

10 水文環境



コンテンツの中から気候と関係する地域の様々な事象を探してみよう



1. 資源としての水



図 10-1 カトマンズの水汲み場
人々は水桶を並べて配水を待つ。

湯水のように使う

- ・湯水は安価などどこにでもあ
るもの？
- ・それとも貴重な資源？

- ・水は世界や地域のなかで偏在している
⇒水資源は平等に与えられているわけではない
- ・資源として水を取り出すためには施設が必要
⇒蛇口の水の源を考えてみよう どんな仕組み、コスト



1980年代後半のタンザニア、ドドマ郊外



<https://www.ungcjin.org/sdgs/goals/goal06.html>

水と衛生

6 安全な水とトイレ
を世界中に



- ・日本人にとって当たり
前のこと
- ・世界のなかでは？

世界の水資源の現状につ
いて調べてみよう
⇒状況は多様

2. 地球の水の量とその循環

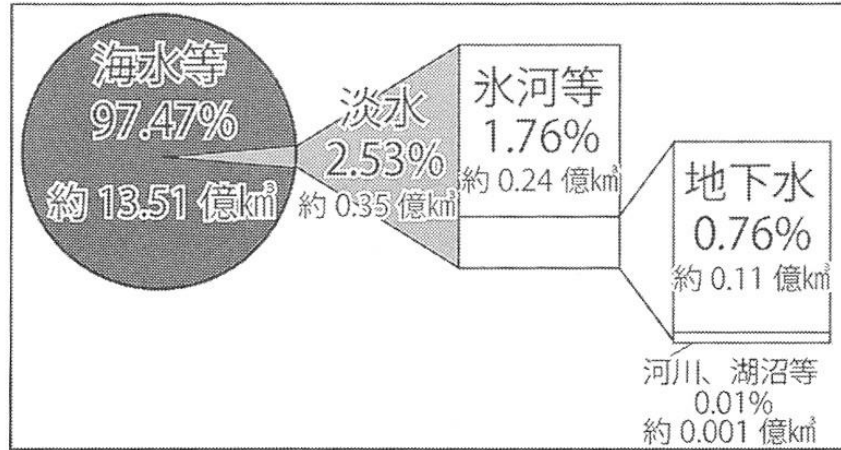


図 10-2 地球の水の量の内訳

(内閣官房水循環政策本部事務局 HP より作成)

地球上の水の総量 約13.51億km³

- ・ 97.47%が海水
- ・ 2.53%が淡水

淡水の量は総量の2.53%に過ぎないが、人間が利用できる淡水の量はさらに少ない
⇒人間はどのようにして資源としての淡水を取り出しているのか、調べてみよう

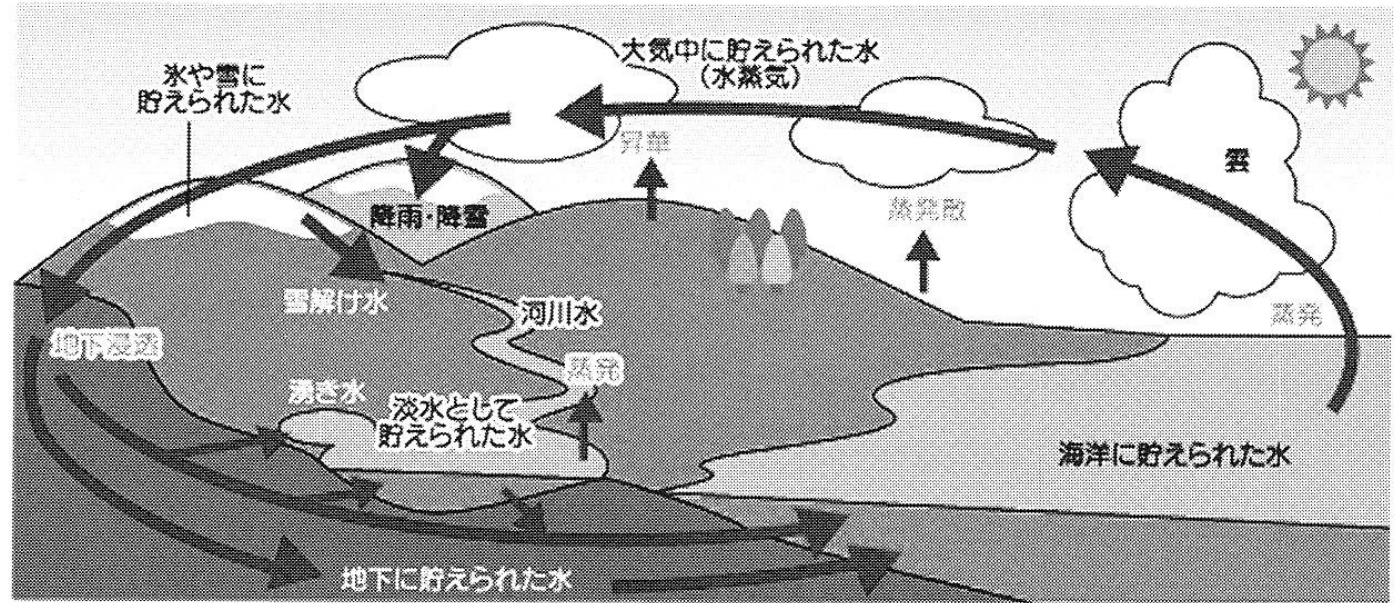


図 10-3 地球の水循環 (環境みやざき推進協議会 HP)

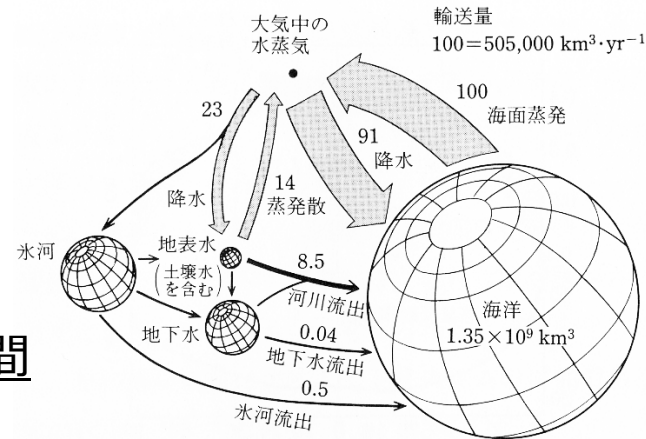


図 9 地球の水文循環の模式図

球の体積は貯留量, 矢印の幅は輸送量をそれぞれ表す。
地表水は土壌水を含む。

(梶根勇著「水と気象」、朝倉書店)

地球全体の水収支

ストックを球で、フローを矢印の大きさと表す

資源ごとにどのような特徴があり、どのように使っているか、どのような問題が生じているか、考えてみよう

⇒世界や日本の地域ごとに異なる

年平均降水量の分布 – 水資源のおおもとは降水、どんな特徴を読み取るか
⇒どこで、どんな問題が生じているだろうか？



降水量は地球上で偏在している。その特徴が地域性を形成している。

(ESA School Atlas, Geography from Space)

