

図1 ビーグル号



図2 ビーグル号の航海

進化論と地球の年齢の論争に関する次の文章を読んで後の問いに答えなさい。

ダーウィンと進化論

一八三一年十二月二十七日、二十二歳のダーウィンはイギリス海軍の測量船「ビーグル号」に新米博物学者として乗船、プリマスを出帆した。出帆に際しダーウィンは艦長のフィッツロイに宛て、「その日こそは、小生にとってなんたる光栄の日でありましょうか小生の第二の人生が、まさにその時から始まることでしょう」と書いている(『ビーグル号航海記』島地威雄訳、岩波文庫)。

ビーグル号はA南米大陸を周航、ガラパゴス諸島、ニュージーランド、オーストラリア、アフリカ大陸南岸を経由して、一八三六年十月二日、ファーマスに帰港した。五年に及ぶ長旅の冒険であった。その間にダーウィンは訪れる先々で、生物や地質の観測を行いながら膨大な資料の収集につとめた。出発前、フィッツロイ艦長に①たぎる思いを綴ったとおり、この航海はダーウィンの第二の人生の始まりとなり、そして生物学が近代科学の仲間入りを果たす重要な転機となったのである。

帰国後、一八四二年からダーウィンはロンドン近郊のダウンに引きこもり、ひたすら研究に専念する生活に入る。父親は裕福な開業医、母親と妻の実家は有名な陶磁器製造業のウエジウッド家というブルジョア階層に身を置くダーウィンは、生涯、働く必要もなく、②研究三昧の生活を送ったのである。

いわば③悠々自適、マイペースで思索を深めていたダーウィンであったが、一八五八年、思いがけない事態が発生する。Bマレー諸島で生物調査を行っていたウォレスという無名の④博物学者から、ダーウィンが抱いていたC自然選択説とよく似た考えを展開した論文が、ダーウィンのもとに突然、送られてきたのである。驚いたダーウィンは、それまでのようにマイペースで大著の執筆を少しづつ進めていくわけにはいかなかった。

そこで、その年、ダーウィンの親しい学者仲間の助言と骨折りにより、とりあえず、リンネ学会で、ダーウィンが以前、執筆してあった著作の一部とウォレスの論文と一緒に報告されるという措置がとられた。そして、翌一八五九年、当初、構想していた本のダイジェスト版として——とはいっても、それ自体かなり大部な書物であるが、『種の起源』が刊行されたのである。

科学の歴史でこうしたD同時発見の例は必ずしも珍らしい出来事ではない。生物学でいえば一九〇〇年、オランダのド・フリース、ドイツのコレンス、オーストリアのチエルマクが独立に、一八六五年にメンデルが発見していた遺伝法則を再発見した話が有名である。これによって、埋もれていたメンデルの先行する業績に光が当てられるようになったのである。

科学の世界では歴史に名前を残すためには、第一発見者として認めてもらうことが不可欠である。それには、ライバルに先んじて成果を発表しなければならぬ。遠く離れたマレー諸島にまさか、見ず知らずのライバルがいようとは、ダーウィンも夢想だにできなかったことであろう。お尻に火がつくような思いで、ダーウィンは進化論を世に問うことになったのである。

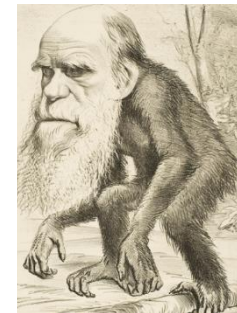
世に問うた途端、予想されたとおり、進化論に対する反響は⑤賑やかなものとなった。チンパンジーの体にダーウィンの顔をのせ、進化論を⑥揶揄した当時の漫画をどこかでご覧になったことがあるのではないだろうか。また、キリスト教会からの批判もダーウィンは受けなければならなかった。

ON
THE ORIGIN OF SPECIES
BY MEANS OF NATURAL SELECTION,
OR THE
PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE
FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,
FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNÆAN, ETC., SOCIETIES;
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE
ROUND THE WORLD.'

LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1859.

The right of Translation is reserved.



生き残る種とは、最も強いものではない。
最も知的なものでもない。それは、変化に
最もよく適応したものである。

とはいっても、時代はすでに十九世紀後半。いくら批判を受けたからといって、Fコペルニクスの『天球の回転について』が禁書目録に載せられたり、『無限、宇宙と諸世界について』を著わしたイタリアの思想家Fフルーノが一六〇〇年、ローマで火刑に処せられたり、Fガリレオが一六三三年、ローマの宗教裁判所で有罪判決を受け、フィレンツェ郊外で⑦幽閉される⑧憂き目にあったような事態はもはや、起きようはなかった。したがって、新聞にチンパンジーの体と自分の顔が合体した漫画を描かれたり、教会の有力者から厳しい批判が浴びせかけられても、うっとおしくはあったであろうが、それによって著書が発禁処分にあったり、自説を取り下げねばならないような事態に発展する心配はなかった。

こうした科学の外野からの言葉や表現は、聞き流せば、それで済んだのである。ところが、外野からではなく科学の世界から、進化論を根底から揺るがす強敵が現われた。十九世紀を代表する物理学者のケルヴィンである。

ダーウィンにとって、大物物理学者の発言は聞き流すわけにはいかなかった。進化論は窮地に追い込まれたのである。

物理学者ティンダルの応援演説

当時の進化論の是非をめぐる論争を宗教家対科学者の闘いと単純に二分するのは、あまりにも❶紋切り型の見方になる。さきほども述べたように、もはやコペルニクス、ブルノー、ガリレオの時代の話ではない。新しい学説に対し、キリスト教会の中にもさまざまな見方をする人々がいた。それはまた、科学界においても同様であった。

科学者の中でダーウィン支持の論陣を張った代表的な一人に、ティンダルがいる。微粒子による光の散乱(ティンダル現象)の研究などで知られる物理学者である。

ティンダルは一八七四年、アイルランドのベルファストで開かれたイギリス科学振興協会で、宗教(神学)を対立概念に設定しながら、古代ギリシアから近代を経て十九世紀後半に至るまでの科学理論の発展を概観している。とりわけ、十九世紀中葉に確立されたエネルギー保存則と、一八五九年に発表されたダーウィンの「種の起源」が人々の自然認識に及ぼした影響に注目し、宗教に対する科学の圧倒的な優位性を次のように主張した。

「難攻不落な科学の地位については、多言を要しないであろう。われわれは、宇宙論的な理論の全分野を要求し、それをG神学からもぎ取るであろう。科学の分野をこのように侵害している一切の計画と組織とは、それらが侵害するかぎり、科学の支配に屈せしめるとともに、科学を支配しようとするような一切の思想は、これを撤回しなければならぬ。これをやらないでおけば、不幸な事態をまねくことは、過去において証明済みだし、今日では愚行でしかない」(ティンダル『科学と空想』平田寛訳 創元社)。

ティンダルの語調は相当に厳しく、多分に感情的なたかぶりすら感じられる。それはガリレオの宗教裁判に象徴される科学に対するキリスト教の弾圧を想起してのことなのであろう。その反動として、いわば敵を討つような形で、神学から宇宙にかかわる理論の全分野をもぎ取り、そのすべてを科学の支配下に置くべきであると断言している。

そして、ティンダルにとって、神学からもぎ取り科学の支配下に置いた重要なもののひとつが、ダーウィンの進化論だったのである。生物の多様性は創造者のデザインによるものではなく、自然選択によるものとしてダーウィンの学説を支持したわけである。

批判や揶揄されるのは不愉快であろうが、かといって、キリスト教に対し過度に攻撃的な態度を取って進化論を支持するティンダルの言動にも、ダーウィンはかなり戸惑ったようである。

