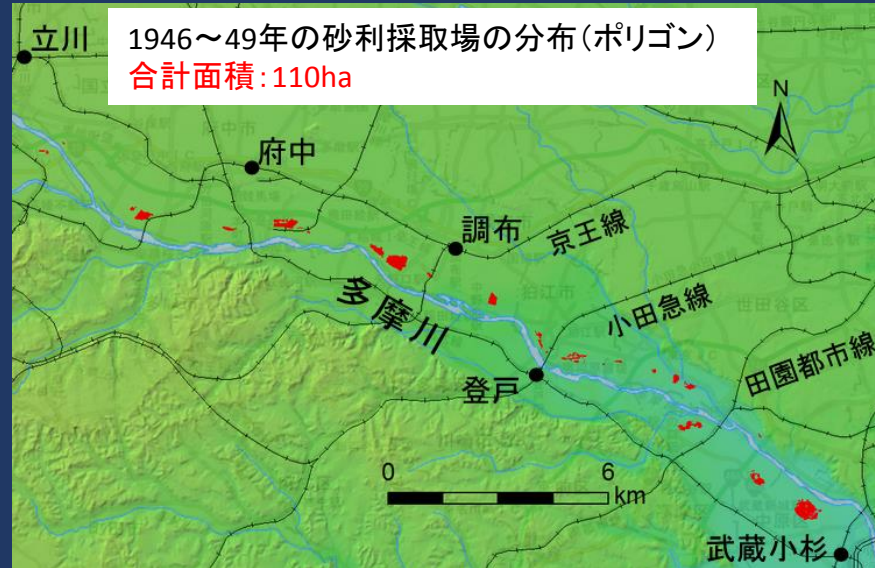


大日本帝國陸地測量部・都市計画東京地方  
委員会1/3000地形図

- 米軍・国土地理院撮影空中写真の判読に基づき抽出  
(一部地域は旧版地形図などの地図データも用いてクロスチェック)



# 多摩川低地における過去の砂利採取場の分布 (JR中央線多摩川橋梁より下流域)



- 1960年代までに埋め戻された砂利採取場跡地が多数分布
  - それらの領域において、地下水位高く(孔内水位-5m以浅)、盛土が緩く堆積している(N値10以下)地点存在
- ⇒土質(埋め戻し土の材質)を精査する必要あり

