

はじめに

千葉県立中央博物館では、平成元年のオープン以来、房総の自然と文化に関するさまざまな資料を収集保存し、その調査研究の成果を展示や講座・観察会を通して人々の生涯学習を支援する努力を行ってきました。当館のこのような活動は、従来の博物館内での活動に加え館に隣接する生態園や海・山の自然のフィールドへと拡張・発展させ、また近年では、新たな展開として学校教育との連携を重要視し活動しています。

当館の学校連携についてはまだ手探りの段階ですが、環境教育の面での連携については小・中学校を中心に着実な経験を重ね、平成10年度には学校団体へ博物館との連携に関するアンケート調査も実施しました。そして、その調査結果からは、博物館の資料や専門性に基づく体験学習や参加型展示の機会等が望まれている状況が明らかになりました。

今回の企画展は、水に関する子どもの学習を効果的に支援するとともに、当館の社会教育機能を、とくに環境教育の視点から強化することをめざしたものです。平成16年度に幸いにも文部科学省生涯学習政策局の「社会教育活性化21世紀プラン」事業の一つとして、「子どもとつくる博物館事業による博学連携のための社会教育、特に環境教育推進事業」の助成を受けることができ、子どもたちの水に関する経験・知識・疑問を聞き、それを元に展示企画を作ることができました。平成17年2月にはこの企画展のプレ展示も行いました。多くのボランティアの協力を得て、子どもたちを含め多くの方から評価をいただき、見直しを行い、今回の展示となったものです。このような事業は当博物館においては初めての試みであり、さまざまな困難もありましたが、多くの貴重な経験とともに大きな成果を得ることができました。

どうか県民の方々はもちろん多くの方々にこの企画展で水の不思議さ、面白さを体験していただきたいと存じます。

本ガイドブックは、水をめぐるさまざまな情報を企画展の流れに沿って解説したものです。企画展をきっかけに、私たちにとって不可欠な「水」をもっと知ってほしいという思いから、独立した読み物としても充分読み応えのあるものとして作りました。学校であるいは家庭で、親子で「水」を考えるヒントがたくさん入っています。本書がみなさんの「水」を考えるきっかけになれば、これに勝る喜びはありません。

本事業の実施にあたっては、子どもたちをはじめ本当によくの方々にご支援をいただきました。お世話になりました皆様に心からの敬意と謝意を表します。

千葉県立中央博物館館長

中 村 哲

目 次

はじめに	
口絵 1 水はどこにある？	1
口絵 2 水はどこにある？ 水の色は何色？	2
口絵 3 水のさまざまな姿	3
口絵 4,5 雲の名前をつけてみよう	4
口絵 6,7 水のある風景	6
口絵 8 子どもたちの学習風景	8
第 1 章 旅する地球の水	
1-1 宇宙の水・地球の水	12
1-2 雲 浮かぶ水	16
活動 ダイヤモンドダストをつくってみよう	
1-3 土 くつつく水	20
活動 くつつく水	
エッセイ 水展における博物館の役割	23
1-4 地下水 湧く水	24
活動 地下水学習キット，地下水迷路	
1-5 川 流れる水	26
1-6 湖沼 溜まる水	28
1-7 海 溶かす水	30
1-8 水 固まる水	34
1-9 植物 のぼる水	36
コラム 高い木を水がのぼるわけ	41
1-10 動物 育む水	42
活動 蒸発熱実験，あなたの体の中に水はどのくらいある？	
第 2 章 子どもとつくる展示	
本事業の経過	46
5年生の創作物語 「しずくちゃん物語」	49
出典・引用・参考一覧	目次裏
2005年 企画展関連	
①関連イベント	55
②主な展示品リスト	56
③謝辞協力者一覧	58

出典一覧および参考文献 (各項目初めは出典)

1-1 宇宙の水・地球の水

- 表1.1 理科年表平成16年(天5 9(133)), 丸善
表1.2 Oki T. (1999) In : Browning K.A. and Gurney R.J. eds., Global Energy and Water Cycles, Cambridge University Press.
図1.1 阿部豊 (2004) 東京大学地球惑星システム科学講座編, 進化する地球惑星システム, (図1を改変), 東京大学出版会
図1.2 Oki T. (1999), 図1.7を改変。出典元は表1.2と同様
—引用文献—
Korzun, V.I. ほか編, 1974 (ロシア語), 1978 (英語): World Water Balance and Water Resources of the Earth, UNESCO

1-3 土 くつつく水

- 参考文献—
岩田進午 (1989) NHK市民大学「土」を科学する, 日本放送協会出版協会
Moore, P.D. & Chapman, S.D. ed. (1986) Methods in Plant Ecology 2nd ed., Blackwell Scientific Publications.
小野周 (1980) 物理学One Point 9 表面張力, 共立出版
丹保憲仁・丸山俊朗(編) (2003) 水文大循環と地域水代謝, 技報堂出版
八幡敏雄 (1975) 土壌の物理, 東京大学出版会

1-4 地下水 湧く水

- 図4.2 千葉県教育委員会 (2000) 民俗文化財伝承・活用事業報告書「上総掘り」

1-5 川 流れる水

- 表5.1 沖大幹・虫明功臣 (1993) 世界の大河川と海洋における水収支, 生産研究, (表1を改変), 45 (7), 502-505
写真5.1 千葉県土木部河川海岸課・都市河川課 (1999) 千葉県の河川

1-6 湖沼 溜まる水

- 図6.1 印旛沼流域水循環健全化会議
千葉県土木部河川海岸課 (2004) 印旛沼流域水循環健全化緊急行動計画書
http://www.pref.chiba.jp/syozoku/i_kasen/inbanuma/01gaiyo/01gaiyo_05.html
図6.2 国土交通省土地・水資源局水資源部編 (2004) 日本の水資源 (平成16年版), 千葉県総合企画部水政課 (2004) 水のはなし, 千葉県土木部河川海岸課 (2004) 印旛沼流域水循環健全化緊急行動計画書 (を元に作成)
—引用文献—
Oki, T., M. Sato, A. Miyake, S. Kanae, and K. Musiake (2003) In A.Y. Hoekstra ed. Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade., IHE DELFT

1-7 海 溶かす水

- 表7.1 Culkun, F. (1965) In J.P.Riley and G.Skirrow ed. Table 1, Chemical Oceanography. Vol.1, Academic Press.
図7.1 Broecker, W. S. (1991) The great ocean conveyor.(の図を改変) Oceanography.4 (2)

1-8 氷 固まる水

- 参考文献—
前野紀一 (2004) 新版水の科学, 北海道大学図書刊行会

1-9 植物 のぼる水

- 参考文献—
Fahn, A (1982) Plant anatomy 3rd ed., Pergamon Press.
Kramer, P. J. and Boyer, J. S. (1995) Water relations of plants and soils, Academic Press.
ラルヘル, W. (2004) 植物生態生理学 (第2版), 佐伯敏郎・館野正樹監訳, シュプリンガー・フェアラーク東京株式会社
増田芳雄 (1977) 植物生理学, 培風館
Moore, R. and Dennis Clark, W. (1995) Botany, Vol.1 Plant Form and Function, Wm. C. Brown Publishers.
Salisbury, F. B. and Ross, C. W. (1985) Plant Physiology 3rd ed. Wadsworth Inc.
タイム ライフ ブックス編集部 (1974) ライフ ネイチャラ ライブラリー「植物」, タイム ライフ ブックス

1-10 動物 育む水

- 参考文献—
上平恒 (1990) 生命からみた水, 共立出版
飛田美穂 (1997) 水とからだ, 東海大学出版会
中室克彦・上野仁 (2003) 水は健康を育む, 丸善
週間朝日百科 動物たちの地球35 生物圏の構造3 水の奇跡 (1992) 朝日新聞社

—全般—

- 上平恒 (1977) 水とは何か ミクロに見たそのふるまい, ブルーバックスB-335, 講談社
大森博雄 (1993) 地球を丸ごと考える5 水は地球の命づな, 岩波書店
久保田昌治・西本右子 (2003) これでわかる水の基礎知識, 丸善
高橋裕ら編 (1997) 水の百科事典, 丸善
フィリップ・ボール (2000) H₂O—水の伝記—, ニュートンプレス
米山正信 (2000) 科学のドレミファ7 水—このふしぎなもの, 黎明書房

第1章

旅する地球の水



宇宙の水・地球の水

宇宙では水はありふれた物質です。しかし、星の表面に液体の水が存在する星はこれまでに観測されたことがなく、地球は類い稀な星といわれます。地球では、水は気体(水蒸気)・液体(水)・固体(氷)と三つの状態に変化でき、このことによって水の循環が成り立っています。

Q 水はいつできたの？

A ビッグバンにより、水素原子とヘリウム原子ができました。原子が集まって星ができ、その内部で酸素原子が作られました。その星が爆発して酸素が宇宙空間に放出され、水素と酸素が結合して水ができました。

水(H₂O)は水素原子2個と酸素原子1個が結合した化合物(分子)です。

ビッグバンにより素粒子ができ、それらが融合して軽い元素の核ができました(**核合成**)。温度が下がると、核が電子を捕まえていられるようになり、水素原子が生まれました。宇宙の質量のおよそ70%が水素で、残りの大半がヘリウムです。ビッグバンにより合成された物質が重力によって凝縮され、恒星となりますが、恒星の内部では、水素の核が融合して重い元素ができます(**核融合**)。その星が爆発することによって、宇宙空間に酸素が放出されて、水素と化合して初めて水ができました。

酸素は、水素やヘリウムよりはるかにその量は少ないですが、宇宙で三番目に多い元素です(表1.1)。宇宙空間には水素分子が多量に存在しますが、これ以外に、一酸化炭素、シアン化水素、メタノール、アンモニア、ホルムアルデヒド、エタノール、それに水、ケイ酸塩を含む小さな粒やすず(炭素、氷に覆われている場合が多い)が存在しています。

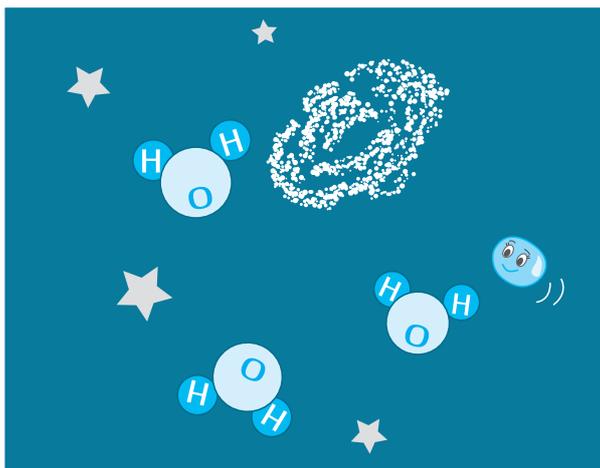


表1.1 太陽系の元素組成 上位10種類

原子番号	元素	組成
1	H (水素)	2.79×10^{10}
2	He (ヘリウム)	2.72×10^9
8	O (酸素)	2.38×10^7
6	C (炭素)	1.01×10^7
10	Ne (ネオン)	3.44×10^6
7	N (窒素)	3.13×10^6
12	Mg (マグネシウム)	1.074×10^6
14	Si (ケイ素)	1.00×10^6
26	Fe (鉄)	9.00×10^5
16	S (イオウ)	5.15×10^5

注：ケイ素を 10^6 個あるとしたときの原子数比

Q 太陽系の惑星のどこに水があるの？

A 口絵1ページを探してみましょう。

太陽系がどのように作られたのかを見てください(図1.1 太陽系形成の概念図)。

約46億年前、一つの星間雲が収縮をはじめ、原始太陽とそのまわりを回転する円盤状ガス雲の原始太陽系星雲が誕生しました。星雲の温度が下がるにつれて、その中から微細な塵のような固体粒子が凝縮をはじめ、岩石主体のダストと氷主体のダスト層に分かれます。

これらのダスト層から、多数の微惑星ができ、これらが衝突合体して惑星系ができました。内側の水星、金星、地球、火星は比較的小さく密度が高く固い球体です。小惑星より外側では、巨大なガス体である木星や土星、凍りついた天王星、海王星、冥王星があります。彗星は大部分が氷になった揮発性ガス(水が多い)に鉱物の塵がちりばめられており、泥まみれの雪玉から噴き出た宇宙の噴水と表現されています。

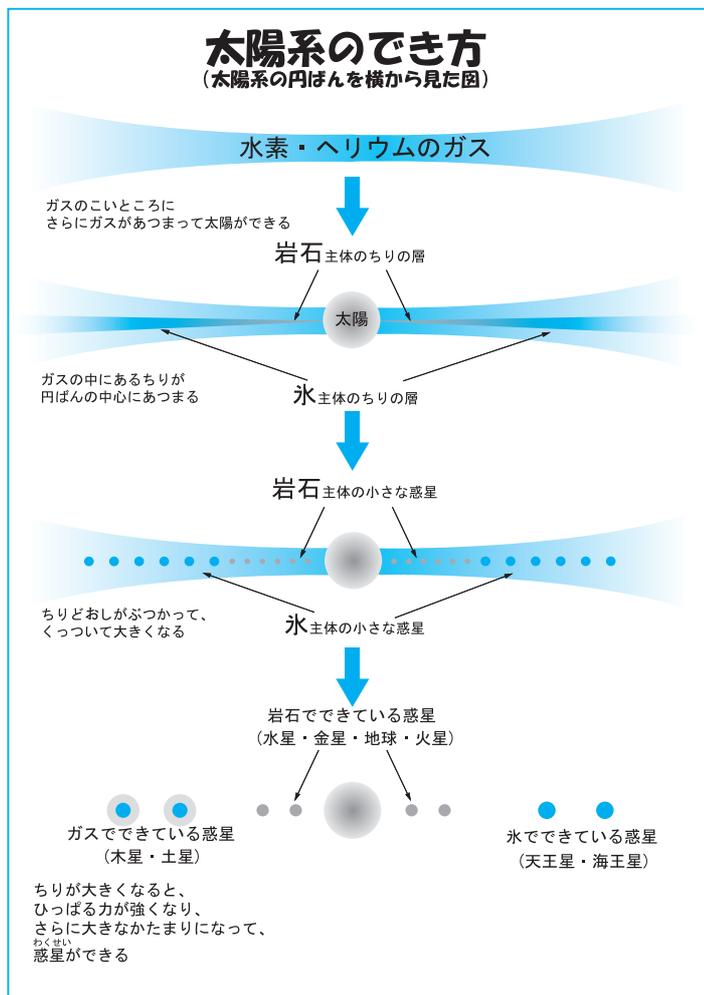


図1.1 太陽系形成の概念図

Q 水が地球を循環しているのなら、最初の水はどこからきたの？

A 微惑星が衝突して地球ができましたが、その微惑星に水が含まれていたと考えられています。

水が地球に取り込まれた過程として、水や窒素や二酸化炭素などの揮発性成分は微惑星から供給されたという考えがあります。地球に降ってくる隕石は、惑星になりそこなった破片ですから、その組成から微惑星の組成を推測することができます。隕石のなかでもっとも多い揮発性物質は水で、炭素質コンドライトとよばれる隕石には質量比で6%もの水を含むものがあります。地球は水惑星といわれますが、海の質量は地球全体の0.027%しかありません。

微惑星が衝突すると、高温高圧状態となり、固体物質に含まれていた揮発性物質が抜け出します。ある程度の質量のある惑星では、揮発性物質の一部は失われますが、水は保持されます。また、水蒸気はマグマに融けやすく、惑星内部に戻されます。

Q 地球だけにどうして液体の水があるの？

A 地球が、太陽からちょうどよい距離にあり、水が液体となる温度を保っているからです。

地球は水が液体で存在できる条件にちょうど合うように太陽からちょうどよい距離(温度)にあり、また水を保持するのにちょうどよい大きさと環境(水蒸気が宇宙に逃げ出さない重力、気圧)を持ち、しかも都合よく惑星本体が冷えることなく活発な火成活動が維持され内部から水が供給されるために、星の表面に液体の水が存在できると考えられています。

Q 地球の水の量はどのくらい？

A 約14億km³あります。

14億km³という和多いと感じますが、たとえば地球を直径1mの球体とすると、水の量は667ml、500mlペットボトル1.3本分にしか過ぎません。地球上の水の量とその割合を表に示します。この中で人が利用できる淡水資源は地下水の一部、湖水の約半分、雨、河川水ときわめてわずかです。しかし、水は地球上を循環しており、上手に利用できれば持続的な使用が可能な資源です(図1.2)。

表1.2 地球上の水の量

水が存在形態	体積(km ³)	体積比(%)
海洋	1,338,000,000	96.539
氷河・万年雪	24,064,100	1.736
地下水	23,400,000	1.688
永久凍結層地域の地下水	300,000	0.0216
湖水	176,400	0.0127
土の中の水(土壌水)	16,500	0.0012
大気中の水	12,900	0.0009
湿地の水	11,470	0.0008
河川水	2,120	0.0002
生物中の水	1,120	0.0001
合計	1,385,984,610	

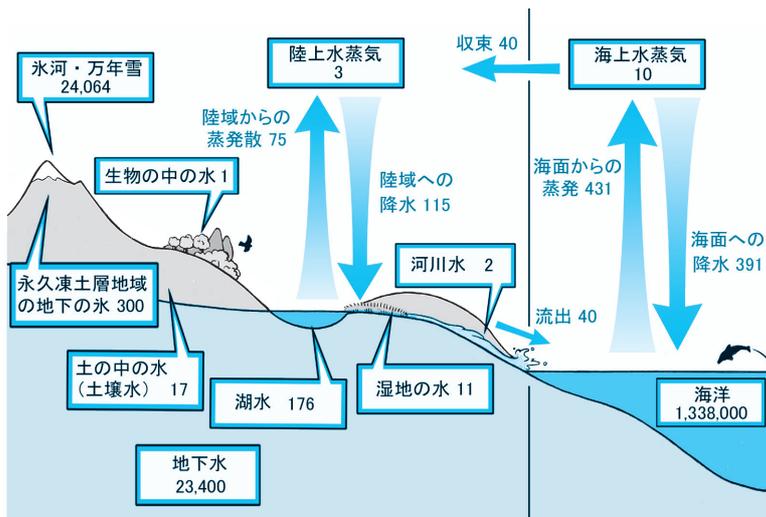


図1.2 地球上の水循環と水収支

(□の中の数字は存在量。単位は千km³、矢印のところの青数字は移動量。単位は千km³/年)

表1.2の水の量をどうやって推定したのでしょうか。Korzun(1978)の推定方法は次のとおりです。

●海

地球表面の71%が海で、この面積を3億6130万 km^2 (A)とする。海の平均の深さは3.704km(B)とする。海の体積は $A \times B$ で求める。

●氷河・万年雪

世界各地の万年雪および氷河の面積とその厚さから体積を求め、集計。

●地下水

地下水面より下の地層の間隙または岩石の亀裂や空洞を満たして、重力によって流動できる水を地下水という。大陸の地殻2000mを3つの層に分けてその体積を計算。その体積に空隙率をかけて、地下水を計算。上層；浸食地域、空隙率15%。中層；海水面上部、空隙率12%。下層；海水面から2000m深さまで、空隙率5%。

●永久凍結層地域の地下の水

いくつかの調査結果(20万から50万 km^3)の平均をとる。

●湖水

湖面積が100 km^2 を超える145の湖沼の体積を集計すると、16万8000 km^3 (A)という値がでる。これら以外の小さな湖の体積を5%と仮定し、 $A \times 1.05$ で求める。

●土の中の水(土壌水)

地下にあっても、地表近くの地下水面より上部にある場所で、土の粒子の間隙を埋めている水。陸地のうち、氷や万年雪で覆われている地域、永久凍結層地域、乾燥地域を除く55%の面積を8200万 km^2 とし、深さ2mの土の中に10%の水があるとして計算により求める。

●大気中の水

1万2900 km^3 とし、計算方法の説明はなし。

●湿地の水

湿地の面積を268万2000 km^2 とする。旧ソ連の調査結果を参考にし、湿地の泥炭層の厚さの平均値4.5mをかけ、求められた湿地の体積は1万2070 km^3 (A)。そのうち95%が水として計算。 $A \times 0.95$ 。

●河川水

1本の川の水の体積は、流速を1m/秒と仮定して河口の平均流量 \times 川の長さ \times 係数(0.4)で求められる。主要な河川とその支流の体積を大陸ごとに集計。

●生物中の水

生物量を 1.4×10^{12} t (A)とし、生物の平均水分量を80%とする。 $A \times 0.8$ 。

今私たちが参考にしてしている水の量はこのように多くの仮定を立てて得られたものです。年ごとの気候変化や季節変化を考えると、これらの数字には大きな変動幅があることがわかります。しかし、これらの概算の結果、私たちが利用できる淡水資源はきわめて限られた量しかないこともわかります。

人間活動の結果、地球温暖化が懸念されています。現在、多くの機関が力を合わせて地球の観測を続けています。地球の水の量一つをとってみても、正確な値を出すことが困難な作業であることは容易に想像できると思います。与えられた数字がどのように求められ、その精度はどの程度なのかを理解して、数字が持つ意味を考えたいと思います。

(小川かほる)

雲 浮かぶ水

大気中の水は、水蒸気や雲(小さな水滴や小さな氷の粒からできています)として存在します。その量は1万2900km³で、地球全体の水の0.0009%を占めると計算されています。大気中の水は、陸地や海から水が蒸発することによってもたらされます。反対に、雨となって地上に降りそそぐことによって減少します。こうして、大気中の水は平均して約10日間という短い期間で、次々と入れ替わっています。