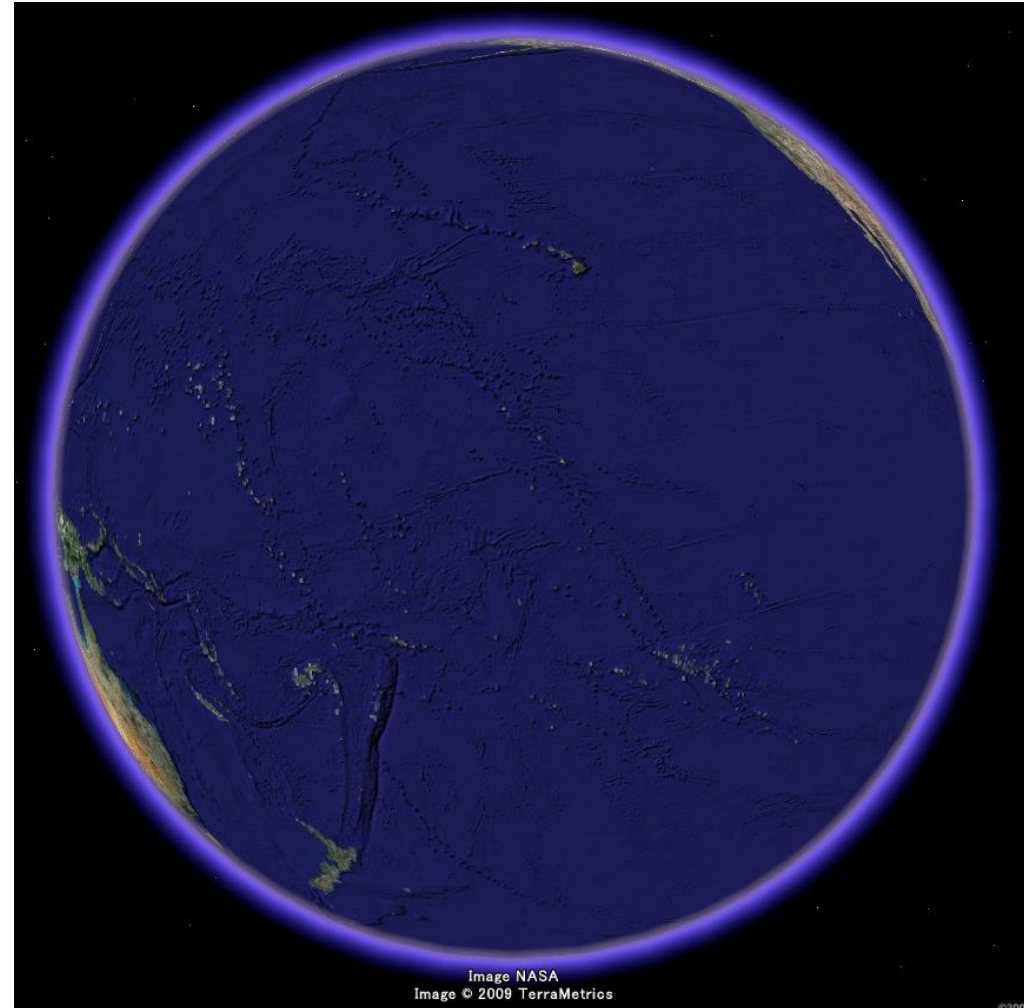
3. 海水の特徴

⇒地質時代の海水については教科書

- 全海洋の総面積： $362 \times 10^8 \text{km}^2$
- 地球の表面積の70.97%
- 全海洋の平均水深：3729m

陸半球と海半球

GoogleEarthを使って表示してみよう



4. 海洋循環

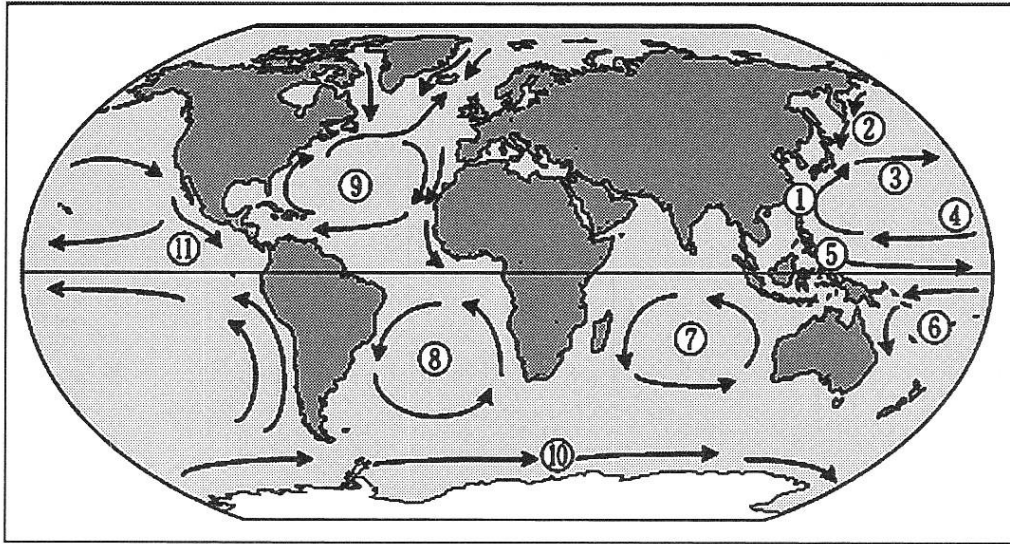


図 10-4 世界の主な海流 (気象庁 HP)

- ①黒潮 ②親潮 ③北太平洋海流 ④北赤道海流
⑤赤道反流 ⑥南赤道海流 ⑦南インド海流 ⑧南大西洋海流
⑨北大西洋海流 ⑩南極海流 ⑪カリフォルニア海流

海洋の水の流れ

- ・風成循環：深さ100mまでの表層の流れ
⇒黒潮や親潮
- ・熱塩循環：数100m以深の深層の流れ(深層流)
⇒塩分濃度が高まると、重くなり沈降する
Q:なぜ塩分濃度が高まるのか？
⇒太平洋と大西洋の違いに注目

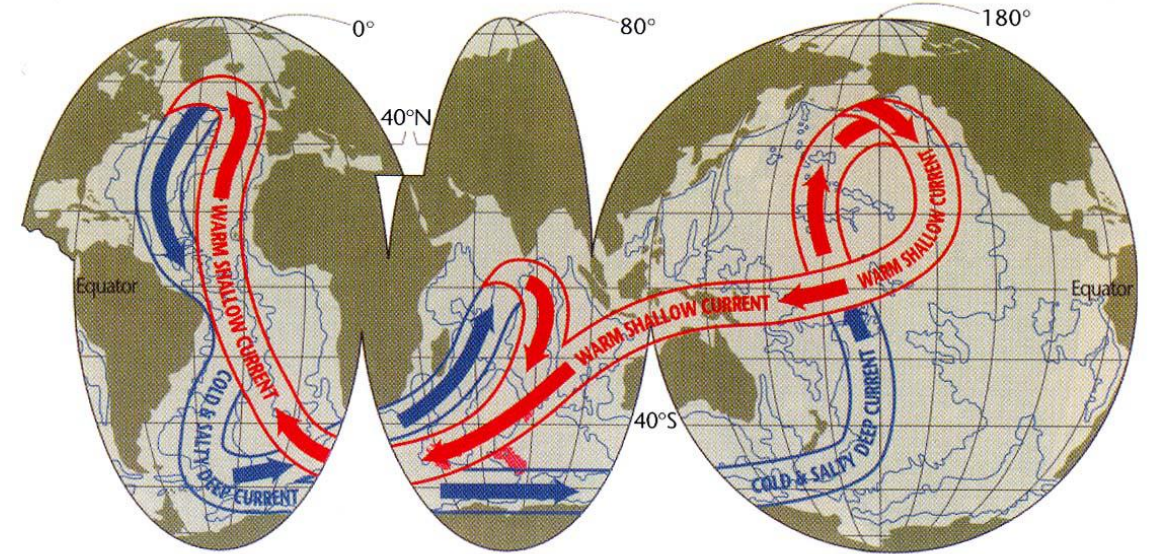


図 5 ブロッカーのコンベアベルト. 海洋の深層・表層循環に伴う海水の3次元な移動を大胆に簡略化して示したもの. Broecker (1987) の原図をもとに Schmitz (1995) が書き直した.
Warm Shallow Current: 高温浅層流, Cold & Salty Deep Current: 低温高塩深層流

深層循環の模式図

- ・ブロッカーのコンベアベルトと呼ばれる
- ・平均1000年 (最大2000年) のゆっくりした流れ
- ・熱塩循環が止まるとどうなるか？
地球は氷期に向かう
ヤンガードリヤス (Younger Dryas) 事変
⇒熱塩循環の停止 (ブロッカー仮説)

海洋ごとの水収支 – 大西洋と太平洋の違い



表 12 海洋の水収支 (Budyko, 1972)

	降水 (cm・yr ⁻¹)	蒸発 (cm・yr ⁻¹)	流出 (cm・yr ⁻¹)	収支 (cm・yr ⁻¹)
大西洋	89	124	23	-12
太平洋	133	132	7	8
インド洋	117	132	8	-7
全海洋	114	126	12	0

太平洋と大西洋の違いは？

- ・ 大西洋は 蒸発 > 降水 + 流出
- ・ 太平洋は 降水 + 流出 > 蒸発

北大西洋海流が低緯度の海水を高緯度に運ぶと...

