


# 印旛沼を育む台地の成り立ちと恵み (1)

## 下総台地の12万年の変遷

NPO法人水環境研究所  
近藤昭彦

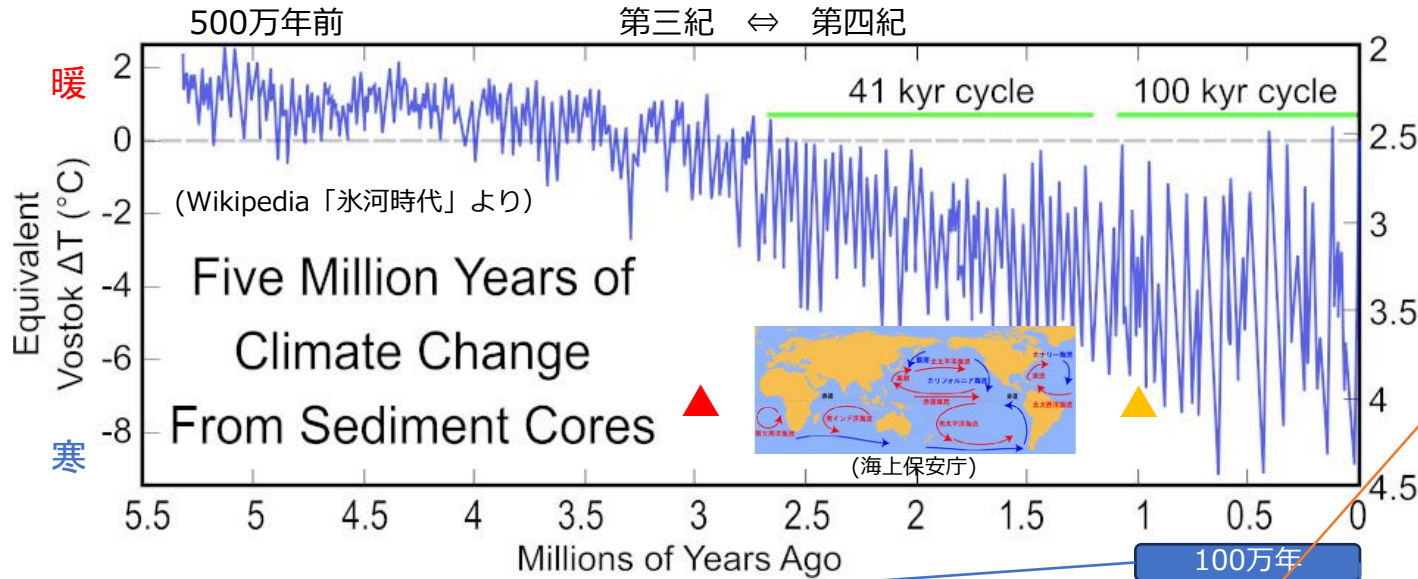


- 
- An aerial photograph showing a large, shallow body of water, likely a marsh or bay, with a bridge crossing it. The surrounding area is a mix of green fields and some buildings. The sky is blue with scattered clouds.
1. 氷期・間氷期サイクルと海水準の変動
  2. 印旛沼のルーツ：12万年前の古東京湾の姿
  3. 佐久知穴仮説の提案
  4. 台地の誕生：下総台地の地形面（地形編年）
  5. 平坦な台地上の様々な地形：台地の地形形成の過程
  6. まとめ
  7. あまり知られていない水文現象の補足説明
  8. おわりに

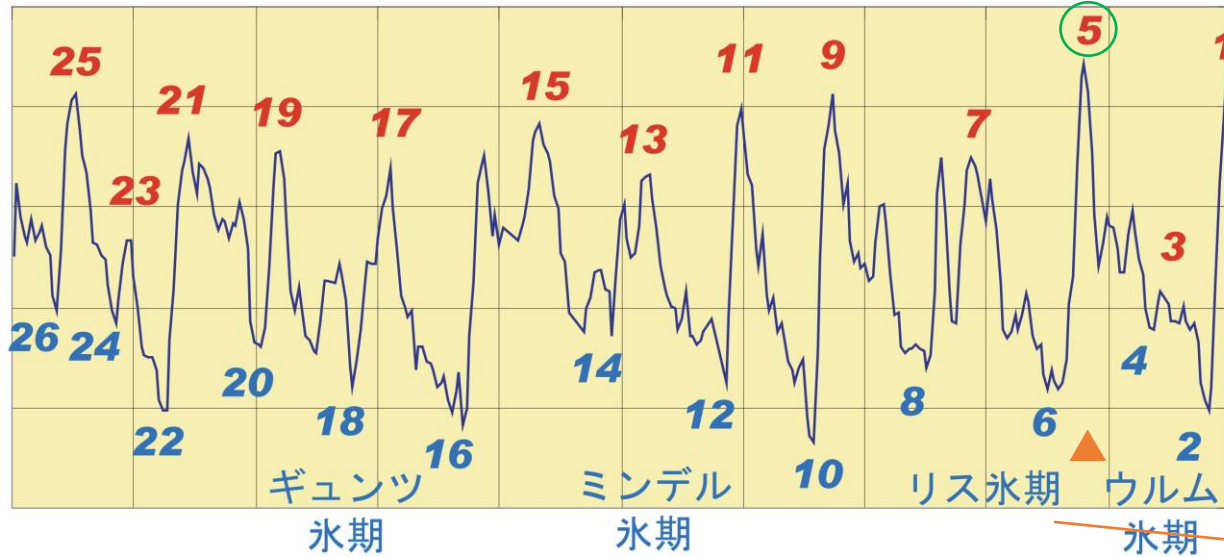
北印旛沼、高度150mより



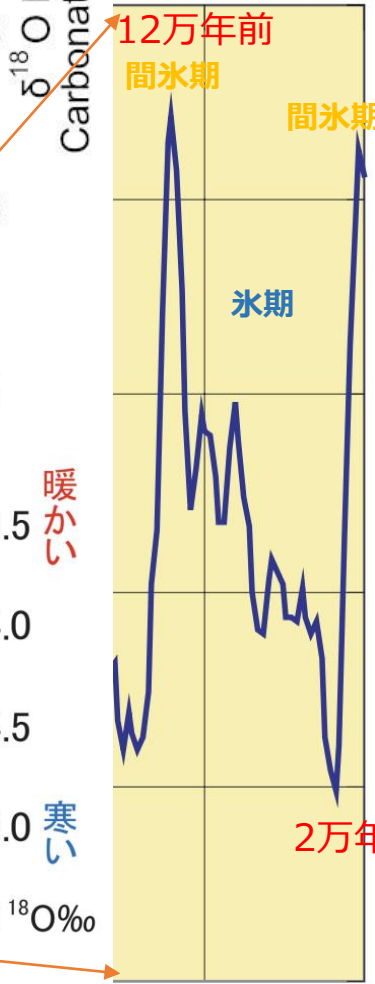
# 地球は何度も寒冷な時期と温暖な時期を繰り返してきた



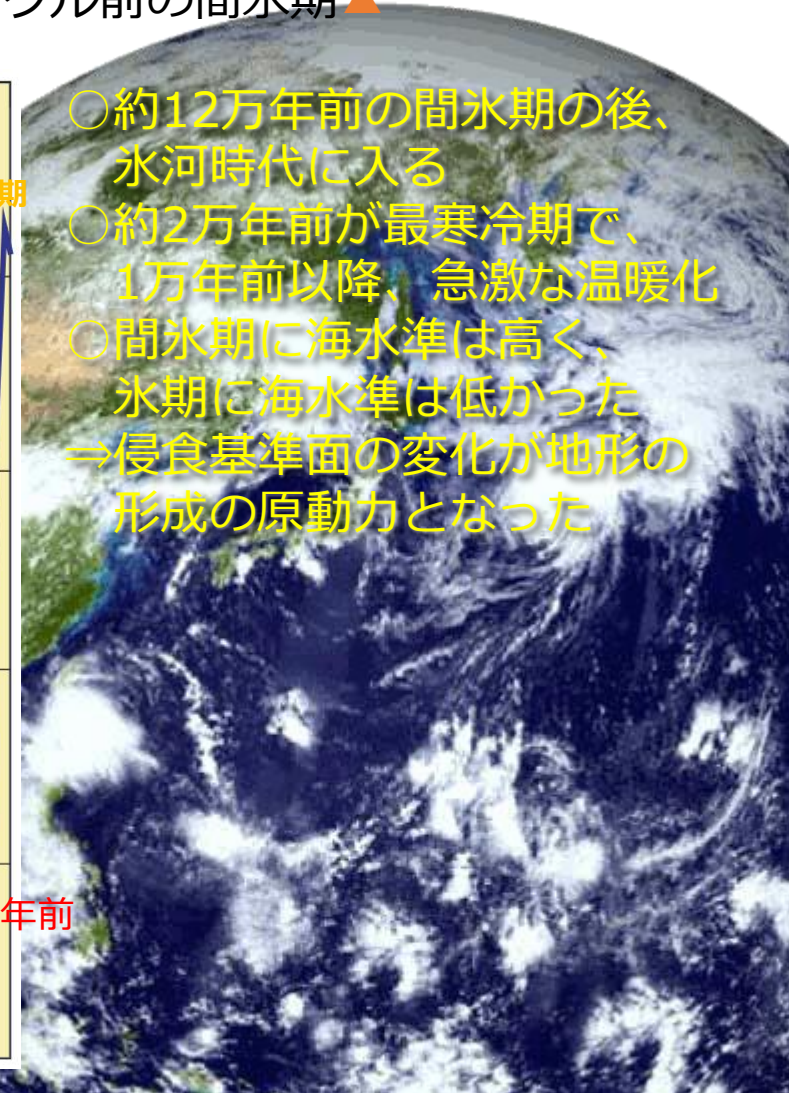
- 約300万年前に始まる寒冷化 ▲
- 100万年前頃から寒暖の振幅増加 ▲
- 1サイクル前の間氷期 ▲