Q 雲はどうやってできるの？

A 私たちに見える雲は、小さな水滴や氷の小さな粒の集まりです。海や陸からは、水がさかんに蒸発してたくさん水蒸気ができますが、水蒸気は見ることはできません。しかし、水蒸気を含んだ空気が上昇しながら次第に冷えていくと、水蒸気が水や氷の小さな粒に変わり、雲として私たちの目に見えるようになるのです。

Q 雲や霧は湯気と同じ？

A 雲や霧は、主に小さな水滴の集まりからできています。白く見える湯気の正体も小さな水滴です。湯気は水蒸気(気体)だと思っている人がいますが、それはまちがいです。水蒸気は目では見えません。湯気は、お湯から蒸発した水蒸気がすぐに冷やされて小さな水滴に変わったもので、これが白く見えるのです。湯気が広がると、小さな水滴は再び蒸発して水蒸気になります。

Q 雨が降るしくみは？

A 日本付近で雨を降らせる雲の中には、小さな水滴と氷の小さな粒(氷晶)の両方が存在します。このとき、水滴から氷晶へ水蒸気が移動して氷晶が大きくなります。大きく成長した氷晶は落下し、水滴やまわりの粒もくっついて、地面まで落下するものが雪です。しかし、たいていは気温の上昇とともに落下の途中で融けて、雨となります。

空気中含むことのできる水蒸気の量は気温によって変化します。1 m³の空気中含むことのできる水蒸気の最大の量を、**飽和水蒸気量(単位g/m³)**といい、気温が高いほど飽和水蒸気量は増加します。飽和水蒸気量を超えて水蒸気が供給されると、水蒸気は水に変わります。こうして水蒸気が水に変わることを**凝結**といいます。また、気温が下がる場合は、飽和水蒸気量が減少するために、空気中含みきれなくなった水蒸気が水に変化(凝結)します。

空気が上昇すると、気圧が下がるため、しだいに空気は膨張して温度が下がります。これを**断熱膨張**といいます。水蒸気を含んだ空気が上昇すると、しだいに温度は下がり、飽和水蒸気量が減少するために、空気中含みきれなくなった水蒸気が小さな水粒や小さな氷の粒に変化します。これが**雲の粒(雲粒)**です。

このように水蒸気が雲粒に変化するときは、何も無いところより、煙や小さな塩の粒などが存在した方ができやすくなります。これを**凝結核**といいます。飛行機雲は、飛行機のエンジンから吐き出された排気ガスの粒子を凝結核として雲が発生したものです。

雲の中では上昇気流が発生しています。雲粒はたいへん小さいため、わずかな上昇気流でも持ち上げられてしまい、なかなか落ちてきません。

雨は多数の氷晶や水滴からつくられます。小さな水滴は、0℃以下になっても氷にならずに液体の水のままにすることがあります。これを**過冷却水滴**といいます。さらに冷やされると、一部は凍って**氷晶**になります。こうして雲の内部には凍らない水滴(過冷却水滴)と氷晶の両方が存在するようになります。同じ気温では氷面に対する飽和水蒸気量は、過冷却水面に対する飽和水蒸気量より小さいので、氷晶には回りの水蒸気が集まってますます大きくなるとともに、水滴は反対に水蒸気となっていきます。こうして成長した氷晶が落下する途中に、他の氷晶や過冷却水滴がくっついて雪になります。さらに雪が互にくっつくと、大きな雪片になります。この雪が落下途中で融けたものが雨です。このように、日本付近で降る雨は氷晶が大きな役割を担っています。このように降る雨を冷たい雨といいます。これに対し、熱帯地方など暖かいところでは、氷晶はできず、水滴の衝突だけで大きくなって雨が降ります。これを温かい雨といいます。

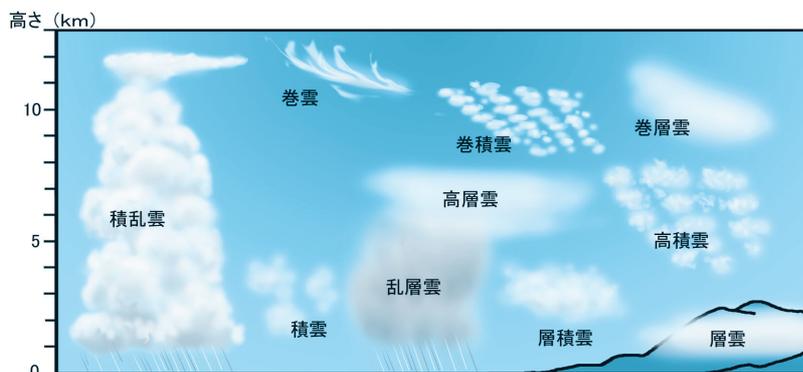


図2.1 雲の種類と生成高度

雲の種類とでき方

雲は、地表付近から高さがおおよそ13kmまでの大気中で発生します。地表付近に発生する雲は小さな水滴からできていますが、高いところに発生する雲は小さな氷の粒になっています。氷の粒からできている雲は、水滴からできている雲よりも明るい感じの雲になります。

雲は高さと形で10種の雲形に分類されます。高さ5～13km付近にある**巻雲(すじ雲)・巻積雲(うろこ雲)・巻層雲(うす雲)**という上層の雲、2～7km付近にある**高積雲(ひつじ雲)・高層雲(おぼろ雲)・乱層雲(あま雲)**という中層の雲、そして2km以下にできる**層雲(きり雲)・層積雲(うね雲)・積雲(わた雲)・積乱雲(にゅうどう雲)**という下層の雲に分けられます。乱層雲から比較的穏やかな雨や雪が降り、上層

にまで発達した積乱雲からは強い風を伴った激しい雨や雪が降ることがあります。

雲が発生するのは、上昇気流が起きたときです。たとえば、太陽光線によって地面が温められると、地面近くの空気も暖められて膨張し、軽くなって上昇気流となります。上空では気圧が低くなるため、空気はさらに膨張して温度が下がります。このときに、空気中の水蒸気が小さな水滴に変わって雲が発生します。モクモクと発達した大きな積雲や積乱雲(これらをにゅうどう雲といいます)は、このような強い上昇気流によって発生した雲です。雲にさまざまな形が見られるのは、こうした発生のしくみや高さ、雲の粒のちがいなどによるものです。

雲の色は太陽の光を反射したもので、日中はだいたい白く見えます。しかし、影の部分が灰色に見えたり、朝日や夕日が当たって黄色や橙色に見えたりすることがあります。

湯気は雲や霧と同じ水の粒

水が沸騰して立ち上る湯気は、雲や霧の粒と同じ、水の小さな粒がたくさん集まったものです。しかし、沸騰している湯のすぐ上は透明で何も見えません。その上から真っ白な湯気ができています。水蒸気は目に見えず、それが冷えて水滴になると白い湯気になるのです。

そして、立ち上った湯気は再び見えなくなります。水滴が蒸発して再び水蒸気になったのです。地上(1気圧)では、100℃以上では水はすべて水蒸気になり、それ以下の温度では空気中に含むことができる分だけ水蒸気になります。雲や霧は空気中に含むことができなくなった水蒸気が水滴(あるいは小さな氷)となったものなのです。

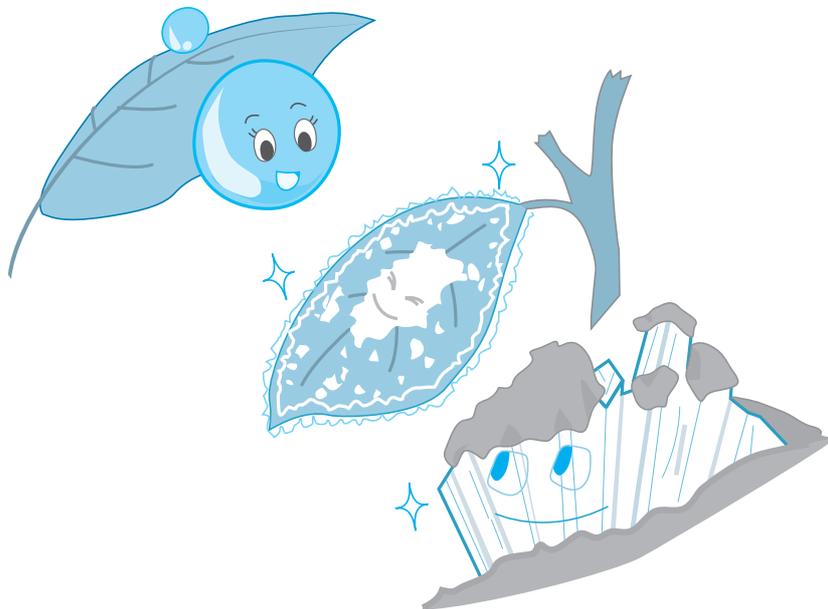
露・霜・霜柱

夜、**放射冷却**(物が外へ熱を出して(放射)冷える(冷却)ことをいい、ここでは地面の熱が夜どんどん大気に出ていってしまい温度が下がり、それが空気中に伝わること)によって気温が下がってくると、空気中の水蒸気の一部が液体の水に変化(凝結)して、地面や草など、地表近くにあるものに付着します。これがつゆ(露)です。氷を入れたコップの周りに、空気が冷やされて付いた水滴と同じです。

霜は、晴れて冷えた冬の朝に、地面や植物などに付着する氷の結晶をいいます。これは、空気中の水蒸気が直接氷の結晶になったもので、これを**昇華**(ものが固体から液体にならず直接気体、またはその逆、気体から固体になる現象)といえます。

霜柱は、土中の水分が土の粒のすき間を通して上昇し、地面近くで冷えて氷になったものです。そして先にできた氷や土を押し上げるように柱状に成長します。霜柱は、水が毛管作用で上昇しなければならないので土の中の温度は0℃よりも高く、地表面の温度が0℃以下のときにできます。

露と霜は空気中の水蒸気からできたものですが、霜柱は地中の水分が凍ったものです。



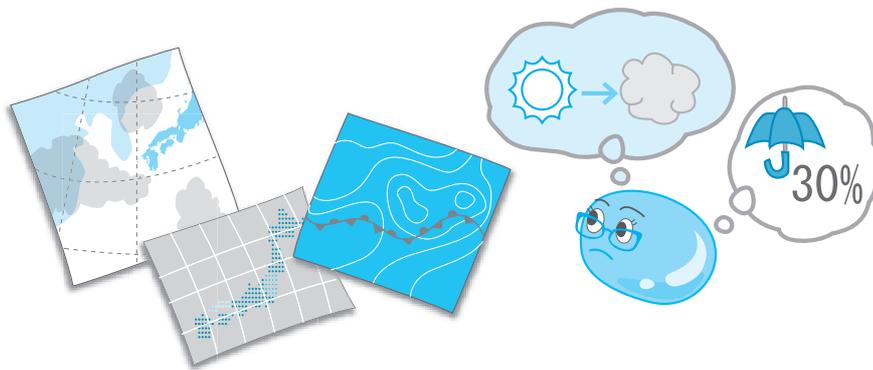
Q 天気予報はどうやって出す？

A 地球上の多くの場所で気温、気圧、湿度、雲量、降水量、風向、風速などを観測しています。また気象衛星や気象レーダーなどからも情報を得ています。そのデータから、コンピュータなどによってその後の大気の状態を予測し、これまでの経験などを踏まえて、予報官が各地の天気予報を出しています。

天気予報がない時代は、^{かんてんぼうき}観天望気かんてんぼうきといって、雲の変化や風の向き・強さ、そして湿気などさまざまな自然の状況から、その後の天気を予測していました。

しかし現代では、人間の直接の観測以外にも、たくさんの自動気象観測装置があり、ラジオゾンデ(気象観測用の気球)やレーダー、気象衛星などを利用して、天気予報を出すようになりました。地上天気図によって、地表付近の風や雲の広がりが見えます。また高層天気図によって、高・低気圧の動きや盛衰、気温の変化、台風の動きを予想しています。また、雨雲の分布を知るレーダー画像や、地球規模で雲の様子を知ることができる気象衛星画像も予報に大きく役立っています。しかし、気象現象はたいへん複雑であるため、人間のこれまでの経験による判断も天気予報には必要です。

(武田康男・田辺浩明・小川かほる)



活動

ダイヤモンドダストをつくってみよう

手順

- 1) 冷凍庫内に黒い布(紙)をはってマイナス20℃くらいまで冷やす
- 2) 懐中電灯で光をあてながら、息を吹きこむ。中の様子を観察する
- 3) 白い雲のなかで、エアキャップをつぶす。変化を観察する。

解説

小さな氷の粒が輝きながら空を漂うのがダイヤモンドダストです。透明な雪の結晶や小さな氷の粒が太陽の光を受けて輝いているものです。とくに、冷えた朝、晴れた空から降るのがきれいです。気温が氷点下十度以下で、水蒸気がたくさんある時に起こりやすいです。よく見るとプリズムのように色分けされていることがあります。

ダイヤモンドダストは室内でもつくることができます。冷凍庫やドライアイスなどで冷やした容器に息を吹き込んで、氷点下十数度で過冷却水滴がたくさんある状態をつくります。その中でエアキャップ(通称パッチン)などを割ると、その衝撃(断熱膨張)でまわりの過冷却水滴が一瞬で凍り、小さな氷の粒となります。そこに懐中電灯などで光をあてると、キラキラとたくさんの輝きが見られます。

土 くつつく水

地面に降った雨は土の中へと浸み込んでいきます。土は、小さな土の粒からできています。土の粒の間にはたくさんの隙間があります。その隙間には、水や空気、さまざまな微生物、動植物の遺体やその腐ったものが入り込んでいます。土の中の水の量は1万6500km³、地球の水の0.0012%を占めると計算されています。土の中の水の一部は、土の中を下って地下水になり、一部はのぼって地表面から蒸発し、一部は植物の根に吸収されます。土の中でも常に水は動いています。

土の中をのぼる水

土は、スポンジや雑巾のように水を吸います。乾いた土を管に入れて管の端を水に浸けると水はゆっくりと土の中をのぼっていきます。乾いた雑巾や紙の端を水につけると水が浸み上がっていくのと同じことです。浸み上がった水は落ちずにそこに留まります。

Q 水は上から下に流れるのが普通なのに、なぜ土の中や雑巾の中をのぼっていったり、落ちずに留まっていたりすることができるのですか？

A 水は、狭い隙間があると、そこに入り込んでしまう性質があります。これを毛細管現象といいます。土の粒と粒の間には小さな隙間があります。雑巾も糸と糸の間に狭い隙間があります。その狭い隙間に水は重力に逆らってもどんどん入り込んでしまいます。

毛細管現象

水は細いガラス管を勝手にのぼっていく性質があります。ガラス管が細ければ細いほど高くのぼります。一度入った水は、吸い出したり、振り回したり、乾かしたりしない限りなかなか出てきません。管でなくても狭い隙間にも水は入っていきます。土にも、とても狭い隙間がたくさんあります。その狭い隙間に水が毛細管現象で入り込んでいきます。ただし、水が入っていくのは狭い隙間をつくっている物が、濡れやすいもの(親水性の物質)の時に限ります。水をはじくようなもの(疎水性の物質)でできた狭い隙間からは水は出ていこうとしますが、入っていくとはしません。

テンシオメーター

乾いた土や雑巾は、たくさんの水を吸おうとしますが、水を吸って湿ってくるとその力は弱まり、さらにたくさん吸って飽和してしまうとそれ以上はもう吸わなくなります。土が乾いているときほど土は力強く水を吸おうとします。テンシオメーターは、土が水を吸い込む力(圧力)を測定する装置です(図3.1)。テンシオメーターは、中に水を入れて栓をし、先端の白い素焼

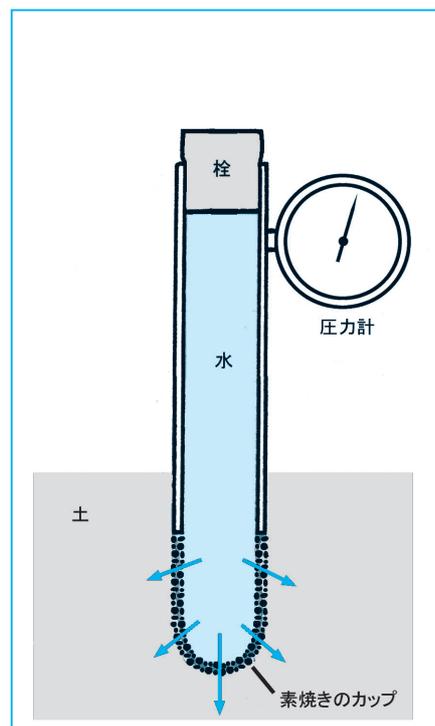


図3.1 テンシオメーター

きのカップを土に埋めて使います。素焼きのカップには、水を通すことのできる微細な穴があいています。土は、テンシオメーター内の水を吸い込もうとします。水を吸い込もうとする圧力が高いということは、それだけ土が乾燥していることとなります。圧力が低い場合は、土は十分湿っていることとなります。テンシオメーターを使うと土の質に関わらず土の湿り具合がわかります。

土の吸水力

乾いている土にテンシオメーターを挿すと、テンシオメーター内の水を土が吸おうとして内部が陰圧になります。テンシオメーターと、逆さまにした注射器を図3.2のようにつなぐと、注射器中の水が引っ張られて、重いおもりを持ち上げることができます。

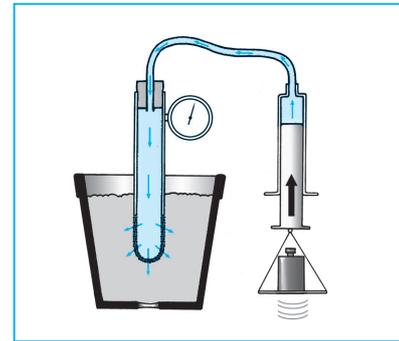


図3.2 土の吸水力

Q 大雨の時のように、たくさんの水が土にしみ込んだとき、水はどこへ行くのですか？

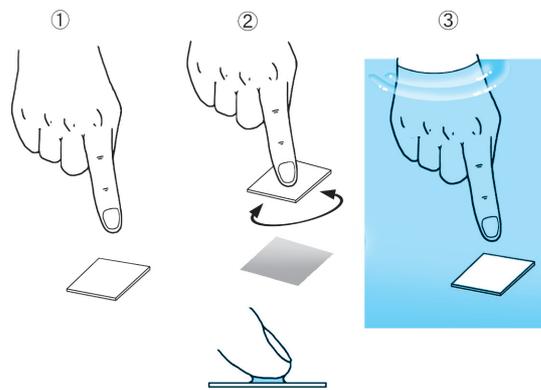
A 雨がたくさん降って、土が降ってくる水を持ちきれなくなると、水は土の中を降りていくか、土の上を流れていきます。植木鉢に水をたっぷり入れると、底の穴から水が出たり、あふれたりするのと同じです。土の中を降りていく水は最後には地下水になります。

水が土の表面を流れていく速度に比べて、土の中を水が降りていく速度はとてもゆっくりです。あまりに遅いので、地下水にたどり着く前に次の雨水が上からしみ込んでくることがあります。山では、しみ込んで地下水となった水が、麓で泉となって湧き出てくる場合があります。湧き出た水は川となって平野に流れていきます。きまぐれに降る雨が土のおかげで、絶え間ない川の流れにかかります。山の土は、降った雨を貯めて少しずつ川に流すダムのような働きをします。人間の造ったダムとちがうところは、地下から湧き出る水がダムの水とちがってとてもきれいなことです。土の中を水がしみ込んでいく間に、水がきれいになるからです。

活動 やってみよう！

くっつく水

アルミホイルの切れ端を、乾いた指につけようと思ってもつきません(①)。でも、指をぬらすと簡単に指にくっつきます。しかも、ついている切れ端を動かすと、くっついたまま動きます(②)。こんどは、切れ端をくっつけたまま指を水につけると、簡単にはずれません(③)。水には物と物とをくっつける性質がありますが、その力は強くなく、また水の中ではその性質はなくなります。



物をくっつける水の性質

物をくっつける水の性質

水にはもともと物と物とをくっつける性質があります。たとえば、本のページをめくるときに指にツバをつけるとめくりやすくなります。水をつけてもページの紙は指にくっついて、めくりやすくなります。ただ水が物をくっつける力はポンドのように強くはありません。本のページもすぐに離すことができます。しかも、水でくっついたものはくっついたまま自由に動かすことができます。ただ面白いことに、水の持っている「物をくっつける性質」は、水の中ではなくなります。ごみのついた指を水にひたすと、何もしないのにごみはずれます。この性質をうまく使っているのが雑巾です。雑巾をぬらすと、ほこりがつくようになります。ほこりのついた雑巾を水の中ですすぐと、ほこりが水の中に落ちて、雑巾がまた使えるようになります。水が持つ物をくっつけるという性質は、空気中でしか現れません。

粘土と水のビミョーな関係

粘土はもともと小麦粉や白玉粉のように非常に微細な粒子からできています。その粒子同士が水の力でくっつく、くっついていて自由な状態になります(図3.3)。粘土が適度に湿っているときに限り、ダンゴのようにまるめたり、伸ばしてひもにすることができます。先に述べたように、水の持つ物をくっつける性質は水の中ではありません。したがって、あまりに粘土が湿りすぎると、粘土の粒子がくっつかなくなり、まるめたりすることができなくなります。土に限らず、小麦粉でうどんをつくるときにも、そば粉でそばをつくるときも、白玉粉で白玉をつくるときでも水が多過ぎても少な過ぎてもうまくできません。