- ・ 蒸発により塩分濃度は高まる
- ・ 海氷ができるときに塩分を放出

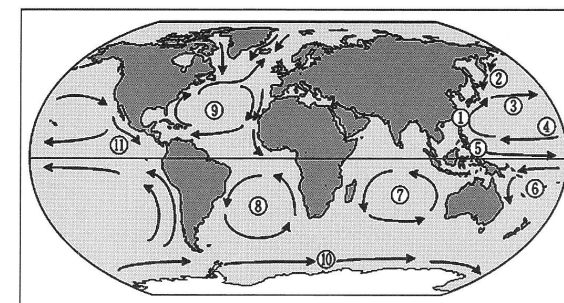
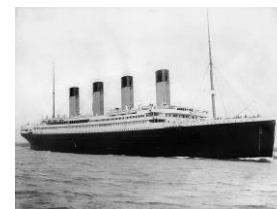


図 10-4 世界的主要な海流 (気象庁 HP)
 ①黒潮 ②親潮 ③北太平洋海流 ④北赤道海流
 ⑤赤道逆流 ⑥南赤道海流 ⑦南インド海流 ⑧南大西洋海流
 ⑨北大西洋海流 ⑩南極海流 ⑪カリフォルニア海流

タイタニック号はなぜ沈没したのか



(Wikipedia)

5. 天然の巨大貯水タンクとしての氷河・氷床

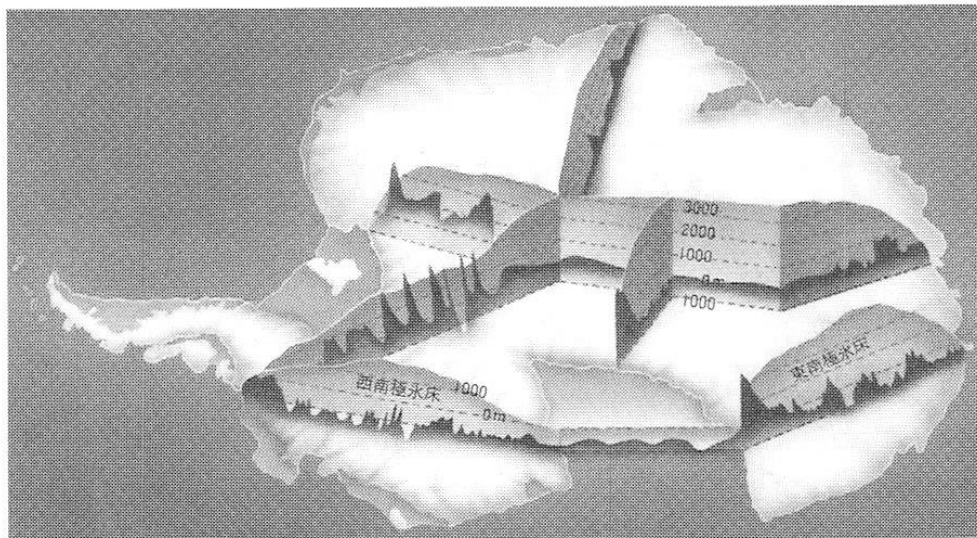


図 10-5 南極の大陸の概念図 (国立極地研究所 1990)

表 8 全地球の水の諸特性 (Shumskiy ら, 1964)

	質量		分布範囲(%)	年間供給量(g・yr ⁻¹) 注) おそらく氷床を含む	滞留時間(yr)
	(g)	(%)			
氷河	2.398 × 10 ²²	98.95	陸地の 10.9	2.5 × 10 ¹⁸	9.580
陸地の氷*	2 ~ 5 × 10 ²⁰	0.83	陸地の 14.1	6 ~ 7 × 10 ¹⁸	30 ~ 75
海水	3.483 × 10 ²⁶	0.14	海洋の 7.2	3.33 × 10 ¹⁸	1.05
積雪	1.05 × 10 ¹⁹	0.04	地球の 14.2	2 ~ 3 × 10 ¹⁹	0.35 ~ 0.52
氷山	7.65 × 10 ¹⁸	0.03	海洋の 18.7	1.88 × 10 ¹⁸	4.07
大気中の水	1.68 × 10 ¹⁸	0.01	地球の 100	3.89 × 10 ²⁰	4 × 10 ⁻³
合計	2.423 × 10 ²²	100.00			

* 原論文には ground ice とある。

注) 最近の文献 (Barry, 1985) では、この表の氷河の値の 1 割増の数字があがっている。

(榎根勇著「水と気象」、朝倉書店)

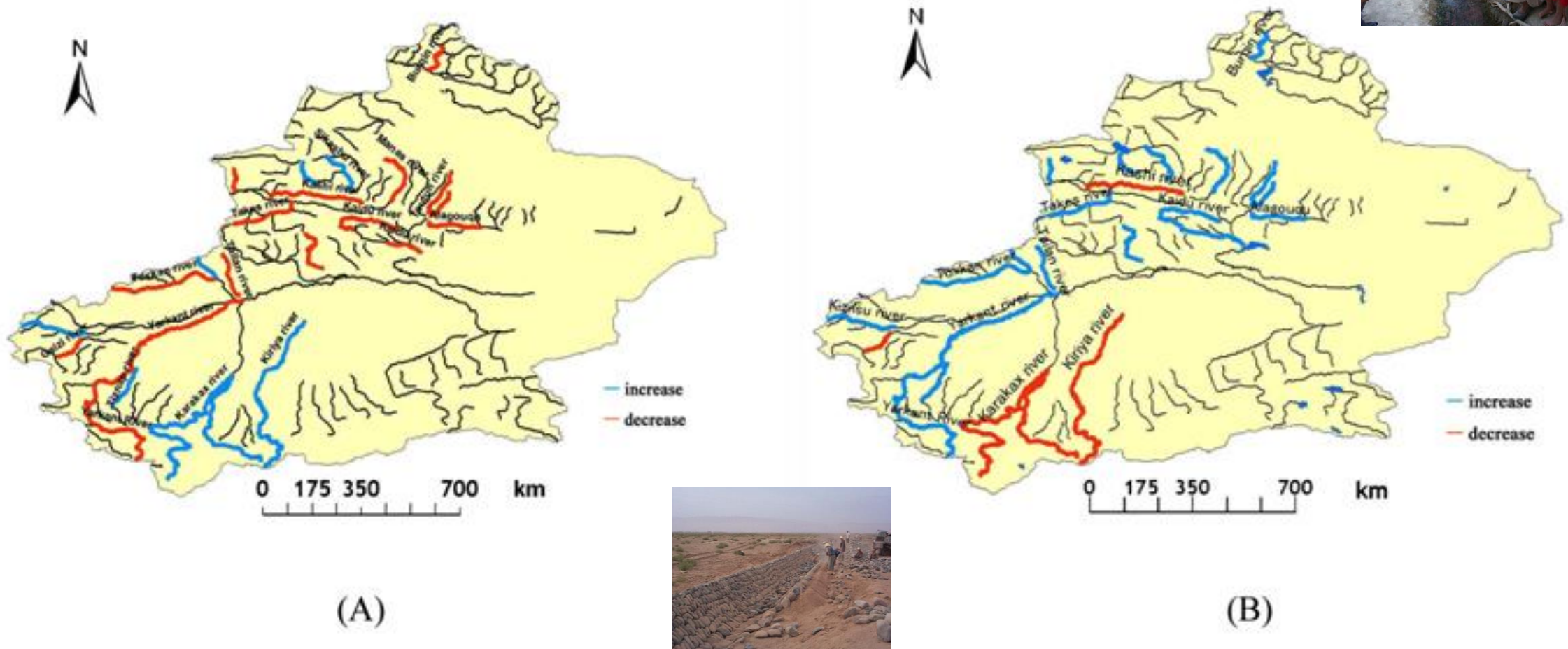
氷河の水は重要な水源

- ・ 雪や氷は地上に水を蓄積する効果を持つ。ゆっくり融けて、降水と流出の時間差を大きくし、常に一定の水資源を下流地域に供給する。
- ・ 気候変動で温暖化が進むと、氷河が消失し、水資源が失われたり、急速に融けて下流に洪水を起こしたりする。⇒GLOF (氷河湖決壊洪水)



