

下総台地の地形形成と水循環

—谷津に入ったときに感じてほしいこと—

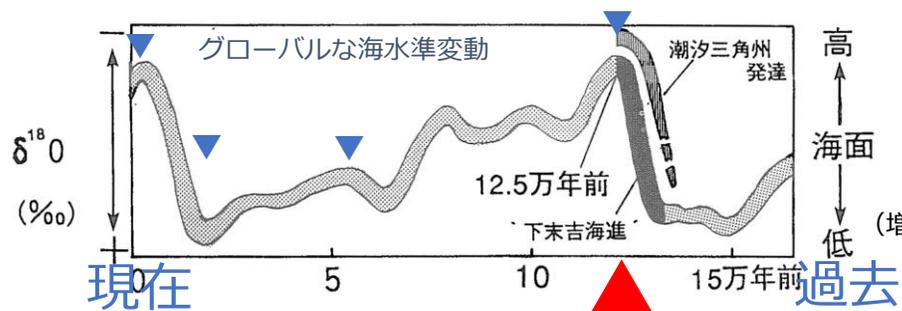
NPO法人水環境研究所
近藤昭彦

台地を見て感じてほしいこと

- 下総台地の平らな面はかつての浅い海底
- 氷河時代の海水準低下によって陸地となる
- 平らな地面はおもに地下水の作用によって谷津が穿たれた
- 地下水と地形（+気候・植生）の相互作用で個性あふれる多様な谷津が形成

生誕前の下総台地 12万年前の古東京湾

○氷期の海水準変動が谷津形成の駆動力



最近の一万年間で
海水準は100m以上
変化した！

(増田, 1992 ; Imbrie at al., 1984)

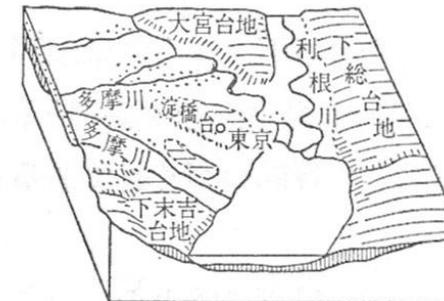
12万年前の古東京湾



原図は増田富士雄(1990) : 古東京湾のバリアー島、地質ニュース

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

下総台地の形成 (貝塚、1979)



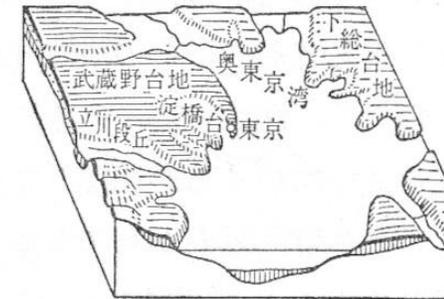
6万年前

(2) 武蔵野期(M₂)
約6万年前



2万年前

(3) 立川期(Tc₃)
約2万年前



6000年前

(4) 縄文前期
約6000年前

陸地が出現すると、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！

地形と水循環は相互作用して変化する

地質プロセスが場を形成

地形プロセス



水文プロセス

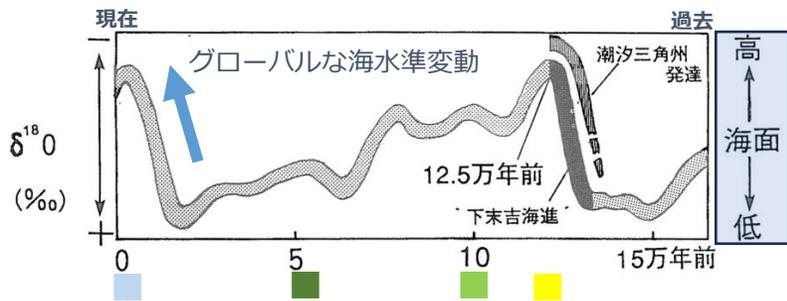
そこになぜ谷津があるか

谷津の役割は地下水を排水すること

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



約15万年前から現在までの海水準の変化

谷津は溺れ谷か？

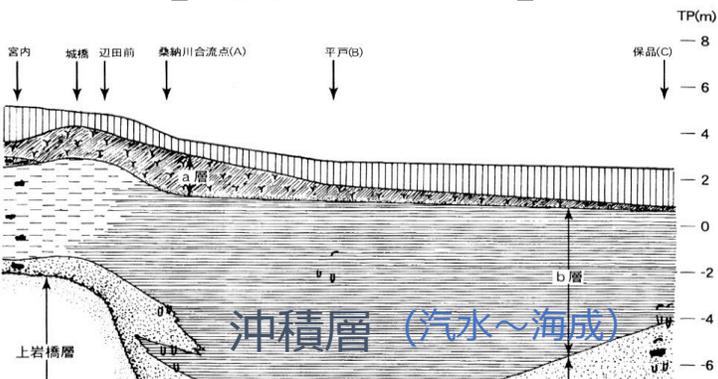
- ① 海水準が上昇する過程で形成された溺れ谷（下流）
- ② 地下水の作用による側方侵食で形成された谷津（上流）



(産総研：都市域の地質地盤図「千葉県北部地域」)