(神奈川県立生命の星・地球博物館HPより)



- 約12万年前の間氷期の後、氷河時代に入る
- 約2万年前が最寒冷期で、1万年前以降、急激な温暖化
- 間氷期に海水準は高く、氷期に海水準は低かった ⇒ 侵食基準面の変化が地形の形成の原動力となった





# 関東広域圏の地質図



# 地質からいろいろなことがわかるのだ！

- 下総台地の表層地質は新しい時代の砂層と泥層
  - その砂層や泥層はおもに海に堆積したもの
- ⇒その海こそ！古東京湾

約12万年前頃の関東平野の範囲は広い海だった  
氷期・間氷期サイクルの海水準の変動が台地地形を形成

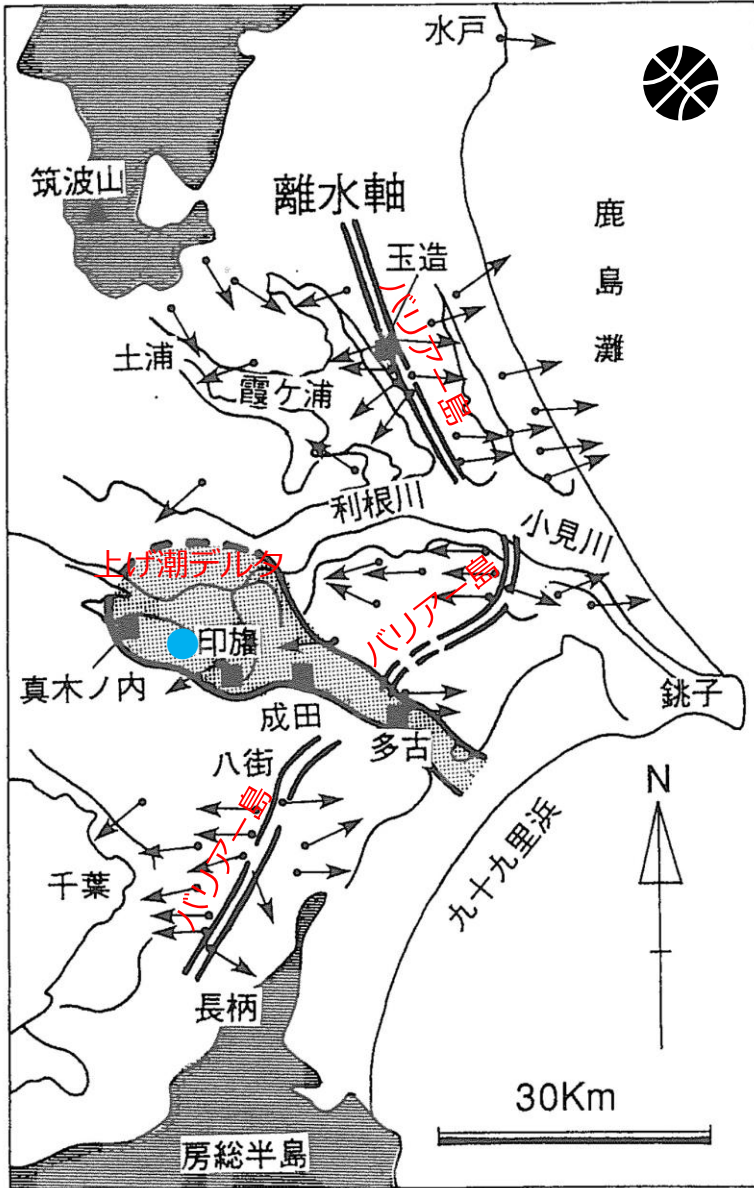


(上：横須賀市自然・人文博物館：<https://www.museum.yokosuka.kanagawa.jp/archives/news/35328>)

(左：葛飾区史：<https://www.city.katsushika.lg.jp/history/history/index.html>)

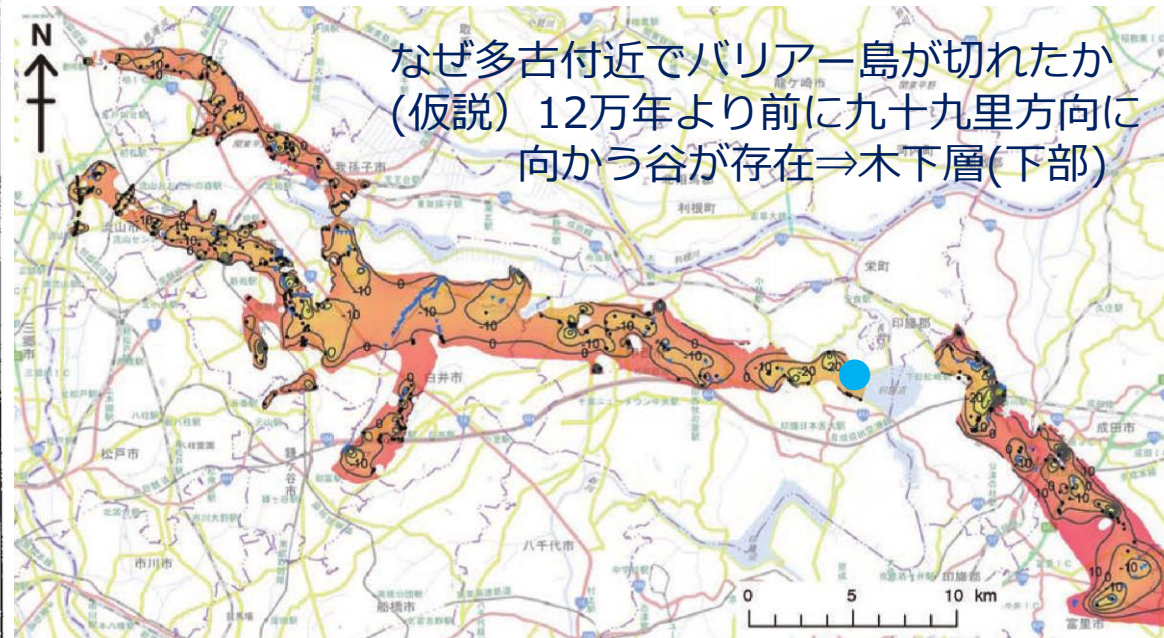
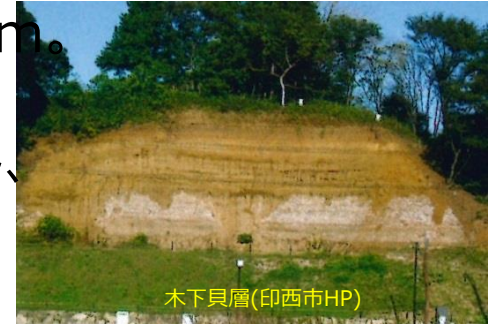


# 古東京湾の姿と佐久知穴仮説



増田(1992)「古東京湾のバリアー島」より

- 12万年前、多古から印旛にかけて上げ潮デルタが発達(木下層上部)
- それ以前、同地域には太平洋に向かう谷が存在
- 12万年より前の海水準上昇期に谷を埋めた堆積物が木下層下部
- 印旛沼の水面標高が約1m、台地の標高が約25m。その差が水頭(ポテンシャル)差を生み出す。
- 木下層下部の透水部の構造が大きな水圧を生み、地下水を印旛沼に湧出させる。
- これが佐久知穴だ(仮説です)。



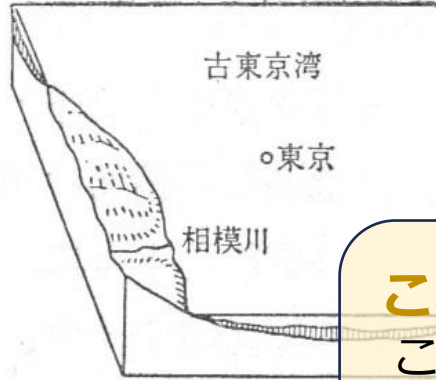
(産総研：都市域の地質地盤図「千葉県北部地域」)



(利根川図誌より「佐久知穴」)



# 12万年以降の下総台地の地形形成過程－地形編年－(貝塚ダイヤグラム)



## ① 下末吉期

(1) 下末吉期(S)  
12-13万年前



## ③ 立川期

(3) 立川期(Tc<sub>3</sub>)  
約2万年前



これは静的な地形学の考え方  
この間も地表には雨が降り、  
川が流れ、地下水が流れ、  
地形は不断に変化していた

(2) 武蔵野期(M<sub>2</sub>)  
約6万年前



## ④ 縄文前期

(4) 縄文前期  
約6000年前

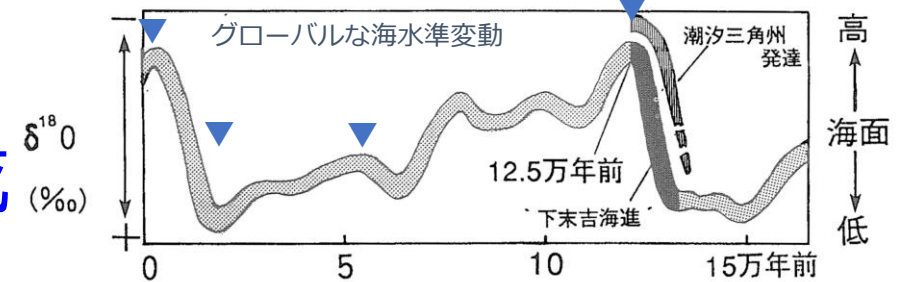
(貝塚,1979)