しかし、戸惑うにしても、ティンダルの場合は――表現の仕方に偏りはあるにせよ――、まだしもダーウィンにエールを送ってくれたわけである。これに対し、ティンダルとまったく対極的な立場に立ったのが、さきほど述べたケルヴィンである。ケルヴィンは物理学の視点で進化論を完全に否定する論文を何編も、長い期間にわたり、⑩執拗に発表し続けた。当時、生物学はまだ、記述的な科学の域を出てはおらず、数学を⑪駆使し、精密な実験によって結論を導き出す物理学には、厳密さに関し到底及ばなかった。それだけに、ケルヴィンの一連の論文はダーウィンにとって戸惑いを通り越し、「種の起源」の存亡を危うくする⑫脅威となったのである。

Hケルヴィンが計算した地球の年齢

一八六二年、ケルヴィンは「永続する地球の冷却について」と題する論文を発表し、その中で地球の年齢をおよそ一億年（長くても四億年、短ければ二〇〇〇万年）と⑬弾き出したのである（現在の算定値がおよそ四十六億年であるから、それに比べるときわめて短いと言える）。地球はかくも若くなってしまったわけであるが、ケルヴィンの計算根拠はおよそ次のとおりである。

ケルヴィンは、初期の地球は高温の熔融状態にあり、それが宇宙空間に放熱しながら徐々に冷却し、今日の姿になったと考えた。冷却は外側から進行するので地

表付近は先に固まったが、地球の内部はまだ温度が高く、中心部は初期の溶融状態が依然残っているというわけである。このように地球が論文題名にもあるとおり、一方的に冷却していくという前提に立てば、必要な条件を設定して、地球の年齢つまり高温の火の玉のような状態から現在の姿になるまでの時間を計算することとは、当時の物理学で十分、可能であった。

必要な条件というのは、たとえば、岩石の融点や熱伝導率、あるいは地球の内部へ向かうときの温度勾配（地表からの深さに対する温度上昇の割合）などである。こうした量は実験や測定データをもとにして、地球を一樣均質な球と仮定すれば、およそその値を求めることができる。およそその値が決まれば、後は熱伝導方程式を立て、計算を実行すればよいだけである。

ケルヴィンは熱力学を確立させた立役者の一人である。絶対温度の単位「K」に名前を残したほどの物理学者である。そのケルヴィンにとって、こうした計算は手のものであった。その結果、導き出された地球の年齢がおよそ一億年だったわけである。

ダーウィンはもとより多くの生物学者、地質学者が、ケルヴィンの計算結果に違和感を覚えた。地質の形成や生物の進化を考えた場合、一億年ではどうやりくりしても時間が足りない過ぎたからである。しかし、厳密科学の代表である物理学にもとづいて、当時を代表する物理学者が算出した結論に対し、いくら違和感を抱いても、科学的根拠をあげてケルヴィンに反論することは誰もできなかった。ダーウィンにとってケルヴィンは、呪うべき『妖怪』に思えたのである。

しかも、『妖怪』の姿は年とともにどんどん巨大になっていった。ケルヴィンがこのテーマで論文を書き直すたびに、地球の年齢はどんどんと圧縮されていき、ついにはおよそ二〇〇〇万年と推定されるまでになったのである。

ダーウィンは一八七二年に改定版を出した『種の起源』第六版で、この頭の痛い問題についてこう述べている。

「我が惑星が凝固して以来の時間の経過は、仮想された生物の変化の総量に対して十分ではなかったというケルヴィンの主張した異議は、おそらく今日までに提出された最も重大なものの一つであるが、私はただ次のことをいえるだけである。すなわち第一に、我々は種が年数で測ってどれくらいの速度で変化するかを

知らないということ、そして第二に、多くの物理学者はまだ今日までのところ、我々が宇宙の構成や地球内部の構成について、安心してその過去の存続期間を推測できるほど十分に知っている、ということを確認しようとはしていないということである」(堀伸夫、堀大才訳、槇書店)。