1985年に決壊し、大きな被害をもたらしたネパールの氷河湖 (朝日新聞)

新疆ウイグル自治区、天山、崑崙山脈に発する河川では近年流量が増加しているように見える。なぜか？



(A) 1956～1986年、(B) 1987年～2000年の期間における河川流量の変化。赤が減少、青が増加を表す (デリヌル・アジ、千葉大学博士論文)

縮小するウルムチ 1 号氷河 (李忠勤、PC)



雪氷写真館 ② 近年の天山ウルムチ第 1 氷河の後退 / Retreat of the Urumqi No. 1 Glacier at Tianshan Mountains in recent years

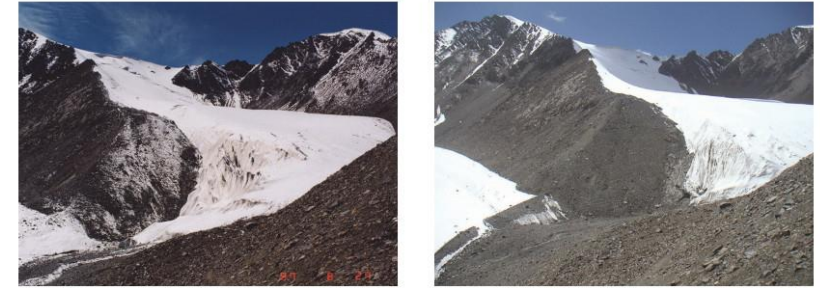
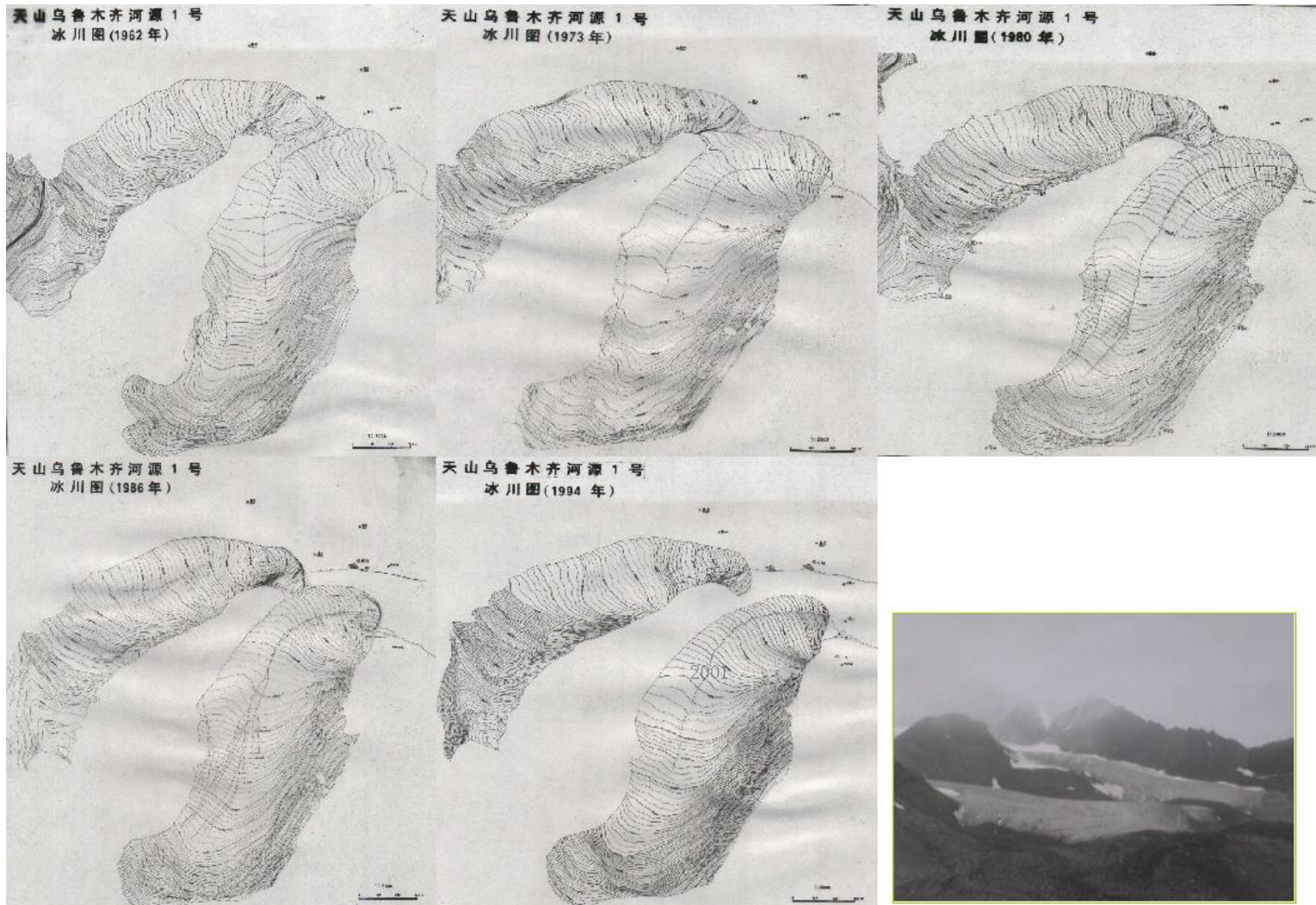


写真 1, 2 氷河分離部の後退 (左: 1997年8月27日, 右: 2004年6月16日).



写真 3 氷河全景 (2016年6月12日, 以下同様). A, Bは写真4, 5の撮影箇所.

雪氷 80 卷 1 号 (2018)

近年、多くの氷河・氷床の融解、後退が進んでいる。ただし、氷河の前身、後退は氷河の水収支によって決まる点に注意。

6. 地表水と地下水

地表水：河川、湖沼、貯水池(ダム) などの地表に存在する水
 ⇒人間にとって水資源としての有用性

地下水：地表面下にある水。厳密には地下水面を境として土壌水と地下水に分けることもある

地表水は**フロー**、地下水は**ストック**から水を取り出して使っている
 ⇒水資源としての持続可能性は？

Q:地表水をどのように取水して、どのように運んで、そして家庭に届くのか？

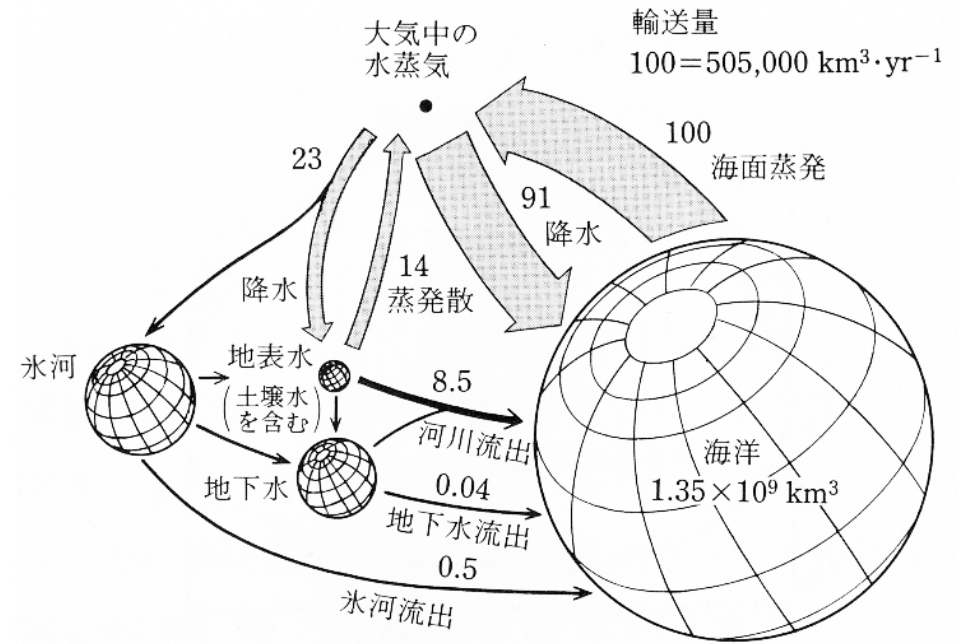


図9 地球の水文循環の模式図

球の体積は貯留量, 矢印の幅は輸送量をそれぞれ表す.
 地表水は土壌水を含む.



