



外温性動物であるトカゲは、哺乳類や鳥類と同様に代謝熱を産生するものの、熱産生量は恒温性の動物に比べてはるかに小さく、環境の温度変化の影響を強く受け、環境の温度変化の影響を受けることによって動物がどのような影響を受けるかを研究するための優れたモデルとして注目されてきた。トカゲは、日光や温められた岩肌など環境の基質を利用することで熱を得ており、日陰や冷えた環境の基質を利用することで熱を失う（図1）。このように体温を調節するための行動は体温調節行動（thermoregulatory behavior）である。トカゲは環境の温度変化に応じて、体温調節行動によって体温を調節する（図2）。この過程は「蒸散」と呼ばれ、植物の成長や環境応答に重要な役割を果たしている。気孔は植物の表面に存在し、主に葉や茎といった地上部に集中している。植物の表面はクチクラと呼ばれる気体を通さないワックス層に覆われており、気孔が唯一の気体の出入口となる。気孔を通じて植物は二酸化炭素を取り込み光合成の材料とし、光合成で発生した酸素を放出し、私たちの生命活動が支えられている。これと同時に蒸散も起きる。



図1 樹上で日光浴するトカゲ（ブラウン）

COLUMN 23 植物も汗をかく

意外に思われるかもしれないが、植物もまた、私たちと同様に汗をかく。植物の汗は気孔と呼ばれる微小な孔を通じて水蒸気として放出されている（図1）。この過程は「蒸散」と呼ばれ、植物の成長や環境応答に重要な役割を果たしている。気孔は植物の表面に存在し、主に葉や茎といった地上部に集中している。植物の表面はクチクラと呼ばれる気体を通さないワックス層に覆われており、気孔が唯一の気体の出入口となる。気孔を通じて植物は二酸化炭素を取り込み光合成の材料とし、光合成で発生した酸素を放出し、私たちの生命活動が支えられている。これと同時に蒸散も起きる。



図1 開いたマルバツユクサの気孔。バーは20μm。

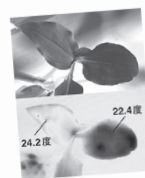


図2 マルバツユクサ葉の写真（上）と赤外線サーモグラフィ（画像）（下）。右の葉には気孔開口を測定するための赤外線放射計を装着。左の葉は蒸散による冷却効果を示している。

が、いきすぎた水分の放出は植物のしおれにつながるため、植物は乾燥を感じると気孔を閉じ、気体の出入りを調節している。植物が汗をかく、つまり蒸散を行うことは、私たちが汗をかくのと同様に体温調節の意味も持っている。気孔を介して水分が気体として放出される際に気化熱を奪うため、蒸散が盛んな葉では温度が低下する。砂漠のような高温下で生育する植物の中には、気孔の密度を増加させて蒸散を盛んにすることで、葉温を低下させ、砂漠の過酷な高温条件に適応しているものも存在する。赤外線サーモグラフィを用いると、葉の表面温度を非侵襲的に評価することができ、気孔の開き具合を間接的に評価する手法として、気孔研究に用いられている（図2）。蒸散は根から通じて水を吸い上げる流れ（蒸散）も生じさせる。これにより根で水分を上げると同時に土壌の無機塩類の取り込みが促進される。また、背の高い木でも地上数十mの高さまで水を運ぶのも、蒸散により道管を通い上げられるおかげである。気水の蒸散は、年間 70×10^{11} t、これは大気中の水分含量の10倍に達する（つまり年に4〜5回は気孔を通過する）。植物が汗をかくのは成長だけでなく、環境への適応として大きく貢献している。

参考文献

● 島崎研一郎、新・生命科学の教科書、上巻、植物の形態と生理、裳華房、2018年



温度は気温や体温のように至極普通に測定されている物理量である。家庭にあるエアコン、冷蔵庫、PC、スマートフォンなど、温度センサーは身の回りに沢山存在する。しかし、「そもそも温度計は誰が最初に作ったのだろうか？」ということになると、意外と知られていない。