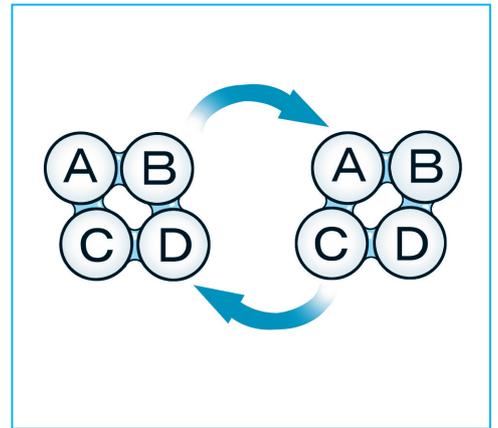


図3.3 自由に動く粘土の粒

Q 大雨が降るとどうして土砂崩れが起こるのですか？

A 土の中の水が多過ぎると、水に浸した粘土のように、水の力でお互にくっついていた土の粒がばらばらになってしまいます。土も水を吸って重くなります。そうすると、崖のようなところでは、土砂崩れが起こります。

川や池の岸も、水に浸っているところはドロドロで、踏み込むと足を取られます。岸の上のほどよく湿っている土だと硬くて歩きやすくなっています。砂浜でも、砂が乾き過ぎている場所も歩きにくいし、水に浸かっているところも足をとられて歩きにくくなっています。粘土と水の関係のように、砂がほどよく湿っているときに、砂粒同士が比較的固くくっついているので、そういう場所は歩きやすくなっています。

Q 晴れた日が続くと土の中の水はどうなるのですか？

A 土の表面に日が当たると、表面の土は乾きます。乾いた土は水を吸収しようとします。そこで、土の中の水は、湿っている深いところから乾いている表面の方に動き始めます。

晴れの日が続くと、土の中の水はどんどん上に向かって動いて、地表面から水蒸気となって空気中に消えていってしまいます。そうすると、土が日に日に乾いていきます。雨が降ると土の中の水は下に動き、晴れた日には、水は上に動きます。植物の根が土の中の水を吸うと、根の方に向かって水が移動します。土の中の水は目では見えませんが、他の多くの水と同じように絶えず動いています。(由良 浩)

博物館の表現箱としての機能——アーティストの立場から

そもそも展示会という以上何かカテゴリーなり、コンセプトというものがあるはずだ。今回は、『水展』という名のとおりに、『水』がテーマだから、少々厄介である。大概の箱、つまり博物館は、「水」の「美しいところ」「きれいなところ」だけ取り扱うものだ。しかしこの箱、千葉県立中央博物館は、どうやら違うらしい。

一般に、『水』の三態(気体、液体、固体)というが、これは、水の状態変化のことで容易に想像がつく。しかし、これはきれいな水が前提になっているような気がする。水が何色であるかという議論は置いて、とにかく、汚れていない水が素材になっている。でも水はいつもそんなにきれいではない。泥水。黄色、あるいは茶色、土の混じった水だ。見た目も、においもひどい。しかし、この水を、飲まざるを得ない人々がいる。飲まされている子どもたちもいる。たとえば、カンボジアの子どもたち。何の屈託もなく、ゴクゴクと飲み干してしまう。それでは、と飲もうとすると、『だめ!』という。私たちが飲むと、下痢を起こし、病気にすらなりかねないからだ。「こんな水は飲んではいけない」と、この水を子どもたちに飲ませている大人が私たちにいった。気遣いはうれしいが思わず考えさせられてしまう。とにかくこの水を飲まないと生きていけない状況があり、子どもたちは何の疑問もなく、実においしそうにこの水を飲んでいる。彼らにとっては『おいしい水』なのだろうか。

さて、『おいしい水』って何だろう? 博・学連携の一環で、小学校で授業をやったときに、聞いてみた。だがこれが本当に難しい。いろいろな答えが出た。

「レモン水」「砂糖水」「蜂蜜の入ってるやつ」

「でもそれらは全部水に何かが混じってるんだろう?」

という、みんな沈黙。もう一度聞いてみた。「おいしい水ってどんな水?」

お互い顔を見合せてしまった。

結論として出たのは、①臭いがない②色がない③味がない——であった。

なんと、おいしい水には味がないのだ。このコペルニクスのパラダイムシフトは何だ。

無味乾燥、無色透明、臭いがないのがおいしい水なのだ。

しかし、「水臭い」という表現もある。もともと「におい」のないものをたとえて「くさい」とは何事なんだろう。この表現は主に関西方面で出沒する表現らしい。

たぶん、酒を造るときに、大阪人らしく、けちって、水で薄めたのだと思う。アルコール分が薄まることを指して、「水臭い」と表現しているのだ。標準語では、「水っぽい」に当たると思う。

「水に流してくれ」なんていい方もある。人間、忘れられることとそうでないことがあるが。「みずみずしい」なんてさわやかな若々しさを表わした表現もある。さらに「水もしたたるいい男」。……なにやら国語学の講座のようになってきた。表現者としての「みず」は善玉にも悪玉にもなれる変わり身の早さがあるようである。それを扱う博物館はたいへんである。

私はギタリスト(アーティスト)としての表現者。博物館は人の入れる器としての表現箱。

表現者の私を刺激してやまない「みず」。『行く川の流れば絶えずしてしかももとの水にあらず』に代表される無常観。滝の音から想起されるリズム。波の音の中にある、えもいわれぬグルーブ。私の右脳が常に刺激される。

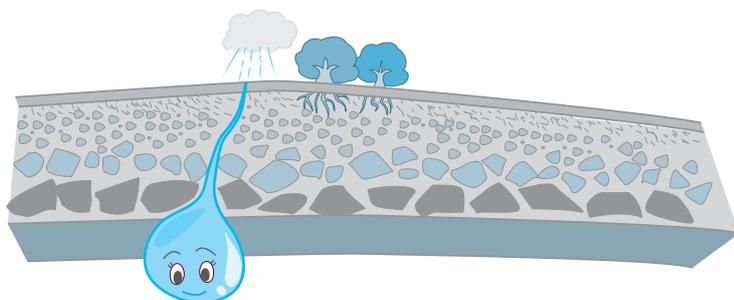
表現箱の博物館を刺激してやまない「みず」。たくさんのオーディエンスを魅了してやまないだろう。

私は博物館の共同研究員として、博物館に敬意を表すると同時に新しい博物館を創造していきたい。音楽家と博物館。一見何のつながりもないようだが、奥のところで密接な関係がある。

高谷秀司(たかたに・ひでし 大阪府生まれ。ギブソン専属契約ギタリスト、千葉県立中央博物館共同研究員)

地下水 湧く水

地下水は、地下水面以下の隙間を満たして、重力で動くことができる水です。地球の地下水の量は2340万km³と計算されていて、世界の水の量に占める割合は1.688%です。地面に降った雨は土の粒子の隙間や岩石の割れ目を通してゆっくりと移動し、湧水として再び地表に現れることもあります。



Q 土の中にある水はすべて地下水なの？

A いいえ、ちがいます。「地下水面以下の隙間を満たし」、「重力で動く」ことができるという2つの条件を満たしている水だけが地下水と呼ばれます。

土の中には、土の粒など(固体)や土と土の隙間に空気(気体)や水(液体)が存在しています。地下水面より上であって土の粒子の間を部分的に埋めている水のことを**土壌水**(土中水)といいます。地下水は、地下水面以下の、土粒子の隙間や岩石の亀裂や空洞を満たして、重力で動くことができる水です。したがって、地下水面以下にあっても土粒子に吸着された状態の水(吸着水)や、鉱物の結晶水のように容易に取り出すことのできない水は地下水とはいいません。

地表面近くであって、その地下水面の圧力が大気圧と釣り合った状態の地下水を**不圧地下水**といい、地下水の上部に難・非透水層があり、大気圧よりも大きな圧力がかかっている場合は**被圧地下水**といいます。

地下水が多く存在するのは、砂や礫のように透水性が大きいところや、固い岩石でも亀裂や割れ目が多いところで**帯水層**といいます。透水性のやや小さいシルト(砂と粘土の中間の粒径を持つもの)は**半透水層**、粘土は**難透水層**、水を通さない岩盤は**非透水層**とよばれます。

井戸水は帯水層から地下水をくみ上げているものです。井戸の中でも、地下水がこんこんと湧き上がっていて、ポンプを使わなくても使うことができるものもあります(自噴井戸)。千葉県では養老川の上流、小櫃川および小糸川沿いでこの自噴井戸を数多く見ることができます。

また、地下水が自然に再び地面に出てきたものを**湧水**といいます。千葉県では崖下沿いに多く見ることができます。

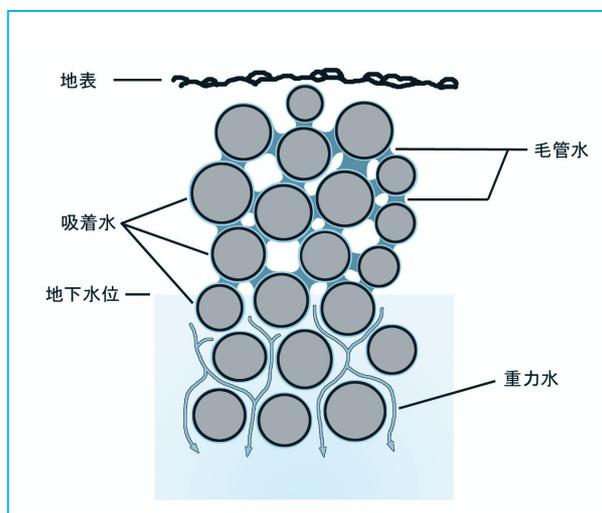


図4.1 地下水と土壌水の関係

地下水学習キット

子どもたちが地下水の流れや、湧水、自噴井戸のしくみなどを、実際に触れて学習できるように開発したものです。

実験① 雨を降らせて見よう

霧吹きで森のところに雨を降らせます。井戸の中の浮き注の動きを見てください。崖の下から水が湧いてきます。これが湧水です。

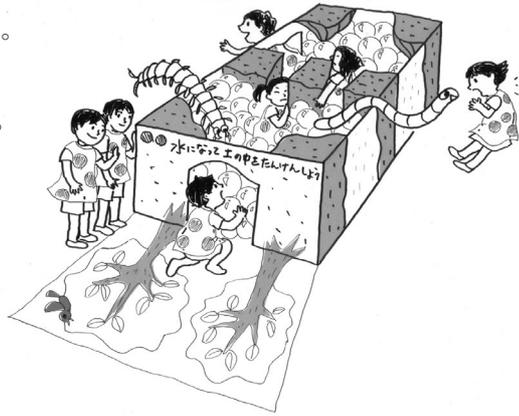
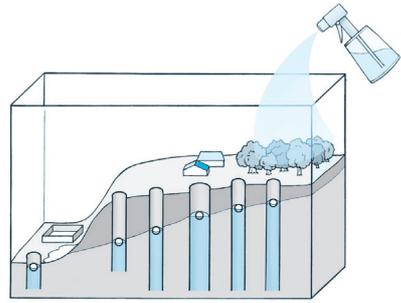
注：浮きの位置まで砂粒の間に水が溜まっていることがわかります。

実験② 井戸水をくみ上げてみよう

まわりの井戸の浮きの動きがどうなるかよく見てください。

実験③ 井戸を作ってみよう

このキットのどこに井戸を掘るといいかな？



地下水迷路

地面に降った雨はどこに行くのかな？

水になって土の中を探検しよう。

Q 上総掘りって何ですか？

A 機械を使わずに、竹など自然にあるものを道具にして、人の力で井戸を掘る方法です。この方法だと少人数で深さ数百メートルまで掘ることができます。上総地方には自噴井戸が多く、井戸を掘ったあとは地下水が自然に湧くという自然のエネルギーをうまく利用した方法です。

上総掘り

明治時代に、千葉県の小櫃川小糸川流域で考案された井戸の掘削技術です。もともと慢性的な水不足地域だった上総では、長年水資源開発が望まれていました。この地域は地下数百メートル（被圧地下水帯）まで掘ることができると、大量の水が自噴する井戸が手に入ることが分かりました。当時の技術で数百メートル掘るのはとても無理かと思われましたが、この地域の地層がやわらかいため機械力がなくても容易に掘ることができること、丈夫な孟宗竹を手に入れやすかったことから可能になったものです。

その後改良が加えられ、明治時代中頃に「上総掘り」技術は完成しました。

この技術は3、4人の少人数で数百メートルの深さまで掘削できるものでした。この地方の名を冠して「上総掘り」と呼ばれ、全国各地に普及しました。その後機械によるボーリング技術の普及に連れ、上総掘りは次第に忘れ去られていくようになりましたが、日本の数々のNGOによってアジア・アフリカ各国に紹介されてたくさんの上総掘り井戸が生まれ、開発途上国の水資源問題解決に役立っています。

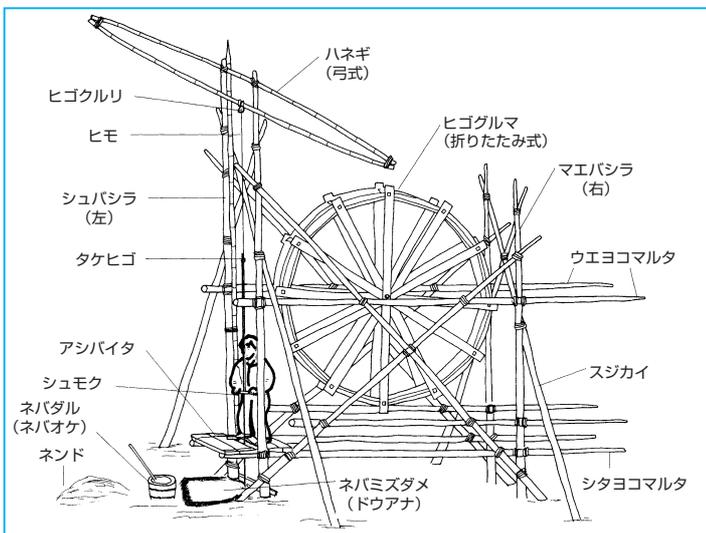


図4.2 上総掘りイメージ

(小川かほる・安曾潤子)

川 流れる水

雨が降ると、地表に落ちた水は高いところから低いところへ流れていきます。地形に低いところや谷があると、そこへ水は集まってきます。やがて水は一つの道筋となって流れていきます。これが川です。世界の川を流れている水の量は2120km³で、地球全体の水の量の0.0002%を占めると計算されています。

Q 川の水が海にとどくまで何日かかるでしょうか。

A 上流に降った雨は、小さな川では数日、大きな川の場合は10日以上もかかって海へ辿り着きます。途中に湖などがあると、もっと時間がかかる場合があります。

Q 毎日、川の水が海に流れ込んでいるのに、海の水が増えないのはなぜ？

A 海の水は、常に海面から蒸発しているからです。

地球の表面から水は蒸発しますが、雨・雪となって降ってきます。蒸発量と降水量を比べると、海上では降水量より蒸発量が、陸上では蒸発量より降水量が多くなっています。その差に相当する量の水が河川水または地下水として海に流出しています。(宇宙の水・地球の水 図1.2参照)。

地球の表面近くに存在する水は、海水、氷河、河川水、湖沼水、地下水、大気中の水(水蒸気や雲など)に分けられます。水は、これらの中を状態を変えながら、あるものは速い速度で、あるものはゆっくりと移動(循環)しています。

ときにはこれらの移動に偏りが生じて、湖が干上がったたり、反対に洪水が起こったりすることがありますが、そうしたことが起こっても、地球全体の水の総量は変化しません。

Q 川から海に流れ込む水と海から蒸発する水は、海洋ごとにバランスはとれているの？

A いいえ。もし海がつながっていなかったら、大西洋とインド洋は干上がってしまうと計算されています。

降水量と蒸発量は地域によって異なります。陸地から海洋に流れ込む水の量は河口の位置により決まるため、海洋ごとに異なります。各海洋で年降水量と年蒸発量との差に陸地から流れ込む水の量を加えると、海洋ごとに1年間の水収支が得られます(表5.1)。大西洋、インド洋は蒸発量が多く、陸から海洋への流出量を加えてもマイナスの値となり水が不足し、太平洋と南極海は水が増えます。しかし、各海洋はつながっているため、大西洋、インド洋の不足分は太平洋から供給されています。

表5.1 各海洋別の年間水収支

	面積	大気水蒸気収束量* (A)	降水量	蒸発量	陸から海洋への流出量 (B)	(A+B)
	100万km ²	1兆t/年				
北太平洋	76.6	7.6	129.1	121.5	8.0	15.6
南太平洋	99.1	-6.4	138.4	144.8	3.2	-3.2
北大西洋	43.5	-12.3	48.7	61.0	5.4	-6.9
南大西洋	45.8	-8.9	37.0	45.9	6.1	-2.8
インド洋	70.8	-8.9	84.4	93.3	0.1	-8.8
南極海	10.6	2.0	3.4	1.4	3.7	5.7
全海洋	346	-27	441	468	26	

*降水量-蒸発量=収束量

Q 川の水は地形にどのようなはたらきをしているのでしょうか。

A 地形を作り出しています。この力は、水の勢いが強いとき、たとえば洪水や土石流の際に大きくなります。

川の水は高いところから低いところへ流れながら土砂を削りとったり、土砂を運んだり、土砂を積み重ねたりします。こうしたはたらきが何千年、何万年も続くと、山が削られて低くなったり、深い谷ができたり、浅い海底が埋め立てられて陸地(平野といいます)ができたりします。水の流れは地形を作り出すはたらきがあるのです。東京都や埼玉県、千葉県に広がる関東平野は、こうした川のはたらきによって作られた地形です。

地面を削るはたらき…**侵食作用**

土砂を運ぶはたらき…**運搬作用**

土砂を積み重ねるはたらき…**堆積作用**

川原へ入ってみると、場所によって丸い石が転がっていたり、砂があったり、泥があったりします。これらはすべて川を流れる水が運んできたものです。川の流れをよく見ると、砂や泥の粒が水といっしょに流れていく様子を観察することができます。これらの石や砂、泥は、川の上流で削りとられたものです。川の上流では、流れが速く土砂を削り取る侵食作用が強くはたらきます。これらの土砂は川の流れによって運ばれてきます。川原に見られる丸い石は、川の流れで運ばれている途中でほかの石とぶつかったり、砂に削られるなどして角が取れて丸くなったものです。

やがて下流になると流れは緩やかになり、運ばれてきた土砂は堆積するようになります。川が海や湖に注ぐところ(河口)では、大量の土砂が堆積して遠浅の海岸(干潟)を作ったり、三角州とよばれる地形を作ったりします。

Q 養老川では、昔から「川廻し」という工事が行われていたそうですが、「川廻し」とはどんなことでしょうか。

A 川廻しは、川の流れの近道を造る工事のことをいいます。

市原市を南北に貫いて流れる養老川は、流域面積245km²、長さ75kmの二級河川で、その流域は泥や砂でできたやわらかい地層です。水の力で侵食されやすく、川は深い谷を作り、また右へ左へと曲がりくねりながら流れていました(これを蛇行といいます)。

養老川は蛇行が激しく、大雨が降ると簡単に水が溢れ出し、洪水などの災害がひんぱんに起きました。そこで、川の近道を造って洪水の被害を防ぎ、水運を便利にし、併せて耕作地(主に田)を拡大できる川

廻しの技術が発達しました。養老川流域はやわらかい地層できているため、機械のない江戸時代でも工事を行うことができました。こうした工事は現在でも続けられていて、平成元年から6年にかけて、妙香から上原(いずれも市原市)にかけての大きな曲流に川廻しの工事が行われました(写真5.1)。



写真5.1 養老川の蛇行部分の川廻し(左:改修前,右:改修後)

(田辺浩明・永島絹代・小川かほる)

湖沼 溜まる水

川は水が流れているのに対して、湖は水が溜まったところで、川の一時休憩所といえます。湖に溜まった水は17万6400km³で、地球の水の量の0.0127%を占めると計算されています。

Q しょっぱい湖があるって本当？

A 乾燥した地域の湖や沼は、入ってくる水の量よりも蒸発してしまう量が多く、水が出て行く川がありません。そのため、水の中に溶けている塩が溜まってしょっぱい湖や沼ができます。

湖水1ℓ中に500mg以上の塩類を含むものを塩水湖、それ未満のものを淡水湖とよびます。塩水湖には、海水が直接または間接に入ったものもありますが、多くの塩水湖は砂漠など大陸内部の乾燥地帯で流入河川が運んできた塩類が濃縮されてできたものです。

世界中の湖水量は17万6400km³ですが、このうち約48%が塩水です。淡水湖沼に存在する水は地球上の全淡水量の0.26%に過ぎませんが、人が利用しやすい水資源です。

Q 印旛沼が汚れているって本当ですか？

A はい。残念なことに、昭和40年代以降水質汚濁が進み、水道水源の湖沼では、全国ワースト1の水質です。あなたも印旛沼の再生のために行動して下さい。

印旛沼は、千葉県北部に広がる下総台地のほぼ中央に位置する海跡湖で、昭和30年代までの印旛沼は面積25.8km²、W型をした大きな沼でした。昭和44年に完成した干拓事業によって面積が半減し、北印旛沼、西印旛沼に分かれた形になっています。都市化の結果、雨水が地下に浸透する量が減り、湧水量は減少し、降雨時の流出量が増加しました(図6.1)。

昭和30年以降、沼の西側流域から都市化が進行し、流域の人口が増えるに従い、汚濁が進みました。下水道の整備などにより、家庭や事業所からの水の汚れは徐々に減っていますが、農地や市街地などから降雨時に流出する汚れがなかなか減りません。また、沼の中では河川から流れ込んだ窒素やリンが栄養となって、植物プランクトンが大量に発生し、沼の汚濁の要因の一つとなっています。印旛沼の水質を改善し、水害被害のない安全な印旛沼にするため、多くの人々の努力が続けられています。