さきほど触れたように、現在、I地球は四十六億年前に誕生したと考えられている。そして最古の原始生命の微化石は三十六億年前のものである。つまり、最初の単純な構造のミクロな生命が出現してから人類にたどりつくまで、実に三十六億年の時間を要したわけである(ただし、進化の速度は一樣ではない。短時間に急激な種の分化が進行し、多様な生物が爆発的に発生する時期と、そうした変化があまり起こらなかった比較的長い安定期の二つがあったようである。ちなみに、原始的な哺乳類から人類までの時間はおよそ六五〇〇万年である)。

ダーウィンの時代、こうしたことが解明されていたわけではないが、そうだとし、ても、ダーウィンにとつて、ケルヴィンの算定値はあまりにも短すぎたのである。「種が年数で測ってどれくらいの変化で変化するかを知らない」という、半ば言い訳に近い文言に、その困惑ぶりが表われている。

なお、自然選択説をダーウィンとは独立に唱えたウォレスは、意外なほどあつさりケルヴィンの主張を受け入れてしまった。ウォレスは、短期間のうちに自然選択が働き種は速いスピードで進化すると自説を修正し、ケルヴィンの軍門に下つてしまった。

これに対し、ダーウィンは軍門に下ることはなかったものの、せいぜい「地球内部の構成について、過去の存続期間を推測できるほどはわかっていない」と言い返すのが精一杯であった。実は、ケルヴィンが導き出した地球の年齢があまりに若すぎた落とし穴は、まさしくダーウィンのこの指摘にあった。具体的に言うところ、放射能による熱作用である。しかし、放射能の発見はダーウィンが亡くなってから十余年後のことであり、『種の起源』第六版を出した時点では、ケルヴィンの計算に¹⁴反駁できるだけの科学的証拠をダーウィンは具体的に持っていたわけではなかった。

ケルヴィンと神

ところで、「永続する地球の冷却について」で始まるケルヴィンの一連の論文は断るまでもなく、純粋に物理学の研究成果を著したものである。ただし、その意図するところは物理学を超えた、もうひとつ別の世界にあった。ケルヴィンはティンダルとは正反対に、科学が神学からもぎ取ろうとした分野を再び、神の手に取り戻そうとしたのである。

一八七一年、ケルヴィンはイギリス科学振興協会で次のような講演を行っている。「私には、自然選択による種の起源の仮説が生物学における進化の正しい理論であるとは思えない。……最近の動物学ではデザイン論の見地があまりにも失われ過ぎていて、と私は確信する。……しかし、知的で慈悲深いデザインの存在を示す極めて強い証拠が、我々の周囲すべてにあるのだ。❶形而上学的あるいは科学的混乱のために、我々が一時的にデザインを忘れることがあったとしても、いずれ抵抗できない力で我々にもとって来る。そして自然の中に自由な意思の影響があることを我々に示し、また、すべての生物が、永続的に作用する唯一の創造者である神に依存していることを、我々に教えるのである」(「ダーウィンをめぐる人々」松永俊男、朝日選書)。

地球上に存在するかくも多様な生物に、それぞれが生息する環境に適した形態と機能が与えられるよう美しいデザインを施したのは唯一の創造者である神であり、自然選択などではないと、ケルヴィンは論断したのである。「形而上学的あるいは科学的混乱」とはまさしくダーウィンの学説を指しており、それはデザイン論の見地を失った誤った考えであるというわけである。

生物が神のデザインによるものであるならば、地球の年齢はどんなに若くても、なんら支障はない。一方、それが若くなるほど、ダーウィンの学説はますます窮地に追い込まれる。論文を書くたびに、ケルヴィンの計算結果は短い値を示すようになったわけであるが、そこにはこうしたことを❷暗々裡に意図した❸恣意性すら感じられる。

物理学者であるケルヴィンにとって、物質は物理学や化学などの科学法則ですべて説明がつく対象であった。ところが、生物あるいは生命は科学法則を超えたところにある、神のデザインによって造り出されたものだったのである。ケルヴィン