広い大きな谷は谷埋め型（溺れ谷）

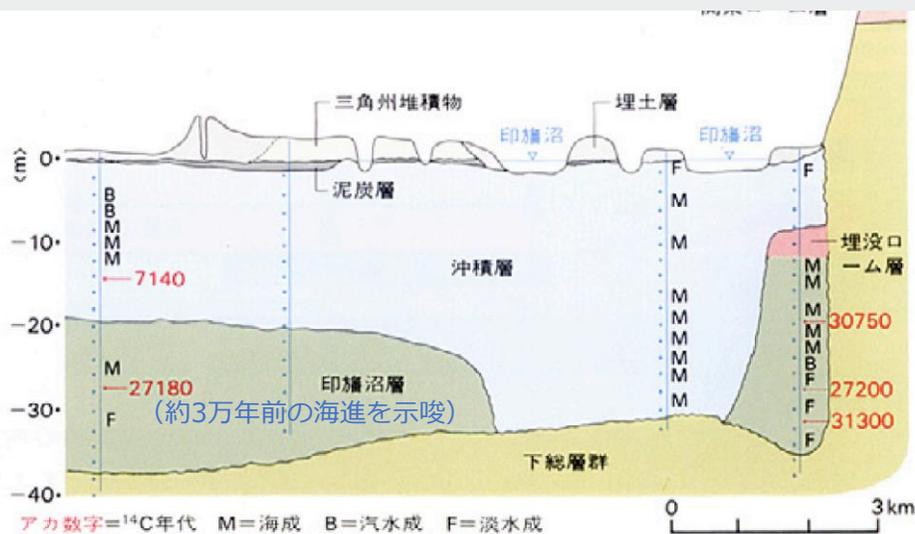
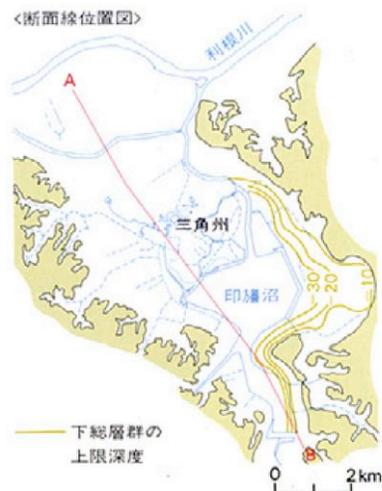
氷期の海水準低下を記録



双子公園のナウマン象親子

印旛沼流域の広い低地は海水準の低下期に穿たれた谷が、その後の海水準上昇に伴い埋積されて形成された

北印旛沼



- 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

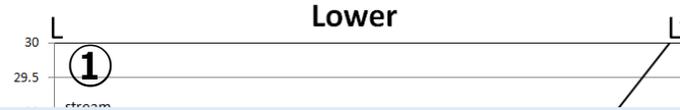
舟底型谷津 – 地下水流出による側方侵食により形成 –

谷津の沖積層の構造は？：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。それは側方侵食によって拡幅していることを示す。成因は溺れ谷だけではない！

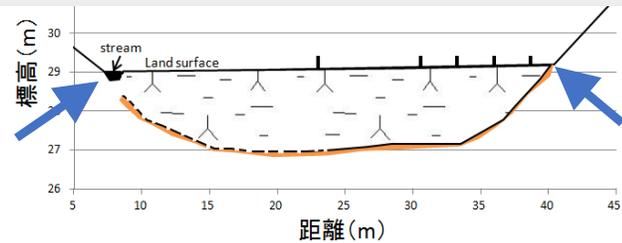
手繰川支流、畦田沢堤中谷津の谷頭部では沖積層の厚さは2m程度で、基盤の形状はほぼ平らだった。このことも側方侵食を示す。