# 東北地方太平洋沖地震液状化 まとめ

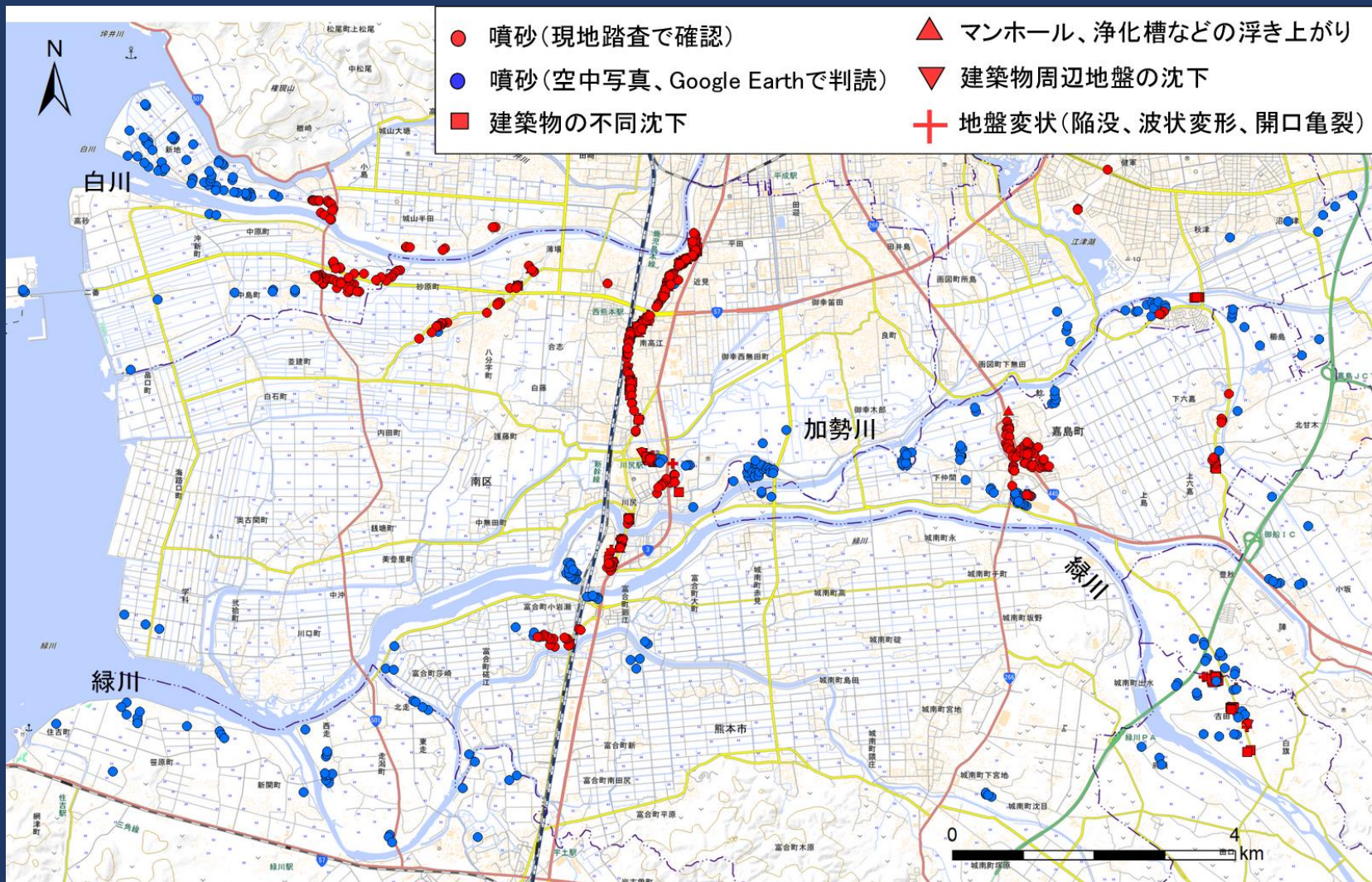
- 利根川下流低地では「面的な液状化」が発生して構造物の不同沈下（戸建家屋の被害）が多数発生したのに対し、東北地方南部太平洋側では局地的な液状化（管渠等埋め戻し土の液状化）に起因するマンホールの顕著な浮上や管渠上の路面陥没等の液状化被害の発生が目立った
- 利根川下流低地の液状化発生面積、液状化発生面積率の値はともに久慈川低地と大崎平野よりも大幅に高く、利根川下流低地における旧河道・旧湖沼の液状化発生面積率は20%以上と高い値を示した
- 利根川下流低地の旧河道・旧湖沼は明治後期以降に浚渫砂で埋め立てられた領域が多いのに対し、久慈川低地と大崎平野の旧河道・旧湖沼は、明治後期以前に既に陸域化していた「古い」旧河道が多い（「新しい時期」に砂質土で埋め立てられた新しい旧河道が少ないため、液状化発生域少なかった？）
- 茨城県神栖市、鹿嶋市の液状化の45%は砂利採取場を埋め戻した領域（砂利採取場跡地）で発生し、砂利採取場跡地における液状化発生面積率は27%と高い値を示した
- 既存報告において自然地盤（後背湿地、自然堤防など）における液状化発生とされた領域には砂利採取場跡地が存在した事例が多数見出され、液状化危険度評価の際に砂利採取場跡地の存在が考慮されず液状化発生危険度が高い領域が多数見落とされている可能性がある



# 熊本地震液状化 調査内容

- 現地踏査では、目視観察に基づいた液状化発生地点（噴砂、液状化に起因すると思われる構造物被害や地盤変状）のマッピング、液状化発生のタイミング（4月14日M6.5前震？4月16日M7.3本震？）に関する聞き取り調査を実施
- 本地震（4月14日「前震」）発生以降に撮影された国土地理院撮影空中写真やGoogle Earth画像などを用いて、それらから明瞭に視認できる噴砂の抽出・マッピングを実施
- GIS (ArcGIS 10.3.1)を用いて液状化発生地点と国土地理院土地条件図や空中写真などとを重ね合わせ、液状化発生地点の土地条件を検討
- 旧版地形図、江戸期の絵図や文書資料を用いて、液状化発生地点の土地履歴（特に河道（水路）や土地利用の変化）を検討
- 液状化発生地点分布図とSAR（合成開口レーダー）干渉画像とを比較し、液状化発生域と地表変動との関係、聞き取り調査結果と合わせて液状化発生のタイミングを検討

