

くらしの根っこの環境的側面の可視化に向けて

—市民講座のための環境紙芝居プラスの研究—

谷 口 興 紀[†]

Visualizing the Relation Between Global Environmental and
Everyday Life: Using Kamishibai (picture-stories) -Plus to
Raise Public Awareness

TANIGUCHI Okinori

Abstract

At its roots, everyday life and the global environment are directly connected by thermal radiation, and indirectly by thermal radiation due to the heat of condensation of water vapor in the upper troposphere, but as they are, they are invisible. The purpose of this research is to promote public understanding by visualizing these connections as a picture-story presentation. The aspects that the picture-story presentation alone is not enough are supplemented with smartphone videos, static models, dynamic models of the Stirling engine, and actual coal. The “plus” in the subtitle shows these supplements.

Since thermal radiation spreads from the earth’s environment to the “star universe,” by planning a dream to regain the stars in the night sky as they were in the past we can get a glimpse of one way to create a good environment here and now.

Key words: roots of everyday life, thermal radiation, transformation of fire into the power, visualization, picture-story presentation, public lectures, Stirling engine model

[†] 大阪産業大学 名誉教授

草稿提出日 2月20日

最終原稿提出日 5月9日

キーワード：くらしの根っこ，熱放射，火の力への変換，可視化，紙芝居プラス，市民講座，スターリングエンジン模型

1. はじめに

カラーテレビが普及する直前の1972（昭和47）年頃，紙芝居は，子どもたちの娯楽として街路や公園などで口演されていたことが大場研究で明らかにされている¹⁾。それによると紙芝居は，「6才児位までは，テレビと紙芝居が同等くらいおもしろいののに7～12才においては，テレビがはるかにおもしろいと答えている。」とあり，「全体を通じ，どのような魅力に引かれてくるのか不明な児童も多いが，友達と一緒に見るのが楽しいという児童は極くわずかで，紙芝居との関係は，その児童1人1人との直接的つながりが強く」とある。

しかし，福岡市の環境学習紙芝居の導入部の口述文に「のこぎり山」「森へ遊びにでかけました」「森で遊ぶことが大好き」とある²⁾が，その「山」や「森」は，現実の森や山とのつながりがなく，紙芝居というお話しの世界の山や森である。また，ある環境学者の言「環境について本に書かれていることは間違っていないが，正しくない。」という指摘は，書かれていることは，現実の事実であったとしても，読者が所在する時空の位置とは異なるので，読者の生（なま）の環境では再現されることは担保されていない。科学実験のようにマニュアルに沿って実験条件を厳密に整えて再現するならば，もはや生の環境ではなく，実験室や試験管という極めて限定された場所の事柄となる。

小中学生向けの環境紙芝居の製作について，環境省は報道発表（2008（平成20）年）を行っている。その趣旨は，環境問題を分かり易く紹介し，自らの生活を振り返ることができるような様々な問いかけを行うものである³⁾。しかし，視覚に訴えるという観点だけならば，現在は静止画だけでなく動画も提示できるタブレットが勝る⁴⁾。

静止画や動画をパワーポイントで映す時代を経てGIGAスクール構想に基づき小学校の児童1人1人に1台のタブレット端末が配付されるこの頃に，紙芝居というアナログな手段を採用する理由は，紙芝居に「プラス」としての実物や動的模型を組み合わせることに

1) 大場光博，菊池義昭「5153街路利用に関する建築計画的な研究（紙芝居について その2）」（日本建築学会大会学術講演梗概集，1972年）。

2) 福岡市の環境紙芝居（2017年） https://www.city.fukuoka.lg.jp/kankyo/k-seisaku/hp/kyouiku-shien/kankyokyouzaikasidasi_2.html 閲覧：2023/4/11

3) 環境省，2008年6月19日 <https://www.env.go.jp/press/9860.html> 閲覧：2023/4/4

4) 齋藤裕一郎，小野瀬倫也，鈴木一成「動画モデル作成を通じた科学概念構築に関する一考察（中学校「水の状態変化」の授業分析を事例にして）」（理科教育学研究Vol.55No.3，2014年）。

より、言葉により細分化されがちな環境のイメージを、一体的なものとして体験させることが出来ると考えるからである。

産業革命以来の科学技術の発達・発展により環境は細分化されて扱われてきた。細分化をもたらす契機の典型は、言葉で語ることである。システム観や総合観などにより、環境の本来の一体性を取り戻すかと思われても、そうはならず、現在に至っている。

我が国の20世紀初頭以前ならいざ知らず⁵⁾、現時点では、「環境って何だろう？」という問いへの応え方のひとつは、用語「環境」の辞書的外延や内包を口にすることである。もうひとつの応え方は、自分の身の回りを指し示し「これが環境である」と直接教示的(ostensive)に応えることである。後者の応え方は、目で見える物事が主であり、目に見えない物事は従である。

本稿は、この見えない側面を可視化し、市民の若いも若きもが、くらしの根っこの環境的理解を得ることを目的にする。この目的を果たすため、紙芝居を試作し(図2～18)、京都市主催の「あつまれ京(みやこ)わくわくのトビラ」(旧みやこ子ども土曜塾)⁶⁾で口演し、受講者との応答を踏まえて更新していくことを目指す。



世の中には、「～環境」や「環境～」という語句が多々ある。「～」は、「社会」「経済」「エネルギー」等の修飾語であり、環境が、その修飾の立場から語られる。それらの修飾語を取り去った、いわば純粋な環境を意図して語句「環境そのもの」と呼んでも、既に「そのもの」は修飾語であり、それに代えて「純粋環境」としても「純粋」は、やはり修飾語である。

このジレンマの解消のため紙芝居の口演途中で物事を取り入れて現示することを「プラス」と呼び、紙芝居を口演する場で動く模型に触れ、その動きは、その場の温度条件に影響されることを体験し、その温度条件が自分の身の回りから空にひろがり、さらに「星空の宇宙」に広がっていることから、環境の切れ目のない一体性を実感させることが特筆すべきことである。また、他に「プラス」として紙芝居の静止画面では伝えることが難しい動画や画像などをスマホで参照するウェブページにリンクしていることが、それに加わ

5) 「日本における用語「環境」の導入過程」(早田宰, 2003, 早稲田社会科学総合研究第3巻第3号(2003年3月))。

6) 「みやこ子ども土曜塾」事業は、2004年からはじまり、現在登録団体数は、2022年度時点で、1,121件である。京都のまち全体を学びの場として、子どもたちの学校時間外(土曜日を主とする)に催す事業であり、行事については、京都市が、責任が明確である諸団体を対象に年に6回募集している(2022年から「あつまれ!京(みやこ)わくわくのトビラ」に名称が変更)。

る。スマホを援用することは、野外の無電源の場所や風雨の日に備えるためである⁷⁾。

2. 市民講座の環境テーマの抽出について

学校制度上のカリキュラム編成と異なり、市民講座のテーマは、「学習指導要領」に制約されることなく自由に選択できるが、対象者に、老いも若きをも含む市民を想定するので、その内容は、例えば小学生が、成人となり社会に出る段階でも通用するようなもの、すなわち環境の「不易流行」の不易な側面の事柄であることが望ましい。

環境、社会、経済という3本柱の中で、環境が根底であるという立場に立ち、環境の不易な側面、すなわち、昔からこれまで、そしてこれからも続く、くらしの根っこを抽出するならば

- 1 星の循環を大元とし、原子時計で補正される環境の大枠である時間
- 2 自然界の天変地異の活動と人を含む生物の営みを支え、全方位へ一方通行的に放射する太陽エネルギー
- 3 生物としての人が依存している生命界（細菌叢・生物・植物・動物・人）
- 4 私（主体）の周りの広がり、仮の境界であり空と大地から成る地球という空間とその周りに広がる空間

である。まとめて言えば食物生産の営みと天変地異としての自然の活動とを可能にするエネルギーと、それらの有限の大枠である時間と空間である。花田は、時間的つながりと空間的つながりも「持続可能性」という概念にとって重要と言う⁸⁾。

また、用語「環境保全」は法的に「環境創出」を含むと規定されているが、それにつながるものや、環境の部分ではなく全体としての環境イメージを伝えるもの、そして環境教育の流れの中で、新たに提唱されている「包括的原理」につながるものである。

松本は、1984（昭和59）年に環境教育の4つの潮流を述べる。すなわち、第1潮流の公害問題、第2潮流の消費者のライフスタイル、第3潮流の生態学的問題、そして第4潮

7) 野外で、動画などをプロジェクターでスクリーンに投影していると強風でスクリーンが飛ばされた体験からウェブページを作成しておくならば、各自がスマホで見ることを思いつく。ウェブページの援用は、資料準備や配布の手間を少なくし、また帰宅後に受講者が参照することを可能にする。また、スマホの1回充電が0.1円程度であるならば、プロジェクターとパソコンの1時間使用が5円程度であることを考えるならば省エネとなる。

8) 花田真理子「環境教育の新しい潮流（「持続可能性のための教育」の視点から）」（水資源・環境研究 VOL. 16, 2003年, 56頁）。

流として「全体を包括する新たな原理」としてエントロピーを挙げる⁹⁾。また、花田は、2003(平成15)年に、公害教育→自然保護教育→自然体験教育→持続可能性という変遷を取り出す¹⁰⁾。松本の第3潮流の生態学、第4潮流の「包括的原理」と花田の「自然」、「持続可能性」は、環境の不易な側面に通じる。

環境は多様であり、その理解のためのテーマは、どのひとつを選んでも、これだけではないのだがという、ある種の飢餓状態に陥る。また、知識ではなく、行動につなげることが大切だという観点から野外体験的テーマを選ぶとしても、体験する野外は日常生活から離れた環境であることに気づき、このような特殊な環境を選んでいて良いのだろうかというジレンマに陥る。「環境って何?」と問われて、その外延や内包を挙げるとしても、今ここの環境理解のために外延要素を選ぶとしても、再びこれだけではないのだがという飢餓状態に陥る。

このような飢餓状態やジレンマを解消する方法が環境の不易な側面、すなわち昔から今も、そしてこれからも続くくらしの根っこに関わることである。

テーマ1は、京都市市街地の夜空に星々を取り戻す「〈カムバック星空〉夢計画」により、「星の宇宙」を身近なものとする。この計画は、計画の立案と、その現実的行動という実践活動を通じて実現されるものであり、良好な環境創出行動の部類に属する。星空を取り戻すことは、京都市環境基本計画アンケート(図2の画面3)により京都市民の子どもも大人も望むことであることが分かる¹¹⁾。京都の市街地の夜空に星が見え難くなってきたことは、京都市街地の発展が進む1929(昭和4)年頃からはじまり、京都市左京区吉田の京都大学天文台での天文観測に支障をきたし、山科区の花山に移転していることで示される¹²⁾。

2007(平成19)年5月24日安倍首相(当時)が、第13回国際交流会議「アジアの未来」(日本経済新聞社主催)の晩餐会で、地球温暖化問題に関わる戦略として「美しい星へのいざない〜3つの提案、3つの原則〜」と題した演説を行い、全体はCO₂削減にからむ事柄であり「世界全体の二酸化炭素の排出量を現状から2050年までに半減」という長期目標

9) 紙芝居「火を力に変える3兄弟」で取り上げている熱現象は、見えないもののひとつであり、松本が環境教育の第4潮流として挙げる「全体を包括する原理」、すなわち「熱学におけるエントロピー」に関わる。(松本敏「6環境教育」、日本社会科教育学会、『社会における公民的資質の形成(公民教育の理論と実践)』、東洋館出版、1984年、270-276頁)。

10) 注8の花田(51-53頁)。

11) 『京都市環境基本計画2016～2025』(京都市、2016年、4-5頁)

12) 「2.2 天文台発展の歴史(2. 附属天文台の沿革)」(『花山天文台70年のあゆみ』、1999年11月、4頁)、<http://hdl.handle.net/2433/241443>