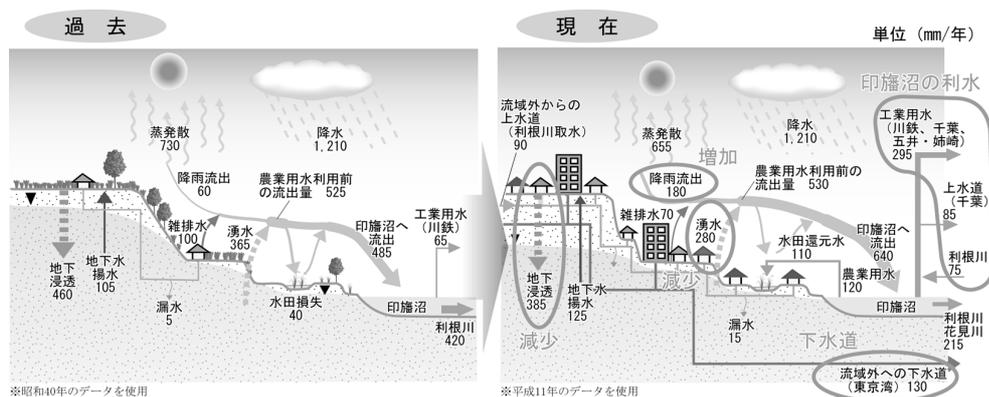


図6.1 印旛沼流域水循環の変化

Q 印旛沼の水は何に使われているのですか？

A 印旛沼は工業用水、農業用水、生活用水に利用されています。

印旛沼は工業用水、農業用水、生活用水のほか、内水面漁業に利用されています(図6.2)。平成14年度の利水状況は3億m³/年ほどで、このうち工業用水が55%、農業用水が30%、生活用水が15%と、工業用水にもっとも多く利用されています。千葉県全体の水利用では、農業用水約79%、生活用水約13%、工業用水約8%ですから、工業用水の利用が突出していることがわかります。

歴史的にみると、印旛沼は第二次世界大戦後、洪水を防ぎ食糧の増産をめざして、干拓工事がはじめられました。京葉工業地帯の発展に伴って工業用水として水源が開発されその後、人々の生活用水を沼から取ることになりました。印旛沼は千葉県にとって大切な水源です。

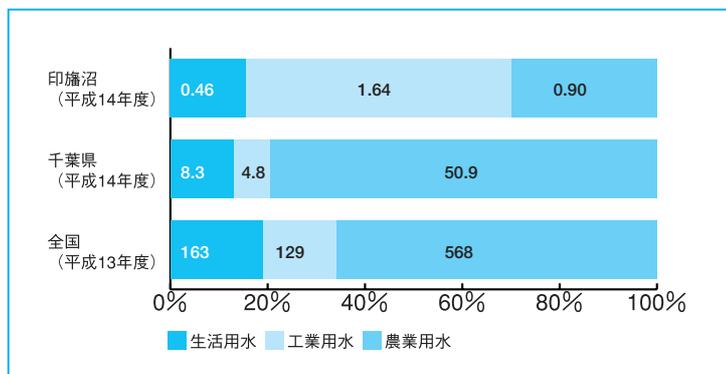


図6.2 水使用量 (億m³/年) と割合

Q 食べ物をつくるために必要な水はどのくらいですか？

A たとえば、牛丼並盛り1杯で、約1890ℓです！

米や野菜、肉、そして加工食品の生産には水が必要です。米や小麦などを生産するのに必要な水資源量は、基本的には単位面積あたりに投入された水資源量と、単位面積あたりの収穫量から求めることができます。

$$\text{水消費原単位} = \text{全投入水量} / (\text{単位面積あたりの収量} \times \text{歩留まり率})$$

$$\text{全投入水量} = \text{単位面積あたり1日の水消費量} \times \text{育成日数}$$

米は生育期間中毎日15mmの水が必要と仮定し、1ヘクタール当たり6.46トンの収量、育成日数を100日、玄米にするときの歩留まり率を72%、精白米にするときの歩留まり率を65%として、精白米1トンを作るのに3600m³(トン)の水消費原単位が求められます。

牛丼はご飯の上に牛肉と玉ねぎを煮たものをかけて作ります。表6.1に東京大学生産技術研究所の沖研究グループが試算した水使用量を示します(調味料をつくるのに必要な水は省略しています)。このように、食料の生産には大量の水が使用されています。

さて、日本の食料自給率はカロリーベースで約40%といわれています。同上の沖研究グループの試算によると、日本が輸入している穀物5品目、畜産製品4品目と工業製品(2%に過ぎない)に含まれる水の量は約640億m³/年であり、これは日本国内の農業用水使用量約568億m³/年(平成13年)の値を上回っています。ある国が農作物や工業製品を輸入しているとします。もし、それらを自国内で生産するとしたら必要になる水資源を仮想水(バーチャルウォーター)といいます。日本では、仮想水の輸入量が1人当たり直すと約500m³/年と計算されています。

国内での水資源使用量750m³/年と比較すると、日本人は暮らしに必要な水資源の半分近くを海外の水資源に頼っていることがわかります。

(小川かほる)

表6.1 牛丼一杯作るために必要な水の量

	重量(g)	水消費原単位(重量比)	水使用量(ℓ)
肉	70	20600	1442
玉ねぎ	20	158	3
ご飯	260	1700	442
計			1887

海 溶かす水

海は地球表面の約70%を占め、海にある水の量は13億3800万 km^3 で、地球全体の水の96.539%であると計算されています。海は水の溜まり場です。海水には多くの元素が溶けていますが、蒸発するときはそれらを含みませんので、私たち人間が利用できる淡水の重要な供給源です。

Q 海はどうしてしょっぱいの？

A 海水1リットルに30~35グラムの塩が溶けているから。

海水の化学組成

自然界には92種類の元素が存在していますが、海水中にはそのほとんどの元素が溶けています。海水の化学組成は水を構成する酸素と水素とが主成分であり、溶存成分は多い方から、塩化物イオン(19.35g/kg)、ナトリウムイオン(10.76g/kg)、硫酸イオン(2.71g/kg)、マグネシウムイオン(1.29g/kg)です(表7.1)。

海の形成

約46億年前に原始太陽と小さな惑星が形成され、これらの微惑星が衝突を繰り返して地球ができました(宇宙の水・地球の水参照)。できたばかりの地球は固体粒子が一様に集まったもので、外側には原始太陽系星雲の厚いガスが取り巻いていました。衝突のエネルギーが熱として蓄えられ、濃い原始大気の保温効果のために地球全体が暖められ、固体粒子が溶けてマグマの海ができました。原始地球を取り巻いていた大量のガスは何らかの機構で散逸してしまい、二次的に地球内部から水蒸気、二酸化炭素を主成分とし、塩酸ガスなどを含む火山ガスが放出され、大気ができたと考えられています。

微惑星の衝突が少なくなると地表の温度が徐々に下がり、マグマの海も固まり始めました。大気中の水蒸気は水となり、雨となって地表に降りました。水は窪地に溜まり、原始の海ができました。その海は、大気中に存在した塩酸ガスや亜硫酸ガスを溶かした酸の海でした(しょっぱいではなく、酸っぱい!)。酸性の海水は陸上で岩石と接触し、岩石中の塩類(ナトリウム、カルシウム、マグネシウム、鉄、アルミニウム)を溶かしました。こうして中和され、陽イオンと陰イオンを含む塩辛い海水が形成されました。現在の海水はややアルカリ性(約pH8)です。これに対して、高温の水はそれ自体が岩石と反応しやすいので、非常に早い段階で地表の岩石との間で中和反応が進行したとする考えもあります。

表7.1 海水の主要成分の組成 (塩分3.5%)

海水	濃度(g/kg)	重量百分率(%)
Cl^- 塩化物イオン	19.35	55.07
Na^+ ナトリウムイオン	10.76	30.62
SO_4^{2-} 硫酸イオン	2.71	7.72
Mg^{2+} マグネシウムイオン	1.29	3.68
Ca^{2+} カルシウムイオン	0.41	1.17
K^+ カリウムイオン	0.39	1.10
HCO_3^- 炭酸水素イオン	0.14	0.40
Br^- 臭化物イオン	0.067	0.19
Sr^{2+} ストロンチウムイオン	0.008	0.02
B^{3+} ホウ酸イオン	0.004	0.01
F^- フッ化物イオン	0.001	0.01
合計		99.99

海の変化

大気中の二酸化炭素は酸性溶液には溶けないのですが、海水が中和されると溶けるようになります。海水中で炭酸イオンとカルシウムイオンが結合し、水に溶けない炭酸カルシウムになって沈殿します。これが石灰岩の起源の一つですが、これにより大気中の二酸化炭素の量が減少したと考えられています。火星や金星の大気が二酸化炭素が主成分であるのに対して、地球が異なっているのは、地球に水が存在したからです。

Q 鉄は昔、海水に大量に溶けていたって本当？

A はい。海水中に溶けていた鉄は、光合成ができる生物が誕生し海水中に排出された酸素と結合して水に溶けなくなり、沈殿しました。海水中の鉄が少なくなって初めて酸素が大気中に放出されたのです。

最古の化石は微細なバクテリアのようなもので約38億年前の岩石に含まれているのが発見されています。生命の誕生は約40億年前に、有害な太陽の紫外線が届かない栄養の豊富な熱水が湧く深海底の海嶺近くで発生したという説が最近有力になっています。

やがて光合成ができる生物が誕生し海水中に酸素が排出されました。海水中に溶けていた鉄はその酸素と結合して沈殿しました。海水中の鉄が少なくなって初めて酸素が大気中に放出されたのです。酸素が大気中に出され、有害な紫外線を遮るオゾン層ができて初めて、生物は水から陸に上がることができるようになりました。

ストロマトライトと縞状鉄鉱層

今から27~30億年ほど前に、原核生物のなかで光合成の能力を獲得したシアノバクテリアという生物が発生したといわれていますが、酸素を出す生き物がいつ出現したのかなど、まだわかっていないことがたくさんあります。35億年前以降という説もあります。なお、オーストラリアのハメリンプルなどで現在も成長を続けるストロマトライトが確認されています。

光合成は光エネルギーを利用して二酸化炭素と水から有機物と酸素をつくる反応です(地球上できわめて安定な化合物である水が分解される数少ない例です)。初めは海中や大気中には酸素は存在しませんでした。シアノバクテリアが繁殖し、海中に酸素が放出されると、海中に溶けていた2価の鉄イオンは酸化され、水に溶けにくい3価の鉄イオンになり、水酸化鉄となって沈殿します。これが縞状鉄鉱層の起源です。

私たちの近代社会を支えている鉄をつくる鉄鉱石の大半は、このようにして形成された縞状鉄鉱層です。たとえば、中国の鞍山地域は33億年~27億年前、オーストラリアのハマスレイ地域では25億年前頃にできたものといわれています。つまり、私たちが鉄を利用できるのも、海の中で起きたできごとによっているわけです。



Q 水の中には泡がない(酸素がない)のにどうして魚は生きられるの？

A 実は、水に気体も溶けます。空気に触れている水には、空気から窒素や酸素が溶け込みます。魚のような水生生物は、水の中に溶けている酸素を取り入れているのです。水は気体も液体も固体もいろいろな物質を溶かすことができます。

溶 解

水に溶けるということは、固体・液体・気体の物質を構成する粒子(分子やイオン)が水に拡散して、透明で均一な混合物になることをいいます。水はさまざまな物質を溶かすことができます。水に溶ける物質は、①親水性物質、②疎水性物質、③ひとつの分子のなかに親水性部分と疎水性部分をあわせ持つもの——の3つに分けられます。親水性物質には電解質と非電解質があり、電解質には塩化ナトリウム(塩)のような無機電解質と酢酸のような有機電解質があります。親水性の非電解質とは、糖やアルコールなどです。疎水性物質はその文字から考えると、水に溶けそうもない物質ですが、水にまったく溶けないわけではありません。ひとつの分子のなかに親水性部分と疎水性部分を併せ持つもののひとつが石けんです。また、水は酸素や窒素などの気体も溶かすことができます。水は物質を溶かす力が強いので、逆にいうと「純粋な水」をつくるのが難しいのです。

空気中で水蒸気が水に凝結すると、空気中の二酸化炭素が溶けて酸性(pH5.6)になります。空気中に人間活動や火山活動の結果放出された窒素酸化物や硫黄酸化物があると、pH5.6以下の酸性雨といわれるものになります。

水生生物は水の中に酸素が溶けているので、それを呼吸しているのです。また、水が陸上や地下を流れるとき、ミネラル成分や有機物を溶かします。これらの水に溶けた物質は水とともに移動でき、動植物に栄養として取り込まれます。

生命にとって、水はさまざまな種類の物質を溶かすことができるということが重要です。しかし、水は生物に有害な物質を溶かすこともできます。

懸 濁

液体中に固体粒子が目に見える程度の微粒子として分散している状態を懸濁といいます。水は粘性が大きくまた比重も大きいので、粒子を浮遊させやすいのです。雨のあと川の水が茶色に濁っているのを見たことはありませんか？ それは、水が土の粒子を運んでいるのです。

また「プランクトン」とは水に浮遊して生活する生き物の総称ですが、プランクトンが暮らせるのも水のこの性質のおかげです。



Q 水は熱を運ぶって、どういうこと？

A 水は比熱容量が大きいので温まりにくく冷めにくい物質です。太陽によって温められた赤道近くの海から南極や北極へ向かう海流によって熱が運ばれ(冷めにくいので)、地球の温度差が緩和されます。

海 流

海の水は絶えず動いていますが、決まった向きに流れる「海流」があります。海流は主に太陽の熱と風によって起こります。

赤道のまわりの海は、太陽の光(太陽エネルギー)を強く受けて温められます。その反対に南極、北極に近い海は、太陽の光があまり届かないので冷たいままです。温められた赤道近くの海から南極や北極へ向かう海流が生じます。

また、海流は風の力によっても起きます。地球には中緯度の西風(偏西風)と低緯度の東風(貿易風)という強い風が吹いています。これらの強い風が海水を動かしています。熱と風によって生まれた海水の動きに地球の自転、陸地や海底の地形が重なりあって、海流の流れる向きが決まっていきます。

海洋大循環

海表層部の海流とは別に、地球の海水は非常にゆっくり(周期2000年)と海洋全体(深海を含む)を循環していることが分かってきました(発見者にちなんでブロッカーのコンベアベルトとよばれています【

図7.1)。北大西洋グリーンランド沖と南極海では海水が冷やされ、また海水が凍るとき塩分は海水中に残されるので、海水の塩分が高くなります。冷たく密度の高い海水が沈みます。そして北大西洋深層水や南極深層水となります。深層を移動してインド洋や太平洋に達し、上昇した後、表層流に合流し、再び大西洋に戻っています。

海洋全体での熱輸送は表層流の役割が大きく、表層流は低緯度で海水が吸収した太陽エネルギーを高緯度に輸送し放出して、地球の低緯度と高緯度間の温度変化を小さくしています。

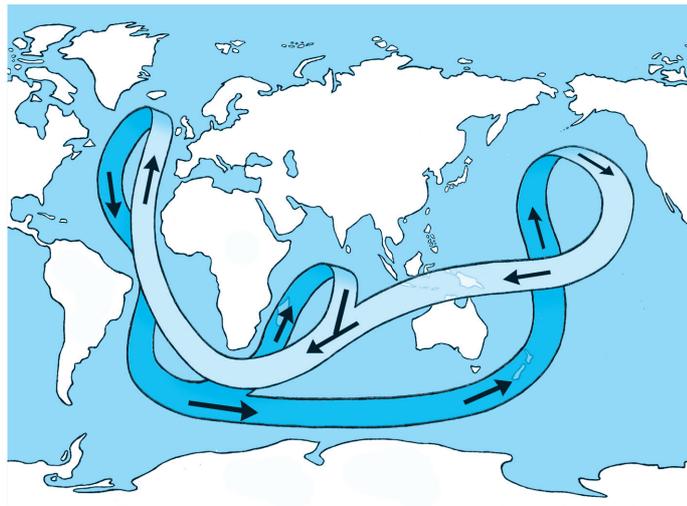


図7.1 海洋大循環 (ブロッカーのコンベアベルト)

熱を運ぶ大気の水蒸気

太陽エネルギーがもっとも多く降り注いでいる赤道付近の海面ではさかんに水が蒸発しています。水は蒸発熱(気化熱)が大きいので、水蒸気は大きな潜熱*を持っています。蒸発した水蒸気は、大気の流れに乗って高緯度地方へ移動し、気温の低下によって凝結し雲粒になります。このときに熱が放出され、高緯度地方の大気が温められるのです。こうして地球の低緯度と高緯度間の温度変化を小さくしています。

さらに上空に運ばれた熱は宇宙空間に出て行きます。また、雲や雪・氷は太陽エネルギーを反射して宇宙に戻します。大気中の水は二酸化炭素と同じように温室効果を持ちます。このように水は地球全体の熱収支のバランスを取るうえで重要な役割を担っています。

*潜熱：固体・液体・気体と状態が変化するときに吸収・放出される熱のこと

氷 固まる水

高緯度地方や高地では、冬に降った雪が夏に融け切らないで貯まった積雪が氷に変わります。氷河や万年雪の量は2406万4100km³、地球全体の水の量の1.736%を占めると計算されています。淡水の量は地球上の水の約2.5%しかありませんが、そのうちの約7割が凍っています。南極氷床に降った雪が氷河となり、冰山として流出するのに10万年を超える時間がかかります。

Q 氷河は固まったまま動かないの？

A 極めてゆっくりですが、低い方向、つまり海に向かって流れています。

降ったばかりの雪は空隙が多いのですが、やがて雪の結晶が氷の粒となって、さらに降り積もった雪の重みで密度が増してきます。空隙は小さくなり、含まれていた空気が気泡となって密度が0.8g/cm³を超えると、氷河水とよばれる状態になります。

氷河とは重力の作用で低いところに流れ下るものをいいます。温暖氷河(温度が0℃の氷河)では年間数十から200mほどの速度で流れ、深いU字型に谷を削っていきます。地球温暖化の影響で30年ほど前と比べると速くなっているそうです。

固体の氷が流れるメカニズムについては、氷の力学的研究と関連して研究されています。固体の物質にある程度以上の力を加えると、あたかも水あめや蜂蜜のように変形することを「塑性変形」といい、氷河の流動は氷の塑性変形として理解されています。

Q 氷が水に浮くのがどうして不思議なの？

A ほとんどの物質は液体から固体になるとき密度は大きくなるので、固体は液体の中で沈みます。固体である氷が液体の水に浮かぶ物質は珍しいのです。

固体・液体・気体

固体は粒子間に働く結合力で粒子が規則正しく密に並んだ状態で、一定の形、体積を持ちます。液体は、固体よりも離れて運動できるようになった状態です。粒子はほぼ密着しているので一定の体積を持ちますが、一定の形を持ちません。気体は、自由に運動できるようになった状態です。そのため、決まった形も持たず、体積も一定ではありません。ですから、普通の物質は液体から固体になるとき密度は大きくなります。

水の密度

水の密度は3.98℃のときに最大で0.99997g/cm³、0℃の水の密度は0.99984g/cm³、氷の密度は0.9168g/cm³です。水よりも氷の方が軽いので、氷は水に浮きます。このことは、水は氷になるとき体積が増すことと同じです。岩の間に浸み込んだ水が凍って岩を割ってしまうのはこのためです。

氷が水の上に浮くことは水中の生物にとって大切なことです。氷の上がマイナス数十℃になっても、氷が“フタ”になって寒さを防いでくれます。もし、氷が水に沈む性質なら、寒さが続くと小さい湖沼は水全部が凍ってしまって、水中の生物が棲める場所がなくなってしまいます。

氷の張る水深のある湖の水の動きを考えてみましょう。氷の張った湖の下には、水が存在しますが、

湖底付近の水温は約4℃です。これは水は水温が約4℃の時に一番密度が大きい(=重い)ため、4℃の水が一番下にくるからです。しかし、春になると暖かい日差しにより水面から温められます。表面近くの水が4℃まで温められると、重くなって上と下の暖かい水と真中の冷たい水が混ざっていきます。その結果、湖の下に沈んでいた栄養塩が湖全体に行きわたり活発な生物の生産活動がはじまります。夏になると、水面付近が一番温かくなります。このときは、暖かい水が上にありますから、水は安定して混ざりにくくなります。そのため、夏は光がたくさんある表層部に栄養が供給されなくなって生産活動が低下します。秋になって涼しくなると、水面付近の温度が下がってきて、対流が起き、水がまた混じります。栄養が再び下層から供給されて、生産活動が再び活発になります。冬になると、水面付近の水が氷結します。

湖の水の動きと生物の生産活動は深く結びついています。これはまさに水の密度が普通の物質とは異なるからこそ可能になったのです。

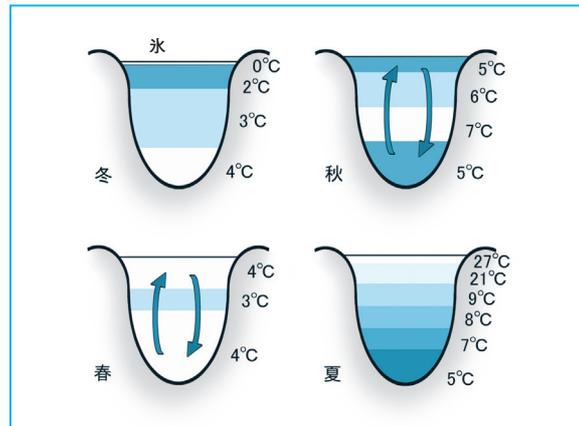


図8.1 湖沼の季節変化(水温と対流)

