http://www.llsci.net/

人間活動と物質循環 I

水文学(Hydrology)入門

担当：近藤昭彦（千葉大学名誉教授）

ハイブリッド講義を行います

役に立つ
水文学!

講義資料の置き場所

http://www.llsci.net/class/ris/hydrology/

ここにアクセスして講義資料や資料を入手してください。

水は循環しながら、人間の営みと相互作用し、
環境を形成し、災害や環境問題の要因ともなります。
もちろん、様々な便益を私たちは受け取ることもできます。

講義予定

【第1回】地球上の水の分布・循環・変動
【第2回】地表面における水とエネルギーの分配
【第3回】土壌水の不思議
【第4回】地下水の遙かな旅路
【第5回】台地と谷津－水循環と地形の相互作用
【第6回】川と人間
【第7回】雨水が川になるまで
【第8回】森林の役割
【第9回】水にラベルをつける－環境同位体水文学
【第10回】特定地域の水文学　湿潤地域
【第11回】特定地域の水文学　乾燥地域
【第12回】水に係わる環境問題－閉鎖性水域の水環境問題
【第13回】災害と水循環Ⅰ－水害
【第14回】災害と水循環Ⅱ－土砂災害
【第15回】水循環の健全化をめざして

水文学の対象はいったい何なのだろう？

私たちが暮らす世界そのものといっても良さそうじゃないか？

なぜ勉強する必要があるのだろう？

○人生において壁にぶち当たったとき
　頭の中にでっかいデータベースがあれば、解決（諒解）を得る新しい組み合わせを得ることができるだろう

○災害に備える
　災害を想定外とせず、自然のことを知り、備えて暮らすことにより、ふるさとの暮らしを味わうことができるだろう

○人生を味わい深いものにするために
　この世のありさまを知るとともに、そこに神秘を感じ、風情を感じながら暮らすことはしあわせといえるのではないか

○考えてみよう！

水文学(Hydrology)って何？(榧根、1980)

水循環・水文循環(hydrologic cycle)を中心概念とする学問分野
今日は「水文学」という分野があることが分かれば成功！

- 狭義の水文学
  ー陸地の水のあり方、循環、分布、特質を自然科学的に研究する学問分野
  ー(目的)自然界における水循環を水量と水質の両側面について時間的ならびに空間的に定量化すること
  ー(具体的課題)問題とする水循環システムに関して、貯留量、流入・流出量、滞留時間、水収支、および物質収支を明らかにすること
  (↑指定された講義題目と関連！)

- 広義の水文学
  ー水循環の定量的情報に基づいて、自然界の水循環システムへ**治水・利水システム**を無理なくはめ込むこと

言葉としては大正時代からあったが、学として成り立つまでには歴史的経緯があった。

UNESCO(1964)の定義→1965年よりIHD開始

“Hydrology is the science which deals with the waters of the earth, their occurrence, circulation and distribution on the planet, their physical and chemical properties and their interactions with the physical and biological environment, <u>including their response to human activity.</u>

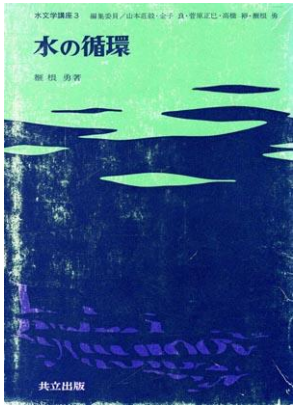
Hydrology is a field which covers the entire history of the cycle of water on the earth.”

水文学は水循環を中心概念とする学問分野であるが、さらにその範囲を広げ、水の循環、分布、特質を自然科学的に研究するだけでなく、水資源の開発、水の適正利用、水と環境との関係、水文環境の管理など人間と水との関わりに関する研究をも包含する、水に関する総合科学との立場を取るまでに至っている。（池淵ほか「水文学」、朝倉書店，2006）

学際科学としての水文学—「水文学講座」共立出版より

1. 水文学総論
2. 図説水文学
3. 水の循環
4. 水文統計
5. 河川営力論
6. 地下水水文学
7. 流出解析法
8. 確率水文
9. 汚染水質機構
10. 水温論
11. 河川水文学
12. 農業水文学
13. 森林水文学
14. 陸水生態学
15. 水法論

（1970年代の出版）



水文学が関わる分野

- 理学
  - 地理学、地球物理学、気象・気候学
    その他
- 工学
  - 土木、衛生工学、建築、都市計画
    その他
- 農学
  - 農業土木（農村工学）、灌漑・排水、
    農村計画、その他
- 人文社会系
  - 環境社会学、法学、人文地理学、その他
- その他

水文学　榧根勇(1980)

実に幅広い分野を扱うのだな、ということを理解してください！何事も水循環が基本なのですね！

序文

1　水文学とは
- 1.1　水文学の定義
- 1.2　水文学の歴史
- 1.3　水文学の分類
- 1.4　水循環
- 1.5　水の滞留時間

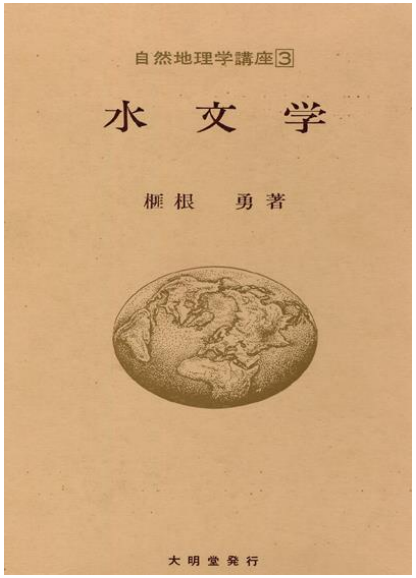
2　地球規模の水循環
- 2.1　水循環とエネルギー収支
- 2.2　地球上の水の量
- 2.3　世界の水収支
- 2.4　第四紀古水文学
- 2.5　地球の熱収支とエントロピー収支

3　地表面における水とエネルギーの分配
- 3.1　地表面への入力
- 3.2　接地境界層
- 3.3　地中への熱輸送
- 3.4　蒸発散

4　土壌水
- 4.1　土壌水の定義と分類
- 4.2　間隙率と含水量
- 4.3　水理ポテンシャル
- 4.4　毛管上昇
- 4.5　水分特性曲線
- 4.6　不飽和透水係数
- 4.6　蒸発とゼロフラックス面
- 4.8　浸透
- 4.9　土壌水の運動方程式

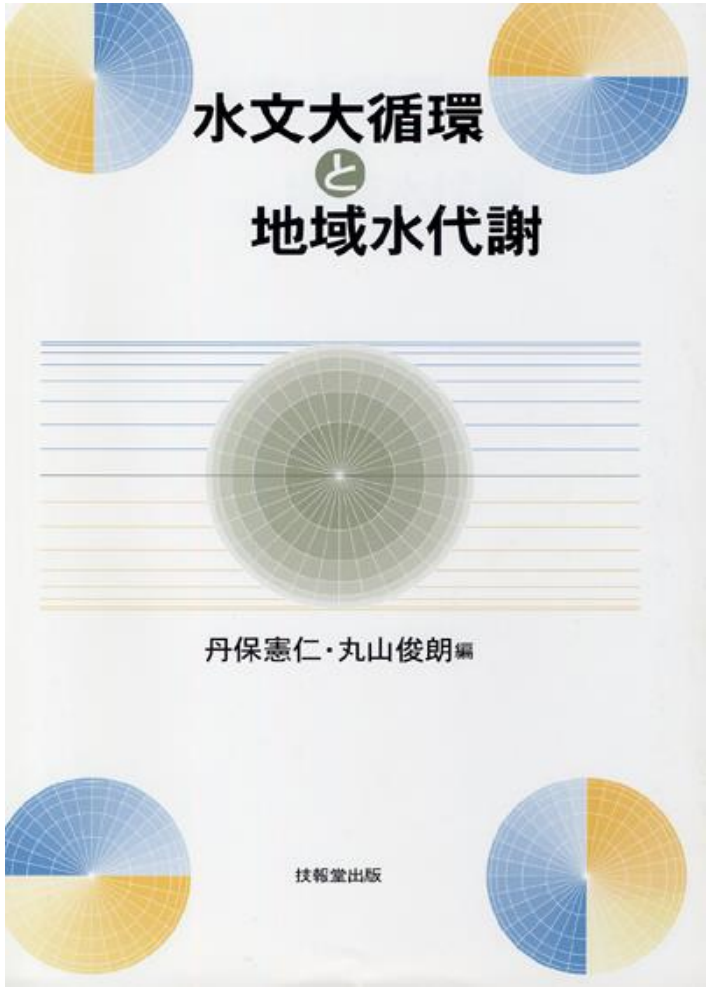
5　地下水
- 5.1　地下水のあり方
- 5.2　流体ポテンシャル
- 5.3　ダルシーの法則とその適用限界
- 5.4　地下水面の変動と比産出率
- 5.5　地下水の運動方程式
- 5.6　帯水層試験
- 5.7　地下水流動系
- 5.8　地表水と地下水の交流

6　地表水
- 6.1　地表水の分類
- 6.2　開水路の流れ
- 6.3　河川の流量と流速
- 6.4　水流発生機構
- 6.5　流出モデル



水文大循環と地域水代謝　丹保憲仁・丸山俊朗編（2003）

第1章　水資源と都市・地域の水代謝システム
第2章　水の大循環サイクルと水資源
第3章　森林と水資源
第4章　川と水資源
第5章　地下水と水資源
第6章　農業と水
第7章　都市・地域の水環境
第8章　都市活動と水資源
第9章　沿岸域と水利用



Appendix　水資源問題に関する世界の動向
- A.1　はじめに
- A.2　地球の水危機の実態
- A.3　国際水文学計画（IHP）
- A.4　AP-FRIEND
- A.5　GAME
- A.6　第10回世界水会議
- A.7　WWC
- A.8　SWSとGWP
- A.9　WWCとGWP
- A.10　WCD
- A.11　世界水フォーラム　第3回は日本開催
- A.12　IWA