- 約12万年前、下総台地は古東京湾の海底だった
- 約6万年前の海水準の停滞期に下末吉面の下位に武蔵野面と呼ばれる地形面が形成された
- 約2万年前の最終氷期最寒冷期に海水準は100mほど低下し、古東京川が形成された

- 氷期が終わり、海水準は上昇し、約6千年前には現在より3mほど高くなり、台地を刻む谷は溺れ谷になった
- その後、海水準は現在のレベルまで低下し、沖積低地が形成された

## 海水準が安定した時期には地形面が形成

注) 地域によっては地殻変動を考慮しなければならない



(増田, 1992 ; Imbrie at al.,1984)



# 地形は不断に変化 – 台地の地形を細かくみてみよう –

多様な微地形(小地形)がある

## 地理院地図を活用しよう

<https://maps.gsi.go.jp/>

### 【手順】

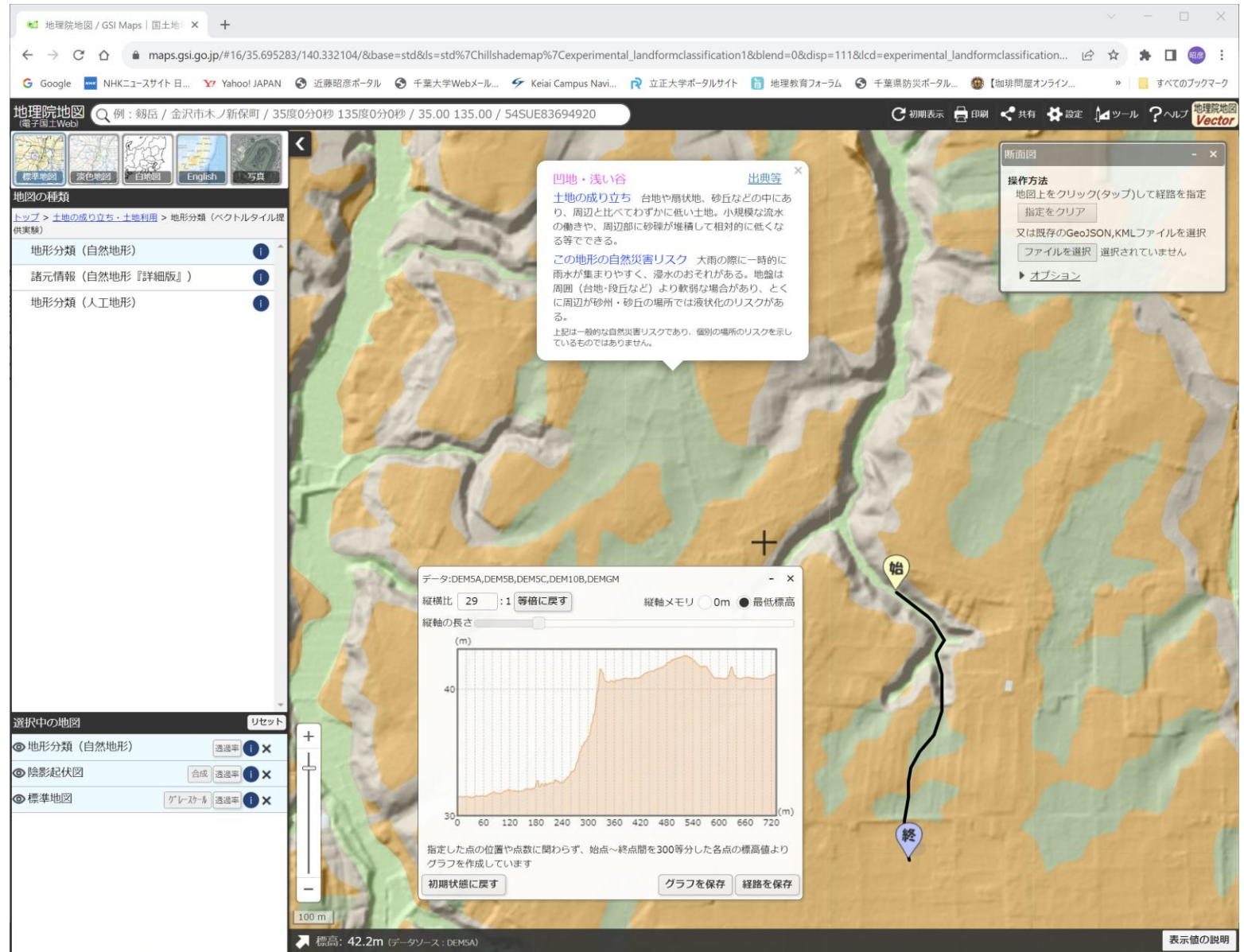
1. 地理院地図を起動
2. ベースマップを選択
3. 左上のメニューから主題図選択
4. 重ね合わせ表示
5. 様々なツールによる解析

## 何が見えるだろう

- ①数段に区分される地形面
- ②舟底型の谷津
- ③台地上の皿状の浅い谷
- ④台地上の閉じた凹地
- ⑤化石谷（無水谷）

## 水循環と地形形成の相互作用

⇒ダイナミック地形学(≒水文地形学)





一見、平坦に見える台地．．．そこには多様な形がある



浩春小学校

高野新田

十倉神社

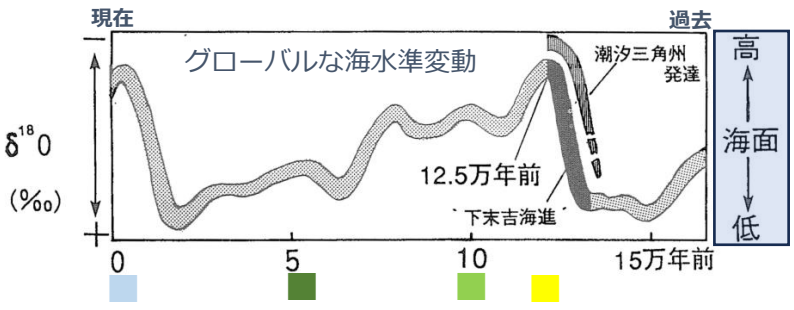
高崎川



# ①数段に区分される平坦面

## 下総台地の地形面

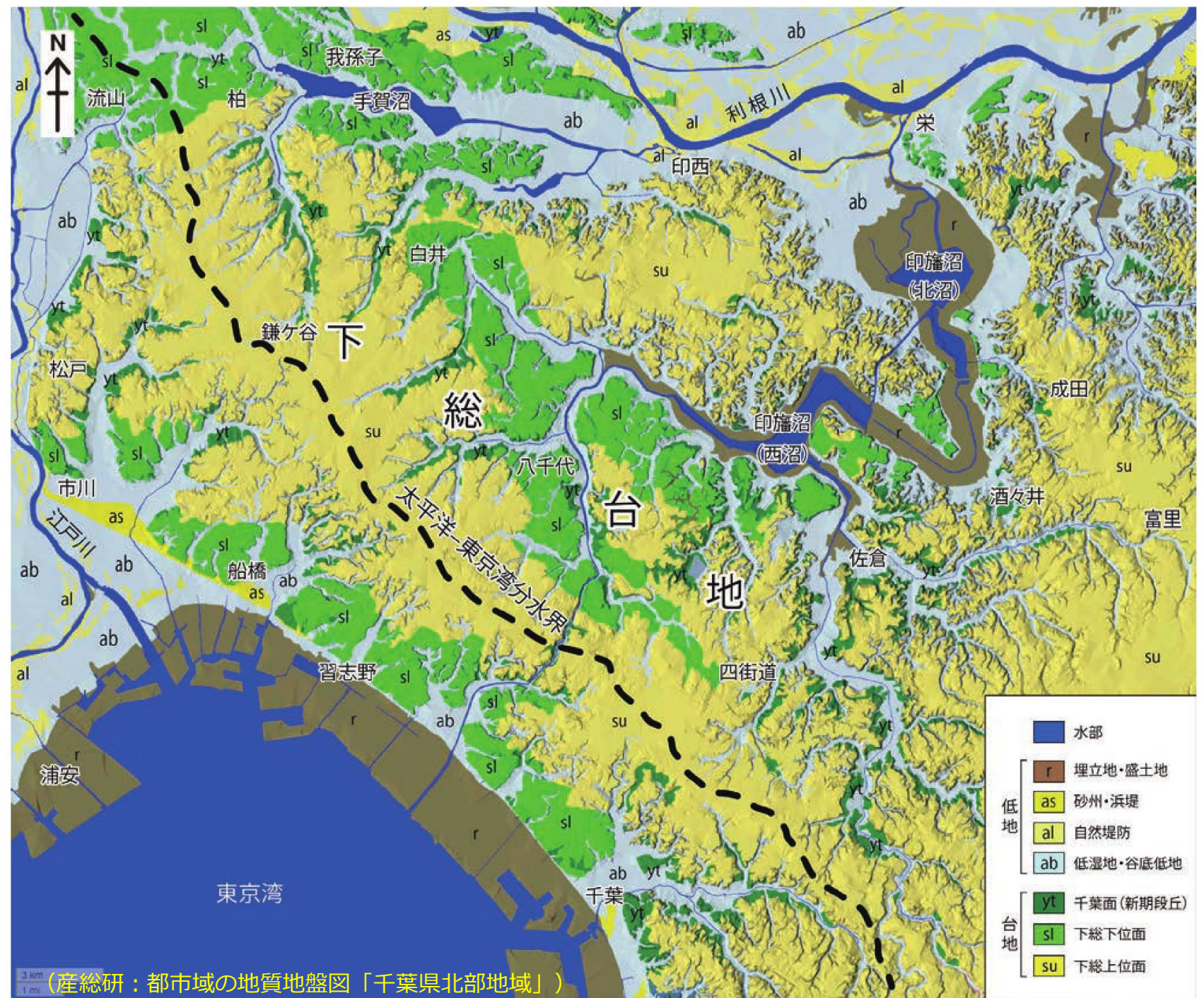
- 下総上位面 約12万年
- 下総下位面 約10万年
- 千葉面 約6万年
- 沖積低地 1万年前以降