Q 南極や北極の冷たい海中で、生物は凍らないの？

A 冷たい海の中にも生物は暮らしていますが凍ってしまえば生きていけません。南極の海に棲む魚は血液や体液の中に凍りつくのを防ぐタンパク質を持っているものもいます。

氷水に塩を溶かして、氷を作る実験をしたことありませんか？水溶液の凝固点(液体が固体にかわる温度)は、その濃度に依存して変化し、高濃度の溶液であればあるほど低くなります。海水には塩分が約3.5%ほど溶けていますので、海水は約マイナス2℃では凍りません。海水の中にいる限り、マイナス2℃より下がることはないと考えられます。

生命活動(呼吸して、食べて、いらぬものを出して、大きくなって、子孫をつくる)には液体の水が必須です。生物の体内の水が凍りついてしまったら、生命活動は進みません。冷たい海の中の生き物は、凍らないように、あるいは凍っても回復できるような工夫をしています。

南極の海に棲む魚の血液や体液の中には、凍りつくのをふせぐアンチフリーズ・タンパク質(糖タンパク質の一種)があります。血液や体液にできはじめた氷の結晶に付着して、それ以上氷が成長しないように働くと考えられています。

Q 海の中でできた氷と氷河が流れてきた氷は同じもの？

A 固体としては同じ氷ですが、地球温暖化の影響に対しては、海の中でできた氷が溶けても海水面は変化しませんが、陸から流れてきた氷河が溶けると海水面が上がります。

氷が水中にあるとき、水の外に出ている部分は1/11に過ぎません。残りの大部分は水中に隠れています。しかし、氷が溶けると水中にあった分と同じ体積になりますから、水面の位置は変わりません。南極や北極近くの凍った大地(アイスランド)などでは陸地に氷が乗っています。地球温暖化により、これまでの地球の水循環の速度を超えて陸地から氷河が溶け出すと、海の水が急に増え、海面が数十cmから数m上昇し、海の中に沈む土地も出てくるのではと心配されています(地球温暖化による海水面の上昇には、氷河が溶けるだけでなく、海水温が上昇して海水の体積が増えることも影響します)。

(小川かほる・高城英子)

植物 のぼる水

植物はたくさん水を吸収します。根を土の中に張りめぐらせて、土の中の水を吸い上げます。吸い上げた水の大部分は、植物の中には留まらずに葉から水蒸気となって出て行きます。植物には葉がたくさんついているのでたくさんの水が蒸発します。植物は、土の中の水を再び大気中に戻す太いパイプの役割をしています。

Q 植物が吸った大量の水はどこへいったのですか？それだけの水が植物の体の中に溜まっているようには見えませんが…。

A サボテンのような多肉の植物を除くと、植物は水をほとんど貯めません。実は植物が吸収した水の大部分は、葉から空気中に蒸発してしまいます。このように葉から水が蒸発していくことを「蒸散」と呼びます。

Q なぜ植物はせっかく根から吸ったたくさんの水をまた葉から出してしまうのですか？

A 植物は生きていくために光合成をしています。光合成とは、光のエネルギーを利用して、空気中の二酸化炭素を糖やデンプンに変える作用です。植物の葉には二酸化炭素を吸収するための穴(気孔)がたくさんあいています。葉の中の水分はその気孔を通して空気中に逃げ去ってしまいます。植物は葉から水分を出したくて出しているわけではないのです。

植物も生き物ですから、生きていくためにはいろいろなものを食べなければなりません。人が生きていくのにご飯などの炭水化物が必要なように、植物も炭水化物が必要です。ただ植物は人とちがって、空気中の二酸化炭素と根から吸った水とを材料にして自分で自分に必要な炭水化物を体の中で作ることができます。炭水化物を作り出すのに必要なエネルギーは、太陽の光エネルギーを利用します。

このように光のエネルギーを使って、水と二酸化炭素とからデンプンや糖のような炭水化物を作り出す作用のことを「**光合成**」といいます。光合成は主に葉で行われ、必要な二酸化炭素は葉の表面に開いている「**気孔**」と呼ばれる小さな穴から葉の中に取り込まれます。葉は薄っぺらな紙のようなものに見えますが、断面を見ると袋状になっていることがわかります(図9.1)。

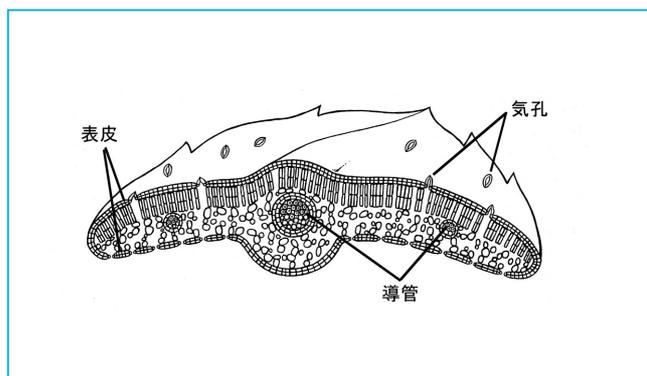


図9.1 葉の断面図

葉は表皮と呼ばれる細胞の層で包まれている。表皮の外側にはクチクラと呼ばれる薄いワックスの層がある。二酸化炭素や水分は、表皮に開いている気孔という穴から出入りする。

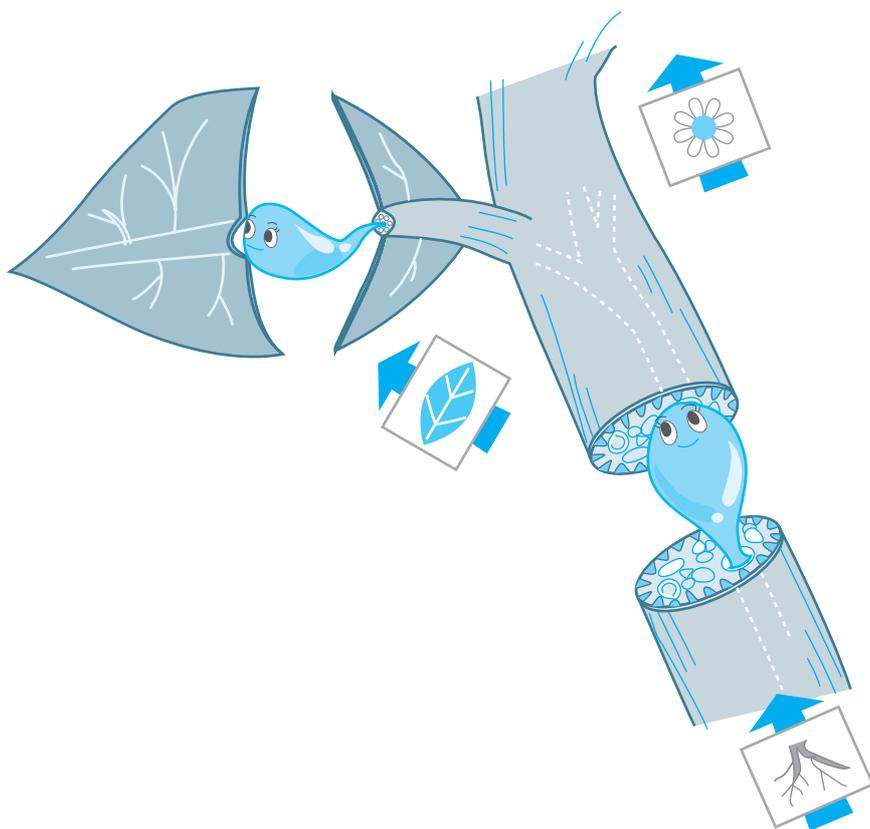
葉の中には光合成を行う細胞が集まっています。その細胞の集まりを**表皮**と呼ばれる薄い細胞の層が包んでいます。この表皮の外側はさらにワックスのようなものでコーティングされていて、水や気体が簡単に葉から出入りしないように保護しています(表皮の外側のコーティングをクチクラ層と呼びます)。そこで光合成に必要な二酸化炭素を取り込むための気孔という穴が表皮に開いているというわけです。この気孔は単なる穴ではなく、口のように開けたり閉めたりすることができます。ただ、開閉できるとはいてもただの穴ですから、開いているときには葉の中の水分が気孔を通して出て行ってしまいます。植物が光合成をさかんにしようと気孔を目一杯開けると、確かに二酸化炭素をたくさん取り込むことができますが、葉の中の水分もたくさん蒸散してしまいます。つまり、植物が光合成に必要な二酸化炭素を得ようとする、どうしても葉から水分が出て行ってしまいます。

植物がせっかく吸った水を蒸散で失うのは悪いことばかりではありません。葉から水が蒸散するときに葉の熱が奪われて葉が冷えます。汗が人の体を冷やすのと同じです。真夏の太陽が照りつけるときも葉はひんやりとしています。木陰が涼しいのもそのためです。蒸散には葉の温度を下げる作用があります。

Q 植物が根から吸った水はどこを通過して葉までいくのですか？

A 植物の体の中にある導管というとても細いパイプの束を通過して葉まで行きます。

まるで水道管のように、植物の体の中には**導管**と呼ばれる細いパイプの束が、根の先から茎の中を通過して、葉の隅々にまで通っています。1本のパイプの直径は1mmの1/100から1/10程度の細さです。葉脈1本1本にも導管が通っています。葉が蒸散で失った水は、根から入り、導管を通過して葉にまで到達します。世界で一番高い木は北アメリカに生えているセコイアで高さは100m以上あります。身近な木でも10mくらいの高木はたくさんあります。その先端の葉にまで根から吸った水が導管を通過して届きます。



Q 水は普通高いところから低いところへ流れるのに、なぜ木の中では水は下から上へ向かって動くのですか？

A それは葉が水を吸い上げているからです。葉が蒸散で水を失うと、葉の導管の水を吸います。導管は根まで通っていますので、ストローで吸い上げるように、根のまわりの水が根の導管の中に入っていき、葉まで吸い上げられていきます。

葉の細胞が水を失うと、葉に通じている導管の中の水を細胞が吸おうとします。導管は根の先端までいきわたっているため、ちょうどストローのように、根が回りの土から水を吸います(図9.2)。ストローでジュースを吸っているときに、ストローを切ってもジュースが吹き出ないように、生きている植物を切っても、水は吹き出ません。人間のように心臓というポンプで血管の中へ血を押し出している場合は、血管を切ると血が吹き出します。しかし、植物の場合は水を吸い上げているので、切ってもヤニや乳液が出ることはあっても水は出ません。逆に切ると導管のなかに空気が入ります。

メープルシロップ、シラカンバの樹液、ヘチマ水

まれに植物を切ると水が溢れ出てくるときがあります。たとえば春先の芽吹きの際に木の枝先を折ると水がポタポタとたれてくることがあります(写真9.1)。有名な例はメイプルというカエデの樹液です。春先にメイプルの幹に孔をあけると、樹液が溢れ出てきます。メイプルの樹液には糖分があり、集めて煮詰めると甘いメープルシロップになります。同じようにシラカンバの幹からも樹液を集めることができます。ヘチマ水も、ヘチマの茎を切って、その切り口からでてくる水を集めたものです。昔はこれを化粧品として使っていました。また、早朝に葉の縁に水滴がついていることがあります(写真9.2)。これは葉の中の水が押し出されたものです。

これらの例はいずれも、根や茎が水を押し上げているために起こったことです。水が植物の中をのぼるのは、このように根や茎が水を押し上げているからだと考えられたこともありました。しかし、木の枝先を切って水が出る時期は限られていて、春先(しかも主に午前中)だけです。葉が茂っているときには枝を切っても水は出ません。また、水が蒸散する速度に比べて、根が押し上げる水の速度はとても小さく、根が押し上げる水だけではとても葉が失う水を補うことができません。やはり、植物の中を水がのぼるのは、主に葉が吸い上げているからで、根による押し上げはほんの少し貢献しているだけだと考えられています。

すいすいぼく(水吸い木)(写真9.3)

葉が水を吸い上げている様子を、テンシオメーター(「1.3 土」の節を参照)を使うことによって人為的に作り出すことができます。テンシオメーターの先にある白い素焼きのカップから水が蒸発すると、テンシオメーター内が陰圧になり、接続してあるチューブから水を吸い上げます(図9.3)。

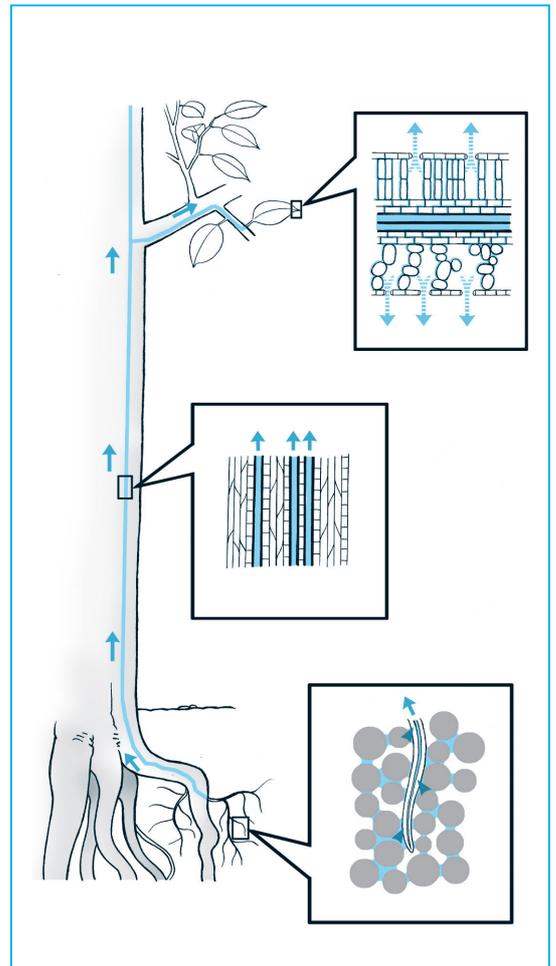


図9.2 植物の中をのぼる水
土の中の水は、葉に吸われて植物の中をのぼっていく。



写真9.1 イヌシデの折った枝先から落ちる水滴 (矢印)
春先の芽吹きの際の午前中に、枝先を折るとポタポタと水がたれてくる。

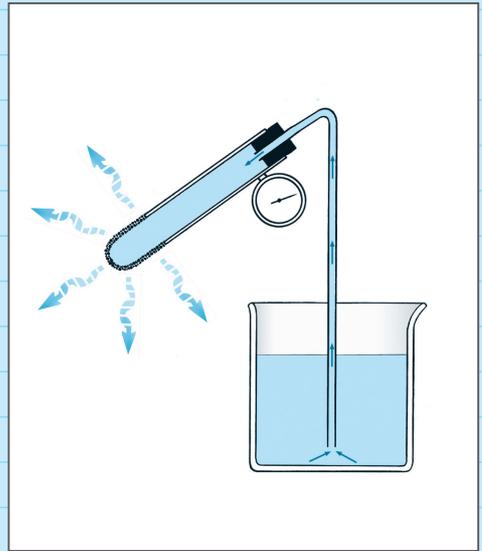


図9.3 テンシオメーターによる水の吸い上げ



写真9.2 ヤブガラシの葉の周囲についた水滴
早朝に葉の周囲に水滴がついていることがある。この水滴は葉の中の水が押し出されてできたもの。朝のうち蒸発して消えてしまう。

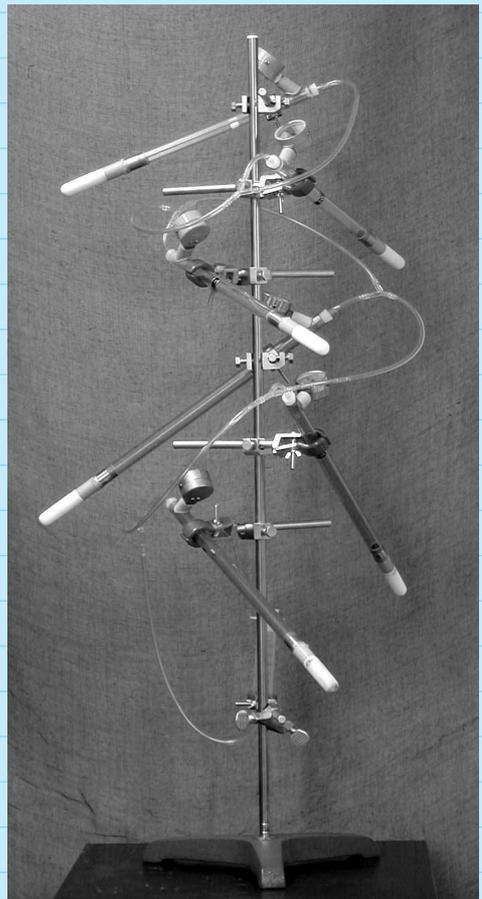
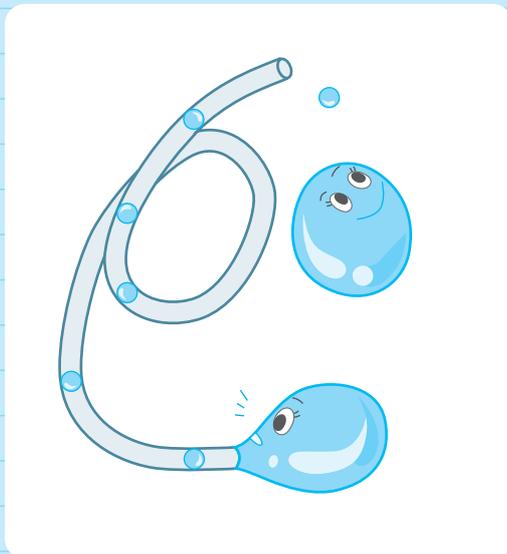


写真9.3 すいすいぼく (水吸い木)
植物の蒸散と吸水の仕組みを見せるための装置。6本のテンシオメーターをチューブでつなげてある。テンシオメーターから水が蒸発すると、下から水を吸い上げる。

Q 植物に水をやらないとなぜしおれるの(写真9.4)?
しおれた植物に水をやるとなぜまた元気になるの?

A 植物の細胞は水の入っている風船のように、普段はパンパンに膨らんでいます。ところが細胞の中の水がなくなると、細胞がしぼんでいきます。一つひとつの細胞がしぼむと全体的にしなびてきます。水を補充すると、細胞が水を吸ってまたふくらみます。

土の中には水は無限にあるわけではなく、雨が長く降らないとだんだん土の中の水は減っていきます。もうこれ以上水が吸えないような状態に植物が置かれると、葉がしおれてきます。葉を植物から切り離しても葉はしおれます。

植物の細胞は、細胞膜という水は通しますがタンパク質や糖分は通さない薄い膜で包まれています。このように、水のように小さい分子を通すが、タンパク質や糖のように大きな分子を通さない膜のことを**半透膜**と呼んでいます。細胞の膜のさらに外側を細胞壁という布のような物質が包んでいます。半透膜でできているチューブに、たとえば砂糖水を入れて密閉し、水にそのままつけておくと、半透膜のチューブは膨れます(写真9.5、写真では砂糖水の代わりにポリエチレングリコール溶液を使っています)。水は、半透膜を通して外から砂糖水のような濃い液体に入っていくようにするためです(水が入っていくようにする圧力を**浸透圧**と呼んでいます)。

植物の細胞も同様に、水につけると水が細胞の中に入ろうとして膨れます。ちょうど風船に空気を入れたようになります。今度その細胞を水から出して空気中に置くと、出した直後は細胞壁が濡れていまずので何も起こりませんが、細胞壁が乾いてくると、細胞の中の水が吸い出されて、細胞がしぼみます。植物に水をやらないと、葉の細胞の一つひとつが水を失ってしぼみます。すると葉っぱ全体がしなびてきます。このことを**しおれ**と呼んでいます。しおれている植物に水をやると、葉の細胞に水が行き渡って再び膨れます。しおれた状態が長く続くと、こんどは枯れてしまいます。枯れると、葉の細胞の膜が穴だらけになり、半透膜でなくなります。そうになると水をいくらやっても細胞が膨れることはありません。



写真9.4 しおれたシロザ
植物に長く水をやらないと、このようにしおれてしまう。この程度のしおれだと、水をやると元のピンとした葉に戻る。

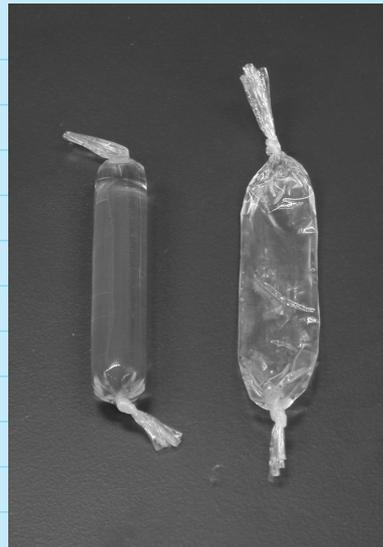


写真9.5 半透膜で包んだポリエチレングリコール溶液
ポリエチレングリコール溶液を半透膜のチューブに密閉して、水に浸けると左のようにパンパンに膨れるが、外に出しておくと中の水が蒸発して右のようにしぼんでしまう。

Q なぜ大きな木の下で雨宿りができるのですか？

A それは葉がある程度、雨を捕まえてくれるからです。とくに降り始めは、降ってくるほとんどの雨を葉が捕まえます。雨が續くと、葉からしずくが落ちてきますが、葉についた水の一部は、枝や幹を伝って土にまで降りていくので、雨が續くときでも木の下の方が濡れにくいです。