2003年は琵琶湖・淀川流域で世界水フォーラムが開催されたのだ！

エース水文学　朝倉書店　2005

池淵周一・椎葉充晴・宝馨・立川康人 著

土木の心とは

1. 水文学とは
 1.1 水文学の定義
 1.2 多様な水文学
 1.3 流域水循環を扱う水文学
2. 地球上の水の分布と放射
 2.1 地球上の水の量
 2.2 地球上の水の循環
 2.3 地球大気の鉛直プロファイル
 2.4 日射と大気放射
 2.5 衛星リモートセンシングによる地球観測
 2.6 水・熱循環の結合
3. 降水
 3.1 水文学における降水過程の役割
 3.2 大気現象のスケール
 3.3 降水の分類
 3.4 降水のメカニズム
 3.5 降水の数値モデル
 3.6 降水の観測
4. 蒸発散
 4.1 蒸発散を支配する物理的要因
 4.2 地表面における熱収支
 4.3 地表面付近の風と乱流拡散係数を用いた地表面フラックスの表現
 4.4 蒸発散量の測定法
 4.5 蒸発散量の推定法
 4.6 代表的な地表面における蒸発散特性
5. 積雪・融雪
 5.1 積雪・融雪と河川流出
 5.2 積雪観測
 5.3 積雪の高度分布
 5.4 積雪面における熱収支と融雪
 5.5 積算気温による融雪量の推定
 5.6 積雪・融雪・流出モデルによる融雪量の推定
6. 降水遮断・浸透
 6.1 降水遮断
 6.2 浸透
 6.3 水循環のモデル化から見た降水遮断・浸透の過程
7. 斜面流出
 7.1 流出過程
 7.2 水文流出系におけるキネマティックウェーブ理論
 7.3 山腹斜面系のモデル化
8. 河道網構造と河道流
 8.1 河道網構造
 8.2 河道流れの数理モデル
9. 流出モデル
 9.1 流出モデルの目的
 9.2 分布型流出モデルの構成
 9.3 陸面水文過程モデル
 9.4 大河川流域への展開
 9.5 流出モデルの課題と今後の展開
10. 降雨と洪水のリアルタイム予測
 10.1 降雨予測の方法
 10.2 洪水流出のリアルタイム予測の方法
 10.3 河川情報システムと洪水予報
11. 水文量の確率統計解析
 11.1 河川計画と確率論的アプローチ
 11.2 水文量とその確率評価
 11.3 水文頻度解析の手順
 11.4 確率水文量の不確定性の定量化
付録A 準線形偏微分方程式の解法
付録B 強制復元法による地中温度の計算
付録C 代表的な流出モデル

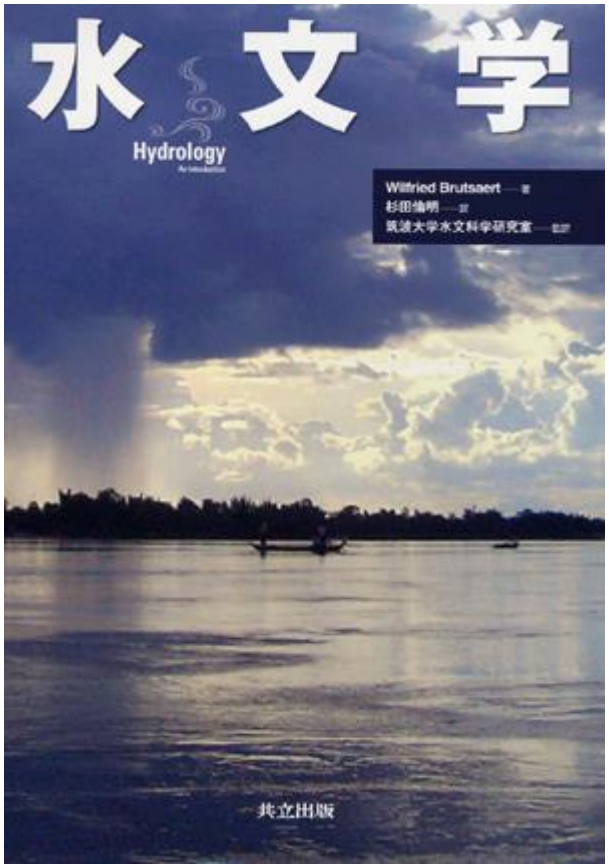
水文学　Hydrology An Introduction　Wilfried Brutsaert(2005)

Ⅰ部　大気中の水
2章　大気中の水、下部大気の流体力学
3章　降水
4章　蒸発

Ⅱ部　地表面の水
5章　地表面上の水、自由水面流れの流体力学
6章　地表流
7章　河流追跡

Ⅲ部　地表面下の水
8章　地中の水、多孔体中の流体力学
9章　浸透および関連する不飽和流
10章　地下水流出量と基底流量

Ⅳ部　降水への応答としての流域スケールの水の流れ
11章　水流発生機構、メカニズムとパラメタリゼーション
12章　集水域スケールでの河川流の応答
13章　水文学における頻度解析の基本
14章　おわりに、水循環の認識の歴史
付録　役に立つ数学概念



Physically-based
Process-oriented

水文科学

共立出版　2009年2月

杉田倫明・田中　正　編著

第1章 水文科学とは
- 1.1水循環の概念
- 1.2水文学から水文科学へ
- 1.3水循環システム
- 1.4地球上の水

第2章 エネルギーと水循環
- 2.1地球のエネルギー収支
- 2.2地表面でのエネルギーと水の分配
- 2.3大気中の水蒸気

第3章 降水
- 3.1雲と降水の発生プロセス
- 3.2降水の発生・維持システム
- 3.3地球規模の降水量変動機構
- 3.4降水量の測定と面的評価

第4章 蒸発散
- 4.1蒸発散のメカニズム
- 4.2接地層内の気温・比湿のプロファイル
- 4.3蒸発散量の観測法
- 4.4蒸発散の測定法・モデル

第5章 地表面を介した降雨の分配
- 5.1植生による降雨の分配
- 5.2地表面に達した降雨の分配

第6章 地中水
- 6.1地中水の区分とそのあり方
- 6.2土壌水
- 6.3地下水

第7章 地表面の循環
- 7.1水流発生機構
- 7.2河川の流出特性
- 7.3湖沼の水収支と循環

第8章 水・物質循環
- 8.1水質の形成・進化
- 8.2水質汚染機構
- 8.3水文トレーサー

第9章 流域を基本単位とした水循環
- 9.1流域と水循環・環境
- 9.2植生と水循環・環境：森林の役割
- 9.3土地利用と水循環・環境：水田の影響
- 9.4都市と水循環：水循環と水質の保全
- 9.5地球温暖化と水循環
- 9.6流域水循環システムの解明
  ―統合的流域管理に向けて―