を世界共通目標として提案することで結んでいる。(ここでの「美しい星」は、夜空に見える星ではなく、地球を指す)。この「美しい星」の部位である京都の中心市街地の夜空に、再び星を取り戻すという夢計画の具体化・実現は、環境の根底(「くらしの根っこ」)から考えるならば、先ず思い浮かぶことは、無駄に空を照らさない省エネルギーであり、それが星を取り戻すことにつながることを市民に広報し、エネルギーの削減に向けて行動を起こすことへの参加の呼びかけである。

テーマ2の「くらしの根っこ」を支える熱は赤外線による。赤外線は、TVのリモコンなどで利用される身近なものであるが目に見えないので可視化する必要がある。テーマ3の草木を支えるものは、地面の下にある根であり、その根と関わる菌根菌である。テーマ4の熱による対流は、地面を支える地殻が浮かぶマントル内でも働く。また磁石が南北を指す地磁気の働きも目に見えない。

3. 紙芝居の作成に向けて

① おしゃれに進める

「おしゃれに進める」とは、言葉で話すことに留まらず、物事を現示することを含む。辞書の意味は、「おしゃれ (smart, 賢い, ざれ (戯れ), 遊び) : 気が利いた無駄のない暮らし・立ち居振る舞い。」であり、「気が利いた」は、「その場に応じた適切な判断が素早くできる。心が行き届く。」であり、物事や振る舞いの有様を形容する言葉であり、紙芝居口演の現場の環境条件の影響を受けるスターリングエンジン模型(図7の画面7)を持ち込み、それを作動させ、受講者がそれらに触ることにより体験することを英語smartの意味に重ねて「おしゃれに進める」と言う。

また、静的図では伝えられない動的な事柄の動画をスマホで見たり、日常生活で使用するTVやエアコンのリモコンから発する目に見えない赤外線をスマホカメラで見る体験(図3の画面7)や赤外線カメラによる写真(図7の画面13, 図8の画面15, 17)を経る知識獲得は、全世代(「親子3世代」)にとって有意義である。

その体験を自分の言葉で語ることを可能にし、話された語句だけを覚えることの欠点(例えば、小学校4年生の出前授業で筆者が「環境」と口にすると、即座に生徒から「エコだ!」という声が飛んできた。)を回避させる。

② 受講者の多様性への配慮

講座対象者として、幼・保育園児から小学生、後期高齢者までを含み、年齢階層別に分けて、親も子も、その孫も含めて対象にする。環境は、親の環境、子の環境、孫の環境等に

別れることはなく、同じひとつの環境であり、どの世代にも通用する講座でなければならぬからである。かつて文化人類学者棚瀬襄爾が教育について「縦の教育、横の教育」と言い、縦の教育の典型が、学校教育であり、文化の持続には縦の教育が重要であり、横の教育の典型は、外来文化を摂取して文化に変化を与える問題に関係を持つと述べている¹³⁾が、環境教育は、若いも若きも、一斉に接する環境についての事柄であり、横の教育に似る。

文部科学省は、2017(平成29)年以来、幼児、児童、生徒それぞれに持続可能な社会の創り手となることを求め、『幼稚園教育要領』(209頁)、『小学校学習指導要領』(18頁)、『中学校学習指導要領』(227頁)で明示している(太字は谷口による)。持続可能な社会の「創り手」とは、良好な環境の創出者たることとも言える。環境創出は、法的に環境の保全に含まれると規定される(環境教育等促進法¹⁴⁾)。これを受けてか、地方自治体で「環境創造課」という名称を設けている例がある。静岡市(2015(平成27)年、環境総務課と清流の都創造課との統合)、明石市、三田市(2019(平成31)年、旧課名:環境衛生課)、尼崎市(2012(平成24)年、旧課名:環境政策課)、神戸市である。また横浜市に「環境創造局」(2005(平成17)年4月に局再編成による新設、環境保全局、下水道局、緑政局一部(緑政・農政・公園の三つの統合)という名称)がある。これらの課の業務内容説明文では用語「保全」が使用されるが用語「創造」は使用されていない。

1998(平成10)年以前に小学校を卒業した者は、基本的に「各教科の中で環境に関連した事柄を部分的に扱うというやり方」¹⁵⁾のものであったので、環境の流行的側面であったと想像される。その割合を大略概算すると、1997(平成9)年の小学6年生(11歳)は、1986(昭和61)年生まれなので2022(令和4)年現在37歳である。現在の京都市民約145万人の年齢別人口構成で、37歳以上の割合は、約65%(938,075人/1,453,956人)(2021(令和3)年10月1日現在)である¹⁶⁾。それ故、環境の不易な側面に傾斜するこの講座は、人口の約2/3が習ったこの世代の環境観に変化を与えることに資する。

13) 『文化人類学』(弘文堂、1971年、157頁)。

14) この法律に「第二条 この法律において「環境保全活動」とは、地球環境保全、公害の防止、生物の多様性の保全等の自然環境の保護及び整備、循環型社会の形成その他の環境の保全(良好な環境の創出を含む。以下単に「環境の保全」という。)を主たる目的として自発的に行われる活動をいう。」(環境教育等促進法、2015(平成27)年)とある。この規定は、2003年の「環境の保全のための意欲の増進及び環境教育の推進に関する法律」から始まる。

15) 注8の花田(53頁)。

16) 中学3年生までならば京都市の人口の約61%(888,567人/1,453,956人)(2021年10月1日現在)である。

③ 「総合的な学習の時間」における「環境」の位置

縦の教育である小学校の『学習指導要領』に「環境」が加わったのは、1998（平成10）年の告示で、各教科に加えて新設された「総合的な学習の時間」の教える内容の例示の中であり、直近（2017（平成29）年）告示でも「国際理解、情報、環境、福祉・健康などの現代的な諸課題に対応する横断的・総合的な課題」と例示されている。例示の「現代的」という語句に則って流行を追うことも必要であるが、環境の不易な側面は、環境の昔から今まで、そしてこれからも続く側面であり、持続可能性を支えることでもあるので、流行問題の解決を考えるには、このことを踏まえている必要がある。

15年程前に小学校の環境出前授業に出向いて現場の先生から「総合の時間に教えることは、他に沢山あり、環境だけに時間を費やすことは出来ない。」と言われたことがある。その沢山ある内容が、例示の「国際理解、情報、福祉・健康などの現代的な諸課題に対応する横断的・総合的な課題」（『小学校学習指導要領（平成27年告示）』、180頁）であるならば、それらと環境との軽重が問われねばならないが、環境白書の2017（平成29）年度版（コラム持続可能な開発目標とガバナンスに関する総合的研究、9頁）には図1が記載され、「環境が全ての根底にあり、その基盤上に社会経済活動が依存していることを示している。」という文言が添えられ、環境、社会、経済は、三本柱としてではなく三層構造としてとらえられている。この環境省の見解が、「総合的な学習の時間」において「環境」というテーマを優先させる根拠となる。

1998（平成10）年以来、環境について「環境科」として学校で教えるべきか否かという議論は、結論的には「総合的な学習の時間」の中で教えることで2002（平成14）年に決着しているが、その後、「総合的な学習の時間」が、2008（平成20）年告示の学習指導要領においてカリキュラム全体の時間の中で減らされてくることや他の科目に分散されているだけでは不十分であり、それらを統一する見方・考え方を教える必要があることから、再び

環境、経済、社会を三層構造で示した木の図



資料：環境省環境研究総合推進費戦略研究プロジェクト「持続可能な開発目標とガバナンスに関する総合的研究」より環境省作成

図1 環境、社会、経済の三層構造

「環境教育の教科化」の必要性が口にされるようになってきている¹⁷⁾。

④ 環境についての国際会議の流れ

薄寒く、曇りがちな摂氏14度の空のストックホルム¹⁸⁾に113ヵ国が集まり、「人間環境の保全と向上に関し、世界の人々を励まし、導くため共通の見解と原則が必要であると考へ、以下のとおり宣言する。」で始まる「国連人間環境宣言」が行われたのは、50年前（2022（令和4）年現在）の1972（昭和47）年6月16日であり、7つの宣言（proclaim）を含む前文と26の原則（principle）が述べられる。

宣言（1）は、

人は環境の創造物であると同時に、**環境の形成者**である。環境は人間の生存を支えるとともに、知的、道徳的、社会的、精神的な成長の機会を与えている。地球上での人類の苦難に満ちた長い進化の過程で、人は、科学技術の加速度的な進歩により、自らの環境を無数の方法と前例のない規模で変革する力を得る段階に達した。自然のままの環境と人によって作られた環境は、共に人間の福祉、基本的人権ひいては、生存権そのものの享受のため基本的に重要である（太字は谷口による）。

であり、人によって作られた環境の重要性も指摘されていることから、環境を静的にとらえるだけでなく、動的な創出という側面から環境と取り組むことの重要性も指摘されると解する。

若者と大人の両者への環境問題に関する教育が第19原則で述べられる。すなわち、

第19原則 環境問題についての若い世代と成人に対する教育は一恵まれない人々に十分に配慮して行うものとし一個人、企業及び地域社会が環境を保護向上するよう、その考え方を啓発し、責任ある行動を取るための基盤を拓げるのに必須のものである。

マスメディアは、環境悪化に力を貸してはならず、すべての面で、人がその資質を伸ばすことができるよう、環境を保護改善する必要性に関し、教育的な情報を広く提供することが必要である。

17) 1970年から2014年時点までの事情は、諏訪哲郎「特集 「環境教育の教科化について考える」 解題 環境教育の教科化をめぐる状況とさまざまな課題」（環境教育学会、環境教育VOL. 28-1, 2014年、3-14頁）に詳しい。

18) ストックホルムの天気

<https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/hur-var-vadret/q/Stockholm/temperature>
閲覧：2023/4/11

とある。この原則から25年後の1997（平成9）年のテサロニキ宣言の確認項目11で環境教育の国際的潮流は「持続可能」と結びつく。すなわち、

確認項目11 環境教育は、トビリシ勧告の枠内で開発され、それ以来発展してきており、アジェンダ21および主要な国連会議に含まれる地球規模の問題の全範囲に対処しており、持続可能性のための教育としても扱われてきた。これは、環境と持続可能性のための教育とよばれることができる。

によって、「持続可能性」を鍵語とする「新しい潮流」がはじまり¹⁹⁾、この新しい潮流は、「学習者のライフスタイルや価値観の変化を促すような効果が環境教育に求められる。」と言われる²⁰⁾。1972（昭和47）年から1997（平成9）年のテサロニキ宣言までの国際会議の流れは、花田を参照²¹⁾。その後の国際的な流れは、2002（平成14）年にESD、2015（平成27）年にSDGsが国連で採択されている。

⑤ 環境についての日本の流れ

テサロニキ宣言から10年後（2007（平成19）年）、20年後（2017（平成29）年）、25年後（2022（令和4）年）の環境白書を概観し、紙芝居テーマとの関連を取り出す。

2007（平成19）年版

「総説1 進行する地球温暖化と対策技術」では、「低炭素社会を目指して」でむすばれる（50頁）が、未だ語句「脱炭素」は使用されていない。また、物質の循環に焦点が合わされるが、太陽エネルギーが地球を暖め、直接の熱放射や水を媒介にして対流圏上空からの熱放射による一方通行性には触れていない。紙芝居では、図4の画面15で触れる。「総説2 我が国の循環型社会づくりを支える技術—3R・廃棄物処理技術の発展と変遷—」では、「もったいない」という考え方をもつ日本文化に触れ（106頁）、「私たち自身が持続可能なライフスタイルを実行していくことが求められています。」（106頁）とあり、また「社会経済活動のあり方や私たちのライフスタイルを見直し、私たちが日ごろから不断の努力を積み重ねていくことが必要です。」（107頁）と結ぶ。紙芝居では、このことを語句「くらしの根っこ」で表している。