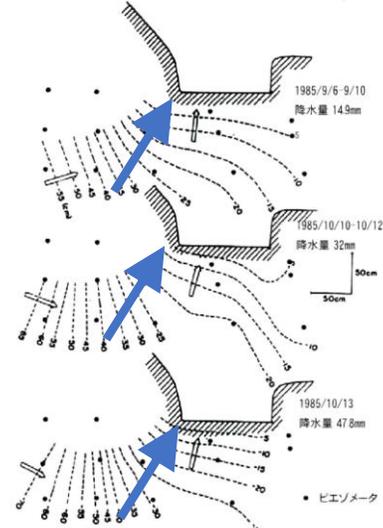
富里市十倉周辺



- 地下水流出は谷壁斜面の下部に集中する
- 降雨時に地下水流出は強化され、崩壊を誘発
- 谷津が拡幅し、平らな谷底を形成



谷壁斜面下部に地下水流出が集中



谷壁斜面下部に地下水流出が集中し、時々崩壊が発生（谷の拡幅）

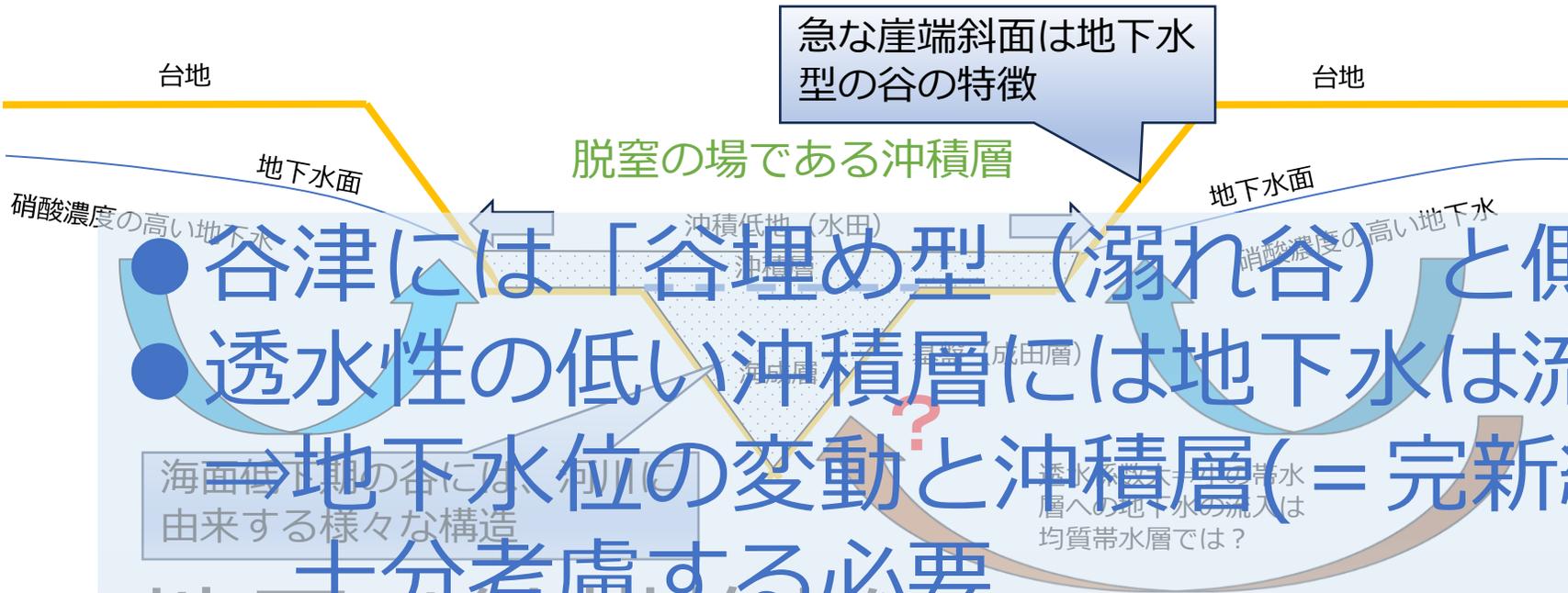
[左図]多摩丘陵における地下水流出観測例（新藤静夫による）

図 14 斜面末端部における集中流の挙動

「谷埋型の谷津」と「側方侵食型の谷津」

●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。



●谷津には「谷埋め型（溺れ谷）」と側方侵食型の谷
 ●透水性の低い沖積層には地下水は流入するののか？
 ●地下水位の変動と沖積層(=完新統)の構造を



海面降下期の谷には、河川に由来する様々な構造
 十分考慮する必要

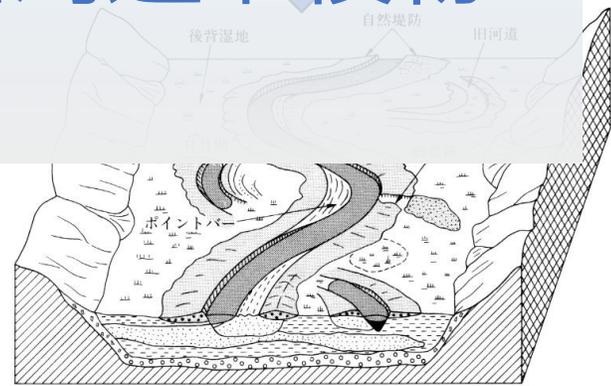
●沖積層は均質ではなく、多様。特に旧河道堆積物は地下水の流路になる。



●印旛沼の地下には砂で充填されている旧河道が、流方向へ伸びて
 ●不均質な構造を経由する台地は

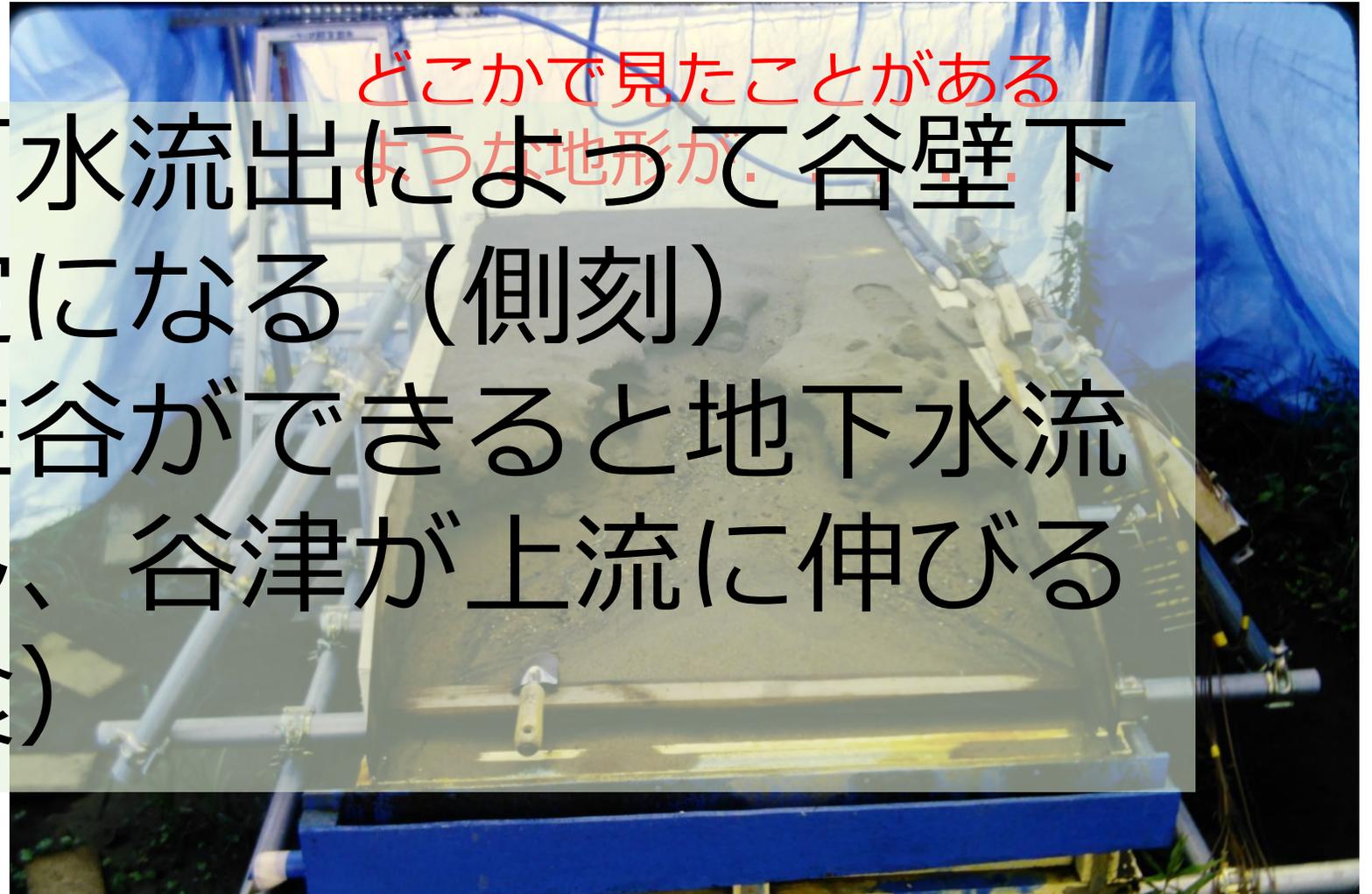
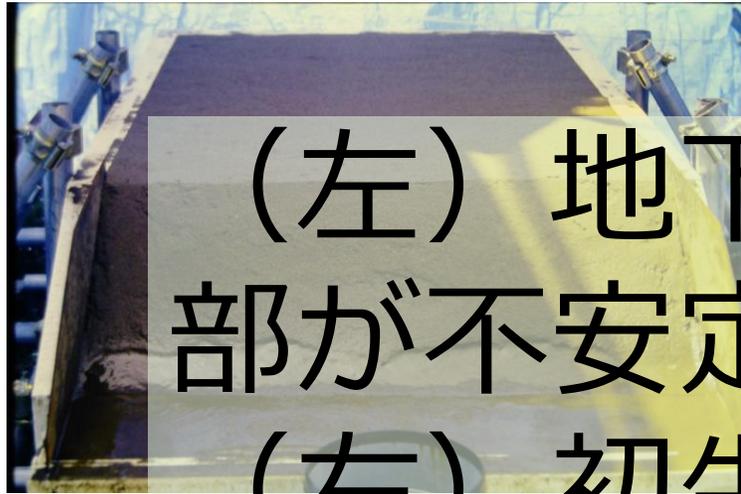
からの地下水の供給があるはず。
 ●我々は水循環の場をありのままに理解しているといえるか。
 ●概念（すなわち普遍性）を探求するのが科学とすると、現実に対峙するのが市民科学