Physically-based

Process-oriented

水文学は総合科学

こんな幅広い分野を包含する科学を知っていましたか？

空間スケールも広がりをもつ

サイト、ローカル、リージョナル、グローバル

歴史の時間軸を意識する必要もある

現在は過去の事象が積分されて現れている
現在から未来を展望する必要がある

使う技術も様々だ！

・リモートセンシング
・モデル
・その他様々な計測・測定技術

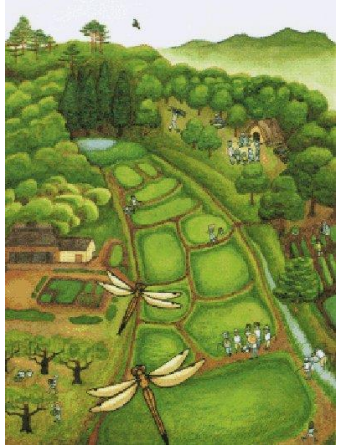
なんといっても現場における観察、経験が一番大切だ！

歴史の中の水文学ー地域、流域からグローバルへ

1972　国連人間環境会議（ストックホルム会議）

人間環境宣言

＜環境問題の重要性の認識＞



1992　リオデジャネイロ環境サミット

持続可能な開発のための行動計画

「アジェンダ21」

＜地球温暖化、生物多様性への注目＞

2002　ヨハネスブルク環境サミット

持続可能な開発に関する世界サミット

＜水問題への注目＞

2012　リオ＋２０

こんなにも予算をかけてきたのに

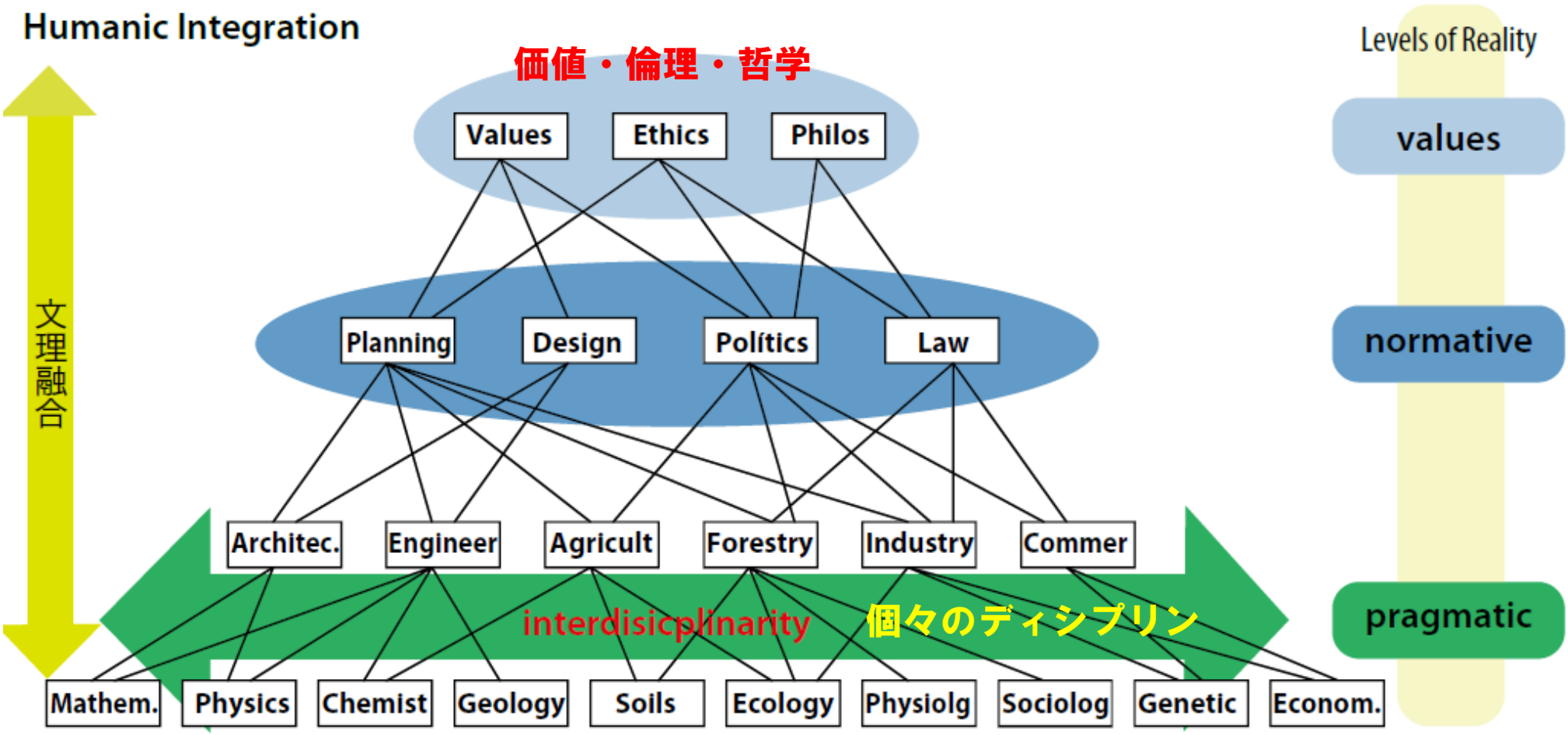
地球環境はよくなっていないのでは！？

どうする？

リオ＋20で提案された科学の新しい姿

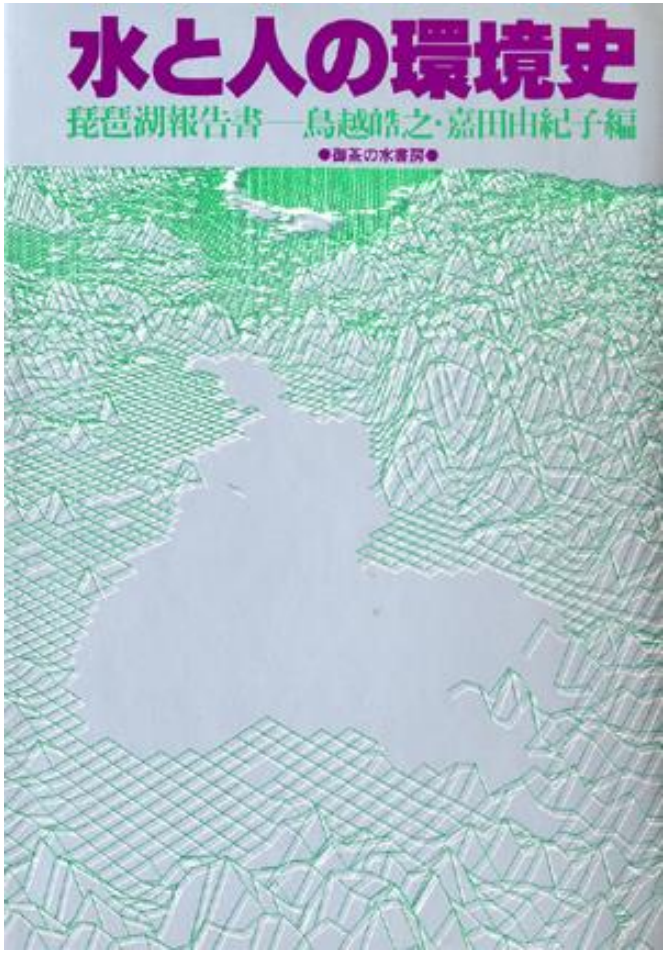
SDGsをサイエンスからサポートする新しい考え方

Transdisciplinarity（超学際、学際共創）



トランスディシプリナリティー、地球研ニュースNo.36（原図Max-Neef 2005,9)

環境社会学と水文学

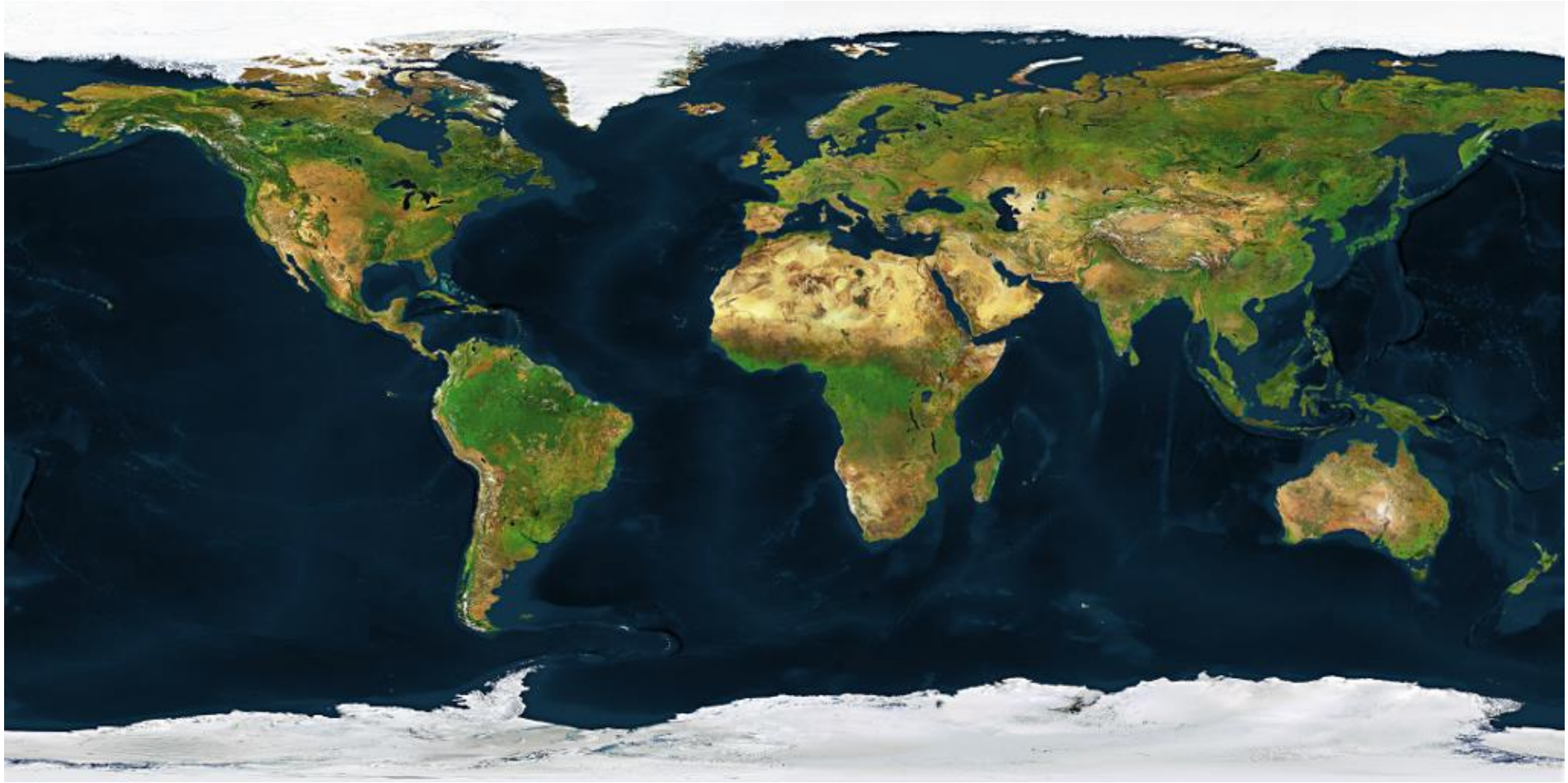


文理融合を実行できる精神新しい
時代の者は持ってほしいと思う！

もうひとつの水文学
水と暮らしの関わり

圧倒的な現実の前でサイエンティストはどう動くのか！

水の分布・循環・変動



1. 水の量

地球上の水文循環は、閉じた系（closed system）

表 4　地球上の水の財産目録（単位：km³）

	Löf (1960)	Nace (1964)	Fox (1951)	樋根 (1973)	%
〔塩水〕					
海洋	1,307,490,000	1,320,000,000	—	1,349,929,000	97.50
塩水湖	—	104,000 1)	—	94,000	0.007
〔淡水〕					
氷	30,427,500	29,158,500	—	24,230,000 1	1.75
水化作用で結合した水	414	—	400	—	
淡水湖	124,600	125,000	(125,000)	125,000	0.009
川	1,150	1,250	—	1,200	0.0001
土壌水	25,160	66,650 2)	6,000 1)	25,000	0.002
地下水 浅層	4,500,000 1)	4,165,500 3)	4,515,000 2)	4,500,000	0.72
地下水 深層	5,630,000 2)	4,165,500	5,619,000 3)	5,600,000	
〔水蒸気〕					
大気中の水	14,200	12,900	—	12,600	0.001
〔生物〕					
動物	1,128 3)	—	—	600	0.0001
植物		—	—	600	
総　計	—	—	—	1,384,518,000	100
備　考	1) 深さ760 m まで 2) 760～3,800 m まで 3) van Hylckama は植物だけで 530 km と与えている	1) 内海を含む 2) 最上層の地下水を含む 3) 深さ 800 m まで	1) 厚さ 1 m, 間隙率 0.2, 全陸地の 1/5 2) 深さ760 m まで, 間隙率 0.04 3) 760～3,750 m まで, 間隙率 0.01	1) 水の体積に換算した値, Shumskiy らによる	水の総量に対する%

(樋根勇著「水と気象」、朝倉書店、1989)