広域水道：

利根川、渡良瀬川、神流川
 鬼怒川上流の水源ダム
 ⇒基底流量の強化により都市用水を創造

近年では流域を越えた導水事業によりさらに広域化

(千葉県水道局ホームページより)



千葉県の水道の水源はどこでしょうか？
 調べてみよう！



6. 地表水と地下水

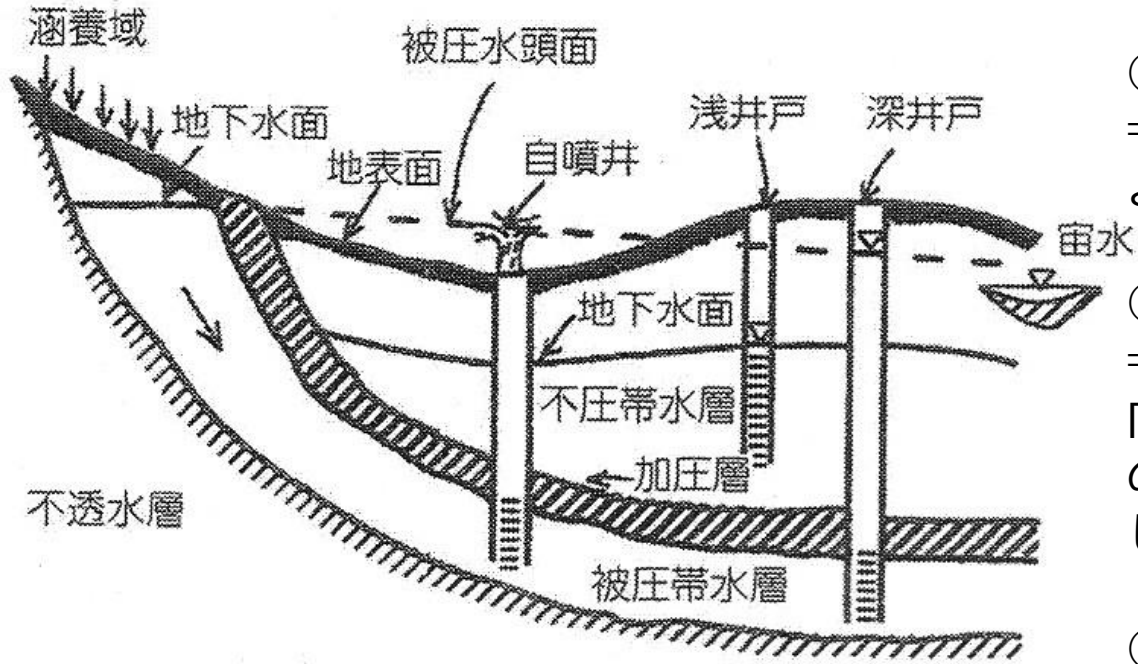


図 10-6 帯水層の分類 (諸泉 2019)

水循環の素過程としての地下水

⇒地下水は①涵養され、②流動し、③流出する

①地表面からの浸透

⇒地表面のあり方が重要、蒸散を行う植生も重要、地形種によって涵養のあり方が変わる

②地下水の流動

⇒ポテンシャル（水理水頭）の高いところから低いところに向かって流動するが、表流水と異なる点は圧力（圧力水頭）の効果によって地下深部に流れたり、地表面に向かって湧昇したり、その流れは結構複雑である。

③地下水の流出

⇒湧水、ゆっくりとした浸出、河床への浸出など、形態は様々であり、地形と地質によっても異なるのだ。

ストックとしての地下水、フローとしての地下水

地下水はストックが極めて大きい。だから、使っていても貯留量（地下水賦存量）の減少に気がつかない（気にならない）ことが多い。しかし、フロー（≒涵養量）が小さいため、一端減った地下水資源量の回復は難しいのだ！

⇒世界の地下水資源減少地域はどこにあるか？



ハイプレーン（アメリカ）、河北平原（中国）、ニューバレー県（エジプト）、その他、たくさんの乾燥・半乾燥地域

地下水の滞留時間

滞留時間 = 貯留量 / 流動量

⇒ 平均入れ替え時間とほぼ同じ

⇒ 地下水年齢は涵養から現在の位置に流動してくるまでの時間

● エジプト、砂漠の地下水の年齢

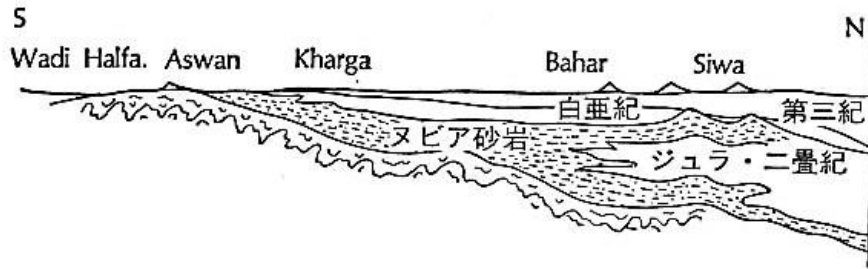


図 7.10 リビア砂漠の地質断面 (Knetsch, G. 1963)