光害については、2005（平成17）年版「4 光害（ひかりがい）対策等／第7節 地域の生活環境に係る問題への対策／第2章 大気環境の保全（地球規模の大気環境を除く）／環

19) 注8 この論文では、「持続可能性」が新しい鍵語であるが、本稿は、「包括的原理」を新しい鍵語と考える。

20) 注8の花田53頁。

21) 注8の花田50頁。

境問題の現状と政府が環境の保全に関して講じた施策」において触れられ、紙芝居の図2の画面5、図4の画面21、図5の画面23で触れる。

2017(平成29)年版

「第1節 持続可能な社会に向けたパラダイムシフト／第1章 第五次環境基本計画に至る持続可能な社会への潮流」で、2009(平成21)年に人間活動が地球システムに及ぼす影響を客観的に評価する方法のひとつである「地球の限界(プラネタリー・バウンダリー)」(2009(平成21)年)という考え方が述べられている(5頁)。紙芝居では、地球の限界でとどめずに「星の宇宙」にまで広げる(図3の画面11, 13)。これは物質循環だけでなく、エネルギー(この場合は、エネルギーの最終形態としての赤外線による熱放射)を環境観に入れるからである。

2022(令和4)年版

「3 持続可能な社会を目指したビジョンの提示：低炭素社会から脱炭素社会へ／第1章 地球環境の保全」で、「2020年10月26日、我が国は2050年までにカーボンニュートラル、すなわち脱炭素社会の実現を目指すことを宣言し」、「第204国会で地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律(令和3年法律第54号)で法定化した。」(83頁)とある。カーボンニュートラルとは、二酸化炭素の排出量を「全体としてゼロとする」ことであり、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの「排出量」から、植林、森林管理などによる「吸収量」を差し引いて、合計を実質的にゼロにすることを意味する。

紙芝居の図11の画面10, 11で、地上部分の幹や葉だけでなく、地下の根や菌根菌などに触れる。白書では、二酸化炭素の土壌貯留に言及されている(90, 95頁)。紙芝居では、図18の画面31で石炭紀には木材のリグニンを分解する白色腐朽菌が、まだ生息していないことから石炭ができたことに触れる。

4. 市民講座の紙芝居試案

紙芝居「その1」は、現在の京都市の市街地の空に星を取り戻すという夢のような計画のお話しであり、「その2」は、くらしの根っこである火(熱)と力の関係、「その3」は、食べ物を産み出す草木の根っこについて、「その4」は、地球の空と大地を断面的にみることにより、大気を含む地球の根っこのお話しである。

図2～図18に紙芝居の画面(左)と口述面(右)とを示す。画面枚数は15枚を標準とする。環境省製作の環境紙芝居は、15枚1セットであり、京都市中京区中央図書館所蔵の紙芝居でも12枚1セットであり、また、この紙芝居口演対象者として親子3世代(子・親・その親)を想定し、子には、幼稚園年長組または小学低学年を想定するのでこの枚数を標

準とする。

環境教育で使用する教材は、地域の素材を使用することが望ましいと言われることから、本稿では京都市内の事柄を使用することに努めている。紙芝居画面を補完する「プラス」の所在は、<https://edkan.sakura.ne.jp/> である。

4-1 その1：〈カムバック星空〉夢計画

夜の星空は、京都市民の子どもも大人も、目指す環境のすがたのひとつであり、星がたくさん見えることを挙げている（図2の画面3の京都市民アンケート（『京都市環境基本計画2016～2025』、2016年、4-5頁）。それ以前にも1992（平成4）年、ブラジルのリオデジャネイロで地球サミット（国連環境開発会議）が開かれた年に設立されたNPO法人環境市民のビジョンでも「……山にもまちにも緑があふれ、夜空には星が美しくまたたき……」を掲げられていることは、その頃既に市民の星空への関心が高いことを示す。

グリニッジ天文台を通る経度0の子午線を恒星が通過することを観測し世界時が決められるが、地球の自転が一定でないことから、原子時計が発明され、より誤差の少ない時間の測り方がなされ、閏秒（うるう秒）を挿入することが必要になり、何年かに1回挿入される1秒である。図5の画面29は、閏秒が挿入される場合の時計を示す。しかし、2035（令和17）年からは、閏秒に代わる100年以上に1回の閏分になるような案が国際度量衡総会で決定されている（2022（令和4）年11月18日）。このように星空は、時間を測る大元となっている。また、夜空に星が見えなくなったことは、人工照明の結果であり、再び星空を取り戻すことは、好ましい環境創出に向けて歩みを進めることであり、このことを契機に、環境の他の側面の良好な創出に広がる期待を込めたお話しである。

また環境の創出には、協働作業が必要になる。そのためには、仮にも環境についての共通イメージを確認しておくことが望ましいが、国の環境基本法では「環境への負荷」「地球環境保全」「公害」の定義はあるものの、「環境」の定義はない。また、環境教育等促進法でも「環境保全活動」「環境保全の意欲の増進」「環境教育」「協働取組」は定義されているが、「環境」は未定義のままである。

地方自治体が作成する環境教育用のいわゆる「環境副読本」類、例えば京都市の場合、用語「地球環境」の「地球」については言及されるが、用語「環境」そのものに言及されることはない。しかし、例外的に枚方市の場合、「わたしたちの住む枚方市には、山や森林、たくさんの公園があります。そこには澄んだ空気があり、川が流れ、木や花のまわりには動物や虫たちがすんでいます。」と場所と物の集まりを提示し、「こうした「わたしたちのまわりのすべてのもの」を環境といいます。」という記述があるが、この記述のよう

に目に見える場所や物に言及されると、直感的に「分かった」となり、それらを支える目に見えないものを見ることなく、引き返してしまうことが一般的である。紙芝居では、図3の画面11、画面13、図4の画面15で環境図を提示する。

また、環境の創出には、創出者(私)の発想力のアップが必要である。そのひとつの方法は、対象となる環境を相対的に小さくした模型などを作成することである。例えば、図5の画面27は、ガラス瓶の中に、土、水200ccを入れ、植物(ペペロミア)を植え、二重蓋で密閉し、常温の室内に置いたものである。封入された植物は約4年間生息成長した。植物は、光合成で生じる余分な熱を水の蒸散により体外に逃がし、その水蒸気が冷たいガラス面に触れて水滴として凝縮し、ガラス面から室内の空気に熱伝達や熱放射し、ガラス瓶の外に廃出する。その後は地球大気の熱メカニズムにより最終的に宇宙に熱放射されることにより成り立つ。よってミニ地球器の中の植物が生育するかどうかは、それが置かれる場所の熱的環境条件による。このことが、置く場所を選ばないように作られているいわゆる地球儀とは異なり、もし中の植物が枯れてしまうならば、置かれた環境が植物の生育にとって必要な熱の廃棄にふさわしくない場所であることを示す。これが人ならば、熱中症となる。

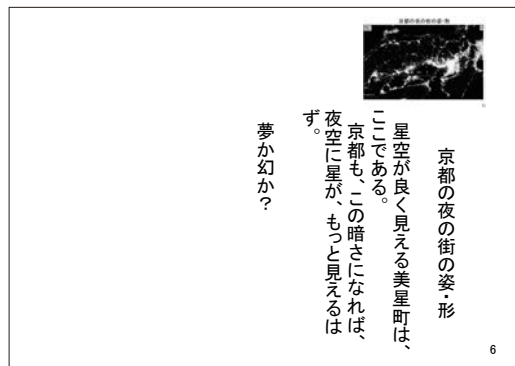
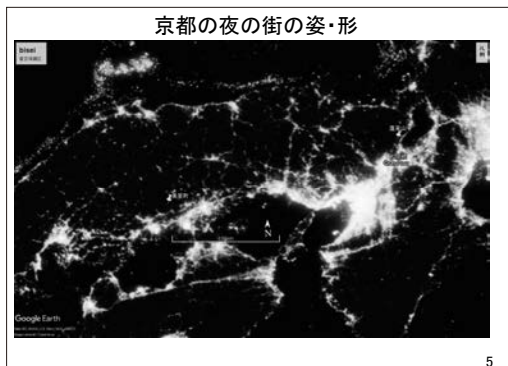
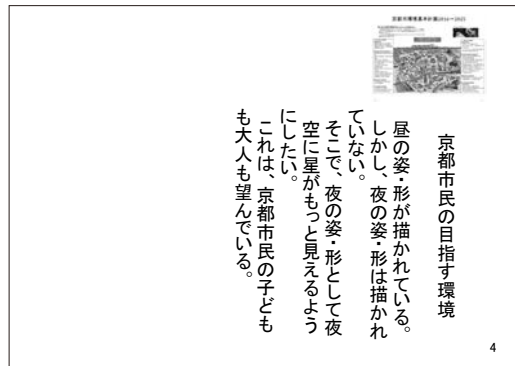
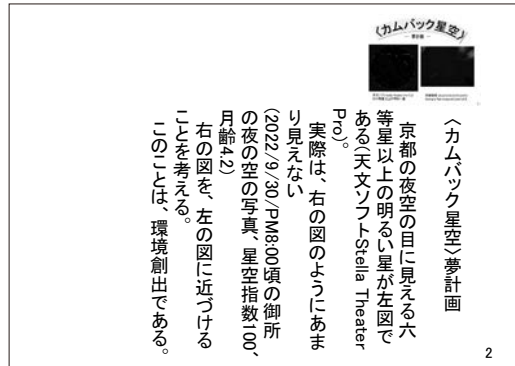



図2 紙芝居「その1」-1

見えない光を見る！

見える光は、七色に分けられ、名前は、セキ・トウ・コウ・リョク・セイ・ラン・シである。
それら以外に見えない光がある。
[赤外線]-[赤・橙・黄・緑・青・藍・紫]-[紫外線]




出典
<https://weathernews.jp/s/topics/201807/240205/>
red yellow pink green orange purple blue

リモコンの見えない光 7

見えない光を見る！

見える光「赤・橙・黄・緑・青・藍・紫」の外に見えない光がある。見えないけれど感じる事ができる。
太陽光に当たると暖かい。また「日に焼ける」と言う。これらは、見えない赤外線と紫外線が原因である。
見えない赤外線もスマホカメラに映る。
反射・散乱（ミラー散乱）(光の波長程度以上とレイリー散乱) (光の波長の1/10以下)・屈折(波長の違いによる屈折率の違い)・干渉・分散(プリズムによる分光)



8

環境って何？

わたしが周囲に目を向けることが環境創出のはじめ。見えてくるものを、ざっと上げると、街、日本、地球、太陽、宇宙である。
図で表すと





図2 環境展開図

である。
原子と細菌叢(さいきんそう)は、わたしの中のものなので、ここでは触れない。

9


環境って何？

わたしが周囲に目を向けることが環境創出のはじめである。見えてくるものを、ざっと上げると、街、日本、地球、太陽、宇宙である。
原子と細菌叢(さいきんそう)は、わたしの中のものなので、ここでは触れない。



10

環境逆観図




すべては、私が見て考えている。

11

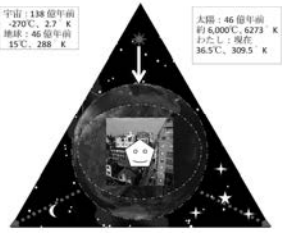
環境逆観図

私が環境と取り組むので、すべては、私が見て考えて行くことになる。
さまざまな環境的知識もよそ事ではなく、自分事であり、私から始める。特に環境創出はそうである。



12

環境順観図




見えるものを大きさの順に入れ子に重ねる

13

環境順観図

科学的実験室や試験管と環境との違いは、それが置かれる場所を含めて考えると、切れ目が入るかどうかである。環境の立場は、この図の一点鎖線は、そのような線は実際には無い。つまり切れ目はなく、名前による切れ目であり、実際には無い。地球には宇宙飛行士の「地球」には環境はない。という言葉が、このことを示す。