◆ 温度計の誕生

液体や気体は、温度の変化により、その体積が膨張・収縮することは、紀元前から知られていた。この温度変化による体積変化を、目で観測できる機器をガリレオ（Galilei G）は作り（16世紀後半）、その現像を学生に見せていた¹⁾。そして、その機（GF）が温度目盛を付けて、気温の観測を始めたのが、温度目盛付き温度計の起源であると言われている²⁾。ガリレオの温度計の発明は、気温の観測を可能にした。その温度計は、液体が温度変化により体積変化を生じ、その結果として密度が変わることを利用し、液体中のフロートの浮き沈みで温度を観測する温度計も開発している³⁾。これが、現在、キフト店などで販売されているガリレオ温度計の起源である。

◆ 温度目盛の変遷

サグレドが作った温度目盛は、雪に塩を混ぜたものの温度を0度、雪を100度とした2つの基準点を用いて作られていた⁴⁾。この温度目盛では冬の室内の温度は130度、夏の最も暑い日の気温は360度であった⁵⁾。その温度目盛はガリレオに伝えられていたよう



衣服を能動的に使用する行動は、ヒトのみにみられる。この特徴的な行動には、生理的目的と社会的目的がある。現代社会では、後者の社会規範や自己表現など社会的役割が重視されることが多い。しかし、体温を至適温度に保つには、図1に示すような生理的役割も大きい。少し暑いときに腕まくりをしたり、寒いときに上着を羽織るといった何気ない行動は、衣服による体温調節の現れである。このように、衣服は、最も身近な体温調節手段として微細な調節が可能である。

◆ 衣服の誕生と民族衣装

裸体のヒトが生存に耐え得る気温は、10℃〜35℃程度と非常に狭い。温暖なアフリカで生活していたヒトが、寒帯から熱帯の幅広い気候帯を示す広い地球上に生活領域を拡大するためには、身体を保温したり、

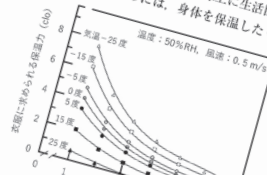


図1 体表からの蒸発が円滑に行われる場合に、身体活動量と気温に応じて衣服に求められる断熱性（断熱抵抗）（又断熱）に基づいて算出。



図2 アフリカ大陸・トゥアレグ族（左）の民族衣装は、直射日光から身体を保護するために、厚手の布で縫製された長袖の長ズボンで、全身を覆う。また、伝統的な気候帯に対応するために、全身では、気温と湿度の変動による熱ストレスを軽減し、涼しい環境に適応できるように、薄手の布で縫製された短袖の短ズボンで、全身を覆う。

“現在、想像を遥かに超えた猛暑を経験し、いやが上にも我々の意識は、気温に向かう。地球上の生命は様々な温度に適応しながら様々な環境の下で生きている。温度を巡る生物学の諸問題を様々な分野の研究者が説き起こす本著は、まさに時宜を得たものである。”

2025年
10月刊行

熱中症や
冷え症は
なぜ起こる？

食べるものや
着るものとの
関係は？



暑い・寒いって
なんだろう？

健康・医学・
文化についても
情報満載

ヒトや動物・植物と温度のかかわりをわかりやすく解説

生き物と温度の事典

富永 真琴・加塩 麻紀子・関 原明・永島 計・山口 良文 [編集]

A5判／384頁

ISBN:978-4-254-17200-3 C3545

- **周囲の温度**は生き物にどう影響する？ 生き物は**自分の体温**をどう調節している？ 細胞レベルから行動レベルまで、見開き単位でわかりやすく解説
- **熱中症**や**お風呂のヒートショック**をはじめ、ネッククーラーの**ペルチェ素子**、**冷え症**、**こたつ**、**温／冷シップ**、**桜の開花予想**など、身近な話題も多数