## 台地面上にも小地形 “地の形”は形成過程の反映

- ①数段に区分される地形面の上に
- ②台地上の浅い皿状の谷
- ③舟底型の谷津
- ④台地上の閉じた凹地
- ⑤化石谷

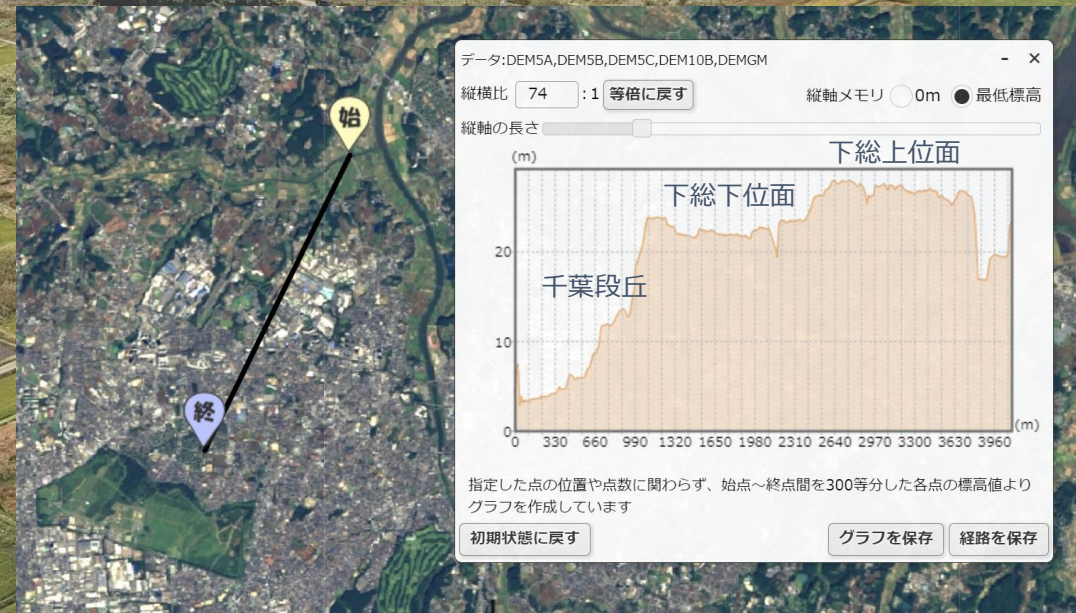
水循環に注目(水文地形学)



(産総研：都市域の地質地盤図「千葉県北部地域」)



# 桑納川低地から海浜幕張方面を望む





## ②台地上の皿状の浅い谷 古東京湾の陸化の進行に伴う地形変化

古東京湾が陸化していく過程で、浅い水域や湿地に堆積した**火山灰**(主に箱根火山起源の下末吉ローム層)は粘土化して**常総粘土層**を形成した



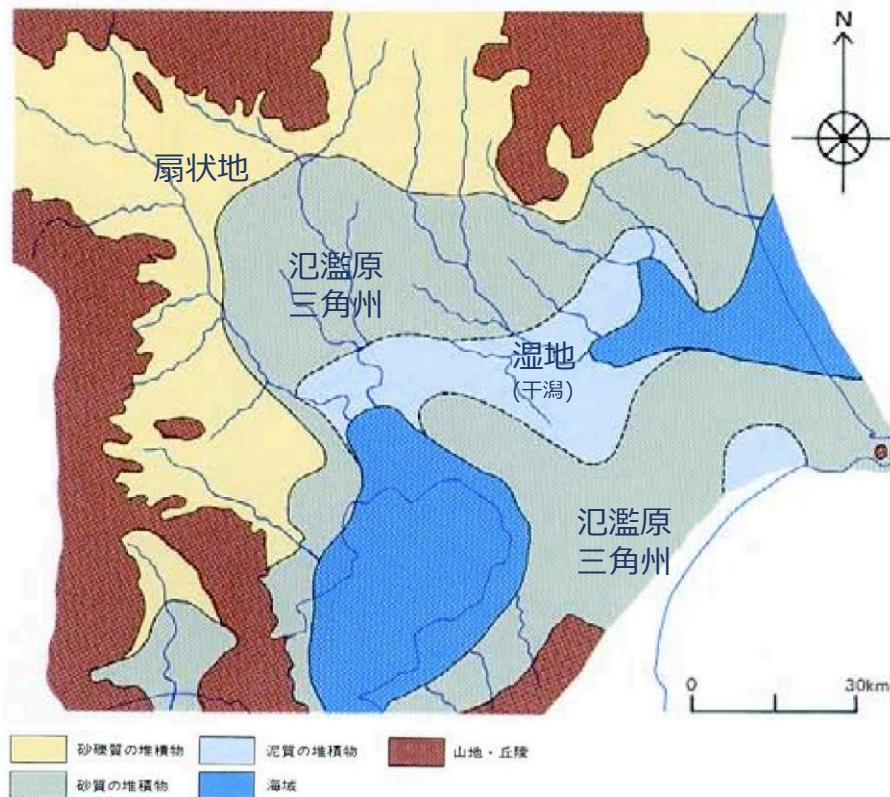
図13 旧石器時代の関東平野の原風景画 (関東ロームの花粉分析の結果にもとづいたこの復元図は近く大きく変更されるかもしれない)

(環境考古学、安田喜憲、NHKブックス)

地表面
-----
立川ローム
-----
武蔵野ローム
-----
下末吉ローム (常総粘土)
-----
成田層

○関東の火山活動は活発で、火山灰が関東ローム層を形成

○浅い海、干潟、湿地に堆積した下末吉ロームは常総粘土へ



常総粘土層堆積期の古地理図 (菊地,1980,アーバンクボタNo.18 ; 菊地,1997)

○古東京湾は少しずつ陸化し、その過程で干潟、湿地、三角州、氾濫原、扇状地が形成

○川の流れ、地下水の流れは河川地形、台地地形を形成



東京湾岸の干潟。そこには何本もの溜筋が確かにあった。(千葉港沖海苔ヒビ、林辰雄、中央博デジタルミュージアム)

諫早湾の人によって維持されている溜筋(長崎県HP)



### 「皿状の浅い谷」仮説

○広大な干潟には溜筋が形成され、平野には川が流れていたであろう

○そこに下末吉ローム層が堆積し、常総粘土層が形成された

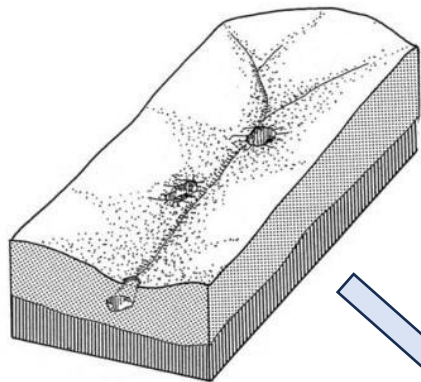
○地下水面が浅く、水を通しにくい常総粘土の地表面では表面流が集中

○布状流となり、皿状の浅い谷を形成したのではないか

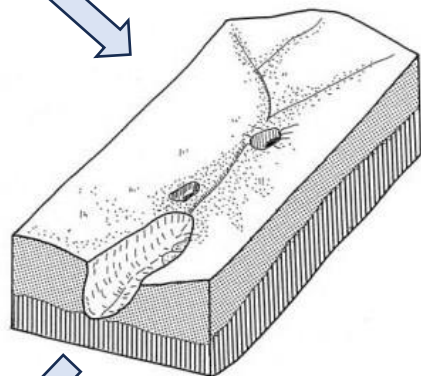
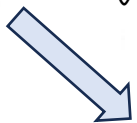
○離水(海退、陸化)が進んでも浅い谷の位置は維持され、ある時点で地下水流出による谷頭侵食が始まる



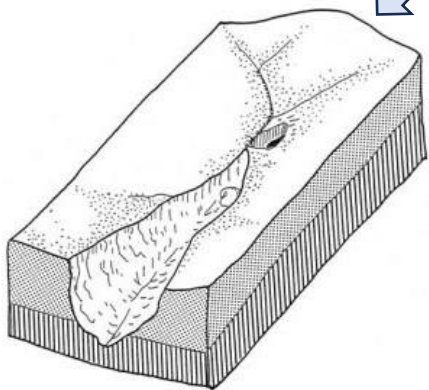
### ③舟底型の谷津 谷頭侵食による谷の伸長



古東京湾が陸化する最初のステージでは、滯筋等を起源とする水路に水が集中して皿状の浅い谷を形成する。地下水面は浅い。



離水が進み、浅い谷が地下水を集水するようになると、地下水の集中による谷頭侵食が始まる。地下水面が深くなる。



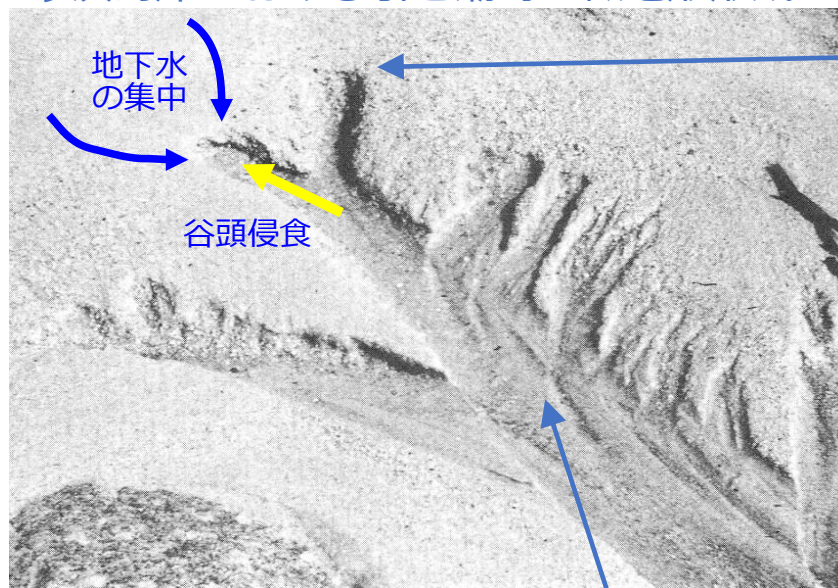
谷頭侵食が進み、側方侵食も始まり、舟底型の谷津が形成され、上部には浅い谷が残される。谷津は多くの地下水を集水する。