14

図3 紙芝居「その1」-2

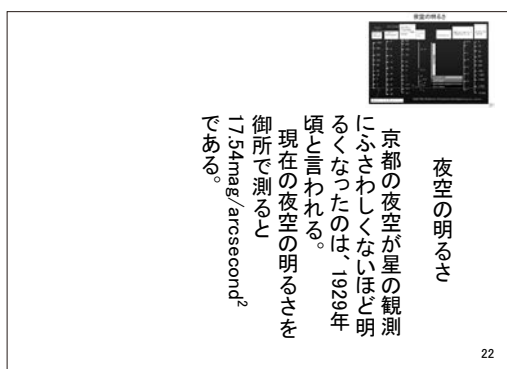
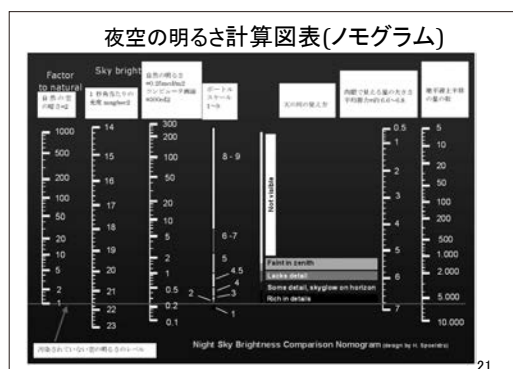
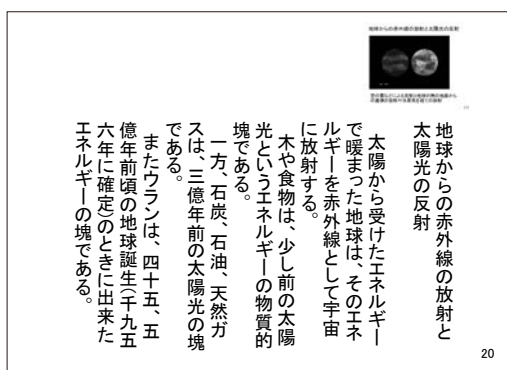
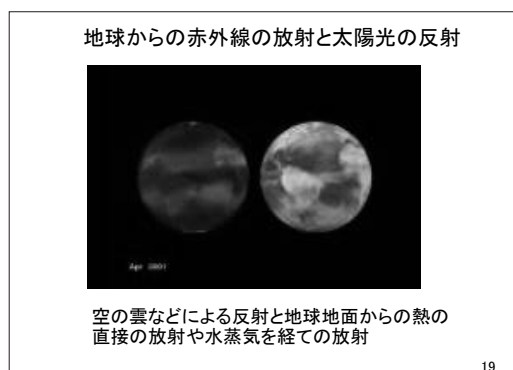
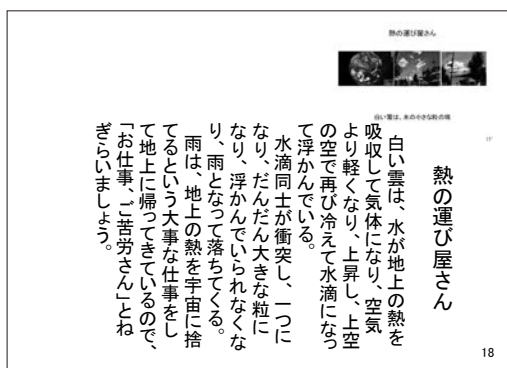
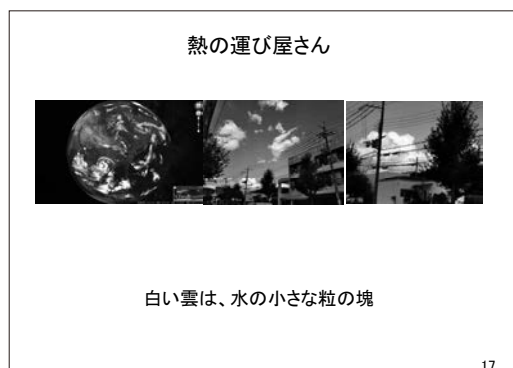
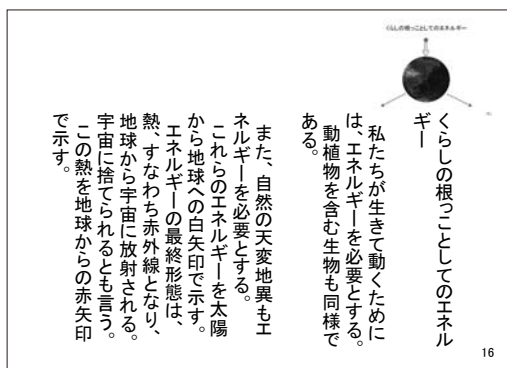
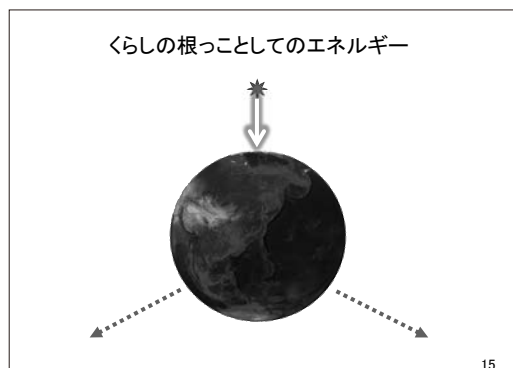


図4 紙芝居「その1」-3

京都御苑の夜空の明るさ測定




スカイオリティメータ (SQM-LU)




23

京都御苑の明るさ測定

図のX印で
17.34mag/arcsecond²である。



24

知ることと創ること



知ることも創ることも私の行いである。


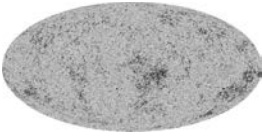
25

知ることと創ること


知ることも、創ることも、主語は「私」である。「私は京都の夜空にたくさん星が見える空を創りたい。」が、このお話しの出発点であった。「私」って誰だろう。名前や住所、学歴等が書かれている、私の履歴書を読む者は、私が怪しい者ではないことを知った気になる。その私が、星のたくさん見える夜空を創りたいと言い、それを聞いて、私に賛成してくれるならば、それでよし。もし誰かに「夢やがな！」と言われたらどうしよう。

26

夢を正夢に！私のパワーアップにより

日本の792都市の人口と順位 (両対数グラフ)



宇宙マイクロ波背景放射(CMB)
Cosmic Micro Background
2009年宇宙年齢138億年が決まる。

私の力の相対的増大・相手を小さな模型化

27

夢を正夢に！

夢を正夢にする方法は、二つある。一つは宇宙や地球を模型化し小さくする。もう一つは私の力を大きくする。例は、その相手を小さくする例は、その模型を作る。例えばミニ地球器である。宇宙を小さくしたものは、宇宙マイクロ波背景放射図である。私の力を大きくすることは、次のように考える。私を超えている神や自然があるが、神については、デカルトの神の知らない「私」の立場に立ち、自然については、「べき分布」を考える。

28

私の空間的中心と今

私の中心は直交する
三つの平面の交点



変な時刻を示すまともな時計



国立研究開発法人情報通信機構
2017年1月1日8:58~9:02



29

私の中心と今

私の中心・前後面、上下面、左右面の交点が私の中心であり、私が移動すると、それに伴って中心原点も移動し、どこで前後左右上下を聞かれても困らない。

変な時計・東京都小金井市の国立研究開発機構情報通信機構という立派な看板のある建物の正面にあった。変になった理由は、地球の自転と原子時計の進み方の差がたまって1秒になったからである。ここに時間の進み方の速さの変な点が現れています。

30

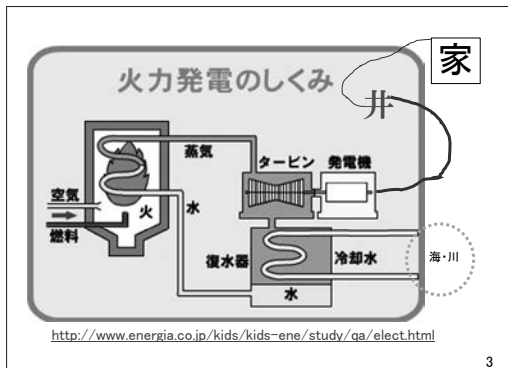
図5 紙芝居「その1」-4

4-2 その2：火を力に変える3兄弟

火(熱)から力を取り出すには、熱い部分と冷たい部分との両者が必要であり、また力にならない火(熱)があり、それを他所に捨てることをせねばならないことをスターリングエンジンの模型を利用して体験する。同時にそのスターリングエンジンが置かれる場所の熱(温度)が加わっていること、そしてかつての主要交通機関であった蒸気機関車のお話しである。



火を力に変える3兄弟
この部屋の温度は、「」度です。後で使うので書いておきます。
このお花の名前は、あじさいです。お花の下には茎があり、茎の下に根っこがあるが、地面の中なので見えません。
わたしたちの毎日のくらしにも見えない根っこがあります。
その根っこは、「アツシ君」「レイちゃん」「アマリ坊や」という3兄弟です。



火力発電のしくみ
火力発電所では、石油などを燃やして熱をつくり、その熱で水蒸気をつくり、それをタービンに送り、発電機を回して電気を起こします。
タービンは、海の水で冷やすことで発電がつかえます。
石炭や石油を燃やさずに熱から力を取り出す方法を考える人がいます。



それは私じゃ。もし生きていたら、二百歳じゃ。
職業は、牧師だが、別の方法で熱から力を取り出す機械を工夫したんじゃ。
名前は、ロバート・スターリング。
イギリスという国の北にあるスコットランドの生まれ。
発明した機械が、これだ。
わたしの名前をとってスターリングエンジンとよばれる。
このエンジンは、温度差を利用するだけで力を取り出している。

図6 紙芝居「その2」-1

くらしの根っこの環境的側面の可視化に向けて (谷口興紀)

この部屋の温度 °C

ほれい剤の温度 °C

カイロの温度 °C

R3 7

スターリングエンジンが置か
れている、この部屋の温度
は、ほれい剤の温度は、
ホツカイロの温度は、
これらの差から、力を取り出
してみる。

この部屋の空気は、アツシ君
になったり、レイちゃんになっ
たり、その役目を変えている。
大事なのは、温度差があるこ
とです。温度差が大きいなら
ば大きな力が出せ、小
さいと小さな力となる。

8

アツシくん(高い温度) レイちゃん(低い温度)

力

9

「アツシくんの高い温度からレイ
ちゃんの低い温度を引いたものが、
力の大きさ」となります。

くらしの中で機械が止まらずに
動くには、動かすために生ずる熱
を、機械から取り除く必要があり
ます。それには、温度の低い水や
空気が必要になります。

このように、熱から力を取り出す
には、火の熱だけでなく、それよ
り低い温度の部分が必要となり
ます。

10

見えない熱を見る！

赤外線カメラの写真

21/10/05
09:55:02

中心: 39.6
平均: 29.2
Δ: 1.4
27.5 41.5°C

2023/5/22 11

見えない熱を見る！

「その1」でリモコンの見えない
光はスマホで見えたのですが、
残念ながらアマリ坊やはスマホ
には映りません。
今回は、特別なカメラ(赤外線
カメラ)を使います。
ホツカイロの上に載せてあるス
ターリングエンジンを写してみ
ます。