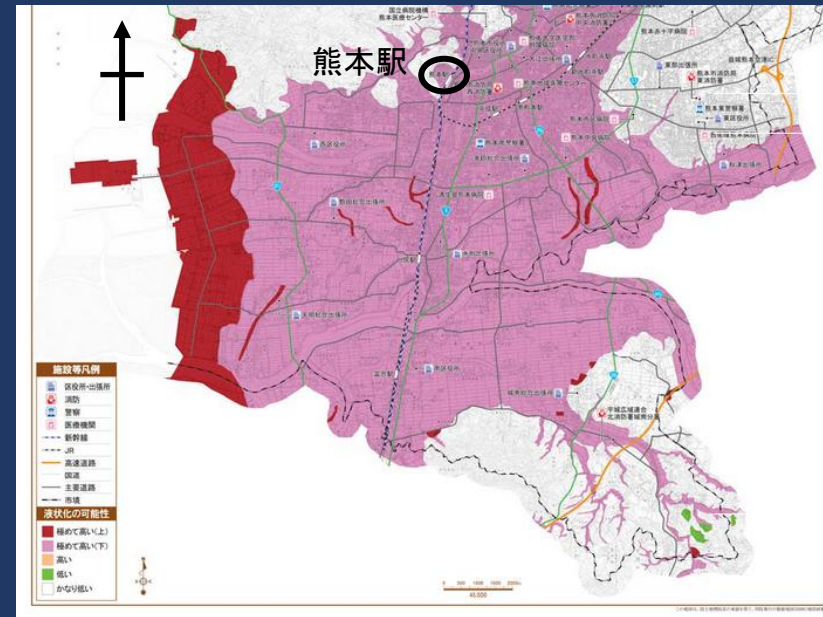
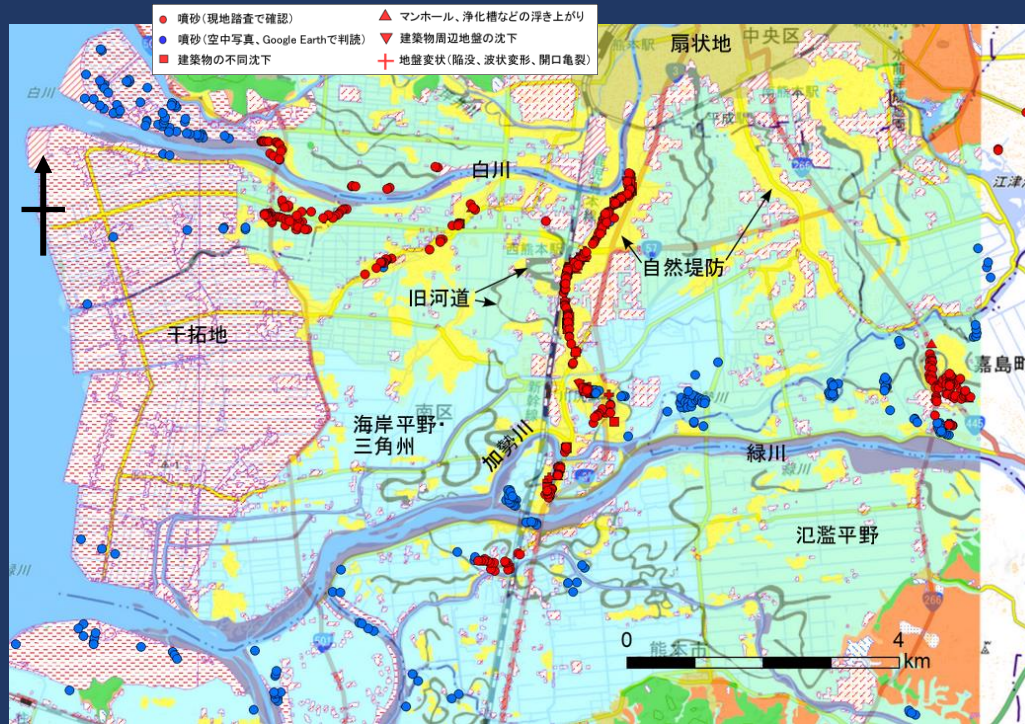
# 熊本平野における液状化発生地点の分布



- 熊本平野の広域かつ多数の地点において液状化発生



# 液状化発生地点の地形条件、ハザードマップとの比較

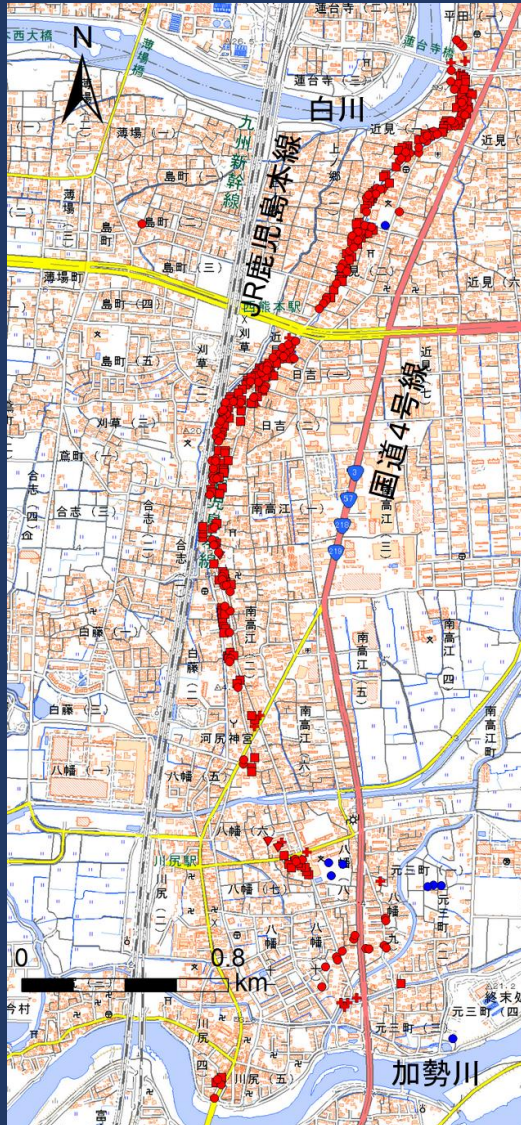


液状化発生地点の地形条件(国土地理院土地条件図を使用、熊本平野東部は土地条件図未作成の地域)