地層には形成に関わる様々な構造があり、水循環を支配



土槽を用いた降雨実験でも谷津状の地形が形成

左は均質斜面、右は中央に谷津が！？
初生谷に地下水集中⇒谷頭浸食

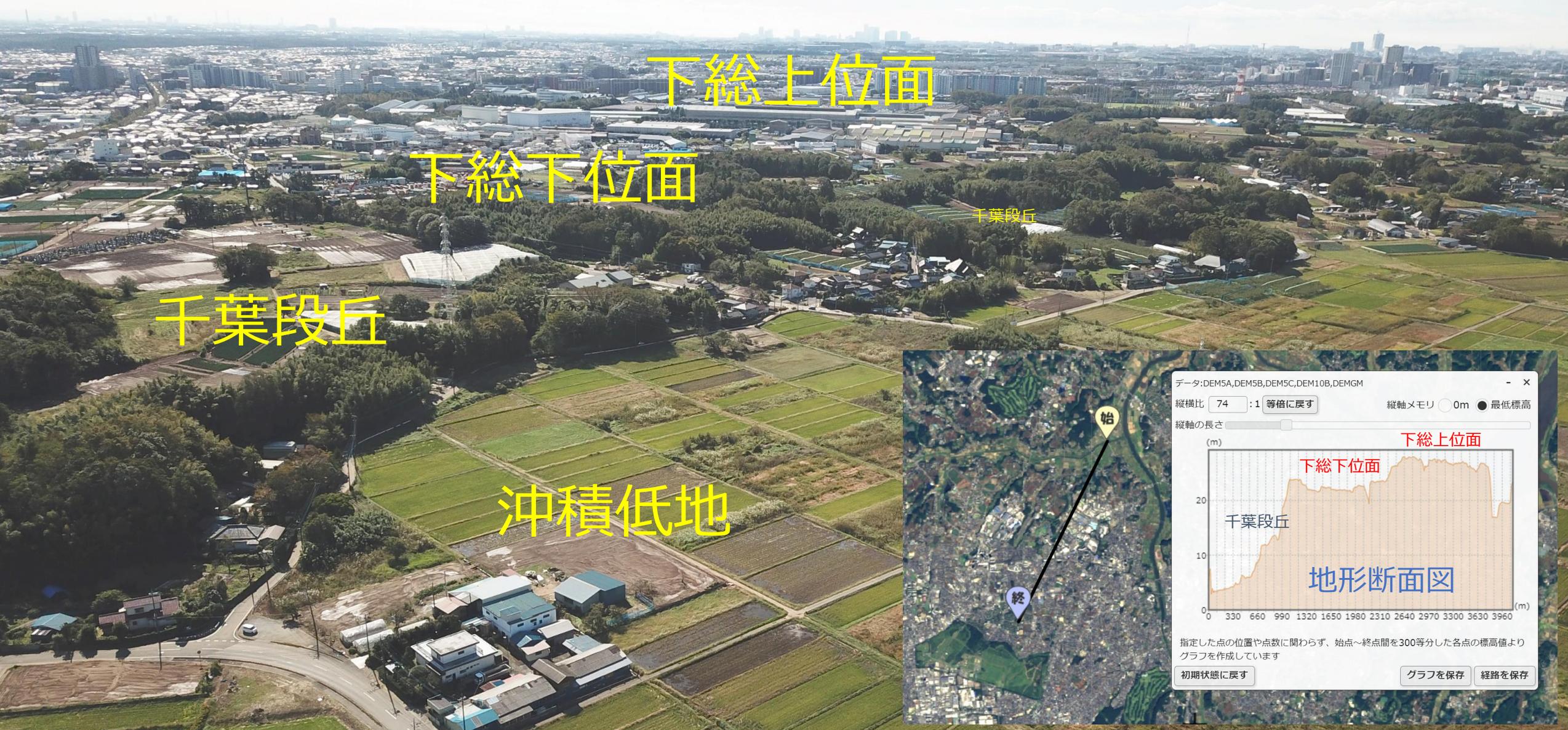


どこかで見たとことがある
ような地形が、

(左) 地下水流出によって谷壁下部が不安定になる (側刻)
(右) 初生谷ができると地下水流出が集中し、谷津が上流に伸びる (谷頭侵食)

桑納川低地から海浜幕張方面を望む

地形面の形成 その上に微(小)地形が形成されていく...