スターリングエンジンの下やホツ
カイロの辺りは、約38°Cであり、
少し離れた所は約29°Cです。

2023/5/22 12

アマリ坊やはどこだ？

13

アマリ坊やはどこだ？

はじめに、3兄弟と言いま
したが、「ここまでの話してア
ツシ君とレイちゃんの2兄弟
しか出てきていません。」
この写真にもアマリ坊やがい
ます。
どこでしょう。

2023/5/22 14

図7 紙芝居「その2」-2

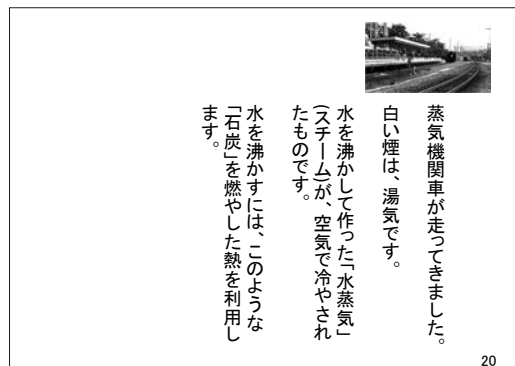
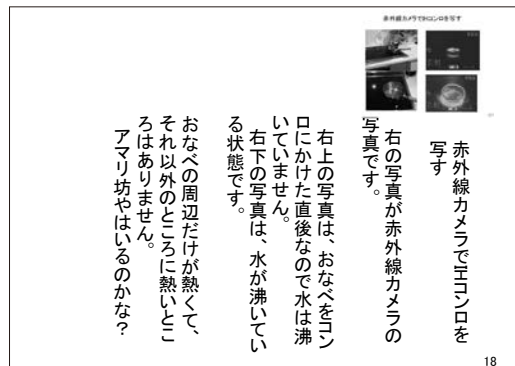
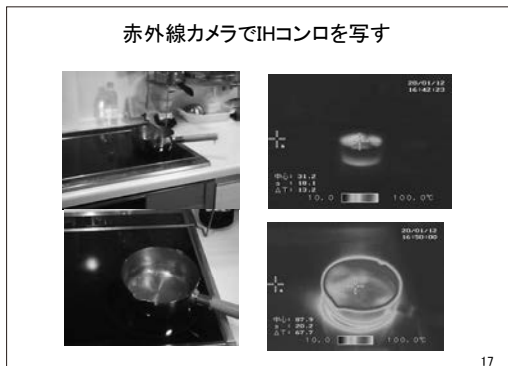
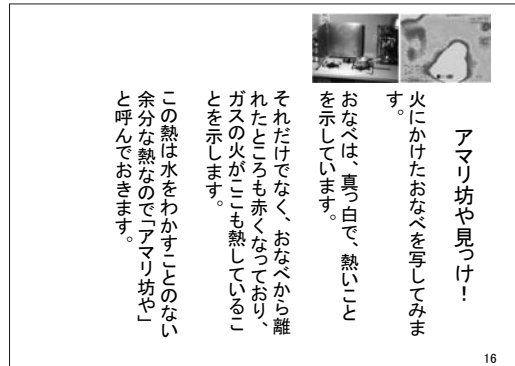
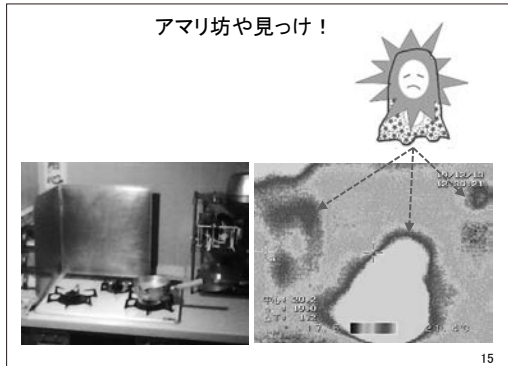
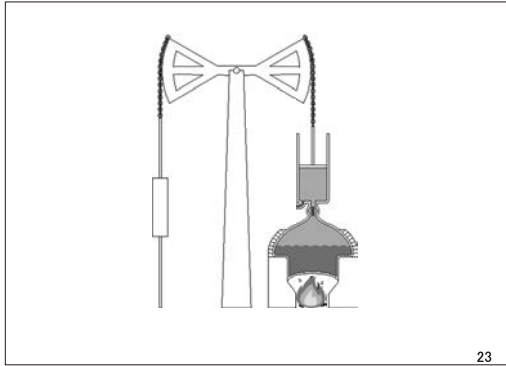
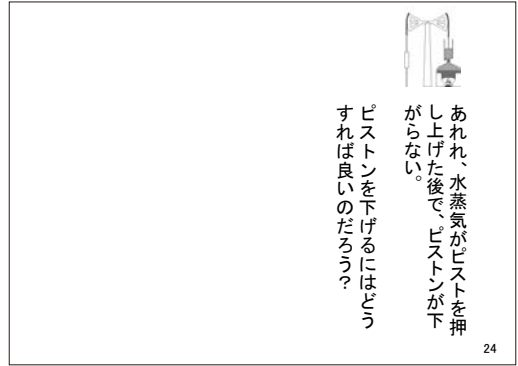


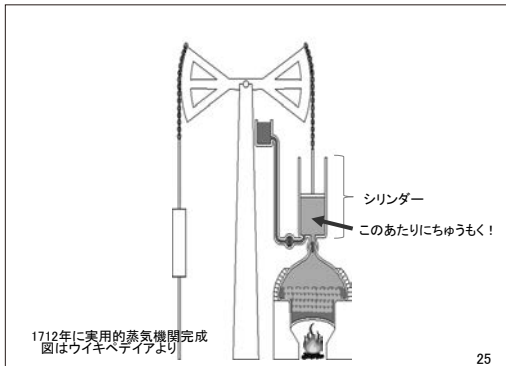
図8 紙芝居「その2」-3



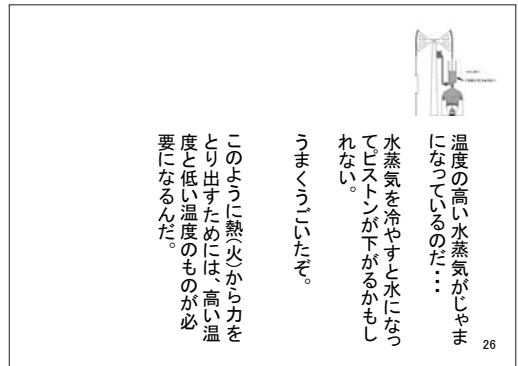
23



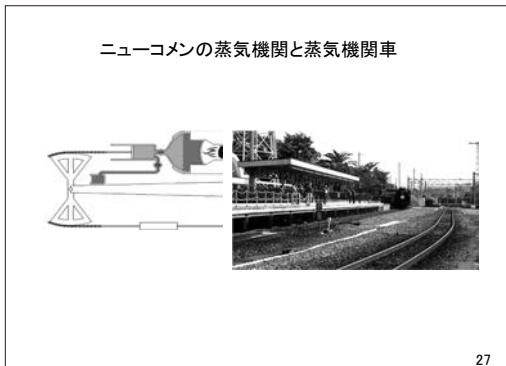
24



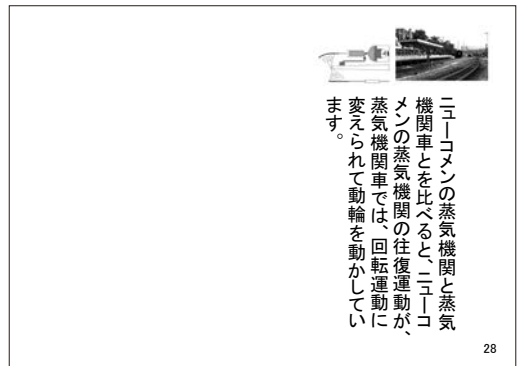
25



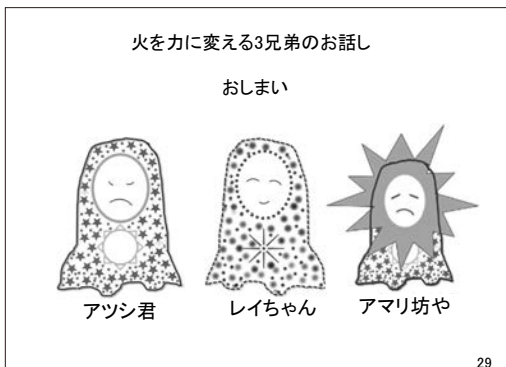
26



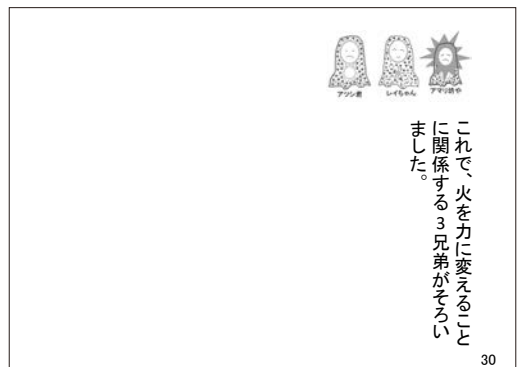
27



28



29



30

図9 紙芝居「その2」-4

4-3 その3：空気と水と草木

食べ物の大元を産み出す草木の根っこのお話しである。

草木の地下の根っこの深さと人体の身長との関係の直感的把握、光合成における水の役割、セルロースとデンプンのわずかな違い、持続可能性確保のための自然としての草木と人為・人工と折り合いの付け方等のお話しである。



何が見えるかな？

これは京都の植物園の写真です。

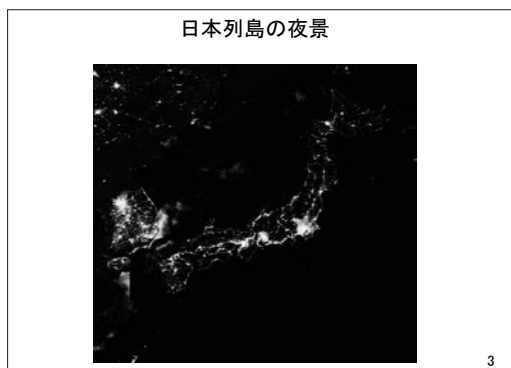
1木、2草、3水、4雲、5空
(空気または大気、6地面(土))

さらに、もう一つあります。

(ヒントとして次の画面の日本列島の夜景を提示して、ここに戻って)

そして、最後に、7光を挙げておきます。

荒っぽく、また大胆に言えば、地球は、このような要素からできています。



ヒント

日本列島の夜景

答えは、光です。

日中の太陽の光は、当たり前過ぎて、普段は気にも留めません。

しかし、太陽の光がなければ、私たちのくらしは成り立ちません。

前回のくらしの根っこのお話を思い出してください。

木の根の深さ

樹種	幹高 cm	樹高 m	樹齢 年	根の深さ cm	根の広がり (直径) cm
ハイダカアザミ	6	3.4	10	50	280
ヤマモミジ	9	4	30	120	>280
アサカシ	20	13	50	240	>240
別名タロハシ	30	14	40	250	>240

自分の身長と比べると？

地表

根っこ部分

(12)
(11)
(10)
(9)
(8)
(7)
(6)
(5)
(4)
(3)
(2)
(1)

深根・中根・浅根

草花や木の根は、その種類により深さが異なる。

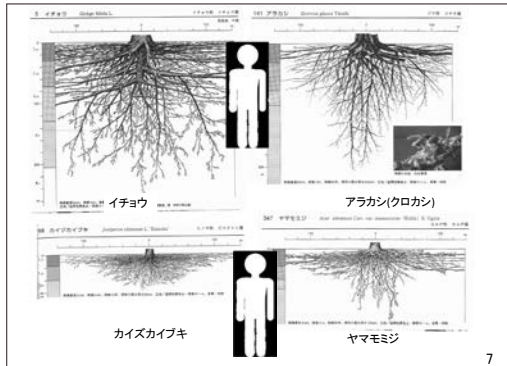
地表面から30センチ程度の浅い根から、2.5メートル程度の深い根がある。

異なる草木が混ざって生えることにより、土中の構造が複雑・多様になり、「通気・通水・水脈」が出来る。

水脈は、空気の通り道にもなる。

図10 紙芝居「その3」-1

くらしの根っこの環境的側面の可視化に向けて (谷口興紀)