の自然観はこうした二元論の上に構築されていたと言える。そしてこの二元論（物理学の理論とキリスト教の教義）に立脚して書かれたのが、地球の年齢をめぐる一連の論文であったということになる。

第三回の最後のところで、「ニュートンと神」の話を述べた。近代物理学の原点とも言える『プリンキピア』の中で、ニュートンは宇宙における神の遍在を語っていたわけである。

それから二〇〇年の時間が流れた。それでも、十九世紀のニュートンと称えられたほどの大物理学者の頭の中にはまだ、神は科学という人智を超えて、厳然と存在していたのである。

地球内部の新しい熱源

さて、地球の年齢問題に転機が訪れるのは、一八九六年のことになる。この年、フランスのベクレルがウラン鉱石から放射能を発見している。それに触発される形で一八九八年、キュリー夫妻がウランよりも放射能がはるに強いポロニウムとラジウムという、二つの新元素を発見した。

こうした研究が進むうち、放射性元素から自然に多量の熱が発せられていることが検出されるようになった。外からエネルギーを供給しなくても、いわば勝手に熱が湧き出してくるのである。

熱の発生源を突き止めたのは、イギリスのラザフォードである。一九〇三年、ラザフォードは放射性元素から飛び出してくるアルファ線（後にそれはヘリウムの原子核であることがわかる）の運動エネルギーが熱の正体であることを明らかにした。また、これと関連して、放射性元素は各種の放射線を出しながら、別の元素に変換していくことが確かめられた。ラヴオアジエによって近代化学が確立されて以降、18 万 古 不 易 と考えられていた元素がそうではないことが示されたのである。つまり、自然は放射性元素を通して、錬金術を行っていたことになる。

こうなると、事態は一変する。地球は内部に放射性元素という熱源を持っているわけであり、冷却の一途をたどるわけではなくなるからである。ケルヴィンが設定した前提そのものが根底から崩れることになる。熱源があれば、冷却するス

ピードは遅くなり、そのぶん地球の年齢は伸びることになる。これによって、進化に必要な時間が与えられたのである。

一九〇四年、ラザフォードはロンドン王立協会で放射能と地球の年齢についての講演を行うことになった。当日、ラザフォードが会場に足を踏み入れると、聴衆の中にケルヴィンの姿があったのである。このとき、ラザフォードはまだ三十三歳の少壮物理学者であった。いかに学問上の議論とはいえ、本人を目の前にして、イギリス物理学界の③重鎮が長いこと主張し続けてきた学説を頭から否定するのは、さすがに④憚はばられた。そこで、言葉を選びながら、ラザフォードはこう表現したのである。

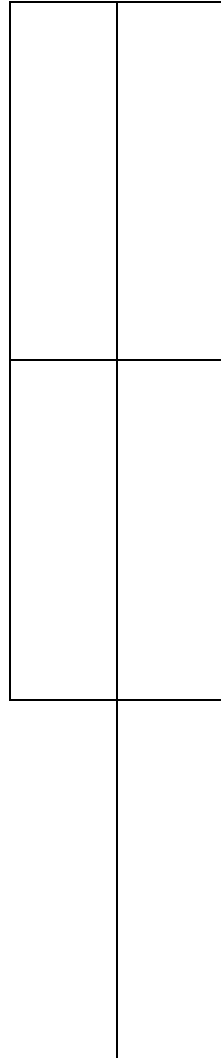
「ケルヴィン卿は、もし新しい熱源が何も発見されなければという条件をつければ、地球の年齢に制限が生じてしまうと述べた。この考え方は、今夜ここで論じていること、つまり、ラジウムの存在を予言していたかのようなものである」。

ケルヴィンの真意はもちろんそうではなかったのであるが、氣転を利かせて老大家に配慮したラザフォードの言葉に、『十九世紀のニュートン』はにつこりとほえんだという。そして、翌日のロンドンの新聞は「最後の審判の日は延期された」という大見出しをつけて、ラザフォードの話を報じた。天国のダーウィンもさぞや、⑤安堵の胸をなでおろしたことであろう。

問1 線A ビーグル号の航海の軌跡を、本文に沿って図2の地図上でなぞりなさい。また、本文にあるアフリカ大陸南岸の都市の名前を言いなさい。

アフリカ大陸南岸の都市..