- 液状化発生地点は、自然堤防、旧河道や盛土地で相対的に多く、氾濫平野および海岸平野・三角州で相対的に少ない(国土地理院土地条件図を用いた検討)
- 沿岸部の千拓地においては、白川河口部右岸では液状化発生地点が多数分布するが、千拓地内のその他の領域での液状化発生は少ない
- 本地震による液状化発生地点の分布は、熊本市が公表していた液状化ハザードマップの被害想定とは異なる傾向がみられた



# 熊本市南区近見から元三町にかけての 液状化発生地点の分布と液状化被害の状況



近見から元三町にかけての液状化発生地点分布



- 白川左岸から加勢川右岸にかけて、液状化発生地点が帯状に分布(幅100m未満)
- 液状化に起因すると思われる構造物被害(戸建家屋の不同沈下、電柱の沈下、中層建築物周辺地盤の沈下など)が多数発生

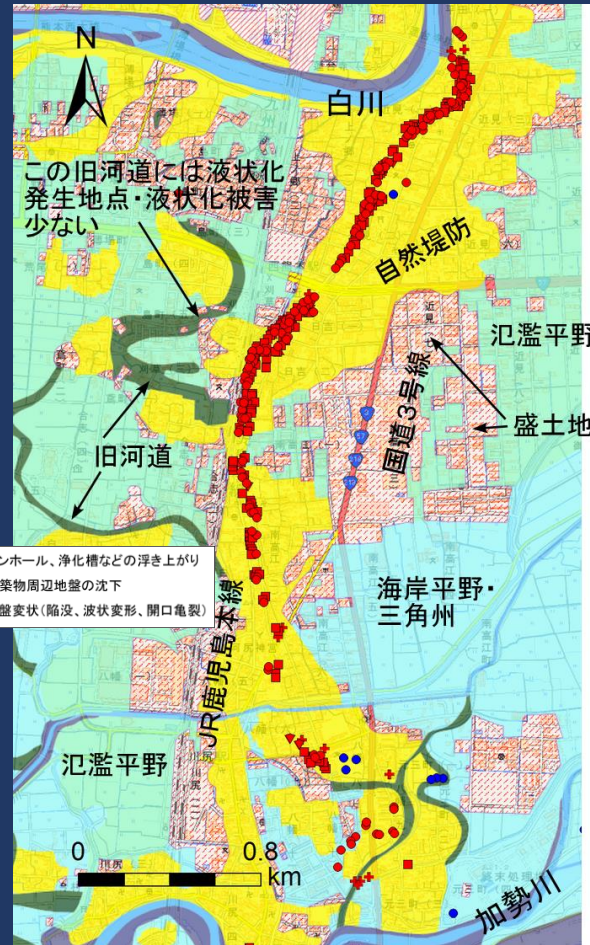


# 熊本市南区近見から元三町にかけての液状化発生地点の分布と地形条件

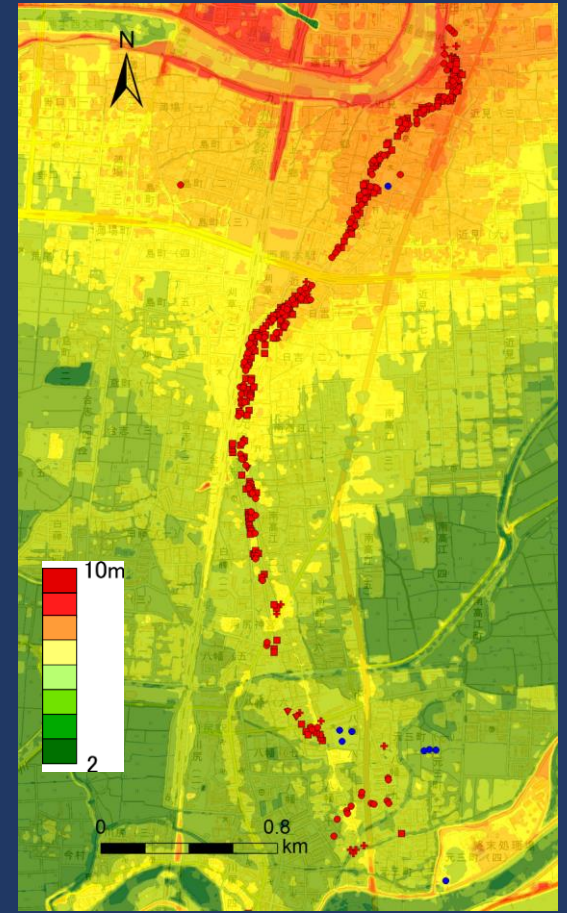


近見から元三町にかけての液状化発生地点分布

- 液状化発生域は、南北に帯状に延びる自然堤防上のさらに細長い領域(幅100m未満)に限定される
- 液状化発生域は、(相対的に液状化しにくい)自然堤防上の「高い」領域に分布している傾向がある