- 海退が進むにつれ、滯筋等の水路に水が流れるようになり、地表流(表面流)による侵食で浅い谷が形成される
- 下流では流域面積の増加に伴い、地下水を集水するようになり、地下水の流出の集中によって、谷頭が形成
- 谷頭が形成されると、ますます地下水を集水するようになり、上流に向かって谷が伸長(谷頭侵食)



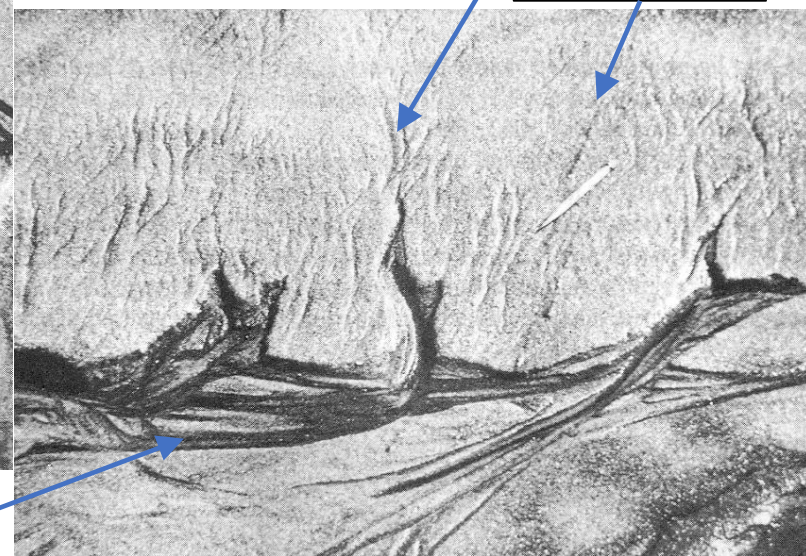
典型的な舟底型の谷津：天神谷津

#### 砂浜海岸における引き潮時の微地形形成



谷頭は湧水点  
地下水の流れが  
最も集中する場所

台地の上には、  
主谷形成以前の  
谷が残存



谷底は地下水面  
湿地が形成される

地すべり防止事業 | 南部林業事務所「安房地域の地すべりの特徴」より引用  
<https://www.pref.chiba.lg.jp/rj-nanbu/nanbu/jisuberi/index.html>  
 注) 安房地域の地すべりに発達するボラ(小陥没地形)に類似の地形変化がある

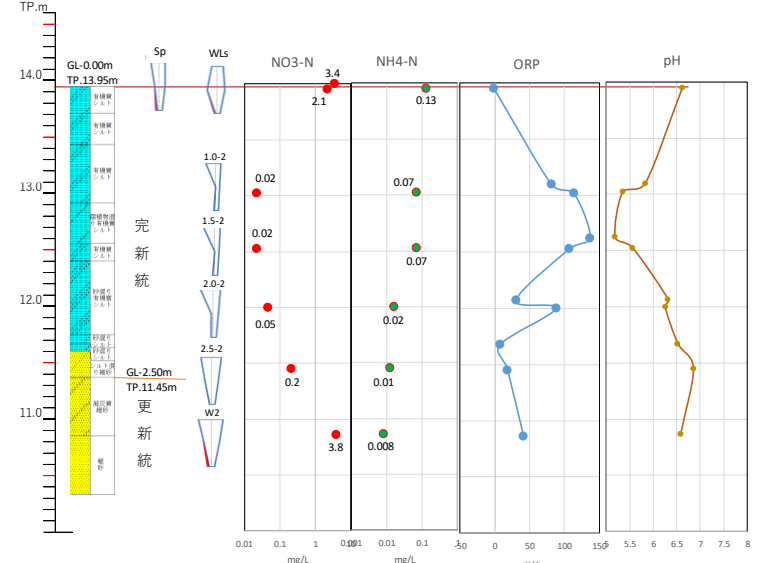
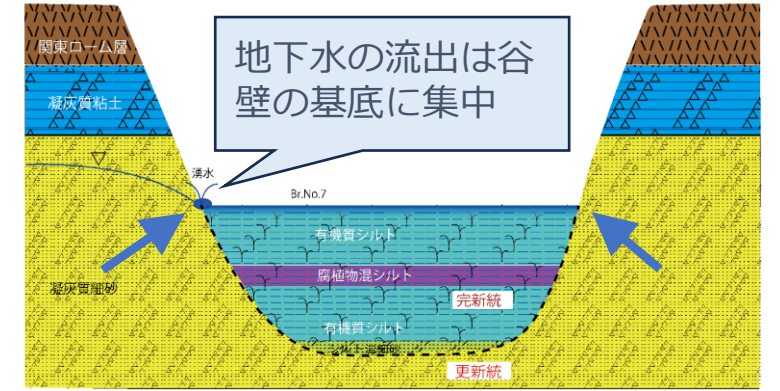
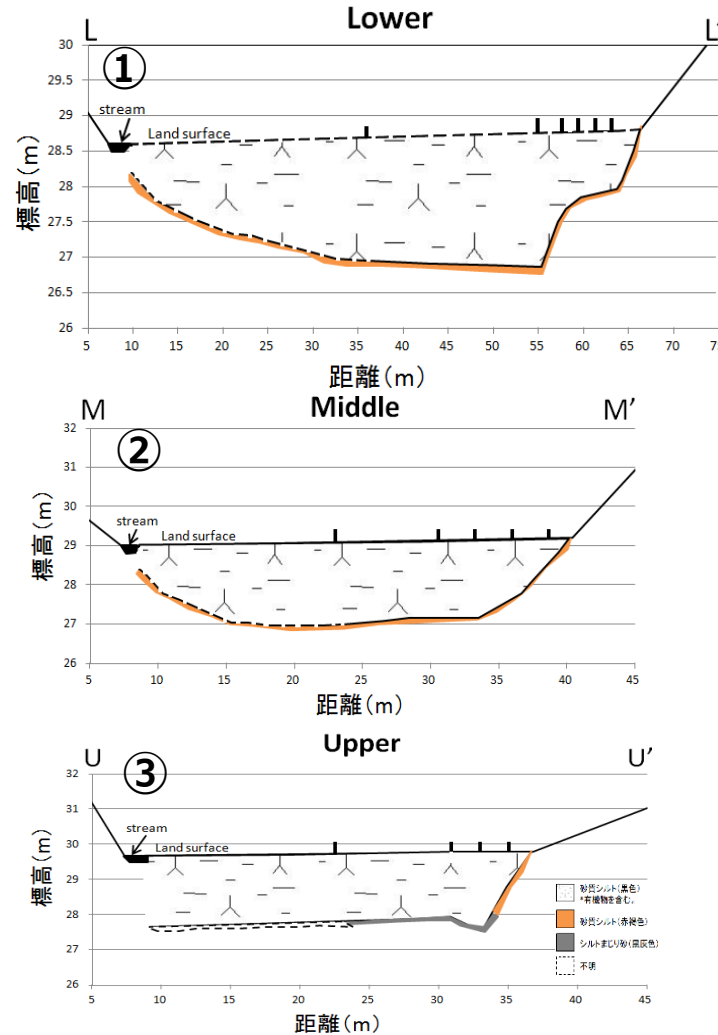
(出典 : LaFleur ed. Groundwater as a Geomorphic Agent, Routledge, 1984)