植物の根と菌根菌

陸上植物の8割以上が菌類と共生関係を築き、菌根菌が養水分を根に渡し、植物からは糖類を受けとっている。

植物は菌根菌なしでは生きられない。内生菌根・外生菌根・ラン菌根など。

緑の地球に必要な不可欠なものは菌根菌！

アーバスキュラー菌根(アーバスキュラー・ミール・アバスキュラー mycorrhiza)は、菌根のうち大多数の陸上植物の根にみられるもの。根の外部形態には大きな変化は起こらず、根の細胞内に侵入した菌糸が菌根(菌根 mycorrhiza)と、ものによっては菌根(菌根 mycorrhiza)とを形成する。根の外部には根外菌糸がまわりつき、周囲に胞子を形成することも多い。

菌根(菌根 mycorrhiza)とは、菌類の体を構成する、糸状の構造のことである。一般にいうカビやキノコなどは、主に菌糸が集まったもので構成される。図は、青カビの菌糸

緑の葉の働き

二酸化炭素+水+日光 → ブドウ糖+酸素+水

$6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} + \text{光} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

ブドウ糖5グラム

緑の葉の働き

植物の回りに引いた境界線を越えて入るものは、二酸化炭素、水、そして日光とであり、酵素の助けを借りてブドウ糖が作られる。

それが植物のくらしの根っこであり、動物や人間のくらしの根っこである。

化学式の左辺の水を水素と酸素に分解し、その水素と炭素を結びつけて、甘いブドウ糖を作る。

この式の左辺の水と右辺の水は別物であるので両辺から相殺しないことが、環境的に重要である。(ルーベンの1911年の実験)

ブドウ糖を作るとき余る熱を捨てることに使ったので。

図11 紙芝居「その3」-2

ぶどう糖(グルコース)

図の出典
ブドウ糖(グルコース)
https://www.chemeddl.org/chemeddl/chemeddl.cgi?chem=glucose

15

ぶどう糖(グルコース)

ブドウ糖には、アルファ型とベータ型とがある。その違いはわずかであるが、それらがつながると大きなちがいがとなる。デンプンとセルロースとのちがいである。

16

化学式 $(C_6H_{10}O_5)_n$
デンプンのn=数万~数百万
セルロースのn=数万~数十万以上

セルロース

デンプン

1-4 結合
1-6 結合
1-4 結合と 1-6 結合があるため、枝分かれ構造になる

17

デンプンとセルロースとは構成原子は同じだが、原子のつながり方が、微妙に異なり、見た目や性質が異なる。

元の材料がアルファ型か、ベータ型かで、姿、形や性質が異なる。

デンプン(スターチ) らせん状
片栗粉、コーンスターチ
アルファ型が、直線状と枝分かれでつながる。
セルロース 直線状
木の皮、典型は、綿。
ベータ型が、直線状につながってできている。

18

環境はひとつ?!

A

B

19

環境はひとつ?!

この京都府立植物園の写真の境界を広げて、その外を想像してみよう!

Aを思い浮かべる者は、写真に写る植物園の中に身を置いて、外を考えている。

Bを思い浮かべる者は、写真の外に身を置いて、写真の回りを考えている。

それらの環境の境界を、どんなん広げて行くなれば、どうなるか?

環境を、今こからはじめて、その境界を限界まで広げるならば、究極の環境は、宇宙! 宇宙飛行士が「地球には国境がない!」と叫んだ。

20

環境創出例①京都御苑の前史
秀吉の「京都新城」(現在の呼び名)の位置

「京都新城のもの」とみられる石垣が出土した場所

今出川 京都御苑 京都御所 京都仙洞御所 丸太町

地下鉄烏丸線

2020/5/1産経新聞
<https://special.sankei.com/a/society/article/20200512/0003.html>

21

環境創出例① 京都御苑以前の敷地

1877年(明治10年)に京都に遷幸された明治天皇は、その荒れ果てた様子を深く哀しまれ、京都府に御所保存・旧観維持の御沙汰が下されました。

この御沙汰をうけ京都府では、直ちに塵敷の撤去、外周石垣土塁工事、道路工事、樹木植栽等の「大内保存事業」を開始し、1883年(明治16年)に予定を繰り上げて完了している。

工事を完了から2022年で約140年間安定している。

22

図12 紙芝居「その3」-3

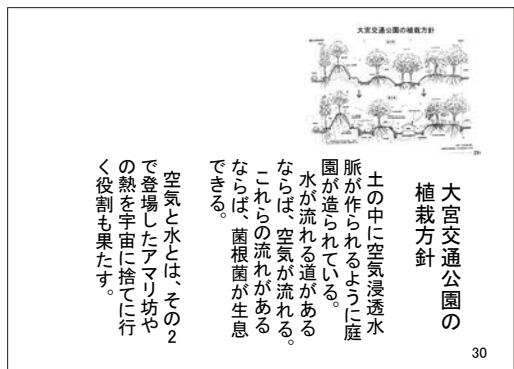
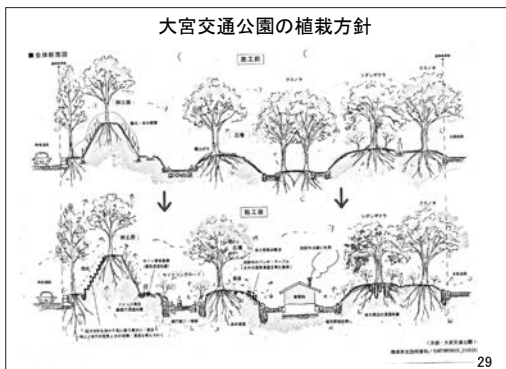
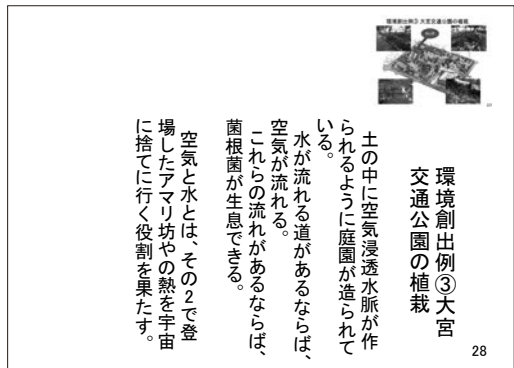
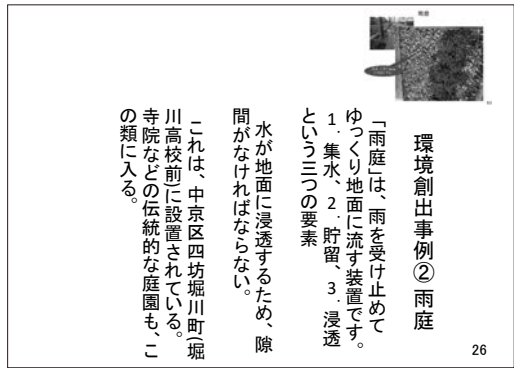
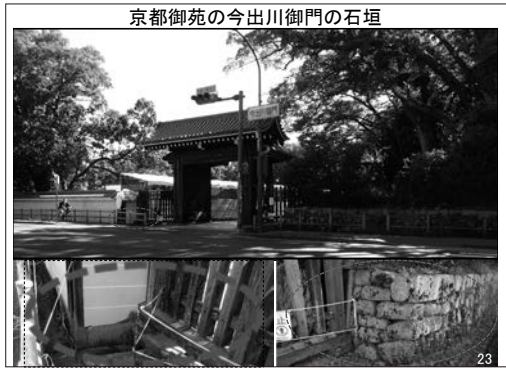


図13 紙芝居「その3」-4

4-4 その4：地球は十二単（ひとえ）

地球は、空と大地とを合わせると十二枚の着物を着ているというお話である。まず地球は遠くからみれば丸いが近くに寄って見ると凸凹している。また、見えない磁場の作用により方位磁石の針が示す南と北は、千葉時代（チバニアン）では反対であったことが、千葉縣市原市田淵の地層の証拠によりわかる。その磁場は、太陽から飛んでくる水素やヘリウムという原子を跳ね返して人体を守っており、その磁場の広がり、とんでもなく広いことなどのお話である。

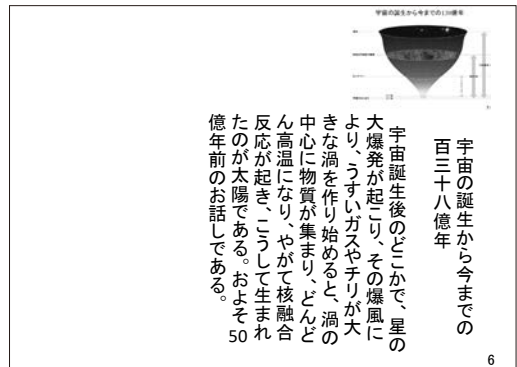
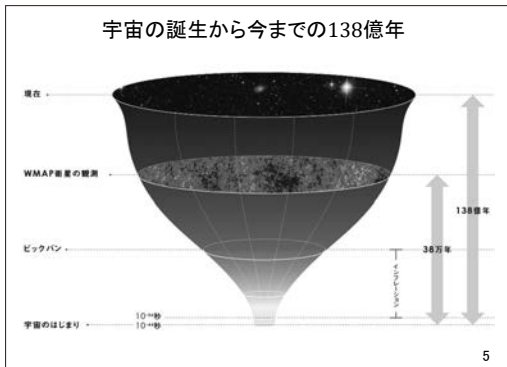
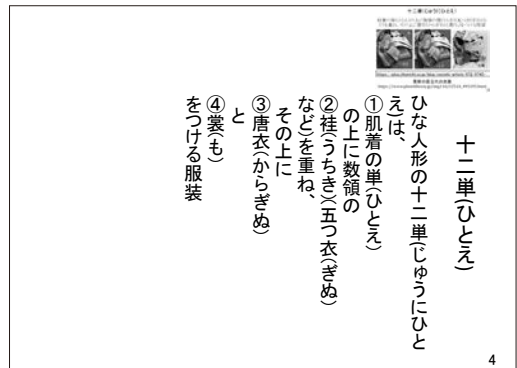
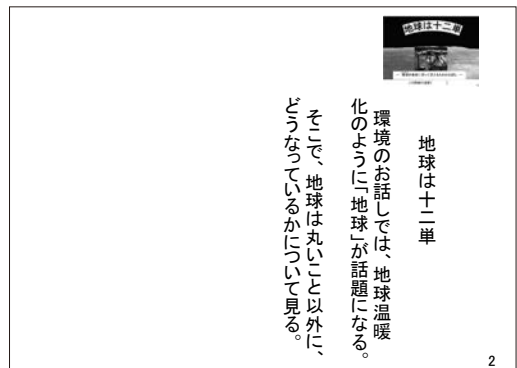
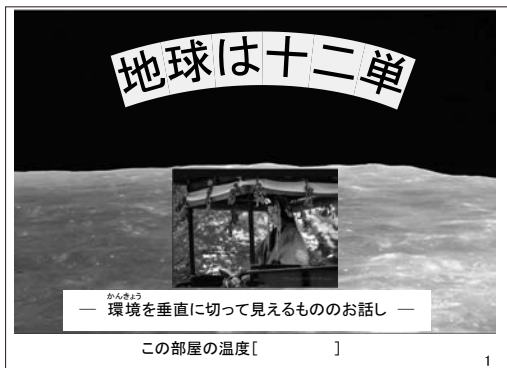
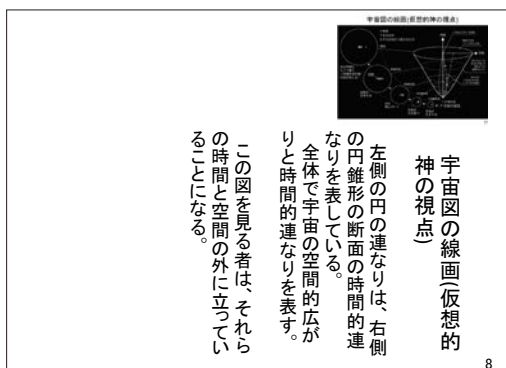
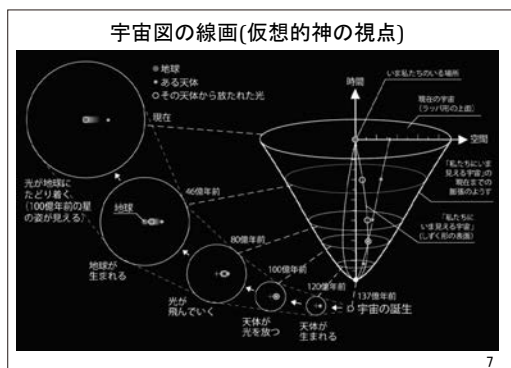