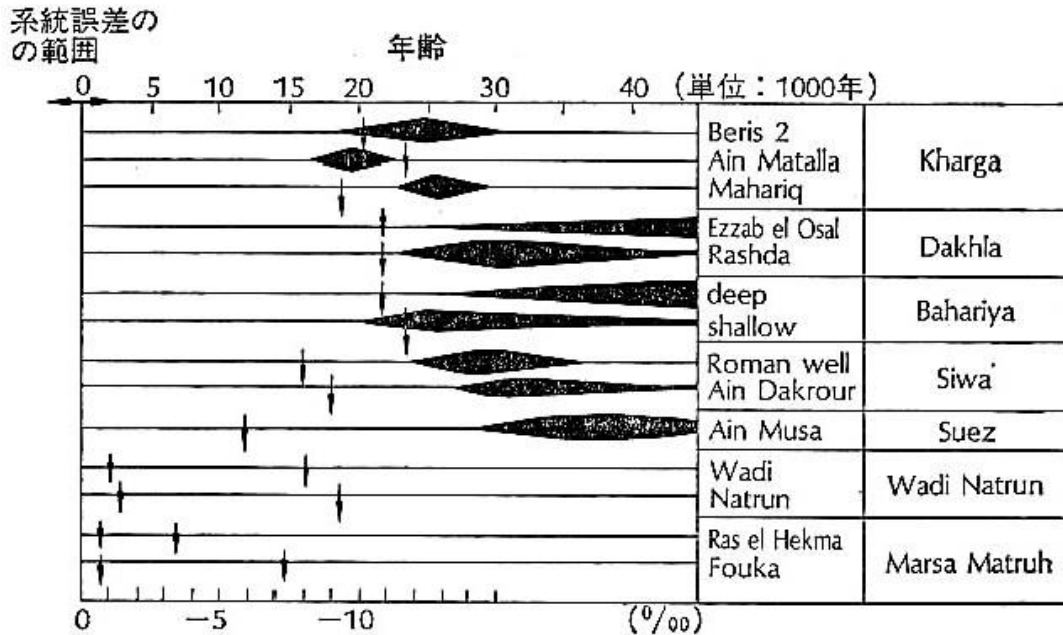
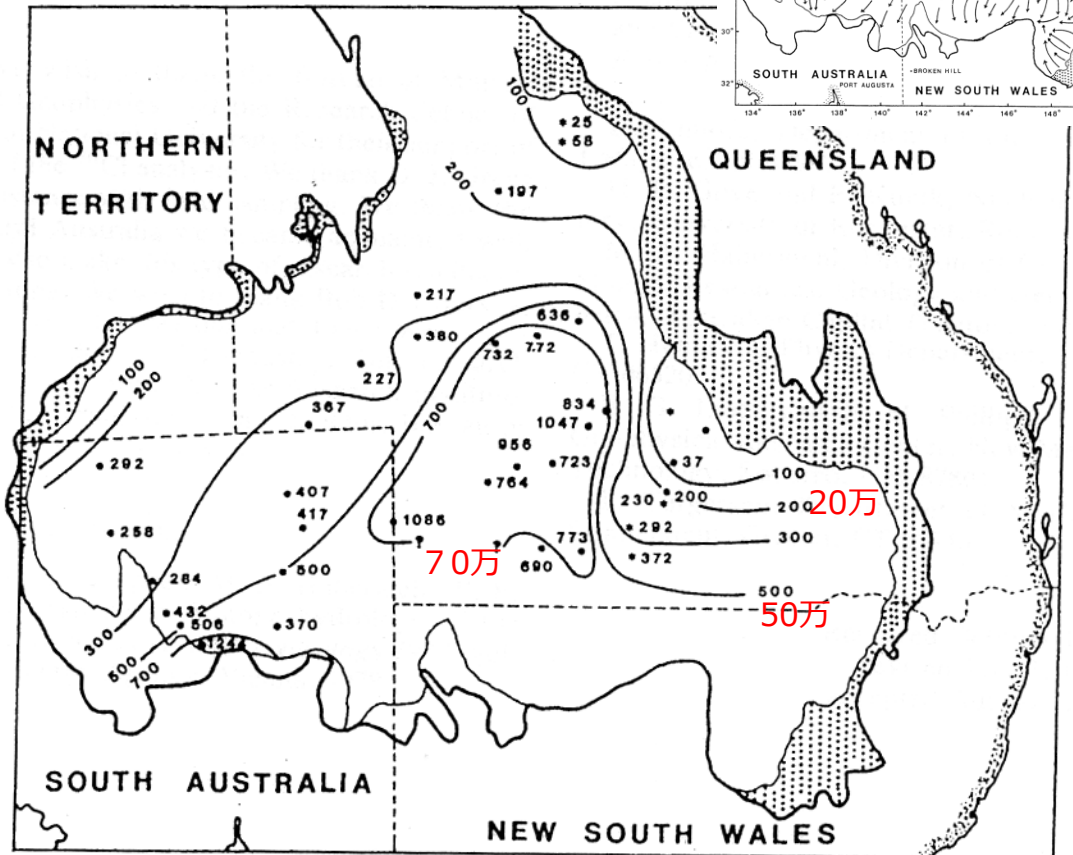
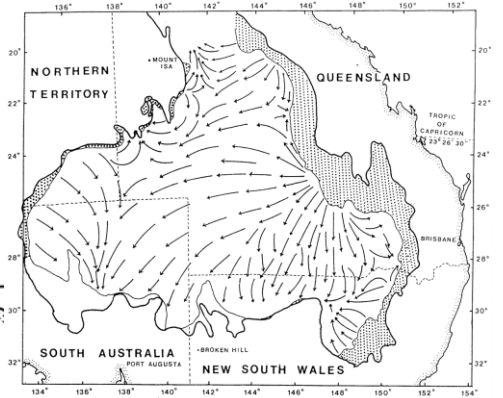


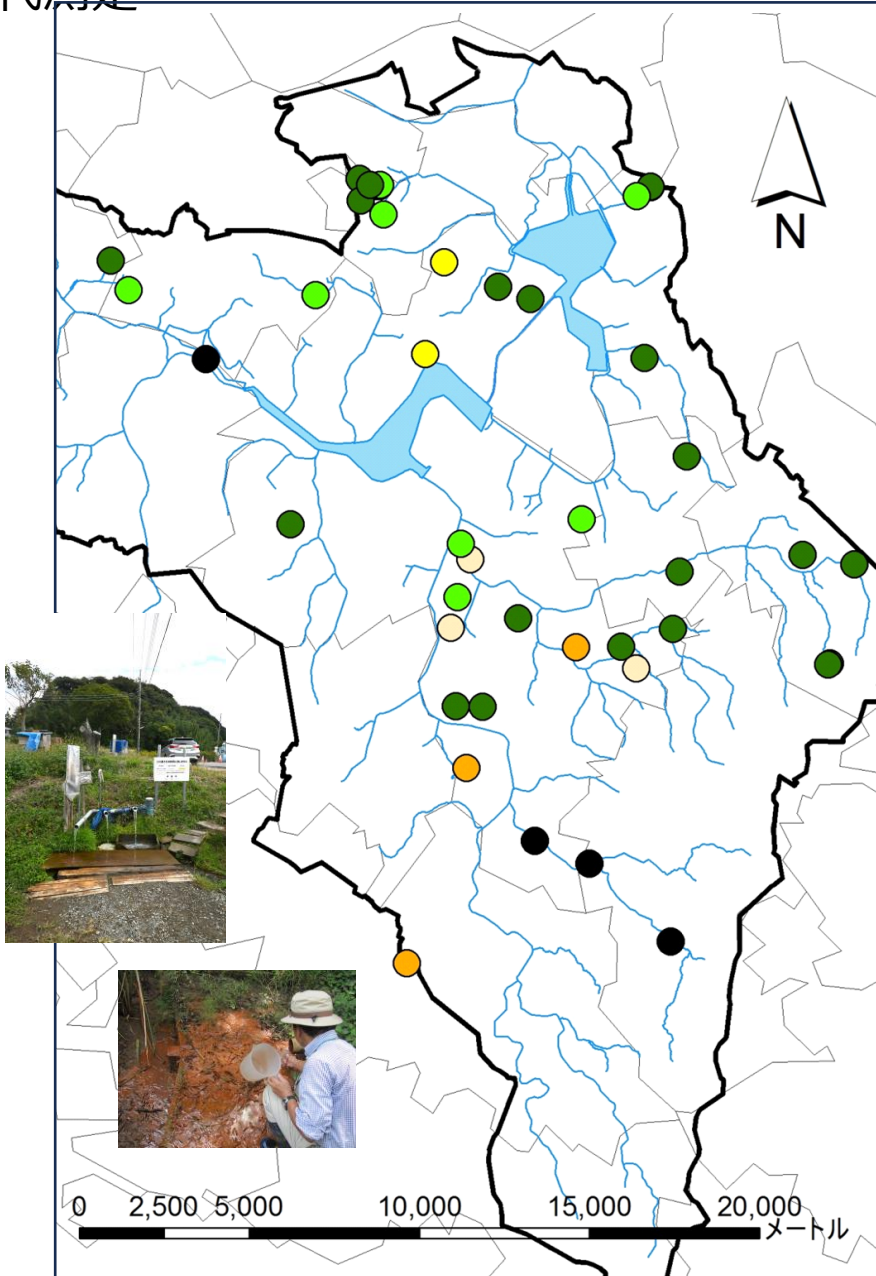
図 7.11 リビア砂漠の地下水の年齢 (Münlich et al. 1962)
(下向きの矢印は ^{13}C の δ 値を示す)

● 大鑽井盆地、最も古い地下水



下総台地の湧水の年代 – 最近ふった雨？それとも昔の降水？どっち？

– CFC12による年代測定 –



凡例

CFC12滞留年数 年

- no data
- 25未満
- 25 – 29.5
- 30 – 34.5
- 35 – 39.5
- 40年以上

流域界

河川

印旛沼水域(現在)