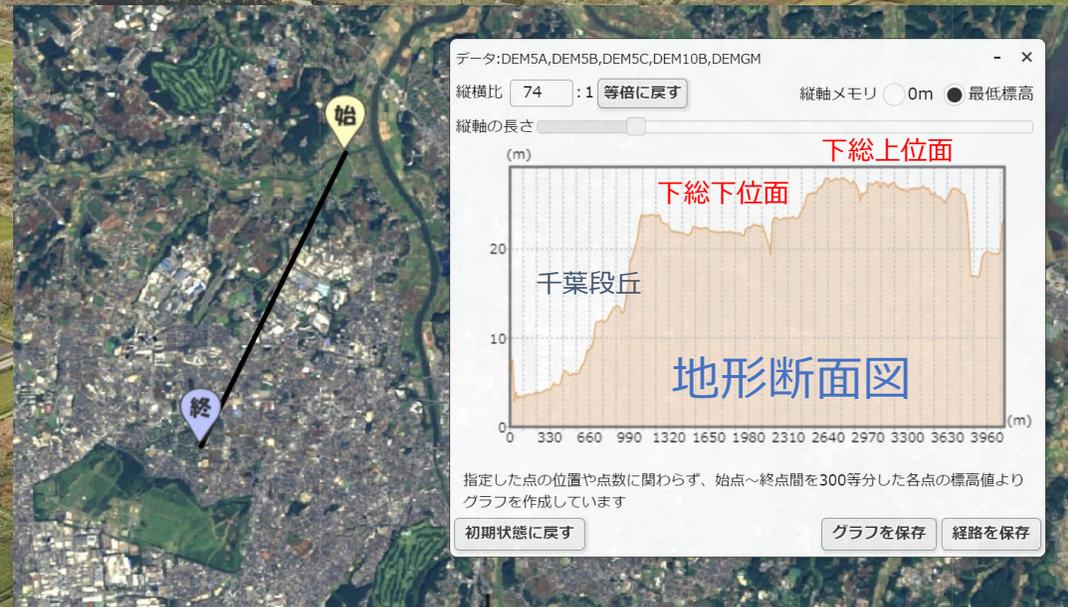
千葉段丘

下総下位面

下総上位面

千葉段丘

沖積低地



台地面に谷が穿たれていく．．． 一見、平坦に見える台地にも様々な形がある



下総台地の地形は地理院地図で見ることができるぞ！

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. 地形
2. /
3. 左
4. 画
5. 標

台地の上にも小地形がある

- 浅い谷⇒下流の谷津につながるようにみえる
- 閉じた凹地⇒配列から下流の谷津と関連？

何が！このような小地形が湧水のあり方と関連

- ①数段に区分される地形面
- ②舟底型の谷津と谷壁斜面
- 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)

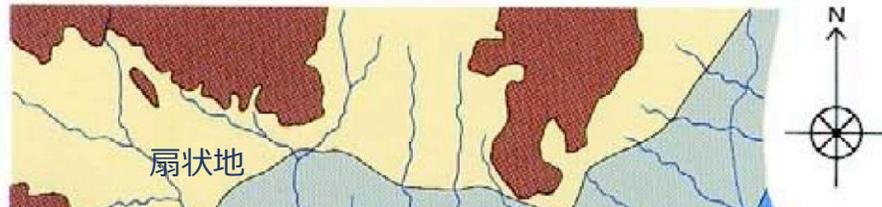


(前ページの写真の視線方向)

[浅い谷]とは何か

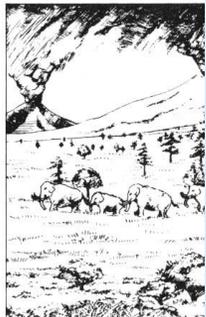
古東京湾が陸化していく過程で、浅い水域や湿地に堆積した**火山灰**(主に箱根火山起源の下末吉ローム層)は粘土化して**常総粘土層**を形成した

古東京湾の陸化の進行に伴う地形変化



皿状の浅い谷は過去の谷？

- 12万年前以降、まだ海水準が十分低下していない時期に浅い谷が形成
- その後、新しい谷津が谷頭侵食によって下流から上流へ伸長



墨古沢遺跡 (酒)

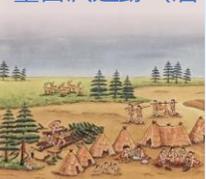


図13 旧石器
復元図は近く大きく変更されるかもしれない

(環境考古学、安田喜憲、NHKブックス)

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)

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

○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

○常総粘土層が形成された
○地下水が浅い離水初期に火山灰土層では降雨時に飽和帯が急速に成長
○布状流が発生し、皿状の浅い谷を形成したのではないかと
○離水(海退、陸化)がある程度進んだ段階で地下水流出による谷頭侵食が始まる

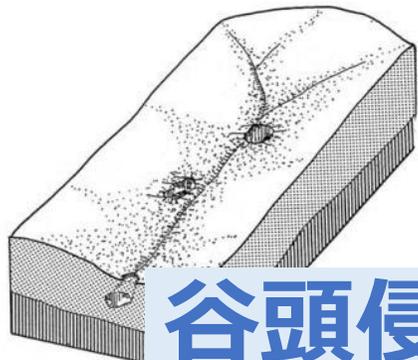
確か中央

平、常

舟底型の谷津の形成

谷頭侵食による谷の伸長

- 海退が進むにつれ、滞筋等の水路に水が流れるようになり、飽和地表流(表面流)による侵食で浅い谷が形成される(離水初期)
- 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