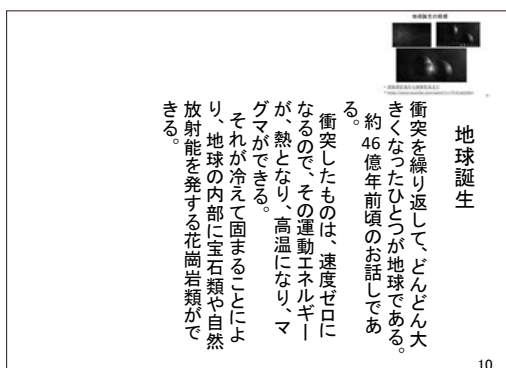
図14 紙芝居「その4」-1



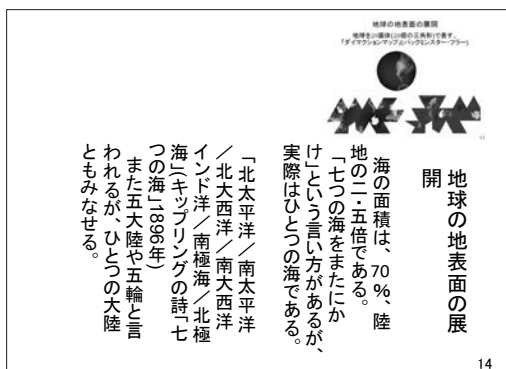
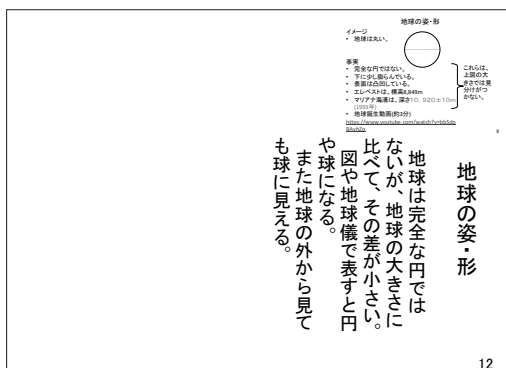
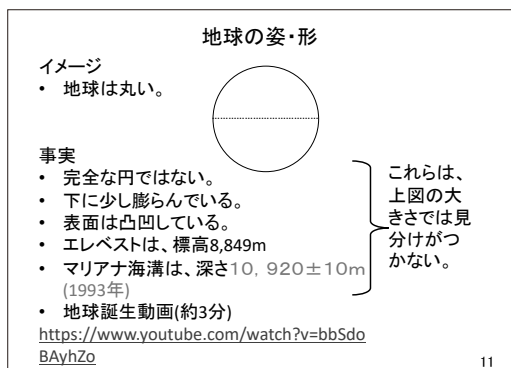
宇宙図の線画(仮想的神の視点)
左側の円の連なりは、右側の円錐形の断面の時間的連なりを表している。
全体で宇宙の空間的広がりと時間的連なりを表す。
この図を見る者は、それらの時間と空間の外に立っていることになる。



地球誕生(3分動画(外部リンク))
<https://www.youtube.com/watch?v=bbSdoBAyhZo>



地球誕生
衝突を繰り返して、どんどん大きくなったひとつが地球である。約46億年前頃のお話である。衝突したものは、速度ゼロになるので、その運動エネルギーが、熱となり、高温になり、マグマができる。それが冷えて固まることにより、地球の内部に玉石類や自然放射能を発する花崗岩類ができる。

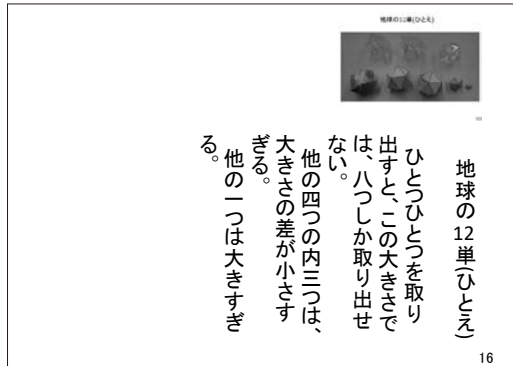


地球の地表面の展開
海の面積は、70%、陸地の二・五倍である。
「七つの海をまたにか」けという言い方があがるが、実際はひとつの海である。
「北太平洋 / 南太平洋 / 北大西洋 / 南大西洋 / インド洋 / 南極海 / 北極海」キップリングの詩「七つの海」(1896年)
また「五大大陸」や「五輪」と言われるが、ひとつの大陸ともみなせる。

図15 紙芝居「その4」-2



15



16

地球の12単(ひとえ)数値表

	地球の中心からの距離(km)	厚さ(km)	地表面からの始点距離(km)	地表面からの終点距離(km)
1 外気圏	16,393	9,200	800	10,000
2 熱圏	7,193	720	80	800
3 中間圏	6,473	30	90	80
4 成層圏	6,443	33	17	50
5 対流圏	6,410	10	0	10
6 平均的海面から地殻上端まで	6400m 辺りから下に50~60mの厚さがジオイド面で上下に分かれる	50~60km	—	—
7 平均的海面から海底まで	—	—	—	—
8 上部マントル	6,340	(600)	60	660
9 下部マントル	5,740	(2,240)	660	2,900
10 外核	3,500	(2,200)	2,900	5100
11 内核	1,300	(1,300)	5,100	6400
12 地磁気圏	昼側(太陽側)	6~7万km	地球6個分の広がり	
	夜側(太陽とは逆側)	100万km	地球100個分の広がり	

ジオイド：平均海面を仮想的に陸地へ延長した面
標高＝標高高－ジオイド高

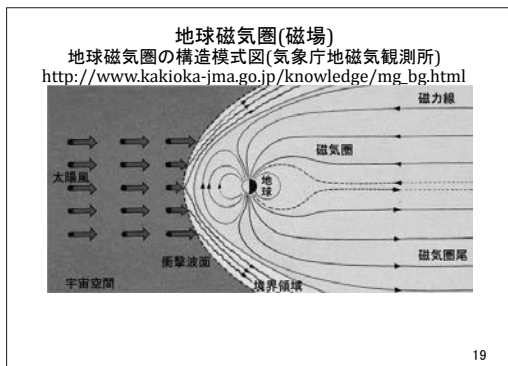
17

地球の12単(ひとえ)数値表

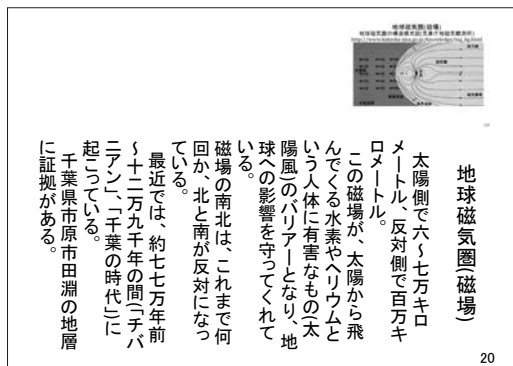
地球の12単(ひとえ)数値表

表の濃い部分は、模型では寸法的に小さすぎて作れない。
また地球磁気圏は、次の図で示すように寸法的に大きすぎて作れない。

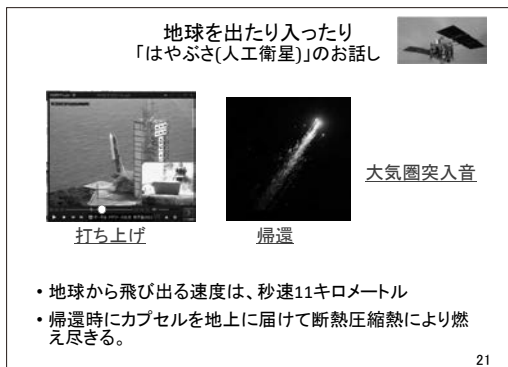
18



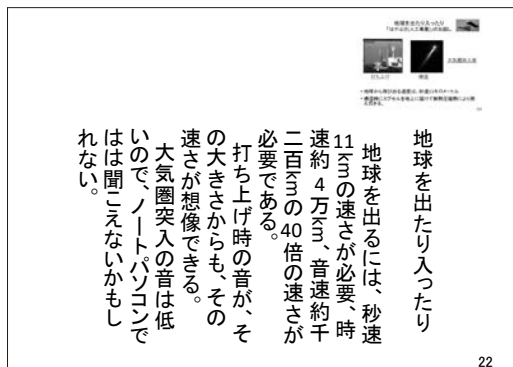
19



20



21



22

図16 紙芝居「その4」-3

はやぶさが持ち帰った微粒子

宇宙風化リムの模様

宇宙風化リムの模様

・プリスタ (かぶく行状) 構造は宇宙風化の証拠。
 ・太陽風(中子や粒子)の照射で形成。(Noguchi et al., 2014)
 出典:「微粒子表面の模様に残る小惑星イトカワの歴史」(松本徹/地球外物質研究グループ、2016.6.22)
https://tanfun.jaxa.jp/jaxtv/files/20160622_itokawa.pdf

23

はやぶさが持ち帰った微粒子

宇宙風化リムとは、主に太陽風の照射で結晶が壊れた非晶質の構造

はやぶさが持ち帰った微粒子

宇宙と地球との境界線が、海拔高度100キロメートルのカルマン線であり、これを超えた人は宇宙飛行士と言われる。

1950年代後半半にハンガリーの航空学者カルマン氏が名付けた。

この線の高さまでは飛行機が飛べる。つまり空気の流れにより揚力が生じるから。

この線より上では、空気が薄くて、もはや飛行機が飛べず、ロケットだけが飛べる。

24

地球大気の5つの圏界と温度

外気圏

熱圏

中間圏

成層圏

対流圏

温度変化: 0°C

25

地球大気の5つの圏界と温度

宇宙と地球との境界線が、海拔高度100キロメートルのカルマン線であり、これを超えた人は宇宙飛行士と言われる。

1950年代後半半にハンガリーの航空学者カルマン氏が名付けた。

この線の高さまでは飛行機が飛べる。つまり空気の流れにより揚力が生じるから。

この線より上では、空気が薄くて、もはや飛行機が飛べず、ロケットだけが飛べる。

26

地球の地下断面図

地殻 (深さ5~60km)

上部マントル (深さ60~2900km)

下部マントル (深さ2900~5100km)

外核 (深さ2900~5100km)

内核 (深さ5100km~)

地球の中心部分コアは、温度が約六千度であるが、溶けずに固体の状態のままである。その理由は、圧力が地上の三百五十万倍もあるからである。

コアの大きさは、月ぐらいの大きさである。

四、八キロメートル。

参照頁: <https://www.youtube.com/watch?v=3yfen-t49el>

27

地球の地下断面図

地球の中心部分コアは、温度が約六千度であるが、溶けずに固体の状態のままである。その理由は、圧力が地上の三百五十万倍もあるからである。

コアの大きさは、月ぐらいの大きさである。

四、八キロメートル。

28

地球の地下から出てくる物と自然放射能

自然放射能の例示 単位: μSv (マイクロシーベルト)/h

- ・石炭0.06、かんらん石 0.9: マントル上部に含まれる。

日本地質学会HP
<http://www.geosociety.jp/hazard/content0058.html>
 (ナノグレイ/時(ミリシーベルト/年)(nG/h(mSv/y)