読者対象

生物学・生化学・物理学などの学生や研究者、医師・医療従事者、
中学や高校の理科教員、興味がある高校生以上の一般読者など

ご希望のお客は、下記よりご確認ください。 ※価格は本体価格です

生き物と温度の事典

同時アクセス数 1：39,600 円

同時アクセス数 2：59,400 円

同時アクセス数 3：79,200 円

ProductID：KP00125473

販売対象機関：すべての機関



紀伊國屋書店 学術電子図書館
KinoDen
Kinokuniya Digital Library

「はじめに」より

（前略）内温(恒温)動物である私たちヒトも、風邪をひけば体温が40度近くまで上がることがあるので、体温は必ずしも一定(恒温)ではないですし、1日の中でさえ体温のリズムがあり、「変温」します。また、ヒトを含めた哺乳類の体温が心理ストレス等によって上昇する現象が知られています。これは、体温が単に一定に保たれるだけの生体パラメーターなのではなく、様々な環境のストレスを生き抜くためにダイナミックに変動することを示しています。しかし、私たちヒトはリスのように冬眠できません、同じ霊長類である一部のサルは冬眠できるのに。

こうした温度の不思議を理解するために本書を企画しました。温度と生命の基礎、ヒト・医学、動物、植物の4つの部に分けて温度に関わる様々な情報、知識を詰め込んだ事典です。この事典を手にとって学ぶことで、「知恵熱」が出るかもしれません。この事典が、読者の方々の温度に関する理解を深める本となることを願っています。

編集者代表 富永真琴

執筆者一覧

◆編集者

富永 真琴 名古屋市立大学・生理学研究所(名誉教授)

加塩麻紀子 熊本大学

関 原明 (国研)理化学研究所

永島 計 順天堂大学・早稲田大学(名誉教授)

山口 良文 北海道大学

◆執筆者 [五十音順]

饗場葉留果 (一社)ヤマネ・いきもの研究所

赤司 寛志 駒澤大学

天野 達郎 新潟大学

荒川 和晴 慶應義塾大学

生駒 大洋 国立天文台

泉 洋平 島根大学

伊藤 菊一 岩手大学

井上 芳光 大阪国際大学名誉教授

猪熊 茂子 国立国府台医療センター

猪股 直生 東北大学

岩崎 有作 京都府立大学

岩瀬 麻里 静岡県立大学

上田 実 (国研)理化学研究所

上田 実 東北大学

歌 大介 富山大学

宇高 寛子 岡山理科大学

内田 邦敏 静岡県立大学

内海 有希 昭和医科大学

内海 好規 福山大学

梅田 真郷 ホロバイオ(株)・京都大学(名誉教授)