# 舟底型谷津 – なぜ谷底が平らになるか（側方侵食型の谷）

高崎川支谷、十倉の谷津の沖積層は2~3mの厚さで、基盤の形状はほぼ平らだった。それは舟底型の谷が側方侵食によって拡幅していることを示す。

手繰川支流、畦田の上流にある谷津の谷頭部では沖積層の厚さは2m程度で、基盤の形状はほぼ平らだった。このことも側方侵食を示す。

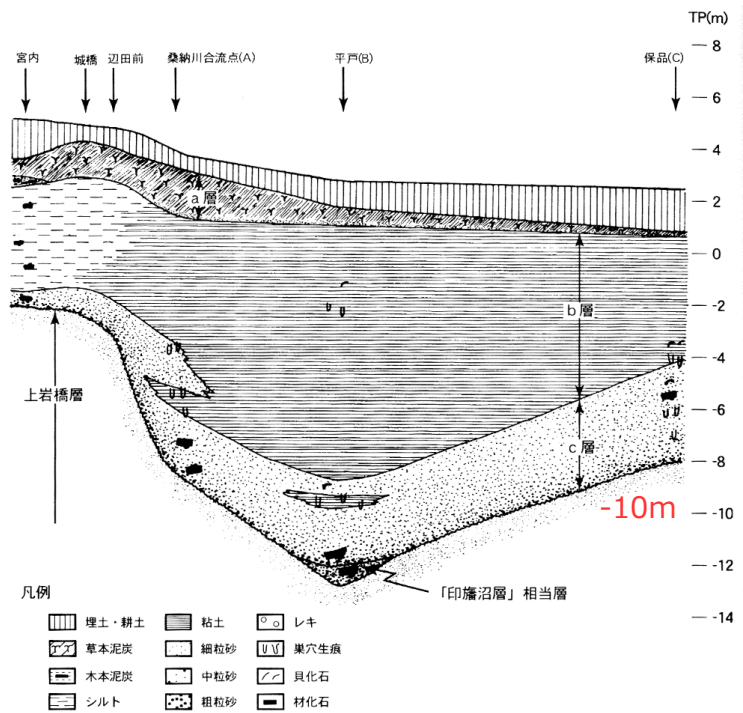


水質データは2021年11月13日調査結果を使用



# 広い大きな谷は谷埋め型

氷期の海水準低下を記録



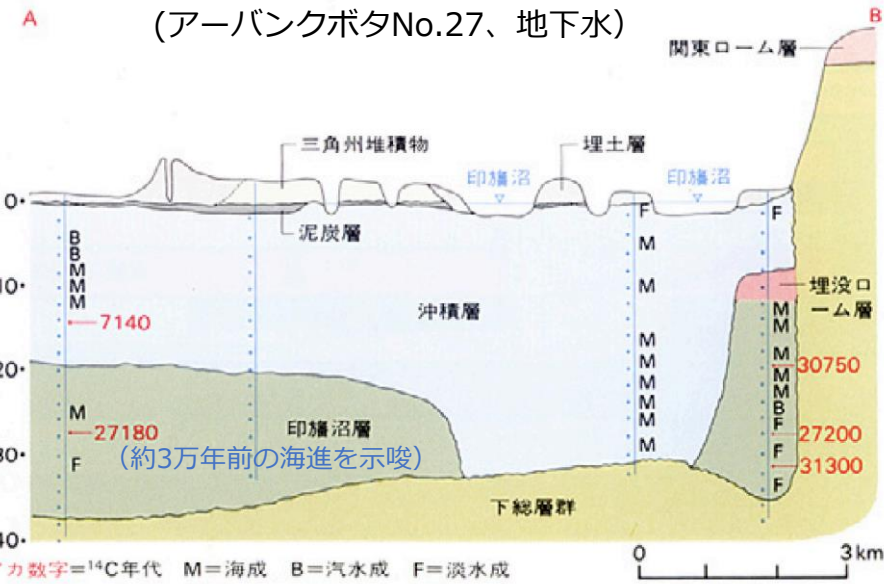
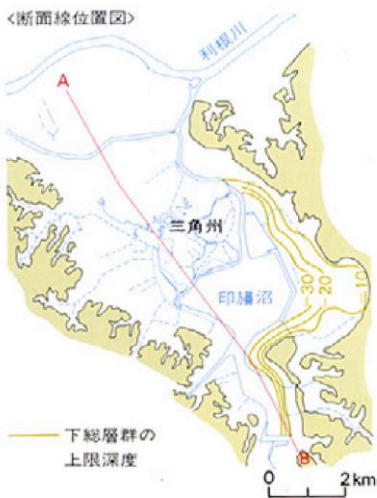
双子公園のナウマン象親子

(左) 新川低地の地質断面図 (八千代市、2002年)

10mくらいの谷が穿たれていた...  
あのナウマン像もこの谷を...

図 3-4-16 新川低地の地質断面図(稲田専門調査員の未発表資料)

## 北印旛沼周辺



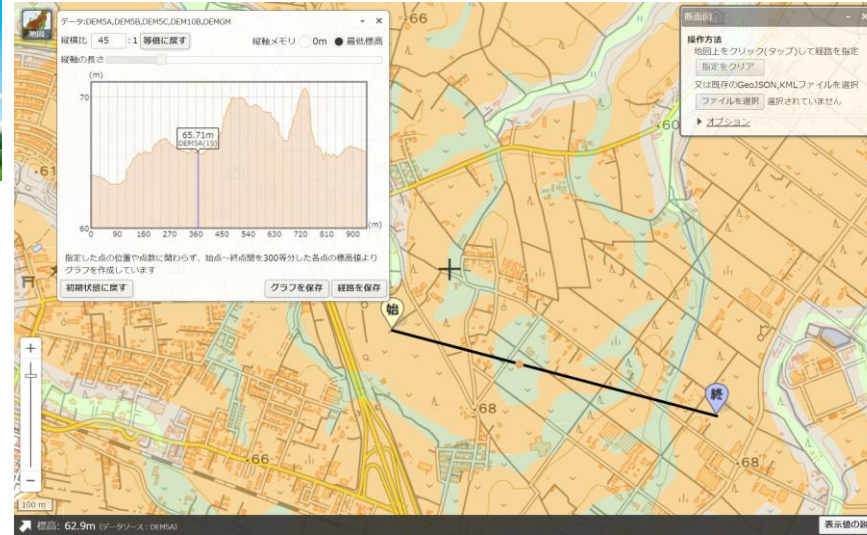
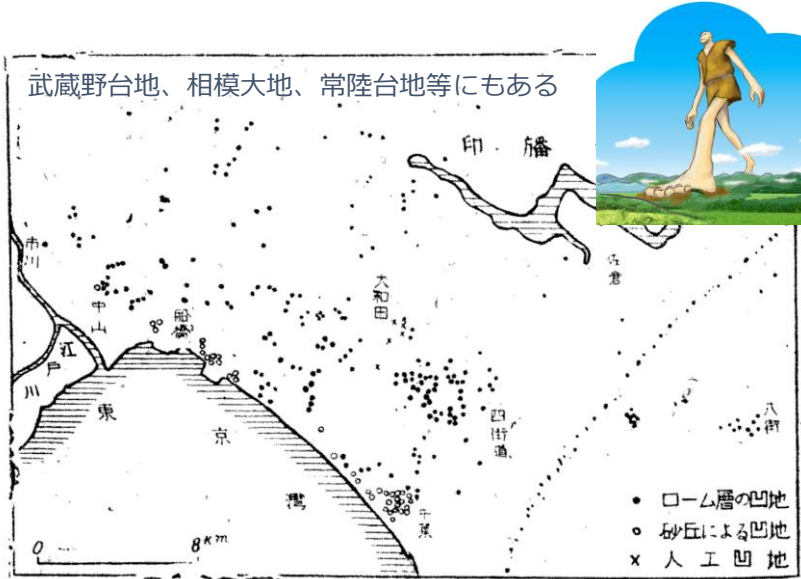
○氷期の海水準低下期に穿たれた谷は新川低地(桑納川合流点付近)で30数m、北印旛沼付近では50数mも台地を穿っていた。(台地面標高を25mとして)

○後氷期の海水準上昇に伴い、谷は沖積層で埋積され、広い沖積低地が形成された。

○これが、広い平野を持つ谷のストーリー



# ④ 台地上の閉じた凹地 台地の上には閉じた凹地がたくさんありますが何？ -ダイダラボッチの足跡？



下総台地西部の凹地分布 (花井、千葉、1939)

(ダイダラボッチ: 加曽利貝塚応援サイト <https://www.kasori.net/>)

## 閉じた凹地の成因は？

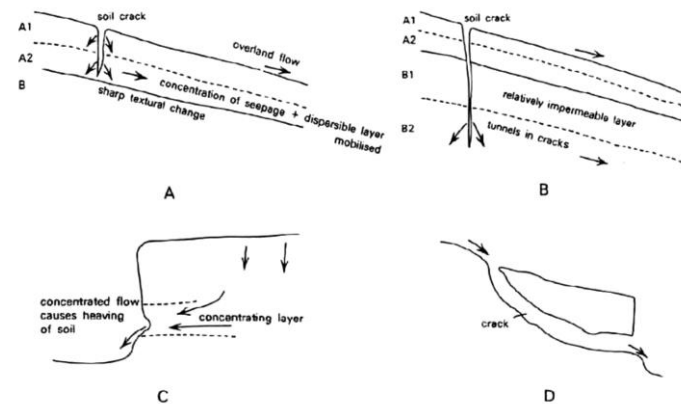
- ①ダイダラボッチの足跡 (?)
  - ②人工説 (△)
  - ③溶食ドリーネ説(○) ⇒地下侵食説
  - ④湧水地の乾涸説 (△) 東アフリカ高地にあり
  - ⑤埋積谷説(△) 浅い谷が火山灰の降灰によって埋積
- 注) ②~⑤は花井・千葉(1939)による

## 地下侵食説の可能性

- 「佐倉南方岩富の凹地では豪雨時に水が溜まってそれが付近の崖端より浸出. . . ローム層と粘土層の層間よりなされる. . . 」(花井・千葉、1939)
- 多摩丘陵では谷頭に巨大パイプが存在
- 上総丘陵でも谷頭部に巨大パイプ、ボラ穴(嶺岡)



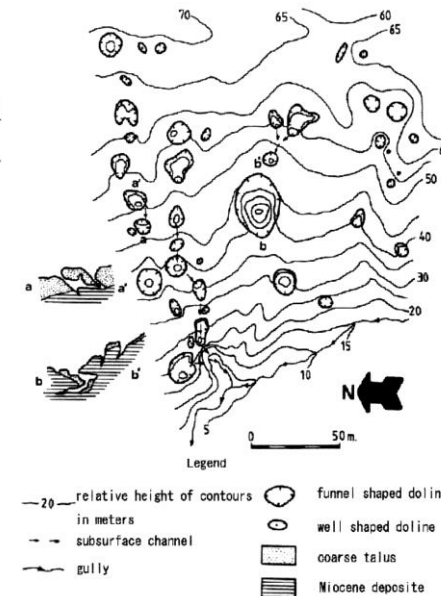
千葉市高田町の凹地



(上)パイプの発生と地下侵食の進行(概念図)  
(右)多摩丘陵の谷頭斜面の陥没孔  
(新藤静夫の地下水四方山話より)