近見から元三町にかけての液状化発生地点の地形条件(国土地理院土地条件図を使用)



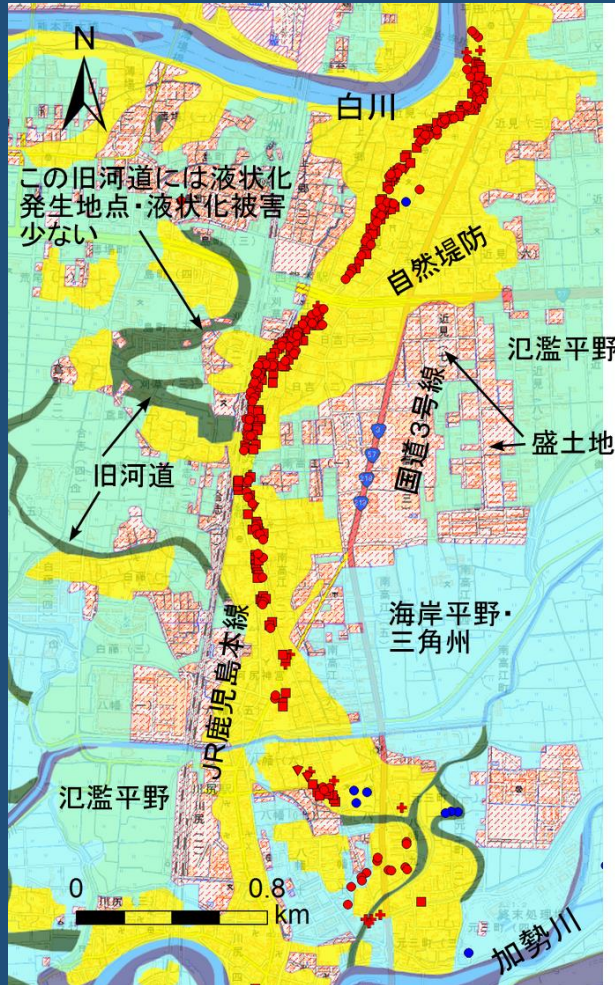
近見から元三町にかけての液状化発生地点と地表面高度分布(国土地理院基盤地図情報数値標高モデル(5m)を使用)



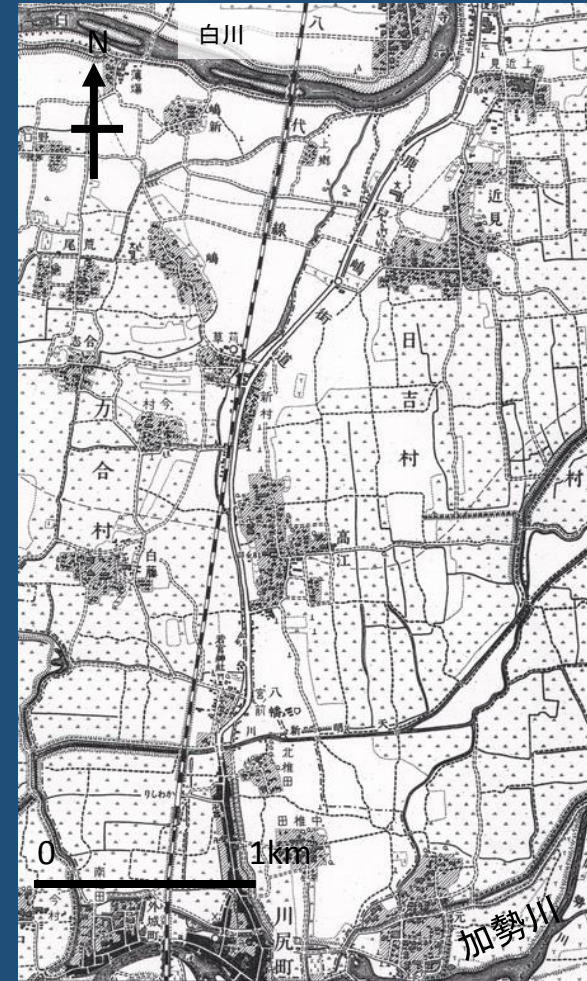
➤ 自然堤防を形成・発達させた河川流路(河道)が液状化発生域に存在していたことを示唆(旧河道または水路を埋め立てた領域における液状化発生?)