浦野 千春 (国研)産業技術総合研究所

王 勤学 (国研)国立環境研究所

大栗 隆行 産業医科大学病院

太田 俊二 早稲田大学

大谷美沙都 東京大学

小賀田拓也 (国研)国際農林水産業研究センター

岡畑 美咲 大阪大学

岡部 弘基 東京大学

岡松 優子 北海道大学

奥田 将生 (独)酒類総合研究所

奥茂 敬恭 昭和医科大学

小倉 秀樹 (国研)産業技術総合研究所

尾崎 聖 (株)毎日放送

小沢 明治 明治大学

加塩麻紀子 熊本大学

片岡 直也 名古屋大学

加藤 光敏 (医)光慈会 加藤内科クリニック

門脇 辰彦 Xi'an Jiaotong-Liverpool University

釜江 陽一 筑波大学

河合 研志 東京大学

川上 直人 明治大学

川瀬 宏明 気象庁気象研究所

河村 泰樹 (国研)産業技術総合研究所

菅野 洋光 東京都立大学

黄川田隆洋 (国研)農業・食品産業技術総合研究機構

菊野日出彦 東京農業大学

北田 研人 香川大学

城所 聡 東京科学大学

木下 俊則 名古屋大学

木村 洋子 静岡大学

工藤 洋 京都大学

久原 篤 甲南大学

倉光 成紀 大阪大学名誉教授

郡 和範 国立天文台・高エネルギー加速器研究機構・東京大学

後藤 英司 千葉大学

小林 俊弘 (国研)理化学研究所

小宮 剛 東京大学

金 尚宏 (国研)量子生命科学研究所

近藤 奈美 埼玉医科大学国際医療センター

紺野 祥平 (国研)農業・食品産業技術総合研究機構

斉藤 郁彦 (国研)産業技術総合研究所

齋藤 茂 長浜バイオ大学

齋藤 宏 (独)労働者健康安全機構

齋藤 昌之 北海道大学名誉教授

齋藤 美穂 早稲田大学名誉教授

崎尾 均 新潟大学

櫻井 康博 (一財)日本気象協会

佐竹 暁子 九州大学

佐藤 和広 摂南大学

佐藤 純 中部大学

佐藤 暢夫 聖マリアンナ医科大学

佐藤 雄大 新潟大学

佐藤 陽子 鳥取大学

シェリフ多田野サム 琉球大学

塩見 邦博 信州大学

柴崎 貢志 長崎県立大学

芝崎 学 奈良女子大学

渋谷 岳造 (国研)海洋研究開発機構

志水 泰武 岐阜大学

清水祐公子 (国研)産業技術総合研究所

鈴木 美和 日本大学

砂川玄志郎 (国研)理化学研究所

関 原明 (国研)理化学研究所

曾我部隆彰 生命創成探究センター

曾根 正光 北海道大学

高橋 亘 国立天文台

高橋 大輔 埼玉大学

田中 亮一 北海道大学

津釜 大佑 東京大学

塚本 大輔 北里大学

津田 栄 北海道大学

坪田 敏男 北海道大学

時澤 健 (独)労働安全衛生総合研究所

戸高 大輔 (国研)理化学研究所

富永 真琴 名古屋市立大学・生理学研究所(名誉教授)

真森 森 (国研)宇宙航空研究開発機構

永井 健治 大阪大学

計 順天堂大学・早稲田大学(名誉教授)

永島 高志 自衛隊中央病院

永田 和雄 京都府立大学

長野 和雄 京都府立大学

中野 享 (国研)産業技術総合研究所

中道 範人 名古屋大学

中南健太郎 フォーデイス(株)