地下侵食は一般的な現象

凹地底部より南西方向を望む。左右、前方が高くなっていることがわかりますか。



(上)多摩丘陵の陥没孔  
(新藤静夫による)



## ⑤化石谷 (abandoned valley)、無水谷

**その1.**下流側で地形の回春が起こり（新しい侵食基準面に適応した侵食谷の形成）、上流側の古い谷が谷の形成を停止して形成（ローカルな侵食基準面であった谷底面の地下水面が下がり、地下水流出による地形発達が停止）。

**その2.**隣接する流域が、より大きな地下水流域を獲得して、当該流域の谷底の地下水面が低下し、谷の形成を停止。

**[判定]** 主谷との合流点に崖があるかどうか（不協和合流しているかどうか）



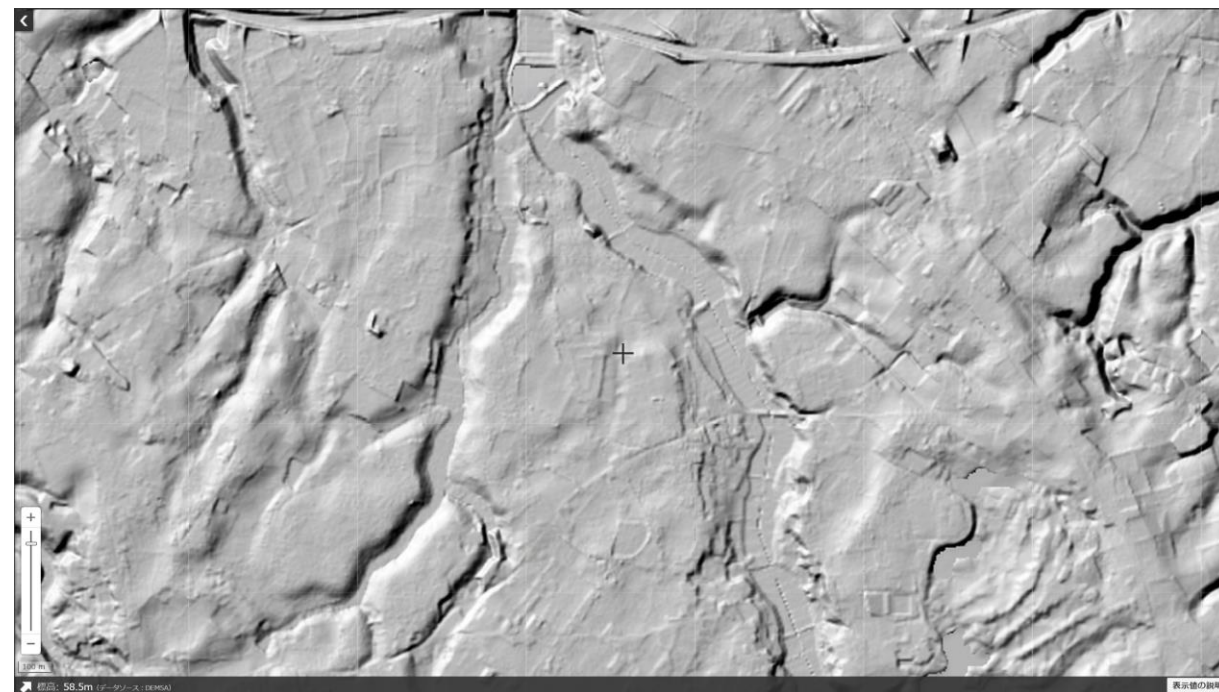
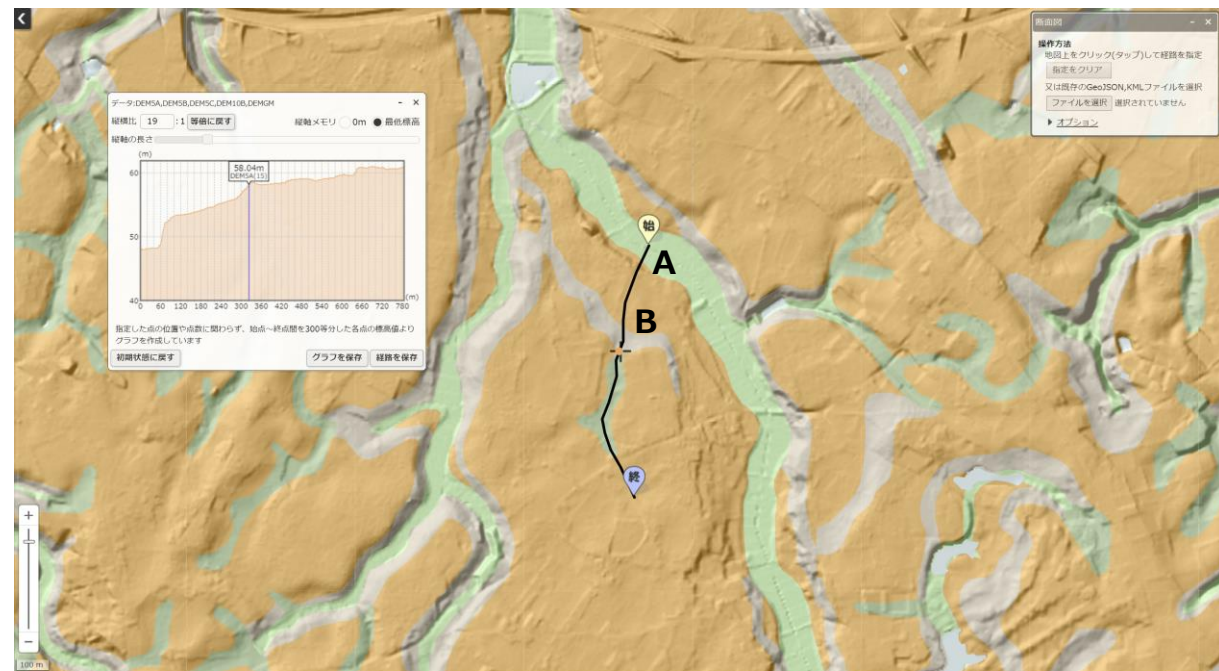
A.本流（右上が上流）と支谷（右から合流）の合流点に崖があり、段丘化している。



A.支谷合流点の崖を本流低地側から望む。この地点では段差は約5m。



B.支流を遡ると、緩やかな斜面がある。ここは地理院地図では斜面（山地と表記）で、その上流は浅い谷に続く。





An aerial photograph of a coastal plain. A river flows from the top left towards the bottom right. The land is a mix of green fields and grey urban areas. The coastline is visible on the right side.

○氷期・間氷期サイクルにともなう気候変動にともなう海水準の変動（侵食基準面の変化）と水循環の変化は、下総台地に様々な地形を刻んだ。

○台地はいくつかの地形面に分割され、地形面（段丘面でもある）は表流水と地下水による侵食によって、浅い凹地、閉じた凹地、舟底型谷津、広い沖積平野、化石谷が生じた。

○ダイナミック地形学：地形は不断に変化し続けている

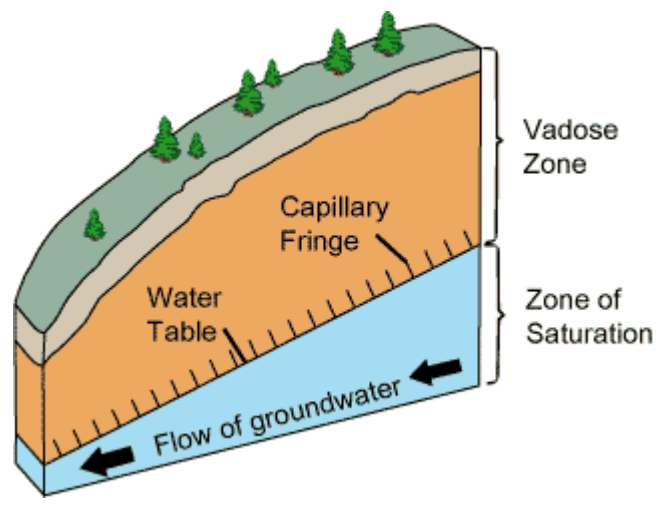
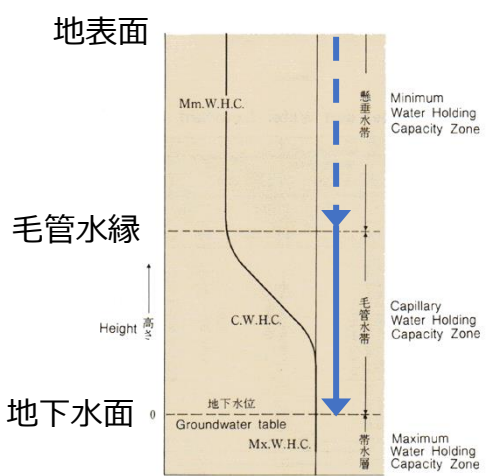
○まだわかっていないことも多いが、市民科学として台地地形の成り立ちに関する仮説を提唱し、現場で多分野の知を結集して、解明を試みたい。