# 明治後期の旧版地形図からみた液状化発生域の土地条件



近見から元三町にかけての液状化発生地点の地形条件(国土地理院土地条件図を使用)

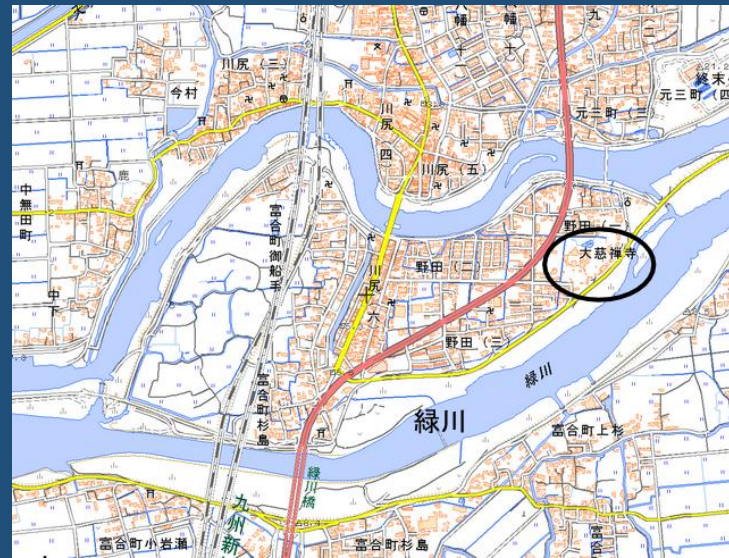
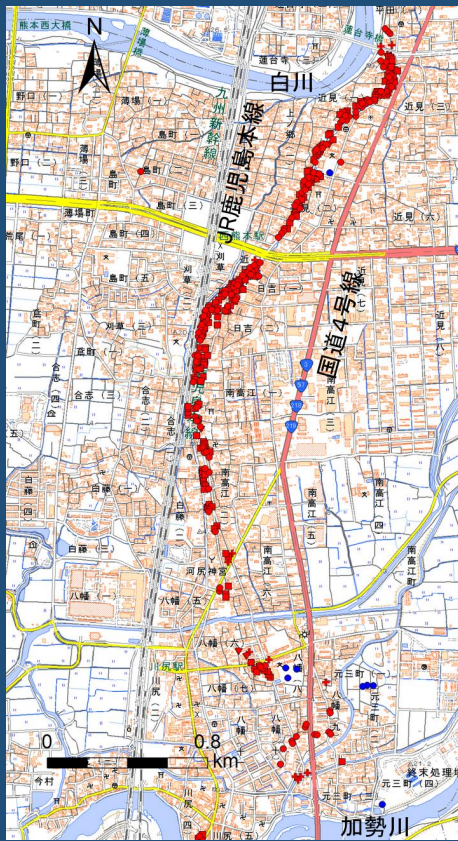


近見から元三町にかけての明治後期の地形図(1901年測図1/20000地形図「川尻」に加筆)

- 明治後期(1901年)に測量された1/20000地形図(およびそれ以降刊行された地形図)には、この帯状の液状化発生域に領域的に合致する河川や水路は存在しない



# 江戸期の絵図と文書資料から推定される 白川の河道位置

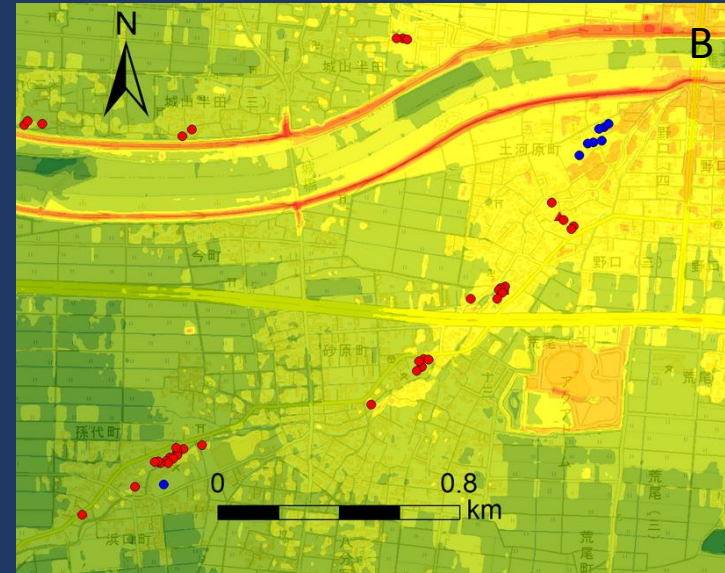
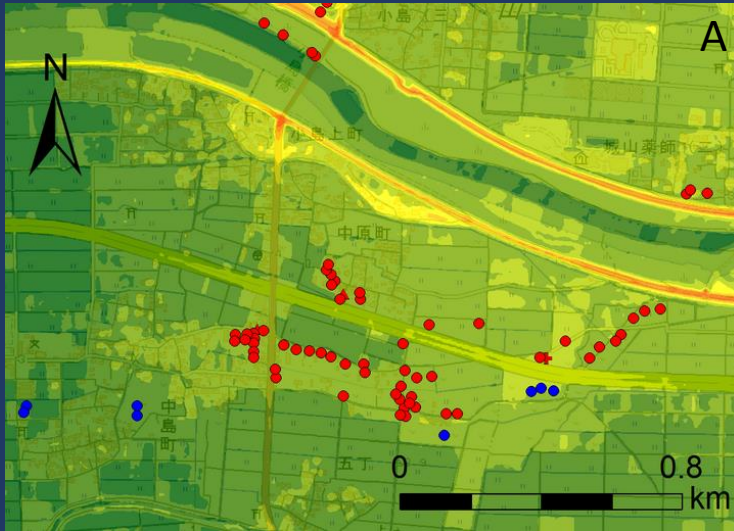