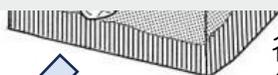


古東京湾が陸化する最初のステージでは、滞筋等を起源とする水路に水が集中して皿状の浅い谷を形成する。地下水面は浅い。

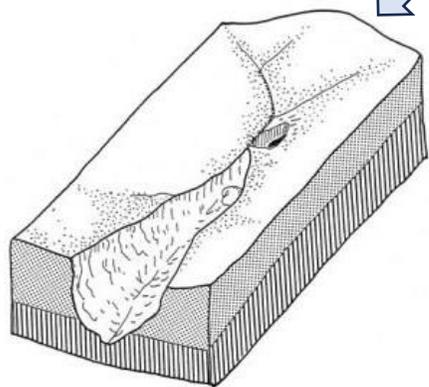
谷頭侵食

●現在形成中の谷津は谷頭への地下水集中によって下流から上流に向かって伸長する

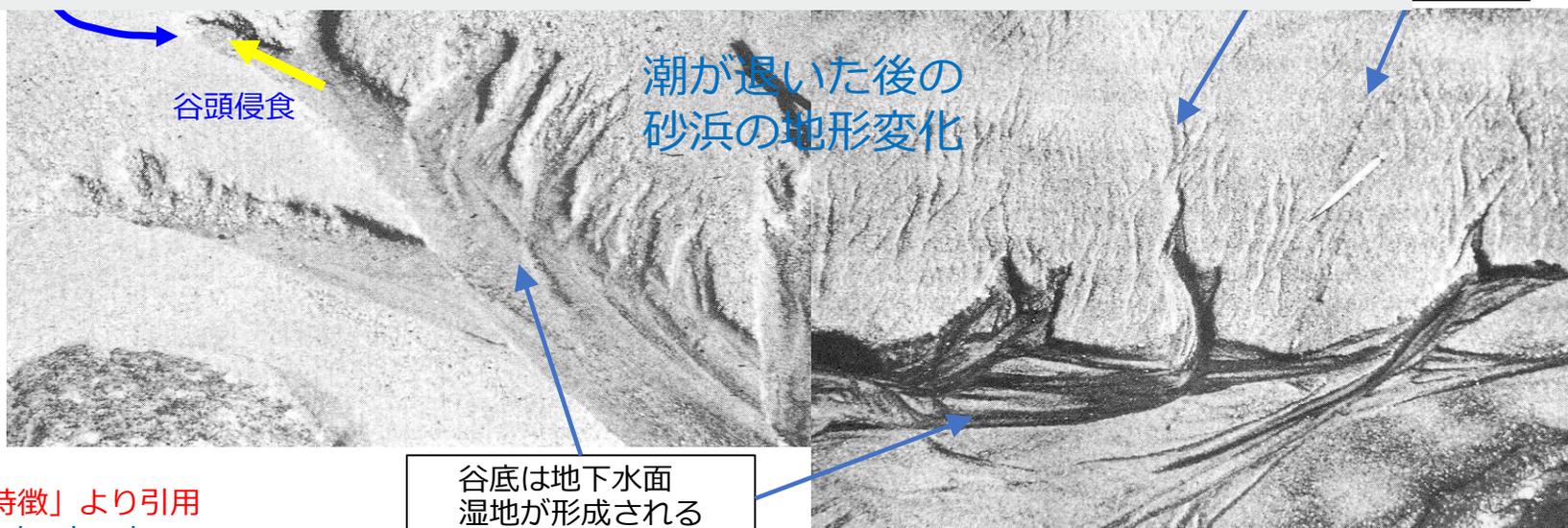
離水が谷が地...するよ...地下水...る谷頭...る。地下水面が深くなる。



谷頭に地下水が集中して流出



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。



谷津
には、
成以前
残存

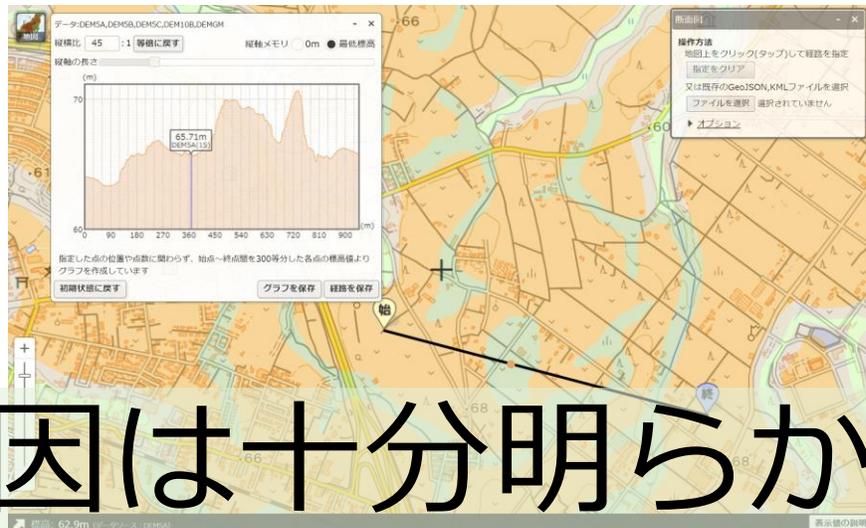
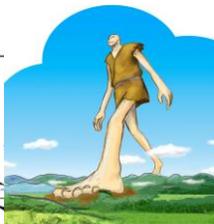
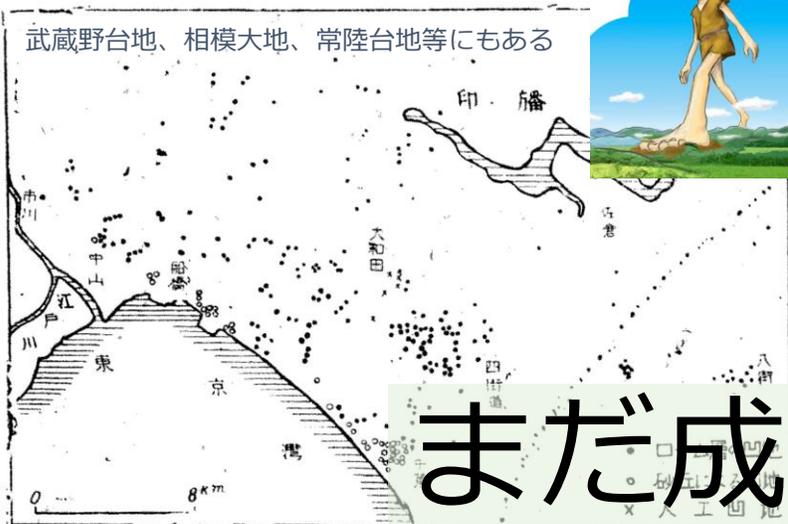
地すべり防止事業 | 南部林業事務所「安房地域の地すべりの特徴」より引用
<https://www.pref.chiba.lg.jp/rj-nanbu/nanbu/jisuberi/index.html>
 注) 安房地域の地すべりに発達するボラ(小陥没地形)に類似の地形変化がある