流域界

市町村界

日本の平均的な地下水涵養量は1 mm/日とされているので(榎根、1980)、湧水の流量をQ (l/s)、流域面積をA (km²) とすると、

$$1 \text{ (mm/day)} = \frac{(Q \times 100 \times 100 \times 86400)}{(A \times 100000 \times 100000)}$$

$$A = 0.0864 \times Q$$

Q=20 (l/s) ならば、上式に代入してA=1.7 (km²) となります。

$$\ast 86400 \text{ (秒)} = 60 \times 60 \times 24 = 1 \text{ 日}$$

Q=100(l/s)で8.64 (km²)、Q=1000 l/s)で86.4 (km²) です。

ただし、台地の地下水涵養量は日本平均より多いので、流域面積はもっと狭いかも知れません。

7. 湧水

湧水とは地下水が流出するひとつの形態であり、地下水の露頭ともいえる。自噴とはちょっとちがうかも。

柿田川では台地の縁から突然、河川が出現

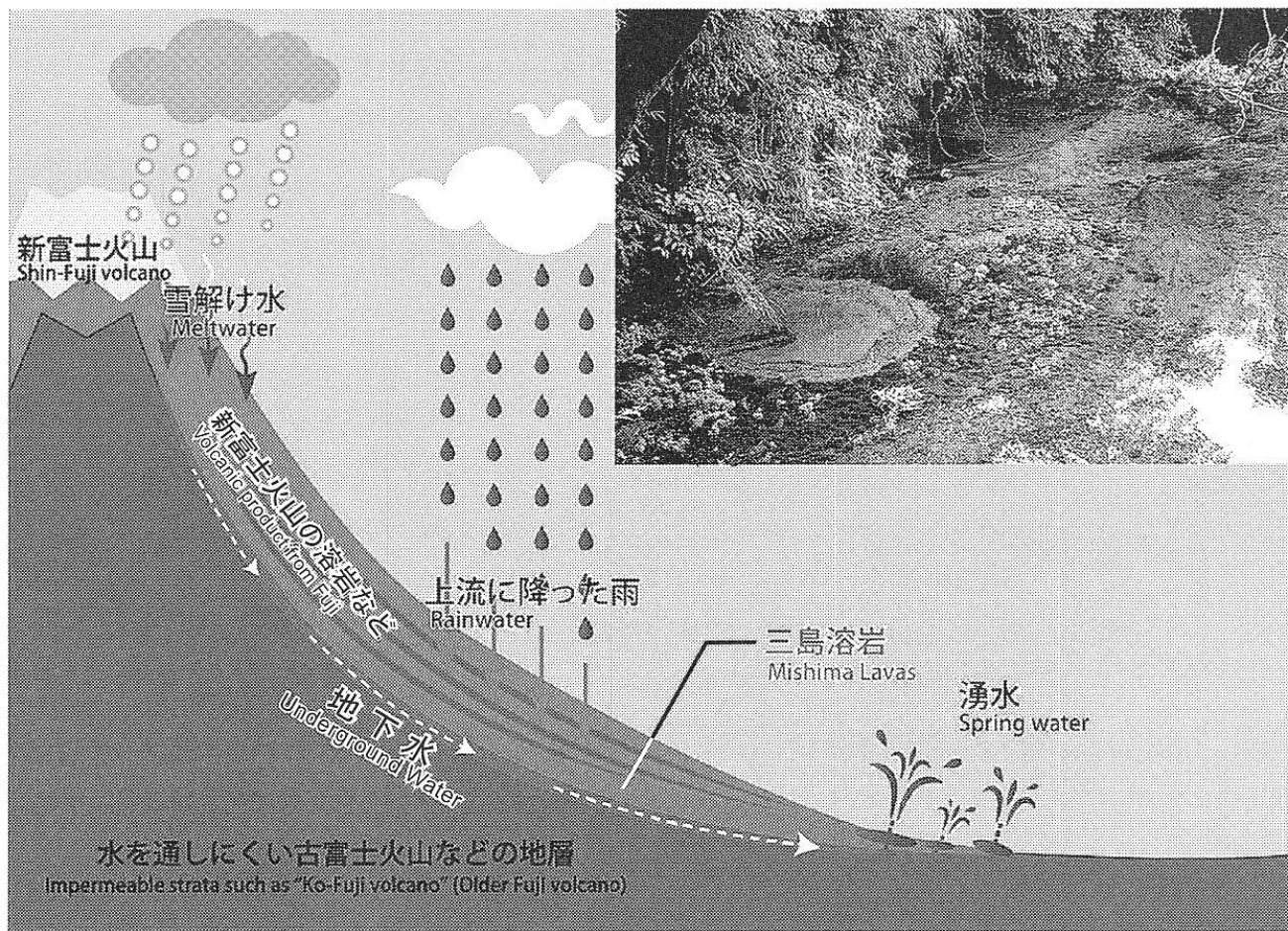


図 10-7 柿田川湧水群の形成要因 (伊豆半島ジオパーク HP より作成)

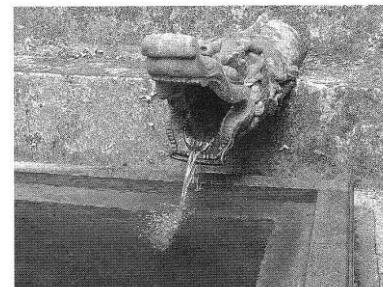
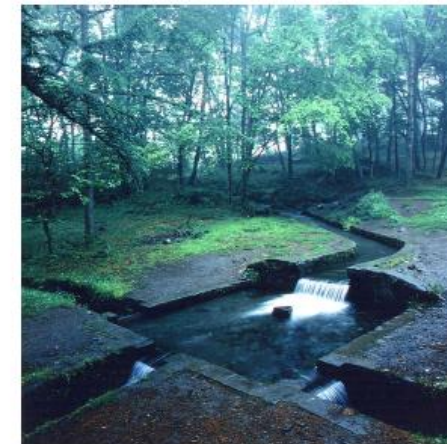


図 10-8 首里城の龍樋

様々な湧水については右の「湧水保全・復活ガイドライン」が参考になる。ただし、地域ごとに様々な形態があるので、自分の暮らす地域の特徴をよく知ってから湧水を観てみよう。

湧水保全・復活ガイドライン



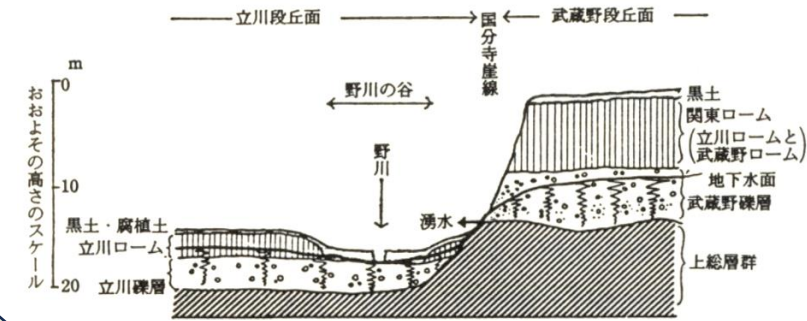
平成 22 年 3 月
環境省 水・大気環境局
土壤環境課 地下水・地盤環境室

環境省湧水保全ポータルサイト:

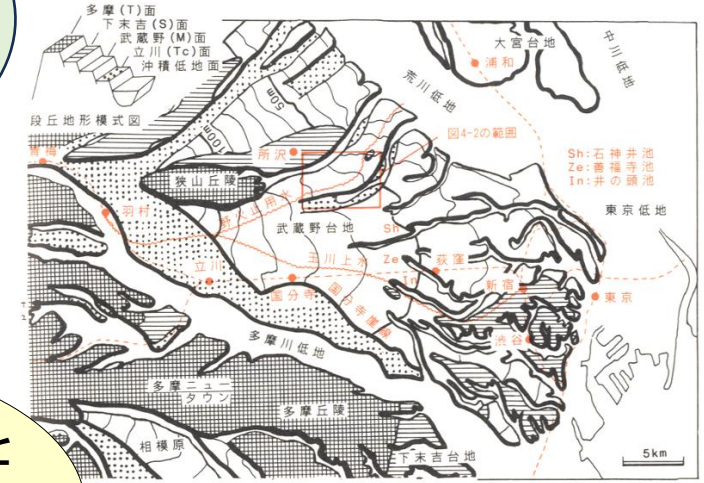
<http://www.env.go.jp/water/yusui/index.html>