中村 乙水 長崎大学

中山 友哉 名古屋大学

新妻 靖章 名城大学

西田 梢 東京科学大学

西山 成 香川大学

橋本 剛 筑波大学

長谷川雅美 東邦大学名誉教授

早坂 信哉 東京都市大学

林 優紀 名古屋大学

彦坂 幸毅 東北大学

平田 耕造 NPO法人AVA健康Labo

平塚 淳典 (国研)産業技術総合研究所

広井 賀子 神奈川工科大学

広瀬 駿 (株)ウェザーマップ

深沢太香子 京都教育大学

藤井 直人 筑波大学

藤田 郁尚 大阪大学

藤田 泰成 (国研)国際農林水産業研究センター

細川 由梨 早稲田大学

前田 明里 名古屋大学

前田 智宏 (株)南気象予報士事務所

前田 眞治 国際医療福祉大学名誉教授

増田 雄太 京都府立大学

増富 祐司 (国研)国立環境研究所

松本 孝朗 中京大学

丸井 朱里 慶應義塾大学

圓山恭之進 (国研)国際農林水産業研究センター

三浦 恭子 九州大学

三澤 哲郎 (国研)産業技術総合研究所

水野 一枝 和洋女子大学

溝井 順哉 東京大学

湊 秋作 (一社)ヤマネ・いきもの研究所

南 利幸 (株)南気象予報士事務所

三原 弘 札幌医科大学

宮川 信一 東京理科大学

広島 寛二 広島大学

圭子 広島大学

村岡 勇樹 東北大学

村上 光 静岡県立大学

森 雪永 甲南大学

山口 智 埼玉医科大学

山口 良文 北海道大学

矢守 航 東京大学

吉岡 洋輔 筑波大学

吉開 朋弘 (一財)日本気象協会

吉田 祐貴 (国研)農業・食品産業技術総合研究機構

吉本真由美 (国研)農業・食品産業技術総合研究機構

米代 武司 東北大学

和沢 鉄一 大阪大学

渡邊 成樹 北彩都病院

渡邊 慎一 大同大学

渡邊 裕宣 昭和医科大学



目次

第1部 温度と生命の基礎

1-1 温度計の発明・歴史と華氏・摂氏

1-2 熱力学温度と温度の単位

1-3 温度計と国際温度目盛

1-4 ブラウン運動と熱雑音

1-5 ベルチェ効果とゼーベック効果

1-6 化学と温度・酵素反応速度論・Q₁₀

1-7 物質の三態と温度

1-8 熱伝導率・比熱

1-9 伝導・対流・放射

1-10 宇宙の温度

1-11 恒星の温度

1-12 太陽の温度

1-13 太陽系の温度

1-14 地球史と温度の変遷

COLUMN 1 6600万年前 地球の温度はどれだけ下がったか

1-15 大気の世界

1-16 地球内部の温度

1-17 生命の起源

1-18 氷河期(氷期)

1-19 地球温暖化

1-20 温室効果

COLUMN 2 華氏と摂氏の文化

COLUMN 3 地球温暖化は寒い地域で良いことか?

1-21 気候帯・気候区分

1-22 地球上で人が住めるいちばん暑いところ・寒いところ

1-23 気象と温度

1-24 海水・海流の温度と生き物

1-25 体感温度と気温・高度・風

1-26 温度と湿度

1-27 体温とは:歴史も含めて

1-28 温度生物学の歴史

1-29 不凍タンパク質

1-30 温度センサー

1-31 熱ショックタンパク質

1-32 低温ショックタンパク質

1-33 温度プロロープ

1-34 単一細胞内温度分布

1-35 温度受容体:生命が温度を感じ取る基本ユニット

1-36 温度感受性TRPチャネル

1-37 TRPチャネル以外の温度感受性分子

1-38 求心路と脳内の体温制御系まで:適応行動の種類

1-39 細胞による温度感知

1-40 体温調節の末梢機構(発汗・汗腺、立毛、血管収縮拡張)

1-41 超好熱菌:高温適応戦略

COLUMN 4 ぼかぼか感じることと体温上昇は別

COLUMN 5 日本語と温度

TOPICS 1 細胞に温度センサーを発現させて細胞機能を操作する

COLUMN 6 日本酒と温度

第2部 ヒト・医学

2-1 ヒトの体温とは

2-2 ヒトの産熱

2-3 ヒトの放熱

2-4 皮膚が温度を感じる

2-5 発汗

2-6 ヒトの褐色脂肪

COLUMN 7 なぜ褐色脂肪は赤ちゃんに多いのか?

COLUMN 8 知恵熱とは

2-7 日内変動と性周期による変動・性差

2-8 発育と体温調節

2-9 老化と体温調節

2-10 暑熱順化(馴化)、暑さに対するヒトの行動性体温調節

2-11 寒冷順化(馴化)、寒さに対するヒトの行動性体温調節

COLUMN 9 おしくらまんじゅう

COLUMN 10 寒いとおしっこに行きたくなるのは?

2-12 体温調節の民族的差異

2-13 発熱と解熱剤、不明熱、熱型など

2-14 体温測定・体温計・熱計表

2-15 体温と免疫

2-16 入浴・ヒートショック

2-17 温熱的快適性

2-18 温泉、サウナ

2-19 局所加温・局所冷却

2-20 運動時の体温

2-21 職場の温熱環境、作業効率

2-22 悪性高熱症

2-23 温度による障害

2-24 低体温症と高体温症

2-25 冷え、冷え症

2-26 糖尿病と体温調節および温度感覚異常

COLUMN 11 白湯の効果

COLUMN 12 漢方薬と体温

2-27 熱中症

2-28 麻酔と体温

2-29 がん治療としての温熱療法

2-30 人工冬眠と医療応用の可能性

2-31 選択的脳冷却

TOPICS 2 創傷治癒の先端部は温度が高い

TOPICS 3 脳内の温度分布を見る

2-32 気象病

2-33 温度環境と循環器、呼吸器疾患

2-34 リウマチ、膠原病と温度

2-35 ホットフラッシュ(更年期障害)

2-36 建築と温熱環境

2-37 住居と体温、伝統建築など

2-38 こたつ

2-39 寝具と温度

2-40 衣服と体温

2-41 作業服や防護服

2-42 スポーツと衣服・防護服

COLUMN 13 衣服の工夫

COLUMN 14 温シップ・冷シップ

2-43 味覚と温度

COLUMN 15 「お腹を冷やすといけない」のはなぜ?