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

注)これは地すべり地すべりの地形変化模式図の引用

[凹地]とは何か？

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？



まだ成因は十分明らかに

なっていないが、推しは

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。

下総台地西部の凹地分布 (花井・千葉、1939)
(ダイダラボッチ: 加曾利貝塚応援サイト <https://www.kasori.net/>)

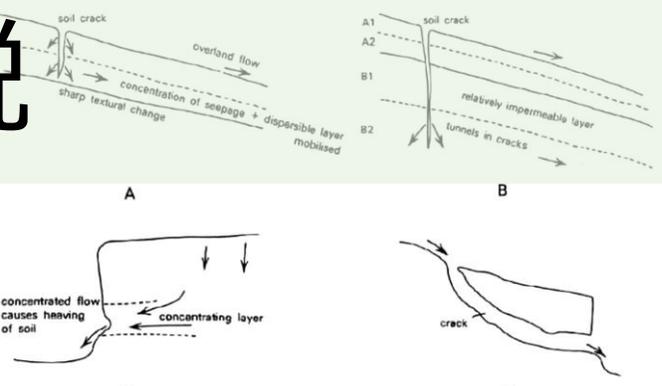
閉じた凹地の成因は？

- 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

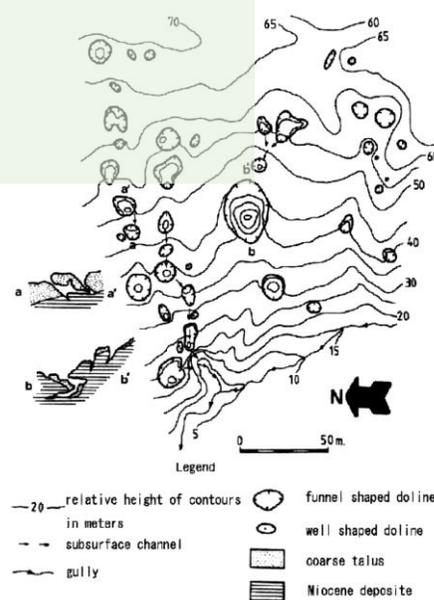
地下侵食説

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)



(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)



(上)多摩丘陵の陥没孔
(新藤静夫による)

地下侵食は一般的な現象

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、地下水流による地形発達か停止）。

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

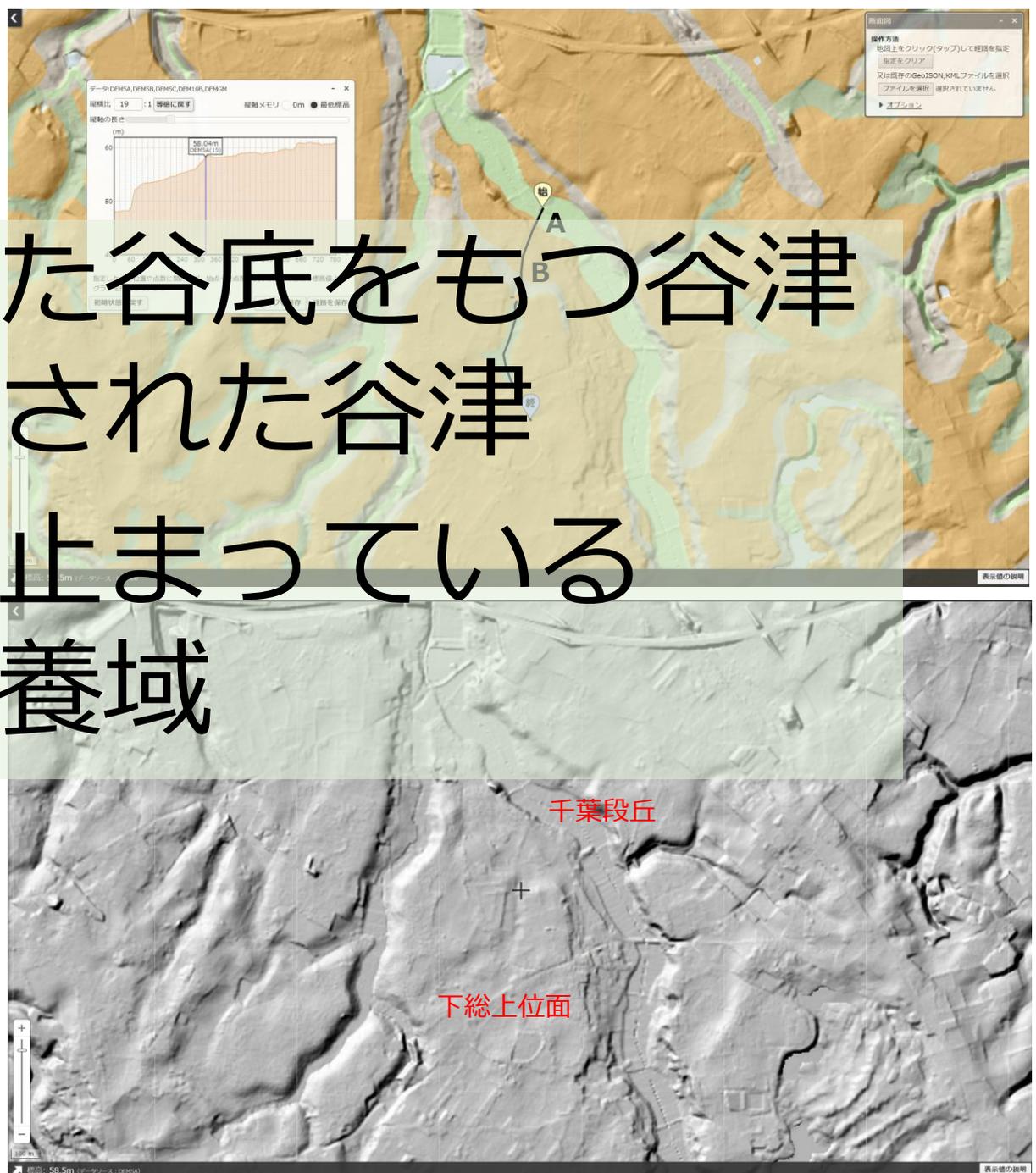
[判定] 和合流しているかどうか
主谷との合流点に崖があるかどうか（不協和合流しているかどうか）