- 海洋の水は全体の97．5%
- 淡水は1．75%
- 河川水は0.0001%（淡水の0.0057%）
- 地下水は0.72%
- 大気中の水は0.001%

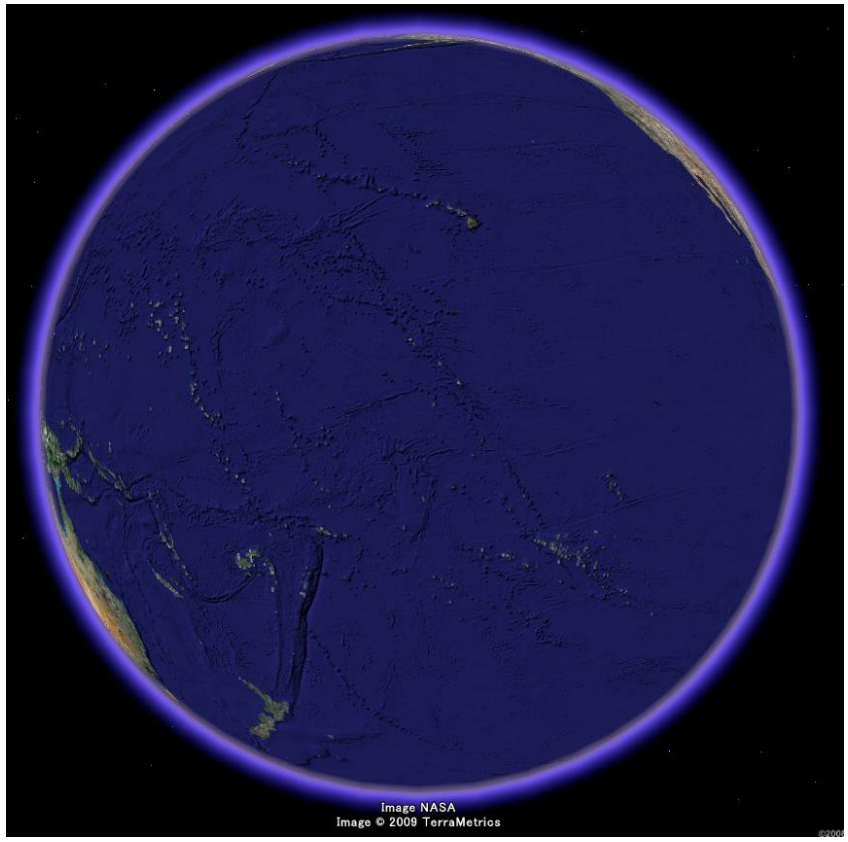
我々が資源として使っているのはどの水か？

これらの数字はストックであり、フローではないことに注意

- **ストック**
- **フロー**

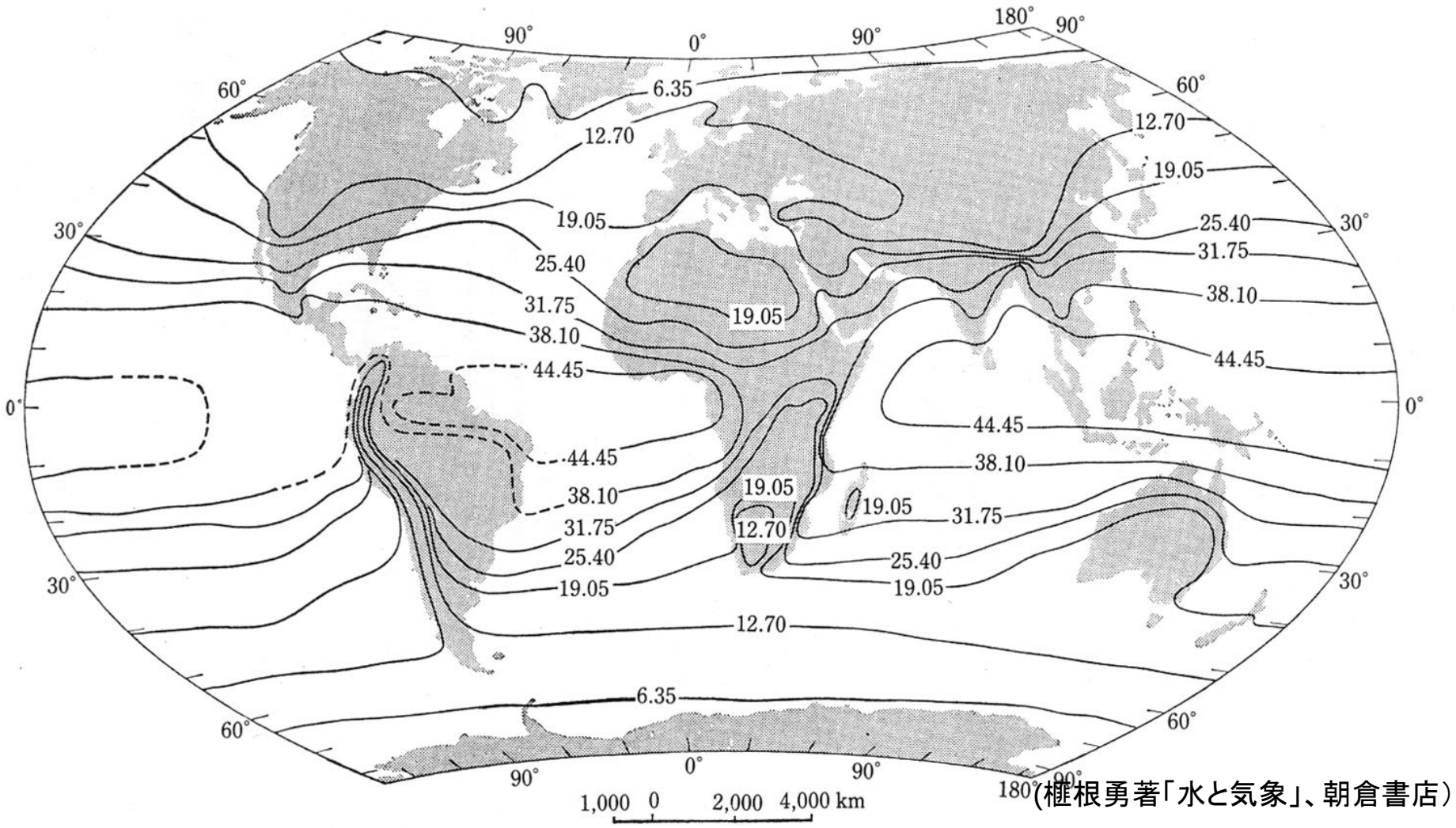
海水

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



陸半球と水半球。Google Earth で確認してみよう。

大気中の水　可降水量の全球分布



(樋根勇著「水と気象」、朝倉書店)

分布の特徴は？

図 25　年平均可降水量の分布(Tuller, 1968)

単位：mm

海洋で多く、陸上で少ない．．．ということは？

年平均降水量の分布

君はどんな特徴を
読み取るか

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)

雪氷

表 8　全地球の氷の諸特性(Shumskiy ら，1964)

	質量 (g)	質量 (%)	分布範囲(%)	年間供給量($g \cdot yr^{-1}$)	滞留時間(yr)
氷河	2.398×10^{22}	98.95	陸地の　10.9	2.5×10^{18}	9,580
陸地の氷*	$2 \sim 5 \times 10^{20}$	0.83	陸地の　14.1	$6 \sim 7 \times 10^{18}$	30～75
海氷	3.483×10^{19}	0.14	海洋の　7.2	3.33×10^{19}	1.05
積雪	1.05×10^{19}	0.04	地球の　14.2	$2 \sim 3 \times 10^{19}$	0.35～0.52
氷山	7.65×10^{18}	0.03	海洋の　18.7	1.88×10^{18}	4.07
大気中の氷	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．

氷床を含む？
永久凍土は？

表 7　地球上の氷河の面積と体積

地　域	面積(km^2) Flint(1971)	面積(km^2) Heybrock(1957)	面積(km^2) Shumskiy(1964)	体積(%) Shumskiy(1964)
北極地域	2,081,616	1,970,443		
グリーンランド	1,726,400	1,726,400	1,802,400	9.80***
その他の北極地域	355,216	244,043		
北アメリカ	76,880	59,005	217,300*	
南アメリカ	26,500	12,000	26,400	
ヨーロッパ	9,276	10,540	117,000*	
アジア	115,021	38,860	127,100*	
アフリカ	12	240	12	
太平洋地域	1,015	1,015	1,000	
南極地域	12,588,000	13,204,000	13,914,000	
南極大陸氷	12,535,000	12,600,000		89.66***
棚氷	50,000	600,000		
周辺諸島	3,000	4,000		
	14,898,320	15,296,103	16,205,212**	100.00

*　北極地域を含む．

**　原論文には 16,215,212 とある．ミスプリントか．

***　原論文には Greenland ice sheet，Antarctic ice sheet とある．

(榧根勇著「水と気象」、朝倉書店)

地中の水

土壌水・地下水

表 4　地球上の水の財産目録（単位：km³）

	Löf (1960)	Nace (1964)	Fox (1951)	榧根 (1973)	%
〔塩水〕					
海洋	1,307,490,000	1,320,000,000	—	1,349,929,000	97.50
塩水湖	—	104,000 [1]	—	94,000	0.007
〔淡水〕					
氷	30,427,500	29,158,500	—	24,230,000 [1]	1.75
水化作用で結合した水	414	—	400	—	
淡水湖	124,600	125,000	(125,000)	125,000	0.009
川	1,150	1,250	—	1,200	0.0001
土壌水	25,160	66,650 [2]	6,000 [1]	25,000	0.002
地下水 浅層	4,500,000 [1]	4,165,500 [3]	4,515,000 [2]	4,500,000	0.72
地下水 深層	5,630,000 [2]	4,165,500	5,619,000 [3]	5,600,000	
〔水蒸気〕					
大気中の水	14,200	12,900	—	12,600	0.001
〔生物〕					
動物	1,128 [3]	—	—	600	0.0001
植物		—	—	600	
総　計	—	—	—	1,384,518,000	100
備　考	1) 深さ760 m まで 2) 760～3,800 m まで 3) van Hylckama は植物だけで530 km と与えている	1) 内海を含む 2) 最上層の地下水を含む 3) 深さ 800 m まで	1) 厚さ 1 m, 間隙率 0.2, 全陸地の 1/5 2) 深さ760 m まで, 間隙率 0.04 3) 760～3,750 m まで, 間隙率 0.01	1) 水の体積に換算した値, Shumskiy らによる	水の総量に対する%

・地中水は人の暮らしにとって必要な水！
・地中水に関する一般の認識が、環境を論じる際に最も不足していると感じています！！
・この際、勉強してしまいましょう！！！

(榧根勇著「水と気象」、朝倉書店)