29

地球の地下から出てくる物と自然放射能

地球の地下から出てくる物と自然放射能

放射能

一ミリシーベルトは千マイクロシーベルトである。

宇宙から0.3、大地から0.33、食物から0.99、空気中から0.48、合計一年間で2.1ミリシーベルトである。

人工的な胸部線検査1回では、0.06、口検査では、2.4、12.9ミリシーベルトまでである。

30

図17 紙芝居「その4」-4



図18 紙芝居「その4」-5

5. 地球温暖化と二酸化炭素

地球温暖化と二酸化炭素との関係づけは、環境白書に見るように流行のテーマであり、内因説（地球の気候科学による説）である。他に外因説（地球の外からの影響説）がある。

地球温暖化の要因の温暖化ガスの中で水（水蒸気）が一番影響があるにも関わらず、人工的に管理ができず、二酸化炭素は、人工的に管理可能と考えられ、二酸化炭素に焦点が合わされ、「脱炭素」が言われる。国立環境研究所による二酸化炭素と温暖化との関係は内因説であり、この図的説明を次のようにも見れる。

この図の (b) で、二酸化炭素が増えると「下向きに赤外線が放射され、地表に到達する赤外線の量が増えるのが分かります。」と説明するが、赤外線を放射した二酸化炭素は、そのことにより吸収したエネルギーを失うので赤外線を吸収する前の状態に戻り、上下方向の矢印の数は、二酸化炭素の分子の数だけ増えるが、矢印は、どんどん細くなり、それらを全て足し合わせても、その和は、せいぜい (a) の左端の上向きの矢印の太さである。最初の矢印の太さを1単位とすると、一度吸収されてその半分が上下方向に放射され、下向きに放射される量は1/2である。二つ目の二酸化炭素分子が出す下向きの矢印の太さ(量)は、この1/2の1/2である。このことが二酸化炭素分子の数だけ繰り返されても、その和は、 $1/2 + 1/2 \times 1/2 + 1/2 \times 1/2 \times 1/2 + 1/2 \times 1/2 \times 1/2 \times 1/2 + \dots$ であり、その合計は、最初の1を超えることはない。

この説明の不十分な点は、二酸化炭素分子が赤外線を放射すると、吸収前の状態に戻ることが忘れられていることである。例えば手についた水が蒸発すると冷たく感じるのは、水が手の熱を気化熱として奪い、その手の部分の温度が下がるからである。

二酸化炭素が赤外線を吸収する前の基底状態は、熱の吸収により励起状態となるが、赤外線を放射すると、再び基底状態に戻る。吸収と放射を繰り返すと下向きの矢印が増える

仮に、地表から放出された赤外線のうち、CO₂によって吸収される波長のものがすべて一度吸収されてしまおうが、CO₂が増えれば、温室効果はいくらでも増えるのです。なぜなら、ひとたび赤外線が分子に吸収されても、分子からふたたび赤外線が放出されるからです^[註4]。そして、CO₂分子が多いほど、この吸収、放出がくりかえされる回数が増えると考えられます。図2は、このことを模式的に表したものです。CO₂分子による吸収・放出の回数が増えるたびに、上向きだけでなく下向きに赤外線が放出され、地表に到達する赤外線の量が増えるのがわかります。(谷口による一部抜粋)。

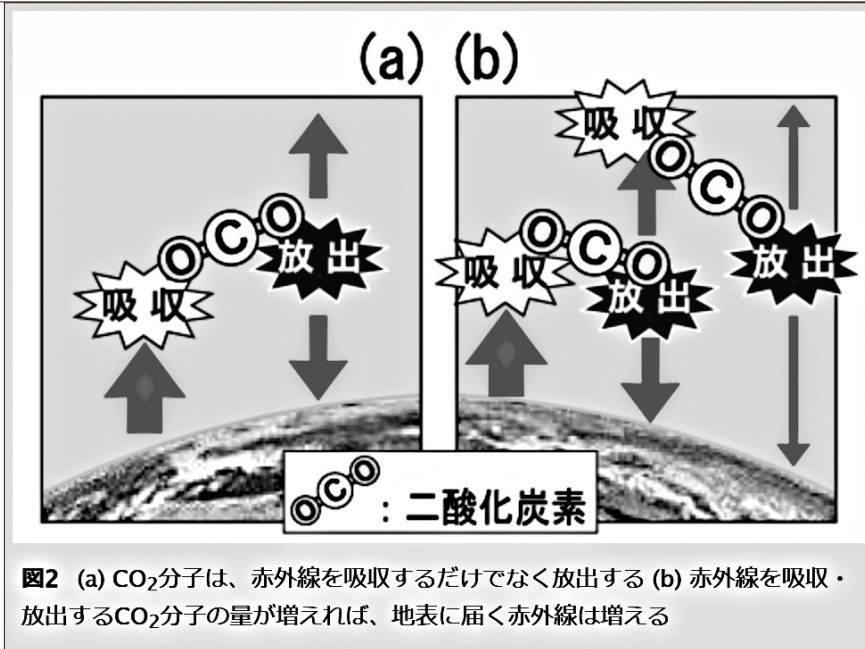


図2 (a) CO₂分子は、赤外線を吸収するだけでなく放出する (b) 赤外線を吸収・放出するCO₂分子の量が増えれば、地表に届く赤外線は増える

図19 国立環境研究所ウェブページ記載の「二酸化炭素が増えると温室効果が増えることの「証拠」」

(2010年12月時点の情報)

https://cger.nies.go.jp/ja/library/qa/4/4-1/qa_4-1-j.html

閲覧：2022/10/25

ことは間違いがないが、熱の量がどんどん増えるとするのは正しくない。下向きに放射する量は、吸収した量の半分となる。このことは図 (b) の右端の矢印が細く描かれていることで示されている。最初の上向きの矢印が地球から放射されると、地球のその部分は、エネルギーを失うので温度が下がる。

『異常気象と人類の選択』(江守, KADOKAWA, 2013年, 63頁)で、人類が1年間に消費する1次エネルギーの総量を熱量と見なし、地球の表面積で割って単位換算すると0.03ワット/平方メートルという値を出している。この値が、図 (a) (b) の最初の上向きの矢印の幅とすると、二酸化炭素濃度が増えても減っても、つまり二酸化炭素濃度とは関わりなく、下向きの矢印の幅の総量は、これ以下である。

大気環境の状態に視野を広げるならば、二酸化炭素の濃度は、約419ppm (2023/2/19のキーリング曲線の値) に対し他の分子、例えば酸素の濃度は、約210,000ppmなので、二

酸化炭素分子は、酸素分子に衝突される頻度が高く、その衝突により二酸化炭素が得た熱は、酸素分子に熱伝導により移動する。その移動の速さは、二酸化炭素が吸収した熱を再放射する速さより早い(分子分光学の用語では「緩和時間が短い」と言う)。このことを考慮すると、図(b)の右端の矢印を出す二酸化炭素分子の数は、うんと少ない。数値的には419個の二酸化炭素分子と210万個の酸素分子とが秒速480メートルで飛び回わる中で二酸化炭素分子同士が衝突する頻度は、210万分の419、すなわち約0.002の確率であり、窒素分子の約780,000ppmを加えると約0.0004の確率となる。

二酸化炭素と地球温暖化との相関関係や因果関係についてはさまざまな立場(気象学的、気候学的、政治的、分子分光学的等)からの議論があり、佐藤(1999年)は、

二酸化炭素などの温暖化ガスの増加による気候への影響を科学的に予測するのは、きわめて困難です。ゆめゆめ「まだハッキリしないなら、気を付ける必要もない」などと考えるはいけなし、逆に、現代の科学は温暖化を結論できるほど進歩していると思うのは間違いです。

と述べる²²⁾。また森(2008年)は、

CO₂原因説は、科学的根拠の乏しい初期の時代に大枠ができてしまい、その後の考察の自由度を低下させてしまった。さらに、「環境保護思想」に縛られ、より客観的立場からの考察がしづらくなってしまった。

と指摘する²³⁾。

佐藤から20年後、世界の気候学や関連の学者たち500人が国連事務総長宛に出した手紙で「気候変動で危機が起きることはない。」と過大な温暖化予測の間違いを訴えている²⁴⁾。

6. おわりに

環境の见えない側面であり不易な側面である事柄を4つのテーマに分けて可視化する紙芝居作成を目指し、視聴者によるヒアリングにより、市民が理解できるものに仕上げる

22)『火星の夕焼けはなぜ青い』, 佐藤文隆, 岩波書店, 1999年, 101頁

23) 森幸也「科学史の視点から見た地球温暖化要因論争の構図：過去の科学論争との類似性」(山科大学生涯学習センター紀要：大学改革と生涯学習第12号, 2008年, 31頁)

https://ygu.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=2098&item_no=1&page_id=4&block_id=82 閲覧：2023/4/8

24) この手紙へのリンクやIPCCの予測などについては、グリーンウッド氏の下記のURLのウェブページに詳しい。<https://www.asahi-net.or.jp/~pu4i-aok/core/indexj.html> 閲覧：2023/4/7

なお、この手紙への言及箇所を絞るべくグリーンウッド氏へメールで問い合わせ中である。

ことができた²⁵⁾。この点は、本年の2023(令和5)年10月14日、10月21日の2回にわたり、京都市主催(京都市教育委員会後援)「あつまれ京(みやこ)わくわくのトビラ」(旧みやこ子ども土曜塾)で口演し、視聴者にアンケートを取ることで、統計的に検討する予定である。

このような不易な側面の理解なしでは、流行的側面の脱炭素化を果たしたとしても、また図2の画面5、図4の画面19、図8の画面15、図10の画面3、図11の画面13の右辺の6H₂Oが吸収する余分な熱の大気への排出を忘れたままで投与するエネルギーの効率性を口にしても、エネルギーそのものの消費の増大が、地球温暖化を進めるのではないかと、筆者は危惧する。というのは、人間活動による昇温現象には、いわゆる地球温暖化とヒートアイランド現象があり、ヒートアイランド現象については、白迎玖、遠山茂樹によると「都市内部の高温現象は、すでに19世紀の初期にルーク・ハワード(L. Howard)によってロンドンで発見された。彼は、1807年から1816年にいたる間に、都市ロンドンの内外で観測された気温を比較し、その両地点の温度差が五月に最小で0.3℃、九月と十一月には最大で2℃になることを示した。」²⁶⁾とあり、日下によるヒートアイランド現象の研究²⁷⁾では、「過去100年間の平均気温上昇率で見た場合は、ヒートアイランド効果の方が大きいと考えられています。」「都市の気温上昇にヒートアイランド現象があり、これは、地表面からの顕熱輸送や人工排熱が大気を直接温めることで気温を上昇させるからである。」という内因説もある。人工排熱は、紙芝居「その2」の「アマリ坊や」の説明を通じて、市民に理解できるものにすることができると考える。

25) 土曜塾(京都市主催・京都市教育委員会後援、2022年3月17日)での「その1」の口演後の視聴者へのヒアリング、京都府「環境フェスティバル2022」(2022年12月4日)での「その2」の口演後の視聴者へのヒアリングによるが、標本数が少なく、京都市土曜塾等で視聴者に文字によるアンケートを取り統計的に有意かどうかを判別する予定である。

26) 白迎玖、遠山茂樹「解説 都市ヒートアイランド現象(UHI: Urban Heat Island)」(東北公益文科大学総合研究論集第3号、2002年、40頁) <https://koeki.repo.nii.ac.jp> 閲覧:2023/4/10

27) 日下博幸「ヒートアイランドと温暖化:ヒートアイランドと暑さ対策は違うのか?」(日本気象学会2022年度夏季大学、3頁)