大慈寺(大慈禪寺)の位置

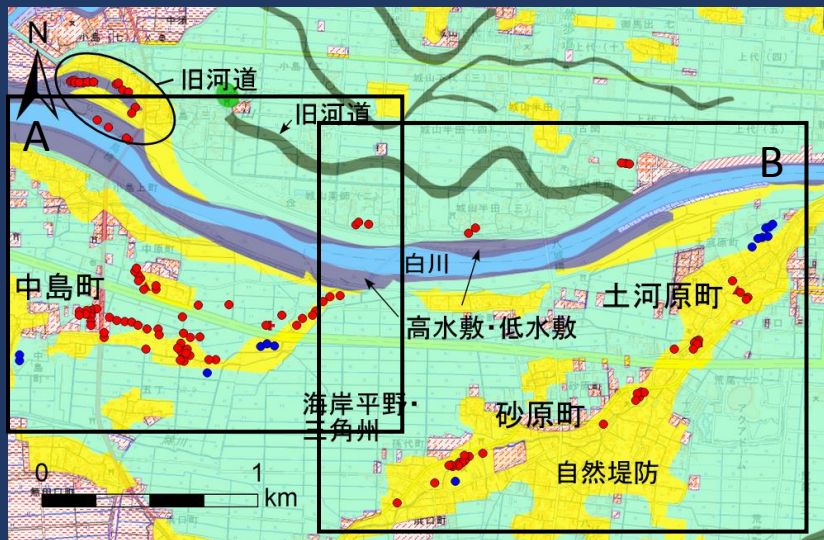
- 江戸期の絵図から推定される白川河道は、現在とほぼ同じ位置に存在
- 熊本市南区近見から元三町にかけての液状化発生地点と領域的に合致する河川や水路の存在は、江戸期の絵図では確認できない  
(飽田郡と託麻郡の郡界が存在←かつての河川の存在を示唆)
- 川尻地区(野田)に位置する大慈寺に残された13世紀後期の文書(大慈寺文書)に、川尻地区(現在の元三町付近)で白川と緑川が合流していたとの記述あり



# 熊本市西区小島、中島町から南区土河原町にかけての 液状化発生地点の土地条件と土地履歴



中島町周辺(左)と土河原町、砂原町周辺(右)の液状化発生地点と地表面高度分布  
(国土地理院基盤地図情報数値標高モデル(5m)を使用)



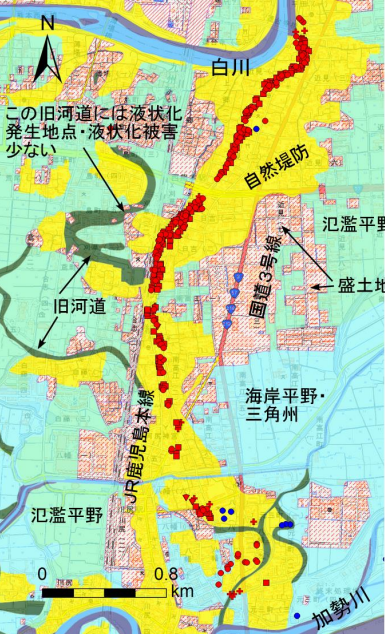
小島から土河原町にかけての液状化発生地点の地形条件  
(国土地理院土地条件図を使用)

- 白川左岸の液状化(噴砂)発生地点の多くは、既存の地形分類図では自然堤防とされている領域において帯状(列状)に分布
- 液状化発生域は、自然堤防上の「高い」領域に分布している傾向がある
- 液状化発生域は、治水地形分類図では旧河道として図示されている地点があり、江戸期の絵図では小河川(水路)として図示されている領域に概ね合致する地点もある