地表水

フローとして捉えることができることが、水資源としての重要な性質

存在量としては多くはないが、常に流れている！

ゆく川の流れは絶えずして、しかも、もとの水にあらず。

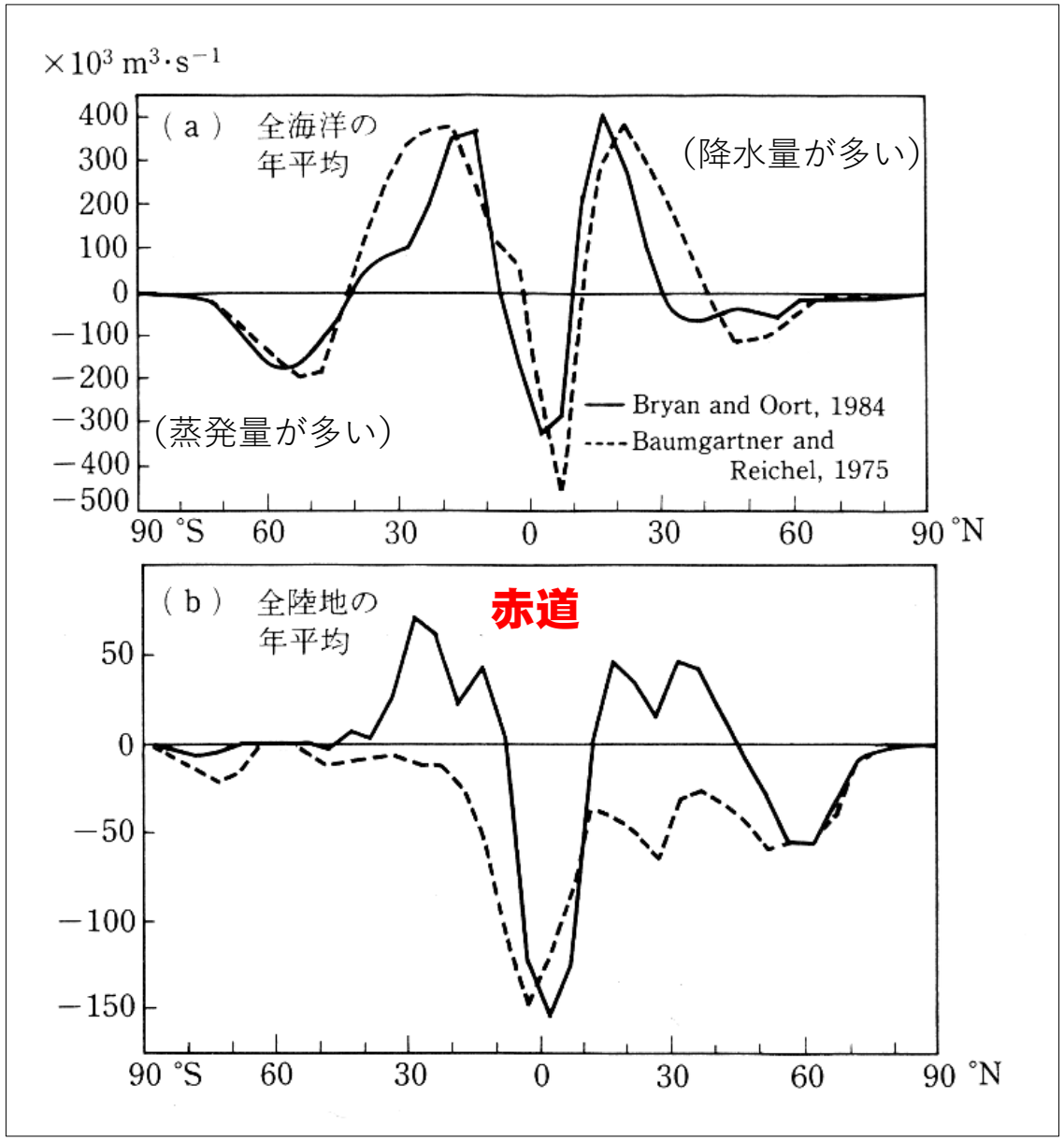
表 4　地球上の水の財産目録（単位：km³）

	Löf (1960)	Nace (1964)	Fox (1951)	榧根 (1973)	%
〔塩水〕					
海洋	1,307,490,000	1,320,000,000	—	1,349,929,000	97.50
塩水湖	—	104,000 1)	—	94,000	0.007
〔淡水〕					
氷	30,427,500	29,158,500	—	24,230,000 1)	1.75
水化作用で結合した水	414	—	400	—	
淡水湖	124,600	125,000	(125,000)	125,000	0.009
川	1,150	1,250	—	1,200	0.0001
土壌水	25,160	66,650 2)	6,000 1)	25,000	0.002
地下水 浅層	4,500,000 1)	4,165,500 3)	4,515,000 2)	4,500,000	0.72
地下水 深層	5,630,000 2)	4,165,500	5,619,000 3)	5,600,000	
〔水蒸気〕					
大気中の水	14,200	12,900	—	12,600	0.001
〔生物〕					
動物	1,128 3)	—	—	600	0.0001
植物		—	—	600	
総　計	—	—	—	1,384,518,000	100
備　考	1) 深さ760 m まで 2) 760～3,800 m まで 3) van Hylckama は植物だけで530 km と与えている	1) 内海を含む 2) 最上層の地下水を含む 3) 深さ 800 m まで	1) 厚さ 1 m, 間隙率 0.2, 全陸地の 1/5 2) 深さ760 m まで, 間隙率 0.04 3) 760～3,750 m まで, 間隙率 0.01	1) 水の体積に換算した値, Shumskiy らによる	水の総量に対する%

(榧根勇著「水と気象」、朝倉書店)

2．地球上の水循環

蒸発量と降水量の差



蒸発量－降水量の緯度分布

P>Eとなる緯度帯は？

・10°N～10°S
・30～30度より極側

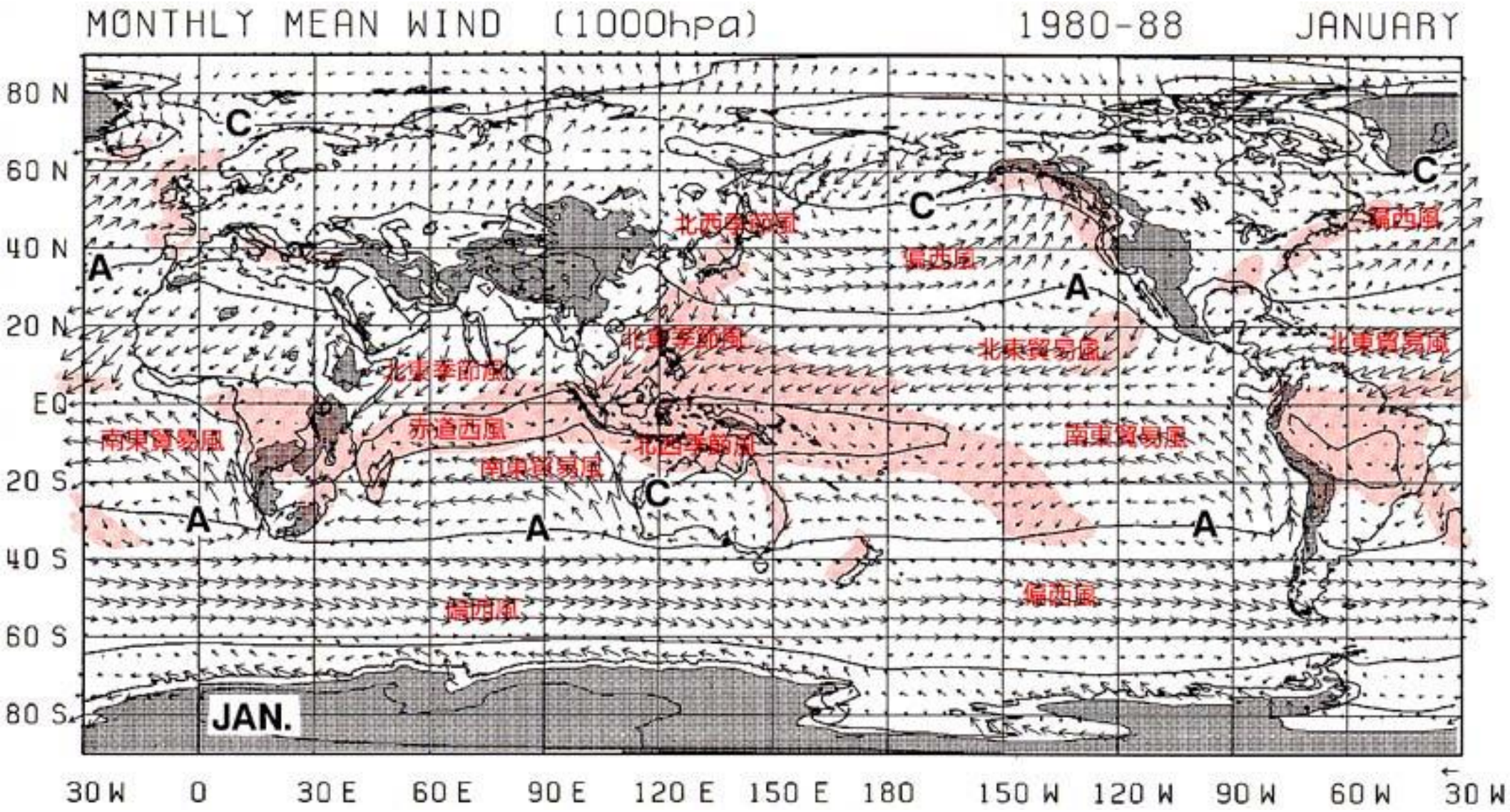
水が南北方向に輸送されなければならない

水を運ぶもの
・・・大気
・・・海洋
・・・河川

絶対量と収支

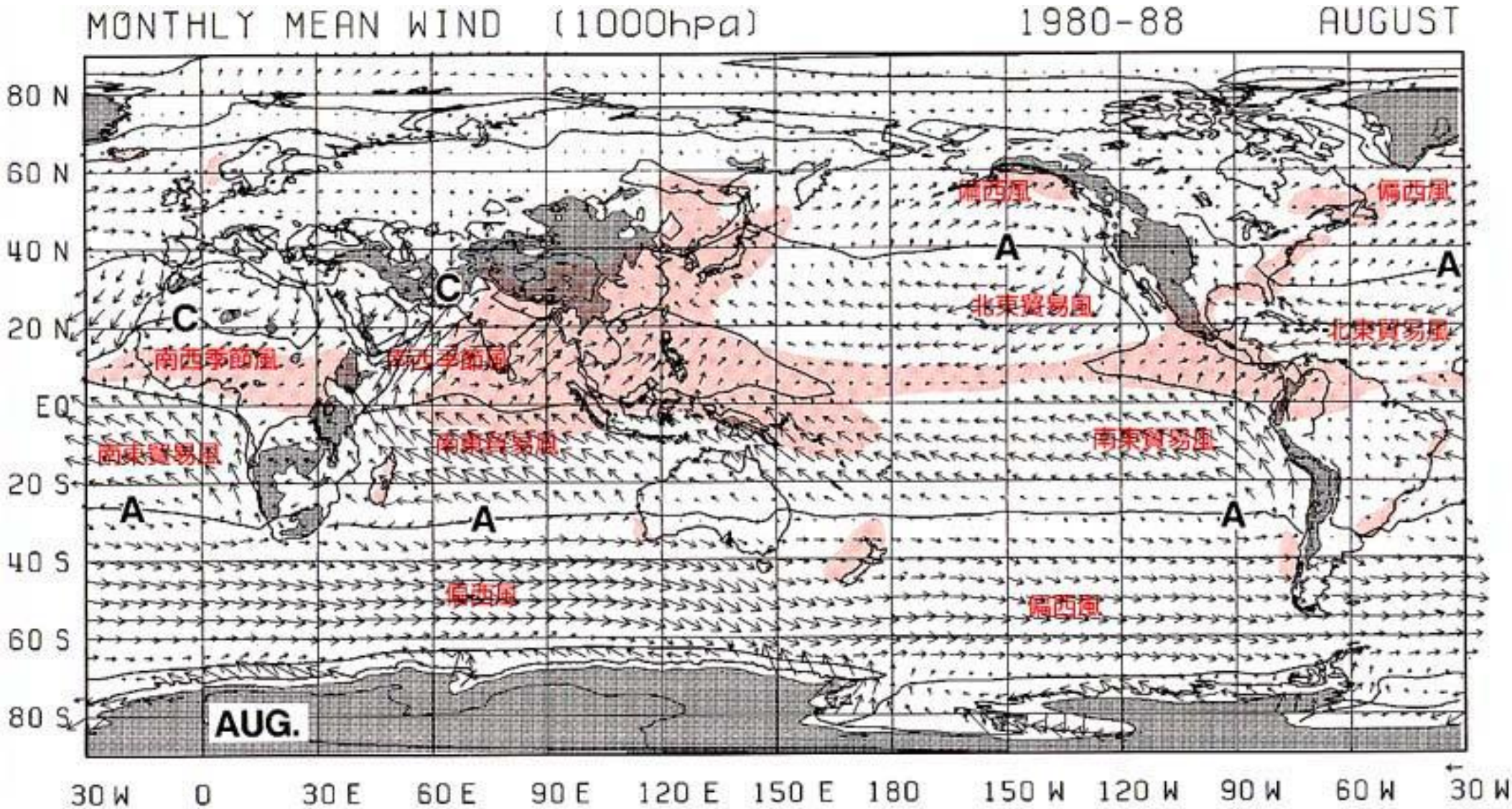
(榧根勇著「水と気象」、朝倉書店)