水流のない、乾いた谷底をもつ谷津

⇒古い時代に形成された谷津

現在は谷の形成は止まっている

⇒下流の湧水の涵養域



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。

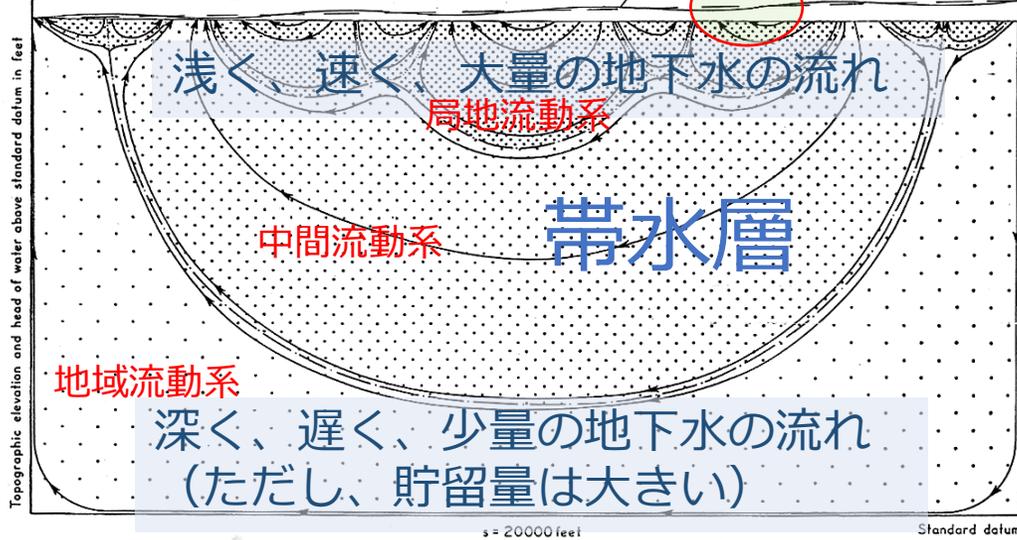
谷津を理解するためのもう一つの観点 - 地下水流動系 -

河谷 $s = 20000$ feet $z_0 = 10000$ feet $c^1 = 0.02$ $a = 50$ feet

尾根

地下水面に凹凸がある

Potential distribution on the surface of the theoretical flow region



Region of local system of groundwater flow

Region of intermediate system of groundwater flow

Region of regional system of groundwater flow

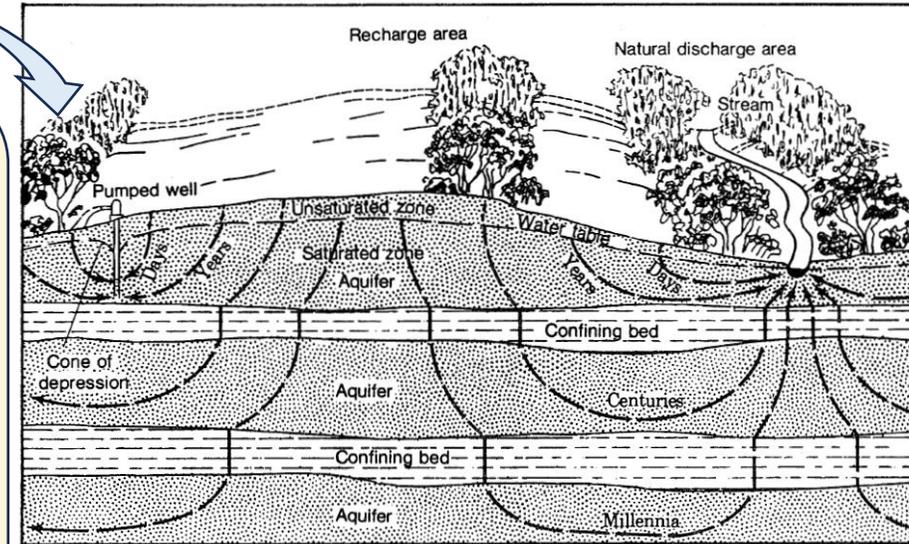
Fig. 3. Theoretical flow pattern and boundaries between different flow systems.

尾根と河谷の間の地下水面に凹凸がある場合の地下水の流れ～地下水流動系の階層構造～

それぞれの谷津にはひとつの地下水流動系が対応する
⇒谷津ごとに個性

- 地下水流動系は階層構造を呈する
- ・ 局地流動系
- ・ 中間流動系
- ・ 地域流動系
- 谷津は局地流動系に対応
- 地下水流動の大半は局地流動系を通過する

局地流動系の模式図(Toth, 1995)



地下水循環の観点から 湧水の保全への提言

- 谷津の近傍（谷壁斜面、谷頭）の植生を保全
 - ⇒ 森林（特に照葉樹）、竹は水を消費
 - ⇒ 伐採、落葉広葉樹への転換
 - ⇒ 浸透量が増加し、湧水は回復
- 台地の土地利用の変更－浸透域の拡大
 - ⇒ ただし、効果が検証されるまでに時間がかかる

谷津の里山の状況は人間の生活態度の現れ
谷津の全体をみて現在のあり方を考え、
そして、未来を展望

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、人間が最も強大な力を持ち、環境を変化させている。 . . . 。