植物は降ってくる雨をいくらか捕まえて大気へ直接返します。また植物は土の深いところからも、水を吸い上げ、たくさんの葉で大量の水分を空气中に蒸散させます。土の中の水は植物体内を通して大気とつながっています。このことを英語では**SPAC, Soil(土)-Plant(植物)-Atmosphere(大気) Continuum(連続体)**と呼んでいます。何も生えていない地面に比べると何倍もの速さで水を土から大気中に戻します。土の中の水は植物という太いパイプを通り、葉から水蒸気となって大気中へと旅立ちます。

(由良 浩)

コラム

高い木を水がのぼるわけ

植物(樹木)が水を引っ張り上げる力は、葉の気孔からの水の蒸散と気孔における界面張力です。水がのぼっていきけるのは、水が途切れないでいられる「凝集力」が働いているからです。気孔で1分子の水が蒸散した後の穴を1分子の水が埋めます。導管内の水が、100mのメタセコイアの根からてっぺんの葉にまで、連綿とつながっていることが、もっとも大切です。

導管自身の化学構造は水に似ていて、導管内の水が下にすり落ちないように支えるのに役立っています。セルロースやヘミセルロースなどからできた導管は、水酸基(-OH)をたくさん持っていますので、同じく-OH(水酸基)を持っている水分子を水素結合やファンデルワールス力(分子間引力)によって結合し、支えます。これを水と細胞壁の構成成分との「親和力」といいます。

植物が、陸上で重力に逆らって直立できるのは、細胞壁にリグニンが存在し、あたかも鉄筋コンクリートのコンクリートの役割に似た働きによって、植物体の強度を維持する役割を果たしているからです。このリグニンは、一方で導管から水が外に漏れないように、導管の壁中や導管と他の細胞との細胞間層を塗りつぶすように占めていて、防水加工の役目も果たしています。

水が植物の導管中を上昇するのは、①葉からの水分子の蒸散、②界面張力による失った水分子の補充、③凝集力や親和力による水の管の維持、④根の浸透圧などが互いに働き合っていると説明されます。毛細管現象も関わっていますがこれも一種の界面張力によります。蒸散の激しい夏には、強い蒸散によって、樹幹内は減圧になるくらいです。

その他に、⑤導管につながった導管随伴柔細胞などの生きた細胞が、種々の生化学反応を通じて、導管内の無機、有機質を補充することで、上下の水分中の濃度勾配を維持し、導管内の水の上昇に一役買っている可能性が指摘されています。蒸散は、葉における「光合成に必要な水の補給」を含めて、植物の細胞の分裂、生長など、生命維持活動に必須の生理現象です。

水の上昇には二通りあって、一つは葉のある成長期の水の上昇です。これが、図の9.3の状態です。夏場、葉からの蒸散が主力ポンプになっています。葉からの蒸散が大きい時期に幹に穴を開けると、シューという音がすることがあります。空気が減圧状態の樹体内に入り込む時の音です。したがって、この時期、幹に穴をあけても樹液は溢しません。

他の一つは、葉がまだない早春の樹液の溢出現象です。葉がまだないので、葉の蒸散による主力ポンプは働きません。したがって、根の浸透圧による2次ポンプが働いていると考えられます。シラカンバは根圧の強い樹種で、樹幹に穴を開けると、時間帯による増減はありますが24時間樹液が溢します。

特別寄稿 寺沢 実 (てらざわ・みのる 北海道大学大学院農学研究所)

動物 育む水

地球で暮らす生物の体にはたくさんの水が含まれています。すべての生物の体の中にある水の量を合わせると、 1120km^3 となり、地球全体の水の量の0.0001%を占めると計算されています。

Q 生物に必要なのは、水、水蒸気、氷？

A 生物に必要なのは液体の水です。太陽系には9つの惑星がありますが、生物がいるのは地球だけです。その理由は水の状態にあります。地球以外の惑星では、熱過ぎて水が蒸発して水蒸気になっていたり、反対に寒過ぎて氷になっています。ちょうどよい温度で、液体の水が豊富に存在しているのは地球だけです。だから地球にはたくさんの生物が住んでいるのです。

Q コアジサシは暑い日には、羽毛を水で濡らして卵やヒナ抱くことがあります。なぜ？

A コアジサシは海岸の砂浜などに巣をつくります。海岸は日差しが強く、気温が上がる時、水で濡らしたお腹の羽毛をヒナにかざします。蒸発熱を利用してヒナを涼しくしているのです。

Q 水は動物の体の中でどのような働きをしているの？

A 体の中の水は4つの働きを持っています。①体に必要な栄養分や老廃物を運びます。②栄養分を酸素と反応させて、エネルギーに変える働きを助けます。③生体高分子の形を決め、機能を発揮させます。④体温を調節します。

やわらかく、しなやかな体

生き物の体をつくる細胞の一つひとつはそれぞれの形をとっていますが、固体のように固いのではなく、ある程度は変形することができます。細胞が水で満たされていて、水分子の適度に弱い化学結合(水素結合)の働きです。

水の量と水収支

生物は、水なしでは生きてはいけません。たとえば人の場合、体に含まれる水分量は標準体重の成人女性が約50%、男性は約60%です。子どもは水分量が多く(新生児で75%)、年を取ってくると少なくなってきました。また、脂肪の多い人は水分量が少なくなります。体の中の水分は、細胞内に約2/3、細胞外に約1/3の割合で存在します。成人は1日におよそ2~3ℓの水を、飲み水・食物に含まれる水・代謝水*として摂取し、尿・汗・呼吸・糞便として排出しています。20%以上の水分が失われると生命が危険になります。

*代謝水：体内で、水素を含む化合物(糖、脂質、タンパク質)が酸化されるときに出る水。

運搬、生体化学反応の場、生体高分子の構造をつくる水

細胞の内と外は細胞膜で区別されていますが、外部との物質のやりとりができるのも、細胞の内と外に水があるからです。水はいろいろな物質を溶かし運搬することができるため(1.7海, 参照), 体内では水に溶けたさまざまな物質を用いて、代謝と呼ばれる生体化学反応によって生命活動に必要なエネルギーや各種の物質を作り出し、不用になった物質を分解し、排泄しています。

タンパク質は生体内で行われる化学反応に触媒として働く酵素, 細胞表面にあって情報を受け取る受容体や抗体など生命活動に欠くことができないものです。また、遺伝情報を担う核酸はまさに生命の基本ともいえましょう。これらのタンパク質や核酸は、水があるからこそ、その機能を発揮できる適当なゆりみを持つやわらかい立体構造を保つことができます。

体温調節

水は比熱容量*が大きいので温度変化しにくい物質です。体の中に大量の水があるおかげで、体の外から熱を受けても、体温が急に上昇するのを防いでいます。運動すると体温が上がり、汗をかきます。その汗が蒸発するときの蒸発熱**によって体表面の温度が下がります。また、生体化学反応が起きるときにも熱が発生しますが、体の中の水がその熱を吸収し温度が上がるのを防いでくれます。一方、体表面の血液が外気によって冷やされ、冷えた血液が体内をめぐることによって体温が調節されています。

* 比熱容量：普通比熱といっていますが、本来は比熱容量といいます。物質1gあたりの熱容量注。

注) 熱容量：ある物体の温度を絶対温度(1K)上げるのに必要な熱エネルギーの量。

**蒸発熱(気化熱)：物質が液体から気体になるときに吸収する熱エネルギーのことです。

水は蒸発熱が他の物質に比べて大きく、蒸発しにくいといえます。

活動 やってみよう!

蒸発熱実験

①水の入った容器と空の容器にそれぞれ棒状温度計を入れます。棒状温度計の器差を確かめておくとよいでしょう。初めにそれぞれの温度を読みます。次に、それぞれの温度計を容器から取り出して、温度の変化を調べます。このとき水で濡れている温度計を乾いた温度計に触れないように気をつけてください。濡れた温度計を拭いたりはしません。さあ、どうなりますか?

②両手の手の甲のどちらか一方に水を塗ります。さあ、どうなりますか?

あなたの体の中に水はどのくらいある?

体水分計を使います。水分量が出たらその量を実際に確認したり、持ち上げたりしましょう。ペットボトルにすれば何本分ですか? 10リットルバケツでは何杯分? あなたは、その量を持ち上げられますか?

図10.1に、プレ展示の際水分計で測定した124人分の結果を示します。

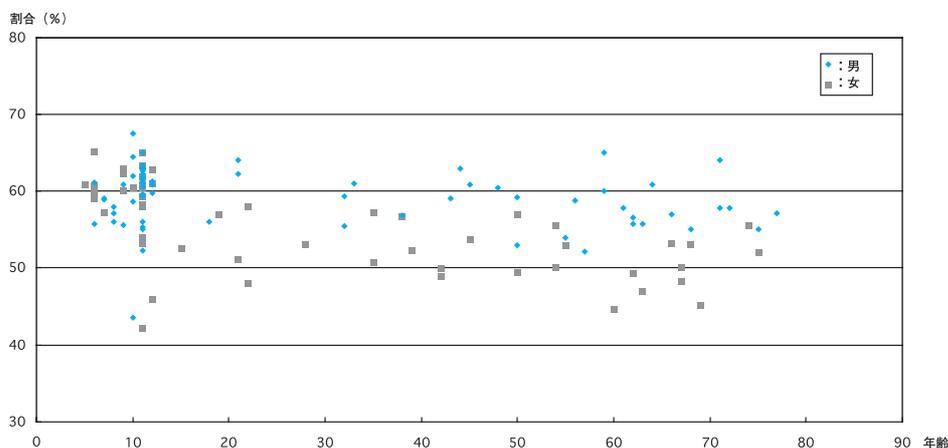


図10.1 体水分率

Q 卵の中のヒナはおしっこをするのですか。

A 尿は、老廃物を捨てるための水です。老廃物は人でも魚でも出てきます。もちろん卵の中のヒナからも出ます。老廃物を捨てるには、たくさんの水が必要です。しかし、卵の中には限られた水しかありません。そこで、老廃物を水に溶けない尿酸という物質に変えて、ヒナが生まれるまでの間、卵の中の尿膜とよばれる部分にたくわえて、水を節約しているのです。

生命の誕生

生命は、海の中、海底火山の噴出口付近の高温・高圧下でアミノ酸などの有機物が作り出されたという説が有力になっています。地球の誕生は約46億年前、生命出現の時期はおよそ40億年前と考えられています。そして、水の中で年月をかけて進化しましたが、陸上に進出できたのは約4億年前です。まず植物(コケ植物・シダ植物)が上陸を果たしました。

陸上生活

生き物が陸上に上がるためには、これまで身体の回りに豊富にあった水をどう確保するか、つまりいかに乾燥に耐え、水を体内に確保するかという問題を解決することが必要になりました。また、水のなかでは浮力が働いていて体を支えることにエネルギーを費やす必要がありませんでした。しかし、陸上では自分の体を支えなければならなくなりました。

結局、陸上に生息範囲を広げることができた動物は、脊椎動物(哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類)と節足動物(昆虫類、クモ類など)と軟体動物(カタツムリ)など、限られた分類群だけです。

子孫を残すー卵ー

生き物にとって生殖は重要な営みです。両生類の卵は水中に生み出され、幼生(オタマジャクシなど)も水の中で生活します。したがって、親は繁殖期になると水辺に移動します。爬虫類は湿った地中や地表に卵を産みますが、孵化した子は親と同じような陸上生活をします。このために、丈夫な殻を持ち、孵化するまでに十分な水と養分を蓄えた大きな卵を産むようになりました。そして、鳥類は乾燥した場所にも卵を産んで育てられるように、卵が進化しました。

さて、卵は閉鎖空間です。その中で胚の発生が進み、さかんに生体化学反応が行われています。その老廃物をどこに捨てているのでしょうか？ 生物の体を作っている主成分はタンパク質ですが、タンパク質には窒素が含まれています。タンパク質が分解されてできるアンモニアは水によく溶けますが、毒性の高い物質です。水生生物は、水中にアンモニアをどんどん廃棄できますから問題は起きません。爬虫類や鳥類は、アンモニアを水に溶けにくい尿酸に変え、卵の中の尿膜とよばれる部分にたくわえて、水を節約しているのです。

鳥類は尿をつくるための大量の水分を体に蓄える必要がなくなり、体を軽くでき、空を飛ぶことに適応しています。

哺乳類ー胚は母体内で水に囲まれて育つー

哺乳類では、受精も胚の発生も水の多い母胎内で進みます。とくに胚は羊膜で囲まれた羊水の中で育ちます。養分や老廃物は母胎の血液との間で交換をしているので、受精卵は水や養分や老廃物を蓄える必要がなくなり、爬虫類や鳥類の卵に比べ小さくなりました。窒素の老廃物は水に溶ける尿素に変えて大量の水とともに尿として母胎を通して捨てています。

(小川かほる・田辺浩明)

第2章

子どもとつくる展示



本事業の経過

体験型の展示

博物館には、“もの”や“ことに関する情報”を未来に引き継ぐ重要な役目があります。また、市民社会における生涯学習機関、学びの場でもあります。最近とはくに、博物館の地域貢献として、学校教育と連携した子どもたちへの学習支援が望まれています。

近代化のなかで、私たちは日々の暮らしの中で自然とのかかわりが希薄になってきました。子どもたちは、研究者や冒険者でなければなかなか見ることのできなかつた映像をテレビや図書等で提供され、しかも知識(言葉)として多くのことを知っています。しかし、身近な自然や日々の暮らしの中にある不思議さを発見して、ワクワクするような体験をしているのでしょうか。

「生きる力」を育むために学校に導入された「総合的な学習の時間」などで、体験を通じた学習の重要性が強調されています。千葉県立中央博物館では、「生態園」や「分館海の博物館」や「房総の山のフィールドミュージアムプロジェクト」のような現地型の博物館活動に加え、本館常設展示室で「中央博探検隊」、生態園では「森の調査隊」という新たな探求活動を提供しています。展示事業のうち比較的自由度の高い企画展で、子どもたちが楽しみながら自ら考えることができる体験型の展示を試みることにしました。

水をテーマにしよう

水は身近な物質であり、命に欠くことのできない大切な資源です。ところが、日本では水は、川・湖沼・海、また雲・雨・雪など誰でも容易に観察できる、普通に存在するものであるため、水についての関心は低いといえます。しかし、水は物質としては他に例を見ない、たいへんユニークな特徴を持ち、その性質が地球の生態系を育んできました。水の不思議な性質や、それによって成り立つ地球の姿を理解し、さらに水を通して自分の命を考える、そんなきっかけを提供したいと考えました。

社会教育活性化21世紀プラン

本事業は、地域のニーズに応える社会教育施設をめざして、文部科学省が推進するソフト面の支援を行う事業です。完全学校週5日制の導入への対応、奉仕・体験活動の推進・家庭教育への支援、民間の能力の活用など、社会教育

分野における現代的な課題への対応、国民の多様な(新しい)サービスに応えるため、社会教育施設が中核となり、多くの機関と連携してさまざまな事業を実施し、地域における社会教育の活性化を図るためのものです。

平成16年度事業に当館は「子どもとつくる博物館事業」による博学連携のために社会教育、とくに環境教育推進事業」を申請したところ認められ、事業が委託されました。本企画展はこの事業の成果をもって開催されます。一連の事業を通して博学連携のあり方を見直すものです。

学校の要望に応じて博物館が情報と人材等を提供する連携事業はこれまでに多くの博物館で実践がなされています。本事業は、子どもを対象とする企画展実施のために、子どもたちの体験や疑問を基本として、さらに子どもたちの評価を受けて展示物および体験型展示の改善を行うもので、子どもたちの協力を得て博物館事業(展示)を実施するという、とても新しい試みです。

子どもの興味関心をさぐる

まず初めに、千葉県内の4小学校(千葉市立星久喜小学校、市原市立京葉小学校、成田市立久住第一小学校、大多喜町立老川小学校)と連携し、小学5年生の水に関する体験・理解度・興味・関心を調査し、次に授業実践を通して、理解度や興味・関心の変容を探りました。児童の多くが、普段から水について興味・関心を持っているとは考えられなかったため、水について学ぶプロジェクトWETの環境教育プログラム「水のオリンピック」と「驚異の旅」を実施しました。これらの授業で、子どもたちは身近な水の面白さに気づき、意欲的に水の学習に取り組んでくれました。

驚異の旅は、雲・土・地下水・川・湖沼・海・氷・植物・動物の9つの場所を、水分子になったつもりで、サイコロの出た目のとおり移動するという活動です。その際、水はどのような状態で移動するのかを考えます。水の旅日記を全員に書いてもらいました(図1)。

子どもたちの水体験

千葉県内小学5年生224人の水体験(図2)を見ますと、子どもたちはかなり水について体験していますが、その体験は水環境あるいは自然への興味・関心、あるいは科学的な探究心にはなかなかつながらないようです。また、経験と知識があまり結びついていないようでもあります。

ぼくは、まず、海で、うまれて、水じょう気になって湖におっこちて、また水じょう気になって、またおっこちて、そこから、地下水におっこちて、水じょう気になっておっこちて、氷河になって、それがとけて、川になり、動物に、飲まれて、命にかわった。

図1 水の旅日記の一編（星久喜小学校5年篠村賢助くんの作品）

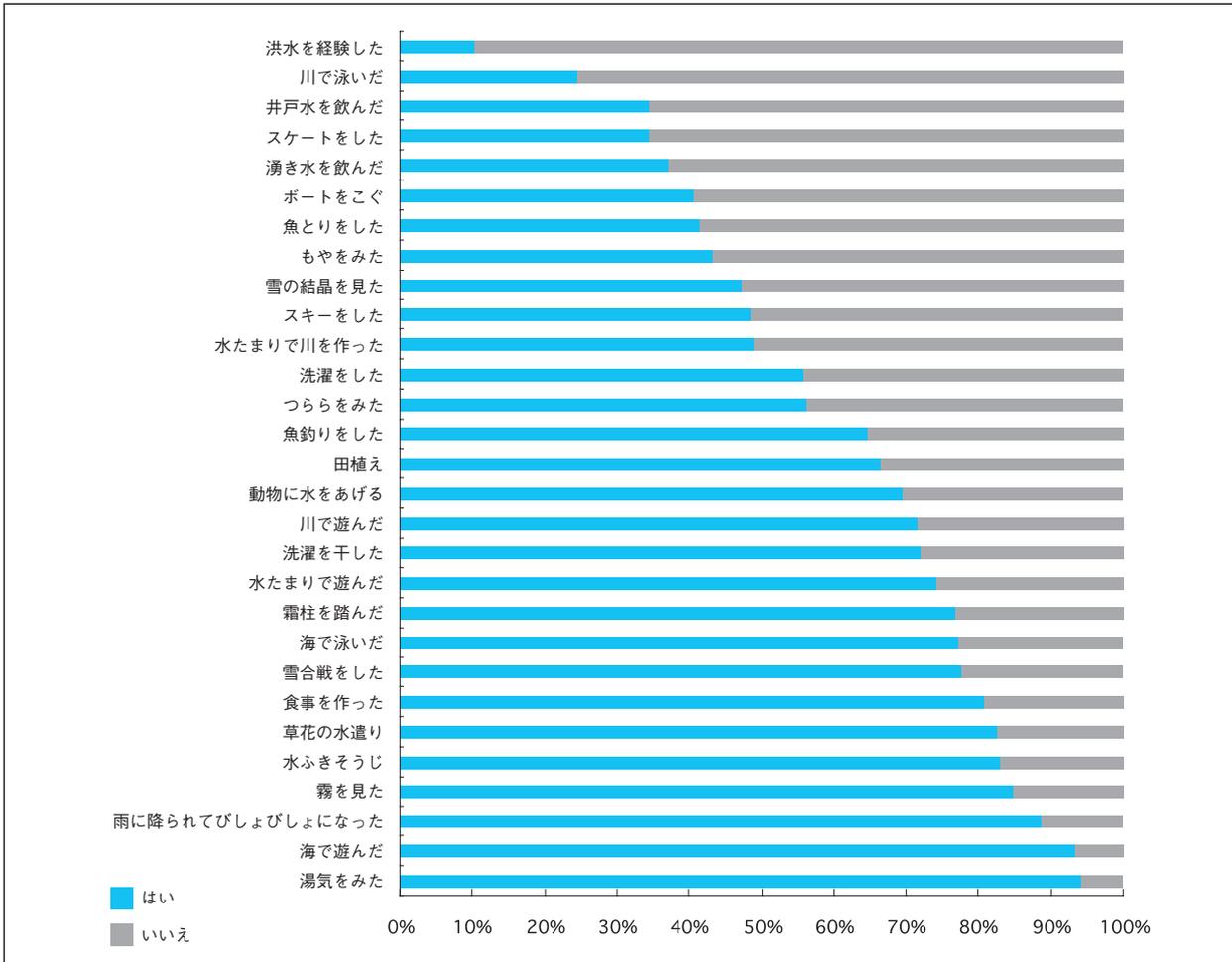


図2 子どもの水体験調査

子どもたちの水についての疑問

蛇口をあけると水が出る日本の暮らしでは、水はあってあたりまえです。そのような生活経験しか持たない子どもたちに「水についてどんなことを知りたい？」と単刀直入には聞かず、アンケートや水についての学習活動を行った後に、水についての疑問を集めました(表1)。「川の水がなくならないのはなぜ？」という事前アンケートを実施しただけで、「では水は、いったいつからあるのだろうか？」という水の起源に興味を持つ子がいました。

この子たちは学校の授業で半ば強制されて回答したものといえます。ですが一人ひとりの子どもたちから多くの疑問が出されました。大人が、疑問や好奇心を生むきっかけを与え、またそれらを育てる支援をするなら、子どもは大いに成長する可能性を有しているといえることができます。