# 地形と水循環の相互作用を理解するために必要なあまり知られていない水文現象

## ●毛管水縁(capillary fringe)

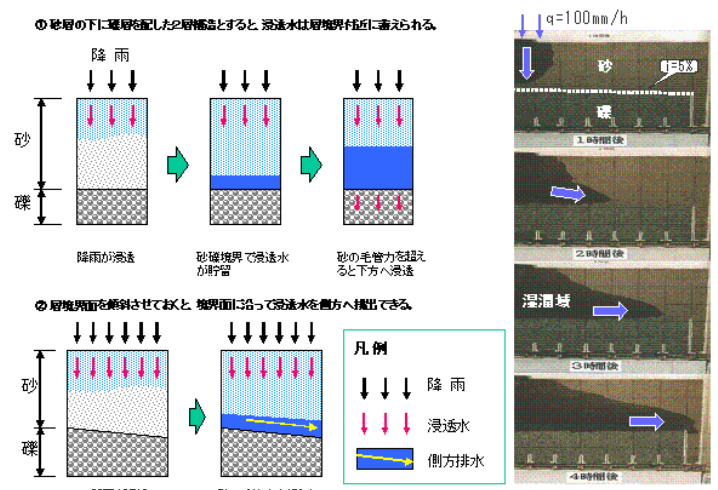
浸透・浸潤する水が毛管水帯の上端（毛管水縁）に達すると、毛管水帯の水が一気に正圧化し、飽和帯になる。



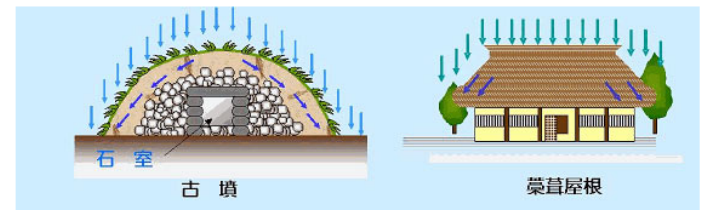
Wikipedia「不飽和帯」より  
不飽和帯(Vadose Zone)が関東ローム層  
だったら...

## ●水切り足効果（インクビン効果）

粗粒の物質の上に、細粒の物質が載ると、浸潤する水は細粒物質の下端に滞留し、十分な正圧を得てから下方に浸潤する。

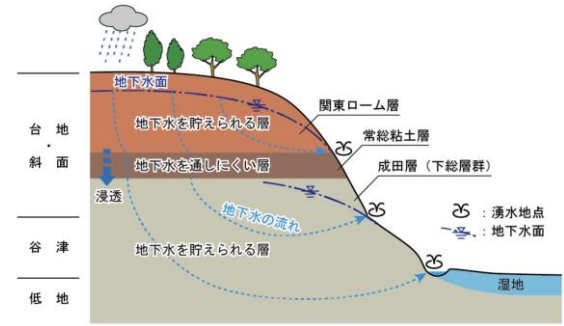


キャピラリーリアを利用した例としては、古墳や葎葎屋根があります。古墳では、貴重品を納めた石室を礫や石材で囲み、雨水の浸透を防止するとともに発菌を抑制し、温度を一定に保つ機能を持たせています。



古墳の石室が保護されたのはキャピラリーリアを古代の技術者が知っていたから！

(日本国土開発株式会社HPより)



(生物多様性ふなばし戦略より)

○浸潤する地中水が毛管水縁に到達すると、毛管水帯が正圧化し、地下水面が一気に上昇。

○古東京湾の離水直後は地下水面が浅いため、表層の関東ローム層が毛管水縁が地表面に近いと、降雨後短時間で地表面まで飽和し、地表流が発生。

○地表面を布状に流れる地表流によって、浅い皿状の凹地が形成（仮説）

○砂層(細粒)と礫層(粗粒)の境界が傾いていると、境界上を下方に地中水は流れる。

○下総台地では成田層の上位にある関東ローム層の境界に飽和帯が発生し、動水勾配により崖端に向かう流れが生じる。

⇒パイプの形成



## ● 崖端における地中水の動水勾配

舟底型の谷底の崖端における地中水は地下水面上昇時には斜面と谷底の境界に集中し、崩壊を引き起こす要因となる。

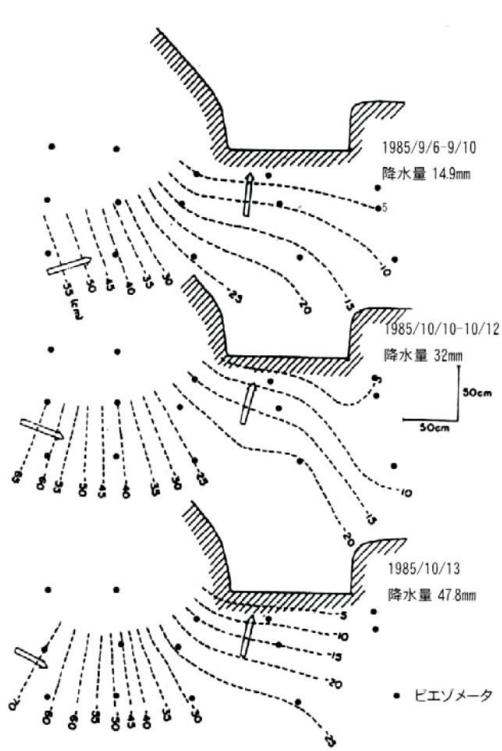
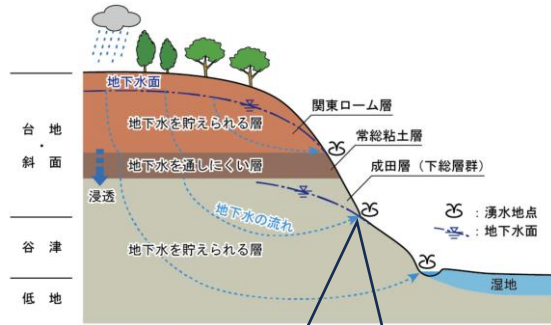


図 14 斜面末端部における集中流の挙動

多摩丘陵の波及地で谷壁斜面下部にピエゾメーターを多数設置し、降雨時の水頭分布を計測すると、谷底に向かう動水勾配が観察された。

(新藤静夫の地下水四方山話コラム56より)



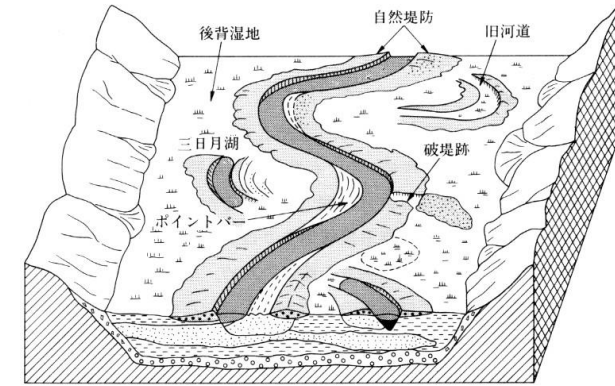
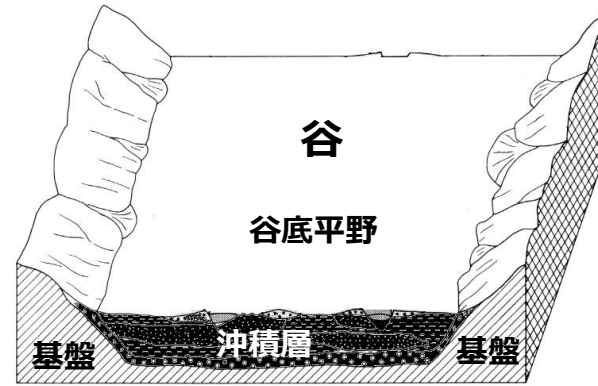
- ・ 谷壁斜面と谷底の境界には地下水流出が集中し、湧水を形成する。
- ・ パイプから流出がみられることが多い。
- ・ 大雨時には集中する地下水が崩壊の要因となる。



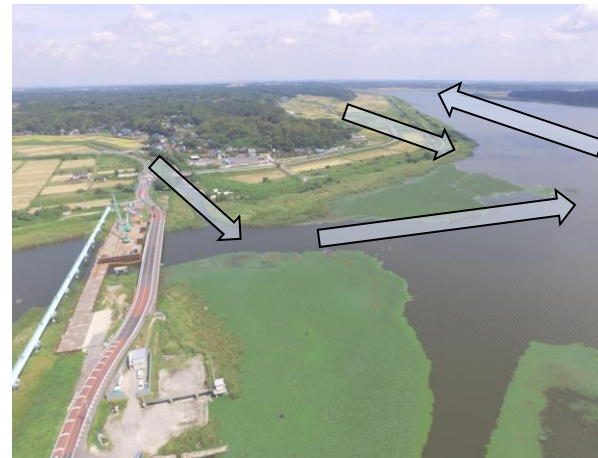
谷壁斜面下部にみられるパイプ

## ● (追加) 自然をどう見るか

人は自然の全体の姿を単純化して理解しようとするが、実際は多様で複雑。多様で複雑な自然をそのまま捉えてみよう。



谷があり、谷底平野には沖積層が堆積している。その沖積層は河道が変遷しながら形成した、河川地形と、それに伴う堆積物を含み、水循環を修飾している。



- 印旛沼の地下には砂で充填されている旧河道が下流方向へ伸びているだろう。
- 不均質な構造を経由する台地域からの地下水の供給があるはず。
- 我々は水循環の場をありのままに理解しているといえるか。
- 概念（すなわち普遍性）を探求するのが科学とすると、現実に対峙するのが市民科学



古東京湾以来の下総台地は、12万年をかけた地球の作品である。  
地形・地質・水が相互作用して形成されたが、  
今、人間が最も強大な地形形成営力となっている。 . . . 。