大気は水蒸気を運ぶ乗り物だ！



冬の風系と降水量分布（松本淳）

夏の風と冬の風は向きが異なる！



夏の風系と降水量分布（松本淳）

河川によって運ばれる水の量

流量の大きい河川名を覚えよう！

表 11　世界の大河川の流量と流域面積

順位	河　川	平均流量 ($m^3 \cdot s^{-1}$)			流域面積 ($\times 10^3$ km^2)			主流長 (km)
		Leopold (1962)	P.W.A. (1968)	Nace (1972)	Leopold (1962)	E.Britanica	理科年表	Coleman (1968)
1	Amazon	99,000	120,000	175,000	5,780	7,050	7,050	6,400
2	Congo	39,601	39,000		4,010	3,689	3,690	4,700
3	Yangtze	21,800	39,000		1,940	1,957	1,775	3,800
4	Bramaputra	19,800	25,000		935	935	1,730	2,900
5	Ganges	18,700			1,060			2,500
6	Yenisei	17,400	19,600		2,590	2,598	2,592	3,800
7	Mississippi	17,300	19,000		3,220	3,220	3,248	6,300
8	Orinoco	17,000	14,000		880	906	944	3,500
9	Lena	15,500	16,400	285,730	2,420	2,424	2,384	4,800
10	La Plata	14,900	14,800		2,300			3,200
11	Irrawady	13,600	13,600		430		430	2,000
12	Ob	12,500	12,600		2,480	2,928	2,948	4,500
13	Mekon	11,000	12,000		800		800	4,200
14	Tocantis	11,000			910			1,600
15	Amur	9,600	12,500		1,840	1,962	2,052	2,800
16	Mackenzie	7,900			1,800	1,766	1,668	4,100
17	Magdalena	7,500	15,000		240			1,500
18	Zambezi	7,100	16,000		1,300	1,329	1,330	3,500
19	Danube	6,200	6,400		820	817	817	2,800
20	Niger	6,100	12,000		1,100	1,501	2,092	4,200
2～16 位までの河川の合計		247,600	260,580		27,615	—	—	—
同上 (Nace, 1972)		285,730			27,485			—

世界の主要大河川は東西方向に流れる
南北方向に流れる河川は？

どんな現象と関連
付けられるか、常に
考える習慣を

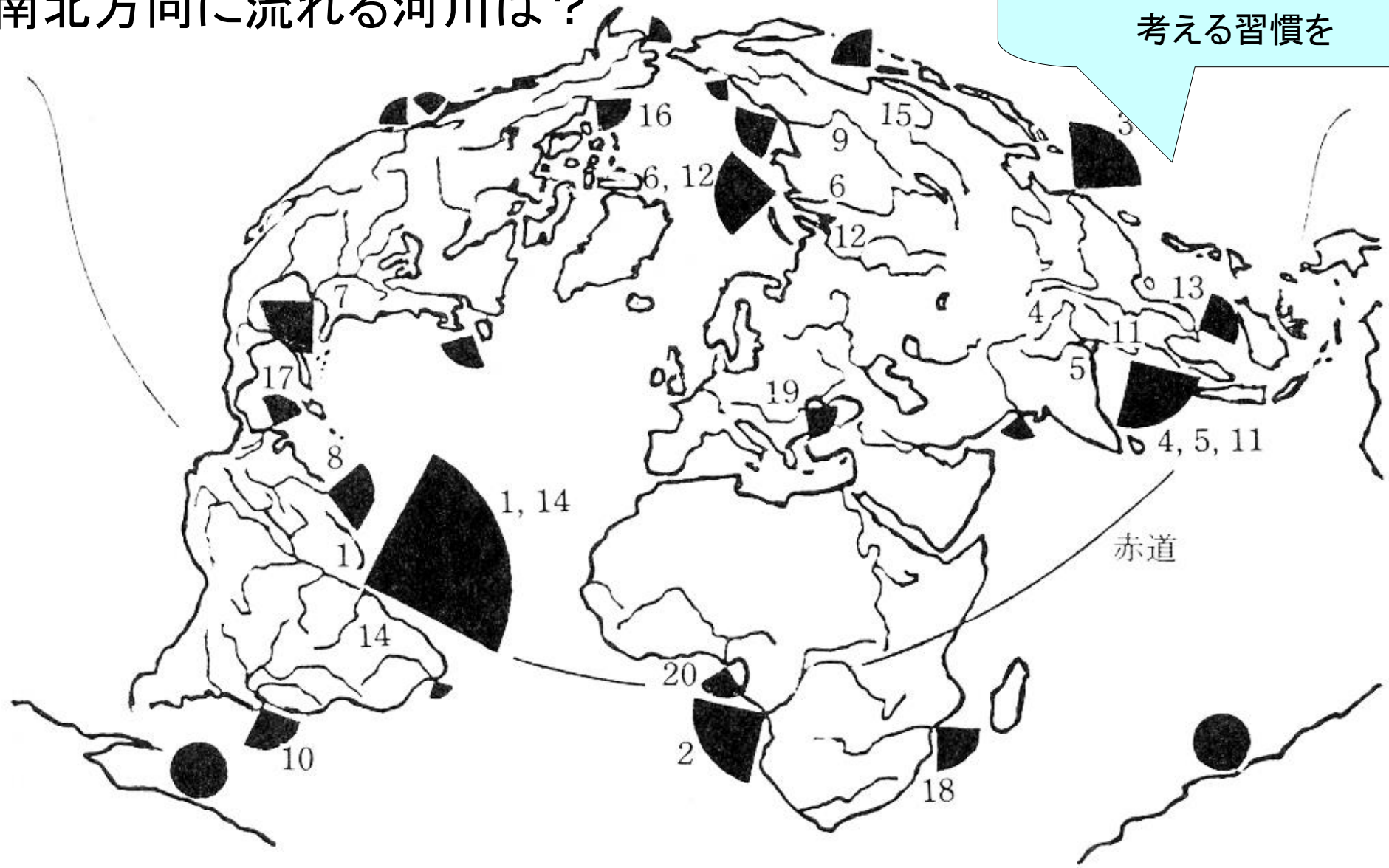


図 32　主要河川による海洋への流出（Marcinek，1964 を修正）
扇形の面積は流出量に，丸形の面積は融氷量にそれぞれ比例する．数字は表 11 に対応．

海洋の水収支

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

全海洋について　降水量＋陸地からの流出量＝蒸発量

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

熱塩循環と氷期の引き金

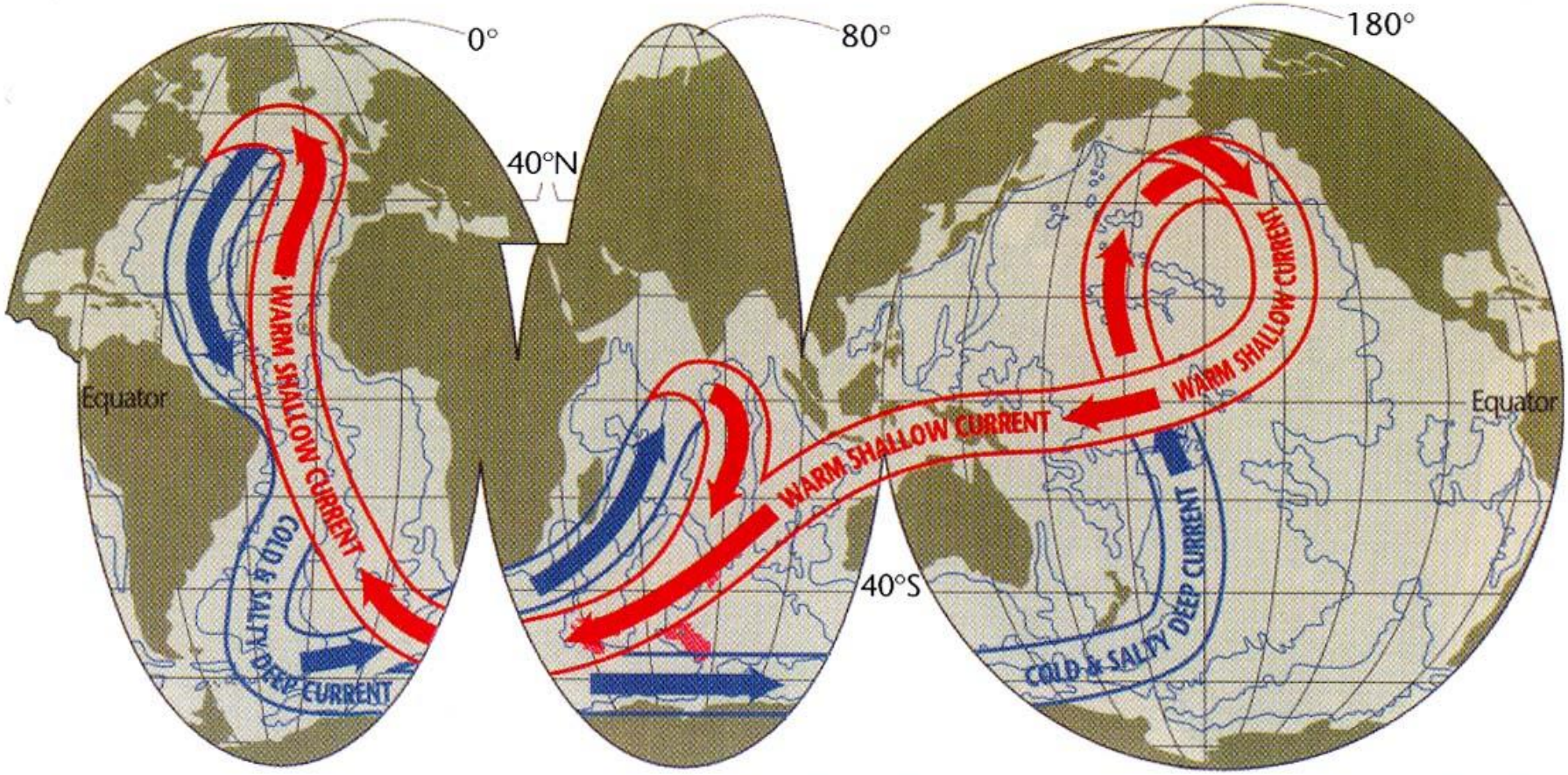


図 5　ブロッカーのコンベアベルト．海洋の深層・表層循環に伴う海水の 3 次元的な移動を大胆に簡略化して示したもの．Broecker（1987）の原図をもとに Schmitz（1995）が書き直した．
Warm Shallow Current：高温浅層流，Cold & Salty Deep Current：低温高塩深層流