問2 線B マレー諸島をしらべて構成する島を5島挙げなさい。そしてマレー諸島の位置を、ビーグル号の航海の地図に矢印で示しなさい。



問3 線C 自然選択説とは、突然変異によって生じた新種が、生き残って繁栄するか、絶滅するかに関与する一番大きな力は、自然であるという説だが、自然によって選択されるのはどのようなものか、次の①～④の中から最も適切なものを1つ選びなさい。

- ① 力の強いもの (2) 知的なもの ③ 変化に適応したもの

問4 線D 学術の世界では、新たな説を発表するにあたっては、過去の文献をしらべて先人の業績を引用することが必須です。また、複数の研究者がほぼ同時に同じ発見をしたときには、他の研究者が同時に出版するよう調整することもあります。なぜこのような習慣があるか、理由として次の①～④の中で適切と思うものをすべて挙げなさい

- ① 歴史に名を残すため
② 時の権威が無名の若者に業績を取られないため
③ 最初の発見者には特許が与えられるから
④ 物質や法則を発見した人の名誉を守るため

問5 線F 次の①～③の人物はどのような主張をしたか。後ろの㉑～㉓の中から1つずつ選びなさい。

- ① コペルニクス 【 】
- ② ブルノー 【 】
- ③ ガリレオ 【 】

㉑ イタリアの自然哲学者、1600年ころから地動説を唱え、以後2回宗教裁判で有罪となる 言葉「それでも地球は回っている」

① ポーランド出身の司祭、天体観測者、1510年ころ太陽中心説(地動説)を発表、死後著書が発禁処分された

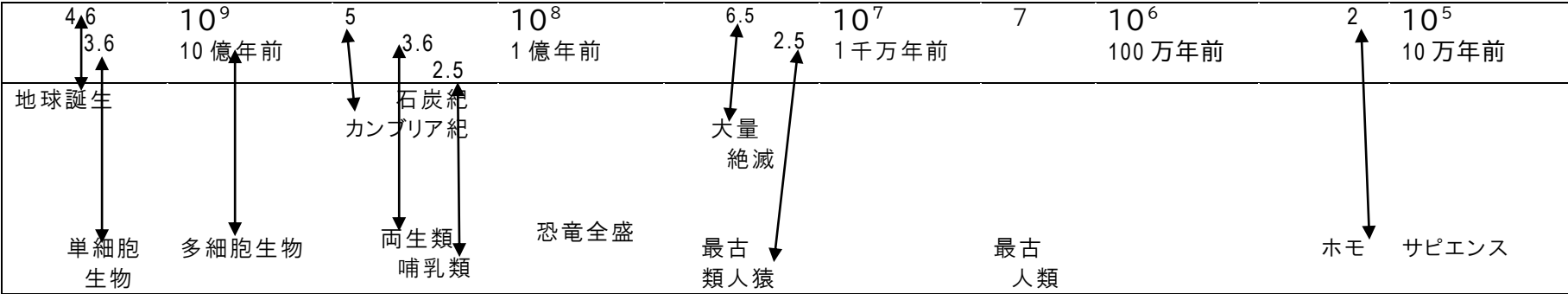
㉓ イタリア出身の哲学者、修道士、カトリックの教義を批判、地球も太陽も宇宙を動いているとの説を発表、1600年火刑に処された 言葉「あなたたちの方が真理の前に恐怖に震えている」