COLUMN 16 食べ物と温度

2-44 暖かい色、寒い色およびその言語表現

COLUMN 17 温度と痒み

第3部 動物

3-1 動物の体温維持の分類

3-2 温度走性

3-3 線虫の低温耐性

3-4 ネムリユスリカの乾眠

3-5 クマムシの極限環境耐性と温度適応

3-6 ナメクジの温度適応

3-7 昆虫の温度受容

3-8 昆虫の低温耐性

3-9 昆虫細胞の温度適応

3-10 カイコと休眠

3-11 ミツバチと温度

3-12 魚・両生類・爬虫類の温度適応

3-13 温度による性決定

3-14 行動性体温調節(体温調節のための行動)

COLUMN 18 動物における赤外線による温度上昇の感知メカニズム

3-15 食事性体温調節

3-16 サーカディアンリズムと温度補償性

3-17 魚の温度適応

3-18 メダカの季節応答

3-19 マンボウの採餌のための体温調節

3-20 夏眠

3-21 トカゲの温度適応

3-22 恐竜の体温

3-23 海鳥類の体温調節

3-24 哺乳類のサイズと温度

3-25 哺乳類細胞の温度適応

3-26 熱産生機構

3-27 ページユ脂肪細胞:白色脂肪組織の褐色化

COLUMN 19 睾丸はなぜ身体の外?

COLUMN 20 ヘビがいるかないかでトカゲの体温が変わる!

3-28 イルカの体温調節

3-29 低体温なハダカデバネズミ

3-30 ラクダの独特な体温調節機構

3-31 哺乳類の冬眠

3-32 ハムスターの冬眠と季節適応

3-33 リスと冬眠

3-34 ヤマネの冬眠

3-35 コウモリの温度適応

3-36 クマの冬眠

3-37 冬眠する霊長類

3-38 環境・気候変動と生物・生態系

COLUMN 21 蚊は体温の暖かさを求めて寄ってくる

第4部 植物

4-1 植物の生育適温

4-2 植物が高温に適応する仕組み

4-3 植物が低温に適応する仕組み

4-4 植物の高温耐性を高める方法

4-5 植物の低温耐性を高める方法

4-6 種子の休眠・発芽と温度

4-7 季節変化と開花

4-8 熱帯雨林の一斉開花現象

COLUMN 22 気温に正直? 桜の開花予想

4-9 花粉の飛散と気温

4-10 作物の低温障害

4-11 森林限界

4-12 植物の耐寒性

4-13 植物の体温はどのようにして決まるのか

COLUMN 23 植物も汗をかく

COLUMN 24 寒締め菜っ葉

4-14 温度と光合成

4-15 低温下の光合成

4-16 光合成の温度馴化

4-17 時計の温度補償性

4-18 高温ストレスとエピジェネティクス

4-19 温度適応におけるRNA制御

4-20 温度と植物の器官再生

4-21 地球温暖化が農作物に及ぼす影響および適応策

4-22 イネの登熟期における高温障害

4-23 ムギ類の温度反応

4-24 カーボンニュートラルに貢献する熱帯作物キャッサバ

4-25 熱帯起源のヤムイモたち

4-26 過酷環境に耐える高栄養価作物キヌア

4-27 熱帯作物コーヒーノキ

4-28 乾燥と高温に強い作物トウジンビエ

4-29 熱帯野菜アマランサス

4-30 トマトの生育適温と高温障害および高温耐性機構

4-31 温度を感じる植物ザゼンソウ

4-32 植物工場

4-33 植物の培養細胞・組織の超低温保存

TOPICS 4 「レインツリー」は温度を感じて葉を閉じる

事項索引
生物名索引