調べてみよう！

ヤンガードライアス期の出現
ブロッカー仮説

地球全体の水収支

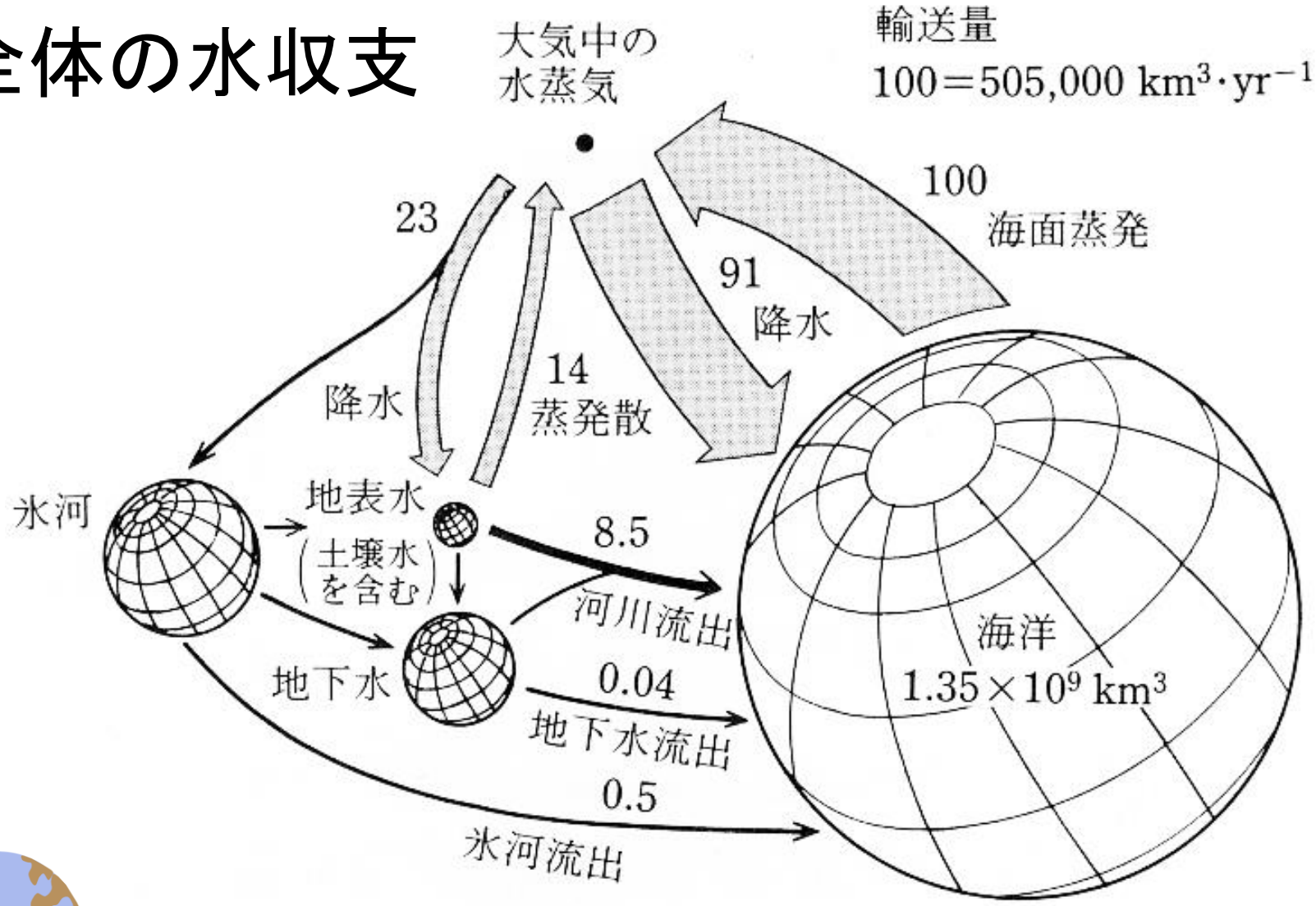


図 9　地球の水文循環の模式図

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．

(榧根勇著「水と気象」、朝倉書店)

水文ー大循環・中循環・小循環

水文大循環

大気中の水蒸気循環

水文中循環

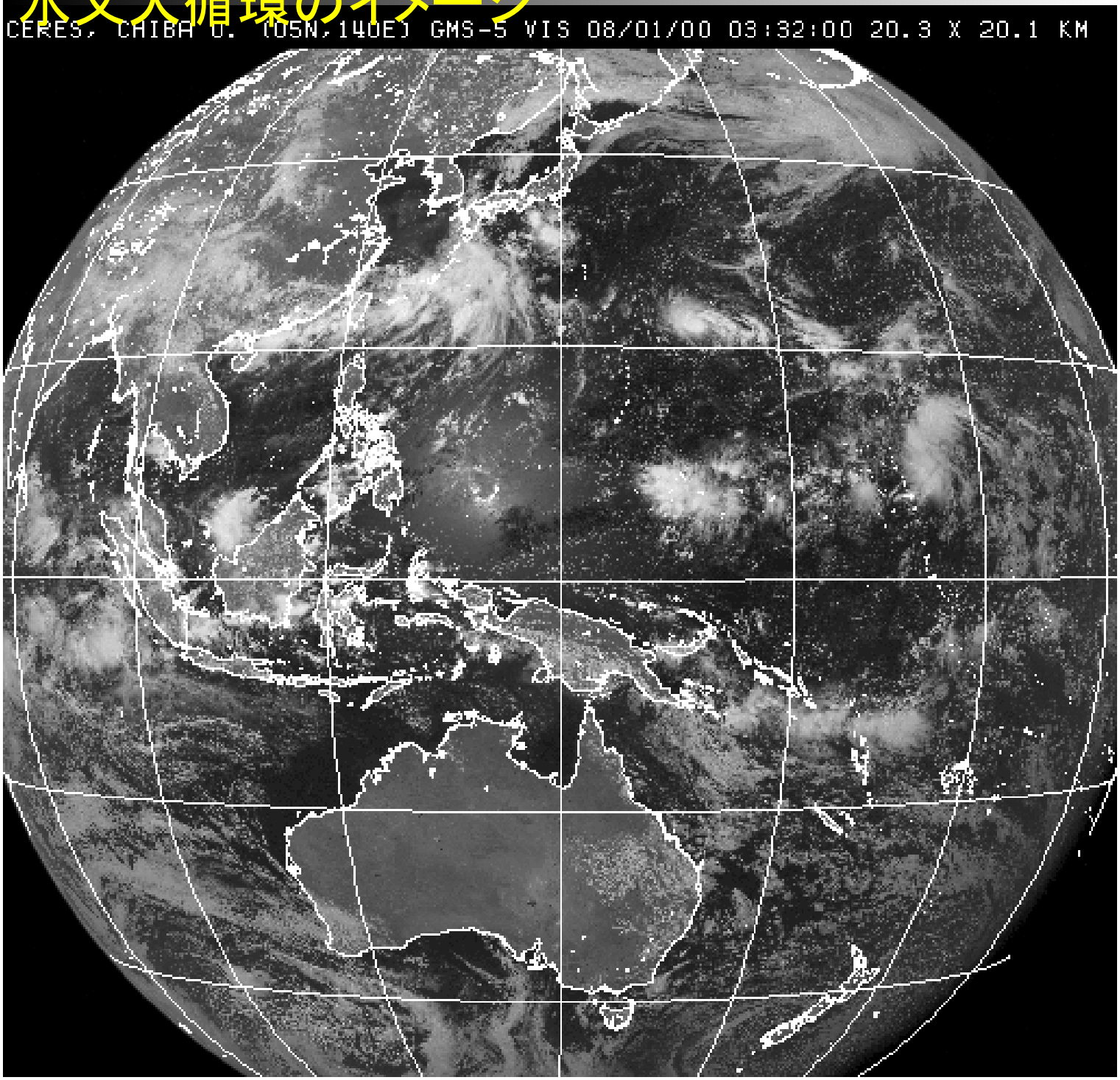
流域における水循環

水文小循環

都市の水代謝、谷頭部における水流発生機構

水循環（水文循環）という言葉の意味は時代とともに変遷した。今、ここで改めて確認しておきたい。

水文大循環のイメージ



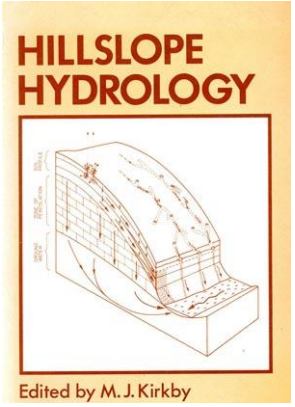
水文中循環のイメージⅠ　流域における水循環と水利用

（池淵ほか「水文学」、朝倉書店）

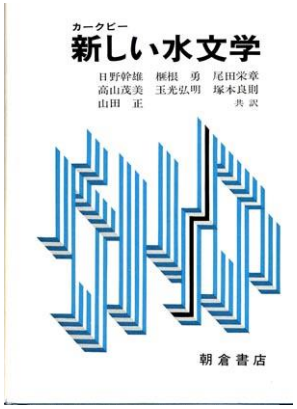
図 1.1　水の循環と水利用（国土庁水資源白書をもとに作成）

（利根川ダム統合管理事務所HP）

水文小循環のイメージⅠ　斜面水文学(Hillslope Hydrology)、谷頭部における水流発生



（1978）



（1983）

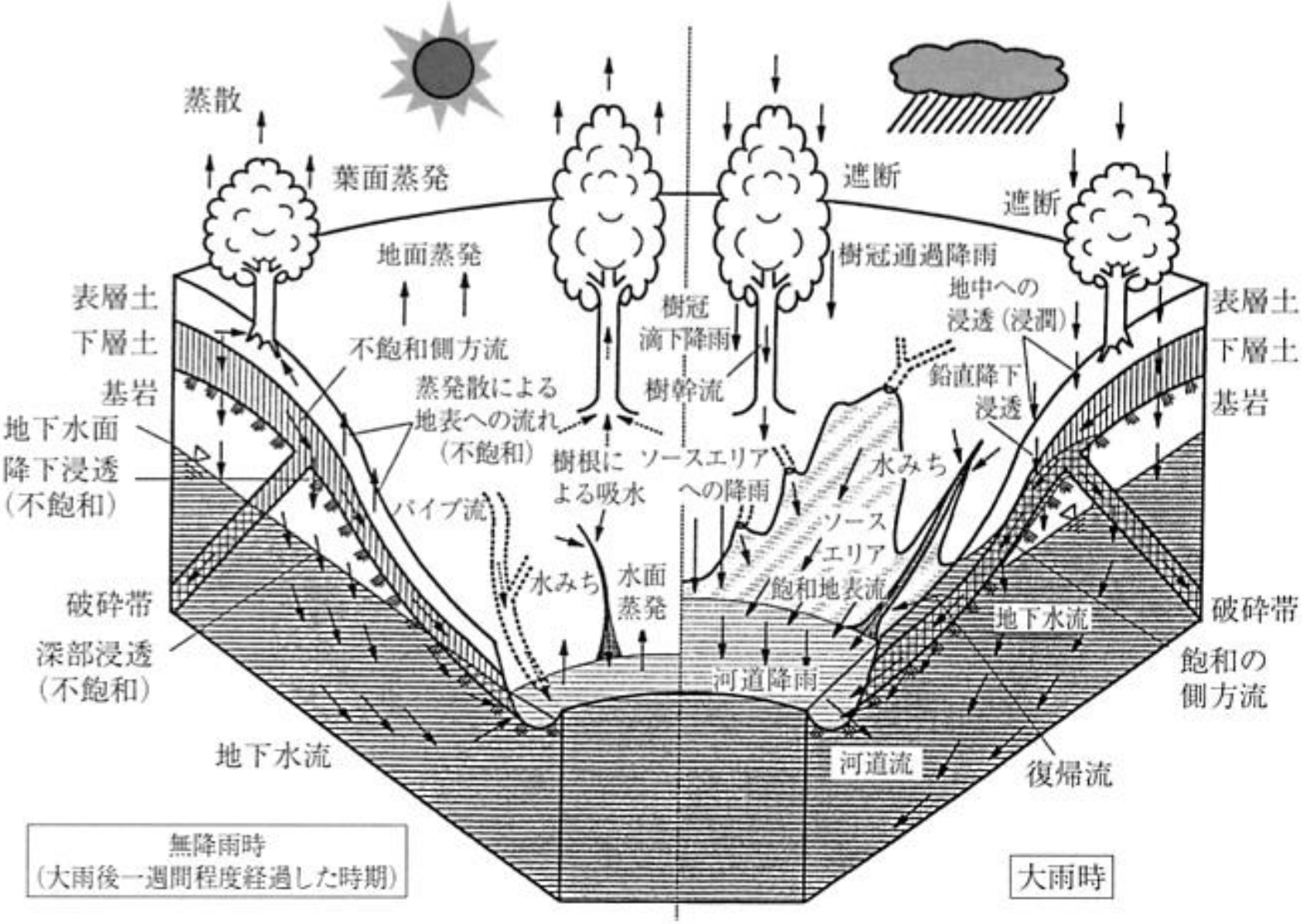


図 1.3　大雨時・無降雨時の斜面・河道系における雨水の移動[16]