問6 線G 神学と科学の論争についてダーウインはどのように考えていたと思うか、次の①～⑥の中から適切なものをすべて選びなさい。

- ① 宇宙における神の遍在を信じていた
- ② 多様な生物が存在するのは創造者がいる証拠である
- ③ 地球の年齢についても生物の進化についても未知の部分が大きい
- ④ 聖書の記述を科学的な証拠が否定してゆく
- ⑤ 生物の多様性は自然選択によるものである
- ⑥ 物理学や化学と違って博物学は、科学法則を超えた神学の範囲である

問7 線H ケルビンの計算の条件を次の【 】に書きなさい

- ① 初期の地球は高温の【 】である
- ② 自然の【 】によって冷却される
- ③ 地球内部から【 】の補充はない
- ④ 地球の外部から内部に向けての【 】は計算に必要な条件
- ⑤ 岩石の【 】や【 】も計算に必要な条件



問 8 線 I 左の年表は、地球の誕生から 10 万年前までの出来事です。

指数表記の数字は今からさかのぼる年数であり、下に □□ 年前と注記している。指数表記の間の小さい数字は下欄の出来事が起こった年代を表し、1 億年と 10 億年の間の 3.6 は、3 億 6 千万年前を、1 千万年と 1 億年の間の 2.5 は 2 千 5 百万年前を意味します。

左下の表の出来事は何年前に起こったか、年表を基に答えなさい。

単細胞生物の誕生	
カンブリアの大爆発(脊椎動物誕生)	
動物の上陸(両生類の誕生)	
哺乳類の誕生	
恐竜全盛	
類人猿の誕生	
人類の誕生	
現生人類(ホモ・サピエンス)の誕生	

状態放熱熱温度勾配融点熱伝導率 836億5億3億6千2億6千1億6千5百7百万20万
 1 ケープタウン 2 スマトラ島ジャワ島ボルネオ島 3 ③ 4 ①④ 5 ①⑤⑦ 6 ③④⑤ 7 溶融

① たぎる ^{おもい} 思い	ものごと ^と 物事をやり遂げようとする精神力 ^{せいしんりよく}	⑫ 脅威 ^{きょうい}	おびや ^{かんじるおそろしさ} 脅かされて感じる恐ろしさ
② 研究 ^{ざんまい} 三昧	研究に熱中すること	⑬ 弾き出す ^{はじ}	計算する
③ ゆうゆうじてき ^き 悠々自適	自分の好きなように暮らすこと	⑭ 反駁 ^{はんぱく}	他人の主張に対して論じ返すこと
④ 博物学	動植物と鉱物を対象とする学問	⑮ 形而上学 ^{けいじじょうがく}	思考や直観によって理論的に考える学問。神学や理論哲学
⑤ にぎ ^ぎ 賑やか	人声が盛んなさま	⑯ 暗々裏 ^{あんあんり}	ひそかな状態
⑥ や ゆ ^ゆ 擲揄した	皮肉のきいた批判で嘲笑 ^{ちやうしょう} する事	⑰ 恣意 ^{し い}	勝手気ままな考え
species	(生物の)種(しゅ)	⑱ 万古不滅 ^{ばんこふめつ}	遠い昔から消滅することのない
by means of	～による	⑲ 憚られ ^{はばか}	気がねしためらうこと
⑦ 幽閉	閉じ込めて外に出さないこと	⑳ 安堵 ^{あんど}	安心すること
⑧ う ^う 憂き目	つらく苦しい体験	㊦ 偏在 ^{へんざい}	かたよ ^よ 偏って存在すること
⑨ もん き ^{がた} 紋切り型	型どおりで新味 ^{しん み} のないこと	㊧ 遍在 ^{へんざい}	どこにでも 遍 ^{あまねく} く存在すること
⑩ しつよう ^{よう} 執拗	しつこいさま	㊨ 重鎮 ^{じゅうちん}	ある分野で重要な人物
⑪ く ^く 駆使	自由自在に使いこなすこと		

問9 線①～⑳ および表中の言葉を、意味を確認しながらなぞりなさい。