水を通して伝えたいこと—企画者として

- ◆命(自分の生)の大事さ(今、ここに生まれて生きているということの不思議)=人(自分)の自然性
- ◆身近な自然に気づく(自然って、おもしろいな)
- ◆地球上を水が循環し、それが地球生命系の重要な要素であること

私たちは環境教育を環境と持続可能性のための教育ととらえています。そのためには、総合的・連関的にものを考えることが重要です。水を教材にすれば、総合的・連関的な考え方や、上記の3点を伝えることができると考えました。さらに、水を守るための基本概念として次のことを理解したいと思います。このうち、今回の企画展では、1から6の概念を紹介しようと考えました(表2)。

また学校との連携事業で得られた子どもたちの疑問に応

表1 小学5年生の水についての疑問

テーマ	疑問例 (漢字変換は筆者)
循環・なくなる水	池や、川や、海の水はどうしてなくなるのだから
水の三態	水はどうやって蒸発するのか
水の起源	一番最初の水はどこからきたのか？
水に溶ける	海の水はなんでしょっぱいのか？
水のあるところ	こんなものにも水が含まれているのってびっくりするものが知りたい。
水の色	なぜ、水は無色透明なのか
浄化	泥水はどうやってきれいになるのか？
命	水がなければ、生物はどうなってしまうのか？
雨粒	雨の形を自分で目でみたい
雨・雪・氷	水蒸気が雲にはいってどうやって雨になるのかな？
水の量	地球上に水はどのくらいあるか？
おいしい水	世界一おいしい水はどこの水か？
水の力	水はどれくらいの力があるのか？
水はなぜ冷たいの？	水はなぜ冷たいのか？
凝集力	水はなんでくっつくとするのか？
細胞の中の水	私たちの細胞にはどのように水が隠れているのか、どのように汗として出てくるのか

表2 水環境教育の基本概念

1. 水は生命の源 水の惑星である地球に生命が誕生した。地球のすべての生き物は水が必要である。多くの生き物がその生活のすべてを、あるいは一部を水中で過ごす。生物にとって、水の質と量が重要である。水が汚染されたり、水圏の生態環境が壊れると、種は絶滅する。
2. 水はユニークな物質 水は地球の表面では固体・液体・気体の三態に変化する。水はさまざまな物質を溶かすことができる。水のユニークな性質が地球環境を特徴づけ、生物の生存を可能にしている。
3. すべての水は水循環の一環である 生物・無生物の多様なかわりのなかで、水は循環している。
4. 水は有限 水は地球に大量に存在するが、人が利用できる淡水は限られている。
5. 流域 流域は地形、地質、気候、植生により特徴づけられ、地域によって水環境は異なる。本来の流域に人為的な変化が加えられることもある。
6. 人は大量の水を利用する 人は他の生物と同様に生命を維持するために水が必要である。さらに物の製造、発電、食料生産等に多くの水を使用する。人は水資源利用のために、他の生物の生存を奪うこともある。
7. 汚染物質は水系内を移動する 水は汚染物質を発生場所から遠く離れたところまで移動させる。
8. 水の利用が競合する 人の職業によって水の利用目的が異なり、多くの場合それらは競合する。持続的に水資源を利用できることが社会の安定に必要。
9. 水の価値と利用方法は文化により異なる 水を守る基本概念は異なる文化と価値システムの中で検討しなければならない。しかし、すべての社会において、市民として人ならびに他の生物の持続可能な水利用のために、責任ある態度をとらなければならない。

え、それに私たちの伝えたいことを加味し、企画のねらいを次のように整理しました。

- ◆固体・液体・気体を理解する。
- ◆水の色を自分の目で確認することにより、体験することによって学ぶ（Learning by doing）を理解する。
- ◆水の起源・宇宙・地球：とくに、地球の表面に水(液体)が存在することが、地球型生命発展のポイント。
- ◆地球の水循環：水が地球上を循環していること、その循環には地球の生物と無生物、すべてのものが関わっていること、いい換えると、水をめぐる生物と環境とのさまざまなやりとりが水循環であり、そのなかで“生き物が生きている”。そして、それは水がユニークな物質だからこそ可能になったことを知る。

* * *

「水はどうして大切？」と子どもに聞くと、「水がないと生物は生きられないから」と答えます。では、「どうして、水がないと生物は生きられないの？」と質問を深めると、「わからない」。この問いに答えるためには、たとえば細胞中の水の機能や挙動についての知識が必要になりま

す。水の不思議な性質は水の構造に由来しますが、それを理解するためには、相当の科学的素養が必要です。また、地球の水の量は約14億km³とされていますが、この数字がどのように求められ、信頼性はどの程度なのかといったことについて理解することは小学校高学年には難しいかもしれません。しかし、このような批判的・科学的な態度は身につけておきたいと思います。

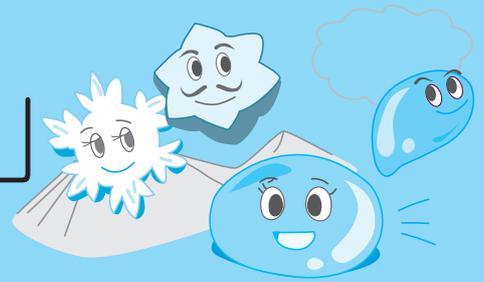
小学校高学年の児童は、元素、イオン、密度など、水の性質を理解するための基本概念を習っていません。小学4年後期で水の状態変化を学ぶのですが、湯気と水蒸気を混同している児童生徒（高校生も！）が多いことがわかりました。水に関して、生活のなかで経験していることを科学的に正確に理解することは、未解決の問題も多く難しいと私たちがまさに体験しているところです。

しかし、今回の企画展は、体験型の展示により水の不思議さ、面白さに気づくことをねらいにしました。体験を通して、不思議だと思うことが学ぼうとする意欲につながるのではないのでしょうか。

(小川かほる・松本季恵・安曾潤子・鶴岡義彦)

5年生の創作物語

「しずくちゃん物語」



大多喜町立老川小学校は房総丘陵の中央部に位置し、四季折々に清澄山系の豊かな自然を満喫できる地域で、学区には養老川と夷隅川の源流部があります。全校で50人という小規模校ですが、地域の学校として大事にされ、地域を活用したさまざまな体験でボランティアの方々といきいきと活動している開かれた学校です。

5年生のみんなは1年を通して水について学んできました。秋には、「養老川の水になって75kmの旅をしよう」と養老川の源流から東京湾まで、2日間かけてたどりました。その旅を全員で思い出しながら、しずくちゃんと自分たちの思いや体験、そして学んだことを重ね合わせた創作物語「しずくちゃん物語」を制作しました。あらすじを全員で話し合い、場面ごとにパソコンでお話を作りました。行きづまった時は、相談しあい、しずくちゃんの旅を考えたそうです。そして、この物語は劇になり、「6年生を送る会」で発表し大きな拍手と感動をいただいたそうです。

あらすじ

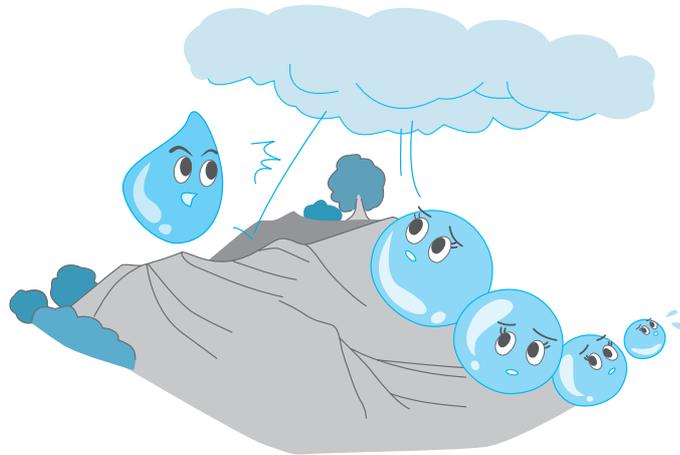
水の粒、しずくちゃんは兄妹二人で旅に出ることになりましたが、分水嶺のちょっとした振り加減で、しずくちゃんは養老川へお兄ちゃんのしぶきくんは夷隅川の方へ降ってしまいました。しずくちゃんは、川を流れながら、さまざまな生き物や土地の様子に触れながら下っていき、生物や人とのかわり、環境について考えていきます。そして、いろいろな旅をしながら水の姿で東京湾から太平洋へ、やっと外房沖でお兄ちゃんに出会います。そして、ゆきんこ母さんとあられ父さんも、群馬県のスキー場（老川小スキー教室の場所）から、利根川を下り、太平洋で家族が出会います。それからみんなで水蒸気になり、雲や氷河となりまた雨となり…。しずくちゃんの旅は、家族みんなの地球上の大冒険の始まりだったのでした。

しずくちゃんの紹介と麻綿原

わたしの名前はしずくです。海と山に見える高い空にいます。お兄ちゃんはしぶきくんです。あられ父さんとゆきんこ母さんは、これから寒い国に出かけるそうです。わたしたち二人の兄妹で出かけるのは初めてです。二人はこれから旅にでます。高い空から雲に乗り、下をながめながら「どこに行こうか」二人は相談しました。「海もいいね」「山もいいよ」「海と山の両方に見える房総丘陵の高い山に着地してみよう」ということになりました。

分水嶺に降る

しずくちゃんは本当にちょっとした落下地点の違いでお兄ちゃんと別れてしまいました。分水嶺に降ってしまった二人は離ればなれになってしまいました。しずくちゃんは養老



川、お兄ちゃんは夷隅川に流れてしまったのです。二人はこの先会えるのでしょうか。

山の神様

しずくちゃんは、せまい地層の間に浸み込んでいきました。やっと出たところは、黄色のイチョウのたくさんある広場で近くに山の神様がありました。しずくちゃんは山の神様に「おにいちゃんに会えますように」とお願いしました。そのとき、子

どもたちの声がたくさんして、イチョウの葉を投げあげて遊んでいました。わたしもいっしょに遊びたくなり、やっと元気ができました。

V字谷

がけの高さが十メートル以上のV字谷に流れ出ました。三メートルくらいのせまい川だけれど、美しいもみじの葉がくるくると回りおどりながら、楽しそうにいっしょに流れていきました。

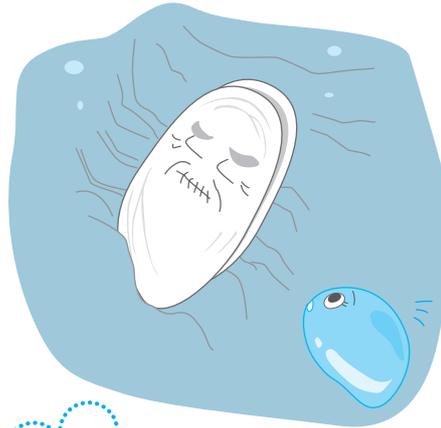
「いっしょにおどりましょう」
しずくちゃんともみじは手をつない
でおどりました。川に小さなうず巻
きがたくさんできました。しずくち
ゃんはずっとここでおどっていられ
たらなあと思いました。



シロウリじいさん

少しねむくなったので、流される
ままに、うとうとねむってしまいま
した。するとどこからか、
「ここは海の底ではないのか？」
気がつくとき大きな岩の方から声がし
ます。よく見ると岩の中の貝の化石
でした。しずくちゃんはおそるおそ
る、
「ここは山の中の養老川ですよ」
と教えました。すると、
「わたしはシロウリガイだよ。二百万
年前に海の底の熱水の出るところで
温泉につかりながら楽しく暮らして
いたのだが、気がついたら岩の間は
まっけてしまい二百万年岩から出ら
れず困っている。」
というのです。しずくちゃんはびっ
くりしました。
「二百万年前はここは海の底だっ
たの」と聞きました。「行ったことがないな
あ。海の底…」と話していると回り
から子どもたちの元気な声がします。
老川小のみんなです。「あ、見つけた」
ハンマーを持った男の子がシロウリ
じいさんを見つけて大切そうに掘り
出しています。

シロウリじいさんはしずくちゃんに、
「やっとここから出られる。また、ど
こかで会おう」
と声をかけてくれました。しずくち
ゃんは、「元気だね。」と手をふりま
した。しばらくシロウリじいさんの
話を思い出しながら、海の底だっ
たところが山のてっぺんになっている
ことが本当に不思議だと思いながら
流れていきました。



栗又の滝

とそのときです。
「きゃー助けて」
急な崖になりました。幅は三十メ
ートルはあるでしょうか。岩肌をす
べり落ちていくのです。ここは「あわ
またのたき」でした。はじめはびっ
くりしましたが、だんだん楽しくな
ってきました。滝壺にはアユがいま
した。シマドジョウもいました。サ
ワガニもいました。ウナギもいま
した。みんなで養老川の会議をしてい
ました。
「君は天然ものかい」
「いいえ、ここに住んでいるほとんど
が養殖のやつだよ」
「印旛沼で育って春に放流されたの
さ」
「ウナギさんも、そうだよ。ほとんど
が養殖さ。」
「二十数年前に高滝ダムができてか
ら、産卵にいてもだれ一人帰って
こないよ」
「それに川の中も昔より住みごちが

悪いよ」
「昔は、ごみなんてなかったもの」
「今じゃときどきビニールと藻をまち
がえてしまうことがあるから気をつ
けないと…」
しずくちゃんは、
「わたしがこれからダムの方こうはど
うなっているか確かめてくるね。」
と話しました。みんなは、心配そうに
顔を見合わせました。
「だいじょうぶ。わたしは水だから、
形が変えられるの。また会ったら、
お話するね。会えなくても、しずく
の家族や仲間に伝えるようにするか
ら、元気だね。」
といい、また川を下っていきました。

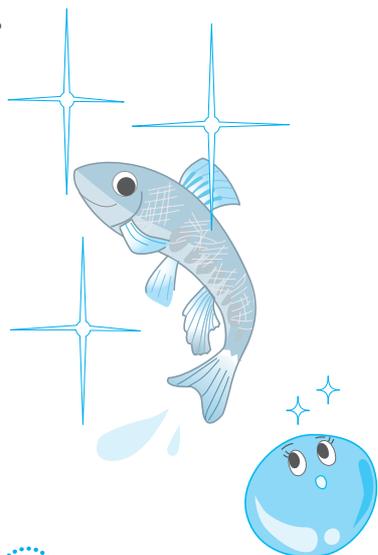


オイカワくん

だんだん川幅が広がって八メー
トルくらいになってきたので、右に
左に動きながら、泳いでいきました。
すると川の端にドングリがたくさん
沈んでいました。そこにオイカワ君
がきました。オイカワ君のオスは、
「ほらきれいだよ、ぼくの服は七色に
かがやくんだぜ」
と、どんぐり君たちに自慢していま
した。しずくちゃんも、
「すてきな色ね」
と声をかけました。オイカワ君は、
「7月ごろのウグイのやつらのオレン
ジ色はみごとで、かなわないけど、
あとはぼくが養老川一のベストドレ
ッサーだぜ」
と太陽の光にキラッと体を当てなが

らジャンプしました。

しずくちゃんのひとみは、光がやくオイカワくんの服におどろきました。



品の川水路で休耕田へ

品の川水路で田んぼに行くことになりました。そこでは見たこともない黒くて大きなシャープゲンゴロウモドキやガムシ、アカハライモリやヒル・ミズカマキリ・トウキョウサンショウウオなどたくさんの生き物が仲良く暮らしていました。しずくちゃんは初めてみる生き物に目を丸くしました。

「最近はどうしてのんびり住める田んぼが減ってきてねえ」

「昔は川廻しをして、どんどん田んぼを作って、たくさん仲間がいたのにな」

「品の川水路は会所から、山の中に十キロメートルも水路を造って、田んぼの水を確保するほどがんばった人もいるのにね」

「そうだね。たしか中村太左右衛門が計画して孫の伝治が引きついで、全財産を使って作ったんだって。」

「おかげで川から水をあげなくていいから、とても水の管理が楽になったらしい。」

「ぼくたちは、そのおかげで田んぼでゆっくり生きていける」

「冬でも水がないと、ぼくたちは生き

ていけないしな」

「それにしても川廻しも水路もたいへんな思いをして造ったのに、最近は休耕田が多くてね。」

「なんでも日本の食料の自給率は40パーセントになってしまったらしいよ」

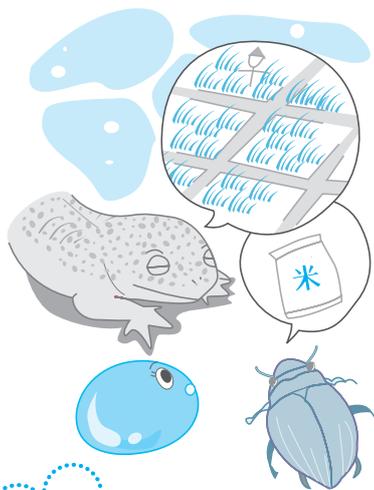
「日本の米はおいしいのに、なんでも外国から買ってしまいうり方はどうかと思うけど」

「老川小の5年生は、お年寄りに教わって米を作ったそうだよ」

「若い人が、日本の米作りや農業を考えてくれると、俺たち水生動物も助かるよな」

田んぼの水はお日様に当たっているととっても温かでした。

オニヤンマがちょうど羽化をしているところでした。真っ白ですき通ったトンボの羽を初めてみて、美しいと思いました。

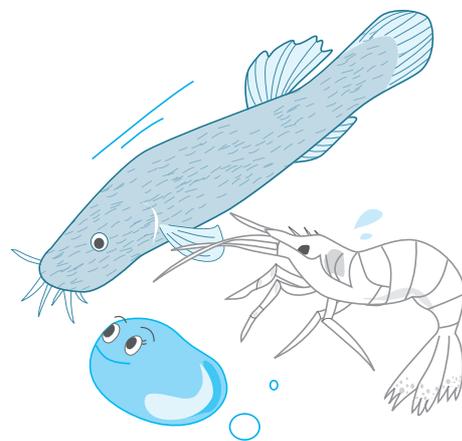


蕪来川と川廻し

田んぼのわきの水路に行くと蕪来川に行きました。そこには、カワエビとホトケドジョウがいました。

「ここの川の水は気持ちがいいぜ」「競争しようよ」

みんなで競争しました。カワエビは体を前後に折り曲げながら、そしてたくさんの前足を細かく動かしながら楽しそうに泳いでいました。ホトケドジョウは丸くて太いからだをくねらせながら泳いでいます。二人



とも一生けん命泳いでいます。しずくちゃんがいっしょに泳いでいくと、弘文洞跡に出ました。ここも昔の人が川廻しをしたところだそうです。高い数十メートルはある切り立った崖が、川の働きのすごさを物語っています。

ここでまた、子どもたちの声がします。中央博物館の小川先生が、「ねえ、ここの川、低いところから高いところに流れているように見えない？」

とみんなに話しています。すると、「上流からの勢いのある流れがこのくぼみの水を押し流しているのかも」とつぶやく男の子がいます。しずくちゃんは、蕪来川から本流に入るとき、後ろから本当に勢いよく押し流されて、うまく本流に入ることができました。

「うん、あの子のいうことは本当だわ」と思いました。

こいのおじさん

するとそこは、淵になっていました。水の光が今までより届かず、少し暗い感じがします。淵の底には、大きなコイがいて、大きなひげをなでながらあくびをしています。

「かぶらい淵の底にようこそ！」
「少し暗いけど、もうすぐ目が慣れるよ」

淵の底では、コイの仲間がたくさんいました。

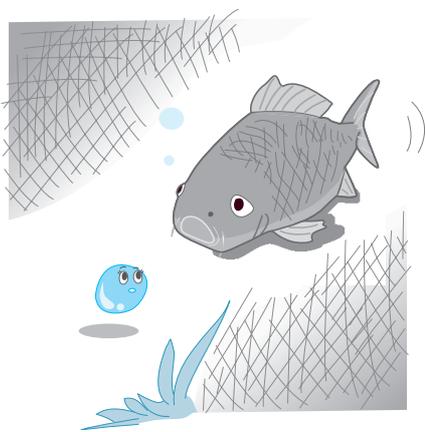
「ここは川の上からつっこんでくるカ

ワセミも潜ってこられないから、安心して生活できる」

「川の生き物は、大きさやえさ場でみんな棲み分けしているんだよ」と教えてくれました。しずくちゃんは、「なるほど」とうなずきました。「ただ川の底は、暗いから性格が暗くならないように、ときどき散歩に行かないとね」

と、コイのおじさんは話していました。「今日は、出世観音橋までいこうかな」しずくちゃんは「わたしもそこまでいっしょにいきたい」と連れだって散歩に行きました。

出世観音は真っ赤な太鼓橋がかかっています。何人もの観光客が橋の上から、「あ、大きなコイがいるよ」と指さしています。コイのおじさんは、「みつかってしまったか。じゃこの辺でまた淵に帰るとするよ。この先は市原市だよ。川幅も広くなるし、高滝ダムもあるからね。わたしたちは遠出をしてもそこまでしか行けない。しずくちゃん気をつけて」と、ひげをなでながらいいました。「コイのおじさんありがとう」しずくちゃんはまた、旅を続けます。



日の先大橋と河岸段丘

川幅がますます広くなりました。川は、右に曲がり左に曲がり、くね

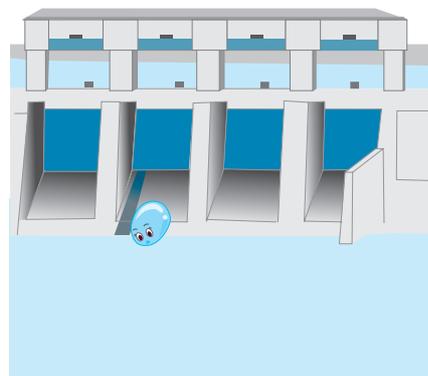
くねとしています。川の外側は崖になっていて流れも速いし、深い淵が何カ所もあります。川の内側は浅くて流れもゆっくりで、角の取れたたまあるい石がたくさん積もっています。時々小湊鉄道の鉄橋も見えます。日の先大橋では、おおきな田んぼが段々になっているのが見えました。このあたりは、川の回りのあちこちに田んぼが段々になっています。しずくちゃんは仲間の水の色が、少しずつ緑がかったことに気づきました。