（池淵ほか「水文学」、朝倉書店）

水文小循環のイメージⅡ　都市の水代謝

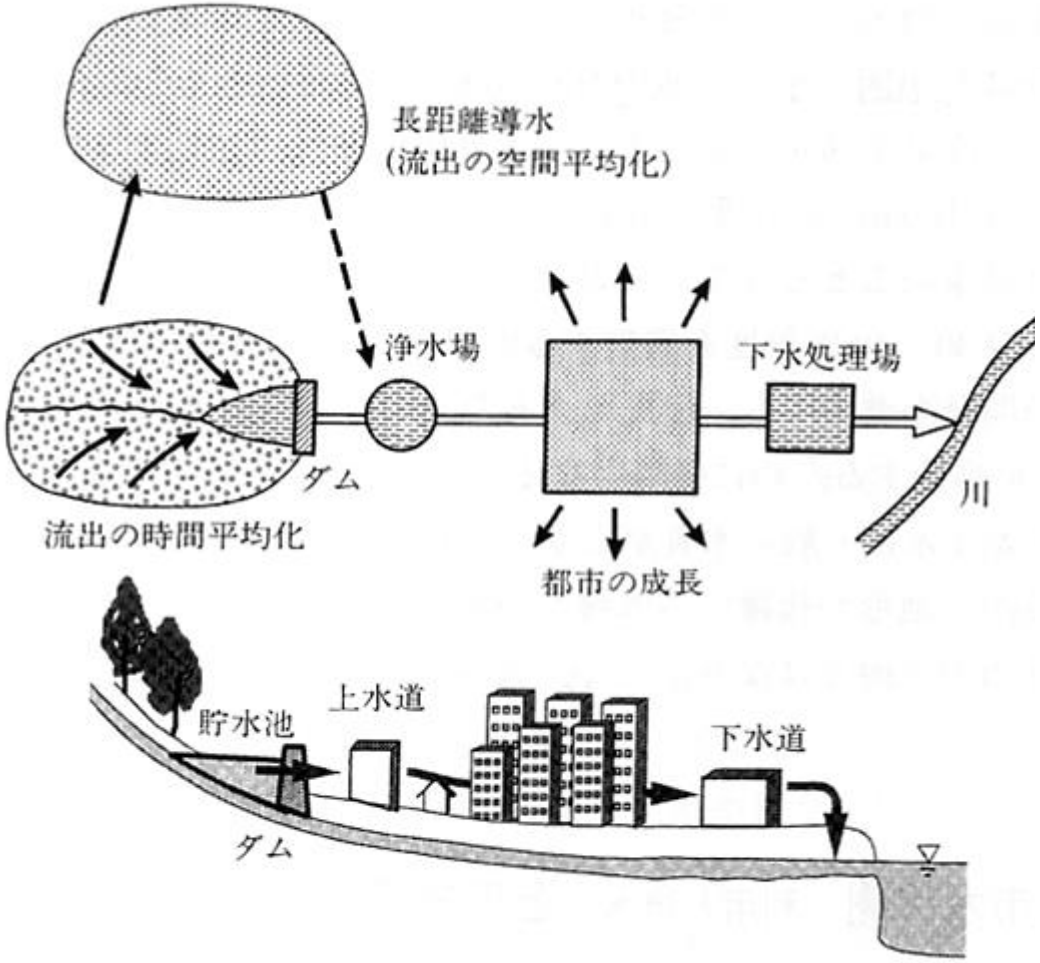


図 1.4　水文循環と都市・地域水代謝

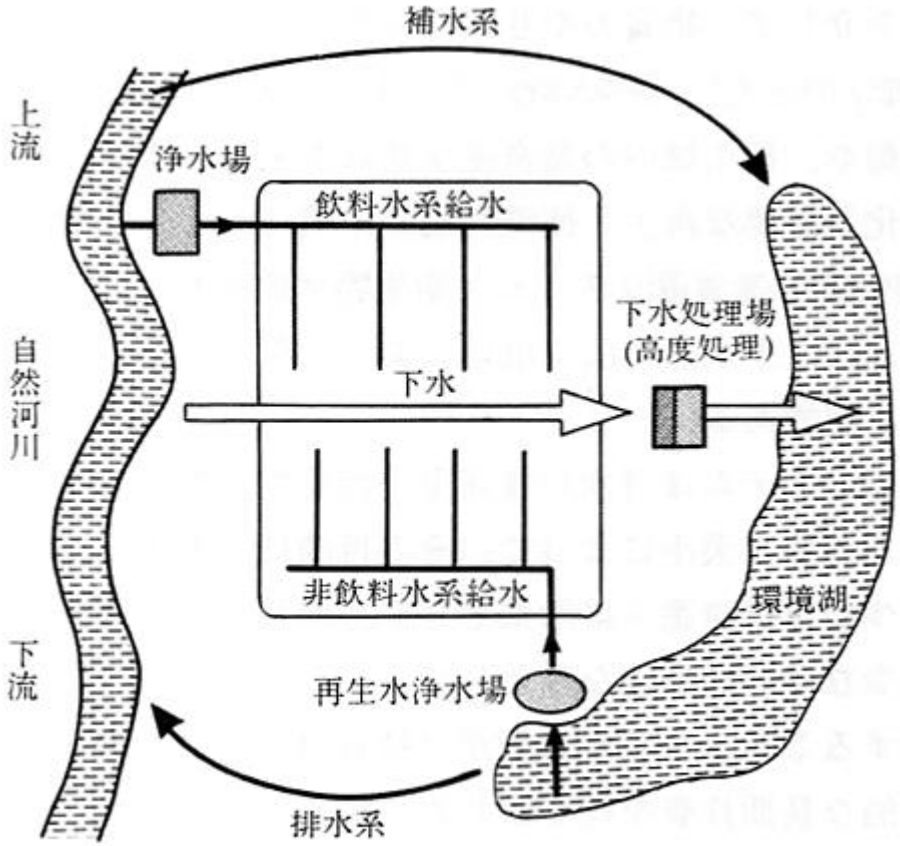


図 1.8　水環境圏（区）

環境湖の状態で都市住民は自分たちの水の使い方を見直すことができる

（丹保・丸山編「水文循環と地域水代謝」技法堂出版）

県営水道配水系統図

印旛沼は環境湖

我々の便利な生活は、コストをかけた施設によって、維持されています。熊谷はどうなっていますか？

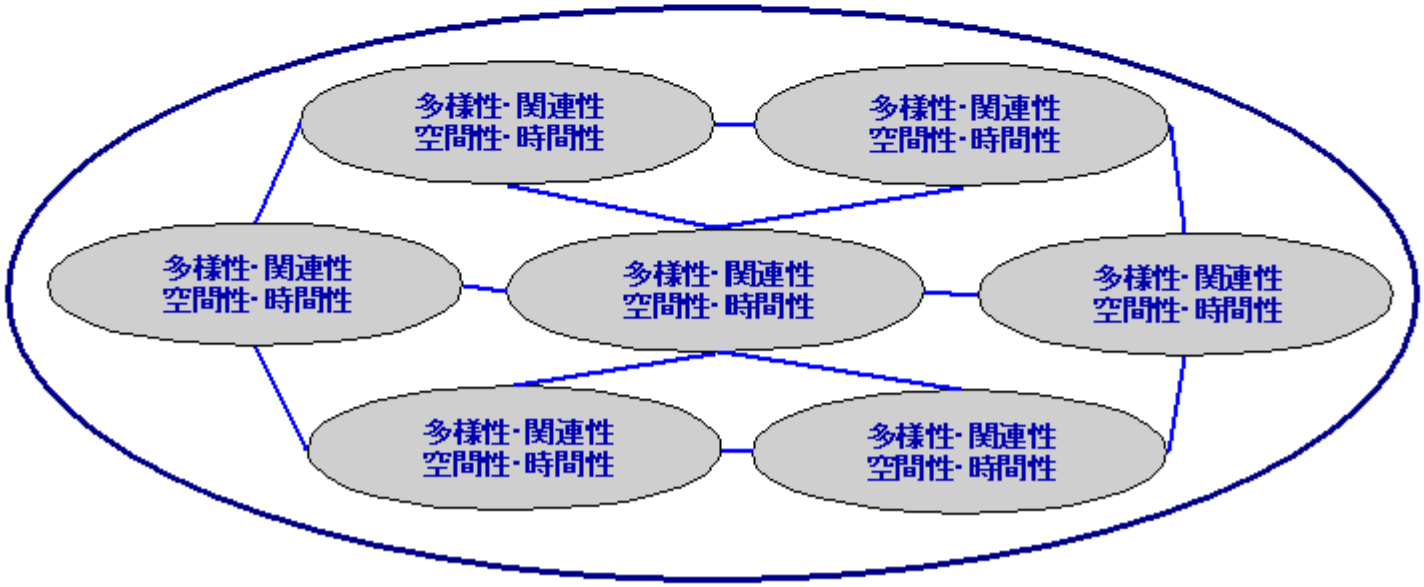
水文学は学際科学であり、環境学でもある

環境とは

- 様々な要素からなる　（多様性）
- 要素間に関連性がある　（関連性）
- 空間的に分布している　（空間性）
- 歴史を持つ　（時間性）
- 認識の仕方において階層性を有する　（階層性）

地域性

地域性を持つ特定地域の水文学も重要



水文学は“二つの科学”の両側面を持つ

デカルト(1596～1650)　　哲学者
ニュートン(1642～1727)　　自然哲学者(natural philosopher)
1830年代　科学者(Scientist)の登場
20世紀　科学技術として技術との結びつき

スノー(1905～1980)　二つの文化論
　人文的文化と科学的文化の間には超えがたい亀裂がある
クーン(1922～1996)　　科学革命の構造
　二つの文化の存在を科学論の立場から裏付け

ギボンズ　モード論

モード1：専門分野に依拠した伝統的な知識生産

モード２：専門分野を超えた知識生産
↑
環境問題への対応、地球環境問題は地域における人と自然の関係
問題の共有ではなく、解決の共有

水文学の世界へようこそ