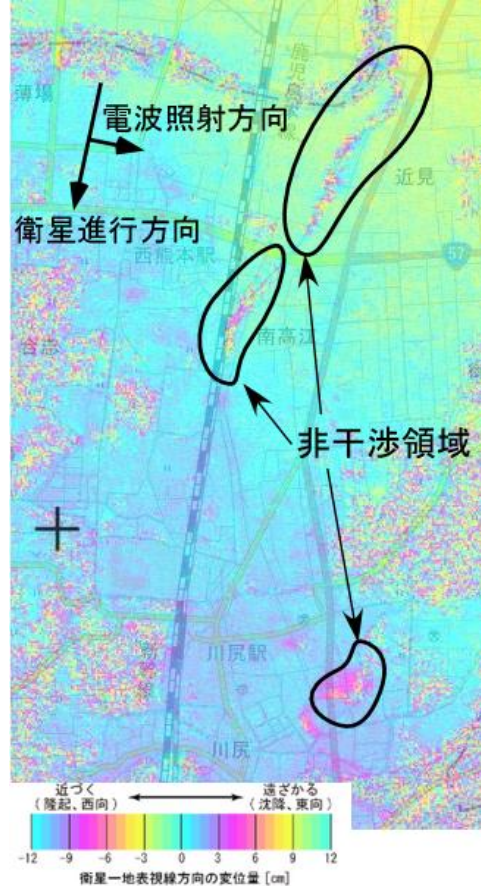
⇒ 液状化発生域に河川(水路)が存在していた可能性



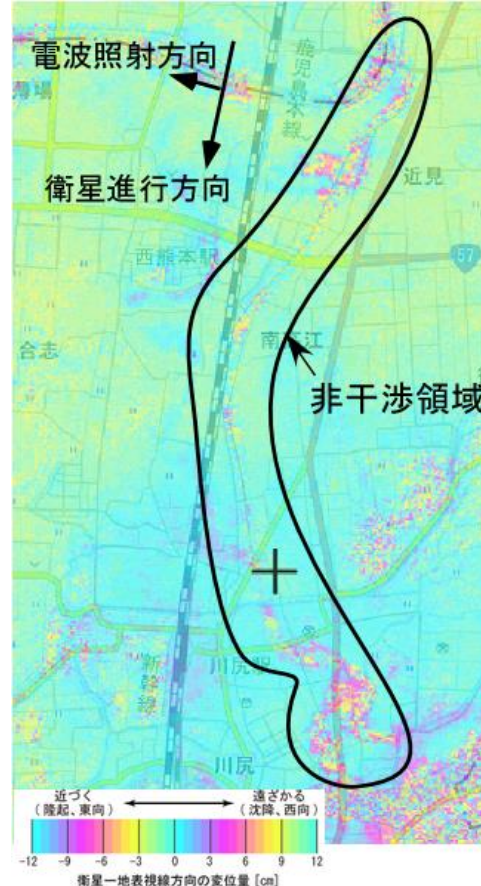
# 液状化発生地点とSAR干渉画像から推定される地表変動との関係、液状化発生のタイミングに関する検討



近見から元三町にかけての液状化発生地点の地形条件 (国土地理院土地条件図を使用)



SAR解析結果 (国土地理院)  
2015年11月14日～2016年4月15日  
(前震の地表変動)



SAR解析結果 (国土地理院)  
2016年3月7日～4月18日  
(前震+本震の地表変動)



SAR解析結果 (国土地理院)  
2016年4月17日～5月1日  
(本震後の地表変動)

- 液状化(噴砂・噴水)発生域と前震、本震及び前震による変動を示すSAR干渉画像の非干渉領域は良く一致し、本震後の変動を示す画像にはそれらの非干渉領域は見られない  
⇒それらの非干渉領域で液状化(噴砂・噴水)により不規則な地表変動が生じたことを示唆
- 非干渉領域は4月14日前震後(4月16日本震前)には現れており、住民への聞き取り調査結果も合わせて、前震時に液状化が発生し、本震時に液状化発生域と被害が拡大したと考えられる

# 熊本地震液状化 まとめ

- 熊本平野の広域かつ多数の地点において液状化が発生した
- 液状化発生地点は、(既存の地形分類図に基づく)自然堤防、旧河道、盛土地において相対的に多く分布し、氾濫平野と海岸平野・三角州においては相対的に少ない
- 本地震による液状化発生地点の分布は、熊本市が公表していた液状化ハザードマップの被害想定とは異なる傾向がみられた
- 白川下流域左岸に分布する複数の自然堤防では、それらの自然堤防上の比高の大きい(高い)領域に液状化発生地点が帯状に(細長く列状に)分布する傾向がみられた(江戸期に存在した小河川(水路、旧河道)に該当?)
- 熊本市南区近見から南区元三町にかけて南北に帯状に延びる自然堤防内のさらに細長い領域(幅100m未満)において、液状化に起因するとみられる構造物被害が多数発生し、甚大な被害が生じた(「液状化の帯」)
- この「液状化の帯」と領域的に合致する河川は江戸期以降存在せず、河川が存在していたのは江戸期より古く、江戸期には白川下流の河道は現在とほぼ同じ位置にあったことが旧版地形図、江戸期の絵図・古地図や文書資料から推定された  
⇒白川の河道変遷とそれに伴う地形発達、液状化層の土質や土木史(河川改修の経緯、河道や水路の人為的埋め立ての有無)などに関する検討が必要
- 液状化発生地点とSAR干渉画像の非干渉領域は概ね一致し、液状化により不規則な地表変動が生じたこと、白川下流域左岸の液状化発生域では聞き取り調査結果も合わせて4月14日「前震」で液状化が生じ、4月16日「本震」により液状化発生域や被害が拡大したことが示唆された