高滝ダム

急に流れるスピードが遅くなりました。流れてきたと思われる木もたくさん溜まっています。砂も盛り上がって丘のようになっていきます。ゆっくりゆっくり流れていくと、小さな船で釣りをしている人や白鳥のボートも見えます。カワセミとトンボの大きな模型も見えます。水の中には、小さな緑色のプランクトンがたくさん浮かんでいます。緑色の水の原因がやっと分かりました。

すると目の前に大きなコンクリートの壁が見えました。しずくちゃんは「これが高滝ダムだわ」と思いました。大きなコンクリートの壁は、ダムの周りじゅうどこまでも続いている、どこがどこかわかりません。どこが下流なんだか上流なんだかわからなくなりそうです。しばらくす



ると大きな家が何軒も沈んでいることも分かりました。この家に住んでいた人はどうしているのかしら、生まれた家が水の底でさみしくないのかしらと思いました。「でもあの大きな木がいっしょに流れるくらいだもの。きっと大きな洪水があったのかもしれないわ」と思い、迷路のようなダムの中を見て回りました。

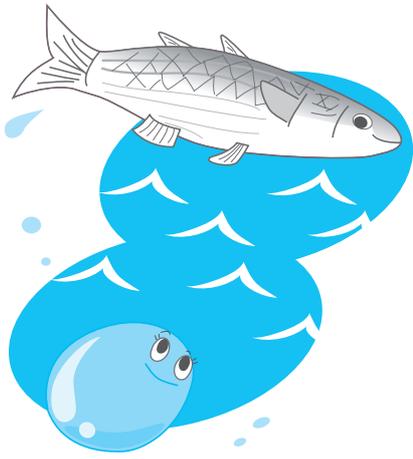
出口のよくわからないしずくちゃんは体をじっとさせて、かすかな水の流れを確かめることにしました。やっと出口の方向が分かりました。一気にコンクリートの壁から脱出しました。噴水のような感じです。大きくジャンプをしました。

西広堰

養老川をすべるように下って行きました。

すると大きな羽目板が見えてきました。しずくちゃんは、羽目板に乗り上げそうになりました。川で遊んでいたボラがしずくちゃんに話しはじめました。

「ぼくは、汽水域に住むボラだよ。ここで堰き止められた水は田んぼに流れて行くこともできるし、ぼくのように時々塩水さんと下流から登ってくることもできる。もちろんまた一緒に海まで行くこともできるよ」と教えてくれました。しずくちゃんは、「なぜこの川の真ん中に羽目板を作ったの」とたずねました。



「だって米作りに水不足は困るだろう。それに海水が入るともっと困るだろう。だから夷隅郡大原町の渡辺善右衛門さんが夷隅郡の人なのに市原市の人ために考えたそうだよ」

しずくちゃんは感心していました。「とってもすごい人なのね」

ポラくんは、「そうだね。西広堰は、いまでは日本の残しておきたい景色の百選にも選ばれているそうだよ。しずくちゃんは、これからどうするの。ぼくと一緒に海までいくかい」

と聞きました。しずくちゃんは、「一緒にいけるなんてうれしいわ。私、お兄ちゃんを探しに行かなくちゃ行けないの」

「そうか、それはたいへんだね。東京湾までもう少しだよ。あの高い煙突の所が河口だよ」と教えてくれました。

しずくちゃんは、「もう少しで海なんだ」とうれしくなりました。

海だ！

川幅がどんどん広くなりました。上流は三メートルくらいだったのに、いまでは二十倍以上になっています。

高い山や森もありません。見えるのは高い煙突や家ばかりです。水は砂混じりで、先があまり見えません。それでもカワウとカルガモの親子が、

川の浅瀬を見つけては、魚を探して右に左に泳いでいます。こんなに水が汚かったりダムができたりでは、上流で困っていたアユ君やウナギ君は、生きていけないなと思っていました。これはたいへんだと思っていました。これをなんとか上流に住む生き物に知らせてあげたいと思っていました。

そうしているうちに、ポラ君が「ほら、もう東京湾だよ。」と声をかけました。「左側に進んでいけば太平洋に出るよ」と教えてくれました。

しずくちゃんは目の前に広がる大きな水の仲間たちにうっとりしました。白いさざなみが太陽の光で輝いています。しずくちゃんは、深く潜ってみました。すると、これまでに見たことのない大きな魚が口をあけていました。しずくちゃんは、あっという間に飲みこまれてしまいました。

太平洋で出会った

どのくらい時間がたったことでしょう。

気がつくと、しずくちゃんは、魚の口の中にいました。おおきな牙が見えます。しずくちゃんは、するりと体をよじらせてエラからスーと外に出ました。

「ここはどこなの？」

すると「太平洋だよ。」

なんだかなつかしい声がします。なんとそれはなつかしいお兄ちゃんの声だったのです。

「おにいちゃん。元気だったの。」

「夷隅川の旅を聞かせてやるよ。この海底はカジメ海中林になっているよ。それからイセエビもいっぱいいるよ。」

イソギンチャクやチョウチョウウオなど、あたたかい海の生き物もいっぱいだよ。」

「お兄ちゃん、私の話も聞いて」

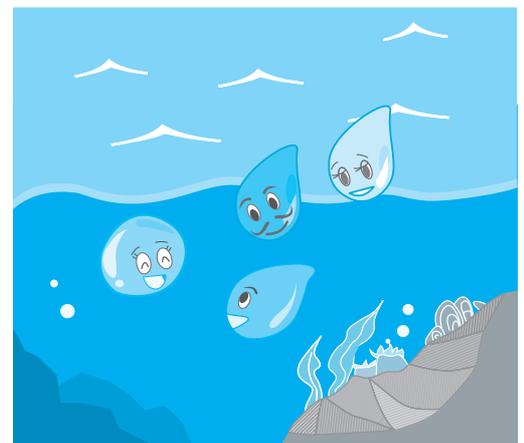
二人は海底散歩をしながら時間のたつのも忘れて話し込みました。そしてあたたかい海に向かって泳いでいきました。

しばらく泳いでいるとまたまたなつかしい声がありました。

雨になって降ってきたのは、ゆきんこ母さんとあられ父さん。群馬県のスキー場（老川小スキー教室の場所）で老川小の子どもたちに出会い、利根川を下り、太平洋から雲になり雨になって降ってきたのです。あたたかい南の海で家族の再会です。

しずくちゃんは、「養老川は楽しかったよ。ダムの話や下流の話をしたからもう一度いきたいな」といいました。お兄ちゃんも、「夷隅川もいろいろな滝があるぞ」と話していました。

会った家族は、再会を喜びながら、みんなで水蒸気になり、雲や氷河となり、また雨となり・・・しずくちゃんたちの旅は、まだはじまったばかりです。しずくちゃん家族は、みんなで地球上の大冒険を続けていくのでした。



< 2005年 企画展関連 >

① 関連イベント

自然誌シンポジウム 水—科学と感性の融合をめざして—（環境の日記念・県民の日記念）

6月12日(日) 13:00～16:10 於：講堂 当日先着順 定員200名
沖 大幹(東京大学)・高谷秀司(ギタリスト)・小川かほる*

水フェスティバル

7月17日(日), 7月28日(木), 7月31日(日), 8月7日(日), 8月14日(日)。10:00～12:00, 13:00～15:00
於：企画展示室・第2ホール 当日先着順 200名

降雨体験イベント（江戸川河川事務所の降雨体験車による）

7月23日(土), 7月24日(日) 10:00～15:00 於：中央博物館正面広場

セタフォーラム（川の日記念） 天の川に引き継ぐちばの川づくり

7月7日(木) 10:00～16:30 於：講堂 当日先着順 定員 200名

水講座 於：講堂 各日13:30～15:00 当日先着順 定員 50名

7月 9日(土) 雲からのメッセージ 武田康男(千葉県立東葛飾高校)
7月24日(日) 地下水からわかる大地の大切さ 田村嘉之(千葉県環境財団)
7月30日(土) 江戸時代の小櫃川・養老川の舟運 筑紫敏夫*
8月 6日(土) 水と植物 由良 浩*
8月13日(土) 水辺の鳥たちの生活 桑原和之*
8月27日(土) 南極のはなし 工藤 栄(国立極地研究所)

コアジサシ（講座）

8月21日(日) 13:30～15:00 於：講堂 定員 50名 桑原和之*

水トーク 各日14:30～15:00 当日先着順

7月2日(土) 小川かほる*, 7月27日(水) 江口誠一*, 8月17日(水) 白井豊*, 8月31日(水) 小川かほる*

同時開催

ちばの川づくりポスター展 期間：7月7日(火)～7月24日(水)

養老川写真展 期間：7月26日(火)～8月31日(水)

*千葉県立中央博物館職員

② 主な展示品リスト

2005年6月10日現在のリストのため実際の展示資料とは若干異なる場合があります。

コーナー名	展示物名称	形態・素材	点数	所蔵者・撮影者等
導入	漂う水と落ちる水	体験型	1	
	水の色は何色？	体験型	1	
	水の色は何色？(写真)	パネル	2	川畑 勇*
	水の循環図	図	1	箕輪義隆
	子どもの質問	パネル	1	
	こどもとつくる展示概要	パネル・実物	5	
太陽系	太陽(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	水星(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	金星(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	地球(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	火星(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	木星(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	木星の衛星(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	土星(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	天王星(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	海王星(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	冥王星(写真・イラスト)	パネル	1	NASA・安曾潤子
	彗星(写真・イラスト)	パネル	1	武田康男・安曾潤子
	隕石(炭素質コンドライト)	実物	3	東京大学固体惑星物質データベース標本
	動物	蒸発熱実験	体験型	1
養老川と鹿(写真)		パネル	1	田辺浩明
セグロアジサシ(写真)		パネル	1	浅尾省五
クロアシアホウドリ		標本	1	
オオミズナギドリ		標本	1	
ハイロミズナギドリ		標本	1	
ハシボソミズナギドリ		標本	1	
ハイロウミツバメ		標本	1	
オーストンウミツバメ		標本	1	
ヒメクロウミツバメ		標本	1	
カワウ		標本	1	
スズガモ		標本	1	
ケイマフリ		標本	1	
ハシブトウミガラス		標本	1	
コアジサシ		カービング	1	
コアジサシ		標本	1	
コアジサシ		図	1	
アオバト		標本	1	
シカ		標本	1	
湖沼		印旛沼「静かな印旛沼」(写真)	パネル	1
	印旛沼の利水(2枚組)(写真)	パネル	1	川畑 勇*, 山口秀輝*
	JFE水を使う生産ライン(写真)	パネル	1	JFEスチール(株)
	鉄製品(写真)	パネル	2	JFEスチール(株)
	鉄製品	実物	10	JFEスチール(株)
	川	ミニミニ養老川に雨を降らせよう(養老川流域立体模型)	体験型	1
養老川を空から見よう(流域管理GIS)		体験型	1	
養老川源流域(写真)		パネル	1	田辺浩明
粟又の滝(写真)		パネル	1	川畑 勇*
養老川河岸段丘(写真)		パネル	1	田辺浩明
養老川下流(写真)		パネル	1	田辺浩明
養老川源流域の石・上流の石		実物	20	
海		漂着物はどこから来たの？	体験型	1
	東京湾(写真)	パネル	1	川畑 勇*
	守谷海岸「晴天好日」(写真)	パネル	1	山口秀輝*
	荒波「荒波」(写真)	パネル	1	川畑 勇*
	海霧「海霧」(写真)	パネル	1	川畑 勇*
	漂着物	実物	10	高木 淳、依藤実樹子
	火山岩	実物	1	武田康男
	綸状鉄鉱層	実物	1	茨城県自然博物館
	ストロマトライト	実物	3	茨城県自然博物館
	ウナギレプトケファルス幼生	標本	5	東京大学海洋研究所
シラスウナギ	標本	1	◇	
ウナギレプトケファルス幼生(写真)	パネル	1	◇	

* 美しい房総を写す会

コーナー名	展示物名称	形態・素材	点数	所蔵者・撮影者等	
雲	ダイヤモンドダストをつくろう	体験型	1		
	空色と水色、どっち？	体験型	1		
	山霧「養老渓谷の夜明け」(写真)	パネル	1	川畑 勇*	
	川霧「黄金色に輝く湖」(写真)	パネル	1	山内憲章	
	ちぎれたかさ雲(高積雲)(写真)	パネル	1	武田康男	
	すじ雲(巻雲)	◇	パネル	1	武田康男
	にゅうどう雲(積雲)	◇	パネル	1	武田康男
	海から湧く霧(霧)	◇	パネル	1	武田康男
	にゅうどう雲(積乱雲)	◇	パネル	1	武田康男
	三層の雲(巻積雲・高層雲・積雲)	◇	パネル	1	武田康男
	大きなわた雲(積雲)	◇	パネル	1	武田康男
	うろこ雲(巻積雲)	◇	パネル	1	武田康男
	降水雲(積乱雲)	◇	パネル	1	武田康男
	つるし雲(高積雲)	◇	パネル	1	武田康男
	ひつじ雲(高積雲)	◇	パネル	1	武田康男
	尾流雲(積雲)	◇	パネル	1	武田康男
	朝の霧(霧)	◇	パネル	1	武田康男
	みだれ雲(積雲)	◇	パネル	1	武田康男
	わた雲(積雲)	◇	パネル	1	武田康男
	朝焼け雲(高積雲)	◇	パネル	1	武田康男
	レインスティック	実物	2	今井美枝子	
	手作りレインスティック	実物	2	中村彰宏	
	空色と水色の色鉛筆他	実物	20		
	雨傘	実物	1		
下駄	実物	5			
土	土は、どのくらいの水がもてるのかな	体験型	1		
	粘土と水のビミョーな関係	体験型	1		
	落花生畑「早朝の落花生掘り」(写真)	パネル	1	山口秀輝*	
	テンシオメーター	実物	1		
	土の吸引力	実験装置	1		
	土の中を昇る水	実験装置	1		
	つらら(写真)	パネル	1	山口秀輝*	
	地下水	地下水迷路	体験型	1	
		地下水学習キット	体験型	1	
		地下水流動模型	体験型	1	(財)千葉環境財団
自噴井(写真)		パネル	1	田丸正芳	
上総掘り(写真)		パネル	1	田丸正芳	
上総掘り模型	模型	1			
植物	すいすいぼく(水吸い木)	体験型	1		
	水のオリンピック	体験型	1		
	雨粒浮遊装置	体験型	1		
	木から雲(写真)	パネル	1	武田康男	
	溢水とパッタ(写真)	パネル	1	山口秀輝*	
	梅に雪(写真)	パネル	1	山口秀輝*	
	植物の中の水(写真)	パネル	2	中西友子	
	しおれた植物の変化(写真)	パネル	1	小川かほる	
	毛管現象	実験装置	1		
	シラカンバ樹液	実物	1		
シラカンバ材	実物	1			
メイプルシロップ	実物	1			
へちま水	実物	1			
氷河	南極の氷に触ろう	体験型	1	国立極地研究所	
	白瀬氷河(写真)	パネル	1	国立極地研究所	
	棚氷(写真)	パネル	1	国立極地研究所	
	南極観測船しらせ(写真)	パネル	1	国立極地研究所	
	メラ氷河(写真)	パネル	1	天野 誠	
	南極海の生物	標本	5	国立極地研究所	
人と水	体の中の水の量を測ってみよう	体験型	1		
	家庭で使う水の量はどのくらい	体験型	1		
	牛井	レプリカ	1		
	ペットボトル(2ℓ)	実物	945		
その他	世界の水	実物	20		
	Q & A	パネル	44		
	世界の水の量	体験型	1		
	常設展示室水の解説	立体パネル	30		
高瀬舟(写真)	パネル	3	千葉県立関宿城博物館		

③ 謝辞・協力者一覧 (敬称略・五十音順)

今回の企画展には多くの方々、団体・機関などのご協力を得ました。文部科学省から社会教育活性化21世紀プラン委託事業「子どもとつくる博物館事業による博・学連携のために社会教育、とくに環境教育推進事業」を受託し、本企画展はこの事業の成果をもって開催されるものです。また、(財)日本科学協会の平成16年度笹川科学研究助成「水の自然誌に関する企画展のための調査研究—子どもたちの体験に基づき、想像力を喚起し、理解につなげる企画および展示手法の開発—」を受け、基礎研究を行うことができました。さらに、本企画展は競艇の交付金による日本財団の助成を受けて実施する(社)関東海事広報協会「海と船(川・湖沼)企画展」事業の一環として実施いたします。

東京大学生産技術研究所の沖大幹氏には、多くのご助言とご指導を賜りました。ギタリストの高谷秀司氏には、子どもたちとの学習活動をはじめ多くのご支援をいただきました。

千葉県立星久喜小学校、市原市立京葉小学校、成田市立久住第一小学校、大多喜町立老川小学校の小学5年生の皆さんと支援していただいた教職員の皆様に感謝の意を表します。

文部科学省社会教育活性化21世紀プラン 社会教育活性化推進委員会

愛田恵子・大久保守*・小川かほる*・加藤賢三(副委員長)・小関智子・佐藤 哲・杉本朝春・高城英子・田辺浩明・鶴岡義彦(委員長)・永島絹代・中村俊彦*・楢村光雄・平山明彦・森 誠・宮崎 徹

文部科学省社会教育活性化21世紀プラン 社会教育活性化推進委員会ワーキンググループ

今井美枝子・加藤賢三・小関智子・高城英子・高谷秀司・高野史郎

武田康男・田辺浩明・永島絹代・永野富美子・森 誠

文部科学省社会教育活性化21世紀プラン 事務局

江口誠一*・大木美和子*・金井一喜*・桑原和之*・白井 豊*

文部科学省社会教育活性化21世紀プラン スタッフ

安曾潤子・川井恵美子・川畑 勇・松本季恵

協力(個人)

愛田恵子・今井美枝子・大矢真知子・小笠原正・小川政人・小川義人・加藤史也・木村龍治・日下部徹男・工藤 栄・小出恭正・木暮一啓・小柳千晶・駒井智幸*・坂 光・佐藤正三郎・澤村慶紀・芝原暁彦・清水美奈子・下野聡史・須之部友基*・高木 淳・高橋直樹・武田 弘・武田康男・田辺浩明・田邊由美子・田畑啓介・田村嘉之・塚本勝巳・筑紫敏夫*・鶴岡正幸・寺内 修・寺沢 実・土岐紘史・永島絹代・中橋 正・中村彰宏・浪川宗太郎・南條陽司・西村雅人・布谷知夫・原田輝俊・平山亜希・平山明彦・藤倉理恵子・古木達郎*・前川 仁・松田芳夫・三田直樹・宮田昌彦*・宮 正樹*・山下 晃・山本晋太郎・吉田正彦・依藤実樹子・渡邊研太郎・渡辺善司*

写真提供

浅尾省五・天野 誠*・石川松五郎・小高達男・川畑 勇・国立極地研究所・JFEスチール(株)・武田康男・田辺浩明・田丸正芳・千葉県立関宿城博物館・中西友子・山内憲章・山口秀輝

団体・機関

茨城県自然博物館・美しい房総を写す会、(財)河川環境管理財団、環境カウンセラー千葉県協議会、(株)共立理化学研究所、国土交通省江戸川河川事務所、大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構国立極地研究所、(独)産業技術総合研究所、JFEスチール(株)、シャープハイテクノロジーホール、全国環境教育・環境学習研究協議会・体験型水環境教育を伝える会、ちば河川交流会、(財)千葉県環境財団、(財)千葉県建設技術センター、千葉県県土整備部河川計画課・河川環境課、千葉県国際総合水泳場、千葉県水道局柏井浄水場、千葉県立上総博物館、千葉県総合教育センター、千葉県立現代産業科学館、千葉県立関宿城博物館、千葉県立美術館、東京大学海洋研究所、日本水環境学会水環境教育研究委員会(WEE21)

水展ボランティア (2005年5月現在)

愛田恵子・有馬宏子・市川良子・今井美枝子・岩沢とし子・植木隆典・内山真義・大泉マサ子・大野二三男・大宮耕一・岡本彩佳・小沼詩恵・小沼 恵・倉田智子・小泉優子・小島奈央美・後藤菊子・佐口美智子・佐久間かおる・笹倉裕子・佐藤正三郎・澤田真希子・島村信吾・城之内健一・須藤友章・泉田賢一・高野史郎・谷 英男・田淵克彦・戸部 圭・内藤沙織・中島慶子・中坪智美・永橋禎子・楢村光雄・庭野 裕・野上 杰・服部マリ子・平山亜希・福澤 恵・藤林範子・藤原一彰・堀智彦・前田美知・榊井完治・榊井幸子・松尾弘道・南山 旭・峯田暁子・深山安弘・盛一昭代・山澤明子・山田さか枝・依藤実樹子

主 催

千葉県立中央博物館

後 援

千葉県立中央博物館友の会

展示企画・構成

統 括 中村俊彦*

企画・制作 小川かほる*

展示製作 小川かほる*・由良 浩*・白井 豊*・桑原和之*
江口誠一*・安曾潤子・川井恵美子・林和美

広 報 桑原和之*・大木美和子*・木川博之・吉村光敏*

展示協力 (株)日展 北村彰・国長康智、挿絵工房 箕輪義隆

* 千葉県立中央博物館職員