武蔵野台地と下総台地

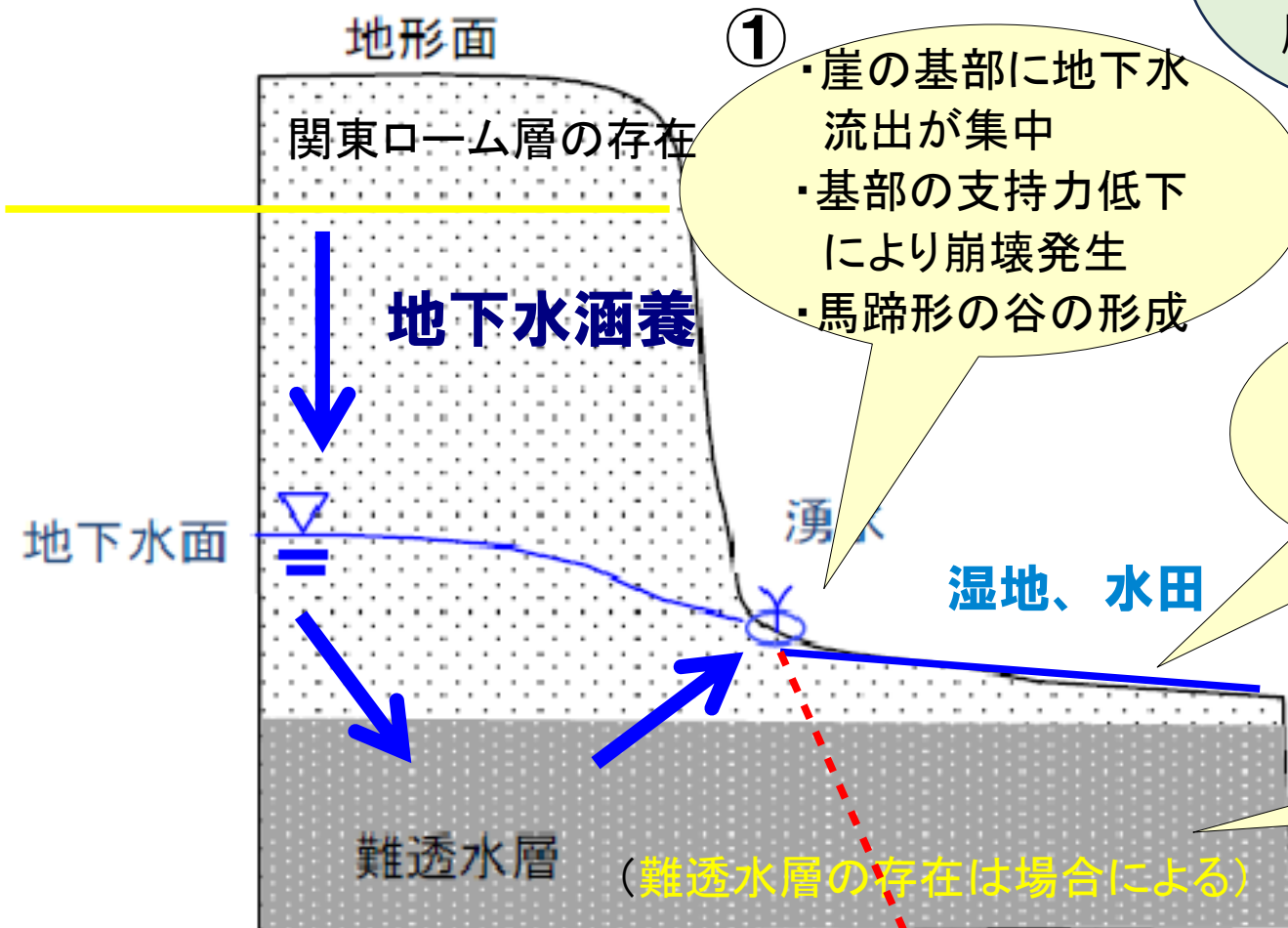
- ・武蔵野台地は扇状地、下総台地は海成の段丘であり、成因、地質構成が異なるので、湧水のあり方も異なる。
- ・地理学では地域性を意識しよう！



(注) ギザギザの記号は、地下水で飽和していることを示す。



(風景のなかの自然地理より)



①

- ・崖の基部に地下水流出が集中
- ・基部の支持力低下により崩壊発生
- ・馬蹄形の谷の形成

武蔵野台地の基盤は上総層群。その上に段丘礫層が載る。

谷底面は地下水面とほぼ一致している
地下水面は侵食基準面

谷埋め埋積物の存在

下総台地の特徴
台地の平らな面は古東京湾の海底だった。地質は砂や泥でできた海成層。そこに谷津が刻み込み、谷底には沖積層が堆積。

湧水はどこにあるか探してみよう！

火山地域に多い

- ・八ヶ岳湧水群、富士山周辺、雲仙島原、たくさん。
- ⇒水資源として何に活用されているか？

温泉との違いは？

- ・どちらも水循環のなかにある地下水
- ・温泉法により定義、管理されているのが温泉



右…八ヶ岳、「三分の一湧水」。均等に流量を三分割する仕組み



千葉県白井市「先神湧水」ナショナルトラスト運動によって保護



千葉県佐倉市「加賀清水」周辺の雨水浸透ます設置によってよみがえった



黒部川扇状地
扇状地の先端部には湧水や自噴井が存在
⇒なぜか、考えてみよう！

8. 水の性質－塩分濃度による区分

汽水(brackish water)とは

海水の塩分濃度は約3.4%、これより塩分濃度の少ない水が汽水ですが、淡水にも溶存成分があるので、塩分濃度0%ではない。

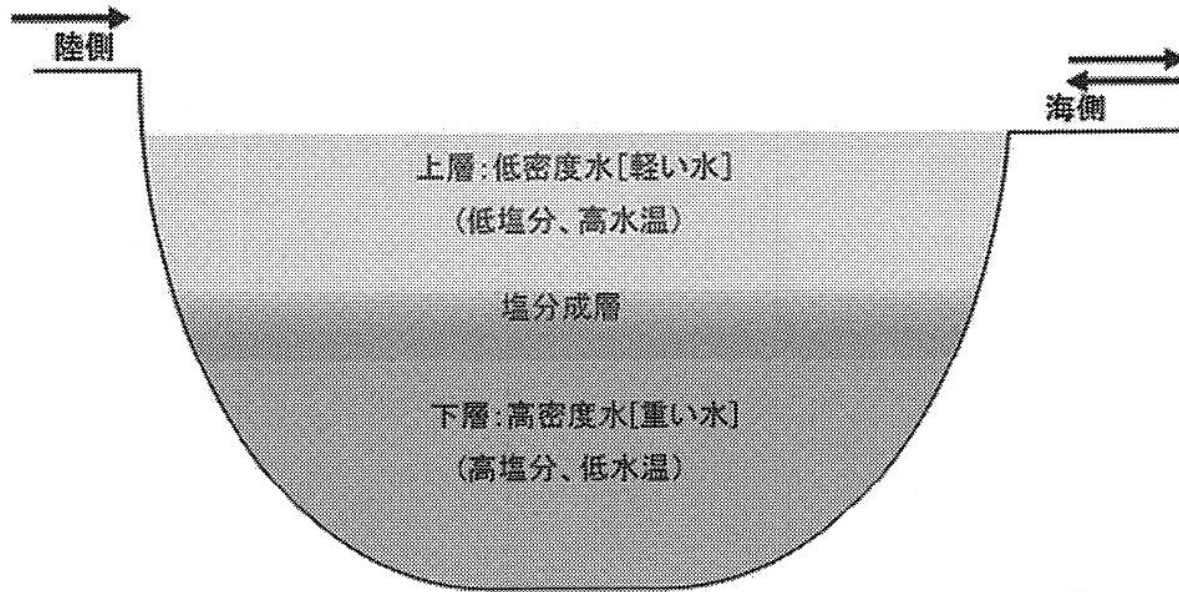


図 10-9 汽水湖の成層のイメージ (環境省 2014)



森は海の恋人

汽水域の恵み

シジミを始めとする水産資源の宝庫である

汽水域(湖)の環境問題

- ・ 養殖による富栄養化
- ・ 水路掘削による汽水域の消失
- ・ 沿岸の開発による水環境の悪化
- ・ その他

千葉県における汽水域の課題

- ・ シジミの生産量減少
- ・ 青のり資源の衰退
- ・ その他

淡水と海水が交わる汽水域では陸と海の間関係を良好に保つことが大切なのは？

地理的事象は関係性によって結びついている。関係性の発見は地理学の課題。

9. 水の性質 - pHによる区分

10. 水の性質－硬度による区分

コラム：和食と軟水の美味しい関係